

Η απόσταση 2 γαλαξιών

Οι γαλαξίες M60 και NGC4647 εμφανίζονται μαζί στο πεδίο, στην κατεύθυνση του σμήνους γαλαξιών της Παρθένου. Η χρήση διαφορετικών μεθόδων μέτρησης αποστάσεων για γαλαξίες μας δείχνει αν πρόκειται για πραγματικό ζευγάρι γαλαξιών ή όχι.

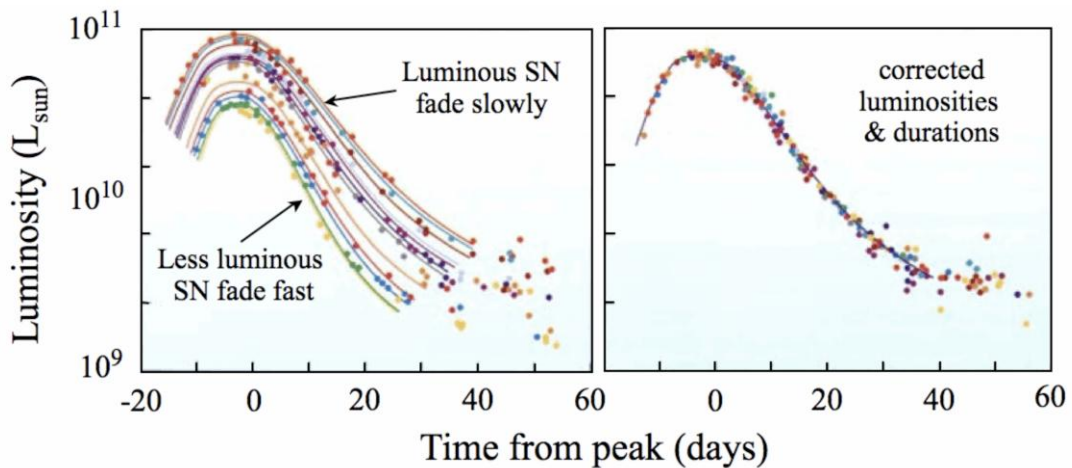


Ο ελλειπτικός γαλαξίας M60 και ο σπειροειδής NGC4647

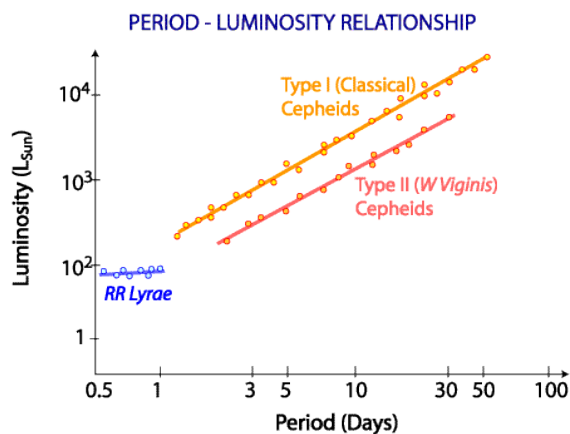
Οι βασικές τεχνικές μέτρησης αποστάσεων για γαλαξίες είναι οι παρακάτω

- 1) **SN Ia.** Χάρη στην σουπερνόβα SN2022hrs στον γαλαξία NGC4647 μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια την απόστασή του, κοντά στα 90 εκατομμύρια έτη φωτός. Η παραπάνω σουπερνόβα ήταν τύπου Ia. Ένας λευκός νάνος απορρόφησε υλικό από τον συνοδό αστέρα του, υπερέβη το όριο μάζας Chandrasekhar (1,4 φορές τη μάζα του ηλίου), με αποτέλεσμα να εκραγεί ως SN Ia. Σε αυτή την εκρηκτική θερμοπυρηνική σύντηξη του Οξυγόνου και Άνθρακα ο λευκός νάνος διαλύεται τελείως. Δημιουργείται ένα <νέφος> Ni-56 που διασπάται σε Co-56, τροφοδοτώντας την λαμπρότητα της σουπερνόβα για μερικούς μήνες. Επειδή η μάζα του λευκού νάνου σε όλες τις εκρήξεις αυτού του τύπου είναι σταθερή, γνωρίζουμε με μεγάλη ακρίβεια την απόλυτη λαμπρότητά της. Οι μικρές διαφορές λαμπρότητας (όπως για παράδειγμα στην περίπτωση συγχώνευσης 2 λευκών νάνων) ανάμεσα σε εκρήξεις SN Ia απεικονίζονται στις καμπύλες φωτός τους. Αν σε μία τέτοια έκρηξη η λαμπρότητα ελαττωθεί μετά από 15 ημέρες λιγότερο από 1 mag, γνωρίζουμε ότι πρόκειται για πιο λαμπρή SN Ia από τις συνηθισμένες (σχέση Phillips).

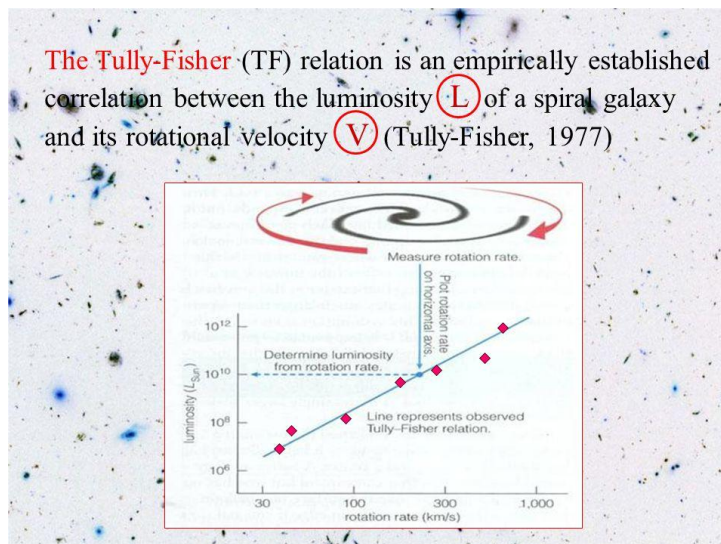
Το περιθώριο σφάλματος στην μέτρηση της απόστασης με την χρήση σουπερνόβα τύπου Ia είναι κάτω από 10%. Όμως σε ελλειπτικούς γαλαξίες οι εκρήξεις σουπερνόβα (όλων των τύπων) σπανίζουν. Δεν έχουμε ανάλογο δείγμα για τον γαλαξία M60.



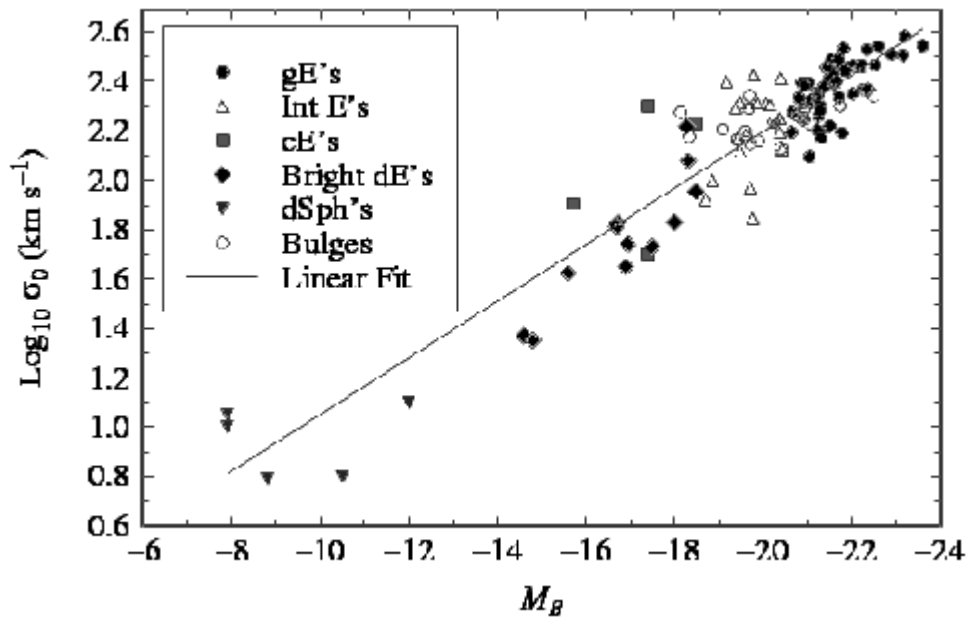
- 2) **Κηφείδες.** Η ίσως πιο ασφαλής μέτρηση αποστάσεων αλλά μόνο για κοντινούς μας γαλαξίες είναι η μελέτη των Κηφείδων. Αυτοί οι μεταβλητοί αστέρες σχετικά μεγάλης μάζας (από 2 – 3 ηλιακές μάζες) έχουν πολύ καλά καθορισμένη σχέση απόλυτης λαμπρότητας- περιόδου. Όσο πιο μεγάλη περίοδο μεταβολής λαμπρότητας έχουν, τόσο πιο λαμπροί είναι. Η απόσταση του γαλαξία NGC4647 είναι απαγορευτική για αυτή την μέθοδο, πρέπει να είναι δυνατή η ανάλυση μεμονομένων αστεριών. Για τον M60 η απόσταση είναι οριακή, αλλά οι ελλειπτικοί γαλαξίες με γερασμένο αστρικό πληθυσμό φιλοξενούν πολύ μικρό πλήθος αστεριών μεσαίας και μεγάλης μάζας, με αποτέλεσμα η παρατήρηση Κηφείδων να είναι εξαιρετικά σπάνια. Άρα αυτή η πολύ αξιόπιστη μέθοδος μέτρησης αποστάσεων δεν μας βοηθάει εδώ.



- 3) **Η σχέση Tully- Fisher.** Η σχέση αυτή δείχνει την εξάρτηση της ταχύτητας περιστροφής ενός σπειροειδή γαλαξία από την μάζα του. Όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα ενός σπειροειδή γαλαξία, με τόσο πιο μεγάλη ταχύτητα περιστρέφεται. Και από την μάζα του Γαλαξία μπορούμε, χάρη στα δείγματα κοντινών μας γαλαξιών, να υπολογίσουμε την απόλυτη λαμπρότητά του. Χρησιμοποιούμε την γραμμή εκπομπής στα 21 εκατοστά (ραδιοκύματα) του ουδέτερου ατομικού Υδρογόνου ενός γαλαξία, αέριο άφθονο στους σπειροειδείς γαλαξίες. Κατά την περιστροφή του γαλαξία, το αέριο που απομακρύνεται από εμάς παρουσιάζει ερυθρολίθηση ενώ το αέριο που μας πλησιάζει παρουσιάζει μετατόπιση προς το μπλε. Το πάχος της γραμμής εκπομπής (λόγω της μετατόπισης προς το μπλε και το κόκκινο) μας δείχνει την ταχύτητα περιστροφής του γαλαξία. Πρέπει να συνυπολογίσουμε την κλίση του γαλαξία που μελετάμε προς εμάς, σε γαλαξίες με κλίση 90 μοιρών (γαλαξίες που παρατηρούμε στην κόψη τους) το παραπάνω φαινόμενο παίρνει την μέγιστη τιμή του, ενώ σε γαλαξίες που βλέπουμε τον δίσκο κάθετα, σε πλήρη ανάπτυξη, το φαινόμενο εκμηδενίζεται. Έτσι δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παραπάνω μέθοδο για γαλαξίες με κλίση κάτω από 45 μοίρες (πολύ μεγάλο περιθώριο σφάλματος μέτρησης απόστασης).
 Ο NGC4647 παρουσιάζει κλίση 38 μοίρες, με το περιθώριο σφάλματος της μέτρησης απόστασης να εκτιμάται στο 15%. Μας δίνει απόσταση 120 εκατομμύρια έτη φωτός για αυτόν τον σπειροειδή γαλαξία. Φυσικά αυτή η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί για τον ελλειπτικό γαλαξία M60. Στους ελλειπτικούς γαλαξίες τα αστέρια δεν περιστρέφονται οργανωμένα γύρω από το κέντρο, όπως συμβαίνει με τους γαλαξιακούς δίσκους των σπειροειδών γαλαξιών, αλλά κινούνται προς διάφορες κατευθύνσεις (σαν σμήνος ιπτάμενων εντόμων).

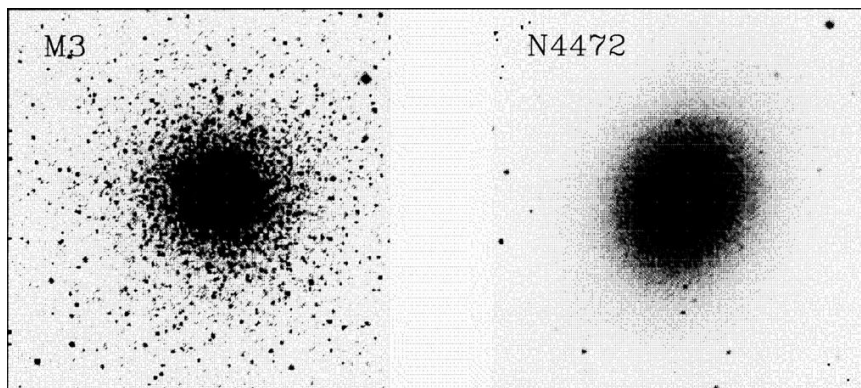


- 4) **Η μέθοδος Faber-Jackson.** Αποτελεί εναλλακτική μέθοδος για ελλειπτικούς γαλαξίες. Η μέση ταχύτητα των αστεριών σε έναν ελλειπτικό γαλαξία εξαρτάται από την μάζα του. Μεγάλη μέση ταχύτητα αστεριών σημαίνει μεγάλη γαλαξιακή μάζα, άρα και μεγάλη λαμπρότητα. Το μεγάλο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι απαιτείται ένα πλήθος από μετρήσεις ανεξάρτητων αστεριών, ώστε από τις φασματικές μετατοπίσεις (όπως και στην προηγούμενη μέθοδο) να συμπεραίνουμε την μέση ταχύτητα των αστεριών. Το περιθώριο σφάλματος στην μέτρηση αποστάσεων είναι 30%- 40%.



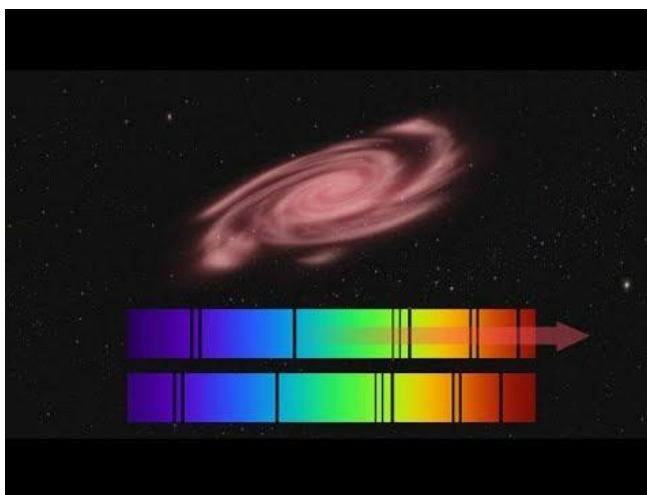
- 5) **Dn- σ Relation.** Αντί για την λαμπρότητα χρησιμοποιούμε, πάλι στους ελλειπτικούς γαλαξίες, έναν συνδυασμό λαμπρότητας- επιφανειακής λαμπρότητας (μέση λαμπρότητα). Το πλεονέκτημα εδώ είναι ότι ενώ η λαμπρότητα ελαττώνεται με την απόσταση ενός γαλαξία, ελαττώνεται επίσης και η χωρική του έκταση στο πεδίο. Όμως η επιφανειακή λαμπρότητα μένει σχετικά αμετάβλητη. Η μέση λαμπρότητα Dn εξαρτάται από την διασπορά ταχυτήτων των αστεριών ενός γαλαξία. Αυτή αυξάνεται ανάλογα την μάζα, άρα και λαμπρότητα της κεντρικής περιοχής του ελλειπτικού γαλαξία (και την έκταση της λαμπρής κεντρικής περιοχής). Το περιθώριο σφάλματος εδώ είναι 15%- 20%, και η παραπάνω μέθοδος μας δείχνει (επειδή είναι συγκριτική, με χρήση γαλαξιών καλιμπραρίσματος) ότι ο M60 ανήκει στο σμήνος της Παρθένου (κοντά στα 60 εκατομμύρια έτη φωτός).
- 6) Η μέθοδος SBF (surface brightness fluctuations). Αυτή η μέθοδος στηρίζεται στην μέτρηση της διακύμανσης της επιφανειακής λαμπρότητας των ελλειπτικών γαλαξιών. Ενώ στους κοντινούς γαλαξίες μπορούμε να αναλύσουμε μεμονωμένα αστέρια, αυτό δεν είναι δυνατό στους μακρινούς. Έτσι η κοκκίωση ενός γαλαξία

αποτελεί δείγμα της απόστασής του. Στις μεθόδους όπου συγκρίνουμε την εικόνα διάφορων γαλαξιών χρησιμοποιούμε σαν μέτρο γαλαξίες που γνωρίζουμε την απόστασή τους με μικρό περιθώριο σφάλματος, ιδανικά αυτοί στους οποίους έχουμε μετρήσεις βάσει παρατηρήσεων Κηφειδών (καλιμπράρισμα). Με αυτή την μέθοδο, με περιθώριο σφάλματος 5% με 8%, εκτιμάμε την απόσταση του M60 στα 55 εκατομμύρια έτη φωτός.

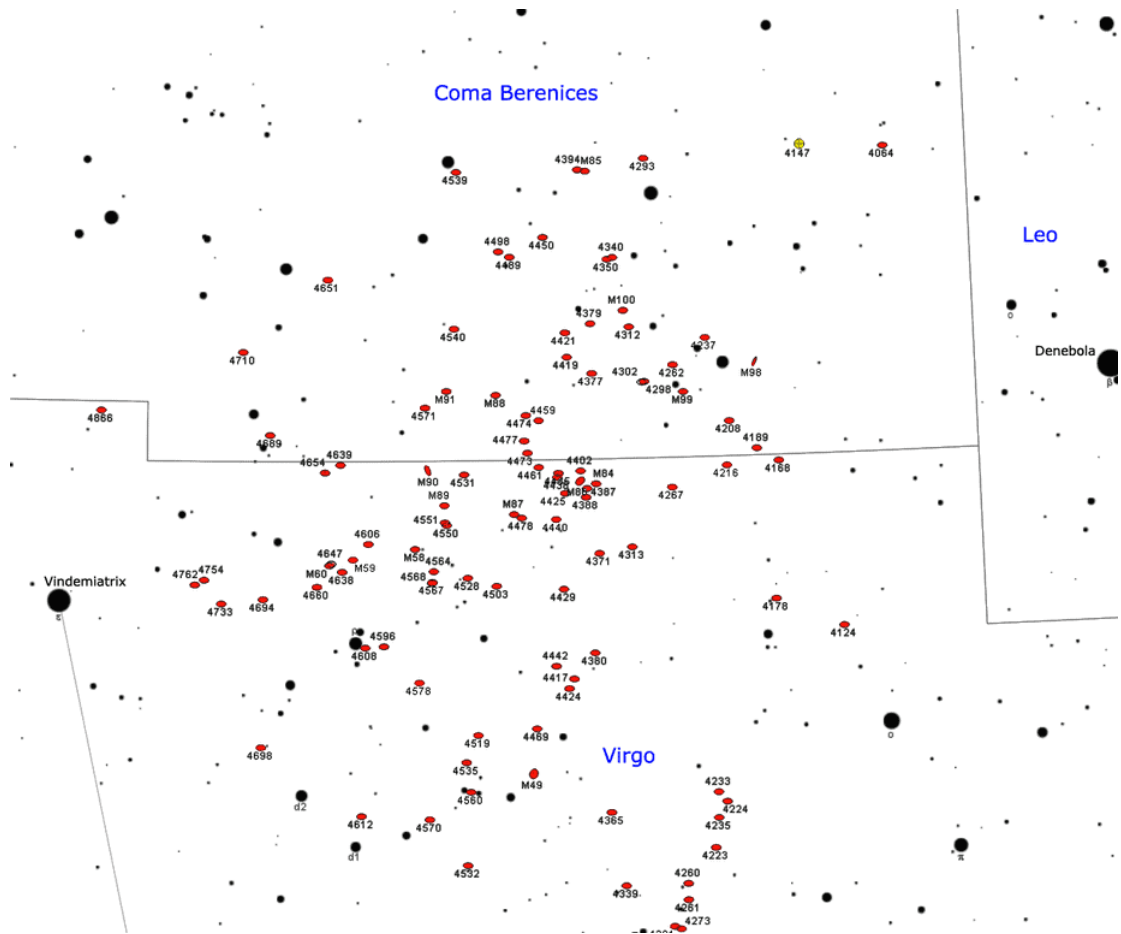


Σύγκριση 2 σφαιρωτών σμηνών με την μέθοδο SBF

- 7) **Redshift.** Η μετατόπιση ενός γαλαξία στο ερυθρό μας δείχνει την απόστασή του. Οι μακρινοί γαλαξίες απομακρύνονται (λόγω συμπαντικής διαστολής) με μεγαλύτερη ταχύτητα από εμάς σε σχέση με τους κοντινούς. Αυτό απεικονίζεται στην μετατόπιση των φασματικών γραμμών προς το ερυθρό. Πρέπει να υπολογιστεί η ίδια κίνηση των γαλαξιών (για παράδειγμα, γύρω από το κέντρο μάζας του γαλαξιακού σμήνους), και αυτή η μέθοδος μας βοηθάει ιδιαίτερα στην εκτίμηση απόστασης μακρινών γαλαξιών. Το περιθώριο σφάλματος είναι κάτω από 3% και αυτή η μέθοδος μας δίνει απόσταση για τον M60 στα 55 εκατομμύρια έτη φωτός.



Το συμπέρασμα από την εφαρμογή των παραπάνω τεχνικών μέτρησης αποστάσεων είναι ότι οι 2 γαλαξίες δεν αποτελούν ζευγάρι. Η απόσταση του NGC4647 είναι τουλάχιστον 30 εκατομμύρια έτη φωτός μεγαλύτερη από αυτή του M60. Ο ελλειπτικός γαλαξίας M60 ανήκει στο σμήνος της Παρθένου. Το σμήνος αυτό, που έλκει και τον δικό μας Γαλαξία, δεν έχει έρθει ακόμη σε κατάσταση ηρεμίας, δηλαδή ακόμα δεν έχουν συγχωνευτεί γαλαξίες σε έναν τεράστιο ελλειπτικό που θα αποτελέσει το κέντρο του σμήνους. Όταν συμβεί αυτό, γύρω από τον τεράστιο ελλειπτικό θα συσσωρευτούν ελλειπτικοί, σπειροειδείς και νάνοι γαλαξίες. Στο σμήνος της Παρθένου αυτή η διαδικασία δεν έχει ολοκληρωθεί. Έτσι παρατηρούμε διάφορα κέντρα μάζας. Ένα (Α) είναι ο ελλειπτικός γαλαξίας M87, με κοντινούς του τους επίσης ελλειπτικούς γαλαξίες M84 και M86. Ένα άλλο κέντρο (B) αποτελεί ο M49. Οι ελλειπτικοί γαλαξίες M60 και M59 αποτελούν το κέντρο (C). Επίσης διακρίνονται τα <νέφη> γαλαξιών M και W, W''. Το μέγεθος του σμήνους της Παρθένου, με μέση απόσταση τα 55 εκατομμύρια έτη φωτός, είναι στα 10 εκατομμύρια έτη φωτός. Ο γαλαξίας NGC4647 δεν ανήκει σε αυτό, αλλά μοιράζεται το ίδιο πεδίο στα τηλεσκόπιά μας.



Πηγή : Martin Federspiel, Sterne und Weltraum, 4-2023

