

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΦΟΡΤΙΩΝ WIMSHURST
Περιγραφή, Λειτουργία, Συντήρηση, Πειράματα

Αρχικό Κείμενο: Πάνος Μουρούζης (Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Κερκύρας)

Προσθήκες, Τροποποιήσεις: Βασίλης Γαργανουράκης (Υπεύθυνος 2^{ου} ΕΚΦΕ Ηρακλείου)

ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ

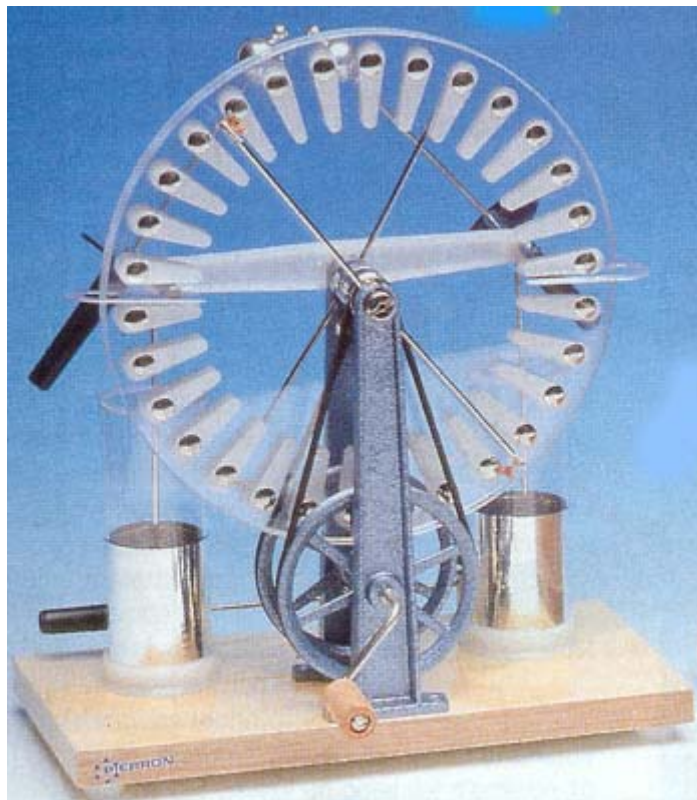
Αποτελείται από δύο δίσκους που περιστρέφονται αντίθετα και δύο ποτήρια (πυκνωτές). Μπροστά από κάθε δίσκο υπάρχει μεταλλικό στελέχος που στα άκρα του φέρνει μεταλλικές ψήκτρες (βουρτσάκια). Τα δύο αυτά στελέχη διέρχονται από τον κοινό άξονα περιστροφής των δίσκων και πρέπει να είναι πάντα κάθετα μεταξύ 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.

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 και τον ηλεκτρικό εκκενωτή της.

Επίσης οι δύο παραπάνω μεταλλικοί αγωγοί συνδέονται με τους εσωτερικούς οπλισμούς δύο πυκνωτών. 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 σε λίγο χαρακτηριστικό τριγμό, που δείχνει ότι η μηχανή έχει διεγερθεί και τότε, αν πλησιάσουμε τις σφαίρες του εκκενωτή, παράγονται μεταξύ τους ηλεκτρικοί σπινθήρες.



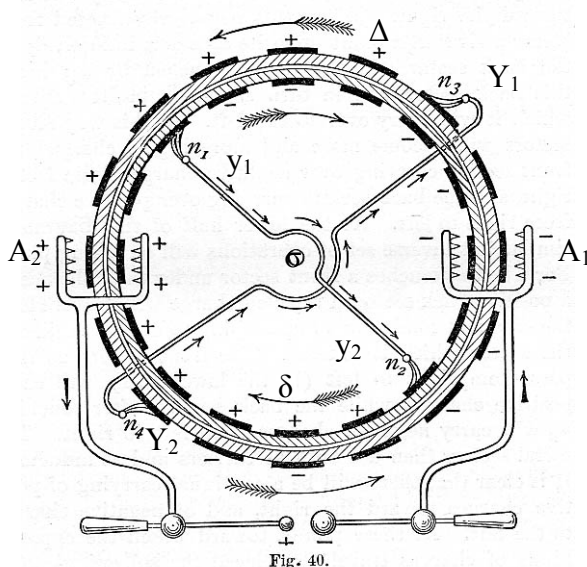
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Δείτε επίσης: MIT Physics Demo -- The Wimshurst Machine

<http://www.youtube.com/watch?v=Zilvl9tS0Og>

Για την ερμηνεία της λειτουργίας της χρησιμοποιούμε το σχηματικό διάγραμμα του σχήματος.

Ο δίσκος δ ο εσωτερικός στο διάγραμμα στρέφεται δεξιόστροφα και ο Δ (εξωτερικός στο διάγραμμα) αριστερόστροφα. Το στέλεχος σ που καταλήγει στις ψήκτρες ψ_1 και ψ_2 συνδέει δύο εκ διαμέτρου αντίθετα σημεία του δίσκου δ , ενώ το στέλεχος Σ καταλήγει στις ψήκτρες Y_1 και Y_2 συνδέει δύο εκ διαμέτρου αντίθετα σημεία του δίσκου Δ .



Τα ακιδοφόρα στελέχη A_1 και A_2 περιβάλλουν τους δίσκους στα άκρα της οριζόντιας αυτών διαμέτρου και συνδέονται με τα εσωτερικά των δύο πυκνωτών Λ_1 και Λ_2 .

Ας υποθέσουμε ότι κατά την τριβή της ψήκτρας ψ_1 αναπτύσσεται σε κάποιον οπλισμό του δίσκου δ αρνητικό φορτίο. Το φορτίο αυτό παραμένει στον οπλισμό σε όλη την διαδρομή αυτού από τη θέση ψ_1 μέχρι του ακιδοφόρου στελέχους A_1 στο οποίο αναπτύσσεται, επαγωγικά ομόσημο ηλεκτρικό φορτίο που μεταβαίνει στον πυκνωτή Λ_1 .

Όταν ο αρνητικά φορτισμένος οπλισμός του δίσκου δ διέρχεται απέναντι της ψήκτρας Y_1 , έχουμε επαγωγική φόρτιση κατά τρόπο, ώστε από τους οπλισμούς του δίσκου Δ , εκείνος που εκείνη τη στιγμή εφάπτεται με την ψήκτρα Y_1 , φορτίζεται θετικά και εκείνος που εφάπτεται με την ψήκτρα Y_2 φορτίζεται αρνητικά.

Οι οπλισμοί αυτοί κατόπιν μεταφέρουν τα φορτία τους στα προσεχή ακιδοφόρα στελέχη A_1 , A_2 και από κει στους πυκνωτές Λ_1 , Λ_2 και στις μεταλλικές σφαίρες του εκκενωτή, ενώ καθώς διέρχονται απέναντι των ψηκτρών ψ_1 και ψ_2 ηλεκτρίζουν επαγωγικά τους οπλισμούς του δίσκου δ που βρίσκονται σε επαφή με τις ψήκτρες ψ_1 και ψ_2 . αυτοί πάλι όταν διέρχονται απέναντι από τις ψήκτρες Y_1 και Y_2 ηλεκτρίζουν, ακόμη ισχυρότερα, τους αντίστοιχους οπλισμούς του δίσκου Δ και αυτό επαναλαμβάνεται συνεχώς.

Έτσι τα μέρη των δίσκων τα μεταξύ των ψ_1 και Y_1 και τα μεταξύ των ψ_2 και Y_2 επιδρούν αμοιβαία μεταξύ τους και κάθε φορτίο που αναπτύσσεται συντελεί, επαγωγικά, στην παραγωγή νέων φορτίων.

Επομένως λόγω αυτής της ανάδρασης η ηλεκτροστατική μηχανή αυτοδιεγείρεται, δηλαδή αναπτύσσεται με τη τριβή το πρώτο μικρό ηλεκτρικό φορτίο και μετά παράγονται τα φορτία με αμοιβαία ηλεκτροστατική επίδραση. Το φαινόμενο μοιάζει σαν το φαινόμενο της χιονοστιβάδας.

Όταν στις μεταλλικές σφαίρες του εκκενωτή συσσωρευτεί αρκετή ποσότητα αντίθετων ηλεκτρικών φορτίων, η διαφορά δυναμικού σ' αυτές γίνεται αρκετά μεγάλη, εκατοντάδων χιλιάδων βολτ τότε παράγεται ηλεκτρικός σπινθήρας.

Η μηχανή, αφού διεγερθεί δίνει σε κάθε χρονική μονάδα τα ίδια περίπου ποσά αντίθετων, ηλεκτρικών φορτίων, και επομένως η αύξηση της διαφοράς δυναμικού στις μεταλλικές σφαίρες είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την χωρητικότητα των πυκνωτών της μηχανής.

Για ορισμένη απόσταση μεταλλικών σφαιρών του εκκενωτή, οι σπινθήρες είναι τόσο συχνότεροι, όσο μικρότερη είναι η χωρητικότητα των πυκνωτών. Αν διακόψουμε την επαφή των πυκνωτών αφαιρώντας το οριζόντιο μεταλλικό στέλεχος, οι σπινθήρες αναπτύσσονται χωρίς αισθητή διακοπή, είναι όμως πολύ αδύνατοι, (μόλις που φαίνονται) ενώ όταν συνδέσουμε τους πυκνωτές η χωρητικότητα αυξάνεται, η μηχανή παράγει αραιούς σπινθήρες, γιατί χρειάζονται μεγάλα ποσά ηλεκτρικών φορτίων για να φθάσει η διαφορά δυναμικού στην απαιτούμενη τιμή για να σκάσει ηλεκτρικός σπινθήρας.

Αλλά στην περίπτωση αυτή οι σπινθήρες είναι παχείς και πολύ φωτεινοί και συνδέονται με ισχυρό κρότο.

ΠΑΡΟΧΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Παροχή μιας ηλεκτροστατική μηχανής ονομάζουμε το πηλίκιο του ηλεκτρικού φορτίου που παράγεται από τη μηχανή σε ορισμένο χρόνο προς το χρόνο αυτό. Βρίσκεται πειραματικά αν φορτίσουμε με την μηχανή 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 $\Pi=cv/t$

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 ακίνδυνα 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 μέσα σε πλαστική σακούλα για να μην έρχεται σε επαφή με υγρασία και σκόνη
2. Φυλάσσουμε τη μηχανή σε χώρο ξηρό
3. Πριν από κάθε χρησιμοποίηση ξεσκονίζουμε τη μηχανή με ένα πινέλο προσέχοντας να μην αγγίξουμε με τα δάκτυλά μας τις ψήκτρες
4. 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.
5. Αν η μηχανή εξακολουθεί να μην διεγείρεται τότε τοποθετούμε μία νάιλον σακούλα ανάμεσα στους δίσκους και περιστρέφουμε τη μανιβέλα μερικές φορές. Σε ακραίες περιπτώσεις υγρασίας στην ατμόσφαιρα ξηραίνουμε το χώρο γύρω από τη μηχανή με σεσουάρ ή αερόθερμο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ WIMSHURST

Πείραμα 1^ο : παραγωγή ηλεκτρικού σπινθήρα .

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.

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) .

Πείραμα 2^ο : θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού σπινθήρα .

α) Τυλίγουμε με λίγο βαμβάκι το ένα άκρο μιας ξύλινης βέργας 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 .

Πείραμα 3^ο : επίδειξη ιονισμού με φλόγα (ιονισμός κρούσης) .

Απομακρύνουμε τις δύο σφαίρες του εκκενωτή σε απόσταση τέτοια, ώστε στρέφοντας το χειροστρόφαλο να μην παράγονται ηλεκτρικοί σπινθήρες, επειδή η φλόγα προκαλεί ιονισμό των μορίων του αέρα .

Παρατηρούμε ότι η φλόγα του κεριού απομακρύνεται από τη μία σφαίρα του εκκενωτή και έλκεται από την άλλη(όταν το πλησιάζουμε κοντά τους) . Με αυτό το πείραμα μπορούμε πολύ εύκολα να βρούμε τη θετική και την αρνητική σφαίρα του εκκενωτή. Αλήθεια ποια είναι η θετική σφαίρα;. Αυτή στην οποία πλησιάζει η φλόγα του κεριού ή αυτή στην οποία απομακρύνεται;.

Παρατηρούμε επίσης ότι η πολικότητα της συσκευής είναι πάντα η ίδια.

Η πολικότητα της συσκευής παραμένει πάντα η ίδια γιατί με το σκάσιμο του σπινθήρα εκφορτίζονται οι πυκνωτές, τα στελέχη όμως παραμένουν φορτισμένα. Έτσι έχουμε το ίδιο είδος του φορτίου που απαιτείται για την έναρξη της φόρτισης της συσκευής, άρα θα έχουμε τη δημιουργία ίδιας πολικότητας. Αν όμως στρέψουμε λίγο ανάποδα τη συσκευή, τότε δημιουργούνται αντίθετα φορτία, με αποτέλεσμα μπορούμε να αλλάξουμε την πολικότητα της συσκευής.

Παρατήρηση : Πρέπει το κερί να είναι μακρύ και να το κρατάμε με τρόπο που το χέρι μας να είναι μακριά από τον εκκενωτή της μηχανής και του χεριού μας .

Μπορούμε επίσης να συγκρατήσουμε το κερί με λαβίδα, την οποία να στηρίξουμε κατάλληλα σε ορθοστάτη, ώστε η φλόγα του κεριού να βρίσκεται κάτω από τον εκκενωτή .

Πείραμα 4^ο : ηλεκτρική εκκένωση αίγλης .

Το πείραμα αυτό πρέπει να γίνεται σε συσκοτισμένη αίθουσα . Συναρμολογούμε ορθοστάτη (ράβδος 0.60 και χυτοσιδερένια βάση) . Στον ορθοστάτη αυτό στερεώνουμε με απλό σύνδεσμο (σταυρό) το στήριγμα αεροκένων σωλήνων στο οποίο τοποθετούμε ένα σωλήνα GEISLER (πίεση 5 Torr περίπου) .

Απομακρύνουμε αρκετά τις δύο σφαίρες του εκκενωτή της μηχανής και χρησιμοποιώντας δύο καλώδια τις συνδέουμε με τις μπόρνες του στηρίγματος αεροκένων σωλήνων .

Βάζουμε σε λειτουργία τη μηχανή, οπότε παρατηρούμε ότι ο σωλήνας φωτοβολεί .

Πείραμα 5^ο : σκοτεινή εκκένωση .

Το πείραμα αυτό πρέπει να γίνεται σε πλήρως συσκοτισμένη αίθουσα.

α) Απομακρύνουμε τις δύο σφαίρες του εκκενωτή έτσι που να παράγονται πολύ δύσκολα ηλεκτρικοί σπινθήρες .

β) Βάζουμε σε λειτουργία τη μηχανή, οπότε παρατηρούμε στην περιοχή των πόλων της μηχανής φωτεινά φαινόμενα . Οι αρνητικοί ηλεκτρικοί φορείς κινούμενοι φαίνονται σαν φωτεινά σημεία ανοιχτού χρώματος ενώ οι θετικοί σχηματίζουν θυσάνους ιώδους χρώματος .

Πείραμα 6^ο : δημιουργία δυναμικών γραμμών ηλεκτρικού πεδίου .

- A) με ηλεκτρικούς θυσάνους
 B) με σπόρους από γκαζόν κικινέλαιο και τριβλείο

Πείραμα 7^ο : κίνηση φορτίων .

- A) με έναν επίπεδο πυκνωτή και μπαλάκι του πινκ-πονκ τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο
 B) με κουτί από μπαλάκια του τένις και σφαιρίδια αγωγίμα από φελιζόλ τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο
 Γ) ηλεκτρικός στρόβιλος. Γυρίζει πάντα προς την ίδια φορά ανεξάρτητα αν τον τοποθετήσουμε στο ένα ή στο άλλο άκρο της γεννήτριας. *Γιατί το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργεί ρεύμα αέρα με κατεύθυνση πάντα αντίθετη προς την ακίδα ανεξάρτητα του είδους του φορτίου;*
 Το ρεύμα αέρα δημιουργείται από την κίνηση των ιόντων του αέρα αφού τα ηλεκτρόνια έχουν πολύ μικρότερη μάζα από τα ιόντα



το παραπάνω σχήμα δίνει μια πιθανή ερμηνεία της άπωσης της φλόγας του κεριού από τον ηλεκτρικό στρόβιλο. Έτσι δίνει και την ερμηνεία περιστροφής του στρόβιλου προς την ίδια πάντα κατεύθυνση.

Πείραμα 8^ο : δημιουργία φωτεινών φαινομένων .

- A) με μικρή λάμπα φθορίου
 B) με λυχνίες αερίων

Πείραμα 9^ο : κλωβός Faraday .

Το μπαλάκι που είναι μέσα στον κλωβό δεν επηρεάζεται από το ηλεκτρικό πεδίο που παράγει η συσκευή.