

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΜΕ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ GEIGER – MULLER ΤΟΥ MULTILOG

### A. ΣΤΟΧΟΙ

- Η αντίληψη ότι ζούμε σε ένα περιβάλλον το οποίο μας «βομβαρδίζει» συνέχεια με ακτινοβολία α, β και γ.
- Η εξοικείωση με τη χρήση του αισθητήρα Geiger–Muller του MultiLog.
- Η εξοικείωση με τη χρήση λογισμικού, που δίνει επιλογές προχωρημένης επεξεργασίας είτε μέσα από το πρόγραμμα του MultiLog είτε μέσα από το Excel.
- Η κατανόηση και αξιοποίηση της απεικόνισης σε διάγραμμα της σχέσης μεταξύ ποσοτήτων.
- Η κατανόηση της έννοιας του σφάλματος κατά τη μέτρηση.

### B. ΘΕΜΑ

- Η ανίχνευση της ακτινοβολίας α, β και γ ( ακτινοβολία υποβάθρου ).
- Η μέτρηση της ακτινοβολίας υποβάθρου σε σταθερά χρονικά διαστήματα και η καταγραφή των αποτελεσμάτων με τη βοήθεια της συσκευής ΣΛΑ, του ανιχνευτή Geiger–Muller και ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.

### Γ. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Απαριθμητής Geiger–Muller και MultiLog
- Παραλληλόγραμμη βάση ορθοστάτη
- Μία απλή μεταλλική λαβίδα ( σωλήνων Χημείας )
- Ηλεκτρονικός υπολογιστής του Σ.Ε.Φ.Ε. ( Σχολικού Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών )
- Εκτυπωτής του Σ.Ε.Φ.Ε.
- Χάρακας

### Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο Γενικής παιδείας της Γ' τάξης Γενικού Λυκείου :
  - ✓ Ενότητα 3.3 : Η Ραδιενέργεια
  - ✓ Ενότητα 3.3 : Ραδιοχρονολόγηση ( Ελεύθερο ανάγνωσμα σελ. 88 – 89 )

### Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

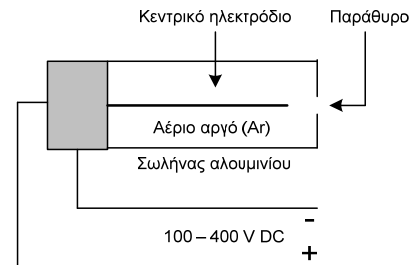
#### Ακτινοβολία υποβάθρου

- «**Ακτινοβολία υποβάθρου**» είναι το χαμηλότερο επίπεδο ακτινοβολίας που μπορούμε να μετρήσουμε σε μια περιοχή. Είναι η ακτινοβολία που οφείλεται στα ραδιενεργά υλικά που υπάρχουν στο περιβάλλον (π.χ. χώμα, βράχοι, οικοδομικά υλικά, ξύλα, τρόφιμα, αέρας, κλπ), στους ιστούς μας ( K-40, C-14 ) και στην κοσμική ακτινοβολία. Τα ραδιενεργά υλικά, τα οποία υπάρχουν στο περιβάλλον, σχηματίστηκαν από την εποχή της δημιουργίας της Γης.
- Η κοσμική ακτινοβολία είναι ακτινοβολία που προέρχεται από τον Ήλιο και άλλους γαλαξίες και αποτελείται πριν μπει στη γήινη ατμόσφαιρα 90 % από πρωτόνια μεγάλης ενέργειας (μέχρι  $10^{16}$  MeV), 9 % από πυρήνες He-4 και το υπόλοιπο 1 % από βαρύτερους πυρήνες (πρωτογενής ακτινοβολία). Αυτά τα σωματίδια της πρωτογενούς ακτινοβολίας συγκρούονται με τα μόρια που βρίσκονται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας οπότε παράγονται σωματίδια α, β και ακτινοβολία γ (δευτερογενής ακτινοβολία).

- Τα μέρη που είναι κοντά στους πόλους δέχονται περίπου τέσσερις (4) φορές περισσότερη ακτινοβολία από τα μέρη που βρίσκονται κοντά στον Ισημερινό. Επίσης η κοσμική ακτινοβολία αυξάνεται με το ύψος. Σε υψόμετρο 2.000 m η μέση ετήσια συνεισφορά στη δόση που παίρνει ο άνθρωπος είναι τριπλάσια εκείνης που παίρνει στην επιφάνεια της Γης. Η ατμόσφαιρα αποτελεί ασπίδα για την κοσμική ακτινοβολία.
- Η ακτινοβολία υποβάθρου ανάλογα με την ευαισθησία του μετρητή που χρησιμοποιεί κάποιος, την περιοχή και το ύψος που βρίσκεται, θα μπορούσε σύμφωνα με τη βιβλιογραφία να είναι της τάξης των 60 απαριθμήσεων το λεπτό (cpm).

### Ανιχνευτής – Απαριθμητής Geiger–Muller

- Ο ανιχνευτής – απαριθμητής Geiger–Muller (διπλανή εικόνα) αποτελείται από τη λυχνία ανίχνευσης G – M (αισθητήρας) και τη συσκευή απαρίθμησης (MultiLog).
- Ο αισθητήρας G–M (διπλανή φωτογραφία) είναι ένας μεταλλικός κύλινδρος από αλουμίνιο, ο οποίος στο εσωτερικό του περιέχει αέριο νέον, αργό και αλογόνο σε χαμηλή πίεση.
- Κατά μήκος του άξονα του κυλίνδρου υπάρχει λεπτό ευθύγραμμο σύρμα. Το μπροστινό μέρος του κυλίνδρου κλείνεται από μια λεπτή μεμβράνη, που ονομάζεται **παράθυρο** του ανιχνευτή.
- Όταν ένα σωματίδιο περάσει από το παράθυρο, ionίζει το αέριο που υπάρχει στο εσωτερικό του σωλήνα και τότε ένας ηλεκτρικός παλμός καταγράφεται από τη συσκευή απαρίθμησης (MultiLog).
- Ο ανιχνευτής – απαριθμητής G – M δεν αναγνωρίζει τη φύση των σωματιδίων που προκαλούν τον ιονισμό του αερίου.
- Ο αισθητήρας σε συνδυασμό με το MultiLog είναι δυνατό να λειτουργήσει σαν ανεξάρτητη φορητή συσκευή, με την οποία γίνονται μετρήσεις εντός και εκτός εργαστηρίου, χωρίς απαραίτητα εξωτερικό μετασχηματιστή και H/Y.
- Για τη χρήση του απαριθμητή G–M απαιτείται προηγουμένως προσεκτική μελέτη των οδηγιών χρήσης που τον συνοδεύει. Ο αισθητήρας συνδέεται στο MultiLog που του παρέχει την κατάλληλη τάση λειτουργίας και αυτό φαίνεται από τη λειτουργία ενός κίτρινου LED. Επίσης είναι εφοδιασμένος με ένα βομβητή που εκπέμπει ακουστό ήχο (μπιπ) σε κάθε παλμό.
- Ο αισθητήρας χρησιμοποιείται :
  - ✓ για την επίδειξη της στατιστικής φύσης της ραδιενέργειας
  - ✓ για τη μέτρηση της Ραδιενέργειας με την απόσταση
  - ✓ για τη μελέτη της απορρόφησης της ακτινοβολίας  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$
- ΠΡΟΣΟΧΗ : το παράθυρο του αισθητήρα είναι κατασκευασμένο από ένα πολύ λεπτό και ευαίσθητο υλικό, που καταστρέφεται εύκολα. Γι' αυτό έχει ένα κάλυμμα με μια οπή εξαερισμού, που πρέπει να αφαιρείται όταν μετρείται ακτινοβολία  $\alpha$ .
- ΠΡΟΣΟΧΗ : η οπή του αισθητήρα πρέπει να είναι ανοικτή όταν θα βγαίνει ή θα μπαίνει το κάλυμμα.

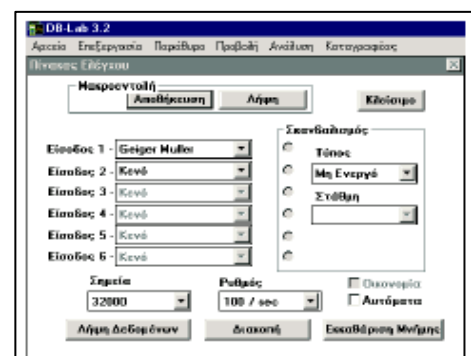


Εικόνα 1 : Λυχνία Geiger-Muller

## ΣΤ. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

### Ρυθμίσεις του συστήματος ΣΛΑ DBLab :

1. Συνδέουμε τον καταγραφέα ( σε κατάσταση OFF ) με τη σειριακή θύρα του H/Y.
2. Συνδέουμε τον αισθητήρα του Geiger–Muller στην Είσοδο 1 του MultiLog.
3. Τοποθετούμε την μεταλλική λαβίδα απευθείας στην παραλληλόγραμμη βάση του ορθοστάτη.
4. Στερεώνουμε τον βραχίονα του αισθητήρα στη λαβίδα.
5. Στρέφουμε τον αισθητήρα σε οριζόντια θέση.



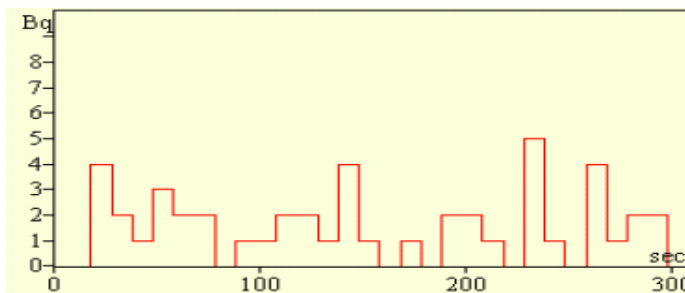
Εικόνα 2

## Z. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### Λήψη μετρήσεων

#### A. Αισθητήρας G–M οριζόντιος

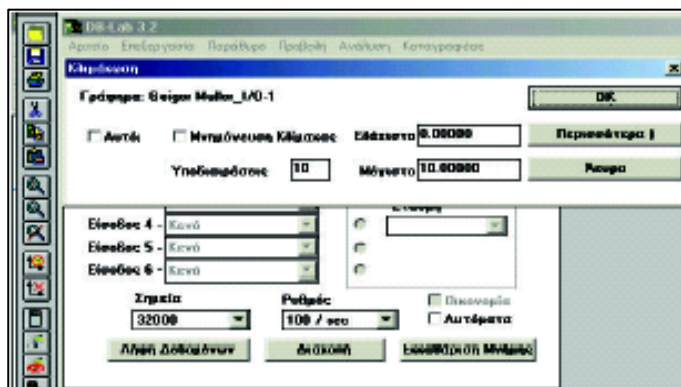
1. Θέτουμε τον καταγραφέα από την κατάσταση «OFF» στη θέση : «ON» και αφού αυτορυθμιστεί και παρουσιαστεί στην οθόνη του η λέξη «Ready», ενεργοποιούμε το «λογισμικό» του συστήματος ΣΛΑ.
2. Επιλέγουμε από το μενού εντολών τα εξής (Εικόνα 2) :
  - α) «Καταγραφέας» / «Πίνακας Ελέγχου» και στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε :
    - β) «Είσοδος 1» : «Geiger Muller»
    - γ) «Σημεία» : «32000»
    - δ) «Ρυθμός» : «100 / sec»
 Σημείωση : Μπορεί να γίνει αυτόματη αναγνώριση – ενεργοποίηση των αισθητήρων αν τους συνδέσουμε στον καταγραφέα ενώ βρίσκεται σε κατάσταση «ON».
3. Επιλέγουμε από το μενού εντολών τα εξής :
  - α) «Καταγραφέας» / «Λήψη δεδομένων» και περιμένουμε.
  - β) Επειδή ο ρυθμός λήψης μετρήσεων είναι πολύ μεγάλος, το σύστημα δεν προλαβαίνει να σχεδιάσει τα γραφήματα σε πραγματικό χρόνο. Έτσι μετά το πέρας της λήψης δεδομένων ή κατά τη διάρκεια αυτής, αν θέλουμε να διακόψουμε, επιλέγουμε :
    - ✓ «Διακοπή», από τον πίνακα ελέγχου,
    - ✓ «Καταγραφέας» / «Ανάκτηση δεδομένων» από το μενού εντολών και περιμένουμε.
4. Λαμβάνουμε στην οθόνη το ραβδόγραμμα «Ενεργότητα – Χρόνος» με εύρος ράβδου 10 s ( Εικόνα 3 ) και από το μενού επιλέγουμε : «Προβολή» / «Κλίμακα» ( Εικόνα 4 ) και θέτουμε :
  - ✓ «Ελάχιστο» : 0
  - ✓ «Μέγιστο» : 10
  - ✓ «Υποδιαιρέσεις» : 10
  - ✓ «Μνημόνευση κλίμακας»
  - ✓ «OK»
5. Θέτουμε τον καταγραφέα στη θέση «OFF».
6. Αποθηκεύουμε το ραβδόγραμμα με το όνομα «Geiger» ( αισθητήρας οριζόντιος ).
7. Εκτυπώνουμε το ραβδόγραμμα «Ενεργότητα – Χρόνος» ( Geiger ).



Εικόνα 3 :  
Ραβδόγραμμα «Ενεργότητα – χρόνος»

#### B. Αισθητήρας G–M κατακόρυφος

8. Περιστρέφουμε τον αισθητήρα κατά 90° ( ώστε να γίνει κατακόρυφος ) και επαναλαμβάνουμε τις προηγούμενες ενέργειες 1 – 6 αποθηκεύοντας το ραβδόγραμμα με το όνομα «Geigerk» ( αισθητήρας κατακόρυφος ).
9. Εκτυπώνουμε το ραβδόγραμμα «Ενεργότητα – Χρόνος» ( Geigerk ).
10. Αναπαράγουμε τα δύο ραβδογράμματα στο φωτοτυπικό μηχάνημα σε τόσα αντίγραφα όσοι και οι μαθητές.
11. Διανέμουμε στους μαθητές τα δύο ραβδογράμματα «Ενεργότητα – χρόνος» ( οριζόντιος και κατακόρυφος αισθητήρας ).



Εικόνα 4

### Επεξεργασία μετρήσεων

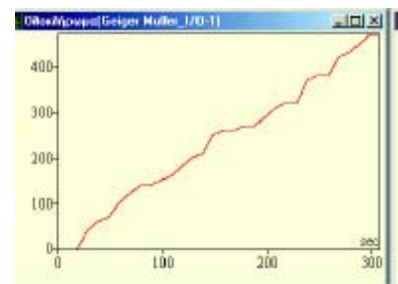
- Θυμόμαστε από την ύλη της Β΄ Λυκείου :
  - ✓ τη γραφική παράσταση  $i - t$  ( με  $i = \Delta q / \Delta t$  ), όπου το εμβαδόν παριστάνει το διερχόμενο ηλεκτρικό φορτίο  $q$
  - ✓ τη γραφική παράσταση  $P - t$  ( με  $P = \Delta W / \Delta t$  ), όπου το εμβαδόν παριστάνει την ενέργεια ή το έργο  $W$
- Στην περίπτωση της γραφικής παράστασης «ενεργότητα – χρόνος» ( $\Delta N / \Delta t - t$ ) το εμβαδόν παριστάνει καταγραφές σωματιδίων.

#### A. Αισθητήρας G-M οριζόντιος

1. Παρατηρούμε το διάγραμμα «ενεργότητα – χρόνος» (οριζόντιος αισθητήρας) και καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1 την ενεργότητα που αντιστοιχεί ανά 10 s.
2. Υπολογίζουμε τα επί μέρους εμβαδά ανά 10 s και καταχωρούμε τις τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
3. Υπολογίζουμε τον αριθμό των σωματιδίων ανά 10 s ( αριθμητικά ίσος με το αντίστοιχο εμβαδό ) και καταχωρούμε τις τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
4. Με βάση τις προηγούμενες τιμές υπολογίζουμε αθροιστικά το συνολικό αριθμό σωματιδίων σε κάθε χρονική στιγμή και καταχωρούμε τις τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
5. Υπολογίζουμε το μέσο ρυθμό κρούσεων, δηλαδή τη μέση ενεργότητα και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1 ( μέσος ρυθμός κρούσεων = συνολικός αριθμός σωματιδίων / συνολικός χρόνος ).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ						
Χρονική διάρκεια $\Delta t$ (s)	Ενεργότητα $\Delta N / \Delta t$ (Bq)	Εμβαδόν E (Bq·s)	Αριθμός σωματιδίων $\Delta N / 10$ s (σωματ. / 10 s)	Χρόνος t (s)	Συνολικός αριθμός σωματιδίων N	Μέσος ρυθμός κρούσεων = $N_{ολ} / t_{ολ}$ (σωματίδια / s)
#####	#####	#####	#####	0	0	
0 - 10				10		
10 - 20				20		
20 - 30				30		
30 - 40				40		
40 - 50				50		
50 - 60				60		
60 - 70				70		
70 - 80				80		
80 - 90				90		
.....	.....	.....	.....	.....	.....	
290 - 300				300		

6. Με βάση τα στοιχεία του ΠΙΝΑΚΑ 1 κάνουμε τη γραφική παράσταση «συνολικός αριθμός σωματιδίων – χρόνος» ( $N - t$ ). ( *Εικόνα 5* )
7. Παρατηρούμε το διάγραμμα «Ενεργότητα – χρόνος» και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2 τα ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 1, 2 και 3.
8. Παρατηρούμε το ρυθμό καταγραφής των σωματιδίων στη γραφική παράσταση «συνολικός αριθμός σωματιδίων – χρόνος» ( $N - t$ ) και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 4 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.



Εικόνα 5

### ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Ο οριζόντιος αισθητήρας G–M κατέγραψε την ακτινοβολία για χρονικό διάστημα  $t_{ολ} = \dots\dots\dots$  s  
=  $\dots\dots\dots$  min.
2. Η ελάχιστη τιμή της ενεργότητας είναι  $\dots\dots\dots$  Bq και η μέγιστη  $\dots\dots\dots$  Bq.
3. Τα επί μέρους εμβαδά μεταξύ της γραφικής παράστασης και του άξονα των χρόνων παριστάνουν την ενεργότητα / τον αριθμό των σωματιδίων που φτάνουν στον ανιχνευτή G–M ανά 10 s.
4. Ο ρυθμός καταγραφής των σωματιδίων που εισέρχονται στο μετρητή είναι / δεν είναι σταθερός, διότι η γραφική παράσταση  $N - t$  είναι / δεν είναι ευθεία.

#### B. Αισθητήρας G–M κατακόρυφος

9. Παρατηρούμε το διάγραμμα «Ενεργότητα – χρόνος» (κατακόρυφος αισθητήρας) και καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3 την ενεργότητα που αντιστοιχεί ανά 10 s.
10. Υπολογίζουμε τα επί μέρους εμβαδά ανά 10 s και καταχωρούμε τις τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
11. Υπολογίζουμε τον αριθμό των σωματιδίων ανά 10 s (αριθμητικά ίσος με το αντίστοιχο εμβαδό) και καταχωρούμε τις τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
12. Με βάση τις προηγούμενες τιμές υπολογίζουμε αθροιστικά το συνολικό αριθμό σωματιδίων σε κάθε χρονική στιγμή και καταχωρούμε τις τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
13. Υπολογίζουμε το μέσο ρυθμό κρούσεων, δηλαδή τη μέση ενεργότητα και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 3 (μέσος ρυθμός κρούσεων = συνολικός αριθμός σωματιδίων / συνολικός χρόνος).

### ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Χρονική διάρκεια $\Delta t$ (s)	Ενεργότητα $\Delta N / \Delta t$ (Bq)	Εμβαδόν E (Bq·s)	Αριθμός σωματιδίων ανά 10 s $\Delta N$	Χρόνος t (s)	Συνολικός αριθμός σωματιδίων N	Μέσος ρυθμός κρούσεων = $N_{ολ} / t_{ολ}$ (σωματίδια / s)
#####	#####	#####	#####	0	0	
0 - 10				10		
10 - 20				20		
20 - 30				30		
30 - 40				40		
40 - 50				50		
50 - 60				60		
60 - 70				70		
70 - 80				80		
80 - 90				90		
.....	.....	.....	.....	.....	.....	
290 - 300				300		

14. Με βάση τα στοιχεία του ΠΙΝΑΚΑ 3 κάνουμε τη γραφική παράσταση «συνολικός αριθμός σωματιδίων – χρόνος» ( $N - t$ ). (Εικόνα 5)
15. Παρατηρούμε το διάγραμμα «Ενεργότητα – χρόνος» και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 τα ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 1, 2 και 3.
16. Παρατηρούμε το ρυθμό καταγραφής των σωματιδίων στη γραφική παράσταση «συνολικός αριθμός σωματιδίων – χρόνος» ( $N - t$ ) και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 4 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.

17. Συγκρίνουμε τη μέγιστη ενεργότητα με οριζόντιο και κατακόρυφο προσανατολισμό του αισθητήρα και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 5 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
18. Σκεφτόμαστε πώς θα μετρούσαμε την κοσμική ακτινοβολία και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 6 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.

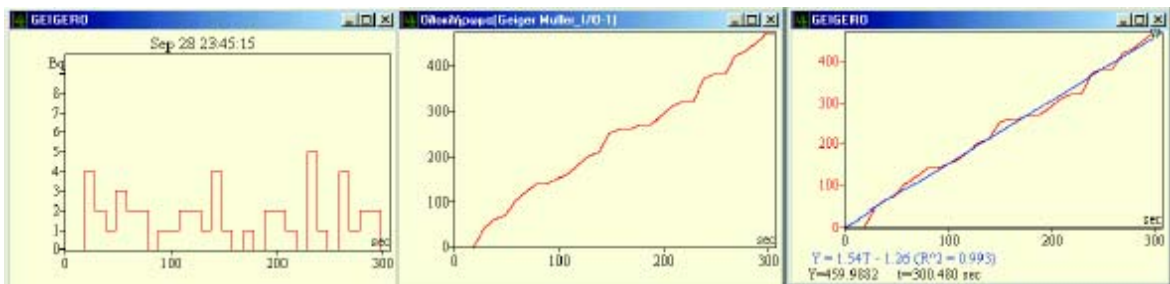
#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Ο κατακόρυφος αισθητήρας G–M κατέγραψε την ακτινοβολία για χρονικό διάστημα  $t_{ολ} = \dots \dots s = \dots \dots \text{min}$ .
2. Η ελάχιστη τιμή της ενεργότητας είναι  $\dots \dots \text{Bq}$  και η μέγιστη  $\dots \dots \text{Bq}$ .
3. Τα επί μέρους εμβαδά μεταξύ της γραφικής παράστασης και του άξονα των χρόνων παριστάνουν την ενεργότητα / τον αριθμό των σωματιδίων που φτάνουν στον ανιχνευτή G – M ανά 10 s.
4. Ο ρυθμός καταγραφής των σωματιδίων που εισέρχονται στο μετρητή είναι / δεν είναι σταθερός, διότι η γραφική παράσταση N – t είναι / δεν είναι ευθεία.
5. Μεγαλύτερη μέγιστη ενεργότητα καταγράφουμε με οριζόντιο / κατακόρυφο προσανατολισμό της λυχνίας G–M.
6. Αν θέλουμε να μετρήσουμε κυρίως την κοσμική ακτινοβολία, η μέτρηση θα γινόταν στην επιφάνεια της θάλασσας / στην κορυφή ενός ψηλού βουνού / πετώντας σε μεγάλο ύψος με αερόστατο και με τη λυχνία οριζόντια / κατακόρυφη.

#### Η. ΠΑΡΑΠΕΡΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

(ΜΟΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ)

1. Ανοίγουμε το αποθηκευμένο αρχείο – ραβδόγραμμα «Geigero» ( με οριζόντιο αισθητήρα, *Εικόνα 6* ).
2. Επιλέγουμε από το μενού εντολών τα εξής :  
 α) «**Ανάλυση**» / «**Ολοκλήρωμα**» και στην οθόνη εμφανίζεται η γραφική παράσταση «συνολικές καταγραφές – χρόνος» ( *Εικόνα 7* ).  
 β) «**Ανάλυση**» / «**Γραμμική παλινδρόμηση**» και στην οθόνη εμφανίζεται προσαρμοσμένη η γραφική παράσταση «συνολικές καταγραφές – χρόνος» ( ευθεία – *Εικόνα 8* ).



Εικόνα 6

Εικόνα 7

Εικόνα 8

3. Στο κάτω μέρος της γραφικής παράστασης «συνολικές καταγραφές – χρόνος» εμφανίζεται η κλίση της ευθείας, δηλαδή η μέση ενεργότητα ( *Εικόνα 8*,  $Y = 1,54 \text{ T}$  στο συγκεκριμένο πείραμα ).
4. Τοποθετούμε τον κέρσορα επάνω στην γραφική παράσταση και πατάμε διπλό αριστερό κλικ. Μεταφέρουμε το βέλος κρατώντας πατημένο το αριστερό κλικ και σύροντας το ποντίκι πάνω στην γραφική παράσταση στον άξονα των χρόνων μέχρι τα 300 s και στη συνέχεια αφήνουμε το δάκτυλό μας.
5. Στο κάτω μέρος της γραφικής παράστασης ( κάτω από την κλίση ) εμφανίζεται ο συνολικός αριθμός των διασπάσεων ( 460 στο συγκεκριμένο πείραμα ), και τον συγκρίνουμε με το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των μαθητών.