

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΛΑΓΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ - ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΡΙΒΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

## ΕΚΦΕ Α & Β ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

### Στόχοι

Μετά το πέρας της εργαστηριακής άσκησης, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

1. Να σχεδιάζουν πειραματική διάταξη με τη βοήθεια της οποίας να μπορούν να προσδιορίζουν το συντελεστή τριβής μεταξύ δύο επιφανειών, όταν η μια κινείται σε σχέση με την άλλη με σταθερή επιτάχυνση
2. Να μετρούν την γωνία κλίσης κεκλιμένου επιπέδου.
3. Να προσδιορίζουν το συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ κεκλιμένου επιπέδου και σώματος: όταν το σώμα κινείται ως προς την επιφάνεια: σε συνάρτηση με την ελάχιστη γωνία του κεκλιμένου επιπέδου για την οποία το σώμα κινείται, με σταθερή ταχύτητα σε σχέση με το κεκλιμένο επίπεδο

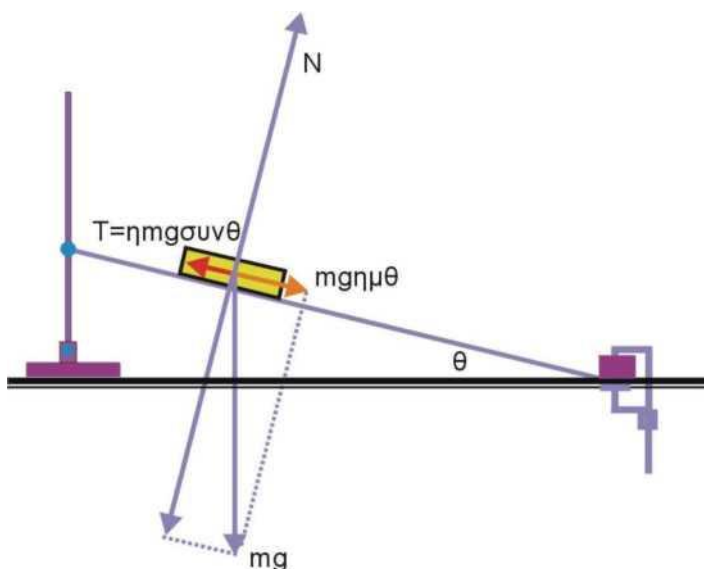
### ► Θεωρητικές επισημάνσεις

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση θα μελετήσουμε την κίνηση ενός αμαξιδίου (χωρίς ρόδες), **μάζας  $m$** , που ολισθαίνει κατά μήκος πλάγιας επίπεδης σανίδας. Η πλάγια σανίδα σχηματίζει με το **οριζόντιο επίπεδο γωνία κλίσης  $\theta$**  (εικόνα 1).

Όταν αφήσουμε το αμαξίδιο πάνω στην πλάγια σανίδα να κινηθεί, πάνω του ασκούνται οι εξής δυνάμεις:

#### ► Το βάρος του $mg$ .

- Η αντίδραση της επιφανείας της σανίδας, που αναλύεται σε δύο κάθετες συνιστώσες: Στη **δύναμη  $N$** , που είναι κάθετη στην επιφάνεια και στην **τριβή ολίσθησης  $T$** , που είναι παράλληλη με την επιφάνεια και έχει κατεύθυνση αντίθετη της ταχύτητας του αμαξιδίου.



Εικόνα 1

Υποθέτουμε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα σε σχέση με τη δύναμη της τριβής ολίσθησης.

$$\Sigma F_x = m \cdot a \Leftrightarrow m \cdot g \cdot \eta\mu\theta - T = m \cdot a$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow m \cdot g \cdot \sigma\upsilon\nu\theta = N$$

και  $T = \mu \cdot N$

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει:

$$m \cdot g \cdot \eta\mu\theta - \mu \cdot m \cdot g \cdot \sigma\upsilon\nu\theta = m \cdot a \Leftrightarrow \mu \cdot g \cdot \sigma\upsilon\nu\theta = g \cdot \eta\mu\theta - a$$

Οπότε

$$\boxed{\mu = \varepsilon\phi\theta - \frac{a}{g \cdot \sigma\upsilon\nu\theta}} \quad (1)$$

όπου  $g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $g=9,8\text{m/s}^2$ )

Από τη σχέση (1) προκύπτει ότι η επιτάχυνση του αμαξιδίου είναι σταθερή. Επομένως, αν η αρχική του ταχύτητα είναι μηδέν, η κίνησή του θα είναι ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη. Επιπλέον, από τη σχέση (1) μπορούμε να υπολογίσουμε το συντελεστή τριβής ολίσθησης σε συνάρτηση με την επιτάχυνση του αμαξιδίου.

#### **Διερεύνηση της σχέσης (1):**

Α) Όταν η γωνία  $\theta$  έχει ελάχιστη τιμή ( $\theta_{\min}$ ), ώστε το αμαξίδιο να κινείται με σταθερή ταχύτητα όταν του προσδώσουμε ελαφρά ώθηση, τότε η επιτάχυνσή του είναι μηδενική. Στην περίπτωση αυτή η σχέση (1) παίρνει τη μορφή:

$$\boxed{\mu = \varepsilon\phi\theta_{\min}} \quad (2)$$

Έτσι αν μετρήσουμε τη γωνία  $\theta_{\min}$  μέσω της σχέσης (2), μπορούμε να υπολογίσουμε το **συντελεστή τριβής ολίσθησης  $\mu$** .

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τάξη και τμήμα:  
Ημερομηνία: \_\_\_\_\_  
Όνομα μαθητή:

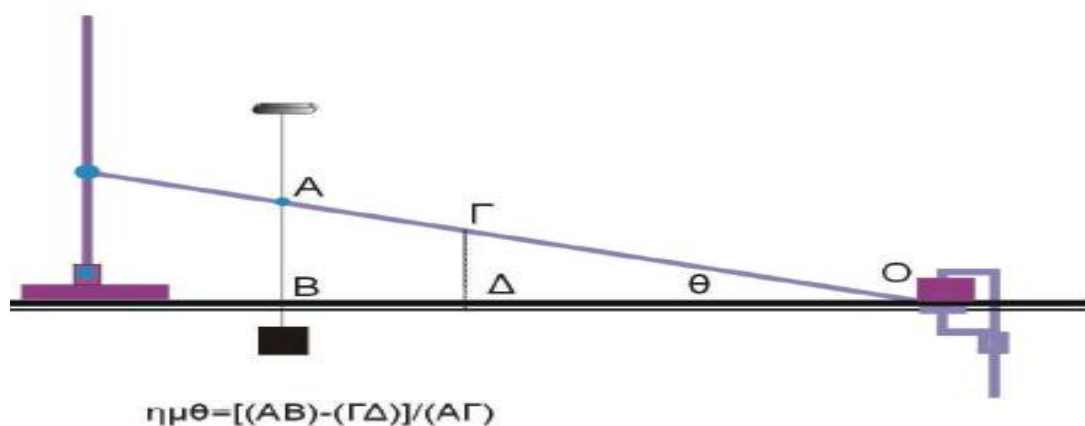
### Πειραματική δραστηριότητα

#### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Ποια είναι η τιμή της **γωνίας κλίσης  $\theta$** , του πλάγιου επιπέδου;

$$\eta\mu\theta = \dots\dots\dots \text{μοίρες}$$

$$\theta = \eta\mu^{-1}\theta = \dots\dots\dots \text{μοίρες}$$



Εικόνα 2

Αν δεν διαθέτετε αλφάδι, μετρήστε με την μετροταινία, την υψομετρική διαφορά δυο σημείων, Α και Γ της πλευράς (πλάγια άκρη) της σανίδας και την μεταξύ τους απόσταση.

Για να βρείτε την υψομετρική διαφορά των Α και Γ, μετρήστε τις αποστάσεις τους (ΑΒ) και (ΓΔ) από το οριζόντιο επίπεδο (καπάκι του θρανίου ή το δάπεδο της αίθουσας. (εικόνα 2) .

Ο λόγος της **υψομετρικής διαφοράς (ΑΒ)-(ΓΔ)** τους, προς την μεταξύ τους απόσταση (ΑΓ), ισούται με το **ημίτονο της γωνίας κλίσης** της σανίδας:

$$\frac{(ΑΒ) - (ΓΔ)}{(ΑΓ)} = \eta\mu\theta$$

Φροντίστε τα δυο σημεία να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, στην περιοχή κίνησης του αμαξιδίου και η γωνία κλίσης της σανίδας, να μην υπερβαίνει τις  $10^\circ$  .

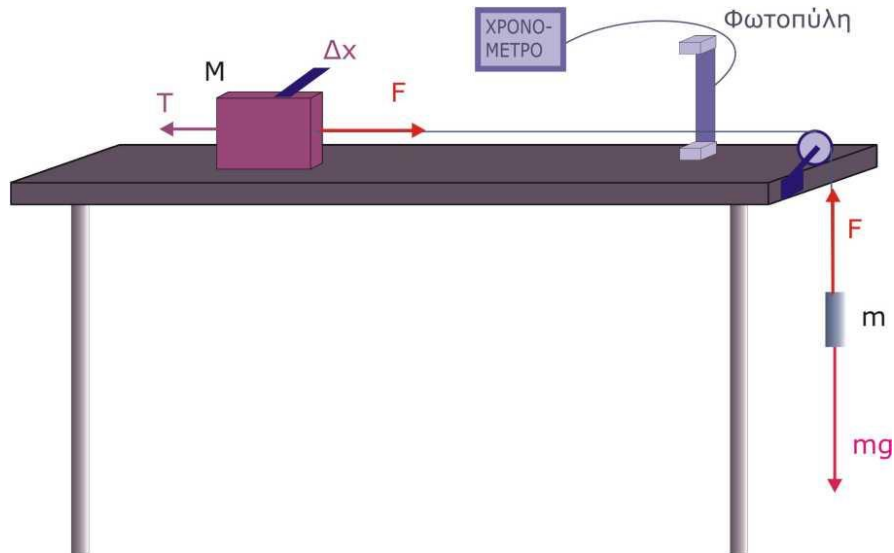
- 1) Καταγράψτε 3 τιμές της ελάχιστης γωνίας ( $\theta_{\min}$ ), για την οποία το σώμα κινείται ευθύγραμμα και ομαλά πάνω στην πλάγια σανίδα και υπολογίστε τη μέση τιμή της.

Μετρήσεις ελάχιστης γωνίας κλίσης $\theta_{\min}$	Μέση τιμή ελάχιστης γωνίας κλίσης $\theta_{\min}$
1 <sup>η</sup> μέτρηση :	
2 <sup>η</sup> μέτρηση :	
3 <sup>η</sup> μέτρηση :	

- 2) Πώς σχετίζεται η τιμή της  $\theta_{\min}$  με το συντελεστή τριβής ολίσθησης (βλέπε θεωρητικές επισήμανσεις): Από τη σχέση αυτή υπολογίστε την τιμή του **συντελεστή τριβής ολίσθησης  $\mu$**  (με προσέγγιση μέχρι δύο δεκαδικά ψηφία).

$$\mu = \dots\dots\dots$$

**Πείραμα 2:** 2η μέτρηση της τριβής ολίσθησης και του συντελεστή της τριβής ολίσθησης  $\mu$



Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης.

Το **αμαξάκι** που χρησιμοποιούμε στο πείραμα **έχει μάζα  $M$**  και είναι δεμένο στο ένα άκρο νήματος. Το νήμα διέρχεται από τροχαλία και στο άλλο άκρο του κρεμάμε ένα **βαρίδι μάζας  $m$**  (βλέπε σχήμα 1).

Υπολογίζουμε την **πειραματική τιμή του  $\mu$**  ως εξής:

Εφαρμόζουμε τον 2ο νόμο του Νεύτωνα για το κάθε σώμα ξεχωριστά :

$$\begin{cases} F - T = M \cdot a \\ m \cdot g - F = m \cdot a \end{cases}$$

και προσθέτοντας κατα μέλη (απαλοιφή της τάσης του νήματος  $F$ )

$$\boxed{T = m \cdot g - (M + m) \cdot a} \quad (3)$$

Αν η μάζα  $m$  του βαριδιού (σχήμα 1), έχει τέτοια τιμή ( **$m=m_1$** ), ώστε το αμαξάκι να κινείται με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή με μηδενική επιτάχυνση ( $a=0$ ), τότε από τη σχέση 3, προκύπτει ότι η τριβή είναι ίση με  $T = m_1 \cdot g$ , οπότε, **ο συντελεστής τριβής  $\mu$**  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\left\{ \begin{array}{l} T = m_1 \cdot g \\ T = \mu \cdot N = \mu \cdot M \cdot g \end{array} \right.$$

$$\mu = \frac{T}{M \cdot g} = \frac{m_1 \cdot g}{M \cdot g} = \frac{m_1}{M}$$

ή

$$\mu = \frac{m_1}{M}$$

Για να βρούμε τη μάζα  $m_1$ , με την οποία πετυχαίνουμε ομαλή κίνηση του αμαξιού, αρκεί να προσθέτουμε σταδιακά **μικρές μάζες στο βαρίδι** που κινείται κατακόρυφα, **μέχρις ότου διαπιστώσουμε ότι με ένα ελαφρύ σπρώξιμο, το αμαξάκι κινείται ομαλά.**

1. Αφαιρούμε από το νήμα όλα τα βαρίδια. Κρεμάμε σταδιακά, βαρίδια διαρκώς αυξανόμενης συνολικής μάζας: Ξεκινάμε με ένα βαρίδι 50g και προσθέτουμε κρίκους που έχουν μάζα 10g ο καθένας, μέχρις ότου το αμαξάκι, με ένα ελαφρύ σπρώξιμο, κινείται αργά με σταθερή ταχύτητα.
2. Όταν το πετύχουμε, ζυγίζουμε τα βαρίδια και υπολογίζουμε την τριβή ολίσθησης μεταξύ αμαξιού και επιφάνειας, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στο Σχεδιασμό του Πειράματος.

T= \_\_\_\_\_ N

$\mu$ = \_\_\_\_\_