# บรรณานุกรม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาษาไทย


จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย. คู่มือการพิมพ์วิทยานิพนธ์. กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2520.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. "การประเมินผลการสอนของจุฬา." เอกสารการสัมมนา. จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย : ครุศาสตร์, 2520.

ธีระ จิตต์จนะ. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องไฟฟ้า โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ." วิทยานิพนธ์วิชาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2519.

นิดา สะเพียรชัย. "ปรัชญาและความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ข่าวสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 5 (กรกฎาคม 2520): 5 – 8.

เบ็ญจา โสภรโยม. "การทดลองเปรียบเทียบผลการสอนสมการเชิงเส้นหนึ่งตัวแปรโดยใช้หน่วยการเรียนการสอนกับการสอนปกติ." วิทยานิพนธ์วิชาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2520.

บุญมี ก้อนทอง. "บทเรียนแบบโมดูลเพื่อเสริมความรู้." วิทยาสาร 26 (1 มกราคม 2518) : 21.

วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ. "การเพิ่มประชากรกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม." วารสารสภาการศึกษาแห่งชาติ 6 (ตุลาคม 2514) : 20.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. แบบเรียนวิชาฟิสิคส์ เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพ : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2519.

สวัสดิ์ ปทุมราช. "วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม." เอกสารการสัมมนา. จุฬาลงกรณ มหาวิทยาลัย : ครุศาสตร์, 2520.

สมพร ผลากรกุล. "การสอนแบบโมดูล." วารสาร สสวท. 3 (เมษายน 2518) : 1 - 6.

ส่องสี ชุติวงศ์. "ขบวนการวางแผนการศึกษา. "ประมวลบทความการวางแผนการศึกษาและพัฒนากำลังคน. พระนคร : กองวางแผนการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2510.

สุดา สินสกุล. "ระบบการผลิตชุดการสอนแผนจุฬา." ครุศาสตร์. 6 (กันยายน - ตุลาคม 2519) : 36.

อภิชัย พันธเสน. การศึกษาปฏิรูปหรือปฏิวัติ. 1 เล่ม. พระนคร : บพิธการพิมพ์, 2518

ภาษาอังกฤษ

APIED Regional Planning workshop. Modules on the construction of Modules. Philippins : APIED Regional Planning workshops. 1975.

Burns, Richard W. "An Insturctional Module Design." Educational Technology. (September 1972) : 28.

Charistion, Floyd T. Florida Modules on Individualized Teacher Education Materials. Florida : The State of Florida Department of Education, 1970.

Dale, Mary Elizabeth W. "A Comparative Study of Achievment Between Colledge Student Being Taught in the Traditional Manner and These Taught with Learning Modules." Dissertation Abstract Internation 34 (April 1974) : 6431 - A.

Garrett, Henry E. Testing for teacher. New York : American Book Company, 1959.

Goldberg, Albert L. "First Steps in the Systems Appreach." Audiosual Instruction 10 (May 1965) : 382-383.

Gordon, Lawrence. Florida Modules on Generic Teaching Competency : Module on Module. Gainesville, Florida : Gain University of Florida, 1973.

Grob, Bernard. Basic Electronics. 3rd Edition. Now York : McGraw-Hill Book Company, 1971.

Houston, Robert, and Others. Developing Instructional Modules : A Modular System for Writing Modules. Houston : University of Houston, 1972.

Kiger, Nancy D. "Preservice Reading Modules: Varying the Mastery Level." Dissertation Abstract International 38 (September 1977) : 1339-A.

i 17959709

Marwin, William C. "A System Approach for Teacher Training." Educational Technology (April 1979) : 58.

Therndike, Robert L. Measurement and Evaluation in Psychology and Education. Now York : American Council on Education, 1961.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 5 การหาค่าความเชื่อมั่น

| คนที่ | X | $X^2$ | คนที่ | X | $X^2$ | คนที่ | X | $X^2$ | คนที่ | X | $X^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 44 | 1936 | 22 | 47 | 2209 | 43 | 45 | 2025 | 64 | 38 | 1444 |
| 2 | 31 | 961 | 23 | 42 | 1764 | 44 | 43 | 1849 | 65 | 40 | 1600 |
| 3 | 42 | 1764 | 24 | 36 | 1296 | 45 | 29 | 841 | 66 | 34 | 1156 |
| 4 | 41 | 1681 | 25 | 37 | 1369 | 46 | 40 | 1600 | 67 | 31 | 1369 |
| 5 | 38 | 1444 | 26 | 44 | 1939 | 47 | 40 | 1600 | 68 | 36 | 1296 |
| 6 | 46 | 2116 | 27 | 45 | 2025 | 48 | 45 | 2025 | 69 | 35 | 1225 |
| 7 | 37 | 1369 | 28 | 31 | 961 | 49 | 43 | 1849 | 70 | 51 | 2601 |
| 8 | 49 | 2401 | 29 | 50 | 2500 | 50 | 33 | 1089 | 71 | 38 | 1444 |
| 9 | 49 | 2401 | 30 | 39 | 1521 | 51 | 48 | 2304 | 72 | 46 | 2116 |
| 10 | 38 | 1444 | 31 | 34 | 1156 | 52 | 38 | 1444 | 73 | 21 | 441 |
| 11 | 42 | 1764 | 32 | 33 | 1089 | 53 | 55 | 3025 | 74 | 48 | 2304 |
| 12 | 41 | 1681 | 33 | 40 | 1600 | 54 | 50 | 2500 | 75 | 38 | 1444 |
| 13 | 38 | 1444 | 34 | 32 | 1025 | 55 | 33 | 1089 | 76 | 32 | 1024 |
| 14 | 38 | 1444 | 35 | 48 | 2304 | 56 | 50 | 2500 | 77 | 37 | 1369 |
| 15 | 33 | 1089 | 36 | 36 | 1296 | 57 | 43 | 1849 | 78 | 36 | 1296 |
| 16 | 47 | 2209 | 37 | 43 | 1849 | 58 | 47 | 2209 | 79 | 43 | 1849 |
| 17 | 31 | 961 | 38 | 49 | 2401 | 59 | 47 | 2209 | 80 | 48 | 2304 |
| 18 | 23 | 529 | 39 | 40 | 1600 | 60 | 50 | 2500 | 81 | 41 | 1681 |
| 19 | 54 | 2916 | 40 | 42 | 1764 | 61 | 49 | 2401 | 82 | 41 | 1681 |
| 20 | 42 | 1764 | 41 | 35 | 1225 | 62 | 53 | 2809 | 83 | 25 | 625 |
| 21 | 43 | 1849 | 42 | 44 | 1939 | 63 | 43 | 1849 | 84 | 38 | 1444 |

ตารางที่ 5 (ต่อ) การหาความเชื่อมั่น

| คนที่ | X | $X^2$ |
|---|---|---|
| 85 | 42 | 1764 |
| 86 | 27 | 729 |
| 87 | 27 | 729 |
| 88 | 39 | 1521 |
| 89 | 40 | 1600 |
| 90 | 30 | 900 |
| $\Sigma$ | 3646 | 152234 |
| $\bar{X}$ | 40.5111 | |
| $\sigma^2$ | 50.904 | |

$$r_{tt} = \frac{n\sigma^2 - M(n - M)}{\sigma^2(n - 1)}$$

$$= \frac{55(50.904) - 40.51(55 - 40.51)}{50.904(55 - 1)}$$

$$= \frac{2799.7 - 587.25}{2748.6}$$

$$= 0.804$$

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

| ข้อที่ | ตัวเลือก | $R_H$ | $R_L$ | P | R |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | (ก) | 17 | 11 | 0.70 | 0.30 |
| | ข | 1 | 4 | 0.13 | 0.25 |
| | ค | – | 2 | 0.05 | 0.10 |
| | ง | 2 | 3 | 0.13 | 0.05 |

การคำนวณ

สำหรับคำตอบที่ถูก คือ ข้อ ก.

จากสูตร $P = \frac{R_H + R_L}{N}$ | $R = \frac{R_H - R_L}{n}$

$= \frac{17 + 11}{40}$ | $= \frac{17 - 11}{20}$

$= 0.70$ | $= 0.30$

สำหรับตัวเลือกลวง (ข้อ ข.)

$P = \frac{R_H + R_L}{N}$ | $R = \frac{R_L - R_H}{n}$

$= \frac{1 + 4}{40}$ | $= \frac{4 - 1}{20}$

$= 0.13$ | $= 0.25$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 การหาประสิทธิภาพของโมดูลชั้นภาคสนาม

| คนที่ | P | F | X | d | $d^2$ | คนที่ | P | F | X | d | $d^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22 | 47 | 41 | 25 | 625 | 22 | 21 | 29 | 32 | 8 | 64 |
| 2 | 20 | 50 | 38 | 30 | 900 | 23 | 15 | 40 | 40 | 25 | 625 |
| 3 | 26 | 49 | 45 | 23 | 529 | 24 | 15 | 33 | 39 | 18 | 324 |
| 4 | 24 | 53 | 44 | 29 | 841 | 25 | 16 | 38 | 41 | 22 | 484 |
| 5 | 22 | 43 | 44 | 21 | 441 | 26 | 23 | 48 | 45 | 25 | 625 |
| 6 | 20 | 38 | 43 | 18 | 324 | 27 | 23 | 50 | 45 | 27 | 729 |
| 7 | 18 | 40 | 43 | 22 | 484 | 28 | 18 | 53 | 48 | 35 | 625 |
| 8 | 22 | 34 | 41 | 12 | 144 | 29 | 22 | 55 | 49 | 33 | 1089 |
| 9 | 16 | 37 | 43 | 21 | 441 | 30 | 20 | 47 | 45 | 27 | 729 |
| 10 | 20 | 36 | 42 | 16 | 256 | 31 | 20 | 49 | 43 | 29 | 841 |
| 11 | 20 | 35 | 48 | 15 | 225 | 32 | 27 | 51 | 46 | 24 | 576 |
| 12 | 25 | 51 | 47 | 26 | 676 | 33 | 25 | 54 | 46 | 29 | 841 |
| 13 | 23 | 36 | 40 | 13 | 169 | 34 | 19 | 48 | 46 | 29 | 841 |
| 14 | 15 | 43 | 42 | 28 | 784 | 35 | 22 | 45 | 42 | 23 | 529 |
| 15 | 19 | 49 | 47 | 30 | 900 | 36 | 19 | 33 | 35 | 14 | 196 |
| 16 | 19 | 40 | 41 | 21 | 441 | 37 | 20 | 45 | 40 | 25 | 625 |
| 17 | 22 | 42 | 39 | 20 | 400 | 38 | 22 | 49 | 42 | 27 | 729 |
| 18 | 20 | 35 | 40 | 15 | 225 | 39 | 21 | 49 | 44 | 28 | 784 |
| 19 | 25 | 44 | 45 | 19 | 361 | 40 | 21 | 45 | 41 | 24 | 576 |
| 20 | 19 | 45 | 46 | 26 | 767 | 41 | 18 | 51 | 46 | 33 | 1089 |
| 21 | 15 | 43 | 45 | 28 | 784 | 42 | 20 | 53 | 47 | 33 | 1089 |

ตารางที่ 7 (ต่อ) การหาประสิทธิภาพของโมดูลขั้นภาคสนาม

| คนที่ | P | F | X | d | $d^2$ | คนที่ | P | F | X | d | $d^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | 22 | 44 | 40 | 22 | 484 | 64 | 15 | 53 | 49 | 38 | 1444 |
| 44 | 17 | 41 | 40 | 24 | 576 | 65 | 21 | 42 | 40 | 21 | 441 |
| 45 | 23 | 52 | 43 | 29 | 841 | 66 | 15 | 47 | 41 | 32 | 1024 |
| 46 | 21 | 48 | 40 | 27 | 729 | 67 | 21 | 49 | 45 | 28 | 784 |
| 47 | 24 | 49 | 42 | 25 | 625 | 68 | 16 | 49 | 42 | 33 | 1089 |
| 48 | 22 | 47 | 44 | 25 | 625 | 69 | 23 | 49 | 46 | 26 | 676 |
| 49 | 19 | 47 | 41 | 28 | 784 | 70 | 20 | 52 | 49 | 32 | 1024 |
| 50 | 17 | 42 | 48 | 25 | 625 | 71 | 23 | 48 | 40 | 25 | 625 |
| 51 | 23 | 37 | 35 | 14 | 196 | 72 | 23 | 47 | 45 | 24 | 576 |
| 52 | 13 | 45 | 41 | 32 | 1024 | 73 | 24 | 42 | 40 | 18 | 324 |
| 53 | 24 | 50 | 49 | 26 | 676 | 74 | 24 | 36 | 33 | 12 | 144 |
| 54 | 11 | 53 | 45 | 42 | 1764 | 75 | 21 | 44 | 45 | 23 | 529 |
| 55 | 10 | 52 | 46 | 42 | 1764 | 76 | 21 | 46 | 46 | 25 | 625 |
| 56 | 24 | 49 | 42 | 25 | 625 | 77 | 21 | 47 | 42 | 26 | 676 |
| 57 | 18 | 51 | 46 | 33 | 1089 | 78 | 25 | 49 | 47 | 24 | 576 |
| 58 | 15 | 48 | 41 | 33 | 1089 | 79 | 21 | 50 | 48 | 29 | 841 |
| 59 | 15 | 52 | 45 | 37 | 1369 | 80 | 23 | 52 | 47 | 29 | 841 |
| 60 | 15 | 45 | 40 | 30 | 900 | 81 | 22 | 48 | 45 | 26 | 676 |
| 61 | 13 | 47 | 45 | 34 | 1156 | 82 | 19 | 35 | 39 | 16 | 256 |
| 62 | 19 | 50 | 47 | 31 | 961 | 83 | 22 | 40 | 39 | 18 | 324 |
| 63 | 16 | 52 | 47 | 36 | 1296 | 84 | 20 | 48 | 46 | 28 | 784 |

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 7 (ต่อ) การหาประสิทธิภาพของโมดูลขั้นภาคสนาม

| คนที่ | P | F | X | d | $d^2$ | คนที่ | P | F | X | d | $d^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 85 | 17 | 44 | 43 | 27 | 729 | 96 | 15 | 45 | 40 | 30 | 900 |
| 86 | 21 | 46 | 42 | 25 | 625 | 97 | 20 | 49 | 45 | 29 | 841 |
| 87 | 23 | 49 | 47 | 26 | 676 | 98 | 15 | 41 | 39 | 26 | 676 |
| 88 | 17 | 31 | 38 | 14 | 196 | 99 | 16 | 38 | 40 | 22 | 484 |
| 89 | 19 | 41 | 45 | 22 | 484 | 100 | 15 | 40 | 43 | 25 | 625 |
| 90 | 25 | 52 | 48 | 27 | 729 | 101 | 20 | 52 | 46 | 32 | 1024 |
| 91 | 17 | 45 | 46 | 28 | 784 | 102 | 22 | 42 | 44 | 20 | 400 |
| 92 | 17 | 43 | 41 | 26 | 676 | 103 | 23 | 54 | 48 | 31 | 961 |
| 93 | 26 | 53 | 48 | 27 | 729 | 104 | 21 | 45 | 44 | 24 | 576 |
| 94 | 11 | 45 | 45 | 34 | 1156 | 105 | 19 | 46 | 45 | 27 | 729 |
| 95 | 18 | 48 | 44 | 30 | 900 | 106 | 18 | 44 | 39 | 26 | 676 |
| | | | | | | $\Sigma$ | 2095 | 4822 | 4587 | 2727 | 73689 |
| | | | | | | $\bar{X}$ | 1976 | 4549 | 4327 | 2573 | 695.179 |
| | | | | | | % | 3593 | 8271 | 8655 | 4677 | |

$$E_1 = \frac{\Sigma X}{N} \times \frac{100}{A}$$

$$= \frac{4587}{106} \times \frac{100}{50}$$

$$= 86.55$$

$$E_2 = \frac{\mathcal{E}F}{N} \times \frac{100}{B}$$

$$= \frac{4822}{106} \times \frac{100}{55}$$

$$= 82.71$$

ความก้าวหน้าของการเรียน

สมมติฐาน : คะแนนเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังการเรียนไม่แตกต่างกัน

มัชฌิมเลขคณิตของผลต่าง

$$\bar{d} = \frac{\mathcal{E}d}{N}$$

$$= \frac{2727}{106}$$

$$= 25.73$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง

$$SD_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}d^2}{N} - \left(\frac{\mathcal{E}d}{N}\right)^2}$$

$$= \sqrt{695.179 - 661.8484}$$

$$= \sqrt{33.33}$$

$$= 5.773$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่าง

$$\sigma_{\bar{d}} = \frac{SD_{\bar{d}}}{\sqrt{N-1}}$$

$$= \frac{5.773}{\sqrt{106-1}}$$

$$= 0.563$$

อัตราส่วนวิกฤต

$$z = \frac{\bar{d}}{\sigma_{\bar{d}}}$$

$$= \frac{25.73}{0.563}$$

$$= 45.70$$

อัตราส่วนวิกฤตจากตารางที่ระดับความมีนัยสำคัญ .01 = 2.58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบไฟฟ้าสถิตย์

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบไฟฟ้าสถิตย์มี 55 ข้อ (7 หน้า) ใช้เวลา 50 นาที
2. ให้เลือกคำตอบที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว ลงในกระดาษคำตอบ โดยขีดดังตัวอย่าง

ก ข ค ง

3. ถ้าต้องการเปลี่ยนเป็นข้ออื่น ให้ทำดังนี้

ก ข ค ง

4. สูตรในการคำนวณ

$$F = K\frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = qE$$

$$F = ma$$

$$E = K\frac{Q}{r^2}$$

$$E = \frac{V}{r}$$

$$V = \frac{W}{q}$$

$$V = K\frac{Q}{r}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{R}{K}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบวิชาไฟฟ้าสถิตย์

1. ข้อใดที่แสดงอำนาจไฟฟ้าได้

ก. โปรตรอน

ข. นิวตรอน

ค. อะตอม

ง. นิวเคลียส

2. อะตอมที่มีโปรตอน 2 อนุภาคนิวตรอน 2 อนุภาคและอิเลคตรอน 1 อนุภาค จะมีสถานะไฟฟ้าเป็นอย่างไร

ก. กลาง

ข. บวก

ค. ลบ

ง. บอกไม่ได้

3. อะตอมของไฮโดรเจนซึ่งประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอนและอิเลคตรอนอย่างละ 1 อนุภาคนั้นจะมีสถานะทางไฟฟ้าเป็นอย่างไร

ก. กลาง

ข. บวก

ค. ลบ

ง. บอกไม่ได้

4. คุณสมบัติของประจุบวกเป็นอย่างไร

ก. มีปฏิกิริยาต่อประจุบวกเท่านั้น

ข. มีปฏิกิริยาต่อประจุลบเท่านั้น

ค. มีปฏิกิริยาต่อประจุบวกและลบ

ง. อาจมีปฏิกิริยาต่อประจุบวกหรือลบแล้วแต่สภาพแวดล้อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด

ก. มี 3 ชนิด (กลาง, บวก, ลบ)

ข. มี 2 ชนิด (บวก, ลบ)

ค. มี 1 ชนิด (บวก)

ง. มี 1 ชนิด (ลบ)

6. ถ้าอิเลคโตรสโคปแบบแผ่นโลหะกางอยู่แล้ว เมื่อนำวัตถุเข้าไปใกล้อิเลคโตรสโคปกางเท่าเดิมหมายความว่าอย่างไร

ก. วัตถุมีประจุเหมือนอิเลคโตรสโคป

ข. วัตถุมีประจุต่างกับอิเลคโตรสโคป

ค. วัตถุมีประจุเท่ากับอิเลคโตรสโคป

ง. วัตถุไม่มีประจุ

7. เมื่อวัตถุมีประจุอันหนึ่ง แตะกับวัตถุที่เป็นกลาง จะเกิดอะไรขึ้น

ก. วัตถุอันแรกไม่เสียประจุ

ข. วัตถุอันแรกจะเสียประจุไปครึ่งหนึ่ง

ค. วัตถุอันหลังจะได้รับประจุเพิ่มขึ้น

ง. วัตถุอันหลังมีประจุเท่าเดิม

8. อนุภาพโปรตอนเคลื่อนที่ได้หรือไม่

ก. ได้

ข. ไม่ได้

ค. ได้ ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม

ง. ได้ ถ้าอยู่ในสภาพเป็นอิออน

9. คุณสมบัติของประจุไฟฟ้า

ก. ชนิดเดียวกันดูดกัน

ข. ต่างชนิดกันดูดกัน

ค. ต่างชนิดกันผลักกัน

ง. ชนิดเดียวกันไม่มีปฏิกิริยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. จากการทดลองใช้กระป๋องน้ำแข็งของฟาราเดย์ ปรากฏว่า
    ก. มีประจุไฟฟ้าเฉพาะด้านนอกกระป๋องเท่านั้น
    ข. มีประจุไฟฟ้าเฉพาะด้านในกระป๋องเท่านั้น
    ค. มีประจุไฟฟ้าอยู่ทั้งด้านนอกและด้านในกระป๋อง
    ง. มีประจุไฟฟ้าอยู่ทั่วไป
11. การกระจายของประจุไฟฟ้าในวัตถุตัวนำมีลักษณะเป็นกล่องเป็นอย่างไร
    ก. มีประจุมากที่สุดที่สันกล่อง
    ข. มีประจุมากที่สุดที่มุมกล่อง
    ค. มีประจุมากที่สุดที่ฝากล่อง
    ง. มีประจุมากที่สุดที่ด้านข้างของกล่อง
12. กฎที่ใช้คำนวณแรงระหว่างประจุคือกฎของใคร
    ก. โอห์ม
    ข. นิวตัน
    ค. คูลอมบ์
    ง. ฟาราเดย์
13. แรงระหว่างประจุมีหน่วยเป็น
    ก. โอห์ม
    ข. นิวตัน
    ค. คูลอมบ์
    ง. ฟารัด
14. ค่าคงตัวไดอิเลคตริค ( K ) ในอากาศมีค่าเท่ากับ
    ก. 1 นิวตัน. เมตร$^2$/คูลอมบ์
    ข. $1 \times 10^9$ นิวตัน. เมตร$^2$/คูลอมบ์
    ค. $9 \times 10^9$ นิวตัน. เมตร$^2$/คูลอมบ์
    ง. $9 \times 10^{-9}$ นิวตัน. เมตร$^2$/คูลอมบ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15. ไดอิเลคตริคคือสารที่มีลักษณะอย่างไร

ก. ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านเท่านั้น

ข. ยอมให้อำนาจไฟฟ้าผ่านเท่านั้น

ค. ยอมให้ทั้งประจุและอำนาจไฟฟ้าผ่านได้

ง. ไม่ยอมให้ทั้งประจุและอำนาจไฟฟ้าผ่านได้

16. ข้อใดเป็นแรงระหว่างประจุ

ก. $F = K\frac{m_1 m_2}{r^2}$

ข. $F = K\frac{Q}{r^2}$

ค. $F = K\frac{Q}{r^2}$

ง. $F = K\frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

17. ประจุ $-2 \times 10^{-9}$ คูลอมบ์วางห่างกัน 90 ซม. หาขนาดของแรงระหว่างประจุ

ก. $4 \times 10^{-5}$ นิวตัน

ข. $4/9 \times 10^{-11}$ นิวตัน

ค. $4/9 \times 10^{-7}$ นิวตัน

ง. $4 \times 10^{-8}$ นิวตัน

18. จากข้อ 17 ถ้าให้ K = 81, F คือ

ก. $4 \times 10^{-16}$ นิวตัน

ข. $4 \times 10^{-20}$ นิวตัน

ค. $36 \times 10^{-17}$ นิวตัน

ง. $36 \times 10^{-19}$ นิวตัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19. ถ้าวางประจุขนาด 1 คูลอมบ์ไว้ที่ ก. และ ข. ซึ่งห่างกัน 1 เมตร จะมีแรงกระทำระหว่างประจุเท่ากับ

ก. 1 นิวตัน

ข. 1 คูลอมบ์

ค. $9 \times 10^9$ นิวตัน

ง. $9 \times 10^9$ คูลอมบ์

20. ประจุ ก = $+2 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์ ข. = $-1 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์ เมื่อประจุ ก. แตะกับ ข. ประจุ ก. จะมีค่าเท่ากับ

ก. $3 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์

ข. $2 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์

ค. $0.5 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์

ง. 0 คูลอมบ์

21. สนามไฟฟ้า ( E ) มีลักษณะอย่างไร

ก. มีขนาดและระยะทาง

ข. มีแต่ทิศทางอย่างเดียว

ค. มีทั้งขนาดและทิศทาง

ง. มีขนาด, ทิศทาง และระยะทาง

22. สนามไฟฟ้าของประจุบวกจะมีทิศทาง

ก. เข้าสู่จุดประจุทุกทิศทาง

ข. ออกจากจุดประจุทุกทิศทาง

ค. พุ่งไปยังประจุลบ

23. จากสูตร F = qE, E หมายถึง

ก. พลังงานไฟฟ้า

ข. สนามไฟฟ้า

ค. ศักดาไฟฟ้า

ง. แรงเคลื่อนไฟฟ้า

24. จากสูตร $E = K\frac{Q}{r^2}$ E หมายถึง

ก. พลังงานไฟฟ้า

ข. สนามไฟฟ้า

ค. ศักดาไฟฟ้า

ง. แรงเคลื่อนไฟฟ้า

25. หน่วยของสนามไฟฟ้า

ก. นิวตัน/เมตร

ข. คูลอมบ์/เมตร

ค. นิวตัน/คูลอมบ์

ง. นิวตัน.คูลอมบ์

26. จงหาค่าสนามไฟฟ้า ณ จุดห่างประจุ $+1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์เป็นระยะ $2 \times 10^{-12}$ เมตร

ก. $36 \times 10^{14}$

ข. $3.6 \times 10^{14}$

ค. $36 \times 10^{-14}$

ง. $3.6 \times 10^{-14}$

27. จุดสะเทินมีลักษณะอย่างไร

ก. สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์

ข. ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

ค. ความต่างศักย์เป็นศูนย์

ง. มีแรงกระทำน้อยมาก

28. ข้อใดเป็นลักษณะของเส้นแรงไฟฟ้า

ก. เราสมมติขึ้นเพื่อสะดวกในการดูทิศทางของสนามไฟฟ้า

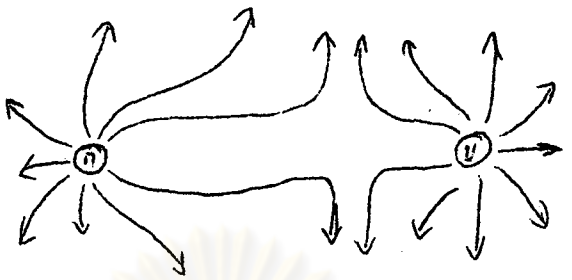
ข. พุ่งออกจากประจุลบ

ค. พุ่งออกจากประจุเป็นเส้นตรง

ง. ถูกทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

29.




จากรูป ท่านคิดว่าข้อใดถูก

ก. ประจุไฟฟ้าที่ ก. มีอำนาจไฟฟ้าเท่ากับที่ ข.

ข. ประจุไฟฟ้าที่ ก. มีอำนาจไฟฟ้ามากกว่าที่ ข.

ค. ประจุไฟฟ้าที่ ก. มีอำนาจไฟฟ้าน้อยกว่าที่ ข.

ง. ตัดสินไม่ได้

30. จากรูปข้อ 29 ข้อใดถูกที่สุด

ก. ก. และ ข. มีประจุไฟฟ้าต่างกัน

ข. ก. และ ข. มีประจุลบเหมือนกัน

ค. ก. และ ข. มีประจุบวกหรือลบเหมือนกันก็ได้

31. จุดหนึ่งห่างประจุ + $1 \times 10^{-16}$ คูลอมบ์ เป็นระยะ $2 \times 10^{-13}$ เมตร ถ้าให้ K = 1 จงหาความเข้มไฟฟ้าที่จุดนั้น

ก. 0.5 นิวตัน/คูลอมบ์

ข. 0.25 นิวตัน/คูลอมบ์

ค. $0.5 \times 10^{-3}$ นิวตัน/คูลอมบ์

ง. $0.25 \times 10^{-3}$ นิวตัน/คูลอมบ์

32. F = $4 \times 10^{10}$ นิวตัน q = $2 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ E = ?

ก. $1/2 \times 10^{-16}$ นิวตัน/คูลอมบ์

ข. $2 \times 10^{16}$ นิวตัน/คูลอมบ์

ค. $8 \times 10^{14}$ นิวตัน/คูลอมบ์

ง. $8 \times 10^{-14}$ นิวตัน/คูลอมบ์

33. $Q = 8 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ $r = 0.4$ เมตร $E = ?$

ก. $4.5 \times 10^{5}$ นิวตัน/คูลอมบ์

ข. $18 \times 10^{4}$ นิวตัน/คูลอมบ์

ค. $4.5 \times 10^{1}$ นิวตัน/คูลอมบ์

ง. $18 \times 10^{2}$ นิวตัน/คูลอมบ์

34. มีสนาม E ของประจุ +Q เมื่อวางประจุ +q ลงในสนามนี้ จะเกิดแรงกระทำ F ขึ้นที่ +q ทิศของ E และ F จะทำมุมกันอย่างไร

ก. 0 องศา

ข. 90 องศา

ค. 180 องศา

ง. 270 องศา

35. จากข้อ 34 ถ้าเราวาง -q ลงในสนามนี้ ทิศของ E และ F จะทำมุมกันอย่างไร

ก. 0 องศา

ข. 90 องศา

ค. 180 องศา

ง. 270 องศา

36. การเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนเป็นอย่างไร

ก. จากศักดาสูงไปต่ำ

ข. จากศักดาต่ำไปสูง

ค. เคลื่อนที่รอบ ๆ อะตอม

ง. อยู่ในนิวเคลียส

37. ถ้าเราเคลื่อน + 1 คูลอมบ์มายัง A สิ้นพลังงานไป 1 จูล ศักดาไฟฟ้าที่ A เท่ากับ

ก. 1 โวลต์

ข. 10 โวลต์

ค. $9 \times 10^{9}$ โวลต์

ง. $1 \times 10^{9}$ โวลต์

38. ประจุ $+5 \times 10^{-7}$ คูลอมบ์อยู่ห่างจากจุด A และ B เป็นระยะทาง 20, 30 ซม. ตามลำดับ จะหาศักดาไฟฟ้าที่ A

ก. $0.25 \times 10^{-5}$

ข. $0.25 \times 10^{-7}$

ค. $2.25 \times 10^{2}$

ง. $2.25 \times 10^{4}$

39. จากข้อ 38 หาศักดาไฟฟ้าที่ B

ก. $0.17 \times 10^{-15}$

ข. $0.17 \times 10^{-7}$

ค. $1.5 \times 10^{2}$

ง. $1.5 \times 10^{4}$

40. จากข้อ 38 หาความต่างศักย์ ระหว่าง จุด A และ B

ก. $0.08 \times 10^{-5}$

ข. $0.08 \times 10^{-7}$

ค. $0.75 \times 10^{2}$

ง. $0.75 \times 10^{4}$

41. ทรงกลมโลหะรัศมี 10 ซม. มีประจุ $5 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ที่ผิวนอก หาศักดาไฟฟ้าที่จุดห่างจุดศูนย์กลางของทรงกลม 15 ซม.

ก. $1/3 \times 10^{4}$

ข. $1/3 \times 10^{-6}$

ค. $3 \times 10^{3}$

ง. $3 \times 10^{5}$

42. จากข้อ 41 หาศักดาที่ผิวทรงกลม

ก. $4.5 \times 10^{5}$

ข. $4.5 \times 10^{3}$

ค. $0.5 \times 10^{-4}$

ง. 0

43. จากข้อ 41 หาศักดาไฟฟ้าที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมห่าง 8 ซม.

ก. $5.6 \times 10^5$

ข. $5.6 \times 10^3$

ค. $4.5 \times 10^5$

ง. 0

44. สัญญลักขณ์ หมายถึงการต่อลวดลงดินเพื่ออะไร

ก. ให้ศักดาที่จุดนั้นเป็นศูนย์

ข. ให้ประจุที่จุดนั้นเป็นศูนย์

ค. ให้สนามไฟฟ้าที่จุดนั้นเป็นศูนย์

ง. ให้ประจุที่จุดนั้นมีค่าเท่ากับดิน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

45. โลกมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เนื่องจาก

ก. โลกมีขนาดใหญ่

ข. โลกมีประจุน้อยมาก

ค. โลกไม่มีประจุไฟฟ้า

ง. ศักย์ไฟฟ้าของโลกไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

46. การเหนี่ยวนำหมายถึงการทำวัตถุที่เป็นกลางให้เป็นอย่างไร

ก. ประจุชนิดเดียวกับวัตถุเหนี่ยวนำโดยการสัมผัส

ข. ประจุต่างชนิดกับวัตถุเหนี่ยวนำโดยการสัมผัส

ค. ประจุชนิดเดียวกับวัตถุเหนี่ยวนำโดยการนำวัตถุเหนี่ยวนำไปใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกลาง

ง. ประจุชนิดตรงข้ามกับวัตถุเหนี่ยวนำ โดยการนำวัตถุเหนี่ยวนำไปใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกลาง

47. หน่วยของความจุไฟฟ้า

ก. คูลอมบ์

ข. โอห์ม

ค. ฟารัด

ง. โวลต์

48. ความจุไฟฟ้าหมายถึง

ก. ความสามารถในการรับประจุไฟฟ้า

ข. ความสามารถในการคายประจุไฟฟ้า

ค. ความสามารถในการแผ่อำนาจไฟฟ้าของประจุไฟฟ้า

ง. ความสามารถในการสะสมศักดาไฟฟ้า

49. ความจุไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม

ก. ขึ้นอยู่กับขนาดทรงกลม

ข. ขึ้นอยู่กับชนิดของไดอเลคตริค

ค. ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไดอิเลคตริค

ง. ขึ้นอยู่กับปริมาณของไดอิเลคตริค

50. โลหะทรงกลมรัศมี 5 ซม. มีความจุไฟฟ้าเท่าไร

ก. $5/9 \times 10^{-9}$ ฟารัด

ข. $9/5 \times 10^{9}$ ฟารัด

ค. $5/9 \times 10^{-11}$ ฟารัด

ง. $9/5 \times 10^{11}$ ฟารัด

51. จากข้อ 50 ถ้าทรงกลมถูกกั้นด้วยไดอิเลคตริคที่มีค่าคงตัวเท่ากับ $2 \times 10^{-2}$ $\frac{\text{นิวตัน.เมตร}^2}{\text{คูลอมบ์}^2}$ หาความจุ

ก. $\frac{2}{5}$ ฟารัด

ข. $\frac{2}{5} \times 10^{-2}$ ฟารัด

ค. $\frac{5}{2}$ ฟารัด

ง. $\frac{5}{2} \times 10^{2}$ ฟารัด

52. เครื่องควบแน่นเป็นอุปกรณ์สำหรับ

ก. สะสมประจุไฟฟ้า

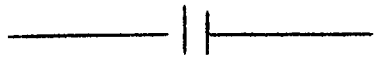
ข. สะสมศักย์ไฟฟ้า

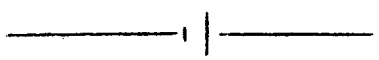
ค. สะสมอำนาจไฟฟ้า

ง. สะสมแรงเคลื่อนไฟฟ้า

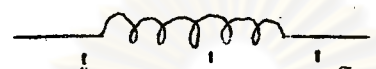
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

53. สัญญลักษณ์ของเครื่องควบแน่นในวงจรอิเลคทรอนิคส์เป็นอย่างไร

ก. 

ข. 

ค.

ง. 

54. ความจุของเครื่องควบแน่นแบบแผ่นโลหะขนานกันจะขึ้นอยู่กับ

ก. พื้นที่ทั้งหมดของแผ่นโลหะทั้งสอง

ข. พื้นที่ทั้งหมดของแผ่นโลหะแต่ละแผ่น

ค. เฉพาะพื้นที่ที่ขนานกันของโลหะแต่ละแผ่น

ง. เฉพาะพื้นที่ที่ไม่ขนานกันของโลหะแต่ละแผ่น

55. ในการต่อเครื่องควบแน่นแบบอนุกรม เราจะได้สิ่งใดเพิ่ม

ก. ความจุไฟฟ้า

ข. ศักดาไฟฟ้า

ค. ประจุไฟฟ้า

ง. สนามไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# กระดาษคำตอบ

| | ก | ข | ค | ง | | ก | ข | ค | ง | | ก | ข | ค | ง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | 21 | | | | | 41 | | | | |
| 2 | | | | | 22 | | | | | 42 | | | | |
| 3 | | | | | 23 | | | | | 43 | | | | |
| 4 | | | | | 24 | | | | | 44 | | | | |
| 5 | | | | | 25 | | | | | 45 | | | | |
| 6 | | | | | 26 | | | | | 46 | | | | |
| 7 | | | | | 27 | | | | | 47 | | | | |
| 8 | | | | | 28 | | | | | 48 | | | | |
| 9 | | | | | 29 | | | | | 49 | | | | |
| 10 | | | | | 30 | | | | | 50 | | | | |
| 11 | | | | | 31 | | | | | 51 | | | | |
| 12 | | | | | 32 | | | | | 52 | | | | |
| 13 | | | | | 33 | | | | | 53 | | | | |
| 14 | | | | | 34 | | | | | 54 | | | | |
| 15 | | | | | 35 | | | | | 55 | | | | |
| 16 | | | | | 36 | | | | | 56 | | | | |
| 17 | | | | | 37 | | | | | 57 | | | | |
| 18 | | | | | 38 | | | | | 58 | | | | |
| 19 | | | | | 39 | | | | | 59 | | | | |
| 20 | | | | | 40 | | | | | 60 | | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

โมดูล : เรื่องไฟฟ้าสถิตย์

หลักการและเหตุผล

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน สิ่งที่ควรคำนึงถึงที่สุดก็คือ ความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้นักศึกษาแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้แตกต่างกันไป บางคนเรียนรู้ได้เร็ว บางคนเรียนรู้ได้ช้า นอกจากนี้พื้นฐานความรู้ของนักศึกษาแต่ละคนก็ไม่เท่ากันด้วย บทเรียนโมดูลจึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยนักศึกษาให้สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ตามความสามารถและเป็นการส่งเสริม

1. ความรับผิดชอบและซื่อสัตย์ต่อตนเอง เพราะในบทเรียนจะมีบทเรียน คำถามและคำตอบให้ตรวจสอบได้ด้วยตนเอง เพื่อจะได้รู้ผลการเรียนของตนทันที

2. ให้นักศึกษามีประสบการณ์ และทัศนคติต่อการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง

3. ให้นักศึกษาได้คุ้นเคยกับวิธีสอนหลาย ๆ แบบ เพื่อสามารถนำไปดัดแปลงใช้ได้ เมื่อนักศึกษาสำเร็จออกไปเป็นครู

4. การเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาไฟฟ้าสถิตย์

วัตถุประสงค์ทั่วไป

1. พุทธพิสัย เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าสถิตย์ ซึ่งกล่าวถึงประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า ศักดาไฟฟ้า และตัวเก็บประจุ

2. ทักษะพิสัย เพื่อให้นักศึกษามีทักษะในการอ่าน การสังเกตุ การสร้างและการใช้เครื่องมืออย่างง่าย ๆ ในการทดลอง ตลอดจนมีทักษะในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ทัศนคติพิสัย เพื่อให้นักศึกษามีความทราบซึ้ง สนใจ ต่อการเรียนรู้และทัศนคติที่ดีต่อการทดลอง มีความรอบคอบและซื่อสัตย์ต่อตนเอง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบโมดูลนี้แล้ว ควรจะ

1. อธิบายได้ว่าประจุไฟฟ้ามีคุณสมบัติอย่างไร
2. สามารถทดสอบได้ว่าวัตถุใดมีประจุหรือไม่ และเป็นประจุชนิดใด
3. สามารถทำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้นกับวัตถุต่าง ๆ โดยวิธีต่าง ๆ ได้
4. อธิบายเกี่ยวกับกฎของคูลอมบ์ได้
5. แสดงการคำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นบนประจุหนึ่งประจุใดได้ เมื่อกำหนดค่าประจุไฟฟ้าให้ 2 - 3 จุด และระยะทางระหว่างประจุให้
6. สามารถเขียนรูปแสดงทิศทางของเส้นแรงไฟฟ้าได้
7. อธิบายได้ว่าเส้นแรงไฟฟ้ามีคุณสมบัติอย่างไร
8. คำนวณหาขนาดของสนามไฟฟ้าอันเกิดจากประจุไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ได้
9. คำนวณหาขนาดของสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมได้
10. อธิบายเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าศูนย์ได้
11. คำนวณหาขนาดศักดาไฟฟ้าอันเกิดจากประจุ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ได้
12. คำนวณหาขนาดศักดาไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนตัวนำทรงกลมได้
13. บอกได้ว่าการกระจายประจุบนตัวนำรูปทรงต่าง ๆ เป็นอย่างไร
14. หาความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับศักดาไฟฟ้าได้
15. เมื่อกำหนดความต่างศักย์และระยะระหว่างแผ่นตัวนำขนานกัน สามารถคำนวณหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าได้
16. สามารถอธิบายหลักการทำงานของตัวเก็บประจุ และคำนวณหาค่าความจุของตัวเก็บประจุได้ เมื่อกำหนดค่าประจุและศักย์ไฟฟ้าให้
17. สามารถบอกได้ว่าจะต่อเครื่องควบแน่นอย่างไร จึงจะได้ขนาดความจุตามต้องการ
18. บอกได้ว่าปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวคเตอร์มีลักษณะอย่างไร

การประเมินผลก่อนเรียน

นักศึกษาต้องทำข้อทดสอบก่อนที่จะเรียนโมดูลเรื่องไฟฟ้าสถิตย์นี้ เพื่อวัดความรู้พื้นฐานในบทเรียนว่านักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้แค่ไหน เพียงใด ใช้เวลาในการทำข้อทดสอบประมาณ 50 นาที

กิจกรรมในการเรียน

1. นักศึกษาต้องรับการทดสอบความรู้พื้นฐานก่อน
2. รับบทเรียนโมดูลจากผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์
3. ศึกษาบทเรียนด้วยตนเอง
4. เมื่อเรียนจบโมดูลแล้ว นักศึกษาจะต้องมารับการทดสอบหลังการเรียน เพื่อดูว่านักศึกษาได้รับความรู้จากการเรียนบทเรียนนี้หรือไม่

อนึ่ง ในการเรียนบทเรียนทุกบทนั้น นักศึกษาต้องทำความเข้าใจบทเรียนด้วยตนเอง หรือจะทำเป็นกลุ่ม ๆ ก็ได้ ระหว่างศึกษาบทเรียน หากมีข้อสงสัยอย่างไรก็อาจสอบถามจากผู้สอนได้ด้วยตนเอง หรือเป็นกลุ่มก็ได้

เมื่อจบบทเรียน นักศึกษาต้องทำแบบฝึกหัดท้ายบท และตรวจสอบคำตอบซึ่งอยู่ในตอนท้ายได้ ถ้าตอบผิด นักศึกษาควรกลับไปทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีข้างต้น แล้วลองทำแบบฝึกหัดใหม่อีกครั้ง หากยังไม่เข้าใจก็นำมาสอบถามผู้สอนได้

หมายเหตุ ในการเรียนบทเรียนแบบโมดูลนั้น จะมีคำตอบอยู่ท้ายหน้าถัดไปจากหน้าที่มีคำถาม นักศึกษาต้องไม่เปิดดูคำตอบก่อนที่จะตอบคำถาม เพราะจะทำให้นักศึกษาไม่ได้ใช้ความรู้และความคิดของนักศึกษาเอง ซึ่งผิดวัตถุประสงค์ของการใช้บทเรียนแบบโมดูลนี้ นอกจากนี้ยังอาจทำให้นักศึกษาไม่มีความรู้เพียงพอที่จะทำการทดสอบหลังการเรียนได้

การทดสอบหลังเรียน

การทดสอบหลังการเรียนใช้ข้อทดสอบชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน โดยผู้สอนเป็นผู้ตรวจให้คะแนน

# หน่วยที่ 1 : ประจุไฟฟ้า

<u>วัตถุประสงค์ทั่วไป</u> กล่าวถึงการเกิดของประจุไฟฟ้าด้วยวิธีต่าง ๆ

<u>วัตถุประสงค์ของการเรียน</u>

1. สามารถทดลองหาได้ว่าประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด
2. สามารถทดลองหาปฏิกริยาของประจุไฟฟ้าได้ว่า ประจุชนิดเดียวกันผลักกันต่างชนิดกันดูดกัน
3. เมื่อรู้จำนวนโปรตอนและอิเลคตรอนของสาร สามารถบอกได้ว่าสารนั้นมีอำนาจไฟฟ้าบวก หรือลบ หรือเป็นกลาง
4. อธิบายหลักการเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้นในวัตถุต่าง ๆ ได้
5. บอกได้ว่าวัตถุลักษณะใดสามารถรับประจุไฟฟ้าไว้ได้มากหรือน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทเรียน

เมื่อครั้งยุคกรีก ธาเลสได้นำเอาแท่งอำพันถูกับขนสัตว์ แท่งอำพันสามารถดูดของเบาๆได้ ธรรมชาติอันนี้ชาวยุโรปได้ตั้งชื่อว่า Electricity ซึ่งมาจากคำว่า Elektron เป็นภาษากรีก แปลว่า อำพัน เราเรียกวัตถุที่แสดงอำนาจไฟฟ้าต่างๆดูดวัตถุเบาๆได้นี้ว่า วัตถุนั้นมีอำนาจไฟฟ้า กิริยาที่ทำให้วัตถุนั้นแสดงอำนาจไฟฟ้าออกมาก็คือ ประจุไฟฟ้า (Electricity charge )

ในสมัยต่อมามีคนค้นพบว่า ถ้าเสียดสองสิ่งให้เหมาะสม มาถูกันก็จะได้ประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นอีกเช่นกัน

คำถาม 1.ดังนั้นเราอาจให้ความหมายของประจุไฟฟ้าว่า_____

การทดลอง หาว่าประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด

อุปกรณ์ 1.แท่งพีวีซี 2 อัน และแท่งพลาสติกใส

2.ผ้าสักหลาด

3.กล่อง

4.อิเลคโทรสโคป แบบแผ่นโลหะ

วิธีทดลอง

1.นำแท่งพีวีซีถูกับผ้าสักหลาดสักครู่ ทดลองนำไปใกล้กับจานอิเลคโทรสโคป เพื่อให้แน่ใจว่าเกิดประจุไฟฟ้าบนแท่งพีวีซีแล้ว จึงนำแท่งพีวีซีวางบนปากกล่อง

2.นำแท่งพีวีซีอีกแท่งหนึ่งถูกับผ้าสักหลาด แล้วนำไปใกล้กับแท่งพีวีซีในข้อหนึ่ง ด้านที่ถูกับผ้าสักหลาด บันทึกผล_____

3.ใช้แท่งพลาสติกใสถูกับผ้าสักหลาดบ้าง แล้วนำไปใกล้ๆกับปลายแท่งพีวีซีในข้อหนึ่ง บันทึกผล_____

4.ลองใช้พลาสติกอื่นๆถูบ้าง

5.ทำการทดลองข้อ 1, 2, 3, 4 หลายๆครั้ง เพื่อให้แน่ใจ

<u>คำถาม</u> จากการทดลอง

1. ประจุไฟฟ้าบนแท่งพีวีซีในข้อ 1. เป็นประจุชนิดเดียวกับประจุไฟฟ้าบนแท่งพีวีซีในข้อ 2 หรือไม่ เพราะเหตุใด

2. ประจุไฟฟ้าบนแท่งพีวีซีกับประจุไฟฟ้าบนแท่งพลาสติคใสเป็นประจุชนิดเดียวกันหรือไม่

3. ท่านอธิบายได้อย่างไรว่าประจุไฟฟ้าบนแท่งพีวีซีและแท่งพลาสติคเป็นประจุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน

(ตรวจคำตอบหน้าถัดไป)

ดังที่กล่าวแล้วว่า เมื่อนำวัตถุที่เหมาะสมกันมาถูกัน จะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นบนผิวของวัตถุทั้งสอง ซึ่งจากการทดลองเราได้ว่า ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิดคือ

1. ประจุบวก

2. ประจุบวก

ซึ่งคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าทั้งสองมีว่า

1. ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันผลักกัน คือประจุลบกับประจุลบจะผลักกัน และประจุบวกกับประจุบวกก็จะผลักกัน

2. ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะดูดกันคือ ประจุบวกกับประจุลบจะดูดซึ่งกันและกัน

เมื่อมีการค้นคว้าเกี่ยวกับประจุไฟฟ้ากันมากขึ้น จึงมีการตั้งทฤษฎีไฟฟ้าสถิตย์ขึ้นหลายทฤษฎีด้วยกัน ตามความเชื่อถือของผู้คนพบคือ

1. <u>ทฤษฎีของไหลคู่</u> เชื่อว่าไฟฟ้าเป็นของไหลที่เคลื่อนที่ได้ มีอยู่ในวัตถุทุกชนิด ซึ่งแบ่งเป็นสองชนิด ชนิดหนึ่งมีสถานะเป็นบวก อีกชนิดหนึ่งมีสถานะเป็นลบ ไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะผลักกัน ต่างชนิดกันดูดกัน วัตถุใดที่มีของไหลทั้งสองเท่ากัน วัตถุนั้นจะเป็นกลาง

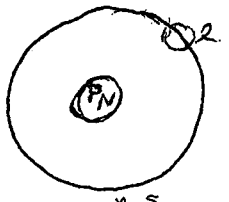
2. <u>ทฤษฎีของไหลเดี่ยว</u> เชื่อว่าไฟฟ้าเป็นของไหลถ่ายเทไปมาได้ แต่ถือว่าของไหลมีอยู่เพียงชนิดเดียว การที่วัตถุเป็นกลาง เป็นบวกหรือเป็นลบ ขึ้นอยู่กับปริมาณของไหลมีขนาดพอเหมาะก็จะไม่แสดงอำนาจไฟฟ้าคือ เป็นกลาง ถ้ามีมากกว่าขนาดพอเหมาะก็จะมีสถานะเป็นบวก และถ้ามีน้อยกว่าขนาดพอเหมาะ จะมีสถานะเป็นลบ

---

คำตอบหน้า 63

1. ประจุไฟฟ้าคือตัวการที่ทำให้วัตถุแสดงอำนาจไฟฟ้าออกมา

3. <u>ทฤษฎีอิเลคตรอน</u> ทฤษฎีนี้อธิบายโครงสร้างของอะตอม จากทฤษฎีอะตอมซึ่งมีหลักฐานยืนยันเชื่อถือได้ว่า วัตถุหรือสารทุกชนิดประกอบด้วยส่วนเล็ก ๆ ที่เรียกว่าอะตอมซึ่งอะตอมประกอบด้วย




รูปที่ 1. อะตอมของไฮโดรเจน

1. นิวเคลียส เป็นแกนกลางของอะตอม ภายในมีอนุภาค 2 ชนิดคือ

ก. โปรตอน เป็นอนุภาคที่มีสถานะไฟฟ้าเป็นบวก

ข. นิวตรอน มีสถานะไฟฟ้าเป็นกลาง

2. อิเลคตรอน เป็นอนุภาคที่มีสถานะไฟฟ้าเป็นลบ วิ่งวนอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส น้ำหนักเบากว่าโปรตอนและนิวตรอนประมาณ 1840 เท่า ดังนั้นอิเลคตรอนจึงเคลื่อนที่ได้ง่ายและในการถ่ายเทประจุไฟฟ้าก็คือการเคลื่อนที่ไปมาของอิเลคตรอนนั่นเอง

ในการแสดงอำนาจไฟฟ้า วัตถุใดที่มีอะตอมเป็นกลาง คือมีอนุภาคไฟฟ้าบวกและลบเท่ากัน ก็จะไม่แสดงอำนาจไฟฟ้า อะตอมใดที่มีจำนวนโปรตอนและอิเลคตรอนไม่เท่ากัน คือมีอนุภาคไฟฟ้าบวกและลบไม่เท่ากัน อะตอมจะแสดงอำนาจไฟฟ้าของฝ่ายมากทันที

<u>คำถาม</u> 1. จากทฤษฎีไฟฟ้าสถิตย์ทั้ง 3 ท่านคิดว่าทฤษฎีใดน่าเชื่อถือที่สุด เพราะเหตุใด

2. อะตอมของฮีเลียม ประกอบด้วย โปรตอน, นิวตรอนและอิเลคตรอนอย่างละ 2 อนุภาค อะตอมของฮีเลียมจะมีสถานะทางไฟฟ้าเป็นอย่างไร

3. อะตอมของยูเรเนียม ประกอบด้วยโปรตอน 92 อนุภาค นิวตรอน 143อนุภาค มีอิเลคตอนวิ่งรอบ ๆ นิวเคลียส 92 อนุภาค อะตอมของยูเรเนียมจะมีสถานะไฟฟ้าเป็นอย่างไร

---

คำตอบหน้า 64

1. เป็นประจุชนิดเดียวกัน เพราะเป็นแท่งพีวีซีแท่งเดียวกัน ถูกับสักหลาดผืนเดียวกัน

2. ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน

3. ประจุไฟฟ้าของแท่งพีวีซีทั้งสองเกิดจากการขัดถูของวัตถุชนิดเดียวกัน น่าจะเป็นประจุชนิดเดียวกัน และแท่งพีวีซีทั้งสองผลักกัน ส่วนแท่งพลาสติคใสดูดแท่งพีวีซี จึงสันนิษฐานได้ว่าน่าจะเป็นประจุต่างกัน

การทดลอง การทำให้เกิดประจุไฟฟ้าแก่วัตถุที่เป็นกลาง

การทดลองที่ 1 การถูหรือการขัดสีระหว่างของ 2 สิ่ง

อุปกรณ์ 1. ไม้บรรทัดพลาสติค 1 อัน

2. ผ้าสักหลาด

3. กระดาษชิ้นเล็ก ๆ

วิธีทดลอง

1. ไม้บรรทัดพลาสติค ถูกับผ้าสักหลาด สักครู นำมาใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ สังเกตผล_____

2. ลองทำเช่นเดียวกับข้อ 1 โดยใช้พลาสติคอย่างอื่น สังเกตผล_____

3. นำแท่งพลาสติคถูกับผมที่แห้ง ๆ นำมาใกล้กับชิ้นกระดาษเล็ก ๆ สังเกตผล _____

คำถาม

การที่ไม่บรรทัดพลาสติคสามารถดูดกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ได้เป็นเพราะเหตุใด

---

คำตอบหน้า 65

1. ทฤษฎีอิเลคตรอนเป็นทฤษฎีที่น่าเชื่อถือที่สุด เพราะเป็นทฤษฎีที่มีหลักฐานยืนยันได้ว่าเป็นจริง

2. อะตอมของฮีเลียมมีสถานะไฟฟ้าเป็นกลาง

3. อะตอมของยูเรเนียมมีสถานะไฟฟ้าเป็นกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการทดลอง เราจะเห็นได้ว่าการขัดถูของสิ่ง 2 สิ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าได้ในการที่เราจะทราบว่า วัตถุชนิดใดเกิดประจุบวกหรือลบเมื่อถูกัน เราดูได้จากรายการดังนี้

1. ผ้าขนสัตว์
2. ผ้าสักหลาด
3. ไม้
4. เชงแห้ง
5. ยาง
6. ครั่ง
7. แก้ว
8. สำลี
9. กระดาษ
10. แพร
11. แก้วผิวขรุขระ
12. โลหะ
13. อำพัน
14. ยางแข็ง

โดยถือหลักว่า ถ้าเอาสารที่มีเลขกำกับน้อยถูกับสารที่มีเลขกำกับมาก สารที่มีเลขกำกับน้อยจะมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ส่วนสารที่มีเลขกำกับมากจะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ

ฉะนั้น ถ้าท่านนำแก้วถูกับผ้าขนสัตว์

<u>คำถาม</u> 1. แก้วจะมีประจุ_____

2. ผ้าขนสัตว์มีประจุ_____ และถ้าแก้วถูกับแพร

3. แก้วจะมีประจุ_____

4. แพรจะมีประจุ_____

<u>การทดลอง</u> 2 การเกิดประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ

<u>อุปกรณ์</u> 1. แท่งพีวีซีและแท่งพลาสติคใส

2. ผ้าสักหลาด

3. อิเลคโตรสโคปแบบแผ่นโลหะ

---

คำตอบหน้า 66

การที่ไม้บรรทัดพลาสติคสามารถดูดกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ได้ เพราะขณะนั้นเกิดประจุไฟฟ้าขึ้นที่ไม้บรรทัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีทดลอง

1. ถูแท่งพีวีซีกับผ้าสักหลาด แล้วนำไปใกล้กับจานอิเลคโตรสโคป แผ่นโลหะจะกางออกเอามือแตะจานอิเลคโตรสโคป โดยยังไม่นำแท่งพีวีซีออกไป แผ่นโลหะจะเป็นอย่างไร

2. นำมือออกก่อน จงนำแท่งพีวีซีออกไป คราวนี้แผ่นโลหะจะเป็นอย่างไร

3. นำแท่งพีวีซีแท่งเดิมถูกับผ้าสักหลาด นำไปใกล้ ๆ จานอิเลคโตรสโคป แผ่นโลหะจะเป็นอย่างไร

4. ทดลองข้อ 1, 2 และ 3 หลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้แน่ใจ

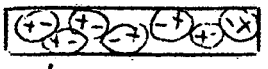
5. ทดลองดังข้อ 1, 2, 3 และ 4 กับพลาสติคอื่น ๆ บ้าง

คำถาม 1. เหตุใดเมื่อนำแท่งพีวีซีออกไปแล้ว อิเลคโตรสโคปจึงยังคงกางอยู่

2. เมื่อนำแท่งพีวีซีเข้าใกล้อีกครั้งแผ่นโลหะหุบลง เป็นเพราะเหตุใด

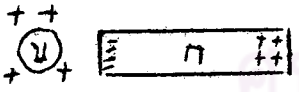
3. ทดลองกับพลาสติคอื่น ๆ จะได้ผลเช่นเดียวกับการใช้แท่งพีวีซีหรือไม่

การเกิดประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ เราทำได้โดย



รูปที่ 2 วัตถุเป็นกลาง

1. เรานำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกลาง วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเรียกว่า วัตถุเหนี่ยวนำ ประจุจากวัตถุเหนี่ยวนำจะดูดประจุตรงข้ามของวัตถุที่เป็นกลางเข้ามาใกล้และผลักประจุชนิดเดียวกันออกไปอีกด้านหนึ่ง



รูปที่ 3

2. จากรูปที่ 3 ประจุเหนี่ยวนำเป็นบวก ประจุบวกจะดูดประจุลบของวัตถุที่เป็นกลางเข้ามาใกล้ และผลักประจุบวกออกไปอยู่อีกด้านหนึ่ง

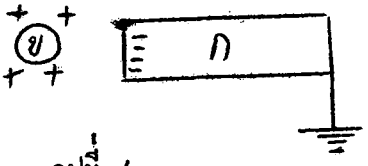
---

คำตอบหน้า 67

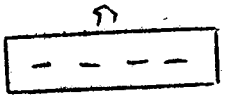
1. แก้วจะมีประจุลบ
2. ผ้าขนสัตว์มีประจุบวก
3. แก้วมีประจุบวก
4. แพรมีประจุลบ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.

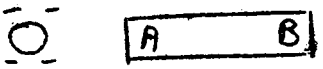


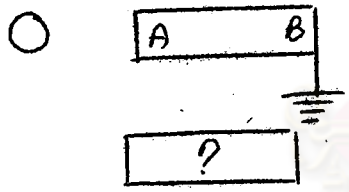
รูปที่ 5

3. เมื่อเราต่อสายตัวนำลงดิน อิเลคตรอนจากดินจะขึ้นไปทำลายอำนาจประจุบวกหมด จนศักดาไฟฟ้าเท่ากับดินคือเป็นศูนย์ ดังรูปที่ 4. เมื่อประจุถูกทำลายไปหมดแล้ว (คือประจุลบจากดินขึ้นไปรวมกับประจุบวกอิสระบนวัตถุทำให้กลายเป็นกลางไป) บนวัตถุจึงยังคงเหลือแต่ประจุลบอิสระด้านที่อยู่ใกล้กับประจุเหนี่ยวนำ

4. เมื่อนำสายดินและประจุเหนี่ยวนำออกไปแล้ว ประจุลบบนวัตถุก็จะกระจายไปทั่ววัตถุ ดังรูปที่ 5.

<u>คำถาม</u> 1. ถ้าให้ประจุเหนี่ยวนำเป็นลบ AB เป็นวัตถุที่เป็นกลาง




ก. ประจุไฟฟ้าที่ A จะเป็นชนิดใด

ข. ประจุที่ B เป็นประจุชนิดใด

ค. เมื่อต่อสายดินที่ B ประจุจาก B จะวิ่งลงดินหรือประจุจากดินจะขึ้นมาที่ B เพราะเหตุใด

ง. เมื่อนำสายดินออกไปพร้อมกับประจุเหนี่ยวนำแล้ววัตถุ AB จะมีประจุชนิดใด

---

คำตอบหน้า 68

1. เพราะเกิดประจุไฟฟ้าขึ้นบนอิเลคโตรสโคป โดยการเหนี่ยวนำของประจุเหนี่ยวนำ (แท่งพีวีซี) ประจุจะกระจายไปยังแผ่นโลหะ ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง แผ่นโลหะจึงกางออก

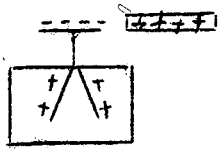
2. เพราะประจุที่แท่งพีวีซีต่างกับประจุที่แผ่นอิเลคโตรสโคป

3. ได้ผลเช่นเดียวกันคือ เมื่อทำให้อิเลคโตรสโคปกางโดยการเหนี่ยวนำของแท่งพลาสติค เมื่อนำแท่งพลาสติคแท่งเดิมเข้าใกล้อีกครั้ง แผ่นโลหะจะหุบลง

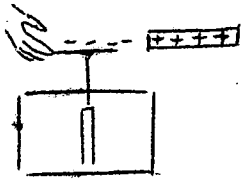
<u>หมายเหตุ</u> ถ้าไม่เข้าใจ ให้อ่านเรื่องการเกิดประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ หน้า 68-69

จากการทดลองที่ 2. เรื่องการเกิดประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ

สมมุติ แท่งพลาสติคมีประจุบวก

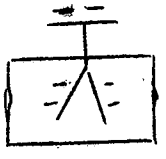


รูปที่ 6. 1. ประจุบวกจะดูดประจุลบมาอยู่ที่จานอิเลคโตรสโคป ส่วนประจุบวกจะถูกผลักไปอยู่ที่แผ่นโลหะ ดังรูปที่ 6



2. เมื่อใช้นิ้วแตะ จานอิเลคโตรสโคป อิเลคตรอนจากมือจะเข้าไปทำลายประจุบวกที่แผ่นโลหะ แผ่นโลหะจึงหุบลง

รูปที่ 7.



3. เมื่อนำมือและประจุเหนี่ยวนำออกไปแล้ว ประจุลบจากจานอิเลคโตรสโคปก็จะกระจายไปทั่ว ทำให้ประจุที่แผ่นโลหะผลักกัน จนกางออกอีกครั้งหนึ่ง

รูปที่ 8.

<u>คำถาม</u> 1. ถ้าให้ประจุเหนี่ยวนำเป็นลบ แผ่นโลหะจะกางหรือไม่ เพราะเหตุใด

2. เมื่อเหนี่ยวนำเรียบร้อยแล้ว ประจุที่แผ่นโลหะจะเป็นชนิดใด

3. การเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลาง เราสรุปได้ว่า ประจุที่วัตถุจะเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างกันกับประจุเหนี่ยวนำ

4. ท่านคิดว่าจำนวนประจุอิสระที่เกิดขึ้นบนวัตถุจะเป็นอย่างไรกับประจุเหนี่ยวนำ (น้อยกว่า, มากกว่า หรือเท่ากัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 69

1. ก. ที่ A เป็นประจุบวก

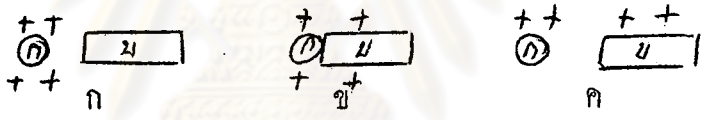
ข. ที่ B เป็นประจุลบ

ค. ประจุจาก B วิ่งลงดิน

ง. ประจุบวก

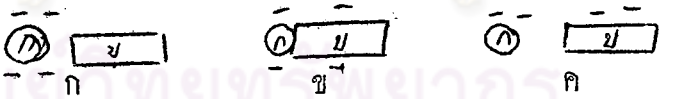
ถ้าวัตถุเป็นตัวนำ การทำให้วัตถุที่เป็นกลางมีประจุไฟฟ้า นอกจากจะทำได้โดยวิธี 2 อย่างข้างต้น คือ 1. การขัดถู 2. และการเหนี่ยวนำ แล้วยังสามารถทำได้โดยการสัมผัสด้วยคือ เมื่อนำตัวนำที่มีประจุไปแตะหรือสัมผัสกับตัวนำที่เป็นกลางแล้ว อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่จากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อให้ประจุบวก ก. แตะกับตัวนำ ข. อิเลคตอนหรือประจุลบจาก ข. จะเข้าไปรวมกับประจุบวกที่ ก. จนกระทั่งศักดาไฟฟ้าตัวนำทั้งสองเท่ากัน อิเลคตรอนจึงหยุดไหล ดังรูป 9. ให้ประจุบวกที่ ก. มี 4 หน่วย แตะกับตัวนำ ข. ประจุลบ จาก ข. 2 ตัวจะเข้าไปรวมกับประจุบวกที่ ก.2 ตัว ทำให้ที่ ก. เหลือประจุบวกอิสระเพียง 2 ตัว และตัวนำ ข.ขาดประจุลบไป 2 ตัว ทำให้ตัวนำ ข.มีประจุบวกอิสระ 2 ตัว ศักดาไฟฟ้าบนตัวนำทั้งสองจึงเท่ากัน ในการถ่ายเทประจุไฟฟ้าของตัวนำนี้ ประจุลบ (อิเลคตรอน) เท่านั้นที่เคลื่อนที่ ประจุบวกไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

รูปที่ 9.




ในทำนองเดียวกัน เมื่อเรานำประจุลบไปแตะกับตัวนำ ข. ประจุลบจาก ก. ก็จะเคลื่อนที่ไปยัง ข. ตามธรรมดาจนกระทั่งศักดาไฟฟ้าเท่ากันจึงหยุดเคลื่อนที่ถ่ายเท

รูปที่ 10.




---

คำตอบหน้า 70

1. กาง -เพราะแผ่นโลหะจะมีประจุลบ ประจุลบของแผ่นโลหะทั้งสองจะผลักกันทำให้แผ่นโลหะกางออก

2. บวก

3. ต่างชนิดกัน

4. เท่ากัน

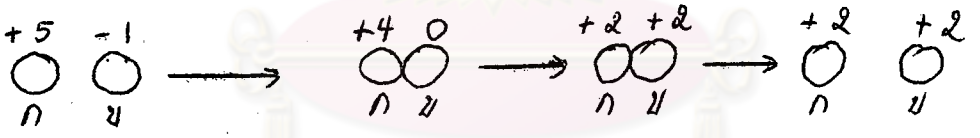
<u>คำถาม</u> 1. ตัวนำ ก. มีประจุ 10 หน่วย แตะกับตัวนำที่เป็นกลาง เมื่อเกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าแล้ว ตัวนำ ก. และ ข. จะมีประจุชนิดใด กี่หน่วย

2. ตัวนำ ก. มีประจุไฟฟ้า -8 หน่วย เมื่อแตะกับตัวนำ ข. เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้า แล้วตัวนำ ก. และ ข. จะมีประจุชนิดใดและกี่หน่วย

3. เราสรุปได้ว่า การถ่ายเทประจุไฟฟ้า ประจุอิสระที่เกิดขึ้นบนวัตถุที่เป็นกลางจะเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างกันกับประจุที่มาสัมผัส

4. หลังจากถ่ายเทประจุแล้ว ประจุอิสระของวัตถุที่มาสัมผัสจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างไร

ถ้าการถ่ายเทประจุไฟฟ้า ไปยังวัตถุที่ไม่เป็นกลาง เช่น ก.มีประจุ 5 หน่วย ข.มีประจุ -1 หน่วย อิเลคตรอน (ลบ) จาก ข.จะไปรวมกับประจุบวกที่ ก.ทำให้ ข. เป็นกลาง และ ก.มีประจุอิสระ 4 หน่วย จากนั้นอิเลคตรอนจาก ข.ก็จะยังคงไหลไปยัง ก. เรื่อย ๆ จนศักดาไฟฟ้าเท่ากัน คือมีประจุอิสระเท่ากัน จึงหยุดไหล




ในทางกลับกัน ถ้า ก.มีประจุ -5 หน่วย ข.มีประจุ +1 หน่วย อิเลคตรอนจาก ก.จะไปรวมกับประจุบวกที่ ข.1 ตัวจน ข. เป็นกลาง และ ก.มีประจุ -4 และอิเลคตรอนก็ยังไหลไปเรื่อย ๆ จนศักดาไฟฟ้าที่ ก. และ ข. เท่ากันจึงหยุดไหล

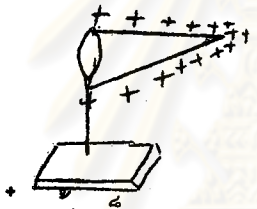
คำถาม 1. ถ้า ก. มีประจุ -8 หน่วย ข.มีประจุ -2 หน่วย ท่านคิดว่าเมื่อมีการถ่ายเทประจุกันแล้ว ประจุที่ ก. และ ข.จะเป็นอย่างไร

## การกระจายประจุไฟฟ้าในตัวนำ

เมื่อเกิดประจุไฟฟ้าขึ้นบนตัวนำ ประจุไฟฟ้าจะกระจายไปตามส่วนต่าง ๆ ของตัวนำคือ

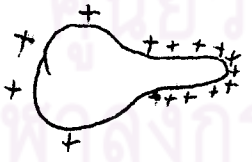
1. ประจุไฟฟ้าจะอยู่เฉพาะที่ผิวนอกของตัวนำเท่านั้น ไม่ว่าตัวนำนั้นจะกลวงหรือตัน ซึ่งมีนักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้คือ ฟาราเดย์

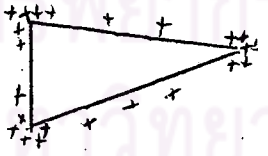
ก. ถุงจับผีเสื้อของฟาราเดย์



ข. กระป๋องน้ำแข็งของฟาราเดย์

2. ประจุไฟฟ้าจะมีมากที่สุดที่ส่วนแหลมของตัวนำ





---

คำตอบหน้า 72

1. ตัวนำ ก. และ ข. จะมีประจุชนิดเดียวกันคือประจุบวก และจำนวนเท่ากันคือ +5 หน่วย

2. ตัวนำ ก. และ ข. จะมีประจุลบ จำนวน -4 หน่วย

3. เหมือนกัน

4. ลดลงครึ่งหนึ่ง

คำถาม 1. ตัวนำทรงตัน จะมีประจุไฟฟ้าอยู่ทั่วไปทั้งด้านนอกและด้านในใช่หรือไม่

2. ตัวนำกลวงจะมีประจุไฟฟ้าเฉพาะด้านนอกหรือด้านในของตัวนำ

3. ถ้าตัวนำเป็นรูปทรงลูกบาศก์ (กล่อง) ท่านคิดว่าจะมีประจุไฟฟ้ามากที่สุดส่วนใด (สันกล่อง ฝากล่อง ด้านข้างของกล่อง มุมกล่อง)

การตรวจประจุไฟฟ้า

คำถาม 4. ถ้าท่านมีวัตถุอันหนึ่ง ท่านต้องการทราบว่าวัตถุนี้มีประจุไฟฟ้าหรือไม่ ท่านจะทำอย่างไร

5. ถ้าแผ่นโลหะของอิเลคโตรสโคปกางอยู่ และเราทราบว่าอิเลคโตรสโคปมีประจุบวก เมื่อนำวัตถุที่เราต้องการตรวจประจุเข้าไปใกล้จานอิเลคโตรสโคป แผ่นโลหะจะกางมากขึ้น วัตถุนั้นมีประจุไฟฟ้าหรือไม่ ชนิดใด

6. จากข้อ 5. ถ้านำวัตถุเข้าไปใกล้ แผ่นโลหะกางเท่าเดิมประจุบนวัตถุจะเป็นอย่างไร

ปรากฏการณ์ธรรมชาติ

อากาศโดยทั่ว ๆ ไปประกอบด้วยโมเลกุลของกาซหลายชนิด ซึ่งมักจะอยู่ในสภาพเป็นกลาง (คือมีอิเลคตรอนและโปรตอนเท่ากัน) เมื่ออากาศได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นจากความร้อนจากดวงอาทิตย์และรังสีต่าง ๆ เช่น รังสีอุลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์ รังสีคอสมิค จะทำให้โมเลกุลของกาซเปลี่ยนแปลงไปบ้าง โดยอิเลคตรอนอาจจะหลุดออกไปกลายเป็นประจุไฟฟ้าลบ ส่วนอะตอมที่ขาดอิเลคตรอนก็กลายเป็นประจุบวก แผ่นกระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ ไอน้ำในอากาศจะรวมตัวกันเป็นเมฆได้นั้น ไอน้ำจะต้องรวมกันเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ โดยการจับหรือเกาะกับแกน ซึ่งได้แก่ฝุ่นละออง และประจุบวกและลบในอากาศนั่นเอง เมื่อไอน้ำเกาะประจุบวกหรือประจุลบจนเป็นหยดน้ำ หยดน้ำนั้นก็จะแสดงอำนาจไฟฟ้าตามแกนของมัน ดังนั้นเมฆบางก้อนอาจมีประจุบวกมาก เมฆบางก้อนอาจมีประจุลบมาก

---

คำตอบหน้า 73

1. ก. และ ข. มีประจุเท่ากันคือ -5 หน่วย

คำถาม 1. ในอากาศมีประจุไฟฟ้าหรือไม่

2. เมฆที่ลองลอยอยู่ในอากาศจะมีประจุไฟฟ้าเหมือนกันทุกก้อนหรือไม่

ฟ้าแลบ การเกิดฟ้าแลบขึ้นนั้นก็เนื่องจากว่าเมฆในอากาศมีประจุไฟฟ้าต่าง ๆ กัน เมื่อก้อนเมฆสองก้อนที่มีศักดาไฟฟ้าต่างกันลอยเข้ามาใกล้กัน ความต่างศักดาไฟฟ้าระหว่างก้อนเมฆทั้งสองอาจมีมากมาย จนกระทั่งทำให้อิเลคตรอนกระโดดจากก้อนที่มีศักดาต่ำไปยังก้อนที่มีศักดาสูง ในขณะที่อิเลคตรอนเคลื่อนที่ไปนั้น โมเลกุลของอากาศตามทางที่อิเลคตรอนเคลื่อนที่ไป จะแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าบวกลบมากมาย เพื่อประจุบวกและลบเข้ามารวมกันใหม่อีกครั้งจะมีพลังงานเกิดขึ้นในรูปของแสงสว่าง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าฟ้าแลบ หลังจากที่อากาศเกิดการขยายตัวและหดตัวเข้ามารวมกันใหม่อย่างรุนแรง อาจมีเสียงดังเกิดขึ้นเรียกว่า ฟ้าร้อง

คำถาม 3. ฟ้าแลบเกิดขึ้นเนื่องจากอะไร

ฟ้าผ่า เกิดจากการที่อิเลคตรอนกระโดดระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดิน โดยขณะที่เมฆลอยอยู่เหนือพื้นดิน ประจุไฟฟ้าบนก้อนเมฆจะเหนี่ยวนำให้เกิดมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามขึ้นบนพื้นดิน ต้นไม้เสาสูง ๆ และบ้านเรือนจะมีประจุไฟฟ้าขึ้นไปอยู่มาก ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างเมฆกับพื้นดิน จนกระทั่งอิเลคตรอนสามารถกระโดดจากศักดาต่ำไปสูง ทำให้มีสายฟ้าวิ่งลงระหว่างเมฆกับพื้นดิน เกิดเป็นฟ้าผ่าขึ้น ซึ่งการเกิดฟ้าผ่าจะมีเสียงดัง, แสง

---

คำตอบหน้า 74

1. ไม่ใช่จะมีเฉพาะด้านนอกเท่านั้น
2. เฉพาะด้านนอกของตัวนำ
3. มุมกลอง
4. นำไปใกล้วัตถุเบา ๆ เช่นกระดาษ ถ้ามีประจุจะสามารถดูดของเบา ๆ นี้ได้
5. มีประจุบวก
6. ไม่มีประจุไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สว่างและความร้อนเกิดขึ้นเช่นเดียวกับการเกิดฟ้าแลบ

คำถาม 1. การเกิดฟ้าแลบและฟ้าผ่าเหมือนกัน และต่างกันอย่างไร

การป้องกันอันตรายจากการเกิดฟ้าผ่านั้นเราอาจทำได้โดยใช้สายล่อฟ้า ซึ่งประกอบด้วยแท่งโลหะ (เช่น ทองแดง) ปลายแหลมติดไว้บนหลังคา มีลวดทองแดงขนาดโตโยงจากแท่งโลหะไปยังแผ่นโลหะที่ฝังไว้ใต้ดิน เมื่อเกิดฟ้าผ่าประจุไฟฟ้าจะวิ่งไปตามสายล่อฟ้าหมด จะไม่เกิดอันตรายขึ้นกับบ้านเรือนหรือสิ่งก่อสร้างนั้น ๆ

ประโยชน์ของสายล่อฟ้าอีกอย่างหนึ่งก็คือ ประจุไฟฟ้าจะอยู่ที่ปลายแหลมมาก และจะหลุดออกไปได้ง่าย เมื่อหลุดออกไปรวมกับประจุตรงข้ามที่ก้อนเมฆ ทำให้ประจุไฟฟ้าบนก้อนเมฆน้อยลง โอกาสที่จะมีฟ้าผ่าก็น้อยลงด้วย

คำถาม 2. สายล่อฟ้ามีประโยชน์อย่างไร

3. การที่รถบันทุกน้ำมันต้องใช้โซ่โยงลงดินนั้น ท่านคิดว่ามีความจำเป็นอย่างไร

---

คำตอบหน้า 75

1. มี
2. ไม่เหมือนกัน
3. ฟ้าแลบเกิดขึ้นเนื่องจากอิเลคตรอนเคลื่อนที่จากเมฆก้อนหนึ่งไปยังเมฆอีกก้อนหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 76

1. การเกิดฟ้าแลบและฟ้าผ่าเหมือนกันคือ เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอน และจะมีแสงสว่าง ความร้อน และเสียงดังเกิดขึ้นด้วย

ต่างกันคือ ฟ้าแลบเกิดจากอิเลคตรอนเคลื่อนที่ระหว่างก้อนเมฆ

ฟ้าผ่าเกิดจากการที่อิเลคตรอนเคลื่อนที่ระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดิน

2. สายล่อฟ้ามีประโยชน์คือป้องกันอันตรายจากการเกิดฟ้าผ่า

3. มีความจำเป็นมาก คือ ความร้อนอาจทำให้เกิดมีประจุขึ้นมากมายบนรถบรรทุก ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็จะวิ่งลงดินไป ความต่างศักดาระหว่างรถกับพื้นดินน้อยลง ทำให้อันตรายอันอาจจะเกิดจากอิเลคตรอนกระโดด ระหว่างรถกับพื้นดินไม่มี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1. มี 10 ข้อ ต้องทำถูกอย่างน้อย 9 ข้อ

1. การเกิดประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลาง โดยการเหนี่ยวนำ ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

   ก. ต่างกับประจุเหนี่ยวนำ ข. เหมือนกับประจุเหนี่ยวนำ

2. จำนวนประจุไฟฟ้าอิสระที่เกิดขึ้นบนวัตถุเป็นอย่างไร

   ก. เท่ากับประจุเหนี่ยวนำ ข. ครึ่งหนึ่งของประจุเหนี่ยวนำ

3. การเกิดประจุไฟฟ้าของตัวนำ โดยการสัมผัส ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

   ก. ต่างกับประจุที่มาสัมผัส ข. เหมือนกับประจุที่มาสัมผัส

4. จำนวนของประจุไฟฟ้าอิสระที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

   ก. เท่ากับประจุเดิมของตัวนำที่มาสัมผัส

   ข. ครึ่งหนึ่งของประจุเดิมของตัวนำที่มาสัมผัส

5. ในการถ่ายเทประจุไฟฟ้า เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคอะไร

   ก. โปรตอน ข. นิวตรอน ค. อิเลคตรอน

6. เหตุใด ในฤดูหนาวแห้ง เราจึงหวีผมได้ไม่เรียบ

7. ในขณะที่ฝนตกฟ้าคะนอง ทำไมจึงห้ามไม่ให้เราออกไปเดินตามที่โล่ง เช่นกลางทุ่งนา

8. สายล่อฟ้าคือแท่งโลหะปลายแหลมที่เราติดไว้ขนหลังคา ป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าได้ แต่ทำไมโลหะปลายแหลม (เช่นส่วนขนของร่ม) ที่เราถือจึงเป็นอันตรายต่อเรา

9. ข้อใดถูกที่สุด

   ก. สันกลองมีประจุมากกว่ามุมกลอง

   ข. สันกลองมีประจุน้อยกว่าฝากลอง

   ค. สันกลองมีประจุมากกว่าด้านข้างของกลอง

   ง. สันกลองมีประจุน้อยกว่าด้านข้างของกลอง

10. ถ้าเรามีวัตถุอันหนึ่งซึ่งเป็นฉนวน เราจะทำให้มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นบนฉนวนโดยการสัมผัสได้หรือไม่_____

# หน่วยที่ 2 : กฎของคูลอมบ์

<u>วัตถุประสงค์ทั่วไป</u> กล่าวถึงการทดลองของคูลอมบ์เรื่องแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และการหาทิศทางของแรงระหว่างประจุ

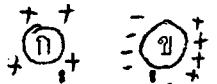
<u>ความรู้พื้นฐาน</u> เรียนหน่วยที่ 1 แล้ว

<u>วัตถุประสงค์ของการเรียน</u>

1. สามารถอธิบายหลักการทดลองของคูลอมบ์ได้
2. นำกฎของคูลอมบ์มาใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง
3. สามารถอธิบายความหมายของสัญญลักษณ์ K และแทนค่าในการคำนวณได้ถูกต้อง
4. สามารถคำนวณหาค่า Q หรือ R หรือ F ค่าใดค่าหนึ่งได้ เมื่อกำหนดค่าที่เหลืออีกสองค่าให้
5. ใช้หน่วย Q, R และ F ได้ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทเรียน

จากหน่วยที่แล้วเราทราบว่า ประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจดูดหรือผลักกันได้ และสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามขึ้นกับวัตถุที่เป็นกลางได้ เช่น ถ้าเรานำวัตถุ ก. และ ข. วางไว้ใกล้กัน ก. มีประจุบวก จะส่งอำนาจไฟฟ้าไปเหนี่ยวนำให้เกิดประจุลบที่ ข. ในส่วนที่ใกล้กับวัตถุ ก. และออกแรงดูดซึ่งกันและกัน 

อำนาจไฟฟ้าของ ก. สามารถส่งไปถึง ข. ได้โดยผ่านอากาศหรือตัวกลางอื่น ๆ ที่กั้นอยู่ระหว่างประจุ ก. และ ข. โดยที่ประจุไฟฟ้าของ ก. มิได้เคลื่อนที่ถ่ายเทไปยัง ข. ตัวกลางที่ยอมให้อำนาจไฟฟ้าผ่านไป แต่ประจุไฟฟ้าไม่สามารถผ่านไปได้ เราเรียกตัวกลางนี้ว่า <u>ไดอิเลคตริค</u> (Dielectric) และแรงกระทำที่ประจุ ก. และ ข. กระทำซึ่งกันและกัน เรียกว่า **แรงระหว่างประจุ** ( F )

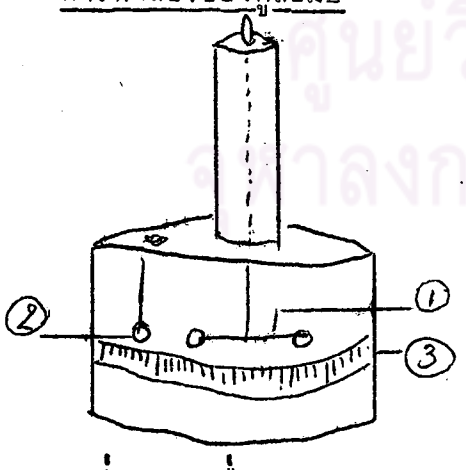
ค่าคงที่ของไดอิเลคตริค ใช้สัญญลักษณ์แทนด้วย K ซึ่งค่าคงที่ของไดอิเลคตริคในอากาศหรือสูญญากาศ เท่ากับ $9 \times 10^9$ นิวตัน, เมตร$^2$/คูลอมบ์$^2$

<u>คำถาม</u> 1. ลักษณะของสารที่เรียกว่าไดอิเลคตริคเป็นอย่างไร

2. แรงระหว่างประจุไฟฟ้าคือแรงอย่างไร

การทดลองเพื่อหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้า

<u>การทดลองของคูลอมบ์</u>



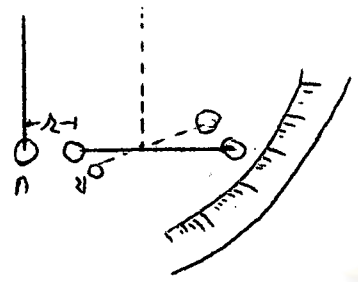
รูปที่ 1. เครื่องวัดแรงบิดของคูลอมบ์

ในการทดลองเพื่อหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้าคูลอมบ์ได้สร้างอุปกรณ์ขึ้นชุดหนึ่ง มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

1. คานฉนวนเล็ก ๆ แขวนในแนวราบที่ปลายทั้งสองข้างมีลูกพิธติดไว้ข้างละลูก
2. ลูกพิธอีกลูกหนึ่งซึ่งจะมีแรงระหว่างประจุเกิดขึ้นกับลูกพิธที่ปลายคานด้านที่อยู่ใกล้กับลูกพิธในข้อ 2 เมื่อเราให้ประจุไฟฟ้ากับลูกพิธทั้งสอง
3. สเกลบอกระยะทางที่คานบิดไป

วิธีการทดลอง คูลอมบ์ได้ทำการทดลอง 2 ตอนด้วยกันคือ

ตอนที่ 1. ให้ระยะทางคงที่




รูปที่ 2

จากรูปที่ 2 เมื่อให้ประจุไฟฟ้าที่ ก. และ ข. จะมีแรงกระทำระหว่างประจุ ก. และ ข. ขึ้น ทำให้คานฉนวนบิดไปอ่านสเกลได้ค่าหนึ่ง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของประจุไฟฟ้าที่ลูกพิธ ก. และ ข. แรงกระทำระหว่างประจุทั้งสองก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยเราสังเกตได้จากการบิดของคานที่เปลี่ยนไป และอ่านสเกลได้ค่าต่าง ๆ กัน

สรุปได้ผลดังนี้

เมื่อ F คือ แรงระหว่างประจุ

Q คือ ประจุไฟฟ้าที่ให้แก่ลูกพิธทั้งสอง

$F \propto Q_1$

$F \propto Q_2$

$F \propto Q_1Q_2$

คำถามนั่นคือ แรงระหว่างประจุมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ _____(1)_____

ตอนที่ 2 ให้ประจุคงที่

คูลอมบ์ได้ทำการทดลองในขั้นที่ 2 โดยให้ประจุที่ลูกพิธทั้งสองคงที่ แต่ให้ระยะทางระหว่างประจุเปลี่ยนแปลงไป ในการเปลี่ยนแปลงระยะทางระหว่างประจุแต่ละครั้ง คานจะบิดไป อ่านค่าได้จากสเกลได้ไม่เท่ากัน คูลอมบ์สังเกตได้ว่าแรงระหว่างประจุแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง นั่นคือ $F \propto \frac{1}{r^2}$ ดังนั้น จากการทดลองของคูลอมบ์ เราสรุปได้ดังนี้

$$F \propto \frac{Q_1Q_2}{r^2}$$

$$\boxed{F = K\frac{Q_1Q_2}{r^2}}$$ นี่คือกฎของคูลอมบ์

คำตอบหน้า 80

1. ไดอิเลคตริคเป็นสารที่ยอมให้อำนาจไฟฟ้าผ่านเท่านั้น ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่าน

2. เป็นแรงกระทำซึ่งกันและกันระหว่างประจุไฟฟ้า 2 จุด ถ้าประจุเหมือนกันจะมีแรงผลักกันและกัน ถ้าเป็นประจุต่างกันก็จะมีแรงดึงดูดกัน

คำถาม 1. คูลอมบ์ได้ทำการทดลองเพื่อค้นหาสิ่งใด และได้ผลอย่างไร

หน่วยที่ต้องใช้ในการคำนวณกฎของคูลอมบ์

| | | |
|---|---|---|
| ให้ Q | เป็นประจุไฟฟ้า | มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ |
| r | เป็นระยะทาง | มีหน่วยเป็นเมตร |
| F | เป็นแรงระหว่างประจุ | มีหน่วยเป็นนิวตัน |
| K | เป็นค่าคงตัวไดอิเลคตริค | มีหน่วยเป็น $\frac{\text{นิวตัน.เมตร}^2}{\text{คูลอมบ์}^2}$ |

ตัวอย่าง จุดประจุ 2 จุด มีประจุไฟฟ้าจุดละ 1 คูลอมบ์ วางห่างกัน 1 เมตร จงหาแรงระหว่างประจุทั้งสอง

วิธีทำ จากสูตร $F = K\frac{Q_1Q_2}{r^2}$

แทนค่า $F = \frac{9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 \times 1 \text{ C} \times 1 \text{ C}}{1 \text{ m}^2}$

$F = 9 \times 10^9$

โจทย์ข้อ 1. อะตอมของไฮโดรเจนประกอบด้วยอนุภาคโปรตอนและอิเลคตอนอย่างละตัว มีประจุเท่ากันคือ $1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์ ห่างกัน $5.5 \times 10^{-11}$ เมตร จงหาแรงกระทำระหว่างอนุภาคโปรตอนและอิเลคตรอน

วิธีทำ

โจทย์ข้อ 2. ประจุ 2 จุด มีประจุ $10 \times 10^{-17}$ และ $5 \times 10^{-10}$ คูลอมบ์ เกิดแรงระหว่างประจุ $18 \times 10^{-18}$ นิวตัน จะต้องวางประจุห่างกันเท่าไร

วิธีทำ

---

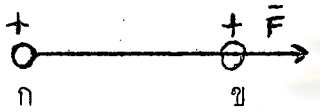
คำตอบหน้า 81

1. ขึ้นอยู่กับปริมาณของประจุไฟฟ้า

แรงระหว่างประจุเป็นปริมาณเวคเตอร์ คือ มีทั้งขนาดและทิศทาง ซึ่งขนาด ของแรงเราจะหาได้จากกฎของคูลอมบ์ คือ $F = K\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ ทิศทาง ของแรงเราพิจารณาได้จากแรงที่มากระทำตรงจุดที่เราต้องการหาทิศทาง เช่น

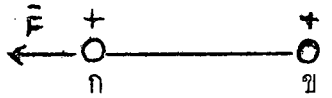
รูปที่ 3

จากรูปที่ 3. จุด ก.มีประจุบวก จุด ข.มีประจุกบวก ถ้าเราต้องการหาทิศทางของแรงที่จุด ข.ให้พิจารณาว่าประจุบวกที่ ข.จะถูกประจุบวกที่ ก.มากระทำอย่างไร จะได้ว่าประจุบวกที่ ก.ผลักประจุบวกที่ ข.ออกไปทิศทางไปทางขวา ดังรูป 4.




รูปที่ 4

ในทางกลับกัน ถ้าจะหาทิศของแรงที่จุด ก. ก็ให้พิจารณาว่าประจุบวกที่ ก. จะถูกประจุบวกที่ ข.มากระทำอย่างไร ก็คือประจุบวกที่ ข.จะผลักประจุบวกที่ ก.ออกไปทางซ้าย ดังรูป



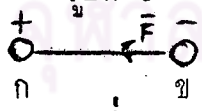

รูปที่ 5

คำถาม 1.จากรูปประจุที่ ก. และ ข.เป็นลบ ทิศทางที่จุด ข.จะไปทางใด ลองวาดรูปด้วย

ถ้าจุด ก. และจุด ข.มีประจุต่างกัน เช่น ก.มีประจุบวก ข.มีประจุลบ ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6

การพิจารณาทิศทางก็เช่นเดียวกันคือ ถ้าต้องการหาทิศทางของแรงที่จุดใดก็จะดูว่าจุดนั้นมีแรงจากประจุใดบ้างมากระทำ และกระทำอย่างไร จากรูปที่ 7 ถ้าจะหาทิศของแรงที่จุด ข. จะได้ว่าประจุบวกจาก ก. ส่งแรงดูดประจุลบที่ ข. เข้ามาทิศไปทางซ้าย




รูปที่ 7

---

คำตอบหน้า 82

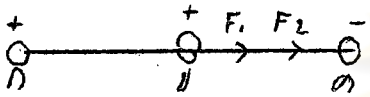
1. คูลอมบ์ได้ทำการทดลองเพื่อหาแรงระหว่างประจุ ได้ผลดังนี้

แรงระหว่างประจุแผ่ผันตามปริมาณของประจุไฟฟ้า ($F \propto Q_1Q_2$) และแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง ($F \propto \frac{1}{r^2}$)

โจทย์ข้อ 1. $8 \times 10^{-8}$ นิวตัน โจทย์ข้อ 2. 5 เมตร

คำถาม 1. จากรูปที่ 6 ทิศทางของแรงที่จุด ก. เป็นอย่างไร

ถ้าที่จุดใดมีแรงกระทำมากกว่า 1 แรงขึ้นไป เราหาแรงรวมได้โดยการรวมแรงเหล่านั้นตามการรวมปริมาณเวคเตอร์คือ พิจารณาทิศทางด้วย ถ้าทิศทางของแรงไปทางเดียวกัน ขนาดของแรงจะเสริมกัน แรงรวมมีค่ามากขึ้น ถ้าทิศตรงข้ามกัน ขนาดของแรงจะหักล้างกัน ทำให้แรงรวมมีค่าน้อยลง จากรูปที่ 8. ถ้าจะพิจารณาแรงกระทำที่จุด ข. จะพิจารณาได้ว่า ที่ ข.มีแรงมากกระทำ 2 แรง คือ




$F_1$ เป็นแรงผลักจาก ก. ทิศไปทางขวา

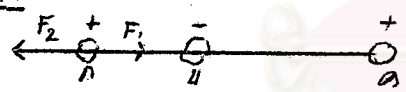
$F_2$ เป็นแรงดูดจาก ก. ทิศไปทางขวา

แรงรวมที่ ข. คือ $F = F_1 + F_2$ ทิศทางไปทางขวา

คำถาม 2. จากรูปที่ 8. หาทิศทางของแรงกระทำ ที่จุด ก.

ตัวอย่าง ประจุ 3 จุดวางเรียงกันเป็นแนวเส้นตรง กขค. โดยมี กข.= 10 ซม. ขค.= 40 ประจุที่ ก. $+2 \times 10^{-5}$ ที่ ข. $= -5 \times 10^{-5}$ และที่ ค.$= +3 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์ หาแรงที่เกิดขึ้นที่ ก. และทิศทางของแรงด้วย

วิธีทำ




ให้ $F_1$ เป็นแรงที่ ข. กระทำต่อ ก.

$F_2$ เป็นแรงที่ ค. กระทำต่อ ก.

จากสูตร $F_1 = K \dfrac{Q_{ก} Q_{ข}}{r^2_{กข}}$

แทนค่า $= \dfrac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-5}}{(20 \times 10^{-2})^2}$

$= 225$ นิวตัน

$F_2 = K \dfrac{Q_{ก} Q_{ค}}{r^2_{กค}}$

$= \dfrac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-5} \times 3 \times 10^{-5}}{(60 \times 10^{-2})^2}$

$= 15$ นิวตัน

---

คำตอบหน้า 83

1.

ทิศทางไปทางขวา

แรงรวมที่จุด ก. $F = F_1 - F_2$

$= 225 - 15$

$= 210$ นิวตัน ทิศไปทางขวา

โจทย์ข้อ 3. ประจุ 3 จุด วางเรียงกันเป็นแนวเส้นตรง ห่างกันช่วงละ 30 ซม. มีประจุ $+2 \times 10^{-5}$, $-5 \times 10^{-5}$ และ $-3 \times 10^{-10}$ คูลอมบ์ จงหาแรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ $-3 \times 10^{-10}$ คูลอมบ์ พร้อมทิศทางของแรงด้วย

วิธีทำ

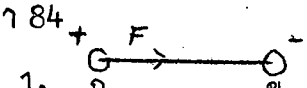
โจทย์ข้อ 4. ประจุ 2 จุด มีแรงดึงดูดกัน $3 \times 10^{-10}$ นิวตัน เมื่ออยู่ห่างกัน 0.3 เมตร ถ้าเลื่อนประจุไปให้ห่างกัน 0.9 เมตร จะมีแรงดึงดูดกันเท่าไร

แนวคิด หาสมการของแรงในครั้งที่ 1, และครั้งที่ 2. โดยมีค่า $Q_1$ และ $Q_2$ คงที่

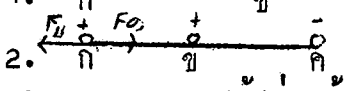
วิธีทำ

---

คำตอบหน้า 84

1. 

ทิศไปทางขวา

2. 

ทิศไปตามแรงที่มากกว่า

ถ้าท่านยังหาทิศทางของแรงได้ไม่ถูกต้อง ลองย้อนกลับไปอ่านเรื่องการหาทิศทางหน้า 2.4 ใหม่อีก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 85

โจทย์ข้อ 3. $13.5 \times 10^{-4}$ นิวตัน ทิศไปทางขวา

โจทย์ข้อ 4. $1/3 \times 10^{-11}$ นิวตัน

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

1. กฎที่ใช้คำนวณหาแรงระหว่างประจุเป็นกฎของใคร

ก. นิวตัน ข. คูลอมบ์

ค. ฟาราเดย์ ง. โอห์ม

2. จากสูตร $F = K\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ หมายความว่าอย่างไร

ก. ถ้าระยะทางมากขึ้น แรงจะมากขึ้นด้วย

ข. ระยะทางน้อยลง แรงก็จะน้อยลง

ค. ระยะทางน้อยลง แต่แรงจะมากขึ้น

3. ค่าคงตัวใดอิเลคตริค คือตัวใด

ก. F ข. G

ค. K ง. a

4. ข้อใดเป็นลักษณะของสารไดอิเลคตริค

ก. ฉนวน ข. ตัวนำ

5. การทดลองของคูลอมบ์อาศัยคุณสมบัติข้อใด

ก. ประจุไฟฟ้าย่อมมีอำนาจดูดหรือผลักกัน

ข. ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด

ค. ประจุไฟฟ้าย่อมมีแรงกระทำระหว่างประจุ

ง. มวลสองมวลย่อมมีแรงดึงดูดระหว่างมวล

6. โลหะ 2 ก้อนมีประจุ $4 \times 10^{-9}$ และ $6 \times 10^{-10}$ คูลอมบ์ วางห่างกันในอากาศ 40 ซม. จงหาค่าของแรงระหว่างประจุทั้งสอง

ก. $13.5 \times 10^{-10}$ นิวตัน ข. $27.0 \times 10^{-10}$ นิวตัน

ค. $13.5 \times 10^{-8}$ นิวตัน ง. $27.0 \times 10^{-8}$ นิวตัน

7. ประจุสองจุดมีแรงกระทำต่อกัน $9 \times 10^{9}$ นิวตัน จะต้องวางห่างกันเท่าไรและประจุทั้งสองมีประจุกี่คูลอมบ์ (ให้ประจุทั้งสองมีจำนวนประจุเท่ากัน)

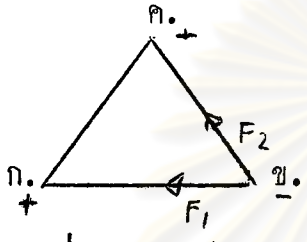
ก. 0.1 ม. 1 คูลอมบ์ ข. 1 ม. 10 คูลอมบ์

ค. 10 ม. 1 คูลอมบ์ ง. 10 ม. 10 คูลอมบ์

8. ประจุ 2 จุดวางห่างกัน $2 \times 10^{-10}$ เมตร เมื่อเราเลื่อนประจุทั้งสองออกไปจนแรงระหว่างประจุเป็น 1/4 เท่าของครั้งแรก ครั้งหลังประจุจะห่างกันเท่าไร

ก. $2 \times 10^{-10}$ เมตร ข. $4 \times 10^{-10}$ เมตร

ค. $6 \times 10^{-10}$ เมตร ง. $8 \times 10^{-10}$ เมตร

9. 

จากรูป ประจุ ก. ข. และ ค. วางห่างกันดังรูป แรงรวมที่ ข. $F = F_1 + F_2$ ใช่หรือไม่

ก. ใช่ เพราะเป็นแรงกระทำที่จุดเดียวกัน สามารถรวมกันได้ทันที

ข. ใช่ เพราะแรงเป็นปริมาณเวคเตอร์ สามารถรวมแรงได้ทันที

ค. ไม่ใช่ เพราะแรงเป็นปริมาณเวคเตอร์ รวมกันไม่ได้ ต้องพิจารณาทิศทางด้วย

ง. ไม่ใช่ เพราะเป็นแรงกระทำที่มาจากจุดหลายจุด

10. ข้อใดถูกที่สุด

ก. ปริมาณเวคเตอร์ เป็นปริมาณที่มีแต่ขนาดอย่างเดียว

ข. ปริมาณเวคเตอร์ เป็นปริมาณที่มีแต่ทิศทางอย่างเดียว

ค. ปริมาณเวคเตอร์ เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# หน่วยที่ 3 : สนามไฟฟ้า

**วัตถุประสงค์ทั่วไป** กล่าวถึงลักษณะของสนามไฟฟ้า เส้นแรงไฟฟ้า และการคำนวณเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า

**ความรู้พื้นฐาน** ผ่านหน่วยที่ 2 มาแล้ว

**วัตถุประสงค์ของการเรียน**

1. บอกได้ว่า สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณชนิดใด มีทิศทางเป็นอย่างไร
2. เขียนรูปแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าได้
3. สามารถคำนวณหาค่า E,F หรือ Q ค่าใดค่าหนึ่งได้ ถ้ากำหนดค่าที่เหลืออีกสองค่าให้
4. สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับกฎของคูลอมบ์ได้
5. บอกลักษณะความเข้มไฟฟ้าได้
6. อธิบายคุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้าได้
7. เขียนรูปแสดงทิศทางของเส้นแรงไฟฟ้าระหว่างสนามไฟฟ้าตั้งแต่ 1 สนามขึ้นไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทเรียน

จากหน่วยก่อนเราทราบว่า ประจุไฟฟ้าย่อมมีอำนาจไฟฟ้าแผ่ไปโดยรอบ และสามารถออกแรงดูดหรือผลักกับประจุไฟฟ้าอื่น ๆ ได้ บริเวณที่ประจุไฟฟ้าส่งอำนาจไปถึงเราเรียกว่าสนามไฟฟ้า

คำถาม 1. สนามไฟฟ้าคืออะไร

สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวคเตอร์ ฉะนั้น สนามไฟฟ้าต้องมีทั้งขนาดและทิศทาง เราใช้สัญญลักษณ์ $\vec{E}$ แทนสนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้าของประจุบวก จะมีทิศทางออกจากประจุทุกทิศทาง

สนามไฟฟ้าของประจุลบ จะมีทิศทางพุ่งเข้าสู่จุดประจุทุกทิศทาง

ซึ่งเรานิยมใช้ $\longrightarrow$ (ลูกศร) แทนทิศทางของสนามไฟฟ้า

คำถาม 2. จากคำนิยาม ท่านลองเขียนรูปแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้า

ก. ประจุบวก

ข. ประจุลบ

ในการที่เราจะทราบว่าบริเวณใดหรือจุดใดมีสนามไฟฟ้าหรือไม่ เราทดสอบได้โดยนำประจุ $+q$ ไปวาง ณ จุดนั้น ถ้ามีแรงกระทำเกิดขึ้นที่ $+q$ แสดงว่าบริเวณนั้นหรือจุดนั้นมีสนามไฟฟ้าอยู่

ค่าของแรงที่กระทำต่อประจุหนึ่งหน่วยนั้นเราเรียกว่าสนามไฟฟ้า

$$E = F/q$$

หน่วยของสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณคือ นิวตัน/คูลอมบ์

คำถาม 1. นอกจากสนามไฟฟ้าเป็นบริเวณที่ประจุไฟฟ้าส่งอำนาจไปถึงแล้ว เราอาจให้คำนิยามของสนามไฟฟ้าว่าอย่างไร

จากกฎของคูลอมบ์ $F = K\frac{Q_1Q_2}{r^2}$

ถ้าเราต้องการทราบค่าสนามไฟฟ้าของประจุ $Q_1$ เราก็เปลี่ยน $Q_2$ เป็นประจุทดสอบ $+q$

$$F = K\frac{Qq}{r^2}$$

แต่

$$E = F/q$$

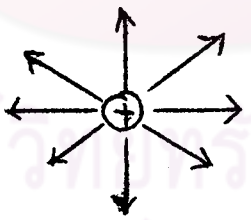
$$E = K\frac{Qq}{r^2}/q$$

$$\boxed{E = K\frac{Q}{r^2}}$$

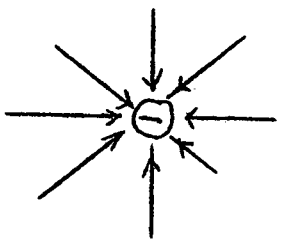
คำตอบหน้า 90

1. สนามไฟฟ้าคือบริเวณที่ประจุไฟฟ้าส่งอำนาจไปถึง

2. ก. ประจุบวก



ข. ประจุลบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งเราอาจเรียก สนามไฟฟ้า ที่จุดใด ๆ นี้ว่า ความเข้มไฟฟ้า ณ จุดนั้น ๆ

คำถาม 1. เราอาจหาค่าสนามไฟฟ้าจากกฎของคูลอมบ์ได้อย่างไร

การคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าหรือความเข้มไฟฟ้า

ตัวอย่าง อะตอมของไฮโดรเจน นิวเคลียสประกอบด้วย โปรตอน 1 ตัว นิวตรอน 1 ตัว จงหาค่าของสนามไฟฟ้าที่จุดห่างนิวเคลียส $2 \times 10^{-12}$ เมตร (โปรตรอน 1 ตัว มีประจุ $1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์)

วิธีทำ จากสูตร $E = K \frac{Q}{r^2}$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19}}{(2 \times 10^{-12})^2}$$

$$= 3.6 \times 10^{14} \text{ นิวตัน/คูลอมบ์}$$

ตัวอย่าง จงหาแรงบนประจุ $1 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์ ในสนามไฟฟ้าขนาด $3.6 \times 10^{14}$ นิวตัน/คูลอมบ์

วิธีทำ จากสูตร $F = qE$

$$F = 1 \times 10^{-15} \times 3.6 \times 10^{14}$$

$$= 3.6 \times 10^{9}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 91

1. ค่าของแรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยประจุ

โจทย์ข้อ 1. จงหาค่าของสนามไฟฟ้าที่จุดห่าง 0.50 เมตร จากประจุ $-9 \times 10^{-5}$ คูลอมบ์

วิธีทำ จากสูตร

โจทย์ข้อ 2. จงหาค่าของสนามไฟฟ้าที่ทำให้อิเลคตรอนมวล $9.1 \times 10^{-31}$ กิโลกรัม และมีประจุ $1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์ เกิดความเร่ง $1.0 \times 10^{2}$ เมตร/วินาที$^2$

แนวการคิด

เราสามารถหาค่าแรงได้ 2 สมการ คือแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า $F = qe$ --(1)

และแรงเนื่องจากมวลมีความเร่ง $F = ma$ --(2)

แรงทั้งสองเป็นแรงอันเดียวกัน ฉะนั้น (1) = (2)

วิธีทำ

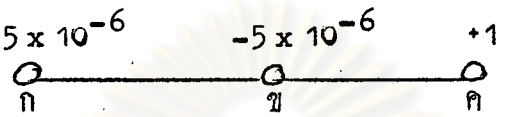
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 92

1. โดยใช้ประจุทดสอบ +1 คูลอมบ์ไปวางไว้ ณ จุดนั้น

โจทย์ข้อ 3. ก. ข. ค. เป็นเส้นตรง กข. = $5 \times 10^{-5}$ เมตร ขค.= $5 \times 10^{-5}$ เมตรเท่ากัน จงหาความเข้มที่จุด ค. และบอกทิศทางของสนามไฟฟ้าด้วย ถ้าที่ ก. มีประจุ $+5 \times 10^{-6}$ และที่ ข.มีประจุ $-5 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์




แนวคิด ที่ ค. มีแรงกระทำ 2 แรง คือแรงจาก ก. และ ข.
ค่าความเข้มที่ ค. คือ ความเข้มรวมระหว่างสนาม ก. และ ข. ที่กระทำต่อประจุ +1 ที่ ค. ถ้า $E_ก$ เป็นความเข้มของ ก. และ $E_ข$ เป็นความเข้มของ ข. ค่าความเข้มรวมที่ ก. คือ $E_ก + E_ข$
ให้สังเกตเครื่องหมายด้วยว่าเป็นทิศใด

วิธีทำ

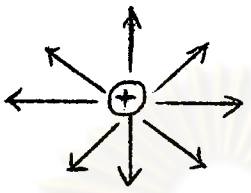
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

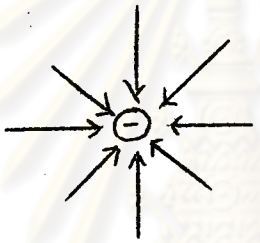
คำตอบหน้า 93

1. $3.24 \times 10^{6}$ นิวตัน/คูลอมบ์
2. $5.6 \times 10^{-10}$ นิวตัน/คูลอมบ์

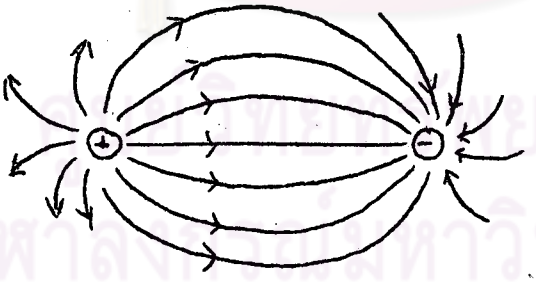
การที่เรารู้ทิศทางของสนามไฟฟ้าได้ ก็เนื่องจากว่าเราสมมติให้มี <u>เส้นแรงไฟฟ้า</u> ขึ้นมา เช่น ประจุบวกสนามไฟฟ้ามีทิศทางออกจากประจุทุกทิศทาง เราก็แสดงได้ด้วยการเขียนเส้นแรงไฟฟ้า มีลูกศรพุ่งออกจากประจุบวก



ในทำนองเดียวกันสนามไฟฟ้าของประจุลบมีทิศทางพุ่งเข้าสู่จุดประจุ ก็ใช้ลูกศรเขียนให้เส้นแรงพุ่งเข้าหาจุดประจุ



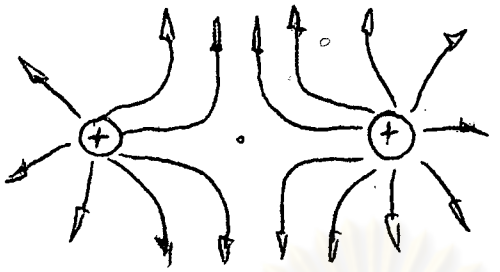
ถ้าในสนามที่มีหลายประจุ ทิศทางของเส้นแรงจากประจุบวกจะพุ่งเข้าหาประจุลบส่งเส้นแรงไฟฟ้ามีลักษณะเช่นเดียวกับเส้นแรงแม่เหล็กคือ เส้นแรงของประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน เส้นแรงจากประจุต่างชนิดกันจะพุ่งเข้าประจุลบเสมอ



---

คำตอบหน้า 94

โจทย์ข้อ 3. $13.5 \times 10^{12}$ นิวตัน/คูลอมบ์ ทิศไปทางซ้าย



โจทย์ ท่านลองเขียนเส้นแรงของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่าง ๆ ดังนี้

1. ประจุบวก 3 ประจุ ดังรูป

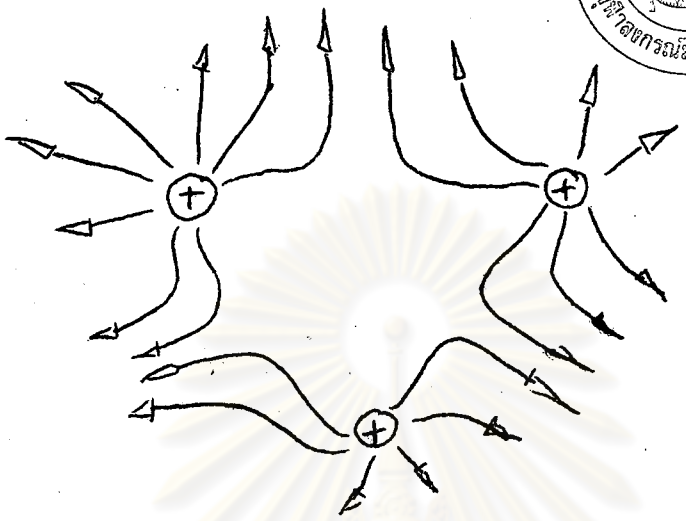
2. ประจุบวก 2 ประจุ ประจุลบ 1 ประจุ

3. จุดประจุกับแท่งประจุ

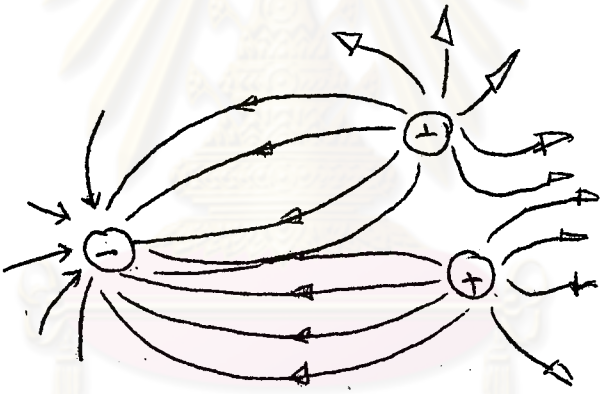
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอบคำถามหน้า 96

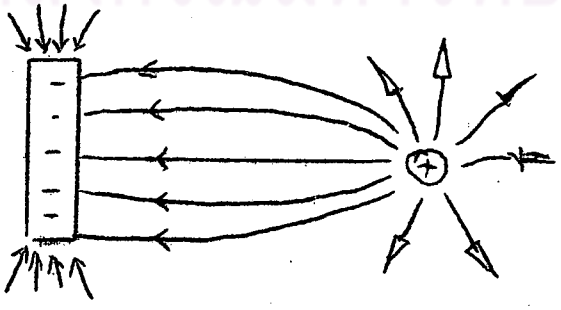
1.



2.



3.

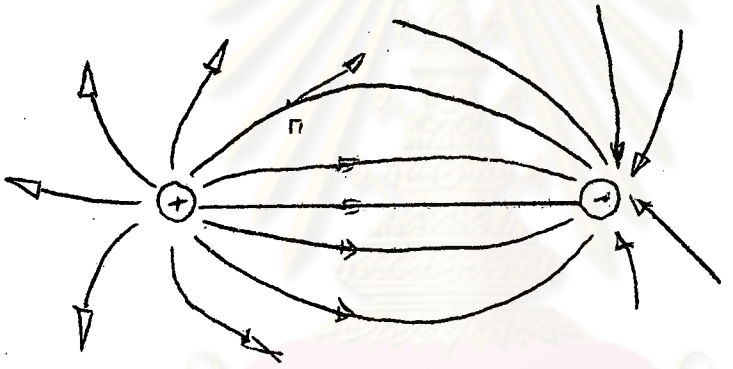


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนามไฟฟ้าของประจุหลายประจุที่เหมือนกัน เส้นแรงไฟฟ้าจะผลักกันและเส้นแรงไฟฟ้าจะไม่ทับกันเลย ทำให้มีบริเวณหนึ่งที่ไม่มีเส้นแรงไฟฟ้าผ่านคือ บริเวณนั้นจะไม่มีสนามไฟฟ้า หรือค่าของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ เราเรียกจุดนั้นว่า จุดสะเทิน

เส้นแรงไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เราสมมติขึ้นมานี้ เป็นเส้นที่ใช้บอกทิศทางของสนามไฟฟ้า หรือแสดงทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุทดสอบ

เช่น ถ้าเราต้องการหาทิศทางของสนามไฟฟ้าที่จุด ก. เราทำได้โดยลากเส้นสัมผัสกับเส้นแรงไฟฟ้าที่จุดนั้น (ก)




คำถาม

1. ลักษณะอย่างไรที่เราเรียกว่าจุดสะเทิน
2. ในการหาทิศทางของสนามไฟฟ้าเราสามารถหาได้อย่างไร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 98

1. จุดสะเทินเป็นบริเวณที่ไม่มีเส้นแรงไฟฟ้าผ่าน หรือจุดที่ค่าของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์
2. ในการหาทิศทางของสนามไฟฟ้า เราอาจหาได้โดยลากเส้นสัมผัสกับเส้นแรงไฟฟ้าที่จุดที่เราต้องการ

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3 มี 10 ข้อ นักศึกษาต้องทำถูกอย่างน้อย 6 ข้อ

1. ข้อใดเป็นลักษณะของสนามไฟฟ้า

   ก. เส้นแรงไฟฟ้า ข. ความเข้มไฟฟ้า

   ค. ประจุไฟฟ้า

2. จากรูป ประจุ ก. เป็นประจุชนิดใด _____

3. จากรูป ประจุไฟฟ้าคู่ใดที่เป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน

4. เส้นแรงไฟฟ้าระหว่างประจุหลาย ๆ ประจุอาจตัดกันได้ (ใช่, ไม่ใช่) _____

5. เราอาจหาค่าสนามไฟฟ้าจากกฎของคูลอมบ์ได้หรือไม่ _____

6. จงหาค่าความเข้มของสนามไฟฟ้า ณ จุดห่างประจุ $-6 \times 10^{-12}$ คูลอมบ์ เป็นระยะ $2 \times 10^{-3}$ ม.

7. เมื่อวางประจุไฟฟ้า $12 \times 10^{-10}$ คูลอมบ์ลงในสนามไฟฟ้า จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นต่อประจุนี้ $36 \times 10^{-5}$ นิวตัน หาค่าสนามไฟฟ้า

8. จุดสะเทินเป็นจุดที่มีลักษณะอย่างไร

   ก. ประจุไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ ข. สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์

   ค. จุดที่เส้นแรงไฟฟ้าตัดกัน

9. เมื่อนำประจุ $+q$ ไปวางในสนามไฟฟ้า ( $E$ ) ของประจุ $+Q$ ให้ $\vec{F}$ เป็นแรงที่ประจุ $Q$ กระทำต่อประจุ $+q$ ทิศทางของ $\vec{E}$ และ $\vec{F}$ ทำมุมเท่าไร

   ก. 0 องศา ข. 60 องศา ค. 90 องศา ง. 180 องศา

10. หน่วย นิวตัน. เมตร$^2$/คูลอมบ์$^2$ เป็นหน่วยของอะไร

    ก. F ข. E ค. K ง. Q

# หน่วยที่ 4 : ศักดาไฟฟ้า

<u>วัตถุประสงค์ทั่วไป</u> กล่าวถึงศักดาไฟฟ้าและความต่างศักย์

<u>ความรู้พื้นฐาน</u> เรียนหน่วยที่ 3 แล้ว

<u>วัตถุประสงค์ของการเรียน</u>

1. บอกได้ว่าศักดาไฟฟ้าคืออะไร
2. บอกได้ว่าความหมายของสัญญลักษณ์ ได้
3. อธิบายลักษณะของศักย์ไฟฟ้าศูนย์ได้
4. คำนวณหาศักดาไฟฟ้าได้เมื่อกำหนดระยะทาง และประจุไฟฟ้า
5. คำนวณหาความต่างศักย์ได้ เมื่อกำหนด ระยะทางระหว่างประจุ 2 จุดให้
6. หาความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าได้
7. บอกหน่วยของความต่างศักดาไฟฟ้าได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทเรียน

ศักดาไฟฟ้าก็เปรียบได้กับความโน้มถ่วงของโลก หรือการไหลของน้ำ น้ำจากที่สูงย่อมไหลลงสู่ที่ต่ำกว่าเสมอเมื่อระดับน้ำทั้งสองแห่งเท่ากันแล้ว น้ำจึงหยุดไหล ในทำนองเดียวกัน ไฟฟ้าเราก็ถือว่ามีระดับของไฟฟ้า ซึ่งเราเรียกว่า ศักดาไฟฟ้า ถ้าเราปล่อยให้ประจุบวกเคลื่อนที่อย่างอิสระ ประจุบวกจุเคลื่อนจากศักดาสูงไปต่ำเสมอ แต่ในทางทฤษฎีอิเลคตรอนเราทราบว่าประจุบวกจะไม่เคลื่อนที่ จะมีแต่เพียงอิเลคตรอนซึ่งมีสถานะเป็นประจุลบเท่านั้นที่เคลื่อนที่

คำถามที่ 1. ดังนั้นท่านคิดว่า อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่จากศักดา _____ไปศักดา_____

.ก .ข มีจุด 2 จุด จุด ก และ ข ถ้าเราต้องการหาค่าของศักดาไฟฟ้าที่จุด ก หรือ ข เรากำหนดว่า ให้นำประจุ + 1 คูลอมบ์จากอนันต์ (∞) เคลื่อนที่มากที่จุด ก หรือ ข นั้น สิ้นพลังงานไปกี่จูล จุดนั้นก็จะมีศักดาไฟฟ้าเท่านั้นโวลท์

ตัวอย่างเช่น ถ้าเราเคลื่อนที่ประจุ + 1 คูลอมบ์ มายัง ก สิ้นพลังงานไป 100 จูล ศักดาไฟฟ้าที่จุด ก จะมีค่าเท่ากับ 100 โวลต์

ถ้าเราเคลื่อนที่ประจุ + 1 คูลอมบ์ มายัง ข สิ้นพลังงานไป 40 จูล ศักดาไฟฟ้าที่จุด ข จะมีค่า 40 โวลต์

คำถามที่ 2. ถ้าเราเคลื่อนที่ประจุ + 1 คูลอมบ์ มายังจุด ค สิ้นพลังงานไป 75 จูล ศักดาไฟฟ้าที่จุด ค มีค่าเท่าไร _____

ค่าของศักดาไฟฟ้าก็คือ พลังงานในการเคลื่อนที่ประจุ + 1 คูลอมบ์มายังจุดนั้น

$$V = \frac{W}{q}$$

เมื่อ V = ศักดาไฟฟ้า

W = พลังงาน

q = ประจุไฟฟ้า

<u>คำถามที่ 1</u> ถ้าเราใช้พลังงานไป 100 จูล ในการเคลื่อนที่ประจุ + 2 คูลอมบ์มายังจุด ก ศักดาไฟฟ้าที่จุด ก เท่ากับ _____ โวลต์

จากตัวอย่าง $V_ก$ = 100, $V_ข$ = 40 โวลต์

<u>ความต่างศักดา</u>ระหว่างจุด ก และ ข คือ $V_ก - V_ข$ = 60 โวลต์

ฉะนั้นความต่างศักย์ก็คือ การเคลื่อนที่ประจุ + 1 คูลอมบ์ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง สิ้นพลังงานไปกี่จูล ความต่างศักย์ก็มีค่าเท่านั้นโวลต์

เช่น ถ้าเราเคลื่อนที่ประจุ + 1 คูลอมบ์ จากจุด ก ไปยังจุด ข สิ้นพลังงานไป 20 จูล ความต่างศักย์ระหว่างจุด ก และ ข เท่ากับ 20 โวลต์

นั่นคือ $V_{กข} = \frac{W}{q}$

<u>คำถามที่ 2</u> ถ้าเราเคลื่อนที่ประจุ + 3 คูลอมบ์จาก ก ไปยัง ข สิ้นพลังงานในการนี้ไป 24 จูล ความต่างศักย์ระหว่างจุด ก และ ข เท่ากับ _____ โวลต์

<u>การหาสูตรศักดาไฟฟ้า</u>

จาก W (พลังงาน) = แรง x ระยะทาง

$W = F \times r$

$= K\frac{Qq}{r^2} \times r$

$= K\frac{Qq}{r}$

จากสูตรศักดาไฟฟ้า $V = \frac{W}{q}$

$= K\frac{Qq}{r} \times \frac{1}{q}$

$$\boxed{V = K\frac{Q}{r}}$$

---

คำตอบหน้า 102

1. อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่จากศักดาต่ำไปศักดาสูง
2. 75 โวลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตัวอย่าง</u> จุด ก และ ข อยู่ห่างประจุ $+1 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์เป็นระยะ 10 และ 20 ซม. ตามลำดับ จงหา

ก. ศักดาไฟฟ้าที่จุด ก

ข. ศักดาไฟฟ้าที่จุด ข และ ความต่างศักย์ระหว่างจุด ก และ ข

<u>วิธีทำ</u> ก.

$$V_{ก} = K\frac{Q}{r_{ก}}$$

$$= \frac{9 \times 10^{9} \times 1 \times 10^{-8}}{10 \times 10^{-2}}$$

$$= 9 \times 10^{2} \text{ โวลต์}$$

ข.

$$V_{ข} = K\frac{Q}{r_{ข}}$$

$$= \frac{9 \times 10^{9} \times 1 \times 10^{-8}}{20 \times 10^{-2}}$$

$$= 4.5 \times 10^{2} \text{ โวลต์}$$

ค.

$$V_{กข} = V_{ก} - V_{ข}$$

$$= (9 \times 10^{2}) - (4.5 \times 10^{2})$$

$$= 4.5 \times 10^{2} \text{ โวลต์}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 103

1. 50 โวลต์
2. 8 โวลต์

โจทย์ข้อ 1 จุด ก และ ข ห่างประจุ $-1 \times 10^{-8}$ คูลอมย์เป็นระยะ 30, 50 ซม. ตามลำดับ จงหา

ก. ความต่างศักดา ไฟฟ้าระหว่าง จุด ก และ ข

วิธีทำ

---

ข. งานที่ต้องทำในการนำประจุ $4 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์จาก ก ไปยัง ข

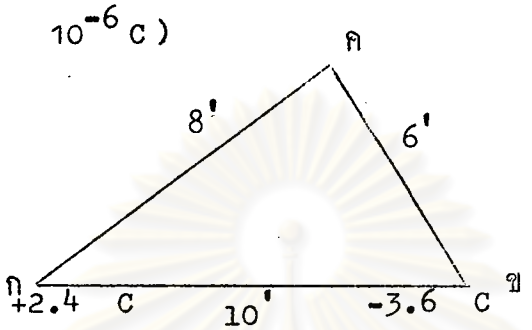
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

เนื่องจากศักดาไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์ มีแต่ขนาด ไม่มีทิศทาง เราจึงไม่ต้องคำนึงถึงทิศทาง สามารถหาค่าศักดาไฟฟ้าแล้วนำปริมาณศักดาไฟฟ้ามารวมกันได้โดยตรง

<u>โจทย์ข้อ 2</u> ตัวนำทรงกลมเล็ก ๆ ก และ ข วางห่างกัน 10 ซม. มีประจุ 2.4 C และ -3.6 C ที่จุด ค ห่าง ก 8 ซม. ห่าง ข 6 ซม. จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด ค

( 1 C = $10^{-6}$ C )




<u>แนวคิดที่จุด</u> ค จะมีแรงกระทำ 2 ทาง คือ จากจุด ก และ ข

<u>วิธีทำ</u> $V_ค$ ( เนื่องจากประจุที่ ก ) = $K\frac{Q}{r_ก}$

=

$V_ค$ ( เนื่องจากประจุที่ ข ) = $K\frac{Q}{r_ข}$

V รวม =

---

คำตอบหน้า 105

1. ก. $1.2 \times 10^{2}$ โวลต์

ข. $4.8 \times 10^{-4}$ จูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศักดาไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม

ตัวนำทรงกลมไม่ว่ากลวงหรือตัน จะมีประจุอยู่เฉพาะที่ผิวนอกเท่านั้น และศักดาไฟฟ้าภายในทรงกลม นับแต่ผิวนอกเข้าไป ศักดาไฟฟ้าจะเท่ากันหมดทุกจุด

การคำนวณจากสูตร $V = K\frac{Q}{r}$

เมื่อเป็นตัวนำทรงกลม r คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงจุดนั้น
ถ้าหาศักดาที่ผิวทรงกลม

คำถามที่ 1. r คือ _____

ตัวอย่าง ทรงกลมโลหะรัศมี 15 ซม, มีประจุ + $5 \times 10^{-12}$ คูลอมบ์ ซึ่งอยู่ที่ผิวนอก จงหาศักดาไฟฟ้าที่จุด

ก. ห่างจุดศูนย์กลาง 18 ซม.

ข. ห่างจุดศูนย์กลาง 10 ซม.

วิธีทำ ก.
$$V = K\frac{Q}{r}$$
$$= \frac{9 \times 10^{9} \times 5 \times 10^{-12}}{18 \times 10^{-2}}$$
$$= 2.5 \times 10^{-1} \text{ โวลต์}$$

ข. เนื่องจากศักดาไฟฟ้าภายในทรงกลมมีค่าเท่ากับ ศักดาไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม

$\therefore r = 15$ ซม.

$$V = K\frac{Q}{r}$$
$$= \frac{9 \times 10^{9} \times 5 \times 10^{-12}}{15 \times 10^{-2}}$$
$$= 3 \times 10^{-1} \text{ โวลต์}$$

---

คำตอบหน้า 106

โจทย์ข้อ 2. $8.1 \times 10^{5}$

<u>โจทย์ข้อ 3.</u> ทรงกลมโลหะลูกหนึ่งรัศมี 10 ซม. มีประจุ $-1 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ อยู่บนผิวนอกของทรงกลมโลหะ จงหาศักาดไฟฟ้าที่จุด

ก. ที่ผิวทรงกลม

ข. ที่จุดห่างจุดศูนย์กลางของทรงกลม 12 ซม.

ค. ห่างจุดศูนย์กลางของทรงกลม 8 ซม.

<u>วิธีทำ</u> ก.

ข.

ค.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 107

1. $r$ คือ รัศมีของทรงกลม

<u>โจทย์ข้อที่ 4.</u> ทรงกลมโลหะลูกหนึ่ง มีประจุอยู่ที่ผิว $+2 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ รัศมี 20 ซม. จุด ก เป็นจุดที่อยู่ห่างจุดศูนย์กลางของทรงกลม 40 ซม. จงหา

ก. ศักดาไฟฟ้าที่จุด ก

ข. ความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุด ก

<u>วิธีทำ</u> ก.

ข.

---

<u>ศักย์ไฟฟ้าศูนย์</u> หมายถึงตำแหน่งหรือจุดที่มีค่าศักดาทางไฟฟ้าเป็นศูนย์ ตำแหน่งทางไฟฟ้าที่เราถือว่ามีค่าศักย์ไฟฟ้าศูนย์คือ

1. ระยะที่ไกลจากวัตถุที่มีประจุมาก ๆ คือ มีระยะอนันต์

เช่น $V = K\frac{Q}{r}$ เมื่อ $r = \infty$

$= K\frac{Q}{r} = 0$

---

คำตอบหน้า 108

โจทย์ข้อที่ 3 ก. $9 \times 10^2$ โวลต์

ข. $\frac{3}{4} \times 10^3$ โวลต์

ค. $9 \times 10^2$ โวลต์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

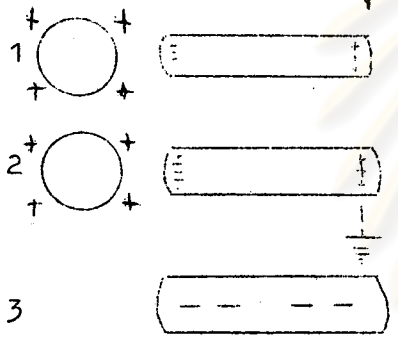


2. โลก เพราะโลกมีขนาดใหญ่มาก เราไม่สามารถเปลี่ยนแปลงศักย์ของโลกได้ง่าย ไม่ว่าเราจะเอาประจุออกหรือ ให้ประจุกับโลก ศักย์ไฟฟ้าของโลกก็ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง จึงถือว่าโลกมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

<u>คำถามที่ 1.</u> เหตุใดจึงถือกันว่าตำแหน่งระยะอนันต์มีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

การต่อสายตัวนำลงดิน เราเรียกว่าการต่อสายดิน (Earth) ใช้สัญญลักษณ์ เราถือว่าจุดที่ต่อสายดินนั้นมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

เช่น เราให้วัตถุหนึ่ง ถูกเหนี่ยวนำโดยประจุบวก ประจุลบบนวัตถุจะถูกดูดมาอยู่ใกล้กับประจุ ส่วนประจุบวกจุถูกผลักแยกไปอยู่คนละด้าน เมื่อเราต่อสายดินด้านประจุบวกของวัตถุ อิเลคตรอนจากดินจะวิ่งขึ้นไปทำลายอำนาจประจุบวกหมด จนวัตถุมีศักดาเท่ากับดิน คือวัตถุมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เท่ากับดิน เมื่อเอา ประจุเหนี่ยวนำออกพร้อมๆ กับสายดิน วัตถุนี้จะมีประจุลบอิสระอยู่และขณะนี้วัตถุจะมีศักดาเป็นลบ




<u>คำถามที่ 2.</u> ถ้าเราต้องการให้วัตถุชิ้นหนึ่งมีศักดาเป็นบวกเราจะทำอย่างไร

<u>สนามไฟฟ้ากับความต่างศักย์</u>

จาก $E = K\frac{Q}{r^2}$ .....(1) เมื่อ r = ระยะจากประจุถึงจุดที่ต้องการหา

$V = K\frac{Q}{r}$ .....(2) เมื่อ r = ระยะจากประจุถึงจุดที่ต้องการหา

---

คำตอบหน้า 109

โจทย์ข้อ 4 ก. $4.5 \times 10^2$

ข. $\frac{9}{8} \times 10^3$

แทนค่า V ใน (1) $E = \frac{V}{r}$

| สนามไฟฟ้า | = | ความต่างศักย์ / ระยะทาง |
|---|---|---|

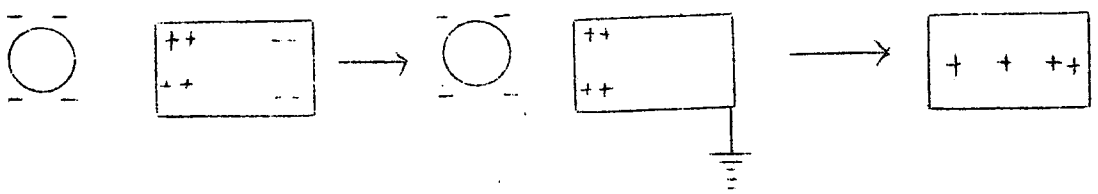
<u>โจทย์ข้อที่ 5.</u> จุด ก และ ข ห่างประจุ + 2 x $10^{-6}$ คูลอมบ์ เป็นระยะ 10 ซม. และ 40 ซม. ตามลำดับ จงหาค่าสนามไฟฟ้าระหว่างจุดทั้งสอง

<u>วิธีทำ</u>

---

คำตอบหน้า 110 1. เพราะไกลจนเราไม่สามารถหาค่าศักย์ไฟฟ้าได้

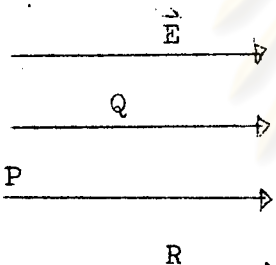
2. ใช้ประจุลบเป็นประจุเหนี่ยวนำ (จะเกิดประจุบวกขึ้นบนวัตถุด้านที่ใกล้กับประจุเหนี่ยวนำ และเกิดประจุลบที่ด้านตรงข้าม เมื่อต่อสายดินที่ด้านประจุลบ อิเลคตรอนจะวิ่งลงไปสู่ดิน จนกระทั่งศักดาไฟฟ้าของวัตถุเป็นศูนย์เท่ากับดิน เมื่อนำสายดินออกพร้อม ๆ กับวัตถุก็จะเหลือประจุบวกอิสระอยู่ และมีศักดาเป็นบวก)



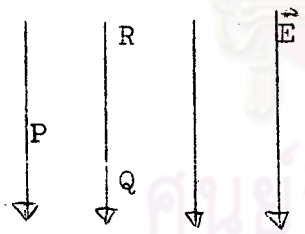
<u>โจทย์ข้อที่ 6.</u> แผ่นโลหะขนานสองแผ่นห่างกัน 4 ซม. มีความต่างศักดา 1600 โวลต์ จะมีความเข้มไฟฟ้าระหว่างแผ่นทั้งสองเท่าไร

<u>วิธีทำ</u>

ในสนามสม่ำเสมอ $\vec{E}$ ถ้ามีจุด P และ Q และ R อยู่ในสนาม ดังรูป

ก. 


ที่จุด P มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุด

ข. 


ในสนามสม่ำเสมอทิศทางดิ่งลง

R จะมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าจุดอื่น ๆ

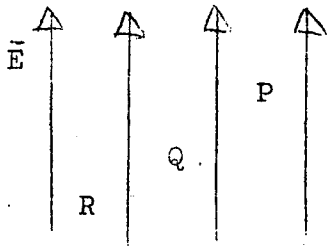
---

คำตอบหน้า 111

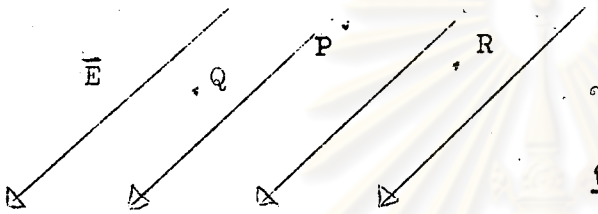
โจทย์ข้อที่ 5. $4.5 \times 10^5$ นิวตัน/คูลอมบ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.




ในสนามสม่ำเสมอทิศดิ่งขึ้น
ที่จุด R มีศักย์ไฟฟ้าสูงสุด




ในสนามสม่ำเสมอดังรูป

<u>คำถามที่ 1.</u> ศักย์ไฟฟ้าที่จุดใดมีค่าสูงสุด

<u>คำถามที่ 2.</u> ท่านสังเกตได้อย่างไรว่าจุดใดมีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงหรือต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 112

โจทย์ข้อ 6. $4 \times 10^4$ นิวตัน/คูลอมบ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 113

1. จุด P
2. จุดที่อยู่ปลายลูกศร ซึ่งมีระยะทางใกล้กับต้นกำเนิดสนามไฟฟ้ากว่าจุดอื่น ๆ

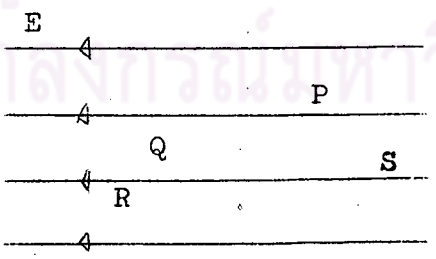
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.

1. อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่จากศักดา _____ ไปศักดา _____ เสมอ
2. สัญญลักขณ์ ⏚ หมายถึง _____
3. จูล เป็นหน่วยของสัญญลักขณ์ข้อใด

   ก. V ข. E

   ค. F ง. W
4. ศักดาไฟฟ้าเป็นปริมาณชนิดใด

   ก. เวคเตอร์ ข. สเกลาร์
5. จุด ก และ ข อยู่ห่างประจุ $-1 \times 10^{-8}$ คูลอมย์ เป็นระยะ 5 ซม. และ 9 ซม. ตามลำดับ จงหาศักดาไฟฟ้าที่จุด ก
6. จากโจทย์ข้อ 5. จงหาความต่างศักย์ระหว่างจุด ก และ ข
7. ทรงกลมโลหะลูกหนึ่งรัศมี 15 ซม. มีประจุ $-5\ \mu C$ ซึ่งอยู่ที่ผิวนอก จงหาศักดาไฟฟ้าที่จุดห่างจุดศูนย์กลาง 10 ซม. ( 1 ไมโครคูลอมบ์ ($\mu C$) = $10^{-6}$ คูลอมบ์( C) )
8. ถ้าเราต้องการให้วัตถุชิ้นหนึ่งมีประจุบวก จะทำอย่างไร
9. เรานิยมใช้ลวดตัวนำต่อสายดิน เราจะใช้มือเราแตะกับวัตถุนั้นแทนได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
10. 




จากรูป จุดใดมีศักดาไฟฟ้าสูงที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# หน่วยที่ 5 : ความจุไฟฟ้า

<u>วัตถุประสงค์ทั่วไป</u> จะกล่าวถึงความจุไฟฟ้า ลักษณะของเครื่องควบแน่น และการต่อวงจร

<u>ความรู้พื้นฐาน</u> เรียนหน่วยที่ 4.แล้ว

<u>วัตถุประสงค์ของการเรียน</u>

1. บอกได้ว่าความจุไฟฟ้าคืออะไร
2. อธิบายหลักการเก็บประจุไฟฟ้าของเครื่องควบแน่นได้
3. บอกได้ว่าเครื่องควบแน่นมีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
4. สามารถคำนวณหาค่า Q, C หรือ V ได้ ถ้ากำหนดค่าที่เหลืออีกสองค่าให้
5. บอกได้ว่าความจุไฟฟ้าของเครื่องควบแน่นขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง
   ก. พื้นที่ของแผ่นโลหะที่ขนานกัน
   ข. ระยะระหว่างแผ่น
   ค. ขนาดของทรงกลม
6. อธิบายถึงประโยชน์ของเครื่องควบแน่นได้
7. สามารถคำนวณหาค่า Q , C หรือ V ในการต่อเครื่องควบแน่นแบบต่าง ๆ ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทเรียน

## ความจุไฟฟ้า

ตัวนำที่มีประจุไฟฟ้า ประจุจะกระจายอยู่บนผิวของตัวนำนั้น อัตราส่วนระหว่างประจุบนตัวนำ ต่อ ค่าศักย์ไฟฟ้าของตัวนำนั้น เราเรียกว่าเป็นความสามารถในการรับประจุไฟฟ้า หรือเป็นความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งเราถือว่านั่นคือ <u>ความจุไฟฟ้า</u> ของตัวนำนั้นนั่นเอง เราใช้สัญญลักษณ์ว่า C จากคำนิยามเราเขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$C = \frac{Q}{V}$$

<u>คำถามที่ 1.</u> ความจุไฟฟ้าคือ _____

<u>หน่วยที่ใช้</u>

Q = ประจุไฟฟ้า หน่วยเป็น คูลอมบ์
V = ศักดาไฟฟ้า หน่วยเป็น โวลต์
C = ความจุไฟฟ้า หน่วยเป็น ฟารัด

ความจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็น <u>ฟารัด</u> (F) แต่ฟารัดเป็นหน่วยใหญ่มาก จึงนิยมแยกเป็นหน่วยเล็ก ๆ ลงไปอีก เช่น ไมโครฟารัด ($\mu$F)

$$1\,\mu F = 10^{-6}\ F$$

สำหรับตัวนำทรงกลม ค่าศักดาไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของประจุไฟฟ้าบนตัวนำ และขนาดของตัวนำทรงกลม

จาก $V = K\frac{Q}{r}$

แต่ $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{K\frac{Q}{r}}$

$$C = \frac{r}{K}$$

<u>คำถามที่ 1.</u> จากสูตร $C = \frac{r}{K}$ หมายความว่า ความจุไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมขึ้นอยู่กับอะไรเป็นสำคัญ

<u>ตัวอย่าง</u> ถ้าตัวนำทรงกลมมีประจุ $2 \times 10^{-2}$ คูลอมบ์ เกิดศักดาไฟฟ้า $4 \times 10^{3}$ โวลต์ ตัวนำนี้มีความสามารถในการเก็บประจุเท่าไร

<u>วิธีทำ</u> จากสูตร $C = \frac{Q}{V}$

แทนค่า $C = \frac{2 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{3}}$

$= 0.5 \times 10^{-5}$ ฟารัด

<u>ตัวอย่าง</u> โลหะทรงกลมรัศมี 10 ซม. มีศักดาไฟฟ้า $4 \times 10^{3}$ โวลต์ จะมีความจุเท่าไร

<u>วิธีทำ</u> จากสูตร $C = \frac{r}{K}$

แทนค่า $= \frac{10 \times 10^{-2}}{9 \times 10^{9}}$

$= \frac{1}{9} \times 10^{-10}$ ฟารัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 117

1. ความจุไฟฟ้าคือความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้าของวัตถุ

<u>โจทย์ข้อที่ 1.</u> ลูกกลมโลหะเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 10 ซม. ได้รับประจุ $5 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ลูกกลมโลหะมีความจุเท่าไร

<u>วิธีทำ</u>

<u>โจทย์ข้อที่ 2.</u> วัตถุชิ้นหนึ่งได้รับประจุ $2 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ ทำให้ศักดาเพิ่มจาก 10 เป็น 30 โวลต์ ถามว่า วัตถุชิ้นนี้มีความจุไฟฟ้าเท่าไร

<u>วิธีทำ</u>

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

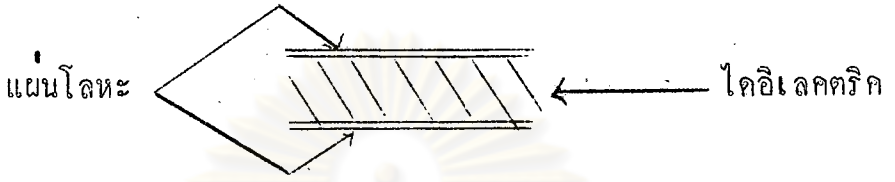
คำตอบหน้า 118

1. ขึ้นอยู่กับขนาดของทรงกลมและค่าคงตัวไดอิเลกตริกของสารที่ใช้

<u>เครื่องควบแน่น</u> คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บประจุไฟฟ้า

<u>ส่วนประกอบของเครื่องควบแน่น</u>

เครื่องควบแน่นประกอบด้วยแผ่นตัวนำขนานกัน กั้นกลางไว้ด้วยไดอิเลคตริก

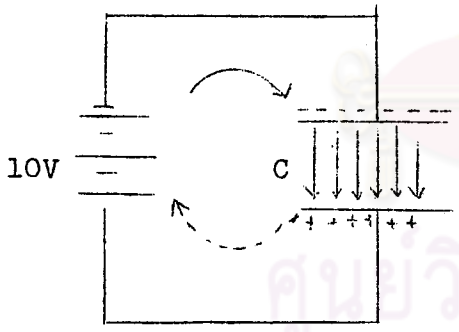



รูปที่ 1.

<u>คำถามที่ 1.</u> ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องควบแน่นมีอะไรบ้าง

<u>การเก็บประจุไฟฟ้า</u>

เมื่อเราต่อเครื่องควบแน่นเข้ากับแบตเตอรี่หรือเซลไฟฟ้า ดังรูปที่ 2. อิเลคตรอนจากขั้วลบจะวิ่งไปยังแผ่นโลหะ ก. ในเวลาเดียวกันประจุบวกจากขั้วบวกจะดูดอิเลคตรอนอิสระจากแผ่นโลหะ ข.ไป ทำให้แผ่นโลหะ ข.ขาดอิเลคตรอน ดังนั้น แผ่นโลหะ ก.จะมีประจุลบ และแผ่นโลหะ ข.จะมีประจุบวก โดยมีปริมาณของประจุเท่ากัน เกิดความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองขึ้น ทำให้มีสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะผ่านไดอิเลคตริก ดังรูป 2.



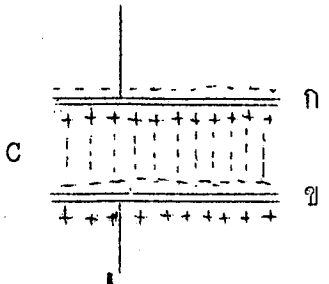

---

คำตอบหน้า 119

โจทย์ข้อ 1. $5/9 \times 10^{-11}$ ฟารัด

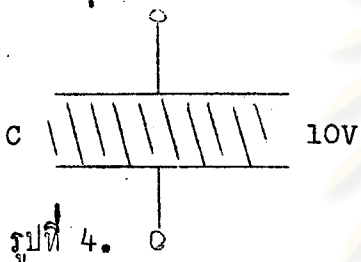
โจทย์ข้อ 2. $1 \times 10^{-5}$ ฟารัด

จากโจทย์ข้อ 2 เราใช้ V 20 เนื่องจากเราคิดว่าวัตถุนี้เดิมจะต้องมีประจุอยู่ก่อนจึงมีศักดาอยู่10 หน่วย เมื่อได้รับประจุเพิ่ม ศักดาไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้นอีก 20 เป็น 30 หน่วย ค่าของประจุเดิมเราไม่ทราบ ในการคิดเราจึงใช้เฉพาะสิ่งที่เพิ่มขึ้น คือประจุที่ได้รับเพิ่มมา $2 \times 10^{-4}$ คูลอมบ์ และศักดาไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก 20 หน่วย




รูปที่ 3.

ความเข้มของสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง จะเหนี่ยวนำอิเลคตรอนและโปรตอนของไดอิเลคตริคให้แยกจากกัน ดังรูปที่ 3. เมื่อแผ่นโลหะทั้งสองยังคงได้รับประจุเพิ่มขึ้น ความเข้มของ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะมีมากขึ้น ประจุของไดอิเลคตริคก็จะถูกเหนี่ยวนำให้มีมากขึ้น จนกระทั่งศักดาของเครื่องควบแน่นเท่ากับศักดาไฟฟ้าของแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าก็จะหยุดไหล




รูปที่ 4.

เมื่อนำแบตเตอรี่ออกไปแล้ว ประจุไฟฟ้าก็ยังคงสะสมอยู่ในไดอิเลคตริค เพราะประจุไฟฟ้าไม่สามารถเคลื่อนหนีออกจากไดอิเลคตริคได้ ขณะนี้เครื่องควบแน่นก็จะมีศักดาไฟฟ้า 10 โวลต์ เท่าแบตเตอรี่

สัญญลักษณ์ของเครื่องควบแน่นเราเขียนได้ดังนี้

<u>คำถาม</u> 1. เครื่องควบแน่นคือ _____

2. ประจุไฟฟ้าถูกสะสมอยู่ในเครื่องควบแน่นได้อย่างไร

3. จงเขียนสัญญลักษณ์ของเครื่องควบแน่น

<u>แบบต่าง ๆ ของเครื่องควบแน่น</u>

1. <u>แบบแผ่นโลหะ 2 แผ่นขนาน</u> ประกอบด้วยแผ่นโลหะขนาดเท่ากัน วางขนานกันระหว่างแผ่นทั้งสองกั้นด้วยไดอิเลคตริค เช่น กระดาษ ไมก้า อากาศ หรือ เซรามิค ซึ่ง

---

คำตอบหน้า 120

1. แผ่นโลหะ และ ไดอิเลคตริค

เราอาจเรียกชื่อเครื่องควบแน่นเหล่านี้ตามชนิดของไดอิเลคตริก คือ เครื่องควบแน่นแบบกระดาษ เครื่องควบแน่นแบบไมก้า เครื่องควบแน่นแบบเซรามิค เป็นต้น ซึ่งเครื่องควบแน่นเหล่านี้มักมีลักษณะคล้ายกับแผ่นโลหะหลายแผ่นขนานกัน เนื่องจากเรานิยมม้วนแผ่นโลหะคู่นี้เป็นม้วนเล็ก ๆ รูปทรงกระบอก ขนาดต่าง ๆ กัน

2. <u>เครื่องควบแน่นแบบเปลี่ยนความจุได้</u> ประกอบด้วยแผ่นโลหะขนาน 2 ชุดๆ ละ หลาย ๆ แผ่น แต่ละแผ่นมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ชุดหนึ่งติดอยู่กับที่ อีกชุดหนึ่งหมุนได้ โดยการหมุนให้แผ่นโลหะทั้งสองชุดซ้อนกันมากหรือน้อยก็ได้ ซึ่งจะทำให้พื้นที่ที่ซ้อนกันเปลี่ยนแปลงไป ถ้าพื้นที่ซ้อนกันน้อย ความจุก็มีน้อย ถ้าพื้นที่ซ้อนกันมาก ความจุก็มีมากด้วย เครื่องควบแน่นแบบนี้มักใช้ในเครื่องรับวิทยุ มีหน้าที่สำหรับเลือกคลื่นวิทยุ หรือ เป็นจูนเนอร์ เมื่อเราหมุนจูนเนอร์หาสถานีต่าง ๆ ก็คือเราหมุนเครื่องควบแน่นเข้าหรือออก ให้มีความจุต่าง ๆ กันนั่นเอง

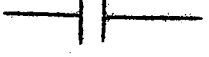
3. <u>เครื่องควบแน่นแบบอิเลคโตรไลติค</u> ประกอบด้วยแผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น ขนานกัน จุ่มลงในสารละลายอิลเคโตรไลต์ เมื่อต่อแผ่นอลูมิเนียมทั้งสองเข้ากับขั้วบวก-ลบ ของแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหล จะเกิดอลูมิเนียมออกไซด์ขึ้น และเกาะกับแผ่นอลูมิเนียมที่ต่อกับขั้วบวก จนกระทั่งเป็นแผ่นบาง ๆ กลายเป็นฉนวนกั้นระหว่างแผ่นอลูมิเนียมทั้งสอง ซึ่งขณะนี้อลูมิเนียมออกไซด์ทำหน้าที่เป็นไดอิเลคตริค และแผ่นอลูมิเนียมเป็นเครื่องควบแน่นแบบแผ่นโลหะขนาน โดยทั่วไปเครื่องควบแน่นแบบนี้จะม้วนเป็นแท่งทรงกระบอก เวลาใช้ต้องให้แผ่นที่เป็นบวกต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่เสมอ ซึ่งเรานำมาใช้ในวงจรวิทยุ โทรทัศน์ เพราะมีขนาดเล็ก แต่มีความจุมาก และทนต่อความต่างศักย์สูง

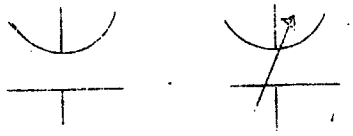
---

คำตอบหน้า 121

1. เครื่องควบแน่นคืออุปกรณ์สำหรับเก็บประจุไฟฟ้า

2. โดย เมื่อให้ประจุแก่เครื่องควบแน่นแล้ว จะเกิดประจุบนแผ่นโลหะ และเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้นบนไดอิเลคตริคซึ่งกั้นอยู่ระหว่างแผ่นโลหะ และถูกสะสมไว้ที่นั่น เนื่องจากประจุไฟฟ้าไม่สามารถผ่านออกไปจากไดอิเลคตริคได้

3. 



ก. เครื่องควบแน่นแบบธรรมดา ข. แบบเปลี่ยนความจุได้

รูปที่ 5.

<u>คำถาม</u> 1. เครื่องควบแน่นที่ทำหน้าที่เป็นจูนเนอร์ของเครื่องรับวิทยุเป็นแบบใด

2. เหตุใดจึงนิยมใช้เครื่องควบแนนแบบอิเลคโตรไลติคในวงจรวิทยุ

เครื่องควบแน่นจะมีความจุมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1. <u>ระยะห่างระหว่างแผ่น</u> ถ้าระยะห่างระหว่างแผ่นทั้งสองน้อย ความเข้มไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะจะมีมาก สามารถเหนี่ยวนำประจุของไดอิเลคตริคได้มากขึ้นด้วย ดังนั้นเครื่องควบแน่นจะมีความจุมาก ถ้าระยะระหว่างแผ่นโลหะมาก ความจุก็จะน้อย

2. <u>พื้นที่ที่ขนานกันของแผ่นโลหะ</u> ถ้าแผ่นโลหะมีพื้นที่ที่ขนานกันน้อยหรือซ้อนกันน้อย ความจุจะมีน้อย

<u>คำถาม</u> 3. ความจุของเครื่องควบแน่น ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของแผ่นโลหะ หรือเฉพาะพื้นที่ที่ซ้อนกัน

<u>ในการคำนวณหาค่าความจุของเครื่องควบแน่นแบบแผ่นขนาน</u>

$C \propto A$ เมื่อ A = พื้นที่ที่ขนานกันของโลหะแต่ละแผ่น

$C \propto \frac{1}{d}$ d = ระยะระหว่างแผ่น

$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$ $\varepsilon_0$ = สมบัติประจำตัวทางไฟฟ้าสถิตย์ของวัตถุ ถ้าในอากาศ $8.85 \times 10^{-12}$ ฟารัด/เมตร

$\therefore$ $\boxed{C = 8.85 \times 10^{-12} \frac{A}{d}}$

ตัวอย่าง จงหาความจุของเครื่องควบแน่นแบบแผ่นโลหะ 2 แผ่นขนาน ซึ่งพื้นที่ของแต่ละแผ่นเท่ากับ 2 ตารางเมตร ห่างกัน 1 ซม.

วิธีทำ จากสูตร $C = 8.85 \times 10^{-12}$

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 2}{1 \times 10^{-2}}$$

$$= 1{,}770 \times 10^{-12}$$

หมายเหตุ ถ้าโจทย์ไม่บอกค่าไดอิเลคตริคให้ ถือว่าเครื่องควบแน่นเป็นแบบอากาศ และโจทย์ไม่บอกพื้นที่ที่ขนานกัน เราถือว่า พื้นที่ของแผ่นโลหะทั้งแผ่น ขนานกัน

โจทย์ข้อ 1. แผ่นโลหะสองแผ่นวางห่างกัน 1 มม. ( $10^{-3}$ เมตร) จะต้องมีขนาดเท่าไร จึงจะมีความจุ 1 ฟารัด

วิธีทำ

---

คำตอบหน้า 123

1. แบบเปลี่ยนความจุได้

2. เพราะมีขนาดเล็ก ความจุมาก และทนต่อความต่างศักย์สูง ๆ สะดวกในการนำมาใช้ต่อในวงจรวิทยุ

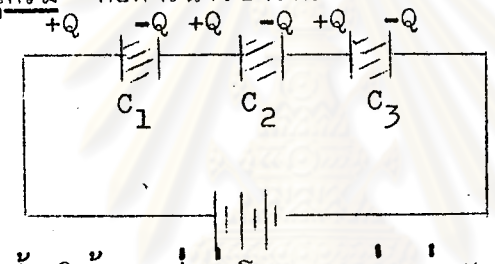
3. เฉพาะพื้นที่ที่ซ้อนกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โจทย์ข้อที่ 2. แผ่นโลหะ 2 แผ่นวางห่างกัน 1 มม. แต่ละแผ่นมีพื้นที่ 5 ซม.$^2$ จงคำนวณหาความจุของเครื่องควบแน่นนี้

## การต่อเครื่องควบแน่น

1. แบบอนุกรม คือการนำเอาเครื่องควบแน่นมาต่อเรียงกันไว้ในสายเดียวกัน ดังรูป




การต่อแบบนี้ทำให้ประจุที่แผ่นโลหะทุกแผ่นเท่ากัน เหมือนกับเป็นการเพิ่มความหนาของไดอิเลคตริค ดังนั้นค่าความจุ ของเครื่องควบแน่นจึงลดลง คือ ได้ว่า

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

เมื่อ $C_T$ คือ ความจุรวมของวงจร

Q คือ ประจุของแต่ละแผ่น ซึ่งเท่ากันหมดทุกแผ่น และเท่ากับประจุรวมด้วย

V คือ ความต่างศักย์ของเครื่องควบแน่น

จาก $C = Q/V$

$$V_1 = Q/C_1 \qquad V_2 = Q/C_2 \qquad V_3 = Q/C_3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

---

คำตอบหน้า 124

โจทย์ข้อ 1. $A = 113 \times 10^6$ ม$^2$

<u>คำถาม 1.</u> การต่อเครื่องควบแน่นแบบอนุกรม เหตุใดจึงมีความจุน้อยลง

<u>ตัวอย่าง</u> ต่อเครื่องควบแน่น 2 อัน ขนาด 0.02 x $10^{-6}$ฟารัด 500 โวลต์ แบบอนุกรม จงหาความจุของเครื่องควบแน่น

<u>วิธีทำ</u>

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$= \frac{1}{0.02} x_{10}{}^{-6} + \frac{1}{0.02} x_{10}{}^{-6}$$

$$= \frac{1}{0.01} x_{10}{}^{-6}$$

$$C_T = 0.01 x 10^{-6}$$

<u>โจทย์ข้อ 1.</u> เครื่องควบแน่น ก และ ข มีความจุ 2 และ 3 ไมโครฟารัดตามลำดับ ต่อกันอย่างอนุกรมระหว่างขั้วแบตเตอรี่แรงเคลื่อน 10 โวลต์ จงหา

ก. ความจุรวมของเครื่องควบแน่นทั้งสอง

ข. $V_{ก}$ และ $V_{ข}$

<u>วิธีทำ</u> ก.

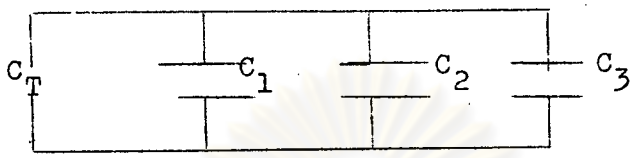
ข.

---

คำตอบหน้า 125

โจทย์ข้อ 2. 44.25 x $10^{-9}$ฟารัด

2. <u>การต่อแบบขนาน</u> คือการต่อแบบที่นำแผ่นบวกของแต่ละแผ่นไปรวมที่จุดเดียวกันและแผ่นลบของแต่ละแผ่นรวมที่จุดเดียวกัน ซึ่งเปรียบเหมือนการต่อที่เพิ่มพื้นที่ของแผ่นโลหะ ความจุจึงเพิ่มขึ้น




$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots\cdots$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots\cdots$$

ความต่างศักย์จะเท่ากันทุกสายไม่เปลี่ยนแปลง

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$V_T = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q_3}{C_3}$$

<u>คำถาม 1.</u> การต่อเครื่องควบแน่นแบบขนาน ทำไมความต่างศักย์ไม่เปลี่ยนแปลง

<u>ตัวอย่าง</u> เครื่องควบแน่น 2 อัน ขนาด 1 ไมโครฟารัด ต่อกันแบบขนาน และต่อกันกับแบตเตอรี่แรงเคลื่อนไฟฟ้า 300 โวลต์ จงหา

ก. ความจุรวม

ข. ความต่างศักย์ของแต่ละอัน

---

คำตอบหน้า 126

1. เพราะเป็นการเพิ่มความหนาของไดอิเลคตริก

โจทย์ข้อ 1. ก. $C = 6/5$ F

ข. $V_ก = 6$ โวลต์

$V_ข = 4$ โวลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วิธีทำ</u> ก. จาก $C_T = C_1 + C_2$

$= 1\mu F + 1\mu F$

$= 2\mu F$

ข. ความต่างศักย์ทุกสายเท่ากัน

$V_T = V_1 = V_2 =$ 300 โวลต์

<u>โจทย์ข้อ 1.</u> เครื่องควบแน่น ก และ ข มีความจุ 2 และ 3 ไมโครฟารัดตามลำดับ ต่อกันอย่างขนาน ต่อกับแบตเตอรี่แรงเคลื่อน 15 โวลท์ จงหา

ก. ความจุรวม

ข. ประจุไฟฟ้าของ ก และ ข

<u>วิธีทำ</u> ก.

ข.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 127

1. เพราะความต่างศักย์ของแต่ละสาย และความต่างศักย์รวมเป็นจุดคู่เดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

คำตอบหน้า 128

โจทย์ข้อ 1. ก. $5\ \mu F$

ข. $Q_{ก} = 30\ \mu C$

$Q_{ข} = 45\ \mu C$

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5

1. ความจุไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับข้อใดมากที่สุด
   ก. ศักดาไฟฟ้า ข. สนามไฟฟ้า
   ค. แรงระหว่างประจุ
2. ความจุของตัวนำทรงกลมขึ้นอยู่กับ _____
3. โลหะทรงกลมรัศมี 20 ซม. จะมีความจุเท่าใด
4. ข้อใดเป็นประโยชน์ของเครื่องควบแน่น
   ก. ควบคุมวงจรไฟฟ้าในบ้าน ข. สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้า
   ค. ใช้ในวงจรอิเลคทรอนิค ง. เป็นตัวเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้า
5. ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องควบแน่นคือ _____
6. จงเขียนสัญญลักษณ์ของเครื่องควบแน่น _____
7. เครื่องควบแน่นแบบเปลี่ยนความจุได้มีลักษณะอย่างไร
8. ทำไมจึงไม่นิยมใช้เครื่องควบแน่นแบบกระดาษในวงจรวิทยุ
9. การต่อเครื่องควบแน่นแบบใดที่จะได้ประจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้น
10. เครื่องควบแน่น ก และ ข มีขนาด $4 \times 10^{-10}$ ฟารัดเท่ากัน ต่อกับแบตเตอรี่แรงเคลื่อนไฟฟ้า 10 โวลต์ จงหาความจุรวมของเครื่องควบแน่นชุดนี้ เมื่อ
    ก. ต่อแบบอนุกรม
    ข. ต่อแบบขนาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## เฉลยแบบฝึกหัด

แบบฝึกหัดที่ 1

1. ก 2. ก 3. ข 4. ข 5. ค 9. ค

6. เกิดการขัดสีระหว่างหวีกับผม

7. คนเราเป็นสื่อไฟฟ้า

8. ประจุไฟฟ้าจากปลายร่มจะวิ่งผ่านตัวเราลงดิน

10. ไม่ได้

แบบฝึกหัดที่ 2

1. ข 2. ค 3. ค 4. ก 5. ค

6. ค 7. ง 8. ข 9. ค 10. ค

แบบฝึกหัดที่ 3

1. ข 2. ลบ 3. ก,ค 4. ไม่ 5. ได้

6. $13.5 \times 10^3$ นิวตัน/คูลอมบ์ 7. $3 \times 10^5$ นิวตัน/คูลอมบ์

8. ข 9. ก 10. ค

แบบฝึกหัดที่ 4

1. ต่ำไปสูง 2. การต่อสายดิน 3. ง 4. ข

5. $1.4 \times 10^3$ โวลต์ 6. $0.4 \times 10^3$ โวลต์

7. $3 \times 10^5$ โวลต์ 8. นำประจุบวกมาสัมผัสหรือประจุลบมาเหนี่ยวนำ

9. ได้เพราะมือเป็นตัวนำ 10. S

แบบฝึกหัดที่ 5

1. ก 2. รัศมี 3. $\frac{2}{9} \times 10^{-10}$ ฟารัด 4. ค

5. แผ่นโลหะขนานและไดอิเลคตริค 6. $\perp\!\!\!\top$ หรือ $\perp\!\!\!\top$

7. แผ่นโลหะ 2 ชุดขนานกัน ชุดหนึ่งหมุนได้ เมื่อเปลี่ยนพื้นที่ที่ขนานกัน

8. ไม่ทนต่อความต่างศักย์สูง ๆ ได้

9. ขนาน

10. ก. $2 \times 10^{-10}$ ฟารัด

ข. $8 \times 10^{-10}$ ฟารัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาววสุมดี นาคธร เกิดวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2495

วุฒิการศึกษา ครุศาสตร์บัณฑิต (คบ) จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2516

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน อาจารย์ 1 วิทยาลัยครูลำปาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย