



ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ **(Για τηλεσκόπια έως 20 ιντσών)**

Άρης Μυλωνάς (Αντιπρόεδρος Ε.Α.Ε.)

1.- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συλλογή του φωτός στα οπτικά τηλεσκόπια, επιτυγχάνεται μέσα από τους φακούς και τα κάτοπτρα που διαθέτουν. Αυτά αποτελούν και τα πιο ευαίσθητα εξαρτήματα του τηλεσκοπίου. Γι αυτό το λόγο χρειάζονται ειδική μεταχείριση και φροντίδα. Η πιστή τήρηση της μεθοδολογίας κατά τον καθαρισμό των οπτικών στοιχείων, είναι αυτή που χαρίζει στα τηλεσκόπια μακροζωία και καθαρά είδωλα. Στην συνέχεια, εκτός των άλλων, θα γνωρίσουμε τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των κατόπτρων, ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα τους λόγους της τήρησης της μεθοδολογίας καθαρισμού, ενώ παράλληλα θα αποφύγουμε τους κινδύνους που εγκυμονούν.

Ο καθαρισμός των κατόπτρων είναι μια φθηνή και σχετικά εύκολη υπόθεση. Πρέπει απαραίτητα να γνωρίζουμε τι επιδιώκουμε σε κάθε στάδιο καθαρισμού, και να ακολουθούμε πιστά την διαδικασία με τα κατάλληλα υλικά.

Κάθε φορά που καθαρίζουμε το κάτοπτρο ενός τηλεσκοπίου, όσο επιδέξιοι και αν είμαστε, κάνουμε μια απειροελάχιστη ζημιά είτε στις ευαίσθητες επιστρώσεις, είτε στην επαλουμινομένη επιφάνεια ή ακόμη και στο ίδιο το γυαλί. Έτσι είναι προτιμότερο να υπάρχει λίγη σκόνη στις οπτικές επιφάνειες του κατόπτρου, (στην πραγματικότητα δεν μειώνει την φωτοσυλεκτική και διακριτική ικανότητα του τηλεσκοπίου), σε αντίθεση με την ανεπανόρθωτη ζημιά που πιθανόν να προκαλέσουμε από τον συχνό καθαρισμό! Ο καθαρισμός των κατόπτρων θα πρέπει να γίνεται μία φορά κάθε 50 ολονύκτιες παρατηρήσεις περίπου, και αφορά τηλεσκόπια ανοικτού οπτικού σωλήνα τύπου Newtonian, Cassegrain, και Ritchey-Chretien. (Τα τηλεσκόπια τύπου Schmidt-Cassegrain, Maksutov-Cassegrain, Schmidt-Newtonian και Maksutov-Newtonian έχουν κλειστό οπτικό σωλήνα και δεν καθαρίζουμε τα κάτοπτρα πριν την παρέλευση 15 ετών τουλάχιστον.)

Τέλος πριν την μεγάλη απόφαση βεβαιωθείτε πως το κάτοπτρο του τηλεσκοπίου σας έχει δακτυλικά αποτυπώματα, λίπος, βρωμιά, ρύπους, ή λεπτό στρώμα λάσπης που έχει δημιουργηθεί από τις δεκάδες ολονύκτιες εκθέσεις στην υγρασία και σκόνη. Στην περίπτωση που το κάτοπτρο έχει λίγη σκόνη και 1-2 στίγματα από τους ρύπους τις ατμόσφαιρας, απλά:

ΜΗΝ ΚΑΘΑΡΙΣΕΤΕ ΤΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ ΤΟΥ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ ΣΑΣ!

Στην περίπτωση που είμαστε πεπεισμένοι για την αναγκαιότητα του καθαρισμού, ακολουθούμε πιστά την μεθοδολογία που αναλύεται παρακάτω.

2.- ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ ΤΩΝ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΩΝ

Τα κάτοπτρα των τηλεσκοπίων διαφέρουν από τους κοινούς καθρέφτες που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή. Οι διαφορές εστιάζονται τόσο στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά, όσο και στον τρόπο κατασκευής τους. Για την καλύτερη κατανόηση των διαφορών θα αντιπαραβάλουμε έναν κλασικό καθρέφτη μπάνιου, με το κύριο κάτοπτρο ενός νευτώνειου τηλεσκοπίου 12 ιντσών.

Έτσι ένας κοινός καθρέφτης είναι από απλό γυαλί [SiO_2] έχει επίπεδο σχήμα με πάχος 5mm περίπου και η επιφάνεια ανάκλασης περιέχει άργυρο και βρίσκεται στο πίσω μέρος. Επίσης ο κοινός καθρέφτης δεν απαιτεί ομοιομορφία στη δομική του σύσταση και δεν συντρέχουν λόγοι ειδικής στήριξής του.

Αντίθετα το κύριο κάτοπτρο τηλεσκοπίου έχει πάχος που κυμαίνεται από 25mm έως 50mm, είναι κατασκευασμένο από ομοιόμορφο γυαλί μικρής θερμικής διαστολής, και έχει παραβολοειδές σχήμα. Η ευαίσθητη επιφάνεια ανάκλασης είναι επαλουμινομένη με ειδική τεχνική και βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του κατόπτρου. Επίσης η μορφοποίησή του απαιτεί ειδικές γνώσεις οπτικής και χειρονακτική εργασία. Τέλος, η στήριξη του κατόπτρου πρέπει να πραγματοποιείται με ειδικό τρόπο που να εξασφαλίζει την απαιτούμενη ακαμψία, ούτως ώστε να μην ακυρώνει την οπτική τελειότητα που τυχόν διαθέτει.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΤΥΠΩΝ ΓΥΑΛΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

	ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΓΥΑΛΙΟΥ	Θερμική Διαστολή PPM/Deg-C	Θερμική Αγωγιμότητα W/M/Deg-C	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤ. ΟΙΚΟΣ	ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	ΤΥΠΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΜΗ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ
1	Plate Glass	Κοινό γυαλί	9	0,75	-----	Κατάλληλο για τηλεσκόπια έως 10 ίντσες	100 \$
2	BK7	Μέτριας θερμικής διαστολής	7,1	1,11	-----	Χρησιμοποιείται σε δευτερεύοντα κάτοπτρα	110 \$
3	BVC	Μικρής θερμικής διαστολής	2,6	1,00	ASM Canada	Άριστη σχέση τιμής-απόδοσης (Είναι χρώμα μαύρο)	120 \$
4	Pyrex 7740	Μικρής θερμικής διαστολής	3,3	1,13	Corning USA	Κλασσικό για τηλεσκόπια 12-30 ίντσες	130 \$
5	Suprax 8488	Μικρής θερμικής διαστολής	4,3	1,20	Schott GERMANY	Άριστη σχέση τιμής-απόδοσης	110 \$
6	Borofloat	Μικρής θερμικής διαστολής	3,3	1,11	Schott GERMANY	Όμοιο με το Pyrex	130 \$
7	E6	Μικρής θερμικής διαστολής	2,8	1,10	Ohara Japan	Όμοιο με το Pyrex	120 \$
8	Zerodur	Αμελητέας θερμικής διαστολής	0,02	1,64	Schott GERMANY	Άριστες ιδιότητες Υψηλό Κόστος	1200 \$
9	ULE (7971)	Αμελητέας θερμικής διαστολής	0,05	1,31	Corning USA	Άριστες ιδιότητες Υψηλό Κόστος	1200 \$

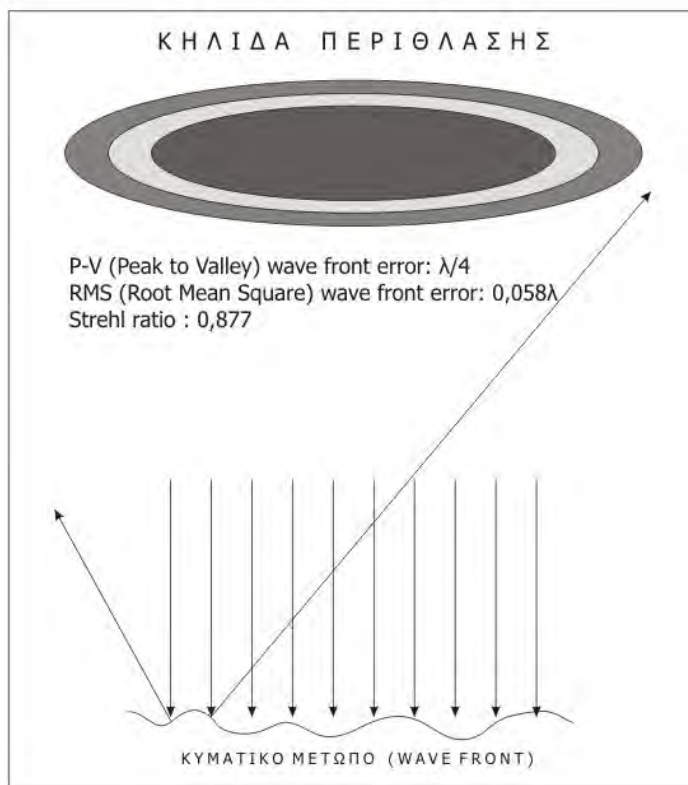
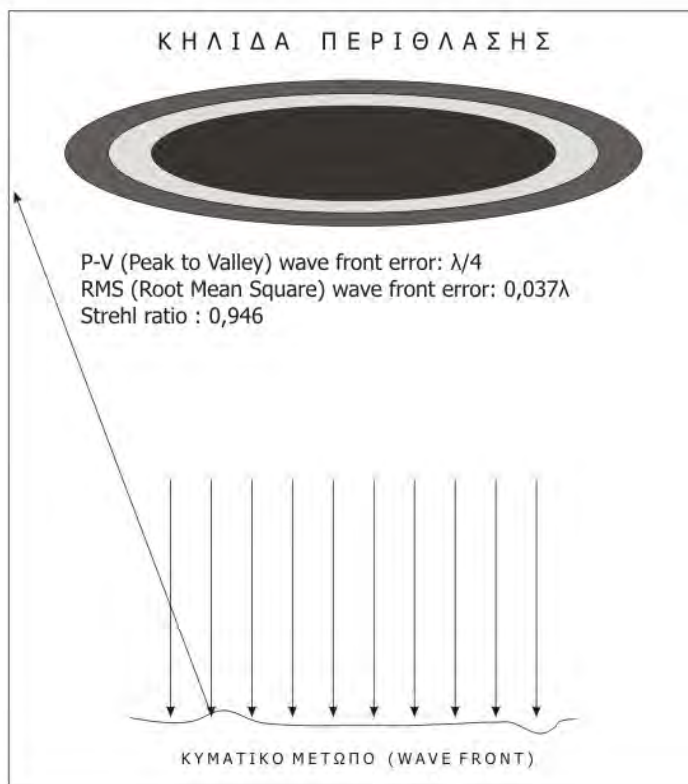
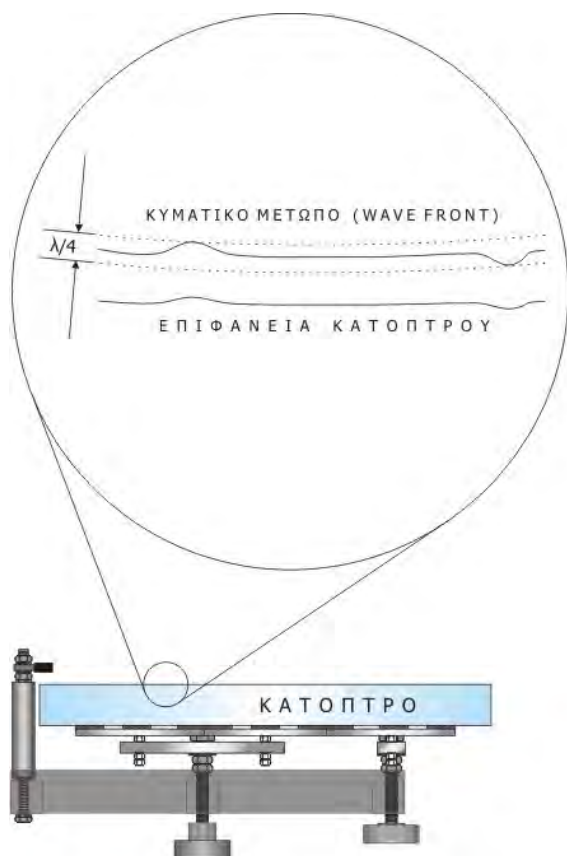
ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ ΜΕ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

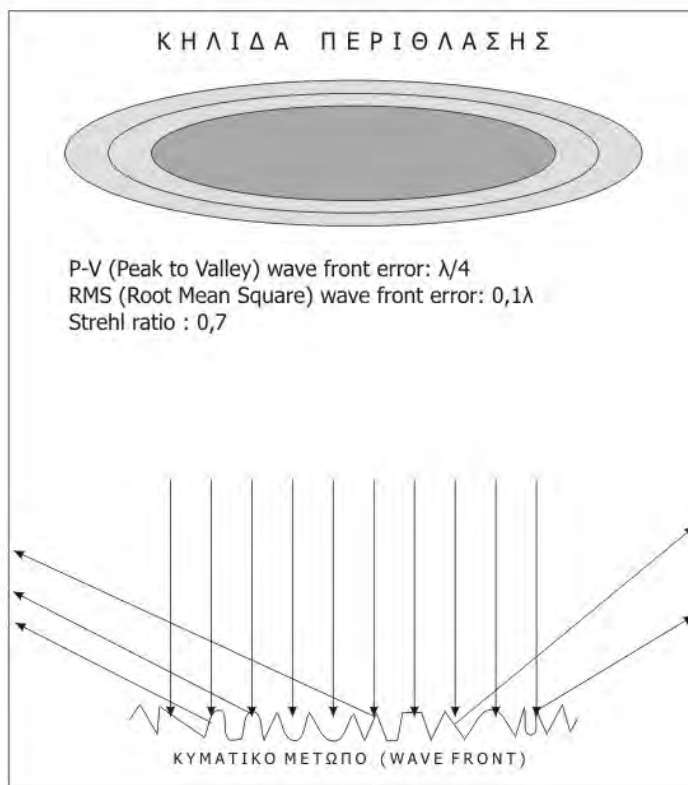
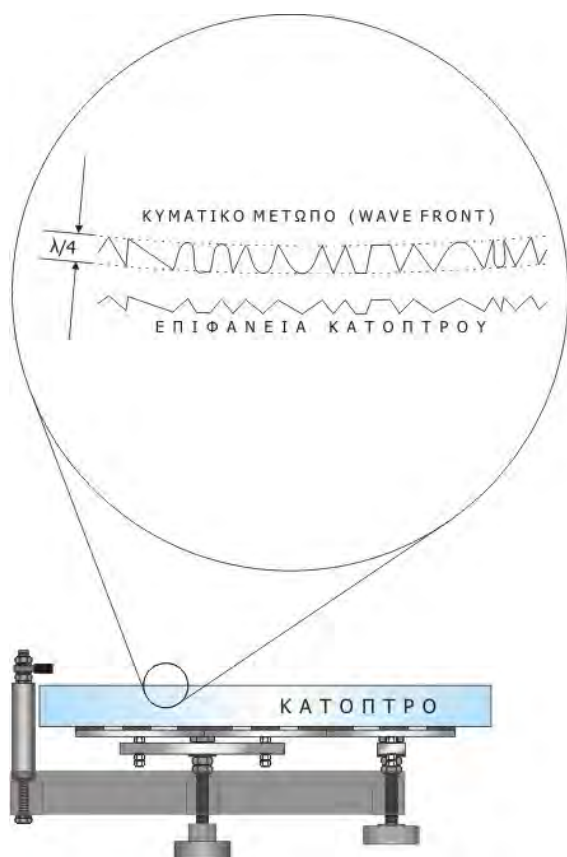
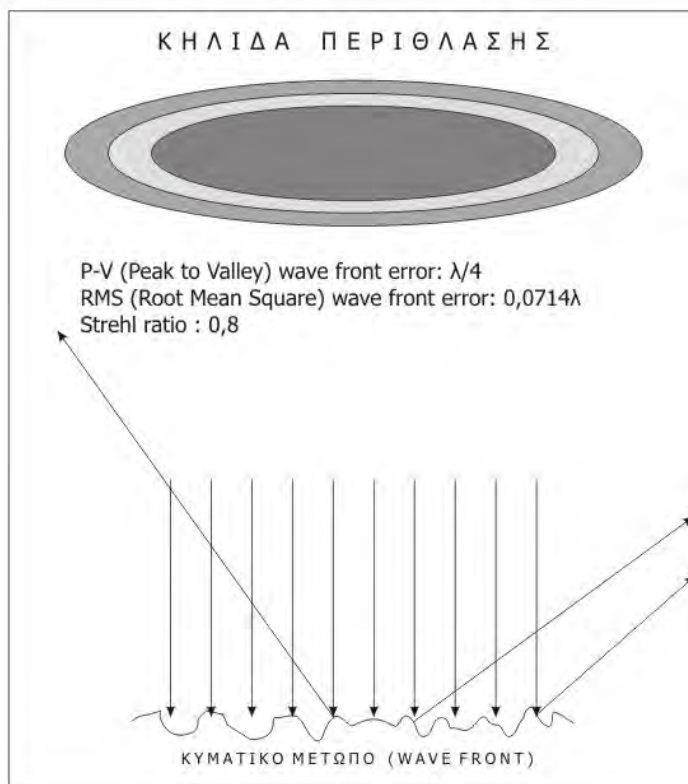
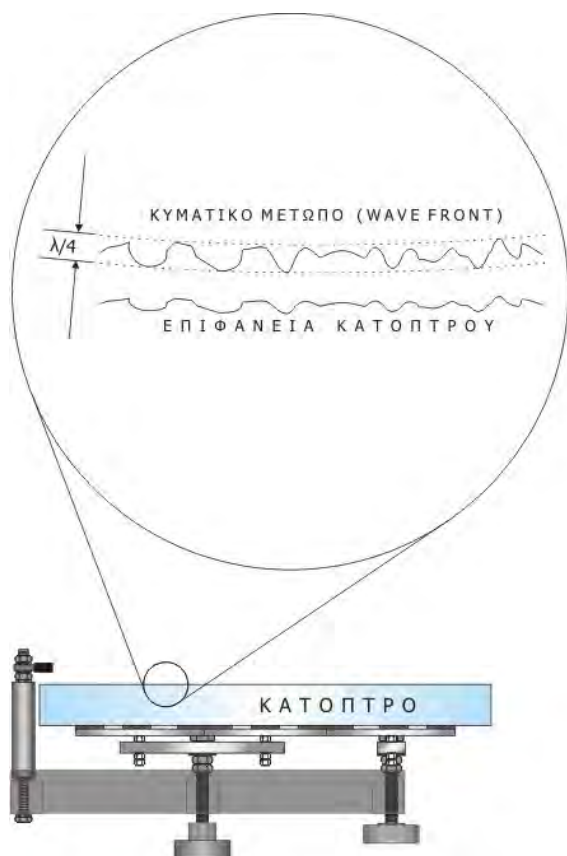
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ	P-V ¹ (Peak to Valley) wave front error (550nm)	RMS ² (Root Mean Square) wave front error (550nm)	Strehl ratio ³ (550nm)
ΙΔΑΝΙΚΟ	0	0	1,00
ΑΡΙΣΤΟ	~ 0,10 λ	~ 0,020 λ	~ 0,98
ΠΟΛΥ ΚΑΛΟ	~ 0,21 λ	~ 0,035 λ	~ 0,94
ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ (Diffraction-limited)	~ 0,25 λ	~ 0,072 λ	~ 0,80
ΜΗ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ	Μεγαλύτερο από 0,25 λ	Μεγαλύτερο από 0,072 λ	Μικρότερο του 0,8

P-V ¹: είναι το σφάλμα του κυματικού μετώπου από κορυφή σε κοιλάδα. Προσοχή, το σφάλμα του κυματικού μετώπου είναι διπλάσιο από το σφάλμα της επιφάνειας του κατόπτρου.

RMS ²: είναι η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής των τετραγώνων των τιμών, που μετράμε με την συμβολομετρική μεθοδολογία.

Strehl ratio ³: είναι ο λόγος της πυκνότητας του ανακλώμενου κυματικού μετώπου που συναντά την κηλίδα περιθλασης, προς το κυματικό μέτωπο πριν την ανάκλαση.





3.- ΦΡΟΝΤΙΔΑ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

Κατά την διάρκεια της παρατήρησης όλα τα τηλεσκόπια είναι εκτεθειμένα στα στοιχεία της φύσης, όπως είναι ο αέρας, η σκόνη, η ακτινοβολία του Ήλιου, η ακραία θερμοκρασία και πολλές φορές η αυξημένη υγρασία της ατμόσφαιρας. Για αυτό το λόγο η προστασία των τηλεσκοπίων με κατάλληλα καλύμματα είναι επιβεβλημένη.

Μετά από κάθε παρατήρηση θα πρέπει να αποφεύγεται το πακετάρισμα σε πλαστικές σακούλες και η αποθήκευση του τηλεσκοπίου σε κλειστούς χώρους, διότι η συσσωρευμένη υγρασία προκαλεί οξείδωση στα μεταλλικά εξαρτήματα και συντελεί στην ανάπτυξη μυκήτων στις οπτικές επιφάνειες. Πάντοτε, και μετά από κάθε παρατήρηση θα πρέπει να αφήνουμε τον οπτικό σωλήνα του τηλεσκοπίου μας σε ένα ζεστό περιβάλλον χωρίς υγρασία ούτως ώστε η συσσωρευμένη υγρασία να εξατμιστεί πλήρως πριν την τελική αποθήκευσή του.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Σε καμία περίπτωση δεν σκουπίζουμε τις υγρές οπτικές επιφάνειες του τηλεσκοπίου όπως θα κάναμε λόγω χάριν σε ένα καθρέπτη μπάνιου! Αν πράξουμε κάτι τέτοιο δεν θα αντιληφθούμε άμεσα την ανεπανόρθωτη ζημιά που προκαλέσαμε μιας και τα μάτια μας δεν έχουν την απαιτούμενη διακριτική ικανότητα να δουν τις αμυχές που δημιουργήσαμε στην επιφάνια των επιστρώσεων. Θυμηθείτε πως το λ/4 (1/7.000 mm), είναι πολύ μικρότερο από τις αόρατες στο ανθρώπινο μάτι «χαράδρες», που προκαλέσαμε με το σκούπισμα. Έτσι ενώ στην αρχή θα είμαστε πεπεισμένοι πως πράττουμε το καλύτερο για τα οπτικά του τηλεσκοπίου μας, δεν θα αργήσουμε να καταλάβουμε πως μετά από μερικά «σκουπίσματα» μειώθηκε η οξύτητα και η ευκρίνεια του ειδώλου.

Στην βραδινή παρατήρηση και στα διαστήματα που το τηλεσκόπιο δεν χρησιμοποιείται, θα πρέπει να τοποθετούμε τα καπάκια ώστε να καλύψουμε τους οπτικούς σωλήνες.

Τέλος δεν θα πρέπει να αγγίζουμε τις οπτικές επιφάνειες με τα δάχτυλα. Το λίγο λάδι των χεριών μας περιέχει οξέα που αντιδρούν χημικά με τις επιστρώσεις και προκαλεί μόνιμους λεκέδες με την πάροδο του χρόνου.

4.- ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ



1.- Νερό βρύσης

2.- Καθαρή πετσέτα

Το μέγεθος της πετσέτας εξαρτάται από το μέγεθος του κατόπτρου.

3.- Καθαρή Πλαστική λεκάνη

Το μέγεθος της λεκάνης εξαρτάται από το μέγεθος του κατόπτρου.

4.- Υγρό πιάτων

Χωρίς πρόσθετα (όπως λεμόνι, λοσιόν-μαλακτική κρέμα χεριών, λανολίνη, ξύδι κτλ)

5.- Καθαρό ποτήρι

6.- Καθαρό βαμβάκι 100% (USP)

7.- Αποσταγμένο νερό (Water for injection)

Το (Water for injection) είναι τετράκις αποσταγμένο νερό και το βρίσκουμε μόνο στα φαρμακεία.

Ο φυσιολογικός ορός 0,9% του φαρμακείου είναι ακατάλληλος διότι περιέχει αλάτι.

Το απιονισμένο νερό των σούπερ-μάρκετ είναι ακατάλληλο διότι περιέχει μεταλλικά στοιχεία και δεν είναι απαλλαγμένα πλήρως από άλατα.

8.- Λευκά χαρτομάντιλα Kleenex ή τύπου (Ultra soft)

5.- ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

1.- 1° Στάδιο

Εξαρμόζουμε με μεγάλη προσοχή το πρωτεύων κάτοπτρο από το τηλεσκόπιο. (Αφορά τηλεσκόπια ανοικτού οπτικού σωλήνα τύπου Newtonian, Cassegrain, και Ritchey-Chretien.) Η διαδικασία εκτελείται με μεγάλη προσοχή, ώστε να μην αγγίξουμε την οπτική επιφάνεια με τα χέρια και βεβαίως να μην την χαράξουμε με κάποιο εργαλείο!

2.- 2° Στάδιο

Ρίχνουμε 2-3 σταγόνες υγρού απορρυπαντικού πιάτων σε ένα καθαρό ποτήρι με χλιαρό νερό βρύσης και ανακατεύουμε καλά. Έτσι δημιουργούμε ένα πολύ αραιό διάλυμα που θα το χρησιμοποιήσουμε λίγο αργότερα.

Βάζουμε το κάτοπτρο επάνω σε πετσέτα (για την αποφυγή ολισθήματος,) μέσα σε μια καθαρή λεκάνη. Προσοχή η κοίλη επαλουμινομένη επιφάνεια να κοιτάζει προς τα πάνω. Αφού πρώτα ελέγχουμε την θερμοκρασία του νερού της βρύσης, πως το νερό είναι κρύο-χλιαρό, ανοίγουμε άφοβα την βρύση. Αφήνουμε το νερό της βρύσης να τρέχει επάνω στο κάτοπτρο από μέτριο ύψος για 3-5 λεπτά.



3.- 3° Στάδιο

Αδειάζουμε το νερό από την λεκάνη και ρίχνουμε το αραιό διάλυμα σάπωνος που έχουμε ήδη έτοιμο, μέσα στην κοιλότητα του κατόπτρου. Αφήνουμε για 5 λεπτά να δράσει.

Ύστερα κατακλύζουμε με νερό βρύσης την λεκάνη μέχρι να καλύψει πλήρως το κάτοπτρο. Η επιφάνεια του νερού θα πρέπει να βρίσκεται 2-3 εκατοστά ψηλότερα από την άνω επιφάνεια του κατόπτρου. Κατόπιν με ένα κομμάτι βαμβάκι εκτελούμε περιστροφικές και κυκλικές κινήσεις από την περιφέρεια του κατόπτρου προς το κέντρο. Η διαδικασία γίνεται με μεγάλη προσοχή, χωρίς καθόλου πίεση με το χέρι και μόνο με το βάρος του βαμβακιού. Με την περιστροφή του βαμβακιού ανασύρουμε τις ακαθαρσίες που αντιστέκονται.



Επαναλαμβάνουμε με άλλο καθαρό βαμβάκι όσες φορές απαιτείται.

4.- 4° Στάδιο

Ξεπλένουμε με άφθονο νερό βρύσης ώστε να αποπλυθεί πλήρως το κάτοπτρο από τα κατάλοιπα του υγρού σαπουνιού. Αμέσως μετά αδειάζουμε τουλάχιστον ένα λίτρο αποσταγμένο νερό (Water for injection) πάνω στο κάτοπτρο για να απομακρύνει τα μεταλλικά στοιχεία, άλατα κ.α. που περιέχονται στο νερό της ύδρευσης.



5.- 5° Στάδιο

Αποστραγγίζουμε το δυνατόν περισσότερο τα νερά και έπειτα απλώνουμε μία στρώση από τα λευκά μαλακά χαρτομάντιλα επάνω στην ευαίσθητη επιφάνεια του κατόπτρου. Έτσι αφού καλύψουμε πλήρως την ελαφρώς υγρή επιφάνεια, πιέζουμε ελαφρά με λίγο στεγνό βαμβάκι τα χαρτομάντιλα ώστε να απορροφήσει την υγρασία και να στεγνώσει πλήρως. Επαναλαμβάνουμε με στεγνά χαρτομάντιλα αν απαιτείται. Προσοχή, σε καμία περίπτωση δεν σύρουμε τα χαρτομάντιλα με το βαμβάκι, ακόμη και το απαλό χαρτί χαράσσει! Αυτό το στάδιο αποτελεί το μυστικό της επιτυχίας και οι λεκέδες θα έχουν εξαφανιστεί από το κάτοπτρο.



6.- 6° Στάδιο

Επανατοποθετούμε το κάτοπτρο στο τηλεσκόπιο με την ίδια προσοχή όσο και της εξάρμοσης. Προσέχουμε οι βίδες συγκράτησης του κατόπτρου να μην είναι σφιγμένες και να κάμπτουν το κάτοπτρο. Η παραμικρή τάση στο κάτοπτρο ακυρώνει το παραβολοειδές σχήμα του κατόπτρου. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως η οποιαδήποτε κάμψη δεν θα πρέπει να ξεπερνά το $\lambda/4$. Δηλαδή κάτω από $1/7.000$ του mm! Τελειώνουμε όπως πάντα με προσεκτική ευθυγράμμιση των οπτικών χρησιμοποιώντας προσοφθάλμιο cheshire και laser collimator.



6.- ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

- 1.- ΣΠΡΕΙ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ (Πολλά από αυτά κατασκευάζονται για ηλεκτρικές-ηλεκτρονικές εφαρμογές και περιέχουν πρόσθετα αντι-στατικά υλικά.)
- 2.- ΧΑΡΤΑΚΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΦΑΚΩΝ (Τα περισσότερα χαράσσουν τις οπτικές επιφάνειες.)
- 3.- ΜΠΑΛΕΣ ΒΑΜΒΑΚΙ ΓΙΑ ΝΤΕ-ΜΑΚΙΓΙΑΖ (Περιέχουν χρώμα, αρωματικούς υδρογονάνθρακες, έλαια.)
- 4.- ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΑΛΚΟΟΛΗ (Αντιδρά με το αλουμίνιο προκαλώντας την οξείδωσή του)
- 5.- ΝΕΡΟ ΒΡΥΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΣΤΑΔΙΟ ΠΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ (Αφήνει λεκέδες από τα άλατα)
- 6.- ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΦΑΚΩΝ [Τα περισσότερα περιέχουν μεθυλική αλκοόλη ή προπανόλη (ασετόν).]
- 7.- ΥΓΡΟ ΠΙΑΤΩΝ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΑ (όπως λεμόνι, λουσίων-μαλακτική κρέμα χεριών, λανολίνη, ξύδι κτλ)
- 8.- ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΑ ΤΖΑΜΙΩΝ (με ή χωρίς αμμωνία!).