

Το εκκρεμές του Foucault στη Μεγάλη του Γένους Σχολή

Παναγιώτης Λάζος

Δρ. Υπεύθυνος Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών Ηλιούπολης
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών
taklazos@gmail.com

➤ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το εκκρεμές του Φουκώ είναι ένα από τα σημαντικότερα επιστημονικά επιτεύγματα του Γάλλου φυσικού Leon Foucault. Η εκτέλεση του πειράματος το 1851 ήταν η πρώτη απτή πειραματική επίδειξη της περιστροφής της Γης. Η τεχνική απλότητα και η ομορφιά του πειράματος οδήγησαν σε πολλές επαναλήψεις του, στην κατασκευή σχετικών εκκρεμών από κατασκευαστές επιστημονικών οργάνων και στη μόνιμη ή προσωρινή εγκατάσταση τέτοιων εκκρεμών σε εκπαιδευτικά ιδρύματα για εκπαιδευτικούς αλλά και αισθητικούς λόγους.

Η Μεγάλη του Γένους Σχολή στην Κωνσταντινούπολη είναι το παλαιότερο εν λειτουργία σχολείο της ελληνικής κοινότητας της πόλης αλλά και ολόκληρου του Ελληνισμού. Μετά από πολλές μετακινήσεις κατά τους πρώτους τέσσερις αιώνες της λειτουργίας της, η Σχολή στεγάζεται από το 1882 στο εντυπωσιακό ιδιόκτητο κτήριο της στο Φανάρι. Το κτήριο φιλοξενεί μια πλούσια συλλογή επιστημονικών οργάνων, που αποκτήθηκαν κυρίως το τελευταίο τέταρτο του 19ου αιώνα από τη Γαλλία και στις αρχές του 20ού κυρίως από τη Γερμανία αλλά και την Αυστρία. Ανάμεσά τους ξεχωρίζει ένα εκκρεμές Foucault, κατασκευασμένο από τη γερμανική εταιρεία Max Kohl, το οποίο αποτέλεσε τμήμα αγοράς επιστημονικών οργάνων το 1912 και για τη χρήση του έγιναν κάποιες επεμβάσεις στο κτήριο της Σχολής. Στα πλαίσια της εργασίας μας παρουσιάζεται η ιστορία της διάταξης, η οποία είναι μία από τις πρώτες (ίσως η πρώτη;) που χρησιμοποιήθηκαν στην Οθωμανική Αυτοκρατορία.

Αν και η Σχολή δεν είναι μουσείο αλλά ένα σχολείο σε λειτουργία, θεωρούμε σκόπιμο να τη συμπεριλάβουμε στο συγκεκριμένο τεύχος καθώς το εκκρεμές, καθώς και πολλά άλλα όργανα από τη συλλογή, μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα στις μέρες μας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών αλλά και της ιστορίας της φυσικής του 19^{ου} αιώνα.

Λέξεις – κλειδιά: Μεγάλη του Γένους Σχολή, Φυσική, Εκκρεμές του Foucault, Max Kohl, Κωνσταντινούπολη.

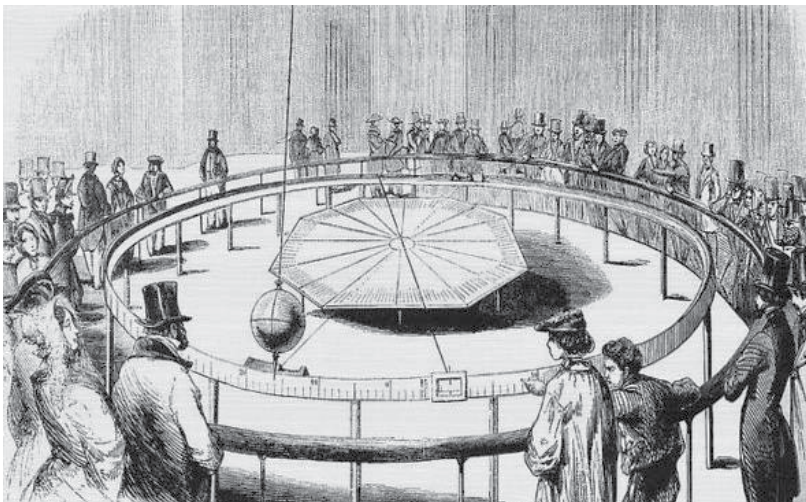


➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εκκρεμές του Foucault είναι μια διάταξη που επιδεικνύει την περιστροφή της Γης. Εφευρέθηκε από τον Γάλλο φυσικό Λέον Φουκάλτ (1819-1868) και παρουσιάστηκε το 1851 στο Πάνθεον του Παρισιού (Foucault, 1851; Tobin & Rippard, 1994) (Εικόνα 1).

Το πείραμα περιλαμβάνει την ανάρτηση από ένα σταθερό σημείο ενός εκκρεμούς μεγάλου μήκους και με αντικείμενο σημαντικής μάζας. Όταν το εκκρεμές τίθεται σε κίνηση, η ταλάντωση πραγματοποιείται πάνω σε συγκεκριμένο κατακόρυφο επίπεδο, αλλά με την πάροδο του χρόνου, το επίπεδο φαίνεται να περιστρέφεται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα, ανάλογα με το ημισφαίριο στο οποίο βρίσκεται. Αυτό συμβαίνει επειδή το επίπεδο αιώρησης του εκκρεμούς δεν επηρεάζεται από την περιστροφή της Γης και αυτό προκαλεί τη φαινομενική περιστροφή του επιπέδου όπως φαίνεται από έναν ακίνητο παρατηρητή στην επιφάνεια της Γης (Challis, 1852; Smithsonian Magazine).

Για τη διεξαγωγή του πειράματος, απαιτείται η ανάρτηση του εκκρεμούς από μεγάλο ύψος, όπως ένας πύργος ή το εσωτερικό ενός μεγάλου θόλου. Το νήμα του εκκρεμούς πρέπει να είναι αρκετά μακρύ, συνήθως περισσότερο από 10 μέτρα, ώστε η ταλάντωση να διαρκεί για ώρες χωρίς σημαντική απώλεια του πλάτους της, επιτρέποντας μια εύκολα παρατηρήσιμη του επιπέδου αιώρησης με την πάροδο του χρόνου (Crane, 1990). Η μάζα του εκκρεμούς πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να εξασφαλίζεται υψηλή κινητική ενέργεια για διατήρηση της ταλάντωσης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σημειώνουμε πως το εκκρεμές του Foucault είχε μήκος 67 m και μάζα 28 Kg.



Εικόνα 1. Το εκκρεμές του Foucault στο Πάνθεον στο Παρίσι (L'illustration, 1851). Το μέγεθος του εκκρεμούς έχει υπερτονιστεί.



Είναι, επίσης, σημαντικό η αιώρηση του εκκρεμούς να πραγματοποιείται αποκλειστικά σε κατακόρυφο επίπεδο. Για να διασφαλιστεί αυτό, πρέπει το εκκρεμές να βρίσκεται αρχικά σε ηρεμία σε κάποια θέση εκτός της κατακόρυφης. Αυτό εξασφαλίζεται μέσω ενός δεύτερου νήματος, το οποίο στη συνέχεια καίγεται για να ξεκινήσει η ταλάντωση. Το αρχικό επίπεδο της ταλάντωσης μπορεί να επισημανθεί στο πάτωμα με κιμωλία ή άλλον κατάλληλο τρόπο, ώστε να παρακολουθείται η περιστροφή του με την πάροδο του χρόνου.

Η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος φ του τόπου στον οποίον ταλαντώνεται μέσω της σχέσης $T=2\pi\sqrt{l/\sin\varphi}$, συνεπώς η περίοδος αυξάνεται όσο μειώνεται το γεωγραφικό πλάτος. Έτσι για παράδειγμα, στους πόλους της Γης η περίοδος της περιστροφής του επιπέδου ταλάντωσης είναι $2\pi\sqrt{l}$, ενώ στον ισημερινό η περίοδος γίνεται άπειρη, με άλλα λόγια δεν παρατηρείται καμία περιστροφή του επιπέδου αιώρησης.

Το πείραμα του Foucault επαναλήφθηκε σύντομα στη Reims, στην Amiens, στην Cologne, στο St Jacques και αλλού. Η υψηλή εκπαιδευτική αξία του πειράματος οδήγησε στην εγκατάσταση εκκρεμών σε πανεπιστήμια (Roberts, 1895) και σχολεία. Σύμφωνα με τον Crane (1990) το εκκρεμές του Foucault είναι ένα αγαπημένο αντικείμενο για τους καθηγητές φυσικής. Για τους ίδιους λόγους πολλοί κατασκευαστές επιστημονικών οργάνων συμπεριέλαβαν κάποια εκδοχή του εκκρεμούς Foucault στους καταλόγους τους.

Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα μικρότερες εκδόσεις του εκκρεμούς, που συνήθως κινούνταν ηλεκτρικά για να διατηρήσουν το πλάτος τους, εγκαταστάθηκαν σε μουσεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα (Kruglak, Opplinger, Pittet, & Steele, 1978; Leonard, 1981). Δύο γνωστά εν λειτουργία εκκρεμή του Φουκώ βρίσκονται στο Deutsches Museum στο Μόναχο (Deutsches-museum) και στο κτήριο της έδρας του ΟΗΕ στη Νέα Υόρκη, το οποίο ήταν δώρο της ολλανδικής κυβέρνησης το 1955 (Unit dam.media.un.org).

➤ Η ΜΕΓΑΛΗ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ ΣΧΟΛΗ ΚΑΙ Η ΣΥΛΛΟΓΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Η Μεγάλη του Γένους Σχολή (Fener Rum Erkek Lisesi στα Τουρκικά) ιδρύθηκε το 1454, λίγο μετά την άλωση της Κωνσταντινούπολης, από τον Πατριάρχη Γεώργιο Γεννάδιο Σχολάριο. Μετά από πολλές περιπέτειες, η Σχολή απέκτησε το 1882 το δικό της κτήριο στην κορυφή του λόφου στο Φανάρι. Τα έξοδα καλύφθηκαν από τις δωρεές του καταξιωμένου τραπεζίτη της εποχής Γεωργίου Ζαρίφη (1810-1884) και της Μονής Βατοπεδίου στο Άγιο Όρος. Το εντυπωσιακό κτήριο, που σχεδίασε ο αρχιτέκτονας Κωνσταντίνος Δημάδης (-1901), διαθέτει, εκτός των άλλων, εργαστήριο χημείας, αίθουσα για την πειραματική φυσική και δίπλα σε αυτήν ειδική αίθουσα για τα επιστημονικά όργανα της πειραματικής φυσικής (οργανοθήκη) (Τσιλένης, 1998; Τσιλένης, 2004; Esmer, Dabanli, Kasmo, Kudumovic, Çiftçi, & Cesur, 2022).

Μέχρι τον 19ο αιώνα, το πρόγραμμα σπουδών της Σχολής ήταν σαφώς προσανατολισμένο στην κλασική εκπαίδευση (αρχαία ελληνική και λατινική γραμματεία, θε-



ολογία, ιστορία, φιλοσοφία) αφού οι περισσότεροι μαθητές γίνονταν κληρικοί. Ωστόσο, οι κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές στην ελληνική κοινότητα της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας προκάλεσαν αλλαγές στο πρόγραμμα σπουδών, πρώτα σταδιακά από τις αρχές του 19ου αιώνα και στη συνέχεια λίγο πιο γρήγορα μετά το 1850 (Γριτσόπουλος, 2004).

Αυτή η αργή αλλά σταθερή στροφή αναδεικνύεται μέσα από τη δημιουργία μίας πλούσιας συλλογής με περισσότερα από τριακόσια επιστημονικά όργανα για τη διδασκαλία της φυσικής και της χημείας (Lazos, Vlahakis, & Skordoulis, 2020). Τα όργανα αποκτήθηκαν σε λιγότερο από είκοσι χρόνια (1865-1881) με δωρεές, όπως εκείνη των είκοσι δύο οργάνων από τον αυτοκρατορικό αρχιτέκτονα Χατζή-Στεφανή Γαϊτανάκη το ακαδημαϊκό έτος 1865-1866 (Κλεόβουλος, 1866). Τον επόμενο χρόνο αγοράστηκαν άλλα ενενήντα όργανα με χρήματα που συγκεντρώθηκαν από διάφορες δωρεές. Το ακαδημαϊκό έτος 1878-1879 η Σχολή αγόρασε περίπου εξήντα μεταχειρισμένα όργανα από το Ελληνικό Λύκειο, ένα ελληνικό ιδιωτικό σχολείο στην Πέρα της Κωνσταντινούπολης που αντιμετώπιζε σοβαρά οικονομικά προβλήματα (Παλαμάς, 1879). Τέλος, το ακαδημαϊκό έτος 1880-1881, η ανέγερση του νέου κτηρίου του σχολείου συνοδεύτηκε από τη συγκέντρωση σημαντικού ποσού οικονομικών δωρεών για το νέο εργαστήριο φυσικής (Παλαμάς, 1880). Αυτό οδήγησε στην αγορά εκατόν σαράντα δύο νέων οργάνων από διάφορους Γάλλους κατασκευαστές (Παλαμάς, 1881).

Η συλλογή συνέχισε να εμπλουτίζεται και κατά το πρώτο μισό του 20ού αιώνα. Γύρω στο 1910-1913 το σχολείο αγόρασε μερικές δεκάδες όργανα κατασκευασμένα κυρίως από τη γερμανική εταιρεία «Max Kohl» (μεταξύ των οποίων ήταν και τα εν λόγω όργανα σε αυτή τη μελέτη), αλλά και από την αυστριακή εταιρεία «W.J. Rohrbach's Nachfolger». Τέλος, ένα σύνολο περίπου πενήντα οργάνων της αμερικανικής εταιρείας GENCO δωρίθηκαν στη Σχολή το σχολικό έτος 1949-1950 από τον Στέφανο Στεφανίδη, Έλληνα εφοπλιστή και κάτοικο της Νέας Υόρκης (Άγνωστος, 1950).

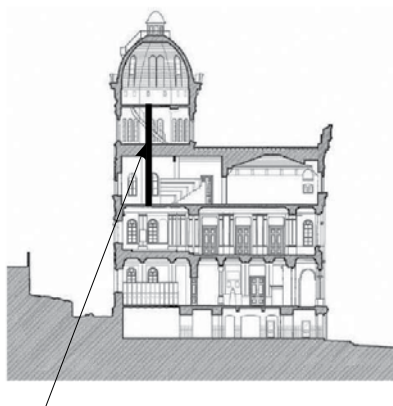
➤ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΚΑΙ ΑΓΟΡΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ 1912-1913

Ο διευθυντής της Σχολής Μιχαήλ Κλεόβουλος, στην αναφορά του για τη δράση της Σχολής κατά το ακαδημαϊκό έτος 1912-1913, αναφέρει ότι κατά το έτος αυτό έγιναν βελτιωτικές εργασίες στο κτήριο της Σχολής, μεταξύ των οποίων κάποιες στον λεγόμενο «τρούλο του Αστεροσκοπείου» καθώς και στην αίθουσα της πειραματικής τάξης φυσικής, η οποία βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον τρούλο (Κλεόβουλος, 1914). Ύστερα από επί τόπου έρευνα στο κτήριο της Σχολής, έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα πως μέρος των εργασιών ήταν η τοποθέτηση αγκίστρου ειδικής ανάρτησης για το εκκρεμές του Foucault σε μία από τις οριζόντιες ξύλινες δοκούς στον τρούλο του αστεροσκοπείου (Εικόνα 2) και η κατασκευή καταπακτής που συνδέει το δάπεδο του τρούλου με την οροφή της αίθουσας της πειραματικής φυσικής (Εικόνα 2) ώστε το εκκρεμές να ταλαντώνεται μπροστά στους μαθητές.



Εικόνα 2. Αριστερά: Το σημείο ανάρτησης του εκκρεμούς στον τρούλο του αστεροσκοπείου. Δεξιά: Η καταπακτή μέσω της οποίας διερχόταν το νήμα του εκκρεμούς στον τρούλο του αστεροσκοπείου (Αμφότερες φωτογραφίες: Δ. Παπίνης).

Η κόκκινη γραμμή στην εικόνα 3 αντιπροσωπεύει την απόσταση μεταξύ του σημείου ανάρτησης στον θόλο και του δαπέδου της αίθουσας της πειραματικής φυσικής. Αυτή η απόσταση είναι 12,1 m, επομένως το μήκος του εκκρεμούς Foucault θα πρέπει να ήταν ελαφρώς μικρότερο από αυτό. Εκτός από τις αλλαγές στο κτήριο, ο Κλεόβουλος αναφέρει ότι έγιναν κάποιες απαραίτητες προσθήκες στη συλλογή οργάνων φυσικής και στο μουσείο φυσικής ιστορίας. Δεν δίνονται περισσότερες πληροφορίες για το είδος των προσθηκών. Ωστόσο, πιστεύουμε ότι ένα μέρος, αν όχι το σύνολο, από τα περίπου είκοσι πέντε όργανα και συσκευές από τη γερμανική εταιρεία Max Kohl (Για την ιστορία της εταιρείας βλ. το Παράρτημα), που κοσμούν σήμερα τη συλλογή της Σχολής, αγοράστηκε τότε.

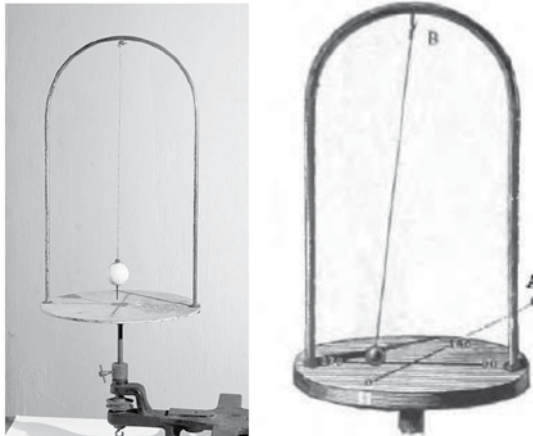


Εικόνα 3. Η χοντρή μαύρη γραμμή αντιστοιχεί στη θέση του εκκρεμούς στο κτήριο της Σχολής (Σχέδιο της Σχολής: Esmer et al., 2022).



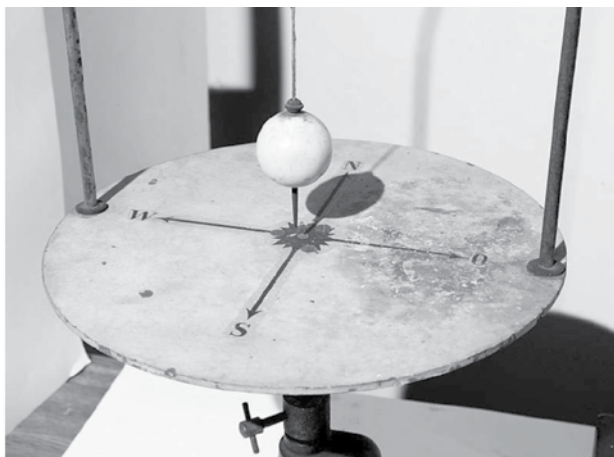
▼ ΤΑ ΕΚΚΡΕΜΗ ΤΗΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

Δύο από αυτά τα όργανα σχετίζονται με το εκκρεμές του Foucault. Το πρώτο αν και δεν είναι στην πραγματικότητα ένα εκκρεμές Foucault, καθώς έχει μικρό μήκος νήματος και μικρή μάζα, είναι ένα χρήσιμο μοντέλο για την επίδειξη της αρχής λειτουργίας του εκκρεμούς. Πρόκειται για ένα απλό εκκρεμές, κατασκευασμένο από ελεφαντόδοντο με μεταλλική ακίδα ως δείκτη, το οποίο αναρτάται από μεταλλικό σκελετό σε περιστρεφόμενη βάση (Εικόνα 4). Η βάση έχει έναν οριζόντιο δίσκο με τα γεωγραφικά σημεία N, O, S και W, όπου το γράμμα O αντιστοιχεί στο Ost (Ανατολή στα γερμανικά) (Εικόνα 5). Η περιστροφή επιτυγχάνεται μέσω μιας φυγοκεντρικής μηχανής (Εικόνα 6). Η περιστροφή της βάσης αντιπροσωπεύει την περιστροφή της Γης και όταν το εκκρεμές έχει τεθεί σε ταλάντωση παρατηρείται ότι το επίπεδο της ταλάντωσής του παραμένει σταθερό και ανεξάρτητο από την περιστροφή της βάσης. Ουσιαστικά, η διάταξη δείχνει τη συμπεριφορά του εκκρεμούς του Φουκώ σε έναν από τους δύο γεωγραφικούς πόλους της Γης. Τόσο το εκκρεμές όσο και η φυγοκεντρική μηχανή είναι κατασκευής Max Kohl.



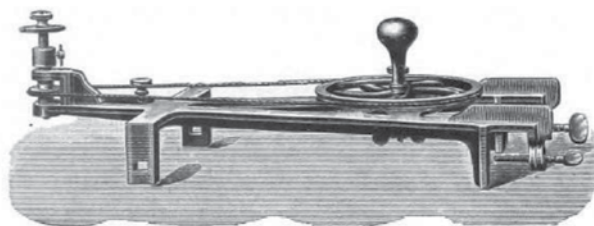
Εικόνα 4. Αριστερά: Το απλό εκκρεμές της Σχολής για την επίδειξη λειτουργίας του εκκρεμούς Foucault (Φωτογραφία: Π. Λάζος).

Δεξιά: Το ίδιο εκκρεμές όπως αποτυπώνεται σε εμπορικό κατάλογο του κατασκευαστή με κωδικό 22003 (Kohl, 1905).

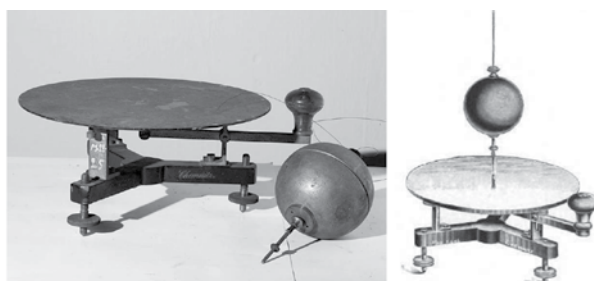


Εικόνα 5. Ο δίσκος με τα σημεία του ορίζοντα (Φωτογραφία: Π. Λάζος).

Η δεύτερη διάταξη, γνωστή ως διάταξη Weinhold, είναι ένα πραγματικό εκκρεμές Foucault. Αποτελείται από το εκκρεμές και μια μεταλλική βάση με ρυθμιζόμενο ύψος και τρεις ισοπεδωτικούς κοχλίες, που φέρει το όνομα του κατασκευαστή (Εικόνα 7).



Εικόνα 6. Φυγοκεντρική μηχανή με κωδικό 21979 (Kohl, 1905).



Εικόνα 7. Αριστερά: Η διάταξη Weinhold για το εκκρεμές του Foucault από τη συλλογή της Σχολής. (Φωτογραφία: Π. Λάζος). Δεξιά: Η ίδια διάταξη από εμπορικό κατάλογο του κατασκευαστή με κωδικό 21960 (Kohl, 1905).



Ένας εμπορικός κατάλογος της εταιρείας Max Kohl περιγράφει τη διάταξη ως εξής: «Μια σφαίρα από χυτοσίδηρο διαμέτρου 10 cm, στερεωμένη σε ένα μακρύ λεπτό χαλύβδινο σύρμα, το οποίο αναρτάται από χαλύβδινο σύνδεσμο Cardan, ταλαντώνεται πάνω από μία στρογγυλή πλάκα, η οποία μπορεί να ανυψωθεί και να χαμηλώσει με έναν μοχλό. Η σφαίρα είναι εφοδιασμένη με ένα μολύβι βυθισμένο σε έγχρωμη γλυκερίνη, το οποίο, όταν το εκκρεμές ταλαντώνεται, τραβάει μία γραμμή στο πιάτο, όποτε το τελευταίο ανασηκώνεται. Το κέντρο βάρους της μπάλας έχει εξακριβωθεί σε λουτρό υδραργύρου. Μάζα της σφαίρας περίπου 4 κιλά, πλάκα στρωμένη με χαρτί.» (Kohl, 1905).

➤ ΠΟΙΟΣ ΑΠΟΦΑΣΙΣΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΣΕ ΤΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΗ;

Δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με το ποιος ήταν υπεύθυνος για την αγορά αυτών των οργάνων ή την εγκατάσταση του εκκρεμούς. Είναι, ωστόσο, δύσκολο να γίνει μία τέτοια αγορά χωρίς την τεχνική και επιστημονική υποστήριξη ενός καθηγητή φυσικής. Κρίνουμε, λοιπόν, απαραίτητο να παρουσιαστούν ορισμένα στοιχεία για τους καθηγητές που θα μπορούσαν να είχαν εμπλακεί στην εγκατάσταση του εκκρεμούς. Θεωρητικά, δάσκαλος της φυσικής και των μαθηματικών στη Σχολή την εποχή που αγοράστήκαν τα όργανα ήταν ο Κορνήλιος Σπαθάρης (1869-1914).

Ο Κορνήλιος Σπαθάρης αποφοίτησε από τη Μεγάλη του Γένους Σχολή το 1886 και σπούδασε στο Πανεπιστήμιο της Σορβόνης όπου μεταξύ των καθηγητών του ήταν ο περίφημος Ζυλ Ανρί Πουανκαρέ (1854-1912). Ήταν γιος του Ανδρέα Σπαθάρη, καθηγητή μαθηματικών και φυσικής που υπηρέτησε τη Σχολή για τριάντα έξι χρόνια, και διαδέχθηκε τον πατέρα του το 1900. Όμως, ο Κορνήλιος από το 1908 απουσίαζε διαρκώς από τη Σχολή καθώς έπασχε από φυματίωση. Αντικαταστάθηκε από τον καλό του φίλο Αθανάσιο Ιωάννου στη φυσική και από τον Γεώργιο Λιανόπουλο στα μαθηματικά. Αφού ταξίδεψε στην Κρήτη και την Ελβετία για θεραπεία, εγκαταστάθηκε το 1913 στην Οδησό, όπου ζούσε η αδελφή του Αιμιλία, και άρχισε να διδάσκει στο τοπικό Ελληνικό Σχολείο αρρένων (Ανεστίδης, 2019). Πέθανε τον Μάιο του 1914.

Ο Αθανάσιος Ιωάννου ήταν χημικός. Γεννήθηκε στην Καισάρεια το 1868. Αποφοίτησε από τη Μεγάλη του Γένους Σχολή το 1886 μαζί με τον Κορνήλιο Σπαθάρη και μετά επέστρεψε στη γενέτειρά του και δίδαξε φυσική και μαθηματικά μέχρι το 1890 στην Ροδοκανάκειο Ιερατική Σχολή (Ιωάννου, 1921). Στη συνέχεια, σπούδασε χημεία στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, όπου εκπόνησε διδακτορική διατριβή (Ιωάννου, 1894). Όταν ο Ιωάννου επέστρεψε στην Κωνσταντινούπολη, εκτός από τη Μεγάλη του Γένους Σχολή, δίδαξε μαθηματικά, φυσική και χημεία στο Ζωγράφο, όπου διέτελεσε και διευθυντής το 1913-1914 και το 1916-1922 (Βετσόπουλος, 1969). Ήταν μέλος του Ελληνικού Φιλολογικού Συλλόγου Κωνσταντινουπόλεως από το 1894 ενώ έγραψε εγχειρίδια για την αριθμητική, την πειραματική φυσική και την οργανική και ανόργανη χημεία. Ο Ιωάννου ήταν υπεύθυνος του εργαστηρίου φυσικής του Ζωγρα-



φείου Γυμνασίου και είχε σημαντική εμπειρία στην πειραματική φυσική. Πέθανε στην Αθήνα το 1956.

Ο Γεώργιος Λιανόπουλος ήταν μαθηματικός. Μέχρι το θάνατό του το 1922, εργάστηκε σχεδόν αδιάκοπα για 50 χρόνια στη Θεολογική Σχολή της Χάλκης, όπου δίδαξε μαθηματικά, φυσική, γεωλογία και κοσμογραφία. Το 1909, σε αναγνώριση της υπηρεσίας του, οι πρώην μαθητές του συγκέντρωσαν το απαραίτητο χρηματικό ποσό, ώστε ο γιος του να συνεχίσει τις σπουδές του μετά το Λύκειο (Μέξης, 1933). Ο Λιανόπουλος δίδαξε επίσης φυσική και μαθηματικά στην Εμπορική Σχολή της Χάλκης και μαθηματικά στη Μεγάλη του Γένους Σχολή.

Δεδομένου ότι ο Λιανόπουλος ήταν κυρίως καθηγητής μαθηματικών με περιορισμένη εμπειρία στην πειραματική φυσική, πιστεύουμε ότι το εκκρεμές πιθανότατα επιλέχθηκε και τοποθετήθηκε είτε από τον Σπαθάρη, ο οποίος πιθανώς είχε δει τέτοιο εκκρεμές κατά τις σπουδές του στη Γαλλία, είτε από τον Ιωάννου. Παραμένει άγνωστο αν το εκκρεμές ήταν μόνιμα αναρτημένο στη θέση του ή αν κάθε φορά αφαιρούσαν μετά τη διεξαγωγή του πειράματος.

Πιθανώς να είναι σύμπτωση, αλλά ένα χρόνο μετά την αγορά των οργάνων από την Σχολή, το τότε Εθνικό Πανεπιστήμιο (σημερινό Πανεπιστήμιο Αθηνών) αγόρασε μία σειρά οργάνων από την εταιρεία Max Kohl. Στον κατάλογο των αποκτηθέντων οργάνων περιλαμβάνονται και οι δύο διατάξεις για το εκκρεμές Foucault που διαθέτει και η Σχολή (Άγνωστος, 1914).

➤ ΗΤΑΝ, ΑΡΑΓΕ, ΤΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ FOUCAULT ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΣΤΗΝ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΗ;

Αυτό είναι ένα ενδιαφέρον και δύσκολο ερώτημα, που δεν μπορεί όμως να απαντηθεί οριστικά προς το παρόν. Σημειώνουμε, πάντως, πως το εκκρεμές ήταν σίγουρα μοναδικό ανάμεσα στα ελληνικά σχολεία της Κωνσταντινούπολης. Επιπλέον, δεν εντοπίστηκε κάποια σχετική αναφορά για οποιοδήποτε άλλο εκπαιδευτικό ίδρυμα της Κωνσταντινούπολης. Τέλος, πληροφορηθήκαμε ότι «δεν υπάρχει κανένα σημάδι οποιουδήποτε εκκρεμούς Φουκώ [...] ή τέτοιου πειράματος στα αρχεία» στο αστεροσκοπείο στο Kandilli. Ωστόσο, «υπάρχουν ακόμη λίγες τοποθεσίες στο αστεροσκοπείο (παλιές αποθήκες κ.λπ.) οι οποίες δεν έχουν διερευνηθεί πλήρως και όπου μπορεί να υπάρχουν υπολείμματα μεγαλύτερων οργάνων» (Mustafa, 2023). Φυσικά, τα προηγούμενα δεν εξαντλούν το θέμα και το ερώτημα παραμένει ανοικτό, αξίζει, δε, περαιτέρω έρευνα όπως και το ευρύτερο ερώτημα για το αν ήταν σε λειτουργία άλλα εκκρεμή Foucault στην Οθωμανική Αυτοκρατορία πριν το 1912. Σημειώνουμε πως στην μοντέρνα Τουρκία έχουν εγκατασταθεί τουλάχιστον δύο εκκρεμή Foucault, στο Ege University Observatory και στο Canakkale Onsekiz Mart University (ÇOMÜ) (Akyol, 1967; Esmer, Dabanli, Kasmu, Kudumovic, Çiftçi, & Cesur, 2013).



▼ ΤΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ

Δεν υπάρχουν γραπτές μαρτυρίες για το πώς και πότε χρησιμοποιήθηκε το εκκρεμές του Foucault στη Σχολή, αλλά είναι βέβαιο ότι δεν παρέμεινε σε αχρηστία. Σύμφωνα με προφορική μαρτυρία του Φάνη Βασαγιώργη, απόφοιτου της Σχολής το 1960, το εκκρεμές χρησιμοποιήθηκε για επίδειξη το ακαδημαϊκό έτος 1959-1960 από τον Κωνσταντίνο Παππά, απόφοιτο του 1957 και καθηγητή μαθηματικών για μικρό χρονικό διάστημα στη Σχολή. Σύμφωνα με τη μαρτυρία, το εκκρεμές αρχικά ακινητοποιούταν σε θέση εκτός της κατακόρυφου με τη βοήθεια ενός νήματος. Στη συνέχεια το νήμα καιγόταν και ξεκινούσε η ταλάντωση. Ο δίσκος ανυψωνόταν με τη βοήθεια του μοχλού σε ένα ορισμένο ύψος ώστε το εκκρεμές να σχεδιάσει μία γραμμή γλυκερίνης πάνω του κατά τη διέλευσή του. Μετά το πρώτο πέρασμα του εκκρεμούς πάνω από το δίσκο, ο δίσκος κατέβαινε και το μάθημα συνεχιζόταν. Περίπου μισή ώρα αργότερα ο δίσκος σηκωνόταν ξανά και χαρασσόταν μια νέα γραμμή. Τότε ο εκπαιδευτικός ζητούσε από τους μαθητές να παρατηρήσουν την τελευταία γραμμή γλυκερίνης, που σχημάτιζε γωνία με την πρώτη γραμμή, με αποτέλεσμα την έναρξη συζήτησης μεταξύ του δασκάλου και των μαθητών σχετικά με την περιστροφή της Γης. Η περίοδος του εκκρεμούς Foucault στο γεωγραφικό πλάτος της Κωνσταντινούπολης είναι περίπου 36 h. Άρα σε χρονικό διάστημα μισής ώρας το επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς αναμένεται να έχει περιστραφεί κατά 5°. Ο Παππάς πρέπει ως μαθητής να είχε δει αυτή την επίδειξη από τον Αιμίλιο Καρούσο, καθηγητή φυσικής και μαθηματικών στη Σχολή μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1950 (Λάζος, 2023). Φαίνεται ότι λίγο μετά τη συνταξιοδότηση του Καρούσου οι επιδείξεις σταμάτησαν.

▼ ΤΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ ΣΤΟ ΠΑΡΟΝ ΚΑΙ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 η οροφή της αίθουσας της πειραματικής φυσικής επισκευάστηκε και το άνοιγμα της καταπακτής καλύφθηκε πλήρως. Τώρα μόνο το πάνω μέρος της καταπακτής είναι ορατό στο πάτωμα του «τρούλου». Ως αποτέλεσμα, δεν είναι πλέον δυνατή η τοποθέτηση του εκκρεμούς στην αρχική του θέση.

Πιστεύουμε ότι η επανεγκατάσταση του εκκρεμούς, στην αρχική του θέση ή σε άλλη κατάλληλη, θα εξυπηρετήσει διττό σκοπό. Πρώτον, θα αναδείξει την πλούσια πολιτιστική και υλική ιστορία της Σχολής. Επιπλέον, η χρήση του εκκρεμούς Foucault στη σύγχρονη διδακτική διαδικασία θα ήταν σίγουρα ενδιαφέρουσα για τους μαθητές και θα μπορούσε να αποτελέσει ένα σημαντικό μέρος ενός μαθήματος σχετικά με την περιστροφή της Γης. Είναι αλήθεια ότι η αποτελεσματικότητα του εκκρεμούς στη διδασκαλία είναι ένα αμφιλεγόμενο θέμα. Οι Orrea (1995) και Crane (1990) διατυπώνουν διαμετρικά αντίθετες θέσεις πάνω στο θέμα. Ωστόσο, πιστεύουμε ότι η συνεργασία των δύο διατάξεων που διαθέτει η Σχολή θα ήταν μια χρήσιμη στρατηγική για την επίδειξη της περιστροφής της Γης με κατανοητό τρόπο.



Η εργασία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εργασία με τίτλο: "The Foucault Pendulum of the Phanar Greek Orthodox College in Istanbul: The First in Istanbul?" η οποία δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Studies in Ottoman Science*, 24(2), 723-741, 2023, doi: 10.26650/oba.1284348.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Akyol, U. (1967). *A study on the Foucault pendulum at Ege University Observatory*. Bornova: Ege Universitesi Matbaasi.
- Brenni, P. (2012). The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930. *Science & Education*, 21, 191–226.
- Challis, J. Rev. (1852). A Mathematical Theory of M. Foucault's Pendulum Experiment. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 3(19), 331-334.
- Crane, H. R. (1990). The Foucault Pendulum as a Murder Weapon and a Physicist's Delight. *The Physics Teacher*, 28(5), 264-269.
- Eker, Z., Demircan, O., Kirbiyik, H., & Bilir, S. (2013). Astronomy in Modern Turkey. In A. Heck (Eds.), *Organizations, People and Strategies in Astronomy. Vol 2*. Duttlenheim: Venngeist.
- Esmer, M., Dabanli, Ö., Kasmu, R., Kudumovic, L., Çiftçi, A., & Cesur, S. E. (2022). Mekteb-i Kebir ya da Kırmızı Mektebi Belgelemek. *Mimar.ist*, 22, 74, 72-82.
- Foucault, L. (1851). Démonstration Physique du Mouvement de Rotation de la Terre au Moyen du Pendule. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 32, 135-138.
- Kohl, M. (1905). *Physikalische Apparate, Preisliste 21*. Chemnitz.
- Kruglak, H., Oppliger, L., Pittet, R., & Steele, S. (1978). A Short Foucault Pendulum for a Hallway Exhibit. *American Journal of Physics*, 46, 438-440.
- Lazos, P., Vlahakis, G. N., & Skordoulis, C. (2020). Instruments and Laboratories in the Schools of the Greek Community of Istanbul, 1850–1960. In N. Brown, S. Ackermann & F. Günergun (Eds.), *Scientific Instruments between East and West* (pp. 168-186). Leiden: Brill.
- Leonard, B. E. (1981). A Short Foucault Pendulum for Corridor Display. *The Physics Teacher*, 19, 421-423.
- L'illustration. April 5, 1851.
- Oprea, J. (1995). Geometry and the Foucault Pendulum. *The American Mathematical Monthly*, 102(6), 515-522.
- Roberts, W. (1895). A Foucault Pendulum at Dublin. *Nature*, 51, 510-511.
- Tobin, W., & Pippard, P. (1994). Foucault, His Pendulum and the Rotation of the Earth. *Interdisciplinary Science Reviews*, 19(4), 326-337.
- Mustafa, Aktar (Department of Geophysics, Professor Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici University, İstanbul), Επικοινωνία μέσω email με τον συγγραφέα της εργασίας, 6 Μαΐου, 2023.
- Άγνωστος. (1905). *Ημερολόγιο του έτους 1906*. Εν Κωνσταντινουπόλεϊ: Εθνικά Φιλανθρωπικά Καταστήματα εν Κωνσταντινούπολει.
- Άγνωστος. (1914). *Κατάλογος των βιβλίων και οργάνων των φροντιστηρίων και εργαστηρίων του Εθνικού Πανεπιστημίου. Τόμος Β'*. Εν Αθήναις: Εκ του τυπογραφείου Παρασκευά Λεώνη.
- Άγνωστος, (1950). *Έκθεσις των πεπραγμένων εν τη Μ. Σχολή κατά το σχολικόν έτος 1949-50*. Φανάριον.



- Ανεσιτίδης, Σ. Θ. (2019). *Πατριαρχικής Μεγάλης του Γένους Σχολής Πάνθεον. Δεκαεπτά Προσωπογραφίες*. Αθήνα: Σύνδεσμος των εν Αθήναις Μεγαλοσχιολίων.
- Βετσόπουλος, Β. (1969). Οι δάσκαλοί μου της Πόλης. *Αρχαίον Θράκης*, 161.
- Γριτσόπουλος, Τ. (2004) *Πατριαρχική Μεγάλη του Γένους Σχολή. Τόμοι 1 και 2*. Αθήνα.
- Ιωάννου, Α. (1894). *Πραγματεία περί της ατομικότητας των στοιχείων, Εναίσιμος επί διδακτορία διατριβή*. Εν Αθήναις: Εκ του τυπογραφείου των καταστημάτων Ιωάννου Νικολαΐδου.
- Ιωάννου, Α. (1921). *Μαθήματα Χημείας Ανοργάνου και Οργανικής*. Εν Κωνσταντινούπολι: Εκ του τυπογραφείου Κ. Μακρίδου και Ι. Αλευρόπουλου.
- Κλεόβουλος, Ε. (1866). *Λογοδοσία περί του σχολικού έτους 1856-1866 της εν Κωνσταντινουπόλει Μεγάλης του Γένους Σχολής*. Εν Κωνσταντινούπολι: Τύποις Ανατολικού Αστέρου.
- Κλεόβουλος, Μ. (1914). *Έκθεσις των πεπραγμένων εν τη Πατριαρχική Μεγάλη του Γένους Σχολή κατά το σχολικόν έτος 1912-1913*. Εν Κωνσταντινούπολι: Τύποις Αδελφών Γεράρδων.
- Λάζος, Π. (2023). Ο φυσικομαθηματικός Αιμίλιος Καρούσος (1886-1970), 45 χρόνια προσφοράς. Στο Ε. Αχλάδη & Σ. Τσιλένης (Επιμ.), *Η Λογιοσύνη της Πόλης. Εκπαιδευτικοί και λογοτέχνες της σύγχρονης περιόδου* (σσ. 67-83). Σισμανόγλειο Μέγαρο - Γενικό Προξενείο της Ελλάδας στην Κωνσταντινούπολη & Εταιρεία Μελέτης της καθ' ημάς Ανατολής.
- Μέξης, Α. (1933). *Η εν Χάλκη Ιερά Θεολογική Σχολή. Ιστορικά σημειώματα (1844-1935)*. Κωνσταντινούπολη.
- Παλαμάς, Γ. (1879). *Έκθεσις της πνευματικής και υλικής καταστάσεως της Μ. Του Γένους Σχολής, κατά το σχολικόν έτος 1878-1879*. Εν Κωνσταντινούπολι: Τύποις Ανατολικού Αστέρου.
- Παλαμάς, Γ. (1880). *Έκθεσις της πνευματικής και υλικής καταστάσεως της Μ. Του Γένους Σχολής, κατά το σχολικόν έτος 1879-1880*. Εν Κωνσταντινούπολι: Πατριαρχικό Τυπογραφείο.
- Παλαμάς, Γ. (1881). *Έκθεσις της πνευματικής και υλικής καταστάσεως της Μ. Του Γένους Σχολής, κατά το σχολικόν έτος 1880-1881*. Εν Κωνσταντινούπολι: Πατριαρχικό Τυπογραφείο.
- Τσιλένης, Σ. (1998). Η Μεγάλη του Γένους Σχολή στην Κωνσταντινούπολη και ο αρχιτέκτονας της Κωνσταντίνος Δημάδης. *The World of Buildings*, 16, 100-112.
- Τσιλένης, Σ. (2004). Το κτήριο της Μεγάλης του Γένους Σχολής και ο δημιουργός της Κ. Δημάδης. Στο *Πρακτικά επιστημονικής ημερίδας, Πατριαρχική Μεγάλη του Γένους Σχολή. Ιστορία και προσφορά* (σσ. 323-366). Αθήνα: Εταιρεία Μελέτης της καθ' ημάς Ανατολής.
- <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/how-does-foucaults-pendulum-prove-earth-rotates-180968024/> (ανακτήθηκε 12/08/2023)
- https://dam.media.un.org/CS.aspx?VP3=DamView&VBID=2AM94S7SH9_C&PN=1&WS=SearchResults&FR=1&W=1280&H=577 (ανακτήθηκε 12/08/2023)
- <https://www.deutsches-museum.de/en/museum-island/exhibitions/foucaults-pendulum> (ανακτήθηκε 12/08/2023)
- [https://saebi.isgv.de/biografie/Max_Kohl_\(1853-1908\)](https://saebi.isgv.de/biografie/Max_Kohl_(1853-1908)) (ανακτήθηκε 12/08/2023)
- <https://chemnitz-gestern-heute.de/max-kohl-chemnitz/> (ανακτήθηκε 12/08/2023)



Παράρτημα: Η εταιρεία κατασκευής επιστημονικών οργάνων Max Kohl

Ο Max Hans Robert Kohl (1853-1908) ίδρυσε μια εταιρεία κατασκευών μηχανολογικής ακριβείας στη γερμανική πόλη Chemnitz το 1876. Η εταιρεία ήταν επιτυχημένη και σε μόλις δύο χρόνια απασχολούσε ήδη δεκαεννέα υπαλλήλους. Η παραγωγή αφορούσε όργανα, και διατάξεις για επιστημονικούς σκοπούς και κυρίως για χρήση σε εργαστήρια εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, όπως σχολεία και πανεπιστήμια.

Η εταιρεία μετακόμισε αρκετές φορές καθώς οι δραστηριότητές της μεγάλωναν και εγκαταστάθηκε τελικά το 1898-1899 σε ένα μεγάλο ιδιόκτητο εργοστάσιο με υπόγειο, τέσσερις ορόφους και σοφίτα, στο οποίο εργαζόντουσαν περισσότεροι από διακόσιοι υπάλληλοι (chemnitz-gestern-heute.de).

Ο Max Kohl υπηρέτησε ταυτόχρονα ως άμισθος δημοτικός σύμβουλος της πόλης του Chemnitz από το 1905 έως ότου πέθανε από διαβήτη το 1908 (saebi.isgv.de). Η εταιρεία συνέχισε να λειτουργεί χωρίς διακοπή, έχοντας πλέον μετοχική μορφή. Στο αποκορύφωμά της, στο πρώτο μισό της δεκαετίας του 1910, απασχολούσε πεντακόσιους υπαλλήλους, ενώ δίπλα στο αρχικό κτήριο κατασκευάστηκε δεύτερο πεντάορο κτήριο για ξυλουργικές εργασίες και εργασίες συναρμολόγησης.

Σημαντικός λόγος για τη μεγάλη επιτυχία της εταιρείας ήταν η έκδοση πολυτελών, πολύγλωσσων και ογκωδών εμπορικών καταλόγων με πλούσια εικονογράφηση και χιλιάδες συσκευές και όργανα (Brenni, 2012). Οι κατάλογοι περιείχαν επίσης αρκετές σελίδες με θετικά σχόλια από καθηγητές, δασκάλους, επιστήμονες και απλούς ανθρώπους που είχαν αγοράσει ή δοκιμάσει τα προϊόντα της εταιρείας. Η γεωγραφική εξάπλωση των πελατών είναι εντυπωσιακή, καθώς προέρχονται κυριολεκτικά από όλο τον κόσμο, γεγονός που αναδεικνύει την εξάπλωση του δικτύου της εταιρείας.

Η εταιρεία αντιμετώπισε οικονομικές δυσκολίες μετά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο και την οικονομική κρίση του Μεσοπολέμου αλλά κατάφερε να ανταπεξέλθει, αν και μείωσε το προσωπικό και την παραγωγή. Τελικά, ήταν ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος που σήμανε το τέλος της καριέρας της εταιρείας, καθώς, αν και η κτιριακή υποδομή παρέμενε σχετικά αλώβητη, ο μηχανικός εξοπλισμός μεταφέρθηκε στη Σοβιετική Ένωση ως μέρος των πολεμικών αποζημιώσεων. Το 1949 η εταιρεία απορροφήθηκε από την κρατική εταιρεία της Ανατολικής Γερμανίας VEB Buchungsmaschinenwerk Karl-Marx-Stadt.

Στις μέρες μας, μεγάλος αριθμός οργάνων και διατάξεων της εταιρείας σώζεται σε πανεπιστήμια, σχολεία και μουσεία σε όλο τον κόσμο. Μεταξύ αυτών είναι τα τρία ελληνικά σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Κωνσταντινούπολης, δηλαδή η Μεγάλη του Γένους Σχολή, το Ζωγράφειο και το Ζάππειο.