คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม

ฟิสิกส์ เล่ม ๓

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ - ๖

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ

สสวท

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๒๒๔.-

สสวท

คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม ๓

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ISBN 978-974-01-9557-3

พิมพ์ครั้งที่หนึ่ง ๕,๐๐๐ เล่ม

พ.ศ. ๒๕๕๔

องค์การค้าของ สกสค. จัดพิมพ์จำหน่าย

พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๙ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้มอบหมายให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจัดทำโครงสร้างหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม และจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม ๓ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔-๖ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๐ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๓

(นายชินภัทร ภูมิรัตน)
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม ๓ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ - ๖ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นสำหรับให้ครูผู้สอนเลือกใช้ประกอบการเรียนการสอนควบคู่กับหนังสือเรียนตามโครงสร้างหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม โดยให้พิจารณาเทียบเคียงกับหลักสูตรของสถานศึกษา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล รวมทั้งข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

(นายชินภัทร ภูมิรัตน)
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
๒๐ ธันวาคม ๒๕๕๓

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการ ให้ดำเนินการจัดทำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยสาระหลัก ๘ สาระ คือ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดชั้นปีและตัวชี้วัดช่วงชั้น ซึ่งเป็นเป้าหมายสำหรับผู้เรียนทุกคนที่จะได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ความสามารถในการสื่อสาร การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรมและค่านิยมที่ถูกต้องเหมาะสม โดยมุ่งเน้นความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล ตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๕๓ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ จึงจำเป็นต้องมีสื่อการเรียนการสอนที่ได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามเป้าหมายของหลักสูตรดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม ๓ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ - ๖ สำหรับครูที่จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพิ่มเติม ซึ่งคู่มือครูเล่ม ๓ นี้ ได้พัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ สาระที่ ๔ แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ ๕ พลังงาน เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนการจัดการเรียนรู้การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากคณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ และครูผู้สอน จากสถาบันต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ครูและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วยจักขอบพระคุณยิ่ง

(นางพรพรรณ ไวทยางกูร)
ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

สารบัญ

ข้อแนะนำในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 1

จำนวนหน่วยกิตและผลการเรียนรู้ 9

หน่วยการเรียนรู้และเวลาสอนแต่ละบท 9

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ 9

สาระสำคัญ 13

ผังมโนทัศน์ ฟิสิกส์ เล่ม 3 (คลื่น) 15

9 คลื่นกล

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน 16

จุดประสงค์การเรียนรู้ 17

สรุปสาระสำคัญ 18

ผังมโนทัศน์ 21

9.1 การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล 22

9.1.1 การสั่น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายและการเกิดคลื่น 23

9.1.2 ชนิดของคลื่น 25

9.2 คลื่นผิวน้ำ 25

9.3 การซ้อนทับของคลื่น 28

9.4 สมบัติของคลื่น 29

9.4.1 การสะท้อน 29

9.4.2 การหักเห 33

9.4.3 การแทรกสอด 36

9.4.4 การเลี้ยวเบน 40

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 9 43

คลื่นเสียง 10

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน 74

จุดประสงค์การเรียนรู้ 75

สรุปสาระสำคัญ 76

ผังมโนทัศน์ 78

10.1 ธรรมชาติและสมบัติของเสียง 79

10.2 อัตราเร็วของเสียง 89

10.3 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง 95

10.4 ความเข้มเสียงและการได้ยิน 98

10.4.1 ความเข้มเสียง 98

10.4.2 ระดับเสียง 99

10.4.3 มลภาวะของเสียง 101

10.4.4 หูกับการได้ยิน 104

10.4.5 เวลาก้องเสียง 105

10.5 เสียงดนตรี 106

10.5.1 ระดับสูงต่ำของเสียง 106

10.5.2 คุณภาพของเสียง 108

10.5.3 ความถี่ธรรมชาติ 112

10.5.4 การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในอากาศ 115

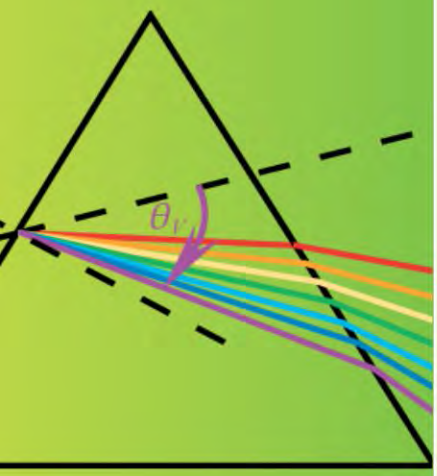
10.6 การบีตและคลื่นนิ่งของเสียง 120

10.7 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก 124

10.8 การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียง 126

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 10 127

11 แสงและทัศนอุปกรณ์



เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน 144

จุดประสงค์การเรียนรู้ 145

สรุปสาระสำคัญ 145

ผังมโนทัศน์ 148

11.1 การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง 149

11.2 การสะท้อนแสง 150

11.2.1 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ 151

11.2.2 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาทรงกลม 152

11.3 การหักเหของแสง 156

11.3.1 กฎการหักเหของแสง 156

11.3.2 การสะท้อนกลับหมดของแสง 160

11.3.3 ความลึกจริง ความลึกปรากฏ 162

11.4 เลนส์บาง 163

11.5 ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง 167

11.5.1 การกระจายแสง 167

11.5.2 รุ้ง 169

11.5.3 การทรงกลด 170

11.5.4 มิราจ 170

11.6 ทัศนอุปกรณ์ 171

11.6.1 เครื่องฉายภาพ 171

11.6.2 กล้องถ่ายรูป 172

11.6.3 กล้องจุลทรรศน์ 172

11.6.4 กล้องโทรทรรศน์ 174

11.7 ความสว่าง 176

11.8 การถนอมสายตา 177

11.9 ตาและการมองเห็น 178

11.10 สี 179

11.10.1 การผสมสารสี 182

11.10.2 การผสมแสงสี 183

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 11 186

แสงเชิงฟิสิกส์ 12

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน 231
จุดประสงค์การเรียนรู้ 232
สรุปสาระสำคัญ 232
ผังมโนทัศน์ 233
12.1 การแทรกสอด 234
12.2 การเลี้ยวเบนของแสง 238
12.3 เกรตติง 242
12.4 การกระเจิงของแสง 247
เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 12 250

บรรณานุกรม 261
คณะกรรมการดำเนินการพัฒนาคู่มือครู
รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 262

ข้อแนะนำในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

1. จุดประสงค์การสอนวิชาฟิสิกส์

ในการสอนวิชาใด ๆ ก็ตาม ครูผู้สอนจะต้องเข้าใจถึงเหตุผลที่ว่า ทำไมต้องสอนวิชานั้นเสียก่อน เพราะความเข้าใจดังกล่าวจะเป็นสิ่งกำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูผู้สอนต้องรับผิดชอบ ดังนั้นครูฟิสิกส์จึงต้องศึกษาให้เข้าใจในจุดประสงค์ของวิชาฟิสิกส์ เพื่อการตัดสินใจเลือกดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสภาพของแต่ละชั้นเรียน

ก่อนที่จะพิจารณาจุดประสงค์ของวิชาฟิสิกส์ ขอให้ครูผู้สอนทำความเข้าใจกับจุดประสงค์รวมของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้เกิดความเข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อให้นำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

จุดประสงค์ข้อแรก ต้องการให้มีความรู้ในเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นฐานในการศึกษาระดับสูงต่อไป อย่างไรก็ดีจุดประสงค์ข้อนี้ยังมิได้มุ่งการเตรียมตัวนักเรียนให้เป็นนักวิทยาศาสตร์

จุดประสงค์ข้อสอง ต้องการให้นักเรียนเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความแตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ ในหลายด้าน เช่น นักวิทยาศาสตร์จะสนใจแต่ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์จะเชื่อในสิ่งที่ตรวจสอบยืนยันความเป็นจริงได้ด้วยประสาทสัมผัสหรือเครื่องมือที่ขยายขอบเขตประสาทสัมผัสของมนุษย์เท่านั้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นความจริงสากล นั่นคือสามารถทดสอบได้ทุกเมื่อไม่จำกัดสถานที่หรือตัวบุคคล ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลหรือหลักฐานที่พบขึ้นใหม่ เป็นต้น

จุดประสงค์ข้อสาม ต้องการให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นในการศึกษาค้นคว้าคิดค้นและแก้ปัญหา โดยเน้นฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการให้ลงมือปฏิบัติจริงในการทำกิจกรรมและการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การไม่เชื่อ คำกล่าวที่เลื่อนลอย การใช้คำอธิบาย

ที่มีเหตุผลหรือมีหลักฐานยืนยันที่เหมาะสม การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และยอมเปลี่ยนความคิดเห็น เมื่อได้ข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ที่เหมาะสมกว่าเดิม มีความซื่อตรงไม่บิดเบือนข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

จุดประสงค์ข้อสี่ ต้องการให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิด และมีจินตนาการในเชิงสร้างสรรค์ สามารถแก้ปัญหา สามารถสื่อสารสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ และสามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล

จุดประสงค์ข้อห้า ต้องการให้นักเรียนเข้าใจและระมัดระวังในผลกระทบของเทคโนโลยีต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งเข้าใจถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในสังคมมนุษย์ที่มีต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จุดประสงค์ข้อหก ต้องการให้นักเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับชีวิตความเป็นอยู่ได้ เช่น รู้จักดูแลรักษาสุขภาพร่างกาย รู้จักเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสม งดเว้นสิ่งที่จะบั่นทอนสุขภาพ รู้จักใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ รู้จักเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม เป็นต้น

จุดประสงค์ข้อเจ็ด ต้องการปลูกฝังให้นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งได้แก่ การไม่เชื่อคำกล่าวที่เลื่อนลอย การใช้คำอธิบายที่ไม่มีเหตุผลหรือหลักฐานยืนยันที่เหมาะสม การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและยอมเปลี่ยนความคิดเห็น เมื่อได้ข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ที่เหมาะสมกว่าเดิม มีความซื่อตรงไม่บิดเบือนข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

จากจุดประสงค์รวมของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เมื่อนำมากำหนดเป็นจุดประสงค์เฉพาะของกลุ่มวิชาฟิสิกส์อาจเขียนได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้เข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์
2. เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์จริงกับคำอธิบายทางทฤษฎี
3. เพื่อให้เข้าใจและยอมรับในขอบเขตของข้อมูลที่ได้ว่า ขึ้นกับขีดความสามารถของเครื่องมือวัด
4. เพื่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5. เพื่อให้สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการนำหลักการทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ ทั้งเชิงความคิดและเชิงการปฏิบัติ
6. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์
7. เพื่อให้มีความใจกว้าง คิดและปฏิบัติอย่างมีเหตุผล
8. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ ผลดีและผลเสียต่อสังคมในการนำความรู้ทางฟิสิกส์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ
9. เพื่อให้ตระหนักในอิทธิพลของสังคมที่มีต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ครูจะต้องพิจารณาว่า กิจกรรมนั้น ๆ มุ่งให้บรรลุตามจุดประสงค์ข้อใดบ้าง โดยพยายามให้ครอบคลุมทางจุดประสงค์เท่าที่จะเป็นไปได้ซึ่งขึ้นกับเนื้อหาแต่ละหัวข้อ

2. ลักษณะทั่วไปของหลักสูตรวิชาฟิสิกส์

หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 6 รายวิชา แบ่งเป็นรายวิชาพื้นฐาน 1 รายวิชา และรายวิชาเพิ่มเติม 5 รายวิชา แต่ละรายวิชามีหน่วยกิต ดังนี้ รายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ 1.5 หน่วยกิต 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

รายวิชาเพิ่มเติม

ฟิสิกส์ เล่ม 1	2	หน่วยกิต	4	ชั่วโมงต่อสัปดาห์
ฟิสิกส์ เล่ม 2	2	หน่วยกิต	4	ชั่วโมงต่อสัปดาห์
ฟิสิกส์ เล่ม 3	2	หน่วยกิต	4	ชั่วโมงต่อสัปดาห์
ฟิสิกส์ เล่ม 4	2	หน่วยกิต	4	ชั่วโมงต่อสัปดาห์
ฟิสิกส์ เล่ม 5	2	หน่วยกิต	4	ชั่วโมงต่อสัปดาห์

อย่างไรก็ตาม สถานศึกษาอาจปรับลดจำนวนหน่วยกิตของแต่ละรายวิชาได้ตามความเหมาะสมของแต่ละสถานศึกษา

รายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ ประกอบด้วยความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ตามมาตรฐานการเรียนรู้ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน ส่วนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ถึงฟิสิกส์ เล่ม 5 จัดแบ่งเนื้อหาตามแขนงของวิชาฟิสิกส์ กล่าวคือ ฟิสิกส์ เล่ม 1 และฟิสิกส์ เล่ม 2 มีเนื้อหาเกี่ยวกับกลศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 3 มีเนื้อหาเกี่ยวกับคลื่น ฟิสิกส์ เล่ม 4 มีเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็ก และฟิสิกส์ เล่ม 5 มีเนื้อหาเกี่ยวกับสสารและฟิสิกส์แผนใหม่

สำหรับหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ เป็นรายวิชาซึ่งนักเรียนที่ต้องการเรียนเน้นทางวิทยาศาสตร์ต้องเรียนทุกคน เนื้อหาความรู้ที่จัดไว้ประกอบด้วย การเคลื่อนที่แนวตรง สนามของแรง ปรากฏการณ์คลื่น กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับฟิสิกส์ซึ่งจะศึกษาในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ต่อไป

3. ลักษณะของหนังสือเรียนและคู่มือครู

3.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ตามหลักสูตร 2551 มิได้มุ่งหวังให้เป็นแหล่งสะสมความรู้สำหรับให้นักเรียนท่องจำ แต่มุ่งกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้ อยากเห็น อยากทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริงต่างๆด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้ความคิดหาเหตุผลค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง หรือบางครั้ง อาจค้นหาผลสรุปจากการทำการทดลอง ดังนั้นครูจึงมีบทบาทเป็นผู้ช่วยให้นักเรียนได้รู้จักพึ่งตัวเองให้มากขึ้นโดยพยายามสนับสนุนให้นักเรียนได้ฝึกการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตอบปัญหาและการทำการทดลอง ครูควรใช้การบอกโดยตรงให้น้อยลงและใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดเพิ่มมากขึ้น

คำถามที่สอดแทรกไว้ในบทเรียน คำถามเหล่านี้นักเรียนควรตอบได้โดยอาศัยพื้นความรู้ที่เรียนผ่านมาแล้ว จุดมุ่งหมายของคำถามเหล่านี้ก็เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ต้องการให้นักเรียนทราบโดยไม่ต้องบอกข้อสรุปนั้นตรงๆ

การเรียนรู้ภาคปฏิบัติ จะมีสองรูปแบบ คือกิจกรรมและการทดลอง ในการทำกิจกรรม นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติจริงเพื่อสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและบันทึกสิ่งที่สังเกตได้เพื่อนำมาอภิปรายหรือสรุป แต่ในการทำการทดลอง นักเรียนจะได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการทดลองแต่ละเรื่องจะบอกวิธีทดลองโดยระบุขั้นตอนการทดลองเป็นลำดับ แต่นักเรียนต้องออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตัวเองให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดประสงค์ของการทดลองนั้นๆ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป นักเรียนจะได้ฝึกการลงข้อสรุปจากการทำการทดลองและการอภิปรายร่วมกันตามแนวคำถามท้ายการทดลอง

สรุปสาระสำคัญ (summary) เนื่องจากหนังสือเรียนนี้มุ่งหวังให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง จึงเพิ่ม "สรุปสาระสำคัญ" ไว้ตอนท้ายของบทเรียนด้วยทุกบท ครูควรเน้นกับนักเรียนว่าสรุปสาระสำคัญที่ปรากฏตอนท้ายของแต่ละบทในหนังสือเรียน เป็นภาพรวมของเนื้อหาหรือความรู้ในบทเท่านั้น สรุปสาระสำคัญไม่สามารถทดแทนเนื้อหาทั้งหมดหรือทำให้เกิดความเข้าใจทั้งบทได้ การเรียนรู้ในแต่ละบทจะประสบผลสำเร็จได้นั้นต้องศึกษาในรายละเอียด (รวมทั้งการทำการทดลองและกิจกรรม) อย่างครบถ้วนเท่านั้น

แบบฝึกหัด (exercises) ในท้ายบทแต่ละบทแบ่งเป็น 2 ส่วน คือคำถาม (questions) และปัญหา (problems) ของหัวข้อนั้นๆ "คำถาม" จะมุ่งตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาหัวข้อนั้นๆ โดยการเขียนตอบ หรือครูอาจเลือกมาบางข้อให้นักเรียนตอบภายในชั้นเรียนก็ได้ถ้ามีเวลาเหลือเพียงพอ ส่วน "ปัญหา" มีไว้เพื่อให้นักเรียนฝึกฝนและตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการเขียนตอบเช่นกัน นอกจากนี้ครูอาจหาแบบฝึกหัดอื่นๆ ที่เห็นว่าเหมาะสมมาให้นักเรียนทำเพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์ของนักเรียนอีกก็ได้

3.2 คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์

คู่มือครูมีไว้เพื่อช่วยเหลือครูในการดำเนินการสอนแต่ละบทเรียน ดังนั้นเพื่อให้การสอนวิชาฟิสิกส์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนควรศึกษาคู่มือแต่ละเล่มอย่างละเอียดและปฏิบัติให้สอดคล้องกับคำแนะนำที่ให้ไว้ อย่างไรก็ตามครูผู้สอนอาจพิจารณาดัดแปลงหรือเพิ่มเติมได้ตามที่เห็นสมควร คู่มือครูแต่ละบทเรียนจะประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1. เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอนของทั้งบทและแต่ละหัวข้อ
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน
3. สรุปสาระสำคัญของบทเรียน
4. ผังมโนทัศน์ของบทเรียน
5. รายละเอียดของแต่ละหัวข้อ ประกอบด้วย
    - 5.1 จุดประสงค์การเรียนรู้
    - 5.2 แนวการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 ส่วน
        1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน
        2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน
        3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

5.3 ความรู้เพิ่มเติมสำหรับผู้สอน (เป็นความรู้ที่นอกเหนือไปจากหลักสูตร แต่เพิ่มเติมไว้เพื่อเป็นความรู้ของครู)

6. ในกรณีที่มีการทดลอง รายละเอียดของการทดลองอาจประกอบด้วย

6.1 ชื่อการทดลอง

6.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

6.3 เวลาที่ใช้

6.4 วัสดุอุปกรณ์

6.5 การเตรียมล่วงหน้า

6.6 แนะนำก่อนการทดลอง

6.7 ตัวอย่างผลการทดลอง

6.8 อภิปรายหลังการทดลอง

6.9 ข้อแนะนำเพิ่มเติมสำหรับผู้สอน (เกี่ยวกับเทคนิค วิธีการต่างๆ หรือเป็นสิ่งที่ครูควรนำไปปฏิบัติในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพิ่มเติมจากที่แนะนำไว้ในหนังสือเรียน)

7. เฉลยแบบฝึกหัด ประกอบด้วย

7.1 แนวคำตอบของคำถาม

7.2 เฉลยปัญหา

ในท้ายคู่มือครูจะมีข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งเรียนรู้ ได้แก่ สื่อสิ่งพิมพ์ วีดิทัศน์ อินเทอร์เน็ต

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ให้ไว้ในแต่ละบทนั้นมุ่งหมายเพื่อช่วยให้ครูได้ทราบว่าเมื่อนักเรียนเรียนจบบทเรียนนั้นแล้ว จะได้พฤติกรรมอะไรบ้าง หรือสามารถทำอะไรได้บ้าง อย่างไรก็ดีครูผู้สอนควรตระหนักไว้ว่า จุดประสงค์การเรียนเหล่านี้กำหนดขึ้นตามขอบเขตของเนื้อหาในหลักสูตรโดยมุ่งให้เป็นแนวทางสำหรับการสอนเท่านั้น มิได้มุ่งหมายให้นำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดผลการเรียนรู้ ซึ่งกรณีเช่นนั้นครูผู้สอนจำเป็นต้องระบุจุดประสงค์เพิ่มเติมอีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับด้านความรู้และด้านการปฏิบัติ

ในกรณีที่ครูต้องการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนให้นักเรียนทราบควรหลีกเลี่ยงการบอกในลักษณะที่เป็นการสรุปเนื้อหาวิชาในบทนั้น ๆ เพราะเมื่อนักเรียนได้ทราบสาระสำคัญของบทเรียนตั้งแต่เริ่มต้นแล้ว ก็อาจจะไม่มีความสนใจต่อขั้นตอนการเรียนการสอน

5. การดำเนินการสอน

ในการดำเนินการสอนเพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ที่กำหนดไว้จำเป็นต้องใช้วิธีการสอนหลายแบบผสมผสานกันไป จะใช้วิธีใดเพียงวิธีเดียวย่อมไม่ประสบผลสำเร็จ วิธีการสอนที่แนะไว้ ได้แก่

5.1 การใช้คำถาม

เนื่องจากจุดมุ่งหมายของหลักสูตรนอกจากจะมุ่งหวังให้นักเรียนจดจำเนื้อหาที่เป็นความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ได้แล้ว ยังต้องการให้นักเรียนสามารถอธิบายเปรียบเทียบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ คาดคะเนผลสรุป ฯลฯ ได้อีกด้วย ในการฝึกให้มีความสามารถดังกล่าวหรือที่เรียกว่า ให้คิดเป็นนั้น ครูต้องให้โอกาสนักเรียนได้ฝึกคิด โดยครูเป็นผู้ป้อนคำถามต่าง ๆ คอยช่วยกระตุ้นให้กำลังใจ และชี้แนะแนวทางในการตอบปัญหาให้เป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ครูควรเตรียมตั้งคำถามสำหรับแต่ละตอนของบทเรียนล่วงหน้า โดยคำนึงถึงพื้นฐานประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นสำคัญ ถ้าครูมานึกคำถามอย่างเร่งรีบระหว่างการสอนอาจทำให้ได้คำถามที่ไม่เหมาะสม เช่น ยากเกินไป ง่ายเกินไป หรือมีลักษณะไม่ยั่วยุให้นักเรียนสนใจคิดหาคำตอบ ครูผู้สอนจะต้องอดทนในการรอคอยคำตอบขณะที่นักเรียนกำลังคิดและพึงระลึกไว้เสมอว่า ปฏิกิริยาของครูที่มีต่อคำตอบของนักเรียนจะมีส่วนอย่างมากในการเสริมสร้างหรือทำลายความกระตือรือร้นที่จะตอบปัญหาของนักเรียน

ถ้าครูใช้คำถามบ่อย ๆ และพยายามศึกษาปรับปรุงการใช้คำถามอยู่เสมอจะมีผลให้คำถามของครูมีคุณค่าต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น และบรรยากาศของการเรียนการสอนจะมีชีวิตชีวาไม่น่าเบื่อทั้งสำหรับครูและนักเรียน

5.2 การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต

การสอนวิชาฟิสิกส์บางตอนอาจเริ่มด้วยการให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมหรือการทดลองและสังเกตผลการทดลองตามขั้นตอนต่าง ๆ แล้วครูใช้คำถามเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของการทดลองนั้น ๆ แทนที่ครูจะเล่าการทดลองและบอกผลสรุปโดยตรง ซึ่งใช้เวลาในการสอนน้อยกว่าวิธีแรกมาก แต่วิธีสอนแบบบอกผลสรุปโดยตรง นักเรียนจะไม่มีโอกาสได้ฝึกการสังเกตฝึกบันทึกข้อมูล ไม่มีโอกาสได้หยิบจับอุปกรณ์ทำการทดลอง ซึ่งเป็นประสบการณ์ส่วนหนึ่งที่เสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การฝึกให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลนัยหนึ่งก็คือการสรุปอย่างมีเหตุมีผลนั่นเอง ก็เป็นการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนทางหนึ่ง

ผลที่ได้จากการทดลองของนักเรียนอีกประการหนึ่งก็คือ จากการพบปัญหาในการทดลองและหาวิธีแก้ปัญหาเหล่านั้นเพื่อให้การทดลองสัมฤทธิ์ผล นักเรียนจะได้เรียนรู้แนวการคิดแก้ปัญหาที่สอดคล้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติ มิใช่ด้วยการท่องจำขั้นตอนเป็นข้อๆ ดังนั้นนักเรียนจะมีความมั่นใจในการนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้โดยตรงไปใช้แก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

5.2.1 การตรวจสอบการทดลอง

ครูควรทำการทดลองทุกการทดลองก่อน เพื่อตรวจสอบว่ามีข้อบกพร่องหรือปัญหาในเรื่องใดบ้าง และผลที่ได้เป็นอย่างไร อันจะทำให้ครูมีความมั่นใจในการดำเนินการสอนในชั้นเรียน ยิ่งไปกว่านั้นยังจะได้ทราบด้วยว่าแต่ละการทดลองมีอะไรบ้างที่ต้องเตรียมไว้ล่วงหน้าจะได้จัดไว้ให้เรียบร้อยก่อนถึงเวลาสอน

5.2.2 การแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อทำการทดลอง

ในการทดลองให้แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน ใช้เครื่องมือกลุ่มละ 1 ชุด ครูควรแนะนำให้นักเรียนรู้จักการใช้เครื่องมือต่าง ๆ อย่างถูกต้องและปลอดภัยก่อนทำการทดลอง ควรย้ำถึงความเป็นระเบียบและความรับผิดชอบต่อเครื่องมือที่นำไปใช้ด้วย ในบางการทดลอง ครูอาจให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งกันทำกลุ่มละตอน แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันเพื่อประหยัดเวลาก็ได้

5.2.3 การรายงานผลการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนรายงานผลการทดลอง ครูควรตรวจรายงานของนักเรียนแล้วนำสิ่งที่ยังบกพร่องมาชี้แจงในชั้นให้เข้าใจทั่วกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งควรเน้นความซื่อสัตย์ในการทดลอง การบันทึกผล การสรุปผล และการอภิปรายผลมากกว่าการเน้นความถูกต้องของผลการทดลองเพื่อปลูกฝังความเข้าใจและการยอมรับในขอบเขตและขีดจำกัดของการทดลองทางวิทยาศาสตร์

ครูอาจใช้การสาธิตเพื่อจูงใจนักเรียนให้เกิดความสนใจ ใคร่รู้ในเนื้อหาที่จะดำเนินการสอนต่อไป โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้น อันจะมีผลให้นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนมีชีวิตชีวา ไม่น่าเบื่อหน่าย ในบางการทดลองซึ่งนักเรียนไม่มีโอกาสได้ทดลองด้วยตัวเอง ครูควรทำการสาธิตการทดลองนั้น ๆ ให้นักเรียนดู แต่ครูจะต้องระลึกไว้เสมอว่า การสาธิตไม่อาจทดแทนการทดลองของนักเรียนได้ และครูควรให้นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตัวนักเรียนเองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.3 การอภิปราย

การสอนวิชาฟิสิกส์ที่มุ่งปลูกฝังให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ยอมรับฟังความคิดเห็น ของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล กล้าแสดงความคิดเห็น ไม่เชื่ออะไรง่ายๆ ซึ่งจัดว่าเป็นการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น ครูควรดำเนินการสอนโดยให้เด็กได้มีโอกาสอภิปรายร่วมกัน โดยครูเป็นผู้คอยแนะนำและควบคุมมิให้ออกนอกทาง การสอนเช่นนี้จะมีส่วนสร้างเสริมเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวโดยตรง

ครูอาจใช้การอภิปรายเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาที่ต้องการจะสอนต่อไป หรืออภิปรายเพื่อนำไปสู่การสังเกต การทดลอง และที่จำเป็นที่สุดก็คือ ใช้การอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลองอย่างไรก็ดี ครูต้องคำนึงถึงเวลาที่มีอยู่ด้วย โดยพยายามจัดแบ่งเวลาและควบคุมการอภิปรายให้อยู่ในขอบเขตของเวลาที่กำหนดให้

6. เวลาในการสอน

ช่วงเวลาที่กำหนดไว้ของบทเรียน รวมทั้งช่วงเวลาที่ระบุในแต่ละการทดลอง ครูผู้สอนอาจปรับยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม เพราะตามที่เสนอแนะไว้เป็นการประมาณช่วงเวลาสำหรับกรณีไม่มีกิจกรรมพิเศษหรือปัญหาอื่น ๆ ที่ทำให้เวลาในการสอนบทเรียนต้องลดน้อยลง

7. การวัดผลและประเมินผล

การวัดผลการเรียนรู้ในบทเรียนแต่ละบทนั้น ครูควรพิจารณาจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนก่อนว่า ครอบคลุมทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ทุกๆ ด้านหรือยัง ครูควรกำหนดจุดมุ่งหมายของบทเรียนนั้น ๆ เพิ่มเติมอีกตามความเหมาะสม และพึงระวังไว้เสมอว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์มิได้มีแต่ด้านความรู้ความจำเท่านั้น แต่ยังมีด้านความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ รวมทั้งด้านเจตคติและความสนใจอีกด้วย การระบุจุดประสงค์ของบทเรียนจึงควรพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อให้การวัดผลตามจุดประสงค์เหล่านั้น ครอบคลุมทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ทุกๆ ด้านตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

การวัดผลการเรียนรู้อาจกระทำได้หลายทาง เช่น ให้นักเรียนทำแบบทดสอบ ซึ่งอาจมีทั้งที่เป็นข้อเขียนและภาคปฏิบัติ หรือครูสังเกตพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะเรียน เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลดังกล่าวจะเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด นอกจากขึ้นกับจำนวนครั้งที่ทำการวัดแล้วยังขึ้นกับคุณภาพของแบบทดสอบและความสามารถในการสังเกตของครูอีกด้วย การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างแบบทดสอบรวมทั้งฝึกหัดสร้างแบบทดสอบอยู่เสมอจะทำให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ สำหรับการประเมินผลการเรียนการสอนนั้นครูควรพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนและยุติธรรม ซึ่งครูสามารถศึกษาได้จาก คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ที่จัดทำโดยสาขาประเมินมาตรฐาน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือสืบค้นได้ที่เว็บไซต์ http://www3.ipst.ac.th/sa/images/book/science_assessment.pdf

จำนวนหน่วยกิตและผลการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 (คลื่น)

หน่วยการเรียนรู้ 2 หน่วยกิต

บทที่ 9	คลื่นกล	22	ชั่วโมง
บทที่ 10	เสียง	20	ชั่วโมง
บทที่ 11	แสงและทัศนอุปกรณ์	26	ชั่วโมง
บทที่ 12	แสงเชิงฟิสิกส์	12	ชั่วโมง
	รวม	80	ชั่วโมง

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
1. อธิบายการเคลื่อนที่แบบคลื่นและการเกิดคลื่นกล	คลื่นเป็นปรากฏการณ์การถ่ายโอนพลังงานจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งทั้งที่อาศัยตัวกลาง เรียกว่า คลื่นกล และไม่อาศัยตัวกลาง เรียกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นที่แหล่งกำเนิดคลื่นส่งคลื่นเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกัน บรรยายได้ด้วยความยาวคลื่น ความถี่ คาบ แอมพลิจูดและอัตราเร็ว ถ้าคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกันจะรวมกันตามหลักการซ้อนทับ
2. อธิบายสมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน	คลื่นมีการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน การสะท้อนของคลื่นเกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปถึงสิ่งกีดขวางแล้วเปลี่ยนทิศทางกลับมาในตัวกลางเดิม โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อน การหักเหของคลื่นเกิดคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกันแล้วอัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไป เป็นไปตามกฎการหักเห การแทรกสอดของคลื่นเกิดเมื่อคลื่นสองคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันแล้วรวมกันตามหลักการซ้อนทับ ซึ่งในกรณีคลื่นอาพันธ์จะเกิดคลื่นนิ่ง การเลี้ยวเบนของคลื่นเกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางแล้วมีคลื่นแผ่จากขอบสิ่งกีดขวางไปด้านหลังได้ซึ่งอธิบายด้วยหลักของฮอยเกนส์

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
3. อธิบายการเกิดคลื่นนิ่ง	คลื่นนิ่งเกิดจากคลื่นอาพันธ์สองขบวนแทรกสอดกัน แล้วเกิดตำแหน่งการแทรกสอดแบบเสริม เรียกว่า ปฏิบัพ ตำแหน่งการแทรกสอดแบบหักล้าง เรียกว่า บัพ
4. อธิบายการเกิดเสียงและสมบัติของเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน	เสียงเกิดจากการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านอนุภาคตัวกลาง ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่น โดยการกระจัดของอนุภาคกับตำแหน่งตามแนวการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์เป็นคลื่นรูปไซน์ ในตัวกลางหนึ่งๆ เสียงมีอัตราเร็วคงตัว เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางคงตัว และอัตราเร็วของเสียงเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิของตัวกลางเพิ่มขึ้น เสียงเป็นคลื่นกลตามยาวมีคุณสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน
5. อธิบายเกี่ยวกับการได้ยิน ได้แก่ ระดับเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง คุณภาพเสียง และผลของมลภาวะของเสียงต่อการได้ยิน	ระดับเสียงเป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียง โดยบอกเป็นค่าลอการิทึมของอัตราส่วนระหว่างความเข้มเสียงกับความเข้มเสียงต่ำที่สุดที่มนุษย์สามารถได้ยิน ส่วนระดับสูงต่ำของเสียงเป็นความถี่ของเสียงต่างๆ แหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ จะให้เสียงที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่ต่างกัน เรียกว่ามีคุณภาพเสียงต่างกัน เสียงที่มีระดับเสียงสูงหรือเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ฟังเป็นมลภาวะของเสียง
6. อธิบายความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุ	เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั่นแล้วหยุดกระตุ้น วัตถุจะยังคงสั่นต่อไปด้วยความถี่ที่เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ ปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่ง โดยความถี่ของแรงที่กระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น ทำให้วัตถุสั่นด้วยแอมพลิจูดของการสั่นกว้างที่สุด เรียกว่า การสั่นพ้อง
7. อธิบายปรากฏการณ์บางอย่างของเสียง และการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ	เสียงทำให้เกิดปรากฏการณ์ เช่น การบีต คลื่นนิ่ง การสั่นพ้อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง เสียงสะท้อนกลับและคลื่นกระแทก เป็นต้น และการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การประมง การแพทย์ ธรณีวิทยา อุตสาหกรรม เป็นต้น

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
8. อธิบายการสะท้อนของแสง การหาตำแหน่งขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้งทรงกลมทั้งโดยการเขียนภาพและการคำนวณ	เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุ จะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง วัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาราบและกระจกเงาโค้งทรงกลม จะเกิดภาพ โดยตำแหน่งขนาดและชนิดของภาพที่เกิดขึ้น หาได้จากการเขียนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณจากสมการกระจกเงา
9. อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด	เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านผิวรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลาง จะเกิดการหักเหซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎของสเนลล์ การหักเหของแสงทำให้เห็นภาพของวัตถุมีตำแหน่งไม่ตรงกับตำแหน่งของวัตถุ และทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด
10. อธิบายการหาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บางทั้งโดยการเขียนภาพและการคำนวณ	เมื่อวางวัตถุหน้าเลนส์บางจะเกิดภาพของวัตถุ โดยตำแหน่งขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาได้จากการเขียนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณจากสมการเลนส์บาง
11. อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง	หลักการสะท้อนและการหักเหของแสงใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง เช่น การกระจายแสง รุ้ง การทรงกลดและมิราจ
12. อธิบายหลักการทำงานของทัศนอุปกรณ์บางชนิด	ความรู้เรื่องอุปกรณ์ทางแสง รวมทั้งหลักการสะท้อนและการหักเหของแสงใช้อธิบายการทำงานของทัศนอุปกรณ์ เช่น เครื่องฉายภาพนิ่ง กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์และกล้องโทรทรรศน์ เป็นต้น
13. อธิบายความสว่างและการมองเห็นสี	แสงเป็นพลังงานที่ทำให้เกิดความสว่างบนพื้นที่แสงตกกระทบ อัตราพลังงานแสงที่ตกบนพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตั้งฉากที่รับแสงเรียกว่า ความสว่างมีหน่วย ลักซ์ การจัดความสว่างที่เหมาะสม ในสถานที่ต่างๆ จะช่วยประหยัดพลังงานและช่วยถนอมสายตา การมองเห็นสีขึ้นอยู่กับเซลล์รูปกรวยซึ่งเป็นเซลล์รับแสงชนิดหนึ่งบนจอตาและยังขึ้นอยู่กับแสงสีที่ตกกระทบวัตถุและสารสีบนวัตถุ โดยสารสีจะดูดกลืนบางแสงสีและสะท้อนบางแสงสี

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
14. อธิบายการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงที่ผ่านช่องเล็กยาว (หรือสลิต) และการใช้เกรตติง	เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ จะเกิดการเลี้ยวเบนและการแทรกสอด ทำให้เกิดแถบมืดแถบสว่างบนฉากซึ่งอธิบายได้โดยใช้หลักของฮอยเกนส์ และหาตำแหน่งของแถบต่างๆ ได้ สลิตที่มีจำนวนช่องมาก ระยะห่างระหว่างช่องมีค่าน้อยและเท่ากัน เรียกว่า เกรตติง ใช้สำหรับหาความยาวคลื่นของแสงและศึกษาการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง
15. อธิบายการกระเจิงของแสง	เมื่อแสงตกกระทบอนุภาคหรือโมเลกุลของอากาศ แสงจะกระจัดกระจายไปโดยรอบ โดยแสงที่มีความยาวคลื่นสั้น จะมีมุมของการกระเจิงใหญ่กว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว

สาระสำคัญ

การเคลื่อนที่แบบคลื่นเป็นการถ่ายโอนพลังงานจากการรบกวนจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยมีตัวกลางหรือไม่มีตัวกลางก็ได้ ในกรณีที่มีตัวกลาง เช่น น้ำ อนุภาคของตัวกลางจะสั่นรอบตำแหน่งสมดุล กล่าวคือมีการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น ในตัวกลางหนึ่งๆคลื่นมีอัตราเร็วคงตัว ถ้าคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกันจะรวมกันตามหลักการซ้อนทับ (superposition)

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบสิ่งกีดขวางแล้วเปลี่ยนทิศทางกลับมาในตัวกลางเดิม เรียกว่า การสะท้อน (reflection) โดยการสะท้อนเป็นไปตามกฎการสะท้อน แต่ถ้าคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งเข้าไปอีกตัวกลางหนึ่ง จะเกิดการหักเห (refraction) และเป็นไปตามกฎการหักเห

เมื่อคลื่นสองขบวนมาซ้อนทับกันจะเกิดการแทรกสอด (interference) ซึ่งมีทั้งการแทรกสอดแบบเสริมและแบบหักล้าง ขณะเกิดการแทรกสอดของคลื่นอาพันธ์ คลื่นรวมที่เกิดขึ้นจะปรากฏเสมือนนิ่งอยู่กับที่ เรียกว่า คลื่นนิ่ง (standing wave)

คลื่นที่เคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางจะเกิดการเลี้ยวเบน (diffraction) ที่ขอบของสิ่งกีดขวาง ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้หลักของฮอยเกนส์ (Huygens' principle)

เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงและถ่ายโอนพลังงานผ่านโมเลกุลของตัวกลางโดยโมเลกุลของตัวกลางสั่นอยู่กับที่ ไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมคลื่นเสียง เสียงแสดงสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้ คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว อัตราเร็วเสียงในตัวกลางหนึ่งๆ มีค่าคงตัวที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน เช่น ระดับเสียง (sound level)เป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง (pitch) เป็นความถี่ของเสียงต่างๆ คุณภาพเสียง (quality of sound) เป็นเสียงที่มีความถี่เดียวกัน แต่ฮาร์มอนิกและความเข้มเสียงแต่ละฮาร์มอนิกแตกต่างกัน ทำให้จำแนกเสียงต่างๆ ได้ ถ้าเสียงที่ได้ยินมีระดับเสียงสูงหรือเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ฟังจัดเป็นมลภาวะของเสียง

การสั่นพ้อง (resonance) เป็นปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งโดยความถี่ของแรงที่ทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งเท่ากับความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) ของวัตถุนั้น ทำให้วัตถุนั้นสั่นหรือแกว่งโดยมีแอมพลิจูดของการสั่นกว้างที่สุด สำหรับเสียงถ้าความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงเท่ากับความถี่ธรรมชาติของลำอากาศในท่อเรโซแนนซ์ จะทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุด เพราะเกิดการสั่นพ้องของลำอากาศในท่อเรโซแนนซ์นั้น

เสียงทำให้เกิดปรากฏการณ์ เช่น การบีต คลื่นนิ่ง การสั่นพ้อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ เสียงสะท้อนกลับและคลื่นกระแทก เป็นต้น ความรู้เกี่ยวกับเสียงนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การประมง การแพทย์ ธรณีวิทยา อุตสาหกรรม เป็นต้น

แสงที่ตกกระทบผิววัตถุจะเกิดการสะท้อนโดยเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบหรือกระจกเงาโค้งทรงกลมจะเกิดภาพ ซึ่งหาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดขึ้นได้โดยการเขียนภาพและการคำนวณ

เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางคู่หนึ่งๆ จะเกิดการหักเหโดยเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบและไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัว เรียกว่ากฎของสเนลล์ (Snell's law) และดรรชนีหักเห (refractive index) ของตัวกลางใด คืออัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศกับอัตราเร็วของแสงในตัวกลางนั้น

การเคลื่อนที่ของแสงในตัวกลางที่ดรรชนีหักเหมากไปตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหน้อยกว่าจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด (total reflection) ถ้ามุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤต และทำให้เห็นวัตถุในน้ำตื้นขึ้น

เมื่อวัตถุอยู่หน้าเลนส์บาง (เว้าและนูน) ตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาได้โดยการเขียนภาพและการคำนวณ

สมบัติการสะท้อนและการหักเหของแสงสามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น การกระจายแสง รุ้ง การทรงกลด มิราจ และความรู้เรื่องกระจกเงา เลนส์บางและปริซึม นำมาสร้างทัศนอุปกรณ์ เช่น เครื่องฉายภาพ กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์ และกล้องส่องทางไกล เป็นต้น

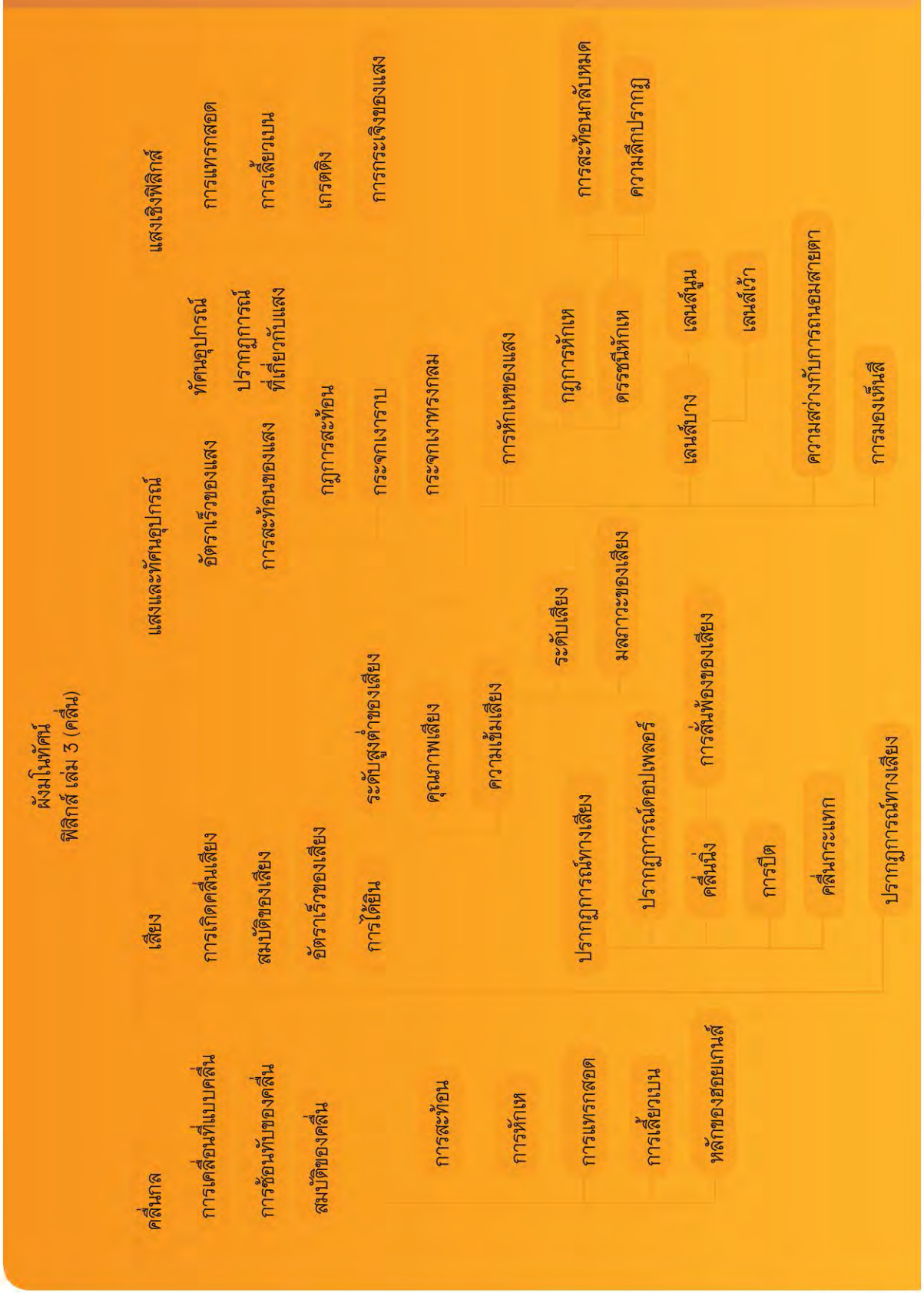
ความสว่าง (illumination) มีความสำคัญต่อการมองเห็น ความสว่างบนพื้นที่รับแสงใดๆ เป็นอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ส่องสว่างต่อพื้นที่ตั้งฉากที่รับแสง

การมองเห็นเป็นการรับรู้อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในสมองเมื่อมีแสงมาตกกระทบจอตาที่มีเซลล์รับแสงจำนวนมาก การมองเห็นสีของสิ่งต่างๆ ยังขึ้นอยู่กับแสงสีที่ตกกระทบวัตถุและสารสีบนวัตถุโดยสารสีจะดูดกลืนบางแสงสีและสะท้อนบางแสงสี

แหล่งกำเนิดแสงที่มีความถี่เท่ากัน (ความยาวคลื่นเท่ากัน) และตำแหน่งต่างๆ ที่เวลาใดๆ มีความต่างเฟสคงตัว เรียกว่า แหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ (coherent source) เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์สองแหล่ง (เช่น สลิตคู่) พบกันจะเกิดการแทรกสอด ทำให้เกิดแถบสว่างและแถบมืดบนฉาก แสงยังสามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางไปปรากฏที่ด้านหลังได้ ซึ่งเป็นการเลี้ยวเบนของแสง เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านช่องเล็กยาว (สลิตเดี่ยว) จะเกิดการแทรกสอด เกิดแถบมืดและแถบสว่างเช่นกัน อุปกรณ์ทางแสงที่ใช้ศึกษาการเลี้ยวเบนและการแทรกสอด และหาความยาวคลื่นของแสง เรียกว่า เกรตติง (grating) ที่ประกอบด้วยช่องจำนวนมากที่มีความกว้างของช่องน้อยมากและอยู่ห่างเท่ากัน

การกระเจิงของแสง (optical scattering) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบอนุภาคต่างๆ หรือโมเลกุลอากาศ แสงจะกระจัดกระจายไปโดยรอบ โดยแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะกระเจิงได้ดีกว่า โดยมีมุมของการกระเจิงใหญ่กว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว

ผังมโนทัศน์ : ฟิสิกส์ เล่ม 3 (คลื่น)



9 คลื่นกล

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

9.1	การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล	6	ชั่วโมง
	9.1.1 การสั่น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย และการเกิดคลื่น		
	9.1.2 ชนิดของคลื่น		
9.2	คลื่นผิวน้ำ	5	ชั่วโมง
9.3	การซ้อนทับของคลื่น	3	ชั่วโมง
9.4	สมบัติของคลื่น	8	ชั่วโมง
	9.4.1 การสะท้อน		
	9.4.2 การหักเห		
	9.4.3 การแทรกสอด		
	9.4.4 การเลี้ยวเบน		
	รวม	22	ชั่วโมง

บทที่ 1

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของคลื่นกล การเกิดคลื่นกล การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ความแตกต่างระหว่างคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว
2. อธิบายความหมายของสันคลื่น ท้องคลื่น แอมพลิจูด ความยาวคลื่น อัตราเร็วคลื่น ความถี่ คาบ เฟส และหน้าคลื่น
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วคลื่น ความถี่ และความยาวคลื่น และนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปแก้ปัญหาที่กำหนดได้
4. อธิบายการซ้อนทับของคลื่น และเขียนภาพคลื่นที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่นสองคลื่น
5. ทดลองการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำ และสรุปผลการทดลองเป็นกฎการสะท้อน
6. ทดลองการหักเหของคลื่นผิวน้ำ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเห และนำความสัมพันธ์นี้ไปแก้ปัญหาที่กำหนดได้
7. ทดลองการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ และอธิบายความหมายของการแทรกสอด
8. อธิบายความหมายของบัพ เส้นบัพ ปฏิบัพ และเส้นปฏิบัพ
9. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและความต่างระยะทางของตำแหน่งบัพและปฏิบัพ และนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปแก้ปัญหาที่กำหนดได้
10. อธิบายการเกิดคลื่นนิ่งของคลื่นผิวน้ำและคลื่นนิ่งในเส้นเชือก
11. ทดลองการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ
12. อธิบายหลักของฮอยเกนส์ และใช้หลักของฮอยเกนส์อธิบายการเลี้ยวเบนของคลื่น
13. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของคลื่น

สรุปสาระสำคัญ

การเคลื่อนที่แบบคลื่น

เป็นการถ่ายโอนพลังงานจากการรบกวน จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยการรบกวนนี้อาจมีตัวกลางหรือไม่มีตัวกลางได้ ในกรณีที่มีตัวกลาง อนุภาคของตัวกลางจะสั่นอยู่กับที่ไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น

ชนิดของคลื่น มี 2 ชนิด คือ

คลื่นกล คือ คลื่นที่ต้องมีตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ คลื่นที่ไม่ต้องมีตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

เป็นการเคลื่อนที่กลับไปมาซ้ำรอยเดิมโดยมีแอมพลิจูดคงตัว

ความถี่ธรรมชาติ

คือ จำนวนรอบที่วัตถุสั่นหรือแกว่งไปมาใน 1 หน่วยเวลา สำหรับวัตถุหนึ่ง ๆ ความถี่ธรรมชาติจะมีค่าคงตัว เช่น ความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา จะขึ้นอยู่กับความยาวของเชือกหรือแขนที่ติดลูกตุ้มนั้นหาความถี่ได้จาก

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

เมื่อ g คือความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

l คือความยาวเชือกหรือแขนที่ติดลูกตุ้ม

ความถี่การสั่นของวัตถุที่ติดกับปลายสปริงหาได้จาก

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

เมื่อ k คือค่าคงตัวของสปริง

m คือมวลของวัตถุที่ติดกับปลายสปริง

คลื่นผิวน้ำ

คลื่นผิวน้ำเป็นคลื่นกล เมื่อผิวน้ำถูกรบกวนจะมีการถ่ายโอนพลังงานผ่านอนุภาคของน้ำ โดยอนุภาคของน้ำไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น คลื่นหนึ่งลูกจะประกอบไปด้วยสันคลื่น และท้องคลื่น โดยความยาวของคลื่นหนึ่งลูก เรียกว่าหนึ่งความยาวคลื่น โดยจุด 2 จุดที่ห่างกันหนึ่งความยาวคลื่นจะห่างจากระดับสมดุลเท่ากันและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน เรียกว่า จุดทั้งสองมีเฟสตรงกัน ส่วนจุด 2 จุดที่อยู่ห่างกันครึ่งความยาวคลื่นจะอยู่ห่างจากระดับสมดุลเท่ากันและเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกัน เรียกว่า จุดทั้งสองมีเฟสตรงข้ามกัน

อัตราเร็วคลื่น

มีค่าคงตัวในตัวกลางหนึ่ง ๆ เมื่ออนุภาคสั่นขึ้นลงครบหนึ่งรอบ คลื่นผิวน้ำจะเคลื่อนที่ได้หนึ่งลูกคลื่น ได้ระยะทางเท่ากับหนึ่งความยาวคลื่น λ ถ้าคลื่นผิวน้ำมีความถี่ f ดังนั้น ใน 1 วินาที คลื่นผิวน้ำจะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง $f\lambda$ หาอัตราเร็วคลื่น v ได้จากความสัมพันธ์ของสมการ $v = f\lambda$

การซ้อนทับของคลื่น

เมื่อคลื่นตั้งแต่สองคลื่นมาพบกันแล้วเกิดการรวมกัน การกระจัดของคลื่นรวมมีค่าเท่ากับผลบวกของการกระจัดของแต่ละคลื่นที่มาพบกัน โดยถ้าคลื่นทั้งสองมีการกระจัดในทิศทางเดียวกัน การกระจัดลัพธ์จะมีขนาดมากกว่าการกระจัดเดิมของแต่ละคลื่น แต่ถ้าคลื่นทั้งสองมีการกระจัดในทิศทางตรงกันข้าม การกระจัดลัพธ์จะมีขนาดน้อยกว่าการกระจัดเดิมของแต่ละคลื่นและหลังจากที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านพ้นกันแล้ว แต่ละคลื่นยังคงมีรูปร่างลักษณะเหมือนเดิมและเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม

สมบัติของคลื่น

คลื่นสามารถสะท้อน หักเห แทรกสอด และเลี้ยวเบน

การสะท้อน

เกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบสิ่งกีดขวางแล้วเปลี่ยนทิศกลับมาในตัวกลางเดิม คลื่นที่เคลื่อนที่ไปกระทบตัวกั้นเรียกว่า คลื่นตกกระทบ คลื่นที่เคลื่อนที่กลับมา เรียกว่า คลื่นสะท้อน โดยการสะท้อนจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน ซึ่งได้ว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ

การหักเห

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งเข้าไปอีกตัวกลางหนึ่ง โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตั้งฉากกับรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้งสอง คลื่นที่ผ่านเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่งจะมีความยาวคลื่นเปลี่ยนไปโดยทิศทางการเคลื่อนที่จะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นไม่ตั้งฉากกับรอยต่อ เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่ง ทั้งความยาวคลื่นและทิศทางการเคลื่อนที่จะเปลี่ยนไปด้วย คลื่นที่เข้าไปกระทบแนวรอยต่อเรียกว่า คลื่นตกกระทบและคลื่นที่เคลื่อนที่เข้าไปในอีกตัวกลางหนึ่งเรียกว่า คลื่นหักเห ในการหักเหจะได้ว่า อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับอัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง ที่คลื่นหักเห นั่นคือ $\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \dfrac{v_1}{v_2}$

แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์

คือแหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่งที่ให้คลื่นที่มีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากันโดยมีเฟสตรงกันหรือมีความต่างเฟสคงตัว

การแทรกสอด

เมื่อคลื่นอาพันธ์ 2 ขบวนมาซ้อนทับกัน จะเกิดการแทรกสอดทั้งแบบเสริมกันและแบบหักล้างกัน ตำแหน่งที่แอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองหักล้างกันแล้วทำให้การกระจัดเป็นศูนย์ เรียก บัพ ส่วนตำแหน่งที่แอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองเสริมกันแล้วทำให้มีกระจัดมากที่สุด เรียก ปฏิบัพ

ถ้าให้ S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ และ P เป็นจุดบนเส้นปฏิบัพใดๆ จะได้ว่า

$$|S_1P - S_2P| = n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \ldots$$

ถ้าให้ Q เป็นจุดบนเส้นบัพใด ๆ จะได้

$$|S_1Q - S_2Q| = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \ldots$$

ปริมาณ $|S_1P - S_2P|$ และ $|S_1Q - S_2Q|$ เรียกว่า ความต่างระยะทาง

ขณะเกิดการแทรกสอดของคลื่นอาพันธ์ คลื่นรวมที่เกิดขึ้นจะปรากฏเสมือนนิ่งอยู่กับที่เรียกว่า คลื่นนิ่ง

การเลี้ยวเบน

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่โดยมีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนของคลื่นแต่เพียงบางส่วน จะมีคลื่นส่วนหนึ่งแผ่กระจายจากขอบของแผ่นกั้นไปทางด้านหลังของแผ่นกั้นนั้น เรียกว่า เกิดการเลี้ยวเบน ถ้าเพิ่มความยาวคลื่นของคลื่นตกกระทบ จะเห็นการเลี้ยวเบนมากขึ้นและถ้าให้คลื่นเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดแคบ ๆ คลื่นที่แผ่จากช่องเปิดแคบ ๆ นั้นจะแผ่ออกเป็นคลื่นวงกลม จึงดูเสมือนเป็นคลื่นที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการของฮอยเกนส์ที่กล่าวว่า แต่ละจุดบนหน้าคลื่นถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลมใหม่ ซึ่งส่งคลื่นออกไปทุกทิศทางด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของคลื่นเดิม ในกรณีช่องเปิดกว้างกว่าความยาวคลื่นจะเกิดการแทรกสอดและเกิดแนวบัพได้

ผังมโนทัศน์ : บทที่ 9 คลื่นกล

9.1 การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของคลื่นกล การเกิดคลื่นกล และความแตกต่างระหว่างคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว
2. อธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของอนุภาคของตัวกลางและความถี่ธรรมชาติ
3. อธิบายความหมายของสันคลื่น ท้องคลื่น แอมพลิจูด ความยาวคลื่น อัตราเร็วคลื่น ความถี่ คาบ มุมเฟสและหน้าคลื่น

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูควรเลือกสถานการณ์เหมาะสมกับสถานศึกษาในการนำเข้าสู่บทเรียนหัวข้อนี้ เช่น ถ้าสะดวกที่จะนำนักเรียนไปสังเกตแหล่งน้ำธรรมชาติ อาจจะนำนักเรียนไปสำรวจตรวจสอบการเกิดคลื่นผิวน้ำ การเคลื่อนที่ของคลื่น และการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมและสัมผัสรับรู้การเกิดคลื่นด้วยตนเอง ควรให้นักเรียนรบกวนผิวน้ำด้วยวิธีใด วิธีหนึ่ง แต่ต้องเน้นความปลอดภัยมาก่อน แล้วสังเกตลักษณะคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่มีลักษณะเป็นจุด มีลักษณะยาวและลักษณะอื่น ๆ หรือหากไม่มีแหล่งน้ำตามธรรมชาติอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้เชือก เช่น เชือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4 เมตร ปลายด้านหนึ่งตรึงกับที่และเชือกวางบนพื้นราบ ให้นักเรียนสะบัดปลายเชือกอีกข้างหนึ่ง สังเกตการถ่ายโอนพลังงาน แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ให้นักเรียนโยนก้อนหินลงแหล่งน้ำ แล้วสังเกตการถ่ายโอนพลังงานไปยังวัตถุที่ลอยอยู่บริเวณนั้น รวมทั้งให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่ของวัตถุและตำแหน่งของวัตถุที่ลอย เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านไปเทียบกับตำแหน่งเดิม ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปว่า พลังงานจากก้อนหินที่โยนลงไปกระทบผิวน้ำจะถ่ายโอนพลังงานให้กับอนุภาคของน้ำ ทำให้อนุภาคของน้ำมีการขยับขึ้นลง และถ่ายโอนพลังงานให้อนุภาคของน้ำที่อยู่ถัดๆ ไป จนเห็นผิวน้ำกระเพื่อมขึ้นลงแผ่ขยายออกไป ครูให้ความรู้ว่าการกระเพื่อมของผิวน้ำที่แผ่ขยายไปเรียกว่าคลื่นผิวน้ำ และขณะคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่แผ่ขยายออกไปนั้น อนุภาคของน้ำไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น สังเกตได้จากเมื่อคลื่นไปกระทบกับวัตถุที่ลอยน้ำอยู่ วัตถุจะขยับขึ้นลงที่ตำแหน่งเดิม

2.2 ให้นักเรียนทดลองสะบัดเชือกซึ่งมีเม็ดโฟมติดอยู่ และผูกปลายข้างหนึ่งของเชือกกับเสาหรือสิ่งอื่น แล้วสังเกตการเคลื่อนที่ของคลื่นในเส้นเชือกและเม็ดโฟม จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปว่า คลื่นในเส้นเชือกถ่ายโอนพลังงานไปตามเส้นเชือกทำให้อนุภาคของเชือกขยับขึ้นลงอยู่กับที่ไม่ได้เคลื่อนไปกับคลื่นด้วย

2.3 ครูใช้ลวดสปริงทำให้เกิดคลื่นตามขวาง โดยยึดปลายข้างหนึ่งของลวดสปริงไว้ให้อยู่กับที่ และสะบัดปลายลวดสปริงอีกด้านหนึ่งในแนวตั้งฉากกับความยาวของลวดสปริง จะเห็นทิศทางการเคลื่อนที่อนุภาคของตัวกลางตั้งฉากกับทิศทางการแผ่ของคลื่น จากนั้นใช้ลวดสปริงทำให้เกิดคลื่นตามยาว โดยอัดลวดสปริงในแนวยาวของลวดสปริง จะเห็นทิศทางการแผ่คลื่นกับทิศทางการเคลื่อนที่อนุภาคของตัวกลางไปในแนวเดียวกัน (อาจแขวนลวดสปริงในแนวดิ่งแล้วสะบัดหรืออัดดังรูป 9.15 และรูป 9.16 ในหนังสือเรียน)

2.4 ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน โดยครูให้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนพลังงาน ชนิดของคลื่น ลักษณะของกราฟรูปไซน์ในวิชาคณิตศาสตร์เทียบกับลักษณะของคลื่นในเส้นเชือก และมุมเฟสของคลื่น

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถาม ข้อ 1 – 4

3.2 ให้นักเรียนเขียนตัวอย่างกรณีการใช้ประโยชน์จากการถ่ายโอนพลังงานคลื่น

9.1.1 การสั่น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายและการเกิดคลื่น

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูให้นักเรียนทบทวนลักษณะการเคลื่อนที่อนุภาคของตัวกลางขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย และการสั่น จากนั้นครูอาจจะสาธิตการแกว่งลูกตุ้ม และการสั่นของวัตถุติดปลายสปริง แล้วตั้งคำถามเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มและวัตถุที่ติดอยู่กับสปริง

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย (simple pendulum) ในกรณีมุม θ มีค่าน้อย ดังรูป 9.7 ในหนังสือเรียน จนได้สมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ และ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ ครูใช้คำถามเพื่อสรุปว่า คาบ และความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มขึ้นกับความยาวของเชือกที่ติดลูกตุ้ม (ในการวัดค่า l ต้องวัดจากจุดที่แขวนถึงจุดศูนย์กลางมวล) จากนั้นครูให้ความรู้ว่าความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มซึ่งมีค่าเฉพาะค่าหนึ่งเรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) สำหรับกรณีของมวล m ที่ติดอยู่กับสปริงก็อภิปรายเช่นเดียวกับกรณีลูกตุ้ม จนได้สมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ และ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ เช่นกัน

2.2 ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ เช่น การกระจัด ความเร็ว และเวลา โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายและการเคลื่อนที่แบบวงกลม จนได้ว่า การกระจัดในแนวตั้ง (s_y) มีความสัมพันธ์กับเวลาตามสมการ $s_y = A \sin\theta$ หรือ $s_y = A \sin\omega t$ เมื่อ A คือ การกระจัดที่มากที่สุดจากตำแหน่งสมดุล θ คือ การกระจัดเชิงมุมของวัตถุที่สั่นขึ้นลงแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เรียกว่า เฟสของวัตถุ ω คือ อัตราเร็วเชิงมุมของวัตถุ

2.3 ครูอธิบายลักษณะของคลื่นในเส้นเชือกที่เวลาต่าง ๆ ตามรูป 9.11 ในหนังสือเรียน และสรุปว่า เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปตามเส้นเชือกอย่างต่อเนื่อง อนุภาคของเส้นเชือกที่ตำแหน่งต่างๆ จะเคลื่อนที่ขึ้นลงแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยเฟสที่ต่างๆ กัน และสองตำแหน่งใดๆ บนเส้นเชือกที่มีเฟสต่างกัน 2π เรเดียน ก็จะมีระยะห่างกัน 1 ความยาวคลื่น (λ) พิจารณาได้ว่า ในเวลา T คลื่นเคลื่อนที่ได้ระยะทาง λ และสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและอัตราเร็วได้ว่า $v = \dfrac{\lambda}{T}$ หรือ $v = f\lambda$ เมื่อ $f = \dfrac{1}{T}$

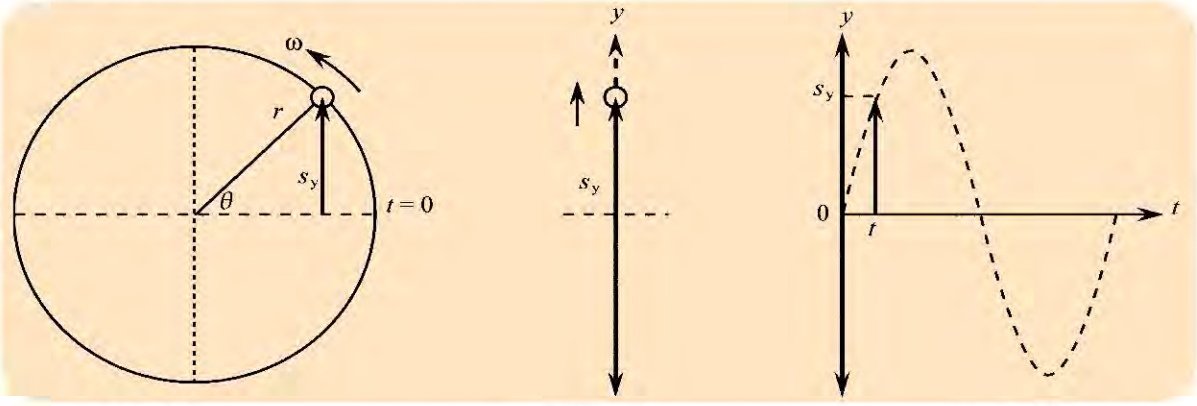
3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 5–7

3.2 ให้นักเรียนเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

เพื่ออธิบายที่มาของสมการการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย สามารถพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายและการเคลื่อนที่แบบวงกลม ดังรูปต่อไปนี้



รูป 9.1 การเคลื่อนที่แบบวงกลม

รูป 9.2 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

รูป 9.3 กราฟการกระจัดกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

พิจารณาการเคลื่อนที่แบบวงกลมดังรูป 9.1 เมื่อเวลาผ่านไป t วัตถุจะเคลื่อนที่ได้การกระจัดเชิงมุมเป็นมุม θ ซึ่งสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายดังรูป 9.2 จะได้การกระจัดในแนวแกน y คือ $s_y = A \sin\theta$ หรือ $s_y = A \sin\omega t$ โดยที่ A คือการกระจัดที่มากที่สุดหรือแอมพลิจูด ซึ่งเท่ากับรัศมี r ของวงกลม θ คือ มุมเฟสของวัตถุ และ ω คืออัตราเร็วเชิงมุม โดยที่ $\omega = \frac{\theta}{t}$ หรือ $\theta = \omega t$ เมื่อเขียนกราฟระหว่างการกระจัดกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ก็จะได้รูปแบบการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบรูปไซน์ (sinusoidal wave) ดังรูป 9.3

9.1.2 ชนิดของคลื่น

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูใช้คำถามว่าในกรณีการแผ่คลื่น หรือการถ่ายโอนพลังงานของคลื่น จำเป็นต้องมีตัวกลางเสมอไปหรือไม่ ให้นักเรียนอภิปราย

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายชนิดของคลื่น โดยให้นักเรียนอธิบายความหมายของคลื่นชนิดต่าง ๆ จากนั้นครูให้ความรู้ว่า คลื่นที่มีการถ่ายโอนพลังงานโดยไม่ต้องผ่านตัวกลางเรียกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) เนื่องจากสามารถถ่ายโอนพลังงานโดยอาศัยการแผ่ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงและเหนี่ยวนำของสนามทั้งสอง ส่วนคลื่นที่มีการถ่ายโอนพลังงานผ่านตัวกลาง เรียกว่า คลื่นกล (mechanical wave)

2.2 ครูให้นักเรียนสาธิตคลื่นในลวดสปริง โดยสะบัดลวดสปริงในแนวตั้งฉากกับความยาวของลวดสปริง เพื่อทำให้เกิดคลื่นตามขวาง (transverse wave) และอัดลวดสปริงในแนวของลวดสปริง เพื่อทำให้เกิดคลื่นตามยาว (longitudinal wave) แล้วครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าคลื่นกลมีทั้งคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นคลื่นตามขวาง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ให้นักเรียนรวบรวมและจัดประเภทของคลื่น แล้วอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดกัน

3.2 ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับคลื่นสสาร (matter wave) จากหนังสือหรืออินเทอร์เน็ต แล้วอภิปรายตามบริบทของเวลาที่มี

9.2 คลื่นผิวน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำที่ผ่านตัวกลาง
2. อธิบายความหมายของการกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น แอมพลิจูด ความยาวคลื่น อัตราเร็วคลื่น ความถี่ คาบ และเฟส
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วคลื่น ความถี่ และความยาวคลื่น และนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปแก้ปัญหาที่กำหนดได้
4. อธิบายความหมายของคลื่นดล คลื่นต่อเนื่อง และหน้าคลื่น

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำอภิปรายด้วยคำถามว่า คลื่นกลมีลักษณะสำคัญแตกต่างจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างไร และถามนักเรียนต่อว่า นักเรียนมีวิธีการอย่างไรบ้างที่จะทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำ และคลื่นผิวน้ำเป็นคลื่นกลหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้เหตุผลประกอบ จากนั้นครูตั้งคำถามว่าเมื่อคลื่นน้ำเคลื่อนที่ อนุภาคของน้ำบริเวณผิวน้ำมีการเคลื่อนที่อย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ให้นักเรียนศึกษากิจกรรม 9.1 แล้วทำนายลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำผ่านผิวน้ำและการเคลื่อนที่ของชิ้นกระดาษบนผิวน้ำ จากนั้นให้ทำกิจกรรม 9.1 เพื่อตรวจสอบสิ่งที่ทำนายไว้

2.2 ให้นักเรียนนำเสนอผลที่ได้จากการทำกิจกรรม 9.1 ซึ่งพบว่า เมื่อหยดน้ำลงในถาดคลื่นจะเกิดคลื่นน้ำวงกลมแผ่ออกไป โดยเศษกระดาษจะขยับขึ้นลง ณ ตำแหน่งเดิม ไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า เมื่อหยดน้ำไปกระทบผิวน้ำจะถ่ายโอนพลังงานให้กับอนุภาคของน้ำ แล้วอนุภาคของน้ำจะมีการขยับขึ้นลง ทำให้เห็นผิวน้ำกระเพื่อมขึ้น–ลง แผ่ขยายออกไป ครูเน้นว่าการกระเพื่อมที่แผ่ขยายออกไป เรียกว่า คลื่นผิวน้ำ และการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นผิวน้ำนั้นอนุภาคของน้ำไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น แต่จะเคลื่อนที่ขึ้นลง ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ เท่านั้น

2.3 ครูสาธิตการทำคลื่นผิวน้ำโดยใช้กล่องคลื่นดังรูป 9.17 ในหนังสือเรียน ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำและอนุภาคของน้ำบริเวณผิวน้ำ จากแหล่งกำเนิดคลื่นไปอีกด้านหนึ่งของกล่องคลื่น เพื่อศึกษาลักษณะต่างๆ ของคลื่นจากภาพด้านข้างของคลื่นผิวน้ำ ณ ขณะหนึ่ง ก่อนการสาธิต ครูอาจตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกต เปรียบเทียบสิ่งที่จะเกิดขึ้น เช่น ระดับผิวน้ำส่วนที่สูงสุด และต่ำสุดเท่ากันหรือไม่ เมื่อเทียบกับระดับน้ำเริ่มต้น

2.4 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของ การกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น แอมพลิจูด และความยาวคลื่น ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 9.18 ในหนังสือเรียนประกอบ

2.5 ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำและการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำ และครูให้ความรู้เรื่องอัตราเร็วคลื่น ความถี่ คาบ ความสัมพันธ์ระหว่างคาบและความถี่ และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วคลื่น ความยาวคลื่น และความถี่ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 9.19 และ 9.20 ในหนังสือเรียนประกอบ

2.6 ครูให้ความรู้เรื่อง การบอกตำแหน่งบนคลื่นในรูปของเฟส โดยใช้รูป 9.20 และ 9.21 ในหนังสือเรียนประกอบ และอธิบายให้เห็นว่า การศึกษาเฟสของคลื่นอาจเป็นการเปรียบเทียบเฟสของจุดเดียวกัน แต่เวลาต่างกัน โดยใช้รูป 9.20 ในหนังสือเรียน และการศึกษาเฟสของคลื่นอาจเป็นการเปรียบเทียบเฟสของจุดสองจุดบนคลื่น ณ เวลาเดียวกัน โดยใช้รูป 9.22 และ 9.23 ในหนังสือเรียนเพื่อให้เข้าใจความหมายของ ความต่างเฟส เฟสตรงกัน และเฟสตรงกันข้าม

2.7 ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามตัวอย่าง 9.2 ในหนังสือเรียน

2.8 ครูให้ความรู้เรื่อง คลื่นดล และคลื่นต่อเนื่อง แล้วให้นักเรียนศึกษาคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่น โดยครูอธิบายส่วนประกอบของถาดคลื่น วิธีการติดตั้งถาดคลื่น และแนะนำว่าการศึกษาเรื่องนี้ไม่ได้ดูผิวน้ำที่กระเพื่อมในถาดคลื่น แต่จะดูภาพคลื่นที่ปรากฏบนกระดาษใต้ถาดคลื่น ซึ่งเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน เพราะคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่นมีแอมพลิจูดน้อยจึงไม่สามารถสังเกตสันคลื่นและท้องคลื่นได้ จากนั้นให้นักเรียนทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำทุกกรณี ตามรูป 9.26 และ 9.27 ในหนังสือเรียน และสังเกตภาพของคลื่นที่เกิดขึ้น ครูให้ความรู้เกี่ยวกับหน้าคลื่น ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถาม ข้อ 8 – 16 และปัญหา ข้อ 3 – 6

ข้อแนะนำเพิ่มเติมสำหรับครู

กล่องคลื่นเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำด้วยพลาสติกใส ภายในบรรจุน้ำผสมสีอยู่ชั้นล่างและพาราฟินเหลวใสอยู่บนผิวน้ำ พาราฟินเหลวจะทำให้คลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้สังเกตคลื่นผิวน้ำชัดเจนยิ่งขึ้น ที่ปลายด้านหนึ่งของกล่องคลื่นมีตัวกำเนิดคลื่นทำด้วยวัสดุแข็งรูปทรงกระบอก มีด้ามยื่นขึ้นมาเหนือกล่อง ดังรูป 9.17 ในหนังสือเรียน

การใช้กล่องคลื่น ครูควรปฏิบัติดังนี้

1. การใส่น้ำและพาราฟินลงในกล่องคลื่น เริ่มด้วยการใส่น้ำผสมสีประมาณครึ่งกล่อง แล้วค่อยๆ เทพาราฟินเหลวลงไป ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ
2. ก่อนเริ่มการสาธิต ให้ตัวกำเนิดคลื่นอยู่ใต้ผิวน้ำเล็กน้อย จากนั้นดึงตัวกำเนิดคลื่นขึ้นลง แต่อย่าดึงขึ้นพ้นผิวน้ำ เพราะพาราฟินจะแตกกระจายปนกับน้ำ ทำให้เห็นคลื่นไม่ชัดเจน
3. ขยับตัวกำเนิดคลื่นขึ้นลงอย่างช้าๆ ด้วยความถี่ต่างๆ เพื่อให้ได้คลื่นที่ชัดเจนที่สุด

9.3 การซ้อนทับของคลื่น

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายปรากฏการณ์การซ้อนทับ และหลักการซ้อนทับของคลื่น
2. เขียนภาพของคลื่นใหม่ที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่นสองคลื่น

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งคำถามที่เป็นสถานการณ์มีคลื่นดลสองคลื่นมาพบกัน ให้นักเรียนทำนายหรือคาดการณ์ถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อคลื่นพบกัน เช่น เมื่อสะบัดปลายทั้งสองของเส้นเชือกพร้อมกัน ทำให้เกิดคลื่นดลในเส้นเชือกเคลื่อนที่เข้าหากัน ถ้าคลื่นสองคลื่นพบกันจะเกิดอะไรขึ้น หรือ เมื่อโยนก้อนหินสองก้อนลงในน้ำ ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำสองคลื่น ถ้าคลื่นทั้งสองพบกัน ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

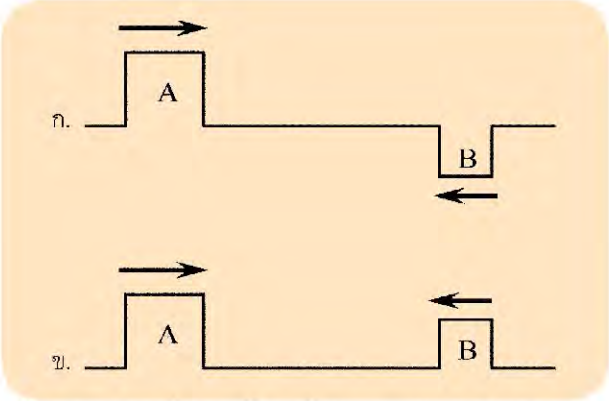
2.1 ครูสาธิตการสะบัดปลายลวดสปริงที่วางบนพื้น และแนะนำให้นักเรียนสังเกตลักษณะของคลื่นดลที่เกิดขึ้น จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมสะบัดปลายลวดสปริงทั้งสองด้านพร้อมกันไปทางเดียวกัน และสะบัดปลายลวดสปริงทั้งสองด้านพร้อมกันในทิศทางตรงกันข้าม ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ครูเน้นให้นักเรียนสังเกตลักษณะของคลื่นดลทั้งสอง ใน 3 ตำแหน่ง คือ ก่อนพบกัน ขณะพบกัน และเมื่อผ่านพ้นกันไป

2.2 ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนถึงผลที่สังเกตได้จากการทำกิจกรรม จนได้ข้อสรุปว่า เมื่อคลื่นดลสองคลื่นที่อนุภาคของลวดสปริงเคลื่อนที่มาพบกัน คลื่นดลทั้งสองจะรวมกัน และเมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านพ้นกันแล้ว คลื่นดลแต่ละคลื่นจะมีลักษณะเหมือนเดิมและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิม ครูให้ความรู้ว่า ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การซ้อนทับ จากนั้นครูอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการซ้อนทับของคลื่น ซึ่งเป็นไปตามหลักการซ้อนทับ โดยใช้รูป 9.32 ในหนังสือเรียนประกอบการอธิบายเพื่อให้นักเรียนเห็นว่าทุกๆ ตำแหน่งที่คลื่นมาพบกันจะเกิดการซ้อนทับเสมอ

2.3 ครูสาธิตการซ้อนทับของคลื่นผิวน้ำตามรายละเอียดในหนังสือเรียน แล้วครูร่วมอภิปรายกับนักเรียน โดยใช้รูป 9.34 ในหนังสือเรียนจนได้ข้อสรุปว่า เมื่อคลื่นดลวงกลมสองคลื่นมาพบกันในลักษณะที่ท้องคลื่นหรือสันคลื่นของคลื่นทั้งสองมาพบกัน แอมพลิจูดของคลื่นรวมจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าสันคลื่นพบกับท้องคลื่น แอมพลิจูดของคลื่นรวมจะเท่ากับผลต่างของแอมพลิจูดของคลื่นทั้งสอง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูตรวจสอบความเข้าใจเรื่องการซ้อนทับของคลื่น โดยให้นักเรียนเขียนภาพแสดงการซ้อนทับของคลื่นสองคลื่นบนกระดาษกราฟ ดังรูป 9.4 ก และ ข เมื่อเวลาผ่านไป 1 2 3 และ 4 วินาที กำหนดให้ คลื่น A และ B มีแอมพลิจูด 2 และ 1 เซนติเมตร ตามลำดับ และกำลังเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 1 เซนติเมตรต่อวินาที



รูป 9.4 คลื่นดลสองคลื่น เคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน

3.2 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถาม ข้อ 17 – 19 และปัญหาข้อ 7

9.4 สมบัติของคลื่น

9.4.1 การสะท้อน

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. จำแนกความแตกต่างของทิศทางคลื่น ลักษณะของคลื่นก่อนการตกกระทบ และหลังจากการตกกระทบสิ่งกีดขวาง หรือรอยต่อของตัวกลางได้
2. อธิบายและสรุปความหมายการสะท้อน เฟสของคลื่นสะท้อนขึ้นอยู่กับลักษณะของรอยต่อระหว่างตัวกลาง และสรุปกฎการสะท้อนของคลื่นได้
3. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของคลื่น เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้

แนะนำก่อนการทดลอง

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูควรทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสมบัติของคลื่นที่ต้องมีสมบัติครบถ้วนทั้ง 4 ข้อ ซึ่งมีความแตกต่างจากอนุภาคที่มีสมบัติร่วมกับคลื่นคือ การสะท้อน การหักเห และสมบัติเฉพาะของคลื่น คือ การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนเท่านั้น

1.2 ครูควรสอบถามประสบการณ์ความรู้เดิมเกี่ยวกับ การสะท้อนของคลื่นที่นักเรียนรู้จักนำไปใช้ในชีวิตประจำวันแล้วมาแลกเปลี่ยนกัน นักเรียนอยากรู้อะไรเพิ่มเติมอีกบ้าง และครูควรเก็บประมวลสิ่งที่ได้รับจากนักเรียนไว้ โดยไม่ต้องให้คำตอบเพื่อใช้ในการหาความรู้เพิ่มเติมปรับปรุงความรู้ให้เหมาะสมตามประสบการณ์นั้น ๆ ในช่วงระหว่างการเรียนการสอนต่อไป

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูจัดสถานการณ์ครั้งแรก จัดวางลวดสปริงบนพื้นห้อง ผูกเชือกที่ปลายข้างหนึ่งของลวดสปริงและมัดปลายลวดสปริงให้ตรึงแน่นไว้กับขาตั้ง (ให้เป็นปลายที่ถูกตรึง) แล้วดึงปลายลวดสปริงอีกข้างหนึ่ง ให้ลวดสปริงยืดออกจนยาวประมาณ 3-4 เมตร จากนั้นให้สะบัดปลายลวดสปริงในแนวขนานกับพื้นห้อง ให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์

ครูควรใช้คำถามนำทางเพื่อการสังเกต ดังนี้

เมื่อสะบัดลวดสปริงจะสังเกตเห็นทิศทาง ลักษณะของคลื่นก่อนการตกกระทบ และหลังจากการตกกระทบ มีความแตกต่างกันหรือเหมือนกันอย่างไร

2.2 ครูจัดสถานการณ์ครั้งที่สอง จัดวางลวดสปริงเช่นเดิม ผูกปลายหนึ่งของเชือกเข้ากับลวดสปริงอีกปลายหนึ่งผูกกับขาตั้ง โดยให้ความยาวเชือกจากขาตั้งถึงปลายลวดสปริงยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร ปลายลวดสปริงที่ผูกด้วยเชือก จะเคลื่อนที่ได้เกือบเป็นอิสระ ทดลองเช่นเดิม โดยดึงปลายลวดสปริงอีกข้างหนึ่งให้ยืดออกจนยาวประมาณ 3-4 เมตร จากนั้นให้สะบัดปลายลวดสปริงในแนวขนานกับพื้นห้อง นักเรียนสังเกตสถานการณ์ที่สอง

ครูควรใช้คำถามนำทางการสังเกต ดังนี้

เมื่อสะบัดลวดสปริงจะสังเกตเห็นทิศทาง ลักษณะของคลื่นก่อนการตกกระทบ และหลังจากการตกกระทบ มีความแตกต่างกันหรือเหมือนกันอย่างไร ลักษณะของคลื่นดลก่อนการตกกระทบและหลังการตกกระทบของสถานการณ์ ที่ปลายลวดสปริงถูกตรึงและปลายลวดสปริงอิสระแตกต่างกันอย่างไร

2.3 ครูอภิปรายกับนักเรียนจนได้ข้อสรุปความหมายการสะท้อนได้ว่าเมื่อมีคลื่นตกกระทบรอยต่อระหว่างตัวกลางจะเกิดคลื่นสะท้อนขึ้นโดยคลื่นสะท้อนอาจมีเฟสตรงกัน หรือตรงกันข้ามกันกับคลื่นตกกระทบ ซึ่งเฟสของคลื่นสะท้อนขึ้นอยู่กับลักษณะของรอยต่อระหว่างตัวกลาง เมื่อคลื่นตกกระทบที่ปลายสุดของตัวกลางที่ถูกตรึงไว้ คลื่นสะท้อนจะมีเฟสตรงกันข้ามกับคลื่นตกกระทบ แต่ถ้าปลายสุดของตัวกลางเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ คลื่นสะท้อนจะมีเฟสตรงกันกับคลื่นตกกระทบ

ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนคิดต่อไปว่า คลื่นที่ตกกระทบปลายสุดของตัวกลาง หรือสิ่งกีดขวางคลื่นจะมีการสะท้อน การสะท้อนของคลื่นจะมีกฎเกณฑ์อย่างไร

การทดลอง 9.1 การสะท้อนของคลื่นน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. วัดมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำต่อแผ่นสะท้อน และมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนกระทำต่อแผ่นสะท้อน พร้อมทั้งอธิบายความสัมพันธ์กันได้
2. เขียนทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบ คลื่นสะท้อน และอธิบายกฎการสะท้อนของคลื่นได้

เวลาที่ใช้ 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. ชุดถาดคลื่น	1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. กระดาษ (ขนาด A 4)	2 แผ่น
4. ไม้บรรทัดหรือไม้โปรแทรกเตอร์	2 อัน

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ใช้ไม้บรรทัดแตะผิวน้ำค่อยๆ หลาย ๆ ครั้ง เพื่อทำให้เกิดคลื่นต่อเนื่องเส้นตรงเป็นหน้าคลื่นตกกระทบเคลื่อนที่ไปกระทบกับแผ่นสะท้อน
2. วางกระดาษใต้ถาดคลื่น เพื่อเป็นฉากรับภาพของคลื่นผิวน้ำ แล้วลากเส้นบนกระดาษให้ขนานกับแนวหน้าคลื่นกำหนดเป็นแกนอ้างอิง
3. การวางแผ่นสะท้อนทำมุม 30 45 และ 60 องศา กับแนวเส้นบนกระดาษ เพื่อให้เป็นมุมตกกระทบที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับแผ่นสะท้อน
4. ใช้ไม้โปรแทรกเตอร์วัดมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นสะท้อน

ตัวอย่างผลการทดลอง

มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับแผ่นสะท้อน (องศา)	มุมที่หน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นสะท้อน (องศา)
30	29
45	45
60	61

อภิปรายหลังการทดลอง

ในการทดลองแต่ละครั้ง มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำแผ่นกั้น มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกั้น

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูร่วมกับนักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมุมต่างๆ ตามหนังสือเรียน เพื่อสรุปเป็นกฎการสะท้อนได้ว่า เมื่อมีการสะท้อนเกิดขึ้น จะได้มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ

3.2 ครูและนักเรียนช่วยกันอภิปรายตัวอย่าง 9.3 ในหนังสือเรียน การหาตำแหน่งของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตกกระทบและมีการสะท้อน เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้

3.3 ครูควรใช้วีดิทัศน์สั้นๆ เช่น เรื่องคลื่นและการสะท้อนของคลื่น เพื่อทบทวนสรุปผลและให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติมสำหรับครู

1. ครูทดลองเปลี่ยนแหล่งกำเนิดคลื่นเป็นคลื่นต่อเนื่องวงกลม หรือใช้แผ่นสะท้อนเป็นโค้งเว้าและโค้งนูน มารองรับหน้าคลื่นตกกระทบ เพื่อสังเกตคลื่นสะท้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถใช้รูปในหนังสือเรียนอธิบายประกอบการทดลองในถาดคลื่นได้

2. ครูเขียนรูปองค์ประกอบของการสะท้อน หน้าคลื่นตกกระทบ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบ เส้นแนวฉาก มุมตกกระทบหาได้จากมุมระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบกระทำกับเส้นแนวฉาก ซึ่งเท่ากับมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับรอยต่อของตัวกลางหรือแผ่นกั้นและมุมสะท้อนหาได้จากมุมระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นสะท้อนกระทำกับเส้นแนวฉาก ซึ่งเท่ากับมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับรอยต่อของตัวกลางหรือแผ่นกั้น

3. ครูให้นักเรียนเสนอปัญหาที่ต้องการรู้เพิ่มเติม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลมานำเสนอในคาบต่อไป หรือตั้งประเด็นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เช่น ถ้าคลื่นหน้าตรงเข้ากระทบผิวสะท้อนรูปโค้งเว้าจะเกิดการสะท้อนอย่างไร เป็นต้น

9.4.2 การหักเห

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและสังเกตการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ความยาวคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่บริเวณน้ำตื้น
2. อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น ในกรณีหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับผิวรอยต่อและกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง
3. สรุปความหมายการหักเหของคลื่น พร้อมทั้งคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหักเหเมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างการหักเหของคลื่นต่างๆ ที่เคยเห็นในชีวิตประจำวัน หรือใช้การดูวีดิทัศน์ เรื่อง การหักเหของคลื่นให้สังเกตคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหในตัวกลาง

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนจัดอุปกรณ์ทดลอง 9.2 การหักเหของคลื่น

การทดลอง 9.2 การหักเหของคลื่น

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

ทดลองเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ความยาวคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่น้ำตื้น โดยรอยต่อของตัวกลางขนานกับหน้าคลื่นตกกระทบ และไม่ขนาน กับหน้าคลื่นตกกระทบ

เวลาที่ใช้ 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. ชุดถาดคลื่น	1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. กระดาษ (ขนาด A 4)	2 แผ่น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ครูควรชี้แจงให้นักเรียนเห็นว่าน้ำที่มีความลึกแตกต่างกันถือว่าเป็นตัวกลางคนละชนิดได้ การใช้กระจกสี่เหลี่ยมวางบนถาดคลื่น เพื่อให้ระดับน้ำบนผิวกระจกสี่เหลี่ยมเป็นบริเวณน้ำตื้น และบริเวณที่ไม่มีกระจกอยู่เป็นบริเวณน้ำลึก โดยจะให้คลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปยังบริเวณน้ำตื้น

2. น้ำที่ใช้สำหรับการทดลองต้องใสสะอาด ถาดคลื่นควรวางตัวในแนวระดับเดียวกัน และวางขนานกับฉากใต้ถาดคลื่น จะทำให้เห็นภาพของคลื่นน้ำชัดเจนบนฉาก และการปรับความถี่มอเตอร์ให้มีค่าต่ำๆ จะได้ความยาวคลื่นเพิ่มมากขึ้น ภาพที่มองเห็นจะชัดเจนยิ่งขึ้น

3. ครูควรอธิบายวิธีการหมุนแผ่นกระจกสี่เหลี่ยมเพื่อให้หน้าคลื่นตกกระทบขนานกับผิวรอยต่อและไม่ขนานกับผิวรอยต่อ

4. ให้นักเรียนสังเกตว่าในขณะที่คลื่นเกิดการหักเหขึ้นนั้น ความถี่ของคลื่น ความยาวคลื่น และทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ในน้ำลึกและน้ำตื้นเป็นอย่างไร สมบัติใดบ้างที่เกิดขึ้นพร้อมกันกับการหักเหของคลื่น

ตัวอย่างผลการทดลอง

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านน้ำลึกไปสู่น้ำตื้น กรณีหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับผิวรอยต่อระหว่างตัวกลาง ทิศทางของคลื่นหักเหไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่ความยาวคลื่นลดลง และถ้าหน้าคลื่นตกกระทบไม่ขนานกับผิวรอยต่อ (ทำมุมกับหน้าคลื่น) ทิศทางของคลื่นหักเหจะเปลี่ยนแปลงเบนไปจากแนวเดิม ความยาวคลื่นลดลง และ ในการหักเหของคลื่นนั้นจะเกิดการสะท้อนขึ้นอีกด้วย

อภิปรายหลังการทดลอง

1. ครูควรอภิปรายกับนักเรียนที่ได้เห็นภาพจากการทดลองก่อนการสรุป ชี้ให้เห็นการเบนไปจากเดิมของคลื่น การประมาณความยาวคลื่นในน้ำลึกและน้ำตื้นว่าแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นจึงสรุปผลการทดลอง โดยให้นักเรียนสรุปความหมายการหักเหของคลื่นตามที่เห็นจากการทดลองพร้อมกับวาดภาพประกอบ

2. ครูควรอธิบายสรุปการหักเหของคลื่นว่า เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด คลื่นจะเกิดการหักเห ทิศทางของการเคลื่อนที่จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงก็ได้ ความยาวคลื่นจะเปลี่ยนไป โดยความถี่คงที่

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ (θ_1) มุมหักเห (θ_2) ความยาวคลื่นตกกระทบ (λ_1) ความยาวคลื่นหักเห (λ_2) อัตราเร็วของคลื่นตกกระทบ (v_1) อัตราเร็วของคลื่นหักเห (v_2) จนได้สมการ (9.7) – (9.9) ในหนังสือเรียน

3.2 ครูนำอภิปรายสรุปสมการ (9.9) ในหนังสือเรียน เป็นกฎของการหักเหของคลื่นที่อธิบายไว้ว่า เมื่อมีการหักเห อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห และควรอธิบายทบทวนความหมายของตัวแปรในสมการอีกครั้ง

3.3 นักเรียนฝึกทักษะการคิดคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหักเหเมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้ตามตัวอย่าง 9.4 ในหนังสือเรียน ควรอธิบายวิธีการใช้ตารางตรีโกณมิติประกอบการหาคำตอบเป็นค่ามุมที่ต้องการ

3.4 ครูควรสอบถามสิ่งที่ได้เรียนรู้ และให้นักเรียนสืบค้นหาโจทย์เพิ่มเติมในการฝึกทักษะการคิดคำนวณเพื่อนำมาใช้ในการแลกเปลี่ยนกันระหว่างเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับครู

1. ชุดการทดลองถาดคลื่นน้ำที่ใช้ควรสะอาดและควรเปลี่ยนน้ำทุกครั้งเมื่อทำการทดลองสมบัติของคลื่นในแต่ละครั้ง การปิดไฟและปิดหน้าต่างห้องเรียนในขณะทดลองจะทำให้ภาพบนฉากชัดเจนยิ่งขึ้น
2. การปรับปุ่มมอเตอร์ให้สัมผัสที่ผิวน้ำอย่างเหมาะสมจะทำให้เกิดคลื่นที่ผิวน้ำและการปรับความถี่ของมอเตอร์ให้มีค่าน้อยลง จะได้ความยาวคลื่นมากขึ้น ภาพจะชัดเจนยิ่งขึ้น
3. ควรรองกระจกใสให้สูงขึ้นจนระดับน้ำบนกระจกใสสูงประมาณ 1–2 มิลลิเมตร

9.4.3 การแทรกสอด

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและสังเกตการแทรกสอดของคลื่นน้ำ
2. อธิบายความหมายแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ลวดลายการแทรกสอด การแทรกสอดแบบเสริมกัน การแทรกสอดแบบหักล้างกัน ตำแหน่งบัพ ตำแหน่งปฏิบัพ
3. ทำกิจกรรมและสังเกตการเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูควรทบทวนการเกิดคลื่นน้ำ เมื่อมีแสงส่องผ่านคลื่นน้ำทำให้เห็นเป็นแถบสว่างและแถบมืดบนฉาก ซึ่งแถบสว่างเกิดจากบริเวณสันคลื่นของคลื่นน้ำ และแถบมืดเกิดจากบริเวณท้องคลื่นของคลื่นน้ำ เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มารวมกันก็คือสันคลื่นมาพบกับสันคลื่น หรือท้องคลื่นพบท้องคลื่น หรือสันคลื่นพบท้องคลื่น ทำให้เกิดเป็นริ้วแนวแถบสว่าง ริ้วแนวแถบมืดสลับกันไป

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำการทดลอง การแทรกสอดของคลื่น

การทดลอง 9.3 การแทรกสอดของคลื่น

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและสังเกตลวดลายการแทรกสอดที่เกิดจากคลื่นสองขบวนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์
2. อธิบายลักษณะของคลื่นนิ่ง บัพ เส้นบัพ ปฏิบัพ และเส้นปฏิบัพ

เวลาที่ใช้ 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. ชุดถาดคลื่น	1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. กระดาษ (ขนาด A 4)	2 แผ่น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ครูควรอธิบายความหมายของแหล่งกำเนิดอาพันธ์ และชี้แจงให้นักเรียนทราบว่า การทดลองนี้มีการใช้มอเตอร์เดียวกัน ทำให้ปุ่มแหล่งกำเนิดสองปุ่มสั่นพร้อมกันด้วยความถี่เท่ากัน ทำให้เกิดคลื่นที่มีความยาวคลื่นเท่ากัน จะเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์เช่นกัน

2. แนะนำการจัดปุ่มของแหล่งกำเนิดวงกลมทั้งสองให้แตะสัมผัสที่ผิวน้ำพอดี การปรับความถี่ของมอเตอร์ให้มีค่าน้อยๆ จะมีผลทำให้เห็นลวดลายการแทรกสอดชัดเจน

3. ครูใช้คำถามนำทางการสังเกต ดังนี้

จากการทดลองนักเรียนเห็นภาพอะไรบนฉาก มีลักษณะเป็นอย่างไร

– ระยะห่างของแนวสว่างถึงแนวสว่างที่ติดกัน หรือ แนวมืดถึงแนวมืดที่ติดกันมีค่าเท่ากันหรือไม่ เปรียบได้กับปริมาณใด

– แนวตรงกลางระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นแนวอะไร ถ้าเป็นแนวสว่าง เรียกว่า ปฏิบัพ ถ้าเป็นแนวมืด เรียกว่า บัพ

– ที่ตำแหน่งสันคลื่นพบกับสันคลื่น หรือ ท้องคลื่นพบกันกับท้องคลื่นการกระจัดของคลื่นรวมทั้งสองจะเป็นอย่างไร ผิวน้ำจะมีการกระเพื่อมเป็นอย่างไร

– บริเวณแนวสว่าง เกิดจากส่วนประกอบใดของคลื่นมาพบกัน มีลักษณะมารวมกันแบบใด ถ้ากำหนดตำแหน่งหนึ่งบนแนวสว่าง นักเรียนคิดว่า ความต่างระยะทางของตำแหน่งนั้นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นกี่เท่าของความยาวคลื่น

– ที่ตำแหน่งของสันคลื่นพบกับท้องคลื่น หรือ ท้องคลื่นพบกันกับสันคลื่น การกระจัดของคลื่นรวมทั้งสองจะเป็นอย่างไร ผิวน้ำจะมีการกระเพื่อมเป็นอย่างไร

– บริเวณแนวมืดเกิดจากส่วนประกอบใดของคลื่นมารวมกัน มีลักษณะมารวมกันแบบใด ถ้ากำหนดตำแหน่งหนึ่งบนแนวมืด นักเรียนคิดว่า ความต่างระยะทางของตำแหน่งนั้นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นกี่เท่าของความยาวคลื่น

ตัวอย่างผลการทดลอง

เป็นภาพลวดลายการแทรกสอดของคลื่นต่อเนื่องวงกลมสองคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ มีลักษณะเป็นริ้วแนวมืดและแนวสว่างสลับกันเสมือนอยู่นิ่ง โดยถ้าเป็นตำแหน่งที่สันคลื่นพบกับสันคลื่น หรือท้องคลื่นพบกับท้องคลื่น การกระจัดของคลื่นทั้งสองจะเสริมกันทำให้ระดับผิวน้ำกระเพื่อมมากที่สุด หรือลดต่ำมากที่สุด เรียกตำแหน่งนี้ว่า ปฏิบัพ หรือเรียกการรวมกันของคลื่นว่า การแทรกสอดแบบเสริม และถ้าเป็นตำแหน่งที่สันคลื่นพบกับท้องคลื่น การกระจัดของคลื่นทั้งสองจะหักล้างกันทำให้ระดับผิวน้ำไม่มีกระเพื่อม เรียกตำแหน่งนี้ว่า บัพ หรือเรียกการรวมกันของคลื่นว่า การแทรกสอดแบบหักล้าง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า ถ้าเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ที่มีเฟสตรงกัน แนวกลางระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองจะเป็นเส้นปฏิบัพ แนวของตำแหน่งปฏิบัพที่อยู่ถัดกันไป จะเรียงต่อกันเป็นเส้นปฏิบัพ ระหว่างตำแหน่งปฏิบัพจะเป็นตำแหน่งบัพ แนวของตำแหน่งบัพที่อยู่ถัดกันไปจะได้เป็นเส้นบัพ และอธิบายตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3.2 ให้นักเรียนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดทั้งสองไปบนจุดใด ๆ บนเส้นปฏิบัพ จะมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่นเสมอ สามารถสรุปเป็นสมการความต่างระยะทางของเส้นปฏิบัพได้ดังสมการ (9.10) ในหนังสือเรียน และความต่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดทั้งสองไปบนจุดใด ๆ บนเส้นบัพจะมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่นบวกครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสมอ สามารถสรุปเป็นสมการความต่างระยะทางของเส้นบัพได้ดังสมการ (9.11) ในหนังสือเรียน

3.3 ครูควรอธิบายความหมายของตัวแปรกำกับทุกครั้ง เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจก่อนการนำไปใช้ในการคิดคำนวณ

3.4 ครูควรสอบถามข้อสงสัยของนักเรียน หรือบางครั้งควรอธิบายเพิ่มเติมในการใช้สูตรความต่างระยะทางของเส้นบัพที่มีค่าเท่ากับจำนวนเต็มลบด้วยครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น โดยเน้นให้เห็นถึงการใช้ตัวแปรที่นับจากแนวกลางที่แตกต่างกัน แต่ผลของการคำนวณมีคำตอบเดียวกัน

3.5 ครูสาธิตการเกิดคลื่นนิ่งในถาดคลื่น โดยใช้คานกำเนิดคลื่นเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเส้นตรง วางแผ่นสะท้อนขนานกับคานของกำเนิดคลื่น ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นสะท้อนมาแทรกสอด

กับคลื่นเดิมเกิดเส้นบัพและปฏิบัพ เมื่อเลื่อนแผ่นสะท้อนอย่างเหมาะสมจะเห็นแถบสว่างไม่เคลื่อนที่ นั่นคือ เส้นบัพและเส้นปฏิบัพอยู่นิ่งได้ ต่อจากนั้น จึงควรสาธิตคลื่นนิ่งในกิจกรรม 9.2 คลื่นนิ่งในเส้นเชือก

3.6 ครูสาธิตกิจกรรม 9.2 คลื่นนิ่งในเส้นเชือก ตามรูปในหนังสือเรียน การใช้ก้อนน้ำหนักที่เหมาะสมถ่วงที่ปลายเส้นเชือกแทนการใช้มือดึง เมื่อเครื่องเคาะสัญญาณทำงานแผ่นสปริงจะสั่น ทำให้เกิดคลื่นตามขวางต่อเนื่องในเส้นเชือกเคลื่อนที่มาทางปลายเส้นเชือกที่พาดกับรอก คลื่นจะสะท้อนกลับไปแทรกสอดกับคลื่นที่ตกกระทบ โดยตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมและแบบหักล้างจะอยู่คงที่ตลอดเวลาเรียกว่า คลื่นนิ่ง ตำแหน่งที่อนุภาคของเชือกสั่นมากที่สุดหรือมีการกระจัดมากที่สุด เป็นตำแหน่งปฏิบัพ และตำแหน่งที่อนุภาคของเชือกไม่สั่นเลยหรือมีการกระจัดเป็นศูนย์ เป็นตำแหน่งบัพ

3.7 ครูและนักเรียนช่วยกันอภิปรายคลื่นนิ่งของผิวน้ำและคลื่นนิ่งในเส้นเชือก เพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

– ตำแหน่งที่คลื่นผิวน้ำแทรกสอดแบบเสริม คือส่วนที่ผิวน้ำกระเพื่อมมากที่สุด มีการโค้งนูนมากขึ้นและโค้งเว้าลงมาก ซึ่งจะได้ภาพแถบสว่างและแถบมืดสลับกันตลอดแนว ซึ่งเป็นแนวปฏิบัพ ดังรูป 9.46 ในหนังสือเรียน สำหรับคลื่นนิ่งในเส้นเชือกตรงตำแหน่งที่เป็นปฏิบัพเชือกมีการสั่นมากที่สุดหรือมีการกระจัดมากที่สุด ดังรูป 9.49 ในหนังสือเรียน

– ตำแหน่งที่คลื่นผิวน้ำแทรกสอดแบบหักล้าง คือส่วนที่ผิวน้ำเรียบไม่กระเพื่อม ภาพบนฉากเป็นสีเทาซึ่งเป็นแนวบัพ สำหรับคลื่นนิ่งในเส้นเชือก ตรงตำแหน่งที่เป็นบัพเชือกไม่มีการสั่น หรือ มีการกระจัดเป็นศูนย์ ดังรูป 9.49 ในหนังสือเรียน

– คลื่นที่มาแทรกสอดกันทำให้เกิดคลื่นนิ่ง ไม่จำเป็นต้องมาจากแหล่งกำเนิดสองแหล่ง อาจมาจากคลื่นตกกระทบต่อเนื่อง ทำให้เกิดคลื่นสะท้อนมาแทรกสอดกันกับคลื่นตกกระทบได้

3.8 ครูนำอภิปรายการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของคลื่น เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้ ดังตัวอย่าง 9.5 – 9.8 ในหนังสือเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติมสำหรับครู

1. แหล่งกำเนิดอาพันธ์มีเฟสตรงกัน ตรงกลางระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นเส้นปฏิบัพ และถ้าแหล่งกำเนิดอาพันธ์มีเฟสต่างกันคงตัว 180 องศา ตรงกลางระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองเป็นเส้นบัพ ซึ่งสามารถทำให้เกิดลวดลายการแทรกสอดได้เช่นกัน

2. การเขียนภาพลวดลายการแทรกสอดประกอบการทดลอง จะทำให้นักเรียนเข้าใจ และสามารถแก้ปัญหาโจทย์คำนวณได้ดียิ่งขึ้น

3. ครูควรย้ำเตือนความหมายสัญลักษณ์ในสมการ และเสนอแนะการหาแนวปฏิบัพหรือบัพที่นับจากแนวกลาง หรือแนวปฏิบัพหรือบัพทั้งหมดว่าควรมีวิธีคิดอย่างไร

9.4.4 การเลี้ยวเบน

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและสรุปความหมายการเลี้ยวเบน สมบัติการเลี้ยวเบนของคลื่น
2. อธิบายหลักการของฮอยเกนส์ ในกรณีคลื่นเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดมีความกว้างสัมพันธ์กับความยาวคลื่นได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูสอบถามความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการเลี้ยวเบนที่นักเรียนได้เคยพบเห็นในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนอธิบายสาเหตุทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ครูรับฟังไว้และประมวลความคิดเห็นไว้เพิ่มเติมระหว่างการเรียนการสอนต่อไป และใช้คำถามนำทางการค้นคว้า อย่างเช่นคลื่นที่มีการเลี้ยวเบนมีองค์ประกอบอะไรบ้าง สามารถมองเห็นได้หรือไม่ เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาสมบัติการเลี้ยวเบนของคลื่นได้ชัดเจน แล้วให้นักเรียนทำการทดลอง 9.4

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำการทดลอง 9.4

การทดลอง 9.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและสังเกตลักษณะของคลื่นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านขอบของสิ่งกีดขวาง
2. อธิบายลักษณะของคลื่นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดที่มีความกว้างน้อยกว่าเท่ากับหรือมากกว่าความยาวคลื่น

เวลาที่ใช้ 90 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. ชุดถาดคลื่น	1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. กระดาษ (ขนาด A 4)	2 แผ่น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ครูแนะนำให้นักเรียนรู้จักการปรับความถี่ของมอเตอร์ให้มีค่าน้อย ๆ ที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดความยาวคลื่นมากขึ้น ภาพจากการทดลองจะได้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และให้นักเรียนสังเกตระยะห่างระหว่างแนวสว่างถึงแนวสว่างที่อยู่ถัดกัน ซึ่งเป็นค่าของความยาวคลื่น

2. การวางแผ่นกั้นเพื่อทำช่องเปิดควรขนานกับคานถาดคลื่น โดยให้ขนาดช่องเปิดมีขนาดเล็กๆ ก่อนแล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มขนาดให้กว้างขึ้นจนกระทั่งมากกว่าความยาวคลื่น (เปรียบเทียบกับระยะห่างระหว่างแนวสว่างถึงแนวสว่างที่สังเกตได้) ซึ่งจะทำให้เห็นความแตกต่างที่เกิดจากการเลี้ยวเบนได้ดี

3. การทดลองให้คลื่นผ่านช่องเปิด 2 ช่อง ควรทำช่องเปิดแต่ละช่องให้มีความกว้างน้อยกว่าความยาวคลื่น จึงจะทำให้เห็นภาพการเลี้ยวเบนชัดเจน

4. ครูใช้คำถามนำทางการสังเกต ดังนี้

– เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านขอบของสิ่งกีดขวาง ลักษณะของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านไปด้านหลังสิ่งกีดขวางมีการเคลื่อนที่อย่างไร โดยให้สังเกตลักษณะของหน้าคลื่น ความสว่างของคลื่น ระยะที่อ้อมผ่าน ความถี่ของคลื่น

– เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดที่มีความกว้างน้อยกว่า หรือเท่ากับ หรือ มากกว่าความยาวคลื่น ลักษณะที่คลื่นเคลื่อนที่ไปทางด้านหลังช่องเปิดเป็นอย่างไร

– นักเรียนคิดว่า การเลี้ยวเบนในกรณีใดที่เรียกว่า เกิดการเลี้ยวเบนได้ดีที่สุด

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปผลการทดลอง ดังนี้

– เมื่อการเคลื่อนที่ของคลื่นผ่านขอบของสิ่งกีดขวาง การเลี้ยวเบนของคลื่นที่สังเกตเห็นได้คือ ส่วนที่คลื่นสามารถอ้อมขอบของสิ่งกีดขวางไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางได้

– เมื่อทำให้ช่องเปิดที่มีความกว้างน้อย ๆ แล้วค่อยๆ กว้างมากขึ้น จะพบ ว่าการเลี้ยวเบนของคลื่นแตกต่างกัน ถ้าช่องเปิดมีความกว้างน้อยกว่าความยาวคลื่น คลื่นที่เลี้ยวเบนออกมาจะเป็นคลื่นวงกลม

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

– ครูชี้แนะให้นักเรียนเห็นความแตกต่างระหว่างสมบัติการแทรกสอด และการแทรกสอดที่เกิดจากการเลี้ยวเบน จนได้ข้อสรุปหลักการของฮอยเกนส์

– ครูสอบถามนักเรียนต้องการเรียนรู้อะไรเพิ่มเติมเกี่ยวกับสมบัติของคลื่น

– ครูควรเน้นให้นักเรียนได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ทั้งหมดเกี่ยวกับสมบัติของคลื่นโดยใช้แผนผังความคิด เพื่อทราบผลการเรียนรู้ของนักเรียน หรือชิ้นผลงานเป็นกลุ่ม หรือรายบุคคลนำเสนอแลกเปลี่ยนกัน มีส่วนร่วมประเมินผลงานซึ่งกันและกันได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับครู

1. ครูควรให้นักเรียนทดลองเพิ่มเติมการเลี้ยวเบนของคลื่นเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดสองช่องให้นักเรียนเห็นภาพจริง ก่อนการสรุปหลักการของฮอยเกนส์

2. ครูควรเตรียมการใช้วีดิทัศน์เกี่ยวกับการเลี้ยวเบน เพื่อช่วยสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทดลองเพิ่มเติม ทำให้นักเรียนเข้าใจดียิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวัดผลประเมินผลต่อไปได้เป็นอย่างดี

3. ครูควรศึกษาประวัติของฮอยเกนส์ เพื่อนำมาเล่าประกอบเพิ่มเติมการค้นพบในเรื่องสมบัติของคลื่น

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 9

คำถาม

9.1 การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล

1. คลื่นกลเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ คลื่นกลเกิดจากการรบกวนตัวกลางพลังงานจากการรบกวนจะถูกถ่ายโอนไปยังอนุภาคของตัวกลาง ทำให้อนุภาคของตัวกลางเกิดการเคลื่อนที่ เช่น โยนก้อนหินลงน้ำหรือลมพัดไปปะทะผิวน้ำทำให้เกิดการกระเพื่อมของผิวน้ำ กลายเป็นคลื่นผิวน้ำ หรือการสะบัดเส้นเชือกกลับไปกลับมาบนพื้นราบ ทำให้เกิดคลื่นในเส้นเชือก

2. คลื่นตามขวางและคลื่นตามยาวแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ คลื่นกลแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ คลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง โดยยึดหลักการพิจารณาจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลางที่คลื่นกลเคลื่อนที่ผ่าน กรณีที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางแล้ว ทำให้อนุภาคของตัวกลางนั้นสั่นกลับไปกลับมาในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ ของคลื่น เรียกว่า คลื่นตามยาว ส่วนคลื่นที่เคลื่อนผ่านตัวกลางแล้วทำให้อนุภาคของตัวกลางนั้นสั่นกลับไปกลับมาในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เรียกว่า คลื่นตามขวาง

3. บอยและเบิร์ดกำลังเล่นบอลอยู่ในสวนสาธารณะ เมื่อลูกบอลตกลงไปกลางสระ ทำให้ไม่สามารถเอื้อมมือถึงได้

รูป สำหรับคำถามข้อ 3

บอยคิดว่า ถ้าใช้เท้าตีผิวน้ำสม่ำเสมอเพื่อทำให้เกิดคลื่น คลื่นจะพาลูกบอลให้เข้าฝั่งตรงข้ามได้ ส่วนเบิร์ดบอกว่า ถ้าขว้างไม้ไปถูกลูกบอลที่จุด A ลูกบอลจะเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งตรงข้ามได้ความคิดของใครน่าจะถูกต้อง เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ บอยใช้เท้าตีผิวน้ำทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำ ซึ่งเป็นคลื่นตามขวาง โดยอนุภาคตัวกลาง (น้ำ) เคลื่อนที่ขึ้นลงในทิศตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น การตีน้ำจึงทำให้ลูกบอลขยับขึ้นลง แต่ไม่ทำให้ลูกบอลเคลื่อนไปยังฝั่งตรงข้ามได้ ส่วนเบิร์ดขว้างไม้ไปที่ลูกบอลที่จุด A จะทำให้เกิดแรงกระทำต่อลูกบอล เมื่อแตกแรงจะได้แรงย่อยในแนวขนานผิวน้ำ ทำให้เคลื่อนที่ไปยังฝั่งตรงข้ามได้ ดังนั้นความคิดของเบิร์ดถูกต้อง

4. ถ้าส่งคลื่นดลไปตามลวดสปริง หลังจากคลื่นได้ผ่านตำแหน่งหนึ่งบนลวดสปริงไปแล้ว ตำแหน่งนั้นจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ถ้าคลื่นดลในลวดสปริงเป็นคลื่นตามขวาง เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งหนึ่งบนลวดสปริง อนุภาคของลวดสปริงที่ตำแหน่งนั้นจะเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ถ้าคลื่นดลในลวดสปริงเป็นคลื่นตามยาว อนุภาคของลวดสปริงที่ตำแหน่งนั้นจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เมื่อคลื่นดลผ่านตำแหน่งนั้นไปแล้ว ลวดสปริงจะกลับสู่สภาพสมดุลเดิมเพราะพลังงาน ณ ตำแหน่งนั้นถูกถ่ายโอนให้กับอนุภาคของลวดสปริงตำแหน่งถัดไป

5. เมื่อกระตุ้นเส้นเชือกของลูกตุ้มนาฬิกาให้แกว่งเป็นจังหวะอย่างสม่ำเสมอ ปรากฏว่ามีความถี่ของการแกว่งค่าหนึ่งที่ทำให้ลูกตุ้มแกว่งเป็นช่วงกว้างเพราะเหตุใด และความถี่นี้มีความสัมพันธ์กับมวล (m) ของลูกตุ้ม และความยาว (l) ของเชือกอย่างไร เพราะเหตุใด

รูป สำหรับคำถามข้อ 5

แนวคำตอบ ความถี่นี้เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติของลูกตุ้มนาฬิกา มีค่า $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ จากสมการนี้จะได้ว่าความถี่ธรรมชาติของลูกตุ้มนาฬิกาสัมพันธ์กับความยาวเชือก โดยคิดมวลเป็นจุดมีขนาดเล็ก ถ้าความถี่ของการกระตุ้นสอดคล้องกับความถี่ธรรมชาติ จะทำให้ลูกตุ้มแกว่งเป็นช่วงกว้าง

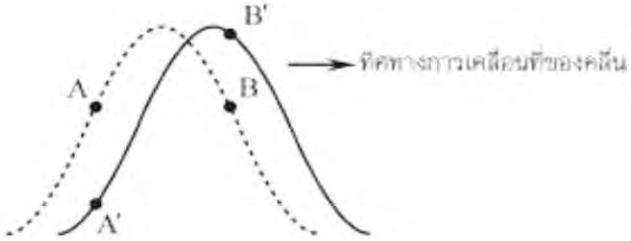
6. มนุษย์อวกาศในยานอวกาศที่กำลังออกไปจากโลกด้วยความเร่ง มีวิธีที่จะหามวลของอุปกรณ์ใดๆ ได้อย่างไร

แนวคำตอบ เนื่องจากขณะนั้น ยานอวกาศกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหามวลไม่ได้ ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เพื่อหาคาบแล้วนำไปคำนวณหามวล

7. คลื่นในเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา A และ B เป็นจุดสองจุดบนเส้นเชือก เมื่อขณะเวลาหนึ่ง รูปร่างส่วนหนึ่งของเส้นเชือกเป็นดังรูป เมื่อเวลาผ่านไปอีกเล็กน้อย A และ B จะเคลื่อนที่อย่างไร วาดภาพประกอบ

รูป สำหรับคำถามข้อ 7

แนวคำตอบ เมื่อเวลาผ่านไปน้อยมากๆ ($t << T$) คลื่นในเส้นเชือกเคลื่อนที่ได้ระยะทางสั้นๆ เมื่อวาดภาพคลื่นทั้งสองเวลา จะเห็นว่า จุด A เคลื่อนที่ลงต่ำกว่าเดิมไปที่ A′ ส่วนจุด B เคลื่อนที่ขึ้นสูงกว่าเดิมไปที่ B′ ดังรูป



รูป การเคลื่อนที่ของคลื่นในเส้นเชือกในช่วงเวลาสั้นๆ

9.2 คลื่นผิวน้ำ

8. เมื่อนำส้อมเสียงที่กำลังสั่นจุ่มลงในน้ำจะเกิดอะไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ น้ำบริเวณนั้นจะกระเด็นและจะเห็นคลื่นแผ่ออกไป เนื่องจากได้รับการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นของส้อมเสียง

9. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น ความถี่และอัตราเร็วของคลื่น

แนวคำตอบ ขณะเกิดคลื่นกล (หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า) และคลื่นมีการแผ่หรือเคลื่อนที่ออกไปนั้น จะมีปริมาณที่เกิดขึ้นและเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของคลื่น ได้แก่ ความยาวคลื่น ความถี่และอัตราเร็ว ปริมาณทั้งสามมีความสัมพันธ์กันดังนี้

(อัตราเร็วของคลื่น = ความถี่ × ความยาวคลื่น หรือ $v = f\lambda$

10. อธิบายความหมายของหน้าคลื่น

แนวคำตอบ หน้าคลื่นเป็นเส้นสมมติที่ลากผ่านตำแหน่งที่มีเฟสตรงกันในคลื่นขบวนหนึ่ง ถ้าคลื่นนั้นเป็นคลื่นหน้าตรง หน้าคลื่นจะเป็นหน้าตรง แต่ถ้าคลื่นนั้นเป็นคลื่นวงกลมจะมีหน้าคลื่นเป็นวงกลม นิยมใช้แนวสันคลื่นหรือแนวท้องคลื่นเป็นหน้าคลื่น คลื่นขบวนหนึ่งๆ จะมีหน้าคลื่นจำนวนมาก และหน้าคลื่นนั้นจะตั้งฉากกับทิศทางที่คลื่นเคลื่อนที่

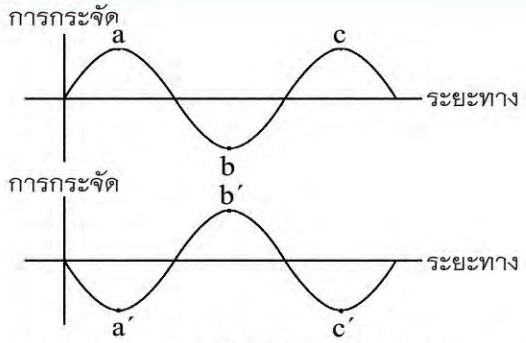
11. คลื่นดลถูกส่งไปตามเส้นเชือก อัตราเร็วของคลื่นดลในเส้นเชือก ณ ตำแหน่งต่างๆ เปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ อัตราเร็วของคลื่นดลในเส้นเชือก ณ ตำแหน่งต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะคลื่นยังคงเคลื่อนที่ในตัวกลางเดิมคือเส้นเชือก

12. อธิบายความหมายของเฟส

แนวคำตอบ เฟสเป็นคำที่ใช้บอกตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งใดๆ ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นรอบ เช่น การเคลื่อนที่แนววงกลมสม่ำเสมอ การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม เป็นต้น โดยระบุตำแหน่งเป็นมุมในหน่วยเรเดียนหรือองศา ในกรณีของคลื่นกล อนุภาคตัวกลางก็มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นรอบเช่นกัน จึงบอกตำแหน่งบนคลื่นได้ด้วยเฟส การบอกเฟสของตำแหน่งใดๆ บนคลื่น ณ เวลาหนึ่งทำได้ยาก การศึกษาเฟสในระดับเบื้องต้นจะเป็นการเปรียบเทียบเฟสหรือการหาความต่างเฟสของตำแหน่งสองตำแหน่งบนคลื่นหนึ่ง ณ เวลาเดียวกันหรือตำแหน่งเดียวกันแต่ต่างเวลา

13. จงเขียนรูปคลื่นต่อเนื่องสองขบวนที่มีเฟสตรงข้ามกัน

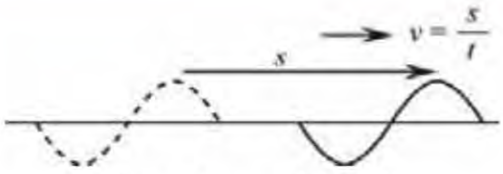


รูป คลื่นสองคลื่นที่มีเฟสตรงข้ามกัน

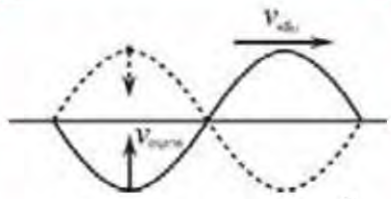
แนวคำตอบ สมมติคลื่นต่อเนื่องขบวนหนึ่งมีการกระจัดของอนุภาคตัวกลางกับระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ดังรูปบน คลื่นต่อเนื่องอีกขบวนหนึ่งที่มีเฟสตรงข้ามกัน เฟสของตำแหน่งบนคลื่นทั้งสอง ณ เวลาหนึ่ง ต่างกัน 180 องศาดังรูปล่าง เช่น ตำแหน่ง a และ a′ b และ b′ c และ c′ มีความต่างเฟส 180 องศา

14. อธิบายความแตกต่างระหว่างอัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำซึ่งเป็นคลื่นตามขวางกับอัตราเร็วอนุภาคของน้ำที่ผิว เมื่อมีคลื่นเคลื่อนที่ผ่าน

แนวคำตอบ อัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำซึ่งเป็นคลื่นตามขวาง เป็นระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยให้สังเกตจากจุดใดจุดหนึ่งบนคลื่น ดังรูป ก ส่วนอัตราเร็วของอนุภาคน้ำเป็นอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำซึ่งเคลื่อนที่ขึ้น–ลงในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่อัตราเร็วของอนุภาคน้ำจะไม่คงตัว ดังรูป ข



ก. อัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ



ข. อัตราเร็วของอนุภาคน้ำ

รูปอัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ และอัตราเร็วของอนุภาคน้ำ

15. กราฟระหว่างการกระจัดกับระยะทาง และกราฟระหว่างการกระจัดกับเวลาของการเคลื่อนที่ของคลื่นกล เช่น คลื่นผิวน้ำ กราฟทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ กราฟระหว่างการกระจัดกับระยะทางเป็นกราฟ ณ เวลาขณะหนึ่ง ที่แสดงการกระจัดของอนุภาคตัวกลางทั้งหลายของคลื่นกับระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ โดยแต่ละอนุภาคมีการกระจัดต่างๆ กัน ส่วนกราฟระหว่างการกระจัดกับเวลาเป็นกราฟที่แสดงการกระจัดของอนุภาคตัวกลางเพียงหนึ่งอนุภาค ณ เวลาต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

16. จากการทดลองเรื่องคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่น ถ้าปรับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ให้ปุ่มกำเนิดคลื่นสั่นถี่ขึ้นเป็นสองเท่าของเดิม อัตราเร็วของคลื่น ความถี่และความยาวคลื่นของคลื่นผิวน้ำจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ อัตราเร็วของคลื่นเท่าเดิม เนื่องจากเป็นตัวกลางเดิม ความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเพราะปุ่มกำเนิดคลื่นสั่นเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเดิม ส่วนความยาวคลื่นจะเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเดิม โดยพิจารณาได้จากสมการ $v = f\lambda$

9.3 การซ้อนทับของคลื่น

17. รูปต่อไปนี้แสดงลักษณะของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปทางขวามือ จงเขียนรูปคลื่นอีกคลื่นหนึ่งที่สามารถหักล้างคลื่นนี้ ในเวลาหนึ่งได้หมดพอดี

รูป สำหรับคำถามข้อ 17

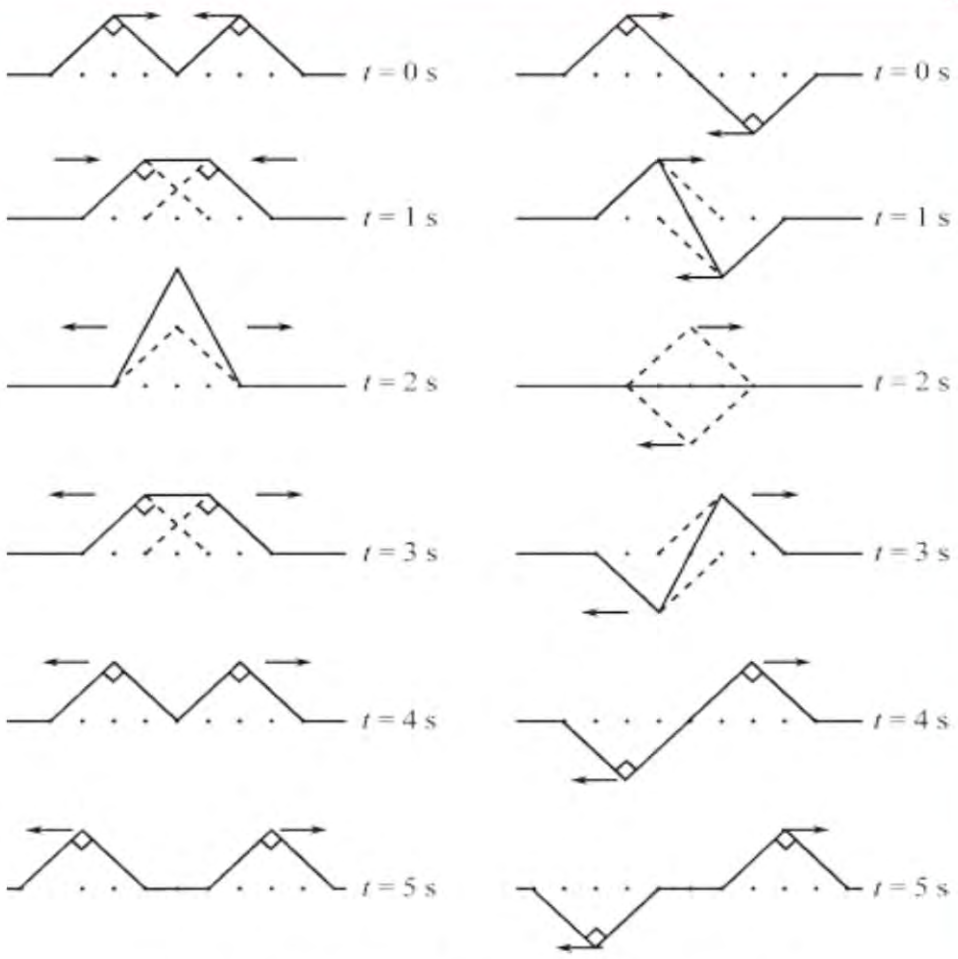
แนวคำตอบ คลื่นอีกคลื่นหนึ่งที่สามารถหักล้าง คลื่นในรูปด้านบนในเวลาหนึ่งได้หมดพอดี เป็นคลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการกระจัดในทิศตรงข้าม แต่มีขนาดเท่ากัน ดังรูป

รูป คลื่นที่สามารถหักล้างได้หมดพอดี

18. จงเขียนรูปร่างของคลื่นซึ่งเกิดการซ้อนทับของคลื่นที่เคลื่อนที่เข้าหากันดังต่อไปนี้ ทุกๆ วินาที เป็นเวลา 5 วินาที กำหนดให้อัตราเร็วของคลื่นเท่ากับ 1 เซนติเมตรต่อวินาที

รูป สำหรับคำถามข้อ 18

แนวคำตอบ มาตราส่วน 1 ช่อง : 1 เซนติเมตร



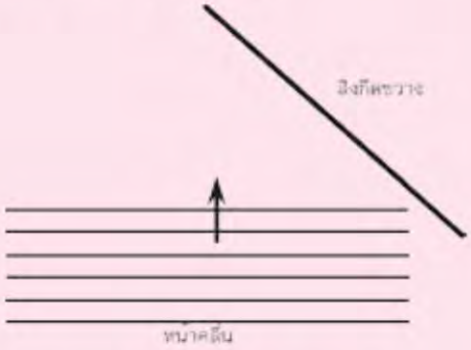
รูป คลื่นรวมที่เวลา 0 1 2 3 4 และ 5 วินาที ตามลำดับ

19. หลักการซ้อนทับใช้อธิบายปรากฏการณ์คลื่นใดได้บ้าง

แนวคำตอบ การแทรกสอด

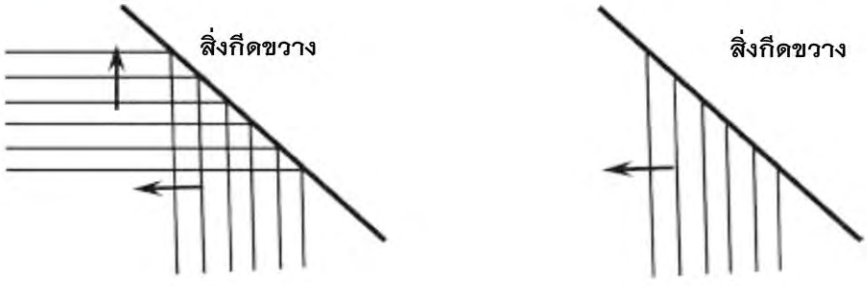
9.4 สมบัติของคลื่น

20. คลื่นต่อเนื่องเส้นตรงเคลื่อนที่เข้าสู่สิ่งกีดขวางดังรูป จงเขียนรูปเพื่อแสดงหน้าคลื่นของคลื่นที่กำลังสะท้อนและหลังสะท้อนแล้ว



รูป สำหรับคำถามข้อ 20

แนวคำตอบ



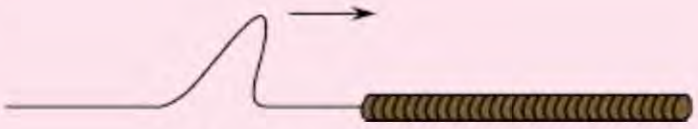
คลื่นขณะกระทบสิ่งกีดขวาง **คลื่นหลังจากสะท้อนแล้ว**

รูป หน้าคลื่นของคลื่นที่กำลังสะท้อนและหลังสะท้อนแล้ว

21. เมื่อคลื่นต่อเนื่องเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปอีกตัวกลางหนึ่ง ปริมาณใดต่อไปนี้คงเดิมหรือเปลี่ยนแปลง แอมพลิจูด ความยาวคลื่น ความถี่ และอัตราเร็วคลื่น

แนวคำตอบ แอมพลิจูดลดลง เนื่องจากพลังงานส่วนหนึ่งแบ่งไปกับคลื่นสะท้อนกลับเข้าสู่ตัวกลางเดิม อัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไป เนื่องจากเปลี่ยนตัวกลาง ความถี่คลื่นคงเดิม เนื่องจากตัวกำเนิดคลื่นสั่นด้วยความถี่เดิม และความยาวคลื่นเปลี่ยนไป เนื่องจากอัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไป

22. คลื่นดลในเส้นเชือกเคลื่อนที่จากเส้นเชือกเบาไปสู่เส้นเชือกหนักดังรูป เมื่อคลื่นในเส้นเชือกเคลื่อนที่ถึงรอยต่อระหว่างเส้นเชือกทั้งสอง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงใดบ้าง เพราะเหตุใด



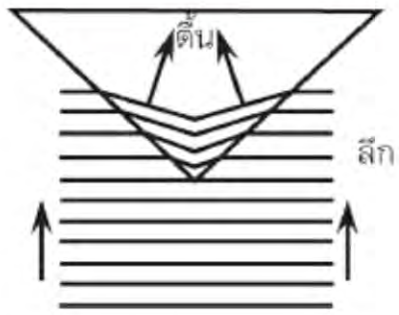
รูปสำหรับคำถามข้อ 22

แนวคำตอบ ขณะคลื่นในเชือกเบาเคลื่อนที่ถึงปลายเชือกหนัก จะเกิดการรบกวนที่ปลายเชือกหนัก ทำให้เชือกหนักสั่นและเกิดคลื่นที่มีความถี่เท่ากับความถี่ของคลื่นในเชือกเบา แต่เนื่องจากเชือกหนักและเชือกเบาเป็นตัวกลางต่างชนิดกัน ดังนั้นเมื่อคลื่นจากเชือกเบาเคลื่อนที่ถึงเชือกหนัก ความยาวคลื่นและอัตราเร็วของคลื่นในเชือกหนักจึงต่างจากคลื่นในเชือกเบา นอกจากนี้ ยังเกิดการสะท้อนที่รอยต่อซึ่งคลื่นสะท้อนมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบและมีแอมพลิจูดน้อยกว่า

23 หน้าคลื่นของคลื่นต่อเนื่องเส้นตรงกำลังเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้นดังรูป จงเขียนรูปแสดงหน้าคลื่นตกกระทบและหน้าคลื่นหักเห

รูปสำหรับคำถามข้อ 23

แนวคำตอบ จากการทดลองในถาดคลื่น จะเห็นว่าคลื่นในน้ำลึกมีความยาวมากกว่าคลื่นในน้ำตื้น เมื่อหน้าคลื่นในน้ำลึกไปถึงน้ำตื้นจะหักเหเข้าหาขอบ ดังนั้นในบริเวณน้ำตื้นจะมีหน้าคลื่นสองชุดมาบรรจบกันตรงแนวกึ่งกลาง ซึ่งอัตราเร็วของคลื่นในน้ำตื้นช้ากว่าในน้ำลึก ดังรูป



รูป หน้าคลื่นตกกระทบและหน้าคลื่นหักเห

24. จากการสังเกตคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่น เมื่อเคลื่อนที่ถึงรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น คลื่นมีการสะท้อนหรือไม่ อย่างไร

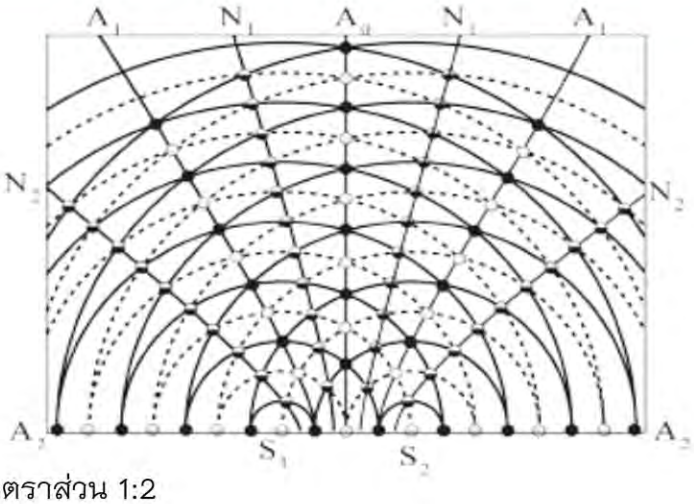
แนวคำตอบ เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาถึงรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น คลื่นส่วนใหญ่จะมีการหักเหในบริเวณน้ำตื้น คลื่นบางส่วนจะมีการสะท้อนกลับไปบริเวณน้ำลึก คลื่นสะท้อนนั้นจะมีแอมพลิจูดลดลง

25. แหล่งกำเนิดอาพันธ์สองแหล่งที่มีเฟสตรงกันสร้างคลื่นผิวน้ำที่ความยาวคลื่น 3 เซนติเมตร ณ ที่ตำแหน่งหนึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดทั้งสอง 18 เซนติเมตร และ 21 เซนติเมตร ตามลำดับ จะเกิดการแทรกสอดเป็น บัพ หรือ ปฏิบัพ

แนวคำตอบ เนื่องจากผลต่างของระยะทางจากตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดถึงแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสอง (หรือความต่างระยะทาง) = 21 cm – 18 cm = 3 cm ซึ่งเป็นจำนวนเต็มเท่าของความยาวคลื่นพอดี แสดงว่าที่ตำแหน่งนั้นเกิดการแทรกสอดแบบเสริม ดังนั้นการแทรกสอดที่เกิดขึ้นเป็นปฏิบัพ

26. แหล่งกำเนิดอาพันธ์สองแหล่งเฟสตรงกันอยู่ห่างกัน 4 เซนติเมตร สร้างคลื่นผิวน้ำที่มีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร จงเขียนภาพการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำที่เกิดขึ้นและเขียนเส้นบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

แนวคำตอบ S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์อยู่ห่างกัน 4 cm แหล่งกำเนิดทั้งสองสร้างคลื่นผิวน้ำวงกลมที่มีความยาวคลื่น 2 cm และทำให้เกิดการแทรกสอด ดังรูป เส้นทึบแทนสันคลื่น และเส้นประแทนท้องคลื่น บริเวณที่เส้นทึบตัดเส้นทึบและบริเวณที่เส้นประตัดเส้นประ เป็นบริเวณที่มีการแทรกสอดแบบเสริมหรือปฏิบัพ เมื่อลากเส้นต่อปฏิบัพที่อยู่ในแนวเดียวกัน จะได้เส้นปฏิบัพทั้งหมด 5 เส้นบริเวณที่เส้นทึบตัดเส้นประ เป็นบริเวณที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างหรือบัพ เมื่อลากเส้นต่อบัพที่อยู่ในแนวเดียวกันจะได้เส้นบัพทั้งหมด 4 เส้น

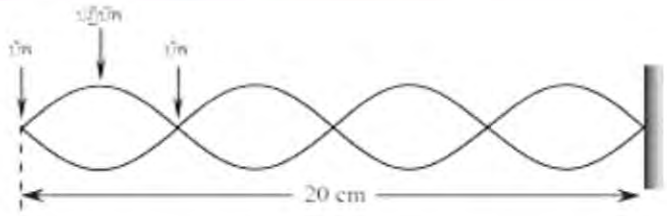


มาตราส่วน 1:2

รูป การแทรกสอดของคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ S_1 และ S_2

27. คลื่นในเส้นเชือกมีความยาวคลื่น 10 เซนติเมตร เคลื่อนที่ไปอีกปลายหนึ่งที่ยึดแน่น ถ้าเส้นเชือกยาว 20 เซนติเมตร จะเกิดคลื่นนิ่งมีบัพและปฏิบัพจำนวนเท่าใด

แนวคำตอบ เมื่อคลื่นในเส้นเชือกเคลื่อนที่ไปยังอีกปลายหนึ่งที่ยึดแน่น จะเกิดการสะท้อนกลับ คลื่นสะท้อนและคลื่นตกกระทบจะแทรกสอดกันทำให้เกิดคลื่นนิ่ง โดยปลายทั้งสองของเส้นเชือกเป็นบัพ เนื่องจากเส้นเชือกยาว 20 เซนติเมตร และคลื่นในเส้นเชือกมีความยาวคลื่น 10 เซนติเมตร คลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นจึงมีบัพทั้งหมด 5 บัพ และปฏิบัพทั้งหมด 4 ปฏิบัพ ดังรูป



รูป คลื่นนิ่งในเส้นเชือก

28. ปุ่มกำเนิดคลื่นสองปุ่มของถาดคลื่นทำให้เกิดคลื่นที่มีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร ถ้าปุ่มทั้งสองห่างกัน 3 เซนติเมตร จะมีเส้นบัพเกิดขึ้นระหว่างปุ่มทั้งสองกี่เส้น

แนวคำตอบ ไม่มีเส้นบัพเกิดขึ้นระหว่างปุ่มทั้งสอง เพราะความยาวคลื่นมีค่ามากกว่าระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิด (ปุ่มทั้งสอง) จึงทำให้ไม่เกิดแนวบัพ ปฏิบัพ

29. คลื่นต่อเนื่องหน้าตรงในถาดคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาช่องเปิด จงเขียนภาพการเลี้ยวเบนที่เกิดขึ้น เมื่อปรับ

ก. ความกว้างของช่องเปิดให้มีค่าเพิ่มขึ้น (ความยาวคลื่นคงตัว)

ข. ความยาวคลื่นของคลื่นต่อเนื่องหน้าตรงให้มีค่าลดลง (ความกว้างของช่องเปิดคงตัว)

แนวคำตอบ

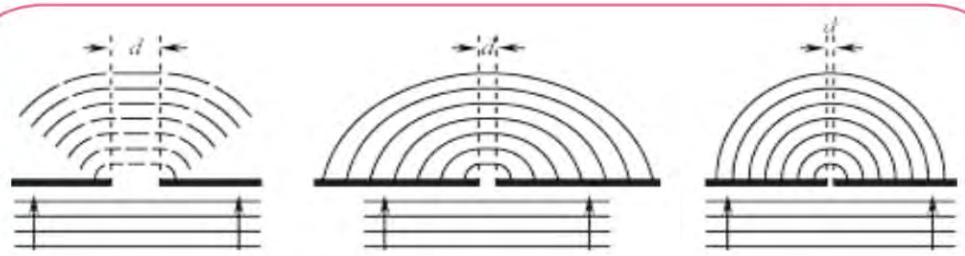
ก. เมื่อให้คลื่นต่อเนื่องเส้นตรงที่มีความยาวคลื่น (λ) คงตัว ผ่านช่องเปิดที่มีความกว้าง (d) ต่างๆกัน ลวดลายการเลี้ยวเบนเป็นดังนี้

ถ้า $d \rangle \lambda$ หรือ $\frac{\lambda}{d} \langle 1$ หน้าคลื่นที่ผ่านช่องเปิดเป็นเส้นตรงเกือบทั้งหมดยกเว้นบริเวณขอบทั้งสองข้าง เป็นส่วนโค้งเล็กน้อย ดังรูป ก

ถ้า $d \approx \lambda$ หรือ $\frac{\lambda}{d} \approx 1$ หน้าคลื่นที่ผ่านช่องเปิดเป็นส่วนโค้งของวงกลมมากขึ้น ดังรูป ข

ถ้า $d \langle \lambda$ หรือ $\frac{\lambda}{d} \rangle 1$ หน้าคลื่นที่ผ่านช่องเปิดเป็นส่วนโค้งครึ่งวงกลม ดังรูป ค

สังเกตว่า อัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นและความกว้างของช่องเปิด หรือ $\frac{\lambda}{d}$ เป็นค่าที่บอกว่าการเลี้ยวเบนเกิดมากน้อยเพียงใด ถ้า $\frac{\lambda}{d}$ มีค่าน้อย การเลี้ยวเบนเกิดน้อย (รูป ก) ถ้า $\frac{\lambda}{d}$ มีค่ามาก การเลี้ยวเบนเกิดมาก (รูป ข และ ค)



ก. $d \rangle \lambda$ หรือ $\frac{\lambda}{d} \langle 1$ ข. $d \approx \lambda$ หรือ $\frac{\lambda}{d} \approx 1$ ค. $d \langle \lambda$ หรือ $\frac{\lambda}{d} \rangle 1$

รูป การเลี้ยวเบนเมื่อผ่านช่องเปิดที่มีความกว้างต่างๆ

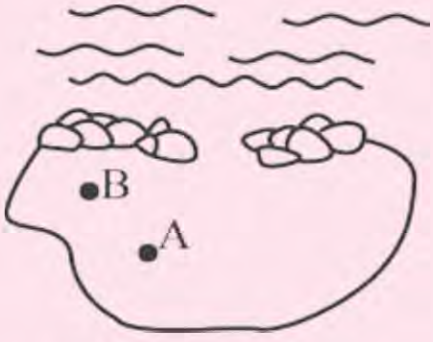
30. ถ้าคลื่นผิวน้ำมีความยาวคลื่นมากกว่าความกว้างของช่องเปิด 1 ช่อง การเลี้ยวเบนของคลื่นนี้จะแตกต่างกับคลื่นผิวน้ำที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าความกว้างของช่องเปิด 1 ช่อง อย่างไร

แนวคำตอบ ถ้าความยาวคลื่นของคลื่นผิวน้ำมากกว่าความกว้างของช่องเปิด 1 ช่อง ภาพการเลี้ยวเบนจะไม่มีแนวบัพ ช่องเปิดเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่ให้หน้าคลื่นรูปครึ่งวงกลม ดังรูป ค ในข้อ 29 แต่ถ้าความยาวคลื่นน้อยกว่าความกว้างของช่องเปิด 1 ช่อง ภาพการเลี้ยวเบนมีแนวบัพ ดังรูป ก ในข้อ 29

31. ท่าเรือแห่งหนึ่งมีแนวกำแพงหินซึ่งมีช่องเปิดตรงกลาง ดังรูป ในวันที่ทะเลมีคลื่นแรง เจ้าของเรือจะนำเรือไปจอดหลังแนวกำแพงหิน

ก. เหตุใดเจ้าของเรือจึงไม่จอดเรือในทะเล

ข. เจ้าของเรือที่นำเรือไปจอดหลังแนวกำแพงหินสังเกตว่า ถ้านำเรือไปจอดที่ตำแหน่ง A เรือจะไม่โคลงมากเท่าที่ตำแหน่ง B จงอธิบายเหตุการณ์นี้



รูป สำหรับคำถามข้อ 31

แนวคำตอบ

ก. เมื่อคลื่นในทะเลเคลื่อนที่มากระทบแนวกำแพงหิน คลื่นบางส่วนจะสะท้อนกลับ และเกิดการซ้อนทับกับคลื่นที่กำลังเคลื่อนที่เข้ากระทบแนวกำแพงหิน ทำให้บางบริเวณมี แอมพลิจูดรวมสูงกว่าเดิม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อเรือได้

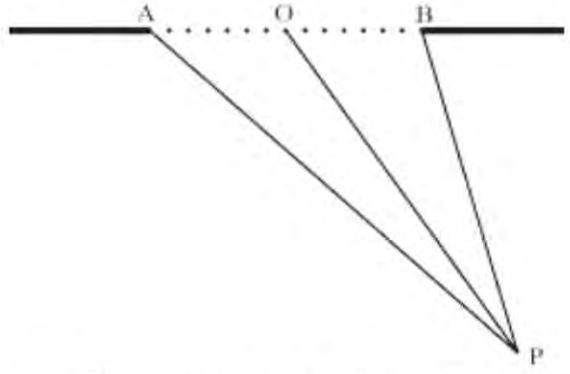
ข. เมื่อคลื่นในทะเลเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดจะเกิดการเลี้ยวเบน ซึ่งการเลี้ยวเบนที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของคลื่นในทะเลและความกว้างของช่องเปิด จากรูปจะเห็นว่า ช่องเปิดมีความกว้างมากกว่าความยาวคลื่น ดังนั้นจะเกิดการเลี้ยวเบนของคลื่นบริเวณขอบกำแพงกั้น คล้ายกับการเลี้ยวเบนในรูป ก ของข้อที่ 29 โดยบริเวณที่เกิดการเลี้ยวเบนจะมีแนวบัพและปฏิบัพเกิดขึ้น ถ้าเรือจอดในแนวปฏิบัพซึ่งมีการแทรกสอดแบบเสริม ผิวน้ำจะกระเพื่อมขึ้นลงมาก เรือจะโคลงมาก ถ้าเรือจอดในแนวบัพซึ่งมีการแทรกสอดแบบหักล้าง ผิวน้ำจะกระเพื่อมขึ้นลงน้อยกว่า เรือจึงโคลงน้อย ดังนั้นเรือที่ตำแหน่ง A ไม่โคลงมาก อาจเนื่องจากอยู่ในแนวบัพ ส่วนเรือที่ตำแหน่ง B โคลงมากกว่า อาจเนื่องจากอยู่ในแนวปฏิบัพ

32. ปรากฏการณ์เลี้ยวเบนของคลื่น สามารถอธิบายได้ด้วยหลักการใด

แนวคำตอบ หลักการของฮอยเกนส์ซึ่งใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับคลื่นในเรื่องการเลี้ยวเบน

33. การเลี้ยวเบนของคลื่นเมื่อผ่านช่องเปิดที่แคบกว่าความยาวคลื่น จะมีแนวบัพเกิดขึ้นหรือไม่เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ จะไม่มีแนวบัพเกิดขึ้น ซึ่งอธิบายได้ดังนี้



รูป การเลี้ยวเบนจากช่องเปิดที่แคบกว่าความยาวคลื่น

ให้ AB เป็นช่องเปิดที่กว้างน้อยกว่า λ ตามหลักของฮอยเกนส์ทุก ๆ จุดบน AB ถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นวงกลม

ให้ P เป็นจุดใดๆ และ O เป็นจุดแบ่งครึ่ง AB

เนื่องจาก O เป็นจุดแบ่งครึ่ง AB เพราะฉะนั้น AO และ OB สั้นกว่า $\frac{1}{2}\lambda$

$$AP - OP < \frac{1}{2}\lambda$$

และ

$$OP - BP < \frac{1}{2}\lambda$$

นั่นคือ จุดต่างๆ จาก A ถึง O และจาก O ถึง B แต่ละคู่ถัดกัน เมื่อวัดระยะจากจุดคู่นั้นๆ ถึง P จะต่างกันน้อยกว่า $\frac{1}{2}\lambda$ โอกาสที่คลื่นจะเคลื่อนที่ซ้อนทับกันเป็นบัพจึงเป็นไปไม่ได้

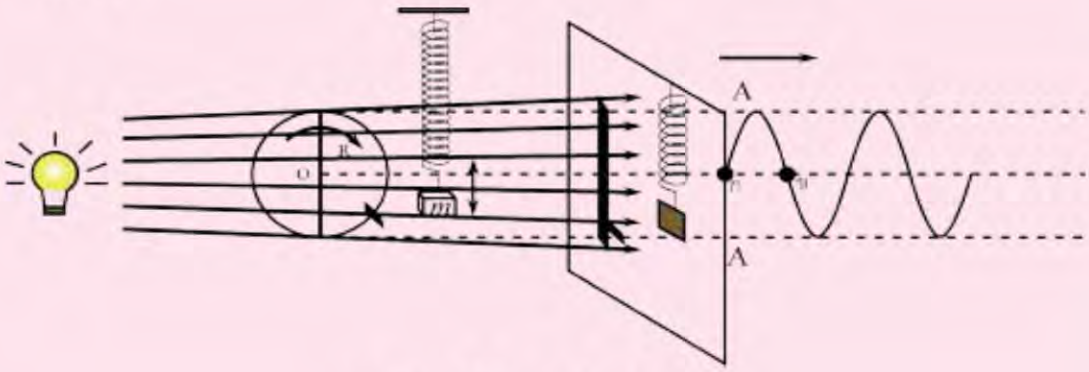
34. การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนจำเป็นต้องเกิดขึ้นพร้อมกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นพร้อมกัน การแทรกสอดเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องมีการเลี้ยวเบน แต่การเลี้ยวเบนจะมีการแทรกสอดเกิดขึ้นเมื่อช่องเปิดกว้างกว่าความยาวคลื่น

ปัญหา

9.1 การถ่ายโอนพลังงานของคลื่นกล

1. เมื่อหมุนแผ่นจานรัศมี R ที่ติดหมุดกลม ในขณะเดียวกันดึงวัตถุมวล m ที่ติดปลายสปริงแล้วปล่อย ปรับความถี่ของแผ่นจาน จนกระทั่งเงาของหมุดกลมกับมวล m เคลื่อนที่ไปด้วยกันบนฉาก ให้ความถี่ของการหมุนของแผ่นจานเป็น f ค่าคงตัวของสปริงมีค่าเท่าใด และเมื่อเอาฉากออก นำเชือกไปผูกวัตถุมวล m ปล่อยให้มีการเคลื่อนที่แบบเดิม คลื่นในเส้นเชือกที่เกิดขึ้นตำแหน่ง ก กับ ข ใช้เวลาห่างกันเท่าใด

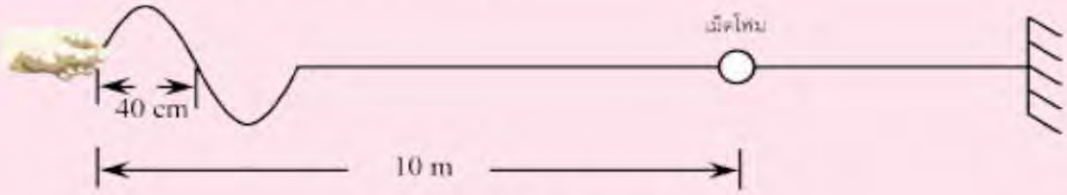


รูป สำหรับปัญหาข้อ 1

วิธีทำ เนื่องจากความถี่ธรรมชาติของมวลติดปลายสปริงมีค่า $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ เมื่อความถี่ของหมุดเท่ากับความถี่ธรรมชาติของมวลติดปลายสปริง จากสมการข้างต้นจะได้ $k = 4\pi^2 mf^2$ และเนื่องจากคาบการสั่นของมวลติดปลายสปริงมีค่า $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ดังนั้น เมื่อตำแหน่ง ก กับ ข เกิดที่เวลาห่างกันเท่ากับ $\frac{1}{2}$ คาบ แล้วจะได้ว่าตำแหน่ง ก กับ ข ใช้เวลาห่างกัน $t = \pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

ตอบ ค่าคงตัวของสปริงเท่ากับ $4\pi^2 mf^2$ คลื่นในเส้นเชือกที่เกิดขึ้นตำแหน่ง ก กับ ข ใช้เวลาห่างกันเท่ากับ $\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

2. เมื่อสะบัดปลายเชือกให้ขึ้นลงในอัตรา 2 รอบต่อวินาที ดังรูป เม็ดโฟมอยู่ห่างจากมือ 10 เมตร จะเคลื่อนที่อย่างไร หลังจากที่เริ่มสะบัดปลายเชือก 20 วินาที และเคลื่อนที่ไปได้กี่รอบและขณะนั้นมีเฟสเท่าใด



รูป สำหรับปัญหาข้อ 2

วิธีทำ

จากโจทย์ ความถี่ของคลื่นในเส้นเชือก $f = 2\ \text{Hz}$

จากรูป ความยาวคลื่น $\lambda = 0.8\ \text{m}$

ดังนั้น อัตราเร็วคลื่น $v = f\lambda$

$= (2\ \text{Hz})(0.8\ \text{m})$

$= 1.6\ \text{m/s}$

เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่จากมือถึงเม็ดโฟม $t_1 = \dfrac{s}{v}$

$= \dfrac{10\ \text{m}}{1.6\ \text{m/s}}$

$= \dfrac{25}{4}\ \text{s}$

เวลาทั้งหมดที่เม็ดโฟมสั่นขึ้นลง $t_2 = 20\ \text{s} - \dfrac{25}{4}\ \text{s}$

$= \dfrac{55}{4}\ \text{s}$

คาบการเคลื่อนที่ของเม็ดโฟม $T = \dfrac{1}{f}$

$= \dfrac{1}{2\ \text{Hz}}$

$= \dfrac{1}{2}\ \text{s}$

จำนวนรอบที่เม็ดโฟมเคลื่อนที่ $= \dfrac{t_2}{T}$

$= (\dfrac{55}{4}\ \text{s})(2\ \text{s}^{-1})$

$= 27.5$ รอบ

เฟสของเม็ดโฟม = $2\pi \times$ เศษของรอบ

= $(2\pi)(0.5$ รอบ$)$

= π rad

ตอบ เม็ดโฟมเคลื่อนที่ขึ้นลงและเคลื่อนที่ไปแล้ว 27.5 รอบ ขณะนั้นมีเฟส π เรเดียน

9.2 คลื่นผิวน้ำ

3. คลื่นในทะเลซัดเข้าหาฝั่งด้วยอัตราเร็ว 3 เมตรต่อวินาที ถ้าระยะระหว่างสันคลื่นที่ถัดกันเท่ากับ 6 เมตร ในเวลา 1 ชั่วโมง จะมีคลื่นกระทบฝั่งกี่ลูก

วิธีทำ

ระยะระหว่างสันคลื่นที่ถัดกันเท่ากับ 6 เมตร แสดงว่าความยาวคลื่นเท่ากับ 6 เมตร

จากสมการความสัมพันธ์ $v = f\lambda$

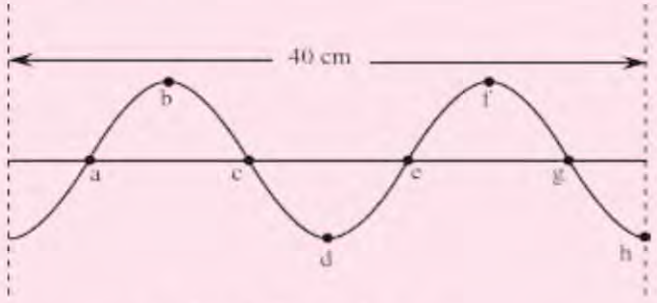
แทนค่า จะได้ $3\text{m/s} = f(6\text{ m})$

$f = 0.5\text{ s}^{-1}$

ความถี่ 0.5 s^{-1} หมายความว่า ในเวลา 1 s มีคลื่นผ่านตำแหน่งหนึ่ง 0.5 ลูก ดังนั้น ในเวลา 60×60 s จะมีคลื่นผ่านตำแหน่งหนึ่ง $0.5 \times 60 \times 60$ ลูก = 1 800 ลูก

ตอบ ใน 1 ชั่วโมง จะมีคลื่นกระทบฝั่ง 1 800 ลูก

4. คลื่นผิวน้ำกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว 30 เซนติเมตรต่อวินาที ตัวอักษร a ถึง h แทนจุดบนคลื่น ดังรูป



รูป สำหรับปัญหาข้อ 4

ก. จุดคู่ใดที่มีเฟสตรงกัน
ข. จุดคู่ใดที่มีเฟสตรงข้ามกัน
ค. จุดคู่ใดที่มีความต่างเฟส 90 180 270 และ 360 องศา
ง. เมื่อเวลาผ่านไปเล็กน้อย จุดต่างๆ มีการเคลื่อนที่ในทิศใด
จ. ความยาวคลื่นและความถี่ของคลื่นเป็นเท่าใด

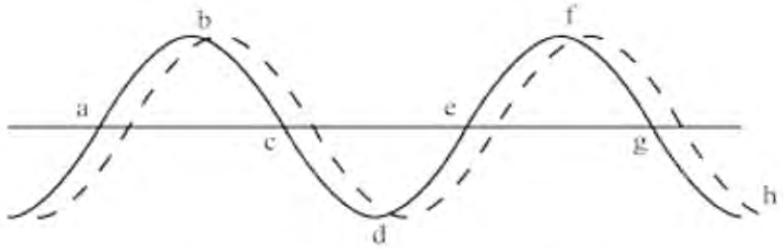
วิธีทำ

ก. จุดคู่ที่มีเฟสตรงกัน คือ จุดคู่ที่มีความต่างเฟส 360 องศา และเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ a-e b-f c-g และ d-h

ข. จุดคู่ที่มีเฟสตรงข้ามกัน คือ จุดคู่ที่มีความต่างเฟส 180 องศา และเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกัน ได้แก่ a-c b-d c-e d-f e-g และ f-h

ค. จุดคู่ที่มีความต่างเฟส 90 องศา คือ a-b b-c c-d d-e e-f f-g และ g-h
จุดคู่ที่มีความต่างเฟส 180 องศา คือ a-c b-d c-e d-f e-g และ f-h
จุดคู่ที่มีความต่างเฟส 270 องศา คือ a-d b-e c-f d-g และ e-h
จุดคู่ที่มีความต่างเฟส 360 องศา คือ a-e b-f c-g และ d-h

ง. เมื่อเวลาผ่านไปเล็กน้อย คลื่นได้เคลื่อนที่ไปทางขวา ดังเส้นประในรูป เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคลื่นทั้งสองเวลา จะพบว่า จุด a b e และ f เคลื่อนที่ในทิศทางลง ส่วนจุด c d g และ h เคลื่อนที่ในทิศทางขึ้น



รูป คลื่นที่เคลื่อนที่ไปทางขวาเมื่อเวลาผ่านไปเล็กน้อย

จ. จากรูป มีคลื่นทั้งหมด 2 ลูก และระยะทาง 0.4 m ดังนั้นความยาวคลื่น $\lambda = 0.2$ m

หาความถี่ของคลื่นจากสมการ $v = f\lambda$

แทนค่า $0.3 \text{ m/s} = f(0.2 \text{ m})$

$f = 1.5 \text{ Hz}$

ตอบ ความยาวคลื่นเท่ากับ 0.2 เมตร และความถี่ของคลื่นเท่ากับ 1.5 เฮิรตซ์

5. คลื่นต่อเนื่องในเส้นเชือกกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา เมื่อเวลา $t = 0$ กราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคบนเส้นเชือกกับระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้เป็นดังรูป ก ถ้าเขียนกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคหนึ่งบนเส้นเชือกกับเวลา จะได้กราฟดังรูป ข อัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเป็นเท่าใด

ก. ข.

รูป สำหรับปัญหาข้อ 5

วิธีทำ

จากรูป ก พิจารณาระยะทางจาก 0 ถึง 40 cm จะเห็นว่าเท่ากับความยาวคลื่น

ดังนั้น $\lambda = 40 \text{ cm} = 0.40 \text{ m}$

จากรูป ข พิจารณาเวลาจาก 0 –5 s ปรากฏคลื่นจำนวน $1\frac{1}{4}$ ลูก หรือ $\frac{5}{4}$ ลูก

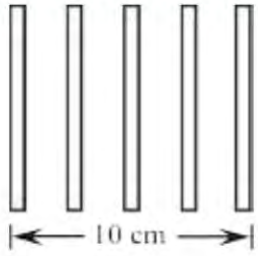
ดังนั้น ใน 1 s ปรากฏคลื่นจำนวน $\frac{1}{4}$ ลูก แสดงว่าคลื่นมีความถี่ 0.25 s^{-1} ดังนั้น $f = 0.25 \text{ Hz}$

หาอัตราเร็วจาก $v = f\lambda = (0.25 \text{ Hz})(0.40 \text{ m}) = 0.1 \text{ m/s}$

ตอบ อัตราเร็วของคลื่นเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที

6. การทดลองโดยใช้ถาดคลื่นที่มีน้ำลึกสม่ำเสมอ วัดความกว้างของแถบสว่าง 5 แถบที่อยู่ถัดกันของคลื่นต่อเนื่องได้ระยะทาง 10 เซนติเมตร ถ้าคลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็ว 30 เซนติเมตรต่อวินาที จงหาความยาวคลื่นและความถี่ของคลื่น

วิธีทำ



รูป การหาความยาวคลื่น

แถบสว่างที่อยู่ถัดกัน 5 แถบ แสดงว่าระยะทางที่วัดได้ = 4λ ดังรูป

นั่นคือ $4\lambda = 10$ cm

ดังนั้นความยาวคลื่น $\lambda = 2.5$ cm

หาความถี่ของคลื่นจาก $v = f\lambda$

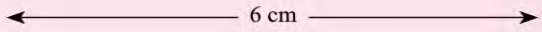
แทนค่า $30 \text{ cm/s} = f(2.5 \text{ cm})$

$f = 12$ Hz

ตอบ ความยาวคลื่นเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร
ความถี่ของคลื่นเท่ากับ 12 เฮิรตซ์

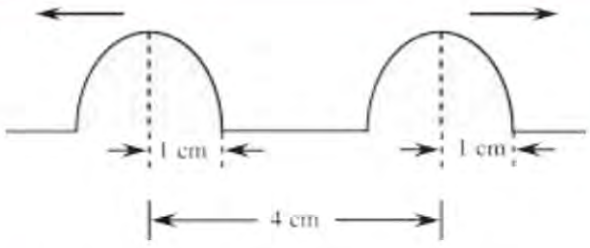
9.3 การซ้อนทับของคลื่น

7. คลื่นดลสองคลื่นในเส้นเชือก แต่ละลูกเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยอัตราเร็ว 2 เซนติเมตรต่อวินาที ณ เวลาขณะหนึ่ง คลื่นดลทั้งสองอยู่ห่างกัน 6 เซนติเมตร ดังรูป เมื่อเวลาผ่านไป 2.5 วินาที คลื่นทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าใด



รูป สำหรับปัญหาข้อ 7

วิธีทำ เมื่อเวลาผ่านไป 2.5 s คลื่นดลแต่ละลูกต่างเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่ากับ 2 cm/s x 2.5 s = 5 cm ดังนั้นคลื่นดลทั้งสองอยู่ห่างกัน 4 cm ดังรูป



รูป คลื่นเมื่อเวลาผ่านไป 2.5 วินาที

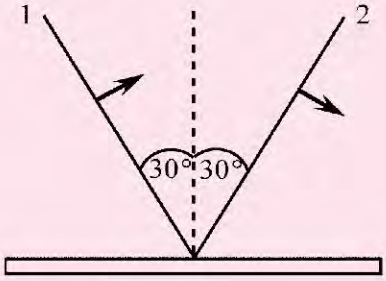
ตอบ คลื่นดลทั้งสองอยู่ห่างกัน 4 เซนติเมตร

9.4 สมบัติของคลื่น

8. เส้น 1 และเส้น 2 แสดงหน้าคลื่นของคลื่นสองคลื่น และลูกศรแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นทั้งสองนั้น

ก. หมายเลขใด เป็นหน้าคลื่นของคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อน

ข. มุมตกกระทบมีค่าเท่าใด



รูป สำหรับปัญหาข้อ 8

วิธีทำ

ก. รูปที่โจทย์กำหนดให้เป็นการสะท้อนของคลื่น แสดงด้วยหน้าคลื่น โดยหมายเลข 1 เป็นหน้าคลื่นของคลื่นสะท้อน และหมายเลข 2 เป็นหน้าคลื่นของคลื่นตกกระทบ

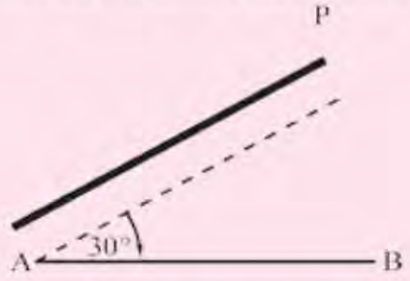
ข. จากรูป หน้าคลื่นของคลื่นตกกระทบทำมุม 30° กับเส้นแนวฉาก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบทำมุม 30° กับผิวที่ตกกระทบ นั่นคือมุมระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบกับเส้นแนวฉากหรือมุมตกกระทบเท่ากับ 60° เมื่อเขียนรูปแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นจะได้ดังนี้

รูป การสะท้อนของคลื่นดลแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อน

ตอบ ก. หมายเลข 2 เป็นหน้าคลื่นของคลื่นตกกระทบ
หมายเลข 1 เป็นหน้าคลื่นของคลื่นสะท้อน

ข. มุมตกกระทบเท่ากับ 60 องศา

9. เส้นตรง AB แทนคานกำเนิดคลื่นเส้นตรงของถาดคลื่น P เป็นแผ่นกั้นหน้าตรง ดังรูป



รูป สำหรับปัญหาข้อ 9

ถ้าคาน AB ทำให้เกิดคลื่นดลเส้นตรงเคลื่อนที่เข้าหาแผ่นกั้นหน้าตรง P

ก. มุมระหว่างแผ่นกั้นหน้าตรงและหน้าคลื่นตกกระทบมีค่าเท่าใด

ข. เขียนภาพการสะท้อน โดยใช้ลูกศรแสดงทิศการเคลื่อนที่ก่อนและหลังการสะท้อนของคลื่น

ค. มุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีค่าเท่าใด

วิธีทำ

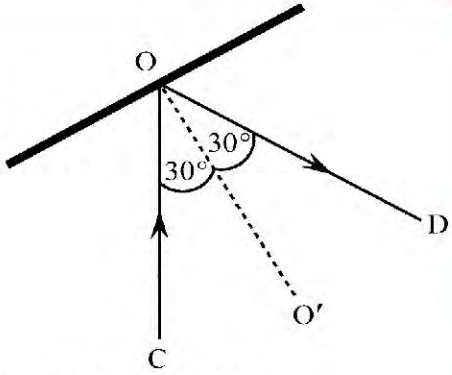
ก. เนื่องจากหน้าคลื่นตกกระทบที่เกิดขึ้นเป็นเส้นตรงและขนานกับคานกำเนิดคลื่น AB ดังนั้นมุมระหว่างแผ่นกั้นหน้าตรงและหน้าคลื่นตกกระทบ หาได้จากการวัดมุมระหว่างคานกำเนิดคลื่น AB กับแผ่นกั้นหน้าตรง P ได้ 30°

ข. เมื่อคลื่นดลเส้นตรงเคลื่อนที่เข้าหาแผ่นกั้นหน้าตรง P จะเกิดการสะท้อน เขียนรูปโดยใช้ลูกศรแสดงการเคลื่อนที่ของคลื่น จะได้ดังนี้

CO ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบ

OO′ เส้นแนวฉาก

OD ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นสะท้อน



รูป การสะท้อนแสดงทิศการเคลื่อนที่ก่อนและหลังการสะท้อน

ค. จากรูปในข้อ ข มุมตกกระทบและมุมสะท้อนเท่ากับ 30°

ตอบ ก. มุมระหว่างแผ่นกั้นหน้าตรงและหน้าคลื่นตกกระทบเท่ากับ 30 องศา

ค. มุมตกกระทบและมุมสะท้อนเท่ากับ 30 องศา

10. คลื่นต่อเนื่องหน้าตรงแผ่จากบริเวณน้ำลึก A เข้าสู่บริเวณน้ำตื้น B และบริเวณน้ำลึก C ที่ลึกเท่ากับ A ดังรูป ถ้ารอยต่อระหว่าง A และ B และรอยต่อระหว่าง B และ C ขนานกัน จงเขียนรูปเพื่อแสดงว่าคลื่นใน A และ C มีหน้าคลื่นขนานกัน

รูป สำหรับปัญหาข้อ 10

วิธีทำ กำหนดให้

v_A และ v_B v_C เป็นอัตราเร็วคลื่นใน A B และ C ตามลำดับ

θ_A เป็นมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับรอยต่อ AB

θ_B เป็นมุมที่หน้าคลื่นหักเหทำกับรอยต่อ AB (หรือมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับรอยต่อ BC)

θ_C เป็นมุมที่หน้าคลื่นหักเหทำกับรอยต่อ BC

ดังนั้น $$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B} \quad (1)$$

และ $$\frac{v_B}{v_C} = \frac{\sin\theta_B}{\sin\theta_C} \quad (2)$$

(1) × (2) $$\left(\frac{v_A}{v_B}\right)\left(\frac{v_B}{v_C}\right) = \left(\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B}\right)\left(\frac{\sin\theta_B}{\sin\theta_C}\right)$$

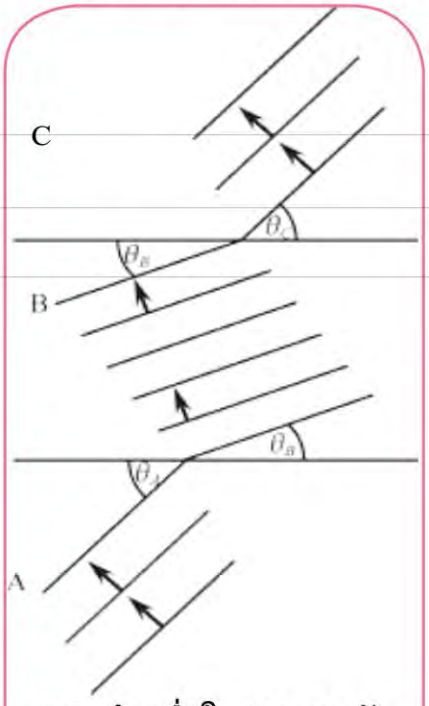
$$\frac{v_A}{v_C} = \frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_C}$$

เนื่องจาก A และ C ลึกเท่ากัน ทำให้ $v_A = v_C$

นั่นคือ $\sin\theta_A = \sin\theta_C$

หรือ $\theta_A = \theta_C$

เมื่อเขียนภาพการหักเหในตัวกลาง A B และ C จะได้ดังรูป



รูป หน้าคลื่นใน C ขนานกับหน้าคลื่นใน A

ตอบ หน้าคลื่นใน C ขนานกับหน้าคลื่นใน A

11. คลื่นผิวน้ำในถาดคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่บริเวณน้ำลึก โดยมีมุมตกกระทบเท่ากับ 56 องศา และมุมหักเหเท่ากับ 70 องศา

ก. ถ้าความยาวคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ 0.6 เซนติเมตร จงหาความยาวคลื่นในน้ำลึกในหน่วยเซนติเมตร

ข. ถ้าคานกำเนิดคลื่นสั่น 50 รอบต่อวินาที ความถี่ของคลื่นในบริเวณน้ำลึกมีค่าเท่าใด

ค. อัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำลึกมีค่าเท่าใด

วิธีทำ

ก. ให้ 1 แทนบริเวณน้ำตื้น และ 2 แทนบริเวณน้ำลึก เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จาก 1 ไป 2

จะได้

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\lambda_2 = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}\lambda_1$$

$$= \left(\frac{\sin 70^\circ}{\sin 56^\circ}\right)(0.6\text{ cm})$$

$$= 0.68\text{ cm}$$

ดังนั้นความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึก $= 0.68$ cm

ข. คานกำเนิดคลื่นสั่น 50 รอบต่อวินาที คลื่นผิวน้ำที่เกิดขึ้นจะมีความถี่ 50 รอบต่อวินาทีด้วย ทั้งในบริเวณน้ำตื้นและน้ำลึก ดังนั้นความถี่ของคลื่นในบริเวณน้ำลึกเท่ากับ 50 รอบต่อวินาที

ค. อัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำลึกมีค่า $v_2 = f_2\lambda_2$

$$= (50\text{ Hz})(0.68\text{ cm})$$

$$= 34\text{ cm/s}$$

ตอบ ก. ความยาวคลื่นในน้ำลึกเท่ากับ 0.68 เซนติเมตร

ข. ความถี่ของคลื่นในบริเวณน้ำลึกเท่ากับ 50 เฮิรตซ์

ค. อัตราเร็วคลื่นในบริเวณน้ำลึกเท่ากับ 34 เซนติเมตรต่อวินาที

12. ในการศึกษาคลื่นผิวน้ำในถาดคลื่น โดยให้คลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปบริเวณน้ำตื้น พบว่าระยะระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันในน้ำลึกและในน้ำตื้นเท่ากับ 2.5 และ 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าหน้าคลื่นในบริเวณน้ำตื้นทำมุม 35 องศา กับรอยต่อของน้ำลึกและน้ำตื้น มุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำลึกกับรอยต่อของน้ำลึกและน้ำตื้นเป็นเท่าใด

วิธีทำ เนื่องจากมุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำตื้นกับรอยต่อเท่ากับมุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหทำกับเส้นแนวฉาก ดังนั้นมุมหักเหหรือ $\theta_2 = 35°$

จากสมการ $$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

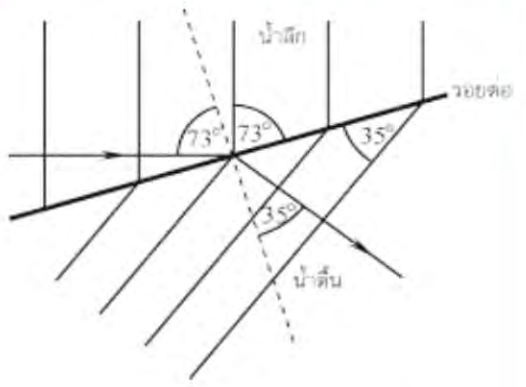
แทนค่าจะได้ $$\sin\theta_1 = \left(\frac{2.5\text{ cm}}{1.5\text{ cm}}\right)(\sin 35°)$$

$$= \left(\frac{2.5\text{ cm}}{1.5\text{ cm}}\right)(0.5736)$$

$$= 0.9560$$

$$\theta_1 \approx 73°$$

ดังนั้น มุมตกกระทบเท่ากับ 73 องศา ซึ่งเท่ากับมุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำลึกกับรอยต่อ เขียนรูปการหักเห ได้ดังนี้



รูป การหักเหของคลื่นผิวน้ำ

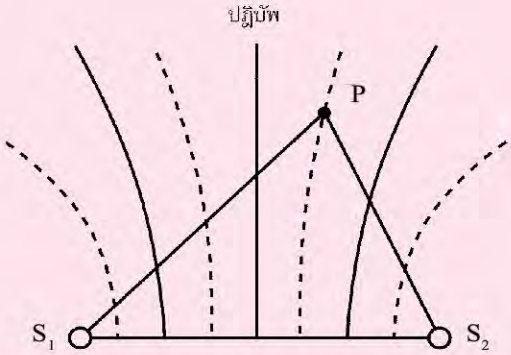
ตอบ มุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำลึกกับรอยต่อของน้ำลึกและน้ำตื้นเท่ากับ 73 องศา

13. ถ้ามุมตกกระทบ θ_1 ในรูป 9.44 เปลี่ยนไป มุมหักเห θ_2 จะเปลี่ยน ไปด้วย จงพิสูจน์ว่า $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ มีค่าคงตัว

วิธีทำ พิสูจน์ จากสมการ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

เมื่อมุมตกกระทบ θ_1 เปลี่ยน และ มุมหักเห θ_2 จะเปลี่ยนไปด้วยก็ตาม แต่อัตราส่วนของความยาวคลื่นในน้ำลึก λ_1 และความยาวคลื่นในน้ำตื้น λ_2 มีค่าคงตัวเสมอ เนื่องจากอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกและในน้ำตื้นมีค่าคงตัว ทั้งนี้เพราะความถี่ของคลื่นมีค่าเท่าเดิม ดังนั้น $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ มีค่าคงตัว จะได้ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ มีค่าคงตัวด้วย

14. จากรูป แสดงภาพการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ S_1 และ S_2 มี P เป็นจุดบนเส้นบัพ ถ้า S_1P เท่ากับ 10 เซนติเมตร S_2P เท่ากับ 7 เซนติเมตร อัตราเร็วของคลื่นทั้งสองเท่ากับ 30 เซนติเมตรต่อวินาที แหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองมีความถี่เท่าใด



รูปสำหรับปัญหาข้อ 14

วิธีทำ เนื่องจากจุด P อยู่บนเส้นบัพที่ 1

ดังนั้น ความต่างระยะทาง $S_1P - S_2P = (n + \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ $n = 0$ (เส้นบัพที่ 1)

แทนค่า $10\text{ cm} - 7\text{ cm} = (0 + \frac{1}{2})\left(\frac{v}{f}\right)$

$$3\text{ cm} = \frac{1}{2}(30\text{ cm/s})\left(\frac{1}{f}\right)$$

$$f = 5\text{ Hz}$$

(หรืออาจคิดจาก $S_1P - S_2P = (n - \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ $n = 1$ จะได้ $f = 5$ Hz เช่นกัน)

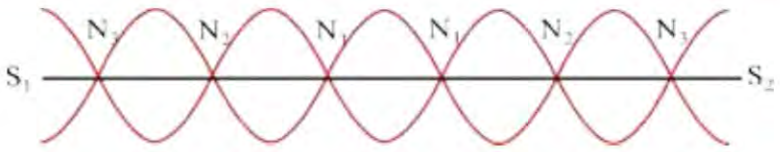
ตอบ แหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองมีความถี่เท่ากับ 5 เฮิรตซ์

15. แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์เฟสตรงกันสองแหล่งห่างกัน 6 เซนติเมตร ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำที่มีความถี่เท่ากันและมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร จงหาว่าบนเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสอง คลื่นรวมที่เกิดจากการแทรกสอด มีบัพกี่ตำแหน่ง

วิธีทำ ให้ S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ที่ห่างกัน 6 cm ดังนั้นบนแนวเส้นตรงระหว่าง S_1 กับ S_2 จะเกิดคลื่นนิ่งโดยมีเส้นปฏิบัพ A_0 อยู่ตรงจุดกึ่งกลางและมีระยะระหว่างบัพ

$$= \frac{1}{2} \times \text{ความยาวคลื่น}$$
$$= \frac{1}{2}\ (2\ \text{cm})$$
$$= 1\ \text{cm}$$

ดังนั้นจะเกิดบัพทั้งหมด 6 บัพ คือ N_1 , N_2 และ N_3 สองข้างของ A_0 รวมทั้งหมด 6 บัพ ดังรูป



รูป คลื่นนิ่งของคลื่นผิวน้ำบนเส้นตรงเชื่อมระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสอง

ตอบ คลื่นรวมที่เกิดการแทรกสอดมีบัพ 6 ตำแหน่ง

16. ในการทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก ถ้าความถี่ของคลื่นนิ่งเป็น 475 เฮิรตซ์ และอัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือกเท่ากับ 380 เมตรต่อวินาที ตำแหน่งบัพสองตำแหน่งที่อยู่ถัดกันจะห่างกันเท่าใด

วิธีทำ หาความยาวคลื่น λ ของคลื่นในเส้นเชือก จากสมการ

$$v = f\lambda$$
$$380\ \text{m/s} = (475\ \text{Hz})\lambda$$
$$\lambda = 0.8\ \text{m}$$

การเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือกจะปรากฏเป็นวง แต่ละวงมีบัพสองบัพ ห่างกัน $= \frac{1}{2}\lambda$

ดังนั้น บัพสองตำแหน่งที่อยู่ถัดกัน ห่างกัน $= \frac{1}{2}\ (0.8\ \text{m})$

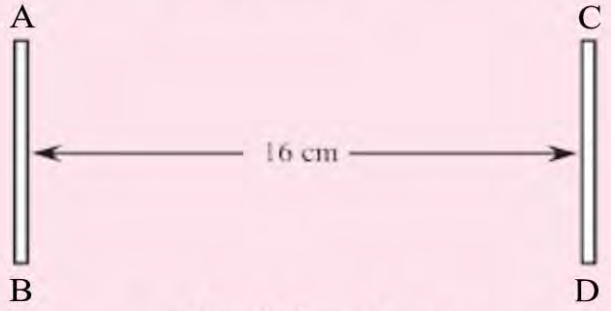
$$= 0.4\ \text{m}$$

ตอบ บัพสองตำแหน่งที่อยู่ถัดกันห่างกันเท่ากับ 0.4 เมตร

17. AB และ CD เป็นคานกำเนิดคลื่นหน้าตรงของถาดคลื่นที่ขนานกันและอยู่ห่างกัน 16 เซนติเมตร คานทั้งสองให้คลื่นผิวน้ำที่มีเฟสตรงกันและมีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร ถ้าเกิดคลื่นนิ่งระหว่าง AB และ CD

ก. จงหาจำนวนบัพที่เกิดระหว่าง AB และ CD และบัพที่อยู่ถัดกัน ห่างกันเท่าใด

ข. ถ้าฉายแสงสว่างเหนือถาดคลื่นจะมีแถบสว่างทั้งหมดกี่แถบที่เกิดขึ้นระหว่าง AB และ CD บนฉากใต้ถาดคลื่น



รูป สำหรับปัญหาข้อ 17

วิธีทำ

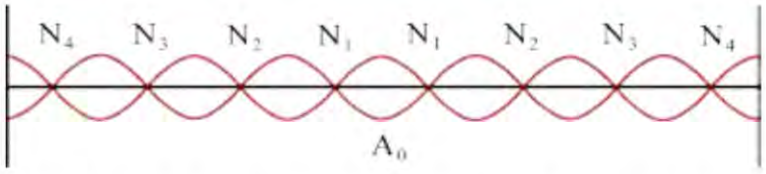
ก. เนื่องจากคาน AB และ CD วางขนานและห่างกัน 16 cm ให้กำเนิดคลื่นอาพันธ์ที่มีความยาวคลื่น 4 cm ดังนั้นระหว่าง AB และ CD จะเกิดคลื่นนิ่ง (ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้น) โดยมีปฏิบัพ A_0 อยู่ตรงกึ่งกลาง ทั้งสองข้างของ A_0 จะมีบัพและปฏิบัพสลับกันไป โดยมี

$$\text{ระยะระหว่างบัพ (หรือปฏิบัพ)} = \frac{1}{2} \times \text{ความยาวคลื่น}$$

$$= \frac{1}{2}(4\text{ cm})$$

$$= 2\text{ cm}$$

ดังนั้นจะเกิดบัพด้านละสี่บัพคือ N_1 N_2 N_3 และ N_4 รวมทั้งหมด 8 บัพ ดังรูป



รูป ด้านข้างของคลื่นนิ่งระหว่างคาน AB และ CD

ข. เมื่อให้แสงสว่างบนถาดคลื่น ปฏิบัพ A_0 ที่ปรากฏบนฉากใต้ถาดคลื่นจะเป็นแถบสว่างอยู่ตรงกลาง และเกิดแถบสว่างด้านละสามแถบ คือ A_1 ,A_2 และ A_3 รวมเป็นแถบสว่างที่เกิดขึ้นทั้งหมด 7 แถบ

ตอบ ก. มีบัพเกิดขึ้นทั้งหมด 8 บัพ และบัพที่อยู่ถัดกันห่างกันเท่ากับ 2 เซนติเมตร

ข. มีแถบสว่างเกิดขึ้นระหว่าง AB และ CD ทั้งหมด 7 แถบ

10 คลื่นเสียง

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

10.1 ธรรมชาติและสมบัติของเสียง	3	ชั่วโมง
10.2 อัตราเร็วของเสียง	1	ชั่วโมง
10.3 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง	1	ชั่วโมง
10.4 ความเข้มเสียงและการได้ยิน	4	ชั่วโมง
10.4.1 ความเข้มเสียง		
10.4.2 ระดับเสียง		
10.4.3 มลภาวะของเสียง		
10.4.4 หูกับการได้ยิน		
10.4.5 เวลาก้องเสียง		
10.5 เสียงดนตรี	4	ชั่วโมง
10.5.1 ระดับสูงต่ำของเสียง		
10.5.2 คุณภาพเสียง		
10.5.3 ความถี่ธรรมชาติ		
10.5.4 การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในอากาศ		
10.6 การบีตและคลื่นนิ่งของเสียง	3	ชั่วโมง
10.7 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก		
10.8 การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียง		
รวม	20	ชั่วโมง

บทที่ 2

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายและยกตัวอย่างเพื่อแสดงว่าเสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ และจะถ่ายโอนพลังงานการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านตัวกลางไป
2. อธิบายได้ว่าเสียงมีสมบัติเป็นคลื่น จากการที่เสียงสามารถแสดงสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้
3. อธิบายและยกตัวอย่างเพื่อแสดงว่า เสียงมีสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน
4. บอกได้ว่าเมื่ออุณหภูมิของตัวกลางคงตัว อัตราเร็วเสียงในตัวกลางนั้นจะคงตัวด้วยและอัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่าง ๆ ที่อุณหภูมิต่างกันจะมีค่าต่างกันด้วย
5. อธิบายและบอกได้ว่า คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว จากการพิจารณาการเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวกลางขณะมีพลังงานของคลื่นเสียง
6. อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของการกระจัดของอนุภาคอากาศและความดันของอากาศขณะที่มีคลื่นเสียงผ่าน
7. อธิบายความหมายของความเข้มเสียงและระดับเสียงได้
8. บอกความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงและระดับเสียงและคำนวณหาปริมาณต่างๆ เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องมาให้
9. อธิบายองค์ประกอบต่าง ๆ ของการได้ยิน ได้แก่ หูกับการได้ยิน ระดับสูงต่ำของเสียง เสียงดนตรี คุณภาพเสียง มลภาวะของเสียง
10. ทำกิจกรรมอธิบายความหมายและยกตัวอย่างความถี่ธรรมชาติ
11. ทำกิจกรรมและอธิบายปรากฏการณ์การสั่นพ้องของเสียงและบอกปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้
12. ทดลองวัดความยาวคลื่นเสียงในอากาศโดยอาศัยปรากฏการณ์การสั่นพ้อง
13. ทำกิจกรรมและอธิบายปรากฏการณ์การบีตและการเกิดคลื่นนิ่งของเสียง พร้อมทั้งบอกเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องได้
14. อธิบายลักษณะและเงื่อนไขของการเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก พร้อมทั้งยกตัวอย่างอันตรายที่เกิดจากคลื่นกระแทก
15. บอกสมบัติของเสียงที่นำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์

สรุปสาระสำคัญ

ธรรมชาติและสมบัติของเสียง เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง และถ่ายโอนพลังงานผ่านโมเลกุลของตัวกลางอย่างต่อเนื่อง โดยโมเลกุลของตัวกลางสั่นอยู่กับที่ ไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมคลื่นเสียง เสียงสามารถแสดงสมบัติ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนได้ คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว

อัตราเร็วของเสียงในตัวกลางหนึ่งๆ ที่มีค่าคงตัวที่อุณหภูมิหนึ่งๆ สำหรับอัตราเร็วเสียงในอากาศหาได้จาก $v_t = 331 + 0.6t$

เมื่อ v_t เป็นอัตราเร็วเสียงในอากาศ หน่วย เมตรต่อวินาที

t เป็นอุณหภูมิของอากาศ หน่วย องศาเซลเซียส

เสียงสะท้อน เกิดเมื่อเสียงไปกระทบตัวกั้นแล้วสะท้อนกลับสู่ตัวกลางเดิมตามกฎการสะท้อน โดยหูจะแยกเสียงสะท้อนออกจากเสียงแรกได้เมื่อเสียงสะท้อนกลับมาถึงผู้พูดใช้เวลามากกว่า $\frac{1}{10}$ วินาที

กำลังเสียง เป็นปริมาณพลังงานเสียงที่ส่งออกจากแหล่งกำเนิดเสียงใน 1 หน่วยเวลา มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที หรือ วัตต์

ความเข้มเสียง เป็นปริมาณพลังงานเสียงที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยในเวลาหนึ่งวินาที โดยพื้นที่นั้นมีระนาบตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงเป็นจุด สามารถคำนวณความเข้มเสียงได้จาก $I = \frac{P}{4\pi R^2}$ หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร

ระดับเสียง เป็นค่าที่บอกความดังของเสียง โดยเสียงที่เบาที่สุดที่ได้ยินมีความเข้มเสียง 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร จะมีระดับเสียงเป็น 0 เดซิเบล สามารถคำนวณระดับเสียงนั้นๆ ได้จาก $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ หน่วย เดซิเบล

มลภาวะของเสียง เป็นสภาวะของเสียงที่มีระดับเสียงสูงหรือเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ฟัง

ระดับสูงต่ำของเสียง เป็นความถี่ของเสียงต่างๆ หูคนได้ยินเสียงความถี่ตั้งแต่ 20 – 20 000 เฮิรตซ์ เสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงสูงเรียกว่า เสียงสูงหรือเสียงแหลม เสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงต่ำ เรียกว่าเสียงต่ำ หรือเสียงทุ้ม

คลื่นใต้เสียง คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์

คลื่นเหนือเสียง คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 000 เฮิรตซ์

คู่แปด ระดับสูงต่ำของเสียงแบ่งออกตามความถี่ของเสียง เสียงที่เป็นคู่แปดจะมีความถี่เป็นสองเท่าของเสียงเดิม เช่น C′ เป็นคู่แปดของ C โดยความถี่ของ C′ เป็น 2 เท่าของ C

คุณภาพเสียง เสียงที่ระดับสูงต่ำของเสียงมีค่าเดียวกัน แต่ลักษณะของคลื่นเสียงแตกต่างกันทำให้คุณภาพเสียงต่างกัน ทั้งนี้เพราะฮาร์มอนิกและความเข้มเสียงแต่ละฮาร์มอนิกแตกต่างกัน

ความถี่ธรรมชาติ เป็นความถี่ในการสั่นหรือแกว่งของวัตถุ เมื่อให้วัตถุสั่นหรือแกว่งอย่างอิสระ ซึ่งมีค่าคงตัว

การสั่นพ้อง เป็นปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่ง โดยมีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น ทำให้วัตถุนั้นสั่นด้วยแอมพลิจูดกว้างที่สุด

สำหรับเสียงถ้าความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงเท่ากับความถี่ธรรมชาติของลำอากาศในท่อเรโซแนนซ์ จะทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุด เพราะเกิดการสั่นพ้องของลำอากาศในท่อเรโซแนนซ์นั้น

การบีต เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยมาซ้อนทับกัน ทำให้ได้ยินเสียงดังค่อยสลับกันไปเป็นจังหวะคงตัว โดยหูจะได้ยินเสียงของการบีตเมื่อเสียงทั้งสองมีความถี่ต่างกันไม่เกิน 7 เฮิรตซ์ จำนวนครั้งที่ได้ยินเสียงดังในหนึ่งวินาที เรียกว่าความถี่บีต คำนวณได้จาก

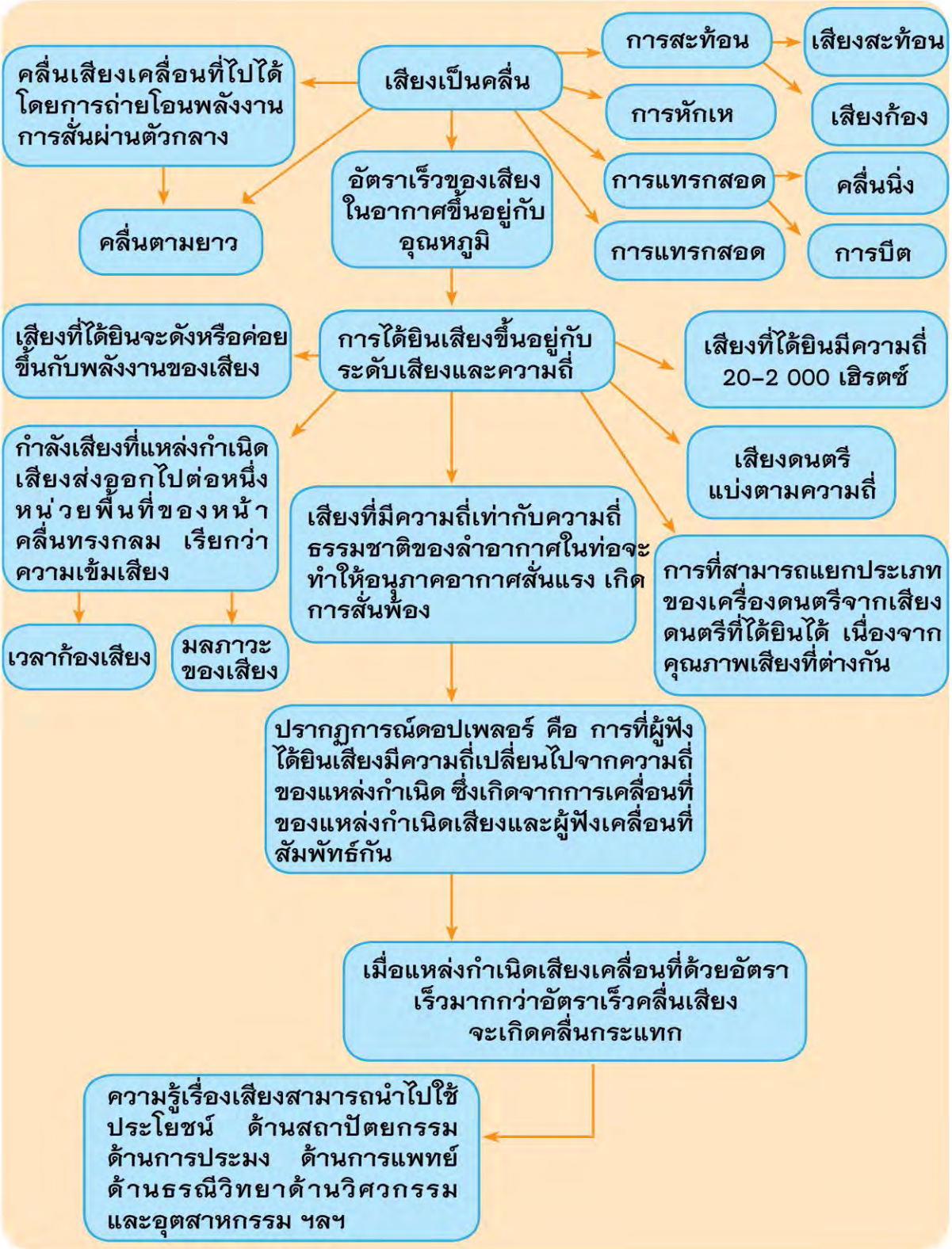
$$\text{ความถี่บีต} = |f_1 - f_2|$$

คลื่นนิ่งของเสียง เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่งที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงอาพันธ์จะแทรกสอดกันทำให้เกิดคลื่นนิ่ง ซึ่งจะได้ยินเสียงดังค่อยตามตำแหน่งที่ฟัง โดย 2 ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดังถัดกัน มีระยะห่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง เป็นปรากฏการณ์ที่ผู้ฟังได้ยินเสียงที่มีความถี่เปลี่ยนไปจากความถี่จริง เกิดขึ้นเนื่องจากแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่หรือผู้ฟังเคลื่อนที่หรือทั้งแหล่งกำเนิดเสียงและผู้ฟังเคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน

คลื่นกระแทก เกิดเมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วคลื่น ทำให้แนวหน้าคลื่นอัดตัวกันและพลังงานคลื่นจะเสริมกันบนแนวหน้าคลื่นกระแทกนี้ สำหรับคลื่นเสียง ถ้าเครื่องบินที่ บินด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วเสียงจะทำให้เกิดคลื่นกระแทกด้วย ความดันของอากาศจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดเสียงดังมากเรียกเสียงดังที่เกิดขึ้นนี้ว่า ซอนิกบูม (sonic boom)

ผังมโนทัศน์ : บทที่ 10 คลื่นเสียง



10.1 ธรรมชาติและสมบัติของเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ยกตัวอย่างเพื่อแสดงว่าเสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ (แหล่งกำเนิดเสียง) และจะถ่ายโอนพลังงานการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านตัวกลางไป
2. ทำกิจกรรมและสรุปได้ว่าเสียงมีสมบัติเป็นคลื่น จากการที่เสียงสามารถแสดงสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูให้นักเรียนทุกคนทดลองเอามือจับที่ลำคอขณะเปล่งเสียง แล้วสังเกตการสั่นของลำคอ

1.2 ให้นักเรียนเคาะส้อมเสียงแล้วนำขาส้อมเสียงไปแตะผิวน้ำในอ่างน้ำที่เตรียมไว้

1.3 ดีดสายกีตาร์ให้สั่น แล้วจับสายกีตาร์ให้หยุดทันที (เมื่อจับให้สายกีตาร์หยุดสั่นเสียงจะเงียบทันที)

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ (แหล่งกำเนิดเสียง) เสียงเป็นคลื่นกล เสียงที่เราได้ยินในชีวิตประจำวันอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

หัวข้อนี้ครูทบทวนเกี่ยวกับลักษณะและส่วนประกอบของคลื่น และสมบัติของคลื่นดังนี้

คลื่นทุกชนิดจะแสดงสมบัติทั่วไปที่เหมือนกัน 4 ข้อ คือ

1. การสะท้อน
2. การหักเห
3. การแทรกสอด
4. การเลี้ยวเบน

ส่วนอนุภาคแสดงสมบัติการสะท้อนและการหักเหได้ คลื่นน้ำเป็นคลื่นจึงสามารถแสดงสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้ ดังนั้นถ้าเสียงสามารถแสดงสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้ก็จะจัดว่า เสียงเป็นคลื่น จากนั้นครูให้นักเรียนทำการทดลอง 10.1 และ 10.2

การทดลอง 10.1 เสียงกับการแทรกสอด

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. บอกความดังและค่อยของเสียงที่ได้ยิน ณ ตำแหน่งต่างๆ ได้
2. อภิปรายและสรุปได้ว่าเสียงแสดงสมบัติการแทรกสอด

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง	1 เครื่อง
2. ลำโพง	2 ตัว
3. สายไฟ	4 เส้น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ในการทำกิจกรรมของแต่ละกลุ่มควรห่างกันพอสมควร เพื่อไม่ให้เสียงที่เกิดขณะทดลองรบกวนกัน

2. ในการรับฟังเสียงตามตำแหน่งต่างๆ ใช้มือปิดหูข้างหนึ่งแล้วใช้หูอีกข้างหนึ่งรับฟังเสียงที่ตำแหน่งต่างๆ โดยเข้าฟังทีละคน (คนอื่นๆ ควรอยู่ห่างจากลำโพงพอสมควร เพื่อไม่ให้เกิดเสียงสะท้อนไปรบกวนเสียงจากลำโพง)

3. ระยะห่างระหว่างลำโพง 2 ตัว ควรอยู่ในช่วง 50–80 เซนติเมตร

4. ควรปรับความดังของเสียงให้พอเหมาะ พอได้ยินในกลุ่มเท่านั้น

ตัวอย่างผลการทดลอง

1. เสียงที่ได้ยินจากลำโพงตัวเดียว ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จะเป็นเสียงดังสม่ำเสมอ

2. เสียงที่ได้ยินจากลำโพง 2 ตัว ที่ต่อพ่วงกันกับเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงเครื่องเดียวกัน พบว่า บางตำแหน่งจะได้ยินเสียงดัง บางตำแหน่งจะได้ยินเสียงค่อย

อภิปรายหลังการทดลอง

จากผลการทดลองและการตอบคำถามในหนังสือเรียน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ ข้อสรุปดังนี้

1. ลำโพง 2 ตัวเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ (มีความถี่เท่ากันเพราะเป็นเสียงจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงเดียวกัน)

2. เมื่อรับฟังเสียงจากลำโพง 2 ตัว ที่ส่งเสียงพร้อมกันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวขนานกับขอบโต๊ะ บางตำแหน่งจะได้ยินเสียงดัง บางตำแหน่งจะได้ยินเสียงค่อย ถ้าเลื่อนตำแหน่งที่รับฟังไปเรื่อย ๆ ตามแนวเส้นตรงที่ขนานกับขอบโต๊ะ จะได้ยินเสียงดังค่อย สลับกันไป

3. การได้ยินเสียงดังบางตำแหน่ง และเสียงค่อยบางตำแหน่ง ตามข้อ 2 นั้น เกิดจากการแทรกสอดของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงอาพันธ์ 2 แหล่ง ตำแหน่งที่เสริมกันของเสียงจะได้ยินเสียงดัง และตำแหน่งที่หักล้างกันของเสียงจะได้ยินเสียงค่อย

4. สรุปได้ว่า เสียงแสดงสมบัติการแทรกสอดได้

การทดลอง 10.2 เสียงกับการเลี้ยวเบน

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

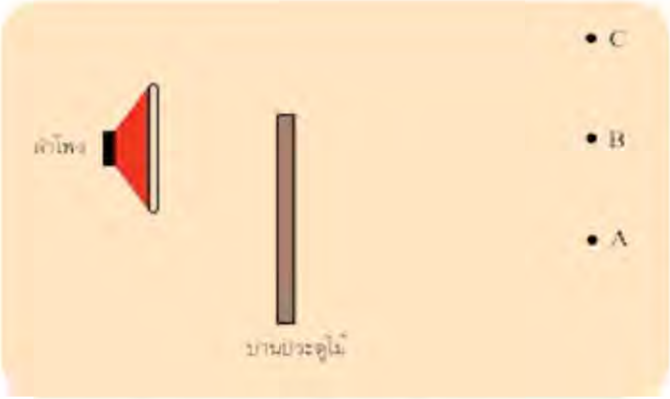
1. บอกได้ว่าที่ตำแหน่งต่างๆ ที่อยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวาง และที่ไม่อยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวางจะได้ยินเสียงดังแตกต่างกัน
2. บอกได้ว่าเสียงเคลื่อนที่อ้อมขอบสิ่งกีดขวางได้ ดังนั้นเสียงแสดงสมบัติการเลี้ยวเบนได้ ซึ่งสรุปได้ว่าเสียงเป็นคลื่น

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง	1 เครื่อง
2. ลำโพง	1 ตัว
3. สายไฟ	2 เส้น

แนะนำก่อนการทดลอง



รูป 10.1 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่เป็นจุดรับฟังเสียง เพื่อการศึกษาการเลี้ยวเบนของเสียง

1. ลำโพงเสียงควรอยู่ห่างจากประตูประมาณ 30 เซนติเมตร และผู้รับฟังเสียงควรอยู่ห่างจากบานประตูประมาณ 70 เซนติเมตร

2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มผลัดเปลี่ยนกันทำกิจกรรม เนื่องจากในห้องเรียนมีประตู 2–3 ประตู แต่ถ้าจะทำกิจกรรมพร้อมกันอาจเปลี่ยนตัวกั้นจากประตูเป็นอย่างอื่น เช่น โต๊ะเรียน โต๊ะครู โดยแต่ละกลุ่มต้องห่างกันพอสมควร เพื่อเสียงที่เกิดในขณะทดลองของแต่ละกลุ่มจะได้ไม่รบกวนกัน

3. ปรับความดังของเสียงให้พอเหมาะ โดยได้ยินเฉพาะในกลุ่ม และในการทำกิจกรรมนักเรียนต้องเงียบ เพื่อให้เปรียบเทียบเสียงที่ได้ยินจากลำโพงที่ตำแหน่งต่างๆ ได้ชัดเจน

ตัวอย่างผลการทดลอง

จากการฟังเสียง พบว่า

ตำแหน่งที่รับฟังเสียง	ลักษณะความดังค่อยของเสียง	ระดับเสียง (dB)
ตำแหน่ง A	เสียงค่อยที่สุด	กรณีโรงเรียนมีเครื่องวัดระดับเสียง ควรให้นักเรียนทดลองวัด
ตำแหน่ง B	เสียงดังกว่าที่ตำแหน่ง A	
ตำแหน่ง C	เสียงดังที่สุด	

อภิปรายหลังการทดลอง

2.1 จากผลการทดลองและอภิปรายร่วมกันตามแนวคำถามในหนังสือเรียน และควรได้ข้อสรุปว่า

1. เมื่อรับฟังเสียงที่ตำแหน่ง A B และ C จะพบว่าที่ตำแหน่ง A เสียงค่อยที่สุด ที่ตำแหน่ง B เสียงดังขึ้นและที่ตำแหน่ง C เสียงดังที่สุด
2. การได้ยินเสียงที่ตำแหน่ง A และ B ซึ่งอยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวางได้ แสดงว่าเสียงสามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางได้
3. การได้ยินเสียงที่ตำแหน่ง A ค่อยที่สุด เพราะพลังงานเสียงที่ส่งไปถึงที่ตำแหน่ง A ลดลง
4. เสียงแสดงสมบัติการเลี้ยวเบนได้ ดังนั้นเสียงมีสมบัติเป็นคลื่น

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเสียงผ่านตัวกลาง การสะท้อนและการหักเหของเสียง และอัตราเร็วของเสียง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากการอภิปรายถึงสมบัติการสะท้อนของเสียง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนควรได้ข้อสรุปดังนี้

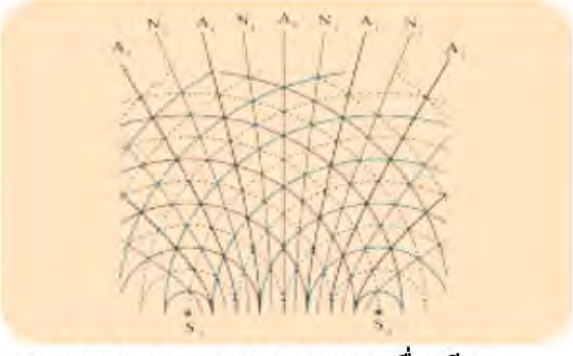
1. การได้ยินเสียงที่เราตะโกนออกไปแล้วอีกครั้งหนึ่งหรือหลาย ๆ ครั้ง เกิดจากเสียงที่เราตะโกนไปกระทบผนังห้อง เพดาน แล้วเกิดการสะท้อนกลับมาถึงหู
2. ปกติหูคนจะแยกเสียงสะท้อนออกจากเสียงที่ตะโกนออกไป เมื่อเสียงตะโกนกับเสียงสะท้อนเกิดห่างกัน $\frac{1}{10}$ วินาที
3. ถ้าเสียงสะท้อนกลับเกิดห่างจากเสียงตะโกนน้อยกว่า $\frac{1}{10}$ วินาที เราจะได้ยินเสียงก้อง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลว่าในโรงภาพยนตร์หรือห้องประชุมขนาดใหญ่ มีวิธีการลดการสะท้อนของเสียงได้อย่างไร

จากการอภิปรายและสรุปได้ว่าเสียงแสดงสมบัติการแทรกสอดได้ ครูควรทบทวนการแทรกสอดของคลื่นน้ำเพื่ออธิบายลักษณะการแทรกสอดของเสียงในการทดลอง 10.1

การแทรกสอดของเสียง หมายถึง ปรากฏการณ์ที่คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งซึ่งมีความถี่เท่ากันและเฟสตรงกันเคลื่อนที่มาซ้อนทับกัน ทำให้เกิดตำแหน่งปฏิบัพ (เสียงดัง) และตำแหน่งบัพ (เสียงค่อย) สลับกันไป ดังรูป 10.2



รูป 10.2 การแทรกสอดของคลื่นเสียง

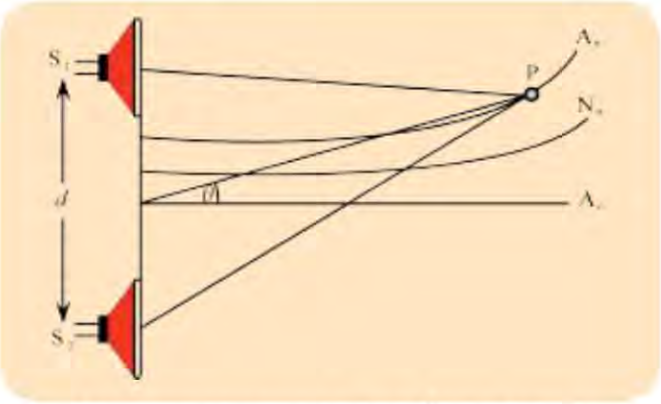
A (Antinode) คือ แนวปฏิบัพของความดัน (ความเข้มเสียงมาก เสียงดัง)

N (Node) คือ แนวบัพของความดัน (ความเข้มเสียงน้อย เสียงค่อย)

แหล่งกำเนิดคลื่นสองแหล่งที่มีความถี่เท่ากันและเฟสตรงกัน เรียกว่า แหล่งกำเนิดอาพันธ์ ในการแทรกสอดของเสียงจะเกิดคลื่นนิ่งของเสียงบนเส้นตรงระหว่างแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง (ลำโพง) ทั้งสอง

การคำนวณเกี่ยวกับการแทรกสอดของเสียง สามารถทำได้แบบเดียวกับคลื่นน้ำ ดังนี้

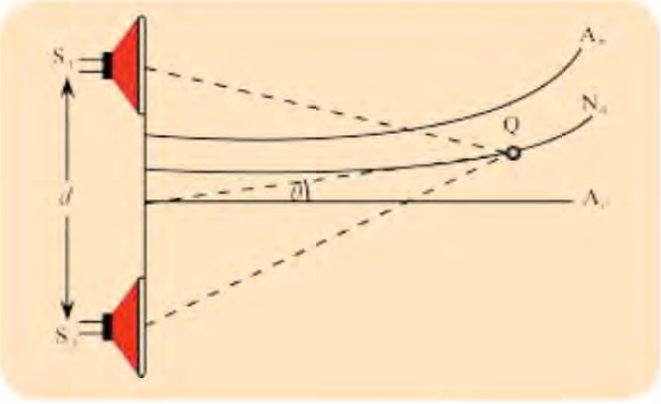
เมื่อจุด P อยู่บนแนวปฏิบัพ (เสียงดัง)



รูป 10.3 การแทรกสอดของเสียงเมื่อจุด P อยู่บนแนวปฏิบัพ

จะได้ $d\sin\theta = |S_1P - S_2P| = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$

เมื่อจุด Q อยู่บนแนวบัพ (ไม่ได้ยินเสียง หรือ เสียงค่อย)



รูป 10.4 การแทรกสอดของเสียงเมื่อจุด Q อยู่บนแนวบัพ

จะได้ $d\sin\theta = |S_1Q - S_2Q| = (n + \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$

ตัวอย่างโจทย์การแทรกสอด

ตัวอย่าง 1 S_1 และ S_2 เป็นลำโพงเสียงต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงเดียวกันที่มีความถี่ 100 เฮิรตซ์ โดยลำโพงทั้งสองมีเฟสตรงกัน ถ้าลำโพงทั้งสองวางห่างกัน 10 เมตร จงหาว่าจะเกิดแนวที่ได้ยินเสียงค่อยทั้งหมดกี่แนว (กำหนดอัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 340 m/s)

วิธีทำ

เนื่องจากต้องการหาแนวบัพ

จาก $d\sin\theta = (n+\frac{1}{2})\lambda$

$$(10\text{ m})\sin 90^\circ = (n+\frac{1}{2})(\frac{v}{f})$$

$$(10\text{ m})(1) = (n+\frac{1}{2})\left(\frac{340\text{ m/s}}{100\text{ Hz}}\right)$$

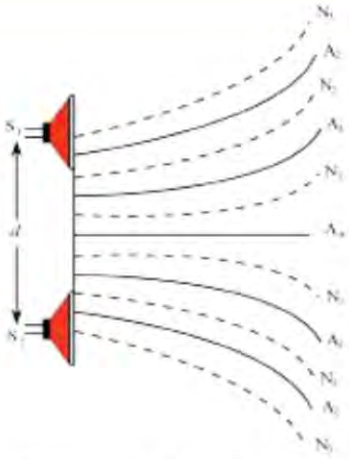
$$n = 2.4$$

$n = 2$ (คิดจำนวนเต็ม)

จำนวนบัพจากแนวกลาง $= n + 1$

$= 3$

ตอบ เกิดแนวที่ได้ยินเสียงค่อยทั้งหมด 6 แนว



รูปแสดงแนวการแทรกสอดของเสียงที่เกิดจากลำโพง S_1 และ S_2

ตัวอย่าง 2 จากตัวอย่างที่ 1 จงหาว่าเกิดแนวที่ได้ยินเสียงดังทั้งหมดกี่แนว

วิธีทำ

เนื่องจากต้องการหาแนวปฏิบัพ

จาก $d\sin\theta = n\lambda$

$$d\sin 90^\circ = n(\frac{v}{f})$$

$$(10\text{ m})(1) = n\left(\frac{340\text{ m/s}}{100\text{ Hz}}\right)$$

$$n = 2.9$$

$n = 2$ (คิดจำนวนเต็ม)

ตอบ เกิดแนวที่ได้ยินเสียงดัง คือ 2+1+2 = 5 แนว

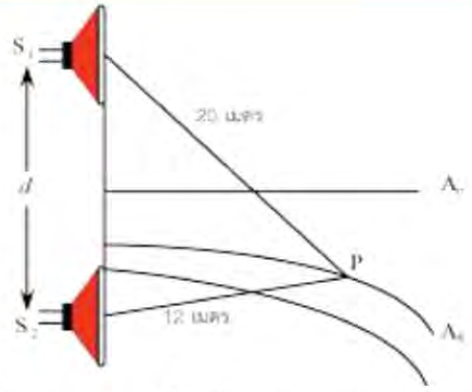
ตัวอย่าง 3 S_1 และ S_2 เป็นลำโพงเสียงที่ให้คลื่นอาพันธ์เฟสตรงกันโดยมีความยาวคลื่นเสียง 2 เมตร

ก. ถ้า P เป็นตำแหน่งที่อยู่ห่างจากลำโพงทั้งสองเป็นระยะ 20 และ 12 เมตร ตามลำดับ P จะอยู่บนแนวที่ได้ยินเสียงดังหรือเสียงค่อย และอยู่บนแนวที่เท่าใด

ข. ถ้า Q เป็นตำแหน่งที่อยู่ห่างจากลำโพงทั้งสองเป็นระยะ 18 และ 15 เมตร ตามลำดับ Q จะอยู่บนแนวที่ได้ยินเสียงดังหรือเสียงค่อย และอยู่บนแนวที่เท่าใด

ก. วิธีทำ

จากสมการ
$$S_1P - S_2P = n\lambda$$
$$20\text{ m} - 12\text{ m} = n\,(2\text{m})$$
$$\frac{8\text{ m}}{2\text{ m}} = n$$
$$n = 4$$



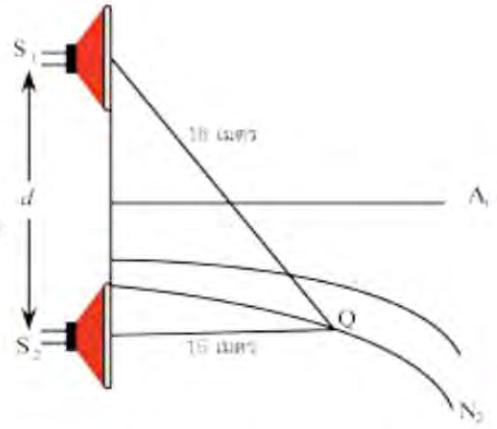
รูปแสดงแนวการแทรกสอดของเสียงที่ตำแหน่ง P

ดังนั้น P อยู่บนแนวเส้นเสียงดังโดยอยู่บนแนวที่ 4 ดังรูป

ตอบ P อยู่บนแนวที่ได้ยินเสียงดัง แนวที่ 4

ข. วิธีทำ

จากสมการ
$$S_1Q - S_2Q = (n+\frac{1}{2})\lambda$$
$$18\text{ m} - 15\text{ m} = (n+\frac{1}{2})(2\text{ m})$$
$$3\text{ m} = (2\text{ m})\,n + (1\text{ m})$$
$$\frac{2\text{ m}}{2\text{ m}} = n$$
$$n = 1$$



รูปแสดงแนวการแทรกสอดของเสียงที่ตำแหน่ง Q

ดังนั้น Q อยู่บนแนวเสียงค่อยแนวที่ 2 ดังรูป

ตอบ Q อยู่บนแนวที่ได้ยินเสียงค่อยแนวที่ 2

ตัวอย่าง 4 S_1 และ S_2 เป็นลำโพงเสียงสองตัว วางห่างกัน 2 เมตรในที่โล่ง ถ้า Q เป็นผู้ฟังอยู่ห่างจาก S_1 เท่ากับ 4 เมตร และอยู่ห่างจาก S_2 เท่ากับ 3 เมตร เสียงความถี่ที่ต่ำที่สุดที่คลื่นหักล้างกัน ทำให้ Q ได้ยินเสียงเบาที่สุดจะเป็นเท่าใด (กำหนดอัตราเร็วเสียงเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที)

วิธีทำ

เนื่องจาก Q ได้ยินเสียงเบา แสดงว่าอยู่ในแนวบัพ

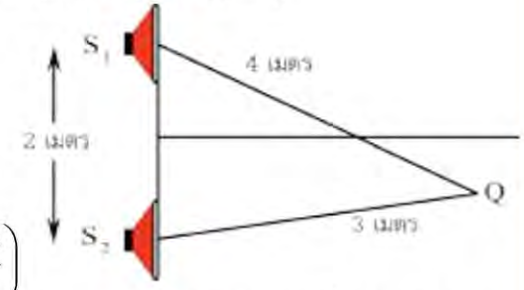
ความถี่ต่ำสุดแสดงว่าอยู่บนแนวบัพที่ 1 (ค่าน้อยสุดของแนวบัพ) ได้ $n = 0$

จากสูตรบัพ $S_1Q - S_2Q = (n + \frac{1}{2})\lambda$

$$S_1Q - S_2Q = (n + \frac{1}{2})(\frac{v}{f})$$

$$4\text{ m} - 3\text{ m} = (0 + \frac{1}{2})\left(\frac{340\text{ m/s}}{f}\right)$$

$$f = 170\text{ Hz}$$

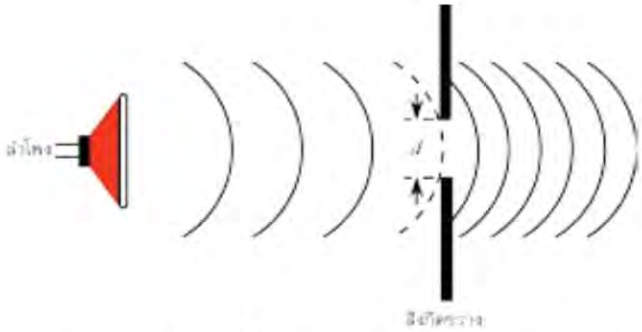


รูปประกอบตัวอย่าง 4

ตอบ ความถี่เท่ากับ 170 เฮิรตซ์

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

1. ในการอธิบายลักษณะการเลี้ยวเบนของเสียง ควรเขียนรูปหน้าคลื่นแสดงการเลี้ยวเบนประกอบคำอธิบายด้วย และควรทบทวนเนื้อหาเรื่องการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำจากหนังสือเรียนบทที่ 9 หัวข้อ 9.4.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น



รูป 10.5 การเลี้ยวเบนของเสียงผ่านช่องเปิด

การเลี้ยวเบนของเสียงผ่านช่องเปิด (ช่องเดี่ยวหรือสลิตเดี่ยว)

– เสียงสามารถเลี้ยวเบนผ่านช่องเปิดได้ชัดเจน เมื่อขนาดความกว้างของช่องเปิดมีค่าประมาณเท่ากับความยาวคลื่นเสียงตกกระทบ

2. การสะท้อนและการหักเหของคลื่นเสียง

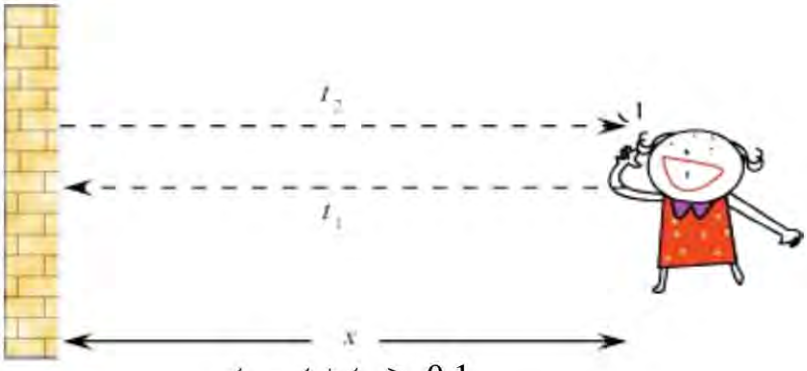
เสียงมีการสะท้อนได้เช่นเดียวกับคลื่นน้ำและคลื่นแสง โดยจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนคือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ซึ่งการสะท้อนของเสียงอาจทำให้เกิดคลื่นนิ่ง (Standing Wave) และเสียงก้อง (Echo)

เสียงก้อง หมายถึง เสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงและสะท้อนกลับโดยเดินทางมาถึงหูผู้ฟังช้ากว่าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง เป็นเวลามากกว่า 0.1 วินาที

หลักการในการสะท้อนของเสียงเมื่อเทียบความยาวคลื่นเสียงกับขนาดของวัตถุจะได้ว่า

1. เสียงจะสะท้อนได้ดี เมื่อความยาวคลื่นเสียงสั้นกว่าหรือเท่ากับความยาวของวัตถุ
2. เสียงที่มีความถี่สูง (ความยาวคลื่นน้อย) จะสะท้อนกับวัตถุที่มีขนาดเล็ก ได้ดีกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ (ความยาวคลื่นมาก)

ตัวอย่าง 5 นักเรียนหญิงคนหนึ่งตะโกนใส่กำแพงในขณะที่อัตราเร็วของเสียงในอากาศมีค่า 331 เมตรต่อวินาที นักเรียนหญิงคนนั้นจะต้องอยู่ห่างจากกำแพงเป็นระยะทางเท่าใด จึงจะได้ยินเสียงสะท้อนกลับ



$$t = t_1 + t_2 > 0.1$$

รูปประกอบตัวอย่าง 5

วิธีทำ

ให้ x เป็นระยะห่างจากกำแพง

จาก
$$v = \frac{s}{t}$$
$$331 \text{ m/s} = \frac{2x}{0.1\text{s}}$$
$$x = \frac{(0.1\text{s})\,(331\text{m/s})}{2}$$
$$x = 16.5 \text{ m}$$

ตอบ นักเรียนหญิงคนนั้นจะต้องอยู่ห่างจากกำแพงเป็นระยะทางมากกว่า 16.5 เมตร

10.2 อัตราเร็วของเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

บอกได้ว่าเมื่ออุณหภูมิของตัวกลางคงตัว อัตราเร็วเสียงในตัวกลางนั้นจะมีค่าคงตัวและอัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ ที่อุณหภูมิต่างกันก็จะมีค่าต่างกัน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนอภิปรายว่า ในสมัยก่อน ทำไมคนถึงเอาหูแนบกับพื้นดินเพื่อฟังเสียงว่ามีคนหรือสัตว์เคลื่อนที่หรือไม่ หรือถ้าต้องการจะทราบว่ามีรถไฟเคลื่อนที่มาหรือไม่ ก็ฟังเสียงโดยเอาหูแนบกับรางรถไฟ โดยครูยังไม่สรุปผลการอภิปราย

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูนำอภิปรายว่าโมเลกุลของตัวกลางชนิดต่าง ๆ เช่น ของแข็ง ของเหลวและแก๊สจะมีระยะห่างระหว่างโมเลกุลชิดกันหรือห่างกันอย่างไร

2.2 ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนอภิปรายว่า การถ่ายโอนพลังงานผ่านตัวกลางในแต่ละสถานะจะแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า เสียงจะถ่ายโอนพลังงานผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ดีที่สุด รองลงมาคือของเหลว และแก๊สตามลำดับ ดังตาราง 10.1 ในหนังสือเรียน

2.3 ครูให้ความรู้ว่า นอกจากอัตราเร็วของเสียงจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางแล้ว สำหรับอัตราเร็วเสียงในอากาศยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย โดยอัตราเร็วเสียงในอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ ตามสมการ $v_t = 331 + 0.6t$

2.4 ครูทบทวนความรู้เดิมว่าเนื่องจากเสียงเป็นคลื่นจึงสามารถหาอัตราเร็วเสียงได้จากสมการ $v = f\lambda$

2.5 ครูยกตัวอย่างการคำนวณหาอัตราเร็วของเสียง ตามตัวอย่าง 10.3 ในหนังสือเรียน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูอาจเสนอแนะให้นักเรียนหาอัตราเร็วเสียงในอากาศในวันนั้น โดยวัดอุณหภูมิห้องและคำนวณหาอัตราเร็วเสียงในอากาศ

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า คลื่นเสียงและคลื่นน้ำมีคุณสมบัติเหมือนกันคือ เมื่อเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากันหรืออุณหภูมิไม่เท่ากัน จะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยนไป แต่ความถี่ของคลื่นเสียงและคลื่นน้ำจะคงตัว

คลื่นเสียงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางใดๆ เสียงจะมีอัตราเร็วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและอุณหภูมิของตัวกลาง

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถาม ข้อ 2–3 และปัญหาข้อ 2–3

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

นักฟิสิกส์ทดลองเรื่องความเร็วเสียง พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเสียงจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น โดยพบว่าอัตราเร็วเสียงและอุณหภูมิในหน่วยองศาสัมบูรณ์ (K) มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$v \propto \sqrt{T}$$

เมื่อ v เป็นอัตราเร็วเสียงในอากาศ หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

T เป็นอุณหภูมิของอากาศ หน่วย องศาสัมบูรณ์หรือเคลวิน (K)

และจากการทดลองที่อุณหภูมิ 0 °C หรือ 273 K เสียงในอากาศมีอัตราเร็ว 331 m/s

จาก

$$v \propto \sqrt{T}$$

$$v_t = K\sqrt{T_t} \qquad (1)$$

$$v_0 = K\sqrt{T_0} \qquad (2)$$

$\frac{(1)}{(2)}$

$$\frac{v_t}{v_0} = \frac{K\sqrt{T_t}}{K\sqrt{T_0}}$$

$$\frac{v_t}{v_0} = \sqrt{\frac{T_t}{T_0}}$$

$$\frac{v_t}{v_0} = \sqrt{\frac{273+t}{273+0}}$$

$$\frac{v_t}{v_0} = \sqrt{1+\frac{t}{273}} \qquad (3)$$

แต่จากคณิตศาสตร์ เมื่อ x มีค่าน้อย ; $\sqrt{1+x} \cong 1+\frac{x}{2}$

ดังนั้น

$$\frac{v_t}{331} = 1+\frac{t/273}{2}$$

$$v_t = 331(1+\frac{t}{273\times 2})$$

$$v_t = 331+\frac{331t}{273\times 2}$$

$$v_t = 331+0.6t$$

สรุปได้ว่า ถ้าเสียงเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากหรือตัวกลางที่มีอุณหภูมิสูง เสียงจะเคลื่อนที่เร็ว และถ้าตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยหรือมีอุณหภูมิต่ำ เสียงจะเคลื่อนที่ช้า โดยจะเป็นไปตามสมการ

$$v_t = 331+0.6t$$

เมื่อ t เป็นอุณหภูมิของอากาศ หน่วย องศาเซลเซียส (°C)

สำหรับสูตร $v_t = 331 + 0.6t$ จะใช้ได้เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางไม่เกิน 50°C นอกจากนี้การหาอัตราเร็วของคลื่นเสียงยังหาได้จากสูตร

$$v = f\lambda \quad \text{และ} \quad v = \frac{s}{t}$$

เมื่อ v เป็นอัตราเร็วเสียง หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

f เป็นความถี่คลื่นเสียง หน่วย เฮิรตซ์ (Hz)

λ เป็นความยาวคลื่นเสียง หน่วย เมตร (m)

ถ้าอุณหภูมิเกิน 50°C ต้องใช้สมการ ดังนี้

$$v \propto \sqrt{T}$$

$$v = 331\sqrt{1+\frac{t}{273}}$$

$$v = 331\sqrt{\frac{T}{273}}$$

เมื่อ t เป็นอุณหภูมิของอากาศ หน่วย องศาเซลเซียส (°C)

T เป็นอุณหภูมิของอากาศ หน่วย องศาสมบูรณ์หรือเคลวิน (K)

การหาอัตราเร็วของคลื่นเสียงที่ 30°C จากสมการทั้งสอง จะมีค่าใกล้เคียงกันคือ

จากสมการ
$$v_t = 331 + 0.6t$$
$$= 331 + 0.6\ (30°C)$$
$$= 349\ \text{m/s}$$

และจากสมการ
$$v = 331\sqrt{1+\frac{t}{273}}$$
$$= 331\sqrt{1+\frac{30°C}{273}}$$
$$= 348.7\ \text{m/s}$$

จะเห็นว่าอัตราเร็วของคลื่นเสียงที่อุณหภูมิ 30°C จากสมการ $v_t = 331 + 0.6t$ มีค่าเท่ากับ 349 เมตรต่อวินาทีและจากสูตร $v = 331\sqrt{1+\frac{t}{273}}$ มีค่าเท่ากับ 348.7 เมตรต่อวินาที ซึ่งให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน

แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 50°C การหาอัตราเร็วเสียงจากทั้งสองสมการจะไม่เท่ากัน เช่น การหาอัตราเร็วเสียงที่ 200 °C

จากสมการ
$$v_t = 331 + 0.6t$$
$$= 331 + 0.6\ (200°C)$$
$$= 451\ \text{m/s}$$

และจากสมการ
$$v = 331\sqrt{1+\frac{t}{273}}$$
$$= 331\sqrt{1+\frac{200°C}{273}}$$
$$v_1 = 348.7\ \text{m/s}$$

จะเห็นว่า ถ้าอุณหภูมิตั้งแต่ 50°C ขึ้นไปจะใช้สมการ $v_t = 331 + 0.6t$ ไม่ได้ เพราะค่าที่ได้ผิดพลาดมาก

อัตราเร็วเสียงในของไหล

อัตราเร็วเสียงในของไหลขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของไหลและ มอดุลัสเชิงปริมาตร (Bulk Modulus) ตามสมการ

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

เมื่อ v เป็นอัตราเร็วเสียงในของไหล

ρ เป็นความหนาแน่นของของไหล

B เป็นค่ามอดุลัสเชิงปริมาตร

โดยค่า B สามารถคำนวณหาได้จาก

$$B = \frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงความดัน}}{\text{อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาตร}}$$

อัตราเร็วเสียงในของแข็ง

อัตราเร็วเสียงในของแข็งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและ มอดุลัสของยัง (Young's Modulus) ตามสมการ

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

เมื่อ v เป็นอัตราเร็วเสียงในของแข็ง

ρ เป็นความหนาแน่นของของแข็ง

Y เป็นค่ามอดุลัสของยัง

โดยค่า Y สามารถคำนวณหาได้จาก

$$Y = \frac{stress}{strain} = \frac{\text{ความเค้น}}{\text{ความเครียด}}$$

อัตราเร็วเสียงในแก๊สอุดมคติ

อัตราเร็วเสียงในแก๊สอุดมคติ (Ideal gas) มีการอัดและขยายตัวของแก๊สเป็นไปตามกระบวนการอะเดียเบติก (Adiabatic process) โดย

$$B = \gamma P$$

เมื่อ $\gamma = \dfrac{C_P}{C_v} = \dfrac{\text{ความจุความร้อนของแก๊สที่ความดันคงตัว}}{\text{ความจุความร้อนของแก๊สที่ปริมาตรคงตัว}}$

B เป็นค่ามอดุลัสเชิงปริมาตร

P เป็นความดันของก๊าซ

จาก $$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \qquad (1)$$

แต่จากกฎของแก๊ส $$PV = nRT$$

$$= \left(\frac{m}{M}\right)RT$$

$$\frac{PV}{m} = \frac{RT}{M}$$

$$\frac{P}{\rho} = \frac{RT}{M} \qquad (2)$$

แทน (2) ลงใน (1) $$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

ดังนั้น $$v \propto \sqrt{T}$$

เมื่อ v เป็นอัตราเร็วของเสียงในแก๊ส

R เป็นค่าคงตัวของแก๊สมีค่า 8.31 J/mol-K

T เป็นอุณหภูมิในหน่วย เคลวิน

M เป็นมวลของแก๊สในหนึ่งโมเลกุล

10.3 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายและสรุปได้ว่าคลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว
2. อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของการกระจัดของอนุภาคอากาศและความดันของอากาศขณะที่มีคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน

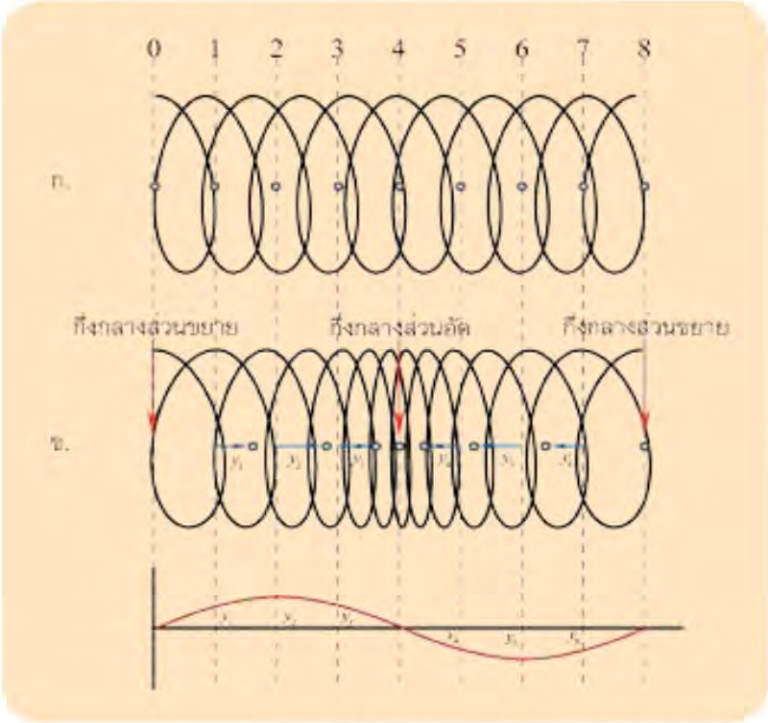
แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูทบทวนการเกิดคลื่นตามยาวบนลวดสปริงและให้สังเกตลักษณะการอัดขยายของขดลวดแต่ละขดขณะเกิดคลื่นตามยาว

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 เชื่อมโยงการเกิดคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง และการถ่ายโอนพลังงานเสียงให้กับอนุภาคตัวกลางตามรายละเอียดในหนังสือเรียน พร้อมทั้งยกตัวอย่างรูป 10.8 ในหนังสือเรียนประกอบคำอธิบายการให้ความรู้ว่าคลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว ในการอธิบายกราฟระหว่างการกระจัดจากตำแหน่งเดิมกับตำแหน่งบนขดลวดสปริงในรูป 10.8 ในหนังสือเรียน ควรอธิบายโดยใช้รูป 10.6 ประกอบดังนี้



ก. แสดงขดลวดสปริงเมื่อไม่มีคลื่นผ่าน

ข. แสดงขดลวดสปริงเมื่อมีคลื่นผ่าน

รูป 10.6 ลักษณะคลื่นตามยาวบนขดลวดสปริง

จุด 1, 2, 3, ..., 8 ในรูป 10.6 ก เป็นตำแหน่งสมมติบนขดลวดสปริงขณะที่ขดลวดสปริงยังไม่เกิดคลื่นตามยาว เมื่อเกิดคลื่นตามยาวบนขดลวดสปริงจะมีส่วนอัดและขยายทำให้จุด 1, 2, 3, ..., 8 เปลี่ยนตำแหน่งไป ดังรูป 10.6 ข การกระจัดจากตำแหน่งเดิมของขดลวดสปริงแต่ละขดก็คือ $y_1, y_2, y_3, ..., y_6$ นั่นเอง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางส่วนอัด (จุด 4) และกึ่งกลางส่วนขยาย (จุด 0 และ 8) การกระจัดจากตำแหน่งเดิมของลวดสปริงจะเป็นศูนย์ ส่วนที่จุด 1 2 และ3 การกระจัดจากตำแหน่งเดิมของขดลวดสปริงจะไปทางขวาโดยจุดที่ 2 จะมีการกระจัดมากที่สุดและจุด 5 6 และ 7 การกระจัดจากตำแหน่งเดิมของขดลวดสปริงจะไปทางซ้าย โดยจุดที่ 6 จะมีการกระจัดมากที่สุด

2.2 ให้นักเรียนได้พิจารณาการกระจัดของโมเลกุลอากาศขณะมีคลื่นเสียงดังรูป 10.9 ในหนังสือเรียน แล้วจึงอธิบายตามรายละเอียดในหนังสือเรียนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศขณะมีคลื่นเสียง เพื่อให้ทราบข้อแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงการกระจัดของโมเลกุลอากาศ และการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศขณะมีคลื่นเสียง ดังรูป 10.10 ในหนังสือเรียน

2.3 ครูให้ความรู้ว่าความถี่ในการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศขณะที่มีคลื่นเสียงผ่านเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงและผู้รับฟังเสียงจะได้ยินเสียงความถี่เดียวกันนี้ด้วย

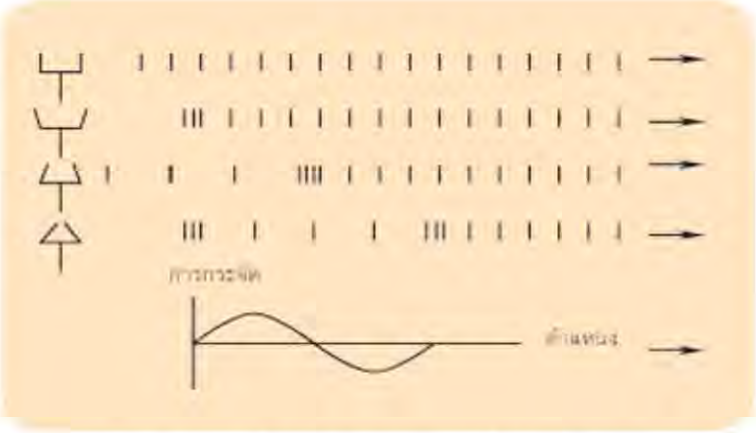
3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนอภิปรายว่า ถ้านำนาฬิกาปลุกไปวางไว้ในครอบแก้ว แล้วสูบอากาศออกจนเหลืออากาศในครอบแก้วน้อยมากจนถือว่าไม่มีอากาศในครอบแก้ว จะได้ยินเสียงนาฬิกาหรือไม่อย่างไร เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่า คลื่นเสียงต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 3

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

- ในการที่จะพิจารณาว่าความถี่ของเสียงจะเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงอาจอธิบายโดยใช้รูป 10.7



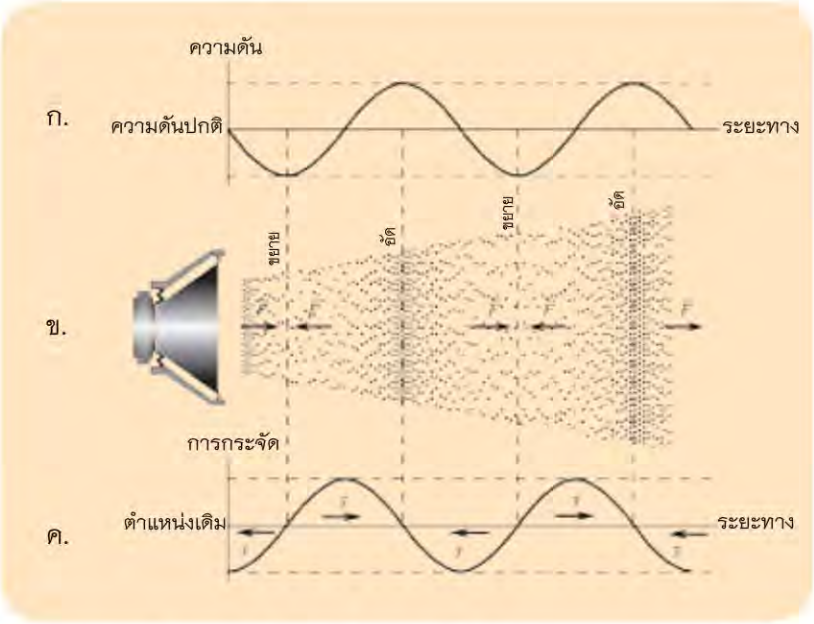
รูป 10.7 คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง

จะได้ว่าเมื่อส้อมเสียงสั่น 1 รอบจะเกิดคลื่นเคลื่อนที่ไป 1 ลูกคลื่น ดังนั้น สรุปว่า ความถี่ของคลื่นเสียงจะเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง

– เมื่อเสียงหรือพลังงานจากการสั่นของวัตถุ เคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง (อากาศ) ทำให้โมเลกุลของอากาศเคลื่อนที่ (แต่ไม่ได้เคลื่อนที่ตามคลื่นเสียง เมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านไปแล้วอนุภาคหรือโมเลกุลของอากาศแต่ละตำแหน่งจะยังอยู่ที่เดิม) แล้วถ่ายทอดพลังงานเสียงให้กับโมเลกุลหรืออนุภาคของอากาศที่อยู่ถัดไปเรื่อย ๆ จนถึงหูเรา เราจึงได้ยินเสียง

ขณะที่โมเลกุลของอากาศหรืออนุภาคของตัวกลางชนกัน จะมีการถ่ายทอดพลังงานเสียงทั้งหมดให้กับโมเลกุลหรืออนุภาคที่อยู่ถัดไปอย่างนี้เรื่อย ๆ (การชนกันแบบนี้เป็นการชนที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานให้ภายนอก เรียกว่า การชนแบบยืดหยุ่น)

ขณะที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ จะทำให้โมเลกุลของอากาศบางช่วงอยู่ใกล้กันมากกว่าปกติ เรียกว่า ช่วงอัด (Compression) และบางช่วงอยู่ห่างกันมากกว่าปกติ เรียกว่า ช่วงขยาย (Rarefaction) ดังรูป 10.8



รูป 10.8 ก. กราฟระหว่างความดันกับตำแหน่งต่างๆ ตามแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง
ข. แสดงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศขณะมีคลื่นเสียงผ่าน
ค. กราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคกับตำแหน่งต่างๆ ตามแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

จากรูป 10.8 จะเห็นว่าอากาศที่มีความดันเพิ่มขึ้นจากเดิมมากที่สุด (ช่วงอัด) หรือลดลงจากเดิมมากที่สุด (ช่วงขยาย) โมเลกุลหรืออนุภาคของอากาศที่อยู่ตรงกลางส่วนอัดและส่วนขยายจะไม่มีการเคลื่อนที่เลย การกระจัดจึงเป็นศูนย์ โดยที่ระยะระหว่างช่วงอัดและช่วงขยายที่อยู่ติดกันของคลื่นเสียงมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}\lambda$

10.4 ความเข้มเสียงและการได้ยิน

10.4.1 ความเข้มเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายความหมายของความเข้มเสียงและระดับเสียงได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูพูดคุยกับนักเรียน โดยใช้เสียงตะโกนบ้าง กระซิบบ้าง พูดคุยปกติบ้าง สลับกันไปในข้อความ 2–3 ประโยค จากนั้นตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายว่าการที่จะได้ยินเสียงดัง ค่อย ขึ้นอยู่กับปริมาณใด

ครูเปิดวิทยุให้นักเรียนฟัง แล้วทำการลดและเพิ่มความดังของเสียง พร้อมทั้งตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายว่าการที่จะได้ยินเสียงดัง ค่อย จะขึ้นกับปริมาณใดบ้าง

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูตั้งประเด็นคำถามให้นักเรียนอภิปรายเพื่อเปรียบเทียบ เช่น

– ระหว่างหลอดไฟ 40 W 220 V และหลอด 100 W 220 V แสงที่ตกกระทบพื้นที่ผิวหนึ่งจะสว่างเท่ากันหรือไม่ ถ้าระยะห่างระหว่างหลอดไฟถึงพื้นที่รับแสงเท่ากันเพราะเหตุใด (ไม่เท่ากัน หลอด 100 Wจะสว่างกว่าเพราะมีกำลังมากกว่า)

– ในการฟังเสียงที่ตำแหน่งหนึ่งจะได้ยินเสียงดัง ค่อย ขึ้นอยู่กับปริมาณใด หลังจากอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่าจะได้ยินเสียงดัง หรือค่อยขึ้นอยู่กับกำลังของแหล่งกำเนิดเสียง ถ้าระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเท่ากัน

2.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเรื่องความเข้มเสียง โดยใช้คำถามตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ซึ่งจะได้ผลสรุปดังนี้

1. เมื่อผู้ฟังอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากขึ้นจะได้ยินเสียงค่อยลง

2. แหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีอัตราการให้พลังงานเสียงต่างกัน ถ้าผู้ฟังอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงแต่ละแหล่งมีระยะทางเท่ากัน จะได้ยินเสียงดังแตกต่างกัน โดยแหล่งกำเนิดเสียงที่มีอัตราการให้พลังงานเสียงมาก จะให้เสียงดังกว่าแหล่งกำเนิดเสียงที่มีอัตราการให้พลังงานเสียงน้อย

2.3 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับกำลังเสียง ความเข้มเสียง และความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียง กำลังเสียง และระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียงตามสมการ (10.3) ในหนังสือเรียน ความเข้มเสียงต่ำสุดและความเข้มเสียงสูงสุดที่หูมนุษย์ปกติรับฟังได้เป็น 10^{-12} – 1 วัตต์/ตารางเมตร

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนสืบค้นวิธีทำให้ความเข้มเสียงที่ได้ยินมีค่าลดลงและทำแบบฝึกหัดท้ายบทปัญหาข้อ 4 – 5

10.4.2 ระดับเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
บอกความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงและระดับเสียงได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบเสียงที่ได้ยิน เมื่อครูแกะกระดาษห่อลูกอมในขณะที่ทุกคนในห้องเรียนนิ่งเงียบและทุกคนในห้องเรียนเสียงดัง ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนอภิปรายว่าความเข้มเสียงที่ได้ยินเท่าเดิมหรือไม่ ความดังของเสียงที่ได้ยินเท่ากันหรือไม่ ซึ่งจะได้ข้อสรุปว่าความเข้มเสียงเท่ากัน แต่ความดังของเสียงไม่เท่ากัน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับระดับเสียงโดยชี้ให้นักเรียนเห็นว่า เมื่อนำช่วงความเข้มเสียงที่มนุษย์ทนฟังได้ และความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูมนุษย์ปกติเริ่มได้ยิน มาเปรียบเทียบกัน จะได้ดังนี้

$$\frac{\text{ความเข้มเสียงที่หูมนุษย์ปกติทนฟังได้}}{\text{ความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูมนุษย์ปกติเริ่มได้ยิน}} = \frac{1\ \mathrm{W/m^2}}{10^{-12}\ \mathrm{W/m^2}} = 10^{12}$$

นั่นคือความเข้มเสียงสูงสุดมีค่า 10^{12} เท่าของความเข้มเสียงต่ำสุดที่มนุษย์เริ่มได้ยิน ซึ่งเป็นช่วงที่ห่างมากระหว่างความเข้มเสียงทั้งสองเสียง ด้วยเหตุนี้ในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้ระดับเสียงซึ่งมีหน่วยเบลหรือเดซิเบลบอกความดังของเสียงแทนความเข้มของเสียง (1 เบล = 10 เดซิเบล)

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงและระดับเสียงตามรายละเอียดในหนังสือเรียนโดยปริมาณทั้งสองสัมพันธ์กันตามสมการ (10.5) ในหนังสือเรียน

2.3 ครูให้นักเรียนศึกษาระดับเสียงของแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ ตามตาราง 10.2 ในหนังสือเรียนและควรนำข้อมูลมาอภิปรายจนได้ว่า เสียงที่มนุษย์ได้ยินโดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อหูควรอยู่ในระดับเสียงไม่เกิน 120 เดซิเบล

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูอาจนำเครื่องวัดระดับเสียงมาสาธิตแล้วให้ผู้เรียนได้ใช้เครื่องวัดนี้วัดระดับเสียงของเสียงต่าง ๆ

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 6 และปัญหาข้อ 6

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

1. ครูอาจใช้ตาราง 10.1 ในการอธิบายความหมายของระดับเสียง

ตาราง 10.1 ระดับเสียง

ความเข้มเสียง ณ จุดรับฟัง หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร	อัตราส่วนระหว่างความเข้มเสียง ณ จุดรับฟังกับความเข้มเสียงที่น้อยที่สุดที่หูมนุษย์ปกติรับฟังได้	ระดับเสียง หน่วย เบล
10^{-12}	$\frac{10^{-12}}{10^{-12}} = 10^{0}$ (เท่ากับ 1)	0
10^{-11}	$\frac{10^{-11}}{10^{-12}} = 10^{1}$	1
10^{-10}	$\frac{10^{10}}{10^{-12}} = 10^{2}$	2
10^{-9}	$\frac{10^{-9}}{10^{-12}} = 10^{3}$	3
.....	.....	.....
10^{-1}	$\frac{10^{-1}}{10^{-12}} = 10^{11}$	11
10^{0}	$\frac{10^{0}}{10^{-12}} = 10^{2}$	12

2. ระดับเสียง ใช้สัญลักษณ์ β คือ สเกลที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่อบอกความดังของเสียงให้ใกล้เคียงกับความรู้สึกของคนมากขึ้น เนื่องจากความเข้มเสียงที่มนุษย์ได้ยินอยู่ในช่วงกว้างมากตั้งแต่ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร ถึง 1 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อความสะดวกในการจัดลำดับความเข้มเสียง จึงกำหนดความเข้มเสียงใหม่เป็น ระดับเสียง

ระดับเสียง เป็นการเปรียบเทียบความเข้มเสียงนั้นกับความเข้ม 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร และพิจารณาเป็นค่า

$$\beta = \log\left(\frac{I}{I_o}\right)$$ เมื่อ β คือระดับเสียง หน่วยเป็น เบล

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_o}\right)$$ เมื่อ β คือระดับเสียง หน่วยเป็น เดซิเบล

10.4.3 มลภาวะของเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายความหมายของมลภาวะของเสียงได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนอภิปรายว่า เสียงประเภทใดที่เป็นเสียงที่นักเรียนไม่ต้องการได้ยินและเสียงนั้นๆ มีผลต่อนักเรียนอย่างไร เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่า เสียงที่ไม่ต้องการได้ยินจัดเป็นมลภาวะของเสียง

1.2 ครูเตรียมบทความเกี่ยวกับมลภาวะทางเสียงให้นักเรียนอ่าน แล้วร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบและการแก้ไขป้องกันมลภาวะทางเสียง เช่นบทความต่อไปนี้

มลพิษของสิ่งแวดล้อมกับสิทธิของประชาชนในการเรียกร้องค่าชดเชยความสูญเสีย รองศาสตราจารย์บัญญัติ สุขศรีงาม ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ญี่ปุ่นเป็นประเทศคู่สงครามที่สำคัญของสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นได้ก่อให้เกิดความสูญเสียกับสหรัฐอเมริกาอย่างมาก จนในที่สุดสหรัฐอเมริกาได้ตัดสินใจนำระเบิดปรมาณูไปทิ้งที่ฮิโรชิมาในวันที่ 6 สิงหาคม 2488 และนางาซากิ ในวันที่ 9 สิงหาคม 2488

เป็นผลให้ญี่ปุ่นต้องยอมแพ้สงครามอย่างไม่มีเงื่อนไข สหรัฐอเมริกาได้เข้ายึดครองญี่ปุ่นและได้จัดทำสนธิสัญญาด้านความมั่นคงร่วมกันระหว่างญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา โดยรัฐบาลญี่ปุ่นเป็นฝ่ายจัดหาที่ตั้งฐานทัพสหรัฐอเมริกาในประเทศญี่ปุ่นและรับรองอธิปไตยของสหรัฐอเมริกาเหนือพื้นที่ที่เป็นฐานทัพนี้ด้วย ปัจจุบันมีกองกำลังของสหรัฐอเมริกาประมาณ 50,000 คน ประจำการอยู่ในฐานทัพต่างๆ ในประเทศญี่ปุ่น

โยโกตะเป็นเมืองที่อยู่ทางตะวันตกของกรุงโตเกียวและเป็นฐานทัพสหรัฐอเมริกาที่สำคัญแห่งหนึ่งในภูมิภาคแปซิฟิก เนื่องจากเป็นฐานทัพของกองบัญชาการกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาประจำญี่ปุ่น ได้แก่ กองทัพอากาศภาคที่ 5 และกองบินขนส่งที่ 374 ทำให้มีเครื่องบินมาปฏิบัติงานเป็นจำนวนมาก การบินขึ้น – ลงของเครื่องบินในแต่ละวันจะมีเสียงดังมากหรือมีมลพิษทางเสียงจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยในเขตเมืองโยโกตะ ประชาชนเหล่านี้จึงได้มีการเดินขบวนต่อต้านฐานทัพอากาศของสหรัฐอเมริกาแห่งนี้มาโดยตลอด แต่ไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นในปี พ.ศ.2539 ประชาชนญี่ปุ่นที่อาศัยอยู่ใกล้กับฐานทัพอากาศของสหรัฐอเมริกาที่เมืองโยโกตะซึ่งได้รับผลกระทบจากมลพิษของเสียงได้ยื่นฟ้องศาลที่กรุงโตเกียวให้ดำเนินคดีกับรัฐบาลญี่ปุ่นและเรียกร้องให้ฐานทัพอากาศสหรัฐอเมริกาได้งดการบินในเที่ยวบินช่วงเช้าและช่วงกลางคืนเพื่อมิให้รบกวนการพักผ่อนของประชาชน และศาลที่กรุงโตเกียวได้พิพากษาตัดสินเมื่อปี พ.ศ.2548 ให้รัฐบาลญี่ปุ่นได้จ่ายค่าชดเชยความเสียหายให้กับประชาชนที่ฟ้องร้องเป็นเงิน 3,250 ล้านเยน (ประมาณ 960 ล้านบาท) และรัฐบาลญี่ปุ่นได้อุทธรณ์ต่อศาลสูงสุด ต่อมาศาลสูงสุดญี่ปุ่นได้พิพากษาตัดสินเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2550 ให้รัฐบาลญี่ปุ่นจ่ายเงินชดเชยความเสียหายให้กับประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษของเสียงของเครื่องบินจากฐานทัพอากาศโยโกตะ เป็นเงินประมาณ 3,000 ล้านเยน (ประมาณ 887 ล้านบาท)

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าประชาชนสามารถจะเรียกร้องค่าเสียหายต่อหน่วยงานหรือบุคคลที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ในประเทศไทยก็มีกรณีลักษณะนี้เช่นกัน ดังที่เกิดขึ้นกับชาวบ้านที่อาศัยอยู่ใกล้กับสนามบินสุวรรณภูมิ ซึ่งได้รับผลกระทบจากมลพิษของเสียงจากเครื่องบินและชาวบ้านได้เรียกร้องค่าชดเชยความเสียหายที่ได้รับ แต่ยังไม่ได้ข้อยุติ จึงขอให้ชาวบ้านที่เดือดร้อนและหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องได้ร่วมเจรจาหาข้อยุติเพื่อลดปัญหาความขัดแย้งต่างๆ และขอให้จ่ายค่าชดเชยจากความสูญเสียของชาวบ้านที่อยู่ใกล้กับสนามบินสุวรรณภูมิอย่างเป็นธรรมและมีมนุษยธรรม เพื่อให้ชาวบ้านเหล่านี้มีคุณภาพชีวิตที่ไม่ด้อยกว่าเดิม ถ้าทำได้เช่นนี้ก็จะทำให้ทุกฝ่ายมีความสุขและเราสามารถอยู่ร่วมกันได้ด้วยความรักและความสามัคคี ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของรัฐบาลนั่นเองครับ

เอกสารอ้างอิง 1. มติชน 30 พฤษภาคม 2550

1.3 ครูตั้งคำถาม ถามนักเรียนว่า นักเรียนเคยเกิดปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะทางเสียงหรือไม่ อย่างไร (คำตอบปลายเปิด)

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเรื่องมลภาวะของเสียงตามเนื้อหาในหนังสือเรียน ซึ่งควรสรุปได้ว่า การที่ได้ยินเสียงอึกทึก หรือเสียงที่ดังมากๆ ติดต่อกันเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดความรำคาญหรือเกิดอันตรายต่อหูได้ จัดว่าเกิดมลภาวะของเสียง ถ้าผู้รับฟังเสียงติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้ประสาทหูของผู้ฟังเสื่อม ปวดศีรษะ หงุดหงิด ซึ่งเป็นผลทำให้บุคลิกภาพเปลี่ยนไป

2.2 ครูให้นักเรียนอภิปรายถึงวิธีป้องกันมลภาวะของเสียง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนพร้อมทั้งให้คำแนะนำเพิ่มเติมซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. กระทรวงมหาดไทย ได้ออกประกาศเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานในบริเวณที่มีเสียงดังโดยมีเกณฑ์ดังแสดงในตาราง 10.3 ในหนังสือเรียน ซึ่งทุกคนที่เกี่ยวข้องควรปฏิบัติตาม

2. ถ้าอยู่ในบริเวณที่มีเสียงดังและจะต้องรับฟังเป็นเวลานาน ควรใช้เครื่องอุดหูหรือเครื่องครอบหู หรือติดตั้งวัสดุเก็บเสียง

3. สำหรับบ้านเรือน โรงเรียนที่อยู่ริมถนนที่มีเสียงดัง ควรสร้างรั้วให้ทึบหรือติดตั้งวัสดุที่ทำให้เสียงสะท้อนไปในทิศอื่นๆ ผนังห้องควรทำด้วยวัสดุที่ดูดกลืนเสียงได้ หรืออาจปลูกต้นไม้ให้หนาแน่นซึ่งเป็นส่วนช่วยดูดกลืนเสียงได้

2.3 ครูให้นักเรียนร่วมอภิปรายจากคำถามดังนี้

– เสียงที่มีความถี่สูง จัดเป็นมลภาวะของเสียงหรือไม่เพราะเหตุใด (เสียงที่มีความถี่สูงที่มีระดับเสียงไม่มากนัก แต่ต้องฟังเป็นเวลานาน เป็นมลภาวะของเสียงเพราะจัดเป็นเสียงที่ก่อความรำคาญ)

– รถจักรยานยนต์หรือรถยนต์ที่ถอดท่อเก็บเสียงออก หรือถูกดัดแปลงท่อไอเสียเพื่อทำให้เกิดเสียงดังมาก เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเขตชุมชนหรือไม่ รถดังกล่าวเพิ่มมลภาวะของเสียงอย่างไร (ไม่เหมาะ กรณีที่ถอดท่อเก็บเสียงออกจะทำให้เครื่องยนต์มีเสียงดังมากจนเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ฟังในชุมชน)

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนสำรวจว่าบริเวณใกล้ๆ โรงเรียนหรือใกล้ๆ บ้านของนักเรียนมีมลภาวะของเสียงหรือไม่ มลภาวะนั้นเกิดจากอะไรและจะแก้ไขได้อย่างไร

10.4.4 หูกับการได้ยิน

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายองค์ประกอบต่างๆ ของการได้ยิน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูจับปลายไม้บรรทัดหรือไม้โพรแทรกเตอร์ที่เป็นพลาสติกบางๆ แล้วสะบัดมือให้ไม้บรรทัดสั่นด้วยความถี่มากขึ้นๆ จนเกิดเสียง ตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายว่านักเรียนได้ยินเสียงไม้บรรทัดสั่นทุกครั้งที่ทำให้ไม้บรรทัดสั่นหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำสู่ข้อสรุปว่า เมื่อสะบัดมือแล้วทำให้ไม้บรรทัดสั่นจะเริ่มได้ยินเสียงเมื่อมีความถี่ของการสั่นมากพอ

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูทบทวนเรื่องการถ่ายโอนพลังงานของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงมาสู่หูผู้ฟัง ทำให้เยื่อแก้วหูสั่น ซึ่งมีผลต่อประสาทการรับรู้

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบของหูตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หรืออาจให้นักเรียนสืบค้นแล้วนำเสนอข้อมูล

2.3 ครูให้ความรู้ว่าการที่จะได้ยินเสียงนอกจากจะขึ้นอยู่กับระดับเสียงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียงอีกด้วย ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความสัมพันธ์ของระดับเสียงในช่วงความถี่ที่คนสามารถรับรู้ได้ จากรูป 10.15 และจากการตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งควรได้ข้อสรุปดังนี้

1. เสียงที่ได้ยินมีความถี่ประมาณ 20 – 20 000 เฮิรตซ์
2. คนจะได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่ต่ำๆ เมื่อระดับเสียงมีค่ามากพอ
3. คนจะได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่สูงๆ โดยเสียงนั้นมีระดับเสียงน้อย ๆ ก็ได้
4. กราฟเส้นล่าง แสดงขีดเริ่มของการได้ยิน เช่น ที่ความถี่ 100 เฮิรตซ์ คนปกติจะสามารถได้ยินเสียงนั้นเมื่อระดับเสียงมีค่าในช่วง 40 – 120 เดซิเบล ถ้าระดับความเข้มเสียงต่ำกว่า 40 เดซิเบล จะไม่ได้ยินเสียง
5. กราฟเส้นบนแสดงขีดเริ่มของความเจ็บปวด ซึ่งแทนขอบเขตของระดับเสียงสูงสุดของการได้ยิน
6. พื้นที่ล้อมรอบด้วยกราฟเส้นบนและเส้นล่างแสดงขอบเขตของการได้ยิน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนสืบค้นและอภิปรายร่วมกันว่า ถ้าอยู่ในบริเวณที่มีเสียงดัง และจะต้องรับฟังเป็นเวลานาน จะเป็นอันตรายต่อหูอย่างไรและมีวิธีแก้ไขหรือป้องกันอย่างไร

10.4.5 เวลาก้องเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายลักษณะการก้องของเสียงและเวลาก้องเสียงได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า เมื่อร้องเพลงดังๆ ในห้องน้ำหรือตะโกนลงไปในโอ่งน้ำจะได้ยินเสียงเป็นอย่างไร เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าเสียงที่ได้ยินเป็นเสียงก้อง

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับเวลาก้องเสียงตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนอภิปรายว่าทำไมห้องโล่งๆ จึงเกิดเสียงก้องได้ดีกว่าห้องที่มีเฟอร์นิเจอร์

10.5 เสียงดนตรี

10.5.1 ระดับสูงต่ำของเสียง

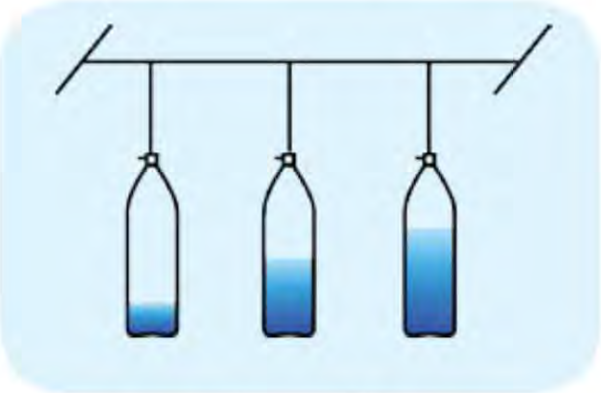
จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายได้ว่าระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นกับความถี่ของเสียง

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูทำการสาธิตเรื่องระดับสูงต่ำของเสียงดนตรีโดยใช้กิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ตัวอย่างเช่น

- นำน้ำใส่ขวดหลายๆ ขวดโดยให้ระดับน้ำไม่เท่ากัน แล้วแขวนไว้



รูป 10.9 ขวดที่มีระดับน้ำในขวดไม่เท่ากัน

ตีข้างขวด ขวดใดขวดหนึ่งทำให้เกิดเสียง แล้วตีข้างขวดอันถัดไป โดยก่อนที่จะตีให้นักเรียนทำนายว่าเสียงที่ได้ยินจะสูงหรือต่ำกว่าเสียงที่ได้ยินจากขวดแรก (ขวดที่มีน้ำมากจะให้เสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงต่ำ)

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้รูป 10.17 ในหนังสือเรียนประกอบการอภิปรายซึ่งควรได้ข้อสรุปคือ

1. การได้ยินนอกจากจะขึ้นอยู่กับความเข้มเสียงและระดับเสียงแล้วยังขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียงด้วย
2. มนุษย์ได้ยินเสียงที่อยู่ในช่วงความถี่หนึ่งเท่านั้น คืออยู่ระหว่างช่วงความถี่ 20 – 20 000 เฮิรตซ์
3. คลื่นใต้เสียงเป็นคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ และคลื่นเหนือเสียงเป็นคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 20 000 เฮิรตซ์ มนุษย์จะไม่ได้ยินคลื่นใต้เสียงและคลื่นเหนือเสียง
4. สัตว์แต่ละชนิดจะได้ยินเสียงในช่วงความถี่แตกต่างกัน
5. แหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ ให้เสียงในช่วงความถี่แตกต่างกัน
6. สำหรับคน สามารถเปล่งเสียงในช่วงความถี่ 100 – 8 000 เฮิรตซ์
7. ระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นกับความถี่ของเสียง เสียงทุ้มเป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำ เสียงแหลมเป็นเสียงที่มีความถี่สูง

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งระดับสูงต่ำของเสียงว่าแบ่งตามความถี่ของเสียง เสียงที่มีความถี่ต่ำ เรียกว่าเสียงทุ้ม เสียงที่มีความถี่สูง เรียกว่าเสียงแหลม การจัดแบ่งระดับสูงต่ำของเสียงมีหลายวิธี เช่น การแบ่งระดับสูงต่ำของเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์ตามตาราง 10.4 ในหนังสือเรียน หรือแบ่งระดับเสียงดนตรีทางวิชาดนตรี ตามตาราง 10.5 ในหนังสือเรียน

2.3 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับเสียงคู่แปดโดยเน้นว่า อัตราส่วนระหว่างความถี่ของเสียงคู่แปดนี้จะเป็น 2 : 1 เช่น C' เป็นเสียงคู่แปดของ C ดังนั้น C' จะมีความถี่ของเสียงเป็น 2 เท่าของความถี่ของเสียง C

2.4 ครูให้ความรู้ว่าการแบ่งความถี่ของเสียงทางวิชาดนตรีของแต่ละชาติก็แตกต่างกัน จึงเป็นผลทำให้เสียงดนตรีของแต่ละชาติมีเอกลักษณ์ของตนเอง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนประดิษฐ์เครื่องดนตรีขวดที่ให้เสียงความถี่ต่างๆ กัน แล้วนำมาทำให้เกิดเสียงเพลงตามโน้ตดนตรี

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 9 – 10 และปัญหาข้อ 8

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ช่วงระดับสูงต่ำของเสียงดนตรีที่แสดงด้วยตัวโน้ตในตาราง 10.5 ในหนังสือเรียนนั้นยังมีช่วงระดับสูงต่ำของเสียงที่สูงกว่า หรือต่ำกว่าเสียงนั้นๆ ดังตาราง 10.2 โดยเสียงดนตรีที่มีช่วงระดับสูงต่ำของเสียงต่ำกว่าคู่แปดกลางจะเรียกว่าคู่แปดต่ำ และเสียงดนตรีที่มีระดับสูงต่ำของเสียงสูงกว่าคู่แปดกลางเรียกว่า คู่แปดสูง ในแต่ละช่วง 1 ช่วงเสียงคู่แปด จะใช้ตัวโน้ตดนตรีตัวเดียวกัน โดยทำเครื่องหมายกำกับไว้ เช่นเสียงโด ที่อยู่ในช่วงเสียงคู่แปดต่ำ 1 ขั้น จะเขียนว่า C_1 และเสียงโดที่อยู่ในช่วงเสียงคู่แปดสูงกว่า 1 ขั้น จะเรียกว่า C' เป็นต้นซึ่งแสดงให้เห็นดังตาราง 10.2

ตาราง 10.2 ความถี่เสียงของดนตรีในช่วงระดับสูงต่ำของเสียงคู่แปด

โน้ต	C(โด)	D(เร)	E(มี)	F(ฟา)	G(ซอล)	A(ลา)	B(ที)	C′(โด)
คู่แปดต่ำกว่า 1 ขั้นความถี่ (Hz)	130.8	146.8	164.8	174.6	196.0	220.0	246.9	261.6
คู่แปดกลาง ความถี่ (Hz)	261.6	293.7	239.6	349.2	392.0	440.0	493.9	523.3
คู่แปดสูงกว่า 1 ขั้นความถี่ (Hz)	523.3	587.3	659.3	698.5	784.0	880.0	987.8	1043.5

10.5.2 คุณภาพของเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าแหล่งกำเนิดเสียงต่างกัน จะให้เสียงต่างกันเพราะคุณภาพของเสียงต่างกัน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำเข้าบทเรียนโดยเปิดเทปเสียงที่อัดเสียงเครื่องดนตรีทีละชนิด เช่น เสียงขลุ่ย เสียงปี่ เสียงไวโอลิน เสียงซอ โดยเล่นเพลงเดียวกันแล้วให้นักเรียนทำนายว่าเป็นเสียงจากเครื่องดนตรีชนิดใด รู้ได้อย่างไร ทำไมเสียงจากเครื่องดนตรีต่างชนิดกันจึงให้เสียงที่แตกต่างกัน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้นักเรียนพิจารณากราฟระหว่างความดันของอากาศกับระยะทางเมื่อคลื่นเสียงความถี่เดียวเคลื่อนที่ผ่านดังรูป 10.18 ในหนังสือเรียน เปรียบเทียบกับกราฟในรูป 10.19 ซึ่งเป็นกราฟความดันของอากาศกับตำแหน่งที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่นเสียงความถี่ f และ $2f$ หรือเสียงความถี่ f $2f$ และ $3f$ โดยได้ว่ากราฟที่ได้จะมีลักษณะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนความถี่และความเข้มเสียงของเสียงแต่ละความถี่

2.2 ครูให้นักเรียนพิจารณากราฟในรูป 10.20 ในหนังสือเรียน ซึ่งเป็นกราฟระหว่างความดันของอากาศกับตำแหน่งของคลื่นเสียงจากไวโอลินซึ่งมีลักษณะที่ดูซับซ้อนกว่ากราฟในรูป 10.19 ครูให้ความรู้ว่าทั้งนี้เป็นเพราะกราฟระหว่างความดันของอากาศที่เปลี่ยนไปกับเวลาของคลื่นเสียงจากไวโอลินเกิดจากการรวมกันของคลื่นเสียงหลายๆ ความถี่นั่นเอง

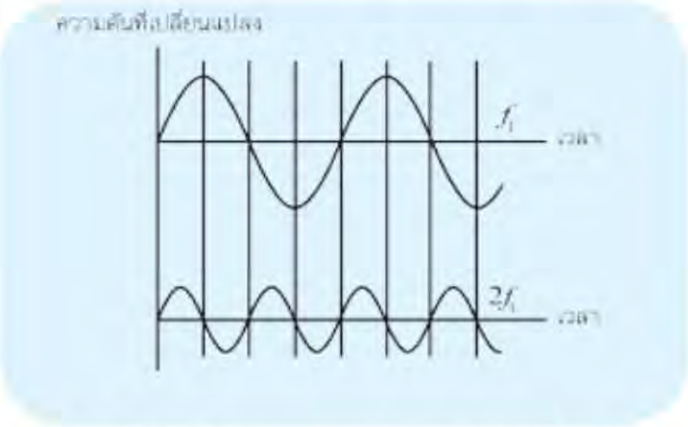
2.3 ครูให้ความรู้ว่าเสียงของเครื่องดนตรี มักประกอบจากคลื่นเสียงหลายๆ ความถี่มารวมกัน โดยแต่ละความถี่จะมีความถี่ที่สูงเป็นจำนวนเท่าของคลื่นเสียงความถี่ต่ำสุด ความถี่ต่ำสุดเรียกว่า ความถี่มูลฐาน หรือ ฮาร์มอนิกที่ 1 ส่วนความถี่อื่นๆ ซึ่งเป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐานจะเป็นฮาร์มอนิกที่ 2, 3,... ตามลำดับ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงสั่น จะให้เสียงซึ่งมีความถี่มูลฐานและฮาร์มอนิกต่างๆ ออกมาพร้อมกัน จำนวนฮาร์มอนิกและความเข้มเสียงของแต่ละฮาร์มอนิกแตกต่างกัน ทำให้ลักษณะของคลื่นเสียงแตกต่างกัน เรียกว่าคุณภาพเสียงต่างกัน

2.4 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า เสียงดนตรีโดยทั่วไปคลื่นเสียงที่ความถี่มูลฐานจะมีความเข้มเสียงมากที่สุด ดังนั้นเมื่อรวมกันหลายๆ ความถี่ เสียงที่ได้ยินจะมีระดับสูงต่ำของเสียงเท่ากับระดับสูงต่ำของเสียงของคลื่นเสียงความถี่มูลฐาน

2.5 ครูให้นักเรียนพิจารณากราฟระหว่างความดันที่เปลี่ยนไปกับเวลาของเสียงไวโอลินและเสียงซอด้วง ดังรูป 10.20 ในหนังสือเรียน ซึ่งมีรูปร่างต่างกัน ดังนั้นเสียงไวโอลินและซอด้วงแม้จะมีระดับสูงต่ำของเสียงเดียวกันแต่ลักษณะของกราฟจะมีความแตกต่างกัน สาเหตุที่ลักษณะของกราฟระหว่างความดันกับตำแหน่งของเสียงไวโอลินและซอด้วงแตกต่างกันนั้น เนื่องมาจากความเข้มเสียงของคลื่นเสียงในแต่ละฮาร์มอนิกที่มารวมกันเป็นเสียงไวโอลินและซอด้วงมีความแตกต่างกัน และการที่กราฟระหว่างความดันกับตำแหน่งของคลื่นเสียงสองเสียงซึ่งมีระดับสูงต่ำของเสียงเดียวกันมีลักษณะไม่เหมือนกัน จึงทำให้เราได้ยินเสียงทั้งสองนั้นแตกต่างกัน ลักษณะที่ต่างกันของเสียงที่กล่าวมานี้เราเรียกว่ามีคุณภาพเสียงแตกต่างกัน ให้นักเรียนสังเกตลักษณะของกราฟของเครื่องดนตรีประเภทต่างๆ ตามรูป 10.21 ในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนอธิบายว่าลักษณะของกราฟแตกต่างกันเพราะเหตุใด

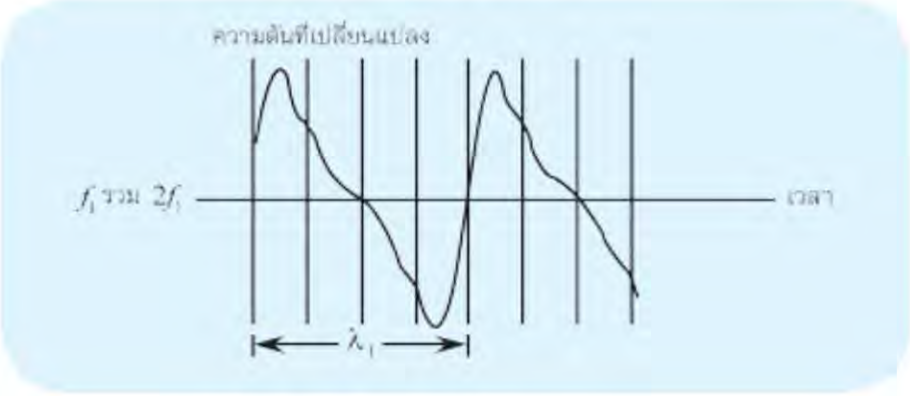
3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงการรวมคลื่น ดังรูป 10.20 ในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาว่า เมื่อมีคลื่นเสียงฮาร์มอนิกหลายๆ คลื่นเสียงมารวมกัน โดยแอมพลิจูดของคลื่นความถี่มูลฐานมีค่ามากที่สุดแล้ว คลื่นรวมจะมีความถี่เท่ากับความถี่มูลฐาน



รูป 10.10 กราฟความดันที่เปลี่ยนไปของอากาศและเวลาที่มีคลื่นเสียงความถี่ f_1 และ $2f_1$ ผ่าน

จากการรวมคลื่นเสียงความถี่ f_1 และ $2f_1$ ในรูป 10.10 ควรจะได้คลื่นรวมเป็นดังรูป 10.11

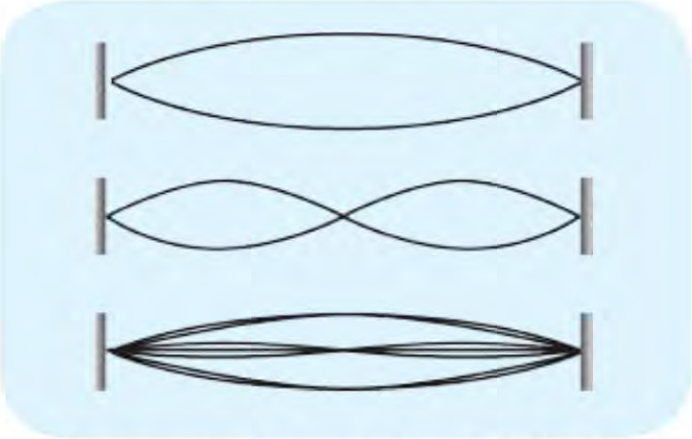


รูป 10.11 การรวมกันของคลื่นที่เป็นฮาร์มอนิก

จากกราฟรูป 10.11 จะเห็นว่าแม้คลื่นรวมจะมีรูปร่างต่างไปจากคลื่นความถี่มูลฐาน f_1 แต่ความยาวคลื่นของคลื่นรวมจะเท่ากับความยาวคลื่นของคลื่นความถี่มูลฐาน f_1 แสดงว่าความถี่ของคลื่นรวมจะเท่ากับความถี่มูลฐานนั่นเอง

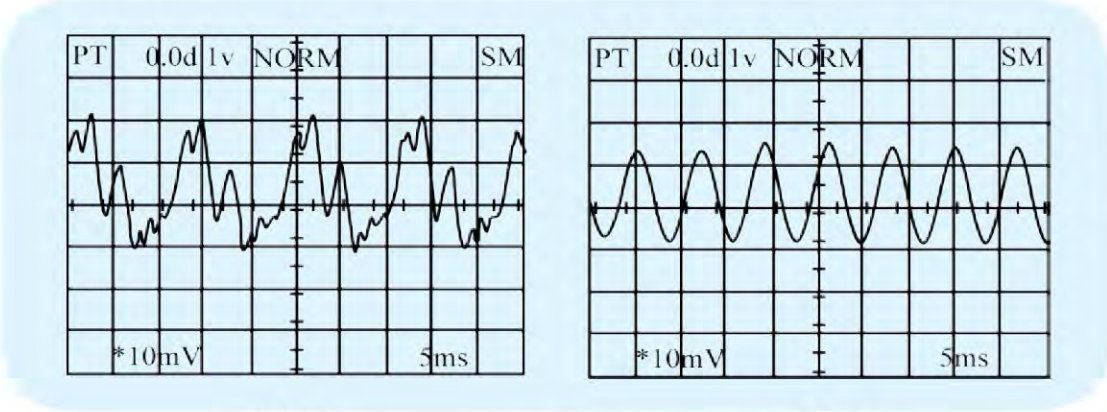
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

1. ขณะที่เครื่องดนตรี เช่น กีตาร์ ให้เสียงดนตรีซึ่งประกอบด้วยความถี่หลายๆ ความถี่ที่เป็นฮาร์มอนิกนั้น การสั่นของสายกีตาร์หรือเส้นเชือกที่ขึงตึงสองปลายเป็นดังรูป 10.12



รูป 10.12 ลักษณะการสั่นของสายกีตาร์หรือเส้นเชือกที่ขึงตึง

2. คุณภาพเสียงของไวโอลินกับเสียงซอด้วง จะต่างกัน โดยพิจารณาจากรูป 10.13 ซึ่งเป็นรูปคลื่นที่ได้จากออสซิลโลสโคป



ไวโอลิน **ซอด้วง**

รูป 10.13 รูปคลื่นของเสียงไวโอลินกับเสียงซอด้วง

ถ้าเราจะต้องหาว่า แต่ละฮาร์มอนิกของเสียงทั้งสองมีค่าแอมพลิจูดเป็นอย่างไร ต้องใช้เครื่องมือที่มี FFT หรือ Fast Fourier Transform วิเคราะห์ สำหรับสาเหตุที่ทำให้เครื่องดนตรีทั้งสองชนิดให้คุณภาพเสียงที่ต่างกันคือ

	ไวโอลิน	ซอด้วง
กล่องเสียง	ทำด้วยไม้	แผ่นหนังขึงบนกระบอกไม้
ปริมาตรกล่อง	มาก	น้อย
สาย	โลหะ	สายไหม
หย่อง	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก

10.5.3 ความถี่ธรรมชาติ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายและยกตัวอย่างความถี่ธรรมชาติได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูนำนอต 3 อันมาผูกกับเส้นด้ายที่มีความยาวต่างกัน แล้วผูกเส้นด้ายกับดินสอ สั่นดินสอเล็กน้อยให้มีความถี่ตรงกับความถี่การแกว่งของนอตตัวที่ต้องการให้แกว่ง โดยครูต้องฝึกหาจังหวะของการสั่นมาก่อน ถ้าต้องการให้นอตที่แขวนกับด้ายเส้นที่ยาวที่สุดแกว่งก็ต้องสั่นดินสอช้าๆ แต่ถ้าต้องการให้นอตตัวที่แขวนกับด้ายเส้นที่สั้นที่สุดแกว่งก็ต้องสั่นเร็วๆ โดยนอตตัวอื่นจะไม่แกว่งเลย ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น โดยยังไม่ต้องสรุปผลการอภิปราย

1.2 ครูอาจนำภาพหรือวิดีทัศน์เกี่ยวกับการสั่นพ้องของสะพานทาโคมา มาให้นักเรียนดู

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 10.1 ความถี่ธรรมชาติ

กิจกรรม 10.1 ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของความถี่ธรรมชาติ
2. ศึกษาการสั่นหรือแกว่งของวัตถุที่ถูกบังคับให้สั่นหรือแกว่งด้วยแรงภายนอกที่มีความถี่ต่างๆ กัน

เวลาที่ใช้ 60 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. ลูกตุ้มขนาดเล็ก	6 ลูก
2. ลูกตุ้มขนาดใหญ่	1 ลูก
3. เชือกยาวประมาณ 60 cm	1 เส้น
4. เชือกที่มีความยาวต่างๆ กัน	6 เส้น

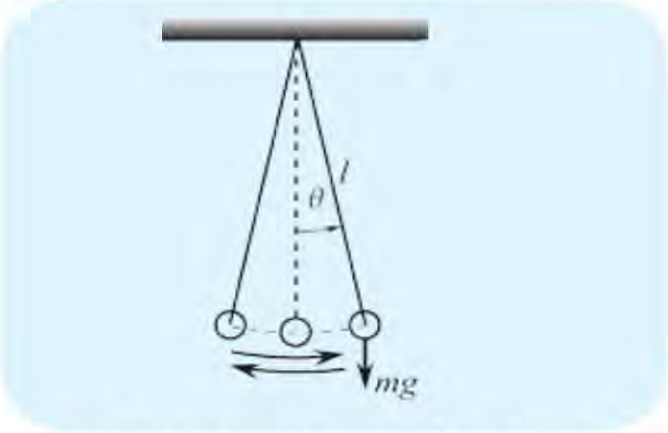
รูป 10.14 ลูกตุ้มแขวนไว้กับเส้นเชือกที่มีความยาวต่างๆ กัน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อแกว่งลูกตุ้มลูกใหญ่ ลูกตุ้มลูกเล็กทุกลูกจะแกว่ง แต่ลูกตุ้มที่ผูกกับเชือกที่มีความยาวเท่ากับความยาวของเชือกที่ผูกกับลูกตุ้มลูกใหญ่จะแกว่งโดยมีแอมพลิจูดกว้างที่สุด

2.1 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับความถี่ธรรมชาติ คือความถี่ของการแกว่งหรือสั่นโดยอิสระของวัตถุ ความถี่ธรรมชาติของวัตถุบางชนิดมีค่าเดียวบางชนิดมีหลายค่า เช่น ความถี่ธรรมชาติของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา ชิงช้า จะมีเพียงค่าเดียว ส่วนความถี่ธรรมชาติของการสั่นของสายกีตาร์หรือแผ่นเหล็กอาจมีได้หลายค่า

ลูกตุ้มนาฬิกามวล m ที่แขวนด้วยเชือกยาว l เมื่อให้ลูกตุ้มนาฬิกาแกว่งโดยอิสระโดยให้มุมของการแกว่ง θ น้อยมากๆ สามารถหาความถี่ของการแกว่ง f โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายจะได้ว่าความถี่ f ของลูกตุ้มนาฬิกานี้ก็คือ ความถี่ธรรมชาติของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกานั่นเอง



รูป 10.15 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

2.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งโดยความถี่ของแรงที่ทำให้สั่นหรือแกว่งเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น เรียกว่า การสั่นพ้อง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายหาสาเหตุของการแกว่งของนอตที่ติดกับดินสอเมื่อสั่นดินสอ ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า เชือกที่มีความยาวต่างกันจะมีความถี่ธรรมชาติต่างกัน ดังนั้นเมื่อสั่นดินสอด้วยความถี่ที่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของเชือกเส้นใด ก็จะทำให้เชือกเส้นนั้นสั่นด้วย

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ความถี่ธรรมชาติเป็นสมบัติเฉพาะอย่างของวัตถุ หาได้โดยพิจารณาจากการกระทำให้วัตถุนั้นสั่นโดยอิสระ ความถี่ธรรมชาติของวัตถุหนึ่งอาจมีเพียงค่าเดียว หรืออาจมีหลายๆ ค่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุและลักษณะของการสั่นของวัตถุนั้น

10.5.4 การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายปิด

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูเตรียมขวด 2 ใบ ใส่น้ำให้มีระดับน้ำต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนเป่าลมผ่านปากขวด จะเกิดเสียงดังขึ้น โดยเสียงที่ได้ยินจากขวดทั้งสองจะมีระดับสูงต่ำของเสียงไม่เหมือนกัน ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ทำไมจึงได้ยินเสียงดังมากขึ้นและทำไมเสียงทั้งสองจึงมีระดับสูงต่ำของเสียงต่างกัน โดยครูยังไม่ควรสรุปผลการอภิปรายของสาเหตุที่เกิดขึ้น

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนศึกษาเรื่องการสั่นพ้องของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์ จากการทำการทดลอง 10.3

การทดลอง 10.3 การสั่นพ้องของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
ศึกษาการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายปิด

เวลาที่ใช้ 60 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง	1 เครื่อง
2. ลำโพง	1 ตัว
3. หลอดเรโซแนนซ์	1 ชุด
4. สายไฟ	4 – 6 เส้น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ตรวจสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงและลำโพงว่า ให้เสียงที่มีความดังและความถี่สม่ำเสมอหรือไม่ ถ้าไม่สม่ำเสมอ ควรตรวจหัวเสียบหรือรอยต่อของสายไฟว่าแน่นหรือไม่ ปุ่มปรับความดังอยู่ที่ตำแหน่งเหมาะสมหรือไม่

2. ตรวจสอบหลอดเรโซแนนซ์ว่า ลูกสูบกับตัวหลอดเรโซแนนซ์กระชับพอดีหรือไม่ ถ้ามีช่องว่างระหว่างลูกสูบกับตัวหลอดมากให้เปลี่ยนลูกสูบหรือเสริมลูกสูบโดยตัดกระดาษแข็งเป็นรูปวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด มาปิดที่ลูกสูบแทน

3. การวางลำโพงที่ปากหลอดเรโซแนนซ์ ครูแนะนำว่าควรวางห่างจากปากหลอดประมาณ 1 – 3 เซนติเมตร

ตัวอย่างผลการทดลอง

เมื่อเลื่อนลูกสูบจากปากหลอดจะได้ยินเสียงดังค่อยสลับกัน ถ้าเปลี่ยนความถี่เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดังก็จะเปลี่ยนไป โดยเมื่อความถี่ของเสียงสูงขึ้นตำแหน่งของลูกสูบที่ตำแหน่งแรกที่ได้ยินเสียงดังจะมีระยะห่างจากปากหลอดน้อยกว่าเมื่อทดลองกับเสียงความถี่ต่ำ และระยะห่างที่ได้ยินเสียงดังในแต่ละครั้งก็จะมีค่าน้อยกว่าด้วย

2.4 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้ผลการทดลอง และจากคำถามในหนังสือเรียน ควรได้ข้อสรุป ดังนี้

– ความดังของเสียงที่ได้ยินเมื่อเลื่อนลูกสูบไปที่ตำแหน่งต่างๆ จะแตกต่างกัน บางตำแหน่งเสียงดัง บางตำแหน่งเสียงค่อย ตำแหน่งของลูกสูบที่ทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุดมีหลายตำแหน่งขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงที่ใช้

– เมื่อเคลื่อนลูกสูบไปอยู่ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง แล้วทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุดนั้น เป็นผลเนื่องมาจากความถี่ของเสียงจากลำโพงมีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของลำอากาศในหลอดพอดี ทำให้อนุภาคอากาศสั่นแรงที่สุด ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การสั่นพ้องของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์

2.5 ให้นักเรียนทำการทดลอง 10.4 เพื่อวัดความยาวคลื่นเสียง

การทดลอง 10.4 การวัดความยาวคลื่นเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
ศึกษาวิธีการวัดความยาวคลื่นเสียงโดยอาศัยปรากฏการณ์การสั่นพ้องของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์

เวลาที่ใช้ 60 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง	1 เครื่อง
2. ลำโพง	1 ตัว
3. หลอดเรโซแนนซ์	1 ชุด
4. สายไฟ	4 – 6 เส้น
5. เทอร์มอมิเตอร์	1 อัน

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 1

อุณหภูมิของอากาศขณะที่ทำการทดลอง 28°C

อัตราเร็วของเสียงในอากาศ $v = 331\ \text{m/s} + (0.6\ \text{m/s})\ (28°\text{C})$

$= 347.8\ \text{m/s}$

ความถี่ f (Hz)	ความยาวคลื่นเสียง $\lambda = \frac{v}{f}$ (cm)	$\frac{\lambda}{2}$ (cm)
1 000	34.8	17.4
2 000	17.4	8.7
3 000	11.6	5.8

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 2

ความถี่ (Hz)	ตำแหน่งของลูกสูบขณะที่เกิดการสั่นพ้อง			ระยะห่างของลูกสูบขณะเกิดการสั่นพ้อง 2 ครั้งถัดกัน (cm)		ค่าเฉลี่ย
	x_1(cm)	x_2(cm)	x_3(cm)	$x_2 - x_1$	$x_3 - x_2$	
1 000	8.5	26.5	–	18.0	–	18.0
2 000	4.5	13.5	22.0	9.0	8.5	8.3
3 000	2.9	8.5	14.0	5.6	5.5	5.6

ข้อสังเกต 1. สำหรับความถี่ของเสียง 1 000 เฮิรตซ์ บันทึกตำแหน่ง x ได้ 2 ค่า

2. สำหรับความถี่ของเสียงอื่นๆ บันทึกตำแหน่ง x ได้ 3 ค่า

2.6 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองตามแนวคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งควรได้ข้อสรุป ดังนี้

1. ระยะระหว่างตำแหน่งของลูกสูบที่อยู่ถัดกัน เมื่อได้ยินเสียงดังที่สุดจะมีค่าเปลี่ยนไป ถ้าความถี่เปลี่ยนไป
2. เปรียบเทียบความยาวคลื่นที่ได้จากการคำนวณในตอนที่ 1 กับการหาโดยการสั่นพ้องเสียงเมื่อความถี่เท่ากันจะได้ว่า ระยะระหว่างลูกสูบที่อยู่ถัดกันเมื่อได้ยินเสียงดังมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียง

2.7 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 10.24 ในหนังสือเรียนประกอบการอภิปราย ซึ่งควรสรุปได้ ดังนี้

1. ขณะที่เกิดการสั่นพ้อง คือ การได้ยินเสียงดังที่สุดนั้นจะเกิดการแทรกสอดระหว่างคลื่นเสียงจากลำโพง และเสียงที่สะท้อนจากลูกสูบทำให้เกิดคลื่นนิ่ง
2. คลื่นนิ่งของเสียงในหลอดเรโซแนนซ์ ขณะที่เกิดการสั่นพ้องของอากาศในหลอด อนุภาคของอากาศที่อยู่ชิดกับลูกสูบจะไม่เคลื่อนที่ ส่วนอนุภาคของอากาศที่อยู่บริเวณปากหลอดจะสั่นไปมาออกจากตำแหน่งเดิมได้ระยะทางมากที่สุดและมีการกระจัดสูงสุดเท่ากับแอมพลิจูดของเสียงที่ได้ยินในขณะนั้น

ในการอธิบายกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคอากาศกับตำแหน่งในหลอดเรโซแนนซ์ จะต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับคลื่นนิ่งมาประกอบคำอธิบาย โดยชี้ให้เห็นว่าปลายปิดของหลอดเรโซแนนซ์จะเป็นบัพของการกระจัดของคลื่นนิ่ง ส่วนปลายด้านเปิดของหลอดจะเป็นปฏิบัพของการกระจัดของคลื่นนิ่ง อนุภาคของอากาศในบริเวณนี้จะเคลื่อนไหวมากที่สุด ดังนั้น ลำอากาศในหลอดเรโซแนนซ์จะต้องมีความยาวพอเหมาะกับความยาวของคลื่นเสียง จึงจะทำให้เกิดบัพของการกระจัดที่ปลายปิดและปฏิบัพของการกระจัดที่ปลายเปิด

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการได้ยินเสียงดังมากขึ้นเมื่อเป่าลมผ่านปากขวดว่า เพราะเกิดการสั่นพ้องของลำอากาศในขวด และการได้ยินระดับสูงต่ำของเสียงจากขวดทั้งสองต่างกันเป็นเพราะความถี่ธรรมชาติของลำอากาศในขวดทั้งสองต่างกัน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท ปัญหาข้อ 9 – 12

10.6 การบีตและคลื่นนิ่งของเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายการเกิดบีตและการเกิดคลื่นนิ่งได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูใช้กิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน เรื่องบีต

1.1 ให้นักเรียนพิจารณารูป 10.25 ในหนังสือเรียน โดยครูอาจใช้คำถาม ดังนี้

1. เสียงความถี่ f_1 และ f_2 แตกต่างกันอย่างไร
2. เมื่อเสียงความถี่ f_1 และ f_2 มาซ้อนทับกันจะได้เสียงเป็นอย่างไร

1.2 ครูสาธิตเสียงบีตให้นักเรียนฟังโดยใช้ไม้เคาะขันทองเหลืองให้เกิดเสียงแล้ววนไม้ไปรอบๆ ปากขัน และให้นักเรียนสังเกตลักษณะของเสียงที่เกิดขึ้นเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ให้นักเรียนศึกษาเรื่องการเกิดบีตของเสียงจากการทดลอง 10.5

การทดลอง 10.5 การเกิดบีตของเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
ศึกษาผลของการซ้อนทับระหว่างคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย

เวลาที่ใช้ 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง	2 เครื่อง
2. ลำโพง	2 ตัว
3. สายไฟ	4 เส้น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ลำโพงเสียงไม่ควรวางห่างกันเกิน 30 เซนติเมตร
2. ครูให้นักเรียนทดลองฟังเสียงจากลำโพงแต่ละตัวก่อนว่า เมื่อหมุนปุ่มปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงจาก 0.9 – 1.0 กิโลเฮิรตซ์แล้ว เสียงที่ได้ยินจะดังสม่ำเสมอไม่ขาดเป็นห้วงๆ
3. แต่ละกลุ่มที่ทำการทดลองควรอยู่ห่างกัน เพื่อไม่ให้เกิดเสียงรบกวน
4. ปรับความดังของเสียงให้เหมาะสมพอได้ยินในกลุ่มเท่านั้น

ตัวอย่างผลการทดลอง

1. เสียงที่ได้ยินจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยจะเป็นเสียงที่ดังและค่อยสลับกันเป็นจังหวะคงตัว
2. จากการทำการทดลองและอภิปรายร่วมกัน และการศึกษาตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ควรได้ข้อสรุปว่า
    1. การที่ได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยเป็นเสียงดังค่อยสลับกันไป เรียกว่า การบีตของเสียง
    2. ปกติมนุษย์จะสามารถจำแนกเสียงบีตที่ได้ยินเป็นจังหวะ ซึ่งจะมีความถี่บีตไม่เกิน 7 เฮิรตซ์

2.2 ให้ความรู้เกี่ยวกับความถี่บีต ซึ่งหาได้จากสมการ (10.8) ในหนังสือเรียนและชี้ให้เห็นว่า การบีตไม่จำเป็นต้องเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงประเภทเดียวกัน รวมทั้งการใช้ประโยชน์ของการบีตหาความถี่ของเครื่องดนตรีแต่ละชนิดโดยเทียบความถี่ของเสียงจากหลอดเทียบเสียงมาตรฐานตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.3 ครูตั้งประเด็นให้ผู้เรียนอภิปรายว่า การได้ยินเสียงดังค่อยที่เกิดจากการบีตและจากคลื่นนิ่งของเสียงแตกต่างกันอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรม 10.2

กิจกรรม 10.2 คลื่นนิ่งของเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
ศึกษาคลื่นนิ่งของเสียง

เวลาที่ใช้ 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์

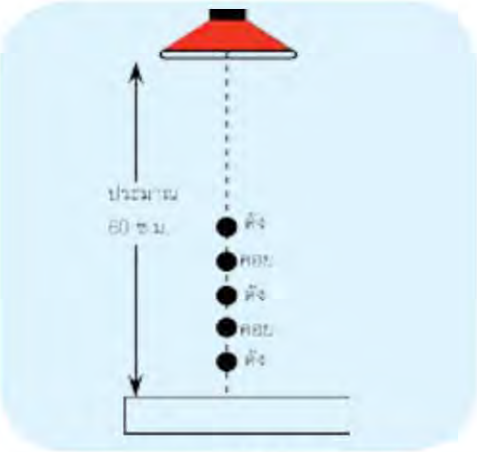
รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง	1 เครื่อง
2. ลำโพง	1 ตัว
3. สายไฟ	4 เส้น
4. ชุดขาตั้ง	1 ชุด

แนะนำก่อนการทำกิจกรรม

1. ให้ลำโพงเสียงอยู่ห่างจากพื้นโต๊ะประมาณ 50 – 70 เซนติเมตร และต้องจัดลำโพงให้อยู่นิ่ง
2. พื้นโต๊ะควรแข็งและเรียบ
3. ถ้ารับฟังเสียงระหว่างลำโพงกับพื้นโต๊ะไม่ชัดเจนควรปรับตำแหน่งลำโพง

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ผลการได้ยินเสียง ณ ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างลำโพงกับพื้นโต๊ะ ดังรูป 10.16



รูป 10.16 คลื่นนิ่งของเสียง

2.4 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามท้ายกิจกรรมในหนังสือเรียนประกอบจนได้ข้อสรุปดังนี้

1. เสียงดังและเสียงค่อยที่ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างพื้นโต๊ะกับลำโพงนั้นเกิดจากการซ้อนทับของเสียงที่ออกจากลำโพงกับเสียงที่สะท้อนจากพื้นโต๊ะ ทำให้เกิดปรากฏการณ์การแทรกสอดมีลักษณะเป็นคลื่นนิ่ง
2. ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดังมีการแทรกสอดแบบเสริมและตำแหน่งนั้นจะเป็นปฏิบัพของความดันส่วนตำแหน่งที่เสียงค่อยจะมีการแทรกสอดแบบหักล้างและตำแหน่งนั้นจะเป็นบัพของความดัน
3. ขณะที่เกิดคลื่นนิ่งของเสียง ระยะระหว่างบัพของความดันคู่หนึ่งที่อยู่ถัดกันมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียง

2.5 ครูให้ความรู้ว่า การแทรกสอดของคลื่นเสียงนี้เป็นการแทรกสอดของคลื่นจากแหล่งกำเนิดเสียงเดียวกันไปสะท้อนแล้วเคลื่อนที่สวนทางกัน ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการเกิดคลื่นนิ่งบนเส้นเชือกที่ถูกตรึงปลายข้างหนึ่งไว้ เราจึงเรียกคลื่นรวมที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่นเสียงจากลำโพงกับคลื่นเสียงที่สะท้อนจากพื้นโต๊ะว่าเป็นคลื่นนิ่งเช่นกัน

2.6 ให้นักเรียนสรุปความแตกต่างเสียงดังค่อยในการบีตของเสียงและเสียงดังค่อยจากการแทรกสอดจากคลื่นนิ่งของเสียง ซึ่งควรสรุปได้ว่า เสียงดังและค่อยในการบีตของเสียงนี้จะเป็นจังหวะเปลี่ยนตามเวลา ส่วนเสียงดังและค่อยในการทดลองการแทรกสอดของเสียงจะเปลี่ยนตามตำแหน่งที่รับฟัง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนใช้ประโยชน์จากการบีตของเสียง โดยครูอาจนำเครื่องดนตรี เช่น กีตาร์ ไวโอลิน ซอด้วง ฯลฯ มาเทียบเสียงกับหลอดเทียบเสียงโดยให้นักเรียนคนหนึ่งเป่าหลอดเทียบเสียง ส่วนอีกคนหนึ่งดีดสายกีตาร์พร้อมกับหมุนปุ่มปรับความตึงของสายกีตาร์ไปเรื่อยๆ เมื่อความถี่เสียงของกีตาร์เกือบเท่ากับความถี่เสียงของหลอดเทียบเสียงจะมีการบีตของเสียงเกิดขึ้นเมื่อหมุนปุ่มปรับความตึงของสายกีตาร์อีกเล็กน้อย การบีตของเสียงจะหายไป แสดงว่าความถี่เสียงจากสายกีตาร์เท่ากับความถี่เสียงของหลอดเทียบเสียง

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำถามท้ายบท ข้อ 11–13 และปัญหาข้อ 13–15

10.7 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายลักษณะและเงื่อนไขของการเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก พร้อม ยกตัวอย่างอันตรายที่เกิดจากคลื่นกระแทก

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการตั้งปัญหาให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่อยู่นิ่ง และที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น เสียงหวูดรถไฟขณะแล่นเข้าสู่สถานี เสียงไซเรนของรถดับเพลิงที่กำลังแล่นใกล้เข้ามาและผ่านไป เสียงที่ได้ยินแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งครูยังไม่ควรสรุปผลของการอภิปราย

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 สาธิตการเกิดคลื่น โดยนำถาดคลื่นไปตั้งไว้บนเครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ จากนั้นจึงทำการสาธิตตามรายละเอียดในหนังสือเรียน เน้นให้สังเกตลักษณะของหน้าคลื่นที่เกิดขึ้นในขณะที่แหล่งกำเนิดคลื่นอยู่นิ่ง และกำลังเคลื่อนที่ ให้นักเรียนอภิปรายถึงความแตกต่างของหน้าคลื่นทั้งสองกรณี ชี้ให้เห็นว่าความยาวคลื่นที่ด้านหน้าและด้านหลังของแหล่งกำเนิดคลื่นไม่เท่ากันและไม่เท่ากับความยาวคลื่นจากแหล่งกำเนิดที่อยู่นิ่งด้วย

2.2 ครูนำอภิปรายจนสรุปได้ว่า เมื่ออัตราเร็วของคลื่นคงตัว และความยาวของคลื่นด้านหน้าสั้นกว่าความยาวของคลื่นด้านหลังของแหล่งกำเนิดคลื่น แสดงว่า ความถี่ปรากฏของคลื่นด้านหน้าจะสูงกว่าด้านหลังของแหล่งกำเนิดคลื่น

2.3 ครูเปรียบเทียบให้เห็นว่า ถ้าคลื่นน้ำในถาดคลื่นเป็นคลื่นเสียงและแหล่งกำเนิดคลื่นเป็นแหล่งกำเนิดเสียง เราจะได้ยินเสียงที่ด้านหน้าและด้านหลังของแหล่งกำเนิดเสียงที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความถี่ที่แตกต่างกัน คือ ได้ยินเสียงมีความถี่สูงขึ้น หรือต่ำลงกว่าเดิมตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง

2.4 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงหยุดนิ่ง แต่ผู้ฟังมีการเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากแหล่งกำเนิดเสียง จะได้ยินเสียงที่มีความถี่ต่างไปจากความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหรือไม่ อย่างไร ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า เมื่อผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงที่หยุดนิ่งจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงขึ้น และถ้าผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงจะได้ยินเสียงความถี่ต่ำลง

2.5 ครูสาธิตการเกิดคลื่นกระแทก โดยครูลากปลายดินสอให้เร็วขึ้นเป็นลำดับ อัตราเร็วให้เกิดหน้าคลื่นดังรูป 10.29 ก–ง ในหนังสือเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายตามแนวคำถามในหนังสือเรียน จนได้ข้อสรุปว่า เมื่ออัตราเร็วของแหล่งกำเนิดคลื่นสูงกว่าอัตราเร็วของคลื่น แหล่งกำเนิดคลื่นจะเคลื่อนที่ผ่านพ้นหน้าคลื่นทุกๆ หน้าคลื่นที่อัดตัวออกไป หน้าคลื่นจะอัดตัวกันในลักษณะที่เป็นหน้าคลื่นวงกลมซ้อนเรียงตัวกันไปตามแนวการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิด ดังรูป 10.30 ในหนังสือเรียน แนวหน้าคลื่นที่อัดตัวกันมีลักษณะเป็นรูปมุมแหลม เรียกว่า หน้าคลื่นกระแทก พลังงานแต่ละหน้าคลื่นจะไปเสริมกันบนหน้าคลื่นกระแทก ด้วยเหตุนี้คลื่นกระแทกจะมีพลังงานมาก

2.6 ครูให้ผู้เรียนช่วยกันยกตัวอย่าง ปรากฏการณ์คลื่นกระแทกที่พบในชีวิตประจำวัน ซึ่งควรได้ตัวอย่างคือ คลื่นกระแทกที่เกิดการแล่นของเรือในน้ำ การว่ายน้ำของเป็ด ครูยกตัวอย่างเพิ่มเติม เช่น คลื่นกระแทกที่เกิดจากเครื่องบินที่บินเร็วกว่าเสียง ลูกกระสุนที่วิ่งผ่านอากาศ

2.7 ครูให้ความรู้ว่าเสียงที่เกิดเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วของคลื่นเสียงนี้ว่า ซอนิกบูม และให้ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากคลื่นกระแทกตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ให้นักเรียนอภิปรายว่าการที่เราได้ยินเสียงไซเรนของรถพยาบาลที่กำลังวิ่งเข้าหาเรามีความดังมากขึ้น เนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด

3.2 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกันว่า ถ้าแหล่งกำเนิดเสียง และผู้ฟังต่างก็เคลื่อนที่จะเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงหรือไม่ อย่างไร

3.3 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกันว่า ในการตรวจวัดความเร็วของพาหนะ ตำรวจจราจรจะใช้คลื่นเรดาร์ส่งไปยังพาหนะและตรวจสอบอัตราเร็วของพาหนะโดยพิจารณาจากความถี่ของคลื่นเรดาร์ที่สะท้อนกลับได้อย่างไร

10.8 การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
บอกคุณสมบัติของเสียงในการนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งคำถาม ถามนักเรียนว่า จากความรู้เรื่องเสียงที่ศึกษามานักเรียนคิดว่าสามารถนำมาอธิบายหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างไร แล้วนำคำตอบที่ได้จากนักเรียนมาอภิปรายร่วมกัน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนศึกษาเรื่อง การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียงตามหัวข้อ 10.8 ในหนังสือเรียน แล้วนำมาอภิปรายร่วมกันหน้าชั้นเรียน โดยที่ครูคอยอธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติม

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้เรื่องเสียงในด้านต่างๆ ที่นอกเหนือจากที่ได้ศึกษาจากในหนังสือเรียนมาสรุปผลเป็นรายงานส่งครูหรือนำมาอภิปรายร่วมกัน

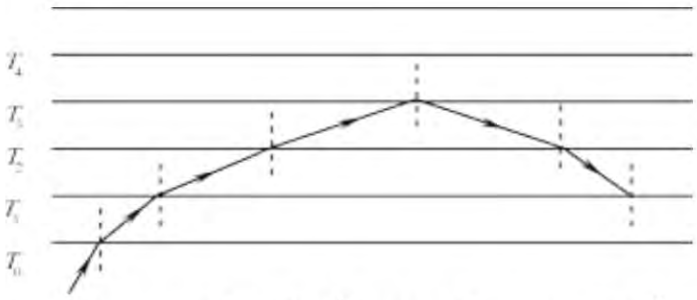
เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 10

คำถาม

10.1 ธรรมชาติและสมบัติของเสียง

1. ในเวลากลางคืน อากาศบริเวณพื้นดินเย็นกว่าอากาศบริเวณที่อยู่สูงขึ้นไป ถ้านักเรียนเป่าขลุ่ย เสียงขลุ่ยจะมีการหักเหอย่างไร จงอธิบายและวาดภาพประกอบ

แนวคำตอบ คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านบริเวณอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังบริเวณอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นไป นั่นคือ อัตราเร็วของเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น คลื่นเสียงจึงหักเหออกจากเส้นแนวฉาก ดังแสดงในรูป



รูป การหักเหของเสียงขลุ่ยเมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนไป

10.2 อัตราเร็วเสียง

2. คนที่มีบ้านพักริมทางรถไฟมักตรวจสอบว่าจะมีขบวนรถไฟผ่านหรือไม่ โดยใช้หูแนบกับรางรถไฟ เพราะเหตุใดจึงทำเช่นนั้น

แนวคำตอบ เนื่องจากเสียงของล้อรถไฟเคลื่อนที่มาตามรางรถไฟได้เร็วกว่าเคลื่อนที่ในอากาศ การใช้หูแนบกับรางรถไฟจึงได้ยินเสียงของรถไฟก่อนเสียงที่เคลื่อนที่มาในอากาศ

3. จะมีวิธีทดสอบได้อย่างไรว่า อัตราเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิหนึ่งๆ มีค่าคงตัว โดยไม่ขึ้นอยู่กับความถี่

แนวคำตอบ อัตราเร็วเสียงในอากาศ หาได้จากการแทรกสอดที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่ง โดยการวัดค่าความยาวคลื่นที่ความถี่ต่างๆ แล้วนำไปคำนวณหาค่าอัตราเร็วเสียงในอากาศได้จากผลคูณระหว่างความถี่กับความยาวคลื่นที่ความถี่นั้นๆ โดยจะได้ว่าเป็นค่าคงตัว ไม่ว่าจะเปลี่ยนความถี่เป็นเท่าใดก็ตาม

10.3 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง

4. ถ้ายานอวกาศ A และยานอวกาศ B อยู่ในบริเวณที่เป็นสุญญากาศ เมื่อยานอวกาศ A เกิดระเบิด คนในยานอวกาศ B จะได้ยินเสียงหรือไม่เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่ได้ยิน เพราะเสียงเป็นคลื่นกลที่ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นเสียง

10.4 ความเข้มเสียงและการได้ยิน

5. ระดับเสียงมากที่สุดกี่เดซิเบลที่มนุษย์ไม่ควรฟังติดต่อกันเกิน 8 ชั่วโมง ตามกฎหมายแรงงาน

แนวคำตอบ 90 เดซิเบล

6. ในบางครั้งเราอาจเรียกสุนัขด้วยการเป่านกหวีดชนิดที่คนไม่ได้ยินเสียง นกหวีดชนิดนี้ ควรให้เสียงความถี่เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ เนื่องจากมนุษย์ได้ยินเสียงในช่วง 20 – 20 000 เฮิรตซ์ และสุนัขได้ยินเสียงในช่วง 15 – 50 000 เฮิรตซ์ ดังนั้นการสร้างนกหวีดเรียกสุนัขโดยให้นกหวีดมีความถี่เสียงอยู่ในช่วง 20 000 ถึง 50 000 เฮิรตซ์ มนุษย์จึงไม่ได้ยินเสียงนกหวีดนี้แต่สุนัขจะได้ยิน

10.5 เสียงดนตรี

7. เล่นไวโอลินและกีตาร์ด้วยเสียง A ความถี่ 440 เฮิรตซ์ แต่เสียงที่ออกมาจากเครื่องดนตรีทั้งสองมีคุณภาพเสียงต่างกัน เป็นเพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เพราะจำนวนฮาร์มอนิกและความเข้มเสียงในแต่ละฮาร์มอนิกของเสียงจากไวโอลินและกีต้าร์แตกต่างกัน เป็นผลทำให้เกิดคลื่นรวมที่มีลักษณะแตกต่างกัน จึงกล่าวได้ว่าเครื่องดนตรีทั้งสอง มีคุณภาพเสียงต่างกันนั่นเอง

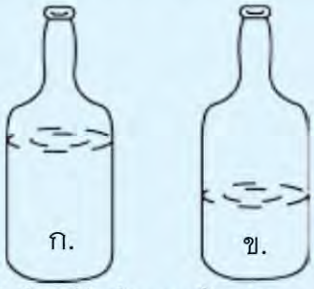
8. ความถี่ต่ำสุดที่เกิดจากเครื่องดนตรีชนิดหนึ่งเรียกว่าอย่างไร

แนวคำตอบ ความถี่ต่ำสุดที่เกิดจากเครื่องดนตรีชนิดหนึ่ง เรียกว่า ความถี่มูลฐาน หรือฮาร์มอนิกที่ 1

9. เพราะเหตุใดเครื่องดนตรีที่มีขนาดใหญ่ จึงให้ระดับสูงต่ำของเสียงต่ำกว่าเครื่องดนตรีประเภทเดียวกันที่ขนาดเล็กกว่า เช่น กลองใบใหญ่กับกลองใบเล็ก เป็นต้น

แนวคำตอบ เพราะวัตถุขนาดใหญ่มวลมาก การทำให้วัตถุที่มีมวลมากสั่นจะสั่นได้ยากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย จึงทำให้ความถี่ธรรมชาติของวัตถุขนาดใหญ่ มีค่าน้อยกว่าความถี่ธรรมชาติของวัตถุประเภทเดียวกันที่มีขนาดเล็กกว่า ดังนั้นกลองใบใหญ่จึงให้ระดับสูงต่ำของเสียงต่ำกว่ากลองใบเล็ก

10. ขวด ก. และ ข. เป็นขวดชนิดเดียวกัน และมีขนาดเท่ากัน แต่มีระดับน้ำในขวดต่างกัน เมื่อใช้ไม้เคาะด้านข้างของขวดทำให้เกิดเสียง ขวดใดมีระดับเสียงสูงกว่า เพราะเหตุใด และถ้าเป่าที่ปากขวดทำให้เกิดเสียง เสียงจากขวดใดจะมีระดับสูงต่ำของเสียงสูงกว่า เพราะเหตุใด



รูป สำหรับคำถามข้อ 10

แนวคำตอบ เมื่อใช้ไม้เคาะข้างขวด ทำให้เกิดการสั่นของระบบจึงทำให้เกิดเสียง ขวดที่มีน้ำน้อยจะสั่นได้ง่ายหรือสั่นโดยมีความถี่ธรรมชาติมากกว่าขวดที่บรรจุน้ำมาก ดังนั้นขวด ข จึงมีระดับสูงต่ำของเสียงสูงกว่าขวด ก แต่เมื่อเป่าที่ปากขวดจะทำให้เกิดการสั่นพ้องกับลำอากาศในขวดทั้งสองเช่นเดียวกับการสั่นพ้องของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์ จึงทำให้เกิดเสียงดัง เนื่องจากขวด ก มีลำอากาศสั้นกว่าขวด ข จึงทำให้ระบบสั่นโดยมีความถี่ธรรมชาติสูงกว่าความถี่ธรรมชาติของขวด ข ดังนั้นขวด ก จึงมีระดับสูงต่ำของเสียงสูงกว่าขวด ข

10.6 การบีตและคลื่นนิ่งของเสียง

11. ไวโอลินสองตัวความถี่ 438 และ 440 เฮิรตซ์ ถ้าสีไวโอลินทั้งสองพร้อมกัน จะเกิดปรากฏการณ์ใดของเสียง

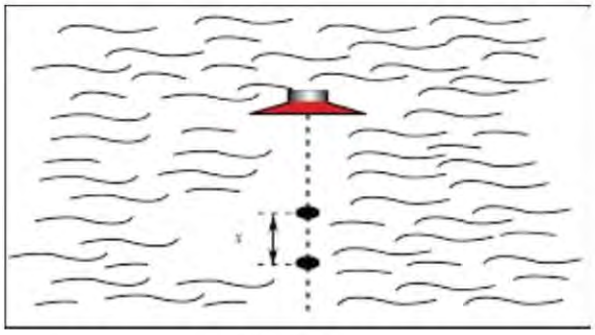
แนวคำตอบ เกิดปรากฏการณ์การบีตของเสียง โดยคลื่นเสียงจากไวโอลินทั้งสองตัวมีความถี่ต่างกันไม่เกิน 7 เฮิรตซ์ เมื่อซ้อนทับกัน จะทำให้ได้ยินเสียงดังและค่อยสลับกันเป็นจังหวะคงตัว

12. เรือลำหนึ่งกำลังแล่นเข้าหาหน้าผา กัปตันเรือเปิดหวูดส่งสัญญาณเสียงด้วยความถี่คงตัว โดยเปิดสัญญาณอย่างต่อเนื่อง เพราะเหตุใดผู้ฟังบนเรือจึงได้ยินเสียงบีต

แนวคำตอบ ขณะที่เรือเคลื่อนที่เข้าหาหน้าผาพร้อมกับเปิดหวูดที่ให้คลื่นเสียงต่อเนื่อง เสียงจึงเคลื่อนที่ไปสะท้อนที่หน้าผากลับมาสู่เรืออีก ขณะเดียวกันนั้นผู้ฟังที่อยู่บนเรือจะได้ยินเสียงสะท้อนที่เคลื่อนที่เข้ามา ทำให้เสียงสะท้อนมีความถี่ปรากฏมากกว่าเดิม และเสียงหวูดที่สะท้อนกับเสียงหวูดเดิมเกิดการซ้อนทับกัน ทำให้เกิดคลื่นเสียงรวมเป็นเสียงบีต ดังนั้นผู้ฟังที่อยู่บนเรือจึงได้ยินเสียงบีต

13. การหาอัตราเร็วของเสียงในของเหลวโดยใช้หลักการของคลื่นนิ่ง ทำได้อย่างไร อธิบาย

แนวคำตอบ ให้วิธีการเช่นเดียวกับกิจกรรม 10.2 คลื่นนิ่งของเสียงในหนังสือเรียน แต่ต้องใช้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ในของเหลวและพื้นใต้ของเหลวควรเป็นวัสดุแข็ง เช่น คอนกรีต ทำการทดลองดังรูป



รูป การทดลองคลื่นนิ่งในของเหลว

หาตำแหน่งที่เสียงดังสองครั้งติดกัน คือ ระยะ x

$$x = \frac{\lambda}{2}$$

เพราะฉะนั้น $\lambda = 2x$

เมื่อทราบความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง f สามารถหาอัตราเร็วของเสียงในของเหลวได้

จากสูตร $v = f\lambda$

$$v = f(2x)$$

ตอบ ดังนั้น ในการทดลอง ต้องหาระยะทางของ 2 ตำแหน่งถัดกันที่ได้ยินเสียงดังที่สุด เท่ากับระยะ x แล้วจึงนำไปคำนวณหาอัตราเร็วเสียงในของเหลว (v) ได้

10.7 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก

14. ในการวัดอัตราเร็วการไหลของเลือดในหลอดเลือด สามารถวัดโดยใช้คลื่นเสียงได้อย่างไร จงอธิบาย

แนวคำตอบ โดยหลักการ คือ ปล่อยเสียงที่มีความถี่ f_1 แล้ววัดความถี่ของเสียงสะท้อน f_2 แล้วนำมาคำนวณหาอัตราเร็วของเม็ดเลือดซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนได้

10.8 การประยุกต์ความรู้เรื่องเสียง

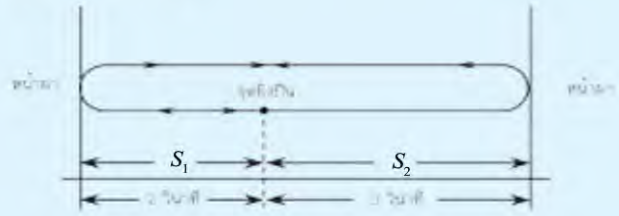
15. นักเรียนคิดว่าเป็นไปได้หรือไม่ ที่จะใช้คลื่นเหนือเสียงทำความสะอาดภาชนะที่สกปรกด้วยฝุ่นละออง คราบไขมัน จงอธิบายเหตุผล

แนวคำตอบ เป็นไปได้ เพราะคลื่นเหนือเสียงจะทำให้อนุภาคของฝุ่นละอองและไขมันสั่นด้วยความถี่สูงมากจนหลุดจากภาชนะ แต่ภาชนะจะไม่สั่น เพราะความถี่ธรรมชาติของภาชนะกับฝุ่นละอองหรือไขมันมีค่าต่างกันมาก

ปัญหา

10.1 ธรรมชาติและสมบัติของเสียง

1. ถ้ายิงปืนระหว่างหน้าผาสองแห่ง ปรากฏว่าได้ยินเสียงสะท้อน 2 ครั้ง หลังจากยิงปืนเป็นเวลา 2 วินาที และ 3 วินาที ตามลำดับ จงหาระยะระหว่างหน้าผาทั้งสอง กำหนดอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 40 องศาเซลเซียส อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเท่ากับ 331 เมตรต่อวินาที และเพิ่มขึ้น 0.6 เมตรต่อวินาที ทุก 1 องศาเซลเซียส



รูป สำหรับปัญหาข้อ 1

วิธีทำ อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 0°C เท่ากับ 331 เมตรต่อวินาที และเพิ่มขึ้น 0.6 เมตรต่อวินาที ทุกๆ 1°C นั้น สามารถเขียนสมการได้ว่า

$$v = 331 + 0.6\,t$$

เมื่อ $t = 40°C$ $\quad v = 331 + 0.6\,(40)$

$$v = 355 \text{ m/s}$$

ให้จุดที่ยิงปืนอยู่ห่างจากหน้าผาเป็นระยะ s_1 เมตร และ s_2 เมตร ดังรูป คลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปสะท้อนกลับที่หน้าผาด้านซ้าย ได้ระยะทาง $2s_1$ เมตร ในเวลา 2 วินาที

ระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ = อัตราเร็วเสียง x เวลา

$$2s_1 = (355 \text{ m/s})\,(2 \text{ s})$$

$$s_1 = 355 \text{ m}$$

คลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปสะท้อนกลับที่หน้าผาด้านขวา ได้ระยะทาง $2s_2$ เมตร ในเวลา 3 วินาทีเพราะฉะนั้น

$$2s_2 = (355 \text{ m/s})\,(3 \text{ s})$$

$$s_2 = 532.5 \text{ m}$$

หน้าผาทั้งสองอยู่ห่างกัน $= s_1 + s_2 = 355\text{m} + 532.5 \text{ m}$

$$= 887.5 \text{ m}$$

ตอบ หน้าผาทั้งสองอยู่ห่างกัน 887.5 เมตร

10.2 อัตราเร็วของเสียง

2. จงหาความยาวคลื่นของเสียงซึ่งมีความถี่ 1 000 เฮิรตซ์ ขณะคลื่นเสียงผ่านอากาศ น้ำและเหล็กที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเท่ากัน กำหนดให้อัตราเร็วของเสียงในอากาศ น้ำและเหล็กที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 343 1 482 และ 5 941 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

วิธีทำ จากสูตร $\lambda = \dfrac{v}{f}$

ความยาวคลื่นเสียงในอากาศ $\lambda_1 = \dfrac{343 \text{ m/s}}{1\,000 \text{ s}^{-1}} = 0.34 \text{ m}$

ความยาวคลื่นเสียงในน้ำ $\lambda_2 = \dfrac{1\,482 \text{ m/s}}{1\,000 \text{ s}^{-1}} = 1.48 \text{ m}$

ความยาวคลื่นเสียงในเหล็ก $\lambda_3 = \dfrac{5\,941 \text{ m/s}}{1\,000 \text{ s}^{-1}} = 5.94 \text{ m}$

ตอบ ความยาวคลื่นของเสียงซึ่งมีความถี่ 1 000 เฮิรตซ์ ขณะคลื่นเสียงผ่านอากาศ น้ำและเหล็ก มีค่าเป็น 0.34 เมตร 1.48 เมตร 5.94 เมตร ตามลำดับ

3. เครื่องโซนาร์บนเรือลำหนึ่งส่งคลื่นดลของเสียงลงไปใต้ท้องทะเล และรับฟังสะท้อนได้ในเวลา 5 วินาที ถ้าอัตราเร็วของเสียงในน้ำทะเลเท่ากับ 1 450 เมตรต่อวินาที ท้องทะเลนั้นลึกเท่าใด

วิธีทำ สมมติให้ท้องทะเลลึก h เมตร

เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ลงไปและสะท้อนกลับขึ้นมาที่ผิวน้ำจะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง $2h$ เมตร

จาก อัตราเร็วเสียง $= \dfrac{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่}}{\text{เวลา}}$

หรือ ระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ = อัตราเร็วเสียง x เวลา

$$2h = (1\,450 \text{ m/s})\,(5 \text{ s})$$

$$h = 3\,625 \text{ m}$$

ตอบ ท้องทะเลลึก 3 625 เมตร

10.4 ความเข้มเสียงและการได้ยิน

4. หวูดรถไฟมีกำลังเสียง 20 วัตต์ ถ้าคลื่นเสียงจากหวูดรถไฟแผ่หน้าคลื่นออกไปเป็นรูปทรงกลม จงหาความเข้มเสียงที่ผิวทรงกลม ซึ่งอยู่ห่างออกไปจากหวูดรถไฟ 150 เมตร

วิธีทำ จากสูตร $I = \dfrac{P}{4\pi r^2}$

P = กำลังของหวูดรถไฟ = 20 W

$4\pi r^2$ = พื้นที่ผิวหน้าทรงกลมที่มีรัศมี 150 m

I = ความเข้มเสียง

แทนค่าในสูตร $I = \dfrac{20\ \text{W}}{4\,(3.14)\,(150\text{m})^2}$

$I = 7.07 \times 10^{-5}\ \text{W/m}^2$

ตอบ ความเข้มเสียงมีค่าเท่ากับ 7.07×10^{-5} วัตต์ต่อตารางเมตร

5. นาย ก. เห็นพลุแตกกลางอากาศเหนือศีรษะเขาขึ้นไป 80 เมตร ขณะเดียวกันนาย ข. ซึ่งอยู่ห่างจากนาย ก. ตามแนวราบ เป็นระยะทาง 60 เมตร ก็เห็นพลุแตกเช่นกัน ความเข้มของเสียงพลุที่นาย ข. ได้รับเป็นกี่เท่าของความเข้มของเสียงพลุที่นาย ก. ได้รับ

วิธีทำ จากสูตร $I = \dfrac{P}{4\pi r^2}$

ความเข้มเสียงที่นาย ก. ได้รับ $I_{ก} = \dfrac{P}{4\pi\,(80\text{m})^2}$

ความเข้มเสียงที่นาย ข. ได้รับ $I_{ข} = \dfrac{P}{4\pi\,(100\text{m})^2}$

$\dfrac{I_{ก}}{I_{ข}} = \dfrac{(100\text{m})^2}{(80\text{m})^2}$

$I_{ข} = 0.64\, I_{ก}$

ตอบ ความเข้มเสียงที่นาย ข. ได้รับเป็น 0.64 เท่าของความเข้มเสียงที่นาย ก. ได้รับ

6. รถยนต์ที่วิ่งบนทางด่วนพิเศษสายหนึ่ง ทำให้เกิดเสียงที่มีระดับเสียง 90 เดซิเบล ที่ระยะห่างจากถนน 20 เมตร นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรจึงจะทำให้ได้ยินเสียงนี้โดยมีระดับเสียงลดลง

แนวคำตอบ วิธีการที่ทำให้ระดับเสียงลดลง

1. ใช้ที่ครอบหู หรือใช้สำลีอุดหูไว้
2. สร้างกำแพงที่ทำด้วยวัสดุดูดกลืนเสียง
3. ปลูกต้นไม้ให้มีจำนวนมาก เพราะใบไม้มีส่วนที่จะดูดกลืนพลังงานของเสียงและทำให้เสียงผ่านได้ยากอีกด้วย

10.5 เสียงดนตรี

7. เมื่อเป่าแซกโซโฟนตัวหนึ่งให้เกิดเสียงมีความถี่มูลฐาน 440 เฮิรตซ์ พร้อมกับฮาร์มอนิกที่ 3 5 9 และ 11 จงหาความถี่ทั้งหมดของเสียงที่เป่าจากแซกโซโฟนขณะนั้น

วิธีทำ

สำหรับแซกโซโฟนเป็นท่อปลายเปิด 2 ด้าน มีสมการของความถี่ต่างๆ ที่เกิดคลื่นสั่นพ้องคือ

$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

ฮาร์โมนิกที่ 1 คือ $f_1 = \frac{v}{2L} = 440 \text{ Hz}$

ฮาร์โมนิกที่ 3 คือ $f_3 = 3f_1 = 1\,320 \text{ Hz}$

ฮาร์โมนิกที่ 5 คือ $f_5 = 5f_1 = 2\,200 \text{ Hz}$

ฮาร์โมนิกที่ 9 คือ $f_9 = 9f_1 = 3\,960 \text{ Hz}$

ฮาร์โมนิกที่ 11 คือ $f_{11} = 11f_1 = 4\,840 \text{ Hz}$

ตอบ ความถี่ทั้งหมดของเสียงที่เป่าจากแซกโซโฟนขณะนั้น คือ 440 เฮิรตซ์ 1 320 เฮิรตซ์ 2 200 เฮิรตซ์ 3 960 เฮิรตซ์ และ 4 840 เฮิรตซ์

8. ปรีดาสีไวโอลินให้เกิดเสียง “ซอล” ซึ่งมีความถี่ 384 เฮิรตซ์ ขณะที่ในห้องมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถ้าเขาสีไวโอลินเดิมในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส โดยเล่นโน้ตเสียง “ซอล” ความถี่ของเสียงจากไวโอลินจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลงเพราะเล่นโน้ตเสียงเดิม แต่เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง ทำให้อัตราเร็วของเสียง และความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลง

9. ท่อทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งยาว 2.40 เมตร ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 343 เมตรต่อวินาทีเสียงจากท่อนี้จะมีความถี่ต่ำสุดเท่าใด

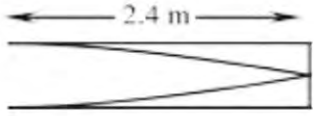
วิธีทำ ถ้า f เป็นความถี่ต่ำสุดที่เกิดการสั่นพ้อง (ฮาร์โมนิกที่ 1)

λ เป็นความยาวคลื่นเสียง

ดังนั้นที่ ฮาร์โมนิกที่ 1 $\frac{\lambda}{4} = 2.40 \text{ m}$

$$\lambda = 4(2.40 \text{ m})$$

$$\lambda = 9.60 \text{ m}$$



รูป สำหรับปัญหาข้อ 9

จากสูตร $v = f\lambda$

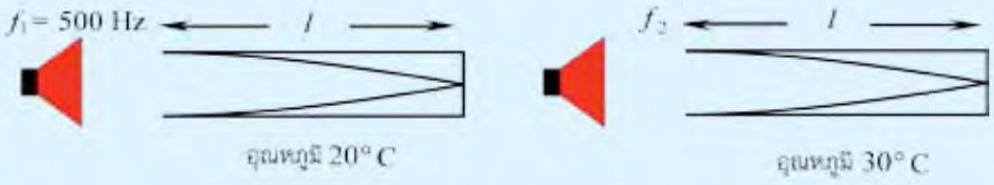
$$343 \text{ m/s} = f(9.60 \text{ m})$$

$$f = \frac{343 \text{ m/s}}{9.60}$$

$$f = 35.7 \text{ s}^{-1}$$

ตอบ ความถี่ต่ำสุดเท่ากับ 35.7 เฮิรตซ์

10. เมื่อให้เสียงความถี่ 500 เฮิรตซ์ ผ่านเข้าไปในหลอดเรโซแนนซ์ ขณะอุณหภูมิอากาศเป็น 20 องศาเซลเซียส จะเกิดการสั่นพ้องของอากาศ ถ้าอุณหภูมิอากาศเป็น 30 องศาเซลเซียส คลื่นเสียงจะต้องมีความถี่เท่าใดจึงจะเกิดการสั่นพ้องของอากาศได้อีกครั้งหนึ่ง



รูป ภาพคลื่นนิ่งเมื่อมีการสั่นพ้องที่อุณหภูมิต่างๆ

วิธีทำ ที่อุณหภูมิ 20°C คลื่นเสียงมีอัตราเร็ว v_1

นั่นคือ $v_1 = 331 + 0.6\,(20^\circ\text{C})$

$v_1 = 343 \text{ m/s}$

เสียงที่มีความถี่ $f_1 = 500$ Hz จะหาความยาวคลื่นเสียง λ_1 ได้จาก

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{f_1}$$

$$\lambda_1 = \frac{343 \text{ m/s}}{500 \text{ s}^{-1}}$$

เสียงที่มีความถี่ 500 Hz เมื่อเกิดการสั่นพ้องด้วยหลอดเรโซแนนซ์ยาว l จะได้ว่า

$$l = \frac{\lambda_1}{4}$$

เพราะฉะนั้น $$l = \frac{\frac{343}{500}}{4} \text{ m}$$

$$l = \frac{343}{2\,000} \text{ m}$$

ที่อุณหภูมิ 30°C คลื่นเสียงมีอัตราเร็ว v_2

นั่นคือ $v_2 = 331 + 0.6\,(30^\circ\text{C})$

$v_2 = 349 \text{ m/s}$

ใช้เสียงที่มีความถี่ f_2 และความยาวคลื่น λ_2 เกิดการสั่นพ้องกับหลอดเรโซแนนซ์เดิม

เพราะฉะนั้น $l = \frac{\lambda_2}{4}$

หรือ $\lambda_2 = 4\,l$

$$\lambda_2 = 4\left(\frac{343}{2\,000}\text{ m}\right)$$

$$\lambda_2 = 0.686\text{ m}$$

จาก $$v_2 = f_2\lambda_2$$

$$f_2 = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

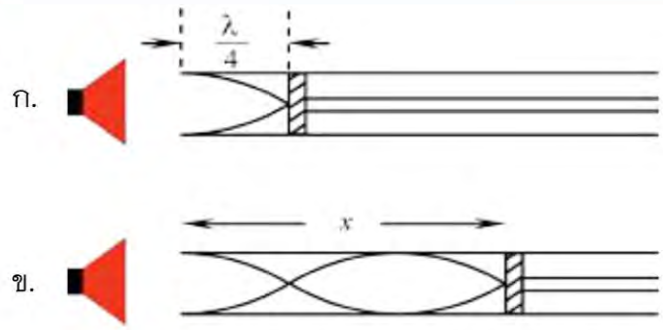
$$= \frac{349\text{ m/s}}{0.686\text{ m}}$$

$$f_2 = 508.7\text{ Hz}$$

ตอบ คลื่นเสียงจะต้องมีความถี่เท่ากับ 508.7 เฮิรตซ์ จึงจะเกิดการสั่นพ้องของอากาศได้อีกครั้งหนึ่ง

11. ในการทดลองการสั่นพ้องของอากาศ ขณะเกิดการสั่นพ้องครั้งแรก ลูกสูบอยู่ห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์ 18 เซนติเมตร และเมื่อเกิดการสั่นพ้องครั้งถัดไปจะต้องดึงลูกสูบห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์กี่เซนติเมตร

วิธีทำ



รูป ตำแหน่งของลูกสูบเมื่อเกิดการสั่นพ้อง 2 ครั้งถัดกัน

ขณะเกิดการสั่นพ้องครั้งแรก ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง ดังรูป ก

ดังนั้น $\frac{\lambda}{4} = 0.18 \text{ m}$

$= 0.72 \text{ m}$

ขณะเกิดการสั่นพ้องครั้งถัดไป ลูกสูบอยู่ห่างจากปากหลอดเท่ากับ x ดังรูป ข.

เพราะฉะนั้น $x = \frac{3}{4}\lambda$

$= \frac{3}{4}(0.72 \text{ m})$

$x = 54 \text{ cm}$

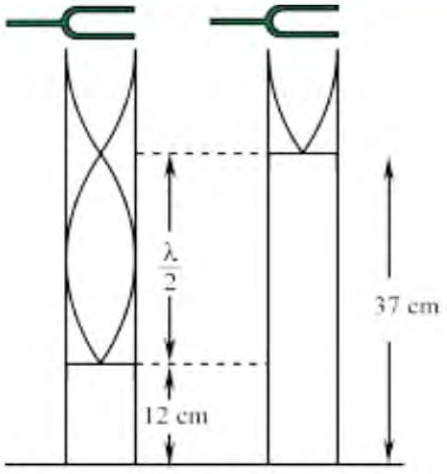
ตอบ ต้องดึงลูกสูบห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์ 54 เซนติเมตร

12. หลอดแก้วรูปทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งถ้านำมาใส่น้ำให้มีระดับต่างๆ กันแล้วนำส้อมเสียมที่กำลังสั่นให้เกิดเสียงไปไว้ใกล้ปากหลอดจะพบว่ามีความสูงของน้ำในหลอดแก้ว 2 ค่าที่ทำให้เกิดเสียงดังกว่าเดิม ครั้งแรกมีน้ำในหลอดแก้วสูง 12 เซนติเมตร ครั้งที่ 2 มีน้ำในหลอดแก้วสูง 37 เซนติเมตร ถ้าส้อมเสียงสั่นด้วยความถี่ 682 เฮิรตซ์ อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นมีค่าเท่าใด

วิธีทำ กำหนดให้ λ เป็นความยาวของคลื่นเสียง

v เป็นอัตราเร็วของเสียงในอากาศ

เมื่อมีการสั่นพ้อง 2 ครั้ง จะได้ดังรูป



รูป ตำแหน่งของลูกสูบเมื่อเกิดการสั่นพ้อง 2 ครั้ง

เพราะฉะนั้น $\frac{\lambda}{2} = 37\text{ cm} - 12\text{ cm}$

$\lambda = 50\text{ cm}$

$= 0.5\text{ m}$

จาก $v = f\lambda$

เมื่อ $f = 682\text{ s}^{-1}$

จะได้ว่า $v = (682\text{ s}^{-1})\ (0.5\text{ m})$

$= 341\text{ m/s}$

ตอบ อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นมีค่า 341 เมตรต่อวินาที

10.6 การบีตและคลื่นนิ่งของเสียง

13. นักดนตรีผู้หนึ่งดีดกีตาร์ทำให้เกิดเสียงความถี่ f ขณะเดียวกับที่มีเสียงออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงอื่น ทำให้เกิดการบีตมีความถี่ 5 เฮิรตซ์ เมื่อเขาปรับความถี่ของเสียงจากสายกีตาร์ลดลงเป็น 329.6 เฮิรตซ์ ปรากฏว่าได้ยินเสียงที่มีระดับเสียงเดียวกัน จงหาค่าความถี่ f

วิธีทำ ให้ความถี่ของสายกีต้าร์ตอนแรกเป็น f และความถี่ตอนหลังเป็น f_2 เมื่อปรับเสียงจากกีตาร์ให้มีความถี่ลดลงเป็น 329.6 เฮิรตซ์ แล้วเสียงบีตหายไป

แสดงว่า $f > f_2$

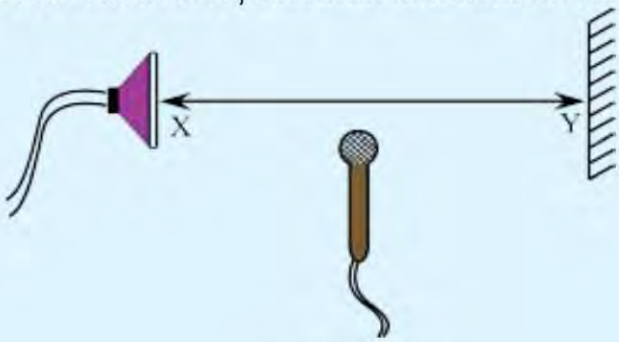
จาก ความถี่บีต $= |f - f_2|$

$5\text{ Hz} = f - 329.6\text{ Hz}$

$f = 334.6\text{ Hz}$

ตอบ ความถี่ f มีค่าเท่ากับ 334.6 เฮิรตซ์

14. แหล่งกำเนิดเสียงส่งคลื่นเสียงความถี่ 1 000 เฮิรตซ์ ด้วยกำลังเสียงคงตัวเข้าหากำแพงในแนวตั้งฉาก ดังรูป เมื่อใช้เครื่องรับฟังเสียงเคลื่อนที่บนแนว XY พบว่าความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่างๆ มีค่าไม่สม่ำเสมอทั้งนี้เกิดจากสมบัติใดบ้างของเสียง



รูป สำหรับปัญหาข้อ 14

แนวคำตอบ เกิดจากสมบัติ

ก. การสะท้อน

ข. การแทรกสอด

ค. การเลี้ยวเบน

15. แหล่งกำเนิดเสียงส่งคลื่นเสียงความถี่ 2 000 เฮิรตซ์ ไปกระทบตัวสะท้อนอันหนึ่ง เมื่อใช้เครื่องรับฟังเสียงเคลื่อนไปตามแนวตรงระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตัวสะท้อน ได้ยินเสียงดัง ค่อยสลับกัน ถ้าต้องการให้ตำแหน่งเสียงดังสองตำแหน่งที่อยู่ถัดกันอยู่ห่างกันมากกว่าเดิม 2 เซนติเมตร แหล่งกำเนิดเสียงจะต้องส่งเสียงความถี่เท่าใดไปกระทบตัวสะท้อน อัตราเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที

วิธีทำ การที่ได้ยินเสียงดังค่อย สลับกันตามแนวเส้นตรงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังตัวสะท้อนแสดงว่าเกิดคลื่นนิ่ง

ดังนั้น ระยะทางของสองตำแหน่งที่เสียงดัง 2 ครั้งติดกัน $= \dfrac{\text{ความยาวคลื่นเสียง}}{2}$

ถ้าระยะระหว่างตำแหน่งที่เสียงดังสองครั้งติดกัน $= x$ m

$\lambda =$ ความยาวคลื่นเสียง

$$x = \frac{\lambda}{2}$$

จะได้ว่า $\lambda = 2x$ m

จากสมการ $v = f\lambda$

เมื่อ $v = 340$ m/s และ $f = 2\,000$ Hz

ดังนั้น $340 \text{ m/s} = (2\,000 \text{ s}^{-1})(2x \text{ m})$

$x = 0.085$ m

เมื่อเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ที่มีความถี่ f_1 แล้วระยะระหว่างตำแหน่งที่เสียงดังสองครั้งติดกันเพิ่มขึ้นจากเดิมอีก 0.02 เมตร

ระยะระหว่างตำแหน่งที่เสียงดังสองครั้งติดกันจึงมีค่า $= 0.085 \text{ m} + 0.02 \text{ m}$

$= 0.105$ m

ดังนั้นความยาวคลื่นเสียงของแหล่งกำเนิดใหม่ λ_1 หาได้จาก

$$\lambda_1 = 2\,(0.105 \text{ m})$$

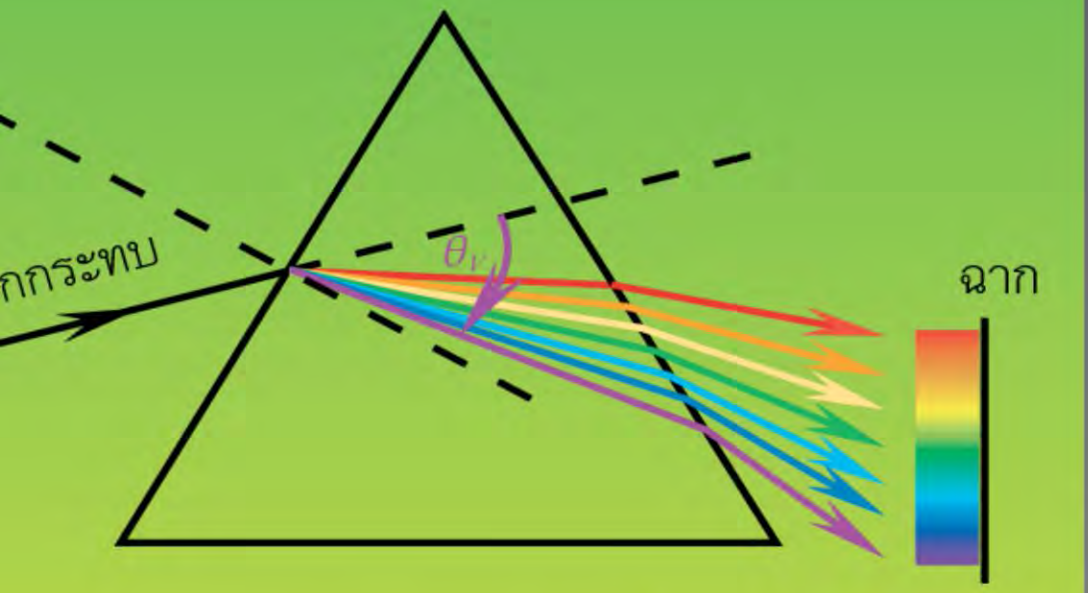
$$= 0.21 \text{ m}$$

จาก $f = \dfrac{v}{\lambda}$

$$= \frac{340 \text{ m/s}}{0.21 \text{ m}}$$

$$f = 1\,619.05 \text{ Hz}$$

ตอบ แหล่งกำเนิดเสียงจะต้องส่งเสียงความถี่ประมาณ 1 619.05 เฮิรตซ์



11 แสงและทัศนอุปกรณ์

แสงและทัศนอุปกรณ์

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

11.1	การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	1 ชั่วโมง
11.2	การสะท้อนของแสง	3 ชั่วโมง
11.3	การหักเหของแสง	5 ชั่วโมง
11.4	เลนส์บาง	6 ชั่วโมง
11.5	ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง	2 ชั่วโมง
11.6	ทัศนอุปกรณ์	5 ชั่วโมง
11.7	ความสว่าง	0.5 ชั่วโมง
11.8	การถนอมสายตา	1 ชั่วโมง
11.9	ตาและการมองเห็นสี	0.5 ชั่วโมง
11.10	สี	2 ชั่วโมง

บทที่ 3

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายได้ว่าแสงเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยอัตราเร็วที่สูงมาก
2. อธิบายการสะท้อนของแสง และกฎการสะท้อนของแสง
3. หาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาโดยการเขียนภาพและการคำนวณ
4. ยกตัวอย่างและอธิบายประโยชน์ของกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้งในชีวิตประจำวัน
5. อธิบายการหักเหของแสง และทดลองการหักเหของแสงเพื่อสรุปเป็นกฎการหักเหของแสง
6. อธิบายดรรชนีหักเห กฎของสเนลล์ และใช้กฎของสเนลล์อธิบายการสะท้อนกลับหมดของแสง หาตำแหน่งภาพของวัตถุที่เกิดจากการหักเหของแสงที่ผิวระนาบและผิวโค้งทรงกลม
7. หาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บาง โดยการเขียนภาพ และการคำนวณ
8. อธิบายปรากฏการณ์การกระจายแสง รุ้ง การทรงกลดและมิราจ
9. อธิบายหลักการทำงานของทัศนอุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องฉายภาพ กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์ และกล้องโทรทรรศน์
10. อธิบายความสว่าง การนำความรู้เรื่องความสว่างและการถนอมสายตาไปใช้ในชีวิตประจำวัน
11. อธิบายการใช้เลนส์เพื่อช่วยในการมองเห็นของคนสายตาสั้นและคนสายตายาว
12. อธิบายการมองเห็นสีต่างๆ ของตา

สรุปสาระสำคัญ

การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยอัตราเร็ว 299 792 458 เมตรต่อวินาที หรือประมาณ 3.00×10^8 เมตรต่อวินาที ในการศึกษาเกี่ยวกับแสง กำหนดให้เส้นตรงที่ตั้งฉากกับหน้าคลื่น มีลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแสง เรียกว่า รังสีของแสง หรือเรียกสั้นๆ ว่า รังสี

การสะท้อนของแสง เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุจะเกิดการสะท้อนของแสง (reflection) โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉากและรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

ถ้าวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบ จะเกิดภาพของวัตถุโดยระยะภาพ s' เท่ากับระยะวัตถุ s และความสูงของภาพเท่ากับความสูงของวัตถุ แต่ถ้าวางวัตถุหน้ากระจกเงาโค้ง (เว้าและนูน) ระยะวัตถุ s ระยะภาพ s' และความยาวโฟกัส f มีความสัมพันธ์ดังสมการ $\frac{1}{f}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$ และขนาดของภาพมีทั้งใหญ่กว่า เท่าและเล็กกว่าวัตถุ

การหักเหของแสง เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางคู่หนึ่งๆ จะเกิด **การหักเหของแสง** (refraction) โดยเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ
2. สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบในตัวกลางหนึ่งกับไซน์ของมุมหักเหในอีกตัวกลางหนึ่งมีค่าคงตัวเสมอ ข้อนี้เรียกว่า **กฎของสเนลล์**

เมื่อแสงจากตัวกลางหนึ่งผ่านเข้าไปในอีกตัวกลางที่ดรรชนีหักเหมีค่าน้อยกว่า เช่น จากพลาสติกสู่อากาศ มุมตกกระทบที่ผิวรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้งสอง ที่ทำให้มุมหักเหเท่ากับ 90 องศา เรียกว่า มุมวิกฤต ถ้ามุมตกกระทบใหญ่กว่ามุมวิกฤต จะไม่มีรังสีหักเห แต่จะมีรังสีสะท้อน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **การสะท้อนกลับหมด** (total reflection)

การมองวัตถุที่อยู่ในน้ำ จะเห็นวัตถุอยู่ตื้นกว่าเดิม เนื่องมาจากการหักเหของแสง ตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า ความลึกจริง ส่วนตำแหน่งภาพ เรียกว่า ความลึกปรากฏของวัตถุในน้ำ

เลนส์บาง เมื่อวัตถุอยู่หน้าเลนส์บาง (เว้าและนูน) ระยะวัตถุ s ระยะภาพ s' และความยาวโฟกัส f มีความสัมพันธ์ดังสมการเลนส์บาง $\frac{1}{f}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$ ขนาดภาพ y' และขนาดวัตถุ y มีความสัมพันธ์ดังสมการ $\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}$

ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง แสงทำให้เกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติหลายอย่าง เช่น เมื่อแสงขาวผ่านปริซึมสามเหลี่ยม แสงที่หักเหออกมาจากปริซึมจะมีสีต่างๆ กัน แสงแต่ละสีที่หักเหออกมาจะทำมุมหักเหต่างๆ กัน เรียกว่า **การกระจายแสง รุ้ง** เกิดจากการที่แสงอาทิตย์ผ่านละอองน้ำ แล้วทำให้แสงเกิดการกระจายและการสะท้อนกลับหมด ทำให้ได้สเปกตรัมของแสงขาว **การทรงกลด** เกิดจากการหักเหและการกระจายแสงออกจากผลึกน้ำแข็งในก้อนเมฆที่บดบังดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ **มิราจ** เกิดจากการหักเหของแสงในบรรยากาศชั้นต่างๆ เพราะความหนาแน่นของอากาศในชั้นต่างๆ ไม่เท่ากัน มักเกิดในบริเวณที่อากาศมีความหนาแน่นแตกต่างกันมาก เช่น ทะเลทรายหรือถนน

ทัศนอุปกรณ์ ความรู้เรื่องอุปกรณ์ทางแสง เช่น กระจกเงาโค้ง เลนส์บางและปริซึม รวมทั้งหลักการทางแสง เช่น การสะท้อนการหักเหของแสง เป็นต้น นำมาสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น เครื่องฉายภาพ กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์ และกล้องส่องทางไกล เป็นต้น

ความสว่าง แหล่งกำเนิดแสงปล่อยพลังงานออกมารอบตัว พลังงานแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรืออัตราการให้พลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสง เรียกว่า ฟลักซ์ส่องสว่าง (luminous flux) ฟลักซ์ส่องสว่างมีหน่วย ลูเมน (lm) **ความสว่าง** บนพื้นที่รับแสงใดๆ เป็นอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ส่องสว่างต่อพื้นที่ตั้งฉากที่รับแสง หรือ $E = \frac{F}{A}$ ความสว่าง มีหน่วย ลักซ์ (lx) ความสว่างมีความสำคัญต่อการมองเห็นและการจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะต่อการทำงาน

การถนอมสายตา นัยน์ตาเป็นอวัยวะที่มีความละเอียดอ่อนมาก การดูสิ่งที่สว่างมากๆ ต้องกระทำอย่างระมัดระวังและมีการป้องกันอย่างเหมาะสม มิฉะนั้นจะเป็นอันตรายต่อเซลล์รับแสงบนจอตา และอาจทำให้สูญเสียการมองเห็นได้ การทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีความสว่างน้อยเป็นเวลานานกล้ามเนื้อยึดเลนส์ต้องทำงานหนักกว่าปกติ อาจเกิดอันตรายกับกล้ามเนื้อยึดเลนส์ จึงควรทำงานในที่ที่มีความสว่างเหมาะสม

การมองเห็นสี การมองเห็นเป็นการรับรู้อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในสมองเมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ตา จอตาเป็นส่วนประกอบของตาที่มีเซลล์รับแสงสองชนิด คือ เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย เซลล์รูปแท่งไวต่อแสงในที่มีความเข้มต่ำ เช่นในที่มืด และไม่สามารถแยกสีได้ ส่วนเซลล์รูปกรวยไวต่อแสงที่มีความเข้มสูง และสามารถแยกแสงแต่ละสีได้ เซลล์รูปกรวยมีสามชนิด แต่ละชนิดไวต่อแสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน ถ้าเซลล์รูปกรวยชนิดใดชนิดหนึ่งหรือมากกว่ามีความบกพร่อง จะมองเห็นสีแตกต่างไปจากคนปกติ ความบกพร่องนี้ เรียกว่า การบอดสี

สารสี (pigment) บนผิววัตถุหรือสารสีที่ผสมในเนื้อวัตถุจะเป็นตัวดูดกลืนบางแสงสีและสะท้อนบางแสงสี สารสีที่ไม่อาจสร้างขึ้นได้จากการผสมสารสีต่างๆ เรียกว่า **สารสีปฐมภูมิ** สารสีปฐมภูมิมี 3 สี คือ สารสีเหลือง สารสีแดงม่วงและสารสีน้ำเงินเขียว การผสมสารสีปฐมภูมิทีละคู่ จะได้สารสีอีกสามสี คือสารสีแดง สารสีเขียวและสารสีน้ำเงิน

การมองเห็นสีของสิ่งต่างๆ นอกจากจะขึ้นอยู่กับเซลล์รูปกรวยที่ทำงานได้อย่างเหมาะสมยังขึ้นอยู่กับแสงสีที่ตกกระทบวัตถุและสารสี บนวัตถุ **แสงสีปฐมภูมิ** มี 3 สี คือ แสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน แสงสีปฐมภูมิทั้งสามสีผสมกันจะได้แสงขาว การผสมของแสงสีปฐมภูมิทีละคู่ จะได้แสงสีอีกสามสี คือ แสงสีเหลือง แสงสีแดงม่วงและแสงสีน้ำเงินเขียว

ผังมโนทัศน์ : บทที่ 11 แสงและทัศนอุปกรณ์

11.1 การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

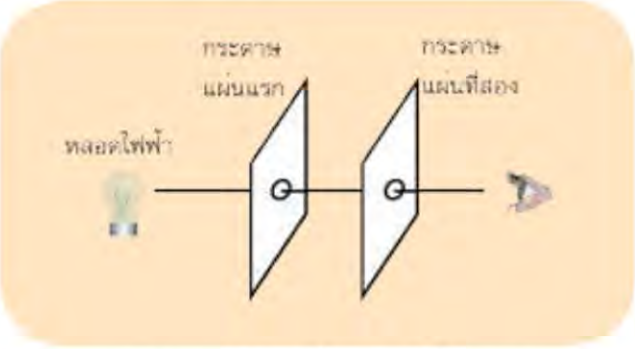
1. ยกตัวอย่างสถานการณ์เพื่ออธิบายว่าแสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
2. อธิบายความหมายของรังสีของแสง
3. ยกตัวอย่างสถานการณ์เพื่อแสดงให้เห็นว่า อัตราเร็วของแสงสูงมากและมีค่าคงตัว

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูทบทวนการเคลื่อนที่ของแสง โดยการสาธิตหรืออาจตั้งเป็นสถานการณ์ให้นักเรียนอภิปรายดังนี้

นำกระดาษเจาะรู 1 รู แผ่นที่ 1 มากั้นระหว่างหลอดไฟของกล่องแสงและตา ให้ไส้หลอดไฟ รูและตาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ให้นักเรียนมองผ่านรูบนแผ่นกระดาษ จะมองเห็นไส้หลอดไฟ จากนั้นนำแผ่นกระดาษเจาะรู 1 รู แผ่นที่ 2 ซึ่งเหมือนแผ่นแรกทุกประการ วางไว้ระหว่างแผ่นแรกกับตา โดยรูทั้งสองอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ดังรูป 11.1



รูป 11.1 การมองไส้หลอดไฟผ่านรู

ให้นักเรียนมองผ่านรูบนกระดาษแผ่นที่ 2 จากนั้นครูถามนักเรียนว่า

– มองเห็นไส้หลอดไฟหรือไม่ แสดงถึงการเคลื่อนที่ของแสงอย่างไร (มองเห็นไส้หลอดไฟ แสดงว่าแสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง)

ต่อไปครูปล่อยแป้งระหว่างแผ่นกระดาษทั้งสอง ให้นักเรียนมองระหว่างแผ่นกระดาษทั้งสอง จะสังเกตเห็นลำแสง

นักเรียนควรสรุปจากการตอบคำถามของกิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียนว่าแสงเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูแนะนำให้นักเรียนรู้จัก รังสีของแสง ซึ่งแทนด้วยเส้นตรงที่มีลูกศร ครูเน้นว่ารังสีของแสงซึ่งเป็นเส้นตรงที่มีลูกศร ไม่ใช่เวกเตอร์ แต่เป็นการเขียนเพื่อบอกทิศทางที่แสงเคลื่อนที่

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับอัตราเร็วของแสงตามรายละเอียดในหนังสือเรียนว่า ปัจจุบันอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศหรืออากาศมีค่าที่แน่นอน เท่ากับ 299 792 458 เมตรต่อวินาที แต่การคำนวณใช้อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศเท่ากับ 3.0×10^8 เมตรต่อวินาที

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูอาจให้ความรู้เกี่ยวกับการทดลองและวิเคราะห์หาอัตราเร็วของแสงโดยวิธีการต่างๆ ดังตัวอย่างนักวิทยาศาสตร์ในอดีต เช่น กาลิเลโอ นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี สรุปว่าแสงมีอัตราเร็วสูงมาก โรเมอร์ นักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์ก วัดอัตราเร็วของแสงได้เท่ากับ 2.2×10^8 เมตรต่อวินาที และฟิโซนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส วัดอัตราเร็วของแสงได้เท่ากับ 3.14×10^8 เมตรต่อวินาที

3.2 ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า นักวิทยาศาสตร์ได้วัดอัตราเร็วของแสงโดยอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ค่าที่ได้จึงมีความถูกต้องมาก พบว่า อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศเท่ากับ 299 792 458 เมตรต่อวินาที

3.3 ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 1 และปัญหาข้อ 1–2

11.2 การสะท้อนแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการสะท้อนแสงที่ผิววัตถุลักษณะต่างๆ และสรุปเป็นกฎการสะท้อนของแสงได้
2. ใช้กฎการสะท้อนของแสงเขียนรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน เพื่อแสดงตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุที่อยู่หน้าผิวสะท้อนราบ พร้อมทั้งอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน
3. อธิบายองค์ประกอบของกระจกเงาโค้งทรงกลม
4. ใช้กฎการสะท้อนของแสงเขียนรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนของแสงเพื่อแสดงตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาโค้งทรงกลม
5. อธิบายการเกิดภาพเสมือนและภาพจริงของวัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาโค้งทรงกลม
6. หาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้งโดยการคำนวณ
7. ยกตัวอย่างและอธิบายประโยชน์ของกระจกเงาราบ กระจกเงาเว้าและกระจกเงานูนในชีวิตประจำวัน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมอภิปราย เช่น

– แสงเกี่ยวข้องกับการมองเห็นวัตถุอย่างไร (การมองเห็นวัตถุจะต้องมีแสงจากวัตถุมาเข้าตา)

– ถ้าวัตถุไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสง จะเห็นวัตถุนั้นได้อย่างไร (แสงมาจากแหล่งกำเนิดแสงอื่นเมื่อตกกระทบวัตถุแสงก็จะสะท้อนเข้าตา)

เมื่อนักเรียนตอบคำถามแล้ว ครูตั้งคำถามว่า ทราบหรือไม่ว่าการสะท้อนแสงมีกฎเกณฑ์อย่างไร โดยนักเรียนอาจตอบตามความคิดของแต่ละคน ซึ่งครูยังไม่สรุป จากนั้นนำเข้าสู่หัวข้อการสะท้อนแสง

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้ความรู้เรื่องการสะท้อนแสง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนกระทั่งสรุปเป็นกฎการสะท้อนของแสง ดังนี้

1. ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและเส้นแนวฉากอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

– ถ้ารังสีตกกระทบตั้งฉากกับผิววัตถุ รังสีสะท้อนจะมีลักษณะอย่างไร (รังสีสะท้อนจะเคลื่อนที่ออกจากผิววัตถุในทิศทางตั้งฉากกับผิววัตถุและอยู่ในแนวเดียวกับรังสีตกกระทบ)

– จากสถานการณ์ที่รังสีตกกระทบตั้งฉากกับผิววัตถุ มุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีค่าเท่าใด (0 องศา)

3.2 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 2 และปัญหาข้อ 3

11.2.1 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ
2. บอกตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกเงาราบ
3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุและระยะภาพ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ให้นักเรียนดูกระจกเงาราบขนาดเล็ก เช่น ขนาด 30 cm x 30 cm ตั้งประเด็นให้นักเรียนคิดว่า เมื่อกระจกเงาราบมีขนาดเล็กกว่าตัวเรา จะมีภาพของเราเต็มตัวหรือไม่ และจะแสดงการเกิดภาพอย่างไร ให้นักเรียนวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็น แล้วนำเข้าสู่การเกิดภาพในกระจกเงาราบ

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูนำอภิปราย การเขียนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.2 ครูเน้นความเข้าใจเกี่ยวกับภาพจริงและภาพเสมือน ภาพจริงเกิดจากรังสีสะท้อนไปตัดกันจริง ส่วนภาพเสมือนเกิดจากการต่อรังสีสะท้อน (ที่เขียนเป็นเส้นประ) ไปเสมือนตัดกัน ครูเน้นว่าต้องนำความรู้นี้ไปใช้ในเรื่องกระจกเงาทรงกลมและเลนส์ในหัวข้อถัดไปด้วย

2.3 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนราบ จนได้ข้อสรุป ดังนี้

1. ระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ
2. ภาพของวัตถุในกระจกเงาราบเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง (เหมือนวัตถุ) โดยความสูง (ขนาด) ของภาพเท่ากับความสูง (ขนาด) ของวัตถุ

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 3 และปัญหาข้อ 4

11.2.2 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาทรงกลม

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายลักษณะของกระจกเงาเว้าและกระจกเงานูน
2. อธิบายองค์ประกอบของกระจกเงาทรงกลม ได้แก่ ศูนย์กลางความโค้ง รัศมีความโค้ง เส้นแกนมุขสำคัญ และจุดยอด
3. อธิบายความหมายของโฟกัส รัศมีความโค้งและความยาวโฟกัส และความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสอง
4. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกเงาเว้าและกระจกเงานูน
5. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัสของกระจกเงาทรงกลม
6. หาขนาด ตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาทรงกลมโดยการคำนวณ
7. ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากกระจกเงาเว้าและกระจกเงานูน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูจัดหากระจกเงานูนและกระจกเงาเว้าไว้ล่วงหน้า ครูแจกกระจกเงานูนและกระจกเงาเว้าให้นักเรียนส่องหน้าตนเอง ถือกระจกไว้ห่างจากใบหน้าที่ระยะต่างๆ กัน ให้นักเรียนสังเกตภาพของใบหน้าที่เกิดขึ้น และสรุปลักษณะของภาพที่แต่ละคนมองเห็น ซึ่งนักเรียนจะได้นำผลการสังเกตไปเปรียบเทียบกับการศึกษาต่อไป

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนว่า เราจะแสดงการเกิดภาพเหล่านั้นได้อย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

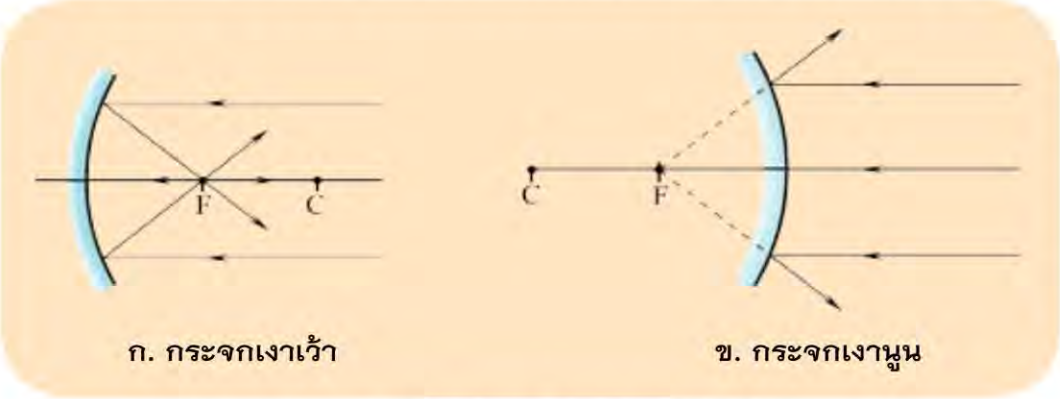
2.1 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบของกระจกเงาโค้งตามรายละเอียดในหนังสือเรียน เมื่อให้ความรู้เรื่องโฟกัส ครูควรสาธิตประกอบดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ หม้อแปลงโวลต์ต่ำ กระดาษขาว กล่องแสง แผ่นช่องแสงชนิด 3 ช่อง เลนส์นูนแกมระนาบ ผิวโค้งเว้า (ใช้แทนกระจกเว้า)

รูป 11.2 การจัดตั้งอุปกรณ์สาธิตการสะท้อนแสง

ครูเขียนส่วนโค้งเพียงส่วนหนึ่งของผิวโค้งเว้าลงบนกระดาษขาว แล้วหาศูนย์กลางความโค้งของส่วนโค้งนี้ ลากเส้นจากศูนย์กลางความโค้งไปยังจุดกึ่งกลางของผิวโค้งเว้าหรือจุดยอด เส้นนี้เรียกว่า แกนมุขสำคัญ ต่อวงจรของกล่องแสงซึ่งมีแผ่นช่องแสงเสียบอยู่ วางกล่องแสงนี้บนกระดาษขาวแล้วใส่เลนส์นูนแกมระนาบในกล่องแสงโดยให้อยู่ชิดกับแผ่นช่องแสง เลนส์นูนแกมระนาบนี้จะทำให้ลำแสงทั้งสามที่ผ่านออกมาจากแผ่นช่องแสงเกือบขนานกัน ซึ่งถือได้ว่าขนานกัน เมื่อพิจารณาลำแสงช่วงที่อยู่ใกล้แผ่นช่องแสง

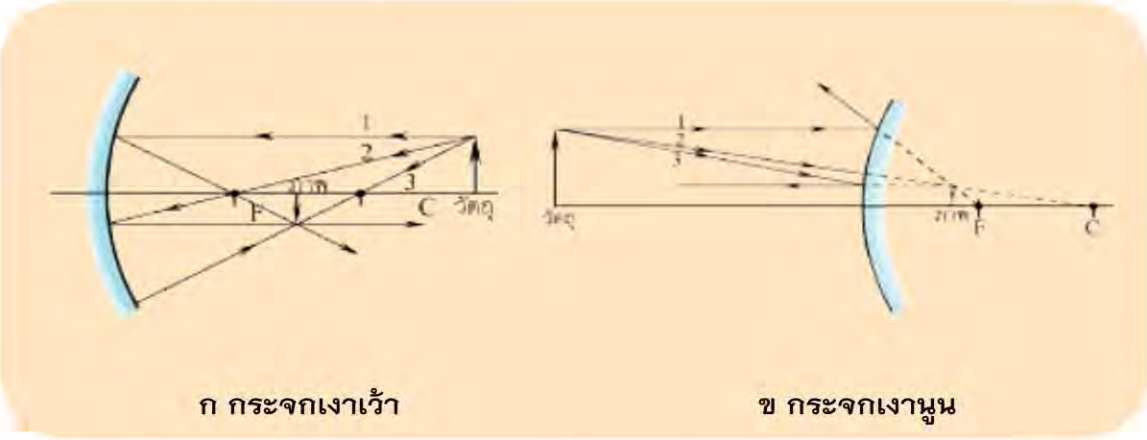
เปิดสวิตช์และจัดกล่องแสงให้ลำแสงขนานทั้งสามไปตกกระทบผิวโค้งเว้าตรงส่วนที่เขียนบนกระดาษ โดยลำแสงลำกลางทาบกับแกนมุขสำคัญ จะพบว่าลำแสงสะท้อนทั้งสามตัดกันที่จุดๆ หนึ่งบนแกนมุขสำคัญ ดังรูป 11.3 ก จุดนี้คือโฟกัสของกระจกเงาเว้าและเป็นจุดแบ่งครึ่งรัศมีความโค้ง



รูป 11.3 รังสีสะท้อน 3 รังสีตัดกันที่โฟกัส

ต่อไปใช้ผิวโค้งนูนแทนผิวโค้งเว้า จะพบว่ารังสีสะท้อนทั้ง 3 รังสีจะไม่ตัดกัน แต่ถ้าต่อแนวของรังสีสะท้อนทั้งสามจะไปตัดกันที่จุดๆ หนึ่งหลังผิวโค้งนูน ซึ่งจุดนี้จะเป็นโฟกัสของผิวโค้งนูน ดังรูป 11.3 ข

2.2 ครูแสดงการหาตำแหน่งภาพ ตามรายละเอียดในหนังเรียน ได้แนะนำให้เขียนรังสี 3 รังสี ครูอาจเน้นให้นักเรียนเห็นภาพของรังสีทั้งสามชัดเจนขึ้น โดยแสดงภาพของรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนทั้ง 3 รังสี ดังรูป 11.4



ก กระจกเงาเว้า **ข กระจกเงานูน**

รูป 11.4 การเขียนรังสีของแสง 3 รังสีแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาเว้าและกระจกเงานูน

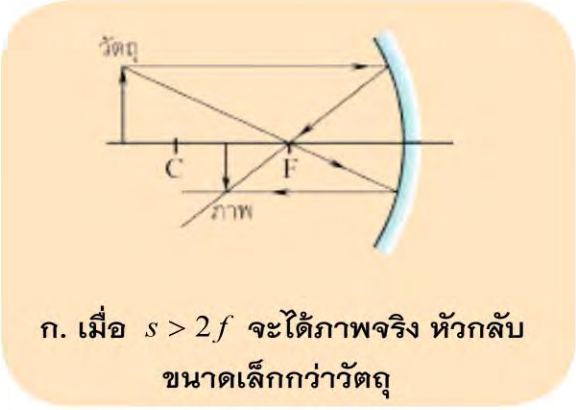
2.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย จนได้สมการ (11.2) $\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f}$ และการขยาย $M=\frac{y'}{y}$ จากนั้นครูควรเน้นเกี่ยวกับเครื่องหมายของ s s' และ f ดังนี้

1. ระยะวัตถุ s ที่อยู่หน้ากระจกเงามีเครื่องหมาย +
2. ระยะภาพ s' ของภาพจริง (หน้ากระจกเงา) มีเครื่องหมาย + และ s' ของภาพเสมือน (หลังกระจกเงา) มีเครื่องหมาย –
3. ความยาวโฟกัส f ของกระจกเงาเว้ามีเครื่องหมาย + ของกระจกเงานูนมีเครื่องหมาย –

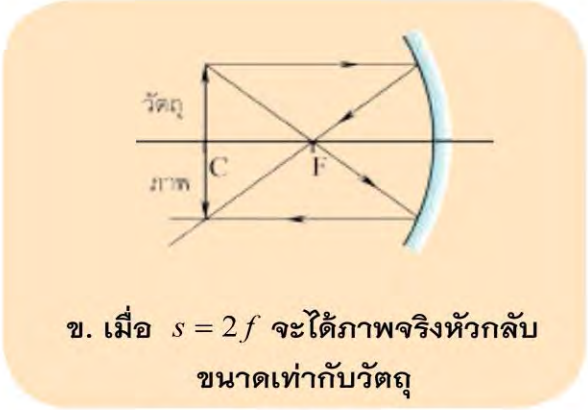
2.4 ครูอภิปรายตัวอย่าง 11.1–11.3 ในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการเขียนทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงาเว้า กระจกเงานูนและการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง โดยใช้สมการ $\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f}$ และการขยาย $M=\frac{y'}{y}$

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

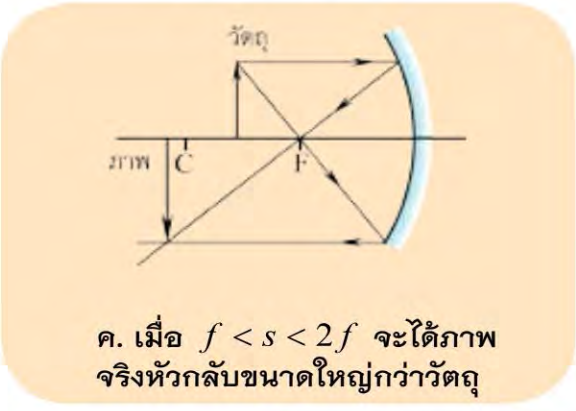
3.1 ให้นักเรียนเขียนรูปแสดงการเกิดภาพจากการวางวัตถุไว้หน้ากระจกเงาเว้าเป็นระยะทางมากกว่า $2f$ เท่ากับ $2f$ มากกว่า f แต่น้อยกว่า $2f$ เท่ากับ f และน้อยกว่า f



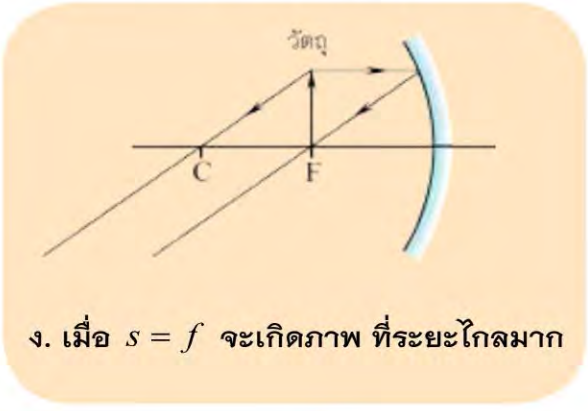
ก. เมื่อ $s > 2f$ จะได้ภาพจริง หัวกลับ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ



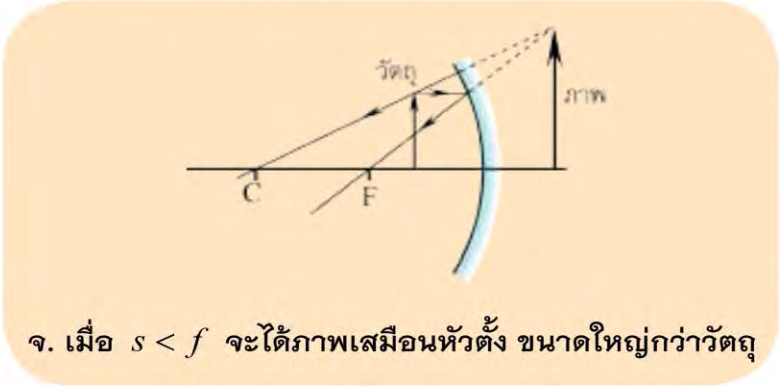
ข. เมื่อ $s = 2f$ จะได้ภาพจริงหัวกลับ ขนาดเท่ากับวัตถุ



ค. เมื่อ $f < s < 2f$ จะได้ภาพจริงหัวกลับขนาดใหญ่กว่าวัตถุ



ง. เมื่อ $s = f$ จะเกิดภาพ ที่ระยะไกลมาก



จ. เมื่อ $s < f$ จะได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

รูป 11.5 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาเว้า

3.2 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 4–10 และปัญหาข้อ 5–12

11.3 การหักเหของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการหักเหของแสงที่รอยต่อของตัวกลางคู่หนึ่ง
2. ทดลองการหักเหของแสงเพื่อสรุปเป็นกฎของสเนลล์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเหและกฎของสเนลล์
4. อธิบายกฎการหักเหของแสง
5. อธิบายมุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด
6. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง ความลึกปรากฏและดรรชนีหักเห
7. อธิบายองค์ประกอบของเลนส์บาง และความแตกต่างระหว่างเลนส์นูนและเลนส์เว้า
8. เขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงตำแหน่งและขนาดภาพที่เกิดจากเลนส์บางพร้อมทั้งอธิบายชนิดของภาพที่เกิดขึ้น
9. ทดลองและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส
10. หาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บางโดยการคำนวณ
11. ยกตัวอย่างและอธิบายประโยชน์ของเลนส์บางในชีวิตประจำวัน

11.3.1 กฎการหักเหของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการหักเหของแสงที่รอยต่อของตัวกลางคู่หนึ่งๆ
2. ทดลองการหักเหของแสงเพื่อสรุปเป็นกฎของสเนลล์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเหและกฎของสเนลล์
4. อธิบายกฎการหักเหของแสงได้

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูจัดเตรียมถ้วยแก้วใส และดินสอที่มีความยาวกว่าความสูงของถ้วยแก้ว แล้วทำการสาธิตดังนี้ วางถ้วยลงบนโต๊ะแล้วใส่ดินสอลงในถ้วย ดินสอจะวางตัวในแนวเอียงโดยปลายหนึ่งยันก้นถ้วยแก้ว อีกปลายหนึ่งพาดอยู่ที่ปากถ้วยแก้ว ให้นักเรียนมองดินสอทั้งแท่ง การมองดินสอนั้นตาต้องอยู่ในตำแหน่งสูงกว่าปลายดินสอที่พาดขอบถ้วยแก้วและมองเห็นดินสอทั้งแท่ง จากนั้นเทน้ำลงในถ้วยแก้วให้สูงประมาณ $\frac{3}{4}$ ของความสูงของถ้วยแก้ว

รูป 11.6 การจัดอุปกรณ์สาธิตการมองดินสอในถ้วยแก้ว

และให้นักเรียนซึ่งยังอยู่ในลักษณะเดิม มองดินสอทั้งแท่ง ให้สังเกตว่าลักษณะของดินสอที่เห็นต่างกับครั้งแรกอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายผลที่เกิดขึ้น จากนั้นนำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้ความรู้นักเรียนตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนกระทั่งเข้าใจความหมายของการหักเหของแสง จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลอง 11.1 การหักเหของแสง

การทดลอง 11.1 การหักเหของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. เขียนรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและรังสีหักเหที่ผ่านเข้าและออกจากแท่งพลาสติก
2. หาอัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเห
3. สรุปเป็นกฎของสเนลล์ และกฎการหักเหของแสงได้

เวลาที่ใช้ 50 นาที

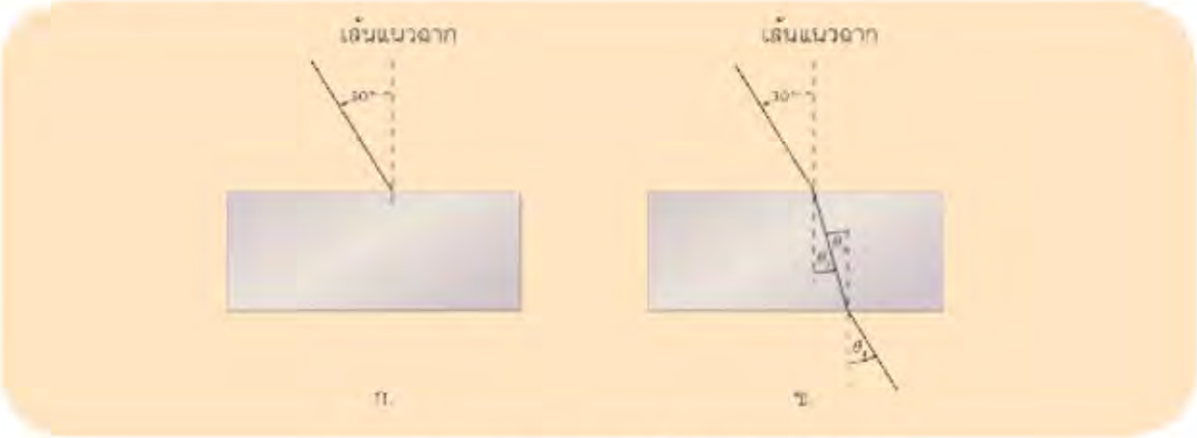
วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. พลาสติกใสรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1 ชิ้น
2. กล่องแสง	1 กล่อง
3. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
4. แผ่นช่องแสง (1 ช่อง)	1 แผ่น
5. กระดาษขาว	1 แผ่น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. วางแท่งพลาสติกใกล้ ๆ กับแผ่นช่องแสง เพื่อใช้ลำแสงช่วงที่มีความสว่างมาก

2. ใช้ดินสอปลายแหลมขีดแนวของแท่งพลาสติกทั้ง 4 ด้าน บนกระดาษขาวแล้วหยิบแท่งพลาสติกออกจากกระดาษ กำหนดจุดบนด้านยาวที่จะให้แสงตกกระทบ ลากเส้นแนวฉากจากจุดดังกล่าว แล้วลากเส้นตรงเพื่อเป็นแนวของลำแสงตกกระทบทำมุมตกกระทบ θ_1 สมมติทำมุมตกกระทบ 30° ดังรูป 11.7 ก



รูป 11.7 แนวแท่งพลาสติกใสสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3. เมื่อทำการทดลอง วางแท่งพลาสติกใสในกรอบที่ขีดเส้นไว้ แล้วจัดลำแสงให้ทาบเส้นตรงที่กล่าวในข้อ 2 แล้วทำการวัดมุมหักเหโดยใช้ดินสอจุดตำแหน่งที่แนวรังสีของแสงออกจากแท่งพลาสติก จากนั้นยกแท่งพลาสติกออก ลากเส้นตรงต่อจุดที่แสงตกกระทบและจุดที่แสงออกจากแท่งพลาสติก วัดมุมหักเหในแท่งพลาสติก θ_2 พร้อมกับวัดมุมตกกระทบ θ_3 และมุมหักเห θ_4 ดังรูป 11.7 ข. แล้วบันทึกค่า

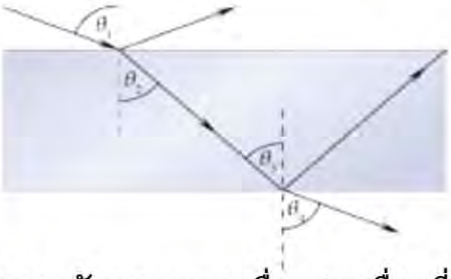
4. ทำการทดลองในข้อ 2 และ 3 ซ้ำโดยเปลี่ยนมุมตกกระทบเป็นมุม 45° และ 60°

ตัวอย่างผลการทดลอง

ครั้งที่	θ_1 (องศา)	θ_2 (องศา)	θ_3 (องศา)	θ_4 (องศา)	$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$	$\frac{\sin\theta_3}{\sin\theta_4}$
1	30	19.5	19.5	30	1.49	0.67
2	45	28.5	28.5	45	1.48	0.67
3	60	36	36	60	1.47	0.68

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. เมื่อลำแสงตกกระทบผิวแท่งพลาสติก จะมีทั้งลำแสงสะท้อนและลำแสงที่หักเหเข้าไปในแท่งพลาสติกใส ลำแสงที่เข้ามาในแท่งพลาสติกใสนี้จะตกกระทบผิวซึ่งอยู่ตรงกันข้ามกับผิวที่แสงตกกระทบครั้งแรก และจะเกิดการสะท้อนที่ผิวนี้อีกครั้งหนึ่ง ดังรูป 11.8 แสดงว่าแสงมีการหักเหเมื่อเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปอีกตัวกลางหนึ่ง



รูป 11.8 การหักเหของแสงเมื่อแสงเคลื่อนที่จากอากาศเข้าไปสู่แท่งพลาสติก

2. มุม θ_1 โตกว่า θ_2 เสมอ นั่นคือ แสงเคลื่อนที่จากอากาศเข้าสู่แท่งพลาสติก มุมหักเหจะเล็กกว่ามุมตกกระทบ

3. มุม θ_3 เล็กกว่า θ_4 เสมอ นั่นคือ แสงเคลื่อนที่จากแท่งพลาสติกในไปสู่อากาศ มุมหักเหจะโตกว่ามุมตกกระทบ

4. ในการทดลองแต่ละครั้ง มุม θ_1 เท่ากับมุม θ_4 นั่นคือ แนวลำแสงในอากาศที่ตกกระทบผิวแท่งพลาสติกใสขนานกับแนวลำแสงที่หักเหออกจากแท่งพลาสติกสู่อากาศ

5. อัตราส่วนของ $\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ มีค่าคงตัว

6. อัตราส่วนของ $\dfrac{\sin\theta_3}{\sin\theta_4}$ มีค่าคงตัว ซึ่งเป็นส่วนกลับของ $\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

จากผลการทดลอง ครูนำมาอภิปรายจนสรุปได้ว่า สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าคงตัว ความสัมพันธ์นี้เรียกว่า **กฎของสเนลล์** (Snell's law)

2.2 ครูให้ความรู้นักเรียนตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนได้นิยามของดรรชนีหักเห ดังนี้ ดรรชนีหักเหของตัวกลางใดๆ คือ อัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศกับอัตราเร็วของแสงในตัวกลางนั้น เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้ $n = \dfrac{c}{v}$ จากนั้นครูแสดงให้เห็นว่า จากนิยามนี้นำไปสู่กฎของสเนลล์ในอีกแบบหนึ่ง คือ $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ ได้

2.3 ครูอภิปรายตัวอย่าง 11.4 –11.5 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการหาดรรชนีหักเหของตัวกลางต่างๆ จากนิยามของดรรชนีหักเหและกฎของสเนลล์

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 11–13 และปัญหาข้อ 13–17

11.3.2 การสะท้อนกลับหมดของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของมุมวิกฤต
2. อธิบายการสะท้อนกลับหมด

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูสาธิตการสะท้อนกลับหมดของแสงให้นักเรียนสังเกต ดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ หม้อแปลงโวลต์ต่ำ กล่องแสง กระดาษขาว พลาสติกรูปครึ่งวงกลม (ด้านหนึ่งผิวโค้งอีกด้านหนึ่งเป็นผิวตรง)

วิธีสาธิต ต่อหลอดไฟฟ้าของกล่องแสงเข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ 12 โวลต์ ใช้แผ่นช่องแสงวางกั้นหน้ากล่องแสงให้ลำแสงออกมาเพียง 1 ลำ วางแท่งพลาสติกซึ่งด้านหนึ่งเป็นผิวโค้งและอีกด้านหนึ่งเป็นผิวตรงบนแผ่นกระดาษขาว จัดลำแสงจากกล่องแสงให้ผ่านเข้าไปในแท่งพลาสติกทางด้านผิวโค้งและไปตกกระทบด้านผิวตรงของแท่งพลาสติกโดยมุมตกกระทบมีค่าต่างๆ กัน ตั้งแต่ค่าน้อยไปหาค่ามาก สังเกตรังสีสะท้อน และรังสีหักเหที่ด้านผิวตรง

จากนั้นครูถามนักเรียนว่า เมื่อแสงทำมุมตกกระทบค่าหนึ่ง จะไม่มีแสงหักเหจากแท่งพลาสติกออกสู่อากาศ จะมีแต่การสะท้อนภายในแท่งพลาสติก ปรากฏการณ์นี้น่าจะเกิดขึ้นได้อย่างไรเพื่อเป็นคำถามนำเข้าสู่บทเรียน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยนักเรียนร่วมกันอภิปราย จนได้ข้อสรุปว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปในตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหน้อยกว่า มุมหักเหจะโตกว่ามุมตกกระทบ โดยถ้ามุมหักเหเป็นมุม 90° รังสีของแสงจะขนานไปตามแนวรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้งสองเรียกมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหเป็น 90 องศา ว่า มุมวิกฤต แต่ถ้ามุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤต จะไม่มีรังสีหักเหออกสู่ตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหน้อยกว่าจะมีแต่รังสีสะท้อน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การสะท้อนกลับหมด ดังรูป 11.20 ในหนังสือเรียน

2.2 ครูอธิบายตัวอย่าง 11.6 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการหามุมวิกฤต

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท ปัญหาข้อ 18–21

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ประโยชน์ของเส้นใยนำแสง

ไฟเบอร์สโคป (fiberscope) หรือเอนโดสโคป (endoscope) เป็นกล้องที่แพทย์ใช้ตรวจดูส่วนต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น ลำไส้ เป็นต้น ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เส้นใยนำแสงเป็นชุดแสงจากหลอดไฟจะผ่านเข้าทางปลายหนึ่งของเส้นใยนำแสงชุดหนึ่งไปกระทบตำแหน่งที่ต้องการตรวจภายในร่างกาย แสงสะท้อนจากตำแหน่งนั้นจะผ่านเข้ามาทางเส้นใยนำแสงอีกชุดหนึ่ง ทำให้มองเห็นภาพหรือถ่ายภาพเก็บไว้เพื่อนำมาวินิจฉัยโรคได้ เครื่องมือที่ใช้งานจริงนั้น ต้องมีอุปกรณ์ประกอบอีก เช่น เลนส์ต่าง ๆ ที่ติดไว้ใกล้ปลายท่อของชุดเส้นใยนำแสง ดังรูป 11.9

รูป 11.9 ส่วนประกอบของไฟเบอร์สโคป

การสื่อสารโดยใช้เส้นใยนำแสง ประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างขนาดสัญญาณที่ส่งกับขนาดสัญญาณที่รบกวน (Signal to noise ratio, S/N) ถ้ามีค่านี้สูงก็จะมีประสิทธิภาพสูงด้วย

ในการส่งสัญญาณไฟฟ้าตามสายโลหะนั้นจะมีสัญญาณรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงที่สามารถแทรกเข้ามาได้ เป็นผลทำให้ S/N มีค่าน้อยลง จึงต้องมีอุปกรณ์กรองสัญญาณรบกวนและขยายสัญญาณส่งต่อเป็นช่วงๆ เช่น ทุกๆ ระยะ 4 กิโลเมตร (สำหรับสายส่งเหนือพื้นดิน)

สำหรับสายส่งที่ทำด้วยเส้นใยนำแสงนั้น มีข้อดีที่การรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอกไม่มีผลต่อสัญญาณภายใน เพราะใช้สัญญาณแสง จึงทำให้ S/N ลดลงไม่มากเมื่อเทียบในระยะทางเดียวกันกับสายส่งแบบโลหะ ดังนั้นช่วงที่จะต้องใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณจึงมีระยะทางไกลกว่า คือ ทุกระยะประมาณ 100 กิโลเมตร

11.3.3 ความลึกจริง ความลึกปรากฏ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเห็นวัตถุในน้ำตื้นกว่าตำแหน่งจริง
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง ความลึกปรากฏและดรรชนีหักเห

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูทำการสาธิตโดยใช้อุปกรณ์ดังนี้ หนังสือเรียนและแท่งพลาสติกใส (หรือแท่งแก้วใส) ให้นักเรียนมองตัวหนังสือแถวใดแถวหนึ่ง แล้ววางแท่งพลาสติกใสทับตัวหนังสือแถวที่มอง

ครูถามนักเรียนว่า การมองตัวหนังสือทั้งสองกรณีจะมองเห็นตำแหน่งของตัวหนังสือต่างกันอย่างไร ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ซึ่งสรุปได้ว่า การมองตัวหนังสือผ่านแท่งพลาสติกใส จะเห็นตัวหนังสืออยู่ในตำแหน่งสูงกว่าเมื่อไม่มีแท่งพลาสติกใสทับอยู่

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนได้ข้อสรุป ดังนี้

$$\frac{\text{ความลึกจริง}}{\text{ความลึกปรากฏ}} = \frac{n_1}{n_2}$$ เมื่อ n_1, n_2 คือดรรชนีหักเหของน้ำและอากาศ ตามลำดับ

2.2 ครูอภิปรายตัวอย่าง 11.7 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการหาความลึกปรากฏของปลาที่อยู่ในน้ำ

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ “แสงเคลื่อนที่จากอากาศผ่านเข้าไปในแท่งแก้วใส” แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

ก. อัตราเร็วของแสงเปลี่ยนไปหรือไม่

ข. ความถี่ของแสงเปลี่ยนไปหรือไม่

ค. ความยาวคลื่นแสงเปลี่ยนไปหรือไม่

คำตอบ

ก. อัตราเร็วของแสงในแท่งแก้วจะช้ากว่าในอากาศ

ข. ความถี่ของแสงไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าแสงนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านไปในตัวกลางใด เช่น แสงสีแดงที่มีความถี่ 428 THz เมื่อเคลื่อนที่เข้าไปในแท่งแก้ว แสงสีแดงยังคงมีความถี่เท่าเดิม

ค. จาก $v = f\lambda$ เมื่ออัตราเร็วของแสงในแท่งแก้วช้ากว่าในอากาศ และความถี่ของแสงไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นความยาวคลื่นแสงเปลี่ยนไป

3.2 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท ปัญหาข้อ 22–23

11.4 เลนส์บาง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายส่วนประกอบสำคัญของเลนส์
2. เขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์นูนและเลนส์เว้า
3. หาความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส
4. หาขนาด ตำแหน่งและชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าและเลนส์นูนโดยการคำนวณ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูให้นักเรียนใช้แว่นขยายส่องดูตัวหนังสือ แล้วถามนักเรียนว่านักเรียนจะมองเห็นตัวหนังสือได้ต้องมีแสงจากตัวหนังสือมาเข้าตา แสงเคลื่อนที่มาเข้าตาอย่างไร ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุปว่า แสงจากตัวหนังสือเคลื่อนที่ผ่านอากาศเป็นแนวตรงและเกิดการหักเหเมื่อผ่านแว่นขยาย และเกิดการหักเหอีกครั้งหนึ่งเมื่อออกจากแว่นขยายสู่อากาศ จากนั้นก็เคลื่อนที่เป็นแนวตรงสู่ตา

1.2 ครูนำตัวอย่างเลนส์นูน เลนส์นูนแกมระนาบ เลนส์เว้าให้นักเรียนดูพร้อมทั้งบอกชื่ออุปกรณ์แต่ละชิ้น รวมถึงแว่นขยาย ต่อจากนั้นครูถามนำเพื่อเข้าสู่บทเรียนว่า เมื่อมีวัตถุวางอยู่หน้าเลนส์เราจะแสดงการเกิดภาพจากเลนส์ได้อย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้ความรู้นักเรียนตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนกระทั่งได้สมการเลนส์บาง (11.9) $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ พร้อมทั้งการนำสมการนี้ไปใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ

2.2 ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า สมการ (11.9) ได้มาเนื่องจากความรู้ทางคณิตศาสตร์ ต่อไปจะแสดงให้เห็นจริงได้จากการทดลองเช่นกัน ให้นักเรียนทำการทดลอง 11.2 การหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน

การทดลอง 11.2 การหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. หาความยาวโฟกัสของเลนส์นูน
2. หาความสัมพันธ์ของ ระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส

เวลาที่ใช้ 60 นาที

ตอนที่ 1 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เลนส์นูน(เลนส์นูนอันใหญ่จากชุดกล้องโทรทรรศน์)	1 อัน
2. ไม้เมตร	1 อัน
3. กระดาษขาว	1 แผ่น

แนะนำก่อนการทดลอง

1. ควรเลือกวัตถุที่รับแสงอาทิตย์เต็มที่ ภาพของวัตถุที่ปรากฏบนฉากจึงจะมองเห็นได้ชัดเจนไม่มัว ทำให้การปรับภาพให้ชัดที่สุดสังเกตได้ง่าย
2. ฉากควรอยู่ในบริเวณที่แสงไม่สว่างมาก จะทำให้ภาพที่ปรากฏบนฉากไม่มัว
3. การวัดความยาวโฟกัส ให้วัดจากตำแหน่งฉากถึงศูนย์กลางเลนส์

ตัวอย่างผลการทดลอง

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน = 14.5 เซนติเมตร

ตำแหน่งภาพชัดที่สุดบนฉากถือเป็นตำแหน่งของโฟกัส เนื่องจากถือว่าวัตถุนั้นอยู่ไกล แสงจากวัตถุจึงเป็นแสงขนาน และเมื่อแสงขนานผ่านเลนส์นูน จะไปพบกันที่โฟกัส หรือกล่าวว่าเกิดภาพที่โฟกัส

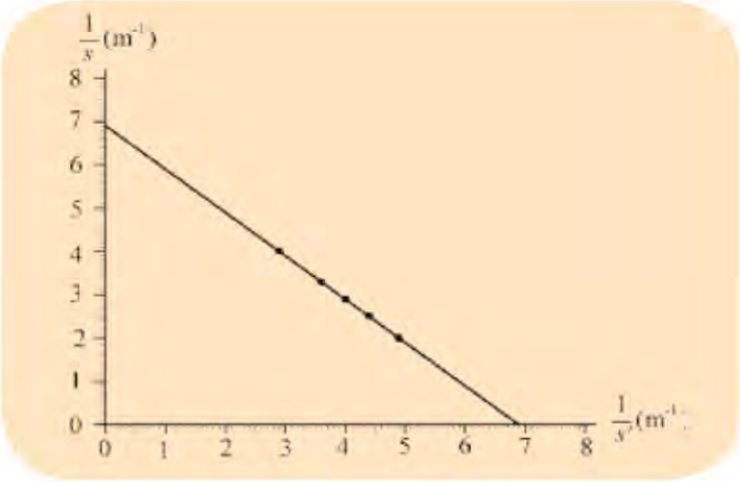
ตอนที่ 2 การหาความสัมพันธ์ของ ระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1 .เลนส์นูน (เลนส์นูนอันใหญ่จากชุดกล้องโทรทรรศน์)	1 อัน
2. กล่องแสง	1 อัน
3. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
4. ไม้เมตร	1 อัน
5. กระดาษขาว	1 แผ่น

ตัวอย่างผลการทดลอง f = 14.5 cm

ครั้งที่	s (cm)	s'(cm)	$\frac{1}{s}$ (m^{-1})	$\frac{1}{s'}$ (m^{-1})
1	25	34.5	4.0	2.9
2	30	28.1	3.3	3.6
3	35	24.8	2.9	4.0
4	40	22.7	2.5	4.4
5	50	20.4	2.0	4.9



รูป 11.11 กราฟระหว่าง $\frac{1}{s}$ กับ $\frac{1}{s'}$

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. กราฟระหว่าง $\frac{1}{s}$ กับ $\frac{1}{s'}$ เป็นเส้นตรงตัดแกน $\frac{1}{s}$ ที่ 6.9 m^{-1} และตัดกัน $\frac{1}{s'}$ ที่ 6.9 m^{-1}
2. ความชันของกราฟ $= -\frac{6.9\ m^{-1}}{6.9\ m^{-1}} = -1$
3. ระยะตัดแกนตั้ง คือ 6.9 m^{-1}

เนื่องจาก $\frac{1}{f} = \frac{1}{14.5 \times 10^{-2} m} = 6.9\ m^{-1}$ แสดงว่า $\frac{1}{f}$ มีค่าประมาณเท่ากับระยะตัดแกน $\frac{1}{s}$

จากกราฟ สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่าง s s' และ f ได้ดังนี้

จากสมการกราฟเส้นตรง $y = mx + b$

ในที่นี้ y คือ $\frac{1}{s}$, x คือ $\frac{1}{s'}$, m คือ ความชัน = –1 และ b คือระยะตัดแกน y ซึ่งคือ $\frac{1}{f}$

ดังนั้น $\frac{1}{s} = (-1)\frac{1}{s'} + \frac{1}{f}$

การสรุปความสัมพันธ์ $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ จากการทดลองสามารถสรุปได้อีกวิธีหนึ่ง คือนำ $\frac{1}{s}$ และ $\frac{1}{s'}$ แต่ละครั้งที่ได้จากการทดลองมาบวกกัน ซึ่งผลรวมจะเท่ากับ $\frac{1}{f}$

ถ้าผลการทดลองของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อน ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อผิดพลาดด้วย ซึ่งอาจมีข้อผิดพลาดดังนี้

1. ระยะภาพที่วัดไม่ใช่ค่าที่แท้จริง เนื่องจากภาพที่เกิดขึ้นอาจไม่เป็นภาพที่ชัดที่สุด
2. การวัด s และ s' คลาดเคลื่อน
3. การลากเส้นกราฟ

2.3 เมื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่าง s s' และ f แล้ว ครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.4 ครูอภิปรายตัวอย่าง 11.8 –11.10 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการเขียนทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์นูน เลนส์เว้า และการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยใช้สมการเลนส์บาง $\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f}$ และการขยาย $M=\frac{y'}{y}=\frac{|s'|}{s}$

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 14–16 และปัญหาข้อ 24–32

11.5 ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายปรากฏการณ์การกระจายแสง รุ้ง การทรงกลด และมิราจ

11.5.1 การกระจายแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
1. อธิบายความแตกต่างระหว่างการหักเหที่ผิวทั้งสองของปริซึมสามเหลี่ยม
2. อธิบายความหมายของมุมเบี่ยงเบน
3. บอกได้ว่ามุมเบี่ยงเบนของแสงสีแดงมีค่าน้อยที่สุดและของแสงสีม่วงมีค่ามากที่สุด
4. บอกได้ว่าดรรชนีหักเหของตัวกลางเดียวกันจะมีค่าไม่เท่ากันสำหรับแสงสีต่างกัน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูทบทวนเรื่องการหักเหของแสงเมื่อผ่านปริซึมสี่เหลี่ยม จากนั้นตั้งคำถามว่า ถ้าให้แสงขาวผ่านปริซึมสามเหลี่ยม ลักษณะการหักเหของแสงที่ผ่านปริซึมสามเหลี่ยมจะเป็นอย่างไร นักเรียนอาจจะตอบต่างๆ กัน ครูยังไม่ต้องตอบ แต่ให้นักเรียนสังเกตจากการสาธิตของครู

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูสาธิตแสงขาวผ่านปริซึม

อุปกรณ์ที่ใช้ ปริซึมสามเหลี่ยม กล่องแสง หม้อแปลงโวลต์ต่ำ แผ่นช่องแสงชนิด 1 ช่อง กระดาษขาว

วิธีสาธิต ต่อกล่องแสงที่มีแผ่นช่องแสงเสียบอยู่เข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ วางปริซึมสามเหลี่ยมบนกระดาษขาวให้ด้านหนึ่งของปริซึมให้อยู่ใกล้ช่องของแผ่นช่องแสง ดังรูป เพื่อจะได้ลำแสงช่วงที่สว่างมาก ๆ ผ่านเข้าปริซึม เปิดสวิตช์ให้ลำแสงผ่านปริซึม

รูป 11.11 การจัดอุปกรณ์

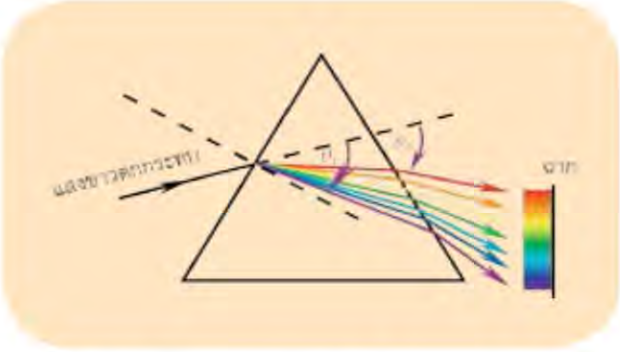
2.2 ครูให้นักเรียนสังเกตลำแสงที่ตกกระทบปริซึม ลำแสงในปริซึมและลำแสงที่ออกจากปริซึมสู่อากาศ โดยสังเกตบนพื้นกระดาษขาวและบันทึกผล

2.3 ครูนำผลการสาธิตมาอภิปรายผล เพื่อให้ได้ข้อสรุป ดังนี้

1. เมื่อแสงขาวตกกระทบปริซึม แสงที่หักเหออกจากปริซึมจะแยกออกเป็นแสงสีต่างๆ เรียงต่อเนื่องกันเป็นแถบ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **การกระจายแสง** และแถบสีดังกล่าวเรียกว่า **สเปกตรัมของแสงขาว**

2. มุมที่รังสีหักเหออกจากปริซึมทำกับรังสีตกกระทบที่ผิวแรกของปริซึม เรียกว่า **มุมเบี่ยงเบน**

3. มุมเบี่ยงเบนของแสงสีแดงมีค่าน้อยที่สุด มุมเบี่ยงเบนของแสงสีม่วงมีค่ามากที่สุด



รูป 11.12 มุมเบี่ยงเบนของแสงสีม่วงและแสงสีแดง

2.4 ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนโดยใช้กฎของสเนลล์และรูป 11.34 จากหนังสือเรียน ซึ่งเป็นกราฟของดรรชนีหักเหของแสงสีต่างๆ จนได้ข้อสรุปว่า ดรรชนีหักเหของตัวกลางเดียวกันจะมีค่าไม่เท่ากันสำหรับแสงสีต่างกัน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูกระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยตั้งคำถาม ดังนี้ ถ้านำปริซึมสามเหลี่ยมอีกอันมาวางข้างปริซึมอันแรกในลักษณะกลับหัว การหักเหของแสงที่ปริซึมอันที่สองเป็นอย่างไรโดยให้นักเรียนศึกษาหาคำตอบด้วยตนเองนอกเวลา ซึ่งอาจทำเป็นโครงงานหรือสืบค้นจากเอกสาร

3.2 ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการค้นพบสเปกตรัมของแสงขาว (โดยนิวตัน) เพื่อนำเสนอในรูปแบบโปสเตอร์ติดบอร์ดในห้องเรียนหรืองานนิทรรศการของโรงเรียน

3.3 ครูหาภาพเครื่องประดับบางชนิด เช่น เพชร ที่เห็นมีสีต่างๆ มาแสดงให้นักเรียนชม แล้วให้นักเรียนตั้งคำถาม แล้วให้นักเรียนหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ และนำเสนอในรูปแบบที่เหมาะสม

11.5.2 รุ้ง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายการเกิดรุ้งปฐมภูมิและรุ้งทุติยภูมิ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้นักเรียนอธิบายการเกิดการสะท้อนกลับหมด การกระจายแสง เพื่อนำมาใช้อธิบายการเกิดรุ้ง

1.2 ครูอาจให้นักเรียนเล่าลักษณะของรุ้งที่ปรากฏบนท้องฟ้า ที่นักเรียนเคยเห็น

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูสอนตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนร่วมอภิปราย จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดรุ้งปฐมภูมิและรุ้งทุติยภูมิ

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนที่เคยเห็นทั้งรุ้งปฐมภูมิและรุ้งทุติยภูมิในเวลาเดียวกัน มาเล่าประสบการณ์ให้เพื่อนๆ ฟัง

3.2 ครูกระตุ้นให้นักเรียนคิดร่วมกันว่าจะสามารถสร้างรุ้งเทียมได้หรือไม่ โดยให้นักเรียนศึกษาหาคำตอบและทดลองด้วยตนเองนอกเวลา แล้วมาสาธิตให้เพื่อนๆ ได้ชมหน้าชั้นเรียนในรูปแบบของ science show หรือ science lecture ซึ่งต้องมีคำอธิบายประกอบ

11.5.3 การทรงกลด

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายการเกิดการทรงกลด

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งคำถามถามนักเรียนว่า ในวันที่ดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะและคืนที่ดวงจันทร์สว่างจ้า นักเรียนคงเคยมองเห็นแถบสีต่างๆ รอบดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของแสง ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดการทรงกลด

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

–

11.5.4 มิราจ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายการเกิดมิราจ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งคำถามถามนักเรียนว่า ในวันที่แสงอาทิตย์สว่างจ้า นักเรียนคงเคยนั่งรถยนต์ไปตามถนนนอกเมือง และคงเคยมองเห็นน้ำบนผิวถนนที่ร้อน แต่ไม่ใช่น้ำจริงๆ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของแสง ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูสอนตามรายละเอียดในหนังสือเรียนโดยการอภิปราย จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดมิราจ

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับ looming ซึ่งเป็นปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงที่หลักการเกิดตรงข้ามกับมิราจ กล่าวคือผู้สังเกตจะเห็นภาพของวัตถุอยู่เหนือพื้นดิน

11.6 ทัศนอุปกรณ์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. นำความรู้เรื่องกระจกเงาและเลนส์บางไปอธิบายการทำงานของทัศนอุปกรณ์
2. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องฉายภาพ
3. อธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของกล้องถ่ายรูป
4. ทำกิจกรรมและอธิบายหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์
5. ทำกิจกรรมและอธิบายหลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์

11.6.1 เครื่องฉายภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายหลักการทำงานของเครื่องฉายภาพ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำเครื่องฉายภาพนิ่งมาแสดงมาแสดงให้นักเรียนดู พร้อมกับให้นักเรียนอภิปรายว่าภาพที่ได้เป็นภาพชนิดใด ส่วนประกอบภายในเครื่องฉายภาพนิ่งควรเป็นอย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

จากการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริงขนาดใหญ่กว่ากว่าวัตถุ เพราะเป็นภาพที่สามารถปรากฏบนฉากได้ ส่วนประกอบของเครื่องฉายภาพนิ่งนี้ควรมีเลนส์นูน เพราะได้ภาพจริง ครูอาจตั้งคำถามให้นักเรียนคิดต่ออีกว่า ควรใส่และจัดแผ่นสไลด์ให้อยู่ในตำแหน่งใด และใส่แผ่นสไลด์ในลักษณะใด ซึ่งได้ข้อสรุปว่า การใส่แผ่นสไลด์ควรใส่ระหว่าง C และ F เพื่อถ้าได้ภาพจริงขนาดขยายและใส่ในลักษณะกลับหัวลงเพื่อให้ได้ภาพหัวตั้ง จากนั้นครูอธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องฉายภาพตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนนักเรียนเข้าใจหลักการทำงานและการเกิดภาพ

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเครื่องฉาย LCD

11.6.2 กล้องถ่ายรูป

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
อธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของกล้องถ่ายรูป

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูอธิบายให้นักเรียนเห็นว่า ปัจจุบันเทคโนโลยีกล้องถ่ายรูปได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โทรศัพท์เคลื่อนที่เกือบทุกรุ่นต้องมีกล้องถ่ายรูปแบบดิจิทัล ครูเน้นว่ากล้องถ่ายรูปที่นักเรียนจะได้ศึกษาเป็นกล้องที่ใช้ระบบเลนส์ซึ่งได้พัฒนามาก่อนกล้องถ่ายรูปแบบดิจิทัลที่ใช้ง่ายและแพร่หลายอย่างมากในปัจจุบัน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูอธิบายหลักการที่สำคัญของกล้องถ่ายรูป ประกอบการสาธิตโดยใช้เลนส์นูนและฉากรับแสง แสดงการเกิดภาพบนฉากด้วยวิธีการเดียวกับการหาโฟกัสของเลนส์นูน และให้ความรู้ต่อไปว่า เมื่อจัดอุปกรณ์ทั้งสองนั้นไว้ในกล่องทึบแสง และให้เลนส์รับแสงจากวัตถุนอกกล่อง ก็จะได้กล้องถ่ายรูปอย่างง่าย

2.2 ครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ถ้าครูจัดหากล้องถ่ายรูปจริงๆ ได้ก็นำมาเป็นอุปกรณ์ประกอบการอธิบายด้วย จะทำให้นักเรียนเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสืบค้นหาคำตอบ กล้องถ่ายรูปที่ใช้ระบบเลนส์กับกล้องถ่ายรูปดิจิทัลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

11.6.3 กล้องจุลทรรศน์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
ทำกิจกรรมและอธิบายหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำกล้องจุลทรรศน์ (จากห้องปฏิบัติการชีววิทยา) ที่นักเรียนเคยใช้จริงมาบ้างแล้วมาตั้งหน้าชั้นเรียน แล้วอภิปรายส่วนประกอบภายนอกของกล้องและหน้าที่ของส่วนประกอบนั้น จากนั้นครูตั้งคำถามว่า ภาพที่เราเห็นจากกล้องจุลทรรศน์มีขนาดขยายได้อย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 11.1 เพื่อทำความเข้าใจกับหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์จากนั้นจึงให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

กิจกรรม 11.1 กล้องจุลทรรศน์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อภิปรายและอธิบายหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์
2. ทำกล้องจุลทรรศน์อย่างง่ายได้

เวลาที่ใช้ 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. ชุดกล้องจุลทรรศน์และโทรทรรศน์	1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. กล่องแสง	1 ชุด
4. กระดาษขาว	1 แผ่น
5. กระดาษฝ้า	1 แผ่น

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. ชุดกล้องจุลทรรศน์และโทรทรรศน์ มีเลนส์นูน 2 อัน เลนส์นูนอันใหญ่มีความยาวโฟกัสมากกว่าเลนส์นูนอันเล็ก อาจให้นักเรียนตรวจสอบโดยวิธีหาความยาวโฟกัสตามการทดลอง 11.2 การหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน
2. แผ่นลูกศรที่เสียบหน้ากล่องแสงต้องอยู่ระดับเดียวกับศูนย์กลางของเลนส์นูนทั้งสอง

วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรม

1. กล้องจุลทรรศน์ประกอบด้วยเลนส์นูน 2 อัน คือ เลนส์นูนอันใหญ่ซึ่งมีความยาวโฟกัสประมาณ 14.5 เซนติเมตร เป็นเลนส์ใกล้ตา และเลนส์นูนอันเล็กมีความยาวโฟกัสสั้นซึ่งยาวประมาณ 5 เซนติเมตร (หาด้วยวิธีเดียวกับการทดลอง 11.2) เป็นเลนส์ใกล้วัตถุ
2. ภาพของลูกศรที่มองเห็น เป็นภาพเสมือนขนาดขยาย

3. ตำแหน่งของลูกศรต้องอยู่ระหว่าง f และ $2f$ ของเลนส์นูนอันเล็ก หรืออยู่ระหว่าง 5.5 cm ถึง 9.0 cm จึงจะเกิดภาพจริงหน้าเลนส์นูนอันใหญ่ และทำหน้าที่เป็นวัตถุจริงของเลนส์อันใหญ่ ซึ่งจะทำให้เกิดภาพเสมือนขนาดใหญ่ที่ตามองเห็น ภาพเสมือนจะมีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเลนส์ทั้งสองอยู่ห่างกันประมาณ 24.5 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าเป็นความยาวของกล้องจุลทรรศน์

2.2 ครูนำกล้องจุลทรรศน์ มาอภิปรายเกี่ยวกับส่วนประกอบที่สำคัญคือเลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา การเกิดภาพจากเลนส์ทั้งสอง และการเห็นภาพขนาดขยายจากกล้องจุลทรรศน์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ดังรูป 11.44

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการของกล้องจุลทรรศน์ เช่น ประวัติการประดิษฐ์ วัสดุที่ใช้ทำเลนส์ กล้องจุลทรรศน์รูปแบบต่างๆ และหลักการทำงานมีความแตกต่างกันอย่างไร เป็นต้น รวมทั้งการนำกล้องจุลทรรศน์ไปใช้งานด้านต่างๆ นอกจากด้านชีววิทยา เช่น นิติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3.2 ครูอาจให้นักเรียนหรือกลุ่มนักเรียนที่มีความสนใจจริงไปออกแบบ สร้าง ทดสอบหาประสิทธิภาพของกล้องที่ทำ โดยจัดทำเป็นโครงงานสิ่งประดิษฐ์ซึ่งต้องมีขั้นตอนการดำเนินการอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

3.3 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 19

11.6.4 กล้องโทรทรรศน์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทำกิจกรรมและอธิบายหลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์
2. อธิบายหลักการทำงานของกล้องส่องทางไกล

วัสดุอุปกรณ์

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอภิปรายเกี่ยวกับเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้การศึกษาเทหวัตถุในท้องฟ้า หรือครูอาจเล่าประวัติผลงานของกาลิเลโอในส่วนที่เกี่ยวกับกล้องโทรทรรศน์ (แบบหักเหแสง) จนนำไปสู่การค้นพบองค์ความรู้ใหม่ทางดาราศาสตร์จากกล้องโทรทรรศน์ที่เขาประดิษฐ์ รวมทั้งเกร็ดความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 11.2 เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ จากนั้นครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย

กิจกรรม 11.2 กล้องโทรทรรศน์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. จัดตำแหน่งของเลนส์นูนสองอันที่มีความยาวโฟกัสต่างกันให้มีระยะห่างกันได้เหมาะสมเพื่อให้เห็นภาพของวัตถุซึ่งอยู่ไกลเสมือนวัตถุนั้นอยู่ใกล้
2. ระบุเงื่อนไขของระยะห่างระหว่างเลนส์ทั้งสอง เพื่อทำเป็นกล้องโทรทรรศน์
3. อธิบายลักษณะของภาพที่เห็นจากกล้องโทรทรรศน์

เวลาที่ใช้ 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. ชุดกล้องจุลทรรศน์และโทรทรรศน์	1 ชุด
2. ไม้เมตร	1 อัน

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนเลือกทิวทัศน์หรืออาคารบ้านเรือนที่อยู่ไกลออกไปเป็นวัตถุสำหรับการทดลองนี้ เพื่อให้ถือได้ว่าลำแสงที่มาตกกระทบเป็นลำแสงขนาน

2. วางเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสสั้นอยู่ชิดปลายหนึ่งของรางเลื่อน และอยู่ใกล้ตาเมื่อต้องการมองภาพให้เห็นชัดเจน ควรปรับตำแหน่งของเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสมากเท่านั้นเพราะสะดวกกว่าการปรับเลนส์ใกล้ตา

วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรม

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูนอันใหญ่เท่ากับ 14.5 เซนติเมตร และความยาวโฟกัสของเลนส์นูนอันเล็กเท่ากับ 5.0 เซนติเมตร เมื่อรวมกันจะเท่ากับ 19.5 เซนติเมตร สำหรับระยะห่างระหว่างเลนส์ทั้งสอง ขณะเห็นภาพชัดที่สุด ประมาณ 19.3 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันกับผลรวมความยาวโฟกัสของเลนส์ทั้งสอง ภาพที่เห็นเป็นภาพหัวกลับขนาดขยาย

2.2 ครูนำกล้องโทรทรรศน์ (ถ้ามี) มาอภิปรายเกี่ยวกับส่วนประกอบที่สำคัญคือเลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา การเกิดภาพจากเลนส์ทั้งสอง และการเห็นภาพขนาดขยายจากกล้องโทรทรรศน์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ดังรูป 11.45 และ 11.46

2.3 ครูอธิบายหลักการทำงานของกล้องส่องทางไกลตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ดังรูป 11.47

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 20

3.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า กล้องโทรทรรศน์ที่ได้ศึกษาแล้วเป็นกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง นอกจากนี้ยังมีกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง ซึ่งมีหลักการที่ต่างกัน ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง เช่น ประวัติการประดิษฐ์ หลักการทำงานมีความแตกต่างจากกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงอย่างไรประสิทธิภาพของกล้องทั้งสองแบบ เป็นต้น

3.3 ครูอาจให้นักเรียนหรือกลุ่มนักเรียนที่มีความสนใจจริงไปออกแบบ สร้าง ทดสอบหาประสิทธิภาพของกล้องทั้งสองแบบ โดยอาศัยข้อมูลที่ไปสืบค้นมาและจัดทำเป็นโครงงานสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งต้องมีขั้นตอนการดำเนินการอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

11.7 ความสว่าง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการให้พลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงกับความสว่างบนพื้นที่ที่รับแสง และใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้
2. นำความรู้เรื่องความสว่างไปอธิบายการจัดแสงสว่างให้เหมาะสมในสถานที่ต่าง ๆ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียนรู้

ครูนำกล่องหลอดไฟแบบไส้ หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ มาให้นักเรียนพิจารณาข้อความบนกล่อง จะพบข้อความเช่น 60 W 730 lm 220 V นักเรียนคงคุ้นกับ 60 W ซึ่งหมายถึงกำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ และ 220 V หมายถึงความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้ครูถามนักเรียนว่า 730 lm หมายถึงอะไร เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับหลอดไฟแบบไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ในประเด็นการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงที่ให้)

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับอัตราการให้พลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสง หรือเรียกอีกอย่างว่าฟลักซ์ส่องสว่าง จากนั้นอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ส่องสว่าง ความสว่างและพื้นที่รับแสง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จนได้ความสัมพันธ์ตามสมการ (11.10)

2.3 ครูอธิบายตัวอย่าง 11.11 และ 11.12 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการหาความสว่างบนพื้นที่ทำงานและการเลือกใช้หลอดไฟเพื่อให้ได้ความสว่างที่เหมาะสมและประหยัดพลังงาน รวมทั้งการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 22–23 และปัญหาข้อ 33–37

3.2 ถ้าครูมีเครื่องวัดความสว่าง (lux meter) อาจแสดงวิธีการวัดความสว่างบนพื้นโต๊ะที่ได้รับพลังงานแสงจากหลอดไฟแบบไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีกำลังไฟฟ้าเท่ากัน (หรือใกล้เคียงกัน) เพื่อเปรียบเทียบความสว่างเนื่องจากหลอดไฟทั้งสองว่า มีความสว่างไม่เท่ากัน ถึงแม้จะมีกำลังเท่ากัน

3.3 ครูนำการอภิปรายเกี่ยวกับความสว่างในห้องเรียน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ว่ามีความสว่างที่เหมาะสมเพียงใด เป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวความคิดในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสำรวจ เช่น การสำรวจความสว่างในบริเวณต่างๆ ในสถานศึกษา การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดไฟแบบไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีเครื่องหมายการค้าต่างๆ ในท้องตลาด เป็นต้น การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์ เช่น การสร้างเครื่องวัดความสว่างอย่างง่าย เป็นต้น

11.8 การถนอมสายตา

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความสว่างของแสงที่มีผลต่อตา
2. อธิบายวิธีถนอมสายตาในชีวิตประจำวัน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยกล่าวทบทวนถึงความสำคัญของจอตาซึ่งส่วนประกอบสำคัญของนัยน์ตา ครูอาจตั้งคำถามว่า มีอะไรบ้างที่จะทำอันตรายต่อจอตา และเราจะดูแลและป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับจอตาได้อย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการดูวัตถุที่มีความสว่างมาก การดูวัตถุที่มีความสว่างน้อย และการดูผ่านทัศนอุปกรณ์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.2 ครูยกประเด็นการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ที่มีการใช้คอมพิวเตอร์ทั้งการทำงานและสาระบันเทิงเป็นเวลานานๆ จะมีผลต่อสุขภาพ ได้แก่ ปวดตา ตาล้า ปวดศีรษะ รวมทั้งมีอาการปวดคอและหลัง และยังอาจทำให้เกิดความเครียดด้วย จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการถนอมสายตาจากการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานานในด้านต่าง ๆ

3.2 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 24–25

11.9 ตาและการมองเห็น

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายลักษณะของสายตาสั้นและสายตายาว พร้อมทั้งวิธีแก้ไข
2. อธิบายการมองเห็นสีต่าง ๆ ของตา

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูทบทวนเรื่องการมองเห็นวัตถุโดยตั้งคำถามให้นักเรียนอธิบายว่าจะเห็นวัตถุได้เมื่อใด ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า ต้องมีแสงจากวัตถุเข้าสู่ตา

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการทำงานของตาและกล้องถ่ายรูป ซึ่งจะได้ข้อสรุปดังนี้

- จอตาของเลนส์ตาทำหน้าที่คล้ายฟิล์มถ่ายรูป
- ม่านตาทำหน้าที่คล้ายไดอะแฟรมของกล้องถ่ายรูป
- การปรับภาพให้ชัดเจนบนจอตาและบนฟิล์มมีวิธีการต่างกัน สำหรับเลนส์ตามีกล้ามเนื้อตาบังคับให้เลนส์ตานูนมากน้อย เพื่อเปลี่ยนความยาวโฟกัสของเลนส์ ขณะที่เลนส์ตานูนมากความยาวโฟกัสของเลนส์ตาจะสั้น และขณะที่เลนส์ตานูนน้อยความยาวโฟกัสของเลนส์ตาจะมาก สำหรับกล้องถ่ายรูปใช้วิธีเลื่อนตำแหน่งเลนส์เพื่อปรับภาพให้ชัดบนฟิล์ม

2.2 ครูให้ความรู้เรื่องจุดไกล จุดใกล้ของคนตาปกติ ลักษณะของสายตาสั้น สายตายาว พร้อมทั้งวิธีแก้ไขโดยใช้เลนส์พร้อมเขียนภาพประกอบคำอธิบายตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.3 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการเห็นสีของแสงและการบอดสีตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.4 ครูอธิบายตัวอย่าง 11.13 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการแก้ปัญหาสายตาสั้นและสายตายาว

2.5 ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนเกี่ยวกับตัวเลขที่บอกความสั้นยาวของสายตาที่ใช้พูดกันทั่วไป เช่น สั้น 300 ยาว 250 เกี่ยวข้องกับเลนส์อย่างไร หรือตัวเลข +200 ที่ติดบนแว่นสายตาสำเร็จรูปตามร้านค้าแผงลอย มีความหมายอย่างไร

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 26–27

3.2 ครูให้ความรู้นักเรียนว่า การแก้ปัญหาสายตานอกจากจะใช้เลนส์แล้ว ยังมีวิธีอื่นอีก เช่น การแก้ปัญหาสายตาสั้นสายตายาวโดยใช้เลนส์สัมผัส (contact lens) และการรักษาสายตาสั้นด้วยเลเซอร์ (LASIK) เป็นต้น โดยครูอาจมอบหมายให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลหรือครูเป็นผู้ให้ความรู้ก็ได้

11.10 สี

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองเพื่อสังเกตการดูดกลืนแสงสีของแผ่นกรองแสงสี
2. อธิบายสารสีปฐมภูมิ
3. ทดลองเพื่อสังเกตการผสมแสงสีปฐมภูมิ และอธิบายความหมายของแสงสีปฐมภูมิ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูตั้งคำถามถามนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 11.3 ตัวอย่างคำถาม เช่น

- เหตุใดจึงมองเห็นวัตถุต่าง ๆ มีสีแตกต่างกัน
- แสงสีที่ส่องไปตกกระทบวัตถุ มีผลต่อการมองเห็นวัตถุอย่างไร

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 11.3 สีของวัตถุ

กิจกรรม 11.3 สีของวัตถุ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. บอกสีของแผ่นพลาสติกใสสีต่าง ๆ ได้ เมื่อมีแสงขาวตกกระทบ
2. อธิบายความแตกต่างของสเปกตรัมของแสงขาวและสเปกตรัมของแสงสีที่ผ่านปริซึม

เวลาที่ใช้ 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. กล่องแสง	1 กล่อง
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. แผ่นช่องแสงชนิด 1 ช่อง	1 แผ่น
4. กระดาษ A 4	1 แผ่น
5. แผ่นพลาสติกสีต่างๆ	
6. ปริซึม	1 อัน

ข้อแนะนำก่อนทำการทำกิจกรรม

1. จัดบริเวณที่ทำกิจกรรมให้มืดกว่าปกติ (อาจใช้วัตถุมากั้นแสงรบกวนจากภายนอก) จะได้สังเกตเห็นลำแสงได้ชัดเจน
2. ควรวางปริซึมสามเหลี่ยมให้ใกล้กับแผ่นช่องแสงมากที่สุด เพื่อใช้ลำแสงช่วงที่สว่างมาก ผลการทำกิจกรรมจะสังเกตได้ชัดเจน
3. ให้นักเรียนเขียนรังสีแทนลำแสงสีต่างๆ ณ ตำแหน่งที่เห็น พร้อมทั้งบันทึกสีที่เห็น

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

สีของแผ่นพลาสติกใส	สีของแผ่นพลาสติกใสที่เห็นด้วยตาเปล่า	แถบสีที่เห็นเมื่อใช้ปริซึมสามเหลี่ยมกั้นระหว่างแสงที่ผ่านแผ่นพลาสติกใสสี					
		ม่วง	น้ำเงิน	เขียว	เหลือง	แสด	แดง
สีน้ำเงิน	สีน้ำเงิน	/	/	/	/	/	
สีเขียว	สีเขียว		/	/	/		
สีเหลือง	สีเหลือง			/	/	/	
สีแดง	สีแดง					/	/

วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรม

1. เมื่อนำแผ่นพลาสติกใสสีต่าง ๆ มาวางกั้นหน้าหลอดไฟ แล้วมองลำแสงที่ออกมาจากช่องแสง นักเรียนบอกสีของแสงนั้น ๆ ได้ ดังผลในตาราง

2. เมื่อนำปริซึมสามเหลี่ยมกระจายแสงสีที่ผ่านแผ่นพลาสติกใสสี จะพบว่าแผ่นพลาสติกใสสียอมให้สเปกตรัมของแสงขาวบางช่วงผ่านไปได้ แต่จะดูดกลืนบางช่วงไว้ แผ่นพลาสติกใสสีดังกล่าวนี้ เรียกว่า แผ่นกรองแสงสี

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของแผ่นกรองแสงสีตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

[หมายเหตุ – แถบสีที่เห็นเมื่อใช้ปริซึมสามเหลี่ยมกระจายแสง สีที่ผ่านแผ่นพลาสติกใสสีนั้นอาจแตกต่างจากสีที่บันทึกไว้ในตาราง ขึ้นกับชนิดของแผ่นกรองแสงสี

– แสงสีแดงที่ตาเราเห็นนั้นอาจประกอบด้วยหลายแสงสี (เมื่อใช้ปริซึมกระจายแสง) หรืออาจมีแสงสีเดียวก็ได้]

2.3 ครูให้ความรู้ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ซึ่งควรสรุปได้ว่า

- วัตถุมีสารที่ทำหน้าที่ดูดกลืนแสง เรียกว่า สารสี
- วัตถุมีสีต่างกัน จะมีสารสีต่างกันด้วย
- วัตถุมีสีใด แสดงว่าวัตถุสะท้อนแสงสีนั้นด้วยปริมาณสูงสุด
- ที่เห็นวัตถุเป็นสีดำเพราะสารสีในวัตถุนั้นจะดูดกลืนแสงทุกสีที่ตกกระทบและไม่มีแสงสีใดสะท้อนเข้าสู่ตา

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 28

11.10.1 การผสมสารสี

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของสารสีปฐมภูมิ
2. อธิบายผลที่เกิดจากการผสมสีของสารสี

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

–

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้ความรู้นักเรียนตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับหัวข้อนี้ ได้ว่า

การเห็นสีตามธรรมชาติ จะต้องดูวัตถุนั้นด้วยแสงขาวจากดวงอาทิตย์ โดยวัตถุจะดูดกลืนแสงบางสี และสะท้อนแสงสีที่เหลือออกมา ทำให้มองเห็นวัตถุเป็นสีต่าง ๆ

วัตถุชิ้นเดียวกันจะเห็นเป็นสีต่างกัน ถ้าฉายแสงสีต่างกันไปยังวัตถุ (เช่น สีเสื้อของนักร้อง บางครั้งเป็นสีฟ้า สีเหลืองหรืออื่นๆ เมื่อฉายแสงสีต่างๆ เป็นต้น)

สิ่งที่กำหนดสีบนวัตถุนอกจากแสงที่ตกกระทบแล้ว อีกอย่างหนึ่งคือสารสีบนผิววัตถุ สารสีเป็นตัวดูดกลืนแสงสีที่มาตกกระทบผิววัตถุโดยจะดูดกลืนบางแสงสีและสะท้อนบางแสงสี

สารสีปฐมภูมิมี 3 สี คือ สีเหลือง สีแดงม่วง และสีน้ำเงินเขียว โดยถ้านำสารสีอื่นๆ มาผสมเข้าด้วยกันทำให้เป็นสีดังกล่าวไม่ได้ และแต่ละสีมีสมบัติดูดกลืนแถบสีในสเปกตรัมแสงอาทิตย์แต่ละช่วงต่อเนื่องกันไป

ถ้านำสารสีปฐมภูมิทั้ง 3 สี มาผสมกันด้วยปริมาณที่เท่ากัน จะได้สารสีผสมที่มีสมบัติดูดกลืนแสงสีทุกแถบสีในสเปกตรัมของแสงขาวที่ตกกระทบ สารสีผสมนี้คือ สารสีดำ ดังรูป 11.57 ในหนังสือเรียน

ถ้านำสีปฐมภูมิมาผสมกันด้วยสัดส่วนต่าง ๆ จะเกิดเป็นสารผสมได้หลายสี

สารสีขาว ไม่อาจทำให้เกิดด้วยการผสมสารสีอื่น ๆ เพราะสารสีต่างๆ ที่เรานำผสมกันนั้นจะดูดกลืนบางแสงสี และสะท้อนบางแสงสีจะไม่มีสารสีผสมใดที่สะท้อนทุกแสงสีในสเปกตรัมของแสงขาวได้

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 29

3.2 ในกรณีที่สถานศึกษามีงบประมาณ ครูควรซื้อแม่สี 3 สี ได้แก่ สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีแดงม่วง แล้วนำมาผสมกันทีละคู่เพื่อตรวจสอบว่าจะได้สารสีตามรูป 11.57 ในหนังสือเรียน หรือไม่

11.10.2 การผสมแสงสี

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทำกิจกรรมและสรุปผลการผสมแสงสีบนฉากขาว
2. อธิบายความหมายของแสงสีปฐมภูมิ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

–

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้ความรู้ว่า การมองเห็นสีของวัตถุ เป็นผลจากแสงที่สะท้อนหรือทะลุผ่านออกจากวัตถุ มักไม่ออกมาเพียงสีเดียว โดยแสงสีเหล่านั้นจะผสมแสงสีกัน จากนั้นครูตั้งคำถามนำเข้าสู่กิจกรรม 11.4 ว่าการผสมแสงสีมีผลอย่างไร ให้นักเรียนค้นหาคำตอบจากกิจกรรม 11.4

กิจกรรม 11.4 การผสมแสงสีบนฉากขาว

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทำกิจกรรมและสรุปผลการผสมแสงสีบนฉากขาวจากการทดลองได้

เวลาที่ใช้ 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. กล่องผสมแสงสี	1 กล่อง

ข้อแนะนำก่อนทำกิจกรรม

1. จัดแผ่นกรองแสงสีให้ด้านที่มีกระจกหันเข้าหาฉากขาว
2. การจัดให้ลำแสงที่ผ่านช่องสำหรับปรับแนวลำแสงตกกระทบบนจุดที่กำหนดนั้น เพื่อให้แนวของลำแสงตั้งฉากกับระนาบแผ่นกรองแสงสี ซึ่งจะทำให้วงกลมทั้งสามสีปรากฏบนฉาก
3. การปรับแผ่นกรองแสงสี ให้ปรับเฉพาะแผ่นกรองแสงสีด้านริมทั้งสองเท่านั้น
4. การผสมแสงสีบนฉากขาว ควรจัดให้แสงซ้อนกันครั้งละ 2 สี จนครบทุกสีแล้วจึงจัดให้แสงทั้ง 3 สีซ้อนกัน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

วงสีของแสงที่มาซ้อน	สีที่ปรากฏบนฉากบริเวณที่วงสีซ้อนกัน
แดง เขียว	เหลือง
แดง น้ำเงิน	แดงม่วง
เขียว น้ำเงิน	น้ำเงินเขียว
แดง เขียว น้ำเงิน	ขาว

วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรม

ครูนำผลการทำกิจกรรมมาอภิปรายตามแนวคำถามในหนังสือเรียน เพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้ เมื่อนำแสงสีต่าง ๆ มาผสมกันจะได้แสงสีใหม่ ดังตารางบันทึกผลการทดลอง การผสมแสงสีระหว่างแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินนั้น ควรได้ผลเหมือนกับฉายแสงขาวลงบนฉากขาว การทดลองได้แสงสีค่อนข้างขาวเท่านั้น เนื่องจากคุณภาพของแผ่นกรองแสงสี

2.2 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับแสงสีปฐมภูมิ จากนั้นครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า เราอาจนำแสงสีปฐมภูมิมาผสมกันให้เกิดแสงสีต่าง ๆ ได้หลายสีดังตัวอย่างผลของกิจกรรม และดังรูป 11.58 ในหนังสือเรียนแต่ทำให้เป็นสีดำไม่ได้เพราะฉากขาวสะท้อนออกทุกสี ดังนั้นไม่ว่าจะให้แสงสีปฐมภูมิสีใดตกกระทบฉากขาว ย่อมมีแสงสีสะท้อนออก เราจึงไม่อาจเห็นเป็นสีดำได้

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ประโยชน์ของแผ่นกรองแสงสีในการถ่ายภาพ

ในการถ่ายภาพขาวดำ บางครั้งจะได้ภาพของวัตถุที่มีสีต่างๆ เป็นสีดำที่มีความเข้มเกือบจะเท่ากัน เป็นเหตุให้ไม่เห็นความแตกต่างของภาพ เช่น การถ่ายภาพผู้หญิงใส่เสื้อลายที่มีสีเขียวสลับกับสีแดงจะได้ภาพของเสื้อเป็นสีดำที่มีความเข้มเกือบเท่ากันทั้งตัวเสื้อ จึงไม่เห็นลายเสื้อ ถ้าใช้แผ่นกรองแสงสีเขียวกั้นหน้าเลนส์ของกล้องถ่ายรูป แผ่นกรองแสงสีเขียวจะให้แสงเขียวเท่านั้นผ่านเข้าสู่เลนส์ของกล้องถ่ายรูป ดังนั้นภาพของเสื้อตรงส่วนที่เป็นสีแดงจะเป็นสีดำเข้ม และตรงส่วนที่เป็นสีเขียวจะเป็นสีเทาอ่อน ทำให้ภาพของเสื้อมีลายชัดเจนขึ้น

การถ่ายภาพขาวดำของเมฆที่มีสีขาวและท้องฟ้าที่มีสีฟ้าซึ่งเกิดจากการผสมของแสงสีม่วง แสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียวและแสงสีเหลือง จะได้ภาพของเมฆและท้องฟ้า มีสีกลมกลืนกัน คือเป็นภาพสีเทาอ่อนเหมือนกัน ถ้าต้องการได้ภาพเมฆและท้องฟ้ามีสีต่างกัน จะต้องใช้แผ่นกรองแสงสีเหลืองกั้นหน้าเลนส์ของกล้องถ่ายรูปเพื่อดูดกลืนแสงสีม่วงและสีน้ำเงิน เพื่อให้ปริมาณแสงของท้องฟ้าผ่านเข้ากล้องถ่ายรูปน้อยลง ด้วยเหตุนี้ภาพของท้องฟ้าจะมีสีเข้มขึ้น ส่วนเมฆจะเป็นสีค่อนข้างขาว

นอกจากนี้ยังใช้แผ่นกรองแสงสีถ่ายภาพสี เพื่อให้ได้ภาพมีสีสวยงามยิ่งขึ้นหรือมีสีแปลกไปจากเดิม

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท คำถามข้อ 30–34

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 11

คำถาม

11.1 การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

1. จงสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับค่าของอัตราเร็วของแสงที่แน่นอนและยอมรับในปัจจุบัน

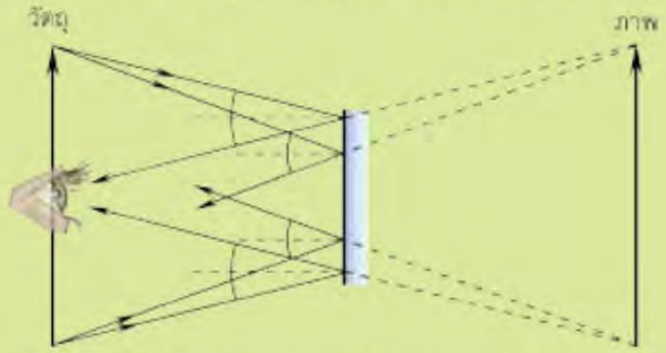
แนวคำตอบ นักวิทยาศาสตร์พยายามหาอัตราเร็วของแสงด้วยวิธีการต่างๆ ได้อัตราเร็วของแสงที่ต่างกันและมีความคลาดเคลื่อนมาก อัตราเร็วของแสงที่แน่นอนและยอมรับในปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 299 792 458 เมตรต่อวินาที แต่ในการคำนวณเบื้องต้นใช้ค่าประมาณ คือ 3.0×10^8 เมตรต่อวินาที

11.2 การสะท้อนของแสง

2. ภาพของวัตถุที่วางหน้ากระจกเงาราบ เป็นภาพเสมือนเสมอ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เมื่อมีรังสีของแสงจากวัตถุตกกระทบกระจกเงาราบ รังสีสะท้อนจะไม่ตัดกัน แต่เมื่อต่อแนวรังสีออกไปหลังกระจกจึงจะตัดกันเกิดเป็นภาพเสมือน และตำแหน่งนั้นจะเอาฉากมารับภาพไม่ได้

3. วัตถุที่สูงกว่ากระจกเงาราบวางอยู่หน้ากระจกเงาราบ จะมีภาพของวัตถุทุกส่วนจากกระจกเงาราบได้หรือไม่ แสดงวิธีการหาคำตอบด้วยการเขียนรังสีของแสง



รูป ตาอยู่ใกล้กระจกจะมองเห็นภาพของวัตถุทุกส่วน

แนวคำตอบ เขียนแผนภาพทางเดินแสงแสดงการเกิดภาพของวัตถุที่สูงกว่ากระจกเงาราบ โดยการลากรังสีจากปลายบนและปลายล่างของวัตถุจุดละ 2 เส้น ให้ไปตกกระทบกระจกเงาราบตามลำดับ แล้วเขียนรังสีสะท้อนตามกฎการสะท้อน ต่อแนวรังสีสะท้อนเสมือนไปตัดกันเกิดภาพเสมือนดังรูป นั่นคือวัตถุที่สูงกว่ากระจกเงาราบวางอยู่หน้ากระจกเงาราบ จะมีภาพของวัตถุทุกส่วน

4. ภาพของวัตถุที่วางหน้ากระจกเงานูน เป็นภาพเสมือนเสมอ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เพราะเมื่อมีรังสีตกกระทบกระจกเงานูน รังสีสะท้อนจะไม่ตัดกันแต่เมื่อต่อแนวรังสีออกไปจึงจะตัดกันหลังกระจกเกิดภาพ และตำแหน่งนั้นเอาฉากมารับไม่ได้

5. กระจกติดรถยนต์สำหรับใช้ดูยวดยานที่อยู่ข้างหลัง มักเป็นกระจกเงานูนมากกว่ากระจกเงาราบ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เพราะว่ากระจกนูนรับแสงได้เป็นมุมกว้างกว่ากระจกเงาราบ ทำให้เห็นสิ่งแวดล้อมที่อยู่ด้านหลังได้มากกว่า ช่วยทำให้มีความปลอดภัย

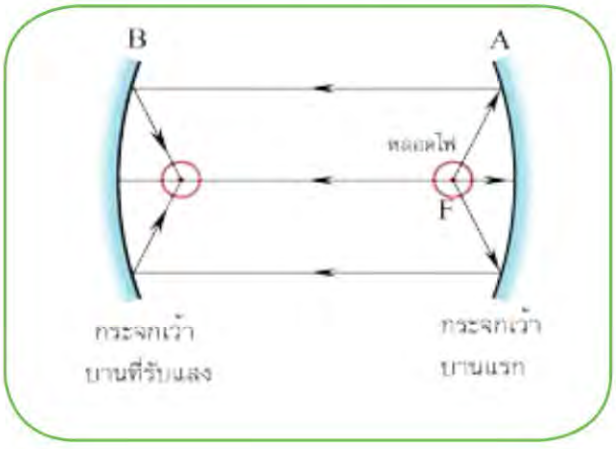
6. เหตุใดทันตแพทย์จึงใช้กระจกเงาเว้าส่องดูฟันของคนไข้

แนวคำตอบ ภายในปากแคบ ตำแหน่งฟันอยู่ห่างจากกระจกเงาเว้าน้อยกว่าความยาวโฟกัสของกระจกเงาเว้า จะให้ภาพเสมือนมีขนาดขยาย ทันตแพทย์จะเห็นรายละเอียดของฟันคนไข้ได้มากและชัดเจน

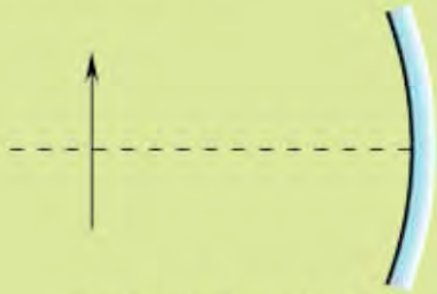
7. วางหลอดไฟที่โฟกัสของกระจกเงาเว้า A ถ้านำกระจกเงาเว้า B มารับแสงจากกระจกเงาเว้า A ดังรูป ภาพของหลอดไฟนี้ที่เกิดจากกระจกเงาเว้า B จะเกิด ณ ตำแหน่งใดบ้าง และเป็นภาพจริงหรือภาพเสมือน

รูปสำหรับคำถามข้อ 7

แนวคำตอบ เมื่อแสงจากหลอดไฟตกกระทบกระจกเงาเว้า A รังสีสะท้อนจะเป็นรังสีขนาน เมื่อไปตกกระทบกระจกเงาเว้า B จะสะท้อนไปตัดกันจริงที่โฟกัสของกระจกเงาเว้า B เกิดภาพจริงของหลอดไฟดังรูป นั่นคือ ภาพของหลอดไฟเกิดที่โฟกัสของกระจกเงาเว้า B และเป็นภาพจริง

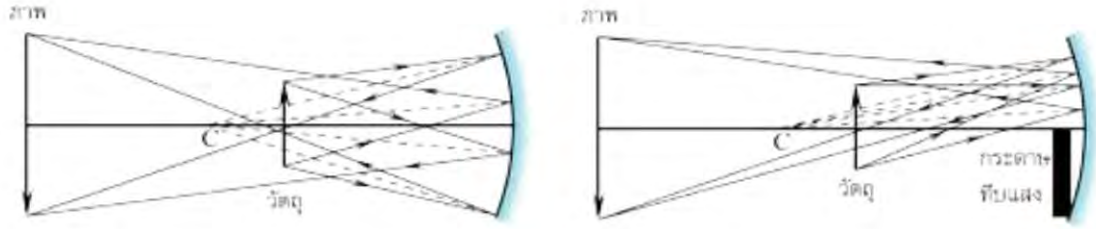


8. วางวัตถุไว้หน้ากระจกเงาเว้าดังรูป ถ้านำกระดาษทึบแสงมาปิดที่ช่วงครึ่งล่างของกระจกเงาเว้า ภาพของวัตถุที่เกิดขึ้นจะเหมือนภาพตอนที่ไม่มีกระดาษปิดหรือไม่ ให้เขียนทางเดินแสงประกอบคำตอบ



รูปสำหรับคำถามข้อ 8

แนวคำตอบ เขียนทางเดินแสงได้ดังนี้



ก. เมื่อไม่มีกระดาษดำปิด ข. เมื่อมีกระดาษดำปิด

รูป การเกิดภาพจากกระจกเงาเว้า

จากรูป ภาพที่เกิดเป็นภาพจริงหัวกลับเหมือนกับภาพที่เกิดจากกระจกเงาเว้าที่ไม่มีกระดาษมาปิด

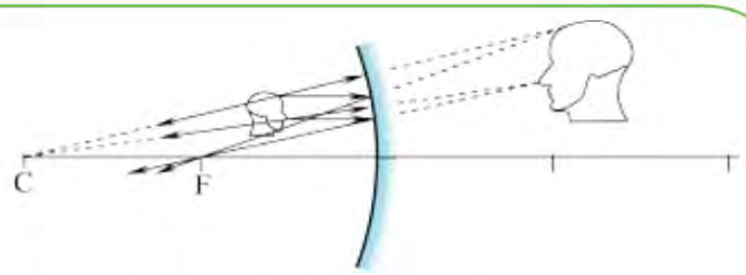
9. สุภาพสตรีผู้หนึ่งใช้กระจกเงาเว้าส่องดูหน้า ให้ใบหน้าอยู่ห่างกระจก 20 เซนติเมตร และกระจกเงาเว้ามีรัศมีความโค้ง 60 เซนติเมตร จะทำให้เห็นภาพใบหน้าใหญ่ขึ้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. มีปัจจัยอะไรบ้างที่จะทำให้เห็นใบหน้าใหญ่ขึ้น

ข. ภาพใบหน้าของเธออยู่ที่ไหน

ค. เธอต้องทำอย่างไรจึงจะเห็นภาพใบหน้าขยายขนาดขึ้น

แนวคำตอบ เขียนทางเดินแสงได้ดังนี้



รูป การเกิดภาพจากกระจกเงาเว้า

จากรูป จะได้

ก. องค์ประกอบที่ทำให้ภาพใบหน้าใหญ่ขึ้น คือระยะวัตถุน้อยกว่าความยาวโฟกัส

ข. ภาพใบหน้าของเธอเป็นภาพเสมือนอยู่หลังกระจกเงาเว้า

ค. เธอต้องเดินเข้าหาโฟกัส แต่ต้องห่างกระจกไม่เกินระยะโฟกัส

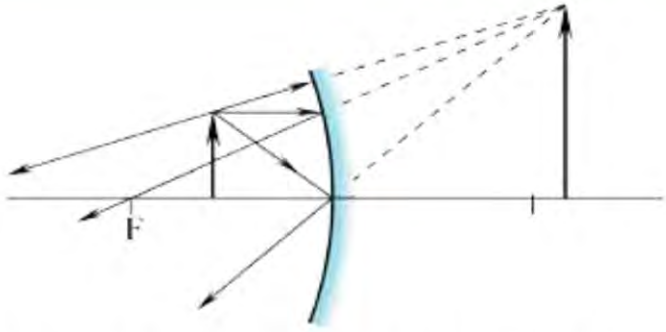
10. กระจกเงาในข้อใด สามารถให้ภาพเสมือนที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ เขียนทางเดินของแสงแสดงการเกิดภาพประกอบคำอธิบาย

ก. กระจกเงาราบ

ข. กระจกเงานูน

ค. กระจกเงาเว้า

แนวคำตอบ กระจกเงาเว้าให้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ



รูป กระจกเงาเว้าให้ภาพเสมือนมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ เมื่อระยะวัตถุน้อยกว่าความยาวโฟกัส

11.3 การหักเหของแสง

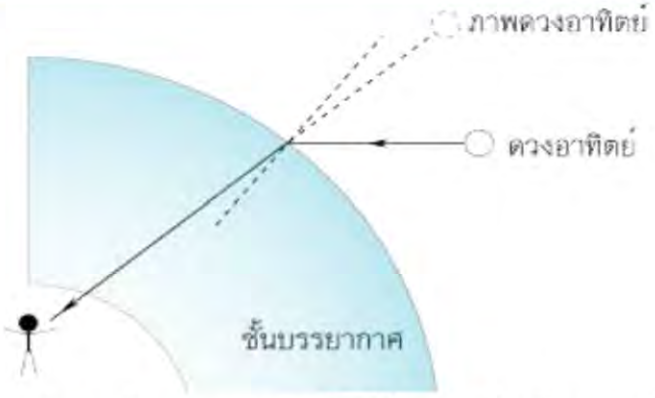
11. เมื่อฉายเลเซอร์เข้าไปในน้ำที่ผสมน้ำตาล ปรากฏว่าแนวของลำแสงเบนดังรูป จงอธิบายว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

รูปสำหรับคำถามข้อ 11

แนวคำตอบ น้ำผสมน้ำตาลเป็นของผสมที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน ด้านบนมีความหนาแน่นน้อยที่สุด ลึกลงไปจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และมีความหนาแน่นมากที่สุดบริเวณด้านล่างของอ่าง น้ำผสมน้ำตาลจึงเปรียบเสมือนชั้นของเหลวจำนวนมาก เมื่อฉายเลเซอร์ไปที่ด้านบน เลเซอร์จะหักเหผ่านชั้นของเหลวเหล่านี้ จนกระทบด้านล่างของอ่าง เลเซอร์จะสะท้อนและหักเหผ่านชั้นต่างๆ ของของเหลวในที่สุดเลเซอร์ก็ออกจากกล่องในแนวเดียวกับเลเซอร์ที่เข้ามา

12. ในตอนเช้าขณะดวงอาทิตย์ยังไม่ขึ้นจากขอบฟ้า และตอนเย็นเมื่อดวงอาทิตย์ตกลับขอบฟ้าไปแล้ว เราก็ยังมองเห็นดวงอาทิตย์ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เพราะมีการหักเหของแสงเมื่อผ่านบรรยากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นภาพง่ายๆ ดังนี้



รูป การหักเหของแสงอาทิตย์ในตอนเช้าหรือตอนเย็น

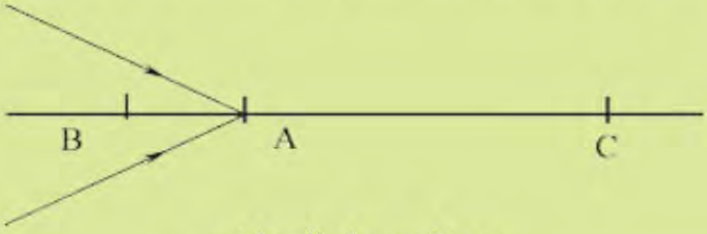
13. จากรูป ชายคนหนึ่งกำลังล่าปลาโดยใช้ไม้ปลายแหลม ถ้าเขามองเห็นปลาที่ตำแหน่ง ค เขาต้องพุ่งไม้ไปที่ตำแหน่งใด จึงมีโอกาสถูกตัวปลา

รูปสำหรับคำถามข้อ 13

แนวคำตอบ ตำแหน่งจริงของปลาอยู่ที่ ง แต่เนื่องจากการหักเหของแสง ทำให้ภาพของปลาอยู่ที่ตำแหน่ง ค ถ้าชายคนนี้พุ่งไม้ปลายแหลมไปที่ ค จะไม่ถูกตัวปลา ดังนั้นเขาต้องพุ่งไม้ปลายแหลมไปตำแหน่งที่ต่ำกว่า ค คือตำแหน่ง ง จึงจะมีโอกาสถูกตัวปลา

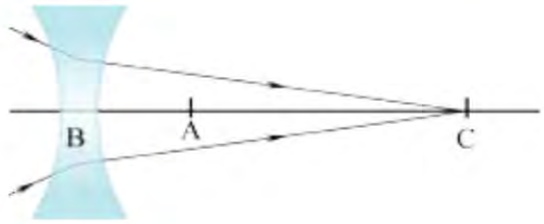
11.4 เลนส์บาง

14. รังสีของแสงเบนเข้าหากันที่จุด A ถ้านำเลนส์ไปวางไว้ที่จุด B รังสีของแสงคู่นี้จะเบนไปพบกันที่จุด C เลนส์ที่นำไปวางเป็นเลนส์ชนิดใด อธิบาย

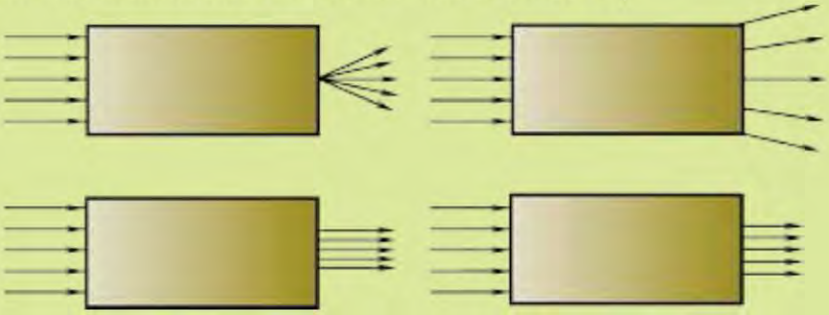


รูปสำหรับคำถามข้อ 14

แนวคำตอบ เลนส์ที่นำไปวางเป็นเลนส์เว้า ดังแสดงในรูป เพราะเลนส์เว้าทำให้รังสีหักเหเบนออก จึงเป็นผลทำให้รังสีหักเหเบนไปพบกันไกลกว่าจุดเดิม

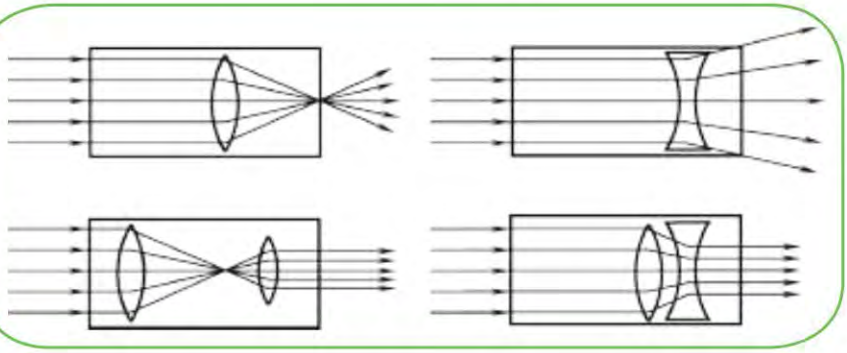


15. ลำแสงสีเดียวส่องขนานเข้าไปในกล่อง ดังรูป จากการสังเกตลักษณะรังสีที่ทะลุออกมา จงหาชนิดของเลนส์ที่จะต้องนำไปวางไว้ในกล่องเพื่อให้เกิดผลดังที่แสดงไว้ ในการนี้อาจใช้เลนส์มากกว่า 1 อันก็ได้ ในกล่องใบหนึ่ง ๆ

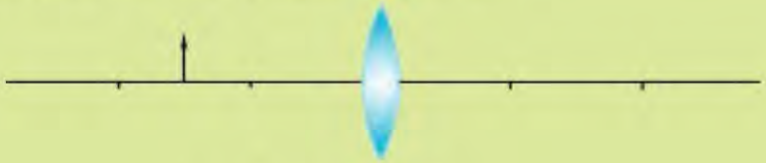


รูปสำหรับคำถามข้อ 15

แนวคำตอบ ชนิดของเลนส์ที่ต้องใส่ในกล่อง ดังรูป

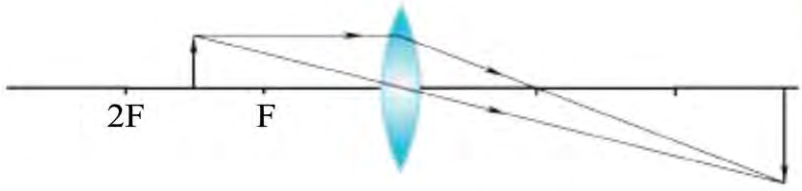


16. แผนภาพแสดงวัตถุอยู่ระหว่าง F และ 2F ของเลนส์นูนบาง ภาพที่เกิดโดยเลนส์นี้มีลักษณะอย่างไร กำหนดให้ F เป็นโฟกัสของเลนส์



รูปสำหรับคำถามข้อ 16

แนวคำตอบ วัตถุอยู่ระหว่าง F และ 2F ของเลนส์นูนบาง เมื่อเขียนรังสีของแสง จะพบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดขยายและอยู่เลย 2F ออกไป



รูป การเกิดภาพของวัตถุที่อยู่ระหว่าง F และ 2F ของเลนส์นูนบาง

11.5 ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง

17. เมื่อแสงผ่านละอองฝนและปริซึม จะเกิดสเปกตรัมของแสง การเกิดสเปกตรัมในทั้งสองกรณีเพราะสมบัติใดของแสง

แนวคำตอบ เมื่อแสงผ่านละอองฝนจะเกิดการหักเหและการสะท้อนทำให้เกิดการกระจายแสง แต่สำหรับแสงเมื่อผ่านปริซึมจะเกิดการหักเหจึงทำให้เกิดการกระจายแสง

18. จงอธิบายการกระจายของแสงขาว เมื่อตกกระทบผิวด้านหนึ่งของปริซึมสามเหลี่ยม

แนวคำตอบ เมื่อฉายแสงขาวไปตกกระทบปริซึมสามเหลี่ยม จะเกิดการหักเหที่ผิว และเกิดการกระจายแสงเนื่องจากมุมหักเหของแสงสีต่างๆ ไม่เท่ากัน และเมื่อนำฉากไปรับแสงที่หักเหออกจากปริซึม พบว่าจะมีสีต่างๆ เรียงกัน ได้แก่ แสงสีม่วง สีน้ำเงินสีเขียว สีเหลือง สีแสด และสีแดงโดยแสงสีม่วงมีการเบี่ยงเบนมากที่สุด แสงสีแดงมีการเบี่ยงเบนน้อยที่สุด เรียกว่า การกระจายของแสงขาว

11.6 ทัศนอุปกรณ์

19. จงอธิบายการทำงานของกล้องจุลทรรศน์

แนวคำตอบ กล้องจุลทรรศน์ทำหน้าที่ขยายภาพของวัตถุขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่ขึ้น กล้องจุลทรรศน์มีส่วนประกอบสำคัญคือเลนส์นูนสองอัน เรียกว่า เลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา โดยเลนส์ใกล้วัตถุมีความยาวโฟกัสสั้น ส่วนเลนส์ใกล้ตามีความยาวโฟกัสมากกว่า วัตถุต้องอยู่ระหว่าง F และ 2F ของเลนส์ใกล้วัตถุเพื่อให้เกิดภาพจริงขนาดขยายอยู่ระหว่างโฟกัสและศูนย์กลางเลนส์ของเลนส์ใกล้ตา ภาพจริงนี้ทำหน้าที่เป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตาทำให้เกิดภาพเสมือนขนาดขยาย หัวกลับเมื่อเทียบกับวัตถุแรก

20. เมื่อใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีกำลังขยายเท่ากัน ส่องดูดาวในเวลากลางคืน พบว่ากล้องที่มีพื้นที่หน้าตัดของเลนส์ใกล้วัตถุมากกว่า จะเห็นดาวได้ชัดกว่าเพราะเหตุใด

แนวคำตอบ กล้องที่มีพื้นที่หน้าตัดของเลนส์ใกล้วัตถุใหญ่กว่าปริมาณแสงสว่างที่ผ่านเข้าไปในกล้องมากกว่า ความสว่างของภาพจะมากกว่าจึงทำให้มองเห็นดาวได้ชัดกว่า

21. เลนส์ของกล้องถ่ายรูปมีความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร และอยู่ห่างจากฟิล์มในกล้องเท่ากับความยาวโฟกัส ถ้าต้องการถ่ายรูปของวัตถุที่อยู่ห่างจากเลนส์ 2 เมตร ผู้ถ่ายภาพจะต้องทำอย่างไรจึงจะได้ภาพชัด

แนวคำตอบ ความยาวโฟกัสของเลนส์ถ่ายภาพสั้นมากเมื่อเทียบกับระยะวัตถุ 2 เมตร ดังนั้นจึงถือว่าระยะวัตถุอยู่ไกลมาก ภาพปรากฏบนฟิล์มในกล้องได้โดยไม่ต้องปรับหรือเลื่อนเลนส์ เพราะภาพจะไปปรากฏที่โฟกัส

11.7 ความสว่าง

22. จงบอกหน่วยและสัญลักษณ์ของปริมาณต่อไปนี้ ฟลักซ์ส่องสว่าง ความสว่าง

แนวคำตอบ ฟลักซ์ส่องสว่าง หมายถึง พลังงานแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหนึ่งหน่วยเวลา กล่าวอีกแบบว่า อัตราการให้พลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสง ฟลักซ์ส่องสว่างแทนด้วยสัญลักษณ์ F ฟลักซ์ส่องสว่างมีหน่วย ลูเมน (lm) ส่วนความสว่างบนพื้นที่รับแสงใดๆ เป็นอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ส่องสว่างต่อพื้นที่ตั้งฉากที่รับแสง ความสว่างแทนด้วยสัญลักษณ์ E ความสว่างมีหน่วย ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (lx)

23. กล่องหลอดไฟมีข้อมูลระบุว่า 20 W 11 lm/W อีกกล่องระบุว่า 20 W 69 lm/W หลอดไฟทั้งสองแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ปัจจุบันกล่องบรรจุหลอดไฟจะมีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าและการให้พลังงานแสงของหลอดไฟ เพื่อให้ผู้บริโภคได้พิจารณาประกอบการตัดสินใจซื้อสินค้าให้เหมาะกับการนำไปใช้งาน เช่น 15 W 750 lm และ 50 lm/W ข้อมูลเหล่านี้มีความหมายดังนี้

15 W หมายถึง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอด หรือ กำลังไฟฟ้าของหลอด

750 lm หมายถึงอัตราการให้พลังงานแสงของหลอดไฟซึ่งบอกถึงพลังงานแสงที่ส่งออกจากหลอดไฟต่อหนึ่งหน่วยเวลามีชื่อเรียกว่า ฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วย ลูเมน (lm)

50 lm/W หมายถึง อัตราการให้พลังงานแสงของหลอดไฟ (lm) ต่อกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (W) [ค่านี้เรียกว่า ประสิทธิศักย์ (efficacy) หรือเรียกว่าลูเมนต่อวัตต์] หาได้จาก 750 lm หารด้วย 15 W ลูเมนต่อวัตต์ของหลอดไฟต่างๆเป็นค่าที่บอกให้ทราบว่า หลอดไฟที่มีกำลังไฟฟ้า (วัตต์) เท่ากัน หลอดใดมีอัตราการให้พลังงานแสงมากกว่าเช่น หลอด 20 W 11 lm/W และหลอด 20 W 69 lm/W จะเห็นว่า หลอดทั้งสองมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากัน คือ 20 W แต่หลอดที่สองมีอัตราการให้พลังงานแสงมากกว่าหลอดแรกถึง 6 เท่า $\left(\frac{69\ \text{lm / W}}{11\ \text{lm / W}} \cong 6\right)$

11.8 การถนอมสายตา

24. จงเสนอวิธีการถนอมสายตาจากการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานานที่แตกต่างจากที่กล่าวมาแล้ว

แนวคำตอบ ปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทสำคัญมากทั้งการทำงานและสาระบันเทิง การศึกษาวิจัยพบว่าการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานานๆ จะมีผลต่อสุขภาพ ได้แก่ ปวดตา ตาล้า ปวดศีรษะ รวมทั้งมีอาการปวดคอและหลัง และยังอาจทำให้เกิดความเครียดด้วย จึงควรถนอมสายตา เช่น กระพริบตาให้ถี่ขึ้น พักสายตาทุกชั่วโมง จัดวางคอมพิวเตอร์และปรับความสว่างในห้องให้เหมาะสม เปลี่ยนอริยาบท เช่น เดินหรือมองที่อื่นบ้าง ซึ่งเป็นการพักสายตาและป้องกันอาการปวดเมื่อยจากการนั่งเป็นเวลานาน

การใช้คอมพิวเตอร์หรือดูโทรทัศน์โดยปิดไฟ ก็อาจเกิดอันตรายต่อสายตาได้เช่นกัน เนื่องจากความแตกต่างระหว่างบริเวณสว่างและบริเวณที่มืด เมื่อละสายตาจากจอภาพไปบริเวณอื่น ม่านตาจะขยายเพื่อให้สามารถมองเห็นได้ และเมื่อกลับมามองที่จอภาพซึ่งสว่างมากม่านตาจะหดตัวลง การที่ม่านตาขยายและหดตัวลงบ่อยๆ จะเป็นอันตรายต่อสายตาได้ จึงควรจัดสภาพแวดล้อมไม่ให้มีความแตกต่างดังกล่าวมากเกินไป

25. ยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงหรือสถานการณ์ที่ให้แสงที่สว่างจ้ามากๆ

แนวคำตอบ แหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงที่มีความเข้มสูงหรือสว่างจ้ามากๆ เช่น ดวงอาทิตย์ การเชื่อมโลหะ สปอร์ตไลท์กำลังสูง เลเซอร์ โพรเจกเตอร์ เป็นต้น จะเป็นอันตรายต่อจอตา จึงห้ามมองย้อนลำแสงไปยังแหล่งกำเนิดแสงเด็ดขาดโดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน

11.9 ตาและการมองเห็นสี

26. จงอธิบายสาเหตุของสายตาสั้นและสายตายาว พร้อมการแก้ไข

แนวคำตอบ คนสายตาปกติ ภาพจะเกิดที่จอตาพอดี แต่คนสายตาสั้น ภาพของวัตถุเกิดก่อนถึงจอตา การแก้ไขโดยใช้เลนส์เว้าเพื่อกระจายรังสีของแสงให้ไปตัดกันที่จอตาพอดี ส่วนสายตายาวภาพของวัตถุจะเกิดเลยจอตา การแก้ไขโดยใช้เลนส์นูนเพื่อรวมรังสีของแสงให้ไปตัดกันที่จอตาพอดี

27. ในตอนกลางคืน การมองเห็นสีขึ้นอยู่กับเซลล์รับแสงชนิดใด และเห็นเหมือนตอนกลางวันหรือไม่

แนวคำตอบ จอตาประกอบด้วยใยประสาทและเซลล์รับแสงเป็นจำนวนมาก เซลล์เหล่านี้มี 2 ชนิด คือ เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย เซลล์รูปแท่งจะไวต่อแสงที่มีความเข้มต่ำ เช่นในที่มืดและไม่สามารถแยกแสงสีได้ ส่วนเซลล์รูปกรวยจะไวต่อแสงที่มีความเข้มสูงและสามารถแยกแสงแต่ละสีได้ ดังนั้นในที่สลัวๆ จะไม่สามารถแยกสีของวัตถุได้ แต่บอกรูปร่างได้เนื่องจากเซลล์รูปแท่งยังทำงาน เมื่อมีแสงสว่างมากขึ้น เซลล์รูปกรวยจะทำงานจึงมองเห็นสีของวัตถุได้

11.10 สี

28. จงอธิบายว่า แผ่นกรองแสงมีอิทธิพลต่อความสว่างอย่างไร

แนวคำตอบ ช่วยลดปริมาณของแสงสีให้น้อยลง หรือต้องการให้แสงเพียงบางสีเท่านั้นผ่านออกมา จึงทำให้ความสว่างบนพื้นที่ลดลง

29. สารสีปฐมภูมิประกอบด้วยสารสีใดบ้าง เมื่อผสมสารสีปฐมภูมิทีละคู่จะได้สารสีใดบ้าง

แนวคำตอบ สารสีปฐมภูมิประกอบด้วยสารสีเหลือง แดงม่วงและน้ำเงินเขียวเมื่อผสมสารสีปฐมภูมิทีละคู่ คือ ผสมสารสีเหลืองและแดงม่วงจะได้สารสีแดง ผสมสารสีแดงม่วงและน้ำเงินเขียว จะได้สารสีน้ำเงิน ผสมสารสีน้ำเงินเขียวและเหลืองจะได้สารสีเขียว (สารสีแดง สารสีน้ำเงินและสารสีเขียว เรียกว่า สารสีทุติยภูมิ)

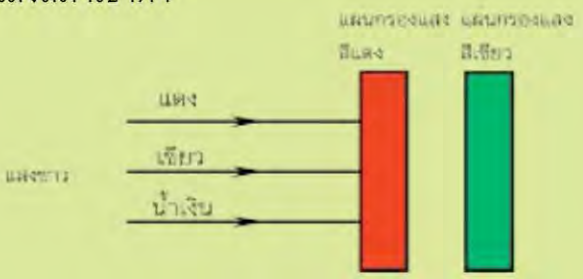
30. ถ้าฉายแสงสีเหลืองไปที่วัตถุสีขาว จะมองเห็นวัตถุเป็นสีอะไร

แนวคำตอบ วัตถุสีขาวสะท้อนแสงทุกสี ดังนั้นเมื่อฉายแสงสีเหลืองไปที่วัตถุสีขาว วัตถุจะสะท้อนแสงสีเหลืองออกมา เราจะมองเห็นวัตถุเป็นสีเหลือง

31. ถ้าให้แสงสีต่างๆ ตกกระทบวัตถุทึบแสง จะเห็นสีของวัตถุต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เมื่อให้แสงสีต่างๆ ตกกระทบวัตถุทึบแสง จะเห็นสีของวัตถุต่างกัน เพราะวัตถุมีสารสี ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนแสง และแสงบางสีจะสะท้อนออกมา ถ้าแสงสีใดสะท้อนจากผิววัตถุ จะเห็นวัตถุเป็นสีนั้น

32. ถ้านำแผ่นกรองแสงสีแดงและสีเขียวที่วางขนานกัน มารับแสงขาว แสงสีใดจะผ่านแผ่นกรองแสงสีมาเข้าตา



รูปสำหรับคำถามข้อ 32

แนวคำตอบ แสงขาวตกกระทบแผ่นกรองแสงสีแดง แสงสีอื่นจะถูกดูดกลืนไว้ ยกเว้นแสงสีแดง เมื่อตกแสงสีแดงกระทบแผ่นกรองแสงสีเขียว แสงสีแดงจะถูกดูดกลืนไว้ จึงไม่มีแสงสีใดจะผ่านแผ่นกรองแสงสีมาเข้าตา

33. เมื่อฉายวัตถุด้วยแสงขาว เห็นวัตถุ ก. มีสีขาว และวัตถุ ข. มีสีเขียว (วัตถุทั้งสองเป็นวัตถุโปร่งแสง) ถ้าฉายวัตถุด้วยแสงสีแดง อยากทราบว่าวัตถุ ก. และ ข. ปรากฏเป็นสีอะไร

แนวคำตอบ วัตถุ ก. มีสีแดง วัตถุ ข. มีสีดำ

34. ในชีวิตประจำวัน เคยเห็นแสงสีที่ใดบ้าง บรรยายหรือเสนอความคิดเกี่ยวกับแสงสีที่เห็น

แนวคำตอบ –

ปัญหา

11.1 การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

1. ถ้ารัศมีวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เท่ากับ 1.496×10^{11} เมตร แสงจากดวงอาทิตย์ ต้องใช้เวลานานเท่าใดจึงจะเคลื่อนที่ถึงโลก

วิธีทำ หาเวลาที่แสงจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ถึงโลก จาก $t = \frac{s}{v}$

ในที่นี้ ระยะทาง คือรัศมีวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ $= 1.496 \times 10^{11}$ m

และอัตราเร็วของแสง $v = 3.0 \times 10^{8}$ m/s

แทนค่าจะได้ $t = \frac{1.496 \times 10^{11}\ \text{m}}{3.0 \times 10^{8}\ \text{m/s}} = 498.65\ \text{s} = 8\ \text{min}\ 19\ \text{s}$

ตอบ แสงจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาถึงโลกใช้เวลา 8 นาที 19 วินาที

2. พรอกซิมา เซนทอรี เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด คือ อยู่ห่างจากโลก 4.3 ปีแสง ถ้ายานอวกาศเดินทางไปยังดาวฤกษ์ดวงนี้ด้วยอัตราเร็ว 30 กิโลเมตรต่อวินาที ยานอวกาศนั้นจะต้องใช้เวลาเดินทางกี่ปี

วิธีทำ หาเวลาที่ยานอวกาศเดินทาง จาก $t = \frac{s}{v}$

ในที่นี้ระยะทาง $s = 4.3$ ปีแสง

$= (60 \times 60 \times 24 \times 365 \times 4.3\ \text{s})(3.0 \times 10^{8}\ \text{m/s}) = 4.068144 \times 10^{16}$ m

และยานอวกาศมีอัตราเร็ว $v = 30$ km/s $= 3.0 \times 10^{4}$ m/s

แทนค่าจะได้ $t = \frac{4.068144 \times 10^{16}\ \text{m}}{3.0 \times 10^{4}\ \text{m/s}} = 1.356048 \times 10^{12}\ \text{s} = 4.3 \times 10^{4}$ ปี

ตอบ ยานอวกาศใช้เวลาเดินทางไปยังดาวฤกษ์ดวงนี้เท่ากับ 43 000 ปี

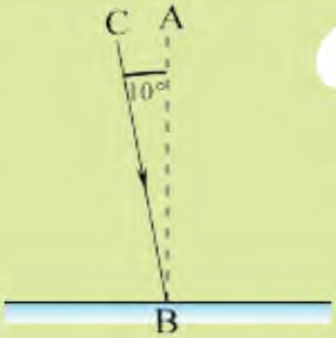
11.2 การสะท้อนของแสง

3. รังสีของแสง CB ตกกระทบกระจกเงาราบทำมุม 10 องศากับเส้นแนวฉาก AB ดังรูป เมื่อบิดกระจกเงาราบ

ก ในทิศทางทวนเข็มนาฬิการอบจุด B

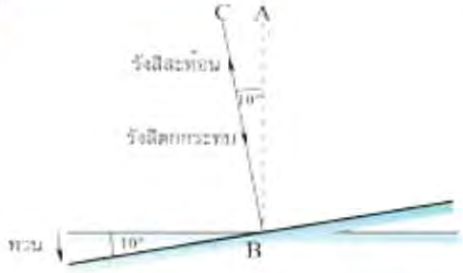
ข. ในทิศทางตามเข็มนาฬิการอบจุด B

จนกระทั่งกระจกเงาราบทำมุม 10 องศา กับแนวเดิมของกระจกเงาราบ รังสีสะท้อนในแต่ละกรณีทำมุมเท่าใดกับเส้น AB

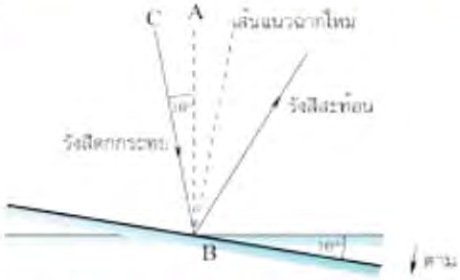


รูปสำหรับปัญหาข้อ 3

วิธีทำ ก. เมื่อบิดกระจกเงาราบทวนเข็มนาฬิกาในทิศทางทำมุม 10 องศา กับแนวเดิม รังสีสะท้อนจะสะท้อนกลับในแนวของรังสีตกกระทบเดิม เพราะรังสีตกกระทบทับกันเส้นแนวฉาก ดังนั้นรังสีสะท้อนทำมุมกับแนว AB = 10 องศา ดังรูป ก



รูป ก รังสีสะท้อน สะท้อนกลับในแนวเดิม



รูป ข รังสีสะท้อน ทำมุม 30° กับ AB

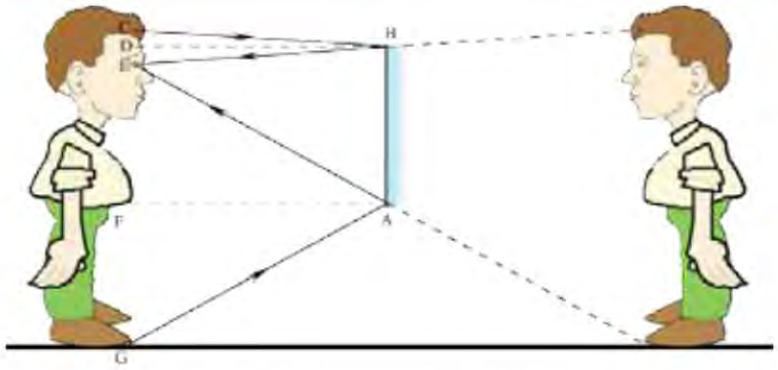
ข. เมื่อบิดกระจกเงาราบตามเข็มนาฬิกา เส้นแนวฉากใหม่ทำมุมกับรังสีตกกระทบเดิม 20 องศา ดังนั้นรังสีสะท้อนทำมุมกับแนว AB = 30 องศา ดังรูป ข

ตอบ ก. เมื่อบิดกระจกเงาราบในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา รังสีสะท้อนทำมุม 10 องศากับเส้น AB

ข. เมื่อบิดกระจกเงาราบในทิศทางตามเข็มนาฬิกา รังสีสะท้อนทำมุม 30 องศากับเส้น AB

4. ชายคนหนึ่งสูง 1.80 เมตร ต้องการกระจกเงาราบเพื่อจะใช้ส่องมองเห็นได้ตลอดตัว กระจกเงาราบจะต้องมีความยาวอย่างน้อยที่สุดเท่าใดและถ้าวางกระจกเงาราบห่างจากตัวเขาที่ระยะต่างๆ กัน เขาจะยังคงมองเห็นตลอดตัวต่อไปหรือไม่

วิธีทำ ในการหาความสูงของกระจกเงาที่จะใช้ส่องมองเห็นได้ตลอดตัว ควรจะลากทางเดินของแสงจากเท้าและจากศีรษะไปกระทบกระจกแล้วสะท้อนเข้าตา ระยะห่างของจุดทั้งสองที่รังสีของแสงตกกระทบกระจก คือ ความสูงของกระจกที่ต้องการ ดังรูป



รูป การมองเห็นภาพตลอดตัวในกระจกเงาราบ

จากรูป เส้นตรง BD เป็นเส้นแนวฉาก ดังนั้น $\Delta CBD = \Delta EBD$ ทุกประการ จะได้ $CD = DE$
และเส้นตรง AF เป็นเส้นแนวฉาก ดังนั้น $\Delta EAF = \Delta GAF$ ทุกประการ จะได้ $EF = FG$

เพราะฉะนั้น $DE + EF = CD + FG$

แต่ $DE + EF + CD + FG = 1.80\ m$

ดังนั้น $DE + EF = 0.90\ m$

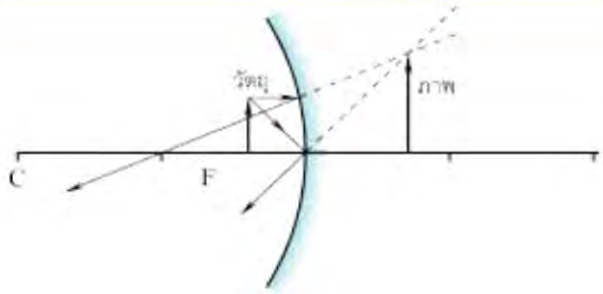
จะได้ $AB = 0.90\ m$ ด้วย เพราะ $AB = DE + EF$

ตอบ กระจกเงาราบที่ใช้ส่องมองเห็นได้ตลอดตัว จะต้องมีความยาวอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 0.90 เมตร หรือครึ่งหนึ่งของความสูงของคนนั้น ถ้าวางกระจกเงาราบห่างจากตัวเป็นระยะทางต่างๆ กันจะยังคงมองเห็นภาพตลอดตัว

5. วัตถุสูง 5 เซนติเมตรอยู่ห่างจากกระจกเงาเว้า 10 เซนติเมตร ถ้ากระจกเงาเว้ามีรัศมีความโค้ง 50 เซนติเมตร จงเขียนทางเดินของแสง และคำนวณหาตำแหน่ง ลักษณะและขนาดของภาพ

วิธีทำ

การเขียนทางเดินของแสง เพื่อหาตำแหน่งวัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาเว้า ได้ดังนี้



รูป ภาพที่เกิดจากกระจกเว้า

การคำนวณ หาตำแหน่ง ลักษณะของภาพ จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

จากโจทย์ $f = \frac{R}{2} = +25$ cm และ $s = +10$ cm

แทนค่า $\frac{1}{+25\text{ cm}} = \frac{1}{+10\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = -16.67$ cm

หาขนาดของภาพจาก $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

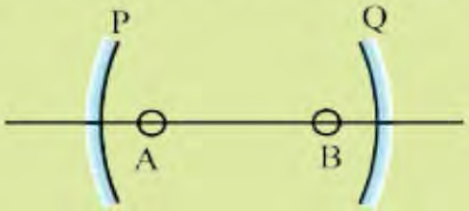
ในที่นี้ $s' = -\frac{50}{3}$ cm , $s = +10$ cm และ $y = 5$ cm

แทนค่า $\frac{y'}{5\text{ cm}} = \frac{-\frac{50}{3}\text{ cm}}{+10\text{ cm}}$

จะได้ $y' = -8.33$ cm

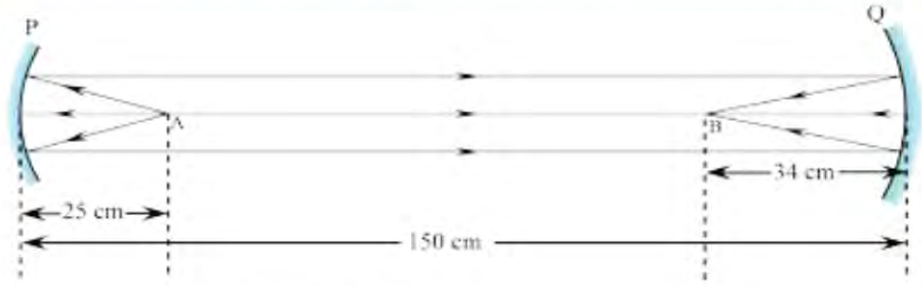
ตอบ ภาพเกิดหลังกระจกเงาเว้า ห่างกระจก 16.67 เซนติเมตร เป็นภาพเสมือนหัวตั้งสูง 8.33 เซนติเมตร

6. กระจกเงาเว้า P รัศมีความโค้ง 50 เซนติเมตร และกระจกเงาเว้า Q รัศมีความโค้ง 68 เซนติเมตร วางหันหน้าเข้าหากันและห่างกัน 150 เซนติเมตร โดยมีแกนมุขสำคัญร่วมกันดังรูป เมื่อวางวัตถุเล็กๆ A ที่โฟกัสของกระจกเงาเว้า P พิจารณาแสงจากวัตถุ A ที่กระทบกระจกเงาเว้า P แล้วสะท้อนกลับไปที่กระจกเงาเว้า Q แล้วสะท้อนกลับมาพบกันที่จุด B จุด B อยู่ห่างกระจกเงาเว้า P เท่าใด



รูปสำหรับปัญหาข้อ 6

วิธีทำ เขียนภาพทางเดินแสงระหว่างกระจกเงาเว้าทั้งสองได้ดังนี้



รูป ทางเดินแสงระหว่างกระจกเงาเว้าทั้งสอง

กระจกเงาเว้า P มีความยาวโฟกัส 25 cm และกระจกเงาเว้า Q มีความยาวโฟกัส 34 cm
B เป็นโฟกัสของกระจกเงาเว้า Q ดังนั้น B อยู่ห่างจากกระจกเงาเว้า P = 150 cm – 34 cm = 116 cm

ตอบ จุด B อยู่ห่างกระจกเงาเว้า P เท่ากับ 116 เซนติเมตร

7. ถ้าวัตถุอยู่ห่างกระจกเงาเว้า 36.4 เซนติเมตร จะเกิดภาพจริงที่มีความสูงเท่ากับวัตถุ กระจกเงาเว้านี้มีรัศมีความโค้งเท่าใด

วิธีทำ

วิธีที่ 1 ถ้าวัตถุวางหน้ากระจกเงาเว้าที่ศูนย์กลางความโค้งของกระจก จะเกิดภาพจริงขนาดเท่าวัตถุและอยู่ที่ตำแหน่งเดิม นั่นคือ รัศมีความโค้งของกระจกเงาเว้าเท่ากับ 36.4 เซนติเมตร

วิธีที่ 2 เนื่องจากภาพจริงมีความสูงเท่ากับวัตถุ ดังนั้นจากสมการ $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$ จะได้ $s' = s = +36.4\ \text{cm}$

จากสมการกระจกเงา $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

แทนค่า $\frac{1}{f} = \frac{1}{+36.4\ \text{cm}} + \frac{1}{+36.4\ \text{cm}}$

จะได้ $f = +18.2\ \text{cm}$

เนื่องจากรัศมีความโค้ง $R = 2f$

ดังนั้น $R = 2(+18.2\ \text{cm}) = +36.4\ \text{cm}$

ตอบ รัศมีความโค้งของกระจกเงาเว้าเท่ากับ 36.4 เซนติเมตร

8. ถ้าจะทำให้เกิดภาพหลังกระจกเงานูนและอยู่ห่างจากกระจกเงานูน 20 เซนติเมตร สมมติกระจกเงานูนมีรัศมีความโค้ง 60 เซนติเมตร จะต้องวางวัตถุ ณ ตำแหน่งใด ให้เขียนทางเดินแสง และคำนวณหาตำแหน่งวัตถุ

วิธีทำ

การคำนวณหาตำแหน่งวัตถุ

จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

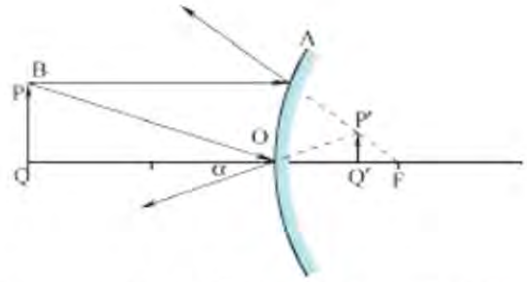
ในที่นี้ $f = -30\ \text{cm}$ (กระจกนูน) และ $s' = -20\ \text{cm}$ (ภาพเสมือน)

แทนค่า $\frac{1}{-30\ \text{cm}} = \frac{1}{s} + \frac{1}{-20\ \text{cm}}$

จะได้ $s = +60\ \text{cm}$

ตอบ วัตถุอยู่หน้ากระจกเงานูน 60 เซนติเมตร

การเขียนทางเดินของแสง เพื่อหาตำแหน่งวัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงานูน



รูป ตำแหน่งวัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงานูน

จากการเขียนทางเดินแสง จะได้ว่าวัตถุอยู่หน้ากระจกมีขนาดใหญ่กว่าภาพ

9. กระจกเงานูนมีความยาวโฟกัส 24 เซนติเมตร จงหาการขยาย เมื่อระยะวัตถุเท่ากับ 8 เซนติเมตร และ 16 เซนติเมตร

วิธีทำ จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ (1)

เมื่อ $s = +8\,\text{cm}$ และ $f = -24\text{ cm}$ แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-24\text{ cm}} = \frac{1}{+8\,\text{cm}} + \frac{1}{s'}$ จะได้ $s' = -6\,\text{cm}$

เมื่อ $s = +16\text{ cm}$ และ $f = -24\text{ cm}$ แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-24\text{ cm}} = \frac{1}{+16\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$ จะได้ $s' = -9.6\,\text{cm}$

หาการขยาย จากสมการ $M = \frac{s'}{s}$ (2)

เมื่อ $s = +8\,\text{cm}$ และ $s' = -6\,\text{cm}$ แทนค่าใน (2) จะได้ $M = \frac{-6\,\text{cm}}{8\text{ cm}} = -0.75$

เมื่อ $s = +16\text{ cm}$ และ $s' = -9.6\,\text{cm}$ แทนค่าใน (2) จะได้ $M = \frac{-9.6\,\text{cm}}{+16\text{ cm}} = -0.60$

ตอบ การขยายเท่ากับ 0.75 และ 0.60

10. วัตถุหนึ่งอยู่หน้ากระจกเงานูน 25 เซนติเมตร เกิดภาพหลังกระจก 20 เซนติเมตร ถ้าวัตถุอยู่หน้าที่กระจกเงานูน 18 เซนติเมตร จะเกิดภาพที่ใด

วิธีทำ จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ (1)

เมื่อ $s = +25\,\text{cm}$ และ $s' = -20\text{ cm}$

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{f} = \frac{1}{+25\text{ cm}} + \frac{1}{-20\text{ cm}}$ จะได้ $f = -100\,\text{cm}$

เมื่อ $s = +18\text{ cm}$ และ $f = -100\text{ cm}$

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-100\text{ cm}} = \frac{1}{+18\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$ จะได้ $s' = -15.25\text{ cm}$

ตอบ เกิดภาพที่ 15.25 เซนติเมตร หลังกระจกเงานูน

11. กระจกมองด้านข้างของรถยนต์เป็นกระจกเงานูนมีความยาวโฟกัส 6 เมตร รถมอเตอร์ไซค์คันหนึ่งวิ่งตามมาข้างหลัง ห่างออกไป 10 เมตร จงหาระยะภาพของรถมอเตอร์ไซค์และการขยาย

วิธีทำ จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ (1)

ในที่นี้ $f = -6\,\text{m}$ และ $s = +10\,\text{m}$

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-6\,\text{m}} = \frac{1}{+10\,\text{m}} + \frac{1}{s'}$ จะได้ $s' = -3.75\,\text{m}$

การขยาย $M = \frac{s'}{s} = \frac{-3.75\,\text{m}}{+10\,\text{m}} = -0.375$

ตอบ ระยะภาพของรถมอเตอร์ไซด์เท่ากับ 3.75 เมตร และการขยายเท่ากับ 0.375

12. ชายคนหนึ่งยืนริมฝั่งแม่น้ำ และฝั่งตรงข้ามมีต้นไม้ต้นหนึ่ง เขาใช้กระจกเงาบานหนึ่งหาความสูงของต้นไม้ และระยะทางระหว่างต้นไม้กับตัวเขา พบว่ากระจกเงาทำให้เกิดภาพของดวงอาทิตย์ที่ 0.80 เมตร จากหน้ากระจก เกิดภาพของต้นไม้ที่มีความสูง 0.10 เมตร และอยู่ที่ 0.81 เมตร จากหน้ากระจก จงหา

ก. กระจกเงาที่ใช้เป็นกระจกเงาเว้าหรือกระจกเงานูน

ข. ต้นไม้อยู่ห่างจากชายคนนั้นประมาณเท่าใด

ค. ต้นไม้สูงประมาณเท่าใด

วิธีทำ

ก. เนื่องจากกระจกเงาทำให้เกิดภาพของดวงอาทิตย์ที่ 0.80 เมตร หน้ากระจกเงา แสดงว่ากระจกเงาที่ใช้เป็นกระจกเงาเว้า มีความยาวโฟกัส $f = +0.80\,\text{m}$

ข. กระจกเงาเว้าทำให้เกิดภาพจริง หน้ากระจก โดยมีระยะภาพ $s' = +0.81\,\text{m}$

จากสมการกระจกเงา $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

ในที่นี้ $f = +0.80\,\text{m}$ และ $s' = +0.80\,\text{m}$

แทนค่า $\frac{1}{+0.80\,\text{m}} = \frac{1}{s} + \frac{1}{+0.81\,\text{m}}$

จะได้ $s = +64.8\,\text{m}$

ต้นไม้อยู่ห่างจากชายคนนั้นประมาณ 65 เมตร

ค. หาความสูงของต้นไม้ จาก $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

แทนค่าจะได้ $y = \frac{s'}{s}y' = \frac{64.8\text{ m}}{0.81\text{ m}}(0.10\text{m}) = 8\text{ m}$

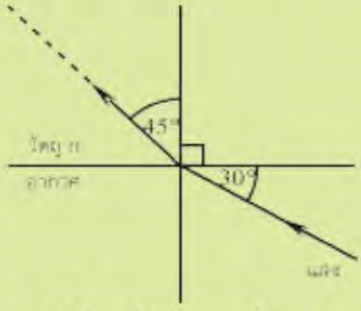
ตอบ ก. กระจกเงาที่ใช้เป็นกระจกเงาเว้า

ข. ต้นไม้อยู่ห่างจากชายคนนั้นประมาณ 65 เมตร

ค. ต้นไม้สูงประมาณ 8 เมตร

11.3 การหักเหของแสง

13. จากรูป จงหาดรรชนีหักเหของวัตถุ ก.



รูปสำหรับปัญหาข้อ 13

วิธีทำ มุมตกกระทบในอากาศ = 60°

มุมหักเหในวัตถุ ก = 45°

ให้ n เป็นดรรชนีหักเหของวัตถุ ก

$$n_{ก} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ}$$

$$= (\sqrt{3}/2)(1/\sqrt{2} = 1.22$$

ตอบ ดรรชนีหักเหของวัตถุ ก เท่ากับ 1.22

14. กระจกบานหนึ่งมีดรรชนีหักเหเท่ากับ 1.5 และหนา 5.0×10^{-3} เมตร แสงที่ตกตั้งฉากจะใช้เวลาผ่านกระจกเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $n = \frac{c}{v}$ (1) และ $v = \frac{s}{t}$ (2)

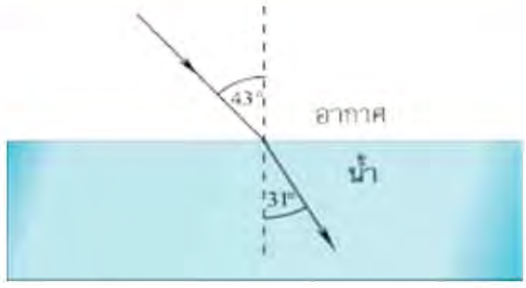
หา v แทนค่าใน (1) $1.5 = \frac{3.0\times10^{8}\ \text{m/s}}{v}$ จะได้ $v = 2.0\times10^{8}\ \text{m/s}$

หา t แทนค่าใน (2) $2.0\times10^{8}\ \text{m/s} = \frac{5.0\times10^{-3}\ \text{m}}{t}$ จะได้ $t = 2.5\times10^{-11}\ \text{m}$

ตอบ แสงที่ตกตั้งฉากจะใช้เวลาผ่านกระจกเท่ากับ 2.5×10^{-11} วินาที

15. รังสีของแสงในอากาศตกกระทบผิวน้ำทำมุมตกกระทบ 43 องศา จงหามุมสะท้อนและมุมหักเห

วิธีทำ



รูป การสะท้อนและการหักเหของแสงในน้ำ

ตามกฎการสะท้อนของแสง รังสีของแสงในอากาศตกกระทบผิวน้ำทำมุมตกกระทบ 43° ดังนั้นมุมสะท้อนเท่ากับ 43°

จากสมการ $n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

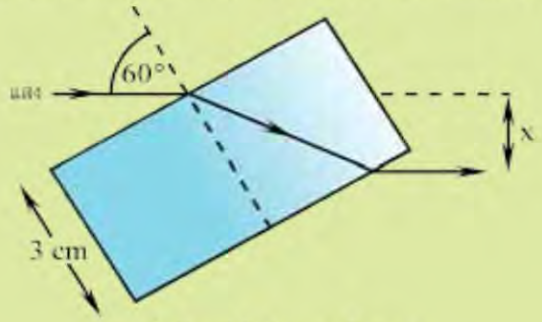
ในที่นี้ ดรรชนีหักเหของน้ำ $n = 1.333$ และมุมตกกระทบ $\theta_1 = 43^\circ$

แทนค่า $\sin\theta_2 = \frac{\sin 43^\circ}{1.333} = \frac{0.6820}{1.333} = 0.5116$

จะได้ $\theta_2 = 30.7^\circ \approx 31^\circ$

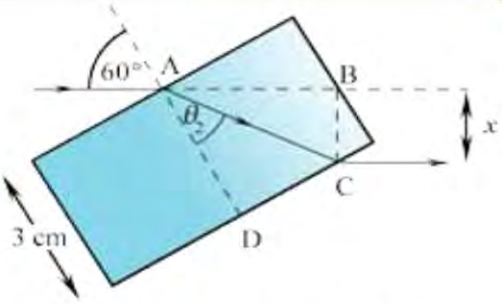
ตอบ มุมสะท้อนและมุมหักเหเท่ากับ 43 องศา และ 31 องศา ตามลำดับ

16. นำแท่งพลาสติกสี่เหลี่ยมกว้าง 3 เซนติเมตร ขวางทางเดินของแสง ทำให้แสงมีการหักเหดังรูป แท่งพลาสติกมีดรรชนีหักเห 1.50 จงหาระยะ x



รูป สำหรับปัญหาข้อ 16

วิธีทำ



รูป การหักเหของแสงที่พลาสติกสี่เหลี่ยม

จากสมการ $$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

พิจารณาการหักเหที่ A $$1.50 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin\theta_2}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\sqrt{3}/2}{1.50} = 0.577$$

$$\theta_2 \cong 35^\circ$$

ใน ΔABC $$x = BC = AC\sin B\hat{A}C = \frac{AD}{\cos\theta_2}\sin B\hat{A}C \quad (1)$$

ในที่นี้ $\theta_2 = 35^\circ$ และ $B\hat{A}C = 60^\circ - 35^\circ = 25^\circ$

แทนค่าใน (1) จะได้ $$x = \frac{AD}{\cos 35^\circ}\sin 25^\circ = \frac{3\text{cm}}{0.819}(0.423) = 1.54 \text{ cm}$$

ตอบ ระยะ x เท่ากับ 1.54 เซนติเมตร

17. รังสีของแสงในอากาศตกกระทบก้อนน้ำแข็ง ($n_{\text{น้ำแข็ง}} = 1.309$) โดยมีมุมตกกระทบ 50 องศา เมื่อน้ำแข็งกลายเป็นน้ำ ($n_{\text{น้ำ}} = 1.333$) ผลต่างของมุมหักเหในน้ำแข็งและในน้ำเป็นเท่าใด

วิธีทำ

จากสมการ $n = \dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

สำหรับน้ำแข็ง $n_{\text{น้ำแข็ง}} = 1.309$ และ $\sin\theta_1 = \sin 50^\circ$

แทนค่า $\sin\theta_2 = \dfrac{\sin\theta_1}{n} = \dfrac{0.7660}{1.309} = 0.5852$

จะได้ $\theta_2 = 35.82^\circ$

สำหรับน้ำ $n_{\text{น้ำ}} = 1.333$ และ $\sin\theta_1 = \sin 50^\circ$

แทนค่า $\sin\theta_2 = \dfrac{\sin\theta_1}{n} = \dfrac{0.7660}{1.333} = 0.5746$

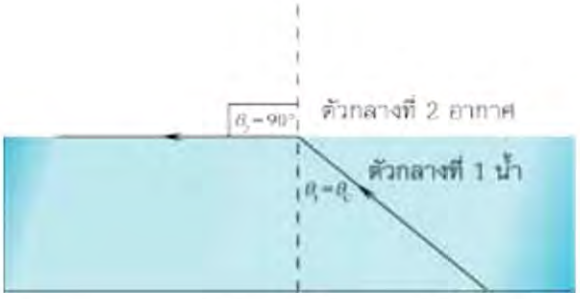
จะได้ $\theta_2 = 35.07^\circ$

ดังนั้น ผลต่างของมุมหักเห $= 35.82^\circ - 35.07^\circ = 0.75^\circ$

ตอบ ผลต่างของมุมหักเหในน้ำแข็งและในน้ำ 0.75 องศา

18. จงหามุมวิกฤตในน้ำซึ่งมีดรรชนีหักเหเท่ากับ 1.33 ขณะแสงผ่านจากน้ำสู่อากาศ

วิธีทำ



รูป มุมวิกฤตของแสงที่เดินทางผ่านรอยต่อของน้ำและอากาศ

จากกฎของสเนลล์ $n_1 \sin\theta_C = n_2 \sin\theta_2$

ในที่นี้ n_1 คือ ดรรชนีหักเหของน้ำ = 1.33, n_2 คือ ดรรชนีหักเหของอากาศ = 1

θ_C คือ มุมตกกระทบในน้ำ และ θ_1 คือ มุมหักเหในอากาศ = 90°

แทนค่า $(1.33)\sin\theta_C = (1)\sin 90^\circ$

$\sin\theta_C = 0.751$

จะได้ $\theta_C = 48.75^\circ$

ตอบ มุมวิกฤตในน้ำเท่ากับ 48.75 องศา

19. จงหามุมวิกฤตของเพชรเมื่อแสงผ่านจากเพชรไปยังน้ำ กำหนดดรรชนีหักเหของเพชรและของน้ำเท่ากับ 2.42 และ 1.33 ตามลำดับ

วิธีทำ

จากกฎของสเนลล์ $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

ในที่นี้ n_1 คือ ดรรชนีหักเหของเพชร = 2.42, n_2 คือ ดรรชนีหักเหของน้ำ = 1.33

θ_1 คือ มุมตกกระทบในเพชร และ θ_2 คือ มุมหักเหในน้ำ = 90°

แทนค่า $(2.42)\sin\theta_1 = (1.33)\sin 90^\circ$

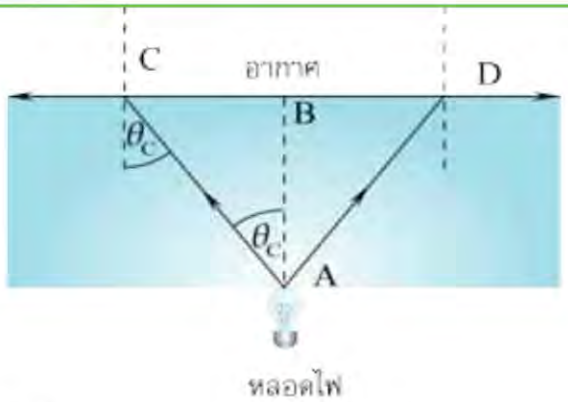
$\sin\theta_1 = 0.5496$

$\theta_1 = 33.34^\circ$

ตอบ มุมวิกฤตของเพชรเท่ากับ 33.34 องศา

20. ถ้าเทคาร์บอนไดซัลไฟด์ซึ่งเป็นของเหลวใสที่มีดรรชนีหักเห 1.63 ลงไปในอ่างแก้วใบใหญ่ที่สูง 10 เซนติเมตร จนเต็มเปี่ยม อ่างมีหลอดไฟเล็กดวงหนึ่งเปิดสว่างอยู่ที่ก้นอ่าง จงหาพื้นที่ผิวที่มากที่สุดของคาร์บอนไดซัลไฟด์ที่แสงลอดผ่านขึ้นมาได้

วิธีทำ เขียนแผนภาพการหักเหได้ดังนี้



รูป พื้นที่ผิวคาร์บอนไดซัลไฟด์ที่แสงหักเหออกสู่อากาศ

ให้ C และ D เป็นจุดที่แสงสว่างจากหลอดไฟ A ตกกระทบรอยต่อแล้วหักเหทำมุม 90 องศาพอดี ดังนั้นพื้นที่ผิวของคาร์บอนไดซัลไฟด์ใหญ่ที่สุดที่แสงลอดผ่านขึ้นมาได้จะเป็นรูปวงกลมที่มี CD เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง

พิจารณาที่จุด C จากกฎของสเนลล์ $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

ในที่นี้ $n_1 = 1.63$, $n_2 = 1$ $\theta_1 = 1$ θ_C และ $\theta_2 = 90^\circ$

แทนค่า

$$(1.63)\sin\theta_C = (1)\sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_C = \frac{1}{1.63} = 0.6135$$

$$\theta_C = 37.84^\circ$$

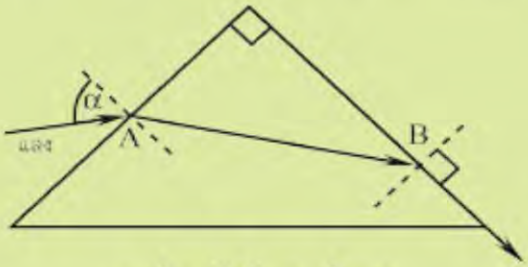
ใน ΔABC $B\hat{A}C = \theta_C$ และ

$$BC = AB\tan\theta_C = (10\text{ cm})\tan 37.84^\circ = (10\text{ cm})(0.7768) = 7.768\text{ cm}$$

$$\text{พื้นที่วงกลม} = \pi r^2 = \pi(BC)^2 = (3.14)(7.768\text{ cm})^2 = 189.5\text{ cm}^2$$

ตอบ พื้นที่ผิวที่มากที่สุดของคาร์บอนไดซัลไฟด์ที่แสงลอดผ่านขึ้นมาได้ประมาณ 189.5 ตารางเซนติเมตร

21. แสงทำมุมตกกระทบ α บนด้านของปริซึมสามเหลี่ยมมุมฉากที่ A แล้วหักเหเข้าไป ในปริซึมและเมื่อแสงกระทบผิวปริซึมที่ B จะหักเหเป็นมุม 90 องศา ดังรูป

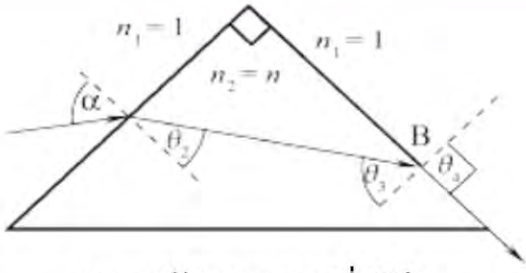


รูปสำหรับปัญหาข้อ 21

ก. ดรรชนีหักเหของปริซึมในเทอมของ α มีค่าเท่าใด

ข. ถ้ามุมตกกระทบที่ B เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จะเกิดอะไรกับแสงที่ B

วิธีทำ เขียนแผนภาพการหักเหได้ดังนี้



รูป การหักเหของแสงที่ปริซึม

ก. หาดรรชนีหักเหของปริซึมในเทอมของ α

จากกฎของสเนลล์ $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

พิจารณาการหักเหที่ A $(1)\sin\alpha = n\sin\theta_2$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{n}(\sin\alpha) \qquad (1)$$

พิจารณาการหักเหที่ B $n\sin\theta_3 = (1)\sin\theta_4$ (2)

จากรูป $\theta_3 = (90^\circ - \theta_2)$ และ $\sin\theta_4 = \sin 90^\circ = 1$ ดังนั้น

จาก (2) จะได้ $\sin(90^\circ - \theta_2) = \frac{1}{n}$

$$\cos\theta_2 = \frac{1}{n} \qquad (3)$$

จาก (1) ยกกำลังสอง $\sin^2\theta_2 = \dfrac{\sin^2\alpha}{n^2}$ (4)

จาก (3) ยกกำลังสอง $\cos^2\theta_2 = \dfrac{1}{n^2}$ (5)

(4) + (5) จะได้ $1 = \dfrac{1}{n^2}(\sin^2\alpha + 1)$

$$n = \sqrt{\sin^2\alpha + 1}$$

ตอบ ดรรชนีหักเหของปริซึมเท่ากับ $\sqrt{\sin^2\alpha + 1}$

ข. ถ้ามุมตกกระทบที่ B เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสงที่ B จะสะท้อนกลับในปริซึม นั่นคือแสงที่ B เกิดการสะท้อนกลับหมด

ตอบ แสงที่ B เกิดการสะท้อนกลับหมด

22. ที่ทับกระดาษรูปทรงกลมรัศมี 4 เซนติเมตร ทำด้วยอำพันซึ่งมีดรรชนีหักเห 1.6 ในทรงกลมมีดอกไม้เล็กๆ อยู่บนเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวดิ่ง และห่างจากผิวด้านบนของทรงกลม3 เซนติเมตร เมื่อมองดูดอกไม้ตามแนวดิ่ง จะเห็นภาพดอกไม้อยู่ลึกจากผิวทรงกลมด้านที่มองเท่าใด กำหนดดรรชนีหักเหของอากาศเป็น 1

วิธีทำ เขียนภาพตำแหน่งของวัตถุและภาพได้ดังรูป

จาก $\dfrac{\text{ความลึกจริง}}{\text{ความลึกปรากฏ}} = \dfrac{s}{s'} = \dfrac{n_1}{n_2}$

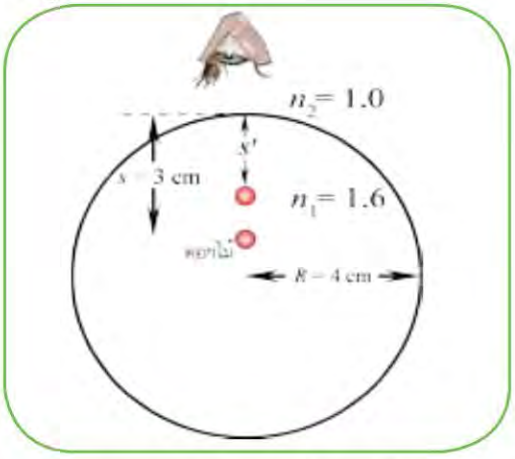
ในที่นี้ $s = 3\,\text{cm}$ $n_1 = 1.6$ และ $n_2 = 1$

แทนค่า $\dfrac{3\,\text{cm}}{s'} = \dfrac{1.6}{1}$

จะได้ $s' = (3\text{cm})\dfrac{1}{1.6} = 1.88\ \text{cm}$

ดังนั้น ความลึกปรากฏ $= 1.88\ \text{cm}$

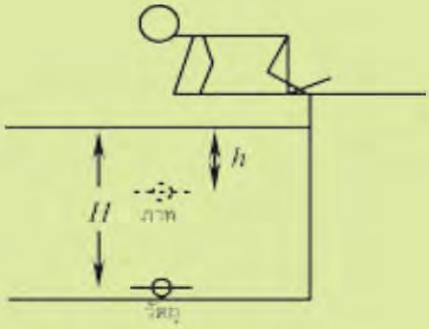
ตอบ จะมองเห็นภาพลึก 1.88 เซนติเมตร



รูป ที่ทับกระดาษรูปทรงกลมที่ภายในมีดอกไม้

23. ชายคนหนึ่งมองลงไปในสระน้ำในแนวดิ่ง เพื่อหานาฬิกาที่ตกลงไปในสระ ปรากฏว่าเขาเห็นนาฬิกาอยู่ลึกจากผิวน้ำ h ถ้าสระน้ำลึก H และน้ำมีดรรชนีหักเห n จงแสดงว่า $h = \frac{H}{n}$

(**คำแนะนำ** รังสีของแสงทุกรังสีอยู่ใกล้เส้นแนวฉากมาก มุมตกกระทบและมุมหักเหจึงเป็นมุมเล็กๆ)



รูปสำหรับปัญหาข้อ 23

วิธีทำ

จากสมการ $\frac{\text{ความลึกจริง}}{\text{ความลึกปรากฏ}} = \frac{s}{s'} = \frac{n_1}{n_2}$

ในที่นี้ $n_1 = n$ $n_2 = 1$ $s = H$ และ $s' = h$

แทนค่า $\frac{H}{h} = \frac{n}{1}$

จะได้ $h = \frac{H}{n}$

ตอบ $h = \frac{H}{n}$

11.4 เลนส์บาง

24. จงเขียนแผนภาพแสดงการเกิดภาพ ในกรณีวัตถุอยู่หน้าเลนส์นูนและเลนส์เว้า โดยวัตถุวางตั้งฉากกับแกนมุขสำคัญของเลนส์ วัตถุห่างจากเลนส์ทั้งสองเป็นระยะต่างๆ กันคือ

ก. $s > 2f$ ข. $s = 2f$ ค. $f < s < 2f$ ง. $s = f$ จ. $s < f$

และภาพที่เกิดเป็นภาพจริงหรือภาพเสมือน เพราะเหตุใด

วิธีทำ

วิธีการเขียนภาพที่เกิดจากเลนส์นูน

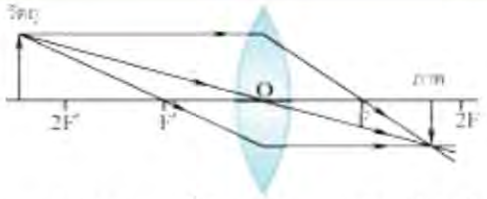
หลักการเขียนภาพที่เกิดจากเลนส์นูน จะเขียนรังสีตกกระทบสามเส้นจากปลายบนขอบวัตถุ โดยลากรังสีตกกระทบ

เส้นที่ (1) ขนานกับแกนมุขสำคัญ รังสีหักเหผ่านโฟกัส F

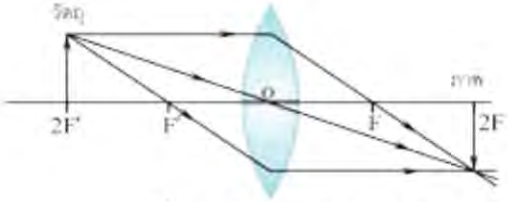
เส้นที่ (2) ผ่านศูนย์กลางเลนส์ O รังสีหักเหผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม

เส้นที่ (3) ผ่านโฟกัส F′ (อยู่ด้านหน้าเลนส์) รังสีหักเหขนานกับแกนมุขสำคัญ

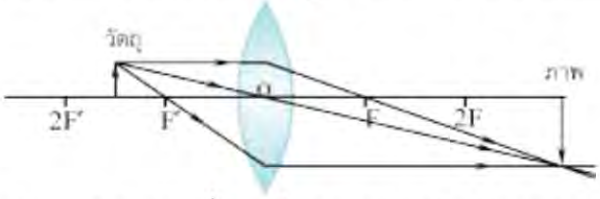
รังสีหักเหทั้งสามจะตัดกันที่จุดหนึ่ง ซึ่งจะเป็นภาพปลายบนของวัตถุ



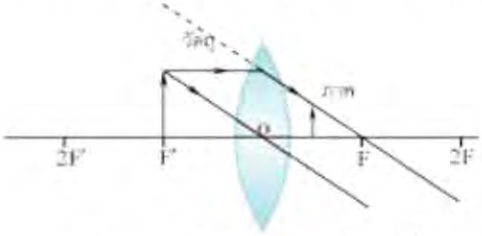
ก. $s > 2f$ ภาพที่เกิดเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดย่อ
เพราะรังสีที่หักเหผ่านเลนส์นูนไปตัดกันจริงหลังเลนส์นูน



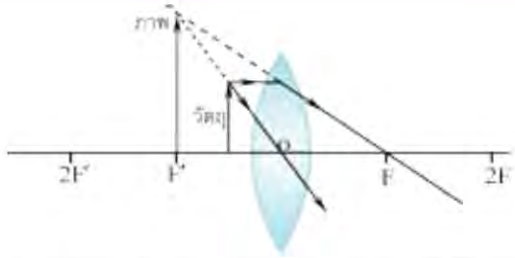
ข. $s = 2f$ ภาพที่เกิดเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดเท่าวัตถุ
เพราะรังสีที่หักเหผ่านเลนส์นูนไปตัดกันจริงหลังเลนส์นูน



ค. $f < s < 2f$ ภาพที่เกิดเป็นภาพจริง หัวกลับ ขนาดขยาย
เพราะรังสีที่หักเหผ่านเลนส์นูน ไปตัดกันจริงหลังเลนส์นูน



ง. $s < f$ จะเกิดภาพขนาดใหญ่ ที่ระยะไกลมาก



จ. $s = f$ ภาพที่เกิดเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดขยาย
เพราะรังสีที่หักเหผ่านเลนส์นูนไม่ตัดกันแต่เสมือนไปตัดกันจริงหน้าเลนส์นูน

รูป การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาภาพที่เกิดจากเลนส์นูนเมื่อวางวัตถุที่ระยะต่างๆ

วิธีการเขียนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า

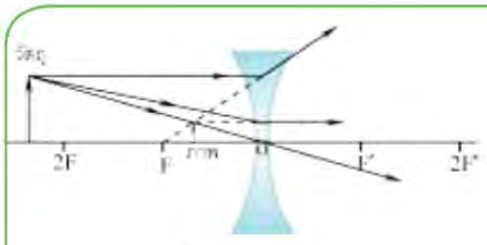
หลักการเขียนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้า จะเขียนรังสีตกกระทบสามเส้นจากปลายบนของวัตถุ โดยลดรังสีตกกระทบ

เส้นที่ (1) ขนานกับแกนมุขสำคัญ แนวรังสีหักเหผ่านโฟกัส F

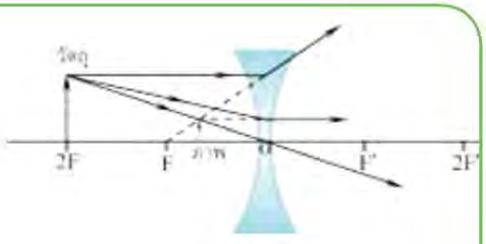
เส้นที่ (2) ผ่านศูนย์กลางเลนส์ O รังสีหักเหผ่านเลนส์ออกไปในแนวเดิม

เส้นที่ (3) ผ่านโฟกัส F′ (อยู่หลังเลนส์) รังสีหักเหขนานกับแกนมุขสำคัญ

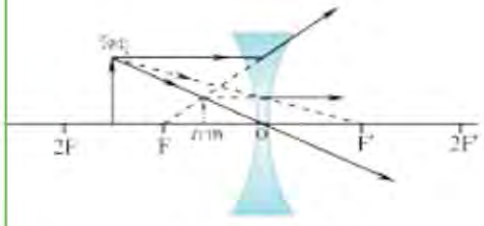
รังสีหักเหทั้งสามจะเสมือนตัดกันที่จุดหนึ่ง ซึ่งจะเป็นภาพของปลายบนของวัตถุซึ่งจะอยู่ระหว่าง O และ F



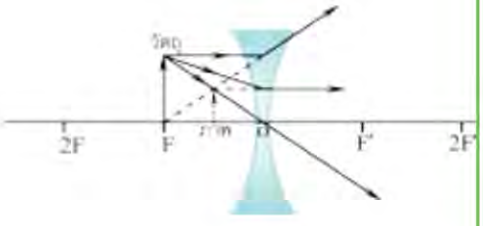
ก. $s > 2f$



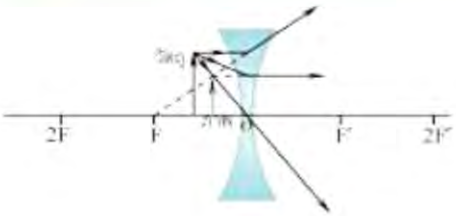
ข. $s = 2f$



ค. $f < s < 2f$



ง. $s = f$



จ. $s < f$

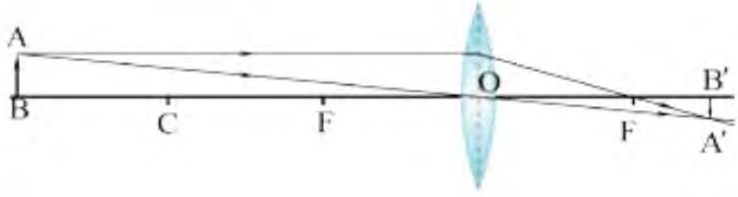
จะเห็นว่า ทุกกรณี ภาพที่เกิดเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดย่อ เพราะรังสีที่หักเหผ่านเลนส์ ไม่ไปตัดกันจริงหลังเลนส์เว้า แต่เสมือนตัดกันหน้าเลนส์เว้า

รูป การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าเมื่อวางวัตถุที่ระยะต่างๆ

25. วัตถุสูง 2.0 เซนติเมตร อยู่ห่างจากเลนส์นูน 20.0 เซนติเมตร เกิดภาพจริงห่างจากเลนส์ 10.0 เซนติเมตร จงหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนและขนาดภาพ โดยการเขียนภาพทางเดินของแสง และการคำนวณ

วิธีทำ

การเขียนภาพ ใช้มาตราส่วน 4:1 จะได้ดังรูป



รูป การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาภาพที่เกิดจากเลนส์นูน

วัด OF = 1.68 cm จากมาตราส่วน 4:1 จะได้ f = 4(1.68cm) = 6.7 cm

วัด A′B′ = 0.25 cm จากมาตราส่วน 4:1 จะได้ y' = 4(0.25cm) = 1.0 cm

ตอบ ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์นูนเท่ากับ 6.7 เซนติเมตร

ข. ขนาดของภาพเท่ากับ 1.0 เซนติเมตร

การคำนวณ

จากสมการเลนส์บาง $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

ในที่นี้ $s = +20.0$ cm และ $s' = +10.0$ cm

แทนค่า $\frac{1}{f} = \frac{1}{+20.0\text{ cm}} + \frac{1}{+10.0\text{ cm}}$ จะได้ $f = 6.67$ cm

หาการขยายจาก $M = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y}$

ในที่นี้ $s = +20.0$ cm, $s' = +10.0$ cm และ $y = 2.0$ cm

แทนค่า $\frac{+10.0\text{ cm}}{+20\ 0\text{ cm}} = \frac{y'}{2.0\text{cm}}$ จะได้ $y' = +1.0$ cm

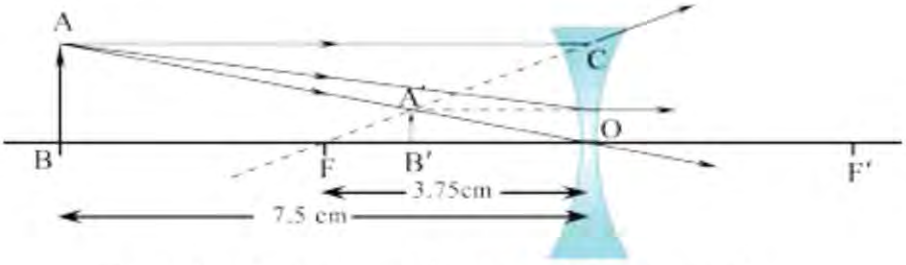
ตอบ ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์นูนเท่ากับ 6.7 เซนติเมตร

ข. ขนาดของภาพเท่ากับ 1.0 เซนติเมตร

26. วัตถุสูง 3.0 เซนติเมตร อยู่ห่างจากเลนส์เว้า 15.0 เซนติเมตร เกิดภาพห่างจากเลนส์ 5.0 เซนติเมตร จงหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าและขนาดภาพโดยการเขียนภาพทางเดินของแสง และการคำนวณ

วิธีทำ

การเขียนภาพ ใช้มาตราส่วน 2:1 โดยใช้หลักการเขียนในข้อ 24 จะได้ดังรูป



รูป การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาภาพที่เกิดจากเลนส์

วัด OF = 3.75 cm จากมาตราส่วน 2:1 จะได้ $f = 2(3.75\text{cm}) = 7.5$ cm

วัด A'B' = 0.5 cm จากมาตราส่วน 2:1 จะได้ $y' = 2(0.5\text{cm}) = 1.0$ cm

ตอบ ความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าเท่ากับ 7.5 เซนติเมตร ขนาดภาพเท่ากับ 1.0 เซนติเมตร

การคำนวณ

จากสมการเลนส์บาง $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

ในที่นี้ $s = +15.0\ \text{cm}$ และ $s' = -5.0\ \text{cm}$

แทนค่า $\frac{1}{f} = \frac{1}{+15.0\ \text{cm}} + \frac{1}{-5.0\ \text{cm}}$ จะได้ $f = -7.5\ \text{cm}$

หาการขยายจาก $M = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y}$

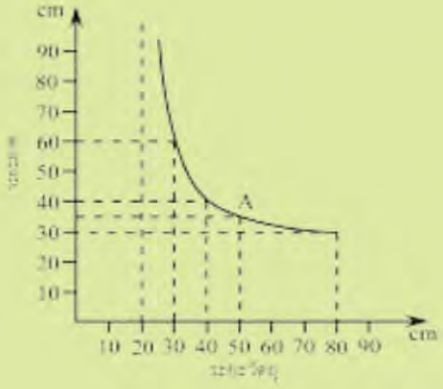
ในที่นี้ $s = +15.0\ \text{cm}$, $s' = -5.0\ \text{cm}$ และ $y = 3.0\ \text{cm}$

แทนค่า $\frac{-5.0\ \text{cm}}{+15.0\ \text{cm}} = \frac{y'}{3.0\ \text{cm}}$ จะได้ $y' = -1.0\ \text{cm}$

ตอบ ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าเท่ากับ 7.5 เซนติเมตร
ข. ขนาดของภาพเท่ากับ 1.0 เซนติเมตร

27. นักเรียนวางวัตถุไว้หน้าเลนส์นูนที่ระยะต่างๆ แล้วบันทึกระยะวัตถุและระยะภาพที่สัมพันธ์กัน แล้วเขียนกราฟดังรูป

ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์นูนเป็นเท่าใด
ข. ถ้าวางวัตถุที่ระยะ 40 เซนติเมตร จากเลนส์ระยะภาพจะเป็นเท่าใด
ค. ณ จุด A ในกราฟ ระยะวัตถุและระยะภาพเป็นเท่าใด
ง. ณ ตำแหน่ง A จะได้ภาพจริงหรือภาพเสมือนขนาดขยายหรือย่อ
จ. พิกัดของจุดบนกราฟที่จะได้ภาพจริง ขนาดขยายใหญ่เป็น 2 เท่าของวัตถุเป็นเท่าใด



รูปสำหรับปัญหาข้อ 27

วิธีทำ

จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ (1)

ก. จากกราฟ เมื่อระยะวัตถุ s = +20 cm จะได้ระยะภาพ $s' = \infty$ แสดงว่าวัตถุอยู่ที่โฟกัส ดังนั้น ความยาวโฟกัสของเลนส์นูนเป็น +20 cm

หรือหาจากสมการ (1) โดยเลือกคู่ลำดับใดๆ เช่น s +30 cm และ s' +60 cm

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{f} = \frac{1}{+30\text{ cm}} + \frac{1}{+30\text{ cm}}$

จะได้ $f = +20\text{ cm}$

ข. จากกราฟ เมื่อระยะวัตถุ s = + 40 cm จะได้ระยะภาพ s' +40 cm

หรือหาจากสมการ (1) ซึ่ง f +20 cm และ s +40 cm

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{+20\text{ cm}} = \frac{1}{+40\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = +40\text{ cm}$

ค. จากกราฟ ณ ตำแหน่ง A ระยะวัตถุ s = +50 cm และระยะภาพ $s' \cong$ +35 cm

หรือหาจากสมการ (1) ซึ่ง f = +20 cm และ s = +50 cm

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{+20\text{ cm}} = \frac{1}{+50\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = 33.3\text{ cm}$

ง. ณ ตำแหน่ง A จะได้ภาพจริง เพราะระยะภาพมีค่าเป็น + และภาพมีขนาดย่อ เพราะอัตราส่วนระหว่างระยะภาพและระยะวัตถุมีค่าน้อยกว่า 1 $\left(M = \frac{s'}{s} = \frac{+33.3\text{ cm}}{+50\text{ cm}} \langle 1 \right)$

จ. พิกัดของจุดบนกราฟที่ได้ภาพจริง ขนาดขยาย 2 เท่าของวัตถุมี จะต้องมีระยะภาพเป็น 2 เท่าของระยะวัตถุ

จาก $M = \frac{s'}{s}$ จากกราฟระยะวัตถุ คือ 30 cm ระยะภาพคือ 60 cm

ตอบ พิกัดของจุดบนกราฟ คือ (30, 60)

ตอบ ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์นูนเท่ากับ 20 เซนติเมตร

ข. ระยะภาพเท่ากับ 40 เซนติเมตร

ค. ระยะวัตถุเท่ากับ +50 เซนติเมตร และระยะภาพ 33.3 เซนติเมตร

ง. ณ ตำแหน่ง A จะได้ภาพจริง ขนาดย่อ

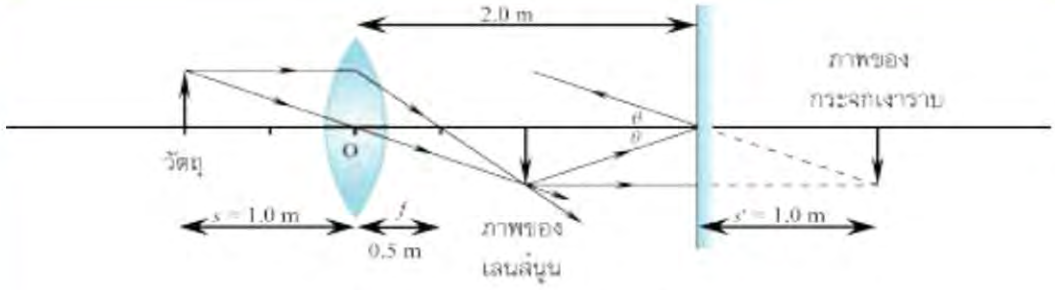
จ. พิกัดของจุดบนกราฟที่จะได้ภาพจริง ขนาดขยายใหญ่เป็น 2 เท่าของวัตถุคือ (30, 60)

28. วางวัตถุหน้าเลนส์นูนและห่างจากเลนส์นูน 1.0 เมตร ถ้าเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 0.50 เมตร และอยู่หน้ากระจกเงาราบอยู่ห่างจากกระจกเงาราบ 2.0 เมตร

ก. เมื่อมองผ่านเลนส์นูนตรงไปที่กระจกเงาราบ จะมองเห็นภาพของวัตถุห่างจากเลนส์นูนเท่าใด

ข. ภาพสุดท้ายที่เกิดเป็นภาพจริงหรือภาพเสมือน

วิธีทำ เขียนแผนภาพทางเดินของได้ดังนี้



รูป รังสีของแสงผ่านเลนส์นูน

คิดที่เลนส์นูน หาระยะภาพ จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

ในที่นี้ $s = +0.1$ cm $f = +0.05$ m

แทนค่า $\frac{1}{+0.50\text{ m}} = \frac{1}{+1.0\text{ m}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = 1.0$ m

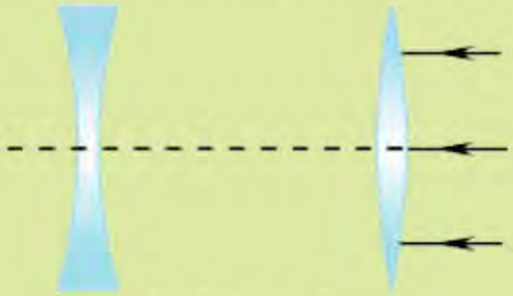
หาการขยายจาก $M = \frac{s'}{s} = \frac{1.0\text{ m}}{+1.0\text{ m}} = 1$

ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนเป็นภาพจริงหัวกลับมีระยะภาพ 100 cm ขนาดเท่ากับวัตถุ อยู่หลังเลนส์นูน แต่อยู่หน้ากระจกเงาราบจึงเป็นวัตถุจริงมีระยะวัตถุ 100 cm และเกิดภาพจากกระจกเงาราบเป็นภาพเสมือนขนาดเท่ากับวัตถุเป็นภาพเสมือน หัวกลับอยู่ด้านหลังกระจกเงาราบ

ตอบ ก. เมื่อมองผ่านเลนส์นูนตรงไปที่กระจกเงาราบจะมองเห็นภาพสุดท้ายห่างจากเลนส์นูน 3 เมตร อยู่คนละข้างกับวัตถุ

ข. ภาพสุดท้ายเป็นภาพเสมือนหัวกลับกับวัตถุ

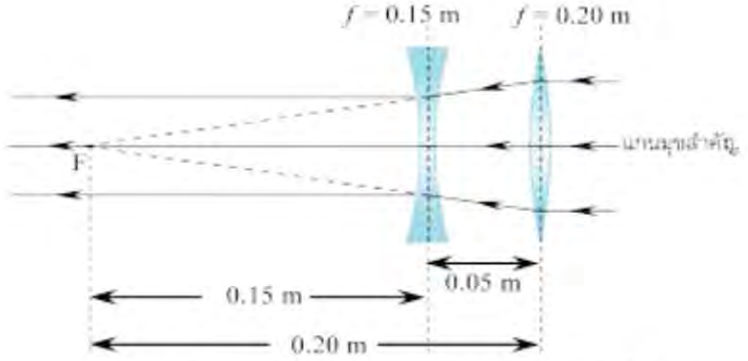
29. เลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 0.2 เมตรและเลนส์เว้ามีความยาวโฟกัส 0.15 เมตร วางอยู่ดังรูป เมื่อให้ลำแสงขนานตกกระทบเลนส์นูน ลำแสงจะผ่านเลนส์นูนสู่เลนส์เว้า ถ้าลำแสงที่ผ่านเลนส์เว้าออกมาเป็นลำแสงขนานอีกครั้งหนึ่ง เลนส์ทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าใด



รูปสำหรับปัญหาข้อ 29

วิธีทำ **วิธีเขียนภาพ**

รังสีหักเหจากเลนส์นูนตกกระทบเลนส์เว้า เมื่อต่อออกไปพบกันที่จุด F ของเลนส์เว้าแล้วจะทำให้รังสีหักเหจากเลนส์เว้าขนานกับแกนมุขสำคัญ และจุด F ดังรูปจะเป็นโฟกัสของเลนส์นูนด้วย ดังนั้นระยะระหว่างเลนส์ทั้งหมด = 0.05 m

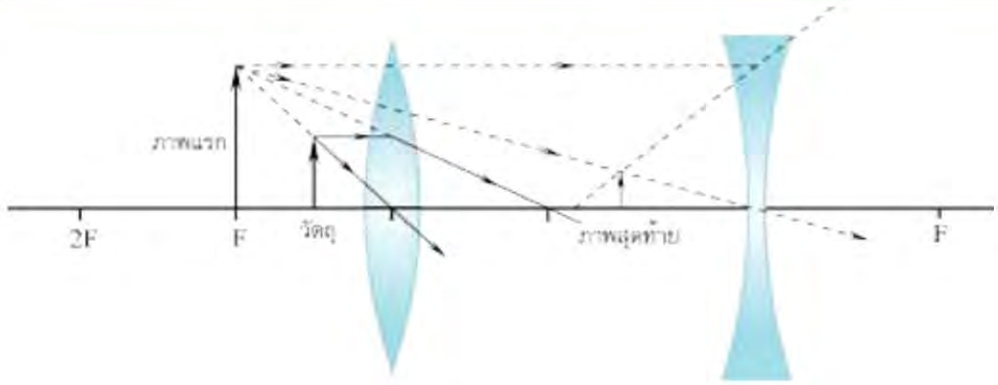


รูป รังสีของแสงเมื่อผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า

ตอบ เลนส์ทั้งสองอยู่ห่างกันเท่ากับ 0.05 เมตร

30. เลนส์นูนความยาวโฟกัส 24.0 เซนติเมตร อยู่ทางซ้ายของเลนส์เว้าที่มีความยาวโฟกัส 28.0 เซนติเมตร โดยอยู่ห่างกัน 56.0 เซนติเมตร วางวัตถุทางซ้ายของเลนส์นูนและห่างจากเลนส์นูน 12 เซนติเมตร จงหาตำแหน่งของภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์เว้า

วิธีทำ เขียนแผนภาพทางเดินของแสงได้ดังนี้



รูป ทางเดินของแสงแสดงการเกิดภาพ

จากสมการเลนส์บาง $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ (1)

หาตำแหน่งของภาพแรกที่เกิดจากเลนส์นูน ในที่นี้ $f = +24$ cm และ $s = +12$ cm

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{+24\text{ cm}} = \frac{1}{+12\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = -24$ cm

หาตำแหน่งของภาพที่สองที่เกิดจากเลนส์เว้า ในที่นี้ $f = -28$ cm และ $s = +80$ cm

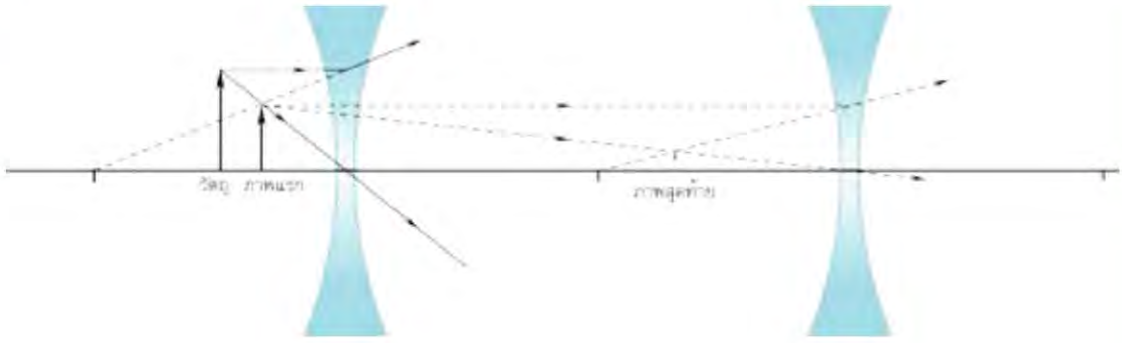
แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-28\text{ cm}} = \frac{1}{+80\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = -20.7$ cm

ตอบ ตำแหน่งของภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์เว้าอยู่ที่ 20.7 เซนติเมตร

31. เลนส์เว้าเหมือนกันสองอันวางห่างกัน 16.0 เซนติเมตร ความยาวโฟกัสของแต่ละเลนส์เท่ากับ 8 เซนติเมตร วางวัตถุทางซ้ายห่างจากเลนส์ที่อยู่ทางซ้าย 4 เซนติเมตร จงหาระยะภาพของภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์ที่อยู่ทางขวา

วิธีทำ เขียนแผนภาพทางเดินของแสงได้ดังนี้



รูป ทางเดินของแสงแสดงการเกิดภาพ

จากสมการเลนส์บาง $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ (1)

หาตำแหน่งของภาพแรกที่เกิดจากเลนส์เว้าทางซ้าย ในที่นี้ $f = -8\,\text{cm}$ และ $s = +4\,\text{cm}$

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-8\,\text{cm}} = \frac{1}{+4\,\text{cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = -\frac{8}{3}\,\text{cm}$

หาตำแหน่งของภาพสุดท้ายที่เกิดจากเลนส์เว้าทางขวา ในที่นี้ $f = -8\,\text{cm}$ และ $s = +\frac{56}{3}\,\text{cm}$

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-8\,\text{cm}} = \frac{1}{+\frac{56}{3}\,\text{cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = -5.6\,\text{cm}$

ตอบ ระยะภาพของภาพสุดท้ายห่างจากเลนส์ที่อยู่ทางขวา 5.6 เซนติเมตร

32. เลนส์เว้าความยาวโฟกัส 10.0 เซนติเมตร อยู่ทางซ้ายของเลนส์นูนความยาวโฟกัส 30.0 เซนติเมตร เป็นระยะ 20.0 เซนติเมตร วัตถุสูง 3.0 เซนติเมตร อยู่ทางซ้ายของเลนส์เว้าที่โฟกัส จงหาระยะภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์นูน และความสูงของภาพสุดท้าย

วิธีทำ จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ (1)

หาตำแหน่งของภาพแรกที่เกิดจากเลนส์เว้า ในที่นี้ $f = -10$ cm และ $s = +10$ cm

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{-10\text{ cm}} = \frac{1}{+10\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = -5\text{ cm}$

หาการขยายจาก $M = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y}$

แทนค่า $\frac{-5\text{ cm}}{+10\text{ cm}} = \frac{y'}{3\text{ cm}}$

จะได้ $y' = -1.5\text{ cm}$

หาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากเลนส์นูน ในที่นี้ $f = +30$ cm และ $s = +25$ cm

แทนค่าใน (1) $\frac{1}{+30\text{ cm}} = \frac{1}{+25\text{ cm}} + \frac{1}{s'}$

จะได้ $s' = -150\text{ cm}$

หาการขยายจาก $M = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y}$

แทนค่า $\frac{-150\text{ cm}}{+25\text{ cm}} = \frac{y'}{1.5\text{ cm}}$

จะได้ $y' = -9.0\text{ cm}$

ตอบ ระยะภาพสุดท้ายเทียบกับเลนส์นูนเท่ากับ 150 เซนติเมตร และความสูงของภาพสุดท้ายเท่ากับ 9 เซนติเมตร

11.7 ความสว่าง

33. หลอดไฟฟ้าที่มีตัวสะท้อนแสงที่ดีบรรจุภายใน ให้แสงสว่างตกกระทบพื้นโต๊ะเป็นรูปวงกลมที่มีรัศมีเท่ากับ 20 เซนติเมตร ถ้าหลอดไฟมีฟลักซ์ส่องสว่าง 500 ลูเมน ความสว่างบนพื้นโต๊ะเป็นเท่าใด

วิธีทำ

พื้นที่รับแสง $A = \pi R^2 = (3.14)(0.2\text{m})^2 = 0.1256\ \text{m}^2$

อัตราการให้พลังงานแสง $F = 500\ \text{lm}$

ความสว่าง $E = \dfrac{F}{A} = \dfrac{500\ \text{lm}}{0.1256\ \text{m}^2} = 3\,981\ \text{lm/m}^2$

ตอบ ความสว่างเท่ากับ 3 981 ลักซ์

34. หอประชุมในโรงเรียนแห่งหนึ่งมีพื้นที่ 800 ตารางเมตร ถ้าต้องการให้ความสว่างเฉลี่ยที่พื้นหอประชุมมีค่า 200 ลักซ์ จะต้องใช้หลอดไฟ 40 วัตต์ อย่างน้อยที่สุดกี่หลอด (พิจารณาทั้งหลอดไฟไส้ และหลอดฟลูออเรสเซนต์)

วิธีทำ จากสมการ $E = \dfrac{F}{A}$ (1)

ห้องประชุมมีพื้นที่ $A = 800\ \text{m}^2$ และความสว่างเฉลี่ย $E = 200\ \text{lx}$

จากตาราง 11.2 หลอดไฟไส้ 40 วัตต์ มีอัตราการให้พลังงานแสง 500 lm ใช้ หลอด

ดังนั้น $F = n(500\ \text{lm})$

แทนค่าใน (1) $200\ \text{lx} = \dfrac{n(500\ \text{lm})}{800\ \text{m}^2}$ จะได้ $n = 320$

จากตาราง 11.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์ มีอัตราการให้พลังงานแสง 2700 lm

ใช้หลอดจำนวน n ดังนั้น $F = n(2700\,\text{lm})$

แทนค่าใน (1) $200\ \text{lx} = \dfrac{n(2700\ \text{lm})}{800\ \text{m}^2}$ จะได้ $n = 59.26$

ตอบ ใช้หลอดไฟแบบไส้อย่างน้อย 320 หลอด หรือใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างน้อย 60 หลอด

(**หมายเหตุ** 1. อัตราการให้พลังงานของหลอดไฟที่มีกำลังเท่ากัน อาจแตกต่างกันเล็กน้อยตามยี่ห้อ
2. สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ ปัจจุบันได้พัฒนาเป็นหลอดขนาด 36 วัตต์มีอัตราการให้พลังงานแสง 2600 lm)

35. หลอดฉายภาพยนต์หลอดหนึ่งมีฟลักซ์ส่องสว่างเท่ากับ 1 020 ลูเมน จะสามารถฉายภาพได้ขนาดใหญ่ที่สุดเท่าใด ถ้าคิดการสูญเสียพลังงานแสงเนื่องจากตัวสะท้อนและอุปกรณ์ต่างๆ เท่ากับร้อยละ 18 และให้ความสว่างเฉลี่ยบนจอเท่ากับ 250 ลักซ์

วิธีทำ อัตราการให้พลังงานแสงสูญเสีย 18 %

จากสมการ $E = \dfrac{F}{A}$

ในที่นี้ $E = 250\ \text{lx}$ และ $F = (1\,020\ \text{lm})\left(\dfrac{82}{100}\right)$

แทนค่า $250\ \text{lx} = \dfrac{(1020\ \text{lm})\left(\dfrac{82}{100}\right)}{A}$

จะได้ $A = 3.34\ \text{m}^2$

ตอบ ภาพขนาดใหญ่ที่สุดมีพื้นที่ 3.34 ตารางเมตร

36. ภาพเสมือนที่เห็นในกล้องจุลทรรศน์ซึ่งมีกำลังขยาย 600 เท่า มีความสว่าง 300 ลักซ์ และมีพื้นที่ของภาพเท่ากับ 0.005 ตารางเมตร ถ้าไม่คิดการสูญเสียใดๆ เนื่องจากการดูดกลืนแสงของเลนส์ จงหา

ก. ฟลักซ์ส่องสว่างของวัตถุ

ข. ความสว่างบนวัตถุ

วิธีทำ จากสมการ $E = \dfrac{F}{A}$ (1)

ก. หาฟลักซ์ส่องสว่างของวัตถุ F ในที่นี้ $E = 300\ \text{lx}$ และ $A = \dfrac{0.005}{600}\ \text{m}^2$

แทนค่าใน (1) $300\ \text{lx} = \dfrac{F}{0.005\ \text{m}^2}$

$F = 1.5\ \text{lm}$

ข. หาความสว่างบนวัตถุ E ในที่นี้ $F = 1.5\ \text{lm}$ และ $A = \dfrac{0.005}{600}\ \text{m}^2$

แทนค่าใน (1) $E = \dfrac{1.5\ \text{lm}}{\dfrac{0.005}{600}\ \text{m}^2} = 1.8 \times 10^5\ \text{lx}$

ตอบ ก. ฟลักซ์ส่องสว่างของวัตถุเท่ากับ 1.5 ลูเมน

ข. ความสว่างบนวัตถุเท่ากับ 1.8×10^5 ลักซ์

37. ถ้าต้องการให้ความสว่างบนโต๊ะผ่าตัดพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีค่า 5 000 ลักซ์ จะต้องใช้หลอดไฟที่มีฟลักซ์ส่องสว่างเท่าใด กำหนดความสูญเสียเนื่องจากตัวสะท้อนแสงเท่ากับร้อยละ 20

วิธีทำ จาก $E = \frac{F}{A}$

ในที่นี้ ความสว่างบนพื้นที่รับแสง $E = 5000\ \text{lx}$ และพื้นที่รับแสง $A = 1\ \text{m}^2$

แทนค่าจะได้ อัตราการให้พลังงานแสง $F = (5000\ \text{lx})(1\ \text{m}^2) = 5000\ \text{lm}$

แต่ความสูญเสียจากตัวสะท้อนแสง 20% ดังนั้น ต้องใช้หลอดไฟที่มีอัตราการให้พลังงานแสงหรือฟลักซ์ส่องสว่าง $(5\,000\ \text{lm})\frac{100}{80} = 6\,250\ \text{lm}$

ตอบ ใช้หลอดไฟที่มีฟลักซ์ส่องสว่างเท่ากับ 6 250 ลูเมน

11.9 ตาและการมองเห็นสี

38. ขณะมองวัตถุที่อยู่ห่าง 50 เซนติเมตร และ 50 เมตร แต่ละครั้งเลนส์ตาจะปรับความยาวโฟกัสเพื่อให้เกิดภาพบนจอตา ถ้าระยะทางระหว่างศูนย์กลางเลนส์ตาและจอตาเท่ากับ2.5 เซนติเมตร

ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์ตาขณะมองใกล้มีค่าเท่าใด

ข. ความยาวโฟกัสของเลนส์ตาขณะมองไกลมีค่าเท่าใด

วิธีทำ หาความยาวโฟกัสของเลนส์ตาจากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์ตาขณะมองใกล้

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{+50\ \text{cm}} + \frac{1}{+2.5\ \text{cm}} = +2.38\ \text{cm}$$

ข. ความยาวโฟกัสของเลนส์ตาขณะมองไกล

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{+500\ \text{cm}} + \frac{1}{+2.5\ \text{cm}} = +2.49\ \text{cm}$$

ตอบ ก. ความยาวโฟกัสของเลนส์ตาขณะมองใกล้มีค่าเท่ากับ 2.38 เซนติเมตร

ข. ความยาวโฟกัสของเลนส์ตาขณะมองไกลมีค่าเท่า 2.49 เซนติเมตร

12 แสงเชิงฟิสิกส์

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

12.1 การแทรกสอด		4	ชั่วโมง
12.2 การเลี้ยวเบนของแสง		3	ชั่วโมง
12.3 เกรตติง		3	ชั่วโมง
12.4 การกระเจิงของแสง		2	ชั่วโมง
	รวม	12	ชั่วโมง

บทที่ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายได้ว่าแสงเป็นคลื่นซึ่งสามารถแสดงการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้
2. ทดลองและอธิบายการแทรกสอดแสงเมื่อแสงผ่านช่องคู่
3. ทดลองและอธิบายการเลี้ยวเบนของแสงเมื่อแสงผ่านช่องเดี่ยว
4. ทดลองหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้เกรตติง
5. วิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง
6. อธิบายการกระเจิงของแสงและนำความรู้ไปอธิบายการเห็นสีของท้องฟ้า

สรุปสาระสำคัญ

แหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความถี่เท่ากัน (ความยาวคลื่นเท่ากัน) และตำแหน่งต่างๆ ที่เวลาใดๆ มีความต่างเฟสคงตัว

การแทรกสอดของแสง เป็นการรวมกันของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ตามหลักการรวมกันของคลื่น เมื่อเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันทำให้เกิดแถบสว่างหรือแถบปฏิบัพ (antinode : A) และเมื่อเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันทำให้เกิดแถบมืดหรือแถบบัพ (node : N) ที่จุด X ใดๆ มีความสัมพันธ์ที่จะเกิดแถบการแทรกสอดจากสลิตคู่ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ S_1 และ S_2 ที่ห่างกัน d คือ

สำหรับปฏิบัพ $|S_1X - S_2X| = d\sin\theta = \dfrac{dx}{D} = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

สำหรับบัพ $|S_1X - S_2X| = d\sin\theta = \dfrac{dx}{D} = \left(n + \dfrac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \ldots$

การเลี้ยวเบนของแสง เป็นการเคลื่อนที่ของแสงไปปรากฏด้านหลังสิ่งกีดขวางได้ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง d จะเกิดการแทรกสอด มีความสัมพันธ์ของการเกิดแถบมืดหรือแถบบัพ คือ

$$d\sin\theta = \frac{dx}{D} = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \ldots$$

เกรตติง เป็นอุปกรณ์ทางแสงที่ประกอบด้วยช่องจำนวนมากที่มีขนาดหรือความกว้างของช่องน้อยมากและอยู่ห่างเท่าๆ กัน ใช้สำหรับหาความยาวคลื่นของแสงและศึกษาสมบัติของแสงได้แก่ การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด

การกระเจิงของแสง เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบอนุภาคต่างๆ หรือโมเลกุลอากาศ แสงจะกระจัดกระจายไปโดยรอบ โดยแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะกระเจิงได้ดีกว่า โดยมีมุมของการกระเจิงใหญ่กว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว

ผังมโนทัศน์ : บทที่ 12 แสงเชิงฟิสิกส์

12.1 การแทรกสอด

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายการแทรกสอดของแสงเมื่อผ่านสลิตคู่
2. อธิบายการเกิดแถบมืด แถบสว่างบนฉาก เมื่อแสงผ่านสลิตคู่
3. อธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ตำแหน่งของแถบสว่างใดๆ เป็นไปตามสมการ $d\sin\theta = n\lambda$ และตำแหน่งแถบมืดใดๆ เป็นไปตามสมการ $d\sin\theta = (n+\frac{1}{2})\lambda$
4. วิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสง
5. อธิบายและสรุปได้ว่าแสงเป็นคลื่น

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับคลื่นน้ำและเสียงว่า ทั้งคลื่นน้ำและเสียงต่างเป็นคลื่น ซึ่งสามารถแสดงสมบัติของคลื่นได้คือสะท้อนหักเหแทรกสอดและเลี้ยวเบนครูให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นน้ำและคลื่นเสียงเนื่องจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ จากนั้นครูตั้งปัญหา ให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายว่าแสงเป็นคลื่นหรือไม่ จะมีวิธีตรวจสอบอย่างไร ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่าจะต้องตรวจสอบว่าแสงสามารถแทรกสอดได้หรือไม่

1.2 ครูให้ความรู้ว่า การศึกษาการแทรสอดของแสงต้องใช้แหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ ซึ่งโดยทั่วไปแสงจากหลอดไฟ เทียนไข ไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ จะหาแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ได้อย่างไร ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ให้นักเรียนศึกษาการทดลองการแทรกสอดของแสงของโทมัส ยัง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ครูอาจตั้งคำถามให้เป็นแนวทางในการอภิปราย ดังนี้

1. ช่องแคบ 1 ช่อง ที่แสงผ่านก่อนไปผ่านช่องแคบอีก 2 ช่อง ถือเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแหล่งเล็กๆ ใช่หรือไม่ (ใช่)

2. ช่องแคบ 2 ช่อง ที่แสงส่องผ่านเมื่อเปรียบเทียบกับลำโพงเสียง 2 ตัวในการทดลองเรื่องการแทรกสอดของเสียง โดยที่ลำโพงเสียงทั้งสองต่อจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงเดียวกัน จึงเป็นแหล่งกำเนิดเสียงอาพันธ์ ดังนั้นช่องแคบ 2 ช่อง S_1 และ S_2 จะเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ได้หรือไม่ (ได้)

3. ภาพการแทรกสอดของแสงเป็นอย่างไร (แถบมืด แถบสว่าง)

2.2 ให้นักเรียนทำการทดลอง 12.1 เพื่อศึกษาสมบัติการแทรกสอดของแสง

การทดลอง 12.1 การแทรกสอดของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายได้ว่าเมื่อแสงผ่านสลิตคู่จะเกิดการแทรกสอดได้แถบมืดและแถบสว่าง
2. อธิบายและเปรียบเทียบภาพของการแทรกสอดเมื่อแสงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะระหว่างช่องต่างกัน
3. อธิบายและเปรียบเทียบภาพของการแทรกสอดของแสงเมื่อใช้แผ่นกรองแสงและไม่ใช้แผ่นกรองแสง

เวลาที่ใช้ 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. กล่องแสง	1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. สลิตคู่	1 แผ่น
4. แผ่นกรองแสงสีแดง	1 แผ่น

แนะนำก่อนการทดลอง

รูป 12.1 แผ่นสลิตคู่

1. สลิตที่ใช้ทดลองเป็นแผ่นฟิล์มดำซึ่งมีขีดใสขีดเล็กๆ เป็นเส้นตรง 2 เส้น ดังรูป 12.1 โดยมีข้อความระบุไว้ว่า สลิตคู่แต่ละอันมีระยะห่างระหว่างช่องเป็นเท่าใด ซึ่งเมื่อมองดูด้วยตาเปล่า สลิตคู่แต่ละอันเกือบจะไม่แตกต่าง เนื่องจากแต่ละช่องอยู่ใกล้กันมาก แต่จากรูป 12.1 จะเห็นข้อความระบุว่าภายในแผ่นฟิล์มมีสลิตคู่ที่มีระยะห่างกัน 50 100 และ 250 ไมโครเมตร

2. การจับสลิตให้จับที่กรอบนอกซึ่งเป็นกระดาษแข็ง อย่าจับแผ่นฟิล์ม เพราะจะทำให้แผ่นฟิล์มเสียหายได้ เวลาทดลองจัดให้ช่องสลิตวางตัวในแนวดิ่ง

3. จัดไส้หลอดไฟของกล่องแสงให้วางตัวในดิ่ง

4. การใช้แผ่นกรองแสงสีแดงกรองแสง เพื่อต้องการให้ภาพการแทรกสอดมีสีแดงสีเดียว จะได้ศึกษาภาพได้ง่ายและชัดเจน

5. การมองภาพการแทรกสอด ให้มองตรงไปที่ไส้หลอดไฟ และบริเวณถัดไปในแนวขนานกับพื้นทั้งสองข้างของหลอดไฟ

6. ขณะทำการทดลอง ให้วาดภาพการแทรกสอดของแสงที่สังเกตเห็นไว้ด้วย

ตัวอย่างผลการทดลองภาพการแทรกสอดของแสงสีแดงที่วาดจากการสังเกต

รูป 12.2 ภาพการแทรกสอดของแสงที่สังเกตเห็นจากสลิตคู่

1. เมื่อแสงสีแดงผ่านสลิตคู่ที่มีช่องทั้งสองอยู่ห่างกัน 50 μm จะเห็นแถบมืดแถบสว่างสีแดงสลับกันไปทั้งสองข้างของไส้หลอด แถบสว่างเหล่านั้นจะมีความกว้างเท่ากัน และเท่ากับแถบสว่างตรงกลางที่ตรงกับไส้หลอด โดยแถบสว่างแต่ละแถบจะมีความสว่างใกล้เคียงกัน เมื่อมองผ่านสลิตคู่ที่มีช่องทั้งสองอยู่ห่างกัน 100 μm และ 250 μm จะเห็นแถบมืดแถบสว่างสลับกันเช่นเดียวกับเมื่อมองผ่านสลิตคู่ที่มีระยะระหว่างช่อง 50 μm แต่แถบสว่างมีความกว้างลดลงโดยเมื่อมองผ่านสลิตที่มีช่องเท่ากับ 250 μm แถบสว่างจะมีความกว้างน้อยกว่าเมื่อมองผ่านสลิตที่มีระยะระหว่างช่อง 100 μm นั่นคือเมื่อมองผ่าน สลิตคู่ที่มีระยะระหว่างช่อง 50 μm 100 μm 250 μm ตามลำดับ แถบสว่างจะมีความกว้างลดลงตามลำดับ

2. ในกรณีที่ใช้แผ่นกรองแสงสีแดงกั้นหลอดไฟ แถบสว่างที่เห็นจากภาพการแทรกสอดจะเห็นแถบสว่างกลางที่ตรงกับไส้หลอดเป็นสีแดงส่วนบริเวณถัดไปทั้ง 2 ข้าง เห็นเป็นแถบสีแดงสลับกับแถบมืด แต่ถ้าไม่ใช่แผ่นกรองแสงสีแดง แถบสว่างกลางที่ตรงกับไส้หลอดจะเห็นเป็นแสงขาวส่วนบริเวณถัดไปทั้งสองข้างจะเห็นเป็นแถบสเปกตรัมของแสงขาวสลับกับแถบมืด

อภิปรายหลังการทดลอง

1. เมื่อแสงสีแดงผ่านสลิตคู่ จะเห็นภาพการแทรกสอดของแสงเป็นแถบสว่าง (แดง) และแถบมืดสลับกัน แผ่ออกไปทั้งสองข้างของไส้หลอดไฟ แสดงว่าคลื่นแสงมีการแทรกสอดแบบเสริมและแบบหักล้าง

2. เมื่อแสงขาวผ่านสลิตคู่ จะเกิดการแทรกสอดของแสงเช่นเดียวกับกรณีแสงสีแดงแต่ต่างกันตรงแถบสว่างกลางเป็นแสงขาว ส่วนแถบสว่างถัดไป จะเป็นสเปกตรัมของแสงขาว (แสงสีเขียวและแสงสีแดงชัดเจนที่สุด)

3. สำหรับสลิตคู่แต่ละขนาดนั้น แถบมืดกับแถบสว่างมีขนาดเท่ากัน แต่จากการทดลองความสว่างจากแถบสว่างที่ติดกับแถบมืดได้แผ่ไปยังบริเวณแถบมืดทำให้มองเห็นเสมือนแถบมืดเล็กลงจากความเป็นจริง

4. สำหรับสลิตคู่แต่ละขนาดนั้น ความเป็นจริงแล้วบริเวณแถบสว่างกลางประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดเล็กๆ สลับกัน ถ้าระยะห่างระหว่างช่องเพิ่มขึ้น จะมองเห็นแถบสว่างและแถบมืดเล็กๆ ในแถบสว่างกลางได้ชัดเจนขึ้น

2.3 ครูให้ความรู้ว่า สลิตคู่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ เมื่อมีแสงผ่านช่องสลิตทั้งสองจะเกิดการแทรกสอด จากนั้นครูทบทวนเรื่องการแทรกสอดของคลื่น ในกรณีที่แหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ จนได้ว่าผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดทั้งสองถึงตำแหน่งที่คลื่นเสริมกันที่แนวกลาง แนวที่ 1, 2, ... นับจากแนวกลางจะเป็น 0, λ, 2λ, ... ตามลำดับ และผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดทั้งสองถึงตำแหน่งที่คลื่นหักล้างกันที่แนวที่ 1, 2 , 3, ... นับจากแนวกลาง จะเป็น $\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}$, ...ตามลำดับ

จากนั้นครูให้ความรู้ตามหนังสือเรียนว่า ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างสลิตคู่และดวงไฟมีค่ามาก จะได้สมการสำหรับตำแหน่งสว่างว่า $d\sin\theta = n\lambda$ หรือ $\frac{dx}{D} = n\lambda$ สำหรับตำแหน่งแถบมืดจะได้ว่า $d\sin\theta = (n+\frac{1}{2})\lambda$ หรือ $d\frac{X}{D} = (n+\frac{1}{2})\lambda$

2.4 ให้นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดผ่านช่องคู่ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทคำถามข้อ 1 ข้อ 2 และปัญหาข้อ 1–6

12.2 การเลี้ยวเบนของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบน
2. อธิบายการเกิดแถบมืด แถบสว่างบนฉาก ซึ่งเกิดจากการเลี้ยวเบน
3. อธิบายเปรียบเทียบภาพการแทรกสอด เมื่อแสงผ่านสลิตคู่และสลิตเดี่ยว
4. อธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยว ตำแหน่งของแถบมืดใดๆ เป็นไปตามสมการ $d\sin\theta = n\lambda$
5. วิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยวเบน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูทบทวนการเลี้ยวเบนของคลื่นน้ำและคลื่นเสียง เพื่อนำความรู้มาใช้กับการศึกษาการเลี้ยวเบนของแสง

1.2 ให้นักเรียนชูนิ้วชี้และนิ้วกลางให้ห่างจากตาข้างหนึ่งประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วปิดตาอีกข้างหนึ่งไว้ ให้นิ้วทั้งสองแยกห่างจากกัน สังเกตบริเวณระหว่างนิ้ว ต่อไปขยับนิ้วทั้งสองเข้าหากันช้าๆ จนกระทั่งนิ้วทั้งสองชิดกัน และมีช่องเล็กๆ ระหว่างนิ้วทั้งสอง โดยนักเรียนต้องสังเกตช่องระหว่างนิ้วตลอดเวลา และสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วนเป็นพิเศษในกรณีช่องเล็กๆ

ครูให้นักเรียนเล่าถึงสิ่งที่พบเห็นจากการสังเกต ซึ่งสรุปได้ว่า กรณีที่นิ้วอยู่ห่างกัน จะเห็นบริเวณระหว่างนิ้วสว่างเป็นปกติเช่นเดียวกับบริเวณรอบๆ แต่กรณีนิ้วชิดกันและมองผ่านช่องเล็กๆ จะเห็นแถบมืดและแถบสว่างเป็นเส้นเล็กๆ สลับกันระหว่างนิ้วทั้งสอง

ครูตั้งคำถามถามนักเรียนว่า เพราะเหตุใดจึงเห็นเป็นแถบมืดแถบสว่าง นักเรียนจะตอบอย่างไร ให้รับฟังไว้ จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลอง 12.2

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ให้นักเรียนทำการทดลอง 12.2

การทดลอง 12.2 การเลี้ยวเบนของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบนได้แถบมืดและแถบสว่าง
2. อธิบายและเปรียบเทียบภาพของการเลี้ยวเบนเมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องต่างกัน
3. อธิบายและเปรียบเทียบภาพของการเลี้ยวเบนเมื่อใช้แผ่นกรองแสงและไม่ใช้แผ่นกรองแสง

เวลาที่ใช้ 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. กล่องแสง	1 ชุด
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. สลิตเดี่ยว	1 แผ่น
4. แผ่นกรองแสงสีแดง	1 แผ่น

แนะนำก่อนการทดลอง

รูป 12.3 แผ่นสลิตเดี่ยว

1. สลิตเดี่ยวจะมีขีดใสๆ เล็ก 1 ขีด โดยจะมีข้อความระบุความกว้างของช่องเดี่ยวไว้ ดังรูป 12.3 แผ่นฟิล์มในรูปมีสลิตเดี่ยว 50 100 200 และ 400 ไมโครเมตร

2. การจับสลิตให้จับที่กรอบนอกซึ่งเป็นกระดาษแข็ง อย่าจับแผ่นฟิล์มเพราะจะทำให้แผ่นฟิล์มเสียหายได้ เวลาทดลองจัดให้ช่องสลิตวางตัวในแนวดิ่ง

3. จัดไส้หลอดของกล่องแสงให้วางตัวในแนวดิ่ง

4. การมองภาพการเลี้ยวเบนของแสง ให้มองตรงไปที่ไส้หลอดไฟและบริเวณถัดออกไปในแนวขนานกับพื้นทั้งสองข้างของหลอดไฟ

5. ขณะทำการทดลองให้วาดภาพของการแทรกสอดของแสงที่สังเกตเห็นไว้ด้วย

ตัวอย่างผลการทดลองภาพการแทรกสอดของแสงสีแดงที่วาดจากการสังเกต

ภาพ 12.4 ภาพการเลี้ยวเบนของแสงสีแดงจากการสังเกต

1. เมื่อแสงสีแดงผ่านช่องเดี่ยว 50 μm จะเห็นแถบมืดแถบสว่างสลับกันไป โดยแถบสว่างตรงกลางที่ตรงกับไส้หลอดไฟ มีความกว้างมากและเป็นสีแดงสว่าง ส่วนแถบสว่างที่แผ่ออกไปจะมีความกว้างลดลงและมีความสว่างลดลงตามลำดับ เมื่อมองแผ่นสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 100 μm 250 μm จะเห็นแถบมืดแถบสว่างเช่นเดียวกัน แต่แถบสว่างจะมีความกว้างลดลงและเมื่อมองผ่านสลิตเดี่ยว 400 μm จะมองไม่เห็นภาพการแทรกสอดเป็นแถบมืด แถบสว่าง จะเห็นแต่แถบสว่างทั้งสองข้างของหลอดไฟ

2. ในกรณีที่ไม่ใช้แผ่นกรองสีแดง ภาพการแทรกสอดมีลักษณะและขนาดเหมือนกรณีแรกแต่แถบสว่างกลางเป็นสีขาว ส่วนแถบสว่างอื่นๆ จะเห็นเป็นสเปกตรัมของแสงขาว (แสงสีเขียวและแสงสีแดงชัดเจนที่สุด)

อภิปรายหลังการทดลอง

1. เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยว แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าความกว้างของช่องสลิต แสดงว่า แสงมีสมบัติการเลี้ยวเบน

2. ภาพการเลี้ยวเบนจากสลิตเดี่ยว นอกจากมีแถบสว่างกลางแล้ว ยังมีแถบมืด แถบสว่างสลับกัน ถัดจากแถบสว่างกลางออกไปทั้งสองข้าง แสดงว่า แสงผ่านสลิตเดี่ยวจะมีทั้งการเลี้ยวเบนและการแทรกสอด

3. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่นๆ

4. เมื่อมองผ่านสลิตที่มีความกว้างของช่องมากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างจะลดลง

5. กรณีที่ใช้แผ่นกรองแสงสีแดง แถบสว่างทุกแถบเป็นสีแดง

6. กรณีที่ไม่ใช้แผ่นกรองแสงสีแดง แถบสว่างกลางเป็นแถบสว่างของแสงขาว ส่วนแถบสว่างอื่นๆ จะเป็นแถบสเปกตรัมของแสงขาว (แสงสีแดงและแสงสีเขียวชัดเจนที่สุด)

2.2 ครูสรุปการทดลองเกี่ยวกับการเลี้ยวเบนของแสงว่า แสงมีการเลี้ยวเบนเพราะแถบสว่างกลางกว้างกว่าช่องสลิตและถัดจากแถบสว่างกลางออกไปทั้งสองข้าง เกิดแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว และการหาตำแหน่งของแถบมืดซึ่งเป็นไปตามสมการ $d\sin\theta = n\lambda$ (เมื่อ n = 1, 2 , 3,...)

2.3 ให้นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยวเบนผ่านช่องเดี่ยวตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

หมายเหตุ การศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว ในที่นี้จะหาเฉพาะสมการสำหรับตำแหน่งของแถบมืดเท่านั้น เพราะวิธีที่ใช้หาตำแหน่งแถบมืดง่ายกว่าวิธีการหาตำแหน่งแถบสว่าง

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

3.1 ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย กรณีมองผ่านช่องแคบๆ ระหว่างนิ้วชี้และนิ้วกลาง เพื่อตอบคำถามจากกิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบได้ว่า แถบมืด แถบสว่างขนาดเล็กๆ ระหว่างช่องนิ้วมือ เกิดการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง

3.2 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทคำถามข้อ 3 และปัญหาข้อ 7

12.3 เกรตติง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ ทดลองหาความยาวคลื่นของแสง

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูใช้เลเซอร์พอยเตอร์ฉายแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติงให้เกิดภาพการแทรกสอดบนฉาก โดยจะเห็นเป็นจุดสว่างหลายจุด ให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

1.2 ครูให้นักเรียนใช้เกรตติงส่องดูไส้หลอดไฟของกล่องแสง แล้วให้นักเรียนรายงานผลการสังเกต ซึ่งควรได้ผลการสังเกตว่า เห็นแสงสีต่างๆ ทั้งสองข้างของหลอดไฟ โดยมีแถบแสงสีม่วงอยู่ใกล้แนวสว่างกลางและแถบแสงสีแดงจะอยู่ห่างจากแนวสว่างกลางมากที่สุด

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

2.1 ครูให้ความรู้เรื่องเกรตติงตามรายละเอียดในหนังสือเรียน ถึงสมการ $d\sin\theta = n\lambda$ ซึ่งเป็นสมการหาตำแหน่งแถบสว่าง โดยครูเน้นว่าการหาสมการดังกล่าวใช้วิธีการของสลิตคู่

ครูถามนักเรียนว่า ถ้าให้แสงความยาวคลื่นต่างกันผ่านเกรตติง แถบสว่างของแสงแต่ละความยาวคลื่นจะปรากฏบนฉาก ณ ตำแหน่งต่างกันหรือไม่ โดยใช้สมการ $d\sin\theta = n\lambda$ ประกอบการอภิปราย ผลการอภิปรายจะได้ว่าแสงความยาวคลื่นต่างกันจะปรากฏบนฉากที่ตำแหน่งต่างกันเพราะ $\sin\theta \propto \lambda$

ครูให้นักเรียนอภิปรายว่า เมื่อให้แสงขาวผ่านเกรตติง จะเห็นเป็นแสงสีต่างๆ แสงสีอะไรมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดและแสงสีอะไรมีความยาวคลื่นมากที่สุด ทำไมจึงคิดเช่นนั้น ซึ่งผลการอภิปรายควรได้ว่า แสงสีม่วงมีความยาวคลื่นน้อยที่สุด เพราะ $\sin\theta$ มีค่าน้อยที่สุด ส่วนแสงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด เพราะ $\sin\theta$ มีค่ามากที่สุด

2.2 ครูให้นักเรียนหาความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ โดยทำการทดลอง 12.3

การทดลอง 12.3 เกรตติง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายได้ว่า แสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า จะเบนออกจากแนวกลางได้มากกว่า
2. คำนวณหาความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ โดยใช้เกรตติง
3. คำนวณหาความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์

เวลาที่ใช้ 100 นาที

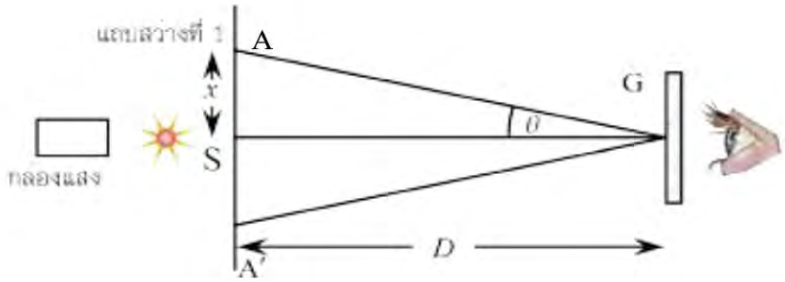
ตอนที่ 1

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. กล่องแสง	1 กล่อง
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	1 เครื่อง
3. เกรตติง	1 แผ่น
4. ไม้เมตร	1 อัน

แนะนำก่อนการทดลอง

1. จัดหลอดไฟของกล่องแสงให้ไส้หลอดอยู่ในแนวดิ่ง
2. ไม้เมตรที่วางบนกล่องแสง ควรวางให้เลข 50 บนไม้เมตรอยู่ตรงกับไส้หลอด
3. ก่อนทำการทดลองควรจัดให้แผ่นเกรตติงอยู่ในระดับเดียวกันและตรงกับไส้หลอด โดยให้ระนาบของแผ่นเกรตติงอยู่ในแนวดิ่ง และขนานกับแนวไม้เมตร
4. การใช้เกรตติงจะต้องจับที่กรอบเท่านั้น ห้ามแตะที่แผ่นเกรตติง
5. แผ่นเกรตติงที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนช่อง 5 300 ช่องต่อระยะ 1 เซนติเมตร
6. การหาระยะ x ของแสงแต่ละสี ให้นับจากเลข 50 ไปยังกึ่งกลางของแถบสีนั้นๆ ของแถบสว่างที่ 1
7. การหาค่า λ อาจทำได้ดังนี้



รูป 12.5 แสดงการมองสเปกตรัมของแสงผ่านเกรตติง

จากรูป 12.5 ΔAGS $AG = \sqrt{D^2 + x^2}$

จะได้ $\sin\theta = \dfrac{x}{\sqrt{D^2 + x^2}}$

ดังนั้นเราจึงหา λ ได้ จากสมการ

$$d\sin\theta = n\lambda \quad \text{เมื่อ} \quad n = 1$$

$$\lambda = \frac{dx}{\sqrt{D^2 + x^2}}$$

ตัวอย่างผลการทดลอง

แถบสี	ระยะ x ทางซ้ายมือ		ระยะ x ทางขวามือ		ระยะ x เฉลี่ย (cm)	ความยาวคลื่น (λ) (nm)
	ตำแหน่ง	x (cm)	ตำแหน่ง	x (cm)		
ม่วง	27	23	73.5	23.5	23.25	425
น้ำเงิน	24	26	76.5	26.5	26.5	480
เขียว	21.5	28.5	79	29	28.75	521
เหลือง	19.5	31.5	81.5	31.5	31.50	566
แสด	17	33	83	33	33.00	592
แดง	13	37	87	37	37.00	652

อภิปรายหลังการทดลอง

แสงสีต่างๆ มีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ความยาวคลื่นของแสงสีม่วงสั้นที่สุด แสงสีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีแสด มีความยาวคลื่นมากขึ้นตามลำดับ และสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด

ในกรณีที่ผลการทดลองของผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีค่าไม่เท่ากันนั้นอาจเป็นเพราะการอ่านค่าตัวเลขจากไม้เมตรเป็นค่าประมาณตรงกลางของแถบสี และแถบสีแต่ละสีมีขอบซ้อนกันทำให้การอ่านค่าตัวเลขคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน ผลการทดลองของผู้เรียนจะเป็นอย่างไรนั้น ให้นำผลที่ได้เทียบกับความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ ในตาราง 12.1 ในหนังสือเรียน เช่น ผลการทดลองของกลุ่มที่ 1 ได้ค่าความยาวคลื่นของแสงสีม่วงเป็น 440 นาโนเมตร ส่วนกลุ่มที่ 2 หาค่าได้ 395 นาโนเมตร ก็ถือว่าผลการทดลองของผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มนี้ใช้ได้ เพราะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 380–450 นาโนเมตร

ตอนที่ 2

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (5 คน)
1. เลเซอร์ไดโอด	1 อัน
2. เกรตติง	1 แผ่น
3. ไม้เมตร	1 อัน
4. กระดาษเทาขาว	1 แผ่น
5. ดินน้ำมัน	1 ก้อน

แนะนำก่อนการทดลอง

1. การจัดตั้งฉากอาจติดกระดาษเทาขาวกับผนังห้องเรียนโดยฉากต้องอยู่ในแนวดิ่ง
2. ใช้ดินน้ำมันยึดกรอบของเกรตติงให้ตั้งในแนวดิ่ง โดยเมื่อฉายแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติงจัดให้แถบสว่างอยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาของแถบสว่างกลาง
3. ยึดเลเซอร์ไดโอดให้อยู่ในแนวระดับเดียวกันกับเกรตติง โดยยึดด้วยดินน้ำมันหรือขาตั้ง

ตัวอย่างผลการทดลอง

ระยะห่างของแถบสว่างที่ 1 จากแถบสว่างกลาง			ความยาวคลื่น (nm)
ทางด้านซ้าย (cm)	ทางด้านขวา (cm)	ระยะเฉลี่ย (cm)	
18.6	18.5	18.55	656

รูป 12.6 แสดงตำแหน่งแถบสว่างของเลเซอร์

อภิปรายหลังการทดลอง

แผ่นเกรตติงที่ใช้ทดลองเป็นชนิด 5 300 เส้น/เซนติเมตร

$$d = \frac{10^{-2}}{5\,300}\ \text{m}$$

จาก $$d\sin\theta = n\lambda$$

แทนค่า $$\left(\frac{10^{-2}}{5300}\ \text{m}\right)\left(\frac{18.55 \times 10^{-2}\ \text{m}}{(\sqrt{50^2 + 18.55^2}) \times 10^{-2}\ \text{m}}\right) = (1)\,\lambda$$

$$\lambda = \frac{18.55 \times 10^{-4}}{53 \quad 53.33}\ \text{m}$$

$$= 656.29 \times 10^{-9}\ \text{m}$$

ความยาวคลื่นของเลเซอร์ เท่ากับ 656 นาโนเมตร $\lambda \approx 656\ \text{nm}$

2.3 ครูให้ความรู้ว่า แถบสีต่างๆ ที่เห็นจากการมองผ่านเกรตติงนั้น เรียกว่าสเปกตรัมของแสงขาว แสดงว่าแสงขาวประกอบด้วยแสงสีต่างๆ มารวมกันครูชี้ให้เห็นว่าเราสังเกตเห็นและบอกตำแหน่งของแถบสว่างได้อย่างถูกต้อง เมื่อระยะห่างระหว่างช่องที่ติดกันของเกรตติง d และระยะห่างระหว่างเกรตติงกับฉาก D มีค่าเหมาะสม เช่น จากการทดลอง 12.3 เราใช้ค่า d เท่ากับ $\frac{10^{-2}\text{m}}{5\,300} = 1.8 \times 10^{-6}\text{m} \approx 10^{-6}$ เมตร และค่า D เท่ากับ 1 เมตร ปรากฏว่าสามารถมองเห็นสีต่างๆ ของแถบสว่างแยกออกจากกัน และสามารถบอกตำแหน่งของแสงสีนั้นๆ ได้ ถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า d และความยาวคลื่นของแสงขาว ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับขนาด 10^{-1} เมตรได้

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{10^{-6}}{10^{-7}}$$

ดังนั้น $$d = 10\lambda$$

จากสมการ $d \sin\theta = n\lambda$ สำหรับแถบสว่างที่ 1 ถ้า d มีค่ามากขึ้น เช่น $100\ \lambda$ จะพบว่า x มีค่าเท่ากับ 0.01 เมตร ในกรณีนี้เราจะบอกตำแหน่งของแถบสว่างได้ยากและผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นจะเห็นว่า เมื่อ d มีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ แถบสว่างแต่ละแถบจะอยู่ชิดกันมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถสังเกตภาพการแทรกสอดได้ชัดเจน แสดงว่า เกรตติงที่ใช้นั้น ควรมีจำนวนช่องมากๆ เพื่อทำให้ระยะ d มีค่าน้อย จะทำให้แถบแสงสีของภาพแทรกสอดชัดเจน สะดวกในการวัดระยะทางต่างๆ

2.4 ครูให้นักเรียนได้วิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องการใช้เกรตติงตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท 4, 5 และปัญหาข้อ 8–10

12.4 การกระเจิงของแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของการกระเจิงได้
2. อธิบายการมองเห็นสีของท้องฟ้าที่เวลาต่างๆ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

ครูนำอภิปรายโดยถามนักเรียนว่า สีของท้องฟ้าในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร ซึ่งควรได้คำตอบว่าในแต่ละเวลาสีของท้องฟ้าจะต่างกันไป ในตอนเช้าและตอนเย็นจะเห็นท้องฟ้าเป็นสีแดง ส้มแดง ในเวลากลางวันจะเห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้า ครูถามต่อไปว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนตอบตามความคิดเห็นของแต่ละคน ซึ่งครูยังไม่ควรสรุป

2. กิจกรรมระหว่างการเรียนการสอน

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการกระเจิงของแสงตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ครูสาธิตการกระเจิงของแสง โดยอาจทำดังนี้

1. ใส่น้ำลงในกล่องพลาสติกใส
2. ฉายเลเซอร์ให้ผ่านเข้าไปในน้ำ สังเกตผล
3. โรยผงครีมเทียมลงในน้ำ สังเกตผล

รูป 12.7 ลำเลเซอร์เมื่อผ่านน้ำก่อนใส่ครีมเทียม

รูป 12.8 ลำเลเซอร์เมื่อผ่านน้ำหลังจากใส่ครีมเทียม

ผลการสังเกตควรเป็น ดังนี้

เมื่อฉายเลเซอร์ลงไปในน้ำตอนแรกจะเห็นเป็นลำตรง แต่เมื่อใส่ผงครีมเทียม เมื่อผงครีมเทียมกระทบกับเลเซอร์จะเห็นเป็นจุดสว่างมากขึ้น เพราะเกิดการกระเจิงของแสง

ครูสาธิตการกระเจิงของแสงเพื่ออธิบายการเห็นสีของท้องฟ้า โดยทำกิจกรรม ดังนี้

1. ใส่น้ำลงในกล่องพลาสติกใส
2. ใช้ไฟฉายส่องเข้าไปในน้ำ โดยให้แสงไฟตกตั้งฉากกับผิวกล่อง ดังรูป 12.9 สังเกตผล

รูป 12.9 การฉายแสงไฟเข้าไปในน้ำ

3. ใส่น้ำนมผสมลงไปในน้ำ คนให้ทั่ว
4. สังเกตผลที่เกิดขึ้นโดยมองด้านที่ตั้งฉากกับลำแสงและด้านตรงข้ามไฟฉาย

ผลการสังเกตควรเป็นดังนี้

เมื่อฉายไฟฉายผ่านน้ำก่อนผสมน้ำนม จะเห็นเป็นลำแสงขาว เมื่อใส่น้ำนม สังเกตแสงด้านที่ตั้งฉากกับลำแสงจะมองเห็นเป็นสีฟ้าจางๆ แต่ถ้ามองด้านตรงข้ามไฟฉายจะมองเห็นแสงไฟฉายเป็นสีแดงส้ม

รูป 12.10 ผลการสังเกตเมื่อมองตั้งฉากลำแสง

รูป 12.11 ผลการสังเกตเมื่อมองด้านตรงข้ามไฟฉาย

3. กิจกรรมหลังการเรียนการสอน

ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทคำถามข้อ 6

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 12

คำถาม

12.1 การแทรกสอด

1. การทดลองเรื่องการแทรกสอดของโทมัส ยัง เมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้วเป็นการสนับสนุนแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องใด

แนวคำตอบ แสงเป็นคลื่น

2. จงอธิบายเหตุใดเราจึงไม่เห็นการแทรกสอดของแสงจากเทียนไข 2 เล่ม ที่วางไว้ใกล้กัน

แนวคำตอบ สาเหตุที่เราไม่เห็นการแทรกสอดของแสงจากเทียนไข 2 เล่มที่วางไว้ใกล้กันได้ เพราะแสงจากเทียนไขทั้งสองเล่มมีหลายความถี่และเฟสของคลื่นแสงที่แผ่ออกมาจากเทียนไขแต่ละเล่มไม่มีความสัมพันธ์ที่แน่นอน จึงไม่อาจแทรกสอดให้เห็นแถบมืดและแถบสว่างได้ นอกจากนี้ระยะห่างระหว่างเทียนไขทั้งสองมีค่ามากเกินกว่าที่จะทำให้เห็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉากได้

12.2 การเลี้ยวเบน

3. จงอธิบายการเลี้ยวเบนของแสงที่เกิดจากสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องต่างกัน

แนวคำตอบ เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบนทำให้เห็นแถบมืด แถบสว่าง โดยแถบสว่างกลางจะกว้างกว่าแถบสว่างอื่นๆ และถ้าให้แสงผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องต่างกัน ความกว้างของแถบสว่างก็จะต่างกันด้วย โดยถ้าความกว้างของช่องสลิตลดลง ความกว้างของแถบสว่างจะเพิ่มขึ้น

12.3 เกรตติง

4. ในการทดลองเรื่องการแทรกสอดของแสง โดยฉายเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร ไปตั้งฉากบนเกรตติงที่มีจำนวนช่องต่างๆ กัน พบว่า แถบสว่างแรกเกิดห่างจากแนวกลางเป็นมุม θ ดังตาราง

จำนวนช่อง (m^{-1})	1.50×10^5	3.95×10^5	5.30×10^5	6.50×10^5	7.80×10^5
θ (องศา)	5.4	14.5	19.6	24.3	29.9

จากข้อมูลในตารางสรุปได้อย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อจำนวนช่องของเกรตติงมากขึ้น แถบสว่างแรกจะเบนจากแนวกลางเป็นมุมโตขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะการที่จำนวนช่องของเกรตติงมากขึ้นจะทำให้ระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติงลดลง แถบสว่างแรกจะทำมุม θ กับแนวกลางมากขึ้นด้วย ตามสมการ $d \sin\theta = n\lambda$

5. แสงขาวตกกระทบเกรตติงในแนวตั้งฉากและเกิดภาพการแทรกสอดบนฉาก มุมที่แสงแต่ละสีเบนไปจากแนวกลางขึ้นกับความยาวคลื่นแสงหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มุมที่แสงแต่ละสีเบนจากแนวกลางขึ้นกับความยาวคลื่นแสง โดยในแถบสว่างลำดับเดียวกัน แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะทำมุม θ กับแนวกลางน้อยกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นมาก โดยพิจารณาจาก $d \sin\theta = n\lambda$

12.4 การกระเจิงแสง

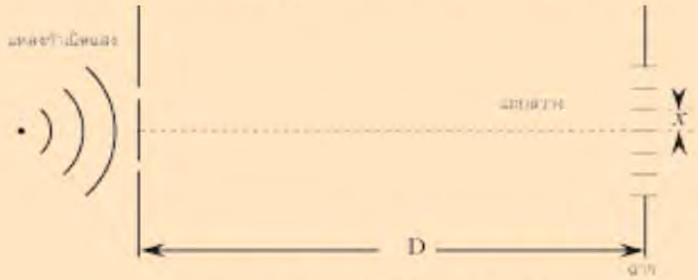
6. จงอธิบายการกระเจิงของแสง

แนวคำตอบ การกระเจิงของแสงเกิดเมื่อแสงตกกระทบโมเลกุลของตัวกลาง แสงจะถูกโมเลกุลของตัวกลางทำให้กระจัดกระจายไปโดยรอบ แสงที่มีความยาวคลื่นน้อย เมื่อตกกระทบโมเลกุลของตัวกลางจะกระเจิงได้ดี

ปัญหา

12.1 การแทรกสอด

1. แสงมีความยาวคลื่น 5.9×10^{-7} เมตร ตกกระทบตั้งฉากในแนวสลิตคู่ ถ้าสลิตทั้งสองอยู่ห่างกัน 1.0×10^{-3} เมตร ภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตคู่เป็นระยะ D ให้ x คือ ระยะที่แถบสว่างแรกอยู่ห่างจากแถบสว่างกลาง



รูป สำหรับปัญหาข้อ 1

ก. ถ้า x เท่ากับ 5.9×10^{-3} เมตร D มีค่าเท่าใด

ข. ถ้า D มีค่า 1 เมตร x จะมีค่าเท่าใด

วิธีทำ

ก. x เป็นระยะที่แถบสว่างแรก (A_1) อยู่ห่างจากแถบสว่างกลาง

$$d\sin\theta = n\lambda$$

$$\frac{dx}{\sqrt{D^2 + x^2}} = n\lambda$$

$$D = x\sqrt{\frac{d^2}{n^2\lambda^2} - 1}$$

$\lambda = 5.9\times10^{-7}$ m, $d = 1.0\times10^{-3}$ m, $x = 5.9\times10^{-3}$ m, $n = 1$

แทนค่า

$$D = (5.9\times10^{-3}\,\text{m})\sqrt{\frac{(1.0\times10^{-3}\,\text{m})^2}{(1^2)(5.9\times10^{-7}\,\text{m})^2} - 1}$$

$$= (10\,\text{m})\sqrt{1 - (5.9)^2\times10^{-8}}$$

เนื่องจาก $(5.9)^2 \times 10^{-8}$ เข้าใกล้ศูนย์จะได้

$$D = (10\,\text{m})\sqrt{1-0}$$

จะได้ $$D = 10\ \text{m}$$

ตอบ D มีค่า 10 เมตร

ข. จาก $$D = x\sqrt{\frac{d^2}{n^2\lambda^2}-1}$$

แทนค่า $$(1\ \text{m}) = x\sqrt{\frac{(1.0\times10^{-3}\ \text{m})^2}{(1)\,(5.9\times10^{-7}\text{m})^2}-1}$$

$$(5.9 \times 10^{-4}\text{m}) = x\sqrt{1-(5.9)^2 \times 10^{-8}}$$

เนื่องจาก $(5.9)^2 \times 10^{-8}$ เข้าใกล้ศูนย์ จะได้

$$x = 5.9 \times 10^{-4}\text{m}$$

ตอบ x มีค่า 5.9×10^{-4} เมตร

2. ในการเกิดการแทรกสอดของแสงที่มีความยาวคลื่น 7.5×10^{-7} เมตร โดยใช้ช่องขนาดเล็ก 2 ช่อง ให้เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร ถ้าต้องการให้แถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันอยู่ห่างกัน 1 มิลลิเมตร ช่องทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าไร (ให้ถือว่าตำแหน่งแถบสว่างเบนไปจากแนวกลางน้อยมาก)

วิธีทำ

$$\lambda = 7.5 \times 10^{-7}\text{m}$$

L = ระยะระหว่างสลิตถึงฉาก = 1 m

ระยะระหว่างแถบสว่างแรกจากแนวกลาง = ระยะระหว่างแถบสว่าง 2 แถบติดกัน

ดังนั้น $x = 1 \times 10^{-3}\text{m}$

ให้ช่องสลิตทั้งสองอยู่ห่างกัน $= d$

และ $n = 1$

เนื่องจากตำแหน่งแถบสว่างเบนไปจากแนวกลางน้อยมาก ค่า $\sin\theta$ จึงประมาณเท่ากับ $\tan\theta$

จาก $d\sin\theta = n\lambda$

จึงสามารถสรุปได้ว่า $\frac{dx}{L} = n\lambda$

$$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$$d = \frac{\lambda nL}{x}$$

$$d = \frac{7.5\times10^{-7}\text{m}\ (1)\ (1\ \text{m})}{1\times10^{-3}\text{m}}$$

$$d = 7.5\times10^{-4}\text{m}$$

ตอบ ช่องสลิตทั้งสองอยู่ห่างกัน 7.5×10^{-4} เมตร

3. เส้นทึบข้างล่างแทนแถบสว่างของภาพการแทรกสอดที่เกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่น 6.0×10^{-7} เมตร เมื่อตกกระทบสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก ถ้าสลิตทั้งสองอยู่ห่างกัน 2.0×10^{-5} เมตร และฉากรับภาพอยู่ห่างจากสลิต 2.0 เมตร

รูป สำหรับปัญหาข้อ 3

ก. ระยะ x มีค่าเท่าใด

ข. ถ้าระยะระหว่างสลิตกับฉากเพิ่มขึ้น ระยะ x จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ค. ถ้าทำให้แหล่งกำเนิดแสงสว่างขึ้น ระยะ x จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

วิธีทำ

ก. ระยะ x คือระยะห่างระหว่างแถบสว่าง สำหรับสลิตคู่ระยะห่างระหว่างทุกแถบจะห่างเท่ากัน พิจารณาแถบสว่างที่ 1 นับจากแถบสว่างกลาง (หรือแถบสว่างใด ๆ ก็ได้)

จาก $d\sin\theta = n\lambda$

$d = 2.0\times10^{-5}\text{m}, \lambda = 6.0\times10^{-7}\text{m},\ n = 1\ ,\ \sin\theta = \frac{x}{\sqrt{4+x}}$

แทนค่า $(2.0\times10^{-5}\text{m})\ \frac{x}{(\sqrt{4+x^2}\text{m})} = (1)\ (6.0\times10^{-7}\text{m})$

$$x = 6.0005 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$$x = 6.0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

ตอบ ระยะ x เท่ากับ 6.0×10^{-2} เมตร

ข. จาก $d \sin\theta = n\lambda$ ถ้า L แทนระยะระหว่างสลิตถึงฉาก

จะได้ $$\frac{dx}{\sqrt{L^2 + x^2}} = n\lambda$$

หรือ $$x = \frac{n\lambda}{\sqrt{d^2 - n^2\lambda^2}} L$$

เนื่องจาก n , λ และ d เป็นค่าคงตัว ดังนั้น x แปรผันตรงกับ L

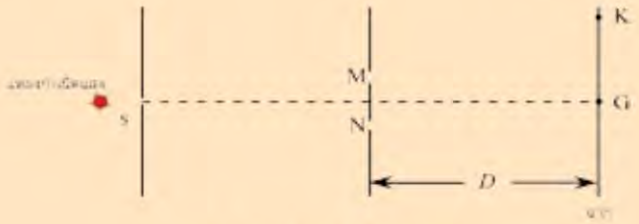
นั่นคือ ถ้า L มีค่าเพิ่มขึ้น x ก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ตอบ ถ้าระยะระหว่างสลิตกับฉากเพิ่มขึ้น ระยะ x ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ค. ถ้าทำให้แหล่งกำเนิดแสงสว่างขึ้น ระยะ x เปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ ระยะ x จะคงเดิม เพราะความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

4. รูปแสดงแผนภาพของการทดลองของโทมัส ยัง เรื่อง การแทรกสอด ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงส่องผ่านสลิตเดี่ยว S และผ่านสลิตคู่ M กับ N แล้วตกกระทบฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตคู่ M และ N เป็นระยะ D ถ้าแนวแบ่งครึ่ง MN กระทบฉากที่ตำแหน่ง G และแสงมีความยาวคลื่น λ ถ้า K เป็นจุดๆ หนึ่งบนฉากที่ทำให้ NK – MK $= \frac{\lambda}{2}$



รูป สำหรับปัญหาข้อ 4

ก. ภาพที่ปรากฏบนฉากที่ตำแหน่ง G และ K จะเป็นอย่างไร

ข. ภาพการแทรกสอดบนฉากที่ได้จากการทดลองชุดนี้ เป็นแถบมืดและแถบสว่าง ถ้าต้องการให้แถบสว่างอยู่ใกล้กันมากขึ้น จะต้องทำอย่างไร

วิธีทำ

ก. เนื่องจากแนวแบ่งครึ่งสลิตคู่ MN ซึ่งตั้งฉากกับ MN ผ่านฉากที่ตำแหน่ง G บนฉาก ทำให้

ระยะ $MG = NG$

ดังนั้น $NG - MG = 0$

นั่นคือ G เป็นตำแหน่งของแถบสว่างกลาง ภาพที่ปรากฏบนตำแหน่ง G จึงเป็นแถบสว่าง

สำหรับ K จะเป็นตำแหน่งของแถบมืดที่ 1 เพราะ $NK - MK = \frac{\lambda}{2}$

ตอบ ภาพที่ปรากฏบนฉากที่ตำแหน่ง G เป็นแถบสว่างกลาง
ภาพที่ปรากฏบนฉากที่ตำแหน่ง K เป็นแถบมืดที่ 1

ข. เนื่องจากต้องการให้แถบสว่างอยู่ชิดกันมากขึ้นกว่าเดิมจาก $d\sin\theta = n\lambda$, θ จะเป็นมุมเล็กกว่าเดิม

ดังนั้นสามารถใช้สมการ $\lambda = \frac{dx}{nL}$ หรือ $x = \frac{\lambda nL}{d}$

x คือระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่อยู่ถัดกัน

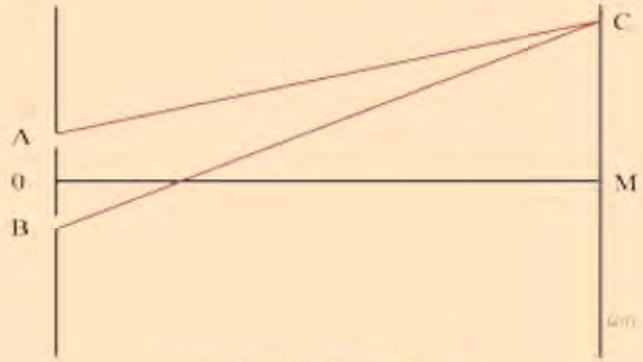
d คือระยะห่างระหว่างช่องสลิต และ

ถ้าให้ L หรือ λ มีค่าน้อยลง จะทำให้ x มีค่าลดลง

หรือถ้าให้ d มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ x มีค่าลดลง

ตอบ จะต้องทำให้ระยะห่างระหว่างฉากกับสลิตมีค่าน้อยลงหรือจะต้องใช้แสงที่มีความยาวคลื่นน้อยลง หรือจะต้องใช้สลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเพิ่มขึ้น

5. AB เป็นสลิตคู่ เมื่อมีแสงที่มีความยาวคลื่น λ ตกกระทบสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก ภาพการแทรกสอดจะปรากฏที่ฉาก ถ้าระยะ AC = $n\lambda$ และ BC = $(n + 3)\lambda$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็ม ให้ OM เป็นแนวกลาง ภาพการแทรกสอดที่ C เป็นแถบสว่างหรือแถบมืดที่เท่าใด



รูป สำหรับปัญหาข้อ 5

วิธีทำ

ให้หาผลต่างของระยะระหว่างช่องสลิตแต่ละช่องถึงตำแหน่ง C แล้วพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ว่า ถ้าจัดอยู่ในรูป $n\lambda$ ภาพแทรกสอดที่ C จะเป็นแถบสว่าง ถ้าจัดอยู่ในรูป $(n+\frac{1}{2})\lambda$ ภาพแทรกสอดที่ C จะเป็นแถบมืด หาค่า BC−AC

$$\text{BC}-\text{AC} = (n+3)\lambda - n\lambda$$
$$= 3\lambda$$

แสดงว่า ภาพแทรกสอดที่ C เป็นแถบสว่าง โดยเป็นแถบสว่างลำดับที่ 3

ตอบ ภาพแทรกสอดที่ C เป็นแถบสว่างที่ 3

6. เมื่อใช้แสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่น 5.2×10^{-7} เมตร ตกกระทบสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกิดภาพแทรกสอดบนฉาก แถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันอยู่ห่างกัน 0.2 มิลลิเมตร แต่ถ้าใช้แสงสีแดงที่มีความยาวคลื่น 6.5×10^{-7} เมตรแทน แถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันจะอยู่ห่างกันกี่มิลลิเมตร

วิธีทำ

เมื่อใช้แสงสีเขียวและพิจารณาระยะห่างระหว่างแถบสว่างกลางกับแถบสว่างที่ 1

จาก $$\lambda = \frac{dx}{nL}$$

$\lambda = 5.2\times10^{-7}\,\text{m},\ x = 0.2\times10^{-3},\ n = 1$

แทนค่า $$(5.2\times10^{-7}\,\text{m}) = \frac{d\,(0.2\times10^{-3}\,\text{m})}{(1)\,(L)} \qquad (1)$$

เมื่อใช้แสงสีแดง $\lambda = 6.5\times10^{-7}$, $n = 1$ ต้องการทราบค่า x

แทนค่า $$(6.5\times10^{-7}\,\text{m}) = \frac{dx}{(1)L} \qquad (2)$$

(2)/(1) $$\frac{(6.5\times10^{-7}\,\text{m})}{(5.2\times10^{-7}\,\text{m})} = \frac{dx}{L}\left(\frac{L}{d\,(0.2\times10^{-3}\,\text{m})}\right)$$

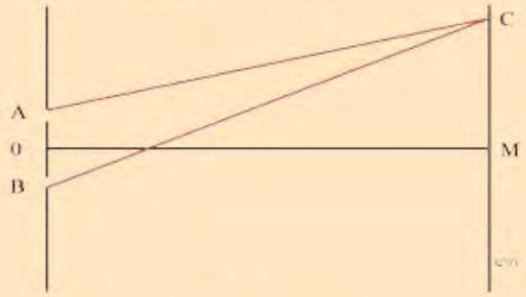
$$x = 0.25\times10^{-3}\,\text{m}$$

หรือ $$= 0.25\ \text{mm}$$

ตอบ แถบสว่าง 2 แถบติดกันจะอยู่ห่างกัน 0.25 มิลลิเมตร

12.2 การเลี้ยวเบน

7. แสงมีความยาวคลื่น 5.0×10^{-5} เซนติเมตร ตกกระทบสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่อง 0.015 เซนติเมตร ในแนวตั้งฉาก ภาพการเลี้ยวเบนจะปรากฏบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.30 เมตร แถบสว่างกลางกว้างเท่าใด (เพราะมุมที่แถบมืดเบนไปจากแนวกลางมีขนาดเล็กมากดังนั้น $\sin\theta \cong \tan\theta$)



รูป สำหรับปัญหาข้อ 7

วิธีทำ ความกว้างของสลิตเดี่ยว $d = 0.015 \times 10^{-2}\,\text{m}$

ความยาวคลื่นแสง $\lambda = 5.0 \times 10^{-5} \times 10^{-2}\,\text{m}$

หาแถบมืดแรกนับจากแนวกลาง ดังนั้น $n = 1$

จากสูตร $d \sin\theta = n\lambda$

เมื่อ $\sin\theta \cong \tan\theta = \dfrac{x}{L}$

ดังนั้น $(0.015 \times 10^{-2}\,\text{m})\left(\dfrac{x}{1.30\,\text{m}}\right) = 5.0 \times 10^{-7}$

$$x = \frac{(5.0 \times 10^{-7}\,\text{m})\,(1.30\,\text{m})}{(0.015)\,(10^{-2}\,\text{m})}$$

$$x = 4.3 \times 10^{-3}\,\text{m}$$

แถบสว่างกลางกว้าง $2x = 2\,(4.3 \times 10^{-3}\,\text{m})$

$$= 8.6 \times 10^{-3}\,\text{m}$$

ตอบ แถบสว่างกลางกว้างเท่ากับ 8.6×10^{-3} เมตร

12.3 เกรตติง

8. ถ้าให้แสงสีเหลืองซึ่งมีความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร ผ่านเกรตติง พบว่าแถบสว่างแถบแรกเบนไป 44.1 องศา จากแนวของแถบสว่างกลาง จงหาระยะระหว่างสลิตและจำนวนช่องสลิตต่อเซนติเมตรของเกรตติงที่ใช้

วิธีทำ จาก $d\sin\theta = n\lambda$

$\lambda = 589\times10^{-9}$ m , $\theta = 44.1$ องศา, $n = 1$

แทนค่า $d\sin 44.1 = (1)(589\times10^{-5}\text{ m})$

$$d = \frac{589\times10^{-9}}{0.695}\text{ m}$$

$$d = 8.47\times10^{-7}\text{ m}$$

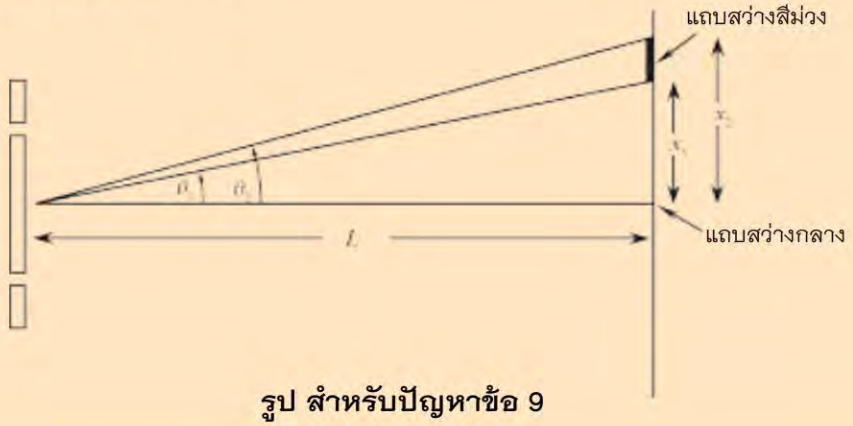
นั่นคือ ระยะระหว่างช่องสลิต $= 8.47\times10^{-7}$ m

และจำนวนช่องสลิตต่อเซนติเมตร $= \dfrac{10^{-2}}{8.47\times10^{-7}\text{ m}}$

$= 11\,806\text{ cm}^{-1}$

ตอบ ระยะระหว่างช่องสลิตเท่ากับ 8.5×10^{-7} เมตร
จำนวนช่องสลิตเท่ากับ 11 806 ช่องต่อเซนติเมตร

9. ใช้เกรตติงที่มี 5 000 ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร รับแสงจากหลอดไฟที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร แถบสีม่วงในสเปกตรัมแถบแรกจะมีความกว้างเท่าใด ถ้าแสงสีม่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 450 นาโนเมตร (ให้ถือว่ามุมที่แสงสีม่วงเบนไปจากแนวกลางมีขนาดเล็กมาก)



รูป สำหรับปัญหาข้อ 9

วิธีทำ ให้แสงสีม่วงความยาวคลื่น 380×10^{-9} m ห่างจากแถบสว่างกลาง x_1 m
ให้แสงสีม่วงความยาวคลื่น 450×10^{-9} m ห่างจากแถบสว่างกลาง x_2 m

จาก $d\sin\theta_1 = n\lambda$

$$d = \frac{10^{-2}}{5\,000}\ \text{m},\ n = 1$$

(1) พิจารณาแสงสีม่วงความยาวคลื่น 380×10^{-9} m, $\sin\theta_1 \cong \tan\theta_1$

แทนค่า $\left(\frac{10^{-2}\,\text{m}}{5\,000}\right)\left(\frac{x_1}{1\text{m}}\right) = (1)\,(380\times10^{-9}\,\text{m})$

$$x_1 = 19.0\times10^{-2}\,\text{m}$$

(2) พิจารณาแสงสีม่วงความยาวคลื่น 450×10^{-9} m, $\sin\theta_1 \cong \tan\theta_1$

แทนค่า $\left(\frac{10^{-2}\,\text{m}}{5\,000}\right)\left(\frac{x_2}{1\text{m}}\right) = (1)\,(450\times10^{-9}\,\text{m})$

$$x_2 = 22.5\times10^{-2}\,\text{m}$$

แถบสว่างสีม่วงกว้าง $= x_2 - x_1 = 22.5\times10^{-2}\,\text{m} - 19.0\times10^{-2}\,\text{m} = 3.5\times10^{-2}\,\text{m}$

ตอบ แถบแสงสีม่วงในสเปกตรัมแรกกว้าง 3.5×10^{-2} เมตร

10. เมื่อให้แสงที่เปล่งจากหลอดบรรจุไฮโดรเจนตกกระทบแผ่นเกรตติงเลี้ยวเบนอันหนึ่งในแนวตั้งฉาก ปรากฏว่าเส้นสเปกตรัมลำดับที่ 2 ที่เกิดเนื่องจากแสงสีแดงซึ่งมีความยาวคลื่น 656 นาโนเมตร ซ้อนทับสเปกตรัมลำดับที่ 3 ของแสงสีอื่นอีกสีหนึ่ง แสงสีนั้นมีความยาวคลื่นเท่าใด ในหน่วยนาโนเมตร

วิธีทำ การหาตำแหน่งแถบสว่าง หาได้จาก $d\sin\theta = n\lambda$

การที่เส้นสเปกตรัมซ้อนทับกันแสดงว่า $\sin\theta$ เท่ากัน

พิจารณาแสงสีแดง ความยาวคลื่น 656 nm ที่มุม θ ซึ่งเกิดจากการซ้อนทับเป็นเส้นสเปกตรัมลำดับที่ 2

จะได้ว่า $d\sin\theta = (2)\,(656\times10^{-9}\,\text{m})$ (1)

พิจารณาแสงสีอื่นที่ไม่รู้ค่าความยาวคลื่น ที่มุม θ ที่เกิดการซ้อนทับ เป็นเส้นสเปกตรัมลำดับที่ 3

จะได้ว่า $d\sin\theta = 3\lambda$ (2)

(1) = (2) $3\lambda = (2)\,(656\times10^{-9}\,\text{m})$

$$\lambda = 437.3\times10^{-9}\,\text{m}$$

$$\approx 437\ \text{nm}$$

ตอบ แสงอีกสีหนึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 437 นาโนเมตร

บรรณานุกรม

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ เล่ม 1 ว421.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2534.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2 ว021.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ คุรุสภาลาดพร้าว, 2534.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ เล่ม 6 ว025.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ 3 ว027.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2541.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2547.

Bauer, W. and Westfall, G.D. **University Physics with Modern Physics**. McGraw–Hill International Edition. New York : McGraw–Hill, 2010.

Cutnell, J.D. and Johnson, K.W. **Introduction to Physics**. Eighth Edition. : John Wiley & Sons, Inc., 2010.

Giancoli, D.C. **Physics : Principle and Applications**. London : Prentice –Hall, Inc., 1995.

Halliday, D., Resnick, R. and Walker, J. **Fundamentals of Physics**. Fourth Edition. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1993.

Jewett, J.W.Jr and Serway, R.A. **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**. Eighth Edition. : Brooks/Cole 2010.

Serway, R.A. and Faughn, J.S. **Holt Physics**. Austin : Holt, Rinehart and Winston, 2009.

Young, H.D. and Freedman, R.A. **University Physics with Modern Physics**. Twelfth Edition. San Francisco : Pearson Addison Wesley, 2008.

คณะกรรมการดำเนินการพัฒนาคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3

1. นายวิจารณ์ ไชยกุล	โรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล
2. นางสมสุข แสนปราบ	โรงเรียนนางรอง
3. นายสมชาย กฤตพลวิวัฒน์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. นางอนุกูล แก้วบัวรมย์	โรงเรียนนครไทย
5. นายอนันตสิน เตชะกำพุช	นักวิชาการอิสระ
6. นายบุญชัย ตันไถง	นักวิชาการอิสระ
7. นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	นักวิชาการอิสระ
8. นายพิพัฒน์ คงทอง	นักวิชาการอิสระ
9. นายสุมิตร สวนสุข	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
10. นายบุรินทร์ อัศวพิภพ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11. นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
12. นายรังสรรค์ ศรีสาคร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
13. นายวินัย เลิศเกษมสันต์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
14. นางสาวนันท์นภัส ลิ้มสันติธรรรม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
15. นางสาวศิขริน ดอนขำไพร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
16. นางสาวชุลีพร สุวัฒนาพิบูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
17. นางสาวพิไลพร หนูทองคำ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะที่ปรึกษา

1. ดร.พรพรรณ ไวทยางกูร	ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. นายณรงค์ศิลป์ ธูปพนม	รองผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. ดร.จารุวรรณ แสงทอง	ผู้ช่วยผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

1. นายนัทธี สามารถ	นักวิชาการอิสระ
2. นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	นักวิชาการอิสระ
3. นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. นายรังสรรค์ ศรีสาคร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้จัดทำต้นฉบับและภาพประกอบ

1. นายพิริยะ ปราณีกิจ
2. นางสาวอารมณ์ สุวรรณโมลี
3. นางสาวณิชวารินทร์ เพ็ชรเย็น
4. นายนพวัตร เตรียมแจ้งอรุณ

ผู้จัดทำปก

1. นายสุชีพ ณ สงขลา

สสวท

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์

พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

นายสันติภาพ อินทรพัฒน์ ผู้พิมพ์โฆษณา

๕๔๐๐๐๖๕

องค์การค้าของ สกสค.

www.suksapan.or.th