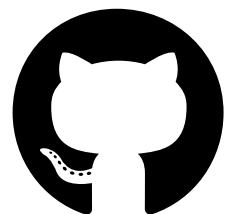
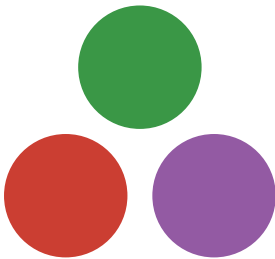


22/05/2025  
Χαιδελβέργη,  
Γερμανία

Αστέριος  
Καλογήρου  
ΑΕΜ : 15473

## Εισαγωγή

Όπως και στο προηγούμενο σετ ασκήσεων έτσι και σε αυτό χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού **Julia** και για την γραφή της εργασίας χρησιμοποιήθηκε ένα “custom template” του **Typst** το οποίο είναι ένα καινούργιο εργαλείο εναλλακτικό της **LaTeX**. Ο κώδικας της **Julia** όπως και του **Typst** βρίσκονται στο λινκ : <https://github.com/Askalogi/Fysikh-kai-Texnologia-Imiagwgn>.



## 1) ΕΡΩΤΗΣΗ :

- Για την πρώτη ερώτηση πρώτα υπολογίστηκαν τα  $\ln(I)$  με τα δεδομένα που δίνονται από το excel. Με τα υπολογισμένα δεδομένα κατασκευάστηκε το εξής γραφήμα :

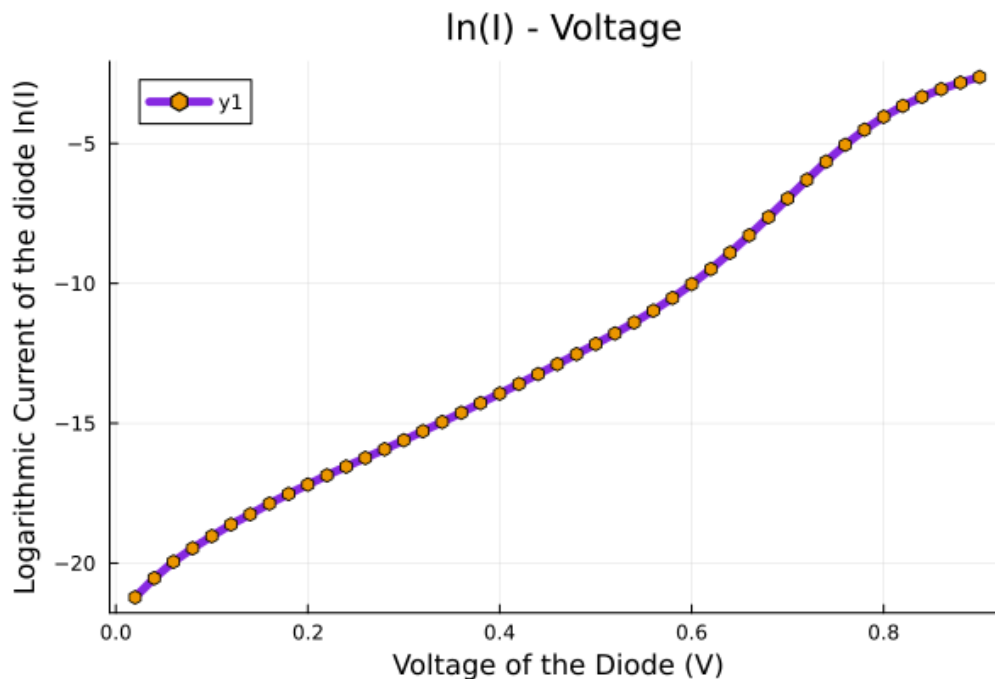


Figure 2:  $\ln(I)$  - V

- Εγώ παρατήρησα κάποιες γραμμικές περιοχές στο γραφήμα συγκεκριμένα στις τάσεις 0.18 V με 0.28 V για τις χαμηλές τάσεις και 0.68 V με 0.78 V για τις υψηλές τάσεις.
- Χρησιμοποίησα την γραμμική παλινδρομηση για αυτές τις τιμές και στις δύο περιοχές για τον υπολογισμό των  $I_s$  και  $n$ .
- Για την περιοχή με τις μεγάλες τάσεις πέρα από την αρχική προσέγγιση, χρησιμοποίησα και την “διορθωμένη” τάση  $V_{\text{corr}} = V - I * R_s$  με την επιδραση μια αντιστάσεως σε σειρά  $R_s = 1\Omega$  άρα υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για την περιοχή με τις υψηλές τάσεις.
- Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο :

$$I = I_s * \exp\left(\frac{q * V}{n * k * T} - 1\right) \quad (1)$$

Φυσικά για την περιοχή με  $V > 0.7V$  πήρα την προσέγγιση  $I = I_s * \exp\left(\frac{q * V}{n * k * T}\right)$  τον οποίο λογαριθμήσα και βρήκα  $\ln(I) = \ln(I_s) + \frac{q * V}{n * k * T}$  ο οποίος έχει την μορφή  $y = \alpha * x + \beta$  με κλίση :

$$\alpha = \frac{q}{n * k * T} \quad (2)$$

οπου  
 $T = 300[K]$

$k = 1.38e - 23 [\frac{J}{K}]$

$q = 1.6e - 19 [C]$

και  $n$  αγνωστος.

και τομή :

$$\beta = \ln(I_s) \quad (3)$$

με  $I_s$  ρευμα κορου αντιστροφης πολωσης.

- Για περιοχή με τάσεις  $0.18V - 0.28V$  υπολογισα  $\alpha_l = 15.806$  και  $\beta_l = -20.34$  αρα χρησιμοποιωντας τους τυπους  $\rightarrow 2$  και  $\rightarrow 3$  υπολογιζουμε το  $n = 2.44$  και το  $I_s = 1.45 * 10^{-9} [A]$  κανονικα επρεπε να εχουμε  $n \sim 2$
- Για περιοχή με τάσεις  $0.68V - 0.78V$  υπολογισα  $\alpha_l = 30.84$  και  $\beta_l = -28.51$  αρα χρησιμοποιωντας τους τυπους  $\rightarrow 2$  και  $\rightarrow 3$  υπολογιζουμε το  $n = 1.25$  και το  $I_s = 4.14 * 10^{-13} [A]$  κανονικα επρεπ να εχουμε  $n \sim 1$

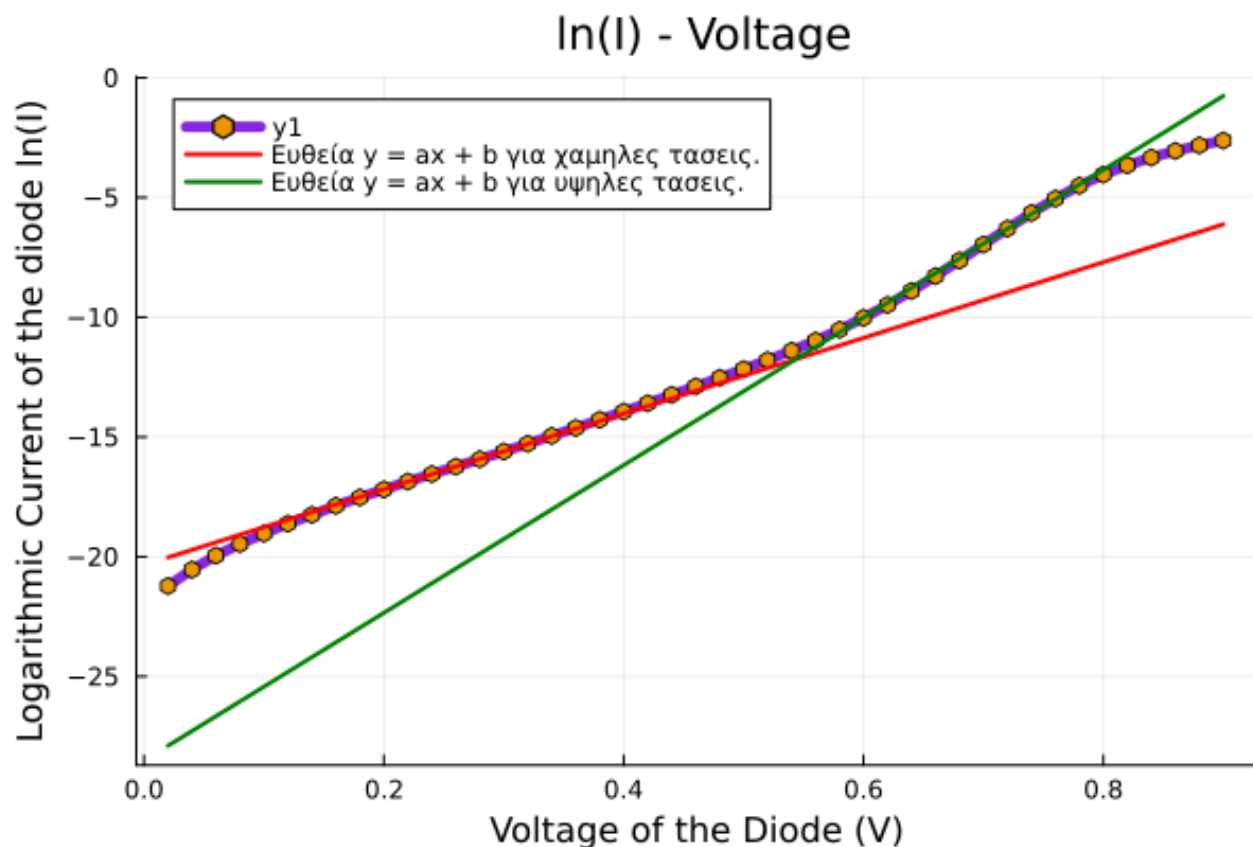


Figure 3:  $\ln(I) - V$  με τις δυο ευθειες

Το αποτελεσμα φαινεται αρκετα καλο !

- Αλλά έχουμε και την προσέγγιση με την διορθωμένη τάση με την ύπαρξη μιας μικρής αντιστάσης  $R_s$  στο οποίο προκύπτει αυτό το γράφημα :

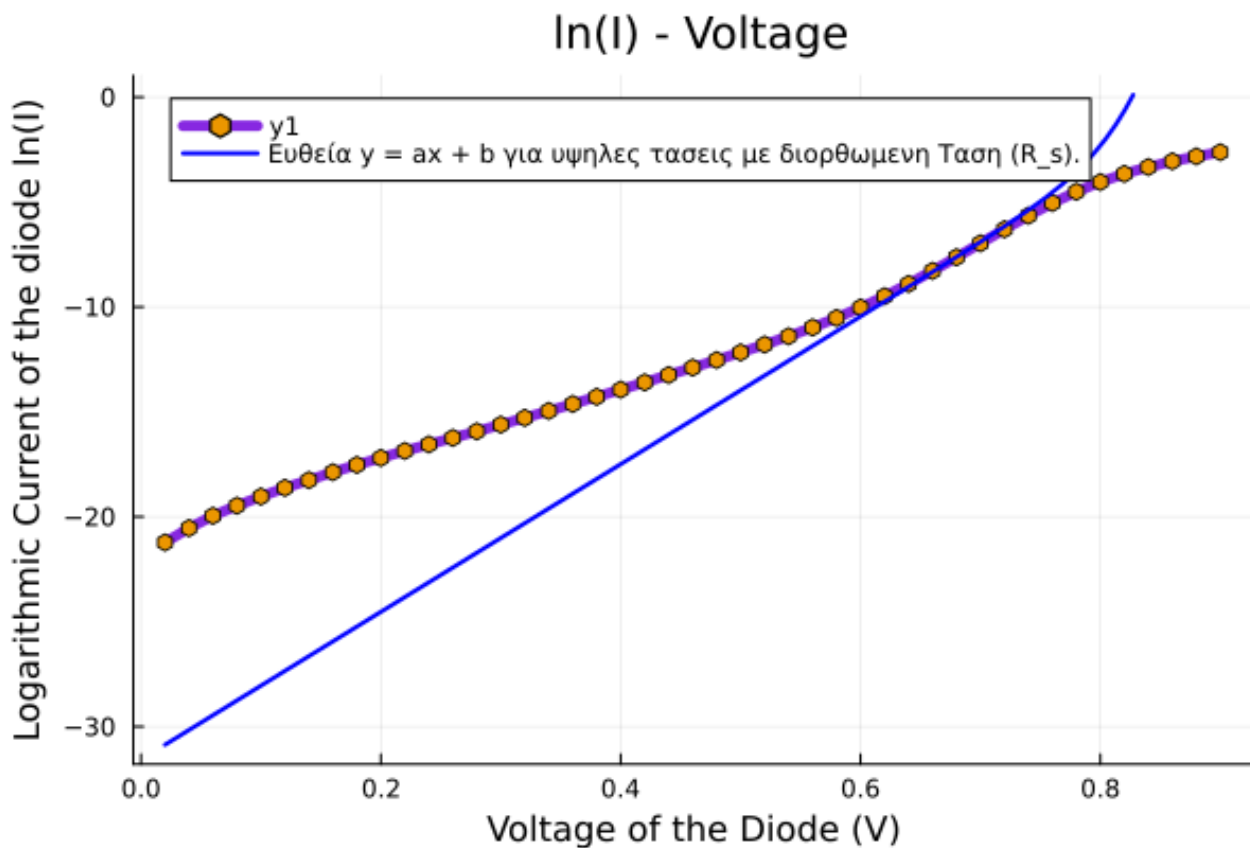


Figure 4:  $\ln(I) - V$  με ευθεια διορθωμενης τασης

## 2) ΕΡΩΤΗΣΗ :

### α) ΥποΕρώτημα :

- Για τον υπολογισμό του φραγματος δυναμικού της διόδου χρησιμοποιούμε πάλι γραμμική παλινδρόμηση με τα δεδομένα που μας δίνονται στον πίνακα. Συγκεκριμένα πρώτα υπολογίζουμε  $\frac{1}{C^2}$  καθώς γνωρίζουμε τον τύπο :

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2 * (V_{bi} - V_R)}{q * \epsilon * A^2 * N} \quad (4)$$

όπου μπορούμε να το γράψουμε με την μορφή  $y = \alpha * x + \beta$  σαν :  $\frac{1}{C^2} = \alpha * V_R + \beta$  με  $\alpha = \frac{2}{q * \epsilon * A^2 * N}$  και  $\beta = \frac{2 * V_{bi}}{q * \epsilon * A^2 * N}$  για  $V_R = 0$  όπου  $\epsilon = \epsilon_0 * \kappa$  και  $\kappa = 12$ .

Εφόσον έχουμε τα  $C$  και  $V$  υπολογίζουμε κλίση και τομή  $(\alpha, \beta)$  με  $\alpha = 1.13 * 10^{21}$  και  $\beta = 8.31 * 10^{20}$  και τώρα υπολογίζουμε το  $V_{bi}$  με τον τύπο :

$$V_{bi} = -\frac{\beta}{\alpha} \quad (5)$$

και βρίσκουμε  $V_{bi} = 0.73 \text{ eV}$  που είναι κοντά στην ενδεικτική λύση.

Διάγραμμα  $1/C^2 - V_R$  με παλινδρόμηση

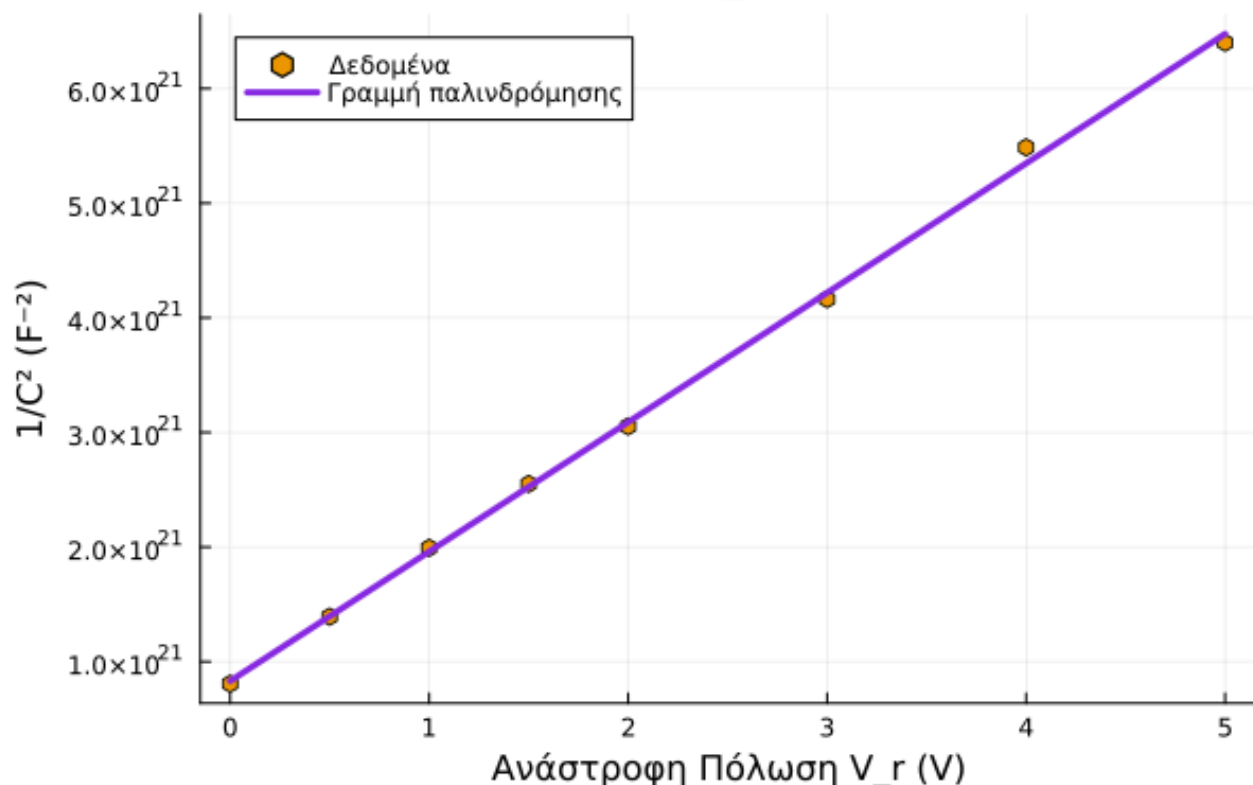


Figure 5: A ΥποΕρώτημα

### β) ΥποΕρώτημα:

- Απο τον τυπο της γραμμικής παλινδρομησης συγκεκριμένα την κλίση  $\alpha$  υπολογίζουμε το  $N = 4 * 10^{14} [\text{cm}^{-3}]$  (είναι μια τάξη μεγέθους κατω)

### γ) ΥποΕρώτημα :

- Για τα δυο φορτια εφοσον εχουμε ιδιες προσμιξεις τα  $Q^+$  και  $Q^-$  θα ειναι ισα κατα μετρο και αντιθετα κατα προσημο. Υπολογιζονται απο την σχεση :

$$|Q^{+/-}| = C * (V_{bi} + V_R) \quad (6)$$

$|Q|$

Φορτια σε Coulomb
-2.5914e-11
-6.3300e-12
5.90920e-12
1.51233e-11
2.28748e-11
3.50889e-11
4.40613e-11
5.32975e-11

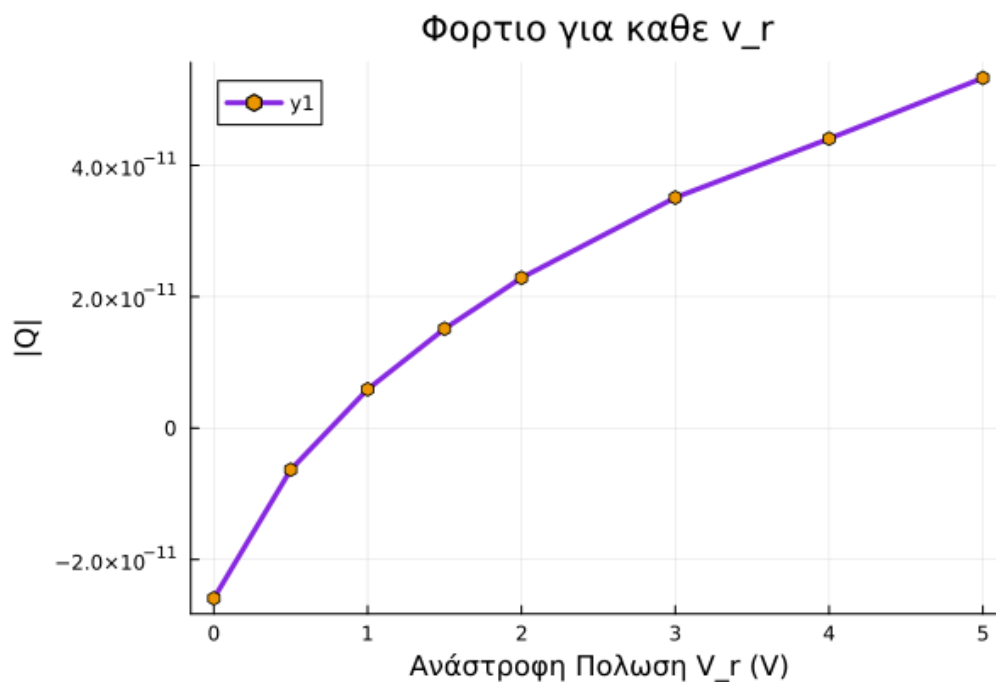


Figure 6: Γ ΥποΕρώτημα

### δ) ΥποΕρώτημα :

- Για να υπολογίσουμε το  $E_{\max}$  πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε το  $W$  δηλαδή το πλάτος περιοχής απογυμνώσης της διοδου.
- Χρησιμοποιούμε τον τυπο

$$W = \left( \varepsilon * \frac{A}{C} \right) \quad (7)$$

- Εφόσον υπολογίσουμε το  $W$  για κάθε τιμή που μας δίνεται τότε χρησιμοποιώντας τον τυπο :

$$E_{\max} = \frac{V_{bi} + V_R}{W} \quad (8)$$

$E_{\max}$

Μεγιστο Ηλεκτρικο Πεδιο [V/cm]
-15243.88
-3723.63
3476.07
8896.24
13456.05
20640.95
25918.93
31352.09

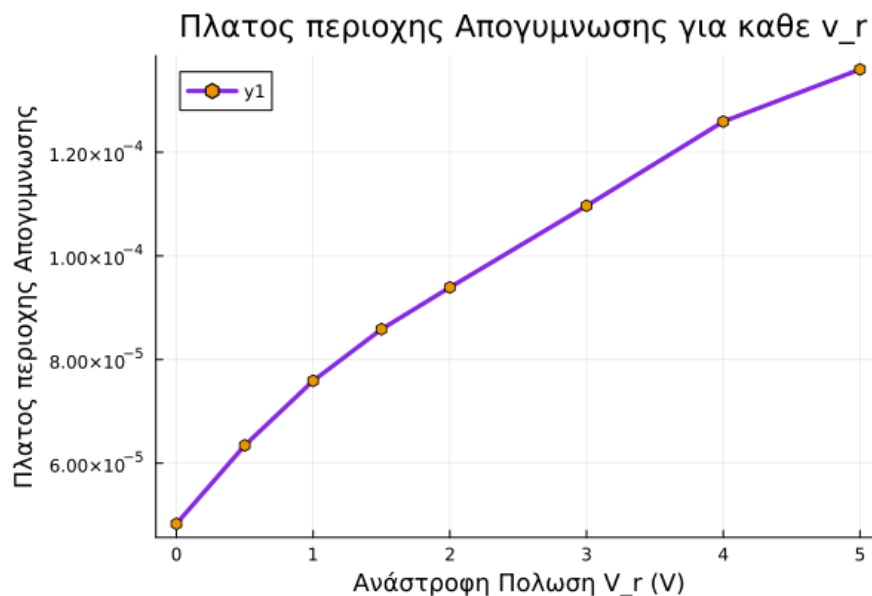


Figure 7:  $\Delta_1$  ΥποΕρώτημα

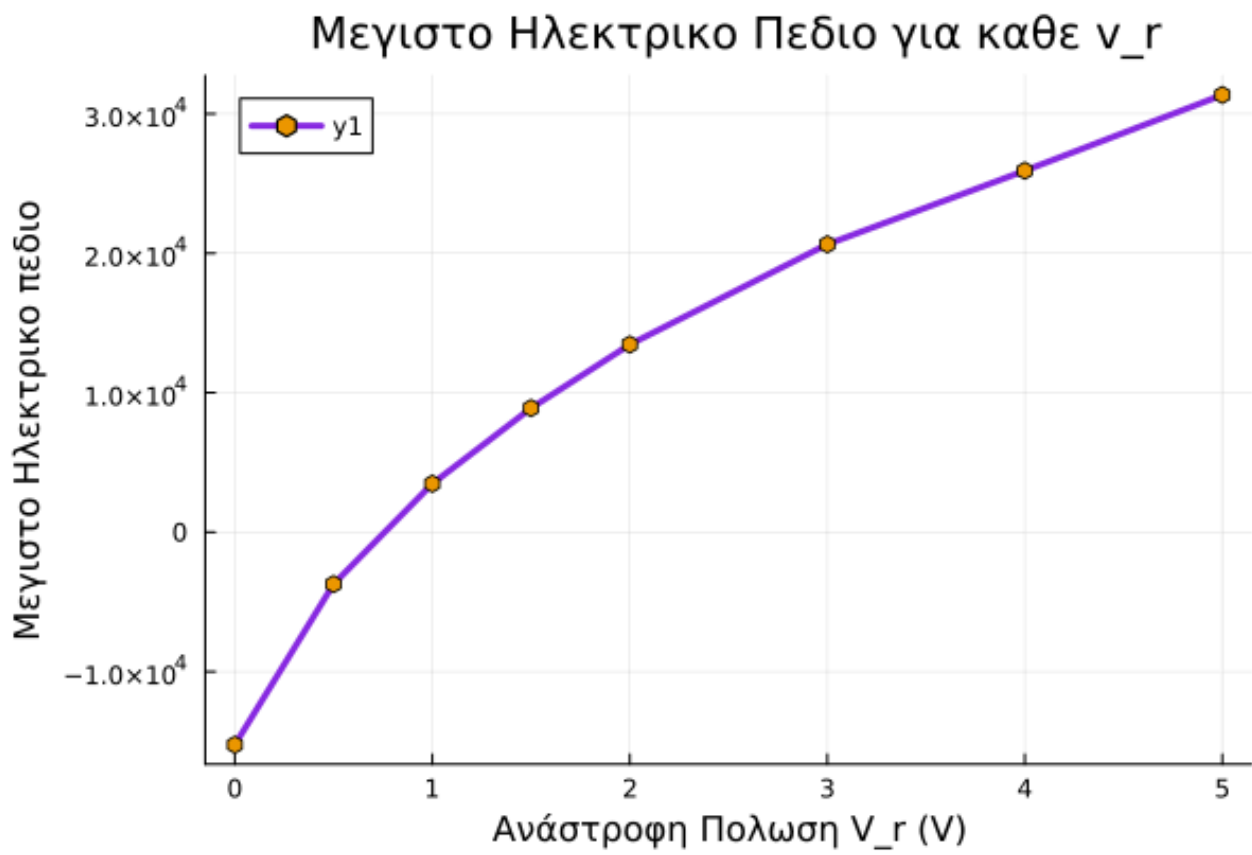


Figure 8:  $\Delta_2$  ΥποΕρώτημα



**ε) ΥποΕρώτημα :**

- Για τον υπολογισμό του δυναμικού στη μεταλλουργική επαφή  $V_{x=0}$  για κάθε  $V$  χρησιμοποιούμε τον τύπο :

$$V_{x=0} = \frac{q * N * W}{2 * \epsilon} \quad (9)$$

και βρίσκουμε :

**Δυναμικό στη Μεταλλουργική Επαφή  $V_{x=0}$**

$V_{x=0}$ σε Volt
-14800.65
-19439.65
-23258.16
-26312.26
-28783.58
-33611.79
-38591.31
-41678.62

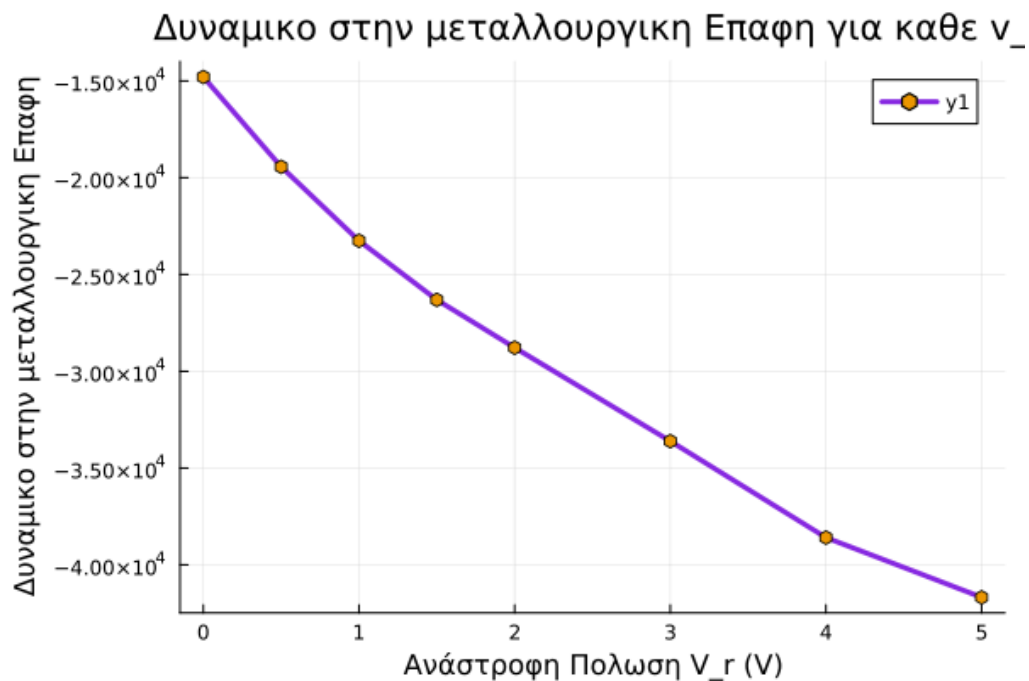


Figure 9: Ε ΥποΕρώτημα

**στ) ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ? :**

- Βρίσκονται το καθένα στις σελίδες με το αντιστοιχο υποερωτημα.

### 3) ΕΡΩΤΗΣΗ:

#### α) ΥποΕρώτημα:

- Απο το γραφημα που μας δινεται του οποιου η κλιμακα της χωρητικοτητας ειναι κανονικοποιημενη γνωριζουμε πως  $C_0 = 8 * 10^{-12} F$  και  $C_5 = 3.2 * 10^{-12} F$  δηλαδη ειναι το 40% της μεγιστης τιμης για -5 V. Γνωριζοντας αυτες τις τιμες και εφαρμοζοντας τους τυπους  $\rightarrow 4$  και  $\rightarrow 5$  για τον υπολογισμο των  $\alpha$  και  $\beta$  και επειτα του  $V_{bi}$  οπου το υπολογισα ισο με  $V_{bi} = 0.95 \text{ eV}$

**β) ΥποΕρώτημα :**

- Για τον υπολογισμό του επιπέδου νοθευσης στην πλευρά χαμηλής νοθευσης  $N_L$  χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$N_L = \frac{2}{q * e_s * A^2 * |a|} \quad (10)$$

Και βρήκα ότι το  $N_L$  είναι ίσο με  $2.8 * 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  το οποίο είναι μια τάξη μεγέθους κάτω.

**γ) ΥποΕρώτημα :**

- Για τον υπολογισμό του επιπέδου νοθευσης στην πλευρά υψηλής νοθευσης  $N_H$  χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$N_H = \left( \frac{n_i^2}{N_L} \right) * \exp \left( \frac{V_{bi} * q}{k * T} \right) \quad (11)$$

οπου χρησιμοποίησα σαν δεδομένο  $n_i = 1.5 * 10^{10} \text{ cm}^{-3}$  για διοδο πυριτίου (Si). Το αποτέλεσμα που υπολογισα είναι  $N_H = 7.76 * 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  το οποίο βγαίνει 4 τάξεις μεγεθους πανω απο την πλευρά με χαμηλη νοθευση κατι αναμενομενο.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ :

Σχεδόν όλα τα αποτελέσματα βγήκαν εντός των αναμενομένων κλιμακών εκτός της 3ης ερωτησης αλλά χωρίς ΤΕΡΑΣΤΙΕΣ αποκλισεις αυτο ισως να προκυπτει απο τις προγραμματιστικες μου ικανοτητες καθως η **julia** ειναι μια καινουργια γλωσσα που μαθαινω.