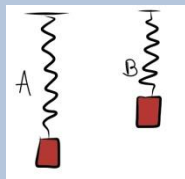


ΕΚΦΕ Νέας Ιωνίας – ΕΚΦΕ Χαλανδρίου

Τοπικός Διαγωνισμός EUSO2019



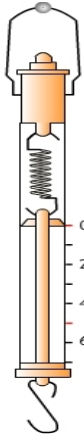
Πειραματική δοκιμασία Φυσικής
Ένα «ακατάλληλο»
δυναμόμετρο!



8 Δεκεμβρίου 2018

ΣΧΟΛΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ:

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1)
2)
3)



Τα δυναμόμετρα

Το δυναμόμετρο είναι ένα όργανο με το οποίο μπορούμε να μετράμε δύναμη. Μπορούμε συνεπώς να μετράμε το βάρος ενός σώματος, αφού και αυτό είναι δύναμη.

Στη βασική δομή ενός δυναμόμετρου, περιλαμβάνεται ένα ελατήριο με σταθερό το ένα άκρο. Το ελεύθερο άκρο έχει δείκτη ο οποίος μετακινείται με την επίδραση δύναμης σε βαθμονομημένη κλίμακα. Η κλίμακα έχει βαθμονομηθεί σε μονάδες δύναμης (Newton =N).

Ένα δυναμόμετρο δεν είναι κατάλληλο για να μετρήσουμε το βάρος οποιουδήποτε σώματος: κάποια σώματα είναι υπερβολικά βαριά ή υπερβολικά ελαφριά. Αν για παράδειγμα αναρτήσουμε ένα σώμα στο ελεύθερο άκρο του, και το ελατήριο στο εσωτερικό του επιμηκυνθεί τόσο ώστε να ξεπεράσει τη μέγιστη ένδειξη, συμπεραίνουμε πως το δυναμόμετρό μας είναι ακατάλληλο για τη μέτρηση του βάρους του σώματος.

Στόχος αυτής της άσκησης είναι να προσδιορίσετε πειραματικά το βάρος ενός αντικειμένου με ένα τέτοιο «**ακατάλληλο**» δυναμόμετρο. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσετε, είναι μια εφαρμογή της μελέτης ισορροπίας δυνάμεων που ανήκουν στο ίδιο επίπεδο. Κατά την πειραματική διαδικασία λαμβάνονται περισσότερες από μία μετρήσεις, τις οποίες θα επεξεργαστείτε ώστε να «αλληλοεξουδετερώνονται» τα πιθανά προσθετικά ή αφαιρετικά σφάλματα των επιμέρους μετρήσεων.

Στο τέλος της διαδικασίας, θα αξιολογήσετε την ακρίβεια της προαναφερθείσας μεθόδου για τον προσδιορισμό του βάρους του αντικειμένου, μετρώντας τη μάζα του με ηλεκτρονικό ζυγό και θεωρώντας ότι η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Έτσι θα είστε σε θέση να εκτιμήσετε το % σφάλμα της πειραματικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε.

Λίγα στοιχεία θεωρίας

A. Εφαρμογή ισορροπίας τριών ομοεπίπεδων δυνάμεων

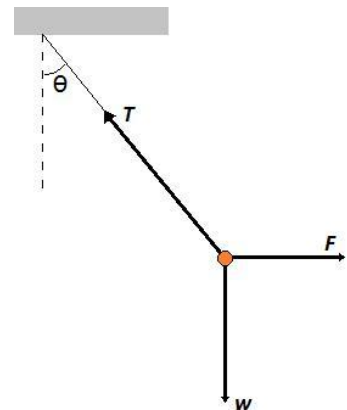
Ένα σώμα είναι δεμένο στο κάτω άκρο ενός αβαρούς νήματος. Το πάνω άκρο του νήματος είναι σταθερό. Μέσω ενός δυναμόμετρου, ασκούμε οριζόντια δύναμη μέτρου F πάνω στο σώμα, η οποία το αναγκάζει να ισορροπήσει σε κάποια τέτοια θέση όπου ώστε το νήμα να σχηματίζει γωνία θ με την κατακόρυφο (γωνία εκτροπής). Το σώμα **ισορροπεί** υπό την επίδραση τριών ομοεπίπεδων δυνάμεων, οι οποίες δίνουν **συνισταμένη ίση με μηδέν**.

Συμβολίζουμε τα μέτρα τους με:

w (βάρος),

F (οριζόντια δύναμη – ένδειξη του δυναμόμετρου) και

T (τάση του νήματος)



σχήμα α

Αναλύουμε την τάση του νήματος στους άξονες xox' και $yoγ'$, οπότε οι συνιστώσες της έχουν μέτρο:

$$T_x = T \eta\mu\theta \text{ και } T_y = T \sigma\upsilon\nu\theta$$

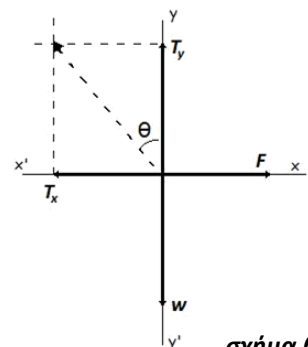
Εφαρμόζουμε το νόμο της ισορροπίας σε κάθε άξονα:

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F - T_x = 0 \Rightarrow F = T \eta\mu\theta \quad [1]$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow T_y - w = 0 \Rightarrow T \sigma\upsilon\nu\theta - w = 0 \Rightarrow w = T \sigma\upsilon\nu\theta \quad [2]$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις [1] και [2] προκύπτει:

$$\frac{F}{w} = \frac{T \eta\mu\theta}{T \sigma\upsilon\nu\theta} \Rightarrow \frac{F}{w} = \epsilon\phi\theta \Rightarrow \boxed{F = w \cdot \epsilon\phi\theta}$$



σχήμα β

Από την τελευταία σχέση παρατηρούμε ότι η ένδειξη του δυναμόμετρου είναι ανάλογη με την εφαπτομένη της γωνίας θ που σχηματίζει το νήμα με την κατακόρυφο, και η σταθερά αναλογίας είναι το μέτρο του βάρους w του σώματος.

Β. Υπολογισμός % σφάλματος:

Αν γνωρίζουμε ότι η πραγματική τιμή ενός μεγέθους είναι x_0 , ενώ η πειραματικά υπολογιζόμενη τιμή του προκύπτει ίση με $x_{πειρ.}$, λέμε ότι η πειραματική διαδικασία είχε % σφάλμα ίσο με:

$$\sigma = \frac{|x_0 - x_{πειρ.}|}{x_0} \cdot 100\%$$

Διαθέτετε τα εξής όργανα εργαστηρίου:

- μεταλλική βάση στήριξης
- μεταλλική ράβδος 80cm
- δυο μεταλλικές ράβδους των 30 cm
- σφιγκτήρα τύπου C
- τρεις μεταλλικούς συνδέσμους
- ένα μοιρογνωμόνιο
- μια μεταλλική λαβίδα
- δυο δυναμόμετρα Δ_1 και Δ_2
- νήμα (μήκους περίπου 60 cm) περασμένο σε μια από τις μεταλλικές ράβδους, με θηλιά στο ελεύθερο άκρο του
- ηλεκτρονικό ζυγό
- ένα αντικείμενο άγνωστου βάρους



A. Αξιολόγηση δυναμομέτρων

Στον πάγκο σας υπάρχουν δύο δυναμόμετρα, ένα **μπλε** (δυναμόμετρο Δ_1) και ένα **ροζ** (δυναμόμετρο Δ_2).

Αφού περιεργαστείτε προσεκτικά τα δύο δυναμόμετρα, τόσο το μπλε (δυναμόμετρο Δ_1), όσο και το ροζ (δυναμόμετρο Δ_2), να συμπληρώσετε κατάλληλα τα παρακάτω κενά προσθέτοντας κάθε φορά και τις μονάδες μέτρησης.

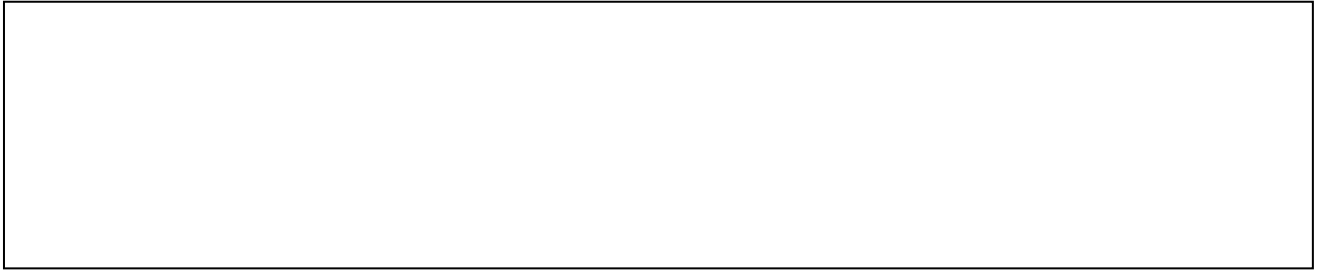
A₁. Ευαισθησία. Κάθε υποδιαίρεση (η απόσταση δύο διαδοχικών γραμμών) στα δυναμόμετρα που διαθέτετε, αντιστοιχεί σε μεταβολή δύναμης:

1. δυναμόμετρο Δ_1 : ΔF /υποδιαίρεση =
2. δυναμόμετρο Δ_2 : ΔF /υποδιαίρεση =

A₂. Δυναμική περιοχή. Με τη βοήθεια των δυναμομέτρων μπορείτε να μετρήσετε δυνάμεις με τιμή που κυμαίνεται από μηδέν (0) έως μια μέγιστη τιμή δύναμης, η οποία για το καθένα από αυτά τα δυναμόμετρα είναι:

1. δυναμόμετρο Δ_1 : F_{max} =
2. δυναμόμετρο Δ_2 : F_{max} =

A₃. Ακρίβεια. Ποιο από τα δυο μετρά μια δύναμη με μεγαλύτερη ακρίβεια; Δικαιολογήστε την επιλογή σας στο παρακάτω πλαίσιο.



B. Συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης

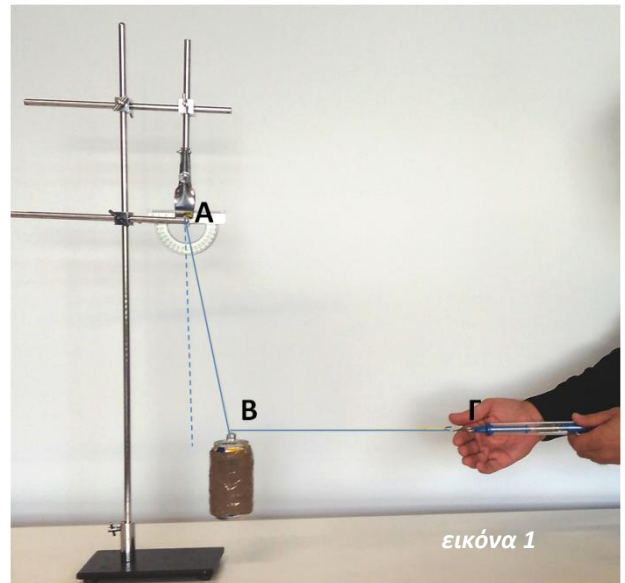
Στερεώστε κατακόρυφα τη ράβδο των 80cm στη βάση στήριξης. Σταθεροποιήστε τη βάση στην άκρη του πάγκου του εργαστηρίου με τον σφιγκτήρα τύπου C. Το νήμα να είναι περασμένο και στερεωμένο από την οπή που βρίσκεται στο άκρο της οριζόντιας ράβδου. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα όργανα που υπάρχουν στον πάγκο σας πραγματοποιήστε/συναρμολογήστε τη διάταξη της εικόνας 1.

Έλεγχος πειραματικής διάταξης:

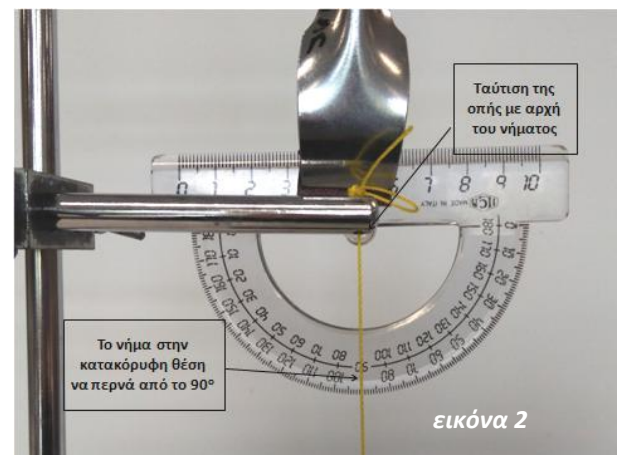
Αναρτήστε (δέστε) το αντικείμενο περίπου στο μέσον του νήματος. Να το αφήσετε αρχικά να ισορροπήσει με το νήμα κατακόρυφο. Βεβαιωθείτε ότι στη θέση αυτή, η κατακόρυφη διεύθυνση του νήματος συμπίπτει με την ένδειξη 90° του μοιρογνωμονίου και η οπή του μοιρογνωμονίου με το σημείο ανάρτησης του νήματος (εικόνα 2)

Περάστε το γάντζο του **μπλε** δυναμόμετρου στη θηλιά του ελεύθερου άκρου του νήματος. Τραβώντας το δυναμόμετρο όπως φαίνεται στην εικόνα 1, εκτρέψτε λίγο το νήμα από την κατακόρυφο. Φροντίστε το δυναμόμετρο να βρίσκεται σε οριζόντια διεύθυνση και το αναρτημένο αντικείμενο να μην αιωρείται. Σε κάθε τέτοια θέση, το σημείο ανάρτησης (A), το σημείο πρόσδεσης (B) και το άγκιστρο του δυναμομέτρου (Γ) πρέπει να βρίσκονται σε κατακόρυφο επίπεδο παράλληλο με το επίπεδο του μοιρογνωμονίου, ώστε οι ασκούμενες δυνάμεις να μπορούν να σχεδιαστούν όπως φαίνεται στο σχήμα α της σελίδας 2.

Εκτρέψτε λίγο ακόμα το νήμα, **διατηρώντας πάντα οριζόντιο το δυναμόμετρο**, και από την ένδειξη του παρατηρήστε ότι για να αυξήσετε τη γωνία εκτροπής, απαιτείται μεγαλύτερη δύναμη (F). Υπάρχει μια μέγιστη γωνία εκτροπής, για την οποία το δυναμόμετρο φτάνει στο ανώτατο όριο της περιοχής μετρήσεών του. Για να συνεχίσετε πέρα από αυτήν τη γωνία, απαιτείται ακόμα μεγαλύτερη δύναμη, αλλά το δυναμόμετρο δεν είναι δυνατό πλέον να την καταγράψει.



εικόνα 1



εικόνα 2



Μόλις συναρμολογήσετε τη διάταξη καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για έλεγχο

Γ. Λήψη μετρήσεων

Φροντίζοντας να ακολουθείτε σε κάθε μέτρηση τις οδηγίες ελέγχου της διάταξης, εκτρέψτε μέχρι το νήμα να σχηματίσει με την κατακόρυφη γωνία ίση με την πρώτη τιμή του επόμενου πίνακα. Στη δεύτερη στήλη καταγράψτε την αντίστοιχη τιμή του δυναμόμετρου.

Συνεχίστε με τον ίδιο τρόπο για τις υπόλοιπες τιμές γωνίας, έτσι ώστε να συμπληρώσετε τη δεύτερη στήλη του πίνακα 1. Στη συνέχεια, για να συμπληρώσετε την τελευταία στήλη, χρησιμοποιήστε τον πίνακα τριγωνομετρικών αριθμών που βρίσκεται στην τελευταία σελίδα του Φύλλου Εργασίας.

Πίνακας 1		
γωνία θ (°)	F(N)	$\epsilon\phi\theta$
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		

Δ. Επεξεργασία των μετρήσεων

Δ₁. Κατασκευή διαγράμματος $F = f(\epsilon\phi\theta)$

Στο χιλιοστομετρικό χαρτί που σας δίνεται, πρέπει να μεταφέρετε τα δεδομένα της δεύτερης και της τρίτης στήλης του προηγούμενου πίνακα, ώστε να προκύψει ένα διάγραμμα των τιμών της δύναμης F (εξαρτώμενη μεταβλητή), σε συνάρτηση με την εφαπτομένη της γωνίας εκτροπής θ (ανεξάρτητη μεταβλητή).

Πρέπει να επιλέξετε κατάλληλη κλίμακα στους άξονες, έτσι ώστε τα πειραματικά σημεία που θα προκύψουν από τα αντίστοιχα ζεύγη τιμών, να «απλωθούν» όσο το δυνατό περισσότερο πάνω στο χιλιοστομετρικό χαρτί. Στη συνέχεια, ανάμεσά τους σχεδιάστε με το χάρακα τη βέλτιστη δυνατή ευθεία για το διάγραμμα $F = f(\epsilon\phi\theta)$.

Δ₂. Υπολογισμός της κλίσης – πειραματικός προσδιορισμός του βάρους του αντικειμένου

Από την κλίση του διαγράμματος που προέκυψε, υπολογίστε το βάρος του αντικειμένου σε N , με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου.

κλίση=

άρα $W_{\text{πειραματικό}} =$

Δ₃. Θεωρητικός υπολογισμός του βάρους του αντικειμένου

Να μετρήσετε τη μάζα m του αντικειμένου με τον ηλεκτρονικό ζυγό του εργαστηρίου.

Στη συνέχεια υπολογίστε το βάρος του αντικειμένου θεωρώντας ότι η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Αποτέλεσμα μέτρησης: $m =$

άρα $W_{\text{πραγματικό}} =$

Δ₄. Υπολογισμός του % σφάλματος με στρογγυλοποίηση στον πλησιέστερο ακέραιο

$$\sigma = \frac{|w_o - w_{\text{πειρ}}|}{w_o} \cdot 100\% =$$

Ε. Ερωτήματα

Ε₁. Η ευθεία που σχεδιάσατε με βάση τα πειραματικά σας αποτελέσματα στο διάγραμμα:

α) περνά από την αρχή των αξόνων (0,0); Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας στο παρακάτω πλαίσιο.

β) μπορεί να προεκταθεί απεριόριστα; Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας στο παρακάτω πλαίσιο.

E₂. Κάποιος συμμαθητής σας ισχυρίζεται ότι η διαδικασία που ακολουθήθηκε έχει νόημα μόνο όταν η γωνία εκτροπής του νήματος δεν ξεπερνά τις 45° . Συμφωνείτε ή διαφωνείτε μαζί του; Αιτιολογήστε την άποψή σας στο παρακάτω πλαίσιο.

E₃. Με την πειραματική διάταξη και τα ίδια όργανα που χρησιμοποιήσατε ποιο είναι το μέγιστο βάρος αντικειμένου που μπορείτε να μετρήσετε; Θεωρήστε δεδομένη την αντοχή του νήματος. Αιτιολογήστε την απάντησή σας στο παρακάτω πλαίσιο.

E₄. Αν πραγματοποιήσετε τις μετρήσεις σας με το ροζ δυναμόμετρο, ποια πλεονεκτήματα και ποια μειονεκτήματα θα είχατε; Να καταγράψετε την απάντησή σας στο παρακάτω πλαίσιο.

Τα θέματα επιμελήθηκαν:
Η υπεύθυνη του ΕΚΦΕ Ν. Ιωνίας Μ. Στέλλα και ο φυσικός Δ. Χαβιάρας

Ευχόμαστε Ειςπραχία!

ΠΡΟΧΕΙΡΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

Γωνία	ημω	συνω	εφω	Γωνία	ημω	συνω	εφω
0°	0,000	1,000	0,000	45°	0,707	0,707	1,000
1°	0,017	0,999	0,017	46°	0,720	0,695	1,036
2°	0,035	0,999	0,035	47°	0,731	0,682	1,072
3°	0,052	0,999	0,052	48°	0,743	0,669	1,111
4°	0,070	0,998	0,070	49°	0,755	0,656	1,150
5°	0,087	0,996	0,087	50°	0,766	0,643	1,192
6°	0,105	0,395	0,105	51°	0,777	0,629	1,235
7°	0,122	0,993	0,123	52°	0,788	0,616	1,280
8°	0,139	0,990	0,141	53°	0,799	0,602	1,327
9°	0,156	0,988	0,158	54°	0,809	0,588	1,376
10°	0,174	0,985	0,176	55°	0,819	0,574	1,428
11°	0,191	0,982	0,194	56°	0,829	0,559	1,483
12°	0,208	0,978	0,213	57°	0,839	0,545	1,540
13°	0,225	0,974	0,231	58°	0,848	0,530	1,600
14°	0,242	0,970	0,249	59°	0,857	0,515	1,664
15°	0,259	0,966	0,268	60°	0,866	0,500	1,732
16°	0,276	0,961	0,287	61°	0,875	0,485	1,804
17°	0,292	0,956	0,306	62°	0,883	0,470	1,881
18°	0,309	0,951	0,325	63°	0,891	0,454	1,963
19°	0,326	0,946	0,344	64°	0,899	0,438	2,050
20°	0,342	0,940	0,364	65°	0,906	0,423	2,145
21°	0,358	0,934	0,348	66°	0,914	0,407	2,246
22°	0,375	0,927	0,404	67°	0,921	0,391	2,356
23°	0,391	0,921	0,424	68°	0,927	0,375	2,475
24°	0,407	0,914	0,445	69°	0,934	0,358	2,605
25°	0,423	0,906	0,466	70°	0,940	0,342	2,748
28°	0,438	0,899	0,488	71°	0,946	0,326	2,904
27°	0,454	0,891	0,510	72°	0,951	0,309	3,078
28°	0,469	0,883	0,532	73°	0,956	0,292	3,271
29°	0,485	0,875	0,554	74°	0,961	0,276	3,487
30°	0,500	0,866	0,577	75°	0,966	0,259	3,732
31°	0,515	0,857	0,601	76°	0,970	0,242	4,011
32°	0,530	0,848	0,625	77°	0,974	0,225	4,333
33°	0,545	0,839	0,649	78°	0,978	0,203	4,705
34°	0,559	0,829	0,675	79°	0,982	0,191	5,145
35°	0,574	0,819	0,700	80°	0,985	0,174	5,671
38°	0,588	0,809	0,727	81°	0,988	0,156	6,314
37°	0,602	0,799	0,754	82°	0,990	0,139	7,115
38°	0,616	0,788	0,781	83°	0,993	0,122	8,144
39°	0,629	0,777	0,810	84°	0,995	0,105	9,514
40°	0,643	0,766	0,839	85°	0,996	0,087	11,430
41°	0,656	0,755	0,869	86°	0,998	0,070	14,301
42°	0,669	0,743	0,900	87°	0,999	0,052	19,081
43°	0,682	0,731	0,933	88°	0,999	0,035	28,636
44°	0,695	0,719	0,966	89°	0,999	0,018	57,290
				90°	1,000	0,000	

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ θέματος Φυσικής		
	Μονάδες	
	βαθμ/γητή	επιτηρητή
A. Αξιολόγηση δυναμομέτρων		
A.1	4	
A.2	4	
A.3	2	
σωστή χρήση		5
B. Συναρμολόγηση της πειραμ. διάταξης		
συναρμολόγηση		5
έλεγχος		5
Γ. Λήψη μετρήσεων(πίνακας)		
οριζοντίωση δυναμόμετρου – κατακόρυφο επίπεδο		5
συνεργασία		5
τιμές δύναμης με 2 δεκαδικά	3	
τιμές εφθ	2	
Δ. Επεξεργασία των μετρήσεων		
Δ1.Κατασκευή διαγράμματος $F = f(\epsilon\phi\theta)$		
Κλίμακες και βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος	4	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων.	12	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας.	4	
Δ2. Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας.	5	
Δ3. Θεωρητικός υπολογισμός του βάρους του αντικειμένου	5	
Δ4.Υπολογισμός του % σφάλματος	5	
Ε. Ερωτήματα		
E₁α)	3	
E₁β)	5	
E₂	5	
E₃	6	
E₄	6	
Σύνολο	75	25

Πηγές:

- Εργαστηριακός οδηγός Φυσικής Α' Λυκείου, ΟΕΔΒ
- Μετρήσεις, αβεβαιότητα, επεξεργασία δεδομένων, Υποστηρικτικό υλικό, 2016, Μ. Στέλλα http://ekfe-chalandr.att.sch.gr/SupportiveMaterial/Physics/Lyceum_A/Stella-IntroductoryLabIssues.pdf
- Σχεδιάζοντας και ερμηνεύοντας γραφικές παραστάσεις, Υποστηρικτικό υλικό, 2015, Μ. Στέλλα http://ekfe-chalandr.att.sch.gr/SupportiveMaterial/Physics/Lyceum_A/Stella-DrawingAndInterpretingGraphsOfLinearMotion.pdf
- Τοπικός διαγωνισμός EUSO2016 ΕΚΦΕ Αιγίου, ΕΚΦΕ Πατρών