ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2023)

13ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Από την Γη στον Άρη

Ηλίας Σιτσανλής, Χαρίτων Πολάτογλου

Βιβλιογραφική αναφορά:

Σιτσανλής Η., & Πολάτογλου Χ. (2024). Από την Γη στον Άρη. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 388–395. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7299

Από την Γη στον Άρη

Ηλίας Σιτσανλής[1], Χαρίτων Πολάτογλου[2]
seilias@otenet.gr, hariton@auth.gr
[1] 1ο Γενικό Λύκειο Αλεξανδρούπολης
[2] Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η εργασία αυτή πραγματεύεται μια διδακτική πρόταση STEAM για τον σχεδιασμό μιας εκτόξευσης ενός διαστημόπλοιου από την Γη στον Άρη με τα λιγότερα δυνατά καύσιμα καθώς και εφαρμογή της πρότασης αυτής σε 32 Έλληνες εκπαιδευτικούς ΠΕ04 σε ένα χρονικό διάστημα οκτώ εβδομάδων με σύγχρονη και ασύγχρονη εφαρμογή. Έχοντας ένα γενικότερο πρόβλημα μπορούμε να το αναλύσουμε σε μικρότερα τμήματα ώστε οι μαθητές να ασχοληθούν με μια σειρά εννοιών που από μόνες τους θα ήταν δύσκολες να συνδυαστούν. Λόγω της δομής του προβλήματος θα συνδεθούν τα Μαθηματικά με τις Φυσικές επιστήμες την Τεχνολογία και την Μηχανική. Εξέχουσα θέση στην διδακτική διαδικασία έχει η διερεύνηση. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκαν φύλλα εργασίας στηριζόμενα σε αυτήν την μέθοδο. Για να υποστηριχθούν οι διαδικασίες, οι υπολογισμοί και οι μετρήσεις σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν μια σειρά από προσομοιώσεις ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές για επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί. Οι προσομοιώσεις σχεδιάστηκαν κατάλληλα και προσαρμόστηκαν στους σκοπούς της διδακτικής πρότασης ενώ η ανάπτυξη τους στηρίχθηκε στο πρότυπο I.E.P. (Illustrations – Explorations – Problems). Από την ανατροφοδότηση κατά τις σύγχρονες συναντήσεις βελτιώθηκαν οι προσομοιώσεις σε μερικά σημεία και από τα αρχικά και τελικά ερωτηματολόγια παρατηρείται βελτίωση στις βασικές εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τα διαπλανητικά ταξίδια.

Λέξεις κλειδιά: Διάστημα, προσομοιώσεις, ΤΠΕ, διερευνητική μέθοδος, STEAM

Εισαγωγή

Το διάστημα είναι ένας χώρος που προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών (Salimpour et al, 2021). Στα νέα προγράμματα σπουδών για το Λύκειο γίνεται ιδιαίτερη αναφορά πάνω σε αυτό στην ενότητα της Φυσικής. Οι κλίμακες όμως είναι πάρα πολύ μεγάλες και δεν βοηθούν στο να γίνουν πειράματα. Σε αυτό το σημείο βοηθούν οι προσομοιώσεις οι οποίες μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση ορισμένων δύσκολων εννοιών και να προωθηθεί η διερευνητική διαδικασία.

Προκειμένου να υποστηριχθεί η διδακτική διαδικασία αναπτύχθηκαν μια σειρά προσομοιώσεων η σχεδίαση των οποίων στηρίχθηκε στο πρότυπο ADDIE. Σύμφωνα με το πρότυπο υπάρχουν τα παρακάτω τμήματα (Budoya, 2019).

Ανάλυση

Για να μπορέσουν οι μαθητές να σχεδιάσουν ένα ταξίδι από την Γη στον Άρη θα έπρεπε να γνωρίζουν το είδος της τροχιάς ενός σώματος που κινείται μέσα στο πεδίο βαρύτητας του Ήλιου.

Από την εργασία του Meeus (Meeus, 1998) χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα για την αναπαράσταση του Ηλιακού μας συστήματος, του Curtis (Curtis, 2011) καθώς και Woolley και Whetsel (Woolley, Whetsel, 2013) για την μαθηματική βάση στην μεταφορά Hohmann.

Από την βιβλιογραφική μελέτη σχετικά με τις απόψεις μαθητών πάνω σε θέματα βαρύτητας (Develaki, 2012), (Lehavi & Galili 2009) και τις απόψεις πάνω στους νόμους του Κέπλερ προκύπτει πως η πλειονότητα των μαθητών πιστεύει πως οι τροχιές των πλανητών

είναι ελλειπτικές με εκκεντρότητα που πλησιάζει την μονάδα. Η παρανόηση αυτή προκύπτει κυρίως από την προοπτική τριών διαστάσεων με την οποία σχεδιάζονται οι τροχιές (Yu, Sahami 2017). Χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη τρισδιάστατη προσομοίωση που ετοιμάστηκε μπορεί ο μαθητής να ανατρέψει αυτήν την άποψη. Οι προσομοιώσεις επιλέχθηκε να έχουν κοινή διεπαφή, να μπορούν να συνδυαστούν με πολλούς τρόπους και να αποτελούν μια ομαλή μετάβαση από την ύλη του αναλυτικού προγράμματος και να χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά με τη διερεύνηση αυθεντικών προβλημάτων.

Σχεδίαση

Σχεδιάστηκαν προσομοιώσεις για να καλύψουν τις ανάγκες της συγκεκριμένης διδακτικής πρότασης. Η σχεδίαση των προσομοιώσεων στηρίχθηκε στο πρότυπο του I.E.P. (Illustrations – Explorations – Problem). Η χρήση μιας προσομοίωσης μπορεί εξίσου καλά να εξυπηρετεί ανάγκες όπως παρουσίασης από τον εκπαιδευτικό, ανάγκες διερεύνησης, είτε δομημένης είτε καθοδηγούμενης, από τους μαθητές καθώς επίσης μπορεί να εξυπηρετεί την διαδικασία της αξιολόγησης (Michaloudis & Hatzikraniotis, 2017). Η χρήση των προσομοιώσεων που προτείνουμε με τα φύλλα εργασίας στηρίζεται στην διερευνητική μέθοδο (Peffer et al, 2015) και αποτελείται από ένα σύνολο από δομημένες ή καθοδηγούμενες διερευνήσεις επιμέρους προβλημάτων.

Ανάπτυξη

Η ανάπτυξη των προσομοιώσεων έγινε με ελεύθερο λογισμικό και συγκεκριμένα για το σώμα των προσομοιώσεων χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες της Three.js – JavaScript 3D library (Three.js, 2021) για τα τρισδιάστατα γραφικά CreateJS (CreateJS, 2021) και για τις δισδιάστατες ενώ για την διεπαφή μεταξύ της εφαρμογής και του χρήστη τα λογισμικά jQuery UI (jQuery UI, 2021), Icon Font for jQuery-UI. Οι προσομοιώσεις είναι γραμμένες σε HTML5 και τρέχουν σε όλες τις συσκευές smartphone, desktop, tablet και σε όλα τα λειτουργικά συστήματα αρκεί ένας browser.

Εφαρμογή

Προσομοιώσεις

Οι προσομοιώσεις που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της διδακτικής πρότασης είναι οι παρακάτω:

Νόμος της Παγκόσμιας έλξης: Μια προσομοίωση στην οποία σχεδιάζεται και υπολογίζονται οι δυνάμεις βαρύτητας που δέχονται δύο σφαίρες όταν βρεθούν σε κάποια απόσταση μεταξύ τους. Ο μαθητής έχει την δυνατότητα να μεταβάλλει τις μάζες των σωμάτων και την μεταξύ τους απόσταση. Αυτή αποτελεί την εισαγωγική προσομοίωση με την οποία μπορούν να μελετηθούν οι δυνάμεις βαρύτητας.

Σχεδιασμός καλύτερης ευθείας: Μια διαδραστική εφαρμογή που επιτρέπει στον χρήστη να τοποθετήσει τις μετρήσεις του μέτρου της δύναμης βαρύτητας μεταξύ δύο σωμάτων σε συνάρτηση με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης τους ώστε να καταλήξει στον νόμο της παγκόσμιας έλξης.

Το πρόβλημα των δυο σωμάτων: Εφαρμογή με την οποία μπορούμε να μελετήσουμε την κίνηση πλέον σωμάτων με την επίδραση μόνο των δυνάμεων βαρύτητας. Αν και το πρόβλημα ξεφεύγει από την Λυκειακή Φυσική μπορεί όμως να γίνει η διερεύνηση όταν το ένα σώμα έχει πολύ μεγαλύτερη από το άλλο. Σκοπός της προσομοίωσης είναι να μεταβεί ο μαθητής από

την στατική εικόνα της παγκόσμιας έλξης στην αιτία της κίνησης των σωμάτων εξαιτίας της δύναμης της βαρύτητας.

Έλλειψη: Εφαρμογή με την οποία μπορούμε να δούμε τα βασικά χαρακτηριστικά μιας έλλειψης ώστε να μπορούν να κατανοήσουν τις ελλειπτικές τροχιές των πλανητών, την ορολογία και τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τις τροχιές των πλανητών

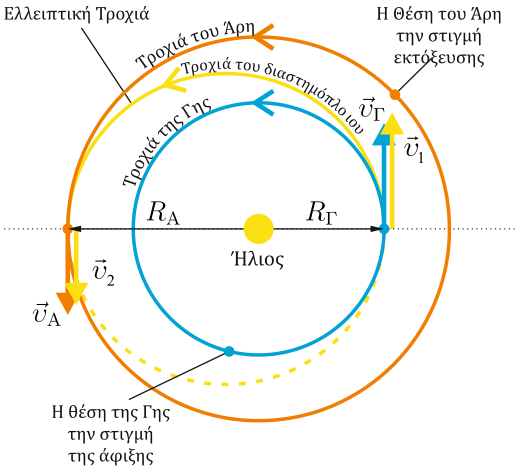
Κινήσεις μέσα σε πεδίο βαρύτητας: Κύρια προσομοίωση με την οποία μπορούμε να μελετήσουμε τις τροχιές ενός σώματος μέσα στο πεδίο βαρύτητας πχ του Ήλιου. Είναι μια πλήρης εφαρμογή στην οποία μπορούμε να μεταβάλλουμε τις μάζες του κεντρικού σώματος και του σώματος που κινείται μέσα στο πεδίο βαρύτητας. Έχουμε την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε πραγματικά δεδομένα για τους πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος και να μετρήσουμε αποστάσεις και περιόδους ώστε να επαληθεύσουμε τους νόμους του Κέπλερ.

Το ηλιακό μας σύστημα: Μια τρισδιάστατη εφαρμογή που αναπαριστά το Ηλιακό μας σύστημα. Ο μαθητής έχει την δυνατότητα να δώσει μια οποιαδήποτε ημερομηνία και να δει πως διατάσσονται οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος εκείνη την στιγμή. Αν τρέξει την προσομοίωση τότε μπορεί να κάνει μετρήσεις χρόνου κατά την κίνηση των πλανητών, οπότε να προσδιορίσει την περίοδο, και με χάρακα να προσδιορίσει το μεγάλο και μικρό ημιάξονα της ελλειπτικής τροχιάς τους. Μπορούμε να επαληθεύσουμε τον πρώτο και τρίτο νόμο του Κέπλερ.

Σχετική ταχύτητα: Προκειμένου να ακολουθήσει η τελική φάση της προσεδάφισης του διαστημοπλοίου θα πρέπει να αποκτήσει το διαστημόπλοιο την ίδια ταχύτητα με αυτήν του Άρη. Όταν το διαστημόπλοιο φτάνει στο Άρη δεν έχει πάντοτε την ίδια ταχύτητα με την γραμμική ταχύτητα του Άρη, ούτε ως προς το μέτρο, ούτε ως προς την διεύθυνση και εξαρτάται από την πορεία που ακολούθησε το διαστημόπλοιο για να φτάσει στον Άρη. Με τη προσομοίωση υπολογίζεται η μεταβολή της ταχύτητας ως διάνυσμα που είναι απαραίτητη ώστε το διαστημόπλοιο να έχει την ίδια γραμμική ταχύτητα με τον Άρη.

Δορυφόρος: Τρισδιάστατη εφαρμογή στην οποία αναπαρίσταται ένας δορυφόρος να εκτελεί κυκλική τροχιά γύρω από την Γη. Ο μαθητής έχει την δυνατότητα να μεταβάλλει το ύψος του δορυφόρου από την επιφάνεια της Γης και να μετρήσει την περίοδο περιφοράς του δορυφόρου.

Hohmann Transfer: Εφαρμογή στην οποία απεικονίζεται ένα διαστημόπλοιο να ξεκινά από την Γη και να κατευθυνθεί στον Άρη.



Εικόνα 1. Hohmann Transfer από τη Γη στον Άρη

Προκειμένου να μεταβεί μια διαστημική συσκευή από την Γη στον Άρη με την μικρότερη χρήση καυσίμων θα πρέπει αρχικά να γίνει μια μεταβολή της ταχύτητας την στιγμή της εκτόξευσης ώστε το διαστημόπλοιο να ακολουθήσει μια ελλειπτική τροχιά η οποία θα εφάπτεται στις τροχιές της Γης (περιήλιο) και του Άρη (αφήλιο) Εικόνα-1. Ο μαθητής έχει την δυνατότητα να μεταβάλλει την ταχύτητα της διαστημικής συσκευής με σκοπό να καταφέρει να προσεγγίσει την τροχιά του Άρη και να αποκτήσει την ίδια γραμμική ταχύτητα με τον Άρη χωρίς να του τελειώσουν τα καύσιμα. Να σημειωθεί ότι τα καύσιμα είναι ακριβώς τόσα όσα χρειάζονται, ώστε μόλις να μπορεί να φτάσει στον Άρη με μια ταχύτητα ίση με αυτήν του Άρη.

Από την Γη στον Άρη: Τρισδιάστατη εφαρμογή με πιο ρεαλιστικό μοντέλο όπου λαμβάνονται υπόψιν πως οι τροχιές της Γης και του Άρη είναι ελλειπτικές και όχι στο ίδιο επίπεδο.

Οι τελευταίες αποστολές που πραγματοποιήθηκαν για τον Άρη συγκεντρώνονται στον πίνακα 1 όπου μπορεί να φανεί η ακολουθία του χρόνου εκτόξευσης και ο χρόνος του ταξιδιού. Οι ημερομηνίες αυτές μπορούν να δοκιμαστούν στην προσομοίωση. Η χρονική απόσταση διαδοχικών εκτοξεύσεων σε χρόνια είναι πολλαπλάσιο του 2.

Πίνακας 1. Κυριότερες αποστολές στον Άρη.

Αποστολή	Ημερομηνία εκτόξευσης	Ημερομηνία προσεδάφισης
Mars Pathfinder	04/12/1996	04/07/1997
Spirit	10/06/2003	04/01/2004
Opportunity	08/07/2003	25/01/2003
Phoenix	04/08/2007	25/05/2008
InSight	05/05/2018	26/11/2018
Perseverance	30/07/2020	18/02/2021

Θεωρητικό υπόβαθρο

Οι προσομοιώσεις αποτελούν το εργαλείο με το οποίο έγινε η διερεύνηση που προτείνουμε. Τα βήματα που πραγματοποιούν οι μαθητές περιγράφονται στα φύλλα εργασίας τα οποία αποτελούνται από ένα σύνολο δομημένων και καθοδηγούμενων διερευνήσεων επιμέρους δραστηριοτήτων στις οποίες τα μέσα (οι προσομοιώσεις) και σε κάποιες τα βήματα δίνονται από τον εκπαιδευτικό και οι μαθητές καλούνται να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα. Η αρχική δομή Predict, Observe Explain POE (Haysom & Bowen, 2010) τροποποιήθηκε ώστε να περιλαμβάνει την διερεύνηση, την συζήτηση και την ανατροφοδότηση των αποτελεσμάτων. Στην Εικόνα-2 φαίνεται το θεωρητικό υπόβαθρο ανάπτυξης των προσομοιώσεων και των φύλλων εργασίας.

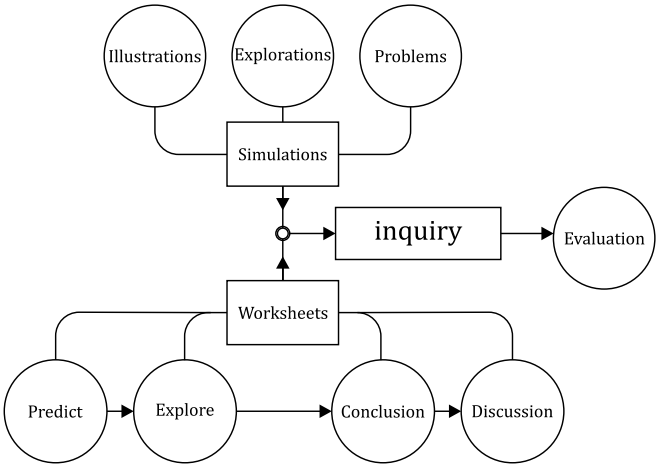
Predict: Στο στάδιο της πρόβλεψης οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν αυτό που πιστεύουν. Οι μαθητές έχουν άποψη για τα φαινόμενα η οποία αρκετές φορές διαφέρει από την επιστημονικά αποδεκτή άποψη (ενναλακτικές ιδέες των μαθητών). Το στάδιο αυτό βοηθά τον εκπαιδευτικό να γνωρίσει τις απόψεις των μαθητών και να βελτιώσει την διαδικασία καθώς επίσης να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης για το πόσο έχουν αλλάξει οι μαθητές τις αρχικές τους απόψεις.

Explore: Στο στάδιο της διερεύνησης οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις οι οποίες έχουν τεθεί από τον εκπαιδευτικό είτε από τους ίδιους. Η διερεύνηση αυτή

στηρίζεται σε προσομοιώσεις από όπου οι μαθητές αντλούν τα δεδομένα, είτε αριθμητική είτε ποιοτικά (είδος τροχιάς).

Conclusion: Οποιαδήποτε έρευνα πρέπει να καταλήγει σε ένα συμπέρασμα. Στο στάδιο αυτό οι μαθητές συμπυκνώνουν όλη την εργασία τους σε ένα συμπέρασμα σαφώς διατυπωμένο με αναφορά στα αποτελέσματα των μετρήσεων και παρατηρήσεων.

Discussion: Στο στάδιο της συζήτησης είναι ένα στάδιο αναστοχασμού όπου διατυπώνουν ενστάσεις και επικοινωνούν μεταξύ τους.



Εικόνα 2. Τρόπος ανάπτυξης προσομοιώσεων και φύλλων εργασίας.

Εφαρμογή σε Εκπαιδευτικούς

Έγινε εφαρμογή σε 32 Έλληνες εκπαιδευτικούς ειδικότητας ΠΕ04 στο χρονικό διάστημα Φεβρουάριου – Μάρτιου του 2022 για πιλοτική εφαρμογή και ανατροφοδότηση. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε οκτώ σύγχρονες εξ αποστάσεως συναντήσεις και οκτώ εβδομά-δες ασύγχρονης εκπαίδευσης στην πλατφόρμα eClass του σχολικού δικτύου. Σε κάθε σύγχρονη συνεδρίαση γινόταν ανατροφοδότηση και συζήτηση πάνω στα αποτελέσματα της διερεύνησης της προηγούμενης εβδομάδας, τις προτάσεις και τις παρατηρήσεις για τη λειτουργικότητα των προσομοιώσεων και των φύλλων εργασίας. Ακολουθούσε μια εισαγωγή στη διερεύνηση της επόμενης εβδομάδας και μια περιγραφή των απαιτούμενων προσομοιώσεων. Αρχικά είχε τονιστεί στους εκπαιδευτικούς ότι θα εκτελέσουν τις διερευνήσεις για διαπιστώσουν αν είναι κατάλληλες για τους μαθητές τους και ποιες τροποποιήσεις θα ήταν απαραίτητες ώστε να γίνουν κατάλληλες. Οι εκπαιδευτικοί συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής πρότασης. Το ερωτηματολόγιο σχετιζόταν με την βαρύτητα καθώς και με τις τροχιές των πλανητών, ορισμών και χρονικού διαστήματος για την διάρκεια του ταξιδιού ενός διαστημόπλοιου από την Γη στον Άρη καθώς και για την χρονική διάρκεια σχετικά με το παράθυρο εκτόξευσης. Στους Πίνακες 2 και 3 παρατίθενται μερικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου καθώς και τα αποτελέσματα των απαντήσεων πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής πρότασης.

Συμπεράσματα

Αναπτύχθηκαν μια σειρά από προσομοιώσεις σε HTML5 οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διδακτική της Φυσικής σε θέματα βαρύτητας, κίνησης πλανητών

και για τα διαπλανητικά ταξίδια συμπληρωματικά του αναλυτικού προγράμματος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ανεξάρτητα αλλά και με διαφορετική σειρά. Το βασικό είναι ότι διαθέτουν κοινή διεπαφή, δεν χρειάζεται πολύ χρόνος για την εξοικείωση στη χρήση τους, αντίθετα από τις προσομοιώσεις που ήδη έχουν προταθεί από άλλους ερευνητές που είναι προσαρμοσμένες σε μια περίπτωση από το σύνολο και με διαφορετικές διεπαφές. Είναι ελεύθερες για χρήση και λειτουργούν σε όλες τις συσκευές που τρέχουν έναν σύγχρονο browser.

Από την ανάλυση του ερωτηματολογίου προκύπτει πως υπάρχει η αντίληψη ότι οι τροχιές των πλανητών είναι έντονα ελλειπτικές (25%) αντί του σωστού σχεδόν κυκλικές (75%) η άποψη των σχεδόν κυκλικών τροχιών βελτιώνεται στο (96%) μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Σχετικά με την διαδικασία μετάβασης υπάρχει παρανόηση ότι είναι οικονομικά εφικτή η μετάβαση με τον πιο σύντομο δρόμο (ευθεία) όταν η Γη και ο Άρης βρίσκονται στην πιο κοντινή τους απόσταση. Η κατευθείαν αυτή μετάβαση απαιτεί πάρα πολλά καύσιμα και ουσιαστικά είναι ανέφικτη. Η μετάβαση πραγματοποιείται με την λειτουργία των μηχανών μόνο για μικρό σχετικά διάστημα και διαγράφοντας μια σχεδόν ημι-έλλειψη.

Όσον αφορά την χρονική διάρκεια του ταξιδιού υπάρχει μια βελτίωση στην σωστή απάντηση από το 75% στο 94% καθώς επίσης και στο χρονικό διάστημα που πρέπει να λειτουργούν οι μηχανές του διαστημόπλοιου για την μετάβαση. Υπάρχει ακόμη βελτίωση και στην άποψη αν υπάρχει κατάλληλη στιγμή εκτόξευσης καθώς επίσης στο παράθυρο εκτόξευσης δηλαδή μετά από πόσο χρονικό διάστημα θα επανέλθουν οι κατάλληλες συνθήκες για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η εκτόξευση. Σχεδιάζεται να ακολουθήσει εφαρμογή σε μαθήτριες/τες μέσω των καθηγητών τους. Οι προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αυτόνομα για να εισαχθούν σύγχρονα θέματα Φυσικής που είναι επέκταση του αναλυτικού προγράμματος.

Πίνακας 2. Απόψεις εκπαιδευτικών για το είδος των τροχιών σε βαρυτικό πεδίο.

	Πριν	**Μετά**
Οι τροχιές των πλανητών είναι		
Σχεδόν Κυκλικές	75%	94%
Έντονα Ελλειπτικές	25%	6%
Αν είχατε την δυνατότητα να εκτοξεύσετε ένα διαστημόπλοιο με οποιαδήποτε ταχύτητα μέσα στο πεδίο βαρύτητας του Ήλιου η τροχιά που θα μπορούσε να ακολουθήσει είναι:		
Κυκλική	6%	
Ελλειπτική	22%	22%
Παραβολική	22%	6%
Υπερβολική	6%	
Ευθύγραμμη		6%
Όλα τα παραπάνω	41%	67%
Δεν δόθηκε απάντηση	3%	
Αν ένα σώμα που εκτελεί κυκλική κίνηση γύρω από ένα άλλο πολύ μεγαλύτερης μάζας (αλληλεπιδρώντας μόνο με δυνάμεις βαρύτητας) μεταβληθεί η ταχύτητα του τότε η τροχιά που ΔΕΝ μπορεί να εκτελέσει είναι:		
Κυκλική	22%	44%
Ελλειπτική	6%	6%
Ευθύγραμμη	53%	44%

Υπερβολική	9%	6%
Δεν δόθηκε απάντηση	9%	

Πίνακας 3. Απόψεις εκπαιδευτικών για το χρονικό διάστημα της Hohmann μετάβασης και την ημερομηνία εκτόξευσής.

	Πριν	**Μετά**
Ποιος πλανήτης από τους παρακάτω έχει μεγαλύτερη γραμμική ταχύτητα γύρω από τον Ήλιο;		
η Αφροδίτη	69%	67%
η Γη	3%	
ο Άρης	28%	33%
Η γραμμική ταχύτητα της Γης κατά την κίνησή της γύρω από τον Ήλιο είναι		
100 km/h	9%	11%
1000 km/h	28%	22%
100000 km/h	59%	67%
Δεν δόθηκε απάντηση	3%	
Θα μπορούσε να γίνει μια εκτόξευση όπως φαίνεται στο βίντεο *https://www.seilias.gr/phd/html5/trajectory.mp4:*		
Ναι	38%	50%
Όχι	53%	44%
κενό	9%	6%
Το ταξίδι από την Γη στον Άρη διαρκεί περίπου		
5 έως 10 μήνες	75%	94%
5 έως 10 χρόνια	22%	6%
Δεν δόθηκε απάντηση	3%	
Για το ταξίδι στον Άρη οι μηχανές του διαστημόπλοιου πρέπει να λειτουργούν		
για μικρό σχετικά χρονικό διάστημα	78%	94%
για μεγάλο	19%	6%
Εξαρτάται	3%	
Πιστεύεται πως υπάρχει κατάλληλη στιγμή για την εκτόξευση ενός διαστημικού οχήματος στον Άρη;		
Ναι	84%	100%
Όχι	16%	
Θα εκτοξεύατε σήμερα ένα διαστημόπλοιο στον Άρη; είναι δηλαδή κατάλληλη η ημερομηνία; (Φεβρουάριος 2022)		
Ναι	9%	6%
Όχι	78%	94%
Δεν δόθηκε απάντηση	3%	
Αν χαθεί η στιγμή της εκτόξευσης τότε κατάλληλες συνθήκες θα έχουμε μετά από		
έξι μήνες	13%	
έναν χρόνο	38%	
δύο χρόνια	44%	89%

δέκα χρόνια	3%	11%
Δεν δόθηκε απάντηση	3%	

Κατά την διάρκεια των online συναντήσεων συζητήθηκαν θέματα βελτίωσης και τρόπο χρήσης των προσομοιώσεων. Υπήρξαν προτάσεις και βελτιώσεις κυρίως στο περιβάλλον διεπαφής και εντοπίστηκαν περιπτώσεις λανθασμένης εισαγωγή δεδομένων που οδηγούσε στην μη σωστή λειτουργία της προσομοίωσης. Προστέθηκαν δυνατότητες πχ για το δορυφόρο μπορεί να εκτελεί κίνηση σε διαφορετικό επίπεδο πλην του ισημερινού και ταυτόχρονη παρουσίαση του γεωγραφικού πλάτους και γεωγραφικού μήκους που στοχεύει ο δορυφόρος κάθε στιγμή. Αυτή η τροποποίηση μπορεί να βοηθήσει στην διερεύνηση για την εύρεση της γεωστατικής τροχιάς ή να μελετηθεί αν δοθεί η απόσταση του διεθνούς διαστημικού σταθμού η τροχιά του και η περίοδός του. Τα αποτελέσματα μπορούν να συγκριθούν με τις ζωντανές μεταδόσεις της θέσεως και το τι βλέπουν οι κάμερες του διεθνούς διαστημικού σταθμού. Οι διορθώσεις έγιναν ώστε να καλύπτουν όσο το δυνατό περισσότερες περιπτώσεις διερεύνησης θέματος που εξετάσαμε. Επίσης ετοιμάσαμε φύλλα εργασίας προσαρμοσμένα για την τρίτη τάξη του γυμνασίου βασιζόμενοι στις επισημάνσεις των εκπαιδευτικών.

Αναφορές

Budoya, C. M., Kissaka, M., & Mtebe, J. (2019). Instructional Design Enabled Agile Method Using ADDIE Model and Feature Driven Development Process. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, *15*(1), 35–54.

CreateJS. (Ιούνιος 2023). *CreateJS*. https://createjs.com

Curtis, H. D. (2021). Orbital Mechanics for Engineering Students. In *Orbital Mechanics for Engineering Students*. https://doi.org/10.1016/c2020-0-01873-6

Develaki, M. (2012). Integrating Scientific Methods and Knowledge into the Teaching of Newton's Theory of Gravitation: An Instructional Sequence for Teachers' and Students' Nature of Science Education. *Science and Education*, *21*(6), 853–879. https://doi.org/10.1007/s11191-010-9243-1

Haysom, J. & Bowen, M. (2010). Predict, Observe, Explain: Activities enhancing scientific understanding.

jQuery UI. (Ιούνιος 2023). jQuery user interface. https://jqueryui.com/

Lehavi, Y., & Galili, I. (2009). The status of Galileo's law of free-fall and its implications for physics education. *American Journal of Physics,* Volume 77, Issue 5, pp. 417-423.

Meeus, J., *Astronomical Algorithms*, 2nd ed. (Willmann-Bell, Richmond, 1998).

Michaloudis, A., & Hatzikraniotis, E. (2017). Fostering Students' Understanding with Web-Based Simulations in an Inquiry Continuum Framework. *Research on E-Learning and ICT in Education*, 105–117. https://doi.org/10.1007/978-3-319-34127-9_8

Peffer, M. E., Beckler, M. L., Schunn, C., Renken, M., & Revak, A. (2015). Science Classroom Inquiry (SCI) simulations: A novel method to scaffold science learning. *PLoS ONE*, 10(3), 1–14. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120638

Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M.T. *et al.* The Gateway Science: a Review of Astronomy in the OECD School Curricula, Including China and South Africa. *Res Sci Educ* **51**, 975–996 (2021). https://doi.org/10.1007/s11165-020-09922-0

Three.js (Ιούνιος 2023). JavaScript 3D library. https://threejs.org/

Yu, K. C., Sahami, K., & Dove, J. (2017). Learning about the scale of the solar system using digital planetarium visualizations. *American Journal of Physics*, 85(7), 550–556. https://doi.org/10.1119/1.4984812

Woolley, R.; Whetsel, C., (2013). On the nature of Earth-Mars porkchop plots, https://hdl.handle.net/2014/44336, JPL Open Repository.