



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Ενόργανη Ανάλυση II

Ενότητα 3: Φασματομετρία ICP-OES

Θωμαΐδης Νικόλαος
Τμήμα Χημείας
Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας

Φασματομετρία **Ατομικής / Οπτικής** Εκπομπής Επαγωγικά Συζευγμένου Πλάσματος Αργού (Inductively Coupled Plasma AES ή OES)

AES: Atomic Emission Spectrometry

OES: Optical Emission Spectrometry

ES : Emission Spectrometry

Ποιο περιγράφει ακριβέστερα την τεχνική;

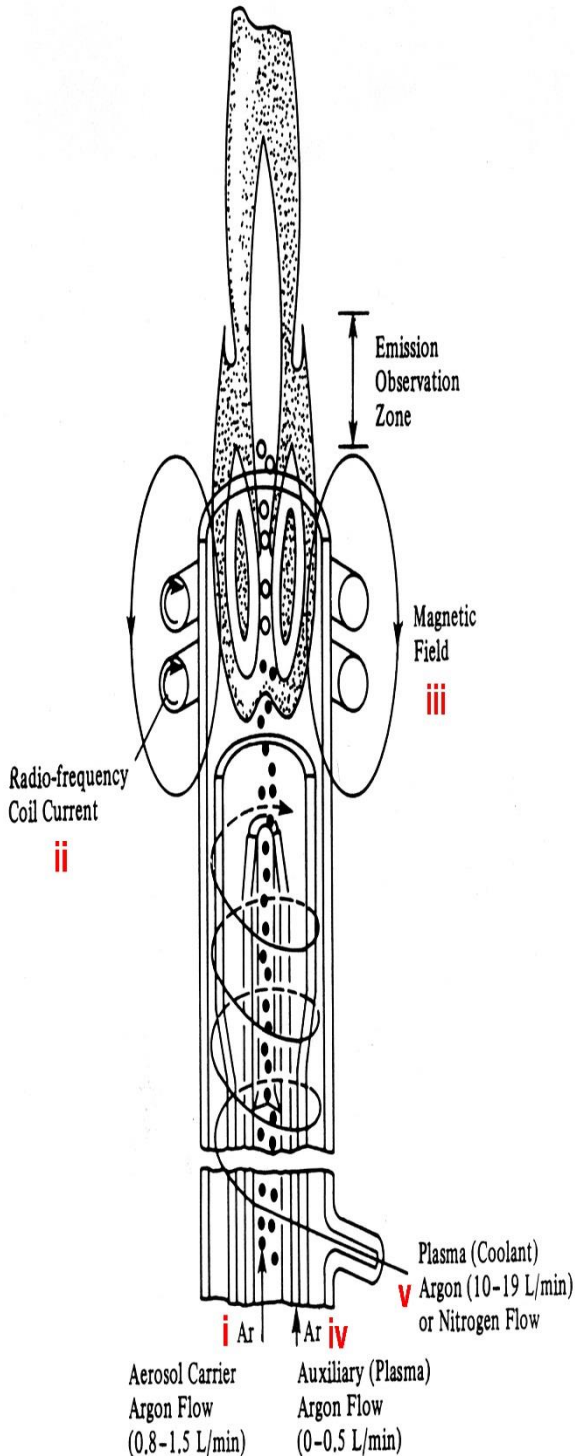
Ποια σωματίδια εκπέμπουν;

Πλάσμα: αεριώδες, ηλεκτρικά
αγώγιμο μίγμα κατιόντων
και e^-



Φασματομετρία Ατομικής Εκπομπής Επαγωγικά Συζευγμένου Πλάσματος Αργού (ICP-AES)

Πυρσός πλάσματος (Plasma torch)



i. Μεταφορά αερολύματος δείγματος με ρεύμα Ar (αέριο εκνέφωσης)

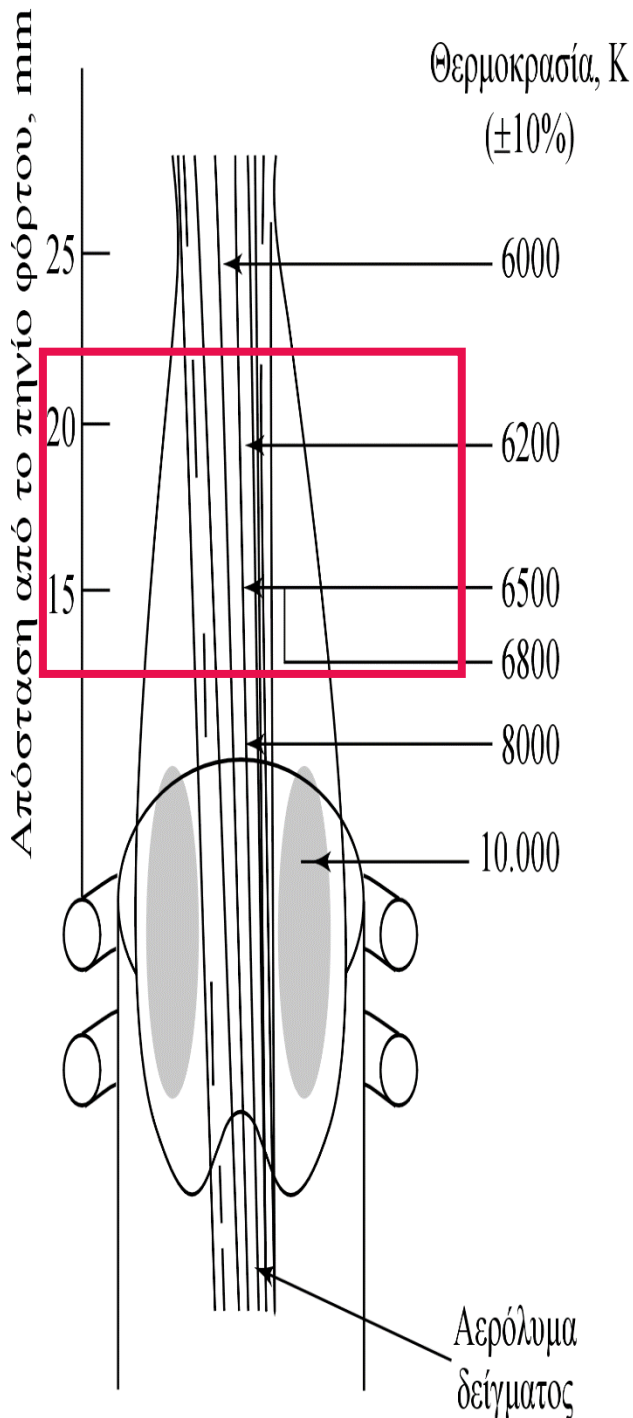
ii. Επαγωγικό πηνίο RF (27 ή 40 MHz)

iii. Μαγνητικό πεδίο

iv. Βοηθητική ροή Ar (ενδιάμεσο αέριο)

v. Εφαπτομενική βοηθητική ροή Ar (αέριο πλάσματος ή ψύξης ή εξωτερικό αέριο) – μεγάλης ροής





Κατανομή θερμοκρασιών στο πλάσμα

Διεργασίες στο πλάσμα

- i. Αποδιαλύτωση – σχηματισμός αερολύματος
- ii. Ατομοποίηση
- iii. Διέγερση
- iv. Ιοντισμός

Γραμμές Εκπομπής

◦ Ατομικές Γραμμές (I):

- As I 193.696 nm

◦ Ιοντικές Γραμμές :

Μονοσθενή ιόντα (II)

- Zn II 202.548 nm

Δισθενή ιόντα (III)

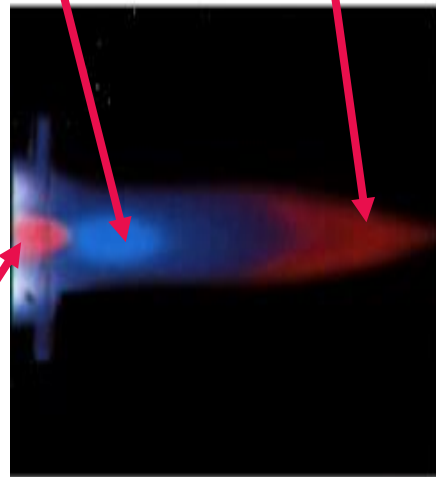
- La III 237.941 nm





Λοφίο ή ουρά πλάσματος
Κόκκινη εκπομπή ΥΟ

Αναλυτική Ζώνη
Μπλε εκπομπή Υ⁺



Αρχική Ζώνη Εκπομπής
Κόκκινη εκπομπή Υ και ΥΟ (“bullet”)

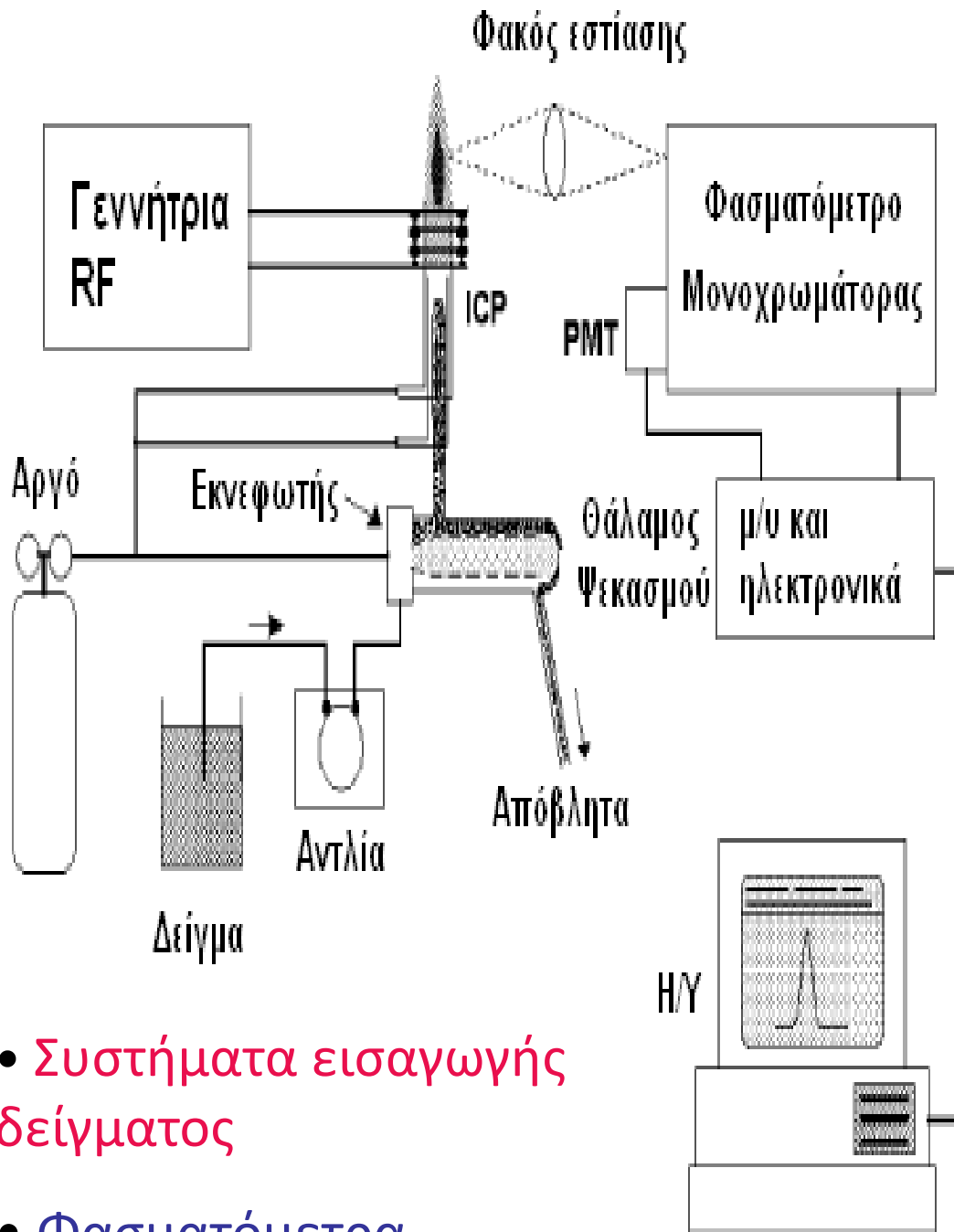


Πλεονεκτήματα Επαγωγικά Συζευγμένου Πλάσματος Αργού

- Οι θερμοκρασίες είναι 2-3 φορές υψηλότερες από τις τεχνικές φλόγας
- Δεν υπάρχουν χημικές παρεμποδίσεις (χημικά αδρανές περιβάλλον)
- Δεν υπάρχουν παρεμποδίσεις ιοντισμού (περίσσεια e⁻ από τον ιοντισμό του Ar)
- Δεν υπάρχει αυτοαπορρόφηση
- Μεγάλες γραμμικές περιοχές



ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ICP-OES



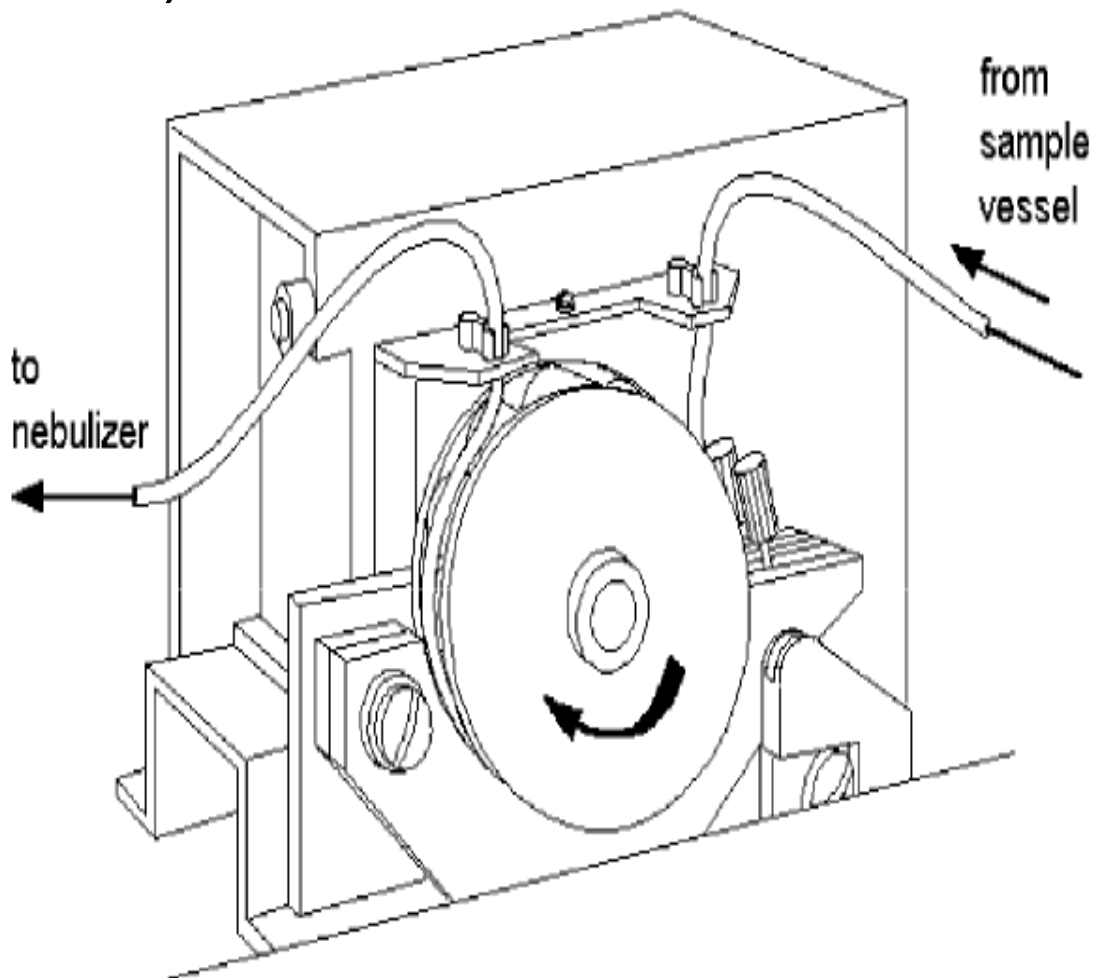
- Συστήματα εισαγωγής δείγματος
- Φασματόμετρα-Μονοχρωμάτορες



Εισαγωγή δείγματος στην ICP-OES

ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ

- Ροή
- Αριθμός rollers
- Κανάλια
- Σωληνώσεις



Μέθοδοι εισαγωγής δείγματος στην ατομική φασματομετρία

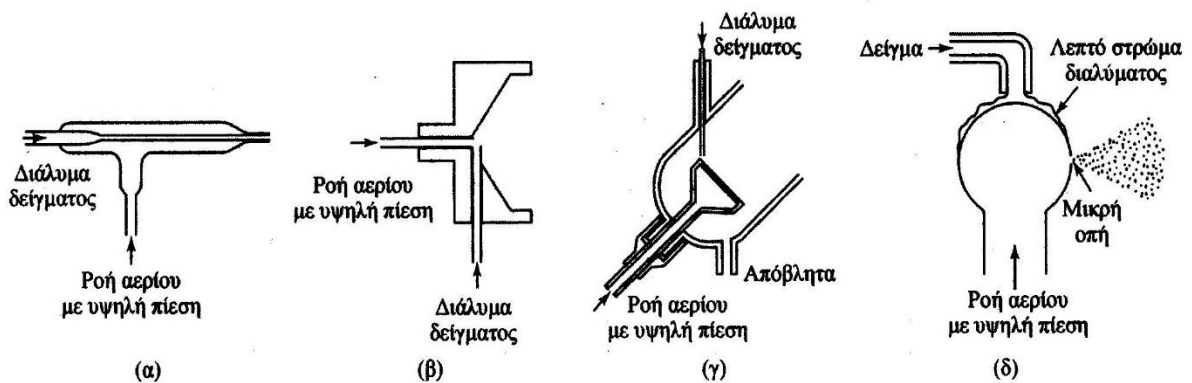
Μέθοδος	Τύπος δείγματος
Πνευματική εκνέφωση	Διάλυμα ή εναιώρημα
Υπερηχητική εκνέφωση	Διάλυμα
Ηλεκτροθερμική εξαέρωση	Στερεό, υγρό, διάλυμα
Παραγωγή υδριδίου	Διάλυμα (λίγα στοιχεία)
Απευθείας εισαγωγή	Στερεό, σκόνη
Θερμική αποσύνθεση με λέιζερ	Στερεό, κράματα
Θερμική αποσύνθεση με τόξο ή σπινθήρα	Αγώγιμο στερεό
Ψεκασμός με εκκένωση λάμψης	Αγώγιμο στερεό



Εισαγωγή δείγματος στην ICP-OES

ΕΚΝΕΦΩΤΕΣ

• Πνευματικοί Εκνεφωτές



Διάφοροι τύποι εκνεφωτών: (α) συγκεντρικός σωλήνας, (β) διασταυρούμενη ροή, (γ) πορώδης δίσκος, (δ) εκνεφωτής Babington.

- Εκνεφωτής υπερήχων
 - Παραγωγή υδριδίων (HG)
 - Ηλεκτροθερμικοί εξαερωτές (ETV)
 - Αποσύνθεση με λέιζερ (laser ablation, LA)
- } Στερεά δείγματα



Φασματομέτρα ICP-OES

Επιθυμητές ιδιότητες φασματομέτρου εκπομπής με ICP:

1. Υψηλή διακριτική ικανότητα ($\Delta\lambda < 0,010\text{nm}$ ή $\lambda/\Delta\lambda > 100000$)
2. Ταχεία συλλογή και επεξεργασία δεδομένων
3. Χαμηλή παράσιτη ακτινοβολία
4. Μεγάλη δυναμική περιοχή
5. Ακριβής και επαναλήψιμη αναγνώριση και επιλογή λ
6. Επαναλήψιμες μετρήσεις ($< 1\%$ RSD σε $C = 500 \times \text{LOD}$)
7. Υψηλή σταθερότητα
8. Εύκολη διόρθωση υποβάθρου
9. Έλεγχος με εύχρηστο λογισμικό



Φασματοόμετρα ICP-OES

1. Φράγματα με πολλές χαραγές ανά mm
2. Μικρές σχισμές εισόδου και εξόδου
3. Μεγάλη εστιακό μήκος
4. Υψηλή τάξη διασποράς

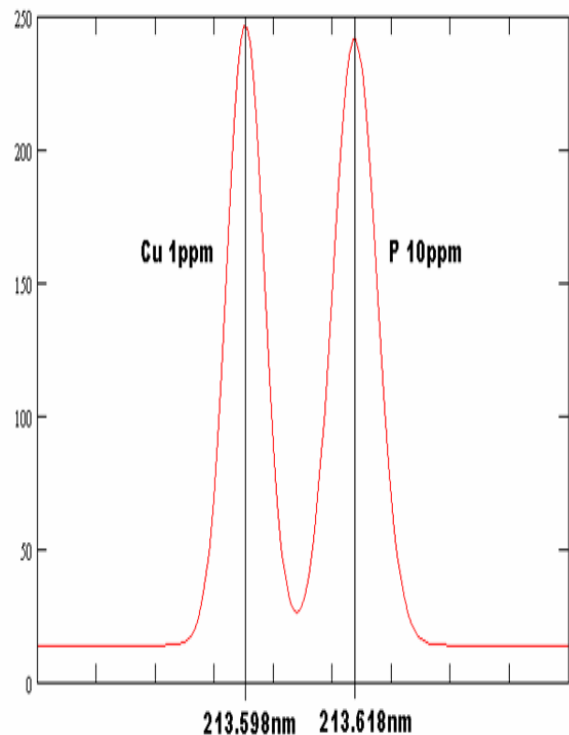
Δοκιμές κατά την αγορά:

Διαχωρισμός των γραμμών

Cu και P στα 213,6 nm: 20ρm

Cd και As στα 228,8 nm: 10ρm

Tl Doublet 190,86 nm: 8ρm



Φασματοόμετρα ICP-OES

Τύποι οργάνων:

- Όργανα αλληλουχίας ή διαδοχικής σάρωσης (**sequential** ICP) με συνεχή ή αλματική σάρωση
- Παράλληλα πολυδιαυλικά όργανα (**simultaneous** ICP)
- Όργανα μετασχηματισμού Fourier

Οπτικά συστήματα σε φασματοόμετρα ICP-OES:

- Μονοχρωμάτορας
 - Συμβατικά φράγματα
 - κλιμακωτά φράγματα τύπου Echelle
- Πολυχρωμάτορας

Ανιχνευτές:

- Φωτοπολλαπλασιαστές (PMTs)
- Ανιχνευτές στερεάς κατάστασης (SSDs: CTD)



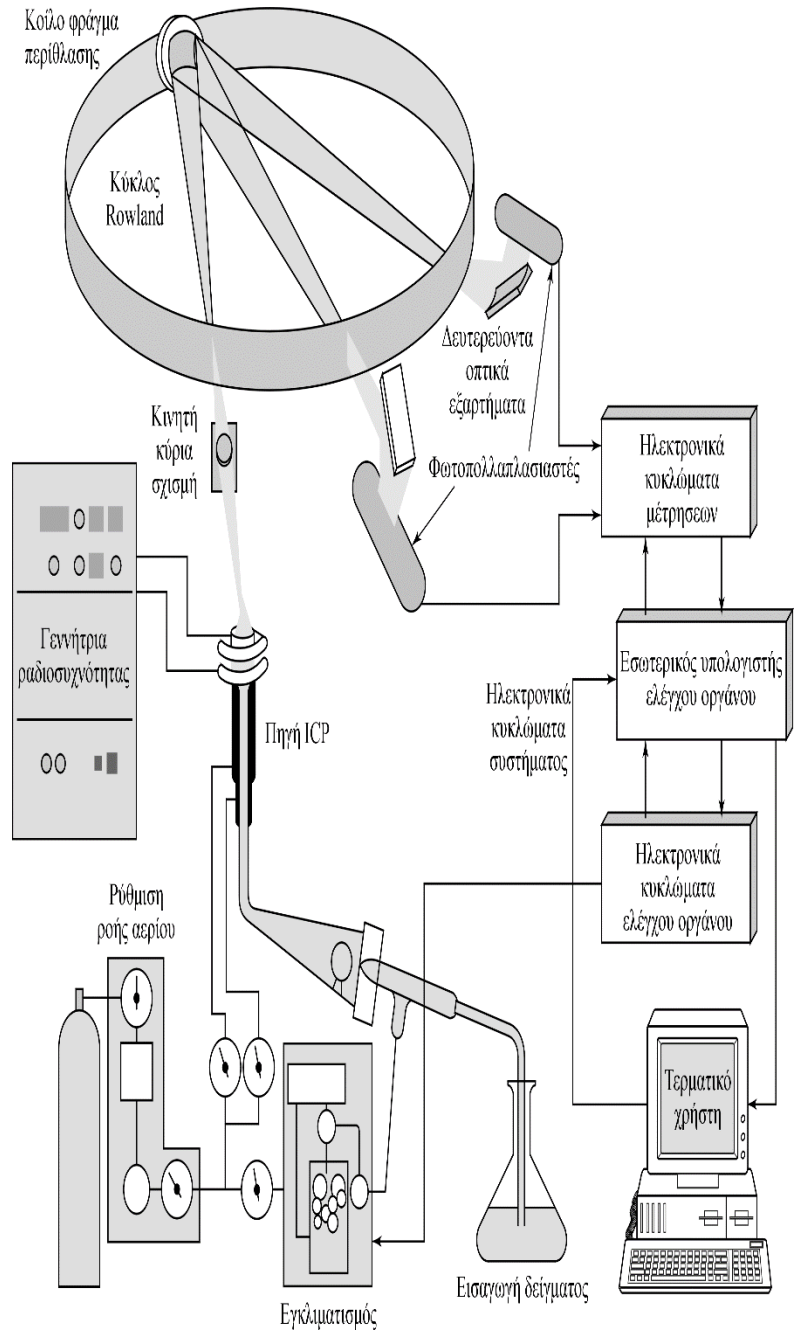
Πολυδιαυλικά φασματόμετρα ICP-OES

Πολυχρωμάτορας
τύπου Paschen-
Runge με τις
σχισμές, το(α)
φράγμα(τα) και τους
ανιχνευτές να
βρίσκονται στον
κύκλο του Rowland:

125 – 460 nm

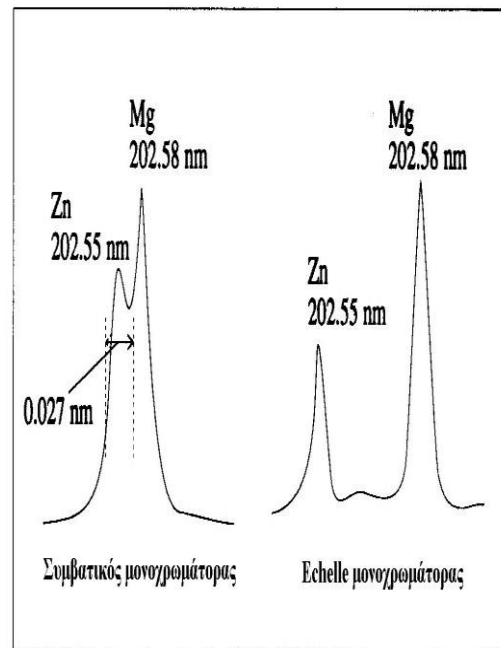
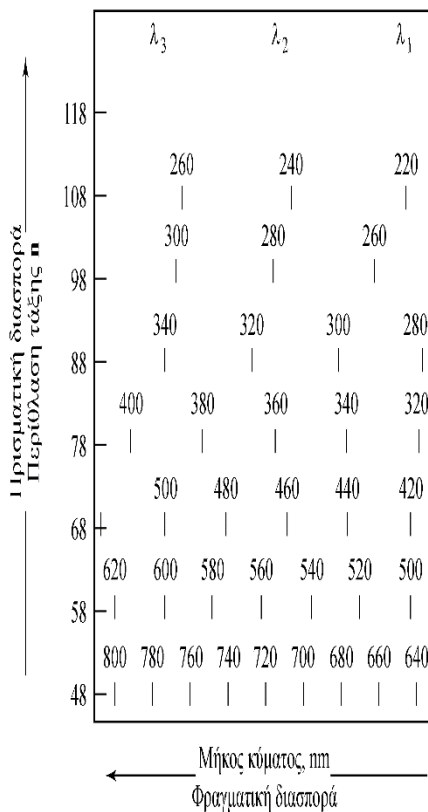
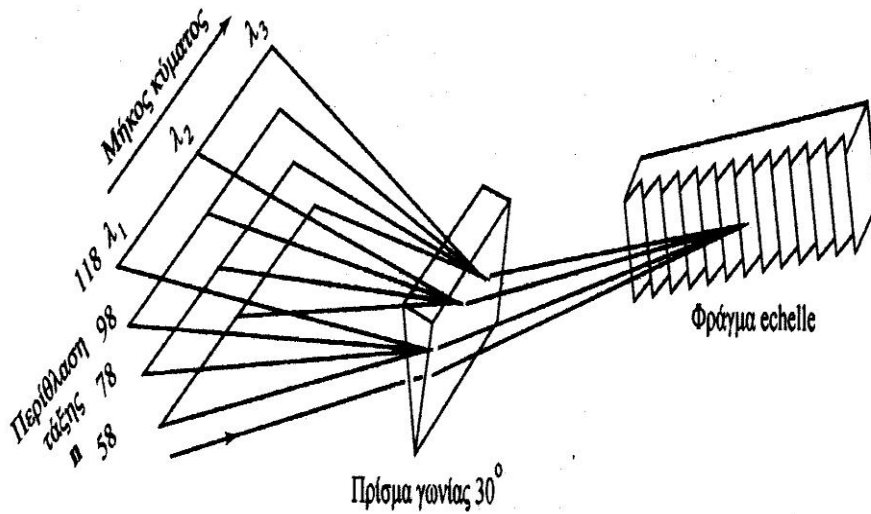
460 – 780 nm

**Περιορισμός στην
επιλογή στοιχείων**



Πολυδιαυλικά φασματομέτρα ICP-OES

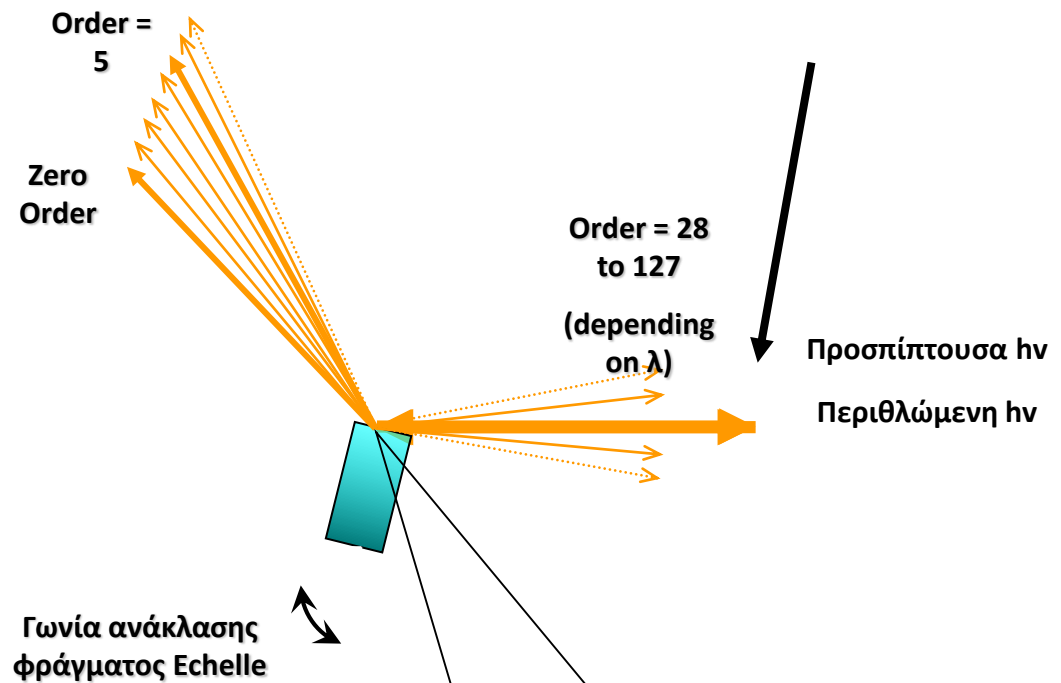
Μονοχρωμάτορες echelle:



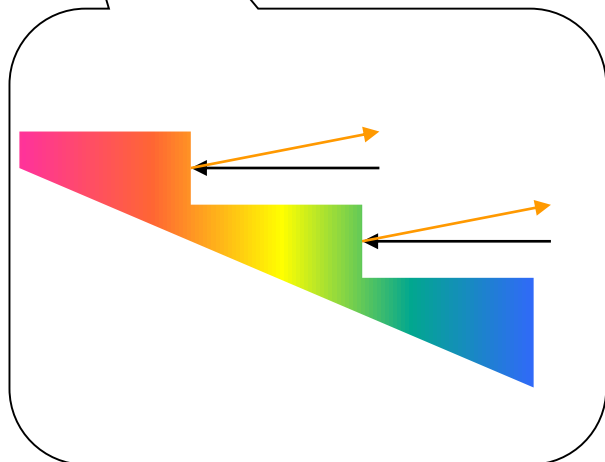
Περίθλαση από φράγμα echelle

Επειδή το φράγμα echelle χρησιμοποιείται με πολύ μεγάλες τάξεις, τα μήκη κύματος σε μια τάξη διασπείρονται σημαντικά

Η μέγιστη διασπορά επιτυγχάνεται σε μεγάλες τάξεις περίθλασης (εκεί όπου η γωνία ανάκλασης ταυτίζεται με τη γωνία πρόσπτωσης)



Η γωνία ανάκλασης στο φράγμα Echelle καθορίζεται από μηχανικό οδηγό έτσι ώστε το επιθυμητό λ της κατάλληλης τάξης να οδηγείται στο πρίσμα

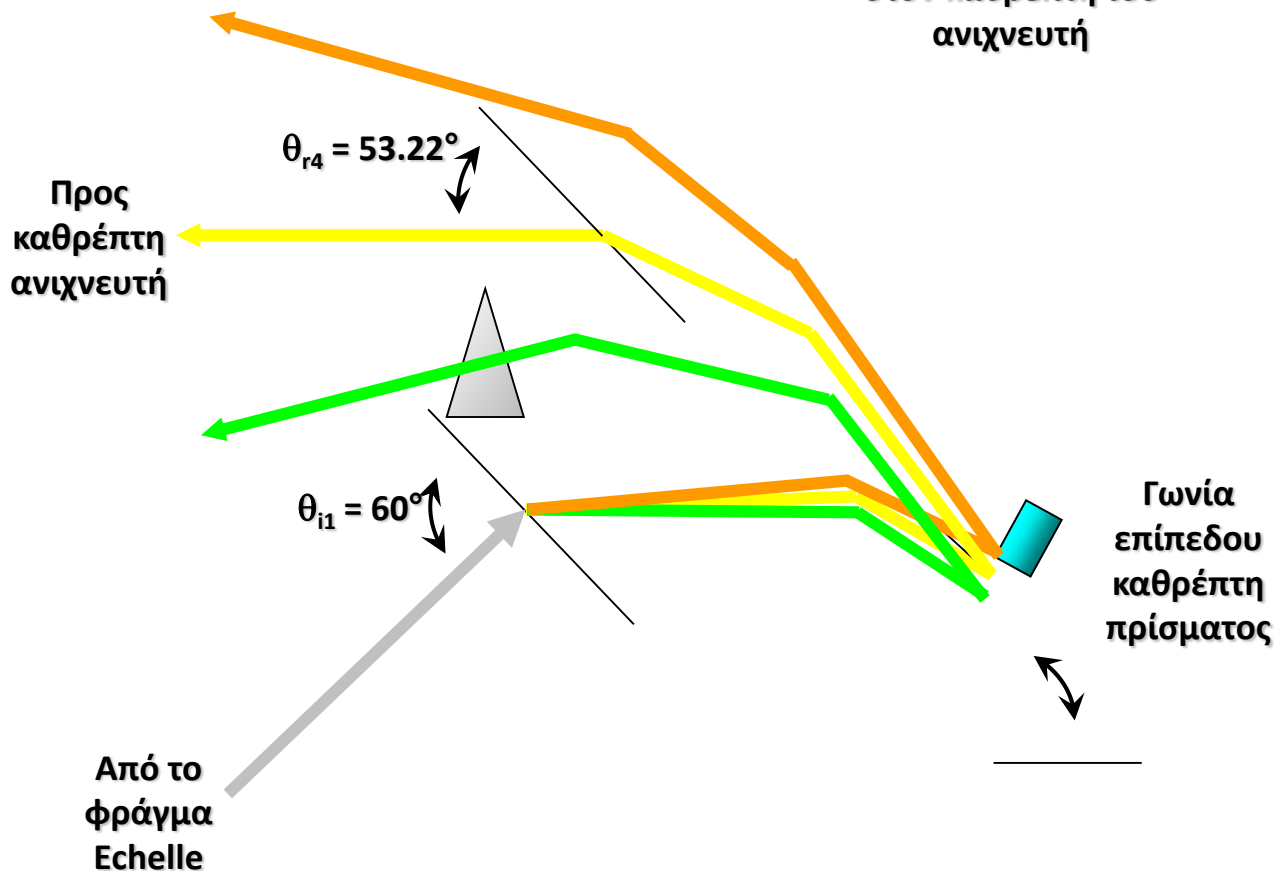


Διασπορά λ από το πρίσμα

Η διασπορά του λ στο πρίσμα είναι σημαντικά χαμηλότερη από ότι στο φράγμα Echelle

Χρησιμοποιείται μόνο για να αποφευχθούν επικαλύψεις

Η γωνία του επίπεδου καθρέπτη του πρίσματος ρυθμίζεται από μηχανικό οδηγό έτσι ώστε το επιθυμητό λ να οδηγείται στον καθρέπτη του ανιχνευτή



Ανιχνευτές

ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΣΤΕΡΕΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ανιχνευτές μεταφοράς φορτίου (CTD):

Ημιαγωγοί οι οποίοι αποτελούνται από σειρές (arrays) μεταλλακτών ή εικονοστοιχείων (pixels) σε δισδιάστατη ψηφίδα, οι οποίοι συσσωρεύουν φορτίο όταν εκτίθενται σε προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Κατά τη λειτουργία τους, πρώτα εκτίθενται σε ακτινοβολία και μετά «καταχωρούν» την εγγραφή (“read”). Κατά τη διάρκεια της εγγραφής συνήθως ο ανιχνευτής δεν εκτίθεται σε φως. Βρίσκονται πάντα υπό ψύξη ($<0^{\circ}\text{C}$).

Έχουν μεγαλύτερη κβαντική απόδοση από τους PMTs και εξαιρετικά χαμηλό θόρυβο.

Δύο τύπους:

Μεταλλάκτης έκχυσης φορτίου (CID)

Μεταλλάκτης σύζευξης φορτίου (CCD)



Ανιχνευτές

ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΣΤΕΡΕΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μεταλλάκτης έκχυσης φορτίου (CID) [*n*-Si]

Το φορτίο («οπές»: “+”) συλλέγεται σε κάθε pixel, κάτω από αυτό, σε φρέαρ δυναμικού, σταδιακά, χωρίς να χαθεί το ήδη συσσωρευμένο φορτίο (**υψηλή χωρητικότητα φορτίου**). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται **λειτουργία μη καταστροφικής ανάγνωσης**.

Μεγάλο πλεονέκτημα των CID έναντι των CCD είναι ότι μπορούν να γίνονται διαδοχικές μετρήσεις χωρίς να διακόπτεται η διαδικασία της ολοκλήρωσης.

Δεν υπάρχει κορεσμός και «υπερχείλιση» (blooming).

Γίνεται ταυτόχρονα μέτρηση γειτονικών γραμμών με υψηλή ένταση και με χαμηλή ένταση χωρίς διαστοιχειακή παρεμπόδιση.

Μεγάλη γραμμική περιοχή (10^7) και καλύτερο S/N και LODs.

Μείωση του readout θορύβου λόγω άθροισης των σημάτων.



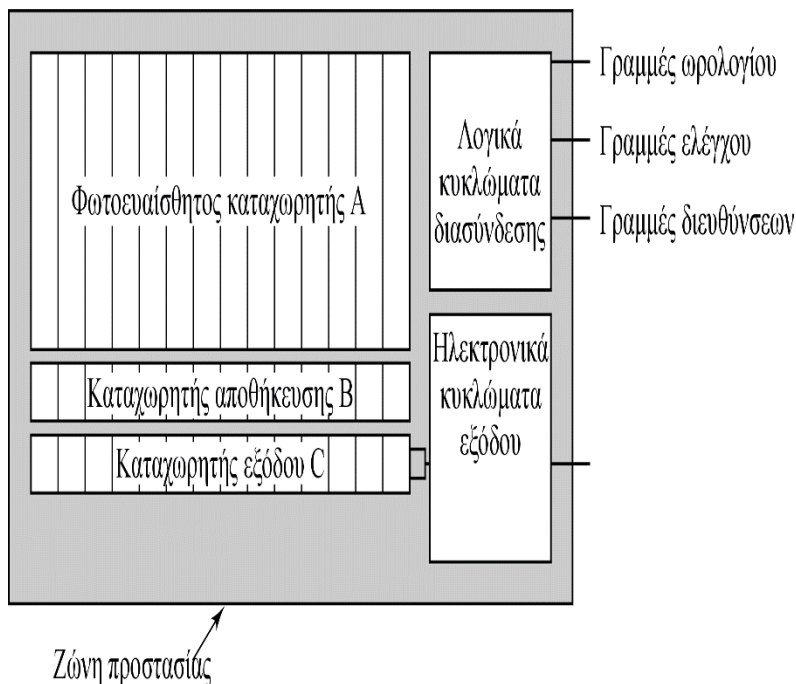
Ανιχνευτές

ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΣΤΕΡΕΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μεταλλάκτης σύζευξης φορτίου (CCD) [*p-Si*]

Ο CCD είναι κατασκευασμένος σε σειρές από φωτοευαίσθητα pixel. Συλλέγει φορτίο (e^-) για κάποιο χρόνο (το οποίο ορίζεται από τον χρήστη) σε όλη τη σειρά και στη συνέχεια το φορτίο «ολισθαίνει» προς τον καταχωρητή αποθήκευσης, μεταφέρεται στον ενισχυτή και στη μονάδα ανάγνωσης. Έτσι πραγματοποιείται σάρωση από σειρά σε σειρά σε 3 στάδια.

Η διαδικασία ανάγνωσης εξουδετερώνει τα συσσωρευθέντα φορτία.



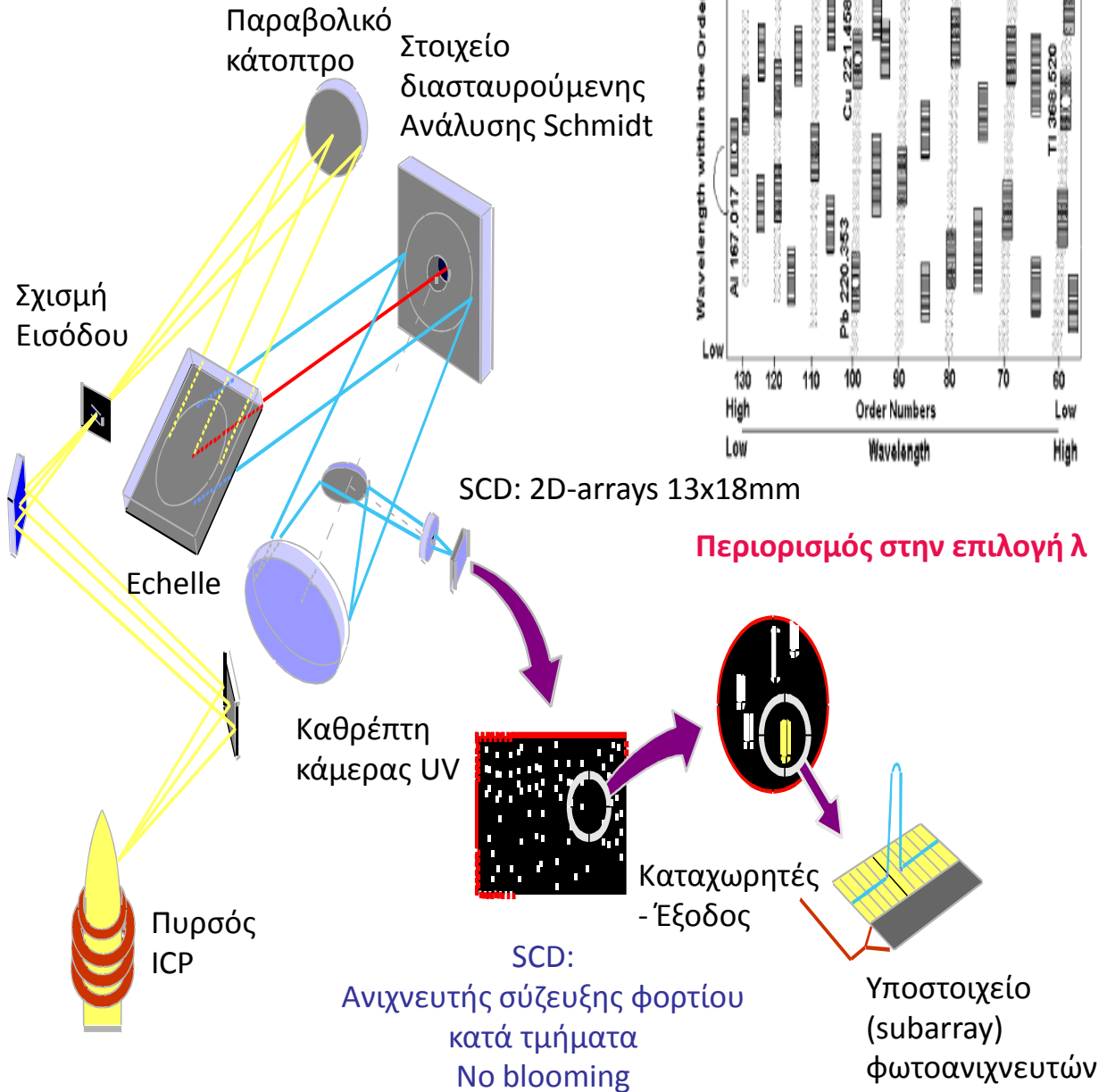
CCD

- Υψηλή ευαισθησία σε χαμηλής έντασης λ
- ✖ Καταστροφικός χαρακτήρας ανάγνωσης
- ✖ Υψηλές συγκεντρώσεις στοιχείων, που εκπέμπουν μεγάλη ποσότητα ακτινοβολίας σε συγκεκριμένο λ, προκαλούν κορεσμό και υπερχείλιση φορτίου (blooming) των pixels, μεταφορά φορτίου σε γειτονικά pixel → φασματικές παρεμβολές
- ✖ Αργή μέτρηση, περιορισμός δυναμικής περιοχής και S/N
- ➤ Ανιχνευτής σύζευξης φορτίου κατά τμήματα (SCD)



Πολυδιαυλικό φασματόμετρο echelle με ανιχνευτή CCD κατά τμήματα

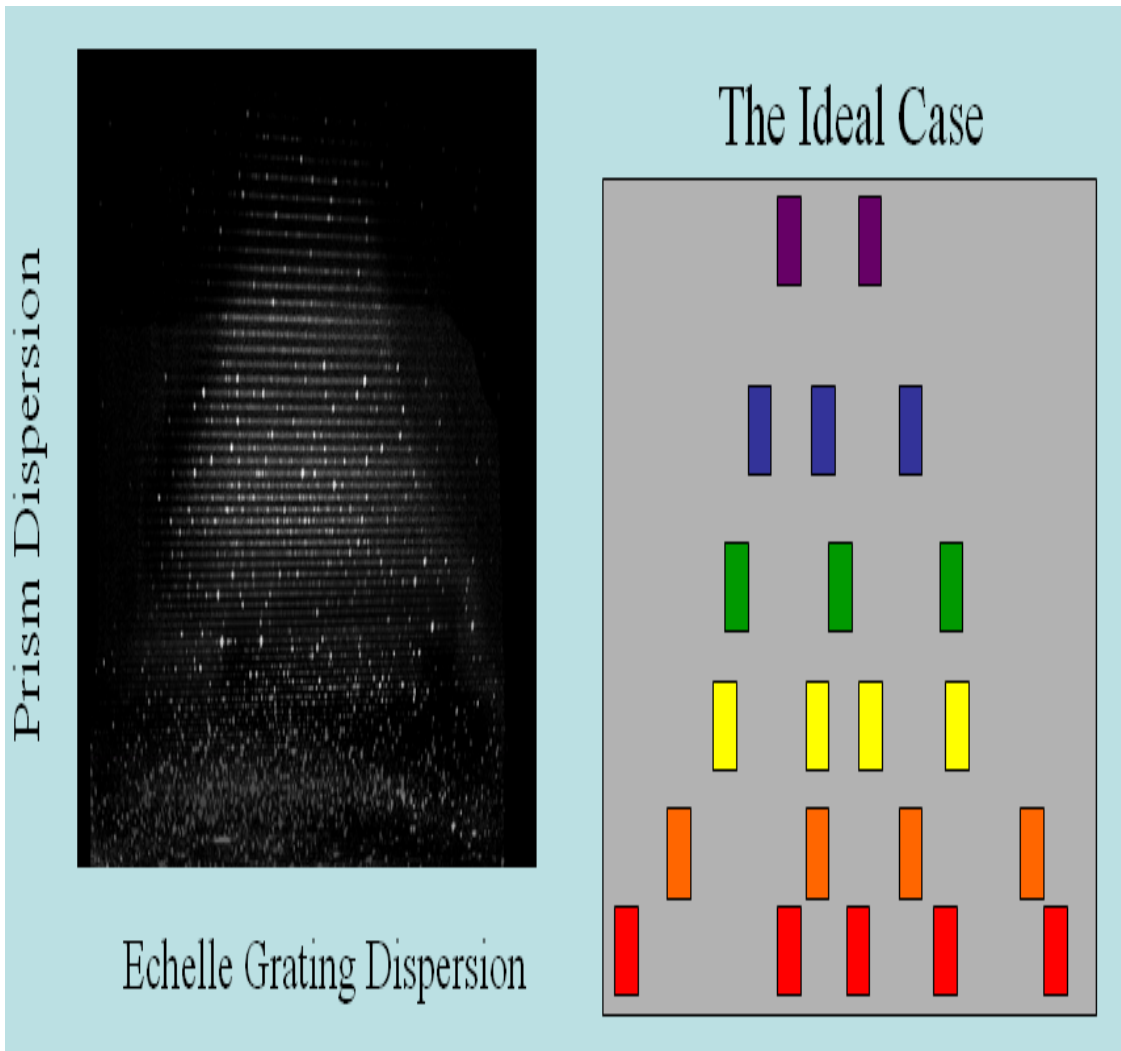
SCD: Συστοιχία φωτοανιχνευτών



Ανιχνευτές

ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΣΤΕΡΕΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι ανιχνευτές μεταφοράς φορτίου καταγράφουν μεγάλη περιοχή του φάσματος παίρνοντας μια ηλεκτρονική «φωτογραφία». Σημαντικό είναι να «χωρέσουν» όλη τη διασπορά κυμάτων του Echelle στον ανιχνευτή:



ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ICP-OES

Φυσικές (μη φασματικές) παρεμποδίσεις εκνέφωσης:

Οι φυσικές παρεμποδίσεις οφείλονται στις διαφορετικές φυσικές ιδιότητες του πρότυπου διαλύματος και του δείγματος (ιξώδες, επιφανειακή τάση, πυκνότητα, συγκέντρωση διαλυμένων στερεών) και επηρεάζουν την εκνέφωση του δείγματος:

- Ταχύτητα μεταφορά μάζας δείγματος,
- ιδιότητες εκνεφωτή,
- αεροδυναμική του θαλάμου εκνέφωσης και
- συνθήκες διέγερσης και εκπομπής στο πλάσμα (EIE)

Εξετάζονται αρχικά οι παράμετροι της εισαγωγής δείγματος και του πλάσματος (εκνεφωτής, θάλαμος εκνέφωσης, ισχύς, τύπος και ύψος παρατήρησης, κοκ) και βελτιστοποιούνται



ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ICP-OES

- Αλλαγή των φυσικών ιδιοτήτων του διαλύματος (ιξώδες, επιφανειακή τάση, πυκνότητα)
- Άλατα ή οργανικοί διαλύτες
- Μεταβολή στην ταχύτητα εκνέφωσης και στη διάμετρο των σωματιδίων του αερολύματος

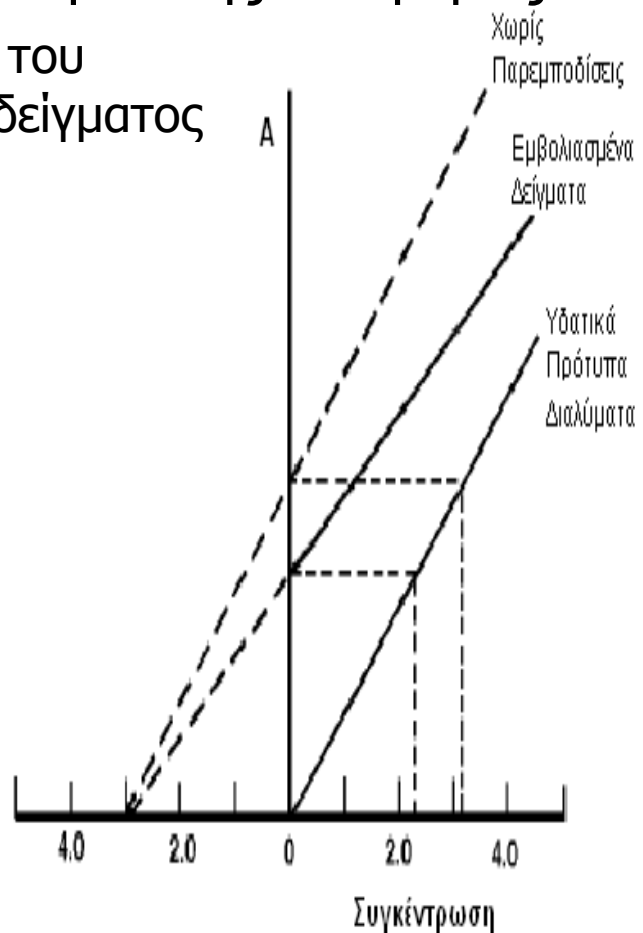
Μεταβολή στην κλίση καμπύλης αναφοράς

❖ Προσαρμογή στη μήτρα του δείγματος ή αραιώση του δείγματος

❖ Μέθοδος σταθερών προσθηκών

❖ Μέθοδος Εσωτερικού Προτύπου

❖ Προσθήκη επιφανειοδραστικών



ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ICP-OES

Προσαρμογή στη μήτρα του δείγματος (matrix matching):

Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο αναλυτής παρασκευάζει τα πρότυπα διαλύματα και τα δείγματα ελέγχου στο ίδιο μέσο (πχ στην ίδια συγκέντρωση οξέος και αλάτων) με τα δείγματα

Υπάρχει και η δυνατότητα της αραίωσης των δειγμάτων ώστε να προσομοιάσουν τα πρότυπα διαλύματα

Προσοχή πρέπει να δίνεται στην επιμόλυνση του δείγματος κατά την προσαρμογή

Πολλές εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιήσουν CRM κατάλληλη μήτρας για βαθμονόμηση (κοινή πρακτική στα εργαστήρια ανάλυσης κραμάτων)



ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ICP-OES

Μέθοδος εσωτερικού προτύπου (internal standard):

Αν τα πρότυπα διαλύματα και τα δείγματα έχουν εντελώς διαφορετική σύσταση και είναι δύσκολη ή πολύπλοκη η μήτρα και η προσαρμογή τότε η επόμενη λύση είναι η χρήση εσωτερικού προτύπου

Προσθήκη ενός κατάλληλου στοιχείου (εσωτερικό πρότυπο, IS) στα πρότυπα διαλύματα, λευκά και άγνωστα δείγματα, **στην ίδια συγκέντρωση**, αν είναι δυνατό από την αρχή της αναλυτικής πορείας

Αναλυτικό σήμα: λόγος σήματος αναλύτη προς σήμα IS

Η μέθοδος αυτή δε διορθώνει παρεμποδίσεις στη διεγερση

Γενικά απαιτείται πολλές φορές συνδυασμός τεχνικών για την επιτυχή άρση των φυσικών παρεμποδίσεων



ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ICP-OES

Μέθοδος εσωτερικού προτύπου (internal standard):
Η επιτυχής χρήση του IS προϋποθέτει ότι εργαζόμαστε στη **γραμμική περιοχή**. Η συγκέντρωση του IS στα δείγματα και στα πρότυπα πρέπει να δίνει ιδανικά σήμα όσο η συγκέντρωση του αναλύτη στο κεντροειδές της καμπύλης

Επίσης, η επιτυχής χρήση του IS προϋποθέτει ότι ο αναλύτης και το IS **μετρούνται** πραγματικά **ταυτόχρονα** (όπως συμβαίνει στα πολυδιαυλικά όργανα με SSDs)

- Αντιστάθμιση τυχαίων και συστηματικών σφαλμάτων:
 - Οργανολογική αστάθεια
 - Επίδραση μήτρας και της αναλυτικής πορείας

...αν γίνει σωστή επιλογή IS!



ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ IS:

- Απουσία από το δείγμα
- Διαλυτό τόσο στα δείγματα όσο και στα πρότυπα
- Υψηλής καθαρότητας
- Να μην εμφανίζει φασματικές παρεμποδίσεις:
 - Το IS στις αναλυτικές γραμμές των στοιχείων
 - Οι αναλύτες στη γραμμή του IS
- Να προσομοιάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του αναλύτη, δηλαδή να έχει γραμμές εκπομπής με παρόμοιες ενέργειες διέγερσης με τις γραμμές των αναλυτών
 - Παρόμοια ευαισθησία και να ακολουθεί (ιδανικά αναλογικά) τη διέγερση του αναλύτη όταν η θερμοκρασία στο πλάσμα αυξομειώνεται



ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ IS

Αναλύτης: Cd 228,802 nm – IS: Y 224,306 nm

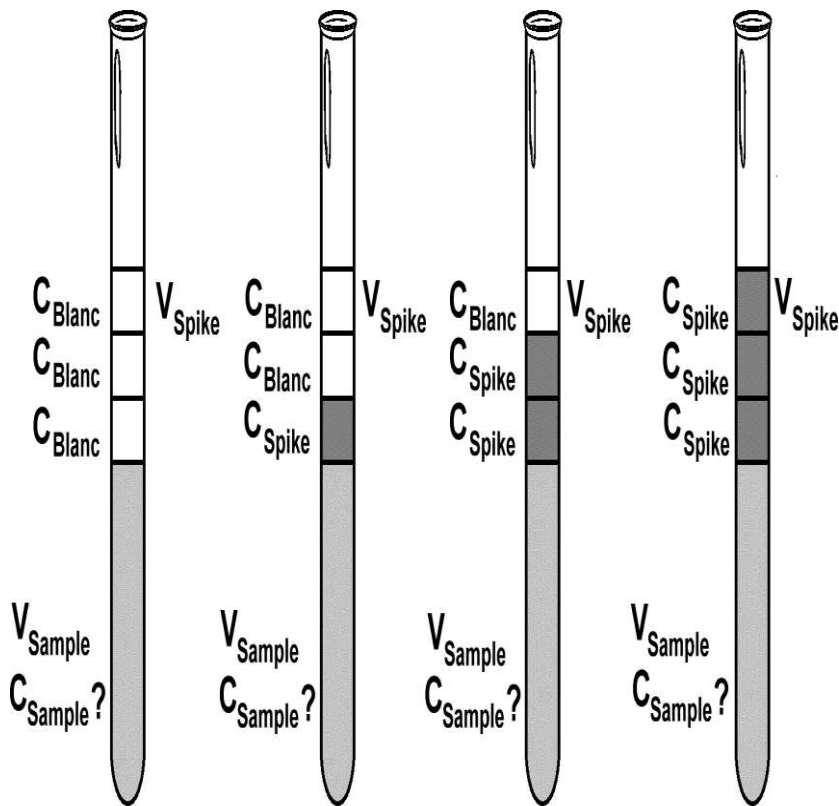
	Κρούσεις I_{Cd}	Λόγος $F = I_{Cd}/I_Y$
Εξίσωση καμπύλης εμβολιασμένω ν δειγμάτων	$I_{Cd} = 6,29 \times C_{Cd}$	$F = 0,73 \times C_{Cd}$
Εξίσωση καμπύλης αναφοράς πρότυπων διαλυμάτων	$I_{Cd} = 8,51 \times C_{Cd}$	$F = 0,70 \times C_{Cd}$
Λόγος κλίσεων × 100	Ανάκτηση Cd $\% \bar{R}_{Cd} = 74\%$	Σχετική ανάκτηση Cd $\% \bar{R}_{Cd} = 104\%$



ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ICP-OES

Μέθοδος προσθήκης γνωστής ποσότητας
(standard addition method):

Προσθήκη αναλύτη κατ' αύξουσα ποσότητα
σε σταθερό τελικό όγκο

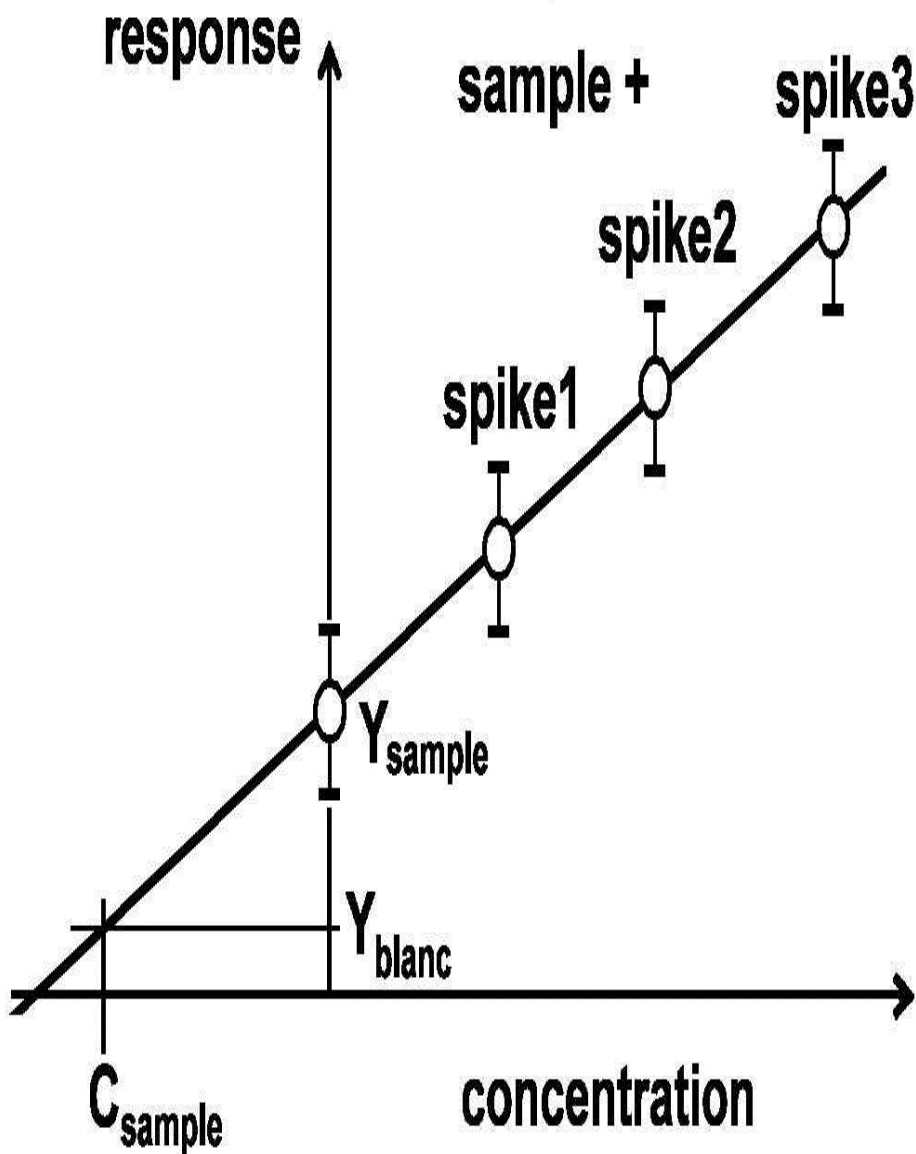


$$V_{\text{Sample}} \gg V_{\text{Spike}} \quad C_{\text{Sample}}? \ll C_{\text{Spike}} \quad V_{\text{total}} = \text{constant}$$



ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ICP-OES

Μέθοδος προσθήκης γνωστής ποσότητας
(standard addition method):



Μέθοδος προσθήκης γνωστής ποσότητας

Η συγκέντρωση στο άγνωστο δείγμα προκύπτει από την προέκταση της καμπύλης σταθερών προσθηκών:

Αν $Y = A + BX$ και $Y=0$, τότε η άγνωστη $C_{\text{sample}} = |-A|/B$

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν η μήτρα των δειγμάτων ποικίλει σημαντικά και/ή όταν το IS δε διορθώνει επιδράσεις που οφείλονται στο πλάσμα. Αυτή η τεχνική είναι επίσης χρήσιμη για την επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου εσωτερικού προτύπου να διορθώνει παρεμποδίσεις τόσο στον εκνεφωτή όσο και στο πλάσμα. Είναι σχετικά χρονοβόρος τεχνική. Ωστόσο για εντελώς άγνωστης μήτρας δείγμα, μπορεί να είναι και η πιο γρήγορη μέθοδος.



Μέθοδος προσθήκης γνωστής ποσότητας

Πρέπει να προσέχουμε τα εξής:

- Να εργαζόμαστε στη γραμμική περιοχή
- Αρχικά πρέπει να εκτελέσουμε μια ημιποσοτική μέτρηση ώστε να γνωρίζουμε περίπου τη συγκέντρωση του αναλύτη στο άγνωστο δείγμα (C_x)
- Συνήθως προσθέτουμε $0,5x$, $1x$, $2x$, $3x$,...της C_x
- Να προσθέτουμε μικρούς όγκους εμβολιασμού (πχ $100 \mu\text{L}$)
- Η μέθοδος αυτή δε διορθώνει την πιθανή ολίσθηση του οργάνου. Απαιτεί ακριβή διόρθωση του υποβάθρου. Καλό είναι όταν εφαρμόζεται σε εντελώς άγνωστα δείγματα να εκτελείται σε δύο μήκη κύματος του αναλύτη και να συγκρίνονται τα αποτελέσματα



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.

