

Ερευνητικές Εργασίες Εργαστηρίου Κατεύθυνσης 2025

Θεοχάρης Αποστολάτος

Θέμα 1. Το παράδοξο του τελικού parsec (the final parsec problem).

Πώς είναι δυνατόν να έχουμε συγκρούσεις υπερμεγεθών μαύρων τρυπών αφού το υλικό σε απόσταση 1pc από αυτές αναμένεται να απορροφάται από τις μαύρες τρύπες μένοντας έτσι μακριά και απομονωμένη η μια από την άλλη για να συμβούν επιπλέον συγχωνεύσεις.

Θέμα 2. Πηγές θορύβου στους συμβολομετρικούς ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων.

Ποιες φυσικές διεργασίες στη λειτουργία των εν λειτουργία επίγειων ανιχνευτών διαμορφώνουν την περιοχή και το βαθμό ευαισθησίας των ανιχνευτών;

Θέμα 3. Παρατηρήσεις τροχιών (άμεσα ή έμμεσα) αστρονομικών σωμάτων όπου η Γενική Σχετικότητα διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο.

Αναζήτηση παρατηρησιακών δεδομένων ουρανίων σωμάτων όπου η ΓΘΣ οδηγεί σε σημαντική διαφοροποίηση των κινήσεων από αυτές που θα περίμενε κανείς αν βασιζόταν στη νευτώνεια βαρύτητα. (Τουλάχιστον τόσο σημαντικές όσο αυτές που παρατηρούνται στην τροχιά του αστερά S2 γύρω από τη μαύρη τρύπα του Γαλαξία μας.)

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 δυνητικά 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. Springer Netherlands, 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.

Οι αστρικές επιπροσθήσεις από σώματα μικρής μάζας του Ηλιακού Συστήματος 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 γενικά 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

Θέμα 3. Ανίχνευση μεταβολής της τροχιακής περιόδου σε διπλά εκλειπτικά αστρικά συστήματα και ανίχνευση πολλαπλότητας

Η μελέτη των διαγραμμάτων O-C αποτελεί ένα ιδιαίτερο εργαλείο στα χέρια των αστροφυσικών, καθώς χάρη σε αυτά καθίσταται εύκολη η ανίχνευση απειροελάχιστων μεταβολών στην τροχιακή περίοδο σε μεταβλητούς αστέρες. Η ανίχνευση τέτοιων μεταβολών δίνει πληροφορίες για μηχανισμούς μεταφοράς και απώλειας μάζας σε δυαδικά αστρικά συστήματα ή ακόμη και την ανίχνευση πολλαπλών αστρικών συστημάτων, τα οποία δεν είναι δυνατόν να ανιχνευτούν φωτομετρικά ή φασματοσκοπικά. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται εξειδικευμένος κώδικας στο περιβάλλον της Matlab, που λαμβάνει υπόψη το φαινόμενο Light Time Effect (LITE) ώστε να προσδιοριστούν τα τροχιακά χαρακτηριστικά των συστημάτων που μελετούνται και να ανιχνευτούν οι μηχανισμοί που προκαλούν τις παρατηρούμενες μεταβολές.

- Kwee, K. K. & Van Woerden, H., A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable, Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands, Vol. 12, p.327, 1956
- Lena, P., Lebrun, F., Mignard, F., Observational astrophysics, second edition, Germany, Springer – Verlag Berlin, 1998
- Λιβανίου – Ροβίθη, Ε., Νιάρχος, Π. Ν., Σημειώσεις για την Παρατηρησιακή Αστροφυσική, ΕΚΠΑ, 2002
- J. B. Irwin. Standard light-time curves. aj, 64:149, May 1959. doi: 10.1086/107913.
- H. Frieboes-Conde and T. Herczeg. Period variations of fourteen eclipsing binaries with possible light-time effect. Astronomy and Astrophysics Supplement Series, 12:1, Oct 1973.
- P. Caga_s and O. Pejcha. Discovery of a double eclipsing binary with periods near a 3:2 ratio. aap, 544:L3, August 2012. doi: 10.1051/0004-6361/201219815.
- C.-U. Lee, S.-L. Kim, J. W. Lee, C.-H. Kim, Y.-B. Jeon, H.-I. Kim, J.-N. Yoon, and A. Humphrey. V994 Herculis: the multiple system with a quadruple-lined spectrum and a double eclipsing feature. mnras, 389:1630{1636, October 2008. doi: 10.1111/j.1365-2966.2008.13708.x.
- H. Lehmann, M. Zechmeister, S. Dreizler, S. Schuh, and R. Kanzler. KIC 4247791: a SB4 system with two eclipsing binaries (2EBs). A quadruple system? aap, 541: A105, May 2012. doi: 10.1051/0004-6361/201118298.
- P. Zasche and R. Uhla_r. Ole R_mer's method still on the stage: the study of two bound eclipsing binaries in quintuple system V994 Her. mnras, 429:3472{3476, March 2013. doi: 10.1093/mnras/sts616.
- P. Zasche and R. Uhla_r. Updated study of the quintuple system V994 Herculis. aap, 588:A121, April 2016. doi: 10.1051/0004-6361/201628153.
- P. Zasche, A. Liakos, P. Niarchos, M. Wolf, V. Manimanis, and K. Gazeas. Period changes in six contact binaries: WZ And, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. na, 14(2):121{128, Feb 2009. doi: 10.1016/j.newast.2008.06.002.
- M. Wolf. Light-time effect as a valuable tool in stellar astrophysics. Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, 43(3):493{497, Mar 2014.
- <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- <http://users.uoa.gr/~kgaze/>

Θέμα 4. Φωτομετρική αναζήτηση μεταβλητών αστερών 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 αστερών σε αυτόν. Οι αστρονόμοι χρησιμοποιούν τα δεδομένα από τις φωτομετρικές επισκοπήσεις του ουρανού για την συστηματική χαρτογράφηση του Σύμπαντος και την ανακάλυψη νέων φυσικών αντικειμένων και φαινομένων. αυτής της διαδικασίας γίνεται εφικτή η χωρική κατανομή των μεταβλητών αστερών του Γαλαξία, η οποία είναι απαραίτητη για την περαιτέρω κατανόησή του. Επιπλέον, μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με τις πιο συνηθισμένες κατηγορίες μεταβλητών αστερών που συναντούμε στον Γαλαξία. Το πόσο συχνά παρατηρείται κάθε κατηγορία μεταβλητών αστερών οφείλεται τόσο στην ίδια την 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://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://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

Θέμα 1. Ηλιακές εκρήξεις και μαγνητικές καταιγίδες

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

Επιλέξτε δύο ισχυρές μαγνητικές καταιγίδες από τον κατάλογο:

<https://www.spaceweatherlive.com/en/auroral-activity/top-50-geomagnetic-storms.html>

και προχωρήστε σε αναλυτική σύγκριση όλων των πτυχών τους, ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

i. 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"

Μετά την ανάλυση των στοιχείων για την κάθε μία μαγνητική καταιγίδα, προχωράτε σε σύγκριση και σχολιασμό.

Συμπληρωματικά, συγκρίνετε τους δείκτες Dst, SYM(H) και SMR (της πλατφόρμας SuperMAG: <https://supermag.jhuapl.edu/>) για τις δύο καταιγίδες.

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. Μελέτη της Δυναμικής της Εξώτερης Ζώνης Van Allen κατά τη Διάρκεια Μαγνητικής Καταιγίδας: Ανάλυση με Δεδομένα Van Allen Probes και SuperMAG

i. Επιλέγετε μαγνητική καταιγίδα είτε από έλεγχο των μηνιαίων διαγραμμάτων Dst του World Data Center for Geomagnetism στο Κυότο (<https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/>), είτε από τον κατάλογο:

<https://www.spaceweatherlive.com/en/auroral-activity/top-50-geomagnetic-storms.html>, με κύριο γνώμονα την ύπαρξη δορυφορικών δεδομένων από την αποστολή Van Allen Probes (2013-2019).

ii. Συλλέγετε δεδομένα ως εξής:

A. Γεωμαγνητικούς και Διαπλανητικούς Δείκτες

1. SuperMAG (<https://supermag.jhuapl.edu/>)
SMR index (SuperMAG Ring Current - αντίστοιχο του Dst)
2. OMNI Web (<https://omniweb.gsfc.nasa.gov/>)
Dst, Kp, AE indices
Solar wind parameters (speed, density, IMF Bz)
Geomagnetic activity indicators

B. Δεδομένα Εξώτερης Ζώνης Van Allen

1. Van Allen Probes (RBSP) Science Gateway (<https://rbspgway.jhuapl.edu/>)
MagEIS: Electron flux (30 keV - 4 MeV)
REPT: Relativistic electron flux (>1 MeV)
2. NASA CDAWeb (<https://cdaweb.gsfc.nasa.gov/>)
Van Allen Probes Level 2/3 data: Electron flux vs. L-shell and energy

Ετοιμάζετε διαγράμματα με χρονοσειρές γεωμαγνητικών δεικτών (SMR, Dst, SYMH-H) και αναγνωρίζετε τις φάσεις της καταιγίδας: initial, main, recovery phase.

Ετοιμάζετε διαγράμματα ροής ηλεκτρονίων (electron flux vs. time) για διάφορες ενέργειες (π.χ., 100 keV, 1 MeV, 3 MeV) και συγκρίνετε με quiet-time levels.

Ετοιμάζετε διαγράμματα Electron flux vs. L-shell and time για να προσδιορίσετε περιόδους και χωρικά χαρακτηριστικά επιτάχυνσης, απώλειας και ακτινικής μεταφοράς.

Θέμα 3. Οι δύο ισχυρότερες μαγνητικές καταιγίδες του 2024

Αναζητήστε, ταξινομήστε και σχολιάστε ηλιακά, διαπλανητικά και μαγνητοσφαιρικά δεδομένα που αφορούν τις δύο ισχυρότερες 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.

Χρήσιμοι ιστοχώροι:

<https://www.spaceweatherlive.com/en/solar-activity/top-50-solar-flares.html>

<https://www.sidc.be/cactus/> ("CACTus LASCO CME catalog")

<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>

<https://supermag.jhuapl.edu/>

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. Πυκνότητα και θερμοκρασία του ιονισμένου αερίου στον μεσοαστρικό χώρο από παρατηρήσεις στο οπτικό

Θέμα 2. Πυκνότητα και θερμοκρασία του ζεστού μοριακού αερίου στον μεσοαστρικό χώρο από παρατηρήσεις στο υπέρυθρο

Θέμα 3. Πυκνότητα και θερμοκρασία του κρύου μοριακού αερίου, υπεύθυνου για αστρογένεση στον μεσοαστρικό χώρο από παρατηρήσεις στο ραδιοφωνικό

Θέμα 4. Δυναμική ισορροπία και κατάρρευση νεφών σε διαφορά περιβάλλοντα, όπως προκύπτει από σύγκριση των παραπάνω ιδιοτήτων.

Περιγραφή: Θα χρησιμοποιήσουμε δεδομένα (χωρικά διάκριτα φάσματα) από το MUSE στο Very Large Telescope, το JWST και την ALMA με υποθέσεις για τη διέγερση του αερίου όπως Boltzmann ή μοντέλα διάδοσης ακτινοβολίας (όπως το RADEX) για να χαρακτηρίσουμε τις ιδιοτητες του αερίου σε διάφορες φάσεις του. Θα μελετήσουμε τί μας μαθαίνει το σύνολο των αποτελεσμάτων για τη δυναμική ισορροπία νεφών και άρα για την αστρογένεση σε διάφοες περιοχές του χώρου γαλαξιών όπως στο αδιατάρακτο μεσοαστρικό αέριο ή σε περιοχές με ανέμους.

Θέμα 1. Η τριπλέτα CaII (8498 Å, 8542 Å and 8662 Å) χρησιμοποιείται συχνά για την εκτίμηση της μεταλλικότητας ερυθρών γιγάντων. Θα χρησιμοποιήσουμε φάσματα υψηλής ανάλυσης ($R \sim 11500$) από το Gaia DR3 για ερυθρούς γίγαντες που ανήκουν σε σμήνη γνωστής μεταλλικότητας για να βαθμονομήσουμε το μέσο ισοδύναμο πλάτος των γραμμών αυτών με τη μεταλλικότητα.

1^ο βήμα: επιλογή σμηνών (σφαιρωτών και ανοικτών) διαφορετικών μεταλλικοτήτων, με επαρκή δεδομένα στο Gaia DR3.

2^ο βήμα: κατασκευή διαγραμμάτων HR χρησιμοποιώντας δεδομένα από τη Gaia DR3. Επιλογή ερυθρών γιγάντων με RVS φάσματα.

3^ο βήμα: χρήση του λογισμικού του εργαστηρίου για την μέτρηση του ισοδύναμου πλάτους των γραμμών.

4^ο βήμα: βαθμονόμηση.

Βιβλιογραφία:

-The Ca II triplet in red giant spectra: [Fe/H] determinations and the role of [Ca/Fe] [Da Costa G.S. 2015, MNRAS, vol. 455, p. 199](#)

-Gaia DR3 Spectroscopy Repository

<https://cdn.gea.esac.esa.int/Gaia/gdr3/Spectroscopy/>

- A Gaia DR2 view of the open cluster population in the Milky Way, [Cantat-Gaudin et al. 2018, A&A, 618, A93](#)

- Improving the open cluster census: II. An all-sky cluster catalogue with Gaia DR3 [Hunt & Reffert, 2023, A&A, 673, A114](#)

Θέμα 2. Μέτρηση της πίεσης ηλεκτρονίων χρησιμοποιώντας γραμμές του ίδιου στοιχείου αλλά διαφορετικού βαθμού ιονισμού, από φάσματα γιγάντων φασματικού τύπου G, χρησιμοποιώντας φάσματα μεσαίας ανάλυσης από το LAMOST.

1^ο βήμα: επιλογή δείγματος γιγάντων φασματικού τύπου G, ξεκινώντας με μία αντιπαραβολή των καταλόγων Gaia DR3 και LAMOST DR9 μέσω της υπηρεσίας [CDS X-Match web tool](#), και κατάλληλων ορίων ενεργού θερμοκρασίας (4800-5500K) και $\log g$ (1.0-3.0) στις παραμέτρους που δίνονται στον κατάλογο της Gaia. Εναλλακτικά μπορείτε να επιλέξετε πρώτα άστρα σε αυτές τις περιοχές τιμών από το GaiaDR3 και μετά να βρείτε τα φάσματα στο LAMOST. Θα κρατήσετε αντικείμενα που έχουν φάσματα μεσαίας ανάλυσης.

2^ο βήμα: Από τον κατάλογο του βήματος 1 θα επιλέξετε ένα δείγμα ~ 20 άστρων με διαφορετικές μεταλλικότητες (κατά προτίμηση < 0) που να καλύπτουν κατά το δυνατόν ομοιογενώς τον χώρο παραμέτρων (θερμοκρασίας και επιφανειακής βαρύτητας). Κατά την επιλογή των άστρων θα πρέπει να ελέγχετε και την ποιότητα των φασμάτων, και αν μπορείτε να διακρίνετε επιτυχώς τις βασικές φασματικές γραμμές που θα χρησιμοποιήσετε.

3^ο βήμα: Οι γραμμές που θα χρησιμοποιήσουμε είναι: TiI 4999.5 ή 5020.03 Å and TiII 5188.68 Å. Αυτές οι γραμμές βρίσκονται στη γραμμική περιοχή της καμπύλης ανάπτυξης.

4^ο βήμα: Εφαρμογή της εξίσωσης Saha για την εύρεση της πυκνότητας ηλεκτρονίων και από εκεί της πίεσης ηλεκτρονίων

Συζητήστε την πιθανή επίδραση αποκλίσεων από την Τοπική Θερμοδυναμική Ισορροπία στα αποτελέσματα.

Βιβλιογραφία:

- Large Sky Area Multi-object fiber spectroscopic telescope (LAMOST) -DR9
<https://www.lamost.org/dr9/>
- Gaia DR3 <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr3>
- Stellar spectroscopy – determinations of stellar parameters and abundances, Laura Magrini
https://moodle2.units.it/pluginfile.php/736801/mod_resource/content/3/Stellar_spectroscopyII.pdf
- NLTE line formation of Fe I/Fe II and Ti I/Ti II in late-type stars, [Bergemann, M., 2011, MNRAS, 413, 2184](#)

Θέμα 3. Οι περιεκτικότητες (abundances) στοιχείων που δημιουργούνται μέσω διαφορετικών καναλιών μας δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την ιστορία αστρικής δημιουργίας ενός αστρικού πληθυσμού. Ένα πολύ ενδιαφέρον παράδειγμα είναι η περίπτωση του γαλαξία νάνου Sagittarius και του κεντρικού του σφαιρικού σμήνους M54. Θα χρησιμοποιήσετε υψηλής ($R \sim 37000$) ανάλυσης φάσματα από το UVES-VLT ενός αριθμού από ερυθρούς γίγαντες στο Sagittarius για να προσδιορίσετε τις περιεκτικότητες διαφόρων στοιχείων.

Βήμα 1^ο : Οι συντεταγμένες των άστρων και τα φασματοσκοπικά δεδομένα θα σας δοθούν, σε μορφή csv.

Βήμα 2^ο: Θα βρείτε φωτομετρικά στοιχεία για τα άστρα αυτά από τον κατάλογο της Gaia DR3, και θα προσδιορίσετε την ενεργό θερμοκρασία τους ακολουθώντας τη μέθοδο που περιγράφεται στην εργασία Mucciarelli et al. 2021.

Βήμα 3^ο : Αναγνωρίστε γραμμές διαφόρων στοιχείων (O, Na, Mg, Al, Si, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Ba, La, Nd, and Eu) στα φάσματα.

Βήμα 4^ο: Μετρήστε τα ισοδύναμα πλάτη των γραμμών επιλεγμένων στοιχείων (για την επιλογή βλ. π.χ. Liberatori et al. 2025).

Βήμα 5^ο: Προσπαθήστε να προτείνετε τρόπους ερμηνείας των αποτελεσμάτων σας.

Προαιρετικό: Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε συνθετικά φάσματα που υπολογίζονται με ατμοσφαιρικά μοντέλα (π.χ. ATLAS99, ή MARCS) και κώδικες δημιουργίας συνθετικών φασμάτων (π.χ. το MOOG). Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό iSpec (Python).

Βιβλιογραφία:

- Gaia DR3 <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr3>
- Exploiting the Gaia EDR3 photometry to derive stellar temperatures, [Mucciarelli et al. 2021, A&A, 653, A90](#)
- A chemical close-up of the main body of the Sagittarius dwarf galaxy [Liberatori et al. 2025, A&A, 699, A356](#)
- New grids of ATLAS9 Model Atmospheres: [Castelli, F., & Kurucz, R.L. 2004, New Grids of ATLAS9 Model Atmospheres](#)
- A grid of MARCS model atmospheres for late type stars: [Gustafsson, B. et al. 2008, A&A, 486, 951](#)
- MOOG: LTE line analysis and spectrum synthesis, [Snedden, et al. 2012](#)
- Abundance ratios and Galactic evolution, [McWilliam, A. 1997, ARA&A, 35, 503](#)
- Determining stellar atmospheric parameters and chemical abundances of FGK stars with iSpec, [Blanco-Cuaresma et al. 2014](#)