

Τάσος Ανθουλιάς

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Μια προσπάθεια να παρουσιαστεί η εξέλιξη της μέτρησης του χρόνου με πολύ απλά κείμενα και χαρακτηριστικές εικόνες ώστε να γίνει αντιληπτή η εξέλιξη της πραγματικότητας και ο εντοπισμός βασικών στοιχείων και αλλαγών.

ΧΕΛΙΔΟΝΙ 2023

Ο χρόνος είναι η συνεχής αλληλουχία ύπαρξης και γεγονότων που συμβαίνουν σε μια προφανώς μη αναστρέψιμη διαδοχή από το παρελθόν, μέσω του παρόντος, προς το μέλλον. Είναι ένα στοιχείο διαφόρων μετρήσεων που χρησιμοποιείται για την αλληλουχία γεγονότων, τη σύγκριση της διάρκειας των γεγονότων ή των διαστημάτων μεταξύ τους στην υλική πραγματικότητα ή στη συνειδητή εμπειρία. Ο χρόνος αναφέρεται συχνά ως τέταρτη διάσταση, μαζί με τις τρεις διαστάσεις του χώρου.



Ο χρόνος ήταν πάντα ένα σημαντικό θέμα μελέτης στη θρησκεία, στη φιλοσοφία και στην επιστήμη. Η ελληνική γλώσσα υποδηλώνει δύο διακριτές έννοιες, τον Χρόνο και τον Καιρό. Ο πρώτος αναφέρεται στον αριθμητικό ή χρονολογικό χρόνο. Ο δεύτερος αναφέρεται «στη σωστή ή κατάλληλη στιγμή», σχετίζεται συγκεκριμένα με τον μεταφυσικό ή τον Θεϊκό χρόνο. Στην ελληνική μυθολογία ο Χρόνος προσδιορίζεται ως η προσωποποίηση της ώρας. Συνήθως απεικονίζεται ως ένας ηλικιωμένος, σοφός άνδρας με μακριά, γκριζα γενειάδα.

Οι πρώτες συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της θέσης του Ήλιου ήταν οι Αιγυπτιακοί οβελίσκοι από το 3.500 π.Χ. Οι οβελίσκοι μπορούσαν να υποδείξουν αν ήταν πρωί ή απόγευμα, καθώς και το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο. Στην αιγυπτιακή μυθολογία ο οβελίσκος συμβόλιζε τον θεό του ήλιου Ρα, και κατά τη διάρκεια της θρησκευτικής μεταρρύθμισης του Ακενατόν λεγόταν πως ήταν μια απολιθωμένη ακτίνα του Ατόν, του ηλιοβασιλέματος.



Η εξέλιξη οδήγησε στη δημιουργία των ηλιακών ρολογιών. Το παλαιότερο από όλα τα γνωστά ηλιακά ρολόγια χρονολογείται από το 1500 π.Χ. και ανακαλύφθηκε στην Αίγυπτο, στην Κοιλιάδα των Βασιλέων.

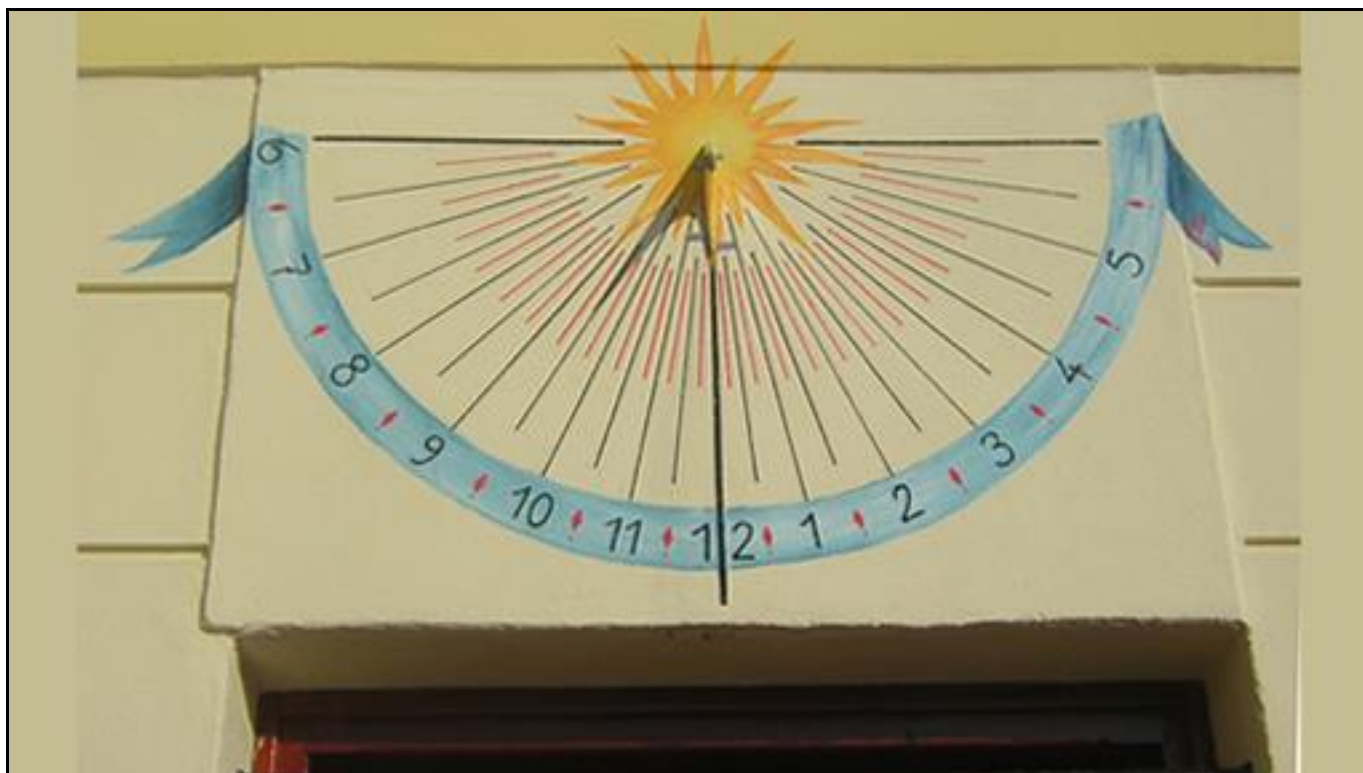


Περίπου το 700 π.Χ., η Παλαιά Διαθήκη περιγράφει ένα ηλιακό ρολόι – τον "δείκτη του Άχαζ".

Δημιουργήθηκαν διάφορα είδη ηλιακών ρολογιών. Στο οριζόντιο ηλιακό ρολόι η επιφάνεια όπου χαράσσεται το διάγραμμα των ωρών είναι οριζόντια. Η γραμμή που αντιστοιχεί στην ώρα 12:00 είναι προσανατολισμένη στη διεύθυνση Βορρά - Νότου με κατεύθυνση προς τον Βορρά. Η γραμμή που αντιστοιχεί στην ώρα 6 το πρωί κατευθύνεται προς τη δύση και η γραμμή που αντιστοιχεί στην ώρα 6 το απόγευμα κατευθύνεται προς την ανατολή. Ο γνώμονας του οριζόντιου ηλιακού ρολογιού είναι σταθερός, είναι παράλληλος προς τον άξονα της γης και κατευθύνεται προς τον Πολικό Αστέρα. Σχηματίζει δε με το οριζόντιο επίπεδο γωνία ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.



Το κατακόρυφο ηλιακό ρολόι έχει, συνήθως, νότιο προσανατολισμό. Η επιφάνεια όπου χαράσσεται το διάγραμμα των ωρών είναι κατακόρυφη. Ο γνώμονας είναι σταθερός, παράλληλος με τον άξονα της γης, δηλαδή σχηματίζει γωνία με το κατακόρυφο επίπεδο ίση με τη συμπληρωματική γωνία του γεωγραφικού πλάτους του τόπου.



Ο "Πύργος των Ανέμων" ή "Αέρηδες", που βρίσκεται στην Αθήνα και κτίστηκε στον πρώτο αιώνα π.Χ. από τον Έλληνα αστρονόμο Ανδρόνικο, έχει οκτώ κατακόρυφα ηλιακά ρολόγια, ένα σε κάθε πλευρά του οκταγωνικού κτίσματος.



Το αναλημματικό ηλιακό ρολόι είναι τύπος ηλιακού ρολογιού όπου ο γνώμονας είναι κατακόρυφος, μετακινούμενος και το επίπεδο όπου χαράσσονται οι ώρες του ρολογιού είναι οριζόντιο. Οι ώρες τοποθετούνται στην περιφέρεια μια έλλειψης. Ο μεγάλος άξονας της έλλειψης προσανατολίζεται στη διεύθυνση Ανατολής- Δύσης, ενώ ο μικρός άξονας στη διεύθυνση Βορρά - Νότου. Στην κατεύθυνση του βορρά αντιστοιχεί η ώρα 12:00, στην κατεύθυνση της δύσης αντιστοιχεί η ώρα 6 το πρωί και στην κατεύθυνση της ανατολής η ώρα 6 το απόγευμα. Ο τύπος αυτός του ηλιακού ρολογιού είναι κατάλληλος για την υλοποίηση στην αυλή ενός σχολείου αφού τον ρόλο του γνώμονα μπορεί να πάρει ένας μαθητής και οι γραμμές των ωρών μπορούν να σχεδιαστούν στο δάπεδο της αυλής.



Ένα ρολόι νερού ή κλεψύδρα είναι οποιοδήποτε ρολόι με το οποίο μετριέται ο χρόνος από τη ρυθμιζόμενη ροή του υγρού προς τα μέσα ή προς τα έξω από ένα δοχείο και στη συνέχεια μετριέται η ποσότητα. Τα ρολόγια νερού είναι ένα από τα παλαιότερα όργανα μέτρησης του χρόνου. Η εκροή σε δοχείο σχήματος μπολ είναι η απλούστερη μορφή ενός ρολογιού νερού και είναι γνωστό ότι υπήρχε στη Βαβυλώνα, την Αίγυπτο και την Περσία γύρω στον 16ο αιώνα π.Χ. Άλλες περιοχές του κόσμου, συμπεριλαμβανομένης της Ινδίας και της Κίνας, έχουν επίσης πρώιμες ενδείξεις για ρολόγια νερού, αλλά οι παλαιότερες ημερομηνίες είναι λιγότερο σίγουρες. Τα ρολόγια του νερού χρησιμοποιήθηκαν επίσης στην αρχαία Ελλάδα και στην αρχαία Ρώμη.



Η κλεψύδρα εξελίχθηκε τα επόμενα χρόνια. Αποτελείται από δύο γυάλινα δοχεία κατακόρυφα συνδεδεμένα (το ένα κάτω από το άλλο) που επιτρέπουν μια ρυθμιζόμενη ροή του εμπεριεχόμενου υλικού από το επάνω δοχείο προς το κάτω. Μόλις αδειάσει το υλικό από το γυάλινο δοχείο που βρίσκεται επάνω, η κλεψύδρα μπορεί να αναστραφεί για να ξεκινήσει εκ νέου η χρονομέτρηση. Στους παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο που μετριέται περιλαμβάνονται η ποσότητα της άμμου, το μέγεθος του γυάλινου περιέκτη, το πλάτος του λαιμού, καθώς και η ποιότητα της άμμου. Σημαντική χρήση της κλεψύδρας γινόταν στα δικαστήρια για τη μέτρηση του επιτρεπόμενου χρόνου στις αγορεύσεις.

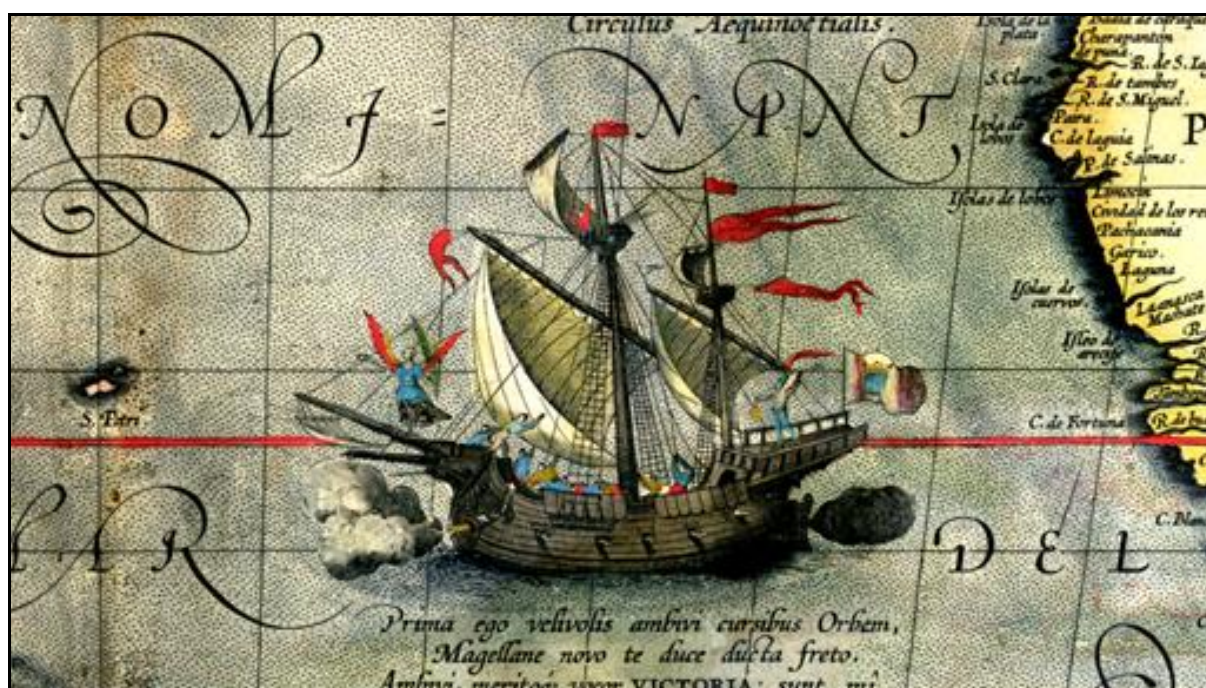


**Ξύλινη κλεψύδρα
με χρήση άμμου**

Τον Μεσαίωνα δημιουργήθηκαν τα κέρινα ρολόγια σε διάφορες παραλλαγές. Πρόσφεραν έναν αποτελεσματικό τρόπο υπολογισμού του χρόνου στη διάρκεια της νύχτας ή σε μια συνεφιασμένη ημέρα.



Η κλεψύδρα ήταν μια από τις λίγες αξιόπιστες μεθόδους μέτρησης του χρόνου στη θάλασσα και χρησιμοποιήθηκε σε πλοία ήδη από τον 11ο αιώνα, όταν θα συμπλήρωνε την πυξίδα ως βοήθημα στη ναυσιπλοΐα. Ο Πορτογάλος θαλασσοπόρος Φερδινάνδος Μαγγελάνος χρησιμοποίησε 18 κλεψύδρες σε κάθε πλοίο κατά τη διάρκεια του περιπλου του στην υδρόγειο το 1522.



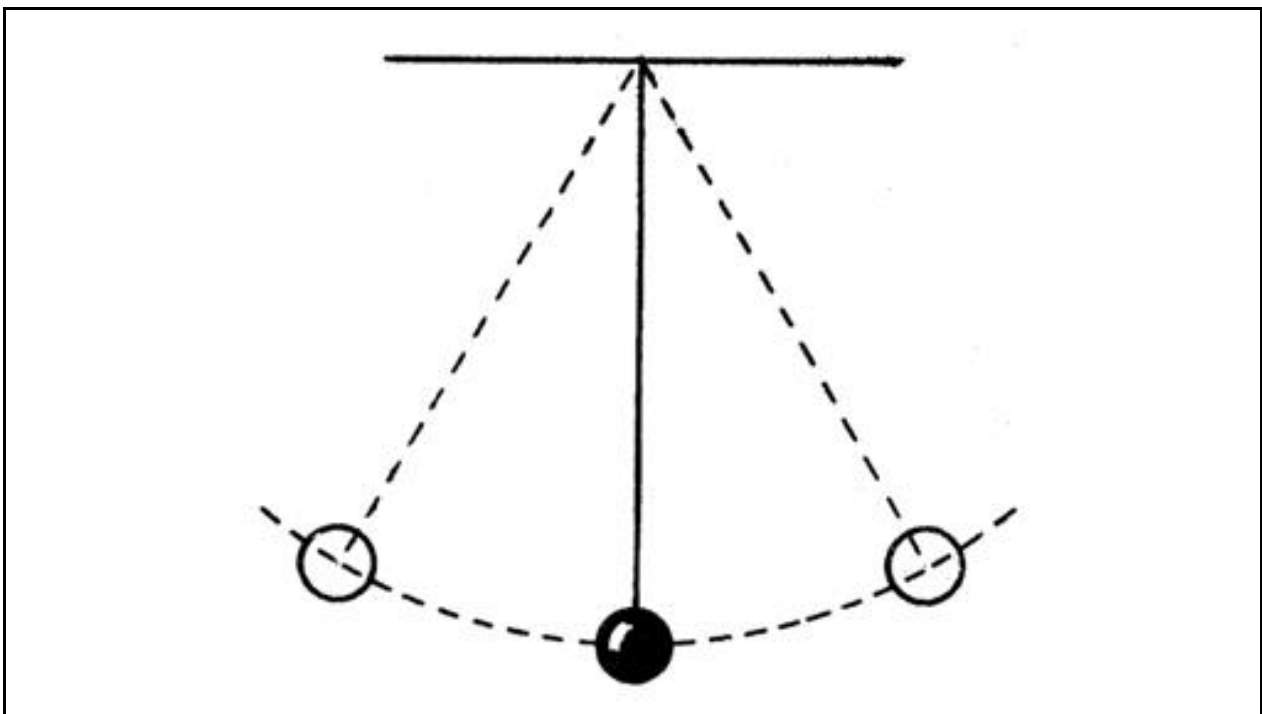
Ο Ιουδαϊσμός, ο Χριστιανισμός και το Ισλάμ είχαν προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα για προσευχή, αν και μόνο οι Χριστιανοί αναμενόταν να παρακολουθούν τις προσευχές συγκεκριμένες ώρες της ημέρας και της νύχτας. Ένας μηχανισμός προειδοποιούσε τον εφημερεύοντα μοναχό να χτυπήσει την καμπάνα του μοναστηριού. Το ξυπνητήρι του ήταν ένα χρονόμετρο που χρησιμοποιούσε μια μορφή διαφυγής όταν έφτανε η συγκεκριμένη ώρα για να χτυπήσει ένα μικρό κουδούνι. Αυτός ο μηχανισμός ήταν ο πρόδρομος της συσκευής διαφυγής που βρίσκεται στο μηχανικό ρολόι.



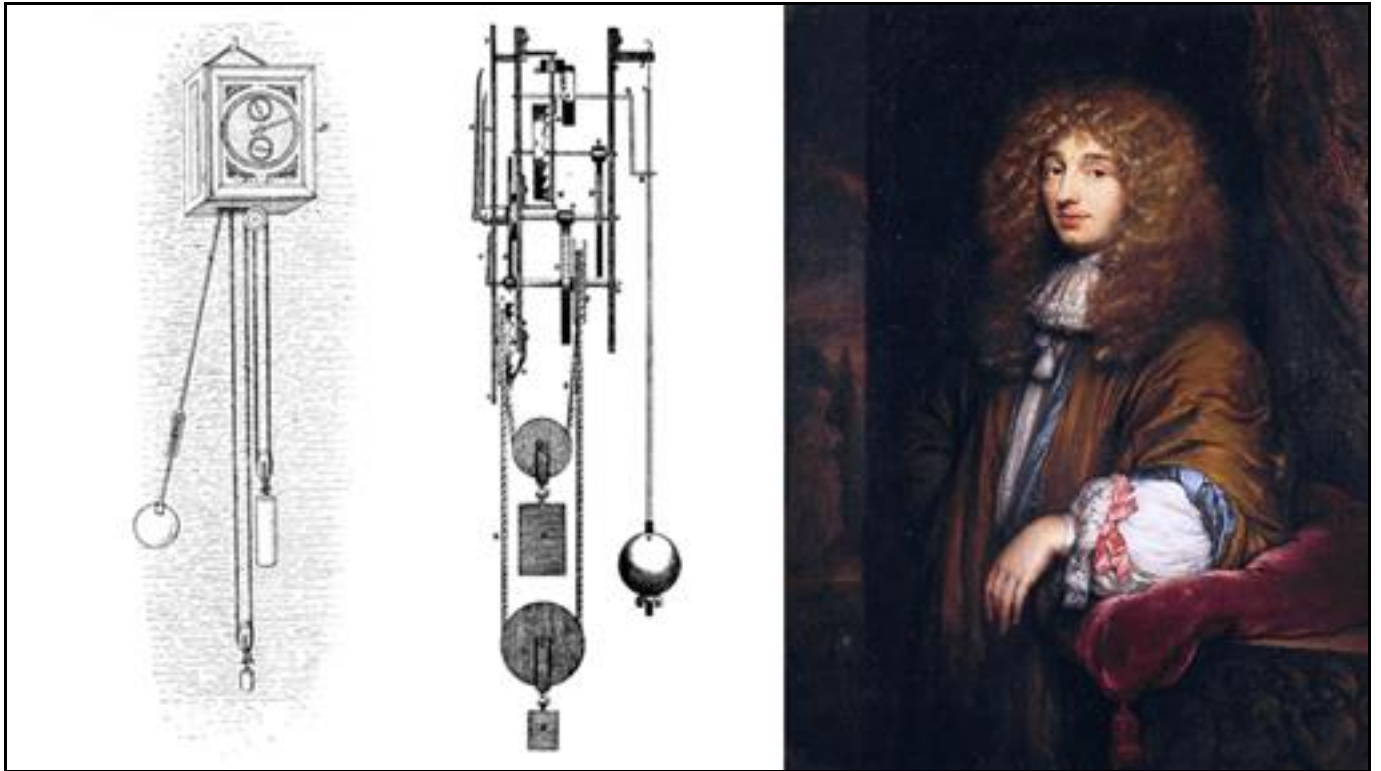
Η εφεύρεση του ελατήριου τον 15ο αιώνα επέτρεψε να δημιουργηθούν μικρά ρολόγια για πρώτη φορά. Τα αρχικά ρολόγια έδειχναν μόνο τις ώρες. Μόνο τον 16ο αιώνα φτιάχτηκαν τα πρώτα ρολόγια που έδειχναν δευτερόλεπτα.



Πιστεύεται πως ο Γκαλιλέο Γκαλιλέι ήταν ο πρώτος που συνειδητοποίησε ότι το εκκρεμές θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ακριβής χρονομέτρης αφού παρακολούθησε την κίνηση των κρεμασμένων φωτιστικών στον καθεδρικό ναό της Πίζας. Το 1582, ερεύνησε την κανονική ταλάντευση του εκκρεμούς και ανακάλυψε ότι αυτό εξαρτιόταν μόνο από το μήκος του. Ο Γαλιλαίος δεν κατασκεύασε ποτέ ένα ρολόι με βάση την ανακάλυψή του, αλλά πριν από τον θάνατό του υπαγόρευσε οδηγίες για την κατασκευή ενός ρολογιού εκκρεμούς στον γιο του.



Το 1656 κατασκευάστηκε από τον Γερμανό Κρίστιαν Χιούγκενς το πρώτο ρολόι με εκκρεμές. Στη φωτογραφία αυτό το ρολόι, ο μηχανισμός του και ο δημιουργός του.



Το 1715, σε ηλικία 22 ετών, ο Τζον Χάρισον χρησιμοποίησε τις ξυλουργικές του δεξιότητες για να κατασκευάσει ένα ξύλινο ρολόι οκτώ ημερών. Τα ρολόγια του είχαν καινοτομίες που περιλάμβαναν τη χρήση ξύλινων εξαρτημάτων για την άρση της ανάγκης για πρόσθετη λίπανση (και καθαρισμό), κυλίνδρους για τη μείωση της τριβής, ένα νέο



είδος διαφυγής και τη χρήση δύο διαφορετικών μετάλλων για τη μείωση του προβλήματος της διαστολής που προκαλείται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Μετά από 30 χρόνια, η συσκευή του, που ονομάστηκε «H1» κατασκευάστηκε και το 1736 δοκιμάστηκε στη θάλασσα. Στη συνέχεια, ο Χάρισον συνέχισε να σχεδιάζει και να κατασκευάζει δύο άλλα θαλάσσια ρολόγια, το "H2" (που ολοκληρώθηκε γύρω στο 1739) και το "H3", τα οποία ήταν και τα δύο έτοιμα μέχρι το 1755.

Ο Χάρισον έφτιαξε άλλα δύο ρολόγια, το «H4» και το «H5». Το H4 ήταν ο πιο αξιοσημείωτος χρονομέτρης που έγινε μέχρι τότε. Μετά την ολοκλήρωση των δοκιμών του σε θαλάσσιες διαδρομές κατά τη διάρκεια του χειμώνα του 1761-62 διαπιστώθηκε ότι είχε μεγάλη ακρίβεια και του απονεμήθηκε το βραβείο για τις γεωγραφικές συντεταγμένες που προσδιορίζονταν από τον χρόνο.



Το 1815 ο Άγγλος εφευρέτης Φράνσις Ρόναλντς δημιούργησε τον πρόδρομο του ηλεκτρικού ρολογιού, το ηλεκτροστατικό ρολόι. Τροφοδοτείτο με μπαταρίες υψηλής τάσης με εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής αλλά το μειονέκτημα των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του ήταν ο επηρεασμός από τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα. Πειραματίστηκε με τρόπους ρύθμισης της ηλεκτρικής ενέργειας και οι βελτιωμένες συσκευές του αποδείχθηκαν πιο αξιόπιστες.

Το 1840 ο Σκωτσέζος κατασκευαστής ρολογιών και οργάνων Αλεξάντερ Μπείν χρησιμοποίησε ηλεκτρισμό για να διατηρήσει την κίνηση ενός ρολογιού με εκκρεμές, και έτσι μπορεί να πιστωθεί η εφεύρεση του ηλεκτρικού ρολογιού. Τον Ιανουάριο του 1841 ο Μπείν και ο κατασκευαστής χρονομέτρων Μπάργουαϊζ έβγαλαν ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που περιγράφει ένα ρολόι με ηλεκτρομαγνητικό εκκρεμές.



Μια σειρά από καινοτομίες και ανακαλύψεις οδήγησαν στην εφεύρεση του σύγχρονου χρονόμετρου από χαλαζία. Ο πρώτος ταλαντωτής κρυστάλλων χαλαζία κατασκευάστηκε το 1921. Οι επόμενες δεκαετίες είδαν την ανάπτυξη των ρολογιών χαλαζία ως συσκευές μέτρησης χρόνου ακριβείας σε εργαστηριακές ρυθμίσεις. Το 1932 αναπτύχθηκε ένα ρολόι με χαλαζία ικανό να μετρά μικρές εβδομαδιαίες διακυμάνσεις στον ρυθμό περιστροφής της Γης. Η φυσική και χημική σταθερότητα και ακρίβειά τους είχε ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό τους και από

τη δεκαετία του 1940 αποτέλεσαν τη βάση για ακριβείς μετρήσεις χρόνου και συχνότητας παγκοσμίως.

Τον 16ο αιώνα είχαν αρχίσει να εμφανίζονται ρολόγια χειρός και ρολόγια τσέπης που ήταν περισσότερο διακοσμητικά παρά ακριβή. Ο Τόμας Τόμπιον ήταν ένας από τους πρώτους ωρολογοποιούς που αναγνώρισε τις δυνατότητες του ελατηρίου ισορροπίας και το χρησιμοποίησε με επιτυχία στα ρολόγια τσέπης του. Η βελτιωμένη ακρίβεια επέτρεψε στα ρολόγια να αποδίδουν τόσο καλά όσο χρησιμοποιούνται γενικά σήμερα, μια εξέλιξη που συνέβη κατά τη δεκαετία του 1690.



Ρολόγια φορούσαν κατά τη διάρκεια του Γαλλο-Πρωσικού Πολέμου (1870-71) και στον πόλεμο των Μπόερς (1899-1902) και τα ρολόγια είχαν αναγνωριστεί ως πολύτιμο εργαλείο. Τα πρώτα μοντέλα ήταν ουσιαστικά τυπικά ρολόγια τσέπης, αλλά στις αρχές του 20ού αιώνα, οι κατασκευαστές άρχισαν να παράγουν ειδικά κατασκευασμένα ρολόγια χειρός. Κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου, τα ρολόγια χειρός χρησιμοποιήθηκαν από αξιωματικούς του πυροβολικού. Τα ρολόγια χειρός, λεγόμενα ρολόγια τάφρου, ήταν πρακτικά, καθώς απελευθέρωναν το ένα χέρι που αλλιώς θα χρησιμοποιείτο για τη χρήση ενός ρολογιού τσέπης και έγιναν βασικός εξοπλισμός. Πριν από την εμφάνιση της στρατιωτικής τους χρήσης, τα ρολόγια χειρός φορούσαν συνήθως μόνο γυναίκες, αλλά κατά τη διάρκεια του Πρώτου Παγκόσμιου Πολέμου έγιναν σύμβολα αρρενωπότητας και ανδρείας.



Τη δεκαετία του 1920 δημιουργήθηκαν τα αυτόματα ρολόγια. Ήταν μηχανικά ρολόγια όπου η φυσική κίνηση του χρήστη παρέχει ενέργεια για την περιέλιξη του κύριου ελατήριου, καθιστώντας το χειροκίνητο κούρδισμα περιττό όταν φοριόνταν αρκετά.



Τη δεκαετία του 1950 δημιουργήθηκαν τα πρώτα ρολόγια που λειτουργούσαν με μπαταρία. Στη φωτογραφία ένα ανάλογο ρολόι που ήταν κατάλληλο και για τους δύτες.



Τη δεκαετία του 1960 άρχισαν να δημιουργούνται τα ψηφιακά ρολόγια με χρήση τρανζίστορ και πλαστικά τμήματα.

