**Ενδεικτικές Απαντήσεις και Μετρήσεις**

## Μετρήσεις Χρόνου - Η Ακρίβεια για τον Εκπαιδευτικό

Ειδικοί στόχοι

Επιδιώκεται οι μαθητές: να γνωρίσουν τι ονομάζουμε μέτρηση χρόνου - να αναγνωρίζουν και να κατονομάζουν τις διαφορετικές συσκευές (αναλογικές, ψηφιακές) μέτρησης του χρόνου - να πειραματιστούν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα για την ακριβέστερη δυνατή μέτρηση του χρόνου κατά περίπτωση, σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τα διατιθέμενα όργανα μέτρησης - να μετρούν το χρόνο χρησιμοποιώντας ορθά τα κατάλληλα χρονόμετρα και να υπολογίζουν τη μέση τιμή πολλαπλών μετρήσεων - να ενημερωθούν για τους ακριβέστερους δυνατούς τρόπους μέτρησης του χρόνου.

Εκτός των ειδικών στόχων ανά θεματική ενότητα, έχουν τεθεί και γενικοί στόχοι ανά μεθοδολογικό βήμα που συμπληρώνουν τον σκοπό του μαθήματος, αναφέρονται δε αναλυτικά στις "Οδηγίες για τον Εκπαιδευτικό".

Γνώσεις / Δραστηριότητες / Πειράματα από το Δημοτικό Σχολείο

«Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω» Ε’ τάξης, βιβλίο μαθητή: χρόνος - ταχύτητα σελ. 106­107, τετράδιο εργασιών: ταχύτητα σελ. 162-163, βιβλίο εκπαιδευτικού: ταχύτητα σελ. 219-220

**Φύλλο Εργασίας 2** για τον εκπαιδευτικό

### α. παρατηρώ, πληροφορούμαι, ενδιαφέρομαι / έναυσμα ενδιαφέροντος

Παροτρύνονται οι μαθητές να συζητήσουν, με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού, για το τι εννοούμε όταν ζητάμε τη μέτρηση χρόνου. Πράγματι, 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.

Συνεχίζοντας τη συζήτηση για τα φυσικά και μη μεγέθη, στο συμπληρωματικό ΦΕ 2+ υπάρχει αναφορά στον τρόπο μέτρησης του χρόνου στην αρχαία Ελλάδα με κλεψύδρες νερού. Επίσης, υπάρχει εναυσματική εικόνα στο ΦΕ 2 για τη μέτρηση του χρόνου με ηλιακά ρολόγια, τα οποία βέβαια μετρούν το χρόνο με μικρή ακρίβεια. Σχετικά με τη μέτρηση του χρόνου σήμερα, με βάση τις εναυσματικές εικόνες του ΦΕ 2 είναι δυνατόν να γίνει η διάκριση μεταξύ αναλογικών και ψηφιακών ρολογιών και του τρόπου λειτουργίας τους. Όσον αφορά στην ακρίβεια μέτρησης, φαίνεται στις εικόνες ότι τα συνήθη αναλογικά ρολόγια μετρούν το χρόνο με ακρίβεια δευτερολέπτου, ενώ τα περισσότερα ψηφιακά ρολόγια μετρούν το χρόνο με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου. Στην επικαιροποίηση των σχετικών με τη μέτρηση του χρόνου πληροφοριών σημαντική -μπορεί να- είναι η συμβολή του/της εκπαιδευτικού.

### β. συζητώ, αναρωτιέμαι, υποθέτω / διατύπωση υποθέσεων

Η συζήτηση των μαθητών ευκταίο είναι να καταλήξει σε υποθέσεις τους για την απαιτούμενη ακρίβεια στη μέτρηση του χρόνου σε διάφορες περιπτώσεις: Μεταξύ δύο επισκέψεών σου στον οφθαλμίατρο: ακρίβεια εβδομάδων ή μηνών (εκτός εκτάκτων προβλημάτων). Σε αγώνα δρόμου 100 μέτρων: ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου. Μιας διδακτικής "ώρας": ακρίβεια μερικών λεπτών. Δημιουργίας ενός γεωλογικού πετρώματος: ακρίβεια εκατομμυρίων ετών.

Όσον αφορά στην ακρίβεια των μετρήσεων του χρόνου, ευκταίο είναι οι μαθητές να υποθέσουν ότι αυτή 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 / πειραματισμός

Ο πειραματισμός γίνεται πολλές φορές, επαναληπτικά και συγχρόνως από πολλούς μαθητές. Όσοι χρησιμοποιούν αναλογικά ρολόγια με ακρίβεια δευτερολέπτου διαπιστώνουν από τις πρώτες μετρήσεις την περιορισμένη ακρίβειά τους στη μέτρηση του χρόνου, σε σχέση με αυτούς που χρησιμοποιούν ψηφιακά ρολόγια με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου.

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 .

Οι τιμές που έχουν μετρηθεί με ακρίβεια δευτερολέπτου διαφέρουν μεταξύ τους. Αν υποτεθεί ότι τα ρολόγια λειτουργούν σωστά, οι διαφορές πρέπει να οφείλονται στον τρόπο με τον οποίο ο κάθε μαθητής αντιδρά εγκαίρως και μετρά το χρόνο. Η μέση τιμή τους έχει υπολογιστεί, επίσης, με ακρίβεια δευτερολέπτου.

Οι τιμές που έχουν μετρηθεί με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου διαφέρουν, επίσης, μεταξύ τους. Αν υποτεθεί ότι τα ρολόγια λειτουργούν σωστά, οι διαφορές πρέπει να οφείλονται και πάλι στον τρόπο με τον οποίο ο κάθε μαθητής αντιδρά εγκαίρως και μετρά το χρόνο. Η μέση τιμή τους έχει υπολογιστεί με ακρίβεια εκατοστού του δευτερολέπτου.

Συγκρίνοντας όμως 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).

### δ. συμπεραίνω, καταγράφω / διατύπωση θεωρίας

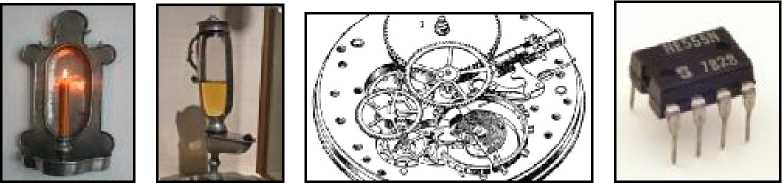
Πολλαπλές μετρήσεις του ίδιου χρόνου δίνουν διαφορετικές τιμές. Οι διαφορετικές τιμές είναι δυνατό να οφείλονται στη διαφορετική ακρίβεια κάθε οργάνου ή/και στον τρόπο μέτρησης κάθε πειραματιστή. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια του οργάνου που μετράει το χρόνο, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ακρίβεια της 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 / συνεχής έλεγχος

*Οι παρακάτω προτεινόμενες απαντήσεις είναι ενδεικτικές και με κανέναν τρόπο δεν είναι δυνατόν να θεωρηθούν ως μοναδικές. Οποιεσδήποτε άλλες σωστές εναλλακτικές ή συμπληρωματικές απαντήσεις είναι αποδεκτές, κατά την κρίση του/της εκπαιδευτικού.*

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 ηλιοστασίων. 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, κά.

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 0,0000000000000000001 δευτερόλεπτα. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην "ταλάντωση" ατόμων καισίου όταν σε αυτά προσπίπτει ακτινοβολία μικροκυμάτων (μετρά το χρόνο που κάνουν τα ηλεκτρόνια των ατόμων καισίου για να αλλάξουν επίπεδα ενέργειας όταν προσπίπτει σε αυτά ακτινοβολία μικροκυμάτων). Σε αυτή τη διαδικασία βασίζεται και ο ορισμός του δευτερολέπτου.

Συμπληρωματικό **Φύλλο Εργασίας 2 +** για τον εκπαιδευτικό

+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Σχετικά με τη μέτρηση του φυσικού μεγέθους του χρόνου με κλεψύδρες νερού, έχουν δοθεί αρκετές πληροφορίες στο ΦΕ 2+ +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ νανοδευτερόλεπτο (ns) = 0,000 000 001 s, μικροδευτερόλεπτο (μβ) = 0,000 001 s, χιλιοστό του δευτερολέπτου (ms) = 0, 001 s, λεπτό (min) = 60 s, ώρα (h) = 60 min = 3600 s, ημέρα (d) = 24 h, έτος (y) = 365 d

+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Το σύμπαν δημιουργήθηκε, σύμφωνα με μια υπόθεση της επιστήμης που βασίζεται στο νόμο E=mc2, πριν από περίπου 14 δισεκατομμύρια έτη. Η ζωή στη γη δημιουργήθηκε, σύμφωνα με τις υποθέσεις της επιστήμης, πριν από περίπου 3,5 δισεκατομμύρια έτη.

Η μέτρηση του χρόνου με μηχανικά ρολόγια ακριβείας άρχισε μετά το 1200, ενώ οι διεθνείς μονάδες χρόνου καθιερώθηκαν το 1967.

+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Από έναν πειραματισμό με μέτρηση του μήκους (σε cm) ενός θρανίου από 10 μαθητές, διαδοχικά, οι οποίοι μετρούν κάθε φορά και το χρόνο κύλισης (σε s) μιας μπαταρίας είναι δυνατό να ληφθούν οι εξής ενδεικτικές τιμές, από τις οποίες υπολογίζονται 10 διαφορετικές τιμές της μέσης ταχύτητας (σε cm/s): 118,8 : 2,00 = 59,4 cm/s, 118,9 : 1,86 = 63,9 cm/s, 119,5 : 1,93 = 61,9 cm/s, 118,7 : 1,89 = 62,8 cm/s, 118,7 : 1,98 = 59,9 cm/s, 118,8 : 2,04 =58,2 cm/s, 118,9 : 1,87 = 63,6 cm/s, 119,0 : 1,90 = 62,6 cm/s, 119,1 : 1,98 =60,2 cm/s, 118,7 : 2,01 = 59,1 cm/s. Από αυτές υπολογίζεται η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας (σε cm/s): αθροίζονται οι 10 μέσες τιμές 59,4 + 63,9 + 61,9 + 62,8 + 59,9 + 58,2 + 63,6 + 62,6 + 60,2 + 59,1 = 611,6 και το άθροισμα διαιρείται διά του αριθμού των τιμών: 611,6 : 10 = 61,2 cm/s (με στρογγυλοποίηση).

+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Ταχύτητα φωτός: 1.080.000.000 km/h = 300.000 km/s

Ταχύτητα μαραθωνοδρόμου: 45 km : 2 h 08 min = 21,13 km/h = 0,006 km/s

Ταχύτητα δρομέα 100 μέτρων: 100 m : 9,58 s = 10,44 m/s = 37,58 km/h = 0,01 km/s

Ταχύτητα του ήχου στον αέρα: 340 m/s = 1224 km/h = 0,34 km/s

Ταχύτητα αγωνιστικού αυτοκινήτου: 370 km/h = 0,1 km/s

Ταχύτητα διαφυγής πυραύλου από τη γη: περίπου 40.000 km/h = 11,1 km/s

Ταχύτητα διαστημοπλοίου Voyager 1: περίπου 60.000 km/h = 16,7 km/s

+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Ο χρόνος που μεσολαβεί για να φθάσει το φως του Ήλιου στη Γη, όταν η απόστασή τους είναι 150.000.000 km, είναι: 150.000.000 km : 300.000 km/s = 500 s **»** 8,33 min.

Ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που ένα τηλεκατευθυνόμενο διαστημικό όχημα στέλνει μηνύματα με την ταχύτητα του φωτός από την επιφάνεια του πλανήτη Άρη έως ότου λάβει οδηγίες από τη Γη, όταν η απόσταση Άρη-Γης είναι 318.000.000 km, είναι: 2 x 318.000.000 km = 636.000.000 km *■>* 636.000.000 km : 300.000 km/s = 2120 s **»** 35,33 min.

Αν, σύμφωνα με την επιστήμη, το πλησιέστερο στη Γη μας ουράνιο σώμα, στο οποίο μπορεί να υπάρχει ζωή, είναι μερικές εκατοντάδες έτη φωτός, για παράδειγμα 500, η διάρκεια του ταξιδιού με επιστροφή, ενός διαστημοπλοίου που θα είχε ακόμη και ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός (!) θα ήταν 1000 έτη.

Αν η ταχύτητά του διαστημοπλοίου θα ήταν ίση με αυτή του διαστημοπλοίου Voyager 1, η διάρκεια του ταξιδιού με επιστροφή θα ήταν πολύ πολύ μεγαλύτερη ...

+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++