



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Ηλεκτρονική Μικροσκοπία

Β. Μπίνας, Γ. Κυριακίδης
Τμήμα Φυσικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στην άδεια χρήσης Creative Commons και ειδικότερα

Αναφορά – Μη εμπορική Χρήση – Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 Ελλάδα
(Attribution – Non Commercial – Non-derivatives 4.0 Greece)



CC BY-NC-ND 4.0 GR

[ή επιλογή ενός άλλου από τους έξι συνδυασμούς]

[και αντικατάσταση λογότυπου άδειας όπου αυτό έχει μπει (σελ. 1, σελ. 2 και τελευταία)]

- Εξαιρείται από την ως άνω άδεια υλικό που περιλαμβάνεται στις διαφάνειες του μαθήματος, και υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης. Η άδεια χρήσης στην οποία υπόκειται το υλικό αυτό αναφέρεται ρητώς.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

ΔΡ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΙΝΑΣ

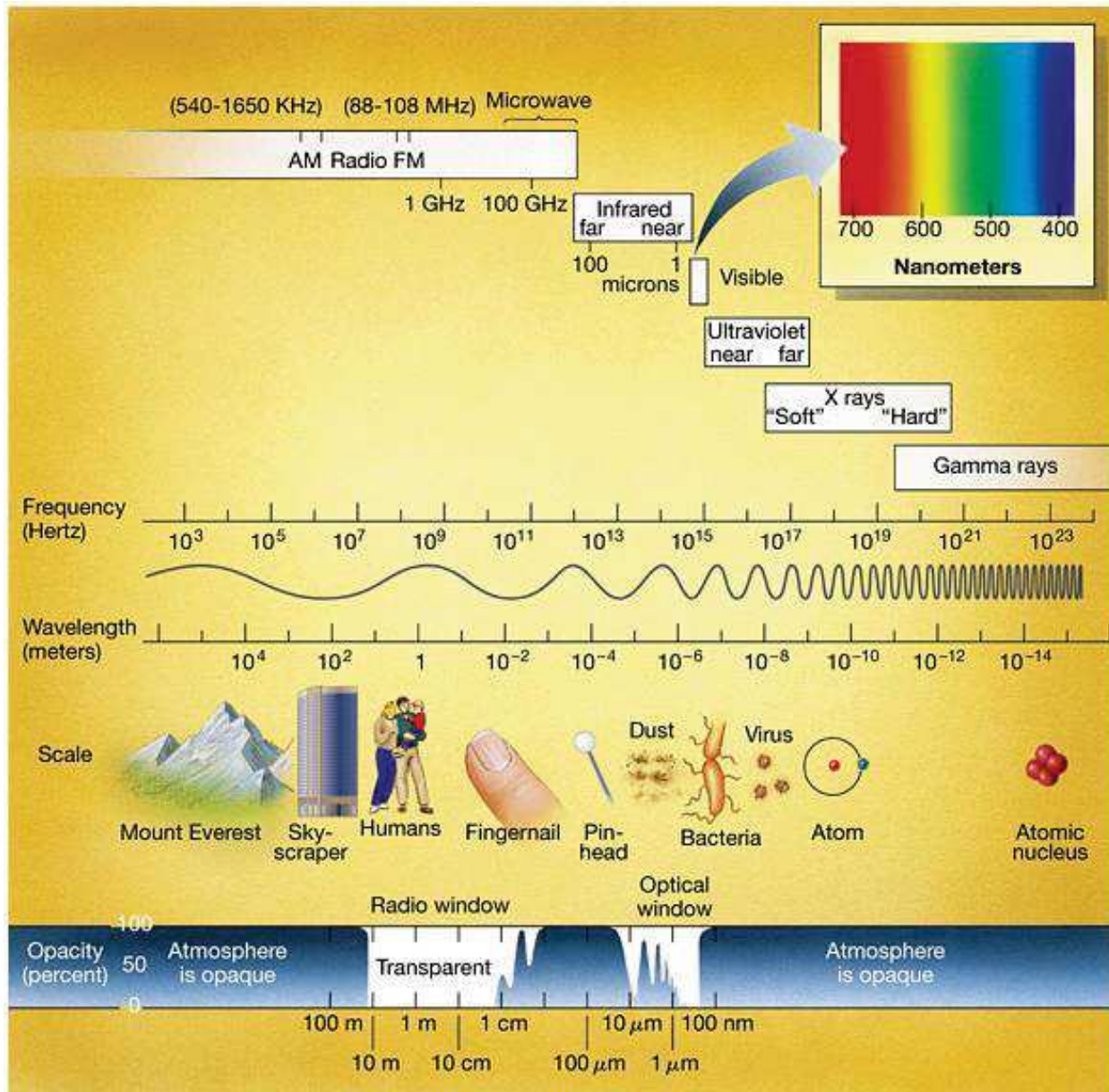
*Post Doc Researcher, Chemist
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Email: binasbill@iesl.forth.gr
Thl. 1269*

Crete Center for Quantum Complexity and
Nanotechnology
Department of Physics, University of Crete

Transparent Conductive Materials (Head prof. G. Kiriakidis)
Institute of Electronic Structure & Laser – IESL
Foundation for Research and Technology - FORTH



ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟΥ



Μείωση του μήκους κύματος του φωτός είναι ο μόνος τρόπος αύξησης της Δ.Ι.

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

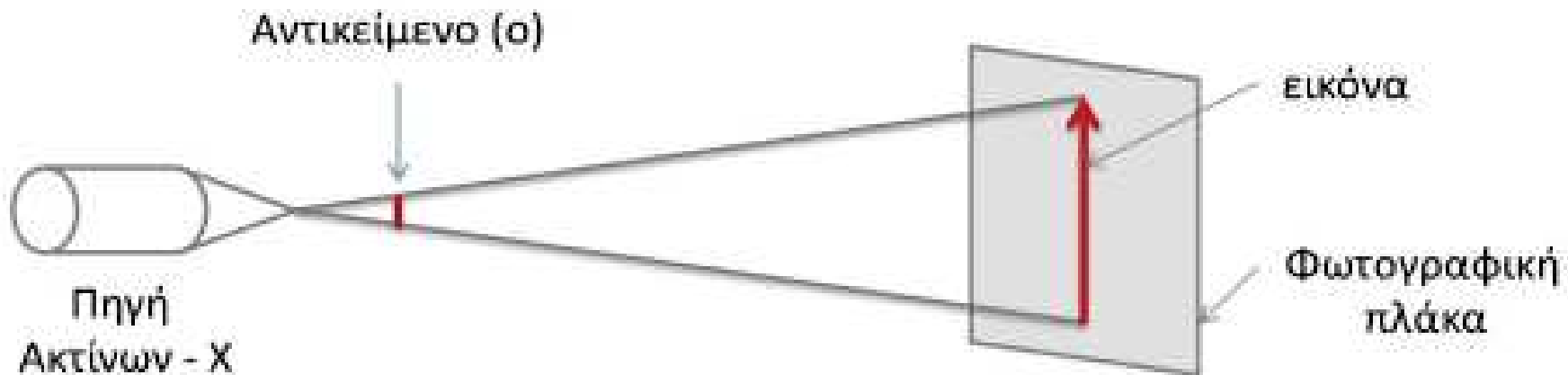


ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟΥ

Μικροσκόπιο Ακτίνων – Χ ή Προβολικό Μικροσκόπιο Σημείου

- Δεν είναι γνωστή καμία ουσία που θα κάμπτει ή να ανακλά τις ακτίνες – Χ, σε τέτοιο βαθμό να μπορεί να σχηματισθεί είδωλο.

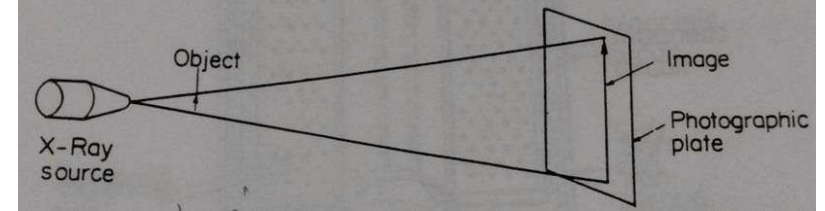
προβολικό μικροσκόπιο σημείου



Βασίζεται στην απλή γεωμετρική αρχή, ότι, ένα αντικείμενο που φωτίζεται από μία σημειακή πηγή φωτός ή πηγή ακτίνων Χ σχηματίζει μία σκιά πάνω σε μία οθόνη.



Προβολικό Μικροσκόπιο Σημείου



Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα

- Δεν υπάρχουν φακοί
- Οι ακτίνες – X διαπερνούν την ύλη, εμφανίζουν λεπτομέρειες που το φως δεν ανίχνευε (ανίχνευση αδιάφανων λεπτών υμενίων)
- Η Δ.Ι. αυτής της μεθόδου περιορίζεται από το μέγεθος και τις διαστάσεις της σημειακής πηγής / από την άλλη μεριά, οι πηγές ακτίνων – X είναι κατά πολύ εντονότερες και πιο ισχυρές αυτών του φωτός **Δ.Ι. $\sim 0.1 \mu\text{m}$**
- Διάμετρος δέσμης 1nm
- Φθορίζουσα οθόνη

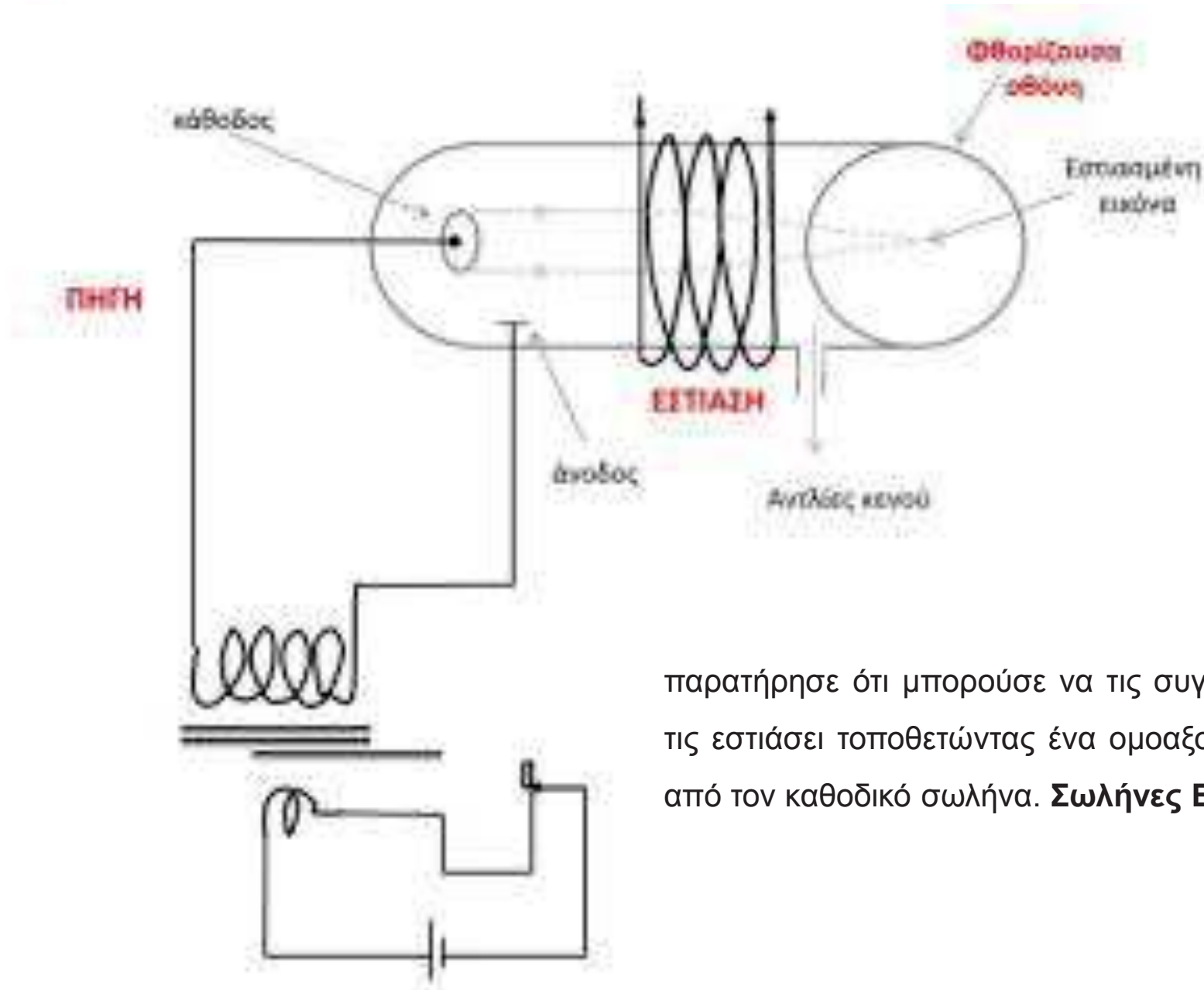


Καθοδικοί σωλήνες / ακτίνες

- **Abbe:** *‘η εξέλιξη του μικροσκοπίου σύντομα θα τελματωθεί λόγω της έλλειψης ακτινοβολίας με κατάλληλο μικρό μήκος κύματος’*
- Ανάπτυξη των βασικών χαρακτηριστικών του H.M. (Ηλεκτρικές εκκενώσεις, μέσα σε σωλήνες χαμηλής πίεσης, μεταξύ καθόδου και ανόδου χρησιμοποιώντας υψηλές ηλεκτροστατικές τάσεις)
- Κατασκευάσθηκαν οι καθοδικοί σωλήνες και μελέτησαν ένα είδος άγνωστων τότε ακτίνων που ο Goldstein ονόμασε **καθοδικές ακτίνες**
- Παρατήρησαν ότι κινούνται ευθύγραμμα αλλά μπορούν να εκτραπούν από ηλεκτροστατικά και μαγνητικά πεδία μια και φαίνεται να φέρνουν αρνητικό φορτίο.



1899, Weichert



παρατήρησε ότι μπορούσε να τις συγκεντρώσει και να τις εστιάσει τοποθετώντας ένα ομοαξονικό πηνίο γύρω από τον καθοδικό σωλήνα. Σωλήνες Braun



ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΦΥΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ ΚΑΙ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Prince de Broglie: $\lambda = \frac{h}{p}$ } P : ορμή ηλεκτρονίου

$P = m_0 v$

$E = qV = eV = \frac{m_0 v^2}{2}$

$\lambda = \frac{h}{(2m_0 eV)^{1/2}}$

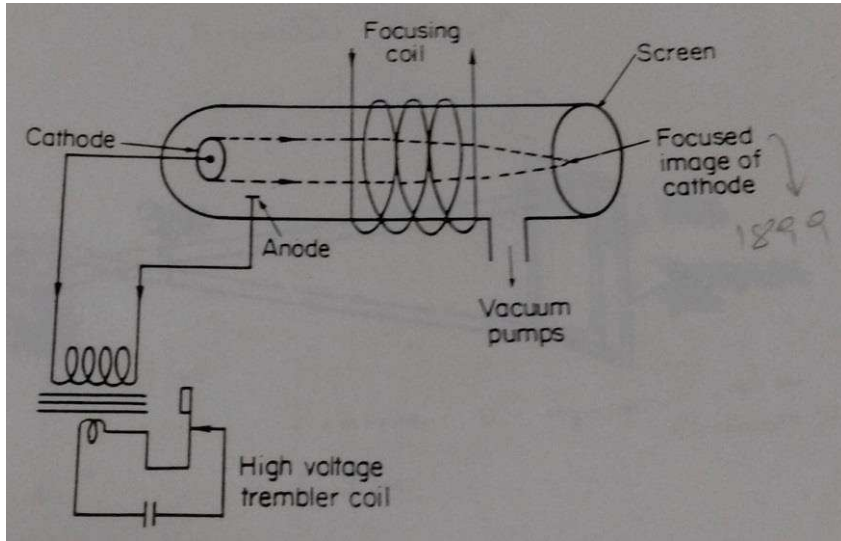
Με αύξηση του δυναμικού επιτάχυνσης μειώνεται το μήκος κύματος των ηλεκτρονίων!!

Σε 100 kV η ταχύτητα των ηλεκτρονίων είναι >0.5 της ταχύτητας του φωτός (2.998×10^8 m/s). Στα 1000 kV είναι 2.823×10^8 m/s !!!

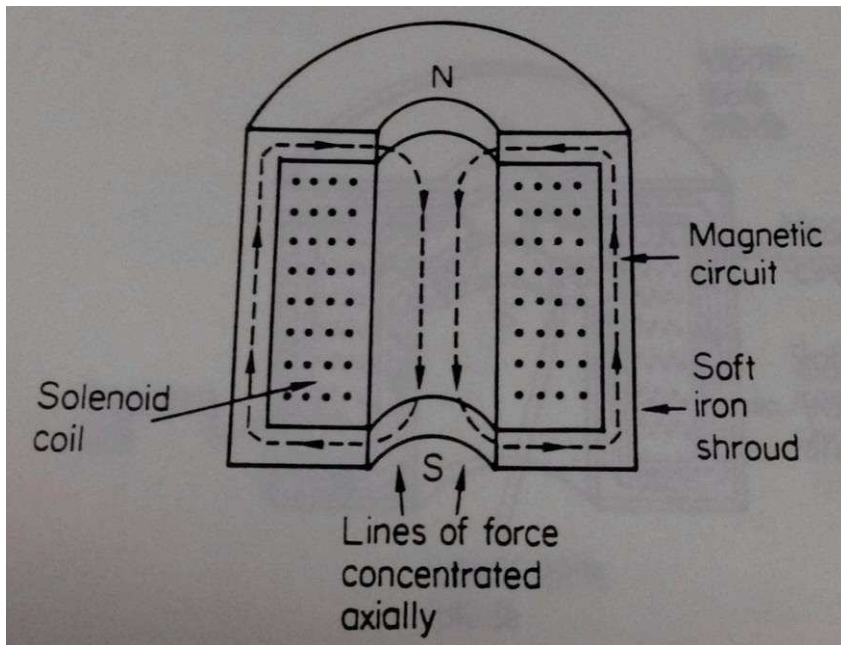
$$\lambda = \frac{h}{\left[2m_0 eV \left(1 + \frac{eV}{2m_0 c^2} \right) \right]^{1/2}}$$



Εξέλιξη Μαγνητικών Φακών



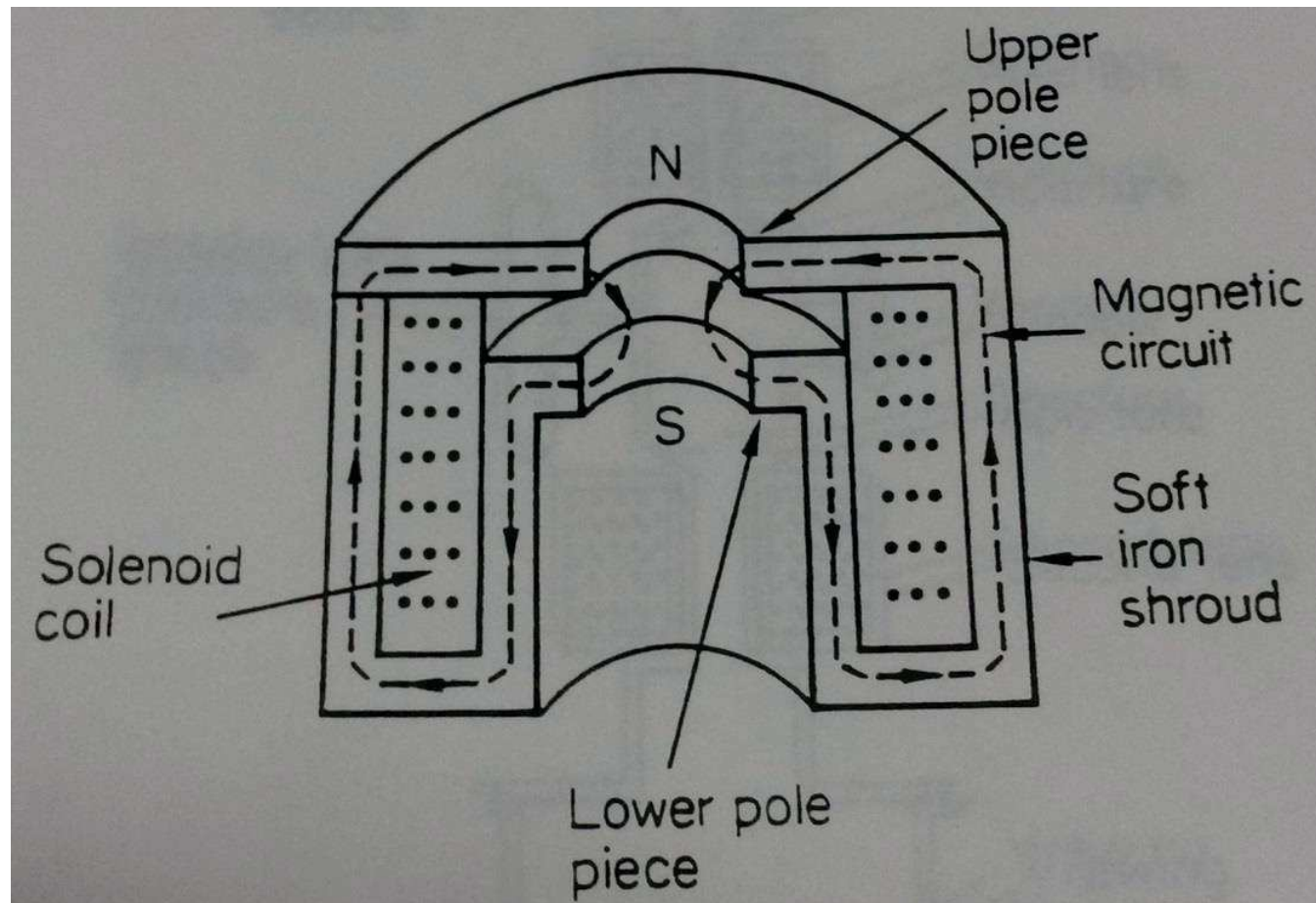
- Στους καθοδικούς σωλήνες η τοποθέτηση ενός πηνίου εξωτερικά του σωλήνα εστιάζει την δέσμη ηλεκτρονίων
- Με τον τρόπο αυτό, *σπαταλάτε μεγάλη ποσότητα μαγνητικού πεδίου*, μια και οι δυνάμεις δεν είναι συγκεντρωμένες και αρκετά πυκνές εκεί που χρειάζονται στον άξονα του πηνίου



- Χρήση ενός πυρήνα από μαλακό σίδηρο, με την βοήθεια του οποίου παρατηρήθηκε μεγάλη βελτίωση στην ένταση και την ευθυγράμμιση των δυναμικών γραμμών του πεδίου κατά μήκος του άξονα πεδίου



Εξέλιξη Μαγνητικών Φακών

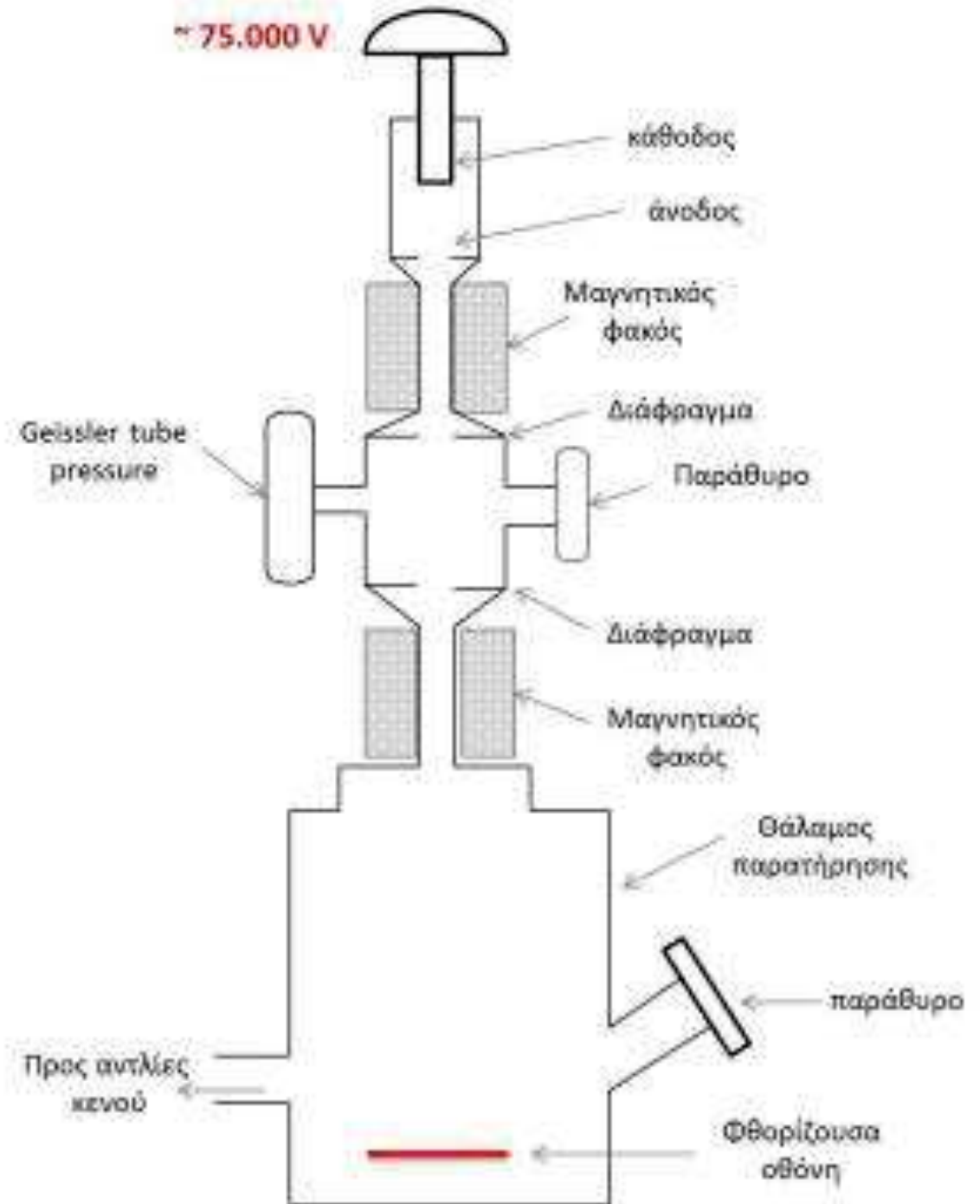


- Ελάττωση των διαστάσεων του μαγνητικού φακού



ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Καταστροφή και αλλοίωση δειγμάτων





- **1940** Siemens, AEG, ZEISS χρηματοδότησαν έρευνα για την βελτίωση του Η.Μ (Θερμαντικό νήμα για κάθοδο ένα συγκεντρωτικό φακό δύο προβολικούς, $\Delta.I. = 100\text{\AA}$)
- **1950**, Siemens UM-100
- **1954** Siemens Elmiskop – I με 2 συγκεντρωτικούς και 3 προβολικούς φακούς $\Delta.I. = 10\text{\AA}$
- **1961** Siemens Elmiskop – IA με $\Delta.I. = 4\text{\AA}$

