

การทดลองที่ 5

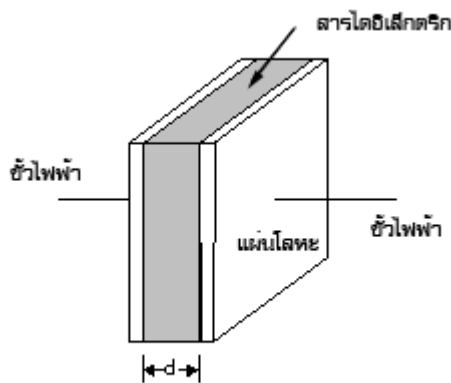
การคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาสมบัติการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
2. เพื่อหาค่าคงที่ของเวลา (Time Constant) ของวงจร RC
3. เพื่อหาค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

ทฤษฎี

ในวงจรไฟฟ้าและวงจรส่วนใหญ่มักจะประกอบด้วยตัวเก็บประจุด้วยเสมอ ซึ่งตัวเก็บประจุนี้ทำหน้าที่เก็บและคาย (Charge and Discharge) ประจุไฟฟ้าในวงจร ลักษณะของตัวเก็บประจุที่ใช้กันแพร่หลายและเป็นแบบง่ายที่สุด คือ ตัวเก็บประจุแบบแผ่นคู่ขนาน ซึ่งประกอบด้วย แผ่นโลหะตัวนำ 2 แผ่น วางขนานกันห่างกันน้อยมาก เมื่อเทียบกับพื้นที่ของแผ่นขนาน โดยมี ไดอิเล็กทริกอยู่ระหว่างกลาง ดังแสดงในรูป 1



รูปที่ 1

ค่าประจุไฟฟ้า (C) ของตัวเก็บประจุชนิดนี้ จะขึ้นกับพื้นที่ของแผ่นโลหะตัวนำ (A) และความหนา (d) ของสารไดอิเล็กทริก

$$\text{นั่นคือ} \quad C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (1)$$

เมื่อ ϵ คือสภาพยอมของไดอิเล็กทริก

$$\frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \epsilon_r \quad \text{คือสภาพยอมสัมพัทธ์ของไดอิเล็กทริก}$$

หรือ ค่าคงที่ของไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant) และ ϵ_0 คือ ค่าสภาพยอมของไดอิเล็กทริกที่

เป็นสุญญากาศมีค่าเท่ากับ $8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

การเก็บและการคายประจุไฟฟ้า

การเก็บประจุ

พิจารณาจากวงจรรูป 2 ซึ่งประกอบด้วยเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า E ความต้านทาน (R) และตัวเก็บประจุ (C) ต่อกันอย่างอนุกรม เมื่อสับสวิตช์ S ไปที่หมายเลข 1 จะได้ว่า ณ เวลา t ใดๆ ค่าประจุไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุจะมีสมการเป็น

$$Q = Q_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (2)$$

เมื่อ Q เป็นตัวจุประจุไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุ ณ เวลา t ใดๆ

$$Q_0 = EC \quad \text{เป็นค่าประจุสูงสุดบนตัวเก็บประจุ}$$

และถ้า $t = RC$ จะได้

$$Q = 0.63Q_0 \quad (3)$$

สมการที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่า RC (ค่าคงที่ของเวลาของวงจร RC) เป็นเวลาที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าใช้ในการเก็บประจุเก็บประจุได้ถึง 63% ของค่าสูงสุด

สำหรับกระแส (I) ที่ไหลในวงจร คือ

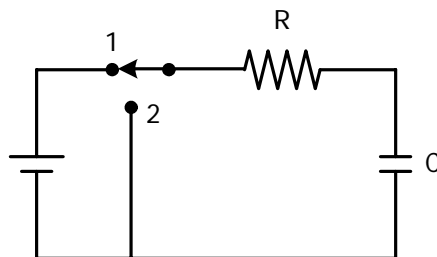
$$I = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4)$$

ส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้าตัวเก็บประจุ C คือ V_0

$$V_0 = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (5)$$

การคายประจุ

พิจารณาจากวงจรรูป 2



รูป 2

ถ้าสับสวิตช์ไปที่หมายเลข 2 หลังจากตัวเก็บประจุมีค่าสูงสุด (Q_0) หรือเมื่อ $V_0 = E$ แล้ว ตัวเก็บประจุก็จะคาย (Discharge) ประจุผ่านตัวต้านทาน R ทำให้ประจุไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุลดลง ดังนั้น ประจุที่เหลืออยู่บนตัวเก็บประจุ (Q) ณ เวลา t ใดๆ คือ

$$Q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (6)$$

และความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุคือ

$$V_C = Ee^{\frac{-t}{RC}} \quad (7)$$

ถ้า $t = RC$ แล้วจะได้

$$V_C = 0.37E \quad (8)$$

จากสมการที่ (7) ใส่ Log เข้าไปทั้งสองข้างจะได้

$$\begin{aligned} \text{Log}V_C &= \text{Log}Ee^{\frac{-t}{RC}} \\ &= \text{Log}E + \left(-\frac{t}{RC}\right)\text{Log}e \end{aligned}$$

แต่ $\text{Log}e = \text{Log}2.718 = 0.434$ ฉะนั้น

$$\text{Log}V_C = -0.434 \frac{t}{RC} + \text{Log}E$$

$$\text{หรือ } \text{Log}V_C = -\frac{0.434}{RC}t + \text{Log}E \quad (9)$$

เมื่อเทียบกับสมการ $y = mx + c$

จะได้ว่า y เทียบได้กับ $\text{Log}V_C$

m เทียบได้กับ $-\frac{0.434}{RC}$

x เทียบได้กับ t

และ C เทียบได้กับ $\text{Log}E$

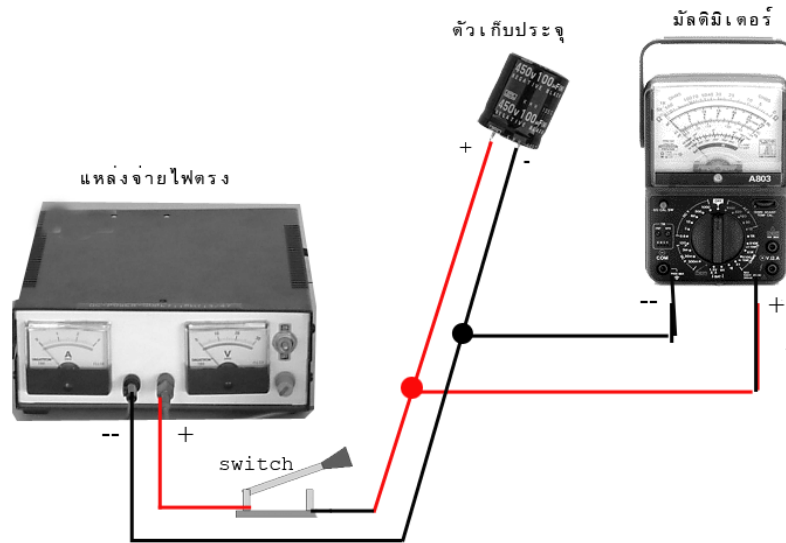
ดังนั้นก็สามารถหาค่า RC และ C ได้ โดยการเขียนกราฟ ระหว่าง V_C กับ t ซึ่งให้ V_C เป็นแกนตั้งและเป็นสเกลลอ็ก ส่วน t เป็นแกนนอนในสเกลมาตรฐาน เรียกกราฟชนิดนี้ว่า กราฟ Semi-Log

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---|-----------|
| 1. ตัวเก็บประจุขนาดประมาณ 30-100 μF ชนิด Electrolyte | 1 ตัว |
| 2. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดปรับค่าได้ | 1 เครื่อง |
| 3. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 4. นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |
| 5. สายไฟ | |

วิธีการทดลอง

1. จัดอุปกรณ์การทดลองดังรูป 3



รูป 3

- อ่านค่า C ข้างตัวถัง และค่า R ที่หน้าปัดของมัลติมิเตอร์ ในช่วงของการวัด 10 โวลต์ แล้วคำนวณ RC ในหน่วยวินาที
- ปิดสวิตช์ S เพื่อทำการเก็บประจุให้กับตัวเก็บประจุ (C) จนเต็มได้เต็มที่ตั้งเกตจาก $V_C = 10$ โวลต์
- ตั้งช่วงวัดบนมัลติมิเตอร์ เป็น 10 โวลต์ (DC) แล้วเปิดสวิตช์ S ให้ประจุคายออกจากตัวเก็บประจุ ผ่านความต้านทาน ของมัลติมิเตอร์จับเวลา (t) ในขณะที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (V_C) ลดลงช่วงละ 1 โวลต์ บันทึกผลในตารางที่ 1
- ทดลองในข้อ 4 ซ้ำจนครบ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
- เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_C และ t โดยอาศัยสมการที่ (9) ให้ V_C เป็นแกนตั้งบนสเกล Log และ t เป็นแกนนอนบนสเกลมาตรฐาน จากข้อมูลในตารางที่ 1 บนกระดาษ
- จากรูปกราฟที่ได้ตามข้อ 6 หาสมการคณิตศาสตร์ระหว่าง V_C และ t หาค่าคงที่เวลาของวงจร RC และหาค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ (C)
- เปรียบเทียบค่า C ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่อ่านได้จากค่าบนตัวเก็บประจุ (บริษัทผู้ผลิต) และค่า $t = RC$ จากการทดลองและคำนวณ

ใบบันทึกผลการทดลอง
การทดลองที่ 5 การคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

ชื่อผู้ทดลอง 1. รหัส กลุ่ม

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 2. รหัส กลุ่ม

3. รหัส กลุ่ม

4. รหัส กลุ่ม

ทำการทดลองวันที่ เวลา.....

ผลการทดลอง

ค่า $C = \dots\dots\dots \mu\text{F}$

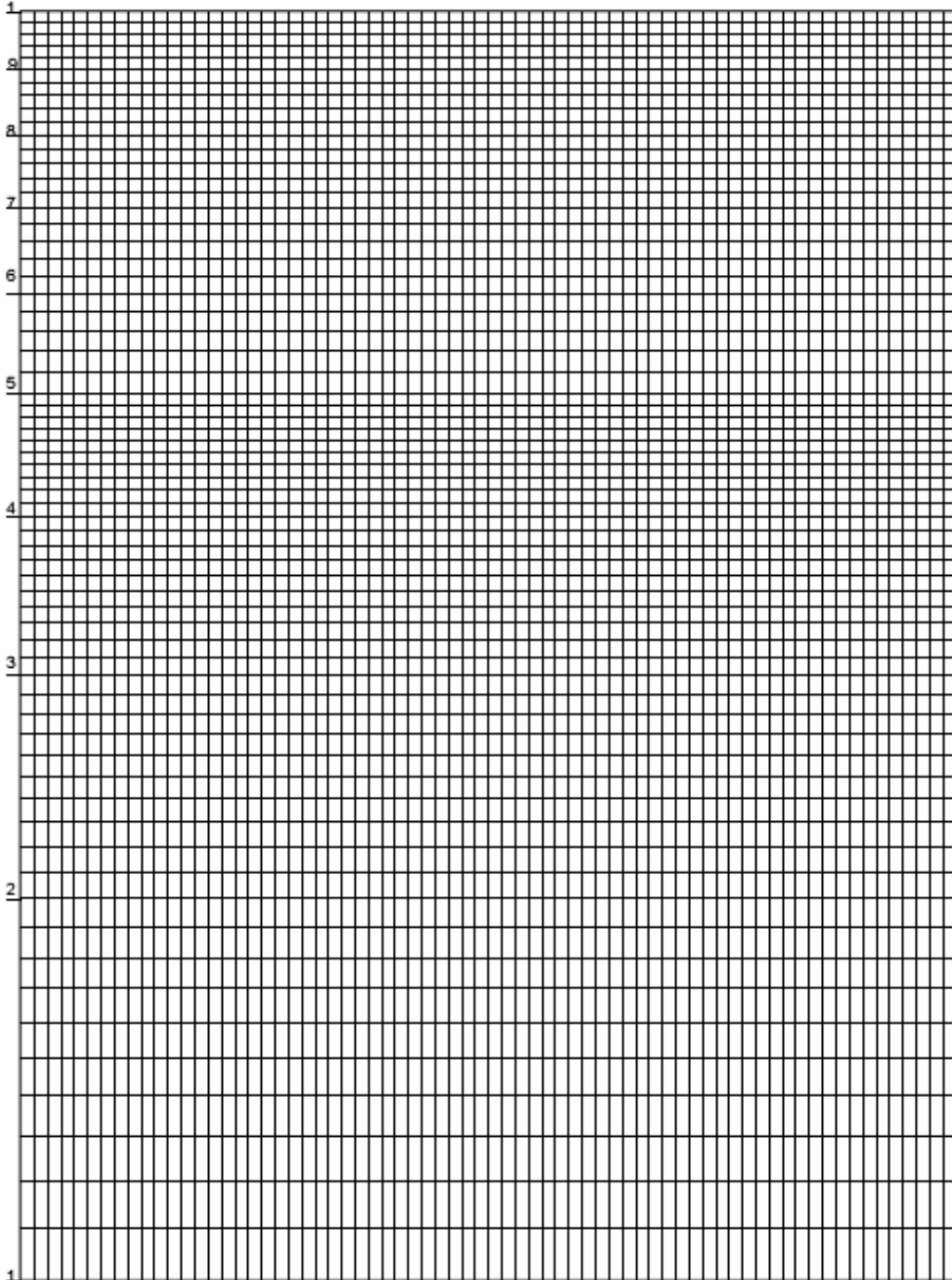
ตารางที่ 1 มัลติมิเตอร์ ช่วงวัด 10 โวลต์ (DC) มีความต้านทาน (R) =โอห์ม
 ซึ่งคำนวณค่า $t = RC$ ได้ =วินาที

V_C (Volt)	t (วินาที)			t เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				

ลงชื่อ.....อาจารย์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_0 และ t จากตารางที่ 1



Slope =

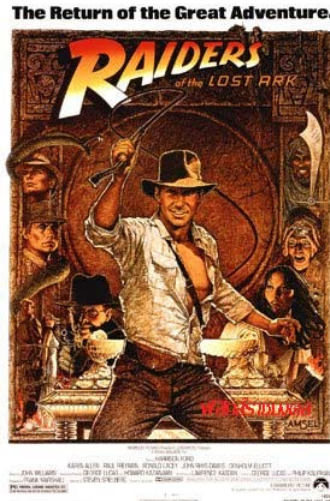
ค่าคงที่เวลาของวงจร (RC) =

ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ (C) =

<http://www.electron.rmutphysics.com/c>

ปริศนาหีบแห่งพันธสัญญา

ฟิลิกส์ราชมงคลขอนำท่านผู้อ่านไปพบกับหีบแห่งพันธสัญญา หรือ The Ark of Covenant เป็นหีบที่สร้างขึ้นตามพระบัญชาของพระเจ้า เพื่อเป็นที่บรรจุแผ่นหินจารึกบัญญัติ 10 ประการของพระองค์ ที่ประทานแก่มอเสสในระหว่างที่เขาพาพวกฮีบรูเร่ร่อนอยู่กลางทะเลทราย

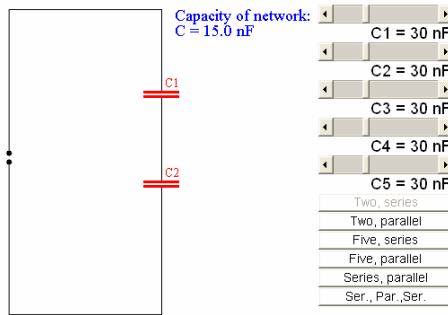


อ่านบทความในอินเทอร์เน็ตและตอบคำถามต่อไปนี้

1. ผู้คิดค้นขวดแก้วไลเดนคือ _____
2. ขวดแก้วไลเดน ความจุ 500 กรัม สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ _____ โวลต์



3. ตัวเก็บประจุเกี่ยวข้องอันใดกับการเป่าลูกโป่ง



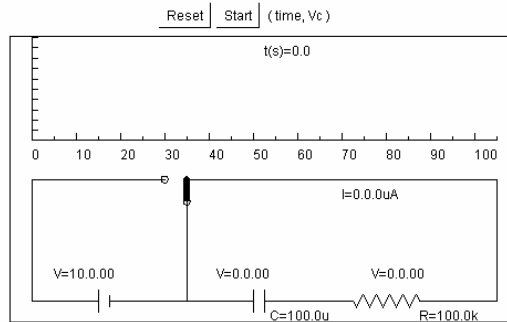
ในห้องทดลองเสมือนจริง

คำถาม (วาดรูปและใส่ค่าความจุไฟฟ้า)

1. ต่อตัวเก็บประจุ 5 ตัวแบบผสม โดยให้มีความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับ 18.508 nF

2. ต่อตัวเก็บประจุแบบใดก็ได้ โดยให้มีความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับ 15.757 nF

3. ในห้องทดลองนี้เราสามารถสร้างความจุไฟฟ้าได้สูงสุดและต่ำสุดเท่าไร



ในห้องทดลองเสมือนจริง

ให้กากบาทข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

- เมื่อกดสวิตช์ให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในตัวเก็บประจุ รูปกราฟจะมีลักษณะเป็นอย่างไร
 1. โค้งขึ้น
 2. โค้งลง
- เมื่อเปิดสวิตช์ให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวเก็บประจุ รูปกราฟจะมีลักษณะเป็นอย่างไร
 1. โค้งขึ้น
 2. โค้งลง
- เวลาคงที่ในการทดลองมีค่ากี่วินาที
 1. 8
 2. 9
 3. 10
- ให้ท่านทดลองหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าที่เวลาคงที่ ($t = RC$) ทั้งตอนกำลังเก็บประจุและคายประจุสังเกตเห็นอะไรจงอธิบาย

จากวิดีโอการเรียนการสอน

- ให้ท่านอธิบายการถ่ายเทพะจุอย่างรวดเร็วของตัวเก็บประจุในวิดีโอ



คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายข้อความต่อไปนี้

1.1 สารไดอิเล็กตริก

.....
.....
.....
.....
.....

1.2 ค่าคงที่เวลา (Time Constant) ของวงจร RC

.....
.....
.....
.....
.....

2. จงแสดงให้เห็นว่าค่า RC (ค่าคงที่ของเวลาของวงจร RC) เป็นเวลาที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าใช้ในการเก็บประจุได้ถึง 63% ของค่าสูงสุด

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. จงแสดงให้เห็นว่า RC (ค่าคงที่ของเวลาของวงจร RC) เป็นเวลาที่กระแสในวงจร ลดลงเหลือ 37% ของค่าสูงสุด หลังจากเกิดการคายประจุ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

