

ΠΟΛΙΚΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ

Γενικά

Για έναν ερασιτέχνη αστρονόμο το πρώτο πράγμα που πιθανόν θα θελήσει να κάνει, αφού στήσει το τηλεσκόπιό του, είναι να τοποθετήσει ένα προσοφθάλμιο και να κοιτάξει τη Σελήνη μέσα από αυτό. Το θέμα αυτό μπορεί να κρατήσει το ενδιαφέρον του για αρκετές ημέρες. Ακολουθώντας με την πάροδο των ημερών θα θελήσει να δει κοντινούς πλανήτες και στη συνέχεια ακόμα πιο δύσκολα και αμυδρά αντικείμενα στο βαθύ ουρανό. Στη φάση αυτή προκύπτει η ανάγκη να χρησιμοποιήσει όλα τα δεδομένα της Ισημερινής στήριξης και όλη την τεχνική υποστήριξη που μπορεί να του παρέχει το τηλεσκόπιό του (κύκλοι θέσης ή αστροστάτης). Μία στήριξη λέγεται «ισημερινή» εάν ένας από τους δύο άξονες μπορεί να γίνει παράλληλος με τον άξονα περιστροφής της Γης.

Ο παραλληλισμός του άξονα του τηλεσκοπίου με τον άξονα περιστροφής της Γης μπορεί να είναι μία απλή ή ακόμα και πολύπλοκη εργασία, ανάλογα με το επίπεδο ακριβείας που θέλουμε να πετύχουμε. Για τυχαία παρατήρηση χρειάζεται μόνο μία πρόχειρη ευθυγράμμιση. Καλύτερη ευθυγράμμιση απαιτείται όταν θέλουμε να παρατηρήσουμε τις τροχιές των διαφόρων αντικειμένων στον ουρανό (είτε χειροκίνητα είτε με αστροστάτη) χρησιμοποιώντας μεγάλες μεγεθύνσεις. Ακόμα καλύτερη ακρίβεια στην ευθυγράμμισή μας θα χρειαστούμε όταν θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τους κύκλους θέσης για τον προσδιορισμό ενός πολύ αμυδρού ουράνιου αντικειμένου. Τέλος θα χρειαστούμε τη μέγιστη ακρίβεια που μπορούμε να πετύχουμε όταν αποφασίσουμε να κάνουμε αστροφωτογράφιση.

Θεωρία

Η εργασία ευθυγράμμισης προς τον πολικό άξονα βασίζεται σε μια απλή αρχή: Ο πολικός άξονας του τηλεσκοπίου πρέπει να γίνει παράλληλος με τον άξονα περιστροφής της Γης, ή με άλλα λόγια ο πολικός άξονας του τηλεσκοπίου στην προέκτασή του να διέρχεται από τον Βόρειο Ουράνιο Πόλο (ΒΟΠ ή στα αγγλικά North Celestial Pole – NCP). Όταν το πετύχουμε αυτό τότε η φαινόμενη κίνηση του ουρανού μπορεί να ακυρωθεί απλά περιστρέφοντας το τηλεσκόπιό μας (είτε με το χέρι είτε με χρήση αστροστάτη) με την ίδια ταχύτητα περιστροφής της Γης αλλά κατά την αντίθετη φορά. Αν και οι κάτοικοι του Βορείου Ημισφαιρίου της Γης διευκολύνονται από την ύπαρξη του Πολικού Αστέρα, που βρίσκεται σε απόσταση λιγότερη από 1° από τον ΒΟΠ, εντούτοις η εύρεση της ακριβής θέσης του ΒΟΠ δεν είναι κάτι το εύκολο.

Χοντρική Ευθυγράμμιση

Για συνηθισμένες οπτικές παρατηρήσεις, ο πολικός άξονας του τηλεσκοπίου πρέπει να είναι παράλληλος με τον άξονα περιστροφής της Γης. Αυτό χοντρικά σημαίνει να τοποθετηθεί το τηλεσκόπιο έτσι ώστε ο πολικός του άξονας να κατευθύνεται προς τον Πολικό Αστέρα. Ο πιο εύκολος τρόπος για να το πετύχουμε αυτό είναι να περιστρέψουμε (κατά απόκλιση) το σωλήνα του τηλεσκοπίου ώστε η απόκλιση να είναι 90° . Σ' αυτήν τη θέση το τηλεσκόπιο θα μπορεί να είναι παράλληλο με τον πολικό άξονα. Ακολούθως μετακινούμε όλο το τηλεσκόπιο (με τον τρίποδα) ώστε ο πολικός του άξονας να διευθύνεται προς τον Πολικό Αστέρα. Τέλος ρυθμίζουμε ώστε η γωνία του πο-

λικού άξονα του τηλεσκοπίου να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου παρατήρησης. Το γεωγραφικό πλάτος δηλώνει πόσο πάνω από τον ορίζοντα βρίσκεται η θέση του ΒΟΠ. Εάν π.χ. ο τόπος παρατήρησης βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40° αυτό σημαίνει ότι ο ΒΟΠ θα βρίσκεται 40° πάνω από τον ορίζοντα. Σημειώνουμε ότι το γεωγραφικό πλάτος χρειάζεται μόνο κατά προσέγγιση και αυτό γιατί π.χ. για να αλλάξει 1ο, από θέση σε θέση, θα χρειαστεί να έχουμε μετακινηθεί (κατά πλάτος) σε θέση παρατήρησης περίπου 70 μίλια πιο μακριά. Κάνοντας λοιπόν αυτές τις εργασίες και έχοντας προηγουμένως ευθυγραμμίσει και τον ερευνητή μας (δηλαδή ερευνητής και τηλεσκόπιο να στοχεύουν τον ίδιο στόχο), θα πρέπει ο Πολικός Αστέρας να βρίσκεται μέσα στο οπτικό πεδίο του ερευνητή μας. Συνεχίζοντας ακολούθως να κάνουμε δευτερεύουσες μικροδιορθώσεις, μόνο όμως αζιμουθιακές (κατά κατακόρυφο άξονα) και στο γεωγραφικό πλάτος φέρνουμε τον Πολικό Αστέρα στο κέντρο του σταυρονήματος του ερευνητή ή του μικρής μεγέθυνσης προσοφθαλμίου. Αυτά είναι όλα όσα χρειάζονται για να έχουμε μια χοντρική ευθυγράμμιση και να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε το τηλεσκόπιό μας για να ακολουθήσουμε εύκολα την κίνηση ενός αστέρα ή ενός πλανήτη στη διαδρομή του στον ουρανό. Όμως, για να πετύχουμε καλύτερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του τηλεσκοπίου μας (όπως κύκλοι θέσης και ικανότητα αστροφωτογράφησης) είναι απαραίτητη η καλύτερη επίτευξη ευθυγράμμισης.

Βελτιωμένη ευθυγράμμιση

Πριν μπορέσουμε να πούμε ότι ο πολικός άξονας του τηλεσκοπίου μας είναι με ακρίβεια ευθυγραμμισμένος με τον άξονα περιστροφής της Γης, θα πρέπει πρώτα να βεβαιωθούμε ότι ο ερευνητής (που ουσιαστικά χρησιμοποι-

είται για την πολική ευθυγράμμιση της στήριξης) είναι ευθυγραμμισμένος με τον πολικό άξονα του τηλεσκοπίου.

Για τους σκοπούς της πολικής ευθυγράμμισης, ο ερευνητής αυτός καθ' εαυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ακριβέστερη ευθυγράμμιση του πολικού άξονα της βάσης στήριξης με ρύθμισή του μέσα από τους βραχίονες συγκράτησής του. Αυτό είναι πολύ απλό καθώς ο ερευνητής είναι εύκολα ρυθμιζόμενος με τη χρήση κατάλληλων βιδών που τον συγκρατούν μέσα στη στήριξή του. Επίσης το μεγάλο οπτικό πεδίο του ερευνητή θα είναι απαραίτητο για την τοποθέτηση του Β.Ο.Π. σε σχέση με τον Πολικό Αστέρα. Παρακάτω περιγράφεται πώς γίνεται αυτό:

Τοποθετούμε τη στήριξή μας όπως στην περίπτωση της χοντρικής ευθυγράμμισης. Ο κύκλος θέσης για απόκλιση θα πρέπει να δείχνει 90° . Στρέφουμε το τηλεσκόπιο κατά Ορθή Αναφορά έτσι ώστε ο ερευνητής να βρίσκεται στο πλάι του σωλήνα του τηλεσκοπίου. Ρυθμίζουμε τη βάση στήριξης με μετακινήσεις κατά γεωγραφικό πλάτος και αζιμούθιο μέχρις ότου ο Πολικός Αστέρας να βρεθεί μέσα στο οπτικό πεδίο του ερευνητή και τον φέρνουμε στο κέντρο του σταυρονήματος.

Τώρα, ενώ κοιτάζουμε μέσα από τον ερευνητή, περιστρέφουμε αργά το τηλεσκόπιο 180° γύρω από τον πολικό άξονα (δηλ. 12 ώρες κατά Ορθή Αναφορά) μέχρις ότου ο ερευνητής να έρθει στην αντίθετη πλευρά του τηλεσκοπίου. Εάν ο οπτικός άξονας του ερευνητή είναι παράλληλος με τον πολικό άξονα της βάσης στήριξης, τότε ο Πολικός Άξονας δεν θα έχει μετακινηθεί, αλλά θα παραμείνει στο κέντρο του σταυρονήματος. Εάν όμως παρατηρήσουμε ότι ο Πολικός Αστέρας ξέφυγε από το κέντρο του σταυρονήματος αυτό θα σημαίνει ότι ο οπτικός άξονας του ερευνητή λοξεύει σε σχέση με τον πολικό άξονα

της βάσης στήριξης.. Εάν είναι έτσι τα πράγματα τότε θα παρατηρήσουμε ότι ο Πολικός Αστέρας θα γράψει ένα ημικύκλιο γύρω από το σημείο που δείχνει ο πολικός άξονας. Σημειώνουμε πόσο μακριά και προς ποια κατεύθυνση έχει μετακινηθεί ο Πολικός Αστέρας.

Χρησιμοποιώντας τις βίδες στήριξης του ερευνητή κάνουμε διόρθωση έτσι ώστε να μετακινηθεί το κέντρο του σταυρονήματος τη μισή απόσταση προς την παρατηρούμενη νέα θέση του Πολικού Αστέρα. Όταν γίνει αυτό ρυθμίζουμε πάλι τη βάση στήριξης με μετακινήσεις κατά γεωγραφικό πλάτος και αζιμούθιο μέχρις ότου ο Πολικός Αστέρας να βρεθεί στο κέντρο του σταυρονήματος. Επαναλαμβάνουμε την εργασία στρέφοντας πάλι το σωλήνα του τηλεσκοπίου κατά 180° και ρυθμίζουμε εκ νέου τις βίδες συγκράτησης του ερευνητή ώστε το κέντρο του σταυρονήματος να είναι στη μισή απόσταση μεταξύ της νέας θέσης του Πολικού Αστέρα και της προηγούμενής του, και στη συνέχεια τον τοποθετούμε και πάλι στο κέντρο του σταυρονήματος με τη χρήση μόνο μετακινήσεων αζιμουθίου και γεωγραφικού πλάτους. Συνεχίζουμε αυτή την εργασία μέχρις ότου ο Πολικός Αστέρας παραμείνει σταθερός όταν στρέψουμε τον σωλήνα του τηλεσκοπίου κατά 180° . Όταν συμβαίνει αυτό σημαίνει ότι ο οπτικός άξονας του ερευνητή είναι απολύτως ευθυγραμμισμένος με τον πολικό άξονα της βάσης στήριξης. Τώρα ο ερευνητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πολική ευθυγράμμιση της βάσης στήριξης.

Μπορεί να πετύχαμε να ευθυγραμμίσουμε τον πολικό άξονα του τηλεσκοπίου μας με τον Πολικό Αστέρα αλλά ο πραγματικός ΒΟΠ κείται περίπου $3/4\theta$ μακριά από τον Πολικό Αστέρα προς την κατεύθυνση του τελευταίου αστέρα της ουράς της Μεγάλης Άρκτου (Alkaid). Για να κάνουμε αυτήν την τελευταία ρύθμιση θα πρέπει η βάση στήριξης του τηλεσκοπίου (όχι ο σωλήνας

του) να μετακινηθεί ώστε ο πολικός άξονας του τηλεσκοπίου να απομακρυνθεί από τον Πολικό Αστέρα προς τη θέση του πραγματικού ΒΟΠ. Αλλά το ερώτημα που τίθεται είναι: καθώς ο Πολικός Αστέρας κάνει μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον ΒΟΠ στη διάρκεια ενός 24ώρου, πόσο μακριά θα πρέπει να μετακινήσουμε τη βάση στήριξης και προς ποια κατεύθυνση;

Ας πάρουμε ένα παράδειγμα: υποθέτουμε ότι παρατηρούμε τον ουρανό στις 1 Αυγούστου στις 9 το βράδυ. Μια γρήγορη επιθεώρηση του βόρειου τμήματος του ουρανού θα μας αποκαλύψει ότι ο Alkaid κείται πάνω και προς τα αριστερά του Πολικού Αστέρα στη θέση της ώρας 10. Τώρα καθώς κοιτάζουμε μέσα από τον ερευνητή (με τον Πολικό Αστέρα ακόμα στο κέντρο του σταυρονήματος) ρυθμίζουμε το αξιμούθιο και γεωγραφικό πλάτος της βάσης στήριξης προς τα πάνω και αριστερά, μέχρις ότου ο Πολικός Αστέρας επίσης μετακινηθεί προς τα πάνω και αριστερά κατά την ευθεία παρατήρησης. (Θα πρέπει να θυμόμαστε ότι ο ερευνητής αντιστρέφει την εικόνα, έτσι ο Πολικός Αστέρας θα φανεί να μετακινείται επίσης κατά την ίδια κατεύθυνση όπως και η μετακίνηση της βάσης στήριξης). Το πόσο μακριά θα μετακινήσουμε τον Πολικό Αστέρα εξαρτάται από το οπτικό πεδίο του ερευνητή. Εάν χρησιμοποιείται ένας ερευνητής με οπτικό πεδίο 6° ο Πολικός Αστέρας θα πρέπει να μετακινηθεί περίπου $1/3$ της απόστασης του κέντρου από το άκρο του οπτικού πεδίου (γιατί $1/3 \times 3^\circ = 1^\circ$). Η εκάστοτε μετακίνηση γίνεται αναλόγως με το εύρος του οπτικού πεδίου του ερευνητή.

Οι κύκλοι θέσης της βάσης στήριξης μπορούν τώρα να χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστεί ακριβώς πόσο κοντά στον Β.Ο.Π στοχεύει ο πολικός άξονας του τηλεσκοπίου. Κατ' αρχήν σημαδεύουμε με το σωλήνα του τηλεσκοπίου (προσέχοντας να μην μετακινήσουμε τη βάση ή τον τρίποδα) σε

ένα φωτεινό αστέρι γνωστής Ορθής Αναφοράς κοντά στον ουράνιο Ισημερινό. Περιστρέφουμε τον κύκλο θέσης της Ορθής Αναφοράς ώστε να δείχνει ακριβώς τη γνωστή Ορθή Αναφορά του αστέρα. Τώρα, γυρίζουμε το σωλήνα του τηλεσκοπίου ώστε να δείχνει Ορθή Αναφορά $2^{\text{h}} 30'$ και απόκλιση $+89\ 1/4^{\circ}$. Ο Πολικός Αστέρας θα πρέπει να βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο του σταυρονήματος του ερευνητή. Εάν δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο θα πρέπει να μετακινήσουμε τη βάση στήριξης ακόμα μια φορά κατά αζιμούθιο και γεωγραφικό πλάτος.

Με αυτή την ευθυγράμμιση πετυχαίνουμε ακρίβεια κλάσματος της μοίρας στην απόσταση από τον Β.Ο.Π. Αρκετά ικανοποιητική για οδήγηση αστερων ή πλανητών μέσα από ένα προσοφθάλμιο μεσαίας ισχύος χωρίς να φαίνεται καμία αξιοσημείωτη ολίσθηση του παρατηρούμενου αντικειμένου. Όμως, είναι απαράδεκτη για αστροφωτογράφιση με μεγάλους χρόνους έκθεσης όπου θα αποτυπωθεί και η παραμικρή κίνηση. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναρωτηθεί κανείς εάν θα πρέπει να επιδιώξει ακριβέστερη ευθυγράμμιση εφόσον μπορεί να ελέγξει τις μικροκινήσεις αυτές με έναν διορθωτή οδήγησης ώστε να κρατάει πάντα με διορθωτικές μικρομετακινήσεις το αστέρι-οδηγό στο κέντρο του σταυρονήματος σ' όλη τη διάρκεια του χρόνου αστροφωτογράφησης.

Δυστυχώς, κρατώντας το αστέρι-οδηγό στο κέντρο του σταυρονήματος είναι μόνο η μισή μάχη. Καθόσον ο πολικός άξονας δεν είναι με απόλυτη ακρίβεια παράλληλος με τον άξονα περιστροφής της Γης, τα αστέρια στο οπτικό πεδίο θα εμφανίσουν μία αργή περιστροφή καθώς κάνουμε οδήγηση. Θα πετύχουμε μια ικανοποιητική εικόνα του αστέρα-οδηγού, αλλά τα άλλα αστέρια της φωτογραφίας θα εμφανίζονται να περιστρέφονται γύρω από το αστέρι-

οδηγό. Αυτός είναι και ο λόγος που δεν μπορεί κανείς να κάνει με ακρίβεια φωτογράφιση χρησιμοποιώντας οδήγηση όταν έχει αλταζιμουθιακή στήριξη.