

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1**  
**ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

**Μέρος 2<sup>ο</sup>**

	<b>Ειδικότητα</b> (ΠΟΛ-ΜΗΧ-ΗΛΓ-ΗΛΝ)	<b>Τμήμα</b> (B1-B2-B3-B4)		<b>Ομάδα</b> (Α-Β-Γ-Δ-Ε-Ζ-Η-Θ-Ι-Κ-Λ-Μ)
<b>Όνοματεπώνυμο</b>				
<b>Διδάσκων</b>				
<b>Ημ/νία διεξαγωγής πειράματος</b>			<b>Ωρα</b>	
<b>Ημ/νία παράδοσης γραπτής εργασίας</b>				
<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</b>		<b>Τελικός βαθμός</b>		
<b>1<sup>η</sup> διόρθωση</b>				
<b>E-class</b>				

**Παρατηρήσεις - Διορθώσεις:**

- 1. Πλήθος σημαντικών ψηφίων .....
- 2. Στρογγυλοποίηση αριθμών .....
- 3. Στρογγ/ση σφάλματος-μέσης τιμής .....
- 4. Στατιστική επεξεργασία μετρήσεων .....
- 5. Διάδοση σφάλματος .....

**Οδηγίες:**

- Η άσκηση θα ολοκληρωθεί στο σπίτι και θα παραδοθεί στο επόμενο μάθημα.
- Η άσκηση θα κατατεθεί και ηλεκτρονικά μέσω e-class, σύμφωνα με τις οδηγίες του διδάσκοντα.
- Δίνονται λευκές σελίδες για να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση των αριθμητικών υπολογισμών και την απάντηση των ερωτημάτων, παρατηρήσεων κλπ.. Η τελευταία σελίδα να χρησιμοποιείται μόνο για τυχόν διορθώσεις.

## Πριν την επίλυση των ασκήσεων λάβετε υπόψη ότι...

...οι ασκήσεις που ακολουθούν έχουν σκοπό να εξασκήσουν τον φοιτητή στην επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων και στην ορθή γραφή και αξιολόγηση των τελικών αποτελεσμάτων. Το μάθημα θα διδαχθεί σε δύο μέρη και οι ασκήσεις μοιράζονται αντίστοιχα:

- Στο 1<sup>ο</sup> μέρος θα γίνει παρουσίαση των βασικών εννοιών στην ανάλυση σφαλμάτων μέχρι και την στατιστική επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων. Οι ασκήσεις έχουν σκοπό να εξοικιώνουν τον φοιτητή με το αναπόφευκτο του σφάλματος στη μέτρηση, στη διάκριση και διαχείριση των *συστηματικών* και *τυχαίων* σφαλμάτων και στην ποσοτική εκτίμηση της μέσης τιμής και του σφάλματος σε ένα σύνολο επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ενός φυσικού μεγέθους.
- Στο 2<sup>ο</sup> μέρος, θα παρουσιαστεί ο τρόπος γραφής των τελικών αποτελεσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τα σημαντικά ψηφία της μέτρησης που αντικατοπτρίζουν τις δυνατότητες ακριβούς μέτρησης με τα όργανα που διαθέτουμε στο εκάστοτε πείραμα, στην ολοκληρωμένη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων και στη διάδοση σφάλματος.

Στις ασκήσεις του 2<sup>ου</sup> μέρους ο φοιτητής εξοικιώνεται βήμα-βήμα με τα τεχνικά μέρη (π.χ. σημαντικά ψηφία, στρογγυλοποίηση), ώσπου να καταλήξει στην **πολύ σημαντική** άσκηση 4, που αποτελεί πλήρη εφαρμογή όλων αυτών που έχουν προηγηθεί, και που θα αντιμετωπίζουμε κάθε εβδομάδα στο εργαστήριο. Είναι απαραίτητο η 4 να εκτελεστεί μέχρι τέλους. Επίσης, να μελετηθεί το **Παράρτημα 1**, όπου παρατίθεται αναλυτικά ένα παράδειγμα *στατιστικής επεξεργασίας μετρήσεων*.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ (2<sup>ου</sup> μαθήματος)

### Σημαντικά ψηφία - Στρογγυλοποίηση (παρ. 1.9-1.11)

1. Να σημειώσετε το πλήθος  $n$  των σημαντικών ψηφίων που έχει καθεμία από τις παρακάτω πειραματικές τιμές φυσικών μεγεθών:

	12001	12000	0.10	8.1001	5.0	1234	$1 \times 10^{11}$	0.001	500.0	310	$0.30 \times 10^{-7}$
n											

2. Να στρογγυλοποιηθούν οι παρακάτω αριθμοί σε αριθμούς με 1 Σημαντικό Ψηφίο (ΣΨ) με 2 ΣΨ και με 3 ΣΨ.

	6377	26.0541	389.99	0.002154	$8.098 \times 10^{-4}$
1 ΣΨ				0.002	
2 ΣΨ	6400				
3 ΣΨ					

### Γραφή τελικού αποτελέσματος (παρ. 1.12, Παράρτημα 1)

3. Εκφράστε με το σωστό αριθμό ψηφίων τη μέση τιμή και το σφάλμα. Πρώτα, στρογγυλοποιήστε το σφάλμα σε ένα σημαντικό ψηφίο και μετά τη μέση τιμή σε κατάλληλο αριθμό ψηφίων ώστε να έχει την ίδια ακρίβεια με το σφάλμα, π.χ. τα ίδια δεκαδικά ψηφία εάν πρόκειται για δεκαδικό ή στις μονάδες, δεκάδες κλπ εάν πρόκειται για ακέραιο. Συμβουλευτείτε το λυμένο παράδειγμα.

N επαναλήψεις	Αλγεβρικές τιμές	Στρογγυλ/σεις	ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ
15	$\delta \bar{F} = \pm 0.01909 \text{ N}$	$\underline{0.01}^{\alpha}   909 = 0.02$	$\bar{F} \pm \delta \bar{F} = ( 0.90 \pm 0.02 ) \text{ N}$
	$\bar{F} = 0.89740 \text{ N}$	$\underline{0.89}^{\alpha}   740 = 0.90$	
10	$\delta \bar{C} = \pm 5.8 \mu\text{F}$		$\bar{C} \pm \delta \bar{C} = ( \quad \pm \quad ) \mu\text{F}$
	$\bar{C} = 101.6 \mu\text{F}$		
15	$\delta \bar{u} = \pm 46 \frac{\text{m}}{\text{min}}$		$\bar{u} \pm \delta \bar{u} = ( \quad \pm \quad ) \frac{\text{m}}{\text{min}}$
	$\bar{u} = 8452 \frac{\text{m}}{\text{min}}$		
20	$\delta \bar{V} = \pm 9.9601 \text{ Volt}$		$\bar{V} \pm \delta \bar{V} = ( \quad \pm \quad ) \text{ Volt}$
	$\bar{V} = 243.7502 \text{ Volt}$		
12	$\delta \bar{a} = \pm 0.3081 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		$\bar{a} \pm \delta \bar{a} = ( \quad \pm \quad ) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	$\bar{a} = 9.2155 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		

**Στατιστική επεξεργασία μετρήσεων (παρ. 1.7-1.10, 1.12) - Αξιολόγηση (παρ. 1.6)**

4. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα, μετρήθηκε στο εργαστήριο. Η πειραματική διαδικασία επαναλήφθηκε 10 φορές οπότε και προέκυψαν οι τιμές του πίνακα. Να υπολογιστεί η μέση τιμή και το σφάλμα της ταχύτητας του ήχου  $u$ . Ακολούθως, να γίνει αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η ακριβής τιμή της ταχύτητας του ήχου στον αέρα, όπως δίνεται στη βιβλιογραφία, είναι  $u_{ακρ} = 343,3 \text{ m/s}$  σε θερμοκρασία  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$i$	$u$ $\left(\frac{m}{s}\right)$	$\bar{u}$ $\left(\frac{m}{s}\right)$	$(u_i - \bar{u})$ $\left(\frac{m}{s}\right)$	$(u_i - \bar{u})^2$ $\left(\frac{m}{s}\right)^2$
1	331			
2	329			
3	331			
4	338			
5	337			
6	328			
7	341			
8	333			
9	339			
10	337			
$N =$	$\sum_{i=1}^N u_i =$	<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b>		$\sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})^2 =$

α. Χρησιμοποιήστε τις σχέσεις της παράγραφου 1.7 (δες και παραρτημα 1) και υπολογίστε τις αλγεβρικές τιμές με τη χρήση μικροϋπολογιστή, σημειώνοντας *απαραιτήτως* και τις μονάδες μέτρησης:

- Η μέση τιμή της ταχύτητας του ήχου:  $\bar{u} =$
- Το σφάλμα της μέσης τιμής:  $\delta\bar{u} =$

β. Ακολουθώντας, τις οδηγίες παρουσίασης του τελικού αποτελέσματος όπως περιγράφονται στο παράρτημα 1, γράψτε **σωστά** τις τελικές εκφράσεις:

$$\bar{u} \pm \delta\bar{u} = \bar{u} \pm \frac{\delta\bar{u}}{\bar{u}} \cdot 100\% =$$

γ. Τέλος, από τα αποτελέσματά σας, **αξιολογήστε** την *ακρίβεια* και την *αξιοπιστία* της πειραματικής διαδικασίας, συγκρίνοντας με την ακριβή τιμή. Η ακρίβεια της μέτρησης σε *αυτό το πείραμα* είναι ικανοποιητική εάν είναι μέχρι 2%.

$$\frac{|u_{ακρ} - \bar{u}|}{u_{ακρ}} \cdot 100\% = \frac{\delta\bar{u}}{\bar{u}} \cdot 100\% =$$

**Διάδοση σφάλματος (παρ. 1.13)**

5. Χρησιμοποιώντας ένα μαθηματικό εκκρεμές μπορούμε να υπολογίσουμε την μέση τιμή της επιτάχυνσης βαρύτητας  $g$  από τη σχέση:

$$\bar{T} = 2\pi\sqrt{\frac{\bar{L}}{\bar{g}}} \Rightarrow \boxed{\bar{g} = 4\pi^2 \frac{\bar{L}}{\bar{T}^2}}$$

Δεδομένου ότι μετρήθηκαν στο εργαστήριο πειραματικά το μήκος  $L$  και η περίοδος  $T$  της ταλάντωσης του εκκρεμούς:

$$L = \bar{L} \pm \delta\bar{L} = (0.747 \pm 0.005) \text{ m}$$

$$T = \bar{T} \pm \delta\bar{T} = (1.73 \pm 0.08) \text{ sec}$$

να υπολογίσετε από τη θεωρία διάδοσης σφάλματος (δείτε Παράρτημα 2):

- την επιτάχυνση της βαρύτητας:  $\bar{g} =$
- το σφάλμα μέσης τιμής:  $\delta\bar{g} = \pm$
- το σχετικό σφάλμα:  $\frac{\delta\bar{g}}{\bar{g}} = \pm$

Στρογγυλοποιείτε τη μέση τιμή και το σφάλμα, και γράψετε σωστά τις εκφράσεις:

$$\bar{g} \pm \delta\bar{g} = \quad \bar{g} \pm \frac{\delta\bar{g}}{\bar{g}} \times 100\% =$$

(Υπόδειξη: Κρατήστε ένα σημαντικό ψηφίο στο σφάλμα  $\delta g$  και στρογγυλοποιείτε ακολούθως τη μέση τιμή)