

การทดลองที่ 10

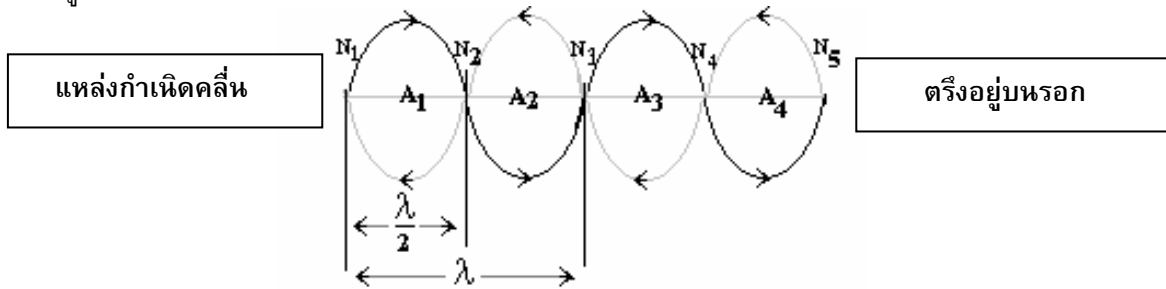
คลื่นนิ่งในเส้นเชือก

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความยาวคลื่นในเส้นเชือกที่สั้น
2. หาความถี่ในการสั่นของแหล่งกำเนิดคลื่น

ทฤษฎี

คลื่นนิ่งเกิดจากคลื่น 2 ขบวนที่มีความยาวคลื่น ความเร็วและแอมพลิจูดเท่ากัน เคลื่อนที่สวนทางกันในตัวกลางเดียวกัน คลื่นทั้งสองจะรวมกันโดยการแทรกสอด ตำแหน่งที่คลื่นแทรกสอดแบบเสริมกันจะมีการขจัดมากที่สุด เรียกว่า “ตำแหน่งปฏิบัพ” (antinode) และตำแหน่งที่แทรกสอดแบบหักล้างกันจะมีการขจัดน้อยที่สุด (เป็นศูนย์) เรียกว่า “ตำแหน่งบัพ” (node) ตัวอย่างเช่น คลื่นนิ่งบนเส้นเชือกที่ขึงตึงและปลายทั้งสองข้าง โดยปลายข้างหนึ่งผูกติดกับแหล่งกำเนิดคลื่น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งพาดอยู่บนรอก (เชือกต้องตึง) คลื่นนิ่งบนเส้นเชือกนี้เกิดจากคลื่นซึ่งเคลื่อนที่จากปลายเชือกข้างที่ผูกติดกับแหล่งกำเนิดไปถึงปลายที่ตรึงอยู่บนรอกแล้วจะสะท้อนกลับ โดยคลื่นสะท้อนจะมีเฟสตรงกันข้ามกับคลื่นเดิมที่เข้ากระทบแต่ยังคงมีความยาวคลื่น ความเร็ว และแอมพลิจูดเท่ากัน คลื่นสะท้อนจะรวมกับคลื่นขบวนใหม่ที่มาจากปลายเชือกที่ผูกติดกับแหล่งกำเนิดคลื่นเกิดเป็นคลื่นนิ่งมีตำแหน่งบัพ ปฏิบัพ และความยาวคลื่น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งบัพ ปฏิบัพ บนคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

- เมื่อ f คือ ความถี่ของคลื่น มีหน่วยเป็นเฮิรต (Hz)
 λ คือ ความยาวของคลื่น มีหน่วยเป็นเมตร (m)
 T คือ ความตึงในเส้นเชือก มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
 μ คือ มวลต่อความยาวของเส้นเชือก มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเมตร (kg/m)

ความสัมพันธ์ระหว่าง f , T และ λ ซึ่งแสดงไว้ในสมการดังต่อไปนี้

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1)$$

จากรูปที่ 1 จะเห็นเส้นเชือกทั้งเส้นแบ่งเป็น Loop โดยความยาวของ 1 Loop เท่ากับ $\lambda/2$ ถ้าให้ L คือ ความยาวของเส้นเชือกจากปลายที่ผูกติดกับแหล่งกำเนิดคลื่นถึงตำแหน่งที่ตรึงบนรอก (กึ่งกลางรอก) และ N คือ

จำนวน Loop ทั้งหมดของคลื่นนิ่งบนเส้นเชือกยาว L จะได้ว่า $N(\lambda/2) = L$ หรือ $1/\lambda = N/2L$ เมื่อแทนค่าลงไป
ในสมการที่ (1) จะได้

$$f = \left(\frac{N}{2L}\right)\sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (2)$$

เมื่อ m คือ มวลของจานที่ใส่ลูกตุ้ม M คือ มวลที่ถ่วงบนจาน และ T คือ ความตึงของเส้นเชือกที่
เกิดจากน้ำหนักถ่วงและน้ำหนักจาน จะได้ $T = (M + m)g$

ดังนั้น เมื่อนำไปแทนในสมการที่ (2) แล้วยกกำลังสองจะได้

$$f^2 = \frac{N^2(M + m)g}{4\mu L^2}$$

หรือจัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$\frac{1}{N^2} = \frac{Mg}{4\mu(fL)^2} + \frac{mg}{4\mu(fL)^2} \quad (3)$$

จะเห็นว่าสมการที่ (3) ทางขวามือพจน์แรกสัมพันธ์กับน้ำหนักถ่วงบนจาน (Mg) พจน์หลังสัมพันธ์กับ
น้ำหนักของจาน (mg) ถ้านำสมการที่ (3) ไปเขียนกราฟเปรียบเทียบกับสมการของกราฟเส้นตรง $y = bx + c$

เมื่อ b คือ ความชันของกราฟ และ c คือ ระยะเวลาที่เส้นกราฟตัดกับแกน y ดังนั้นถ้าให้ $1/N^2$ เป็น
แกนตั้ง (y) และ M เป็นแกนนอน (x) จะได้กราฟของสมการที่ (3) เป็นเส้นตรงซึ่งความชันของกราฟ คือ

$$b = \frac{g}{4\mu(fL)^2} \quad \text{หรือ} \quad f = \sqrt{\frac{g}{4b\mu L^2}} \quad (4)$$

และจะได้ระยะที่กราฟตัดกับแกน y คือ $c = \frac{mg}{4\mu(fL)^2}$

จากสมการที่ (3) สามารถหาค่ามวลของจาน (m) ได้จากจุดตัดบนแกน x ($y = 0$)

$$\frac{1}{N^2} = 0 = \frac{Mg}{4\mu(fL)^2} + \frac{Mg}{4\mu(fL)^2}$$

$$\text{จุดตัดบนแกน } x \text{ หรือ ค่าบนแกน } x \quad (M) = \frac{-mg}{4\mu(fL)^2} + \frac{4\mu(fL)^2}{g} = -m$$

(5) นั่นคือ มวลจานรองเท่ากับค่าจุดตัดบนแกน x นั่นเอง

จากค่าความถี่ของการสั่นของเชือก (f) ตามสมการที่ (4) ทำให้สามารถคำนวณค่าความถี่การสั่นของ
แหล่งกำเนิดคลื่นได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

ถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นสั้นในทิศทางตั้งฉากกับแนวของเส้นเชือกจะได้ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่นเท่ากับ
ความถี่ของการสั่นของเส้นเชือก

อุปกรณ์การทดลอง

1. แหล่งกำเนิดคลื่น
2. เชือกพร้อมจานสำหรับใส่น้ำหนัก
3. ชูدنน้ำหนัก
4. รอก
5. ตลับเมตร
6. แหล่งจ่ายไฟ

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วง ความตึงของเส้นเชือกและความยาวคลื่นในเส้นเชือก เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นสั้นตั้งฉากกับแนวของเส้นเชือก

1.1 จัดชุดทดลองให้เชือกพาดอยู่บนลูกกรอก (ค่าของ L ไม่ควรต่ำกว่า 1 เมตร) และให้ทิศทางของการสั้นของแหล่งกำเนิดคลื่นอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับแนวของเส้นเชือกดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์การทดลองคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

1.2 เสียบปลั๊กไฟให้แหล่งกำเนิดคลื่นสั้นในตำแหน่งบนจานที่ละน้อยจนเกิดคลื่นนิ่งชัดที่สุด นับจำนวน Loop ที่เกิดขึ้นแล้วบันทึกจำนวน Loop และค่าน้ำหนักที่ใส่ลงบนจาน (โดยไม่คิดค่าน้ำหนักของจาน)

1.3 เพิ่มน้ำหนักบนจานที่ละน้อย เพื่อลดจำนวน Loop บนเส้นเชือกลงทีละ Loop บันทึกจำนวน Loop และค่ามวลที่ใส่จาน

1.4 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.3 ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้จำนวน Loop อย่างน้อย 5 ค่าทุกครั้งที่ทดลองให้เลือกบันทึกค่าน้ำหนักที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่งที่ชัดเจนที่สุด (มองเห็น Loop ชัด เชือกจะไม่สั่นและไม่ส่าย และปลายเชือกข้างที่อยู่บนรอกจะต้องเป็นตำแหน่งบัพของคลื่นเสมอ) และมีค่าแอมพลิจูดของคลื่นนิ่งมีค่ามากที่สุด

ตอนที่ 2 คำนวณค่าความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น

2.1 จากการทดลองตอนที่ 1 นำมาเขียนกราฟ โดยให้ $1/N^2$ เป็นแกนตั้ง (y) และ M เป็นแกนนอน (x) แล้วหาค่าความชัน (b) และระยะตัดบนแกน x

2.2 คำนวณค่าความถี่ของเส้นเชือกตามสมการที่ (4) บันทึกผลลงในตารางแล้วนำค่าความถี่ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น (50 Hz) แล้วบันทึกผลลงในตาราง และหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

2.3 หามวลของจานได้จากระยะที่กราฟตัดแกน x แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ใบบันทึกผลการทดลอง การทดลองที่ 10 คลื่นนิ่งในเส้นเชือก

ชื่อผู้ทดลอง 1. รหัส..... กลุ่ม.....
 ชื่อผู้ร่วมทดลอง 2. รหัส..... กลุ่ม.....
 3. รหัส..... กลุ่ม.....
 4. รหัส..... กลุ่ม.....
 ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง

กำหนดให้

มวลต่อความยาวเชือก (จะมีค่าบอกให้ที่เครื่องมือ) =kg
 ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น = Hz
 มวลของจานที่ใส่น้ำหนัก (จะมีค่าบอกให้ที่เครื่องมือ) =kg

ตอนที่ 1 เมื่อแหล่งกำเนิดสั่นในทิศตั้งฉากกับแนวเส้นเชือก

เส้นเชือกยาว L =m

มวลบนจาน M (kg)						
จำนวน Loop						
$1/N^2$						

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

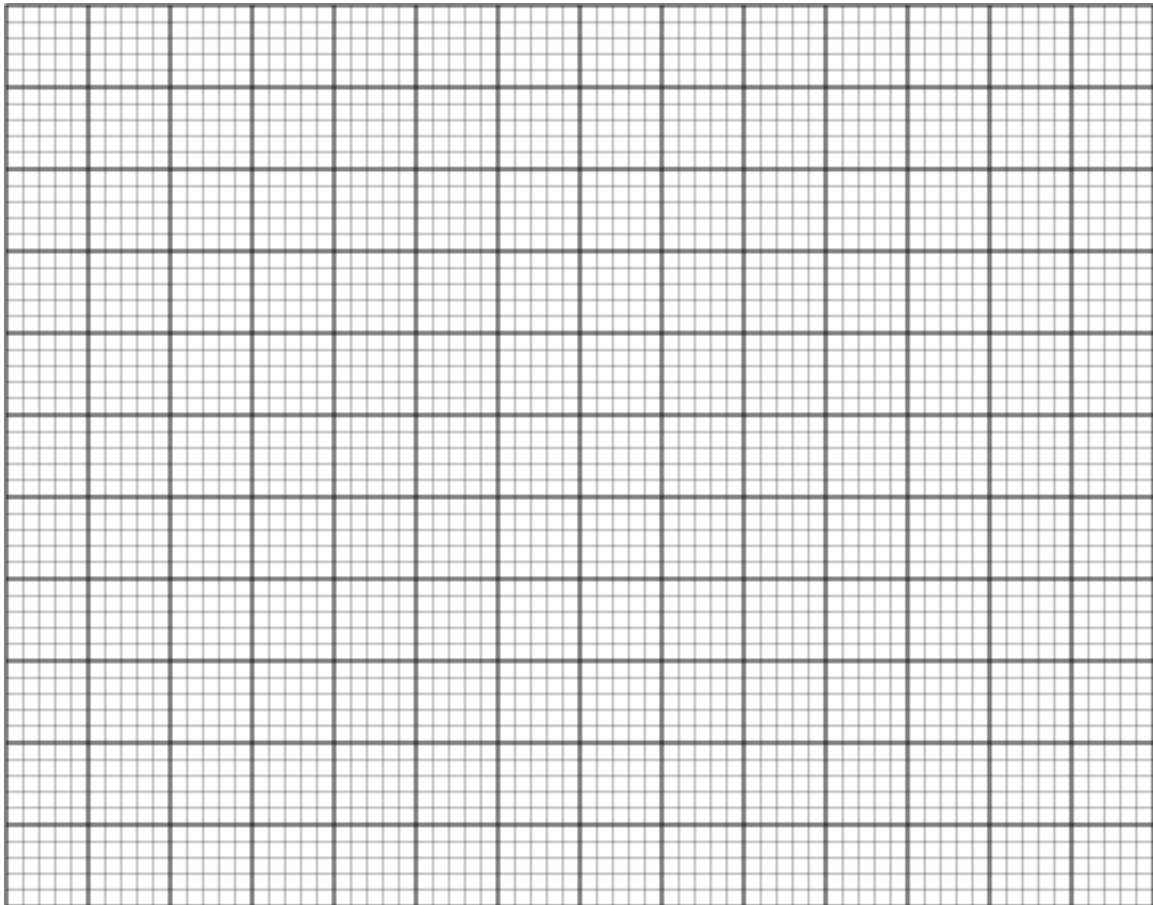
ลงชื่อ.....อาจารย์

ตอนที่ 2 เขียนกราฟระหว่าง $1/N^2$ และ M

การสั่นของ แหล่งกำเนิด และเชือก	ความถี่ของการ สั่นของเชือก f (Hz)	ความถี่ของ แหล่งกำเนิดคลื่น f (Hz)	% ความคลาด เคลื่อน ของ f	มวลของจานจาก กราฟ m (kg)	% ความคลาด เคลื่อนของ m
ตั้งฉาก					

วิเคราะห์ผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/N^2$ และ M



ลงชื่อ.....อาจารย์

การทดลองเสมือนเรื่องคลื่นนิ่ง

<http://www.electron.rmutphysics.com/standing-wave/>



คลื่นนิ่งในไวโอลิน คลิกครับ



คลื่นนิ่งในขลุ่ย คลิกครับ



คลื่นนิ่งในเปียโน คลิกครับ

ให้ท่านเลือกเครื่องดนตรีชิ้นหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องเป็นไวโอลิน

แต่ในที่นี้ยกตัวอย่างไวโอลินให้ดูเป็นตัวอย่าง

ไปบันทึกผลการทดลอง

เมื่อสายของไวโอลินสั่น คลื่นจะเคลื่อนที่ไปสะท้อนที่ปลายสาย และกลับเฟส ผสมเข้ากับคลื่นที่วิ่งเข้า




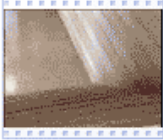
ไปมา เกิดเป็นคลื่นนิ่งขึ้น

กดปุ่ม **1 st** , **2 nd** , **3 nd** วาดรูปแต่ละครั้ง กดเพียงปุ่มเดียว ถ้าแสดง 2 ปุ่มขึ้นไปพร้อมกัน แสดงว่า ให้หาคลื่นรวมของฮาร์โมนิก วาดกราฟสำหรับไวโอลินให้ดูเป็นตัวอย่าง สำหรับ **1 st** ต่อจากนั้น ท่านวาดด้วยตนเอง

Harmonic	รูปภาพของคลื่น
1 st	
2 nd	

3 nd	
1 st + 3 nd	

วิดีโอการศึกษา	
	<p>สะพานทาโคมาแนโรว์ ในอเมริกา พังทลายลงเนื่องจากลมที่พัดมากระทบกับสะพาน มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของการสั่นของสะพาน จึงทำให้สะพานแกว่งแรงขึ้น จนพังในที่สุด. คลิกเพื่อดูภาพยนตร์และทฤษฎีการพังครีบ (windows media ขนาด 3 MB)</p>
	<p>เสียงดับเทียนไข</p> <p>นักวิทยาศาสตร์เล่นเครื่องดนตรี 3 ชนิด</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. แซ็กโซโฟน 2. กลองชุด 3. เบส <p>คลิกครับ ขนาด 4.4 MB</p>

		<p style="text-align: center;">เสียงดนตรี กับคลื่นหนึ่ง</p> <p>โน้ตตัว C ของเสียงเปียโน สมบัติการเลี้ยวเบนของคลื่นตรงมุมตึก และการทดลองการเลี้ยวเบนบนหน้าคลื่น คุณสมบัติร่วมของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบน</p> <p>ขนาด 2.3 MB คลิกครับ</p>
		

หลังจากดูวิดีโอแล้วให้ตอบคำถามต่อไปนี้

1. ความถี่ธรรมชาติคืออะไรจงอธิบาย

2. การสั่นของสะพานแขวนเหมือนเครื่องดนตรีชนิดใด และมีฮาร์โมนิกที่เท่าใด

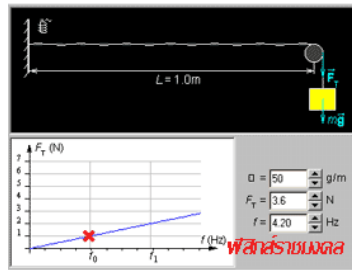
3. กากบาทข้อที่ถูกต้อง

เราสามารถใช้อะไรดับเทียนไขได้

- ก. แฉกไซโฟน
- ข. กลองชุด
- ค. เบส

4. เสียงโน้ตตัว C สั่นด้วยความถี่ต่ำสุดมีความถี่ _____ HZ และสูงสุดมีความถี่ _____ HZ

ท่านจะใช้ค่า F_T และค่า μ ที่กำหนดให้ หรือจะเลือกค่าด้วยตนเองก็ได้



[คลิกครับ](#)

ใบบันทึกผล

กำหนดให้ $F_T = 2.0 \text{ N}$ มวลต่อหน่วยความยาว $\mu = 100 \text{ g/m}$ $L = 1 \text{ เมตร}$

$N =$ จำนวนลูป

N	f_N ทดลอง	f_N ทฤษฎี
1		
2		
3		
4		

$f_{N \text{ ทดลอง}} =$ ดูได้จากการทดลอง

$$f_{N \text{ ทฤษฎี}} = \frac{N}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

เวลาแทนค่า μ ลงในสมการ ให้เปลี่ยนหน่วยเป็น kg/m ก่อน
 ดังนั้น μ ที่ใช้แทนค่าในห้องทดลองให้หารด้วย 1000

เช่น $\mu = 100/1000 = 0.1 \text{ Kg/m}$ เป็นต้น

* ทดลองด้วยตนเอง

อธิบายการสะท้อนของคลื่นที่ปลายตรึง-อิสระ [คลิกครับ](#)

อธิบายการเกิดคลื่นนิ่ง [คลิกค่ะ](#)

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 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 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
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 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
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 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

