ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ Ι

ΘΕΩΡΙΑ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Ενότητα 5: Γραφική παράσταση μετρήσεων

Τμήμα Φυσικής

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Άδειες Χρήσης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

Για τη χάραξη μιας γραφικής παράστασης είναι σημαντικό να γνωρίζουμε:

- Πώς επιλέγουμε τους άξονες;
- Πώς τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία;
- Πώς χαράζουμε την καμπύλη;
- Τι πληροφορίες μας δίνει;

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

Για τη χάραξη μιας γραφικής παράστασης απαιτούνται:

- Χρήση χιλιοστομετρικού (μιλιμετρέ) χαρτιού!
- Αναγνώριση των φυσικών μεγεθών που θα παρασταθούν σε κάθε άξονα.
- Επιλογή βαθμολογίας των δύο αξόνων:
  - Αξιοποίηση όλου του διαθέσιμου χώρου.
  - Η βαθμολογία των αξόνων πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η γραφική παράσταση να εκτείνεται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του χαρτιού που διατίθεται.
  - Δεν είναι απαραίτητο οι άξονες να ξεκινούν από το (0,0).

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

  - Δεν είναι απαραίτητο η μονάδα να έχει το ίδιο μήκος στους δύο άξονες.
  - **Αποφεύγουμε** την αντιστοίχιση μιας μονάδα σε 3 mm ή σε 3 cm: Βαθμολογούμε ανά ένα, δύο (και πολλαπλάσια), πέντε mm ή cm.

- ***Σε κάθε άξονα γράφουμε:***
  - Το αντίστοιχο φυσικό μέγεθος με τις μονάδες του.
  - Τη βαθμολογία του άξονα, δηλαδή τις «στρογγυλές» τιμές, ανά τακτά διαστήματα, ούτε πολύ πυκνά, ούτε πολύ αραιά.

    Δεν σημειώνουμε τις πειραματικές τιμές!

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

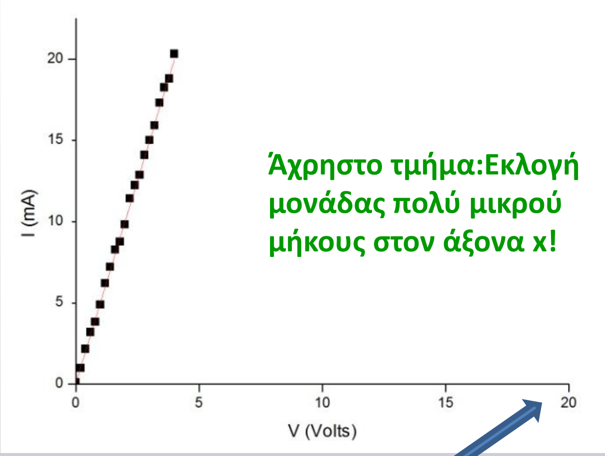
Τοποθετούμε, με μικρές κουκίδες, τα πειραματικά σημεία (κατά προτίμηση με μολύβι)

  - Δε χαράζουμε βοηθητικές γραμμές.

- ***Χαράζουμε την καμπύλη ομαλά ώστε:***
  - Το άθροισμα των αποστάσεων από την καμπύλη των σημείων που βρίσκονται επάνω από αυτήν να είναι περίπου ίσο με το άθροισμα των αποστάσεων των σημείων που βρίσκονται από κάτω.
  - Χρησιμοποιούμε διαφανή χάρακα ή καμπυλόγραμμο, και χαράζουμε μια ομαλή καμπύλη: ΔΕΝ ενώνουμε μεταξύ τους τα πειραματικά σημεία.
  - Δεν πρέπει να εμφανίζονται «ασυνέχειες». Αν κάποιο πειραματικό σημείο «ξεφεύγει», εξετάζουμε μήπως είναι λάθος!

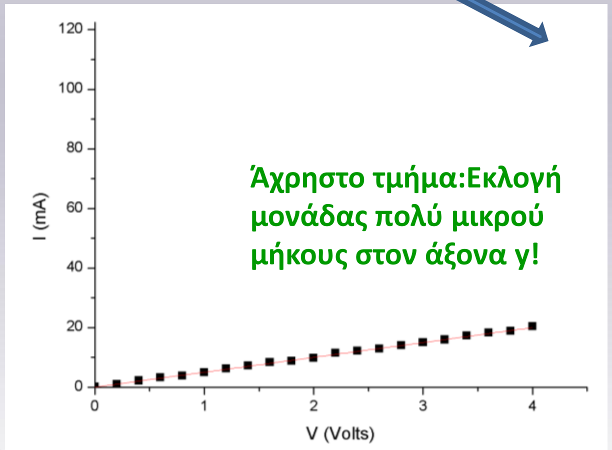
ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

Παράδειγμα



Άχρηστο τμήμα:Εκλογή μονάδας πολύ μικρού μήκους στον άξονα x!

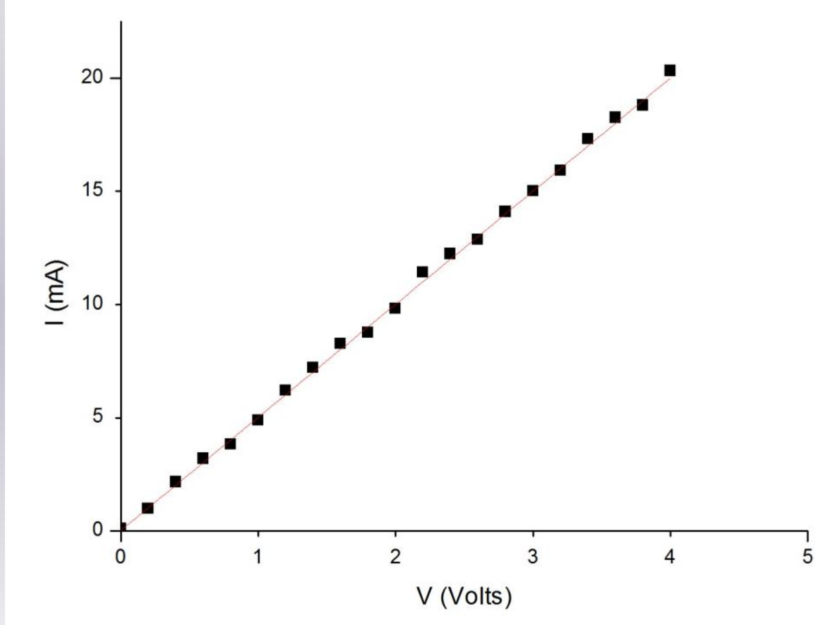
ΚΑΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΞΟΝΩΝ



Άχρηστο τμήμα:Εκλογή μονάδας πολύ μικρού μήκους στον άξονα y!

ΟΡΘΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΞΟΝΩΝ:

Η γραφική παράσταση εκτείνεται σε όλο το χαρτί που διατίθεται!



ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ

- ***Στα Μαθηματικά*** – ορθοκανονικό σύστημα αξόνων- η κλίση ευθείας ορίζεται ως:

$$k = \tan\varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

- και είναι ΚΑΘΑΡΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ (χωρίς μονάδες)
- φ είναι η γωνία που σχηματίζει η ευθεία με τον θετικό ημιάξονα x.

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ

- ***Στη Φυσική*** οι άξονες αντιπροσωπεύουν φυσικά μεγέθη.

- η κλίση-γενικά- εφόσον αντιστοιχεί σε μια φυσική ποσότητα, ΔΕΝ είναι καθαρός αριθμός αλλά έχει μονάδες!!!

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ

- Υπολογισμός κλίσης:
  - Διαλέγω δύο τυχαία σημεία της ευθείας,

    ΟΧΙ πειραματικά
  - **Να απέχουν αρκετά μεταξύ τους!!**
  - Τα απεικονίζω στο διάγραμμα ως ζεύγη τιμών (x_1,y_1), (x_2,y_2)
  - Υπολογίζω την κλίση ως: $\text{ΚΛΙΣΗ} = \dfrac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

  και
  - γράφω το αποτέλεσμα με τις μονάδες του:

$$\text{ΜΟΝΑΔΕΣ} = \frac{\text{ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ y}}{\text{ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ x}}$$

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Παράδειγμα 1:

- Μετρήθηκε η περίοδος Τ ενός απλού μαθηματικού εκκρεμούς για διάφορα μήκη l του εκκρεμούς, και προέκυψαν οι μετρήσεις που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση g της βαρύτητας.

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

L (m)	*T (sec)*
0.262	1.05
0.303	1.09
0.428	1.34
0.513	1.40
0.650	1.65
0.734	1.70
0.802	1.83
0.927	1.90

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Γνωρίζουμε ότι η περίοδος του απλού μαθηματικού εκκρεμούς δίδεται από τη σχέση:

$$\boldsymbol{T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}$$

Επειδή η σχέση μεταξύ $\boldsymbol{T}$ και $\boldsymbol{L}$ δεν είναι γραμμική, υψώνοντας στο τετράγωνο προκύπτει :

$$\boldsymbol{T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g} = \frac{4\pi^2}{g}L}$$

Οπότε προκύπτει γραμμική σχέση μεταξύ του $\boldsymbol{T^2}$ και του $\boldsymbol{L}$! Αρκεί λοιπόν να κάνουμε τη γραφική παράσταση του $\boldsymbol{T^2}$ συναρτήσει του $\boldsymbol{L}$:

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

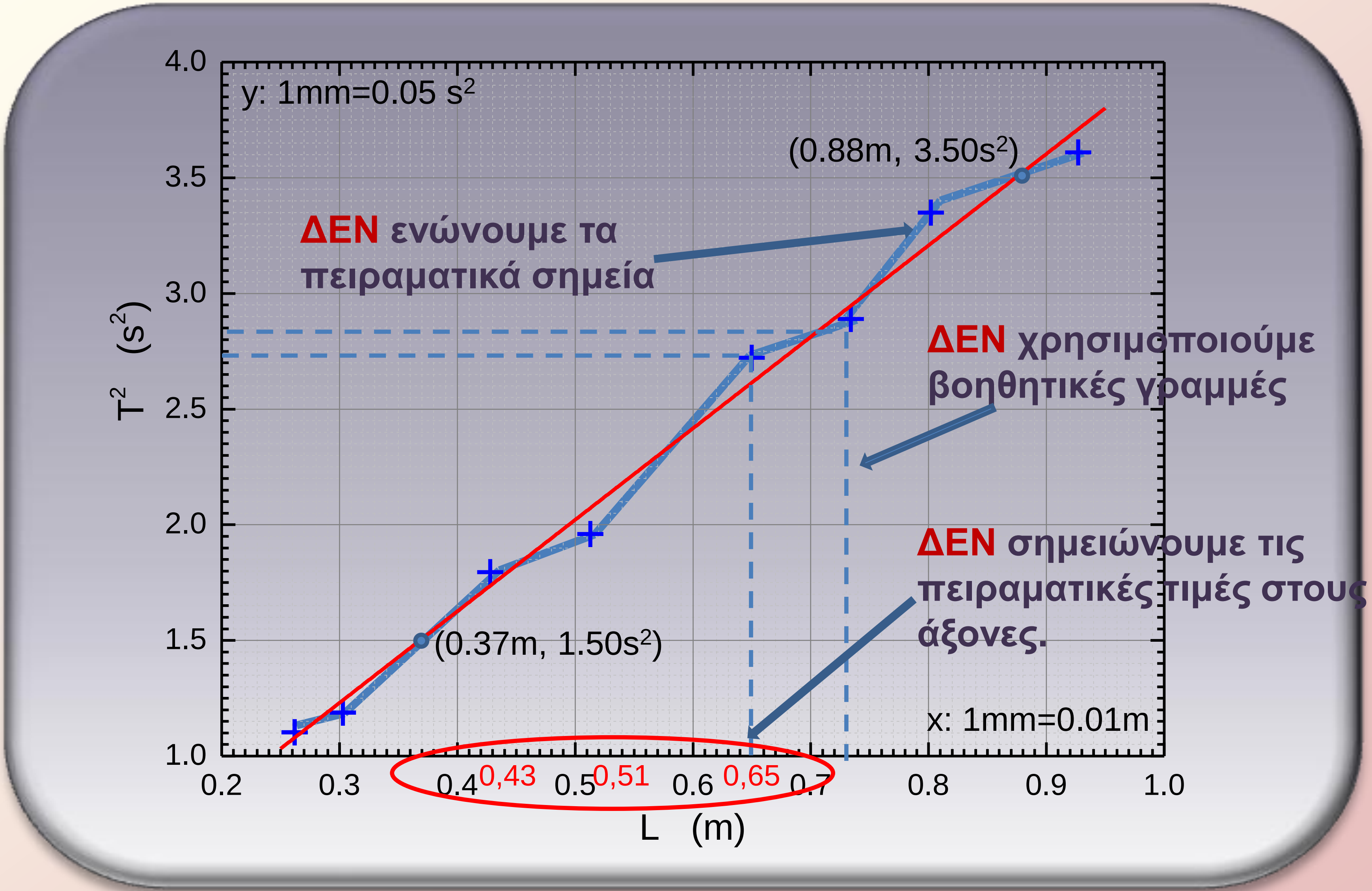
L (m)	*T (sec)*	*$T^2(sec)^2$*
0.262	1.05	1.10
0.303	1.09	1.17
0.428	1.34	1.80
0.513	1.40	1.96
0.650	1.65	2.72
0.734	1.70	2.89
0.802	1.83	3.35
0.927	1.90	3.61

x: 0,2 – 1,0

y: 1,0 – 4,0

Προσοχή στα σημαντικά ψηφία!!

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ



ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Από τη γραφική παράσταση βρέθηκε :

$$\kappa\lambda\iota\sigma\eta = \frac{(3,50 - 1,50)\ \mathrm{s}^2}{(0,88 - 0,37)\ \mathrm{m}} = \frac{2,00\ \mathrm{s}^2}{0,51\ \mathrm{m}} = 3,92\ \mathrm{s}^2/\mathrm{m}$$

Προσοχή στα σημαντικά ψηφία!!

- 3,50s^2 γιατί η κλίμακα του –y- είναι ανά 0,05s^2
- Η διαφορά 2,00s^2 και όχι 2s^2
- Η κλίση γράφεται με όσα ΣΨ έχει ο αριθμός με τα λιγότερα ή με ένα παραπάνω (όπως εδώ)!

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

$$\text{κλιση} = \frac{4\pi^2}{g} \quad ή \quad g = \frac{4\pi^2}{\text{κλιση}}$$

$$g = \frac{4 \cdot 3,1416^2}{3,92} m/s^2 = 10,1 m/s^2$$

Προσοχή στα σημαντικά ψηφία!!

% απόκλιση από την θεωρητική τιμή:

$$\left|\frac{g_\pi - g_\theta}{g_\theta}\right| \cdot 100\% = \left|\frac{10.1 - 9.81}{9.81}\right| = 2.96\%$$

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Παράδειγμα 2:

Η ωμική αντίσταση R ενός χάλκινου σύρματος, μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία θ, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\boldsymbol{R = R_0(1 + \alpha\theta)}$$

όπου:

R_0 είναι η τιμή της αντίστασης στους $0\ ^oC$, και

α ο θερμικός συντελεστής αντίστασης.

Μετρήσεις της αντίστασης συναρτήσει της θερμοκρασίας, έδωσαν τα αποτελέσματα που φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα. Να υπολογίσετε τον συντελεστή α.

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

θ (^oC)	R (Ω)
29.2	15.80
37.0	16.20
45.0	16.60
50.0	16.90
58.1	17.42
65.0	17.70
70.0	18.00
75.0	18.40
79.5	18.60
92.3	19.45

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Έχουμε:

$$\boldsymbol{R = R_0(1+\alpha\theta)} \text{ ή } \boldsymbol{R = R_0 + \alpha R_0 \theta}$$

Από τη γραφική παράσταση του R συναρτήσει του θ, βρίσκω το R_0 (τιμή του R για $\theta=0$) και από την κλίση, η οποία είναι ίση με αR_0, υπολογίζω το α.

ΠΡΟΣΟΧΗ!!

Αφού χρειαζόμαστε την τιμή του R για $\theta=0$:

- Ο άξονας θ *(-x-)* **πρέπει** να αρχίζει από το **0 °C!**
- Ο άξονας R *(-y-)* μπορεί να αρχίζει π.χ. από το **13 Ω.**

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

θ (^oC)	R (Ω)
29.2	15.80
37.0	16.20
45.0	16.60
50.0	16.90
58.1	17.42
65.0	17.70
70.0	18.00
75.0	18.40
79.5	18.60
92.3	19.45

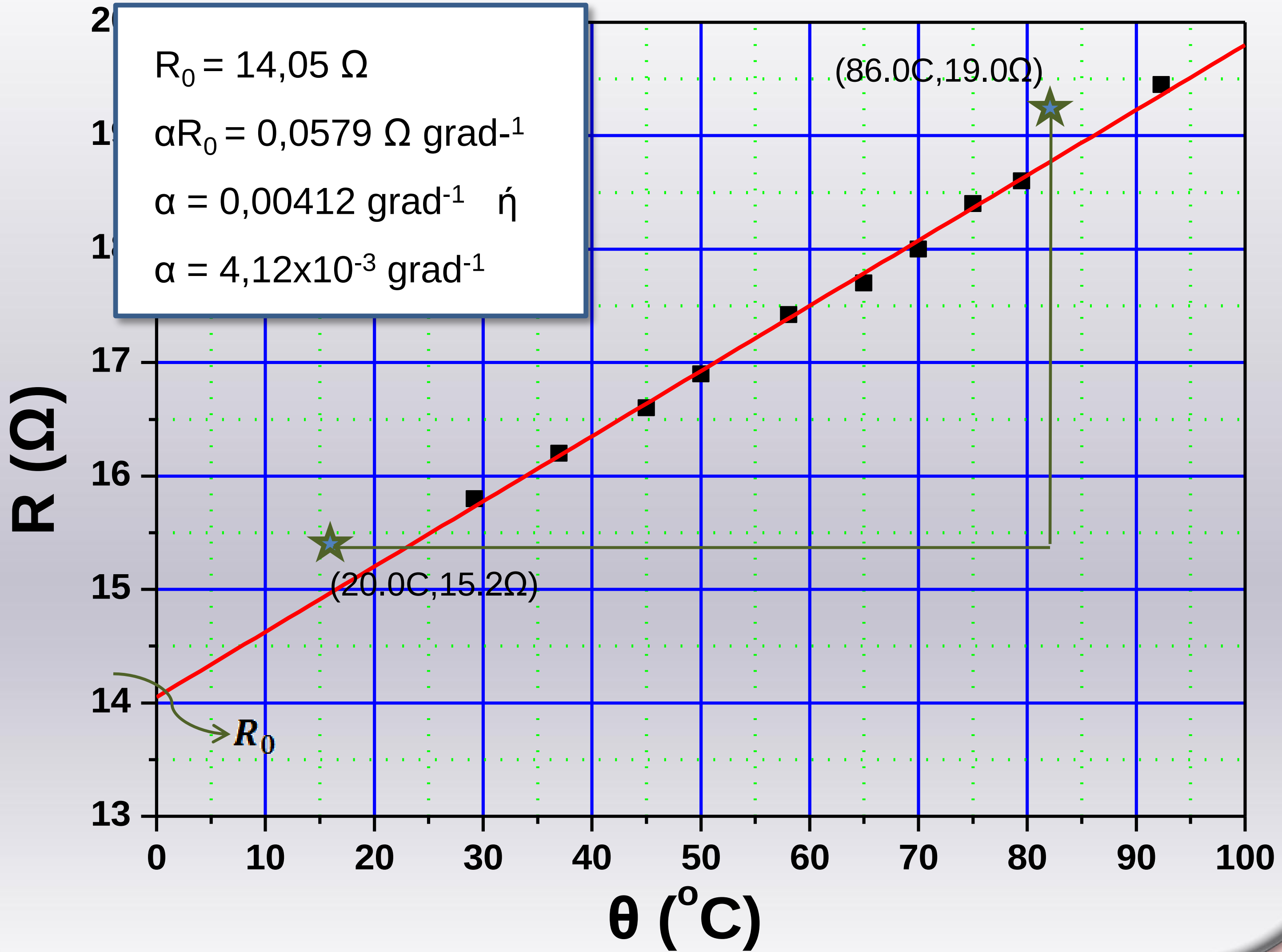
ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

$R_0 = 14{,}05\ \Omega$

$\alpha R_0 = 0{,}0579\ \Omega\ \text{grad}^{-1}$

$\alpha = 0{,}00412\ \text{grad}^{-1}$ ή

$\alpha = 4{,}12\text{x}10^{-3}\ \text{grad}^{-1}$



ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Από τη γραφική παράσταση $R=R(\theta)$, προκύπτει ότι:

Για $\boldsymbol{\theta = 0}$, $\quad \boldsymbol{R = R_0 = 14.0\Omega}$

Υπολογίζω την κλίση: $\boldsymbol{\kappa = \dfrac{(19.0 - 15.2)\Omega}{(86.0 - 20.0)^\circ C} = 0.0576\dfrac{\Omega}{^\circ C}}$

και επειδή: $\boldsymbol{\kappa = \alpha R_0}$ ή $\boldsymbol{\alpha = \dfrac{\kappa}{R_0}}$

Τελικά προκύπτει: $\boldsymbol{\alpha = \dfrac{0.0576}{14.0} grad^{-1} = 4.11 \times 10^{-3} grad^{-1}}$

Σημείωση: $\boldsymbol{1grad = 1^\circ C}$

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ

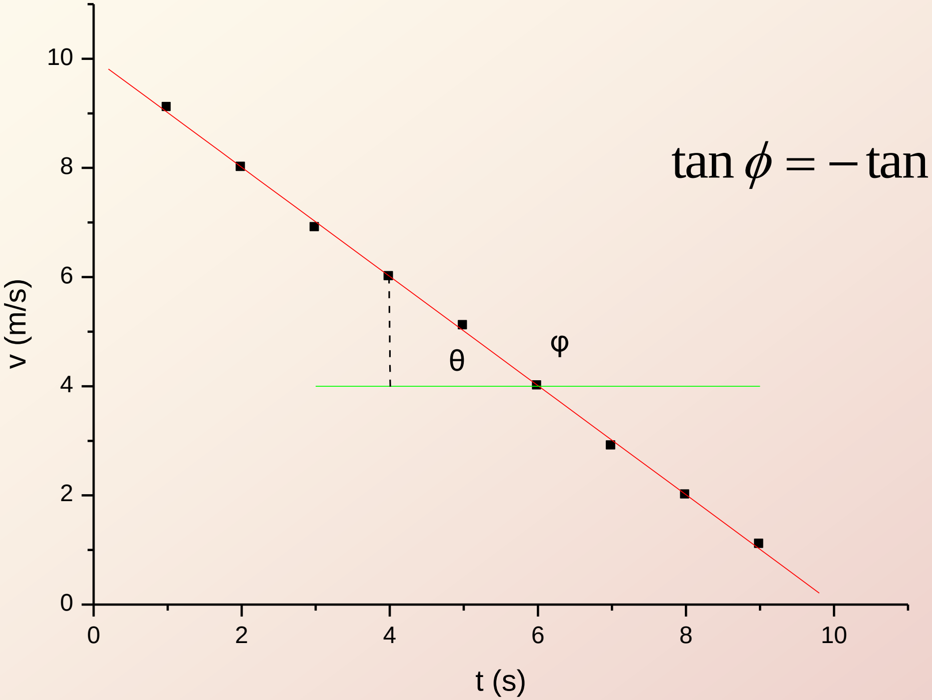
Παράδειγμα 3: *Ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση*

t (s)	v(m/s)
1	9.1
2	8.0
3	6.9
4	6.0
5	5.1
6	4.0
7	2.9
8	2.0
9	1.1

Να υπολογιστεί η κλίση και από αυτήν η επιβράδυνση καθώς και η αρχική ταχύτητα.

ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Παράδειγμα 3: *Ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση*



$$\tan\phi = -\tan\theta = -\frac{(6.0-4.0)m/s}{(6-4)s} = -1.0\,\frac{m}{s^2}$$

Να υπολογιστεί η χρονική στιγμή μηδενισμού της ταχύτητας και η τιμή της ταχύτητας την χρονική στιγμή t=5.5 s.

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

- *Γραμμική Προσαρμογή (linear fitting):* η προσαρμογή μίας ομάδας σημείων ενός διαγράμματος σε μια ευθεία και η εύρεση της αντίστοιχης εξίσωσης.
Αντίστοιχα γίνεται και προσαρμογή καμπύλης (curve fitting).
- *Προεκβολή (extrapolation): ο υπολογισμός της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής που αντιστοιχεί σε μία τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής που βρίσκεται εκτός του διαστήματος για το οποίο έχουμε δεδομένα.*
- *Παρεμβολή (interpolation): ο υπολογισμός της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής που αντιστοιχεί σε μία τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής μεταξύ των πειραματικών δεδομένων.*

«Γραμμικοποίηση» σχέσεων

Παράδειγμα 1ο: *Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση*

$$s = v_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2$$

Πώς θα υπολογίσουμε γραφικά τα v_0 και α από πειραματικές μετρήσεις *s(t);*

Διαιρούμε με *t* και φτιάχνουμε το διάγραμμα *s/t (t)* που έχει τεταγμένη τη v_0 και κλίση *α/2.*

$$\frac{s}{t} = v_0 + \tfrac{1}{2} a t$$

«Γραμμικοποίηση» σχέσεων

Παράδειγμα 2ο: *Κύκλωμα RLC σε σειρά, εναλλασόμενο ρεύμα*

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Πώς θα υπολογίσουμε γραφικά τα *L* και *C* από πειραματικές μετρήσεις *ω(R)*;

«Γραμμικοποίηση» σχέσεων

Υψώνουμε στο τετράγωνο και φτιάχνουμε το διάγραμμα *ω²* (*R²*) που έχει τεταγμένη το *1/LC* και κλίση το *1/4L²*.

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} - \frac{1}{4L^2}R^2, \;\; \omega^2 = B - AR^2$$

Από την κλίση υπολογίζουμε το *L* και μετά, από την τεταγμένη το *C*.

$$L = \frac{1}{2\sqrt{A}}, \quad C = \frac{1}{BL}$$

«Γραμμικοποίηση» σχέσεων

Παράδειγμα 3ο: *Εξάρτηση αγωγιμότητας υλικού από τη θερμοκρασία:*

$$\sigma = \sigma_0 \, e^{-\frac{E_g}{kT}}$$

Πώς θα υπολογίσουμε γραφικά την E_g από πειραματικές μετρήσεις $\sigma(T)$;

«Γραμμικοποίηση» σχέσεων

Λογαριθμίζουμε και φτιάχνουμε το διάγραμμα *lnσ συναρτήσει του 1/T,* που έχει τεταγμένη το $ln\sigma_0$ και κλίση το E_g/k.

$$ln\sigma = ln\sigma_0 - \frac{E_g}{kT}, \; ln\sigma = B - A\left(\frac{1}{T}\right)$$

Από την κλίση Α υπολογίζουμε το E_g.

$$\frac{E_g}{k} = A, \quad E_g = Ak$$

«Γραμμικοποίηση» σχέσεων

ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

$$y = C \cdot x^k \Rightarrow \ln y = \ln C + k \cdot \ln x$$

Λογαριθμικό χαρτί

$$y = C \cdot e^{kx} \Rightarrow \ln y = \ln C + kx$$

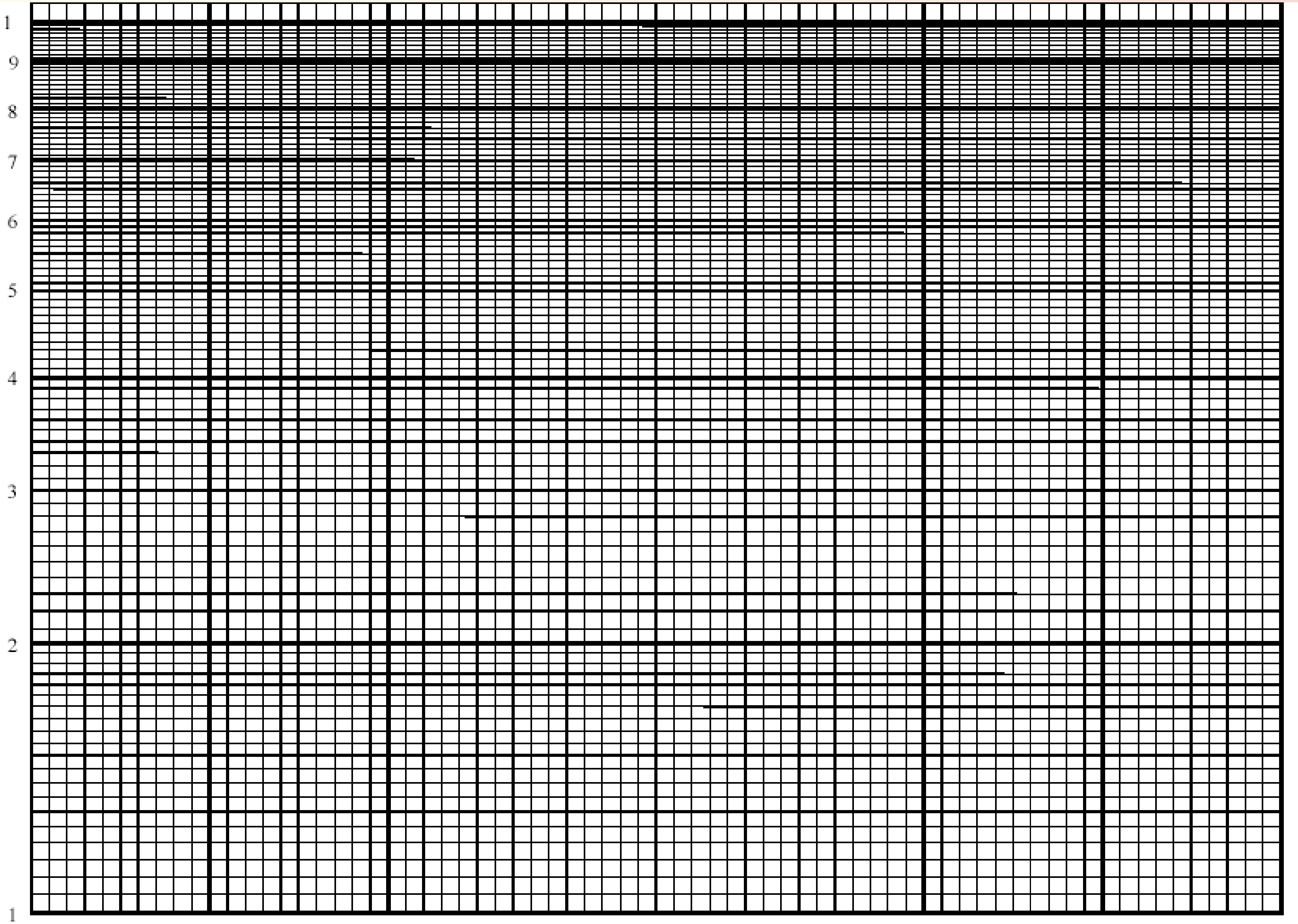
Ημιλογαριθμικό χαρτί

$$y = C \cdot 10^{kx} \Rightarrow \log y = \log C + kx$$

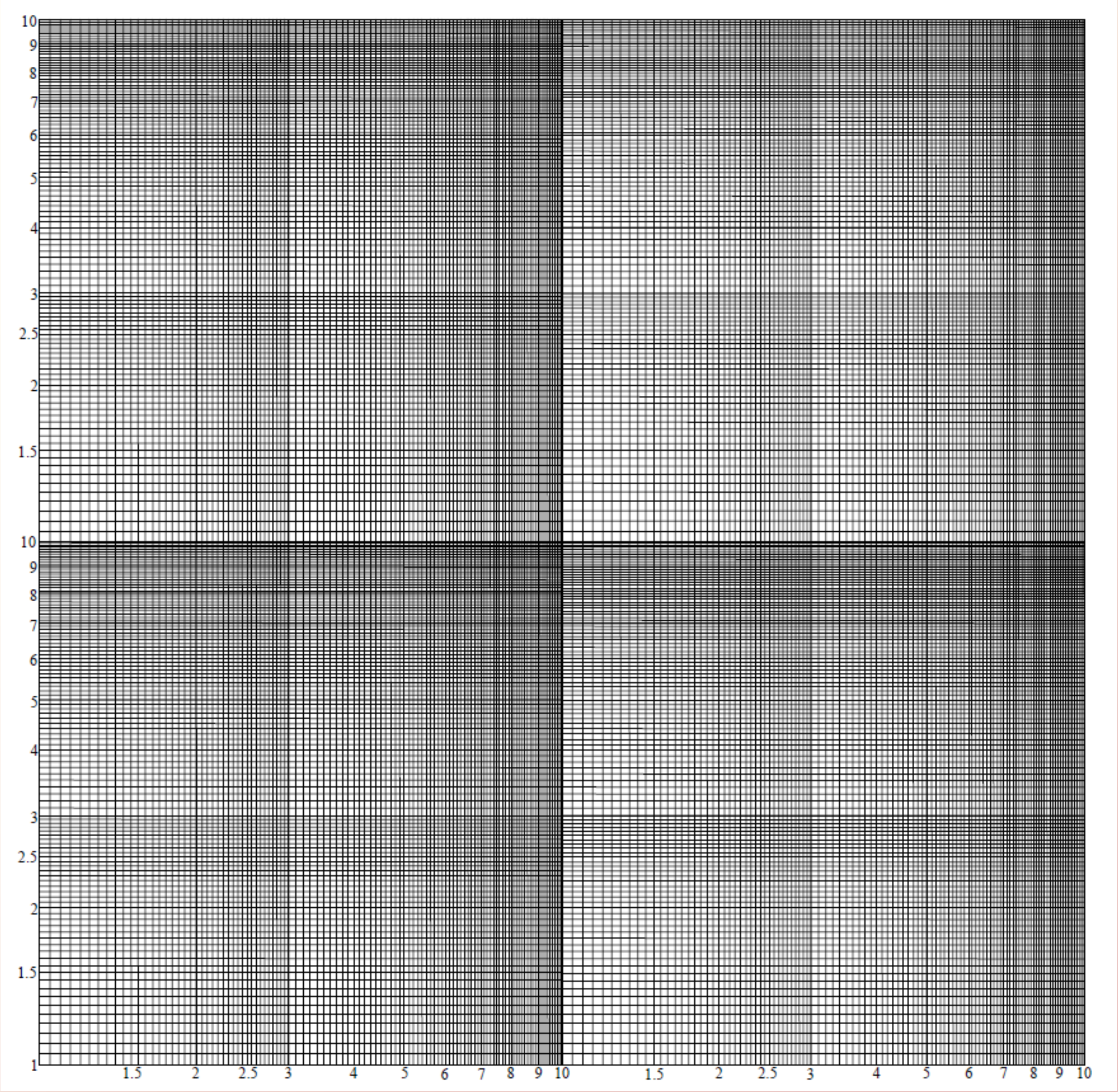
Ημιλογαριθμικό χαρτί

Εκθετική συνάρτηση στη Φυσική: Ραδιενέργεια, αλυσιδωτή πυρηνική αντίδραση, χρονοκυκλώματα, φθίνουσα ταλάντωση, φαινόμενα χιονοστοιβάδας…

Ημιλογαριθμικό χαρτί



Λογαριθμικό χαρτί



Λογαριθμικό χαρτί

- Ο λογαριθμικός άξονας αρχίζει από την μονάδα. Μπορεί να είναι 1, 2, … περιόδων.

- Βάζουμε τις τιμές στον άξονα και τα πειραματικά σημεία χωρίς να λογαριθμίσουμε. Όταν χρειάζεται να υπολογίσουμε κλίση ή τεταγμένη επί την αρχή κ.τ.λ. χρησιμοποιούμε τους λογαρίθμους των τιμών που φαίνονται στον άξονα.

- Η απόσταση μεταξύ των διαδοχικών τιμών μειώνεται όπως βλέπουμε στο σχήμα. ln(n+1)-lnn=ln(1+1/n). Δηλαδή η απόσταση μεταξύ 1 και 2 είναι μεγαλύτερη από την απόσταση μεταξύ 2 και 3.

- Η βαθμονόμηση του άξονα είναι ίδια είτε πρόκειται για δεκαδικό είτε για φυσικό λογάριθμο.

$$\ln x = \frac{\log x}{\log e} \Rightarrow \ln x = 2.303 \cdot \log x$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Μετρήσαμε τον αριθμό των πυρήνων ενός ραδιενεργού στοιχείου ανά 10 ημέρες και πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα. Να γίνει το κατάλληλο διάγραμμα και να υπολογιστεί ο αρχικός αριθμός πυρήνων N_0 και η σταθερά χρόνου τ.

$$N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

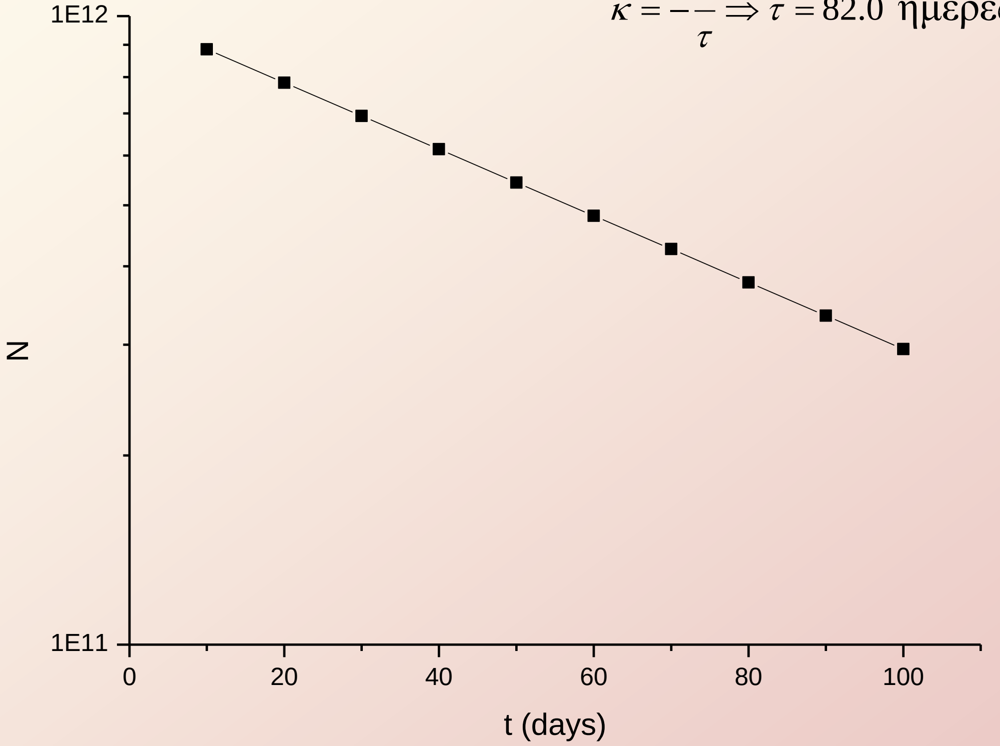
t (ημέρες)	N (10^{11} πυρήνες)
10	8.85
20	7.84
30	6.94
40	6.14
50	5.43
60	4.81
70	4.26
80	3.77
90	3.34
100	2.95

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

$\ln N_0 = \ln 10^{12} \Rightarrow N_0 = 10^{12}$ πυρήνες

$$\kappa = \frac{\ln 6.52 \cdot 10^{11} - \ln 8.02 \cdot 10^{11}}{(35-18)days} = \frac{\ln \dfrac{6.52}{8.02}}{17} = -0.0122 days^{-1}$$

$$\kappa = -\frac{1}{\tau} \Rightarrow \tau = 82.0 \text{ ημέρες}$$



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

5.1 Να γραμμικοποιήσετε τις παρακάτω σχέσεις και να δείξετε με ποιον τρόπο θα υπολογίσουμε τις άγνωστες παραμέτρους μέσω κατάλληλου διαγράμματος:

Α) Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου Β σε ρευματοφόρα κυκλικά πλαίσια διαφόρων ακτίνων R

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R}$$

Παράμετρος: ρεύμα Ι. Η μαγνητική επιδεκτικότητα του κενού μ_0 είναι γνωστή.

Β) Η θερμιονική εκπομπή ηλεκτρονίων από τα μέταλλα περιγράφεται από τη σχέση Richardson-Dushman:

$$J = AT^2 \cdot e^{-\frac{\phi}{k_B T}}$$

Έχουμε μετρήσεις πυκνότητας ρεύματος J-θερμοκρασίας Τ.

Παράμετροι: Α, φ=έργο εξαγωγής. Η σταθερά k_B του Boltzamnn είναι γνωστή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι παραδόσεις αυτές βασίζονται στις παραδόσεις της Καθηγήτριας κ. Γεωργά και του Καθηγητή κ. Κροντηρά.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν:

[1] Καμαράτος Μ., Εισαγωγή στην Ανάλυση Πειραματικών Μετρήσεων, Κλειδάριθμος 2019.

[2] Σάλτας Β., Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής, ΣΕΑΒ 2015.

[3] Taylor J., An Introduction to Error Analysis, University Science Books 1997.

[4] Μαθιουλάκης Μ., Μέτρηση, Ποιότητα Μέτρησης και Αβεβαιότητα, Ελληνική Ένωση Εργαστηρίων 2004.