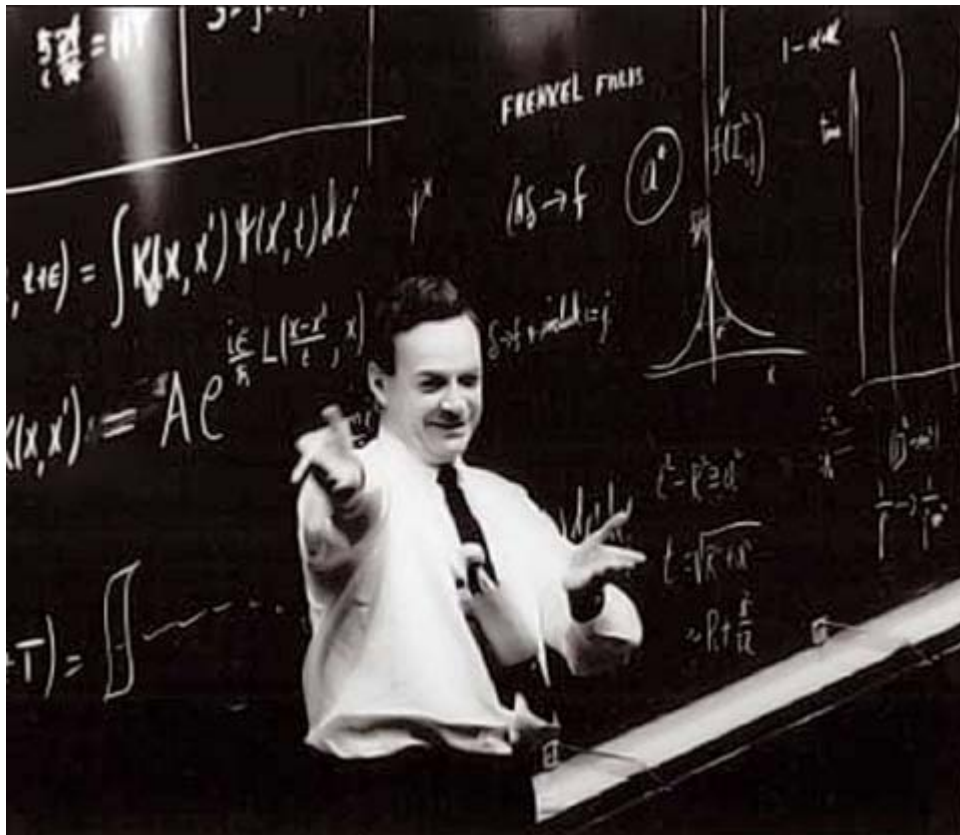


... στο κύκλωτρο του Πρίνστον



(...) Όταν έφτασα στο Πρίνστον, πήγα την Κυριακή το απόγευμα για τσάι και το βράδυ στο δείπνο φορώντας την τήβεννο. Τη Δευτέρα, όμως, το πρώτο πράγμα που ήθελα να κάνω ήταν να δω το κύκλωτρο.

Το MIT, όταν ήμουν φοιτητής εκεί, είχε κατασκευάσει το δικό του κύκλωτρο - ήταν πανέμορφο! βρισκόταν σε μια αίθουσα, και οι συσκευές ελέγχου του σε κάποια άλλη. Επρόκειτο για ένα μηχανολογικό θαύμα. Τα σύρματα κατευθύνονταν με υπόγειες σήραγγες από την αίθουσα ελέγχου - όπου υπήρχε μια ολόκληρη κονσόλα με κουμπιά και μετρητές - στο κύκλωτρο. Θα το ονόμαζα το «επίχρυσο κύκλωτρο». Είχα διαβάσει αρκετά για πειράματα με κύκλωτρο. Από αυτά, τα περισσότερα δεν είχαν γίνει στο MIT - το οποίο τότε ανέπτυξε τον συγκεκριμένο τομέα - αλλά στα Πανεπιστήμια Cornell και Μπέρκλεϊ, και κυρίως στο Πρίνστον. Έτσι, το μόνο που πραγματικά ήθελα να δω, που λαχταρούσα να δω, ήταν το **ΚΥΚΛΩΤΡΟ ΤΟΥ ΠΡΙΝΣΤΟΝ**. Αυτό πρέπει να ήταν κάτι.

Το πρώτο λοιπόν που έκανα τη Δευτέρα ήταν να πάω στο κτήριο φυσικής και να ρωτήσω: «Που βρίσκεται το κύκλωτρο, σε ποιο κτήριο;».

«Κάτω, στο υπόγειο - στην άκρη του διαδρόμου».

Στο υπόγειο; Παραξενεύτηκα. Το κτήριο ήταν παλιό. Δεν υπήρχε αίθουσα κατάλληλη για κύκλωτρο στο υπόγειο. Προχώρησα ως την άκρη του διαδρόμου, πέρασα μια πόρτα, και σε δέκα δευτερόλεπτα έμαθα γιατί το Πρίνστον μου ταίριαζε - το καλύτερο μέρος για ένα φοιτητή σαν εμένα. Σε εκείνη την αίθουσα υπήρχαν καλώδια κολλημένα παντού! Διακόπτες κρέμονταν από τα καλώδια, νερό έσταζε από βαλβίδες, και ο χώρος ήταν γεμάτος υλικά. Παντού τραπέζια φορτωμένα με εργαλεία. Ήταν η πιο απίθανη ακαταστασία που μπορούσε να δει κανείς. Ολόκληρο το

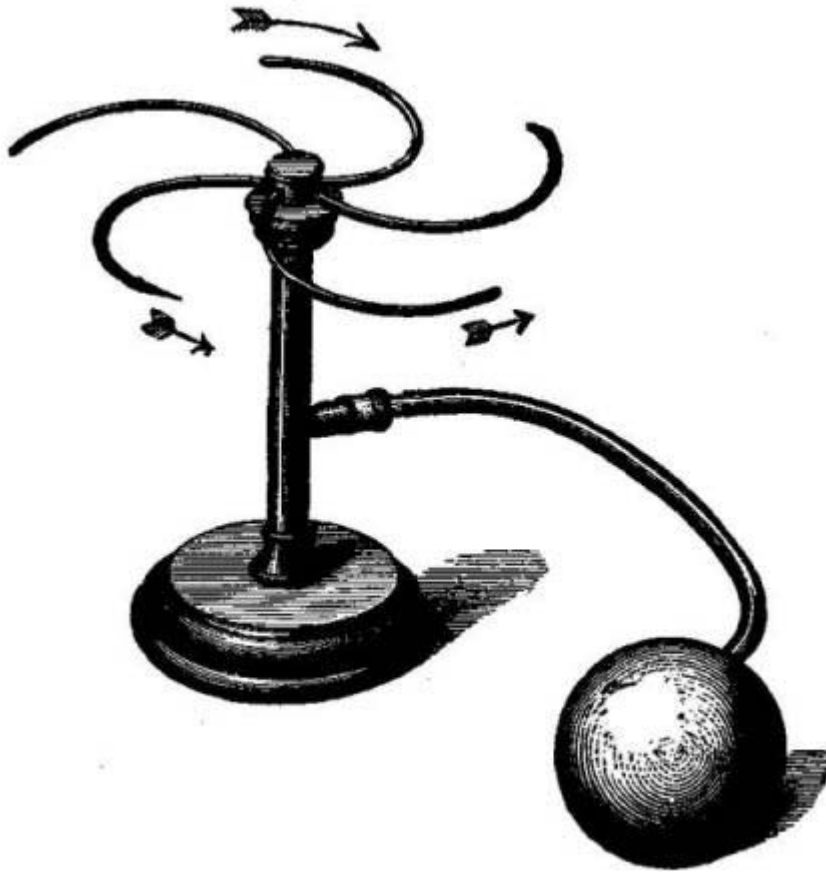
κύκλωτρο βρισκόταν σε εκείνη τη μοναδική αίθουσα – το απόλυτο χάος.
Μου θύμιζε το εργαστήριο στο σπίτι μου. Τότε κατάλαβα γιατί παρήγαγε τόσα αποτελέσματα: Αυτοί δούλευαν με τον επιταχυντή! Αυτοί τον είχαν φτιάξει! Ήξεραν που βρισκόταν το κάθε τι, ήξεραν πως δούλευε το καθετί: δεν ήταν δουλειά μόνο κάποιου μηχανολόγου – αν υπήρχε τέτοιος, δούλευε και αυτός μαζί με τους άλλους. Ήταν πολύ μικρότερο από το πανάκριβο, «επίχρυσο» κύκλωτρο του MIT. Στην ουσία, ήταν ακριβώς το αντίθετο!

Όταν ήθελαν να στεγανοποιήσουν κάτι, χρησιμοποιούσαν ρητίνη γλυφθάλης· έτσι υπήρχαν σταγόνες αυτού του μονωτικού παντού στο πάτωμα. Ήταν θαυμάσια! Δούλευαν στο ίδιο κύκλωτρο. Δεν κάθονταν σε ένα άλλο δωμάτιο πατώντας κουμπιά! (Παρεμπιπτόντως, η συγκεκριμένη αίθουσα άρπαξε φωτιά λόγω της χαοτικής ακαταστασίας, και το κύκλωτρο καταστράφηκε. Αλλά θα προτιμούσα να μη μιλήσω για το θέμα αυτό.)

(Όταν πήγα στο Cornell, είδα και το δικό τους κύκλωτρο. Ήταν μικρό και δεν χρειαζόταν ειδική αίθουσα. Με διάμετρο 1 περίπου μέτρο, δικαίως θεωρούνταν το μικρότερο κύκλωτρο του κόσμου· ωστόσο έδινε φανταστικά αποτελέσματα. Διέθεταν όλες τις απαιτούμενες τεχνικές και κάθε μέσο. Αν ήθελαν να αλλάξουν κάτι στα «D» – τους κοίλους, ημικυκλικού σχήματος δακτυλίους όπου περιστρέφονται τα σωματίδια – έπαιρναν το κατσαβίδι και τα αφαιρούσαν με το χέρι, τα έφτιαχναν και τα ξαναέβαζαν στη θέση τους. Στο Πρίνστον ήταν εξαιρετικά δύσκολο να γίνει κάτι τέτοιο, ενώ στο MIT θα χρειαζόταν ολόκληρος γερανός, που έπρεπε να μπει από την οροφή!)....

(....)

Κάποτε κάναμε ένα πολύ παράξενο πείραμα στο εργαστήριο του κυκλώτρου του Πρίνστον. Υπήρχε στα βιβλία υδροδυναμικής ένα **γνωστό πρόβλημα, το εξής:** Έχεις μια περιστρεφόμενη συσκευή ποτίσματος του γκαζόν με βραχίονα σε σχήμα S, και το εξερχόμενο νερό σχηματίζει ορθές γωνίες ως προς τον άξονα περιστροφής, κάνοντας το βραχίονα να περιστρέφεται κατά μια ορισμένη φορά. Όλοι ξέρουν τη φορά περιστροφής: αντίθετη προς το εξερχόμενο νερό. Και να η ερώτηση: Αν είχες μια λίμνη, ή μια πισίνα, και τοποθετούσες τη συσκευή ποτίσματος κάτω από το νερό, έτσι ώστε να ρουφά νερό αντί να το εκτοξεύει, με ποια φορά θα περιστρεφόταν ο βραχίονας;



Η απάντηση

είναι οφθαλμοφανής και πέρα για πέρα ξεκάθαρη. Ωστόσο, τότε δεν συμφωνούσαμε μεταξύ μας, και υπήρχε έντονη διχογνωμία. Έτσι, όλοι συζητούσαμε, θυμάμαι, σε ένα ειδικό σεμινάριο ή τσάι, οπότε κάποιος απευθύνθηκε στον καθηγητή John Wheeler και ζήτησε τη γνώμη του σχετικά με το πρόβλημα.

«Χθες ο Feynman με είχε πείσει ότι γυρνούσε προς τα πίσω. Σήμερα με έπεισε το ίδιο καλά ότι γυρίζει προς τα μπρος. Δεν ξέρω τι θα με πείσει αύριο!», δήλωσε ο Wheeler. Θα σας πω ένα επιχείρημα για να πειστείτε ότι γυρίζει έτσι, και ένα άλλο επιχείρημα για να πειστείτε ότι γυρίζει ανάποδα.

Το πρώτο λοιπόν: Όταν ρουφά νερό, είναι σαν η συσκευή να τινάζει το νερό προς τα μέσα, οπότε ο βραχίονας θα περιστρέφεται με φορά αντίθετη του εισερχομένου νερού.

Αλλά μετά ένας άλλος έρχεται και λέει: «Υποθέστε ότι κρατάμε το βραχίονα ακίνητο και ρωτάμε ποια ροπή στρέψης χρειάζεται ώστε να μπορούμε να τον κρατάμε ακίνητο. Στην περίπτωση όπου το νερό τινάζεται προς τα έξω, όλοι ξέρουμε ότι πρέπει να κρατήσουμε τις άκρες του βραχίονα, λόγω της φυγόκεντρης δύναμης που αναπτύσσεται από την κυκλική ροή του νερού. Τώρα, όταν το νερό ρέει γύρω από την ίδια καμπύλη κατά την αντίθετη φορά, η αναπτυσσόμενη φυγόκεντρη δύναμη θα είναι η ίδια. Οπότε οι δυο περιπτώσεις είναι όμοιες, και ο βραχίονας θα περιστρέφεται κατά την ίδια φορά, είτε εκτοξεύει νερό είτε εισροφά».

Έπειτα από λίγη σκέψη, κατέληξα στην απάντηση. Ήθελα όμως να κάνω ένα πείραμα για να την επιβεβαιώσω.

Στο κύκλοτρο του εργαστηρίου του Πρίνστον είχαν μια τεράστια φιάλη νερού που φάνηκε ότι έπρεπε για το πείραμα. Τάπωσα τη φιάλη με ένα μεγάλο πάμα φελλού. Πήρα ένα κομμάτι χάλκινο σωλήνα και το δίπλωσα σε σχήμα S. Στο μέσο άνοιξα μια

τρύπα και της εφάρμοσα ένα κομμάτι λαστιχένιου σωλήνα, το άλλο άκρο του οποίου το έχωσα στη φιάλη περνώντας το μέσα από μια τρύπα στο πώμα φελλού. Άνοιξα άλλη μια τρύπα στο πώμα και πέρασα μέσα στη φιάλη έναν άλλο λαστιχένιο σωλήνα, τον οποίο συνέδεσα με τη συσκευή πεπιεσμένου αέρα του εργαστηρίου.

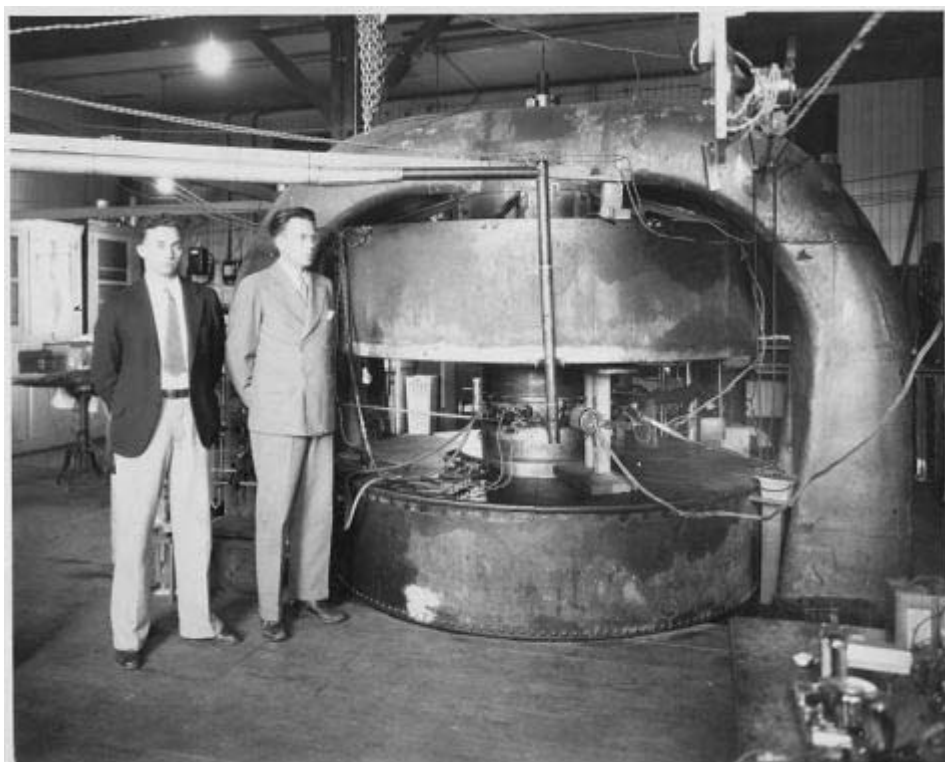
Διοχετεύοντας αέρας τη φιάλη, περίμενα ότι το νερό θα εισερχόταν στον χάλκινο σωλήνα ακριβώς σαν να του το διοχέτευα εγώ. Ο σωλήνας σε σχήμα S δεν θα περιστρεφόταν βέβαια για πολύ ώρα, διότι το λάστιχό του θα στριβόταν. Ήθελα απλώς να μετρήσω την ταχύτητα της εκροής του νερού μετρώντας πόσο μακριά θα εκτινασσόταν από τα άκρα του σωλήνα.

Όλα ήταν έτοιμα, και αφήνω αέρα: «Παπ!». Το πώμα πετάχτηκε μακριά. Αφού το έσφιξα καλύτερα, ξαναδοκίμασα, και το πείραμα πήγαινε αρκετά καλά. Το νερό έβγαινε κανονικά, και ο λαστιχένιος σωλήνας άρχισε να στρίβεται. Αύξησα λίγο την πίεση, διότι παίρνεις πιο ακριβείς μετρήσεις όταν η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη. Μέτρησα πολύ προσεκτικά τη γωνία και την απόσταση, αύξησα την πίεση ξανά, οπότε όλη η διάταξη τινάχθηκε στον αέρα - το εργαστήριο γέμισε νερό και γυαλιά.

Ένας φίλος που παρακολουθούσε καταβράχηκε και χρειάστηκε να πάει στο σπίτι του για να αλλάξει (από θαύμα δεν κοπήκαμε με τα γυαλιά). Πολλές φωτογραφίες του θαλάμου Wilson που είχαν τραβηχτεί με τη χρήση του κύκλωτρο καταστράφηκαν.

Μόνο εγώ, που για κάποιο λόγο στεκόμουν μακριά, δεν πολυβράχηκα. Αλλά ποτέ δεν θα ξεχάσω ότι ήρθε ο μεγάλος καθηγητής Del Sasso, υπεύθυνος για το κύκλωτρο, και μου είπε αυστηρά: «Τα πειράματα των πρωτοετών πρέπει να γίνονται στο εργαστήριο πρωτοετών!»

Richard P. Feynman «Σίγουρα θα αστειεύεστε κύριε Φάινμαν»



Ο Ernest O. Lawrence (δεξιά) ήταν αυτός που εμπνεύστηκε το κύκλωτρο και το κατασκεύασε σε συνεργασία με τον M. Stanley Livingston (αριστερά). Εδώ βρίσκονται μπροστά στο κύκλωτρο 27 ιντσών στο εργαστήριο του Πανεπιστημίου Berkeley της Καλιφόρνια, το 1934

