

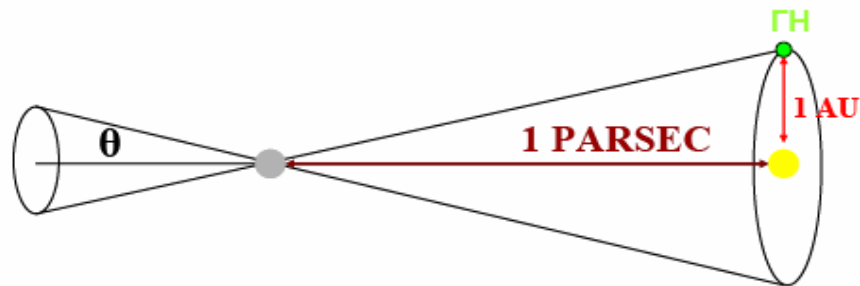
Πώς μετρούμε αποστάσεις και χρόνους, είτε σε πολύ μεγάλη, είτε σε πολύ μικρή κλίμακα;

Στην προσπάθεια μας να μετρήσουμε αποστάσεις και χρόνους που συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιούμε όργανα μέτρησης όπως το μέτρο, η μετροταινία, το υποδεκάμετρο, ο βερνιέρος, τα ρολόγια, τα ψηφιακά χρονόμετρα και άλλα. Αν προσπαθήσουμε όμως να μετρήσουμε αποστάσεις και χρόνους σε μεγάλη ή μικρή κλίμακα, τότε τα παραπάνω όργανα είναι αναποτελεσματικά και θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε εξειδικευμένες μεθόδους και τεχνικές. Μερικές από τις τεχνικές αυτές είναι οι παρακάτω:

Μέτρηση μικρών αποστάσεων

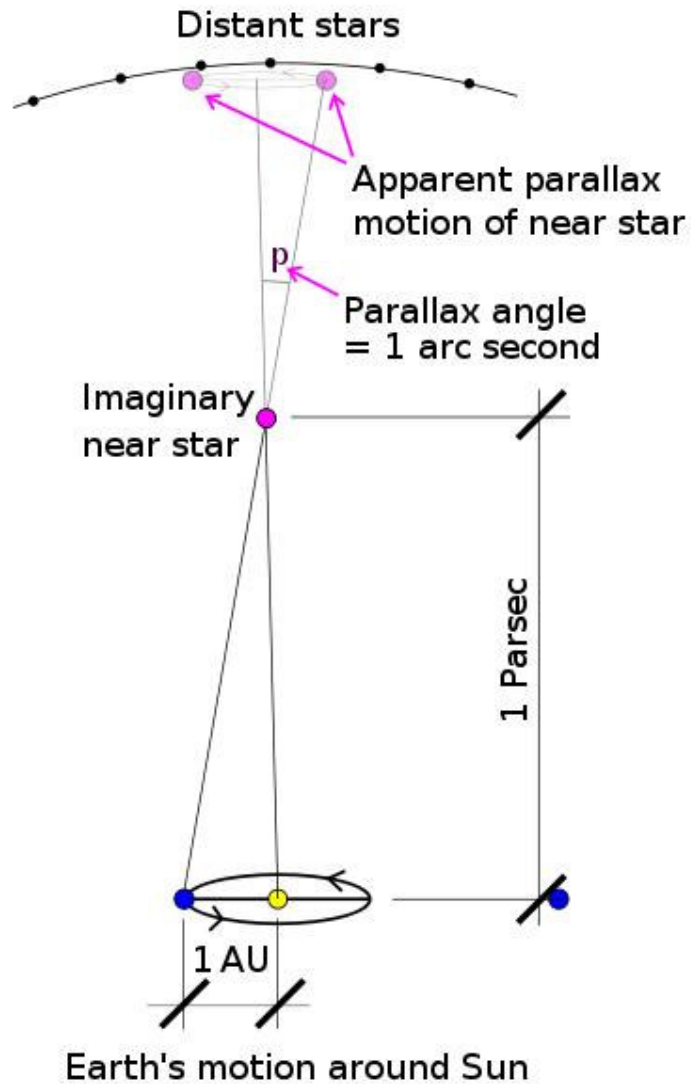
Για τη μέτρηση πολύ μικρών αποστάσεων, της τάξης μεγέθους του ατόμου, δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φως στην ορατή περιοχή του φάσματος γιατί το μήκος κύματος του φωτός θέτει περιορισμούς στην ακρίβεια της μέτρησης. Με φως στην ορατή περιοχή του φάσματος μπορούμε να πάρουμε μετρήσεις για αποστάσεις μέχρι $5 \cdot 10^{-7}$ m. Για να δούμε αντικείμενα με μικρότερες διαστάσεις από 10^{-8} m έως 10^{-10} m, που είναι και η τάξη μεγέθους της διαμέτρου του ατόμου, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε φως με μικρότερο μήκος κύματος, όπως είναι οι ακτίνες X. Χρησιμοποιώντας επομένως ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και παρατηρώντας τη σκέδαση των ακτίνων X σε ένα κρύσταλλο μπορούμε να μετρήσουμε το μέγεθος του ατόμου.

Μέτρηση μεγάλων αποστάσεων



το παρσέκ

Από την άλλη μεριά για να μετρήσουμε πολύ μεγάλες αποστάσεις, που συνήθως χρειάζονται στην αστρονομία, εφαρμόζουμε τη μέθοδο του τριγωνισμού. Έτσι κατά την ετήσια κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο μετρώντας την παράλλαξη των κοντινών άστρων (γωνία θ στο σχήμα) και εφαρμόζοντας τη μέθοδο του τριγωνισμού με βάση την ακτίνα της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο (1 AU), μπορούμε να μετρήσουμε την απόσταση των κοντινών άστρων. Η μέθοδος εφαρμόζεται για άστρα σε απόσταση έως 300 έτη φωτός.



Ορισμός του parsec

Από το σχήμα φαίνεται ότι ένα parsec αντιστοιχεί σε γωνία παράλλαξης $p=1$ δευτερόλεπτο της μοίρας = $1/3600$ της μοίρας.

Από το τρίγωνο που σχηματίζεται παίρνουμε:

$$\epsilon\phi p = \frac{1\text{AU}}{1\text{parsec}}$$

Μετατρέπουμε τη γωνία p από μοίρες σε ακτίνια:

$$a = \frac{2\pi}{360} \frac{1}{3600} = \frac{\pi}{648000}$$

Επειδή η γωνία a είναι πολύ μικρή ισχύει: $\epsilon\phi a = a$ (η γωνία a σε rad)

$$\frac{1\text{AU}}{1\text{parsec}} = \frac{\pi}{648000} \Rightarrow 1\text{parsec} = 206.369,4\text{AU}$$

Μέτρηση μικρών χρονικών διαστημάτων

Μπορούμε να μετρήσουμε χρονικά διαστήματα μικρότερα από 10^{-12} s μετρώντας την απόσταση που διανύουν ταχέως κινούμενα σωματίδια και γνωρίζοντας την ταχύτητά τους. Έτσι μπορούμε να μετρήσουμε το χρόνο ζωής του π^0 μεσονίου παρατηρώντας την τροχιά του πάνω σε φωτογραφική πλάκα και γνωρίζοντας ότι κινείται με ταχύτητα παραπλήσια της ταχύτητας του φωτός.

Μέτρηση μεγάλων χρονικών διαστημάτων.

Για τη μέτρηση μεγάλων χρονικών διαστημάτων χρησιμοποιούμε την μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης. Συγκεκριμένα το κάθε ραδιενεργό υλικό έχει ένα χαρακτηριστικό χρόνο, το χρόνο ημίσειας ζωής ή υποδιπλασιασμού, στη διάρκεια του οποίου η ποσότητα του υλικού που απομένει είναι η μισή. Έτσι γνωρίζοντας την αρχική ποσότητα του ραδιενεργού υλικού, την τωρινή ποσότητα και το χρόνο υποδιπλασιασμού μπορούμε να υπολογίσουμε το χρονικό διάστημα που έχει περάσει. Χρησιμοποιώντας ως ραδιενεργό υλικό τον άνθρακα 14 , που έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 5.730 περίπου έτη, γνωρίζοντας την αρχική ποσότητα του C^{14} , μιας και όλοι ο ζωντανοί οργανισμοί περιέχουν την ίδια συγκέντρωση σε C^{14} , μπορούμε μετρώντας την ποσότητα που έχει απομείνει στο δείγμα να υπολογίσουμε το χρόνο που έχει περάσει. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε οργανικά δείγματα και δίνει πληροφορίες για χρονικά διαστήματα μέχρι 100.000 έτη.

Άλλες μέθοδοι

Για τη μέτρηση αποστάσεων και χρόνων σε μικρή και μεγάλη κλίμακα υπάρχουν, όπως είναι φυσικό, πληθώρα μέσων και τεχνικών. Όπως για παράδειγμα μπορούμε να μετρήσουμε μεγάλες αποστάσεις κάνοντας χρήση του ραντάρ, μετρώντας τη φωτεινότητα των άστρων, από τη μετατόπιση των φασματικών γραμμών προς το ερυθρό κ.α. Για τη μέτρηση μικρών αποστάσεων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σκέδαση σωματιδίων υψηλής ενέργειας σε λεπτά φύλλα και να μετρήσουμε τον αριθμό των σωματιδίων που περνούν το λεπτό φύλλο (πείραμα Rutherford). Επίσης οι μεγάλοι επιταχυντές όπως ο LEP και ο LHC στο CERN μας δίνουν πληροφορίες και μετρήσεις για σωματίδια μικρών διαστάσεων. Μικρά χρονικά διαστήματα μπορούμε να μετρήσουμε και με ηλεκτρονικά κυκλώματα που έχουν μικρή περίοδο, με ατομικά ρολόγια που χρησιμοποιούν τις ταλαντώσεις του ατόμου, καθώς και μικρότερους ακόμα χρόνους όπως είναι ο χρόνος που απαιτείται για να διασχίσει το φως τη διάμετρο ενός πυρήνα.. Τέλος, μπορούμε να μετρήσουμε μεγάλα χρονικά διαστήματα χρησιμοποιώντας ισότοπα του ουρανίου που διασπώνται σε ισότοπα του μολύβδου και έχουν χρόνο υποδιπλασιασμού της τάξης του 10^9 έτη.

Παναγιώτης Παζούλης
Φυσικός