01

What is the Antikythera Mechanism?

On Easter Tuesday, 1900, sponge divers from the island of Symi discovered a roman shipwreck near the coast of the small island of Antikythera. A few months later, the Greek State organized the very first major underwater archaeology expedition, with the sponge divers and the assistance of the Greek Royal Navy.

The wreck is dated ca 80 - 60 BCE while much of its rich cargo dates from before the second century BCE; among the superb findings was an object full of gears, dials and inscriptions, also dated during the second half of this century.

This particular object is now called the "Antikythera Mechanism", and it is on display at the National Archaeological Museum in Athens. Ever since it was discovered, it was thought to be an astronomical device—sometimes as an astrolabe or a planetarium—or a navigational device or even a combination of different devices. Over a century of research has now established that it is the oldest known astronomical and calendrical calculating machine. It has been called the "World's First Computer".

The three main fragments of the Mechanism are on display in the Bronze Collection of the National Archaeological Museum; the remaining 79 smaller fragments are kept in the collection's store.

Τι είναι ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων;

Τη Μεγάλη Τρίτη του 1900, σφουγγαράδες από τη Σύμη ανακάλυψαν ένα ναυάγιο ρωμαϊκού πλοίου κοντά στην ακτή των Αντικυθήρων. Λίγους μήνες μετά, το ελληνικό κράτος οργάνωσε την πρώτη στα διεθνή χρονικά ενάλια αρχαιολογική αποστολή, με τη συνδρομή πλοίων του Βασιλικού Ναυτικού και με δύτες τους σφουγγαράδες.

Το ναυάγιο χρονολογείται στο 80-60 π.Χ. περίπου, ενώ το μεγαλύτερο μέρος τού πλούσιου φορτίου του είναι παλαιότερο (2ος αιώνας π.Χ.). Μεταξύ των εκπληκτικών ευρημάτων που ανασύρθηκαν ήταν και ένα μπρούτζινο αντικείμενο μικρών διαστάσεων με ευδιάκριτα πάνω του γρανάζια και επιγραφές, το οποίο χρονολογείται στο δεύτερο μισό του 2ου αιώνα π.Χ.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, όπως επικράτησε να λέγεται το ιδιαίτερο αυτό αντικείμενο που φυλάσσεται και εκτίθεται στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο της Αθήνας, καταχωρίστηκε ήδη από την ανακάλυψή του στην οικογένεια των αστρονομικών οργάνων: αστρολάβος, πλανητάριο, όργανο για τη ναυσιπλοΐα, είναι μερικές από τις λειτουργίες που του έχουν αποδοθεί. Μετά από έναν αιώνα ερευνών, είναι πλέον εδραιωμένη η πεποίθηση ότι πρόκειται για τον αρχαιότερο γνωστό αστρονομικό και ημερολογιακό υπολογιστή, ο οποίος αποκαλείται και «πρώτος υπολογιστής της ανθρωπότητας».

Τα τρία μεγαλύτερα θραύσματα του Μηχανισμού εκτίθενται στη Συλλογή Χαλκών του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου. Άλλα 79 μικρότερα θραύσματα φυλάσσονται στη Χαλκοθήκη του Μουσείου.

What is an “astronomical and calendrical computer”?

Predicting the position of heavenly bodies was for all time important for human social life. A modern computer can output, for a given date and location, the position and the phases of the Moon, the visible constellations, the eclipses... But also complex conversions between various calendars used from the Antiquity.

Some of these calculations can be performed by mechanical means (gears, axles and pointers), although without the same precision or speed.

Such examples are the astrolabes (for calculating the hour, the sunrise and sunset of stars), the complex astronomical clocks (which, along with the hour, display some astronomical phenomena), orreries, planetaria, etc.

Τι σημαίνει «αστρονομικός και ημερολογιακός μηχανικός υπολογιστής»;

Ο υπολογισμός της θέσης των ουράνιων σωμάτων είχε ανέκαθεν ιδιαίτερη σημασία για την οργάνωση της ζωής των ανθρώπων. Σήμερα χρησιμοποιούμε ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ειδικά λογισμικά για να προσδιορίσουμε, με βάση μια δεδομένη ημερομηνία και θέση παρατήρησης, τη θέση και τις φάσεις της Σελήνης, τους ορατούς αστερισμούς, αλλά και για να προβλέψουμε τις εκλείψεις και για να κάνουμε περίπλοκες μετατροπές μεταξύ των διαφόρων ημερολογίων με τα οποία η ανθρωπότητα για αιώνες καταγράφει τα αστρονομικά φαινόμενα.

Ορισμένες από αυτές τις λειτουργίες, ωστόσο, μπορούν να πραγματοποιηθούν και με τη χρήση διατάξεων με κινητά μηχανικά μέρη, οδοντωτούς τροχούς και δείκτες, χωρίς όμως την ίδια ακρίβεια και ταχύτητα με εκείνες του σύγχρονου υπολογιστή.

Μηχανισμοί με τέτοιες δυνατότητες είναι οι αστρολάβοι (για τον υπολογισμό της ώρας και της ανατολής και δύσης των αστέρων), τα εξαιρετικά περίπλοκα αστρονομικά ρολόγια που μαζί με την ώρα δείχνουν και αστρονομικά φαινόμενα, τα πλανητάρια κ.ά.

02

Why the Mechanism is an astronomical calculating machine?

From the moment when the fragments of the Mechanism were discovered, it was observed that its mechanical elements were mixed with bits of inscriptions where astronomical terms like "of the Sun", "ray", "Venus" were visible. The similarity of these mechanical elements with more recent objects was obvious.

As cleaning of the fragments moved forward, new inscriptions were revealed, such as numbers related to astronomical periods (e.g. the number Iota Theta - 19 for the Metonic period of the Moon and the number Sigma Kappa Gamma - 223 for the Saros eclipse prediction period). It was clearly an astronomical device of great sophistication.

Γιατί ο Μηχανισμός θεωρείται αστρονομικός υπολογιστής;

Από τη στιγμή που ανακαλύφθηκαν τα θραύσματα του Μηχανισμού, παρατηρήθηκε ότι τα μηχανικά μέρη του συνδυάζονταν με τμήματα επιγραφών όπου διακρίνονταν αστρονομικοί όροι, όπως «ΗΛΙΟΥ», «ΑΚΤΙΝΑ», «ΑΦΡΟΔΙΤΗ». Οι ομοιότητες αυτών των μηχανικών διατάξεων με πιο σύγχρονα αντικείμενα ήταν εμφανείς.

Όσο προχωρούσε ο καθαρισμός των θραυσμάτων και αποκαλύπτονταν νέες επιγραφές, όπως αριθμοί που σχετίζονται με γνωστές αστρονομικές περιόδους (π.χ. ο ΙΘ για τη σεληνιακή περίοδο του Μέτωνος και ο ΣΚΓ για την περίοδο προγνώσεως εκλείψεων του Σάρου), γινόταν φανερό ότι επρόκειτο για ιδιαίτερα περίπλοκο αστρονομικό όργανο.

03

04

Who studied the Mechanism and why new investigations were needed?

From May 1902, in the first publication about the discoveries from the Antikythera wreck, the "strange bronze machine" is mentioned, with a possible astronomical function. In subsequent publications, the word "astrolabe" is mentioned, while other opinions prefer a more complex device, like a planetarium.

The debate continues until the 1970s and the first X-rays, where consensus is reached about the nature of the artefact: it is a mechanical calculating device which displays calendars and related astronomical phenomena. But theories about its functions are challenged and the deciphered inscriptions are sparse.

Consequently, the National Archaeological Museum grants permissions for further investigations: in 1990, with linear tomography, and in 2005, with advanced surface imaging and tomography techniques. This last interdisciplinary research is still ongoing.

Ποιοι μελέτησαν τον Μηχανισμό και γιατί χρειάστηκε νέα μελέτη;

Ήδη από τον Μάιο του 1902, στην πρώτη δημοσίευση για τα ευρήματα του ναυαγίου των Αντικυθήρων, αναφέρεται το περίεργο «χαλκούν μηχάνημα» και του αποδίδεται αστρονομική χρήση. Σε επόμενες δημοσιεύσεις, ορισμένοι μιλούσαν για αστρολάβο, ενώ άλλοι φαντάζονταν έναν πιο σύνθετο μηχανισμό, κάτι σαν πλανητάριο.

Η διαμάχη γύρω από τη λειτουργία του Μηχανισμού συνεχίστηκε μέχρι τη δεκαετία του 1970 και τις πρώτες ακτινογραφίες, όπου πλέον επικράτησε συναίνεση για το είδος του οργάνου: επρόκειτο πια για έναν μηχανικό, αναλογικό υπολογιστή, στον οποίον αναπαριστάνονται ημερολόγια και τα σχετιζόμενα αστρονομικά φαινόμενα. Όμως οι λειτουργίες του δεν είχαν προσδιοριστεί ακόμη επακριβώς, οι διαβασμένες επιγραφές ήταν αποσπασματικές και οι θεωρίες για τις λειτουργίες του αμφισβητούνταν.

Έτσι το Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο χορήγησε δύο νέες άδειες για να εξεταστούν τα θραύσματα με τις πλέον σύγχρονες τεχνικές: το 1990 με γραμμική τομογραφία και το 2005, στην τελευταία έρευνα, με σύγχρονες τεχνικές τρισδιάστατης επιφανειακής απεικόνισης και τρισδιάστατης υπολογιστικής τομογραφίας. Στην έρευνα αυτή, καθώς και στη μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα, εφαρμόστηκε το σύγχρονο πρότυπο της συνεργασίας μεταξύ ομάδων επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων.

05

Which are the parts of the Mechanism and what is displayed on it?

The Mechanism consists of scales, dials, axles, pointers and inscriptions on many of its plates, including the front and back covers. As guessed by the early 20th century epigraphists, these inscriptions are something like an "instruction manual".

Putting these inscriptions into the context of ancient astronomy, in conjunction with examination of the remaining mechanical parts (gears, axles, scales, dials etc.) enables researchers to be confident about the calendrical and astronomical functions of much of the surviving device.

But an important part of the Mechanism is missing and the research on some functions relies to a large extent on the interpretation of the inscriptions.

Από τι αποτελείται ο Μηχανισμός και τι δείχνει;

Ο Μηχανισμός απαρτίζεται από μηχανικά μέρη: γρανάζια, κλίμακες, άξονες και δείκτες. Εκτός από αυτά, όμως, ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό του συνιστούν οι επιγραφές που είναι χαραγμένες σε πολλές από τις επιφάνειές του, καθώς και σε δύο πλάκες οι οποίες πιθανώς έκλειναν το μηχάνημα. Οι επιγραφές αυτές φαίνεται ότι αποτελούσαν ένα είδος «εγχειριδίου χρήσης» – εκτίμηση την οποία είχαν κάνει ήδη οι πρώτοι μελετητές των θραυσμάτων στις αρχές του 20ού αιώνα.

Η ένταξη των επιγραφών στο πλαίσιο των αστρονομικών γνώσεων του αρχαίου κόσμου, σε συνδυασμό με την εξέταση των σωζόμενων μηχανικών μερών (γρανάζια, άξονες, κλίμακες, μέρη στα οποία κινούνταν οι δείκτες κ.λπ.), επέτρεψε στους σύγχρονους ερευνητές να τεκμηριώσουν με αρκετή βεβαιότητα τις ημερολογιακές και αστρονομικές λειτουργίες του οργάνου.

Καθώς ένα μεγάλο τμήμα του Μηχανισμού δεν σώζεται, η διερεύνηση ορισμένων επιπρόσθετων λειτουργιών του βασίζεται κατά μεγάλο μέρος στην ερμηνεία των επιγραφών.

How does it work?

Turning a crank handle moves simultaneously all the pointers, through gears and axles that connect them. By selecting a date in the front 365 days dial (with the possibility of an extra leap day every four years), corresponding information can be read about the astronomical bodies on the other dials. Alternatively, the user can select an astronomical event and then see the date when it will occur (or has occurred in the past).

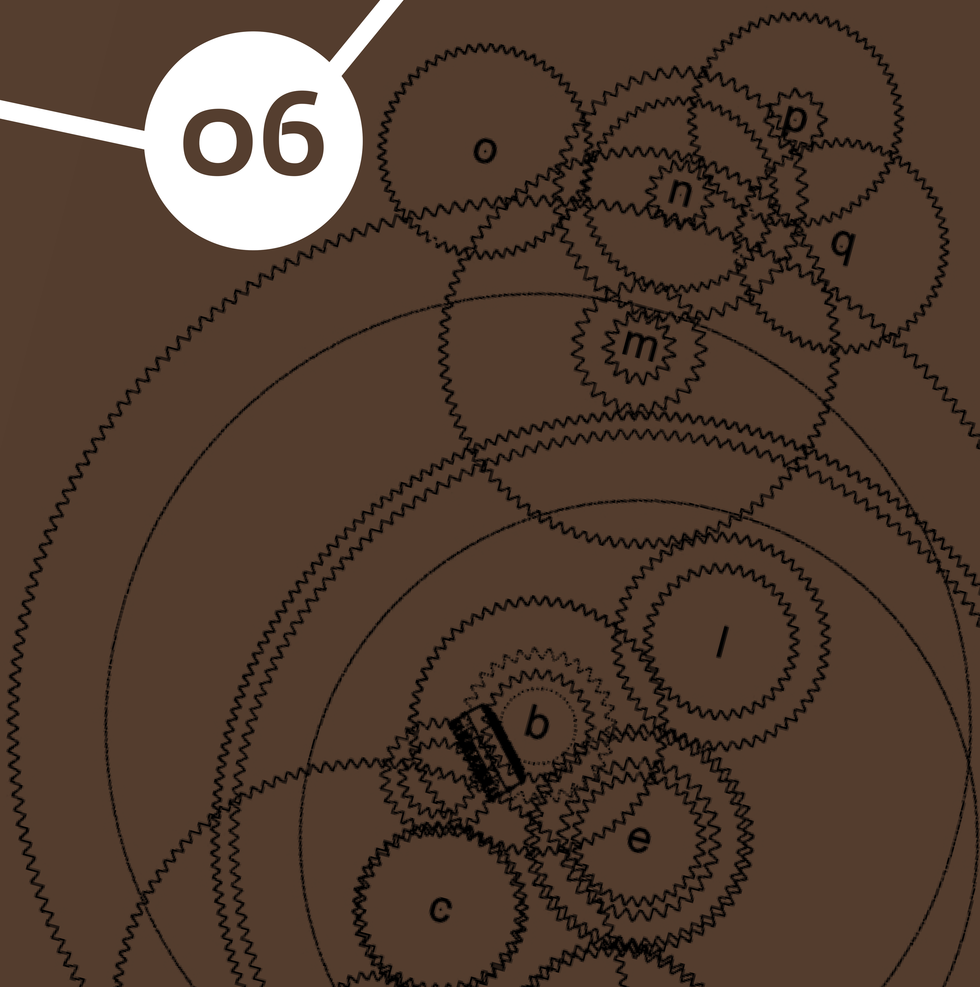
For instance, the user can directly check the correspondence between the solar and the lunar calendar, the position and phase of the moon, and the eclipses that may occur for a given day of the selected month. But the most remarkable ability of the Antikythera Mechanism is to show the variable motion of the Moon, realized through an extraordinary epicyclic gear train.

Πώς λειτουργεί;

Η περιστροφή από τον χρήστη μίας χειροκίνητης λαβής κινεί ταυτόχρονα όλους τους δείκτες, μέσω των γραναζιών και των αξόνων που τους συνδέουν. Έτσι, αν επιλεγεί μία ημερομηνία στην μπροστινή κλίμακα των 365 ημερών (με δυνατότητα ρύθμισης για μία επιπλέον ημέρα κάθε τέσσερα έτη), οι υπόλοιποι δείκτες θα δώσουν όλες τις διαθέσιμες αστρονομικές πληροφορίες για αυτήν την ημερομηνία. Αντιστρόφως, ο χρήστης μπορεί να φέρει έναν δείκτη σε κάποιο αστρονομικό φαινόμενο και κατόπιν να δει την ημερομηνία στην οποία το συγκεκριμένο φαινόμενο θα συμβεί.

Για παράδειγμα, μπορεί ο χρήστης να δει άμεσα την αντιστοιχία ανάμεσα στο ηλιακό και στο σεληνιακό ημερολόγιο, αλλά και τη θέση και τη φάση της Σελήνης, καθώς και τις εκλείψεις που ενδέχεται να συμβούν σε συγκεκριμένη ημέρα του σεληνιακού μήνα. Όμως η πλέον αξιοπρόσεκτη δυνατότητα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων είναι η παρουσίαση της μεταβλητής κίνησης της Σελήνης, η οποία επιτυγχάνεται μέσω ενός εκπληκτικού επικυκλικού συστήματος οδοντωτών τροχών.

06



Is it unique (without precursors or successors)?

References to similar mechanisms are found in many ancient texts, but none matches exactly our knowledge of this specific device. It is almost certain that many similar mechanisms were constructed in Antiquity, but there were not saved as they were recycled to build other objects.

After the Mechanism was built, Cicero (end of 2nd century BCE - beginning 1st century BCE), Vitruvius (1st century BCE) and Heron (1st century BCE - 1st century AD) have detailed mentions of geared devices, but also of planetaria. It should be mentioned that Heron's terminology matches pretty closely some of the terms encountered in the "user manual" of the Mechanism.

The technology for cutting gears and their use for the variation of rotation ratios were known at least a century before the estimated period during which the Mechanism was built, e.g. the second half of the 2nd century BCE. After the Antikythera Mechanism, the next known complex geared astronomical device is the Giovanni de Dondi's planetarium (astrarium). Later in Western Europe more and more precise planetaria were built, both for astronomical use and to enhance the prestige of their owners. Despite the lack of evidence, it is considered that this tradition was saved by anonymous artisans, as seen in similar cases.

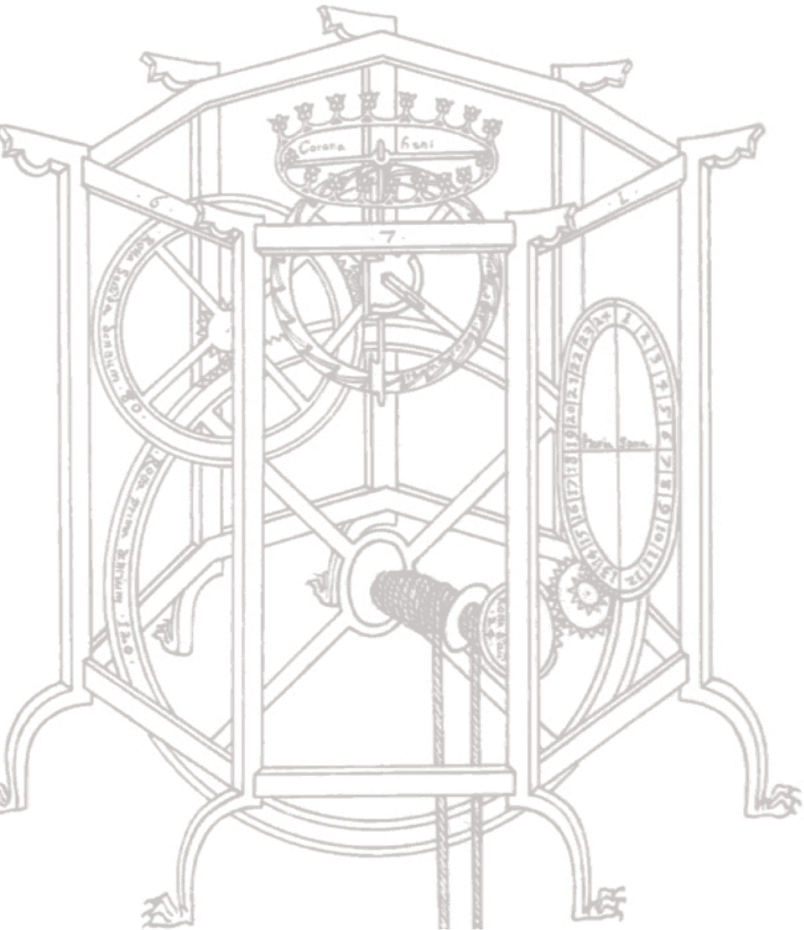
Είναι μοναδικός (χωρίς προγόνους και επιγόνους);

Αναφορές σε μηχανισμούς παρόμοιους με τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων βρίσκουμε σε πολλά αρχαία κείμενα. Καμία όμως περιγραφή δεν ταιριάζει απολύτως με τις γνώσεις μας για το συγκεκριμένο όργανο. Είναι πολύ πιθανό να είχαν κατασκευαστεί πολλοί ανάλογοι μηχανισμοί στην αρχαιότητα, οι οποίοι όμως δεν σώθηκαν επειδή το υλικό τους ανακυκλωνόταν για την κατασκευή άλλων αντικειμένων.

Η τεχνολογία για την κατασκευή γραναζιών και η χρήση τους για τη μεταβολή των λόγων περιστροφής ήταν γνωστές τουλάχιστον έναν αιώνα πριν από το χρονικό διάστημα στο οποίο εκτιμάται ότι κατασκευάστηκε ο Μηχανισμός, δηλαδή το δεύτερο μισό του 2ου αιώνα π.Χ. Μετά την κατασκευή του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, ο Κικέρων (τέλη 2ου – αρχές 1ου αιώνα π.Χ.), ο Βιτρούβιος (1ος αιώνας π.Χ.) και ο Ήρων (1ος αιώνας π.Χ. – 1ος μ.Χ.) αναφέρονται λεπτομερώς σε μηχανισμούς με γρανάζια, αλλά και σε πλανητάρια. Μάλιστα, η τεχνική ορολογία του Ήρωνος συμπίπτει αρκετά με τους όρους που αναγνωρίστηκαν στο «εγχειρίδιο χρήσης» του Μηχανισμού.

Ο επόμενος γνωστός περίπλοκος αστρονομικός μηχανισμός με γρανάζια είναι το πλανητάριο (astrarium) του Τζοβάννι Ντόντι (γύρω στο 1365). Αργότερα κατασκευάστηκαν στη δυτική Ευρώπη όλο και πιο ακριβή πλανητάρια, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από αστρονόμους, αλλά και αποτέλεσαν πολύτιμα αντικείμενα που προσέδιδαν αίγλη στους ιδιοκτήτες τους. Παρά την απουσία ευρημάτων, ευλόγως εικάζεται ότι η παράδοση διασώθηκε από γενιά σε γενιά χάρις στους ανώνυμους τεχνίτες, όπως γίνεται και σε άλλες ανάλογες περιπτώσεις.

07



Where, when and by who was it built?

It is thought that the Mechanism was probably built during the second half of the 2nd century BCE, as part of the tradition of "Sphairopoiia" (sphere making), possibly originated by Archimedes. Starting with Apollonios of Perga (3rd - 2nd Century BCE), Hipparchos of Nicaea (2nd Century BCE) and their contemporaries astronomical theory had progressed far enough to make it possible to design a mechanism representing the movement of the "wanderer stars" (the planets) and the variable motion of the Moon (the first anomaly).

Poseidonios from Rhodes had been considered as a possible designer of the Mechanism. Both Hipparchos and Poseidonios were active in Rhodes and this pointed to Rhodes as a possible place for the birth of the Mechanism. Much of the cargo of the Antikythera ship also points to the same region. But the Metonic calendar and the month names point to months that could originate from Corinth itself or to one of its like Tauromenium, founded by Syracusians. Could a tradition originating with Archimedes have survived, integrating into sphere making the epicycles or the equants, which permitted the explanation of the variation of the apparent velocity of heavenly bodies?

Πότε, από ποιον και πού κατασκευάστηκε;

Εκτιμάται ότι ο Μηχανισμός κατασκευάστηκε κατά το δεύτερο μισό του 2ου αιώνα π.Χ. Προϋπήρχε η παράδοση του Αρχιμήδη και της «σφαιροποιίας». Από τον Απολλώνιο, τον Ίππαρχο και τους σύγχρονούς τους αστρονόμους είχαν ήδη προσδιοριστεί με αρκετή ακρίβεια οι αστρονομικές σταθερές ούτως ώστε να ήταν δυνατή η κατασκευή μηχανισμού αναπαράστασης της κίνησης των «πλανωμένων αστέρων», ενώ ήταν γνωστή και η πρώτη ανωμαλία της κίνησης της Σελήνης.

Πιθανός κατασκευαστής του Μηχανισμού έχει θεωρηθεί ο Ποσειδώνιος ο Ρόδιος. Ο Ίππαρχος και ο Ποσειδώνιος παραπέμπουν στη Ρόδο ή στις κοντινές ακτές της Ιωνίας ως τόπους κατασκευής του Μηχανισμού. Στα ίδια μέρη παραπέμπει και το φορτίο του πλοίου που ναυάγησε στα Αντικύθηρα. Όμως το Μετωνικό ημερολόγιο έχει χαραγμένα ονόματα μηνών που φαίνεται να ανήκουν στην Κόρινθο ή σε κάποια από τις αποικίες της, όπως το Ταυρομένιον, το οποίο είχαν ιδρύσει Συρακούσιοι. Άραγε να επέζησε η παράδοση του Αρχιμήδη σε κάποιο εργαστήριο που αργότερα θα ενέτασσε στη σφαιροποιία τις γνώσεις των επικύκλων ή των εκκέντρων, που επέτρεπαν την εξήγηση της μεταβολής της φαινόμενης ταχύτητας των ουράνιων σωμάτων;