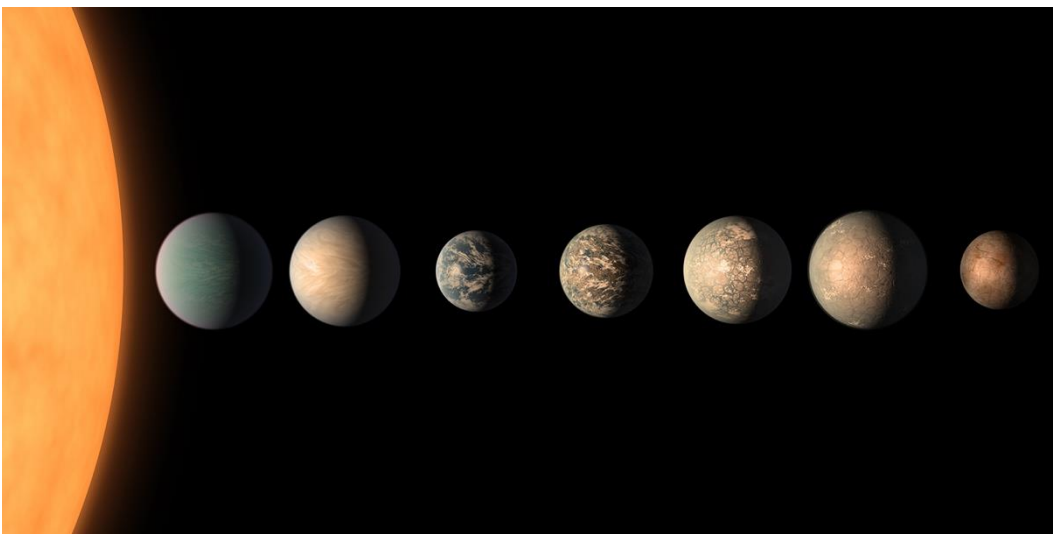

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΕΝΟΣ ΕΞΩΠΛΑΝΗΤΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΡΟΧΙΑΚΗΣ ΤΟΥ ΑΚΤΙΝΑΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΑΣΤΡΟ ΤΟΥ



Διδακτικό
σενάριο



“Το έργο υποστηρίχτηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της 3ης Προκήρυξης της Δράσης «Επιστήμη και Κοινωνία» με τίτλο «Κόμβοι Έρευνας, Καινοτομίας και Διάχυσης» (Αριθμός Έργου: 02181)”

Δεδομένα εκπαιδευτικού: ΚΟΥΤΡΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ,

ΓΕΛ Αλικαρνασσού, Ηράκλειο Κρήτης,

1^ο ΓΕΛ Ηρακλείου Κρήτης

Τίτλος: Πρόβλεψη της ακτίνας ενός εξωπλανήτη και της τροχιακής του ακτίνας γύρω από το άστρο του.

Σύντομη περιγραφή: με το παρών διδακτικό σενάριο γίνεται μια μικρή απόπειρα στην κατανόηση του καθοριστικού ρόλου που έχει η τεχνολογία στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την κατανόηση του φυσικού μας κόσμου προσπαθώντας να συνδέσει την λυκειακή φυσική με παρατηρησιακά δεδομένα εξάγοντας συμπεράσματα ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου.

Το εργαλείο για την λήψη και επεξεργασία των παρατηρησιακών μας δεδομένων γίνεται με τη χρήση της πλατφόρμας [DIY Planet Search](#) (Do-It-Yourself Planet Search) της NASA και των [διαδικτυακών ρομποτικών τηλεσκοπίων MicroObservatory](#)

Είναι μια πλατφόρμα που μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να συλλέξει, να αναλύσει και να ερμηνεύσει τις δικές του εικόνες από άλλα συστήματα αστεριών, στον υπολογιστή του σπιτιού του. Μπορεί να επιλέξει ένα αστέρι και να μετρήσει την φωτεινότητά του, λαμβάνοντας ένα γράφημα δεδομένων από το οποίο μπορεί να εξάγει κάποια συμπεράσματα. Κάποια από αυτά τα συμπεράσματα θα μπορούσε να είναι: πιθανή διάβαση ενός πλανήτη μπροστά από το άστρο του, την εκτίμηση της ακτίνας του εξωπλανήτη και της τροχιακής ακτίνας περιστροφής του γύρω από το άστρο του, με τη χρήση του νόμου της παγκόσμιας έλξης. Ανοίγοντας ένα παράθυρο προς την γνώση του φυσικού μας κόσμου πολλά έτη φωτός μακριά. Κατανοώντας ότι οι φυσικοί νόμοι είναι παγκόσμιοι και μπορούν να περιγράψουν σωστά τις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ και άλλων ουράνιων σωμάτων πέρα από το δικό μας ηλιακό σύστημα.

Μέσα από τα βήματα του διδακτικού αυτού σεναρίου γίνεται κατανοητό εκ μέρους των παιδιών, ότι μέσω της παρατήρησης και του πειράματος μπορούν να προκύψουν δεδομένα που μπορεί να αμφισβητήσουν την κοινή λογική μας. Και ότι η αλήθεια βρίσκεται στο πείραμα και πρέπει συνεχώς να ελέγχεται. Θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απαντήσεις -αν υπάρχουν- παρατηρώντας τον φυσικό μας κόσμο, πειραματιζόμενοι και καταγράφοντας τα αποτελέσματά μας νομοτελειακά για ένα μακρινό άστρο π.χ wasp-36.

Λέξεις κλειδιά: Εξωπλανήτες, τροχιακή ακτίνα περιστροφής, ακτίνα εξωπλανήτη, περίοδος περιστροφής, φωτομετρία, παρατηρησιακά δεδομένα

Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο

Σύνδεση με Αναλυτικό Πρόγραμμα: Φυσική Προσανατολισμού Β λυκείου-Νόμος της Παγκόσμιας έλξης

Ηλικία: 15-17 ετών

Προαπαιτούμενες γνώσεις: Βασικές γνώσεις το Ηλιακό μας Σύστημα, εξωπλανήτες, ομαλή κυκλική κίνηση και βαρυτικό πεδίο

Διάρκεια: Τρεις διδακτικές ώρες

Εκπαιδευτικοί στόχοι

Γνωστικοί

- Να μπορούν να εφαρμόσουν την φυσική λυκείου σε σύγχρονα παρατηρησιακά δεδομένα και να καταλήγουν σε συμπεράσματα
- Να κατανοήσουν πως η σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να τους ανοίξει ένα παράθυρο στη γνώση
- Γνωριμία με πλατφόρμες που είναι εύχρηστες από το κοινό στην επεξεργασία δεδομένων και στη διάχυση της γνώσης
- Να κατανοήσουν την αβεβαιότητα που υπάρχει σε μία επιστημονική πρόβλεψη.
- Να συνειδητοποιήσουν τη πολυπλοκότητα της πραγματοποίησης μίας πρόβλεψης.
- Να συνειδητοποιήσουν ότι υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες στο προγραμματισμό και στην υλοποίηση μίας παρατήρησης.
- Να γνωρίσουν τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου
- Να διερωτώνται για την αξιοπιστία μίας πρόβλεψης.
- Να βελτιωθεί η στάση τους απέναντι στην επιστήμη.
- Να μπορούν να κατασκευάσουν και να διαβάσουν έναν πίνακα.
- Να μπορούν να κατασκευάσουν και να διαβάσουν ένα διάγραμμα.
- Να βελτιώσουν τις δεξιότητες συνεργασίας τους στο πλαίσιο μίας ομάδας.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Ακολουθείται το μοντέλο της καθοδηγούμενης διερεύνησης όπου ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές του στην διερεύνηση ερωτήσεων, επιλογή μεθόδων, πειραματικής διαδικασίας, εξαγωγή συμπερασμάτων χωρίς ο ίδιος να παρέχει άμεσα τις απαραίτητες πληροφορίες.

Σύντομη περιγραφή σταδίων:

Προσανατολισμός

- Εισαγωγή στο θέμα και εμπλοκή των μαθητών προκαλώντας το ενδιαφέρον τους για το υπό εξέταση φαινόμενο
- Διατύπωση επιστημονικά προσανατολισμένων ερωτήσεων
- Σχεδιασμός έρευνας και προσδιορισμός των πηγών

Έρευνα

- Διεξαγωγή έρευνας και συλλογή δεδομένων
- Οργάνωση, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων

Συμπέρασμα

- Εξαγωγή συμπερασμάτων διατύπωση εξηγήσεων και σύνδεσή τους με την επιστημονική γνώση
- Σύγκριση νέας με παλιάς γνώσης
- Πρόβλεψη αποτελεσμάτων σε παρόμοια φαινόμενα

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο παρόν διδακτικό σενάριο μπορούν να αφιερωθούν τρεις διδακτικές ώρες στην σχολική τάξη. Στην πρώτη διδακτική ώρα να γίνει μια θεωρητική προσέγγιση και να τεθούν οι ερωτήσεις διερεύνησης του θέματος. Να συζητηθεί το αστέρι στόχος και να ζητηθούν από την πλατφόρμα τα δεδομένα παρατήρησης. Οι μαθητές θα μπορούσαν να συνεχίσουν την διερεύνηση και εκτός σχολείου. Την δεύτερη διδακτική ώρα να γίνει ανάλυση των πειραματικών δεδομένων στο εργαστήριο πληροφορικής ακολουθώντας τις εύχρηστες οδηγίες της πλατφόρμας. Την τρίτη διδακτική ώρα να γίνουν οι απαραίτητοι μαθηματικοί υπολογισμοί και εξαγωγή συμπερασμάτων.

ΜΕΡΟΣ I: Πρόκληση ενδιαφέροντος και διατύπωση ερωτημάτων

Αρχικά γίνεται μια πρώτη θεωρητική διερεύνηση των φαινομένων που θα μελετήσουμε, λαμβάνοντας τις απαραίτητες πληροφορίες από την πλατφόρμα [DIY Planet Search](#).

-Τι είναι τα ρομποτικά τηλεσκόπια MicroObservatory που θα χρησιμοποιηθούν για την συλλογή των δεδομένων μας;

-Τι είναι εξωπλανήτες;

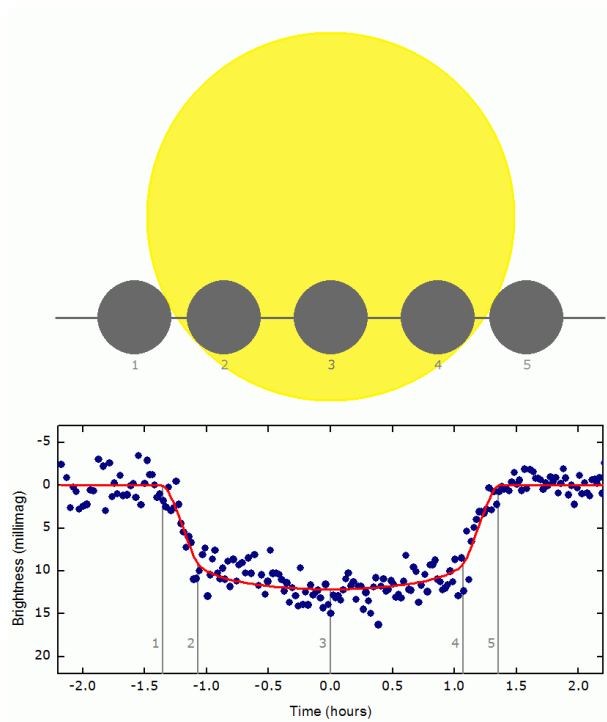
-Ποια είναι η κύρια διαφορά μεταξύ των πλανητών και των εξωπλανητών μας;

-Πως είναι οι εξωπλανήτες;

-Ποια τηλεσκόπια έχουμε ρίξει στο κυνήγι εξωπλανητών;

-Πως μπορούμε να εντοπίσουμε τους εξωπλανήτες;

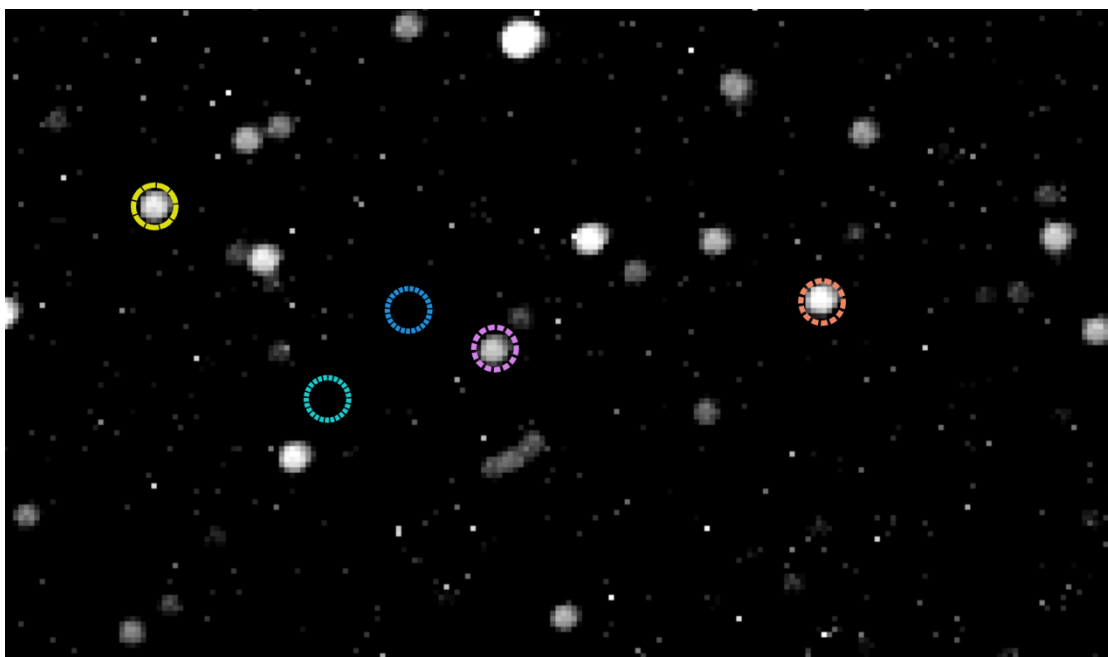




Πηγή: NASA

ΜΕΡΟΣ ΙΙ: ΕΡΕΥΝΑ-ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Ξεκινάμε το κυνήγι των εξωπλανητών. Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα [DIY Planet Search](#) επιλέγουμε από το ημερολόγιο ένα αστέρι π.χ το WASP-36 με ημερομηνία παρατήρησης π.χ 3/4/2021, μεταξύ 8-12 μ.μ, χρόνο έκθεσης και το φίλτρο που θα χρησιμοποιήσουμε για την λήψη της εικόνας. Γίνεται η λήψη των δεδομένων και η επεξεργασία τους γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες που μας δίνει η πλατφόρμα. Εργαζόμαστε μόνο με τις εικόνες που είναι σκοτεινές και έχουν πολλά αστέρια και αγνοούμε τις εικόνες που είναι θολές ή έχουν άλλα ελαττώματα. Μετράμε τη φωτεινότητα του άστρου μας από τις κατάλληλες εικόνες όπως η παρακάτω. Το αστέρι στόχος είναι ο κίτρινος κύκλος.



-Τι είναι όλες αυτές οι λευκές κουκκίδες;

Όλες οι λευκές κουκκίδες μπορεί να είναι ένα αστέρι που μπορεί γύρω του να περιστρέφονται θαυμαστοί και συνάμα περιέργοι κόσμοι. Ο μόνος τρόπος με τον οποίο εμείς οι άνθρωποι μπορούμε να μετατρέψουμε μια κουκκίδα φωτός σε μια ιστορία και να φτιάξουμε ολόκληρο το πορτρέτο του κόσμου είναι να αποκωδικοποιήσουμε τι μπορεί να μας πει το φως. Αποτελεί το απόλυτο μυστήριο, που καλούμαστε εμείς να ανακαλύψουμε ως ντετέκτιβ του φυσικού μας κόσμου και να μεταφράσουμε τις πληροφορίες που μας δίνουν τα pixels.

-Αφού θέλουμε να μετρήσουμε αν υπάρχει μείωση στη φωτεινότητα του αστεριού-στόχος, γιατί μετράμε και τη φωτεινότητα δύο άλλων αστεριών (πορτοκαλί και μοβ κύκλοι);

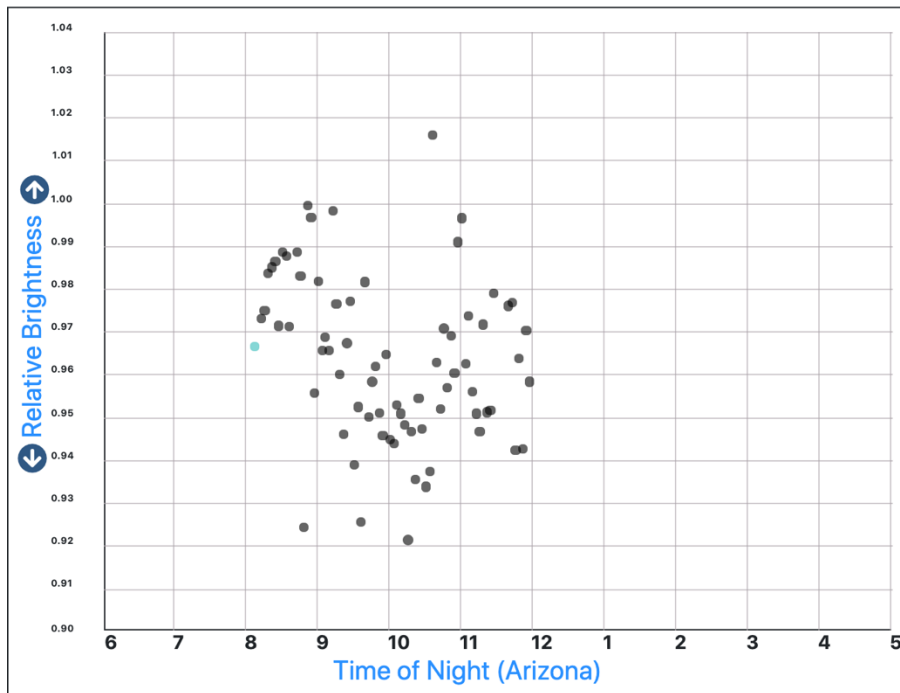
Υπάρχουν πολλοί παράγοντες πέραν του ελέγχου μας που μπορούν να επηρεάσουν τη μέτρηση της φωτεινότητας του αστεριού. Για παράδειγμα, ένα αστέρι εμφανίζεται πιο αμυδρό καθώς το βλέπουμε χαμηλότερα στον ουρανό, επειδή το φως του διανύει μεγαλύτερη απόσταση στην ατμόσφαιρα (όπως συμβαίνει με τη φωτεινότητα στη δύση του Ήλιου σε σχέση με την φωτεινότητα του Ήλιου το μεσημέρι). Ένας άλλος παράγοντας θα μπορούσε να είναι ένα σύννεφο ή η ομίχλη που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο αστέρι και το τηλεσκόπιο, ο οποίος μπορεί να κάνει το αστέρι πιο σκοτεινό για λίγο. Πως μπορούμε να διακρίνουμε ένα σύννεφο, ότι περνά μπροστά από τη διέλευση ενός εξωγήινου κόσμου, μιας και το τηλεσκόπιό μας είναι επίγειο; Οτιδήποτε συμβαίνει σε ένα αστέρι θα πρέπει να συμβεί και στα άλλα, εκτός από τη διάβαση του εξωπλανήτη που αναζητάμε. Για αυτό μετράμε και τη φωτεινότητα δύο άλλων άστρων σύγκρισης και λαμβάνουμε τον μέσο όρο της. Η φωτεινότητα του αστεριού μας στόχος προκύπτει σε σύγκριση με αυτόν τον μέσο όρο, έτσι αυτή η σχετική φωτεινότητα θα πρέπει να αλλάζει μόνο εάν υπάρχει διάβαση!

-Ο νυχτερινός ουρανός είναι εντελώς σκοτεινός; Αν μετακινήσω τους μπλε κύκλους στο μαύρο της εικόνας η φωτεινότητα σε αυτά τα σημεία είναι μηδενική;

Μετακινώντας τους μπλε κύκλους σε σκοτεινά σημεία της εικόνας παρατηρούμε ότι η φωτεινότητα δεν είναι μηδενική, αυτό μπορεί να οφείλεται στο φως που διαχέεται στην ατμόσφαιρα από κοντινές πόλεις, τη Σελήνη, ακόμη και από το φως του Ήλιου. Θα πρέπει να μετρήσουμε και να την αφαιρέσουμε την φωτεινότητα που προσθέτει ο νυχτερινός ουρανός στο υπό μελέτη αστέρι μας. Αυτό το κάνουμε μετρώντας δύο περιοχές του νυχτερινού ουρανού κοντά στο αστέρι-στόχο μας, λαμβάνοντας τον μέσο όρο και μετά θα αφαιρέσουμε τον μέσο όρο από τις μετρήσεις των αστεριών μας.

-Ποιο είναι το γράφημα δεδομένων από το σύνολο των παρατηρήσεών μας;

Π.χ πιθανόν θα έχει την παρακάτω μορφή



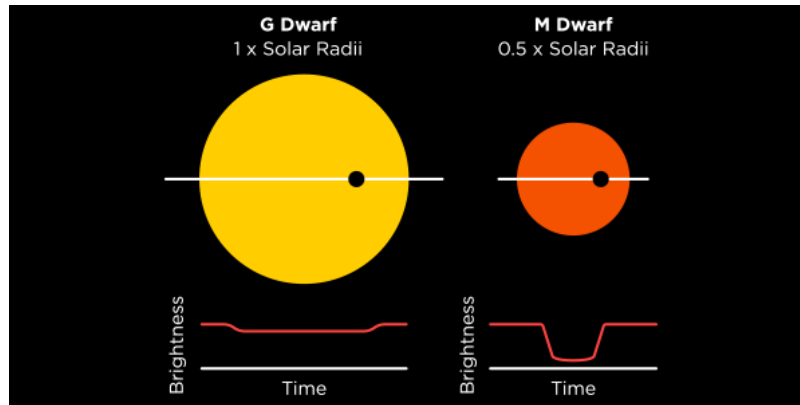
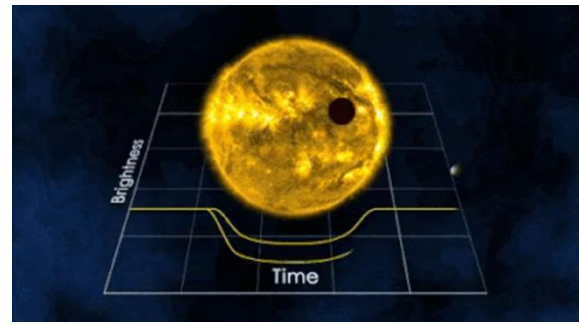
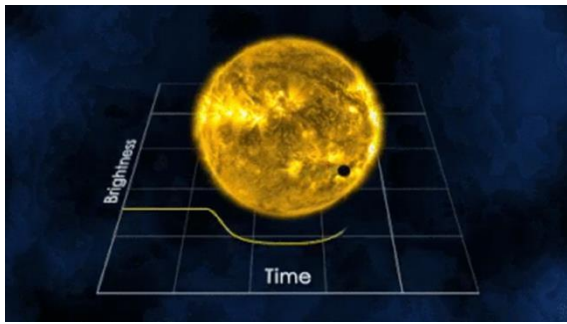
-τι αντιπροσωπεύει η κάθε κουκίδα;

- πώς άλλαξε η σχετική φωτεινότητα του αστεριού μας κατά τη διάρκεια της βραδιάς παρατήρησης στο διάγραμμα;

-γιατί τα δεδομένα μας είναι ακατάστατα και δεν είναι καλά καθορισμένη γραμμή όπως φαίνεται στο θεωρητικό διάγραμμα παραπάνω;

Αυτό είναι ένα γράφημα των παρατηρήσεών μας και δείχνει πώς άλλαξε η σχετική φωτεινότητα του αστεριού μας κατά τη διάρκεια της βραδιάς παρατήρησης. Κάθε κουκίδα αντιπροσωπεύει τις μετρήσεις μας σε μία εικόνα τηλεσκοπίου. Στο γράφημα παρατηρούμε μεταξύ 9 έως 11 μ.μ υπάρχει μείωση στη σχετική φωτεινότητα του αστεριού που πολύ πιθανόν να οφείλεται στη διάβαση ενός εξωπλανήτη. Βέβαια τα δεδομένα μας είναι εντελώς ακατάστατα και δεν είναι πάνω σε μια καλά καθορισμένη γραμμή, όπως φαίνεται στο θεωρητικό διάγραμμα παραπάνω, διότι είναι ένα πραγματικό γράφημα, όπου εργαζόμαστε με πραγματικά δεδομένα στα όρια της ανακάλυψης, όπου τα ακατάστατα δεδομένα είναι ο κανόνας.

-ποια σχέση μπορεί να συνδέει τη μείωση της φωτεινότητας με το μέγεθος του πλανήτη ή το μέγεθος του άστρου;



Εκδότης: NASA

Γνωρίζουμε από γεωμετρία ότι το εμβαδόν μιας σφαιρικής επιφάνειας αυξάνεται ως R^2 , συνεπώς στην διέλευση του ο πλανήτης καλύπτει μια περιοχή του άστρου και η παρατηρούμενη φωτεινότητα μειώνεται κατά ένα ποσό ανάλογο του τετραγώνου του λόγου των ακτίνων πλανήτη-άστρου, ως εξής:

$$\frac{\Delta F}{F} = \left(\frac{R_p}{R_s} \right)^2$$

Η σχέση αυτή είναι σημαντική, διότι μας δίνει την δυνατότητα να εκτιμήσουμε την ακτίνα του εξωπλανήτη, εφόσον γνωρίζουμε την ακτίνα του άστρου.

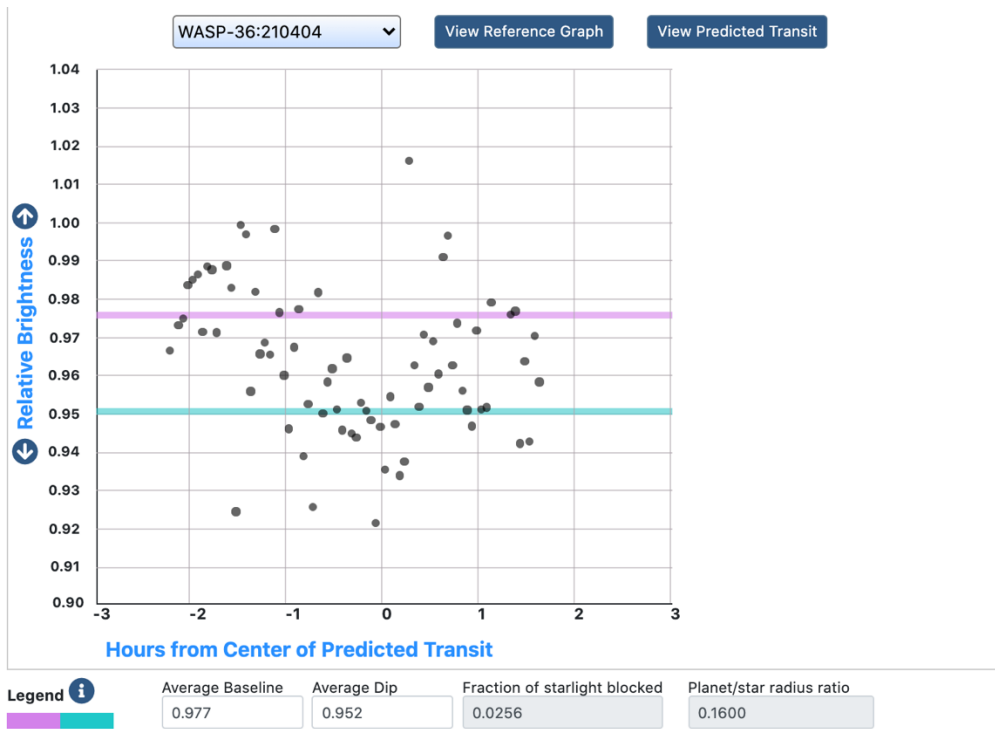
Παρατηρώντας τις παραπάνω εικόνες εξηγήστε πως προκύπτει η παραπάνω μαθηματική σχέση

πως η μείωση της φωτεινότητας σχετίζεται με την αύξηση της σφαιρικής επιφάνειας του πλανήτη

και

με την αύξηση της σφαιρικής επιφάνειας του άστρου;

-Υπολογισμός της μείωσης της φωτεινότητας από το γράφημα και της ακτίνας του πλανήτη από τα παρατηρησιακά δεδομένα μας



Από το γράφημα εκτιμούμε την μέση τιμή της φωτεινότητας του άστρου καθώς και την μέση τιμή της λαμβάνουσας φωτεινότητας του άστρου κατά την πιθανή διέλευση του πλανήτη μετακινώντας τη μωβ και πράσινη γραμμή αντίστοιχα στις πιθανές τιμές.

Π.χ Με δεδομένο ότι η ακτίνα του άστρου είναι $R_s = 0.95 R_{\odot} \approx R_{\odot} \approx 7 \times 10^8 \text{ m}$, ένα άστρο στο μέγεθος του δικού μας Ήλιου και την παραπάνω σχέση μπορούμε να υπολογίσουμε την ακτίνα του πλανήτη.

$$\frac{\Delta F}{F} = \left(\frac{R_p}{R_s}\right)^2 \Rightarrow \frac{R_p}{R_s} = \sqrt{\frac{\Delta F}{F}} \Rightarrow \frac{R_p}{R_s} = \sqrt{\frac{0.977 - 0.952}{0.977}} = 0.16 \Rightarrow R_p = R_s \times 0.16 \approx 1.12 \times 10^8 \text{ m} = 112,000 \text{ km}$$

Η ακτίνα της Γης είναι περίπου 6400 km, οπότε δεν πρόκειται για γήινο πλανήτη, αλλά μάλλον για καντό Δία μοιάζει. Η ακτίνα του Δία είναι $R_J \approx 7 \times 10^7 \text{ m} = 70,000 \text{ km}$ και η εκτίμησή μας για την ακτίνα του εξωηλιακού μας πλανήτη εκτιμάται ότι είναι

$$\frac{R_p}{R_J} = \frac{1.12 \times 10^8}{7 \times 10^7} = 1.6 \Rightarrow R_p = 1.6 R_J$$

Περίπου μιάμιση φορά μεγαλύτερος από τον Δία. Ο εξωπλανήτης μας είναι ένας αέριος γίγαντας και όπως οι δικοί μας αέριοι γίγαντες – Δίας, Κρόνος, Ποσειδώνας, Ουρανός-βρίσκονται όλοι σε μεγάλες αποστάσεις από τον Ήλιο, έτσι εκτιμούμε, ότι και ο πλανήτης που πιθανόν ανιχνεύσαμε θα βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το αστέρι του.

-κάντε το ίδιο για το δικό σας αστέρι-στόχος. Πόση είναι η ακτίνα του δικού σας πιθανού εξωπλανήτη;

-με ποιο πλανήτη του ηλιακού μας συστήματος μοιάζει;

-πόσο μακριά εκτιμάτε ότι θα βρίσκεται από το άστρο του;

-πόσο διαρκεί το έτος στον πλανήτη σας;

Μπορείτε να πάρετε αυτή την πληροφορία από το ημερολόγιο της πλατφόρμας DIY και να παρατηρήσετε κάθε πότε γίνονται πιθανές διελεύσεις του εξωπλανήτη. Η παρατηρούμενη περιοδικότητα θα σας δώσει την περίοδο του εξωπλανήτη

-υπολογισμός του πόσο κοντά ή μακριά είναι ο εξωπλανήτης σας από το αστέρι του

Η δύναμη F που αναγκάζει τον πλανήτη να κινείται σε κυκλική τροχιά έχει μέτρο

$$F = m \frac{v^2}{R}$$

Αυτή η δύναμη που κρατά τον πλανήτη σε κυκλική τροχιά είναι η δύναμη της βαρύτητας και το μέτρο της είναι ανάλογο του γινομένου των μαζών των δύο σωμάτων και αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.

$$F = G \frac{M_s M_p}{R^2}$$

Η απόσταση όμως που διανύει ο πλανήτης σε χρόνο μιας περιόδου T είναι ίση με το μήκος του κύκλου $2\pi R$, συνεπώς το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας είναι

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T}. \text{ Επομένως ισχύει:}$$

$$G \frac{M_s M_p}{R^2} = \frac{M_p v^2}{R} \Rightarrow v^2 = \frac{G M_s}{R} \Rightarrow \left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 = \frac{G M_s}{R} \Rightarrow R^3 = \frac{G M_s}{4\pi^2} T^2$$

Τη μάζα του αστέρα μπορούμε να την πάρουμε ως δεδομένη από το DIY Search $M_s \approx M_\odot = 2 \times 10^{30}$ kg, μιας και δεν είναι τα χαρακτηριστικά του αστέρα μέσα στα ζητούμενα της παρούσας ερευνητικής εργασίας, αλλά τα χαρακτηριστικά του εξωπλανήτη.

$$R^3 = \frac{G M_s}{4\pi^2} T^2 \Rightarrow R = 4 \times 10^9 \text{ m}$$

Επειδή πρόκειται για τεράστιες αποστάσεις δεν βολεύουν τα μέτρα, ως μονάδα μέτρησης και θα χρησιμοποιήσουμε ως μονάδα μέτρησης την αστρονομική μονάδα (1 AU). 1 AU ισούται με την απόσταση Γης-Ήλιου και είναι 15×10^{10} m. Οπότε η απόσταση του πλανήτη μας σε αστρονομικές μονάδες είναι

$$R = 0.026 \text{ AU}$$

Η έρευνά μας με την μέθοδο της διάβασης κατέληξε στην πιθανή ύπαρξη πλανήτη κατηγορίας καυτού Δία με ακτίνα $R_p = 1.6 R_J$ και ακτίνα περιστροφής $R = 0.026 \text{ AU}$ γύρω από το άστρο wasp-36.

-Ποια είναι η ακτίνα περιστροφής του εξωπλανήτη σας γύρω από το άστρο του;

- είναι μακριά ή κοντά στο άστρο του;

-Η απόσταση περιστροφής και το μέγεθος του εξωπλανήτη σας έχει ομοιότητες με το δικό μας ηλιακό σύστημα ή υπάρχει αντίφαση;

-Αν υπάρχει αντίφαση προσπαθείστε να δώσετε μια εξήγηση γιαυτό

-Η υπόθεση που διατυπώσατε για να εξηγήσετε την παραπάνω αντίφαση μπορεί να θεωρηθεί επιστημονική;

-Αν όχι γιατί; Τι χρειάζεται για να δοθεί μια απάντηση στην παραπάνω αντίφαση;

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΑΣ

Σύμφωνα με τον [κατάλογο NASA Exoplanet Archive](#) στο πως καταχωρούνται αντικείμενα ως εξωπλανήτες, τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται είναι τα εξής:

A) Η Μάζα τους θα πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από $30M_J$.

B) Ο πλανήτης να ανήκει σε κάποιο ηλιακό σύστημα. Ορφανοί πλανήτες που περιφέρονται χωρίς να είναι δέσμιοι κάποιου άστρου δεν καταχωρούνται στον κατάλογο.

Γ) Να έχουν επαναληφθεί αρκετές παρατηρήσεις και να έχει επιβεβαιωθεί η ανίχνευση, αποκλείοντας την πιθανότητα λάθους

Ελέγχουμε τα αποτελέσματά μας στην πλατφόρμα [DIY Planet Search](#) της NASA, αν όντως εκεί υπάρχει ένας εξωπλανήτης και αν όντως έχουν επαναληφθεί αρκετές παρατηρήσεις και να έχει επιβεβαιωθεί η ανίχνευση.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ

Συνεχίζοντας λοιπόν, στο άμεσο μέλλον τις παρατηρήσεις μας με τα τηλεσκόπια παρατηρώντας την περίοδο περιστροφής πιθανών εξωπλανητών και με την βοήθεια της σχέσης

$$R^3 = \frac{G M_s}{4\pi^2} T^2$$

που μάθαμε στις λυκειακές τάξεις ελπίζουμε να ανιχνεύσουμε και άλλους πιθανούς εξωπλανήτες και να προβλέψουμε τα χαρακτηριστικά τους, χρησιμοποιώντας και άλλες μεθόδους. Να ελέγξουμε αν ισχύει πάντα η παραπάνω σχέση ή μπορεί να υπάρχουν και πιθανές αποκλίσεις; Πιθανόν. Αυτό θα ελεγχθεί με το πείραμα.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ

Όταν τελειώσει ο μαθητής το παρόν διδακτικό σενάριο θα έχει ολοκληρώσει ένα ταξίδι στο Σύμπαν πολλά έτη φωτός μακριά αντιλαμβανόμενος τις τεράστιες αποστάσεις που επικρατούν

σε αυτό. Παράλληλα γίνεται κατανοητό ότι ενώ είμαστε τόσο μακριά από το αντικείμενο μελέτης μπορούμε να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα.

Από τις πληροφορίες που αντλεί ο μαθητής κατανοεί ότι οι νόμοι που ισχύουν εδώ στη Γη, οι ίδιοι νόμοι ισχύουν μακριά στο Σύμπαν που για να φτάσουμε εκεί πρέπει να ταξιδέψουμε με την ταχύτητα του φωτός για χιλιάδες ή εκατομμύρια χρόνια μακριά ανοίγοντας ένα παράθυρο κατανόησης του μακρινού Σύμπαντος οργανώνοντας τα πειράματά μας από εδώ στη Γη.

Από τις πληροφορίες που αντλήσαμε βλέπουμε ότι οι νόμοι που ισχύουν εδώ στη Γη, οι ίδιοι νόμοι ισχύουν μακριά στο Σύμπαν που για να φτάσουμε εκεί πρέπει να ταξιδέψουμε με την ταχύτητα του φωτός για χιλιάδες ή εκατομμύρια χρόνια. Έγινε κατανοητό, ότι μπορούμε να κάνουμε τα πειράματά μας εδώ στη Γη και να ανοίξουμε ένα παράθυρο κατανόησης του μακρινού Σύμπαντος. Στην ερευνητική μας μελέτη παρατηρώντας την κίνηση των ουράνιων σωμάτων διερευνήσαμε τους νόμους που ισχύουν στη φύση και ελέγξαμε αν με τη δύναμη της παγκόσμιας έλξης, τη δύναμη που αποκαλούμε σήμερα βαρυτική μπορεί να αναπαραχθεί η κίνηση ενός πολύ μακρινού πλανήτη γύρω από το άστρο του. Αφού ισχύουν οι νόμοι σε κάποια φαινόμενα μας δίνεται η δυνατότητα να προβλέψουμε και άλλα φαινόμενα με τους ίδιους νόμους ποσοτικά, όπου μπορούν να επιβεβαιωθούν ή να καταρριφθούν από το πείραμα. Στο ταξίδι μας αυτό με εφόδιο τη γνώση, έγινε μια προσπάθεια όχι μόνο να γνωρίσουμε τον φυσικό μας κόσμο, αλλά στο πως θα τον γνωρίσουμε, με όπλο μας την επιστημονική μέθοδο. Το ταξίδι συνεχίζεται!

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΤΑ ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Αρχικά θα γίνει μία διερεύνηση της πλατφόρμας που θα χρησιμοποιήσουν οι μαθητές και θα συλλέξουν τις απαραίτητες πληροφορίες που απαιτεί η εργασία

Ανοίγουμε τον σύνδεσμο [DIY Planet Search](#)

Κάντε εγγραφή για να μπορείτε να πάρετε μέρος στη δική σας αναζήτηση στο συναρπαστικό ταξίδι αναζήτησης άλλων κόσμων. Ας ξεκινήσουμε ανοίγοντας τους συνδέσμους και παίρνοντας κάποιες πληροφορίες για το θέμα μας προσπαθώντας να δώσουμε απαντήσεις στα ερωτήματα που προκύπτουν.

Ανοίγουμε τον σύνδεσμο [About DIY Planet Search](#)

1. Τι είναι το ρομποτικό δίκτυο τηλεσκοπίων MicroObservatory που θα μας βοηθήσουν στην έρευνά μας;

Ανοίγουμε τον σύνδεσμο [exoplanets](#)

2. Τι είναι εξωπλανήτες;

3. Ποια είναι η κύρια διαφορά μεταξύ των πλανητών και των εξωπλανητών μας;
4. Πώς είναι οι εξωπλανήτες;
5. Πώς εντοπίζουμε τους εξωπλανήτες;

Ανοίγουμε τον σύνδεσμο [telescopes](#) για να δούμε ποια επίγεια τηλεσκόπια εμπλέκονται στην αναζήτηση των εξωπλανητών

6. Ποια είναι τα επίγεια ρομποτικά τηλεσκόπια που μπορούμε εμείς να χρησιμοποιήσουμε για την έρευνά μας;

Ανοίγουμε τον σύνδεσμο [targets](#)

7. για να μάθουμε περισσότερα για τα αστέρια (στόχους) που είναι διαθέσιμα προς παρατήρηση για την εύρεση εξωπλανήτη. Τα αστέρια στόχοι ανανεώνονται συνεχώς, οπότε καλό είναι να ελέγχεται διαρκώς την ενημέρωση.

Ανοίγουμε τον σύνδεσμο

[Calendar page](#)

8. για να δούμε στο ημερολόγιο τα αστέρια που είναι διαθέσιμα προς παρατήρηση. Επιλέγουμε ένα και ξεκινάμε το κυνήγι εξωπλανητών. Αν επιλέξουμε ένα ανοίγει ένα πινακάκι με πληροφορίες, όπως απόσταση από τη Γη, σε ποιο αστερισμό βρίσκεται και την τροχιακή περίοδος του πλανήτη
9. πατάμε να κάνουμε λήψη εικόνας, επιλέγουμε τις ώρες παρατήρησης και επιλέγουμε τις ρυθμίσεις για τον χρόνο έκθεσης και το φίλτρο που θα χρησιμοποιήσουμε και πατάμε λήψη εικόνας. Έτοιμα τα δεδομένα μας προς επεξεργασία.
10. Πατάμε το κουμπί [measure brightness](#) στα αριστερά του πίνακα και πάμε να μετρήσουμε τη φωτεινότητα του αστέρα χρησιμοποιώντας τις εικόνες που έχουν παρθεί από το τηλεσκόπιο και προσπαθούμε να δούμε αν έχει κάποια μείωση κατά τη διάρκεια της παρατήρησης.
11. Επιλέγω My Requests (τα αιτήματά μου) για να επεξεργαστώ τις εικόνες μου. Εργαζόμαστε μόνο με τις εικόνες που είναι σκοτεινές και έχουν πολλά αστέρια, αγνοούμε εικόνες που έχουν σύννεφα ή άλλα ελαττώματα. Τι είναι όλες αυτές οι άσπρες κουκίδες στην εικόνα;

Ανοίγουμε όλες τις εικόνες από τα αιτήματά μου και ακολουθώ την παρακάτω διαδικασία. Στην πλατφόρμα υπάρχουν όλες οι απαραίτητες οδηγίες για τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε

12. Εντοπίζουμε το αστέρι-στόχο μας ανοίγοντας το αναδυόμενο παράθυρο Finder. Το αστέρι που θα διερευνήσετε, το αστέρι-στόχος, φέρει ετικέτα T και ένα μικρό βέλος. Τα αστέρια σύγκρισης φέρουν ετικέτα C.
13. Μετακινώντας τον Finder, προσπαθούμε να ταιριάξουμε τις φωτεινές κουκίδες στο Finder με τα φωτεινά αστέρια στην εικόνα μας, ώστε τα αστέρια στο γράφημα να

ευθυγραμμιστούν με τα αστέρια στην εικόνα μας. (Το διάγραμμα γίνεται διαφανές όταν είναι πάνω από την εικόνα μας). Κλείνουμε το Finder.

- 14.Ενεργοποιήστε το Zoom για να βεβαιωθούμε ότι το αστέρι-στόχος T βρίσκεται στον κίτρινο κύκλο όσο καλύτερα μπορούμε, επίσης και τα αστέρια σύγκρισης C.
- 15.Γιατί μετράμε και την φωτεινότητα αστεριών σύγκρισης; Μήπως λύνουν τα προβλήματα που μπορεί να υπάρξουν από κάποιους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την φωτεινότητα του αστεριού-στόχος; Π.χ ένα σύννεφο, μιας και τα τηλεσκόπια που παίρνουμε τα δεδομένα είναι επίγεια;
- 16.Ο φακός του τηλεσκοπίου λαμβάνει φως μόνο από τα αστέρια ή υπάρχουν και άλλες πηγές που συμβάλλουν στη φωτομετρία μας; Αν ναι, πως μπορούμε άραγε να λύσουμε το πρόβλημα αυτό;

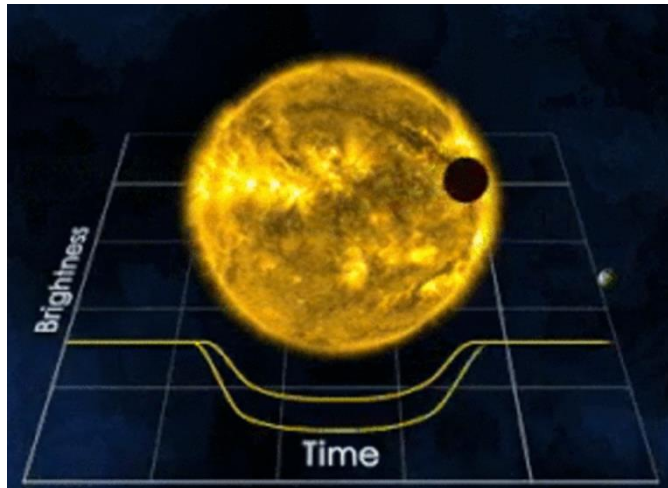
Επαναλαμβάνουμε αυτή τη διαδικασία για όλες τις κατάλληλες εικόνες

Ανοίγουμε το [Graph Brightness](#) και παίρνουμε το γράφημά μας.

- 17.Τι δείχνει το γράφημα των παρατηρήσεων μας; Τι παριστάνει κάθε κουκίδα στο γράφημα; Γιατί έχω τόσες ακατάστατες κουκκίδες και δεν έχω μια απλή γραμμή όπως το θεωρητικό γράφημα;
- 18.Κοιτάζοντας πώς αλλάζει η φωτεινότητα μεταξύ των μετρήσεών μας, μπορούμε να καταλάβουμε τι μπορεί να έχει συμβεί το βράδυ;
- 19.Επιλέγουμε στο μενού αριστερά [interpret & share](#) και Transit Depth. Από την επιλογή Select Data you Analyzed επιλέγουμε το σύνολο των δεδομένων που θέλουμε να ερμηνεύσουμε
- 20.Κάνουμε κλικ και σύρουμε τη ροζ γραμμή προς τα πάνω ή προς τα κάτω στο σημείο που πιστεύουμε ότι πρέπει να είναι η μέση μέγιστη φωτεινότητα. Αυτή είναι η φωτεινότητα του αστεριού όταν δεν υπάρχει διάβαση. Σύρετε την πράσινη γραμμή προς τα πάνω ή προς τα κάτω, όπου πιστεύετε ότι πρέπει να μετρηθεί η μέση ελάχιστη φωτεινότητα, που μπορεί να οφείλετε αυτή η πτώση;
- 21.Από το διάγραμμα φωτεινότητας-χρόνου που έχουμε πάρει μπορούμε να κάνουμε μια εκτίμηση της μέσης ανώτερης τιμής της φωτεινότητας (μη διέλευση) και της κατώτερης μέσης τιμής (ίσως διέλευση) και να υπολογίσουμε το λόγο

$$\frac{\Delta F}{F} =$$

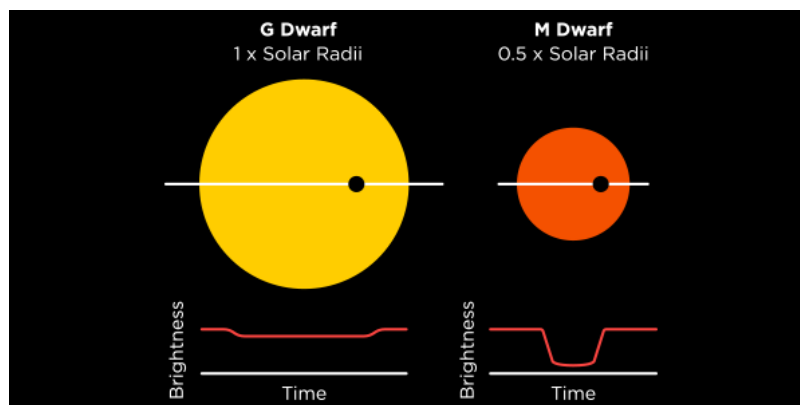
Παρατηρούμε το επόμενο βίντεο.



<https://lweb.cfa.harvard.edu/~avanderb/tutorial/transitgif2.gif>

22. Η ποσότητα φωτός που εμποδίζει ένας πλανήτης κατά τη διάβαση μπροστά από το άστρο του εξαρτάται από το μέγεθος του πλανήτη; Αν ναι, προτείνετε κάποια σχέση αναλογίας μεταξύ της μείωσης της φωτεινότητας και το μέγεθος του πλανήτη.

Παρατηρήστε την παρακάτω εικόνα. Η πτώση της φωτεινότητας εξαρτάται από το μέγεθος του αστεριού;



23. Δεδομένου ότι το αστέρι είναι σφαιρικό και η φωτεινότητά του κατανέμεται ισότροπα στο χώρο, ποια μπορεί να είναι η σχέση μεταξύ της φωτεινότητας και της ακτίνας του;

24. Κατά την διέλευση του ο πλανήτης καλύπτει μια περιοχή του άστρου μπορούμε να σκεφτούμε μια σχέση αναλογίας για τη μείωση της παρατηρούμενης φωτεινότητας και τις ακτίνες πλανήτη-άστρου;

25. Αν γνωρίζουμε την ακτίνα του άστρου μπορούμε να υπολογίσουμε την ακτίνα του πλανήτη, σύμφωνα με την προηγούμενη σχέση; Να γίνει σύγκριση με κάποιον από τους πλανήτες του δικού μας ηλιακού συστήματος, με ποιον μοιάζει;

Παρακολουθείστε το παρακάτω βίντεο

https://waps.cfa.harvard.edu/microobservatory/diy/DIYtools/DIYtools_common/DIYtools_videos/Orbit_Tilted.mov

26. Ποιες παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν σχετικά με την μείωση της φωτεινότητας και το τροχιακό επίπεδο του πλανήτη, όπως φαίνεται από τη Γη;
27. Ποια όμως είναι η δύναμη που κρατάει τον πλανήτη δέσμιο σε κυκλική τροχιά γύρω από το άστρο του και ποια η επιτάχυνση που υφίσταται από αυτή τη δύναμη;
28. Από το 2ο νόμο του Νεύτωνα και το νόμο της παγκόσμιας έλξης μπορούμε να αντλήσουμε μια σχέση που να συνδέει την ταχύτητα (v), την τροχιακή ακτίνα (R) και την περίοδο περιστροφής T ενός πλανήτη στο δικό μας ηλιακό σύστημα;
29. Χρησιμοποιώντας την προηγούμενη σχέση που προέκυψε, μιας και οι ίδιοι νόμοι ισχύουν παντού στο Σύμπαν μπορούμε να υπολογίσουμε πόσο κοντά είναι ο εξωπλανήτης της παρατήρησής μας στο αστέρι του; Τα αποτελέσματά μας φαίνονται λογικά;
30. Ο πιθανός εξωπλανήτης που μελετάμε υπακούει σε αυτήν τη σχέση; Μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες από τον σύνδεσμο <https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/5671/wasp-36-b/> Και να ελέγξουμε, αν ο νόμος της παγκόσμιας έλξης έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα για τα χαρακτηριστικά του πλανήτη μας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. [DIY Planet Search](#)
2. <https://exoplanets.nasa.gov/discovery/exoplanet-catalog/>?
3. https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/exoplanet_criteria.html
4. Smith, A.M.S. et al. , 2012, *AsJ* , 143, 4