



### Gears and rotating ratios

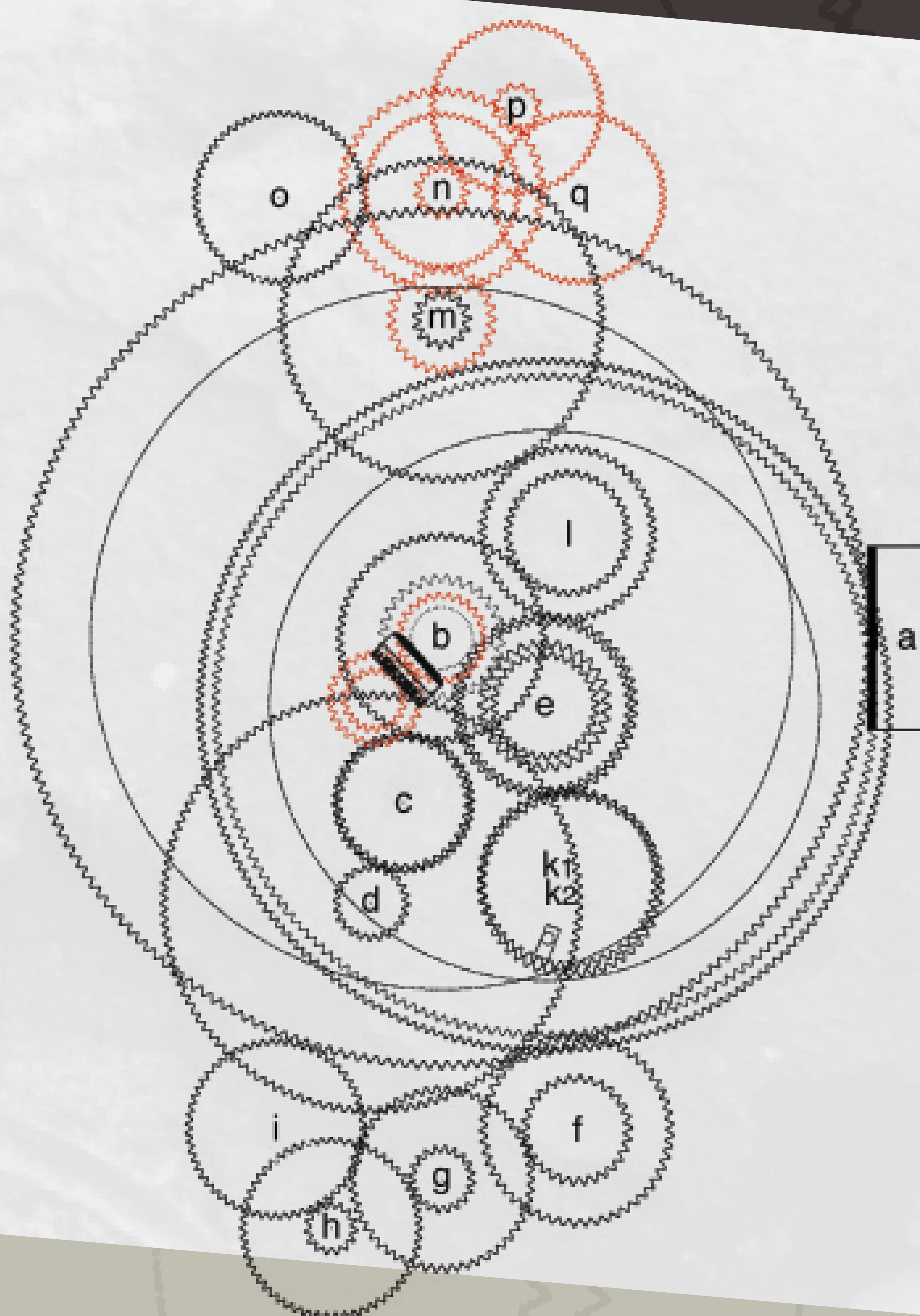
If a 100-teeth gear meshes with a 50-teeth gear, the second will rotate with half the period, twice as fast: when the larger gear has revolved once, the smaller has revolved twice in the opposite direction. With the appropriate combination of gears, ratios can be multiplied and divided in order to calculate the astronomical periods. The number of gear teeth of the Mechanism is the result of calculations deriving from the Metonic and Saros periods, as well of the theory for the apparent variable motion of the Moon.

These two gears from the Mechanism are named b2 (with 64 teeth) and d1 (with 38 teeth). So their ratio is  $-64/38$  (the minus sign means the rotation of the first one, the “input”, is opposite to the rotation of the second one, the “output”). The number 38 contains the prime number 19, that is the number of years in the Metonic Cycle.

### Γρανάζια και περίοδοι περιστροφής

Αν ένα γρανάζι με 100 δόντια συμπλέκεται με ένα άλλο που έχει 50 δόντια και του μεταδίδει την κίνησή του, τότε το δεύτερο θα περιστρέφεται με τη μισή περίοδο, δηλαδή δύο φορές πιο γρήγορα: όταν το μεγάλο εκτελεί μία περιστροφή, το μικρό εκτελεί δύο, σε αντίθετη φορά. Με κατάλληλους συνδυασμούς γραναζιών πολλαπλασιάζονται και διαιρούνται οι λόγοι περιστροφής με σκοπό την απεικόνιση των κατάλληλων αστρονομικών περιόδων. Η επιλογή του πλήθους των δοντιών των γραναζιών του Μηχανισμού είναι αποτέλεσμα υπολογισμών με αφετηρία τις περιόδους του Μέτωνα και του Σάρου, καθώς και της θεωρίας για τη φαινομενικά μεταβαλλόμενη κίνηση της Σελήνης.

Αυτά τα συγκεκριμένα γρανάζια του Μηχανισμού είναι το b2 με 64 δόντια και το c1 με 38. Ο λόγος είναι συνεπώς  $-64/38$  (το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι η φορά του δεύτερου, δηλ. της «εξόδου», είναι αντίθετη από τη φορά του πρώτου, δηλ. της «εισόδου»). Ο αριθμός 38 εμπεριέχει τον πρώτο αριθμό 19, δηλαδή το πλήθος των ετών στον κύκλο του Μέτωνα.



#### The gearing of the Mechanism.

Gears in black are seen in the X-ray evidence;  
gears in red are conjectured in order to complete the model.

#### Τα γράντζια του Μηχανισμού

Τα μαύρα διακρίνονται στις ακτινογραφίες,  
τα κόκκινα είναι υποθετικά για να συμπληρωθεί το μοντέλο.



# 06

## How does it work?

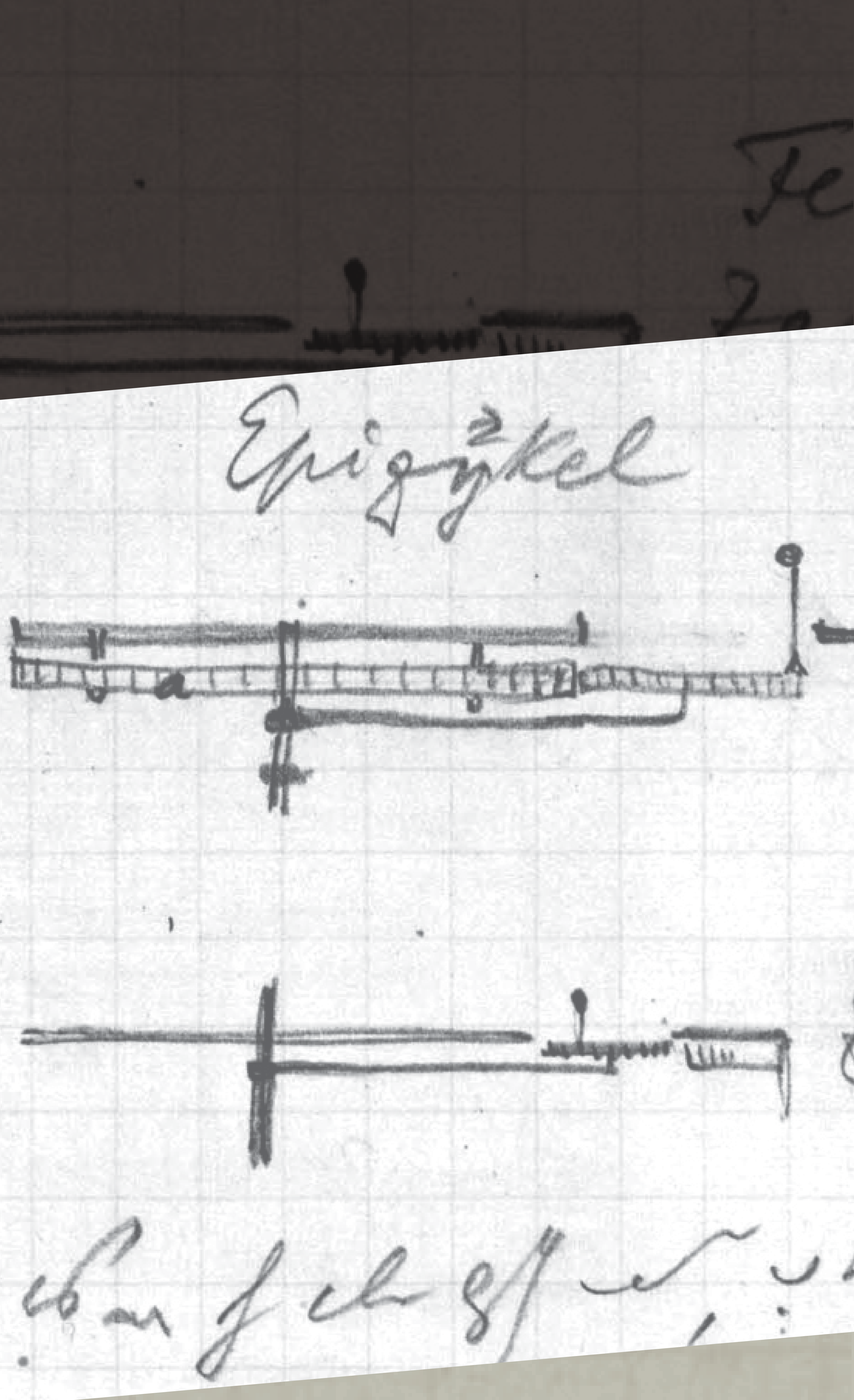
Turning a crank handle moves simultaneously all the pointers, through gears and axles that connect them. By selecting a date in the front 365 days dial (with the possibility of an extra leap day every four years), corresponding information can be read about the astronomical bodies on the other dials. 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.



#### Epicyclic system and Rehm's sketch

Derek Price, like Rehm almost seven decades earlier, proposed that the Mechanism contained epicyclic gearing, that is gears whose centre of rotation are on other gears. This was a key step in the history of technology. Epicyclic gearing enables the addition and subtraction (not only multiplication and division) of ratios. In western technology, the next known example of epicyclic gearing is about 16 centuries later.

#### Επικυκλικό σύστημα και σχέδιο Ρεμ

Ο Πράις, όπως και ο Ρεμ σχεδόν επτά δεκαετίες πριν από αυτόν, πρότεινε ότι ο Μηχανισμός περιείχε και επικυκλικά γρανάζια, δηλαδή γρανάζια που περιστρέφονται πάνω σε άξονες που και οι ίδιοι είναι τοποθετημένοι σε γρανάζια. Επρόκειτο για ένα σημαντικό βήμα στην ιστορία της τεχνολογίας. Τα επικυκλικά γρανάζια δίνουν τη δυνατότητα πρόσθεσης και αφαίρεσης λόγων περιστροφής και όχι μόνο πολλαπλασιασμού και διαίρεσης. Το επόμενο γνωστό παράδειγμα επικυκλικών γραναζιών στην τεχνολογία της Δύσης εμφανίζεται δεκαέξι αιώνες αργότερα.





### The Moon's motion and the eclipse prediction

The input gear of two epicyclic gears has a pin on it, which slides in a slot on the output gear. The two gears rotate on slightly different axles, separated by a distance of about 1 mm.

The result is a variation from slower to faster (and vice versa) of the rotation speed of output gear, while the input gear rotates at constant speed. This mechanism is exactly what is needed to show the observable variation of the Moon's motion, according to the theory attributed to Hipparchos.

The upper back Metonic calendar dial, with its 235 divisions, has five turns to its spiral scale and the lower back Saros eclipse prediction dial, with its 223 divisions, has four turns. The pointers on the back dials have pins on their ends, which move within spiral grooves, like an old-fashioned gramophone needle on a record, in order to indicate the correct month.

To find an eclipse prediction on the Saros Dial, the user will turn the crank handle until the upper pointer moves to the desired year and month on the Metonic calendar. The Saros pointer will then show whether a possible eclipse is predicted in that month. On the inscription the user can then read the type of the eclipse, whether it happens in the day or night and its predicted hour. The corresponding year and month is given by the upper pointer. But the exact day has to be read from the front dial, by moving the crank handle until the solar pointer is either coincident with the lunar pointer (if the eclipse is solar) or diametrically opposite (if the eclipse is lunar). The day of the lunar month was probably then read from a scale attached to the lunar phase mechanism that has now disappeared.

### Η κίνηση της Σελήνης και η πρόγνωση των εκλείψεων

Το γρανάζι «εισόδου» ενός από τα δύο επικυκλικά γρανάζια φέρει έναν πύρο ο οποίος εισέρχεται σε μία σχισμή του γραναζιού «εξόδου». Έτσι τα δύο γρανάζια περιστρέφονται πάνω σε ελαφρώς διαφορετικούς άξονες που χωρίζονται από απόσταση περίπου ενός χιλιοστού.

Το αποτέλεσμα είναι ότι, ενώ το γρανάζι εισόδου περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα, η ταχύτητα περιστροφής του γραναζιού εξόδου μεταβάλλεται από τη μικρότερη έως τη μεγαλύτερη τιμή, και αντιστροφώς. Αυτή η διάταξη είναι ακριβώς ό,τι χρειάζεται για την απεικόνιση της φαινομενικά μεταβαλλόμενης ταχύτητας περιστροφής της Σελήνης, σύμφωνα με την πιο προχωρημένη θεωρία της εποχής εκείνης, η οποία αποδίδεται στον Ίππαρχο τον Ρόδιο.

Οι μεγάλοι οπίσθιοι άνω και κάτω δείκτες κινούνται μέσα σε σπείρες, όπως η «βελόνα του πικάπ». Με 5 περιστροφές (στην άνω) ή 4 (στην κάτω) ενός σχετικά περιορισμένου χώρου, οι δείκτες διατρέχουν 235 ή 223 τμήματα που το καθένα τους αντιστοιχεί σε έναν σεληνιακό μήνα των κύκλων του Μέτωνα και του Σάρου αντίστοιχα.

Για να βρει την πρόγνωση μίας έκλειψης με τον κάτω δείκτη του Σάρου, ο χρήστης θα στρέψει τη λαβή έως ότου ο άνω δείκτης τοποθετηθεί στο ζητούμενο έτος και μήνα του Μετωνικού ημερολογίου, ενώ ταυτόχρονα περιστρέφεται και ο κάτω δείκτης, και ενδεχομένως καταλήγει σε τμήμα όπου έχει σημειωθεί πρόγνωση έκλειψης (αν δεν σημειώνεται έκλειψη, ο χρήστης μπορεί να συνεχίσει την περιστροφή μέχρι ο κάτω δείκτης να τοποθετηθεί πάνω σε πρόγνωση έκλειψης). Στην επιγραφή αναφέρεται η ώρα της έκλειψης, αν θα πραγματοποιηθεί μέρα ή νύχτα, καθώς και ο τύπος της (Ηλίου ή Σελήνης). Το αντίστοιχο έτος και ο αντίστοιχος μήνας δίνονται από τη θέση του άνω δείκτη. Όμως η ακριβής ημέρα της έκλειψης πρέπει να διαβαστεί από τους εμπρόσθιους δείκτες, ως εξής: με μικρές πλέον μετακινήσεις, ο χρήστης τοποθετεί τον δείκτη του Ηλίου είτε παράλληλα προς τον δείκτη της Σελήνης, εφόσον πρόκειται για έκλειψη Ηλίου, είτε εκ διαμέτρου αντίθετα, στην περίπτωση έκλειψης Σελήνης. Η ημέρα τότε μπορεί να διαβαστεί από μία κλίμακα πάνω στον μηχανισμό των φάσεων της Σελήνης, της οποίας η ύπαρξη πιθανολογείται.

