



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายวิชา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่

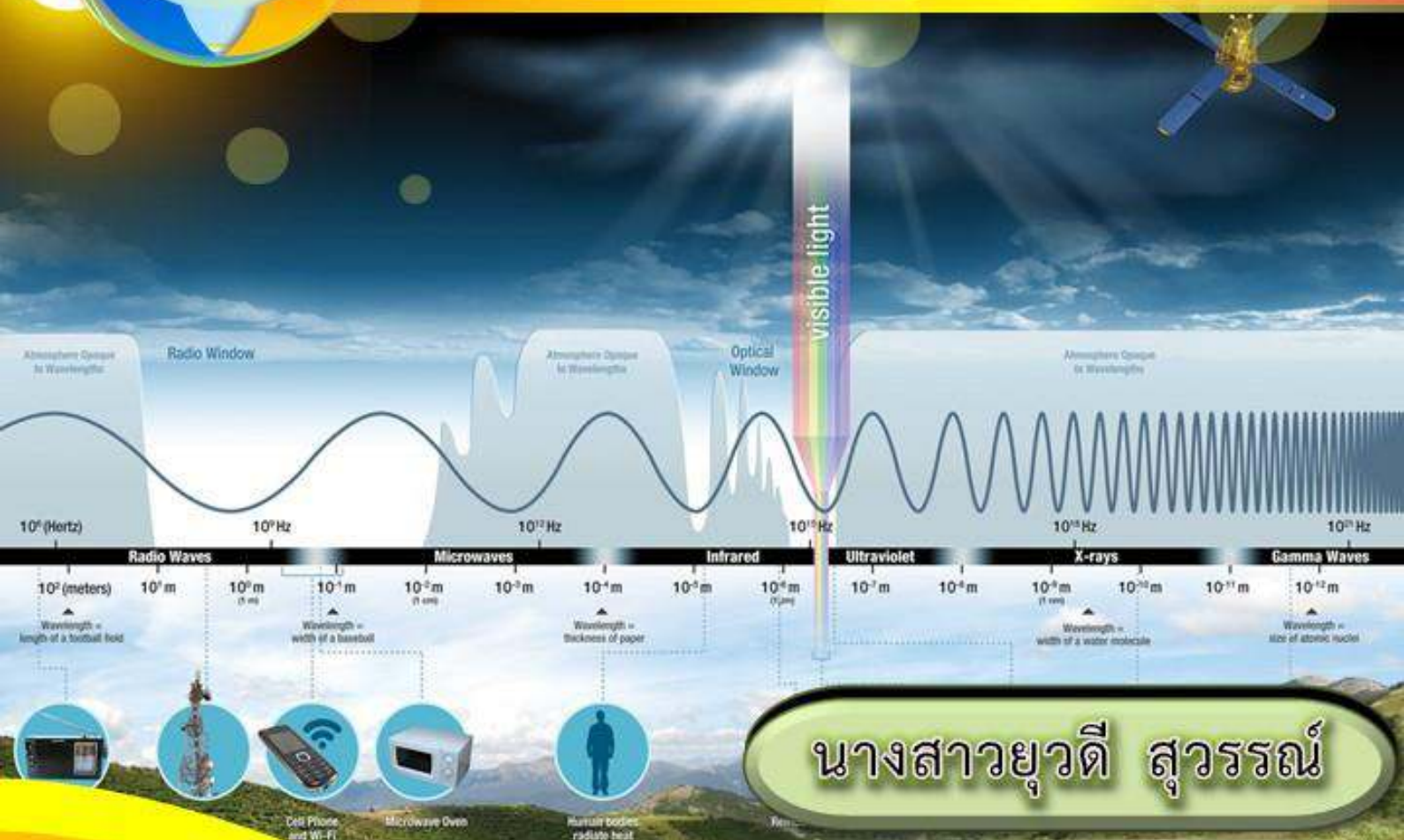
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง

ชุดที่
1

แสงเชิงเรขาคณิตและแสงเชิงกายภาพ

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง



นางสาวยุวดี สุวรรณ

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ขำนาญการ



โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย บุรีรัมย์

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32

ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ในส่วนที่เกี่ยวข้อง สิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งค่อนข้างที่จะอธิบายให้เข้าใจได้ยาก เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะ กระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ดี เพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้น ผู้สอนต้องมีการบริหารจัดการเรียนการสอนที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียนให้มีความสนใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

การสร้างชุดกิจกรรมจึงเป็นสิ่งสำคัญ ในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) รายวิชา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ รหัสวิชา ว30204 นี้ ผู้สอนสร้างขึ้นจากรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อใช้เป็นสื่อในกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยจัดทำให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง ผู้เรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้ด้วยทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีขั้นตอน เป็นการจัดการเรียนแบบกิจกรรมกลุ่ม ส่งเสริมทักษะ การแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งมีการแสดงขั้นตอนตัวอย่างที่มีขั้นตอนอย่างละเอียดให้ผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ ปัญหาได้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ ชุดกิจกรรมนี้ ได้มีการจัดทำ ปรับปรุง และพัฒนาขึ้นทั้งสิ้นจำนวน 9 ชุดกิจกรรม ดังนี้

- ชุดที่ 1 ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง
- ชุดที่ 2 การสะท้อนของแสง
- ชุดที่ 3 การหักเหของแสง
- ชุดที่ 4 เลนส์บาง
- ชุดที่ 5 การแทรกสอดของแสง
- ชุดที่ 6 การเลี้ยวเบนของแสง
- ชุดที่ 7 ปรากฏการณ์โพลาไรซ์ และการกระเจิงของแสง
- ชุดที่ 8 การเห็นสีของวัตถุ การผสมสารสี การผสมแสงสี
- ชุดที่ 9 ทศนอุปกรณ์

สำหรับชุดกิจกรรม ชุดที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง ที่ได้จัดทำขึ้นนี้ภายในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ เฉลยกิจกรรมการเรียนรู้ และ บรรณานุกรม ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ ชี้แนะ แนวทาง ตลอดจนให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ทำให้การจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำเร็จลุล่วง ด้วยดี และสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ และหวังว่าชุดกิจกรรมชุดนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน ครูผู้สอน และผู้สนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนได้ต่อไป

ยุวดี สุวรรณ
ครูชำนาญการ

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
คู่มือครู	ค
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)	ง
วิธีการศึกษาชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน	1
คำแนะนำในการศึกษาชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน	2
สาระสำคัญ/จุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับนักเรียน	3
แบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 1	4
กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 1	8
ใบคำถามก่อนเรียน ชุดที่ 1	9
ใบกิจกรรมการทดลอง ชุดที่ 1	10
ใบความรู้ ชุดที่ 1	15
ใบกิจกรรมเสริมทักษะ ชุดที่ 1	25
ใบบันทึกผลหลังการเรียนรู้ ชุดที่ 1	26
แบบทดสอบหลังเรียน ชุดที่ 1	28
แนวเฉลย	33
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 1	34
เฉลยใบคำถามก่อนเรียน ชุดที่ 1	35
เฉลยใบกิจกรรมการทดลอง ชุดที่ 1	36
เฉลยใบกิจกรรมเสริมทักษะ ชุดที่ 1	41
เฉลยใบบันทึกผลหลังการเรียนรู้ชุดที่ 1	42
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนชุดที่ 1	44
บรรณานุกรม	45

คู่มือครูนี้ใช้สำหรับประกอบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) เรื่อง แสงเชิงเรขาคณิตและแสงเชิง กายภาพ รายวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ รหัสวิชา ว30204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งครู ต้องดำเนินการ ดังนี้

ขั้นเตรียมการสอน

ครูควรได้มีการเตรียมให้พร้อมที่จะดำเนินการดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดในคู่มือการใช้ชุดกิจกรรมเล่มนี้ ให้เข้าใจชัดเจน
2. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของชุดกิจกรรม และอุปกรณ์การทดลองก่อนใช้งาน
3. จัดเตรียมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน ใบความรู้ ชุด กิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียนตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ ให้ครบถ้วน
4. จัดเตรียมสถานที่ เตรียมห้องเรียนให้พร้อม
5. เตรียมคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องฉายโปรเจกเตอร์
6. จัดนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน แบบคละความสามารถ

ขั้นดำเนินการสอน

1. ชี้แจงวิธีการเรียนและคำแนะนำสำหรับนักเรียน ให้นักเรียนทราบก่อนเริ่มสอน
2. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 1 เพื่อประเมินความรู้ของนักเรียน
3. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
4. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สอดคล้องกับ จุดประสงค์ เนื้อหาและเวลาที่กำหนด
5. ครูผู้สอนต้องเป็นผู้ให้คำแนะนำและคอยดูแลนักเรียนให้เรียนรู้ตามขั้นตอนในชุด ปฏิบัติการอย่างใกล้ชิด ระหว่างนักเรียนทำกิจกรรม ครูคอยสังเกตเพื่อประเมินทักษะและคุณลักษณะ อันพึงประสงค์
6. ตรวจสอบการทำกิจกรรมของนักเรียนและสรุปทบทวนกับนักเรียน
7. เฉลยแบบทดสอบรายบุคคล เพื่อให้นักเรียนทราบคะแนนทันที

ขั้นเมื่อดำเนินการสอนสิ้นสุด

1. ตรวจสอบแบบทดสอบ ใบกิจกรรมของนักเรียน
2. กรณีนักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ ให้นักเรียนกลับไปศึกษาชุดกิจกรรม การเรียนรู้ด้วยตนเองอีกครั้ง นักเรียนสามารถศึกษาผ่านช่องทาง Application Line  โดย นักเรียนสามารถดาวน์โหลดชุดกิจกรรมเพื่อศึกษานอกเวลาได้ จากลิงค์ที่ครูได้แชร์ไว้ในเน็ตไลน์กลุ่ม ของห้องเรียนแต่ละห้อง แล้วทำการทดสอบใหม่โดยเป็นแบบทดสอบที่ทำการสลับข้อและเปลี่ยน ค่าตัวแปร
3. แบบประเมินกิจกรรมต่างๆ
4. บันทึกคะแนน บันทึกหลังสอนถึงข้อดี ข้อควรปรับปรุง ข้อสังเกตต่างๆ ลงในแบบบันทึก ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้

5E Inquiry Cycle

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1



กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)



รูปแบบการสอนแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักดังนี้

- 1) การสร้างความสนใจ (Engage) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ครูสร้างสถานการณ์หรือเรื่องราวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดเกิดความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง
- 2) การสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- 3) การอธิบาย (Explain) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว นำข้อมูลที่ได้อธิบาย แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ
- 4) การขยายความรู้ (Elaborate) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ หรือความรู้ที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม บางครั้งเป็นการนำความรู้ ข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่นที่เกี่ยวข้องกันได้
- 5) การประเมินผล (Evaluate) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใด ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ครูกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

วิธีการศึกษาชุดกิจกรรม (สำหรับนักเรียน)



อ่านคำชี้แจงและคำแนะนำสำหรับนักเรียนให้เข้าใจก่อนลงมือศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

อ่านสาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด และจุดประสงค์การเรียนรู้

ทำแบบทดสอบก่อนเรียน

ปฏิบัติกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนการเรียนรู้แบบ 5E ดังนี้

1. ทำใบคำถามก่อนเรียน
2. ทำใบกิจกรรมการทดลอง
3. ศึกษาใบความรู้
4. ทำใบกิจกรรมเสริมทักษะ
5. ทำใบบันทึกหลังการเรียนรู้

ทำแบบทดสอบหลังเรียน

ผ่าน ร้อยละ 80

ศึกษาชุดกิจกรรมชุดต่อไป

ไม่ผ่าน

ร้อยละ 80



คำแนะนำในการศึกษาชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) เรื่อง แสงเชิงเรขาคณิตและแสงเชิงกายภาพ รายวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ รหัสวิชา ว30204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีทั้งหมด 9 ชุดกิจกรรม เป็นเครื่องมือพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนอย่างเป็นระบบ สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล นักเรียนจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนด้วยความซื่อสัตย์และตั้งใจเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ ดังนี้

1. ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ประจำชุดกิจกรรม
2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนในชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 การสร้างความสนใจ เป็นขั้นของการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งทำให้ผู้เรียนสนใจในกิจกรรม โดยการทำใบคำถามก่อนเรียน

3.2 การสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่างๆ ในการสำรวจค้นหาเนื้อหาและสร้างแนวคิดด้วยตนเอง โดยทำกิจกรรมการทดลองและศึกษาใบความรู้

3.3 การอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่ได้จากการสำรวจค้นคว้าและสามารถกำหนดความคิดรวบยอด และประมวลเป็นความรู้เพื่อถ่ายทอดให้ไปยังผู้อื่นได้ โดยการตอบคำถามและสรุปการทดลองลงในใบกิจกรรมการทดลอง พร้อมทั้งเติมคำตอบในช่องว่างลงในใบความรู้

3.4 การขยายความรู้ เป็นขั้นที่ได้มาจากอธิบายและลงข้อสรุป ซึ่งผู้เรียนได้ดำเนินการแล้ว และสามารถกำหนดแนวความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของนักเรียนเองและถ่ายทอดสื่อสารไปยังผู้อื่นได้ โดยการทำใบกิจกรรมเสริมทักษะ

3.5 การประเมินผล ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่สำคัญ เนื่องจากนักเรียนจะได้รับผลสะท้อนย้อนกลับ นักเรียนจะประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากแนวคิดที่เป็นกุญแจสำคัญและการพัฒนาของทักษะพื้นฐาน โดยการทำใบบันทึกผลการเรียน

4. ปฏิบัติกิจกรรมอย่างรอบคอบโดยทำตามคำชี้แจงในแต่ละกิจกรรม เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ตรวจสอบคำตอบได้จากเฉลยใบกิจกรรม

5. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

6. นักเรียนจะศึกษาชุดกิจกรรมนี้ให้ประสบความสำเร็จได้ จะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด มีความรับผิดชอบและมีวินัยในตนเอง หากมีข้อสงสัยให้ปรึกษาครูผู้สอนได้ทันที

7. หากนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่ระบุไว้ ให้นักเรียนกลับไปศึกษาและทบทวนเนื้อหาในกิจกรรมนั้นๆ ใหม่ แล้วทำแบบทดสอบหลังเรียนให้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

8. เมื่อทำกิจกรรมเสร็จสิ้นแล้วให้จัดเก็บอุปกรณ์ พร้อมทั้งทำความสะอาดโต๊ะที่ทำกิจกรรมให้เรียบร้อย

ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง



📖 มาตรฐานการเรียนรู้ที่สอดคล้อง

มาตรฐาน ว5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

📖 สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เดินทางเป็นเส้นตรง เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 299,792,458 เมตรต่อวินาที หรือประมาณ 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที และเรียกระยะทางที่แสงเดินทางได้ใน 1 ปี ว่า 1 ปีแสง เมื่อมีวัตถุขวางทางเดินของแสง จะเกิดเงาด้านหลังของวัตถุ เงาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่จะมีเงา 2 ชนิด คือเงามืดและเงามัว เส้นตรงที่แสดงแนวของลำแสง เรียกว่ารังสีของแสง

📖 จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

- 1.1 นักเรียนสามารถอธิบายธรรมชาติและสมบัติของแสงได้
- 1.2 นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของรังสีของแสงได้
- 1.3 นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์เพื่อแสดงให้เห็นว่า อัตราเร็วของแสงสูงมากและมีค่าคงตัวได้

2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)

- 2.1 นักเรียนสามารถทดลองเพื่อตรวจสอบว่าแสงเคลื่อนที่ในแนวตรงได้
- 2.2 นักเรียนมีทักษะกระบวนการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

- 3.1 แสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบ และความมุ่งมั่นอดทนในการแสวงหาความรู้

แบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

คำชี้แจง

1. ข้อสอบเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในช่องกระดาษคำตอบที่ต้องการเลือก

ตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	1	2	3	4
	A	B	C	D
0		X		

4. ถ้านักเรียนเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเส้นทับตัวเดิมแล้วเลือกคำตอบใหม่ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	1	2	3	4
	A	B	C	D
0		X		X

5. ให้นักเรียนเริ่มทำข้อสอบเมื่อกรรมการคุมสอบอนุญาตเท่านั้น
6. เมื่อมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับข้อสอบให้นักเรียนถามกรรมการคุมสอบเท่านั้น
7. ห้ามใช้เครื่องช่วยคำนวณใดๆ ทั้งสิ้น
7. เวลาในการทำข้อสอบ 10 นาที



แบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

1. แสง เป็นคลื่นชนิดใด

1. คลื่นกล คลื่นตามขวาง
2. คลื่นกล คลื่นตามยาว
3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นตามขวาง
4. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นตามยาว

2. ข้อใดถูกต้อง

- ก. แสงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3×10 กิโลเมตรต่อวินาที
- ข. แสงเป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- ค. แสงเดินทางโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

1. ข้อ ก และ ข
2. ข้อ ข และ ค
3. ข้อ ก และ ค
4. ข้อ ก ข และ ค

3. พิจารณาปรากฏการณ์ต่อไปนี้

- ก. การสะท้อน
- ข. การหักเห
- ค. การแทรกสอด
- ง. การเลี้ยวเบน

ปรากฏการณ์ที่แสดงว่าแสงเป็นคลื่นคือ

1. ข้อ ก
2. ข้อ ค
3. ข้อ ข และ ค
4. ข้อ ค และ ง

4. ข้อความใดถูกต้อง

- ก. แสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
- ข. แสงประพจน์ตัวเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค
- ค. แสงอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ดังนั้นจึงจัดว่าแสงเป็นคลื่นกล

1. ก และ ค
2. ข และ ค
3. ก และ ข
4. ก ข และ ค

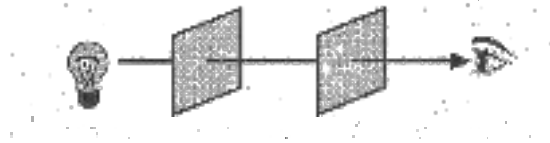
5. “1 ปีแสง” มีความหมายตรงกับข้อใดมากที่สุด

1. เวลาที่แสงเคลื่อนที่ได้
2. ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ได้ในระยะเวลา 1 ปี
3. ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่จากดวงอาทิตย์สู่โลก
4. เวลาที่แสงใช้ในการเคลื่อนที่จากดวงอาทิตย์สู่โลก

6. ปรากฏการณ์ใดที่ไม่ได้แสดงว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

1. การเกิดภาพในกล้องรูเข็ม
2. การดูดวงอาทิตย์ในตอนเช้าตรู่
3. การมองดูพระจันทร์ยิ้ม
4. การเห็นแสงรำไรหลังตึกที่ติดหลอดไฟโดยมองไม่เห็นหลอดไฟ

7.



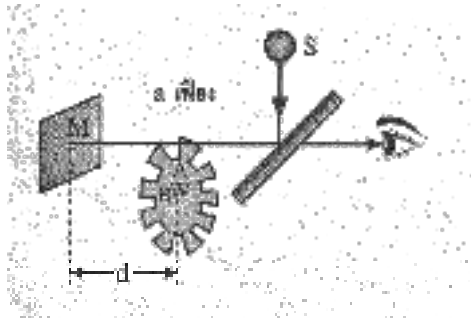
จากสถานการณ์ดังรูป ทำให้สรุปได้ว่าอย่างไร

1. แสงเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
2. แสงเคลื่อนที่ไปในตัวกลางด้วยอัตราเร็วแสงสูงมากและคงตัว
3. แนวการเคลื่อนที่ของแสงที่แสงเคลื่อนที่ไปนั้นเป็นตัวกลางชนิดเดียวกัน
4. การเขียนรังสีของแสงจะช่วยให้เกิดความสะดวกในการบอกทิศทางที่แสงเคลื่อนที่ไป

8. ถ้าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอัตราเร็ว 3×10^8 เมตรต่อวินาที ในสุญญากาศ ถ้าส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นไปยังดาวเทียมซึ่งอยู่สูง 300 กิโลเมตร จากผิวโลก ถามว่าหลังจากส่งสัญญาณไปแล้วนานกี่มิลลิวินาทีจึงจะได้รับสัญญาณที่สะท้อนมาจากดาวเทียม

1. 0.5 มิลลิวินาที
2. 1.0 มิลลิวินาที
3. 2.0 มิลลิวินาที
4. 4.0 มิลลิวินาที

9. ในการทดลองหาความเร็วแสงด้วยวิธีของฟิโซ ปรากฏว่าจำนวนฟันเฟือง $W = a = 720$ ช่อง จำนวนรอบที่เฟืองหมุน $= b = 12.70$ รอบ/วินาที ระยะจากเฟือง W ถึงกระจก $M = d = 8.60$ กิโลเมตร จากการทดลองข้างล่างความเร็วของแสงจะมีค่าเท่าไร



1. 2.86×10^8 เมตรต่อวินาที

2. 2.99×10^8 เมตรต่อวินาที

3. 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที

4. 3.14×10^8 เมตรต่อวินาที

10. กำหนดความเร็วแสงในสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที ดังนั้นในเวลา 1 ปี แสงจะเคลื่อนที่ได้ระยะทางกี่กิโลเมตร

1. 9.46×10^{12} กิโลเมตร

2. 9.46×10^{13} กิโลเมตร

3. 9.46×10^{14} กิโลเมตร

4. 9.46×10^{15} กิโลเมตร

ขอให้ทุกคนโชคดี

ในการสอบนะคะ



ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

แบบทดสอบก่อนเรียน

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 1
เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ชื่อ ชั้น เลขที่

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	1	2	3	4
	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

คะแนนเต็ม	10
คะแนนที่ได้	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนนระหว่าง 9-10 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

คะแนนระหว่าง 7-8 อยู่ในเกณฑ์ ดี

คะแนนระหว่าง 5-6 อยู่ในเกณฑ์ พอใช้

คะแนนระหว่าง 0-4 อยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุง

ผลการประเมิน

- ☐ ดีมาก
- ☐ ดี
- ☐ พอใช้
- ☐ ปรับปรุง

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ เดือน พ.ศ.

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement : E₁)

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแล้วตอบคำถาม จากกิจกรรมสาธิตต่อไปนี้

กิจกรรมสาธิต

ครูเตรียมอุปกรณ์ให้นักเรียน ดังนี้ กระดาษแข็งที่มีขนาด 10 x 10 เซนติเมตร เทียนไข 1 เล่ม ไฟแช็ค 1 อัน จัดอุปกรณ์ดังรูป ให้นักเรียนสังเกตลำแสงที่เกิดขึ้น แล้วตอบคำถาม ดังนี้



ภาพที่ 1.1 แสดงจัดอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง แสง

จากกิจกรรมสาธิตนักเรียนสังเกตเห็นลำแสงจากเทียนไขในภาพที่ 1.1 ก. และภาพที่ 1.2 ข. หรือไม้อย่างไร เพราะเหตุใด จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration : E₂)

กิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 3 คน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาการทำกิจกรรมจากใบกิจกรรมที่ครูกำหนดให้และตอบคำถามที่ครูกำหนดให้

จุดประสงค์ของกิจกรรม

เมื่อทำกิจกรรมนี้แล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. ยกตัวอย่างสถานการณ์ เพื่ออธิบายว่าแสงเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้
2. ออกแบบการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของแสงได้

วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

ฉากรับแสง กระดาษใส เทียนไข ไฟฉาย กระจกทึบ ดินน้ำมัน กระจกแข็งเจาะรูที่ไม่ตรงกัน กระจกแข็งเจาะรูที่ตรงกัน กระจกแข็งไม่เจาะรู ไฟแช็ค และแผ่นไม้เจาะรู

วิธีทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนเลือกอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้ เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง และทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่นักเรียนได้ตั้งไว้
2. ตั้งสมมติฐานให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้
3. ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ข้างต้น
4. ทำการทดลอง
5. บันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

รายงานผลการทำกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสง

รายวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ รหัสวิชา ว30205

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย บุรีรัมย์ (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์

คะแนนที่ได้

สมาชิกในกลุ่ม

1. ชั้น เลขที่.....
2. ชั้น เลขที่.....
3. ชั้น เลขที่.....
4. ชั้น เลขที่.....
5. ชั้น เลขที่.....

วันที่ทำการทดลอง วันที่ เดือน พ.ศ. เวลา

ครูผู้สอน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ เพื่ออธิบายว่าแสงเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้
2. นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของแสงได้

วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

ฉากรับแสง กระจกใส เทียนไข ไฟฉาย กระจกทึบ ดินน้ำมัน กระจกแข็งเจาะรูที่ไม่ตรงกัน กระจกแข็งเจาะรูที่ตรงกัน กระจกแข็งไม่เจาะรู และแผ่นไม้เจาะรู

นักเรียนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแสงว่าอย่างไร

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

เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมติฐาน ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแสง โดยเลือกอุปกรณ์ที่กำหนดให้คือ

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

ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง
ใบกิจกรรมการเรียนรู้

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพการทดลอง (วาดรูปประกอบ)



ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ใบกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลอง	ผลการทดลอง (ลักษณะของลำแสง)

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง ใบกิจกรรมการเรียนรู้



ชั้นที่ 3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation : E₃)

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการออกแบบการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสงนักเรียนได้แนวคิดมาอย่างไร

.....

.....

.....

2. จากการทดลองนักเรียนได้ใช้ความรู้อะไรบ้างมาประกอบการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

3. จากการทดลองที่นักเรียนออกแบบเองและเลือกอุปกรณ์เองได้ผลการทดลองอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนอธิบายการทำให้เกิดปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของแสงได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนนำผลการทดลองไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ใบความรู้



ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration : E₂)

ใบความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของแสง



ธรรมชาติของแสง (Nature of light)

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้เกิดพลังงานรูปอื่นๆ ได้ เช่น แสงสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยการให้แสงตกกระทบกับโลหะบางชนิด จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากโลหะนั้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า แสงช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากนี้แสงยังสามารถทำให้ประสาทตาของคนปกติเกิดความรู้สึกและเห็นสิ่งต่างๆ ได้

ก่อนศตวรรษที่ 19 เซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Issac Newton) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ทำการทดลองเรื่องแสงและเสนอว่าแสงเป็นลำอนุภาคที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและสามารถทำให้เกิดการเห็นได้เมื่ออนุภาคเหล่านี้ไปตกบนเรตินาของดวงตา

ในปี ค.ศ. 1873 แมกซ์เวลล์ (Maxwell) ได้ทำนายจากผลการคำนวณว่าต้องมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วแสง

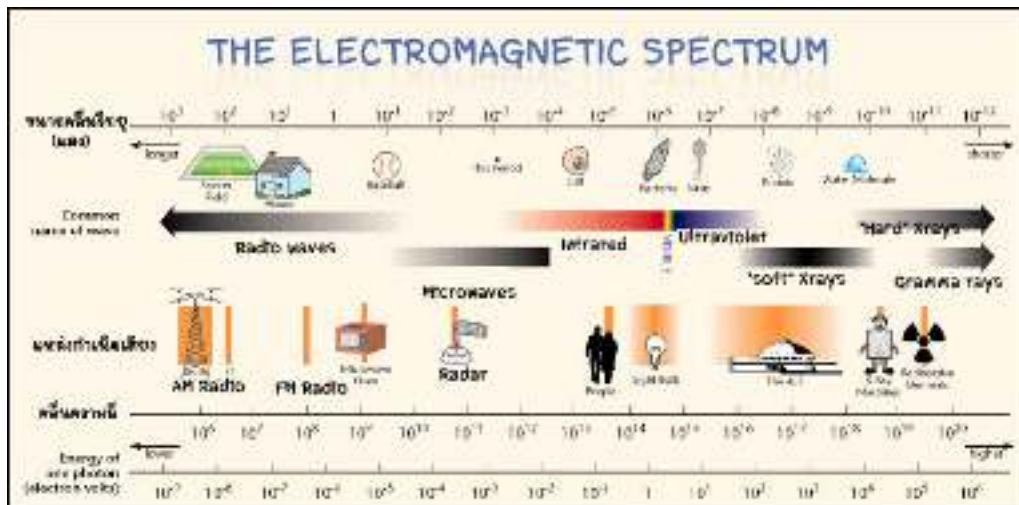
ต่อมา เฮนริช เฮิร์ตซ์ (Henrich Hertz) ได้ทำการทดลองและพบว่ามียุคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในธรรมชาติจริง และสามารถแสดงสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้ เช่นเดียวกับแสง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วแสง จึงอธิบายว่า **แสงสว่าง (Visible light) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ไปได้โดยมีหรือไม่มีตัวกลางก็ได้** มีความถี่ 4.3×10^{14} เฮิร์ตซ์ ถึง 7.5×10^{14} เฮิร์ตซ์ ขนาดความยาวคลื่นช่วง 700 นาโนเมตร และ 400 นาโนเมตร **แสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ หรือเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า** ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถมองเห็นได้

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) เป็นคลื่นซึ่งสามารถเคลื่อนที่โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ในการเคลื่อนที่ของคลื่นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้า ต่อเนื่องกันไป คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความยาวคลื่นและความถี่ต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง กล่าวคือ ความถี่ (f) ตั้งแต่ $1 - 10^{25}$ เฮิร์ตซ์ ความยาวคลื่น (λ) ตั้งแต่ $10^8 - 10^{17}$ เมตร

แสงมีความเร็วที่สูงมาก (ไอน์สไตน์ ระบุว่า ไม่มีสิ่งใดสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าแสงในสุญญากาศ กล่าวได้ว่า แสง คือ สิ่งที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดในจักรวาล) ปัจจุบันวิธีการวัดความเร็วแสงได้รับการพัฒนาให้มีความแม่นยำและละเอียดมากยิ่งขึ้น และค่าที่ยอมรับสำหรับ**อัตราเร็วแสงใน**

สุญญากาศ (ใช้สัญลักษณ์เป็น “c”) คือ 2.99793×10^8 เมตรต่อวินาที (นิยมใช้ค่าเป็น $c = 3 \times 10^8$ m/s) และถ้าเราให้แสงเดินทางรอบโลก แสงจะใช้เวลาเพียง 0.1 วินาที อย่างไรก็ตาม สำหรับระยะทางระหว่างดวงดาว ซึ่งเป็นตัวเลขค่อนข้างมาก บางครั้งเราจึงอาจจะใช้เวลาในการเดินทางของแสงในช่วงระยะทางดังกล่าวเป็นค่าที่ใช้บอกระยะทางก็ได้ เช่น ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ มีค่าประมาณ 1.45×10^{11} เมตร แสงจะใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 8 นาที (แสดงว่าปรากฏการณ์ใดๆ ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์จะถูกพบเห็นโดยมนุษย์บนโลกได้หลังจากปรากฏการณ์นั้นผ่านไปแล้ว 8 นาที หรือกล่าวได้ว่า ขณะที่เราเห็นดวงอาทิตย์อยู่นั้น เป็นภาพของดวงอาทิตย์เมื่อ 8 นาทีที่แล้ว) เราอาจกล่าวได้ว่า ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 8 นาทีแสง

ระยะทาง 1 ปีแสง คือระยะทางที่แสงเดินทางได้ในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีค่าประมาณ 9.5×10^{12} กิโลเมตร



ภาพที่ 1.2 แสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : <https://sites.google.com/site/khlunnnn/>

เนื่องจากแสงจัดเป็นคลื่นประเภทหนึ่ง ดังนั้นเราสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (λ) ความถี่ (f) และความเร็วแสงได้เช่นเดียวกับคลื่นทั่วไปดังนี้

สมการอัตราเร็วคลื่นแสง

$$c = f\lambda$$

เมื่อ c คือ ความเร็วแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 m/s

f คือ ความถี่ (เฮิรตซ์)

λ คือ ความยาวคลื่น (เมตร)

ตัวอย่างที่ 1 (O-Net‘ 49) คลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสถานีวิทยุสองแห่ง มีความถี่ 90 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุทั้งสองนี้ต่างกันเท่าใด

1. 3.3 เมตร 2. 3.0 เมตร 3. 0.33 เมตร 4. 0.16 เมตร

แสดงวิธีทำ จาก

$$c = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

หาความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุที่มีความถี่ 90 เมกะเฮิร์ตซ์

$$\lambda_1 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{90 \times 10^6 \text{ Hz}} = 3.33 \text{ m}$$

หาความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุที่มีความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์

$$\lambda_2 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{100 \times 10^6 \text{ Hz}} = 3.00 \text{ m}$$

ผลต่างของคลื่นวิทยุทั้งสอง

$$\lambda_1 - \lambda_2 = 3.33 \text{ m} - 3.00 \text{ m} = 0.33 \text{ m}$$

การวัดอัตราเร็วแสง

1. **วิธีของกาลิเลโอ (Galileo)** ถือว่าเป็นบุคคลแรกที่พยายามทดลองวัดหาอัตราเร็วแสง โดยเขาไปยืนอยู่บนยอดเขาสูงที่ A และให้ผู้ช่วยของเขาอยู่บนยอดเขาอีกสูงที่ B อยู่ห่างออกไปหลายไมล์ ดังภาพที่ 1.3

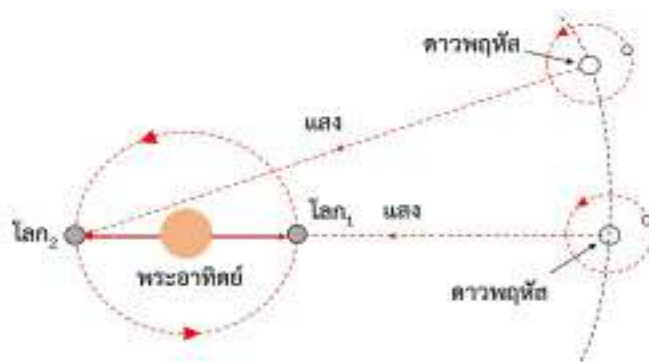


ภาพที่ 1.3 แสดงการจำลองสถานการณ์การหาอัตราเร็วแสงของกาลิเลโอ

ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/virtual1/lightspeed/lightspeed.htm>

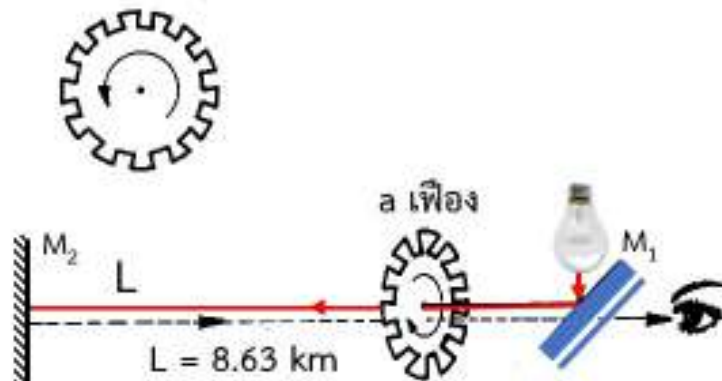
โดยทั้งคู่ถือโคมไฟไว้คนละดวงแล้วตกลงกันว่า เขาจะเปิดโคมไฟให้แสงจากโคมไฟเดินทางจากเขาไปหาผู้ช่วย เมื่อผู้ช่วยของเขาเห็นแสงก็แสดงว่าแสงได้เดินทางไปถึงผู้ช่วยของเขาแล้วและให้ผู้ช่วยของเขาเปิดโคมไฟทันทีที่เห็นแสงไฟจากเขา เมื่อเขาเห็นแสงจากผู้ช่วยเดินทางกลับมา เขาก็จะทราบเวลาที่แสงใช้ในการเดินทางไปและกลับ โดยการหาอัตราส่วนระหว่างระยะทางไปกลับและเวลาที่แสงเดินทางไปกลับ เขาก็จะทราบความเร็วของแสง แต่จากผลการทดลอง เขาไม่สามารถวัดเวลาที่แสงเดินทางไปกลับได้เลย **Galileo** จึงสรุปว่า อัตราเร็วแสงมีค่าสูงมาก ไม่สามารถวัดด้วยวิธีการนี้ได้ แต่ **Galileo** ได้ประมาณว่าแสงมีอัตราเร็วมากกว่าเสียงประมาณ 10 เท่า

2. **วิธีโรเมอร์ (Roemer)** สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแสงมีอัตราเร็วจำกัด โดยการสังเกตคาบการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์วงในสุดที่เป็นบริวารของดาวพฤหัสบดี พบว่าขณะที่โลกอยู่ตำแหน่ง A ดังภาพที่ 1.4 วัดคาบของดวงจันทร์เท่ากับ T_1 เมื่อโลกโคจรต่อไปอีกครึ่งรอบมาอยู่ที่ตำแหน่ง B ดาวพฤหัสบดีจะโคจรไปอยู่ที่ตำแหน่ง D คราวนี้จะวัดคาบของดวงจันทร์ได้เท่ากับ T_2 เวลา T_1 ต่างจาก T_2 อยู่ประมาณ 22 นาที เวลาของคาบที่ต่างกันนี้โรเมอร์อธิบายว่า เป็นเพราะแสงมีระยะทางเพิ่มขึ้นเท่ากับประมาณเส้นผ่านศูนย์กลางของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เป็นระยะทาง 2.9×10^{11} เมตร ทำให้โรเมอร์คำนวณอัตราเร็วของแสงได้ 2.2×10^8 เมตร/วินาที



ภาพที่ 1.3 แสดงการจำลองสถานการณ์การหาอัตราเร็วแสงของโรเมอร์

3. **วิธีของฟิโซ** สามารถหาอัตราเร็วแสงได้โดยใช้เครื่องมือ ดังภาพที่ 1.4 โดยมีหลักการดังนี้ ให้แสงจากแหล่งกำเนิดของแสงเดินทางตกกระทบบนกระจกเงาราบ M_1 แสงสะท้อนจาก M_1 เดินทางผ่านช่องว่างของเฟืองซึ่งกำลังหมุนออกไปตกกระทบบนกระจกเงาราบ M_2 ซึ่งห่างออกไป 8.63 กิโลเมตร แล้วสะท้อนกลับมาในแนวเดิม และเดินทางผ่านกระจก M_1 ผ่านไปสู่ตาได้ เพราะ M_1 เป็นกระจกเงาที่ฉาบสารสะท้อนแสงไว้เพียงครึ่งเดียว ถ้าเฟืองหมุนด้วยความเร็วพอเหมาะตาจะไม่สามารถมองเห็นแสงที่สะท้อนกลับมาจาก M_2 เลย โดยมีหลักการพิจารณา ดังนี้



ภาพที่ 1.4 แสดงการจำลองสถานการณ์การหาอัตราเร็วแสงของโรเมอร์
ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/virtual1/lightspeed/lightspeed2.html>

พิโซใช้เฟืองวัดความเร็วแสง ถ้ามี a เฟือง จะมีช่องว่าง a ช่อง

$\therefore$ 1 รอบ จะมีการหมุน $2a$ ช่องเฟือง

$\therefore$ b รอบ จะมีการหมุน $2ab$ ช่องเฟือง

$2ab$ เฟืองและช่อง ใช้เวลา 1 วินาที

1 เฟืองและช่อง ใช้เวลา $1/2ab$ วินาที

เวลาที่แสงเดินทาง $2L$ จะเท่ากับเวลาหมุนเฟืองพอดี เท่ากับ $1/2ab$ วินาที

$$\therefore v = \frac{s}{t} = \frac{2L}{1/2ab}$$

$$v = 4abL$$

เมื่อ v = อัตราเร็วของแสง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

a = จำนวนซี่ของเฟือง

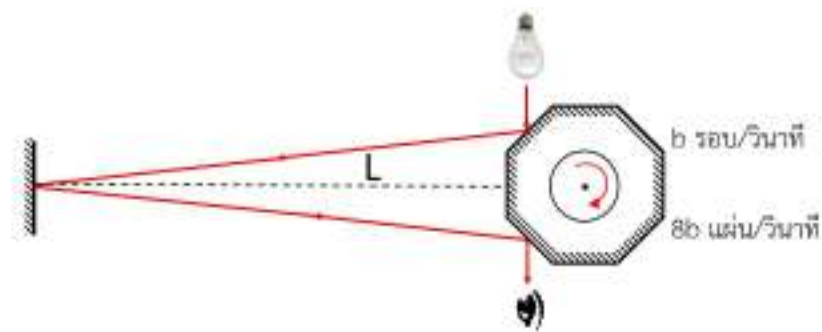
L = ระยะระหว่างเฟืองถึงกระจก M_2 มีหน่วยเป็นเมตร

b = ความถี่ในการหมุนของเฟืองที่พอดีเริ่มทำให้มองไม่เห็นแสงสะท้อนจาก M_2
มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที

ด้วยวิธีนี้พิโซจะคำนวณอัตราเร็วของแสงได้เท่ากับ 3.14×10^8 เมตร/วินาที

4. วิธีของไมเกลสัน การวัดอัตราเร็วของแสงแบบไมเกลสัน นับได้ว่าเป็นการวัดที่ให้ผลน่าพอใจที่สุด เพราะไม่เพียงแต่จะให้ค่าน่าเชื่อถือได้แล้ว ยังเป็นแบบอย่างของการทดลองที่ยอดเยียมที่สุดอีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ไมเกลสันได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ปี พ.ศ. 2450 นับเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันคนแรกที่ได้รับรางวัลนี้

ไมเกลสันได้แก้ไขข้อบกพร่องในการทดลองแบบต่างๆ ที่แล้วมาจนหมดสิ้น โดยเขาได้ใช้กระจกเงาระนาบสะท้อนแสงที่ฟูโกลต์ (Foucault) ได้เริ่มใช้มาก่อนในปี พ.ศ. 2393 และใช้วิธีการคล้ายคลึงกับวิธีของฟิโซ กล่าวคือแทนที่จะใช้ล้อฟันเฟืองหมุนได้ เขาก็หันมาใช้กระจกเงาระนาบที่วางต่อกันทางด้านข้าง เป็นรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่าที่หมุนได้ (เช่นเดียวกับล้อฟันเฟืองของฟิโซ) ในการตัดแสงออกเป็นช่วงๆ สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์จะเป็นไปดังภาพที่ 1.5 ระยะระหว่างกระจกเงาหมุนได้กับกระจกเงาสะท้อนแสงมีค่าเท่ากับ 22 ไมล์ และการหมุนของกระจกเงาหมุนได้นี้อาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าที่สามารถปรับอัตราการหมุนได้ตามต้องการ



ภาพที่ 1.5 แสดงการจำลองสถานการณ์การหาอัตราเร็วแสงของไมเกลสัน

ไมเกลสันใช้กระจก 8 เหลี่ยมวัดความเร็วแสง

ไมเกลสัน ใช้กระจกเงา 8 เหลี่ยม หมุน b รอบ/วินาที = $8b$ แผ่น/วินาที

$8b$ แผ่น ใช้เวลา 1 วินาที

1 แผ่น ใช้เวลา $\frac{1}{8b}$ วินาที

แสงเคลื่อนที่ไป - มา เป็นระยะทาง $2L$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2L}{1/8b} = 16bL$$

$$\therefore v = 16bL$$

เมื่อ b คือ ความถี่ (รอบ/วินาที)

L คือ ระยะห่างระหว่างกระจก (เมตร)

อัตราเร็วแสง (Speed of light)

ในปี 1970 องค์การมาตรฐานแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Bureau of Standards) ได้ทำการทดลองวัดอัตราเร็วแสงโดยใช้เลเซอร์และพบว่าอัตราเร็วแสงมีค่าเท่ากับ 299,792,458 เมตรต่อวินาที และได้นิยามความยาวที่มีระยะ 1 เมตร ว่าคือระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ได้ในสุญญากาศโดยใช้เวลา $1/299,792,458$ วินาที เพื่อความสะดวกในการคำนวณใช้อัตราเร็วแสง $(c) = 3 \times 10^8$ เมตรต่อวินาที สำหรับอัตราเร็วแสงในตัวกลางอื่นๆ จะมีค่าน้อยกว่าอัตราเร็วแสงในสุญญากาศหรืออากาศ

รังสีแสง (Ray of Light)

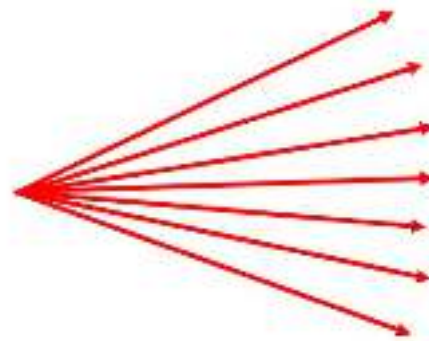
เส้นตรงที่แสดงแนวการเคลื่อนที่ของลำแสง เรียกว่า **รังสีของแสง** การศึกษาสมบัติของแสง โดยอาศัยรังสีของแสงและวิชาเรขาคณิตในการวิเคราะห์เรียกว่า **ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต** รังสีของแสงถูกแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. **รังสีขนาน** ความเข้มของรังสีจะเท่ากันทุกตำแหน่ง เกิดเมื่อแหล่งกำเนิดแสงอยู่ไกลมาก ๆ



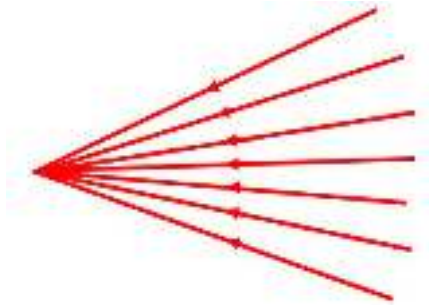
ภาพที่ 1.6 แสดงรังสีขนาน

2. **รังสีกระจาย** ความเข้มของรังสีจะค่อยๆ ลดลงไปเรื่อยๆ เกิดเมื่อแหล่งกำเนิดแสงเป็นจุด



ภาพที่ 1.7 แสดงรังสีกระจาย

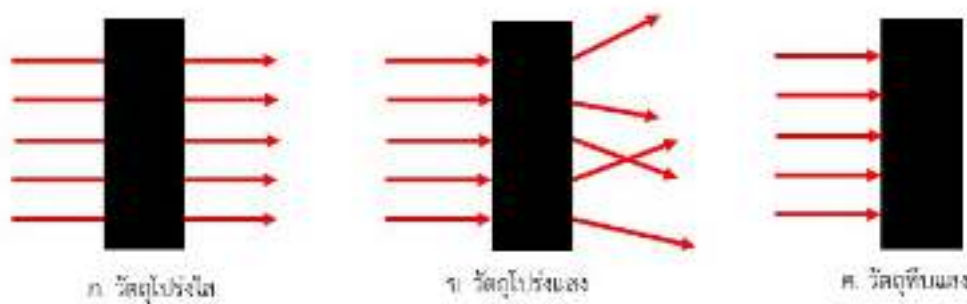
3. รังสีรวมแสง ความเข้มของรังสีจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่ความเข้มจะมากที่สุดที่รังสีของแสงรวมกัน



ภาพที่ 1.8 แสดงรังสีรวมแสง

ประเภทของวัตถุตามการส่องผ่านของแสง

1. วัตถุโปร่งใส (Transparent Object) คือ วัตถุที่แสงผ่านไปได้เกือบหมดอย่างเป็นระเบียบ เราจึงสามารถมองผ่านวัตถุนี้ได้ชัดเจน ตัวอย่างของวัตถุนี้คือ กระดาษใส แก้วใส เป็นต้น
2. วัตถุโปร่งแสง (Translucent Object) คือ วัตถุที่แสงผ่านไปได้อย่างไม่เป็นระเบียบ เราจึงไม่สามารถมองเห็นทะลุผ่านวัตถุนี้ได้ ตัวอย่างของวัตถุนี้ได้แก่ น้ำขุ่น กระดาษฝ้า กระดาษชุบเทียนไข เป็นต้น
3. วัตถุทึบแสง (Opaque Object) คือ วัตถุที่แสงผ่านไม่ได้เลย แสงทั้งหมดจะถูกดูดกลืนไว้หรือสะท้อนกลับหมด เราจึงไม่สามารถมองผ่านวัตถุนี้ได้ เช่น แผ่นกระเบื้อง ผนังตึก เป็นต้น



ภาพที่ 1.9 แสดงลักษณะของแสงเมื่อผ่านวัตถุแต่ละชนิด

พฤติกรรมและลักษณะของแสง (Behavior and Characteristic of Light)

ก่อนศตวรรษที่ 19 เซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Issac Newton) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทำการศึกษา เรื่องแสงและเสนอว่าแสงเป็นลำอนุภาค (Particle Theory) ที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และสามารถทำให้เกิดการเห็นได้เมื่ออนุภาคเหล่านี้ไปตกบนเรตินาของดวงตา

ต่อมา ค.ศ. 1678, ฮอยเกนส์ (Huygens) ได้พบสมบัติการเลี้ยวเบนของคลื่นโดยคลื่นสามารถเลี้ยวเบนได้เมื่อแผ่ไปยังขอบสิ่งกีดขวาง

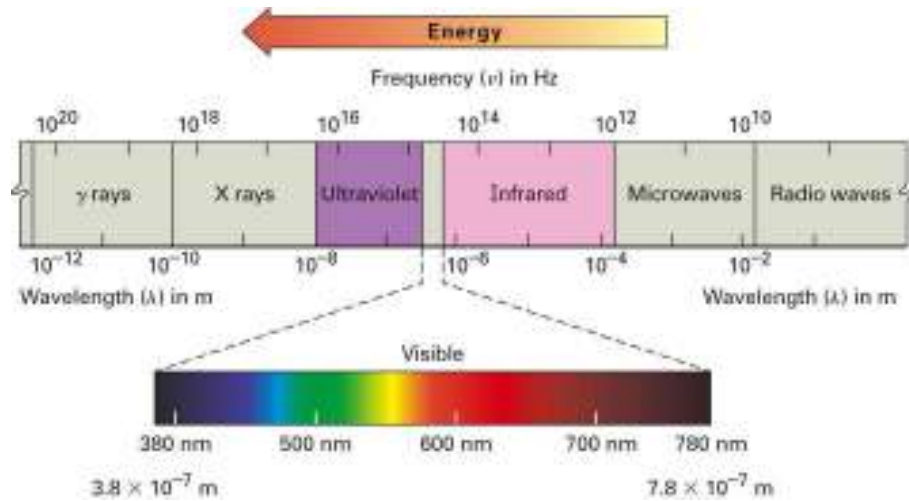
ในศตวรรษที่ 19 โทมัส ยัง (Thomas Young) และออกุสติน เฟรสเนล (Augustin Fresnel) ทำการทดลองและแสดงให้เห็นว่าแสงมีปรากฏการณ์การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน ซึ่งอธิบายได้ว่าแสงเป็นคลื่น

ต่อมา เฮนริช เฮิร์ตซ์ (Henrich Hertz) ได้ทำการทดลองและพบว่ามีความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าในธรรมชาติจริง และสามารถแสดงสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้ เช่นเดียวกับแสง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วแสง จึงอธิบายว่า แสงสว่าง (Visible light) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ไปได้โดยมีหรือไม่มีตัวกลางก็ได้

ในปี ค.ศ. 1900 แมกซ์ แพลงค์ (Max Plank) ได้อธิบายเรื่องการแผ่รังสีของวัตถุดำว่ามีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนแต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับ จนกระทั่ง ปี ค.ศ. 1905 ไอสไตน์ (Einstein) อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photo electric Effect) โดยอธิบายว่าแสงมีลักษณะเป็นก้อนพลังงานที่เรียกว่าโฟตอน (Photon)

ในปี ค.ศ. 1921 คอมป์ตัน (A.B. Compton) ได้ทดลองและอธิบายการกระเจิงแสงในลักษณะที่มีการชนและการถ่ายเทพลังงานเช่นเดียวกับแสงเป็นอนุภาคได้สำเร็จ

ปัจจุบันยอมรับกันว่าแสงมีสมบัติวิภาพคืออาจแสดงสมบัติของคลื่นหรือแสดงสมบัติของอนุภาคอย่างใดอย่างหนึ่งได้ ทฤษฎีคลื่นและทฤษฎีโฟตอน สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ของแสงได้ซึ่งแสดงให้เห็นว่า **แสงแสดงสมบัติทั้งคลื่นและอนุภาค**



ภาพที่ 1.20 แสดงสเปกตรัมของคลื่นแสง

ที่มา : http://www.sri.or.th/slrich/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=88

แสงช่วงที่ตาสามารถมองเห็นมีค่าอยู่ระหว่าง 400-700 นาโนเมตร และมีความถี่ในช่วง $10^3 - 10^5$ เฮิรตซ์ โดยแสงสีม่วงซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดหรือความถี่สูงสุด ส่วนแสงสีอื่นๆ ให้สเปกตรัมของแสงในช่วงนี้ก็มีมีความยาวคลื่นสูงขึ้นตามลำดับ จนถึงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุดหรือมีความถี่ต่ำที่สุด

ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ใบกิจกรรมเสริมทักษะ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration : E₄)

ใบกิจกรรมเสริมทักษะ ชุดที่ 1



ตอบคำถามการเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามลงในใบกิจกรรมให้สมบูรณ์ที่สุด

1 แสงเคลื่อนที่ในสุญญากาศได้หรือไม่เพราะเหตุใดและลักษณะการเคลื่อนที่ของแสงเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

2 เมื่อใช้อุณหภูมิของตัวกลางเป็นเกณฑ์ในการแบ่งคลื่น แสงจะเป็นคลื่นชนิดใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

3 อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าประมาณเท่าไร

.....

.....

4 แสงจัดเป็นคลื่นหรืออนุภาค อย่างไร

.....

.....

.....

5 ระยะทาง 1 ปีแสง มีความหมายว่าอย่างไร และ 1 ปีแสง เท่ากับระยะทางกี่เมตร

.....

.....

.....

ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ใบบันทึกผลหลังการเรียนรู้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation : E₅)

ใบบันทึกผลหลังการเรียนรู้ ชุดที่ 1



- คำชี้แจง
1. บันทึกความรู้ที่ได้ลงในใบบันทึกหลังการเรียนรู้ (Learning Logs)
 2. สรุปความรู้ที่ได้จากการเรียนเป็นผังมโนทัศน์
 3. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

แบบบันทึกการเรียนรู้หลังเรียน (Learning Logs)

เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ชื่อ.....ชั้น เลขที่

1. นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องใดบ้าง

.....

.....

.....

2. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

3. นักเรียนรู้สึกอย่างไรเมื่อเรียนเรื่องนี้

.....

.....

4. ในเรื่องที่เรียนผ่านมานักเรียนยังมีความสงสัยในเรื่องใดอีกบ้าง (เขียนตอบเป็นข้อๆ)

.....

.....

.....

ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ใบบันทึกผลหลังการเรียนรู้



คำชี้แจง

ให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง
โดยเขียนเป็นผังมโนทัศน์

ชื่อ.....ชั้น เลขที่

แบบทดสอบหลังเรียน ชุดที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

คำชี้แจง

- ข้อสอบเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน
- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
- ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในช่องกระดาษคำตอบที่ต้องการเลือก

ตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	1	2	3	4
	A	B	C	D
0		X		

- ถ้านักเรียนเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเส้นทับตัวเดิมแล้วเลือกคำตอบใหม่ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	1	2	3	4
	A	B	C	D
0		X		X

- ให้นักเรียนเริ่มทำข้อสอบเมื่อกรรมการคุมสอบอนุญาตเท่านั้น
- เมื่อมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับข้อสอบให้นักเรียนถามกรรมการคุมสอบเท่านั้น
- ห้ามใช้เครื่องช่วยคำนวณใดๆ ทั้งสิ้น
- เวลาในการทำข้อสอบ 10 นาที

แบบทดสอบหลังเรียน ชุดที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง



1. ข้อใดถูกต้อง

- ก. แสงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3×10 กิโลเมตรต่อวินาที
- ข. แสงเป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- ค. แสงเดินทางโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

- 1. ข้อ ก และ ข
- 2. ข้อ ข และ ค
- 3. ข้อ ก และ ค
- 4. ข้อ ก ข และ ค

2. ข้อความใดถูกต้อง

- ก. แสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
- ข. แสงประพัตต์ัวเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค
- ค. แสงอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ดังนั้นจึงจัดว่าแสงเป็นคลื่นกล

- 1. ก และ ค
- 2. ข และ ค
- 3. ก และ ข
- 4. ก ข และ ค

3. แสง เป็นคลื่นชนิดใด

- 1. คลื่นกล คลื่นตามขวาง
- 2. คลื่นกล คลื่นตามยาว
- 3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นตามยาว
- 4. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นตามขวาง

4. ปรากฏการณ์ใดที่ไม่ได้แสดงว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

1. การมองดูพระจันทร์ยิ้ม
2. การเกิดภาพในกล้องรูเข็ม
3. การดูดวงอาทิตย์ในตอนเช้าตรู่
4. การเห็นแสงรำไรหลังตึกที่ติดหลอดไฟโดยมองไม่เห็นหลอดไฟ

5. พิจารณาปรากฏการณ์ต่อไปนี้

- | | |
|---------------|-----------------|
| ก. การสะท้อน | ข. การหักเห |
| ค. การแทรกสอด | ง. การเลี้ยวเบน |

ปรากฏการณ์ที่แสดงว่าแสงเป็นคลื่นคือ

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. ข้อ ก | 2. ข้อ ค |
| 3. ข้อ ข และ ค | 4. ข้อ ค และ ง |

6. ถ้าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอัตราเร็ว 3×10^8 เมตรต่อวินาที ในสุญญากาศ ถ้าส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นไปยังดาวเทียมซึ่งอยู่สูง 300 กิโลเมตร จากผิวโลก ถามว่าหลังจากส่งสัญญาณไปแล้วนานกี่มิลลิวินาทีจึงจะได้รับสัญญาณที่สะท้อนมาจากดาวเทียม

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. 0.5 มิลลิวินาที | 2. 1.0 มิลลิวินาที |
| 3. 2.0 มิลลิวินาที | 4. 4.0 มิลลิวินาที |

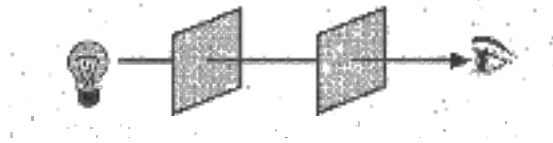
7. “1 ปีแสง” มีความหมายตรงกับข้อใดมากที่สุด

1. เวลาที่แสงเคลื่อนที่ได้
2. ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ได้ในระยะเวลา 1 ปี
3. ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่จากดวงอาทิตย์สู่โลก
4. เวลาที่แสงใช้ในการเคลื่อนที่จากดวงอาทิตย์สู่โลก

8. กำหนดความเร็วแสงในสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที ดังนั้นในเวลา 1 ปีแสงจะเคลื่อนที่ได้ระยะทางกี่กิโลเมตร

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. 9.46×10^{12} กิโลเมตร | 2. 9.46×10^{13} กิโลเมตร |
| 3. 9.46×10^{14} กิโลเมตร | 4. 9.46×10^{15} กิโลเมตร |

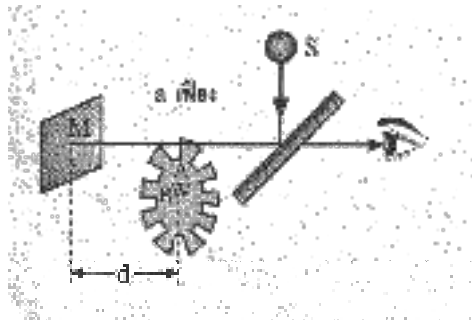
9.



จากสถานการณ์ดังรูป ทำให้สรุปได้ว่าอย่างไร

1. แสงเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
2. แสงเคลื่อนที่ไปในตัวกลางด้วยอัตราเร็วแสงสูงมากและคงตัว
3. แนวการเคลื่อนที่ของแสงที่แสงเคลื่อนที่ไปนั้นเป็นตัวกลางชนิดเดียวกัน
4. การเขียนรังสีของแสงจะช่วยให้เกิดความสะดวกในการบอกทิศทางที่แสงเคลื่อนที่ไป

10. ในการทดลองหาความเร็วแสงด้วยวิธีของฟิโซ ปรากฏว่าจำนวนฟันเฟือง $W = a = 720$ ช่อง จำนวนรอบที่เฟืองหมุน $= b = 12.70$ รอบ/วินาที ระยะจากเฟือง W ถึงกระจก $M = d = 8.60$ กิโลเมตร จากการทดลองข้างล่างความเร็วของแสงจะมีค่าเท่าไร



- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. 2.86×10^8 เมตรต่อวินาที | 2. 2.99×10^8 เมตรต่อวินาที |
| 3. 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที | 4. 3.14×10^8 เมตรต่อวินาที |

อ้อ อ้อ นะคะ



ชุดกิจกรรมที่ 1

ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

แบบทดสอบหลังเรียน

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน ชุดที่ 1
เรื่อง ทฤษฎีของแสงและอัตราเร็วแสง

ชื่อ ชั้น เลขที่

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	1	2	3	4
	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

คะแนนเต็ม	10
คะแนนที่ได้	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนนระหว่าง 9-10 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

คะแนนระหว่าง 7-8 อยู่ในเกณฑ์ ดี

คะแนนระหว่าง 5-6 อยู่ในเกณฑ์ พอใช้

คะแนนระหว่าง 0-4 อยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุง

ผลการประเมิน

- ☐ ดีมาก
- ☐ ดี
- ☐ พอใช้
- ☐ ปรับปรุง

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ เดือน พ.ศ.



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). **ชุดกิจกรรมเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ สำหรับक्रमมัธยมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทศนา แหมมณี. (2553). **ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กวียา เนาวประทีป. (2555). **หนังสือชุดเทคนิคการเรียนรู้ฟิสิกส์ : แสง**. กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์ เซนต์เตอร์.
- ประกิตเฒ่า ทมชิตชงศ์. (2556). **คู่มือเตรียมสอบ ฟิสิกส์ ม.4-5-6**. กรุงเทพมหานคร : ไฮเอ็ดพับลิชชิง
- มานัส มงคลสุข. (2555). **1001 Test in Physics 2**. กรุงเทพมหานคร : แม็ค.
- จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. (2555). **คู่มือสารการเรียนรู้เพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4-6 เล่ม 3**. กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. พัฒนา.
- นิรันดร์ สุวัฒน์. (2556). **ตะลุยโจทย์ฟิสิกส์ Entrance ม.4-5-6 PAT2**. กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. พัฒนา.
- นิรันดร์ สุวัฒน์. (2556). **คัมภีร์ฟิสิกส์ สอบเข้ามหาวิทยาลัย ทุกระบบ**. กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. พัฒนา.
- นิรันดร์ สุวัฒน์. (2554). **คู่มือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. พัฒนา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา.
- Hugh D. Young and Roger A. Freedman. (2559). **ฟิสิกส์ 3 ระดับอุดมศึกษา- University physics with modern physics**. แปลโดย ปิยพงษ์ สิทธิคง. กรุงเทพมหานคร : ท็อป.
- Raymond A. Serway and John W. Jewett, Jr. (2559). **ฟิสิกส์ 2-Physics For Scientists and Engineers II**. แปลโดย ประธาน บุรณศิริ. กรุงเทพมหานคร : เซนเกจ เลินนิ่ง อินโด-ไชน่า.



จัดทำโดย: นางสาวยุวดี สุวรรณ
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย บุรีรัมย์
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32