



ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Ι

2/10/2006

Διδάσκοντες: Α. Σπανουδάκη, Χ. Ζαρκάδας

Διάρκεια εξέτασης: 2,5 ώρες

ΠΡΟΣΟΧΗ: Τα θέματα χωρίζονται σε τρεις ομάδες. Από την πρώτη ομάδα απαντάτε σε όλες τις ερωτήσεις (0,25 μονάδες η κάθε μία). Από τις τρεις ασκήσεις της δεύτερης ομάδας απαντάτε υποχρεωτικά σε δύο (2,5 μονάδες η κάθε μία). Από τις δύο ασκήσεις της τρίτης ομάδας επιλέγετε μία. (2,5 μονάδες). Τα ερωτήματα που είναι σημειωμένα με X δεν έχουν βαθμολογία και οι απαντήσεις σε αυτά αξιολογούνται κατά την κρίση των διορθωτών.

ΟΜΑΔΑ Α

1. Τι ποσοστό και τι είδος σφάλματος εισάγει η χρήση της τιμής $6,7726 \times 10^{-11} \text{ N m/Kg}^2$ αντί της ακριβούς $6,6726 \times 10^{-11} \text{ N m/Kg}^2$ για την σταθερά της παγκόσμιας έλξης G στον υπολογισμό της ελεκτρικής δύναμης μεταξύ δύο μαζών m1 και m2.

2. Η τυπική απόκλιση μιας σειράς μετρήσεων οφείλεται από τη σχέση $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$. Γιατί δεν χρησιμοποιούμε τη σχέση $s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n}$; (1 πρόταση)

3. Τι επερχόταν μετανάριο πηση κατενομής; Πότε θεωρείται κανονικοποιημένη στη μενάδα; Τι εκφράζει μια κανονικοποιημένη συνάρτηση κατανομής; (Δώστε όσο το δυνατόν σύντομες απαντήσεις).

4. Θεωρώντας ότι μια μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή με $x_0 = 10$ και $\sigma_0 = 2$, ποιά η πιθανότητα να μετρηθεί τιμή μεγαλύτερη του 10;

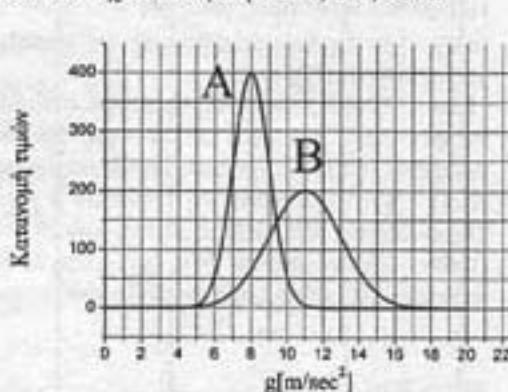
5. Ποιό είναι το νόημα της τυπικής απόκλισης της μέσης τιμής; (1 πρόταση)

6. Για τη μέτρηση της περιόδου ενός εκκρεμούς χρησιμοποιούμε ψηφιακό χρονόμετρο με ακρίβεια ένδειξης εκατοστού του δευτερολέπτου. Ποιό είναι το σφάλμα ανάγνωσης; Είναι το πραγματικό σφάλμα της μέτρησης; Αν όχι που οφείλεται το πραγματικό σφάλμα; Είναι τυχαίο ή συστηματικό; Πως θα επιτυγχάνετε μια ασφαλέστερη εκτίμηση του πραγματικού σφάλματος;

7. Εκφράστε την τιμή 0,2746239 στη μορφή $x \pm \delta$ όταν βαρύνεται από σχετικό σφάλμα 2%, 8%, 20%.

8. Δύο σπουδαστές (Α και Β) πραγματοποιούν ένα πείραμα μέτρησης της επιτάχυνσης της βαρύτητας με δύο διαφορετικές πειραματικές διατάξεις τις οποίες κατασκεύασαν μόνοι τους. Οι διατάξεις, που διαθέτουν αυτοματισμό, επιτρέπουν 1000 επαναλήψεις της μέτρησης σε λογικό χρονικό διάστημα. Η κατανομή τιμών των 1000 μετρήσεων κάθε σπουδαστή εικονίζεται στο διπλανό σχήμα. Συγκρίνετε και αξιολογήστε τις συσκευές σχετικά με την ποιότητα των αποτελεσμάτων.

9. Ένας αθλητής χρονομετρείται σε αγώνα δρόμου 200m στον οποίο καταγράφονται και ο επί μερους χρόνος στο τέλος των πρώτων 100m. Στο τέλος των πρώτων 100m το χρονόμετρο σημειώνει 12,05 s ενώ ο συνολικός χρόνος είναι 25,18 s.



Θεωρώντας ότι τα σφάλματά σας περιορίζονται μόνον σε σφάλματα ανάγνωσης υπολογίστε το χρόνο που χρειάστηκε για τα δεύτερα 100m και εκφράστε το αποτέλεσμα στη μορφή $t \pm \delta t$.

10. Το φυσικό μέγεθος α έχει τιμή $0,0000017325 (\mu\text{g cm})/(\text{ms}^2 \text{ mm}^2)$. Εκφράστε την τιμή στο S.I. και στη μορφή $a \pm \delta a$, χρησιμοποιώντας κατάλληλες δυνάμεις του 10 και θεωρώντας πως βαρύνεται με σχετικό σφάλμα ίσο με 5%.

X. Από τις μονάδες που προκύπτουν στην ερώτηση 8, για ποιό φυσικό μέγεθος πρόκειται;

ΟΜΑΔΑ Β

Θέμα B1.

Από τη θεωρία σφαλμάτων είναι γνωστό πως το σφάλμα (τυπική απόκλιση) ενός μεγέθους f το οποίο είναι συνάρτηση π μεγεθών $\alpha, \beta, \dots, \chi$ που βαρύνονται (πό σφάλματα $\delta\alpha, \delta\beta, \dots, \delta\chi$) δίνεται από τη σχέση:

$$\delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial \alpha} \delta \alpha\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \beta} \delta \beta\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial \chi} \delta \chi\right)^2}.$$

(1.0) a) Αποδείξτε ότι το σχετικό σφάλμα του μεγέθους $f = \frac{\alpha \cdot \beta}{\gamma}$ (όπου τα α, β, γ βαρύνονται από σφάλματα $\delta\alpha, \delta\beta, \delta\gamma$) μπορεί να γραφεί ως: $\frac{\delta f}{f} = \sqrt{\left(\frac{\delta \alpha}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{\delta \beta}{\beta}\right)^2 + \left(\frac{\delta \gamma}{\gamma}\right)^2}$.

(1.0) b) Δίδονται τα μεγέθη $\chi \pm \delta \chi$ και $y \pm \delta y$ που βαρύνονται με σχετικά σφάλματα 3% και 4% αντίστοιχα. Να υπολογιστεί το απόλυτο σφάλμα του μεγέθους $f = \ln(\chi y)$.

(0.5) γ) Για τη μέτρηση μιας ομικής αντίστασης χρησιμοποιείται αναλογικό βολτόμετρο με αποτέλεσμα το $\frac{\text{υλικό}}{\text{αριθμός σφώνων}} \times 10^3$ ή $\frac{\text{υλικό}}{\text{αριθμός σφώνων}} \times 10^4$ ή $\frac{\text{υλικό}}{\text{αριθμός σφώνων}} \times 10^5$ με 0.92. Θα μπορούσαν για πραγματικές γηραιότητας ψηφιακό αμπερόμετρο, και εάν ναι ποιας ακρίβειας, να προσδιορίσουμε την τιμή της αντίστασης με σχετικό σφάλμα κάτω του 1%;

X) Τι συμπέρασμα βγάζετε;

Θέμα B2.

Σε ένα ραδιενέργο υλικό με την πάροδο του χρόνου οι ραδιενέργοι πυρήνες διασπώνται, μετατρέπονται δηλαδή σε σταθερούς εκπέμποντας ακτινοβολία. Λν ο αρχικός αριθμός ραδιενέργων πυρήνων (τη χρονική στιγμή $t=0$) είναι N_0 , τότε ο αριθμός των πυρήνων που δεν έχουν διασπαστεί μετά την πάροδο χρόνου t δίνεται από τη σχέση $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ όπου λ μια σταθερά η οποία ονομάζεται σταθερά διάσπασης. Θεωρώντας ότι το σφάλμα κάθε τιμής είναι $\delta N = \sqrt{N}$:

(0.5) a) Σχεδιάστε ποιοτικά τη μεταβολή του σχετικού σφάλματος συναρτήσει του χρόνου. Τι διαπιστώνετε;

(1.0) b) Θεωρώντας τις τιμές που δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί, κατασκευάστε το κατάλληλο διάγραμμα επιλέγοντας τον καλύτερο δυνατό μετασχηματισμό, ο οποίος να επιτρέπει τον απλό γραφικό υπολογισμό της σταθεράς λ .

(0.5) γ) Υπολογίστε τη σταθερά λ και θεωρήστε ότι συνοδεύεται από σφάλμα 5%. Παρουσιάστε το αποτέλεσμα στη μορφή $\lambda \pm \delta \lambda$.

(0.5) δ) Υπολογίστε το χρόνο ημίσειας ζωής, δηλαδή, το χρόνο που απαιτείται ώστε ο αριθμός των αργικών πυρήνων να μειωθεί στο μισό. Εκφράστε το αποτέλεσμα \pm το σφάλμα του.

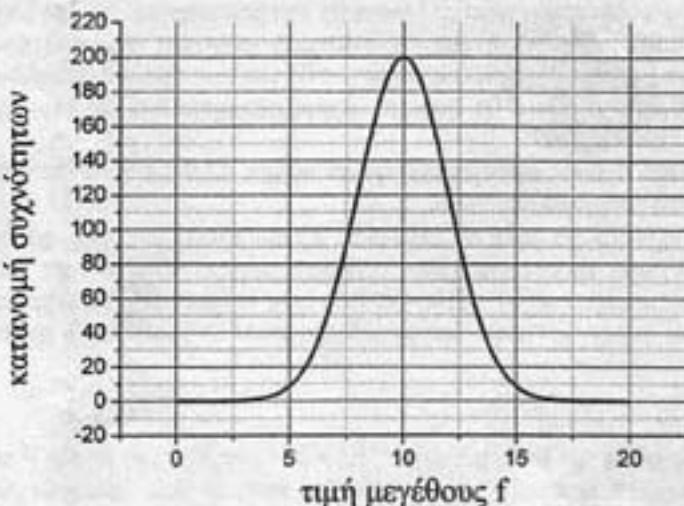
$t(\text{sec})$	N
0	1000000
200	88100
400	77650
600	67800
800	59000
1000	53000
1400	40677
1800	31800
2200	27000
2600	24500
3000	19000

Θέμα B3.

Από μία σειρά 1000 διαδοχικών μετρήσεων ενός φυσικού μεγέθους A διαπιστώνεται πως το μέγεθος ακολουθεί κανονική κατανομή όπως αυτή που εικονίζεται στο διάγραμμα.

- (0.3) α) Ποιά είναι η πιο πιθανή τιμή του μεγέθους που μετρήθηκε;
 (0.3) β) Ποιά είναι η μέση τιμή του μεγέθους που μετρήθηκε;
 (0.4) γ) Ποιά είναι η τυπική απόκλιση της κατανομής των 1000 μετρήσεων;
 (0.3) δ) Ποιά είναι η πιθανότητα σε μία επόμενη μέτρηση να παρατηρηθεί τιμή του Α μεταξύ 8 και 12.
 (0.4) ε) Ποιά η τυπική απόκλιση της μιας μέτρησης;
 Χ) Διαφέρει από την τυπική απόκλιση της κατανομής των 1000 μετρήσεων; Σχολάστε.
- (0.3) στ) Ποιά είναι η τυπική απόκλιση της μέσης τιμής;
 (0.5) ζ) Εάν επαναλάβουμε μία δεύτερη σειρά 1000 μετρήσεων, ποιά η πιθανότητα η νέα μέση τιμή να βρεθεί μεταξύ 9,94 και 10,06;

Στα αποτελέσματα κρατήστε δύο σημαντικά ψηφία. Η απάντηση θεωρείται σωστή μόνο εάν είναι πλήρως δικαιολογημένη.



Δίνεται η γενική μορφή γκαουσιανής συνάρτησης:

$$f(x) = \frac{A}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_0^2}},$$

όπου A το εμβαδό κάτω από την καμπύλη.

ΟΜΑΔΑ Γ

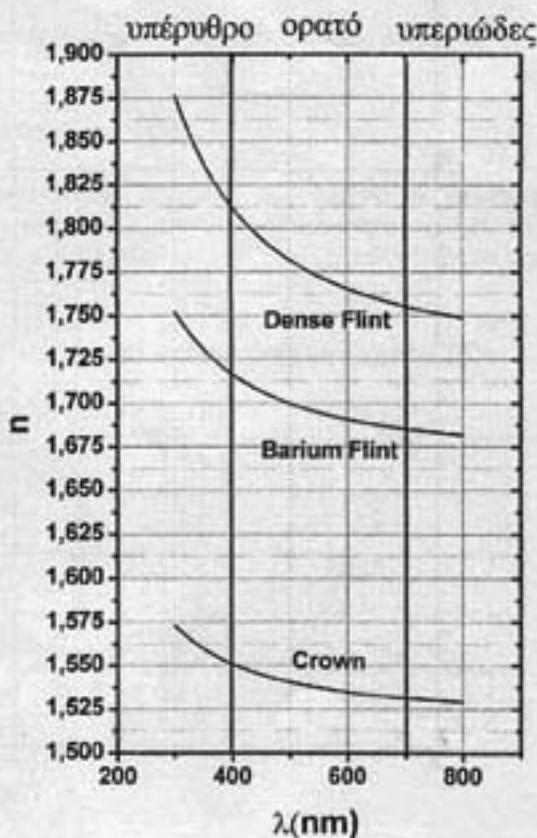
Θέμα Γ1.

Δίνεται ένας λεπτός, συγκλίνων φακός από γυαλί εστιακής αποστάσης $f_1 = 15$ cm. Τοποθετούμε ένα αντικείμενο σε απόσταση 30 cm από το κέντρο του.

- (0.4) α) Υπολογίστε χρησιμοποιώντας την εξίσωση των φακών τη θέση του ειδώλου.
 (0.4) β) Παρουσιάστε γραφικά (υπό κλίμακα!) την πορεία των ακτίνων για το ερώτημα α.
 (0.4) γ) Ποιά θα είναι η μεγένθυνση του αντικειμένου;
 (0.4) δ) Πού θα πρέπει να τοποθετηθούμε ένα δεύτερο πανομοιότυπο φακό ώστε το τελικό είδωλο να σχηματιστεί στο άπειρο;
 (0.4) ε) Σχεδιάστε την πορεία των ακτίνων για το ερώτημα δ στο ίδιο σχήμα με παραπάνω (ερώτημα β).
 (0.5) στ) Στο διάγραμμα φαίνεται η εξάρτηση του δείκτη διάθλαστης από το μήκος κύματος για τρία υλικά που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην οπτική. Ποιό υλικό θα χρησιμοποιούσατε για να κατασκευάσετε ένα φακό φωτογραφικής μηχανής; Δικαιολογήστε.

Θέμα Γ2.

Μολύβδινες σφαίρες ακτίνας $(10,0 \pm 0,3)$ mm βρίσκονται αντιδιαμετρικά και πάνω σε κυλινδρικό άξονα μήκους $(10,0 \pm 0,2)$ cm και αμελητέας μάζας, ο οποίος



διέρχεται από τα κέντρα τους. Ο κυλινδρικός άξονας στηρίζεται από το μέσον του σε στροφικό ελατήριο κατευθύνουμας ροπής D το οποίο κατόπιν στροφής σε γωνία $\pi/2$ αφήνεται να εκτελέσει ταλάντωση.

(2.0) α) Εάν η αρχική δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι 5×10^{-3} Joule (μονάδα στο S.I.), να υπολογιστεί η περίοδος ταλάντωσης του συστήματος σφαιρών-άξονα.

(0.5) β) Ποιό θα ήταν το μήκος ενός φυσικού επικρεμούς, το οποίο θα εκτελούσε ταλάντωση με την ίδια περίοδο;

Δίνονται: Πυκνότητα μολύβδου: $12,0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Η κατευθίνουσα ροπή D είναι ομόλογη της σταθεράς K στο γραμμικό ελατήριο.

