LearnSpace by ChatStick

ตะลุยโจทย์ ฟิสิกส์ ม.5

1,000 ข้อ

คลื่น • แสง • เสียง • ไฟฟ้า



เห็นภาพ เข้าใจหลัก คิดเป็นขั้น ทำโจทย์มั่นใจ

- ครบ 7 บท
- เฉลยละเอียด
- ข้อสอบรวม 4 ชุด

ชุดตะลุยโจทย์ ม.ปลาย · LearnSpace

ตะลุยโจทย์

ฟิสิกส์ ม.5

1,000 ข้อ

คลื่น • แสง • เสียง • ไฟฟ้า

เห็นภาพ เข้าใจหลัก คิดเป็นขั้น ทำโจทย์มั่นใจ



✔ ฝึกจากพื้นฐานสู่การวิเคราะห์ ✔ ภาพ กราฟ และวงจรช่วยคิด

✔ เฉลยละเอียดพร้อมเหตุผลทุกข้อ

ChatStick Team · www.chatstickmarket.com

ตะลุยโจทย์ ฟิสิกส์ ม.5 – 1,000 ข้อ

คลื่น • แสง • เสียง • ไฟฟ้า

ผู้เขียน: ชูชัย เทียนแท้ (อาจารย์ปู)

จัดทำและจัดพิมพ์: ChatStick Team

© 2569 บริษัท แชทสติ๊ค จำกัด (ChatStick Co., Ltd.) สงวนลิขสิทธิ์

ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ ทั้งข้อความ โจทย์ เฉลย และภาพประกอบ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ISBN: (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

พิมพ์ครั้งที่ 1 : พฤศจิกายน 2569

www.chatstickmarket.com

ข้อมูลเล่ม · ขนาด A5 · โจทย์ 1,000 ข้อ (ปรนัย 800 · คำตอบสั้น 150 · แสดงวิธีทำ 50) · เฉลยละเอียดทุกข้อ · ภาพ กราฟ วงจร และ Mind Map ทั้งหมดสร้างขึ้นใหม่ด้วยโค้ดสำหรับหนังสือเล่มนี้ · มาสคอต “น้องโฟตอน” ลิขสิทธิ์ของบริษัท แชทสติ๊ค จำกัด

ขอบเขตเนื้อหา · เรียบเรียงตามผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551) ลำดับบทอาจต่างจากแผนการสอนของแต่ละโรงเรียน

หมายเหตุสำคัญ · หนังสือเล่มนี้จัดทำโดยอิสระ ไม่ได้รับการรับรองหรือเกี่ยวข้องกับ สสวท. หรือกระทรวงศึกษาธิการ โจทย์ เฉลย และคำอธิบายแต่งขึ้นใหม่ทั้งหมด ไม่ได้คัดลอกจากหนังสือเรียนหรือข้อสอบจริง · ข้อมูลการทดลองในโจทย์เป็นข้อมูลจำลองเพื่อการฝึก · เกณฑ์แปลผลคะแนนในเล่มเป็นแนวทางของหนังสือ ไม่ใช่เกณฑ์ระดับชาติ · ตรวจทานด้วยระบบตรวจอัตโนมัติและการแก้โจทย์ซ้ำอย่างอิสระ (รายละเอียดใน “เกี่ยวกับการตรวจคุณภาพ” ท้ายเล่ม) หากพบข้อผิดพลาด แจ้งได้ที่เพจ LearnSpace by ChatStick

คำนำ

หลายคนเปิดหนังสือฟิสิกส์ ม.5 แล้วรู้สึกว่าสูตรเยอะจนไม่รู้จะเริ่มตรงไหน คลื่นก็มี แสงก็มี เสียงก็มี ไฟฟ้าก็มี ทั้งที่จริงแล้วหัวใจของทุกบทคือวิธีคิดชุดเดียวกัน คือ เห็นภาพสถานการณ์ เลือกหลักการให้ถูก จัดสมการเป็นขั้น และตรวจหน่วยกับความสมเหตุสมผลของคำตอบ หนังสือเล่มนี้จึงไม่ได้เป็นแค่คลังโจทย์ แต่เป็นสนามฝึกวิธีคิดนั้นให้ติดมือ

“ตะลุยโจทย์ ฟิสิกส์ ม.5” มีโจทย์ 1,000 ข้อ ครอบคลุม 7 บทของฟิสิกส์ ม.5 ตั้งแต่การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย คลื่น แสงเชิงคลื่น แสงเชิงรังสี เสียง ไปจนถึงไฟฟ้าสถิตและไฟฟ้ากระแส ทุกบทเริ่มด้วยคำถามชวนคิด Mind Map ภาพรวม สรุปที่จำเป็นต่อการทำโจทย์ กล่องสูตรพร้อมเงื่อนไขการใช้ และตัวอย่างที่แสดงกระบวนการคิดทีละขั้น จากนั้นจึงไล่ระดับโจทย์จากปูพื้นฐาน ประยุกต์ ไปถึงวิเคราะห์ ปิดท้ายด้วยชุดตรวจความเข้าใจและบันทึกข้อผิดพลาด ในเล่มยังมีแบบประเมินก่อนเรียน ข้อสอบรวม 4 ชุด และเฉลยละเอียดที่อธิบายเหตุผลครบทุกข้อ

น้อง ๆ สามารถใช้เล่มนี้ควบคู่กับการเรียนในห้อง ทบทวนก่อนสอบเก็บคะแนน กลางภาค และปลายภาค หรือใช้วางพื้นฐานสำหรับการเรียนฟิสิกส์ในระดับที่สูงขึ้น และถ้าอยากทบทวนต่อบนมือถือ แอป LearnSpace ของทีมผู้จัดทำมีหนังสือสรุปและแบบฝึกอีกหลายวิชาให้เลือกใช้คู่กัน

ฟิสิกส์ไม่ได้ยากเพราะสูตร แต่ยากเพราะเรายังไม่เห็นภาพ เมื่อวาดภาพได้ชัด วิธีคิดก็จะตามมาเอง ขอให้ทุกข้อในเล่มนี้เป็นก้าวเล็ก ๆ ที่สะสมเป็นความมั่นใจ ทั้งในห้องสอบและบนเส้นทางสู่คณะและอาชีพในฝัน



ด้วยความปรารถนาดี
ChatStick Team
พฤศจิกายน 2569

วิธีใช้หนังสือและสัญลักษณ์ในเล่ม



สวัสดี! เราชื่อน้องโฟตอน ภูตแสงที่ชอบทดลอง เราจะชวนคิดตลอดทั้งเล่ม จำคาถาประจำตัวไว้นะ: **วาดภาพ → เลือกหลักการ → จัดสมการ → แทนค่า → เช็กหน่วยและความสมเหตุสมผล**

เส้นทางการใช้หนังสือ

#	ทำอะไร	เพื่ออะไร
1	**ทำแบบประเมินก่อนเรียน 50 ข้อ**	รู้จุดแข็ง–จุดอ่อนรายบท แล้วใช้แนวทางอ่านผลวางลำดับการฝึก
2	**ดู Mind Map ก่อนเริ่มบท**	เห็นภาพรวมว่าบทนี้มีหัวข้ออะไร สูตรไหนใช้เมื่อใด
3	**อ่านสรุป กล่องสูตร และตัวอย่าง**	ลองคิดตามตัวอย่างก่อนอ่านคำตอบ จดเงื่อนไขของสูตรไว้ข้างสูตรเสมอ
4	**ทำโจทย์ตามระดับ**	ปูพื้นฐาน → ประยุกต์ → วิเคราะห์ ทำทั้งตอนก่อนตรวจ ใช้เวลาตามที่แนะนำ
5	**ตรวจและอ่านเฉลยละเอียด**	อ่านเฉลยทุกข้อที่ผิดหรือเดา ดูแถว “ระวัง” และ “ตัวลวง” แล้วกดลิงก์ “ทบทวน” กลับไปหัวข้อนั้น
6	**ทำชุดตรวจท้ายบท + บันทึกข้อผิดพลาด**	จดเลขข้อ สาเหตุ แนวคิดที่ถูก และนัดทำซ้ำหลัง 1 วัน 7 วัน 30 วัน
7	**ทำข้อสอบรวม 4 ชุด**	จับเวลาจริง แล้ววิเคราะห์คะแนนรายบทและรายทักษะในตารางท้ายเล่ม

กล่องประจำเล่ม

 **หลักสำคัญ** แนวคิดหลักที่ต้องเข้าใจก่อนทำโจทย์

 **เงื่อนไขการใช้สูตร** สูตรใช้ได้เมื่อใด ใช้ไม่ได้เมื่อใด

 **ระวังพลาด** จุดที่มักผิด เช่น ลืมแปลงหน่วย สลับ f กับ ω

 **โฟตอนชวนคิด** คำใบ้สั้น ๆ จากน้องโฟตอน

 **ทบทวนพื้นฐาน ม.4** ความรู้เดิมที่ต้องใช้ในบทนั้น

 **การทดลอง** การทดลองพร้อมข้อมูลจำลองให้ฝึกวิเคราะห์

 **ฟิสิกส์รอบตัว** การประยุกต์ในชีวิตจริง

 **จำให้แม่น** ข้อสรุปที่ควรจำ

รูปแบบโจทย์และระดับความยาก

ป้าย	ความหมาย	ข้อ
ก ข ค ง	ปรนัย 4 ตัวเลือก มีคำตอบถูกข้อเดียว ข้อละ 1 คะแนน	800
✎ ตอบสั้น	เติมคำตอบสั้นหรือค่าตัวเลข โจทย์บอกจำนวนตำแหน่งทศนิยม/เลขนัยสำคัญ เฉลยบอกค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ ข้อละ 1 คะแนน	150
★ แสดงวิธีทำ	แสดงวิธีทำหรืออธิบายเหตุผล ตรวจด้วยเกณฑ์ให้คะแนนในเฉลย ยอมรับวิธีอื่นที่ถูกต้อง	50
ปูพื้นฐาน	รู้นิยาม ปริมาณ หน่วย และใช้สูตรเดียวในสถานการณ์ตรงไปตรงมา	350
ประยุกต์	เลือกหลักการ จัดสมการหลายขั้น อ่านกราฟ/ภาพ/วงจร และแปลงหน่วยในสถานการณ์ใหม่	450
วิเคราะห์	เชื่อมหลายหลักการ วิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง ตรวจความสมเหตุสมผล และอธิบายเหตุผลเชิงฟิสิกส์	200

ป้ายระดับประเมินจากสิ่งที่โจทย์ต้องใช้จริง (จำนวนหลักการ จำนวนขั้นคิด การอ่านภาพ/กราฟ) โดยผู้จัดทำ ยังไม่ได้ผ่านการทดลองใช้กับนักเรียนจริง · ทุกข้อมีรหัสถาวร เช่น PHM5-Q0123 ใต้เลขข้อ ใช้ค้นในทะเบียนโจทย์ · ภาพที่ใช้คำนวณวาดจากโค้ดตามค่าจริงในโจทย์ ภาพที่สัดส่วนไม่จริงมีป้าย “ภาพไม่เป็นไปตามมาตราส่วน” · เส้นในกราฟแยกด้วยชนิดเส้นและป้ายกำกับ จึงอ่านได้แม้พิมพ์ขาวดำ

ข้อตกลงที่ใช้ทั้งเล่ม

- ใช้ $g = 9.8\ \text{m/s}^2$ เว้นแต่โจทย์กำหนดเป็นอย่างอื่น · ค่าคงตัวอื่นดู **ค่าคงตัวและการแปลงหน่วย**
- ถ้าไม่ระบุ ให้ถือว่าไม่มีแรงต้านอากาศและแรงเสียดทาน เชือกและสปริงเบา มิเตอร์เป็นอุดมคติ
- ข้อตกลงเครื่องหมายของกระจกและเลนส์: ภาพจริงระยะภาพเป็นบวก ภาพเสมือนเป็นลบ · เลนส์นูน/กระจกเว้า f เป็นบวก เลนส์เว้า/กระจกนูน f เป็นลบ
- ข้อคำตอบสั้นเชิงตัวเลข ตอบตามจำนวนหลักที่โจทย์กำหนด ค่าที่ต่างจากเฉลยไม่เกินค่าคลาดเคลื่อนที่ระบุในเฉลยถือว่าถูก

ใช้คู่กับแอป LearnSpace

อยากทบทวนต่อบนมือถือหรือแท็บเล็ต ใช้แอป **LearnSpace** ของ ChatStick Team ได้ แอปรวมหนังสือสรุปบทเรียนและแบบฝึกหลายวิชาไว้ในที่เดียว มี Mind Map แฟลชการ์ด แบบทดสอบ และหน้าติดตามความก้าวหน้า เหมาะกับการทบทวนสั้น ๆ ระหว่างวัน เช่น ดู Mind Map ก่อนเริ่มบท หรือทวนสูตรก่อนทำชุดตรวจท้ายบท



LearnSpace: สรุปบทเรียน ติวสอบ

iPhone / iPad: https://apps.apple.com/th/app/id6826771873

Android: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chatstick.learnspace

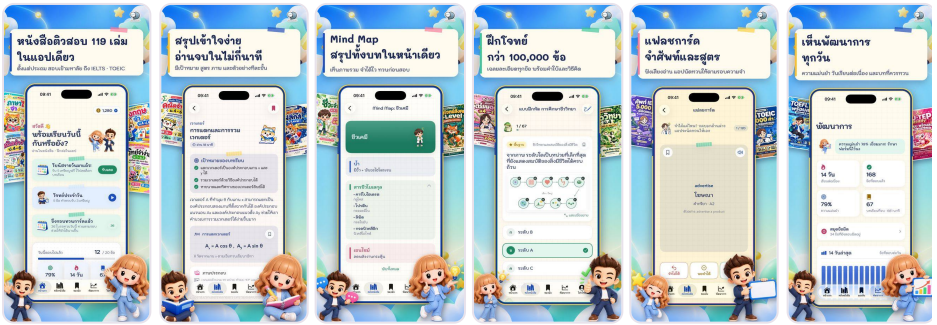
หรือค้นหาคำว่า “LearnSpace” ใน App Store / Google Play

App Store

สแกนเพื่อดาวน์โหลดบน Android

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chatstick.learnspace

Google Play



หน้าแรก | บทเรียน | Mind Map | แบบทดสอบ | แฟลชการ์ด | ความก้าวหน้า

โจทย์และเนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แต่งขึ้นใหม่สำหรับหนังสือโดยเฉพาะ แอปเป็นเครื่องมือทบทวนเสริม ไม่ได้มีเนื้อหาเหมือนหนังสือทุกข้อ · ภาพหน้าจอเป็นของบริษัท แชทสติ๊ค จำกัด (ข้อมูล ณ พฤศจิกายน 2569) รายการหนังสือ ฟีเจอร์ และเงื่อนไขการใช้งานในแอปอาจเปลี่ยนแปลงได้



น้องโฟตอน: อ่านในเล่ม ฝึกต่อในแอป แล้วกลับมาตรวจข้อผิดพลาดในสมุดบันทึกท้ายบทนะ

สารบัญ

ส่วนนำ

คำนำ 04
วิธีใช้หนังสือและสัญลักษณ์ในเล่ม 05
ใช้คู่กับแอป LearnSpace 07
แผนที่เนื้อหา (Mind Map ภาพรวม + ตารางหัวข้อ) 10
แผนฝึก 10 สัปดาห์ 14
ตารางติดตามความก้าวหน้า 15
แบบประเมินก่อนเรียน (ข้อ 1–50) 17
แนวทางอ่านผลแบบประเมินก่อนเรียน 33

ภาค 1 การสั่นและคลื่น

บทที่ 1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย · ข้อ 51–150 35
โจทย์ฝึก · ชุดตรวจท้ายบท 54
บทที่ 2 คลื่น · ข้อ 151–260 101
โจทย์ฝึก · ชุดตรวจท้ายบท 121

ภาค 2 แสง

บทที่ 3 แสงเชิงคลื่น · ข้อ 261–350 178
โจทย์ฝึก · ชุดตรวจท้ายบท 195
บทที่ 4 แสงเชิงรังสี · ข้อ 351–460 230
โจทย์ฝึก · ชุดตรวจท้ายบท 255

ภาค 3 เสียง

บทที่ 5 เสียง · ข้อ 461–570 304
โจทย์ฝึก · ชุดตรวจท้ายบท 324

ภาค 4 ไฟฟ้า

บทที่ 6 ไฟฟ้าสถิต · ข้อ 571–680 371
โจทย์ฝึก · ชุดตรวจท้ายบท 392
บทที่ 7 ไฟฟ้ากระแส · ข้อ 681–800 441
โจทย์ฝึก · ชุดตรวจท้ายบท 459

ข้อสอบรวมและเฉลย

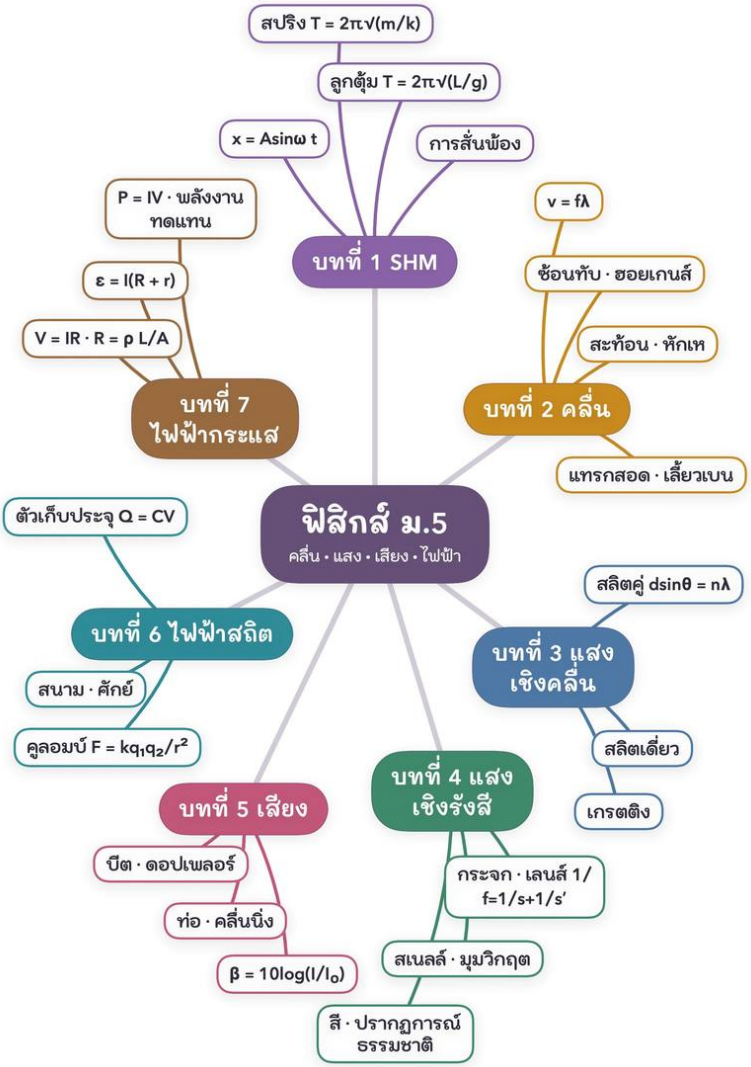
ข้อสอบรวม: คำชี้แจงและ Blueprint 509
ข้อสอบรวม ชุดที่ 1 ฮาร์มอนิก คลื่น และแสง (ข้อ 801–850) 510
ข้อสอบรวม ชุดที่ 2 เสียง ไฟฟ้าสถิต และไฟฟ้ากระแส (ข้อ 851–900) 528
ข้อสอบรวม ชุดที่ 3 ครบทุกบท ระดับมาตรฐาน (ข้อ 901–950) 548
ข้อสอบรวม ชุดที่ 4 ครบทุกบท เน้นวิเคราะห์และเชื่อมโยง (ข้อ 951–1,000) 566
กระดาษคำตอบ 585
เฉลยย่อ ข้อ 1–1,000 590
เฉลยละเอียด 1,000 ข้อ 600

ส่วนท้ายเล่ม

ตารางวิเคราะห์คะแนนรายบทและรายทักษะ 979
สรุปสูตรพร้อมเงื่อนไข 984
ค่าคงตัวและการแปลงหน่วย 998
ดัชนีคำสำคัญ 1000
บรรณานุกรมและแหล่งอ้างอิง 1003
ตารางเชื่อมโยงผลการเรียนรู้ (สำหรับครู) 1004
เกี่ยวกับการตรวจคุณภาพ 1008
บทส่งท้าย 1009
เกี่ยวกับผู้เขียน · จากใจผู้เขียน 1010
แอปแนะนำ · หนังสือแนะนำ 1012

แผนที่เนื้อหา: Mind Map ภาพรวมทั้งเล่ม

คลื่น ▫ แสง ▫ เสียง ▫ ไฟฟ้า เชื่อมกันด้วยวิธีคิดเดียวกัน



ภาพรวม 7 บท 4 ภาค — แต่ละบทมี Mind Map ละเอียดประกบอยู่ต้นบท PHM5-MAP-FIG001

หัวข้อย่อยและผลการเรียนรู้รายบท

บท	หัวข้อย่อย (เลขหัวข้อใช้ในลิงก์ “ทบทวน”)	ผลการเรียนรู้	ข้อ
1. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย 1.2 การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง 1.3 แอมพลิจูด คาบ ความถี่ และความถี่เชิงมุม 1.4 การอ่านกราฟและความสัมพันธ์ของปริมาณ 1.5 มวลติดปลายสปริง 1.6 ลูกตุ้มอย่างง่าย 1.7 ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง	G2-1 G2-2	51–150
2. คลื่น	2.1 การเกิดและชนิดของคลื่น 2.2 ส่วนประกอบและปริมาณของคลื่น 2.3 กราฟการกระจัดกับตำแหน่งและกับเวลา 2.4 อัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น 2.5 หลักการซ้อนทับและหลักการของฮอยเกนส์ 2.6 การสะท้อนและการหักเหของคลื่น 2.7 การแทรกสอดของคลื่น 2.8 การเลี้ยวเบนของคลื่น	G2-3 G2-4	151–260
3. แสงเชิงคลื่น	3.1 แนวคิดแสงเชิงคลื่น 3.2 การแทรกสอดผ่านสลิตคู่ 3.3 การเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว 3.4 เกรตติง 3.5 การวิเคราะห์แถบสว่าง–มืด ข้อมูลการทดลอง และขอบเขตของสมการ	G2-8	261–350
4. แสงเชิงรังสี	4.1 การสะท้อนและกระจกเงาราบ 4.2 กระจกเงาทรงกลม 4.3 การหักเห ดรรชนีหักเห ความลึกจริงและความลึกปรากฏ 4.4 มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมด 4.5 เลนส์บางและการเกิดภาพ 4.6 การมองเห็นและการนำเลนส์ไปใช้ 4.7 สี แสงสี สารสี แผ่นกรองแสง และตาบอดสี	G2-9 G2-10 G2-11 G2-12 G2-13	351–460

บท	หัวข้อย่อย (เลขหัวข้อใช้ในลิงก์ “ทบทวน”)	ผลการเรียนรู้	ข้อ
	4.8 ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง		
5. เสียง	5.1 ธรรมชาติ การเคลื่อนที่ และอัตราเร็วของเสียง 5.2 พฤติกรรมของเสียง 5.3 ความเข้มเสียงและระดับเสียง 5.4 ความถี่ คุณภาพเสียง และการได้ยิน 5.5 มลพิษทางเสียงและการป้องกัน 5.6 คลื่นนิ่งและการสั่นพ้องของอากาศในท่อ 5.7 บีต 5.8 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์และคลื่นกระแทก 5.9 การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเสียง	G2-5 G2-6 G2-7	461–570
6. ไฟฟ้าสถิต	6.1 ประจุไฟฟ้า การอนุรักษ์ประจุ และการขัดสี 6.2 การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต 6.3 กฎของคูลอมบ์ 6.4 สนามไฟฟ้าและเส้นสนามไฟฟ้า 6.5 แรงไฟฟ้าต่อประจุในสนามไฟฟ้า 6.6 พลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ 6.7 ตัวเก็บประจุ ความจุ การต่อ และพลังงานสะสม 6.8 การประยุกต์ใช้ไฟฟ้าสถิต	G3-1 G3-2 G3-3 G3-4 G3-5 G3-6	571–680
7. ไฟฟ้ากระแส	7.1 กระแสไฟฟ้าในตัวนำและความเร็วลอยเลื่อน 7.2 กฎของโอห์ม 7.3 ความต้านทาน สภาพต้านทาน และสภาพนำไฟฟ้า 7.4 การต่อตัวต้านทาน 7.5 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า อีเอ็มเอฟ และความต้านทานภายใน 7.6 การต่อแบตเตอรี่และการวิเคราะห์วงจรกระแสตรง 7.7 พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า 7.8 พลังงานทดแทนและเทคโนโลยีด้านพลังงาน	G3-7 G3-8 G3-9 G3-10 G3-11	681–800

รหัส G2-n / G3-n = ผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ กลุ่ม 2 / กลุ่ม 3 ชั้น ม.5 ข้อ n ตามเอกสาร สสวท. (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) — ข้อความเต็มอยู่ใน ตารางเชื่อมโยงผลการเรียนรู้ ท้ายเล่ม

แผนฝึก 10 สัปดาห์

เฉลี่ยวันละ 15–20 ข้อ 5 วันต่อสัปดาห์ (ประมาณ 100 ข้อ) วันที่ 6 ใช้ตรวจเฉลยละเอียดและทำซ้ำข้อที่ผิด วันที่ 7 พัก ถ้าเรียนในห้องไม่ตรงลำดับนี้ ให้สลับสัปดาห์ตามบทที่ครูสอนได้ — สิ่งสำคัญคือทำต่อเนื่องและกลับมาทวนข้อผิด

สัปดาห์	ทำข้อ	ข้อ	จุดเน้น	ทำแล้ว (จ–ศ)	คะแนน
1	ประเมินก่อนเรียน ข้อ 1–50 · บทที่ 1 ข้อ 51–100	100	ทำแบบประเมินก่อนเรียน + อ่านผล · ดู Mind Map ภาพรวม	□ □ □ □ □	..... / .....
2	บทที่ 1 ข้อ 101–150 · บทที่ 2 ข้อ 151–200	100	ฝึกอ่านกราฟ x–t ทุกวัน	□ □ □ □ □	..... / .....
3	บทที่ 2 ข้อ 201–260 · บทที่ 3 ข้อ 261–300	100	วาดภาพคลื่นก่อนคำนวณ	□ □ □ □ □	..... / .....
4	บทที่ 3 ข้อ 301–350 · บทที่ 4 ข้อ 351–400	100	แยกสูตรสลิตคู่/สลิตเดี่ยว/เกรตติง	□ □ □ □ □	..... / .....
5	บทที่ 4 ข้อ 401–460 · บทที่ 5 ข้อ 461–500	100	วาดรังสีก่อนแทนสูตร	□ □ □ □ □	..... / .....
6	บทที่ 5 ข้อ 501–570 · บทที่ 6 ข้อ 571–600	100	ฝึก log และเดซิเบล	□ □ □ □ □	..... / .....
7	บทที่ 6 ข้อ 601–680 · บทที่ 7 ข้อ 681–700	100	บวกเวกเตอร์สนามให้คล่อง	□ □ □ □ □	..... / .....
8	บทที่ 7 ข้อ 701–800	100	วาดวงจรใหม่ให้ง่ายก่อนคำนวณ	□ □ □ □ □	..... / .....
9	ชุดที่ 1 ข้อ 801–850 · ชุดที่ 2 ข้อ 851–900	100	จับเวลาเหมือนสอบจริง	□ □ □ □ □	..... / .....
10	ชุดที่ 3 ข้อ 901–950 · ชุดที่ 4 ข้อ 951–1000	100	ทวนสมุดข้อผิดพลาดทั้งเล่ม	□ □ □ □ □	..... / .....

นัดทวนข้อผิด	หลัง 1 วัน	หลัง 7 วัน	หลัง 30 วัน
ทำอย่างไร	ทำข้อที่ผิดซ้ำโดยไม่ดูเฉลย	อ่านกล่อง “ระวังพลาด” ของหัวข้อนั้น แล้วทำข้อใกล้เคียง	ทำชุดตรวจท้ายบทซ้ำทั้งชุด



น้องโฟตอน: ทำน้อยแต่ทำทุกวัน ดีกว่าทำเยอะวันเดียวนะ ติ๊กช่องทุกวันที่ทำเสร็จแล้วจะเห็นความก้าวหน้าเอง

ตารางติดตามความก้าวหน้า

ส่วน	ข้อ	เต็ม	วันที่	คะแนน	ความมั่นใจ ก่อน → หลังฝึก
ประเมินก่อนเรียน	1–50	50			
บทที่ 1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	51–150	100			□1 □2 □3 □4 □5 → □1 □2 □3 □4 □5
บทที่ 2 คลื่น	151–260	110			□1 □2 □3 □4 □5 → □1 □2 □3 □4 □5
บทที่ 3 แสงเชิงคลื่น	261–350	90			□1 □2 □3 □4 □5 → □1 □2 □3 □4 □5
บทที่ 4 แสงเชิงรังสี	351–460	110			□1 □2 □3 □4 □5 → □1 □2 □3 □4 □5
บทที่ 5 เสียง	461–570	110			□1 □2 □3 □4 □5 → □1 □2 □3 □4 □5
บทที่ 6 ไฟฟ้าสถิต	571–680	110			□1 □2 □3 □4 □5 → □1 □2 □3 □4 □5
บทที่ 7 ไฟฟ้ากระแส	681–800	120			□1 □2 □3 □4 □5 → □1 □2 □3 □4 □5
ชุดที่ 1 ฮาร์มอนิก คลื่น และแสง	801–850	50			
ชุดที่ 2 เสียง ไฟฟ้าสถิต และไฟฟ้ากระแส	851–900	50			
ชุดที่ 3 ครบทุกบท ระดับมาตรฐาน	901–950	50			
ชุดที่ 4 ครบทุกบท เน้นวิเคราะห์และเชื่อมโยง	951–1,000	50			

ประเมินทักษะของตนเอง

ทักษะ	ทำได้เมื่อ	ยังไม่มั่นใจ	พอใช้	มั่นใจ
แนวคิด	อธิบายปรากฏการณ์และเหตุผลทางฟิสิกส์ได้	□	□	□
ภาพ/กราฟ/วงจร	อ่านและวาดกราฟ ภาพรังสี เส้นสนาม วงจรได้	□	□	□

ทักษะ	ทำได้เมื่อ	ยังไม่มั่นใจ	พอใช้	มั่นใจ
คำนวณ	จัดสมการ แทนค่า ตรวจหน่วยและเครื่องหมายได้ถูก	☐	☐	☐
การทดลอง/ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองและตารางได้	☐	☐	☐

ความมั่นใจ 1 = ยังไม่เข้าใจเลย · 3 = ทำโจทย์พื้นฐานได้ · 5 = อธิบายให้เพื่อนเข้าใจและทำโจทย์วิเคราะห์ได้ · กรอกก่อนเริ่มบทและหลังทำชุดตรวจท้ายบท ช่องคะแนนรายทักษะละเอียดอยู่ในตารางวิเคราะห์คะแนน ท้ายเล่ม

ภาค 1

การสั่นและคลื่น

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย และสมบัติของคลื่น

บทที่ 1 **การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย** (100 ข้อ)

บทที่ 2 **คลื่น** (110 ข้อ)



คุยกันก่อนเริ่มภาค 1
ทุกอย่างที่สั่นกลับไปกลับมา ตั้งแต่สปริง ลูกตุ้ม ไปจนถึงคลื่นน้ำในถาด ใช้ภาษาเดียวกัน คือ แอมพลิจูด คาบ ความถี่ และเฟส ภาคนี้ฝึกอ่านกราฟให้คล่อง แยกให้ออกว่าอะไรขึ้นกับแหล่งกำเนิด อะไรขึ้นกับตัวกลาง แล้วจะใช้ต่อได้ทั้งเรื่องแสงและเสียง



บทที่ 1 · ภาค 1 การสั่นและคลื่น

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

Simple Harmonic Motion

โจทย์ข้อ 51–150 · 100 ข้อ



คำถามชวนคิด

ชิงช้าในสวน ลูกตุ้มนาฬิกา สปริงกันสะเทือนของรถ และสะพานที่สั่นเมื่อมีคนเดินพร้อมกัน ล้วนเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิม น่าแปลกที่ชิงช้าแกว่งไปกลับด้วยจังหวะเกือบเท่าเดิมไม่ว่าจะแกว่งสูงหรือต่ำ — อะไรเป็นตัวกำหนดจังหวะนั้น และทำไมแรงผลักเบา ๆ ที่ถูกจังหวะจึงทำให้ชิงช้าแกว่งสูงขึ้นเรื่อย ๆ ได้

เป้าหมายการเรียนรู้ — เมื่อจบบทนี้ น้อง ๆ จะ

- บอกเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายจากรูปแบบของแรงดึงกลับ
- คำนวณการกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ณ ตำแหน่งหรือเวลาใด ๆ รวมทั้งค่าสูงสุด
- เปลี่ยนระหว่างแอมพลิจูด คาบ ความถี่ และความถี่เชิงมุม และอ่านปริมาณเหล่านี้จากกราฟ
- คำนวณคาบของมวลติดสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย และอธิบายผลของการเปลี่ยนตัวแปร
- วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองเพื่อหาค่านิจสปริงหรือค่า g จากความชันของกราฟ
- อธิบายความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องพร้อมยกตัวอย่างในชีวิตจริง

สอดคล้องผลการเรียนรู้ G2-1 · G2-2 (ดูตารางผลการเรียนรู้ท้ายเล่ม)

ทบทวนพื้นฐาน ม.4 ที่ใช้ในบทนี้ กฎของฮุกและค่านิจสปริง · กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน · พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ยืดหยุ่น และการอนุรักษ์พลังงานกล · การเคลื่อนที่แบบวงกลม อัตราเร็วเชิงมุม และมุมในหน่วยเรเดียน · การแตกเวกเตอร์ของแรง (องค์ประกอบของน้ำหนักบนแนวเอียง)

เช็กความพร้อม (ตอบในใจ ไม่นับคะแนน · แนวคำตอบอยู่ใต้ Mind Map หน้าถัดไป)

1. สปริง $k = 50$ N/m ยืด 4.0 cm ออกแรงเท่าใด
2. แรงลัพธ์ 3.0 N กระทำต่อมวล 0.50 kg ความเร่งเท่าใด
3. พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง $k = 200$ N/m ที่ยืด 0.10 m
4. วัตถุหมุน 3 รอบต่อวินาที อัตราเร็วเชิงมุมเท่าใด
5. 60° เท่ากับกี่เรเดียน

Mind Map บทที่ 1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ดูภาพรวมก่อน แล้วค่อยลงรายละเอียดทีละหัวข้อ



แผนผังแนวคิดของบท — กิ่งหลักตามหัวข้อย่อย ใบคือสูตร เงื่อนไข และหลักคิดสำคัญ ใช้ดูภาพรวมก่อนเรียนและทบทวนก่อนสอบ PHM5-C01-FIG001

แนวคำตอบเช็กความพร้อม: 1) $F = kx = 50(0.040) = 2.0$ N · 2) $a = F/m = 6.0$ m/s^2 · 3) $\frac{1}{2}\,kx^2 = 1.0$ J · 4) $\omega = 2\pi(3) \approx 18.8$ rad/s · 5) $\pi/3 \approx 1.05$ rad

ทบทวนพื้นฐาน ม.4 **พื้นฐาน ม.4 ที่ใช้ในบทนี้**

- **กฎของฮุก** สปริงที่ยืดหรือหดเป็นระยะ x (ในขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น) ออกแรงขนาด $F = kx$ โดย k คือค่านิจสปริง (N/m)
- **กฎข้อที่สองของนิวตัน** $\Sigma F = ma$ ความเร่งมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์เสมอ (ไม่จำเป็นต้องมีทิศเดียวกับความเร็ว)
- **พลังงาน** พลังงานจลน์ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ · พลังงานศักย์ยืดหยุ่น $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ · ถ้าไม่มีแรงเสียดทาน พลังงานกลรวมคงตัว
- **การเคลื่อนที่แบบวงกลม** อัตราเร็วเชิงมุม ω (rad/s) อัตราเร็ว $v = \omega r$ ความเร่งสู่ศูนย์กลาง $a_c = \omega^2 r$ · $180^\circ = \pi$ rad
- **เครื่องคิดเลข** ถ้าแทนมุมเฟสเป็น $\pi/3$ หรือ ωt ที่คิดจากหน่วย rad/s ต้องตั้งโหมด RAD ถ้าแปลงเป็นองศาก่อนให้ใช้โหมด DEG

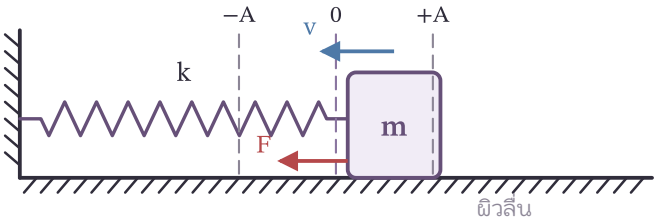
1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย G2-1

วัตถุที่เคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิมผ่าน**ตำแหน่งสมดุล** (ตำแหน่งที่แรงลัพธ์เป็นศูนย์) เรียกว่า**การสั่น** ถ้าแรงลัพธ์ที่ดึงวัตถุกลับเข้าหาสมดุล (**แรงดึงกลับ**) มีขนาดแปรผันตรงกับการกระจัดและมีทิศตรงข้ามกับการกระจัดเสมอ การสั่นนั้นเป็น**การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย** (simple harmonic motion, SHM)

แรงดึงกลับและความเร่งของ SHM

$F = -kx$	F แรงดึงกลับ (N) · k ค่าคงตัวของระบบ (N/m) · x การกระจัดจากตำแหน่งสมดุล (m)	เครื่องหมายลบ: แรงชี้เข้าหาสมดุลเสมอ
$a = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x$	a ความเร่ง (m/s²) · m มวล (kg) · ω ความถี่เชิงมุม (rad/s)	ใช้ได้ทุกตำแหน่ง ความเร่งเป็นศูนย์เฉพาะที่ $x = 0$

เทียบสองบรรทัดจะได้ $\omega = \sqrt{k/m}$ — ระบบใดที่จัดแรงให้อยู่ในรูป $F = -$(ค่าคงตัว)x ได้ เป็น SHM ทั้งหมด

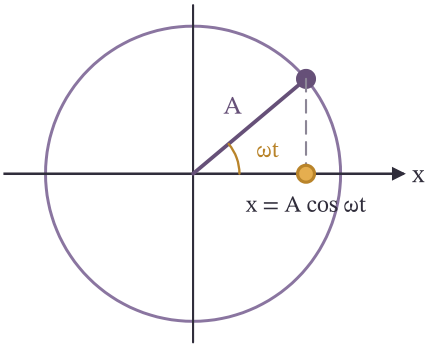


ภาพ 1.2 ขณะวัตถุอยู่ฝั่ง +x แรงดึงกลับ F ชี้ไปทาง −x เสมอ ไม่ว่าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางใด PHM5-C01-FIG002

- ช่วงออกจากสมดุล: แรง (และความเร่ง) ทิศตรงข้ามกับความเร็ว → วัตถุ**ช้าลง**
- ช่วงเข้าหาสมดุล: แรงทิศเดียวกับความเร็ว → วัตถุ**เร็วขึ้น**
- ที่ตำแหน่งสมดุล แรงเป็นศูนย์แต่วัตถุเร็วที่สุด จึงเคลื่อนเลยไป (ความเฉื่อย) แล้วถูกดึงกลับอีกครั้ง

SHM คือเงาของการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ถ้าจุด P เคลื่อนที่บนวงกลมรัศมี A ด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงตัว ω เงาของ P บนเส้นผ่านศูนย์กลางจะอยู่ที่ $x = A\cos\omega t$ และมีความเร่ง $-\omega^2 x$ (องค์ประกอบของความเร่งสู่ศูนย์กลาง) ซึ่งคือ SHM พอดี รัศมีวงกลมคือแอมพลิจูด อัตราเร็วเชิงมุมของ P คือความถี่เชิงมุมของ SHM และมุม ωt เรียกว่า**มุมเฟส**



ภาพ 1.3 จุด P บนวงกลมกับเงาบนแกน x — หนึ่งรอบของ P คือหนึ่งคาบของ SHM PHM5-C01-FIG003

เงื่อนไขการใช้สูตร **จะรู้ได้อย่างไรว่าเป็น SHM**

- แรงลัพธ์ต้อง**แปรผันตรง**กับการกระจัดที่วัดจาก**ตำแหน่งสมดุล** และ**มีทิศตรงข้าม** ($F = -kx$)
- การเคลื่อนที่ที่ซ้ำเป็นคาบไม่จำเป็นต้องเป็น SHM เช่น ลูกบอลกระดอนบนพื้น (ระหว่างลอยมีแรงคงตัว mg)
- ลูกตุ้มเป็น SHM ได้โดยประมาณเมื่อมุมแกว่งเล็ก สปริงเป็น SHM เมื่อยืด–หดอยู่ในช่วงที่เป็นไปตามกฎของฮุก



น้องโฟตอน: ทิศของแรงดึงกลับดูจากตำแหน่งเท่านั้นนะ ไม่ต้องดูว่ากำลังวิ่งไปทางไหน

1.2 การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง G2-1

เขียนตำแหน่งของวัตถุเป็นฟังก์ชันของเวลาได้ในรูปไซน์ เลือกรูปให้ตรงกับจุดเริ่ม: ถ้าเริ่ม ($t = 0$) ที่ตำแหน่งสมดุลและเคลื่อนที่ไปทาง $+x$ ใช้ $x = A\sin\omega t$ ถ้าเริ่มจากตำแหน่งไกลสุด $x = +A$ ใช้ $x = A\cos\omega t$ กรณีทั่วไปเขียน $x = A\sin(\omega t + \varphi)$ โดย φ คือมุมเฟสเริ่มต้น

การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง (เริ่มที่สมดุล)

$x = A\sin\omega t$	A แอมพลิจูด (m) · ωt มุมเฟส (rad)	เริ่มที่ $x = 0$ เคลื่อนที่ไปทาง $+x$
$v = \omega A\cos\omega t$	v ความเร็ว (m/s)	ถ้าใช้ $x = A\cos\omega t$ จะได้ $v = -\omega A\sin\omega t$
$a = -\omega^2 A\sin\omega t = -\omega^2 x$	a ความเร่ง (m/s^2)	เครื่องหมายของ a ตรงข้ามกับ x เสมอ
$v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$	อัตราเร็วที่ตำแหน่ง x	ใช้เมื่อรู้ตำแหน่งแต่ไม่รู้เวลา (มาจากพลังงาน)
$v_{max} = \omega A \cdot a_{max} = \omega^2 A$	ค่าสูงสุด	v_{max} ที่ $x = 0 \cdot a_{max}$ ที่ $x = \pm A$

ปริมาณที่ตำแหน่งสำคัญ

ตำแหน่ง	อัตราเร็ว	ขนาดความเร่ง	แรงดึงกลับ
$x = 0$ (สมดุล)	สูงสุด ωA	0	0
$x = \pm \frac{A}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\omega A \approx 0.87\omega A$	$\frac{1}{2}\omega^2 A$	$\frac{1}{2}kA$
$x = \pm A$ (ไกลสุด)	0 (หยุดชั่วขณะ)	สูงสุด $\omega^2 A$	สูงสุด kA

ตัวอย่างที่ 1.1 **ตัวอย่างที่ 1 ความเร็วและความเร่งที่ตำแหน่งหนึ่ง** ไม่นับคะแนน · PHM5-C01-EX01

วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยแอมพลิจูด 5.0 cm และคาบ 0.50 s จงหาอัตราเร็วและความเร่งของวัตถุขณะอยู่ที่ $x = +3.0$ cm

ให้–ถาม $A = 0.050$ m, $T = 0.50$ s, $x = +0.030$ m · ถาม v และ a

หลักการ รู้ตำแหน่งแต่ไม่รู้เวลา จึงใช้ $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$ และ $a = -\omega^2 x$ ซึ่งไม่ต้องใช้เวลา

สมการ $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.50} = 4\pi \approx 12.6$ rad/s

แทนค่า $v = 12.6\sqrt{0.050^2 - 0.030^2} = 12.6(0.040) \approx 0.50$ m/s ·
$a = -(12.6)^2(0.030) \approx -4.7$ m/s^2

ตรวจ $v < v_{max} = 0.63$ m/s ✓ และ a เป็นลบเพราะวัตถุอยู่ฝั่ง $+x$ ✓

คำตอบ: อัตราเร็ว ≈ 0.50 m/s · ความเร่ง ≈ 4.7 m/s^2 ทิศ $-x$

ระวังพลาด **เครื่องหมายและโหมดเครื่องคิดเลข**

- $a = -\omega^2 x$: เครื่องหมายลบบอกทิศ ถ้าโจทย์ถาม “ขนาด” ตอบค่าบวก ถ้าถาม “ความเร่ง” ให้บอกทิศด้วย
- $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$ ให้เพียงอัตราเร็ว ทิศของความเร็วต้องดูจากการเคลื่อนที่ (ที่ตำแหน่งเดียวกันวัตถุผ่านได้สองทิศ)
- มุมเฟส ωt มีหน่วยเรเดียน เช่น $\omega = 4\pi$, $t = \frac{1}{12}$ s ได้ $\frac{\pi}{3}$ rad $= 60^\circ$

1.3 แอมพลิจูด คาบ ความถี่ และความถี่เชิงมุม G2-1

- **แอมพลิจูด** A — การกระจัดสูงสุดวัดจากตำแหน่งสมดุล (ระยะระหว่างปลายทั้งสองคือ $2A$)
- **คาบ** T — เวลาที่ใช้สั่นครบ 1 รอบ (s) · **ความถี่** f — จำนวนรอบต่อวินาที (Hz = s^{-1})
- **ความถี่เชิงมุม** ω — มุมเฟสที่เปลี่ยนไปต่อวินาที (rad/s) หนึ่งรอบ = 2π rad
- ใน 1 คาบ วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง $4A$ · ครึ่งคาบได้ $2A$ เสมอ (เริ่มที่ใดก็ได้) · หนึ่งในสี่คาบได้ A เฉพาะเมื่อเริ่มที่สมดุลหรือที่ปลาย

ความสัมพันธ์ของคาบ ความถี่ และความถี่เชิงมุม

$f = \frac{1}{T}$	f (Hz) · T (s)	ใช้ได้กับการเคลื่อนที่เป็นคาบทุกแบบ
$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	ω (rad/s)	อย่าสับสน ω กับ f: ω มากกว่า f ราว 6.28 เท่า
$f = \frac{N}{t}$	N จำนวนรอบที่นับได้ในเวลา t	จับเวลาหลายรอบแล้วหาร ลดความคลาดเคลื่อน

หลักสำคัญ **แอมพลิจูดไม่มีผลต่อคาบ (ในอุดมคติ)**

- ดึงสปริงไกลขึ้น 2 เท่า ระยะทางต่อรอบเพิ่ม 2 เท่า แต่แรงดึงกลับและอัตราเร็วสูงสุดก็เพิ่ม 2 เท่า เวลาต่อรอบจึงเท่าเดิม
- $v_{max} = \omega A$ และ $a_{max} = \omega^2 A$ แปรผันตรงกับ A ส่วน T, f, ω ไม่เปลี่ยน
- สมบัตินี้ทำให้ลูกตุ้มใช้เป็นเครื่องจับเวลาได้

ตัวอย่างที่ 1.2 **ตัวอย่างที่ 2 ระยะทางกับการกระจัดในหลายคาบ** ไม่นับคะแนน · PHM5-C01-EX02

วัตถุสั่นด้วยแอมพลิจูด 3.0 cm และความถี่ 2.0 Hz เริ่มจากตำแหน่งสมดุล ในเวลา 1.25 s วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด และขณะนั้นมีการกระจัดเท่าใด

ให้–ถาม $A = 3.0$ cm, $f = 2.0$ Hz → $T = 0.50$ s, $t = 1.25$ s

หลักการ นับจำนวนคาบ: 1 คาบได้ระยะทาง $4A$ · จากสมดุล ทุก $T/4$ ได้ระยะทาง A

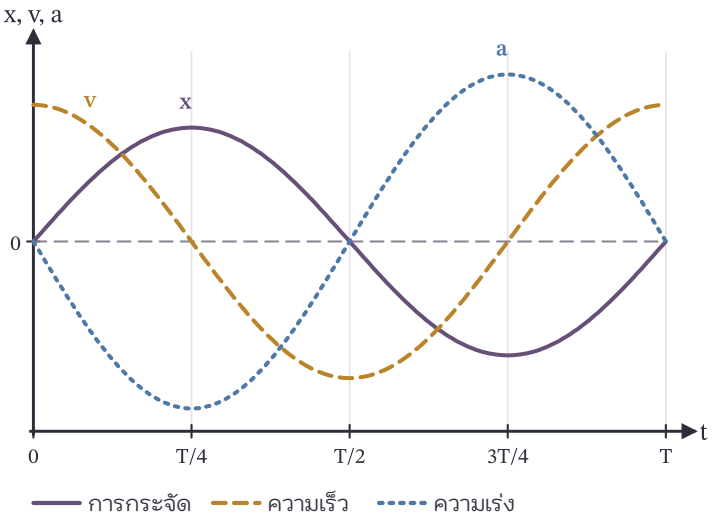
แทนค่า $\frac{t}{T} = \frac{1.25}{0.50} = 2.5$ คาบ → ระยะทาง $= 2.5 \times 4(3.0) = 30$ cm

การกระจัด	หลัง 2 คาบกลับมาที่สมดุล อีกครึ่งคาบไปถึงปลายแล้วกลับมาสมดุลอีกครั้ง การกระจัด $= 0$
ตรวจ	ระยะทางนับทุกช่วง ส่วนการกระจัดดูเฉพาะตำแหน่งปลาย จึงต่างกันมากได้ ✓

คำตอบ: ระยะทาง 30 cm · การกระจัด 0

1.4 การอ่านกราฟและความสัมพันธ์ของปริมาณ G2-1

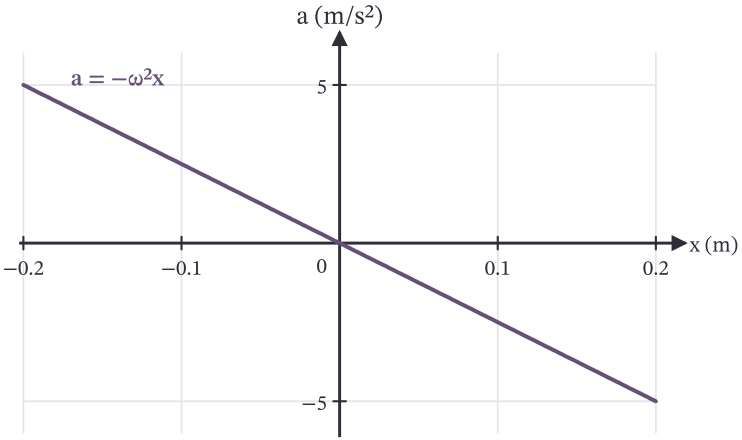
กราฟ x–t, v–t และ a–t ของ SHM เป็นกราฟรูปไซน์ที่มี**คาบเท่ากัน** แต่เฟสต่างกัน: ความเร็ว**นำหน้า**การกระจัด 90° ($T/4$) และความเร่ง**ต่างเฟส**กับการกระจัด 180° (กราฟกลับหัวกัน)



ภาพ 1.4 กราฟ x, v, a กับเวลา (แกนตั้งแต่ละปริมาณใช้หน่วยต่างกัน) — v มียอดเมื่อ x = 0 และ a กลับหัวกับ x PHM5-C01-FIG004

- **อ่าน A**: ระยะจากแกนเวลาถึงยอด (ไม่ใช่ยอดถึงท้อง) · **อ่าน T**: ยอดถึงยอดที่ติดกัน หรือจุดตัดแกนขาขึ้นถึงขาขึ้น
- **ความชันของกราฟ x–t = ความเร็ว** ชันขึ้นมากสุดเมื่อผ่านสมดุลทิศ $+x$ · ยอดและท้องมีความชันเป็นศูนย์
- **ความชันของกราฟ v–t = ความเร่ง · พื้นที่ใต้กราฟ v–t = การกระจัด**

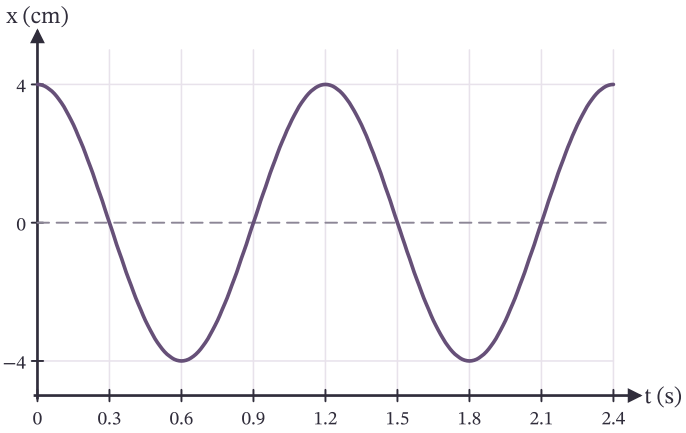
- **กราฟ a–x** เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ความชัน $= -\omega^2$ · **กราฟ v–x** เป็นวงรี ตัดแกน x ที่ $\pm A$ ตัดแกน v ที่ $\pm v_{max}$



ภาพ 1.5 กราฟ a–x ของ SHM: ความชัน −25 s^{-2} จึงได้ ω = 5.0 rad/s PHM5-C01-FIG005

ตัวอย่างที่ 1.3 **ตัวอย่างที่ 3 จากกราฟสู่สมการ** ไม่นับคะแนน · PHM5-C01-EX03

จากกราฟการกระจัดกับเวลาในภาพ จงเขียนสมการการกระจัด และหาอัตราเร็วสูงสุดของวัตถุ



PHM5-C01-FIG006

อ่านกราฟ	ยอดอยู่ที่ $x = 4.0$ cm → $A = 4.0$ cm · ยอดแรกที่ $t = 0$ ยอดถัดไปที่ $t = 1.2$ s → $T = 1.2$ s
เลือกรูปสมการ	เริ่มที่ยอด ($x = +A$ ที่ $t = 0$) จึงใช้ $x = A\cos\omega t$
สมการ	$\omega = \frac{2\pi}{1.2} \approx 5.2$ rad/s → $x = 4.0\cos(5.2t)$ cm
แทนค่า	$v_{max} = \omega A = 5.2(4.0) \approx 21$ cm/s
ตรวจ	ความชันของกราฟที่ $t = 0.3$ s (ผ่านสมดุล) ประมาณ 4 cm ต่อ 0.2 s ≈ 20 cm/s สอดคล้อง ✓

คำตอบ: $x = 4.0\cos(5.2t)$ cm · $v_{max} \approx 21$ cm/s

วิธีทำโจทย์ วิธีอ่านกราฟ SHM ให้เร็ว

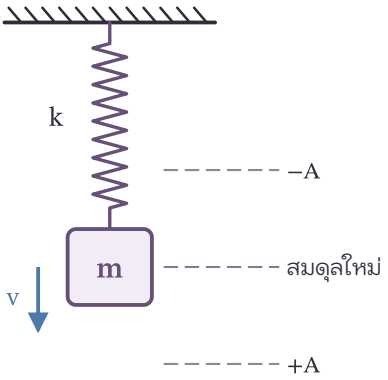
- ดูชื่อแกนตั้งก่อนเสมอ: x, v หรือ a — กราฟหน้าตาเหมือนกันแต่ความหมายต่างกัน
- จากกราฟใดก็ได้ อ่านคาบได้เหมือนกัน แล้วใช้ $\omega = 2\pi/T$ เชื่อมไปปริมาณอื่น: $A = v_{max}/\omega = a_{max}/\omega^2$
- เลื่อนกราฟ x ไปทางซ้าย $T/4$ ได้รูปของ v · กลับหัวกราฟ x ได้รูปของ a

1.5 มวลติดปลายสปริง G2-1

วัตถุมวล m ติดสปริงค่านิจ k บนพื้นลื่น แรงลัพธ์คือ $F = -kx$ จึงได้ $\omega = \sqrt{k/m}$ คาบขึ้นกับ m และ k เท่านั้น ไม่ขึ้นกับแอมพลิจูดและไม่ขึ้นกับ g

📌 มวลติดสปริง

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	m (kg) · k (N/m) · T (s)	สปริงเบา ยืดหยุ่นตามกฎของฮุก ไม่มีแรงเสียดทาน
$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$	ความถี่ (Hz)	มวลมากหรือสปริงอ่อน → สั่นช้า
$k\Delta l = mg \cdot T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$	Δl ระยะยืดที่ตำแหน่งสมดุลเมื่อแขวนแนวดิ่ง (m)	แนวดิ่ง: สั่นรอบตำแหน่งสมดุลใหม่ คาบเท่ากับแนวราบ
$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$	E พลังงานกลรวม (J)	แนวราบ ไม่มีการสูญเสียพลังงาน



ภาพ 1.7 สปริงแขวนแนวดิ่ง: น้ำหนักเพียงเลื่อนตำแหน่งสมดุลลงไป Δl = mg/k วัตถุสั่นรอบสมดุลใหม่ด้วยคาบเดิม PHM5-C01-FIG007

ตัวอย่างที่ 1.4 ตัวอย่างที่ 4 สปริงแขวนแนวดิ่ง

ไม่นับคะแนน · PHM5-C01-EX04

แขวนวัตถุมวล 0.20 kg กับสปริง สปริงยืดออก 5.0 cm จนวัตถุอยู่นิ่ง แล้วดึงวัตถุลงอีก 2.0 cm และปล่อย จงหาคาบ อัตราเร็วสูงสุด และพลังงานของการสั่น ($g = 9.8\ \text{m/s}^2$)

ให้–ถาม $m = 0.20$ kg, $\Delta l = 0.050$ m, แอมพลิจูด $A = 0.020$ m (วัดจากสมดุลใหม่)

หลักการ	ที่สมดุล $k\Delta l = mg$ หา k · วัตถุสั่นรอบสมดุลใหม่ แอมพลิจูดคือระยะที่ดึงจากสมดุลใหม่
สมการ	$k = \frac{(0.20)(9.8)}{0.050} = 39.2\ \text{N/m} \cdot \omega = \sqrt{\frac{39.2}{0.20}} = 14\ \text{rad/s}$
แทนค่า	$T = \frac{2\pi}{14} \approx 0.45\ \text{s} \cdot v_{max} = 14(0.020) = 0.28\ \text{m/s} \cdot$ $E = \frac{1}{2}(39.2)(0.020)^2 \approx 7.8\times10^{-3}\ \text{J}$
ตรวจ	$2\pi\sqrt{\Delta l/g} = 2\pi\sqrt{0.050/9.8} = 0.45\ \text{s}$ ตรงกัน ✓

คำตอบ: $T \approx 0.45\ \text{s} \cdot v_{max} = 0.28\ \text{m/s} \cdot E \approx 7.8\times10^{-3}\ \text{J}$

ระวังพลาด กับดักเรื่องสปริง

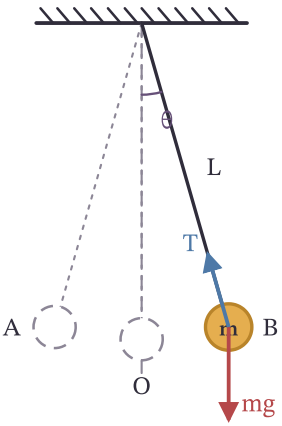
- แอมพลิจูดของสปริงแนวดิ่งวัดจากตำแหน่งสมดุลใหม่ ไม่ใช่จากความยาวเดิมของสปริง
- พลังงานของการสั่นแนวดิ่งที่ใช้ $\frac{1}{2}kA^2$ คือพลังงานการสั่นรอบสมดุลใหม่ (รวมผลของแรงโน้มถ่วงไว้แล้ว)
- มวลเพิ่ม 4 เท่า คาบเพิ่มเพียง 2 เท่า ($T \propto \sqrt{m}$) · สปริงตัดครึ่ง ค่านิจสปริงเพิ่มเป็น 2 เท่า



น้องโฟตอน: ถ้าโจทย์ให้ระยะยืดตอนสมดุลมา ลองใช้ T = 2π√(Δl/g) ดู ไม่ต้องรู้มวลก็ได้

1.6 ลูกตุ้มอย่างง่าย G2-1

ลูกตุ้มอย่างง่ายคือมวลขนาดเล็กผูกกับเชือกเบายาว L ที่ยืดไม่ได้ เมื่อเชือกทำมุม θ กับแนวดิ่ง องค์ประกอบของน้ำหนักในแนวการเคลื่อนที่ $mg\sin\theta$ ทำหน้าที่เป็นแรงดึงกลับ ถ้ามุมเล็ก $\sin\theta \approx \theta = s/L$ (s คือระยะตามส่วนโค้งจากจุดต่ำสุด) แรงดึงกลับจึงเป็น $-\frac{mg}{L}s$ ซึ่งอยู่ในรูป $-kx$ เป็น SHM โดย $k_{\text{ผล}} = mg/L$



ภาพ 1.8 แรงที่กระทำต่อลูกตุ้ม: น้ำหนัก mg และแรงตึงเชือก T — องค์ประกอบ mg sinθ ดึงลูกตุ้มกลับสู่จุดต่ำสุด O PHM5-C01-FIG008

📌 ลูกตุ้มอย่างง่าย

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$	L ความยาวจากจุดแขวนถึงจุดศูนย์กลางลูกตุ้ม (m) · g (m/s²)	มุมแกว่งเล็ก (ไม่เกินราว 10°) เชือกเบา ไม่คิดแรงต้านอากาศ
$T^2 = \dfrac{4\pi^2}{g}L$	กราฟ T^2–L เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด	ความชัน $= 4\pi^2/g$ ใช้หาค่า g
$g_{\text{ผล}} = g \pm a$	ลิฟต์เร่งขึ้นใช้ + เร่งลงใช้ -	แทน g ด้วย $g_{\text{ผล}}$ ในสูตรคาบ · ลิฟต์ความเร็วคงตัว $g_{\text{ผล}} = g$

คาบของลูกตุ้มไม่ขึ้นกับมวล (แรงดึงกลับและความเฉื่อยแปรผันตามมวลเท่ากัน) และไม่ขึ้นกับแอมพลิจูดเมื่อมุมเล็ก

ตัวอย่างที่ 1.5 **ตัวอย่างที่ 5 ลูกตุ้มบนดาวดวงอื่น** ไม่นับคะแนน · PHM5-C01-EX05

นักบินอวกาศนำลูกตุ้มยาว 0.80 m ไปแกว่งด้วยมุมเล็กบนดาว X จับเวลาได้ 10 รอบใช้เวลา 20 s ความเร่งโน้มถ่วงบนดาว X เป็นเท่าใด

ให้–ถาม $L = 0.80$ m, $T = \dfrac{20}{10} = 2.0$ s · ถาม g_X

หลักการ สูตร $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ ใช้ได้ทุกที่ ยกกำลังสองแล้วจัดรูปหา g

สมการ	$g = \dfrac{4\pi^2 L}{T^2}$
แทนค่า	$g_X = \dfrac{4\pi^2(0.80)}{(2.0)^2} = \dfrac{31.6}{4.0} \approx 7.9\ \text{m/s}^2$
ตรวจ	บนโลกลูกตุ้มยาว 0.80 m มีคาบ 1.8 s บนดาว X คาบยาวกว่า จึงต้องมี g น้อยกว่า 9.8 ✓

คำตอบ: $g_X \approx 7.9\ \text{m/s}^2$

เงื่อนไขการใช้สูตร **เงื่อนไขของสูตรลูกตุ้ม**

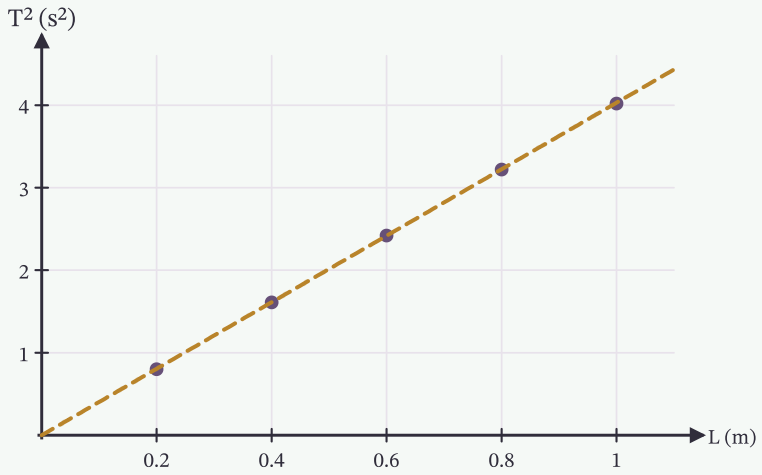
- มุมแกว่งต้องเล็ก (ไม่เกินราว 10°) ถ้ามุมใหญ่ คาบจริงยาวกว่าที่สูตรให้
- L วัดถึงจุดศูนย์กลางของลูกตุ้ม ไม่ใช่ถึงขอบบนของลูกตุ้ม
- ถ้าเชือกไปคล้องหมุดระหว่างแกว่ง ให้แยกคิดครึ่งรอบที่ความยาวต่างกัน: $T = \pi\sqrt{L_1/g} + \pi\sqrt{L_2/g}$

การทดลอง **หาค่าความเร่งโน้มถ่วงด้วยลูกตุ้มอย่างง่าย**

จุดประสงค์ หาค่า g จากความชันของกราฟ T^2 กับ L

อุปกรณ์ ลูกตุ้มโลหะ เชือกเบา ขาตั้งพร้อมที่หนีบ ไม้เมตร นาฬิกาจับเวลา

1. ปรับความยาวเชือก (จากจุดแขวนถึงจุดศูนย์กลางลูกตุ้ม) เป็น 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 m
2. ดึงลูกตุ้มให้เชือกทำมุมไม่เกินราว 10° แล้วปล่อย จับเวลาการแกว่ง 20 รอบ (เริ่มนับเมื่อผ่านจุดต่ำสุด)
3. หาคาบ $T = t/20$ แล้วคำนวณ T^2 เขียนกราฟ T^2 (แกนตั้ง) กับ L (แกนนอน) และลากเส้นตรงที่เหมาะสมที่สุด
4. คำนวณ $g = 4\pi^2/\text{ความชัน}$



PHM5-C01-FIG009

L (m)	เวลา 20 รอบ (s)	T (s)	T^2 (s^2)
0.20	17.9	0.895	0.80
0.40	25.4	1.27	1.61
0.60	31.1	1.56	2.42
0.80	35.9	1.80	3.22
1.00	40.1	2.01	4.02

ข้อมูลจำลอง — ความชันของเส้นที่เหมาะสมที่สุดประมาณ $4.03\ \text{s}^2/\text{m}$ ได้ $g = 39.48/4.03 \approx 9.8\ \text{m/s}^2$ · จับเวลาหลายรอบเพื่อลดผลของเวลาตอบสนองของผู้จับเวลา

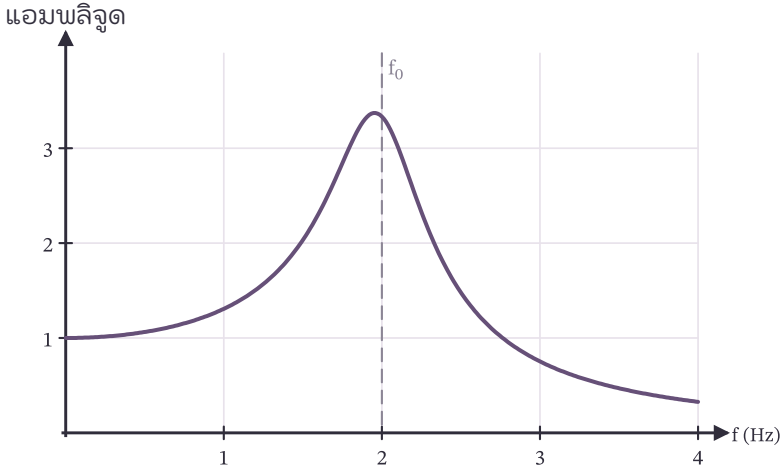


น้องโฟตอน: จับเวลา 20 รอบแล้วค่อยหาร ความคลาดเคลื่อนจากการกดนาฬิกาจะเหลือนิดเดียว

1.7 ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง G2-2

ระบบที่ถูกรบกวนครั้งเดียวแล้วปล่อยจะสั่นด้วย**ความถี่ธรรมชาติ** f_0 ซึ่งขึ้นกับสมบัติของระบบ (เช่น $\frac{1}{2\pi}\sqrt{k/m}$ หรือ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{g/L}$) ถ้าออกแรงกระทำเป็นจังหวะต่อเนื่อง ระบบจะสั่นตามความถี่ของแรงกระตุ้น และเมื่อความถี่ของแรงกระตุ้น**เท่ากับ**ความถี่

ธรรมชาติ แรงจะเสริมการเคลื่อนที่ทุกจังหวะ พลังงานสะสมจนแอมพลิจูดสูงที่สุด เรียกว่า**การสั่นพ้อง** (resonance)



ภาพ 1.10 แอมพลิจูดของการสั่นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแรงขนาดเท่ากันที่ความถี่ต่าง ๆ — ยอดอยู่ที่ความถี่ธรรมชาติ f_0 PHM5-C01-FIG010

- **ชิงช้า** ผลักในจังหวะเดียวกับการแกว่ง (ทุก 1 คาบ หรือทุกจำนวนเต็มคาบ) ชิงช้าแกว่งสูงขึ้นเรื่อย ๆ
- **ลูกตุ้มบนเชือกขึง** ลูกตุ้มที่ยาวเท่ากับลูกตุ้มขับแกว่งแรงที่สุด เพราะความถี่ธรรมชาติตรงกัน
- **แก้วไวน์** เสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของแก้วทำให้แก้วสั่นแรงจนแตกได้
- **สะพานและอาคาร** แรงลม แรงจากการเดินพร้อมกัน หรือแผ่นดินไหว ถ้ามีความถี่ตรงความถี่ธรรมชาติอาจทำให้สั่นรุนแรง วิศวกรจึงเพิ่มการหน่วงหรือออกแบบให้ความถี่ธรรมชาติห่างจากความถี่ของแรงที่คาดว่าจะเกิด



ฟิสิกส์รอบตัว **การหน่วงช่วยลดอันตรายจากการสั่นพ้อง**

- การหน่วง (damping) คือการสูญเสียพลังงานการสั่น เช่น แรงเสียดทาน แรงต้านอากาศ โช้กอัปของรถ
- การหน่วงมากทำให้ยอดของกราฟแอมพลิจูด–ความถี่ต่ำลงและกว้างขึ้น แต่ตำแหน่งยอดยังอยู่ใกล้ความถี่ธรรมชาติ

ตัวอย่างที่ 1.6 **ตัวอย่างที่ 6 เลือกความยาวลูกตุ้มให้เกิดการสั่นพ้อง** ไม่นับคะแนน · PHM5-C01-EX06

ลูกตุ้มขับบนเชือกขึงแกว่งด้วยความถี่ 0.70 Hz ต้องแขวนลูกตุ้มเบาที่มีเชือกยาวเท่าใดจึงจะแกว่งด้วยแอมพลิจูดมากที่สุด ($g = 9.8\ \text{m/s}^2$)

ให้–ถาม	ความถี่แรงกระตุ้น 0.70 Hz · ถาม L ที่เกิดการสั่นพ้อง
หลักการ	การสั่นพ้องเกิดเมื่อความถี่ธรรมชาติของลูกตุ้มเบาเท่ากับความถี่แรงกระตุ้น
สมการ	$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow L = \frac{g}{4\pi^2 f_0^2}$
แทนค่า	$L = \frac{9.8}{4\pi^2(0.70)^2} = \frac{9.8}{19.3} \approx 0.51\ \text{m}$
ตรวจ	คาบ $1/0.70 = 1.43$ s ลูกตุ้มยาวครึ่งเมตรมีคาบราว 1.4 s ✓

คำตอบ: $L \approx 0.51$ m

⚖ เทียบให้ชัด: มวลติดสปริง กับ ลูกตุ้มอย่างง่าย

ประเด็น	มวลติดสปริง	ลูกตุ้มอย่างง่าย
แรงดึงกลับ	แรงสปริง $-kx$	องค์ประกอบของน้ำหนัก $-mg\sin\theta \approx -\frac{mg}{L}s$
คาบ	$2\pi\sqrt{m/k}$	$2\pi\sqrt{L/g}$
ขึ้นกับมวล	ขึ้น ($T \propto \sqrt{m}$)	ไม่ขึ้น
ขึ้นกับ g	ไม่ขึ้น (แม้แขวนแนวดิ่ง)	ขึ้น ($T \propto 1/\sqrt{g}$)
เงื่อนไข	สปริงเป็นไปตามกฎของฮุก	มุมแกว่งเล็ก (ไม่เกินราว 10°)
บนดวงจันทร์	คาบเท่าเดิม	คาบยาวขึ้น

💡 ถามตัวเองก่อนเสมอว่า “อะไรทำหน้าที่เป็นแรงดึงกลับ” แล้วจะรู้ทันทีว่าคาบขึ้นกับอะไร

⚠ จุดที่มักพลาด		
✘ ความเร่งเป็นศูนย์ที่ตำแหน่งไกลสุด เพราะวัตถุหยุด	✔ ความเร่งสูงสุดที่ตำแหน่งไกลสุด	วัตถุหยุดเพียงชั่วขณะ แรงสปริงที่นั่นมากที่สุด
✘ แอมพลิจูดคือระยะจากปลายถึงปลาย	✔ แอมพลิจูดวัดจากตำแหน่งสมดุล (A) ปลายถึงปลายคือ $2A$	นิยามของการกระจัดสูงสุด
✘ ใช้ ω กับ f แทนกันได้	✔ $\omega = 2\pi f$	ω มีหน่วย rad/s ส่วน f มีหน่วย Hz
✘ ดึงไกลขึ้น คาบยาวขึ้น	✔ คาบไม่ขึ้นกับแอมพลิจูด	อัตราเร็วเพิ่มในสัดส่วนเดียวกับระยะทาง
✘ ลูกตุ้มหนักแกว่งช้ากว่า	✔ คาบลูกตุ้มไม่ขึ้นกับมวล	แรงดึงกลับและความเฉื่อยแปรผันตามมวลเท่ากัน
✘ ใช้ระยะยืดทั้งหมดเป็นแอมพลิจูดของสปริงแนวดิ่ง	✔ วัดแอมพลิจูดจากสมดุลใหม่	วัตถุสั่นรอบตำแหน่งที่ $k\Delta l = mg$
✘ ระยะทางใน t วินาที = $v_{max} \times t$	✔ นับจำนวนคาบ ใช้ $4A$ ต่อคาบ	อัตราเร็วไม่คงตัว

สรุปท้ายบทที่ 1

- SHM เกิดเมื่อแรงลัพธ์ $F = -kx$ แปรผันตรงกับการกระจัดและชี้เข้าหาตำแหน่งสมดุลเสมอ ทำให้ $a = -\omega^2 x$
- $x = A\sin\omega t$ (เริ่มที่สมดุล) หรือ $A\cos\omega t$ (เริ่มที่ปลาย) · $v_{max} = \omega A$ ที่สมดุล · $a_{max} = \omega^2 A$ ที่ปลาย
- $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ · ใน 1 คาบเคลื่อนที่ได้ $4A$ · คาบไม่ขึ้นกับแอมพลิจูด
- กราฟ v–t นำหน้ากราฟ x–t อยู่ 90° และกราฟ a–t กลับหัวกับ x–t · กราฟ a–x ความชัน $-\omega^2$
- มวลติดสปริง $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ ไม่ขึ้นกับ g · แนวดิ่งสั่นรอบสมดุลใหม่ $k\Delta l = mg$ · $E = \frac{1}{2}kA^2$
- ลูกตุ้มอย่างง่าย $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ เมื่อมุมเล็ก ไม่ขึ้นกับมวล · หา g จากความชัน T^2–$L = 4\pi^2/g$
- การสั่นพ้องเกิดเมื่อความถี่แรงกระตุ้นเท่ากับความถี่ธรรมชาติ แอมพลิจูดสูงสุด · การหน่วงทำให้ยอดต่ำลง

โจทย์ฝึกบทที่ 1 · 100 ข้อ

ปูพื้นฐาน 35 · ประยุกต์ 45 · วิเคราะห์ 20 ข้อ — ปรนัย 78 · ตอบสั้น 16 · แสดงวิธีทำ 6 · ทำให้ครบชุดก่อนตรวจเฉลยท้ายเล่ม



ปูพื้นฐาน ข้อ 51–81 · ทวนนิยาม ปริมาณ หน่วย และสูตรเดียวให้แม่น · ประมาณ 60 นาที คะแนน ..... / 31

51. ในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แรงดึงกลับที่กระทำต่อวัตถุมีทิศอย่างไร

ปูพื้นฐาน · เฉลย › PHM5-Q0051

ก. มีทิศเดียวกับความเร็วของวัตถุเสมอ

ข. ชี้เข้าหาตำแหน่งสมดุลเสมอ ไม่ว่าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางใด

ค. มีทิศเดียวกับการกระจัดของวัตถุที่วัดจากตำแหน่งสมดุล

ง. ชี้ออกจากตำแหน่งสมดุลขณะวัตถุเคลื่อนที่ออก และชี้เข้าขณะวัตถุเคลื่อนที่กลับ

52. การเคลื่อนที่ในข้อใดเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (กำหนดให้ไม่มีแรงต้านใด ๆ)

ปูพื้นฐาน · เฉลย › PHM5-Q0052

ก. รถเคลื่อนที่รอบสนามวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว

ข. ลูกบอลตกกระทบพื้นแล้วกระดอนขึ้นลงซ้ำ ๆ ถึงความสูงเท่าเดิมทุกครั้ง

ค. วัตถุติดปลายสปริงบนพื้นลื่น ถูกดึงออกจากตำแหน่งสมดุลเล็กน้อยแล้วปล่อย

ง. ลูกตุ้มอย่างง่ายที่ถูกดึงให้เชือกทำมุม 60° กับแนวดิ่งแล้วปล่อย

53. สปริงมีค่านิจสปริง 40 N/m ปลายหนึ่งติดผนัง อีกปลายติดวัตถุบนพื้นลื่น ดึงวัตถุให้ห่างจากตำแหน่งสมดุล 5.0 cm ขนาดของแรงดึงกลับที่กระทำต่อวัตถุขณะนั้นเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน · เฉลย › PHM5-Q0053

ก. 200 N ข. 2.0 N ค. 8.0 N ง. 0.13 N

54. วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ขณะที่วัตถุมีการกระจัดทิศ $+x$ จากตำแหน่งสมดุล ข้อใดบรรยายความเร่งของวัตถุได้ถูกต้อง

ปูพื้นฐาน · เฉลย › PHM5-Q0054

ก. เป็นศูนย์ เพราะวัตถุยังไม่ถึงตำแหน่งที่ไกลที่สุด

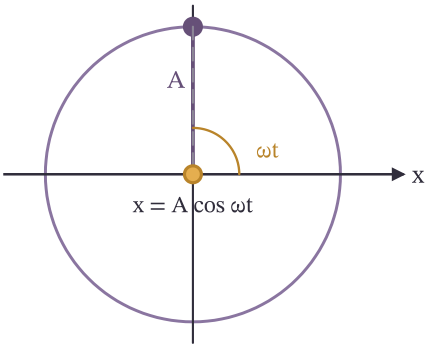
ข. มีทิศ $+x$ และมีขนาดแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัด

ค. มีทิศ $-x$ และมีขนาดคงตัวตลอดการเคลื่อนที่

ง. มีทิศ $-x$ และมีขนาดแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัด

55. จุด P เคลื่อนที่บนวงกลมรัศมี A ด้วยอัตราเร็วคงตัว เงาของ P บนแกน x เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ขณะที่รัศมีทำมุม $\omega t = 90^\circ$ กับแกน x ดังภาพ เงาของ P อยู่ที่ใดและมีอัตราเร็วเป็นอย่างไร

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0055

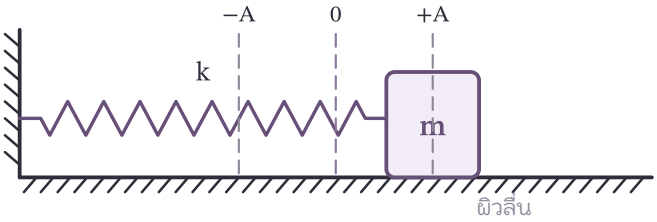


PHM5-C01-FIG011

ก. อยู่ที่ $x = A$ และมีอัตราเร็วเป็นศูนย์
ข. อยู่ที่ตำแหน่งสมดุล และมีอัตราเร็วเป็นศูนย์
ค. อยู่ที่ตำแหน่งสมดุล และมีอัตราเร็วสูงสุด
ง. อยู่ที่ $x = A/2$ และมีอัตราเร็วครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุด

56. วัตถุติดสปริงสั่นบนพื้นลื่นระหว่างตำแหน่ง $-A$ กับ $+A$ ขณะวัตถุอยู่ที่ตำแหน่ง $+A$ ดังภาพ ข้อใดถูกต้อง

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0056



PHM5-C01-FIG012

ก. ความเร็วเป็นศูนย์ และความเร่งมีขนาดสูงสุดทิศ $-x$

ข. ความเร็วมีขนาดสูงสุด และความเร่งเป็นศูนย์

ค. ความเร็วเป็นศูนย์ และความเร่งเป็นศูนย์ เพราะวัตถุหยุดนิ่ง

ง. ความเร็วเป็นศูนย์ และความเร่งมีขนาดสูงสุดทิศ $+x$

---

57. วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยความถี่เชิงมุม 4.0 rad/s และแอมพลิจูด 0.15 m อัตราเร็วสูงสุดของวัตถุเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0057

ก. 2.4 m/s ข. 0.60 m/s ค. 0.038 m/s ง. 0.095 m/s

---

58. วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยความถี่เชิงมุม 10 rad/s และแอมพลิจูด 2.0 cm ขนาดของความเร่งสูงสุดเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0058

ก. 200 m/s^2 ข. 2.0 m/s^2 ค. 0.20 m/s^2 ง. 20 m/s^2

---

59. การกระจัดของวัตถุที่สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นไปตามสมการ $x = 0.08\sin(6t)$ เมื่อ x มีหน่วยเมตรและ t มีหน่วยวินาที แอมพลิจูดและความถี่เชิงมุมของการสั่นเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0059

ก. $A = 0.08$ m และความถี่ $f = 6$ Hz ข. $A = 0.16$ m และ $\omega = 6$ rad/s

ค. $A = 0.08$ m และ $\omega = 6$ rad/s ง. $A = 6$ m และ $\omega = 0.08$ rad/s

60. วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยความถี่เชิงมุม 3.0 rad/s และแอมพลิจูด 0.50 m หาอัตราเร็วของวัตถุขณะอยู่ห่างจากตำแหน่งสมดุล 0.30 m (ตอบหน่วย m/s ทศนิยม 1 ตำแหน่ง) ✎ ตอบสั้น

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0060

ตอบ _____

61. วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยความถี่ 2.5 Hz คาบของการสั่นเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0061

ก. 2.5 s ข. 0.40 s ค. 0.064 s ง. 0.20 s

62. วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยคาบ 0.50 s ความถี่เชิงมุมของการสั่นเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0062

ก. 3.14 rad/s ข. 2.0 rad/s ค. 12.6 rad/s ง. 0.080 rad/s

63. วัตถุสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยแอมพลิจูด 3.0 cm ในเวลา 1 คาบ วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0063

ก. 3.0 cm ข. 0 cm ค. 6.0 cm ง. 12 cm

64. ข้อใดกล่าวถึงปริมาณที่ใช้บรรยายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้ถูกต้อง

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0064

ก. ความถี่เชิงมุมมีหน่วยเฮิรตซ์ และเท่ากับจำนวนรอบที่สั่นได้ใน 1 วินาที

ข. ความถี่เป็นส่วนกลับของคาบ และมีหน่วยเฮิรตซ์ (s^{-1})

ค. คาบคือเวลาที่วัตถุใช้เคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุลไปถึงตำแหน่งไกลสุด

ง. แอมพลิจูดคือระยะระหว่างตำแหน่งไกลสุดทั้งสองข้างของการสั่น

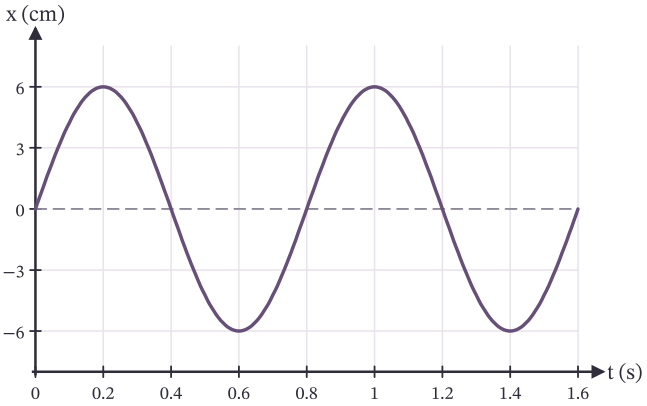
65. วัตถุติดปลายสปริงสั่นได้ 45 รอบในเวลา 30 s หาความถี่ของการสั่น (ตอบหน่วยเฮิรตซ์ ทศนิยม 1 ตำแหน่ง) ✎ ตอบสั้น

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0065

ตอบ _____

66. กราฟแสดงการกระจัดกับเวลาของวัตถุที่สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แอมพลิจูดและคาบของการสั่นเป็นเท่าใดตามลำดับ

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0066



PHM5-C01-FIG013

ก. 12 cm และ 0.8 s

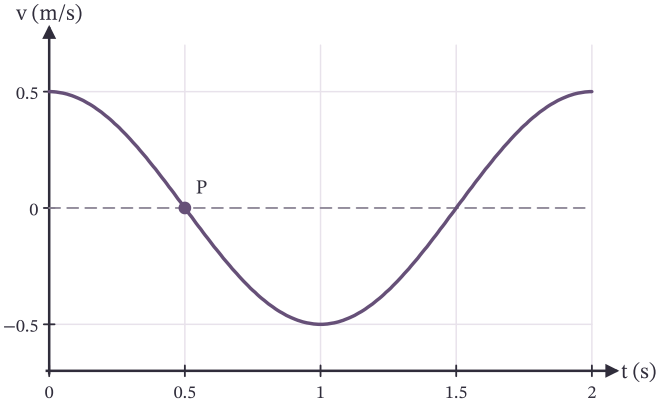
ข. 6 cm และ 0.8 s

ค. 6 cm และ 0.4 s

ง. 6 cm และ 1.6 s

67. กราฟแสดงความเร็วกับเวลาของวัตถุที่สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ณ เวลาที่จุด P ($t = 0.5$ s) วัตถุอยู่ที่ใด

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0067

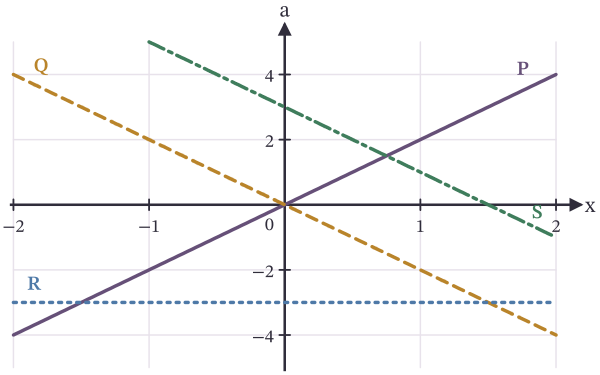


PHM5-C01-FIG014

ก. อยู่ที่ตำแหน่งไกลสุด (การกระจัดมีขนาดเท่ากับแอมพลิจูด)
ข. อยู่ที่ตำแหน่งสมดุล
ค. อยู่กึ่งกลางระหว่างตำแหน่งสมดุลกับตำแหน่งไกลสุด
ง. หยุดนิ่งถาวร เพราะความเร่งเป็นศูนย์

68. กราฟในภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง a กับการกระจัด x สี่แบบ เส้นใดแสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่มีตำแหน่งสมดุลอยู่ที่ $x = 0$

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0068

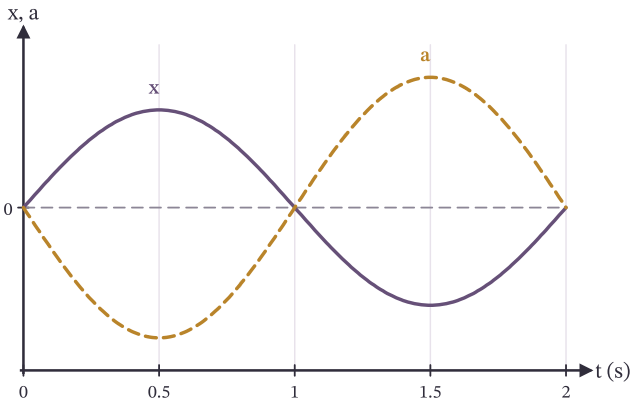


PHM5-C01-FIG015

ก. เส้น P **ข.** เส้น Q **ค.** เส้น R **ง.** เส้น S

69. กราฟแสดงการกระจัด x (เส้นทึบ) และความเร่ง a (เส้นประ) ของวัตถุเดียวกันที่สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเทียบกับเวลา (แกนตั้งของสองปริมาณใช้หน่วยต่างกัน) ข้อใดบอกความสัมพันธ์ทางเฟสของ x กับ a ได้ถูกต้อง

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0069



PHM5-C01-FIG016

ก. a นำหน้า x อยู่ 90°
ข. เฟสตรงกัน
ค. x นำหน้า a อยู่ 90°
ง. ต่างเฟสกัน 180°

70. วัตถุมวล 0.50 kg ติดปลายสปริงที่มีค่านิจสปริง 50 N/m บนพื้นลื่น สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย คาบของการสั่นเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0070

ก. 0.10 s
ข. 0.63 s
ค. 0.063 s
ง. 1.6 s

71. มวลติดสปริงสั่นบนพื้นลื่น ถ้าเปลี่ยนมวลเป็น 2 เท่าของเดิมโดยใช้สปริงเส้นเดิม คาบของการสั่นจะเปลี่ยนไปอย่างไร

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0071

ก. เพิ่มเป็น $\sqrt{2}$ เท่าของเดิม
ข. เพิ่มเป็น 2 เท่าของเดิม
ค. ลดลงเหลือ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ เท่าของเดิม
ง. เท่าเดิม เพราะคาบขึ้นกับค่านิจสปริงเท่านั้น

72. วัตถุมวล 0.25 kg ติดปลายสปริงที่มีค่านิจสปริง 100 N/m สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ความถี่ของการสั่นเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0072

ก. 20 Hz ข. 3.2 Hz ค. 0.31 Hz ง. 64 Hz

73. สปริงมีค่านิจสปริง 60 N/m ติดกับวัตถุบนพื้นลื่น ดึงวัตถุออกจากตำแหน่งสมดุล 10 cm แล้วปล่อย พลังงานกลรวมของการสั่นเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0073

ก. 3.0 J ข. 0.60 J ค. 0.30 J ง. 3000 J

74. ต้องการให้วัตถุที่ติดปลายสปริงซึ่งมีค่านิจสปริง 40 N/m สั่นบนพื้นลื่นด้วยคาบ 0.50 s วัตถุต้องมีมวลเท่าใด (ตอบหน่วยกิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) ✎ ตอบสั้น

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0074

ตอบ _____

75. ลูกตุ้มอย่างง่ายยาว 0.40 m แกว่งด้วยมุมเล็ก ณ ที่ที่ $g = 9.8\ \text{m/s}^2$ คาบของการแกว่งเป็นเท่าใด

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0075

ก. 0.20 s ข. 1.27 s ค. 0.79 s ง. 12.7 s

76. ลูกตุ้มอย่างง่ายสองลูกมีเชือกยาวเท่ากัน ลูกตุ้มลูกหนึ่งมีมวล 50 g อีกลูกมีมวล 200 g แกว่งด้วยมุมเล็ก ณ ที่เดียวกัน (ไม่คิดแรงต้านอากาศ) คาบของลูกตุ้มทั้งสองเป็นอย่างไร

ปูพื้นฐาน เฉลย › PHM5-Q0076

ก. ลูกตุ้มมวล 200 g มีคาบยาวกว่า 4 เท่า

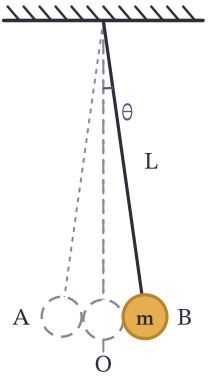
ข. ลูกตุ้มมวล 200 g มีคาบยาวกว่า 2 เท่า

ค. ลูกตุ้มมวล 200 g มีคาบสั้นกว่าครึ่งหนึ่ง

ง. เท่ากัน

77. สูตร $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ ใช้คำนวณคาบของลูกตุ้มอย่างง่ายในภาพได้แม่นยำภายใต้เงื่อนไขใด

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0077



PHM5-C01-FIG017

ก. ใช้ได้เมื่อมุมแกว่งมากกว่า 45° เพราะแรงดึงกลับมีค่ามาก
ข. ใช้ได้ทุกมุมแกว่ง ถ้าลูกตุ้มมีมวลมากพอ
ค. ใช้ได้เฉพาะเมื่อลูกตุ้มมีมวลน้อยกว่า 100 g
ง. มุมแกว่งเล็ก (ไม่เกินราว 10°) เชือกเบาและยืดไม่ได้ และแรงต้านอากาศน้อยมาก

78. ลูกตุ้มอย่างง่ายยาว 0.60 m แกว่งด้วยมุมเล็ก ณ ที่ที่ $g = 9.8\ \text{m/s}^2$ หาความถี่ของการแกว่ง (ตอบหน่วยเฮิรตซ์ ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0078

✎ ตอบสั้น

ตอบ _____

79. ความถี่ธรรมชาติของวัตถุหมายถึงข้อใด

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0079

ก. ความถี่ที่วัตถุสั่นเองเมื่อถูกรบกวนแล้วปล่อยให้สั่นอย่างอิสระ ซึ่งขึ้นกับสมบัติของระบบ
ข. ความถี่ของแรงจากภายนอกที่กระทำต่อวัตถุเป็นจังหวะ
ค. ความถี่สูงสุดที่วัตถุสั่นได้โดยไม่แตกหัก
ง. ความถี่ที่ขึ้นกับแอมพลิจูด ยิ่งดึงออกไกลยิ่งสั่นถี่

80. ลูกตุ้มอันหนึ่งมีความถี่ธรรมชาติ 0.80 Hz ถ้าใช้แรงกระตุ้นเป็นจังหวะที่มีขนาดเท่ากัน แรงกระตุ้นความถี่ใดทำให้ลูกตุ้มแกว่งด้วยแอมพลิจูดมากที่สุด

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0080

ก. 0.40 Hz ข. 1.6 Hz ค. 0.80 Hz ง. 8.0 Hz

81. เหตุการณ์ใดเป็นตัวอย่างของการสั่นพ้อง

ปูพื้นฐาน
เฉลย ›
PHM5-Q0081

ก. นักร้องเปล่งเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของแก้วไวน์อย่างต่อเนื่องจนแก้วแตก
ข. ลูกบอลที่ปล่อยให้กระดอนบนพื้นกระดอนเตี้ยลงเรื่อย ๆ จนหยุด
ค. ลูกตุ้มนาฬิกาแกว่งด้วยคาบเท่าเดิม แม้มุมแกว่งเปลี่ยนไปเล็กน้อย
ง. ทุบโต๊ะแรง ๆ หนึ่งครั้งแล้วโต๊ะสั่นอยู่ครู่หนึ่ง

51. ตอบ ข. ชี้เข้าหาตำแหน่งสมดุลเสมอ ไม่ว่าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางใด

ทบทวน หัวข้อ 1.1 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0051

หลักการ แรงดึงกลับ $F = -kx$ มีเครื่องหมายตรงข้ามกับการกระจัดเสมอ จึงชี้เข้าหาตำแหน่งสมดุลทุกขณะ ทิศของแรงขึ้นกับตำแหน่ง ของวัตถุ ไม่ได้ขึ้นกับทิศของความเร็ว

ตรวจ ที่ $x = +A$ แรงชี้ไปทาง $-x$ ที่ $x = -A$ แรงชี้ไปทาง $+x$ — ชี้เข้าหาสมดุลทั้งคู่

ระวัง อย่าผูกทิศของแรงกับทิศของความเร็ว ขณะวัตถุเคลื่อนที่ออกจากสมดุล แรงกับความเร็วมีทิศตรงข้ามกัน

ตัวลวง **ก.** ขณะเคลื่อนที่ออกจากสมดุล แรงมีทิศตรงข้ามกับความเร็ว วัตถุจึงช้าลง · **ค.** เครื่องหมายลบใน $F = -kx$ บอกว่าแรงมีทิศตรงข้ามกับการกระจัด · **ง.** แรงขึ้นกับตำแหน่งเท่านั้น ขณะเคลื่อนที่ออก แรงก็ยังชี้เข้าหาสมดุล

52. ตอบ ค. วัตถุติดปลายสปริงบนพื้นลื่น ถูกดึงออกจากตำแหน่งสมดุลเล็กน้อยแล้วปล่อย

ทบทวน หัวข้อ 1.1 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0052

หลักการ การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายต้องเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุล โดยแรงลัพธ์แปรผันตรงกับการกระจัดและมีทิศตรงข้าม ($F = -kx$) วัตถุติดสปริงที่ยืดหรือหดเล็กน้อยเป็นไปตามกฎของฮุก จึงเป็นไปตามเงื่อนไขนี้

ตรวจ มีแต่สปริงที่แรงลัพธ์เปลี่ยนตามระยะห่างจากสมดุลแบบเส้นตรง

ระวัง การเคลื่อนที่ที่ซ้ำเป็นคาบไม่จำเป็นต้องเป็น SHM ต้องตรวจรูปแบบของแรงด้วย

ตัวลวง **ก.** การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอเป็นการเคลื่อนที่เป็นคาบในสองมิติ เฉพาะเงาบนแกนหนึ่งเท่านั้นที่เป็น SHM · **ข.** ขณะลอยอยู่กลางอากาศแรงลัพธ์คือ mg ซึ่งคงตัว ไม่แปรผันตามการกระจัด แม้การเคลื่อนที่จะซ้ำเป็นคาบ · **ง.** มุม 60° ใหญ่เกินไป แรงดึงกลับ $mg\sin\theta$ ไม่แปรผันตรงกับการกระจัดอีกต่อไป

53. ตอบ ข. 2.0 N

ทบทวน หัวข้อ 1.1 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0053

ให้ $k = 40\ \text{N/m}$, $x = 5.0\ \text{cm} = 0.050\ \text{m}$

ถาม ขนาดแรงดึงกลับ F

หลักการ แรงดึงกลับของสปริงเป็นไปตามกฎของฮุก ขนาด $F = kx$ โดย x คือระยะที่ห่างจากตำแหน่งสมดุลในหน่วยเมตร

สมการ $F = kx$

แทนค่า $F = (40)(0.050)$

$F = 2.0\ \text{N}$ ทิศเข้าหาตำแหน่งสมดุล

คำตอบ **2.0 N**

ตรวจ หน่วย $\mathrm{N/m \times m = N}$ ✓ สปริงอ่อนยืด 5 cm ได้แรงไม่กี่นิวตัน สมเหตุสมผล

ระวัง ต้องแปลง cm เป็น m ก่อนแทนค่า

ตัวลวง **ก.** ได้ค่านี้ถ้าแทน $x = 5.0$ โดยไม่แปลงเซนติเมตรเป็นเมตร · **ค.** ได้ค่านี้ถ้านำ k หารด้วย x $(40 \div 5.0)$ · **ง.** ได้ค่านี้ถ้านำ x หารด้วย k $(5.0 \div 40)$

54. ตอบ ง. มีทิศ $-x$ และมีขนาดแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัด

ทบทวน หัวข้อ 1.1 · ‹โจทย์ · PHM5-Q0054

หลักการ จากกฎข้อที่สองของนิวตัน $a = F/m = -(k/m)x$ ความเร่งจึงแปรผันตรงกับการกระจัดแต่มีทิศตรงข้าม เมื่อการกระจัดเป็น $+x$ ความเร่งจึงชี้ไปทาง $-x$

ตรวจ ความเร่งเป็นศูนย์เฉพาะที่ $x = 0$ เท่านั้น

ตัวลวง **ก.** ความเร่งเป็นศูนย์ที่ตำแหน่งสมดุลเท่านั้น ส่วนตำแหน่งอื่น ๆ มีความเร่งเสมอ · **ข.** ลืมเครื่องหมายลบใน $a = -\omega^2 x$ ความเร่งชี้เข้าหาสมดุล ไม่ใช่ทิศเดียวกับการกระจัด · **ค.** ความเร่งของ SHM เปลี่ยนตามตำแหน่ง ไม่คงตัว (ความเร่งคงตัวเป็นลักษณะของการตกอิสระ)

55. ตอบ ค. อยู่ที่ตำแหน่งสมดุล และมีอัตราเร็วสูงสุด

ทบทวน หัวข้อ 1.1 · ‹โจทย์ · PHM5-Q0055

หลักการ เมื่อ $\omega t = 90^\circ$ จุด P อยู่บนสุดของวงกลม เงาจึงอยู่ที่ $x = A\cos 90^\circ = 0$ ซึ่งคือตำแหน่งสมดุล ขณะนั้นความเร็วของ P มีทิศขนานกับแกน x ทั้งหมด เงาจึงเคลื่อนที่เร็วที่สุดเท่ากับ ωA

ตรวจ ที่ตำแหน่งสมดุลของ SHM อัตราเร็วสูงสุดเสมอ สอดคล้องกัน

ตัวลวง **ก.** เงาอยู่ที่ $x = A$ เมื่อ $\omega t = 0^\circ$ ไม่ใช่ 90° · **ข.** P ยังเคลื่อนที่อยู่และความเร็วของ P ขนานกับแกน x พอดี เงาจึงเร็วที่สุด ไม่ใช่หยุด · **ง.** $\cos 90^\circ = 0$ เงาจึงอยู่ที่ $x = 0$ ไม่ใช่ $A/2$

56. ตอบ ก. ความเร็วเป็นศูนย์ และความเร่งมีขนาดสูงสุดทิศ $-x$

ทบทวน หัวข้อ 1.2 · ‹โจทย์ · PHM5-Q0056

หลักการ ที่ตำแหน่งไกลสุดวัตถุหยุดชั่วขณะก่อนกลับทิศ ความเร็วจึงเป็นศูนย์ แต่สปริงยืดมากที่สุด แรงดึงกลับและความเร่ง $a = -\omega^2 x$ จึงมีขนาดสูงสุดและชี้เข้าหาสมดุล (ทิศ $-x$)

ตรวจ ถ้าความเร่งเป็นศูนย์ด้วย วัตถุจะค้างอยู่ที่ $+A$ ซึ่งไม่เกิดขึ้นจริง

ตัวลวง **ข.** สลับกับสภาพที่ตำแหน่งสมดุล $(x = 0)$ · **ค.** หยุดชั่วขณะไม่ได้แปลว่าไม่มีความเร่ง แรงจากสปริงยังมีค่าสูงสุด · **ง.** ความเร่งต้องชี้เข้าหาสมดุล ที่ $x = +A$ จึงชี้ไปทาง $-x$

57. ตอบ ข. 0.60 m/s

ทบทวน หัวข้อ 1.2 · ‹โจทย์ · PHM5-Q0057

ให้ $\omega = 4.0$ rad/s, $A = 0.15$ m

ถาม v_{max}

หลักการ อัตราเร็วสูงสุดเกิดที่ตำแหน่งสมดุล มีค่า $v_{max} = \omega A$

สมการ $v_{max} = \omega A$

แทนค่า $v_{max} = (4.0)(0.15)$

$v_{max} = 0.60$ m/s

คำตอบ **0.60 m/s**

ตรวจ หน่วย rad/s×m = m/s ✓

ระวัง อย่าสับสน ωA (ความเร็วสูงสุด) กับ $\omega^2 A$ (ความเร่งสูงสุด)

ตัวลวง **ก.** ได้ค่านี้ถ้าใช้ $\omega^2 A$ ซึ่งเป็นความเร่งสูงสุด · **ค.** ได้ค่านี้ถ้านำ A หารด้วย ω · **ง.** ได้ค่านี้ถ้าใช้ความถี่ $f = \omega/2\pi$ แทน ω

58. ตอบ ข. 2.0 m/s² ทบทวน หัวข้อ 1.2

‹ โจทย์ · PHM5-Q0058

ให้ $\omega = 10$ rad/s, $A = 2.0$ cm $= 0.020$ m

ถาม a_{max}

หลักการ ความเร่งมีขนาดสูงสุดที่ตำแหน่งไกลสุด $a_{max} = \omega^2 A$ โดยต้องใช้ A ในหน่วยเมตร

สมการ $a_{max} = \omega^2 A$

แทนค่า $a_{max} = (10)^2(0.020)$

$a_{max} = 2.0$ m/s²

คำตอบ **2.0 m/s²**

ตรวจ หน่วย (rad/s)²×m = m/s² ✓

ระวัง ยกกำลังสอง ω และแปลง cm เป็น m

ตัวลวง **ก.** ได้ค่านี้ถ้าไม่แปลง 2.0 cm เป็นเมตร · **ค.** ได้ค่านี้ถ้าใช้ ωA (ลืมยกกำลังสอง) · **ง.** ได้ค่านี้ถ้าลืมยกกำลังสองและลืมแปลงหน่วย (10× 2.0)

59. ตอบ ค. $A = 0.08$ m และ $\omega = 6$ rad/s ทบทวน หัวข้อ 1.2

‹ โจทย์ · PHM5-Q0059

หลักการ เทียบกับรูปทั่วไป $x = A\sin(\omega t)$ ตัวเลขหน้าฟังก์ชันไซน์คือแอมพลิจูด และตัวคูณของ t ในวงเล็บคือความถี่เชิงมุม (rad/s)

ตรวจ ค่า sin อยู่ระหว่าง −1 ถึง 1 การกระจัดจึงอยู่ระหว่าง −0.08 m ถึง 0.08 m

ตัวลวง **ก.** ตัวคูณของ t คือ ω ไม่ใช่ f ความถี่จริงคือ $6/2\pi \approx 0.95$ Hz · **ข.** 0.16 m คือระยะจากปลายข้างหนึ่งถึงอีกข้าง ($2A$) ไม่ใช่แอมพลิจูด · **ง.** สลับตำแหน่ง: ค่าหน้า sin คือ A ค่าในวงเล็บคือ ω

60. ตอบ 1.2 m/s ทบทวน หัวข้อ 1.2

‹ โจทย์ · PHM5-Q0060

ให้ $\omega = 3.0$ rad/s, $A = 0.50$ m, $x = 0.30$ m

ถาม v

หลักการ อัตราเร็วที่ตำแหน่งใด ๆ หาได้จาก $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$ ซึ่งมาจากการอนุรักษ์พลังงาน

สมการ $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

แทนค่า $v = 3.0\sqrt{0.50^2 - 0.30^2} = 3.0\sqrt{0.16}$

$v = 3.0(0.40) = 1.2$ m/s

คำตอบ **1.2 m/s (ยอมรับคลาดเคลื่อน ±2%)**

ตรวจ $1.2 < v_{max} = 1.5$ m/s ✓ ยังไม่ถึงตำแหน่งสมดุลจึงช้ากว่าค่าสูงสุด

ระวัง ต้องยกกำลังสองก่อนลบ ไม่ใช่ $\sqrt{A - x}$

ยอมรับ ยอมรับ 1.2 m/s

61. ตอบ ข. 0.40 s

ทบทวน หัวข้อ 1.3

‹ โจทย์ · PHM5-Q0061

ให้ $f = 2.5$ Hz

ถาม T

หลักการ คาบคือเวลาที่ใช้ในการสั่นครบ 1 รอบ เป็นส่วนกลับของความถี่ $T = 1/f$

สมการ $T = \dfrac{1}{f}$

แทนค่า $T = \dfrac{1}{2.5}$

$T = 0.40$ s

คำตอบ **0.40 s**

ตรวจ สั่น 2.5 รอบใน 1 วินาที แต่ละรอบจึงใช้เวลาน้อยกว่า 1 วินาที ✓

ตัวลวง **ก.** นำค่าความถี่มาตอบเป็นคาบโดยตรง · **ค.** ได้ค่านี้ถ้าใช้ $T = 1/(2\pi f)$ ซึ่งสับสนระหว่าง f กับ ω · **ง.** ได้ค่านี้ถ้าคิดว่าคาบคือเวลาเคลื่อนที่จากปลายข้างหนึ่งไปอีกข้าง (ครึ่งรอบ)

62. ตอบ ค. 12.6 rad/s

ทบทวน หัวข้อ 1.3

‹ โจทย์ · PHM5-Q0062

ให้ $T = 0.50$ s

ถาม ω

หลักการ ความถี่เชิงมุมคือมุมที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยเวลา หนึ่งรอบคือ 2π เรเดียนใช้เวลา T จึงได้ $\omega = 2\pi/T$

สมการ $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$

แทนค่า $\omega = \dfrac{2\pi}{0.50} = 4\pi$

$\omega \approx 12.6$ rad/s

คำตอบ **12.6 rad/s**

ตรวจ $\omega = 2\pi f$ และ $f = 2.0$ Hz ได้ 12.6 rad/s เช่นกัน ✓

ตัวลวง ก. ได้ค่านี้ถ้าคูณ 2π กับ T แทนการหาร · ข. ได้ค่านี้คือความถี่ $f = 1/T$ ซึ่งยังไม่คูณ 2π · ง. ได้ค่านี้ถ้าใช้ $T/2\pi$

63. ตอบ ง. 12 cm

ทบทวน หัวข้อ 1.3 · โจทย์ · PHM5-Q0063

ให้ $A = 3.0$ cm

ถาม ระยะทางใน 1 คาบ

หลักการ ใน 1 คาบ วัตถุเคลื่อนที่จากสมดุลไปปลายข้างหนึ่ง (A) กลับสมดุล (A) ไปปลายอีกข้าง (A) และกลับสมดุล (A) รวมระยะทาง $4A$

สมการ $s = 4A$

แทนค่า $s = 4(3.0)$

$s = 12$ cm

คำตอบ **12 cm**

ตรวจ ระยะทางนับทุกช่วงที่เคลื่อนที่ จึงต้องมากกว่าระยะระหว่างปลายทั้งสอง ($2A = 6$ cm) ✓

ระวัง ระยะทางต่างจากการกระจัด: การกระจัดใน 1 คาบเป็นศูนย์ แต่ระยะทางเป็น $4A$

ตัวลวง ก. เป็นระยะทางเพียงหนึ่งในสี่คาบ (A) · ข. เป็นการกระจัดใน 1 คาบ (กลับมาที่เดิม) ไม่ใช่ระยะทาง · ค. เป็นระยะทางในครึ่งคาบ ($2A$)

64. ตอบ ข. ความถี่เป็นส่วนกลับของคาบ และมีหน่วยเฮิรตซ์ (s^{-1})

ทบทวน หัวข้อ 1.3 · โจทย์ · PHM5-Q0064

หลักการ คาบ T คือเวลาครบ 1 รอบ ความถี่ $f = 1/T$ คือจำนวนรอบต่อวินาที (Hz) ความถี่เชิงมุม $\omega = 2\pi f$ มีหน่วย rad/s และแอมพลิจูดคือการกระจัดสูงสุดวัดจากตำแหน่งสมดุล

ตัวลวง ก. จำนวนรอบต่อวินาทีคือ f ส่วน $\omega = 2\pi f$ มีหน่วย rad/s · ค. ช่วงจากสมดุลถึงตำแหน่งไกลสุดใช้เวลาเพียง $T/4$ · ง. ระยะระหว่างปลายทั้งสองคือ $2A$ แอมพลิจูดวัดจากตำแหน่งสมดุล

65. ตอบ 1.5 Hz

ทบทวน หัวข้อ 1.3 · โจทย์ · PHM5-Q0065

ให้ จำนวนรอบ $N = 45$, เวลา $t = 30$ s

ถาม f

หลักการ ความถี่คือจำนวนรอบที่สั่นได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

สมการ $f = \dfrac{N}{t}$

แทนค่า $f = \dfrac{45}{30}$

$f = 1.5$ Hz

คำตอบ **1.5 Hz (ยอมรับคลาดเคลื่อน ±2%)**

ตรวจ คาบ $T = 1/f \approx 0.67$ s สั่น 45 รอบใช้เวลา $45 \times 0.67 = 30$ s ✓

ระวัง อย่าหารกลับด้าน (30/45 คือคาบ ไม่ใช่ความถี่)

66. ตอบ ข. 6 cm และ 0.8 s

ทบทวน หัวข้อ 1.4 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0066

หลักการ แอมพลิจูดอ่านจากระยะระหว่างยอดกราฟกับแกนเวลา ($x = 0$) คาบอ่านจากเวลาระหว่างจุดที่สถานะซ้ำเดิม เช่น ยอดถึงยอดที่ติดกัน

ตรวจ ยอดแรกที่ $t = 0.2$ s ยอดถัดไปที่ $t = 1.0$ s ห่างกัน 0.8 s ✓

ตัวลวง **ก.** อ่านระยะจากยอดถึงท้อง ($2A$) เป็นแอมพลิจูด · **ค.** อ่านคาบจากยอดถึงท้อง ซึ่งเป็นเพียงครึ่งคาบ · **ง.** นำเวลาทั้งหมดบนกราฟ (2 รอบ) มาเป็นคาบ

67. ตอบ ก. อยู่ที่ตำแหน่งไกลสุด (การกระจัดมีขนาดเท่ากับแอมพลิจูด)

ทบทวน หัวข้อ 1.4 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0067

หลักการ ที่จุด P ความเร็วเป็นศูนย์ ในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ความเร็วเป็นศูนย์เฉพาะที่ตำแหน่งไกลสุด ($x = \pm A$) ซึ่งวัตถุหยุดชั่วขณะก่อนกลับทิศ

ตรวจ หลังจุด P ความเร็วกลายเป็นลบ แสดงว่าวัตถุกลับทิศที่ตำแหน่งนี้ ✓

ตัวลวง **ข.** ที่ตำแหน่งสมดุลอัตราเร็วสูงสุด ไม่ใช่ศูนย์ (เช่นที่ $t = 0$ หรือ 1.0 s) · **ค.** ที่ $x = A/2$ วัตถุยังเคลื่อนที่อยู่ด้วยอัตราเร็วประมาณ $0.87 v_{max}$ · **ง.** ที่ตำแหน่งไกลสุดความเร่งมีขนาดสูงสุด วัตถุจึงหยุดเพียงชั่วขณะ

68. ตอบ ข. เส้น Q

ทบทวน หัวข้อ 1.4 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0068

หลักการ การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายมี $a = -\omega^2 x$ กราฟ a–x จึงเป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ความชันเป็นลบเท่ากับ $-\omega^2$

ตรวจ เส้น Q: ที่ $x = 0$ ได้ $a = 0$ และเมื่อ x เป็นบวก a เป็นลบ ✓

ตัวลวง **ก.** เส้น P มีความชันบวก ความเร่งทิศเดียวกับการกระจัด วัตถุจะถูกผลักออกห่างสมดุล · **ค.** เส้น R แสดงความเร่งคงตัว ไม่ขึ้นกับตำแหน่ง · **ง.** เส้น S ไม่ผ่านจุดกำเนิด ที่ $x = 0$ ความเร่งไม่เป็นศูนย์ — เป็น SHM รอบสมดุลที่ $x = 1.5$ ไม่ใช่ที่ $x = 0$ ตามที่โจทย์ถาม

69. ตอบ ง. ต่างเฟสกัน 180°

ทบทวน หัวข้อ 1.4 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0069

หลักการ จาก $a = -\omega^2 x$ เมื่อ x เป็นบวกสูงสุด a เป็นลบสูงสุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กราฟทั้งสองจึงกลับหัวกัน หรือต่างเฟสกัน 180°

ตรวจ ที่ $t = 0.5$ s: x สูงสุดบวก ขณะที่ a ต่ำสุด ✓

ตัวลวง **ก.** ความต่างเฟส 90° เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง v กับ a · **ข.** ถ้าเฟสตรงกัน ยอดของทั้งสองต้องเกิดพร้อมกัน แต่ในกราฟยอดของ x ตรงกับท้องของ a · **ค.** ความต่างเฟส 90° เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง x กับ v ไม่ใช่ x กับ a

70. ตอบ ข. 0.63 s ทบทวน หัวข้อ 1.5

‹ โจทย์ · PHM5-Q0070

ให้ $m = 0.50\ \text{kg},\ k = 50\ \text{N/m}$

ถาม T

หลักการ คาบของมวลติดสปริงขึ้นกับมวลและค่านิจสปริงเท่านั้น $T = 2\pi\sqrt{m/k}$

สมการ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

แทนค่า

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0.50}{50}} = 2\pi\sqrt{0.010}$$

$$T = 2\pi(0.10) \approx 0.63\ \text{s}$$

คำตอบ **0.63 s**

ตรวจ หน่วย $\sqrt{\text{kg}/(\text{N/m})} = \text{s}$ ✓

ระวัง อย่าลืม 2π และรากที่สอง

ตัวลวง **ก.** ได้ค่านี้ถ้าลืมคูณ 2π · **ค.** ได้ค่านี้ถ้าลืมถอดรากที่สอง $(2\pi \cdot m/k)$ · **ง.** ได้ค่านี้คือความถี่ $1/T$ (หน่วยเป็น Hz ไม่ใช่ s)

71. ตอบ ก. เพิ่มเป็น $\sqrt{2}$ เท่าของเดิม ทบทวน หัวข้อ 1.5

‹ โจทย์ · PHM5-Q0071

หลักการ จาก $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ คาบแปรผันตรงกับ $\sqrt{m}$ เมื่อ m เพิ่ม 2 เท่า คาบจึงเพิ่ม $\sqrt{2} \approx 1.41$ เท่า มวลมากขึ้นทำให้เร่งได้ช้าลงภายใต้แรงเท่ากัน จึงสั่นช้าลง

ตัวลวง **ข.** คาบแปรผันตาม $\sqrt{m}$ ไม่ใช่ m · **ค.** มวลมากขึ้นทำให้สั่นช้าลง คาบต้องเพิ่ม ไม่ใช่ลด · **ง.** คาบขึ้นกับทั้ง m และ k

72. ตอบ ข. 3.2 Hz ทบทวน หัวข้อ 1.5

‹ โจทย์ · PHM5-Q0072

ให้ $m = 0.25\ \text{kg},\ k = 100\ \text{N/m}$

ถาม f

หลักการ หา $\omega = \sqrt{k/m}$ ก่อน แล้วแปลงเป็นความถี่ $f = \omega/2\pi$

สมการ

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

แทนค่า

$$\omega = \sqrt{\frac{100}{0.25}} = \sqrt{400} = 20\ \text{rad/s}$$

$$f = \frac{20}{2\pi} \approx 3.2\ \text{Hz}$$

คำตอบ **3.2 Hz**

ตรวจ คาบ $T = 1/f \approx 0.31$ s สปริงแข็ง มวลน้อย สั่นเร็วสมเหตุสมผล

ระวัง $\sqrt{k/m}$ คือ ω (rad/s) ยังต้องหารด้วย 2π จึงได้ Hz

ตัวลวง **ก.** ตอบค่า ω (20 rad/s) โดยไม่หารด้วย 2π · **ค.** ได้ค่าคาบ (0.31 s) แล้วนำมาตอบเป็นความถี่ · **ง.** ลืมถอดรากที่สอง $(400/2\pi)$

73. ตอบ ค. 0.30 J ทบทวน หัวข้อ 1.5

‹ โจทย์ · PHM5-Q0073

ให้ $k = 60\ \text{N/m},\ A = 10\ \text{cm} = 0.10\ \text{m}$

ถาม E

หลักการ ขณะปล่อยที่ตำแหน่งไกลสุดวัตถุหยุดนิ่ง พลังงานทั้งหมดเป็นพลังงานศักย์ยืดหยุ่น $E = \frac{1}{2}kA^2$ และคงตัวตลอดการสั่น (ไม่มีแรงเสียดทาน)

สมการ $E = \frac{1}{2}kA^2$

แทนค่า $E = \frac{1}{2}(60)(0.10)^2$

$E = 0.30\ \text{J}$

คำตอบ **0.30 J**

ตรวจ หน่วย $\text{N/m}\times\text{m}^2 = \text{N}\cdot\text{m} = \text{J}$ ✓

ระวัง อย่าลืม $\frac{1}{2}$ และยกกำลังสองแอมพลิจูดในหน่วยเมตร

ตัวลวง **ก.** ลืมยกกำลังสอง A ($\frac{1}{2}kA$) · **ข.** ลืมคูณ $\frac{1}{2}$ · **ง.** ไม่แปลง 10 cm เป็นเมตร

74. ตอบ 0.25 kg ทบทวน หัวข้อ 1.5

‹ โจทย์ · PHM5-Q0074

ให้ $k = 40\ \text{N/m},\ T = 0.50\ \text{s}$

ถาม m

หลักการ จัดรูป $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ เพื่อหามวล $m = \frac{kT^2}{4\pi^2}$

สมการ $m = \frac{kT^2}{4\pi^2}$

แทนค่า $m = \frac{(40)(0.50)^2}{4\pi^2} = \frac{10}{39.5}$

$m \approx 0.25\ \text{kg}$

คำตอบ **0.25 kg (ยอมรับคลาดเคลื่อน ±2%)**

ตรวจ แทนกลับ: $2\pi\sqrt{0.253/40} = 0.50\ \text{s}$ ✓

ระวัง ยกกำลังสองทั้งสองข้างก่อนจัดรูป อย่าลืม $4\pi^2$

ยอมรับ ยอมรับ 0.25 kg

75. ตอบ ข. 1.27 s ทบทวน หัวข้อ 1.6

‹ โจทย์ · PHM5-Q0075

ให้ $L = 0.40\ \text{m},\ g = 9.8\ \text{m/s}^2$

ถาม T

หลักการ ลูกตุ้มอย่างง่ายที่แกว่งมุมเล็กมีคาบ $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ ขึ้นกับความยาวเชือกและค่า g เท่านั้น

สมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

แทนค่า $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{0.40}{9.8}} = 2\pi(0.202)$

$T \approx 1.27\ \text{s}$

คำตอบ **1.27 s**

ตรวจ ลูกตุ้มยาวราวครึ่งเมตรแกว่งไปกลับราว 1 วินาทีกว่า ๆ สมเหตุสมผล

ตัวลวง **ก.** ลืมคูณ 2π (เหลือ $\sqrt{L/g}$) · **ค.** ได้ค่าความถี่ $1/T$ แล้วตอบเป็นคาบ · **ง.** แทน $L = 40$ (เซนติเมตร) โดยไม่แปลงเป็นเมตร

76. ตอบ ง. เท่ากัน

ทบทวน หัวข้อ 1.6 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0076

หลักการ แรงดึงกลับของลูกตุ้ม ($mg\sin\theta$) แปรผันตรงกับมวล ขณะเดียวกันมวลก็ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ในอัตราเดียวกัน มวลจึงตัดกัน คาบ $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ ไม่ขึ้นกับมวล

ตัวลวง **ก.** คาบไม่ขึ้นกับมวลเลย ไม่ว่าจะแปรผันแบบใด · **ข.** คิดแบบมวลติดสปริง ($T \propto \sqrt{m}$) ซึ่งใช้กับลูกตุ้มไม่ได้ · **ค.** มวลมากทำให้แรงดึงกลับมากก็จริง แต่ความเฉื่อยก็มากขึ้นในสัดส่วนเดียวกัน

77. ตอบ ง. มุมแกว่งเล็ก (ไม่เกินราว 10°) เชือกเบาและยืดไม่ได้ และแรงต้านอากาศน้อยมาก

ทบทวน หัวข้อ 1.6 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0077

หลักการ สูตรนี้มาจากการประมาณ $\sin\theta \approx \theta$ ซึ่งแม่นยำเมื่อมุมเล็ก ทำให้แรงดึงกลับแปรผันตรงกับการกระจัด และต้องถือว่ามวลรวมอยู่ที่ลูกตุ้ม (เชือกเบา) ความยาวคงตัว และไม่มีการสูญเสียพลังงาน

ตัวลวง **ก.** มุมใหญ่ทำให้การประมาณ $\sin\theta \approx \theta$ ใช้ไม่ได้ คาบจริงยาวกว่าที่สูตรทำนาย · **ข.** มวลไม่ช่วยให้สูตรแม่นขึ้น ที่มุมใหญ่ $\sin\theta$ ต่างจาก θ มาก · **ค.** คาบไม่ขึ้นกับมวล มวลจึงไม่ใช่เงื่อนไขของสูตร

78. ตอบ 0.64 Hz

ทบทวน หัวข้อ 1.6 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0078

ให้ $L = 0.60\ \text{m},\ g = 9.8\ \text{m/s}^2$

ถาม f

หลักการ ความถี่เป็นส่วนกลับของคาบ $f = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{L}}$

สมการ $f = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{L}}$

แทนค่า $f = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{9.8}{0.60}} = \dfrac{1}{2\pi}(4.04)$

$f \approx 0.64\ \text{Hz}$

คำตอบ **0.64 Hz (ยอมรับคลาดเคลื่อน ±2%)**

ตรวจ คาบ $= 1/0.64 \approx 1.55$ s สมเหตุสมผลกับเชือกยาว 60 cm

ระวัง ในสูตรความถี่ g อยู่บน L อยู่ล่าง (กลับกับสูตรคาบ)

ยอมรับ ยอมรับ 0.64 Hz

79. ตอบ ก. ความถี่ที่วัตถุสั่นเองเมื่อถูกรบกวนแล้วปล่อยให้สั่นอย่างอิสระ ซึ่งขึ้นกับสมบัติของระบบ

ทบทวน หัวข้อ 1.7 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0079

หลักการ เมื่อวัตถุถูกรบกวนครั้งเดียวแล้วปล่อย มันจะสั่นด้วยความถี่เฉพาะตัวที่กำหนดโดยสมบัติของระบบ เช่น มวลกับค่านิจสปริง หรือความยาวของลูกตุ้ม ความถี่นี้เรียกว่าความถี่ธรรมชาติ

ตัวลวง **ข.** นั่นคือความถี่ของแรงกระตุ้น ซึ่งอาจเท่าหรือไม่เท่าความถี่ธรรมชาติก็ได้ · **ค.** ความถี่ธรรมชาติไม่ได้นิยามจากขีดจำกัดความแข็งแรงของวัตถุ · **ง.** ในระบบอุดมคติ ความถี่ธรรมชาติไม่ขึ้นกับแอมพลิจูด

80. ตอบ ค. 0.80 Hz

ทบทวน หัวข้อ 1.7 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0080

หลักการ การสั่นพ้องเกิดเมื่อความถี่ของแรงกระตุ้นเท่ากับความถี่ธรรมชาติของระบบ แรงจะเสริมการเคลื่อนที่ทุกจังหวะ พลังงานถูกถ่ายโอนเข้าระบบได้มากที่สุด แอมพลิจูดจึงสูงสุด

ตัวลวง **ก.** ความถี่ครึ่งหนึ่งไม่ตรงกับความถี่ธรรมชาติ ไม่เกิดการสั่นพ้อง · **ข.** ความถี่สองเท่าทำให้แรงกระตุ้นบางจังหวะต้านการเคลื่อนที่ แอมพลิจูดจึงไม่สูงสุด · **ง.** ความถี่สูงกว่ามากไม่ได้ทำให้แอมพลิจูดมาก ระบบตอบสนองได้น้อยมาก

81. ตอบ ก. นักร้องเปล่งเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของแก้วไวน์อย่างต่อเนื่องจนแก้วแตก

ทบทวน หัวข้อ 1.7 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0081

หลักการ การสั่นพ้องต้องมีแรงกระตุ้นเป็นจังหวะต่อเนื่องที่ความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติ เสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของแก้วทำให้แก้วสั่นแรงขึ้นเรื่อย ๆ จนแตก

ตัวลวง **ข.** เป็นการสูญเสียพลังงาน (การหน่วง) ไม่มีแรงกระตุ้นเป็นจังหวะ · **ค.** เป็นสมบัติที่คาบไม่ขึ้นกับแอมพลิจูดเมื่อมุมเล็ก ไม่เกี่ยวกับแรงกระตุ้น · **ง.** การทุบครั้งเดียวทำให้โต๊ะสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติแล้วค่อย ๆ หยุด ไม่ใช่การสั่นพ้อง

82. ตอบ ข. แรงดึงกลับมีทิศไปทางซ้าย และวัตถุมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น

ทบทวน หัวข้อ 1.1 · ‹ โจทย์ · PHM5-Q0082

หลักการ ที่ $x = +A/2$ สปริงยืด แรงดึงกลับ $F = -kx$ ชี้ไปทาง $-x$ (ซ้าย) ซึ่งเป็นทิศเดียวกับความเร็ว แรงที่มีทิศเดียวกับความเร็วทำให้วัตถุเร็วขึ้น สอดคล้องกับที่วัตถุกำลังเข้าหาสมดุลซึ่งเป็นตำแหน่งที่เร็วที่สุด

ตรวจ ช่วงเข้าหาสมดุลอัตราเร็วเพิ่ม ช่วงออกจากสมดุลอัตราเร็วลด ✓

ระวัง ทิศของแรงขึ้นกับตำแหน่ง ไม่ได้ขึ้นกับทิศการเคลื่อนที่

ตัวลวง **ก.** คิดว่าแรงดึงกลับต้านการเคลื่อนที่เหมือนแรงเสียดทาน แต่แรงนี้ชี้เข้าหาสมดุลเสมอ · **ค.** แรงทิศเดียวกับความเร็วทำให้เร็วขึ้น ไม่ใช่ช้าลง · **ง.** แรงลัพธ์เป็นศูนย์เฉพาะที่ตำแหน่งสมดุล ที่ $x = A/2$ ยังมีแรง $kA/2$

สรุปสูตรพร้อมเงื่อนไข

รวมกล่องสูตรจากทุกบท (คอลัมน์ขวาคือเงื่อนไขการใช้) — ก่อนใช้สูตรใด ถามตัวเองเสมอว่าเงื่อนไขของโจทย์ตรงกับสูตรหรือไม่

บทที่ 1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

แรงดึงกลับและความเร่งของ SHM · หัวข้อ 1.1		
$F = -kx$	F แรงดึงกลับ (N) · k ค่าคงตัวของระบบ (N/m) · x การกระจัดจากตำแหน่งสมดุล (m)	เครื่องหมายลบ: แรงชี้เข้าหาสมดุลเสมอ
$a = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x$	a ความเร่ง (m/s²) · m มวล (kg) · ω ความถี่เชิงมุม (rad/s)	ใช้ได้ทุกตำแหน่ง ความเร่งเป็นศูนย์เฉพาะที่ $x = 0$

การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง (เริ่มที่สมดุล) · หัวข้อ 1.2		
$x = A\sin\omega t$	A แอมพลิจูด (m) · ωt มุมเฟส (rad)	เริ่มที่ $x = 0$ เคลื่อนที่ไปทาง $+x$
$v = \omega A\cos\omega t$	v ความเร็ว (m/s)	ถ้าใช้ $x = A\cos\omega t$ จะได้ $v = -\omega A\sin\omega t$
$a = -\omega^2 A\sin\omega t = -\omega^2 x$	a ความเร่ง (m/s²)	เครื่องหมายของ a ตรงข้ามกับ x เสมอ
$v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$	อัตราเร็วที่ตำแหน่ง x	ใช้เมื่อรู้ตำแหน่งแต่ไม่รู้เวลา (มาจากพลังงาน)
$v_{max} = \omega A \cdot a_{max} = \omega^2 A$	ค่าสูงสุด	v_{max} ที่ $x = 0$ · a_{max} ที่ $x = \pm A$

ความสัมพันธ์ของคาบ ความถี่ และความถี่เชิงมุม · หัวข้อ 1.3

$f = \frac{1}{T}$	f (Hz) · T (s)	ใช้ได้กับการเคลื่อนที่เป็นคาบทุกแบบ
$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	ω (rad/s)	อย่าสับสน ω กับ f: ω มากกว่า f ราว 6.28 เท่า
$f = \frac{N}{t}$	N จำนวนรอบที่นับได้ในเวลา t	จับเวลาหลายรอบแล้วหาร ลดความคลาดเคลื่อน

มวลติดสปริง · หัวข้อ 1.5

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	m (kg) · k (N/m) · T (s)	สปริงเบา ยืดหยุ่นตามกฎของฮุก ไม่มีแรงเสียดทาน
$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$	ความถี่ (Hz)	มวลมากหรือสปริงอ่อน → สั่นช้า
$k\Delta l = mg \cdot T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$	Δl ระยะยืดที่ตำแหน่งสมดุลเมื่อแขวนแนวดิ่ง (m)	แนวดิ่ง: สั่นรอบตำแหน่งสมดุลใหม่ คาบเท่ากับแนวราบ
$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^{\ 2}$	E พลังงานกลรวม (J)	แนวราบ ไม่มีการสูญเสียพลังงาน

ลูกตุ้มอย่างง่าย · หัวข้อ 1.6

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$	L ความยาวจากจุดแขวนถึงจุดศูนย์กลางลูกตุ้ม (m) · g (m/s²)	มุมแกว่งเล็ก (ไม่เกินราว 10°) เชือกเบา ไม่คิดแรงต้านอากาศ
$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L$	กราฟ T^2–L เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด	ความชัน $= 4\pi^2/g$ ใช้หาค่า g
$g_{ผล} = g \pm a$	ลิฟต์เร่งขึ้นใช้ + เร่งลงใช้ -	แทน g ด้วย $g_{ผล}$ ในสูตรคาบ · ลิฟต์ความเร็วคงตัว $g_{ผล} = g$

บทที่ 2 คลื่น

ปริมาณพื้นฐานของคลื่น · หัวข้อ 2.2

$f = \frac{1}{T}$	f ความถี่ (Hz = s^{-1}), T คาบ (s)	ใช้ได้เสมอ ความถี่ของคลื่นเท่ากับของแหล่งกำเนิด
$\Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta x}{\lambda}$	$\Delta\phi$ เฟสต่าง (rad), Δx ระยะห่างตามแนวคลื่น (m)	สองจุดบนแนวการเคลื่อนที่เดียวกันของคลื่นต่อเนื่อง
$\Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta t}{T}$	เฟสที่เปลี่ยนไปของอนุภาคเดียวในเวลา Δt	การสั่นของอนุภาคหนึ่งตัว

อัตราเร็วคลื่น · หัวข้อ 2.4

$v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$	v อัตราเร็วคลื่น (m/s), f (Hz), λ (m)	ใช้กับคลื่นต่อเนื่องในตัวกลางเดียว
$v = \frac{s}{t}$	s ระยะที่สันคลื่นหรือพัลส์เคลื่อนที่ในเวลา t	ตัวกลางสม่ำเสมอ (อัตราเร็วคงตัว)

การหักเหของคลื่น · หัวข้อ 2.6

$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$	θ_1, θ_2 มุมระหว่างรังสีกับเส้นแนวฉาก (หรือหน้าคลื่นกับรอยต่อ) ในตัวกลาง 1 และ 2	ความถี่เท่าเดิม · ใช้ sin ไม่ใช่มุมตรง ๆ

การแทรกสอดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์เฟสตรงกัน · หัวข้อ 2.7

$\lvert S_1P - S_2P\rvert = n\lambda$	ปฏิบัพ A_n, n = 0, 1, 2, … (A_0 คือแนวกลาง)	แหล่งกำเนิดเฟสตรงกัน
$\lvert S_1P - S_2P\rvert = (n - \frac{1}{2})\lambda$	บัพ N_n, n = 1, 2, 3, …	แหล่งกำเนิดเฟสตรงกัน
$d\sin\theta = n\lambda$	d ระยะ S_1S_2, θ มุมจากแนวกลาง (ปฏิบัพ)	จุด P อยู่ไกลมากเทียบกับ d
$\lvert n\rvert\lambda < d$	ใช้นับจำนวนแนวปฏิบัพ (และ (n − ½)λ < d สำหรับแนวบัพ)	ผลต่างระยะทางมากที่สุดคือ d

บทที่ 3 แสงเชิงคลื่น

แสงในสุญญากาศและในตัวกลาง · หัวข้อ 3.1

$c = f\lambda$	c อัตราเร็วแสงในสุญญากาศ (m/s) · f ความถี่ (Hz) · λ ความยาวคลื่น (m)	ใช้กับแสงในสุญญากาศ/อากาศ
$v = \frac{c}{n}$	v อัตราเร็วแสงในตัวกลาง (m/s) · n ดรรชนีหักเห (ไม่มีหน่วย, $n \geq 1$)	อากาศถือว่า $n \approx 1$
$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$	λ_n ความยาวคลื่นในตัวกลาง · λ ความยาวคลื่นในสุญญากาศ	ความถี่ f เท่าเดิมทุกตัวกลาง

สลิตคู่ · หัวข้อ 3.2

$d\sin\theta = n\lambda$	แถบ**สว่าง**ลำดับที่ n · $n = 0, 1, 2, \ldots$ ($n = 0$ คือแถบสว่างกลาง) · d ระยะห่างระหว่างสลิต (m)	$L \gg d$
$d\sin\theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$	แถบ**มืด**ลำดับที่ n · $n = 1, 2, 3, \ldots$	$L \gg d$
$y_n \approx \frac{n\lambda L}{d}$	y_n ระยะจากกึ่งกลางแถบสว่างกลางถึงแถบสว่างลำดับที่ n บนฉาก · L ระยะสลิตถึงฉาก	มุมเล็ก ($y \ll L$)
$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$	ระยะระหว่างแถบสว่าง (หรือแถบมืด) ที่อยู่ติดกัน	มุมเล็ก

สลิตเดี่ยว · หัวข้อ 3.3		
$a\sin\theta = n\lambda$	แถบ**มืด**ลำดับที่ n · $n = 1, 2, 3, \ldots$ · a ความกว้างสลิต (m)	ใช้หาแถบมืดเท่านั้น
$y_n \approx \frac{n\lambda\, L}{a}$	ระยะจากกลางถึงแถบมืดลำดับที่ n	มุมเล็ก
$w_{\text{กลาง}} = \frac{2\lambda\, L}{a}$	ความกว้างแถบสว่างกลาง (ระหว่างแถบมืดลำดับที่ 1 ทั้งสองข้าง)	มุมเล็ก
$w_{\text{ข้าง}} = \frac{\lambda\, L}{a}$	ความกว้างแถบสว่างแถบอื่น	มุมเล็ก

เกรตติง · หัวข้อ 3.4		
$d = \frac{1}{N}$	N จำนวนช่องต่อความยาว · ถ้า N เป็นช่อง/mm จะได้ d เป็น mm แล้วแปลงเป็น m	เช่น 500 ช่อง/mm → $d = 2.0\times10^{-6}$ m
$d\sin\theta = n\lambda$	แถบสว่างลำดับที่ $n = 0, 1, 2, \ldots$	แสงตกตั้งฉากกับเกรตติง
$n_{max} < \frac{d}{\lambda}$	ลำดับสูงสุดที่เกิดได้ (ปัดลง) · จำนวนแถบทั้งหมด $= 2n_{max} + 1$	เพราะ $\sin\theta < 1$
$y = L\tan\theta$	ตำแหน่งบนฉาก (ฉากแบนตั้งฉากกับแนวกลาง)	ใช้ได้ทุกมุม

บทที่ 4 แสงเชิงรังสี

กระจกเงาราบ · หัวข้อ 4.1		
$\theta_i = \theta_r$	มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน (วัดจากเส้นแนวฉาก)	ทุกผิวสะท้อน
$n = \frac{360^\circ}{\theta} - 1$	n จำนวนภาพจากกระจกเงาราบสองบานทำมุม θ	ใช้เมื่อ $\frac{360^\circ}{\theta}$ เป็นจำนวนเต็มคู่ (ถ้าเป็นจำนวนคี่ วัตถุต้องอยู่บนเส้นแบ่งครึ่งมุม) · กระจกขนานกันได้ภาพจำนวนมากไม่จำกัด
รังสีสะท้อนหมุน 2θ	เมื่อกระจกหมุน θ โดยรังสีตกกระทบคงที่	เส้นแนวฉากหมุนตามกระจก θ
$L_{\min} = \frac{H}{2}$	ความยาวกระจกน้อยสุดที่เห็นทั้งตัว (H ความสูงคน)	กระจกแนวดิ่ง ขอบล่างสูง $\frac{h_{\text{ตา}}}{2}$

กระจกโค้ง (และเลนส์บาง — สมการเดียวกัน) · หัวข้อ 4.2		
$f = \frac{R}{2}$	f ความยาวโฟกัส · R รัศมีความโค้ง (cm หรือ m)	รูรับแสงเล็ก รังสีใกล้แกนมุขสำคัญ
$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	s ระยะวัตถุ · s' ระยะภาพ (หน่วยเดียวกับ f)	ใช้ข้อตกลงเครื่องหมายด้านล่างทุกครั้ง
$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$	m กำลังขยาย · y, y' ความสูงวัตถุและภาพ	$m < 0$ หัวกลับ · $m > 0$ หัวตั้ง · $\lvert m \rvert > 1$ ขยาย

การหักเหของแสง · หัวข้อ 4.3

$n = \frac{c}{v}$	n ดรรชนีหักเห (ไม่มีหน่วย) · v อัตราเร็วแสงในตัวกลาง (m/s)	$n \geq 1$ เสมอ
$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$	กฎของสเนลล์ · θ_1, θ_2 มุมตกกระทบและมุมหักเห (วัดจากเส้นแนวฉาก)	ใช้ได้กับรอยต่อใด ๆ · $n_2 > n_1$ เบนเข้าหาเส้นแนวฉาก
$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$	รูปเทียบเท่าของกฎของสเนลล์	ความถี่เท่ากันทั้งสองตัวกลาง
$\frac{\text{ลึกปรากฏ}}{\text{ลึกจริง}} = \frac{n_{\text{ผู้สังเกต}}}{n_{\text{วัตถุ}}}$	ความลึกปรากฏ (ตำแหน่งภาพเสมือน)	มองในแนวเกือบตั้งฉากกับผิวรอยต่อเท่านั้น

มุมวิกฤต · หัวข้อ 4.4

$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$	n_1 ตัวกลางที่แสงอยู่ · n_2 ตัวกลางอีกด้าน	$n_1 > n_2$ เท่านั้น
$\sin\theta_c = \frac{1}{n}$	ตัวกลาง n ติดกับอากาศ	แก้ว $n = 1.5 \rightarrow \theta_c \approx 42^\circ$ · น้ำ $\rightarrow \approx 49^\circ$ · เพชร $\rightarrow \approx 24^\circ$

เลนส์บาง · หัวข้อ 4.5

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	f ความยาวโฟกัส · s ระยะวัตถุ · s' ระยะภาพ	เลนส์นูน $f > 0$ · เลนส์เว้า $f < 0$ · ภาพจริงอีกด้าน $s' > 0$
$m = -\frac{s'}{s} = \frac{f}{f - s}$	กำลังขยาย	รูปขวาสะดวกเมื่อรู้ f และ s
$s_2 = d - s_1'$	เลนส์สองอัน ห่างกัน d: ภาพแรกเป็นวัตถุของเลนส์ที่สอง	ในเล่มนี้ใช้เมื่อภาพแรกเกิดก่อนถึงเลนส์ที่สอง (วัตถุจริง) · $m = m_1\, m_2$

บทที่ 5 เสียง

อัตราเร็วเสียง · หัวข้อ 5.1		
$v = 331 + 0.6T$	v อัตราเร็วเสียงในอากาศ (m/s) · T อุณหภูมิ (°C)	อากาศแห้ง ใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิทั่วไป · T เป็นองศาเซลเซียส ไม่ใช่เคลวิน
$v = f\lambda$	f ความถี่ (Hz) · λ ความยาวคลื่น (m)	f มาจากแหล่งกำเนิด คงที่เมื่อเปลี่ยนตัวกลาง
$s = vt$	s ระยะทาง (m) · t เวลา (s)	อัตราเร็วเสียงคงตัวในตัวกลางเดียว

ความเข้มเสียงและระดับเสียง · หัวข้อ 5.3		
$I = \frac{P}{4\pi r^2}$	I (W/m²) · P กำลังเสียง (W) · r ระยะจากแหล่งกำเนิด (m)	แหล่งกำเนิดเล็ก กระจายเท่ากันทุกทิศ ไม่คิดการดูดกลืนและการสะท้อน
$\beta = 10\log\frac{I}{I_0}$	β (dB) · $I_0 = 1.0\times10^{-12}\ \mathrm{W/m^2}$	I_0 ประมาณขีดเริ่มการได้ยินที่ 1,000 Hz
$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\frac{I_2}{I_1}$	ผลต่างระดับเสียง	ใช้เทียบสองสถานการณ์โดยไม่ต้องรู้ I_0
$I_{\text{รวม}} = I_1 + I_2 + \dots$	หลายแหล่งกำเนิดที่ไม่อาพันธ์กัน	รวมความเข้ม ไม่รวมเดซิเบล

คลื่นนิ่งในเชือกและในท่อ · หัวข้อ 5.6

$L = n\frac{\lambda}{2}, f_n = \frac{nv}{2L} = nf_1$	เชือกตรึงสองปลาย · $n = 1, 2, 3, \ldots$ (จำนวน loop)	v คืออัตราเร็วคลื่นในเชือก
$L = (2n - 1)\frac{\lambda}{4}$, $f = (2n\text{-}1)\frac{v}{4L}$	ท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน (หลอดกำทอน) · $n = 1, 2, 3, \ldots$	ปลายปิด = บัพการกระจัด ปากท่อ = ปฏิบัพ · มีเฉพาะฮาร์มอนิกคี่
$L_{n+1} - L_n = \frac{\lambda}{2}$	ระยะระหว่างตำแหน่งสั่นพ้องที่ติดกัน (ความถี่คงที่)	ค่าปลายท่อหักล้างกัน ใช้หา λ ได้แม่นที่สุด
$L_1 + e = \frac{\lambda}{4}$	e ค่าปลายท่อ (ปฏิบัพจริงอยู่เหนือปากท่อเล็กน้อย)	ถ้าโจทย์บอก “ไม่คิดค่าปลายท่อ” ใช้ $e = 0$

บีต · หัวข้อ 5.7

$f_b = \lvert f_1 - f_2 \rvert$	f_b ความถี่บีต = จำนวนครั้งที่เสียงดังขึ้นต่อวินาที (Hz)	หูแยกบีตได้ชัดเมื่อ f_b ไม่เกินราว 7 Hz
$T_b = \frac{1}{f_b}$	ช่วงเวลาระหว่างเสียงดังที่สุดสองครั้งที่ติดกัน (s)	

ดอปเพลอร์: แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ ผู้ฟังอยู่นิ่ง · หัวข้อ 5.8

$\lambda' = \frac{v - v_s}{f}$	ความยาวคลื่นด้านหน้า (แหล่งกำเนิดเข้าหาผู้ฟัง)	$v_s < v$ · v อัตราเร็วเสียงในอากาศ
$\lambda' = \frac{v + v_s}{f}$	ความยาวคลื่นด้านหลัง (แหล่งกำเนิดออกห่าง)	
$f' = \frac{v}{\lambda'}$	ความถี่ที่ผู้ฟังได้ยิน	ผู้ฟังนิ่ง รับคลื่นด้วยอัตราเร็ว v

เห็นภาพ เข้าใจหลัก
คิดเป็นขั้น ทำโจทย์มั่นใจ

ตะลุยโจทย์ ฟิสิกส์ ม.5 - 1,000 ข้อ

ฝึกฟิสิกส์อย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่สรุปหลักการ
ดูตัวอย่างวิธีคิด ไปจนถึงโจทย์ประยุกต์และวิเคราะห์
พร้อมเฉลยละเอียดเพื่อทบทวนความเข้าใจ

- ☑ โจทย์ 1,000 ข้อ ไล่ระดับความยาก
- ☑ เฉลยละเอียด พร้อมตรวจหน่วยและเหตุผล
- ☑ Mind Map ทุกบท และสรุปสูตร
- ☑ แบบประเมินก่อนเรียน และข้อสอบรวม 4 ชุด
- ☑ แผนฝึก 10 สัปดาห์ และบันทึกข้อผิดพลาด

ครอบคลุม 7 บทสำคัญ

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย • คลื่น
แสงเชิงคลื่น • แสงเชิงรังสี • เสียง
ไฟฟ้าสถิต • ไฟฟ้ากระแส

สำหรับนักเรียน ม.5 สายวิทย์ และเตรียมสอบกลางภาค–ปลายภาค



แอป LearnSpace
iPhone / iPad



แอป LearnSpace
Android



LearnSpace by ChatStick | www.chatstickmarket.com