

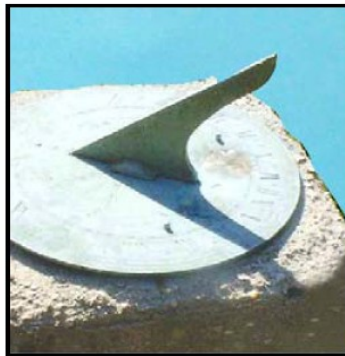
## Φύλλο Εργασίας 2 Μετρήσεις Χρόνου – Η Ακρίβεια

### α. Παρατηρώ, Πληροφορούμαι, Ενδιαφέρομαι

Συζήτησε με τους συμμαθητές σου, με τη βοήθεια του/της καθηγητή/τριας σου, τι εννοούμε όταν ζητάμε τη μέτρηση χρόνου. Μήπως ζητάμε τη χρονική διάρκεια που μεσολαβεί μεταξύ δύο γεγονότων ή μεταξύ της αρχής και του τέλους ενός γεγονότος; Πληροφορήσου και γράψε μερικούς τρόπους με τους οποίους μπορούμε να μετρήσουμε το χρόνο.

*Συνήθως ζητάμε τη χρονική διάρκεια που μεσολαβεί μεταξύ δύο γεγονότων ή μεταξύ της αρχής και του τέλους ενός γεγονότος. Δεν μετράμε τον απόλυτο χρόνο, αλλά το σχετικό χρόνο που έχει "περάσει" από την αρχή έως το τέλος της μέτρησης.*

Παρατηρώντας διάφορες συσκευές μέτρησης του χρόνου στις παρακάτω εικόνες, πληροφορήσου για την ακρίβειά τους στη μέτρηση του χρόνου. Ποιες ονομάζουμε "αναλογικές" και ποιες "ψηφιακές";



*Αριστερά: ψηφιακό ρολόι – χρονόμετρο με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου. Κέντρο: ηλιακό ρολόι με ακρίβεια λεπτού. Δεξιά: αναλογικό ρολόι με ακρίβεια δευτερολέπτου.*

### β. Συζητώ, Αναρωτιέμαι, Υποθέτω

Συζήτησε με τους συμμαθητές σου και γράψε τις υποθέσεις σου για την απαιτούμενη ακρίβεια στη μέτρηση του χρόνου:

- μεταξύ δύο επισκέψεών σου στον οφθαλμίατρο: *εβδομάδων ή μηνών*
- σε αγώνα δρόμου 100 μέτρων: *εκατοστού του δευτερολέπτου*
- μιας διδακτικής "ώρας": *μερικών λεπτών*
- δημιουργίας ενός γεωλογικού πετρώματος: *εκατομμυρίων ετών*

Με ποιον τρόπο πρέπει να γίνονται οι μετρήσεις μικρών χρόνων για να έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια; Γράψε τις υποθέσεις σου.

*Η ακρίβεια των μετρήσεων του χρόνου εξαρτάται τόσο από τα όργανα μέτρησης και την ακρίβεια που παρέχουν (αντικειμενικός παράγοντας), όσο και από τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μέτρηση από τον καθένα μας (υποκειμενικός παράγοντας).*

## γ. Ενεργώ, Πειραματίζομαι

Έλεγξε τις υποθέσεις σου με το παρακάτω πείραμα 1 ή το εναλλακτικό πείραμα 2.

Υλικά / Όργανα:

λεπτό σχοινί, μικρό βαρύ αντικείμενο (πχ. μπάλα από πλαστελίνη, βαρίδι με γάντζο,...), ρολόγια ή χρονόμετρα (κάποια με ακρίβεια δευτερολέπτου και άλλα εκατοστού του δευτερολέπτου),

ένα θρανίο, μπαλάκι

Αντί του πειράματος 1, μπορεί να γίνει το πείραμα 2 (με την ίδια διαδικασία που περιγράφεται για το πείραμα 1) ή μερικοί μαθητές μπορούν να κάνουν πείραμα 1 και οι υπόλοιποι το πείραμα 2.

### Πείραμα 1



Δέσε στο ένα άκρο ενός λεπτού σχοινιού (μήκους μισού μέτρου περίπου) ένα μικρό και βαρύ αντικείμενο (πχ. μπάλα από πλαστελίνη) και κρέμασέ το δένοντας το άλλο άκρο του σε ένα ψηλό σημείο, προσέχοντας να μην ακουμπάει πουθενά και να μπορεί να ταλαντώνεται.

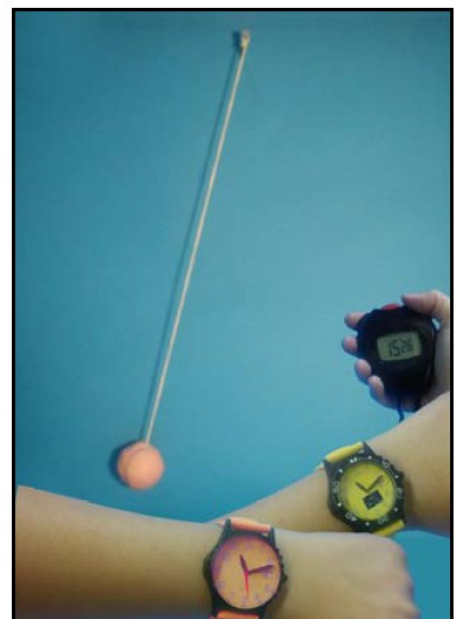
Άφησέ το να ηρεμήσει σε κατακόρυφη θέση, όπως στη διπλανή εικόνα.

Εσύ και οι συμμαθητές σου, ο καθένας με το ρολόι του ή χρονόμετρο ετοιμαζόσαστε να μετρήσετε χρόνο. Μερικοί έχετε αναλογικό ρολόι με δείκτη δευτερολέπτων, που μετρά με ακρίβεια δευτερολέπτου. Άλλοι έχετε ψηφιακό ρολόι με ένδειξη εκατοστού του δευτερολέπτου, που μετρά με αυτή την ακρίβεια το χρόνο.

Απομάκρυνε λίγο το αντικείμενο από τη θέση ηρεμίας του και άφησέ το, όπως στη διπλανή εικόνα. Το αντικείμενο αρχίζει να ταλαντώνεται αριστερά – δεξιά, ως "εκκρεμές". Εσύ και οι συμμαθητές σου, ο καθένας με το ρολόι του ή το χρονόμετρό του, μετρήστε το χρόνο που πέρασε από την αρχή της ταλάντωσης έως τη στιγμή που ολοκληρώνονται 10 πλήρεις ταλαντώσεις. Λάβετε υπόψη σας ότι ένα εκκρεμές ολοκληρώνει μια πλήρη ταλάντωση όταν ξεκινάει από μια ακραία θέση και επιστρέφει σε αυτήν.

Γράψε το χρόνο που μέτρησες, καθώς και το χρόνο που μέτρησαν οι συμμαθητές σου, χωρίς όμως να έχετε δει ο ένας το χρόνο του άλλου.

Όσοι έχουν αναλογικό ρολόι γράφουν την τιμή του χρόνου που μέτρησαν στη δεύτερη στήλη του παρακάτω πίνακα. Όσοι έχουν ψηφιακό ρολόι ή χρονόμετρο γράφουν την τιμή του χρόνου που μέτρησαν στην τέταρτη στήλη του.



Παρατίθενται μερικές ενδεικτικές τιμές μετρήσεων με αναλογικό ρολόι ακρίβειας ενός δευτερολέπτου, οι οποίες αθροίζονται:  $13 + 13 + 14 + 14 + 14 + 14 + 14 + 13 + 14 + 13 = 136$  s. Με διαίρεση του αθροίσματος διά του αριθμού (10) των μετρήσεων προκύπτει:  $136 : 10 = 13,6$  s. Στρογγυλοποιώντας αυτή την τιμή, υπολογίζουμε τη μέση τιμή του χρόνου των ταλαντώσεων με ακρίβεια δευτερολέπτου (με όση δηλαδή ακρίβεια έγιναν οι μετρήσεις): 14 s

Παρατίθενται, επίσης, μερικές ενδεικτικές τιμές μετρήσεων με ψηφιακό ρολόι ακρίβειας εκατοστού του δευτερολέπτου, οι οποίες αθροίζονται:  $14,20 + 14,09 + 14,34 + 14,40 + 14,51 + 14,28 + 14,23 + 14,21 + 14,24 + 14,17 = 142,67$  s. Με διαίρεση του αθροίσματος διά του αριθμού (10) των μετρήσεων προκύπτει:  $142,67 : 10 = 14,267$  s. Στρογγυλοποιώντας αυτή την τιμή, υπολογίζουμε τη μέση τιμή του χρόνου των ταλαντώσεων με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου (με όση δηλαδή ακρίβεια έγιναν οι μετρήσεις): 14,27 s .

Συγκρίνοντας τις παραπάνω μέσες τιμές: 14 s και 14,27 s διαπιστώνουμε ότι και αυτές διαφέρουν. Η μέση τιμή των μετρήσεων με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου, όμως, έχει μετρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια και πρέπει να προσεγγίζει περισσότερο την "πραγματική" τιμή (που ποτέ δε γνωρίζουμε).

Σύγκρινε μεταξύ τους τις τιμές του χρόνου που έχεις γράψει στη δεύτερη στήλη. Τι παρατηρείς; Υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους;

**ΝΑΙ. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους.**

Σύγκρινε μεταξύ τους τις τιμές του χρόνου που έχεις γράψει στην τέταρτη στήλη. Τι παρατηρείς; Υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους;

**ΝΑΙ. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους.**

Αν παρατηρείς διαφορές μεταξύ των τιμών της δεύτερης και τέταρτης στήλης, πού νομίζεις ότι οφείλονται;

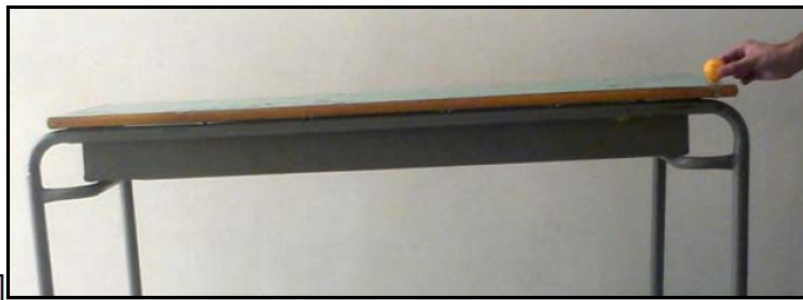
**Αν υποθεθεί ότι τα ρολόγια λειτουργούν σωστά, οι διαφορές πρέπει να οφείλονται στον τρόπο με τον οποίο ο κάθε μαθητής αντιδρά εγκαίρως και μετρά το χρόνο.**

Άθροισε όλες τις τιμές του χρόνου που έχεις γράψει στη δεύτερη στήλη και γράψε το άθροισμα τους στο τελευταίο κελί της. Υπολόγισε τη μέση τιμή του χρόνου 10 ταλαντώσεων, διαιρώντας το άθροισμά τους με το πλήθος των τιμών. Γράψε τη μέση τιμή (με ακρίβεια ενός δευτερολέπτου, με όση δηλαδή ακρίβεια έγιναν αυτές οι μετρήσεις) στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα.

Επανάλαβε τους υπολογισμούς για τις τιμές του χρόνου που έχεις γράψει στην τέταρτη στήλη και γράψε τη μέση τιμή τους στην τελευταία στήλη (με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου, με όση δηλαδή ακρίβεια έγιναν αυτές οι μετρήσεις).

## Πείραμα 2 (Εναλλακτικό)

Κάνε τη διαδικασία που περιγράφεται στο παραπάνω πείραμα για να μετρήσεις τη μέση τιμή του χρόνου που περνάει για να κυλήσει μια μπίλια από τη μια άκρη στην άλλη ενός θρανίου το οποίο το έχετε μετατρέψει σε "κεκλιμένο επίπεδο", με σταθερή κλίση, όπως στην παρακάτω εικόνα.



#### Δ. Συμπεραίνω, Καταγράφω

Γράψε τα συμπεράσματά σου από τις παρατηρήσεις, τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς σου, επιβεβαιώνοντας ή διαψεύδοντας τις υποθέσεις σου:

*Πολλαπλές μετρήσεις του ίδιου χρόνου δίνουν διαφορετικές τιμές. Οι διαφορετικές τιμές είναι δυνατό να οφείλονται στη διαφορετική ακρίβεια κάθε οργάνου ή/και στον τρόπο μέτρησης κάθε πειραματιστή. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια του οργάνου που μετράει το χρόνο, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ακρίβεια της μέτρησης. Επίσης, ο υπολογισμός της μέση τιμής των μετρήσεων εξομαλύνει τις διαφορές. Η μέση τιμή πολλών μετρήσεων που έχουν γίνει με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια πλησιάζει περισσότερο στη ζητούμενη "πραγματική" τιμή του χρόνου.*

#### ε. Εφαρμόζω, Εξηγώ, Γενικεύω

Συγκέντρωσε εικόνες και πληροφορίες για τη μέτρηση του χρόνου με άλλους τρόπους και όργανα.

*Κατά το παρελθόν, για τη μέτρηση του χρόνου έχουν χρησιμοποιηθεί: Πέτρινες (συνήθως μεγαλιθικές και κυκλικές) κατασκευές με τις οποίες πιστεύεται ότι γινόταν πρόβλεψη των ισημεριών ή των ηλιοστασιών. Ηλιακά Ρολόγια που έδειχναν το χρόνο μέσω της σκιάς μιας στήλης. Κλεψύδρες νερού ή άμμου. Αναμμένα κεριά και καντήλια λαδιού, στα οποία μετρούσαν το μήκος του κεριού ή την ποσότητα του λαδιού, κá.*

*Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως μηχανικά ρολόγια με γρανάζια, που κινούνται από ελατήρια ή βαρίδια και μερικές φορές έχουν εκκρεμές, αλλά και ηλεκτρονικά ρολόγια που λειτουργούν με κρυστάλλους χαλαζία και ηλεκτρονικά κυκλώματα.*

Το ακριβέστερο όργανο μέτρησης του χρόνου στην εποχή μας είναι το "ατομικό ρολόι". Αναζήτησε πληροφορίες για τη λειτουργία του. Ποια είναι η ακρίβεια μέτρησης του χρόνου που επιτυγχάνουμε με αυτό;

*Η ακρίβεια του είναι 0,00000000000000000001 δευτερόλεπτα. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην "ταλάντωση" ατόμων καυσίου όταν σε αυτά προσπίπτει ακτινοβολία μικροκυμάτων (μετρά το χρόνο που κάνουν τα ηλεκτρόνια των ατόμων καυσίου για να αλλάξουν επίπεδα ενέργειας όταν προσπίπτει σε αυτά ακτινοβολία μικροκυμάτων). Σε αυτή τη διαδικασία βασίζεται και ο ορισμός του δευτερολέπτου.*

