

แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ตามเกณฑ์ DPA (วPA)

การเสนอขอรับการประเมินวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) • ระดับความคาดหวัง: ริเริ่ม พัฒนา

กลุ่มสาระการเรียนรู้: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	รหัสวิชา: ว30102 รายวิชา: วิทยาศาสตร์กายภาพ 2 (ฟิสิกส์)	ระดับชั้น: มัธยมศึกษาปีที่ 5
หน่วยการเรียนรู้: เรื่อง คลื่นเสียง	เรื่องย่อย: ความเข้มเสียงและระดับเสียง	เวลาที่ใช้: 1 คาบ (55 นาที)
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569	ผู้สอน: ครูณัฐสิทธิ์ เวชกามา	ตำแหน่ง: ครู โรงเรียนฝางวิทยายน
นวัตกรรมหลัก: phy3dsim 3D + เกม Concert MMT	สื่อร่วม: NIDCD + Project 14 สสวท.	รูปแบบห้องเรียน: Active Learning 5E + CER

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ม.5/6:

สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงกับระดับเสียงและผลของความถี่กับระดับเสียงที่มีต่อการได้ยินเสียง

ขอบเขตเฉพาะคาบนี้: มุ่งเน้นการสืบเสาะความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียง (I) กับระดับเสียง (β)

โดยควบคุมความถี่และแอมพลิจูดให้คงที่ ตลอดจนการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (CER)

เพื่อตัดสินใจลดการรับเสียงในชีวิตประจำวัน ส่วนผลของความถี่ต่อการได้ยินจะเชื่อมโยงสู่การเรียนรู้ในคาบถัดไป

จึงไม่สรุปอ้างว่าครอบคลุมตัวชี้วัดทั้งข้อในคาบเดียว

2. สำคัญ / ความคิดรวบยอด (Enduring Understanding)

เสียงเป็นคลื่นที่เกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดและถ่ายโอนพลังงานกลผ่านตัวกลางในรูปของคลื่นตามยาว

เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงในอุดมคติแผ่คลื่นเสียงสม่ำเสมอในทุกทิศทาง หน้าคลื่นจะแผ่ขยายตัวออกเป็นรูปทรงกลมที่มีพื้นที่ผิวสัมผัส

$A = 4\pi r^2$ ส่งผลให้อัตราพลังงานเสียงที่ถ่ายโอนผ่านหนึ่งหน่วยพื้นที่ตั้งฉาก หรือ ความเข้มเสียง (Sound Intensity: I)

มีค่าลดลงตามระยะทางกำลังสองผกผัน ตามความสัมพันธ์ $I = P / (4\pi r^2)$ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ขณะเดียวกัน

การรับรู้ความดังของระบบการได้ยินของมนุษย์มีลักษณะการตอบสนองแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear Response)

และมีช่วงการรับรู้ความเข้มที่กว้างมากตั้งแต่ระดับต่ำสุดที่มนุษย์เริ่มได้ยิน ($I_0 = 10^{-12} W/m^2$) ไปจนถึงขีดจำกัดความเจ็บปวด (1

W/m^2) จึงมีการกำหนดปริมาณ ระดับเสียง (Sound Level: β) ในรูปสเกลลอการิทึม (Logarithmic Scale) ตามสมการ $\beta = 10$

$\log_{10}(I / I_0)$ มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมรับรู้ทางสรีรวิทยาของมนุษย์อย่างเป็นรูปธรรม

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวส่งผลให้ เมื่อระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความเข้มเสียงจะลดลงเหลือ 1/4 เท่า

(0.25 เท่า หรือลดลง 75%) แต่ระดับเสียงจะลดลงเพียงประมาณ 6 dB มิได้ลดลงครึ่งหนึ่งตามสัดส่วนตรงของระยะทาง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้แบบจำลองเสมือนจริง 3 มิติ (phy3dsim Virtual Lab 3D) ร่วมกับเกมสถานการณ์จำลอง

ช่วยให้ผู้เรียนสามารถควบคุมตัวแปรและเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ที่มีความแม่นยำทางคณิตศาสตร์

นำไปสู่การสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (CER: Claim, Evidence, Reasoning)

ในการตัดสินใจวางแผนลดมลพิษทางเสียงในชีวิตประจำวันได้อย่างสมเหตุสมผล

โดยตระหนักถึงข้อจำกัดของแบบจำลองอุดมคติที่ได้คำนึงถึงการสะท้อนและการดูดกลืนเสียงของพื้นผิวและผนังห้องในสภาพแ

ดล้อมจริง



สรุปมโนทัศน์หลักและสมการทางฟิสิกส์ประจำบทเรียน (Core Physics Principles):

1. กฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

$I = P / (4\pi r^2) \rightarrow$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความเข้มเสียง I จะลดลงเหลือ $1/2^2 = 1/4$ (0.25 เท่า)

2. สเกลลอการิทึมของระดับเสียง (Decibel Scale):

$\beta = 10 \log_{10}(I / I_0)$ dB (โดย $I_0 = 10^{-12} W/m^2$) $\rightarrow$ เมื่อ I ลดลงเหลือ 1/4 เท่า ระดับเสียงลดลง $\Delta\beta = 10 \log_{10}(0.25) \approx -6$ dB

3. ขอบเขตความปลอดภัยสากล (NIDCD):

ระดับเสียงตั้งแต่ 85 dB ขึ้นไปเริ่มเป็นอันตรายต่อการได้ยิน การลดเสียงทำได้โดย 1) ลดที่ต้นทาง 2) เพิ่มระยะห่าง 3) ลดเวลาสัมผัส 4)

ใช้อุปกรณ์ป้องกัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ (Learning Objectives: K-P-A)

ด้านความรู้ (Knowledge: K):

- 1) จำแนกความแตกต่างระหว่างความเข้มเสียง (I) และระดับเสียง (β) พร้อมระบุหน่วยวัด (W/m^2 และ dB) ได้อย่างถูกต้อง
- 2) อธิบายแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียง ระดับเสียง และระยะทางตามกฎกำลังสองผกผันและสเกลลอการิทึมได้
- 3) ประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองในการตัดสินใจลดมลพิษทางเสียงในชีวิตประจำวันได้

 **วิธีวัดและเครื่องมือ:** ตรวจสอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในใบงานตอนที่ 3 (2 ข้อ 2 คะแนน) และบัตรออกจากชั้นเรียน Exit Ticket ตอนที่ 5 (2 ข้อ 2 คะแนน) ในใบงาน 01 คู่กับเฉลยในเอกสาร 02 (เกณฑ์ผ่าน: ได้คะแนนรวมด้าน K ไม่น้อยกว่า 3 ใน 4 คะแนน หรือร้อยละ 75)

ด้านทักษะกระบวนการ (Process/Skills: P):

- 1) ควบคุมตัวแปรและใช้แบบจำลองเสมือนจริง 3 มิติ (phy3dsim) ในการสืบเสาะและบันทึกข้อมูลความเข้มเสียงและระดับเสียง 5 ระยะได้อย่างเป็นระบบและแม่นยำ

- 2) คำนวณและเปรียบเทียบอัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1) และผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta$) ได้อย่างถูกต้อง

- 3) สร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามโครงสร้าง CER (Claim, Evidence, Reasoning)

เพื่อตัดสินใจลดการรับเสียงในงานโรงเรียนได้อย่างสมเหตุสมผล

 **วิธีวัดและเครื่องมือ:** ตรวจสอบตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2 (2 คะแนน) และการเขียน CER ตอนที่ 4 (3 คะแนน) ในใบงาน 01 ประเมินด้วยเกณฑ์รูบริกส์ 10 คะแนน ในเอกสาร 02 (เกณฑ์ผ่าน: ได้ระดับคุณภาพ 2 (พอใช้) ขึ้นไป หรือไม่น้อยกว่า 4 ใน 5 คะแนน)

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude: A) [บริบทเจาะจงตามภารกิจการเรียนรู้]:

- 1) ร่วมมือปฏิบัติหน้าที่และช่วยเหลือกันในกลุ่มในการใช้แบบจำลองเสมือนจริง 3 มิติ (phy3dsim) อย่างกระตือรือร้น

- 2) รับฟังความคิดเห็นและร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการอภิปรายสรุปความสัมพันธ์ของเสียงและการตัดสินใจ CER

- 3) มีความซื่อสัตย์สุจริตต่อข้อมูล บันทึกค่าตัวเลขความเข้มเสียงในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (10^{-n})

และระดับเสียงเดซิเบลตามที่วัดได้จริงจากแบบจำลอง ไม่แต่งข้อมูลหรือคัดลอกผลโดยปราศจากที่มา

 **วิธีวัดและเครื่องมือ:** ประเมินจากแบบสังเกตพฤติกรรม A1-A3 ระหว่างการทดลองกลุ่มและการอภิปราย ในเอกสาร 02 (เกณฑ์ผ่าน: ได้คะแนนไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 รายการ และต้องผ่านรายการความซื่อสัตย์สุจริตต่อข้อมูล)

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญ 5 ด้าน: 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (เน้น 3 ประการ): 1) มีวินัย 2) ใฝ่เรียนรู้ 3) มุ่งมั่นในการทำงาน

และความซื่อสัตย์สุจริตต่อข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

5. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก 5E (Active Learning 55 นาที) สอดคล้อง 8 ตัวชี้วัด DPA

ขั้นตอนและเวลา (5E)	กิจกรรมการเรียนรู้ (บทบาทครูและผู้เรียน)	สื่อ / เครื่องมือ / DPA
ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) [8 นาที]	1. ครูเปิดเว็บเกมจำลองสถานการณ์ 'Concert Moment of Truth (รอดไหม?)' (https://mmt.scimath-vault-client.workers.dev/) ให้นักเรียนร่วมเล่น 3 นาที เพื่อสร้างประสบการณ์ร่วมในการเผชิญเสียงดังหน้าเวทีคอนเสิร์ต 2. ครูฉายภาพคำแนะนำจากสื่อ NIDCD 'How Loud Is Too Loud?' (สื่อฉายหน้า 1-2) ชี้ให้เห็นว่าเสียงตั้งแต่ 85 dB ขึ้นไปเริ่มเป็นอันตรายต่อการได้ยิน 3. ครูตั้งคำถามท้าทาย: 'ในงานโรงเรียน ลำโพงเปิดดังเท่าเดิม หากเราอยห่างจากลำโพงจาก 1 เมตร เป็น 2 เมตร ความเข้มเสียง (I) และระดับเสียงเดซิเบล (dB) จะลดลงอย่างไร?' 4. ผู้เรียนบันทึกการคาดคะเนและเหตุผลลงใน ใบงานตอนที่ 1 (1 คะแนน) เป็นรายบุคคล ก่อนเปิดแบบจำลอง 5. สุ่มรับฟังคำตอบเพื่อสำรวจความเข้าใจคลาดเคลื่อนเดิม (เช่น คิดว่า dB ลดลงครึ่งหนึ่ง) และแจ้งเป้าหมายการเรียนรู้	• เว็บเกม Concert MMT • สื่อฉายหน้าห้อง หน้า 1-2 • NIDCD Infographic • ใบงาน 01 ตอนที่ 1  สอดคล้อง DPA: • ตัวชี้วัดที่ 1 (เข้าถึงบทเรียน) • ตัวชี้วัดที่ 2 (เชื่อมโยงความรู้เดิม) • ตัวชี้วัดที่ 4 (กระตุ้นแรงจูงใจ)

5. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก 5E (ต่อ: ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา)

ขั้นตอนและเวลา (5E)	กิจกรรมการเรียนรู้ (บทบาทครูและนักเรียน)	สื่อ / เครื่องมือ / DPA
ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) [18 นาที]	- จัดกลุ่มผู้เรียน 3-4 คน แบ่งหน้าที่ในกลุ่ม: ผู้ควบคุมทีม, ผู้สังเกตและบันทึก, ผู้ตรวจตัวแปร/หน่วย, และผู้สื่อสาร - ผู้เรียนร่วมกันระบุตัวแปร: ตัวแปรต้น = ระยะทาง (r), ตัวแปรตาม = ความเข้มเสียง (I) และระดับเสียง (β), ตัวแปรควบคุม = กำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเดิม, แอมพลิจูด $A/A_0 = 1.0$, ความถี่ $f = 1000$ Hz - ผู้เรียนเปิด phy3dsim สำรวจและอ่านค่าไม้ค บันทึกรายข้อมูล 5 ระยะ (1m, 2m, 3m, 4m, 5m) ลงใน ใบงานตอนที่ 2 ตารางบันทึกผล (2 คะแนน) - ผู้เรียนร่วมกันเปรียบเทียบข้อมูล: คำนวณอัตราส่วนความเข้มเสียง $I_2/I_1 = 0.25$ เท่า (ลดลงเหลือ 1/4) และผลต่างระดับเสียง $\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = -6$ dB - ครูเดินสังเกต แนะนำการอ่านการ์ดไม้ค ตรวจสอบความซื่อสัตย์สุจริตต่อข้อมูล และกระตุ้นกลุ่มที่เสร็จเร็วให้สังเกตแนวโน้มระยะ 3m, 4m, 5m เพิ่มเติม	- phy3dsim Virtual Lab 3D - Chromebook / แท็บเล็ต - ใบงาน 01 ตอนที่ 2 - ข้อมูลสำรอง (หากเน็ตล่ม)  สอดคล้อง DPA: - ตัวชี้วัดที่ 3 (สร้างความรู้เอง) - ตัวชี้วัดที่ 5 (พัฒนาทักษะการคิด) - ตัวชี้วัดที่ 7 (บรรยากาศชั้นเรียน) - ตัวชี้วัดที่ 8 (กำกับการเรียนรู้)

5. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก 5E (ต่อ: ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป)

ขั้นตอนและเวลา (5E)	กิจกรรมการเรียนรู้ (บทบาทครูและนักเรียน)	สื่อ / เครื่องมือ / DPA
ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) [12 นาที]	1. สุ่มตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและค่าที่วัดได้จริงหน้าชั้นเรียน 2. ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายข้อค้นพบ: เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความเข้มเสียง I ลดลงเหลือ $1/4$ (0.25 เท่า) แต่ระดับเสียง β ลดลงเพียงประมาณ 6 dB มิได้ลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง 3. ครูใช้สื่อฉายหน้า 4–5 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์: การแผ่พลังงานผ่านผิวทรงกลม $I = P / (4\pi r^2)$ (กฎกำลังสองผกผัน) และสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I / I_0)$ ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติการได้ยินของมนุษย์ 4. ผู้เรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2 ข้อใน ใบงานตอนที่ 3 (2 คะแนน) ได้แก่ การจำแนกความแตกต่างของ I กับ β และแนวโน้มความสัมพันธ์เมื่อระยะทางเปลี่ยนไป	• สื่อฉายหน้าห้อง หน้า 4–5 • ใบงาน 01 ตอนที่ 3 • กระดานสรุปความสัมพันธ์  สอดคล้อง DPA: • ตัวชี้วัดที่ 1 (เข้าใจความหมาย) • ตัวชี้วัดที่ 3 (เชื่อมโยงทฤษฎี) • ตัวชี้วัดที่ 5 (สรุปองค์ความรู้)

5. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก 5E (ต่อ: ขั้นที่ 4 ขยายความรู้)

ขั้นตอนและเวลา (5E)	กิจกรรมการเรียนรู้ (บทบาทครูและผู้เรียน)	สื่อ / เครื่องมือ / DPA
ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) [11 นาที]	1. ครูอธิบายภารกิจจำลอง: การเลือกตำแหน่งตั้งบูธกิจกรรมในงานโรงเรียน ระหว่างบูธ A (ระยะ 2 m, 73.0 dB) กับบูธ B (ระยะ 5 m, 65.0 dB) เพื่อลดผลกระทบจากความเข้มเสียง 2. ผู้เรียนแต่ละคนสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามโครงสร้าง CER ลงใน ใบงานตอนที่ 4 (3 คะแนน / ใบงานทั้งฉบับ 10 คะแนน): - Claim: เลือกไปตั้งบูธที่จุด B (ระยะ 5 m) เพราะได้รับความเข้มเสียงต่ำกว่าบูธ A ภายใต้เงื่อนไขของแบบจำลอง - Evidence: จุด B มีระดับเสียง 65.0 dB (ต่ำกว่าจุด A ที่ 73.0 dB อยู่ประมาณ 8.0 dB) และความเข้มเสียงลดลงเหลือประมาณ 0.16 เท่า ($I_B = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เทียบกับ $I_A = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) - Reasoning: เชื่อมโยงกฎกำลังสองผกผัน $I \propto 1/r^2$ เมื่อระยะเพิ่มจาก 2 m เป็น 5 m (2.5 เท่า) ความเข้มเสียงจะลดลงเหลือ $1/(2.5)^2 \approx 0.16$ เท่า หรือเหลือ 16% ของบูธ A โดยการประเมินความเสี่ยงต่อการได้ยินต้องพิจารณาระดับเสียงจริงและระยะเวลารับเสียงรวมกัน 3. ครูจัดการเรียนรู้แบบ Instant Formative Feedback เดินสังเกตและโค้ชซึ่งรายบุคคล/กลุ่ม ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบและปรับปรุงคำอธิบาย CER ของตนเองทันที *(เน้นกระบวนการเขียนคำอธิบาย CER รายบุคคลอย่างลึกซึ้ง ครบถ้วน โดยครูให้คำแนะนำป้อนกลับทันที เพื่อให้เวลา 11 นาทีเกิดประสิทธิภาพสูงสุด)*	• ใบงาน 01 ตอนที่ 4 (CER) • สื่อฉายหน้าห้อง หน้า 6  สอดคล้อง DPA: • ตัวชี้วัดที่ 3 (ประยุกต์ใช้ความรู้) • ตัวชี้วัดที่ 5 (การคิดขั้นสูง) • ตัวชี้วัดที่ 8 (สะท้อนการเรียนรู้)

5. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก 5E (ต่อ: ขั้นที่ 5 ประเมินผล)

ขั้นตอนและเวลา (5E)	กิจกรรมการเรียนรู้ (บทบาทครูและผู้เรียน)	สื่อ / เครื่องมือ / DPA
ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation) [6 นาที]	1. ผู้เรียนทำ Exit Ticket 2 ข้อ ทำใบงาน ใน ใบงานตอนที่ 5 (2 คะแนน) เป็นรายบุคคล โดยไม่ปรึกษาเพื่อน (เวลา 4 นาที): • ข้อ 1: ทำนายระดับเสียงที่ระยะ 4 m เมื่อทราบระยะ 2 m (88 dB โดยลดลงอีกประมาณ 6 dB ตามสเกลลอการิทึม) • ข้อ 2: เลือกแนวทางลดการรับเสียงในชีวิตประจำวันและระบุข้อจำกัดของแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 2. ผู้เรียนตรวจสอบความเรียบร้อยของใบงานทั้งฉบับ 5 ตอน (รวม 10 คะแนน) และส่งให้ครูผู้สอน 3. ครูสรุปประเด็นหลัก คัดกรองผู้เรียนที่ต้องการการช่วยเหลือ และเชื่อมโยงสู่คาบต่อไปเรื่อง 'ผลของความถี่เสียงต่อการได้ยิน'	• ใบงาน 01 ตอนที่ 5 (Exit Ticket) • เอกสาร 02 เกณฑ์ 10 คะแนน  สอดคล้อง DPA: • ตัวชี้วัดที่ 6 (ประเมินผลรายบุคคล) • ตัวชี้วัดที่ 8 (สะท้อนผลการเรียนรู้)

6. สื่อ สารสนเทศ และแหล่งการเรียนรู้

- นวัตกรรมซอฟต์แวร์เสมือนจริง 3 มิติ: phy3dsim Virtual Simulation (<https://9339c3ff.phy3dsim.pages.dev/> และ <https://phy3dsim.pages.dev/intensity>)
- เว็บเกมกระตุ้นการเรียนรู้: เว็บเกมจำลอง 'Concert Moment of Truth (รอดไหม?)' (<https://mmt.scimath-vault-client.workers.dev/>)
- สื่อฉายคอมพิวเตอร์ประกอบการสอน: เอกสาร 02 สื่อฉายคำถามและภารกิจ (Landscape) และเว็บนำเสนอโต้ตอบ 02_สื่อฉายและสไลด์หน้าห้อง/01_สไลด์สื่อฉาย_โต้ตอบ_11หน้า_ออฟไลน์.html
- ใบงานนักเรียน: เอกสาร 01 ใบงานนักเรียนสำรวจและ CER (ฉบับ 2 หน้า พิมพ์หน้า-หลัง รวม 10 คะแนน 5 ตอน)
- เครื่องมือวัดและเกณฑ์ประเมิน: เอกสาร 02 เฉลยและเกณฑ์ประเมิน 10 คะแนน สำหรับครูและผู้ตรวจประเมิน
- ผังลำดับการสอน: เอกสาร 00 ผังลำดับการสอน 5E หน้าเดียว A4 (พร้อมสอนจริงและบันทึกคลิป)
- แหล่งเรียนรู้สากลและองค์ความรู้: เว็บไซต์ NIDCD สหรัฐอเมริกา หัวข้อ 'How Loud Is Too Loud?' และสื่อ Project 14 สสวท.
- แผนสำรองทางเทคโนโลยี: ตารางชุดข้อมูลสำรองจากแบบจำลอง (Contingency Data 5 ระยะ) ในเอกสารคู่มือ 02 กรณีระบบเครือข่ายขัดข้อง

7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (Triangle Constructive Alignment)

เป้าหมายการประเมิน (K-P-A)	วิธีการวัดและประเมิน	เครื่องมือวัดและประเมิน	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้ (Knowledge: K) 1) จำแนก I และ β พร้อมหน่วย 2) อธิบายแนวโน้มตามกฎผกผันกำลังสองและสเกล log 3) ประยุกต์ใช้ลดมลพิษทางเสียง	• ตรวจคำถามตรวจสอบความเข้าใจ • ตรวจแบบประเมินท้ายคาบ (Exit Ticket)	• ใบงานตอนที่ 3 (2 ข้อ 2 คะแนน) • Exit Ticket ตอนที่ 5 (2 ข้อ 2 คะแนน) ในใบงาน 01 พร้อมเฉลยในเอกสาร 02	ได้คะแนนรวมด้าน K ไม่น้อยกว่า 3 ใน 4 คะแนน (ร้อยละ 75 ขึ้นไป)
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1) คำนวณแปรและบันทึกข้อมูล 5 ระยะด้วย phy3dsim 2) คำนวณอัตราส่วน I_2/I_1 และ $\Delta\beta$ 3) สร้างข้อโต้แย้ง CER ตัดสินใจลดเสียง	• ตรวจตารางบันทึกผลการทดลอง • ตรวจการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ CER	• ใบงานตอนที่ 2 ตารางบันทึกผล (2 คะแนน) • ใบงานตอนที่ 4 การเขียน CER (3 คะแนน) ประเมินด้วยเกณฑ์ประเมินใบงานทั้งฉบับ 10 คะแนน (ตอนที่ 2 และ 4 รวม 5 คะแนน) ในเอกสาร 02	ได้คะแนนรวมด้าน P ไม่น้อยกว่า 4 ใน 5 คะแนน (ร้อยละ 80 ขึ้นไป)
ด้านคุณลักษณะ (Attitude: A) 1) ร่วมมือใช้ 3D Sim ในกลุ่ม 2) รับฟังความคิดเห็นและร่วมอภิปราย 3) มีความซื่อสัตย์สุจริตต่อข้อมูลจริง	• สังเกตพฤติกรรมมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มและการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้	• แบบสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ A1-A3 ในเอกสาร 02	ได้คะแนนไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 รายการ และต้องผ่านรายการความซื่อสัตย์สุจริตต่อข้อมูล

 **การประเมินภาพรวมใบงานทั้งฉบับ (Whole-Worksheet Assessment 10 คะแนน):** ประเมินจากใบงานนักเรียนสำรวจและ CER (เอกสาร 01) ฉบับสมบูรณ์ 2 หน้า พิมพ์หน้า-หลัง รวม 10 คะแนน แบ่ง 5 ตอนสอดคล้องกับ 5E (ตอนที่ 1 ทำนาย 1 คะแนน, ตอนที่ 2 บันทึกผล 2 คะแนน, ตอนที่ 3 ตรวจสอบความเข้าใจ 2 คะแนน, ตอนที่ 4 เขียน CER 3 คะแนน, ตอนที่ 5 Exit Ticket 2 คะแนน) โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบองค์รวม (Holistic Rubric 4 ระดับ: ดีเยี่ยม 9-10, ดี 7-8, พอใช้ 5-6, ปรับปรุง 0-4) และเกณฑ์รูบริกเชิงวิเคราะห์ (Analytic Rubric) ในเอกสาร 02 โดยผู้เรียนต้องได้คะแนนรวมไม่น้อยกว่า 7 ใน 10 คะแนน (ร้อยละ 70) จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน วPA

8. การช่วยเหลือและพัฒนาผู้เรียนตามความแตกต่าง (Differentiated Support)

- ผู้เรียนกลุ่มที่ต้องการความช่วยเหลือพิเศษ (Scaffolding): จัดตารางเทียบสัดส่วนสำเร็จรูป ($0.25 = 1/4$, $0.16 = 1/6$, $0.04 = 1/25$) พร้อมโครงสร้างประโยคช่วยคิด (Sentence Starters) ในส่วน CER และจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีเพื่อนคอยแนะนำช่วยเหลือ
- ผู้เรียนกลุ่มปกติ (Core Level): ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน บันทึกข้อมูล อ่านค่าการวัด คำนวณสัดส่วน และเขียนอธิบาย CER ด้วยภาษาของตนเองได้อย่างถูกต้องตามเกณฑ์
- ผู้เรียนกลุ่มที่มีความพร้อมสูง (Extension / Enrichment): ได้รับมอบหมายภารกิจเสริมในการวิเคราะห์แนวโน้มระดับเสียงที่ระยะไกลขึ้น (ระยะ 10 m) หรือทดลองปรับเปลี่ยนแอมพลิจูด A/A_0 ในแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดกับกำลังเสียง โดยไม่นำมาเป็นเกณฑ์บังคับผ่านของทั้งชั้นเรียน

9. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ด้านการประเมิน	ผลการจัดการเรียนรู้และหลักฐานเชิงประจักษ์	แนวทางการช่วยเหลือ / ช่อมเสริม / พัฒนา
ด้านความรู้ (K)	ผ่านเกณฑ์ คน (คิดเป็นร้อยละ) ไม่ผ่าน คน ประเด็นที่นักเรียนยังสับสน: หลักฐาน: ใบงานตอนที่ 3 และ Exit Ticket ตอนที่ 5 (รหัสชิ้นงาน K01-K35)	จัดสอนเสริมรายบุคคลด้วยตารางสรุป 2 ระยะคู่ขนาน และให้ทำแบบทดสอบฉบับคู่ขนาน
ด้านทักษะ (P)	ผ่านเกณฑ์ คน (คิดเป็นร้อยละ) ไม่ผ่าน คน ทักษะที่ทำได้ดี: การคุมตัวแปรและอ่านค่าเข็ม 5 ระยะ จุดที่ต้องพัฒนา: การเขียนเหตุผลทางฟิสิกส์เชื่อมโยงกับข้อมูลใน CER หลักฐาน: ตารางบันทึกผลตอนที่ 2 และ CER ตอนที่ 4 (รหัสชิ้นงาน P01-P35)	ให้คำแนะนำรายกลุ่มชี้จุดบกพร่องใน CER และให้นักเรียนปรับแก้คำอธิบายโดยใช้โครงสร้างประโยคช่วยคิด
ด้านคุณลักษณะ (A)	ผ่านเกณฑ์ คน (คิดเป็นร้อยละ) ไม่ผ่าน คน พฤติกรรมที่โดดเด่น: มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกค่าเลขยกกำลังตามจริง และร่วมมือกันทำงานเป็นทีม หลักฐาน: แบบสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (รหัสหลักฐาน A01-A35)	เสริมแรงทางบวกด้วยการชมเชย และบันทึกร่องรอยการปรับแก้ชิ้นงานอย่างซื่อสัตย์ในแฟ้มสะสมงาน

10. การรับรองและบันทึกความเห็นตามระเบียบงานสารบรรณ

[ผู้สอน]	[ความเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระฯ]	[ความเห็นผู้บริหารสถานศึกษา]
ลงชื่อ (นายณัฐสิทธิ์ เวชกามา) ตำแหน่ง ครู โรงเรียนฝางวิทยายน วันที่ เดือน พ.ศ.	แผนการสอนมีความสอดคล้องเชิงรุกตามเกณฑ์ วPA และมาตรฐาน ว 2.3 มีความสอดคล้องทั้งองค์ความรู้ ทักษะ ลงชื่อ (.....) หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วันที่ เดือน พ.ศ.	อนุมัติให้นำไปใช้จัดการเรียนรู้และบันทึกผลวิดีโอเพื่อประกอบการ ประเมิน DPA ได้ ลงชื่อ (.....) ผู้อำนวยการโรงเรียนฝางวิทยายน วันที่ เดือน พ.ศ.