

## Projects Εργαστηρίου Κατεύθυνσης 2024

Θεοχάρης Αποστολάτος

**Θέμα 1. Φωτογράφιση μελανών οπών.** Αναζήτηση των πληροφοριών σχετικά με τη μελανή οπή που μπορεί να μας προμηθεύσει η μελέτη άμεσων φωτογραφιών των μελανών οπών του γαλαξία M87 (το 2019) και του Γαλαξία μας (το 2022). Παρατηρησιακές δυσκολίες που έπρεπε να ξεπεραστούν για να γίνει εφικτή η φωτογράφιση.

**Θέμα 2. Φασματοσκοπική μελέτη των S αστέρων.** Πώς μπορούν οι φασματοσκοπικές αναλύσεις να συγκεραστούν με αυτές στο εγγύς υπέρυθρο ώστε να εκτιμηθεί καλύτερα η μάζα της μελανής οπής στο κέντρο του Γαλαξία μας.

**Θέμα 3. Ο pulsar Hulse-Taylor και η μεταβολή της περιόδου του σε σύνδεση με την εκπεμπόμενη βαρυτική ακτινοβολία.** Πώς η βαρυτική ακτινοβολία επηρεάζει την περίοδο εκπομπής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από το ομώνυμο pulsar και τι πληροφορίες μας δίνει η αλλαγή αυτή για το διπλό σύστημα στο οποίο ανήκει ο pulsar.

## Θέμα 1. Ηλιακές εκρήξεις και μαγνητικές καταιγίδες

Οι κρίκοι της αλυσίδας της γεωηλιακής σύζευξης περιλαμβάνουν κατά σειρά: ηλιακή έκλαμψη, στεμματική εκτίναξη μάζας, διαμόρφωση του διαπλανητικού μαγνητικού πεδίου και εκδήλωση (ή όχι) μαγνητικής καταιγίδας.

Να συγκρίνετε το «γεωαποτέλεσμα» των δύο ηλιακών εκρήξεων που εκδηλώθηκαν στις 7 Μαρτίου 2012 και στις 7 Ιανουαρίου 2014. Για τον σκοπό αυτό ακολουθείτε τα παρακάτω βήματα:

- i. Και στις δύο περιπτώσεις η έκλαμψη ήταν από τις ισχυρότερες που έχουν καταγραφεί. Διαπιστώνετε την ισχύ της ηλιακής έκλαμψης από μετρήσεις γεωστατικών δορυφόρων GOES (<https://www.spaceweatherlive.com/en/solar-activity/top-50-solar-flares.html>). **Τυπώνετε τα διαγράμματα και τα επισυνάπτετε στην εργασία**, αναφέροντας το μέγεθος της έκλαμψης.
- ii. Αναζητείτε τα χαρακτηριστικά των στεμματικών εκτινάξεων μάζας (CME) στον ιστοχώρο <https://www.sidc.be/cactus/> (“CACTus LASCO CME catalog”).
- iii. Αναζητείτε παραμέτρους του διαπλανητικού διαστήματος και της μαγνητοσφαιρικής δραστηριότητας στον ιστοχώρο <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html> και επιλέγετε “Plot data” ή “Create file”

Σχολιάστε διεξοδικά, χρησιμοποιώντας όλα τα στοιχεία, το διαφορετικό γεωαποτέλεσμα (ως ένταση μαγνητικής καταιγίδας, που αντιπροσωπεύεται από τον δείκτη Dst) των δύο ηλιακών εκρήξεων.

### Βιβλιογραφία:

Tuija Pulkkinen, “Space Weather: Terrestrial Perspective”,  
Living Rev. Solar Phys. 2007  
<http://www.livingreviews.org/lrsp-2007-1>

Daglis et al., “Intense space storms: Critical issues and open disputes”  
JGR Space Physics 2003  
<https://doi.org/10.1029/2002JA009722>

## Θέμα 2. Ηλιακός άνεμος και μαγνητοσφαιρική δραστηριότητα

Αναζητήστε την παράμετρο του ηλιακού ανέμου που παρουσιάζει την καλύτερη συσχέτιση με:

- i. Τον δείκτη μαγνητικών καταιγίδων Dst
- ii. Τον δείκτη υποκαταιγίδων AL

για τα 2+2 χρόνια πριν και μετά το ηλιακό μέγιστο του ηλιακού κύκλου 23 (Νοέμβριος 2001) και για 2+2 χρόνια πριν και μετά το ηλιακό ελάχιστο του ηλιακού κύκλου 24 (Δεκέμβριος 2008). Χρησιμοποιήστε δεδομένα από τον ιστοχώρο <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>

### Βιβλιογραφία:

Newell et al., “A nearly universal solar wind-magnetosphere coupling function inferred from 10 magnetospheric state variables”,  
JGR Space Physics 2007  
<https://doi.org/10.1029/2006JA012015>

Spencer et al., “Influence of solar wind–magnetosphere coupling functions on the Dst index”  
JGR Space Physics 2011  
<https://doi.org/10.1029/2011JA016780>

Myllys et al. 2016, “Solar wind-magnetosphere coupling efficiency during ejecta and sheath-driven geomagnetic storms”  
JGR Space Physics 2016  
<https://doi.org/10.1002/2016JA022407>

### Θέμα 3. Αίτια ισχυρών μαγνητικών καταιγίδων

Εντοπίστε όλες τις ισχυρές μαγνητικές καταιγίδες από το 1990 μέχρι σήμερα (ελάχιστη τιμή του δείκτη Dst κάτω από  $-100$  nT) και αναζητήστε την παράμετρο του ηλιακού ανέμου που παρουσιάζει την ισχυρότερη συσχέτιση με τον ελάχιστο Dst. Χρησιμοποιήστε δεδομένα από τον ιστοχώρο <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>

#### Βιβλιογραφία:

Ji et al., “Statistical comparison of interplanetary conditions causing intense geomagnetic storms ( $Dst \leq -100$  nT)”  
JGR Space Physics 2010  
<https://doi.org/10.1029/2009JA015112>

Daglis et al., “Intense space storms: Critical issues and open disputes”  
JGR Space Physics 2003  
<https://doi.org/10.1029/2002JA009722>

### Θέμα 4. Οι δύο ισχυρότερες μέχρι σήμερα μαγνητικές καταιγίδες του 2024

Αναζητήστε, ταξινομήστε και σχολιάστε ηλιακά, διαπλανητικά και μαγνητοσφαιρικά δεδομένα που αφορούν τις δύο ισχυρότερες μέχρι σήμερα μαγνητικές καταιγίδες του 2024, που εκδηλώθηκαν τον Μάιο και του Οκτώβριο. Ενδεικτικά, θα πρέπει να εντοπίσετε στοιχεία για εκλάμψεις, στεμματικές εκτινάξεις μάζας (CME), παραμέτρους του διαπλανητικού διαστήματος και της μαγνητοσφαιρικής δραστηριότητας.

#### Βιβλιογραφία:

Tuija Pulkkinen, “Space Weather: Terrestrial Perspective”,  
Living Rev. Solar Phys. 2007  
<http://www.livingreviews.org/lrsp-2007-1>

Ying D. Liu, et al, “A Pileup of Coronal Mass Ejections Produced the Largest Geomagnetic Storm in Two Decades”  
The Astrophysical Journal Letters 2024  
<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad7ba4>

## Καλλιόπη Δασύρα

**Θέμα 1. Μπορεί η καμπύλη περιστροφής να μας βοηθήσει να ξεχωρίσουμε εισροές από εκροές μάζας στο γαλαξία, MACS1931.8-2635, που είναι στο κέντρο ενός cluster στο μακρινό Σύμπαν;**

Θα χρησιμοποιήσετε JWST ή/και δεδομένα από το VLT για να κάνετε κινηματική μελέτη του γαλαξία αυτού και να δείτε κατά πόσον, μπορείτε να βρείτε κινήσεις αερίου που να δηλώνουν μεταφορά μάζας προς/από αυτόν από το γύρω χώρο, σε αποστάσεις συγκρίσιμες με την άλω σκοτεινής ύλης, της τάξεως των ~30 kpc. Η εισροή μπορεί να οφείλεται είτε σε νήματα από ψύξη αερίου του cluster, είτε σε ύλη που αποσπάστηκε από άλλους γαλαξίες. Η εκροή, σε ανάδραση από πίδακα μαύρης τρύπας.

### **Βιβλιογραφία:**

Ciocan et al. 2021, A&A, 649, 23

Ghodsi et al. 2024, A&A, 689, 67 and ApJ, submitted

**Θέμα 2. Σε τι οφείλεται η ασυμμετρία στην καμπύλη περιστροφής του γαλαξία NGC5055 που μελετήθηκε στο εργαστήριο;**

Έχει προταθεί ότι μια μετατόπιση στο κέντρο του γαλαξία σε σχέση με το άλω σκοτεινής ύλης που τον φιλεξενεί μπορεί να εξηγήσει την ασυμμετρία στις παρατηρηθήσες ταχύτητες για συμμετρικές θέσεις σε σχέση με το 0. Θα χρησιμοποιήσετε ένα προφίλ σκοτεινής ύλης μετατοπισμένο από το αστρικό να δείτε κατά πόσον ισχύει. Θα συζητηθούν κι άλλα σενάρια όπως η ύπαρξη στρεβλώσεων του δίσκου αερίου.

### **Βιβλιογραφία:**

Jovanovich 2017, MNRAS, 469, 3564

Battaglia et al. 2006, A&A, 447, 49

**Θέμα 3. Μπορεί να μετρηθεί η έγκλειστη μάζα από την καμπύλη περιστροφής γραμμών εκπομπής ιονισμένου αερίου στον γαλαξία NGC1068 με ενεργό γαλαξιακό πυρήνα, αστρογένεση, και πίδακα;**

Ο γαλαξίας NGC1068 θεωρείται πρωτότυπο ενός AGN, έχοντας ενεργή μαύρη τρύπα, πίδακες, αλλά κι αστρογένεση. Θα χρησιμοποιήσετε έναν οπτικό κύβο δεδομένων, από το όργανο MUSE σε τηλεσκόπιο του Very Large Telescope για να μελετήσετε την κινηματική του γαλαξία. Στόχος, όπως και στην προηγούμενη άσκηση, είναι να δούμε εαν μπορούμε να εξάγουμε μια έγκλειστη μάζα από τις γραμμές ιονισμένου αερίου που φαίνονται στα δεδομένα.

### **Βιβλιογραφία:**

Venturi et al. (2021)

García-Burillo et al. (2016)

**Θέμα 4. Μπορεί να βρεθεί έγκλειστη μάζα από γραμμές εκπομπής ιονισμένου αερίου στον γαλαξία υπό σύγκρουση NGC3256;**

Ο γαλαξίας NGC3256 είναι ένα σύστημα γαλαξιών υπό σύγκρουση. Θα χρησιμοποιήσετε έναν οπτικό κύβο δεδομένων, από το όργανο MUSE σε τηλεσκόπιο του Very Large Telescope για να μελετήσετε την κινηματική του γαλαξία. Στόχος είναι να δούμε εάν θα μπορέσει να εξαχθεί χρήσιμη πληροφορία αναφορικά με την έγκλειστη μάζα από τις γραμμές ιονισμένου αερίου που φαίνονται στα δεδομένα.

**Βιβλιογραφία:**

Brunetti et al. 2021, MNRAS, 500, 4748

English et al. 2003, AJ, 125, 1134

Sakamoto et al. 2014, ApJ, 797, 90

### **Θέμα 1. Αστρική Φασματοσκοπία - Εύρεση πίεσης ηλεκτρονίων**

Χρησιμοποιώντας τα φάσματα που σας έχουν δοθεί στο εργαστήριο, εξερευνήστε την εξάρτηση της έντασης χαρακτηριστικών φασματικών γραμμών από τη θερμοκρασία. Βρείτε για κάποια φάσματα κατάλληλες γραμμές (διαφορετικές καταστάσεις ιονισμού του ίδιου στοιχείου, και διαφορετικές μεταβάσεις του ίδιου ιόντος) για τον υπολογισμό της πίεσης ηλεκτρονίων στην αστρική ατμόσφαιρα. Χρειάζεστε: Τα εργαλεία που μάθαμε στο εργαστήριο. Εξίσωση Boltzmann και εξίσωση Saha (βλ. Φυσική των αστέρων)

### **Θέμα 2. Αστρική Φασματοσκοπία – Εύρεση του ρυθμού αστρικής δημιουργίας σε έναν γαλαξία**

Θα χρησιμοποιήσουμε το οπτικό φάσμα ενός σπειροειδούς γαλαξία γύρω από τη γραμμή  $H\alpha$  του υδρογόνου για να εκτιμήσουμε τον ρυθμό δημιουργίας αστέρων σε αυτόν. Επίσης θα προσπαθήσουμε να εκτιμήσουμε τον αριθμό ιονιζόντων φωτονίων που εκπέμπονται ανά δευτερόλεπτο και τον αριθμό των άστρων τύπου O5-B1 που θα απαιτούνταν για να ιονίσουν το αέριο. Η ανάλυση φασματικών γραμμών είναι παρόμοια με αυτή που ακολουθήσαμε στο εργαστήριο, αλλά για γραμμές εκπομπής αντί απορρόφησης.

### **Θέμα 3. Αστρονομία ακτίνων Χ- Συστελλόμενος λευκός νάνος;**

Η εξέλιξη της ιδιοπεριστροφής ενός συμπαγούς υπολείμματος μπορεί να έχει διάφορα αίτια. Στη περίπτωση ενός λευκού νάνου (ΛΝ) η αύξηση του ρυθμού ιδιοπεριστροφής (spin-up) λόγω προσαύξεσης μάζας μπορεί να είναι πολύ μικρή. Μία εναλλακτική θεωρία υποστηρίζει ότι το παρατηρούμενο spin-up μπορεί να οφείλεται σε συστολή/κατάρρευση του ΛΝ. Στην άσκηση αυτή θα διερευνήσουμε μία τέτοια πιθανή περίπτωση. Θα χρησιμοποιήσουμε τα εργαλεία που γνωρίσαμε στο εργαστήριο.

### **Θέμα 4. Χαρακτηρισμός θερμοπυρηνικών εκλάμψεων από την επιφάνεια αστέρων νετρονίων.**

Οι αστέρες αυτοί βρίσκονται σε διπλά συστήματα και δέχονται μάζα από αστέρα κύριας ακολουθίας. Το υλικό αυτό εναποτίθεται στην επιφάνεια τους μέχρι να φτάσει μια κρίσιμη τιμή και τότε καίγεται αστραπιαία. Η ανάλυση βασίζεται σε αρχεία fits και τη δημιουργία χρονοσειρών από αυτά. Στη συνέχεια γίνεται υπολογισμός της ενέργειας που εκλύεται από τις εκλάμψεις και σύγκριση με θεωρία. Για την εργασία προτείνεται χρησιμοποιηθούν εργαλεία της Python αλλά μπορεί να γίνει και με χρήση Torcat.

### **Θέμα 5: Τομογραφία της μεσοαστρικής ύλης με ακτίνες Χ.**

Στην άσκηση αυτή θα κάνουμε “τομογραφία” της μεσοαστρικής ύλης του γαλαξία μας μεταξύ μιας πηγής ακτίνων Χ και του παρατηρητή, χρησιμοποιώντας τη σκέδαση ακτίνων Χ από το μεσοαστρικό υλικό. Στόχος είναι η χαρτογράφηση του μεσοαστρικού υλικού, δηλαδή να βρούμε πόσα νέφη υπάρχουν μεταξύ παρατηρητή και πηγής και σε πόση απόσταση. Επίσης μπορεί να γίνει σύγκριση με άλλους τρόπους μέτρησης. Χρειάζεστε εργαλεία που (θα μάθουμε) μάθαμε στο εργαστήριο ακτίνων Χ (κυρίως DS9), και απλούς αναλυτικούς υπολογισμούς.

### **Θέμα 6: Ανάλυση Δομών Νηματίων στο Υπέρλαμπρο Υπόλειμμα του Tycho**

Η εργασία αυτή εστιάζει στην ανάλυση εικόνων του Tycho (SN 1006), ενός υπολείμματος υπερκαινοφανούς, από το διαστημικό τηλεσκόπιο Chandra. Ορισμένα νεαρά υπολείμματα υπερκαινοφανών, όπως ο Tycho, εκπέμπουν ακτινοβολία synchrotron σε στενά νημάτια, τα οποία αναφέρονται ως "λεπτοί δακτύλιοι" στην περιφέρειά τους. Οι φοιτητές θα χρησιμοποιήσουν το λογισμικό DS9 (ή rghon) με σκοπό την ανίχνευση και ανάλυση νηματίων. Στόχος είναι οι φοιτητές να κατανοήσουν τη φυσική που διέπει τα υπολείμματα υπερκαινοφανών και τη σημασία των δομών νηματίων στη μελέτη της εξέλιξης των υπολειμμάτων.

### **Θέμα 7: Ανίχνευση και χαρακτηρισμός πηγών ακτίνων Χ σε ένα πεδίο στα Νέφη του Μαγγελάνου.**

Η εργασία περιλαμβάνει τον χαρακτηρισμό πηγών ακτίνων Χ πηγών στο μεγάλο νέφος του Μαγγελάνου με βάση καταλόγους από το eROSITA, και σύγκριση με οπτικούς καταλόγους. Με βάση τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν δείκτες σκληρότητας (χρώμα) στις ακτίνες Χ και θα επιχειρηθεί η ταξινόμηση και ταυτοποίησή των πηγών. Θα χρειαστεί να δουλέψετε με καταλόγους και με εργαλεία όπως torcat ή rghon.



### Θέμα 1

Υπολογισμός αστρικών παραμέτρων με τη χρήση των εξισώσεων κλίμακας και την τεχνική της αστεροσεισμολογίας

Η μελέτη στοχαστικών αναπάλσεων σε μεμονωμένους αστέρες, μπορεί να οδηγήσει σε έναν ανεξάρτητο από μοντέλα υπολογισμό των αστρικών παραμέτρων, μέσω των αστεροσεισμικών σχέσεων κλίμακας, αφού προσδιοριστούν η μεγάλη διαφορά συχνοτήτων  $\Delta\nu$  και η συχνότητα μέγιστης ισχύος  $\nu_{\max}$ . Έχει διαπιστωθεί, ότι η μοντελοποίηση, μέσω της θεωρίας των διπλών εκλειπτικών συστημάτων, παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα για τις αστρικές παραμέτρους, είναι σαφές πως οι αστεροσεισμικές σχέσεις κλίμακας υπερεκτιμούν τις τιμές των παραμέτρων των δύο ερυθρών γιγάντων. Συστηματική υπερεκτίμηση της μάζας οδηγεί σε υποεκτίμηση της αστρικής ηλικίας, η οποία μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις για την αστεροσεισμολογία που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των αποστάσεων στο Σύμπαν. Με τη βοήθεια των δεδομένων από τις διαστημικές αποστολές TESS και PLATO ενδέχεται να ανιχνευτούν στοχαστικές αναπάλσεις σε αστέρες παρόμοιους με τον Ήλιο που να ανήκουν σε εκλειπτικά αστρικά συστήματα, ώστε να πραγματοποιηθεί έλεγχος και γι' αυτούς. Χάρη στα διπλά εκλειπτικά αστρικά συστήματα η επιστημονική κοινότητα θα κατέχει ένα ισχυρό και ελεγμένο, ανεξάρτητο από μοντέλα εργαλείο για τον υπολογισμό των αστρικών παραμέτρων και την εξερεύνηση των δυναμικά κατοικήσιμων πλανητών.

Ορισμός των εννοιών: Εξισώσεις κλίμακας και βαθμονόμηση.

Υπολογισμός  $M$ ,  $R$ ,  $L$  και απόστασης αστέρων με βάση τις εμπειρικές εξισώσεις.

Ποια είναι η απόσταση του αστέρα από τις άμεσες παρατηρήσεις; Γιατί υπάρχουν διαφορές;

Συνεισφορά της Αστεροσεισμολογίας στη μελέτη των φυσικών παραμέτρων σε αστέρες (σημαντική συνεισφορά στην αστρική εξέλιξη).

Εφαρμογή στα διπλά αστρικά συστήματα: KIC 8430105 και KIC 9970396 (δεδομένα από τη διαστημική αποστολή Kepler)

- <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid> (SIMBAD)
- <https://ui.adsabs.harvard.edu/> (Astrophysical Data System - ADS)
- Bellinger E. P. et al., 2016, ApJ, 830, 31
- Bellinger E. P., 2018, Inverse Problems in Asteroseismology, New York
- Bellinger E. P. et al., 2019, A&A, 622, A130
- Bellinger E. P., 2019, MNRAS, 486, 4612B
- Di Mauro, M. P., et al. 2011, MNRAS, 415, 3783
- Garcia, R. A., 2015, "Observational techniques to measure solar and stellar oscillations", in EAS Publications Series, EAS Publications Series, 73
- Garcia, R. A., Ballot, J., 2019, Living Reviews in Solar Physics, 16,4
- Gaulme, P., McKeever, J., Jackiewicz J., et al., 2016, ApJ, 832, 121
- Handler, G. 2013 in 'Planets, Stars and Stellar Systems: Stellar Structure and Evolution' Vol. 4, by Oswalt, Terry D.; Barstow, Martin A. eds. SpringerNetherlands, Dordrecht, p. 207

## Θέμα 2

Προσδιορισμός φυσικών και τροχιακών χαρακτηριστικών σε αστεροειδείς της Κύριας Ζώνης, σε Μεταποσειδώνια Αντικείμενα (TNO) και νάνους πλανήτες της Ζώνης Kuiper (KBO) με τη μέθοδο των επιπροσθήσεων

Αστρονομικές επιπροσθήσεις είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών για τις αστρικές και πλανητικές παραμέτρους. Νάνοι πλανήτες του Ηλιακού Συστήματος, αστεροειδείς, και Μετα-Ποσειδώνια Αντικείμενα (TNO) παρατηρούνται και μελετώνται δύσκολα, λόγω των μικρών τους διαστάσεων και της μεγάλης απόστασής τους από τη Γη. Καθώς όμως περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο, συχνά επικαλύπτουν μακρινά αστέρια του πεδίου, δίνοντας έτσι τη μοναδική ευκαιρία να υπολογιστεί το μέγεθος, το σχήμα και η ενδεχόμενη ύπαρξη ατμόσφαιρας ή δακτυλίων.

Ορισμός των εννοιών: Έκλειψη, επιπρόσθηση, διάβαση

Πλανητική εξερεύνηση - Planetaryscience - Planetology

Μελέτη αντικειμένων TNO, KBO

Αναζήτηση επιπροσθήσεων στο IOTA και LESIA (LuckyStar)

- <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid> (SIMBAD)
- <https://ui.adsabs.harvard.edu/> (Astrophysical Data System - ADS)
- <https://lesia.obspm.fr/lucky-star/>
- <https://occultations.org/>
- <https://occultations.org/observing/occultation-predictions/>
- [http://users.uoa.gr/~kgaze/research\\_occultations\\_gr.html](http://users.uoa.gr/~kgaze/research_occultations_gr.html)

### Θέμα 3

Φωτομετρική αναζήτηση μεταβλητών αστέρων πεδίου από επίγεια “allskysurveys” στον Γαλαξία

Η φωτομετρία του ουρανού από επίγεια ή διαστημικά τηλεσκόπια παρέχει τα δεδομένα για την καλύτερη κατανόηση του Γαλαξία και της κατανομής των αστέρων σε αυτόν. Τα δεδομένα από τις φωτομετρικές επισκοπήσεις του ουρανού χρησιμοποιούνται για την συστηματική χαρτογράφηση του Σύμπαντος και την ανακάλυψη νέων φυσικών αντικειμένων και φαινομένων. αυτής της διαδικασίας γίνεται εφικτή η χωρική κατανομή των μεταβλητών αστέρων του Γαλαξία, η οποία είναι απαραίτητη για την περαιτέρω κατανόησή του. Επιπλέον, μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με τις πιο συνηθισμένες κατηγορίες μεταβλητών αστέρων που συναντούμε στον Γαλαξία. Το πόσο συχνά παρατηρείται κάθε κατηγορία μεταβλητών αστέρων οφείλεται τόσο στην ίδια κατανομή τους στον Γαλαξία, όσο και στη συγκεκριμένη οργανολογία που χρησιμοποιούμε. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από όλα τα επίγεια και διαστημικά τηλεσκόπια τα οποία έχουν αφιερώσει μέρος της ερευνητικής τους δραστηριότητας στην φωτομετρική επισκόπηση του ουρανού. Τα τηλεσκόπια αυτά έχουν αυτοματοποιήσει την διαδικασία και την εφαρμόζουν σε όλο τον ουράνιο θόλο.

<http://simbad.cds.unistra.fr/simbad/>

<https://vizier.cds.unistra.fr/viz-bin/VizieR>

<https://www.aavso.org/sites/default/files//Variable%20Star%20Classification%20and%20Light%20Curves%20Manual%202.1.pdf>

[https://www.aavso.org/sites/default/files/publications\\_files/ccd\\_photometry\\_guide/CCDPhotometryGuide-Greek/GreekPhotometryGuide-Chapter5.pdf](https://www.aavso.org/sites/default/files/publications_files/ccd_photometry_guide/CCDPhotometryGuide-Greek/GreekPhotometryGuide-Chapter5.pdf)

<https://catalina.lpl.arizona.edu/>

<https://www.eso.org/public/teles-instr/paranal-observatory/surveytelescopes/vst/>

<https://www.eso.org/public/teles-instr/paranal-observatory/surveytelescopes/vista/>

<http://ogle.astrouw.edu.pl/>

<https://irsa.ipac.caltech.edu/Missions/2mass.html>

<https://www.jpl.nasa.gov/missions/infrared-astronomical-satellite-iras>

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/WISE/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/WISE/main/index.html)

<https://tess.mit.edu/observations/>

<https://www.jpl.nasa.gov/missions/kepler>

<https://www.astronomy.ohio-state.edu/asassn/>

<https://www.superwasp.org/>

<https://www.ztf.caltech.edu/ztf-for-astronomers.html>

<https://www.aavso.org/apass>

<https://www.adass.org/adass/proceedings/adass99/P1-07/>

<https://hubblesite.org/contents/media/images/2019/12/4315-Image.html?news=true>

<https://catalina.lpl.arizona.edu/science/CRTS>

<http://crts.caltech.edu/index.html#research>

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004AAS...205.4815Z/abstract>

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/10/Gaia\\_astronomical\\_revolution](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/10/Gaia_astronomical_revolution)

37

#### Θέμα 4

Μεταβολή της τροχιακής περιόδου σε διπλά εκλειπτικά αστρικά συστήματα και ανίχνευση πολλαπλών αστρικών ιεραρχικών συστημάτων

Το πρόβλημα των δύο σωμάτων επιβάλλει σταθερή τροχιά στα σώματα που λαμβάνουν μέρος στην κίνηση, όταν φυσικά δεν υπεισέρχονται άλλοι παράγοντες που αλλοιώνουν τις αρχικές συνθήκες του προβλήματος. Φαινόμενα όπως η μεταφορά μάζας ανάμεσα στα μέλη ενός συστήματος ή την απώλεια μάζας από αυτό, όμως, μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές και ανιχνεύσιμες μεταβολές της τροχιακής περιόδου, ακόμη και σε διπλά συστήματα. Η μελέτη των διαγραμμάτων O-C δίνει πολύτιμες πληροφορίες για αυτά τα φαινόμενα, αφού αγγίζει την ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου στον υπολογισμό της τροχιακής περιόδου. Επιπλέον, ανακαλύπτονται συχνά σώματα που περιφέρονται γύρω από τα διπλά συστήματα, καθιστώντας την κίνηση πιο περίπλοκη, έως χαοτική, εκτός εάν τα πολλαπλά συστήματα ακολουθούν μια ιεραρχία στις αποστάσεις.

Ορισμός των εννοιών: Αστρονομική Εφημερίδα, Διαγράμματα Φάσης, Διαγράμματα O-C  
Υπολογισμός τροχιακής περιόδου, μάζας και πολλαπλότητας σε αστρικά συστήματα.

Ποια είναι η συνεισφορά των διαγραμμάτων O-C στη μελέτη των πολλαπλών αστρικών συστημάτων;

Τι διαφορές έχει ένα πολλαπλό αστρικό σύστημα (στην γενική περίπτωση) από ένα ιεραρχικό σύστημα;

Συμβολή των ιεραρχικών συστημάτων στην αστρική εξέλιξη.

Εφαρμογή σε διπλά εκλειπτικά αστρικά συστήματα με δεδομένα από επίγεια και διαστημικά τηλεσκόπια.

- <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid> (SIMBAD)
- <https://ui.adsabs.harvard.edu/> (Astrophysical Data System - ADS)
- <https://www.as.up.krakow.pl/o-c/>
- [http://www.oa.uj.edu.pl/ktt/krttk\\_dn.html](http://www.oa.uj.edu.pl/ktt/krttk_dn.html)
- <https://var.astro.cz/en>