

## บทที่ 4

### ผลและการอภิปรายผล

บทนี้เป็นการนำเสนอผลการทดลองและอภิปรายผลของการทดลอง ผลการทดลองที่ได้รับจากการใช้ชุดทดลองสนามไฟฟ้าแบบ 2 มิติ ที่ผู้วิจัยประดิษฐ์ขึ้นมาโดยต่อเชื่อมโยงเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้หลักการคำนวณด้วยสมการลาปลาซโดยอาศัยเงื่อนไขขอบเขต นำผลการคำนวณข้อมูลที่ได้นำมาพลอตหาเส้นสมศักย์ไฟฟ้า และเปรียบเทียบกราฟของเส้นสมศักย์ที่ได้จากการทดลองกับทฤษฎีทางไฟฟ้า อภิปรายและสรุปผลการทดลอง สำหรับผลการทดลองที่ได้ในแต่ละส่วนสามารถแยกพิจารณาได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการทดลองจากการจัดวางขั้วไฟฟ้าบริเวณภายนอกขอบเขตที่กำหนด

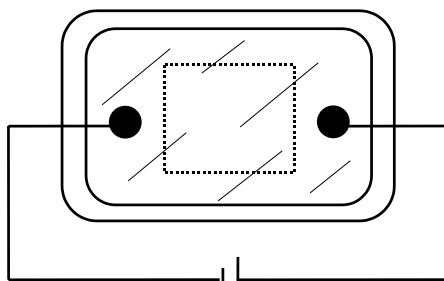
ตอนที่ 2 ผลการทดลองจากการจัดวางขั้วไฟฟ้าบริเวณภายในขอบเขตที่กำหนด

ตอนที่ 3 สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการทดลองจากการจัดวางขั้วไฟฟ้าบริเวณภายนอกขอบเขตที่กำหนด

ในตอนนี้แสดงผลการทดลองโดยการจัดวางขั้วไฟฟ้ารูปร่างต่าง ๆ กัน ที่บริเวณภายนอกขอบเขตที่กำหนดไว้ ซึ่งมีห้วงวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าจำนวน  $21 \times 21$  มีระยะห่างกัน 0.5 เซนติเมตร วางห้วงวัดความต่างศักย์ดังกล่าวนี้ ลงในถาดน้ำแบบตื้นที่มีความลึกประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร ดังแสดงในหัวข้อย่อต่อไปนี้

1.1 วางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นทรงกลมตัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 เซนติเมตร ระหว่างขอบเขตสี่เหลี่ยมของห้วงวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าลงในถาดน้ำ ตามภาพประกอบที่ 10 ดังต่อไปนี้



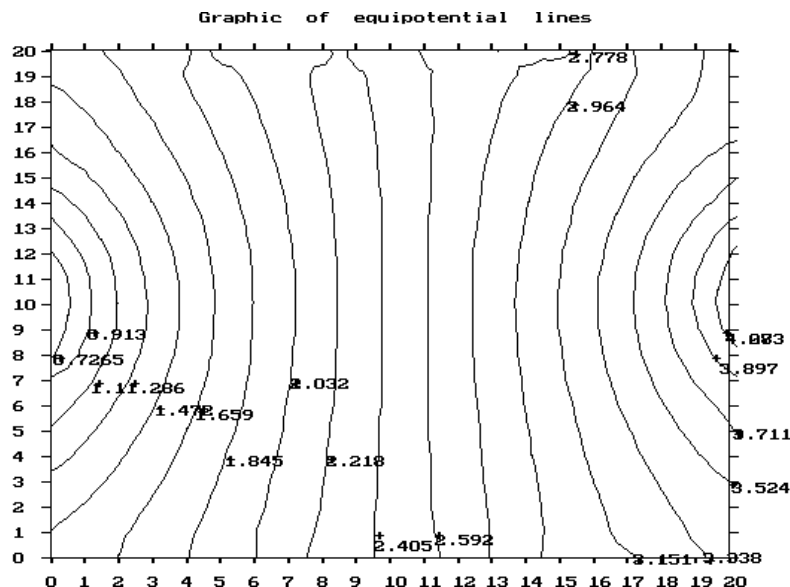
ภาพประกอบ 10 การจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นทรงกลมตันภายนอกบริเวณ  
ขอบเขตของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

จากผลการทดลองเมื่อวางขั้วไฟฟ้าทรงกลมตันดังภาพประกอบ 10 จากผลการทดลอง  
ได้ข้อมูลที่นำมาหาผลเฉลี่ยด้วยสมการลาปลาซจากวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข ดังนี้

1.60	1.62	1.70	1.78	1.82	2.13	2.11	2.19	2.13	2.54	2.50	2.62	2.62	2.78	2.74	2.72	3.01	3.15	3.21	3.33	3.39
1.52	1.57	1.65	1.74	1.86	1.97	2.08	2.15	2.27	2.38	2.51	2.58	2.67	2.74	2.80	2.90	3.01	3.14	3.25	3.34	3.45
1.39	1.51	1.60	1.71	1.82	1.93	2.04	2.15	2.25	2.37	2.48	2.58	2.67	2.76	2.85	2.95	3.06	3.18	3.28	3.36	3.45
1.33	1.43	1.54	1.65	1.77	1.89	2.01	2.12	2.24	2.35	2.47	2.57	2.68	2.78	2.89	3.00	3.11	3.22	3.32	3.41	3.43
1.27	1.36	1.48	1.60	1.72	1.85	1.97	2.10	2.22	2.34	2.46	2.58	2.69	2.80	2.92	3.04	3.15	3.27	3.38	3.48	3.58
1.19	1.27	1.40	1.54	1.67	1.81	1.94	2.08	2.20	2.33	2.46	2.58	2.70	2.82	2.95	3.07	3.20	3.33	3.45	3.58	3.70
1.00	1.17	1.32	1.48	1.63	1.77	1.92	2.05	2.19	2.32	2.45	2.58	2.71	2.84	2.97	3.11	3.24	3.38	3.53	3.67	3.80
0.86	1.05	1.24	1.42	1.58	1.74	1.89	2.04	2.18	2.32	2.45	2.59	2.72	2.85	2.99	3.13	3.28	3.44	3.60	3.78	3.96
0.72	0.95	1.17	1.37	1.55	1.72	1.87	2.02	2.17	2.31	2.45	2.59	2.73	2.87	3.01	3.16	3.31	3.48	3.67	3.87	4.11
0.58	0.88	1.13	1.34	1.52	1.70	1.86	2.01	2.16	2.31	2.45	2.59	2.73	2.87	3.02	3.17	3.34	3.51	3.71	3.94	4.19
0.54	0.86	1.11	1.32	1.52	1.69	1.86	2.01	2.16	2.31	2.45	2.59	2.73	2.88	3.03	3.18	3.34	3.52	3.72	3.96	4.27
0.60	0.88	1.12	1.33	1.52	1.70	1.86	2.01	2.16	2.31	2.45	2.59	2.73	2.88	3.02	3.18	3.34	3.51	3.70	3.92	4.19
0.68	0.96	1.17	1.36	1.54	1.71	1.87	2.02	2.17	2.31	2.45	2.59	2.73	2.87	3.02	3.16	3.32	3.48	3.66	3.84	3.05
0.92	1.05	1.23	1.41	1.57	1.73	1.88	2.03	2.17	2.31	2.45	2.59	2.73	2.86	3.00	3.15	3.29	3.44	3.66	3.75	3.88
1.00	1.15	1.31	1.46	1.61	1.76	1.90	2.05	2.18	2.32	2.45	2.59	2.72	2.85	2.99	3.12	3.26	3.40	3.54	3.67	3.78
1.11	1.24	1.38	1.52	1.66	1.79	1.93	2.06	2.20	2.33	2.46	2.59	2.71	2.84	2.97	3.10	3.23	3.35	3.48	3.60	3.72
1.19	1.33	1.45	1.57	1.70	1.83	1.95	2.08	2.21	2.33	2.46	2.58	2.71	2.83	2.96	3.08	3.20	3.31	3.42	3.53	3.64
1.33	1.41	1.51	1.63	1.74	1.86	1.98	2.10	2.22	2.34	2.46	2.58	2.70	2.82	2.94	3.06	3.17	3.27	3.37	3.47	3.54
1.41	1.48	1.57	1.68	1.78	1.89	2.00	2.12	2.23	2.35	2.46	2.58	2.69	2.81	2.93	3.04	3.14	3.24	3.33	3.41	3.49
1.47	1.54	1.63	1.72	1.82	1.92	2.03	2.14	2.25	2.36	2.46	2.57	2.68	2.80	2.92	3.03	3.12	3.21	3.29	3.37	3.45
1.50	1.58	1.66	1.78	1.84	1.96	2.03	2.15	2.29	2.37	2.45	2.54	2.68	2.80	2.92	3.05	3.11	3.15	3.29	3.33	3.41

ตาราง 1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยการหาผลเฉลี่ยด้วยหลักวิธีการเชิงตัวเลข

จากผลการทดลองในตาราง 1 เมื่อวางขั้วไฟฟ้าทรงกลมตันดังภาพประกอบ 10 จะ  
ได้รูปร่างลักษณะของเส้นสมศักย์ดังภาพประกอบต่อไปนี้

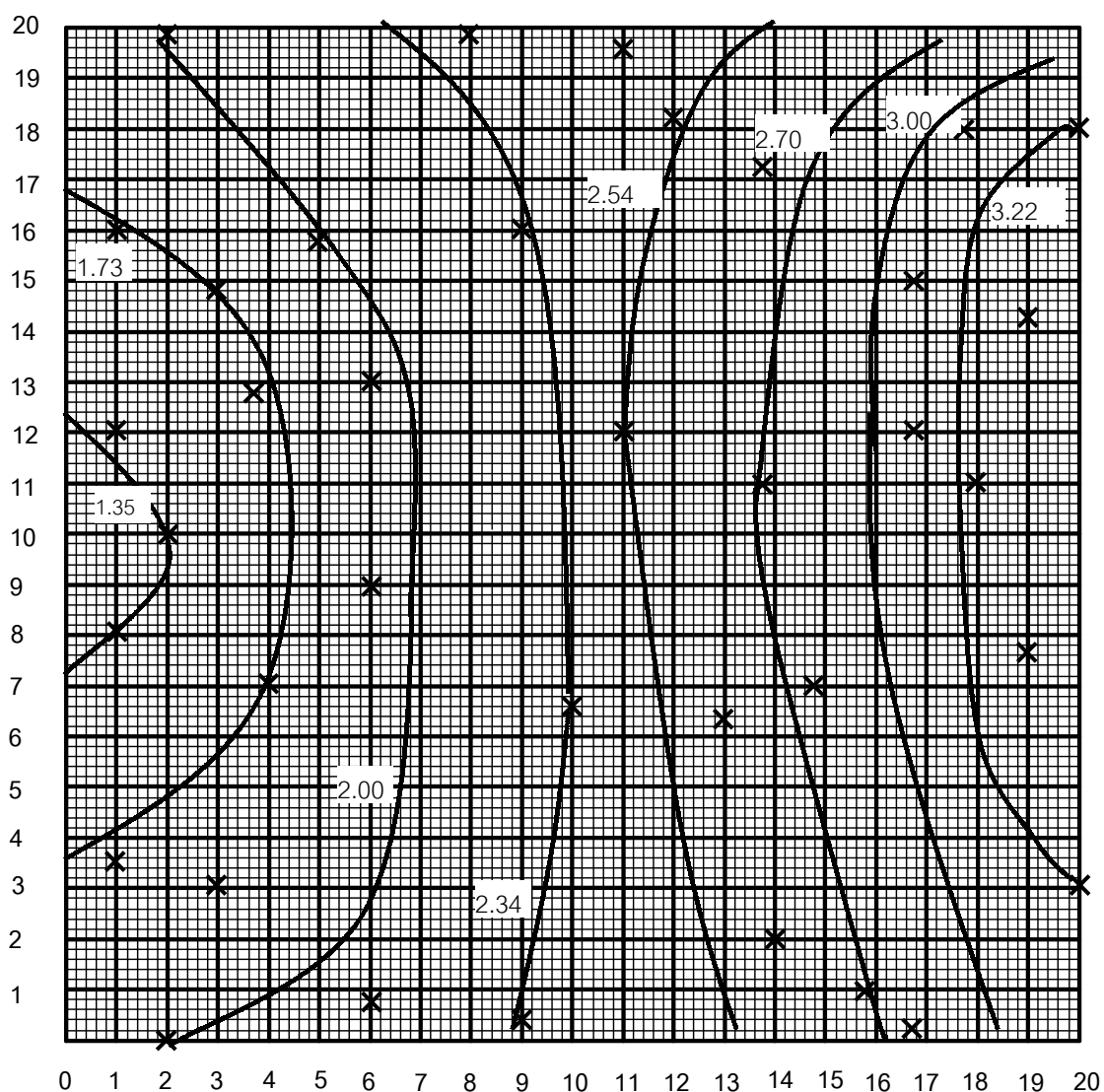


ภาพประกอบ 11 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้ารูปทรงกลมตันระหว่างหัววัด  
ความต่างศักย์ไฟฟ้า

จากผลการทดลองเมื่อวางขั้วไฟฟ้าทรงกลมตันดังภาพประกอบ 10 วัดศักย์ไฟฟ้าทีละ  
ตำแหน่ง จำนวน 21X21 ทั้งหมด ด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิตอลได้ผลข้อมูลดังต่อไปนี้

1.92	1.93	2.01	2.05	2.06	2.16	2.21	2.28	2.34	2.38	2.49	2.58	2.64	2.70	3.12	3.21	3.23	3.30	3.41	3.38	3.49
1.87	1.84	1.89	1.97	2.00	2.06	2.13	2.18	2.26	2.34	2.41	2.49	2.56	2.64	2.69	2.78	2.84	2.91	2.99	3.07	3.28
1.82	1.79	1.85	1.92	1.99	2.08	2.15	2.19	2.24	2.31	2.41	2.46	2.53	2.60	2.67	2.75	2.83	2.93	3.00	3.06	3.22
1.77	1.77	1.83	1.89	1.97	2.04	2.12	2.20	2.26	2.33	2.43	2.49	2.56	2.64	2.71	2.77	2.86	2.93	3.00	3.09	3.25
1.73	1.70	1.77	1.85	1.93	2.02	2.09	2.18	2.27	2.34	2.43	2.51	2.58	2.66	2.72	2.80	2.88	2.96	3.05	3.15	3.30
1.67	1.66	1.74	1.82	1.92	2.02	2.10	2.18	2.25	2.32	2.42	2.48	2.57	2.64	2.74	2.82	2.91	3.00	3.09	3.17	3.36
1.58	1.59	1.66	1.76	1.89	1.98	2.04	2.12	2.21	2.31	2.41	2.48	2.56	2.65	2.72	2.81	2.92	3.02	3.11	3.23	3.43
1.49	1.48	1.57	1.69	1.81	1.96	2.00	2.10	2.20	2.29	2.38	2.47	2.57	2.66	2.75	2.83	2.94	3.06	3.27	3.31	3.52
1.35	1.42	1.48	1.61	1.74	1.85	1.96	2.10	2.18	2.25	2.34	2.42	2.52	2.62	2.69	2.77	2.90	3.00	3.13	3.33	3.62
1.30	1.37	1.45	1.62	1.75	1.88	1.96	2.06	2.17	2.26	2.36	2.43	2.54	2.62	2.70	2.79	2.90	3.04	3.20	3.37	3.65
1.20	1.35	1.48	1.61	1.75	1.87	1.97	2.07	2.19	2.28	2.39	2.44	2.53	2.62	2.71	2.83	2.94	3.05	3.22	3.41	3.70
1.18	1.37	1.49	1.63	1.76	1.89	2.00	2.08	2.17	2.25	2.36	2.42	2.51	2.62	2.69	2.80	2.90	3.02	3.06	3.36	3.67
1.35	1.40	1.49	1.61	1.73	1.82	1.93	2.08	2.17	2.25	2.35	2.44	2.46	2.60	2.72	2.78	2.87	3.00	3.03	3.27	3.63
1.47	1.46	1.50	1.63	1.73	1.85	1.97	2.07	2.17	2.26	2.35	2.41	2.47	2.57	2.70	2.76	2.85	2.97	2.98	3.24	3.57
1.54	1.49	1.52	1.62	1.73	1.83	1.94	2.05	2.15	2.26	2.33	2.39	2.44	2.53	2.65	2.73	2.80	2.92	2.92	3.18	3.46
1.62	1.52	1.47	1.52	1.77	1.85	1.95	2.04	2.14	2.25	2.33	2.37	2.43	2.49	2.60	2.69	2.77	2.87	2.88	3.08	3.38
1.74	1.50	1.57	1.66	1.73	1.86	1.93	2.06	2.16	2.23	2.30	2.36	2.41	2.48	2.57	2.67	2.75	2.79	2.84	3.00	3.29
1.72	1.54	1.65	1.73	1.81	1.89	1.97	2.06	2.17	2.25	2.32	2.38	2.40	2.48	2.56	2.65	2.61	2.70	2.80	2.97	3.22
1.80	1.59	1.64	1.73	1.72	1.82	1.93	2.04	2.15	2.25	2.32	2.37	2.39	2.46	2.54	2.61	2.58	2.66	2.77	2.91	3.15
1.82	1.60	1.68	1.73	1.80	1.86	1.93	2.09	2.18	2.25	2.33	2.39	2.46	2.57	2.59	2.65	2.70	2.72	2.75	2.86	3.13
1.94	1.99	2.01	2.10	2.17	2.23	2.30	2.37	2.44	2.50	2.55	2.61	2.68	2.76	2.82	2.88	2.95	3.01	3.08	3.12	3.13

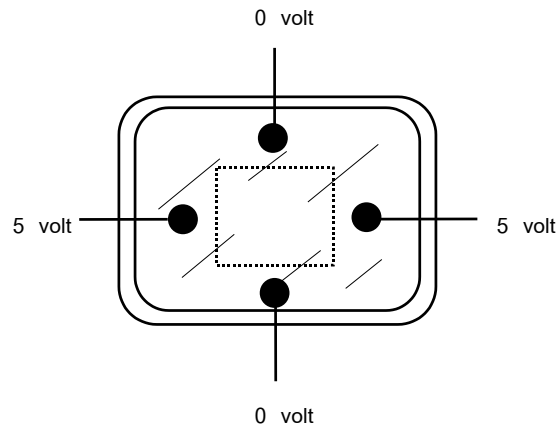
ตาราง 2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยวัดศักย์ไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิตอล  
 จากข้อมูลในตาราง 2 นำศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิตอลมา  
 พล็อตเส้นสมศักย์ไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 12 เส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองโดยวัดด้วยเครื่องมือวัดแบบ  
 ดิจิตอล

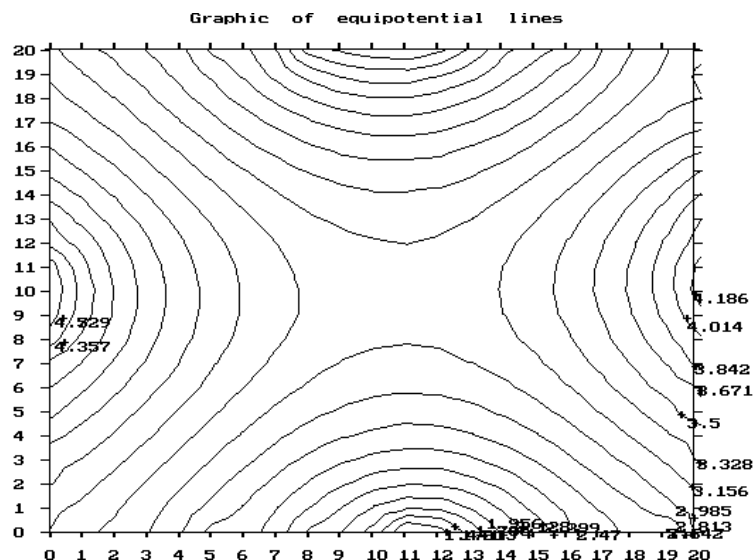
จากการวางขั้วไฟฟ้าในถาดน้ำดังภาพประกอบ 10 สังเกตได้ว่าเส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่  
พลอตจากชุดทดลองเรื่องสนามไฟฟ้าที่ได้มีลักษณะโค้งและเรียบกว่าเส้นสมศักย์ที่ได้จากการวัด  
ด้วยเครื่องมือวัดมิเตอร์แบบดิจิตอล

1.2 วางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นทรงกลมตัน เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 เซนติเมตร ที่ด้านข้างทั้งสองด้านของขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยกำหนดให้ด้านตรงกันข้ามกันมีขั้วไฟฟ้าที่เหมือนกันลงในภาคน้ำ ดังภาพประกอบ 13 ต่อไปนี้



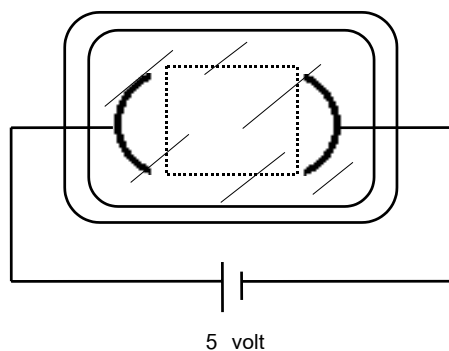
ภาพประกอบ 13 การจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นทรงกลมตันที่ด้านข้างสี่ด้านของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

จากผลการทดลองเมื่อจัดวางขั้วไฟฟ้าทรงกลมตันที่ตำแหน่งทั้งสองด้านของขอบเขตหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 13 จะได้รูปร่างลักษณะของเส้นสมศักย์ดังภาพประกอบต่อไปนี้



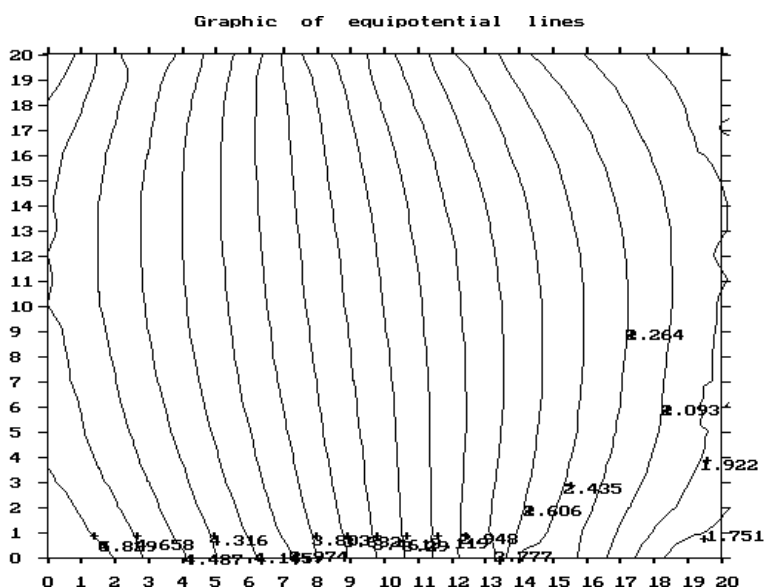
ภาพประกอบ 14 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้ารูปทรงกลมตันทั้งสองด้านของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

1.3 วางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางมีลักษณะโค้งเว้าเข้า ที่ด้านตรงข้ามของขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้ายาวประมาณ 19 - 20 เซนติเมตรลงในถาดน้ำ ดังภาพประกอบดังนี้



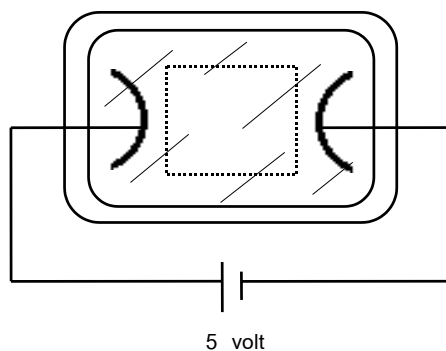
ภาพประกอบ 15 การจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางรูปร่างโค้งเว้าหาขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

จากผลการทดลองเมื่อจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางมีลักษณะโค้งเว้าหาขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 15 จะได้รูปร่างลักษณะของเส้นสมศักย์ดังภาพประกอบต่อไปนี้



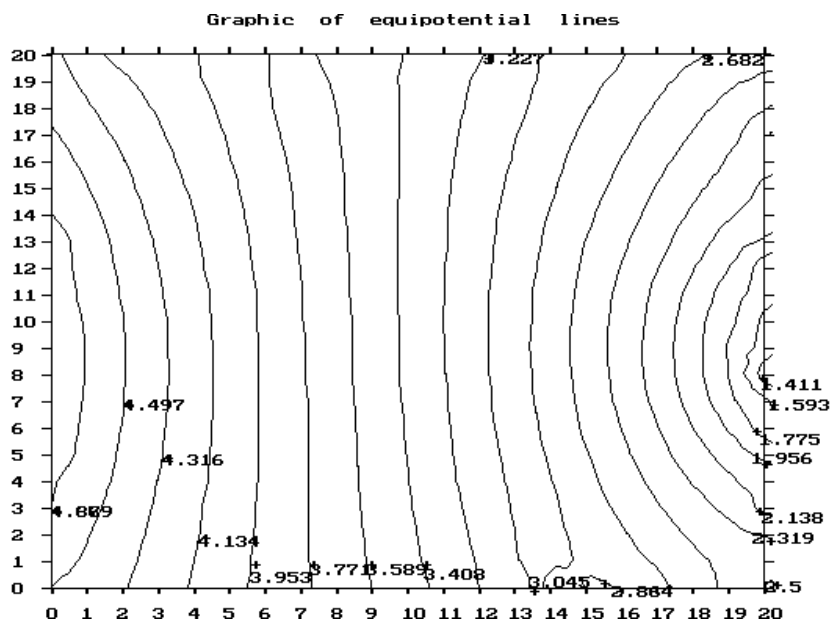
ภาพประกอบ 16 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางรูปร่างโค้งเว้าเข้า

1.4 วางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางรูปร่างโค้งออกจากขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ยาวประมาณ 19 - 20 เซนติเมตร ลงในภาคน้ำที่มีความลึกประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร ดังภาพประกอบดังนี้



ภาพประกอบ 17 การจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางรูปร่างโค้งออกจากขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

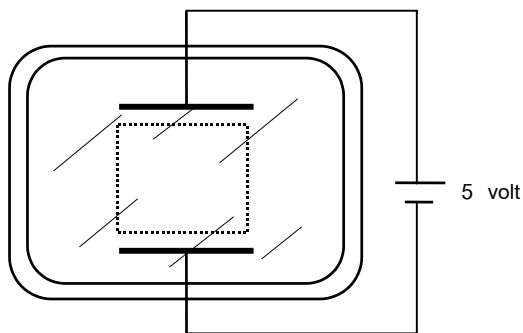
จากผลการทดลองเมื่อจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบาง รูปร่างโค้งออกจากขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 17 จะได้รูปร่างลักษณะของเส้นสมศักย์ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 18 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบาง รูปร่างโค้งออกจากขอบเขตของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

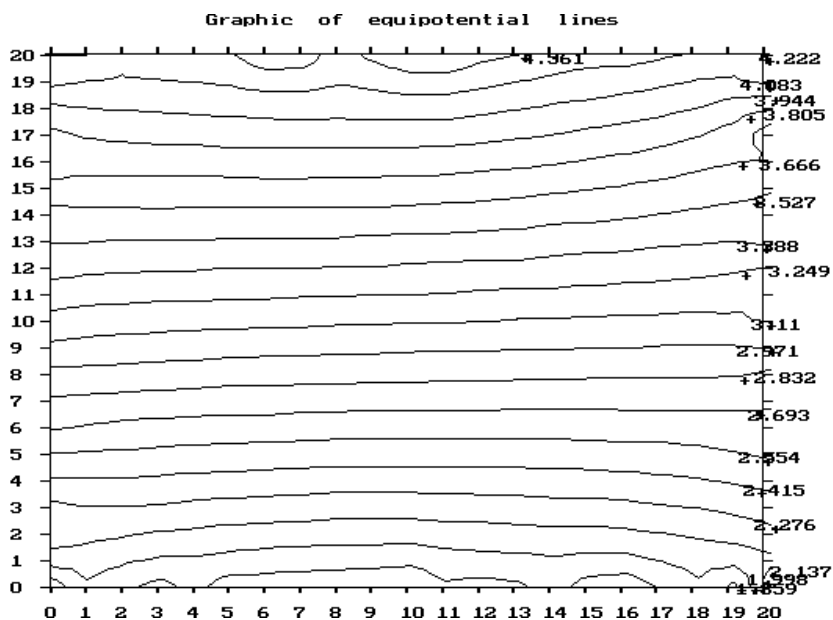


1.5 วางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมตรง ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร วางที่ตำแหน่งด้านตรงกันข้ามของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในถาดน้ำ ดังภาพประกอบต่อไปนี



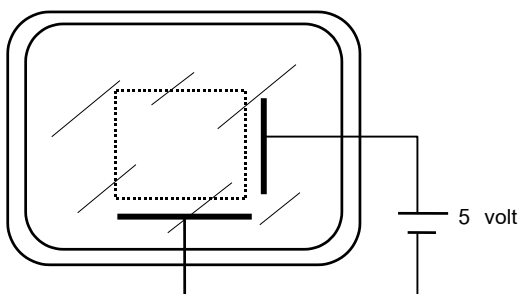
ภาพประกอบ 19 การจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางตรงที่ด้านตรงกันข้ามของหัววัดความต่างศักย์

จากผลการทดลองเมื่อจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบาง ดังภาพประกอบ 19 จะได้ว่ารูปร่างลักษณะของสมศักย์ดังภาพประกอบดังต่อไปนี้



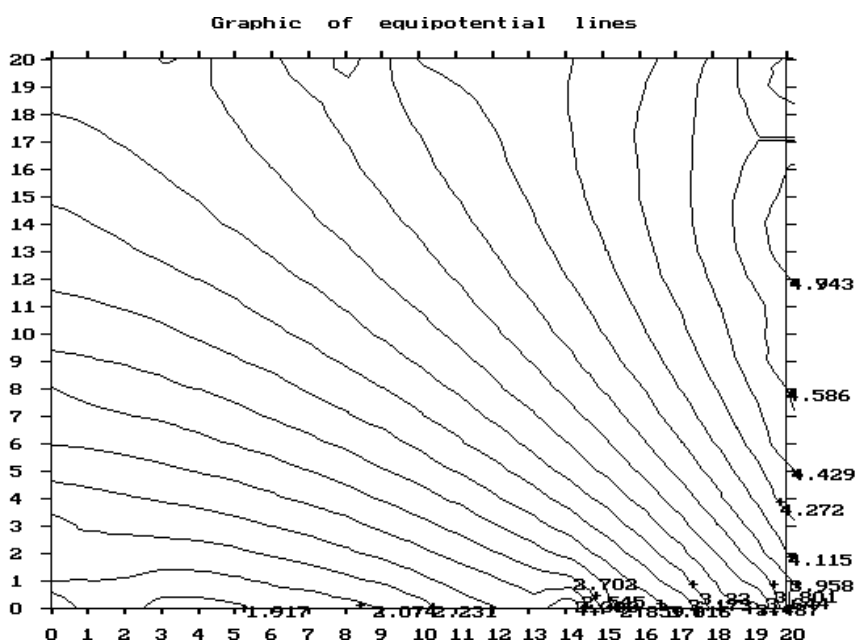
ภาพประกอบ 20 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางตรง

1.6 วางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบาง ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งประจุขั้วของขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในถาดน้ำ ดังภาพประกอบต่อไปนี้



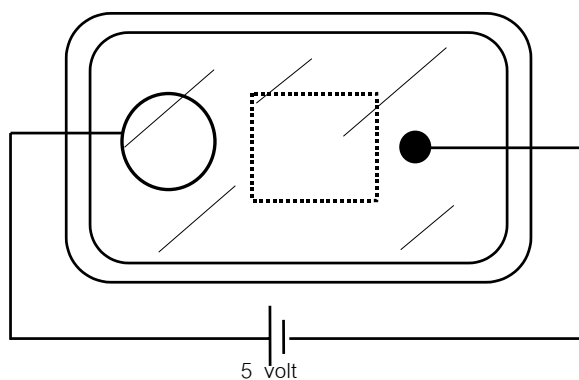
ภาพประกอบ 21 การจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางที่ตำแหน่งประจุขั้วของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

จากผลการทดลองเมื่อจัดวางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางที่ตำแหน่งขั้วของขอบเขตสี่เหลี่ยมของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ได้รูปร่างลักษณะของสมศักย์ไฟฟ้าดังภาพประกอบดังต่อไปนี้



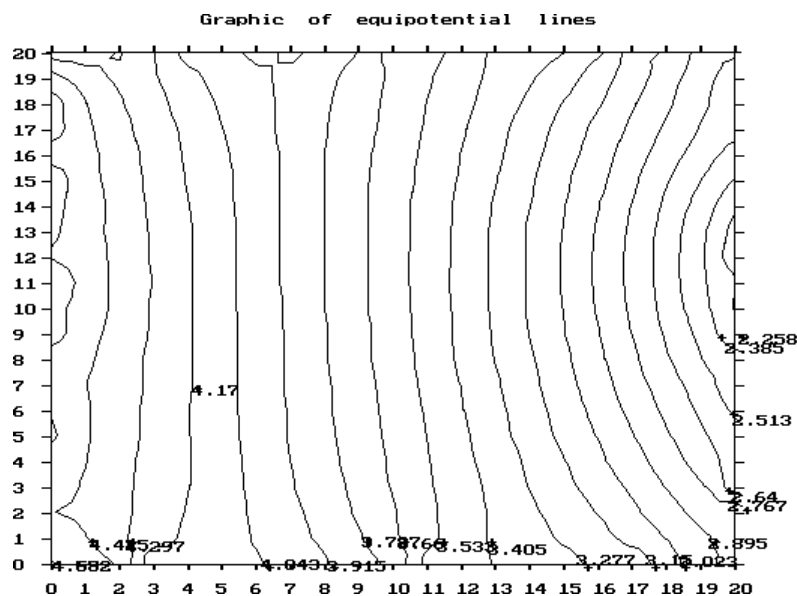
ภาพประกอบ 22 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้ารูปร่างเป็นแผ่นบางระหว่างด้านประจุขั้วของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

1.7 วางขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางรูปวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7.3 เซนติเมตร ส่วนอีกด้านหนึ่งของขอบเขตที่กำหนดไว้ วางขั้วไฟฟ้ารูปร่างทรงกระบอกตันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ดังภาพประกอบต่อไปนี้



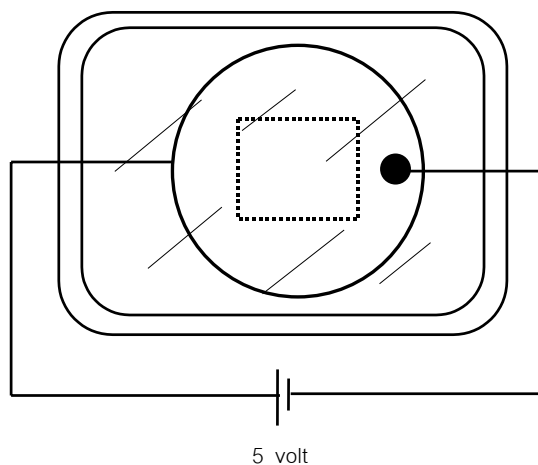
ภาพประกอบ 23 การจัดวางขั้วไฟฟ้าภายนอกขอบเขตระหว่างขั้วไฟฟ้ารูปทรงกระบอกตันกับขั้วไฟฟ้ารูปร่างแผ่นบางเป็นวงกลม

จากผลการจัดวางขั้วไฟฟ้างดภาพประกอบ 23 จะได้ภาพของผิวเส้นสมศักย์ไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 24



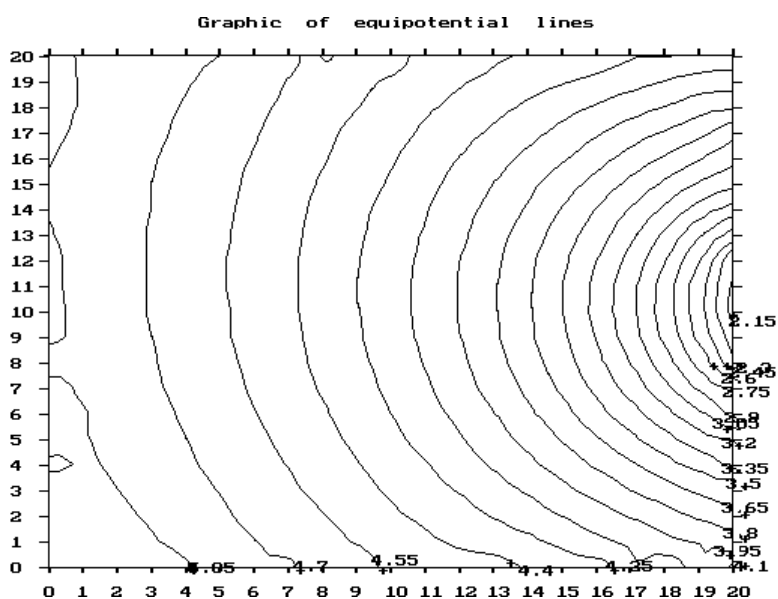
ภาพประกอบ 24 เส้นสมศักย์เมื่อกวางขั้วไฟฟ้าภายนอกขอบเขตระหว่างขั้วไฟฟ้ารูปทรงกระบอกตันกับขั้วไฟฟ้ารูปร่างแผ่นบางเป็นวงกลม

1.8 วางขั้วไฟฟ้าลบบรูปร่างทรงกลมบางเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร และวางขั้วไฟฟ้าบวกรูปร่างทรงกระบอกตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ภายในขั้วไฟฟ้าลบบรูปร่างทรงกลมบาง โดยทั้งสองขั้วไฟฟ้าวางไว้ที่ภายนอกขอบเขตที่กำหนดไว้



ภาพประกอบ 25 การจัดวางขั้วไฟฟ้าภายในขอบเขตโดยทั้งมีขั้วไฟฟ้าบวกทรงกระบอกตันภายในขั้วไฟฟ้าลบบรูปร่างบางเป็นวงกลม

จากผลการทดลองดังกล่าววางขั้วไฟฟ้าดังภาพประกอบ 25 จะผลของเส้นสมศักย์ไฟฟ้าดังภาพประกอบ 26 ต่อไปนี้



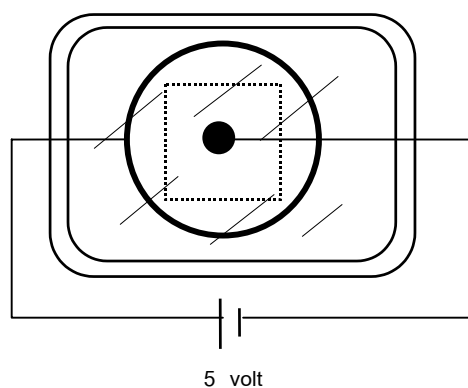
ภาพประกอบ 26 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้าภายนอกขอบเขตโดยทั้งมีขั้วไฟฟ้าบวกทรงกระบอกตันวางภายในขั้วไฟฟ้าลบบรูปร่างโค้งเป็นวงกลม

ตอนที่ 2 ผลการทดลองจากการจัดวางขั้วไฟฟ้าบริเวณภายในขอบเขตที่กำหนด

ในตอนนี้แสดงผลการทดลองโดยการจัดวางขั้วไฟฟ้าบริเวณภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ต่างกับตอนที่ 1 ที่ตำแหน่งการจัดวางขั้วไฟฟ้า รูปแบบต่าง ๆ กัน ดังหัวข้อต่อไปนี้

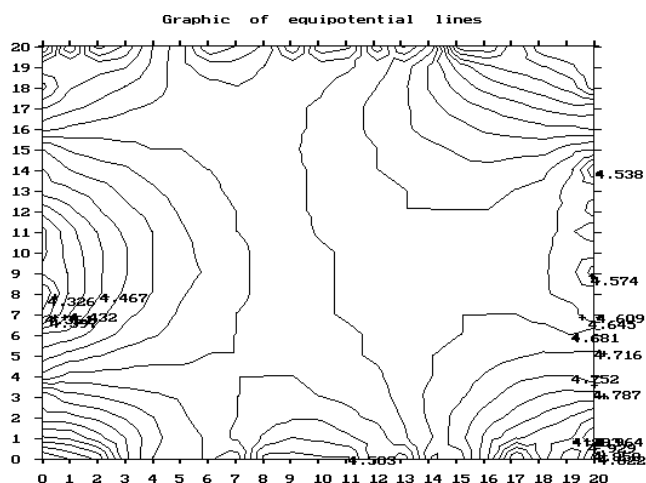
2.1 วางขั้วไฟฟ้าลบบที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ที่จุด

ศูนย์กลางภายในขอบเขตของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าบวกรูปร่างเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางโค้งงอเป็นวงกลมวางที่ตำแหน่งภายนอกขอบเขต ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 27 การจัดวางขั้วไฟฟ้าลบบทรงกระบอกตันที่บริเวณภายในขอบเขตและวางขั้วไฟฟ้าบวกรูปร่างโค้งงอเป็นวงกลมภายนอกขอบเขต

จากผลของการทดลองโดยจัดวางขั้วไฟฟ้าดังรูปภาพประกอบ 27 จะได้รูปร่างของเส้นสมศักย์ไฟฟ้า ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 28 เส้นสมศักย์เมื่อวางขั้วไฟฟ้าลบบรูปร่างทรงกระบอกตันและขั้วไฟฟ้าบวก

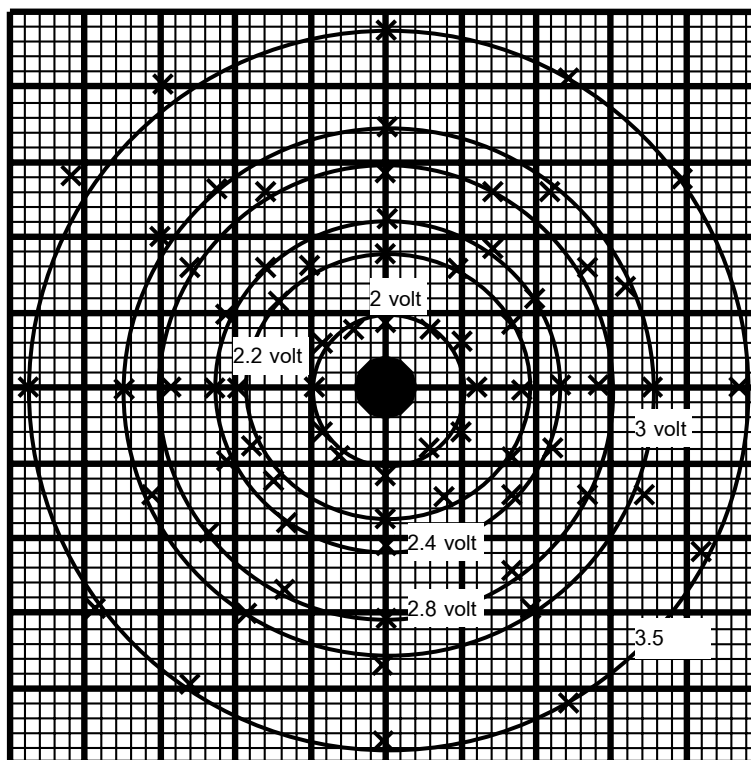
### รูปร่างโค้งบางเป็นวงกลม

จากภาพประกอบ 27 ได้ทำการทดลองแบบดั้งเดิม โดยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันในภาคน้ำด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิทัล ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ลำดับ ตำแหน่ง การบันทึก	ตำแหน่งบนภาค (x,y) ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงต่าง ๆ กัน (cm.)					
	2.0 โวลต์	2.2 โวลต์	2.4 โวลต์	2.8 โวลต์	3.0 โวลต์	3.5 โวลต์
1	5.0,5.9	5.0,6.8	5.0,7.2	5.0,7.8	5.0,8.4	5.0,9.8
2	4.6,5.8	4.0,6.6	3.4,6.6	3.4,7.6	2.8,7.6	2.0,9.0
3	4.2,5.6	3.5,6.2	2.9,6.0	2.4,6.6	2.0,7.0	0.8,7.8
4	4.0,5.0	3.1,5.0	2.7,5.0	2.1,5.0	1.5,5.0	0.2,5.0
5	4.4,4.2	3.2,4.2	2.9,4.1	2.6,3.1	1.9,3.6	1.1,2.1
6	4.4,4.1	3.5,3.8	3.7,3.7	3.6,2.3	3.1,2.0	2.2,1.0
7	5.0,3.8	5.0,3.3	5.0,2.9	5.0,2.0	5.0,1.3	5.0,0.3
8	5.6,4.2	5.8,3.6	6.6,3.6	6.6,2.6	7.0,2.0	7.4,0.8
9	6.0,4.4	6.6,4.1	7.2,4.2	7.6,3.7	8.4,3.6	9.2,2.8
10	6.2,5.0	6.8,5.0	7.3,5.0	7.9,5.0	8.5,5.0	9.7,5.0
11	6.0,5.6	6.6,5.8	7.0,6.2	7.7,6.6	8.2,6.4	8.9,7.8
12	5.6,5.8	6.0,5.9	6.4,6.8	6.4,7.6	7.2,7.6	7.5,9.1

ตาราง 3 แสดงข้อมูลการวัดศักย์ไฟฟ้าในภาคน้ำด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิทัล

จากผลข้อมูลดังตาราง 3 สามารถนำมาพลอตกราฟหาเส้นสมศักย์ไฟฟ้าได้ดังภาพประกอบ 29 ดังต่อไปนี้



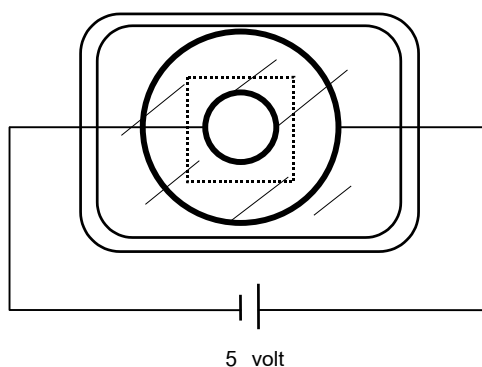
ภาพประกอบ 29 การพลอตเส้นสมศักย์ไฟฟ้าในสถานะน้ำโดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิตอล

จากการวางขั้วไฟฟ้าในสถานะน้ำดังภาพประกอบ 27 เปรียบเทียบผลการพลอตเส้นสมศักย์ไฟฟ้าโดยการใช้ชุดทดลองเรื่องสนามไฟฟ้าจะได้ภาพประกอบ 28 ซึ่งเส้นของสมศักย์ไฟฟ้าที่ได้ไม่ตรงกับภาพประกอบ 29 ซึ่งวัดด้วยเครื่องมือวัดแบบดิจิตอล ทั้งที่มีการจัดวางขั้วไฟฟ้าไว้เหมือนกันแต่แตกต่างกันที่เครื่องมือที่ใช้วัดศักย์ไฟฟ้า โดยความเป็นจริงเส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่ได้ ควรเป็นเส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่เหมือนกันดังภาพประกอบ 29 ซึ่งถูกต้องเป็นไปตามตามทฤษฎีทางไฟฟ้า

2.2 วางขั้วไฟฟ้าลบที่มีรูปร่างเป็นแผ่นกลมมึนเยิมบางโค้งเป็นวงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง

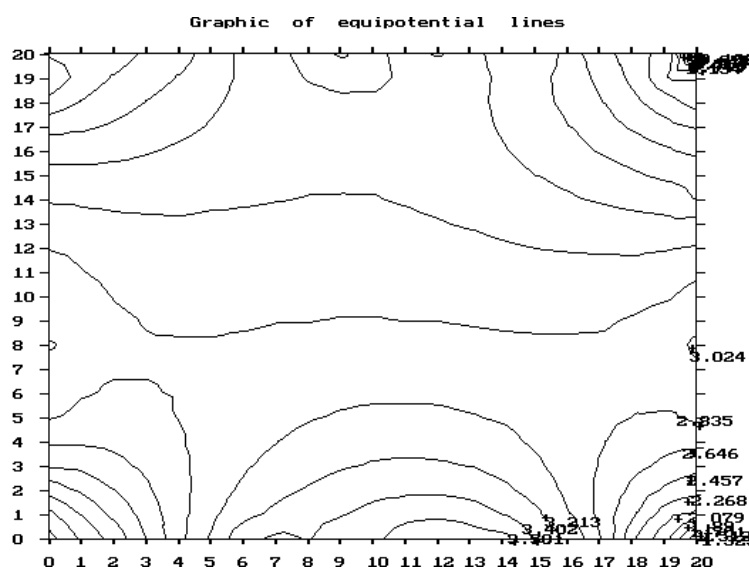
กลาง

7.7 เซนติเมตร ที่ภายในขอบเขตที่กำหนด ส่วนขั้วไฟฟ้าบวกมีรูปร่างเป็นแผ่นกลมมึนเยิมบางโค้งเป็นวงกลมเช่นเดียวกับขั้วลบแต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งกลางขนาด 16 เซนติเมตร วางที่ภายนอกขอบเขต ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 30 การจัดวางขั้วไฟฟ้าบวกที่มีรูปร่างเป็นวงกลมภายนอกขอบเขตและมีขั้วลบวางอยู่ภายในขอบเขต

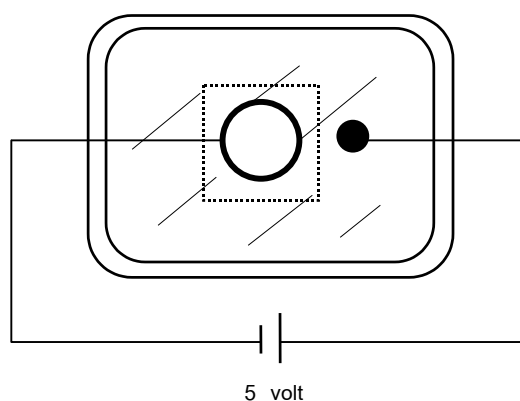
จากผลของการทดลองสนามไฟฟ้า เมื่อมีการจัดวางขั้วไฟฟ้างดภาพประกอบ 30 ซึ่งมีลักษณะการจัดวางขั้วไฟฟ้าคล้ายคลึงกับหัวข้อ 2.1 แต่แตกต่างกันตรงขั้วไฟฟ้าลบเปลี่ยนจากรูปทรงกระบอกตันเป็นแผ่นโค้งเป็นวงกลม ได้รูปร่างของเส้นสมคักย์ดังภาพประกอบต่อไปนี้





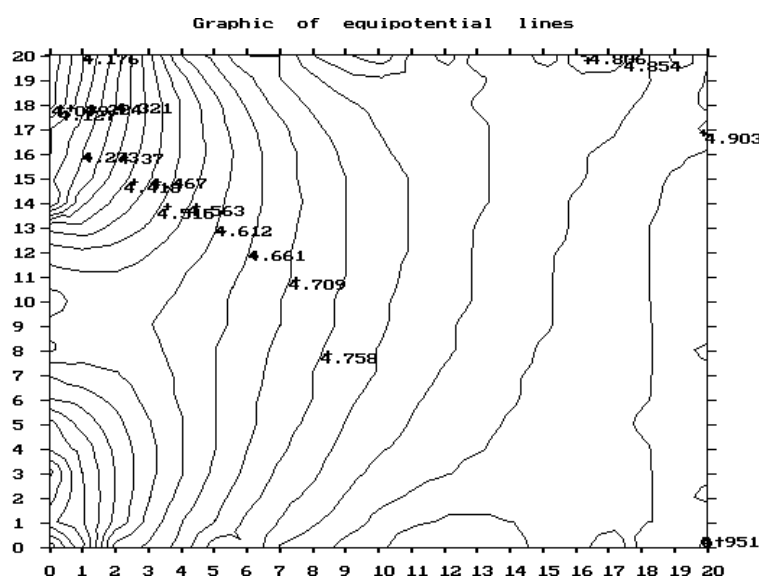
ภาพประกอบ 31 ผิวนิรนามเมื่อวางขั้วไฟฟ้าลบภายในขอบเขตและวางขั้วไฟฟ้าบวก  
ภายนอกขอบเขต

2.3 วางขั้วไฟฟ้าบวกที่มีรูปร่างลักษณะเป็นแผ่นกลมเรียบบางโค้งเป็นวงกลม มีเส้นผ่าน  
ศูนย์กลางขนาด 7.7 เซนติเมตร ภายในขอบเขตโดยประมาณให้จุดศูนย์กลางวงกลมวาง  
ตรงกึ่งกลางขอบเขตพอดี ขั้วไฟฟ้าลบรูปร่างลักษณะเป็นทรงกระบอกตันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง  
1.2 เซนติเมตร วางที่ตำแหน่งภายนอกขอบเขต ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 32 การจัดวางขั้วไฟฟ้าบวกรูปร่างแผ่นบางเป็นวงกลมภายในขอบเขต  
และขั้วไฟฟ้าลบทรงกระบอกตันภายนอกขอบเขต

จากผลของการทดลองการจัดวางขั้วไฟฟ้าดังรูปภาพประกอบ 32 จะได้รูปร่าง  
ของเส้นนิรนาม ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 33 เส้นนิรนามเมื่อวางขั้วไฟฟ้าบวกรูปร่างโค้งวงกลมภายในขอบเขต

และชี้ไฟฟ้าลบบรูปร่างทรงกระบอกตันภายนอก

### ตอนที่ 3 สรุปผลการทดลอง

จากการผลการทดลองหาเส้นสมศักย์ไฟฟ้า ระหว่างขั้วไฟฟ้าหลากหลายรูปแบบโดยการเปลี่ยนรูปร่างลักษณะของขั้วไฟฟ้า และตำแหน่งการจัดวางขั้วไฟฟ้าในภาคน้ำรูปแบบต่าง ๆ กัน โดยยึดตำแหน่งการจัดวางขั้วไฟฟ้าระหว่างภายในกับภายนอกขอบเขตของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่กำหนดขึ้นเป็นหลัก พบว่าเมื่อจัดวางขั้วไฟฟ้าภายนอกขอบเขตที่กำหนดผลที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีทางไฟฟ้าดังผลการทดลองตอน 1 และเมื่อเปรียบเทียบเส้นศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการพลอตด้วยชุดทดลองสนามไฟฟ้า กับเส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล พบว่าเส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่พลอตด้วยชุดทดลองสนามไฟฟ้ามีลักษณะโค้งเรียกว่าเส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่พลอตจากผลการวัดด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์

ส่วนกรณีที่ขั้วไฟฟ้าขั้วใดขั้วหนึ่งอยู่ในขอบเขตที่กำหนดดังตอน 2 ซึ่งเปรียบเทียบได้จากการจัดวางขั้วไฟฟ้าดังภาพประกอบ 27 เมื่อใช้ชุดทดลองสนามไฟฟ้าที่ประดิษฐ์ขึ้นมาพลอตเส้นสมศักย์ไฟฟ้า ปรากฏว่าผลการทดลองไม่ถูกต้อง แต่เมื่อจัดวางขั้วไฟฟ้าเช่นเดิมแล้ววัดศักย์ไฟฟ้าด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลปรากฏว่าผลการพลอตเส้นสมศักย์ไฟฟ้าเป็นไปตามทฤษฎีทางไฟฟ้า

แสดงให้เห็นว่าบริเวณภายในขอบเขตของหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้ามีประจุอิสระเกิดขึ้น ซึ่งไม่ได้ได้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของสมการลาปลาซ คือ  $\nabla^2 V = 0$  ผลคือ ทำให้พลอตเส้นสมศักย์ไฟฟ้าที่ได้ไม่ถูกต้องตามทฤษฎีทางไฟฟ้า