

# Η διδασκαλία του απλού εκκρεμούς και η σχέση του με την ακριβή χρονομέτρηση

## 1. Τίτλος

Η διδασκαλία του απλού εκκρεμούς και η σχέση του με την ακριβή χρονομέτρηση  
**Keywords:** απλό εκκρεμές, μέτρηση του χρόνου, Γαλιλαίος, Ρισέ, μικρά ιστορικά κείμενα

## 2. Συγγραφείς

Σωτήρης Δόσης, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Υπ. διδάκτορας ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών, [sdossis@upatras.gr](mailto:sdossis@upatras.gr)

Δημήτρης Κολιόπουλος, Αν. Καθηγητής, ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών, [dkoliop@upatras.gr](mailto:dkoliop@upatras.gr)

## 3. Περίληψη

Η προτεινόμενη διδασκαλία αποτελείται από ένα σύνολο τεσσάρων ενοτήτων που αναφέρεται στο **απλό εκκρεμές** και τη σχέση του με την ακριβή μέτρηση του χρόνου. Η διδασκαλία αυτή απευθύνεται σε μαθητές γυμνασίου και διαφέρει ριζικά από την παραδοσιακή μορφή διδασκαλίας του συγκεκριμένου αντικειμένου. Στην παραδοσιακή διδασκαλία του εκκρεμούς εμπλέκονται, τις περισσότερες φορές, διαφορετικά εννοιολογικά πλαίσια, όπως αυτό της Νευτωνικής Μηχανικής ή το πλαίσιο της διατήρησης της ενέργειας. Αντιθέτως, στην προτεινόμενη προσέγγιση, γίνεται μια εις βάθος πραγμάτευση του πλαισίου της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς, **όπως αυτό επινοήθηκε από τον Γαλιλαίο**, γνωρίζοντας παράλληλα ότι, στη συγκεκριμένη βαθμίδα, το βασικό εννοιολογικό πρόβλημα για τους μαθητές είναι αυτό της οικοδόμησης της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς και της έννοιας της περιόδου. Συγχρόνως, η σύνδεση του απλού εκκρεμούς με τους μηχανισμούς μέτρησης του χρόνου αναβαθμίζει, αφ' ενός, την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης και, αφ' ετέρου, προσδίδει νόημα στη μελέτη της εννοιολογικής και μεθοδολογικής συνιστώσας της γνώσης. Παράλληλα, επιχειρείται μια υποθετικο-παραγωγική προσέγγιση της σχέσης ανάμεσα στην περίοδο του απλού εκκρεμούς, το μήκος του νήματος του εκκρεμούς και την επιτάχυνση της βαρύτητας. Η προηγούμενη λογική εξυπηρετείται από την εισαγωγή στη διδασκαλία τριών μικρών κειμένων που εμπεριέχουν στοιχεία από την ιστορία των φυσικών επιστημών.

## 4. Περιγραφή της διδασκαλίας

Στην προτεινόμενη προσέγγιση, γίνεται μια εις βάθος πραγμάτευση του πλαισίου της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς, όπως αυτό επινοήθηκε από τον Γαλιλαίο, γνωρίζοντας παράλληλα ότι, στη συγκεκριμένη βαθμίδα, το βασικό εννοιολογικό πρόβλημα για τους μαθητές είναι αυτό της οικοδόμησης της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς και της έννοιας της περιόδου. Συγχρόνως, η σύνδεση του απλού εκκρεμούς με τους μηχανισμούς μέτρησης του χρόνου αναβαθμίζει, αφ' ενός, την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης και, αφ' ετέρου, προσδίδει νόημα στη μελέτη της εννοιολογικής και μεθοδολογικής συνιστώσας της γνώσης. Η προηγούμενη λογική εξυπηρετείται από την εισαγωγή στη διδασκαλία τριών μικρών κειμένων που εμπεριέχουν στοιχεία από την ιστορία των φυσικών επιστημών.

Στο πρώτο κείμενο παρουσιάζεται ένα σχέδιο ρολογιού παρόμοιο με αυτό του Γαλιλαίου. Οι μαθητές ερωτώνται για το ρόλο του κάθε στοιχείου του ρολογιού, αναφέρονται στο ρόλο του απλού εκκρεμούς στη ρύθμιση του ρολογιού και διατυπώνουν υποθέσεις σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν στην περίοδο του απλού εκκρεμούς έτσι που να ρυθμιστεί το ρολόι. Το δεύτερο κείμενο αναφέρεται σε ένα απόσπασμα από το βιβλίο του Γαλιλαίου «Διάλογος για τις καινούργιες επιστήμες» και σχετίζεται με την ισόχρονη κίνηση του εκκρεμούς. Το κείμενο αυτό εισάγεται στη διδασκαλία σε συνδυασμό με τις δραστηριότητες – προβλήματα που έχουν ως κύριο στόχο να συζητήσουν οι μαθητές το παράδοξο της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς, όπως: α) «Τι νομίζετε ότι θα απαντούσε ο Σαλβιάτι (δηλαδή, αυτός που εκφράζει τις ιδέες του Γαλιλαίου) σ' αυτά που ισχυρίζεται ο Σαγρέντο;» β) «Ποια συγκεκριμένη τεχνική θα προτείνατε για να ελέγξετε την αλήθεια ή το λάθος του ισχυρισμού του Σαγρέντο;». Στο τρίτο κείμενο περιγράφεται η ανακάλυψη του αστρονόμου J. Richer σύμφωνα με την οποία το μήκος του εκκρεμούς δευτερολέπτων που είχε ρυθμιστεί στο Παρίσι, θα έπρεπε να ελαττωθεί ώστε αυτό να εξακολουθεί να χτυπάει τα δευτερόλεπτα στο Cayenne (Matthews, 2001). Το κείμενο αυτό σχετίζεται με τη διατύπωση εκ μέρους των μαθητών υποθέσεων για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς.

## **5. Η ιστορική και φιλοσοφική θεώρηση**

Τα βασικά στοιχεία αυτής της ανάλυσης σχετίζονται τόσο με την εννοιολογική διάσταση όσο και με την μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης. Στο εννοιολογικό επίπεδο, η έννοια της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς καθίσταται θεμελιώδης. Η έννοια αυτή απορρέει τόσο από το νόμο του μήκους όσο και από το νόμο του πλάτους. “Ισχυρίζομαι ότι η κίνηση του εκκρεμούς είναι ισόχρονη και ότι κάθε αιώρηση κάνει τον ίδιο χρόνο. Δηλαδή ότι όλες οι επακόλουθες ταλαντώσεις διαρκούν τον ίδιο χρόνο με την πρώτη ταλάντωση. Αυτό δεν ακολουθεί το νόμο του πλάτους. Σχεδόν ακολουθεί το νόμο του μήκους: εάν η περίοδος εξαρτάται μόνο από το μήκος, τότε ιδανικά, κάθε αιώρηση θα διαρκεί τον ίδιο χρόνο όπως κάθε άλλη αιώρηση. Αλλά η τριβή στο υπομόχλιο, η αντίσταση του αέρα στη κίνηση και η επιμήκυνση του νήματος ή του σύρματος εξ' αιτίας της επίδρασης του βάρους θα συντελέσουν σε μια βραδύτητα του εκκρεμούς” (Matthews, 2000, σ. 113). Από την άλλη μεριά, στο μεθοδολογικό επίπεδο, η εργασία του Γαλιλαίου δείχνει ότι η μαθηματική εξήγηση προηγείται οποιασδήποτε πειραματικής απόδειξης της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς. “Αν το πείραμα δεν επιβεβαιώνει την απόδειξη, τότε υπάρχει πάντα το ‘τυχαίο’ και οι ‘ατέλειες’ της υπόθεσης να σκεφτούμε” (Matthews, 2000, σ. 112). Ταυτοχρόνως, η διαπίστωση του Ρισέ ότι η περίοδος του ρολογιού εκκρεμούς του Χόιχενς διέφερε στην Καγέν σε σχέση με το Παρίσι και οι συνακόλουθες διαφωνίες που οδήγησαν στην εξέταση νέων παραγόντων που επιδρούν στην περίοδο του εκκρεμούς όπως η βαρύτητα και το σχήμα της γης, δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο τα ιστορικά γεγονότα επηρεάζουν την μεθοδολογία των φυσικών επιστημών.

## **6. Οι ομάδες εφαρμογής της διδακτικής σειράς, η συνάφεια με το Α.Π. και τα διδακτικά οφέλη**

- Η διδακτική σειρά του απλού εκκρεμούς απευθύνεται κυρίως σε μαθητές 14 – 15 ετών (γ' γυμνασίου). Εναλλακτικά, η σειρά μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην επιμόρφωση αδιόριστων ή διορισμένων εκπαιδευτικών ως παράδειγμα διδακτικού μετασχηματισμού των επιστημονικών εννοιών και της ιστορικής τους κατασκευής.
- Αυτή η προσέγγιση μπορεί να αντικαταστήσει ή συμπληρώσει, εάν υπάρχει ο απαραίτητος διδακτικός χρόνος, την παραδοσιακή προσέγγιση της γ' γυμνασίου.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται μια σειρά από διδακτικές ενότητες, βασισμένες σε διδακτικές δραστηριότητες-προβλήματα, ενώ σε κάθε ενότητα προτείνουμε τους βασικούς εννοιολογικούς, μεθοδολογικούς και πολιτισμικούς διδακτικούς στόχους της συγκεκριμένης μελέτης.

Διδακτική ώρα	Κατάσταση - Πρόβλημα	Διδακτικοί στόχοι		
		Εννοιολογικοί	Μεθοδολογικοί	Πολιτισμικοί
1η	<b>Πως και γιατί το μεσαιωνικό ρολόι-εκκρεμές μπορεί να γίνει ακριβέστερο;</b>	Περιοδικότητα (ομοιόμορφη επανάληψη αιωρήσεων)	Αναγνώριση παραγόντων που επηρεάζουν τη μέτρηση του χρόνου στο ρολόι-εκκρεμές	Η μέτρηση του χρόνου ως κοινωνικο-επιστημονικό πρόβλημα
2η	<b>Ποια ιδέα κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του ρολογιού εκκρεμούς;</b>	Ισόχρονη κίνηση εκκρεμούς	Αναγνώριση και έλεγχος της σχέσης περιόδου -πλάτους απλού εκκρεμούς	Η ιστορική προσέγγιση της ισόχρονης κίνησης του απλού εκκρεμούς
3η	<b>Πως μετατρέπεται ένα απλό εκκρεμές σε εκκρεμές του 1 sec;</b>	Η σχέση περιόδου - μήκους νήματος / ανεξαρτησία περιόδου - βάρους σφαιριδίου του απλού εκκρεμούς	Αναγνώριση και έλεγχος της σχέσης περιόδου - μήκους νήματος / βάρους σφαιριδίου απλού εκκρεμούς	
4η	<b>Η διάρκεια της απλής αιώρησης απλού</b>	Σχέση περιόδου - βαρύτητας ενός τόπου	Αναγνώριση και έλεγχος της σχέσης περιόδου -βαρύτητας σε	Η σχέση περιόδου εκκρεμούς - βαρύτητας ως

	<b>εκκρεμούς, μήκους 1 m, είναι παντού 1 sec;</b>		ένα νοητικό πείραμα	κοινωνικο- επιστημονικό πρόβλημα
--	---	--	------------------------	--

Αυτή η προσέγγιση διαφέρει από την παραδοσιακή στα παρακάτω σημεία:

- Μια ευρύτερη ενότητα συγκροτείται γύρω από τη μέτρηση του χρόνου που συνιστά το κύριο θέμα, στο πολιτισμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο τα επιθυμητά εννοιολογικά και μεθοδολογικά χαρακτηριστικά, αποκτούν νόημα.
- Υπάρχει μια σε βάθος ανάλυση του εννοιολογικού πλαισίου που, στη συγκεκριμένη περίπτωση, συσχετίζεται με το να υποδείχνει μια ποιοτική/ ημι-ποσοτική σχέση μεταξύ της περιόδου του απλού εκκρεμούς, του μήκους του νήματος του εκκρεμούς και της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Η μαθηματική προσέγγιση αυτής της σχέσης δεν είναι απαραίτητη σε αυτό το επίπεδο. Την ίδια στιγμή, η μελέτη άλλων εννοιολογικών πλαισίων, όπως η Νευτώνεια ανάλυση, η ενεργειακή ανάλυση και η μέτρηση της επιτάχυνση της βαρύτητας παραλείπονται.
- Αποπειράται η υποθετικο-παραγωγική προσέγγιση της σχέσης της περιόδου του απλού εκκρεμούς, με το μήκος του νήματος του εκκρεμούς και την επιτάχυνση της βαρύτητας. Αναφορικά με το μήκος του απλού εκκρεμούς, ένα πρακτικό πρόβλημα που αναδύεται αφορά στην εξήγηση του πως ένα ρολόι “κτυπά τα δευτερόλεπτα”. Αυτό το πρόβλημα, σύμφωνα με τις οδηγίες διδασκαλίας, μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στο να σχεδιάσουν μόνοι τους τις αντίστοιχες πειραματικές δραστηριότητες σε αντίθεση με την παραδοσιακή προσέγγιση όπου τους επιβάλλονται.
- Η πολιτισμική διάσταση αναδεικνύεται σαν απαραίτητο στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης όχι μόνο (α) ενεργεί σαν μέσο προσέγγισης της καθημερινής / τεχνολογικής πραγματικότητας και προκαλεί εξοικείωση με την επιστημονική / τεχνολογική παράδοση (π.χ. εξοικειώνει με το μεσαιωνικό μηχανικό ρολόι) και (β) συνιστά μια οδηγητική αρχή της ευρείας ενότητας αλλά επίσης (γ) αποκτά μια οργανική σχέση με την εννοιολογική και τη μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης και συνεπώς προσδίνει νόημα στη μελέτη αυτών των δύο διαστάσεων. Συνεπώς, η λειτουργία του ρολογιού δεν θεωρείται σαν ένα απλό όχημα για τη μελέτη του εκκρεμούς. Αντιστρόφως, η μελέτη του τεχνολογικού και φυσικού φαινομένου της λειτουργίας του ρολογιού οδηγεί σε διαδικασίες μετατροπής του σε φαινόμενο της φυσικής (μελέτη του μοντέλου του απλού εκκρεμούς).

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την εφαρμογή αυτής της προσέγγισης μπορεί να είναι οι νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για την επίτευξη των εννοιών της μέτρησης του χρόνου, της περιόδου του εκκρεμούς ή / και για την αναπαράσταση πρότυπων / μοντέλων σε επιλεγμένα δεδομένα. Αν αυτός ο παράγοντας

συνυπολογιστεί επίσης, τότε είναι δυνατόν να έχουν προβεί σε ριζικές αλλαγές στην ακολουθία και το πλαίσιο της προτεινόμενης προσέγγισης.

## 7.Δραστηριότητες,μέθοδοι και μέσα διδασκαλίας

### 7.1 Σχέδιο δραστηριοτήτων

1η διδακτική ώρα			
Ενέργειες ερευνητή	Αναμενόμενες ενέργειες μαθητών	Προϊόντα μαθητών	Εκπαιδευτική δραστηριότητα
Συζητήστε το κείμενο. Ο χρόνος που μετράει το ρολόι από ποιο μέρος του μηχανισμού κανονίζεται;	Να αναγνωρίσουν το απλό εκκρεμές ως το πλέον απαραίτητο όργανο του ρολογιού εκκρεμούς.	1ο Φύλλο εργασίας	Μελέτη μετασχηματισμένου ιστορικού κειμένου « <b>Το μηχανικό ρολόι του Γαλιλαίου</b> »
Τι μπορεί να συμβαίνει στον μηχανισμό αν το ρολόι πηγαίνει μπροστά; Δικαιολογήστε τις απόψεις σας.	Να αναγνωρίσουν ως μονάδα μέτρησης τη διάρκεια της απλής αιώρησης του εκκρεμούς. Να συσχετίσουν τη διάρκεια της απλής αιώρησης με την ακρίβεια της μέτρησης.		
Τι αλλαγές προτείνετε να γίνουν στο εκκρεμές προκειμένου να διορθώσετε το ρολόι; Δικαιολογήστε τις απόψεις σας.	Να ονομάσουν το μήκος, το πλάτος και το βάρος του εκκρεμούς ως παράγοντες που επηρεάζουν την μέτρηση του χρόνου με το ρολόι εκκρεμές.		
Συζήτηση.	Να καταλήξουν στις μεταβλητές που επηρεάζουν τη κίνηση του εκκρεμούς και στην τεχνική ελέγχου τους .		

### 2η διδακτική ώρα

Ενέργειες ερευνητή	Αναμενόμενες ενέργειες μαθητών	Προϊόντα μαθητών	Εκπαιδευτική δραστηριότητα
--------------------	--------------------------------	------------------	----------------------------

<p>Συζήτηση στο κείμενο. Τι νομίζετε ότι θα έκανε ο Σαλβιάτι (δηλ. αυτός που εκφράζει τις ιδέες του Γαλιλαίου) προκειμένου να δώσει μια πειστική απάντηση σ' αυτά που ισχυρίζεται ο Σαγρέντο;</p>	<p>Να προτείνουν την κατασκευή απλού εκκρεμούς για την διαπίστωση του ισόχρονου.</p>		<p>Μελέτη του ιστορικού κειμένου &lt;&lt;Από το μηχανικό ρολόι στη μελέτη του απλού εκκρεμούς&gt;&gt;</p>
<p>Συζήτηση Μπορείτε να προτείνετε μια μέθοδο με την οποία θα ελέγξετε τον ισχυρισμό (υπόθεση) σας;</p>	<p>Να προτείνουν μια κατάλληλη τεχνική έλεγχου εξάρτησης των μεταβλητών της περιόδου και του πλάτους της αιώρησης.</p>	<p>2ο Φύλλο εργασίας</p>	
<p>Εφαρμόστε τη μέθοδο σας (Πείραμα επίδειξης με προσομοίωση).</p>	<p>Να μετρήσουν την περίοδο του εκκρεμούς για διάφορα πλάτη αιώρησης.</p>		<p>Επίδειξη κίνησης απλού εκκρεμούς</p>
<p>Είναι η κίνηση του απλού εκκρεμούς ισόχρονη;</p>	<p>Να συμπεράνουν την ανεξαρτησία της περιόδου από το πλάτος αιώρησης.</p>		

3η διδακτική ώρα			
Ενέργειες ερευνητή	Αναμενόμενες ενέργειες μαθητών	Προϊόντα μαθητών	Εκπαιδευτική δραστηριότητα
<p>Πως μπορούμε να μετατρέψουμε ένα απλό εκκρεμές σε εκκρεμές που να κάνει μια απλή αιώρηση σε 1 δευτερόλεπτο;</p>	<p>Να προτείνουν το μήκος του εκκρεμούς ως παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς. Να προτείνουν το βάρος του εκκρεμούς ως παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς</p>		<p>Επίδειξη κίνησης απλού εκκρεμούς</p>



<p>Μπορείτε να προτείνετε μια μέθοδο με την οποία θα ελέγξετε τους ισχυρισμούς (υποθέσεις) σας;</p> <p>Εφαρμόστε τη μέθοδο σας (Πείραμα επίδειξης με προσομοίωση).</p> <p>Επηρεάζεται η κίνηση του εκκρεμούς από το βάρος του;</p>	<p>Να προτείνουν μια κατάλληλη τεχνική έλεγχου εξάρτησης των μεταβλητών της περιόδου και του μήκους του εκκρεμούς. Να προτείνουν μια κατάλληλη τεχνική έλεγχου εξάρτησης των μεταβλητών της περιόδου και του βάρους του εκκρεμούς.</p> <p>Να μετρήσουν την περίοδο του εκκρεμούς για διάφορα μήκη και βάρη του εκκρεμούς.</p> <p>Να συμπεράνουν την ανεξαρτησία της περιόδου από το βάρος του εκκρεμούς.</p>	<p>3ο Φύλλο εργασίας</p>	
<p>Τι είναι τελικά, το εκκρεμές του 1 sec;</p>	<p>Να συμπεράνουν την ποιοτική σχέση εξάρτησης της περιόδου του εκκρεμούς από το μήκος του. Να συμπεράνουν ότι το εκκρεμές δευτερολέπτου έχει μήκος 1 m.</p>		

#### 4η διδακτική ώρα

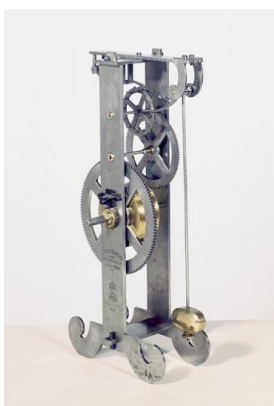
Ενέργειες ερευνητή	Αναμενόμενες ενέργειες μαθητών	Προϊόντα μαθητών	Εκπαιδευτική δραστηριότητα
<p>Συζήτηση Τι ακριβώς σημαίνει ότι το εκκρεμές στο Cayenne χάνει 2,5 min την ημέρα;</p>	<p>Να αντιληφθούν ότι το ρολόι-εκκρεμές στο Cayenne πηγαίνει πίσω, η αιώρηση του είναι πιο αργή, δηλ.</p>		<p>Μελέτη μετασχηματισμένου ιστορικού κειμένου &lt;&lt;Μια <b>συναρπαστική ανακάλυψη: Το</b></p>

	διαρκεί περισσότερο από 1 sec.		<b>ταξίδι του Jean Richer στο Cayenne&gt;&gt; Παρατήρηση του ταξιδιού στην Υδρόγειο σφαίρα.</b>
Ποιος νομίζετε ότι θα μπορούσε να είναι ο παράγοντας που επηρέασε τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έκανε ο Ρισέ στην Καγιέν;	Να υποθέσουν την εξάρτηση της περιόδου του εκκρεμούς από το g.		
Με ποιους τρόπους θα μπορούσε κάποιος να επιβεβαιώσει ή να διαψεύσει την ιδέα ότι << η περίοδος ενός εκκρεμούς εξαρτάται από τη βαρύτητα >>;	Να προτείνουν μεθοδολογία ελέγχου της εξάρτησης της περιόδου του εκκρεμούς από το g.	4ο Φύλλο εργασίας	Επίδειξη κίνησης απλού εκκρεμούς
Εφαρμόστε τη μέθοδο σας (Πείραμα επίδειξης με προσομοίωση).	Να μετρήσουν την περίοδο του εκκρεμούς για διάφορες επιταχύνσεις της βαρύτητας (Σελήνη-Γη).		
Πως επηρεάζεται η κίνηση του εκκρεμούς από τη βαρύτητα;	Να συμπεράνουν την ποιοτική σχέση εξάρτησης της περιόδου του εκκρεμούς από το g.	Εργασία στο σπίτι (προαιρετική)	
Πως μπορεί τελικά να ρυθμιστεί ένα ρολόι εκκρεμές σε ένα τόπο; Δικαιολογήστε τις απόψεις σας.	Να προτείνουν την αλλαγή του μήκους του εκκρεμούς ως το μοναδικό παράγοντα που επιδρά στη περίοδο του εκκρεμούς.		



## 7.2 Τα φύλλα εργασίας

### ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1: ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΡΟΛΟΙ ΤΟΥ ΓΑΛΙΛΑΙΟΥ



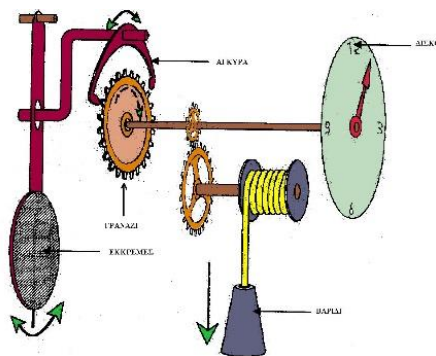
Το έτος 1636, ο Γαλιλαίος προτείνει στους Ολλανδούς την κατασκευή ενός ωρολογιακού μηχανισμού (δες φωτογραφία) που όπως ο ίδιος ισχυρίζεται «Αν αφήσεις 4 ή 6 από αυτά να λειτουργούν ταυτόχρονα, δεν θα βρεις να διαφέρουν ούτε κατά 1 δευτερόλεπτο, ακόμη και μετά από αρκετούς μήνες». Μια σχηματική αναπαράσταση αυτού του ρολογιού – εκκρεμούς

παρουσιάζεται παρακάτω. Το μηχανικό ρολόι-εκκρεμές αποτελείται από

τέσσερα βασικά μέρη:

(α) από το **εκκρεμές** το οποίο αιωρείται, (β) από την **άγκυρα** που είναι συνδεδεμένη με το εκκρεμές, με τρόπο που η αιώρηση του εκκρεμούς να ακολουθείται από μια μπρος-πίσω κίνηση της άγκυρας, (γ) από

ένα **βαρίδι** το οποίο με την πτώση του προκαλεί την κίνηση των γραναζιών και της ράβδου που είναι συνδεδεμένη με τους δείκτες του ρολογιού και (δ) από τον **δίσκο** πάνω στον οποίο υπάρχουν οι ενδείξεις της ώρας και περιστρέφονται οι δείκτες του ρολογιού. Η άγκυρα και το γρανάζι (που ονομάζονται **μηχανισμός διαφυγής**) μετατρέπουν την συνεχόμενη περιστροφή του γραναζιού, σε μπρος-πίσω κίνηση της άγκυρας. Όταν το εκκρεμές βρίσκεται σε ακραία θέση, το «δόντι» της άγκυρας «κλειδώνει» το γρανάζι και δεν το αφήνει να περιστραφεί. Όταν το εκκρεμές αιωρείται προς το κέντρο της κίνησης, η άγκυρα απελευθερώνει το γρανάζι και έτσι αυτό περιστρέφεται, για σύντομο χρονικό διάστημα. Όταν το εκκρεμές φτάσει στην απέναντι ακραία θέση, το άλλο «δόντι» της άγκυρας «ξανακλειδώνει» το γρανάζι και σταματά βίαια την περιστροφή. Ο χτύπος της σύγκρουσης μεταξύ του «δοντιού» της άγκυρας και του «δοντιού» του γραναζιού είναι το γνωστό «**τικ-τακ**» των ρολογιών. Ταυτόχρονα, το γρανάζι, λόγω του βαριδιού, σπρώχνει προς τα πίσω την άγκυρα και το εκκρεμές και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.



#### ΕΡΩΤΗΣΗ 1η

Συζητήστε το κείμενο αυτό με τον/την καθηγητή/τρια σας προσπαθώντας να κατανοήσετε τον τρόπο λειτουργίας του ρολογιού. Ποιος είναι ο ρόλος των τεσσάρων βασικών στοιχείων ενός ρολογιού-εκκρεμούς; **Εκκρεμές Άγκυρα – γρανάζι (μηχανισμός διαφυγής) Βαρίδι που πέφτει Δίσκος με τους δείκτες ρολογιού**

#### ΕΡΩΤΗΣΗ 2η

Αν υποθέσουμε ότι το συγκεκριμένο ρολόι-εκκρεμές πηγαίνει μπροστά, τι αλλαγές θα προτείνατε προκειμένου να το διορθώσετε; Δικαιολογήστε την άποψή σας. **Θα προτείναμε τις εξής αλλαγές: Αιτιολόγηση της άποψής μας**

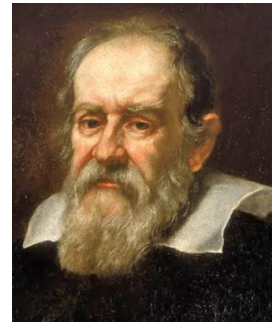
### ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2: ΑΠΟ ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΡΟΛΟΙ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΑΠΛΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ

Το έτος 1638 είναι ένα ιστορικό για την επιστήμη έτος. Ο **Γαλιλαίος** δημοσιεύει ένα από τα έργα του (τον «**Διάλογο για τις καινούργιες επιστήμες**») που αποτελεί ένα από



τα πρώτα γραπτά τεκμήρια της γέννησης της σύγχρονης Φυσικής. Το βιβλίο είναι γραμμένο όπως ένα σύγχρονο θεατρικό έργο. Οι ιδέες του Γαλιλαίου περνάνε μέσα από το διάλογο τριών προσώπων. Όπως λέει ένας σύγχρονος διανοητής - συγγραφέας, ο Άρθουρ Καίσερ, ο *Διάλογος* διεξάγεται μεταξύ τριών χαρακτήρων. Ο *Σαλβιάτι*, ο λαμπρός επιστήμονας είναι αυτός που εκφράζει τις ιδέες του Γαλιλαίου. Τον σιγοντάρει ο *Σαγρέντο*, ένας έξυπνος ερασιτέχνης που είναι

μεταμφιεσμένος σε ουδέτερο και, τέλος, ο *Σιμπλίκιο*, ο καλοπροαίρετος υπερασπιστής των ιδεών της εποχής που παίζει «τον ρόλο του παλιάτσου που τον κλωτσάν στον πισινό». Το επόμενο απόσπασμα από το βιβλίο του Γαλιλαίου «*Διάλογος για τις καινούργιες επιστήμες*» αναφέρεται στην κίνηση του εκκρεμούς, σχετίζεται δηλαδή με το σημερινό μάθημα. Μιλάει ο Σαγρέντο. **Σαγρέντο:** «... Έχω παρατηρήσει, χιλιάδες φορές, ταλαντώσεις πολυελαίων, κυρίως στις εκκλησίες ή λάμπες που κρέμονται από το ταβάνι και κινούνται πέρα δώθε. Άλλα το μόνο που έχω διαπιστώσει από αυτές τις παρατηρήσεις είναι ότι μάλλον είναι απίθανο να ισχύει η γνώμη των ανθρώπων εκείνων που ισχυρίζονται ότι αυτές οι ταλαντώσεις συντηρούνται από το περιβάλλον: σε μια τέτοια περίπτωση ο αέρας θα έπρεπε να ενεργεί με πολλή διορατικότητα και να μην είχε τίποτα άλλο να κάνει από το να δίνει σ' αυτό το κρεμασμένο βαρίδι μια τέλεια κανονική πέρα - δώθε κίνηση. Μου είναι αδύνατον να φανταστώ ότι ένα ίδιο σώμα, το οποίο θα κρέμεται από ένα νήμα περίπου 50 μέτρων, που τη μια φορά θα απομακρύνεται 90 μοίρες (900) από την κατακόρυφο και την άλλη μια μοίρα (10) από τη κατακόρυφο, θα μπορούσε να κάνει στις δύο περιπτώσεις τον ίδιο χρόνο για να διαγράψει τη μια φορά ένα πολύ μεγάλο τόξο και την άλλη φορά ένα πολύ μικρό τόξο. Θα μου φαινόταν απίθανο».



### **ΕΡΩΤΗΣΗ 3η**

Συζητήστε το κείμενο αυτό με τον/την καθηγητή/τρια σας. Τι νομίζετε ότι θα απαντούσε ο Σαλβιάτι (δηλαδή, αυτός που εκφράζει τις ιδέες του Γαλιλαίου) σ' αυτά που ισχυρίζεται ο Σαγρέντο;

### **ΕΡΩΤΗΣΗ 4η**

Ποια συγκεκριμένη τεχνική θα προτείνατε για να επιβεβαιώσετε ή να διαψεύσετε τον ισχυρισμό του Σαγρέντο ότι: «... Μου είναι αδύνατον να φανταστώ ότι ένα ίδιο σώμα, το οποίο θα κρέμεται από ένα νήμα περίπου 50 μέτρων, που τη μια φορά θα απομακρύνεται 90 μοίρες (900) από την κατακόρυφο και την άλλη μια μοίρα (10) από τη κατακόρυφο, θα μπορούσε να κάνει στις δύο περιπτώσεις τον ίδιο χρόνο για να διαγράψει τη μια φορά ένα πολύ μεγάλο τόξο και την άλλη φορά ένα πολύ μικρό τόξο...»;

### **ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 3: ΤΟ ΑΠΛΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΛΕΠΤΟΥ**

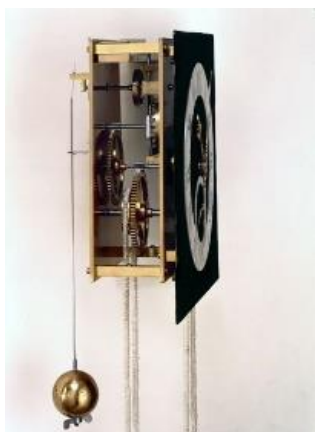
### **ΕΡΩΤΗΣΗ 5η**

Τι νομίζετε ότι θα πρέπει να κάνετε, για να μετατρέψετε ένα απλό εκκρεμές, σε απλό εκκρεμές που χρειάζεται 1 δευτερόλεπτο για να κάνει μια απλή αιώρηση;

### **ΕΡΩΤΗΣΗ 6η**

Μπορείτε να προτείνετε μια μέθοδο με την οποία θα ελέγξετε αν ισχύουν ή όχι οι ισχυρισμοί σας;

### **ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 4: ΜΙΑ ΣΥΝΑΡΠΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ: ΤΟ ΤΑΞΙΔΙ ΤΟΥ JEAN RICHER ΣΤΗΝ CAYENNE**



Το 1672, ο αστρονόμος **Jean Richer**, στάλθηκε από τη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, σε μια επιστημονική αποστολή, στην πόλη Cayenne, που βρίσκεται στη Γαλλική Γουιάνα, κοντά στον ισημερινό. Σύμφωνα με τον γραμματέα της, η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών «άρχισε να συζητά την αποστολή παρατηρητών σε διάφορα μέρη του κόσμου, υπό την εποπτεία της Αυτού Μεγαλειότητας του Βασιλέως, ώστε να προσδιοριστούν τα γεωγραφικά μήκη των διαφόρων περιοχών προς όφελος της γεωγραφίας και των ναυτικών». Μην ξεχνάμε ότι επρόκειτο για την εποχή των μεγάλων γεωγραφικών ανακαλύψεων. Ο Richer είχε μαζί του ένα ρολόι-εκκρεμές (σαν αυτό που βλέπετε στη φωτογραφία) που είχε ρυθμιστεί στο **Παρίσι** να κάνει μια απλή αιώρηση ενός δευτερολέπτου (1 sec). Παρατηρώντας το εκκρεμές στην Cayenne, ο Ρισέ έκανε μια απροσδόκητη ανακάλυψη: **Το εκκρεμές του έχανε δύομιση λεπτά (2,5 min) κάθε μέρα**. Ο ισχυρισμός του Richer ότι το εκκρεμές δευτερολέπτων επιβραδύνεται κοντά στον ισημερινό, δημιούργησε μια πολύ ενδιαφέρουσα συζήτηση σχετικά με το γιατί συνέβαινε αυτό. Ορισμένοι επιστήμονες αμφισβήτησαν τις μετρήσεις του. Μάλιστα δημιουργήθηκαν διάφοροι καυγάδες όπως αυτός μεταξύ του Richer και του Huygens, δηλαδή του ανθρώπου που είχε κατασκευάσει το ρολόι που είχε μαζί του ο Richer. Άλλοι, πάλι, ισχυρίστηκαν ότι η υπόθεση πως η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται μόνο από το μήκος του νήματος δεν ισχύει. Προσπάθησαν, δηλαδή, να εντοπίζουν και άλλους παράγοντες από τους οποίους θα μπορούσε να εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς. Ο Νεύτωνας, για παράδειγμα, ισχυρίστηκε ότι η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται από τη **βαρύτητα (επιτάχυνση της βαρύτητας)** στον τόπο που λειτουργεί το εκκρεμές υπονοώντας, συγχρόνως, ότι τα σχήμα της γης δεν είναι ακριβώς σφαιρικό αλλά ότι στον ισημερινό είναι πεπλατυσμένη και, συνεπώς, εκεί η βαρύτητα είναι μεγαλύτερη.



### **ΕΡΩΤΗΣΗ 7η**

Συζητήστε το κείμενο αυτό με τον/την καθηγητή/τρια σας. Μπορείτε να προτείνετε μια μέθοδο με την οποία θα ελέγξετε αν ισχύει ή όχι ο ισχυρισμός του Νεύτωνα ότι «η περίοδος ενός εκκρεμούς εξαρτάται από τη βαρύτητα»;

### **ΕΡΩΤΗΣΗ 8η**

Πως μπορεί τελικά να ρυθμιστεί ένα ρολόι – εκκρεμές, σαν αυτό του Γαλιλαίου για το οποίο συζητήσατε στην πρώτη ενότητα, σε ένα τόπο;

### **ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ**

Κάντε μια μικρή εργασία για ότι μάθατε σχετικά με τη κίνηση του εκκρεμούς και τη μέτρηση του χρόνου. Η εργασία αυτή μπορεί να περιέχει κείμενο, σχέδια, φωτογραφίες ή άλλο υλικό που εσείς κρίνετε ότι έχει σχέση με αυτήν. Έπειτα, με τη βοήθεια των καθηγητών/-τριών της φυσικής και της πληροφορικής, «κρεμάστε» την εργασία σας στην ιστοσελίδα του σχολείου σας.

### **8.Εμπόδια στη διδασκαλία και τη μάθηση**

#### ***Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών***

Η έρευνα που έγινε και που αφορούσε στις εννοιολογικές, μεθοδολογικές και πολιτισμικές αντιλήψεις των μαθητών για το απλό εκκρεμές και τη μέτρηση του χρόνου, αποκάλυψε διάφορα γνωστικά δυσκολίες που οι μαθητές αντιμετωπίζουν πριν τη διδασκαλία. Στη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών χρησιμοποιήθηκαν δύο συμπληρωματικές τεχνικές: η ανασκόπηση με τη βοήθεια σχετικού ερωτηματολογίου και η μελέτη περίπτωσης.

- Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από τρία τμήματα, ένα για κάθε συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης για το απλό εκκρεμές (πολιτισμική, εννοιολογική και μεθοδολογική). Κάθε τμήμα περιλαμβάνει τρεις έως πέντε ερωτήσεις. Συνολικά γίνονται δώδεκα ερωτήσεις.
- Η μελέτη περίπτωσης συνίσταται στην παρατήρηση δύο εννιαμελών ομάδων μαθητών που συμμετέχουν σε μια αρχική συζήτηση με τη βοήθεια ορισμένων “δραστηριοτήτων/προβλημάτων” που τίθενται από τον ερευνητή. Κατά τη διάρκεια της συζήτησης οι μαθητές ένα γραπτό κείμενο για κάθε δραστηριότητα/πρόβλημα. Δόθηκαν συνολικά δέκα τέτοια δραστηριότητες/προβλήματα, δε τέσσερα ξεχωριστά τμήματα. Το κάθε τμήμα διαρκούσε 45-50 λεπτά. Οι μαθητές συζητούσαν μεταξύ τους, είτε σε υποομάδες των τριών μελών, είτε όλη η ομάδα με τον ερευνητή και η συζήτηση μαγνητοσκοποούνταν.

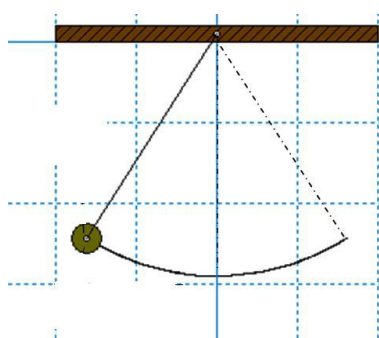
Μερικά από τα συμπεράσματα της έρευνας είναι:

- Σε σχέση με την πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης για το εκκρεμές, συμπεραίνουμε ότι αν και ένα μεγάλο μέρος των μαθητών του δείγματός μας αναγνωρίζει ότι το εκκρεμές αποτελεί ένα μηχανισμό μέτρησης του χρόνου με ακρίβεια, σε σχέση με παλαιότερους μηχανισμούς, δεν φαίνεται να είναι σε θέση να εκφράσει σαφείς αντιλήψεις για το γιατί συμβαίνει αυτό. Αυτό σημαίνει ότι η μέτρηση του χρόνου είναι δυνατόν να αποτελέσει ένα ενδιαφέρον για τους μαθητές πλαίσιο εντός του οποίου μπορεί να μελετηθεί το απλό εκκρεμές γιατί μπορεί να σχετίζεται με ενδιαφέροντα πολιτιστικά στοιχεία για αυτούς (π.χ., αναφορές σε αρχαιοελληνικούς μηχανισμούς μέτρησης του χρόνου ή σε ένα περισσότερο τεχνολογικό πλαίσιο, όπως ο μηχανισμός του μηχανικού ρολογιού).



- Σε σχέση με το εννοιολογικό πλαίσιο, φαίνεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών δεν αναγνωρίζει την ισόχρονη κίνηση του εκκρεμούς, όπως άλλωστε αναμενόταν. Ταυτόχρονα, όμως, αναδεικνύεται ότι πρόκειται για ένα ενδιαφέρον θέμα το οποίο είναι δυνατόν να δημιουργήσει εποικοδομητικές συζητήσεις όπως φαίνεται από τους διαλόγους των μαθητών. Οι μαθητές φαίνεται να αναζητούν επίμονα μια εξήγηση για το φαινομενολογικό παράδοξο του ισόχρονου περισσότερο «θεωρητική» παρά «πειραματική». Η μη ανάδειξη του προβλήματος της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς στην παραδοσιακή διδασκαλία σημαίνει ακριβώς ότι χάνεται η ευκαιρία δημιουργίας πόλων εννοιολογικού ενδιαφέροντος για τους μαθητές (σε σύγκριση με άλλα περισσότερο μαθηματικοποιημένα και, συνεπώς, λιγότερο ενδιαφέροντα, εννοιολογικά πλαίσια όπως η δυναμική και ενεργειακή ανάλυση της κίνησης του εκκρεμούς. Φαίνεται, επίσης, ότι το ισόχρονο αποτελεί ένα σοβαρό εννοιολογικό εμπόδιο για τους μαθητές, το οποίο πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν στη διατύπωση κατάλληλων διδακτικών στόχων.
- Τέλος, τα δεδομένα μας δείχνουν ότι η ανάδειξη του ισόχρονου ως βασικού εννοιολογικού προβλήματος είναι δυνατόν να διευκολύνει την κατανόηση της πειραματικής διαδικασίας μέσω της οποίας είναι δυνατόν να αναδειχθούν οι νόμοι του εκκρεμούς. Την ίδια στιγμή, η ανάδειξη της υποθετικο-παραγωγικής μεθόδου ως βασικής μεθοδολογικής επιλογής φαίνεται να αποκτά εκτός από επιστημολογική εγκυρότητα (σε σχέση με την εμπειριστική προσέγγιση της παραδοσιακής διδασκαλίας) και παιδαγωγική εγκυρότητα. Όμως, απαιτείται η πλήρης ανάλυση του συνόλου των δεδομένων μας για να τεκμηριώσουμε επαρκώς αυτή την άποψη.

### **ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Διαβάστε πρώτα αυτό το κείμενο**



*Το απλό εκκρεμές (όπως μπορείτε να δείτε και στο διπλανό σχήμα) είναι ένα μικρό αντικείμενο (συνήθως σφαιρίδιο) που έχει τη δυνατότητα να αιωρείται κρεμασμένο από την άκρη ενός νήματος. Λέμε ότι το απλό εκκρεμές κάνει μια **απλή αιώρηση** όταν κινείται μια φορά από το ένα άκρο ως το άλλο άκρο της κίνησης.*

**1) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή.** Τον 17ο αιώνα, ο Γαλιλαίος, μελέτησε πρώτος τις ιδιότητες της κίνησης του απλού εκκρεμούς. Για ποιο λόγο πιστεύετε ότι το έκανε;

- (α) Επειδή τον απασχολούσε το πρόβλημα της μέτρησης του χρόνου
- (β) Επειδή μελετούσε τη κίνηση της ταλάντωσης
- (γ) Δεν γνωρίζω

**2) Να επιλέξετε μία από τις επιλογές σε κάθε πρόταση.**

(α) Η ανακάλυψη του ρολογιού-εκκρεμούς επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τη ναυσιπλοΐα.

ο Σωστή οΛάθος οΔεν γνωρίζω

(β) Η ανακάλυψη του ρολογιού-εκκρεμούς επηρέασε τη γνώση μας για το ακριβές σχήμα της γης (αν, δηλαδή, είναι σφαιρική ή σχεδόν σφαιρική συμπιεσμένη στους πόλους).

ο Σωστή οΛάθος οΔεν γνωρίζω

**3) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή.** Το ρολόι-εκκρεμές είναι ένας αρκετά πολύπλοκος μηχανισμός που περιέχει γρανάζια, ελατήρια και άλλους επί μέρους μηχανισμούς. Πιστεύετε ότι: (α) Για να μελετήσουμε τις ιδιότητες του απλού εκκρεμούς μας χρειάζεται οπωσδήποτε η γνώση για το πώς έχει κατασκευαστεί ένα ρολόι-εκκρεμές

(β) Για να κατασκευαστεί ένα ρολόι - εκκρεμές χρειάζεται οπωσδήποτε να έχουμε μελετήσει τις ιδιότητες του απλού εκκρεμούς

(γ) Δεν γνωρίζω

**Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας**

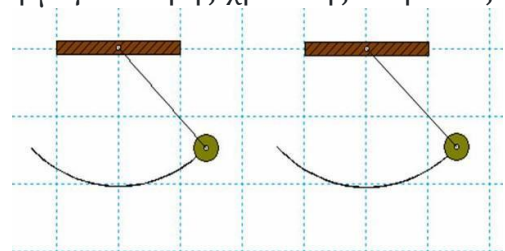
**4) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή** Τα δύο απλά εκκρεμή του σχήματος διαφέρουν μόνο στο υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το μικρό αντικείμενο (δηλ., ως προς το βάρος του αντικειμένου). Αν τα αφήσουμε να αιωρηθούν ελεύθερα, τι από τα τρία συμβαίνει;

(α) Το απλό εκκρεμές 1 εκτελεί μια απλή αιώρηση μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας από αυτή του εκκρεμούς 2

(β) Το απλό εκκρεμές 2 εκτελεί μια απλή αιώρηση μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας από αυτή του εκκρεμούς 1

(γ) Και τα δύο εκτελούν μια απλή αιώρηση ίδιας χρονικής διάρκειας

(δ) Δεν γνωρίζω



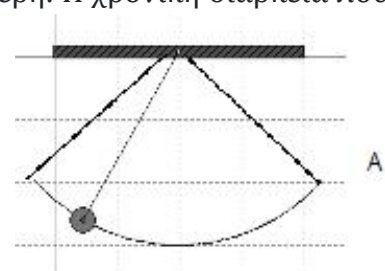
**5) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή** Αφήνουμε το απλό εκκρεμές του σχήματος να αιωρηθεί ελεύθερο από τη θέση Α. Όσο περνάει η ώρα, η αιώρηση του εκκρεμούς γίνεται όλο και μικρότερη. Η χρονική διάρκεια που χρειάζεται για να γίνει μια απλή αιώρηση :

(α) Όσο περνάει η ώρα, αυξάνεται

(β) Όσο περνάει η ώρα, μειώνεται

(γ) Όσο περνάει η ώρα, δεν αλλάζει

δ) Δεν γνωρίζω



**Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**



**6) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή**

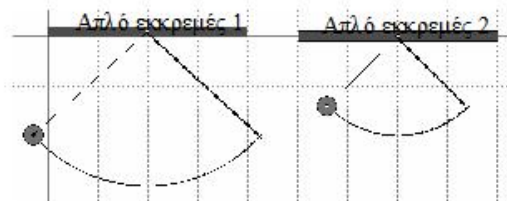
Τα δύο απλά εκκρεμής του σχήματος διαφέρουν μόνο στο μήκος του νήματος από το οποίο είναι κρεμασμένα. Αν τα αφήσουμε να αιωρηθούν ελεύθερα, τι από τα τρία συμβαίνει;

(α) Το απλό εκκρεμές 1 εκτελεί μια απλή αιώρηση μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας από αυτή του εκκρεμούς 2

(β) Το απλό εκκρεμές 2 εκτελεί μια απλή αιώρηση μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας από αυτή του εκκρεμούς 1

(γ) Και τα δύο εκτελούν μια απλή αιώρηση ίδιας χρονικής διάρκειας

(δ) Δεν γνωρίζω



**7) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή.**

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τρία απλά εκκρεμής τα οποία διαφέρουν ανά δύο, είτε ως προς τη θέση από την οποία τα αφήνουμε (από πιο ψηλά ή πιο χαμηλά), είτε ως προς το μήκος του νήματος. Αν θα θέλατε να ελέγξετε την επίδραση που έχει η θέση από την οποία αφήνουμε το εκκρεμές πάνω στο χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να γίνει μια απλή αιώρηση, ποια από τα εκκρεμής θα χρησιμοποιούσατε;

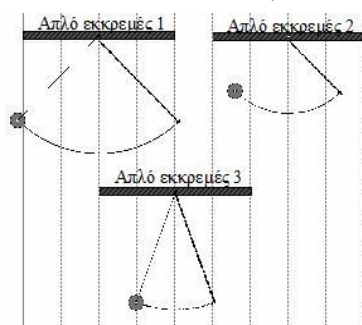
(α) Τα εκκρεμής 1 και 2

(β) Τα εκκρεμής 1 και 3

(γ) Τα εκκρεμής 2 και 3

(δ) Και τα τρία εκκρεμής

(ε) Δεν γνωρίζω



**Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας**

**8) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή**

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τρία απλά εκκρεμής τα οποία διαφέρουν ανά δύο, είτε ως προς το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το μικρό αντικείμενο (δηλ., ως προς το βάρος του αντικειμένου), είτε ως προς το μήκος του νήματος. Αν θα θέλατε να ελέγξετε την επίδραση που έχει το μήκος του νήματος πάνω στο χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να γίνει μια απλή αιώρηση, ποια από τα εκκρεμής θα χρησιμοποιούσατε;

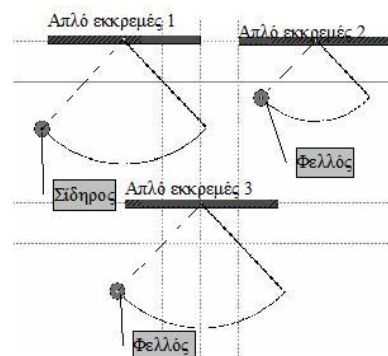
(α) Τα εκκρεμής 1 και 2

(β) Τα εκκρεμής 1 και 3

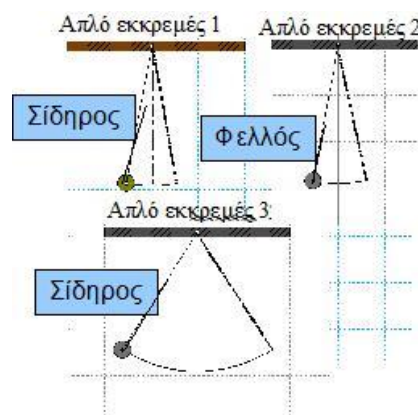
(γ) Τα εκκρεμής 2 και 3

(δ) Και τα τρία εκκρεμής

(ε) Δεν γνωρίζω



9) Να βάλετε σε κύκλο την απάντηση που νομίζετε ότι είναι σωστή  
 Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τρία απλά εκκρεμή τα οποία διαφέρουν ανά δύο, είτε ως προς τη θέση από την οποία τα αφήνουμε (από πιο ψηλά ή πιο χαμηλά), είτε ως προς το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το μικρό αντικείμενο (δηλ., ως προς το βάρος του αντικειμένου). Αν θα θέλατε να ελέγξετε την επίδραση που έχει το βάρος του αντικειμένου πάνω στο χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να γίνει μια απλή αιώρηση, ποια από τα εκκρεμή θα χρησιμοποιούσατε;



- (α) Τα εκκρεμή 1 και 2
- (β) Τα εκκρεμή 1 και 3
- (γ) Τα εκκρεμή 2 και 3
- (δ) Και τα τρία εκκρεμή
- (ε) Δεν γνωρίζω

## 10. Η εφαρμογή της διδασκαλίας του απλού εκκρεμούς

### 10.1 Η περιγραφή της εφαρμογής (δείτε βιβλ. αναφορά 10)

Η υπό παρουσία διδασκαλία εφαρμόστηκε σε τρία σχολεία από τρεις διαφορετικούς εκπαιδευτικούς [1] στα πλαίσια της διάδοσης του προγράμματος διδασκαλίας στις συνηθισμένες εκπαιδευτικές συνθήκες (εκπαιδευτικός με ολιγόωρη επιμόρφωση στο θέμα, κανονικές σχολικές τάξεις). Οι εκπαιδευτικοί συμμετείχαν σε μια δωρη επιμόρφωση σχετική με το περιεχόμενο της διδασκαλίας. Η τελική αξιολόγηση της εφαρμογής της διδακτικής σειράς είναι σε εξέλιξη.

### 10.2 Η στάση των μαθητών στην εισαγωγή μικρών ιστοριών εμπνευσμένων από την ιστορία των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία (δείτε βιβλ. αναφορά 7)

Μια μικρή έρευνα σχετικά με την στάση των μαθητών απέναντι στην εισαγωγή των τριών μικρών ιστοριών στη διδασκαλία του απλού εκκρεμούς είναι σε εξέλιξη. Τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν με τη βοήθεια ενός ερωτηματολογίου τεσσάρων ερωτήσεων που δόθηκε στους μαθητές με το τέλος της διδακτικής σειράς. Μια πρώτη ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ότι η εισαγωγή μικρών ιστοριών εμπνευσμένων από την ιστορία των φυσικών επιστημών στη συγκεκριμένη διδασκαλία είναι μια ενδιαφέρουσα ιδέα και κάνει την Φυσική πιο κατανοητή. Συνδέουν αυτό το ενδιαφέρον με την αφηγηματική προσέγγιση στη μάθηση και κατανόηση του κόσμου και διαφοροποιούν τη σημασία και τους σκοπούς που εξυπηρετούν οι διαφορετικές ιστορίες στη διδασκαλία.

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΙΣΤΟΡΙΕΣ

Θα θέλαμε να μάθουμε τη γνώμη σας σχετικά με τα τρία μικρά κείμενα που χρησιμοποιήσατε (τα παραθέτουμε στο τέλος του ερωτηματολογίου) κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Γι αυτό απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις όσο πιο

ειλικρινά γίνεται. Θα μας βοηθήσετε να βελτιώσουμε τα επόμενα μαθήματα για το απλό εκκρεμές.

1. Σας φαίνεται ενδιαφέρον να γίνεται το μάθημα με μικρές ιστορίες όπως αυτές που χρησιμοποιήσατε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας;

ο Ναι ο Όχι

Αιτιολογήστε την απάντησή σας

2. Ποια από τις τρεις μικρές ιστορίες σας φάνηκε περισσότερο ενδιαφέρουσα;

α. Το μηχανικό ρολόι του Γαλιλαίου

β. Από το μηχανικό ρολόι στη μελέτη του απλού εκκρεμούς

γ. Μια συναρπαστική ανακάλυψη: Το ταξίδι του Jean Richer στην Cayenne

Αιτιολογήστε την απάντησή σας

3. Ποια από τις τρεις μικρές ιστορίες σας φάνηκε ότι ταίριαζε περισσότερο με το μάθημα;

α. Το μηχανικό ρολόι του Γαλιλαίου

β. Από το μηχανικό ρολόι στη μελέτη του απλού εκκρεμούς

γ. Μια συναρπαστική ανακάλυψη: Το ταξίδι του Jean Richer στην Cayenne

Αιτιολογήστε την απάντησή σας

4. Οι τρεις μικρές ιστορίες που χρησιμοποιήσατε στο μάθημα αναφέρονταν σε παλιότερες εποχές και σε ιστορικά πρόσωπα που έπαιξαν σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη της Φυσικής. Σας ενόχλησε που οι μικρές αυτές ιστορίες δεν αναφέρονταν στη σύγχρονη εποχή;

ο Ναι ο Όχι

Αιτιολογήστε την απάντησή σας

**11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**1. Δαπόντες, Ν., Κασέτας, Α. & Σκιαθίτης, Μ. (1984). *Φυσική Πολυκλαδικού Λυκείου*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ

2. Δέδες, Χ. (2005). Η χρήση μοντέλων από την Ιστορία της Επιστήμης για την ανίχνευση και το μετασχηματισμό βιωματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών στο πεδίο της Οπτικής: Διδακτική προσέγγιση. Διδακτορική διατριβή, ΤΕΕΑΠΗ, Παν/μιο Πάτρας

3. Dosis, S. & Koliopoulos, D. (2005). The problem of timekeeping with the help of the simple pendulum: An Empirical Study of 14-15-year-old Greek School Students'. In M. Matthews (Ed.), *2nd International Pendulum Project* (pp. 65-78). Sydney: University of New South Wales.

4. Fauque, D. (2007). Introduire la dimension historique au collège en France. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(2), 5-40.

5. Holton, G. (2003). The Project Physics Course, Then and Now. *Science & Education*, 12(8), 779-786.

6. Irwin, A. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in

context. *Science Education*, 84(1), 5-26.

7. Kanderakis, N., Koliopoulos, D., Dossis, S. & Paraskevopoulou, E. (2009). Implementing HPS teaching sequences: a case study. Paper presented to Nordic Symposium on Philosophy and History of Science in Science Education. Helsinki, Finland, 28-30 October 2009.
8. Koliopoulos, D. & Constantinou, C. (2005). The pendulum as presented in school science textbooks of Greece and Cyprus. *Science & Education*, 14(1), 59-73.
9. Koliopoulos, D., Dosis, S. & Stamoulis, E. (2007). The use of history of science texts in teaching science: Two cases of an innovative, constructivist approach, *The Science Education Review*, 6, 2, 44-56.
10. Koliopoulos, D., Dosis, S. & Kanderakis, N. (2010). The attitudes of students toward the introduction of case histories inspired from the History of Science in the teaching of Science, Paper presented to the conference 'History and Philosophy in Science Teaching, Kaiserslautern, 11-14 March 2010
11. Martinand, J.-L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la chimie: Quelles relations? *Didaskalia*, 2, 89-99.
12. Matthews, M. (2000). *Time for Science Education*. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
13. Matthews, M. (2002). *International Pendulum Project*, Conferences Papers, The University of New South Wales.
14. Monk, M. & Osborn, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
15. Seroglou, F., Koumaras, P. & Tselfes, V. (1998), History of Science and instructional design: The case of Electromagnetism, *Science & Education*, 7(3), 261-280.
16. Seroglou, F. & Koumaras, P. (2001). The contribution of the History of Physics in Physics Education: A review. *Science & Education*, 10(1-2), 153-172.
17. Stinner, A., MacMillan, B., Metz, D., Jilek, J. & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in Science Education. *Science & Education*, 12(7), 617-643.
18. Strauss, S. (Ed.) (1988). *Ontogeny, Phylogeny, and the Historical Development*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.

[1] Οι παρακάτω εκπαιδευτικοί συμμετείχαν στην ομάδα διάδοσης της διδασκαλίας: Νίκος Κανδεράκης (σχολικός σύμβουλος Γ' Αθήνας), Ιωάννης Μαρίνος (6ο Γυμνάσιο Πετρούπολης), Ευαγγελία Μπέτσα (6ο Γυμνάσιο Ιλίου) και Μάρκος Κοτσιαρίδης (9ο Γυμνάσιο Νίκαιας)