

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ

Η κατασκευή οργάνων στην αρχαιότητα

M. T. Wright

Μηχανικός - Ιστορικός Μηχανισμών

Ορισμένα από τα πολυτιμότερα εκθέματα του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου της Αθήνας προήλθαν από ένα και μοναδικό αρχαίο ναυάγιο, που ανακαλύφθηκε το 1900 κοντά στο νησάκι των Αντικυθήρων¹. Το πλοίο μετέφερε πλούσιο εμπόρευμα με διάφορα πολυτελή είδη: χάλκινα και μαρμάρινα αγάλματα, γυάλινα αντικείμενα, κεραμικά, ειδώλια και έπιπλα. Ανάμεσα σε αυτά βρέθηκαν κομμάτια ενός περιέργου μικροσκοπικού μηχανισμού στα οποία περιλαμβάνονταν κατάλοιπα ωρολογιακών δίσκων, επιγραφές αστρονομικού περιεχομένου και πολλοί μικροί οδοντωτοί τροχοί². Εάν αυτά τα θραύσματα προκάλεσαν τότε τόσο λίγα σχόλια σε σχέση με αυτά που πιστεύουμε ότι άξιζαν, ήταν ίσως εν μέρει επειδή ορισμένα από τα άλλα αντικείμενα που αποκαλύφθηκαν στο ναυάγιο ήταν τόσο εκθαμβωτικά, και εν μέρει επειδή η φθαρμένη δυστυχώς κατάσταση στην οποία βρέθηκαν δεν ευνοούσε την εκτίμηση των λεπτομερειών τους (πολλές από τις οποίες αποκαλύφθηκαν μόνο αργότερα, με τη χρήση ακτινογραφιών). Πέρα, όμως, από τα παραπάνω, ο ακαδημαϊκός κόσμος δεν είχε ακόμη τότε στρέψει το βλέμμα του στην τεχνική ιστορία και δεν ήταν εύκολο να μάθει αυτό που μπορούσε να μας διδάξει ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων.

Οι αρχαιολόγοι συμφωνούν ότι το ναυάγιο χρονολογείται στον 1ο αιώνα π.Χ. Το μόνο ασφαλές μέσο χρονολόγησης του ίδιου του Μηχανισμού έγκειται στον τύπο της γραφής που φέρει, ο οποίος συμπίπτει με αυτή τη χρονολόγηση. Δεν φαίνεται να υπάρχει, ωστόσο, κάποιος σοβαρός λόγος για να θεωρήσουμε ότι δεν αποτελούσε και αυτό μέρος του φορτίου του πλοίου. Έτσι, ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ταυτόχρονα το αρχαιότερο πολυσύνθετο φορητό επιστημονικό όργανο και ο πρώτος γνωστός συναρμολογούμενος μηχανισμός στον κόσμο. Ύστερα από προσεκτική εξέταση δεν υπάρχει αμφιβολία ότι δεν επρόκειτο για μια απλή συσκευή, αλλά για ένα όργανο που προερχόταν από μια εδραιωμένη παράδοση κατασκευής οργάνων, και του οποίου οι λεπτομέρειες απαιτούν το θαυμασμό μας για τον άνθρωπο, ή τους ανθρώπους, που το επινόησαν και το κατασκεύασαν: ένα τέχνητρο που αλλάζει την οπτική μας

όσον αφορά την τεχνική επιτήδευση της Ελληνιστικής περιόδου. Ωστόσο, για περισσότερα από πενήντα χρόνια παρέμενε σχεδόν αθέατο, ενώ συνεχίζαμε να διδασκόμαστε ότι οι άνθρωποι εκείνης της περιόδου δεν είχαν επιδείξει κάποιο ενδιαφέρον για τις μηχανικές συσκευές.

Ο Ντέρεκ Πράις και ο «ημερολογιακός υπολογιστικός μηχανισμός»

Το πιο σημαντικό βήμα για την κατανόηση του Μηχανισμού έγινε από τον καθηγητή Ντέρεκ Τζ. ντε Σόλλα Πράις (Derek J. de Solla Price), με τη χρήση ακτινογραφιών που ετοίμασε ο Δρ Χαράλαμπος Καράκαλος του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος». Η μελέτη Γρανάζια από τους Έλληνες του Πράις, που πρωτοδημοσιεύτηκε το 1974, ήταν μια αποκάλυψη και προκάλεσε μεγάλη αίσθηση³. Ο Πράις ξεκίνησε κάνοντας μια πλήρη περιγραφή της εύρεσης του ναυαγίου, της ανέλκυσης του φορτίου



του, και των προσπαθειών μελέτης του Μηχανισμού μέχρι και την εποχή του. Στην κατακλείδα του σημειώνει με έμφαση πόσο σημαντικό ήταν αυτό το εντυπωσιακό τέχνηργο για την ιστορία των οργάνων και των μηχανισμών, ως απόδειξη ενός πρωτότερου μη αναμενόμενου επιπέδου τεχνικού επιτεύγματος του ελληνοιστικού πολιτισμού και ως αξιοθαύμαστη επιβίωση μιας πρώιμης παράδοσης εξαιρετικών μηχανισμών. Πριν φτάσει σε αυτό το σημείο, στο κυρίως μέρος του άρθρου του, επιχειρεί να δώσει μια λύση στο πρόβλημα ποια ήταν ακριβώς η χρησιμότητα του εργαλείου και ποιος ήταν ο τρόπος λειτουργίας του. Το έργο του Πράις έγινε γρήγορα κλασικό για τους σπουδαστές της ελληνοιστικής αρχαιότητας, για όσους ενδιαφέρονταν για την ιστορία των επιστημονικών οργάνων και μηχανισμών, και για όσους αποφάσισαν να ακολουθήσουν τον αναδυόμενο επιστημονικό κλάδο της ιστορίας της τεχνολογίας. Όσα έγραψε ο Πράις έχουν γίνει ευρέως αποδεκτά, και έχουν επαναληφθεί από άλλους, ως εδρασημένο γεγονός⁴.

Το σύστημα των οδοντωτών τροχών του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, που είχε διαμορφωθεί σε μια εσωτερική πινακίδα-πλαίσιο, βρισκόταν στο εσωτερικό ενός κουτιού και κινούσε ωρολογιακούς δίσκους σε δύο αντικιρβές επιφάνειες. Γυρίζοντας έναν χειροκίνητο άξονα, ο χρήστης έκανε όλους τους δείκτες να κινούνται ταυτόχρονα. Ο ένας ωρολογιακός δίσκος, τον οποίο ο Πράις ονόμασε «πρόσθιος», περιλάμβανε ένα δίσκο με δύο ομόκεντρους δακτυλίους: ο εσωτερικός ήταν χωρισμένος στα δώδεκα σημεία του Ζωδιακού κύκλου και έφερε υποδιαίρεση 360 μωρών· ο εξωτερικός ήταν χωρισμένος στους δώδεκα μήνες του έτους και έφερε υποδιαίρεση 365 ημερών.

Σύμφωνα με τον Πράις, υπήρχαν δύο δείκτες σε αυτόν το δίσκο. Ο ένας, του οποίου η περιστροφή αντιπροσώπευε ένα έτος, έδειχνε

την ημερομηνία στον εξωτερικό δακτύλιο και τη μέση θέση του Ήλιου στον Ζωδιακό κύκλο. Ο άλλος, η περιστροφή του οποίου αναπαριστούσε τον «τροπικό μήνα», έδειχνε τη μέση θέση της Σελήνης στον Ζωδιακό κύκλο⁵.

Ο «οπίσθιος» δίσκος είχε δύο ωρολογιακούς δίσκους, τον έναν πάνω από τον άλλο, ο καθένας με έναν μικρότερης υποδιαίρεσης δίσκο που έμοιαζε μάλλον με το δίσκο των δευτερολέπτων ενός ρολογιού. Ο χαμηλότερος δίσκος κινούνταν από ένα σύστημα τροχών που περιλάμβανε μια εκπληκτική επικυκλική ρύθμιση. Ερμηνεύοντας το σύστημα αυτό ως διαφορικό μηχανισμό γρανάζιων, που συνδύαζε τις δύο κινήσεις του πρόσθιου δίσκου, ο Πράις υποστήριξε ότι η μια περιστροφή του δείκτη αντιπροσώπευε έναν «συνολικό μήνα». Δεν ήταν τόσο βέβαιος για το ρυθμό της περιστροφής του δείκτη στον άνω δίσκο: ίσως να ολοκλήρωνε μια περιστροφή κάθε τέσσερα χρόνια. Ο Πράις υποστήριξε ότι το όργανο αυτό μπορεί να είχε χρησιμοποιηθεί για να δείξει ή να προβλέψει ουρανια ή ημερολογιακά φαινόμενα και, δίχως μια σαφή ιδέα του στόχου της λειτουργίας του, εφήμερο έναν νέο όρο: το ονόμασε «ημερολογιακό υπολογιστικό μηχανισμό»⁶.

H ανάγκη για μια νέα αρχή

Δεδομένου του κύρους του, με δυσκολία τολμάει κανείς να υποστηρίξει ο Πράις ίσως να έσφαλλε σε οποιοδήποτε ζήτημα. Ωστόσο, ενώ η εκτίμησή του για τη μεγάλη σημασία του Μηχανισμού των Αντικυθήρων παραμένει αδιαμφισβήτητη, τα σχόλια του όσον αφορά τις μηχανικές λεπτομέρειες και η ερμηνεία που τους έδωσε θεωρήθηκε ότι είναι προς συζήτηση.

Ακόμη και με γενικούς όρους, η αναπαρασταση του Πράις δεν βγάζει νόημα: οι λειτουργίες των ωρολογιακών δίσκων φαίνονται ασήμαντες σε σχέση με την πολυπλοκότητα του μηχανισμού, και ουσιαστικά δεν διαφαίνεται κάποια πραγματική χρήση για την εκδοχή του σχετικά με το όργανο. Ίσως, να παραπλανάται κανείς όταν εφαρμόζει σύγχρονες ιδέες «χρήσης» και «νοήματος» σε ένα αρχαίο τέχνηργο, αλλά υπάρχει ένα ουσιαστικό πρόβλημα που γίνεται αντιληπτό από οποιονδήποτε διαβάσει το *Γρανάζι από τους Έλληνες* με προσοχή. Έχοντας διαμορφώσει μια ιδέα σχετικά με τη λειτουργία του οργάνου, ο Πράις χρησιμοποίησε τα στοιχεία του επιλεκτικά. Τόσους σημεία που ταιριάζαν με τη θεματική του και υποβίβασε άλλα σημεία που δεν ταιριάζαν, και υποστήριξε την ιδέα του στηρίζοντας σε υποτιθέμενα πρακτικά επιχειρήματα που στην πραγματικότητα δεν έχουν καμία απολύτως αξία. Για τον συγγραφέα του παρόντος έγινε σαφές ότι ο Πράις είχε μεγαλύτερη άνεση με τις ιδέες παρά με τις πρακτικές λεπτομέρειες και ότι χωράει αμφιβολία στο κατά πόσον ήταν, στην πραγματικότητα, επαρκώς ακριβής στις παρατηρήσεις των λεπτομερειών αυτών εξαρχής.

Κατά συνέπεια, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία του τέχνηργου, θεωρήθηκε αναγκαία μια

1. Μηχανισμός των Αντικυθήρων, τμήμα Α, πρόσθιο άξονα. Μια περιστροφή του μεγάλου τροχού, του τροχού του Μέσου Ήλιου, αναπαριστούσε ένα χρόνο.

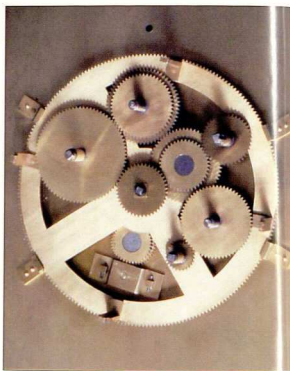
2. Ανακατασκευή του M.T. Wright, εν μέρει αποσυρμολογημένη για να φανούν οι αντιστοιχίες με το πρωτότυπο αντικείμενο (εκ. 1). Ο επικυκλικός μηχανισμός βρίσκεται πάνω στον τροχό του Μέσου Ήλιου, του Ερμή και της Αφροδίτης.

περαιτέρω έρευνα. Με τον αείμνηστο καθηγητή Άλλαν Μπρόμλυ (Allan Bromley) του πανεπιστημίου του Σίδνεϊ, λάβαμε την έγκριση να εξετάσουμε εκ νέου τα σωζόμενα τμήματα του αντικείμενου. Στην έρευνα αυτή μας βοήθησε και μας ενθάρρυνε ιδιαίτερα το προσωπικό του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου με την ευγενική συνεργασία του. Η εργασία περιλάμβανε λεπτομερή οπτική εξέταση, κατά την οποία ο καθένας μας μελετούσε προσεκτικά το κάθε σημείο χωριστά τουλάχιστον μια φορά, και συχνά κατ' επανάληψη, όταν προέκυπταν ασάφειες κατά τη σύγκριση των σημειώσεών μας και των σχεδίων μας στη συνέχεια. Πέρα από αυτό πραγματοποιήσαμε μετρήσεις, βγάλαμε πολλές φωτογραφίες και εξαντλήσαμε όλα τα περιθώρια ακτινογράφησης. Η τελευταία διεξαχθηκε με τη χρήση της συσκευής ακτίνων Χ του Μουσείου που μας παραχώρησαν γενειόδωρα. Κάναμε εκτεταμένη χρήση της τεχνικής της γραμμικής τομογραφίας, για την οποία κατασκευάσα ο ίδιος επιπλέον εξαρτήματα⁶.

Η εργασία μας σχεδόν αμέσως αποκάλυψε ότι όντως υπήρχαν σοβαρά λάθη στις βασικές επιστημονικές παρατηρήσεις του Πράϊς, αρκετά ώστε να θέσουν υπό αμφισβήτηση την ανακατασκευή του⁷. Αλλά ενώ ήταν ευκολο να καταρρίψουμε τα επιχειρημάτα του, ήταν πολύ δυσκολότερο να αναπτύξουμε στη θέση τους μια νέα επιχειρηματολογία, και τα ατυχήματα της ζωής δεν άφησαν περιθώρια για να αρχίσουμε να αναδειχτεί μια νέα ανακατασκευή μέχρι αρκετά χρόνια αργότερα.

Ο «ημερολογιακός υπολογιστικός μηχανισμός» αναγνωρίζεται ως πλανητοσκόπιο

Η νέα ακτινογράφηση αποκάλυψε ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα στην αναπαράσταση του Πράϊς. Στο κέντρο του μηχανισμού, οι τροχοί δεν είναι τοποθετημένοι όπως είχε υποθέσει. Μόλις διορθώσαμε αυτό το λάθος, ήρθαμε αντιμέτωποι με ένα άλλο πρόβλημα: οι λόγοι της ταχύτητας θα παρέμεναν αμετάλλακτοι, ένας όμως από τους συνδέσμους στον υποτιθέμενο διαφορικό οδοντωτό μηχανισμό θα αντιστρεφόταν. Αυτό θα σήμαινε ότι η εξωτερική απόληξη αυτού του συνόλου, που οδηγεί στον κατώτερο οπίσθιο δίσκο, θα έμενε δίχως λειτουργικό ρόλο, και αυτό αρκούσε για να αφαιρέσει από όλο το σχήμα το νόημά του. Ταυτόχρονα όμως, η αλλαγή προκάλεσε άλλη μια αντιποροφή που αποδείχθηκε χρήσιμη, κάνοντας τον κεντρικό άξονα κάτω από τον πρόσθιο δίσκο, ο οποίος καθορίζει την εμφάνιση της θέσης της Σελήνης, να γυρίζει προς την ίδια κατεύθυνση με έναν εξωτερικό τροχό που καθορίζει την εμφάνιση της θέσης του ήλιου και του ημερολογίου. (Λογικά θα πρέπει να περιστρέφονταν προς την ίδια κατεύθυνση, επειδή ο Ήλιος και η Σελήνη φαίνεται ότι ταξιδεύουν προς την ίδια κατεύθυνση με φόντο τα αστέρια.) Για να επιτευχθεί αυτό με τον λανθασμένο σύνδεσμο που αναφέρεται παραπάνω, ο Πράϊς είχε αναγκαστεί να εικάσει την προσθήκη ενός ακόμη τροχού, πράγμα που όχι μόνο δεν ήταν πιστωτικό από μηχανικής πλευράς αλλά ουσιαστικά ερχόταν και σε αντίφαση με τα στοιχεία του ευρήματος.



Το κλειδί για την πρόοδό μας ήταν να αντιληφθούμε ότι, αν και συνδέονται μέσω του μηχανισμού, τα προβλήματα των πρόσθιων και οπίσθιων δίσκων μπορούν να αντιμετωπιστούν χωριστά. Μπορεί κανείς να αφήσει για λίγο, μολονότι προσωρινά, το πρόβλημα του διαφορικού οδοντωτού μηχανισμού του Πράϊς, και να επικεντρωθεί μόνο στον πρόσθιο δίσκο, όπου η αφαίρεση του επιπλέον τροχού ανοίγει το πεδίο για την ανάπτυξη μιας εντελώς νέας ερμηνείας.

Η εικόνα 1 δείχνει την πρόσθια όψη του θραύσματος Α. Ο μεγάλος τροχός είναι αυτός με τον οποίο σχετίζεται ο δείκτης του Ήλιου. Ο Πράϊς δεν έδωσε κάποια καλή εξήγηση γιατί αυτός ο τροχός είναι τόσο μεγάλος (κατά πολύ ο μεγαλύτερος του μηχανισμού) και δεν ερμήνευσε τα κατάλοιπα δομής που φέρει. Το πρώτο βήμα για μια νέα αναπαράσταση ήταν να υποδείξουμε ότι αυτός ο τροχός χρησίμευε ως πλατφόρμα για μια επικυκλική ρύθμιση. Αυτό μας παρέχει μια ικανοποιητική εξήγηση των δύο χαρακτηριστικών, και για ένα ακόμη χαρακτηριστικό που δεν είχε πρωτίτερα γίνει καθόλου αντιληπτό: την παρουσία ενός κεντρικού σωλήνα, του οποίου το άνω άκρο κατέληγε σε τετράγωνο κομμάτι, κατάλληλο για να στηρίζει έναν κεντρικό άξονα γύρω από τον οποίο μπορεί να κινείται ένας επικυκλικός τροχός. Το γεγονός ότι μια περιστροφή του μεγάλου τροχού αντιπροσωπεύει ένα έτος οδηγεί σε ενδιαφέρουσες αστρονομικές πιθανότητες.

Η ταχύτητα με την οποία ο Ήλιος φαίνεται ότι κινείται με φόντο τα αστέρια ποικίλει κατά τη διάρκεια του έτους. Σύμφωνα με τον Ίππαρχο, η κίνηση του Ήλιου μπορούσε να περιγραφεί θεωρώντας ότι κινείται σταθερά γύρω από έναν κύκλο έκκεντρο προς τη Γη. Μια κινηματική ισοδυναμία, η οποία εξεταζόταν στην αρχαιότητα, ήταν ότι ο Ήλιος κινούνταν σε έναν επικυκλο, ενώ το

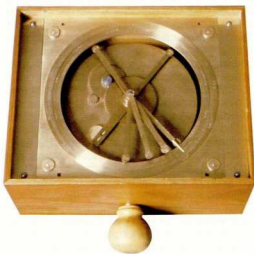
κέντρο του –ο «Μέσος Ήλιος»– κινούνταν σταθερά σε έναν κύκλο με κέντρο τη Γη. Αυτή η εκδοχή της ηλιακής θεωρίας του Ίππαρχου μπορεί να αναπαρασταθεί επικυκλιώς με ένα απλό επικυκλικό σύστημα που στηρίζεται στον μεγάλο τροχό.

Μια άλλη πιθανότητα αφορά τους «κατωτέρους πλανήτες», τον Ερμή και την Αφροδίτη. Ενώ από τη σύγχρονη οπτική γωνία θεωρούμε ότι βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο, εντός της τροχιάς της Γης, αυτό που παρατηρούσε ο αρχαίος αστρονόμος ήταν ότι οι πλανήτες αυτοί έμεναν κοντά στον Ήλιο, κινούμενοι ορισμένες φορές μπροστά του και ορισμένες φορές πίσω του. Η προφανής τους κίνηση, επίσης, μπορεί να περιγραφεί –τουλάχιστον κατά προσέγγιση– θεωρώντας ότι κινούνται σε επικυκλικούς που τα κέντρα τους ταξιδεύουν με τον «Μέσο Ήλιο». Αυτό το απλό επικυκλικό μοντέλο για την κίνηση των πλανητών είχε φυσικά αναλυθεί πολύ προτού κατασκευαστεί ο Μηχανισμός, αφού σε αυτό αναφέρεται ένα θεώρημα του Απολλώνιου από την Πέργη, το οποίο διέσσωσε ο Κλαύδιος Πτολεμαίος.

Έχουμε λοιπόν αυτές τις πιθανότητες, δηλαδή ότι το επικυκλικό σύστημα του οποίου τα κατάλοιπα έχουμε στο τεμάχιο Α μπορεί να είχε χρησιμοποιηθεί για να αναπαραστήσει την κίνηση του Ήλιου, του Ερμή ή της Αφροδίτης. Είναι πιθανό, στο χώρο που διατίθεται από τον μεγάλο τροχό, να αναπαριστώνται και οι τρεις ταυτόχρονα, και αυτό προσφέρει την καλύτερη εξήγηση για το μεγάλο του μέγεθος, όπως φαίνεται στην εικόνα 2. Έτσι, σε μια απόπειρα να εξηγήσουμε απλά τα στοιχεία του ευρήματος, ανακαλύπτουμε ότι έχουμε αναπαραστήσει σχεδόν το μισό ενός πλανητοσκόπιου.

Είναι σαφές ότι ο σχεδιαστής ενός τέτοιου οργάνου δεν θα έμενε ευχαριστισμένος με μια τόσο μερική αναπαράσταση του σύμπαντος. Στη νέα ανακατασκευή, αναπτύσσεται ένα ολοκληρωμένο και λογικό σχήμα με την προσθήκη επιπλέον στοιχείων, ώστε να αναπαριστάται η θεωρία της Σελήνης σύμφωνα με τον Ίππαρχο και η απλή επικυκλική θεωρία των ανώτερων πλανητών: του Άρη, του Δία και του Κρόνου. Αυτά τα

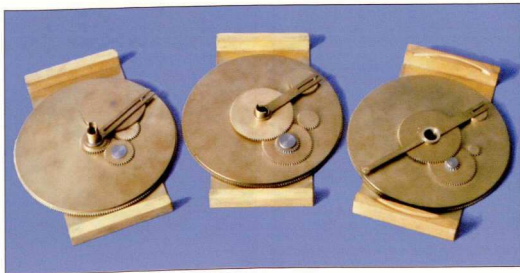
επιπλέον μέρη παρουσιάζονται στην εικόνα 4. Αν και αυτά τα περαιτέρω χαρακτηριστικά είναι απολύτως υποθετικά, παραμένουν συμβατά με τα υλικά τεκμήρια των σωζόμενων τμημάτων, και αποτελούνται εξ ολοκλήρου από στοιχεία τα οποία αντιγράφουν πιστά αυτά που βρέθηκαν σε άλλο σημείο του πρωτότυπου ευρήματος και στο πρώτο στάδιο της ανακατασκευής που περι-



3. Ολοκληρωμένη ανακατασκευή του πρόθιου υφολογικού δίσκου από τον Μ.Τ. Wright. Ο δείκτης με την οεία απόληξη σημειώνει την ημερομηνία στον εξωτερικό ημερολογιακό δακτύλιο. Οι υπόλοιποι επτά δείχτες τις θέσεις στον εσωτερικό ζωδιακό δακτύλιο, του Ήλιου, της Σελήνης και των πέντε πλανητών που ήταν γνωστοί στην αρχαιότητα.

γράφεται παραπάνω. Συνεπώς, δεν κάνουν σημαντικά πιο πολύπλοκο το πρωτότυπο κομμάτι, απλά, το προεκτείνουν στο ίδιο επίπεδο πολυπλοκότητας. Το ολοκληρωμένο μοντέλο της ανακατασκευής του πρόθιου δίσκου ως πλανητοσκόπιου απεικονίζεται στην εικόνα 3.

Το μοντέλο εργασίας κατασκευάστηκε προτού δημοσιοποιηθεί η ανακατασκευή, τόσο για να επιδείξει την αρχή στην οποία βασίζεται όσο και για να προλάβει την κριτική ότι αυτό δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει⁸. Είναι, ωστόσο, σημαντικό να τονίσουμε ότι δεν μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι το πρωτότυπο αντικείμενο ήταν ακριβές όπως αυτό, και σίγουρα όχι σε όλα τα επίπεδα, επειδή ένας τέτοιος βαθμός λεπτομερών στοιχείων α-



4. Ανακατασκευή του Μ.Τ. Wright. Επιπλέον στρώματα επικυκλικού μηχανισμού, που προστέθηκαν καθ' ύποθεση, για να απεικονίσουν τους ανώτερους πλανήτες Άρη, Δία και Κρόνο.

πλώδεν υπάρχει. Αν και θα το θέλαμε πολύ να έχουμε περισσότερες πληροφορίες, ωστόσο, είναι η αρχή στην οποία βασίζεται η ανακατασκευή, και όχι τα λεπτομερή χαρακτηριστικά, που έχει ιδιαίτερη σημασία. Η νέα ανακατασκευή δείχνει, πρώτα απ' όλα, ότι αυτό που διαθέτουμε έχει κάποιο νόημα ως μέρος ενός πλανητοσκοπίου, και κατά δεύτερον, ότι ολοκληρώνοντας το πλανητοσκόπιο είναι απαραίτητο μόνο να επεκτείνουμε ή να επαναλάβουμε χαρακτηριστικά των οποίων η ύπαρξη μαρτυρείται από τα υπάρχοντα στοιχεία, δίχως να κάνουμε το μηχανισμό πιο περίπλοκο. Ακόμη, η κατασκευή του δεν απαιτεί υλικά ή δεξιότητες που δεν θα μπορούσαν να ανταποκρίνονται σε αυτά του τεχνίτη της εποχής.

Επιπλέον, η νέα ανακατασκευή του Μηχανισμού ως πλανητοσκόπιο υποστηρίζεται από φιλολογικές αναφορές εκκίνησης της χρονικής περιόδου σε τέτοια όργανα και, με τη σειρά της, τις φωτίζει. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η αναφορά του ρωμαίου συγγραφέα Κικέρωνα – ο οποίος έζησε την εποχή που ναυάγησε το πλοίο των Αντικυθήρων – σε δύο όργανα που αποδίδονται στον Αρχιμήδη και άλλαξαν χέρια με την πτώση των Συρακουσών, και προφανώς διατηρήθηκαν έως την εποχή του στη Ρώμη. Η περιγραφή του δείχνει σαφώς ότι ένα από αυτά τα δύο όργανα ήταν ένα πλανητοσκόπιο που λειτουργούσε με πολύ όμοιο τρόπο όπως και η σημερινή ανακατασκευή. Σε άλλο σημείο αναφέρει ένα άλλο τέτοιου τύπου όργανο, που κατασκεύασε ο Ποσειδώνιος με τον οποίο είχε σπουδάσει στη Ρόδο.

Οι οπίσθιοι ωρολογιακοί δίσκοι

Παρουσιάσαμε τον τρόπο με τον οποίο οι νέες παρατηρήσεις μας οδήγησαν κατευθείαν σε μια ανακατασκευή του πρόσθιου δίσκου, η οποία αποσαφηνίζει το νόημα του οργάνου και τώρα ήρθε η ώρα να εξετάσουμε τους οπίσθιους ωρολογιακούς δίσκους και το σύστημα τροχών που οδηγεί σε αυτούς.

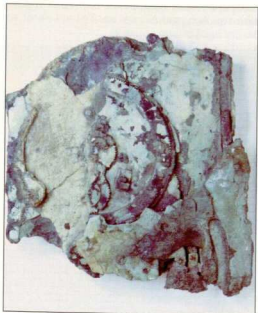
Μπορούμε να αρχίσουμε με τον άνω οπίσθιο δίσκο, του οποίου ένα μέρος σώζεται στο τεμάχιο Β, όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Δυστυχώς δεν υπάρχουν και πολλά να πούμε σχετικά με αυτό. Ο κύριος δείκτης του κινούνται πιθανότατα μέσω ενός συστήματος τροχών από τον κεντρικό τροχό στο τεμάχιο Α, και πιθανότατα ο βοηθητικός δίσκος στη μια πλευρά κινούνταν από τον κεντρικό κατά την περιστροφή, αλλά η απώλεια υλικού (περιλαμβανομένων τουλάχιστον δύο τροχών), στο κενό μεταξύ των αρχαίων θραυσμάτων, καθιστά την τοποθέτηση αβέβαιη. Άρα δεν γνωρίζουμε, έστω κατά προσέγγιση, πόσο γρήγορα επρόκειτο να γυρνά ο κάθε δείκτης, και οι αποασματικές επιγραφές δεν έχουν προσφέρει μέχρι στιγμής κάποια επαρκώς ασφαλές στοιχείο. Όσον αφορά τη λειτουργία αυτού του δίσκου υπάρχουν ακόμη αμφιβολίες.

Αντίθετα, από ό,τι φαίνεται ακόμη μη βεβαιωμένων όλων των τροχών του συστήματος που οδηγούν στον κατώτερο οπίσθιο δίσκο, και που διατηρούνται στο τεμάχιο Α. Αυτό το σύστημα ξεκινά από τη ζωτική σημασία λανθασμένη σύνδεση, και οδηγεί μέσω του «διαφορικού οδοντωτού μηχανισμού», τα κατάλοιπα του οποίου είναι ορατά, με ένα μέρος του ίδιου του δίσκου στην εικόνα 6. Η ανατροπή που αναφέρεται παραπάνω θα έκανε τις δύο συνδέσεις εσωτερικής απόληξης του Πράξι στον «διαφορικό οδοντωτό μηχανισμό» να περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις, έτσι ώστε η εξωτερική απόληξη του δεν θα είχε νόημα· αλλά η περαιτέρω διερεύνηση μέσω της ακτινογραφίας μας αποκάλυψε ότι μόνο μια από αυτές τις συνδέσεις εσωτερικής απόληξης υπάρχει. Ο Πράξι απλώς υπέθεσε ότι η άλλη πρέπει να βρίσκεται εκεί, επειδή ήταν σίγουρος για τον διαφορικό οδοντωτό μηχανισμό, αλλά ο κεντρικός άξονας δεν έχει οδοντωτό τροχό για να τον γυρίζει και φαίνεται αντίθετα ότι ήταν στερεωμένος στην πινακίδα-πλαιοίσιο. Αντί για έναν διαφορικό οδοντωτό μηχανισμό με τρεις συνδέσεις, έχουμε έναν επικυκλικό οδο-

5. Μηχανισμός των Αντικυθήρων, τεμάχιο Β, εξωτερική όψη. Το τμήμα του επάνω οπίσθιου ωρολογιακού δίσκου που σώζεται είναι εμφανές μόνο εν μέρει, επειδή κρύπτεται από τα κατάλοιπα μιας μεταλλικής πλάκας με δείγματα γραφής στην επιφάνειά της.



6. Μηχανισμός των Αντικυθήρων, τεμάχιο Α, οπίσθια όψη. Το μισό του επικυκλικού οδοντωτού τροχού που σώζεται είναι ορατό κατά το κέντρο, με ένα τμήμα του κατώτερου συστήματος του οπίσθιου ωρολογιακού δίσκου από κάτω.





ντωτό μηχανισμό με έναν στατικό κεντρικό άξονα, και με μια μόνο εσωτερική απόληξη και μια μόνο εξωτερική απόληξη, που ακολουθείται από το σταθερό άξονα σύστημα τροχών.

Αυτού του τύπου η πολύπλοκη ρύθμιση επιτρέπει στον σχεδιαστή να επιτύχει μια αναλογία που δεν προκύπτει εύκολα μόνο από ένα σταθερό άξονα σύστημα τροχών, και που αποτελεί την πιο λογική εξήγηση για τη χρήση του εδῶ. Αυτό που πρέπει να ανακαλύψουμε είναι ποιος ήταν ο προσδοκώμενος λόγος, πράγμα αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί, ώστε να δικαιολογεί την επιλογή του σχεδιαστή. Δυστυχώς, σε αυτό το σημείο βρισκόμαστε πάλι σε αβεβαιότητα.

Το επικυκλικό συναρμοσμένο σύνολο φαίνεται να έχει σπάσει ακριβώς στο κέντρο του. Έχουμε μόνο το μισό σχεδόν από κάθε τροχό που σώζεται (πράγμα που καθιστά δύσκολο να πούμε με σιγουρία πόσα δόντια είχε ο καθένας) και δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι πόσα ακόμη σύνολα οδοντωτών τροχών, εάν υπήρξαν κάποια ακόμη, συνεχίζονται στο μισό της επιφάνειας που λείπει. Είναι, αν σφαιρωδώς στο σταθερό άξονα σύστημα τροχών, ανακαλύπτουμε ότι λίγοι από αυτούς τους τροχούς είναι αρκετά πλήρεις για να είμαστε απολύτως βέβαιοι ποιος ήταν ο αριθμός των δοντιών του καθένα. Αυτές οι αβεβαιότητες αλληλοσμπληρώνονται, ώστε αυτό που μας μένει είναι να επιλέξουμε την προσδοκώμενη αναλογία από πολλές διαφορετικές κλίμακες, η καθεμιά αρκετά συμπληρώνεται. Το πρόβλημα δεν μπορεί να ευρεθεί από μόνη της. Το πρόβλημα δεν μπορεί να λυθεί εύκολα ή δίχως αμφισβησίες, αλλά εξετάζετε σήμερα με ανάλυση μέσω υπολογιστή ή ψηφιοποιημένες εικόνες των τροχών και των συνολικών αριθμών που απορρέουν από αυτές. Μέχρι στιγμής, στη θέση της παλαιότερης άποψης ότι ο δίσκος απεικονίζει τον «αυτομάτο μήνα», η πιθανότητα στην οποία οδηγούμαστε είναι ότι έδειχνε τον «δρακόντιο μήνα» που βοηθά στην πρόβλεψη των εκλείψεων.

Η επανεξέταση των κομματιών της πλάκας του οπίσθιου δίσκου αποκαλύπτει ορισμένα ενδιαφέροντα νέα χαρακτηριστικά, τα οποία μπορεί να μας βοηθήσουν να καταλήξουμε σε αυτό που απεικονίζονταν σε αυτήν. Από το άνω αλά και το κάτω σύστημα δίσκων σώζονται μέρη, τα οποία δείχνουν αυτά που είχαν ερμηνευτεί πρωτίτερα ως ομόκεντροι δακτύλιοι. Δεν επρόκειτο για κινητούς δακτυλίους, όπως υπέθεσαν κάποιοι. Λεπτοδομημένα στοιχεία που βρίσκονταν σταθεροποιημένα στο πίσω μέρος ενώνουν τα κομμάτια σε

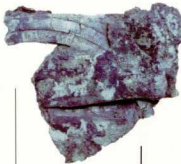
μια σταθερή κατασκευή, με κενά ανάμεσά τους. Στόχος της ρύθμισης της θέσης τους φαίνεται ότι ήταν να αφήνουν κάποιες θυρίδες, αφού οι σύνδεσμοι στο πίσω μέρος ήταν σχεδιασμένοι έτσι, ώστε να αφήνουν κενά από τις εμφανείς στο πίσω μέρος του δίσκου θυρίδες, ώστε τα κινητά κομμάτια να μπορούν να κινούνται ελεύθερα μέσα στα κενά, σαν τις ψηφίδες ενός άβρακα. Η γεωμετρική ανάλυση αυτών των κομματιών αποκαλύπτει ότι οι θυρίδες πιθανότατα δεν σχηματίζουν δακτύλιους, αλλά μέρη δύο ελκιδιών συστημάτων. Η τοποθέτηση των μικρών βοηθητικών δίσκων αποτελεί άλλο ένα αξιοπερίεργο. Αυτός που βρίσκεται στο άνω σύστημα φαίνεται ότι ήταν τοποθετημένος με προσοχή στην οριζόντια γραμμή μέσα από το κέντρο του συστήματος, ενώ δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο με αυτόν του κάτω συστήματος. Το σύστημα γραναζιών που σώζεται πίσω από το κομμάτι του κάτω δίσκου δεν έχει κάποιο προφανή λόγο ύπαρξης, επειδή οι τροχοί μοιραζόταν εξίσου να είχαν τοποθετηθεί ώστε να επιτυγχάνεται το ίδιο συμμετρικό αποτέλεσμα όπως και στο άνω σύστημα. Η ερμηνεία ίσως βρίσκεται σε κάποια λεπτομέρεια του χαμένου τμήματος της επιφάνειας του δίσκου, που απαιτούσε τον περισσότερο χώρο ο οποίος δημιουργούνταν με την κίνηση του βοηθητικού δίσκου προς τα πάνω: ίσως υπήρχε κάποιος πίνακας, ή άλλη επιγραφή, σε αυτό το σημείο. Η κατανόηση της σημασίας αυτών των παράδοξων χαρακτηριστικών μπορεί να βοηθήσει σημαντικά την ανακατασκευή του οργάνου συνολικά, δεδομένης της μεγάλης αβεβαιότητας στο σύστημα τροχών που οδηγεί σε κάθενα από τους οπίσθιους δίσκους.

Συνολική μορφή του οργάνου: η θήκη

Ακόμη και η συνολική μορφή της θήκης της νέας ανακατασκευής διαφέρει. Ο Πραις εντόπισε ίχνη ξύλου στο εύρημα και υπέθεσε ότι υπήρξε μια ξύλινη θήκη, αλλά θεώρησε ότι ήταν όσο πιο απλή γίνεται, ένα απλό ξύλινο κουτί αρκετά μεγάλο για να ταίριαζει με την πινακίδα του οπίσθιου ωρολογιακού δίσκου και αρκετά βαθύ για να χωράει το μηχανισμό που ανακατασκευάσαμε. Μια προσεκτικότερη παρατήρηση δείχνει ότι τα σωζόμενα ίχνη ξύλου υποδεικνύουν την ύπαρξη ενός κουτιού – με καλοφτιαγμένους λοξές ενώσεις στις γωνίες – που ταίριαζε ακριβώς γύρω από την εσωτερική πινακίδα-πλαίσιο. Η πινακίδα αυτή είναι λίγο πιο στενή, και πολύ πιο κοντή από την πινακίδα του οπίσθιου δίσκου, έτσι ώστε ενώ μια θήκη αυτού του μεγέθους περιβάλλει το μηχανισμό κάτω από τον πρόσθιο δίσκο με ακρίβεια, για να χωράσει η πινακίδα του οπίσθιου δίσκου θα πρέπει να εξείχεται. Ο οπίσθιος δίσκος δεν έχει ακόμη προστεθεί στη νέα ανακατασκευή, αλλά η εικόνα 7 δείχνει την υποδεικνυόμενη μορφή της θήκης.

Η νέα ανακατασκευή είναι επίσης βαθύτερη, από το πρόσθιο τμήμα μέχρι το οπίσθιο, από την παλιά, επειδή ο πρόσθιος δίσκος είναι πιο ανυψωμένος από την εσωτερική πινακίδα-πλαίσιο (στην οποία βρίσκονται οι τροχοί που σώζονται) αφήνοντας χώρο για τα ανακατασκευασμένα στάδια για τους ανώτερους πλανήτες που φαίνονται στην εικόνα 4. Αυτό είναι δεκτό, επειδή δεν υπάρχουν στοιχεία για μια άμεση σύνδεση

7. Ανακατασκευή του M.T. Wright, που απεικονίζει πώς ήταν πιθανώς η προσέγγιση της θήκης. Το μέγεθος του κουτιού που περιείχε τον εσωτερικό μηχανισμό καθορίζεται από μια γωνία που σώζεται, αλλά ο οπίσθιος ωρολογιακός δίσκος ήταν μεγαλύτερος.



8. Μηχανισμός των Αντικυθέρων, τμήμα Γ, εξωτερική όψη. Το τμήμα του οπίσθιου δίσκου που σώζεται, το οποίο μπορεί να συγκριθεί με την ανακατασκευή (εικ. 3), επικαλύπτεται από το κατάλοιπο περισσότερων πλάκων με επιγραφή.

μεταξύ του θραύσματος Α, με όλο το σύστημα οδοντωτών τροχών, και του θραύσματος Γ (εικ. 8), με τα κατάλοιπα του δίσκου.

Το προνόμιο του με μου επιτρέπει να εξετάσω τα σωζόμενα τμήματα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων οδήγησε σε μια τεράστια συγκέντρωση νέων στοιχείων. Με αυτήν έρχεται και η υποχρέωση να δημοσιοποιώ τα στοιχεία και τα συμπεράσματα που μπορεί κανείς να αντλήσει από αυτά, και το έργο αυτό θα συνεχιστεί για κάποιο διάστημα.

Σήμερα κατασκευάζεται ένα δεύτερο μοντέλο, για να απεικονίσει την παρούσα κατάσταση της εξέλιξης της νέας ανακατασκευής. Θα περιλαμβάνει τον οπίσθιο ωρολογιακό δίσκο και κάποιες τροποποιήσεις και προσθήκες στον πρόσθιο ωρολογιακό δίσκο⁹.

Κατά μία έννοια μπορεί να μην αναπομονώμε για ένα τελικό συμπέρασμα, γιατί η λεπτομερής εξέταση του Μηχανισμού μάς κάνει να αντιληφθούμε ότι πρόκειται για έναν πιο εκτενή μηχανισμό, και άρα το σωζόμενο τμήμα είναι πιο αποσπασματικό από ό,τι είχε υποθεθεί. Πέρα από αυτά που μπορούμε να αποκοιμούμε από την παρούσα μελέτη, μια πιο πλήρης εικόνα του οργάνου θα πρέπει να εξαρτάται από μελλοντικές ανακαλύψεις, είτε άλλων θραυσμάτων του ίδιου οργάνου (που φαίνεται απίθανο), είτε άλλων παρεμφερών τεχνέργων, είτε φιλολογικών αναφορών. Σήμερα, ωστόσο, ήδη αναδύεται μια νέα ανακατασκευή του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, βασισμένη πιο στερεά στη λεπτομερή εκτίμηση των σωζόμενων τμημάτων. Είναι πιο λογική από οποιαδήποτε άλλη, που το παρουσιάζει είτε ως μηχανισμό, είτε ως όργανο είτε ως τεχνέριο της εποχής του.

Με κάθε βήμα αποκτούμε μια πιο σαφή εικόνα με παραδόσεις όσον αφορά την κατασκευή οργάνων, που πρέπει να είχε κάνει την εμφάνισή της αρκετό καιρό προτού κατασκευαστεί ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων και η οποία πιθανότατα διατηρήθηκε για πολύ καιρό μετά, και αποκτούμε όλο και περισσότερο σεβασμό για τις ικανότητες των ανθρώπων που σχεδίασαν και κατασκεύασαν τέτοια όργανα. Είναι σαφές ότι ο σχεδιαστής του Μηχανισμού των Αντικυθήρων μπορούσε να επιλέξει από ένα ακόμη ευρύτερο ρεπερτόριο μηχανικών ρυθμίσεων από ό,τι είχαμε συνειδητοποιήσει παλιότερα. Ακόμη και τόσο νωρίς, στον 1ο αιώνα π.Χ., οι τεχνές του μηχανικού και του κατασκευαστή επιστημονικών οργάνων ήταν πολύ ανεπτυγμένες.

Μετάφραση από τα αγγλικά: Ελένη Οικονόμου

Σημειώσεις

1. Η πρώτη επίσημη περιγραφή του υλικού βρίσκεται στο Ν. Σβόρωνος, *Το εν Αθήναις Εθνικόν Μουσείον*, Αθήνα 1903, στο κεφάλαιο «Ο θησαυρός των Αντικυθήρων». Πιο πρόσφατες μελέτες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα: G.D. Weinberg (επιμ.), «The Antikythera shipwreck reconsidered», *Transactions of the American Philosophical Society* 55:3 (1965). P.C. Bol, «Die Skulpturen des Schiffstundes von Antikythera», *Mitteilungen des deutschen archäologischen Instituts Athenische Abteilung*, 2. Beiheft, 1972.
2. Ο μηχανισμός φέρει αριθμό ευρετηρίου X.15087.
3. D. J. de S. Price, «Gears from the Greeks», *Transaction of the American Philosophical Society* 64:7 (1974). δημοσιεύτη-

κε και ως ανεξάρτητη μονογραφία, με τις εκδόσεις Science History Publications, Νέα Υόρκη 1975. Κυκλοφορεί στα ελληνικά σε μετάφραση Ν.Α. Οικονόμου, *Γρανάκι από τους Έλληνες*, Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, 1995.

4. Όλες οι δημοσιεύσεις που ακολουθούν, εκτός από αυτές του συγγραφέα του παρόντος και ορισμένες σημειώσεις του Α. Bromley (σημείωση 7), βασίζονται στις παρατηρήσεις του Πρίσις, Βλ. για παράδειγμα Χρήστος Δ. Λάζος, *Ο Υπολογιστής των Αντικυθήρων*, Αίολος, Αθήνα 1974.

* Πρόκειται για έναν από τους ασηλιακούς μήνες και αντιστοιχεί στην περίοδο που απαιτείται για να διασχίσει η Σελήνη το διάστημα από τη μία Ισημερία Σελήνης στην άλλη (στ.μ.).

5. Ο Πρίσις αναφέρεται στον αστρικό μήνα. Ο δίσκος, όμως, φέρει σημεία με τις ονομασίες των συμβατικών αστερισμών του Ζωδιακού κύκλου και τις μοίρες της εκλεκτικής, όχι με του αστρικού χάρτη, άρα υποδεικνύεται αυστηρώς ότι πρόκειται για τον τροπικό μήνα. Η αριθμητική διαφορά μεταξύ των δύο είναι, βέβαια, πολύ μικρή.

** Ο συνολικός η ασηλιακός μήνας αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε 29.530589 ημέρες (στ.μ.).

*** «Calendar computation», (στ.μ.).

6. M.T. Wright/A.G. Bromley/H. Magou, «Simple X-Ray Tomography and the Antikythera Mechanism», *PACT* 45 (1995) [πρακτικά του συνεδρίου «Archaeometry in South-Eastern Europe», Απρίλιος 1991, σ. 531-543].

7. Ορισμένα πρώιμα ευρήματα δημοσιεύθηκαν στο Α.G. Bromley, «Observations of the Antikythera Mechanism», *Antiquarian Horology* 18:6 (1990), σ. 641-652.

8. Το μοντέλο περιγράφεται και απεικονίζεται στο M.T. Wright, «A planetarium display for the Antikythera Mechanism», *Horological Journal* 144:5 (Μάιος 2002), σ. 169-173 και 144:6 (Ιούνιος 2002), σ. 193. Το χρονικό αυτής της μερικής ανακατασκευής εκτέθηκε σε δύο ανακοινώσεις σε αντίστοιχα συνέδρια: M.T. Wright/A.G. Bromley, «Towards a new reconstruction of the Antikythera Mechanism», στο S.A. Paipets (επιμ.), *Extraordinary Machines and Structures in Antiquity* (πρακτικά συνεδρίου με τον ίδιο τίτλο που πραγματοποιήθηκε στην Αρχαία Ολυμπία τον Αύγουστο του 2001), Peri Technon, Patras 2003, σ. 81-94. M.T. Wright, «In the steps of the Master Mechanic», *Η Αρχαία Ελλάδα και ο Σύγχρονος Κόσμος* (Πρακτικά συνεδρίου με τον ίδιο τίτλο που πραγματοποιήθηκε στην Αρχαία Ολυμπία τον Ιούλιο του 2002), Πανεπιστήμιο Πατρών 2003, σ. 86-97. Το μοντέλο παρουσιάστηκε στην έκθεση για την Αρχαία Τεχνολογία που πραγματοποιήθηκε στην Τεχνόπολη, στην Αθήνα, το φθινόπωρο του 2002.

**** Άλλος ένας από τους ασηλιακούς μήνες (στ.μ.).

9. Το νέο μοντέλο θα εκτεθεί κατά τη διάρκεια του 2ου Διεθνούς Συνεδρίου Αρχαίας Τεχνολογίας που θα διεξαχθεί στην Αθήνα τον Οκτώβριο του 2005.

The Antikythera Mechanism: Instrument-Making in Antiquity.

M. T. Wright

The Antikythera Mechanism, that dates from the first century BC, is the only elaborate mechanical instrument to survive from antiquity. Unique and fragmentary as it is, it has, however, provided us with incontrovertible evidence that such devices existed in Hellenistic times. It became widely known through the work of Professor D.J. de S. Price, whose definitive paper was published in 1974. Several later scholars have presented variants of Price's reconstruction; none of them, however, based his work on new research, and none has addressed the central problem, that Price's observations are flawed and that many of his deductions may be challenged. The author has made a new, detailed investigation of the original fragments, which has led him to propose a radically different reconstruction of the Mechanism. According to this, the principal display was probably a planetarium, a type of instrument which, as literary evidence shows, was well known at that time. The author has made a working model of his reconstruction, to demonstrate that it is practicable. It has become clear that the original instrument is even less complete than earlier scholars have supposed, and so it is to be expected that problems will remain. Nevertheless, the author is continuing to analyse his data, with the intention of presenting as full an understanding of this instrument as possible.

M.T.W.