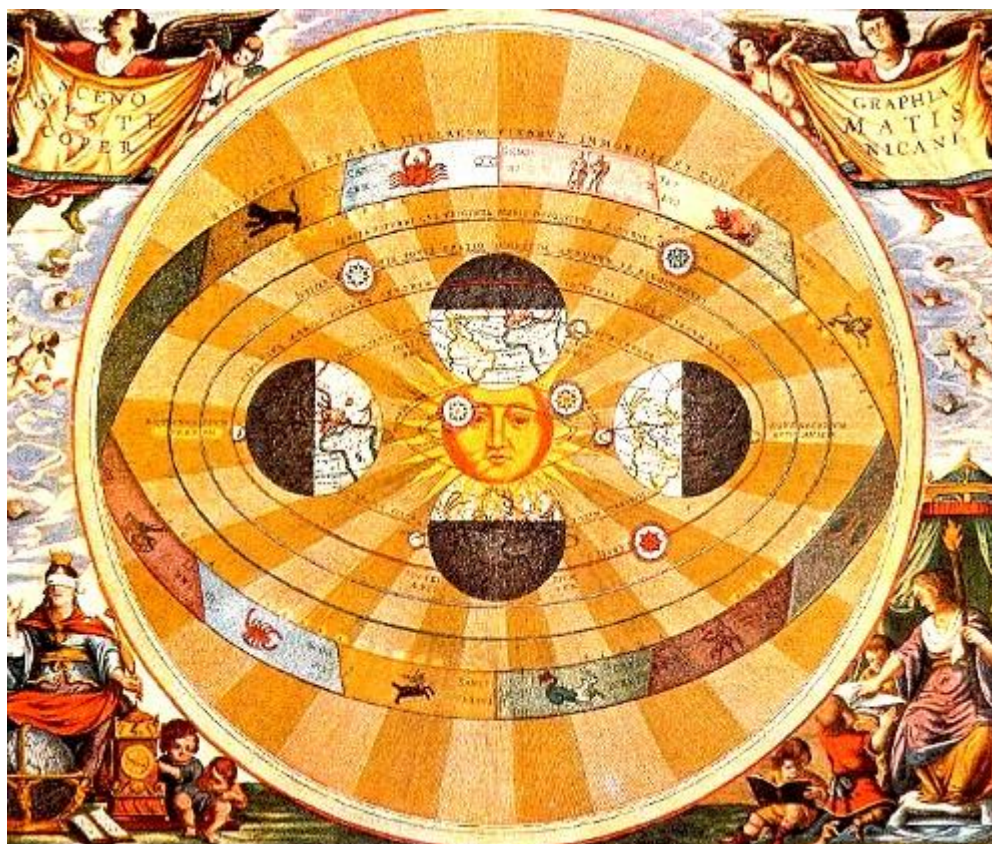


Από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα: Ένα διδακτικό σενάριο στο οποίο αξιοποιούνται στοιχεία της ιστορίας των φυσικών επιστημών και η κινηματογραφική γλώσσα του animation



Λέξεις κλειδιά: αντιπαράθεση γεωκεντρικού-ηλιοκεντρικού συστήματος, η φύση των φυσικών επιστημών, ταινίες animation που δημιουργήθηκαν από μαθητές

2. Συγγραφείς και Ιδρύματα

Πήλιουρας Παναγιώτης, Δρ. Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, Σχολικός Σύμβουλος 10ης Περιφ. Δημοτικής Εκπ/σης Αθηνών, ppiliour@sch.gr

Σπύρος Θ. Σιάκας (Μ.Α.), Υπ. Διδάκτορας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Εκπαιδευτικός, Σκηνοθέτης, sthsiakas@hotmail.com

Σέρογλου Φανή, Ελίκουρη Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Seroglou Fanny, Lecturer in Science Education at the School of Education of the Aristotle University of Thessaloniki, seroglou@eled.auth.gr

Εφαρμογή του σεναρίου στην τάξη: Σύλβη Ιωακειμίδου, δασκάλα, Μεταπτυχιακές Σπουδές στο εκπαιδευτικό δράμα

3. Περίληψη

Στις μέρες μας, η έρευνα σχετικά με την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες δίνει έμφαση στη σημασία της ενσωμάτωσης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σημαντικών στοιχείων από την ιστορία τους, όπως ιστορικών πειραμάτων, μελετών περίπτωσης καθώς επίσης και γεγονότων που αναδεικνύουν τη φύση των φυσικών επιστημών. Από την άλλη πλευρά, το animation (κινούμενες εικόνες) είναι ένα μέσο

με εξαιρετικές εκφραστικές και αναπαραστατικές δυνατότητες και έχει πολλές εφαρμογές. Οι εκφραστικές δυνατότητες αυτής της τεχνικής την έχουν αναδείξει ως ένα από τα βασικά εργαλεία δημιουργίας εκπαιδευτικών πολυμέσων. Η παρούσα εργασία αφορά το σχεδιασμό διδακτικού σεναρίου που απευθύνεται σε μαθητές Στ' Δημοτικού με αξιοποίηση της κινηματογραφικής γλώσσας του animation. Ο σχεδιασμός του διδακτικού σεναρίου και των διδακτικών παρεμβάσεων βασίζεται στην εξέλιξη των εξηγητικών πλαισίων που αναπτύχθηκαν και των αντίστοιχων γεωκεντρικών και ηλιοκεντρικών συστημάτων. Με την εφαρμογή του σεναρίου επιδιώκεται οι μαθητές εργαζόμενοι συνεργατικά διερευνητικά να μελετήσουν τους σταθμούς της επιστημονικής κοσμολογίας, όσον αφορά το ηλιακό σύστημα και τις υποθέσεις στις οποίες βασίστηκαν, να προβληματιστούν για τη διαδοχή τους μέσω της αξιοποίησης ιστορικών γεγονότων, να συζητήσουν για επιθυμητές όψεις της φύσης των φυσικών επιστημών και βασικές διαδικασίες τους, όπως η παρατήρηση, η χρήση αποδεικτικών στοιχείων και η διατύπωση υποθέσεων.

4. Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης

Η διδακτική προσέγγιση με βάση την οποία έχει σχεδιαστεί το σενάριο είναι η συνεργατική διερεύνηση η οποία εκπορεύεται από κοινωνικοπολιτισμικές θεωρήσεις (Wells & Claxton 2002). Με βάση αυτές τις θεωρήσεις η μαθησιακή διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί ως μια μετασχηματιστική διαδικασία συμμετοχής και οικειοποίησης λόγων και πρακτικών. Μέσω του διδακτικού σεναρίου επιδιώκεται:

Να δημιουργείται ένα συνεργατικό διερευνητικό πλαίσιο για μάθηση και από κοινού παραγωγική δραστηριότητα, που είναι βασισμένο στις εμπειρίες, τις γνώσεις και τις στρατηγικές και των μαθητών.

- Να αναδεικνύονται μέσα από γεγονότα της ιστορίας των φυσικών επιστημών, οι επιθυμητές όψεις της φύσης των φυσικών επιστημών [π.χ. η διατύπωση μιας νέας υπόθεσης (π.χ. Αρίσταρχος) οδηγεί στην ανάπτυξη ενός νέου μοντέλου].

- Να αξιοποιείται ποικιλία διδακτικών και μαθησιακών στρατηγικών (π.χ. παρακολούθηση προσομοιώσεων και ταινιών, δημιουργία ταινιών κινούμενων εικόνων), που αξιοποιούν γεγονότα από την ιστορία των φυσικών επιστημών της «μετακίνησης» από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό μοντέλο.

Η εκπαιδευτική αξία της δημιουργίας από τους μαθητές ταινιών κινούμενων εικόνων

Το animation είναι ένα μέσο με εξαιρετικές εκφραστικές και αναπαραστατικές δυνατότητες και έχει πολλές εφαρμογές μεταξύ άλλων πεδίων και στις φυσικές επιστήμες. Οι εκφραστικές δυνατότητες αυτής της τεχνικής την έχουν αναδείξει ως ένα από τα βασικά εργαλεία δημιουργίας εκπαιδευτικών πολυμέσων (Boyle 1997).⁷ Με τον όρο animation ορίζεται κάθε ακολουθία κίνησης που έχει δημιουργηθεί εικόνα-εικόνα ή αλλιώς, στην κινηματογραφική ορολογία, καρέ-καρέ. Η δημιουργία κάθε εικόνας-καρέ μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους και υλικά (Halas & Manvell 1969, Laybourne 1998). Η εισαγωγή των εκφραστικών μέσων της animation τεχνικής στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να συνδράμει στην επίτευξη στόχων που μπορεί να αφορούν περιεχόμενο, διαδικασίες και δεξιότητες. Η χρησιμότητα της εφαρμογής της διαδικασίας δημιουργίας του animation στην

εκπαιδευτική διαδικασία θα μπορούσε να εντοπιστεί σε δύο κομβικά χαρακτηριστικά αυτής της τεχνικής:

α. Στην κατασκευαστική ιδιαιτερότητα της τεχνικής του animation

Η κατασκευή ενός animation στο πλαίσιο ενός εκπαιδευτικού σεναρίου μπορεί να επιτευχθεί με εξαιρετικά αποτελέσματα μέσω της αξιοποίησης απλών καθημερινών υλικών, όπως η πλαστελίνη, το χαρτί, οι φωτογραφίες και άλλα υλικά που μπορεί να είναι διαθέσιμα σε κάθε σχολική μονάδα. Επιπλέον η πλειοψηφία των σχολικών μονάδων έχουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό ή έχουν τη δυνατότητα να διαθέσουν ένα μικρό ποσό ώστε να προμηθευτούν τον κατάλληλο ψηφιακό εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για τη δημιουργία animation.

β. Στη συνεργατική διερευνητική φύση της διαδικασίας δημιουργίας του animation

Η δημιουργία ενός animation απαιτεί ομαδική διαδικασία, όπου ποικίλοι τομείς και εκφραστικά μέσα συνδυάζονται για ένα ενιαίο αποτέλεσμα. Ο κάθε εμπλεκόμενος μαθητής μπορεί μέσα από την ομαδική διαδικασία της δημιουργίας του animation να εξοικειωθεί σταδιακά και να αναπτύξει νέες δεξιότητες, ενώ ταυτόχρονα κατανοεί και οικειοποιείται στοιχεία (έννοιες, διαδικασίες κ.ά.) που σχετίζονται με το θέμα της παραγόμενης ταινίας. Έχοντας οι μαθητές, ως βασική αποστολή να δημιουργήσουν μια ταινία κινούμενων εικόνων για την εξέλιξη των επιστημονικών απόψεων για το ηλιακό σύστημα, θα πρέπει να συνεργαστούν και να αλληλεπιδράσουν για να αναλύσουν και να επεξεργαστούν σχετικές πληροφορίες, να επιλέξουν αφηγηματική τεχνική, να συνθέσουν το υλικό που συγκέντρωσαν ή/και δημιούργησαν, να εξοικειωθούν με τη χρήση οπτικοακουστικής γλώσσας και εν τέλει να παραγάγουν την ταινία τους.

Οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού σεναρίου εξελίσσονται ως ακολούθως:

Α' φάση: Προσανατολισμός στο θέμα και στον τρόπο μελέτης (διάρκεια: 1 ώρα)

Β' φάση: Έρευνα στην ιστορία της Αστρονομίας (διάρκεια: 4 ώρες)

Γ' φάση: Συζήτηση - Επιλογή αφηγηματικής τεχνικής (διάρκεια: 1 ώρα)

Δ' φάση: Σύνθεση υλικού σε μια μορφή (διάρκεια: 4 ώρες)

Ε' φάση: Συζήτηση (διάρκεια: 1 ώρα)

ΣΤ' φάση: Δημιουργία ταινίας (διάρκεια: 3 ώρες)

Ζ' φάση: Αξιολόγηση (διάρκεια: 1 ώρα)

Aristotle's theory of the solar system (*Encyclopædia Britannica, Inc.*)

Ptolemy: theory of the solar system (*Encyclopædia Britannica, Inc.*)

6. Ομάδα στόχος, διδακτικά οφέλη

Η παρούσα εργασία αφορά το σχεδιασμό διδακτικού σεναρίου που απευθύνεται σε μαθητές Στ' Δημοτικού. Το σενάριο μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί στην επιμόρφωση υποψηφίων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών ως μια μελέτη περίπτωσης που ενσωματώνει ζητήματα της φύσης των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με σκοπό να διδαχτούν βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών και φυσικά η φύση τους.

Μέσω της ενασχόλησής τους με τις δραστηριότητες του διδακτικού σεναρίου αναμένεται οι μαθητές να μελετήσουν τους σταθμούς της επιστημονικής κοσμολογίας και τις υποθέσεις στις οποίες βασίστηκαν, να προβληματιστούν για τη διαδοχή τους μέσω της αξιοποίησης ιστορικών γεγονότων και να συζητήσουν για επιθυμητές όψεις της φύσης των φυσικών επιστημών, όπως:

ο Πώς εξελίσσονται οι γνώσεις μας για τις Φυσικές Επιστήμες; Να συζητήσουν και να εξοικειωθούν με επιστημονικές διαδικασίες, όπως η παρατήρηση, η υπόθεση και η ανάπτυξη μοντέλων.

ο Τι διαδικασίες και τι πρακτικές ακολουθούν οι επιστήμονες; Για παράδειγμα, να «παρακολουθήσουν» το πέρασμα από την απλή παρατήρηση στην παρατήρηση μέσω οργάνων, από την απλή παρατήρηση στην καταγραφή των παρατηρήσεων, στη μελέτη και στην ερμηνεία τους.

ο Πώς κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια επηρεάζουν τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων; Για παράδειγμα, δυο από τους λόγους που δεν καθιερώθηκε το ηλιοκεντρικό σύστημα του Αρίσταρχου, όπως υποστηρίζεται, είναι ότι η κίνηση της Γης ερχόταν σε αντίθεση με τις θρησκευτικές πεποιθήσεις της εποχής, αλλά και σε αντίθεση με την επικρατούσα –με βάση την εμπειρία– διαισθητική άποψη ότι η Γη είναι ακίνητη.

Ταυτόχρονα, στόχος είναι οι μαθητές να εξοικειωθούν με την κινηματογραφική γλώσσα του animation και ειδικότερα:

ο Να αναπτύξουν δεξιότητες ανάλυσης και επεξεργασίας πληροφοριών και δεξιότητες έκφρασης και επικοινωνίας με τη χρήση οπτικοακουστικής γλώσσας και ψηφιακής τεχνολογίας.

ο Να εξοικειωθούν με ποιοτικά χαρακτηριστικά της οπτικοακουστικής γλώσσας, ώστε να μπορούν να λειτουργούν ως «κριτικοί αναγνώστες».

7. Δραστηριότητες, μέθοδοι και μέσα μάθησης

Οι μαθησιακές δραστηριότητες της εφαρμογής βασίζονται σε ποικιλία διδακτικών στρατηγικών (ταινίες, προσομοιώσεις, συζήτηση κ.ά.) με βασική τη δημιουργία από τους μαθητές ταινιών κινούμενων εικόνων. Οι μαθητές εργάζονται με βάση συγκεκριμένα φύλλα εργασίας υπό την καθοδήγηση του διδάσκοντος, έχοντας στη διάθεσή τους επιλεγμένο υλικό που σχετίζεται με την ιστορία της διαδοχής των εξηγητικών μοντέλων σχετικά με το ηλιακό μας σύστημα. Οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού σεναρίου εξελίσσονται ως ακολούθως:

1η φάση: Προσανατολισμός στο θέμα και τον τρόπο μελέτης (διάρκεια: 1 ώρα) Αρχικά, οι μαθητές ενημερώνονται ότι βασικός στόχος του εκπαιδευτικού σεναρίου είναι η δημιουργία μιας ταινίας κινούμενων σχεδίων με θέμα την εξέλιξη των απόψεών μας για το ηλιακό σύστημα. **A1** Η εισαγωγική δραστηριότητα στοχεύει στην ανάδειξη των γνώσεων των μαθητών για την εξέλιξη των κοσμολογικών μοντέλων. Δίνεται στους μαθητές μια ταινία αποτυπωμένη πάνω σε έντυπη μορφή με εικόνες (εικονογραφημένο σενάριο-story board) αλλά χωρίς κείμενο. Οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν το κείμενο ερχόμενοι ταυτόχρονα σε μια πρώτη επαφή με την τεχνική των κινούμενων εικόνων.

A2 Οι μαθητές παρακολουθούν ταινία σχετική με την εξέλιξη των κοσμολογικών

αντιλήψεων (μεταγλωττισμένη ταινία με τίτλο Γαλιλαίος: Ηλιοκεντρικό σύστημα - Teachers' Domain, 2005) με στόχο τον προσανατολισμό και την πρόκληση ενδιαφέροντος. Οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους την ταινία σε εικονογραφημένο σενάριο (εικόνες και κείμενο).

A3 Επιδεικνύονται ταινίες κινούμενων εικόνων που δημιουργήθηκαν από άλλους μαθητές για άλλα θέματα, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της σταδιακής εξοικείωσης με την τεχνική του animation και να προκληθεί το ενδιαφέρον των μαθητών.

2η φάση: Έρευνα στην ιστορία της Αστρονομίας (διάρκεια: 4 ώρες)

Στην ενότητα αυτή οι μαθητές ερευνούν για το ρόλο προσώπων που διατύπωσαν υποθέσεις και μοντέλα σχετικά με το γεωκεντρικό και το ηλιοκεντρικό σύστημα από την αρχαιότητα έως και την εποχή του Κοπέρνικου, του Γαλιλαίου και του Κέπλερ. Βασική στρατηγική που ακολουθείται σ' αυτή τη φάση είναι η προσέγγιση της «γραμμής του χρόνου» γεγονότων από την ιστορία των φυσικών επιστημών.

B1 Οι μαθητές έχοντας στη διάθεσή τους προεπιλεγμένο υλικό σχετικό με την εξέλιξη των εξηγητικών πλαισίων γεωκεντρικών και ηλιοκεντρικών συστημάτων [διασκευασμένα κείμενα (π.χ. Παλαιοπούλου-Σταθοπούλου & Κουκοπούλου-Αρνέλλου 1999), ταινίες, προσομοιώσεις, αναπαραστάσεις των μοντέλων] καλούνται να ερευνήσουν, να εντοπίσουν πληροφορίες και να συμπληρώσουν έναν πίνακα στον οποίο δίνονται οι χρονολογίες και οι πρωταγωνιστές-επιστήμονες. Οι μαθητές, αφού ερευνήσουν το υλικό, συμπληρώνουν το γεγονός και την ή τις επιστημονικές διαδικασίες (π.χ. παρατήρηση, υπόθεση, επιβεβαίωση ενός νέου μοντέλου) που σχετίζεται/νται με αυτό.

B2 Οι μαθητές, με βάση τη μελέτη τους στην προηγούμενη δραστηριότητα, συζητούν στην ομάδα τους και στη συνέχεια στην ολομέλεια ερωτήματα, όπως:

ο Είναι οι αισθήσεις μας πάντοτε αξιόπιστο μέσο για τη μελέτη του φυσικού κόσμου; Υποστηρίζουμε με επιχειρήματα τη θέση μας.

ο Για ποιους λόγους δεν επικράτησαν οι απόψεις του Αρίσταρχου (περί ηλιοκεντρικού συστήματος) στην εποχή του;

ο Πώς «άλλαξε» ο τρόπος που παρατηρούμε στο πέρασμα των χρόνων. Τι ρόλο έπαιξε το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου στην επικράτηση της άποψης περί ηλιοκεντρικού συστήματος.

Γ' φάση: Συζήτηση - Επιλογή αφηγηματικής τεχνικής (διάρκεια: 1 ώρα)

Οι μαθητές επιλέγουν την αφηγηματική τεχνική που θα αξιοποιήσουν, ώστε να οργανώσουν και να συνθέσουν το υλικό που μελέτησαν στην προηγούμενη φάση σε οπτικοακουστική μορφή για να παραγάγουν μια ταινία με θέμα «Από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα». Συγκεκριμένα, αφού προηγηθεί επίδειξη ενός εκπαιδευτικού βίντεο, στο οποίο παρουσιάζονται οι κυριότερες αφηγηματικές τεχνικές καθώς επίσης και οι βασικές αρχές της κινηματογραφικής γλώσσας, οι μαθητές αποφασίζουν αν και πώς θα χρησιμοποιήσουν αφηγηματικές φόρμες που παραπέμπουν σε ερευνητικές διαδικασίες (συνέντευξη, παρουσίαση με αφήγηση κ.ο.κ.) ή σε ταινίες μυθοπλασίας.

Δ' φάση: Σύνθεση υλικού σε μια μορφή (διάρκεια: 4 ώρες)

Οι μαθητές αποφασίζουν με τα «μάτια» ποιου «ήρωα» θα μεταφέρουν τις πληροφορίες και το υλικό που μελέτησαν κατά την έρευνά τους και δημιουργούν τα αντίστοιχα κείμενα (διαλόγους και μονολόγους). Χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα πρότυπα αποτυπώνουν την ιδέα τους σε μορφή σύνοψης, εικονογραφημένου σεναρίου και Flip Book.

Πιο αναλυτικά, τα στάδια που ακολουθούνται είναι τα ακόλουθα:

1. **Η σύνοψη:** Σε ειδικό πρότυπο αποτύπωσης οι μαθητές απαντώντας στα ερωτήματα ποιος, τι, πότε, πού, γιατί διαμορφώνουν τη σύνοψη (περίληψη) της ιστορίας τους.

2. **Δημιουργία των κειμένων (διαλόγων - μονολόγων - αφηγήσεων) της ιστορίας:** Σε ένα λευκό χαρτί διαμορφώνουν τις σκέψεις τους σε μορφή διαλόγων, μονολόγων ή αφηγήσεων τρίτου προσώπου ανάλογα με την κάθε ιστορία. Με άλλα λόγια μεταφέρουν τις σκέψεις τους στο στόμα των συμμετεχόντων της ιστορίας τους.

3. **Εικονογράφηση σεναρίου:** Οι μαθητές «κόβουν» το κείμενο των διαλόγων ή των μονολόγων σε μικρότερες φράσεις ανάλογα με το νόημα, τα σημεία όπου δίνεται κάποια έμφαση κ.ο.κ. και το μεταφέρουν σε ειδικό πρότυπο εικονογραφημένου σεναρίου, που τους δίνεται, στο αντίστοιχο πλαίσιο κειμένου. Στη συνέχεια, προσθέτουν τις εικόνες που θα «ντύσουν» το κείμενο προσέχοντας να υπάρχει μια αντιστοιχία μεταξύ του νοήματος, του κειμένου και της εικόνας (Σιάκας 2008, σελ. 14).

4. **Flip book:** χρησιμοποιώντας ειδικά μπλοκάκια, οι μαθητές επιλέγουν ένα καρτέ από το εικονογραφημένο τους σενάριο και το αναπτύσσουν με περισσότερα σκίτσα που έχουν μια λογική συνέχεια και περιγράφουν μια συνεχόμενη κίνηση (Σιάκας 2008, σελ. 17)

Ε΄ φάση: Συζήτηση (διάρκεια: 1 ώρα)

Οι μαθητές της κάθε ομάδας, αφού ανακοινώσουν την όλη σύλληψη της ταινίας τους, εξηγούν πώς εργάστηκαν, ώστε να δημιουργήσουν το σενάριο της ιστορίας και να το αποτυπώσουν στις μορφές της σύνοψης, του εικονογραφημένου σεναρίου και του flip book. Τελικά, στην ολομέλεια και μετά από συζήτηση, επιλέγεται ένα σενάριο το οποίο και θα υλοποιηθεί.

ΣΤ΄ φάση: Δημιουργία ταινίας (διάρκεια: 3 ώρες)

Με βάση το σενάριο που επιλέχθηκε οι μαθητές:

ο Δραματοποιούν και ηχογραφούν τα κείμενα των διαλόγων χρησιμοποιώντας ψηφιακά μέσα.

ο Δημιουργούν το σκηνικό και τα στοιχεία του περιβάλλοντος με διάφορα υλικά (π.χ. πλαστελίνες, εικόνες, αναπαραστάσεις).

ο Δημιουργούν τους πρωταγωνιστές της ταινίας με μικτή τεχνική.

ο Δημιουργούν την κίνηση.

ο Κάνουν την πρότασή τους για το τελικό μοντάζ συμπληρώνοντας ένα φύλλο εργασίας στο οποίο υποδεικνύουν τη σειρά διαδοχής των πλάνων που έχουν δημιουργηθεί στα προηγούμενα στάδια.

Ζ΄ φάση: Αξιολόγηση (διάρκεια: 1 ώρα)

Οι μαθητές έχοντας στη διάθεσή τους το αρχικό εικονογραφημένο σενάριο χωρίς

κείμενο (το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την ανάδειξη των γνώσεών τους για το θέμα) καλούνται να το συμπληρώσουν.

8. Διδακτικά και μαθησιακά εμπόδια

Εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για το ηλιακό σύστημα

Από την πλευρά των παιδιών, η θέαση των ουράνιων σωμάτων από τη Γη δημιουργεί συχνά λανθασμένες αντιλήψεις για την εικόνα του ηλιακού συστήματος και του σύμπαντος γενικότερα. Το γεγονός ότι κάθε ημέρα παρατηρούμε τον ήλιο να ανατέλλει το πρωί, να ακολουθεί μια κυκλική πορεία στη διάρκεια της ημέρας και τελικά να δύει το απόγευμα, οδηγεί πολλά παιδιά να οικοδομούν ένα γεωκεντρικό μοντέλο του κόσμου ή κάποιο υβριδικό μοντέλο του (Χαλκιά 2006, σελ. 35). Καθώς η ανάπτυξη της ατομικής σκέψης των παιδιών για το ηλιακό μας σύστημα σε πολλές παραμέτρους της συμβαδίζει με την ανάπτυξη των επιστημονικών ιδεών γι αυτό, η μελέτη του μπορεί να προσφέρει σημαντικές μαθησιακές ευκαιρίες να συζητηθούν και να προσεγγιστούν έννοιες (π.χ. πλανήτες), επιστημονικές διαδικασίες (π.χ. υποθέσεις) και στοιχεία της φύσης των φυσικών επιστημών (π.χ. συχνά επιστημονικές εξηγήσεις βασίζονται σε μοντέλα από τα οποία προκύπτουν στοιχεία, λειτουργίες, φαινόμενα τα οποία δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν άμεσα).

9. Παιδαγωγικές δεξιότητες

Στις μέρες μας, η έρευνα σχετικά με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες δίνει έμφαση στη σημασία της ενσωμάτωσης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σημαντικών στοιχείων από την ιστορία τους, όπως μελετών περίπτωσης και ιστορικών πειραμάτων (π.χ. Stinner et al. 2003, Seroglou et al. 1998, Seroglou & Koumaras 2001, Matthews et al. 2001, Matthews 2007) καθώς επίσης και γεγονότων που αναδεικνύουν τη φύση των Φυσικών Επιστημών και τη σημασία τους στη διδασκαλία (π.χ. McComas et al. 1998, Lederman 2007).

Οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί της πράξης αναζητούν διαρκώς τρόπους αξιοποίησης της ιστορίας και της φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση. Κάποιοι από αυτούς είναι: α) μελέτες περίπτωσης, β) ανακατασκευή ιστορικών οργάνων και πειραματικών διατάξεων - πιστών αντιγράφων από την ιστορία των φυσικών επιστημών (replicas), γ) δραματοποίηση - παιχνίδι ρόλων, δ) πορτρέτα ιστορικών χαρακτήρων και βινέτες, ε) προσομοιώσεις ιστορικών πειραμάτων, στ) ιστορικές αντιπαραθέσεις /συζητήσεις, ζ) ιστορικά πειράματα και υποθετικά πειράματα. Στο διδακτικό σενάριο προτείνουμε ένα νέο δυναμικό, κατά την άποψή μας, διδακτικό εργαλείο τη δημιουργία από τους μαθητές ταινιών κινούμενων εικόνων. Δηλαδή τη δημιουργία ταινιών από τους μαθητές που σε αυτές παρουσιάζουν, αφηγούνται, δραματοποιούν, συγκρίνουν σχολιάζουν με το δικό τους τρόπο τη διαδοχή των εξηγητικών πλαισίων που αναπτύχθηκαν και των αντίστοιχων γεωκεντρικών και ηλιοκεντρικών συστημάτων.

Μια συνολική παρουσίαση για το θέμα και τον τρόπο εργασίας των μαθητών:

Στη συνέχεια παραθέτουμε μια σειρά από μαθητικές εργασίες σχετικές με το θέμα:



Το μοντέλο του Tycho Brahe.

Πίνακας 1: Γραμμή του χρόνου: Από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα.

Χρονο-λογία	Όνομα - Επιστήμονας	Γεγονός	Επιστημονική διαδικασία
700 π.Χ.	<u>Γνωστή η ύλη</u> <u>Αρχαίοι Έλληνες</u> (Θαλής, Αναξίμανδρος...)	Παρατηρούσαν και εφάρμοζαν τις αιτίες για το κίνημα που τους ενδιέφερε και ανακάλυψαν κάποια άστρα που κινούταν μπάντες	Παρατήρηση
500 π.Χ.	<u>Πυθαγόρας</u>	Η γη βρίσκεται στο κέντρο του σύμπαντος και έχει σχήμα σφαιρικό. Περιβάλλεται από κρυσταλλίνες σφαίρες και για πρώτη φορά είναι καλύτερα οργανωμένη	Υπόθεση
410 π.Χ.	<u>Φιλόλαος</u>	Το σύστημα δεν είναι ούτε γεωκεντρικό ούτε ηλιοκεντρικό αλλά στο κέντρο τοποθετούσε το κεντρικό πλανήτη	Υπόθεση
390 π.Χ.	<u>Πλάτωνας</u>	Πρότεινε οι αστρονόμοι να χρησιμοποιούν τα μαθηματικά και τη γεωμετρία	Πρόταση χρήσης μαθηματικών και γεωμετρίας
370 π.Χ.	<u>Εύδοξος</u>	Προσπάθησε να λύσει το πρόβλημα της απρόβλεπτης κίνησης των πλανητών χρησιμοποιώντας 27 ομοκεντρικές σφαίρες	Πρόταση μοντέλου
350 π.Χ.	<u>Αριστοτέλης</u>	Εξέλιξε το μοντέλο του Εύδοξου και πρότεινε 55 ομοκεντρικές σφαίρες	Χρησιμοποιεί 55 μοντέλα και κατασκευάζει τη δική του πρόταση
285 π.Χ.	<u>Αρίσταρχος</u>	Διατύπωση για πρώτη φορά ενός ηλιοκεντρικού μοντέλου	Παράθεση και πρόταση για βελτίωση του μοντέλου
230 π.Χ.	<u>Απολλώνιος</u>	Πρώτη φορά διατυπώνεται η άποψη των επικυκλίων δηλαδή οι πλανήτες κινούνται και για δεύτερη φορά πέρα από τα κέντρα των ομοκεντρικών πλανητών	Παράθεση και πρόταση για βελτίωση του μοντέλου που κινούνται από τη γη
100 μ.Χ.	<u>Πτολεμαίος</u>	Χρήση μοντέλου των επικυκλίων και το βελτιώνει καθορίζοντας λεπτομερώς τις κινήσεις των πλανητών	Παράθεση και πρόταση για βελτίωση του μοντέλου
1510 μ.Χ.	<u>Κοπέρνικος</u>	Ο ήλιος είναι στο κέντρο της γης κυριζεί η κίνηση των πλανητών της και γύρω από τον ήλιο	Παράθεση και πρόταση για βελτίωση του μοντέλου
1560 μ.Χ.	<u>Τύχο Μπράχε</u>	Η γη είναι στο κέντρο του κόσμου αλλά όλοι οι πλανήτες γυρνάνε γύρω από τον ήλιο	Η επιστήμη επηρεάζεται από τις κοινωνικές και τις θρησκευτικές συνθήκες.
1600 μ.Χ.	<u>Κέπλερ</u>	Αξιοποιώντας τις μετρήσεις του Μπράχε μιλάει για πρώτη φορά για ελλειπτική κίνηση πλανητών	Τροποποίηση του νέου μοντέλου με βάση τις παρατηρήσεις της μετρήσης των πλανητών ως αποτέλεσμα της παρατήρησης των αστρονόμων
1610-1640 μ.Χ.	<u>Γαλιλαίος</u>	Ο Γαλιλαίος με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου που ανακάλυψε ότι το ηλιοκεντρικό μοντέλο είναι επιστημονικό γεγονός	Χρήση τηλεσκοπίου για την παρατήρηση των πλανητών

Αντιπροσωπευτικό δείγμα από φύλλο εργασίας μαθητή.

Ημερομηνία: _____ Πριν για πάντα να μπορούσατε να φτιάξετε σε χαρτί A3 μια γραμμή του χρόνου και να τοποθετήσετε πάνω εκεί τις πληροφορίες.

Δραστηριότητα

Με βάση όσα μελετήσαμε συζητάμε στην ομάδα και στη συνέχεια στην ολομέλεια:

☆ Είναι οι αισθήσεις μας πάντοτε αξιόπιστο μέσο για τη μελέτη του φυσικού κόσμου; Υποστηρίζουμε με επιχειρήματα τη θέση μας.

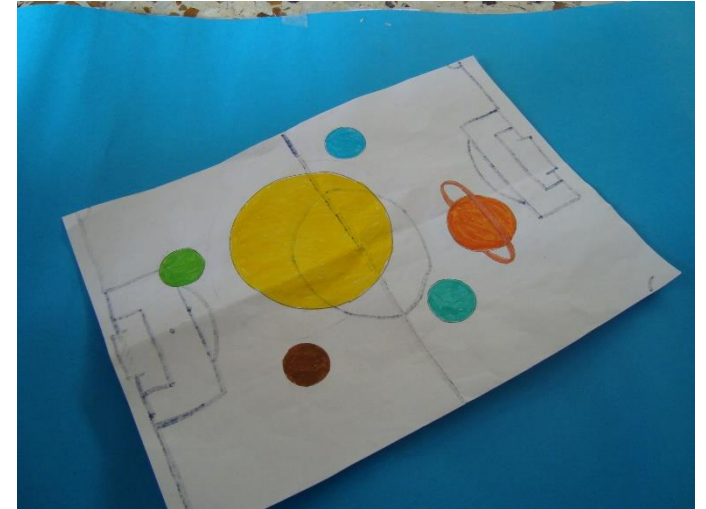
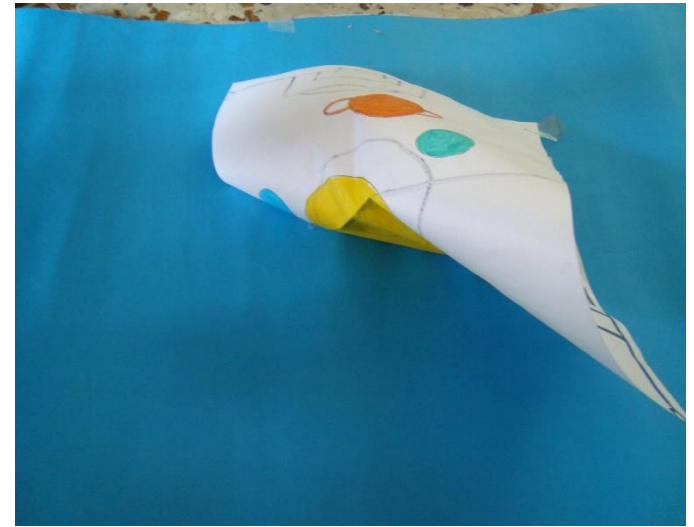
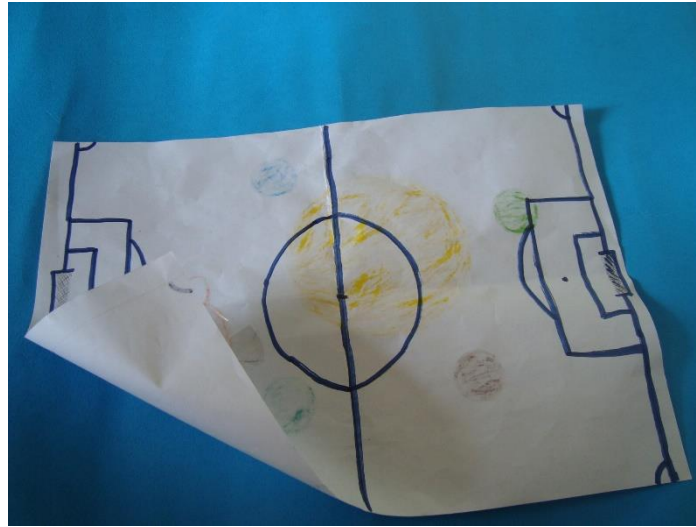
Με βάση το τι ακούμε και τις αισθήσεις μας δεν πρέπει να βγάζουμε γρήγορα συμπεράσματα.

☆ Για ποιους λόγους δεν επικράτησαν οι απόψεις του Αρίσταρχου (περί ηλιοκεντρικού συστήματος) στην εποχή του;

Γιατί ως εκείνη την εποχή όλοι πίστευαν στο γεωκεντρικό σύστημα και γιατί έφερε αντίθεση στους ανθρώπους της εποχής του.

☆ Αν ζούσατε το 1453, το έτος που δημοσιεύτηκε το βιβλίο του Κοπέρνικου στο οποίο υποστήριζε το ηλιοκεντρικό μοντέλο, θα δεχόσασταν τις απόψεις του ή όχι. Για ποιους λόγους;

Αντιπροσωπευτικό δείγμα από φύλλο εργασίας μαθητή.



Στιγμιότυπα από σχέδια μαθητή για τη δημιουργία animatio



Στιγμιότυπα από σχέδια μαθητή για τη δημιουργία animatio

10. Αποτελέσματα έρευνας από την εφαρμογή της μελέτης περίπτωσης Στην ενότητα αυτή, αφού πρώτα γίνεται μια συζήτηση της εφαρμογής του διδακτικού σεναρίου σε σχέση με πέντε διαστάσεις, κλείνουμε με ορισμένα βασικά συμπεράσματα.

α) Σταδιακή αλλαγή της στάσης των μαθητών ως προς το διδακτικό σενάριο συνολικά

Οι μαθητές του συγκεκριμένου τμήματος της ΣΤ΄ τάξης δεν είχαν εργαστεί ποτέ ξανά με συνεργατικό διερευνητικό τρόπο. Δεν είχαν καμιά προηγούμενη εμπειρία από διδασκαλίες που ξεφεύγουν για παράδειγμα από τα «παραδοσιακά» πλαίσια των σχολικών εγχειριδίων. Αρχικά όπως αναφέρει η διδάσκουσα στο ημερολόγιό της οι μαθητές έκαναν κάποια σχόλια του τύπου «Κυρία, αυτά θα τα μάθουμε απέξω;» ή «Θα γράψουμε τεστ σ' αυτά;». Οι μαθητές είχαν μια διαμορφωμένη εικόνα για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και της Γεωγραφίας και όχι μόνο, ότι τα πιο σημαντικά ήταν η αποστήθιση, οι γραπτές δοκιμασίες και γενικά ένα στενό πλαίσιο συνδεδεμένο με δραστηριότητες προσανατολισμένες αποκλειστικά στις γνωστικές διαδικασίες.

Στην πορεία υπήρξαν σημαντικές αλλαγές. Για παράδειγμα πολλές φορές οι μαθητές προσπάθησαν να «πείσουν» τη διδάσκουσα να ασχοληθούν με το διδακτικό σενάριο

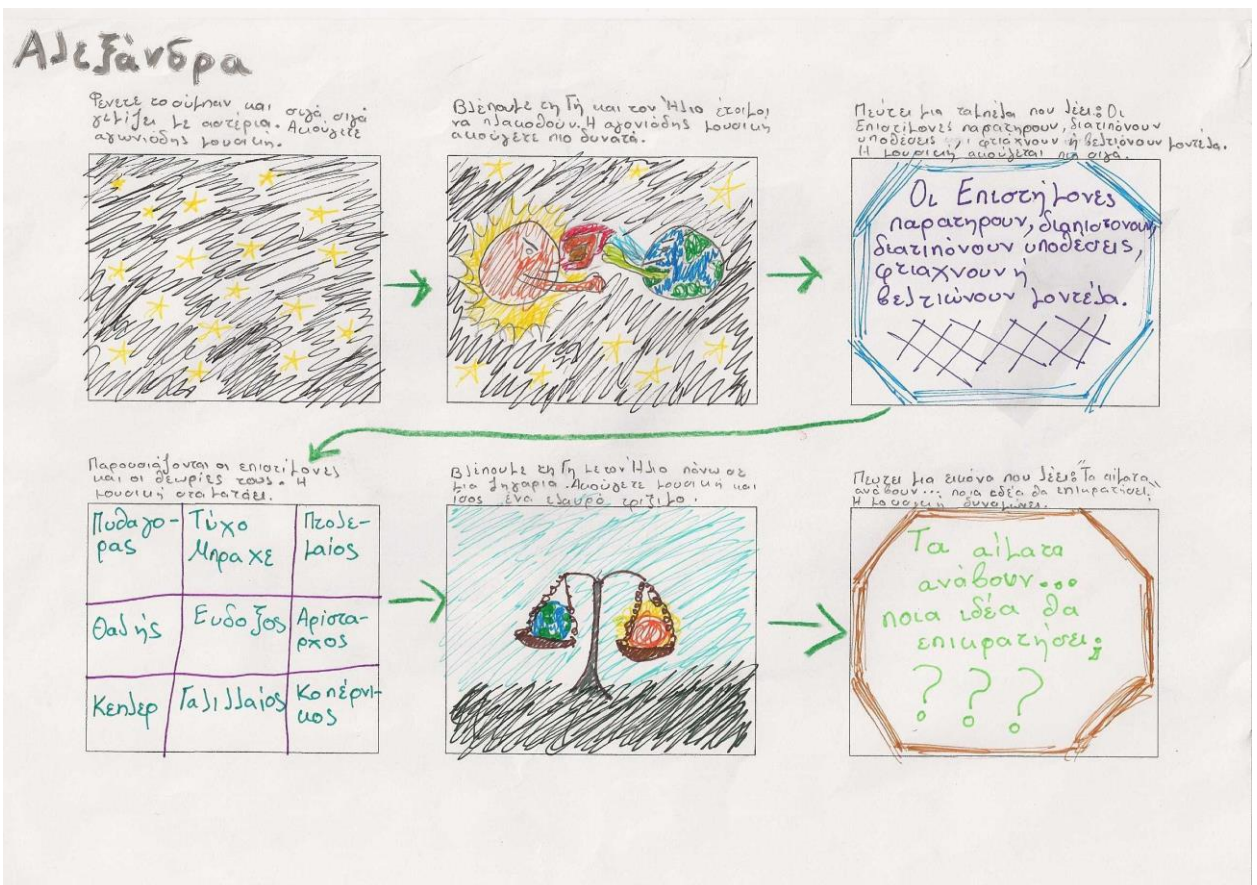
κι όχι με κάποιο άλλο γνωστικό αντικείμενο. Γενικά στην εξέλιξη της εφαρμογής άλλαξε η στάση των μαθητών, εξοικειώθηκαν με τη συνεργατική διερεύνηση και η ενασχόλησή τους με το θέμα έγινε η αγαπημένη τους δραστηριότητα που τους κινητοποιούσε ολόπλευρα.

β) Σταδιακός μετασχηματισμός του τρόπου ομιλίας και της γλώσσας που χρησιμοποιούσαν οι μαθητές (σε σχέση με τη γλώσσα των Φυσικών Επιστημών και το animation)

Στο ξεκίνημα του προγράμματος οι μαθητές χρησιμοποιούσαν λέξεις απλές, «καθημερινές». Εμπλεκόμενοι στην πορεία ενεργά στην παραγωγή λόγου σχετικού με το διδακτικό σενάριο (δημιουργία εικονογραφημένων σεναρίων, συγγραφή διαλόγων και αφηγήσεων των ταινιών κ.λπ.) εξοικειώθηκαν με κάποια ορολογία τόσο σε σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες όσο και με το animation. Για παράδειγμα, αρχικά τα παιδιά χρησιμοποιούσαν εκφράσεις όπως «οι επιστήμονες σκέφτονται...» ενώ αργότερα εκφράσεις όπως «οι επιστήμονες παρατηρούν, διατυπώνουν ή βελτιώνουν μοντέλα...». Αυτή η σταδιακή αλλαγή αποτυπώνεται με ενάργεια στα προϊόντα που παράγααν οι μαθητικές ομάδες και αυτά είναι τα εικονογραφημένα σενάρια (Εικόνα 1) και οι περιλήψεις που τα συνοδεύουν, τα σχέδια στα flip books που έφτιαξαν και φωτογράφησαν, οι διάλογοι και τα αφηγηματικά μέρη των σεναρίων και τελικά οι ταινίες animation που δημιούργησαν. Παράλληλα, γνώρισαν, κατανόησαν, μίλησαν και συζήτησαν για εικονογραφημένα σενάρια, για flip books, για πλάνα, για μοντάζ, ορολογία που σχετίζεται με τη δημιουργία ταινιών animation.

γ) Σταδιακή εξοικείωση με επιθυμητές όψεις της φύσης των Φυσικών Επιστημών

Με την εμπλοκή τους στις δραστηριότητες του διδακτικού σεναρίου οι μαθητές σταδιακά εξοικειώθηκαν με επιθυμητές όψεις της φύσης των Φυσικών Επιστημών και γνώρισαν καλύτερα και ξεχώρισαν τις επιστημονικές διαδικασίες. Για παράδειγμα οι μαθητές στο ξεκίνημα των δραστηριοτήτων ταύτιζαν έννοιες διαφορετικές όπως οι λέξεις «πλανήτης» και «μοντέλο». Στην πορεία όχι απλώς τα ξεκαθάρισαν αλλά έφτασαν στο σημείο να διατυπώνουν δικά τους φανταστικά μοντέλα, όπου οι πλανήτες και ο ήλιος έκαναν συγκεκριμένες κινήσεις. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η κατανόηση της επίδρασης του κοινωνικοπολιτισμικού πλαισίου στη διατύπωση των επιστημονικών θεωριών κι αυτό έχει αποτυπωθεί σε πολλές από τις ταινίες που παράγααν οι μαθητές, όπως για παράδειγμα σε αυτή που αφορούσε το συνθετικό μοντέλο του Τύχο Μπράχε ένα συμβιβαστικό μοντέλο ανάμεσα στο γεωκεντρικό που πρότεινε ο Πτολεμαίος και το καινοτομικό για την εποχή ηλιοκεντρικό μοντέλο που πρότεινε ο Κοπέρνικος.



δ) Σταδιακή εξοικείωση με τις εκφραστικές δυνατότητες και τα μέσα δημιουργίας του animation

Τα παιδιά κατέκτησαν σε σημαντικό βαθμό την τεχνική του animation, αφού έφτασαν στο σημείο να προτείνουν και να πραγματοποιούν ταινίες φωτογραφίζοντας απρόσμενα αντικείμενα όπως καπέλα, πανιά, κασετίνες, χαρτιά, σφουγγάρια. Έκαναν ενδιαφέρουσες παρεμβάσεις οι οποίες αφορούσαν θέματα σκηνοθεσίας, σκηνογραφίας, ενδυματολογίας, μακιγιάζ και μουσικής επένδυσης των δρώμενων. Επίσης, όλα τα βίντεο, οι φωτογραφήσεις, οι μαγνητοφωνήσεις έγιναν από τα παιδιά. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση ενός μαθητή που αρχικά ήταν «αδιάφορος» για το πρόγραμμα. Κάποια στιγμή έφτιαξε ένα flip book το οποίο έλαβε μεγαλύτερη αποδοχή στην ολομέλεια της τάξης απ' ότι ο ίδιος θα περίμενε. Στη συνέχεια και μέχρι το τέλος του διδακτικού σεναρίου είχε ενεργό συμμετοχή σε όλες τις δραστηριότητες ιδιαίτερα δε σε αυτές που σχετίζονταν με τις εκφραστικές δυνατότητες και τα μέσα δημιουργίας του animation.

ε) Αυτόνομη ενασχόληση με το θέμα (αποσβαίνουσα καθοδήγηση)

Όλες οι φωτογραφίες αλλά και τα βίντεο τραβήχτηκαν με τη φωτογραφική μηχανή της διδάσκουσας. Ενδιαφέρον είναι ότι οι μαθητές εξοικειώθηκαν με λειτουργίες της μηχανής, όπως για παράδειγμα με τη διαδικασία της μαγνητοσκόπησης με την ελάχιστη καθοδήγηση. Την πρώτη φορά που χρειάστηκε να βιντεοσκοπηθεί κάποιο δρώμενο στην τάξη, έγινε μια πρότυπη παρουσίαση σε μαθήτριά για το πώς μπορεί να γίνει αυτό. Από εκεί και πέρα η μαθήτριά ανέλαβε κι εξηγούσε κάθε φορά σε όποιον βιντεοσκοπούσε τι έπρεπε να κάνει. Κάποιοι άλλοι μαθητές ανέλαβαν να

δίνουν οδηγίες για τη φωτογράφιση, ενώ μια άλλη μαθήτρια καθοδηγούσε το στήσιμο και την μετακίνηση των αντικείμενων προκειμένου να φανεί καλύτερα η κίνηση στο animation. Κάποιος μαθητής κατέγραψε τις ομάδες κι έβγαλε ένα πρόγραμμα βιντεοσκοπήσεων και φωτογραφήσεων, ενώ κάποιιοι άλλοι έβγαζαν τα απαραίτητα υλικά που χρειάζονταν κάθε φορά. Προς το τέλος του προγράμματος η διδάσκουσα έμπαινε στην τάξη και τα παιδιά «έτρεχαν» τη διαδικασία υπό την ελάχιστη καθοδήγησή της, αφού σταδιακά είχαν αναλάβει πρωτοβουλίες εργαζόμενοι συνεργατικά διερευνητικά.

Τι κέρδισαν οι μαθητές συμμετέχοντας στο πρόγραμμα; Αν ξεχωρίζαμε κάποια σημαντικά οφέλη θα λέγαμε ότι οι μαθητές:

ο Εξοικειώθηκαν με λέξεις κλειδιά για τις Φυσικές Επιστήμες, όπως «παρατήρηση», «υπόθεση» «διατύπωση μοντέλων και θεωριών», άλλωστε επέλεξαν να τα καταγράψουν σε εικονογραφημένα σενάρια και στα σχέδιά τους.

ο Παρατηρώντας την πορεία των θεωριών, τον εμπλουτισμό τους ή την απόδειξη της ανεδαφικότητάς τους έφτασαν σε συμπεράσματα, όπως ότι μια επιστημονική θεωρία δεν μένει πάντα η ίδια ή δεν γίνεται πάντοτε εύκολα αποδεκτή αναγνωρίζοντας πόσο το κοινωνικό πλαίσιο επηρεάζει τους επιστήμονες και τις θεωρίες τους.

ο Κατέκτησαν σε σημαντικό βαθμό την τεχνική του animation, αφού έφτασαν στο σημείο να προτείνουν και να πραγματοποιούν ταινίες φωτογραφίζοντας απρόσμενα αντικείμενα όπως καπέλα, πανιά, κασετίνες, χαρτιά, σφουγγάρια.

ο Έκαναν ενδιαφέρουσες παρεμβάσεις - προτάσεις που αφορούσαν θέματα σκηνοθεσίας, σκηνογραφίας, ενδυματολογίας, μακιγιάζ, μουσικής επένδυσης των δρώμενων

ο Όλα τα βίντεο, οι φωτογραφήσεις και οι μαγνητοφωνήσεις έγιναν από τα ίδια τα παιδιά γεγονός που αποδεικνύει την εξοικείωση που απέκτησαν με την τεχνολογία.

11. Επιπρόσθετες πηγές

<http://facultyweb.berry.edu/ttimberlake/copernican/>
The Copernican Revolution

<http://www.teachersdomain.org/collection/k12/sci.ess.eiu.origins/>
Origins and Evolution of the Universe, Teachers' Domain, WGBH Educational Foundation

<http://www.teachersdomain.org/collection/k12/sci.ess.eiu.unicomp/>
Composition of the Universe

<http://themes.protovoulia.org/?page=start&p=S.2.1>
From the geocentric to the heliocentric system

<http://brunelleschi.imss.fi.it/isd/eisd.asp?c=30832&xsl=3>
Institute and Museum of History of Science, Florence, Italy

<http://www.teachersdomain.org/special/kmedia07-ex/scitech.swift/>
Science & Technology: SWIFT: Eyes Through Time

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/galileo/>
Galileo's Battle for the Heavens

<http://faculty.fullerton.edu/cmconnell/Planets.html>
Models of Planetary Motion from Antiquity to the Renaissance

<http://www.learner.org/resources/series42.html>
The Mechanical Universe...and Beyond

www.siakasanimation.com

Βιβλιογραφία

- Bell, R. L., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F.: 2000, 'Developing and acting upon one's conceptions of the nature of science: A follow-up study', *Journal of Research in Science Teaching* 37, 563-581.
- Bevilaqua, F. & Giannetto, E.: 1998, 'The History of Physics and European Physics Education.' In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, pp. 981-999.
- Boyle, T.: 1997, *Design for Multimedia Learning*, London: Prentice Hall.
- Crowe M.: 2001, *Theories of the world: From the antiquity to the Copernican revolution*, Mineola & New York: Dover Publications.
- Duschl, R.A.: 1994, 'Research on The History and Philosophy of Science.' In D. Gable (Ed) *Handbook of research in science teaching* (pp. 443-465), Macmillan, New York.
- Galili I. & Hazan A.: 2001, 'Experts' Views on Using History and Philosophy of Science in the Practice of Physics Instruction', *Science and Education*, Volume 10, Number 4, pp. 345-367.
- Galili I.: 2009, 'Thought Experiments: Determining Their Meaning', *Science & Education* 18 (1), 1-23.
- Hadzigeorgiou Y.: 2006, 'Humanizing the teaching of physics through storytelling: the case of current electricity', *Physics Education* 41, pp. 42-46.
- Hagen, J., Allchin, D., & Singer, F.: 1996, *Doing Biology*, New York: Harper Collins.
- Halas, J. & Manvell, R.: 1969, *The technique of film animation*, London & New York: Focal Press.
- Heering, P.: 1994, 'The Replication of the Torsion balance experiment, the inverse square law and its refutation by early 19th-century German physicists.' In C. Blondel & M. Dorries (Eds), *Restaging Coulomb* (pp. 47-67), Florence, Olscki.
- Irwin, A. R.: 2000, 'Historical Case Studies: Teaching The Nature of Science in Context', *Science Education* 84(1), 5-26.
- Klassen, S.: 2006, 'The Science Thought Experiment: How Might it be Used Profitably in the Classroom?' *Interchange*, 37(1).
- Koyré, A.: 2008, *From the closed world to the infinite universe* (1st edition 1957), Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Kuhn, T. (1985), *The Copernican revolution. Planetary astronomy in the development of western thought*, Massachusetts & London, England: Harvard University Press - Cambridge.

- Laybourne, K.: 1998, *The Animation Book*, New York: Three Rivers Press.
- Lederman, N. G.: 2007, 'Nature of Science: Past, Present, and Future'. In Abell, S. & Lederman, N. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-880), Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Liu, S.-C.: 2005, 'Models of "the Heavens and the Earth": An investigation of German and Taiwanese Students' Alternative Conceptions of the Universe', *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 295-325.
- Masson S. & Vázquez-Abad J.: 2006, 'Integrating History of Science in Science Education through Historical Microworlds to Promote Conceptual Change', *Journal of Science Education and Technology*, Volume 15, Numbers 3-4 / October, 2006, pp. 257-268.
- Matthews, M.R.: 1994, *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge.
- Matthews, M.R., Bevilacqua, F. & Giannetto, E. (Eds.): (2001), *Science Education and Culture: The Role of History and Philosophy of Science*, Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F., Clough, M.P. & Almazroa, H.: 1998, 'The Role and Character of the Nature of Science in Science Education'. In W.F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (pp. 3-39), Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Osborne, J., Collins, S., Millar, R. and Duschl, R.: 2003, 'What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community', *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Paleopoulou-Stathopoulou R., & Koukopoulou-Arnellou G.: 1999, *Cosmologica: the acquaintance of the cosmological thinking of 2500 years' period*. Typothito, Athens (in Greek language)
- Riess, F.: 1995, 'Teaching Science and the History of Science by Redoing Historical Experiments'. In Finley et al., Vol. 2., pp. 958-966.
- Seroglou, F. & Koumaras, K.: 2001, 'The Contribution of the History of Physics in Physics Education: A Review', *Science & Education*, 10(1-2), 153-172.
- Seroglou, F., Koumaras, P. & Tselfes, V.: 1998, 'History of Science and Instructional Design: The Case of Electromagnetism', *Science and Education* 7, 261-280.
- Stinner, A., McMillan, B., Metz, D., Jilek, J. & Klassen, S.: 2003, 'The Renewal of Case Studies in Science Education', *Science & Education* 12 (7), 617-643.
- Wells, G., & Claxton, G.: 2002, *Learning for Life in the 21st Century: Sociocultural Perspectives on the Future of Education*, London: Blackwell Publishing.
- Xalkia, Kr.: 2006, *The solar system in the universe*, Publications of Grete University.