

# Οι Παρατηρήσεις του Γαλιλαίου: Τα Φεγγάρια του Δία

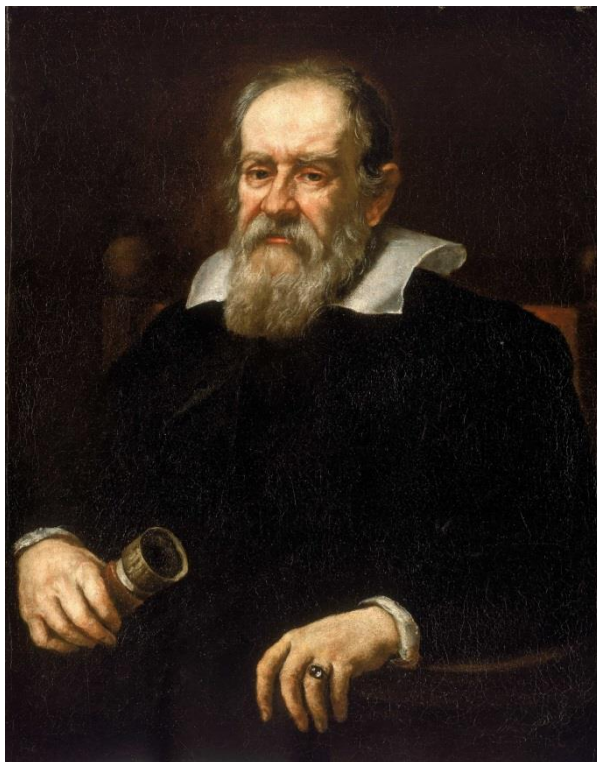


Εμμανουήλ Χανιωτάκης, Φυσικός  
Τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης, Ελληνογερμανική Αγωγή

# Προσανατολισμός και Αρχικό Ερώτημα

## Προσανατολισμός: Πρόκληση Περιέργειας

Ποιος ήταν ο Γαλιλαίος και γιατί ήταν σημαντική η συνεισφορά του στην επιστήμη;



Ο Γαλιλαίος γεννήθηκε στις 15 Φεβρουαρίου του 1564 στην Πίζα της Ιταλίας

Ο πατέρας του τον έστειλε στο Πανεπιστήμιο της Πίζα για να γίνει γιατρός, όμως ο Γαλιλαίος ανακάλυψε την αγάπη του για τη Φυσική και τα Μαθηματικά. Παρά τη θέληση του Πατέρα του, άφησε την Ιατρική και σπούδασε μαθηματικά.

Έγινε καθηγητής μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο της Πάδοβα.

Τυφλώθηκε το 1637 και πέθανε στις 8 Ιανουαρίου του 1642

Ονομάστηκε ο Πατέρας της Πειραματικής επιστήμης με συνταρακτικές ανακαλύψεις στην μηχανική, την αστρονομία και την

πειραματική τεχνική. Η Σύγχρονη Φυσική χρωστάει σε αυτόν την ύπαρξή της.  
Ας δούμε τι ανακάλυψε..

<https://www.youtube.com/watch?v=NMM8vx9vDiE>

## Στόχοι και ερωτήσεις από την ήδη υπάρχουσα γνώση

### Στην εποχή του Γαλιλαίου..

#### Μαθηματικά και Φυσική

Την εποχή του Γαλιλαίου, ο απειροστικός λογισμός τον οποίο πρώτοι εισήγαγαν ο Νεύτων και ο Λάιμπνιτς δεν είχε ακόμη αναπτυχθεί.

Οι εμπειρικές σχέσεις που διέπουν την κίνηση των ουρανίων σωμάτων ήταν υπο ανάπτυξη από τον Γιοχάννες Κέπλερ, βασιζόμενες στις δίχως τηλεσκόπιο παρατηρήσεις του Τύχο Μπράχε, ενώ οι νόμοι της Μηχανικής και της Βαρύτητας έμελλαν να γραφούν αρκετές δεκαετίες αργότερα από τον Νεύτωνα βασιζόμενοι στις παρατηρήσεις και τα πειράματα του Γαλιλαίου μεταξύ άλλων.

Η μαθηματική περιγραφή των φαινομένων της Φύσης γινόταν με χρήση της Γεωμετρίας, της Τριγωνομετρίας και των αναλογιών. Τα εργαλεία αυτά ήταν πολύτιμοι βοηθοί του Γαλιλαίου στις μεγάλες ανακαλύψεις που έκανε. Ένας από τους λόγους για τους οποίους ο Ιταλός επιστήμονας έμεινε στην ιστορία ήταν επειδή ήταν πρωτεργάτης στην χρήση των μαθηματικών ως της «γλώσσας» της Φύσης.

#### Πειραματική Τεχνική

«Η πειραματική φυσική είναι ο τρόπος να ανακαλύψεις πρωτογενώς την αλήθεια, διότι τη μετράς»

Αυτό το ρητό συνοψίζει την λογική πίσω από την επιστημονική μέθοδο που εισήγαγε ο Γαλιλαίος, βασιζόμενος στην πειραματική

απόδειξη.

Στην αρχή της περιόδου που έζησε και έδρασε ο μεγάλος επιστήμονας, δεν υπήρχαν όργανα που έχουμε μάθει να τα θεωρούμε δεδομένα, όπως τα ρολόγια, τα μικροσκόπια ή τα τηλεσκόπια.

Ο Γαλιλαίος εργάστηκε άοκνα στο να βελτιστοποιήσει όργανα που είχαν δημιουργηθεί πριν από αυτόν, να δημιουργήσει νέα (όπως το [ρολόι του Γαλιλαίου](#), η [γεωμετρική και στρατιωτική πυξίδα](#) και πολλά άλλα που μπορείτε να βρείτε [εδώ](#).)



### Η αντίληψη για το Σύμπαν

Η ευρύτερη αντίληψη για το σύμπαν την περίοδο του Γαλιλαίου είχε την Γη στο κέντρο του σύμπαντος, με τους πλανήτες, τη Σελήνη και τον Ήλιο να περιστρέφονται γύρω από αυτήν. Η πεποίθηση αυτή πήρε θεολογικές διαστάσεις, αφού έτσι καθιέρωνε τον άνθρωπο ως κέντρο του κόσμου και έδινε προβολή στην αυθεντία της εκκλησίας τόσο σε ιδεολογικό όσο και κοσμικό επίπεδο.

Παρά τη διδασκαλία του Αρίσταρχου σχεδόν δύο χιλιετίες πριν αλλά και το ηλιοκεντρικό σύστημα που πρότεινε ο Κοπέρνικος περί τα 1500μ.Χ, η εκκλησία καταδίωκε με ζήλο και η ποινή της ανυπακοής μπορούσε να είναι μέχρι και ο θάνατος (ως παράδειγμα μπορείτε να δείτε τη ζωή και την κατάληξη του Τζιορντάνο Μπρούνο ο οποίος καταδικάστηκε σε θάνατο στην πυρά για τις 'αιρετικές' του ιδέες.

Μεταξύ αυτών ήταν και η πίστη του στο ηλιοκεντρικό μοντέλο).

Συνθέτοντας το κοινωνικό και επιστημονικό πλαίσιο στο οποίο κινήθηκε ο Γαλιλαίος, θα πρέπει κανείς να λάβει υπ' όψιν του ότι ο Γαλιλαίος δεν ήταν γόνος πλούσιας οικογένειας και έπρεπε να δουλεύει για να ζεί. Η εύνοια των ευγενών της εποχής του ήταν σημαντική τόσο για να εξασφαλίσει τα προς το ζείν όσο και για να μπορέσει το έργο του να αποκτήσει την αναγνωρισιμότητα που του αναλογούσε. Έτσι μπορεί κανείς να αντιληφθεί γιατί κάποια ουράνια αντικείμενα, όπως όρη και κρατήρες της σελήνης και άλλα που ανακαλύφθηκαν από τον Γαλιλαίο πήραν τα ονόματα μεγάλων Ιταλών ευγενών.

Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι η νέα γνώση ήταν προνόμιο των λίγων εύπορων ανθρώπων της υψηλής κοινωνίας της εποχής που μιλούσαν την λατινική γλώσσα. Μία από τις τομές που επέφερε ο Γαλιλαίος ήταν στη διάδοση της επιστημονικής γνώσης μεταφράζοντας τα έργα του στην 'κοινή' Ιταλική γλώσσα της εποχής.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να αντιληφθούμε τη σημασία των ανακαλύψεων του Γαλιλαίου οι οποίες, υπο δύσκολες συνθήκες, έθεσαν τα θεμέλια για να ξαναγραφεί το βιβλίο της Φύσης υπο τη μορφή που το γνωρίσαμε στους αιώνες που ακολούθησαν.

### Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

Η Δραστηριότητα αυτή μπορεί να γίνει αυτόνομα σε χρόνο δύο σχολικών ωρών χωρίς τη χρήση τηλεσκοπίου. Απαιτείται η χρήση υπολογιστών με σύνδεση στο διαδίκτυο οι οποίοι θα Ωστόσο, η διαδικασία μπορεί να εμπλουτιστεί με τη χρήση τηλεσκοπίου η κυαλιών αν υπάρχει ο σχετικός εξοπλισμός και να συνοδευθεί απο ουράνια παρατήρηση του Δία και των δορυφόρων του για αρκετές ημέρες.

Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή δίνει βήμα στο να ακολουθήσει μια δραστηριότητα με την οποία οι μαθητές παρατηρώντας τον Δία θα

μπορούν να μετρήσουν την ταχύτητα του φωτός ακολουθώντας τα βήματα του Ole Roemer (όπως περιγράφεται εδώ για παράδειγμα: <http://portal.discoverthecosmos.eu/el/node/196168> - απαιτείται δωρεάν εγγραφή στο Discover the Cosmos Portal). Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή μπορεί να ακολουθηθεί από μία συζήτηση ή από μία περεταίρω δραστηριότητα αναφορικά με την μέτρηση του γεωγραφικού μήκους όπως προτάθηκε από τον Γαλιλαίο (<http://galileo.rice.edu/sci/observations/longitude.html>).

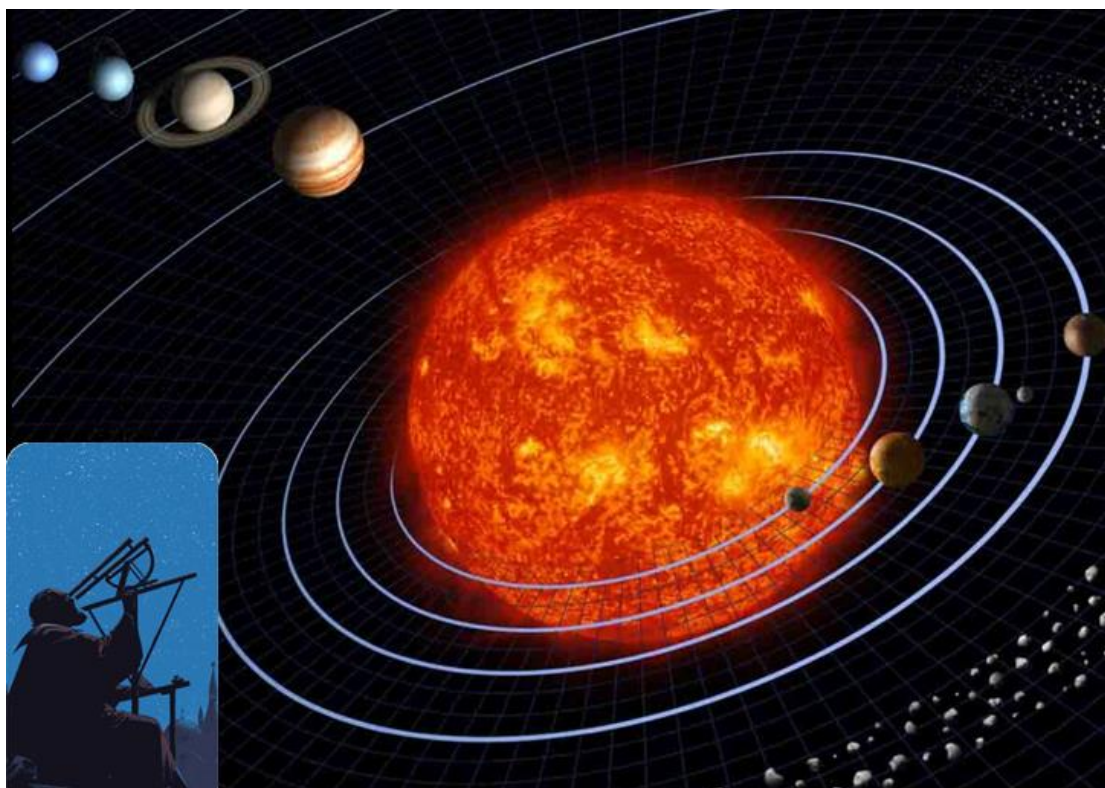
Τέλος, η δραστηριότητα αυτή μπορεί να συνδυαστεί με την δημιουργία μίας θεατρικής αναπαράστασης που αναφέρεται στο έργο του Γαλιλαίου. Για πληροφορίες του πως μπορεί να στηριχθεί μία τέτοια παράσταση, επισκευθείτε την κοινότητα “Learning Science Through Theater” του έργου CREATIONS: <http://portal.opendiscoveryspace.eu/community/learning-science-through-theater-841279>

## Διατύπωση Υποθέσεων και Σχεδιασμός

### Διατύπωση Υποθέσεων

Υποθέστε ότι ζείτε στην εποχή που πιστεύεται ακράδαντα ότι η γή είναι το κέντρο του σύμπαντος. Η κοινή «αλήθεια» είναι ότι όλα τα ουράνια σώματα περιστρέφονται γύρω από τη γή. Ξαφνικά, όπως και στην περίπτωση του Γαλιλαίου, μαθαίνετε για την ύπαρξη του τηλεσκοπίου. Η δεινή πειραματική σας ικανότητα σας κάνει να φτιάξετε μια βελτιωμένη εκδοχή του.

Στη συνέχεια στρέψετε το τηλεσκόπιο στον ουρανό.



Εικόνα: Στρέφοντας το τηλεσκόπιο στον ουρανό

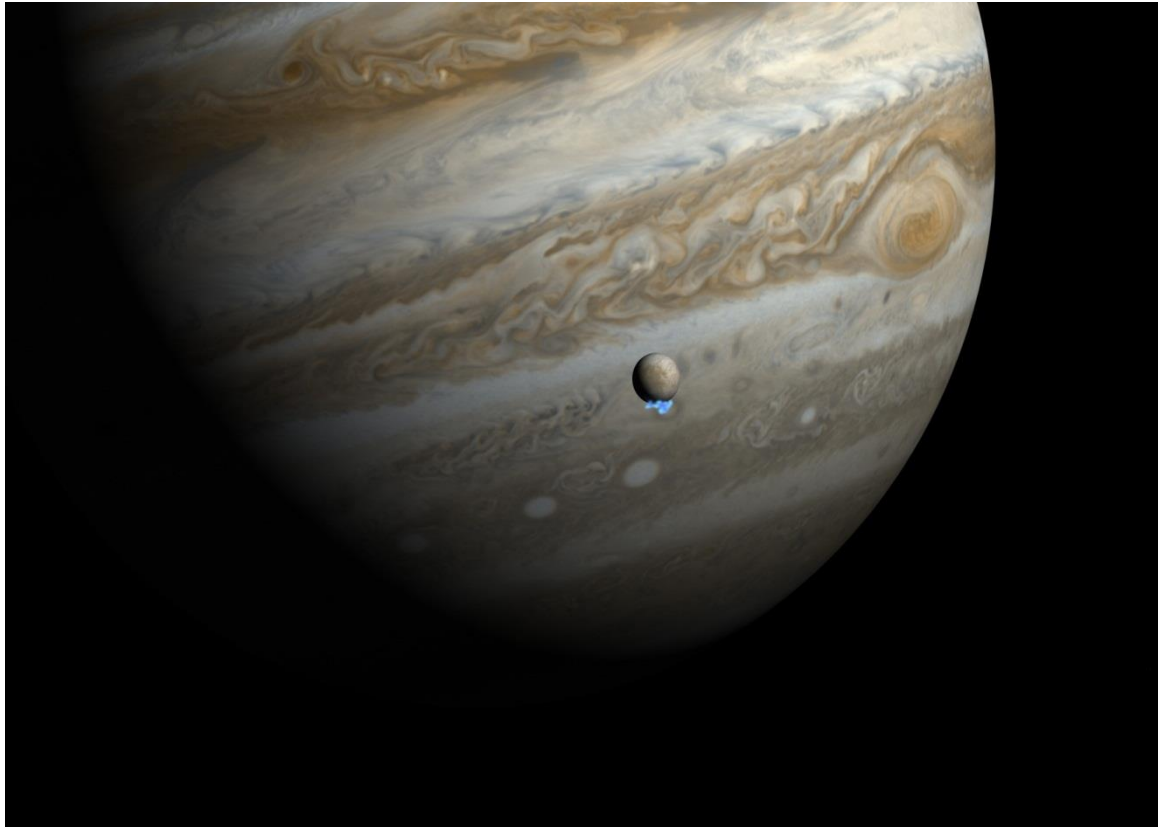
Ακολουθώντας τον παρακάτω σύνδεσμο από το Μουσείο του Γαλιλαίου στην Φλωρεντία μπορείτε να μάθετε περισσότερα για την χρήση του τηλεσκοπίου από το Γαλιλαίο για ουράνιες παρατηρήσεις

και για τις μεγάλες ανακαλύψεις του.



<http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/cannocchiale/index.html>

## Σχεδιασμός Μοντέλου



Υποθέτετε ότι αν η γη είναι στο κέντρο του σύμπαντος, όλα θα γυρίζουν γύρω από αυτήν. Είναι όμως όντως έτσι; Ο Γαλιλαίος έστρεψε το τηλεσκόπιό του στον ουρανό και άρχισε να παρατηρεί σχολαστικά τα ουράνια σώματα και την συμπεριφορά τους.

Ένα από τα πρώτα αντικείμενα που τράβηξαν την προσοχή του, ήταν ο πλανήτης Δίας ο οποίος είναι ορατός σαν ένα λαμπερό ουράνιο σώμα με γυμνό μάτι.

Παρατηρώντας τον Γίγαντα του Ηλιακού συστήματος, ο Γαλιλαίος πρόσεξε 4 λαμπερά ουράνια σώματα που έδειχναν να συνοδεύουν το Δία καθώς αυτός κινούνταν στον ουρανό.

Μελετώντας την κίνησή τους, διαπίστωσε ότι αυτά τα ουράνια σώματα περιστρέφονται γύρω από τον Δία ακριβώς όπως η σελήνη γύρω από τη Γη.

Η παρατήρηση αυτή αποτέλεσε την αρχή της κατάρριψης του γεωκεντρικού συστήματος και της καθιέρωσης του ηλιοκεντρικού

συστήματος.

Δείτε το παρακάτω βίντεο και συζητήστε μεταξύ σας για το πόσο σημαντική πιστεύετε ότι είναι αυτή η ανακάλυψη:

<https://www.youtube.com/watch?v=jGDXY5lULBc>

Στο κύριο μέρος της δραστηριότητάς σας, θα χρησιμοποιήσετε μία ψηφιακή προσομοίωση για να μελετήσετε την κίνηση των φεγγαριών του Δία και να προβλέψετε τα χαρακτηριστικά αυτής.

## Σχεδιασμός και Διερεύνηση

### Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

Η μορφή της δραστηριότητας δεν απαιτεί χρήση τηλεσκοπίου η κυαλιών, παρα μόνο τη χρήση ψηφιακού λογισμικού που δίδεται εδώ:

<http://www.skyandtelescope.com/observing/celestial-objects-to-watch/jupiters-moons-javascript-utility/#>

The screenshot shows the website 'Sky & Telescope' with the article 'Find Jupiter's Moons - Javascript Tool and App' by Gary Seronik and Adrian R. Ashford, dated December 6, 2012. The article features an 'INTERACTIVE SKY CHART' at the top. A red circle highlights the text: 'Launch S&T's interactive tool for observing Jupiter's moons now or read on for some history and explanation of what you'll see.' Below this, there is a small image of a telescope and text promoting an app: 'If you enjoy using this tool, you might be interested in our app for Apple devices: JupiterMoons shows you the locations of Io, Europa, Ganymede, Callisto, and the Great Red Spot at any date and time. Available on the iTunes App Store for \$2.99.' The article body begins with a paragraph about Galileo Galilei's discovery in 1610.

Για να μπορέσετε να εισέλθετε στη σχετική σελίδα απαιτείται πρώτα μια δωρεάν εγγραφή.

Με την επιλογή του σχετικού συνδέσμου ανοίγει ένα νέο παράθυρο στον browser σας:

**SKY & TELESCOPE** Jupiter's Moons

This illustration shows the positions of Jupiter's four Galilean satellites — Io, Europa, Ganymede, and Callisto — in orbit about the planet for any date and time from January 1, 1900, to December 31, 2100.

Direct view

Please choose your view:  Direct view (Erect-image system)  Inverted view (Newtonian / Dobsonian)  Mirror reversed (SCT/Mak/refractor+diagonal)

Date: 03/02/2017 Time: 18:01 UT Time-zone offset from UT in hours (from your Web browser): 2

Reset to current date & time Recalculate using entered date & time -1 day -1 hour -10 min +10 min +1 hour +1 day

Basic data about Jupiter for telescopic observers:

Magnitude: -2.3 Angular size (arcsec): 42.3 Distance (a.u.): 4.66 System II longitude (°): 288

Table of Jovian satellite phenomena:

Display satellite events on date above

Depending on your computer's speed, the table may take a few seconds to recalculate.

Monday, February 27, 2017

08:50 UT, Ganymede enters eclipse by Jupiter's shadow.  
11:20 UT, Ganymede exits eclipse by Jupiter's shadow.  
12:34 UT, Ganymede enters occultation behind Jupiter.  
14:26 UT, Ganymede exits occultation behind Jupiter.  
15:12 UT, Io enters eclipse by Jupiter's shadow.

Εδώ παρουσιάζονται τα 4 μεγαλύτερα φεγγάρια του Δία : C (Καλλιστώ), I(Ηώ), G (Γανυμήδης) και E ( Ευρώπη).

Η προσομοίωση αυτή δίνει μια πραγματική εικόνα των σχετικών αποστάσεων και μεγεθών των δορυφόρων για την ημερομηνία που θα επιλέξετε. Μπορείτε να παρατηρήσετε τις σχετικές θέσεις των δορυφόρων με το Δία για διάφορες ημερομηνίες αλλάζοντας το χρονικό βήμα: (+/- 10 λεπτά, +/- 1 ώρα, +/- 1 ημέρα).

Για να μετρήσετε τις σχετικές αποστάσεις των φεγγαριών, θα χρειαστεί ένας χάρακας.

Στη διαδικασία που θα ακολουθήσουμε, χρησιμοποιούμε έναν ψηφιακό χάρακα τον οποίο μπορείτε να κατεβάσετε από εδώ:

<http://www.pixelruler.de/e/download.htm>

Οι αποστάσεις που θα κληθούν οι μαθητές να μετρήσουν εκφράζονται ως πολλαπλάσια της ακτίνας του Δία, ακολουθώντας την πορεία που είχε ο Γαλιλαίος στις δικές του μετρήσεις.

Προτού οι μαθητές ξεκινήσουν τη δραστηριότητα, θα πρέπει να έχει εγκατασταθεί ο ψηφιακός χάρακας στους υπολογιστές τους και να έχουν ήδη ανοιχτό το παράθυρο της προσομοίωσης. Η διαδικασία αυτή απαιτεί περίπου 15 λεπτά χρόνο προεργασίας.

Αν έχετε π.χ 12 διαθέσιμους ΗΥ στους οποίους θα χωριστούν οι μαθητές, 3 ΗΥ θα ασχοληθούν με την μελέτη του κάθε δορυφόρου ξεχωριστά. Στο τέλος της διερεύνησης, οι μαθητές από κάθε τριάδα ΗΥ θα βγάλουν μέσο όρο των αποτελεσμάτων τους και θα συζητήσουν τα συμπεράσματά τους για κάθε δορυφόρο.

Ανοίξτε τον παρακάτω σύνδεσμο και εξοικειωθείτε με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού σας στα κουμπιά χειρισμού της προσομοίωσης

<http://www.skyandtelescope.com/observing/celestial-objects-to-watch/jupiters-moons-javascript-utility/#>

Κατεβάστε τον «ψηφιακό χάρακα» από εδώ:

<http://www.pixelruler.de/e/download.htm>

## Διερεύνηση

Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητάς σας, θα μελετήσετε την κίνηση των 4 μεγαλύτερων δορυφόρων του Δία χρησιμοποιώντας μια ψηφιακή προσομοίωση της κίνησής τους.

- Χωριστείτε 4 μεγάλες ομάδες. Κάθε ομάδα θα ασχοληθεί με την μελέτη ενός από τους 4 δορυφόρους του Δία: C (Καλλιστώ), I (Ηώ),

G (Γανυμήδης) και E ( Ευρώπη).

- Ανοίξτε την προσομοίωση: Το παράθυρο που θα σας εμφανιστεί είναι το ακόλουθο.

**SKY & TELESCOPE Jupiter's Moons**

This illustration shows the positions of Jupiter's four Galilean satellites — Io, Europa, Ganymede, and Callisto — in orbit about the planet for any date and time from January 1, 1900, to December 31, 2100.

**Direct view**

Please choose your view:  Direct view (Erect-image system)  Inverted view (Newtonian / Dobsonian)  Mirror reversed (SCT/Mak/refractor+diagonal)

Date: 03/02/2017 Time: 18:01 UT Time-zone offset from UT in hours (from your Web browser): 2

Reset to current date & time Recalculate using entered date & time - 1 day - 1 hour - 10 min + 10 min + 1 hour + 1 day

**Basic data about Jupiter for telescopic observers:**

|            |      |                        |      |                  |      |                          |     |
|------------|------|------------------------|------|------------------|------|--------------------------|-----|
| Magnitude: | -2.3 | Angular size (arcsec): | 42.3 | Distance (a.u.): | 4.66 | System II longitude (°): | 288 |
|------------|------|------------------------|------|------------------|------|--------------------------|-----|

**Table of Jovian satellite phenomena:**

Monday, February 27, 2017

- 08:50 UT, Ganymede enters eclipse by Jupiter's shadow.
- 11:20 UT, Ganymede exits eclipse by Jupiter's shadow.
- 12:34 UT, Ganymede enters occultation behind Jupiter.
- 14:26 UT, Ganymede exits occultation behind Jupiter.
- 15:12 UT, Io enters eclipse by Jupiter's shadow.

- Διατηρώντας σταθερές τις τιμές μεγέθους (Magnitude), γωνιακού μεγέθους (Angular Size), απόστασης (Distance) και γεωγραφικού μήκους (System longitude), εξοικειωθείτε με τις υπόλοιπες επιλογές. Δοκιμάστε να μεταβάλετε την ημερομηνία από την επιλογή: Date. Μπορείτε να παρατηρήσετε τις σχετικές θέσεις των δορυφόρων με το Δία για διάφορες ημερομηνίες και ώρες αλλάζοντας το χρονικό βήμα:

+/- 10 λεπτά, +/- 1 ώρα, +/- 1 ημέρα.

- Εκκινήστε το λογισμικό του ψηφιακού χάρακα στον υπολογιστή σας. Εναλλακτικά μπορείτε να χρησιμοποιήσετε

τον δικό σας χάρακα προσαρμόζοντάς τον στην οθόνη σας.

This illustration shows the positions of Jupiter's four Galilean satellites — Io, Europa, Ganymede, and Callisto.

**SKY Jupiter's Moons**

**Direct view**

Please choose your view:  Direct view (Erect-image system)  Inverted view (Newtonian / Dobsonian)  Mirror reversed (SCT/Mak/refractor + diagonal)

Date: 03/02/2017 Time: 18:01 UT Time-zone offset from UT in hours (from your Web browser): 2

Reset to current date & time Recalculate using entered date & time - 1 day - 1 hour - 10 min + 10 min + 1 hour + 1 day

**Basic data about Jupiter for telescopic observers:**

Magnitude: -2.3 Angular size (arcsec): 42.3 Distance (a.u.): 4.66 System II longitude (°): 288

**Table of Jovian satellite phenomena:**

Monday, February 27, 2017

08:50 UT, Ganymede enters eclipse by Jupiter's shadow.  
11:20 UT, Ganymede exits eclipse by Jupiter's shadow.  
12:34 UT, Ganymede enters occultation behind Jupiter.  
14:26 UT, Ganymede exits occultation behind Jupiter.  
15:12 UT, Io enters eclipse by Jupiter's shadow.

-Μετρήστε την ακτίνα του πλανήτη Δία χρησιμοποιώντας τον ψηφιακό χάρακα. Καταγράψτε την τιμή της στο τετράδιό σας.

-Μελετήστε την κίνηση του δορυφόρου που έχετε αναλάβει. Τι είδους κίνηση εκτελεί; Γράψτε το όνομα του δορυφόρου και τη γνώμη σας για την κίνησή του στο τετράδιό σας.

Πειραματιστείτε με τις χρονικές επιλογές και επιλέξτε το χρονικό βήμα το οποίο σας εξυπηρετεί. Επιλέγοντας +10min π.χ θα δείτε τη θέση των δορυφόρων 10 λεπτά μετά από τη στιγμή εκκίνησης. Καταγράψτε το χρονικό βήμα που επιλέξατε στο τετράδιό σας

-Εξετάστε αν η κίνηση του δορυφόρου σας είναι περιοδική. Αν ναι, μετρήστε την περίοδο και καταγράψτε την στο τετράδιό σας. Σημειώστε τον τρόπο που μετρήσατε την περίοδο.

-Μετρήστε την απόσταση του δορυφόρου σας από τον Δία ως πολλαπλάσιο της ακτίνας του Δία.

-Ο Γαλιλαίος δεν γνώριζε εκ των προτέρων την τιμή της ακτίνας του Δία. Ωστόσο εκφράζοντας τις αποστάσεις των δορυφόρων ως πολλαπλάσια της ακτίνας, μπόρεσε να εξάγει ποσοτικά αποτελέσματα για την κίνησή τους.

-Βρείτε την μέγιστη απόσταση του δορυφόρου σας από τον Δία ως συνάρτηση της ακτίνας του Δία και καταγράψτε την στο τετράδιό σας.

Ποια πιστεύετε ότι είναι η φυσική σημασία αυτής της απόστασης;

## Ανάλυση και Ερμηνεία

### Ανάλυση και ερμηνεία: Εξαγωγή αποτελεσμάτων από τα δεδομένα

-Συζητήστε με τους υπόλοιπους συμμαθητές σας που μελέτησαν τον ίδιο δορυφόρο.

Αφού αντιπαραβάλετε τα αποτελέσματά σας και συγκρίνετε τις μεθόδους σας,

βρείτε τον μέσο όρο των μετρήσεών σας για την μέγιστη απόσταση,  $R$  του δορυφόρου από τον Δία και για την περίοδο της κίνησής του  $T$ . Σημειώστε τις μονάδες μέτρησής σας για τα δύο μεγέθη.

-Σας δίδεται η ακτίνα του Δία:  $R_0 = 69,991 \text{ km}$ .

Βρείτε την μέγιστη απόσταση του δορυφόρου σας από τον Δία σε km.

-Αν η κίνηση των δορυφόρων γύρω από το Δία είναι κυκλική, τότε η μέγιστη απόσταση από αυτόν ισούται με την ακτίνα της τροχιάς.

-Αν η κίνηση των δορυφόρων είναι κυκλική, τότε η ταχύτητα περιστροφής τους δίδεται από τη σχέση  $u = 2\pi R/T$ .  
Υπολογίστε την ταχύτητα και καταγράψτε την τιμή της σε km/hr.

-Συγκρίνετε την περίοδο  $T$  και την ακτίνα  $R$  που μετρήσατε με τις πραγματικές τιμές τους:

[http://www.pa.msu.edu/people/horvatin/Astronomy\\_Facts/planet\\_pages/Jupiters\\_moons.htm](http://www.pa.msu.edu/people/horvatin/Astronomy_Facts/planet_pages/Jupiters_moons.htm).

- Σχηματίστε τον λόγο  $T^2/R^3$  και υπολογίστε την τιμή του για τον δορυφόρο σας.

- Μεταφέρετε τον παρακάτω πίνακα στο τετράδιό σας και συμπληρώστε τον.

| Όνομα<br>Δορυφόρου | Ακτίνα:<br>R(km) | Περίοδος:<br>T(hr) | Ταχύτητα:<br>u (km/hr) | $T^2/R^3$<br>(hr <sup>2</sup> /km <sup>3</sup> ) |
|--------------------|------------------|--------------------|------------------------|--|
|                    |                  |                    |                        |  |

## Συμπεράσματα και Αξιολόγηση

### Συμπέρασμα και επικοινωνία

Η κάθε ομάδα θα παρουσιάσει τον τελικό πίνακα αποτελεσμάτων της στους υπόλοιπους συμμαθητές και θα συζητήσει σύντομα τη

μέθοδο που ακολούθησε και τα συμπεράσματα που εξήγαγε.

Για κάθε φεγγάρι του Δία παρατηρήστε την τροχιακή ταχύτητά του και την ακτίνα της τροχιάς του. Συζητήστε: Πως εξαρτάται η ταχύτητα από την ακτίνα;

Προσπαθήστε να εξηγήσετε το φαινόμενο με επιχειρήματα Φυσικής.

Συγκρίνετε τις τιμές του λόγου  $T^2/R^3$  για κάθε δορυφόρο.

Είναι ίδιος η διαφέρει; Τι θα περιμένετε;

### Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

Αν οι μαθητές έχουν διδαχθεί την κυκλική κίνηση και τον νόμο της Παγκόσμιας έλξης, τότε μπορείτε να τους δείξετε το παρακάτω βίντεο ή να τους αποδείξετε στον πίνακα τον τρίτο νόμο του Κέπλερ:  $T^2/R^3 = \text{σταθερό}$ .

<https://www.youtube.com/watch?v=FjAdqriQbac&t=244s>

Αν όχι μπορείτε απλά να τους αναφέρεται ότι με βάση τους νόμους της ουράνιας μηχανικής, αυτός ο νόμος ισχύει καθολικά και να τους καλέσετε ως άσκηση να διαπιστώσουν αν αυτό είναι αληθές σχηματίζοντας τον λόγο  $T^2/R^3$  για την περιστροφή των πλανητών γύρω από τον Ήλιο.

Η εξάρτηση της ταχύτητας από την ακτίνα μπορεί να βρεθεί με το ίδιο σκεπτικό (εξισώνοντας την κεντρομόλο δύναμη με την βαρυτική έλξη του Δία και εκφράζοντας την ταχύτητα ως συνάρτηση της ακτίνας).

## Αξιολόγηση/Αναστοχασμός

Επισκευθείτε τον παρακάτω σύνδεσμο από το Μουσείο του Γαλιλαίου και επιλέξτε «The Satellites of Jupiter».

<http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/cannocchiale/dswmedia/simul/a/esimulai.html>



Η επιλογή αυτή θα σας οδηγήσει στο παρακάτω παράθυρο στο οποίο παρουσιάζονται τρία όργανα που κατασκεύασε ο Γαλιλαίος για τη μελέτη του Δία.

**History** **Galileo's telescope** — *The satellites of Jupiter*

**Explore**

**Simulation**

The astronomical discoveries

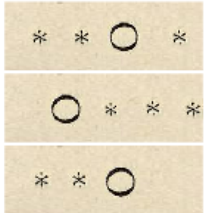


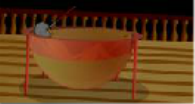
The performance of the telescope

Test

Resources

Home

On the night of January 7, 1609, while observing Jupiter with his telescope, Galileo (1564-1642) noticed in the vicinity of the planet three "small but very bright" stars. On the next evening he found the little stars occupying a different position in respect to Jupiter, as if the planet have moved eastward, but since in those days, according to the astronomical tables, the planet should have been retrograde and thus moving to the west, he decided to observe the phenomenon systematically. On the 10th, Galileo understood that the positions observed could be explained only by admitting that the three little stars were moving around the planet. Then on the night of the 13th he discovered a fourth celestial body orbiting around Jupiter. The discovery constituted an argument in favour of the Copernican system, or rather, it eliminated what had by some been considered an anomaly, a jarring note in the elegant heliocentric architecture. If in fact, for Copernicus (1473-1543), the Sun was the new centre around which the planets moved, then why should the Earth alone have a satellite, the Moon, orbiting around it? The satellites of Jupiter demonstrated, on the contrary, that other planets too can have celestial bodies orbiting around them and thus be, in turn, the centre of astral motions.

Micrometer Jovilabe Celatone

The astronomical discoveries

Δείτε τα σχετικά βίντεο και σχολιάστε:

Είχε δίκαιο ο Γαλιλαίος που υποστήριξε ότι η παρατήρηση των φεγγαριών του Δία αποτελεί σταθμό στην καθιέρωση του ηλιοκεντρικού συστήματος;

### Διερευνήστε διαφορετικές εξηγήσεις

Δείτε το παρακάτω βίντεο για να μάθετε μερικά ενδιαφέροντα γεγονότα για τον πλανήτη Δία:

<https://www.youtube.com/watch?v=BZnDB5VjiT8>

Στο βίντεο αυτό μπορείτε να δείτε ένα βίντεο παραγωγής του Ιδρύματος Ευγενίδου για την ζωή και τη συνεισφορά του Γαλιλαίου στην Επιστήμη:

<https://www.youtube.com/watch?v=ouwojtQUHws>

### Υστερη Δραστηριότητα :

Αν έχετε τηλεσκόπιο ή κυάλια στη διάθεσή σας, μπορείτε να οργανώσετε μια παρατήρηση του Δία και να συγκρίνετε τη θέση των δορυφόρων που θα δείτε με την εικόνα που σας δίνει η προσομοίωση.