



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΟΥ ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ  
ΣΧΟΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**DEVELOPMENT OF INNOVATIVE AUDIOVISUAL MATERIAL IN PRIMARY  
SCHOOL FOR THE NANOTECHNOLOGY CONTENT**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΗΣ ΜΑΚΑΡΙΟΥ ΟΥΡΑΝΙΑΣ**

**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ**

**στην «Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και την Τεχνολογία»**

**ΦΛΩΡΙΝΑ**

**2020**

## Φύλλο Εξέτασης

1. Επόπτης: \_\_\_\_\_

Βαθμός: \_\_\_\_\_

Υπογραφή: \_\_\_\_\_ Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

2. Δεύτερος Βαθμολογητής: \_\_\_\_\_

Βαθμός: \_\_\_\_\_

Υπογραφή: \_\_\_\_\_ Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

3. Τρίτος Βαθμολογητής: \_\_\_\_\_

Βαθμός: \_\_\_\_\_

Υπογραφή: \_\_\_\_\_ Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

Γενικός Βαθμός: \_\_\_\_\_

Η συγγραφέας **Μακαρίου Ουρανία** βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στις εργασίες τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Υπογραφή: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

Στην οικογένειά μου....

Νάνο, μια μικρή λέξη με τεράστιες δυνατότητες

Blonder & Rap, 2012



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<i>Περίληψη</i> .....	7
<i>Abstract</i> .....	9
<i>Πρόλογος</i> .....	10
<i>Εισαγωγή</i> .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	15
1.1.1. <i>Νοηματοδοτήσεις της νανοτεχνολογίας</i> .....	15
1.1.2. <i>Ιδιότητες στη νανοκλίμακα</i> .....	16
1.1.3. <i>Η N-ET στην Υποχρεωτική εκπαίδευση – Η Εκπαιδευτική αξία της διδασκαλίας της N-ET</i> .....	17
1.1.4. <i>Οι ιδέες των μαθητών του Δημοτικού σχολείου για τη N-ET</i> .....	25
1.1.5. <i>Μέγεθος και κλίμακα: η σημασία των δύο εννοιών για την εκμάθηση του Περιεχομένου της N-ET και η σημασία της χρήσης του animation για τη σύλληψη των μεγεθών.</i> .....	28
1.2. <i>Πολυμεσική Μάθηση: το θεωρητικό πλαίσιο</i> .....	30
1.2.1. <i>Γνωστική Θεωρία Μάθησης Πολυμέσων του Mayer (Cognitive Theory of Multimedia Learning)</i> .....	31
1.2.1.1 <i>Το αξίωμα της διπλής διόδου</i> .....	31
1.2.1.2 <i>Το αξίωμα της περιορισμένης χωρητικότητας</i> .....	32
1.2.1.3 <i>Το αξίωμα της ενεργού διαδικασίας (Active Processing Assumption)</i> .....	33
1.2.2. <i>Η θεωρία του γνωστικού φορτίου του Sweller (Cognitive Load Theory)</i> .....	33
1.2.3. <i>Το ολοκληρωμένο μοντέλο για την κατανόηση κειμένου και εικόνας του Schnotz (Integrated Model of Text and Picture Comprehension)</i> .....	34
1.2.4. <i>Οι Τέχνες «βελτιώνουν» τη μακρόχρονη μνήμη (Long-Term Memory)</i> .....	36
1.3. <i>Animation</i> .....	41
1.3.1. <i>Νοηματοδοτήσεις</i> .....	41
1.3.2. <i>Περιορισμοί και δυνατότητες της τεχνικής του animation</i> .....	42
1.3.3. <i>Πώς επιδρούν τα animations στην εκπαίδευση;</i> .....	44
1.3.4. <i>Βασικές αρχές για το σχεδιασμό διδασκαλίας-μάθησης με χρήση animation</i> .....	47
1.3.5. <i>Animation και πολυμεσική μάθηση</i> .....	48
1.3.6. <i>Αποτελεσματικά animations</i> .....	50
1.3.7. <i>Τα τρία στάδια της δημιουργίας ενός animation</i> .....	51
1.3.7.1. <i>Το στάδιο της προ-παραγωγής: Δημιουργία σεναρίου</i> .....	52
1.3.7.2. <i>Το στάδιο της παραγωγής</i> .....	56
1.3.7.2.1. <i>Δημιουργία Storyboard</i> .....	57
1.3.7.2.2. <i>Τεχνικές του animation</i> .....	62

1.3.7.2.3. Ηχοληψία, ηχητικός σχεδιασμός ( <i>sound design</i> ) .....	66
1.3.7.2.3. Δημιουργία <i>Animated Storyboard</i> .....	68
1.3.7.3. Το στάδιο της μετα-παραγωγής.....	69
1.3.7.3.1. Μοντάζ.....	69
1.3.7.3.2. Ειδικά εφέ.....	71
1.4. Η προσέγγιση της NE-T μέσω της Τέχνης.....	72
1.4.1. Το εκπαιδευτικό ρεύμα <i>STEAM</i> .....	74
1.4.2. Η χρήση των <i>animations</i> στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ)....	84
1.4.3. Πώς μπορούμε να προσεγγίσουμε τις εικόνες των σωμάτων στην κλίμακα του νάνο; .....	86
1.4.4. Πολυμεσική Μάθηση: εκπαιδευτικές εφαρμογές για την προσέγγιση του περιεχομένου της N-ET.....	93
1.5. Συμπεράσματα .....	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ANIMATIC ΜΕ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗ N-ET .....	104
2.1. Το στάδιο προ-παραγωγής: Δημιουργία του σεναρίου .....	104
2.2. Το στάδιο της παραγωγής.....	134
2.2.1. <i>Storyboard</i> .....	134
2.2.2. Ηχοληψία .....	140
2.2.3. Δημιουργία <i>animated storyboard-animatic</i> .....	141
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	142
3.1. Ανάλυση του σεναρίου σύμφωνα με τον πυρήνα περιεχομένου της N-ET.....	142
3.2. Ανάλυση των δύο σταδίων δημιουργίας <i>animatic</i> σύμφωνα με την πολυμεσική μάθηση.....	144
3.3. Τα δύο στάδια δημιουργίας <i>animatic</i> σύμφωνα με τις σχεδιαστικές αρχές του <i>animation</i> . .....	147
3.4. Ανάλυση των δύο σταδίων δημιουργίας <i>animatic</i> σύμφωνα με το εκπαιδευτικό ρεύμα <i>STEAM</i> .....	149
3.5. Περιορισμοί της έρευνας και προεκτάσεις για το μέλλον .....	152
Βιβλιογραφία .....	154

## Περίληψη

Η Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία (N-ET) αποτελεί ένα διεπιστημονικό κλάδο, ο οποίος εξειδικεύεται στη μελέτη δομών με διαστάσεις νανοκλίμακας, δηλαδή 1-100nm. Σε αυτές τις διαστάσεις τα υλικά εμφανίζουν νέες ιδιότητες, τις οποίες η N-ET επιδιώκει να εκμεταλλευτεί ώστε να προκύψουν νέες εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως ιατρική, ηλεκτρονική, ρουχισμός, προηγμένα υλικά κτλ. Οι πολλαπλές τεχνολογικές εφαρμογές, σε σχεδόν όλους τους τομείς της καθημερινής ζωής, έχει στρέψει τον ενδιαφέρον των ερευνητών της Επιστήμης της Διδακτικής των ΦΕ, ώστε να μελετηθεί η προοπτική της ενσωμάτωσης του επιστημονικού περιεχομένου που διέπει τη N-ET σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης.

Ωστόσο αυτό το εγχείρημα συνιστά πρόκληση. Το εύρος των διαστάσεων στο οποίο εξειδικεύεται η N-ET βρίσκεται μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη και ως εκ τούτου η προσέγγιση και κατανόησή των φαινομένων της νανοκλίμακας παρουσιάζει δυσκολίες. Τα πολυμεσικά εργαλεία προβάλλονται ως μέσα που μπορούν να συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης. Συγκεκριμένα, ερευνητές της Διδακτικής της N-ET και εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν ότι τα animation, έχουν τη δυναμική να βοηθήσουν τα υποκείμενα της μάθησης να προσεγγίσουν και να αναπτύξουν κατανόηση για αφηρημένο περιεχόμενο της N-ET, με απώτερο στόχο να το εισάγουν στους μαθητές τους.

Υπό αυτό το πρίσμα το εκπαιδευτικό ρεύμα STEAM υποστηρίζει την εισαγωγή των Τεχνών στη διδασκαλία και συγκεκριμένα τη χρήση εργαλείων και τεχνικών προερχόμενα από τις Τέχνες, όπως το animation. Για τη δημιουργία όμως ενός animation καλούνται διάφορες ειδικότητες να συνεργαστούν, όπως οι συγγραφείς και οι σχεδιαστές.

Υπό αυτήν την οπτική, στην παρούσα εργασία, περιγράφεται ο σχεδιασμός ενός οπτικοακουστικού υλικού σε μορφή animation και η ανάπτυξη του animated storyboard με θέμα την όψη του περιεχομένου της N-ET που αφορά το Μέγεθος και απευθύνεται σε μαθητές του Δημοτικού Σχολείου. Η κατανόηση της έννοιας του Μεγέθους θεωρείται κρίσιμη και προαπαιτούμενη προκειμένου τα υποκείμενα της μάθησης να αναπτύξουν τον νανογραμματισμό τους.

Πιο αναλυτικά, στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και αναλύονται τα επτά βήματα της διαδικασίας σχεδιασμού, δηλαδή η δημιουργία του σεναρίου, η δημιουργία του storyboard, οι τεχνικές του animation, η ηχοληψία, η δημιουργία του animated storyboard-animated, το μοντάζ και τα ειδικά εφέ όπως αυτά αναγνωρίστηκαν μετά από βιβλιογραφική επισκόπηση και μελέτη πηγών σχετικών με την δημιουργία animation.

Τέλος, παρουσιάζεται το animated storyboard-animatic με τίτλο «Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος», που αποτελεί το τέταρτο βήμα της δημιουργίας του animation.

**Λέξεις-κλειδιά:** Νανοτεχνολογία, Animation, Εικαστική εκπαίδευση, Δημοτικό Σχολείο, STEAM



## ***Abstract***

Nanoscience-Nanotechnology (NST) consists of an interdisciplinary field, that specializes in the study of structures with nanoscale dimensions, ie 1-100nm. In these dimensions, the materials exhibit new properties, which NST seeks to exploit in order to create new applications in various sectors, such as medicine, electronics, clothing, advanced materials, etc. The multiple technological applications in almost all areas of everyday life has attracted the interest of Science education researchers to study the prospective of integrating the scientific content that governs NST at all levels of education.

However, this is challenged. The range of dimensions in which NST specializes is far from our sensory perception and therefore approaching and understanding the phenomena of the nanoscale presents difficulties. Multimedia tools are projected as tools that can contribute to address this challenge. In particular, researchers of NST education as well as educators argue that animation has the potential to help individuals to approach and develop an understanding about the complex NST content, with the ultimate goal of introducing it to their students.

Under this lens, the STEAM educational trend supports the introduction of Arts in teaching and in particular the use of tools and techniques derived from the Arts, such as animation. However, in order to create an animation, various specialties are required to collaborate, such as writers and designers.

From this point of view, the present work describes the process of designing an audiovisual material in the form of animation and the development of the animated storyboard for addressing the Size aspect of the NST content to primary students. Understanding the concept of Size is considered critical and a prerequisite in order individuals to develop their nanoliteracy.

To be more specific, the present work investigates and resolves the seven steps of the designing process, namely the creation of the script, the creation of the storyboard, the animation techniques, the sound recording, the creation of the animated storyboard-animatic, the editing and special effects, as they were identified after a literature review and study of sources related to the creation of animation.

Finally, the animated storyboard-animative entitled "Macro-micro-nano world" is presented, which is the fourth step in the process of the creation of an animation.

**Keywords:** Nanotechnology, Animation, Art Education, Primary education, STEAM

## Πρόλογος

Με την ολοκλήρωση και την εκπόνηση της εργασίας μου θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλλαν σε αυτή μου την προσπάθεια.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή, τον κ. Βασίλειο Μπούζα, ο οποίος είναι Επίκουρος στη σχολή Καλών και Εφαρμοσμένων Τεχνών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας (ΠΔΜ), για την καθοδήγηση, τις συμβουλές καθώς και την ευκαιρία που μου έδωσε να γνωρίσω καλύτερα τον κόσμο της Τέχνης και να τον αγαπήσω περισσότερο από πριν.

Ευχαριστώ θερμά την κ. Άννα Σπύρτου, η οποία είναι Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στην Παιδαγωγική Σχολή του ΠΔΜ, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ερευνήσω, να γνωρίσω και να ταξιδέψω σε άγνωστους, μέχρι πριν, για μένα κόσμους, όπως το θαυμαστό κόσμο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET). Η υπομονή, η επιμονή και η καθοδήγησή της ήταν αυτά τα στοιχεία που συνετέλεσαν στο να πραγματοποιηθεί ένα μεγάλο μου όνειρο.

Ευχαριστώ τον κ. Παλαιγεωργίου, ο οποίος είναι Επίκουρος στο ΠΔΜ, για τις πολύτιμες συμβουλές και διορθώσεις οι οποίες συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά, το διδάκτορα κ. Λεωνίδα Μάνου και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γεώργιο Πέικο που με βοήθησαν ουσιαστικά και στάθηκαν δίπλα μου σε δύσκολες στιγμές. Επίσης ευχαριστώ όλη την ομάδα Floriano για τη βοήθεια που μου πρόσφερε.

Ευχαριστώ επίσης τους φίλους και συγγενείς που ήταν δίπλα μου σε όλη τη διαδρομή ενθαρρύνοντάς με.

Ευχαριστώ τους γονείς μου που ήταν δίπλα μου σε κάθε μου απόφαση, με στήριζαν και πίστευαν σε εμένα. Στα δικά τους μάτια πάντα θα βλέπω την αλήθεια, την αγάπη και την πίστη ότι μπορώ να τα καταφέρω, ότι μπορώ να γίνω καλύτερη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα το σύζυγό μου, αν δεν με υποστήριζε, αν δεν με σήκωνε να σταθώ στα πόδια μου, όταν λύγιζα και απογοητεύομουν, δεν θα μπορούσε η εργασία να φτάσει στο τέλος της. Στους δύο μου γιους θα πω να μην σταματούν να προσπαθούν, να πιστεύουν στον εαυτό τους και να έρχονται αντιμέτωποι με τους φόβους τους.

## **Εισαγωγή**

Η Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (N-ET) θεωρείται ως ένα νέο, σύγχρονο διεπιστημονικό πεδίο, το οποίο μέσα στα επόμενα χρόνια είναι πιθανό να επηρεάσει την καθημερινή μας ζωή. Πολλοί επιστήμονες και ερευνητές θεωρούν ότι η N-ET θα είναι η επόμενη βιομηχανική επανάσταση, αναγεννώντας μια νέα εποχή, «την εποχή του Νάνο» (Jones et al., 2013; Murty, Shankar, Rath & Murday, 2013). Πιο συγκεκριμένα, η N-ET αποτελεί ένα αναδυόμενο πεδίο έρευνας, το οποίο επικεντρώνεται στο να μελετήσει τις νέες ιδιότητες που εμφανίζουν τα υλικά σε μία κλίμακα με διαστάσεις από 1 έως 100 νανόμετρα, περίπου, που ονομάζεται νανοκλίμακα. Επιστήμονες και μηχανικοί επιδιώκουν να εξερευνήσουν αυτήν την άγνωστη περιοχή και να εκμεταλλευτούν τα μυστικά της χρησιμοποιώντας σύγχρονα εξειδικευμένα όργανα. Απώτερός στόχος είναι να σχεδιαστούν προϊόντα πιο φιλικά προς το περιβάλλον, αποδοτικότερα, οικονομικότερα και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα που ήδη κυκλοφορούν στην αγορά (Jones et al., 2013; Stevens et al., 2009).

Επιστήμονες, ερευνητές και επικεφαλής στην χάραξη της εκπαιδευτικής πολιτικής συμφωνούν ότι το περιεχόμενο της N-ET είναι σημαντικό να ενσωματωθεί στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Blonder & Sakhnini, 2012; Jones et al., 2013; Roco, 2011). Για να ανταποκριθεί στο έργο του ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επιμορφώνεται σε γνωστικά περιεχόμενα που άπτονται των εξελίξεων της σύγχρονης ζωής. Πρόκληση αποτελεί η ανάγκη να εκπαιδευτούν οι μαθητές και να καθιστούν εγγράμματοι σε θέματα της N-ET. Υπό αυτό το πρίσμα διαπιστώνεται έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για την εισαγωγή εννοιών και φαινομένων της N-ET στην εκπαίδευση (Jones et al., 2013).

Το εγχείρημα όμως της εισαγωγής του περιεχομένου της N-ET παρουσιάζει πολλές προκλήσεις (Hingant & Albe, 2010). Πολλές από τις δυσκολίες απορρέουν από την φύση του περιεχομένου. Αυτό διέπεται από μαθηματικές εξισώσεις (π.χ. εξισώσεις Shroedinger), κβαντομηχανικούς νόμους (π.χ. αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg), αφηρημένες έννοιες (π.χ. νανοκλίμακα) κτλ. Επιπλέον, η νανοκλίμακα, αποτελεί μία κλίμακα μακριά από τις ανθρώπινες αισθήσεις, ενώ τα φαινόμενα που συμβαίνουν σε αυτή πολλές φορές παραβιάζουν την κοινή λογική.

Λόγω αυτής της πολυπλοκότητας διαπιστώνεται ότι αυτή η πολυδιάστατη επιστημονική γνώση δεν είναι κατάλληλη για να διδαχτεί σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αναδεικνύεται λοιπόν η αναγκαιότητα η επιστημονική γνώση να τροποποιηθεί έτσι ώστε να γίνει κατάλληλη για τον στοχευόμενο

πληθυσμό, που στην περίπτωση της εργασίας αυτής συγκροτείται από μαθητές Α/θμιας εκπαίδευσης. Ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου της N-ET είναι μία πολυσύνθετη διαδικασία, στην οποία πρέπει να συνεκτιμηθούν πολλοί παράγοντες ταυτόχρονα, όπως η προϋπάρχουσα γνώση των υποκειμένων της μάθησης, οι αρχικές απόψεις κτλ. Σε αυτήν την κατεύθυνση του διδακτικού μετασχηματισμού, νανοεπιστήμονες και επιστήμονες διδακτικής (science educators) συμφώνησαν για τις εννέα θεμελιώδεις έννοιες του περιεχομένου της N-ET: Μέγεθος και κλίμακα, δομή της ύλης, δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις, κβαντικά φαινόμενα, ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος, αυτοοργάνωση (self-assembly), εργαλεία και όργανα, μοντέλα και προσομοιώσεις και επιστήμη-τεχνολογία-κοινωνία. Οι εννέα έννοιες χαρακτηρίστηκαν ως Μεγάλες Ιδέες-Big Ideas (MI) για την Νανοτεχνολογία (Stevens et al., 2007). Στη βιβλιογραφία, η Μεγάλη Ιδέα «Μέγεθος και Κλίμακα» αναδεικνύεται ως ο πυρήνας για την κατανόηση του περιεχομένου της N-ET. Υποστηρίζεται ότι υπάρχει σε όλες τις άλλες MI και αποτελεί προϋπόθεση για την κατανόηση των υπόλοιπων εννοιών της N-ET (Stevens et al., 2009). Επιπλέον, η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις βασικές έννοιες της N-ET έδειξε ότι το «Μέγεθος και η Κλίμακα» είναι η έννοια που έλαβε τη μεγαλύτερη προσοχή από ερευνητές στα πλαίσια της εκπαίδευσης της N-ET γενικότερα (Blonder & Sakhnini, 2016; Bryan et al., 2015). Οι έρευνες δείχνουν πως οι μαθητές δημοτικού αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε δεξιότητες οι οποίες αφορούν την έννοια του μεγέθους, όπως δεν μπορούν να σειροθετήσουν αντικείμενα διαφορετικών μεγεθών μη ορατών κόσμων (Tretter et al., 2006) Συνεπώς οι μαθητές χρειάζεται να γνωρίζουν την ιδέα αυτή ώστε να μπορέσουν να προσεγγίσουν και άλλες έννοιες της N-ET, όπως τις «ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος» (Magana et al., 2012). Τέλος φάνηκε πως για να καταφέρουν οι μαθητές να προσεγγίσουν το δύσκολο περιεχόμενο της N-ET, ερευνητές και εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν πολλές διαφορετικές στρατηγικές μάθησης όπως η χρήση απεικονίσεων που προσφέρουν τα πολυμεσικά εργαλεία (Chanteau, Ruths, Tour, 2003; Magana 2014; Murriello, Contier & Knobel, 2006).

Η πολυμεσική μάθηση βασίζεται στο ότι το υλικό που θα διδαχθεί θα πρέπει να σχεδιαστεί με τον τρόπο εκείνο όπου λειτουργεί ο ανθρώπινος νους. Τα πολυμέσα μπορούν να παρέχουν νέες δυνατότητες για τη διδασκαλία και τη μάθηση του μεγέθους και της κλίμακας, προσφέροντας μια πολυτροπική και πολυδιάστατη παρουσίαση των πληροφοριών, διευκολύνοντας την κατανόηση σε διαφορετικές κλίμακες (Magana 2014). Τα πολυμέσα είναι εφαρμογές που συνδυάζουν πολλαπλούς τρόπους αναπαράστασης και εκφοράς της πληροφορίας σε μία ενιαία εφαρμογή (Επιμορφωτικό Υλικό, 2013). Στην εργασία που πραγματευόμαστε μας ενδιέφεραν συγκεκριμένα πολυμεσικά εργαλεία, τα animations.

Το animation ανήκει στην Τέχνη του κινηματογράφου, επομένως πέραν του ότι θεωρείται κομμάτι Τέχνης χρησιμοποιείται και ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Ένα animation φέρει πολλά θετικά στη διδασκαλία, όπως εστιάζει την προσοχή των μαθητών, τους ενεργοποιεί, προσελκύει την προσοχή τους στις σημαντικές πληροφορίες κ.ά. (Berk, 2009). Για να δημιουργηθεί ένα animation πρέπει να ακολουθηθούν τρία στάδια, όπως: i) της προπαραγωγής, ii) της παραγωγής και iii) του μοντάζ. Τα τρία στάδια περιλαμβάνουν επτά βήματα: i) τη δημιουργία του σεναρίου, ii) τη δημιουργία του storyboard, iii) τις τεχνικές του animation, iv) την ηχοληψία, v) τη δημιουργία του animated storyboard, vi) το μοντάζ και vii) τα ειδικά εφέ (Καλαμπάκας & Κυριακούλακος, 2015, Σιάκας & Σόκαλη, 2011, Derakhshani, 2010; Halas & Manvell, 1969; Laybourne, 1998; Madigan, 2014; Zettl, 1990).

Η διαδικασία δημιουργίας σεναρίου animation είναι μια διαδικασία όπου διαφορετικές ειδικότητες καλούνται να συνεργαστούν (ερευνητές, συγγραφείς, μουσικοί, τεχνικοί, ηχολήπτες, σχεδιαστές κ.λπ.) (Laybourne, 1998, Lee & Owens, 2000). Υπό αυτό το πρίσμα το εκπαιδευτικό ρεύμα STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics), λαμβάνοντας υπόψη την έννοια της διεπιστημονικότητας, υποστηρίζει ότι η εισαγωγή των Τεχνών στη διδασκαλία συμβάλλει στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών με τις θετικές και τεχνολογικές επιστήμες (Sousa & Pilecki, 2018). Εκπαιδευτικοί και ερευνητές για να μπορέσουν να προσεγγίσουν δύσκολες έννοιες των ΦΕ επιλέγουν να χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές και εργαλεία προερχόμενα από τις Τέχνες, όπως το animation (Barak, Ashkar & Dori, 2011; Barak & Dori, 2005; Holzinger, Kickmeier-Rust & Albert, 2008; Rosen, 2009; Schnotz & Lowe, 2003). Φάνηκε επίσης πώς το διδακτικό εργαλείο animation ήταν μία επιλογή των εκπαιδευτικών και ερευνητών που ήθελαν να προσεγγίσουν το σύγχρονο περιβάλλον της N-ET (Πέικος κ.ά. 2015α, Blonder & Rap 2012; Jones et.al., 2007).

Η έρευνα δείχνει ότι για να εισάγει κανείς την N-ET στους μαθητές καλό θα είναι να αρχίσει με την πρώτη Μεγάλη Ιδέα που είναι το «Μέγεθος και η Κλίμακα». Μάλιστα στην έρευνα για την εκπαίδευση στη N-ET εντοπίζεται ένα πλαίσιο για την διδασκαλία και μάθηση του Μεγέθους και της Κλίμακας, το οποίο μας δίνει σαφείς κατευθύνσεις «τι είναι ωφέλιμο» να διδαχθεί για την έννοια του μεγέθους και της κλίμακας (Magana et al., 2012). Στο πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε για την κατανόηση του «Μεγέθους και της Κλίμακας» (Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition) παρουσιάζονται πέντε γνωστικές διαδικασίες μαζί με τα αντίστοιχα επίπεδα κατανόησης τους (Magana et al., 2012). Οι πέντε γνωστικές διαδικασίες είναι: η γενίκευση (generalization), η διάκριση (discrimination), η λογική αναλογική σκέψη (logical proportional reasoning), η αριθμητική αναλογική σκέψη

(numerical proportional reasoning) και η απόδοση του απόλυτου μεγέθους (absolute size). Από αυτές τις πέντε γνωστικές διαδικασίες, οι τρεις πρώτες είναι ποιοτικές ενώ οι δύο επόμενες είναι ποσοτικές. Το μέγεθος αναφέρεται στην ποιοτική σημασιολογική ιδιότητα ενός αντικειμένου, ενώ η κλίμακα στην ποσοτική, αυστηρά λογική (forma) ιδιότητα, ως μονάδα μέτρησης (Magana, 2014; Magana et al., 2012). Συγκεκριμένα στην συγκεκριμένη εργασία λήφθηκαν υπόψη οι δύο πρώτες γνωστικές διαδικασίες διότι αυτές οι όψεις αφενός είναι οι αρχικές του πλαισίου υποστηρικτικής μάθησης και αφετέρου είναι ποιοτικές άρα και πιο ευκολονόητες από τους μαθητές της Α/θμιας εκπαίδευσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, βασικός σκοπός της έρευνας ήταν να μελετηθούν ζητήματα που άπτονται της εκπαίδευσης μαθητών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο περιεχόμενο της N-ET. Ειδικότερα η εργασία αυτή αποτελεί ένα από τα πρώτα βήματα για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού animation με περιεχόμενο τη N-ET και συγκεκριμένα το μέγεθος των αντικειμένων. Από το συγκεκριμένο εγχείρημα παρήχθη το animatic - animated storyboard, που είναι το πέμπτο βήμα της δημιουργίας ενός animation και ανήκει στο δεύτερο στάδιο, αυτό της παραγωγής. Οι δυσκολίες της μη ολοκλήρωσης του animation θα αναδειχθούν κατά την ανάγνωση της εργασίας, με βασικότερη την ανάγκη για συνεργασία με κάποια άλλη ειδικότητα, όπως αυτή του animator.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η νανοτεχνολογία είναι ένα νέο πεδίο στην επιστήμη με πολλές εφαρμογές οι οποίες προβλέπεται ότι θα επιφέρουν αλλαγές στη ζωή μας τα επόμενα χρόνια (Blonder & Rap, 2012).

Μια από τις πιο συναρπαστικές πτυχές της νανοτεχνολογίας σύμφωνα με τον Newberry (2012) είναι ο πολυδιάστατος και διεπιστημονικός χαρακτήρας της. Υπάρχουν πολλές εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη νανοτεχνολογία, για παράδειγμα το λέιζερ κάθετης κοιλότητας που χρησιμοποιείται για τη διαφοροποίηση μεταξύ υγιών και ανθυγιεινών κυττάρων. Επιπλέον λόγω του διεπιστημονικού χαρακτήρα της N-ET φαίνεται η ανάγκη για ομαδική εργασία σε πολλαπλούς κλάδους. Για παράδειγμα, καλλιτέχνες συνεργάστηκαν με συνθετικούς χημικούς για τη δημιουργία ενός 3D animation το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Απώτερος σκοπός τους ήταν όλες οι ηλικιακές ομάδες να μπορέσουν να εκτιμήσουν την ομορφιά του χημικού σχεδιασμού.

Η N-ET αποτελεί ένα σύγχρονο, καινοτόμο και αναδυόμενο χώρο έρευνας. (Stevens, Sutherland and Krajcik, 2009). Η χρήση της σηματοδοτεί την αρχή μιας νέας εποχής, η οποία οδηγεί σε μια κομβική ασυνέχεια με το παρελθόν, που είναι τόσο έντονη όσο αντίστοιχα ήταν η ασυνέχεια ανάμεσα στις εφημερίδες και το διαδίκτυο (Di Sia, 2017). Όταν κάποιος δουλεύει μέσα στην κλίμακα του νάνο έχει τη δυνατότητα να παράγει υλικά με διάφορες ιδιότητες όπως: η αλλαγή χρώματος, η ευλυγισία, ο αυτοκαθαρισμός, η υπερυδροφοβικότητα η προσκόλληση η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αντοχή (Filipponi & Sutherland, 2010; Jiao et al., 2009; Long et al., 2015; Xi et al., 2016) κ.ά. Τα υλικά αυτά θα διαμορφώσουν την καθημερινή ζωή των ανθρώπων σε πολλαπλά πεδία όπως υγεία, αθλητισμό, καθώς και στην παραγωγή ειδών πρώτης ανάγκης, όπως φαγητό και νερό (Stevens et al., 2009 · Han, Xu, Gao, 2013).

### 1.1.1. Νοηματοδοτήσεις της νανοτεχνολογίας

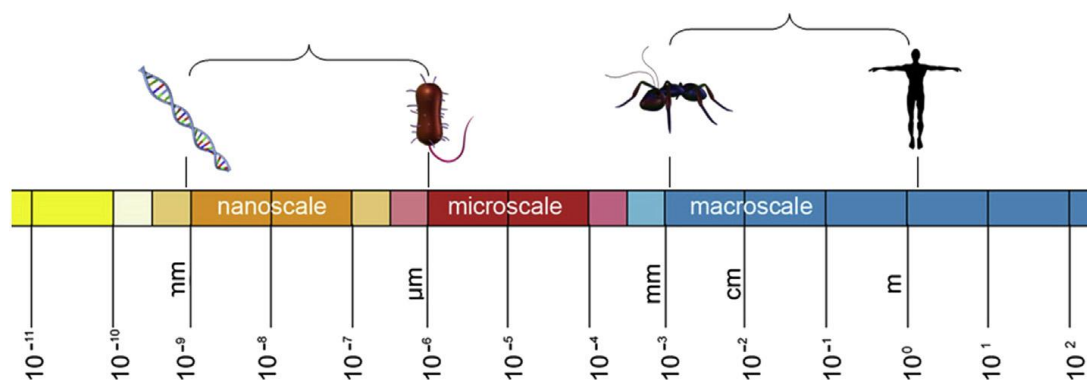
Ο όρος νανοτεχνολογία εισήχθη για πρώτη φορά από τον καθηγητή του Πανεπιστημίου Επιστημών του Τόκιο Norio Taniguchi το 1974, σε μία διατριβή του με τίτλο «Σχετικά με τη βασική έννοια της Νανοτεχνολογίας» για να περιγράψει διαδικασίες ημιαγωγής, όπου οι λειτουργίες ελέγχονται στο επίπεδο του νανόμετρου (Murty et al., 2013).

Οι Jones et al. (2013) καταγράφουν ότι η N-ET αποτελεί ένα διεπιστημονικό πεδίο έρευνας, το οποίο επικεντρώνεται στο να μελετήσει και να εκμεταλλευτεί τις

νέες ιδιότητες των υλικών, όταν αυτά αποκτήσουν μέγεθος που ανήκει στις διαστάσεις της νανοκλίμακας.

Η νανοτεχνολογία ως όρος χαρακτηρίζεται από μεγάλη ευρύτητα διότι είναι πολύ γενικός για να περιγράψει οτιδήποτε συμβαίνει στις διαστάσεις του νανομέτρου. Σε μια προσπάθεια βιβλιογραφικής αναζήτησης νοηματοδοτήσεων για τη Ν-ΕΤ, διαπιστώθηκε πως δεν υπάρχει κάποιος ομόφωνα αποδεκτός ορισμός (Πέικος, 2016). Φαίνεται όμως ότι διαφορετικοί επιστημονικοί – τεχνολογικοί κλάδοι (ηλεκτρονική, περιβάλλον, Φυσικές επιστήμες) διατυπώνουν διαφορετικούς ορισμούς. Κοινός τόπος μεταξύ των ορισμών αυτών, είναι ότι υπάρχει ισχυρή σύνδεση του επιστημονικού – τεχνολογικού πεδίου της Ν-ΕΤ με τον συνδυασμό μεγέθους - ιδιότητας. Αυτό σημαίνει ότι η Ν-ΕΤ εκμεταλλεύεται την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών εξαιτίας του μεγέθους.

Η αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών συμβαίνει σε μια περιοχή με διαστάσεις 1-100nm περίπου, όπου 1 νανόμετρο (nm) ισούται με ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου,  $10^{-9}=0,000000001$  (Ghatts & Carver, 2012). Αυτές οι διαστάσεις ορίζουν την λεγόμενη «Νανοκλίμακα» η οποία αποτελεί συνέχεια της «Μικροκλίμακας» και της «Μακροκλίμακας» (εικόνα 1) (Sakhnini & Blonder, 2015; Jones et al., 2013; Roco, 2011; Mansoori, 2005)



**Σχήμα 1:** Μεταφορά κλίμακας και η αναλογική αναλογία (Προσαρμογή SRI, 2007 όπως διαβάστηκε στο Magana, 2014)

### 1.1.2.Ιδιότητες στη νανοκλίμακα

Οι Jones et al. (2013) και Taylor, Jones & Pearl (2008) αναφέρονται σε τρεις χαρακτηριστικές ιδιότητες για την νανοκλίμακα: την τραχύτητα (bumpiness) όπως στο φαινόμενο του λωτού, την προσκόλληση (sticky) όπως συμβαίνει με τη σαύρα Gecko και τη συνεχή κίνηση των οντοτήτων που έχουν μέγεθος της νανοκλίμακας (shaky).



Στη νανοκλίμακα οι ιδιότητες των υλικών είναι μοναδικές για δύο βασικούς λόγους: α) επειδή είναι υψηλός ο λόγος της επιφάνειας προς τον όγκο και β) εξαιτίας κβαντικών φαινομένων. Πιο αναλυτικά, σε αυτή τη κλίμακα μεγέθους αυξάνεται δραματικά ο λόγος της επιφάνειας προς τον όγκο.

Το φαινόμενο αυτό, παρατηρείται στη μικροκλίμακα καθώς και στην μακροκλίμακα. Στην νανοκλίμακα όμως είναι συνυφασμένο με μοναδικές-καινοτόμες ιδιότητες. Σε αυτό το επίπεδο μεγέθους οι ιδιότητες του υλικού καθορίζονται από την επιφάνειά του και όχι από τον όγκο του, επειδή τα άτομα της επιφάνειας είναι περισσότερα σε ποσοστό από τα άτομα στο εσωτερικό του υλικού. Μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν υλικά, όπως οι νανοσωλήνες (single-walled nanotubes) και τα φουλερένια, των οποίων όλα τα άτομα βρίσκονται αποκλειστικά στην επιφάνειά τους (surface atoms) (Kumhar & Kumhbat, 2016; Stevens et al., 2009).

### *1.1.3. Η N-ET στην Υποχρεωτική εκπαίδευση – Η Εκπαιδευτική αξία της διδασκαλίας της N-ET*

Η εισαγωγή της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση πλέον θεωρείται αναγκαία για τρεις τουλάχιστον λόγους: την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών στις Φυσικές επιστήμες (ΦΕ), την καλλιέργεια του νανογραμματισμού και την έλλειψη εργατικού δυναμικού από τη N-ET (Hingant & Albe, 2010; Jones et al., 2013; Laherto, 2010; Newberry, 2012).

Η νανοτεχνολογία σύμφωνα με τον πρώτο λόγο: την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών στις ΦΕ, έχει τη δυνατότητα να ενθουσιάσει και να ενεργοποιήσει τους μαθητές. Στην βιβλιογραφία καταγράφεται ότι το ενδιαφέρον των μαθητών για τις ΦΕ είναι χαμηλό ακόμα και στις ανεπτυγμένες χώρες (Osborne, 2008). Οι έρευνες όμως, οι οποίες εστιάζουν στο κατά πόσο εγείρεται το ενδιαφέρον για τη N-ET παρουσιάζουν θετικά αποτελέσματα.

Οι Δρογγίτη και Πέικος (2015) μελέτησαν το καταστασιακό ενδιαφέρον (προκύπτει όταν ένα ερέθισμα από το περιβάλλον έρχεται στην αντίληψη του ατόμου και δημιουργεί μια βραχύχρονη συναισθηματική αντίδραση) 17 μαθητών ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου οι οποίοι συμμετείχαν σε εργαστήρια με περιεχόμενο τη N-ET. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται πως το ενδιαφέρον των μαθητών προκλήθηκε εξαιτίας του περιβάλλοντος μάθησης, των νέων γνώσεων και επιστημονικών διαδικασιών. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά το περιβάλλον μάθησης, οι μαθητές αναφέρθηκαν στα διερευνητικά και ομαδοσυνεργατικά χαρακτηριστικά του, όπως: «Μου άρεσε που χρησιμοποιούσαμε μικροσκόπια», «Που κάναμε

συνεχώς πειράματα και μοντέλα», «Που συζητούσαμε». Όσον αφορά τις νέες γνώσεις και επιστημονικές διαδικασίες οι μαθητές ανέφεραν: «...θέλω να ανακαλύπτω πράγματα», «...να ασχολούμαι με τα πράγματα των επιστημόνων», «που μάθαμε πώς να ξέρουμε να πίνουμε καθαρό νερό από την βρύση».

Επιπλέον, ένας ακόμα παράγοντας ο οποίος μπορεί να είναι σημαντικός για την ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών είναι η διεπιστημονική προσέγγιση με την οποία είναι συνυφασμένη η N-ET (Bhushan, 2016). Μάλιστα, ο συγκεκριμένος εντάσσει την διεπιστημονική προσέγγιση της N-ET μέσα στο πλαίσιο Επιστήμη- Τεχνολογία- Μηχανική- Μαθηματικά, το οποίο είναι γνωστό ως STEM (Science Technology Engineering Mathematics) το οποίο ενδείκνυται για την σύνδεση της επιστήμης με την ζωή και κατά συνέπεια την αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών προς τις επιστήμες. Μάλιστα μέσα στο πλαίσιο του STEM οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι «υπάρχει χώρος» για την ενασχόληση με την Τέχνη και την ανάπτυξη της δημιουργικότητα των μαθητών σε θέματα σχετικά με τη N-ET. Συνοψίζοντας, οι έρευνες στο χώρο της εκπαίδευσης της N-ET, δείχνουν ότι το ενδιαφέρον των μαθητών μπορεί να προκληθεί από: (i) το περιβάλλον μάθησης (διερευνητική μέθοδος, πειράματα, ομοαδοσυνεργατική διδασκαλία), (ii) ένα πλαίσιο της μάθησης όταν έχει νόημα για τους μαθητές (αντικείμενα ή γεγονότα του πραγματικού κόσμου τα οποία σχετίζονται με τη N-ET, εφαρμογές) και (iv) τα «εντυπωσιακά και μυστήρια» φαινόμενα της N-ET.

Επιπλέον σύμφωνα με το δεύτερο λόγο της εισαγωγής της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση γίνεται σαφής η ανάγκη για την καλλιέργεια του νανογραμματισμού υπό το ευρύτερο πεδίο του επιστημονικού γραμματισμού.

Στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές θα πρέπει να αποκτήσουν τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες ώστε να μπορούν να επιχειρηματολογούν για τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις των εφαρμογών της Νανοτεχνολογίας, σε θέματα σχετικά με την υγεία, το περιβάλλον και την κοινωνία (Jones et al., 2013; Laherto, 2010, Newberry, 2012).

Σύμφωνα με τους Loughran, Smith & Berry (2011) οι ΦΕ είναι μια ανθρώπινη κατασκευή η οποία στοχεύει στην εξυπηρέτηση κοινωνικών αναγκών. Οι ανάγκες αυτές είναι διαφορετικές σε διαφορετικό χρόνο και σε διαφορετικό τόπο, και ως εκ τούτου η φύση και ο ρόλος των ΦΕ αλλάζει για να ανταποκριθεί στις νέες ανάγκες. Η εκπαίδευση όμως δεν ακολουθεί αυτές τις αλλαγές. Παρατηρείται ένα χάσμα μεταξύ των ΦΕ στην οποία εκτίθεται η κοινωνία και της επιστήμης η οποία διδάσκεται στο σχολείο. Το χάσμα αυτό καλείται να γεφυρώσει ο «επιστημονικός γραμματισμός».

Στην βιβλιογραφία επισημαίνεται ότι δεν υπάρχει συμφωνία για έναν σαφή ορισμό του επιστημονικού γραμματισμού (Χαλκιά, 2012), όσον αφορά το

περιεχόμενο του όρου, στα αναλυτικά προγράμματα εντοπίζονται δυο οπτικές, οι οποίες επηρεάζουν τον σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων: η «Οπτική 1» και η «Οπτική 2» (Χαλκιά, 2012, Roberts, 2007). Η «Οπτική I» εστιάζει στην διδασκαλία και μάθηση του επιστημονικού περιεχομένου των ΦΕ. Δίνει έμφαση στην ίδια την επιστήμη και στόχος της είναι οι μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες που θα τους βοηθούν να σκέφτονται και να προσεγγίζουν τις καταστάσεις ως επαγγελματίες επιστήμονες. Η «Οπτική II» εξετάζει την επιστήμη από μια πιο κοινωνική πλευρά. Η επιστήμη θεωρείται ότι είναι απαραίτητη ώστε να βοηθά τους μαθητές να λαμβάνουν αποφάσεις για κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. Στόχος είναι οι μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες, οι οποίες θα τους βοηθούν να σκέφτονται και να προσεγγίζουν καταστάσεις ως πολίτες καλά πληροφορημένοι για τον επιστημονικό κόσμο (Χαλκιά, 2012, Loughran et al.; 2011, Roberts, 2007).

Η N-ET αποτελεί παράδειγμα αλλαγής και από πολλούς θεωρείται ως επανάσταση στον χώρο της επιστήμης (Jones et al., 2013; Laherto, 2010). Η εκπαιδευτική και ερευνητική κοινότητα των ΦΕ κάνει προσπάθειες τα τελευταία χρόνια να εισάγει τις καινοτομίες της N-ET στο σχολείο ώστε να καταστούν οι μαθητές επιστημονικά εγγράμματοι στη N-ET (Stevens et al., 2009). Στη βιβλιογραφία εντοπίζεται ο όρος «νανογραμματισμός» (nano-literacy) (Laherto, 2010), ο οποίος φαίνεται να συμφωνεί περισσότερο με την «Οπτική II». Ο Laherto (2010) καταγράφει πως οι πολίτες σύντομα θα έχουν ανάγκη για κάποιο είδος νανογραμματισμού ώστε να διαχειρίζονται θέματα βασισμένα στην επιστήμη, τα οποία είναι σχετικά με την καθημερινή τους ζωή και την κοινωνία.

Για να σχεδιαστούν κατάλληλα εκπαιδευτικά προγράμματα πρέπει πρώτα να αναγνωριστούν οι βασικές έννοιες που συνθέτουν τη Νανοτεχνολογία.

Κάθε επιστημονικός τομέας χτίστηκε πάνω σε μία σειρά εννοιών, αυτές είναι σημαντικές για την εξήγηση φαινομένων και την απόκτηση των βασικών γνώσεων του κάθε τομέα. Οι έννοιες αυτές πρέπει να έχουν διεπιστημονικό χαρακτήρα και να μην αφορούν μόνο ένα πεδίο π.χ. αυτό της Χημείας ή της Βιολογίας αλλά όλων των ΦΕ. Αυτές οι ιδέες ή οι έννοιες αντιπροσωπεύουν περιοχές όπου ο κόσμος στη νανοκλίμακα είναι διαφορετικός από την γνωστή μακροσκοπική κλίμακα και ακόμη και την κλίμακα των μικροσκοπίων (Newberry, 2012). Έτσι τον Νοέμβριο του 2006 σύμφωνα με τον Stevens et al. (2009) έγινε ένα συνέδριο όπου νανοεπιστήμονες και επιστήμονες διδακτικής (science educators) συμφώνησαν για τις θεμελιώδεις έννοιες του περιεχομένου της N-ET, τις οποίες θα πρέπει να κατακτήσουν οι μαθητές με σκοπό να καθιστούν εγγράμματοι στα υπό μελέτη αντικείμενα. Οι εννέα θεμελιώδεις αυτές έννοιες χαρακτηρίστηκαν ως Μεγάλες Ιδέες-Big Ideas για την Νανοτεχνολογία

(Stevens et al., 2007). Στη συνέχεια περιγράφονται οι εννέα αυτές Μεγάλες Ιδέες (Πέικος, Μάνου, Σπύρτου, 2015α).

*Μέγεθος και κλίμακα:* Παράγοντες σχετικοί με το μέγεθος και την γεωμετρία (όπως το σχήμα και η κλίμακα) βοηθούν στην περιγραφή της ύλης και στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς της.

*Δομή της ύλης:* Η ύλη αποτελείται από δομικά κομμάτια τα οποία συχνά σχηματίζουν μια ιεραρχία από δομές. Οι δομές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας οργανώσεις νανοκλίμακας (nanoscale assemblies).

*Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις:* Όλες οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να περιγραφούν από πολλαπλούς τύπους δυνάμεων, η σχετική όμως επίδραση του κάθε τύπου δύναμης, αλλάζει με την κλίμακα. Συγκεκριμένα, στη νανοκλίμακα ηλεκτρικές δυνάμεις καθορίζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των νανοδομών.

*Κβαντικά φαινόμενα:* Διαφορετικά μοντέλα εξηγούν και προβλέπουν τη συμπεριφορά της ύλης βασιζόμενα στην κλίμακα. Για παράδειγμα, όταν το μέγεθος ενός αντικειμένου γίνεται μικρότερο και προσεγγίζει τις διαστάσεις της νανοκλίμακας τα κβαντικά φαινόμενα γίνονται σημαντικότερα.

*Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος:* Οι ιδιότητες της ύλης μπορούν να αλλάξουν με την κλίμακα. Για παράδειγμα κατά τη μετάβαση ενός υλικού από τη μακροκλίμακα στη νανοκλίμακα, οι ιδιότητές του αλλάζουν απροσδόκητα και το υλικό αποκτά νέα λειτουργικότητα.

*Αυτοοργάνωση (self-assembly):* Κάτω από ειδικές συνθήκες κάποια υλικά μπορούν αυθόρμητα να συναθροιστούν δημιουργώντας οργανωμένες δομές. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική στην νανοκλίμακα για τον χειρισμό των υλικών.

*Εργαλεία και όργανα:* Η ανάπτυξη νέων εργαλείων και οργάνων συμβάλλει στην επιστημονική πρόοδο. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη εξειδικευμένων εργαλείων όμως τα μικροσκόπια SPM (scanning probe microscope) και SEM (scanning electron microscope) οδηγούν σε νέα επίπεδα κατανόησης της ύλης, βοηθώντας τους επιστήμονες στον εντοπισμό, στο χειρισμό, στη μέτρηση και στη διερεύνηση γενικότερα της ύλης στη νανοκλίμακα με ακρίβεια.

*Μοντέλα και προσομοιώσεις:* Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν μοντέλα και προσομοιώσεις για την οπτικοποίηση, την ερμηνεία, την πρόβλεψη και τη δημιουργία υποθέσεων για τις δομές, τις ιδιότητες και τις συμπεριφορές των φαινομένων. Το εξαιρετικά μικρό μέγεθος και η πολυπλοκότητα της νανοκλίμακας καθιστούν τα μοντέλα και τις προσομοιώσεις χρήσιμα για την μελέτη και τον σχεδιασμό φαινομένων στη νανοκλίμακα.

*Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία:* Καθώς η νανοτεχνολογία είναι μια ανερχόμενη επιστήμη, μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία

λήψης αποφάσεων για το πώς πρέπει να χρησιμοποιούνται οι νέες τεχνολογίες. Για παράδειγμα πρέπει να λαμβάνεται υπ' ύψη κατά την λήψη αποφάσεων ποιοι ωφελούνται από τα νέα προϊόντα που δημιουργούνται, με ποιόν τρόπο και ποιοι ζημιώνονται.

Η εισαγωγή των Μεγάλων Ιδεών (MI) δημιούργησε νέες προκλήσεις για τους ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ. Η διεθνής βιβλιογραφία επικεντρώνεται στις προσπάθειες για την παραγωγή κατάλληλου διδακτικού υλικού και την ενσωμάτωση των MI στα Προγράμματα Σπουδών των ΦΕ (Stevens et al., 2007). Στην χώρα μας εντοπίστηκαν οι ενότητες στις οποίες θα μπορούσαν να ενσωματωθούν οι MI της N-ET στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών (ΝΠΣ) των ΦΕ στη χώρα μας των δύο τελευταίων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου, όπως φαίνεται στον πίνακα 1 (Μάνου, Σπύρτου, 2013).

**Πίνακας 1:** «Μεγάλες Ιδέες» N-ET και συσχέτισή τους με το ΝΠΣ ΦΕ της Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού Σχολείου (Μάνου, Σπύρτου, 2013, σελ.668-669)

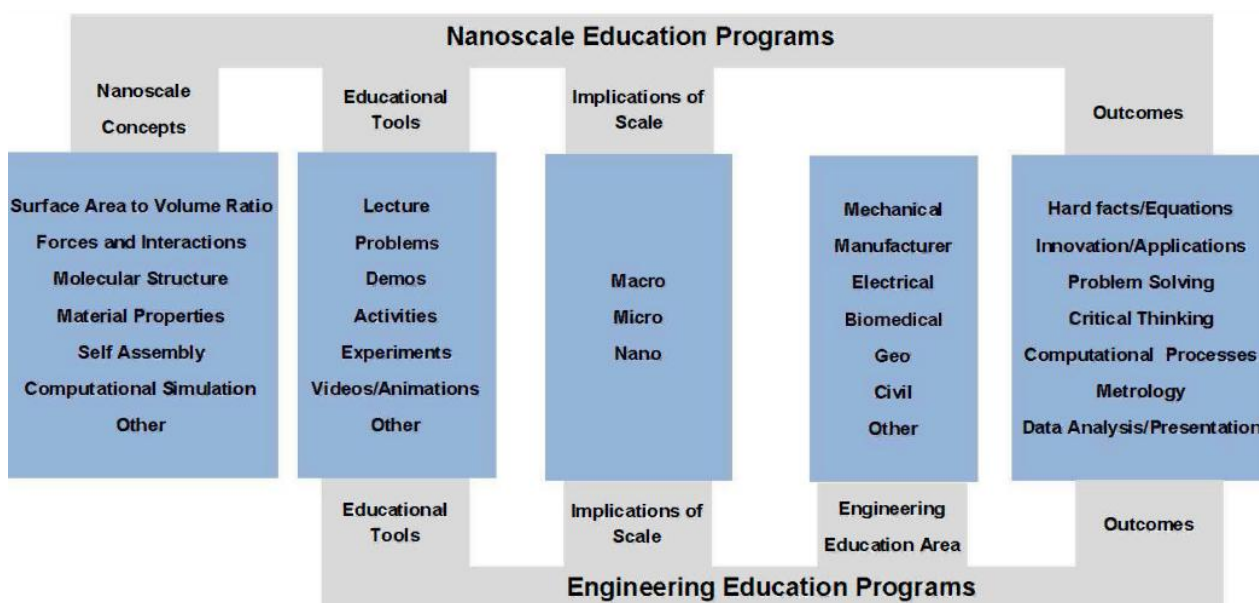
<b>Μεγάλες Ιδέες</b>	<b>Ε΄ Δημοτικού</b>	<b>ΣΤ΄ Δημοτικού</b>
Μέγεθος-Κλίμακα	Ενότητα 1.1: Έμβια Ύλη – Η ζωή γύρω μας	
Δομή της ύλης		
Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος	Ενότητα 1.2: Υλικά και τεχνολογικά αντικείμενα γύρω μας – Πρώτες ύλες	
Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις		Ενότητα 4: Δημιουργώ με τις δυνάμεις
Κβαντικά φαινόμενα		
Αυτό-οργάνωση		
Όργανα	Ενότητα 1.1: Έμβια Ύλη – Η ζωή γύρω μας	
Μοντέλα και προσομοιώσεις	Ενότητα 1.2: Υλικά και τεχνολογικά αντικείμενα γύρω μας – Πρώτες ύλες	
Επιπτώσεις της N-ET	Ενότητα 1.2: Υλικά και τεχνολογικά αντικείμενα γύρω μας – Πρώτες ύλες Ενότητα 2.5: Τεχνολογικές εφαρμογές – Προστασία Ενότητα 3.2: Λιγότερη ενέργεια για τις ίδιες ανάγκες και επιθυμίες	Ενότητα 1: Ανθρώπινος οργανισμός - Γνωρίζω το σώμα μου Ενότητα 2.6: Επιδράσεις των σύγχρονων τεχνολογικών επιτευγμάτων στην ακοή του ανθρώπου

Η εισαγωγή της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση, αναπτύσσει ένα ειδικό εκπαιδευτικό ερευνητικό κλάδο, ο οποίος μελετά την εκπαιδευτική αξία της N-ET, τον καθορισμό του πυρήνα των εννοιών του περιεχομένου της καθώς και την οργάνωση της δομής του, τις διαδικασίες διδασκαλίας/μάθησης, το σχεδιασμό και την κατασκευή κατάλληλων εκπαιδευτικών υλικών, που θα συμβάλλουν στην υλοποίηση καινοτομικών διδακτικών προτάσεων. Μέσα από την έρευνα προκύπτει ότι οι MI της N-ET καθώς και η διεπιστημονικότητα της αποτελούν ένα πρώτο πλαίσιο στο οποίο είναι δυνατόν να αναζητηθεί η ενσωμάτωση των ιδεών αυτών σε θεματικές ενότητες των Προγραμμάτων Σπουδών καθώς και των σχολικών εγχειριδίων.

Πιο αναλυτικά οι έννοιες «μέγεθος και κλίμακα» φαίνεται ότι μπορούν να ενσωματωθούν στην ενότητα 1.1 της Ε΄ Δημοτικού στην οποία προτείνεται ως δραστηριότητα: η αντιστοίχιση μακροσκοπικών και μικροσκοπικών παραδειγμάτων συνηθισμένων αντικειμένων (π.χ. χαρτί, τρίχα, βελόνα κ.λπ.). Στην ίδια ενότητα οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν φυτικά κύτταρα με το μικροσκόπιο. Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ότι στις δύο τελευταίες τάξεις υπάρχουν ενότητες που επικεντρώνονται στις επιδράσεις των τεχνολογικών επιτευγμάτων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον (Ε΄ Δημοτικού: ενότητες 1.2, 2.5, 3.2 και Στ΄ Δημοτικού: ενότητα 2.6). Για παράδειγμα, ως δραστηριότητα για τη διδασκαλία της ενότητας 1.2 της Ε΄ δημοτικού προτείνεται: *«οι μαθητές αναζητούν στο διαδίκτυο στοιχεία σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών, τη χρήση των νέων τεχνολογικών υλικών και αντικειμένων, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις διαδικασίες παραγωγής τους ή/και τη χρήση τους, τις κοινωνικές επιπτώσεις από τη χρήση τους, τα μοντέλα που περιγράφουν τις διαδικασίες κ.α»* (ΝΠΣ ΦΕ 2011, σελ 74, όπως διαβάστηκε στο Μάνου, Σπύρτου, 2013). Τέλος, όπως φαίνεται από τον πίνακα 1, κάποιες από τις «Μεγάλες Ιδέες», όπως η «Δομή της ύλης», δε συσχετίζονται με τις ενότητες του ΝΠΣ ΦΕ. Αυτό συμπαρασύρει και τις άλλες MI, όπως την «αυτό-οργάνωση» και τα «κβαντικά φαινόμενα», των οποίων η μελέτη προϋποθέτει τη διδασκαλία του γνωστικού αντικειμένου της δομής της ύλης, το οποίο όμως δεν εξετάζεται διεξοδικά στο Δημοτικό Σχολείο, σύμφωνα με το ΝΠΣ.

Ο Newberry (2012) κατέγραψε το πρόγραμμα διδασκαλίας (Σχήμα 2) της Νανοτεχνολογίας που εφαρμόζεται στην Ντακότα. Η ενσωμάτωση των εννοιών της νανοτεχνολογίας και των παιδαγωγικών εργαλείων στη μηχανική, παρέχει: 1) νέους τρόπους διδασκαλίας των παραδοσιακών εννοιών, 2) την εισαγωγή νέων και πρόσφατων ανακαλύψεων στην εργασία στην τάξη και τη 3) δυνατότητα ενίσχυσης της εμπειρίας των μαθητών στην κριτική σκέψη και άλλες ήπιες (soft) δεξιότητες. Στις πάνω γκρι στήλες αναγράφονται τα βήματα που αποτέλεσαν το επίκεντρο ή την προσέγγιση για την εκπαίδευση στη νανοτεχνολογία. Τα προγράμματα εκπαίδευσης

της N-ET συνήθως αρχίζουν με μία λίστα εννοιών της νανοτεχνολογίας. Έπειτα κάθε πρόγραμμα εκπαίδευσης επιλέγει τα κατάλληλα εργαλεία μάθησης. Επειδή δεν υπάρχουν εκπαιδευτικά βιβλία νανοτεχνολογίας για τα διάφορα μαθησιακά επίπεδα, γι' αυτό αναπτύσσονται διάφορες δραστηριότητες, ομιλίες, βίντεο, animation, πειράματα, demo. Η εκπαίδευση της N-ET δίνει μεγάλη έμφαση στην διδασκαλία της κλίμακας, οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν φαινόμενα που αφορούν τη μακροκλίμακα, έπειτα σε μικροκλίμακα και τέλος σε νανοκλίμακα. Τέλος, η εκπαίδευση της N-ET επικεντρώνεται σε αποτελέσματα με γνώμονα τη βιομηχανία. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν την κατανόηση των γεγονότων και των εξισώσεων και συχνά περιλαμβάνουν την προετοιμασία των μαθητών για δια βίου μάθηση, την προσαρμοστικότητα στις μεταβαλλόμενες τεχνολογίες και τις δεξιότητες σκέψης (strong thinking skills). Συμπερασματικά υποστηρίζεται ότι εφόσον η εκπαίδευση της N-ET είναι στα πρώτα της βήματα πρέπει κατά τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών προγραμμάτων να ληφθούν υπόψη πτυχές και από τον κλάδο της μηχανικής, με σκοπό να ωφεληθούν οι σπουδαστές, η κοινωνία, η βιομηχανία, η εκπαιδευτική κοινότητα.



**Σχήμα 2:** Τα διαδικαστικά βήματα στο πλαίσιο εκπαιδευτικών προγραμμάτων Νανοτεχνολογίας και Μηχανικής (Newberry, 2012,p:3)

Ολοκληρώνοντας, έρευνες δείχνουν ακόμη πως υπάρχει χάσμα της τάξεως των  $10^9$  m ανάμεσα στα φαινόμενα που είναι άμεσα παρατηρήσιμα και στο επίπεδο των ατόμων και των μορίων. Εξαιτίας του χάσματος αυτού προκύπτουν παρανοήσεις των μαθητών (Majier, 2011), τα φαινόμενα της καθημερινότητας που ανήκουν στο

νανόκοσμο φαίνονται στους μαθητές μόνο ως μαγικά-υπερφυσικά (Wiser & Smith, 2008). Για να διορθωθούν αυτές οι παρανοήσεις προτείνεται να υπάρχουν μικρότεροι βηματισμοί ανάμεσα στο ορατό (macro) και το μη ορατό (submicro) πεδίο, συμπεριλαμβανομένης και της νανοκλίμακας.

Επιπλέον σύμφωνα με τον τρίτο λόγο της εισαγωγής της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση, -την έλλειψη εργατικού δυναμικού- οι κοινωνικές, οι ερευνητικές καθώς και οι οικονομικές ανάγκες, που σχετίζονται με τον κλάδο της Νανοτεχνολογίας, συνεχώς αυξάνονται. Οι εταιρείες τα τελευταία χρόνια ενδιαφέρονται πιο πολύ για τις «ανάγκες του πελάτη» για αυτό το λόγο εξακολουθούν να αναζητούν εργαζόμενους που μπορούν να επιλύουν κλασσικές εξισώσεις και τυποποιημένα παραδοσιακά προβλήματα, όμως με πιο εκσυγχρονισμένες μεθόδους όπως με τη βοήθεια των υπολογιστών. Ένας άλλος τομέας που λαμβάνουν υπόψη οι εταιρείες είναι αυτός των λεπτών δεξιοτήτων, να έχει δηλαδή ο εργαζόμενος την ικανότητα της επικοινωνίας, της ομαδικότητας και της συνεργασίας. Στις λεπτές δεξιότητες ανήκει επίσης η δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων, η δια βίου μάθηση και η κριτική σκέψη (Newberry, 2012). Ειδικότερα, για την έλλειψη εργατικού δυναμικού επισημαίνεται ότι στη διδασκαλία των ΦΕ είναι αναγκαίο να εισαχθεί ο κλάδος του επαγγελματικού προσανατολισμού της N-ET διότι *«δεν είναι θέμα η πώληση μιας επιστημονικής καριέρας στους μαθητές αλλά μια απλή πληροφόρησή τους, μια διερεύνηση των οριζόντων τους και μια ανάπτυξη της γκάμας των φιλοδοξιών τους»* (Osborne, 2008).

Οι νέοι, σύμφωνα με τις Blonder & Rap (2012), μπορούν εύκολα να φανταστούν τους εαυτούς τους να συμμετέχουν σε θέσεις έρευνας και εργασίας μαζί με τους νανοεπιστήμονες και τους νανοτεχνολόγους. Η διαμόρφωση αυτής της πρώτης συνάντησης των νέων με τη νανοτεχνολογία παίζει ως εκ τούτου σημαντικό ρόλο στη δέσμευση και την κινητοποίησή τους για την περαιτέρω εκμάθηση της νανοτεχνολογίας. Η συνειδητοποίηση της σημασίας της εισαγωγής της νανοτεχνολογίας και της νανοεπιστήμης στους νέους οδήγησε στην ανάπτυξη πολλών προγραμμάτων νανοτεχνολογίας σε όλο τον κόσμο (π.χ. Ιταλία, Αυστραλία, Ισραήλ, Ηνωμένες Πολιτείες, Τουρκία, Γαλλία, Ισραήλ και Ελλάδα (Blonder & Sankini, 2012). Για παράδειγμα στις ΗΠΑ σχεδιάστηκε ένα πρόγραμμα διάρκειας μιας εβδομάδας με θέμα τη νανοτεχνολογία και με τη βοήθεια μικροσκοπίων ατομικής δύναμης. Απευθυνόταν σε μαθητές του γυμνασίου και ήταν μια προσπάθεια εισαγωγής της νανοτεχνολογίας σε διαφορετικές μειονότητες (Jones et al., 2007). Σε όλα τα προγράμματα που δημιουργήθηκαν ανά τον κόσμο προσπάθησαν κάθε φορά να παρουσιάσουν τουλάχιστον μια όψη της N-ET, π.χ. δύο όψεις της αναλογικής



σκέψης (ποιοτική και ποσοτική) συνδέονται στενά με την αναλογική αντίληψη, που θεωρείται ως μη ανεπτυγμένη για μαθητές της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

#### *1.1.4. Οι ιδέες των μαθητών του Δημοτικού σχολείου για τη N-ET*

Οι ερευνητές των ΦΕ εστιάζουν στις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις και η αλλαγή των ιδεών αυτών ή η τροποποίησή τους αποτελούν μαθησιακούς στόχους της διδασκαλίας. Οι ιδέες αυτές θεωρείται ότι επηρεάζουν την περαιτέρω μάθηση και ότι είναι δύσκολο να αλλάξουν (Χαλκιά, 2012, Driver, 1989).

Η Χαλκιά (2012) επισημαίνει ότι το να γνωρίζουμε τις ιδέες των μαθητών είναι ένα πολύ σημαντικό συστατικό για να σχεδιάσουμε μια αποτελεσματική διδασκαλία. Ως εκ τούτου, αναζητήσαμε στη διεθνή βιβλιογραφία ποιες είναι οι ιδέες των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τη N-ET, τόσο στην τυπική όσο και στην άτυπη εκπαίδευση.

Οι Castellini, Walejko, Holladay, Theim, Zenner & Crone (2007) διεξήγαγαν έρευνα για να καταγράψουν τη δημόσια γνώση (public knowledge) για τη N-ET. Το δείγμα αποτελούνταν από 495 άτομα εκ των οποίων οι 65 περίπου ήταν μαθητές του δημοτικού σχολείου. Οι ερευνητές εστίασαν στο να καταγράψουν τη γνώση τους σχετικά με το μέγεθος και την κλίμακα και τον ορισμό της νανοτεχνολογίας. Όσον αφορά το μέγεθος και την κλίμακα ρωτήθηκαν οι μαθητές ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να σκεφτούν. Στην ερώτηση αυτή οι περισσότεροι μαθητές, από την Β΄ έως την Δ΄ τάξη, ανέφεραν αντικείμενα ορατά με γυμνό μάτι π.χ. ζουζούνια καθώς και αντικείμενα του μικρόκοσμου π.χ. μικρόβια. Μαθητές από την τελευταία τάξη του Δημοτικού σχολείου και έπειτα άρχισαν να ενσωματώνουν στις απαντήσεις τους τα κύτταρα και τα άτομα. Επίσης τους ζητήθηκε να ιεραρχήσουν μικροσκοπικά και υπο-μικροσκοπικά αντικείμενα με βάση το μέγεθός τους από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο, όπως: κύτταρο, βακτήριο, άτομο, μόριο νερού. Στο έργο αυτό οι μαθητές δεν είχαν επιτυχία. Σε αντίστοιχο έργο ζητήθηκε να ιεραρχήσουν μακροσκοπικά αντικείμενα, (π.χ. μύγα, κόκκο αλατιού, βλεφαρίδα), είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας. Φαίνεται, έτσι ότι είχαν μεγαλύτερη επιτυχία στην ιεράρχηση ορατών με γυμνό μάτι αντικειμένων που έχουν μεταξύ τους σχετικά μεγέθη, ενώ ήταν πιο δύσκολο να συλλάβουν εννοιολογικά (conceptualize) τα μεγέθη μικροσκοπικών και υπο-μικροσκοπικών αντικειμένων. Όσον αφορά τον ορισμό της νανοτεχνολογίας λίγοι ήταν αυτοί που είχαν ακούσει την λέξη νανοτεχνολογία και ακόμα λιγότεροι αυτοί που έδωσαν έναν σωστό ορισμό. Ως σωστό ορισμό θεωρούνταν απαντήσεις οι οποίες ανέφεραν «έναν τύπο τεχνολογίας και το μικρό μέγεθος».

Οι Tretter, Jones, Andre, Negishi, & Minogue (2006) διεξήγαγαν έρευνα μέρος της οποίας ήταν να μελετήσουν τις ιδέες 37 μαθητών Ε' δημοτικού για το μέγεθος και την κλίμακα. Από τα αποτελέσματα φαίνεται πως οι μαθητές υστερούν στην διάκριση του μεγέθους μικροσκοπικών αντικειμένων. Φαίνεται όμως ότι στην ιεράρχηση αντικειμένων τα οποία έχουν σχετικά μεγέθη μεταξύ τους έχουν μεγαλύτερο βαθμό επιτυχίας σε σχέση με τα απόλυτα μεγέθη κάτι που είναι σε συμφωνία με την έρευνα των Castellini et al. (2007).

Οι Waldron, Spencer & Batt (2006), σε μια έκθεση ενός κινητού μουσείου «travelling museum», κατέγραψαν τις ιδέες 1500 μαθητών, 8-13 ετών α) για το ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο που νομίζουν ότι μπορούν να δουν με γυμνό μάτι β) για το ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να σκεφτούν γ) την γνώση τους για τους όρους «νάνο» και «νανοτεχνολογία» δ) για την ικανότητά τους να ιεραρχούν μικροσκοπικά και υπομικροσκοπικά αντικείμενα με βάση του μεγέθός τους. Όσον αφορά το «α» ερώτημα οι μαθητές ανέφεραν μακροσκοπικά αντικείμενα όπως: μυρμήγκι, μύγα, κόκκος άμμου και μύτη από στυλό. Για το «β» ερώτημα οι μαθητές μέχρι 11 ετών ανέφεραν επίσης μακροσκοπικά αντικείμενα. Από την ηλικία των 11 ετών και μετά οι μισοί μαθητές κατέγραψαν μικροσκοπικά και νανοσκοπικά αντικείμενα ως τα μικρότερα που μπορούν να σκεφτούν. Μάλιστα το 25% αυτών ανέφεραν νανοσκοπικά αντικείμενα. Όσον αφορά το «γ» ερώτημα οι περισσότεροι μαθητές δεν έχουν ακούσει τους όρους «νάνο» και «νανοτεχνολογία» ενώ από αυτούς που τους έχουν ακούσει δεν μπορούσαν να δώσουν έναν σωστό ορισμό. Πολλοί ήταν οι μαθητές που θεωρούσαν το νάνο ως ακρωνύμιο Ισπανικής λέξης ή ως άλλος όρος για την λέξη «γιαγιά» (grandmother). Επίσης για την «νανοτεχνολογία» ανέφεραν πως αφορά την κατασκευή μικρών αντικειμένων, νανορομπότ, ρομπότ και μικρών καμερών που εισέρχονται μέσα στο σώμα. Για το «δ» ερώτημα το σύνολο των μαθητών δε μπορούσε να σειροθετήσει με βάση το μέγεθός τους τα αντικείμενα: μικρόβιο, μόριο, άτομο. Μόνο το 15% των μαθητών τα ιεράρχησε με τον σωστό τρόπο. Κάτι τέτοιο δείχνει πως οι μαθητές δεν σκέφτονται ότι τα μικρόβια είναι φτιαγμένα από μόρια και τα μόρια με τη σειρά τους φτιαγμένα από άτομα ώστε να τα σειροθετήσουν ως μικρότερα.

Στην ελληνική βιβλιογραφία οι Πείκος, Μάνου & Σπύρτου (2015b) μελέτησαν σε δείγμα 15 μαθητών ΣΤ τάξης του δημοτικού σχολείου α) το πώς οι μαθητές νονηματοδοτούν τον όρο «νανοτεχνολογία», β) τις ιδέες των μαθητών για «το φαινόμενο του λάχανου», το οποίο αφορά την υπερυδροφοβικότητα και γ) τις ιδέες των μαθητών για τα όργανα παρατήρησης. Από τα αποτελέσματά για το «α» ερώτημα φαίνεται πως περίπου οι μισοί μαθητές θεωρούσαν ότι η νανοτεχνολογία σχετίζεται «με κάτι μικρό». Για το «β» ερώτημα αναδείχθηκαν οι εναλλακτικές ιδέες

των μαθητών και πιο συγκεκριμένα φάνηκε ότι οι μαθητές αποδίδουν το φαινόμενο της υπερευδροφοβικότητας στα φυσικά χαρακτηριστικά του λάχανου τα οποία είναι ορατά στον μακρόκοσμο, όπως για παράδειγμα ότι έχει λεπτό φύλλο και ότι είναι μαλακό. Σχετικά με το «γ» ερώτημα φαίνεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών γνωρίζει το οπτικό μικροσκόπιο ως όργανο παρατήρησης μη ορατών με γυμνό μάτι αντικειμένων.

Επίσης, σε δείγμα 54 μαθητών Ε΄ και Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου μελετήθηκαν: α) η νοηματοδότηση του όρου νανοτεχνολογία και β) οι ιδέες των μαθητών για τα όργανα παρατήρησης. Όσον αφορά τη νοηματοδότηση του όρου νανοτεχνολογία το 46% των μαθητών ανέφερε πως η νανοτεχνολογία ασχολείται με «κάτι μικρό». Επίσης ένα σημαντικό ποσοστό (18,5%) έδωσε απαντήσεις στις οποίες η νανοτεχνολογία αποτελεί μια τεχνολογία για κοντούς ανθρώπους ή για νάνους. Όσον αφορά τα όργανα παρατήρησης οι περισσότεροι μαθητές ανέφεραν το οπτικό μικροσκόπιο ενώ εντοπίστηκε και ένα μικρό ποσοστό μαθητών (4%) το οποίο ανέφερε ως όργανο ένα «ισχυρό μικροσκόπιο», υπονοώντας ότι το διαχωρίζει από το οπτικό μικροσκόπιο ως ισχυρότερο (Πέικος, Παπαδοπούλου & Μάνου 2015).

Επίσης, σε δείγμα 48 μαθητών Ε΄ και Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου μελετήθηκαν: α) η νοηματοδότηση των μαθητών για τον όρο νανοτεχνολογία, β) η νοηματοδότηση των μη ορατών αντικειμένων, γ) η ικανότητα των μαθητών να σειροθετούν αντικείμενα του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο και δ) η ικανότητά τους να ταξινομούν αντικείμενα στον νανόκοσμο με κριτήριο το όργανο παρατήρησης (Peikos, Manou, Spyrtou & Papadopoulou 2016). Όσον αφορά τη νοηματοδότηση της νανοτεχνολογίας περίπου το 42% των μαθητών θεωρεί πως η N-ET σχετίζεται «με κάτι μικρό» ενώ το περίπου το 40% δίνει ασαφείς απαντήσεις ή θεωρεί τη νανοτεχνολογία από μια ανθρωποκεντρική σκοπιά. Σχετικά με τη νοηματοδότηση των μη ορατών αντικειμένων το περίπου το 33% των μαθητών ανέφερε αντικείμενα του μικρόκοσμου ενώ το 35% αντικείμενα του μακρόκοσμου. Όσον αφορά τη σειροθέτηση των αντικειμένων το 12,5% των μαθητών σειροθέτησε σωστά όλα τα αντικείμενα του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου, το 22% σειροθέτησε σωστά τα αντικείμενα του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου και το 22% σειροθέτησε σωστά μόνο τα αντικείμενα του μακρόκοσμου. Σχετικά με τη ταξινόμηση αντικειμένων στον νανόκοσμο μόνο το 6% ταξινόμησε τον ιό και το DNA στο νανόκοσμο ενώ μόνο το 2% ανέφερε ως όργανο παρατήρησης του νανόκοσμου ένα «πολύ ισχυρό μικροσκόπιο».

Ολοκληρώνοντας οι Batt, Waldron, & Trautmann (2004) και Stafford & Mollinaro (2005) συμφωνούν ότι η γνώση των μαθητών δημοτικού για τη N-ET είναι

περιορισμένη παρουσιάζοντας ανάλογα αποτελέσματα με τις προηγούμενες έρευνες. Επισημαίνεται όμως, ότι οι έρευνες στην ελληνική βιβλιογραφία δείχνουν πως οι Έλληνες μαθητές συνδέουν τη N-ET με το μικρό μέγεθος, ενώ στη διεθνή βιβλιογραφία το ποσοστό αυτό είναι πολύ χαμηλότερο. Επίσης, σχετικά με την σειροθέτηση και ταξινόμηση μικροσκοπικών και υπομικροσκοπικών αντικειμένων οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες, αν και φαίνεται πως στην σειροθέτηση σε σχέση με την ταξινόμηση εντοπίζεται μεγαλύτερος βαθμός επιτυχίας. Όσον αφορά τα μικρότερα αντικείμενα, στην βιβλιογραφία κυριαρχεί η άποψη ότι στο δημοτικό σχολείο οι μαθητές αναφέρουν κυρίως μικροσκοπικά αντικείμενα κάτι που έρχεται σε συμφωνία με το ότι οι μαθητές καταγράφουν ως όργανο παρατήρησης το οπτικό μικροσκόπιο.

#### *1.1.5. Μέγεθος και κλίμακα: η σημασία των δύο εννοιών για την εκμάθηση του Περιεχομένου της N-ET και η σημασία της χρήσης του animation για τη σύλληψη των μεγεθών.*

Η πρώτη και η πιο βασική Μεγάλη Ιδέα για να εισάγει κανείς την N-ET στους μαθητές είναι το μέγεθος και η κλίμακα. Έχουν γίνει αρκετές έρευνες για να καταγραφούν οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με αυτή την Μεγάλη Ιδέα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να ταξινομήσουν αντικείμενα στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο διότι τα όρια των δύο κλιμάκων ήταν πολύ κοντά. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι για να αντιμετωπιστούν οι εννοιολογικές δυσκολίες των μαθητών πρέπει να προταθούν πολλές διαφορετικές στρατηγικές μάθησης, όπως η χρήση απτικών εργαλείων (haptic tools) και απεικονίσεων (visualization). Η χρήση των δύο αυτών εργαλείων έδειξε ότι βοηθά τους μαθητές να χτίσουν βαθύτερη γνώση και να αλλάξουν στάση απέναντι στις επιστήμες. Ένα παράδειγμα απεικόνισης είναι το βίντεο Powers of Ten<sup>1</sup> που χρησιμοποιήθηκε ώστε να κατανοήσουν οι μαθητές του Γυμνασίου τις δυνάμεις του 10 και την κλίμακα. Με αφετηρία το ανθρώπινο σώμα, το zoom που γινόταν προς μεγαλύτερες καθώς και προς μικρότερες κλίμακες φαίνεται να βοήθησε τους μαθητές στην κατανόηση της κλίμακας (Blonder & Rap, 2012).

Η γνώση του μεγέθους και της κλίμακας σχετίζεται με έννοιες και μεθόδους διάφορων τομέων της επιστήμης, όπως της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Το γεγονός όμως ότι οι διαστάσεις της νανοκλίμακας ( $10^{-9}\text{m}$ ) είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη καθιστά δύσκολο για τους μαθητές να κατασκευάσουν εύλογα (plausible) νοητικά μοντέλα για το πώς συμβαίνουν τα

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=0fKBhvDjuy0&t=454s>

φαινόμενα στη νανοκλίμακα και καθιστά τη διδασκαλία και τη μάθηση σε κλίμακα νάνο δύσκολη (Magana, 2014). Η σύλληψη της νανοκλίμακας αποτελεί πρόκληση γιατί είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη: «*το πρόβλημα είναι πρακτικό και εννοιολογικό: τα αντικείμενα της νανοκλίμακας είναι αφηρημένα, δύσκολα στην περιγραφή και οι σχέσεις τους με τον ορατό κόσμο αντιδισθητικές*» (Sabelli et. al., 2005).

Μια λύση δίνεται από την πολυμεσική μάθηση η οποία βοηθά στη δημιουργία νοητικών μοντέλων μέσα από το συνδυασμό λέξεων και εικόνων του βίντεο. Στην έρευνα που έγινε μελετήθηκαν ποιες θα ήταν οι κατάλληλες στρατηγικές μάθησης που με την βοήθεια των πολυμέσων ως εργαλεία θα βελτίωναν τη γνωστική μάθηση του μεγέθους και της κλίμακας. Ακόμη την έρευνα ενδιέφεραν οι δυνατότητες των πολυμέσων ως εργαλεία μάθησης και κατά πόσο μπορούν να οδηγήσουν στην μάθηση των δύο εννοιών: μεγέθους και κλίμακας. Χρησιμοποιήθηκε το πλαίσιο υποστηρικτικής μάθησης για την κατανόηση του «Μεγέθους και της Κλίμακας», «*Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition*» (FS2C) όπου παρουσιάζονται οι γνωστικές διαδικασίες μαζί με τα αντίστοιχα επίπεδα κατανόησης που προτείνονται από τους Magana, Brophy, Bryan (2012) όπως φαίνεται στον πίνακα 2.

**Πίνακας 2:** FS2C (Magana et al., 2012: 2187)

<b>Γνωστικές διαδικασίες</b>	<b>Επίπεδα κατανόησης</b>
<b>Γενίκευση (generalization)</b>	Ποιοτική κατηγοριοποιητική αντίληψη – μέγεθος
<b>Διάκριση (discrimination)</b>	Ποιοτική σχεσιακή αντίληψη – μέγεθος
<b>Λογική αναλογική σκέψη</b>	Ποιοτική αναλογική αντίληψη – μέγεθος
<b>Αριθμητική αναλογική σκέψη</b>	Ποσοτική αναλογική αντίληψη – κλίμακα
<b>Μαθηματική σκέψη</b>	Ποσοτική απόλυτη αντίληψη – κλίμακα

Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται συγκεκριμένες προτάσεις για την εννοιολογική κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας (Delgado, Stevens, Shin & Krajcik, 2015; Magana, 2014; Magana et al. 2012; Delgado, 2009; Delgado, Stevens, Shin, Yunker, & Krajcik, 2007; Tretter et al., 2006). Οι προτάσεις αυτές συμφωνούν στο ότι η εννοιολογική κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας περιλαμβάνει τέσσερις γνωστικές διαδικασίες: τη γενίκευση (generalization), τη διάκριση (discrimination), την λογική αναλογική σκέψη (logical proportional reasoning), και την απόδοση του απόλυτου μεγέθους (absolute size). Η Magana (2014) και οι Magana et al. (2012),

έχουν προσθέσει άλλη μία γνωστική διαδικασία, την αριθμητική αναλογική σκέψη (numerical proportional reasoning) μεταξύ της λογικής αναλογικής σκέψης και της απόδοσης του απόλυτου μεγέθους. Από αυτές τις πέντε γνωστικές διαδικασίες, οι τρεις πρώτες είναι ποιοτικές ενώ οι δύο επόμενες είναι ποσοτικές. Σε όλες αυτές τις προτάσεις της βιβλιογραφίας, το μέγεθος και η κλίμακα σχετίζονται μεταξύ τους, όμως το μέγεθος αναφέρεται στην ποιοτική σημασιολογική ιδιότητα ενός αντικειμένου, ενώ η κλίμακα στην ποσοτική, αυστηρά λογική (forma) ιδιότητα, ως μονάδα μέτρησης.

Σύμφωνα με τους Magana et al. (2012) σε αυτή την κατηγοριοποίηση αρχικές νοητικές διαδικασίες για την προσέγγιση της κλίμακας αποτελούν η γενίκευση και η διάκριση μεταξύ αντικειμένων διαφορετικών μεγεθών. Η γενίκευση εξαρτάται από την ταξινόμηση αντικειμένων και η διάκριση εξαρτάται από την σειριακή τοποθέτηση αντικειμένων. Όσον αφορά την αναλογική σκέψη οι Inhelder και Piaget (1958) (διαβάστηκε στο Magana 2014) υποστηρίζουν ότι αποτελείται από δύο συστατικά, το λογικό (logical) και το μαθηματικό (mathematical). Γενικά, μια αναλογία είναι η ισότητα μιας σχέσης στην οποία συνδέουμε δυο όρους, τον «α» και «β» με δυο άλλους όρους σχετικούς, τον «γ» και «δ». Υποστηρίζουν ότι αφού ο μαθητής κατακτήσει τη λογική διάσταση έπειτα μπορεί να εισαχθεί η μαθηματική. Ομοίως, οι Lesh, Post, και Behr (1988) (διαβάστηκε στο Magana 2014) αναγνωρίζουν τον αναλογικό συλλογισμό ως ένα είδος μαθηματικού συλλογισμού που περιλαμβάνει πολλαπλές συγκρίσεις - παραλληλισμούς - συμπεράσματα και προβλέπει και τις δυο μεθόδους σκέψης, την ποιοτική και την ποσοτική. Τελευταίο σκαλοπάτι της υποστηρικτικής μάθησης για την κλίμακα αποτελεί η απόδοση του απόλυτου αριθμητικού μεγέθους ενός αντικειμένου και η γνωστική διαδικασία στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η μαθηματική σκέψη.

Ολοκληρώνοντας, υπογραμμίζεται ότι το FS2C πλαίσιο, είναι χρήσιμο όχι μόνο γιατί καλύπτει όλες τις πιθανές διαστάσεις που αφορούν τη γνώση του μεγέθους και της κλίμακας αλλά γιατί προσφέρει μια πρακτική καθοδήγηση για τον σχεδιασμό σχετικών διδακτικών υλικών (Magana et al., 2012).

## **1.2. Πολυμεσική Μάθηση: το θεωρητικό πλαίσιο**

Οι εφαρμογές που συνήθως αποκαλούνται με το γενικό όνομα πολυμέσα (multimedia) συνδυάζουν πολλαπλά μέσα (τρόπους αναπαράστασης και εκφοράς της πληροφορίας) σε μια ενιαία παραγωγή, σε μια ενιαία εφαρμογή. Κείμενο, εικόνα, ήχος βίντεο, γραφικά, κινούμενη εικόνα και διαλογικότητα με το χρήστη συνθέτουν

τον κόσμο των πολυμέσων. Ο όρος της λέξης πολυμέσα μπορεί να αναφέρεται και σε προγράμματα εφαρμογών και στη δημιουργία εφαρμογών. Τα πολυμέσα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο που οργανώνουν και «διαθέτουν» την πληροφορία καθώς και τον τρόπο χρήσης των εφαρμογών. Ως προς τον τρόπο διανομής της πληροφορίας διακρίνονται σε εφαρμογές διαθέσιμες σε οπτικούς δίσκους, σε κιόσκια, στα πολυμέσα πραγματικού χρόνου και στα προσπελάσιμα μέσω διαδικτύου. Ως προς τη χρήση των εφαρμογών διακρίνονται σε αυτά που προσφέρονται για ψυχαγωγία, εκπαίδευση (λεξικά, εγκυκλοπαίδειες), πληροφόρηση (μουσεία, κατάλογοι προϊόντων) και για επιχειρηματικούς σκοπούς (επιμόρφωση στελεχών) (Επιμορφωτικό Υλικό, 2013).

Η πολυμεσική μάθηση βασίζεται στο ότι το υλικό που θα διδαχθεί θα πρέπει να σχεδιαστεί με τον τρόπο εκείνο όπου λειτουργεί ο ανθρώπινος νους. Οπότε η πολυμεσική μάθηση συμβαίνει όταν υπάρχουν κατασκευασμένες νοερές αναπαραστάσεις από λέξεις (γραπτές ή προφορικές) και εικόνες (φωτογραφίες, ήχοι, βίντεο ή animation) με σκοπό την οικοδόμηση της γνώσης.

### *1.2.1. Γνωστική Θεωρία Μάθησης Πολυμέσων του Mayer (Cognitive Theory of Multimedia Learning)*

Με βάση τις υποθέσεις της Γνωστικής Θεωρίας Μάθησης Πολυμέσων των Mayer & Moreno, 1998a (διαβάστηκε στο Magana 2014), υποστηρίζεται ότι τα πολυμέσα μπορούν να παρέχουν νέες δυνατότητες για τη διδασκαλία και τη μάθηση του μεγέθους και της κλίμακας, προσφέροντας μια πολυτροπική και πολυδιάστατη παρουσίαση των πληροφοριών και διευκολύνοντας την κατανόηση σε διαφορετικές κλίμακες

Η θεωρία αυτή στηρίζεται σε τρία αξιώματα (Mayer, 2002, Mayer, 2009, Mayer & Moreno, 2002): το αξίωμα της διπλής διόδου, της περιορισμένης χωρητικότητας και της ενεργού διαδικασίας.

#### *1.2.1.1 Το αξίωμα της διπλής διόδου*

Για να καταλάβουμε τις διαφορές ανάμεσα σε δύο διόδους μπορούμε να το επιτύχουμε με δύο τρόπους: i) Στους τρόπους αναπαράστασης δηλαδή αν το ερέθισμα είναι λεκτικό (γραπτές ή προφορικές) ή μη λεκτικό (φωτογραφίες, ήχοι, βίντεο ή animation). Η μία δίοδος επεξεργάζεται το λεκτικό υλικό και η άλλη το μη λεκτικό. ii) Στις αισθητηριακές λεπτομέρειες δηλαδή εάν οι μαθητές επεξεργάζονται τις πληροφορίες που τους παρουσιάζονται μέσω των ματιών (γραπτές λέξεις,

φωτογραφίες, βίντεο ή animation) ή μέσω των αφτιών (προφορικές λέξεις, ήχοι). Η μία δίοδος επεξεργάζεται το οπτικό υλικό και η άλλη το ακουστικό.

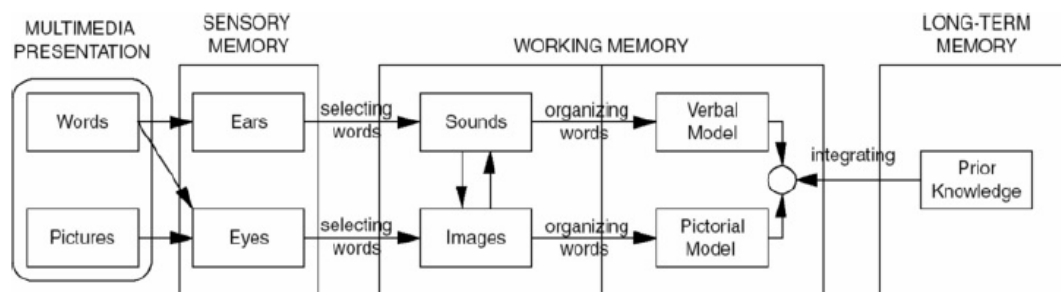
Μια πληροφορία μπορεί να εισέρχεται στο ανθρώπινο σύστημα επεξεργασίας μέσω μίας δίοδου, όμως ο μαθητής, που διαθέτει τους κατάλληλους γνωστικούς πόρους, μπορεί να την μετατρέψει σε αναπαράσταση που επεξεργάζεται από την άλλη δίοδο. Ομοίως η απεικόνιση ενός αντικειμένου στην αρχή επεξεργάζεται στην οπτική δίοδο, όμως μπορεί ο μαθητής να κατασκευάσει νοερά μια λεκτική περιγραφή η οποία θα επεξεργαστεί από την ακουστική δίοδο.

### 1.2.1.2 Το αξίωμα της περιορισμένης χωρητικότητας

Ο μαθητευόμενος μπορεί να επεξεργάζεται περιορισμένο αριθμό πληροφοριών σε κάθε δίοδο. Όταν έρχεται σε επαφή με μια εικονογραφημένη πληροφορία μπορεί να συγκρατεί ορισμένες εικόνες στην οπτική δίοδο της εργαζόμενης μνήμης. Το ίδιο συμβαίνει και με την αφήγηση, συγκρατεί μόνο λέξεις στη λεκτική δίοδο της εργαζόμενης μνήμης.

Το άτομο αναγκάζεται να αποφασίζει κάθε φορά σε ποια μέρη της εισερχόμενης πληροφορίας πρέπει να εστιάσει, ποιες συνδέσεις να αναπτύξει μεταξύ τους και ποιες πρέπει να αναπτυχθούν μεταξύ αυτών και της υπάρχουσας γνώσης.

Οι λέξεις και οι εικόνες εισέρχονται στο ανθρώπινο σύστημα μέσω των ματιών και των αυτιών στην αισθητηριακή μνήμη (sensory memory). Παραμένουν για λίγο χρόνο και περνούν στην εργαζόμενη μνήμη (working memory), όπου η γνώση αποθηκεύεται προσωρινά και επεξεργάζεται συνειδητά. Η αποθήκευση της γνώσης γίνεται στην μακρόχρονη μνήμη (long-term memory), όπου συγκρατούνται μεγάλα ποσά γνώσης για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για να αξιοποιηθεί το υλικό που είναι αποθηκευμένο στη μακρόχρονη μνήμη πρέπει πρώτα να ανασυρθεί στην εργαζόμενη μνήμη.



**Σχήμα 3:** Η γνωστική θεωρία της Πολυμεσικής Μάθησης (Mayer, 2014, σελ. 61)



### 1.2.1.3 Το αξίωμα της ενεργού διαδικασίας (Active Processing Assumption)

Το άτομο συμμετέχει ενεργά στη γνωστική διαδικασία προκειμένου να κατασκευάσει μια συνεκτική νοερή αναπαράσταση της εμπειρίας του. Η ενεργός γνωστική διαδικασία περιλαμβάνει την απόδοση προσοχής στην εισερχόμενη πληροφορία και την επιλογή του σχετικού υλικού, την οργάνωσή του σε μια συνεκτική γνωστική δομή και την ενσωμάτωσή του στην προηγούμενη γνώση.

Το αποτέλεσμα που επιθυμείται από την ενεργό γνωστική διαδικασία είναι η κατασκευή μιας συνεκτικής νοερής αναπαράστασης, οπότε μπορεί να θεωρηθεί ως η κατασκευή ενός μοντέλου.

**Πίνακας 3:** Τρεις γνωστικές διαδικασίες που απαιτούνται για την ενεργό μάθηση (Πηγή: The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Mayer, 2014)

Διαδικασία	Περιγραφή
Επιλογή	Επιλογή του σχετικού υλικού από το μάθημα που παρουσιάζεται για τη μεταφορά του στην εργαζόμενη μνήμη.
Οργάνωση	Νοερή οργάνωση των πληροφοριών που έχουν συλλεχθεί σε συνεκτικές γνωστικές δομές στην εργαζόμενη μνήμη.
Ενσωμάτωση	Σύνδεση των γνωστικών δομών μεταξύ τους αλλά και με την αντίστοιχη προϋπάρχουσα γνώση που ενεργοποιείται στη μακρόχρονη μνήμη.

Το γνωστικό μοντέλο παριστάνει τα βασικά μέρη του υλικού που παρουσιάζεται και τις μεταξύ τους σχέσεις. Τρεις είναι οι απαραίτητες γνωστικές διαδικασίες σύμφωνα με τον Mayer (2009) για την ενεργό μάθηση: i) η επιλογή του σχετικού υλικού, γίνεται όταν ο μαθητής επικεντρώνεται στις εικόνες και τις λέξεις που του παρουσιάζονται. Γίνεται η μεταφορά του υλικού στην εργαζόμενη μνήμη, ii) η οργάνωση του υλικού, η διαδικασία συμβαίνει στην εργαζόμενη μνήμη και αφορά την κατασκευή δομικών σχέσεων μεταξύ τους και iii) η ενσωμάτωσή του υλικού στην προηγούμενη γνώση, η οποία επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση της αντίστοιχης γνώσης που υπάρχει στην μακρόχρονη μνήμη και η ανάκλησή της στην εργαζόμενη μνήμη.

### 1.2.2. Η θεωρία του γνωστικού φορτίου του Sweller (Cognitive Load Theory)

Σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου υπάρχουν τρία είδη γνωστικού φορτίου: το εσωτερικό, το εξωτερικό και το συναφές (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011). Και τα τρία αφορούν την απόκτηση, την αποθήκευση και τη χρήση της βιολογικώς δευτερεύουσας γνώσης. Οι γνώσεις αυτές αποκτώνται με

προσπάθεια από το ίδιο το άτομο και πρέπει να του διδαχθούν. Για να αποκτηθούν χρησιμοποιούνται από το άτομο οι πρωταρχικές του βιολογικές γνώσεις, αυτές που αποκτήθηκαν χωρίς νοητική προσπάθεια και χωρίς ρητή διδασκαλία.

Το εσωτερικό φορτίο οφείλεται στην πολυπλοκότητα της πληροφορίας που χρειάζεται να επεξεργαστεί. Το μέγεθός του αυξάνεται όταν τα στοιχεία της πληροφορίας αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (π.χ. η επίλυση ενός μαθηματικού τύπου). Το εσωτερικό γνωστικό φορτίο είναι καθορισμένο για ένα συγκεκριμένο θέμα ενός γνωστικού επιπέδου και αλλάζει όταν αλλάζει το θέμα ή το γνωστικό επίπεδο του ατόμου που επεξεργάζεται το θέμα.

Το εξωτερικό φορτίο προκαλείται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως είναι ο σχεδιασμός της διδασκαλίας. Αυτό σημαίνει ότι ακατάλληλος διδακτικός σχεδιασμός οδηγεί τους μαθητές να χρησιμοποιούν για την επεξεργασία των στοιχείων της πληροφορίας περισσότερες μονάδες της εργαζόμενης μνήμης. Στην περίπτωση αυτή η απόκτηση γνώσης είναι αναποτελεσματική.

Το συναφές ή αλλιώς «αποτελεσματικό» γνωστικό φορτίο αναφέρεται στις μονάδες της εργαζόμενης μνήμης που διατίθενται για την ενασχόληση με το εσωτερικό φορτίο. Όσο περισσότερες μονάδες μνήμης επεξεργάζονται το εσωτερικό φορτίο, τόσο λιγότερες απομένουν για την επεξεργασία του εξωτερικού φορτίου, με αποτέλεσμα τη διευκόλυνση της μάθησης.

### *1.2.3. Το ολοκληρωμένο μοντέλο για την κατανόηση κειμένου και εικόνας του Schnotz (Integrated Model of Text and Picture Comprehension)*

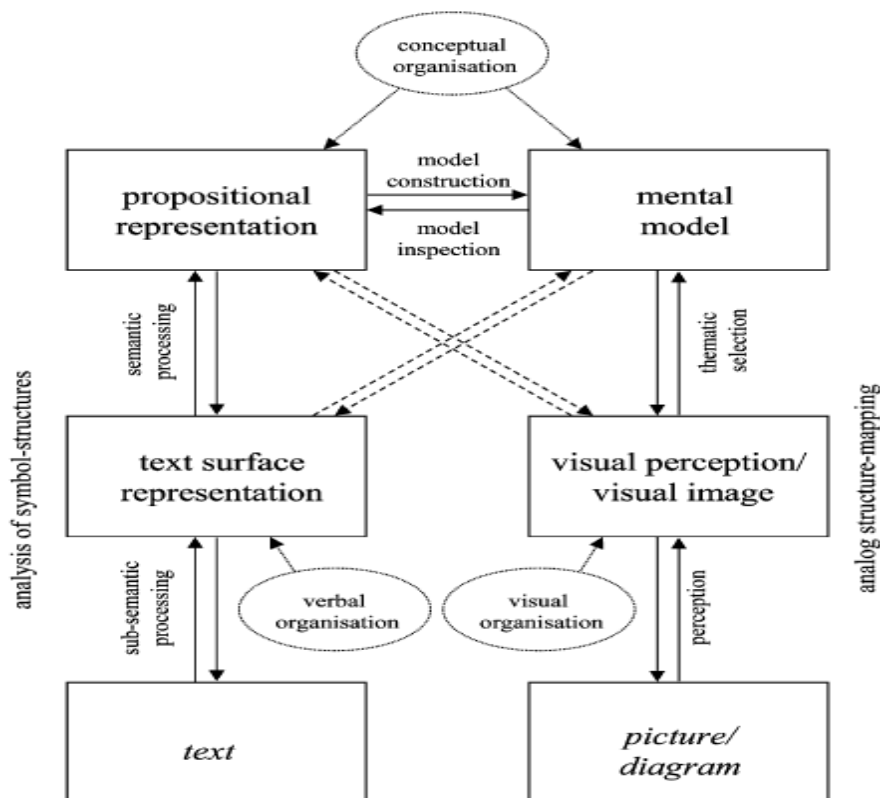
Το ολοκληρωμένο μοντέλο πραγματεύεται δύο μορφές αναπαραστάσεων: i) την περιγραφική, η οποία αποτελείται από σύμβολα που δεν παρουσιάζουν ουδεμία ομοιότητα με αυτό στο οποίο αναφέρονται και ii) την απεικονιστική, αποτελείται από εικόνες, φωτογραφίες, ζωγραφίες, χάρτες, μοντέλα και παρουσιάζουν ομοιότητα με αυτά στα οποία αναφέρονται. Κάθε μία από τις δύο αναπαραστάσεις χρησιμοποιείται για διαφορετικό λόγο. Η πρώτη είναι πιο ισχυρή στην έκφραση αφηρημένων εννοιών ενώ η δεύτερη προσφέρει την πληροφορία ολοκληρωμένη.

Ένας μαθητής επεξεργάζεται με διαφορετικούς τρόπους την εικόνα και το κείμενο. Για να επεξεργαστεί την εικόνα κατασκευάζει νοερές αναπαραστάσεις. Στην αρχή δημιουργεί μια αντιληπτική αναπαράσταση και μετά κατασκευάζει το νοερό μοντέλο του περιεχομένου της εικόνας.

Για να επεξεργαστεί το κείμενο, ο μαθητής, κατασκευάζει τρία είδη νοερών αναπαραστάσεων. Στην αρχή κατασκευάζει μια μορφή αναπαράστασης από την δομή του κειμένου, μετά κατασκευάζει μια προτασιακή αναπαράσταση με

περιεχόμενο τις ιδέες που εκφράζονται στο κείμενο και τέλος κατασκευάζει ένα νοερό μοντέλο του περιεχομένου του κειμένου.

Το θεωρητικό πλαίσιο για την ανάλυση κατανόησης κειμένου και εικόνας των Schnotz & Bannert (2003) φαίνεται στο σχήμα 4 και περιέχει δύο άκρα. Το αριστερό δείχνει την περιγραφική αναπαράσταση και το δεξιό την απεικονιστική. Η περιγραφική αναπαράσταση περιέχει το εξωτερικό κείμενο (*text*), τη νοητική επιφανειακή αναπαράσταση του κειμένου (*text surface representation*) και την προτασιακή αναπαράσταση του θέματος (*propositional representation*). Η επεξεργασία των πληροφοριών που δέχεται ο μαθητευόμενος συνεπάγεται σημασιολογική (*semantic processing*) και υποσημασιολογική ανάλυση των συμβόλων (*sub-semantic processing*). Η απεικονιστική αναπαράσταση περιέχει την εξωτερική εικόνα (*picture/ diagram*), την οπτική αναπαράσταση της εικόνας (*visual perception/ visual image*) και το νοερό μοντέλο του θέματος (*mental model*). Η επεξεργασία των πληροφοριών συνεπάγεται χαρτογράφηση αναλογικών δομών βασισμένη στην θεματική επιλογή (*thematic selection*) και την αντίληψη (*perception*).



**Σχήμα 4:** Θεωρητικό πλαίσιο για την ανάλυση κατανόησης κειμένου και εικόνας (Schnotz, & Bannert, 2003, σελ.145)

Η Γνωστική Θεωρία Μάθησης Πολυμέσων του Mayer και το Ολοκληρωμένο Μοντέλο για την κατανόηση κειμένου και εικόνας του Schnotz φαίνεται ότι έχουν μία βασική ομοιότητα, δεν συμφωνούν με τη χρήση πολλαπλών μορφών αναπαραστάσεων και πολλαπλών αισθητηριακών δεκτών όποτε είναι δυνατό, ενώ η θεωρία του Sweller επικεντρώνεται στην πολυπλοκότητα της πληροφορίας που χρειάζεται να επεξεργαστεί. Οι δύο φαίνεται να δέχονται ότι ο σχεδιασμός μιας διδασκαλίας με πολυμέσα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την κατανόηση του τρόπου που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται και μπορεί να εκτελέσει τη γνωστική επεξεργασία ενώ θεωρία του Sweller φαίνεται να λαμβάνει υπόψη τις πρωταρχικές βιολογικές γνώσεις του ατόμου με απώτερο σκοπό την απόκτηση, την αποθήκευση και τη χρήση της βιολογικώς δευτερεύουσας γνώσης καθώς επίσης στη θεωρία αυτή φαίνεται να έχει μεγάλη σημασία ο κατάλληλος διδακτικός σχεδιασμός και οι μονάδες εργαζόμενης μνήμης που διατίθενται για την ενασχόληση με την πολυπλοκότητα της νέας πληροφορίας που δέχονται οι μαθητές.

#### 1.2.4. Οι Τέχνες «βελτιώνουν» τη μακρόχρονη μνήμη (Long-Term Memory)

Οι Τέχνες συχνά θεωρούνται ως ξεχωριστό μάθημα στην εκπαίδευση, όπως η Άλγεβρα ή Χημεία. Οι Τέχνες όμως στην πραγματικότητα αφορούν ένα σύνολο δεξιοτήτων που όταν ενσωματώνονται σε δραστηριότητες άλλων μαθημάτων φαίνεται πως μπορούν να αναπτύξουν γνωστικές ικανότητες που ωφελούν τους μαθητές. Σύμφωνα με τον Eisner (2002) καθώς και τις σχετικές αναφορές που επισημαίνονται σε μεταγενέστερη μελέτη (Sousa & Pilecki, 2018), αναγνωρίζονται οχτώ ικανότητες:

*Η αντίληψη των σχέσεων (the perception of relationships):* Αναπτύσσοντας μία εργασία με τη συμμετοχή μουσικής, του θεάτρου, του χορού ή των εικαστικών τεχνών οι μαθητές είναι ικανοί να αναγνωρίσουν πώς κομμάτια από μια εργασία επηρεάζουν το ένα το άλλο και αλληλεπιδρούν (ο εγκέφαλός μας έχει αναπτύξει νευρολογικά δίκτυα ώστε να μπορεί να επεξεργάζεται τη γλώσσα και τη μουσική ως μορφές επικοινωνίας).

*Προσοχή στην απόχρωση (an attention to nuance):* Οι Τέχνες διδάσκουν τους μαθητές ότι μικρές διαφορές μπορούν να έχουν μεγάλα αποτελέσματα π.χ. στον γραπτό λόγο χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη χρήση της γλώσσας, τότε θα χρησιμοποιηθούν μεταφορές ή υπονοούμενα για κάποιον ή κάτι. Η ικανότητα της αντίληψης των σχέσεων, φαίνεται πόσο χρήσιμη είναι αν σκεφτούμε έναν επιστήμονα που θέλει να γράψει ένα κείμενο απευθυνόμενος σε μη επιστήμονες.

*Η άποψη ότι τα προβλήματα έχουν πολλές λύσεις και οι ερωτήσεις έχουν πολλές πιθανές απαντήσεις (the perspective that problems can have multiple solutions, and*

questions can have multiple answers): Πολλά ωραία πράγματα μπορούν να συμβούν με διαφορετικούς τρόπους. Το σχολείο συχνά δίνει έμφαση σε μία και μοναδική σωστή απάντηση. Στη ζωή και στην εργασία όμως αξιοποιούνται όλες οι απόψεις και αναγνωρίζουν ότι κάθε πιθανή λύση μπορεί να έχει και θετικά και αρνητικά αποτελέσματα.

*Η ικανότητα αλλαγής στόχων κατά την πράξη (the ability to shift goals in process):* Η εργασία με τις Τέχνες βοηθά τους μαθητές να αναγνωρίζουν και να ακολουθούν στόχους οι οποίοι δεν είχαν καθοριστεί από την αρχή. Οι τέχνες τους βοηθούν να κατανοήσουν ότι το τέλος μπορεί να αλλάξει κατά τη διαδικασία.

*Η άδεια λήψης αποφάσεων ελλείπει κάποιου κανόνα (the permission to make decisions in the absence of a rule):* Σε τομείς όπως οι Τέχνες, όταν οι κανόνες παραλείπονται, η λήψη μιας απόφασης μένει στην προσωπική κρίση και επιτρέπει σε κάποιο πρόσωπο να «νιώσει» εάν κάποια απόφαση είναι σωστή και εάν η εργασία βαίνει καλώς. Ενώ, ένας τομέας που λειτουργεί ως καλό παράδειγμα, επειδή έχει κανόνες και μετρήσιμα αποτελέσματα, είναι η αριθμητική.

*Η χρήση της φαντασίας ως πηγή του περιεχομένου (the use of imagination as the source of content):* Αυτό σημαίνει αφενός ότι οι τέχνες ενισχύουν την ικανότητα της οπτικοποίησης ποικίλων καταστάσεων και αφετέρου μέσα από το «μάτι» του νου βοηθούν στο να προσδιοριστούν με κατάλληλους τρόπους προγραμματισμένες δράσεις.

*Η αποδοχή της λειτουργίας με περιορισμούς (the acceptance of operating within constraints):* Κανένα σύστημα, είτε γλωσσικό, αριθμητικό, οπτικό, ή ακουστικό, μπορεί να καλύψει κάθε σκοπό. Οι Τέχνες δίνουν στους μαθητές την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν τους περιορισμούς ενός μέσου για να εφεύρουν τρόπους ώστε να εκμεταλλευτούν παραγωγικά αυτούς τους περιορισμούς.

*Η ικανότητα να βλέπει κανείς τον κόσμο από αισθητική άποψη (the ability to see the world from an aesthetic perspective):* Οι τέχνες βοηθούν τους μαθητές να πλαισιώσουν τον κόσμο με νέους τρόπους - όπως να δουν τη γέφυρα Golden Gate από σχεδιαστική ή ποιητική γωνία.

Στην ίδια συλλογιστική, οι νευρολόγοι άρχισαν να αναπτύσσουν θεωρίες σχετικά με τους τρόπους με τους οποίους η Τέχνη αναπτύσσει τη γνώση. Ένα κοινό στοιχείο των σημερινών θεωριών είναι ότι κάθε μορφή Τέχνης εμπλέκει διαφορετικά δίκτυα εγκεφάλου (Posner, Rothbart, Sheese & Kieras, 2008). Διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές που άρχισαν να εκπαιδεύονται στις Τέχνες από μικρή ηλικία κέρδισαν το πλεονέκτημα να βελτιώνουν τη γνωστική τους ανάπτυξη ενώ ο εγκέφαλός τους αναπτυσσόταν. Η χρήση των Τεχνών ως μέθοδος διδασκαλίας καθώς και η ενσωμάτωσή τους σε όλο το πρόγραμμα σπουδών υποστηρίζεται ότι μπορεί να

ενισχύσει τη γνωστική επεξεργασία και τη μακρόχρονη μνήμη (Rinne et.al., 2011; Sousa & Pilecki, 2018). Η μακρόχρονη ή αλλιώς διαρκής μνήμη μπορεί να είναι απεριόριστη και οι πληροφορίες που δέχεται ο άνθρωπος να διατηρούνται για χρόνια. Η κωδικοποίηση των πληροφοριών μπορεί να γίνει αυτόματα ή να είναι το αποτέλεσμα επίπονης διαδικασίας διότι δεν κωδικοποιούνται οι επιφανειακές λεπτομέρειες αλλά η υπονοούμενη σημασία των πληροφοριών (Βοσνιάδου, 2004, Παπαγεωργίου, 2017, Eysenck, 2010).

Συγκεκριμένα, οι Τέχνες επηρεάζουν τη μάθηση και βελτιώνουν τη μακρόχρονη μνήμη, με τους ακόλουθους οχτώ τρόπους (Σχήμα 5) (Rinne et.al., 2011; Sousa & Pilecki, 2018).

Ο πρώτος αναφέρεται στην πρόβα-εξάσκηση (rehearsal), δηλαδή στην επανάληψη των πληροφοριών και των δεξιοτήτων, όπου η επανάληψη θα πρέπει να γίνεται αφού έχει προηγηθεί ένα κενό ανάμεσα στις πρόβες. Οι επαναλαμβανόμενες πρόβες που μεταξύ τους έχουν ένα κενό χρονικό διάστημα οδηγούν σε βελτιωμένη ανάκληση από τη μνήμη. Προκειμένου όμως η πρόβα να είναι αποτελεσματική, πρέπει να είναι «λεπτομερής/περίτεχνη-elaborative». Δηλαδή, μέσω της πρόβας χρειάζεται κομμάτια πληροφοριών, να συνδεθούν κατά κάποιο τρόπο μεταξύ τους καθώς και μετέπειτα με άλλες διαθέσιμες πληροφορίες ή με προηγούμενες γνώσεις των μαθητών. Γίνεται σαφές ότι οι «πρόβες με λεπτομέρειες -elaborative rehearsal» μπορούν να εφαρμοστούν ως πρακτική μέσα στην εκπαιδευτική διαδικασία και άλλων μαθημάτων πέρα των εικαστικών. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στην πρόβα και είναι πιθανόν να αποκτήσουν περισσότερα κίνητρα για μάθηση. Τέλος, η ενσωμάτωση των Τεχνών στην εκπαιδευτική διαδικασία, συγκεκριμένα των επαναλαμβανόμενων προβών που γίνονται μετά από σχετικά χρονικά διαστήματα, κάνουν την πρόβα ευκολότερη, πιο αποτελεσματική και πιο διασκεδαστική από τους μαθητές.

Ο δεύτερος, αφορά την επεξεργασία (elaboration), αυτό σημαίνει ότι όταν οι μαθητές επεξεργάζονται την πληροφορία που τους παρέχεται, είτε μέσω ιστοριών είτε μέσω άλλου οπτικοακουστικού υλικού, τότε έχουν τη δυνατότητα να την αφομοιώσουν στη μνήμη και να αναπτύξουν κατανόηση. Επιπλέον αυτό γίνεται πιο ισχυρό όταν οι πληροφορίες που αφομοιώνουν έχουν σχέση με την καθημερινή τους ζωή. Πιο συγκεκριμένα η δημιουργία ενός ποιήματος, ενός τραγουδιού ή ενός έργου απαιτεί από τους μαθητές να επεξεργαστούν πληροφορίες και να δημιουργήσουν ένα πλαίσιο υποστήριξης το οποίο θα απουσίαζε αν οι πληροφορίες τους δίνονταν μεμονωμένα.

Η δημιουργία-παραγωγή (generation), ως τρίτος τρόπος, βοηθά τους μαθητές να βελτιώνουν την ανάκληση της μνήμης όταν παράγουν πληροφορίες παρά όταν

κάνουν απλή ανάγνωση. Η γνώση ότι η παραγωγή πληροφοριών μπορεί να βελτιώσει την ανάκληση από την μνήμη είναι χρήσιμη για τους εκπαιδευτικούς. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εμπλέξουν τους μαθητές σε δραστηριότητες μέσω των οποίων να δημιουργούν πληροφορίες, παρά να δέχονται. Οι μαθητές δεν χρειάζεται να δημιουργούν πληροφορίες μόνο με λεκτική μορφή, όπως η συγγραφή μιας ιστορίας, αλλά και με μορφή εικόνων, όπως η δημιουργία ενός σχεδίου. Η δημιουργία των πληροφοριών από τους μαθητές πιθανόν να οδηγήσει σε μακρόχρονη διατήρησή στη μνήμη τους.

Ακόμη, η αναπαράσταση-πραγμάτωση (enactment) των οδηγιών που δίνονται από τους εκπαιδευτικούς, -ως ένας άλλος τρόπος- υποστηρίζει τη βελτιωμένη ανάκληση της μνήμης, σε σύγκριση με το υλικό που θα τους προσφερόταν μόνο για ανάγνωση ή ακρόαση. Οι εκπαιδευτικοί κατά τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων, που ετοιμάζουν για το καθημερινό μάθημα, θα ήταν προτιμότερο να ενσωματώσουν εκείνες που μπορούν οι μαθητές να δραματοποιήσουν. Όταν οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά δραματοποιώντας π.χ. μία ιστορία ή ένα ποίημα, παρά ακούγοντάς τες, μπορούν πιο εύκολα να ανακαλέσουν τις σημαντικές πληροφορίες.

Ο πέμπτος τρόπος, είναι η παραγωγή προφορικού λόγου (oral production), δηλαδή όταν οι μαθητές διαβάζουν ή λένε την άποψή τους δυνατά τότε γίνεται μεταγενέστερη ανάκληση από τη μνήμη με στόχο τη βελτίωση της μνήμης. Όταν σχεδιάζονται δραστηριότητες από τους εκπαιδευτικούς πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία στην επιλογή κατάλληλων καλλιτεχνικών δραστηριοτήτων. Όταν αυτές περιέχουν διαφορετικές και σπάνιες πληροφορίες τότε μπορούν να ανακληθούν πιο εύκολα από τη μνήμη των μαθητών.

Ως έκτος τρόπος θεωρείται ο κόπος της προσπάθειας (effort after meaning) που καταβάλλουν οι μαθητές για να κατανοήσουν νέες πληροφορίες. Αυτό ειδικότερα σημαίνει ότι η προσπάθεια είναι μεγαλύτερη από τους μαθητές όταν οι εκπαιδευτικοί εξηγούν τις νέες πληροφορίες μετά από μία σύντομη χρονική καθυστέρηση. Οι μαθητές για να συνεχίσουν να καταβάλλουν προσπάθεια, ώστε να κατανοήσουν τις νέες πληροφορίες, πρέπει να μην έχουν ως κίνητρο μαθησιακούς στόχους αλλά τη συμμετοχή σε καλλιτεχνικές δραστηριότητες. Για να εκτιμηθεί από τους μαθητές η Τέχνη, σε αισθητικό επίπεδο, πρέπει να καταβάλλουν προσπάθεια. Για παράδειγμα εάν σε ένα σχέδιο ή σε ένα ποίημα υπάρχουν πληροφορίες που απαιτούν ερμηνεία ή «αποκωδικοποίηση» από τον παρατηρητή, οι μαθητές θα πρέπει να καταβάλλουν προσπάθεια ώστε να ερμηνεύσουν τις πληροφορίες αυτές. Ο στόχος τους θα είναι να εκτιμήσουν την Τέχνη, αισθητικά, και ως αποτέλεσμα θα αποθηκεύσουν πολύ εύκολα, στη μνήμη τους, τις πληροφορίες που θα αποκομίσουν.

Ο βαθμός της συναισθηματικής κινητοποίησης κατά τη μάθηση (emotional arousal), ως έβδομος τρόπος, δηλαδή οι πληροφορίες που προκαλούν συναισθηματική κινητοποίηση στους μαθητές ανακαλούνται ευκολότερα από τη μνήμη τους σε σχέση με αυτές που δρουν ουδέτερα στα συναισθήματά τους. Επειδή οι Τέχνες συχνά περιλαμβάνουν συναισθηματική έκφραση, φαίνεται λογικό ότι η διδασκαλία μέσω καλλιτεχνικών δραστηριοτήτων θα μπορούσε να βοηθήσει στη συναισθηματική κινητοποίηση των μαθητών. Δηλαδή θα μπορούσαν οι εκπαιδευτικοί να ενσωματώσουν, στις καλλιτεχνικές δραστηριότητες που ετοιμάζουν καθημερινά, τις πληροφορίες εκείνες που πιστεύουν πως θα δημιουργήσουν τη συναισθηματική κινητοποίηση των μαθητών τους.

Ο τελευταίος τρόπος, είναι η οπτική αναπαράσταση (pictorial representation), δηλαδή η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μάθησης μέσω εικόνων. Όταν οι πληροφορίες παρέχονται στους μαθητές μέσω εικόνων τότε αυτές κωδικοποιούνται και οπτικά και λεκτικά. Όταν όμως οι πληροφορίες τους παρέχονται μέσω λέξεων τότε οι πληροφορίες κωδικοποιούνται μόνο λεκτικά. Συμπερασματικά, αν οι εικόνες μπορούν να μεταφέρουν αποτελεσματικά και ουσιαστικά τις ίδιες πληροφορίες με τις λέξεις, τότε η χρήση των εικόνων πιθανότατα θα οδηγήσει σε καλύτερη διατήρηση των πληροφοριών στη μνήμη.

πρόβα	• Οι πρόβες να είναι επαναλαμβανόμενες και μεταξύ τους να έχουν κενό διάστημα
επεξεργασία	• Οι πληροφορίες να είναι σχετικές με την καθημερινή ζωή των μαθητών
δημιουργία - παραγωγή	• Οι μαθητές καλύτερα να δημιουργούν παρά να δέχονται πληροφορίες
αναπαράσταση - πραγμάτωση	• Να γίνεται αναπαράσταση των οδηγιών που δίνονται από τους εκπαιδευτικούς
παραγωγή προφορικού λόγου	• Οι μαθητές να λένε την άποψή τους δυνατά • Οι πληροφορίες στις δραστηριότητες να είναι διαφορετικές και σπάνιες
ο κόπος της προσπάθειας	• Καταβάλλεται μεγαλύτερη προσπάθεια όταν η εξήγηση δίνεται στους μαθητές μετά από κάποιο χρόνο
συναισθηματική κινητοποίηση	• Η διδασκαλία μέσω καλλιτεχνικών δραστηριοτήτων κινητοποιεί τα συναισθήματα είτε θετικά είτε αρνητικά.
οπτική αναπαράσταση	• Οι πληροφορίες μέσω εικόνων κωδικοποιούνται οπτικά και λεκτικά

**Σχήμα 5:** Οι οκτώ τρόποι με τους οποίους οι Τέχνες επηρεάζουν τη μάθηση και βελτιώνουν τη μακρόχρονη μνήμη (Rinne et.al., 2011; Sousa & Pilecki, 2018)



### 1.3. Animation

Η όλο και αυξανόμενη έρευνα εξετάζει την αποδοτικότητα των απεικονίσεων (visualization) μέσω Υπολογιστή με στόχο την βελτίωση της κατανόησης των μαθητών πάνω σε δύσκολα θέματα που πραγματεύεται η επιστήμη. Κάποιοι ερευνητές πιστεύουν ότι οι απεικονίσεις και τα animations μπορούν να είναι πιο αποδοτικά από τις στατικές εικόνες και βοηθούν τους μαθητές να χτίσουν νοητικά μοντέλα και να κάνουν συνδέσεις με τις ήδη προϋπάρχουσες γνώσεις τους. Άλλοι πιστεύουν ότι η χρήση τους μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές ώστε να αλλάξουν στάσεις απέναντι στις επιστήμες και να τους κινητοποιήσει θετικά προς αυτές. Οι γνωστικές μελέτες έδειξαν ότι οι μαθητευόμενοι λαμβάνουν πληροφορίες μέσω οπτικών και ακουστικών καναλιών. Καλύτερα αποτελέσματα στην μάθηση έχουν οι μαθητές οι οποίοι λαμβάνουν και οπτικά και ακουστικά μηνύματα συγχρόνως και όχι μόνο ακουστικά ή μόνο οπτικά. Επίσης όταν οι φωνές των ηρώων έχουν κοινά χαρακτηριστικά με την ηλικιακή ομάδα, το φύλλο, την προφορά λόγου του κοινού στο οποίο απευθύνεται τότε τα αποτελέσματα μάθησης είναι τα επιθυμητά (Blonder & Rap, 2012)

Η εκμάθηση μέσω της αισθητικής - στην οποία περιλαμβάνεται ο κινηματογράφος - διεγείρει την σκέψη των μαθητών. Καθώς τα συναισθήματα παίζουν βασικό ρόλο στις μαθησιακές συμπεριφορές και στην αλλαγή συμπεριφοράς, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να επηρεάζουν τους εκπαιδευόμενους στον συναισθηματικό τομέα. Δεδομένου ότι τα συναισθήματα προϋπάρχουν των εννοιών, η συναισθηματική πορεία είναι μια κρίσιμη διαδρομή προς την ορθολογική διαδικασία της μάθησης. Ο κινηματογράφος είναι η οπτικοακουστική έκδοση της αφήγησης (storytelling). Ενισχύει τα συναισθήματα και ως εκ τούτου δημιουργεί το θεμέλιο για τη μεταφορά των εννοιών (Blasco, Moreto & Blasco, 2015).

#### 1.3.1. Νοηματοδοτήσεις

Τι είναι το animation; Είναι δύσκολο να δοθεί ένας ορισμός. Ο όρος Animation προέρχεται από το λατινικό "anima" το ρήμα "to animate" στα αγγλικά και το "animer" στα γαλλικά σημαίνουν ζωντανεύω, δίνω ζωή, δίνω κίνηση. Θεωρείται ως ένας κλάδος του κινηματογράφου ή η 7<sup>η</sup> Τέχνη, όμως στις Καλές Τέχνες υπολογίζεται ως η 8<sup>η</sup> Τέχνη.

Σύμφωνα με τον Βασιλειάδη (2006) «πρόκειται για κάτι το τεχνητό, είναι η προβολή και επεξεργασία μιας αρχικής ιδέας, μέσα από την απλοποίηση και την αφαίρεση (...). Η συνθετική παραγωγή της κίνησης διαμέσου της συνεχόμενης

χρήσης των ελάχιστων χρονικών στιγμών, που δίνει εκείνη την εκπληκτική αίσθηση της κίνησης στον θεατή, καθώς και άπειρες δυνατότητες χειρισμού και αλλοίωσης της πραγματικότητας (...). Ο όρος εκφράζει την ουσία της Τέχνης αυτής και περιλαμβάνει συνοπτικά όλες τις τεχνικές που αξιοποιεί η κινηματογραφική λήψη εικόνα προς εικόνα».

*Σύμφωνα με τους Tarr & Weiss (2012)* «η κινούμενη εικόνα (το animation) είναι η φανερή δημιουργία της «ζωής» μέσα από τα άψυχα, παίρνοντας αυτό που δεν μπορεί να κινηθεί ή να θεωρηθεί ότι μετακινείται και να το απεικονίσει με άμεση φωτογραφία ή αποθανατίζοντας έργα Τέχνης ή εικονογραφήσεις ενός υποκειμένου και παρουσιάζοντας διαδοχικά τις ακίνητες εικόνες που προκύπτουν, ακολουθώντας ορισμένες αρχές, προκειμένου να δημιουργηθεί η ψευδαίσθηση της κίνησης».

Οι Καλαμπάκας, Κυριακουλάκος (2015) «ορίζουν τα κινούμενα σχέδια ως την τεχνική που δημιουργεί την ψευδαίσθηση της κίνησης, χρησιμοποιώντας μια διαδοχή από στατικές εικόνες, οι οποίες μπορεί να είναι χειροτεχνημένες (ζωγραφική, κολάζ, γλυπτική με εύπλαστα υλικά) ή κατασκευασμένες ψηφιακά».

Ο Σκοπετέας (2015) «αναφέρει τα animations ως ταινίες εμπύχωσης, στις οποίες η εικόνα είναι πλήρως κατασκευασμένη με διάφορες τεχνικές και αποδομένη με μια πλασματική κίνηση που να προσομοιάζει στην κίνηση των ταινιών ζωντανής δράσης που καταγράφεται από κάμερα».

Ο Σιάκας (2009) αναφέρει ως όρο του animation «κάθε ακολουθία κίνησης που έχει δημιουργηθεί εικόνα-εικόνα ή αλλιώς, στην κινηματογραφική ορολογία, καρέ-καρέ. Η δημιουργία της κάθε εικόνας μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους και υλικά».

### *1.3.2. Περιορισμοί και δυνατότητες της τεχνικής του animation.*

Το animation είναι ένα μέσο με συναρπαστικές εκφραστικές και αναπαραστατικές δυνατότητες, διότι η δημιουργία κάθε εικόνας μπορεί να γίνει με πάρα πολλούς τρόπους και υλικά. Αποτελείται από αντικείμενα που είναι τεχνητά κατασκευασμένα είτε έχουν δημιουργηθεί με εικονογράφηση είτε με άλλες μεθόδους προσομοίωσης (Mayer, 2002, Mayer & Moreno, 2002). Είναι μια κινηματογραφική τεχνική με εφαρμογές στον χώρο των τεχνών, της επιστήμης, των οπτικοακουστικών μέσων και των πολυμέσων (Σιάκας και Γκούσιος, 2015, Halas & Manvell, 1969; Laybourne, 1998). Η διαδικασία δημιουργίας σεναρίου animation είναι μια διαδικασία όπου διαφορετικές ειδικότητες καλούνται να συνεργαστούν (συγγραφείς, μουσικοί, τεχνικοί, ηχολήπτες, σχεδιαστές κ.λπ.). Οι δυνατότητες έκφρασης της τεχνικής αυτής την έχουν αναδείξει ως ένα από τα βασικά εργαλεία δημιουργίας εκπαιδευτικών πολυμέσων (Laybourne, 1998, Lee & Owens, 2000).

Έρευνες δείχνουν ότι είναι πιο αρεστό σαν μέσο στους μαθητές, μέσα από τα εκφραστικά μέσα που χρησιμοποιεί επικεντρώνει την προσοχή των θεατών στα πιο σημαντικά σημεία του βίντεο και έχει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν διαφορετικά σενάρια. Σε σύγκριση με την εικονογράφηση, τη φωτογραφία και τα video είναι προϊόν σκόπιμης διαδικασίας κατασκευής όπως η σχεδίαση και δεν είναι μία στατική εικόνα ζωγραφισμένων αντικειμένων, όπως η εικονογράφηση, ούτε μία στατική εικόνα ενός πραγματικού αντικειμένου, όπως η φωτογραφία, αλλά ούτε παρουσιάζει την κίνηση πραγματικών αντικειμένων, όπως το video. Σε σύγκριση με τα video και την προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο, φαίνεται ότι τα animations μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να διαδοθούν στο διαδίκτυο και δεν χρειάζονται την συμμετοχή πολλών ανθρώπων για την παραγωγή τους. Αυτά που παρουσιάζουν τα video έχουν «συλληφθεί», δεν έχουν «συνταχθεί» όπως συμβαίνει με τα animations, οπότε αυτή η διαφορά κάνει τα πρώτα λιγότερο ευέλικτα. Ακόμη τα animations σε σχέση με τα video μπορούν να παραλείψουν άσχετες πλευρές του θέματος και να παρουσιάσουν εκείνες που δεν μπορούν να οπτικοποιηθούν με διαφορετικό τρόπο (Mayer & Moreno, 2002; Croft, Rasiah & Cooper, 2014; Major & Watson, 2018).

Τα εκφραστικά μέσα του animation τοποθετούνται στο πλαίσιο αρχών της κινηματογραφικής γλώσσας όμως προκύπτουν μια σειρά περιορισμοί και δυνατότητες (Βασιλειάδης, 2006, Σιάκας, 2006, Σιάκας, Μούρη, 2011, Μούρη, 2004, Halas & Manvell, 1969).

Στους περιορισμούς περιλαμβάνονται η *επίπονη διαδικασία* γιατί χρειάζονται πολλά σχέδια για την κίνηση λίγων λεπτών καθώς και το *κόστος παραγωγής* εφόσον σε μια επαγγελματική παραγωγή απαιτούνται εξειδικευμένες ειδικότητες (σκηνοθέτες, μοντέρ, σεναριογράφοι, σκιτσογράφοι, ζωγράφοι, εικονογράφοι κτλ.). Ακόμη ως περιορισμός μπορεί να αναγνωριστεί το *μήκος της ταινίας* δεδομένου ότι η δημιουργία μεγάλου μήκους ταινιών από ένα μόνο δημιουργό θεωρείται έως και αδύνατη.

Στις δυνατότητες ανήκουν οι *εκφραστικές δυνατότητες* γιατί η δημιουργία της κάθε εικόνας μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους και υλικά. Επίσης το *κόστος παραγωγής* μπορεί να αναγνωριστεί ως δυνατότητα στην περίπτωση των ταινιών μικρού μήκους όπου το κόστος μπορεί να είναι πολύ μικρό. *Οι πειραματισμοί και η παρατήρηση αναγνωρίζονται ως* μια ακόμη δυνατότητα γιατί η τεχνική του animation δίνει τη δυνατότητα καταγραφής πληροφοριών που η ανθρώπινη αντίληψη δεν μπορεί να συγκρατήσει (π.χ. ανάπτυξη φυτού).

Από τα παραπάνω καταλαβαίνει κανείς τις δυνατότητες των animations έναντι άλλων μέσων, γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια φαίνεται ότι έχουν αρχίσει να κάνουν την εμφάνισή τους ολοένα και πιο πολύ ως εκπαιδευτικά εργαλεία.

### *1.3.3. Πώς επιδρούν τα animations στην εκπαίδευση;*

Ένα animation χρησιμοποιείται στη διδασκαλία γιατί προσελκύει την προσοχή των παιδιών, εστιάζει την προσοχή τους, δημιουργεί το ενδιαφέρον στην τάξη και μια αίσθηση προσδοκίας, ενεργοποιεί ή ξεκουράζει τους μαθητές, αξιοποιεί τη φαντασία τους, βελτιώνει τη στάση ως προς το περιεχόμενο και τη μάθηση, οικοδομεί μια σύνδεση με τους άλλους μαθητές και με το διδάσκοντα, βελτιώνει τη συγκράτηση του περιεχομένου στη μνήμη αλλά και την κατανόηση, ενισχύει τη δημιουργικότητα και τονώνει τη ροή των ιδεών, ενισχύει την βαθύτερη μάθηση, παρέχει ευκαιρίες ελεύθερης έκφρασης, λειτουργεί ως μέσο συνεργασίας, εμπνέει και κινητοποιεί τους μαθητές, επίσης κάνει τη μάθηση διασκεδαστική, φτιάχνει την κατάλληλη διάθεση, μειώνει το άγχος και την ένταση σε δύσκολα θέματα αλλά και δημιουργεί εικόνες που μένουν στη μνήμη. Όπως φαίνεται από τα παραπάνω υπάρχουν τουλάχιστον είκοσι λόγοι ώστε να θεωρείται η διδασκαλία με χρήση animation σημαντική έως και απαραίτητη (Berk, 2009).

Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν πολλές στρατηγικές για να τραβήξουν το ενδιαφέρον των μαθητών, έτσι ώστε η προσέγγιση του επιστημονικού προς διδασκαλία περιεχομένου να γίνει αποτελεσματική. Σε αυτή την κατεύθυνση οι εκπαιδευτικοί δημιουργούν περιβάλλοντα πολυμεσικής μάθησης ενσωματώνοντας στα μαθήματά τους ψηφιακή τεχνολογία.

Σε άτυπα αλλά και σε τυπικά περιβάλλοντα μάθησης έχουν αναφερθεί πολλές προσπάθειες ενσωμάτωσης διάφορων στρατηγικών για να υποστηρίξουν την μάθηση. Για παράδειγμα σε ένα επιστημονικό φεστιβάλ (science festival) ενσωμάτωσαν στις δραστηριότητές τους ταινίες και animation τα οποία αναφέρονταν σε παραπάνω από 400 μαθητές από εννέα μέχρι έντεκα ετών. Από τους 400 χρησιμοποίησαν στους 70, πριν και μετά την παρέμβαση, ένα εργαλείο αξιολόγησης, το οποίο ουσιαστικά ήταν μια τροποποίηση του χάρτη προσωπικών εννοιών (PPM), όπου περιείχε ερωτήσεις ώστε κατά την ανάλυσή τους να μπορέσουν οι ερευνητές να δουν όχι μόνο πώς αλλά και πόσο μαθαίνουν οι μαθητές. Οι στόχοι που έθεσαν ήταν να εισαγάγουν τη βασική έννοια του μεγέθους και της κλίμακας, να παρουσιάσουν εφαρμογές νανοτεχνολογίας και να παρακινήσουν τα παιδιά να μάθουν περί νανοτεχνολογίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές μετά τη συμμετοχή τους στο φεστιβάλ κατάφεραν να δώσουν έναν ορισμό για την Νανοτεχνολογία, κατάφεραν να συγκρίνουν νανομεγέθη με γνωστά τους αντικείμενα, ανάπτυξαν τις

γνώσεις τους σχετικά με τις εφαρμογές της N-ET και τέλος έδειξαν να αλλάζουν στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες κάτι που βοηθά στη μάθηση (Blonder & Rap, 2012).

Υπό το παραπάνω πρίσμα αναγνωρίζεται ένας μεγάλος αριθμός δημοσιευμένων διδακτικών προτάσεων οι οποίες ενσωματώνουν στη διδασκαλία τους animation με θετικά για την εκπαίδευση αποτελέσματα. Για παράδειγμα, ο Aksoy (2012) χρησιμοποίησε animation στην ενότητα «Άνθρωπος και Περιβάλλον» στην 7<sup>η</sup> τάξη, σε 58 μαθητές στην Τουρκία, στα μαθήματα Επιστήμης και Τεχνολογίας. Σκοπός της έρευνάς του ήταν να προσδιοριστεί η επίδραση της τεχνικής του animation στην ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών. Το πρόγραμμα είχε διάρκεια τρεις εβδομάδες. Οι μαθητές μοιράστηκαν σε δύο τμήματα. Στο πρώτο τμήμα (28 μαθητές) πρόβαλαν animation κατά τη διδασκαλία (Animation Group, AG) ενώ στο δεύτερο τμήμα, η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε με τον παραδοσιακό τρόπο με τη χρήση μόνο διαφανειών PowerPoint. Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποίησαν ήταν ένα ερωτηματολόγιο είκοσι ερωτήσεων το οποίο δόθηκε στους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ομάδα που είδε τα animations προείχε αυτής που διδάχτηκε με παραδοσιακό τρόπο όσον αφορά την ανάπτυξη των ακαδημαϊκών επιτευγμάτων της.

Αξιόλογες προσπάθειες έχουν γίνει και στην χώρα μας, όπου εκπαιδευτικοί και ερευνητές της Διδακτικής προσπαθούν να εντάξουν στη διδασκαλία τους εργαλεία -όπως αυτό του animation- και παραπέρα να ερευνήσουν την εκπαιδευτική τους αξία. Συγκεκριμένα, μία ομάδα φοιτητών και ερευνητών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας δημιούργησε ένα καινοτομικό εκπαιδευτικό animation με θεματική την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας (Αδαμαντίου, κ.α. 2015, Spyrtou, et al. 2013). Το animation σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις αρχές των προγραμμάτων STSE (Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία, Περιβάλλον). Στην έρευνα συμμετείχαν 177 μαθητές της Στ' τάξης από δύο Δημοτικά σχολεία και ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο 14 ερωτήσεων που συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή. Σκοπός της έρευνας ήταν να αξιολογηθεί το animation ως εκπαιδευτικό υλικό για την εκμάθηση του περιεχομένου της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές υποστήριξαν ότι το περιεχόμενο του animation (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) γίνεται εύκολα κατανοητό. Επίσης διαπιστώθηκε ότι ενισχύθηκε το ενδιαφέρον τους για τις κοινωνικές προεκτάσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη ένα μεγάλο ποσοστό (94,83%) μαθητών απάντησε θετικά ως προς την προσωπική τους εκτίμηση ότι απόκτησαν γνώσεις με το συγκεκριμένο animation. Ωστόσο, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν ενδυναμώθηκε

το ενδιαφέρον τους για περαιτέρω εμπλοκή στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένα άλλο παράδειγμα ενσωμάτωσης ενός animation ως εργαλείο καινοτομίας έγινε στις εκπαιδευτικές δράσεις στο πλαίσιο μιας από τις επιμορφωτικές συναντήσεις του Ευρωπαϊκού προγράμματος Jean Monnet “Information Projects” με το όνομα “Universities4EU” που διοργάνωσε το Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς σε συνεργασία με την έδρα Jean Monnet του Πανεπιστημίου Αιγαίου (Σιάκας, Γκούσιος, 2015, Σιάκας, Γκούσιος, 2016). Στο πλαίσιο αυτό υλοποιήθηκε το βιωματικό εργαστήριο animation όπου οι συμμετέχοντες ήταν 20 εκπαιδευόμενοι μαθητές λυκείου οι οποίοι κλήθηκαν σε διάστημα δύο ωρών να δημιουργήσουν βίντεο με την τεχνική της κινούμενης εικόνας-animation στο οποίο πέρασαν τα δικά τους μηνύματα στα αγγλικά και τα γαλλικά για την καταπολέμηση της μισαλλοδοξίας και του θρησκευτικού φανατισμού στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι στόχοι που έθεσαν είχαν διπλό χαρακτήρα πρώτα την εκμάθηση της τεχνικής της δημιουργίας ενός animation και μετέπειτα το περιεχόμενο το οποίο πραγματεύονταν. Όσον αφορά τον πρώτο στόχο φαίνεται μέσα από την συμμετοχή των μαθητών ότι οικειοποιήθηκαν τεχνικές λεπτομέρειες και ποιοτικά χαρακτηριστικά της τεχνικής σε μεγάλο βαθμό. Όσον αφορά τον δεύτερο στόχο οι μαθητές ενέταξαν λέξεις κλειδιά σχετικά με τον πολιτισμό και τις αρχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Σε επόμενη έρευνα παρουσιάστηκε η διαδικασία δημιουργίας ομάδων εργασίας, με την μέθοδο της κοινωνιομετρίας, με στόχο την συμμετοχή των παιδιών στην παραγωγή μιας ταινίας κινουμένων σχεδίων. Οι παιδαγωγικοί στόχοι οι οποίοι τέθηκαν ήταν αφενός η κατανόηση από τα νήπια της αναγκαιότητας της συνεργασίας μέσα σε μία ομάδα και αφετέρου η ενασχόληση των παιδιών με το animation σαν μορφή Τέχνης (Τριάντου & Πασχάλης, 2014). Η έρευνα διενεργήθηκε σε τρεις φάσεις: πρώτα δημιούργησαν ένα κοινωνιογράμμα μέσω του ερωτηματολογίου, πριν την παρέμβαση, έπειτα έκαναν την παρέμβαση με τη δημιουργία ταινίας κινουμένων σχεδίων και τέλος δημιούργησαν πάλι κοινωνιογράμμα με βάση το ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση. Το ερωτηματολόγιο είχε τη μορφή προφορικής συνέντευξης λόγω της μικρής ηλικίας των μαθητών. Οι μαθητές ήταν 20 εκ των οποίων μερικοί φοιτούσαν για πρώτη φορά στο Νηπιαγωγείο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά την παρέμβαση η εικόνα του κοινωνιογράμματος είχε αλλάξει ριζικά. Τα κριτήρια επιλογής των μαθητών διαφοροποιήθηκαν. Πλέον τα αγόρια επέλεγαν και κορίτσια για να συνεργαστούν σε ομάδες όπως και τα κορίτσια επέλεγαν και αγόρια, η συνεργασία εδραιώθηκε, ένα απομονωμένο παιδί επιλέχθηκε από άλλον μαθητή. Φάνηκε λοιπόν ότι η ενασχόληση με τις ταινίες κινουμένων σχεδίων αποτελεί μια

καλή πρακτική για τη δημιουργία ομάδων στο νηπιαγωγείο καθώς και για την ανάδειξη της δυναμικής τους.

#### *1.3.4. Βασικές αρχές για το σχεδιασμό διδασκαλίας-μάθησης με χρήση animation*

Οι βασικές αρχές που προτείνονται από τους Mayer & Moreno (2002) για τη χρήση των animations στη διδασκαλία με πολυμέσα είναι σύμφωνες με τη γνωστική θεωρία της πολυμεσικής μάθησης.

##### ***Αρχή 1<sup>η</sup> : Αρχή της πολυμεσικότητας***

Οι μαθητές μαθαίνουν βαθύτερα από το συνδυασμό animation και αφήγησης παρά από την αφήγηση μόνο. Η θεωρητική βάση της πρώτης αρχής είναι ότι οι μαθητές είναι περισσότερο ικανοί να φτιάξουν νοερές συνδέσεις μεταξύ λέξεων και εικόνων όταν παρουσιάζονται μαζί (π.χ. animation και αφήγηση), παρά όταν εμφανίζεται ένα μόνο (π.χ. αφήγηση) και πρέπει ο μαθητευόμενος να δημιουργήσει το άλλο νοερά. Φαίνεται ότι οι λέξεις και οι εικόνες προωθούν καλύτερα την κατανόηση, από ότι οι λέξεις μόνες τους.

##### ***Αρχή 2<sup>η</sup>: Αρχή της χωρικής γειννίασης***

Όταν το κείμενο στην οθόνη εμφανίζεται αμέσως μετά το τμήμα του animation που περιγράφει, παρά όταν το κείμενο παρουσιάζεται μακριά από την αντίστοιχη σκηνή του animation, φαίνεται ότι οι μαθητές μαθαίνουν βαθύτερα. Η θεωρητική βάση της δεύτερης αρχής είναι ότι οι μαθητές είναι πιο ικανοί να οικοδομήσουν νοερές συνδέσεις μεταξύ των αντίστοιχων λέξεων και εικόνων όταν παρουσιάζονται μαζί στην οθόνη. Από την άλλη όταν δεν παρουσιάζονται μαζί, οι μαθητευόμενοι πρέπει να ξοδέψουν μέρος της περιορισμένης γνωστικής χωρητικότητας για να βρουν το τμήμα του animation που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κείμενο.

##### ***Αρχή 3<sup>η</sup>: Αρχή της χρονικής συνέχειας***

Οι μαθητές αποκτούν βαθύτερη γνώση όταν το αντίστοιχο τμήμα του animation και της αφήγησης παρουσιάζονται ταυτόχρονα, παρά όταν διαχωρίζονται χρονικά. Η θεωρητική βάση της τρίτης αρχής είναι ότι οι μαθητές είναι περισσότερο ικανοί να κάνουν νοερές συνδέσεις μεταξύ λέξεων και εικόνων όταν βρίσκονται στην εργαζόμενη μνήμη την ίδια στιγμή.

##### ***Αρχή 4<sup>η</sup>: Αρχή της συνοχής***

Οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα από το animation και την αφήγηση όταν άσχετες με το θέμα λέξεις, ήχοι (και μουσική) και βίντεο αποκλείονται. Η θεωρητική βάση της τέταρτης αρχής είναι ότι οι μαθητές μπορεί να προσηλωθούν στο άσχετο υλικό οπότε να τους απομείνουν λιγότεροι γνωστικοί πόροι διαθέσιμοι για να

οικοδομήσουν νοερές συνδέσεις μεταξύ των σχετικών τμημάτων του animation και της αφήγησης.

**Αρχή 5<sup>η</sup>: Αρχή της τροπικότητας**

Οι μαθητές από το συνδυασμό animation και αφήγηση, παρά από το συνδυασμό animation και κείμενο που προβάλλεται στην οθόνη, αποκτούν βαθύτερη γνώση. Η θεωρητική βάση της πέμπτης αρχής είναι ότι η οπτική δίοδος του μαθητή μπορεί να υπερφορτωθεί όταν λέξεις και εικόνες παρουσιάζονται συγχρόνως, γιατί οι μαθητές, στην αρχή, επεξεργάζονται κείμενο και animation μέσω των ματιών. Η γνωστική τους χωρητικότητα μπορεί να μην είναι επαρκής για να οικοδομήσουν συσχετισμούς μεταξύ λέξεων και εικόνων. Από την άλλη, όταν οι λέξεις παρουσιάζονται μέσω της ακουστικής δίοδου (η αφήγηση), η οπτική δίοδος δε θα υπερφορτωθεί και οι μαθητές θα έχουν μεγαλύτερη ικανότητα να κάνουν συσχετισμούς μεταξύ λέξεων και εικόνων.

**Αρχή 6<sup>η</sup>: Αρχή του πλεονασμού**

Οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν συνδυάζεται το animation και η αφήγηση, παρά όταν γίνεται ο συνδυασμός animation, αφήγηση και κείμενο. στηρίζεται στην ίδια θεωρητική βάση με την αρχή της τροπικότητας. Οι μαθητές που προσλαμβάνουν λιγότερα έχουν καλύτερες επιδόσεις από αυτούς που προσλαμβάνουν περισσότερα.

**Αρχή 7<sup>η</sup>: Αρχή της εξατομίκευσης**

Οι μαθητές αποκτούν βαθύτερη γνώση από το animation που συνοδεύεται από αφήγηση η οποία έχει διαλογικό στυλ, όπου χρησιμοποιείται πρώτο και δεύτερο πρόσωπο, παρά τυπικό στυλ. Η θεωρητική βάση της έβδομης αρχής είναι ότι οι μαθητές εργάζονται πιο σκληρά για να κατανοήσουν ένα θέμα όταν εμπλέκονται προσωπικά σε έναν διάλογο.

### *1.3.5. Animation και πολυμεσική μάθηση*

Οι ψηφιακές τεχνολογίες, τα εργαλεία και τα λογισμικά είναι ισχυροί τρόποι μάθησης που βοηθούν τους μαθητές να χτίσουν και να βελτιώσουν την οπτική και χωρική τους σκέψη (Wilks, Cutcher, Wilks, 2012).

Δεν μπορεί να δοθεί μια απάντηση αν επικεντρωθούμε στο αν οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα από τα animations ή τις στατικές εικόνες. Τα animations εξυπηρετούν πολλαπλές λειτουργίες στα περιβάλλοντα πολυμεσικής μάθησης και δεν μπορεί να υπάρχει μία καθοριστική αρχή για τη χρήση των animations (Mayer, 2014). Έτσι υπάρχει ένα συνδυασμός πέντε αρχών που πρέπει να λαμβάνουν



υπόψη όσοι διερωτώνται αν και πώς πρέπει να περιλαμβάνουν τα animations στην πολυμεσική μάθηση.

**Αρχή 1<sup>η</sup>** : «Οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα από τα animations όταν ο διδακτικός τους σκοπός έχει καθοριστεί σαφώς»

Τα animations έχουν δύο λειτουργίες, την αντιπροσωπευτική και την καθοδηγητική. Η πρώτη αναφέρεται στην επίδειξη της χωρικής και χρονικής δομής ενός αντικειμένου ή γεγονότος. Τα animations μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν τις τρεις διαστάσεις ενός στατικού αντικειμένου και τα μέρη που αυτό αποτελείται, επίσης δείχνουν την κίνηση (αλλαγή θέσης των αντικειμένων στη διάρκεια του χρόνου), ανάπτυξη (αλλαγή μεγέθους ή σχήματος) και άλλες μεταβολές όπως στο σχήμα και την υφή. Η δεύτερη λειτουργία καθοδηγεί την προσοχή του θεατή στα χαρακτηριστικά, που είναι σχετικά με το θέμα, της πληροφορίας που παρουσιάζεται. Μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να εστιάσουν την προσοχή τους χρησιμοποιώντας την τεχνική της εστίασης (zoom).

**Αρχή 2<sup>η</sup>**: «Οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα από ένα animation όταν δίνεται η απαραίτητη έμφαση στις χωρικές παρά στις χρονικές πληροφορίες»

Τα animations μπορούν να θεωρηθούν καλύτερες πηγές χρονικών πληροφοριών από τις στατικές εικόνες, όμως αυτό από μόνο του δεν σημαίνει ότι ο μαθητής θα εξάγει και θα εσωτερικεύσει περισσότερες πληροφορίες από τις κινούμενες εικόνες παρά από τις στατικές. Λόγω της ρευστής φύσης των animations είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση διαφορετικών καταστάσεων μέσα σε μια δυναμική σειρά. Αντιθέτως η παρουσίαση μιας σειράς στατικών εικόνων ταυτόχρονα, μπορεί να ελέγχει επανειλημμένα αυτό που προβάλλεται σύμφωνα με το δικό της ρυθμό. Τα animations προβάλλουν μία κατάσταση κάθε φορά και για να συγκριθεί με μία άλλη κατάσταση πρέπει να ανακληθεί από τη μακρόχρονη μνήμη. Πρέπει να υπάρχει μία ισορροπία μεταξύ της επεξεργασίας των χωρικών και χρονικών προτύπων κατά τη μάθηση με animation σε σχέση με τις στατικές εικόνες.

**Αρχή 3<sup>η</sup>** : «Οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα από τα animations όταν τα αντιληπτά τους χαρακτηριστικά και οι γνωστικές τους απαιτήσεις είναι εναρμονισμένα»

Τα animations μπορούν να κάνουν αντιληπτή την κίνηση δυναμικών σχημάτων, να βοηθήσουν τον μαθητή να αντιληφθεί μια κατάσταση που εξελίσσεται πολύ αργά στο χρόνο επιταχύνοντάς την (ανάπτυξη ενός φυτού) ή επιβραδύνοντάς την ώστε ο θεατής να έχει την αισθητηριακή ευαισθησία να καταλαβαίνει τις αλλαγές. Όταν η σχεδίαση ενός animation ελέγχεται από τον χρήστη, τότε μπορεί να έρθει η ισορροπία ανάμεσα στις δυνατότητες της ελεύθερης εξερεύνησης με στους περιορισμούς που οφείλονται στις προηγούμενες γνώσεις του μαθητή και στις

ικανότητες επεξεργασίας περιορίζοντας τον έλεγχο, ώστε η χρήση να είναι αποτελεσματική..

### **1.3.6. Αποτελεσματικά animations**

Οι Tversky, Morrison & Betrancourt (2002) πρότειναν δύο αρχές για το σχεδιασμό αποτελεσματικών διδακτικών υλικών.

#### **Αρχή 1<sup>η</sup>: Αρχή της σύλληψης**

Η εξωτερική αναπαράσταση πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι εύκολα κατανοητή και αντιληπτή. Οι ερευνητές προτείνουν ότι ο σχεδιασμός των animations πρέπει να έχει δύο χαρακτηριστικά: τον έλεγχο της αλληλεπίδρασης και τη σήμανση της προσοχής (Kritz & Hegarty, 2007). Όταν ο χρήστης έχει τον έλεγχο της αλληλεπίδρασης μπορεί να επιταχύνει ή να επιβραδύνει την εικόνα ώστε να ταιριάζει με την ταχύτητα που μπορεί ο ίδιος να την κατανοεί. Έτσι η μάθηση προσαρμόζεται στις ανάγκες του κάθε μαθητή. Επίσης η επίδραση της σήμανσης της προσοχής των μαθητών στα πιο σημαντικά στοιχεία της επίδειξης μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη οπτικών ενδείξεων (χρήση χρωματικών ενδείξεων, χρήση βελών).

#### **Αρχή 2<sup>η</sup>: Αρχή της ομοιότητας**

Τα animations πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να βρίσκονται σε αντιστοιχία με τον τύπο της εσωτερικής αναπαράστασης που το άτομο θέλει να ενισχύσει. Οι άνθρωποι φαίνεται να αντιλαμβάνονται τις διαδικασίες ως αλληλουχία γεγονότων, ακόμα και αν προβάλλονται σε ένα βίντεο ή animation. Έτσι καταλαβαίνει κανείς ότι η κατανόηση της λειτουργίας ενός συστήματος με τη χρήση μιας σειράς εικόνων που δείχνουν όλες τις φάσεις λειτουργίας είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με ένα συνεχές animation. Προτιμότερη φαίνεται η προβολή ενός animation κατά τμήματα όπου το κάθε ένα θα αντιστοιχεί σε ένα γεγονός ενός αιτιακού συστήματος (Hasler, Kersten & Sweller, 2007).

Σύμφωνα με τον Mayer (2014), παρακάτω αναλύονται, οι πέντε αρχές από τις οποίες πρέπει να διέπεται ο σχεδιασμός αποτελεσματικών animations.

#### **Αρχή 1<sup>η</sup>: Αρχή της σύλληψης**

Τα εξωτερικά χαρακτηριστικά πρέπει να γίνονται αμέσως αντιληπτά από τους μαθητές. Ο γραφικός σχεδιασμός των αντικειμένων του animation ακολουθούν τη συμβατική αναπαράσταση στον τομέα τους.

#### **Αρχή 2<sup>η</sup>: Αρχή της αντιστοιχίας**

Οι αλλαγές στο animation πρέπει να απεικονίζουν αλλαγές στο εννοιολογικό μοντέλο, παρά αλλαγές στη συμπεριφορά του φαινομένου.

#### **Αρχή 3<sup>η</sup>: Αρχή της διαδραστικότητας**

Οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω του animation γίνονται καλύτερα αντιληπτές όταν οι μαθητές μπορούν να ελέγχουν το ρυθμό του animation.

**Αρχή 4<sup>η</sup>: Αρχή της καθοδήγησης της προσοχής**

Τα animations πρέπει να μπορούν να οδηγήσουν τους μαθητές να κάνουν την επεξεργασία χωρίς να χάσουν τις αλλαγές, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την λεκτική ή γραφική σηματοδότηση των σημαντικών σημείων.

**Αρχή 5<sup>η</sup>: Αρχή της ευελιξίας**

Το animation πρέπει να προσφέρει κάποιες επιλογές ώστε να προσαρμοστεί στο επίπεδο γνώσεων των μαθητών. Οι πληροφορίες που δίνονται πρέπει να είναι σαφώς διατυπωμένες ώστε να αποφευχθούν οι πολλές στατικές και κινούμενες οπτικοποιήσεις.

**1.3.7. Τα τρία στάδια της δημιουργίας ενός animation**

Για να δημιουργηθεί ένα animation πρέπει να γίνουν κάποιες ενέργειες και να παρθούν κάποιες αποφάσεις όπως: «ποιο θα είναι το περιεχόμενο του βίντεο;», «ποια τεχνική θα ήταν η πιο κατάλληλη για τον ερευνητή;», «αν θα υπάρξει συνεργασία με άλλους κλάδους (π.χ. animator) και σε ποιο σημείο;», η διεξαγωγή συστηματικής έρευνας γύρω από το θέμα, η επιλογή του κοινού στο οποίο θα αναφέρεται, η γλώσσα που θα γραφτεί το σενάριο, οι σχεδιαστικές αρχές των ηρώων και των αντικειμένων του βίντεο κτλ.



**Σχήμα 6:** Τα τρία στάδια με τα αντίστοιχα επτά βήματα δημιουργίας ενός animation

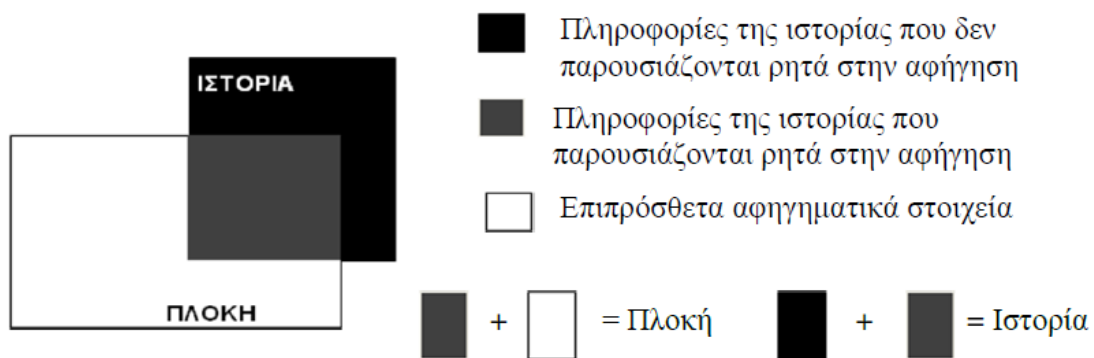
Ειδικότερα, τα στάδια δημιουργίας μιας ταινίας animation στο στούντιο κατηγοριοποιούνται σε τρία στάδια: i) της προ-παραγωγής, ii) της παραγωγής, iii) της μετά-παραγωγής. Τα τρία στάδια περιλαμβάνουν επτά βήματα: i) τη δημιουργία του σεναρίου, ii) τη δημιουργία του storyboard, iii) τις τεχνικές του animation, iv) την ηχοληψία, v) τη δημιουργία του animated storyboard, vi) το μοντάζ, vii) τα ειδικά εφέ, όπως φαίνεται αναλυτικά στο παραπάνω σχήμα 6 (Καλαμπάκας & Κυριακουλάκος, 2015, Σιάκας & Σόκαλη, 2011, Derakhshani, 2010; Halas & Manvell, 1969; Laybourne, 1998; Madigan, 2014; Zettl, 1990).

#### *1.3.7.1. Το στάδιο της προ-παραγωγής: Δημιουργία σεναρίου*

Στο στάδιο αυτό δημιουργείται η κεντρική ιδέα της ταινίας: μέσα από σχετική έρευνα δημιουργείται το σενάριο και γίνεται ο σχεδιασμός της οπτικοποίησής του. Έτσι προσδιορίζονται διάφορα στοιχεία του περιβάλλοντος της ταινίας (κοινωνικό και ιστορικό) καθώς και το στυλ όπως δράμα, κωμωδία, περιπέτεια κ.λπ. Επίσης, προσδιορίζονται διάφορα εικονικά στοιχεία (π.χ. σκηνικά, κουστούμια). Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει ένα βήμα, αυτό της δημιουργίας του σεναρίου (Σχήμα 6) και επικεντρώνεται στην προσέγγιση δύο ερωτημάτων: «Τι θα πούμε;» και «Πώς θα το πούμε;». Το πρώτο ερώτημα προσεγγίζεται σε τρεις διαστάσεις και το δεύτερο σε πέντε (Σχήμα 8).

#### *Δημιουργία σεναρίου*

Κάθε σενάριο περιέχει δύο συστατικά στοιχεία: την ιστορία και την πλοκή (Καλαμπάκας & Κυριακουλάκος, 2015, Σιάκας, 2009, Bordwell & Thompson, 2005). Στην ιστορία υπάρχουν μια σειρά γεγονότων με αρχή μέση και τέλος, ενώ στην πλοκή υπάρχουν μόνο εκείνα που παρουσιάζονται στο animation εμπλουτισμένα με καινούργια στοιχεία (ήχο, εφέ, μουσική, αφήγηση κ.ο.κ.). Η ιστορία και η πλοκή έχουν κοινά στοιχεία, τα οποία στο σχήμα 6 αναπαρίστανται με γκρίζα επιφάνεια (Σχήμα 7). Στην ιστορία η χρονολογική σειρά των γεγονότων μπορεί να διαφέρει από τη σειρά παρουσιάσής τους στην πλοκή. Επίσης πολλά γεγονότα της ιστορίας μπορεί να παραληφθούν.



**Σχήμα 7:** Γραφική παράσταση της σχέσης ιστορίας και πλοκής (Σιάκας, 2009)

Ο σχεδιασμός του σεναρίου πρέπει να απαντάει σε δύο ερωτήματα: «Τι θα πούμε;» και «Πώς θα το πούμε;» που αντιστοιχούν στη σύνθεση της «ιστορίας» και της «πλοκής».

Όσον αφορά το πρώτο ερώτημα, η πρώτη διάσταση προσέγγισης είναι: ο *προσδιορισμός της ιδέας*. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να διασαφηνιστεί η θέση του σεναριογράφου απέναντι στο θέμα που πρόκειται να αναπτύξει αν δηλαδή έχει θετική ή αρνητική στάση απέναντι στο θέμα. Ακόμη είναι απαραίτητο να οριοθετηθεί η ευρύτερη κατηγορία όπου αυτό ανήκει δηλαδή π.χ. στην ιατρική και συγκεκριμένα στη βιο-ιατρική.

Η δεύτερη διάσταση είναι: ο *προσδιορισμός του «Status quo»*. Θα πρέπει να γίνει ο προσδιορισμός μιας κατάστασης ρουτίνας σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο και με συγκεκριμένους συμμετέχοντες, δηλαδή να προσδιοριστεί μια ισορροπία που πρόκειται να διαταραχθεί ώστε να αρχίσει η ιστορία.

Και η τρίτη διάσταση είναι: ο *προσδιορισμός του προβλήματος*. Θα πρέπει δηλαδή να προσδιοριστεί εκείνο το στοιχείο που διαταράσσει το «Status quo» με αποτέλεσμα την έναρξη της ιστορίας. Το πρόβλημα μπορεί να είναι κάποιο εξωτερικό στοιχείο, μία επιθυμία ή ένα λάθος του ήρωα κ.ο.κ σε αυτό το σημείο ο σεναριογράφος πρέπει να πείσει για τη σημαντικότητα του στοιχείου που θα διαταράξει την κατάσταση ισορροπίας.



**Σχήμα 8:** Δημιουργία σεναρίου: Το πρώτο βήμα της δημιουργίας ενός animation

Όσον αφορά το δεύτερο ερώτημα, η πρώτη διάσταση προσέγγισης είναι η *επιλογή και η ιεράρχηση των πληροφοριών της ιστορίας*. Θα πρέπει να αποσαφηνιστούν τα γεγονότα που βοηθούν στην κατανόηση των πληροφοριών του animation δηλαδή ποια θα είναι εκείνα τα σημεία στο έργο από τα οποία θα μπορεί ο θεατής να κατανοήσει τις πιο σημαντικές πληροφορίες του, τα κλειδιά στην εξέλιξη της ιστορίας δηλαδή τα σημεία εκείνα του έργου που θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην πλοκή του και οι πλευρές εκείνες που θέλει να τονίσει ο σεναριογράφος π.χ. κάποιο χαρακτηριστικό ενός ήρωα.

Η δεύτερη διάσταση της πλοκής είναι ο *προσδιορισμός της οπτικής γωνίας παρουσίασης των πληροφοριών της ιστορίας*. Θα πρέπει δηλαδή να προσδιοριστεί «με τα μάτια ποιου» βλέπει ο θεατής τα γεγονότα επειδή μπορεί ανάλογα την οπτική γωνία που βλέπει κανείς τα γεγονότα να τα ερμηνεύει και διαφορετικά.

Στην τρίτη διάσταση ανήκει ο *λεπτομερειακός προσδιορισμός της μορφολογίας των συμμετεχόντων και του χώρου*. Η διαδικασία αυτή θεωρείται αρκετά σημαντική μιας και πολλές φορές τα μορφολογικά στοιχεία μπορεί να συνδέονται άμεσα με το περιεχόμενο της αφήγησης π.χ. κάποιος που κατάγεται από τα ορεινά χωριά της Κρήτης, κάποιος Έλληνας που είναι ομογενής στην Κένυα.

Η προτελευταία διάσταση είναι ο *προσδιορισμός της αφηγηματικής μεθόδου*. Θα πρέπει να προσδιοριστεί ο τρόπος με τον οποίο θα παρουσιαστούν οι πληροφορίες της ιστορίας. Οι επιλογές που θα γίνουν σε αυτό το σημείο θα παίξουν σημαντικό ρόλο στη μορφή και το κόστος του animation. Είναι χαμηλότερο το κόστος μίας παραγωγής όπου ο αφηγητής θα περιγράψει μία μάχη και παράλληλα θα

εμφανίζονται στατικές εικόνες και αλλιώς παράλληλα να υπάρχουν κομπάρσοι και ηθοποιοί οι οποίοι κάνουν πλήρως αναπαράσταση της σκηνής.

Η τελευταία διάσταση είναι η *δημιουργία κειμένων*. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει η δημιουργία των διαλόγων και των μονολόγων να είναι προσαρμοσμένοι στη φύση και στην οπτική γωνία του εκάστοτε χαρακτήρα. Δεν θα μπορούσε ένας ήρωας ο οποίος δεν νοιάζεται για την ανακύκλωση να φαίνεται μέσα από τους διαλόγους ότι υποστηρίζει και μάχεται για αυτό το εγχείρημα.

Η σεναριακή αφήγηση συνίσταται στη λεπτομερή ανάπτυξη της πλοκής, του συνόλου δηλαδή των δράσεων και των οπτικοακουστικών πληροφοριών που παρουσιάζονται στο θεατή απευθείας, οδηγώντας τον στη νοητική κατασκευή της ιστορίας. Η σεναριακή πλοκή απαρτίζεται από μια σειρά αφηγηματικών ενοτήτων που ονομάζουμε σκηνές. Με το όρο σκηνή εννοείται το τμήμα της δράσης που λαμβάνει χώρα σε ένα συγκεκριμένο χώρο και σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στο σεναριακό κείμενο οι σκηνές είναι απολύτως διακριτές και τοποθετούνται με σαφήνεια στο χωρικό και χρονικό πλαίσιο της πλοκής. Το κινηματογραφικό σενάριο είναι ένα κατασκευαστικό σχέδιο, που χρησιμοποιεί τη γραπτή γλώσσα για να περιγράψει με ακρίβεια ένα οπτικοακουστικό έργο, επομένως η βασική αρετή της μορφής ενός σεναρίου είναι η δυνατότητά του να μεταφέρει στον αναγνώστη την αίσθηση της τελικής κινηματογραφικής εμπειρίας.

Στα παραπάνω οκτώ στάδια θεωρείται προαπαιτούμενο ένα ένατο στάδιο αυτό της έρευνας. Η έρευνα μπορεί να προηγηθεί ή να γίνει παράλληλα με τη δημιουργία του σεναρίου και περιλαμβάνει: την ανασκόπηση σε διάφορες έντυπες πηγές, εφημερίδες και περιοδικά, την πλοήγηση στο διαδίκτυο, τις συνεντεύξεις και την καταγραφή πρωτογενών οπτικών πηγών, βίντεο ή φωτογράφιση.

Για την ολοκληρωμένη απάντηση του ερωτήματος «Τι θα πούμε;» ο σεναριογράφος πρέπει να γράψει ένα σύντομο κείμενο μέσα στο οποίο πρέπει να προσδιοριστούν όλα τα στοιχεία της ιστορίας και της παρουσίασής της, όπως ο χώρος, η προβληματική κατάσταση, οι συμμετέχοντες και η οπτική γωνία των κεντρικών χαρακτήρων μέσω των οποίων εξελίσσεται η ιστορία. Μέσα από αυτό το σύντομο κείμενο δίνεται το γενικό πλαίσιο της ιστορίας και μπαίνουν οι βασικές αρχές της ανάπτυξης της ταινίας. Σε αυτό το σημείο παίρνονται σημαντικές αποφάσεις για το εάν θα γίνει η χρηματοδότηση ή όχι της ταινίας. Η σύνοψη πρέπει να δίνει απαντήσεις σε πέντε ερωτήματα (Σχήμα 9).



**Σχήμα 9:** Γραφική παράσταση της σύνοψης

Μετά την ολοκλήρωση της σύνοψης ακολουθεί η συγγραφή του σεναρίου με συγκεκριμένες προδιαγραφές όσον αφορά την μορφοποίηση και την παρουσίαση του (Καλαμπάκας, Κυριακουλάκος, 2015). Τα βασικά σημεία των προδιαγραφών αυτών είναι:

- ▶ Γραμματοσειρά Courier, 12 στιγμών
- ▶ Μέσος όρος 50-55 γραμμές κειμένου ανά σελίδα μεγέθους A4, με κατακόρυφη διάταξη
- ▶ Κάθε σκηνή προλογίζεται με κεφαλαία γράμματα και έχει τις εξής πληροφορίες:
  - ❖ Τον αύξοντα αριθμό σκηνής
  - ❖ Το χώρο της δράσης, εσωτερικός ή εξωτερικός
  - ❖ Το χρόνο της δράσης, μέρα, νύχτα ή άλλο
- ▶ Το κείμενο έχει αριστερή στοίχιση. Οι διάλογοι γράφονται κεντραρισμένοι στη σελίδα, κάτω από το όνομα του ομιλούντος με κεφαλαία.

Η παραπάνω μορφοποίηση βοηθά τους κινηματογραφιστές να μετρήσουν τον χρόνο της ταινίας στο περίπου. Έχει υπολογιστεί ότι μια πλήρης σελίδα σεναρίου αντιστοιχεί σε περίπου ένα λεπτό κινηματογραφικού χρόνου.

Για την ολοκληρωμένη απάντηση του ερωτήματος «Πώς θα το πούμε» ο σεναριογράφος πρέπει να γράψει μια πρώτη περίληψη ως προσχέδιο της πλοκής.

### 1.3.7.2. Το στάδιο της παραγωγής

Στο δεύτερο στάδιο δημιουργείται η κινούμενη εικόνα καρέ-καρέ είτε με παραδοσιακό τρόπο σχεδιασμού είτε απευθείας στον υπολογιστή, είτε με συνδυασμό υπολογιστή και παραδοσιακής εργασίας στο χέρι. Επιλέγεται η τεχνική ή οι τεχνικές που θεωρούνται οι καταλληλότερες για την εκάστοτε ταινία. Ηχογραφούνται οι ήχοι και οι διάλογοι που θα ενσωματωθούν στο έργο. Και τέλος όλα τα προηγούμενα

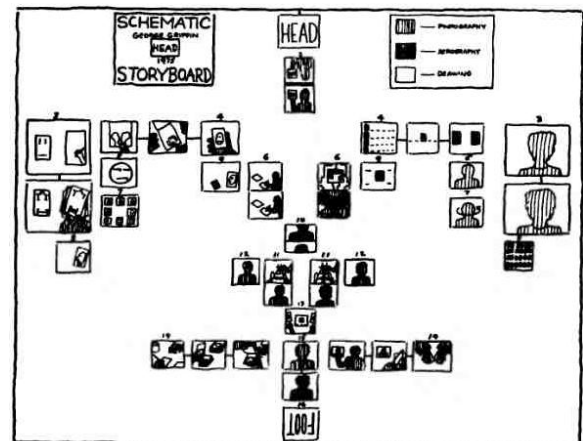
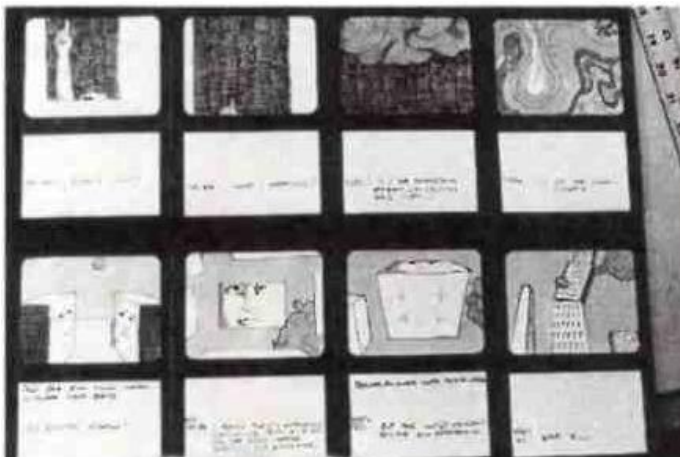
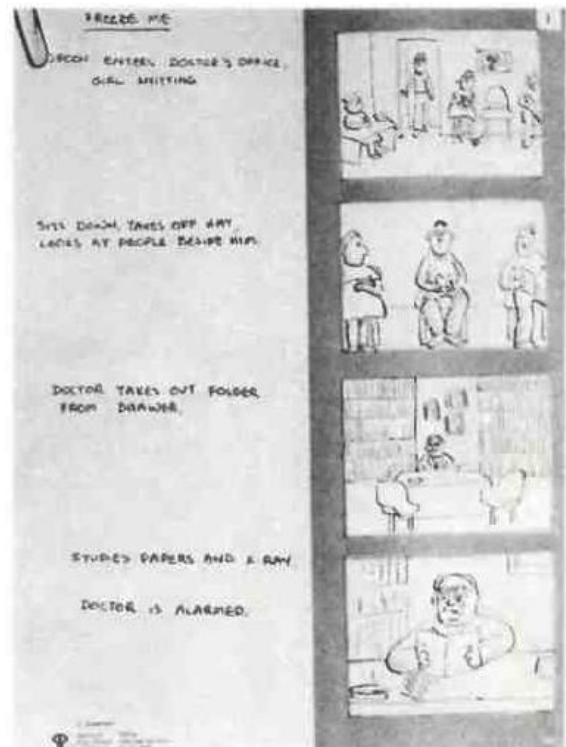
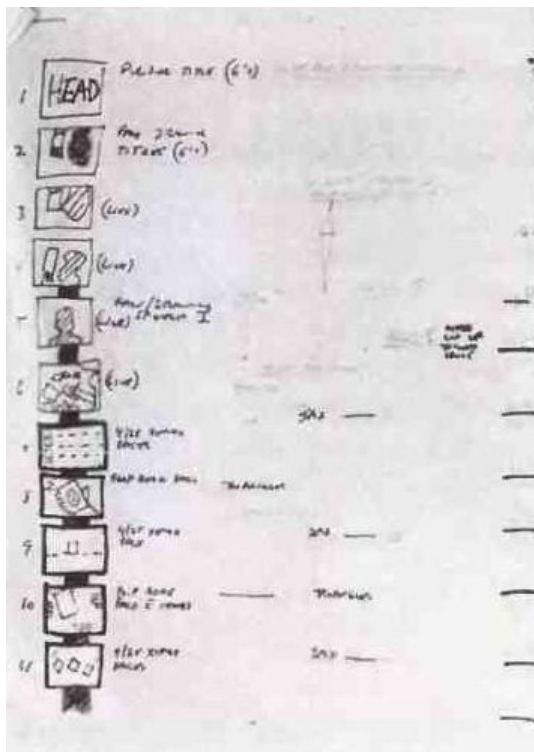


ενορχηστρώνουν το animatic. Το στάδιο αυτό αποτελείται από τέσσερα βήματα αυτό της δημιουργίας του storyboard, της επιλογής των τεχνικών δημιουργίας animation, της ηχοληψίας και της δημιουργίας animated storyboard (Σχήμα 5).

#### *1.3.7.2.1. Δημιουργία Storyboard*

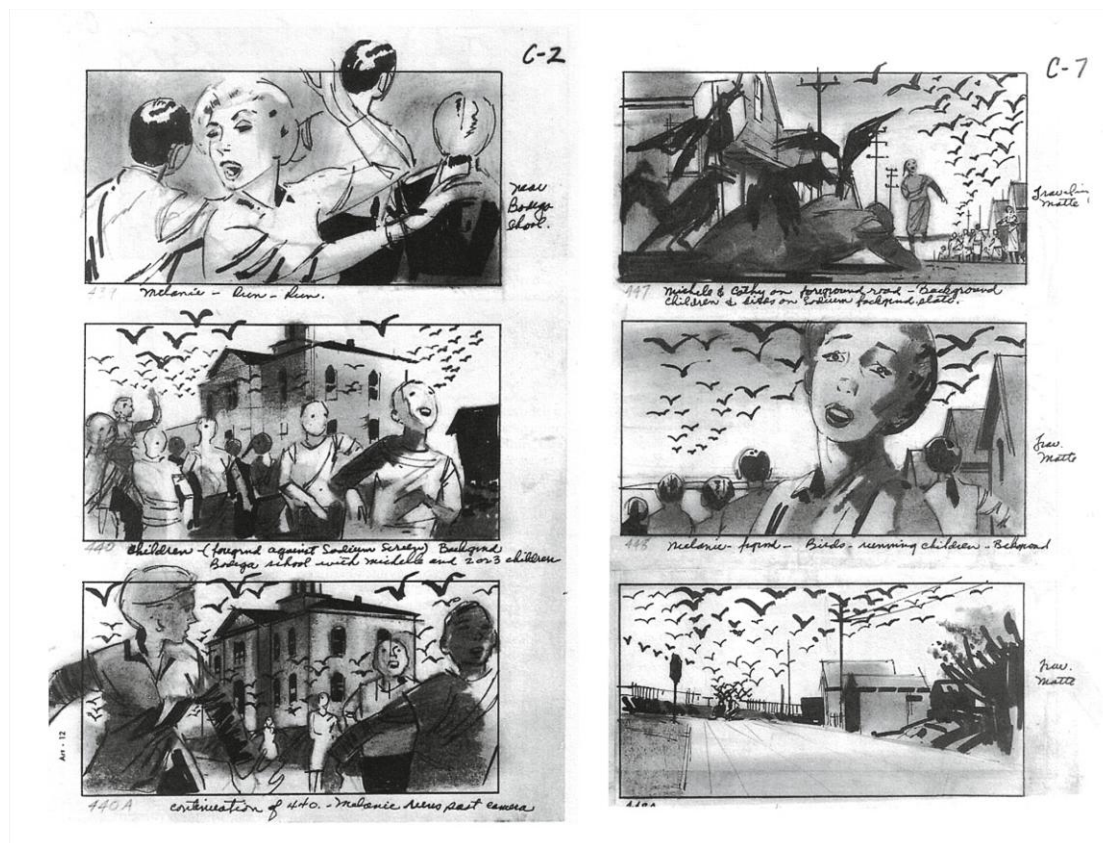
Το «εικονογραφημένο σενάριο» ή storyboard είναι ένας λεπτομερής πίνακας σκίτσων και κειμένου που θυμίζει τα γνωστά μας κόμικς, κατασκευάζεται με βάση το ντεκουπάζ (μια απαρίθμηση και περιγραφή των πλάνων που απαρτίζουν μια σκηνή) και συνδυάζει, σε επίπεδο σχεδιασμού, την εικόνα, την περιγραφή της δράσης, πληροφορίες για τον ήχο και σημαντικές λεπτομέρειες κάθε πλάνου. Είναι ένας τρόπος «οπτικοποίησης» του σεναρίου (Καλαμπάκας & Κυριακούλάκος, 2015).

Το storyboard για τον Laybourne (1998) είναι η μορφή σκιαγράφησης μιας αναπτυσσόμενης ταινίας ή βίντεο. Υπάρχουν πολλοί τρόποι παρουσίασης του storyboard αλλά η βασική μορφή είναι η ίδια σε όλους: μια σειρά από μεμονωμένες εικόνες, καθεμία από τις οποίες αποτελεί μια ξεχωριστή οπτική ακολουθία ή αφηγηματικό στοιχείο στο πλαίσιο του έργου που αναπτύσσεται. Η χρήση των μικρών σκίτσων δίνει στον σχεδιαστή έναν καθαρό και οικονομικό τρόπο ώστε να δουλέψει το όραμά του. Το storyboard είναι χρήσιμο επίσης γιατί με αυτό μπορεί να εξηγήσει κανείς μία ιδέα ή ένα περιεχόμενο στους συνεργάτες του (animator, μουσικούς, συγγραφείς κτλ.) και να γίνει ακόμα κατανοητό από τους παραγωγούς και τους πελάτες. Για τους περισσότερους storyboard artists το storyboard δεν αποτελεί κομμάτι τέχνης αλλά ένα εργαλείο γι' αυτό και τα σκίτσα γίνονται πρόχειρα, άλλοι όμως πιστεύουν ότι το storyboard είναι καθαυτό ένα έργο Τέχνης με εμφανή την τεχνοτροπία του δημιουργού του. Το θέμα είναι πως ο ρόλος του είναι να δίνει μια ολοκληρωμένη ιδέα της συνοχής του κειμένου.



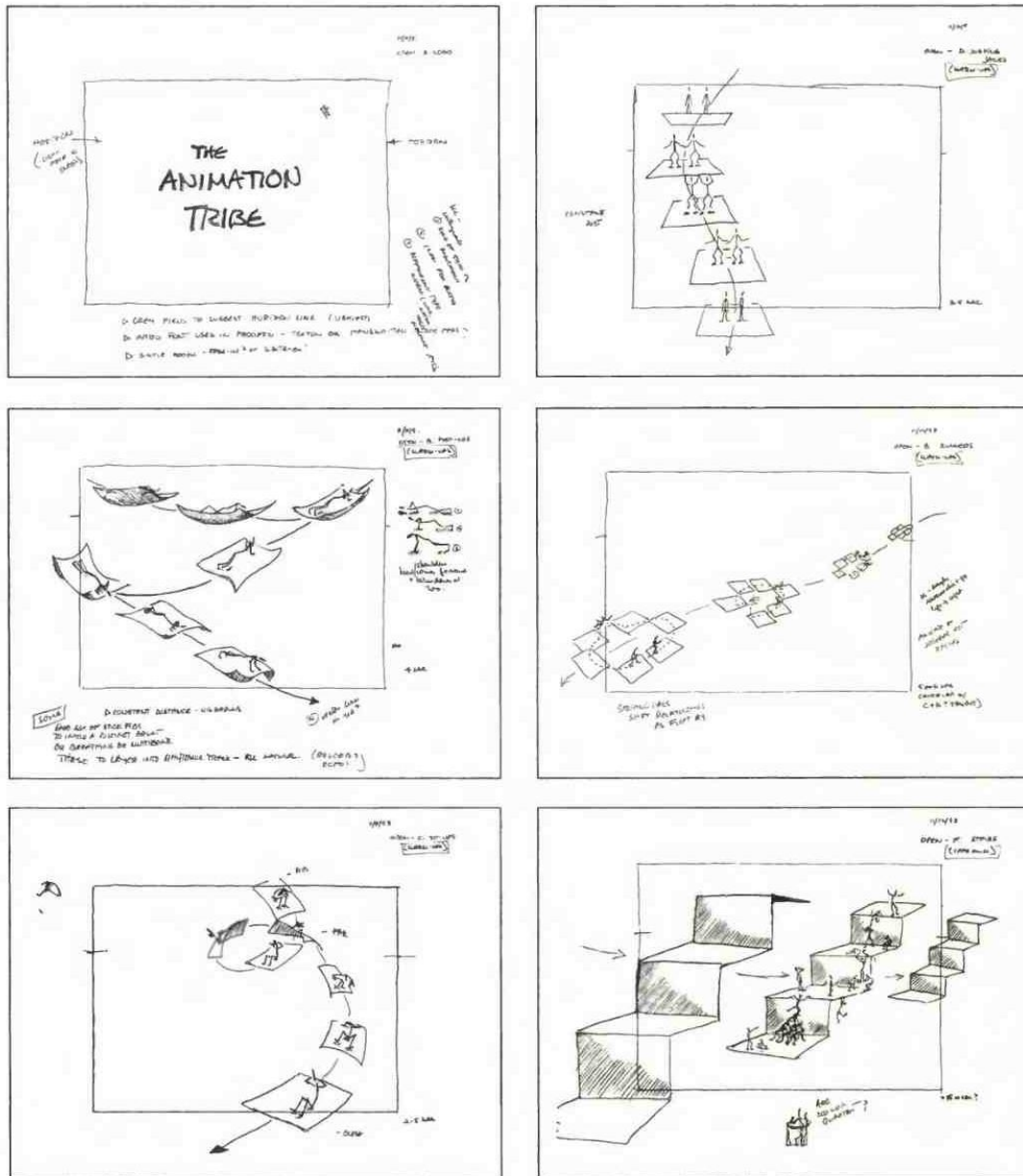
**Εικόνες 1,2,3,4:** Παραδείγματα διαφορετικών στυλ storyboard (Laybourne,1998, σελ100-103)

Πολλοί σκηνοθέτες όπως ο Hitchcock δηλώνουν φανατικοί του storyboard και το χρησιμοποιούν ως ένα εξαιρετικά επιμελημένο και ενημερωμένο κατασκευαστικό σχέδιο των ταινιών τους (Εικόνα 5).



**Εικόνα 5:** Παράδειγμα storyboard (Καλαμπάκας, Κυριακουλάκος, 2015, σελ.109)

Το storyboard μπορεί να αποδοθεί με διάφορους τρόπους και αυτό έχει νόημα γιατί κάθε ταινία έχει τα δικά της στοιχεία, το δικό της περιβάλλον το οποία επεξεργάζεται ο σχεδιαστής. Για την δημιουργία του ακολουθείται ίδια διαδικασία. Σχεδιάζεται το κάθε σκίτσο σε διαφορετική κάρτα, χαρτί ή πίνακα. Τα σχέδια μπαίνουν σε έναν πίνακα με σειρά. Έτσι είναι εύκολο να αλλάξει η σειρά των σκηνών και να προστεθούν ή να αφαιρεθούν ολόκληρα σεντ ή σχέδια. Το κοινό όλων είναι ότι κάθε ένας πίνακας περιλαμβάνει σημαντικές πληροφορίες πάνω στο σενάριο και τους διαλόγους, στην κίνηση της κάμερας, στα ειδικά εφέ και στους ήχους (Laybourne, 1998).



**Εικόνα 6:** Παράδειγμα storyboard (Laybourne, 1998, p. 106)

Όμως οι απορίες όσων ασχολούνται με τη δημιουργία ενός storyboard δεν μπορεί να είναι άλλες πέρα από το «πόσες εικόνες να χρησιμοποιήσω;» και «Πόσες λεπτομέρειες να δείξω;». για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα πρέπει να κατανοηθούν οι πέντε διαφορετικές λειτουργίες που επιτελούν τα storyboards.

*Ιδέα:* Το storyboard είναι ένα εργαλείο με το οποίο δουλεύει κανείς την κεντρική ιδέα και τη δομή του έργου. Μπορεί κανείς να έχει μια ιδέα στο μυαλό του πλήρως ανεπτυγμένη, με λεπτομέρειες όμως όταν αποδίδεται αυτή η ιδέα στο χαρτί τότε γίνεται πρώτο ο δημιουργικό βήμα. Κατά την ανάπτυξη του storyboard μπορεί να φανούν τυχόν προβλήματα και προκλήσεις που έχει το έργο. Μπορεί ακόμα σε

αυτή τη φάση να παραιτηθεί κανείς από την ιδέα αυτή και μετά από έρευνα να την αντικαταστήσει με πιο αντικειμενική ματιά.

*Βασικές στιγμές:* Το storyboard πρέπει να αναπαριστά όλες τις βασικές στιγμές της ταινίας. Ο αριθμός των σκίτσων που είναι απαραίτητα για την αναπαράσταση αυτή ποικίλει, μπορεί να είναι ένα σκίτσο μπορεί όμως σε κάθε σκηνή να υπάρχουν διαφορετικές γωνίες λήψης, κοντινά ή μακρινά τότε για κάθε μία θα πρέπει να γίνουν διαφορετικά σκίτσα.

*Ροή και μετάβαση:* Κατά τη διαδικασία της ανάπτυξης του storyboard πρέπει να γίνονται αντιληπτά δύο πράγματα: i) η σειρά ή η αλληλουχία των σκηνών, αν δηλαδή έχει δοθεί έμφαση στο σωστό σημείο, αν η ροή είναι ομαλή και κατανοητή, ii) η έρευνα πάνω στην οπτική αναπαράσταση και αλληλουχία του έργου θα οδηγήσει, στο πιο δύσκολο μέρος του σχεδιασμού του animation, δηλαδή στην μετάβαση ανάμεσα στα πλαίσια των σκηνών.

*Λεπτομέρεια, Σύνθεση και Αισθητική:* Πόσες λεπτομέρειες να δείξω; Η σωστή απάντηση είναι τόσες όσες μπορούν να κάνουν τους άλλους να κατανοήσουν τα σχέδιά σου. Δεν χρειάζονται όλες οι ζωγραφιές να είναι ίδιες σε ολόκληρο το storyboard, μπορεί κάποιες να έχουν πολλές λεπτομέρειες ακόμα και χρώματα (η πρώτη εικόνα κάθε νέας σκηνής) ενώ άλλες να έχουν απλά σχήματα. Όταν τελειώσει ο σχεδιασμός του storyboard τότε θα γίνει ένας έλεγχος εάν έχουν γίνει οι απαραίτητες εμφάσεις, κοντινά και μακρινά στους ήρωες, εάν υπάρχει ισορροπία στα χρώματα.

*Επιμελητεία, υλικοτεχνική υποστήριξη (Logistics):* Αφού η δημιουργία του storyboard ολοκληρωθεί πρέπει να τεθούν κάποια ερωτήματα όπως: πόσο θα κοστίσει, μπορεί να τελειώσει το έργο στον χρόνο που δόθηκε, μήπως χρειάζονται εργαλεία που δεν υπάρχουν εύκαιρα και μήπως οι τεχνικές που χρειάζονται για την εκτέλεση του έργου είναι άγνωστες και χρειάζεται περαιτέρω εκπαίδευση.

Ένα ακόμα ερώτημα που προκύπτει είναι: «πόσο αυστηρά πρέπει το γύρισμα μιας σκηνής να ακολουθεί το κατασκευαστικό της σχέδιο;». Το 'τέλειο' storyboard είναι η αφετηρία, ένας πρακτικός οδηγός για το γύρισμα και όχι ένας απαράβατος χάρτης. Μπορούν να προστεθούν ή να αφαιρεθούν πολλά στοιχεία ανάλογα με την εκτίμηση του δημιουργού. Οπότε δεν μιλάμε για το τέλειο αλλά για ένα πλήρες storyboard που όταν θα φτάσει στα χέρια του μοντέρ θα του δίνει μια πλήρη εικόνα του ολοκληρωμένου έργου. Ο μοντέρ πρέπει να αναρωτηθεί πόσα και ποια πλάνα να γυρίσει και με ποιον τρόπο. Αυτό θα επιδιώξει να το κάνει είτε με την τεχνική «μοντάζ με την κάμερα» (camera editing) είτε με την «κάλυψη με την κάμερα» (camera coverage). Στην πρώτη τεχνική γυρίζονται τα πλάνα που έχουν σχεδιαστεί στο

storyboard ενώ η δεύτερη τεχνική είναι αυτή που στο μοντάζ γίνεται το χτίσιμο του κινηματογραφικού κειμένου.

#### 1.3.7.2.2. Τεχνικές του animation

Με αρχή της προβολής στην κινηματογραφική οθόνη 24 εικόνων το δευτερόλεπτο ξεκινάει η δημιουργία της ταινίας animation. Ο χρόνος αυτός είναι κατάλληλος, αν και φαίνεται μικρός, ώστε να αντιληφθεί και να καταγράψει το ανθρώπινο μάτι την εικόνα. Η τεχνική του κινουμένου σχεδίου βασίζεται στη φωτογράφιση εικόνα προς εικόνα ζωγραφισμένων ζελατίνων σε συνδυασμό με το σκηνικό. Η φωτογράφιση αυτή συνθέτει την κίνηση σε χρόνο 1/24 του δευτερολέπτου.

Ακολουθεί η περιγραφή έντεκα διαφορετικών τεχνικών δημιουργίας ενός animation (Βασιλειάδης, 2006).

Κλασικό κινούμενο σχέδιο: Είναι η βασική τεχνική στο animation και είναι σημαντική για όλες τις άλλες. Η κίνηση παίζει σημαντικό ρόλο ώστε να παρθεί η απόφαση για το πώς θα σχεδιαστεί η εικόνα αν είναι γρήγορη η κίνηση τότε τα σχέδια φωτογραφίζονται μια φορά, ανά καρτέ (1/24 του δευτερολέπτου) ή δίνεται στο σχέδιο μία φόρμα πιο μακρόστενη. Αν η κίνηση είναι αργή τα σχέδια φωτογραφίζονται δύο φορές, ανά καρτέ (1/12 του δευτερολέπτου).

Στην αρχή τα σχέδια γίνονται πάνω σε ριζόχαρτο με σινική μελάνη, έπειτα εφαρμόζονται επάνω στα ριζόχαρτα ζελατίνες μέχρι να στεγνώσει το μελάνι, όταν αυτό επιτευχθεί μπαίνουν τα χρώματα ετοιμάζονται τα σκηνικά και αρχίζει το γύρισμα. Σε ένα τραπέζι στήνονται τα σκηνικά και μετά οι ζελατίνες (το cell), φωτογραφίζεται το σύνολο σαν μια εικόνα. Αλλάζει η ζελατίνα και φωτογραφίζεται αυτό γίνεται αρκετές φορές μέχρι να πραγματοποιηθεί η κινηματογράφιση μιας κίνησης.

Κινούμενες κούκλες: Επειδή οι κούκλες είναι στερεά αντικείμενα πρόκειται για τρισδιάστατο animation. Οι επιπλέον δυσκολίες της συγκεκριμένης τεχνικής είναι ότι οι κούκλες κινούνται καρτέ καρτέ με stop motion όπως κι η κάμερα. Οι κούκλες συνήθως έχουν ύψος 20-25 εκ και τα σκηνικά φτιάχνονται ανάλογα όπως και οι διαστάσεις ενός δωματίου 4Χ4 ή 4Χ8 μ. οι κούκλες πάντα έχουν έναν μεταλλικό σκελετό με αρθρώσεις ακόμα και στα δάχτυλα ώστε να μπορούν να λυγίζουν. Τα πρόσωπα βάζονται και ζωγραφίζονται είτε είναι από ξύλο είτε από καλούπι (με πλαστελίνη). Κατασκευάζονται πολλά κεφάλια με διαφορετικές εκφράσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις του σεναρίου. Για να κινηθεί η κούκλα στα σκηνικά βιδώνεται επάνω του για καλύτερη ισορροπία. Το κάθε ένα βήμα της κούκλας διαρκεί 10 καρτέ, ενός κανονικού ανθρώπου είναι 24 καρτέ το δευτερόλεπτο.

Cut-Outs: Είναι μια τεχνική μεταξύ τρισδιάστατου και δισδιάστατου animation όπου ο καλλιτέχνης μπορεί να ζωγραφίσει κάποια μέρη ώστε να δημιουργηθεί όγκος δηλαδή μια τρίτη διάσταση. Η τεχνική αυτή ευνοεί την εικαστική απόδοση μιας ταινίας. Δεν χρησιμοποιούνται ζελατίνες, τα σχέδια γίνονται απευθείας στο χαρτί και η τεχνική στηρίζεται στα ντεκουπαρισμένα χαρτιά. Οι φιγούρες γίνονται με αρθρώσεις, όπως του Καραγκιόζη. Εδώ μπορούν να συνδυαστούν πολλές τεχνικές όμως η βασική δυσκολία της τεχνικής είναι η κίνηση. Ο καλλιτέχνης δεν μπορεί να ελέγξει την κίνηση γιατί δεν μπορεί να τη δει πριν ολοκληρωθεί το φιλμ. Οπότε στην κίνηση υπάρχει κάτι το απότομο.

Σχεδίαση πάνω στο φιλμ: Είναι η τεχνική στην οποία τα σχέδια ζωγραφίζονται απευθείας πάνω στο φιλμ. Τα καρέ σχεδιάζονται με το χέρι με πενάκια.

Ζωγραφική κάτω από την κάμερα: Η τεχνική αυτή θεωρείται από τις δυσκολότερες. Σε μια ημιδιάφανη επιφάνεια στρώνεται μια ειδική πλαστελίνη. Κάτω από την επιφάνεια υπάρχει φως ενώ από πάνω βρίσκεται τοποθετημένη η κάμερα. Η διαδικασία ξεκινάει με ένα ζωγραφιστό κάδρο το οποίο στην συνέχεια μετακινείται, η εικόνα αλλάζει ολόκληρη ή μέρος αυτής. Η κίνηση εδώ είναι δύσκολο να επιτευχθεί γι' αυτό ο δημιουργός πρέπει να έχει στο μυαλό του την απόλυτη «σκηνοθεσία». Εδώ δεν υπάρχει χώρος για δοκιμαστικά και αλλαγές.

Pixillation: Σε αυτή την τεχνική συμμετέχει ένας ηθοποιός ο οποίος κινείται και κινηματογραφείται καρέ-καρέ. Ο ηθοποιός κινείται μπροστά από ένα φόντο και με την βοήθεια πολλών άλλων τεχνικών στο ίδιο καρέ μπορεί να επιτευχθεί κίνηση η οποία είναι σπασμωδική.

Οθόνη με καρφίτσες: Είναι η πρώτη προσπάθεια μηχανικής δημιουργίας σχεδίων. Είναι μια οθόνη διαστάσεων 1,10X1,10 μ. με χιλιάδες καρφίτσες τοποθετημένες ανά χιλιοστό, που φωτίζεται από τέσσερις γωνίες με τέσσερις προβολείς. Ανάλογα με το αν θέλουν η σκιά να είναι πιο έντονη (μαύρη) οι καρφίτσες πατιούνται στην επιφάνεια της οθόνης, πιο απαλή σκιά (γκρι) στην ενδιάμεση κατάσταση ενώ για το άσπρο χρώμα οι καρφίτσες μένουν έξω. Με τις σκιάς αυτές δημιουργούνται φιγούρες όπου φωτογραφίζονται καρέ-καρέ.

Animation αντικειμένων: Είναι η τεχνική των κινουμένων αντικειμένων, σε τρισδιάστατο χώρο, χρησιμοποιώντας stop motion animation.

Κινούμενοι τίτλοι ταινιών: Είναι οι αρχικοί τίτλοι μιας ταινίας που αξιοποιούν το θέμα της και δίνουν ένα στίγμα για το τι θα ακολουθήσει ακόμα και με τη μορφή ενός συμβόλου. Βασική αρχή της τεχνικής είναι η οικονομία χρόνου και οι τίτλοι να είναι αντιπροσωπευτικοί του θέματος.

Φιλμ με τρικ: Στα φιλμ αυτά η τεχνική προέρχεται από τις δυνατότητες της κάμερας και του εργαστηρίου εμφάνισης. Αξιοποιούνται οι δυνατότητες της κάμερας για τρεις

βασικές κινήσεις: i) Αριστερά-δεξιά, πάνω-κάτω το αντικείμενο, ii) Zoom-in και Zoom-out, iii) Ανεβοκατέβασμα του επιπέδου που είναι για κινηματογράφηση προς την κάμερα. Κατά την εμφάνιση του φιλμ και το μοντάζ χρησιμοποιούνται πολλά τρικ. Με τρικάζ γίνεται επέμβαση σε ήδη εμφανισμένα φιλμ, συμπληρώνονται με κινούμενο σχέδιο κ.ά. Πρόκειται για φιλμ με ευφυή και ευρηματικά τρικ όπου μπορούν να συνδυάσουν άλλες τεχνικές όπως ηθοποιούς, γκραβούρες κ.ά..

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα animations των ζωγραφικών πινάκων, σχεδιασμένων εικόνων, φωτογραφιών κ.ά. που πραγματοποιούνται με συγκεκριμένες επεξεργασίες στη διάρκεια της λήψης, στην εμφάνιση και στο μοντάζ.

Ψηφιακή Τεχνολογία και Τρισδιάστατο Animation (3D animation): Η ψηφιακή τεχνολογία παρέχει στον δημιουργό τη δυνατότητα να συνδυάσει με ευκολία τις παραδοσιακές τεχνικές έχοντας τον πλήρη έλεγχο της διαδικασίας ώστε να έρθει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το τρισδιάστατο animation είναι μια τεχνική κοντά στην τεχνική που χρησιμοποιείται για τις κινούμενες κούκλες σε ότι αφορά τη διάπλαση των χαρακτήρων, τον έλεγχο της κίνησης στον χώρο, το στήσιμο του ντεκόρ, τον φωτισμό, την κίνηση της κάμερας. Η διαφορά και φυσικά η καινοτομία της τεχνικής είναι ότι μπορεί να θεωρηθεί ένα πλήρες στούντιο. Στην ουσία μέσα από αυτή την τεχνική έδωσαν την δυνατότητα απλοποίησης χρονοβόρων διαδικασιών που απαιτεί το κλασικό animation. Εάν ένας δημιουργός επιλέξει τη συγκεκριμένη τεχνική τότε στα βήματα δημιουργίας ενός animation πρέπει να προσθέσει τη μοντελοποίηση (modeling), τη δημιουργία υφής (texturing) και της απεικόνισης (rendering) (Καλαμπάκας, Κυριακουλάκος, 2015, Derakhshani, 2010; Laybourne, 1998; Madigan, 2014).

Μοντελοποίηση (modeling): Είναι η διαδικασία στην οποία κατασκευάζονται όλα τα αντικείμενα που εμφανίζονται στη σκηνή (ηθοποιοί, σκηνικά, αντικείμενα). Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να ξεκινήσει η μοντελοποίηση: 1) χρησιμοποιώντας απλά τρισδιάστατα σχήματα (κύβους, σφαίρες, κυλίνδρους, κώνους, πυραμίδες) συνδυάζοντάς τα ώστε να δημιουργηθούν περίπλοκα αντικείμενα. Αυτή η τεχνική θυμίζει την κατασκευή αντικειμένων με τουβλάκια. 2) Στην αρχή δημιουργούνται αντικείμενα σε δύο διαστάσεις στα οποία σχεδιάζονται καμπύλες ή δίνεται σχήμα. Εν συνεχεία το νέο σχήμα επεξεργάζεται και αποτελεί τη βάση της δημιουργίας του μοντέλου. Αφού δοθούν στο μοντέλο οι προτεινόμενες καμπύλες τότε δημιουργούνται οι τρεις του διαστάσεις. Αυτό μπορεί να γίνει είτε μέσω περιστροφής (revolving) γύρω από τον άξονά του είτε μέσω εξώθησης (extruding), ο κύλινδρος είναι ένας κύκλος που έχει εξωθηθεί. Η διαδικασία μοντελοποίησης και απόδοσης κινητικών και οπτικών χαρακτηριστικών σε τρισδιάστατα αντικείμενα είναι επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία, για αυτό το λόγο έχουν δημιουργηθεί βιβλιοθήκες



μοντέλων όπου μπορεί κανείς να αγοράσει κάποιο ώστε να το χρησιμοποιήσει, χωρίς να χρειαστεί πρώτα να το δημιουργήσει μόνος του.

*Δημιουργία υφής (texturing):* Μόλις δημιουργηθούν τα μοντέλα σε τρεις διαστάσεις τότε μπορεί να του δοθεί υφή (δερμάτινο, γυάλινο, υγρό, μεταλλικό, πέτρινο κ.ά.). Η υφή στη συγκεκριμένη περίπτωση λειτουργεί σαν «κοστούμι». Για να φανεί πιο αληθοφανής η υφή σημαντικό ρόλο παίζουν το χρώμα, οι σκιές, η αντανάκλαση πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου, η διαφάνεια. Όλες αυτές τις υφές μπορεί ο δημιουργός να τις επιλέξει αυτόματα από το λογισμικό το οποίο θα επιλέξει να χρησιμοποιήσει. Αφού ολοκληρωθεί η δημιουργία των αντικειμένων σειρά έχει ο σχηματισμός της σκηνής μέσω τριών σταδίων: i) τη σύνθεση (compositing), όπου τοποθετούνται αντικείμενα και ηθοποιοί στη σκηνή, ii) τη ρύθμιση της κάμερας (camera setup), όπου η κάμερα είναι «το μάτι του κόσμου», οι θεατές βλέπουν ότι τους δείχνει η κάμερα, μπορεί να γίνει zoom-in και zoom-out, μπορεί να βιντεοσκοπεί από διάφορες γωνίες και τέλος iii) του φωτισμού (lighting), όπου φωτίζονται από κατάλληλες γωνίες (όπως ο ήλιος, η λάμπα ή σε ένα και μόνο σημείο) αντικείμενα και ηθοποιοί ώστε να φανούν τα διάφορα σχήματα και οι όγκοι τους.

*Απεικόνιση (rendering):* Είναι η διαδικασία όπου ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής χρησιμοποιεί όλα τα δεδομένα (data) που καθορίζουν μια τρισδιάστατη σκηνή περιλαμβάνοντας τα μοντέλα, τις υφές, τους φωτισμούς και την κάμερα και δημιουργεί μια δισδιάστατη εικόνα αυτής της σκηνής. Ο χρόνος της δημιουργίας μιας απεικόνισης είναι ανάλογος με το πόσο ρεαλιστική πρέπει να είναι η εικόνα που θα δημιουργηθεί, ο οποίος μπορεί να μετριέται σε δευτερόλεπτα, σε ώρες ή ακόμα και σε μέρες.

Δύο ακόμα τεχνικές δημιουργίας animation που συμπληρώνουν αυτές του Βασιλειάδη (2006) είναι το ψηφιακό 2D animation και το stop motion animation.

*Ψηφιακό 2D animation:* Είναι μία τεχνική όπου τα καρέ της κινούμενης εικόνας δημιουργούνται ψηφιακά σε έναν υπολογιστή. Σχεδιάζονται απευθείας στο λογισμικό με τη χρήση του ποντικιού ή του ειδικού στυλό. Τα στοιχεία της κίνησης δημιουργούνται ή επεξεργάζονται στον Η/Υ χρησιμοποιώντας 2D γραφικά bitmap ή raster graphics και 2D διανυσματικά γραφικά (vector graphics) (Λαζαρίνης, 2015).

*Stop motion animation:* Είναι μια τεχνική δημιουργίας ταινιών κινουμένων σχεδίων όπου λαμβάνονται φωτογραφίες στατικών σκηνών, μιας κούκλας ή ενός αντικειμένου, τα οποία μετακινούνται ελάχιστα και ξαναφωτογραφίζονται στην κάθε τους φάση. Οι φωτογραφίες μπαίνουν σε μία λογική σειρά και στη συνέχεια αναπαράγονται σε ταχύτητες ταινιών για να αποδώσουν την ψευδαίσθηση της κίνησης. Ένας σημαντικός περιορισμός αυτής της μεθόδου εμφανίζεται όταν απαιτείται η εμφάνιση γρήγορης κίνησης. Η γρήγορη κίνηση τότε μπορεί να εμφανίζει

μία θαμπάδα στην οθόνη. Για το λόγο αυτό η δημιουργία της stop motion τεχνικής εφιστά την προσοχή στην τοποθέτηση, τη διαμόρφωση, την κατεύθυνση και την ταχύτητα της κίνησης. (Brostow & Essa, 2014; Priebe, 2006; Shaw, 2004).

*Λήψεις με κάμερα (shooting)*: Εάν ένας δημιουργός επιλέξει τη συγκεκριμένη τεχνική τότε στα βήματα δημιουργίας ενός animation πρέπει να προσθέσει τις λήψεις με κάμερα (shooting) (Καλαμπάκας, Κυριακουλάκος, 2015, Σιάκας, 2017). Οι τεχνικές stop motion animation κατανέμονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση τη θέση της κάμερας, οριζόντια και κάθετη, δηλαδή την κατακόρυφη γωνία που σχηματίζει η κάμερα με τον οριζόντιο άξονα. Στην οριζόντια γωνία η κάμερα είναι τοποθετημένη στο ύψος των ματιών του θέματος (eye-level) δημιουργώντας μια αίσθηση βάθους. Παραδείγματα δημιουργίας με stop motion animation και οριζόντια γωνία λήψης είναι τεχνικές όπως οι κινούμενες κούκλες, το animation αντικειμένων και το pixilation. Στην κάθετη γωνία υπάρχουν δύο υποκατηγορίες η πλονζέ (plongée) και η κοντρ-πλοζέ (contre-plongée) γωνία λήψης. Στην πλονζε λήψη η κάμερα έχει γωνία λήψης από ψηλά προς τα κάτω μειώνοντας την ισχύ στο πλάνο και στην κοντρ-πλοζέ από χαμηλά προς τα πάνω προσδίδοντας ισχύ στο πλάνο. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις δεν διακρίνεται ο ορίζοντας, δημιουργώντας μια αβεβαιότητα προς τον περιβάλλοντα χώρο. Παραδείγματα δημιουργίας με stop motion animation και κάθετη γωνία λήψης είναι τεχνικές όπως η ζωγραφική κάτω από την κάμερα.

#### 1.3.7.2.3. *Ηχοληψία, ηχητικός σχεδιασμός (sound design)*

Τα πρώτα 30 χρόνια του, ο κινηματογράφος ήταν βωβός, συχνά χρησιμοποιούσαν γραπτό κείμενο ως τίτλους ανάμεσα στις σκηνές ή ορχήστρα που έπαιζε ζωντανά κατά τη διάρκεια της προβολής γι' αυτό και λέμε ότι βλέπουμε μία ταινία παρόλο που τη δεκαετία του 1920 άρχισαν οι παραγωγές ταινιών με ήχο η έκφραση δεν άλλαξε μέχρι σήμερα (Καλαμπάκας & Κυριακουλάκος, 2015).

Ο κινηματογραφικός ήχος διακρίνεται από τη μεγάλη ποικιλομορφία του, η διάκριση των ήχων γίνεται ανάλογα με: i) τη δηλούμενη πηγή τους, την πηγή στην οποία αποδίδονται (ενδοαφηγηματική, π.χ. φωνή/ διάλογοι, περιβαλλοντικοί ήχοι, μουσική) και ii) τη σχέση τους με τα στοιχεία της εικόνας, το κατά πόσο δηλαδή η πηγή είναι εμφανής (on), αφανής (off) ή εκτός του ιστού της αφήγησης (εξω-αφηγηματική) (Σχήμα 10).



**Σχήμα 10:** Διάκριση ήχων ανάλογα τη δηλούμενης πηγή τους και της σχέσης τους με τα στοιχεία της εικόνας

Ένας ήχος κατευθύνει την προσοχή του θεατή προς την πηγή του, π.χ. στους διαλόγους η προσοχή στέφεται κάθε φορά σε αυτόν που μιλάει. Ο ήχος όμως μπορεί να τραβήξει την προσοχή του θεατή σε μια πηγή εκτός οθόνης, αποτελώντας έναν τρόπο σύνδεσης του ορατού κάδρου με τον εκτός πεδίου χώρο, π.χ. την ώρα που ο θεατής βλέπει ένα ταξί να απομακρύνεται ακούγεται ένα σφύριγμα από έξω και το αμάξι σταματά, γνωρίζοντας εμείς ότι η πρωταγωνίστρια κατάφερε να το προλάβει.

Ο ήχος μπορεί να είναι ενδο-αφηγηματικός δηλαδή ο ήχος που έχει την πηγή του μέσα στον κόσμο της πλοκής όπως οι διάλογοι, οι ήχοι των αντικειμένων του σκηνοικού χώρου, η μουσική ενός οργάνου. Όμως ο ήχος μπορεί να είναι και εξω-αφηγηματικός όπως μια εξωτερική φωνή «σπικάζ» που περιγράφει ή σχολιάζει τα δρώμενα, αυτό το συναντάται σε ντοκιμαντέρ από τη φωνή του αφηγητή ή μπορεί να είναι η χρήση μουσικής επένδυσης (Σχήμα 10).

Η μουσική συχνά υπηρετεί τον κινηματογράφο αν και οι δύο είναι αυτοτελείς μορφές Τέχνης. Αρκετοί πρωτοπόροι κινηματογραφιστές πιστεύουν ότι η γλώσσα του κινηματογράφου είναι μουσική απορρίπτοντας οποιαδήποτε εξωτερική μουσική βοήθεια. Φυσικά αρκετοί είναι αυτοί οι οποίοι χρησιμοποιούν την μουσική ως επένδυση για να τονίσουν συγκεκριμένα σημεία της δράσης. Μεταξύ των δύο αυτών άκρων υπάρχουν παραδείγματα όπου η μουσική ενυπάρχει στη σύλληψη και στο σχεδιασμό του έργου. Όπως αναφέρει η Kalinak (1992), η κινηματογραφική μουσική

εξαρτάται και βασίζεται στην εικόνα και δεν αποσκοπεί στο να παράξει από μόνη της κάποιο νόημα και περιεχόμενο. Τον κύριο λόγο έχει ο διάλογος και η αφήγηση ενώ η μουσική με τον τρόπο της έρχεται να βοηθήσει διακριτικά, χωρίς να τραβήξει την προσοχή πάνω της. Άρα η κινηματογραφική μουσική δεν πρέπει να απομονώνεται από το περιβάλλον το οποίο εξυπηρετεί. Φαίνεται ότι είναι μία μορφή επικοινωνίας όπου τα μουσικά ερεθίσματα αλληλεπιδρούν με τα οπτικά δημιουργώντας το τελικό νόημα.

Ο ηχητικός σχεδιασμός παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο για το ύφος μιας ταινίας. Οι ηχητικές πηγές διαμορφώνουν το ηχητικό τοπίο το οποίο ανάλογα με την ακουστική προοπτική δίνει τον όγκο, το βάθος και την απόσταση αντίστοιχα με την προοπτική της εικόνας και την ερμηνεία της εικόνας μέσα από την σχέση που δημιουργείται από το ηχητικό και οπτικό υλικό (Καλαμπάκας & Κυριακουλάκος, 2015).

Ο Coop, 1998 (διαβάστηκε στο Κοκκίδου 2015) μελετά τους τρόπους τη λειτουργία των συστατικών στοιχείων των πολυτροπικών κειμένων-κινηματογραφικών κειμένων (μουσική, εικόνες, αφήγηση, γλώσσα). Οι εικόνες και οι λέξεις ασχολούνται με το συγκεκριμένο και το αντικειμενικό, ενώ η μουσική με τις αντιδράσεις (αξίες, συναισθήματα, συμπεριφορά, στάσεις). Η μουσική έχει τη δύναμη να επηρεάζει την ερμηνεία της ταινίας από τους θεατές (Κοκκίδου, 2015).

#### 1.3.7.2.3. *Δημιουργία Animated Storyboard*

Τα σκίτσα του storyboard είναι αρκετά για να διακρίνει κανείς την εμφάνιση και την ακολουθία ενός αναπτυσσόμενου έργου, αλλά από τη στιγμή που θα βρεθούν στο ψηφιακό πεδίο μπορεί να προστεθεί και η διάρκεια. Αυτή η προσθήκη είναι που διαμορφώνει το storyboard σε animatic/ animated storyboard.

Τι σημαίνει όμως ο όρος animatic; Ο όρος χρησιμοποιείται όταν περιγράφεται μία ταινία ένα βίντεο ή μία παρουσίαση στο κομπιούτερ των σχεδίων που περιλαμβάνει το storyboard. Το animatic αναπαριστά την κίνηση μέσα σε ένα στατικό κομμάτι Τέχνης, εμφανίζει την ακολουθία των σχεδίων σύμφωνα με τις οδηγίες χρονισμού που δίδονται στο ρολόι του υπολογιστή. Πολλά λογισμικά (software programs) δημιουργούν animation με αυτό τον τρόπο, ένα από τα καλύτερα θεωρείται το After Effects γιατί είναι πολύ έμπειρο όσον αφορά την εισαγωγή της κίνησης της κάμερας και των εφέ μετάβασης στα σκίτσα του storyboard (Καλαμπάκας & Κυριακουλάκος, 2015, Laybourne, 1998).

Ποια είναι όμως η διαδικασία που ακολουθείται για την δημιουργία του animatic; Αρχικά σκανάρονται τα σχέδια του storyboard που αφορούν ολόκληρη τη σκηνή. Η προσθήκη χρονισμού μετατρέπει το storyboard σε animatic. Η προσθήκη

του ήχου και του δοκιμαστικού υλικού (έλεγχος σχεδίων, έλεγχος κίνησης) αναπτύσσει το animatic σε Leica reel (ονομασία του animatic που εμπεριέχει ήχο).

### *1.3.7.3. Το στάδιο της μετα-παραγωγής*

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο συντίθεται η τελική ταινία και συγχρονίζεται η εικόνα με τον ήχο. Το στάδιο αυτό αποτελείται από δύο βήματα: i) το μοντάζ και ii) τα ειδικά εφέ (Σχήμα 5).

#### *1.3.7.3.1. Μοντάζ*

Το μοντάζ (montage) είναι η διαδικασία επιλογής, ταξινόμησης και συναρμολόγησης των βασικών συστατικών μιας ταινίας (εικόνα, ήχο, εφέ) έχοντας σκοπό τη διήγηση μιας ιστορίας με μοναδικό τρόπο. Ο μοντέρ είναι υπεύθυνος να δώσει μορφή σε μία ταινία λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που του έχουν δώσει ο σκηνοθέτης και οι συνεργατες του. Είναι αυτός που ελέγχει τι θα δει ο θεατής, πότε θα το δει, σε τι ρυθμό και ταχύτητα και τέλος ευθύνη του είναι ο έλεγχος της δημιουργικής και εκφραστικής δύναμης της ταινίας (Καλαμπάκας & Κυριακουλάκος, 2015, Zettl, 1990).

Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία του μοντάζ είναι το cut. Κάθε πλάνο έχει δύο βασικά στοιχεία: τι μας δείχνει το πλάνο και τι μας δείχνει το πλάνο σε σχέση με ένα ή περισσότερα άλλα πλάνα. Ο θεωρητικός κινηματογραφιστής Lev Kuleshon τη δεκαετία του 1920, απέδειξε τη θεμελιώδη δύναμη του μοντάζ, δημιουργώντας μια ταινία μικρού μήκους. Στην οθόνη εμφανιζόταν τα πλάνα ενός ανέκφραστου ηθοποιού ανάμεσα από τα πλάνα ενός πιάτου με σουππα, ενός νεκρού παιδιού και μιας όμορφης γυναίκας. Το κοινό βλέποντας την ταινία θεώρησε πως ο ηθοποιός αντιδρούσε σε κάθε ερέθισμα διαφορετικά. Στην πραγματικότητα όμως οι εκφράσεις του ήταν ίδιες σε όλη τη διάρκεια της ταινίας. Η δύναμη του μοντάζ φαίνεται έντονα από το «εφέ Κουλέσοφ», καθώς το νόημα της ταινίας παραγεται μέσα από τη σύνδεση των πλάνων μέσω του μοντάζ και όχι μέσα από το περιεχόμενο των εικόνων. Το μοντάζ εκμεταλλεύεται την τάση των ανθρώπων να ερμηνεύουν κάθε πλάνο σε σχέση με τα πλάνα που το περιβάλλουν, με σκοπό να πει μια ιστορία, να προκαλέσει ένα συναίσθημα και να τραβήξει την προσοχή (Καλαμπάκας & Κυριακουλάκος, 2015, Zettl, 1990).

Ένας επόμενος σοβιετικός κινηματογραφιστής ο Sergei Eisenstein σχεδίαζε, γύριζε και μόνταρε τις ταινίες του με σκοπό να πετύχει τη μέγιστη σύγκρουση μεταξύ των πλάνων, θεωρώντας ότι μέσα από τη σύνθεση των συγκρούσεων ο θεατής θα

μπορούσε να συμμετέχει ενεργά και να κατανοήσει την ταινία. Έτσι αναπτύχθηκε το «διαλεκτικό μοντάζ» που βασική αρχή είχε το τρίπτυχο «Θέση-Αντίθεση-Σύνθεση».

Το «διαλεκτικό μοντάζ» έρχεται σε αντίθεση με τις άλλες δύο θεωρίες μοντάζ που προϋπήρχαν: το μοντάζ συνέχειας και ασυνέχειας. Το «μοντάζ συνέχειας» επιδιώκει να πετύχει λογική, διαδοχική ροή, όπως και χρονικό και χωρικό προσανατολισμό στους θεατές, σε σχέση με αυτό που βλέπουν στην οθόνη. Η ταινία έχει μια σειρά αρχή-μέση-τέλος. Το «μοντάζ ασυνέχειας» επιδιώκει τη μετάβαση μεταξύ λήψεων που δεν είναι ομαλές ή συνεκτικές. Το cut δεν προσπαθεί να περάσει απαρατήρητο αλλά αναδεικνύεται ως ένα βασικό δομικό στοιχείο της κινηματογραφικής γραφής.

Ο Sergei Eisenstein προσπάθησε να καταγράψει τα είδη μοντάζ δίνοντάς τους ονομασίες προερχόμενες από τη Μουσική (Zettl, 1990).

*Μετρικό μοντάζ (metric montage).* Το μετρικό μοντάζ αναφέρεται στο μειωμένο μήκος των πλάνων και στη χρονική σχέση του ενός πλάνου με το άλλο. Για να δημιουργηθεί ένα μετρικό μοντάζ το βίντεο κόβεται σε ίσα ή σχεδόν ίσα μήκη λήψης, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο, τη συνέχεια ή το χρώμα εντός των μεμονωμένων λήψεων. Ο ρυθμός των cut θα κάνει τα διάφορα πλάνα του μοντάζ ένα δομικό σύνολο.

*Ρυθμικό μοντάζ (rhythmic montage).* Το ρυθμικό μοντάζ αναφέρεται στη συνέχεια που προκύπτει από το οπτικό μοτίβο μέσα στα πλάνα. Η συνέχεια που βασίζεται στην αντιστοίχιση της δράσης και στην κατεύθυνση της οθόνης είναι οι βάσεις του ρυθμικού μοντάζ. Αυτό το είδος μοντάζ βοηθά στην απεικόνιση των συγκρούσεων επειδή αντιτιθέμενες δυνάμεις μπορούν να παρουσιαστούν ως τμήματα του ίδιου πλαισίου.

*Τονικό μοντάζ (tonal montage).* Το μοντάζ αναφέρεται στις αποφάσεις που λαμβάνονται, ώστε να καθιερώσουν το συναισθηματικό χαρακτήρα μια σκηνής, ο οποίος μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκειά της. Ο τόνος χρησιμοποιείται ως κατευθυντήρια γραμμή για την εξήγηση του τονικού μοντάζ.

*Υπερτονικό μοντάζ (overtonal montage).* Είναι ένα μοντάζ σύγκρισης ή σύγκρουσης. Είναι επίσης η αλληλεπίδραση του μετρικού, ρυθμικού και τονικού μοντάζ. Η αλληλεπίδραση αυτή κάνει μία μίξη του ρυθμού, των ιδεών και των συναισθημάτων για να προκαλέσει το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα στο κοινό.

*Διανοητικό μοντάζ (intellectual montage).* Το διανοητικό μοντάζ αναφέρεται στην εισαγωγή ιδεών σε μια ιδιαίτερα συναισθηματικά φορτισμένη σκηνή και βασίζεται στο περιεχόμενο, το θέμα της σκηνής.

Οι δύο μεγάλες κατηγορίες μοντάζ που αναφέρονται είναι το αναλυτικό μοντάζ (analytical montage) και το μοντάζ συναφών ιδεών (idea-associative montage) (Zettl, 1990).

Στο αναλυτικό μοντάζ αναλύεται ένα συμβάν στα θεματικά και δομικά του στοιχεία και επιλέγονται τα βασικά του στοιχεία, τα οποία αργότερα συντίθενται σε ένα πλάνο. Υπάρχουν δύο τύποι αναλυτικού μοντάζ: το διαδοχικό (sequential) και το τμηματικό (sectional). Το διαδοχικό μοντάζ αφηγείται μια ιστορία με συντομία και μετακινείται από την ώρα εκδήλωσης συμβάντος 1 ( $t-1$ ) στην ώρα εκδήλωσης συμβάντος 2 ( $t-2$ ). Το συγκεκριμένο μοντάζ δεσμεύεται από τη διαδοχή του χρόνου αιτίας/αποτελέσματος του πραγματικού συμβάντος με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αλλάξει η σειρά του χρόνου των συμβάντων. Η μόνη λύση που μπορεί να δοθεί είναι η συμπύκνωση του χρόνου του συμβάντος. Το τμηματικό μοντάζ εξετάζει μία απομονωμένη στιγμή από πολλές οπτικές γωνίες. Το μοντάζ σταματά την προσωρινή εξέλιξη συμβάντων για να εξετάσει μια ενότητα σημαντικού συμβάντος. Έτσι ο χρόνος δεν μετακινείται από το  $t-1$  στο  $t-2$  αλλά από το  $t-1$  έως  $t-1$ . Το μοντάζ τμημάτων αποκαλύπτει την πολυπλοκότητα του γεγονότος, δηλαδή την ένταση, τη συναισθηματική δύναμη και την ποιότητα της στιγμής.

Το μοντάζ συναφών ιδεών αντιπαραθέτει δύο φαινομενικά ξεχωριστά γεγονότα για να δημιουργήσουν μια τρίτη κύρια ιδέα ή έννοια. Υπάρχουν δύο τύποι μοντάζ συναφών ιδεών: το μοντάζ σύγκρισης (comparison montage) και το μοντάζ σύγκρουσης (collision montage). Το μοντάζ σύγκρισης αποτελείται από λήψεις που αντιπαραθέτουν δύο γεγονότα με συνάφεια θέματος για να εκφράσουν ή να ενισχύσουν ένα θέμα ή μια βασική ιδέα. Χρησιμοποιείται επίσης για να δημιουργήσει ένα συγκεκριμένο συναίσθημα στον θεατή. Ο δημιουργός του μπορεί να δημιουργήσει τη σύγκριση δύο γεγονότων χρησιμοποιώντας την εικόνα του ενός και τον ήχο του άλλου. Στο μοντάζ σύγκρουσης συγκρούονται δύο αντίθετα γεγονότα με στόχο να εκφράσει ή να ενισχύσει μια βασική ιδέα ή συναίσθημα. Το μοντάζ σε αυτή την περίπτωση δημιουργεί μία τρίτη εικόνα μέσα από τη σύγκρουση δύο άλλων.

#### *1.3.7.3.2. Ειδικά εφέ*

Την τελευταία δεκαετία φαίνεται ότι ο κινηματογράφος αλλάζει. Σχεδόν οι περισσότερες ταινίες χρησιμοποιούν ψηφιακά μέσα επεξεργασίας. Οι ψηφιακές τέχνες καλύπτουν όλο και περισσότερο τις ανάγκες των σκηνοθετών. Τρεις είναι οι βασικές τεχνικές ψηφιακής εικόνας που χρησιμοποιούνται στον κινηματογράφο: η επεξεργασία, η σύνθεση εικόνας και η συνύπαρξη των δύο τεχνικών. Η επεξεργασία εικόνας απαιτεί τη ψηφιοποίηση αρχικού υλικού από κινηματογραφική λήψη ή σύνθεση εικόνας για να εφαρμοστεί. Χρησιμοποιείται στις κινηματογραφικές ταινίες

με ηθοποιούς. Η σύνθεση εικόνας χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός σκηνοικού ή ενός ψηφιακού πρωταγωνιστή. Χρησιμοποιείται στις ταινίες κινουμένων σχεδίων. Η τρίτη τεχνική συμβαίνει όταν οι δύο πρώτες τεχνικές χρησιμοποιούνται παράλληλα και ενσωματώνονται αργότερα στην ίδια σκηνή (Καλαμπάκας, Κυριακουλάκος, 2015, Laybourne, 1998).

Τα ειδικά εφέ στον κινηματογράφο δεν θα είχαν εξελιχθεί τόσο αν δεν υπήρχε η δυνατότητα σύνθεσης τρισδιάστατων χώρων και η ενσωμάτωσή τους στο περιβάλλον της ταινίας, με τέτοιο τρόπο ώστε να φαίνεται φυσικό. Ο ψηφιακός και ο κινηματογραφικός χώρος έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ο καθένας, για να επιτευχθεί η σύνδεσή τους, απαιτούνται γεωμετρικές και χρωματικές ρυθμίσεις στη διάρκεια των γυρισμάτων ή στην υλοποίηση συνθετικών κόσμων. Οι παρακάτω διαδικασίες βοηθούν σε αυτό το εγχείρημα (Βοσινάκης, 2015, Καλαμπάκας, Κυριακουλάκος, 2015, Laybourne, 1998).

*Καταγραφή (tracking):* Η διαδικασία των μετρήσεων του χώρου στο στούντιο αλλά και των χαρακτηριστικών της κινηματογραφικής κάμερας (είδος φακού, γεωμετρική και οπτική παραμόρφωση, κίνηση της κάμερας).

*Αντιστοίχιση (matching):* Χάρη στις μετρήσεις, της προηγούμενης διαδικασίας, είναι δυνατόν να προσαρμοστούν και τα χαρακτηριστικά της νοητής κάμερας στη μνήμη του υπολογιστή, ώστε να συμπίπτει η προοπτική στην τελική εικόνα.

Συμπεραίνεται ότι για να δημιουργηθεί ένα animation χρειάζονται επτά (7) βήματα: να γίνει το σενάριο, να σχεδιαστεί το storyboard, να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνική δημιουργίας animation για τη συγκεκριμένη ταινία, να γίνει ο ηχητικός σχεδιασμός, να αναπτυχθεί το animatic, να μονταριστεί ο ήχος και η εικόνα και να προστεθούν τα ειδικά εφέ στην κινούμενη εικόνα.

#### **1.4. Η προσέγγιση της NE-T μέσω της Τέχνης**

Ο Dewey στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα έγραψε: «Δεν έχουμε μία σειρά από χωριστούς κόσμους, ένας από τους οποίους είναι Μαθηματικός, άλλος Φυσικός, άλλος Ιστορικός... ζούμε σε έναν κόσμο, όπου όλες οι πλευρές συνδέονται, όλες οι σπουδές προέρχονται από σχέσεις ενός μεγάλου κοινού κόσμου και καθώς το παιδί ζει σε μεταβαλλόμενη, αλλά συγκεκριμένη και ενεργητική σχέση με αυτόν τον κοινό κόσμο, οι σπουδές του είναι φυσικά ενιαίες» (Dewey, 1990). Από τα παραπάνω γίνεται φανερό, πόσο σημαντική είναι η διεπιστημονικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ο όρος διεπιστημονικότητα αναφέρεται στην σύμφυση της γνώσης, δηλαδή έννοιες, εργαλεία και προσεγγίσεις που προέρχονται από διαφορετικές



επιστήμες, έχοντας ως ζητούμενο την ενότητα της γνώσης, τη σφαιρική ανάλυση και κατανόηση της πραγματικότητας (Λιαράκου & Φλογαΐτη, 2007). Η επικοινωνία και η συνεργασία των επιστημών μεταξύ τους, σε επίπεδο σχολείου, συνιστά βασικό παιδαγωγικό στόχο και έτσι ο μαθητής μπορεί να κατανοήσει τα κατακερματισμένα γνωστικά πεδία, τα οποία όμως στην πραγματικότητα επικοινωνούν μεταξύ τους (Morin, 1990).

Αν και τα παραπάνω έχουν ειπωθεί από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα διαπιστώνουμε ότι στη σύγχρονη βιβλιογραφία με περιεχόμενο τη NE-T συνεχίζεται η ίδια οπτική, η οποία υποστηρίζει ότι μπορούμε να προσεγγίσουμε τη NE-T μέσα από την Τέχνη. Υπό αυτή την οπτική υπάρχουν ομάδες επιστημόνων- ερευνητών-καλλιτεχνών οι οποίοι υποστηρίζουν ότι πρέπει να προσεγγίσουμε τη NE-T μέσω της Τέχνης. Για παράδειγμα, στην έρευνα που διεξήχθη στο πανεπιστήμιο Midwestern, φοιτητές παρακολούθησαν ένα εισαγωγικό μάθημα το οποίο ως θεματική είχε το περιεχόμενο της NE-T και ειδικότερα θεματικές που αφορούσαν το μέγεθος και την κλίμακα (ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων). Το εισαγωγικό μάθημα διεξήχθη στα πλαίσια του μαθήματος της πληροφορικής, όπου χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά πολυμεσικά εργαλεία (Magana 2014). Οι φοιτητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, όπου σε κάθε μία δόθηκε ένα διαφορετικό πολυμεσικό εργαλείο. Αφού συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα από τα αρχικά και τελικά τεστ φάνηκε ότι και οι τρεις ομάδες φοιτητών βελτίωσαν την ικανότητά τους σχετικά με την ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων.

Ο όρος «STEM» αποτελεί ένα ακρωνύμιο των λέξεων Science, Technology, Engineering, και Mathematics που αναφέρονται στους τέσσερις επιστημονικούς κλάδους των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών αντίστοιχα. Ο όρος «STEAM» εμπεριέχει το Art για τις Τέχνες, θεωρώντας ότι η εισαγωγή των Τεχνών στη διδασκαλία συμβάλλει στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών με τις θετικές και τεχνολογικές επιστήμες. Ωστόσο, συχνά οι STEM φαίνονται να βρίσκονται σε αντίθεση με τις Τέχνες. Οι πρώτες φαίνεται να είναι πιο αντικειμενικές, λογικές, αναλυτικές, χρήσιμες και αναπαραγωγικές και χρήσιμες ενώ οι Τέχνες θεωρούνται υποκειμενικές, διαισθητικές, αισθησιακές, μοναδικές, αισθητικές και ανέμελες. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, όπως τις Ηνωμένες Πολιτείες, οι Τέχνες φαίνεται ότι έχουν χαθεί από τα εκπαιδευτικά τους προγράμματα. Γίνεται μεγάλη χρηματοδότηση σε μαθήματα, όπως της Φυσικής και των Μαθηματικών και καθόλου σε μαθήματα Εικαστικών, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι ώρες διδασκαλίας μαθημάτων όπως Μουσικής, Εικαστικών και Θεατρικής αγωγής (Sousa & Pilecki, 2018).

Στη συνέχεια περιγράφονται προτάσεις που έχουν γίνει σε ολιστικές διεπιστημονικές προσεγγίσεις στο περιεχόμενο των ΦΕ και ειδικότερα της NE-T στο πλαίσιο του STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics)

#### *1.4.1. Το εκπαιδευτικό ρεύμα STEAM*

##### *Το πρώτο βήμα: το εκπαιδευτικό ρεύμα STEM*

Το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών των ΗΠΑ (NSF) κατά τη δεκαετία του '90 είχε χρησιμοποιήσει αρχικά τον όρο SMET ως το ακρωνύμιο των λέξεων “science, mathematics, engineering, and technology”, ωστόσο στην πορεία και συγκεκριμένα από τη διευθύντρια Φυσικών Επιστημών Judith Ramalev, εισήχθη ο όρος STEM, ο οποίος με την νέα χιλιετία άρχισε να γίνεται ευρέως γνωστός (Sanders, 2009).

Παρόλο που το κίνημα της Εκπαίδευσης STEM έγινε γνωστό κυρίως μετά το 2000, πριν ακόμη επινοηθεί ο όρος STEM, ήδη από την δεκαετία του '60 είχε επιστρατευτεί ολόκληρη η επιστημονική κοινότητα σε μία παγκόσμια προσπάθεια αλλαγής του προσανατολισμού της εκπαιδευτικής πολιτικής. Αυτή η αλλαγή αφορούσε κυρίως την στροφή της εκπαίδευσης προς τις θετικές επιστήμες και την τεχνολογία, στοχεύοντας στη δημιουργία και την ανάδειξη ικανών ατόμων στους συγκεκριμένους τομείς (Bybee, 2010). Ύστερα από την εκτόξευση του Sputnik στο διάστημα (1957), δημιουργήθηκε ένα κλίμα παγκόσμιου ανταγωνισμού και προσπάθειας των χωρών για τεχνολογική εξέλιξη και πρόοδο. Οι εργαζόμενοι στα επιστημονικά πεδία STEM προβλέπονταν ως οι βασικοί συντελεστές στην ανάπτυξη και την εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογικών επιτευγμάτων, που θα στήριζαν τόσο την οικονομία όσο και την εθνική ασφάλεια της παγκόσμιας κοινότητας (Zollman, 2012). Το 2015, ο πρόεδρος των ΗΠΑ κάλεσε την κοινωνία της Αμερικής με το σύνθημα ‘Educate to innovate’ (εκπαιδεύστε για να καινοτομήσουμε). Με τον όρο «καινοτομία» να σημαίνει το άνοιγμα νέων παιδαγωγικών προσεγγίσεων, μεταρρυθμίσεων και υιοθέτηση ουσιαστικών αλλαγών στη διδακτική (Μπαμπινιώτης, 2002). Έτσι ξεκίνησε μία μεγάλη εκστρατεία υπέρ της εκπαίδευσης STEM, ώστε το κάθε παιδί να αναπτύξει τις προσωπικές του δεξιότητες, στο κατάλληλο για αυτό περιβάλλον μάθησης.

Μέσα στην επόμενη δεκαετία, σύμφωνα με μελέτες, πάνω από 30 αναπτυσσόμενα επαγγέλματα στην Αμερική (χειρουργοί, κατασκευαστές διαστημικών οχημάτων, γιατροί κ.ά.) θα απαιτήσουν γνώσεις μαθηματικών, τεχνολογίας και μηχανικής (Καλαντζής & Τσιχουρίδης, 2019). Με τη σειρά της, η Ευρωπαϊκή Ένωση, λόγω των ελλείψεων σε επαγγελματίες στους τομείς των θετικών επιστημών, για να καλύψει τις ανάγκες της, χρηματοδοτεί έργα που προωθούν την εκπαίδευση STEM

(Kearney, 2011). Οι τέσσερις επιστημονικοί τομείς, σύμφωνα με την προσέγγιση STEM, σχετίζονται μεταξύ τους ως προς την επίτευξη κάποιων κοινών στόχων. Οι στόχοι αυτοί έχουν να κάνουν κυρίως με την ανάπτυξη διαφόρων επιστημονικών τομέων, όπως η Ιατρική, η Πληροφορική και η Γεωπονία, που βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής των ανθρώπων, ενώ παράλληλα την διαμορφώνουν (McComas, 2014). Πιο συγκεκριμένα στόχος της Εκπαίδευσης STEM αποτελεί η δημιουργία ατόμων τα οποία θα είναι ικανά να παίρνουν αποφάσεις και πρωτοβουλίες, θα σκέφτονται κριτικά, θα αξιολογούν, θα διαπραγματεύονται και γενικότερα θα διαθέτουν όλες εκείνες τις ικανότητες για να ακολουθήσουν μία καριέρα πάνω στα συγκεκριμένα επιστημονικά πεδία. (Unesco, 2016). Σε αυτό προσπαθεί να συμβάλλει το εκπαιδευτικό κίνημα STEM, στοχεύοντας ουσιαστικά στην προετοιμασία των μελλοντικών γενεών για τη διαμόρφωση μία κοινωνίας τεχνολογικά και επιστημονικά εγγράμματης. Τα μέλη της οποίας θα είναι σε θέση να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη όλων των τομέων της ζωής του ανθρώπου (McComas, 2014).

Οι Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά, η Μηχανική και η Τεχνολογία αποτελούν σημαντικά επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού καθορίζοντας και διαμορφώνοντας παράλληλα την καθημερινότητα του κάθε ατόμου πάνω στον πλανήτη. Πιο συγκεκριμένα μας επιτρέπουν να βρούμε λύσεις στις απειλές που θέτουν παγκόσμιες προκλήσεις όπως η κλιματική αλλαγή, η παγκόσμια υγεία, οι οικονομικές ανισότητες κ.α. (Unesco, 2016). Γενικότερα, το εκπαιδευτικό ρεύμα STEM αποτελεί μια μαθητοκεντρική προσέγγιση, που ως στόχο έχει την ανάπτυξη δεξιοτήτων για την επίλυση προβλημάτων, την επικοινωνία και τη συστηματική σκέψη. Πιο συγκεκριμένα το National Academy of Engineering και το National Research Council αναφέρουν πέντε βασικά οφέλη του μηχανικού τομέα στο βήμα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Αύξηση στις επιδόσεις στα Μαθηματικά και στις Φυσικές Επιστήμες που διδάσκονται στο σχολείο, την ευαισθητοποίηση ως προς τον τομέα της μηχανικής, τον τεχνολογικό γραμματισμό καθώς και την κατανόηση του σχεδιασμού (Stohlman, Moore & Roehrig, 2012).

Μάλιστα, προτείνεται ότι ο τρόπος ανάδειξης και ανάπτυξης των δεξιοτήτων αυτών, δεν είναι η άμεση διδασκαλία, αλλά η συστηματική επεξεργασία τους. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της λειτουργικής ενσωμάτωσης στοιχείων, που αποτελούν τις δεξιότητες αυτές, σε όλο το φάσμα της διαδικασίας της διδασκαλίας και της μάθησης (Soulé & Warrick, 2015). Αυτό που χωρίζει το ρεύμα STEM από την παραδοσιακή προσέγγιση της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, είναι το περιβάλλον μεικτής εκμάθησης, μέσω του οποίου οι μαθητές αντιλαμβάνονται πώς μπορεί να εφαρμοστεί η επιστημονική μέθοδος στην καθημερινή ζωή (Καλαντζής, Τσιχουρίδης, 2019). Πιο συγκεκριμένα, ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα STEM είναι

πιο εύκολο να υλοποιηθεί όταν ο εκπαιδευτικός είναι για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα με τους μαθητές του. Όπως φαίνεται, οι βαθμίδες του νηπιαγωγείου ή του δημοτικού σχολείου, είναι οι κατάλληλες για τέτοια προγράμματα. Αυτά με τη σειρά τους ενισχύουν το ενδιαφέρον των μαθητών και τους παρακινούν να συμμετάσχουν στην τάξη και στο μάθημα. Η διδασκαλία στο πλαίσιο του STEM οδηγεί στην ενίσχυση της αυτοπεποίθησης των μαθητών και στην ευκαιρία αυτό-ανακάλυψης, καθώς οι δάσκαλοι σε αυτά τα προγράμματα έχουν τον ρόλο του διαμεσολαβητή (Havice, 2009; Roberts, 2012).

Δεδομένης της σημασίας που έχει η εξέλιξη και η επιστημονική πρόοδος των τομέων STEM, στη ζωή του κάθε ανθρώπου αλλά και όλων συνολικά, η STEM εκπαίδευση έχει επίσης ως στόχο την αύξηση της συμμετοχής ολόένα και περισσότερων μαθητριών και μαθητών σε σπουδές και καριέρες που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες. Έτσι δημιουργούνται οι ίδιες ευκαιρίες για όλους/ες τους πολίτες ανεξαρτήτως φύλου ή οποιασδήποτε κοινωνικής ομάδας (Unesco, 2016). Η έρευνα των τελευταίων χρόνων δείχνει πως παρά τη σημαντική βελτίωση στο περιεχόμενο των σύγχρονων σχολικών εγχειριδίων, ακόμα και σήμερα τα σχολικά βιβλία αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς φορείς μεταβίβασης στερεοτυπικών αντιλήψεων και στάσεων στους μαθητές, σχετικά με τους ρόλους και τα χαρακτηριστικά των δύο φύλων. Φαίνεται ότι τα σχολικά εγχειρίδια, παρουσιάζουν διαφοροποιημένους τους ρόλους για τα δύο φύλα. Πιο συγκεκριμένα, ενισχύουν την εικόνα ενός διευρυμένου ρόλου στον κοινωνικό τομέα για τις ανδρικές φιγούρες, σε αντίθεση με το ενισχυμένο πρότυπο του περιορισμένου ρόλου των γυναικών, που εστιάζει κυρίως στην εικόνα της μητέρας-νοικοκυράς-συζύγου (Φαφίτη, Βλαχοδήμου, 2014). Οι ερευνητές συμπέραναν, πως παρά τις αλλαγές στα εγχειρίδια, το φύλο επηρέαζε και συνεχίζει να επηρεάζει κατά πολύ την συμπεριφορά και τις επιλογές των μαθητών και των μαθητριών. Λόγω των επιλογών αυτών, καθορίζεται η επαγγελματική τους ανέλιξη και η ιεράρχησή τους στην κοινωνία (Francis, 2000). Πιο συγκεκριμένα, η αντίληψη πως τα κορίτσια δεν τα καταφέρνουν στις θετικές επιστήμες και στους τεχνολογικούς τομείς, αλλά και γενικότερα οι προσδοκίες της κοινωνίας σχετικά με τον ρόλο της γυναίκας, έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία στερεοτύπων σχετικά με τις ικανότητες των δύο φύλων, στις σχετικές επιστήμες. Τα παραπάνω συντελούν στην απομάκρυνση και την αποστροφή των γυναικών από τους σχετικούς τομείς σπουδών και εργασίας μέχρι και σήμερα. Σημαντικό μειονέκτημα των σχολικών βιβλίων ΦΕ αποτελεί η διαφορετική αντιμετώπιση αγοριών και κοριτσιών. Η διαφορετική αυτή αντιμετώπιση συντελεί στην εδραίωση αρνητικών στερεοτύπων σχετικά με την επίδοση των κοριτσιών στις ΦΕ. Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα για το μάθημα της Φυσικής στο Δημοτικό σχολείο,

φαίνεται ότι στα προτεινόμενα βιβλία έχει γίνει ιδιαίτερα συστηματική προσπάθεια για την ισότιμη αντιμετώπιση των δύο φύλων: όπου στο κείμενο γίνεται αναφορά στους μαθητές ή στο δάσκαλο, αναφέρονται με αλφαβητική σειρά και τα δύο φύλα (μαθητής ή μαθήτρια, δασκάλα ή δάσκαλος) (Φυσικά Ε΄ Δημοτικού). . Οι εργασίες για το σπίτι, καθώς και τα κείμενα στο βιβλίο του μαθητή, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων και ανταποκρίνονται έτσι τόσο στα ενδιαφέροντα των αγοριών όσο και των κοριτσιών. Στις φωτογραφίες των πειραμάτων έχει δοθεί προσοχή για την ισότιμη συμμετοχή αγοριών και κοριτσιών, αλλά και για την κατανομή των ρόλων (κορίτσια ασχολούνται με τεχνολογικές κατασκευές, αγόρια ασχολούνται με την καθαριότητα κ.ο.κ.). Ο στόχος της συγγραφικής ομάδας φαίνεται πως είναι τα βιβλία αυτά να βοηθήσουν, όσο γίνεται, στην κατάρριψη των αρνητικών στερεότυπων . Η προαγωγή των επιστημών, θα πρέπει να αποτελεί κοινή κατάκτηση για όλα τα φύλα και για την επίτευξη αυτής οφείλουν να δημιουργούνται οι εκπαιδευτικές προϋποθέσεις για ίσες ευκαιρίες συμμετοχής του κάθε πολίτη.

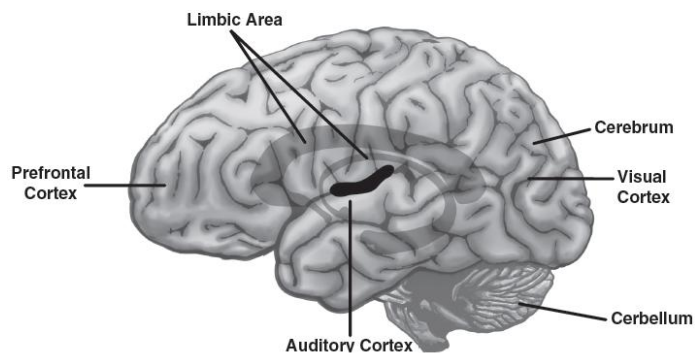
### *Το εκπαιδευτικό ρεύμα STEAM*

Η μεθοδολογία STEM στηρίχθηκε στην έννοια της διεπιστημονικότητας κι ένωσε πολλά πεδία κι επιστημονικούς τομείς, αφήνοντας, ωστόσο κάποια «κενά» στην ολόπλευρη ολοκλήρωση των μαθητών. Τι είναι όμως η ολόπλευρη ολοκλήρωση ή ολόπλευρη μάθηση; Η ολόπλευρη μάθηση αναφέρεται στην ολόπλευρη ανάπτυξη κάποιων σημαντικών τομέων για τη ζωή του ενήλικα ανθρώπου. Πιο συγκεκριμένα, η ολόπλευρη ανάπτυξη παραπέμπει στην καλλιέργεια και την ενίσχυση έξι διαφορετικών τομέων ανάπτυξης της προσωπικότητας του παιδιού, οι οποίοι έχουν άμεση σχέση μεταξύ τους και αλληλοσυμπληρώνονται. Οι τομείς αυτοί είναι: i) η σωματική ανάπτυξη, ii) η αντιληπτική – αισθητηριακή ανάπτυξη, iii) η επικοινωνιακή και γλωσσική ανάπτυξη, iv) η γνωστική ανάπτυξη, v) η συναισθηματική ανάπτυξη και vi) η κοινωνική ανάπτυξη (Βруниώτη, 2009).

Ο Gardner (1993) υποστήριξε ότι υπάρχουν πολλά και διαφορετικά είδη νοημοσύνης. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρθηκε σε εννέα είδη: τη Μουσική, τη Χωροταξική, τη Γλωσσική, τη Λογικομαθηματική, την Κινησθητική, τη Διαπροσωπική, την Ενδοπροσωπική, την Υπαρξιακή και τη Νατουραλιστική. Όλα αυτά τα είδη νοημοσύνης σχετίζονται με δεξιότητες που καλλιεργούνται σε διαφορετικό ημισφαίριο και σημείο του εγκεφάλου. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, κάθε άνθρωπος έχει διαφορετικό συνδυασμό των παραπάνω μορφών νοημοσύνης. Επίσης, όλοι οι άνθρωποι μπορούν να καλλιεργήσουν όλα τα είδη νοημοσύνης, ίσως όχι στον ίδιο βαθμό, με κατάλληλη ενθάρρυνση και υποστήριξη. Πολλοί εκπαιδευτικοί

υποστηρίζουν ότι: «ο κάθε μαθητής σκέφτεται με τον δικό του τρόπο». Αυτή η φράση, πράγματι αντιστοιχεί στην πραγματικότητα, καθώς η κατάταξη των δυνατοτήτων και των αδυναμιών του κάθε προσώπου είναι τυχαία και μοναδική. Κάτι που αξίζει να σημειωθεί είναι το γεγονός ότι τα είδη νοημοσύνης συνεργάζονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ακόμη, σημειώνεται ότι κανένας τύπος νοημοσύνης δεν μπορεί να υπάρχει μόνος του, αφού αυτό που τον κάνει να ξεχωρίζει είναι ο τρόπος που συνδέεται, επιδρά κι επηρεάζεται από τους άλλους. Η νοημοσύνη των ανθρώπων είναι μια μεταβλητή που επηρεάζεται τόσο από το γενετικό υπόβαθρο με το οποίο γεννιέται κανείς, όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες – εμπειρίες που έχει (Gardner 1993).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που απαιτούνται για τις Τέχνες είναι θεμελιώδεις για τη λειτουργία του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος είναι φτιαγμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να καταλαβαίνει τόσο τη γλώσσα όσο και τη Μουσική.



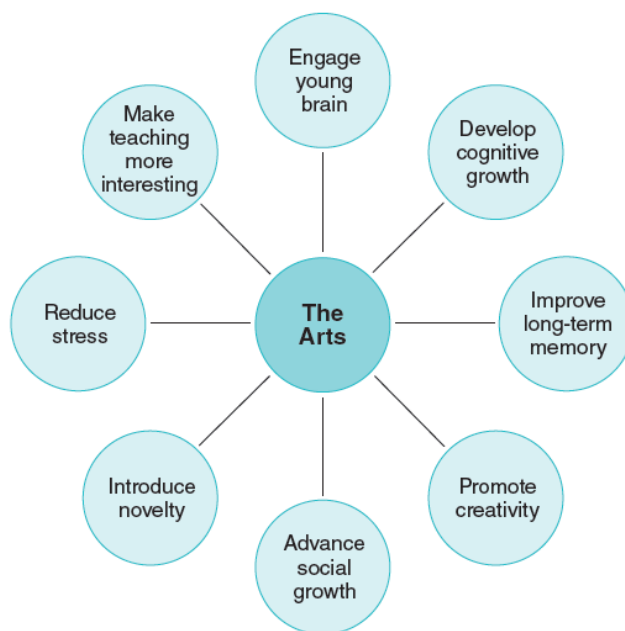
**Σχήμα 11:** Διάγραμμα με τμήματα του εγκεφάλου (Sousa & Pilecki, 2018 p.13)

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι ορισμένες δομές στον ακουστικό φλοιό (Auditory Cortex) ανταποκρίνονται μόνο σε μουσικούς τόνους (Μουσική). Ένα μέρος του εγκεφάλου (Cerebrum) και του περισσότερου μέρους της παρεγκεφαλίτιδας (Cerebellum) είναι αφιερωμένο στην εκκίνηση και το συντονισμό όλων των ειδών της κίνησης, από το έντονο τρέξιμο μέχρι τη λεπτή χρήση των όπλων (Χορός). Εξειδικευμένες περιοχές του εγκεφάλου (Cerebrum) επικεντρώνονται στην απόκτηση της ομιλούμενης γλώσσας και καλούν το σωματικό σύστημα (Limbic Area- το κέντρο συναισθηματικού ελέγχου) να παρέχει το συναισθηματικό στοιχείο (Δράμα). Το εσωτερικό σύστημα οπτικής επεξεργασίας (Visual Cortex) μπορεί να θυμάται την πραγματικότητα ή να δημιουργεί φανταστικές σκέψεις με την ίδια ευκολία (Εικαστικές Τέχνες). Εν τω μεταξύ ο προμετωπικός φλοιός (Prefrontal Cortex) του μετωπιαίου λοβού συντονίζει όλες τις παραπάνω πληροφορίες για να βοηθήσει τον άνθρωπο να λάβει όλες τις κατάλληλες αποφάσεις (Sousa & Pilecki, 2018).

Τα μικρά παιδιά δημιουργούν συνάψεις και συνδέσεις στον εγκέφαλό τους, όπου οι Τέχνες συμμετέχουν ενεργά και βοηθούν στην επιτυχή μάθηση (Sousa & Pilecki, 2018). Για παράδειγμα, η Μουσική (π.χ. μαθαίνουν το Αλφάβητο μέσω τραγουδιού) και το χρώμα (π.χ. μαθαίνουν τους πλανήτες λόγω των διαφορετικών χρωμάτων τους) βοηθούν τα μικρά παιδιά να θυμούνται πληροφορίες. Μάλιστα, θεωρείται ότι οι Τέχνες θα πρέπει να είναι εύκολα διαθέσιμες για όλους τους μαθητές όλων των βαθμίδων. Ειδικότερα, οι κυριότεροι λόγοι που αναπτύσσονται σε αυτό το συλλογιστικό είναι ότι: γίνεται εμπλοκή (engage) του νεαρού εγκεφάλου, η διδασκαλία γίνεται πιο ενδιαφέρουσα, μειώνεται το άγχος των μαθητών, γίνεται εισαγωγή καινοτομίας, προωθείται η κοινωνική ανάπτυξη και η δημιουργικότητα, βελτιώνεται η μακρόχρονη μνήμη και η γνωστική ανάπτυξη (σχήμα12) (Rinne et.al., 2011; Sousa & Pilecki, 2018).

Στο ίδιο σκεπτικό, η ενσωμάτωση του «Α» για τις Τέχνες (Arts), στο εκπαιδευτικό ρεύμα STEM, μπορεί να προσφέρει όχι μόνο μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση, αλλά και ευκαιρίες για την αυτο-έκφραση και προσωπική σύνδεση των νέων γενεών (Land, 2013). Αναλυτικότερα, η υιοθέτηση της μεθοδολογίας STEAM σε ποικίλα εκπαιδευτικά πλαίσια προσφέρει πολλά θετικά στοιχεία στους μαθητές (Yakman & Lee, 2012):

- Ενισχύει την ενεργό εμπλοκή των εκπαιδευόμενων στις προβλεπόμενες δραστηριότητες.
- Προσφέρει ευκαιρίες επιτυχίας για όλους τους μαθησιακούς τύπους.
- Διευκολύνει την επικοινωνία και κοινοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων.
- Ενισχύει την ολόπλευρη ανάπτυξη της προσωπικότητας και την έννοια του «ενεργού πολίτη».
- Ενεργοποιεί το δεξί τμήμα του εγκεφάλου, υπεύθυνο για τη δημιουργικότητα και την καινοτομία, μέσα από αναλογίες, μοντέλα, δεξιότητες, κατασκευές, τεχνικές, μεθόδους και γνώσεις.
- Βοηθάει στη συνειδητοποίηση της ιστορικής εξέλιξης των επιτευγμάτων και των επιρροών που αυτά άσκησαν στις κοινωνίες.



**Σχήμα 12:** Πόσο σημαντικές είναι οι Τέχνες για τους μαθητές όλων των βαθμίδων (Sousa & Pilecki, 2018, p.13)

Επίσης η εκπαίδευση STEAM αποτελεί αναβάθμιση του επιπέδου διεπιστημονικότητας του STEM, καθώς συνδέει τις θετικές επιστήμες με τις Τέχνες (Arts). Η προσέγγιση STEAM προωθεί τη δημιουργική και κριτική σκέψη, την παραγωγή ιδεών καθώς και τον εμπλουτισμό των παλαιότερων. Ακόμη συμβάλλει στην αύξηση του ενδιαφέροντος και της ενασχόλησης με τις θετικές και τεχνολογικές επιστήμες από άτομα που αγνοούσαν τη σημασία τους και ήταν αφοσιωμένοι στις Τέχνες. Επίσης προωθεί τον συνδυασμό τεχνών που αφορούν στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας, στη δημιουργία συζήτησης, στην ιστορική έρευνα και στη διασύνδεση με το παρόν και τις μελλοντικές προτάσεις. Τέλος η συγκεκριμένη προσέγγιση υποστηρίζει την ολόπλευρη καλλιέργεια όλων των τομέων δεξιοτήτων καθώς και την ανάπτυξη όλων των ειδών νοημοσύνης χωρίς περιορισμούς (EU Skills Panorama, 2015; Hong, 2017).

Έτσι, για την ολόπλευρη ανάπτυξη του μαθητή, τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία μετατόπιση του ενδιαφέροντος από τη μεθοδολογία STEM, στην εξελιγμένη εκδοχή της, τη STEAM (Yakman & Lee, 2012). Η STEAM αποτελεί ουσιαστικά, με την προσθήκη της Τέχνης, ως ενός από τους 5 πλέον βασικούς πυλώνες, μία επαυξημένη και πληρέστερη κατά πολλούς έκδοση του STEM (Σχήμα 13) (Yakman & Lee, 2012).



<b>Επιστήμη</b>	• Αντιπροσωπεύει ό,τι υπάρχει στον κόσμο.
<b>Τεχνολογία</b>	• Ό,τι έχει κατασκευαστεί από τον άνθρωπο προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του, χρησιμοποιώντας και μετατρέποντας κατάλληλα φυσικά υλικά.
<b>Μηχανική</b>	• Ό,τι κατασκευάζεται από τον άνθρωπο ως αποτέλεσμα μίας συστηματικής και μεθοδευμένης διαδικασίας.
<b>Μαθηματικά</b>	• Η χρήση των αριθμών και των συμβόλων, προκειμένου να αναπαρασταθούν, να εξηγηθούν και να υποστηριχθούν οι παραπάνω διαδικασίες.
<b>Τέχνη</b>	• Γλώσσα, Ιστορία, Πολιτική, Θεολογία, Κοινωνιολογία, Μουσική, Χορός, Εργονομία, Ψυχολογία, Καλές Τέχνες.

**Σχήμα 13:** Οι πυλώνες της μεθοδολογίας STEAM και οι γνωστικές περιοχές που αντιπροσωπεύουν (Yakman & Lee, 2012)

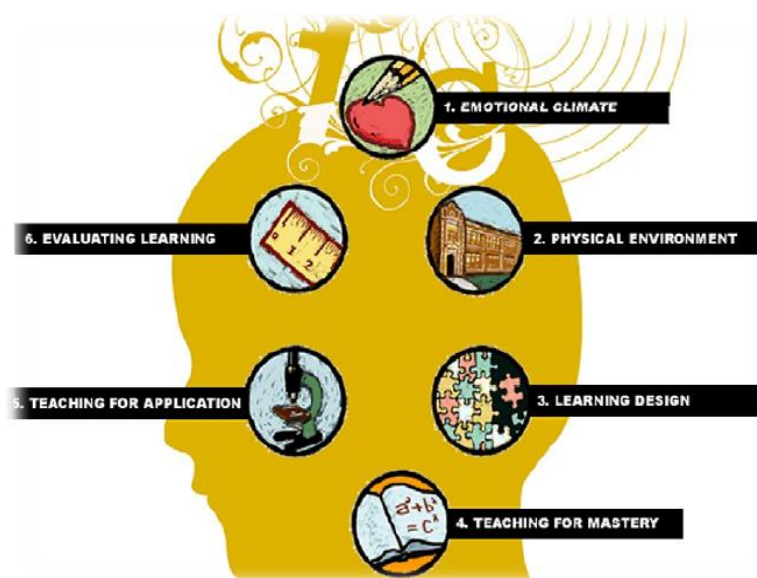
Σύμφωνα με την επίσημη περιγραφή του προγράμματος STEAM «*οι μαθητές με τη βοήθεια της Τεχνολογίας μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα την Επιστήμη, η οποία συνδυάζει το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας και της ανάπτυξης της με τον τομέα της Μηχανικής, την οποία δεν μπορούν να δημιουργήσουν χωρίς πρώτα να έχουν κατανοήσει την Τέχνη και τα Μαθηματικά*» (Yakman, 2008).

Υπογραμμίζεται ότι ο στόχος δεν είναι η διδασκαλία της Τέχνης αλλά η αναγνώριση και εφαρμογή της σε καταστάσεις την καθημερινής ζωής (Jolly, 2014). Κάθε άνθρωπος έχει τόσο το δικαίωμα να λάβει παιδεία σχετική με την Τέχνη και τις πανανθρώπινες αξίες, όσο να μυηθεί στις ΦΕ και την τεχνογνωσία. Ως παράδειγμα, ο κινηματογράφος προσδίδει διαύγεια και φυσική υπόσταση: σε ιδέες, αφηρημένες έννοιες και φυσικά φαινόμενα (Bruner, 1960; Cruse, 2007). Υπό αυτή την έννοια, τα προγράμματα STEAM μπορούν να εξυπηρετήσουν την ανάγκη παροχής σφαιρικής παιδείας αντάξιας του πολίτη του 21<sup>ου</sup> αιώνα.

Πρέπει να αποδεχτούμε την ανάγκη, ότι η εκπαιδευτική κοινότητα για να αναπτύξει πρακτικές σύμφωνες με τις θεωρήσεις των προγραμμάτων STEAM χρειάζεται να μάθει νέες τεχνικές και διδακτικές δεξιότητες (Biffle, 2016). Αρκετοί εκπαιδευτικοί, υιοθετούν δεξιότητες από τις Τέχνες και τις χρησιμοποιούν ως επιστημονικά εργαλεία (όπως αναλύθηκε στην ενότητα 1.3.3.), με σκοπό να υποστηρίξουν τον ρόλο του σχολείου ο οποίος είναι «η προετοιμασία των μαθητών για την ζωή μετά το σχολείο». (Sousa & Pilecki, 2018). Αναλυτικά οι δεξιότητες που

αναπτύσσονται είναι: η περιέργεια που οδηγεί στην ανακάλυψη, η ικανότητα αντίληψης ενός αντικειμένου υπό διαφορετικές σκοπιές και μορφές, η ακριβή παρατήρηση των φαινομένων και των πραγμάτων γύρω του, η ακριβή έκφραση παρατηρήσεων και απόψεων (τόσο του ίδιου του ατόμου όσο και των άλλων γύρω του), η ικανότητα συνεργασίας, η ικανότητα το άτομο να σκέφτεται χωρικά αντικείμενα και τέλος η κιναισθητική αντίληψη δηλαδή «πώς κινείται κάτι;»

Υπό αυτό το πρίσμα, προτάθηκε ένα παιδαγωγικό μοντέλο διδασκαλίας (Hardiman's Brain-Targeted), που βασίζεται στην ιδέα ότι η ένταξη των Τεχνών στη διδασκαλία μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα ισχυρό εργαλείο, για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να μετασχηματίσουν ευρήματα από τη νευροεπιστήμη και τη γνωστική ψυχολογία, σε εκπαιδευτικές πρακτικές (σχήμα 14). Ένα χαρακτηριστικό του μοντέλου αυτού είναι ότι δίνεται έμφαση στη διδασκαλία ώστε να επιτευχθεί η άρτια εκμάθηση δεξιοτήτων, περιεχομένου και εννοιών (Hardiman, 2012).

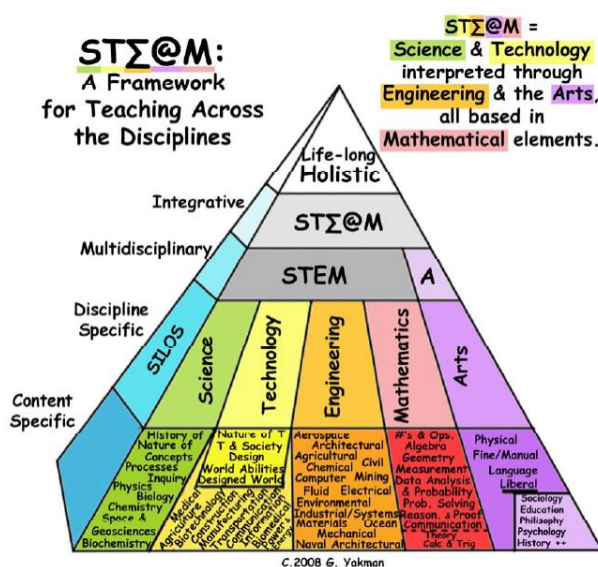


**Σχήμα 14:** Το παιδαγωγικό μοντέλο διδασκαλίας «Brain-Targeted» (Hardiman, 2012, p.11)

Επίσης, προτάθηκε ένα ολιστικό εκπαιδευτικό μοντέλο διδασκαλίας (holistic educational model: The STE@M Pyramid) (Yakman, 2008, 2009).. Πιο συγκεκριμένα το STE@M αποτελεί ένα θεωρητικό πλαίσιο το οποίο αναπτύσσεται για να υποστηρίξει μια νέα εκπαιδευτική θεωρία (Life-long Holistic). Το STE@M όπως φαίνεται στο σχήμα 15, αναπαριστάται με μια πυραμίδα και αποτελείται από πέντε επίπεδα. Στο επίπεδο της κορυφής της πυραμίδας φαίνεται η ολιστική προσέγγιση (Life-long Holistic), δηλαδή σε αυτό το επίπεδο το κάθε άτομο μπορεί να καθορίσει το πώς θα χειριστεί τις πληροφορίες στις οποίες εκτίθεται. Ακολούθως διακρίνεται το ολοκληρωμένο επίπεδο (integrated level), στο οποίο οι μαθητές, μέσω της σχεδιασμένης διδασκαλίας, μπορούν να κατανοήσουν το πώς αλληλοσυνδέονται

όλοι οι επιστημονικοί κλάδοι μεταξύ τους. Στο τρίτο επίπεδο, το πολυεπιστημονικό επίπεδο (Multidisciplinary Level), οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν γνώσεις πάνω σε συγκεκριμένους επιστημονικούς κλάδους και να μάθουν τους τρόπους με τους οποίους αυτοί σχετίζονται μεταξύ τους. Το επόμενο επίπεδο περιλαμβάνει την διακριτή και σε βάθος διδασκαλία του κάθε επιστημονικού κλάδου ξεχωριστά (Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά) καθώς και της Τέχνης (Discipline Specific Level).

Στο τελευταίο επίπεδο, η διδασκαλία επικεντρώνεται λεπτομερειακά σε συγκεκριμένα τμήματα του κάθε επιστημονικού κλάδου και της Τέχνης (Content Specific Level). Οι μαθητές μπορούν να επιλέξουν βάση των ενδιαφερόντων τους, με ποιο περιεχόμενο θα ασχοληθούν σε βάθος.

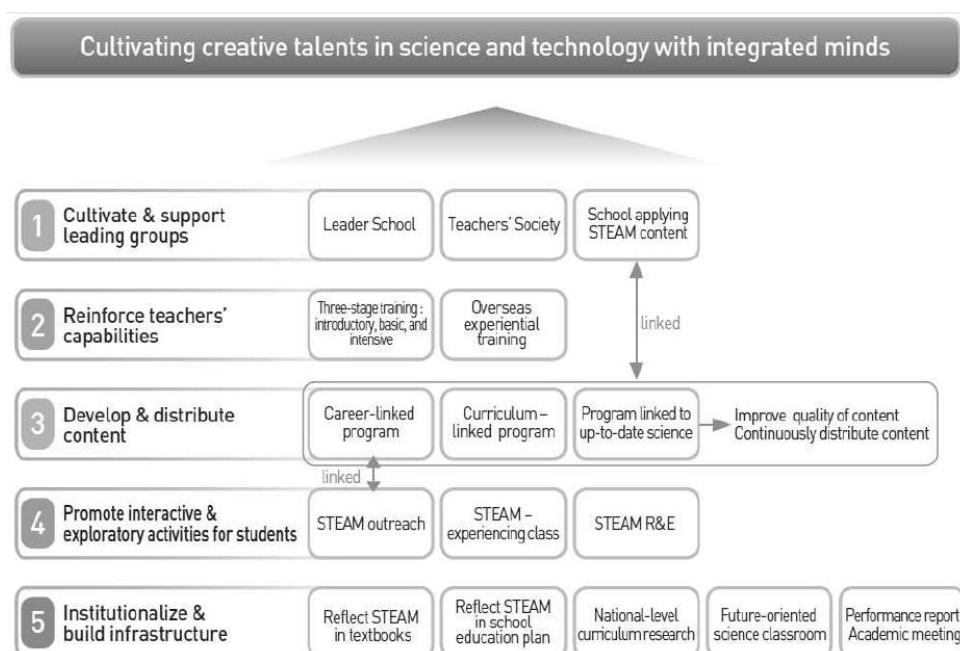


**Σχήμα 15:** Το εκπαιδευτικό μοντέλο διδασκαλίας «The STE@M Pyramid» (Yakman, 2009, p.3)

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ότι αρκετά εκπαιδευτικά προγράμματα ενσωματώνουν την εκπαίδευση STEAM. Φαίνεται ότι η στροφή αυτή έγινε επιτακτική ανάγκη. Ένα μέτρο ενός επιτυχημένου εκπαιδευτικού προγράμματος είναι εκείνο που παρέχει ένα πρόγραμμα σπουδών που προωθεί την κριτική σκέψη, τον προβληματισμό και τη συνεργασία (Wiles & Bondi, 1998).

Σο Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ (The World Economic Forum) παρουσιάστηκαν τέσσερις βασικές δεξιότητες που απαιτούνται για την Τέταρτη βιομηχανική επανάσταση έως το 2020, γνωστές ως 4C: Κριτική σκέψη, Επικοινωνία, Συνεργασία και Δημιουργικότητα (Critical thinking, Communication, Collaboration, and Creativity). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό στην Κορέα, όπου το «Ίδρυμα Κορέα», που είναι υπεύθυνο για την Προώθηση της Επιστήμης και της Δημιουργικότητας (KOFAC), διαχειρίζεται συστηματικά, εκπαιδευτικά προγράμματα STEAM, σε εθνικό επίπεδο. Για να μπορέσει η εκπαίδευση STEAM να καθιερωθεί

στο εκπαιδευτικό σύστημα, το KOFAC καλλιεργεί και υποστηρίζει διοικητικές ομάδες, ενισχύει τις ικανότητες των εκπαιδευτικών, αναπτύσσει και διανέμει περιεχόμενο, προωθεί διαδραστικές και διερευνητικές δραστηριότητες για τους μαθητές και τέλος θεσμοθετεί και έργα υποδομής (σχήμα 16) (Hong, 2017).



**Σχήμα 16:** Η δομή των εκπαιδευτικών προγραμμάτων STEAM που διαχειρίζεται η KOFAC (Hong, 2017, p.93)

Λαμβάνοντας υπόψη τον παραπάνω προβληματισμό συμπεραίνουμε ότι, εάν τα σύγχρονα μαθησιακά περιβάλλοντα ενσωματώσουν τις Τέχνες με τις Φυσικές Επιστήμες, τότε μπορούν να λειτουργήσουν ως όχημα όχι μόνο για την κατανόηση του περιεχομένου των πεδίων STEM, αλλά και ως όχημα για την ανάπτυξη του γραμματισμού των πολιτών στον 21<sup>ο</sup> αιώνα (Land, 2013).

#### 1.4.2. Η χρήση των animations στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ)

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης του STEAM, χρησιμοποιούνται ποικίλες τεχνικές και εργαλεία της Τέχνης τα οποία θεωρείται ότι επιφέρουν πολλά οφέλη στους μαθητές. Ένα από αυτά είναι το animation.

Η χρήση ταινιών με κινούμενα σχέδια προωθεί την ικανότητα των μαθητών να εξηγούν και να κατανοούν επιστημονικές έννοιες. Οι μαθητές που διδάχτηκαν ΦΕ με animation, σε σχέση με αυτούς που διδάχτηκαν με την παραδοσιακή μέθοδο, αναπτύσσουν υψηλότερα κίνητρα για τη μάθηση των ΦΕ. Τα κίνητρα φαίνεται να

είναι υψηλότερα όσον αφορά την αυτοεκτίμηση, το ενδιαφέρον, την απόλαυση και τη σύνδεση των ΦΕ με την καθημερινή ζωή (Barak, Ashkar & Dori, 2011).

Τα animations διευκολύνουν την οπτικοποίηση δυναμικών φαινομένων όταν δεν μπορούν να παρατηρηθούν σε πραγματικό χώρο και χρόνο (π.χ. κυκλοφορικό σύστημα), όταν τα πραγματικά φαινόμενα είναι δύσκολο να συμβούν κατά τη διδασκαλία (είναι επικίνδυνα) ή όταν δεν είναι ορατά εκ φύσεως (αναπαράσταση δυνάμεων). Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οπτικοποίηση φαινομένων που δεν μπορούν να γίνουν κατανοητά με τον κατάλληλο επιστημονικό τρόπο. Οι πρότερες αντιλήψεις συνήθως κυριαρχούν των επιστημονικών, έτσι μπορεί να προβάλλονται διαφορετικά animations για το ίδιο φαινόμενο, με στόχο οι μαθητές να επιλέξουν τη σωστή εκδοχή. Τέλος, animation που είναι διαδραστικά και αφήνουν τους μαθητές να διερευνήσουν ενεργά το περιβάλλον τους, με στόχο να κατανοήσουν ένα φαινόμενο, βοηθά τη διερευνητική μάθηση (Mayer, 2014).

Το animation είναι μια δυναμική αναπαράσταση που βοηθά τον μαθητή να προσεγγίσει μια σύνθετη διαδικασία σε απλή (Schnotz & Lowe, 2003). Για παράδειγμα, στην παραδοσιακή διδασκαλία είναι δύσκολο να περιγράψει ένας δάσκαλος την κίνηση των ηλεκτρονίων σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (Williams & Abraham, 1995). Στις ΦΕ τα animations χρησιμοποιούνται για την περιγραφή, εξήγηση και πρόβλεψη επιστημονικών διαδικασιών. Αφηρημένα επιστημονικά φαινόμενα που συμβαίνουν στο μακροσκοπικό ή στο μικροσκοπικό επίπεδο μπορούν να φανούν ελκυστικά μέσα από τα animations (Barak & Dori, 2005).

Μία έρευνα έλαβε χώρα σε ολόκληρο το Ισραήλ, κατά το σχολικό έτος 2007-2008, σε 418 μαθητές της 5<sup>ης</sup> και 7<sup>ης</sup> τάξης. Η έρευνα αυτή είχε διάρκεια τρεις μήνες. Οι μαθητές μοιράστηκαν σε δύο ομάδες οι οποίες θα συμμετείχαν τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα σε μαθήματα ΦΕ και Τεχνολογίας. Η πρώτη ομάδα, η ομάδα ελέγχου, θα διδάσκονταν με την παραδοσιακή μέθοδο και χωρίς τη χρήση animation ενώ η δεύτερη, η πειραματική ομάδα, με τη χρήση animation. Τα θέματα προς διδασκαλία ήταν δύο: η γη και το διάστημα για την 5<sup>η</sup> τάξη και τα υλικά και οι ιδιότητές τους για την 7<sup>η</sup> τάξη. Η ερευνητική ομάδα έδωσε στους μαθητές ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εφαρμογή. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι μαθητές που διδάχτηκαν με τη χρήση animation μπόρεσαν να εφαρμόσουν τις γνώσεις που προσκόμισαν σε ένα νέο για αυτούς επιστημονικό και τεχνολογικό πλαίσιο. Επίσης, φάνηκε πως οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, άλλαξαν τις αντιλήψεις τους για τα μαθήματα των ΦΕ και της Τεχνολογίας τα οποία τα βρήκαν πιο ενδιαφέροντα, αυξήθηκαν τα κίνητρά τους για τη μάθηση και τέλος έδειξαν ενδιαφέρον για τη διεξαγωγή των πειραμάτων (Rosen, 2009).

Σε μία δεύτερη έρευνα που έλαβε χώρα στην Αυστρία στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο στο Γκραζ και στη Βιέννη, συμμετείχαν 129 φοιτητές. Μία πρώτη ομάδα 49 ατόμων πήραν μέρος τον χειμώνα του 2002/03 και μία δεύτερη ομάδα 80 φοιτητών συμμετείχαν το καλοκαίρι του 2007. Κατά την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δύο εργαλεία: μία σελίδα από το σχολικό εγχειρίδιο με θέμα τη μετάδοση του σήματος μέσω στατικών εικόνων και ένα animation με τις ίδιες πληροφορίες αλλά σε δυναμική μορφή. Η εφαρμογή είχε διάρκεια 40 λεπτά. Στους φοιτητές δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο, με τέσσερις ερωτήσεις, πριν και μετά την εφαρμογή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχαν διακριτές διαφορές στην επίδοση μεταξύ φοιτητών, που στη μάθησή τους υπήρχαν δυναμικά μέσα (όπως τα animation) και σε αυτούς που υπήρχαν στατικά μέσα (όπως τα κείμενα και οι εικόνες). Το συμπέρασμα που κατέληξαν στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν ότι όσο πιο σύνθετο είναι το υλικό προς μάθηση τόσο μεγαλύτερα φαίνεται να είναι και τα οφέλη (Holzinger, Kickmeier-Rust & Albert, 2008).

#### *1.4.3. Πώς μπορούμε να προσεγγίσουμε τις εικόνες των σωμάτων στην κλίμακα του νάνο;*

Φαίνεται πως η εκπαίδευση STEAM μπορεί να ενσωματώσει την προσέγγιση του περιεχομένου της N-ET μέσω καλλιτεχνικών πρακτικών. Πιο συγκεκριμένα, για να επιτευχθεί η δημόσια κατανόηση περί του περιεχομένου της N-ET, δηλαδή να καθιστούν εγγράμματοι οι πολίτες πάνω στο περιεχόμενο της N-ET, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν το animation.

Για να απαντηθεί το ερώτημα «πώς να προσεγγίσουμε και να ερμηνεύσουμε τις εικόνες των σωμάτων στην κλίμακα του νάνο;» προτείνονται τέσσερις διαφορετικές οπτικές (Toumey & Cobb, 2012).

#### **1<sup>η</sup> οπτική: Κριτική επιστημολογία**

Στη βιβλιογραφία τίθεται το μεγάλο ερώτημα αφού οι εικόνες σε νανοκλίμακα δεν είναι πραγματικές, δεν τις βλέπουμε, πώς θα τις απεικονίσουμε; Πώς μπορούμε να γνωρίζουμε τι είναι πραγματικό όταν βλέπουμε μια εικόνα ενός αντικειμένου στη νανοκλίμακα; Όντως οι εικόνες δεν είναι πραγματικές, μιας και για να δούμε αντικείμενα που δεν φαίνονται με το οπτικό μικροσκόπιο αλλά είναι και μικρότερα από το μήκος κύματος του ορατού φωτός χρησιμοποιούνται εργαλεία, όπως ηλεκτρονικά μικροσκόπια (Electron Microscope, EM) ή μικροσκόπια σάρωσης επιφανειών (Probe Microscope, PM) όπου τα δεύτερα μπορούν να απεικονίσουν αντικείμενα μικρότερα του 0,1 nm. Τα δύο πιο γνωστά μικροσκόπια σάρωσης είναι

τα: Scanning Tunneling Microscope (STM) και Atomic Force Microscope (AFM) τα οποία διαφέρουν στο πώς οπτικοποιούν αντικείμενα στη νανοκλίμακα από τα παραδοσιακά ηλεκτρονικά ή οπτικά μικροσκόπια. Σαρώνουν επιφάνειες και μετρούν παραλλαγές στη ροή των ηλεκτρονίων από την επιφάνεια που απεικονίζεται στην άκρη ενός αισθητήρα. Εργάζονται σε συνθήκες κενού αέρα και σε παγωμένες θερμοκρασίες για να διαχωρίσουν το δείγμα από την ατμόσφαιρα αλλά και να μικρύνουν τις ταχύτητες των ηλεκτρονίων. Ο αισθητήρας έχει τη ικανότητα να αγγίζει την επιφάνεια ώστε να «κοιτάξει» τι υπάρχει εκεί, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι επιτρέπεται να «δει» κάτω ή γύρω από τα αντικείμενα. Οι μετρούμενες μεταβολές στη συνέχεια μετατρέπονται σε τοπογραφικές εικόνες χωρίς το όργανο να αποκαλύπτει τι μπορεί να «δει» ένας «φανταστικός παρατηρητής» νανοκλίμακας. Με λίγα λόγια μετατρέπουν ηλεκτρονικά σήματα σε οπτικές απεικονίσεις που βοηθούν να κατανοήσει το κοινό την επιστήμη. Για να κατανοήσει κανείς τα κενά που έχει αυτή η μέθοδος αρκεί να πάρει ένα ξυλαράκι και να προσπαθήσει με κλειστά μάτια να μαντέψει το σχήμα ενός αντικειμένου απλώς ακουμπώντας την μια άκρη του ξύλου αρκετές φορές πάνω του. Έτσι οι απεικονίσεις αυτές δίνουν οπτικές πληροφορίες όμως ενέχουν και κάποια κεντρικά προβλήματα στις σχέσεις μεταξύ του αντικειμένου, την εικόνα του αντικειμένου και του ανθρώπου που θα δει την εικόνα. Τα PM δημιουργούν εικόνες με χρώματα, με σκιές ώστε να δίνουν την ψευδαίσθηση των τριών διαστάσεων, είναι στατικές εικόνες κινούμενων αντικειμένων. Οι επιστήμονες καταλήγουν στην παραδοχή ότι οι νανοεικόνες είναι εγγενώς ατελείς και ανοίγουν τον δρόμο στις παρερμηνείες (Ridder-Vignone & Lynch, 2012; Robinson, 2012; Toumey & Cobb, 2012).

Ένα επιστημολογικό θέμα που τίθεται παραπάνω είναι το πώς παρατηρούν οι επιστήμονες τα αντικείμενα. Τα αντικείμενα του Μακρόκοσμου και του Μικρόκοσμου τα παρατηρούν, αυτά όμως του Νανόκοσμου τα απεικονίζουν μέσω των οργάνων. Η Νανοτεχνολογία και η Νανοεπιστήμη κέρδισαν την αξιοπιστία τους από τις εικόνες που άρχισαν να κατασκευάζουν. Όμως οι απεικονίσεις αντικειμένων σε νανοκλίμακα εμφανίζονται από τα όργανα και δεν είναι άμεσης παρατήρησης, όπως αυτές από τα τηλεσκόπια, της ακτίνες Χ και τα παραδοσιακά μικροσκόπια. Οπότε δημιουργούν προϊόντα απεικόνισης. Δηλαδή συλλέγουν πληροφορίες από μοντέλα για να φτιάξουν μοντέλα. Το ερώτημα εδώ είναι πώς θα νιώσουν οι άνθρωποι αν μάθουν ότι οι εικόνες φαινομένων σε νανοκλίμακα δεν έχουν το είδος της εγκυρότητας που περιμένουν (Toumey, 2007; Toumey & Cobb, 2012).

## **2<sup>η</sup> ΟΠΤΙΚΗ: Αισθητικά εργαλεία**

Ένα επόμενο ερώτημα είναι πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε αυτές τις ατελείς εικόνες ώστε να προσδιορίσουμε την αξία των οπτικών πληροφοριών που υπάρχουν σε αυτές; Την απάντηση μας την δίνουν τα τρία επόμενα αισθητικά εργαλεία.

Ανάμεσα στην επιστημονική τεκμηρίωση και την επιστημονική φαντασία υπάρχει η σχηματική παράσταση η οποία δεν προορίζεται να είναι ισοδύναμη με φωτογραφίες, διαφάνειες μικροσκοπίου ή άλλες μορφές μιμητικής αναπαράστασης. Αντί αυτού, απομονώνει μια σχέση ή αρχή και δείχνει τα πιο σημαντικά μέρη της εικόνας, είναι επιλεκτικές απεικονίσεις επιστημονικών φαινομένων και η αξία τους βρίσκεται κοντά στην επιστημονική τεκμηρίωση και την δημιουργική φαντασία.

Ένα δεύτερο αισθητικό εργαλείο που αναφέρεται είναι το ρεύμα των Κυβιστών που αναπτύχθηκε τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Εκείνη την περίοδο τέθηκε ένα σημαντικό ερώτημα γιατί η οπτική γνώση ενός αντικειμένου πρέπει να περιορίζεται σε μια στιγμή ή μια προοπτική; Έτσι από το ρεύμα των κυβιστών γεννήθηκε η ανάγκη ανάπτυξης ενός νέου τρόπου να βλέπουμε τα αντικείμενα με πρωτοπόρο τον Πάμπλο Πικάσο, 1907, με τον πίνακά του *Les Femmes d'Alger (O. J. R. M.)*. Οι επιστήμονες από εκείνη την εποχή δανείστηκαν τρεις τεχνικές της αρχής simultanéité προς όφελος της ενίσχυσης της επιστημολογίας και της αξιοπιστίας των εικόνων που παράγονται με μικροσκοπία σάρωσης. Σκέφτηκαν να δώσουν μια ακόμα διάσταση στις ήδη τρεις του Ευκλείδη (ύψος, βάθος, πλάτος) ώστε να φαίνεται ακόμα πιο αληθινό ένα αντικείμενο που απεικονίζεται σε δύο διαστάσεις. Ο τρόπος που βρήκαν ήταν να απεικονίσουν ένα αντικείμενο την ίδια χρονική στιγμή από πολλαπλές διαστάσεις. Οι τρεις τεχνικές που σκέφτηκαν ήταν:

*Η χρονική προοπτική:* Οι εικόνες φαίνονται σαν να έχουν παγώσει στον χρόνο. Στη ναοκλίμακα οι θερμικές δονήσεις ισοδυναμούν με μαζικούς σεισμούς οπότε ένα άτομο ποτέ δεν θα μπορέσει να κρατηθεί ακίνητο ώστε να φωτογραφηθεί. Έτσι η λύση δόθηκε με την αναπαράσταση του αντικειμένου μέσα από σειρά εικόνων οι οποίες έδειχναν την πορεία μέχρι το τελικό αποτέλεσμα. Η σειρά αυτή βοηθά τον παρατηρητή να δει την προσωρινή σχέση μεταξύ αντικειμένου και εικόνας.

*Η προοπτική του χρώματος:* Τα αντικείμενα σε κλίμακα νάνο δεν έχουν δικά τους χρώματα όμως το ανθρώπινο μάτι για να καταλάβει μια εικόνα χρειάζεται το χρώμα ή τις σκιές. Έτσι σε αυτές τις εικόνες τοποθετούνται χρώματα αυθαίρετα όπως έγινε σε ένα εργαστήριο στο Μπίλεφελντ της Γερμανίας όπου δημιουργήθηκε το 'νανομπουκέτο λουλουδιών', από καρβίδιο του πυριτίου, με τη βοήθεια ενός σαρωτή ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (SEM), στο οποίο τοποθετούσαν διαφορετικό χρώμα.



Κατέληξαν ότι αλλάζοντας το χρώμα του μπουκέτου δεν άλλαζε κάτι στη δομή του που αυτό ήταν και το σημαντικό του αντικείμενου.

*Η απτική προοπτική:* Με τη βοήθεια ενός οργάνου του NanoManipulator δίνεται η δυνατότητα στους επιστήμονες να αισθανθούν αντικείμενα της νανοκλίμακας. Προσθέτει στον AFM σαρωτή την προοπτική των τριών διαστάσεων (3D) και την απτική διάσταση της επιφάνειας έχοντας την αίσθηση των μορίων, των ιών και άλλων αντικειμένων. Μπορούν να μετακινούν αντικείμενα πάνω στην επιφάνεια και έπειτα να παρατηρούν πώς οι ενέργειές τους άλλαξαν την επιφάνεια του δείγματος.

Τα έργα των Κυβιστών ενόχλησαν ή χαροποίησαν το κοινό σε αυτό που πρέπει όμως να δίνεται βαρύτητα είναι στο κατά πόσο μπορούν τα έργα αυτά να δυναμώσουν την γνώση του παρατηρητή πάνω στην αλήθεια που βρίσκεται σε μια εικόνα. Επίσης ένα κριτήριο στο αν πέτυχαν το σκοπό τους τα έργα αυτά είναι αν εμπλουτίστηκαν με χρόνο, χρώμα, άγγιγμα και άλλες προοπτικές και αν προστέθηκαν στην εμπειρική γνώση που υπάρχει στη νανοκλίμακα.

Στο τρίτο αισθητικό εργαλείο για να ερμηνευτούν οι ατελείς εικόνες προτείνεται η *αρχή της inter-instrumentality*, όπου μπορεί κανείς να απεικονίζει ένα δείγμα χρησιμοποιώντας 2 ή περισσότερα διαφορετικά όργανα. Με αυτό τον τρόπο μπορεί κάθε όργανο να μας δείξει ένα αντικείμενο από διαφορετική οπτική τα οποία θα συμφωνούν κάπου. Σε ένα παράδειγμα το 2011 μετά τη χρήση 4<sup>ων</sup> οργάνων με δείγμα ανθρώπινες τρίχες και ερυθρά αιμοσφαίρια, είδαν ότι τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια συμφωνούν ότι δεν υπάρχουν χρώματα σε μικρότερη κλίμακα. Έτσι δεν περιοριζόμαστε μόνο στα συμπεράσματα της κριτικής επιστημολογίας (Toumey, 2007; Toumey & Cobb, 2012).

### **3<sup>η</sup> ΟΠΤΙΚΗ:** Συγκρίσεις απεικονίσεων από άλλους επιστημονικούς τομείς

Ένα ερώτημα που τίθεται σε αυτή την οπτική είναι «πώς μπορούμε να συγκρίνουμε τις ιδέες για τις απεικονίσεις στη Ν-ΕΤ με απεικονίσεις σε άλλες επιστημονικές περιοχές;». Μια σύγκριση μπορεί να γίνει με τις εικόνες που δημιούργησε το τηλεσκόπιο Hubble. Δημιουργεί δισδιάστατα φασματογραφήματα στοιχείων στο διάστημα προσθέτοντας χρώματα. Μία τεχνική που ακολουθείται και στη Ν-ΕΤ. Μια άλλη μορφή επιστημονικής απεικόνισης είναι η απεικόνιση του εγκεφάλου. Μιας και δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε άμεσα τον εγκέφαλο, αναπτύχθηκαν μη επεμβατικές τεχνικές απεικόνισης για να απεικονίσουν αυτό που δεν θα μπορούσαμε να δούμε αλλιώς. (Toumey & Cobb, 2012).

Τι γίνεται όμως όταν θέλουν να ερμηνεύσουν τις νανοεικόνες είτε οι επιστήμονες είτε οι καλλιτέχνες; Δημιουργήθηκε μια μέθοδος καλύτερης κατανόησης

του τι γίνεται αντιληπτό μέσω των νανοεικόνων. Οι νανοεικόνες δεν περιορίζονται μόνο στις αναπαραστάσεις των μικροσκοπίων είναι και α) σχηματικές επιστημονικές αναπαραστάσεις, οι οποίες βασίζονται σε μια συλλογή δεδομένων της νανοκλίμακας με σκοπό να αναπαραστήσουν αποτελεσματικά την επιστημονική πραγματικότητα, αυτό μπορεί να γίνει από απλά σχέδια μέχρι τα μοντέλα ή και τα animations, β) τεκμήρια, είναι εικόνες από μικροσκόπια με προσθήκες χρώματος, σκιάς, αντανάκλασεις με σκοπό να γίνουν πιο οικείες στο κοινό, γ) φανταστικές εικονογραφήσεις, οι οποίες συλλογίζονται το μέλλον και τις επιπτώσεις της νανοτεχνολογίας, δεν είναι επιστημονικές εικόνες αλλά βασίζονται στην οπτική γοήτευση και ομορφιά, αυτές οι εικόνες είναι υπεύθυνες για την κατανόηση της επιστήμης από το κοινό όμως και την δημιουργία φόβων σε αυτό, δ) τέχνες (fine art), πιστεύεται ότι οι εικόνες πρέπει να παρέχουν στοχασμούς και να έχουν πολιτισμική ενόραση, για την δημιουργία αυτών των εικόνων συμμετέχουν πολλοί κλάδοι όπως σχεδιαστές, καλλιτέχνες, τεχνικοί, εικονογράφοι και άλλοι. Ο ευρύτερος κόσμος της Τέχνης είναι αμφίβηλος για τις δραστηριότητες των καλλιτεχνών που σχετίζονται με την επιστήμη, κάποιες δραστηριότητες χρηματοδοτούνται και άλλες θεωρούνται ως καινοτόμες, έτσι οι καλλιτέχνες παρουσιάζουν την επιστήμη ως Τέχνη και οι επιστήμονες τις εικόνες τους ως έργα Τέχνης και ε) υβριδικό συνδυασμό των παραπάνω κατηγοριών (Robinson, 2012).

#### **4<sup>η</sup> οπτική:** *Πώς ερμηνεύει τις νανοεικόνες το κοινό;*

Τι μπορεί να σκέφτονται οι μη επιστήμονες για τα αντικείμενα σε νανοκλίμακα; Αν μια νανοεικόνα αποκαλυφθεί ότι είναι επιστημολογικά προβληματική - αν μια οπτική απεικόνιση είναι παραπλανητική - τότε η νανοτεχνολογία θα υποτιμηθεί;

Εφόσον το κοινό είναι ελλιπώς ενήμερο πάνω στη Νανοτεχνολογία, τι σημαίνει να μάθουν για αυτήν όταν οι απεικονίσεις των αντικειμένων της νανοκλίμακας είναι επιστημονικά προβληματικές;

Στη βιβλιογραφία φαίνεται πως οι καλλιτέχνες και οι επιστήμονες παρουσιάζουν νανοεικόνες για να προσεγγίσουν τον κόσμο που δεν μπορούμε να δούμε. Φαίνεται ότι δεν έχουν σχέση μεταξύ τους κι όμως υπάρχει ένα κοινό πεδίο αυτό της απεικόνισης αντικειμένων.

Διαφορετικοί τύποι εικόνων προκαλούν τη φαντασία του θεατή με διαφορετικό τρόπο, χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα γνώριμες σκηνές, στυλ και υλικά. Οι πιο διάσημες εικόνες συχνά ενδιαφέρονται να είναι όμορφες οπτικά και να δίνουν λιγότερο επιστημονικές πληροφορίες. Κάνουν χρήση οπτικών αναλογιών και κανόνων για να μπορούμε να βλέπουμε τα νανοαντικείμενα. Οι συμβατικές απεικονίσεις προκαλούν τους θεατές να φανταστούν μια σειρά από πραγματικά

αντικείμενα τα οποία είναι διαφορετικά από τα γνωστά της μακροκλίμακας και μικροκλίμακας. Οι σύγχρονοι επιστήμονες αναγκάστηκαν να κινήσουν το ενδιαφέρον σε ένα ανενήμερωτο κοινό αλλά και να επηρεάσουν τους φορείς λήψης αποφάσεων ώστε να μην σταματήσουν οι δωρεές για τη συνέχιση των ερευνών. Δημιουργήθηκαν ηλεκτρονικές πινακοθήκες παρουσιάζοντας επιστημονικές εικόνες από διάφορα πεδία με σκοπό να προωθήσουν την έρευνα σε άλλους ερευνητές ή ακόμα και στο κοινό. Δεν θα μπορούσαν να λείπουν οι εικόνες με αντικείμενα του νανόκοσμου. Υπάρχουν ηλεκτρονικές πινακοθήκες με διαφορετικές συλλογές και είδη Τέχνης (IBM-Almaden STM Gallery,), με εικόνες ιστορικών νανομπότ (The Nanomedicine Art Gallery), με δουλειές από μεμονωμένους καλλιτέχνες αλλά και από συμμετέχοντες σε διαγωνισμούς (Carl Zeiss Nano Image Contest,).

Οι εικόνες αντικειμένων σε κλίμακα νάνο λαμβάνουν διαφορετικές μορφές σε διαφορετικά πλαίσια έρευνας και δημοσίευσης. Έτσι στις ηλεκτρονικές πινακοθήκες υπάρχουν εντυπωσιακές διαφορές μεταξύ των ειδών των εικόνων. Λόγω των διαφορών αυτών οι εικόνες χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες.

*Εμπειρικές (Renderings):* Με τον όρο εμπειρικές εννοούνται οι εικόνες που πάρθηκαν από όργανα για την απεικόνιση φαινομένων που ενδιαφέρουν τους ειδικούς. Οι εικόνες αυτές είναι ρεαλιστικές στην εμφάνισή τους, λιτές, μονόχρωμες ή ασπρόμαυρες γενικά φειδωλές σε λεπτομέρειες και μπορεί συχνά να απεικονίζονται σαν μοντέλα.

*Νανοσκάφος: εμφανίζει τεχνική μαεστρία:* Οι εικόνες είναι ακατέργαστες, μονόχρωμες επιγραφές, σχέδια ή γλυπτά. Σε αυτές τις εικόνες δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην Τέχνη και λιγότερη στην επιστήμη. Τους ενδιαφέρει να φανεί πώς επεξεργάζονται εξωτικά υλικά σε πρωτόγνωρη κλίμακα.

*Αυτοσυναρμολογούμενα "Αντικείμενα που βρέθηκαν" και τοπία:* Οι εικόνες απεικονίζουν περισσότερο ότι υπάρχει και όχι ότι φτιάχτηκε, δίνουν σημασία στην κλίμακα και είναι περισσότερο εικόνες κοντά στη φύση. Για να απεικονίσουν τοπία σε νανοκλίμακα χρησιμοποιούν μια τεχνική όπου δείχνουν την επιφάνεια σαν μακρινή θέα και όχι σαν δισδιάστατο χάρτη απευθείας πάνω από το συγκεκριμένο σημείο. Για να εκτιμηθούν αυτές οι εικόνες πρέπει να κατανοηθεί ότι δεν είναι αυτό που απεικονίζουν. Δεν είναι λουλούδια ή έρημα τοπία αλλά νανοδομές που φτιάχνονται με χημικά μέσα και χειρισμούς.

*Εξιδανικευμένες εικόνες/μοντέλα:* Στις εικόνες από τα κομπιούτερ αλλά και από τα animations φαίνεται σαν η επιφάνεια να είναι λεία, για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιείται μια τεχνική όπου προστίθενται σκιές και φως ώστε να δίνεται πιο ρεαλιστική ποιότητα. Αν και τα μοντέλα φαίνονται σαν να υπάρχουν σε άδειο χώρο οι καλλιτέχνες προσθέτουν τοπία και επιφάνειες και κάνουν τις εικόνες πιο

καλλιτεχνικές. Τα σχηματοποιημένα μοντέλα φαίνονται σαν να απεικονίζουν την κίνηση των αντικειμένων, οι εικόνες από το STM σαρωτή προσδίδουν έμφαση στην πραγματικότητα μέσα από μια σειρά μικροσκοπικών πλαισίων ενώ τα μοντέλα μορίων είναι ρεαλιστικές εικόνες που δίνουν βάση στη δομή τους.

*Φανταστικά ταξίδια:* Χρησιμοποιούν ρεαλισμό στις εικόνες ώστε να δημιουργήσουν φανταστικές σκηνές που αφηφούν τις φυσικές αρχές που υπάρχουν στην νανοκλίμακα. Οι φανταστικές μηχανές (nanobot) που απεικονίστηκαν κατά την πρώιμη φάση του νανοτεχνολογικού κινήματος δεν μοιάζουν με μοριακά μοντέλα, αλλά αντ' αυτού απεικονίζουν ρομπότ και οχήματα που μοιάζουν με μακροσκοπικά μηχανήματα. Οι καλλιτεχνικές απεικονίσεις των nanobots έχουν σκοπό να κάνουν τα άγνωστα χαρακτηριστικά της νανοτεχνολογίας να φαίνονται γνωστά σε ευρύ κοινό και να κάνουν τα πράγματα που δεν υπάρχουν να φαίνονται σαν να υπήρχαν σύντομα. Τα νανοσύνθετα είναι μια από τις πιο κοινές μορφές φανταστικών nanobots: Αντιπροσωπεύουν πώς η νανοτεχνολογία θα μπορούσε να βελτιώσει τη ζωή μας ακριβώς με τον έλεγχο των συνθηκών στο σώμα μας. Έγινε μια έρευνα στο ευρύ κοινό δείχνοντάς του εικόνες νανορομπότ να επεμβαίνουν σε καρκινικά κύτταρα. Είναι κατανοητό ότι οι μηχανές σε αυτή την κλίμακα δεν θα είχαν καμία σχέση με αυτή την εικόνα. Το δείγμα (849 συμμετέχοντες σε δίκτυο γνώσης, Knowledge Networks, συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο από το σπίτι τους online, στην Αμερική, Απρίλη του 2010) χωρίστηκε σε αυτούς που ήξεραν και σε αυτούς που δεν ήξεραν τίποτα περί νανοτεχνολογίας. Όσοι γνώριζαν ελάχιστα δεν επηρεάστηκαν καθόλου ενώ όσοι δεν γνώριζαν τίποτα επηρεάστηκαν ελάχιστα. Με άλλα λόγια, η εικόνα φαίνεται να αυξάνει την αβεβαιότητα μεταξύ των μη ενημερωμένων. Μια ακόμη φανταστική εικόνα (Nano-louse) που έχει τραβήξει το ενδιαφέρον είναι αυτή στην οποία ένα nanobot επεμβαίνει σε ερυθρά αιμοσφαίρια. Ακόμα και στον τίτλο η λέξη 'nano' είναι παραπλανητική μιας και τα ερυθρά αιμοσφαίρια βρίσκονται σε μικροκλίμακα (6-10 μικρά,  $10^{-6} m$ ). Βλέπουμε πως η απεικόνιση ενός αντικειμένου που δεν είναι πραγματικό και δεν μπορεί ποτέ να γίνει πραγματικό, επηρεάζει τις δημόσιες νοοτροπίες σχετικά με τις επιπτώσεις της νανοτεχνολογίας στην υγεία και την ιατρική. Γιατί όμως συνεχίζονται να δημιουργούνται τέτοιες εικόνες με ασάφειες και γιατί παίρνεται το ρίσκο να υπομονευτεί η καλή επιστήμη, να χαθεί η εμπιστοσύνη του κοινού αλλά και η χρηματοδότηση; Η επιστημονική κοινότητα μερικές φορές προτιμά να θυσιάσει την επιστημονική ακρίβεια ώστε να βοηθήσει το ευρύ κοινό να βρει ενδιαφέρουσα την επιστήμη (Ridder-Vignone & Lynch 2012; Robinson 2012; Toumey & Cobb 2012; Nerlich 2008).

#### 1.4.4. Πολυμεσική Μάθηση: εκπαιδευτικές εφαρμογές για την προσέγγιση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ

Στην ενότητα αρχικά περιγράφεται η επισκόπηση που έγινε σε animations με περιεχόμενο τη Ν-ΕΤ και στη συνέχεια ακολουθεί η επισκόπηση που διεξήχθη σε σχετικές έντυπες πηγές.

Αναζητήθηκαν, σε ηλεκτρονικές ιστοσελίδες, animation με τα ακόλουθα κριτήρια: να έχουν εκπαιδευτικό προσανατολισμό, να μην είναι επικεντρωμένα σε εξειδικευμένο τομέα επιστήμης, να εστιάζουν στο «Μέγεθος και την Κλίμακα» στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση και τέλος να ακολουθούν κάποιες από τις 11 τεχνικές ή μίξη αυτών (Ενότητα. 1.3.7.3.3.). Βρέθηκαν και μελετήθηκαν 15 animations. Από αυτά μόνο τα τρία υπήρχαν σε δημοσιεύσεις της σχετικής βιβλιογραφίας (εικόνα 7: «Do you know what nano means?» (Blonder & Rap 2012), εικόνα 8: «Horton hears a who» (Πέικος κ.ά. 2015α) και εικόνα 9: «Powers of Ten» (Jones et.al.,2007). Σημειώνεται ότι ένα βίντεο (Εικόνα 9) δεν ακολουθούσε κάποια από τα παραπάνω κριτήρια, δηλαδή δεν αναγνωρίστηκε μίξη των 11 τεχνικών για την παραγωγή του και επίσης αναφέρεται σε μαθητές του Γυμνασίου κι όχι του Δημοτικού. Ωστόσο μελετήθηκε το συγκεκριμένο βίντεο γιατί διαπραγματευόταν τις δυνάμεις του 10 και την κλίμακα με εστίαση τόσο σε μεγάλες όσο και σε μικρές κλίμακες, έχοντας αφετηρία το ανθρώπινο σώμα.



**Εικόνα 7:** Στιγμιότυπο από το animation με τίτλο «Do you know what nano means?», μικτή τεχνική (2D animation + animation αντικειμένων)



**Εικόνα 8:** Στιγμιότυπο από το animation με τίτλο «Horton hears a who», τεχνική 2D animation



**Εικόνα 9:** Στιγμιότυπο από το βίντεο με τίτλο «Powers of Ten», μικτή τεχνική (βίντεο, φωτογραφίες, stop motion animation)

Όσον αφορά τα δημοσιευμένα άρθρα αναδεικνύονται αρκετά παραδείγματα όπου κατά τη διδασκαλία τους εκπαιδευτικοί και ερευνητές χρησιμοποιούν, σε τυπικά και σε άτυπα περιβάλλοντα μάθησης, πολυμεσικά εργαλεία ώστε να διδάξουν περιεχόμενο της Ν-ΕΤ.

Στο πανεπιστήμιο Midwestern διεξήχθη έρευνα σε 224 φοιτητές οι οποίοι παρακολούθησαν ένα εισαγωγικό μάθημα πληροφορικής (Magana 2014). Δόθηκαν τρία διαφορετικά πολυμεσικά εργαλεία με οπτικές πληροφορίες σε τρεις ξεχωριστές ομάδες φοιτητών. Σε κάθε ένα από τα τρία εργαλεία υπήρχε ένα σύνολο αντικειμένων που είχαν διαφορετικά μεγέθη, καθώς και μια λογαριθμική κλίμακα που έδειχνε το πραγματικό μέγεθος του κάθε αντικειμένου. Για παράδειγμα, στην εικόνα 10 φαίνονται τρία στιγμιότυπα από το πολυμεσικό εργαλείο NanoScaling και ειδικότερα στο πρώτο στιγμιότυπο απεικονίζονται μια μπάλα, ένα ποδήλατο, ένα κορίτσι και ένας ελέφαντας.

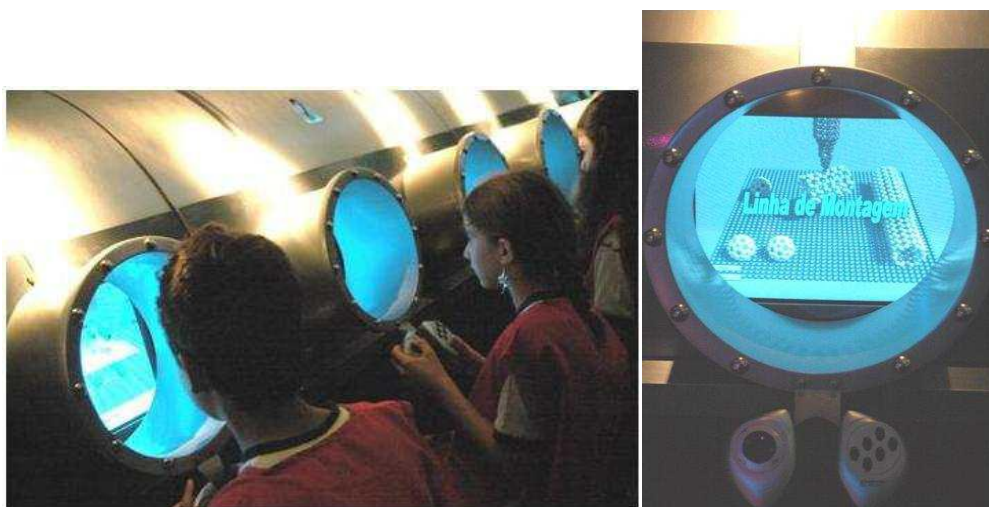


**Εικόνα 10:** Πολυμεσικό εργαλείο NanoScaling: τρία στιγμιότυπα (Magana, 2014, p. 373)

Αφού συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα από τα αρχικά και τελικά τεστ φάνηκε ότι και οι τρεις ομάδες φοιτητών βελτίωσαν την ικανότητά τους σχετικά με την ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων. Οι ρητές οδηγίες σχετικά με τον τρόπο

χρήσης λογικών αναλογιών -ως στρατηγική μάθησης- φαίνεται ότι ενίσχυσαν την ποιοτική αναλογική αντίληψη. Η χρήση της μεταφοράς της κλίμακας (scale metaphor) κρίθηκε η καλύτερη στρατηγική μάθησης για την ανάπτυξη της λογικής και μαθηματικής αναλογικής σκέψης. Τα παραπάνω αποτελέσματα αποδόθηκαν στην άμεση ανατροφοδότηση που η πολυμεσική μάθηση παρέχει, αφού ο χρήστης μπορεί να κάνει zoom στην εικόνα του μέσου, τα αντικείμενα εμφανίζονται σε τρεις διαστάσεις (3D) και έτσι η σύγκριση των μεγεθών τους καθίσταται ευκολότερη. Ακόμη αναγνωρίστηκε ότι πολυμεσική μάθηση προσφέρει πολυτροπική και πολυδιάστατη παρουσίαση πληροφοριών διευκολύνοντας τη λήψη νοήματος σε διαφορετικές κλίμακες. Ωστόσο, η προσθήκη του ανθρώπου-avatar στα εργαλεία μπορεί να θεωρηθεί πιθανή πηγή εσφαλμένων αντιλήψεων από τους μαθητές, επειδή το μέγεθος του ανθρώπινου ειδώλου δεν ήταν αναλογικά σύμφωνο με το μέγεθος των υπόλοιπων αντικειμένων (Magana 2014).

Στη Βραζιλία, δημιουργήθηκε ένας χώρος, ο NanoAventura, στον οποίο υπήρχαν διαδραστικά εκθέματα. Ο χώρος αυτός έγινε στα πλαίσια κατασκήνωσης του Ερευνητικού Μουσείου: UNICAMP Exploratory Science Museum. Το θεωρητικό πρίσμα αυτού του εγχειρήματος βασίζεται στη Μουσειακή αγωγή. Απώτερος σκοπός του ήταν να δημιουργηθεί μια διαδραστική έκθεση που θα προκαλούσε το ενδιαφέρον των μαθητών 9-12 ετών για τη νανοτεχνολογία. Χρησιμοποιήθηκαν εκπαιδευτικά υλικά όπως βίντεο, ηλεκτρονικά παιχνίδια, μουσική και προσομοιώσεις. Οι μαθητές που πήραν μέρος καλούνταν να εξερευνήσουν τον «νανοσκοπικό κόσμο» ώστε να αποκομίσουν μαθησιακά οφέλη αλλά και να ψυχαγωγηθούν. Το περιεχόμενο το οποίο διαπραγματεύτηκαν ήταν: η νανοϊατρική, τα νανοκυκλώματα, οι αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες και το μέγεθος και κλίμακα.



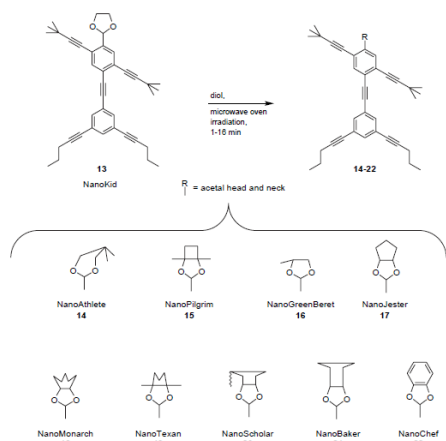
**Εικόνα 11:** Στιγμιότυπο από το Nanocircuits, ένα από τα εκθέματα (Murriello, Contier & Knobel, 2006, p.6)

Αρχικά οι ερευνητές μέσα από ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις συνέλεξαν στοιχεία για να καταγράψουν τις πρώτες ιδέες των μαθητών. Λαμβάνοντας υπόψη τις ιδέες τους σχεδίασαν τα τέσσερα εκθέματα. Διαπιστώθηκε ότι μικρότερο από το 20% ενός δείγματος, 72 μαθητών του Σάο Πάολο, γνώριζαν τις λέξεις «Νανοτεχνολογία» και «Νανοεπιστήμη» αλλά κανείς δεν μπορούσε να δώσει έναν ορισμό για αυτές. Στις απόψεις των μαθητών αναγνωρίστηκε η γενική ιδέα ότι η ύλη αποτελείται από μικρότερα κομμάτια κάτι που έφερε προβλήματα στην εννοιολογική κατανόηση της νανοτεχνολογίας, όπως φαίνεται παρακάτω. Στην ερώτηση «ποιο είναι το πιο μικρό αντικείμενο;» το 33% ανέφεραν αντικείμενα του μακρόκοσμου, όπως κουνούπια και μύγες, το 48% έδωσε παραδείγματα του μικρόκοσμου, όπως βακτήρια και κύτταρα ενώ το 17% έδωσε παραδείγματα του ατομικού κόσμου όπως άτομα και μόρια. Γίνεται κατανοητό ότι για να περάσει κανείς από τον μακρόκοσμο στον νανόκοσμο το κλειδί είναι ο βιολογικός μικρόκοσμος. Για να προσεγγιστούν τα αντικείμενα του νανόκοσμου αναγνωρίστηκε ότι η καταλληλότερη μορφή είναι οι αναπαραστάσεις και οι εικόνες. Φάνηκε λοιπόν ότι η επαφή των μαθητών με τα εκθέματα του Μουσείου επηρέασε τις αρχικές ιδέες τους καθώς και το ενδιαφέρον τους για το θέμα. Το NanoAventura βοήθησε τους μαθητές να μάθουν για μια άγνωστη διάσταση της ύλης και να κατανοήσουν βασικές επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα φαίνεται να συμβάλλει στις προσπάθειες των μαθητών να αντιληφθούν την κλίμακα και το μέγεθος και να τους παρακινήσει να σκεφτούν για τη δομή της ύλης (Murriello, Contier & Knobel, 2006).

Η συνεργασία επιστημόνων και καλλιτεχνών αποτελεί μια άλλη καινοτομική προσέγγιση του περιεχομένου της NET. Συγκεκριμένα, ερευνητές, που μελετούν τη σύνθεση χημικών ενώσεων, έχοντας από καιρό ενθουσιαστεί με τον ακριβή χειρισμό της ύλης στη νανοκλίμακα, αποφάσισαν να αναπαραστήσουν χημικούς δεσμούς στο μαθητικό πλήθος. Για να το πετύχουν αυτό, συνεργάστηκαν με καλλιτέχνες έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα 3D animation το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Απώτερος σκοπός τους ήταν όλες οι ηλικιακές ομάδες να μπορέσουν να εκτιμήσουν την ομορφιά του χημικού σχεδιασμού μέσα από ένα διασκεδαστικό εργαλείο, το animation. Οι σχεδιαστικές αποφάσεις που πάρθηκαν ήταν: να υπάρχει ελευθερία στην παρουσίαση της εικόνας των χημικών δεσμών και η τελική τους σύνθεση να είναι μόρια ύψους 2nm που μοιάζουν με ανθρώπινες φιγούρες, τους Nanoputians. Το Nanoputian ήταν ένα μόνο μόριο, το όνομα του οποίου δημιουργήθηκε από τη λέξη nano και τη λέξη Λιλιπούτσιοι, από τα ταξίδια του Γκιούλιβερ. Ο «πρόγονος» των Nanoputians ήταν το NanoKid13, στο οποίο συνδέθηκαν διαφορετικά τμήματα - "κεφαλές" μέσω της ανταλλαγής ακεταλίων



υπό την ακτινοβολία μικροκυμάτων. Αυτό συνέβη για να παράγουν τελικά μια ποικιλομορφία μεταξύ του Nanoputians πληθυσμού (εικόνα 12). Αφού έφτιαξαν τον Nanoputian πληθυσμό αποφάσισαν να προσθέσουν χρώματα στα άτομα του κάθε μορίου. Οι καλλιτέχνες εδώ είχαν την ελευθερία να προσθέσουν τα χρώματα εκείνα που ήθελαν ώστε κάθε ένα μόριο να ξεχωρίζει από το άλλο π.χ. ο σεφ 22 είχε άσπρο χρώμα στα ρούχα του καφέ ανοιχτό για το δέρμα του και καφέ σκούρο για τα μάτια του (εικόνα 13).



**Εικόνα 12:** Το NanoKid13 και οι απόγονοί του (Chanteau, Ruths, Tour, 2003, p.397)



**Εικόνα 13:** Ο Nanoputian πληθυσμός με την προσθήκη χρωμάτων (Chanteau, Ruths, Tour, 2003, p.399)

Τα χρώματα προστέθηκαν γνωρίζοντας ότι πέρα από τα αισθητικό μέρος δεν θα επηρέαζε στη σύνθεση του μορίου. Το 3D NanoKid animation πραγματεύεται την νανοκλίμακα συγκρίνοντας μεγέθη π.χ. το μόριο του Nanoputian με το μέγεθος ενός λευκού αιμοσφαιρίου (Chanteau, Ruths, Tour, 2003).

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η συνεργασία μεταξύ διαφορετικών κλάδων (επιστήμονες διαφορετικών ειδικοτήτων, καλλιτέχνες) φαίνεται να είναι αναγκαία για την καλύτερη απεικόνιση των αντικειμένων στην κλίμακα του νάνο και παραπέρα για την κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας.

## 1.5. Συμπεράσματα

Κατά το πρώτο κεφάλαιο έγινε βιβλιογραφική επισκόπηση σε δύο πεδία: στο επιστημονικό πεδίο το οποίο ερευνά την εκπαιδευτική προσέγγιση του περιεχομένου της N-ET και το καλλιτεχνικό το οποίο επικεντρώνεται στην εκπαιδευτική αξιοποίηση της Τέχνης του animation. Συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν έντυπες πηγές που είχαν

εκπαιδευτικό προσανατολισμό και εξαιρέθηκαν αυτά που ήταν επικεντρωμένα σε εξειδικευμένο τομέα της επιστήμης π.χ. Ιατρική ή στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση. Η έρευνα διεξήχθη στις μηχανές αναζήτησης: Google Scholar, Eric, Heal Link, Springer Link με λέξεις κλειδιά: *Nanotechnology/Nanoscience primary/secondary education, animation, storyboard, animatic*. Οι ίδιες λέξεις κλειδιά χρησιμοποιήθηκαν στην ελληνική γλώσσα. Επιπλέον, σε ηλεκτρονικές ιστοσελίδες επιχειρήθηκε να εντοπιστούν animation στα οποία να γίνεται διαπραγμάτευση της έννοιας «Μέγεθος και Κλίμακα». Η αναζήτηση έγινε μέσα από έναν σημαντικό αριθμό ηλεκτρονικών ιστοσελίδων όπως: archive.aec.at (Ars electronica archive), nano.gov, Nisenet.org, Nanozone.org, Molecularium.com, YouTube.com, wonderville.org, oknano.com, NanoArtworks.com κ.ά..

Στον πίνακα 4 συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Ειδικότερα φαίνονται ο αριθμός και το είδος των έντυπων πηγών που βρέθηκαν ανά επιστημονικό και καλλιτεχνικό πεδίο.

Στην δεύτερη στήλη φαίνεται ο αριθμός των πηγών που αφορούν την εισαγωγική διαπραγμάτευση του περιεχομένου της N-ET και ειδικότερα της Μεγάλης Ιδέας «Μέγεθος και Κλίμακα». Διαπιστώνεται ότι η διδακτική προσέγγιση της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση θεωρείται αναγκαία. Αυτό αποδίδεται κυρίως στο δυναμικά ανερχόμενο πεδίο της N-ET το οποίο απαιτεί επαρκή αριθμό επιστημονικού και εργατικού προσωπικού. Οι πρώτες διδακτικές εφαρμογές της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση τονίζουν ότι το ενδιαφέρον των μαθητών μπορεί να προκληθεί από: (i) τα «εντυπωσιακά και μυστήρια» φαινόμενα της N-ET, (ii) ένα πλαίσιο της μάθησης το οποίο έχει νόημα για τους μαθητές και (iii) το περιβάλλον μάθησης.

**Πίνακας 4:** Συγκεντρωτικός πίνακας βιβλιογραφικής επισκόπησης

Έντυπες πηγές	Επιστημονικά και καλλιτεχνικά πεδία			Σύνολο
	Εκπαιδευτική προσέγγιση της N-ET: «Μέγεθος & Κλίμακα»	Πολυμεσική μάθηση: Animation	STEAM: Nanotechnology & Animation	
<b>Άρθρα</b>	39	30	34	103
<b>Βιβλία</b>	7	22	12	41
<b>Διπλωματικές-Διδακτορικά</b>	3	2	1	6
<b>Σύνολο</b>	49	54	47	150

Επιπλέον, ο νανογραμματισμός αναδεικνύεται ως ένας νέος κλάδος του επιστημονικού γραμματισμού, ο οποίος αφορά την ικανότητα των πολιτών να διαχειρίζονται με κριτική σκέψη θέματα της καθημερινής τους ζωής που σχετίζονται με εφαρμογές της Ν-ΕΤ.

Η Μεγάλη Ιδέα «Μέγεθος και Κλίμακα» αναγνωρίζεται ως προαπαιτούμενη έννοια για την εκμάθηση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ. Για την κατανόηση της έννοιας αυτής, προτείνονται ποιοτικές και ποσοτικές θεωρήσεις-αντιλήψεις: (i) η κατηγοριοποιητική αντίληψη, στην οποία γενικεύονται μεγάλες κατηγορίες π.χ. το άτομο κατηγοριοποιείται στην ατομική κλίμακα, ο ιός στη νανοκλίμακα, τα βακτήρια στη μικροκλίμακα και ο άνθρωπος στη μακροκλίμακα, (ii) η σχεσιακή αντίληψη κατά την οποία γίνεται σειροθέτηση αντικειμένων σύμφωνα με το μέγεθός τους π.χ. από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο, (iii) η αναλογική ποιοτική σκέψη (π.χ. η διαφορά του μεγέθους του ύψους του ανθρώπου με το μήκος του μυρμηγκιού, είναι ίδια αναλογικά με τη διαφορά των μεγεθών μεταξύ του βακτηρίου και της διαμέτρου της διπλής έλικας του DNA. (iv) ποσοτική αναλογική σκέψη, π.χ. το μήκος του μυρμηγκιού είναι 1000 φορές μικρότερο από το ύψος του ανθρώπου, όπως το DNA είναι 1000 φορές μικρότερο από το βακτήριο και (v) η ποσοτική απόλυτη αντίληψη π.χ. η διάμετρος του DNA είναι περίπου 2nm. Μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης εκφράζουν εναλλακτικές ιδέες και δυσκολίες κατανόησης αναφορικά με τις παραπάνω όψεις. Ειδικότερα, οι μαθητές καταφεύγουν σε απλές κατηγοριοποιήσεις αντικειμένων. Για παράδειγμα, κατηγοριοποιούν διάφορα αντικείμενα σε δύο κατηγορίες (π.χ. ορατά-αόρατα) ή σε τρεις (μεγάλα-μεσαία-μικρά). Επιπλέον, ενώ σειροθετούν αντικείμενα του μακρόκοσμου, συναντούν δυσκολίες στη σειροθέτηση αντικειμένων του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου. Οι δύο όψεις της αναλογικής σκέψης (ποιοτική και ποσοτική) συνδέονται στενά με την αναλογική αντίληψη, που θεωρείται ως μη ανεπτυγμένη για μαθητές της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Τέλος, οι μαθητές εμφανίζουν δυσκολίες με το να εκφράσουν τα απόλυτα μεγέθη ως δυνάμεις του δέκα και έχουν έλλειψη εξοικείωσης με τις μονάδες μέτρησης του μικρόμετρου και του νανόμετρου. Συμπεραίνεται ότι η χρήση πολλών διαφορετικών στρατηγικών μάθησης όπως η χρήση απεικονίσεων μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν.

Όσον αφορά το πεδίο της πολυμεσικής μάθησης συμπεραίνουμε ότι στις πολυμεσικές εφαρμογές εμπίπτουν πολλοί τρόποι αναπαράστασης και εκφοράς της πληροφορίας όπως το κείμενο, η κινούμενη εικόνα, ο ήχος κ.ά.. Η πολυμεσική μάθηση βασίζεται στο ότι το υλικό που θα διδαχθεί θα πρέπει να σχεδιαστεί σύμφωνα με τον τρόπο που λειτουργεί ο ανθρώπινος νους. Συνεπώς, η πολυμεσική μάθηση επιτυγχάνεται όταν υπάρχουν κατασκευασμένες νοερές αναπαραστάσεις

από λέξεις και εικόνες με σκοπό την οικοδόμηση της γνώσης. Υπάρχουν τουλάχιστον τρεις θεωρίες πολυμεσικής μάθησης: η Γνωστική Θεωρία Μάθησης Πολυμέσων του Mayer, το ολοκληρωμένο μοντέλο για την κατανόηση κειμένου και εικόνας του Schnotz και η θεωρία του γνωστικού φορτίου του Sweller. Οι δύο πρώτες θεωρίες φαίνεται να συμφωνούν στη μη χρήση πολλαπλών μορφών αναπαραστάσεων όποτε είναι αυτό δυνατό, ενώ η θεωρία του Sweller επικεντρώνεται στην πολυπλοκότητα της πληροφορίας που χρειάζεται να επεξεργαστεί. Επίσης οι δύο πρώτες δέχονται ότι ο σχεδιασμός μιας διδασκαλίας με πολυμέσα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την κατανόηση του τρόπου που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται και μπορεί να εκτελέσει τη γνωστική επεξεργασία. Στην ίδια κατεύθυνση στη θεωρία του Sweller τονίζεται ότι ο κατάλληλος διδακτικός σχεδιασμός και οι μονάδες εργαζόμενης μνήμης που διατίθενται για την ενασχόληση με την πολυπλοκότητα της νέας πληροφορίας που δέχονται οι μαθητές φαίνονται πρωταρχικής σημασίας για την θεωρία αυτή.

Στην πολυμεσική μάθηση ανήκουν τα animations. Μέσα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση αναγνωρίστηκε πως η ενσωμάτωση των animations στη διδασκαλία έχει θετικά αποτελέσματα και φαίνεται πως υπάρχουν αρκετοί λόγοι ώστε να θεωρείται η διδασκαλία με χρήση animation σημαντική έως και απαραίτητη. Κάποιοι λόγοι που αναφέρονται είναι ότι το animation φαίνεται να είναι πιο αρεστό σαν μέσο στους μαθητές, επικεντρώνει την προσοχή των θεατών στα πιο σημαντικά σημεία του βίντεο και έχει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν διαφορετικά σενάρια. Εφόσον το animation θεωρείται διδακτικό εργαλείο οφείλουμε να σχεδιάζουμε και να χρησιμοποιούμε εκείνα που πιστεύουμε πως είναι τα πιο αποτελεσματικά. Συγκεκριμένα, αυτό που υποστηρίζεται είναι ότι ο σχεδιασμός διδασκαλίας με χρήση animation είναι απαραίτητο να βασίζεται σε προτεινόμενες αρχές της γνωστικής θεωρίας της πολυμεσικής μάθησης έτσι ώστε να επιτευχθούν τα μέγιστα δυνατά θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Για να δημιουργηθεί ένα animation πρέπει παρθούν κάποιες αποφάσεις όπως: ποιο θα είναι το περιεχόμενο του βίντεο, ποιο θα είναι το κοινό που θα το παρακολουθήσει, ποια η γλώσσα που θα γραφτεί το σενάριο κτλ. Πιο συγκεκριμένα η δημιουργία ενός animation περιλαμβάνει τρία στάδια: (i) την προ-παραγωγή, (ii) την παραγωγή και (iii) τη μετα-παραγωγή τα οποία περιλαμβάνουν επτά βήματα. Αρχικά υλοποιείται η συγγραφή του σεναρίου. Κάθε σενάριο περιέχει δύο συστατικά στοιχεία: την ιστορία και την πλοκή. Στην ιστορία υπάρχουν μια σειρά γεγονότων με αρχή, μέση και τέλος, ενώ στην πλοκή υπάρχουν μόνο εκείνα που παρουσιάζονται στο animation εμπλουτισμένα με καινούργια στοιχεία. Ο σχεδιασμός του σεναρίου πρέπει να απαντάει σε δύο ερωτήματα: «Τι θα πούμε;» και «Πώς θα το πούμε;» που

αντιστοιχούν στη σύνθεση της «ιστορίας» και της «πλοκής». Η δημιουργία του storyboard, δεύτερο βήμα, απαντά στο ερώτημα «Πώς θα το πούμε;». Αυτό το βήμα αποτελεί το εικονογραφημένο σενάριο στο οποίο πρέπει να δοθούν σημαντικά στοιχεία της πλοκής. Στο τρίτο βήμα, επιλέγεται εκείνη η τεχνική ή συνδυασμός τεχνικών που θα είναι κατάλληλη/λες για τη δημιουργία του συγκεκριμένου animation. Τα κριτήρια επιλογής μπορεί να είναι η υλικοτεχνική υποδομή που χρειάζεται, ο χρόνος δημιουργίας, το κόστος, οι συνεργάτες, η διάρκεια του βίντεο. Για τη δημιουργία του τέταρτου βήματος, δηλαδή αυτό της ηχοληψίας, επιλέγονται ήχοι από ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες ήχων, καταγράφονται ή δημιουργούνται ήχοι με ειδικά εργαλεία. Στο πέμπτο βήμα, δηλαδή της δημιουργίας του animated storyboard, σαρώνονται όλες οι εικόνες που σχεδιάστηκαν στο δεύτερο βήμα και αποθηκεύονται σε πρόγραμμα δημιουργίας ταινιών συνοδευμένες από τους αντίστοιχους ήχους του τέταρτου βήματος. Στο έκτο βήμα γίνεται το μοντάζ εικόνας-ήχου. Στο τελευταίο βήμα βήμα προστίθενται ειδικά εφέ, ψηφιακά μέσα επεξεργασίας, στις κινούμενες εικόνες και ολοκληρώνεται η δημιουργία του animation,

Όσον αφορά τη χρήση του animation για την προσέγγιση του περιεχομένου της N-ET υπό το ευρύτερο πρίσμα του STEAM, διαπιστώνουμε ότι η προσέγγιση της Νανοτεχνολογίας μπορεί να επιτευχθεί και μέσω της Τέχνης. Συχνά οι Φυσικές Επιστήμες, η Τεχνολογία, η Μηχανική και τα Μαθηματικά (STEM) φαίνονται να βρίσκονται σε αντίθεση με τις Τέχνες. Οι STEM φαίνονται να είναι πιο αντικειμενικές και αναλυτικές, ενώ οι Τέχνες θεωρούνται υποκειμενικές και διαισθητικές. Γενικότερα οι STEM αποτελούν μια μαθητοκεντρική προσέγγιση που ως στόχο έχει την ανάπτυξη δεξιοτήτων για την επίλυση προβλημάτων, την επικοινωνία και τη συστηματική σκέψη. Αποτέλεσμα του στόχου αυτού είναι η ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών, ανεξαρτήτου φύλου, και η ενεργό συμμετοχή τους στο μάθημα. Το κίνημα της Εκπαίδευσης STEM στοχεύει στην προετοιμασία των μελλοντικών γενεών για τη διαμόρφωση μία κοινωνίας τεχνολογικά και επιστημονικά εγγράμματης, της οποίας τα μέλη είναι σε θέση να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη όλων των τομέων της ζωής του ανθρώπου. Μέσα από την έρευνα παρατηρήθηκε μία μετατόπιση του ενδιαφέροντος από τη μεθοδολογία STEM, στην εξελιγμένη εκδοχή της, τη STEAM. Ο σκοπός της θεωρείται πως είναι η ολόπλευρη μάθηση αλλά και η ολόπλευρη ανάπτυξη του μαθητή, καλλιεργώντας του κάποια είδη νοημοσύνης που δεν κατάφερε να αναπτύξει η μεθοδολογία STEM, όπως είναι η αντιληπτική – αισθητηριακή ανάπτυξη.

Για να προσεγγίσουμε και να ερμηνεύσουμε τις εικόνες των σωμάτων στην κλίμακα του νάνο, μπορούμε να το πετύχουμε μέσα από τέσσερις διαφορετικές οπτικές: την κριτική επιστημολογία, τα αισθητικά εργαλεία, τις συγκρίσεις

απεικονίσεων από άλλους επιστημονικούς τομείς, και το ερώτημα «Πώς ερμηνεύει τις νανοεικόνες το κοινό;». Υπό την οπτική της κριτικής επιστημολογίας, κάθε εικόνα-οπτική αναπαράσταση συνοδεύεται από επιστημονικές ερωτήσεις, όπως «τι είναι αλήθεια σε αυτήν». Για την προσέγγιση του συγκεκριμένου επιστημολογικού ερωτήματος, οι νανοεικόνες λαμβάνονται από το SPM μικροσκόπιο. Υπό την οπτική των αισθητικών εργαλείων οι επιστήμονες θέτουν το ερώτημα «πώς θα προσδιοριστεί η αξία των πληροφοριών που υπάρχουν στις νανοεικόνες;». Την απάντηση την δίνουν τρία αισθητικά εργαλεία: η σχηματική παράσταση, η αρχή simultaneité και η αρχή της inter-instrumentality. Υπό την οπτική των συγκρίσεων ποικίλων απεικονίσεων από άλλους επιστημονικούς τομείς εγείρεται το ερώτημα «Τι γίνεται όμως όταν θέλουν να ερμηνεύσουν τις νανοεικόνες είτε οι επιστήμονες είτε οι καλλιτέχνες;». Οι νανοεικόνες δεν περιορίζονται μόνο στις αναπαραστάσεις των μικροσκοπιών αλλά μπορεί να είναι και άλλες, όπως οι σχηματικές επιστημονικές αναπαραστάσεις, π.χ. μοντέλα, animations. Υπό την οπτική του ερωτήματος «Πώς ερμηνεύει τις νανοεικόνες το κοινό;» φαίνεται ότι οι νανοεικόνες μεταφέρουν διαφορετικές έννοιες σε διαφορετικά είδη ανθρώπων, μιας και η φαντασία του θεατή μπορεί να ερμηνεύσει με διαφορετικό τρόπο τις νανοεικόνες. Για αυτό το λόγο έχουν δημιουργηθεί πολλές ηλεκτρονικές πινακοθήκες όπου παρουσιάζονται επιστημονικές εικόνες από διάφορα πεδία. Φυσικά από αυτές τις πινακοθήκες δεν θα μπορούσαν να λείπουν οι εικόνες με αντικείμενα του νανόκοσμου όπου εγείρουν το ερώτημα αν τα αντικείμενα αυτά είναι αληθινά ή όχι.

Μέσα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση αναγνωρίστηκαν προτάσεις που υποστηρίζουν τη χρήση του animation για την προσέγγιση του περιεχομένου της N-ET. Το animation θεωρείται ως ένα μέσο οπτικοποίησης (visualization) που μπορεί να βοηθήσει κάποιον να δημιουργήσει μία εικόνα για μία έννοια ή τη λειτουργία ενός συστήματος. Ειδικότερα, ο όρος “animation” σχετίζεται με «αναπαραστάσεις δυναμικών επιστημονικών διαδικασιών ή συστημάτων με σκοπό την παραγωγή ή δοκιμασία εξηγήσεων». Όταν τα φαινόμενα και οι διαδικασίες συμβαίνουν σε μικροσκοπικό-νανοσκοπικό επίπεδο, τα animations παρέχουν την ευκαιρία τους μαθητές να παρατηρήσουν πληροφορίες οι οποίες δεν είναι άμεσα προσβάσιμες μέσω της αισθητηριακής τους αντίληψης. Τα ευρήματα ερευνών στις οποίες έχει χρησιμοποιηθεί το animation στην εκμάθηση του περιεχομένου της N-ET φαίνεται να συμφωνούν για τη συνεισφορά του animation στην αύξηση της εμπλοκής των επιμορφούμενων στη μαθησιακή διαδικασία και στην ανάπτυξη της κατανόησης.

Τα animations που μελετήθηκαν, στον οποίων το σενάριο βρέθηκαν όψεις του περιεχομένου της έννοιας «Μέγεθος και Κλίμακα», προσέγγισαν τη νανοκλίμακα μέσα από μία σταδιακή μεγέθυνση ή σμίκρυνση (zoom-out ή zoom-in) των

αντικειμένων που είναι ορατά στην καθημερινή ζωή. Αυτά τα αντικείμενα μπορεί να είναι το ανθρώπινο δέρμα, μία τρίχα (π.χ. do you know what nano means<sup>2</sup>), ένας κόκκος γύρης (π.χ. Horton hears a who<sup>2</sup>), ένας σκύλος (π.χ. what is nano<sup>3</sup>) κτλ. Μέσα από τη σταδιακή εστίαση παρουσιάζονται οι πέντε όψεις του περιεχομένου της έννοιας «Μέγεθος και Κλίμακα» είτε άμεσα είτε έμμεσα. Για παράδειγμα, τα απόλυτα μεγέθη των αντικειμένων των διαφόρων κλιμάκων (πέμπτη όψη) παρουσιάζονται με αριθμούς που συνοδεύονται με τις κατάλληλες μονάδες μέτρησης (π.χ. στο animation με τίτλο «what is nano<sup>3</sup>»).

---

<sup>1</sup><https://www.youtube.com/watch?v=ph0T1FH6-EI&t=81s>

<sup>2</sup><https://www.youtube.com/watch?v=Hw3TLSWCzco>

<sup>3</sup><https://www.youtube.com/watch?v=DHvzIGxkltw>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ANIMATIC ΜΕ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗ Ν-ΕΤ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα δύο στάδια για την ολοκλήρωση του animatic: i) το στάδιο της προ-παραγωγής, ii) το στάδιο της παραγωγής. Επίσης αναλύονται τα τέσσερα από τα επτά βήματα για τη δημιουργία του animation: η δημιουργία του σεναρίου, η δημιουργία του εικονογραφημένου σεναρίου-το storyboard, η ηχοληψία, η δημιουργία του animated storyboard-animatic. Το στάδιο επιλογής της τεχνικής δημιουργίας animation παραλείπεται μιάς και δεν συνέβει. Η ανάπτυξη και η υλοποίηση αυτών των βημάτων στηρίχτηκε πάνω στη βιβλιογραφική επισκόπηση (βλ. κεφάλαιο 1, Ενότητα 1.3).

### 2.1. Το στάδιο προ-παραγωγής: Δημιουργία του σεναρίου

*Ερώτημα 1: Σχεδιασμός της ιστορίας - «Τι θα πούμε;»*

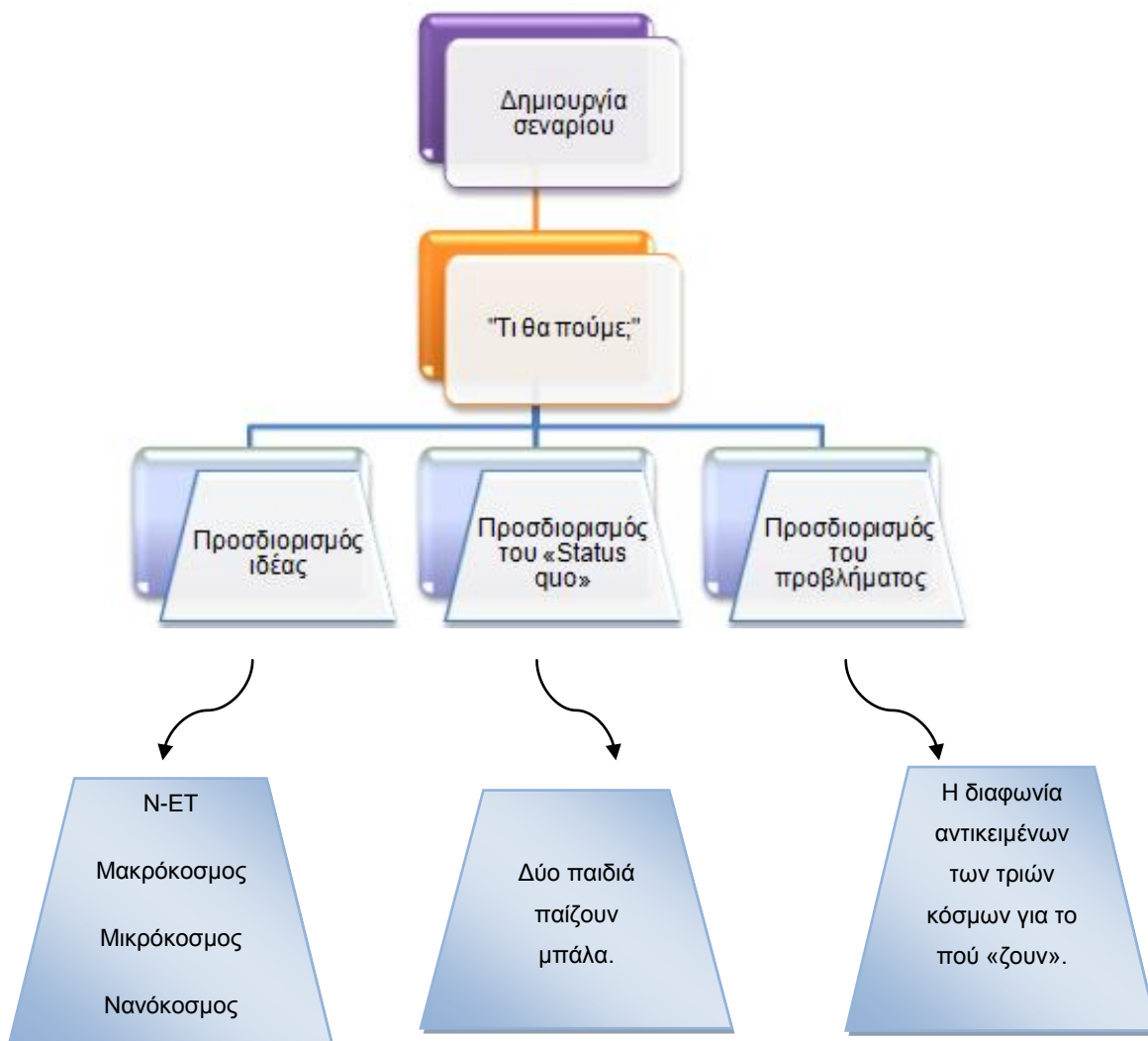
Το σχήμα 17 εξειδικεύεται στο εν λόγω σενάριο εκπορευόμενο από το σχήμα 8 δηλαδή απεικονίζει την προσέγγιση στο συγκεκριμένο ερώτημα. Ειδικότερα προσδιορίζεται η ιδέα, το “Status quo” και το πρόβλημα που προκύπτει.

*Προσδιορισμός της ιδέας:* Το θέμα του animatic εντάσσεται στην κατηγορία των Φυσικών Επιστημών και συγκεκριμένα της διδασκαλίας της Νανοτεχνολογίας-Νανοεπιστήμης στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ο νέος κλάδος της Νανοτεχνολογίας-Νανοεπιστήμης πλέον κυριαρχεί με πολλές εφαρμογές οι οποίες μπορούν να κάνουν την καθημερινότητά μας ευκολότερη. Στο συγκεκριμένο σενάριο μας ενδιαφέρει η ασχολία της Επιστήμης με τους τρεις κόσμους: Μακρόκοσμο, Μικρόκοσμο, Νανόκοσμο, τα αντικείμενα αναφορά τους, όπως και τα όργανα παρατήρησής τους.

*Προσδιορισμός του “Status quo”:* Δύο παιδιά, ένα αγόρι, ο Κόσμος και ένα κορίτσι, η Επιστήμη, το καλοκαίρι, παίζουν πασούλες με μια μπάλα στην αυλή ενός ερευνητικού κέντρου.

*Προσδιορισμός του προβλήματος:* Αντικείμενα των τριών κόσμων διαφωνούν για το πού ζει ο καθένας.





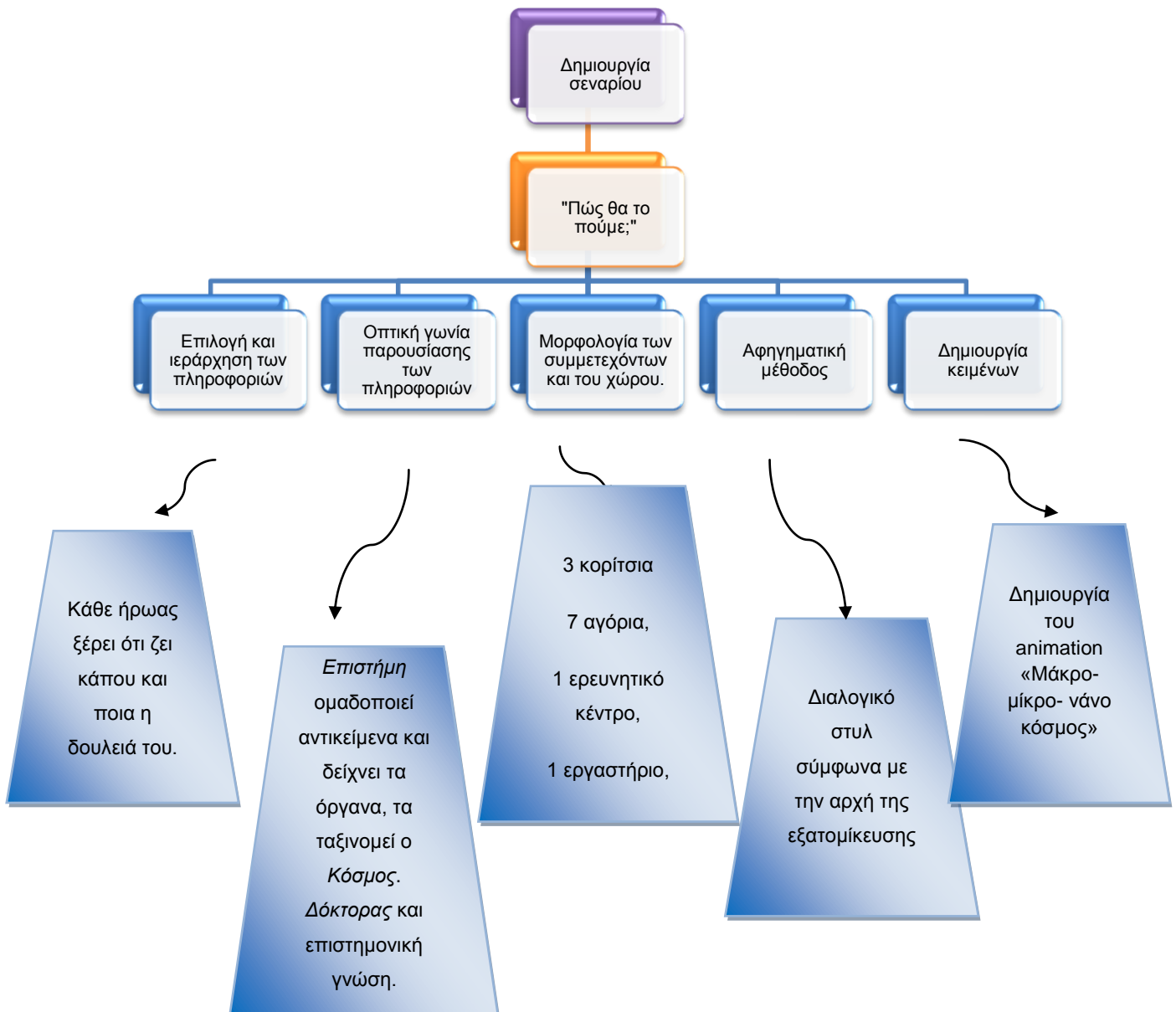
**Σχήμα 17:** Σχεδιασμός της ιστορίας του animatic «Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος»

*Ερώτημα 2: Σχεδιασμός της πλοκής - «Πώς θα το πούμε;»*

Το σχήμα 18 απεικονίζει την προσέγγιση στο παραπάνω ερώτημα. Ειδικότερα επιλέγονται και ιεραρχούνται οι πληροφορίες της ιστορίας, προσδιορίζεται η οπτική γωνία παρουσίασης των πληροφοριών της ιστορίας, γίνεται λεπτομερής προσδιορισμός της μορφολογίας των συμμετεχόντων και του χώρου αλλά και της αφηγηματικής μεθόδου και τέλος δημιουργούνται τα κείμενα όπως το σενάριο του animation.

*Επιλογή και ιεράρχηση των πληροφοριών της ιστορίας:* Το κορίτσι, η Επιστήμη, κάνει την ομαδοποίηση των αντικειμένων με βάση τα όργανα παρατήρησης. Το αγόρι, ο Κόσμος, κάνει την αντιστοιχία όργανα παρατήρησης και κόσμοι. Τα αντικείμενα διαφωνούν μεταξύ τους για το πού ζουν. Η μπάλα ξέρει ότι ζει στον Μακρόκοσμο μαζί με τα παιδιά αλλά δεν δέχεται ότι ζει μαζί με το μυρμήγκι. Το μυρμήγκι ξέρει ότι ζει στον Μακρόκοσμο και δεν το μπερδεύει το επιχείρημα των

ερυθρών ότι αφού κάνουν τις φωλιές τους μακριά από ανθρώπου μάτι άρα ζουν μαζί στον Μικρόκοσμο. Τα ερυθρά ξέρουν ότι ζουν στον Μικρόκοσμο μαζί με τα κύτταρα, αν και τα δεύτερα πιστεύουν ότι ζουν στον Μακρόκοσμο. Τα βακτήρια πιστεύουν ότι μπορούν να ζήσουν μαζί με τους ιούς και το DNA στον Νανόκοσμο. Οι ιοί φοβούνται να πάνε στον Νανόκοσμο γιατί εκεί είναι σκοτεινά, δεν έχει πολύ χώρο και ζει ένα τέρας-φίδι το DNA, που ουσιαστικά ζει στο εσωτερικό του.



**Σχήμα 18:** Σχεδιασμός της πλοκής του animatic «Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος»

*Προσδιορισμός της οπτικής γωνίας παρουσίασης των πληροφοριών της ιστορίας:* Τα αντικείμενα των κόσμων παρουσιάζονται μόνα τους όμως τα ομαδοποιεί στους τρεις κόσμους το κορίτσι με τη βοήθεια των οργάνων. Τα όργανα παρατήρησης μας τα παρουσιάζει η Επιστήμη, τα οποία όμως κατηγοριοποιεί ο Κόσμος στους τρεις κόσμους. Το εργαστήριο το βλέπουμε μέσα από τα μάτια και των δύο παιδιών. Την επιστημονική γνώση, μετασχηματισμένη, μας την δίνει ο δόκτορας Μεγέθιους με την βοήθεια των δύο παιδιών.

*Λεπτομερής προσδιορισμός της μορφολογίας των συμμετεχόντων και του χώρου:* η ερευνήτρια προσέδωσε ανθρώπινα χαρακτηριστικά σε όλους τους ήρωές της όπως άκρα, μάτια, στόμα, φωνή, χαρακτήρα, συμπεριφορά καθώς και φύλο (3 θηλυκά, 7 αρσενικά), διότι ήθελε οι θεατές να μπορέσουν να συνδεθούν με κάποιον ήρωα. Οι φωνές των ηρώων έχουν κοινά χαρακτηριστικά με την ηλικιακή ομάδα που αναφερόμαστε, επιλέχθηκαν και τα δύο φύλα, η προφορά λόγου δεν περιείχε κάποιο ιδίωμα για να είναι πιο κοντά στο ευρύ ελλαδικό κοινό (Blonder & Rap, 2012). Με την επιλογή αυτή έγινε η υπόθεση ότι οι θεατές θα δείξουν παραπάνω ενδιαφέρον για το animation και έτσι μπορεί να επιτευχθούν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Επιστήμη: είναι ένα κορίτσι 11-12 ετών με ελληνικά χαρακτηριστικά, φορά καλοκαιρινά ρούχα, όμορφη, έξυπνη. Είναι ένα παιδί της σημερινής εποχής. Επιλέχθηκε το όνομα Επιστήμη μιας και θέλουμε τα παιδιά μέσα από την επανάληψη του ονόματός της να συγκρατήσουν τη λέξη και να την συνθέσουν με τη λέξη νάνο ώστε να θυμούνται τη Νανοεπιστήμη. Επίσης θέλουμε να δείξουμε ότι η επιστήμη ασχολείται με θέματα όπως αυτό που διαπραγματεύεται το βίντεο και για να κάνει την δουλειά της σωστά χρησιμοποιεί διάφορα εργαλεία και επιστημονικά όργανα.

Κόσμος: είναι ένα αγόρι 11-12 ετών με ελληνικά χαρακτηριστικά, φορά καλοκαιρινά ρούχα, όμορφος, έξυπνος, παιδί της σημερινής εποχής, ενεργητικός. Το όνομα αυτό επιλέχθηκε γιατί θέλουμε τα παιδιά να θυμούνται ότι μέσα σε ένα περιβάλλον μπορούν και συνυπάρχουν αντικείμενα και των τριών κόσμων π.χ. στην πληγή του αγοριού υπήρχαν κύτταρα (mikρόκοσμος), ιοί (νανόκοσμος) και στα χέρια του η μπάλα (μακρόκοσμος).

Δόκτορας Μεγέθιους: είναι ένας σύγχρονος επιστήμονας, φορά άσπρη ρόμπα, όμορφος, εύκολα προσβάσιμος, θα μπορούσε να είναι ο πατέρας κάποιου παιδιού που βλέπει το βίντεο. Το όνομά του επιλέχθηκε ώστε μέσα από την επανάληψή του να εντοπίσουν τα παιδιά ότι η διαφορά των μεγεθών των αντικειμένων θα καθορίσει και την παραμονή τους στον εκάστοτε κόσμο.

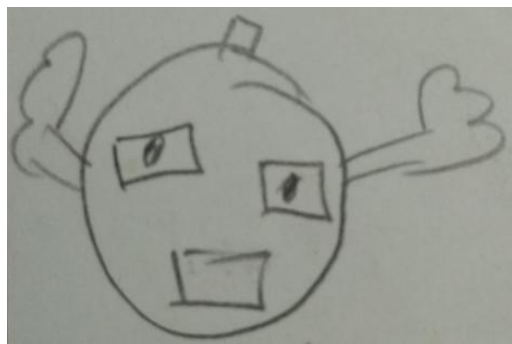
Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως λήφθηκε υπόψη όταν οι φωνές των ηρώων έχουν κοινά χαρακτηριστικά με την ηλικιακή ομάδα, το φύλλο, την προφορά λόγου

του κοινού στο οποίο απευθύνεται τότε τα αποτελέσματα μάθησης είναι τα επιθυμητά (Blonder & Rap, 2012)

Μπάλα: αυτή που νομίζει ότι είναι όμορφη, ότι την έχουν ανάγκη, ότι είναι σημαντική. Το σχέδιο που θα έχει θα είναι αυτό του ελληνικού πρωταθλήματος του 2018, τη χρονιά που δημιουργήθηκε το σενάριο. Επιλέχθηκε το ελληνικό πρωτάθλημα ποδοσφαίρου μιας και είναι η μεγαλύτερη διοργάνωση του ελληνικού ποδοσφαίρου. Η μπάλα επιλέχθηκε ως ένα γνωστό, από τα παιδιά, αντικείμενο του μακρόκοσμου. Είναι εύκολο να ανατρέξουν οι μαθητές στις μνήμες τους και να θυμηθούν το μέγεθος της μπάλας και να το συγκρίνουν νοερά με αυτό του μυρμηγκιού. Επίσης ελπίζουμε η μπάλα να τραβήξει το ενδιαφέρον των μαθητών μιας και βλέπουμε ότι αρκετά παιδιά την επιλέγουν ως τρόπο διασκέδασης.



**Εικόνα 14:** Η μπάλα του ελληνικού πρωταθλήματος το έτος 2018

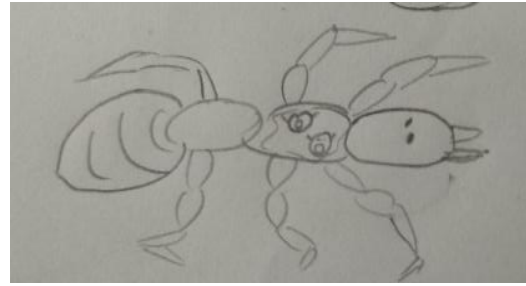


**Εικόνα 15:** Το σχέδιο της μπάλας στην εργασία

Μυρμήγκι: ο ωραίος χωρίς να το δείχνει, ο μυώδης, ο εργατικός, ξέρει που ζει, από πού προέρχεται και ποια είναι η δουλειά του, νευριάζει εύκολα. Το μυρμήγκι επιλέχθηκε μιας και μπορεί να συγκριθεί με το μήκος του βακτηρίου, το πλάτος του DNA και το ύψος του παιδιού. Επίσης σε σχετική έρευνα που έγινε οι μαθητές αναφέρουν το μυρμήγκι ως ένα από τα μικρότερα αντικείμενα του μακρόκοσμου (Σπύρτου, Πέικος, Μάνου, 2016, Magana et. al., 2012).



**Εικόνα 16:** Το μυρμήγκι που συναντούμε στην Ελλάδα

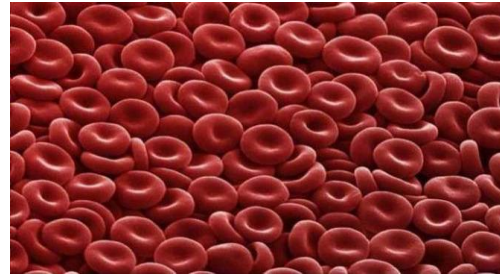


**Εικόνα 17:** Το σχέδιο του μυρμηγκιού στην εργασία

Ερυθρά αιμοσφαίρια: νεαρός, ανήσυχο πνεύμα, περίεργος για να μάθει την αλήθεια, με μεγάλη ενέργεια, χοροπηδάει. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια επιλέχθηκαν διότι μέσα από την έρευνα φαίνεται ότι μπορούν να προσβληθούν από έναν ιό και να τον μεταφέρουν σε άλλα κύτταρα μολύνοντάς τα, επίσης οι μαθητές τα αναγνωρίζουν ως αντικείμενα του μικρόκοσμου (Μάνου κ.ά. 2015, Πέικος, Μάνου, Σπύρτου, 2015b). Επιλέχτηκε η εικόνα 18 με σκοπό να αναπαρασταθεί το πώς είναι η εξωτερική επιφάνεια του αιμοσφαιρίου. Συγκεκριμένα κατά την αναπαράστασή του θέλουμε να δωθεί έμφαση στην κυλότητα που έχει στο κέντρο, μιάς και θεωρήσαμε ότι είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό του ερυθρού αιμοσφαιρίου. Στην εικόνα 19, φαίνονται πολλά ερυθρά αιμοσφαίρια με σκιές έτσι ώστε να αναδειχτεί η οντότητά τους σε τρεις διευθύνσεις. Στις εικόνες 20-22 φαίνονται τα τρία zoom που θα εκτελέσει η Επιστήμη όταν θα βλέπει το ερυθρό αιμοσφαίριο μέσα από το οπτικό μικροσκόπιο. Στην εικόνα 23, δίνεται έμφαση στη θέση της κυλότητας στο κέντρο του αιμοσφαιρίου (στόμα του «κύριου Ερυθρού»), ενώ με το σχεδιασμό των ματιών και των χεριών αποδίδονται ανθρώπινα χαρακτηριστικά στον ήρωα.



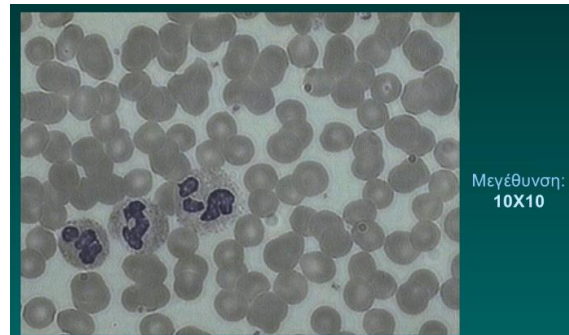
**Εικόνα 18:** Ένα ερυθρό αιμοσφαίριο, φαίνεται η εξωτερική του επιφάνεια



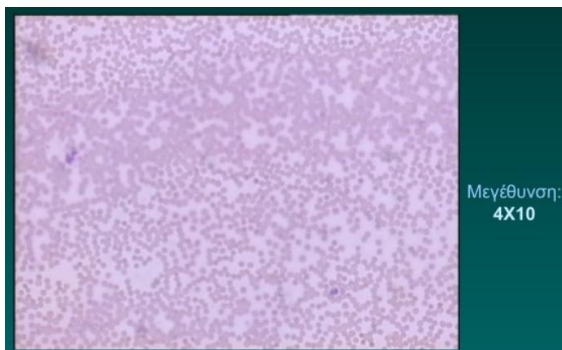
**Εικόνα 19:** Πολλά ερυθρά αιμοσφαίρια: έμφαση στις τρεις διαστάσεις τους



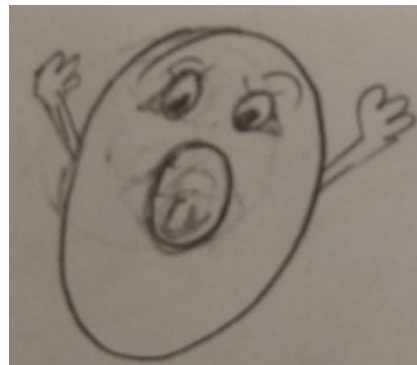
**Εικόνα 20:** Ερυθρά αιμοσφαίρια μέσα από οπτικό μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 40x10



**Εικόνα 21:** Ερυθρά αιμοσφαίρια μέσα από οπτικό μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 10x10



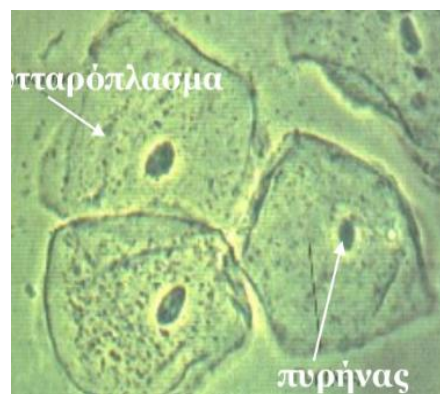
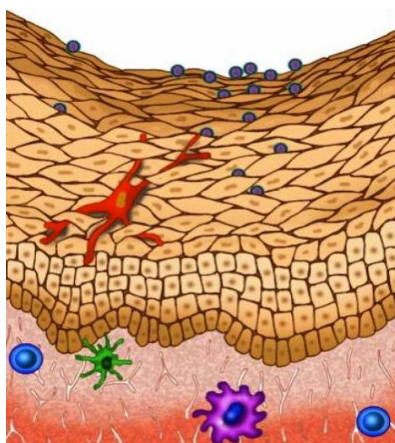
**Εικόνα 22:** Ερυθρά αιμοσφαίρια μέσα από οπτικό μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 4x10



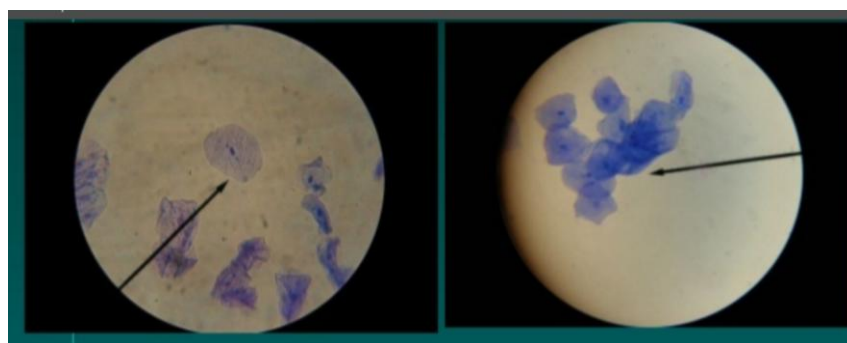
**Εικόνα 23:** Το σχέδιο του ερυθρού αιμοσφαιρίου από την ερευνήτρια

Δερματικά Κύτταρα: η κούκλα, η θεά, ακούνητη. Τα κύτταρα επιλέχθηκαν γιατί μέσα από τη βιβλιογραφία βλέπουμε ότι οι μαθητές της Στ΄ τάξης τα αναφέρουν ως τα μικρότερα αντικείμενα μαζί με τα άτομα, επίσης φαίνεται ότι τα αναγνωρίζουν ως αντικείμενα του μικρόκοσμου (Μάνου κ.ά. 2015, Πείκος κ.ά. 2015α, Spencer &

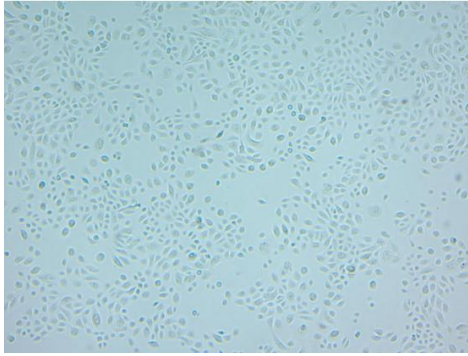
Angelotti, 2004). Τα δερματικά κύτταρα επιλέχθηκαν μιας και μας βοηθούσαν στην πλοκή του έργου. Μέσα από τις εικόνες 24 και 25 αναπαρίσταται η δομή της επιδερμίδας και του κυττάρου. Κατά την σχεδίασή του κυττάρου θέλουμε να δοθεί έμφαση στο πολυγωνικό σχήμα καθώς και στον πυρήνα του, μιας και θεωρήσαμε ότι είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του. Στις εικόνες 26α-27 φαίνονται κύτταρα κρεμμυδιού από το οπτικό μικροσκόπιο αφού έχουν γίνει τρία zoom, τα οποία θα κάνει η Επιστήμη όταν θα βλέπει τα κύτταρα μέσα από το όργανο παρατήρησης. Στην εικόνα 28, το κύτταρο φαίνεται με πολυγωνικό σχήμα ο πυρήνας αναπαρίσταται ως το μάτι της «κυρίας Κυττάρου». Επίσης, με το σχεδιασμό των ματιών και του στόματος αποδίδονται ανθρώπινα χαρακτηριστικά στην ηρωίδα.



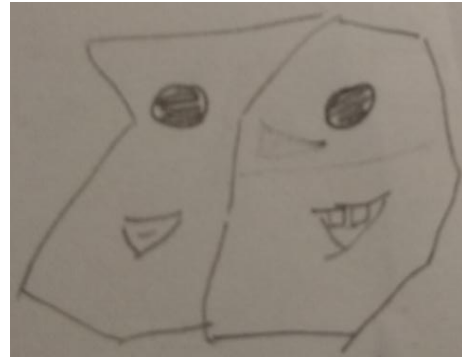
**Εικόνα 24:** Η δομή της **Εικόνα 25:** Η δομή του κυττάρου επιδερμίδας



**Εικόνες 26α, 26β:** Κύτταρα όπως φαίνονται από το οπτικό μικροσκόπιο με μεγέθυνση 20x10 και 10x10, αντίστοιχα



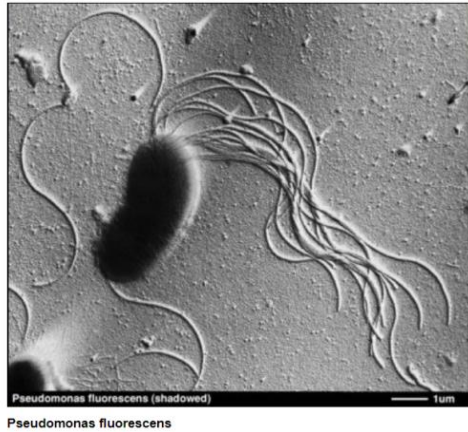
**Εικόνα 27:** Κύτταρα μέσα από οπτικό μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 4x10.



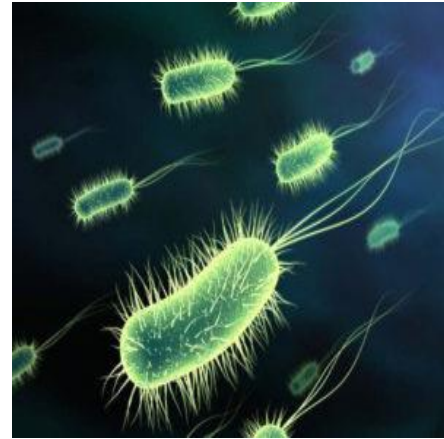
**Εικόνα 28:** Το σχέδιο του κυττάρου στην εργασία.

Βακτήριο (εντεροβακτήριο): ο μάγκας, ο προστάτης, δεν είναι γυμνασμένος απλά γεροδεμένος. Τα βακτήρια επιλέχθηκαν γιατί μπορούν να συγκρίνουν το μήκος του με αυτό του μυρμηγκιού, με το πλάτος της έλικας του DNA και το ύψος του παιδιού (Magana et. al., 2012), επίσης οι μαθητές 2<sup>ας</sup> έως 4<sup>ης</sup> τάξης το αναγνωρίζουν ως το μικρότερο αντικείμενο του μικρόκοσμου (Castelini et al., 2007). Τέλος χρησιμοποιήθηκε το εντεροβακτήριο μιας και είναι ένα πιθανό βακτήριο που θα μπορούσε να βρεθεί σε μολυσμένα στάσιμα νερά (π.χ. από ζώο) όπως αυτά του νερόλακκου. Στις εικόνες 29 φαίνονται βακτήρια, σε οπτικό μικροσκόπιο (29α) και σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (29β), στις οποίες αναγνωρίζονται διαφορετικές λεπτομέρειες στην εξωτερική επιφάνεια του βακτηρίου. Στην εικόνα 30 παρατηρούμε πολλά βακτήρια μέσα από το οπτικό μικροσκόπιο με μικρό zoom. Στην εικόνα 31, αναπαριστούνται τα τρία «μαστίγια» του βακτηρίου σαν πόδια και τα ινίδια προσκόλλησης σαν μαλλιά. Με το σχεδιασμό των χεριών και των μυών στο σώμα του βακτηρίου αποδίδονται αφενός ανθρώπινα και αφετέρου ηρωικά χαρακτηριστικά.





**Εικόνα 29α:** Εντεροβακτήριο μέσα από το οπτικό μικροσκόπιο



**Εικόνα 29β:** Εντεροβακτήριο μέσα από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο



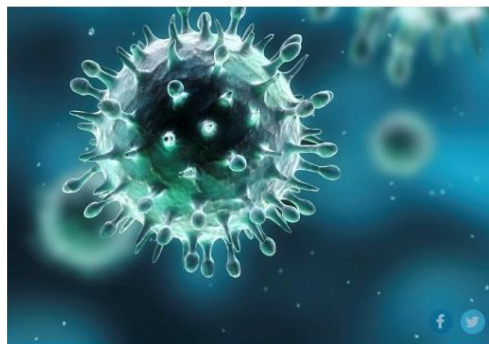
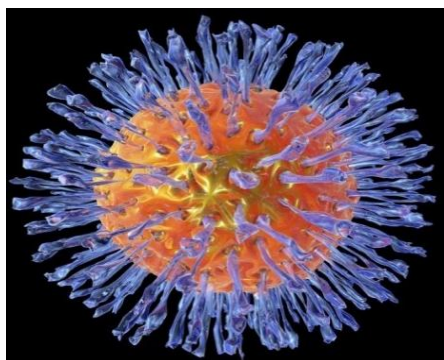
**Εικόνα 30:** Βακτήριο μέσα από οπτικό μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 4x10



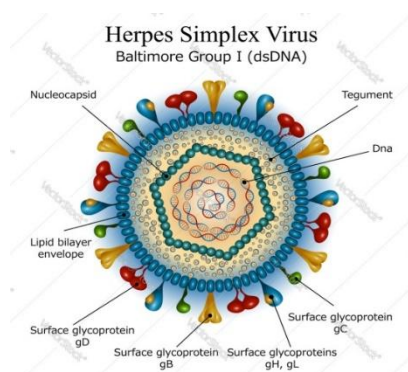
**Εικόνα 31:** Το σχέδιο του βακτηρίου στην εργασία

Ιός γρίπης: μικρός, χαριτωμένος, φοβάται μέχρι και αυτό που κρύβει μέσα του. Ο ιός επιλέχθηκε γιατί βλέπουμε μέσα από έρευνες ότι οι μαθητές καταλαβαίνουν καλύτερα τη διαφορά των μεγεθών όταν βλέπουν ότι ένα αντικείμενο χωράει μέσα σε ένα άλλο π.χ. το φαινόμενο της ίωσης, ο ιός εισχωρεί στα ανθρώπινα κύτταρα τα οποία πολλαπλασιάζονται μολύνοντας και άλλα κύτταρα που επηρεάζουν τον ανθρώπινο οργανισμό και τελικά τα αποτελέσματα της ίωσης είναι ορατά στον άνθρωπο (Μάνου, κ.ά. 2015, Πείκος κ.ά. 2015α). Συγκεκριμένα επιλέξαμε τον ιό της γρίπης μιας και θα μπορούσε να σταθεί μέσα σε έναν νερόλακκο. Στις εικόνες 32α και 32β φαίνονται ιοί, οι οποίοι διακρίνονται μέσα από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Επιλέξαμε και τις δύο εικόνες ώστε να φανούν διαφορετικές λεπτομέρειες στην εξωτερική επιφάνεια του ιού. Στην εικόνα 33 αναπαρίσταται η δομή του έρπη, όπου φαίνεται στο εσωτερικό του να υπάρχει το

DNA. Στην εικόνα 34, στην αναπαράσταση του ιού, αναδεικνύονται οι γλυκοπρωτεΐνες, οι οποίες βρίσκονται στην εξωτερική του επιφάνεια σαν πόδια και μαλλιά. Με το σχεδιασμό των ματιών και του στόματος αποδίδονται ανθρώπινα χαρακτηριστικά στον ιό.



**Εικόνες 32α, 32β:** Η δομή του ιού της γρίπης μέσα από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

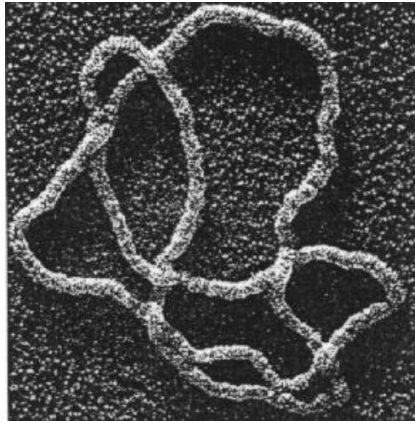


**Εικόνα 33:** Η δομή του έρπη όπου στο εσωτερικό του διακρίνεται το DNA

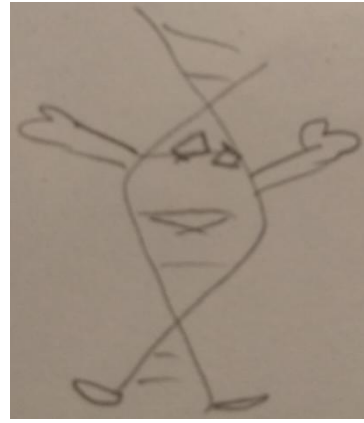


**Εικόνα 34:** Το σχέδιο του ιού από την ερευνήτρια

DNA: ο σοφός, ο γλυκούλης γέρος, εύκαμπτος. Το DNA επιλέχθηκε μιας και μέσα από της έρευνα φαίνεται ότι το πλάτος της διπλής του έλικας μπορεί να συγκριθεί με το ύψος του παιδιού, το μήκος του μυρμηγκιού και το μήκος του βακτηρίου (Magana et. al., 2012), επίσης το DNA χωράει μέσα στον ιό (Μάνου κ.ά. 2015, Πέικος κ.ά. 2015α). Στην εικόνα 35 φαίνεται το DNA το οποίο διακρίνεται μέσα από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Θέλαμε να φανεί η τρισδιάστατη επιφάνεια του DNA όπως φαίνεται μέσα από τις σκιές. Στην εικόνα 36, με το σκίτσο δίνεται έμφαση στο πλάτος του DNA και τη διπλή έλικα. Με το σχεδιασμό των ματιών, του στόματος και των άκρων αποδίδονται ανθρώπινα χαρακτηριστικά στον ήρωα-ιό.



**Εικόνα 35:** Η δομή του DNA μέσα από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο



**Εικόνα 36:** Το σχέδιο του DNA στην εργασία

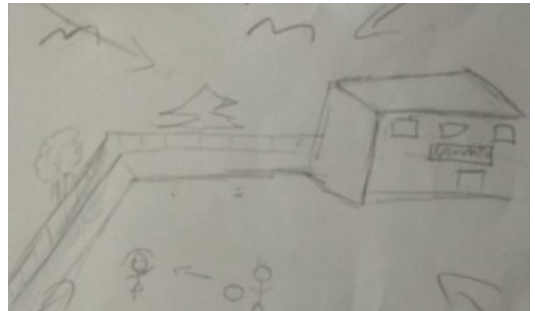
Ερευνητικό κέντρο: επιλέχθηκε το Δημόκριτος ερευνητικό κέντρο της Αθήνας μιας είναι το μοναδικό στην Ελλάδα που ασχολείται με θέματα που μας αφορούν. Επίσης στο συγκεκριμένο κέντρο υπάρχει ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και γίνονται εκπαιδευτικά προγράμματα. Στις εικόνες 37α, 37β και 38 φαίνεται το κτήριο και ο εξωτερικός προαύλιος χώρος του ερευνητικού κέντρου. Στην εικόνα 39 η ερευνήτρια αναπαράστησε το ερευνητικό κέντρο και τον προαύλιο χώρο αφαιρώντας λεπτομέρειες ώστε να μην αποσπάσουν την προσοχή των μαθητών από τις σημαντικές.



**Εικόνες 37α,38β:** Ο εξωτερικός χώρος του ερευνητικού κέντρου Δημόκριτος στην Αθήνα



**Εικόνα 38:** Ο εξωτερικός χώρος και η τοποθεσία του ερευνητικού κέντρου Δημόκριτος στην Αθήνα

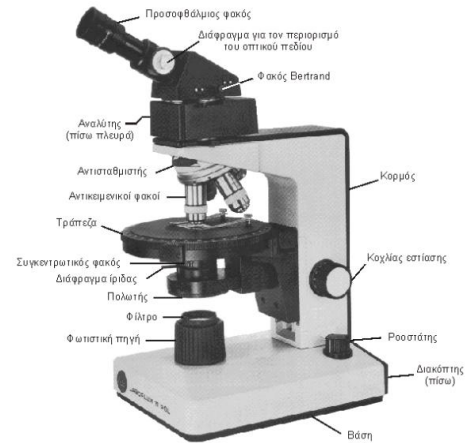


**Εικόνα 39:** Το σχέδιο του ερευνητικού κέντρου από την ερευνήτρια

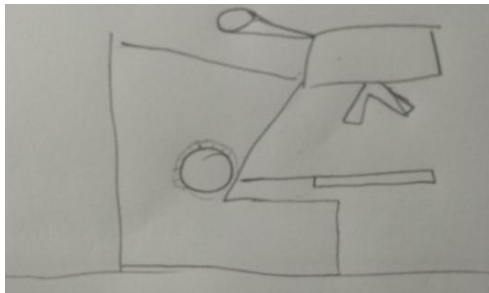
Οπτικό μικροσκόπιο: είναι ένα επιστημονικό όργανο με το οποίο οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν αντικείμενα του μικρόκοσμου, το θεωρούν ως το πιο γνωστό όργανο για την παρατήρηση του «πιο μικρού» (Πέικος κ.ά. 2015α, Πέικος κ.ά. 2015β, Πέικος, Παπαδοπούλου, Μάνου, 2015). Η εικόνα 40 επιλέχθηκε έτσι ώστε να φανούν κάποιες λεπτομέρειες από το όργανο παρατήρησης, όπως το που τοποθετείται το δείγμα, καθώς και το πώς παρατηρεί μία επιστήμονας μέσα σε αυτό. Στην εικόνα 41 φαίνονται όλα τα μέρη του οπτικού μικροσκοπίου από τα οποία η ερευνήτρια αποφάσισε να αναπαραστήσει (εικόνα 42) αυτά που θεώρησε ότι χρειάζονται κατά την προβολή του βίντεο. Οι λεπτομέρειες που αποφάσισε να αναπαραστήσει είναι ο προσοφθάλμιος φακός, ο κοχλίας εστίασης, η τράπεζα, οι φακοί και η φωτιστική πηγή.



**Εικόνα 40:** Μία επιστήμονας κοιτά μέσα από το οπτικό μικροσκόπιο



**Εικόνα 41:** Τα μέρη του οπτικού μικροσκοπίου

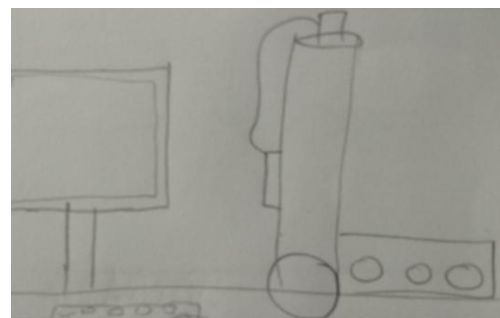


**Εικόνα 42:** Το σχέδιο του οπτικού μικροσκοπίου στην εργασία

Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο: είναι το όργανο με το οποίο γίνεται η μελέτη του νανόκοσμου (Stevens et. al. 2009). Η εικόνα 43 επιλέχθηκε έτσι ώστε να φανούν τα μέρη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης και σάρωσης από τα οποία η ερευνήτρια αποφάσισε να αναπαραστήσει (εικόνα 44) τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τον κύλινδρο που περιέχει τους φακούς.



**Εικόνα 43:** Τα μέρη ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου



**Εικόνα 44:** Το σχέδιο του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου στην εργασία

*Προσδιορισμός της αφηγηματικής μεθόδου:* Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί διάλογος ανάμεσα στους ήρωες σύμφωνα με την αρχή της εξατομίκευσης (Mayer & Moreno, 2002) μιας και έτσι οι μαθητές εργάζονται πιο σκληρά για να κατανοήσουν ένα θέμα.

*Δημιουργία κειμένων:* Παρακάτω ακολουθεί το σενάριο που αναπτύχθηκε για τη δημιουργία του animatic.

### **Βήμα 1<sup>ο</sup>:** Η δημιουργία του σεναρίου

Για να δημιουργηθεί το σενάριο πρέπει πρώτα να γραφτεί η περίληψη, η σύνοψη και έπειτα το σενάριο.

#### ✓ *Η Σύνοψη*

Κεντρική ιδέα για τη δημιουργία του animatic «**Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος**» ήταν οι πρότερες ιδέες των μαθητών όσον αφορά την πρώτη Μεγάλη Ιδέα «Μέγεθος και Κλίμακα» και πώς μπορώ μέσα από αυτό το βίντεο να τις εμπλουτίσω, να τις αλλάξω, να τις ανατρέψω. Αποφασίστηκε να δοθούν ανθρωπίνα χαρακτηριστικά, συμπεριφορές και αντιδράσεις σε όλους τους ήρωες ώστε να είναι πιο προσίτοι από τους μαθητές. Οι ήρωες είναι και αγόρια και κορίτσια με διαφορετικούς χαρακτήρες, αντιλήψεις και σκοπούς, ελπίζοντας οι μαθητές να βρουν τον εαυτό τους σε κάποιον από αυτούς.

Στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζονται όλα τα στοιχεία της ιστορίας και της παρουσιάσής της. Δίνονται απαντήσεις σε ερωτήματα όπως ποιος έκανε κάτι, τι έκανε, πότε το έκανε, πού το έκανε και γιατί το έκανε. Ουσιαστικά φαίνεται ολοκληρωμένη η απάντηση στο ερώτημα «Τι θα πούμε;».

### **Πίνακας 5:** Σύνοψη (ο πίνακας διαβάζεται οριζόντια)

Ποιος	Τι	Πότε	Πού	Γιατί
Αγόρι (Κόσμος)	A) Χτύπησε και μάτωσε το πόδι του. B) Έκανε την αντιστοιχία όργανα παρατήρησης-κόσμοι. Γ) Έκανε τον πίνακα ταξινόμησης δύο επιπέδων.	A) Αφού έβαλε γκολ. B) Αφού είπε ο δόκτορας πώς θα γίνει η κατηγοριοποίηση των αντικειμένων. Γ) Αφού έκαναν παρατήρηση όλων των αντικειμένων.	A) Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου. B) Μέσα στο εργαστήριο. Γ) Στον πίνακα του εργαστηρίου.	A) Γιατί έχασε την ισορροπία του. B) Για να τονίσει ότι με διαφορετικό όργανο παρατηρούμε διαφορετικό κόσμο. Γ) Για να βοηθήσει στην ταξινόμηση οργάνων παρατήρησης

				και αντικειμένων.
Κορίτσι (Επιστήμη)	A) Έβαλε τσιρότο στην πληγή του Κόσμου και πρότεινε να δώσει τις απαντήσεις ο δόκτορας Μεγέθιους . B) Ανέφερε ότι τα μικρότερα ζουν στον Νανόκοσμο και τα μεγαλύτερα στον Μακρόκοσμο και πρότεινε να τα μετρήσουν με χαράκι. Γ) Ομαδοποίησε τα αντικείμενα στους αντίστοιχους κόσμους και έγραψε τα όργανα παρατήρησής τους.	A) Αφού διαφώνησαν τα αντικείμενα μεταξύ τους. B) Όταν είπε ο δόκτορας τα ονόματα των τριών κόσμων. Γ) Αφού έκανε ο Κόσμος τον πίνακα ταξινόμησης δύο επιπέδων.	A) Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου. B) Μέσα στο εργαστήριο. Γ) Μέσα στο εργαστήριο.	A) Για να προστατέψει την πληγή του Κόσμου και να λήξει η παρεξήγηση. B) Για να τονίσει την σημασία του μεγέθους.
Μπάλα	A) Δεν της αρέσει η ιδέα ότι ζει στον ίδιο κόσμο με το μυρμήγκι. B) Αρνείται να ξανακάνει γυμναστική.	A) Όταν τα ερυθρά και το μυρμήγκι διαφώνησαν για το πού ζει ο καθένας και το μυρμήγκι υποστήριξε ότι ζει στον ίδιο κόσμο με τους ανθρώπους. B) Όταν είπε ο δόκτορας ότι θα χρησιμοποιηθού ν όργανα για να ταξινομηθούν στους τρεις κόσμους τα αντικείμενα.	A) Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου. B) Στην αίθουσα του εργαστηρίου.	A) Δεν ήθελε να ζει στον ίδιο κόσμο με το μυρμήγκι γιατί σκαρφαλώνει πάνω της. B) Γιατί έπαιζε έξω με τα παιδιά και κουράστηκε.
Μυρμήγκι	A) Νευρίασε με τα ερυθρά αιμοσφαίρια που έπεσαν πάνω του. B) Πιστεύει ότι ζει στον	A) Όταν χτύπησε ο Κόσμος και έτρεξε αίμα η πληγή του. B) Όταν τον κατηγόρησαν τα ερυθρά ότι ζει	A) Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου. B) Στην αυλή του ερευνητικού	A) Γιατί δεν ήθελε να σκαρφαλώνουν πάνω του αλλά μόνο αυτός σε άλλους. B) Γιατί ήθελε

	Μακρόκοσμο με την μπάλα και τους ανθρώπους και νευρίασε όταν άκουσε το αντίθετο από τα ερυθρά.	στον Μικρόκοσμο μιας και η φωλιά του είναι κάτω από το έδαφος και δεν την βλέπουν οι άνθρωποι.	κέντρου.	να ζει στον ίδιο κόσμο με την αγαπημένη του μπάλα και τους ανθρώπους.
Δερματικά Κύτταρα	A) Δείχνουν ότι πονάνε. B) Πιστεύουν ότι ζουν στον Μακρόκοσμο.	A) Όταν έπεσε ο Κόσμος και άνοιξε η πληγή. B) Όταν τους πρότειναν τα ερυθρά να βγουν να δουν τον Μακρόκοσμο.	A) Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου, στο γόνατο του Κόσμου. B) Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου, στο γόνατο του Κόσμου.	A) Γιατί σκίστηκε το τοίχωμα των κυττάρων. B) Γιατί βλέπουν τον Μακρόκοσμο και δεν θέλουν να ζουν μαζί με τα ερυθρά.
Ερυθρά	A) Πιστεύουν ότι ζουν στον Μικρόκοσμο μαζί με το μυρμήγκι αλλά όχι μαζί με τα δερματικά κύτταρα.	A) Όταν άνοιξε πληγή το γόνατο του Κόσμου και έπεσε πάνω στο μυρμήγκι.	A) Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου.	A) Γιατί πίστευε ότι όσους βλέπουν οι άνθρωποι με τα μάτια τους ζουν στον Μακρόκοσμο και οι υπόλοιποι στον Μικρόκοσμο μαζί του.
Βακτήρια	Ήθελαν να παρασύρουν τους ιούς και μαζί, μέσα από την πληγή, να μπουν στον Μικρόκοσμο και να φτάσουν μέχρι τον Νανόκοσμο.	Πριν βάλει η Επιστήμη το τσιρότο στην πληγή και αφού οι υπόλοιποι διαφωνούσαν μεταξύ τους.	Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου, μέσα στον νερόλακκο.	Ήθελε μαζί με τον φίλο του να πάνε να μείνουν στον Νανόκοσμο και να ζήσουν μία περιπέτεια.
Ιοί	Δεν ήθελε να πάει στον Νανόκοσμο.	Πριν βάλει η Επιστήμη το τσιρότο στην πληγή και αφού οι υπόλοιποι διαφωνούσαν μεταξύ τους και όταν τον παρότρυναν τα βακτήρια να εισχωρήσουν στην πληγή.	Στην αυλή του ερευνητικού κέντρου, μέσα στον νερόλακκο.	Φοβόταν να πάει στον Νανόκοσμο γιατί ήταν σκοτεινά, δεν είχε χρώματα, πολύ χώρο, μήπως κάνουν κάποιο κακό αλλά και γιατί εκεί ζούσε το τρομερό φίδι DNA.
DNA	Βγήκε φωτογραφία και	Όταν έβαλαν το δείγμα στο	Στην αίθουσα του	Γιατί του το ζήτησαν.



	μπήκε σε πρώτο στη σειρά ταξινόμησης.	ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και αφού το ζήτησε ο δόκτορας.	ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.	
Δόκτορας Μεγέθους	<p>A) Είπε ότι οι επιστήμονες συμφώνησαν να κατηγοριοποιήσουν αντικείμενα σε διαφορετικούς κόσμους και να τους ονομάσουν και ανέφερε τα ονόματα τριών από αυτούς.</p> <p>B) Είπε ότι για να γίνει η κατηγοριοποίηση των αντικειμένων στους τρεις κόσμους, οι επιστήμονες συμφώνησαν ότι θα γίνεται με τη χρήση οργάνων παρατήρησης και είπε τα ονόματά τους.</p> <p>Γ) Με τη βοήθεια των δύο παιδιών παρατήρησαν τα αντικείμενα και τα κατέταξαν σε ένα πίνακα ταξινόμησης δύο επιπέδων.</p> <p>Δ) Ζητά από τα αντικείμενα να μπούνε σε σειρά κατά μέγεθος.</p>	<p>A) Όταν πήγαν τα παιδιά στο εργαστήριο και ζήτησαν τη βοήθειά του.</p> <p>B) Αφού αναφέρθηκαν τα ονόματα των κόσμων.</p> <p>Γ) Αφού αναφέρθηκαν τα ονόματα των οργάνων παρατήρησης και ο τρόπος κατηγοριοποίησης.</p> <p>Δ) Αφού τελείωσαν με την παρατήρηση των αντικειμένων.</p>	<p>A) Στην αίθουσα του εργαστηρίου του.</p> <p>B) Στην αίθουσα του εργαστηρίου του.</p> <p>Γ) Στην αίθουσα του εργαστηρίου του με τη βοήθεια των οργάνων παρατήρησης.</p> <p>Δ) Στην αίθουσα του εργαστηρίου του.</p>	<p>A) Ήθελε να εξηγήσει στα παιδιά ότι όλοι ζούμε στον ίδιο κόσμο απλά οι επιστήμονες τον έκοψαν σε κομμάτια για την δική τους ευκολία.</p> <p>B) Ήθελε να τους δώσει να καταλάβουν με ποιον τρόπο κατηγοριοποιούν οι επιστήμονες τα αντικείμενα στους τρεις κόσμους.</p> <p>Γ) Ήθελε να εμπλέξει τα παιδιά στην αναζήτηση της αλήθειας.</p> <p>Δ) Ήθελε να δει αν μπορούν τα αντικείμενα να σειροθετηθούν ανάλογα με το μέγεθός τους.</p>

## ✓ Η περίληψη

Γεννήθηκε μια πρώτη περίληψη ως προσχέδιο της πλοκής:

Δύο παιδιά, ένα αγόρι και ένα κορίτσι, ένα πρωινό του καλοκαιριού παίζουν μπάλα στην αυλή ενός ερευνητικού κέντρου. Το αγόρι πέφτει, χτυπά το γόνατό του και ανοίγει μια πληγή. Εν συνεχεία φαίνονται να συνομιλούν αντικείμενα του νανόκοσμου, του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου τα οποία είναι μπερδεμένα ως προς το σε ποιον κόσμο ζουν. Τα δύο παιδιά αποφασίζουν να βρουν τον Δόκτορα Μεγέθιους και να του ζητήσουν βοήθεια, αυτός τους δίνει τις επιστημονικές απαντήσεις που του ζητήθηκαν. Με τη βοήθεια των δύο παιδιών προσπαθεί να αναζητήσει τα αντικείμενα των τριών κόσμων χρησιμοποιώντας τρία όργανα παρατήρησης. Στο τέλος της διερεύνησης οι ήρωες ταξινομούνται στους κόσμους που ζουν και σειροθετούνται κατά μέγεθος.

Η πρώτη αυτή σύλληψη γίνεται αφετηρία για περαιτέρω επεξεργασία:

- Τα αντικείμενα των τριών κόσμων (μπάλα, μυρμήγκι, κύτταρα, ερυθρά αιμοσφαίρια, εντεροβακτήρια, ιοί γρίπης) φαίνεται να συνομιλούν και να λένε τις απόψεις τους όσον αφορά τον κόσμο που ζει ο καθένας, χωρίς να μας ενδιαφέρει η διαφορά των μεγεθών τους. Μας ενδιαφέρει όμως να δείξουμε δομικά χαρακτηριστικά αλλά και το περιβάλλον στο οποίο ζουν π.χ. ερυθρά αιμοσφαίρια-αίμα, δερματικά κύτταρα-δέρμα, μπάλα & μυρμήγκι-έδαφος, ιοί & βακτήρια-νερόλακκο.
- Αποφασίζεται η ταξινόμηση των αντικειμένων των τριών κόσμων με βάση τα όργανα παρατήρησης να παρουσιαστεί σε έναν πίνακα ώστε να γίνει, οπτικά, καλύτερα αντιληπτή. Επίσης αποφασίζεται στον πίνακα τα αντικείμενα να είναι και σειροθετημένα ώστε οπτικά να τα δουν οι μαθητές δύο φορές, μία εδώ και μία στη συνέχεια ως επανάληψη.
- Η σειροθέτηση αποφασίζεται να γίνει πάνω και δίπλα σε ένα τραπέζι του εργαστηρίου ώστε να φανεί κάποια διαφορά στα μεγέθη τους χωρίς όμως να μας ενδιαφέρουν τα επιστημονικά μεγέθη.
- Το σενάριο χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες, κάθε μία από τις οποίες αποτελεί μία σκηνή. Και οι τέσσερις αντιπροσωπεύουν τέσσερα διακριτά στάδια στην εξέλιξη της

ιστορίας. Η πρώτη ξεκινά με την αυλή του ερευνητικού κέντρου όπου αρχίζουν να εισάγονται οι χαρακτήρες και το βασικό πρόβλημα-συνθήκη της πλοκής. Στη δεύτερη ο χώρος είναι αυτός του ερευνητικού εργαστηρίου όπου δίνονται απαντήσεις στις απορίες των ηρώων. Στην τρίτη σκηνή τα δύο παιδιά βοηθούν τον δόκτορα να αναζητήσει τις απαντήσεις με τη χρήση των επιστημονικών οργάνων του εργαστηρίου, με αποτέλεσμα την ταξινόμηση των αντικειμένων των τριών κόσμων. Στην τελευταία σκηνή όλοι οι ήρωες μπαίνουν σε σειρά κατά μέγεθος και φαίνεται η μεταξύ τους σχέση.

#### ✓ Το σενάριο

Ακολουθεί η τελική γραφή του σεναρίου, μετά από μία πορεία αλληπάλληλων προσχεδίων και βελτιώσεων.

#### ΣΚΗΝΗ Α: ΠΑΙΧΝΙΔΙ ΣΤΗΝ ΑΥΛΗ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ-ΜΕΡΑ

Ένα αγόρι, ο *Κόσμος*, και ένα κορίτσι, η *Επιστήμη*, γύρω στα 10-11 χρονών, ένα καλοκαίρι, παίζουν μπάλα στην αυλή ενός ερευνητικού κέντρου (Full-frame). Ακούγονται φωνές παιδιών και η μπάλα που χοροπηδά, επίσης ακούγονται ήχοι αυτοκινήτων, πουλιών, ανθρώπων.

Το κορίτσι κλωτσά την μπάλα προς το αγόρι και αυτό βάζει γκολ στο αυτοσχέδιο τέρμα, που είναι φτιαγμένο από πέτρες (zoom in). Το αγόρι καταλήγει στο τσιμέντο, συγκεκριμένα μέσα σε έναν μικρό νερόλακκο και χτυπά το γόνατό του, το οποίο ματώνει. Ακούγονται γέλια παιδιών, η μπάλα όταν την κλωτσάει κάποιος και καταλήγει σε έναν τοίχο και μετά χοροπηδά μέχρι να σταματήσει, ο *Κόσμος* πέφτει και έχει έκφραση πόνου, το βλέμμα του συναντά την πληγή στο γόνατό του, βγάζει κραυγή πόνου.

Αρχίζουν και ακούγονται φωνές. Μερικές φωνάζουν χαρούμενα, κάποιες λυπημένα (zoom in). Φαίνονται τα ερυθρά να βγαίνουν χαρούμενα από την πληγή και τα δερματικά κύτταρα ακούγονται που βγάζουν κραυγές πόνου και έχουν έκφραση πόνου. Φαίνεται το σχήμα και το χρώμα

των ερυθρών και των κυττάρων. Τα ερυθρά ξεπηδάνε μέσα από το αίμα στο οποίο φαίνονται και άλλα αντικείμενα όπως τα λευκά, χωρίς να μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα. Οι ήρωες βρίσκονται πάνω στο γόνατο και τα λένε. Το γόνατο φαίνεται λερωμένο από τα βρομόνερα.

Ακούγονται τέσσερις φωνές. Η φωνή των Ερυθρών είναι χαρούμενη, μέσα στον ενθουσιασμό και τη βιασύνη, με μία σιγουριά της νεότητας. Η φωνή των Κυττάρων είναι με ύφος πονεμένο, κουρασμένο, σε σημεία και ειρωνικό. Η φωνή των Μυρμηγκιών ακούγεται εκνευρισμένη, δυνατή. Η φωνή της Μπάλας ακούγεται αυστηρή και με σοφία.

ΕΡΥΘΡΑ:

**Γιούπιιιι. Γρήγορα βγείτε όλα τα ερυθρά αιμοσφαίρια έξω να δείτε τον Μακρόκοσμο!**

ΚΥΤΤΑΡΑ:

**Αααχ! Εδώ εμείς πονάμε και αυτά χαίρονται.**

ΕΡΥΘΡΑ:

**Ελάτε τώρα μη γκρινιάζετε. Να βγείτε και εσείς τα κύτταρα έξω να δείτε τον Μακρόκοσμο.**

ΚΥΤΤΑΡΑ:

**χαχαχα άκου τι λένε! Φυσικά και τον βλέπουμε, καλά εσείς ερυθρά αιμοσφαίρια σε ποιον κόσμο ζείτε; Αλλά τι λέω εάν κρίνω από τη συμπεριφορά σας σίγουρα σε κάποιον άλλο.**

ΕΡΥΘΡΑ:

**Εμείς, κύτταρα, ζούμε εκεί που δεν μας βλέπει ανθρώπου μάτι.**

Μια σταγόνα αίμα κύλησε στο κεφάλι του μυρμηγκιού (full-frame). Το μυρμήγκι φαίνεται να κοιτά προς τα πάνω προσπαθώντας να κοιτάξει τα Ερυθρά (zoom in).

ΜΥΡΜΗΓΚΙ :

Καλά όλα αυτά που λέτε αλλά μπορείτε να φύγετε από πάνω μου; Αν δεν το κάνετε θα δείτε εγώ που θα σας στείλω να ζήσετε.

ΕΡΥΘΡΑ:

Ερυθρά: Συυυγνώμη κύριε Μέρμηγκα που σας ενοχλήσαμε... αλλά για να έχουμε καλό ερώτημα εσείς σε ποιον κόσμο ζείτε;

ΜΥΡΜΗΓΚΙ :

Εγώ και η οικογένειά μου ζούμε στον Μακρόκοσμο.

ΕΡΥΘΡΑ:

Ερυθρά: Μήπως; Λέω μήπως ζείτε και εσείς στον Μικρόκοσμο όπως εμείς; Γιατί είστε πολύ μικρός και οι φωλιές σας είναι κάτω από τη γη, εκεί που ανθρώπου μάτι δεν πάει.

ΜΥΡΜΗΓΚΙ :

Είστε αγενέστατοι, είστε αναιδείς. Εμείς ζούμε εδώ πάαααααα πολλάαα χρόνια. Και όσο για τους ανθρώπους όταν μας κυνηγούν για να μας πιάσουν μια χαρά μας βλέπουν!

Φαίνονται και οι τέσσερις ήρωες χωρίς να μας ενδιαφέρει η ακριβής διαφορά ύψους (full-frame).

ΜΠΑΛΑ:

Σαν περίεργα μας τα λες! Εγώ που είμαι πιο μεγάλη από όλους σας και οι άνθρωποι με κυνηγούν και μένα, δεν δέχομαι ότι ζω στον ίδιο κόσμο με αυτόν τον μέρμηγκα. Σίγουρα ζει στον κόσμο του!

ΜΥΡΜΗΓΚΙ :

Μπάλα με αντιπαθούσες πάντα επειδή σκαρφαλώνω πάνω σου αλλά πρέπει να το δεχτείς είμαστε και οι δυο από τον Μακρόκοσμο.

Το αγόρι όταν έπεσε το γόνατό του βουτήχτηκε σε έναν νερόλακκο που υπήρχε εκεί από μέρες. Το αγόρι πιάνει το

γόνατο και το κοιτά (zoom in), είναι λερωμένο με βρομόνερα. Εκεί βρίσκονται οι δύο ήρωες και μιλούν, έτοιμοι να μπουν στην πληγή. Καθώς μιλούν οι δύο ήρωες τα κύτταρα που διακρίνονται την πληγή φαίνονται ότι φορούν επιδέσμους και καθ' όλη τη διάρκεια του διαλόγου αυτά γιατρεύονται και το κυτταρικό τοίχωμα αρχίζει να επιδιορθώνεται. Στο νερό υπήρχαν διάφοροι ιοί και βακτήρια. Τα βακτήρια είναι πολύ μεγαλύτερα σε μέγεθος από τους ιούς.

Ακούγονται δύο φωνές. Η φωνή των βακτηρίων ακούγεται επιτακτική αλλά και προστατευτική. Η φωνή των Ιών ακούγεται φοβισμένη.

**ΒΑΚΤΗΡΙΑ:**

**Βακτήρια και Ιοί!! Κουνηθείτε όλοι! Τώρα που δεν βλέπει κανείς! Μπειτε μέσα στον Μικρόκοσμο!**

**ΙΟΙ:**

**Μήπως δεν πρέπει; Μήπως προκαλέσουμε κάποιο κακό; Είναι σκοτεινά εκεί δεν μου αρέσει.**

**ΒΑΚΤΗΡΙΑ:**

**Σκοτεινά; Θεε Ιέ να δεις σκοτεινά; Θα χωθούμε τόσο βαθιά που θα φτάσουμε στον Νανόκοσμο.**

**ΙΟΙ:**

**Εκεί έχω ακούσει ότι δεν υπάρχουν χρώματα, ότι δεν μπορεί να σε δει άνθρωπος, ότι είναι πολύ μοναχικά γιατί είναι πολύ μικρός κόσμος και δεν χωράνε να μείνουν πολλοί.**

**ΒΑΚΤΗΡΙΑ:**

**Τι λες καλέ; Ναι δεν έχει χρώματα, αλλά εκεί ζουν πάρα πολλοί μην φοβάσαι. Όλοι οι καλοί χωράνε, άλλωστε θα έχεις και εμένα.**

**ΙΟΙ:**

**Βακτήρια; Τι θα κάνουμε με εκείνο το τέρας που ζει εκεί και είναι τεράστιο σαν φίδι; DNA νομίζω το λένε.**

ΒΑΚΤΗΡΙΑ:

**Θα πάμε και θα δούμε, άστο πάνω μου! Άντε γρήγορα γιατί η είσοδος κλείνει.**

Η Επιστήμη βρίσκει ένα τσιρότο στην τσάντα της και το βάζει πάνω από την πληγή του Κόσμου (full-frame). Ακούγεται ο ήχος του φερμουάρ της τσάντας και του τσιρότου όταν βγαίνει από το χαρτί που είναι κολλημένο.

Ακούγονται δύο φωνές. Η φωνή της Επιστήμης ακούγεται χαρούμενη. Η φωνή του Κόσμου εκνευρισμένη.

ΕΠΙΣΤΗΜΗ:

**Κόσμε άκουγες τι λέγανε; Δεν έχουν πολύ πλάκα; Είναι τόσο μπερδεμένα όλα!!**

ΚΟΣΜΟΣ:

**Συγνώμη που σας ενοχλώ όλους αλλά όπως καταλαβαίνετε δεν γίνεται εγώ η Επιστήμη και η αγαπημένη μου μπαλίτσα να ζούμε στον ίδιο κόσμο με εσάς, γι' αυτό σταματήστε τις ιστορίες που λέτε.**

ΕΠΙΣΤΗΜΗ:

**Καλύτερα να πάμε στον δόκτορα Μεγέθιους. Αυτός θα μας δώσει όλες τις απαντήσεις.**

(full-frame) Το κορίτσι βγάζει από την τσάντα της ένα διαφανές ποτηράκι και μια πιπέτα. Μεταγγίζει με την πιπέτα νερό από τον λάκκο στο ποτηράκι. Παράλληλα σε ένα χαρτομάντιλο, που το κρατά το κορίτσι, ανεβαίνει το μυρμηγκι. Το αγόρι παίρνει την μπάλα του και μπαίνουν στο εργαστήριο του δόκτορα (fade-out). Ακούγονται οι ήχοι της πιπέτας που ρουφάει νερό και που το μεταγγίζει στο ποτήρι, ακούγονται τα βηματάκια του μυρμηγκιού και μετά τα βήματα των παιδιών, τέλος η πόρτα του εργαστηρίου.

## ΣΚΗΝΗ Β: ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΟΚΤΟΡΑ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΩΜΑΤΙΟΥ-ΜΕΡΑ

(fade-in) Καθώς κοιτούν τον χώρο διακρίνονται τραπέζια και πάγκοι όπου επάνω έχουν δοκιμαστικούς σωλήνες, πιπέτες, μικροσκόπια οπτικά-ηλεκτρονικό, Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Ο δόκτορας τους υποδέχεται χαρούμενος, παίρνει την πιπέτα και το χαρτομάντιλο και τα τοποθετεί στον πάγκο. Πηγή φωτός τα παράθυρα του εργαστηρίου και τα φώτα οροφής. Ακούγεται θόρυβος μηχανημάτων. Η κάμερα τα μάτια των παιδιών.

Ακούγεται μία φωνή, του Δόκτορα Μεγέθιους, που είναι χαρούμενη, οικεία, γλυκιά.

ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:

**Επιστήμη, Κόσμε τι χαρά να σας έχω εδώ, ποιος καλός άνεμος σας έφερε;**

Φαίνεται τα δύο παιδιά να προσπαθούν να του εξηγήσουν ποιο είναι το πρόβλημα. Ο δόκτορας τους διακόπτει και φαίνεται ευδιάθετος από αυτά που άκουσε.

Ακούγεται η φωνή του Κόσμου ο οποίος έχει νευριάσει από την αντίδραση του Δόκτορα. Φαίνεται μόνο ο Κόσμος που μιλά.

ΚΟΣΜΟΣ:

**Μα εσείς χαμογελάτε! Δεν βλέπετε ότι έχουμε σοβαρό πρόβλημα; Ο καθένας λέει ό, τι θέλει. Ότι υπάρχουν πολλοί κόσμοι ότι ζούμε μαζί με το μυρμήγκι και τα κύτταρα και άλλα τέτοια.**

Ακούγονται πέντε φωνές. Ο Δόκτορας έχει φωνή ήρεμη, επεξηγηματική. Ο Κόσμος έχει φωνή δυνατή, ανυπόμονη, ερωτηματική. Η Επιστήμη έχει φωνή χαρούμενη, ενθουσιασμένη, διερευνητική. Τα Κύτταρα και η Μπάλα έχουν φωνή διαμαρτυρίας και



αντίδρασης. Γίνεται zoom σε κάθε ένα πρόσωπο που μιλά.

**ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:**

**Δεν ήθελα να σας κοροϊδέψω απλά χαίρομαι όταν μιλάτε για την επιστήμη και δεν αναφέρομαι σε σένα...**

(Κοιτάει το κορίτσι που κοκκινίζει και συνεχίζει να μιλάει)

**...ναι, παρόλο που δεν το καταλαβαίνετε ζούμε όλοι μαζί. Επειδή όμως είμαστε πολλοί, εμείς οι επιστήμονες, συμφωνήσαμε να κατηγοριοποιήσουμε κάποια αντικείμενα σε διαφορετικούς κόσμους και τους δώσαμε ονόματα για να τους ξεχωρίζουμε.**

**ΚΟΣΜΟΣ:**

**Και τι ονόματα δώσατε; Εμείς που ζούμε;**

**ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:**

**Θα σας πω τρεις μόνο αυτούς που ενδιαφέρουν εσάς και τους φίλους σας. Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος.**

**ΕΠΙΣΤΗΜΗ:**

**Ξεκινήσατε από αυτόν που ζουν τα μεγαλύτερα αντικείμενα και φτάσατε σε αυτόν με τα μικρότερα. Σίγουρα φίλε μου εμείς μένουμε στον πρώτο κόσμο.**

**ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:**

**Σωστά! Μην βιάζεσαι όμως. Οι επιστήμονες κάναμε και άλλη συμφωνία. Σε ποιον κόσμο θα μπαίνει ποιος και πώς;**

**ΕΠΙΣΤΗΜΗ:**

**Θα μετράμε με χαράκι!**

**ΚΥΤΤΑΡΑ:**

**Εμένα δεν θα με μετρήσει κανείς!**

Ακούγονται φωνές διαμαρτυρίας από τα Κύτταρα, τη Μπάλα, το Μυρμήγκι, τα Ερυθρά, τα Βακτήρια, τους Ιούς.

ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:

**Για να μην μαλώνετε εσείς βρήκαμε τη λύση εμείς. Επειδή διαφέρουμε όλοι τόσο πολύ μεταξύ μας, θα χρησιμοποιήσουμε τρία όργανα και αυτά θα μας δώσουν την απάντηση.**

ΜΠΑΛΑ:

**Εγώ γυμναστική δεν κάνω!**

Ακούγονται φωνές διαμαρτυρίας (το ίδιο).

ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:

**Είναι όργανα παρατήρησης όχι γυμναστικής! Πρώτο τα μάτια μας, δεύτερο το οπτικό μικροσκόπιο και τρίτο το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Όλοι οι φίλοι σας υπάρχουν αν και δεν μπορούμε να τους δούμε. Οποιον παρατηρήσουμε με τα μάτια μας θα ζει...**

ΚΟΣΜΟΣ:

**Στον Μακρόκοσμο! Με το οπτικό μικροσκόπιο θα ζει στον Μικρόκοσμο και με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο θα ζει στον Νανόκοσμο! Πολύ καλή ιδέα.**

Κάθε φορά που θα ακούγεται ένα όργανο παρατήρησης (μάτια, οπτικό μικροσκόπιο, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο) θα φαίνεται η εικόνα του και η θέση του μέσα στο εργαστήριο.

ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:

**Πρέπει να παρατηρήσουμε όλους τους φίλους σας και να τους βγάλουμε φωτογραφίες.**

Κάθε φορά που θα γίνεται κάποια φωτογράφιση αντικειμένων θα εκτυπώνονται οι φωτογραφίες, οι οποίες θα είναι πραγματικές εικόνες αντικειμένων όπως φαίνονται από τα όργανα παρατήρησης.

Η Επιστήμη βγάζει φωτογραφία με το κινητό τηλέφωνο την μπάλα και το μυρμήγκι, έπειτα τα δύο παιδιά βγαίνουν selfie. Ακούγεται ο ήχος της φωτογραφικής μηχανής και έπειτα του εκτυπωτή από όπου φαίνονται οι φωτοτυπίες που εκτυπώνονται.

Ο Δόκτορας παίρνει ένα ξυλάκι (σαν αυτό που έχουν οι οδοντίατροι) και το τρίβει μέσα στο στόμα (στο μάγουλο από την εσωτερική μεριά) του αγοριού. Το τινάζει στην αντικειμενοφόρο πλάκα του οπτικού και την τοποθετεί στην τράπεζα του οπτικού μικροσκοπίου. Ακούγεται ο θόρυβος από το ξυλάκι. Φαίνονται τα βασικά μέρη του οπτικού μικροσκοπίου.

Η Επιστήμη κοιτά στο οπτικό (φαίνεται ένας κύκλος και μέσα σε αυτόν το αντικείμενο προς παρατήρηση στο οποίο κάνει zoom in, το ίδιο θα γίνεται κάθε φορά που θα κοιτάει μέσα από το οπτικό μικροσκόπιο) και βλέπει τα κύτταρα τα οποία βγάζει φωτογραφία και την εκτυπώνει.

Ο Δόκτορας ταμπονάρει την πληγή του Κόσμου με ένα βαμβάκι και το τοποθετεί στο οπτικό (το ίδιο). Η Επιστήμη κοιτά και βλέπει τα ερυθρά τα οποία βγάζει φωτογραφία και τη εκτυπώνει.

Η Επιστήμη ρίχνει λίγο από το περιεχόμενο της πιπέτας στην αντικειμενοφόρο πλάκα και την τοποθετεί στην τράπεζα του οπτικού μικροσκοπίου (το ίδιο). Βλέπουμε μέσα από τα μάτια της τα βακτήρια τα οποία βγάζει φωτογραφία και την εκτυπώνει.

Έπειτα το υπόλοιπο δείγμα το τοποθετεί στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Θα φανούν λεπτομέρειες του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

Στην οθόνη του υπολογιστή φαίνονται όλα στις αποχρώσεις του ασπρόμαυρου (zoom in), διακρίνονται αρκετά αντικείμενα όπου φαίνονται οι ιοί και το DNA τα οποία βγάζει φωτογραφία και την εκτυπώνει. Το DNA υπάρχει στο εσωτερικό των ιών οπότε θα φανεί πρώτα ο ιός στην οθόνη του υπολογιστή και μετά κάνοντας zoom in θα εμφανιστεί το DNA όπως όταν βγάζουμε ακτινογραφίες (fade out)

ΣΚΗΝΗ Γ: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ-ΜΕΡΑ

(fade in) Ο Κόσμος φαίνεται να κρατάει έναν μαρκαδόρο και να σχεδιάζει τον παρακάτω πίνακα πάνω στον λευκό πίνακα του εργαστηρίου τον παρακάτω πίνακα (3/4 πλάτη στην κάμερα). Ακούγεται ο ήχος του μαρκαδόρου.

	<b>Νανόκοσμος</b>	<b>Μικρόκοσμος</b>	<b>Μακρόκοσμος</b>
<b>Όργανο Παρατήρησης</b>	Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο	Οπτικό μικροσκόπιο	Μάτια
<b>Αντικείμενα</b>			

Η Επιστήμη κρατάει τις εκτυπωμένες φωτογραφίες των αντικειμένων και τις κολλάει στον πίνακα (3/4 πλάτη στην κάμερα) κατά μέγεθος (DNA, ιοί/ βακτήρια, ερυθρά, κύτταρα/ μυρμηγκι, μπάλα, selfie των 2 παιδιών). Ακούγεται ο ήχος της κολλητικής ταινίας και οι φωνές των δύο παιδιών.

Τα δύο παιδιά ακούγονται ενθουσιασμένα (fade out).

ΚΟΣΜΟΣ:

**Με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο βλέπουμε αντικείμενα του Νανόκοσμου.**

ΕΠΙΣΤΗΜΗ:

**DNA και ιούς**

ΚΟΣΜΟΣ:

**Με το οπτικό μικροσκόπιο βλέπουμε αντικείμενα του Μικρόκοσμου.**

ΕΠΙΣΤΗΜΗ:

**Βακτήρια, ερυθρά αιμοσφαίρια και κύτταρα**

ΚΟΣΜΟΣ:

**Με τα μάτια μας βλέπουμε αντικείμενα του Μακρόκοσμου.**

ΕΠΙΣΤΗΜΗ:

**Μυρμήγκι, μπάλα και εμάς!**

ΣΚΗΝΗ Δ: ΣΕΙΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ-ΜΕΡΑ

(fade in) ο Δόκτορας βρίσκεται δίπλα σε ένα τραπέζι του εργαστηρίου και προσκαλεί όλους τους ήρωες να μπουν σε μια σειρά από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο. Καθώς μπαίνουν στη σειρά τα βλέπουμε να φορούν τα ρούχα της φωτογράφισης. Κάθε φορά θα φαίνεται ένας ένας ήρωας και στο τέλος όλοι μαζί.

ΔΟΚΤΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΙΟΥΣ:

**Ωραία! Και για να σας δω να μπαίνετε στη σειρά από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο.**

Φαίνονται όλοι οι ήρωες να παίρνουν πόζα και να βγαίνουν μια αναμνηστική φωτογραφία φωνάζοντας χαρούμενοι. Ακούγεται ο ήχος της φωτογραφικής.

ΟΛΕΣ ΟΙ ΦΩΝΕΣ

**Ζούμε όλοι μαζί!**

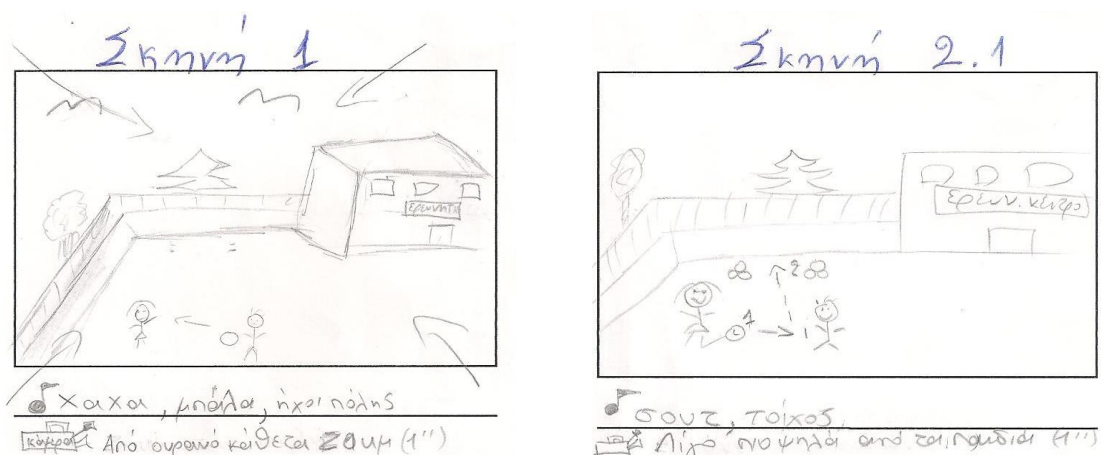
ΤΕΛΟΣ

## 2.2. Το στάδιο της παραγωγής

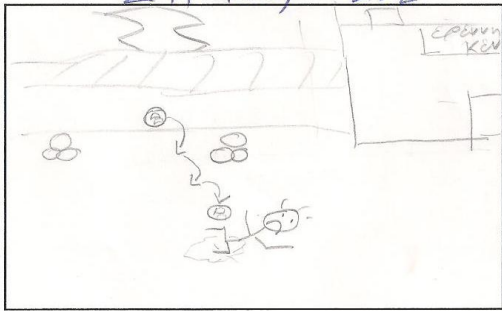
Στο δεύτερο στάδιο θα αναπτυχθεί η δημιουργία του storyboard και θα δοθεί το ολοκληρωμένο storyboard, καρέ-καρέ. Επίσης θα εντοπιστούν οι κατάλληλοι ήχοι ώστε να εμπλουτιστεί μουσικά το animatic και θα καταγραφούν οι διάλογοι μεταξύ των ηρώων. Και τέλος οι ήχοι καθώς και τα σκίτσα, που σχεδιάστηκαν στα προηγούμενα βήματα, θα προστεθούν σε λογισμικά δημιουργίας βίντεο με αποτέλεσμα τη δημιουργία του animatic.

### 2.2.1. Storyboard

Στο δεύτερο βήμα της δημιουργίας του animatic, εικονογραφήθηκε το σενάριο και πήρε τη μορφή του storyboard. Καταγράφηκε η κίνηση των ηρώων, ο τρόπος εισαγωγής και εξαγωγής των στοιχείων στο πλάνο και ο τρόπος περάσματος από πλάνο σε πλάνο. Ακόμα δόθηκε η διάρκεια, η μουσική, τα ηχητικά εφέ, η θέση της κάμερας. Τα σκίτσα χωρίστηκαν σε δεκαέξι (16) σκηνές και σε επιμέρους αυτών, ώστε να μπορούν όσοι δουν το συγκεκριμένο storyboard να κατανοήσουν τις λεπτομέρειες της πλοκής που είχε σκεφτεί η ερευνήτρια (Εικόνα 45).

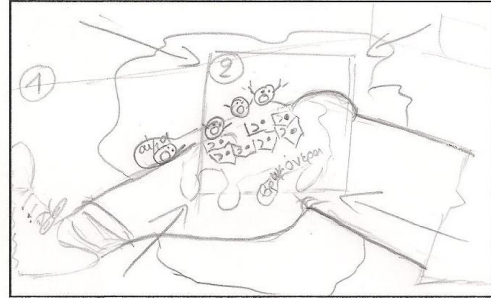


Σκηνή 2.2



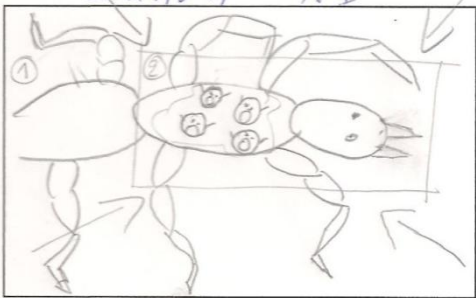
Πλάγια, άουτς  
 Στο ύψος των παδιών (2'')

Σκηνή 3



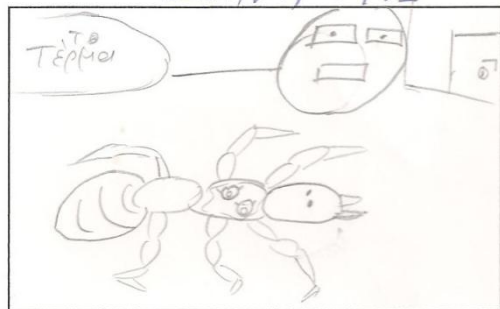
Πλάγια, Άουτς, Διάλογοι (Πούνη - ανδρώνας)  
 1 Πλάγια του ποδιού (1'')  
 2 (Σουμ) μπροστά Αφτιά ποδιού (22'')

Σκηνή 4.1



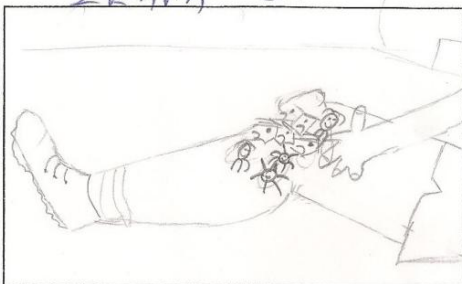
Πλάγια, Διάλογοι (Κολά όλα - βλέπουν!)  
 1 + 2 Σουμ → Πλάγια του υπερηχητικού (3'') (30'')

Σκηνή 4.2



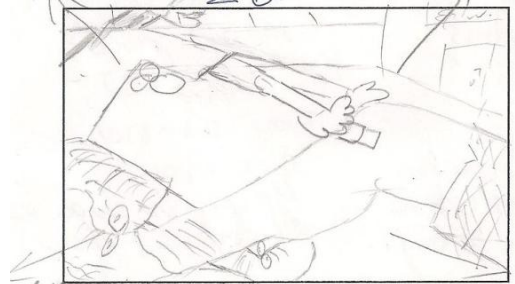
Πλάγια, Διάλογοι (Σουμείερχα - τον Μακρόκοστ)  
 Λίγο πιο ψηλά από τη κνήμη (17'')

Σκηνή 5



Πλάγια, Διάλογοι (Κουνηθείτε - είσοδος κλείνει)  
 Πλάγια του ποδιού (43'')

Σκηνή 6



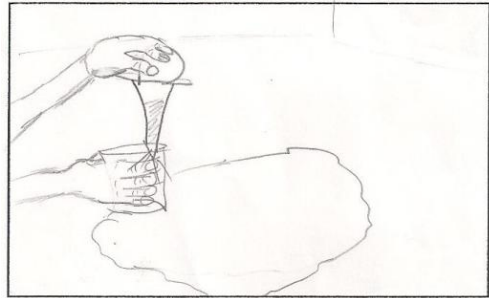
Πλάγια, Διάλογοι (Κόστε - αναντήσεις) Σουμ, Άουτς  
 1 Πλάγια του ποδιού το κρέμα (18'')  
 2 (Σουμ) κοιλιά από καινού ύψος να φαίνονται όλοι, 2'')

Σ. 7.1



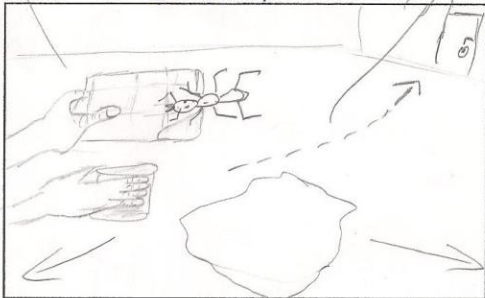
(A) Κοιτώ από κοινό οφθαλμικό (1")  
 (B) (Σουμ) στην μινέτα (1")  
 Δ' Πόλη, μινέτα,

Σ. 7.2



Κοιτώ από Πόλη να οδώνει  
 Στην μινέτα στο πόλη (1")  
 Δ' Πόλη, μινέτα, σταγόνες

Σ. 7.3



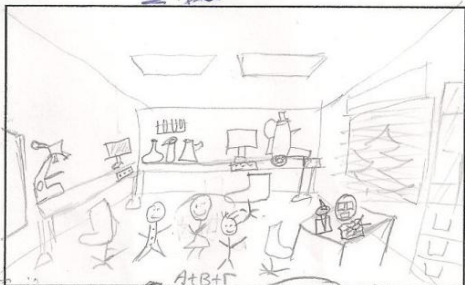
(A) Πόλη, μινέτα ανιβαίνει (1")  
 (B) (Σουμ) Τα παιδιά προς το Εργαστήριο  
 Κέντρο (1")  
 Δ' Πόλη, βήματα αριστερά (A), βήματα δεξιά (B)

Σ. 8+9



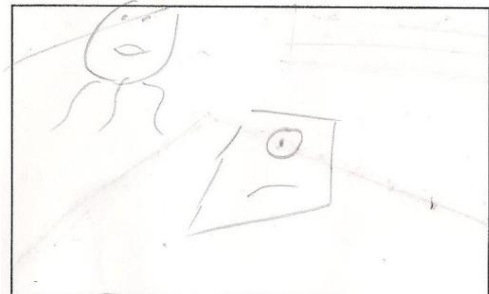
Μέσα από τα παιδιά των παιδιών  
 η Σ. 8. (3") = Δ' ήχοι εργαστηρίου, Διάλογος (1")  
 (Επίσης 4-5-6-7-8-9)  
 η Σ. 9. (9") = 2" + 7" ήχοι εργ., ήχοι παιδιών (1")  
 Διάλογος (Μα εσύ - Τέτοιο)

Σ. 10



Διάλογος (1" 17") → 10-10.5  
 (A) Πόλη από την είσοδο  
 (Σουμ) στα ανέκδοτα όταν ήλθε  
 (Κυτταρά φωνή)  
 (Σουμ) στα 3 όφθαλμα όταν ακούγεται τα  
 υποφώνητά τους.

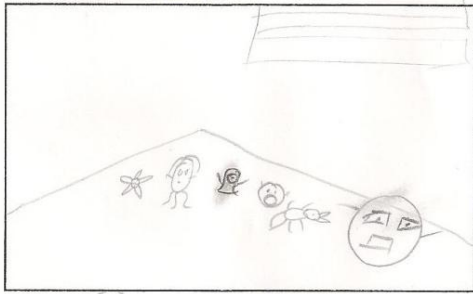
Σ. 10.1



(2")  
 (Σουμ) Στο Κύτταρο, πάνω στο φωνή  
 Διάλογος (Εφέντα - κανείς!)



Σ. 10.2



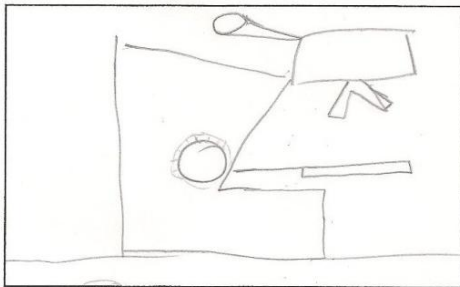
(1<sup>η</sup>) (Zoup) Στο ανακείμενο νήματα τριπλή  
⊗ Διαφάνειες.

Σ. 10.3



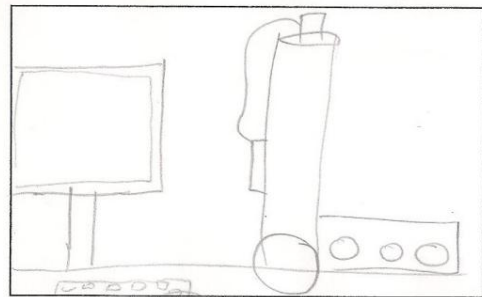
(2<sup>η</sup>) (Zoup) Ταξίδια της Γαλιλαίου  
⊗ Διάλογοι (Πρώτο και δεύτερο μέρος)  
⊗ (στον Μακρόκοσμο),  
Εργαστήριο

Σ. 10.4



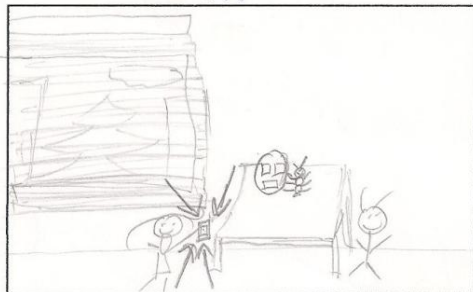
(3<sup>η</sup>) (Zoup) Στο οπτικό μικροσκόπιο  
⊗ Διάλογοι (δευτερο το οπτικό μικροσκόπιο)  
(στον Μικρόκοσμο)

Σ. 10.5



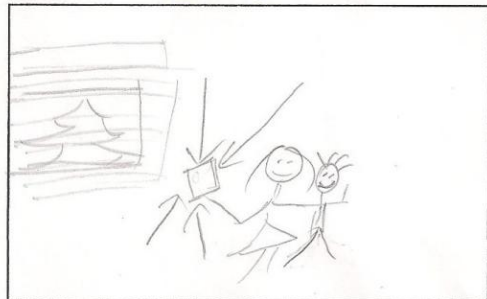
(4<sup>η</sup>) (Zoup) Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο  
⊗ Διάλογοι (τρίτο το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο)  
(στον Νανόκοσμο)

Σ. 11



(Α) Μίση από το Κόρι ΤΣ (1<sup>η</sup>)  
(Β) (Zoup) σημειώση του κινητού  
να δουλέψει τη φωτογραφία (1<sup>η</sup>)  
⊗ Εργαστήριο, φωτογραφική μηχανή

Σ. 12



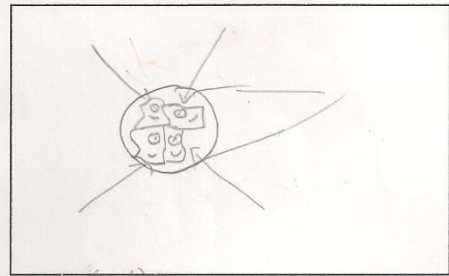
(Zoup) στην οδόν να δουλέψω  
την οδόν (2<sup>η</sup>)  
⊗ Εργαστήριο, φωτογραφική μηχανή

Σ. 13.1



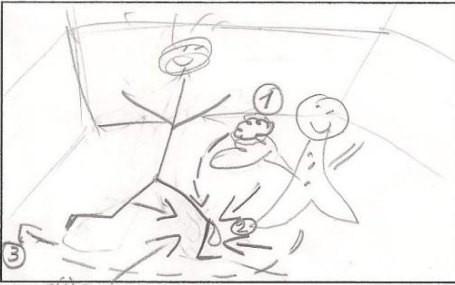
(A) Ζουή στο Σηάκι (1")  
(B) Πάει προς οπτικό και Επίσημη (1")  
Εργαστήριο, Σηάκι στο κόμμο, βιβλία

Σ 13.1.1



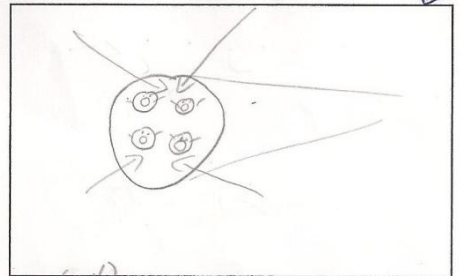
(A) Ζουή  
Το κορίτσι κοιτάει από το οπτικό (2")  
Εργαστήριο

Σ. 13.2



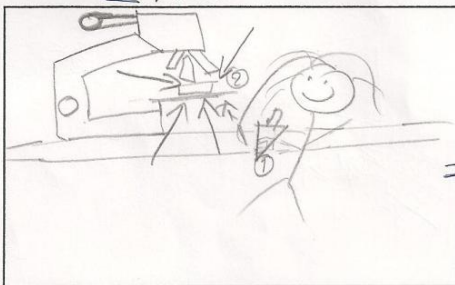
(A) Ζουή στο βαρβίκι (1")  
(B) Πάει προς οπτικό και η Επίσημη (1")  
Εργαστήριο, βιβλία, χάρτες - βαρβίκι

Σ. 13.2.1



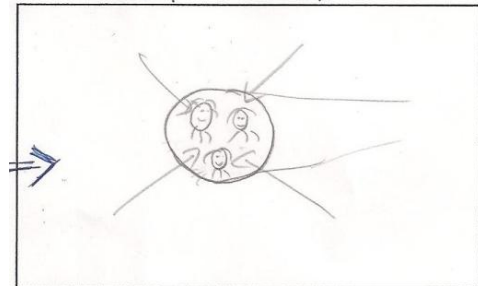
(A) Ζουή  
Το κορίτσι κοιτάει από το οπτικό (2")  
Εργαστήριο

Σ. 13.3



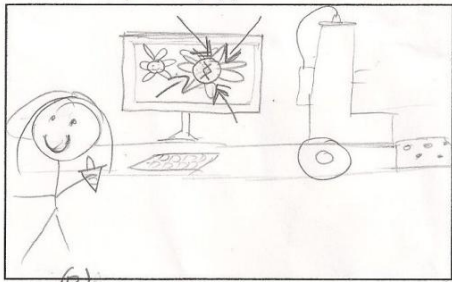
(A) Ζουή στη σταχάνα (2")  
Εργαστήριο, μινέτα, σταχάνα, βιβλία

Σ. 13.3.1



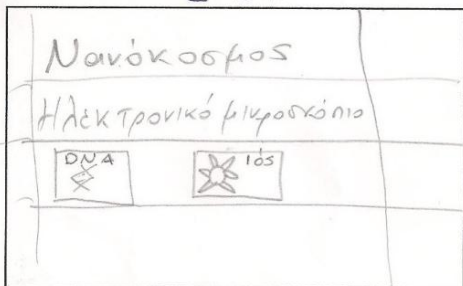
(A) Ζουή  
Το κορίτσι κοιτάει από το οπτικό (2")  
Εργαστήριο

2.14.



(B) Ζουφ στον ΛΟ Ψίσε να  
 φανεί το DNA μέσα του (2'')  
 (A) Φαίνεται ηλεκτρονικό και 105 σση  
 οθόνη (2'')  
 Εργαστήριο, Βίντεο.

Σ 15.1.



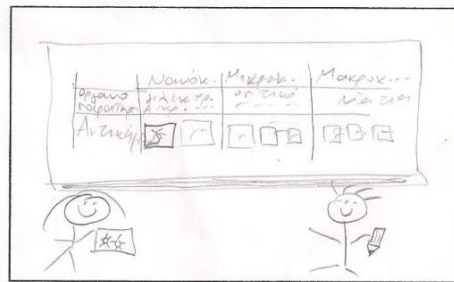
Ζουφ  
 Εργαστήριο, Διάλογοι (Με το -105)

Σ 15.3.



Ζουφ  
 Εργαστήριο, Διάλογοι (Με τα - εφίς!)

2.15



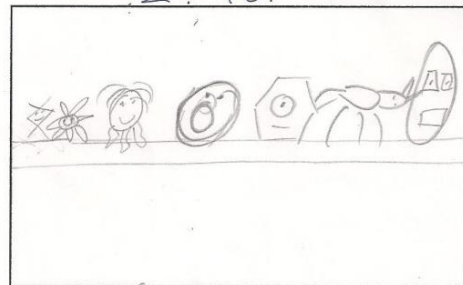
Πίσω από τα παιδία, Κόσμος γράφει  
 Διάλογοι (16'') (Με το ηλεκτρονικό-εφίς!)  
 Επιστήμη καλλί  
 μαρκάδρος  
 καλλιτεχνικά τάνια.

Σ 15.2.



Ζουφ  
 Εργαστήριο, Διάλογοι (Με το οπτικό-κύτταρ)  
 Εργαστήριο, Βίντεο

2.16.



Ζουφ  
 Δι'αφαινεταται κείθε  
 φφά 1 ηρωιάς. (5'')  
 Εργαστήριο, Διάλογοι (ερωιά! - μεγαλύτερο)



**Εικόνα 45:** Το Storyboard του animatic «Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος»

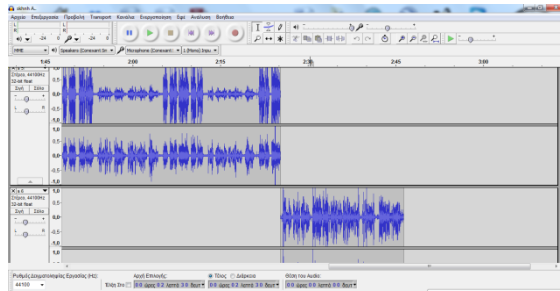
### 2.2.2. Ηχοληψία

Στο τρίτο βήμα της δημιουργίας του animatic, αφού ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός του storyboard, αναζητήθηκαν στο διαδίκτυο (YouTube), σε ελεύθερες βιβλιοθήκες ήχων, ήχοι που θεωρήθηκαν κατάλληλα για το εν λόγω σενάριο (Εικόνα 46). Τα βίντεο που ανιχνεύθηκαν στο YouTube προστέθηκαν στο λογισμικό «YouTube to Mp3» το οποίο μετατρέπει βίντεο σε mp3 μουσικά κομμάτια. Έπειτα, επιλέχτηκαν άτομα, που είχαν ερασιτεχνική σχέση με το θέατρο, έτσι ώστε να «δανείσουν» την φωνή τους στους ήρωες του σεναρίου. Σε επόμενη φάση, έγινε η μίξη δεκατεσσάρων (14) ήχων και οκτώ (8) φωνών, σε λογισμικό επεξεργασίας ήχων (Audacity), ώστε το αποτέλεσμα να είναι άρτιο στο μέτρο του δυνατού (Εικόνα 47).



**Εικόνα 46:** Στιγμιότυπο από το βίντεο του YouTube<sup>3</sup> με τίτλο «Ήχος βημάτων-step sound»

<sup>3</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=vDFUgiG3U2Q>



**Εικόνα 47:** Επεξεργασία των ήχων της πρώτης σκηνής του σεναρίου με το λογισμικό Audacity

Το λογισμικό αυτό επιλέχθηκε γιατί από τη μια ήταν εύχρηστο και από την άλλη κατάλληλο για τους στόχους της έρευνας. Τέλος, αφού έγινε η μίξη του ήχου δημιουργήθηκαν τέσσερα αρχεία ήχου, όσες ήταν και οι σκηνές του σεναρίου. Το πρώτο αρχείο ήχου που αντιστοιχεί στην πρώτη σκηνή (παιχνίδι στην αυλή του ερευνητικού κέντρου-μέρα) έχει διάρκεια 3:01 λεπτά, το δεύτερο αρχείο έχει διάρκεια 2:42 λεπτά (συνάντηση με τον Δόκτορα-εσωτερικού χώρου-μέρα), το τρίτο αρχείο διαρκεί 00:38 λεπτά (ταξινόμηση αντικειμένων-εσωτερικού χώρου-μέρα) και το τέταρτο αρχείο διαρκεί 00:07 λεπτά (σειροθέτηση αντικειμένων-εσωτερικού χώρου-μέρα).

### 2.2.3. Δημιουργία *animated storyboard-animatic*

Για την ολοκλήρωση του τέταρτου βήματος της δημιουργίας του animatic «**Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος**» γίνεται μια δημιουργική προσπάθεια μεταφοράς του σεναρίου σε animatic. Ειδικότερα συνδυάστηκαν με κατάλληλο τρόπο τα σκίτσα που είχαν σχεδιαστεί στο δεύτερο βήμα, (δημιουργία του storyboard), με τους ήχους που δημιουργήθηκαν στο τρίτο βήμα, (ηχοληψία). Αφού πρώτα όλες οι εικόνες ψηφιοποιήθηκαν, τότε προστέθηκαν σε ένα λογισμικό δημιουργίας βίντεο, το Windows Live Movie Maker. Το λογισμικό αυτό επιλέχθηκε γιατί από τη μια ήταν εύχρηστο και από την άλλη κατάλληλο για τους στόχους της έρευνας. Ακολούθως προστέθηκαν τα τέσσερα αρχεία ήχου που είχαν δημιουργηθεί στο προηγούμενο βήμα. Κάθε αρχείο ήχου αντιστοιχούσε σε μία σκηνή. Τα σχέδια της πρώτης σκηνής αντιστοιχήθηκαν στο πρώτο αρχείο ήχου, της δεύτερης σκηνής στο δεύτερο αρχείο κ.ο.κ.. Έπειτα, προστέθηκαν εφέ κίνησης στα σχέδια, όπως το zoom-in και το zoom-out. Στο τέλος, προστέθηκαν οι τίτλοι τέλους και το animatic ολοκληρώθηκε και αποθηκεύτηκε ως αρχείο με κατάληξη .wmv. Το animatic έχει συνολική διάρκεια 6:38mins. Μετέπειτα το animatic προστέθηκε σε κανάλι του YouTube (Florinano 2017) με τον τίτλο «Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος»<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> <https://youtu.be/daTt5ur5XQI>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 3.1. Ανάλυση του σεναρίου σύμφωνα με τον πυρήνα περιεχομένου της N-ET.

Στο σενάριο του animatic «Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος» φαίνεται ότι ελήφθη υπόψη το πλαίσιο υποστηρικτικής μάθησης για την κατανόηση του «Μεγέθους και της Κλίμακας» που προτείνονται από τους Magana, Newby και Brophy (2012), όπως αναλύθηκε στην 1.1.5. ενότητα. Από το συγκεκριμένο πλαίσιο φαίνεται ότι επιλέχθηκαν οι δύο πρώτες ποιοτικές, από τις πέντε νοητικές διαδικασίες, η γενίκευση και η διάκριση. Η πρώτη εξαρτάται από την ταξινόμηση των μεγεθών κάτι που το animatic πραγματεύεται στην τρίτη σκηνή και η δεύτερη εξαρτάται από τη σειριακή τοποθέτηση αντικειμένων κάτι που φαίνεται στην τέταρτη σκηνή του animatic.

Ένα ακόμα σημείο στο οποίο δόθηκε μεγάλη σημασία φαίνεται να είναι οι ιδέες των μαθητών του Δημοτικού σχολείου για το περιεχόμενο της N-ET (ενότητα 1.1.4.). Μιας και οι μαθητές δυσκολεύονται να ταξινομήσουν και να σειροθετήσουν αντικείμενα, μη ορατών με το μάτι, επιλέχθηκε να ενταχθούν στο σενάριο οι πρότερες ιδέες τους. Συγκεκριμένα, αυτές φαίνονται μέσα από τον διάλογο που κάνουν οι ήρωες στην πρώτη σκηνή, οι οποίοι είναι μπερδεμένοι για το που ζουν. Επίσης, στο σημείο αυτό του σεναρίου, φαίνεται μέσα από τους διαλόγους ότι οι ήρωες εκτός του ότι δεν γνωρίζουν που ζουν, δεν αντιλαμβάνονται τη διαφορά που έχουν στα μεγέθη τους, δηλαδή δεν καταλαβαίνουν αν κάποιος είναι μικρότερος σε μέγεθος από αυτούς π.χ. ΙΟΙ: Βακτήρια; Τι θα κάνουμε με εκείνο το τέρας που ζει εκεί και είναι τεράστιο σαν φίδι; DNA νομίζω το λένε. Όπως φάνηκε στο πρώτο κεφάλαιο, οι μαθητές δυσκολεύονται να ονομάσουν αντικείμενα που δεν βλέπουν με τα μάτια τους, όπως επίσης δεν μπορούν να τα κατατάξουν κατά μέγεθος.

Στη δεύτερη σκηνή αναγνωρίζεται η προσπάθεια που γίνεται ώστε να διαφοροποιηθούν οι ιδέες αυτές και να πλησιάσουν στο δυνατότερο βαθμό την επιστημονική γνώση. Η προσπάθεια αυτή γίνεται αντιληπτή μέσα από τους διαλόγους του Δόκτορα με τα δύο παιδιά, όπου ο πρώτος αναφέρει την επιστημονική γνώση στο κοινό, μετασχηματισμένη και μέσα από απλές διατυπωμένες προτάσεις.



**Σχήμα 19:**  
Αντικείμενα αναφοράς

Μέσα από το σενάριο φαίνεται ότι ο πυρήνας του περιεχομένου της N-ET είναι τα αντικείμενα αναφοράς του εκάστοτε κόσμου όπως και τα όργανα παρατήρησής τους. Επίσης επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν δύο αντικείμενα του Νανόκοσμου (DNA και ιο), τρία του Μικρόκοσμου (Βακτήρια, ερυθρά αιμοσφαίρια και κύτταρα) και τρία του Μακρόκοσμου (μπάλα, μυρμήγκι και παιδιά) (Σχήμα 19). Για να μπορούν οι μαθητές να ταξινομήσουν το κάθε αντικείμενο αναφοράς στον κόσμο όπου ανήκει, επιλέχθηκαν δύο επιστημονικά όργανα (το οπτικό και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο) καθώς και τα μάτια του ανθρώπου (Σχήμα 20).



**Σχήμα 20:**  
Όργανα παρατήρησης

### **3.2. Ανάλυση των δύο σταδίων δημιουργίας animatic σύμφωνα με την πολυμεσική μάθηση**

Στα στάδια δημιουργίας του animation, που αναφέρθηκαν στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, φάνηκε ότι λήφθηκε υπόψη, πως η πολυμεσική μάθηση συμβαίνει όταν υπάρχουν κατασκευασμένες νοερές αναπαραστάσεις από λέξεις (προφορικές) και εικόνες (ήχοι, animation), με σκοπό την οικοδόμηση της γνώσης.

Κατά το σχεδιασμό των δύο σταδίων δημιουργίας του animatic λήφθηκαν υπόψη και οι τρεις θεωρίες που αναφέρονται στην ενότητα 1.2.: η Γνωστική Θεωρία Μάθησης Πολυμέσων του Mayer, το Ολοκληρωμένο Μοντέλο για την κατανόηση κειμένου και εικόνας του Schnotz και η θεωρία του γνωστικού φορτίου του Sweller.

Πιο αναλυτικά, η πρώτη θεωρία στηρίζεται σε τρία αξιώματα το αξίωμα της διπλής διόδου, της περιορισμένης χωρητικότητας και της ενεργού διαδικασίας. Για να επιτευχθεί η επεξεργασία πληροφορίας από τους μαθητές, στο animation χρησιμοποιήθηκαν προφορικές λέξεις (επεξεργασία μέσω ματιών) και ήχοι (επεξεργασία μέσω αφτιών), έτσι ώστε να διευκολυνθούν οι μαθητές κατά την επεξεργασία των πληροφοριών. Όσον αφορά το δεύτερο αξίωμα, έγινε προσπάθεια να δοθούν στους μαθητές, περιορισμένες αλλά εστιασμένες πληροφορίες, λόγω του ότι ο μαθητεύομενος επεξεργάζεται περιορισμένο αριθμό πληροφοριών σε κάθε δίοδο. Στη δεύτερη σκηνή δόθηκαν από τον δόκτορα, κατά τον διάλογό του με τα δύο παιδιά, οι λέξεις κλειδιά, όπως τα ονόματα των κόσμων και τα όργανα παρατήρησης. Στην τρίτη σκηνή επαναλήφθηκαν οι σημαντικές πληροφορίες, κατά τη διάρκεια που ο Κόσμος συμπλήρωνε τον πίνακα και ταξινομούσε σε αυτόν τα αντικείμενα, με γνώμονα το όργανο παρατήρησης. Όσον αφορά το αξίωμα της ενεργού διαδικασίας, μέσα από τα μάτια της Επιστήμης, οι μαθητές είναι πιθανό να επικεντρώσουν την προσοχή τους σε συγκεκριμένες εικόνες που τους παρουσιάστηκαν. Οι εικόνες αυτές συνοδευόταν από τις απαραίτητες προφορικές λέξεις π.χ. όταν ο δόκτορας έλεγε το όνομα «οπτικό μικροσκόπιο», τότε στο έργο φαινόταν το αντίστοιχο όργανο. Έπειτα, στο animatic υπήρχε κάποιο χρονικό κενό, με σκοπό οι μαθητές να οργανώσουν το υλικό στην εργαζόμενη τους μνήμη. Αυτό συνέβη, όταν τα δύο παιδιά έβγαζαν φωτογραφίες τα αντικείμενα των τριών κόσμων με τη βοήθεια των οργάνων παρατήρησης. Τέλος, στην τρίτη και στην τέταρτη σκηνή δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να ενσωματώσουν το υλικό στην προηγούμενη τους γνώση. Οι μαθητές παρατηρούν την ταξινόμηση που έκανε ο Κόσμος στον πίνακα καθώς και τη σειροθέτηση των αντικειμένων.



Η δεύτερη θεωρία του ολοκληρωμένου μοντέλου για την κατανόηση κειμένου και εικόνας πραγματεύεται δύο μορφές αναπαραστάσεων, όπου στο συγκεκριμένο εγχείρημα επιλέχθηκε η δεύτερη μορφή, η απεικονιστική. Οι αναπαραστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζουν ομοιότητα με αυτά στα οποία αναφέρονται και δίνουν νέες πληροφορίες στους μαθητές π.χ. κατά τον σχεδιασμό του οπτικού μικροσκοπίου αναπαραστάθηκαν εκείνα τα μέρη του, που θεωρήθηκαν τα πιο κατάλληλα.

Η τρίτη θεωρία του γνωστικού φορτίου του Sweller φαίνεται ότι λήφθηκε υπόψη κατά τη δημιουργία του σεναρίου. Λόγω της δυσκολίας του θέματος έγινε μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης, όσο γινόταν πιο κοντά στο επίπεδο των μαθητών και τους δόθηκαν οι πληροφορίες εκείνες που ως αποτέλεσμα θα είχαν τη διευκόλυνση της μάθησης. Υπό αυτό το πρίσμα στην τρίτη σκηνή, τα δύο παιδιά μαζί με τον δόκτορα επαναλαμβάνουν τις σημαντικές πληροφορίες και ο δόκτορας είναι αυτός που αναφέρει τη μετασχηματισμένη γνώση π.χ. ΔΟΚΤΟΡΑΣ: Παρόλο που δεν το καταλαβαίνετε ζούμε όλοι μαζί. Επειδή όμως είμαστε πολλοί, εμείς οι επιστήμονες, συμφωνήσαμε να κατηγοριοποιήσουμε κάποια αντικείμενα σε διαφορετικούς κόσμους και τους δώσαμε ονόματα για να τους ξεχωρίζουμε... Θα σας πω τρεις μόνο αυτούς που ενδιαφέρουν εσάς και τους φίλους σας. Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος... Οι επιστήμονες κάναμε και άλλη συμφωνία. Σε ποιον κόσμο θα μπαίνει ποιος και πώς;... Επειδή διαφέρουμε όλοι τόσο πολύ μεταξύ μας, θα χρησιμοποιήσουμε τρία όργανα και αυτά θα μας δώσουν την απάντηση... Είναι όργανα παρατήρησης όχι γυμναστικής! Πρώτο τα μάτια μας, δεύτερο το οπτικό μικροσκόπιο και τρίτο το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Όλοι οι φίλοι σας υπάρχουν αν και δεν μπορούμε να τους δούμε. Όποιον παρατηρήσουμε με τα μάτια μας θα ζει...

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση (ενότητα 1.2.4.) υπάρχουν οκτώ τρόποι με τους οποίους οι Τέχνες βοηθούν τη μακρόχρονη μνήμη (Rinne et.al., 2011; Sousa & Pilecki, 2018). Κατά το σχεδιασμό του animatic φάνηκε ότι από τους οκτώ τρόπους λήφθηκαν υπόψη οι έξι. Ο τρίτος και ο τέταρτος τρόπος δεν προτιμήθηκαν.

*Πρόβα.* Χαρακτηριστικά της πρόβας, με σκοπό την κατανόηση, ενσωματώθηκαν κατά το σχεδιασμό του animatic, στους όρους: οπτικό μικροσκόπιο, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, μάτια, νανόκοσμος, μικρόκοσμος, μακρόκοσμος. Επίσης επανάληψη γινόταν στα ονόματα των αντικειμένων.

*Επεξεργασία.* Κατά τη δημιουργία του animatic επιλέχθηκαν οι πληροφορίες εκείνες που θα ήταν οικείες στους μαθητές και θα ήταν σχετικές με την καθημερινή τους ζωή. Στην πρώτη σκηνή τα δύο παιδιά φαίνονται να παίζουν μπάλα στην αυλή

ενός ερευνητικού κέντρου και στη δεύτερη σκηνή μπαίνουν μέσα ώστε ο δόκτορας Μεγέθιος να τους λύσει τις απορίες που έχουν. Στην τρίτη σκηνή τα δύο παιδιά προσφέρθηκαν να βοηθήσουν τον δόκτορα ώστε να πάρουν τις επιστημονικές απαντήσεις που ζητούσαν.

*Δημιουργία – παραγωγή.* Το animatic δεν είναι διαδραστικό, συνεπώς οι μαθητές δεν μπορούν να δημιουργήσουν πληροφορίες αλλά μόνο να δεχτούν. Συμπεραίνεται ότι ο σχεδιασμός του animatic δεν έλαβε υπόψη τον τρίτο τρόπο.

*Αναπαράσταση – πραγμάτωση.* Το animatic δεν ζητά από τους μαθητές να αναπαραστήσουν κάποιες από τις νέες πληροφορίες. Συμπεραίνεται πως ο σχεδιασμός του animatic δεν χρησιμοποίησε τον τέταρτο τρόπο.

*Παραγωγή προφορικού λόγου.* Κατά το σχεδιασμό του animatic συμπεριλήφθηκαν διαφορετικές και σπάνιες πληροφορίες π.χ. ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, η ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων. Οι μαθητές δυσκολεύονται να συλλάβουν εννοιολογικά τα μεγέθη μικροσκοπικών και υπο-μικροσκοπικών αντικειμένων, υστερούν στη διάκριση του μεγέθους μικροσκοπικών αντικειμένων και δυσκολεύονται στην ιεράρχησή τους (ενότητες 1.1.4 και 1.1.5.). Αν λάβουμε υπόψη τα παραπάνω τότε μπορούμε να υποθέσουμε πως ο πυρήνας του περιεχομένου της NE-T που επιλέχθηκε, θα έχει διαφορετικές και ίσως σπάνιες πληροφορίες. Όμως φαίνεται πως κατά την προβολή του animatic από τους μαθητές δεν τους δίνεται η επιλογή να συμμετέχουν διαβάζοντας ή λέγοντας τη γνώμη τους δυνατά.

*Ο κόπος της προσπάθειας.* Κάθε φορά που ο δόκτορας κάνει μία ερώτηση στα δύο παιδιά ή τους λέει τη μετασχηματισμένη γνώση μεσολαβούν κάποια δευτερόλεπτα μέχρι να δοθεί η απάντηση ή η εξήγηση. Αυτό το χρονικό κενό πιστεύεται πως είναι αρκετό ώστε οι μαθητές να καταβάλλουν προσπάθεια και να καταλήξουν μόνοι τους στην απάντηση ή να εξηγήσουν τα λεγόμενα του δόκτορα.

*Συναισθηματική κινητοποίηση.* Μιας και η διδασκαλία μέσω καλλιτεχνικών δραστηριοτήτων κινητοποιεί τα συναισθήματα των μαθητών είτε θετικά είτε αρνητικά, επιλέχθηκε η διδασκαλία με animation μιας και είναι ένα πολυμέσο που ενισχύει τα συναισθήματα των μαθητών (ενότητα 1.3.).

*Οπτική αναπαράσταση.* Σε συνδυασμό με τη θεωρία πολυμεσικής μάθησης που αναλύθηκε στην ενότητα 1.2.1. φαίνεται πως ο σχεδιασμός που έγινε για τη δημιουργία του animatic αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της συγκεκριμένης θεωρίας.

### **3.3. Τα δύο στάδια δημιουργίας animatic σύμφωνα με τις σχεδιαστικές αρχές του animation.**

Το συγκεκριμένο animatic μπορεί να προοριστεί για διδασκαλία με χρήση animation, διότι φαίνεται ότι λήφθηκαν υπόψη οι βασικές αρχές που προτείνονται από τους Mayer & Moreno (2002) για τη χρήση animation στη διδασκαλία με πολυμέσα (ενότητα 1.3.4.). Τα δύο στάδια της δημιουργίας animatic φαίνεται να ακολουθούν τις έξι από τις επτά αρχές ενώ δεν ακολουθούν τη δεύτερη αρχή, αυτή της χωρικής γειτνίασης. Συγκεκριμένα:

*Αρχή της πολυμεσικότητας.* Ο συνδυασμός των animatic και της αφήγησης προωθεί καλύτερα την κατανόηση.

*Αρχή της χωρικής γειτνίασης.* Χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός αφήγησης και εικόνων και όχι λέξεων και εικόνων, οπότε δεν υπάρχει συμφωνία με την δεύτερη αρχή.

*Αρχή της χρονικής συνέχειας.* Στο σενάριο φαίνεται η αφήγηση και το animatic να παρουσιάζονται ταυτόχρονα.

*Αρχή της συνοχής.* Στο δεύτερο στάδιο προτιμήθηκαν ήχοι και λέξεις σχετικές με το θέμα, ώστε να μην αποπροσανατολιστούν οι μαθητές.

*Αρχή της τροπικότητας.* Φαίνεται ότι επιλέχθηκε ο συνδυασμός animatic και αφήγησης, με σκοπό την απόκτηση βαθύτερης γνώσης, η οποία συμβαίνει όταν η οπτική δίοδος δεν υπερφορτώνεται.

*Αρχή του πλεονασμού.* Δεν προτιμήθηκε ο συνδυασμός animatic, αφήγησης και κειμένου με σκοπό να μην υπάρχει πλεονασμός ερεθισμάτων.

*Αρχή της εξατομίκευσης.* Ο τρόπος αφήγησης ήταν το διαλογικό στυλ, που σκοπό είχε την βαθύτερη γνώση.

Το animation είναι ένα εργαλείο πολυμεσικής μάθησης, για αυτό το λόγο η ερευνήτρια έλαβε υπόψη τις τρεις σχεδιαστικές αρχές κατά τον Mayer (2014) (ενότητα 1.3.5.). Ειδικότερα:

*Πρώτη αρχή: Οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα από τα animation όταν ο διδακτικός τους σκοπός έχει καθοριστεί σαφώς.* Το εν λόγω animatic φαίνεται ότι συμφωνεί με την πρώτη αρχή μιας και ικανοποιούνται και οι δύο λειτουργίες των animations. Σύμφωνα με την αντιπροσωπευτική λειτουργία αναδεικνύονται οι τρεις διαστάσεις των αντικειμένων των τριών κόσμων, καθώς και τα μέρη που αυτά αποτελούνται ή οι λεπτομέρειες που τα καθορίζουν π.χ. στο εσωτερικό των ιών υπάρχει το DNA, τα κύτταρα έχουν πυρήνα, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο συνδέεται με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου βλέπει κανείς το δείγμα, το οπτικό μικροσκόπιο έχει την τράπεζα όπου τοποθετείται το δείγμα και η Επιστήμη κάνοντας zoom παρατηρεί το δείγμα

της. Η κίνηση των αντικειμένων φαίνεται όταν εμφανίζονται μέσα από τα όργανα παρατήρησης. Επίσης μέσα από τα επαναλαμβανόμενα zoom διακρίνονται λεπτομέρειες στην εξωτερική επιφάνεια των αντικειμένων. Όσον αφορά την καθοδηγητική λειτουργία, η προσοχή του θεατή καθοδηγείται στα χαρακτηριστικά της πληροφορίας που παρουσιάζεται, χρησιμοποιώντας όταν πρέπει την τεχνική της εστίασης (zoom).

*Δεύτερη αρχή:* Οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα από ένα animation, όταν δίνεται η απαραίτητη έμφαση στις χωρικές παρά στις χρονικές πληροφορίες. Κάθε φορά που εμφανίζεται μια νέα πληροφορία, επαναλαμβάνεται λεκτικά και οπτικά, ώστε να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της επεξεργασίας των χωρικών και χρονικών προτύπων κατά τη μάθηση με animation π.χ. στη δεύτερη σκηνή τα ονόματα των οργάνων παρατήρησης, τα ονόματα των τριών κόσμων καθώς και ο τρόπος που τα αντικείμενα θα ταξινομούνται στους τρεις κόσμους επαναλαμβάνονται λεκτικά τόσο από το δόκτορα όσο και από τα παιδιά και διακρίνονται με την τεχνική του zoom.

*Τρίτη αρχή:* Οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα από τα animations όταν τα αντιληπτά τους χαρακτηριστικά και οι γνωστικές τους απαιτήσεις είναι εναρμονισμένα. Μέσα από το animatic ο μαθητής μπορεί να αντιληφθεί μια κατάσταση που εξελίσσεται πολύ αργά στο χρόνο, επιταχύνοντάς την π.χ. την εμφάνιση αποτελεσμάτων από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Το animatic δεν δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε ο μαθητής να ελέγχει τον σχεδιασμό του.

Σύμφωνα με τον Mayer (2014) ο σχεδιασμός αποτελεσματικών animations διέπεται από πέντε αρχές (ενότητα 1.3.6.). Φαίνεται ότι ο σχεδιασμός του animatic «**Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος**» συμφωνεί με τις τέσσερις από τις πέντε αρχές. Δεν συμφωνεί πλήρως με την τρίτη αρχή αυτή της διαδραστικότητας. Συγκεκριμένα:

*Αρχή της σύλληψης.* Στα δύο στάδια της δημιουργίας του animatic φαίνεται ότι ο γραφικός σχεδιασμός των αντικειμένων των τριών κόσμων, των οργάνων παρατήρησης, του εργαστηρίου και του ερευνητικού κέντρου ακολουθούν την συμβατική αναπαράσταση και έχουν απαλειφθεί οι περιττές λεπτομέρειες.

*Αρχή της αντιστοιχίας.* Κατά τους διαλόγους των ηρώων φαίνεται ότι ο ρεαλισμός έχει παραμορφωθεί για την καλύτερη κατανόηση των σχέσεων αιτίας αποτελέσματος του συστήματος π.χ. τα βακτήρια και οι ιοί είναι φίλοι που ζουν στον νερόλακκο και φαίνονται να έχουν μικρή διαφορά στο μέγεθος. Ο λόγος φαίνεται να είναι οι ιδέες που είχαν οι μαθητές κατά τις έρευνες που έχουν γίνει και έθεσαν ερωτήματα όπως: «ποιο είναι το πιο μικρό αντικείμενο που βλέπεις;» (βλ. ενότητα 1.1.4.).

*Αρχή της διαδραστικότητας.* Το animatic είναι μοιρασμένο σε τμήματα-σκηνές ώστε να έχουν οι μαθητές τη δυνατότητα να επεξεργαστούν τις νέες πληροφορίες πριν πάνε στην επόμενη σκηνή. Οι σκηνές που φαίνονται είναι τέσσερις, ανάμεσά τους

υπάρχει μια «κουρτίνα» που δίνει τον χρόνο αυτό στους μαθητές π.χ. τα παιδιά, στο τέλος της πρώτης σκηνής, φαίνονται κάποια δευτερόλεπτα να περπατούν στην αυλή πριν μπουν στο ερευνητικό κέντρο, στην αρχή της τρίτης σκηνής φαίνεται ο Κόσμος να σχεδιάζει στον λευκό πίνακα του εργαστηρίου έναν πίνακα, στην αρχή της τέταρτης σκηνής φαίνεται ο Δόκτορας Μεγέθιους να προσκαλεί τα αντικείμενα να μπουν στη σειρά κατά μέγεθος. Η ερευνήτρια όμως δεν έλαβε υπόψη τη διαδραστικότητα των μαθητών με το animatic έτσι ώστε να μπορούν να ελέγχουν τον ρυθμό του, άρα θεωρούμε ότι δεν συμφωνεί πλήρως με αυτή την αρχή.

*Αρχή της καθοδήγησης της προσοχής.* Για να κατευθυνθεί η προσοχή των μαθητών σε συγκεκριμένα σημεία χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του zoom, δηλαδή το εφέ των καλιών όταν κοιτάει η Επιστήμη μέσα από το μικροσκόπιο. Επίσης, κάθε φορά που ακούγεται το όνομα κάποιου οργάνου παρατήρησης έρχεται πρώτο στο πλάνο. Τέλος, η τεχνική του zoom χρησιμοποιείται κατά τη δημιουργία του πίνακα από τον Κόσμο έτσι ώστε κάθε φορά να διακρίνεται μια στήλη από τις τέσσερις του πίνακα.

*Αρχή της ευελιξίας.* Η ερευνήτρια φαίνεται να έδειξε την απαραίτητη προσοχή στο διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου έτσι ώστε να προσαρμόσει το επιστημονικό περιεχόμενο στο επίπεδο μαθητών Ε' και Στ' του Δημοτικού σχολείου. Όλες οι μετασχηματισμένες πληροφορίες είναι διατυπωμένες από τον Δόκτορα με τη συνεργασία των δύο παιδιών και αποφεύχθηκε η υπερφόρτωση του animatic με περιττές οπτικοποιήσεις. Δόθηκε προσοχή στο όργανα παρατήρησης, στο πού ζει το κάθε αντικείμενο και στη σειροθέτησή τους.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το animatic «**Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος**» θα μπορούσε να προοριστεί για διδασκαλία της έννοιας του Μεγέθους.

### **3.4. Ανάλυση των δύο σταδίων δημιουργίας animatic σύμφωνα με το εκπαιδευτικό ρεύμα STEAM**

Στο σενάριο του animatic «**Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος**» φαίνεται ότι χρησιμοποιήθηκαν οι έννοιες Επιστήμη, Τεχνολογία, Τέχνη και Μαθηματικά. Η Μηχανική δεν εμφανίζεται στο συγκεκριμένο σενάριο (Πίνακας 6).

Όλες οι σκηνές περιλαμβάνουν στοιχεία των Φυσικών Επιστημών τα οποία παρακάτω περιγράφονται συγκεντρωτικά.

#### Σκηνή Α

- *Ερυθρά:* Εμείς, κύτταρα, ζούμε εκεί που δεν μας βλέπει ανθρώπου μάτι.
- *Μυρμήγκι:* Εγώ και η οικογένειά μου ζούμε στον Μακρόκοσμο.
- *Ιοί:* Έχω ακούσει ότι δεν υπάρχουν χρώματα, ότι δεν μπορεί να σε δει άνθρωπος.

- Το κορίτσι βγάζει από την τσάντα της ένα διαφανές ποτηράκι και μια πιπέτα. Μεταγγίζει με την πιπέτα νερό από τον λάκκο στο ποτηράκι. Παράλληλα σε ένα χαρτομάντιλο, που το κρατά το κορίτσι, ανεβαίνει το μυρμήγκι.

**Πίνακας 6:** Συγκεντρωτικός πίνακας εμφάνισης των πέντε εννοιών στο σενάριο του animatic «Μάκρο-μίκρο-νάνο κόσμος».

	Φυσικές Επιστήμες	Τεχνολογία	Μηχανική	Τέχνη	Μαθηματικά
Σκηνή 1 <sup>η</sup>	√		-		
Σκηνή 2 <sup>η</sup>	√	√	-	√	
Σκηνή 3 <sup>η</sup>	√		-		√
Σκηνή 4 <sup>η</sup>	√		-		√

### Σκηνή Β

- Καθώς κοιτούν τον χώρο διακρίνονται τραπέζια και πάγκοι όπου επάνω έχουν δοκιμαστικούς σωλήνες, πιπέτες, μικροσκόπια οπτικά-ηλεκτρονικό, Ηλεκτρονικό Υπολογιστή.
- *Μεγέθιους:* παρόλο που δεν το καταλαβαίνετε ζούμε όλοι μαζί. Επειδή όμως είμαστε πολλοί, εμείς οι επιστήμονες, συμφωνήσαμε να κατηγοριοποιήσουμε κάποια αντικείμενα σε διαφορετικούς κόσμους και τους δώσαμε ονόματα για να τους ξεχωρίζουμε.
- *Μεγέθιους:* Θα σας πω τρεις μόνο, αυτούς που ενδιαφέρουν εσάς και τους φίλους σας. Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος.
- *Επιστήμη:* Ξεκινήσατε από αυτόν που ζουν τα μεγαλύτερα αντικείμενα και φτάσατε σε αυτόν με τα μικρότερα. Σίγουρα φίλε μου εμείς μένουμε στον πρώτο κόσμο.
- *Μεγέθιους:* Σωστά! Μην βιάζεσαι όμως. Οι επιστήμονες κάναμε και άλλη συμφωνία. Σε ποιον κόσμο θα μπαίνει ποιος και πώς;
- *Μεγέθιους:* Για να μην μαλώνετε εσείς βρήκαμε τη λύση εμείς. Επειδή διαφέρουμε όλοι τόσο πολύ μεταξύ μας, θα χρησιμοποιήσουμε τρία όργανα και αυτά θα μας δώσουν την απάντηση.
- *Μεγέθιους:* Είναι όργανα παρατήρησης όχι γυμναστικής! Πρώτο τα μάτια μας, δεύτερο το οπτικό μικροσκόπιο και τρίτο το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Όλοι οι φίλοι σας υπάρχουν αν και δεν μπορούμε να τους δούμε. Όποιον παρατηρήσουμε με τα μάτια μας θα ζει....
- *Κόσμος:* Στον Μακρόκοσμο! Με το οπτικό μικροσκόπιο θα ζει στον Μικρόκοσμο και με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο θα ζει στον Νανόκοσμο! Πολύ καλή ιδέα.

- Ο Δόκτορας παίρνει ένα ξυλάκι (σαν αυτό που έχουν οι οδοντίατροι) και το τρίβει μέσα στο στόμα (στο μάγουλο από την εσωτερική μεριά) του αγοριού. Το τινάζει στην αντικειμενοφόρο πλάκα του οπτικού και την τοποθετεί στην τράπεζα του οπτικού μικροσκοπίου. Φαίνονται τα βασικά μέρη του οπτικού μικροσκοπίου.
- Η Επιστήμη κοιτά στο οπτικό και βλέπει τα κύτταρα.
- Ο Δόκτορας ταμπονάρει την πληγή του Κόσμου με ένα βαμβάκι και το τοποθετεί στο οπτικό. Η Επιστήμη βλέπει τα ερυθρά.
- Η Επιστήμη ρίχνει λίγο από το περιεχόμενο της πιπέτας στην αντικειμενοφόρο πλάκα και την τοποθετεί στην τράπεζα του οπτικού μικροσκοπίου. Βλέπουμε μέσα από τα μάτια της τα βακτήρια.
- Έπειτα το υπόλοιπο δείγμα το τοποθετεί στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Θα φανούν λεπτομέρειες του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.
- Στην οθόνη του υπολογιστή φαίνονται όλα στις αποχρώσεις του ασπρόμαυρου (zoom in), διακρίνονται αρκετά αντικείμενα όπου φαίνονται οι ιοί και το DNA. Το DNA υπάρχει στο εσωτερικό των ιών οπότε θα φανεί πρώτα ο ιός στην οθόνη του υπολογιστή και μετά κάνοντας zoom in θα εμφανιστεί το DNA.

Σκηνή Γ: Η ανάγνωση του πίνακα από τον Κόσμο και την Επιστήμη.

Σκηνή Δ: Η σειρά με την οποία τοποθετούνται τα αντικείμενα των τριών κόσμων με βάση το μέγεθος.

Σύμφωνα με τους Yakman & Lee (2012) η Τεχνολογία αντιπροσωπεύει ό,τι έχει κατασκευαστεί από τον άνθρωπο προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του, χρησιμοποιώντας και μετατρέποντας κατάλληλα τα φυσικά υλικά. Στο εν λόγω σενάριο η Τεχνολογία φαίνεται στην δεύτερη σκηνή όπου χρησιμοποιούνται τα όργανα παρατήρησης (οπτικό μικροσκόπιο, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο) τα οποία βοηθούν τον άνθρωπο να παρατηρήσουν τα διάφορα αντικείμενα, να εξηγήσουν φαινόμενα και ιδιότητες που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες και να ερευνήσουν σαν επιστήμονες.

Ο πυλώνας της Τέχνης συναντάται σε όλο το σενάριο μέσα από τις εικόνες, τα χρώματα και την κίνηση των ηρώων. Το σενάριο είναι ένα κείμενο που προορίζεται να είναι η βάση του animation που από μόνο του ανήκει σε αυτόν τον πυλώνα. Υπογραμμίζεται ότι ο στόχος δεν είναι η διδασκαλία της Τέχνης, αλλά η αναγνώριση και η εφαρμογή της σε καταστάσεις την καθημερινής ζωής (Jolly, 2014) και αυτό θα εξετάσουμε. Η Τέχνη στο εν λόγω σενάριο διακρίνεται στη Β σκηνή όπου τα δύο παιδιά χρησιμοποιούν την φωτογραφική μηχανή και βγάζουν φωτογραφία τους εαυτούς τους, καθώς και το μυρμήγκι με τη μπάλα. Επίσης, η Τέχνη

εμφανίζεται, όταν χρησιμοποιώντας τα δύο επιστημονικά όργανα βγάζουν φωτογραφίες και τα υπόλοιπα αντικείμενα.

Οι Yakman & Lee (2012) αναφέρουν ότι στα Μαθηματικά γίνεται η χρήση των αριθμών και των συμβόλων προκειμένου να αναπαρασταθούν, να εξηγηθούν και να υποστηριχθούν οι διαδικασίες των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας και της Μηχανικής. Συγκεκριμένα στο σενάριο που διαπραγματευόμαστε τα Μαθηματικά φαίνονται στις σκηνές Γ και Δ, δηλαδή κατά την ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων. Οι δύο αυτοί όροι εκτός του ότι ανήκουν και στις Φυσικές Επιστήμες ανήκουν και στα Μαθηματικά. Σε αυτό το σημείο δεν σειροθετούνται ή ταξινομούνται αριθμοί αλλά αντικείμενα. Συγκεκριμένα στα Μαθηματικά της Α΄ Δημοτικού, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, οι μαθητές κάνουν έμμεσες μετρήσεις και συγκρίσεις μήκους, επιφάνειας, χωρητικότητας όγκου με χρήση μη τυπικών μονάδων. Αναφέρεται επίσης, ότι η ανάλυση και σύνθεση μεγεθών βοηθάει τα παιδιά να κάνουν συγκρίσεις και να αντιληφθούν τα μεγέθη. Οι μαθητές της ίδιας τάξης στη θεματική ενότητα: «στοχαστικά Μαθηματικά», μπορούν να συλλέγουν, να οργανώνουν και να αναπαριστούν αντικείμενα. Τέλος ένας γενικός στόχος για τους μαθητές της Ε΄ τάξης, όσον αφορά τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, φαίνεται να είναι η εξάσκησή τους στην ανάγνωση και κατασκευή εικονογράμματος, καθώς και στην οργάνωση δεδομένων σε πίνακες.

### **3.5. Περιορισμοί της έρευνας και προεκτάσεις για το μέλλον**

Το πρώτο καινοτομικό χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου animatic είναι η θεματική του, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν ελληνόγλωσσα βίντεο για τη συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα, με το συγκεκριμένο περιεχόμενο. Το δεύτερο είναι η διαπραγμάτευση των εναλλακτικών ιδεών και δυσκολιών των μαθητών για το εν λόγω περιεχόμενο. Μάλιστα ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου είχε ιδιαίτερη δυσκολία αφού λήφθηκαν υπόψη αυτές οι ιδέες και οι δυσκολίες.

Ακόμη, η δημιουργία καλλιτεχνικού εκπαιδευτικού υλικού (animation) για το περιεχόμενο της νανοτεχνολογίας έχει μια ιδιαίτερη δυσκολία δεδομένου ότι συνδυάζονται γνώσεις ψηφιακής τέχνης και Διδακτικής Φυσικών Επιστημών π.χ. μετασχηματισμός του περιεχομένου, συγγραφή του σεναρίου, εικονογράφηση του storyboard, εύρεση των κατάλληλων ήχων κ.λπ. Αυτός ο συνδυασμός εύλογα απαιτεί συνεργασία διαφορετικών ειδικοτήτων, αφενός ερευνητών της εκπαίδευσης και αφετέρου animator καλλιτέχνες. Ως εκ τούτου, το όριο αυτής της εργασίας είναι η ολοκλήρωση των τεσσάρων αντί των πέντε βημάτων για την τελική του παραγωγή.



Επίσης, σε μια νεότερη βελτίωση, το animation θα μπορούσε να γίνει διαδραστικό έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να ελέγχουν τον σχεδιασμό και το ρυθμό του. Θα μπορούσε επίσης να χωριστεί σε πιο ξεκάθαρα τμήματα όπου θα επέλεγαν οι μαθητές ποιο θέλουν να προβάλλουν π.χ. 1<sup>ο</sup> ταξινόμηση των αντικειμένων των τριών κόσμων, 2<sup>ο</sup> ιδέες των μαθητών και 3<sup>ο</sup> η σειροθέτησή των αντικειμένων.

Από την πλευρά της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών το επόμενο βήμα πέρα από την παραγωγή του animation είναι να εφαρμοστεί σε συνθήκες πραγματικής τάξης και να αξιολογηθεί σε ποικίλα επίπεδα π.χ. βελτίωση της επίδοσης των μαθητών, πρόκληση ενδιαφέροντος και κινήτρων κτλ.

## Βιβλιογραφία

- Aksoy, G. (2012). The Effects of Animation Technique on the 7th Grade Science and Technology Course. *Journal of Scientific Research*, 3 (3): 304-308.
- Barak, M., Ashkar, T. and Dori, Y.J. (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, 56(3), 839–846.
- Barak, M., & Dori, Y. J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117–139.
- Batt, C., Waldron, A., & Trautmann, C. (2004). It's a Nanoworld: A study of use. Retrieved from [http://www.informalscience.org/sites/default/files/report\\_121.pdf](http://www.informalscience.org/sites/default/files/report_121.pdf) (Προπλάστηκε 06/07/16).
- Berk, R.A. (2009). Multimedia teaching with video clips: TV, movies, YouTube, and mtvU in the college classroom. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 5(1), 1–21.
- Biffle, R. L. (2016). Introduction to S.T.E.A.M (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) – Course Design and Imprlementation. Hawaii University International Conferences Science, Technology, Engineering, Art, Math & Education, June 10 – 12.
- Bhushan, B. (2016). Introduction to Nanotechnology: History, Status, and Importance of Nanoscience and Nanotechnology Education. In K. Winkelmann & B. Bhushan (eds.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education, Science Policy Reports* (pp. 1-31). Switzerland: Springer International Publishing.
- Blasco, P.G., Moreto, G., Blasco, M.G., Levites, M.R., Janaudis, M.A. (2015).

- Education through movies: improving teaching skills and fostering reflection among students and teachers. *Journal of Learning through the Arts*. 2015;11.
- Blonder R. and Rap S. (2012), It's a small world after all: A nanotechnology activity in a science festival, *J. Nano Educ.*, 4, 47–56.
- Blonder, R. and Sakhini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, (4), 500–516.
- Bordwell, David & Thompson, Kristin (2004). Εισαγωγή στην τέχνη του κινηματογράφου. Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.
- Bruner, J. (1960). *The Process of Education*. Cambridge: MA, USA: Harvard University Press.
- Brostow, G. and Essa, I. (2001). Image-based motion blur for stop motion animation. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001*, pages 561-566.
- Bryan, L. A., Magana, A. J., & Sederberg, D. (2015). Published research on pre-college students' and teachers' nanoscale science, engineering, and technology learning. *Nanotechnology Reviews*, 4 (1), 7-32.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G. M., Crone, W. C. (2007). Nanotechnology and the public: Effectively nanoscale science and engineering concepts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9 (2), 183-189.
- Chanteau, S.H., Ruths, T., Tour, J.M. (2003). Arts and Sciences Unite in Nanoput: Communicating Synthesis and the Nanoscale to the Layperson, *Chemical Education*, Volume 80, Issue 4, April 2003, p. 395-400.
- Croft, H., Rasiah, R., Cooper, J. (2014). Comparing Animation with Video for Teaching Communication Skills. *Proceedings, Conference of Interactive Entertainment*, The University of Newcastle, Australia, 1-10.

- Cruse, E. (2007). Using Educational Video in the Classroom: Theory, Research and Practice. [Online]. Ανακτήθηκε 5 Αυγούστου 2016 από <http://www.libraryvideo.com/articles/article26.asp>
- Delgado, C., Stevens, S., Shin, N., Yunker, M., & Krajcik, J. (2007). The development of students' conceptions of size. In Annual conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, L.A.
- Delgado, C., Stevens, S. Y., Shin, N., & Krajcik, J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 51-69.
- Delgado, C. (2009). Development of a research-based learning progression for middle school through undergraduate students' conceptual understanding of size and scale. Doctoral dissertation: The University of Michigan.
- Derakhshani, D. (2010). *Introducing Maya 2011*, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- Dewey, J. (1990). *The School and Society and the Child and the Curriculum*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Di Sia, P. (2017). Nanotechnology Among Innovation, Health and Risks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237, 1076–1080.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International journal of science education*, 11 (5), 481-490.
- Eisner, E. (2002). *The arts and the creation of mind*. New Haven, CT: Yale University Press.
- EU Skills Panorama. (2015). Science and engineering professionals Analytical Highlight.
- Eysenck, W.M. (2010). *Βασικές Αρχές Γνωστικής Ψυχολογίας*. Αθήνα: Gutenberg.

- Filipponi, L. and Sutherland, D., (2010) Introduction to Nanoscience and Nanotechnologies. Chapter 1, [http://nanoyou.eu/attachments/188\\_Module-1-chapter-1.pdf](http://nanoyou.eu/attachments/188_Module-1-chapter-1.pdf) (Προσπελάστηκε 04/06/2016).
- Francis, B. (2000). *Boys, girls and achievement: addressing the classroom issues*. London: Routledge Falmer.
- Gardner, H. (1993). *Frames of the mind*. New York: Basic Books.
- Ghattas, N., & Carver, J. (2012) Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30 (3), 271-284.
- Halas, J. & Manvell, R. (1969). *The technique of film animation*. London and New York, Focal Press Lauriland, D., (2002), *Rethinking University Teaching* 2<sup>nd</sup> Edition. London and New York, Routledge/Falmer.
- Han, Y., Xu, Z., & Gao, C. (2013). Ultrathin Graphene Nanofiltration Membrane for Water Purification. *Advanced Functional Materials*, 23(29), 3693–3700.
- Hardiman, M. M. (2012). *The Brain-Targeted Teaching Model for 21st-Century Schools*. Thousand Oaks: Corwin.
- Hasler, B. S., Kersten, B., & Sweller, J. (2007). Learner control, cognitive load, and instructional animation. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 713-729.
- Havice, W. (2009). The power and promise of a STEM education: Thriving in a complex technological world. In *International Technology Engineering Educators Association (ITEEA) (Ed.), The overlooked STEM imperatives: Technology and engineering* (pp. 10–17). Reston, VA: ITEEA.
- Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46 (2), 121-152.

- Holzinger, A., Kickmeier-Rust, M., & Albert, D., (2008). "Dynamic Media in Computer Science Education; Content Complexity and Learning Performance: Is Less More?" *Journal of Educational Technology and Society* 11, no 1: 279–90.
- Hong, O. (2017). STEAM education in Korea: Current policies and future directions. *Science and Technology Trends Policy Trajectories and Initiatives in STEM Education*, 8(2), 92-102.
- Jiao, L., Zhang, L., Wang, X., Diankov, G., & Dai, H. (2009). Narrow graphene nanoribbons from carbon nanotubes. *Nature*, 458(7240), 877–880.
- Jolly, A. (2014). STEM vs. STEAM: Do the Arts Belong? *Education Week*, (18).
- Jones, M. G., Tretter, T. R., Paechter, M., Kubasko, D., Bokinsky, A., Andre, T., & Negishi, A. (2007). Differences in African-American and European-American students' engagement with nanotechnology experiences: Perceptual position or assessment artifact? *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 787–799.
- Jones, G. Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*. 35 (9), 1490-1512.
- Kalinak, K. (1992). *Setting the Score: Music and the Classical Hollywood Film*. Madison, Wisconsin: The University of Wisconsin Press.
- Kearney, C. (2011). Efforts to increase students' interest in pursuing science, technology, engineering and mathematics studies and careers. Brussels, Belgium: European Schoolnet.
- Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human – Computer Studies*, 65, 911-930.
- Kumar, N.; Kumbhat, S. (2016). *Carbon-Based Nanomaterials. Essentials in Nanoscience and Nanotechnology*; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, U.S.A., 2016, pp 189–236.

- Laherto, A. (2010). An Analysis of the Educational Significance of Nanoscience and Nanotechnology in Scientific and Technological Literacy. *Science Education International*, 21 (3), 160-175.
- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the Arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- Laybourne, K., (1998). *The Animation Book*. New York, Three Rivers Press.
- Lee, W. & Owens, D. (2000). *Multimedia Based Instructional Design*, San Francisco, Jossey – Bass Preifer.
- Long, J., Fan, P., Gong, D., Jiang, D., Zhang, H., Li, L., & Zhong, M. (2015). Superhydrophobic Surfaces Fabricated by Femtosecond Laser with Tunable Water Adhesion: From Lotus Leaf to Rose Petal. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(18), 9858–9865.
- Loughran, J., Smith, K., & Berry, A. (2011). *Scientific literacy under the microscope: A whole school approach to science teaching and learning*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Madigan, M. (2014). *Lighting and Compositing for QA-ARM-A"* (2014). All Theses.
- Magana, A. J. (2014). Learning strategies and multimedia techniques for scaffolding size and scale cognition. *Computers & Education*, 72, 367-377.
- Magana, A. J., Brophy, S. P., & Bryan, L. A. (2012). An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, 34(14), 2181–2203.
- Magana, A. J., Newby, T., & Brophy, S. (2012). Comparing novice and expert perceptions of interactive multimedia tools for conveying conceptions of size and scale. *Journal of Technology and Teacher Education*, 20(4), 441–465.
- Major, L., & Watson, S. (2018). Using video to support in-service teacher professional development: The state of the field, limitations and possibilities. *Technology, Pedagogy and Education*. 27(1), 49-68.

- Mansoori, G. A. (2005). Principles of nanotechnology: molecular-based study of condensed matter in small systems. World Scientific.
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. *Psychology of Learning and Motivation*, 85–139.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2d ed.). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2d ed.) New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87–99.
- McComas, W. F. (2014). STEM: Science, Technology, Engineering, and Mathematics. *The Language of Science Education*, pp. 102-103.
- Meijer, M. (2011). Macro-meso-micro thinking with structure-property relations for chemistry education. Doctoral thesis, Faculty of Science, Utrecht, The Netherlands.
- Morin, E. (1990). *Science avec conscience*. Paris: Editions Seuil.
- Murriello, S., Contier, D., & Knobel, M. (2006). Challenges of an exhibit on nanoscience and nanotechnology. *Journal of Science Communication*, 5(4), 1-10.
- Murty, B., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B, Murday, J. (2013). *Textbook of Nanoscience and Nanotechnology*. Bangalore: Springer & Universities Press (India) Private Limited.
- Nerlich, B. (2008). Powered by imagination: nanobots at the science photo library. *Sci Cult* 17:269–292.



- Newberry, D. M.. (2012). "Nanotechnology: A platform for education change," Nanotechnology (IEEE-NANO). 12th IEEE Conference on, Aug. 2012, 1(7), 20-23..
- Osborne, J. (2008). Engaging young people with science: does science education need a new vision?. *School Science Review*, 89 (328), 67.
- Peikos, G., Manou, L., Spyrtou., A & Papadopoulou, Ch. (2016). Study of the evolution of primary students' ideas about Nanoscience-Nanotechnology. Proceedings in the Third International Conference "Education across Borders" Education and Research across Time and Space. Bitola: Faculty of Education.
- Priebe, K. (2006). *The Art of Stop-Motion Animation*. Boston, MA: Thompson Course Technology.
- Posner, M. , Rothbart, M. , Sheese, B. , & Kieras, J. (2008). How arts training influences cognition. In M. Gazzaniga (Ed.), *Learning, arts, and the brain: The Dana Consortium Report on Arts and Cognition* (pp. 1-10). New York: The Dana Foundation.
- Ridder-Vignone, K.D., Lynch, M. (2012). Images and Imaginations: An Exploration of Nanotechnology Image Galleries, *Leonardo*, October 2012, 45 (5), 447-454.
- Rinne, L., Gregory, E., Yarmolinskaya, J., Hardiman, M. (2011). Why arts integration improves long-term retention of content. *Mind, Brain, and Education*, 5(2), 89–96.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/Science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Roberts,A. (2012). A Justification for STEM Education, *Technology and Engineering Teacher*. 71(8), 1-4.
- Robinson, C. (2012). The Role of Images and Art in Nanotechnology, *Leonardo*, Volume 45, Issue 5, October 2012, p. 455-460 .

- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13 (2), 427-445.
- Rosen, Y. (2009). The effects of an animation-based on-line learning environment on transfer of knowledge and on motivation for science and technology learning. *Journal of Educational Computing Research*, 40(4), 451-467.
- Sabelli, N., Schank, P., Rosenquist, A., Stanford, T., Patton, C., Cormia, R. (2005). Report of the workshop on science and technology education at the nanoscale. Draft Technical Report . Menlo Park: CA: SRI International.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2015). Essential Concepts of Nanoscale Science and Technology for High School Students Based on a Delphi Study by the Expert Community. *International Journal of Science Education*, 37 (11), 1699-1738.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141–156.
- Schnotz, W., & Lowe, R. (2003). Introduction. *Learning and Instruction*, 13(2), 117-124.
- Shaw, S. (2004). *Stop motion: Craft skills for model animation*. London, New York: Elsevier.
- Soulé, H., & Warrick, T. (2015). Defining 21st century readiness for all students: What we know and how to get there. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(2), 178–186.
- Sousa, D. A., Pilecki, T. J. (2018). *From STEM to STEAM: Brain-compatible strategies and lessons that integrate arts* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin PRESS INC.

- Spencer, D., & Angelotti, V. (2004). "It's a NanoWorld—a summative study." A report to the National Science Foundation. Arlington, VA.
- Spyrtou, A., Papadopoulou, P., Malandrakis, G., Pierrakos, E. (2013). 'THE JOURNEY OF ELECTRICAL ENERGY': AN EDUCATIONAL ANIMATION FILM FOR PROMOTING SCIENTIFIC LITERACY IN PRIMARY AND SECONDARY SCHOOL. Proceedings of the 18th Edition of the Multimedia in Physics Teaching and Learning Conference. Madrid.
- Stafford, C. L., Molinaro, M., & Nanozone Leader Team. (2005) Lessons learned from Nanozone. <http://nanosense.sri.com/documents/papers/ICLS2006HsiSabelli.pdf> (Προσπελάστηκε 08/07/2016)
- Stevens, S., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). The big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers. Arlington, VA: NSTA Press.
- Stevens, S., Sutherland, L., Schank, P., & Krajcik, J. S. (2007). The big ideas of nanoscale.
- Stohlmann, M., Moore, J. T. & Roehrig, H. G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education, *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*, New York: Springer.
- Tarr, S., Weiss, P.S., (2012). Very Small Horses: Visualizing Motion at the Nanoscale, *Leonardo*, Volume 45, Issue 5, October 2012, p.439-445.
- Taylor, A., Jones, G., & Pearl, T. P. (2008). Bumpy, Sticky, and Shaky: Nanoscale Science and the Curriculum. *Science Scope*, 31(7), 28-35.
- Toumey, C. (2007). Cubism at the nanoscale. *Nature Nanotechnology*, Volume 2, October 2007, p. 587-589.

- Toumey, C., Cobb, M. (2012). Nano in Sight: Epistemology, Aesthetics, Comparisons and Public Perceptions of Images of Nanoscale Objects, *Leonardo*, Volume 45, Issue 5, October 2012, p. 461-465.
- Tretter, T., Jones, M., Andre, T., Negishi, A., & Minogue, J. (2006). Conceptual boundaries and distances: students' and experts' concepts of the scale of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 282–319.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. (2002). Animation: Does it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247-262.
- Unesco. (2016). Closing the gender gap in STEM: Drawing more girls and women into Science, Technology, Engineering and Mathematics. Education Thematic Brief.
- Waldron, A., M., Spencer, D., & Batt, C., A. (2006). The current state of public understanding of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 8 (5), 569-575.
- Wiles, J. & Bondi, J. (1998). The Role of Philosophy in Curriculum Planning. In A. Stollenwerk, M. Harlan (Eds.), *Curriculum Development: A Guide to Practice*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall
- Williams, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *The Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521–534.
- Wilks, J., Cutcher, A., & Wilks, S. (2012). Digital Siegesmund, R., Diket, R., & McCulloch, S. (2001). technology in the visual arts classroom: An [un]easy partnership. *Studies in Art Education*, Vol. 54(1), pp. 54-65.
- Wiser, M., & Smith, C. L. (2008). Learning and teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced. *International handbook of research on conceptual change*, 205-239.

- Xi, J., Xiao, J., Xiao, F., Jin, Y., Dong, Y., Jing, F., & Wang, S. (2016). Mussel-inspired Functionalization of Cotton for Nano-catalyst Support and Its Application in a 81 Fixed-bed System with High Performance. *Scientific Reports*, 6(1).
- Yakman, G. (2008). STΣ@M Education: an overview of creating a model of integrative education. Pupils attitude towards technology 2008 annual proceeding, Netherlands
- Yakman, G.(2009). What is the point of STE@M? - A Brief Overview
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086.
- Zettl, H. (1990). *Sight, sound, motion: applied media aesthetics*. Belmont , CA: Wadsworth Publication Co
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112: 12–19.
- Αδαμαντίου, Π., Δάρατζη, Π., Σπύρτου, Α. (2015). Δραστηριότητες για την εισαγωγή στοιχείων της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επμ.), *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 512-518). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Βασιλειάδης, Γ. (2006). *ANIMATION, Ιστορία και αισθητική του κινούμενου σχεδίου*. ΑΘΗΝΑ: Αιγόκερως.
- Βοσινάκης, Σ. (2015). *Εικονικοί κόσμοι. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών*. Αθήνα.

- Βοσνιάδου, Σ. (2004) Εισαγωγή στην Ψυχολογία. Βιολογικές, αναπτυξιακές και Συμπεριφοριστικές Προσεγγίσεις, Γνωστική Ψυχολογία. Τόμος α΄, Αθήνα: Gutenberg.
- Βруниώτη, Κ., Κυρίδης, Α., Σιβροπούλου – Θεοδοσιάδου, Ε., Χρυσάφιδης, Κ. (2012). Οδηγός Γονέα, ΥΠΕΠΘ, Ειδική Υπηρεσία Επιλογής Προγραμμάτων ΚΠΣ. 17 Ιουλίου, 2012. Ανακτήθηκε από [http://nip-oloimero.sch.gr/appdata/documents/odigos%20gonea\(lr\).pdf](http://nip-oloimero.sch.gr/appdata/documents/odigos%20gonea(lr).pdf)
- Δρογγίτη, Ε., Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015) Διδασκαλία της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET) στο δημοτικό σχολείο: μελέτη του ενδιαφέροντος των μαθητών για τη N-ET. Στο Δ. Ψύλλος, Α., Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επιμ.), Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, *Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 1073-1080). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών για την Αξιοποίηση και εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη, Επιμορφωτικό Υλικό για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης, Τεύχος 1, Γ΄ έκδοση, Πάτρα, Μάρτιος 2013.
- Καλαμπάκας, Β., Κυριακούλάκος, Π. (2015). Η οπτικοακουστική κατασκευή. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Καλαντζής, Γ., Τσιχουρίδης, Χ. (2019). Το S.T.E.M. στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση ως δυνητικός παράγων ανάπτυξης στην οικονομία: Επισκόπηση της Διεθνούς Βιβλιογραφίας.
- Κοκκίδου, Μ. (2015). Πολυτροπικά μουσικά κείμενα: ανάλυση και εκπαιδευτικές εφαρμογές. Αδημοσίευτες σημειώσεις μεταπτυχιακών τμημάτων. Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.
- Λαζαρίνης, Φ. (2015). Πολυμέσα. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2045>

- Λιαράκου, Γ., & Φλογαΐτη, Ε. (2007). Από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη: Προβληματισμοί, Τάσεις και Προτάσεις. Αθήνα: Νήσος.
- Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2013). Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες. Στο Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος (Επμ.), Πρακτικά του 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 658-665). Βόλος: Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής.
- Μάνου, Λ., Καζαής, Κ., Μπλούχου, Σ., Τριανταφυλλίδου, Ρ., Μήττα, Α., Σπύρτου, Α. (2015). Δραστηριότητες για την εισαγωγή στοιχείων της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επμ.), Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 1066-1070). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Μούρη, Ε., (2004), Frame by Frame, Αθήνα, Nexus Publication SA.
- Μπαμπινιώτης, Γ. (2002). Λεξικό της Νέας Ελληνικής γλώσσας. Αθήνα
- Παπαγεωργίου, Α. (2017). Το θεατρικό παιχνίδι ως μέσο καλλιέργειας δεξιοτήτων (Διπλωματική εργασία). Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Πέικος, Γ. (2016). Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Αξιολόγηση μια Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη Διδασκαλία Περιεχομένου Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο (Διπλωματική εργασία). Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.
- Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015α). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Πιλοτική εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Εμπ.), Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη

Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες», (σς. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Πείκος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015β). Ανάπτυξη και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την διδασκαλία της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επμ.), Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σς. 279-286). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Πείκος, Γ., Παπαδοπούλου., Χ. & Μάνου, Λ. (2015). Ιδέες και γνώσεις των μαθητών για τη Νανοεπιστήμη - Νανοτεχνολογία στο δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επμ.), Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σς. 1047-1052). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Σιάκας, Σ., (2006). Η Μεθοδολογία Ανάπτυξης ενός Animation Εκπαιδευτικού Project. Φεστιβάλ Ταινιών Μικρού Μήκους Δράμας.

Σιάκας, Σ. (2009). Μεθοδολογία δημιουργίας σεναρίου για ταινία animation. Στα πρακτικά του 1<sup>ου</sup> Εκπαιδευτικού συνεδρίου για την Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία που διοργανώθηκε από την Ελληνική Επιστημονική ένωση Τεχνολόγων Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ) και το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτική εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, 24-26 Απρίλη 2009.

Σιάκας, Σ., (2017). Τρισδιάστατος Σχεδιασμός και Animation. Παραδοσιακές Stop Motion Τεχνικές και Τρισδιάστατο Animation σε ΗΥ στο Blender 3d. Πρακτικά του 9<sup>ου</sup> Διεθνούς συνεδρίου στην Ανοιχτή και εξ αποστάσεως Διδασκαλία, (σ.205-214) Αθήνα.

Σιάκας, Σ., Γκούσιος, Χ., (2015). Το animation ως εργαλείο καινοτομίας στις εκπαιδευτικές δράσεις του προγράμματος Jean Monnet: Μελέτη περίπτωσης



υλοποίησης βιωματικού εργαστηρίου για την καταπολέμηση της μισαλλοδοξίας και του θρησκευτικού φανατισμού στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πρακτικά του 8<sup>ου</sup> Διεθνούς συνεδρίου στην Ανοιχτή και εξ αποστάσεως Διδασκαλία, (σ.55-59) Αθήνα.

Σιάκας, Σ., & Γκούσιος, Χ. (2016). Το Animation στην εκπαίδευση: Η περίπτωση ενός σχολικού βιωματικού εργαστηρίου για την δημιουργία από τους μαθητές ενός επίκαιρου κοινωνικού μηνύματος. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία*, 12(2), 166-177.

Σιάκας, Σ., Μούρη, Ε., (2011). Μεθοδολογία δημιουργίας ταινιών κινούμενης εικόνας στο μάθημα «κινούμενο σχέδιο» του τμήματος Γραφιστικής του ΤΕΙ της Αθήνας, ενός δημόσιου τριτοβάθμιου εκπαιδευτικού ιδρύματος, με βάση τις αρχές του εποικοδομητισμού. Πρακτικά του 6<sup>ου</sup> Διεθνούς συνεδρίου στην Ανοιχτή και εξ αποστάσεως Διδασκαλία, (σ.55-59), Λουτράκι.

Σιάκας, Σ., Σόκαλη, Τ., (2011). Animation και Ανάπτυξη της Δημιουργικότητας στη Μουσική αγωγή. Η διαδικασία δημιουργίας animation στη διδασκαλία ενός παραδοσιακού τραγουδιού. Πρακτικά του 6<sup>ου</sup> Διεθνούς συνεδρίου στην Ανοιχτή και εξ αποστάσεως Διδασκαλία, (σ.132-136), Λουτράκι.

Σκοπετέας, Ι. (2015). Η δημιουργία της μυθοπλαστικής αφήγησης και τα είδη των κινηματογραφικών ταινιών. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/5729>.

Σπύρτου, Α., Πέικος, Γ. & Μάνου, Λ. (2016). Ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων για την κατανόηση του μεγέθους στην κλίμακα του νάνο από 252 μαθητές Δημοτικού Σχολείου. Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (Επμ.). Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;» (σσ. 169-205). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Τριάντου (Ioanna Triantou), Ι., & Πασχάλης, Β. (2014). Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΑΙΝΙΩΝ ANIMATION ΣΑΝ ΣΥΝΕΚΤΙΚΗ ΥΛΗ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ. *Ερευνώντας τον κόσμο του παιδιού*, 13, 532-542.

Φαφίτη-Βλαχοδήμου, Κ. (2014). Προσεγγίσεις του φύλου στα σχολικά εγχειρίδια της γλωσσικής διδασκαλίας της Δ'-Ε'-Στ' Δημοτικού του 1982&2006.(Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2014).

«Φυσικά» Ε' Δημοτικού. Ερευνώ και ανακαλύπτω. Βιβλίο Δασκάλου. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα.

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.