

1. FENOMENOS ELECTROSTATICOS CON ELECTRODOS PUNTIAGUDOS

1.1. Objetivo

El propósito de esta experiencia es estudiar los fenómenos que suceden en la vecindad de conductor puntiagudo cargado eléctricamente. Se analizan diferentes casos de fenómenos electrostáticos, utilizando la máquina electrostática de Wimshurst.

1.2. Medidas de Seguridad

Máquina de Wimshurst (MDW)

- Esta es una práctica demostrativa y por tanto las únicas personas que manipularán la MDW es el profesor o los técnicos de laboratorio. Los estudiantes deben permanecer por lo menos a dos metros de distancia de la MDW.
- Personas con implantes cocleares en el oído, marcapasos, etc deben permanecer lejos de la MDW!, estos podrían ser dañados por los grandes campos eléctricos que rodean a la máquina, o por intensos pulsos de ondas de radio creados durante la descarga de la chispa.
- Evite entrar al laboratorio con encendedores de cigarrillo que funcionen con gas butano, puestos podrían incendiarse por una chispa de la MDW.
- Evite acercar cualquier dispositivo electrónico como laptops, tablets, teléfonos móviles a la MDW en operación, estos podrían dañarse debido al fuerte campo eléctrico.
- No toque directamente con las manos ni los terminales o electrodos de la MDW, ni tampoco sus condensadores (botellas de Leyden), estos podrían descargarse a través de su mano y producir un choque eléctrico letal.

1.3. Materiales

- Una máquina de Wimshurst.
- Un par de electrodos metálicos puntiagudos.
- Un par de placas metálicas.
- Diferentes elementos: una vela, un electroscopio, un molinete o reguilete metálico, un vaso de cartón o plástico, cables de conexión.

1.4. Resumen teórico

Información tomada del excelente artículo sobre fenómenos electrostáticos escrito por D. Ivanov y S. Nilolov[1]

Tomemos una barra metálica puntiaguda (un clavo, una aguja, un alfiler, etc) en un soporte aislado y conectémoslo al polo o electrodo de la máquina electrostática de Wimshurst, supongamos que al electrodo positivo (+). La gran intensidad del campo alrededor de la punta facilita la creación de un gran número de cargas libres positivas y negativas. Esto puede suceder de diferentes maneras:

1. Por diversas razones, el aire contiene una gran cantidad de partículas libres con cargas positivas (iones) y carga negativa (electrones). Estas cargas, cuando se encuentran cerca de la punta de un electrodo eléctricamente cargado, experimentan fuerzas eléctricas muy grandes. Como consecuencia las partículas se aceleran adquiriendo grandes velocidades. Estas partículas proyectil al chocar con moléculas neutras, pueden remover sus electrones y generar por tanto iones positivos. Los nuevos iones formados a su vez son acelerados, incrementan su velocidad y se

convierten en nuevos proyectiles que pueden a su vez seguir ionizando más moléculas o átomos. De esta manera, se genera un proceso de ionización continuo, algo así como una avalancha, ver figura 1. Esto es lo que se llama un Descarga de corona. Un gran número de cargas positivas y negativas se crean en las inmediaciones de la punta. Las cargas de signo opuesto a la punta (en este caso las negativas) se mueven rápidamente hacia la punta y son neutralizadas. Las cargas del mismo signo, sin embargo permanecen y forman una nube alrededor de la punta. Estas cargas interactúan con la carga de la punta por un largo tiempo (fuerza de Coulomb) repeliéndose entre sí.

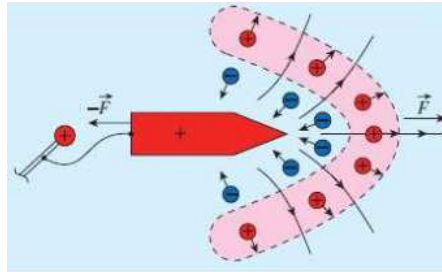


Figura 1: Descarga de corona y formación de la nube iónica

Debido a esta repulsión, las cargas positivas se alejan de la punta del conductor, el cual también experimenta una fuerza de repulsión en dirección opuesta. La ionización por avalancha no se detiene, esta continúa y nuevas cargas se crean todo el tiempo. Estas cargas forman una corriente iónica que se aleja de la punta y que arrastra consigo no sólo partículas cargadas sino también moléculas neutras formándose de esta manera un viento que se denomina viento iónico.

2. Algunas de las moléculas neutras en el aire (nitrógeno, oxígeno) pueden polarizarse en el intenso campo eléctrico y convertirse en dipolos (ver figura 2). Los dipolos giran de modo que su carga

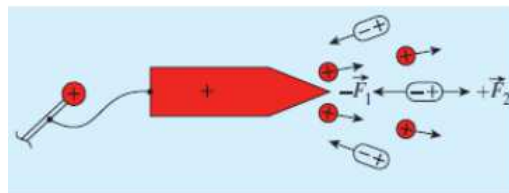


Figura 2: Polarización de moléculas neutras en el aire

negativa se orienta hacia la punta del electrodo, y así son atraídos y caen sobre el conductor. Allí se electrifican con la carga de la punta metálica y son repelidos por esta, participando en el proceso de ionización por avalancha. La punta del conductor interactúa con los dipolos (atracción) y los iones (repulsión), pero las fuerzas de repulsión son más fuertes ya que se deben a iones cargados. Mientras que las fuerzas de atracción se deben a la electricidad de los dipolos neutros.

3. Es posible que algunas de las moléculas dipolares consideradas en el párrafo anterior se encuentren en una zona del espacio donde la fuerza eléctrica que experimentan sea extremadamente fuerte y produzca un rompimiento de la molécula, separando las cargas positivas de las negativas antes de que lleguen a la superficie del conductor (figura 3).

Así se convierten en iones y pueden tomar parte en la ionización por avalancha.

4. Alguno de los iones positivos y electrones creados por los procesos mencionados anteriormente pueden unirse a moléculas neutras (figura 4), formando iones más pesados tanto positivos como negativos que participan también en la ionización por avalancha.

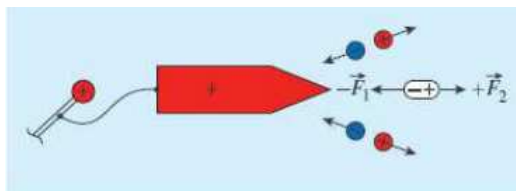


Figura 3: Rompimiento de moléculas debido a la intensa fuerza eléctrica

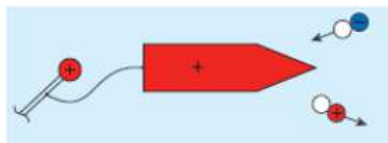


Figura 4: iones adhiriéndose a moléculas neutras en la zona de la corona

5. Algunas de las cargas eléctricas creadas en la vecindad de la punta del conductor pueden recombinarse por alguna u otra razón y volver a ser moléculas neutras. Esto conduce a un resplandor pálido específico, característico de la descarga corona, que puede ser observada en la oscuridad.

2. Experimentos

A medida que el profesor va realizando cada experimento se debe explicar con claridad, el porqué de los fenómenos observados. Las explicaciones se deben hacer basados en la teoría suministrada!

1. Detección del viento iónico

Ver figura 5. Las laminillas del electroscopio se separan debido a la repulsión de las cargas del mismo signo que poseen.

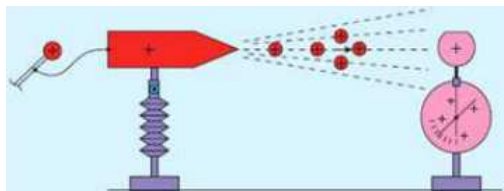


Figura 5: Demostración de la presencia de un viento iónico y su naturaleza eléctrica

2. Demostración de la presencia de un viento iónico y su naturaleza eléctrica

Ver figuras 6 y 7.

3. Motores iónicos

Ver figuras 8 y 9.

4. Motor electrostático Ver figuras 10 y 11.

5. Transferencia de carga eléctrica de una fuente de alta tensión a un objeto neutral sin conexión directa

Ver figura 12.

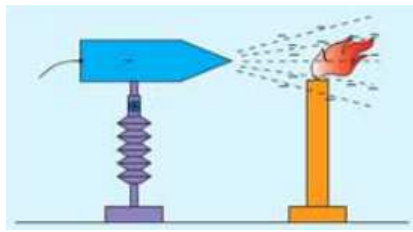


Figura 6: Apagando una vela con viento iónico.

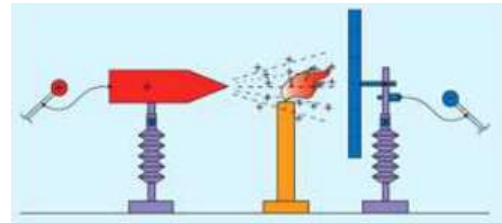


Figura 7: Apagando una vela con viento iónico de la manera fácil.

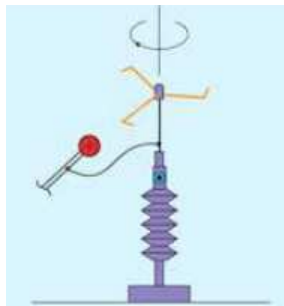


Figura 8: Molinete electrostático

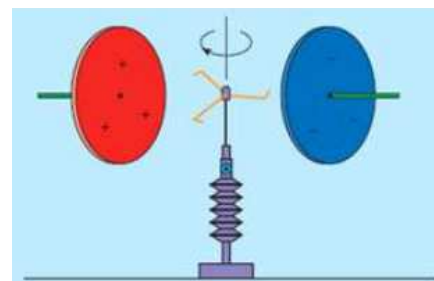


Figura 9: Molinete girando sin conexión a ninguna fuente electrostática

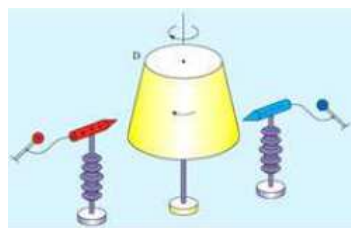


Figura 10: Un motor electrostático básico

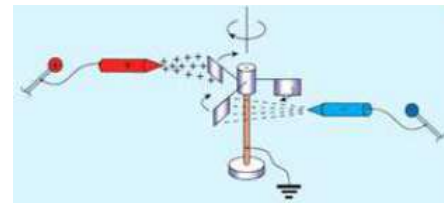


Figura 11: Rotación por el efecto mecánico del viento iónico.

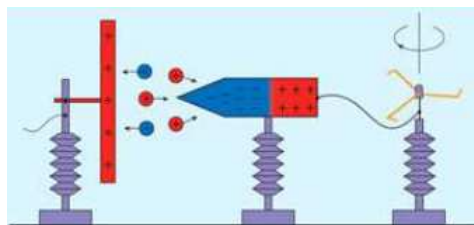


Figura 12: Electrodo metálico puntiagudo en un campo electrostático.

3. Preguntas

Al final de la práctica el estudiante debe responder las siguientes preguntas.

1. Qué es el viento iónico? De que está compuesto?
2. Cómo se genera el viento iónico?
3. Cómo se detecta el viento iónico?
4. Por qué razón se apaga la llama de la vela cuando se pone cerca a la punta del electrodo puntiagudo cargado eléctricamente?
5. Cómo funciona un motor iónico?
6. Cómo funciona el motor electrostático básico?
7. Cómo funciona un pararrayos?
8. Es posible que algún día la ciencia logre que no se produzcan rayos o descargas eléctricas en la atmósfera? Como se podría lograr esto?

Referencias

- [1] Draglia Ivanov, Stefan Nikolov. *Electrostatics experiments with sharp metal points*. Phys. Edu. Vol 51, 2016.