

Παρατηρώντας το ραδιο-ουρανό με το **PICTOR**

Συγγραφέας: Απόστολος Σπανάκης-Μισιρλής

Επανεξετάστηκε από τον Dr. Cameron Van Eck

Μετάφραση: Αλέξανδρος Φιλοθόδωρος

Απόστολος Σπανάκης-Μισιρλής

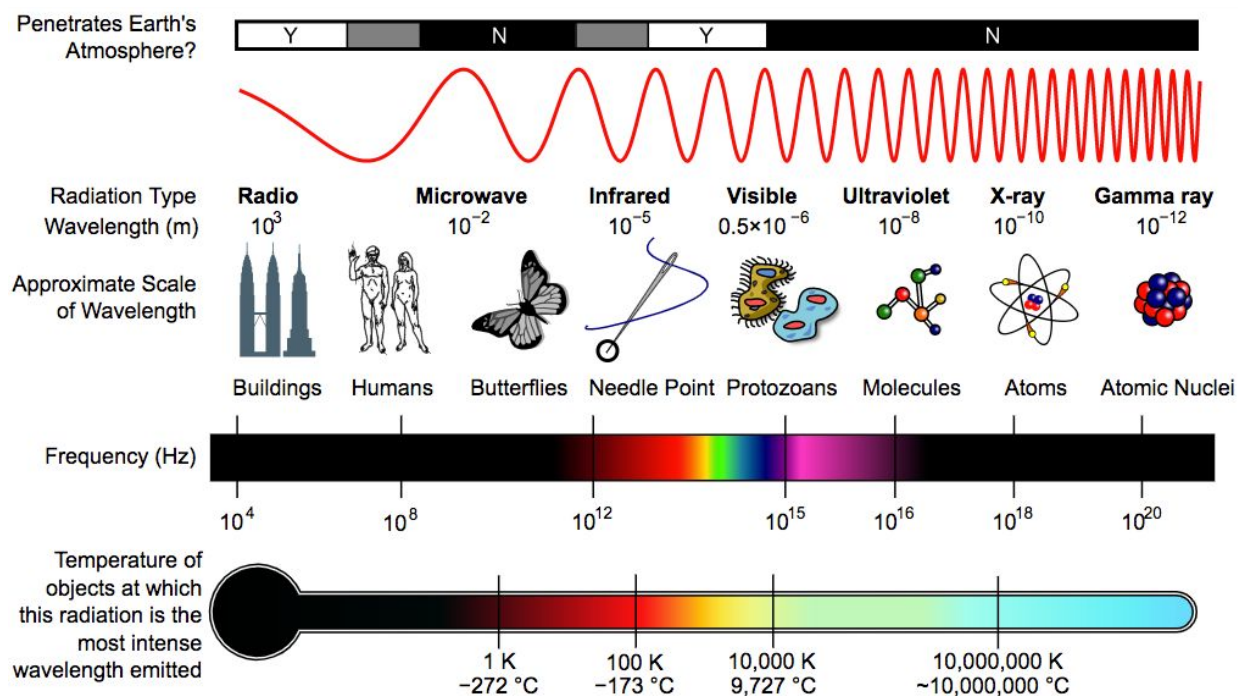
20 Σεπτεμβρίου, 2019

Περιεχόμενα

Εισαγωγή: Τι είναι η Ραδιοαστρονομία;	2
Γιατί όμως παρατηρούμε στα ραδιοφωνικά μήκη κύματος;	2
Τι μπορώ λοιπόν να παρατηρήσω με ένα ραδιοτηλεσκόπιο;	4
Η γραμμή του υδρογόνου στα 21 εκατοστά	4
Σχετικά με το PICTOR	5
Παρατηρώντας με το PICTOR	5
Παράμετροι και η σημασία τους	6
Πότε είναι η ιδανικότερη ώρα για την παρατήρηση της γραμμής των 21 cm;	6
Συμπέρασμα	<u>8</u>

Εισαγωγή: Τι είναι η Ραδιοαστρονομία;

Η ραδιοαστρονομία είναι ένας κλάδος της αστρονομίας, ο οποίος μελετάει ουράνια σώματα στα ραδιοκύματα. Σε αντίθεση με τα οπτικά τηλεσκόπια τα οποία παρατηρούν στο **ορατό** μέρος του ηλεκτρομαγνητικού (H/M) φάσματος (**400-700 nm**), τα ραδιοτηλεσκόπια παρατηρούν τον ουρανό σε μήκη κύματος της τάξης εκατοστών έως μέτρων.

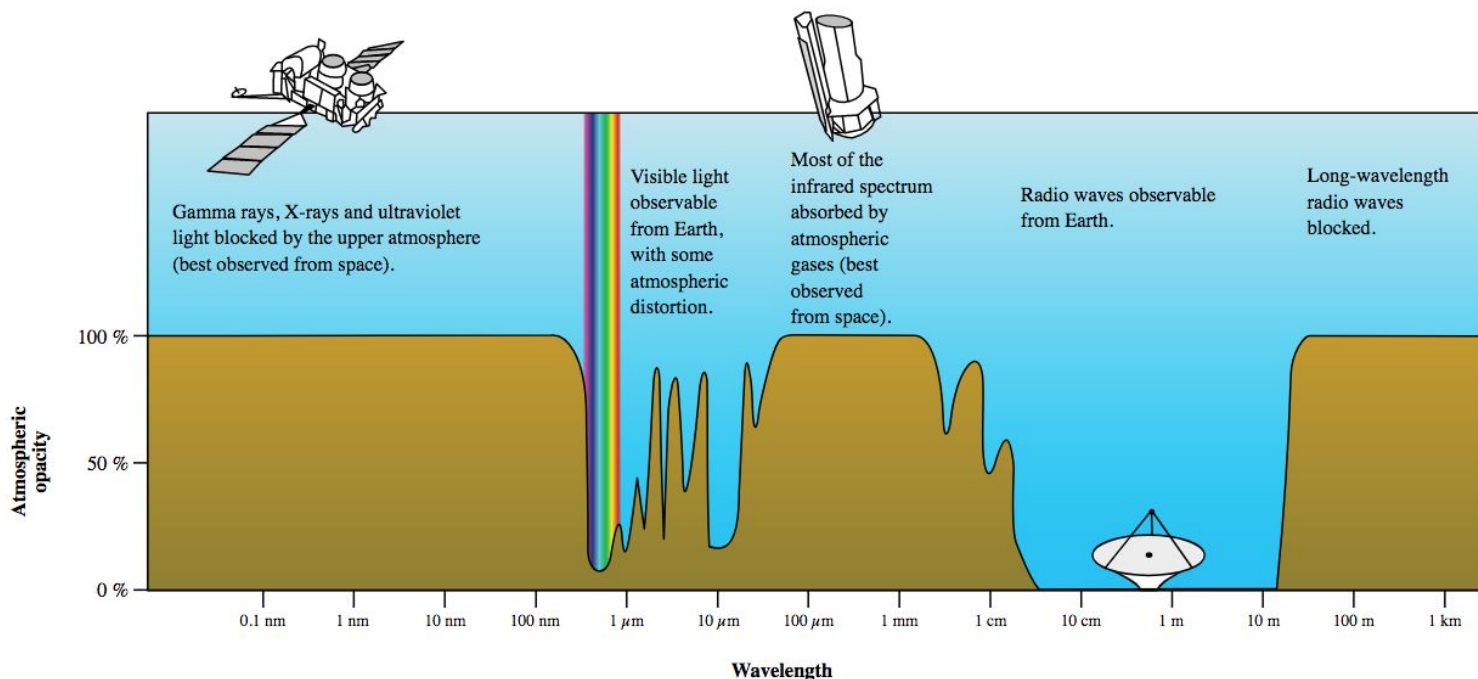


Σχ. 1: Διάγραμμα του Η/Μ φάσματος, το οποίο δείχνει διάφορες ιδιότητες σε ένα εύρος συχνοτήτων/μήκων κύματος.

Γιατί όμως παρατηρούμε στα ραδιοφωνικά μήκη κύματος;

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι που επιτάσσουν την παρατήρηση του ουρανού στα ραδιοκύματα. Ο κύριος λόγος είναι η παρατήρηση ραδιοπηγών. Παρόλο που η ραδιοφωνική ακτινοβολία είναι αόρατη, συχνά προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τους αστρονόμους. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ραδιοαστρονόμων έναντι αστρονόμων εστιασμένων σε άλλες συχνότητες,

είναι η ατμοσφαιρική διαπερατότητα: **η ατμόσφαιρα μας είναι διαπερατή σε ένα πολύ μεγάλο εύρος ραδιοφωνικών συχνοτήτων**, οπότε δεν είναι αναγκαία η τοποθέτηση κεραιών στο διάστημα.



Σχ. 2: Σε αυτό το διάγραμμα βλέπουμε το ποσοστό απορρόφησης της ακτινοβολίας διαφόρων συχνοτήτων από την ατμόσφαιρα της Γης.

Αξίζει να σημειωθεί, πως οι παρατηρήσεις στο ραδιοφωνικό φάσμα μπορούν να γίνουν και κατά τη διάρκεια της ημέρας, και υπό άσχημες καιρικές συνθήκες (π.χ. συννεφιά).

Επίσης, με την τεχνική της συμβολομετρίας, μπορούμε να συνδυάσουμε έναν μεγάλο αριθμό κεραιών σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους, ώστε να αυξηθεί η διακριτική ικανότητα του οργάνου μας. Με την ίδια τεχνική έγινε και η πρώτη καταγραφή ραδιο-εικόνας της περιοχής γύρω από τη **μελανή οπή M87***.



Σχ. 3: Το Very Large Array (VLA) είναι από τις πιο πολύπλοκες διατάξεις ραδιοτηλεσκοπίων στον κόσμο. Αποτελείται από 27 κεραίες διαμέτρου 25 μέτρων, οι οποίες λειτουργούν ως ένα γιγάντιο ραδιοτηλεσκόπιο.

Τι μπορώ λοιπόν να παρατηρήσω με ένα ραδιοτηλεσκόπιο;

Υπάρχουν πολλές πηγές στον ουρανό οι οποίες εκπέμπουν ραδιοκύματα, όπως είναι οι γαλαξίες, υπολείμματα υπερκαινοφανών, κβάζαρ, πάλσαρ, ατομικές/μοριακές γραμμές κ.α. Επειδή το PICTOR κυρίως προορίζεται για την καταγραφή της γραμμής του ουδέτερου υδρογόνου θα επικεντρωθούμε μόνο σε αυτή τη γραμμή.

Η γραμμή του υδρογόνου στα 21 εκατοστά

Η γραμμή του υδρογόνου σχετίζεται με την H/M ακτινοβολία που παράγεται λόγω μιας μεταβολής συγκεκριμένης ενεργειακής στάθμης ενός ατόμου υδρογόνου. Η συχνότητα της εκπομπής αυτής είναι **1420.405 MHz**, η οποία αντιστοιχεί στο μήκος κύματος των **21 εκατοστών**. Αυτό το μήκος κύματος ανήκει στο ραδιοφωνικό μέρος του H/M φάσματος και είναι από τις γνωστότερες φασματικές γραμμές μεταξύ των ραδιοαστρονόμων. Δεν χρειάζεται να ξέρετε ακριβείς λεπτομέρειες σχετικά με τον μηχανισμό παραγωγής ακτινοβολίας σε αυτό το μήκος κύματος για να κάνετε παρατηρήσεις με το PICTOR, αν όμως σας ενδιαφέρουν οι λεπτομέρειες δείτε [εδώ](#) και [εδώ](#)).

Σχετικά με το PICTOR

Το **PICTOR** είναι ένα ραδιοτηλεσκόπιο **ανοικτού κώδικα**, το οποίο επιτρέπει στον οποιοδήποτε να παρατηρήσει τον ουρανό στα ραδιοκύματα, μέσω της εύχρηστης διαδικτυακής πλατφόρμας, εντελώς δωρεάν. Ο σκοπός αυτής της προσπάθειας είναι να εισαχθούν μαθητές, εκπαιδευτικοί, ερασιτέχνες αστρονόμοι κ.α. στη μαγεία του ραδιοφωνικού ουρανού. Με αυτόν τον τρόπο θα προαχθεί η ραδιοαστρονομία, χωρίς την ανάγκη κατασκευής ενός μεγάλου και ακριβού ραδιοτηλεσκοπίου από το χρήστη.

Παρατηρώντας με το PICTOR

Για να παρατηρήσετε με το PICTOR, να ακολουθήσετε τα παρακάτω βήματα:

1. Επισκεπτείτε το <https://pictortelescope.com/>, πατήστε **‘Observe’** → κλικ **‘Observe’**. Εναλλακτικά, επισκεφθείτε το <https://pictortelescope.com/observe> απευθείας.
2. Συμπληρώστε τα στοιχεία για τις παραμέτρους της παρατήρησης (δείτε τον παρακάτω πίνακα) και πατήστε **‘Submit’**.
3. Περιμένετε να ολοκληρωθεί η παρατήρηση. Η διάρκειά της εξαρτάται από τη διάρκεια που επιλέξατε (+1 με 2 λεπτά για το email να έρθει κ.λπ.). Με το τέλος της παρατήρησης τα δεδομένα θα αποσταλούν στο email σας σε μορφή εικόνας.

Παράμετροι και η σημασία τους

Παράμετρος	Σημασία	Παράδειγμα τιμής
Observation name	Ονομασία της παρατήρησης	My first HI observation
Center frequency (MHz)	Η συχνότητα στην οποία θα γίνει η παρατήρηση	1420
Bandwidth	Το ταυτόχρονο εύρος ζώνης που θα παρατηρηθεί	2.4 MHz
Number of channels	Το πλήθος των σημείων στον άξονα συχνοτήτων (περισσότερα κανάλια = υψηλότερη ανάλυση συχνότητας)	2048
Number of bins	Αυτό επιτρέπει την αλλαγή της διάρκειας του κάθε δείγματος* (παρόμοιο με το χρόνο έκθεσης στη φωτογραφία)	10000
Duration	Η χρονική διάρκεια της παρατήρησης	300
Email	Η διεύθυνση email στην οποία να σταλούν τα δεδομένα της παρατήρησης	email@example.com

*Κάθε δείγμα διαρκεί $T_{int} = \frac{n_{bins} \times n_{chan}}{bandwidth}$, όπου T_{int} είναι η χρονική διάρκεια του κάθε δείγματος σε δευτερόλεπτα, n_{bins} είναι το πλήθος των bin, n_{chan} είναι το πλήθος των καναλιών και $bandwidth$ είναι το ταυτόχρονο εύρος ζώνης σε Hz.

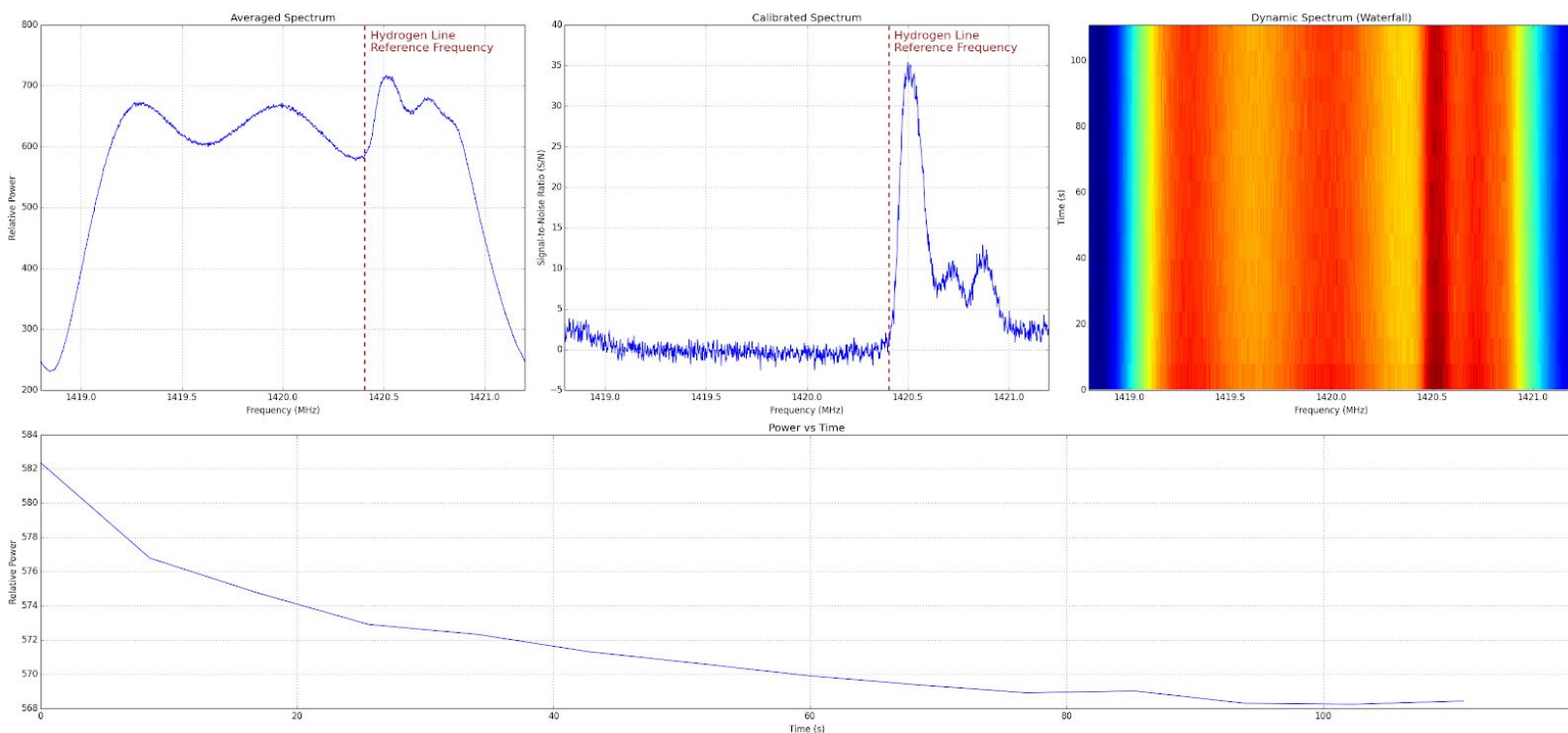
Πότε είναι η ιδανικότερη ώρα για την παρατήρηση της γραμμής των 21 cm;

Η καλύτερη ώρα για την παρατήρηση και καταγραφή της γραμμής των 21 εκατοστών είναι **όταν ο Γαλαξίας μας βρίσκεται μέσα στο πεδίο του ραδιοτηλεσκοπίου**. Για να βρείτε αυτές τις ώρες μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κάποιο λογισμικό πλανηταρίου σαν το [Stellarium](#) με την τοποθεσία παρατήρησης ρυθμισμένη στην επιλογή **'National Observatory of Athens** (Εθνικό

Αστεροσκοπείο Αθηνών) (οποιαδήποτε τοποθεσία στην Ελλάδα θα δώσει αρκετά ακριβή αποτελέσματα).

*Η δέση του τηλεσκοπίου είναι **8.95°**. Πέρα από τον φανταστικό αυτό κύκλο με κέντρο το τοπικό ζενίθ, η ευαισθησία του οργάνου είναι αμελητέα.

Το παρακάτω σχήμα είναι μια παρατήρηση 2 λεπτών (όταν το γαλαξιακό επίπεδο είναι εντός του πεδίου):



Σχ. 4: Παράδειγμα παρατήρησης. Πάνω αριστερά: Μέσος όρος φάσματος, πάνω κέντρο: Καλιμπραρισμένο φάσμα, πάνω δεξιά: Δυναμικό φάσμα (Καταρράκτης), κάτω: Χρονολογική σειρά (γράφημα Έντασης vs Χρόνου).

Το πάνω-αριστερά γράφημα είναι ο **μέσος όρος του φάσματος**, το οποίο δείχνει τη μέση ένταση για κάθε συχνότητα. Το πάνω-κέντρο γράφημα είναι το **καλιμπραρισμένο φάσμα**, το οποίο είναι όμοιο με το averaged spectrum, χωρίς τα αχρεία εφέ του δέκτη (έτσι ώστε ο θόρυβος να εξαντλείται και οι κορυφές να γίνουν πιο διακριτές). Το πάνω-δεξιά γράφημα δείχνει το **δυναμικό φάσμα (καταρράκτης)** (ένα γράφημα Έντασης vs Συχνότητας vs Χρόνου αποτυπωμένο ως ένα 2D γράφημα με τα χρώματα να υποδεικνύουν την Ένταση) και το κάτω γράφημα δείχνει το γράφημα της Μέσης έντασης vs Χρόνο. Το **καλιμπραρισμένο φάσμα** είναι συνήθως επαρκές για αρχάριους παρατηρητές.

Παρατηρούμε τρεις κορυφές στο averaged spectrum. Αυτό είναι λόγω του σχήματος του bandpass του δέκτη (διαφορετική ευαισθησία σε κάθε συχνότητα) και **δεν θα πρέπει να συγχέονται με ραδιο-εκπομπές** (για αυτό το λόγω θα πρέπει να κοιτάμε το **καλιμπραρισμένο spectrum**: για να λάβουμε υπόψιν τις αστάθειες, τις ατέλειες, τα εφέ κ.λπ. του δέκτη).

Όπως φαίνεται, **υπάρχουν τρία διακριτές κορυφές** στο καλιμπραρισμένο φάσμα γύρω στα 1420.5, 1420.7 και 1420.85 MHz. Αυτή είναι η γραμμή του υδρογόνου και είναι **blueshifted** (συχνότητα > 1420.4 MHz), **που σημαίνει ότι ο στόχος μας προσεγγίζει!** Μόλις ανιχνεύσαμε 3 ξεχωριστές σπειροειδείς βραχίονες του ίδιου μας του γαλαξία, και πραγματοποιώντας κι άλλη παρατήρηση (δηλ. όταν η άλλη μεριά του γαλαξία είναι στο πεδίο του τηλεσκοπίου), θα πρέπει να περιμένουμε να δούμε τη γραμμή των 21 cm με διαφορετική ολίσθηση Ντόπλερ, πιθανώς αναδεικνύοντας κι άλλους βραχίονες, με άλλο βαθμό ολίσθησης (redshifted ή blueshifted). Από μία μόνο 2-λεπτη παρατήρηση με το PICTOR, αποδείξαμε ότι πέρα κάθε αμφιβολίας, **ζούμε πράγματι σε ένα σπειροειδή γαλαξία!**

Χρησιμοποιώντας μερικές απλές εξισώσεις Ντόπλερ, ενθαρρύνεται και η εύρεση της ταχύτητας των βραχιόνων σε σχέση με τη Γη.

Συμπέρασμα

Ελπίζω αυτό όργανο να σας δώσει το έναυσμα για να πραγματοποιήσετε τις πρώτες σας ραδιοφωνικές παρατηρήσεις του ουρανού. Περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να βρείτε στους παρακάτω συνδέσμους (στα Αγγλικά):

- Mapping the Galaxy with Radio Astronomy: <https://youtu.be/-UrzmAa62ho>
- Radio Astronomy in Five Minutes: <https://youtu.be/3EcrLNIWdE>
- National Radio Astronomy Observatory (NRAO): <https://public.nrao.edu/radio-astronomy/>
- The Hydrogen 21-cm Line: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/h21.html>
- What is Radio Astronomy - ATNF: <https://www.atnf.csiro.au/outreach/education/everyone/radio-astronomy/index.html>

Για ερωτήσεις, προτάσεις, γνώμες κ.α. μπορείτε να επικοινωνήσετε μαζί μου μέσω email στη διεύθυνση Oxcoto@protonmail.com και θα χαρώ πολύ να σας απαντήσω άμεσα!