

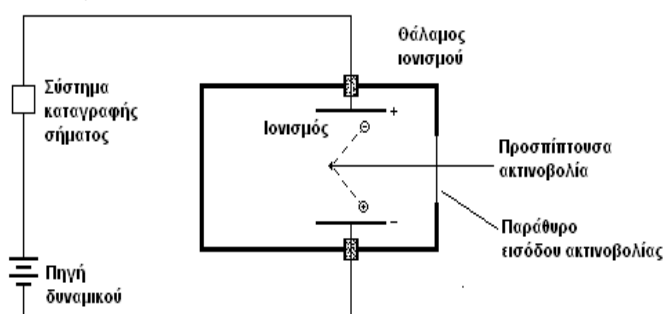
## ΑΣΚΗΣΗ 1

### ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΠΑΡΙΘΜΗΤΗ GEIGER-MULLER

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σωματιδιακή και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγονται κατά τη διάσπαση ενός ραδιονουκλιδίου, απορροφάται από τα συστατικά της ύλης και προκαλεί τη διέγερση και τον ιοντισμό των συστατικών της. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση και τη μέτρηση της ακτινοβολίας. Οι βασικές μονάδες μίας διάταξης ανίχνευσης και καταγραφής ακτινοβολίας, δηλαδή ενός απαριθμητή Geiger-Muller, είναι:

1. **Ο κυρίως ανιχνευτής.** Είναι μια μορφή θαλάμου ιονισμού και αποτελείται από ένα σωλήνα μεταλλικό ή γυάλινο με εσωτερική μεταλλική επικάλυψη (Geiger-Miiller tube) που αποτελεί την κάθοδο του συστήματος (Σχ1). Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχει ένας μεταλλικός αγωγός (ένα σύρμα) που αποτελεί την άνοδο του συστήματος. Το ένα άκρο του σωλήνα καταλήγει στο παράθυρο (end-window) δηλαδή το άκρο αυτό καλύπτεται από ένα υλικό που επιτρέπει την είσοδο της ακτινοβολίας στον ανιχνευτή. Ένα τέτοιο υλικό είναι η μίκα. Ο σωλήνας περιέχει συνήθως ένα ευγενές αέριο ή αλογόνο και πρόσμιξη ενός βαρύτερου πολυατομικού αερίου π.χ. βουτάνιο ή ατμούς αλκοόλης. Ο σωλήνας αυτός που ανιχνεύει τα εισερχόμενα σωματίδια από μια ακτινοβολία (radiation) συνήθως καλείται ανιχνευτής (detector).
2. **Η μονάδα υψηλής τάσης** (συνεχούς ρεύματος) που εξασφαλίζει την ταχεία συλλογή των ιόντων που σχηματίζονται. Η αποφόρτιση των ιόντων στους πόλους δημιουργεί μια «στιγμιαία» μεταβολή της τάσης η οποία ονομάζεται παλμός (count).
3. **Ο προενισχυτής και ο κυρίως ενισχυτής**, οι οποίοι δίδουν στον παλμό την κατάλληλη ενίσχυση και μορφή .
4. **Το σύστημα απαρίθμησης και κατάγραφής των παλμών.**  
Η συνολική διάταξη καλείται μετρητής ή απαριθμητής (counter) Geiger-Muller.



Σχήμα 1: Σχηματική παράσταση της διάταξης ενός θαλάμου ιονισμού

#### Αρχή της βασικής λειτουργίας του ανιχνευτή Geiger-Muller.

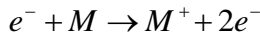
Η ακτινοβολία που εκπέμπει το ραδιονουκλίδιο είναι υψηλής ενέργειας. Η είσοδος του σωματιδίου στον ανιχνευτή δημιουργεί μετά από πρόσκρουση στο άτομο του ευγενούς

αερίου, ένα ζεύγος ιόντων. Η πορεία του φαινομένου μπορεί να γίνει κατανοητή με την παρακάτω περιγραφή.

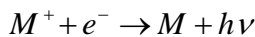
**Φάση Α:** δημιουργία του ζεύγους ιόντων μετά από πρόσκρουση του σωματιδίου  $\sigma^*$  υψηλής ενέργειας στο άτομο ή μόριο  $M$



**Φάση Β:** Τα ηλεκτρόνια που παράγονται στη φάση Α αποκτούν μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο του ανιχνευτή ικανή κινητική ενέργεια ώστε να μπορούν να προκαλέσουν δευτερογενή ιονισμό των ατόμων του αερίου



**Φάση Γ:** Γίνεται επανασύνδεση ενός αριθμού ιόντων με εκπομπή φωτεινής ακτινοβολίας



**Φάση Δ:** Τα φωτόνια της προηγούμενης φάσης μπορούν να προκαλέσουν περαιτέρω ιονισμό και εξάπλωση της ηλεκτρικής εκκένωσης σε όλη την έκταση του ανιχνευτή.

Το πλήθος των παραγομένων φορτισμένων σωματιδίων που παράγονται στον ανιχνευτή

ανά εισερχόμενο σωματίδιο είναι μεγάλο, μέχρι περίπου  $10^9$  ιόντα. Η αποφόρτισή τους υπό κατάλληλη τάση παράγει τον παλμό.

### Περιοχή λειτουργίας του ανιχνευτή Geiger-Muller

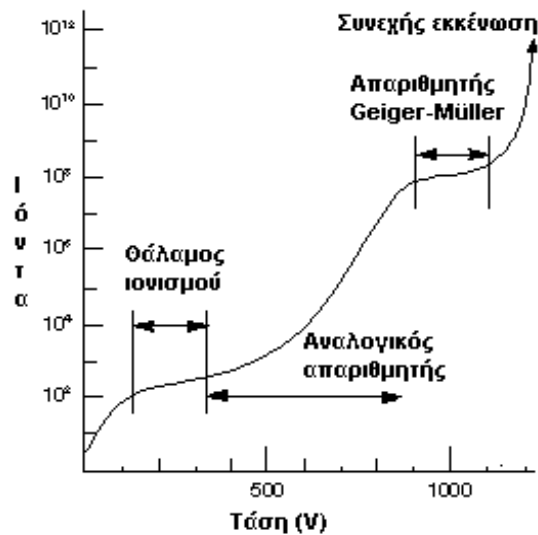
Όσο δεν υπάρχουν ιόντα μέσα στον κυρίως ανιχνευτή (το σωλήνα που περιγράφηκε πιο πάνω), δεν θα υπάρχει ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Αν εισέλθει στο σύστημα ακτινοβολία με ενέργεια μεγαλύτερη από την ενέργεια ιοντισμού των μορίων τότε προκαλείται ιοντισμός των ατόμων και μορίων στον ανιχνευτή, με τις αλυσωτές αντιδράσεις που περιγράφηκαν. Τα ιόντα αυτά κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις μέσα στον κυρίως ανιχνευτή. Τα θετικά φορτισμένα σωματίδια μπορεί να ενωθούν με τα ηλεκτρόνια αν η τάση είναι μικρή και δεν μπορεί να δώσει στα ιόντα τις κατάλληλες ταχύτητες. Όταν η τάση αυξάνει τότε σε κάποια τάση θα παρατηρηθεί ροή των ιόντων προς τους αντίστοιχους πόλους. Η ροή αυτή του φορτίου προκαλεί ρεύμα το οποίο τείνει να φθάσει σε ένα ρεύμα κορεσμού που συνεπάγεται τη συλλογή όλων των ιόντων και η ροή ρεύματος καταλήγει σε πτώση της τάσης που μπορεί να καταγραφεί. Το φαινόμενο αυτό βρίσκει εφαρμογή στην καταγραφή της ραδιενέργειας μιας πηγής. Αν η τάση αυξηθεί πάνω από την τάση κορεσμού) τότε τα πρωτογενή ηλεκτρόνια επιταχύνονται και προκαλούν δευτερογενή ιοντισμό ο οποίος χρησιμοποιείται στους αναλογικούς ανιχνευτές για την καταγραφή του είδους της ακτινοβολίας. Σε υψηλότερες τιμές τάσης υπάρχει ο κίνδυνος της ηλεκτρικής εκκένωσης μέσα στον κυρίως ανιχνευτή.

Αν μπροστά στο παράθυρο του ανιχνευτή τοποθετηθεί μια (ασθενής) πηγή ακτινοβολίας και αυξάνεται η τάση που εφαρμόζεται στους πόλους του ανιχνευτή με αργό ρυθμό μπορεί να βρεθεί η τάση λειτουργίας του μετρητή G-M, δηλαδή η τάση στην οποία το σύστημα αρχίζει να καταγράφει παλμούς. Η τάση λειτουργίας  $V_{A1}$  (Σχ. 2) ορίζει το κατώτερο όριο της περιοχής στο οποίο οι καταγραφόμενοι παλμοί έχουν το ίδιο ύψος. Η τάση λειτουργίας εξαρτάται από τον τύπο τη θερμοκρασία και τη σύσταση του μείγματος του ανιχνευτή. Αν αυξηθεί περαιτέρω η τάση του συστήματος παρατηρείται μόνο μια μικρή αύξηση του αριθμού των παλμών. Με τον όρο περιοχή λειτουργίας του ανιχνευτή Geiger-Miiller (G-M) ή πλατώ (plateau), θεωρούμε μια περιοχή της τάσης,  $V_{A1} - V_{A2}$  (Volts) (Σχ. 2) μέσα στα όρια της οποίας ο αριθμός των καταγραφομένων παλμών από το μετρητή G-M μεταβάλλεται ελάχιστα με τη μεταβολή της τάσης.

Μετά το τέλος της περιοχής λειτουργίας υπάρχει κίνδυνος, εφόσον συνεχίζει να αυξάνεται η τάση, να γίνουν ηλεκτρικές εκκένωσεις στον ανιχνευτή που μειώνει τον χρόνο ζωής του αλλά επίσης ταυτόχρονα δείχνει εσφαλμένα μεγάλο αριθμό παλμών οι οποίοι όμως οφείλονται στις ηλεκτρικές εκκενώσεις και όχι σε σωματίδια ραδιενεργού ακτινοβολίας.

Η τάση εργασίας του ανιχνευτή  $V_{E0}$  επιλέγεται στο μέσο της περιοχής λειτουργίας του, ώστε μικρές αυξομειώσεις της εφαρμοζόμενης τάσης να μην επηρεάζουν τον ρυθμό των μετρήσεων. Αν το  $V_{A2}$  δεν είναι σαφές για να αποφύγουμε την επικίνδυνη αύξηση της τάσης τότε η τάση εργασίας λαμβάνεται 50-100 volts υψηλότερα από την τάση λειτουργίας  $V_{A1}$  δηλαδή στην περιοχή  $V_{E1}$ -  $V_{E2}$ .

Για την απόδοση του μέτρου της καταγραφόμενης ακτινοβολίας χρησιμοποιείται ο όρος ρυθμός απαρίθμησης,  $I$ , ο οποίος συνήθως εκφράζεται σε παλμούς ανά λεπτό (cpm = counts per minute) ή παλμούς ανά δευτερόλεπτο (cps = counts per second). Η σημασία του ρυθμού απαρίθμησης είναι η εξής: Για να αποφύγουμε ένα τυχόν μεγάλο στατιστικό σφάλμα κατά την μέτρηση της ακτινοβολίας μιας ασθενούς πηγής, παίρνουμε μετρήσεις για ένα σχετικά μεγάλο χρόνο και τις αναγάγουμε στη μονάδα του χρόνου που είναι εξ ορισμού ο ρυθμός απαρίθμησης. Ο ρυθμός απαρίθμησης που οφείλεται στην ακτινοβολία μιας πηγής εξαρτάται από την απόσταση από το παράθυρο του ανιχνευτή και από τη γεωμετρία ως προς τον ανιχνευτή. Η απόδοση ενός ανιχνευτή εξαρτάται από το είδος του (τύπος και τεχνολογία), από την τάση λειτουργίας και για ανιχνευτές του ίδιου τύπου από την ηλικία και τον τρόπο χρήσης του.



Σχήμα 2: Αριθμός των ζευγών ιόντων, που παράγονται κατά τη διέλευση ενός σωματιδίου μέσα από τον ενεργό όγκο ενός ανιχνευτή με αέριο, σε συνάρτηση με την διαφορά δυναμικού των ηλεκτροδίων του.

# Εύρεση της περιοχής λειτουργίας και της τάσης εργασίας μετρητή G-M

Όργανα και υλικά  
Μετρητής G- M  
Ασθενής ραδιενεργός  
πηγή Χρονόμετρο  
Μεταλλική λαβίδα

## Μέτρα προστασίας

Στην άσκηση αυτή χρησιμοποιούνται μόνο κλειστές πηγές ραδιενέργειας μικρής έντασης ακτινοβολίας (radiation) και δεν απαιτούνται ιδιαίτερα μέτρα προστασίας. Οπωσδήποτε όμως οι ραδιενεργές πηγές φυλάσσονται σε μικρό κουτί από Pb και χειρίζονται με τη μεταλλική λαβίδα, ποτέ με το χέρι.

## Πειραματική διαδικασία

- Ανοίγουμε τον κεντρικό διακόπτη του μετρητή G-M και αφήνεται να περάσουν 2-3 λεπτά
- Η ραδιενεργός πηγή τοποθετείται με τη χρήση της λαβίδας στην κατάλληλη υποδοχή κάτω από το παράθυρο του ανιχνευτή
- Αυξάνεται με αργό ρυθμό η τάση του ανιχνευτή, κατά 20 Volts κάθε φορά μέχρι να αρχίσει η καταγραφή των παλμών.
- Στον συνοδευτικό πίνακα αποτελεσμάτων (βλέπε παρακάτω) καταγράφεται σαν πρώτη τιμή μέτρησης η τελευταία τιμή της τάσης που δίνει μηδέν παλμούς.
- Γίνεται η μέτρηση των παλμών για ορισμένα min ανάλογα με την ένταση της πηγής (πχ. 3-5 min).
- Υπολογίζονται οι τιμές του ρυθμού απαρίθμησης,  $I$ .
- Κατασκευάζεται το διάγραμμα *ρυθμού απαρίθμησης ως συνάρτηση της τάσης, I-V*.
- Βρίσκεται από το διάγραμμα η περιοχή λειτουργίας και η τάση εργασίας του ανιχνευτή
- Μετά το τέλος του πειράματος τοποθετούμε την πηγή στο δοχείο μολύβδου
- Χαμηλώνουμε σιγά-σιγά την τάση στον μετρητή μέχρι μηδενισμού και κατόπιν κλείνουμε το διακόπτη παροχής από το δίκτυο. **Ποτέ δεν κλείνουμε το διακόπτη όταν έχουμε υψηλή τάση.**

ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ G-M  
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ .....

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1 .....  
2.....  
3.....

ΜΕΤΡΗΤΗΣ G-M N<sup>ο</sup> .....

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΜΕΤΡΗΣΗ N"	ΕΦΑΡΜΟ- ΖΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ (Volts)	ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΗ ΠΗΓΗ .....	ΡΥΘΜΟΣ ΑΠΑΡΙΘΜΗΣΗΣ
		(ΠΑΛΜΟΙ/3 min)	I (cpm)
1		0	0
2			

ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....Volts  
ΤΑΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ..... Volts

Η τάση εργασίας είναι χαρακτηριστική του ανιχνευτή G-M και εφαρμόζεται στα επόμενα πειράματα.

## Προτεινόμενα πειράματα

- 1) Επαναλαμβάνονται οι μετρήσεις χρησιμοποιώντας άλλη πηγή και γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων.
- 2) Επαναλαμβάνονται οι μετρήσεις χρησιμοποιώντας την ίδια πάντα πηγή που τοποθετούμε σε διαφορετική απόσταση από τον ανιχνευτή. Βρίσκουμε τη σχέση που συνδέει το ρυθμό απαρίθμησης του ανιχνευτή G-M με την απόσταση της πηγής.
- 3) Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας δεδομένα από διαφορετικούς τύπους ανιχνευτών G-M.

