

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΦΟΡΤΙΩΝ WIMSHURST

ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ

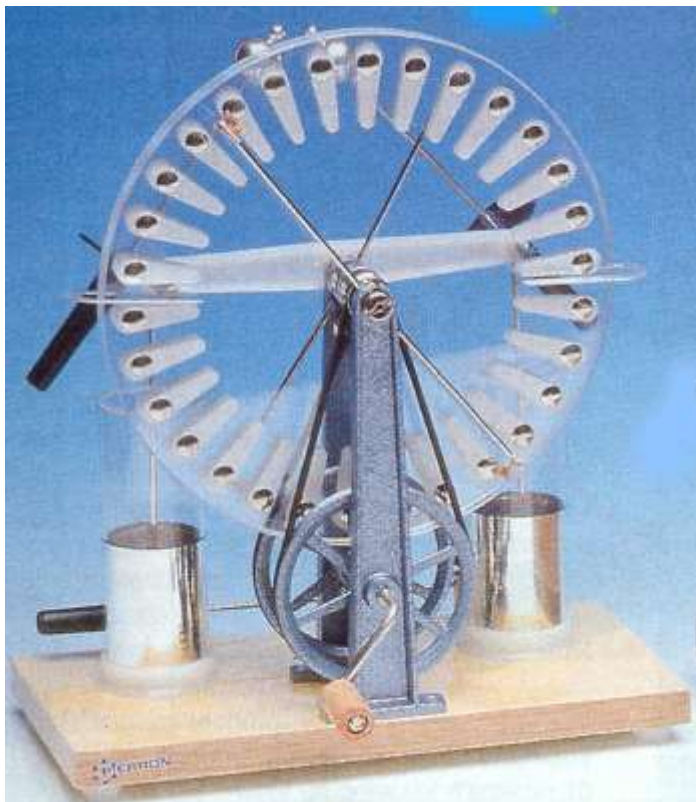
Αποτελείται από δύο δίσκους που περιστρέφονται αντίθετα και δύο ποτήρια Laden (πυκνωτές). Στον κάθε δίσκο είναι κολλημένα περιφερειακά και συμμετρικά, αλουμινένια ελάσματα. Μπροστά από κάθε δίσκο υπάρχει μεταλλικό στέλεχος που στα άκρα του φέρνει μεταλλικές ψήκτρες (βουρτσάκια). Τα δύο αυτά στελέχη διέρχονται από τον κοινό άξονα περιστροφής των δίσκων και πρέπει να είναι πάντα κάθετα μεταξύ τους και να σχηματίζουν με την οριζόντια διάμετρο των δίσκων γωνία περίπου 45 μοίρες. Οι ψήκτρες πρέπει να εφάπτονται των οπλισμών των δίσκων.

Οι δίσκοι στα άκρα της οριζόντιας διαμέτρου τους περιβάλλονται από δύο ακιδοφόρα μεταλλικά πεταλοειδή στελέχη, που συνδέονται με δύο μεταλλικούς αγωγούς και τους πυκνωτές.

Κάθε μεταλλικός αγωγός φέρει στο ένα άκρο του μεταλλική σφαίρα και στο άλλο άκρο μονωτική λαβή. Κρατώντας τις μονωτικές αυτές λαβές μπορούμε να πλησιάσουμε ή να απομακρύνουμε τις δύο μεταλλικές σφαίρες μεταξύ τους.

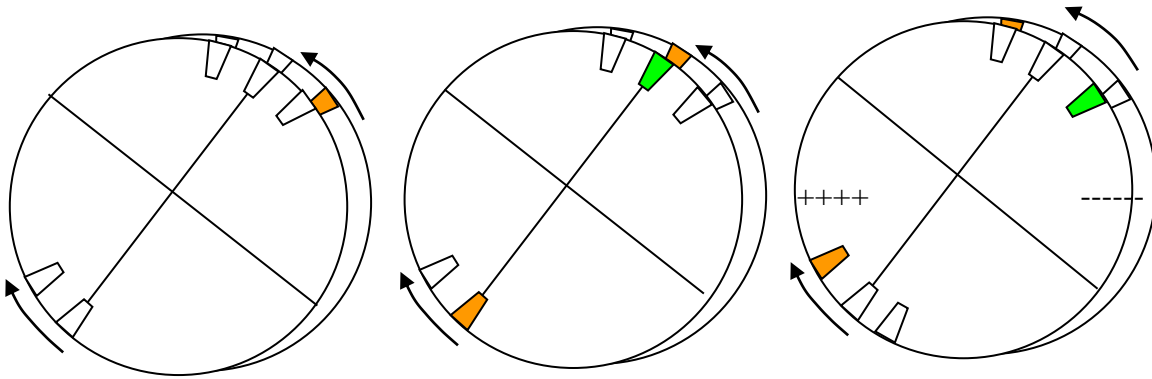
Οι δύο αυτές μεταλλικές σφαίρες αποτελούν τους πόλους της μηχανής μεταξύ των οποίων αναπτύσσεται μεγάλη διάφορα δυναμικού.

Οι εξωτερικοί οπλισμοί των πυκνωτών μπορούν να συνδεθούν με τη βοήθεια ενός οριζόντιου μεταλλικού στελέχους που έχει μονωτική λαβή. Όταν αρχίζουμε να στρέφουμε με τη μανιβέλα



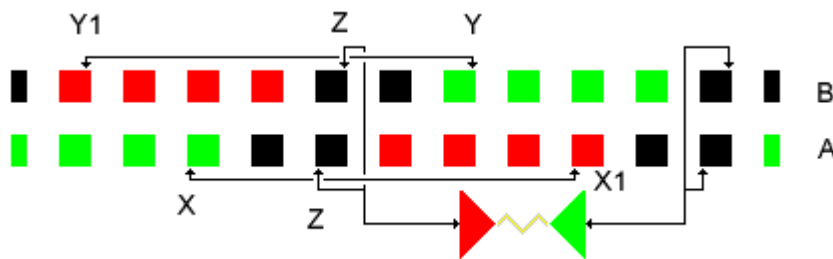
τους δίσκους της μηχανής, ακούμε μετά από λίγο χρόνο χαρακτηριστικό τριγμό, που δείχνει ότι η μηχανή έχει διεγερθεί και τότε, αν πλησιάσουμε τις σφαίρες του εκκενωτή, παράγονται μεταξύ τους ηλεκτρικοί σπινθήρες.

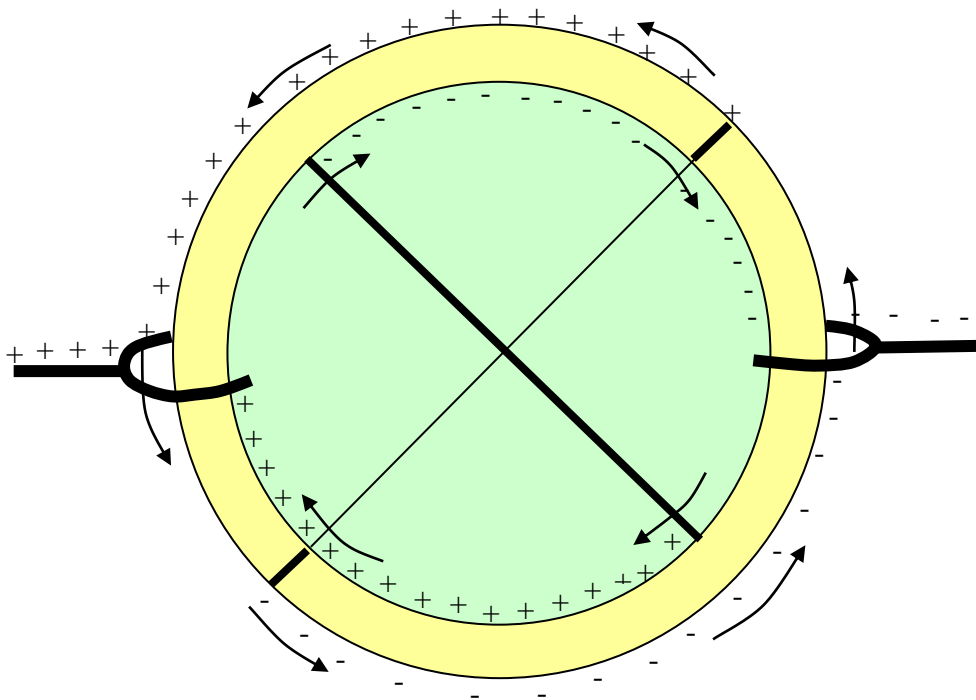
ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ



Την ερμηνεία θα προσπαθήσουμε να τη δώσουμε με τις τρεις παραπάνω εικόνες που είναι 3 διαδοχικές θέσεις των δίσκων. Έστω ότι έχουμε αρχικά ένα φορτισμένο έλασμα θετικά φορτισμένο (το κόκκινο στην εικόνα 1 που βρίσκεται στον πίσω δίσκο). Αυτό θα φορτίζει αρνητικά εξ' επαγωγής το απέναντι έλασμα του μπροστινού δίσκου όταν διασταυρώνεται με αυτό. Όταν όμως απομακρύνεται το έλασμα του απέναντι δίσκου, η εξ επαγωγής φόρτιση θα εξαφανιστεί εκτός εάν περάσει από το σημείο που βρίσκεται το μεταλλικό στέλεχος. Τότε το απέναντι έλασμα θα φορτιστεί αρνητικά (πράσινο) και το αντιδιαμετρικό του που συνδέεται με το μεταλλικό στέλεχος, θετικά (κόκκινο). Αυτό φαίνεται στην εικόνα 2.

Στην επόμενη φάση, όταν χάσουν την ηλεκτρική επαφή τους (μέσω του στελέχους), τα δύο αυτά ελάσματα θα έχουν πλέον φορτιστεί το ένα θετικά και το άλλο αρνητικά. Εικόνα 3. Έτσι το ένα φορτισμένο έλασμα φόρτισε άλλα δύο. Τα άλλα δύο θα φορτίσουν άλλα 4 κοκ. Έτσι δημιουργείται το φαινόμενο της χιονοστιβάδας. Τα ελάσματα που περνάνε από τα ακιδοφόρα σημεία εναποθέτουν το φορτίο τους στους πυκνωτές και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Παρατηρήστε ότι από την δεξιά μεριά της εικόνας θα συσσωρεύονται τα αρνητικά φορτία και από την αριστερή τα θετικά.





Μετά από μερικές στροφές τα φορτία στα ελάσματα των δίσκων θα κατανέμονται όπως στην παραπάνω εικόνα.

Επειδή ακόμη και μετά από πολύ καιρό η μηχανή έχει εναπομείναντα φορτία τα οποία λειτουργούν ως «μαγιά» για τη λειτουργία της, η πολικότητα της συσκευής, δηλαδή το ποιά άκρο είναι το θετικό και ποιά το αρνητικό παραμένει πάντα σταθερή. Αν θέλουμε να αλλάξουμε την πολικότητα της συσκευής θα πρέπει να την περιστρέψουμε 2-3 κύκλους ανάποδα. Αν μετά από πολύ καιρό η συσκευή είναι εντελώς αφόρτιστη, μπορεί να μην λειτουργεί. Για να δημιουργήσουμε το απαραίτητο αρχικό φορτίο (τη μαγιά) τρίβουμε με δύναμη ένα καλαμάκι με χαρτί, βάζουμε σε λειτουργία τη μηχανή και ακουμπάμε το καλαμάκι σε έναν από τους δύο δίσκους ώστε να δώσουμε στη μηχανή το απαραίτητο φορτίο εκκίνησης.

Ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίζεται η πολικότητα της μηχανής περιγράφεται παρακάτω.

Όταν στους πυκνωτές συσσωρευτεί αρκετή ποσότητα αντίθετων ηλεκτρικών φορτίων, η διαφορά δυναμικού γίνεται αρκετά μεγάλη, ώστε ο αέρας να ιονιστεί, με αποτέλεσμα από μονωτής να μετατραπεί σε αγωγό. Αυτό συμβαίνει όταν η τάση γίνει περίπου 30.000 V/cm ανάλογα με την υγρασία της ατμόσφαιρας. Αν λοιπόν σκάει σπινθήρας σε απόσταση 3cm αυτό σημαίνει ότι η τάση ξεπέρασε τα 90.000V .

Επειδή η τάση για μία συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ των σφαιρών που σκάει ο σπινθήρας είναι σταθερή, το φορτίο που μεταφέρεται κατά την εκκένωση είναι ανάλογο της χωρητικότητας $Q=CV$. Μπορούμε με ένα οριζόντιο μεταλλικό στέλεχος να συνδέσουμε τους δύο πυκνωτές παράλληλα, οπότε θα αυξηθεί η χωρητικότητα της μηχανής. Τότε το φορτίο που θα μεταφέρεται κατά την εκτόνωση θα είναι μεγάλο. Σ' αυτή την περίπτωση η εκτόνωση θα συνοδεύεται από έντονη και παχιά λάμψη και κρότο.

Αν αποσυνδέσουμε τους πυκνωτές αφαιρώντας το στέλεχος, η χωρητικότητα θα μειωθεί και το φορτίο που θα μεταφέρεται κατά την εκκένωση θα είναι αρκετά μικρότερο. Σ' αυτή την περίπτωση οι εκκενώσεις θα έχουν μικρότερη λάμψη και ένταση αλλά θα συμβαίνουν με πολύ μεγαλύτερη συχνότητα και θα είναι σχεδόν συνεχείς.

ΠΑΡΟΧΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Παροχή μιας ηλεκτροστατική μηχανής ονομάζουμε το πηλίκο του ηλεκτρικού φορτίου που παράγεται από τη μηχανή σε ορισμένο χρόνο προς το χρόνο αυτό. Βρίσκεται πειραματικά αν φορτίσουμε με την μηχανή Wimshurst πυκνωτή γνωστής χωρητικότητας C και μετρήσουμε με το ηλεκτρόμετρο το δυναμικό που απέκτησε ο πυκνωτής σε χρόνο t. Τότε ο πυκνωτής θα έχει ηλεκτρικό φορτίο $Q=CV$ και επομένως η παροχή της μηχανής θα είναι $P=CV/t$
Η παροχή της μηχανής είναι ανάλογη προς την ταχύτητα περιστροφής των δίσκων της και είναι πολύ μικρή.

ΙΣΧΥΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Η ισχύς της μηχανής, δηλαδή η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει στη μονάδα του χρόνου βρίσκεται πειραματικά αν φορτίσουμε με τη μηχανή πυκνωτή γνωστής χωρητικότητας και μετρήσουμε το δυναμικό που αποκτά ο πυκνωτής σε χρόνο t. Τότε η ισχύς της μηχανής θα δίνεται από τη σχέση:

$$P=1/2CV^2/t$$

Αριθμητικό παράδειγμα:

Αν μια μηχανή φορτίζει σε χρόνο $t=10\text{sec}$ πυκνωτή χωρητικότητας $C=0,2\mu\text{F}$ σε δυναμικό 50.000V τότε η παροχή της μηχανής θα είναι 25W .

Η ισχύς αυτή είναι πολύ μικρή για πρακτικές εφαρμογές και ακίνδυνη για το ανθρώπινο σώμα παρά το δυσάρεστο συναίσθημα που προκαλείται όταν η ηλεκτρική εκφόρτιση της μηχανής γίνει μέσω του ανθρώπινου σώματος.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

1. Διατηρούμε τη μηχανή σε χώρο ξερό.
2. Πριν από κάθε χρησιμοποίηση ξεσκονίζουμε τη μηχανή με ένα πινέλο προσέχοντας να μην αγγίξουμε με τα δάκτυλά μας τις ψήκτρες.
3. Στρέφουμε τη μανιβέλα έχοντας τις σφαίρες σε επαφή και σιγά-σιγά τις απομακρύνουμε. Αν δεν παράγεται ηλεκτρικός σπινθήρας αυτό μπορεί να οφείλεται στην υγρασία που υπάρχει στη μηχανή. Με ένα πιστολάκι για τα μαλλιά ζεσταίνουμε τη μηχανή ώστε ν' αφαιρέσουμε την υγρασία.
4. Αν η μηχανή εξακολουθεί να μην διεγείρεται τότε φορτίζουμε τη μια ψήκτρα της με πλαστικό καλαμάκι που έχουμε τρίψει δυνατά σε χαρτί.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ WIMSHURST

Παραγωγή ηλεκτρικού σπινθήρα

Πείραμα 1^ο :

α) Απομακρύνουμε τις δύο μεταλλικές σφαίρες του εκκενωτή 2cm περίπου και στρέφουμε , προς τα δεξιά, το χειροστρόφαλο της μηχανής. Τότε πετυχαίνουμε τη δημιουργία ηλεκτρικού σπινθήρα, που επαναλαμβάνεται με τόσο μικρότερη συχνότητα όσο πιο μακριά είναι μεταξύ οι σφαίρες του εκκενωτή.

β) Τοποθετούμε ανάμεσα στις δύο σφαίρες του εκκενωτή ένα κομμάτι χαρτί και παράγουμε ηλεκτρικούς σπινθήρες.

Παρατηρούμε ότι οι σπινθήρες τρυπούν το χαρτί. Τις τρύπες αυτές μπορούμε να τις δούμε καλύτερα αν κρατήσουμε το χαρτί μπροστά στο φως ή να τις δούμε με μικροσκόπιο.

γ) Αφαιρούμε το οριζόντιο στέλεχος και στρέφουμε το χειροστρόφαλο . Παρατηρούμε ότι η συχνότητα των σπινθήρων γίνεται μεγάλη, αλλά αυτοί είναι πολύ αδύνατοι (μόλις που φαίνονται) .

Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού σπινθήρα

Πείραμα 2ο :

α) Τυλίγουμε με λίγο βαμβάκι ή χαρτί από χαρτοπετσέτα το ένα άκρο από ένα ξύλινο καλαμάκι μήκους μεγαλύτερου των 30 cm .

β) Βρέχουμε το βαμβάκι με βενζίνη, τοποθετούμε αυτό ανάμεσα στις σφαίρες του εκκενωτή και παράγουμε ηλεκτρικούς σπινθήρες με την περιστροφή του χειροστροφάλου της μηχανής.

Παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικοί σπινθήρες ανάβουν το βρεγμένο με βενζίνη βαμβάκι .

Ιονισμός του αέρα, προσδιορισμός της πολικότητας της μηχανής

Πείραμα 3ο :

Απομακρύνουμε τις δύο σφαίρες του εκκενωτή σε απόσταση τέτοια, ώστε στρέφοντας το χειροστρόφαλο να μην παράγονται ηλεκτρικοί σπινθήρες. Βάζουμε μία φλόγα κεριού ανάμεσα στις δύο σφαίρες και θέτουμε σε κίνηση τη μηχανή. Παρατηρούμε ότι η φλόγα του κεριού απομακρύνεται από τη μία σφαίρα του εκκενωτή και έλκεται από την άλλη. Η φλόγα ως επί το πλείστον αποτελείται από θετικά ιόντα και ηλεκτρόνια. Η κίνηση της φλόγας καθορίζεται από την κίνηση των θετικών ιόντων αφού τα ηλεκτρόνια δεν παίζουν σημαντικό ρόλο λόγω της αρκετά μικρότερης μάζας που έχουν σε σχέση με τα θετικά ιόντα. **Άρα η φλόγα απομακρύνεται από τον θετικό πόλο της μηχανής και έλκεται προς τον αρνητικό.**

Πλησιάζοντας το κεριό στον θετικό οπλισμό παρατηρούμε άπωση της φλόγας. Αυτό συμβαίνει γιατί ο οπλισμός απωθεί τα θετικά ιόντα της σφαίρας αλλά και φορτίζει τα ουδέτερα μόρια του αέρα θετικά που τ' απομακρύνει και αυτά.

Πλησιάζοντας το κεριό στον αρνητικό οπλισμό, παρατηρούμε μία έλξη στο κάτω μέρος του κεριού και μία άπωση στο πάνω. Η έλξη στο κάτω μέρος οφείλεται στην έλξη των θετικών ιόντων του αέρα που βρίσκεται πολύ κοντά στην φλόγα του κεριού και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας είναι ιονισμένος. Στο υψηλότερο σημείο της φλόγας , τα μόρια του αέρα είναι

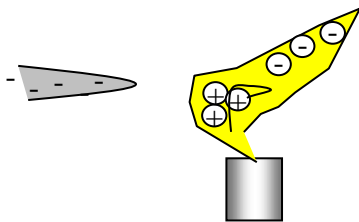
ουδέτερα. Φορτίζονται όμως αρνητικά είτε γιατί λόγω πόλωσης πλησιάζουν και ακουμπούν την αρνητική σφαίρα οπότε γίνονται αρνητικά ιόντα, είτε με μεταφορά ηλεκτρονίων από τη σφαίρα στα ουδέτερα μόρια. Έτσι παρατηρούμε άπωση.



Πλησίασμα του κεριού στον αρνητικό πόλο



Πλησίασμα του κεριού στον θετικό πόλο



https://www.youtube.com/watch?v=a7_8Gc_Llr8

Δημιουργία δυναμικών γραμμών ηλεκτρικού πεδίου

Πείραμα 4ο :

με ηλεκτρικούς θυσάνους

Έναν ηλεκτρικό θύσανο μπορούμε να τον φτιάξουμε με μία χαρτοπετσέτα και ένα ξύλινο καλαμάκι. Κόβουμε τη χαρτοπετσέτα σε πολύ λεπτές λωρίδες, τις διαχωρίζουμε μεταξύ τους και τις στηρίζουμε στην κορυφή από το καλαμάκι. Το καλαμάκι το στηρίζουμε κατακόρυφα με τη βοήθεια λίγης πλαστελίνης. Συνδέουμε ένα καλώδιο με κροκοδειλάκια τον ένα πόλο της μηχανής με το καλαμάκι. Θέτουμε σε λειτουργία τη μηχανή. Θα δούμε τις λωρίδες ν' απομακρύνονται δημιουργώντας μία ωραία ομπρέλα. Αν φτιάξουμε δύο θυσάνους και τους συνδέσουμε με τους δύο πόλους της μηχανής θα δούμε ολοφάνερα την έλξη των λουριδών. Αν συνδέσουμε τους θυσάνους με τον ίδιο πόλο της γεννήτριας θα δούμε την άπωση.

Πείραμα 5ο :

με σπόρους από γκαζόν κικινέλαιο ή ηλιέλαιο και ένα οποιοδήποτε πλαστικό καπάκι από κάποιο κουτί. Αλουμινόχαρτο κατά προτίμηση αυτοκόλλητο ή καρφί.

1. **Δημιουργία ακτινωτού Πεδίου.** Για τη δημιουργία του ακτινωτού πεδίου κολλάμε από τη μέσα μεριά του καπακιού και περιφερειακά σε αυτό αλουμινόχαρτο. Στο κέντρο του καπακιού κολλάμε ένα καρφί ή μία κατακόρυφη στήλη από το αυτοκόλλητο αλουμινόχαρτο. Ρίχνουμε στο καπάκι ηλιέλαιο ή κικινέλαιο Προσθέτουμε τους σπόρους από χλόη και τους διαμοιράζουμε ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του καπακιού. Συνδέουμε τους πόλους της μηχανής με το αλουμινόχαρτο της περιφέρειας και με το κατακόρυφο καρφί που βρίσκεται στο κέντρο. Θέτουμε τη μηχανή σε λειτουργία.



2. **Δημιουργία ομογενούς Πεδίου.** Για τη δημιουργία του ομογενούς πεδίου. Κολλάμε στο καπάκι δύο παράλληλες λεπτές ταινίες, από αλουμινόχαρτο. Βάζουμε το λάδι και τους σπόρους και συνδέουμε τα δύο αλουμινόχαρτα με τους οπλισμούς της μηχανής. Θέτουμε τη μηχανή σε λειτουργία.

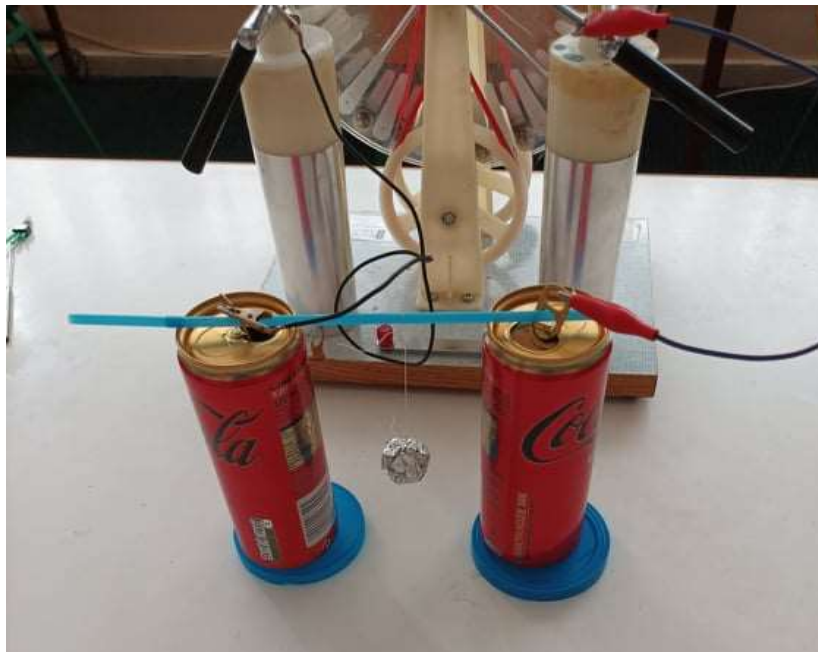


Κίνηση φορτίων

Πείραμα 6^ο :

A) Βάζουμε 2 άδεια κουτιά από αναψυκτικό το ένα κοντά στο άλλο. Περνάμε από τα ελάσματα που τα ανοίγουμε ένα πλαστικό καλαμάκι. Από το καλαμάκι κρεμάμε με μία κλωστή μία μπαλίτσα από αλουμινόχαρτο. Συνδέουμε τα δύο ελάσματα με τους δύο πόλους της μηχανής και βάζουμε τη μηχανή σε λειτουργία. Θα δούμε την μπάλα από το αλουμινόχαρτο να πηγαίνει ανάμεσα στα δύο κουτιά για αρκετή ώρα ακόμη και αν έχουμε σταματήσει να περιστρέφουμε τη μηχανή.

Σημ: Αν τα κουτιά τα βάλουμε πάνω στο θρανίο χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιο πλαστικό όπως τα καπάκια που χρησιμοποιήσαμε στην εικόνα, το πείραμα θ' αποτύχει αφού θα έχουμε διαρροή φορτίου προς το τραπέζι.



Πείραμα 7^ο :

Προσομοίωση ρεύματος



Ουσιαστικά φτιάχνουμε έναν κυλινδρικό πυκνωτή χρησιμοποιώντας ένα κουτί από μπαλάκια του τένις και αυτοκόλλητο αλουμινόχαρτο το οποίο κολλάμε εσωτερικά στα δύο πώματα.

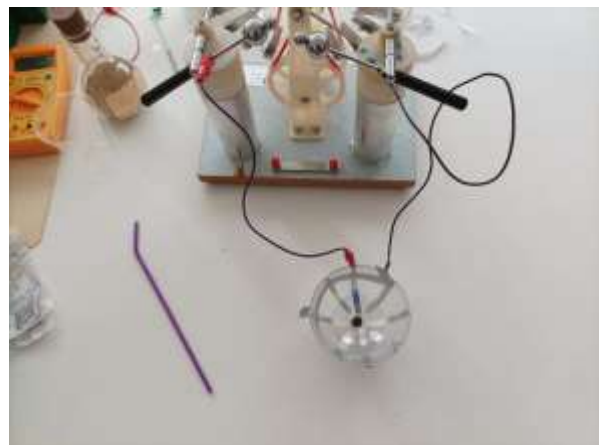
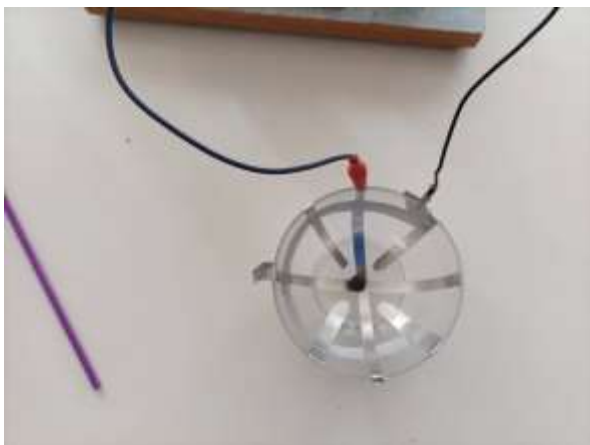
Τρυπάμε τα καπάκια και βάζουμε δύο μακριές βίδες με παξιμάδι. Στις βίδες αυτές τοποθετούμε τα κροκοδειλάκια που συνδέονται με τη μηχανή. Στο εσωτερικό βάζουμε 5-6 σφαιρούλες από αφρολέξ που τις έχουμε περιτυλίξει με αλουμινόχαρτο.

Θέτοντας σε λειτουργία τη μηχανή θα παρατηρήσουμε τις σφαιρούλες να ανεβοκατεβαίνουν πάνω κάτω. Αυτό συμβαίνει γιατί οι σφαιρούλες που βρίσκονται αρχικά στον πάτο, αποκτούν το ίδιο φορτίο με αυτόν και απωθούνται. Φθάνοντας στον πάνω πάτο, φορτίζονται ανάποδα και αποθούνται πάλι προς τα κάτω και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Αυτό το φαινόμενο μας θυμίζει την κίνηση που κάνουν τα ηλεκτρόνια στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

Πείραμα 8^ο :

Προσομοίωση κυκλικού επιταχυντή

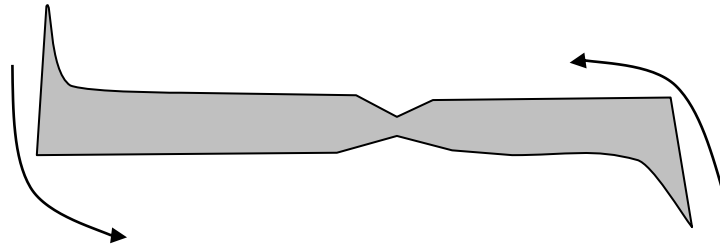
Στο πείραμα χρησιμοποιήσαμε ένα πλαστικό μπολάκι που περιείχε γλυκό. Χρησιμοποιώντας ταινία αυτοκόλλητου αλουμινόχαρτου δημιουργήσαμε 8 λωρίδες που συνδέονται εναλλάξ έτσι ώστε όταν τις συνδέσουμε με τους πόλους της μηχανής, εάν η μία είναι θετική, η αμέσως επόμενη ή προηγούμενη να είναι αρνητική. Τοποθετήσαμε μία αγώγιμη σφαιρούλα από φελιζόλ (και με ρινίσματα σιδήρου). Βάζοντας σε λειτουργία τη μηχανή θα δούμε τη σφαιρούλα να περιστρέφεται μέσα στο μπολ. Η διάταξη αυτή μοιάζει με την λειτουργία ενός κυκλικού επιταχυντή. Στο πείραμά μας βέβαια η τροχιά κρατείται κυκλική λόγω του μπολ, ενώ σε έναν κυκλικό επιταχυντή όπως πχ στο CERN η κυκλική τροχιά εξασφαλίζεται μέσω ισχυρών μαγνητικών πεδίων.



Πείραμα 9^ο :

Ηλεκτρικός στρόβιλος_Ηλεκτροστατικός κινητήρας

Στηρίζουμε ένα καρφί πάνω σε λίγη πλαστελίνη και πάνω στο καρφί στηρίζουμε μία λωρίδα αλουμινίου η οποία έχει το παρακάτω σχήμα. Συνδέουμε το καρφί διαδοχικά τον έναν και τον άλλον πόλο της μηχανής και θέτουμε τη μηχανή σε λειτουργία.



Διαπιστώνουμε με έκπληξη ότι ο στρόβιλος γυρίζει πάντα προς την ίδια φορά ανεξάρτητα σε ποιο πόλο της μηχανής τον συνδέουμε. Η ερμηνεία είναι γιατί το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργεί στον αέρα ομώνυμα ιόντα με το φορτίο της ακίδας (γύρω από την περιοχή της) και με αποτέλεσμα να δημιουργούνται απωστικές δυνάμεις.

Το ρεύμα αέρα δημιουργείται από την κίνηση των ιόντων του αέρα. Τα ηλεκτρόνια δεν επηρεάζουν το φαινόμενο αφού έχουν πολύ μικρότερη μάζα από τα ιόντα. Τα ουδέτερα μόρια του αέρα φορτίζονται θετικά αν είναι κοντά σε θετική ακίδα της μηχανής και αρνητικά αν είναι κοντά σε αρνητική ακίδα. Πρέπει να υπάρχει ακίδα γιατί εκεί το πεδίο είναι πολύ πιο ισχυρό. Η φόρτιση των μορίων και η μετατροπή τους σε θετικά ή αρνητικά ιόντα γίνεται με δύο μηχανισμούς. Είτε με μεταφορά ηλεκτρονίων από την ακίδα στα μόρια του αέρα, είτε με πόλωση των ουδετέρων μορίων οπότε αυτά θα έλκονται από την ακίδα, θα ακουμπήσουν σε αυτήν, θα αποκτήσουν το ίδιο φορτίο με την ακίδα και θα απομακρυνθούν βίαια από αυτήν.

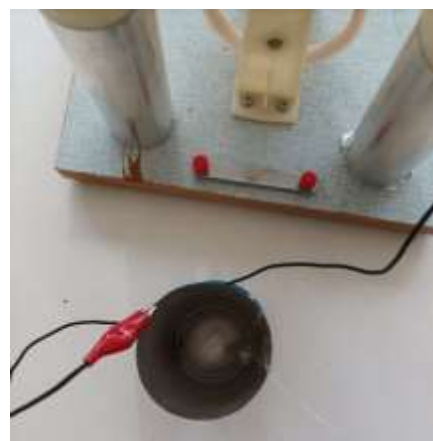
Πείραμα 10° :

κλωβός Faraday

Χρησιμοποιούμε ένα αλουμινένιο κουτάκι από αναψυκτικό από το οποίο έχουμε κόψει το πάνω μέρος. Φτιάχνουμε ένα μπαλάκι από αλουμινόχαρτο και το κρεμάμε με μια κλωστή από το χείλος του κουτιού. Βάζουμε το κουτί πάνω σε μία πλαστική βάση και το συνδέουμε μέσω καλωδίου με κροκοδειλάκια με τον ένα πόλο της μηχανής. Βάζουμε σε λειτουργία τη μηχανή και παρατηρούμε ότι αν το μπαλάκι είναι έξω από το κουτάκι, τότε επειδή φορτίζεται με το ίδιο φορτίο που είναι φορτισμένο και το κουτί, απωθείται από αυτό. Αν όμως το βάλουμε μέσα στο κουτί, τότε δεν παρατηρούμε τίποτα, αφού το μπαλάκι δεν φορτίζεται. Μέσα στον κουτί δεν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο.



Το μπαλάκι έξω από το κουτί



Το μπαλάκι μέσα στο κουτί