

# Φωτορύπανση εναντίον αστρονομίας

*Όταν ο άνθρωπος θέλει να κάνει την Γη αστέρι και  
εμείς να δούμε τον ουρανό με τ' άστρα*



# Φωτορύπανση

Φωτορύπανση είναι η μεταβολή των επιπέδων φωτισμού στο εξωτερικό περιβάλλον (σε σχέση με τον φυσικό φωτισμό) που οφείλεται σε ανθρωπογενείς πηγές φωτός. Αυτό προκύπτει από τον υπερβολικό, προς λάθος κατεύθυνση ή μη σωστά μελετημένο τεχνητό φωτισμό.

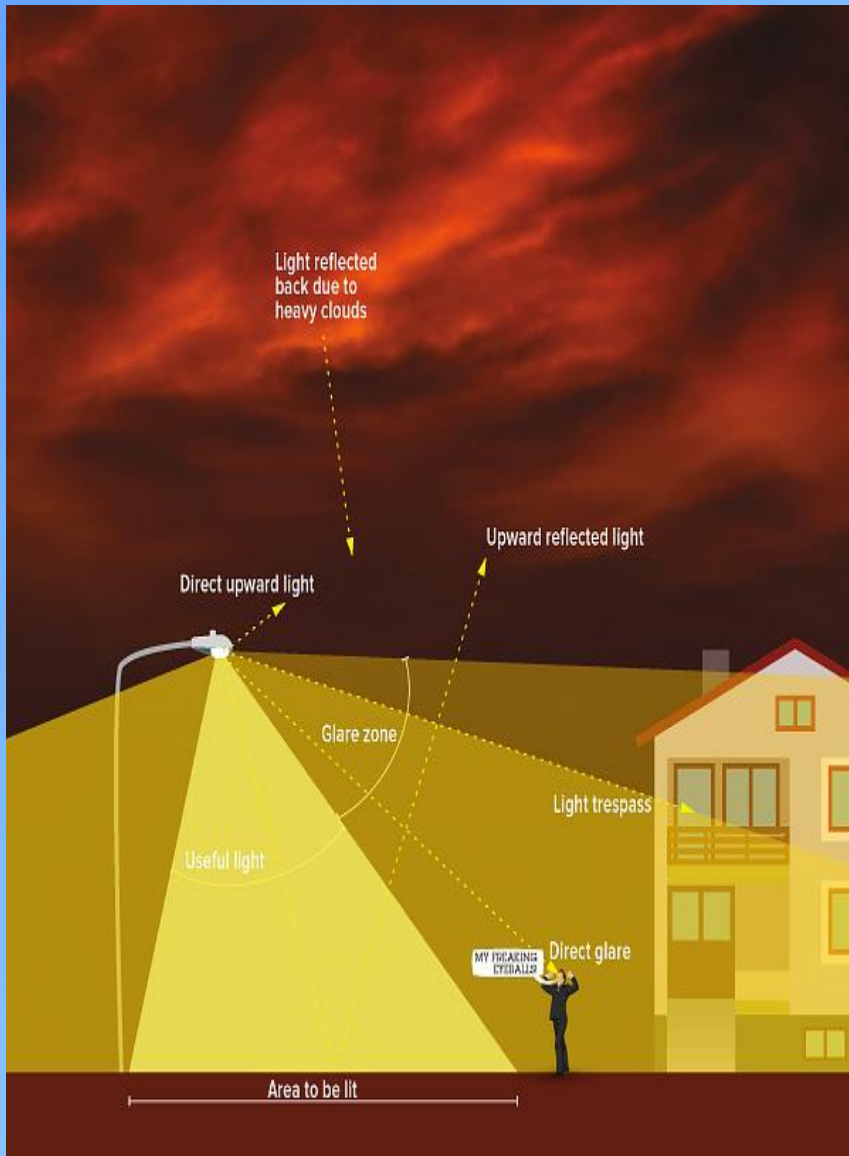
Ταυτόχρονα υπάρχει και φωτορύπανση εσωτερικού περιβάλλοντος, η μεταβολή των επιπέδων φωτισμού με τεχνητά μέσα (φώτα) μέσα σε σπίτια και χώρους εργασίας, που θέτει σε κίνδυνο την υγεία του ανθρώπου.

**Σε γενικές γραμμές η φωτορύπανση είναι η εισαγωγή από τον άνθρωπο, άμεσα ή έμμεσα, του τεχνητού φωτός στο περιβάλλον.**

Η φωτορύπανση έχει συνέπειες, όπως η διατάραξη των οικοσυστημάτων, ο βιολογικός κύκλος μέρας νύχτας και άλλες που ακόμα μπορεί να μην είναι γνωστές.



# Είδη φωτορύπανσης



Η φωτορύπανση είναι ένας ευρύς όρος που αναφέρεται σε πολλαπλά προβλήματα, τα οποία προκαλούνται από την αναποτελεσματική, κακά μελετημένη και άσκοπη χρήση του τεχνητού φωτός.

Ειδικές κατηγορίες της φωτορύπανσης :

- "καταπάτηση" με φως
- υπερ-φωτισμός
- εκτυφλωτικός φωτισμός
- ακατάστατος και χωρίς μελέτη φωτισμός
- φωτισμός του ουρανού (skyglow).

Μια μοναδική φωτεινή πηγή εμπίπτει συχνά σε περισσότερες από μία από αυτές τις κατηγορίες.

## "Καταπάτηση" με φως (Light trespass)

Η καταπάτηση με φως συμβαίνει όταν ανεπιθύμητο φως εισέρχεται στην περιουσία κάποιου, όπως αν φωτίσουμε τον κήπο του γείτονα ή όταν εισέρχεται έντονο φως από ένα παράθυρο το βράδυ και προκαλεί διαταραχή στον ύπνο.

Η διεθνής ομοσπονδία σκοτεινών ουρανών, σε μία προσπάθεια συνολικής μείωσης της φωτορύπανσης, προσπαθεί να ελαττώσει αυτά τα προβλήματα περιορίζοντας τους φωτισμούς που εκπέμπουν σε γωνία μεγαλύτερη των 90° από το Ναδίρ.



## Υπερ-φωτισμός

Είναι η υπερβολική χρήση φωτός. Προκαλείται από διάφορους παράγοντες, όπως η κακές μελέτες φωτισμού, λάθος επιλογή φωτιστικών σωμάτων, άσκοπη χρήση φωτισμού την ημέρα και άλλους.





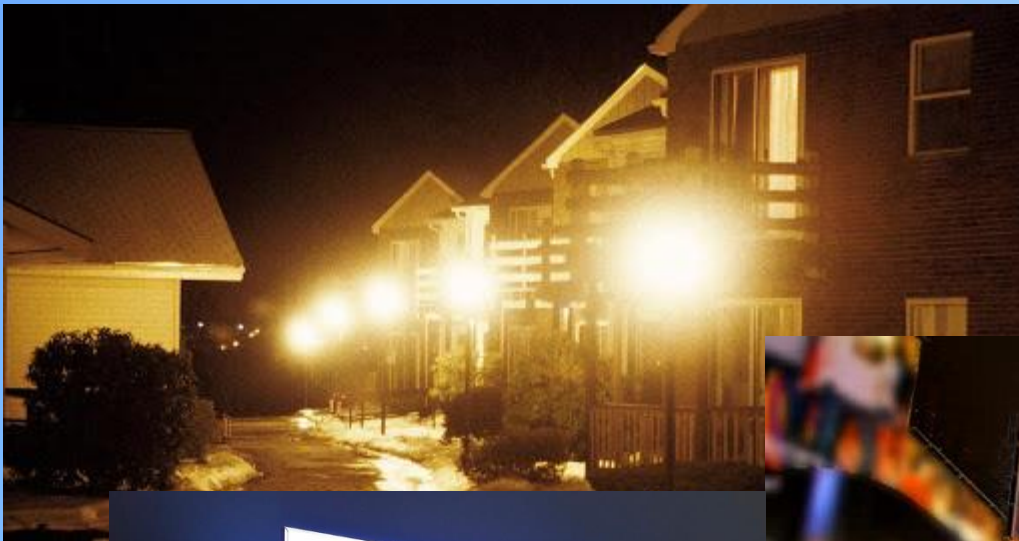
## Εκτυφλωτικός φωτισμός

Έχει να κάνει με τις επιπτώσεις που έχει ο ισχυρός, απευθείας και μη, φωτισμός στην ανθρώπινη όραση. Ο κακός φωτισμός προκαλεί προβλήματα στην οδήγηση αλλά σταδιακά και υγείας, ειδικά σε άτομα μεγάλης ηλικίας.



## Ακατάστατος φωτισμός

Ο ακατάστατος και χωρίς μελέτη φωτισμός έχει να κάνει με την μη σωστή τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων, διαφημιστικών πινακίδων, κτλ με αποτέλεσμα τον υπερ-φωτισμό άλλα και θέματα ασφαλείας, όπως απόσπαση των οδηγών.





## Φωτισμός του ουρανού (skyglow)

Αναφέρεται στην λάμψη που μπορεί να δει κανείς πάνω από κατοικημένες περιοχές.

Είναι ο συνδυασμός του φωτός που αντανακλάται από ό,τι έχει φωτίσει και διαφεύγει στον ουρανό και από όλα τα κακώς κατευθυνόμενα φώτα που διαφεύγουν επίσης στον ουρανό και σκεδάζονται (ανακατευθύνονται) από την ατμόσφαιρα πίσω προς το έδαφος.

Η σκέδαση αυτή, όταν ο αέρας είναι πολύ καθαρός (με μικρή ποσότητα αεροζόλ), είναι πολύ στενά συνδεδεμένη με το μήκος κύματος του φωτός. Η σκέδαση τύπου Rayleigh κυριαρχεί στον καθαρό αέρα, κάνοντας τον ουρανό να φαίνεται μπλε στη διάρκεια της ημέρας.

Όταν υπάρχει σημαντική ποσότητα αεροζόλ το σκεδαζόμενο φως έχει λιγότερη εξάρτηση από το μήκος κύματος και η σκέδαση τύπου Mie το στέλνει προς όλες τις κατευθύνσεις κάνοντας ένα λευκότερο ουρανό. Η σκέδαση αυτή είναι υπεύθυνη για το τοπικό skyglow.

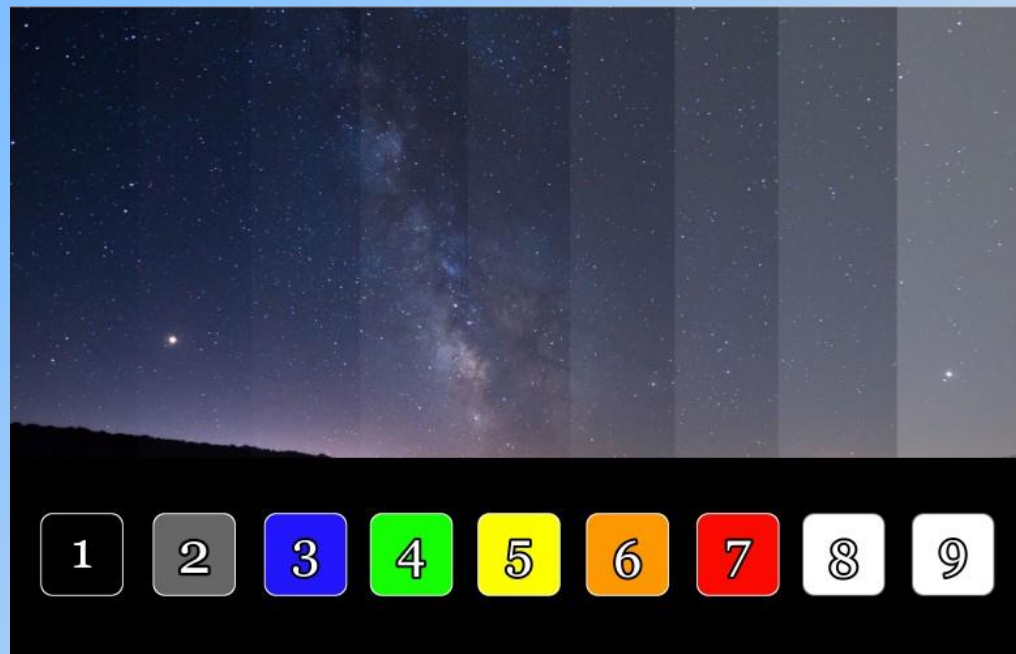
Λόγω αυτών και λόγω της αυξημένης ευαισθησίας του ματιού στις λευκές ή μπλε πηγές φωτός, όταν προσαρμόζεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα φωτισμού, ο λευκός ή μπλε φωτισμός συμβάλλει σημαντικά περισσότερο στην λάμψη του ουρανού από ένα ίσο ποσό κίτρινου φωτός.

*Αυτή η λάμψη είναι που μειώνει την ικανότητά μας να βλέπουμε αμυδρά αντικείμενα στον ουρανό μέσα από τις πόλεις και βλέπουμε μόνο τα πιο φωτεινά άστρα.*



# Το πρόβλημα στην Αστρονομία

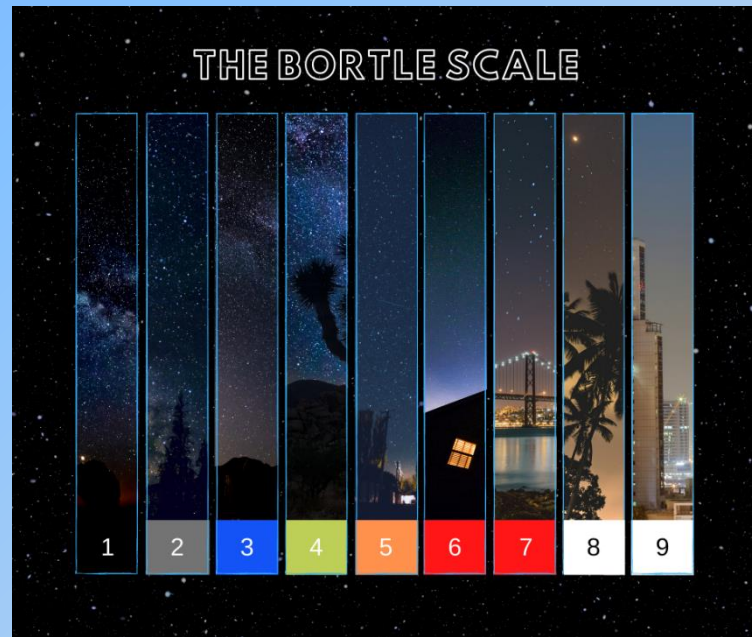
Το πρόβλημα της φωτορύπανσης στην αστρονομία έχει να κάνει με την μείωση της αντίθεσης των αστεριών και των αντικειμένων του βαθύως ουρανού σε σχέση με τη φωτεινότητα του ουρανού λόγω του φαινομένου της σκέδασης πάνω από φωτορυπασμένες περιοχές, με αποτέλεσμα αμυδρά αντικείμενα να μη γίνονται ορατά.



# Το πρόβλημα στην Αστρονομία

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού υπάρχουν δύο λύσεις :

- Η πρώτη είναι να ταξιδέψουμε σε μέρη μακριά από την φωτορύπανση και
- η δεύτερη είναι να γίνει χρήση φίλτρων, τόσο στην παρατήρηση όσο και στην φωτογράφιση.



**Κανένα φίλτρο δε μπορεί να "γιατρέψει" πλήρως το πρόβλημα και γι' αυτό τίποτα δε μπορεί να αντικαταστήσει τον σκοτεινό ουρανό.**



# Οι αντίπαλοι

Για να κατασκευαστούν φίλτρα τα οποία να αντιμετωπίζουν, σε κάποιο βαθμό, την φωτορύπανση πρέπει να ξέρουμε τις πηγές. Κατά βάση οι πηγές φωτορύπανσης που προκαλούν το φαινόμενο του skyglow προέρχονται από τα φώτα των δρόμων, τον δημόσιο φωτισμό και τον φωτισμό κτηρίων.

Τα φωτιστικά σώματα που συνήθως χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι :

Λυχνίες ατμών Νατρίου χαμηλής πίεσης

Λυχνίες ατμών Νατρίου υψηλής πίεσης

Λυχνίες ατμών Υδραργύρου

Λυχνίες ατμών Υδραργύρου - Αλογονιδίων μετάλλων

Δίοδοι LED

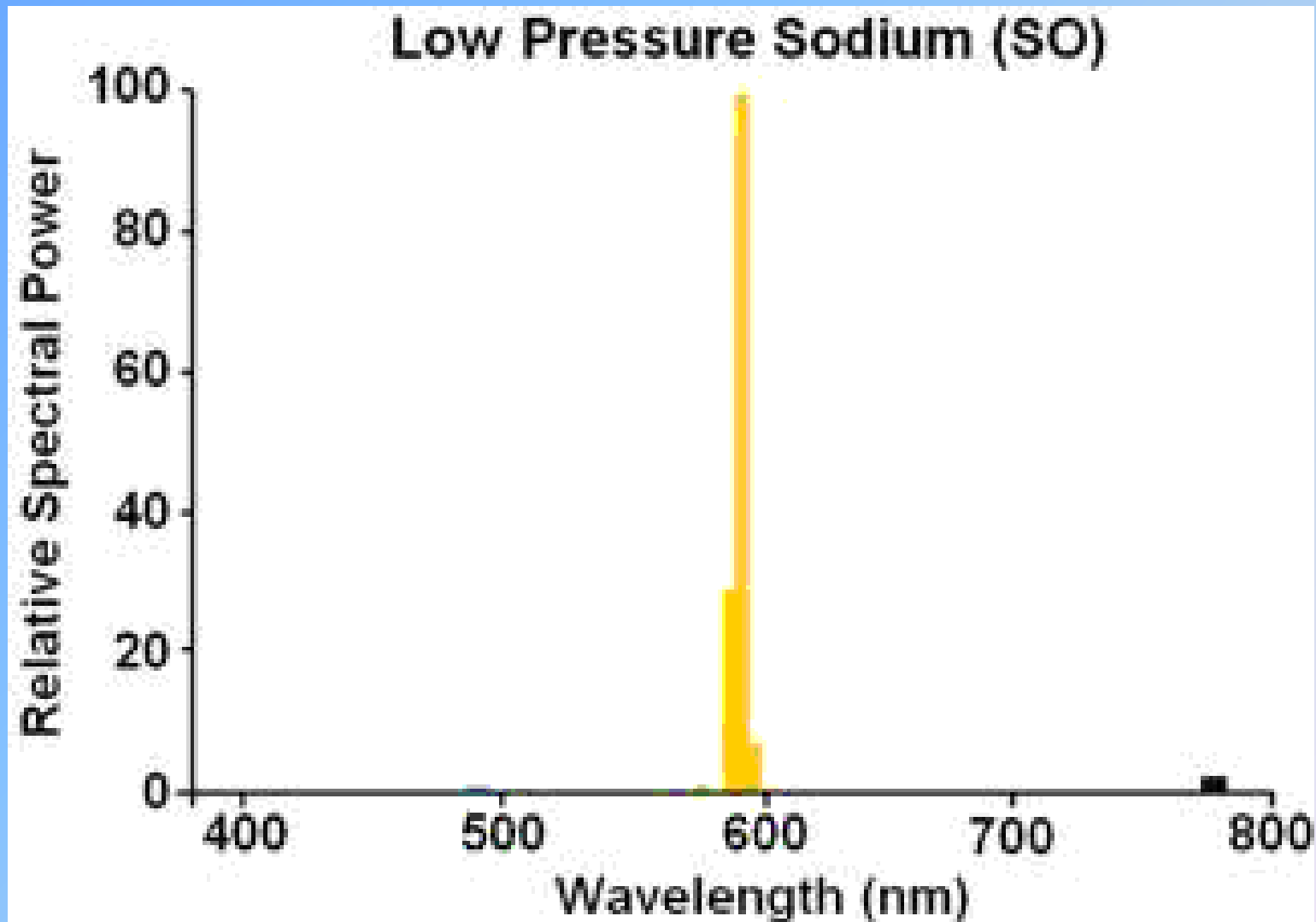
# Λυχνίες ατμών Νατρίου χαμηλής πίεσης

Οι λυχνίες Νατρίου χαμηλής πίεσης χρησιμοποιούνται για φωτισμό δρόμων και για ασφάλεια σε περιοχές που η απόδοση των χρωμάτων δεν είναι σημαντική. Αυτό γιατί οι λυχνίες αυτές βγάζουν ένα σχεδόν μονοχρωματικό φως στα 589.3nm, για την ακρίβεια δύο εκπομπές στα 589nm και στα 589.6nm. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα φωτιζόμενα αντικείμενα να μην είναι ευδιάκριτα αφού γίνονται ορατά μόνο από την αντανάκλασή τους στο στενό μονοχρωματικό κίτρινο φως.

Το καλό με αυτές τις λυχνίες είναι πως λόγω του στενού φάσματος εκπομπής μπορούν εύκολα να φιλτραριστούν. Γι' αυτό σε μέρη που είναι σημαντική η χαμηλή φωτορύπανση και το skyglow χρησιμοποιούνται τέτοιες λυχνίες, όπως στο Flagstaff της Arizona.



# Λυχνίες ατμών Νατρίου χαμηλής πίεσης



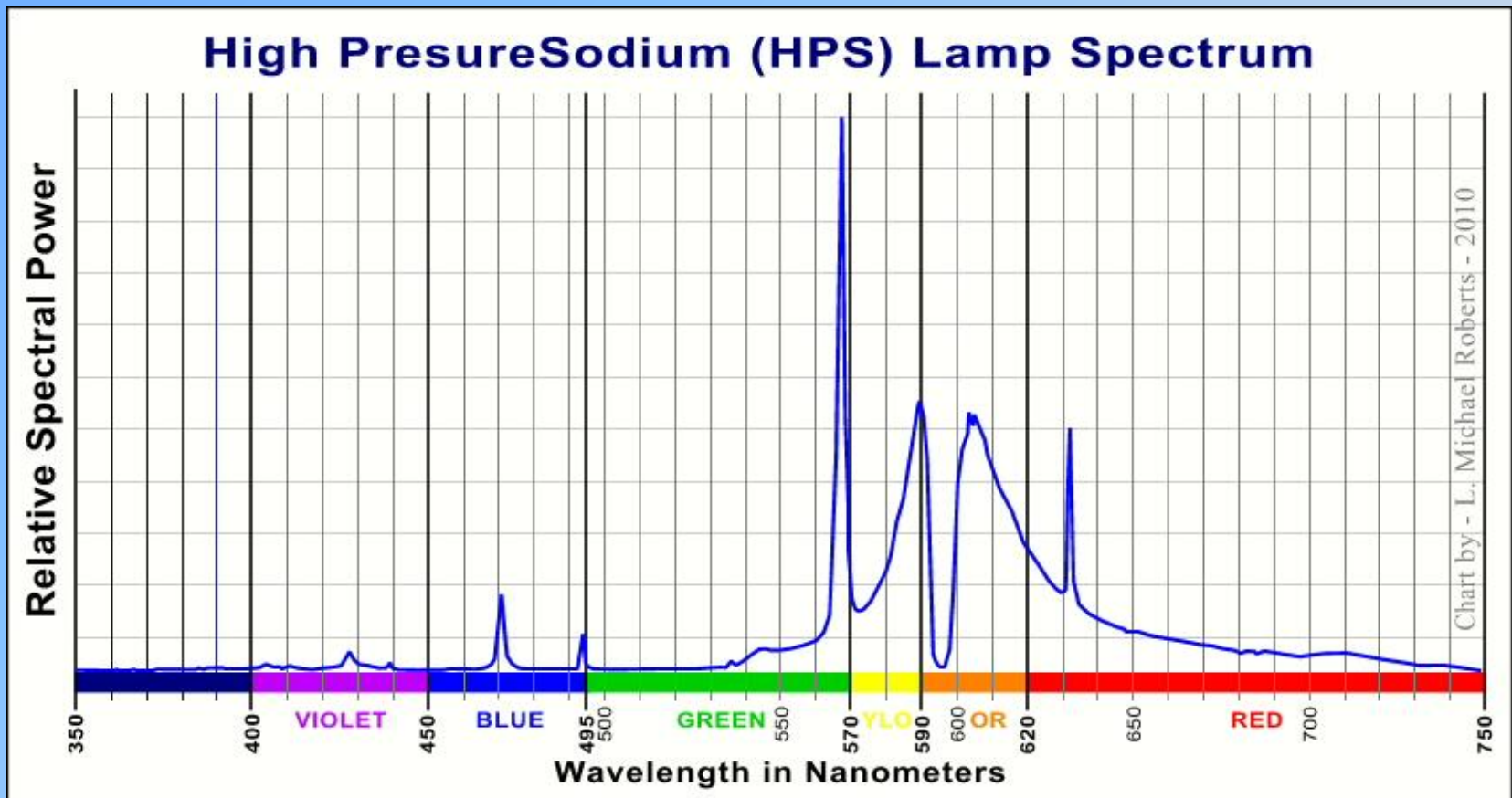
# Λυχνίες ατμών Νατρίου χαμηλής πίεσης



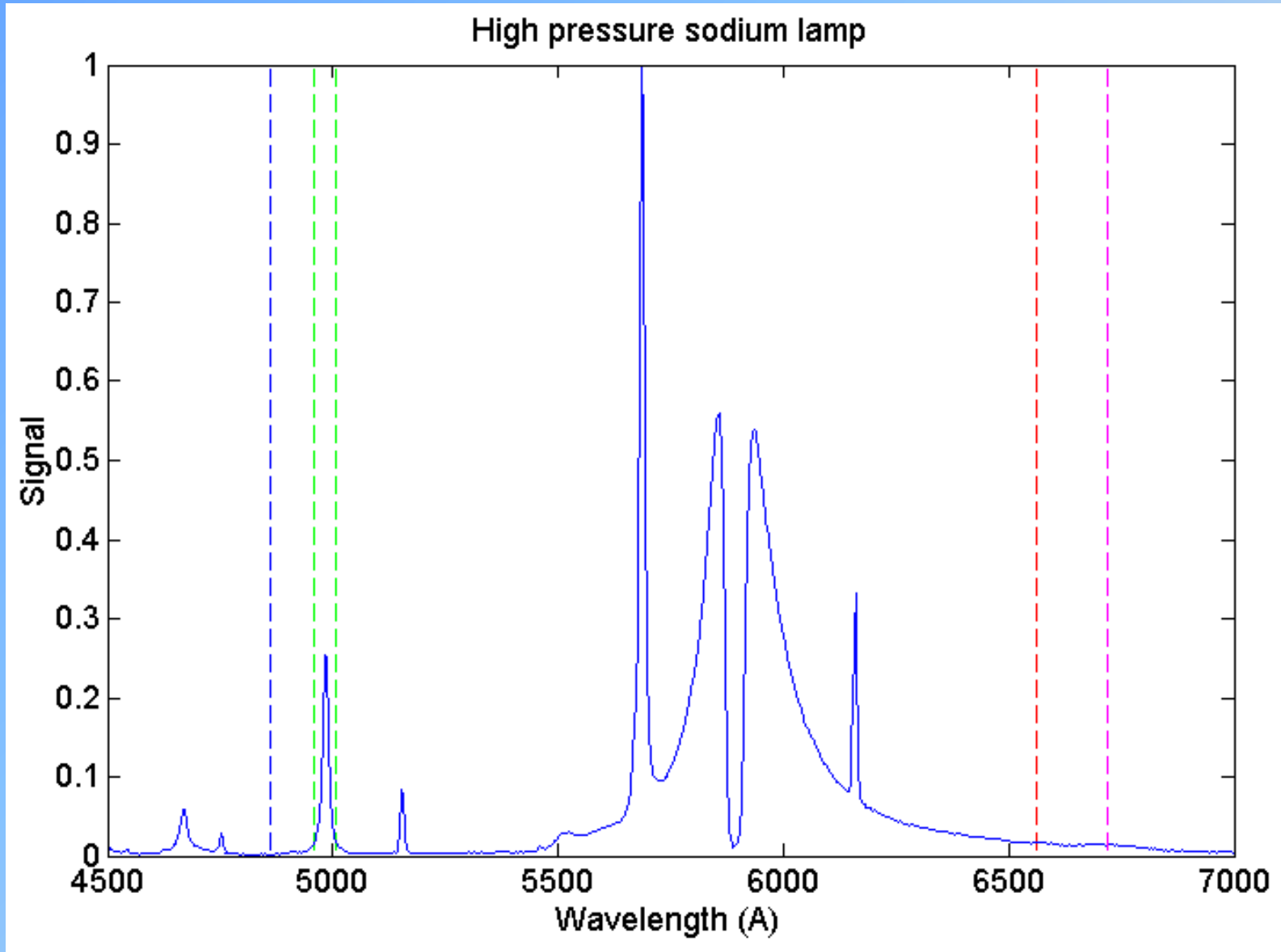


# Λυχνίες ατμών Νατρίου υψηλής πίεσης

Οι λυχνίες αυτές περιέχουν στοιχεία Υδραργύρου και σε συνδυασμό με την υψηλή πίεση παράγουν ένα πιο ευρύ φάσμα απ' ότι οι χαμηλής πίεσης. Έτσι ένα μεγαλύτερο φάσμα μας προσφέρει καλύτερη ορατότητα και κάνει τα αντικείμενα πιο ευδιάκριτα. Το φάσμα τους όμως είναι πιο δύσκολο να φιλτραριστεί.



# Λυχνίες ατμών Νατρίου υψηλής πίεσης



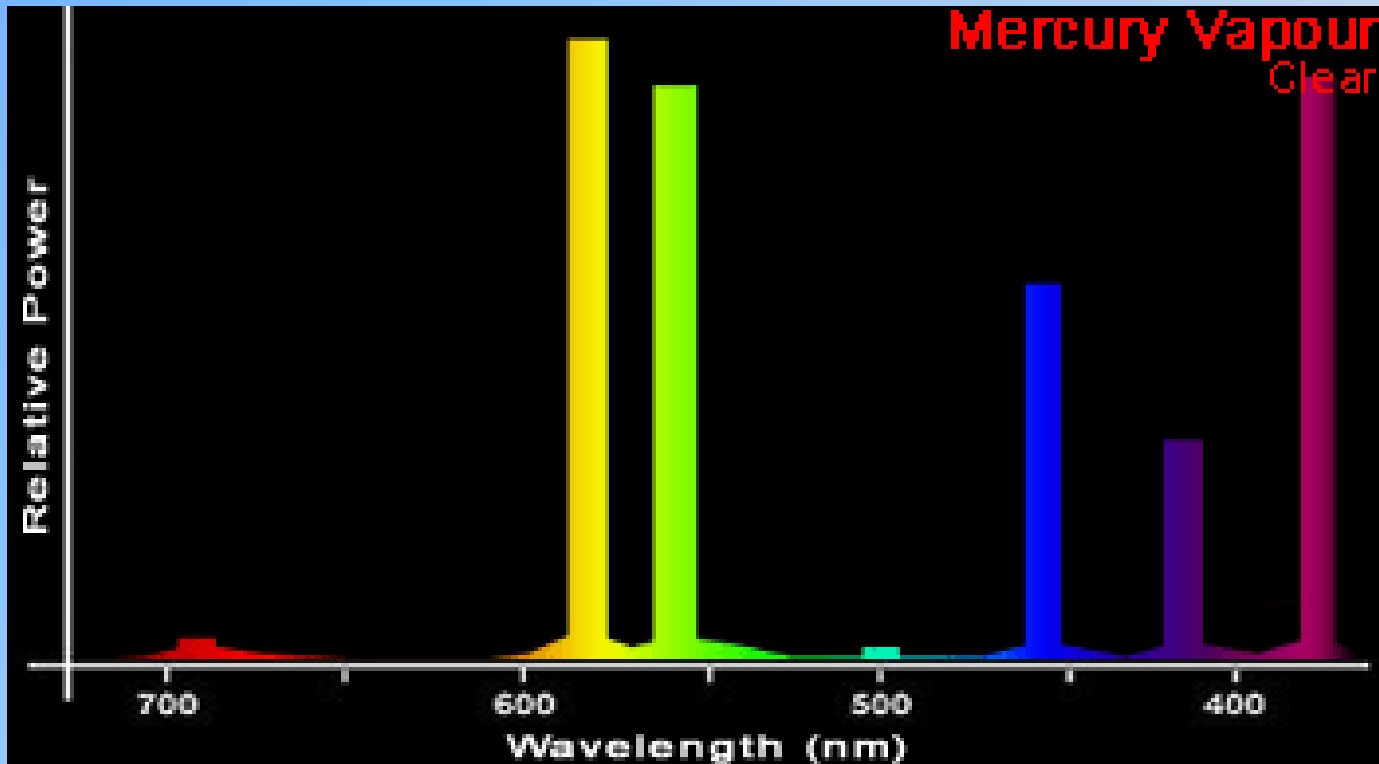


# Λυχνίες ατμών Νατρίου υψηλής πίεσης



# Λυχνίες ατμών Υδραργύρου

Οι λυχνίες Υδραργύρου συνεχίζουν και υπάρχουν στον φωτισμό των δρόμων, παρ' ότι υπάρχουν αποδοτικότερες λυχνίες. Στον φωτισμό δρόμων χρησιμοποιούνται λυχνίες υψηλής πίεσης, αλλά ακόμα και σε αυτές η εκπομπή φωτός γίνεται σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, κάνοντάς τις τις δεύτερες καλύτερες λυχνίες για χρήση σε σημεία που υπάρχει η απαίτηση για ελεγχόμενο φωτισμό, όπως χώρους γύρω από αστροσκοπεία.



# Λυχνίες ατμών Υδραργύρου





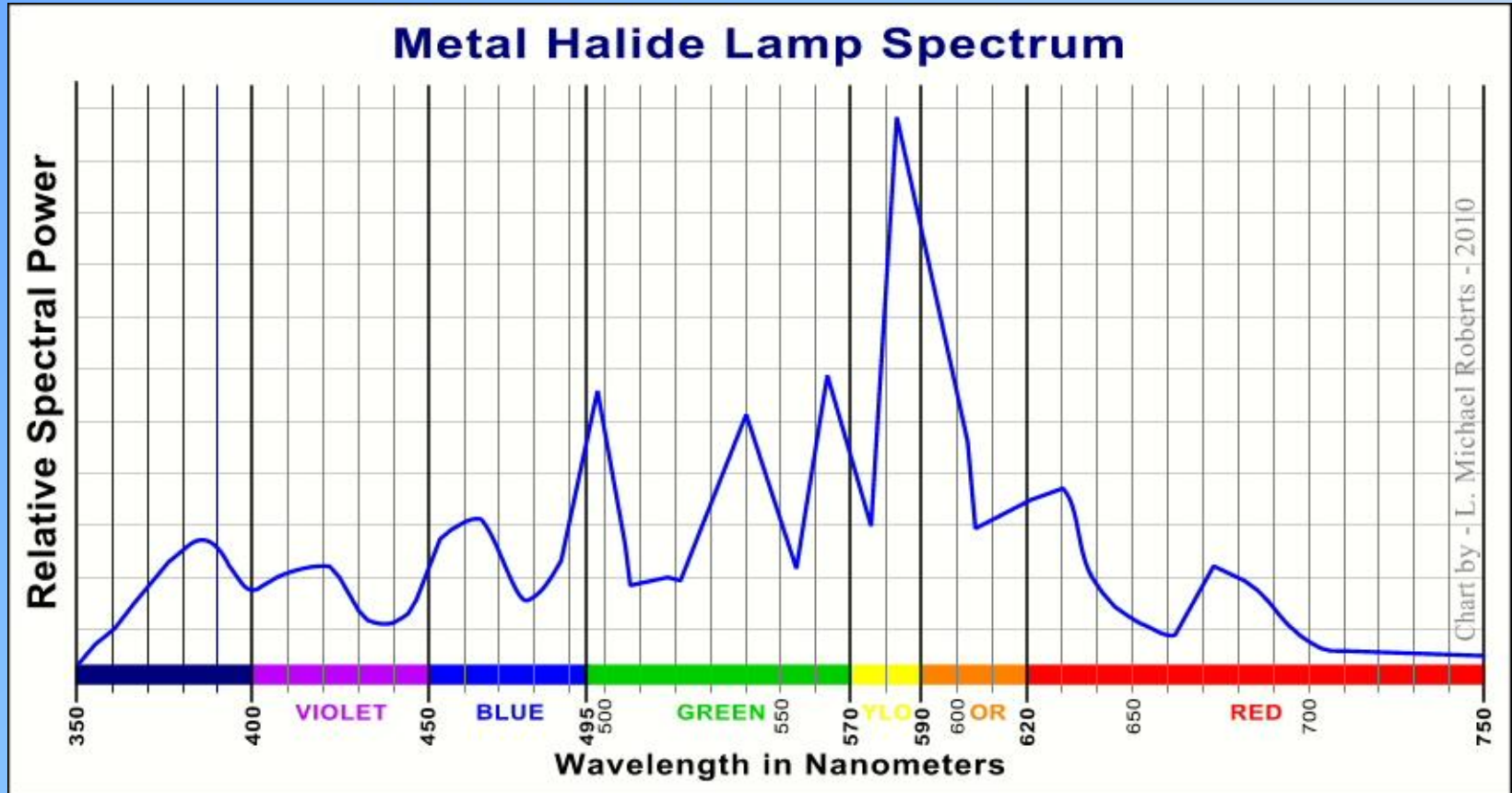
# Λυχνίες ατμών Υδραργύρου - Αλογονιδίων μετάλλων

Οι λυχνίες αυτές είναι, στην ουσία, λυχνίες ατμών Υδραργύρων με προσθήκη κάποιων αλογονιδίων μετάλλων με αποτέλεσμα να αυξάνει η αποδοτικότητά τους και να βελτιώνεται η χρωματική τους απόδοση, δίνοντας ένα πιο λευκό φως (σε σχέση με των ατμών Υδραργύρου).

Οι λυχνίες αυτές χρησιμοποιούνται σε διάφορους αφ' υψηλού φωτισμούς σε εμπορικούς, βιομηχανικούς και δημόσιους χώρους όπως παρκινγκ, αθλητικά κέντρα, βιομηχανίες και καταστήματα.

Επίσης χρησιμοποιούνται και στα αυτοκίνητα, οι γνωστοί λαμπτήρες XENON.

# Λυχνίες ατμών Υδραργύρου - Αλογονιδίων μετάλλων



Λυχνίες ατμών  
Υδραργύρου - Αλογονιδίων μετάλλων





Λυχνίες ατμών  
Υδραργύρου - Αλογονιδίων μετάλλων



# Λυχνίες ατμών Υδραργύρου - Αλογονιδίων μετάλλων



# Δίοδοι LED

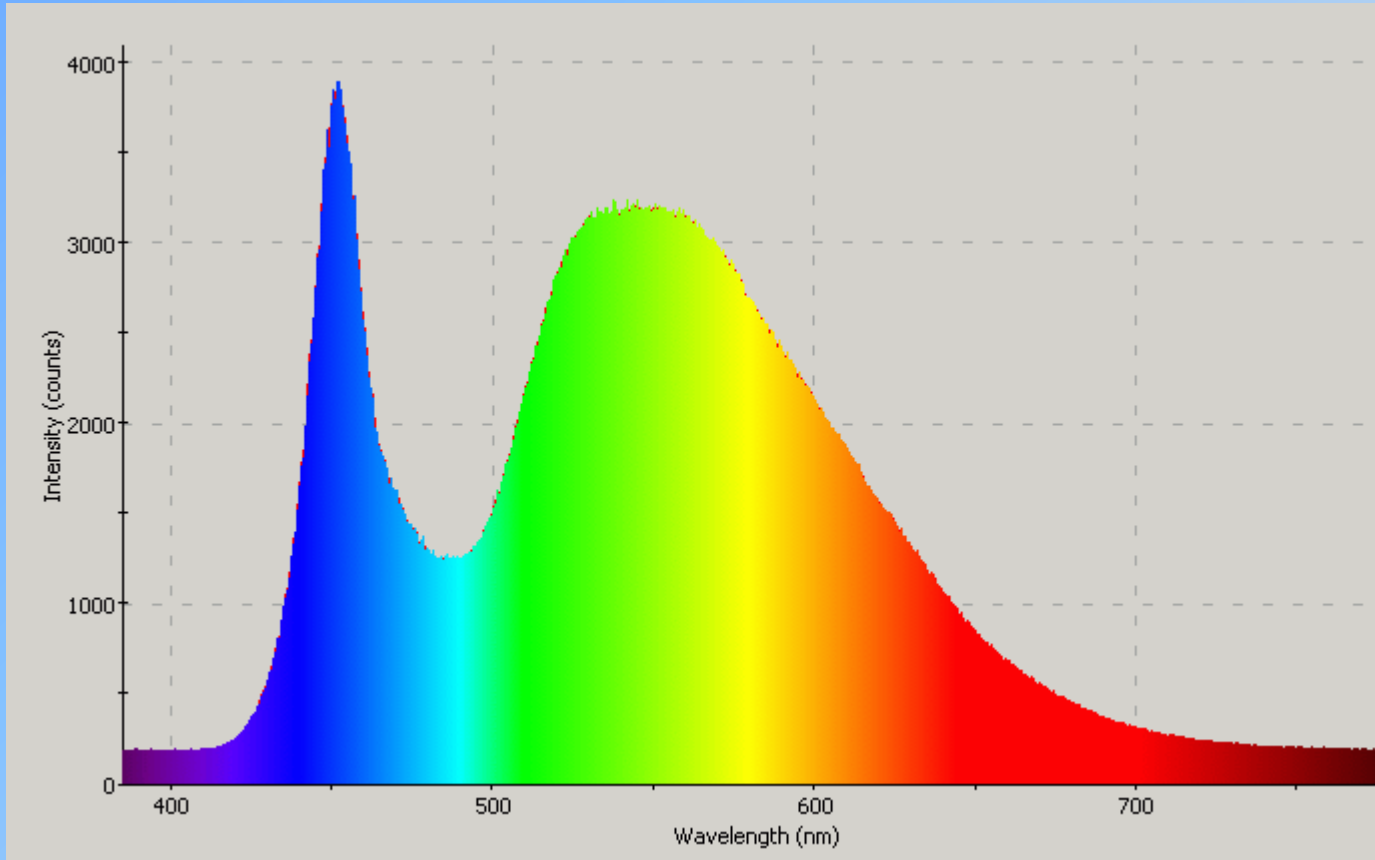
Τα φωτιστικά σώματα LED (light-emitting diode) έχουν αναφερθεί σαν λύση στο πρόβλημα της φωτορύπανσης, πέραν του οικονομικού οφέλους λόγω της χαμηλής κατανάλωσής τους. Η αλήθεια είναι ότι είναι χειρότερα από τις λυχνίες νατρίου. Γιατί; Γιατί το φάσμα εκπομπής τους είναι ιδιαίτερα έντονο στο μπλε και το πράσινο, που το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο, με αποτέλεσμα να δημιουργεί πολύ περισσότερο skyglow σε σχέση με τις λυχνίες νατρίου.

Το μόνο θετικό είναι ότι ο φωτισμός τους είναι κατευθυνόμενος και φωτίζει την περιοχή που πρέπει και δεν ξεφεύγει φως περιμετρικά και προς τον ουρανό απευθείας.

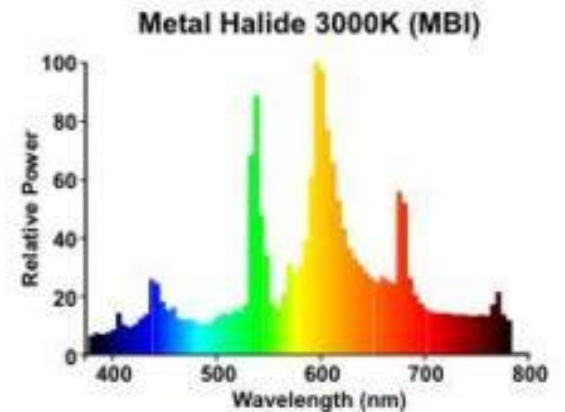
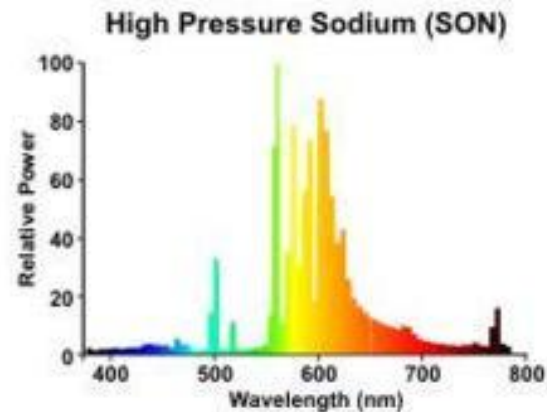
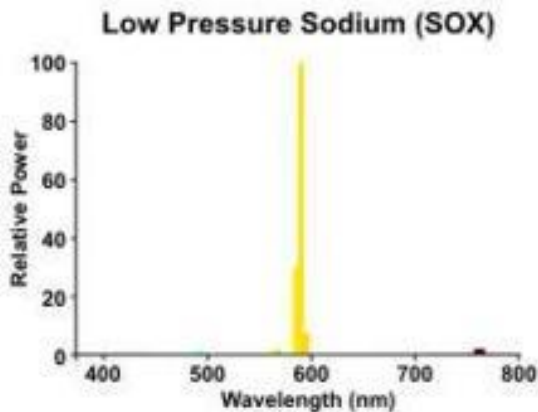
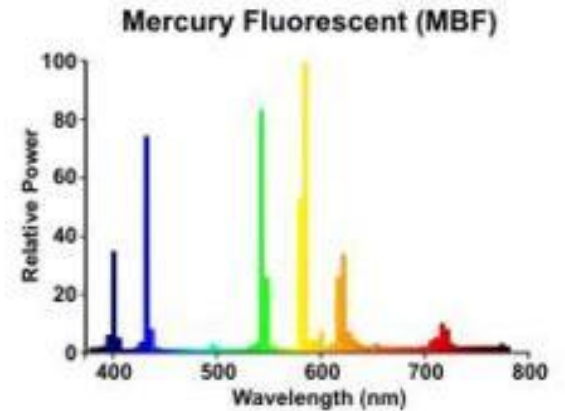
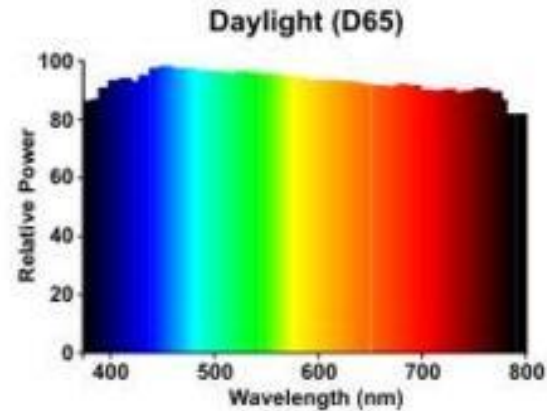
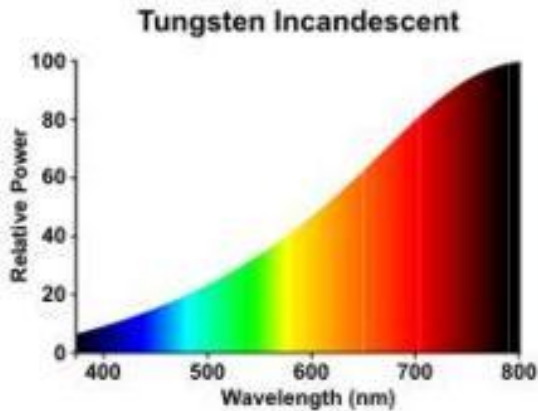
Σαν σημείωση: Η υπερβολική έκθεση σε φωτισμό LED έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση παραγωγής μελατονίνης κατά 5 φορές σε σχέση με τις λυχνίες νατρίου με αποτέλεσμα να χαλάει το βιολογικό ρολόι του ανθρώπου και να προκαλεί διαταραχές στον ύπνο. Επίσης έρευνα από πανεπιστήμιο της Μαδρίτης έχει δείξει ότι μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού.



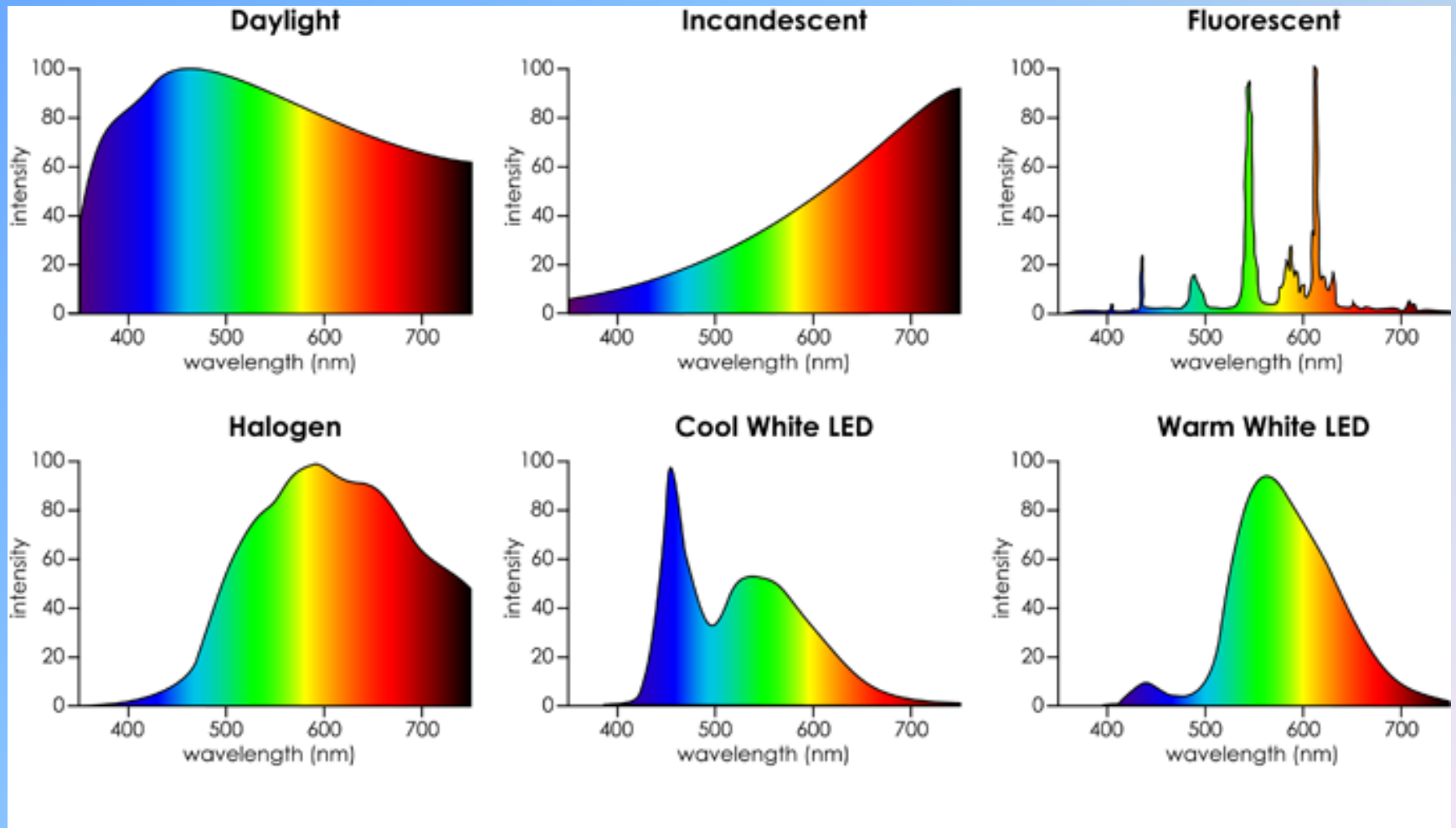
# Δίοδοι LED



# Συγκριτικά διαγράμματα φασμάτων εκπομπής πηγών φωτός



# Συγκριτικά διαγράμματα φασμάτων εκπομπής πηγών φωτός



# Τα όπλα

Τα όπλα του αστρονόμου, ερασιτέχνη και επαγγελματία, είναι τα **φίλτρα**. Υπάρχουν διάφορα φίλτρα και κατά βάση χωρίζονται σε 3 κατηγορίες :

- Ευρέως φάσματος – φωτορύπανσης
- Στενού φάσματος – νεφελωμάτων
- Εκπομπής – νεφελωμάτων

Τα φίλτρα χρησιμοποιούνται τόσο στην παρατήρηση όσο και στην φωτογράφιση.



# Φίλτρα ευρέως φάσματος - φωτορύπανσης

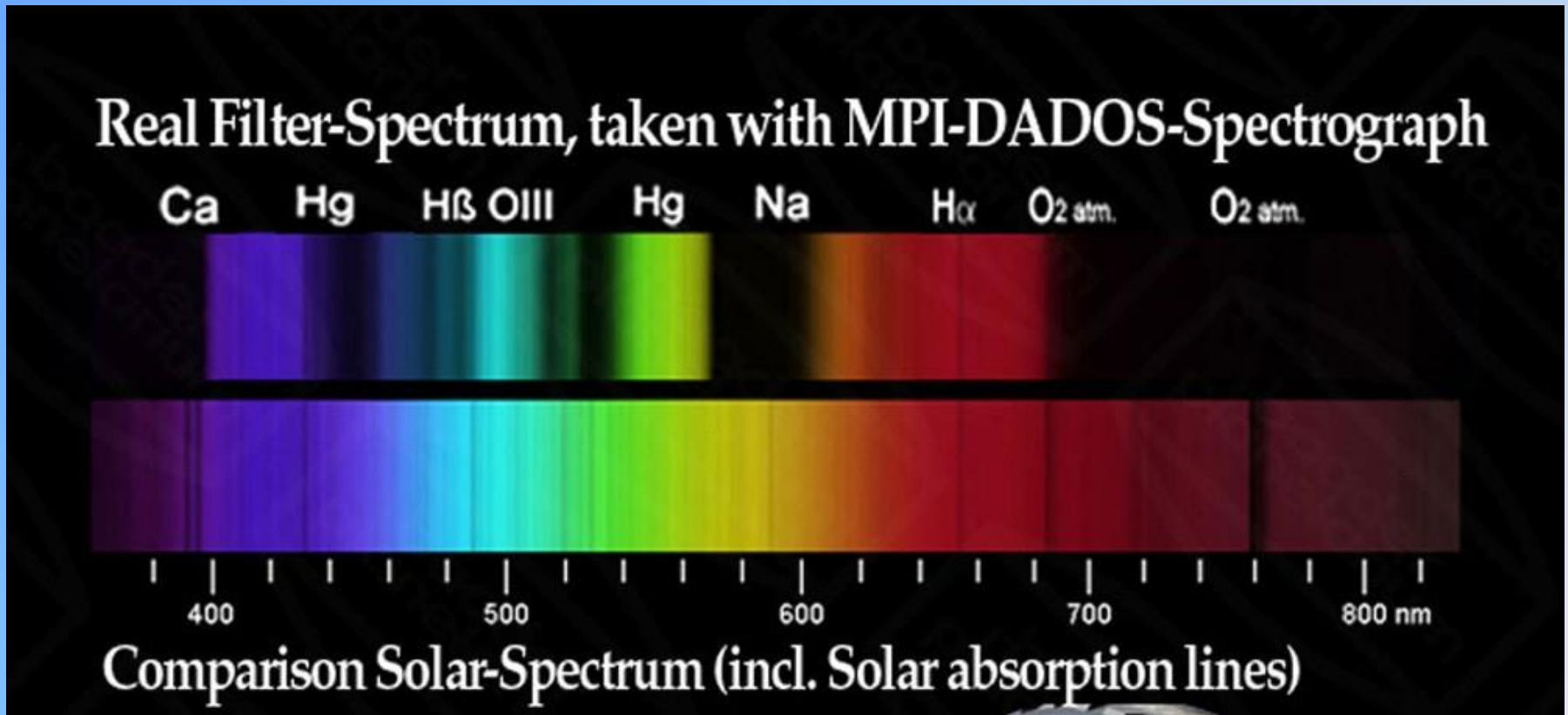
Τα φίλτρα αυτά είναι σχεδιασμένα ώστε να βελτιώνουν την εικόνα κάποιων αντικειμένων του βαθέως ουρανού μπλοκάροντας τις φασματικές γραμμές των ατμών υδραργύρου, νατρίου και άλλων πηγών που συμβάλουν στην φωτορύπανση και στο skyglow αφήνοντας να περάσουν χρήσιμα μήκη κύματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αντίθεσης (contrast) μεταξύ του αντικειμένου παρακολούθησης και του ουρανού, κάνοντάς τα αντικείμενα πιο ευδιάκριτα.

Τα αντικείμενα που ωφελούνται περισσότερο είναι τα νεφελώματα εκπομπής. Επίσης κάτω από μέτριες συνθήκες φωτορύπανσης μπορούν να βοηθηθούν κάποια νεφελώματα ανάκλασης και κάποιοι γαλαξίες.

Υπάρχουν αρκετά φίλτρα ευρέως φάσματος. Αναφέρονται σαν LPR, CLS ή Skyglow.

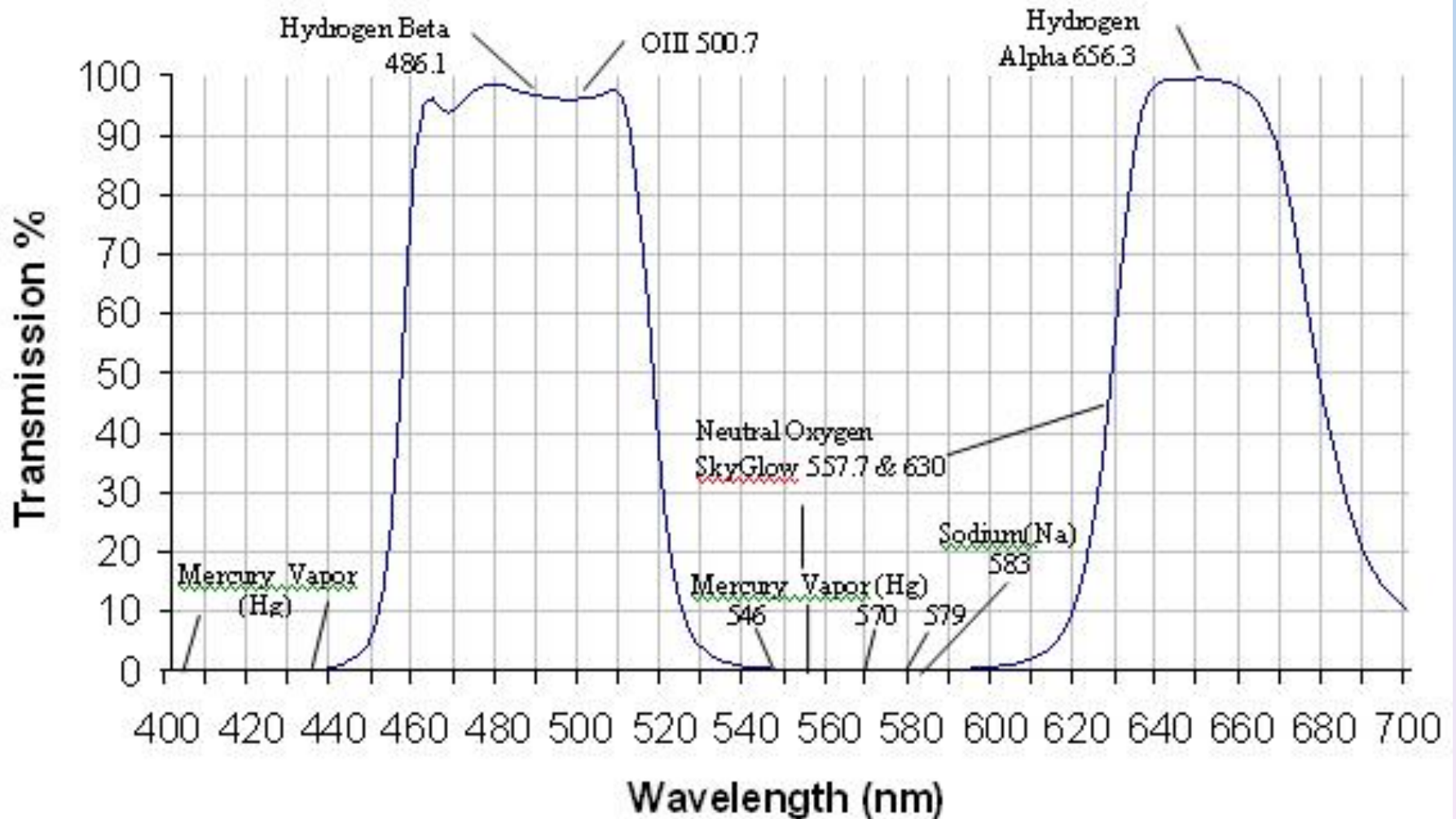
# Φίλτρα ευρέως φάσματος - φωτορύπανσης

Baader Moon & Skyglow

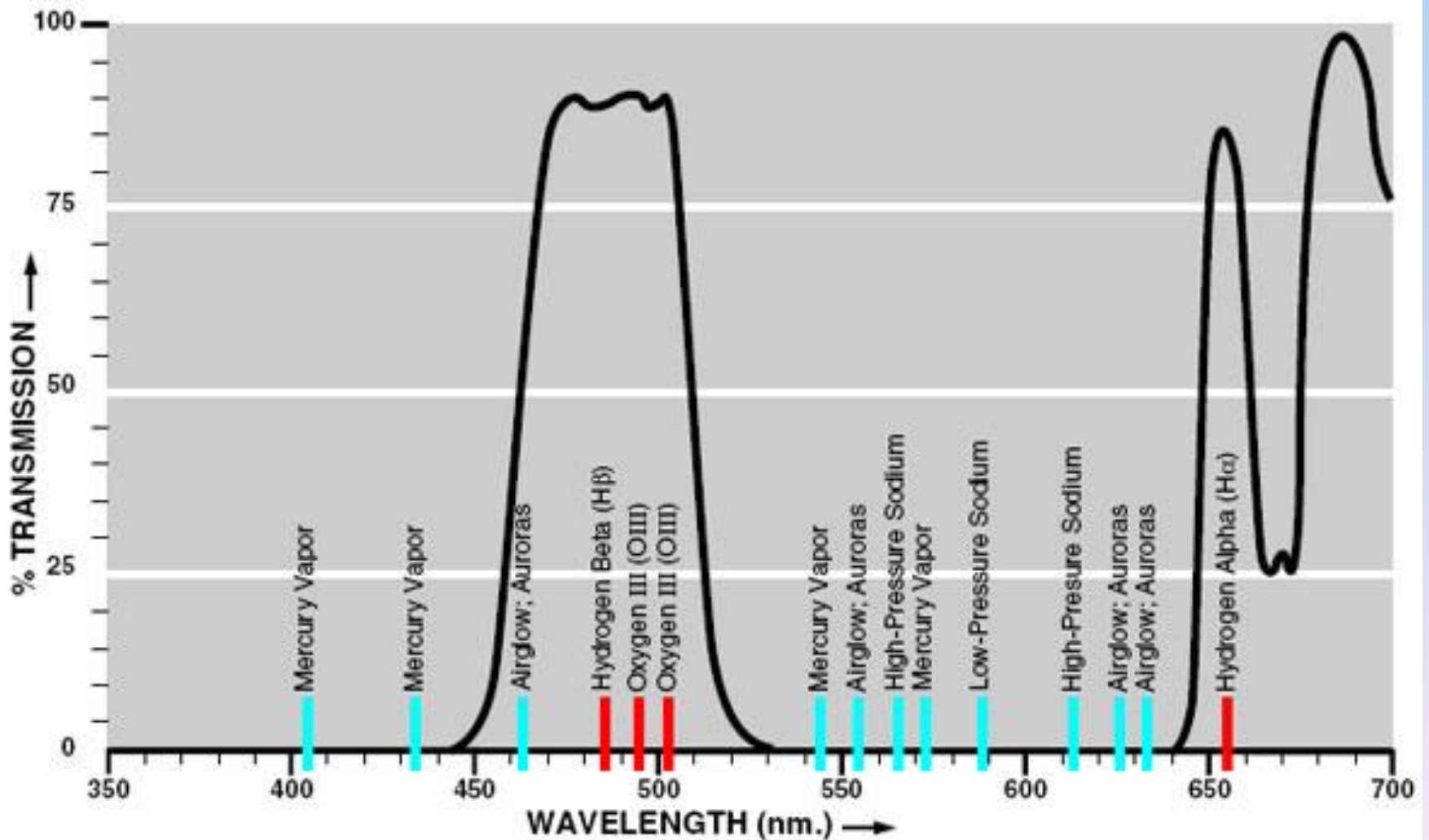


# Φίλτρα ευρέως φάσματος - φωτορύπανσης

## UHC/LPR Filter

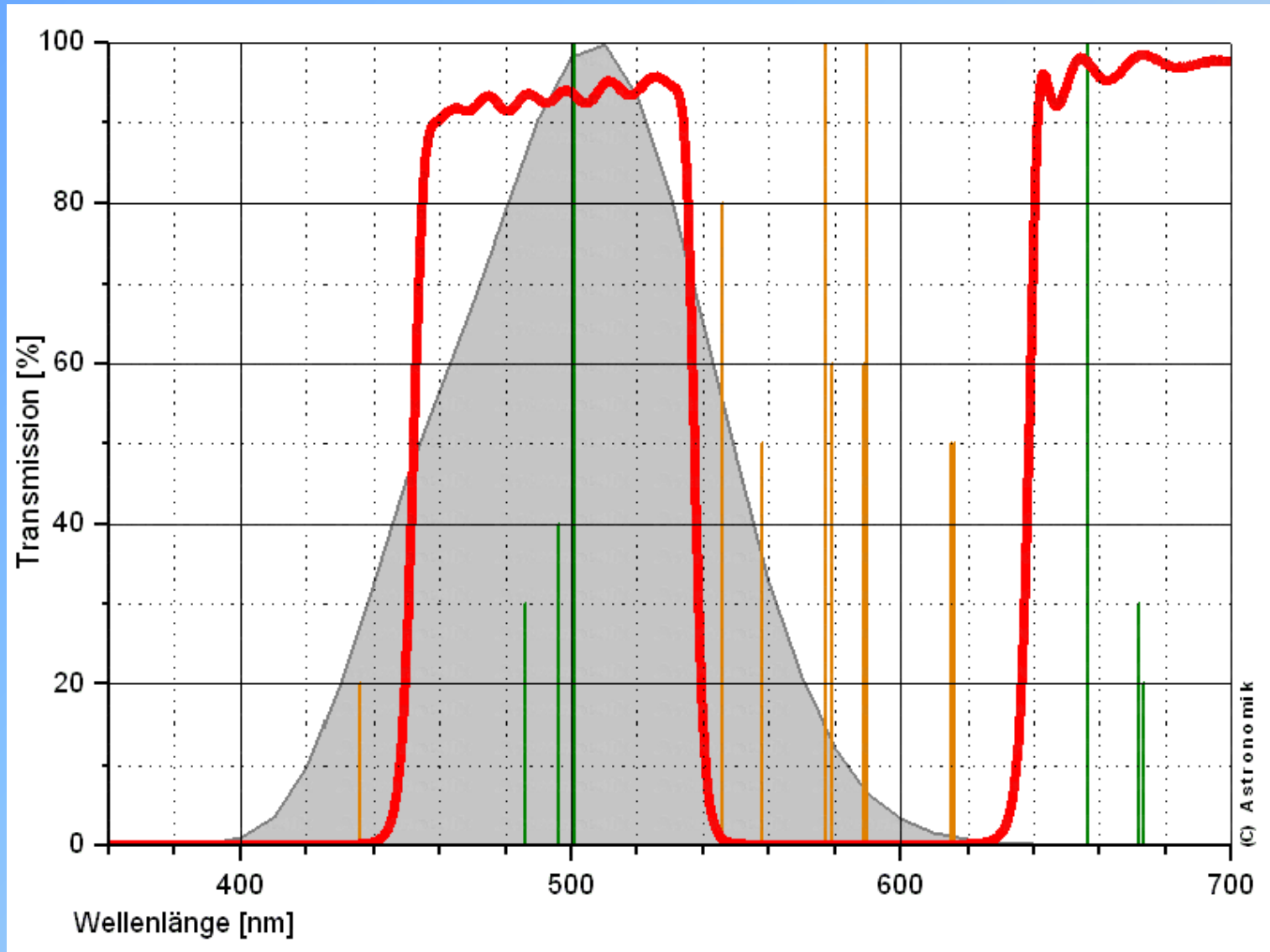


# Φίλτρα ευρέως φάσματος - φωτορύπανσης

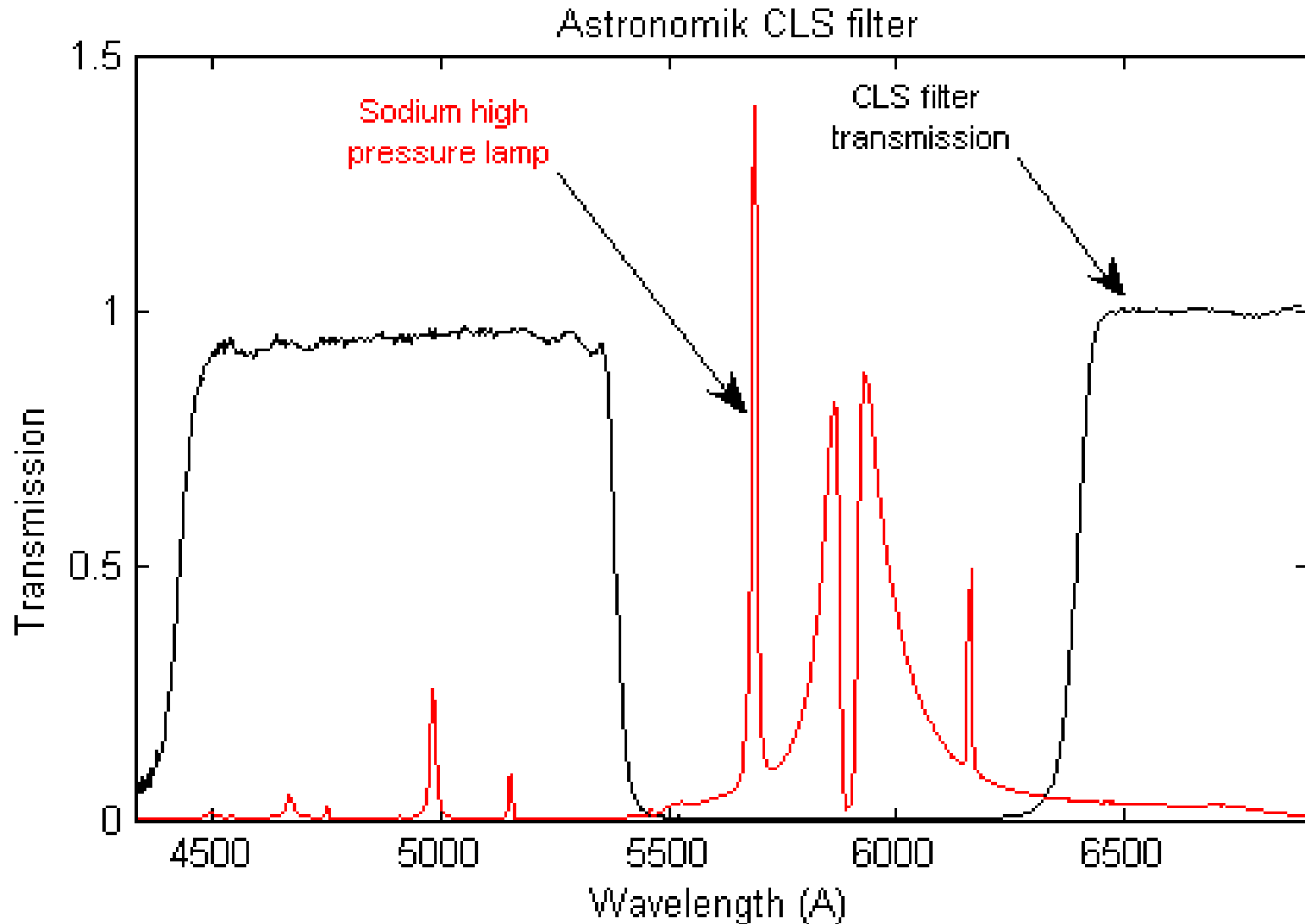




# Φίλτρα ευρέως φάσματος - φωτορύπανσης



# Φίλτρα ευρέως φάσματος - φωτορύπανσης



# Στενού φάσματος – νεφελωμάτων

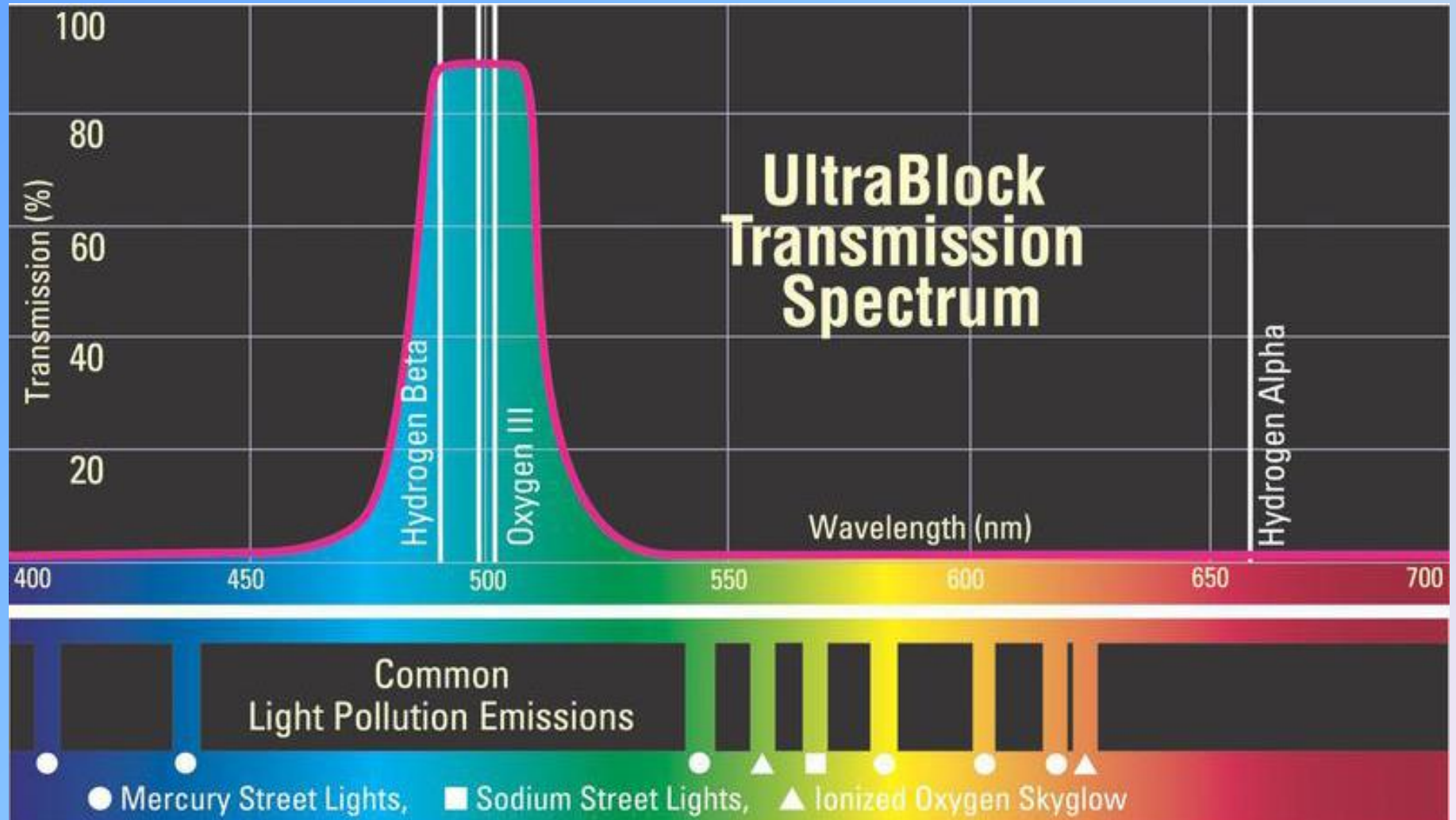
Τα φίλτρα στενού φάσματος – νεφελωμάτων, όπως λέει και το όνομά τους, είναι φτιαγμένα για παρατήρηση των νεφελωμάτων εκπομπής. Αυτά τα φίλτρα αφήνουν να περάσουν μόνο τα φάσματα των στοιχείων που είναι πλούσια τα νεφελώματα, τις 2 φασματικές γραμμές OIII στα 495,9nm και στα 500,7nm, την γραμμή του Ηβ στα 486,1nm και τα ενδιάμεσα μήκη κύματος. Κάποια φίλτρα αφήνουν να περάσει και η γραμμή του Ηα.

Τα φίλτρα στενού φάσματος σκοτεινιάζουν σε αρκετό βαθμό το υπόβαθρο του ουρανού χωρίς να επηρεάζουν το νεφέλωμα και είναι ένα καλό βοήθημα στην παρατήρηση με μέτρια φωτορύπανση.

Τα φίλτρα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και από πραγματικά σκοτεινούς ουρανούς για να αναδείξουμε αμυδρές, χαμηλού contrast, δομές σε νεφελώματα.

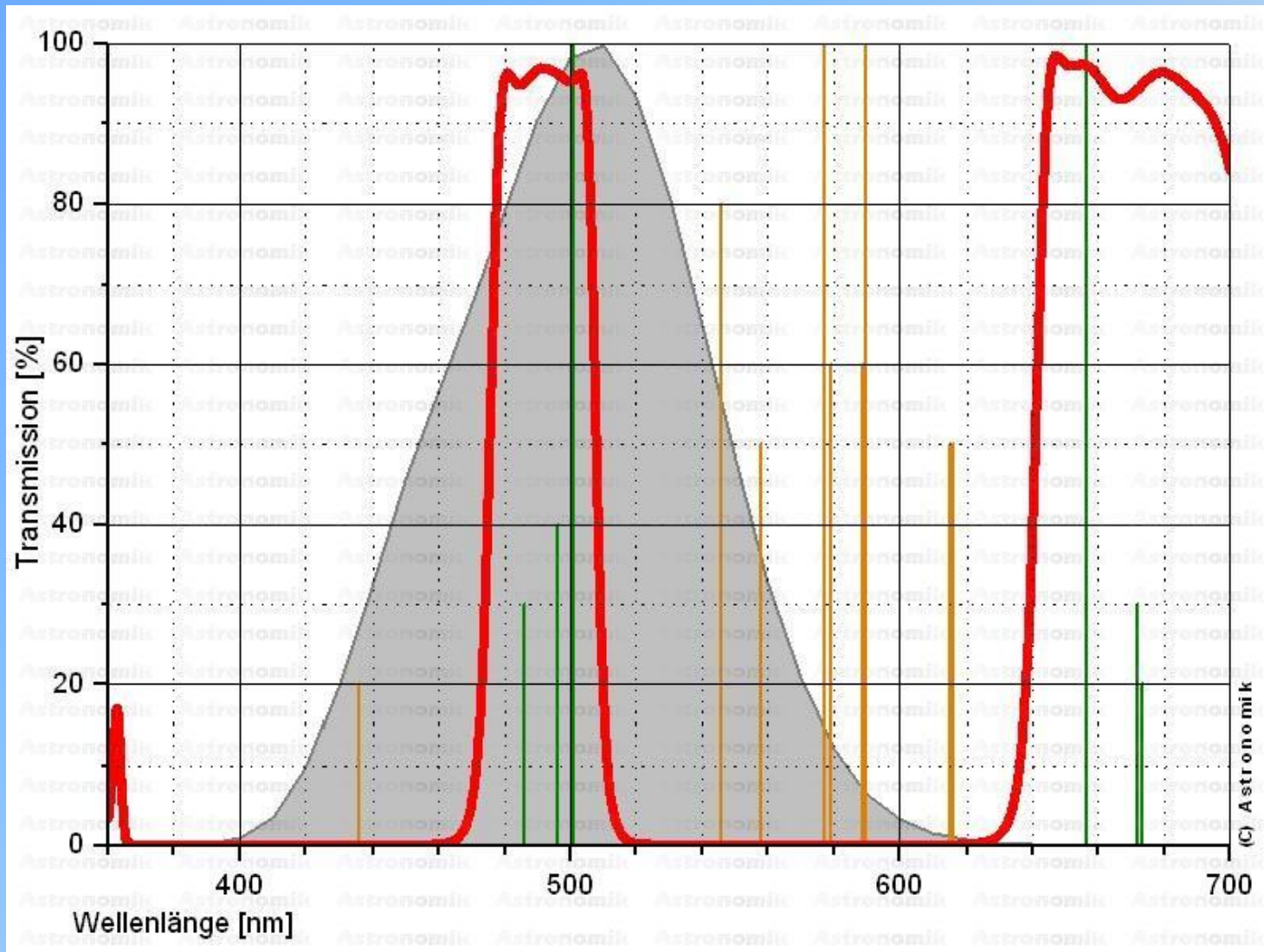
Τα φίλτρα αυτά αναφέρονται σαν Ultra High Contrast (UHC) ή Ultrablock.

# Στενού φάσματος – νεφελωμάτων

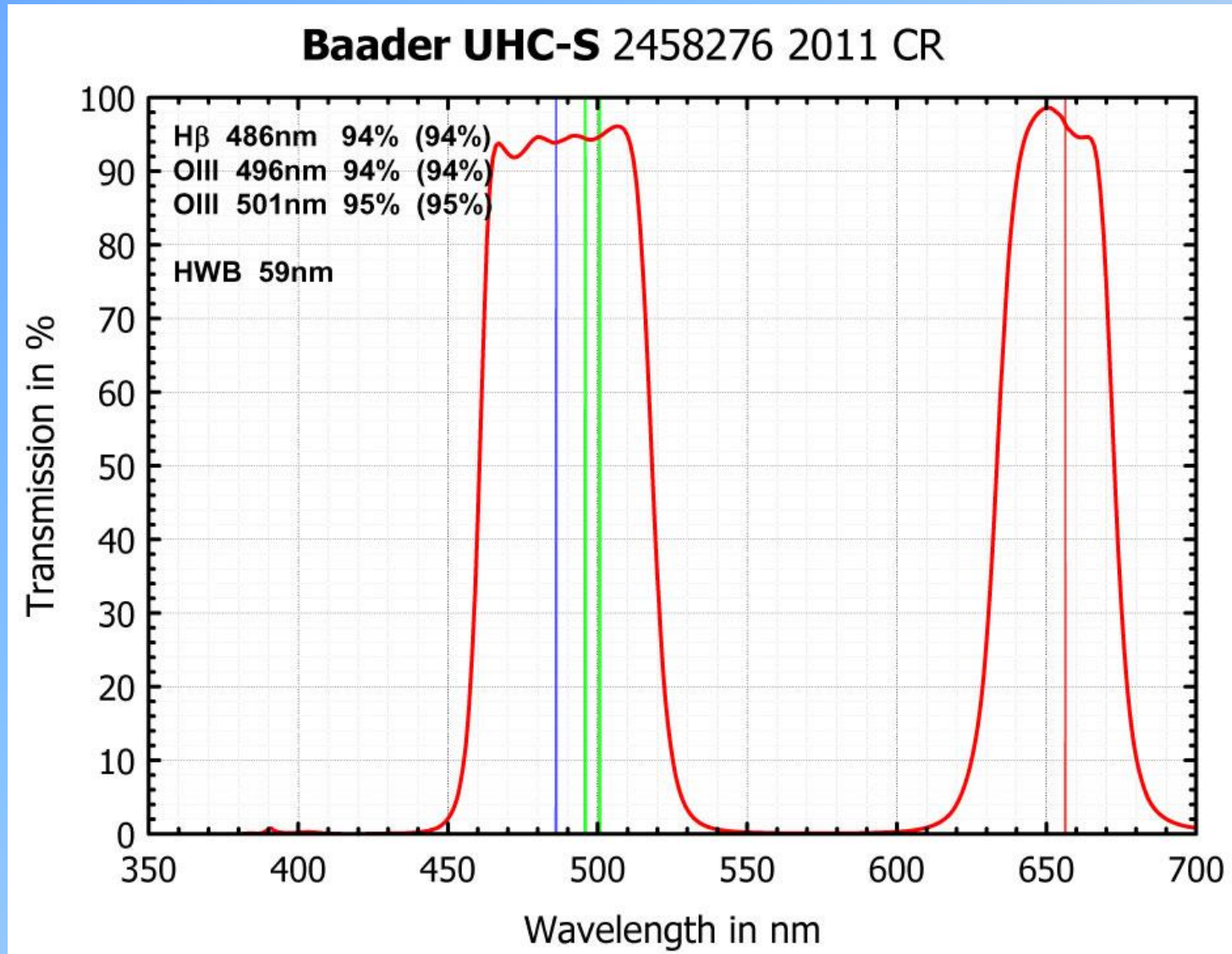




# Στενού φάσματος – νεφελωμάτων



# Στενού φάσματος – νεφελωμάτων



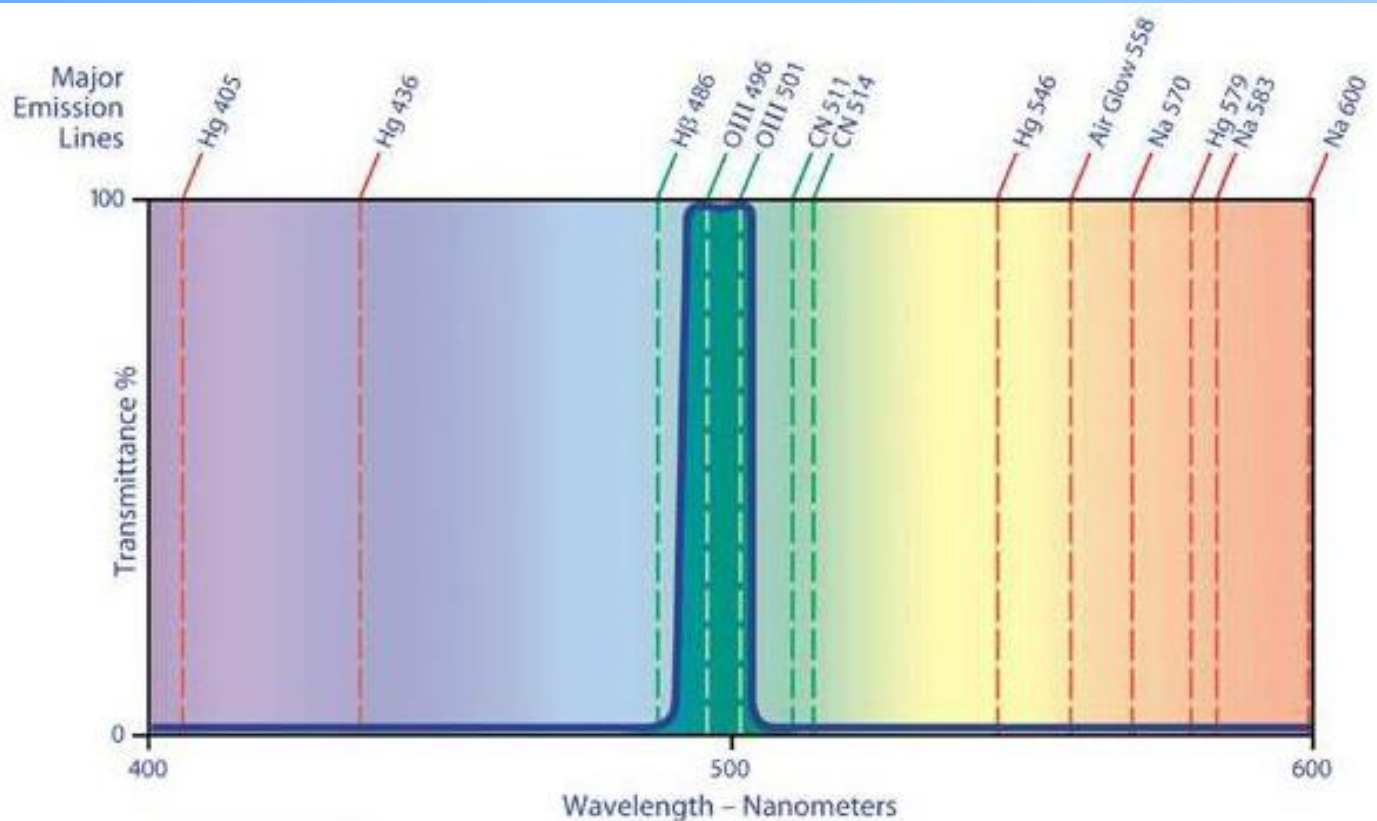
# Εκπομπής – νεφελωμάτων

Τα φίλτρα εκπομπής είναι ειδικά σχεδιασμένα φίλτρα που αφήνουν ένα πολύ στενό φάσμα να περάσει, συνήθως 1 ή 2 φασματικές γραμμές. Τέτοια είναι τα φίλτρα OIII και Hβ για την παρατήρηση.

Το φίλτρο OIII είναι τεράστια βοήθεια στην ανάδειξη των νεφελωμάτων, όχι μόνο από περιοχές με φωτορύπανση αλλά και από σκοτεινούς ουρανούς. Ο λόγος είναι η έντονη διαφορά αντίθεσης, contrast, που αποκτά το νεφέλωμα σε σχέση με το υπόβαθρο του ουρανού και τα ασθενέστερα, πλέον, σε ένταση αστέρια.

Το μεγαλύτερο κέρδος το έχουν τα πλανητικά νεφελώματα, που είναι πλούσια σε OIII και H $\alpha$ , μήκος κύματος όμως που δε βλέπει το ανθρώπινο μάτι.

# Εκπομπής – νεφελωμάτων

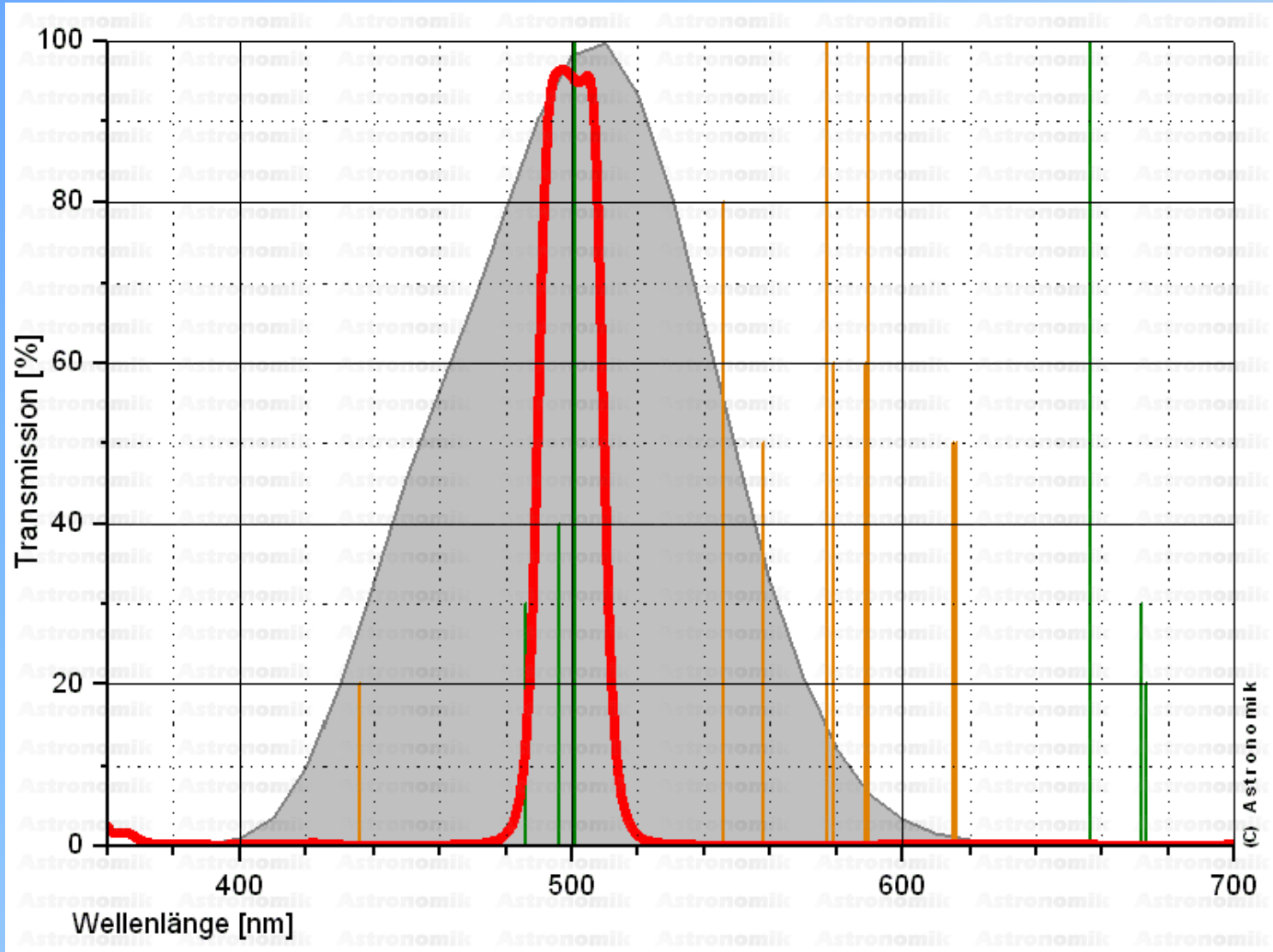


## Emission Line Key

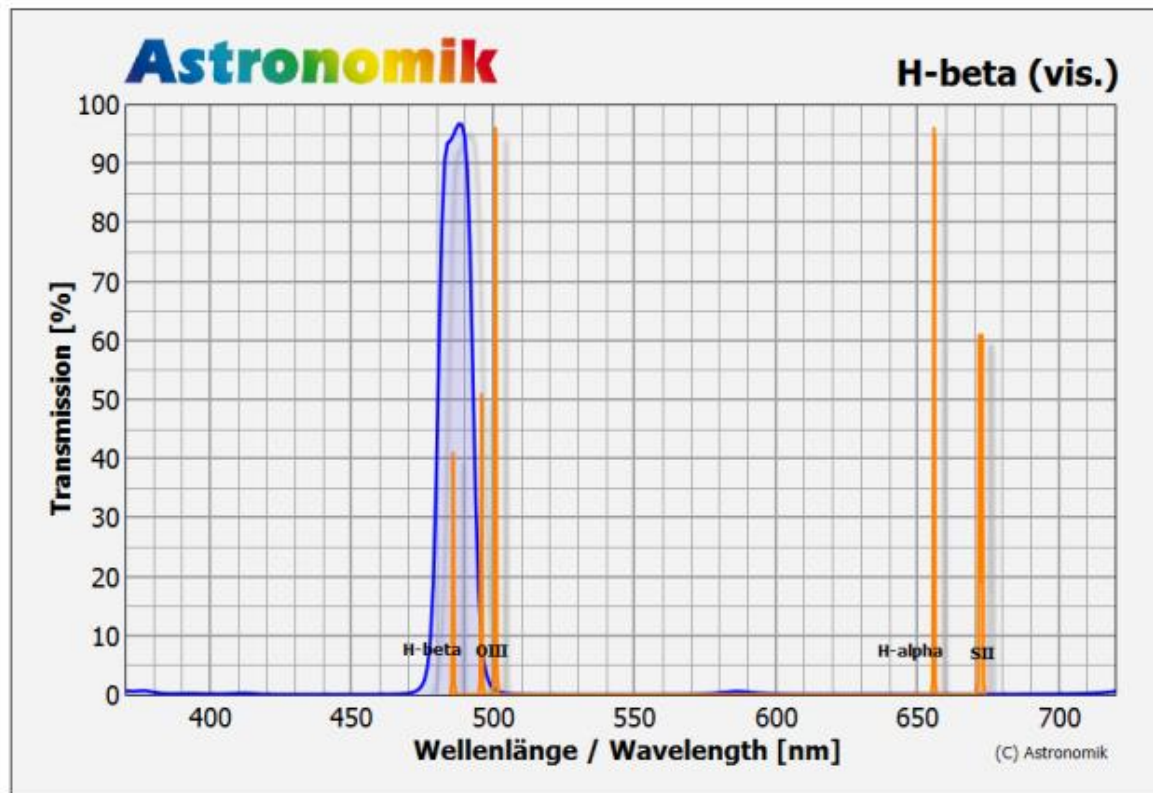
- Celestial: Hβ - Hydrogen Beta  
OIII - Oxygen three  
CN - Cyanogen
- Non Celestial: Hg - Mercury  
Na - Sodium  
Airglow



# Εκπομπές – νεφελωμάτων



# Εκπομπής – νεφελωμάτων



# Χρήση φίλτρων στην αστροφωτογράφιση

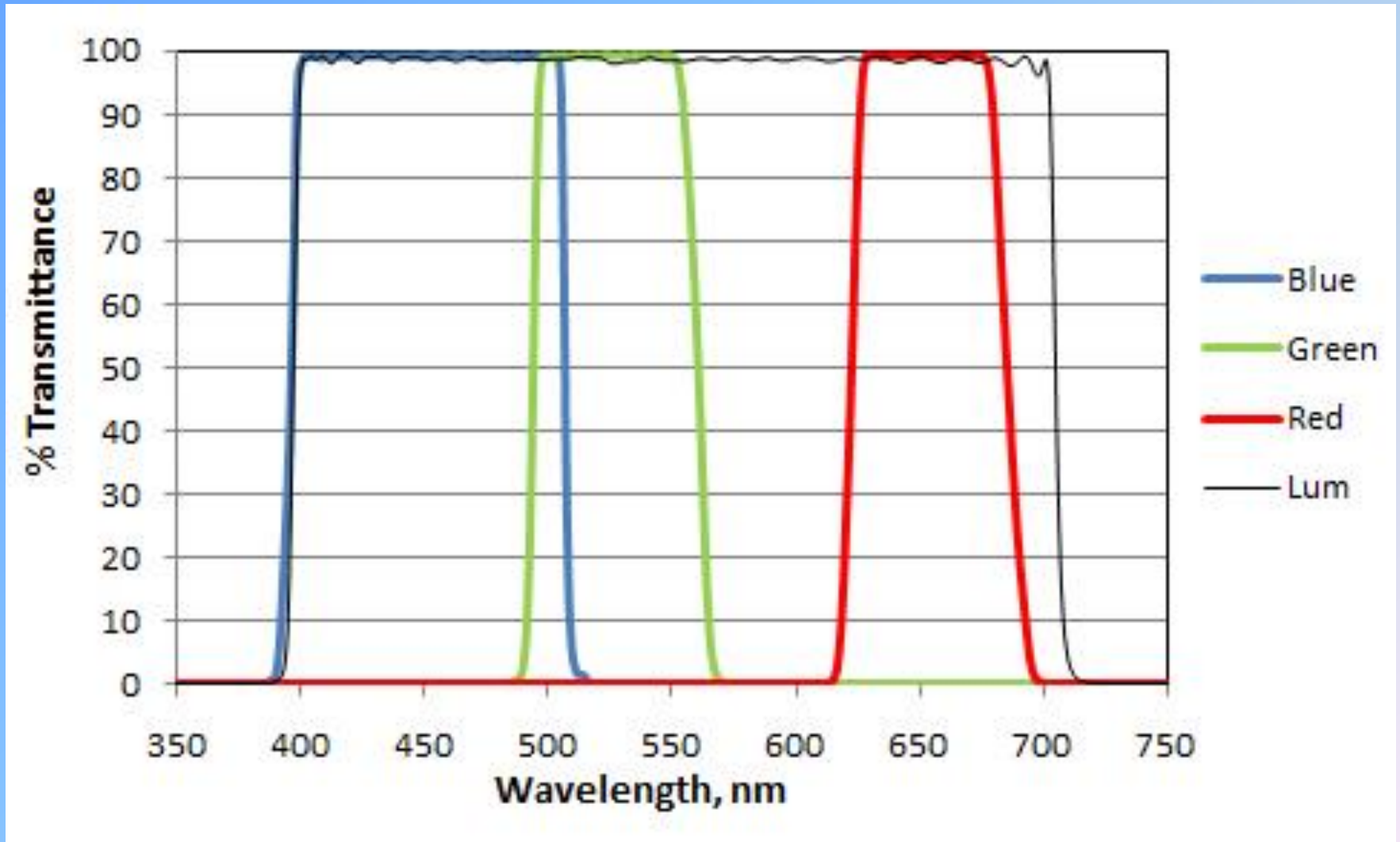
Η χρήση των φίλτρων στην αστροφωτογράφιση μας βοηθάει στο να μπορούμε να κάνουμε λήψη εικόνων ακόμα και μέσα από τις πόλεις. Αυτό καθίσταται εφικτό λόγω της πολύ υψηλής ευαισθησίας που έχουν οι σύγχρονοι αισθητήρες.

Με την χρήση σωστά μελετημένων και κατασκευασμένων φίλτρων RGB (για τις μονόχρωμες κάμερες) και φίλτρων εκπομπής H $\alpha$ , OIII, SII, NII και H $\beta$  μπορούμε να φωτογραφίζουμε τα αντικείμενα παρακάμπτοντας την περισσότερη φωτορύπανση και το skyglow.

Στα φίλτρα RGB οι κατασκευαστές προσπαθούν να δημιουργήσουν ένα κενό ανάμεσα στο G και στο R, διακόπτοντας έτσι το συνεχές του φάσματος και μη αφήνοντας να περάσουν τα μήκη κύματος που ευθύνονται για την φωτορύπανση και το skyglow.

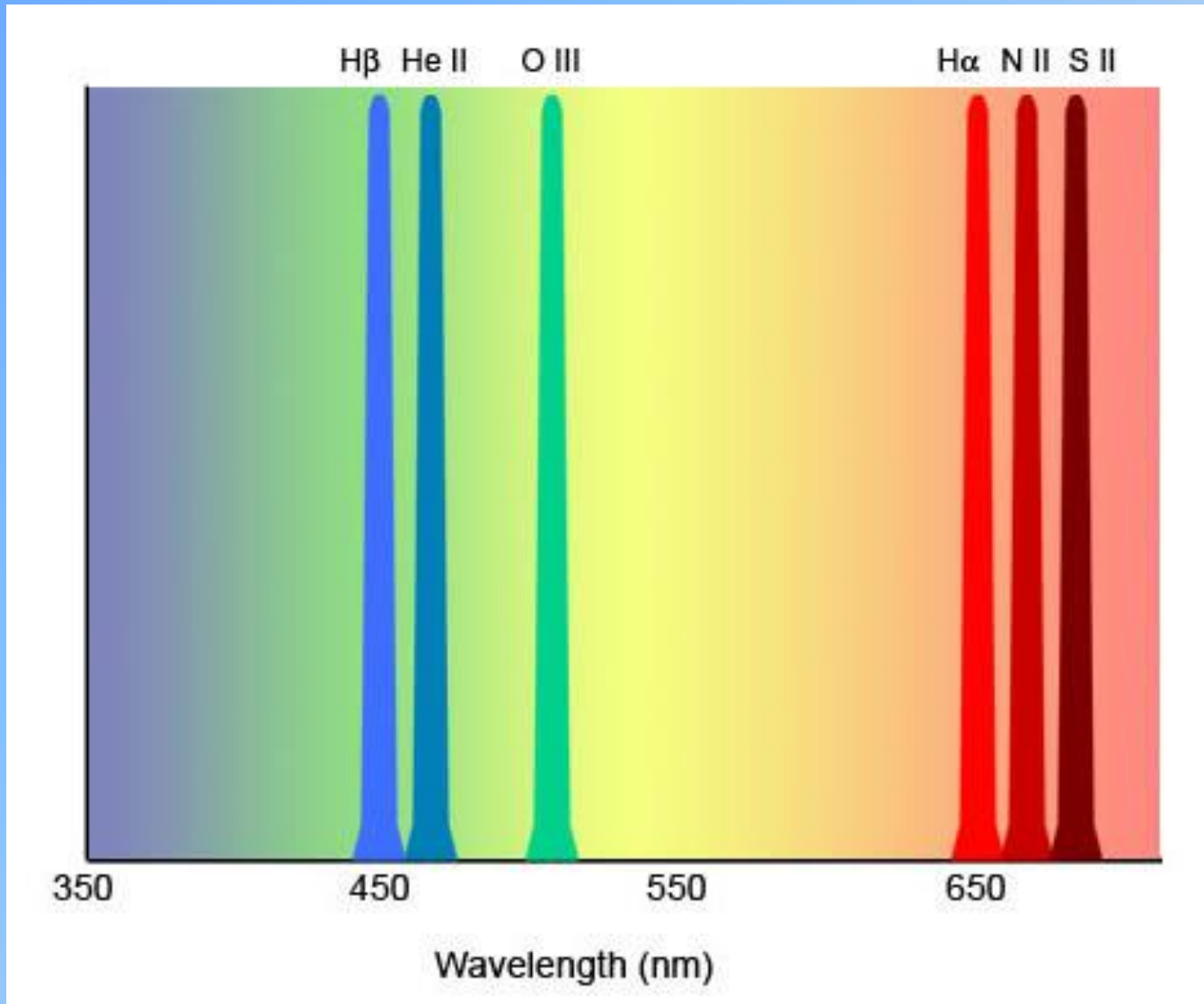
Τα φίλτρα εκπομπής έχουν ένα πάρα πολύ μικρό φάσμα, συνήθως μικρότερο από 7nm, με αποτέλεσμα να απομονώνουν με εξαιρετική ακρίβεια το επιθυμητό μήκος κύματος.

# Χρήση φίλτρων στην αστροφωτογράφηση

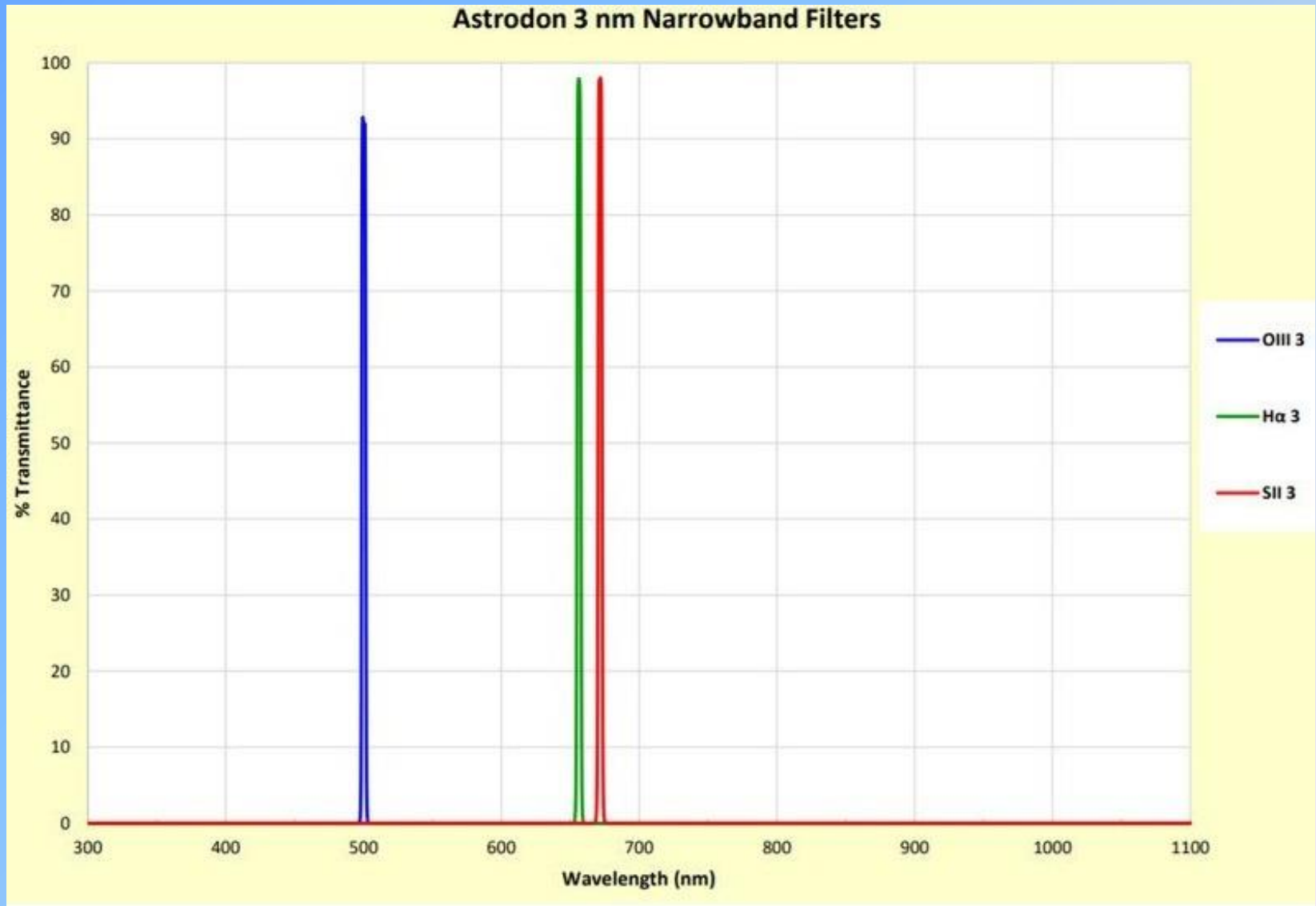




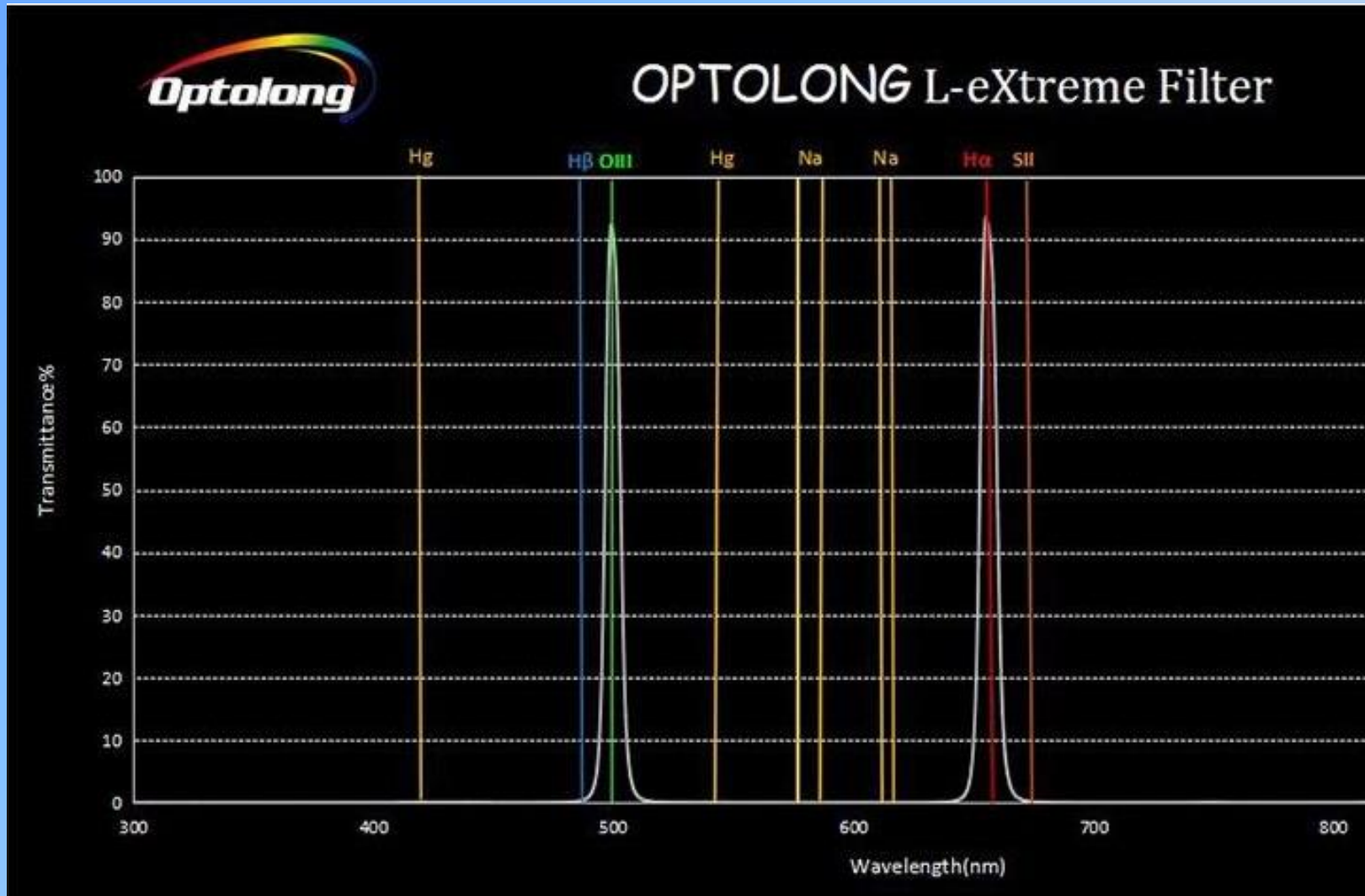
# Χρήση φίλτρων στην αστροφωτογράφηση



# Χρήση φίλτρων στην αστροφωτογράφηση



# Χρήση φίλτρων στην αστροφωτογράφιση



# Συμπεράσματα

Η φωτορύπανση και το skyglow είναι και θα είναι ένα πρόβλημα για την αστρονομία.

Με σωστή μελέτη και τεχνικές μπορούμε να περιορίσουμε το πρόβλημα.

Η τεχνολογία στα φίλτρα έχει βοηθήσει πάρα πολύ την αστρονομία.

**ΤΙΠΟΤΑ ΔΕ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΗΣΕΙ ΤΟΝ  
ΣΚΟΤΕΙΝΟ, ΚΑΘΑΡΟ ΟΥΡΑΝΟ**



Σας ευχαριστώ

Καζασίδης Παναγιώτης