# Επιταχυντές & Ανιχνευτές στην Πυρηνική και Σωματιδιακή Φυσική

## 8ο Εξάμηνο, Ακαδημαϊκό έτος 2017 – 2018

***Ασκήσεις - Ομάδα 3:***
***Ανιχνευτές – Ανιχνευτές ιονισμών (ανιχνευτές αερίου γεμίσματος)***

**Άσκηση 3.1**
Θεωρείστε έναν MWPC (Multi Wire Proportional Chamber) που έχει απόσταση Δ μεταξύ των συρμάτων υψηλής τάσης (ανόδου) του, οπως στο σχήμα (βλ. βιβλίο "Experimental Technniques in Nuclear And Particle Physics", Stefaan Tavernier, 2010, σελ. 131):

**Fig. 4.17** Schematic representation of a multi-wire proportional chamber (MWPC). The cathode planes are at ground potential and the anode wires are at a large positive voltage, typically 3000 V. Each anode wire is equipped with its own amplifier and readout electronics. If a charged particle crosses perpendicularly to the plane of the detector, the wire nearest to the crossing point will have a signal

Θεωρείστε ότι για φορτισμένα σωματίδια που προσπίπτουν κάθετα στα επίπεδα καθόδου, έχουμε σήμα μόνο στο πλησιέστερο σύρμα ανόδου.
Δείξτε ότι η διασπορά RMS (root mean square) στην μέτρηση της θέσης πρόσπτωσης ενός σωματιδίου για έναν τέτοιο ανιχνευτή είναι $\sigma = \Delta / \sqrt{12}$ .

**Άσκηση 3.2**
Υποπτεύεστε ότι το αέριο σε κάποια σπηλιά που μελετάτε ή εργόσεστε έχει πολύ περισσότερο ραδόνιο [ $^{222}_{86}Rn$] από το σύνηθες.
Για να βρείτε πόσο ραδόνιο υπάρχει εκεί, μετράτε το ρεύμα που οφείλεται στο ραδόνιο σε έναν θάλαμο ιονισμού ενός λίτρου γεμάτο με αέρα από τη σπηλιά. Μετράτε 0.1 pA. Πόση ραδιενέργεια (ενεργότητα), εκφρασμένη σε pico Curie (pCi) ανα λίτρο, υπάρχει στον αέρα της σπηλιάς; Το ραδόνιο έχει χρόνο ημίσιας ζωής 3.8 ημέρες και διασπάται σε σωματίδια άλφα των 5.6 MeV, σχεδόν με πιθανότητα 100%
Για να απλοποιήσετε τον υπολογισμό αγνοείστε ότι γεγονός ότι τα άλλα προϊόντα της διάσπασης του ραδονίου συνεισφέρουν σημαντικά στο ρεύμα.
Επίσης, αγνοείστε το γεγονός ότι πολλές φορές το σωματίδιο άλφα θα σκεδάζεται στα τοιχώματα του θαλάμου ιονισμού, και έτσι δεν θα χρησιμοποιεί όλη τους την ενέργεια για να δώσουν ιονοσμό.

**Άσκηση 3.3**

Ένας ανιχνευτής GEM έχει διάκενο μετατροπής ("conversion gap") με πάχος 2mm. Το αέριο γέμισμα στο διάκενο είναι 90% Ar,και 10% CH4. Κοσμικά μιόνια προσπίπτουν κάθετα στον ανιχνευτή αυτόν.

α) Πόσους ιονισμούς προκαλεί κατά μέσο όρο ένα τέτοιο μιόνιο στο διάκενο;

β) Ποιά είναι η πιθανότητα ένα μιόνιο να περάσει απαρατήρητο επειδή δεν προκάλεσε κανέναν πρωτογενή ιονισμό στο διάκενο μετατροπής;

Δίνεται ο πίνακας και το σχήμα από το βιβλίο "Experimental Technniques in Nuclear And Particle Physics", Stefaan Tavernier, 2010, σελ. 108 και 138, αντίστοιχα):

**Table 4.1** Energy loss characteristics in some commonly used gases. Energy loss, the number of electron–ion pairs and the number of primary electrons is for charged particles at minimum ionisation

| Gas | Ionisation potential [eV] | Mean energy /electron–ion pair 'W' [eV] | Energy loss [keV/cm] | Number of electron–ion pairs [$cm^{-1}$] | Number of primary electrons [$cm^{-1}$] |
|---|---|---|---|---|---|
| Ar | 15.7 | 25.0 | 2.53 | 106 | 25 |
| Xe | 12.1 | 22 | 6.87 | 312 | 41 |
| He | 24.5 | 41.6 | 0.345 | 8.3 | 5 |
| $H_2$ | 15.6 | 36.4 | 0.32 | 8.8 | 5.2 |
| $N_2$ | 15.5 | 34.8 | 1.96 | 56.3 | 10 |
| Air | | 33.8 | 2.02 | 59.8 | |
| $O_2$ | 12.5 | 30.2 | 2.26 | 74.8 | 22 |
| $CH_4$ | 12.6 | 30 | 1.61 | 54 | 37 |
| $C_2H_6$ | 11.5 | 26 | 2.91 | 112 | 48 |
| Isobutane/i-$C_4H_{10}$ | 10.6 | 26 | 5.67 | 220 | 90 |
| $CO_2$ | 13.8 | 34 | 3.35 | 100 | 35 |

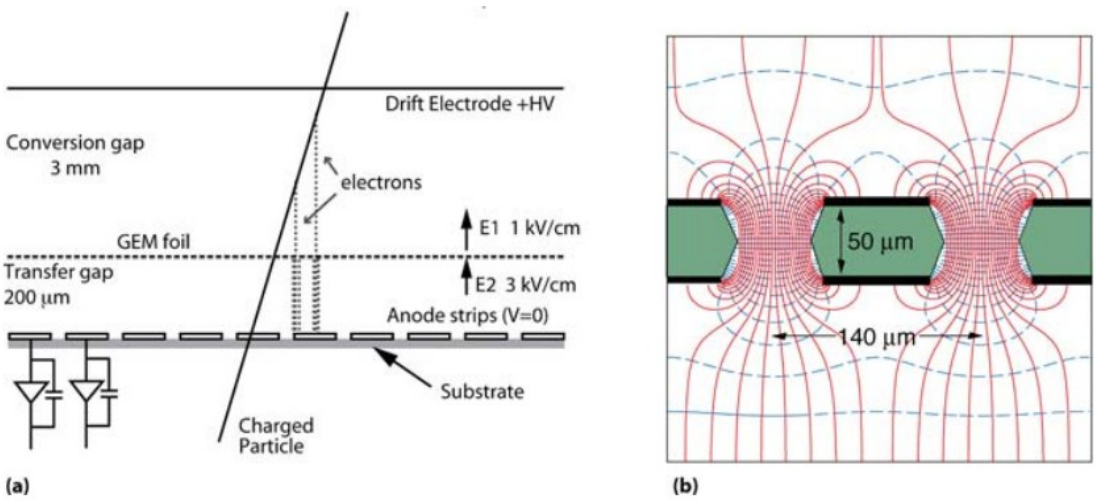


**Fig. 4.24** (**a**) Schematic representation of a GEM detector with typical values for the electric field and dimensions. Electrons are liberated along the track of the charged particle and drift toward the GEM holes. Inside the holes, there is a large electric field multiplying the number of electrons. (**b**) Details of electric field lines (solid) and equipotential surfaces (dashed) in the region of the GEM holes. Electron transparencies are typically 100%. Most positive ions produced in the high-field region within a hole drift back to the GEM's top side. Figure from Ref. [6] in Chap. 1, with permission