

# Διδασκαλία αστρονομίας σε ομότιμους (Από μαθητές σε μαθητές): Μελέτη εξωπλανητών με χρήση της πλατφόρμας “PLANET B PROJECT”

Γιαννακόπουλος Θεοφάνης\*\*, Κουμπάρουλης Μάριος\*, Μαρούδης Ελευθέριος\*, Μπεκριδάκης Κωνσταντίνος\*, Μουσελή Ευγενία\*, Μυλωνά Μυρτώ\*\*, Φιλίππου Βασίλειος\*

Επιβλέποντες εκπαιδευτικοί

Τσαντίλας Σωτήριος\* (Μαθηματικός-Αστροφυσικός, PhD, MSc), Τέγκερη Εύα\* (Πληροφορικής, MSc), Ζώτος Χρήστος\*\* (Πληροφορικής, MSc), Γιαννακόπουλος Νικόλαος\*\* (Χημικός, MSc-Med)

\*Ζάννειο Πρότυπο Λύκειο Πειραιά, \*\*Αρσάκειο Γενικό Λύκειο Πάτρας

## Περίληψη

Η διδασκαλία από ομότιμους (Learning by Teaching), δηλαδή η προετοιμασία ενός μέρους του μαθήματος από τους ίδιους τους μαθητές και στη συνέχεια η διδασκαλία αυτού στους συμμαθητές τους αποτελεί μια διαχρονική καινοτόμο δραστηριότητα καθώς χρονολογείται από το 1960 με πλήθος αναφορών στη διδακτική πρακτική και πολλαπλά οφέλη για τους μαθητές, όπως η ανάπτυξη αυτοεκτίμησης και συνεργατικού πνεύματος και η αμοιβαία ανταλλαγή γνώσεων για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου γνωστικού στόχου.

Η συγκεκριμένη εργασία σχετίζεται με το πρόγραμμα "PLANET B", με το οποίο η μεικτή μαθητική ομάδα μελετά την ύπαρξη εξωπλανητών και απαρτίζεται από το Ζάννειο Πρότυπο Λύκειο Πειραιά, ως συντονιστικό σχολείο, το Αρσάκειο Λύκειο Πατρών και το 2ο Πρότυπο Λύκειο Αθηνών ως συνεργαζόμενα σχολεία. Συγκεκριμένα οι μαθητές της ομάδας S.P.A.C.E. του συντονιστικού σχολείου παρουσίασαν την πλατφόρμα <http://planetbteam.com/> στους υπόλοιπους μαθητές των άλλων δυο σχολείων. Στη συνέχεια οι μαθητές των συνεργαζόμενων σχολείων εργαζόμενοι ομαδοσυνεργατικά χρησιμοποίησαν την εκπαιδευτική αυτή πλατφόρμα ως εργαλείο που ενισχύει τη διάδοση της αστρονομίας αξιοποιώντας και την ψηφιακή τεχνολογία. Η διδακτική αυτή παρέμβαση πραγματοποιήθηκε εκτός του αναλυτικού προγράμματος των σχολείων κατά τη διάρκεια των ομιλιών.

**Λέξεις-κλειδιά:** εξωπλανήτες, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία

## 1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε μεταξύ των σχολείων Ζάννειο Πρότυπο Λύκειο Πειραιά και Αρσάκειο Γενικό Λύκειο Πάτρας και έχει ως στόχο να αναδείξει τη συνεργασία των μαθητών για τη διάδοση της αστρονομίας στη σύγχρονη σχολική τάξη μέσα από την αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας. Τα επιμέρους ερωτήματα που τέθηκαν ήταν:

(α) Μπορούν οι μαθητές να συνεργαστούν απευθείας για να μελετήσουν ένα σύγχρονο ερευνητικό θέμα που αφορά την αστρονομία;

(β) Μπορεί η τεχνολογία να συνεισφέρει στην διάδοση της αστρονομίας στην τάξη και να κερδίσει το ενδιαφέρον των μαθητών καλλιεργώντας τη συνεργασία και την εμπιστοσύνη μεταξύ τους;

Η ποιοτική έρευνα που ακολουθεί αφορά περιορισμένο αριθμό μαθητών που συμμετείχαν και στα δύο σχολεία σε όμιλο αστρονομίας που συστάθηκε για τις ανάγκες της εργασίας καθώς και για πλήθος άλλων εργασιών που αφορούν την εφαρμογή των τεχνολογιών επικοινωνίας στην εκπαίδευση και συγκεκριμένα στην εννοιολογική περιοχή της αστρονομίας.

## 2. Θεωρητικό υπόβαθρο

### 2.1 Διδασκαλία από ομότιμους (Learning By Teaching)

Στον τομέα της παιδαγωγικής, η διδασκαλία από ομότιμους (μάθηση μέσω της διδασκαλίας) είναι μια μέθοδος, στην οποία οι μαθητές αναγκάζονται να μάθουν και να προετοιμάσουν μαθήματα για να το διδάξουν στους άλλους μαθητές. Δίνεται μεγάλη έμφαση στην απόκτηση δεξιοτήτων και γνώσεων μελετώντας ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Αυτή η μέθοδος αν και χρονολογείται από το 1960 ορίστηκε αρχικά από τον Jean-Pol Martin τη δεκαετία του 1980 και αποτελεί μια διαχρονική καινοτόμο δραστηριότητα (ενδεικτικά [1],[2]).

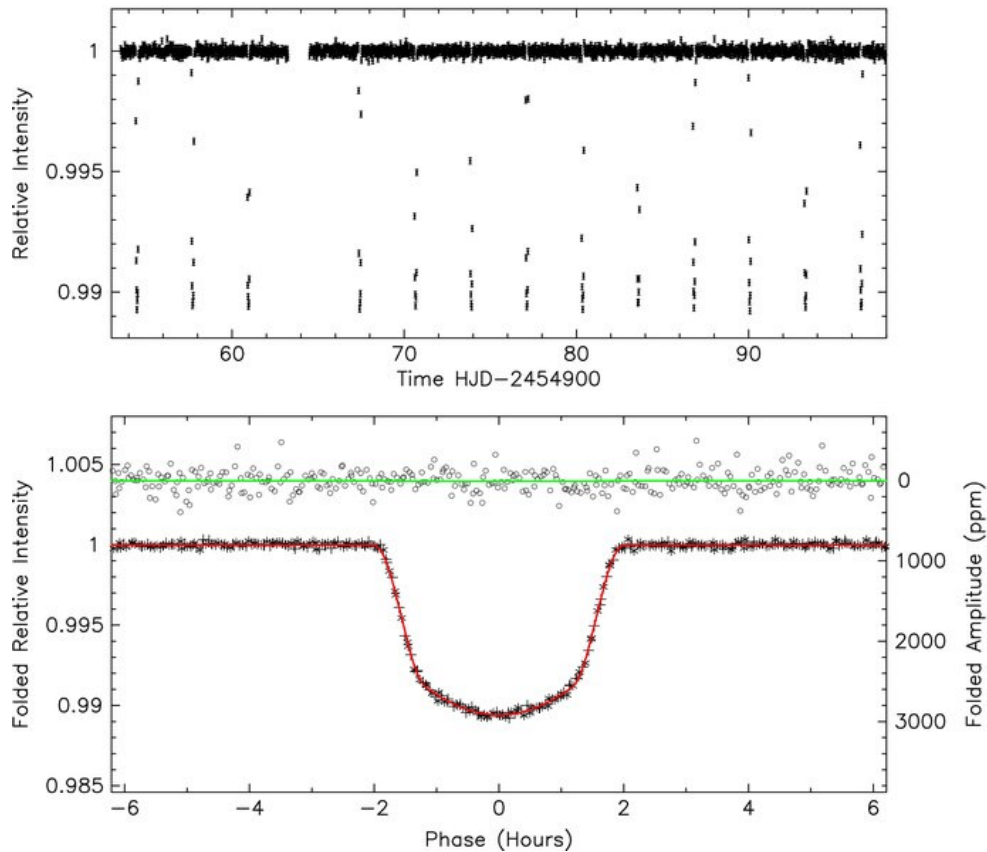
Μετά την προετοιμασία από τον δάσκαλο, οι μαθητές γίνονται υπεύθυνοι για τη μάθηση και τη διδασκαλία τους. Το νέο υλικό χωρίζεται σε μικρές ενότητες και σχηματίζονται μαθητικές ομάδες που δεν υπερβαίνουν τα τρία άτομα. Ο δάσκαλος εξακολουθεί να συμμετέχει ενεργά, παρεμβαίνοντας για να εξηγήσει περαιτέρω ή να παράσχει υποστήριξη εάν οι μαθητές δεν φαίνεται να κατανοούν το θέμα.

### 2.2 Πως ανακαλύπτουμε εξωπλανήτες;

Εξωπλανήτες ονομάζονται οι πλανήτες που περιφέρονται γύρω από μακρινά άστρα και, επομένως, ανήκουν σε άλλα αστρικά συστήματα και όχι στο δικό μας ηλιακό σύστημα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της NASA, μέχρι σήμερα έχει επιβεβαιωθεί η ανακάλυψη 5071 εξωπλανητών ενώ υπάρχουν και άλλοι 8870 υποψήφιοι. Επιπλέον, 3799 από τις επιβεβαιωμένες περιπτώσεις αποτελούνται από περισσότερους από έναν εξωπλανήτες, πρόκειται δηλαδή για πλανητικά συστήματα [3]. Ο κατάλογος μεγαλώνει με ταχύ ρυθμό, δείχνοντας ότι τα άστρα με πλανητικά συστήματα είναι κάτι συνηθισμένο στον Γαλαξία μας.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανακάλυψη εξωπλανητών: Transit, Radial Velocity, Direct Imaging, Microlensing. Από τους 5071 επιβεβαιωμένους εξωπλανήτες, οι 3880 (ποσοστό 76.5%) έχουν ανακαλυφθεί με τη μέθοδο Transit καθιστώντας την μακράν την πιο επιτυχημένη από όλες [4]. Μερικά από τα πιο επιτυχημένα διαστημικά τηλεσκόπια των τελευταίων ετών όπως είναι το Kepler Space Telescope και το TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) χρησιμοποιούν αυτήν ακριβώς τη μέθοδο, ενώ και το πιο σύγχρονο James Webb Space Telescope είναι εφοδιασμένο με κατάλληλα όργανα (φωτόμετρα και φασματογράφους) ώστε να μπορεί να ανακαλύπτει όχι μόνο την ύπαρξη εξωπλανητών μέσω της μεθόδου Transit, αλλά και να αναλύει την ατμόσφαιρά τους.

Η μέθοδος Transit (Διάβαση) βασίζεται στην καταγραφή των μικρών μειώσεων της λαμπρότητας των άστρων που διαθέτουν πλανήτες, όταν αυτοί οι πλανήτες “περνούν” από μπροστά τους προκαλώντας έτσι μια μικρή έκλειψη του άστρου και μια απειροελάχιστη ελάττωση της λαμπρότητάς τους. Τα σύγχρονα διαστημικά τηλεσκόπια που αναφέραμε είναι εξαιρετικά ευαίσθητα και μπορούν να καταγράψουν αυτές τις διακυμάνσεις. Το πολύτιμο προϊόν αυτής της καταγραφής είναι η Καμπύλη Φωτός (Light Curve). Πρόκειται για ένα διάγραμμα χρόνου-λαμπρότητας του μελετούμενου αστέρα, στο οποίο αναζητούμε τις μικρές ελαττώσεις οι οποίες αποτελούν την “υπογραφή” ενός εξωπλανήτη. Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται (σε μεγάλη μεγέθυνση) η διάβαση του πλανήτη Kepler 6b μπροστά από τον αστέρα Kepler 6 και η αντίστοιχη ελάττωση του φωτός του [5]. Παρατηρείται ότι η ελάττωση είναι μόλις το 1% της συνολικής αστρικής λαμπρότητας! Το πιο εντυπωσιακό μάλιστα είναι ότι από τη συχνότητα και τη μορφολογία των εκλείψεων μπορούμε να ανακαλύψουμε πολλά στοιχεία για τον πλανήτη, όπως η τροχιακή περίοδος (δηλαδή η διάρκεια του έτους του), το μέγεθός του σε σχέση με το μητρικό αστέρι, η απόστασή του από το μητρικό αστέρι, ακόμα και η πιθανότητα να βρίσκεται στη λεγόμενη κατοικήσιμη ζώνη (habitable zone) ώστε να μπορεί να φιλοξενήσει ζωή!



Εικόνα 1. Επάνω: Η καμπύλη φωτός του αστέρα Kepler 6 σε διάστημα 48 ημερών όπου παρατηρούνται 13 διαβάσεις του πλανήτη Kepler 6b. Κάτω: Μία από τις διαβάσεις σε μεγέθυνση (Dunham E. et al., 2010).

### 3. Διδακτική και μεθοδολογία των δραστηριοτήτων

Στην προσπάθεια ενημέρωσης και ενεργητικής συμμετοχής των μαθητών/τριών του προγράμματος θεωρήθηκε εκπαιδευτικά αποδοτικότερο να χρησιμοποιηθούν τρόποι που δεν θα θυμίζουν μια παραδοσιακή διάλεξη πάνω στο φαινόμενο και στους παράγοντες που το συνθέτουν. Άλλωστε τα αποτελέσματα πολλών μελετών δείχνουν ότι όπου πραγματοποιείται ενεργητική μάθηση, με μεθόδους που στοχεύουν στην εμπλοκή των μαθητών στη γνωστική διαδικασία, τα αποτελέσματα είναι τόσο σημαντικά που προκαλούν προβληματισμό για την απουσία ευρείας χρήσης εναλλακτικών διδακτικών και την εμμονή στην παραδοσιακή διαδικασία [6]. Με γνώμονα το παραπάνω δεδομένο προτιμήθηκε η επιλογή μια σειράς εκπαιδευτικών εργαλείων σε υπολογιστικό περιβάλλον που έχουν τη δυνατότητα παροχής άμεσου παιδαγωγικού αντίκτυπου στους μαθητές και μαθήτριες του προγράμματος, καθώς η τεχνολογία μπορεί να συνδράμει αποτελεσματικά στην κατανόηση και εμπέδωση κάθε διδακτικής προσπάθειας [7].

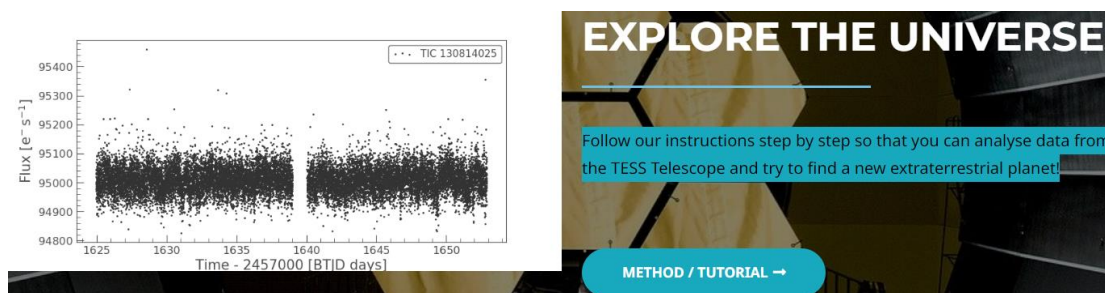
Αρχικά στην πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές του Αρσακείου Λυκείου Πάτρας συμμετείχαν σε **τηλεδιάσκεψη** με τον μαθηματικό-αστροφυσικό κ. **Σ. Τσαντίλα**, καθηγητή του Ζαννείου Προτύπου Λύκειου Πειραιά, για την παρουσίαση του προγράμματος "**PLANET B**". Το πρόγραμμα σχετίζεται με την ομάδα **PLANet B**, η οποία ανακάλυψε πλανήτη 4.000 έτη φωτός μακριά από το δικό μας ηλιακό σύστημα! Ο πλανήτης αυτός περιστρέφεται γύρω από το άστρο KIC 1432789, του οποίου η ακτίνα και η μάζα είναι παρόμοιες με αυτές του ηλίου. Η ανίχνευση των εξωπλανητών γίνεται με τη μέθοδο ανίχνευσης κίνησης κεντρικού ατόμου η οποία περιγράφεται στη συνέχεια. Ακολουθώντας τις οδηγίες βήμα προς βήμα, για να μπορούν οι μαθητές να αναλύσουν δεδομένα από το τηλεσκόπιο TESS και να προσπαθήσουν να βρουν έναν νέο εξωγήινο πλανήτη! Μετά τη λήξη της τηλεδιάσκεψης οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε 4 ομάδες των 3-4 ατόμων και περιηγήθηκαν στον ιστότοπο <http://planetbteam.com/>. Ο κύριος στόχος αυτής της δραστηριότητας ήταν οι μαθητές του Αρσακείου να ενταχθούν σε μια κοινότητα όπου οι μαθητές και όσοι ασχολούνται με την αστροφυσική θα μπορούν να μαθαίνουν, να κάνουν διαδικτυακούς φίλους και να αναζητούν εξωπλανήτες με εύκολο τρόπο! Γι' αυτό ορισμένοι από αυτούς έγιναν μέλοι του φόρουμ που υπάρχει στον ιστότοπο του προγράμματος στον οποίο ήδη είχαν εγγραφεί και συμμετείχαν οι μαθητές από το Ζάννειο Πρότυπο Λύκειο Πειραιά.



Εικόνα 2: Η παρουσίαση του προγράμματος "Planet B" στους μαθητές του Αρσακείου Λυκείου Πάτρας

Στην επόμενη δραστηριότητα οι μαθητές/τριες του Αρσακείου Λυκείου Πάτρας παρακολούθησαν βίντεο με τίτλο: "What is an exoplanet?" (<https://planetbteam.com/basics/>) και ακολούθησαν τις οδηγίες που υπάρχουν στον ιστότοπο του προγράμματος προκειμένου να εγκαταστήσουν στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές του σχολικού εργαστηρίου τη γλώσσα προγραμματισμού Python και στη συνέχεια από το link: <https://visualstudio.microsoft.com/downloads/#build->

[tools-for-visual-studio-2019](#) το πρόγραμμα Visual Studio 2022 Free (Community) που θα βοηθήσει να μελετήσουμε την πρώτη καμπύλη φωτός από το τηλεσκόπιο TESS!!



Εικόνα 3: Καμπύλη φωτός από το τηλεσκόπιο TESS

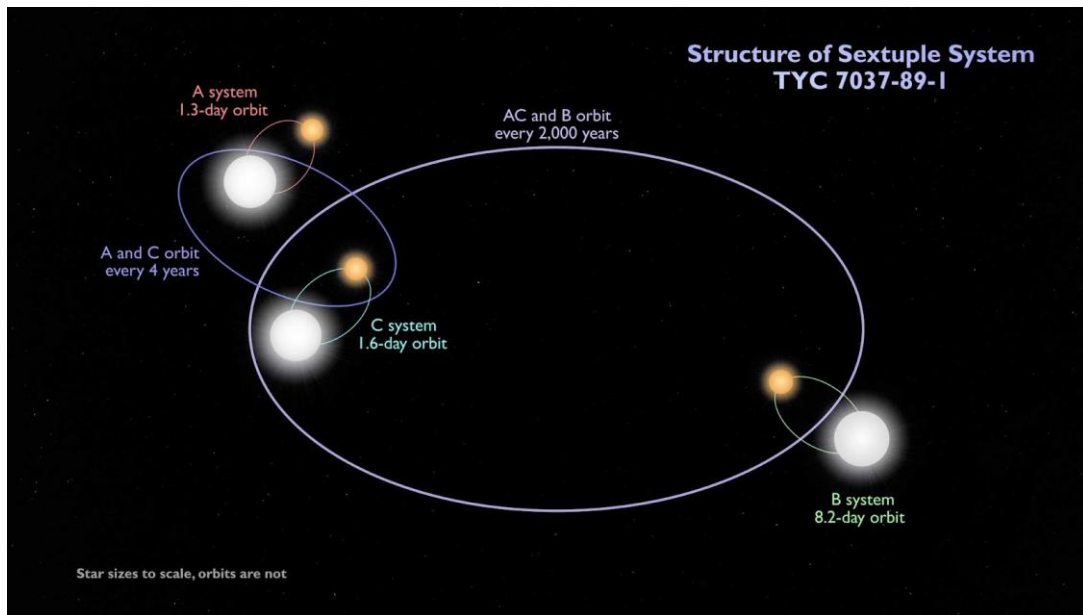
Στην τρίτη δραστηριότητα οι μαθητές του Αρσακείου Λυκείου Πάτρας επεξεργάστηκαν τις καμπύλες φωτός, οι οποίες παραχωρήθηκαν από τους μαθητές του Ζαννείου Προτύπου Λύκειου Πειραιά και προσπάθησαν μέσω του φόρουμ επικοινωνίας να μιλήσουν με άλλους, να κάνουν ερωτήσεις και να δημοσιεύσουν τα αποτελέσματά τους, ώστε όλοι να μπορούν να τα δουν και έτσι να τα επιβεβαιώσουν εάν δεν είναι σίγουροι για κάτι!



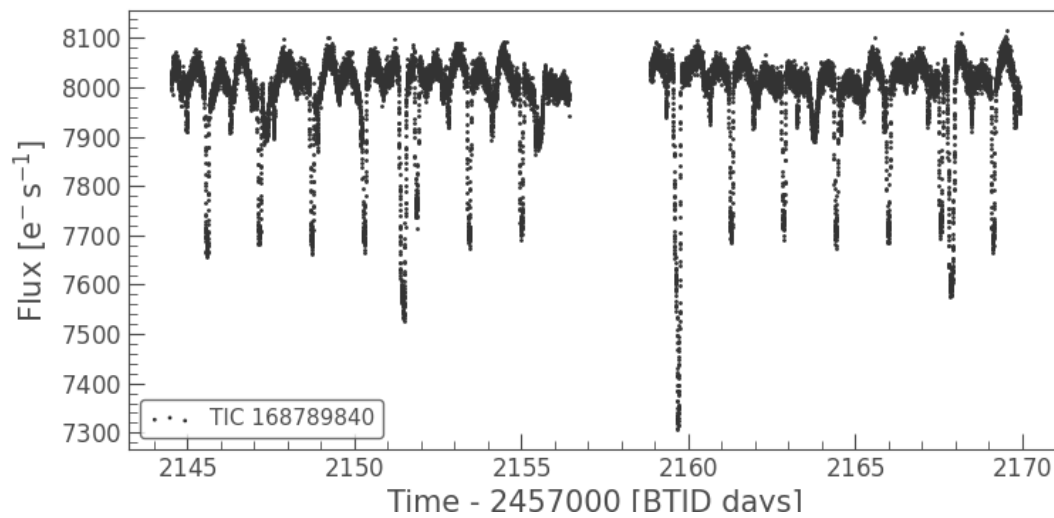
Εικόνα 4: Χρήση υπολογιστικών μέσων για τη μελέτη των καμπυλών φωτός στη σχολική τάξη και συμμετοχή σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης (φόρουμ προγράμματος “Planet B”)

## 4. Αποτελέσματα

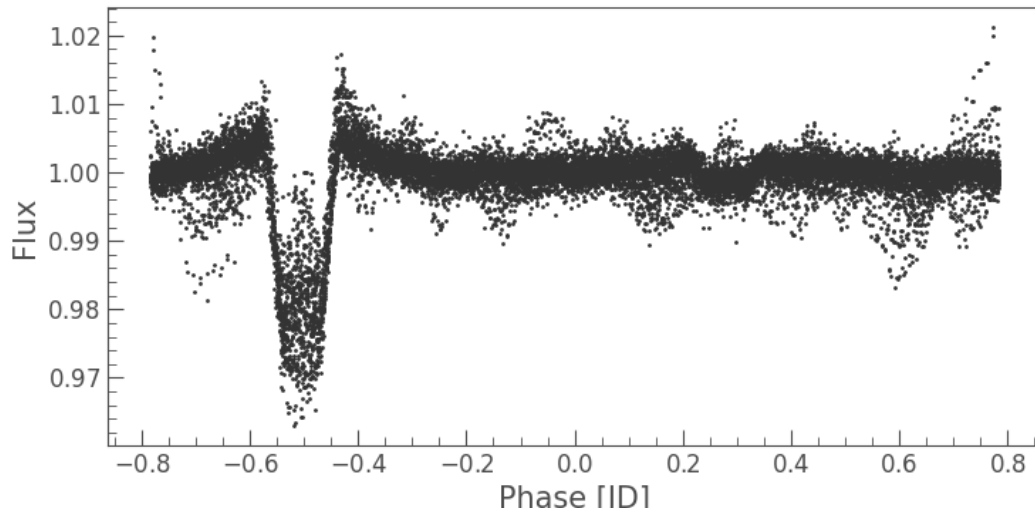
Εκτός από την ανακάλυψη εξωπλανητών, η μέθοδος Transit μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και για τις εκλείψεις μεταξύ αστέρων, ανακαλύπτοντας έτσι διπλά (Binary stars), και πολλαπλά αστρικά συστήματα. Πρόσφατα ανακοινώθηκε (Εικόνα 5) η ανακάλυψη του πρώτου και μοναδικού μέχρι στιγμής αστρικού συστήματος που αποτελείται από 6 αστέρες χωρισμένους σε τρεις Binaries [8]. Οι μαθητές του ομίλου SPACE του Ζαννείου Προτύπου Λυκείου ενδιαφέρθηκαν αμέσως και κατάφεραν να ανακτήσουν και να μελετήσουν τις καμπύλες φωτός και τις εκλείψεις (transits) αυτού του εξαπλού συστήματος (Εικόνες 6,7,8). Στη συνέχεια μέσω του φόρουμ επικοινωνίας του ιστότοπου του προγράμματος [9] έγινε η σχετική ενημέρωση – διάχυση της πληροφορίας στους μαθητές του Αρσακείου Λυκείου Πάτρας .



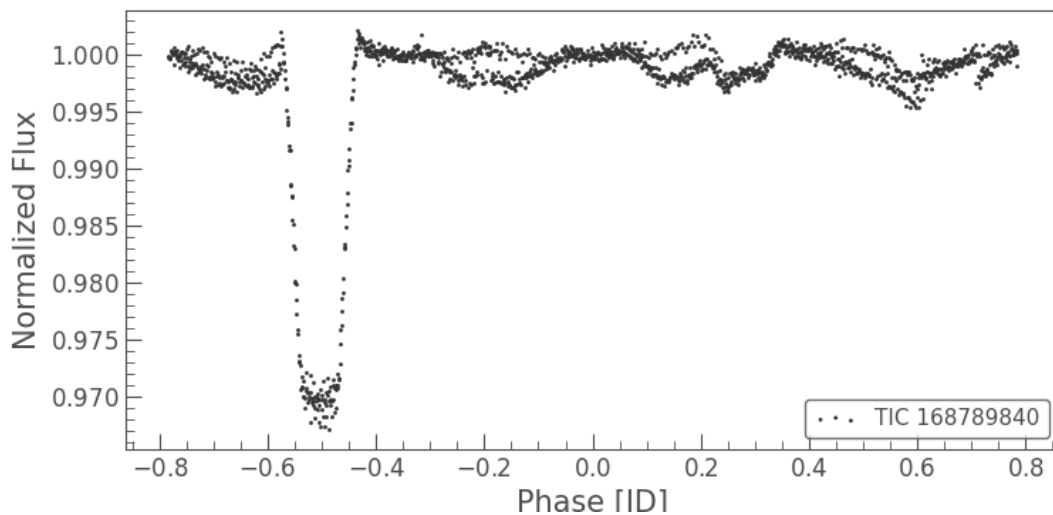
Εικόνα 5: Το εξαπλό αστρικό σύστημα TYC 7037-89-1 (TIC 168789840). Πηγή: NASA  
<https://exoplanets.nasa.gov/news/1672/discovery-alert-first-six-star-system-where-all-six-stars-undergo-eclipses/>



Εικόνα 6: Οι εκλείψεις του TIC 168789840, sector 31.



Εικόνα 7. Η έκλειψη του Binary C, με περίοδο 1.57 ημέρες.



Εικόνα 8. Η έκλειψη του Binary C, με περίοδο 1.57 ημέρες (binned).

## 5. Συμπεράσματα-Συζήτηση

Η πολυθεματικότητα της επιστήμης της Αστρονομίας υποδηλώνει κάτι πολύ σημαντικό, ιδίως, για την νέα γενιά: Έχει παρέλθει η εποχή της αμοιβαίας απομόνωσης των επιστημών. Στην εποχή μας, οι διαφορετικές επιστήμες βρίσκονται σε έντονη αλληλεπίδραση και αλληλεξάρτηση, και στα σημεία τομής αυτής της σχέσης τους διενεργείται εξαιρετικά ενδιαφέροντα έρευνα. Η Αστρονομία με τις εντυπωσιακές αστροφυσικές και κοσμολογικές ανακαλύψεις της τελευταίας πενήνταετίας, με τα εμπλεκόμενα έντονα βαρυτικά φαινόμενα, αποτελεί τον εύκολο τρόπο κατανόησης και διδασκαλίας και άλλων, δύσκολων θεματικών περιοχών, όπως αυτές που συνδέονται με την μελέτη των εξωπλανητών και αναπτύχθηκαν στην παρούσα εργασία.

Μέσα από τη συγκεκριμένη εργασία έγιναν προσιτές στους μαθητές και στους μελλοντικούς ερασιτέχνες αστρονόμους, η πρακτική εφαρμογή αυτών με

παρατηρήσεις και κατασκευές κ.ά. και η συνεργασία μεταξύ μαθητών με τρόπο έμμεσο αλλά εξίσου αποδοτικό που βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και κριτικής σκέψης. Στην δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιήθηκε ένα εκπαιδευτικό εργαλείο που ενισχύει τη διαδραστική διδασκαλία στην τάξη αξιοποιώντας και την ψηφιακή τεχνολογία. Ο τρόπος διδασκαλίας, ακολουθεί το διερευνητικό μοντέλο μάθησης και θέτει τα θεμέλια για την υποστήριξη ενός ομαδοσυνεργατικού περιβάλλοντος μέσω του οποίου οι μαθητές καταλήγουν στα αποτελέσματα της έρευνας τους.

Για να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή εμπλοκή των μαθητών με τη δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να σχηματίσουν ομάδες δύο ή τριών ατόμων αναλόγως με τον αριθμό των υπολογιστών που υπάρχουν στην αίθουσα και ακολουθήθηκε η διδασκαλία από μαθητές σε μαθητές. Μέσα από τη σύνταξη της ομάδας και την προετοιμασία της διδασκαλίας έμαθαν να αναθέτουν ρόλους και να είναι υπεύθυνοι για την διεκπεραίωση των εργασιών τους επιδιώκοντας την βέλτιστη λειτουργικότητα της ομάδας τους.

## 6. Επίλογος

Η επίδραση των φυσικών επιστημών στη ζωή μας είναι σημαντική αφού διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό τις αντιλήψεις μας για τον κόσμο που μας περιβάλλει και την αλληλεπίδρασή μας με το φυσικό περιβάλλον. Η μέθοδος που παρουσιάστηκε βασίζεται στη διδασκαλία από μαθητές σε μαθητές για τη μελέτη των εξωπλανητών και έχει πλήθος διδακτικά οφέλη, αφού οι μαθητές ενθαρρύνονται να πειραματιστούν για να βρουν τρόπους να διδάξουν το υλικό στους άλλους. Παράλληλα και με την προϋπόθεση ότι οι μαθητές μαθαίνουν το υλικό, ένας άλλος στόχος της μεθόδου που ακολουθήθηκε είναι να διδάξει στους μαθητές ορισμένες δεξιότητες όπως ο προγραμματισμός, η επίλυση προβλημάτων και οι επικοινωνιακές δεξιότητες.

## Αναφορές

[1] Martin, Jean-Pol (1985). Zum Aufbau didaktischer Teilkompetenzen beim Schüler: Fremdsprachenunterricht auf der lerntheoretischen Basis des Informationsverarbeitungsansatzes, Tübingen: Narr

[2] Gartner, Alan; Kohler, Mary Conway; Riessman, Frank (1971). *Children teach children; learning by teaching* (1st ed.). New York: Harper & Row. ISBN 978-0-06-013553-9.

[3] <https://exoplanets.nasa.gov/>

[4] [https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts\\_detail.html](https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html)

[5] Edward W. Dunham et al. (2010) "KEPLER-6b: A TRANSITING HOT JUPITER ORBITING A METAL-RICH STAR", The Astrophysical Journal Letters, 713:L136–L139

[6] Freeman S et al. (2014) "Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics." Proceedings of the national academy of sciences 111.23: 8410-8415



[7] Bernard RM et al. (2014) "A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: From the general to the applied." *Journal of Computing in Higher Education* 26.1: 87-122.

[8] Brian P. Powell et al. (2021), "TIC 168789840: A Sextuply Eclipsing Sextuple Star System", *The Astronomical Journal*, Volume 161, Number 4.

[9] <http://planetbteam.com/>