



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

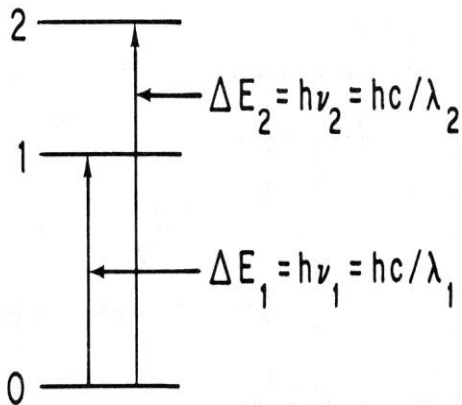
Ενόργανη Ανάλυση II

Ενότητα 3: Φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης
(ΑΑΣ)

Θωμαΐδης Νικόλαος
Τμήμα Χημείας
Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας

ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ (AAS)

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ BEER ΣΤΗΝ AAS



$$A = -\log T = -\log(P/P_0) = \\ = 0,434k_{\nu} b = k' \cdot b \cdot N = k'' \cdot c$$

Σχετικές μετρήσεις – Καμπύλη αναφοράς:

θεωρητικά γραμμική – μικρή γραμμική περιοχή –
αποκλίσεις - παρεμποδίσεις

Μέτρο της ευαισθησίας για κάθε προσδιορισμό:

Χαρακτηριστική συγκέντρωση (C_0) ή μάζα (m_0) είναι η ποσότητα που απορροφά 1% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ή προκαλεί απορρόφηση 0,0044.

$$A = -\log(P/P_0) = \log(P_0/P) = \log(100/99) \Rightarrow$$

$$A = 0,0044$$

Θεωρητικά κυμαίνεται **±20%** (όρια αποδοχής)



ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ (AAS)

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ή ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ (m_0 ή C_0)

Χαρακτηριστική C_0 ή m_0 είναι η C ή η m του στοιχείου που δίνει 1% A ή $A = 0.0044$

FAAS:

Τα 5 mg/L Fe δίνουν $A=0,260$

$$C_0 = ? \quad A = 0,0044$$

$$C_0 = \frac{5 \times 0,0044}{0,260} = 0,085 \text{ mg/L}$$

ETAAS:

$V_{inj}=20\mu\text{L}$ $C_{sd}=1 \mu\text{g/L Cd}$ $A=0,075$ (s)

Τα 20 pg Cd δίνουν $A=0,075$ (s)

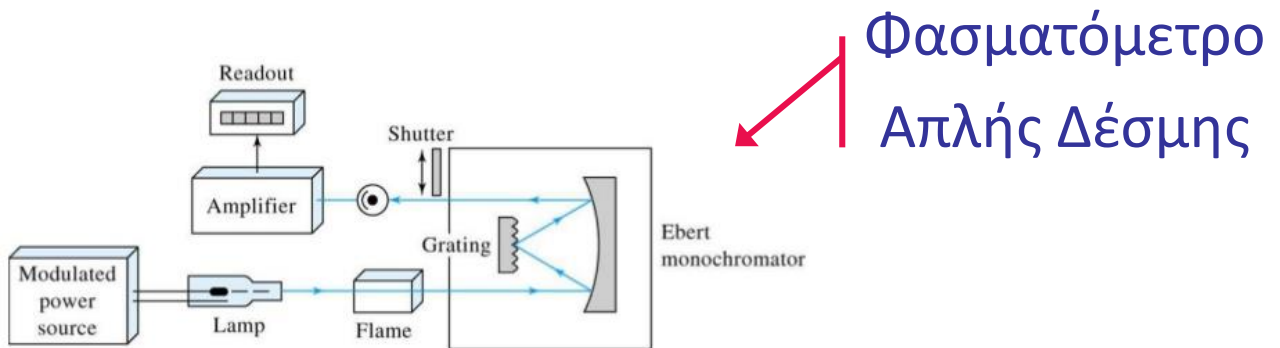
Τα $m_0=?$ $A=0,0044$ (s)

$$m_0 = \frac{20 \times 0,0044}{0,075} = 1,17 \text{ pg}$$

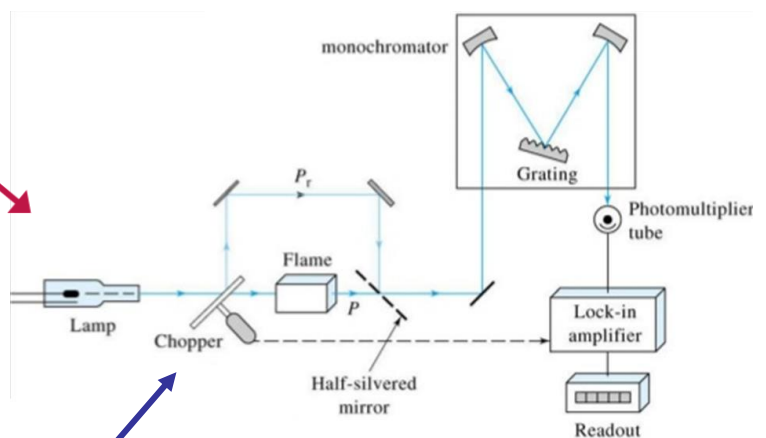


ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΑΣ

Διάταξη οργάνων ΑΑΣ



Φασματόμετρο Διπλής Δέσμης

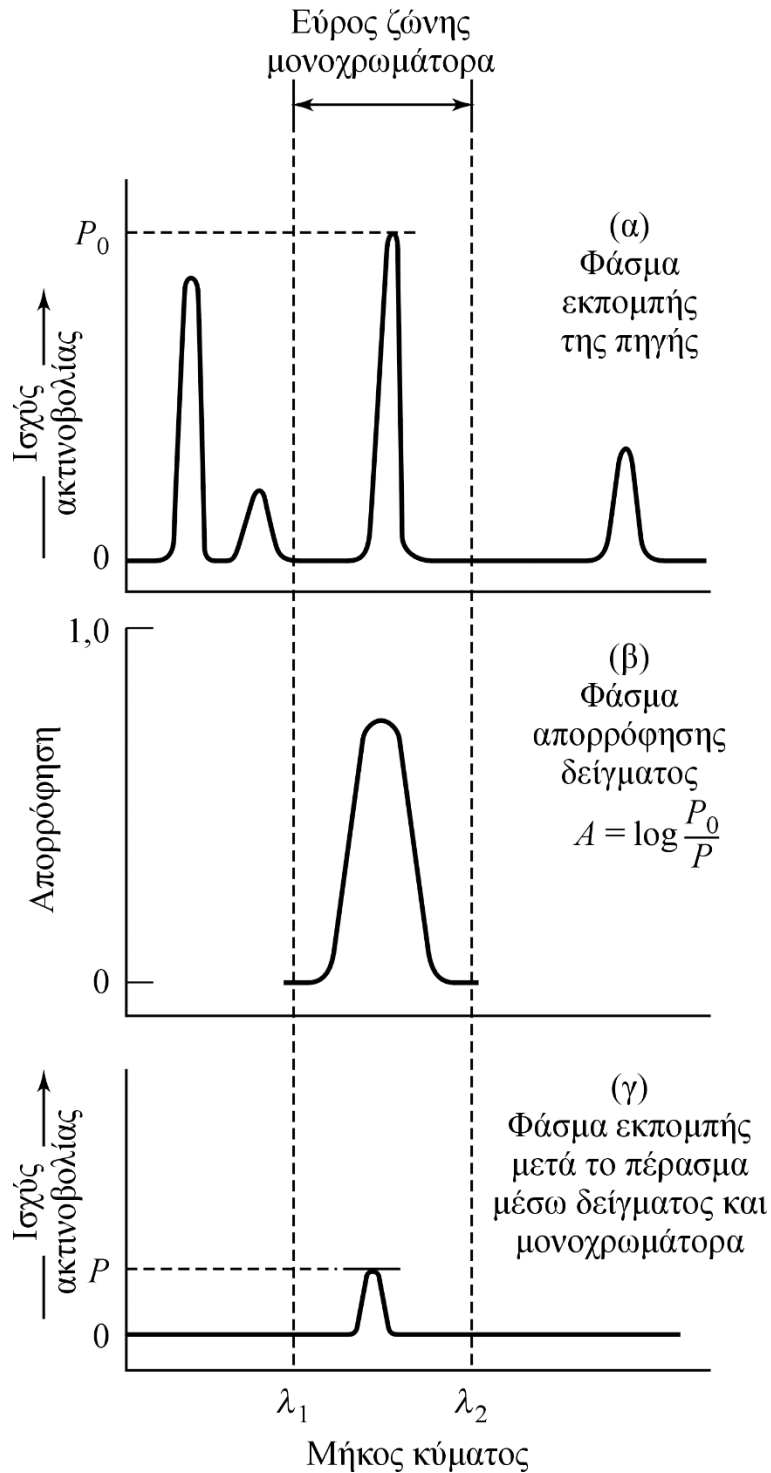


Τεμαχισμός ακτινοβολίας



ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΑΣ

Πηγές ακτινοβολίας



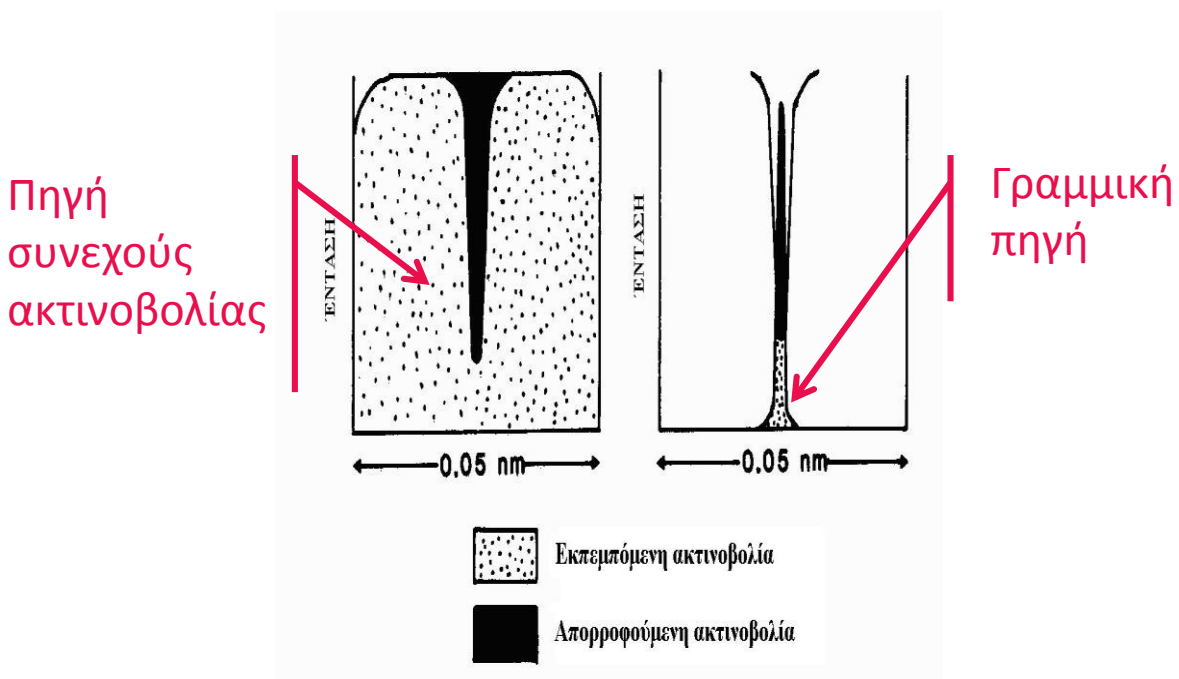
ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ AAS

ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ AAS

Γραμμικές πηγές :

- ✓ Δεν απαιτείται μονοχρωμάτορας υψηλής διακριτικής ικανότητας
- ✓ Αυξημένη ευαισθησία και ακρίβεια, μεγαλύτερη γραμμικότητα
- ✓ Γραμμές εκπομπής στενότερες από αυτές της απορρόφησης (εύρος εκπεμπόμενης $h\nu$: 2-5 μm)

☒ Αυτοαπορρόφηση (HCL)

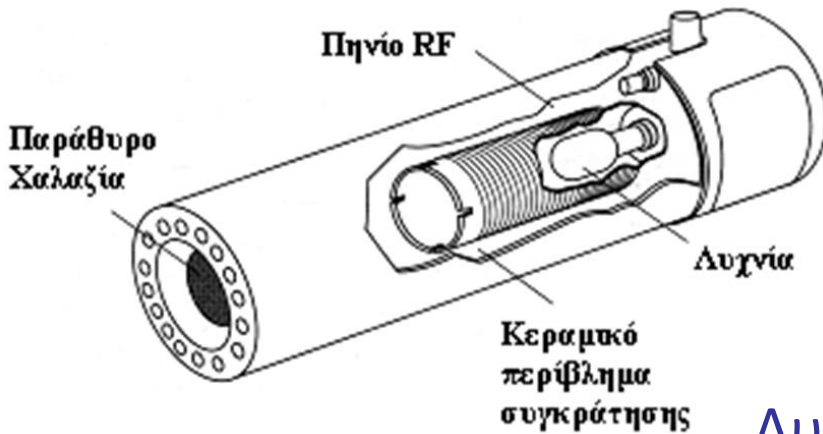
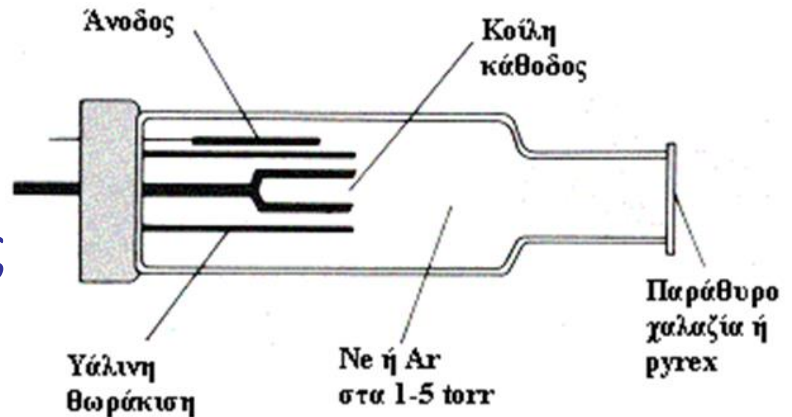


ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΑΣ

ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΑΣ

Λυχνία Κοίλης
Καθόδου (HCL)

- Μονοστοιχειακές
- Πολυστοιχειακές

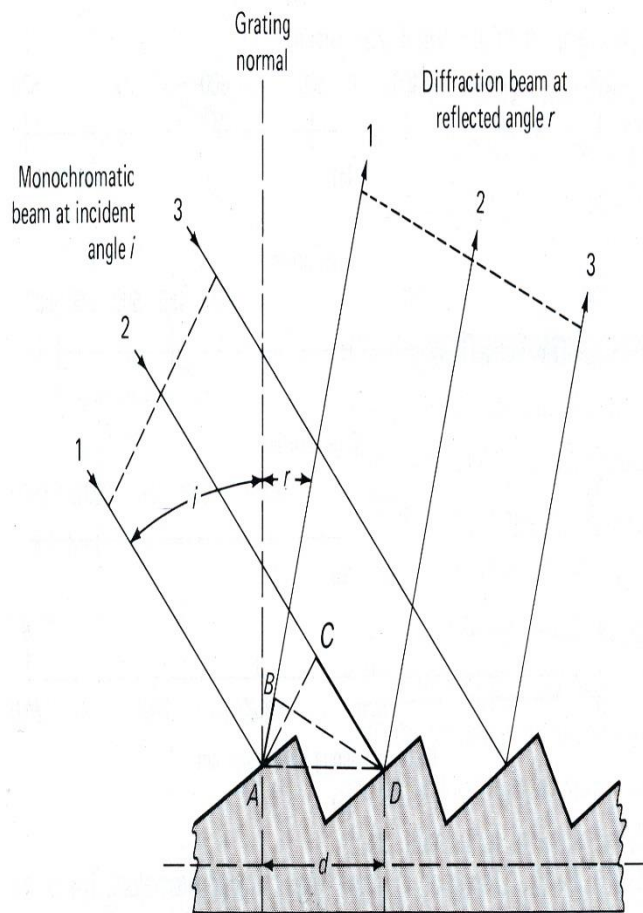
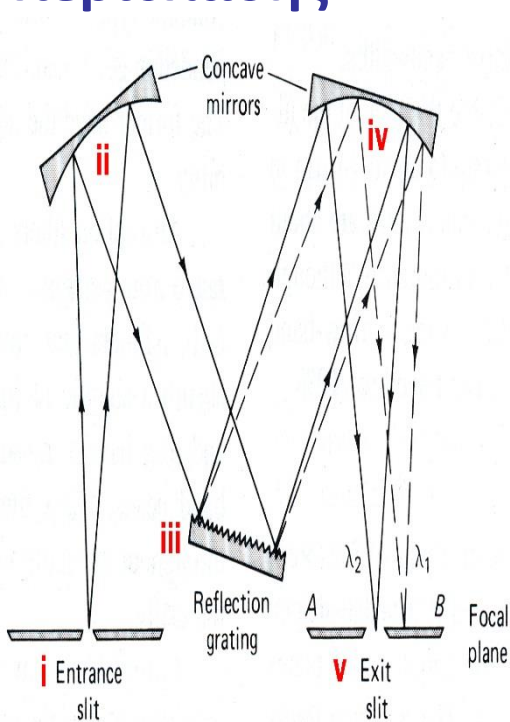


Λυχνία εκκενώσεως
άνευ ηλεκτροδίων
(EDL)



ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ AAS

Μονοχρωμάτορας κλιμακωτού φράγματος περίθλασης



- i. Σχισμή εισόδου
- ii. Κατευθυντικός φακός
- iii. Φράγμα περίθλασης
- iv. Φακός εστίασης
- v. Σχισμή εξόδου

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

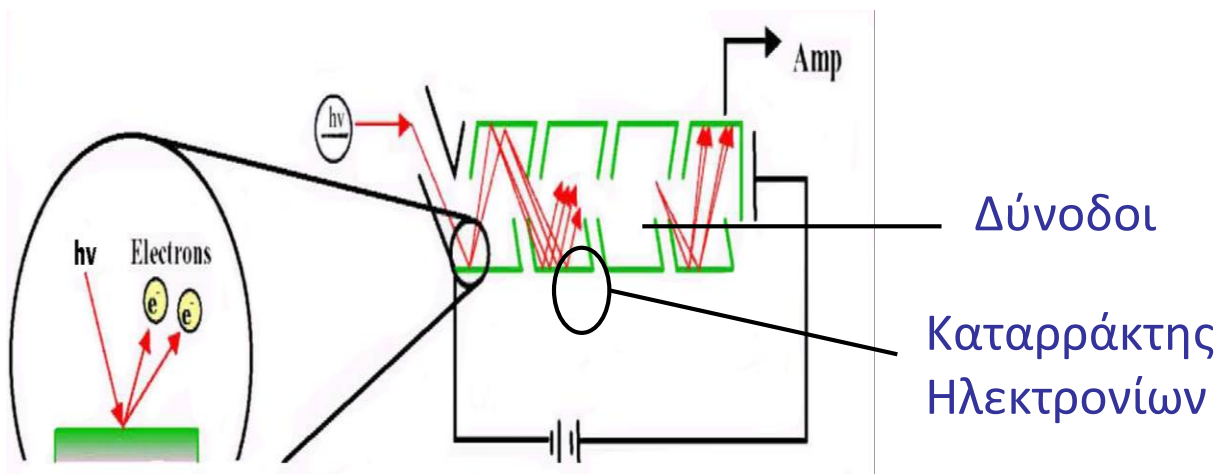


ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΑΣ

ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΕΣ: ΦΩΤΟΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (Einstein, 1905):

Εκπομπή ηλεκτρονίων από την επιφάνεια μετάλλων, όταν ακτινοβοληθούν με υπεριώδη ακτινοβολία



- Υψηλή ευαισθησία
- Μεγάλη ταχύτητα απόκρισης
- Μέτρηση $h\nu$ χαμηλής ισχύος (φωτοστεγανό διαμέρισμα)



AAS σε Φλόγα (FAAS)

Φλόγες καύσεως: Η ατομοποίηση εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το χημικό περιβάλλον της φλόγας

- Οξειδωτική φλόγα (το καύσιμο σε έλλειμμα)
- Αναγωγική φλόγα (το καύσιμο σε περίσσια)
- Σε στοιχειομετρία

Καύσιμο	Οξειδωτικό	Θερμοκρασία °C	Μέση ταχύτητα καύσης (cm s^{-1})
Φυσικό αέριο	Αέρας	1700-1900	39-43
Φυσικό αέριο	Οξυγόνο	2700-2800	370-390
Υδρογόνο	Αέρας	2000-2100	300-440
Υδρογόνο	Οξυγόνο	2550-2700	900-1400
Ακετυλένιο	Αέρας	2100-2400	158-266
Ακετυλένιο	Οξυγόνο	3050-3150	1100-2480
Ακετυλένιο	Υπεροξείδιο αζώτου (N_2O)	2600-2800	285

ΠΡΟΣΟΧΗ:

Ταχύτητα ροής > Ταχύτητα καύσης!!!

(Οπισθοδρόμηση φλόγας – flashback)



Τύποι φλόγας στην FAAS

ΦΛΟΓΑ ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟΥ – ΑΕΡΑ:

- ✓ Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη φλόγα
- ✓ Δεν απορροφά πάνω από τα 230 nm
- ✗ Σχηματίζονται δύστηκτα οξείδια για 30 στοιχεία

ΦΛΟΓΑ ΑΚΕΤΥΛΕΝΙΟΥ – ΥΠΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ:

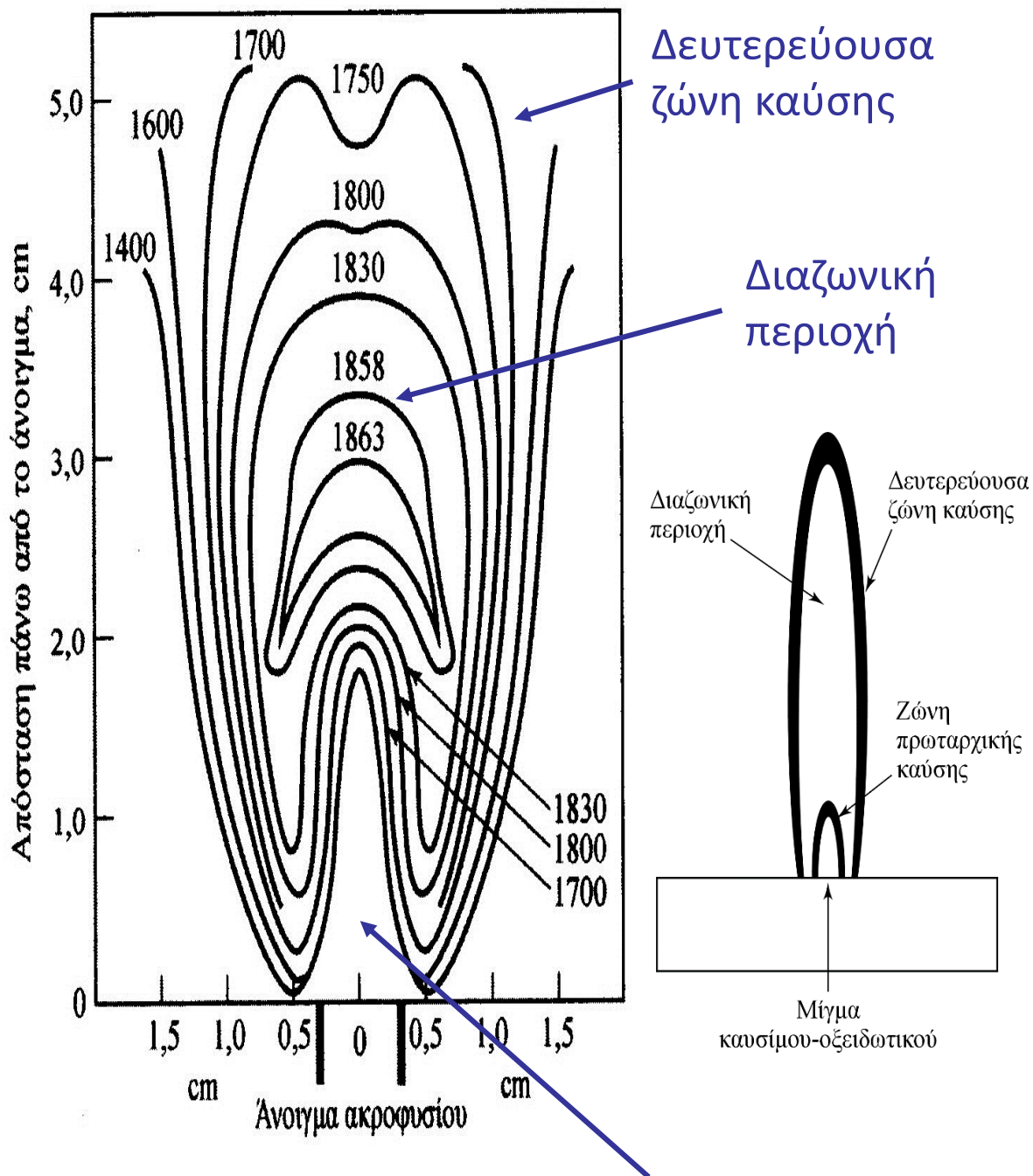
- ✓ Υψηλότερη θερμοκρασία
- ✓ Χρησιμοποιείται με αναγωγικό περιβάλλον
- ✓ Δεν σχηματίζονται οξείδια
- ✗ Πολλά στοιχεία ιοντίζονται
- ✗ Ισχυρή εκπομπή σε πολλές περιοχές (335, 350-390 nm)

ΦΛΟΓΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ – ΑΕΡΑ:

- ✓ Υψηλότερη ευαισθησία για αλκάλια και κασσίτερο
- ✓ Υψηλή διαπερατότητα μέχρι τα 200 nm
- ✗ Χαμηλότερη θ , υψηλή ταχύτητα καύσης, παρεμποδίσεις



ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΦΛΟΓΑ

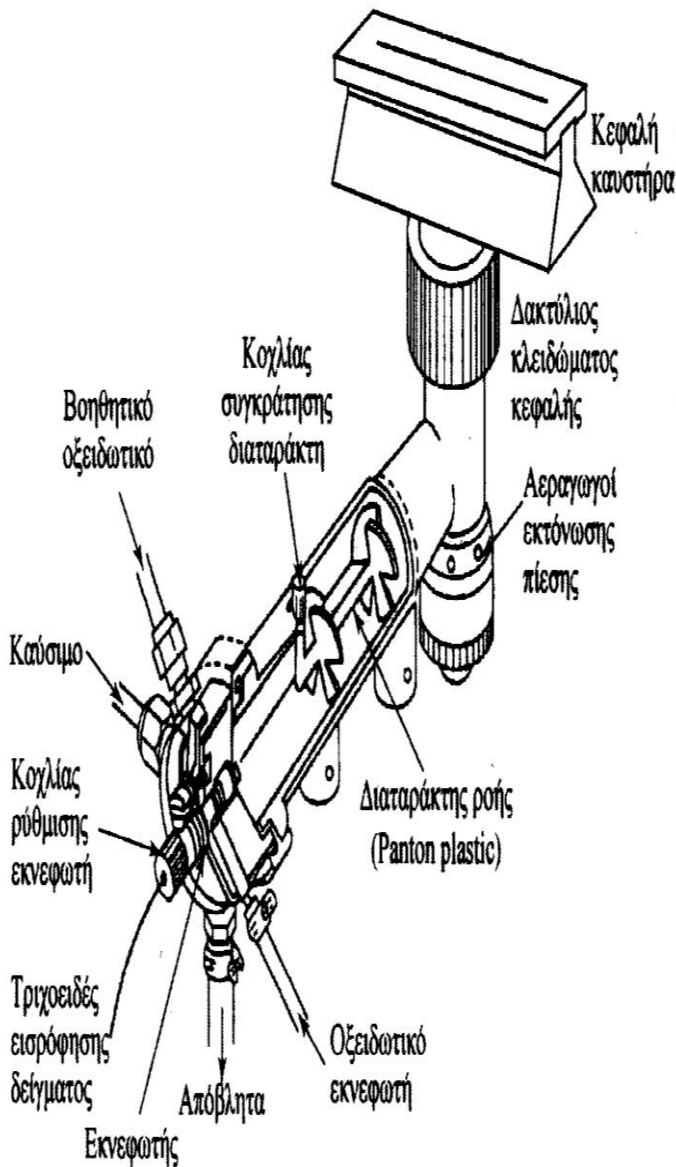


Ζώνη πρωταρχικής καύσης



ΑΤΟΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΦΛΟΓΑΣ

ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΠΡΟΑΝΑΜΙΞΕΩΣ

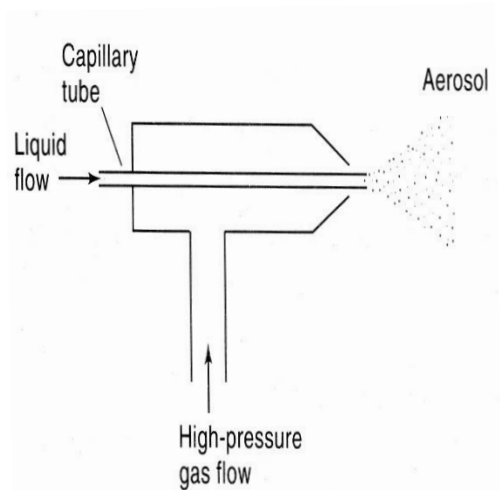


Καυστήρας **στρωτής**
(**νηματικής**) ροής

- ✓ Ομοιογενής, ήρεμη φλόγα
- ✓ Πολύ καλή επαναληψιμότητα
- ✓ Μικρά σωματίδια

Μικρή ευαισθησία:

- ✗ Μικρή ποσότητα δείγματος φτάνει στη φλόγα
- ✗ Μικρός χρόνος των ατόμων στην οπτική διαδρομή



Συγκεντρικός
εκνεφωτής



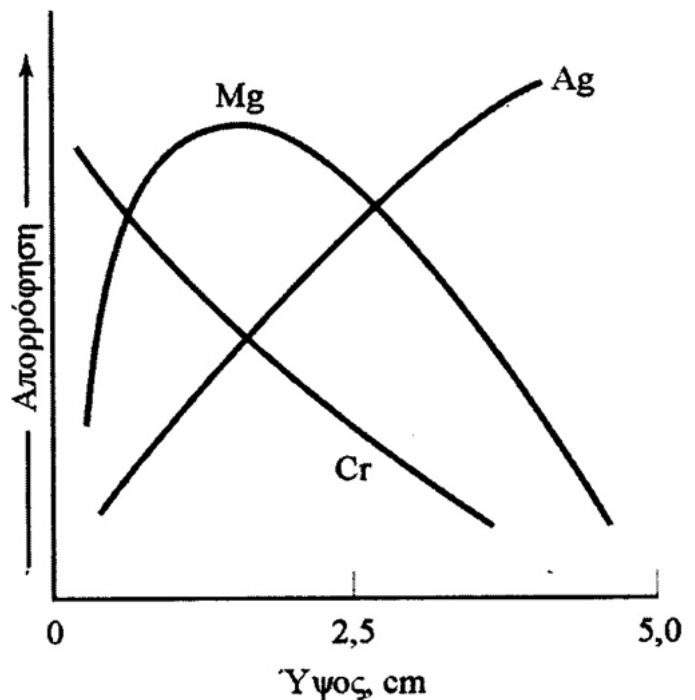
ΠΟΣΟΤΙΚΗ FAAS - ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

• Παράμετροι που αφορούν τον ατομοποιητή

Λόγος καύσιμο/οξειδωτικό: Σημαντικός για μέταλλα που σχηματίζουν σταθερά οξείδια, πχ Al – Εξαρτάται από το μητρικό υλικό.

Θέση καυστήρα: Βελτιστοποίηση x, y, z . \Rightarrow Εξαρτάται από το μέταλλο και το μητρικό υλικό.

Η ρύθμιση της θέσης της φλόγας σε σχέση με τη σχισμή εισόδου είναι κρίσιμη



ΠΟΣΟΤΙΚΗ FAAS - ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

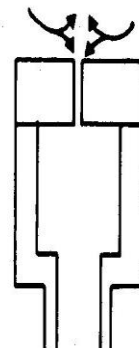
• Παράμετροι που αφορούν τον ατομοποιητή

Τύπος καυστήρα:

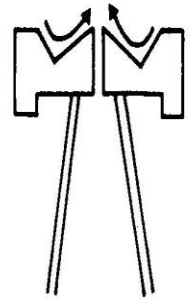
⇒ Χρόνος προθέρμανσης

⇒ Φράξιμο κεφαλής

ΕΠΙΠΕΔΗ ΚΕΦΑΛΗ



ΜΙΚΤΗ ΚΕΦΑΛΗ



• Παράμετροι μονοχρωμάτορα

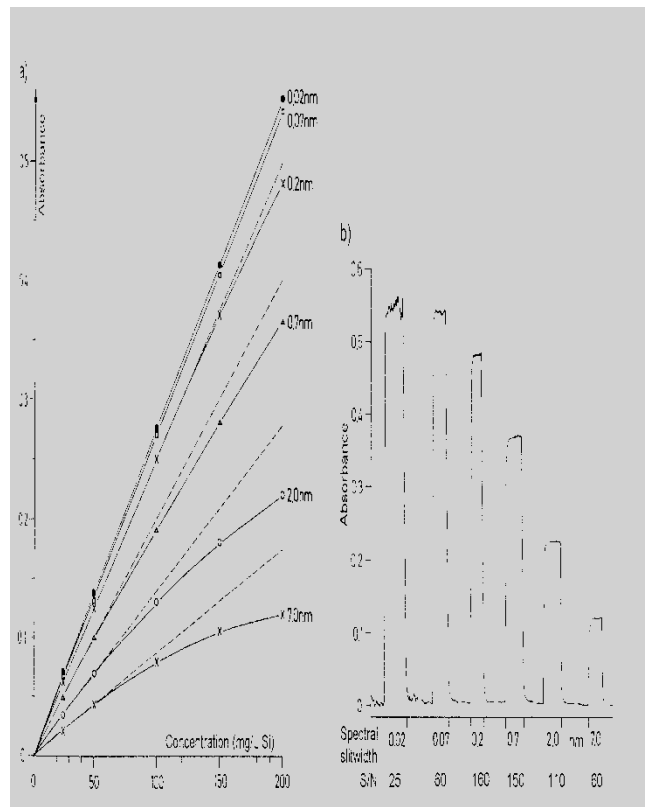
Επιλογή εύρους σχισμής:

Βέλτιστος S/N

Επιλογή λ:

Δευτερεύουσα γραμμή
για μεγαλύτερη γραμμική
περιοχή

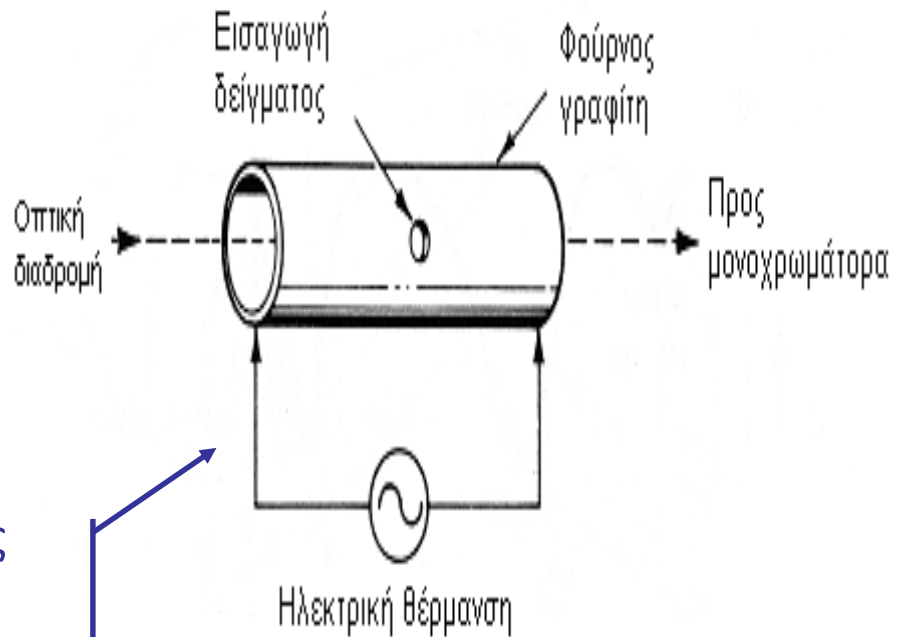
**Βαθμονόμηση
μονοχρωμάτορα**



AAS σε ηλεκτροθερμαινόμενο φούρνο γραφίτη (ETAAS ή GFAAS)

Λ΄νον 1959

Massmann 1968

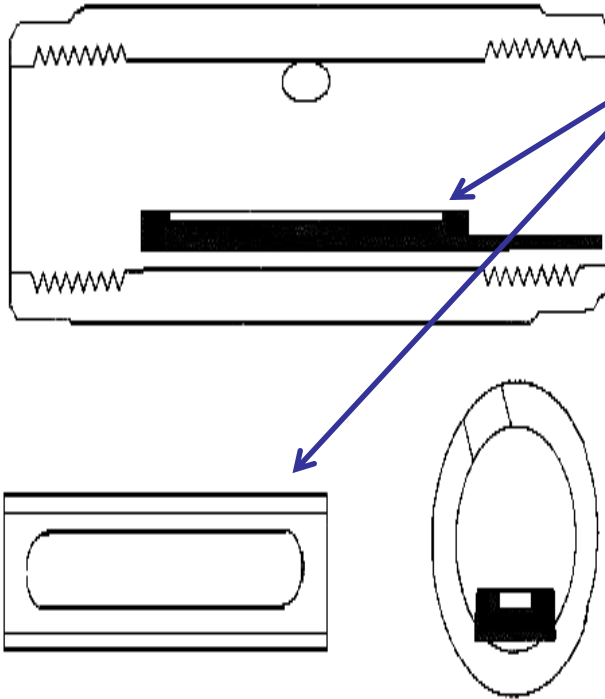


Ηλεκτρογραφίτης με στρώμα από πυρολυτικό γραφίτη

ΓΕΝΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

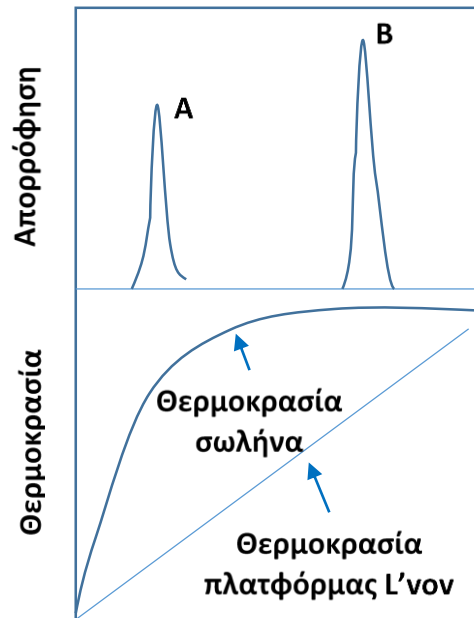
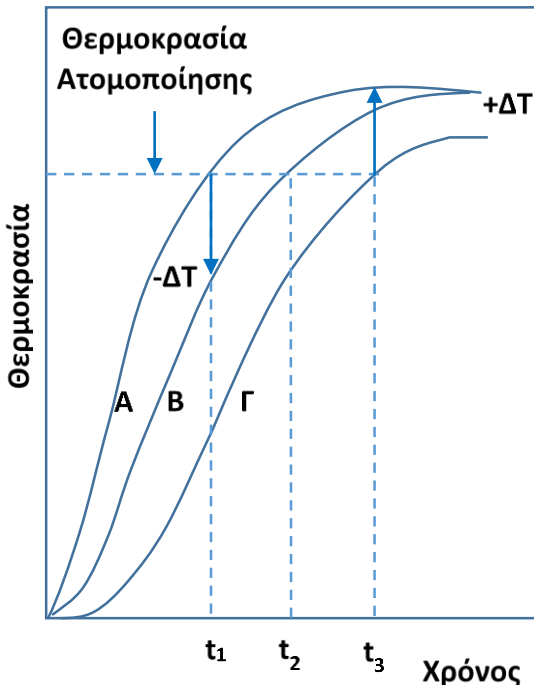
- ✓ **Αυξημένη ευαισθησία**, λόγω αυξημένης παραμονής (>1s) του ατομικού ατμού στην οπτική διαδρομή και ατομοποίηση του συνόλου του δείγματος
- ✓ Δυνατότητα αναλύσεως μικρών δειγμάτων (5 - 50 μL) με τυπικά LOD 0,1 – 1 $\mu\text{g/L}$.
- ✓ Δυνατότητα αναλύσεως στερεών δειγμάτων
- ✗ Χαμηλή επαναληψιμότητα (5%)
- ✗ Αργή τεχνική (χρόνος ανάλυσης ~ 3 min)
- ✗ Στενή αναλυτική περιοχή (2 τάξεις)





**Πλατφόρμα
Λ'νον**

**Stabilized
Temperature
Platform
Furnace**

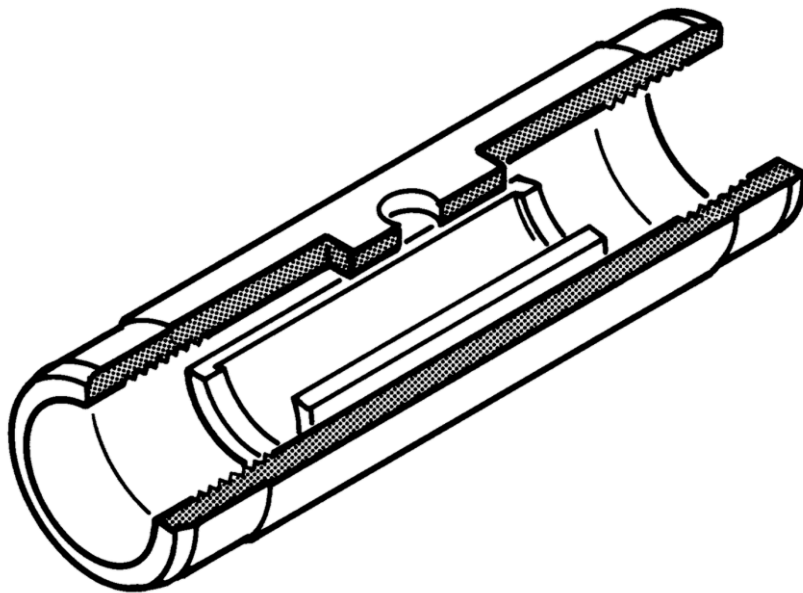


STPF – πλατφόρμα Λ΄νον:

- ✓ Μείωση συμπύκνωσης του ατομικού ατμού στα άκρα του γραφίτη
- ✓ Μείωση παρεμποδίσεων (σχηματισμός αέριων μορίων)
- ✗ Η επαφή με το σωλήνα μη ιδανική

STPF - Integrated Platform

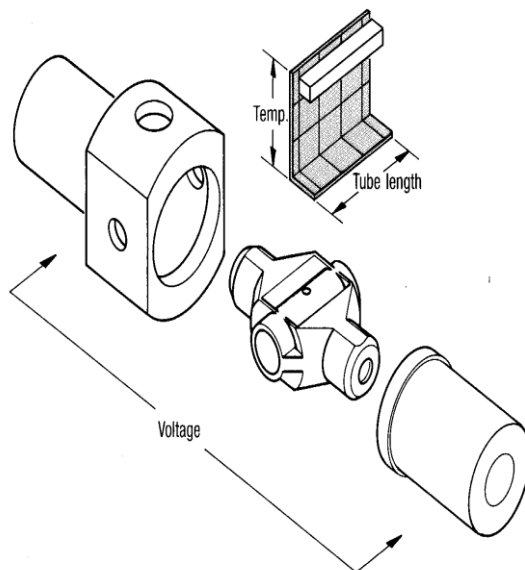
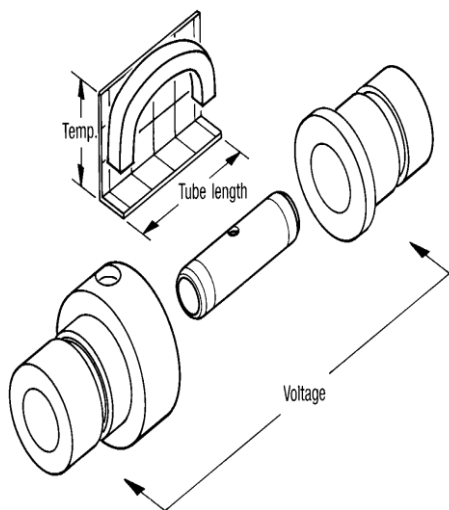
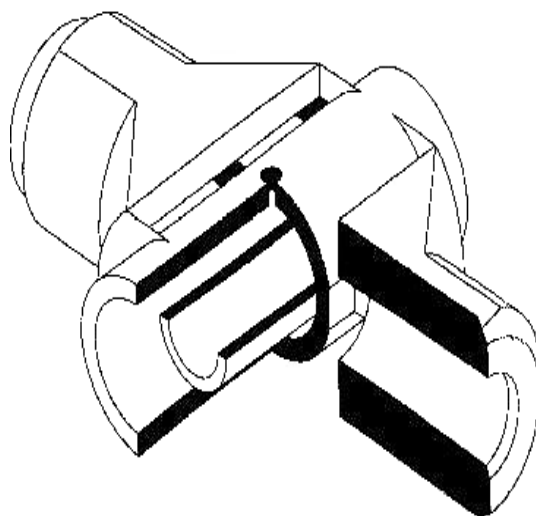
- ✓ Σωλήνας και πλατφόρμα από το ίδιο υλικό
- ✓ Μηχανική σταθερότητα
- ✓ Ελάχιστη επαφή με το σωλήνα
- ✓ Θέρμανση με επαγωγή



ΙΣΟΘΕΡΜΟΣ ΑΤΟΜΟΠΟΙΗΤΗΣ

- ✓ Αποφυγή επανασχηματισμού μορίων στην αέρια φάση
- ✓ Ένας φούρνος για όλα τα στοιχεία
- ✓ Μείωση φαινομένων μνήμης
- ✓ Αύξηση χρόνου ζωής φούρνου γραφίτη

Tranverse Heated Graphite Atomizer

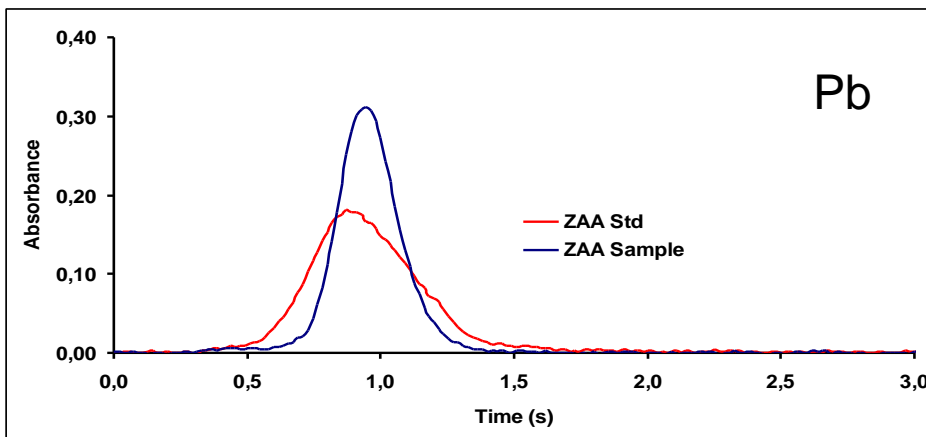


STPF ΣΥΝΘΗΚΕΣ με THGA

Βαθμονόμηση με υδατικά πρότυπα αφού $A_{i(\text{sample})} = A_{i(\text{std})}$

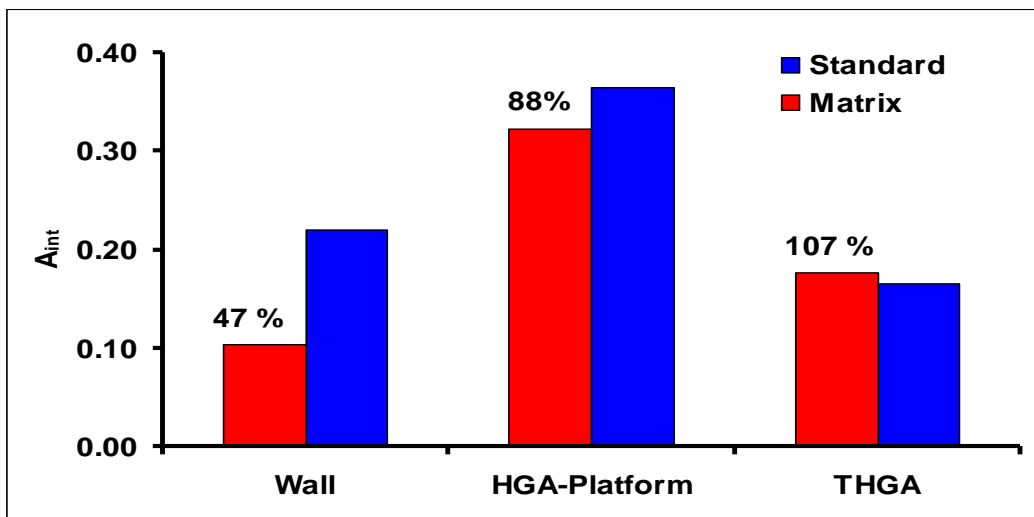
100μg/L Pb σε ορό αίματος.

Modifier: Pd+Mg, πυρόλυση 850° C



100μg/L Pb σε διάλυμα 0,5%NaCl.

Χωρίς modifier, πυρόλυση 250° C

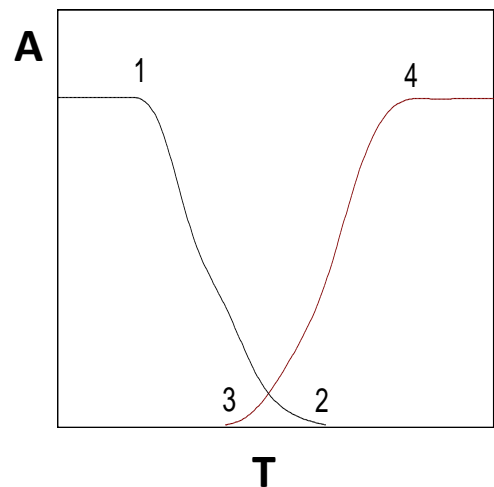
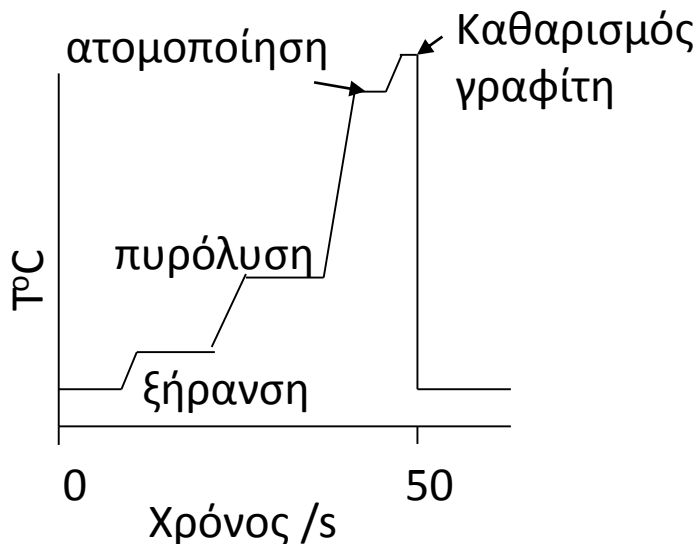


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΦΟΥΡΝΟΥ ΓΡΑΦΙΤΗ

1. Ξήρανση (εξαρτάται από τον όγκο δείγματος και το διαλύτη)
2. Πυρόλυση (εξαρτάται από την πτητικότητα αναλύτη)
3. Ατομοποίηση (με απότομη αύξηση T ή ατομοποίηση με μέγιστη ισχύ)
4. Καθαρισμός φούρνου

Διαγράμματα πυρόλυσης – ατομοποίησης:

1. Μέγιστη T_{pyr}
2. Ποσοτική εξαέρωση αναλύτη,
3. T εμφάνισης,
4. Βέλτιστη T_{at}

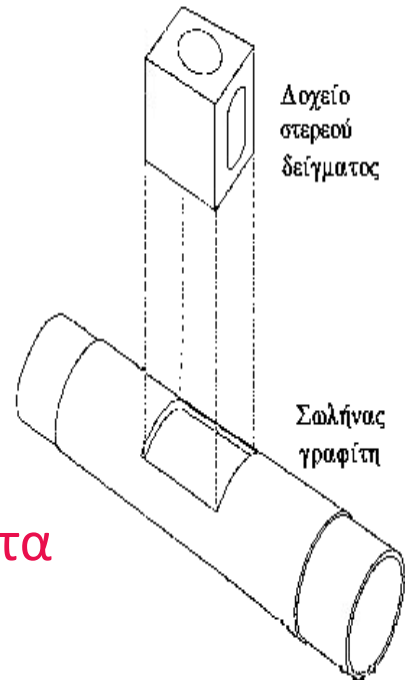


ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΜΕ ΕΤΑΑΣ

ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΤΕΡΕΩΝ 1-2 mg:

- ✓ Δύσκολα δείγματα (πχ Ti)
- ✓ Πτητικά στοιχεία (πχ Hg)
- ✓ Αποφυγή μόλυνση δείγματος
- ✗ Δυσκολία βαθμονόμησης
- ✗ Προβληματική επαναληψιμότητα (10%)



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΙΩΡΗΜΑΤΟΣ (Slurry sampling)

Ανάλυση με την ελάχιστη προκατεργασία δείγματος:

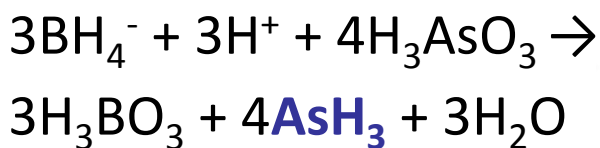
- 2-20 mg στερεού σε σκόνη (<10 μ m) ομογενοποιούνται μέσα σε 1-3 mL ενός «διαλύτη» συνήθως 5% HNO₃+0.1% Triton X-100
- (Αυτόματη) ομογενοποίηση σε υπερήχους
- Εισαγωγή του εναιωρήματος (4-400 μ g του μητρικού υλικού) μέσα στο φούρνο γραφίτη (χρήση χημικών τροποποιητών)



AAS με Σχηματισμό Υδριδίων (HGAAS)

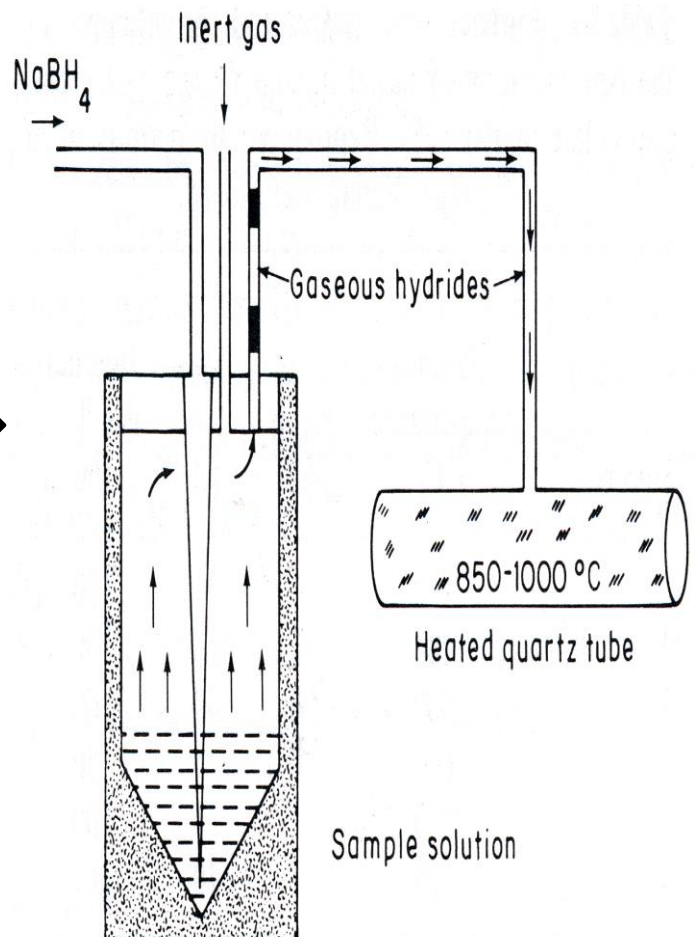
- Προσδιορισμός Se, Te, As, Sb, Bi, Ge, Sn, Pb, αλλά και Zn, Cd. Προσδιορισμός ατομικού Hg (**AAS ψυχρού ατμού** - CVAAS)
- Αυξημένη ευαισθησία (μεγάλοι όγκοι δείγματος) – Διαχωρισμός από τη μήτρα του δείγματος

i. Σχηματισμός υδριδίου με αντίδραση με NaBH_4



ii. Μεταφορά μέσω φέροντος αερίου

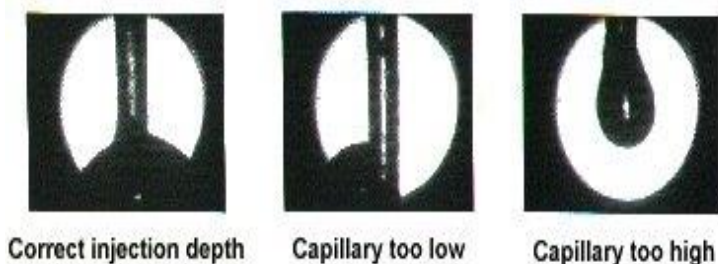
iii. Ατομοποίηση σε φούρνο χαλαζία



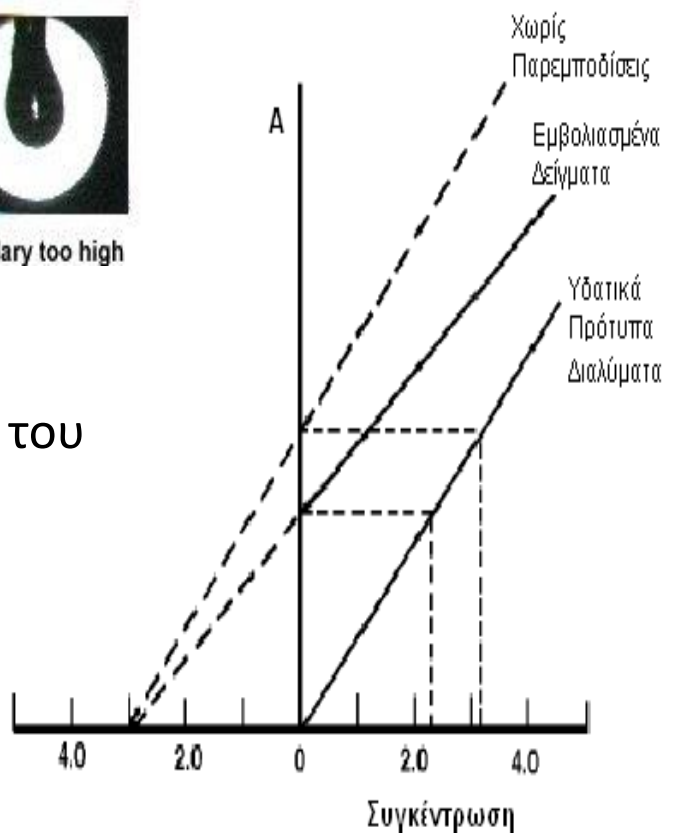
ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ AAS

Φυσικές:

- Διαφορετικές φυσικές ιδιότητες του πρότυπου διαλύματος και του δείγματος (ιξώδες, επιφανειακή τάση, πυκνότητα)
- Άλατα ή οργανικοί διαλύτες
- Μεταβολή στην ταχύτητα εκνέφωσης και στη διάμετρο των σωματιδίων του αερολύματος (FAAS)
- Διαφορά στην τοποθέτηση του δείγματος στην επιφάνεια του γραφίτη (ETAAS)



- Προσαρμογή στη μήτρα του δείγματος,
- ή
- Μέθοδος σταθερών προσθηκών



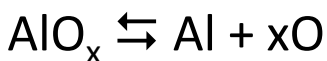
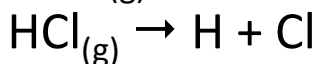
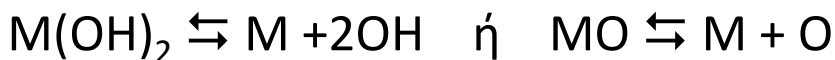
ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ AAS

Χημικές :

A) Σχηματισμός ενώσεων χαμηλής πτητικότητας

- Υψηλότερη T φλόγας ή φούρνου γραφίτη
 - **Αντιδραστήρια αποδέσμευσης** (κατιόντα που αντιδρούν εκλεκτικά με τον παρεμποδιστή)
 - **Προστατευτικά αντιδραστήρια** (σχηματίζουν σταθερά και πτητικά προϊόντα με τον αναλύτη)
- ➔ Παρεμπόδιση φωσφορικών στο Ca^{2+} : προσθήκη La^{3+} ή Sr^{+} ή EDTA

B) Αντιστρεπτές ισορροπίες διάστασης



Για την ETAAS

➤ Πλατφόρμα + Χρήση χημικών τροποποιητών



ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΑΣ

Χημικές :

Γ) Παρεμποδίσεις ιοντισμού (αλκάλια και αλκαλικές γαίες)

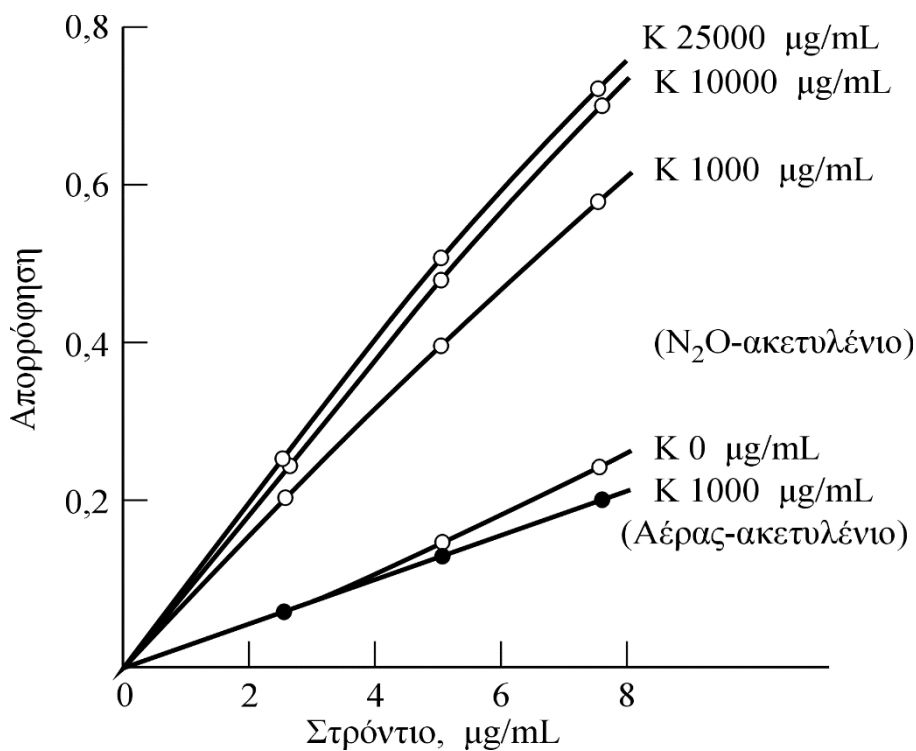
$M \rightleftharpoons M^+ + e^- \Rightarrow$ Θετική απόκλιση στην καμπύλη αναφοράς

Προσθήκη **ρυθμιστή ιοντισμού**

(π.χ. Κ στον προσδιορισμό του Sr)

$K^0 \rightleftharpoons K^+ + e^-$ οπότε

$e^- + Sr^+ \rightarrow Sr^0$



ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΤΑΑΣ

Χημικές:

- Παρεμποδίσεις στη στερεά φάση (επιφάνεια γραφίτη)
- Παρεμποδίσεις στην αέρια φάση
- Σχηματισμός σταθερών δύστηκτων ενώσεων
- Σχηματισμός σταθερών πτητικών ενώσεων
- Εμφανίζονται τόσο κατά την πυρόλυση, όσο και κατά την ατομοποίηση

ΕΛΕΓΧΟΝΤΑΙ ΜΕ:

- Προσεκτική επιλογή προγράμματος θερμοκρασιών
- Απομάκρυνση μήτρας με διαχωρισμό (π.χ. εκχύλιση)
- STPF συνθήκες:
 - Πλατφόρμα + Χρήση **Χημικών τροποποιητών**



STPF ΣΥΝΘΗΚΕΣ στην ETAAS

- 1.Ατομοποίηση από πλατφόρμα Λ΄νον (ή THGA)
- 2.Ταχύτητα ψηφιακά ηλεκτρονικά για καταγραφή σήματος AA
- 3.Ποσοτική ανάλυση με **μέτρηση εμβαδού** του σήματος
- 4.Προσθήκη **χημικών τροποποιητών**
- 5.Υψηλής ποιότητας **πυρολυτικού γραφίτη** για μείωση αλληλεπίδρασης μετάλλων με τον άνθρακα
- 6.**Μέγιστη ταχύτητα θέρμανσης** στο στάδιο της ατομοποίησης
- 7.Χρήση Ar και διακοπή ροής του κατά την ατομοποίηση
- 8.**Διόρθωση υποβάθρου με τη βοήθεια του φαινομένου Zeeman**



ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ στην ΗGΑAS

Χημικές παρεμποδίσεις:

- Κατά το σχηματισμό των υδριδίων:
 - Επίδραση αριθμού οξείδωσης
 - Επίδραση συστατικών δείγματος
- Κατά την ατομοποίηση (αέρια φάση):
 - Από άλλα στοιχεία που σχηματίζουν υδρίδια

Χρήση καλυπτικών αντιδραστηρίων

ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ AAS

- ◆ Άμεση επικάλυψη σπάνια (πχ V στο Al) ⇒ **Επιλογή άλλης γραμμής** [*Zeeman*: περισσότερες γραμμές!]
 - ◆ Μοριακή απορρόφηση ή εκπομπή
 - ◆ Σκέδαση ην σε σωματίδια
- } ⇒ **Διόρθωση υποβάθρου**



ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ με λυχνία συνεχούς ακτινοβολίας

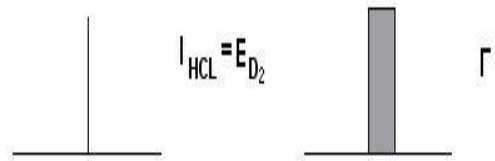
A. Εκπομπή από HCL & D₂



B. Επιλογή από τη σχισμή εισόδου

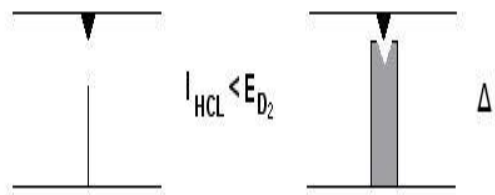


Γ. Εξίσωση εντάσεων HCL & D₂

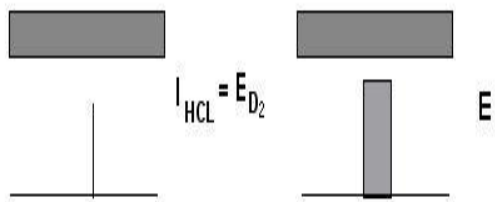


Δ. Μόνο Ατομική Απορρόφηση (AA)

(Η I_{HCL} μειώνεται αισθητά)

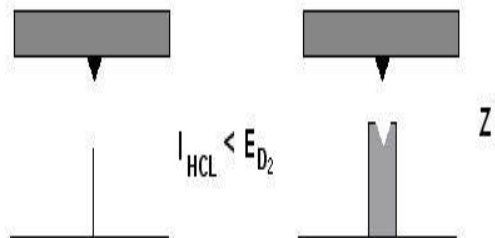


Ε. Απορρόφηση υποβάθρου (BG) (οι εντάσεις μειώνονται εξίσου)



Z. AA + απορρόφηση BG

Τελικά ηλεκτρονικά (Z - E) = AA



ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

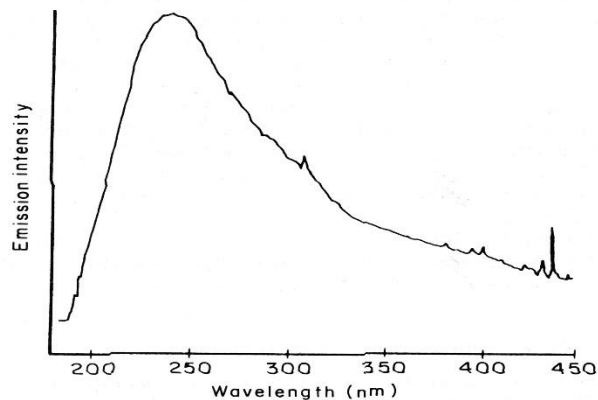
με λυχνία (D_2) συνεχούς ακτινοβολίας

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ Εμφανίζει καλύτερη ευαισθησία
- ✓ Μεγαλύτερη γραμμική περιοχή
- ✓ Φθηνότερη

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

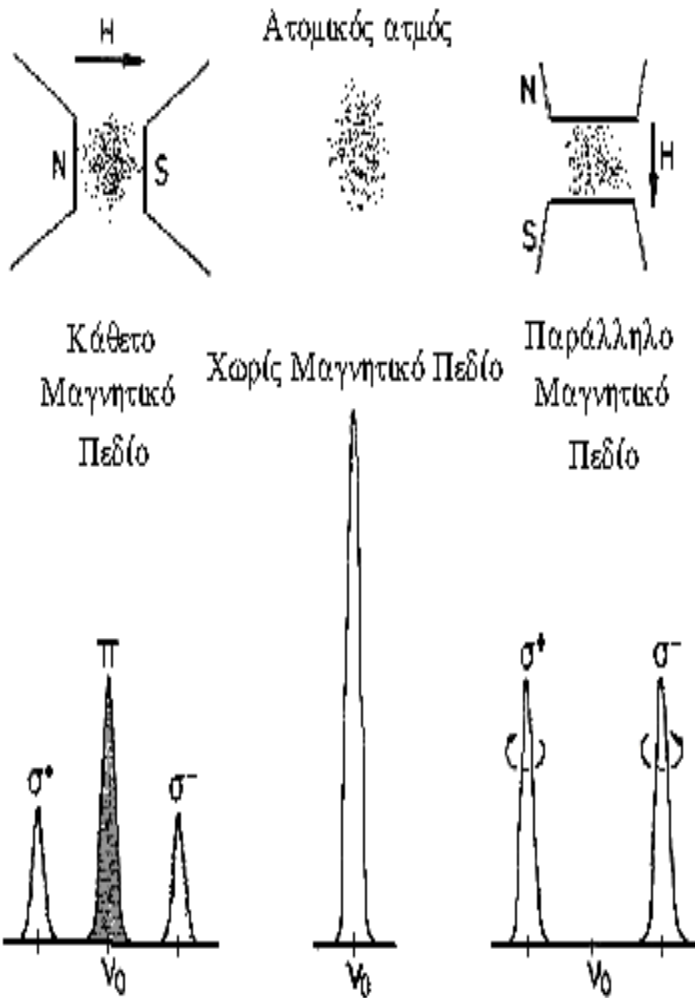
- *Μη ιδανική απόδοση → Υπερδιόρθωση ή υποδιόρθωση
- *Υποβάθμιση λόγου S/N εξαιτίας χρήσης δεύτερης λυχνίας και τεμαχιστή
- *Απαιτείται τέλεια ευθυγράμμιση λυχνίας D_2 και HCL
- *Χαμηλή ένταση μετά τα 350 nm → λυχνία W – αλογόνου



ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

με τη βοήθεια του φαινομένου Zeeman

Σχάση ηλεκτρονιακών ενεργειακών επιπέδων με έκθεση σε μαγνητικό πεδίο



Αντίστροφο Zeeman:

Το μ.π. εφαρμόζεται στον ατομικό ατμό

Άμεσο Zeeman:

Το μ.π. εφαρμόζεται στην πηγή ακτινοβολίας

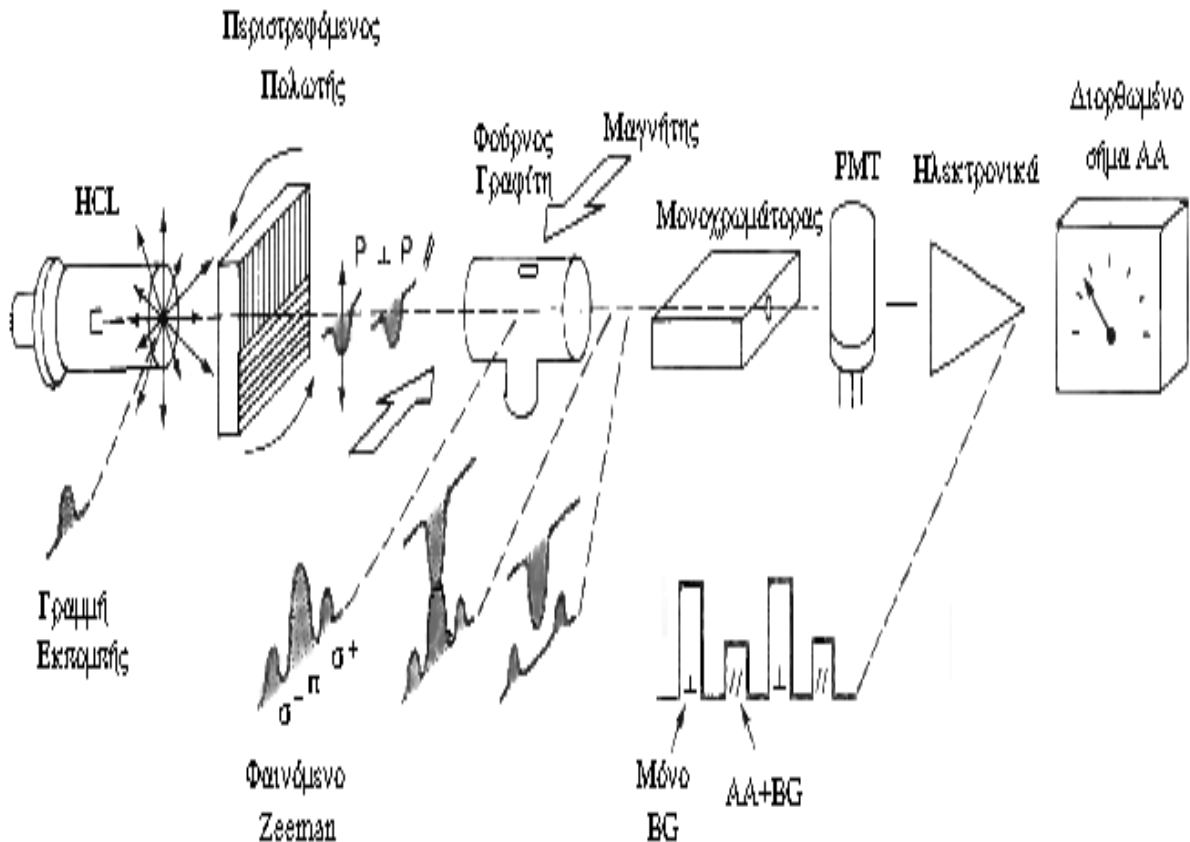
Εγκάρσιο φαινόμενο Zeeman

Διαμήκες φαινόμενο Zeeman



ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

με τη βοήθεια του αντίστροφου φαινομένου Zeeman



Αρχικά η γραμμή εκπομπής γίνεται παράλληλη με το μ.π., άρα μετρείται όλο το σήμα AA+BG

Μετά η γραμμή από την πηγή γίνεται κάθετη στο μ.π., άρα μετρείται μόνο το BG

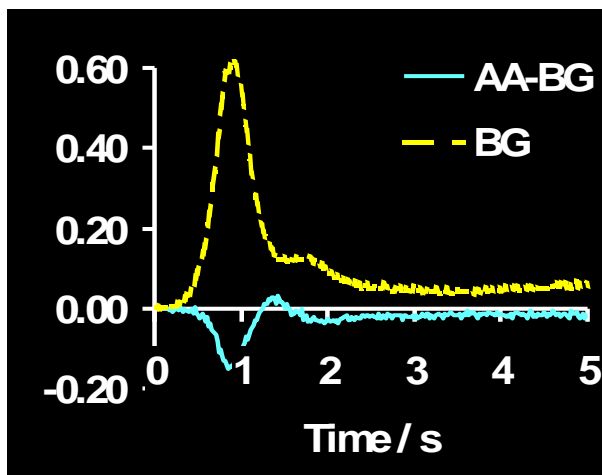


Διόρθωση υποβάθρου με το φαινόμενο Zeeman

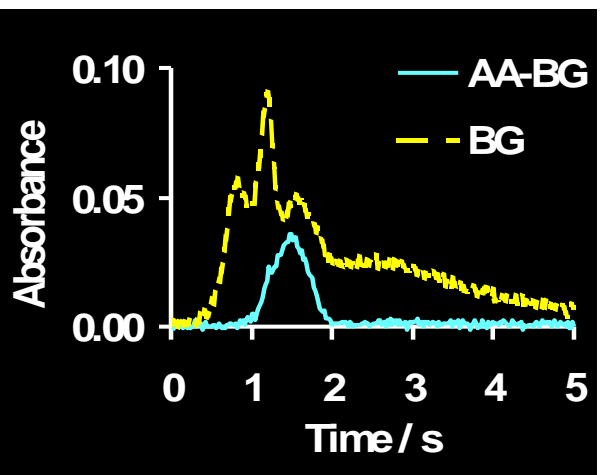
- ✓ Μπορούν να διορθωθούν σήματα BG μέχρι και 2 μονάδες απορρόφησης
- ✓ Χρησιμοποιούνται όργανα απλής δέσμης
- ✓ Με διαμήκη διάταξη δε χρησιμοποιείται πολωτής
- ✗ Αύξηση φασματικών παρεμποδίσεων
- ✗ Μείωση ευαισθησίας
- ✗ Μειωμένη γραμμική περιοχή
- ✗ Υψηλότερο κόστος

Se σε Ορό Αίματος

D₂ BC



Zeeman-BC



ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ με τη μέθοδο Smith-Hieftje

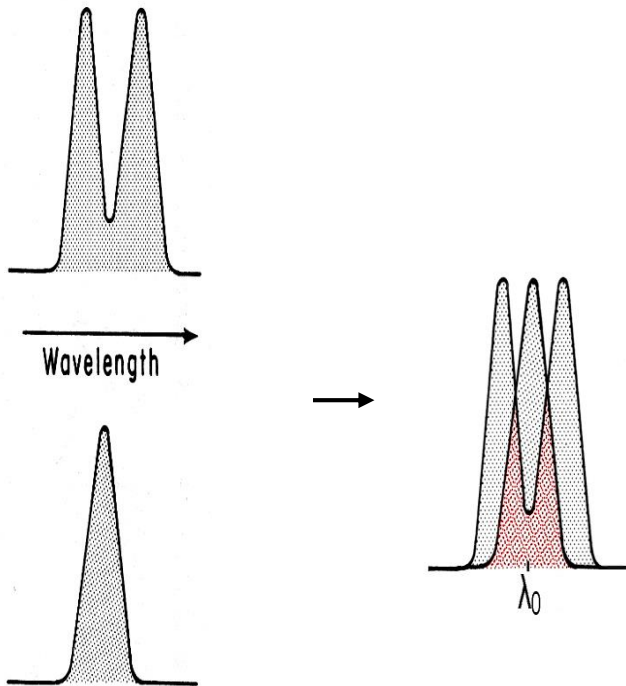
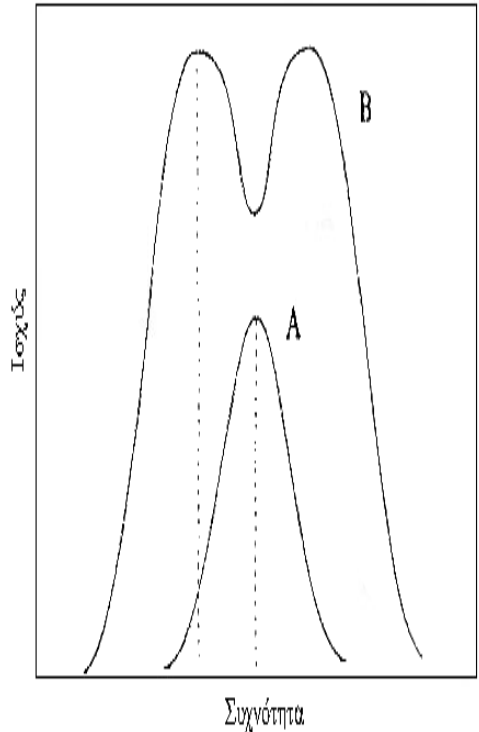
Αυτοαπορρόφηση ακτινοβολίας από ουδέτερα άτομα στη ΛΚΚ με εφαρμογή ισχυρού ρεύματος

A. Χαμηλό ρεύμα: μέτρηση AA+BG

B. Υψηλό ρεύμα: μέτρηση μόνο BG

✓ Διόρθωση BG μέχρι 1 A

✓ Πιο φθινό από ZAAS

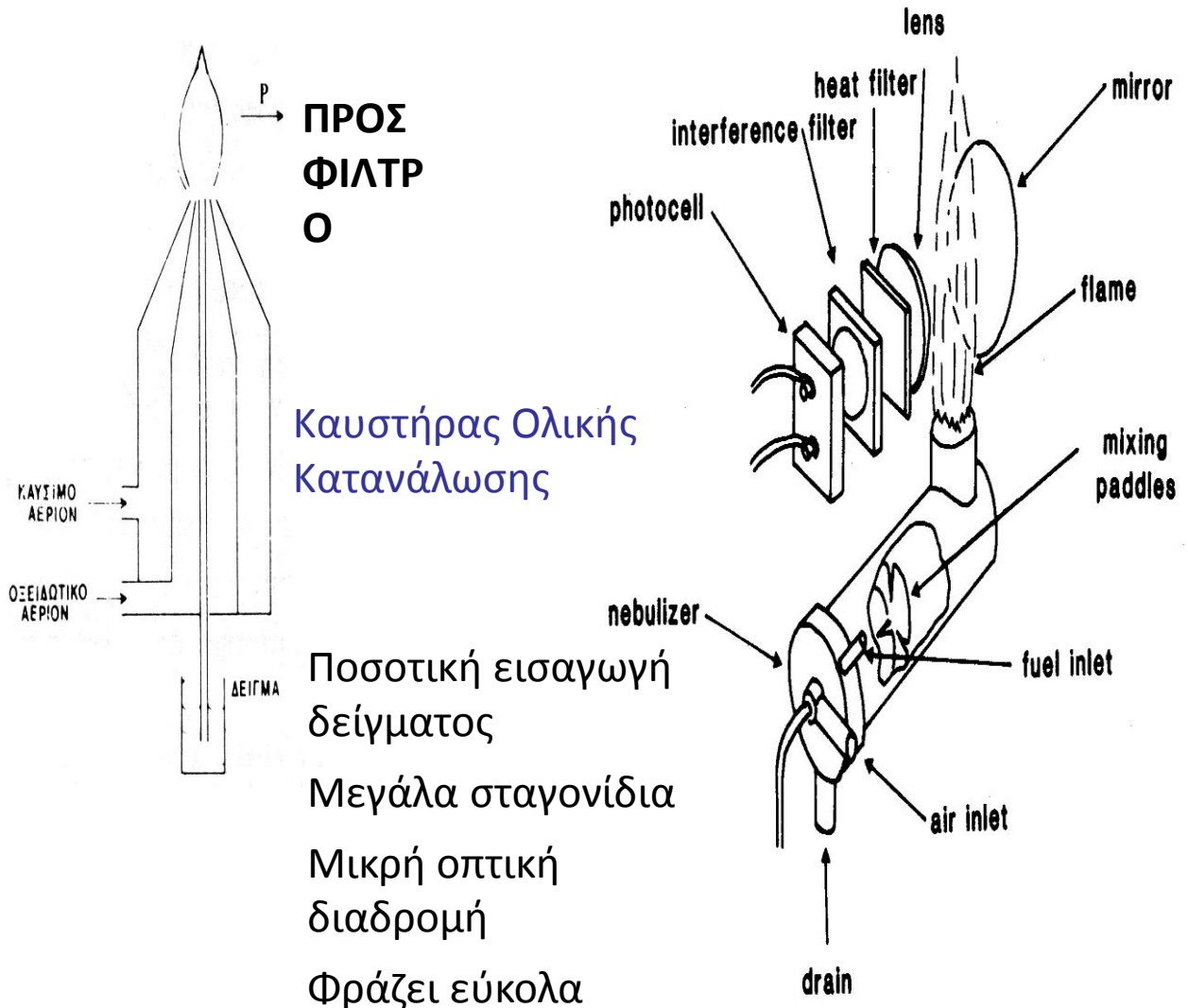


- ❖ Μείωση ευαισθησίας
- ❖ Χρήση ειδικών παλμικών λυχνιών (κόστος)
- ❖ Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα στοιχεία (V, Mo)



ΦΛΟΓΟΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

- Το σήμα είναι ανάλογο των διεγερμένων ατόμων
- Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό K, Na, Li και Ca
- Φλόγα χαμηλής θερμοκρασίας (προπάνιο-αέρας)
- Φίλτρα αντί για μονοχρωμάτορες
- Χαμηλού κόστους



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.

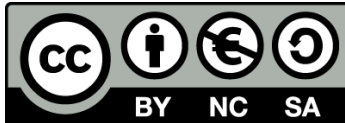
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<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.

