

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ



ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ
ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΥ

ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Σχολικό έτος 2009 - 2010

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	σελίδα 2
Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων - εισαγωγικά στοιχεία.....	σελίδα 3
Η ανακάλυψη του Μηχανισμού των Αντικυθήρων.....	σελίδα 4
Περιγραφή του Μηχανισμού	σελίδα 4
Μελέτη και ανακατασκευή του Μηχανισμού. Η έρευνα του Price	σελίδα 7
Προσδιορισμός των λειτουργιών και προσπάθειες ανακατασκευής του Μηχανισμού.....	σελίδα 9
Δομή του Μηχανισμού και κατασκευαστικές λεπτομέρειες	σελίδα 11
Η αποκωδικοποίηση των επιγραφών	σελίδα 15
Σύγχρονες απόψεις σχετικά με την προέλευση του Μηχανισμού.....	σελίδα 18
Απόψεις και σχόλια για το Μηχανισμό και τη σημασία του.....	σελίδα 19
Βιβλιογραφία - Πηγές πληροφόρησης.....	σελίδα 22

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στα πλαίσια πολιτιστικού προγράμματος που έχει αναλάβει το Λύκειο Αρχαγγέλου και αφορά το μηχανισμό των Αντικυθήρων.

Αναφέρεται στην ανακάλυψη του μηχανισμού, πως πιθανόν λειτουργούσε, τη δομή και την πολυπλοκότητα του ως κατασκευή. Ακόμη παρουσιάζονται οι προσπάθειες ανακατασκευής του μηχανισμού από διάφορους επιστήμονες, τη σημασία που είχαν οι επιγραφές του, τις πιθανές περιοχές προέλευσής του, καθώς και πόσο σημαντικός θεωρείται σήμερα από τους επιστήμονες.

Η συλλογή πληροφοριών έγινε αποκλειστικά και μόνο μέσω διαδικτύου από τους μαθητές (είτε πρόκειται για άρθρα εφημερίδων είτε για έρευνες αναρτημένες στο διαδίκτυο). Όσον αφορά την περιγραφή, τη δομή και τη λεγόμενη «αποκρυπτογράφηση» του μηχανισμού, βασίζονται κυρίως στην έρευνα του Βρετανού Derek del Solla Price "Gears from Greeks". Η γραφική αναπαράσταση της δομής και της πολυπλοκότητας του μηχανισμού προέρχεται από το Εργαστήριο Τεχνολογίας Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, ενώ οι φωτογραφίες κυρίως προέρχονται από το Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.

Ο επονομαζόμενος και υπολογιστής των Αντικυθήρων - από το όνομά του και μόνο, καθώς και από την πιθανή του προέλευση από το νησί της Ρόδου - προκάλεσε το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων μαθητών και εκπαιδευτικών, για τα μυστικά που κρύβει και θέλει να φανερώσει.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων - εισαγωγικά στοιχεία

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων πήρε αυτή την ονομασία από το ναυάγιο κοντά στη νήσο Αντικύθηρα. Βρέθηκε σε ναυάγιο πλοίου προερχόμενου πιθανόν από τη Ρόδο ή από τα παράλια της Μικράς Ασίας, και θεωρήθηκε αρχικά ότι ήταν αστρολάβος. Θεωρείται πως κατασκευάστηκε γύρω στο 80 π.Χ., αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τεχνικά κατασκευάσματα της Αρχαιότητας, ένας μηχανικός υπολογιστής με 30-32 μεταλλικά γρανάζια, προοριζόμενος πιθανόν για αστρονομικές μελέτες. Εκτιμάται ότι με αυτό το μηχανισμό υπολογίζονταν οι θέσεις του ήλιου, της σελήνης και των πέντε ορατών με γυμνό μάτι πλανητών, οι φάσεις της σελήνης, η παρέλευση των μηνών και των ετών και προβλεπόταν η πιθανότητα να συμβεί μια έκλειψη.

Μέχρι πρόσφατα θεωρούνταν πως προέρχονταν από την Αλεξάνδρεια, τη Ρόδο ή τη Μικρά Ασία. Ενώ σύγχρονες έρευνες συνδέουν τον μηχανισμό με τη βορειοδυτική Ελλάδα.

Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων αποτελεί υλική μαρτυρία μιας πολύπλοκης λεπτοκατασκευής από την ελληνιστική περίοδο. Μία παρόμοια συσκευή είχε περιγράψει ο Ρωμαίος φιλόσοφος και πολιτικός Cicero Marcus Tullius (Κικέρων, 106-43 π.Χ.), ο οποίος είχε επισκεφτεί τη Ρόδο στα έτη 79-78 π.Χ. Το σχέδιο κατασκευής φαίνεται να ακολουθεί την παράδοση των πλανηταρίων του Αρχιμήδη και να σχετίζεται με τα ηλιακά ρολόγια.

Ο προορισμός του μηχανισμού παρέμεινε άγνωστος για χρόνια, όταν όμως εξετάστηκε το εύρημα στο ελληνικό ερευνητικό κέντρο «Δημόκριτος» (Χ. Καρακάλος) με ακτίνες Χ και γ, διαπιστώθηκε ότι διαθέτει έναν εντυπωσιακά περίπλοκο μηχανισμό, απροσδόκητο για την Αρχαιότητα, σύμφωνα με τις σημερινές γνώσεις μας.

Παρόμοιος μηχανισμός εκείνης της εποχής, σαν αυτόν των Αντικυθήρων, δεν έχει βρεθεί οπουδήποτε αλλού μέχρι σήμερα. Αργότερα, κατά τον 5ο ή 6ο αιώνα, φαίνεται να κατασκευάστηκε στο Βυζάντιο ένας μηχανισμός, αρκετά απλούστερος αλλά με όμοιο προορισμό, άγνωστο από ποιον τεχνικό. Μερικούς αιώνες μετά κατασκευάστηκε επίσης ένας απλός μηχανισμός από τον Πέρση φιλόσοφο, μαθηματικό και αστρονόμο Αλ Μπρουνί (Abu-Reyhan Birouni, 973-1048), μεταφραστή των έργων του Ευκλείδη στη σανσκριτική γλώσσα.

Σήμερα θεωρείται ο μηχανισμός των Αντικυθήρων ως η πιο περίπλοκη μηχανική δημιουργία μέχρι το 14ο αιώνα, οπότε κατασκευάστηκαν τα πρώτα μηχανικά ρολόγια.

Η ανακάλυψη του Μηχανισμού των Αντικυθήρων

Το 1901 κάποιοι σφουγγαράδες από τη Σύμη ανακάλυψαν κοντά στα Αντικύθηρα που βούτηξαν για σφουγγάρια σε βάθος 42 μέτρων ένα αρχαίο ναυάγιο μήκους περίπου 50 μέτρων στο βυθό γεμάτο μπρούτζινα και μαρμάρινα αγάλματα. Μέρος αυτού του αρχαιολογικού θησαυρού ήταν και ο ονομαζόμενος "μηχανισμός των Αντικυθήρων", ένα σύνολο από διαβρωμένα γρανάζια που θύμιζαν κατάλοιπο μηχανισμού.



Λόγω των αδέξιων χειρισμών που έγιναν κατά την αλίευση και μεταφορά του μηχανισμού, αλλά και λόγω παράλειψης ενεργειών συντήρησης για αρκετές δεκαετίες, προέκυψαν ορισμένες αλλοιώσεις στα υπολείμματα του μηχανισμού και στο ξύλινο περίβλημά του, μέσα στο οποίο λειτουργούσε ο μηχανισμός, μέχρι που βυθίστηκε και παρέμεινε για πολλούς αιώνες στη Μεσόγειο θάλασσα.

Περιγραφή του Μηχανισμού

Ο κύριος μηχανισμός περιλαμβάνει γρανάζια με δόντια που έχουν κοπεί με κλίση 60°, καθώς επίσης ένα *διαφορικό σύστημα* για την εκτέλεση αφαιρέσεων, κάτι που δηλώθηκε για ευρεσιτεχνία στην Αγγλία το έτος 1832. Σήμερα γνωρίζουμε

ότι η κλίση των 60° στα δόντια των γραναζιών δεν παρέχει καλό βαθμό αποδόσεως, προκαλεί όμως μεγάλη εντύπωση ως γεγονός η ύπαρξη τέτοιων γραναζιών. Δεδομένου ότι αυτά τα μηχανολογικά στοιχεία ήταν μεν γνωστά κατά την Αρχαιότητα, όχι όμως σε λεπτομηχανισμούς, αλλά μόνο σε ογκώδη μορφή για τη μετάδοση της κίνησης υπό γωνία 90° , π.χ. σε υδρόμυλους. Δεν είναι ακριβώς γνωστό πού, πότε και από ποιον επινοήθηκαν τα πρώτα γρανάζια· ο Αριστοτέλης αναφέρεται σε γρανάζια περί το έτος 330 π.Χ., ο δε Φίλων εκ Βυζαντίου (~260-200 π.Χ.) είναι ο πρώτος που γνωρίζουμε μέχρι σήμερα ότι τα έχει χρησιμοποιήσει.



Είναι επίσης γνωστό ότι ο Αρχιμήδης κατασκεύαζε πολύπλοκους μηχανισμούς, οι οποίοι αναπαριστούσαν με μηχανικό τρόπο τις κινήσεις ουράνιων σωμάτων, δεν έχουν διασωθεί όμως τεχνικές περιγραφές γι' αυτούς τους μηχανισμούς. Εικάζεται ότι ο τρόπος λειτουργίας τους πρέπει να ήταν παρόμοιος με αυτόν του μηχανισμού των Αντικυθήρων. Κατασκευές του Αρχιμήδη έχουν αναφέρει σε έργα τους, μεταξύ άλλων, οι Πάππος, Πρόκλος, Σέξτος Εμπεϊρικός, Μαρτιανός, Οβίδιος, καθώς επίσης ο Κικέρων (Cicero Marcus Tullius, 106-43 π.Χ.). Αυτός ο Ρωμαίος πολιτικός και φιλόσοφος είχε επισκεφτεί τη Ρόδο στα έτη 79-78 π.Χ. και έχει αναφερθεί επίσης σε ένα μηχανισμό όμοιο με αυτόν των Αντικυθήρων του Ποσειδώνιου Αλαμέα (135-50 π.Χ.), αστρονόμου, γεωγράφου και γεωλόγου που ζούσε στη Ρόδο. Γράφει ο Κικέρων: «*Πρόσφατα κατασκεύασε ο φίλος μας Ποσειδώνιος μια συσκευή, η οποία σε κάθε περιστροφή αναπαράγει τις ίδιες κινήσεις του Ήλιου, της Σελήνης και των πέντε πλανητών*». Ο στρατηγός Μάρκελλος, ο κατακτητής των Συρακουσών, είχε μεταφέρει τους μηχανισμούς του Αρχιμήδη, μετά τη δολοφονία του τελευταίου, και τους τοποθέτησε στον ναό της Αρετής στη Ρώμη, όπου παρέμειναν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο Ποσειδώνιος, στον οποίο γίνεται αναφορά από τον Κικέρωνα, είχε ζήσει για ένα διάστημα στη Ρώμη ως πρέσβης της Ρόδου, και φαίνεται ότι είχε μελετήσει τους μηχανισμούς του Αρχιμήδη, οπότε κατασκεύασε κάτι παρόμοιο.

Όταν το έτος 1902 ανακοίνωσε ο αρχαιολόγος Σπυρίδων Στάης τις πρώτες εκτιμήσεις του για την προέλευση και τη χρήση του μηχανισμού, αμφισβητήθηκαν τα στοιχεία του, γιατί δεν θεωρήθηκε τότε δυνατόν να έχει κατασκευαστεί στην Αρχαιότητα λεπτομηχανικός μηχανισμός με την ακρίβεια που απαιτεί ένα πλανητάριο. Συμπληρωματικές έρευνες και μελέτες έδειξαν όμως ότι πράγματι ο μηχανισμός αυτός πρέπει να κατασκευάστηκε περί το 80 π.Χ. Σ' αυτές τις έρευνες επιβεβαιώθηκε ακόμα ότι ο μηχανισμός δεν ήταν απλά ένα ομοίωμα αλλά βρισκόταν σε λειτουργία, όταν ναυάγησε το πλοίο. Αυτό συμπεραίνεται από το γεγονός ότι είχαν γίνει δύο επιδιορθώσεις στο μηχανισμό και συγκεκριμένα, είχαν αντικατασταθεί ένα δόντι γραναζιού και η ακτίνα ενός τροχού που είχαν σπάσει, ίσως λόγω κακού χειρισμού, ίσως και λόγω ατελούς κατασκευής.



Η τεχνογνωσία των μηχανισμών όπως αυτού των Αντικυθήρων φαίνεται να έμεινε στα αζήτητα και να χάθηκε στις πολιτικές και πολιτισμικές ανακατατάξεις του χώρου της Ανατολικής Μεσογείου· μαζί χάθηκε και η ευκαιρία να αναπτυχθεί κατά την ελληνιστική εποχή η λεπτομηχανική τεχνολογία που οδήγησε πάνω από 14 αιώνες αργότερα στην κατασκευή μηχανικών ρολογιών.

Μελέτη και ανακατασκευή του μηχανισμού. Η έρευνα του Price

Ήδη από τα πρώτα χρόνια της ανακάλυψης του μηχανισμού των Αντικυθήρων θεωρήθηκε, λόγω των επιγραφών και των διαβαθμίσεων σε τροχούς, ότι επρόκειτο για μια συσκευή για αστρονομικές εφαρμογές. Μερικοί μελετητές εκτιμούσαν ότι επρόκειτο για ένα αστρολάβο που βοηθούσε στις θαλασσοπορίες, άλλοι ότι επρόκειτο για ένα μικρό πλανητάριο, όπως εκείνο που λέγεται ότι είχε κατασκευάσει ο Αρχιμήδης. Το 1958 έγινε η πρώτη συστηματική μελέτη του μηχανισμού από τον Βρετανό Derek del Solla Price (Πράις, 1922-1985), μετέπειτα καθηγητή της Ιστορίας των Επιστημών στο αμερικάνικο πανεπιστήμιο Yale. Ο συγκεκριμένος ερευνητής υποστήριζε ότι κατασκευαστής του μηχανισμού των Αντικυθήρων πρέπει να ήταν ο *Γέμινος ο Ρόδιος* (110-40 π.Χ.), στωικός φιλόσοφος, μαθηματικός και αστρονόμος.



Ακτινογραφημένο τμήμα του μηχανισμού, πάνω στο οποίο έχει σχεδιάσει ο Πράις τα δόντια των γραναζιών

Ο Πράις ήταν ενθουσιασμένος με το μηχανισμό των Αντικυθήρων γιατί, όπως δήλωνε, δεν είχε ανακαλυφθεί ποτέ μέχρι τους νεότερους χρόνους ένα όμοιο κατασκευάσμα και δεν υπάρχει στις αρχαίες πηγές οποιαδήποτε τεχνική περιγραφή, από την οποία να προέκυπτε η πολυπλοκότητα αυτών των μηχανισμών. Σύμφωνα με τις σύγχρονες γνώσεις μας για την τεχνολογία της ελληνιστικής εποχής, δεν θεωρήθηκε δυνατόν να έχει κατασκευαστεί ένας τέτοιος

μηχανισμός στην Αρχαιότητα. Αυτό μπορεί να σημαίνει βέβαια επίσης ότι είχαν επιτευχθεί μεν εκείνη την εποχή κι άλλες κατασκευές ανάλογης πολυπλοκότητας, οι οποίες όμως παραμένουν ακόμα άγνωστες γιατί δεν έχουν εντοπιστεί τα υπολείμματά τους ή δεν έχουν βρεθεί έγγραφες αναφορές.

Παρά τις πολλαπλές προσπάθειές του δεν κατάφερε ο Πράις μέχρι το έτος 1971 να ανασχεδιάσει το μηχανισμό από τα λιγοστά ευρήματα του ναυαγίου. Το έτος αυτό αξιοποιήθηκε για πρώτη φορά η δυνατότητα που δινόταν με τις ακτινοβολίες του ελληνικού Κέντρου Πυρηνικής Ενέργειας «Δημόκριτος». Με χρήση ακτίνων Χ και γ «διαχωρίστηκαν» οπτικά τα διάφορα επίπεδα λειτουργίας και τα επιμέρους γρανάζια του μηχανισμού. Σταδιακά εντοπίστηκαν τα διάφορα λειτουργικά εξαρτήματα και διευκρινίστηκε ο ρόλος τους, ώστε να είναι τελικά δυνατή μια σύνθεση.

Έτσι γνωρίζουμε σήμερα ότι, ο δίσκος ενδείξεων της πρόσοψης περιέχει δύο κυκλικές κλίμακες: η εξωτερική περιλαμβάνει τους μήνες του έτους και η εσωτερική τους ζωδιακούς αστερισμούς. Και οι δύο κλίμακες έχουν βαθμονομήσεις σε μοίρες. Η πρόσοψη του περιβλήματος βρίσκεται πάνω από το κινητήριο γρανάζι, το οποίο κινούσε, κατά τα φαινόμενα, ένα δείκτη σε εκκεντρικό τύμπανο. Με συσχετισμό ίδιων γραμμάτων του αλφαβήτου που περιέχονται στην πρόσοψη και στο ημερολόγιο, συμπεραίνουμε ότι ο χρήστης του μηχανισμού διάβαζε σ' αυτόν τις ώρες ανατολής και δύσης του Ήλιου.

Οι χαραγμένες ενδείξεις στην οπίσθια όψη του περιβλήματος είναι πιο σύνθετες αλλά και δυσανάγνωστες, λόγω της διάβρωσης.



Καταρχάς περιέχονται δύο δίσκοι ενδείξεων: ο κάτω δίσκος περιλαμβάνει 3 κινητούς τροχούς, ο πάνω δίσκος τέσσερις. Κάθε δίσκος περιλαμβάνει επιπλέον μια μικρή κλίμακα ενδείξεων, ανάλογη με αυτή των δευτερολέπτων του ρολογιού. Καθένας από τους μεγάλους δίσκους ενδείξεων έχει βαθμονόμηση ανά 6° και ανάμεσα στις διαχωριστικές γραμμές περιέχονται γράμματα του αλφαβήτου και αριθμοί. Στον κάτω δίσκο φαίνεται ο συνδυασμός γραμμάτων και αριθμών που σημαίνουν «Σελήνη, τόσες ώρες, Ήλιος, τόσες ώρες» Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι βαθμονόμηση σ' αυτό το δίσκο αναφέρονται στις φάσεις της Σελήνης και στις ώρες ανατολής και δύσης του Ήλιου.

Στον πάνω δίσκο είναι οι βαθμονομήσεις πολύ πυκνότερα χαραγμένες και δίνουν πιθανόν πληροφορίες για ανατολή, δύση και φάσεις των τότε γνωστών πλανητών του ηλιακού συστήματος.

Προσδιορισμός των λειτουργιών και προσπάθειες ανακατασκευής του Μηχανισμού

Συναθροίζοντας το σύνολο των πληροφοριών και ρεαλιστικότερων εικασιών φαίνεται λογικό να υποθέσουμε ότι ο μηχανισμός των Αντικυθήρων κατασκευάστηκε για να καταστήσει δυνατή τη μηχανική αναπαραγωγή των κυκλικών αστρονομικών σχέσεων. Οι τεχνικοί κατέληξαν στην ιδέα για κατασκευή αλληλοεξαρτημένης κίνησης γραναζιών και δεικτών, όπως και τα αστρονομικά φαινόμενα φαίνεται να αλληλοεξαρτώνται και να επαναλαμβάνονται με αυστηρά προκαθορισμένους ρυθμούς. Ο αριθμοποιημένος τρόπος αντίληψης των αστρονομικών φαινομένων ήταν χαρακτηριστικός στους Βαβυλώνιους αστρονόμους της εποχής των Σελευκιδών και υιοθετήθηκε κατά την ελληνιστική/ρωμαϊκή εποχή από μερικούς Έλληνες αστρονόμους, οι οποίοι είχαν περισσότερο την τάση για γεωμετρικούς συσχετισμούς της τροχιάς των ουράνιων σωμάτων, με κύκλους και επικύκλους.

Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ένα *αστρονομικό ρολόι* ή ένας σύγχρονος *αναλογικός υπολογιστής*, ο οποίος χρησιμοποιεί μηχανικά εξαρτήματα για να μεταφράσει αστρονομικές πληροφορίες σε μεγέθη χώρου και χρόνου και να τις αποθηκεύσει σε συσχετισμούς θέσης γραναζιών. Σήμερα δεν είναι γνωστό και δεν είναι δυνατόν πια να εκτιμηθεί, αν ο μηχανισμός βρισκόταν σε αυτόματη λειτουργία ή ρυθμιζόταν με το χέρι. Ο Πράις ήταν της γνώμης ότι ο μηχανισμός λειτουργούσε σε σταθερή θέση και είχε ως κινητήριο μηχανισμός κάποιο υδραυλικό ρολόι ή κάτι αντίστοιχο.

Η μάλλον πιο αξιόπιστη ανακατασκευή του μηχανισμού θεωρείται αυτή του Πράις, η οποία εκτίθεται στο Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.



Ανακατασκευή του μηχανισμού (Derek de Solla Price)



Ανακατασκευή του μηχανισμού (Derek de Solla Price)

Άλλες ανακατασκευές που επιχειρήθηκαν είναι αυτές των Αυστραλών Allan George Bromley και Frank Percival, μία του Βρετανού John Gleave και άλλη μία

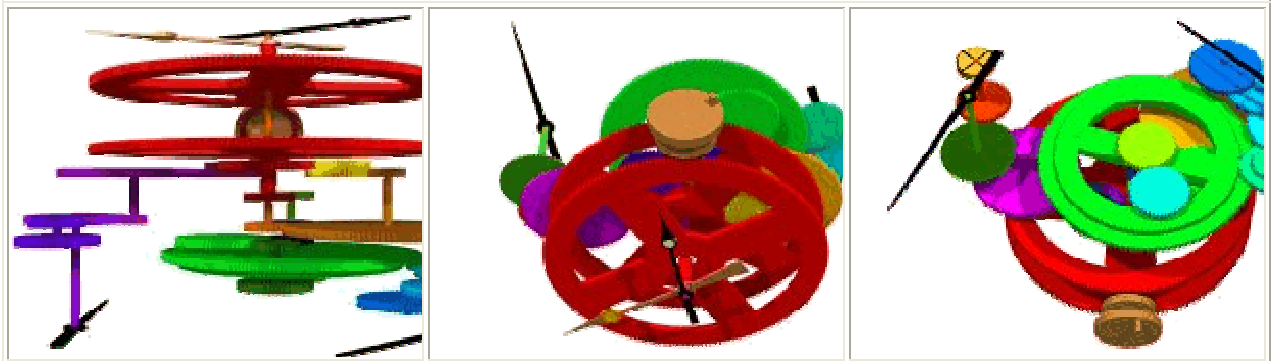
του επίσης Βρετανού [Michael Wright](#). Όλες αποδίδουν με ικανοποιητική ακρίβεια τις λειτουργίες του μηχανισμού που έχουν ανιχνευθεί μέχρι σήμερα, αλλά προφανώς δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ακρίβεια, ποια από αυτές είναι η πιστότερη.



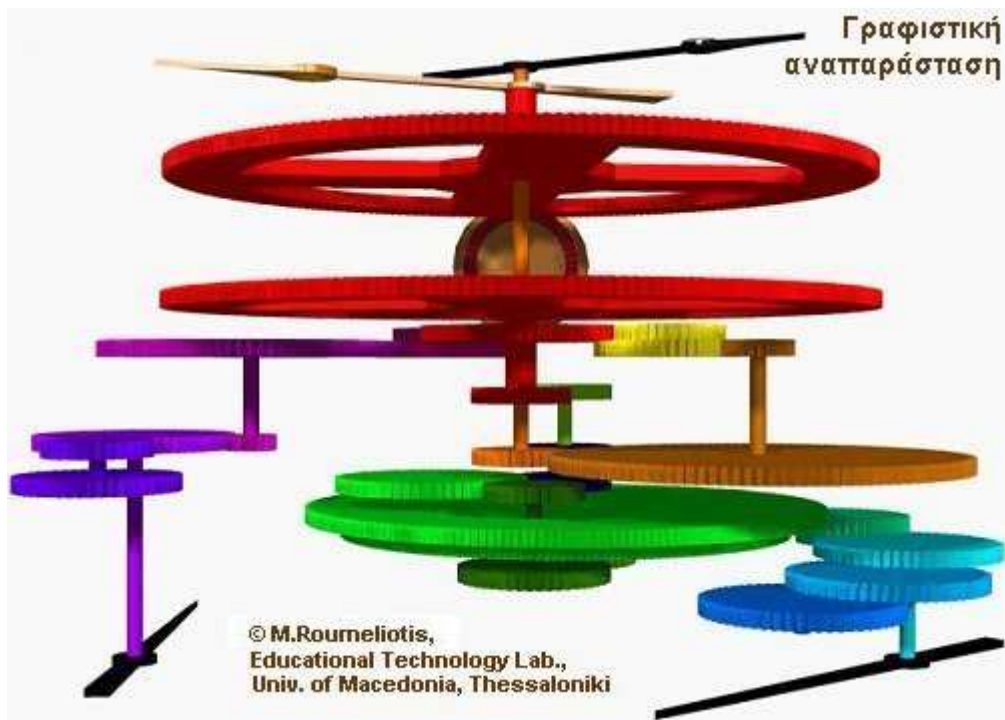
Άλλη ανακατασκευή του μηχανισμού (John Gleave)

Δομή του Μηχανισμού και κατασκευαστικές λεπτομέρειες

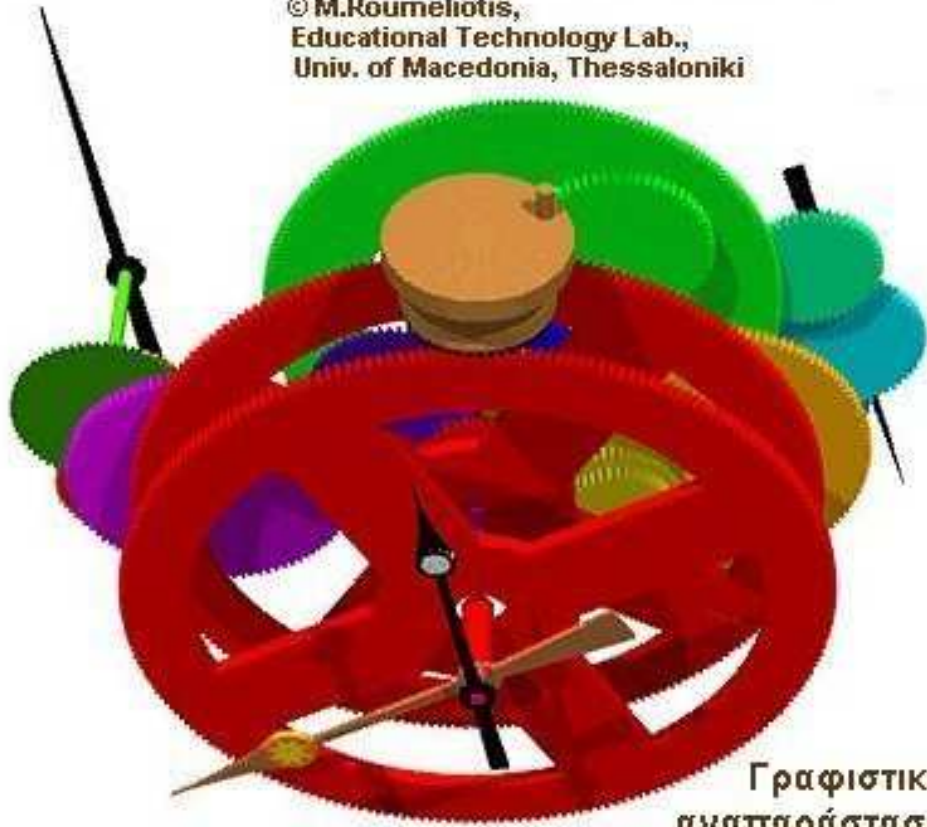
Τα γρανάζια στο εσωτερικό του μηχανισμού είναι στερεωμένα σε μια ορειχάλκινη πλάκα. Στη μια πλευρά της πλάκας εντοπίζονται όλα τα συναρμολογημένα γρανάζια και είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με καλή ακρίβεια, πόσα δόντια είχε κάθε γρανάζι και πώς γινόταν η εμπλοκή των γραναζιών μεταξύ τους. Η μελέτη των γραναζιών στην άλλη πλευρά της ορειχάλκινης πλάκας δεν είναι τόσο εύκολη, λόγω απουσίας των απαραίτητων ενδείξεων.



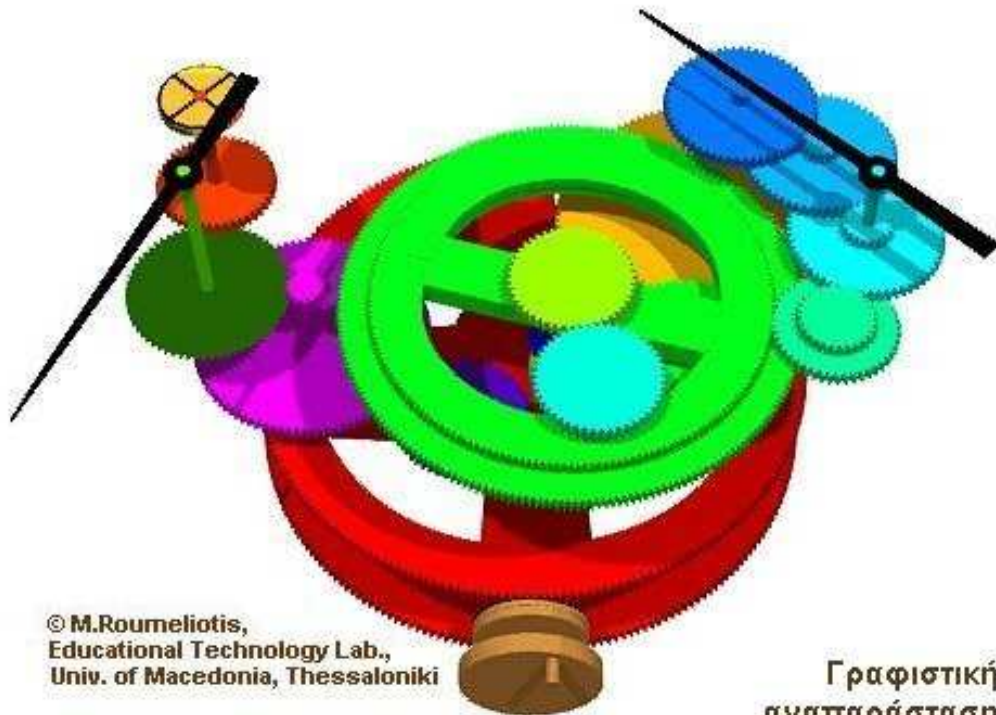
Απόψεις του Μηχανισμού των Αντικυθήρων από την [γραφιστική εξομοίωση](#) του «Εργαστήριο Τεχνολογίας Εκπαίδευσης» του Πανεπιστημίου Μακεδονίας



© M.Roumeliotis,
Educational Technology Lab.,
Univ. of Macedonia, Thessaloniki



Γραφιστική
αναπαράσταση



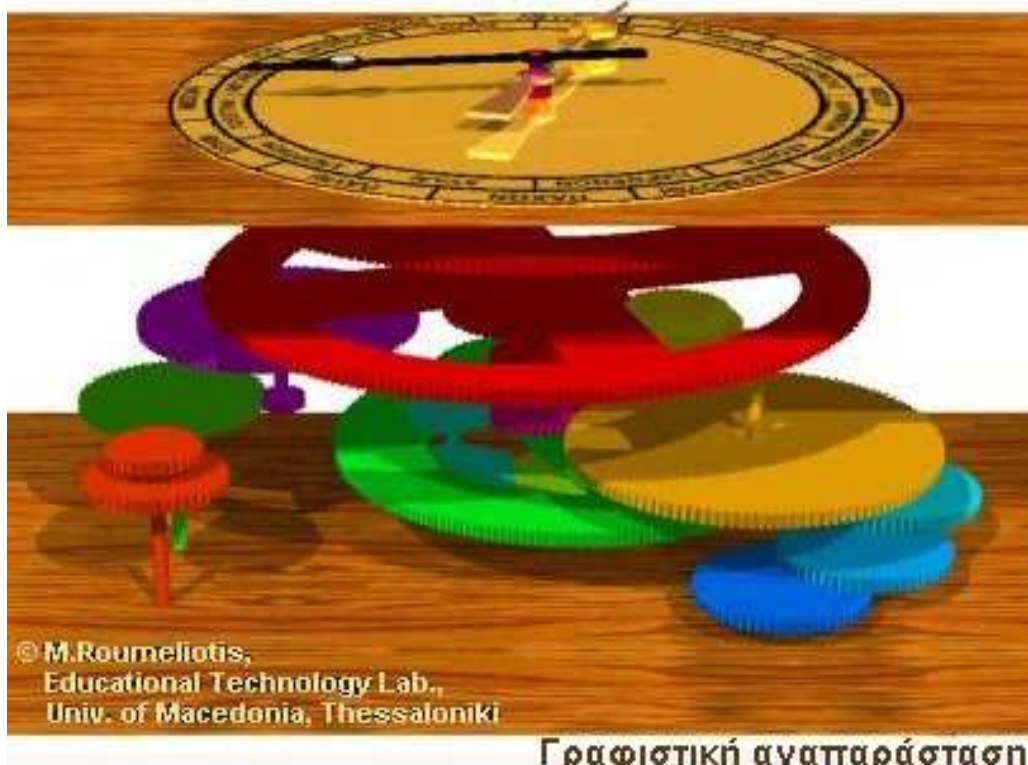
© M.Roumeliotis,
Educational Technology Lab.,
Univ. of Macedonia, Thessaloniki

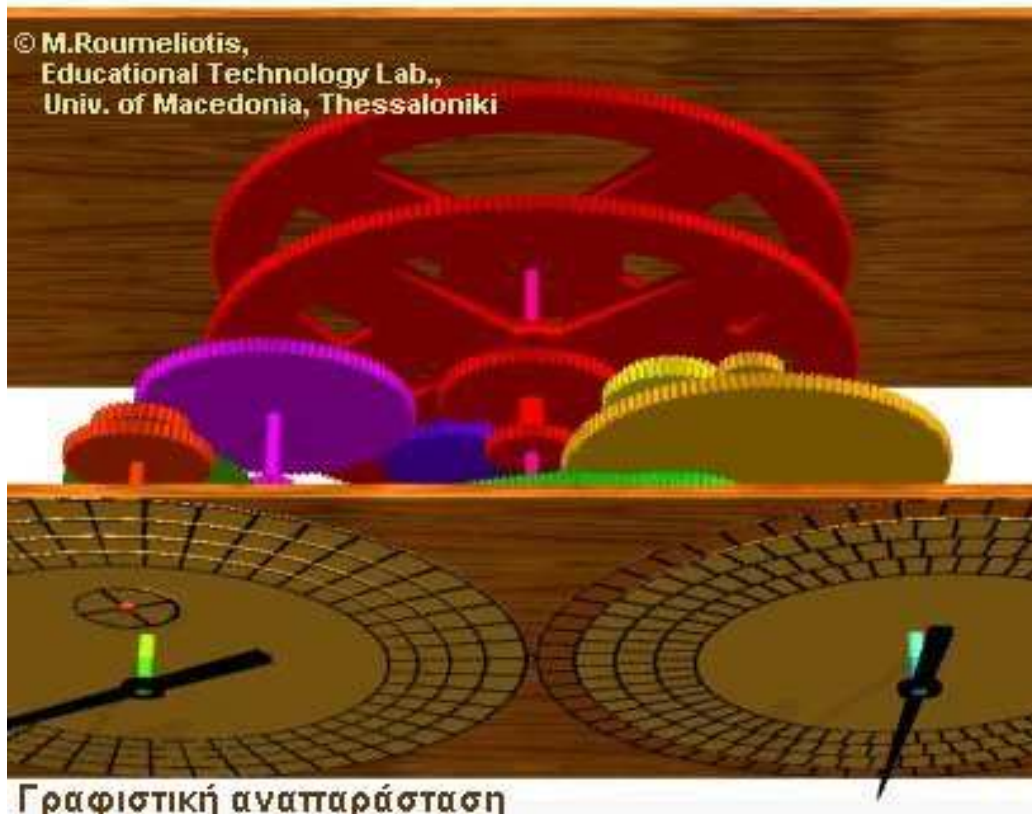
Γραφιστική
αναπαράσταση

Όλα τα μεταλλικά τμήματα του μηχανισμού είχαν κοπεί από ενιαίο ορειχάλκινο φύλλο με πάχος 2 mm, το οποίο φαίνεται να είχε παραχθεί αρκετό καιρό πριν από την κατασκευή του μηχανισμού. Δεν υπάρχουν εξαρτήματα από κάποιο άλλο μεταλλικό υλικό. Όλα τα δόντια των γραναζιών είναι ίδιου μεγέθους με γωνία 60°, έτσι ώστε να μπορεί καταρχάς να συνδυαστούν όλα τα γρανάζια μεταξύ τους.

Μελετώντας ο αναγνώστης την αλληλουχία των γραναζιών, όπως φαίνονται στις τρεις προηγούμενες εικόνες, μπορεί να αποκτήσει μια σαφή εικόνα για τον τρόπο λειτουργίας του μηχανισμού των Αντικυθήρων.

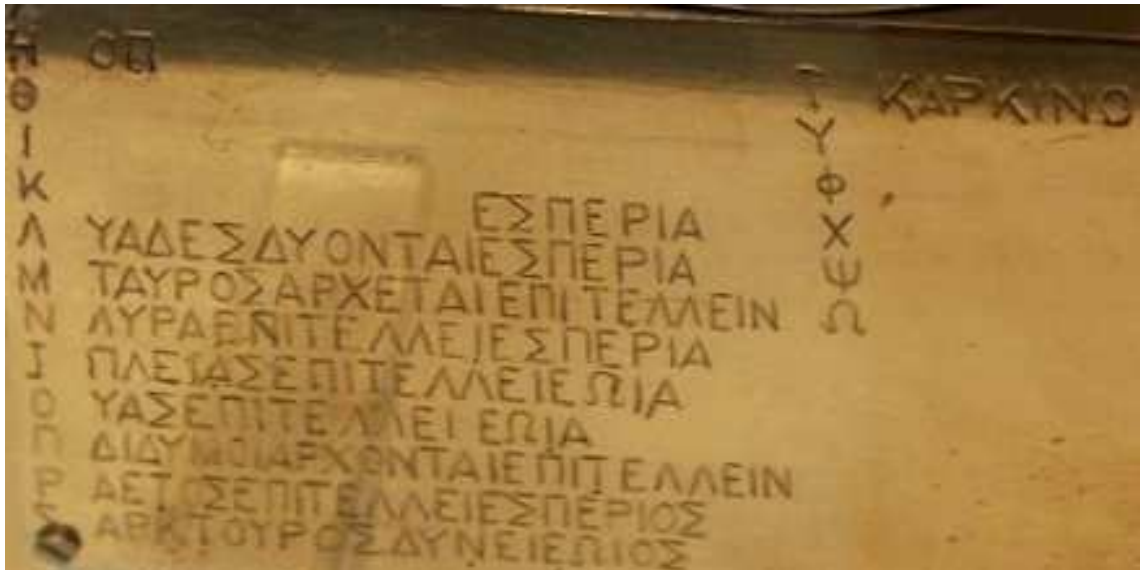
Ο χειριστής γύριζε τον τροχό στο πλάι της συσκευής και η περιστροφή αυτή μεταφερόταν με ατέρμονα κοχλία στα δύο μεγάλα γρανάζια με τις τέσσερις ακτίνες. Το πρόσθιο από αυτά τα γρανάζια κινούσε, μέσω ενός έκκεντρου τυμπάνου, τους δύο δείκτες στο δίσκο ενδείξεων της πρόσοψης. Το οπίσθιο από τα δύο μεγάλα γρανάζια κινούσε, μέσω δύο ομάδων μικρότερων γραναζιών, τους δείκτες της πίσω όψης. Με κάθε μικρή ή μεγάλη περιστροφή του πλαϊνού τροχού, μετατοπιζόνταν οι διάφοροι δείκτες στις δύο πλευρές.





Η αποκωδικοποίηση των επιγραφών

Οι μελέτες στα ευρήματα δείχνουν ακόμα ότι το όργανο περιείχε τέσσερις επιφάνειες με υπομνηματικές επιγραφές. Οι επιγραφές αυτές ήταν στην εξωτερική πλευρά του πορτόφυλλου πρόσοψης, στην εσωτερική του οπίσθιου πορτόφυλλου, στην πλάκα ανάμεσα στους δύο οπίσθιους δίσκους ενδείξεων και στην «πλάκα παραδειγμάτων» κοντά στον πρόσθιο δίσκο ενδείξεων. Πέρα από αυτά, κάθε εξάρτημα και κάθε οπή έφερε αλφαβητικούς χαρακτήρες συσχετισμού, ώστε να εξασφαλίζεται η χρονικά και λειτουργικά σωστή σειρά συναρμολόγησης των εξαρτημάτων.



Η πινακίδα με τη μεγάλη επιγραφή, σύμφωνα με την ανακατασκευή του Πράις.

Οι κύριες επιγραφές είναι προφανώς διαβρωμένες σε σημαντικό βαθμό και είναι αδύνατον να διαβαστούν με απλό οπτικό έλεγχο. Με διάφορες ακτινοβολίες είναι όμως δυνατόν να ανιχνευτούν τα αποτυπώματα που άφησε η εγχάραξη των αρχικών επιγραφών σε άλλες επιφάνειες του μηχανισμού, με αποτέλεσμα να γνωρίζουμε σήμερα σημαντικό τμήμα από το περιεχόμενο των επιγραφών.

Οι λέξεις των επιγραφών δεν είναι αναγνώσιμες κατά κανόνα στο συνολικό τους μήκος. Επειδή είναι όμως γνωστός ο αστρονομικός προορισμός του οργάνου και με τη σημαντική συμβολή φιλολόγων-επιγραφολόγων, έχει καταστεί δυνατόν να συμπληρωθούν διάφορα κενά και να παρουσιαστεί μια ισχυρή εκδοχή για το περιεχόμενο αυτών των επιγραφών. Σήμερα γίνονται λοιπόν δεκτά τα εξής:

- Ο Ήλιος αναφέρεται πολλές φορές και ο πλανήτης Αφροδίτη μόνο μία.
- Χρησιμοποιούνται αναφορές χρόνων που σχετίζονται με σημεία διελεύσεως και με διαδρομές πλανητών.
- Γίνεται αναφορά στην *εκλειπτική* (ίχνος της τροχιάς της Γης στην «ουράνια σφαίρα»).
- Αναφέρονται *δείκτες*, προφανώς αυτοί των δίσκων με τις βαθμονομήσεις.
- Μία αράδα κάποιας επιγραφής περιέχει την αναφορά: «76 έτη, 19 έτη». Αυτές οι αναφορές πρέπει να σχετίζονται με τον *καλλιπικό κύκλο* (Κάλλιπος ο Κυζικηνός, ~370-310 π.Χ.) των 76 ετών (=27.760 ημέρες), ο οποίος είναι τετραπλάσιος του *μετωνικού κύκλου* (Μέτων ο Αθηναίος, γενν. ~440 π.Χ.) 19 ετών ή 235 συνοδικών (σεληνιακών) μηνών ή 6.940 ημερών. Το λεγόμενο «μετωνικό ημερολόγιο» ήταν γνωστό ήδη στους Βαβυλώνιους και τους Κινέζους.
- Η επόμενη αράδα περιλαμβάνει τον αριθμό 223, ο οποίος είναι πιθανόν να σχετίζεται με τον εκλειπτικό κύκλο των 223 σεληνιακών μηνών.

Η επιγραφή στο μεγάλο κομμάτι αναγράφει τα εξής:
(με κόκκινο τα αποκαταστημένα τμήματα της επιγραφής)

ΕΣΠΕΡΙΑ
ΥΑΔΕΣ ΔΥΟΝΤΑΙ ΕΣΠΕΡΙΑ
ΤΑΥΡΟΣ ΑΡΧΕΤΑΙ ΕΠΙΤΕΛΛΕΙΝ
ΛΥΡΑ ΕΠΙΤΕΛΛΕΙ ΕΣΠΕΡΙΑ
ΠΛΕΙΑΣ ΕΠΙΤΕΛΛΕΙ ΕΩΙΑ
ΥΑΣ ΕΠΙΤΕΛΛΕΙ ΕΩΙΑ
ΔΙΔΥΜΟΙ ΑΡΧΟΝΤΑΙ
ΕΠΙΤΕΛΛΕΙΝ
ΑΕΤΟΣ ΕΠΙΤΕΛΛΕΙ ΕΣΠΕΡΙΟΣ
ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ ΔΥΝΕΙ ΕΩΙΟΣ

...το βράδυ
Οι Υάδες δύνουν το βράδυ
Ο Ταύρος αρχίζει ν' ανατέλλει
Η Λύρα ανατέλλει το βράδυ
Οι Πλειάδες ανατέλλουν το
πρωί
Οι Υάδες ανατέλλουν το πρωί
Οι Δίδυμοι αρχίζουν ν'
ανατέλλουν
Ο Αετός ανατέλλει το βράδυ
Ο Αρκτούρος δύνει το πρωί

Η επιγραφή στο πίσω θυρόφυλλο αναγράφει:

ΠΡΟΕΧΟΝ ΑΥΤΟΥΣ ...
ΜΟΝΟΙ
ΦΕΡΕΙΩΝ ΗΜΕΝΕ
ΤΟΣ ΤΟ ΔΕ ΔΙΑ
ΤΗΣ ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ
ΓΝΩΜΩΝ ΣΥ
ΗΛΙΟΥ ΑΚΤΙΝ
ΜΙΝΟΘΕΛΕΞΗΛΘΕΝ
ΤΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΧΩΡΑΣ
ΓΝΩΜΟΝΙΑ ΔΥΟ ΩΝ ΤΑ ΚΡΑ
ΦΕΡΟ
ΤΕΣΣΑΡΑ ΗΛΟΙ ΔΟΜΕΝΤ
ΤΗΣ ΟΥΛΙΘΟΥ
ΣΙΣ Σ ΣΚΓ ΣΥΝΓΕΙΝΟΜΕΝΟΙ
ΟΣ ΔΙΑΙΡΕΘΗ Η ΟΛΗ
ΕΓΛΕΙΠΤΙΚΟΙΣ
ΟΜΟΙΑ ΤΟΙΣ ΕΠΙΤΗΣΣΕ
ΦΕΡΕΙΤΑ

Προεξέχοντας
...μόνοι
φέρει απ' τις οποίες η μια
και η άλλη
της Αφροδίτης
ο γνώμονας
την ηλιακίδα
απ' όπου βγήκε από
την πρώτη χώρα
δύο γνώμονια των οποίων τα άκρα
φέρουν
τέσσερα, το ένα δείχνει
τα 776 χρόνια, 19 χρόνια του
233 συμβαδίζοντας
ώστε να διαιρεθεί η όλη
εκλειπτική
παρόμοια με εκείνα που πάνω στη
φέρει

Σύγχρονες απόψεις σχετικά με την προέλευση του Μηχανισμού

Με τη βορειοδυτική Ελλάδα συνδέεται ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων και όχι με την Αλεξάνδρεια, τη Ρόδο ή τη Μικρά Ασία, όπως εθεωρείτο μέχρι τώρα, σύμφωνα τουλάχιστον με όσα υποστηρίζει, στο πλαίσιο της διδακτορικής της διατριβής, η απόφοιτη του τμήματος Φυσικής και του τμήματος Ιστορίας και Αρχαιολογίας του ΑΠΘ, Μαγδαληνή Αναστασίου.

Η ίδια, βάσει της νέας επιστημονικής έρευνάς της, καταλήγει επίσης στο συμπέρασμα πως ο κατασκευαστής του μηχανισμού δεν ακολουθούσε τον ελικοειδή τρόπο του Αρχιμήδη στην κατασκευή των σπειρών στο πίσω μέρος του μηχανισμού, αλλά έναν απλούστερο.

Μέχρι τώρα η έρευνα πάνω στον μηχανισμό κινούνταν γύρω από την ανάλυση και την επεξεργασία των εικόνων και των τομογραφιών που έχουν ληφθεί, σχετικά με το πόσα γρανάζια διαθέτει ο μηχανισμός, πόσα δόντια έχουν αυτά τα γρανάζια, καθώς και τα γράμματα που είναι σκαλισμένα πάνω του.

Η Μ. Αναστασίου προσέγγισε τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων από την πλευρά της Αστρονομίας. «Αναπτύξαμε ένα πρόγραμμα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και εξετάσαμε τη σειρά και τη σύνδεση ορισμένων αστρικών γεγονότων, αλλά και αθλητικών αγώνων, που αναγράφονται πάνω στο μηχανισμό, ώστε να μπορέσουμε να συμπληρώσουμε το παζλ», μας λέει. Εντύπωση προκάλεσε ότι, μεταξύ των γνωστών πανελλήνιων στεφανιτών αγώνων, όπως οι Ολυμπιακοί, τα Πύθια, τα Ισθμια και τα Νέμεα, αναφέρονται και οι αγώνες της Δωδώνης, που γίνονταν στην πόλη «Νάια». Αγώνες όχι τόσο σημαντικοί όσο οι προηγούμενοι, οπότε, μόνο κάποιος που είχε ειδικό ενδιαφέρον γι' αυτούς, κάποιος που ζει στην περιοχή, θα σημείωνε την ημερομηνία που τελούνταν.

«Καταφέραμε να ταυτίσουμε τους 7 από τους 12 μήνες του ημερολογίου με το ημερολόγιο της βορειοδυτικής Ελλάδας», υπογραμμίζει η Μ. Αναστασίου.

Σύμφωνα με τον καθηγητή του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ, Ιωάννη Σειραδάκη, που επιβλέπει τη διατριβή, τα αστρικά φαινόμενα αλλάζουν θέση σύμφωνα με το σημείο πάνω στη Γη από το οποίο τα παρατηρεί κανείς. «Αυτός που τα σημείωσε πάνω στον μηχανισμό, τα σημείωσε όπως τα έβλεπε από το γεωγραφικό πλάτος από το οποίο τα παρατηρούσε. Και αυτό επίσης ταιριάζει με την περιοχή της ΒΔ Ελλάδας», προσθέτει ο Ι. Σειραδάκης. Από την έρευνα διαπιστώθηκε ότι αυτά τα γεγονότα ταυτίζονται περισσότερο με το ημερολόγιο της βορειοδυτικής Ελλάδας, παρά με της Αθήνας ή της Ρόδου ή της Μικράς Ασίας. «Ο μηχανισμός συμπίπτει κατά 100% με το ημερολόγιο της Κέρκυρας και του Βουθρωτού και κατά 85% με το ημερολόγιο της Δωδώνης», προσθέτει ο Ι. Σειραδάκης. Τα νέα ευρήματα συνδυάστηκαν με το ναυάγιο στο οποίο βρέθηκε ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων. «Στο ναυάγιο βρέθηκαν επίσης αγάλματα, νομίσματα και άλλα αντικείμενα από αυτές τις πόλεις», υπογραμμίζει ο Ι. Σειραδάκης.

Απόψεις και σχόλια για το μηχανισμό και τη σημασία του

«Αναμφίβολα διαπιστώνουμε την κληρονομιά των Βαβυλωνίων. Η νεοεμφανιζόμενη μηχανική τελειότητα του Μηχανισμού σαφώς εγείρει το ζωτικής σημασίας ερώτημα σχετικά με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις γνώσεις των Ελλήνων εκείνης της περιόδου. Πότε ακριβώς, από ποιον, για ποιον και για ποιον λόγο κατασκευάστηκε ο Μηχανισμός; Τι άλλου είδους τεχνολογία προϋποθέτει η ύπαρξή του; Ποια θα ήταν η επίδραση των μηχανικών μοντέλων στην άποψη των Ελλήνων για το Σύμπαν; Αυτά είναι τα ερωτήματα που χρήζουν απαντήσεων».

*Mike Edmunds, καθηγητής Αστρονομίας, Πανεπιστήμιο Κάρντιφ,
Μ.Βρετανία*

«Σε ό,τι αφορά τον συνδυασμό μεθόδων χρονολόγησης, ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ένα προϊόν της εποχής του. Στην ελληνιστική περίοδο βρίσκουμε, για παράδειγμα, το παράπηγμα ενσωματωμένο σε ένα αιγυπτιακό ημερολόγιο ή τον Μετωνικό κύκλο να χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του ημερολογίου της αθηναϊκής πολιτείας ή τον συνδυασμό ηλιακού και υδραυλικού ορολογίου στους Αέροδες».

*Robert Hannah, καθηγητής Ιστορίας της Τέχνης, Πανεπιστήμιο του Οταγο, Νέα
Ζηλανδία*

«Ο Μηχανισμός αντικατοπτρίζει την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Είμαστε ενθουσιασμένοι με τον Μηχανισμό και έτσι θα έπρεπε να αισθάνονται όλοι».

*Velson Horie, συντηρητής της
Βρετανικής Βιβλιοθήκης, Μ. Βρ
ετανία*

«Ο Μηχανισμός δεν είναι μόνο αντιπροσωπευτικός της τεχνολογικής αιχμής της αστρονομίας της εποχής του, αλλά εμπεριέχει τη δυναμική που θα επιτρέψει την επέκταση των γνώσεών μας τόσο για την ίδια την αστρονομία όσο και για τον πολιτισμικό ρόλο της».

*Alexander Jones, καθηγητής Κλασικών Σπουδών, Πανεπιστήμιο του Τορόντο,
Καναδάς*

«Διερωτάται κανείς μέσα από ποιες διαδικασίες προέκυψε ο Μηχανισμός. Ποιες ήταν οι κοινωνικές, πολιτικές και ιδεολογικές "χρήσεις" της αστρονομικής γνώσης; Σε ποιον βαθμό αυτές περιελάμβαναν "παθητική" παρατήρηση και τι μπορεί να πυροδότησε την επιθυμία μελλοντικής πρόβλεψης; Πόσο συνέβαλε σε αυτό η τεχνολογική πρόοδος; Και, τελικά, στην ίδια την κλασική Ελλάδα ποια ήταν η σχέση της αρχαϊκής κοσμολογίας (η οποία μπορεί να ανιχνευθεί στον καθορισμό του χρόνου των θρησκευτικών τελετών και στον προσανατολισμό των ναών) με την ανάπτυξη της προβλεπτικής επιστήμης της αστρονομίας;».

Clive Ruggles, καθηγητής Αρχαιοαστρονομίας, Πανεπιστήμιο του Λέστερ, Μ. Βρετανία

«Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ένα μοναδικό εύρημα του αρχαίου κόσμου. Παρά την ύπαρξη και άλλων μηχανών κατά την αρχαιότητα, καμία δεν φαίνεται να ανταγωνίζεται τον Μηχανισμό σε τεχνολογική πολυπλοκότητα. Τα δεδομένα δηλώνουν πάντως ότι ο Μηχανισμός δεν ήταν ένα μεμονωμένο τεχνολογικό προϊόν της εποχής του και ότι η τεχνολογία στην αρχαιότητα ήταν περισσότερο ανεπτυγμένη από όσο νομίζουμε».

Alexandra Smith, ιστορικός, Πανεπιστήμιο του Κάρντιφ, Μ. Βρετανία

Και ένας σχολιασμός με άλλη αφορμή από τον Richard Feynman (Φέυνμαν, 1918-1988):

Ο Φέυνμαν είχε επισκεφτεί την Αθήνα και ξεναγήθηκε στο Αρχαιολογικό Μουσείο. Γράφει σε επιστολή προς τη σύζυγό του: «Περπάτησα (στο μουσείο) και είδα τόσα πολλά που τα πόδια μου άρχισαν να πονάνε... Τέλος, είχα βαρεθεί, επειδή έβλεπα συνεχώς όμοια πράγματα. Υπήρχε όμως κάτι διαφορετικό από τα άλλα έργα, κάτι πολύ παράξενο, σχεδόν απίστευτο. Το είχαν ανασύρει απ' τη θάλασσα το έτος 1900, ήταν κάποιο είδος μηχανής με μεγάλους οδοντωτούς τροχούς. Έμοιαζε πολύ με το εσωτερικό ενός ρολογιού με ελατήριο. Υπήρχαν πολλοί τροχοί, προσαρμοσμένοι μεταξύ τους, με πολύ κανονικά "δόντια", καθώς και βαθμολογημένοι κύκλοι με χαραγμένες επάνω τους ελληνικές επιγραφές...

Ρώτησα την αρχαιολόγο για τη μηχανή που είχα δει στο μουσείο - αν είχαν βρεθεί άλλες τέτοιες μηχανές ή απλούστερες που οδήγησαν στην κατασκευή της - αλλά ούτε που καταλάβαινε για ποιο πράγμα τη ρωτούσα... Μου ζήτησε να της εξηγήσω το ενδιαφέρον μου και τον εντυπωσιασμό μου για τη μηχανή... Πόση άγνοια έχουν οι άνθρωποι που έκαναν κλασικές σπουδές. Κι ύστερα αναρωτιέμαι, γιατί δεν εκτιμούν την εποχή τους, δεν ανήκουν σ' αυτήν, δεν την καταλαβαίνουν... Κάποια κυρία από το προσωπικό του μουσείου παρατήρησε, όταν της είπαν ότι ο Αμερικανός καθηγητής ήθελε να μάθει περισσότερα για το έκθεμα **15087**: "Απ' όλα αυτά τα ωραία πράγματα του μουσείου, γιατί στάθηκε ειδικά σε εκείνο το έκθεμα; Γιατί είναι τόσο σημαντικό;»

(R.Feynman: «Τι σε νοιάζει εσένα τι σκέφτονται οι άλλοι;», εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα.)

Βιβλιογραφία - Πηγές πληροφόρησης

«Αρχαίο λάπτοπ από την Ήπειρο» άρθρο της εφημερίδας «Τα Νέα» 10-12-2009

« Ο Υπολογιστής των Αντικυθήρων. Μηχανισμοί με διαφορεικό γρανάζι», Λάζος Χρήστος, εκδόσεις Αίολος Αθήνα 1994.

kathimerini.gr : «Υψηλή τεχνολογία στην αρχαιότητα: Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων»

<http://www.etl.uom.gr/mr/index.php?mypage=largeimage>

http://el.wikipedia.org/wiki/Μηχανισμος_των_Αντικυθηρων

<http://www.antikythera-mechanism.gr/el>

<http://sfrang.com/historia/selida203.htm#2>