



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

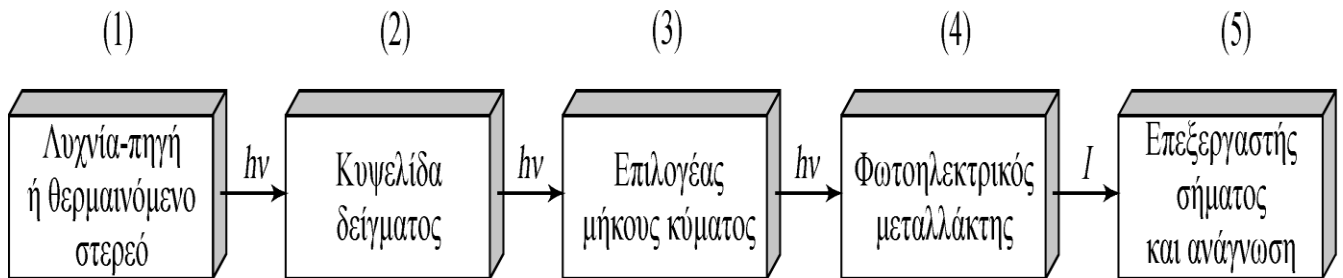
Ενόργανη Ανάλυση II

Ενότητα 3: Τμήματα Οπτικών Οργάνων

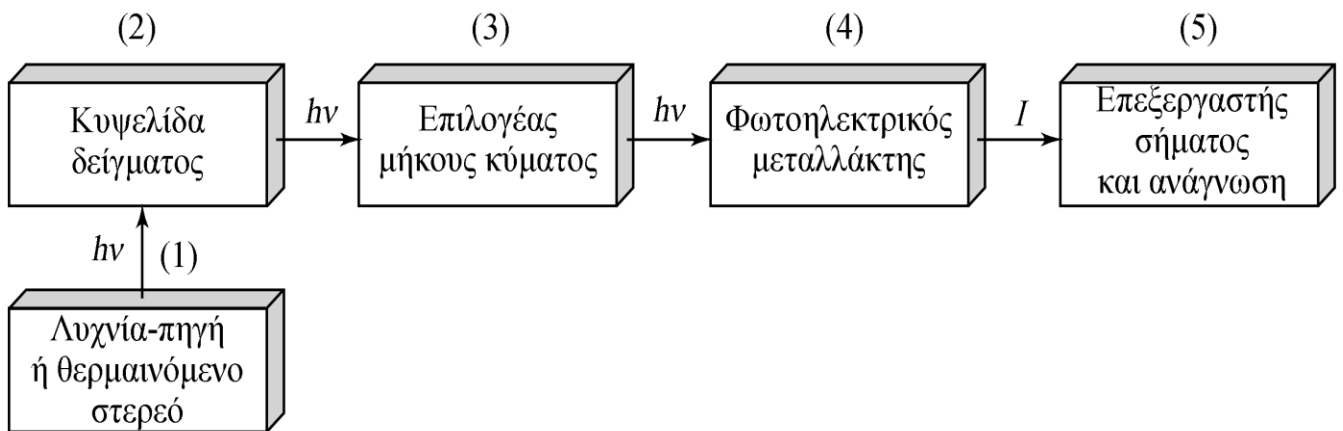
Θωμαΐδης Νικόλαος
Τμήμα Χημείας
Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας

ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

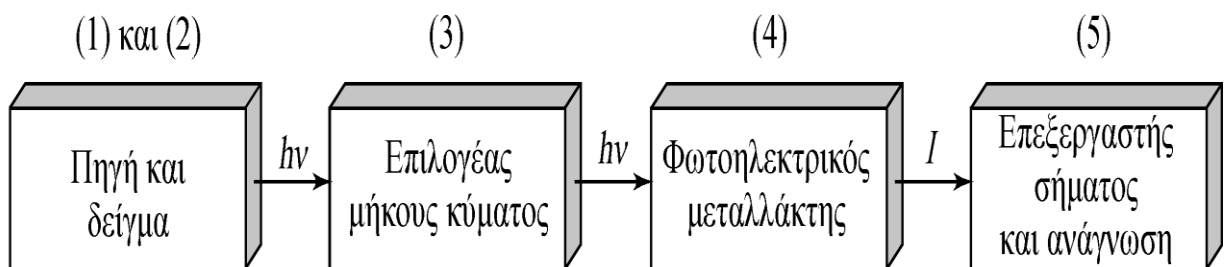
ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ



ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, ΦΩΣΦΟΡΙΣΜΟΥ, ΣΚΕΔΑΣΗΣ



ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΧΗΜΕΙΟΦΩΤΑΥΓΕΙΑΣ



Μήκος κύματος, nm 100

200

400

700

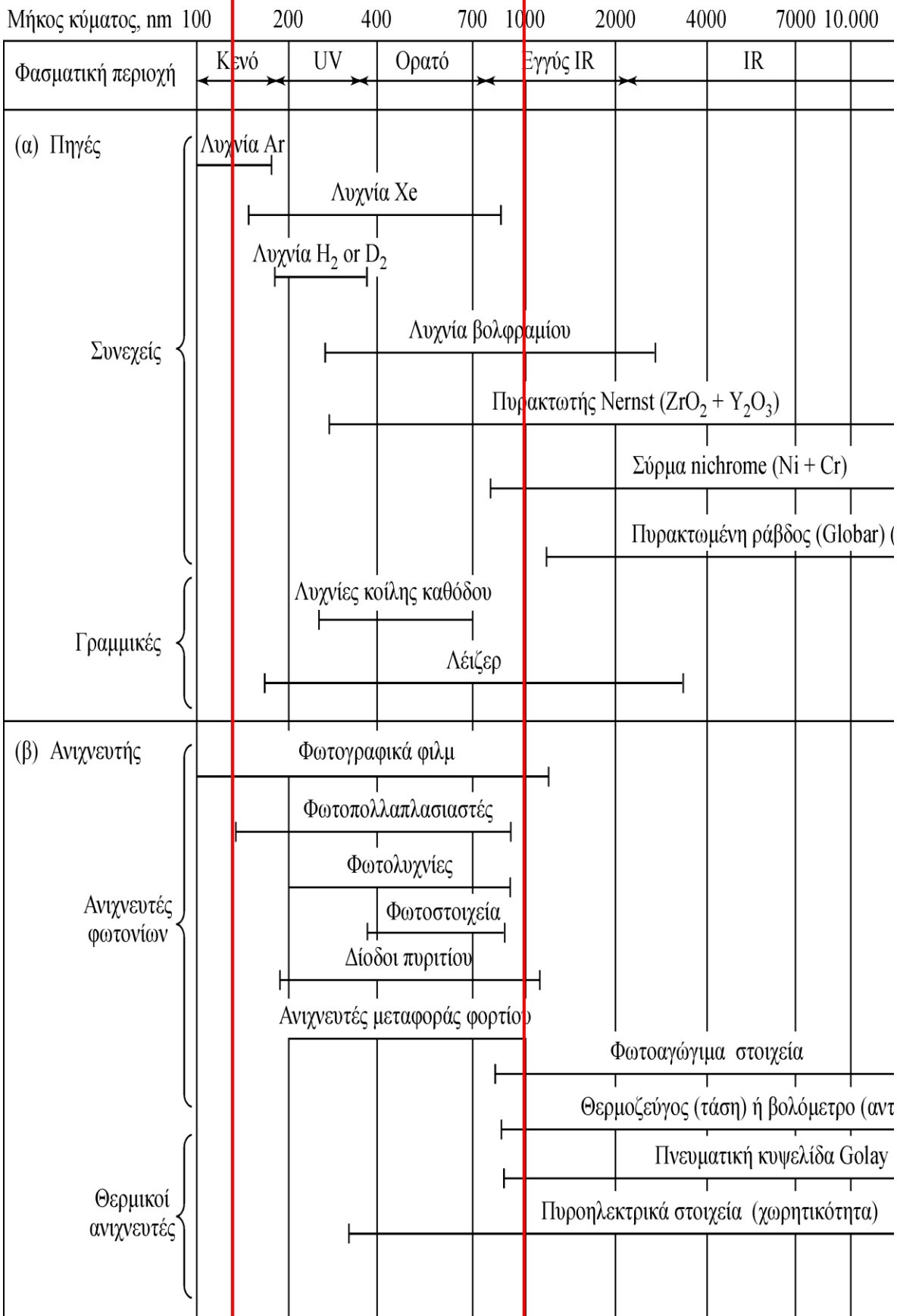
1000

2000

4000

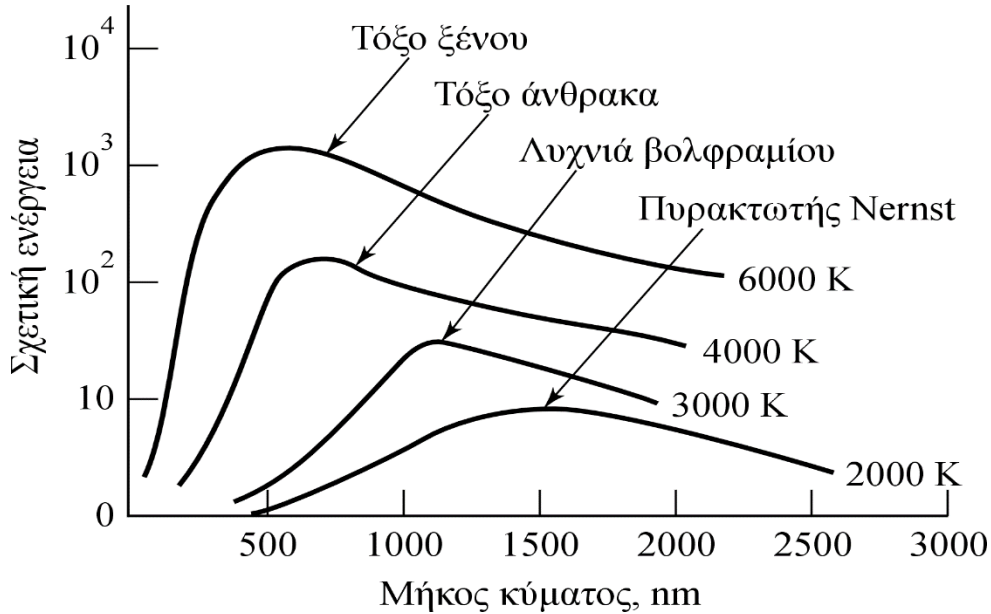
Φασματική περιοχή	Κενού	UV	Ορατό	Εγγύς IR		IR
(α) Υλικά για κυψελίδες, παράθυρα, φακούς και πρίσματα			L.F.			
			Τηγμένη πυριτίνα ή χαλαζία			
			Υάλος Corex			
			Πυριτική ύαλος			
				NaCl		
				KBr		
				TlBr ή TlI		
						ZnSe
(β) Επιλογείς μήκους κύματος	Συνεχείς	Πρίσμα φθορίτη				
		Πρίσμα τηγμένης πυριτίας ή χαλαζία				
		Πρίσμα υάλου				
		Πρίσμα				
		3000 γραμμές/mm				
	Ασυνεχείς	Φράγματα				
		Σφήνες συμβολής				
		Φίλτρα συμβολής				
		Υάλινα φίλτρα				





ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΠΗΓΕΣ

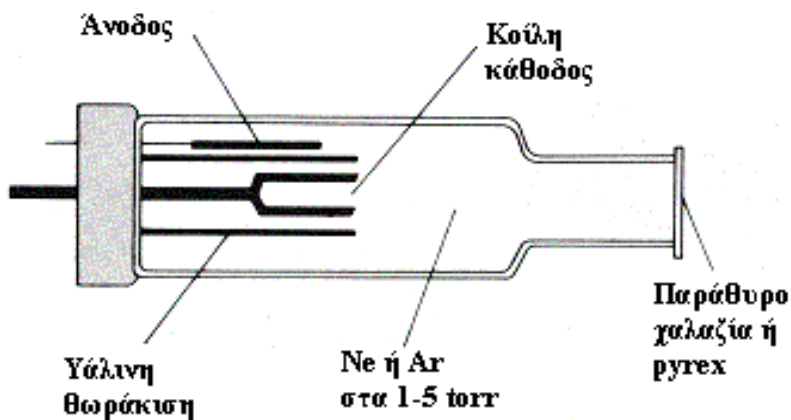


ΠΗΓΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ

•ΚΟΙΛΗΣ ΚΑΘΟΔΟΥ & ΛΥΧΝΙΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ

Εκπέμπουν συγκεκριμένες γραμμές.

Χρησιμοποιούνται κυρίως στην φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης και Ατομικού Φθορισμού



ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΠΗΓΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ

•Laser

Light amplification by stimulated emission of radiation:
ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας

Παράγουν δέσμες υψηλής μονοχρωματικότητας (στενής εύρους ζώνης), υψηλής έντασης



Πηγές Laser

1. Στερεάς Κατάστασης:

- Ρουμπίνι: $Al_2O_3 - 0.05\% Cr_2O_3$ ($\lambda = 694,3 \text{ nm}$)
- Nd:YAG ($\lambda = 1064 - 532 \text{ nm}$)

2. Αερίων:

- Ουδέτερων ατόμων (He/Ne) ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$)
- Ιόντων (Ar^+) ($\lambda = 514,5 - 488,0 \text{ nm}$)
- Μορίων (N_2 ή CO) ($\lambda = 337,1 \text{ nm}$)
- Διεγερμένου διμερούς (διεγερμένα ArF^+ , KrF^+ , XeF^+) ($\lambda = 193 - 248 - 351 \text{ nm}$)

3. Οργανικών Χρωστικών



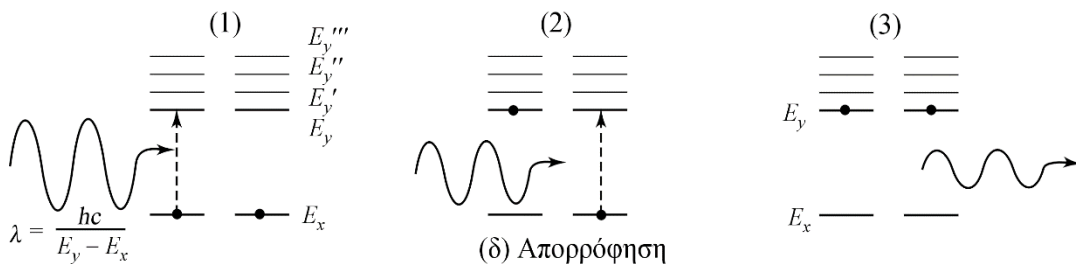
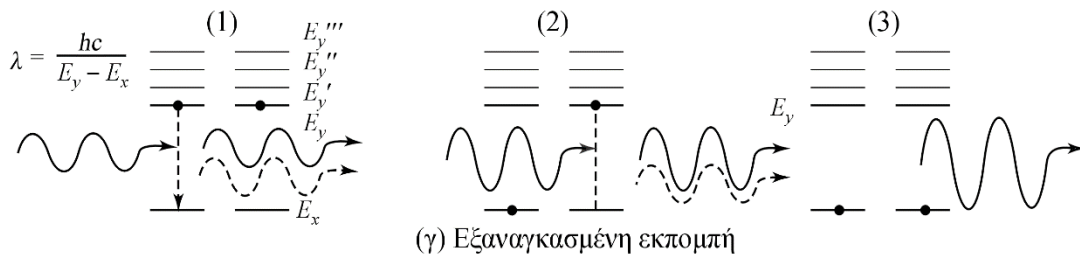
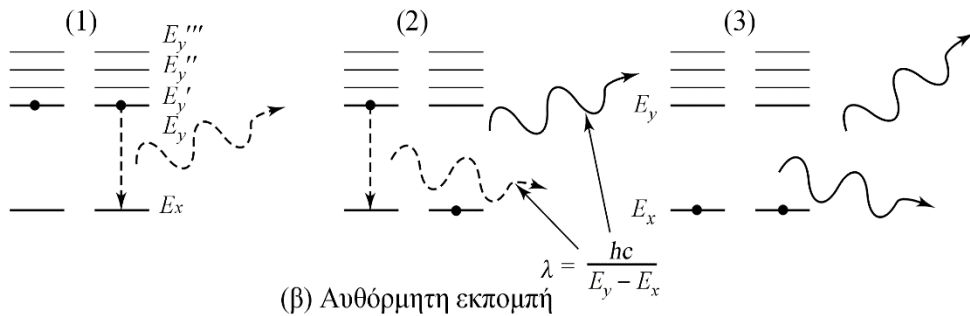
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ LASER

Τέσσερα βασικά στάδια λειτουργίας:

1. Άντληση
2. Αυθόρμητη Εκπομπή
3. Εξαναγκασμένη Εκπομπή
4. Απορρόφηση

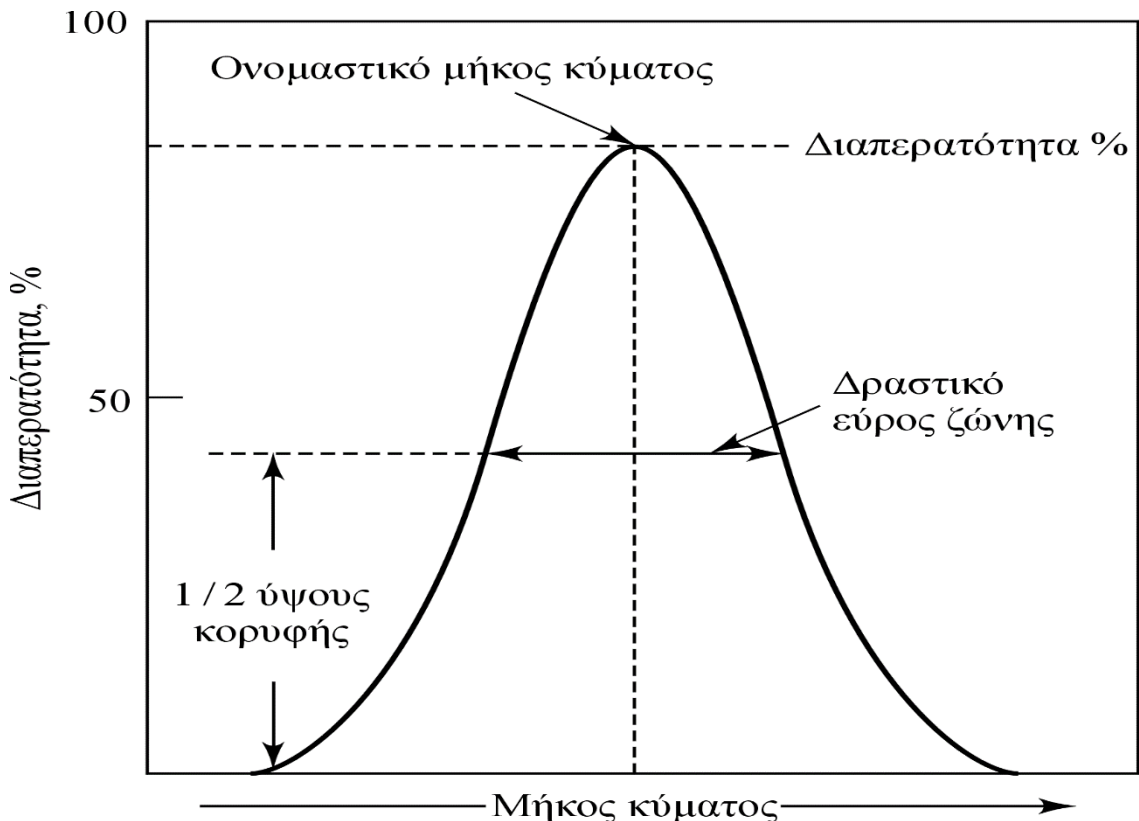


(α) Άντληση (διέγερση με ηλεκτρική, ενέργεια ακτινοβολίας ή χημική ενέργεια)



ΕΠΙΛΟΓΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

- Ιδανικά θέλουμε **μονοχρωματική ακτινοβολία**
- Πραγματικά έχουμε μια **στενή ζώνη μηκών κύματος**
- Όσο πιο στενή είναι η ζώνη μηκών κύματος τόσο πιο μεγάλη η **ευαισθησία και η εκλεκτικότητα**, αλλά και η **γραμμικότητα, $S=f(C)$**
- Μέτρο της ποιότητας ενός επιλογέα μήκους κύματος είναι το **δραστικό εύρος ζώνης (effective bandwidth)**



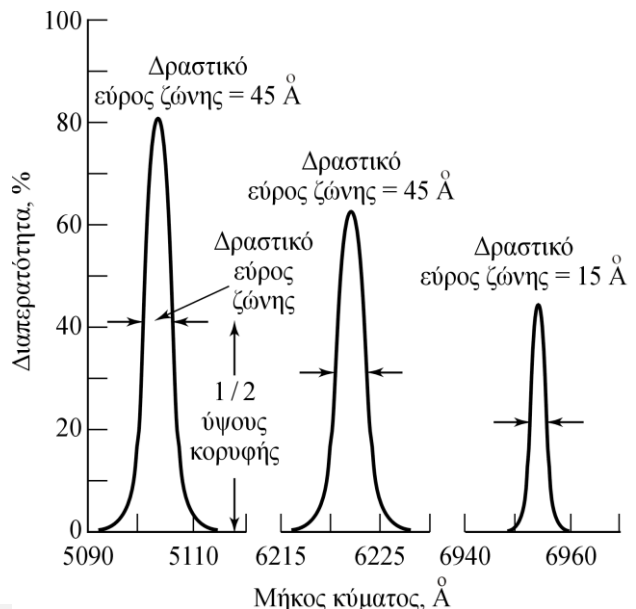
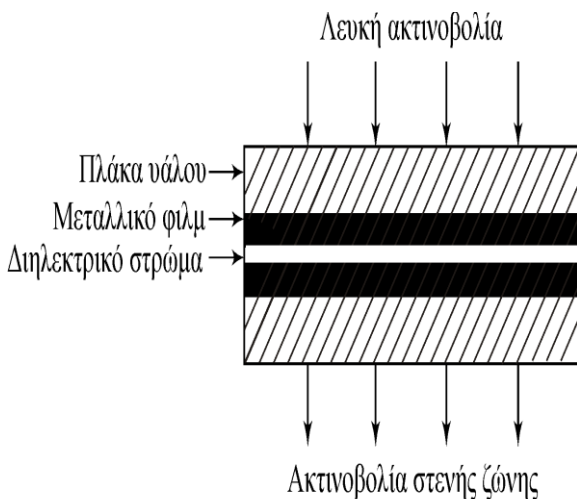
Βασικοί τύποι επιλογένων μήκους κύματος είναι τα **Φίλτρα** και οι **Μονοχρωμάτορες**



ΕΠΙΛΟΓΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ: ΦΙΛΤΡΑ

ΦΙΛΤΡΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ

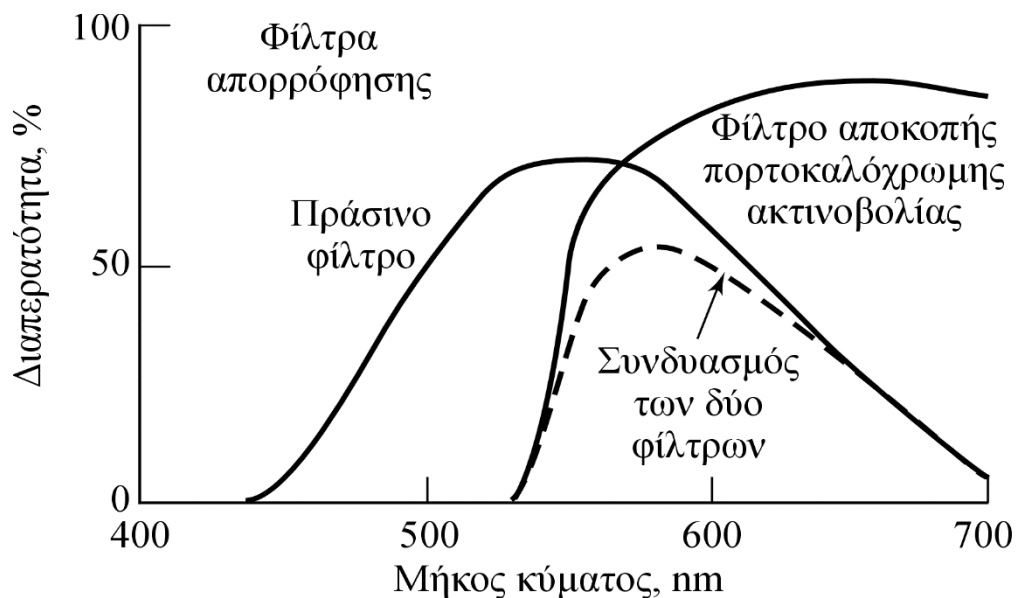
- Αποτελείται από ένα διαφανές διηλεκτρικό υλικό (CaF_2 ή MgF_2) μεταξύ δύο ημιπερατών μεταλλικών φιλμ. Το στρώμα τοποθετείται μεταξύ δυο υάλινων πλακών.
- Από το **πάχος** του διηλεκτρικού καθορίζεται και το μήκος κύματος της διερχόμενης ακτινοβολίας.
- Η ακτινοβολία όταν διέρχεται από το φίλτρο υφίσταται τα εξής:
 1. Ένα κλάσμα της ακτινοβολίας που διέρχεται από το φίλτρο ανακλάται στα δύο μεταλλικά στρώματα και απομονώνεται μόνο το κατάλληλο μήκος κύματος.
 2. Το κλάσμα που ανακλάται στην 2^η μεταλλική επιφάνεια ανακλάται και στην εσωτερική επιφάνεια του 1^{ου} μεταλλικού φιλμ.
 3. Η ανακλώμενη αυτή ακτινοβολία συμβάλλει με την διερχόμενη (ίδιου λ) και την ενισχύει.



ΕΠΙΛΟΓΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ: ΦΙΛΤΡΑ

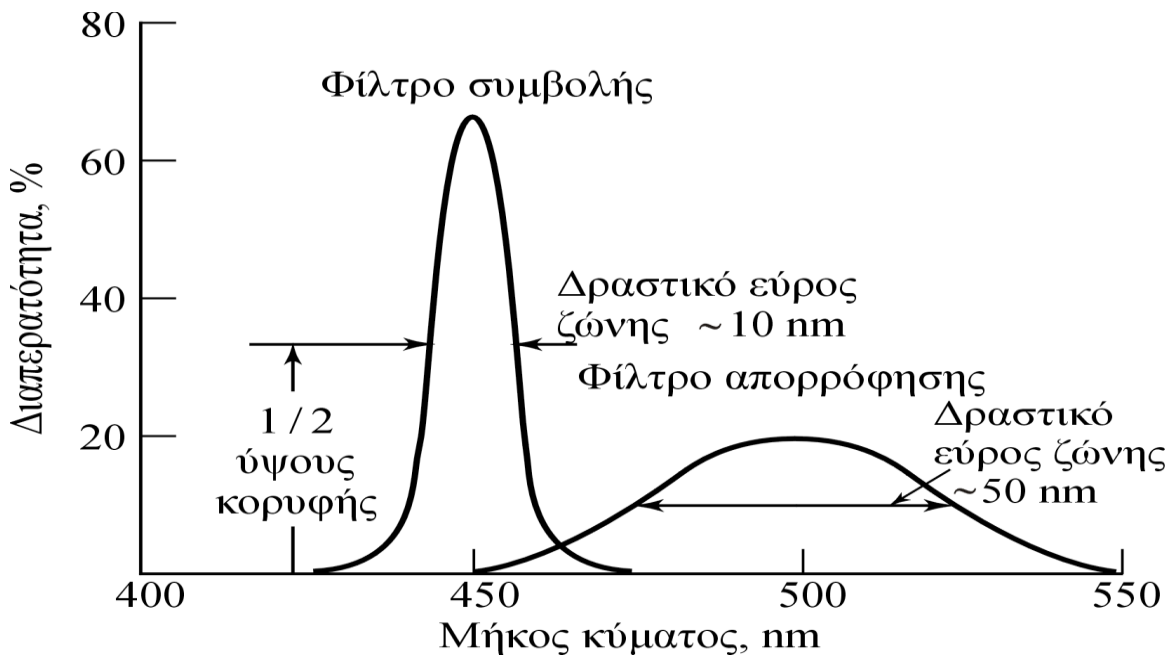
ΦΙΛΤΡΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

- Χρησιμοποιούνται κυρίως για την **ορατή περιοχή**
- Η λειτουργία τους βασίζεται κυρίως στην απορρόφηση συγκεκριμένων **περιοχών φάσματος**
- Αποτελούνται κυρίως από μια **έγχρωμη ύαλο** (μεγαλύτερη θερμική σταθερότητα) ή **μια έγχρωμη ουσία διασπαρμένη σε φιλμ ζελατίνης**, το οποίο τοποθετείται ανάμεσα σε δυο γυάλινες πλάκες
- Δραστικά εύρη ζωνών από 30 nm έως 250 nm.
- Φίλτρα με στενό εύρος ζώνης απορροφούν σημαντικό κομμάτι της επιθυμητής ακτινοβολίας (διαπερατότητα μόλις 10%).
- Τα **φίλτρα αποκοπής περιοχής** έχουν 100% διαπερατότητα σε κάποιο τμήμα του ορατού φάσματος και αποκόπτουν τελείως το υπόλοιπο
- Δυνατότητα συνδυασμού για την απομόνωση της κατάλληλης ακτινοβολίας



ΕΠΙΛΟΓΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ: ΦΙΛΤΡΑ

ΦΙΛΤΡΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ vs ΦΙΛΤΡΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ



- Τα φίλτρα συμβολής έχουν πιο μικρά εύρη ζωνών
- Τα φίλτρα απορρόφησης δίνουν πιο μικρή διαπερατότητα του επιθυμητού μήκους κύματος
- Τα φίλτρα απορρόφησης είναι πιο φθηνά και έχουν πολλές εφαρμογές

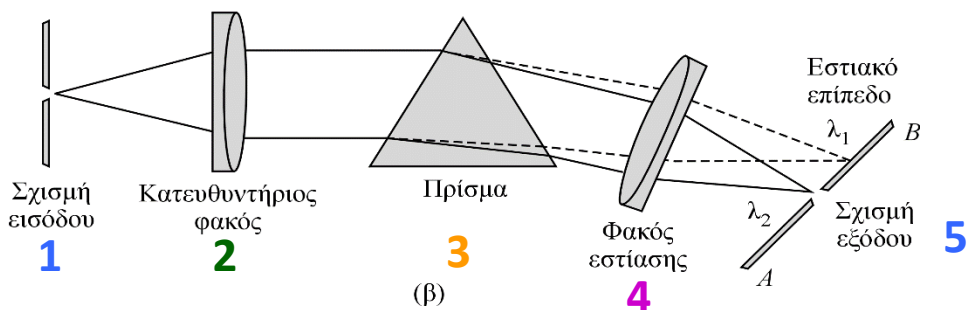
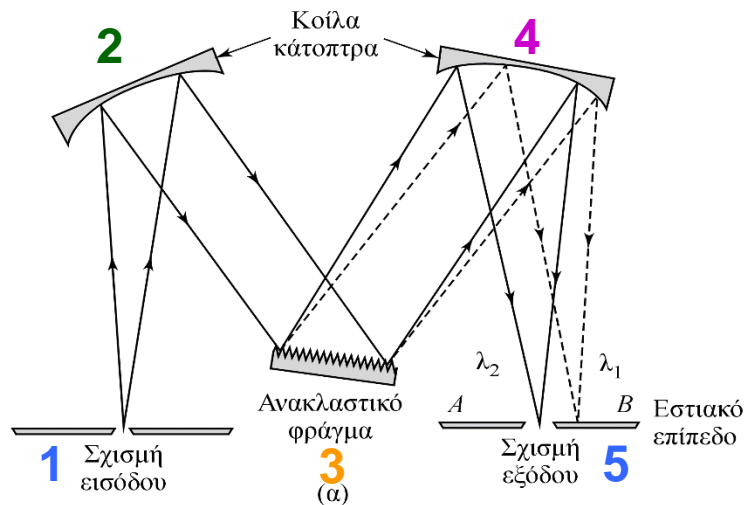


ΕΠΙΛΟΓΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ: ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΟΡΕΣ

Σάρωση: συνεχής μεταβολή του λ σε μια περιοχή φάσματος

ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΟΡΑ

1. Σχισμή εισόδου (ορθογώνιο οπτικό είδωλο)
2. Κατευθυντήριο κάτοπτρο (παράλληλη δέσμη)
3. Στοιχείο διασποράς (αναλύει την ακτινοβολία)
4. Στοιχείο εστίασης (εστιάζει την ακτινοβολία)
5. Σχισμή Εξόδου (απομονώνει την φασματική ζώνη)

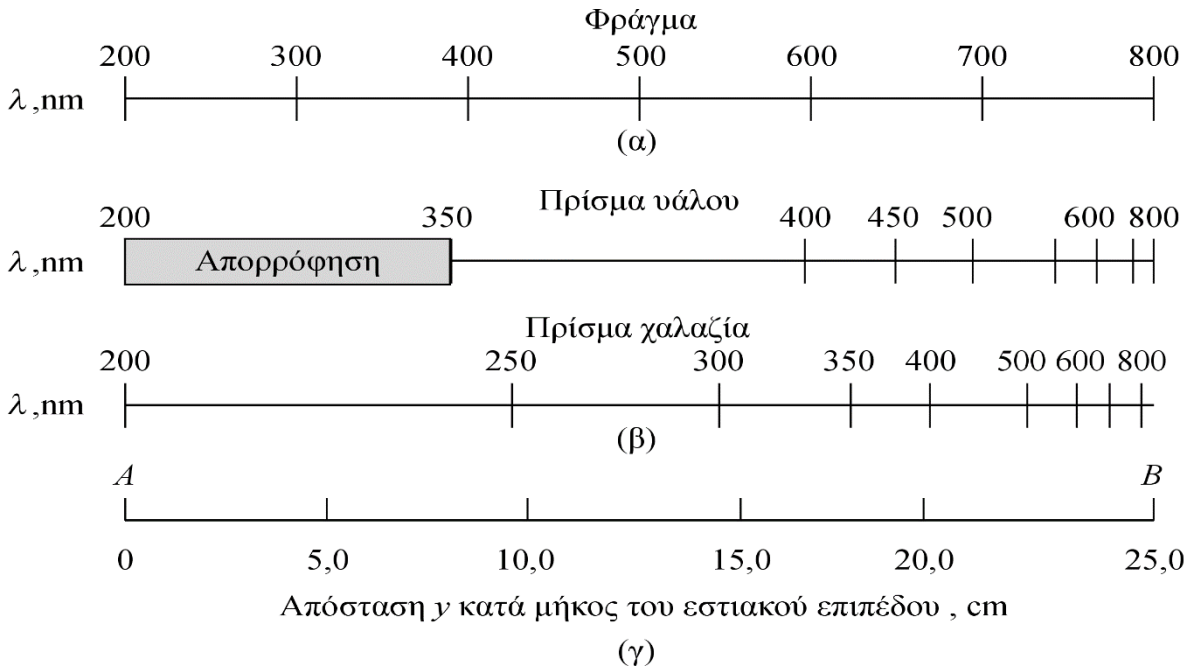


Δυο βασικοί τύποι μονοχρωμάτορα: **πρίσματος** και **φράγματος**



ΕΠΙΛΟΓΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ: ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΟΡΕΣ

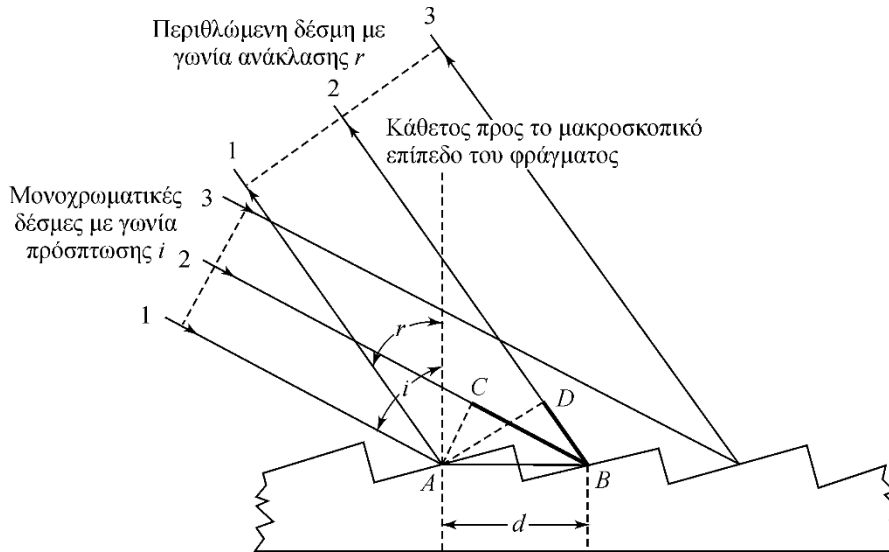
ΦΡΑΓΜΑ vs ΠΡΙΣΜΑ



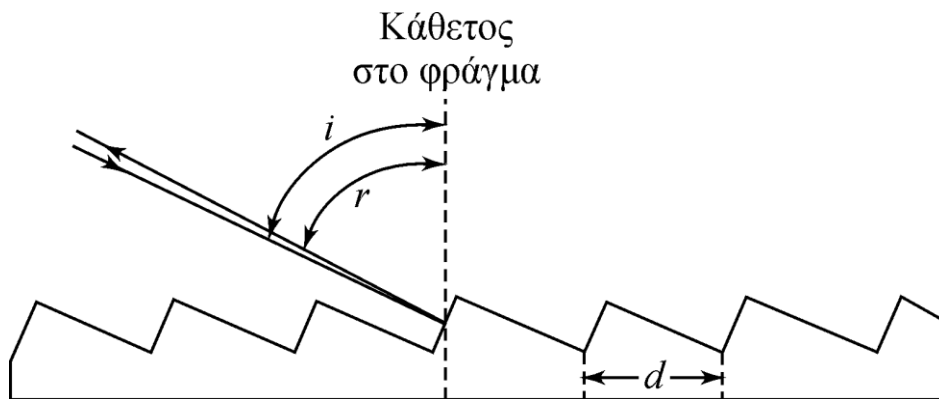
Φράγμα	Πρίσμα
Διασπορά λόγω περίθλασης στην ανακλαστική επιφάνεια	Διασπορά λόγω διάθλασης στις δύο επιφάνειες του πρίσματος
Γωνιακή διασπορά με την μορφή γωνιακών ειδώλων	
Επιλογή μήκους κύματος με περιστροφή του στοιχείου διασποράς	
Γραμμική διασπορά σε όλο το μήκος του εστιακού επιπέδου	Μεγαλύτερη διασπορά των μικρών μηκών κύματος από τα μεγάλα

ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Συμβατικό κλιμακωτό φράγμα περίθλασης:



Φράγμα τύπου echellette



Φράγμα τύπου echelle

- Φασματική καθαρότητα (παράσιτη ακτινοβολία)
- Αντίστροφη γραμμική διασπορά, D^{-1} (nm/mm)
- Διακριτική ισχύς $R = (\lambda/\Delta\lambda) = nN$ (N : χαραγές/mm)

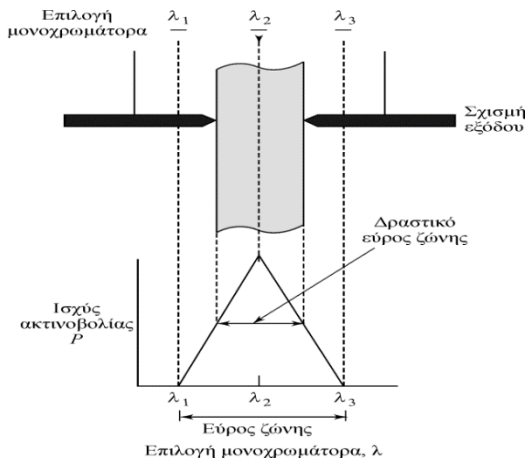


ΕΠΙΛΟΓΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ: ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΟΡΕΣ

•Καθορίζουν τα χαρακτηριστικά απόδοσης και ποιότητας του μονοχρωμάτορα

•**Παράλληλες και στο ίδιο επίπεδο**

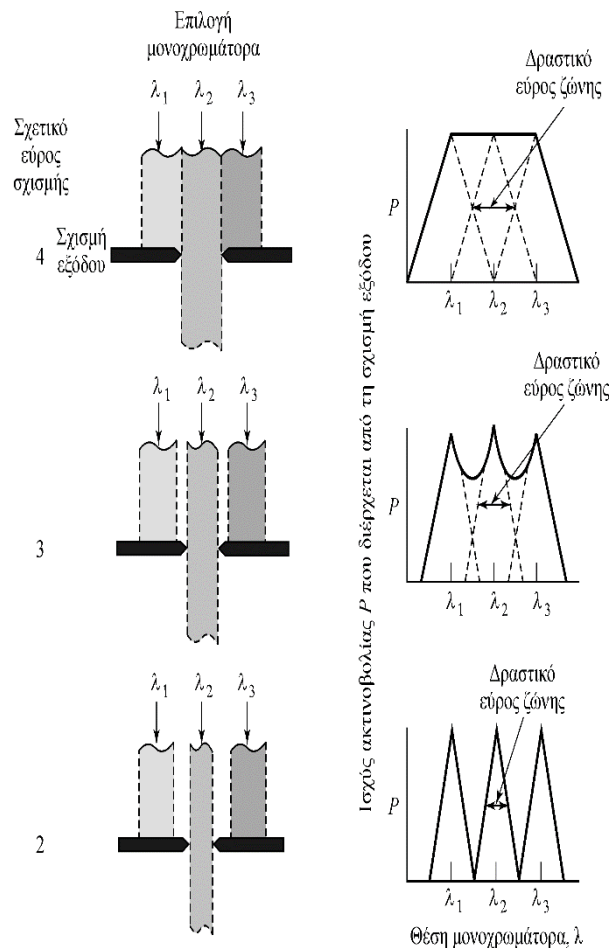
•Εύρος σχισμής είτε σταθερό είτε μεταβαλλόμενο (ανάλογα με την τεχνική και το όργανο)



Δραστικό εύρος ζώνης:

Το μισό του εύρους ζώνης ισούται με την περιοχή μηκών κύματος που εξέρχεται από το μονοχρωμάτορα (για σχισμές με το ίδιο μέγεθος)

Για να έχουμε πλήρη διάκριση κορυφής από την γειτονική πρέπει το εύρος σχισμής να είναι στο $\frac{1}{2}$ της διαφοράς των μηκών των δυο γειτονικών κορυφών



ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ (ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΕΣ)

Μετατροπή ενέργειας ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό σήμα

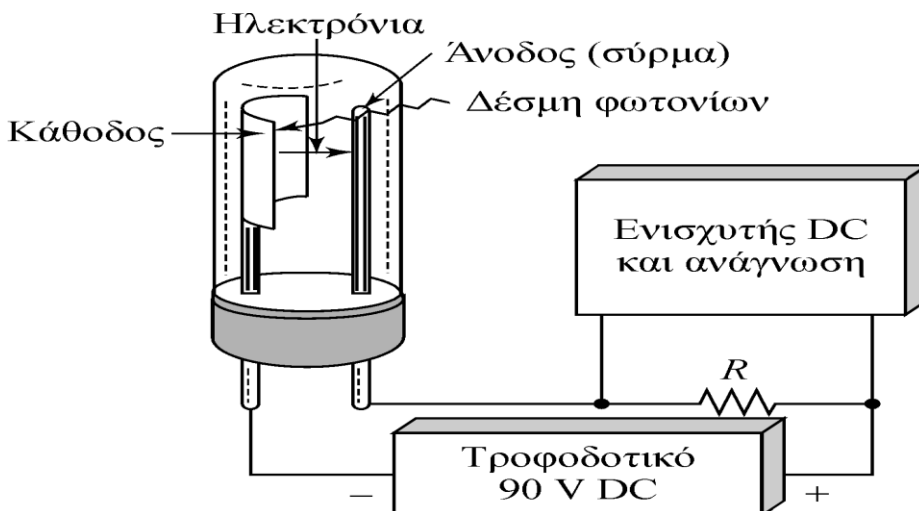
Δύο κατηγορίες μεταλλακτών:

- **Θερμικοί μεταλλάκτες** (αποκρίνονται σε θερμότητα) - IR
- **Φωτοηλεκτρικοί μεταλλάκτες** (αποκρίνονται σε φωτόνια) - UV/Vis & εγγύς IR

Ιδιότητες ενός **ιδανικού** ανιχνευτή:

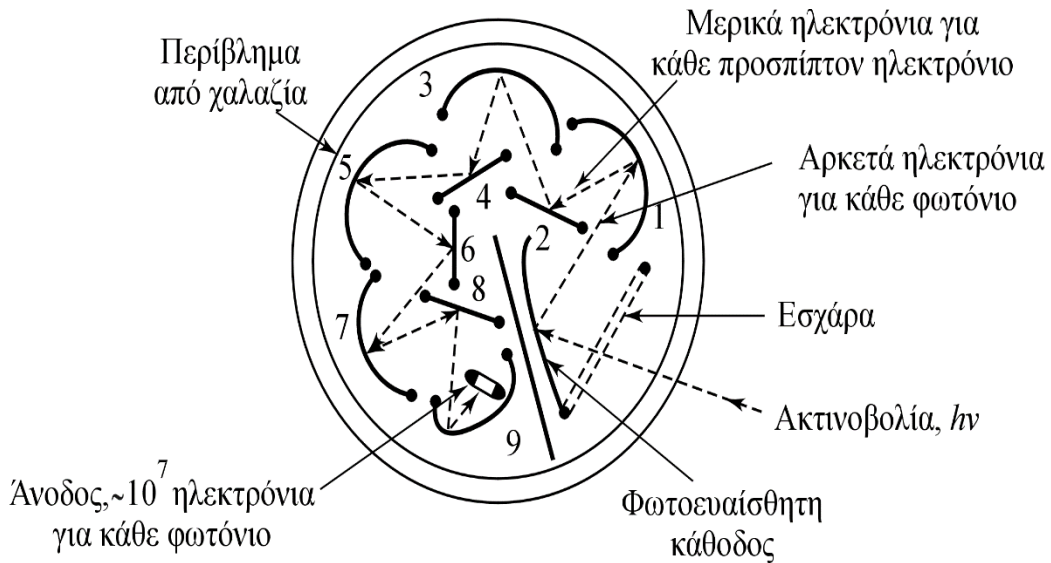
- Να είναι **ευαίσθητος**
- Υψηλό λόγο **S/N**
- **Σταθερή** απόκριση σε μεγάλη περιοχή λ
- **Ταχεία** απόκριση (για σάρωση)
- Μηδενικό σκοτεινό ρεύμα
- Σήμα (S) **αναλογικό** προς την ισχύ της ακτινοβολίας (P): $S = kP + k_d$

ΦΩΤΟΛΥΧΝΙΕΣ ΚΕΝΟΥ



ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ (ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΕΣ)

ΦΩΤΟΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΕΣ



- Αποτελείται από μια φωτοευαίσθητη **κάθοδο** και μία **άνοδο**. Μεταξύ ανόδου και καθόδου παρεμβάλλονται οι **δύνοδοι** (στο σχήμα: 9)
- **Δύνοδος** είναι η επιφάνεια-ηλεκτρόδιο που συμπεριφέρεται και ως άνοδος και ως κάθοδος ανάλογα με το δυναμικό που εφαρμόζεται
- Μια δύνοδος δέχεται ηλεκτρόνια από την δύνοδο με μικρότερο δυναμικό και παράλληλα εκπέμπει ηλεκτρόνια προς την δύνοδο με το μεγαλύτερο δυναμικό
- Από ένα φωτοηλεκτρόνιο παράγονται 10^6 έως 10^7 ηλεκτρόνια: **Καταρράκτης Ηλεκτρονίων**
- Υπερευαίσθητοι στην υπεριώδη και ορατή ακτινοβολία
- Κίνδυνος βλάβης από υψηλής ισχύος ακτινοβολία

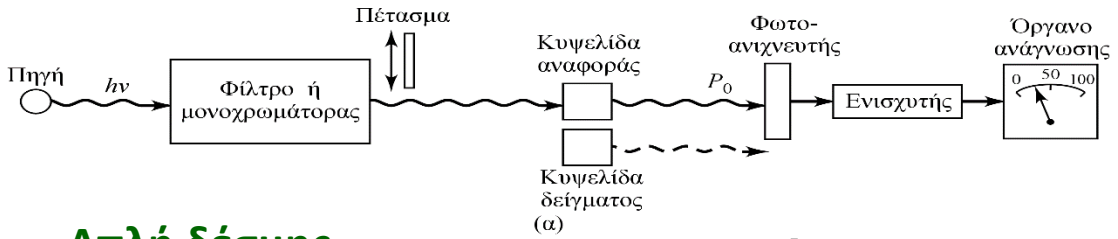


ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ - ΟΡΙΣΜΟΙ

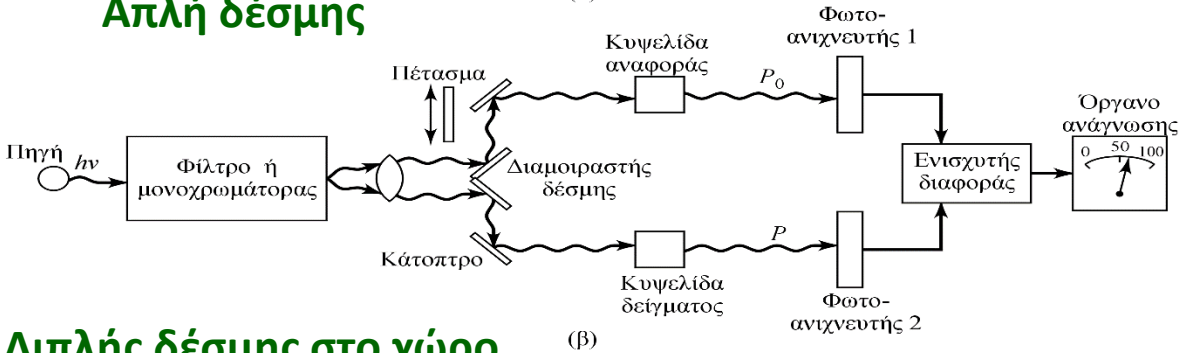
- **Χρωματόμετρο**: όργανο μέτρησης της A, στο οποίο χρησιμοποιείται ως ανιχνευτής το ανθρώπινο μάτι για τη σύγκριση του χρώματος δείγματος με τα χρώματα πρότυπων διαλυμάτων
- **Φωτόμετρο**: αποτελείται από μια πηγή, ένα φίλτρο, ένα φωτοηλεκτρικό μεταλλάκτη και ένα επεξεργαστή σήματος
- **Φθορισμόμετρα**: είναι το φωτόμετρο που προορίζεται για μετρήσεις φθορισμού
- **Φασματόμετρο**: παρέχει πληροφορίες για την ένταση της ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το μήκος κύματος ή την συχνότητα
- **Φασματοφωτόμετρο** είναι ένα φασματόμετρο εξοπλισμένο με μία ή περισσότερες σχισμές εξόδου και φωτοηλεκτρικούς μεταλλάκτες, οι οποίοι επιτρέπουν τον προσδιορισμό του λόγου των εντάσεων δύο δεσμών σε συνάρτηση με το μήκος κύματος
- **Φασματοφθορισμόμετρο** είναι ένα φασματοφωτόμετρο για αναλύσεις με μετρήσεις εντάσεως φθορισμού και λήψη φασμάτων διέγερσης – εκπομπής



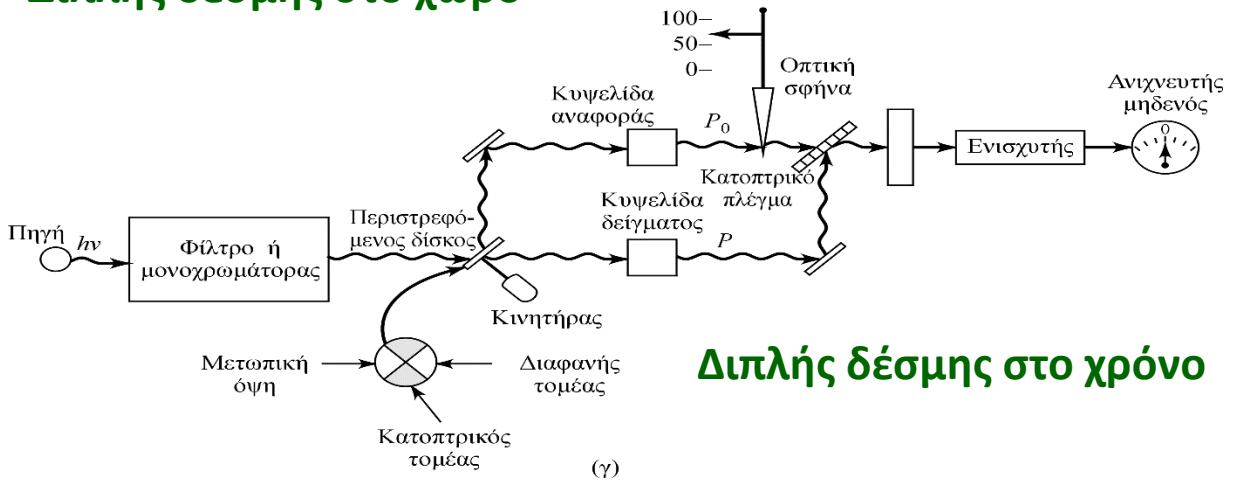
ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ



Απλή δέσμης



Διπλής δέσμης στο χώρο



Διπλής δέσμης στο χρόνο

- **Διπλής Δέσμης:** Η ακτινοβολία διέρχεται από το διάλυμα αναφοράς και από το δείγμα, είτε ταυτόχρονα (στο χώρο), είτε εναλλάξ (στο χρόνο)
- Αντισταθμίζονται οι διακυμάνσεις της ακτινοβολίας της πηγής και οι ολισθήσεις του μεταλλάκτη και του ενισχυτή
- Κατάλληλα για την συνεχή καταγραφή φασμάτων



Τέλος



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη [εδώ](#).



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων
Αθηνών, Νικόλαος Θωμαΐδης 2015. Νικόλαος Θωμαΐδης.
«Ενόργανη Ανάλυση II». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://opencourses.uoa.gr/courses/CHEM104>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



- [1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:
 - που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
 - που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
 - που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο
- Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

