

## Ηλεκτροστατική Μηχανή Wimshurst 28cm

MODEL No# 20411.04



**Προειδοποίηση:** Αυτή η μονάδα δύναται να παράγει υψηλή τάση, κάτι που μπορεί να προκαλέσει ήπιο σοκ ή να καταστρέψει ευαίσθητο εξοπλισμό.

Με αυτή τη διάταξη μπορείτε να εξερευνήσετε τις αρχές του στατικού ηλεκτρισμού και, παρόλο που δεν υπάρχει ιδιαίτερος κίνδυνος, μπορεί να υποστείτε ηλεκτροσόκ αν δεν την χειριστείτε σωστά.

### Προσοχή !

Όταν χρησιμοποιείτε τη συσκευή σιγουρευτείτε ότι η επιφάνεια είναι καθαρή και στεγνή, διαφορετικά η φόρτιση είναι δύσκολη. Μπορείτε να καθαρίσετε την επιφάνεια με ένα πανί ή μια μαλακή βούρτσα. Η συσκευή είναι συνήθως στεγνή αλλά αν έχει εκτεθεί σε υγρό περιβάλλον καλό είναι να την βγάλετε λίγο στον ήλιο ή να την καθαρίσετε με ένα στεγνό πανί.

Εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας που έχουν οι εσωτερικοί χώροι το χειμώνα, όταν μετακινούμε τη συσκευή σε δωμάτια με πολλά άτομα, η υγρασία από την αναπνοή κολλάει στην επιφάνεια της συσκευής και αυτό οδηγεί σε αποτυχία των πειραμάτων.

Επιπροσθέτως αν έχουμε κάνει χρήση λύχνων αλκοόλης ή υγραερίου (στο εργαστήριο) έχει παραχθεί αρκετό διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο επίσης επηρεάζει τη φόρτιση. Σε αυτές τις περιπτώσεις καλό είναι να ανοίξουμε για λίγη ώρα τα παράθυρα και τις πόρτες ώστε να ανανεωθεί ο αέρας.

Κάποιες φορές, η κακή επαφή ανάμεσα στο βουρτσάκι επαφής και τα αγώγιμα πλακίδια μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία της φόρτισης. Οπότε πρέπει να ελέγχετε συχνά τις επαφές και αντικαταστήστε τυχόν φθαρμένες βούρτσες.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Στατικός ηλεκτρισμός είναι γνωστός από πολύ παλιά, και ήταν μια από τις πρώτες πηγές ηλεκτρικού ρεύματος που ερευνήθηκαν. Ο Benjamin Franklin εκτέλεσε τα πρώτα του πειράματα ασχολούμενος με τον Στατικό ηλεκτρισμό και η λουγουνδική λάγηνος αναπτύχθηκε ως μέσο αποθήκευσης και συσσώρευσης Στατικού ηλεκτρισμού. Με την ανάπτυξη του δυναμικού ηλεκτρισμού, ο Στατικός ηλεκτρισμός κατέστη κυρίως ένα θέμα ιστορικού ενδιαφέροντος. Ωστόσο, τα πρόσφατα επιτεύγματα των οθονών υγρών κρυστάλλων, των απεικονίσεων με ακτίνες Χ και των ξηρογραφικών εκτυπώσεων έχουν αναβιώσει το ενδιαφέρον γι' αυτό το φαινόμενο.

Το πιο εύκολα παρατηρήσιμο ηλεκτροστατικό φαινόμενο είναι η αστραπή. Η απότομη κίνηση αέριων μαζών προκαλεί τη συσσώρευση ενός ήπιου στατικού φορτίου στο έδαφος και τα γύρω αντικείμενα. Ένα ίδιο αλλά αντίθετο φορτίο συσσωρεύεται στον αέρα. Παρόλο που το φορτίο που προκαλεί η κίνηση του αέρα είναι ήπιο, υπάρχει πολύς αέρας και μια μεγάλη περιοχή για το συσσωρευόμενο φορτίο. Όταν η διαφορά του φορτίου γίνεται αρκετά μεγάλη, τα δύο φορτία (θετικό και αρνητικό) το αποτέλεσμα είναι η αστραπή.

Ένα παρόμοιο φαινόμενο, το οποίο δεν γνωρίζει πολύς κόσμος ότι είναι ηλεκτροστατικό, είναι το ξηρογραφικό αντιγραφικό. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ένα ειδικό υλικό, το οποίο είναι μη αγωγίμο στο σκοτάδι, ενώ καθίσταται αγωγίμο όταν εκτεθεί στο φως. Στο σκοτάδι, το υλικό φορτίζεται με Στατικό ηλεκτρισμό. Οι περιοχές που εκτίθενται στο φως ελευθερώνουν το φορτίο, ενώ οι υπόλοιπες το διατηρούν. Μετά την έκθεση, στην πλάκα ψεκάζεται μια λεπτή σκόνη αντιθέτως φορτισμένου στεγνού μελανιού (toner), η οποία προσκολλάται στις περιοχές της πλάκας, οι οποίες απέκτησαν φορτίο από ηλεκτροστατική έλξη. Τέλος, ένα φύλλο χαρτιού, το οποίο είναι επίσης φορτισμένο, τοποθετείται στην πλάκα και το μελάνι μεταφέρεται στο χαρτί. Το χαρτί στη συνέχεια υφίσταται μια σύντομη θέρμανση ώστε το μελάνι να κολλήσει σταθερά. Το περίσσιο μελάνι αφαιρείται από την πλάκα, και ολόκληρη η πλάκα εκτίθεται στο φως για να απομακρυνθεί το εναπομείναν φορτίο.

## ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Η λέξη "Στατικός" σημαίνει "σε ακινησία". Πρόκειται, ωστόσο, για μια παραπλανητική ονομασία γιατί ο Στατικός ηλεκτρισμός στην πραγματικότητα κινείται. Η ονομασία Στατικός ηλεκτρισμός χρησιμεύει για τη διαφοροποίηση σε σχέση με τον δυναμικό ηλεκτρισμό, ο οποίος παράγεται με τη βοήθεια ενός μαγνητικού πεδίου το οποίο ωθεί τα ηλεκτρόνια στον αγωγό. Στον Στατικό ηλεκτρισμό, τα ηλεκτρόνια ωθούνται από το ένα μέρος στο άλλο. Αυτό προκαλεί μια προσωρινή ανισότητα στην κατανομή των ηλεκτρονίων σε ένα αντικείμενο. Επειδή η φυσική τάση των αντικειμένων είναι να παραμένουν σε ουδέτερη κατάσταση, τα ηλεκτρόνια προσπαθούν να αποκαταστήσουν την ουδέτερη ισορροπία στο αντικείμενο ρέοντας αργά ή μεταπηδώντας γρήγορα προς ένα άλλο αντικείμενο με λιγότερα ηλεκτρόνια, κάτι που προκαλεί μια μικρή σπίθα.

Ο όρος *αγωγός* χρησιμοποιείται όταν αναφερόμαστε σε υλικά που επιτρέπουν στα ηλεκτρόνια να περνούν από μέσα τους. Κάποια υλικά είναι καλύτεροι αγωγοί από άλλα, καθώς διευκολύνουν την πορεία των ηλεκτρονίων. Ο όρος *μονωτής* αναφέρεται σε υλικά που εμποδίζουν τη διέλευση των ηλεκτρονίων. Ένας καλός μονωτής αποτρέπει εντελώς τη διέλευση των ηλεκτρονίων. Ο αέρας ωστόσο, ο οποίος θεωρείται συνήθως μονωτής, μπορεί να άγει ελαφρώς το ηλεκτρικό ρεύμα, ανάλογα πάντα με την ατμοσφαιρική υγρασία. Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι τα ηλεκτρόνια μπορούν να δραπετεύσουν ακόμα και από τους καλύτερους μονωτές με αποφόρτιση μέσω του αέρα. Η λέξη *ηλεκτρόνιο* προέρχεται από τη λέξη "ήλεκτρον" (κεχριμπάρι). Οι Έλληνες ανακάλυψαν τα φαινόμενα του στατικού ηλεκτρισμού τρίβοντας το κεχριμπάρι με ένα ύφασμα. Νόμιζαν ότι το κεχριμπάρι είναι το μόνο υλικό που παρουσιάζει αυτό το φαινόμενο. Όταν ανακαλύφθηκαν και νέα υλικά που παρουσιάζουν αυτές τις ιδιότητες, γινόταν αναφορά για το φαινόμενο του κεχριμπαριού ή *electrica*.

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε όταν πειραματιζόμαστε με τον Στατικό ηλεκτρισμό, ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται και τα ετερόνυμα έλκονται. Τα ηλεκτρόνια μπορούν να μεταφερθούν από ένα περισσότερο φορτισμένο αντικείμενο σε ένα λιγότερο φορτισμένο, επειδή όσο περισσότερα αρνητικά ηλεκτρόνια έλκει το αντικείμενο τόσο περισσότερα θετικά παραμένουν ελεύθερα.

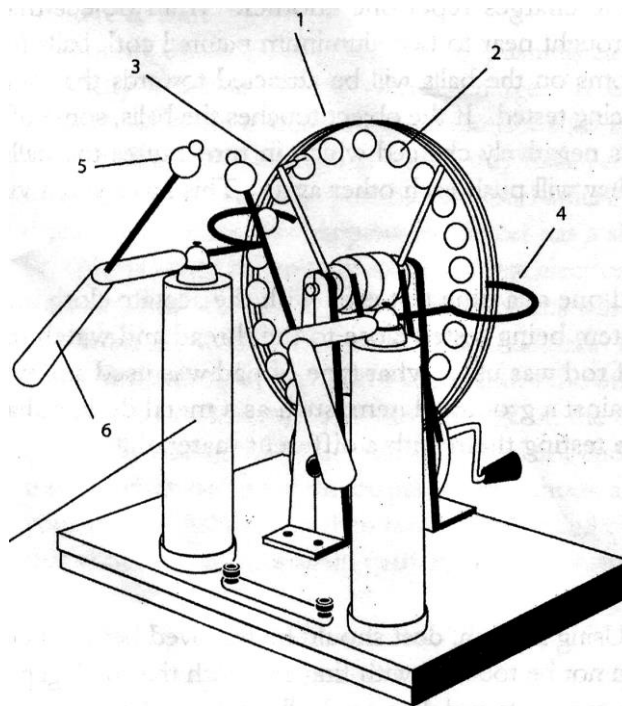
Ο δυναμικός ηλεκτρισμός παράγεται ωθώντας ηλεκτρόνια κατά μήκος ενός αγωγίμου υλικού με τη βοήθεια ενός μαγνητικού πεδίου. Ο Στατικός ηλεκτρισμός είναι ένα ακίνητο ηλεκτρικό φορτίο. Δημιουργείται από τη μηχανική μετακίνηση ηλεκτρονίων από το ένα μέρος στο άλλο. Εάν κάποιο υλικό έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια (όπως συμβαίνει συνήθως) αυτά θα κατανομηθούν ισόποσα στην επιφάνεια σε σχέση με τα θετικά φορτία, έτσι ώστε το αντικείμενο να βρίσκεται σε ουδέτερη κατάσταση. Τρίβοντας μεταξύ τους δύο τέτοια υλικά, ωστόσο, είναι πιθανή η ανακατανομή των ηλεκτρονίων και η πρόκληση προσωρινής άνιση κατανομής. Όταν συμβαίνει κάτι τέτοιο, το αντικείμενο αποκτά ένα μικρό αρνητικό φορτίο εκεί όπου είναι συγκεντρωμένα τα περισσότερα ηλεκτρόνια. Εάν τα δύο αντικείμενα έχουν διαφορετική ποσότητα ελεύθερων ηλεκτρονίων, και εφόσον τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους, κάποια από τα ηλεκτρόνια του αντικείμενου που έχει τα περισσότερα θα μεταφερθούν στο άλλο αντικείμενο. Όσο τα δύο αντικείμενα βρίσκονται σε επαφή το συνολικό φορτίο θα παραμείνει ουδέτερο. Ωστόσο, όταν τα δύο αντικείμενα χωριστούν, το ένα θα έχει περισσότερα ηλεκτρόνια από πριν, και το άλλο λιγότερα. Αυτό θα επιφέρει ένα αρνητικό φορτίο σε αυτό με τα περισσότερα ηλεκτρόνια και ένα θετικό σε αυτό με τα λιγότερα. Κάτι τέτοιο συμβαίνει και όταν περπατάτε στο πάτωμα (ειδικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα όταν δεν υπάρχει αρκετή υγρασία στον αέρα για να άγει τα φορτία). Καλώς περπατάτε, μεταφέρετε ηλεκτρόνια από το χαλί στα παπούτσια σας, και τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται όσο περισσότερο μπορούν από το χαλί, στα δάχτυλά σας. Όταν αγγίζετε ένα γειωμένο αντικείμενο (π.χ. ένα διακόπτη φωτός) τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται στο διακόπτη, κι έτσι το σώμα σας καθίσταται και πάλι ουδέτερο. Νιώθετε ένα τσίμπημα καθώς τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται από τα δάχτυλά σας στο διακόπτη!

## ΓΝΩΡΙΣΤΕ ΤΗΝ ΜΗΧΑΝΗ WIMSHURST

### Τα μέρη της Μηχανής Wimshurst

Η μηχανή Wimshurst παράγει υψηλή τάση και αποτελεί ένα πολύ καλό βοήθημα για τη διδασκαλία της ηλεκτροστατικής. Χρησιμοποιείται για πραγματοποίηση πειραμάτων σε σχολεία και παντός είδους κολλέγια.

Η στατική μηχανή αποτελείται από δύο μονωτικές πλάκες (1), οι οποίες περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις με τη βοήθεια ενός μικρού χερουλιού. Η κίνηση μεταδίδεται με τροχαλίες. Αλουμινένια τόξα (2) προσαρμόζονται στην εξωτερική επιφάνεια κάθε πλάκας. Στην περιστροφή των αξόνων των πλακών, υπάρχουν μεταλλικές ράβδοι (3) με βούρτσες στην άκρη, προσαρμοσμένες και στις δύο όψεις. Αυτές οι βούρτσες είναι σε επαφή με τα μεταλλικά κουμπιά στις άκρες του αλουμινένιου τόξου. Οι ράβδοι πρέπει να περιστρέφονται με αντίθετη φορά από τη φορά περιστροφής της αντίστοιχης πλάκας. Οι καμπυλωμένες ράβδοι (4) βρίσκονται κατά μήκος της οριζόντιας διαμέτρου των πλακών. Αυτές οι ράβδοι, με ενσωματωμένες βελόνες, είναι στραμμένες προς τις πλάκες, αλλά δεν τις αγγίζουν. Οι βελόνες συλλέγουν τα ηλεκτρικά φορτία, τα οποία προωθούνται στο σπινθηριστή που αποτελείται από δύο μπάλες (5) προσαρμοσμένες σε μεταλλικές ράβδους με χερούλια από εβονίτη (6). Η απόσταση μεταξύ των κοχλιών του σπινθηριστή, και επομένως το μήκος της σπίθας, μπορεί να μεταβληθεί γυρνώντας με το χερούλι τη ράβδο με τα σφαιρίδια. Τα σφαιρίδια του σπινθηριστή συνδέονται με δύο Leyden δοχεία (7). Οι εξωτερικές επιφάνειες αυτών των δοχείων είναι συνδεδεμένες με την οριζόντια ράβδο (8).



## Κάποια πειράματα με τη Μηχανή Wimshurst

Εδώ θα βρείτε μερικές ιδέες για πειράματα με τη Μηχανή Wimshurst:

### 1. Η ΣΠΙΘΑ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ

Γυρίστε το χερούλι και, ταυτόχρονα, αυξήστε την απόσταση των ηλεκτροδίων στον σπινθηριστή. Η σπίθα θα γίνει πιο έντονη και θα εμφανίζεται λιγότερο συχνά. Εάν απομακρύνετε τους πυκνωτές (Leyden δοχεία) αφαιρώντας τη ράβδο (8) και δεν αλλάξετε την απόσταση μεταξύ των σφαιριδίων (απόσταση σπίθας), οι σπίθες θα εμφανίζονται πιο συχνά και θα είναι πιο αχνές. Συνδέστε ξανά τα Leyden δοχεία, και προσθέστε ένα φύλλο χαρτί στο σπινθηριστή και θα δείτε ότι η σπίθα διαπερνά το χαρτί. Όταν κρατήσετε το χαρτί μπροστά στο φως θα παρατηρήσετε ότι έχουν δημιουργηθεί μικρές οπές.

Ο Otto von Guericke, τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, παρατήρησε ότι πετάγονταν σπίθες την ώρα που περιστρέφε στο χέρι μία μπάλα θείου. Γνωστοποίησε σε πολλούς αυτό το φαινόμενο. Πολύ συχνά το παρουσίαζε ως διασκεδαστικό τρικ. Μέχρι τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, ο Abraham Bennet είχε χρησιμοποιήσει αυτή την ιδέα για να κατασκευάσει πιο αποδοτικές μηχανές, οι οποίες είχαν μια συσκευή αποθήκευσης και συσσώρευσης που ονομαζόταν δοχείο leyden. Αυτό άλλαξε τον 19<sup>ο</sup> αιώνα από τον James Wimshurst, ο οποίος ανέπτυξε το μοντέλο που είναι τόσο ευρέως γνωστό έως σήμερα.

### 2. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΠΙΝΘΗΡΙΣΤΗ

Εάν κάποιος άνθρωπος σχηματίσουν αλυσίδα ενώνοντας τα χέρια τους, και τα άτομα στην άκρη της αλυσίδας αγγίζουν τον φορτισμένο σπινθηριστή, θα διαπιστώσουν ότι όταν είναι συνδεδεμένοι οι πυκνωτές το ηλεκτροσόκ είναι ισχυρό, και όταν δεν είναι, το ηλεκτροσόκ είναι σχεδόν ανεπαίσθητο.

### 3. ΙΟΝΙΣΜΟΣ ΦΛΟΓΑΣ

Αυξήστε το κενό ώστε να μην μπορούν να περάσουν οι σπίθες. Στη συνέχεια γυρίστε τις πλάκες με το χερούλι. Τοποθετήστε τη φλόγα ενός αναμμένου κεριού ανάμεσα στα σφαιρίδια του σπινθηριστή. Θα δείτε τις σπίθες να διαπερνούν τη φλόγα.

### 4. ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΓΩΓΙΜΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Συνδέστε τον ένα πόλο της στατικής μηχανής με έναν κλωβό Faraday. Χρησιμοποιώντας κόλλα, προσαρμόστε λωρίδες τσιγαρόχαρτου στις εσωτερικές και εξωτερικές πλευρές του δικτύου και γειώστε το δεύτερο πόλο της μηχανής.

Τοποθετήστε τον κλωβό Faraday σε μια μονωτική πλάκα.

Όταν η μηχανή περιστρέφεται, οι εξωτερικές λωρίδες χαρτιού απωθούνται σε μια απόσταση από τον κλωβό, ενώ οι εσωτερικές λωρίδες παραμένουν ακίνητες.

Το συμπέρασμα είναι τα φορτία συλλέγονται στην εξωτερική επιφάνεια του αγωγού.

### 5. ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ-ΒΕΛΟΝΕΣ

Συνδέστε έναν σφαιρικό αγωγό με μία βελόνα με τον ένα πόλο του σπινθηριστή. Αυτός ο αγωγός πρέπει να είναι μονωμένος με τη βοήθεια μιας γυάλινης βάσης.

Πλησιάστε το χέρι σας στη βελόνα. Με την προϋπόθεση ότι ο εκτελών το πείραμα στέκεται σε ένα μονωτικό τραπέζι, το χέρι του/της φορτίζεται, κάτι που μπορεί να παρουσιαστεί με τη βοήθεια ενός ηλεκτροσκοπίου.

Εάν μια ηλεκτρική δίνη συνδεθεί με τον ένα πόλο της μηχανής, περιστρέφεται με αντίθετη φορά σε σχέση με την κίνηση των φορτίων που ρέουν από τα σημεία της δίνης.

Εάν μια δεσμίδα λεπτών λωρίδων τσιγαρόχαρτου, δεμένη με λεπτό σύρμα, κρεμαστεί στο ένα σφαιρίδιο του σπινθηριστή, απωθούνται μεταξύ τους. Πλησιάστε το δάχτυλό σας στη δεσμίδα.

Οι λωρίδες χαρτιού στρέφονται προς το δάχτυλο, αλλά η σπίθα δεν τις διαπερνά καθώς το τσιγαρόχαρτο λειτουργεί ως βελόνα, δηλαδή αποφορτιστικά.

Κατά τη διάρκεια των προαναφερόμενων πειραμάτων, ο δεύτερος πόλος της μηχανής πρέπει να είναι γειωμένος.

## 6. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Αυτό το πείραμα επίδειξης μπορεί να εκτελεστεί με τρεις τρόπους:

α. Συνδέστε σφαίρες αποφόρτισης μεταξύ τους με τη βοήθεια νημάτων από μετάξι. Επίσης με ένα νήμα από μετάξι κρεμάστε, στο μέσο του πρώτου νήματος, ένα λεπτό, κοντό σύρμα με δύο edler-core μπάλες στις άκρες του. Έτσι σχηματίζεται η λεγόμενη ηλεκτρική βελόνα. Μπορείτε είτε να πλησιάσετε αυτή τη βελόνα στον ένα πόλο του σπινθηριστή ή να την μετακινήσετε ανάμεσα στους δύο πόλους. Η θέση της βελόνας υποδεικνύει την κατεύθυνση των γραμμών των δυνάμεων του πεδίου.

β. Κολλήστε ένα ή δύο μικρούς δίσκους από αλουμινόχαρτο σε ένα καθαρό και λείο πιάτο από κερί παραφίνης. Συνδέστε τους δίσκους από αλουμινόχαρτο με τους πόλους της μηχανής. Γυρίστε με το χέρι σας το δίσκο και πασπαλίστε λεπτές, στεγνές τρίχες από γούνα επάνω στο πιάτο.

Η κατανομή των τριχών υποδεικνύει τη διάταξη των γραμμών του ηλεκτρικού πεδίου.

γ. Ζεστάνετε έναν όγκο παραφινέλαιου πάνω από τους 100 βαθμούς C ώστε να αφυδατωθεί. Μεταφέρετε αυτό το λάδι σε ένα δοχείο και ρίξτε μέσα δύο μεταλλικές μπάλες οι οποίες είναι συνδεδεμένες με τον πόλο της μηχανής. Χρησιμοποιώντας μια γυάλινη ράβδο, ενσωματώστε στο λάδι ποσότητα λεπτοκομμένου τριχώματος γούνας ή κρυστάλλων κινίνου. Αφού η μηχανή τεθεί σε λειτουργία, οι τρίχες ή οι κρύσταλλοι διατάσσονται κατά μήκος των γραμμών του ηλεκτρικού πεδίου.

## 7. ΦΩΤΕΙΝΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΟ ΣΚΟΤΑΔΙ

Θέστε σε λειτουργία τη στατική μηχανή σε ένα σκοτεινό δωμάτιο και απομακρύνετε μεταξύ τους πόλους, έτσι ώστε οι σπίθες να μην περνούν συχνά. Οι απολήξεις της βελόνας φωτίζονται. Στις αρνητικά φορτισμένες άκρες, ο φωτισμός έχει τη μορφή φωτεινών κουκίδων, ενώ στις θετικά φορτισμένες παίρνει τη μορφή ασθενών εκκενώσεων ιώδους φωτός.

## 8. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΛΥΧΝΙΑ ΚΕΝΟΥ

Η μηχανή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την επίδειξη εκκενώσεων σε λυχνίες που περιέχουν σπάνια αέρια, όπως στις λυχνίες κενού. Οι λυχνίες πρέπει να συνδεθούν ανάμεσα στους πόλους του σπινθηριστή. Αυτά τα πειράματα πρέπει να εκτελεστούν σε σκοτεινό χώρο.