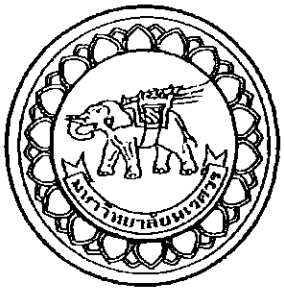
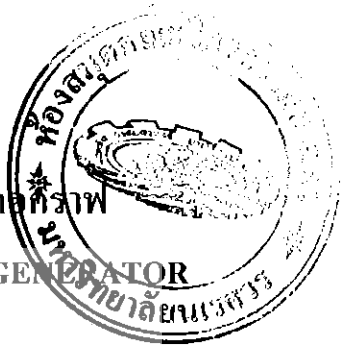




เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

VAN DE GRAAFF ELECTROSTATIC GENERATOR

นายพิพัฒน์พงศ์ ร่มเย็น รหัส 46380160

นายพูลชัย คงมี รหัส 48380357

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 17 พ.ย. 2554
เลขทะเบียน 1570603
เลขเรียกหนังสือ ว/ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร W6990
2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

1570603
ว/ร
W6990
2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพิพัฒน์พงศ์ ร่มเย็น	รหัส 46380160
	นายพูลชัย คงมี	รหัส 48380357
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.แคทรียา สุวรรณศรี	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2552	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.แคทรียา สุวรรณศรี)

.....กรรมการ

(ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ

(ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพิพัฒน์พงศ์	ร่มเย็น	รหัส 46380160
	นายพูลชัย	คงมี	รหัส 48380357
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.แคทรียา	สุวรรณศรี	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2552		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตเรื่องสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นในวัตถุ โดยสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟอย่างง่าย ให้เป็นเครื่องต้นแบบในการศึกษาเรียนรู้ถึงหลักการกำเนิดไฟฟ้าสถิตและวิธีการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้คือ โดมสะสมประจุ สายพาน หลอดแก้ว แบตเตอรี่ มอเตอร์ แกนสายพานและสายไฟฟ้า เป็นต้น

การทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟอย่างง่ายนี้สามารถปรับขนาดแหล่งจ่ายประจุไฟฟ้า 2 ระดับคือ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์ และมีโดมโลหะกลวงรูปทรงกลมทรงกลมเจาะทะลุ และกระป๋องน้ำอัดลมเป็นตัวกระจายประจุ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีการสะสมประจุที่โดมโลหะแต่น้อยมาก ทำให้กระดาษทิชชู่ที่ติดอยู่ที่โดมโลหะทั้ง 3 แบบเคลื่อนที่น้อยมาก

Project title	Van de Graaff Electrostatic Generator
Name	Mr. Pipatpong Romyen ID. 46380160
	Mr. Poonchai Kongmee ID. 48380357
Project advisor	Mrs. Cattareeya Suwanasri, D.Eng.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering.
Academic year	2009

Abstract

This project is to study the electrostatic generator of a static electric charge on the object and build an simple Van de Graaff electrostatic generator to simple as a prototype for the study and learn the principles of static electricity generation and how to work of Van de Graaff electrostatic generator. The main equipment consists of the following is the metal sphere, tube, conveyor, belt axis, motors, batteries and cables etc.

The testing of the an simple Van de Graaff electrostatic generator can be change supply two-level charge is 6 volt and 12 volt and have a hollow metal sphere, punctured sphere and canned soft drinks as a distribution charge. The results showed that the accumulated charge metal materials but retained very little charge to make tissue paper stuck to the 3 animated metal materials very little.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.แคทรียา สุวรรณศรี เป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา รวมไปถึงช่วยชี้แนะแนวทางต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในการทำโครงงานในครั้งนี้เป็นอย่างดีตลอดจนให้ความกรุณาช่วยตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องและปัญหาต่างๆ ในการทำโครงงานในครั้งนี้ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งจนทำให้การศึกษาหัวข้อโครงงานในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่คอยกรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา อบรมสั่งสอนและให้ความรู้ในทางด้านวิชาการต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในโครงงานนี้ตลอดจนคอยชี้แนะประสบการณ์ที่ดีที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาและนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาโครงงานให้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

และท้ายสุดขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกคนเป็นอย่างสูงที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาและสนับสนุนในด้านการศึกษามาเป็นอย่างดี รวมถึงคอยให้ความรักความเข้าใจและความปรารถนาดีตลอดมา

นายพิพัฒน์พงศ์ ร่มเย็น

นายพูลชัย คงมี

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 แผนการดำเนินงาน 2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.7 งบประมาณของโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 4
2.1 การเกิดไฟฟ้าสถิต 4
2.2 ธรรมชาติของไฟฟ้า 5
2.3 การไหลของอิเล็คตรอน 6
2.4 หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตและคุณสมบัติทางฟ้าของวัสดุ 6
2.5 วัสดุในงานเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต 7
2.6 ตัวอย่างการเกิดไฟฟ้าสถิตและการถ่ายเทประจุไฟฟ้า 8
2.7 การสร้างไฟฟ้าสถิตแรงดันสูง 8
2.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟ 12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟ 15

3.1 ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ 15

3.2 การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ 16

บทที่ 4 การทดสอบและผลการวิเคราะห์ 26

4.1 ทดสอบข้อจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ 26

4.2 ทดสอบการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ 27

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง 29

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 31

5.1 สรุปหลักการทำงาน 31

5.2 ผลการทดลองและสรุปผล 31

5.3 ปัญหาที่พบภายในโครงงาน 32

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 32

เอกสารอ้างอิง 33

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 34

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ข้อจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ 26

4.2 การทดสอบการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ 29

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การถ่ายเทอิเล็กตรอนเมื่อนำลูกโป่งมาถูกับเส้นผม	4
2.2	ลักษณะของประจุไฟฟ้า	5
2.3	การไหลของอิเล็กตรอน	6
2.4	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแผ่นคาปาซิเตอร์	9
2.5	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ	10
2.6	ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ	11
2.7	ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบทรอมเมล	12
2.8	ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ	13
2.9	ส่วนประกอบหลักของเครื่องกำเนิดฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ	14
2.10	องค์ประกอบหลักของการเกิดประจุไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ	14
3.1	กล่องและแบตเตอรี่	16
3.2	ติดตั้งสวิตช์ปิด-เปิด	17
3.3	ใช้สว่านหรือตะไบเซาะร่องวางแกนเหล็กบนท่อพีวีซี	17
3.4	ถอดขั้วพีวส์โดยใช้ความร้อนจากหัวแร้ง	18
3.5	ต่อสายไฟเข้ากับมอเตอร์และการประกอบมอเตอร์เข้ากับท่อพีวีซีสามทาง	18
3.6	(ก) อุปกรณ์ประกอบสายพาน (ข) ร้อยสายพานที่ใส่แกนเหล็กและท่อแก้ววางลงบนร่องท่อพีวีซี	19
3.7	ประกอบชุดมอเตอร์เข้ากับท่อสายพาน	20
3.8	ติดตั้งสายไฟ (ก) ถ่ายเทประจุบวก (ข) ถ่ายเทประจุลบ	21
3.9	ต่อชุดมอเตอร์เข้ากับส่วนฐาน	22
3.10	(ก) วัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 1 รู (ข) นำวัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 1 รูมาวางบนแท่น	23
3.11	(ก) วัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 2 รู (ข) นำวัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 2 รูมาวางบนแท่น	24
3.12	(ก) กระป๋องน้ำดื่มเปล่า (โค้กแคน) (ข) นำกระป๋องน้ำดื่มเปล่า (โค้กแคน) มาวางบนแท่น	25
4.1	การวัดแรงดันบนสายพาน	26
4.2	การวัดความเร็วของสายพาน	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3	การทดสอบทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 2 ด้าน	28
4.4	การทดสอบทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 1 ด้าน	28
4.5	การทดสอบอลูมิเนียมทรงกระบอก	29

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตจะสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นในวัตถุโดยสามารถนำประจุไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องนี้ไปใช้ในงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และทางด้านวิศวกรรมในงานอุตสาหกรรมหรือสถาบันการศึกษา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตนี้มีหลากหลายชนิด เช่น เครื่องจักรวิมส์เฮิรสต์ (Wimshurst machine) คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีจานหมุนสองอันซึ่งสร้างประจุไฟฟ้าแล้วประจุจะถูกรวบรวมไว้โดยหวีโลหะ หรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแวนเดอกราฟ (Van de Graaff generator) คือ มีสายพานเลื่อนซึ่งจะได้รับประจุ และเมื่อสายพานผ่านไปเหนือแถวของโลหะปลายแหลม สายพานจะนำประจุไปยังโดมโลหะกลวงที่ยอดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าเราวางโดมโลหะอีกอันหนึ่งไว้ข้างๆเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำให้เกิดประกายไฟฟ้าสถิตขนาดใหญ่ข้ามระหว่างโดมสองอันนั้น

ดังนั้นในโครงงานนี้จะสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ เพื่อให้เป็นเครื่องต้นแบบในการศึกษาเรียนรู้ถึงหลักการกำเนิดไฟฟ้าสถิต และวิธีการทำงานของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ โดยสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ อย่างง่าย และทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟอย่างง่าย มีขนาดแหล่งจ่ายประจุไฟฟ้า 2 ระดับคือ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์ และมีโดมโลหะกลวงรูปทรงกลม ทรงกลมเจาะทะลุ และกระป๋องน้ำอัดลมเป็นตัวกระจายประจุไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ถึงหลักการและวิธีการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ โดยสร้างและทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟอย่างง่าย

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1. สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟอย่างง่าย โดยมีขนาดแหล่งจ่ายประจุไฟฟ้า 2 ระดับคือ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์

2. ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟอย่างง่าย โดยมีโดมโลหะกระจายประจุเป็นทรงกลม ทรงกลมเจาะทะลุ และกระป๋องน้ำอัดลม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาเกี่ยวกับการเกิดไฟฟ้าสถิต
2. ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟ
3. สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟ
4. ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

1.5 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ปี 2553				ปี 2554				
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดไฟฟ้าสถิต	←	→							
2. ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ		←	→						
3. สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ				←	→				
4. ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ								←	→
5. ทำรายงานและสรุปผล									← →

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เรานำความรู้เกี่ยวกับการเกิดไฟฟ้าสถิตมาสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟอย่างง่ายเพื่อความเข้าใจหลักการผลิตไฟฟ้าสถิตและเป็นสื่อการเรียนต่อไป

1.7 งบประมาณของโครงงาน

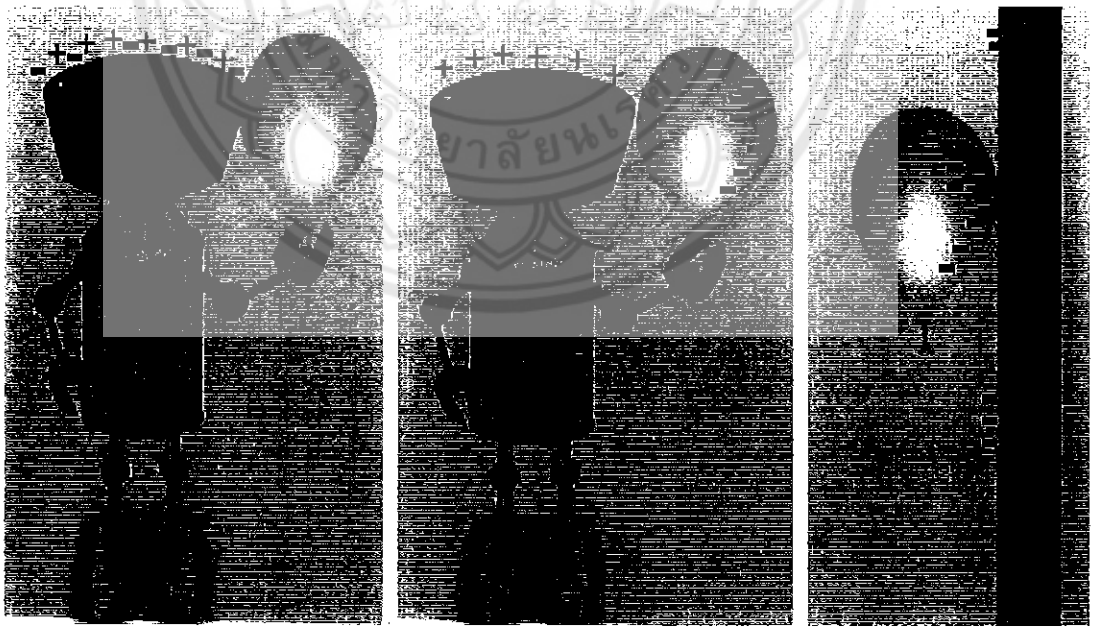
1. ค่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้า	500	บาท
2. ค่าวัสดุอื่นๆ	1,500	บาท
3. ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	1,000	บาท
รวมเป็นเงิน	3,000	บาท
	(สามพันบาทถ้วน)	

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การเกิดไฟฟ้าสถิต [1]

โดยทั่วไปเราจะสามารถสังเกตเห็นปรากฏการณ์เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตได้เมื่อเกิดปรากฏการณ์แบบใหญ่ๆ (Macroscopic) เช่น ฟ้าแลบ, ฟ้าผ่า เป็นต้น แต่จริงๆแล้ว ไฟฟ้าสถิตนั้นอาจจะเกิดขึ้นได้อยู่ตลอดเวลาในระบบเล็กๆ (Microscopic) ด้วย ตัวอย่างเช่น เสื้อผ้าที่ยับลู่ติดตัว, การเกิดฝุ่นหนาเกาะจับตามหน้าจอของเครื่องรับโทรทัศน์, การเกิดไฟฟ้าดูดเมื่อเราจับโลหะบางประเภทเช่น ลูกบิดประตู สัตว์เลี้ยง หรือแม้แต่วัสดุอื่น นอกจากนี้ยังอาจจะเห็นได้จากการที่พลาสติกสำหรับห่อของยังถูกแรงดูดติดอยู่กับวัสดุที่มันห่อหุ้มอยู่

ไฟฟ้าสถิตเกิดได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ง่ายคือเมื่อวัตถุสองชนิดมาถูกันหรือการสัมผัสกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน การถูกันระหว่างวัสดุสองชนิดทำให้เกิดการถ่ายเทประจุจากที่วัสดุทั้งสองเป็นกลางทางไฟฟ้า (คือมีประมาณประจุบวกและลบเท่ากัน) ไปเป็นว่าวัสดุทั้งสองนั้น ชิ้นหนึ่งมีประจุบวกมากกว่าและอีกชิ้นหนึ่งมีประจุลบมากกว่า ทั้งนี้การที่วัสดุใดจะมีประจุชนิดใดมากกว่าภายหลังจากการเสียดสีกันนั้นขึ้นกับชนิดของวัสดุทั้งสอง



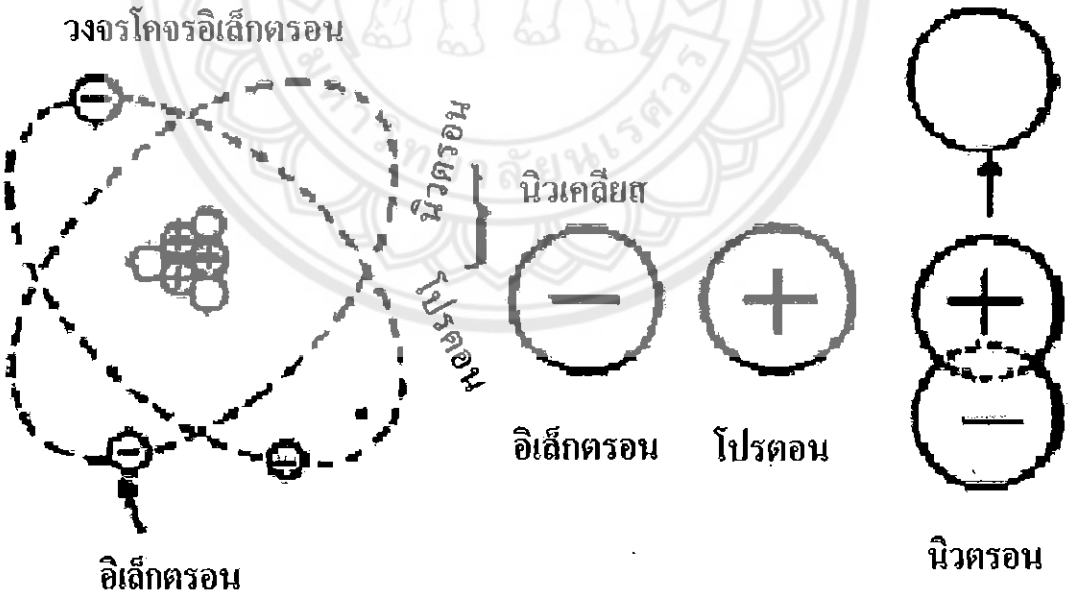
รูปที่ 2.1 การถ่ายเทอิเล็กตรอนเมื่อนำลูกโป่งมาถูกับเส้นผม

[http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/15/14/vandergraaff/vandegraaff.swf]

วัสดุบางชนิดจะให้อิเล็กตรอนบางชนิดจะรับอิเล็กตรอนได้ดี เช่น เมื่อนำลูกโป่งมาถูกับเส้นผมโมเลกุลยางที่ลูกโป่งจะดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของเส้นผม เมื่อนำลูกโป่งออกจากเส้นผมอิเล็กตรอนบางส่วนจะติดไปกับลูกโป่งทำให้เกิดเป็นประจุลบ เมื่อนำลูกโป่งไปวางบนกำแพงลูกโป่งสามารถลอยติดอยู่กับกำแพงได้เนื่องจากประจุลบที่ผิวของลูกโป่งจะผลักประจุลบที่อยู่บนผิวกำแพง (ที่มีอยู่จำนวนน้อย) ออกไปทำให้ประจุที่ผิวกำแพงจะมีประจุบวก จึงทำให้เกิดแรงดึงดูดขึ้นระหว่างลูกโป่งกับกำแพงมากพอที่จะต้านแรงดึงดูดจากโลกได้ ดังรูปที่ 2.1 ลำดับของปริมาณประจุของวัสดุแสดงดังลำดับข้างล่าง โดยที่ลำดับบนสุดจะมีประจุบวกมากที่สุดและลำดับล่างสุดจะประจุลบมากที่สุด

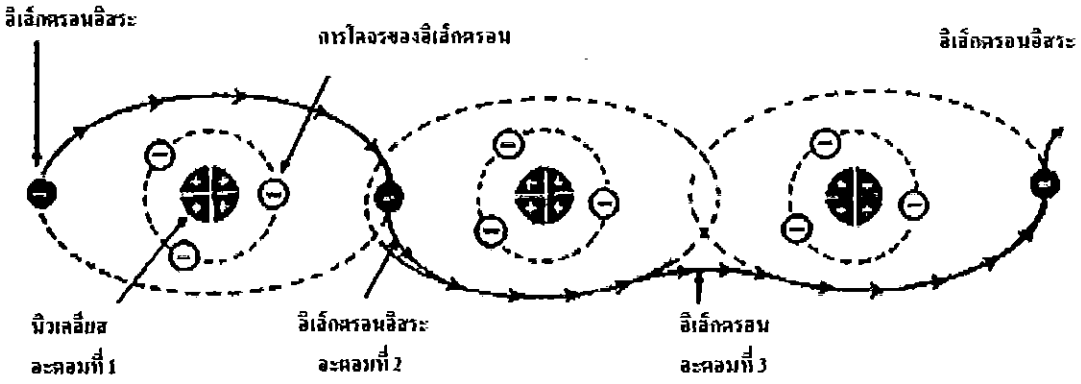
2.2 ธรรมชาติของไฟฟ้า [2]

สสารที่มีในโลกนี้ประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ซึ่งเราเรียกว่า อะตอม (Atoms) ภายในอะตอมจะประกอบไปด้วยอนุภาคไฟฟ้าเล็กๆ 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน โปรตอนและนิวตรอน โดยที่อิเล็กตรอนจะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบโปรตอนมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก และในนิวตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็นกลางการอยู่ร่วมกันของอนุภาคทั้งสามในอะตอมเป็นลักษณะที่โปรตอนและนิวตรอนร่วมกันอยู่ตรงกลางเรียกว่า นิวเคลียส และมีอิเล็กตรอน โคจรอยู่รอบๆ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะของประจุไฟฟ้า

2.3 การไหลของอิเล็กตรอน [3]



รูปที่ 2.3 การไหลของอิเล็กตรอน

ภายในอะตอมดังรูปที่ 2.3 จะมีอิเล็กตรอนโคจรอยู่รอบๆนิวเคลียสเป็นวง ๆ ซึ่งอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดเรียกว่าอิเล็กตรอนอิสระ และถ้าอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกได้รับพลังงาน ก็จะทำให้อิเล็กตรอนนี้ เคลื่อนที่ไปอยู่ในอะตอมที่ถัดไปทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอน พลังงานที่จะทำให้อิเล็กตรอนในวัตถุตัวนำไหลได้ ได้จากแหล่งกำเนิดฟ้าซึ่งจะทำหน้าที่ทั้งการรับและจ่ายอิเล็กตรอนซึ่งเราเรียกว่าขั้วไฟฟ้าโดยกำหนดไว้ว่าขั้วที่รับอิเล็กตรอนเรียกว่าขั้วบวกขั้วที่จ่ายอิเล็กตรอนเรียกว่า ขั้วลบ

2.4 หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุ

2.4.1 ประจุไฟฟ้าในสสาร [4]

ส่วนที่เล็กที่สุดของธาตุแท้ก็คือ อะตอม ในอะตอมประกอบไปด้วยอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบๆนิวเคลียส และอะตอมในสภาวะปกติจะเป็นกลางทางไฟฟ้า นิวเคลียสเองจะเป็นแสดงอำนาจบวกเนื่องจากภายในนิวเคลียสประกอบด้วยนิวตรอน (เป็นกลางทางไฟฟ้า คือไม่แสดงอำนาจประจุไฟฟ้า) และโปรตอน (แสดงอำนาจบวก) ซึ่งจำนวนของโปรตอนภายในนิวเคลียสจะเท่ากับจำนวนของอิเล็กตรอนที่วิ่งล้อมรอบนิวเคลียสอยู่ ดังนั้นจึงทำให้ประจุไฟฟ้ารวมของทั้งอะตอมเป็นศูนย์ อิเล็กตรอนแต่ละตัวจะมีประจุภายในตัวเอง คือ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ ซึ่งเท่ากับประจุของโปรตอน

เมื่อใดก็ตามที่อะตอมของธาตุมีจำนวนของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปจากสภาวะสมดุลตามธรรมชาติของมัน จะทำให้อะตอมนั้นแสดงอำนาจทางไฟฟ้าออกมา ถ้าอะตอมของธาตุเสียอิเล็กตรอนไป อะตอมนั้นจะแสดงประจุไฟฟ้าเป็นบวก ในทางตรงกันข้าม หากอะตอมของธาตุได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มมากเกินกว่าในสภาวะสมดุล อะตอมนั้นจะแสดงประจุลบ อะตอมของธาตุที่

ไม่เป็นกลาง (คือแสดงอำนาจเป็นประจุบวกและลบ) นี้จะมีปฏิกิริยาต่อกัน กล่าวคือ ประจุที่เหมือนกันจะผลักกัน และประจุที่ต่างกันจะดูดกัน ด้วยแรงกระทำต่อกันที่สามารถคำนวณได้ เราสามารถทดลองให้เห็นแรงที่กระทำต่อกันเนื่องมาจากประจุไฟฟ้าสถิตได้ด้วยการใช้ Electroscope

2.4.2 ความนำไฟฟ้าของวัสดุและคุณสมบัติด้านไฟฟ้าสถิต

วัสดุหรือวัตถุที่อยู่ในชีวิตประจำวันสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆตามความสามารถในการนำไฟฟ้าคือ ตัวนำและฉนวน จริงๆแล้วมีการเข้าใจผิดอยู่มากในเรื่องของคุณสมบัติทางไฟฟ้าสถิตของวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าเช่นโลหะ ว่าไม่สามารถสร้างประจุและเก็บประจุไว้ได้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว โลหะก็สามารถสร้างประจุได้ นอกจากนั้นแล้ว โลหะที่ไม่ได้ถูกต่อลงดินก็สามารถเก็บประจุไว้ได้เช่นเดียวกับวัสดุที่เป็นฉนวน

2.4.2.1 ตัวนำไฟฟ้า (Conductor)

วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าจะมีความนำไฟฟ้าจำเพาะ 105 โอมห์ต่อเซนติเมตร หรือมากกว่า คุณสมบัติที่สำคัญทางด้านไฟฟ้าสถิตของตัวนำไฟฟ้า (เช่น โลหะ) คือประจุสามารถเดินทางได้เร็วบนพื้นผิวของมัน ทำให้ประจุบวกและประจุลบ รวมตัวกันได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งคุณสมบัตินี้จะทำให้ประจุบนตัวนำที่ไม่ได้ถูกต่อลงดินมีเพียงชนิดเดียว คือบวกหรือลบเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง เพราะส่วนน้อยที่เหลืออยู่จะถูกรวมหายไป กระจายอยู่ตลอดผิวของโลหะนั้น ซึ่งจะทำให้วัตถุตัวนำมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันตลอดทั้งชิ้นสาร และเมื่อเราต่อโลหะลงกราวด์จะทำให้ประจุทั้งหมดสามารถไหลถ่ายเทลงกราวด์ (ซึ่งมักจะถูกต่อลงพื้นดินจริงอีกทีหนึ่ง) ได้ และทำให้แผ่นโลหะทั้งแผ่นนั้นเป็นกลาง

2.4.2.2 ฉนวน (Insulator)

ตรงกันข้ามกับตัวนำไฟฟ้า ประจุจะเดินทางได้ยากบนวัสดุที่เป็นฉนวน ทำให้การรวมตัวระหว่างกันเกิดได้ยากและ/หรือเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ผลที่เกิดขึ้นจากคุณสมบัตินี้คือ บางตำแหน่งของแท่งวัตถุที่เป็นฉนวนอาจจะเป็นบวกในขณะที่บางตำแหน่งของฉนวนจะมีประจุลบ นอกจากนี้แล้วเรายังไม่สามารถถ่ายประจุจากวัตถุประเภทฉนวนลงดินได้ด้วยวิธีการต่อสายดิน เนื่องจากประจุไฟฟ้าเดินทางได้ยากบนฉนวนนั่นเอง ทั้งนี้ เมื่อต่อสายดินเข้ากับแท่งฉนวนที่ไม่เป็นกลาง ฉนวนนั้นก็ยังคงแสดงอำนาจประจุไฟฟ้าเหมือนเดิมอยู่

2.5 วัสดุในงานเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต

มีวัสดุบางประเภทที่ถึงแม้ว่าเสียดสีกันก็จะเกิดการถ่ายเทประจุน้อยมาก เราเรียกวัสดุเหล่านี้ว่า Low Charging Material หรือ Antistatic วัสดุเหล่านี้สามารถเป็นได้ทั้งตัวนำ (Conductor มีความต้านทานจำเพาะ < 104 โอห์มเซนติเมตร), ตัวกระจาย (Dissipator มีความต้านทานจำเพาะระหว่าง 104 และ 1011 โอห์มเซนติเมตร), หรือแม้แต่ฉนวน (Insulator มีความต้านทานจำเพาะสูงกว่า 1011 โอห์มเซนติเมตร) อย่างไรก็ตาม เราจะเลือกเฉพาะวัสดุที่เป็นตัวนำ หรือ Dissipator

เท่านั้นมาใช้งานในบริเวณที่ต้องการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าสถิต (ESD protected area)

2.6 ตัวอย่างการเกิดไฟฟ้าสถิตและการถ่ายเทประจุไฟฟ้า [5]

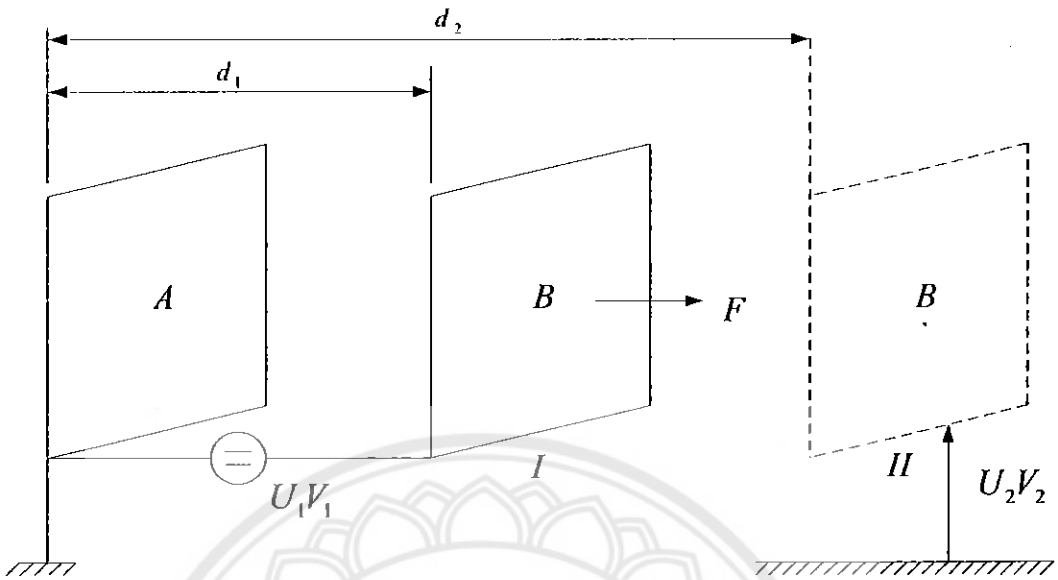
เมื่อเราใส่รองเท้าหนังแล้วเดินไปบนพื้นที่ปูด้วยขนสัตว์หรือพรม เมื่อเดินไปจับลูกบิดประตูจะมีความรู้สึกว่าถูกไฟช็อต ที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ว่า เกิดประจุไฟฟ้าขึ้นจากการขัดสีของวัตถุ 2 ชนิด วัตถุใดสูญเสียอิเล็กตรอนไปจะมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ส่วนวัตถุใดได้รับอิเล็กตรอนมาจะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุที่มาขัดสีกัน ร่างกายของคนเราเป็นตัวกลางทางไฟฟ้าที่ดี เมื่อเราเดินผ่านพื้นที่ปูด้วยขนสัตว์หรือพรม รองเท้าหนังของเราจะขัดสีกับพื้นขนสัตว์หรือพรม ทำให้อิเล็กตรอนถ่ายเทจากรองเท้าหนังไปยังพื้นพรม เมื่อเราเดินไปเรื่อย ๆ อิเล็กตรอนจะถ่ายเทจากรองเท้าไปยังพื้นมากขึ้น จึงทำให้เรามีประจุไฟฟ้าเป็นบวกกระจายอยู่เต็มตัวเรา เมื่อเราไปจับลูกบิดประตู ซึ่งเป็นโลหะจะทำให้อิเล็กตรอนจากประตูถ่ายเทมายังตัวเรา ทำให้เรารู้สึกว่าคล้าย ๆ ถูกไฟช็อต ในลักษณะเดียวกันถ้าเราใส่รองเท้ายาง รองเท้ายางจะรับอิเล็กตรอนจากผ้าขนสัตว์หรือพรมจะทำให้เรามีประจุไฟฟ้าเป็นลบ เมื่อเราเข้าไปใกล้และจะจับลูกบิดประตูจะทำให้อิเล็กตรอนถ่ายเทจากเราไปยังลูกบิดประตู เราจะมีความรู้สึกว่าคล้าย ๆ ถูกไฟช็อต

2.7 การสร้างไฟฟ้าสถิตแรงดันสูง [6]

การสร้างไฟฟ้าสถิตแรงดันสูงใช้หลักการการเปลี่ยนพลังงานกล เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้สนามแม่เหล็กเป็นตัวเก็บสะสมประจุไว้ที่ผิวโลหะที่ติดกับฉนวน เมื่อใส่พลังงานกล เข้าไปแล้วทำการเคลื่อนย้ายไปรวมกันในที่ที่กำหนดไว้ให้ได้มากๆ ที่จุดจุดหนึ่งจะทำให้จุดนั้นมีศักดาไฟฟ้าสูงขึ้น มี 3 แบบ คือ

- การสร้างไฟฟ้าสถิตแบบแผ่นคาปาซิเตอร์
- การสร้างไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ
- การสร้างไฟฟ้าสถิตแบบทรอมเมล

2.7.1 การสร้างไฟฟ้าสถิตแบบแผ่นคาปาซิเตอร์



รูปที่ 2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแผ่นคาปาซิเตอร์

การทำงาน

แผ่นโลหะ Aและ B ยึดติดกับฐานที่เป็นฉนวน โดยแผ่นโลหะ A ยึดติดอยู่กับที่และแผ่นโลหะ B สามารถปรับเคลื่อนที่ได้ เมื่อทำการใส่แรงดันไฟตรงเข้าระหว่างแผ่นโลหะ A และ B ซึ่งวางห่างกันเป็นระยะ d_1 ทำการเคลื่อนแผ่นโลหะ B ให้ห่างจาก A เป็นระยะทาง d_2 ถ้าประจุไม่เกิดการสูญหายจะทำให้ V_2 มากกว่า V_1

จาก $Q = CV$ (2.1)

เมื่อประจุ Q คงที่

- ที่ตำแหน่ง B ได้พลังงานเป็น

$$W_1 = \frac{1}{2}C_1V_1^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_1} \quad (2.2)$$

เมื่อ $d = d_1, C = C_1, V = V_1$

- ที่ตำแหน่ง Bx ได้พลังงานเป็น

$$W_2 = \frac{1}{2}C_2V_2^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_2} \quad (2.3)$$

เมื่อ $d = d_2, C = C_2, V = V_2$

แต่ $Q = C_1 V_1 = C_2 V_2$ (2.4)

$\therefore$ $V_2 = (C_1/C_2)*V_1$

$$V_2 = \frac{C_1}{C_2} V_1 \tag{2.5}$$

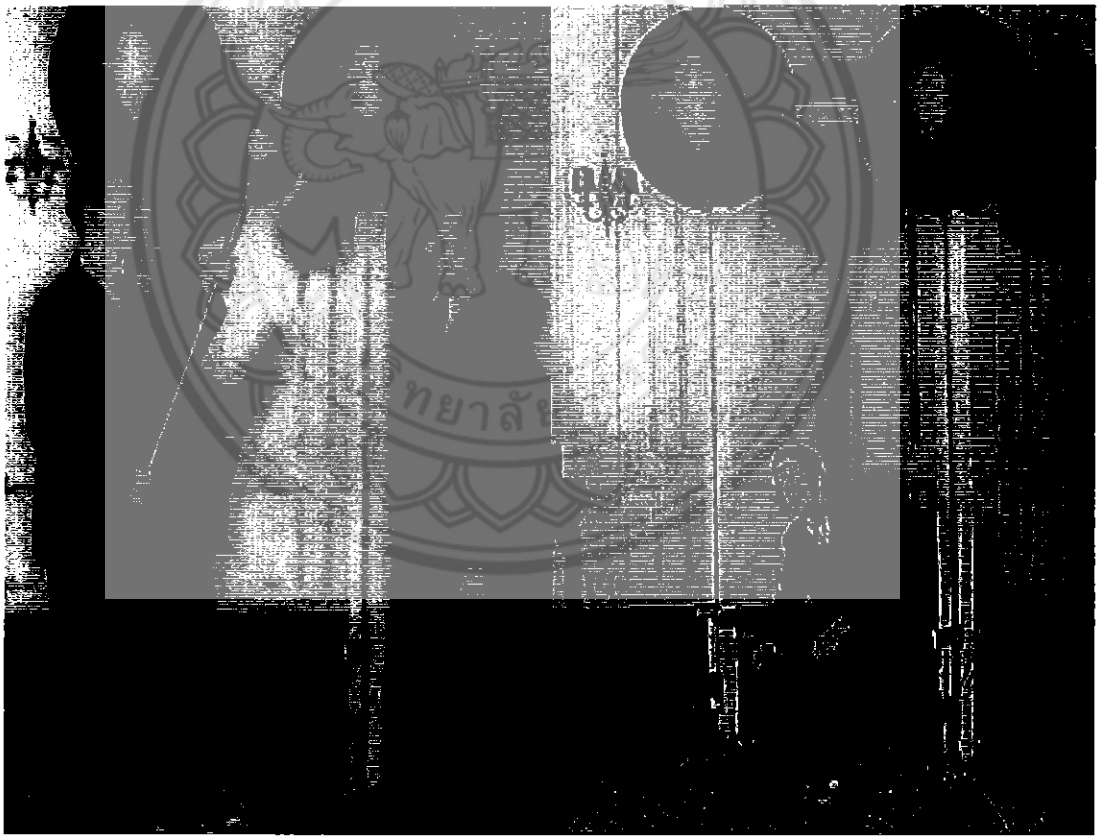
จะเห็นว่า V_2 มากกว่า V_1 $\therefore$ C_2 ลดลง

สำหรับพลังงานกลที่ป้อนเข้าไปจะมีค่าเท่ากับ

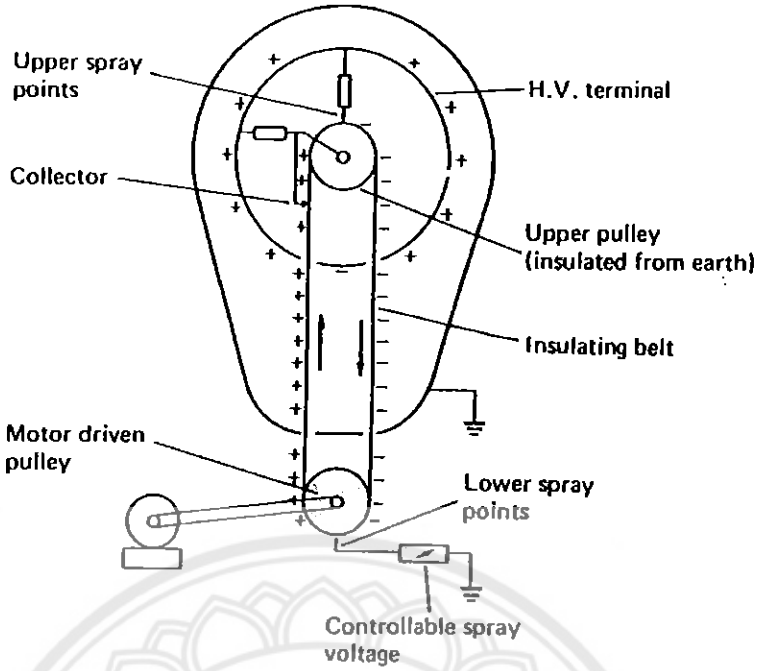
$$F(d_1 - d_2) = W_2 - W = \frac{Q^2}{2}\left[\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1}\right] \tag{2.6}$$

2.7.2 การสร้างไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

เนื่องจากการสร้างไฟฟ้าสถิตแบบแผ่นคาปาซิเตอร์ มีข้อเสีย คือใช้งานไม่ค่อยสะดวกและได้แรงดันค่อนข้างต่ำดังนั้นแวนเดอกราฟจึงได้สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตขึ้นมาโดยใช้วิธีการเก็บสะสมประจุไฟฟ้าบนผิวโลหะ



รูปที่ 2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

ตัวเครื่องประกอบด้วยอิเล็กโทรด A จะเป็นตัวสร้างสนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอ ชนิดมีความเข้มของประจุสูง (Highly non-uniform) ซึ่งจะทำให้เกิดโคโรน่านี้จะแยกประจุออกเป็น 2 ส่วนคือ ประจุบวกและประจุลบ

- ประจุลบ ซึ่งมีมวลน้อยกว่าจะวิ่งทะลุผ่านสายพานไปยังแผ่นอิเล็กโทรด E แล้วกลับเข้าสู่จุด A

- ประจุบวก ซึ่งมีมวลมากกว่า จะติดอยู่กับสายพานลำเลียงทำหน้าที่ลำเลียงผ่านตัวแปล ไปเก็บสะสมเอาไว้บนผิวโลหะ C ทำให้เกิดประจุสะสมเอาไว้ที่โลหะ C อย่างมากมาย จึงทำให้ที่จุด C มีศักดาไฟฟ้าสูงขึ้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ แวนเดอกราฟ มีข้อจำกัด คือ

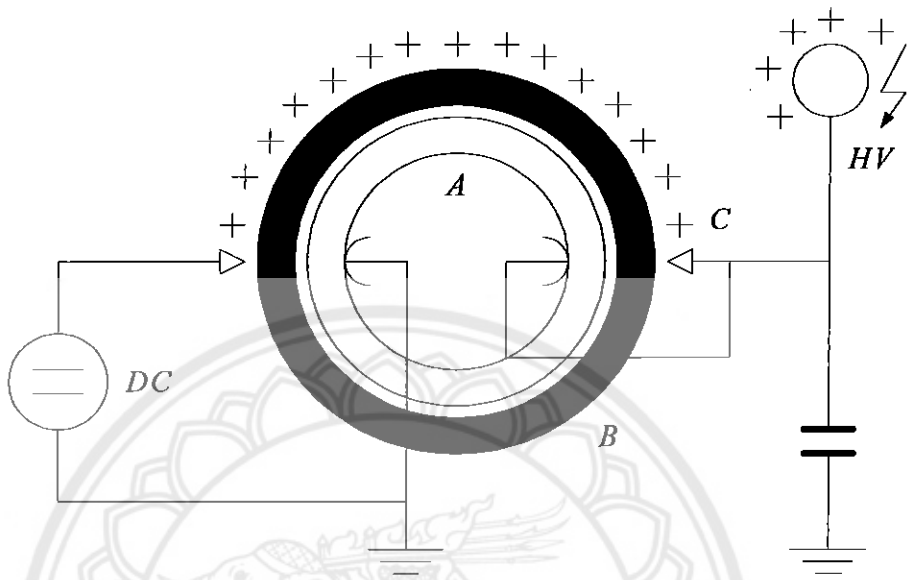
1. มีความหนาแน่นของประจุบนสายพาน ประมาณ 1.6 นาโนคูลอมบ์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2. แรงดันบนสายพานมีค่าน้อยกว่า 10 กิโลโวลต์ เนื่องจากความเครียดของสนามไฟฟ้าตามแนวยาวถ้าต้องการให้สูงกว่านี้จะต้องบรรจุในถังก๊าซความดัน

3. สายพานมีความเร็วต่ำ น้อยกว่า 40 เมตรต่อวินาที

2.7.3 การสร้างไฟฟ้าสถิตแบบทรอมเมล

สร้างโดยฟิลลิซี่ เพื่อลดข้อเสียของสายพานที่เกิดจากการสั่นเมื่อใช้ความเร็วสูง และการกระจายของสนามไฟฟ้า ที่ไม่สม่ำเสมอตามแนวสายพานของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟ



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบทรอมเมล

การทำงาน

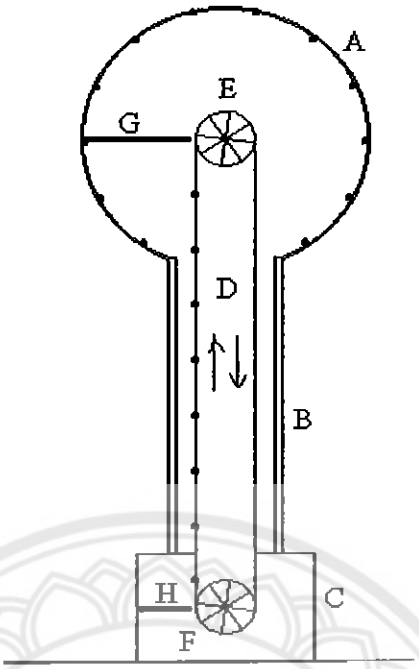
เครื่องกำเนิดชนิดนี้ ประกอบด้วยกระบอกฉนวนร่วม 2 ชั้น

กระบอกฉนวนไฟฟ้า A ยึดอยู่กับที่โดยมีแกนร่วมกับกระบอกฉนวนไฟฟ้า B

กระบอกฉนวนไฟฟ้า B จะหมุนด้วยความเร็วคงที่ดังนั้นประจุที่สร้างขึ้นจะเคลื่อนที่ผ่านกระบอกฉนวนไฟฟ้า B ไปเก็บสะสมไว้ที่ตัวเก็บประจุ แล้วนำออกไปสู่อิเล็กโทรดแรงสูง

2.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแวนเดอกราฟฟ์ มีสายพานเลื่อนอันหนึ่งซึ่งจะได้รับประจุเมื่อมันผ่านไปเหนือแถวของโลหะปลายแหลมสายพานจะนำประจุไปยังโดมโลหะกลวงที่ยอดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าเราวางโดมโลหะอีกอันหนึ่งไว้ข้างๆ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำให้เกิดประกายไฟฟ้าสถิตขนาดใหญ่ข้ามระหว่างโดมสองอันนั้น เราใช้เครื่องนี้ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในงานอุตสาหกรรม เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร, เครื่องกำจัดฝุ่นในอากาศ, เครื่องพ่นสีและไมโครโฟนแบบตัวเก็บประจุ เป็นต้น

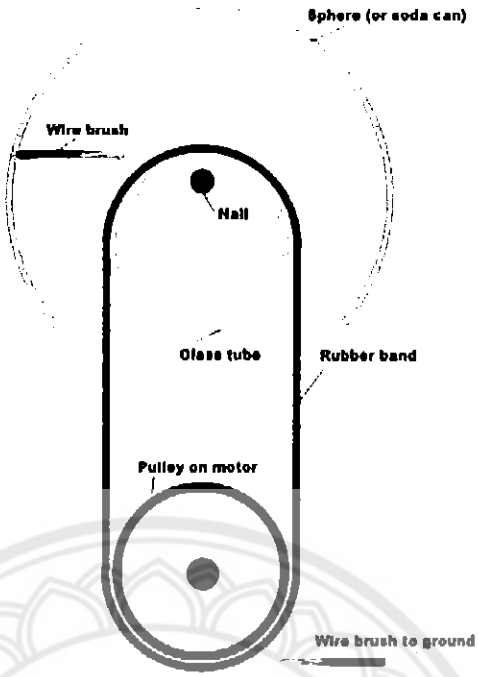


รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

ในรูปที่ 2.8 แสดงไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแวนเดอกราฟโลหะตัวนำกลวงของรูปทรงกลมประมาณ ได้รับการสนับสนุนโดยฉนวนพื้นผิวของพลาสติกโลหะสกรู C ในหนึ่งเท้าลงดิน วงดนตรีหรือสายยาง (ไม่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้า) D ย้ายระหว่างสองลูกรอก E และ F ลูกรอก F ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า G และ H สองหวีที่ทำจากเส้นลวดบาง ๆ จะอยู่ที่ระดับแกนของรอกเคล็ดลับของหวีมีความใกล้ชิด แต่ไม่สัมผัสเทป

2.8.1 การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ ดังรูปที่ 2.9 อาศัยการถูของยางกับหลอดแก้ว โดยรูปที่ 2.10 แสดงองค์ประกอบจำลองอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ทำหน้าที่หมุนเพลา มีเส้นยางร้อยอยู่ระหว่างเพลาและท่อแก้วซึ่งร้อยอยู่บนแกนตะปู เมื่อมอเตอร์หมุนเส้นยางจะถูกับท่อแก้ว ผิวของยางจะดึงอิเล็กตรอนจากท่อแก้ว ทำให้ผิวของท่อแก้วมีประจุเป็นบวกมากพอที่จะดึงอิเล็กตรอนจากสายไฟด้านบนซึ่งต่ออยู่กับกระป๋อง เมื่ออิเล็กตรอนถูกดึงออกไปแล้วทำให้ที่ผิวด้านนอกของกระป๋องมีประจุเป็นบวก ส่วนสายไฟด้านล่างจะทำหน้าที่ดึงอิเล็กตรอนออกสู่อากาศหรือลงสู่ดินหรือสู่อากาศ ที่ด้านบนมีสายไฟด้านหนึ่งวางไว้ที่ผิวของสายพานยาง และอีกด้านหนึ่งต่ออยู่กับวัสดุทรงกลมอะลูมิเนียมหรือกระป๋องซึ่งทำหน้าที่สะสมประจุบวกทำให้ผิวด้านนอกของกระป๋องมีประจุเป็นบวก



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบหลักของเครื่องกำเนิดฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

รูปที่ 2.10 องค์ประกอบหลักของการเกิดประจุไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

[http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/15/14/vandergraaff/vandegraaff.swf]

บทที่ 3
การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแวนเดอกราฟ

ในบทนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบและอุปกรณ์รวมถึงขั้นตอนในการการสร้างและอธิบายหลักการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแต่ละส่วน ที่ประกอบกันขึ้นเป็นโครงงานนี้

3.1 ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

3.1.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์

ส่วนประกอบหลักที่นำมาสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ สามารถหาวัสดุอย่างง่ายใกล้ตัวเรา เพื่อมาสร้างเครื่องทดลองโดยมีส่วนประกอบดังนี้

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 โวลต์	1 ตัว
2. ฟิวส์ขนาด 30 แอมป์	1 ตัว
3. สายพานยางแถบใหญ่	1 เส้น
4. น็อตตัวผู้	1 ตัว
5. น็อตตัวเมีย	2 ตัว
6. สายไฟฝอย ยาว 20 เซนติเมตร	6 เส้น
7. สายไฟคู่ ยาว 20 เซนติเมตร	1 เส้น
8. แกนเพลาพลาสติก	1 ชิ้น
9. ท่อพีวีซีตรง 2 นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตร	1 ชิ้น
10. ท่อพีวีซีตรง 2 นิ้ว ยาว 8 เซนติเมตร	1 ชิ้น
11. ท่อพีวีซีข้อต่อตรง 2 นิ้ว	1 ชิ้น
12. ท่อพีวีซีสามทาง 2 นิ้ว	1 ชิ้น
13. รังถ่านไฟฉายขนาดใหญ่ 4 ก้อน	2 ชิ้น
14. วัตถุทรงกลมอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วเจาะ 1 รู	1 ชิ้น
15. วัตถุทรงกลมอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วเจาะ 2 รู	1 ชิ้น
16. กระป๋องน้ำดื่มเปล่า (โค้กแคน)	1 กระป๋อง
17. สวิตช์ปิด-เปิด ขนาด 12 โวลต์	2 ตัว

3.1.2 เครื่องมือที่ต้องใช้งาน

ในส่วนของเครื่องมือที่ใช้งานในการสร้าง อาจใช้เครื่องมืออื่นทดแทนได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน ดังนี้

1. เลื่อยขนาดเล็ก (ตัดท่อพีวีซี)
2. กระดาษทราย
3. มีดคัทเตอร์
4. ปืนกาว
5. กรรไกร
6. ตะไบชุด – ตะไบสามเหลี่ยม ตะไบแบน
7. กาวแห้งเร็ว
8. หัวแร้ง
9. ตะกั่ว
10. เทปกาวใส
11. เทปกาวสองหน้าแบบบาง
12. คีมปอกสายไฟ

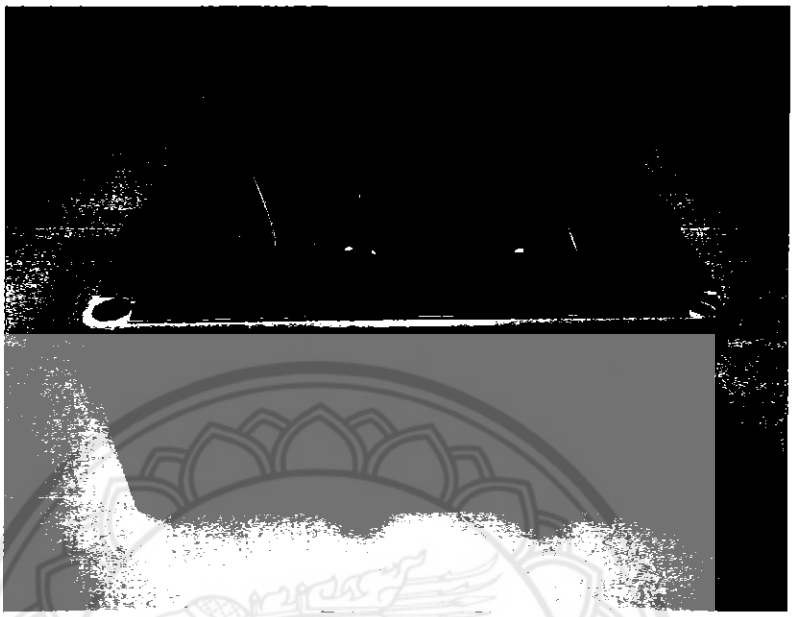
3.2 การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

ในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ จะมีขั้นตอนในการสร้าง โดยอธิบายขั้นตอนการสร้างอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอน ทั้งหมด 12 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการทำฐานเพื่อยึดท่อสายพานและใส่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 3.1 กล่องและแบตเตอรี่

ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งสวิตช์โดยประกอบสวิตช์เข้ากับตัวฐานพร้อมกับต่อสายไฟเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

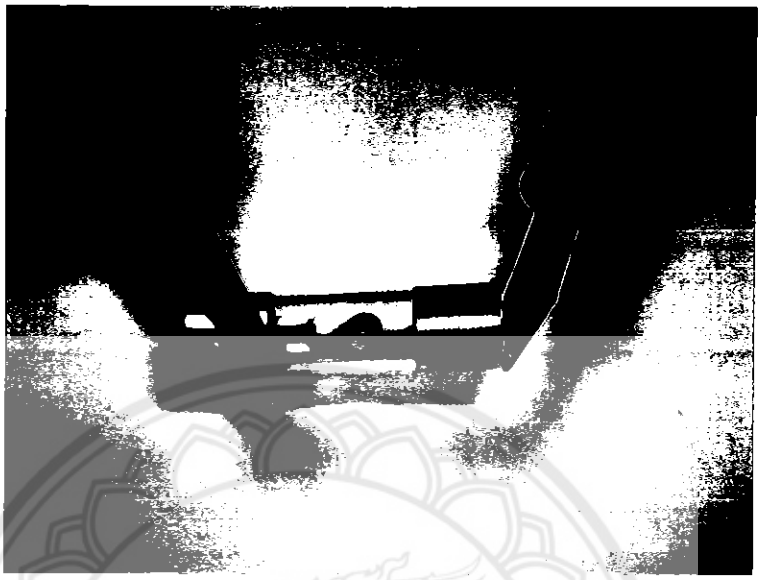


รูปที่ 3.2 ติดตั้งสวิตช์ปิด-เปิด

ขั้นตอนที่ 3 สร้างส่วนยึดแกนเหล็กโดยใช้สว่านหรือตะไบขัดร่องใส่แกนเหล็กด้านบนท่อพีวีซีตรง โดยให้ความลึกพอดีกับขนาดแกนเหล็ก

รูปที่ 3.3 ใช้สว่านหรือตะไบเซาะร่องวางแกนเหล็กบนท่อพีวีซี

ขั้นตอนที่ 4 ทำท่อแก้วจากฟิวส์โดยถอดขั้วฟิวส์ทั้งสองด้านออกโดยใช้ความร้อนจากหัวแร้ง โดยใช้คีมจับท่อแก้วขณะให้ความร้อนกับท่อฟิวส์

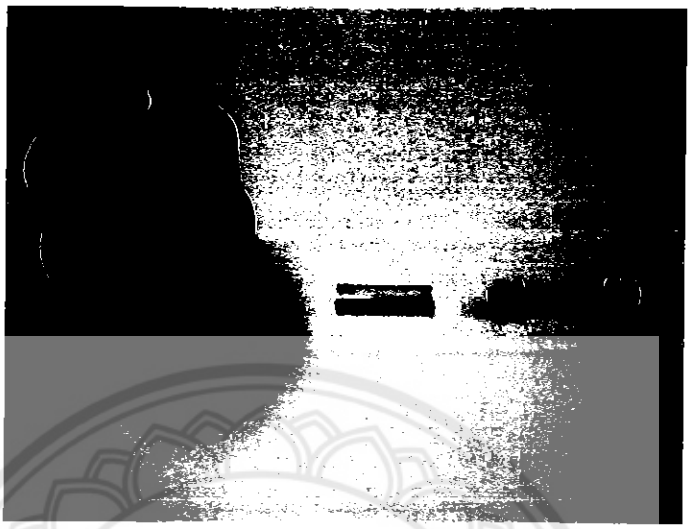


รูปที่ 3.4 ถอดขั้วฟิวส์โดยใช้ความร้อนจากหัวแร้ง

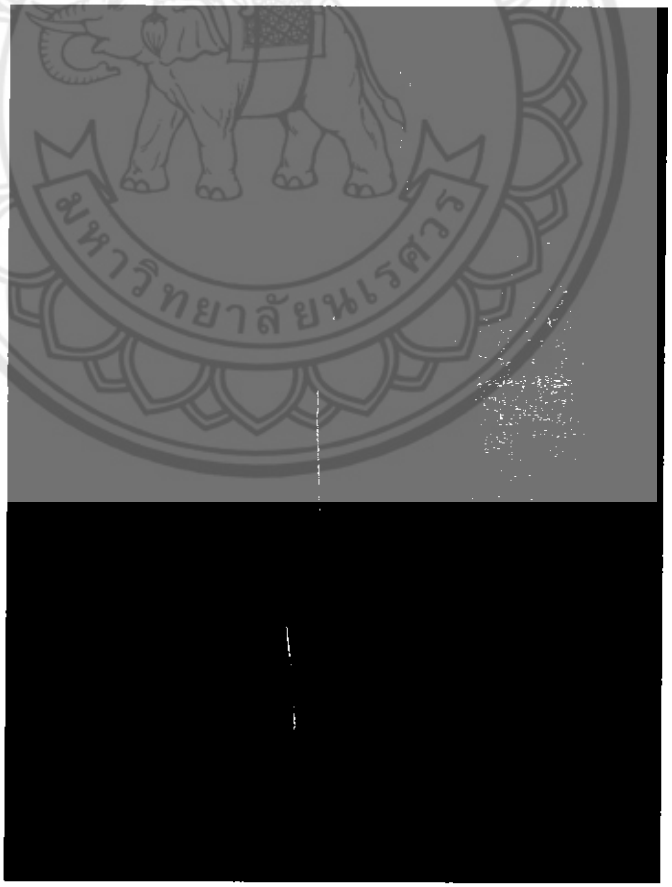
ขั้นตอนที่ 5 นำเพลาพลาสติกต่อกับมอเตอร์ แล้วต่อสายไฟคู่เข้ากับมอเตอร์ พร้อมกับประกอบมอเตอร์เข้ากับท่อสามทางด้านที่ตั้งฉากกับแนวท่อ ใช้เทปกาวพันรอบตัวมอเตอร์เพื่อให้กระชับกับขนาดของท่อ

รูปที่ 3.5 ต่อสายไฟเข้ากับมอเตอร์และการประกอบมอเตอร์เข้ากับท่อพีวีซีสามทาง

ขั้นตอนที่ 6 นำท่อพีวีซีที่ทำร่องไว้แล้วต่อเข้ากับท่อสามทางด้านบนแล้วนำแกนเหล็กร้อยเข้ากับท่อแก้ว แล้วสอดไว้กับสายพานวางบนร่องที่ได้ทำไว้



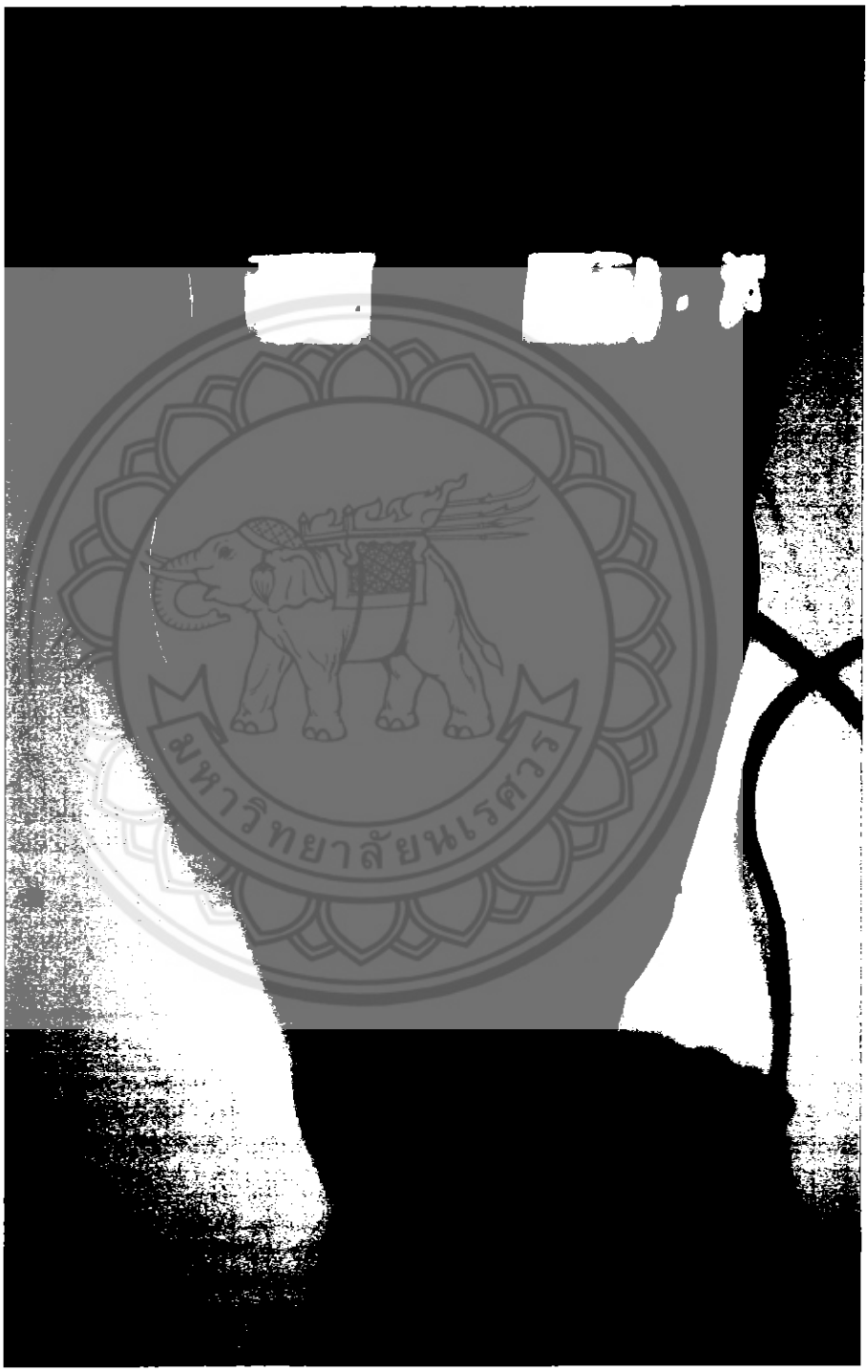
(ก)



(ข)

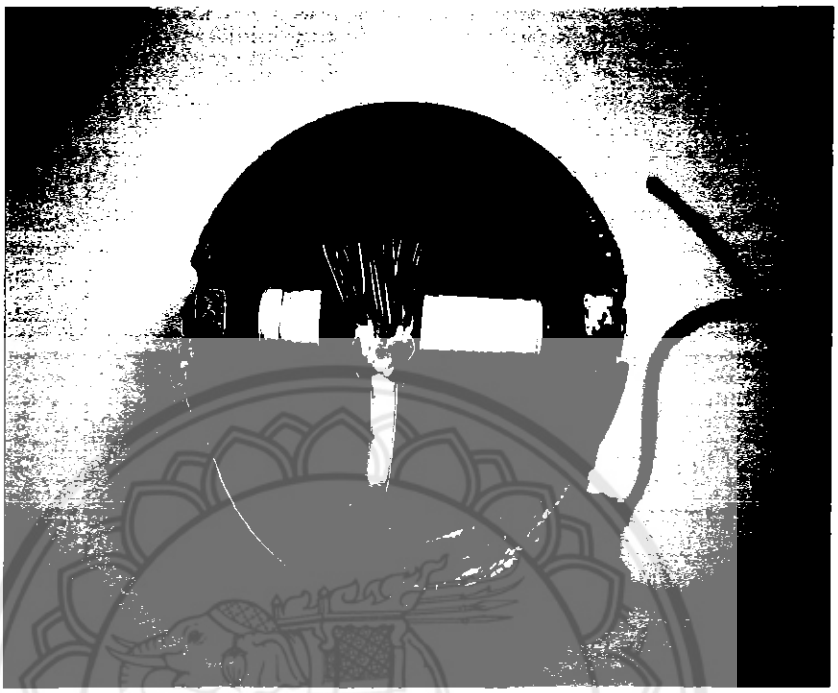
รูปที่ 3.6 (ก) อุปกรณ์ประกอบสายพาน
(ข) ร้อยสายพานที่ใส่แกนเหล็กและท่อแก้ววางลงบนร่องท่อพีวีซี

ขั้นตอนที่ 7 นำสายพานร้อยเข้ากับเพลาของมอเตอร์และท่อแก้วที่วางอยู่บนร่องของท่อพีวีซีแล้วปรับท่อพีวีซีให้ได้ความตึงของสายพานให้เหมาะสม (โดยการทดลองจ่ายไฟเข้ากับมอเตอร์แล้วปรับท่อพีวีซีให้ระยะความตึงของสายพานพอดีที่ทำให้มอเตอร์หมุนได้สะดวก)



รูปที่ 3.7 ประกอบชุดมอเตอร์เข้ากับท่อสายพาน

ขั้นตอนที่ 8 ติดตั้งสายไฟประจุลบนำสายไฟตัดฉนวนพลาสติกออกพอประมาณ นำสายไฟใส่เข้าในช่องที่ท่อพีวีซีสามทาง ให้ปลายสายเกือบสัมผัสกับสายพานแล้วติดสายไฟเข้ากับท่อพีวีซี

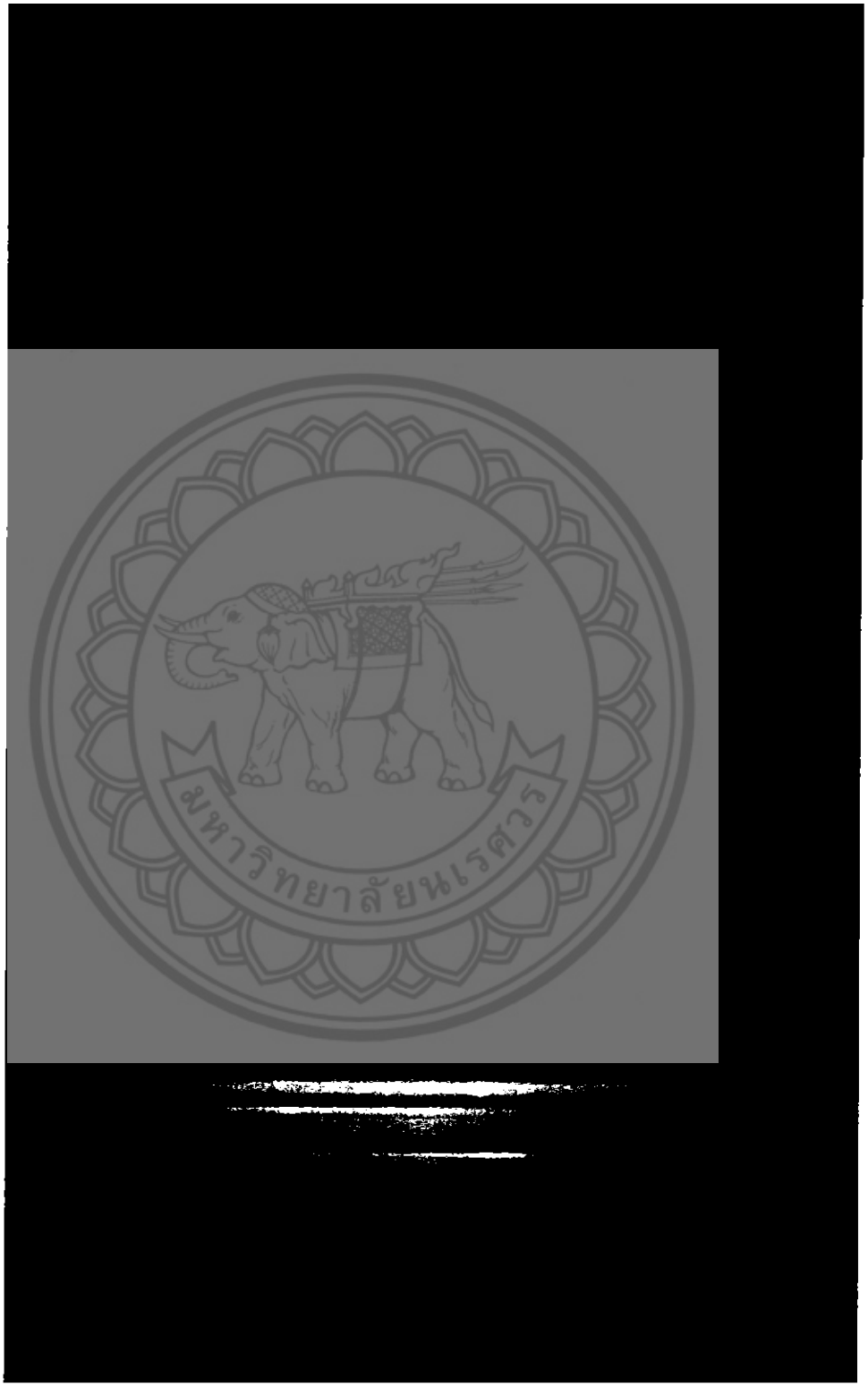


(ก)

(ข)

รูปที่ 3.8 ติดตั้งสายไฟ (ก) ถ่ายเทประจุบวก (ข) ถ่ายเทประจุลบ

ขั้นตอนที่ 9 นำส่วนชุดมอเตอร์มาต่อกับส่วนฐานแล้วต่อสายไฟเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 3.9 ต่อชุดมอเตอร์เข้ากับส่วนฐาน

ขั้นตอนที่ 10 นำวัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 1 รูมาวางบนแท่น โดยให้วัตถุทรงกลมสัมผัสกับลวดทองแดง (สายไฟประจุบวก)

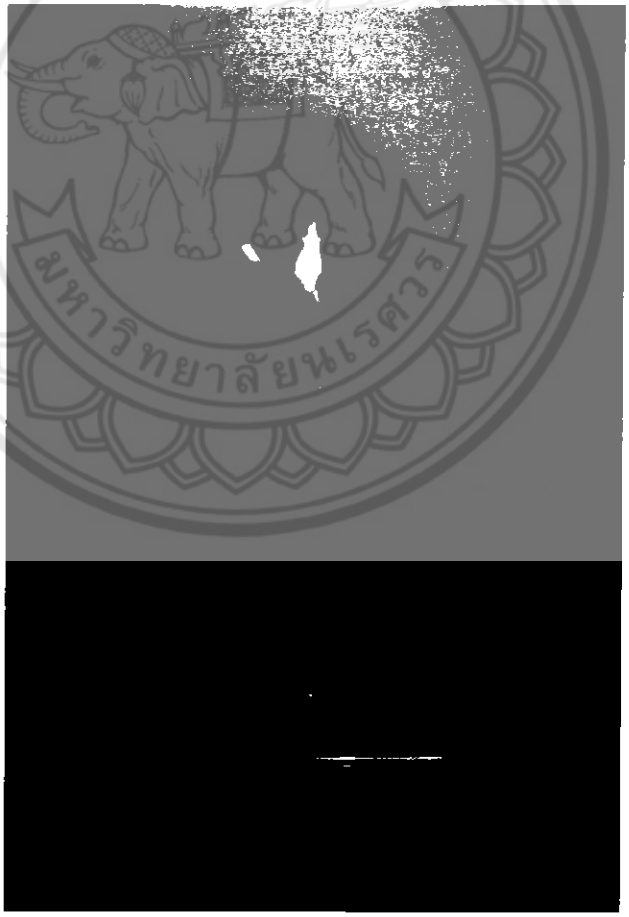
(ก)

(ข)

รูปที่ 3.10 (ก) วัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 1 รู
(ข) นำวัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 1 รูมาวางบนแท่น

ขั้นตอนที่ 11 นำวัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 2 รูมาวางบนแท่น โดยให้วัตถุทรงกลมสัมผัสกับลวดทองแดง (สายไฟประจุบวก)

(ก)

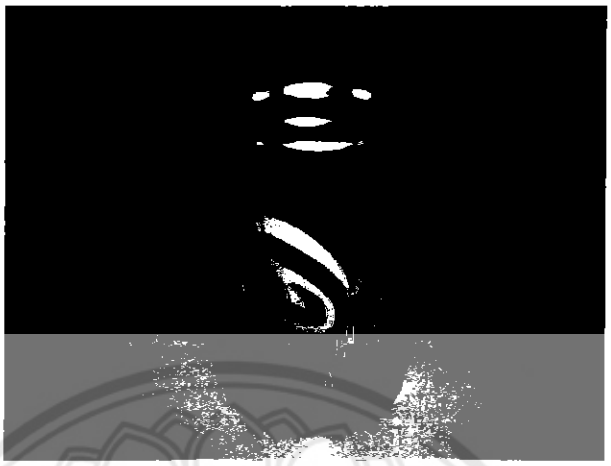


(ข)

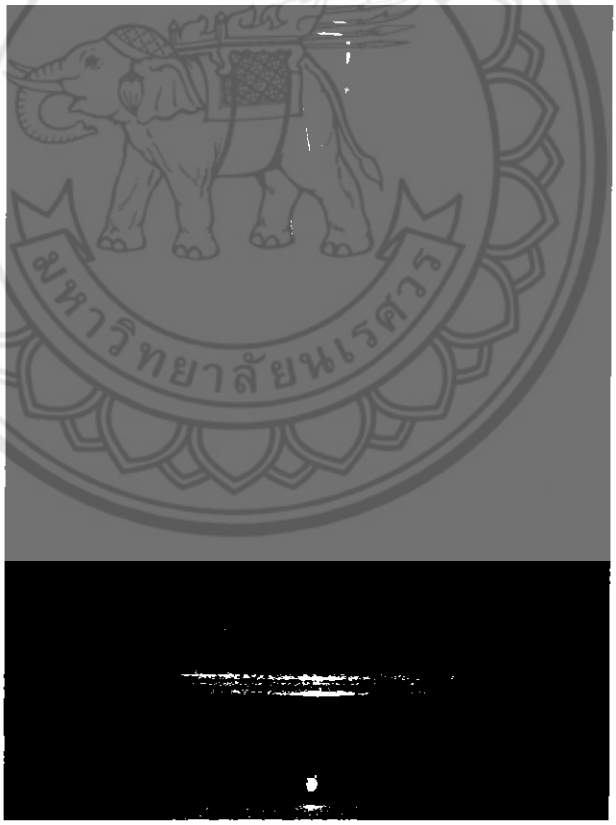
รูปที่ 3.11 (ก) วัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 2 รู
(ข)นำวัตถุทรงกลมอลูมิเนียมทรงกลมเจาะ 2 รูมาวางบนแท่น

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ขั้นตอนที่ 12 นำกระป๋องน้ำดื่มเปล่า (โค้กแคน) มาวางบนแท่น โดยให้กระป๋องสัมผัสกับลวดทองแดง (สายไฟประจุบวก)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.12 (ก) กระป๋องน้ำดื่มเปล่า (โค้กแคน)
(ข)นำกระป๋องน้ำดื่มเปล่า (โค้กแคน) มาวางบนแท่น

157060 63
ม5.
W699ก
2552

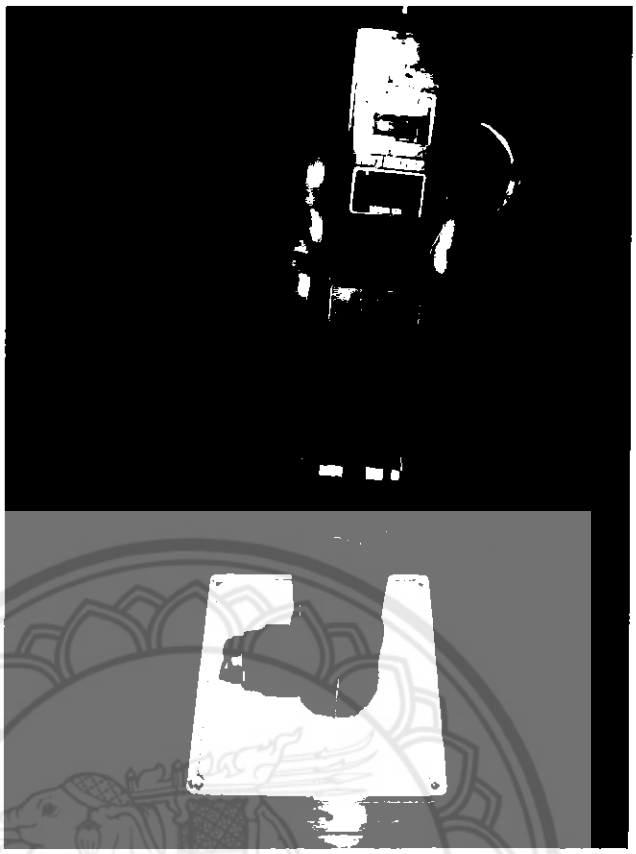
บทที่ 4
การทดสอบและผลการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ โดยจะทำการทดสอบในเรื่องข้อจำกัดและการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟว่าเป็นไปตามสมมติฐานหรือไม่

4.1 ทดสอบข้อจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

จากที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ มีข้อจำกัด คือ 1) มีความหนาแน่นของประจุบนสายพาน ประมาณ 1.6 นาโนคูลอมบ์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร 2) แรงดันบนสายพานมีค่าน้อยกว่า 10 กิโลโวลต์ เนื่องจากความเครียดของสนามไฟฟ้าตามแนวยาวถ้าต้องการให้สูงกว่านี้จะต้องบรรจุในถังก๊าซความดัน และ 3) สายพานมีความเร็วต่ำ น้อยกว่า 40 เมตรต่อวินาที ดังนั้นเราต้องทำการตรวจสอบว่าเป็นไปตามข้อจำกัด ผลการทดลองแสดงค่าตามตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การวัดแรงดันบนสายพาน



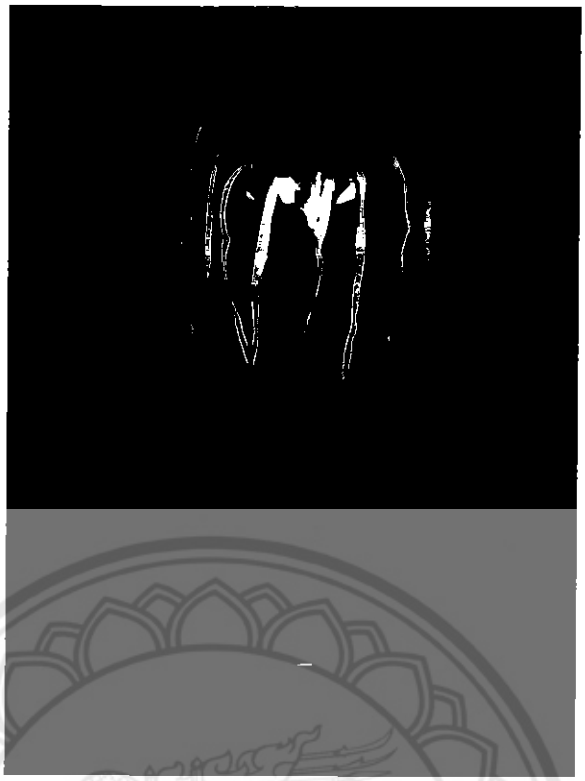
รูปที่ 4.2 การวัดความเร็วของสายพาน

ตารางที่ 4.1 ข้อจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

ข้อจำกัด	ตามมาตรฐาน	ค่าที่วัดได้
ความหนาแน่นประจุ	1.6 นาโนคูลอมบ์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	ไม่สามารถวัดค่าได้
แรงดันบนสายพาน	น้อยกว่า 10 กิโลโวลต์	0.16 โวลต์
ความเร็วของสายพานที่แหล่งจ่าย 6 โวลต์	น้อยกว่า 40 เมตรต่อวินาที	10.29 เมตรต่อวินาที
ความเร็วของสายพานที่แหล่งจ่าย 12 โวลต์	น้อยกว่า 40 เมตรต่อวินาที	27.37 เมตรต่อวินาที

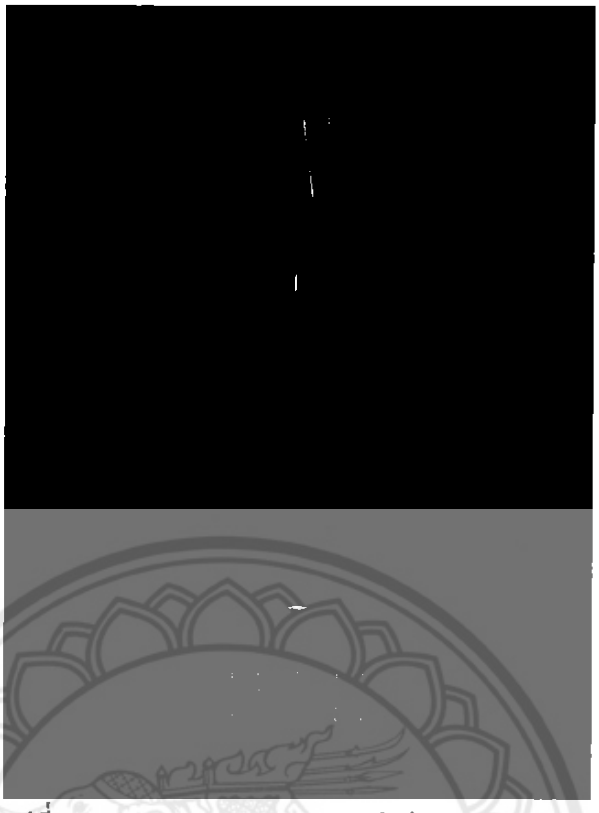
4.2 ทดสอบการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

ในการทดสอบการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ จะทำการทดสอบโดยสังเกตการเคลื่อนไหวของกระดาษทิชชู่ ที่ติดอยู่กับโคมสะสมประจุที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ โคมประจุแบบทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 2 ด้าน ดังรูปที่ 4.3, ทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 1 ด้าน ดังรูปที่ 4.4 และ อลูมิเนียมทรงกระบอก ดังรูปที่ 4.5 ผลการทดลองเป็น ดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.3 การทดสอบทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 2 ด้าน

รูปที่ 4.4 การทดสอบทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 1 ด้าน



รูปที่ 4.5 การทดสอบทรงกลมอลูมิเนียมทรงกระบอก

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

ลักษณะโดมประจุ	การเคลื่อนไหวของกระดาษทิชชู่
ทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 2 ด้าน	น้อยมาก
ทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 1 ด้าน	น้อยมาก
อลูมิเนียมทรงกระบอก	น้อยมาก

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.3.1 ทดสอบข้อจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

1) ความหนาแน่นประจุไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากไม่มีเครื่องมือในการวัดค่าความหนาแน่นของประจุ

2) การวัดแรงดันบนสายพานมีค่า 0.16 โวลต์ อยู่ในข้อจำกัดของการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

3) ความเร็วของสายพาน

- ที่แรงดัน 6 โวลต์ สายพานมีความเร็วต่ำค่า 295 รอบต่อนาที หรือ 10.29 เมตรต่อวินาที อยู่ในข้อจำกัดของการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

- ที่แรงดัน 12 โวลต์ สายพานมีความเร็วต่ำค่า784 รอบต่อนาที หรือ 27.37 เมตรต่อวินาที อยู่ในข้อจำกัดของการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

จากการทดสอบพบว่าที่การปรับระดับแรงดันไปที่ 12 โวลต์ ทำให้ความเร็วของสายพานเพิ่มความเร็วรอบขึ้น จนทำให้สายพานไม่นิ่งและส่ายไปมา จนทำให้ท่อแก้วแตก

4.3.2 การทดสอบการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

ในการทดสอบการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ จากการสังเกตการเคลื่อนไหวของกระดาษทิชชู่ ที่ติดอยู่กับโดมสะสมประจุที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ โดมประจุแบบทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 2 ด้าน, ทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 1 ด้าน และอลูมิเนียมทรงกระบอก จากผลการทดลองพบว่ามีการเคลื่อนไหวของกระดาษทิชชู่น้อยมากจึงสรุปว่าการสะสมประจุของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟไม่เพียงพอที่จะทำให้กระดาษทิชชู่ตั้งขึ้นให้เห็นชัดได้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปหลักการทำงาน

จากการทดสอบสรุปได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ จะทำงานโดย เมื่อเปิดสวิตช์จะทำให้มอเตอร์หมุนเพลาไปขับสายพานยางให้หมุน และเมื่อสายพานยางถูกับท่อแก้ว ผิวของยางจะเริ่มดึงประจุลบจากท่อแก้ว ทำให้ผิวของท่อแก้วมีประจุบวก จากนั้นนำสายไฟมาดักจับประจุบวก เพื่อไปสะสมยังอลูมิเนียมที่ยอดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ และนำสายไฟอีกเส้นหนึ่งมาดักจับประจุลบที่ผิวของสายพานยางเพื่อต่อลงกราวด์ จากนั้นทำการทดสอบ การสะสมประจุในอลูมิเนียมแต่ละชนิด และข้อจำกัดต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอกราฟ

5.2 ผลการทดลองและสรุปผล

5.2.1 ผลการทดสอบข้อจำกัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตสรุปได้ว่า

1) ความหนาแน่นประจุซึ่งตามมาตรฐานคือค่า 1.6 นาโนคูลอมบ์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นั้นไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากขาดเครื่องมือในการวัดที่เหมาะสม

2) แรงดันบนสายพานซึ่งค่าตามมาตรฐานคือค่าน้อยกว่า 10 กิโลโวลต์ นั้นค่าที่ได้จากการทดสอบ คือ 0.16 โวลต์

3) ความเร็วของสายพานที่แหล่งจ่าย 6 โวลต์ ซึ่งค่าตามมาตรฐานคือค่าน้อยกว่า 40 เมตรต่อวินาที นั้นค่าที่วัดได้คือ 295 รอบต่อนาที หรือ 10.29 เมตรต่อวินาที

4) ความเร็วของสายพานที่แหล่งจ่าย 12 โวลต์ ซึ่งค่าตามมาตรฐานคือค่าน้อยกว่า 40 เมตรต่อวินาที นั้นค่าที่วัดได้คือ 784 รอบต่อนาที หรือ 27.37 เมตรต่อวินาที

5.2.2 ผลการทดสอบการสะสมประจุของโดมอลูมิเนียมแต่ละชนิด

สรุปได้ว่า ทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 2 ด้าน, ทรงกลมอลูมิเนียมเจาะทะลุ 1 ด้าน และอลูมิเนียมทรงกระบอก มีการสะสมประจุน้อยมาก สังเกตได้จากการเคลื่อนไหวของกระดาษทิชชู่ที่เคลื่อนไหวเพียงเล็กน้อย

5.3 ปัญหาที่พบภายในโครงงาน

1) ปัญหาที่พบมากที่สุดคือ เมื่อมีการเพิ่มแรงดันขนาด 6 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ ทำให้มอเตอร์มีความเร็วรอบมากขึ้นกว่าเดิม ทำให้หลอดแก้วที่สอดแกนเหล็กแตก

2) สายพานที่ทำขึ้นมาเองนั้น เมื่อเพิ่มขนาดแรงดันเป็น 12 โวลต์ จะทำให้สายพานเพิ่มความเร็วรอบจนไม่อยู่นิ่งส่ายไปมา

3) การสะสมประจุของโคมวัสดุอลูมิเนียมแต่ละชนิดมีการสะสมประจุน้อยมาก อาจเกิดมาจากสาเหตุการเลือกวัสดุที่เสียดสีกัน โดยเกิดประจุเพียงเล็กน้อย

5.4 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1) ในกรณีที่เพิ่มขนาดแรงดันแล้วทำให้หลอดแก้วแตกนั้น สามารถแก้ไขปัญหาโดยการหาหลอดแก้วที่มีความหนาของแก้วมากขึ้น

2) กรณีที่สายพานที่ทำขึ้นมาเองนั้นเกิดอาการส่ายไปมา สามารถแก้ไขปัญหาโดยการทำสายพานขึ้นมาใหม่หรือไม่ก็หาสายพานสำเร็จรูป

3) กรณีที่การสะสมประจุของโคมวัสดุอลูมิเนียมแต่ละชนิดมีการสะสมประจุน้อยมาก สามารถแก้ไขโดยการเลือกวัสดุที่เสียดสีกันแล้วทำให้เกิดประจุมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] นิรันดร์ คำประเสริฐ รศ., "วิศวกรรมไฟฟ้าสถิต", กรุงเทพ : ศูนย์สื่อเสริม กรุงเทพ, 2551

[2] ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์, "เอกสารคำสอนวิชาฟิสิกส์ 474 สเปกตรัมของอะตอมและโมเลกุล = Phys 474 Atomic and Molecular spectrum", ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2534

[3] บุรี กุลพิจิตร, "อะตอมมิกและนิวเคียร์ฟิสิกส์เบื้องต้น", ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ ประสานมิตร, 2527

[4] ธำรง เมธาศิริ, "ฟิสิกส์แผนใหม่", ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาสาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2531

[5] อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร, "ผลการคายประจุไฟฟ้าสถิตในหัวบันทึก = Electrostatic Discharge Effeects in Recording Heads", ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2549

[6] ดร. สำรวย สังข์สะอาด, "วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง", คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528