

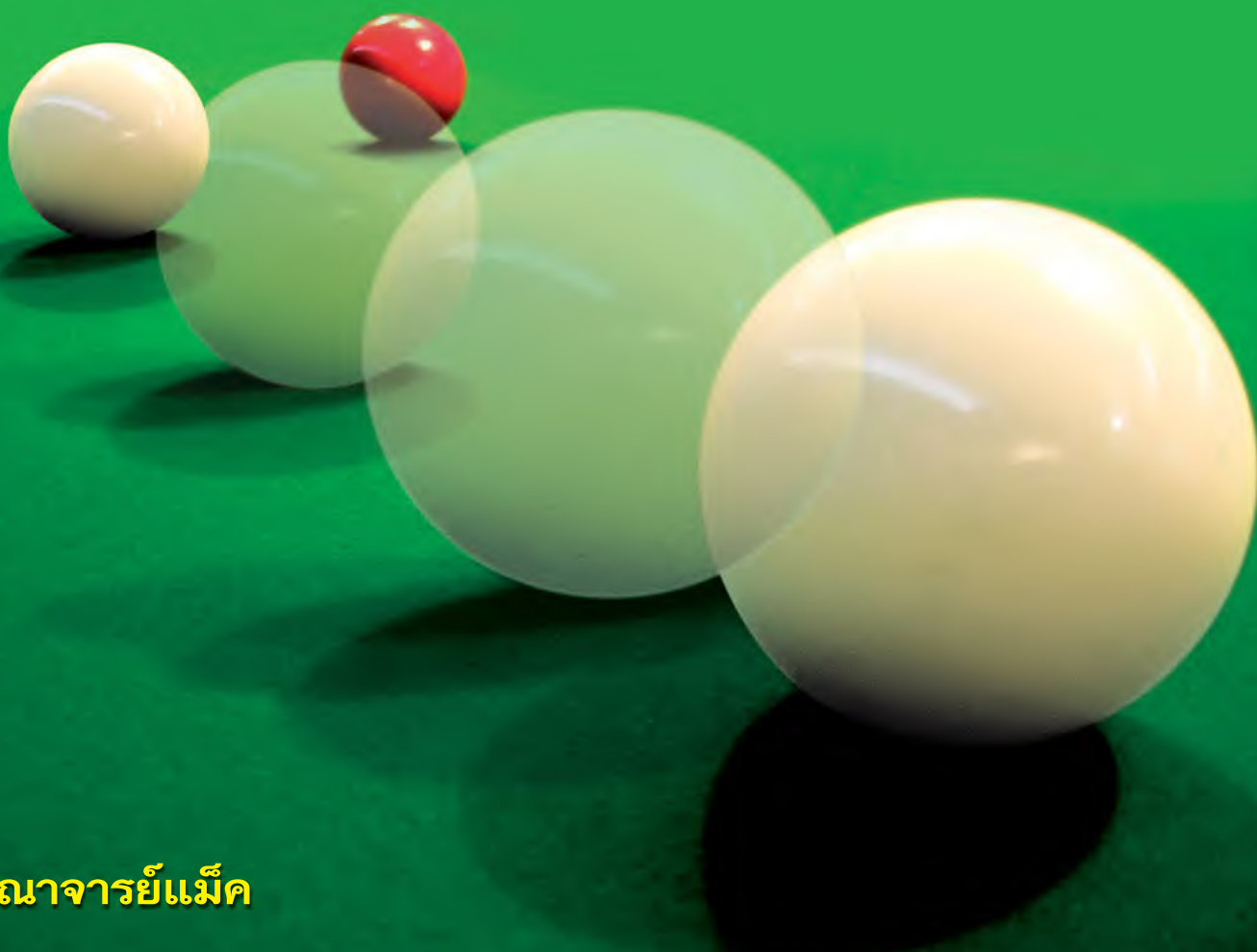


Compact

Ministry of Education
Innovation Academic Center

ฟิสิกส์ ม.4

ใหม่ ตรงตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551



คณาจารย์แม่ใจ

 | MAC EDUCATION

Compact

ฟิสิกส์ ม.4

ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551
ของกระทรวงศึกษาธิการ



ครอบคลุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4 เข้าใจง่าย ตรงประเด็น



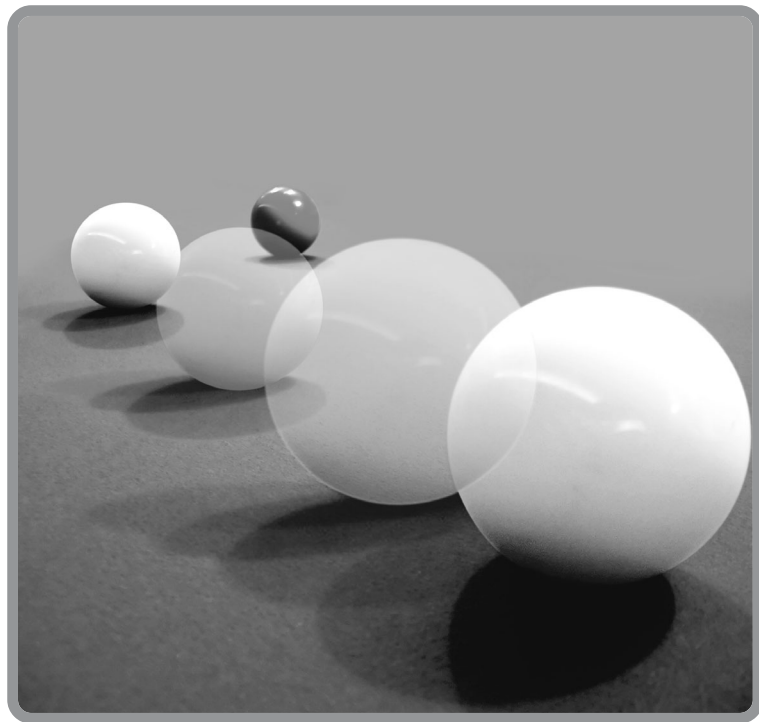
มีเทคนิคในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และแบบฝึกหัดที่หลากหลาย พร้อมเฉลยอย่างละเอียด



สำหรับศึกษาค้นคว้าและบทกวนเนื้อหาเพื่อเพิ่มทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น



เหมาะกับการเตรียมความพร้อมในการสอบเก็บคะแนน สอบกลางภาค และสอบปลายภาค



คณาจารย์แม่็ค

Compact ฟิสิกส์ ม.4

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

คณาจารย์แม่ค.

Compact ฟิสิกส์ ม.4--กรุงเทพฯ : แม่ค., 2551.

348 หน้า.

1. ฟิสิกส์--คำถามและคำตอบ. I. ชื่อเรื่อง.

530.076

ISBN 978-974-412-403-6

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัท สำนักพิมพ์แม่ค จำกัด

MAC PRESS CO., LTD.

ผู้เขียน : คณาจารย์แม่ค

สงวนลิขสิทธิ์ : พุทธศักราช 2551

ราคาจำหน่าย : 175 บาท

การสั่งซื้อ : ส่งงานนัดส่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว 10310 ในนาม บริษัท สำนักพิมพ์แม่ค จำกัด
เลขที่ 9/99 อาคารแม่ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028

E-mail : macpress@MACeducation.com

www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : บริษัท ที.เค.ออฟเซต แอนด์ พรินท์ จำกัด

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ออกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

คำนำ

Compact ฟิสิกส์ ม.4 เล่มนี้ บริษัทได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการที่ใช้อยู่ใน ปัจจุบัน ดังนั้นหนังสือเล่มนี้จึงเหมาะแก่นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ทั้งสองหลักสูตร นอกจากนี้ยังเหมาะกับครูและผู้ปกครองที่ต้องการเสริมความรู้เพิ่มเติมนอกเหนือ จากบทเรียนให้แก่วิชาและบุตรหลานอีกด้วย

หนังสือชุด Compact ฟิสิกส์ ประกอบด้วยเนื้อหาทางวิชาฟิสิกส์ใน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การอธิบายใช้ภาษาแบบไม่เป็นทางการ มีเทคนิค หรือแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาและแบบฝึกหัดที่เรียงลำดับจากง่ายไปยาก พร้อม เฉลยอย่างละเอียด เพื่อเพิ่มความเข้าใจมากขึ้น

การจัดทำหนังสือชุด Compact ฟิสิกส์ ชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ให้นักเรียน ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยทบทวนเนื้อหาและฝึกทำแบบฝึกหัดที่หลากหลาย อย่างสม่ำเสมอซึ่งเป็นการเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนรู้จักคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหา เพิ่มความมั่นใจและทักษะความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพื่อ เป็นพื้นฐานการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นไป

บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือชุด Compact ฟิสิกส์ ชุดนี้จะอำนวยประโยชน์อย่างสูงสุดให้แก่ นักเรียน ครู และผู้ปกครอง ต่อไป

บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด

สารบัญ

● บทที่ 1 การวัดและการแปลความหมายข้อมูล	1-25
1.1 หน่วยฐาน	4
1.2 หน่วยอนุพันธ์	4
1.2.1 ตัวอย่างหน่วยอนุพันธ์ที่ควรรู้จัก	5
1.3 คำอุปสรรค	6
1.4 Scientific notation	8
1.5 เลขนัยสำคัญ	9
1.5.1 การบวกและลบเลขนัยสำคัญ	9
1.5.2 การคูณและหารเลขนัยสำคัญ	10
1.6 ความไม่แน่นอนในการวัด	10
1.6.1 การบวกหรือการลบความไม่แน่นอน	11
1.6.2 การคูณหรือการหารความไม่แน่นอน	12
แบบฝึกหัดการวัดและการแปลความหมายข้อมูล	14
เฉลยแบบฝึกหัดการวัดและการแปลความหมายข้อมูล	17
● บทที่ 2 การเคลื่อนที่ในหนึ่งและสองมิติ	26-100
2.1 เวกเตอร์	26
2.1.1 การรวมเวกเตอร์	28
2.2 การเคลื่อนที่ของวัตถุ	36
2.2.1 การกระจัดกับระยะทาง	36
2.2.2 อัตราเร็วกับความเร็ว	39
2.2.3 ความเร็วขณะหนึ่ง	43
2.2.4 การคำนวณการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่	47

2.3 การเคลื่อนที่ตามแนวโค้งภายใต้แรงดึงดูดโลก	57
2.4 กราฟและการแปลงกราฟ	67
2.4.1 กราฟเส้นตรง	67
2.4.2 สิ่งที่ต้องพิจารณาเรื่องความชัน	68
2.4.3 การแปลงกราฟ	72
แบบฝึกหัดการเคลื่อนที่ในหนึ่งและสองมิติ	84
เฉลยแบบฝึกหัดการเคลื่อนที่ในหนึ่งและสองมิติ	89

● **บทที่ 3 มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่** **101-140**

3.1 มวลและน้ำหนัก	101
3.2 แรง	101
3.2.1 การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	102
3.3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (กฎความเฉื่อย)	103
3.4 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	104
3.5 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	106
3.6 แรงเสียดทาน	108
3.6.1 ชนิดของแรงเสียดทาน	108
3.6.2 กราฟแรงเสียดทาน	109
3.6.3 สมบัติของแรงเสียดทานที่จำเป็นต้องรู้	128
แบบฝึกหัดมวล แรง และกฎการเคลื่อนที่	128
เฉลยแบบฝึกหัดมวล แรง และกฎการเคลื่อนที่	131

● **บทที่ 4 การเคลื่อนที่แบบต่างๆ** **141-204**

4.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	141
4.1.1 สมการที่ใช้คำนวณการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	141
4.1.2 โพรเจกไทล์บนพื้นเอียง	146
4.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม	153
4.2.1 สมการที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่แบบวงกลม	153
4.2.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับ	156

4.2.3 การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวตั้ง	159
4.2.4 การเคลื่อนที่บนทางโค้ง	160
4.3 การโคจรของดาวเคราะห์	162
4.4 การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก	166
4.5 การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก	169
4.5.1 พลังงานของวัตถุเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก	174
แบบฝึกหัดการเคลื่อนที่แบบต่างๆ	178
เฉลยแบบฝึกหัดการเคลื่อนที่แบบต่างๆ	187

● **บทที่ 5 การเคลื่อนที่แบบหมุน** **205-233**

5.1 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมอย่างสม่ำเสมอ	206
5.2 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมอย่างไม่สม่ำเสมอ	209
5.3 ทอร์กและโมเมนตัมเชิงมุม	211
5.4 การหมุนของวัตถุแข็งเกร็ง	216
5.5 พลังงานจลน์แบบหมุนของวัตถุ	219
แบบฝึกหัดการเคลื่อนที่แบบหมุน	222
เฉลยแบบฝึกหัดการเคลื่อนที่แบบหมุน	226

● **บทที่ 6 งานและพลังงาน** **234-276**

6.1 งาน	234
6.1.1 งานของแรงไม่คงที่	238
6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน	240
6.3 พลังงานศักย์โน้มถ่วง	242
6.4 หลักการอนุรักษ์พลังงานกล	244
6.5 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	250
6.6 กำลัง	256
6.7 เครื่องกล	260
แบบฝึกหัดงานและพลังงาน	263
เฉลยแบบฝึกหัดงานและพลังงาน	268

● บทที่ 7 โมเมนตัมและการชน

277-338

7.1	โมเมนตัม	277
7.2	การคลและแรงคล	278
7.3	กราฟระหว่างแรงกับเวลา	279
7.4	การชน	286
7.4.1	การชนและหลักการอนุรักษ์โมเมนตัม	286
7.4.2	การชนในแนวเฉียง	289
7.4.3	พลังงานที่สูญหายไปในการชน	292
7.5	การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยหลักการอนุรักษ์โมเมนตัม	294
7.5.1	การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์	294
7.5.2	การชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์	295
7.6	การวัดความเร็วของกระสุนปืนด้วย ballastic pendulum	296
7.7	การยิงปืน	306
7.8	การระเบิด	308
7.9	การเดินบนเรือ	311
7.10	มวล 2 ก้อนผูกติดกันด้วยสปริง	313
	แบบฝึกหัดโมเมนตัมและการชน	315
	เฉลยแบบฝึกหัดโมเมนตัมและการชน	322





การวัดและ การแปลความหมายข้อมูล



บทนี้เป็นบทแรกที่เราจะได้เรียนรู้และเข้าใจฟิสิกส์อย่างเป็นรูปธรรม ก่อนอื่นเราต้องรู้เสียก่อนว่า ฟิสิกส์ คืออะไร?

ตำราฟิสิกส์กองโตที่อยู่ตรงหน้าเราส่วนใหญ่จะบอกว่า ฟิสิกส์ คือ ศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในด้านกายภาพของสิ่งต่างๆ หลายคนอ่านแล้วอาจจะยังงงๆ อยู่ งั้นเราลองมาดูบทความข้างล่างนี้กันดีกว่า

“06.00 น. เสียงนาฬิกาปลุกดังขึ้น เอกดึงผ้าห่มขึ้นคลุมหัวเพื่อกันแสงแดดที่ส่องผ่านกระจกเข้ามา ไม่นานนักเขาก็ได้ยินเสียงคุณแม่ตะโกนมาจากชั้นล่างว่าให้รีบตื่นเพราะจะได้รับไปโรงเรียน เอกรีบลุกไปอาบน้ำ ถึงแม้วันนั้นจะเป็นฤดูฝน แต่ด้วยนิสัยชอบอาบน้ำอุ่นมาแต่เด็ก เขาก็อาบน้ำอุ่นเหมือนในวันที่ร้อนอบอ้าวเหมือนเดิมเสร็จแล้วก็ไปแต่งตัวส่งกระจกอยู่นานตามสไตล์เด็กม.ปลาย แล้วรีบวิ่งลงบันไดมาชั้นล่าง หยิบขนมปังที่คุณแม่เพิ่งนำออกจากเตาไมโครเวฟ ทำให้เอกกินขนมปังไม่ถนัดเท่าไรเพราะมันยังร้อนอยู่ แล้วรีบสวมรองเท้าผ้าใบเดินหลบแอ่งน้ำที่ขังอยู่ตามถนนเพราะฝนตกหนักเมื่อคืน เอกขึ้นรถเมล์แต่ต้องยืนจับราวโหนเพราะที่นั่งเต็ม ทำให้ตัวเขาโอนเอียงไปซ้ายขวาเมื่อรถเลี้ยว ไกลไปข้างหน้าเมื่อรถเบรก ไกลไปข้างหลังเมื่อรถออกตัวอย่างกะทันหัน และถ้าจับราวไว้ไม่แน่นก็อาจจะล้มได้ เมื่อถึงโรงเรียน เอกวางกระเป๋า แล้ววิ่งไปเล่นฟุตบอลกับเพื่อนที่สนาม เขาเป็นคนหนึ่งที่คลั่งไคล้การเตะฟรีคิกส์มากและเตะฟรีคิกส์แม่นเหมือนจับวาง วิถีบอลที่เตะจะโค้งขึ้นและตกลงสู่ตำแหน่งที่เขาต้องการอย่างสวยงาม พอเข้าแถวเคารพธงชาติเสร็จเอกก็เดินขึ้นห้องเรียน ด้วยความซนแบบเด็กๆ เขาแอบนำเปลือกลูกอมโยนไปในตู้ปลา แต่กฎแห่งกรรมมีจริงอาจารย์เดินมาเห็นพอดี แฉมเจ้าเปลือกลูกอมนั้นยังลอยปรี่มน้ำเป็นหลักฐานอย่างดีในการชำระโทษ เอกถูกครูตีกันด้วยไม้เรียว 2 ที การตีกันครั้งแรกเอกยังอยู่ในภาวะอาฟเตอร์ช็อก (ไม่คิดว่าอาจารย์จะจับได้) เขาจึงยืนตัวตรงนิ่ง ไม่เรียวจึงกระทบกันเขาด้วยความเร็วและเจ็บมาก ครั้งที่สองเขาเริ่มเรียกสติตัวเองได้แล้ว พอไม้เรียวกำลังจะกระทบกัน เขาก็แ่นตัวไปข้างหน้าตามไม้เรียว เจ็บน้อยหน่อย พอช่วงคาบบ่าย ฝนตกหนัก ฟาผ่าลงมาที่หม้อแปลง ทำให้ไฟฟ้าดับทั้งโรงเรียน แต่เอกเห็นตึกสำนักงานที่อยู่ใกล้ๆ กับโรงเรียนไฟฟ้าไม่ดับ พอตอนเย็นกลับถึงบ้านเขาก็สะพายกระเป๋าเดินขึ้นบันไดและพูดเล่นๆ กับคุณแม่ว่า บ้านเราน่าจะมีบันไดเลื่อนนะขอแค่เลื่อนขึ้นอย่างเดียว ไม่ต้องเลื่อนลงก็ได้ เอกถูกแม่ดูว่าไม่ช่วยทำงานแล้วยังมีนิสัยขี้เกียจอีก เอกตั้งนาฬิกาปลุกแล้วเข้านอน และเมื่อเวลา 06.00 น. ของวันใหม่เสียงนาฬิกาปลุกดังขึ้น...”

จากบทความที่เราได้อ่านไปแล้วนั้น เป็นเรื่องในชีวิตประจำวันของเด็กม.ปลายธรรมดาคนหนึ่ง แต่ที่ไมธรรมดาคือเชื่อหรือไม่ว่า ตั้งแต่เขาตื่นนอนจนกระทั่งเข้านอน เขาได้เกี่ยวข้องกับกฎและทฤษฎีฟิสิกส์มากมาย เท่าที่ลองคิดดูอย่างน้อยเขาก็เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ถึง 18 เรื่อง ดังนี้



1. **เสียงนาฬิกาปลุกดัง** เอกได้ยินเสียงนาฬิกาปลุกดังเพราะอนุภาคอากาศสั่น และถ่ายทอดพลังงานกัน ต่อมาเรื่อยๆ จนเข้ากระทบกับเยื่อแก้วหูของเขา แต่ถ้าเอกออกไปนอนหลับนอกโลกที่เป็นสุญญากาศ เขาก็จะไม่ได้ยินเสียงนาฬิกาปลุก เพราะไม่มีตัวกลางให้เสียงเดินทางมายังหูของเขา แต่ในภาพยนตร์บางเรื่องที่ขี้นยานอวกาศได้ยินกัน เสียงดังสนั่นลั่นจ่อ นั่นเป็นเพราะเน้นความบันเทิงเป็นหลัก ลองคิดภาพขณะเรานั่งดูภาพยนตร์ที่พระเอกขี้นยานอวกาศได้ยิ่งผู้ร้ายโดยไม่ได้ยินเสียงอะไรเลยเพราะต้องการให้สมจริงกับหลักฟิสิกส์ของเสียง ผู้ชมคงเดินออกจากโรงภาพยนตร์ตั้งแต่ครึ่งเรื่องแล้วจริงไหม อย่างไรก็ตามเราจะได้เจาะลึกเรื่องนี้ในวิชาฟิสิกส์เรื่องเสียง

2. **ดึงผ้าห่มมาคลุมหัว** เอกดึงผ้าห่มมาคลุมหัวเพราะป้องกันแสงที่ส่องผ่านกระจกเข้ามา เพราะสมบัติของวัตถุประการหนึ่งที่เราศึกษาสม้ย่อมต้น คือ ความสามารถที่ยอมให้แสงผ่านได้มากน้อยต่างกัน โดยกระจกมีสมบัติโปร่งแสง คือแสงผ่านกระจกได้หมด เอกจึงใช้ผ้าห่มกันแสงแทน เพราะผ้าห่มมีสมบัติทึบแสง และแสงที่ผ่านกระจกก่อนจะเข้าตาเอกนั้นจะมีการหักเหด้วย เพราะกระจกกับอากาศมีความหนาแน่นต่างกัน เราจะได้เรียนเรื่อง สมบัติของแสงในวิชาฟิสิกส์เรื่องแสง

3. **เอกได้ยินเสียงคุณแม่ตะโกนจากชั้นล่าง** เป็นเพราะสมบัติการเลี้ยวเบนของเสียงนั่นเอง แต่ถ้าเอกยังขี้นเตียงไม่ยอมตื่นอีก เขาอาจได้รับระดับความเข้มเสียงที่เพิ่มมากขึ้นจากคุณแม่อีกเป็นได้ (และเป็นเสียงที่น่ากลัวกว่าครั้งแรกด้วย)

4. **น้ำอุ่น** น้ำที่อุณหภูมิปกติจะไม่อุ่น แต่น้ำอุ่นได้เนื่องจากได้รับความร้อนหรือพลังงาน โดยทั่วไปเครื่องทำน้ำอุ่นมักจะใช้หลักการของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแล้วจะเกิดความร้อน ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากขดลวดสู่ น้ำ ซึ่งเราจะได้เรียนเรื่องนี้ในวิชาฟิสิกส์เรื่องการถ่ายเทความร้อนและไฟฟ้ากระแส

5. **อากาศที่ร้อนอบอ้าว** ก่อนฝนตกเราจะรู้สึกร้อนอบอ้าวเพราะเมฆคายความร้อนออกสู่อากาศ ทำให้อากาศชั้นบนรับน้ำหรือไอน้ำได้น้อยลง น้ำจึงมารวมตัวกันด้วยแรงโน้มถ่วงระหว่างมวลแล้วตกลงมาเป็นฝน ซึ่งเราจะได้เรียนเรื่องกระบวนการดูดและคายพลังงานในเรื่องอุณหพลศาสตร์

6. **เอกส่องกระจกแล้วเห็นภาพตนเอง** เพราะแสงตกกระทบตัวเขาและไปสะท้อนกับกระจกแล้วจึงพุ่งเข้ามาใส่ตา ภาพที่เอกเห็นตัวเขาในกระจกเป็นภาพเสมือนหัวตั้งขนาดเท่าวัตถุ

7. **เตาไมโครเวฟ** หลักการทำงานของไมโครเวฟคือ ปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านความถี่ไมโครเวฟเข้าไปในอาหาร เมื่ออนุภาคของน้ำที่อยู่ในอาหารเกิดการสั่นด้วยความถี่สูงมาก จึงเกิดการเสียดทานกับอนุภาคอาหารทำให้เกิดความร้อนในอาหาร ส่วนความร้อนที่เกิดขึ้นในภาชนะนั้นเป็นผลมาจากการถ่ายเทความร้อนของอาหารมาสู่ภาชนะ เพราะในภาชนะ เช่น แก้ว แปะบจะไม่ม่อนุภาคน้ำอยู่เลย จึงไม่ค่อยเกิดความร้อนจากตัวภาชนะ ซึ่งเราจะได้เรียนในเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

8. **เอกรู้สึกร้อนเมื่อรับประทานขนมปัง** เพราะความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างปากของเขากับขนม และเขาจะรู้สึกร้อนกว่าขนมปังร้อนน้อยลงเรื่อยๆ เนื่องจากความร้อนได้ถ่ายเทออกสู่อากาศซึ่งถือว่าเป็นระบบเปิด

9. **เอกสวมรองเท้าผ้าใบ** รองเท้าโดยทั่วไปนอกจากจะป้องกันอันตรายให้กับเท้าแล้วยังช่วยเพิ่มแรงเสียดทานให้กับเท้าด้วย ทำให้เราเดินได้โดยไม่ลื่นหกล้ม เราจะได้เจาะลึกเกี่ยวกับแรงเสียดทานในวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ของวัตถุ

10. **รถเลี้ยวโค้ง** จะทำให้เอกเอียงตัวไปทิศตรงข้ามกับการเลี้ยว แต่ถ้าเขาไม่ต้องการให้ตัวเอียง เขาต้องออกแรงดึงราวในทิศตรงข้ามกับที่รถเลี้ยว เพื่อให้ตัวเขามีทิศเดียวกับความเร่งสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่แบบวงกลม เราจะได้เรียนเรื่องนี้ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ



11. การกลิ้งหรือการหมุน ถ้าเอกจับราวไม่แน่นพอขณะรถเบรคอย่างกะทันหัน อาจทำให้เขากลิ้งไปข้างหน้าได้ เนื่องจากมีโมเมนตัมกระทำที่ตัวเขาโดยมีจุดหมุนอยู่ที่เท้า โดยถือว่าเท้าเขาไม่เคลื่อนที่เพราะแรงเสียดทานระหว่างรองเท้ากับพื้นรถ เราจะศึกษาเรื่องนี้ในวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน

12. บอลโค้ง เอกพยายามเตะบอลให้มีวิถีโค้ง ซึ่งการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวิถีโค้งเป็นเพราะมีแรง 2 แรง กระทำต่อวัตถุจัดเป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

13. สาเหตุที่บอลโค้ง เพราะในขณะที่บอลพุ่งไปในอากาศ บอลจะหมุนด้วย เมื่อบอลหมุนความเร็วของอากาศที่ผ่านบอลทั้ง 2 ข้างจะไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันอากาศ ทำให้ผลักบอลเป็นวิถีโค้ง ซึ่งเราจะเรียนเรื่องนี้ในวิชาฟิสิกส์เรื่องกฎของแบร์นูลลีเกี่ยวกับของไหล

14. เปลือกลูกกอล์ฟไม่จมน้ำ เพราะมีแรงลอยตัวมากระทำกับเปลือกลูกกอล์ฟ โดยแรงลอยตัวนี้อาจจะมากกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักของเปลือกลูกกอล์ฟ ทำให้ไม่จมน้ำ ซึ่งเกี่ยวกับแรงลอยตัวในทางฟิสิกส์

15. โดนตี 2 ครั้งแต่เจ็บไม่เท่ากัน เพราะโดนตีครั้งแรกเอกลื่นนิ่ง ทำให้ระยะเวลาในการกระทบกันของไม้เรียวกับก้านนั้นน้อย เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมต่อเวลามาก จึงเกิดแรงมากก็เลยเจ็บมาก แต่พอโดนตีครั้งที่ 2 เอกแอ่นตัวไปข้างหน้าขณะไม้เรียวกระทบกัน ทำให้ระยะเวลาในการกระทบกันของไม้เรียวกับก้านมีมากขึ้นหรือนานขึ้น ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมมีค่าน้อยจึงเกิดแรงน้อย เอกจึงรู้สึกเจ็บน้อยกว่าโดนตีครั้งแรก เราจะได้เรียนเรื่องนี้ในหัวข้อแรงดลและการดล

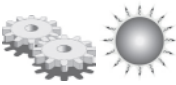
16. ฟาผ่า เนื่องจากก้อนเมฆมีประจุลบเมื่อเทียบกับพื้นดิน ทำให้มีความต่างศักย์เกิดขึ้นระหว่างก้อนเมฆและพื้นดิน ประจุลบจึงวิ่งลงมาหาประจุบวก เราจึงเห็นเป็นสายฟ้าที่ทอดยาวลงมา ซึ่งก็คือการเคลื่อนที่ของประจุเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างศักย์นั่นเอง เราจะได้เรียนเรื่องนี้ในเรื่องไฟฟ้าสถิต

17. ไฟฟ้าดับ แต่สำนักงานที่เอกเห็นไม่ดับ เพราะการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามบ้านเรือนนั้นมาจากแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า 3 เฟส ทำให้บริเวณที่ใช้เฟสต่างกับโรงเรียนไฟไม่ดับ ซึ่งเราจะเรียนเรื่องนี้ในเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ

18. บันไดเลื่อน เอกต้องการบันไดเลื่อนขึ้นชั้นบนของบ้านแต่ไม่ต้องการบันไดเลื่อนลง เพราะขณะที่เขาสะพายกระเป๋าแล้วเดินขึ้นไปชั้นบนนั้น จะถือว่าเกิดงานในทางฟิสิกส์ หลักฐานโดยสามัญสำนึกที่ทำให้เขารับรู้ว่าเกิดงานคือ ความเหนื่อย เขาต้องออกแรงแบกกระเป๋าและเดินขึ้นบนบ้านเกิดระยะกระจัดขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าเขาเดินลงมาชั้นล่าง เขาแทบจะไม่รู้สึกเหนื่อย เขาไม่ต้องออกแรง เพราะแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำกับกระเป๋าและตัวเขาให้มีทิศลงข้างล่างอยู่แล้ว จึงไม่เกิดงาน ดังนั้นในมุมมองทางฟิสิกส์ เอกทำงานตอนเดินขึ้นบันได แต่ (จำเป็นต้อง) ขี้เกียจตอนเดินลงบันได ซึ่งขัดกับมุมมองของคุณแม่เอกที่ว่า เขาไม่ยอมช่วยทำงานเลย ซึ่งเราจะเรียนเรื่องนี้ในเรื่องงาน

จากตัวอย่างบทความและการวิเคราะห์ประเด็นทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน น่าจะทำให้เรามองภาพรวมได้บ้างว่า ฟิสิกส์คืออะไร และสัมพันธ์อย่างไรกับชีวิตประจำวัน

ประเด็นต่อมาคือ ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ต่างๆ มีมากมาย แล้วเราจะสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างไรว่า สิ่งที่เราพบเห็นนั้นมีปริมาณมากน้อยเพียงใด ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO : International Organization for Standardization) ได้กำหนดระบบหน่วยระหว่างประเทศขึ้นมาเรียกว่า **ระบบเอสไอ (SI : International System of Units)** ซึ่งในระบบนี้ประกอบด้วยหน่วยฐาน (base units) หน่วยอนุพันธ์ (derived units) และหน่วยเสริม (supplementary units) มีรายละเอียด ดังนี้



1.1 หน่วยฐาน



หน่วยฐานสำหรับปริมาณทางฟิสิกส์ มีดังนี้

ปริมาณ	หน่วย
ความยาว	เมตร (m)
มวล	กิโลกรัม (kg)
เวลา	วินาที (s)
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (A)
อุณหภูมิ	เคลวิน (K)
ปริมาณสาร	โมล (mol)
ความเข้มการส่องสว่าง	แคนเดลา (cd)

ปริมาณทั้ง 7 ตัวนี้ เราจะต้องจำให้ได้ โดยเฉพาะปริมาณ 4 ตัว คือ ความยาว มวล เวลา อุณหภูมิ จะพบเจออย่างสม่ำเสมอในเกือบทุกเรื่อง ส่วนปริมาณกระแสไฟฟ้าจะพบบ่อยในเรื่องไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสและแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นหลัก ส่วนปริมาณสารจะพบในเรื่องของแก๊ส อุณหพลศาสตร์ เป็นต้น และตัวสุดท้ายคือ ความเข้มการส่องสว่างจะพบในเรื่องของแสง

1.2 หน่วยอนุพันธ์



หน่วยอนุพันธ์เป็นหน่วยที่เกิดจากปริมาณหน่วยฐานคูณหรือหารกัน เพื่อให้เกิดหน่วยใหม่ขึ้นมา ยกตัวอย่างเช่น

- ผ้าผืนหนึ่งกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร ดังนั้น พื้นที่ของผ้าผืนนี้ คือ

$$2 \text{ (เมตร)} \times 3 \text{ (เมตร)} = 6 \text{ (เมตร}^2\text{)}$$

↓ ↓ ↓
หน่วยฐาน หน่วยฐาน หน่วยอนุพันธ์

- รถยนต์วิ่งได้ระยะทาง 10 เมตร โดยใช้เวลา 2 วินาที ดังนั้น รถยนต์คันนี้วิ่งด้วยอัตราเร็วเท่าไร

ระยะทาง 10 (เมตร) → หน่วยฐาน

ใช้เวลา 2 (วินาที) → หน่วยฐาน

อัตราเร็ว = $\frac{10}{2} = 5$ (เมตรต่อวินาที) → หน่วยอนุพันธ์



1.2.1 ตัวอย่างหน่วยอนุพันธ์ที่ควรรู้จัก

ปริมาณ	หน่วย
แรง	กิโลกรัม-เมตรต่อวินาที ² ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$) หรือ นิวตัน (N)
ความเร็ว	เมตรต่อวินาที (m/s)
ความเร่ง	เมตรต่อวินาที ² (m/s^2)
* งาน	นิวตัน-เมตร ($\text{N}\cdot\text{m}$) หรือ จูล (J)
* พลังงาน	จูล (J)
พื้นที่	ตารางเมตร (m^2)
ความดัน	นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)
ความหนาแน่น	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)
น้ำหนัก	กิโลกรัม-เมตรต่อวินาที ² ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$) หรือ นิวตัน (N)

* งานกับพลังงานนั้นคือสิ่งเดียวกันแต่เราพิจารณากันคนละสภาพจึงใช้หน่วยเหมือนกัน แต่เรียกชื่อต่างกัน ซึ่งเราจะศึกษาอย่างละเอียดในบทของงานและพลังงาน

นอกจากหน่วยฐานและหน่วยอนุพันธ์แล้ว ยังมีหน่วยเสริมที่ควรทราบอีก 2 หน่วย คือ

1. มุมเชิงระนาบ มีหน่วยวัดเป็น เรเดียน (rad)
2. มุมตัน มีหน่วยวัดเป็น สเตอเรเดียน (sr)

โดยเราจะพบมุมเชิงระนาบมากในเรื่องของการเคลื่อนที่แบบวงกลมและการคำนวณเกี่ยวกับปรากฏการณ์คลื่น ส่วนมุมตันนั้นแทบจะไม่พบเท่าไรในฟิสิกส์ระดับ ม.ปลาย แต่จะพบเห็นบ้างในข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยวิชาพื้นฐานวิศวกรรม

ประเด็นที่ข้อสอบจะออกเสมอโดยเฉพาะการสอบเก็บคะแนนกลางภาคเรียนหรือปลายภาคเรียนคือ มักจะถามเราว่า ตัวเลือก (choice) ในข้อใดที่เป็นหน่วยมูลฐานหรือเป็นหน่วยอนุพันธ์ เช่น

ตัวอย่างที่ 1 ตัวเลือกในข้อใดที่เป็นหน่วยอนุพันธ์

- | | |
|--------|--------|
| 1. m/s | 2. mol |
| 3. m | 4. kg |

ตัวอย่างที่ 2 ตัวเลือกในข้อใดที่เป็นปริมาณของหน่วยฐาน

- | | |
|-------------------------|------------|
| 1. ความเร็ว | 2. น้ำหนัก |
| 3. ความเข้มการส่องสว่าง | 4. พื้นที่ |



เทคนิคในการแก้ปัญหาโจทย์ 2 ข้อนี้คือ เราต้องแม่นยำในหน่วยฐาน เพราะถ้าเราจำหน่วยฐานได้ทั้ง 7 ตัวแล้ว ก็สามารถทราบคำตอบได้ทันที เพราะตัวอื่นที่ไม่ใช่หน่วยฐานก็ถูกจัดเป็นหน่วยอนุพันธ์ ดังนั้น

ข้อ 1 ตอบ 1

ข้อ 2 ตอบ 3

ข้อควรระวังสำหรับข้อ 2 คือ มวลกับน้ำหนักนั้นต่างกัน โดยมวลมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) แต่น้ำหนักมีหน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตรต่อวินาที² ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$) หรือนิวตัน (N) ซึ่งน้ำหนักเกิดจากการคูณหรือหารกันของหน่วยฐานจึงจัดว่าเป็นหน่วยอนุพันธ์

Coffee Break พักสักนิด คิดสักหน่อย

ในชีวิตประจำวันนั้น เรามักจะได้ยินคำว่า น้ำหนัก อย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะตื่นตอนเช้าแล้วเดินไปซื้อเนื้อไก่ที่ตลาดสดก็สามารถที่จะได้ยินคนซื้อถามคนขายว่า “ไก่นี้หนักกี่กิโลกรัม” หรือแม้แต่เวลาเราไปโรงเรียน อาจารย์บอกให้เราไปชั่งน้ำหนักเพื่อตรวจสอบสุขภาพ เมื่อเราชั่งแล้วก็จะรับมาบอกอาจารย์ว่า “ผมหนัก 50 กิโลกรัมครับ” หรือ “หนูหนัก 40 กิโลกรัมค่ะ” ซึ่งคำพูดเหล่านี้ในทางฟิสิกส์จัดว่าผิด เพราะใช้หน่วยผิด ปริมาณที่เราได้จากการชั่งคือมวล ไม่ใช่ น้ำหนัก ถ้าต้องการทราบน้ำหนักต้องนำมวลไปคูณกับค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก (g) ซึ่งโลกของเรามีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที² แล้วจะได้ออกมาเป็นน้ำหนัก เช่น เมื่อเราขึ้นไปบนตราชั่ง แล้วอ่านค่ามวลได้ 50 กิโลกรัม

ดังนั้น เราจะมีน้ำหนัก $50 \times 9.8 = 490$ นิวตัน

แต่ในชีวิตประจำวัน คงไม่มีใครไปพูดกับแม่ค้าขายไก่ว่า

“แม่ค้าซื้อเนื้อไก่สับหนัก 30 นิวตัน” เพราะแม่ค้าอาจจะสับเนื้อเราแทนเนื้อไก่ได้...

1.3 คำอุปสรรค (prefixes)



เมื่อเราได้สังเกตปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์แล้ว ต่อมาเราต้องทำการบันทึกสิ่งที่เราสังเกตเพื่อที่จะเป็นข้อมูลสำหรับใช้ประโยชน์ต่อไป ประเด็นปัญหาคือ ปริมาณในทางฟิสิกส์นั้น บางปริมาณมีมาก บางปริมาณมีน้อย ทำให้ไม่สะดวกในการเขียนจดบันทึกและการอ่านค่าของข้อมูลเพื่อนำไปใช้งาน เช่น ความเร็วของแสงในสุญญากาศ มีค่าประมาณ 300,000,000 เมตรต่อวินาที

ในกรณีของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มากๆ หรือเล็กมากๆ เรานิยมใช้คำอุปสรรค (prefixes) นำหน้าหน่วยดังต่อไปนี้



คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	10^n
เฟมโต (femto)	f	10^{-15}
พิโก (pico)	p	10^{-12}
* นาโน (nano)	n	10^{-9}
* ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}
* มิลลิ (milli)	m	10^{-3}
* เซนติ (centi)	c	10^{-2}
* เดซิ (deci)	d	10^{-1}
เดคา (deca)	da	10^1
เฮกโต (hecto)	h	10^2
* กิโล (kilo)	k	10^3
* เมกะ (mega)	M	10^6
จิกะ (giga)	G	10^9
เทระ (tera)	T	10^{12}

ตัวอย่างที่ 3 วิธีการใช้คำอุปสรรค

- ความยาวคลื่นแสงช่วงความยาวคลื่น 0.000000005 m (ไม่ใช่คำอุปสรรค)
ความยาวคลื่นแสงช่วงความยาวคลื่น 5 nm (ใช้คำอุปสรรค)
- ชิ้นส่วนวัสดุหนา 0.000006 m (ไม่ใช่คำอุปสรรค)
ชิ้นส่วนวัสดุหนา 6 μm (ใช้คำอุปสรรค)
- มวลวัตถุมีค่า 4,000,000 g (ไม่ใช่คำอุปสรรค)
มวลวัตถุมีค่า 4 Mg (ใช้คำอุปสรรค)

เราจะพอมองภาพรวมการใช้คำอุปสรรคในการบันทึกข้อมูลได้ ที่สำคัญคือต้องจดจำสัญลักษณ์และค่าที่แทนคำอุปสรรคนั้นให้ได้ ส่วนที่ทำเครื่องหมาย (*) ไว้หน้าข้อนั้นคือ คำอุปสรรคที่จะพบได้บ่อยในวิชาฟิสิกส์ ควรจำให้ได้เป็นอย่างดี

แต่เมื่อถึงเวลาสอบ เรามักจะต้องเปลี่ยนคำอุปสรรคให้เป็นค่า 10^n เพื่อนำไปคำนวณมากกว่าที่จะเปลี่ยนจากเลขศูนย์หลายๆ ตัวมาเป็นคำอุปสรรค เช่น

โจทย์ อุกกาบาตก้อนหนึ่งมีมวล 5 Mg มีปริมาตร 3 km^3 จงคำนวณหาความหนาแน่นของอุกกาบาตก้อนนี้
ลักษณะโจทย์แบบนี้ เราต้องจำคำอุปสรรคได้ว่ามีค่าเท่าไร ดังนี้

$$5 \text{ Mg} = 5,000,000 \text{ g}$$

$$3 \text{ km}^3 = 3,000 \text{ m}^3$$



จากสูตร ความหนาแน่นจะได้

$$\rho = \frac{m}{V}$$

แต่การคำนวณมวลทางฟิสิกส์ ต้องใช้มวลในหน่วยกิโลกรัมเสมอตามระบบ SI

จะได้ $5,000,000 \text{ g} = 5,000 \text{ kg}$

แทนค่า $\rho = \frac{5,000}{3,000}$

$$\rho = 1.66 \text{ kg/m}^3$$

ตอบ

1.4 Scientific notation



วิธีการอีกแบบหนึ่งที่นอกเหนือจากการใช้คำอุปสรรคคือ การบันทึกให้อยู่ในรูปของ $M \times 10^n$ โดย $0 \leq M < 10$ และ n เป็นจำนวนเต็ม เช่น

- | | | |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1. ถนนสายนี้ยาว | 5,000,000 m | (ไม่ได้ใช้ scientific notation) |
| ถนนสายนี้ยาว | 2×10^6 m | (ใช้ scientific notation) |
| 2. ความเร็วของแสงในสุญญากาศประมาณ | 300,000,000 m/s | (ไม่ได้ใช้ scientific notation) |
| ความเร็วของแสงในสุญญากาศประมาณ | 3×10^8 m/s | (ใช้ scientific notation) |
| 3. กระแสไฟฟ้าในเส้นลวดเท่ากับ | 0.00004 A | (ไม่ได้ใช้ scientific notation) |
| กระแสไฟฟ้าในเส้นลวดเท่ากับ | 4×10^{-5} A | (ใช้ scientific notation) |

หลักในการเขียน scientific notation คือ การนับจำนวนครั้งของการเลื่อนจุดทศนิยม โดยถ้าเลื่อนมาทางซ้ายจะทำให้เลขชี้กำลัง (n) ของ 10^n มีค่ามากขึ้น เช่น

จงเปลี่ยน 7,000,000 ให้อยู่ในรูป $M \times 10^n$ โดย $0 \leq M < 10$ และ n เป็นจำนวนเต็ม

$7,000,000,000$ (ให้ถือว่าจุดทศนิยมอยู่หลังจำนวนนั้น)

$7,000,000,000$ (จุดเลื่อนไป 9 ครั้ง)

$\therefore$ จะได้ 7×10^9

ตอบ

ลองดูตัวอย่างต่อไป ซึ่งเป็นกรณีที่เราจะเลื่อนจุดไปทางขวา ซึ่งจะทำให้ n มีค่าน้อยลง เช่น

จงเปลี่ยน 0.00000413275 ให้อยู่ในรูป $M \times 10^n$ โดย $0 \leq M < 10$ และ n เป็นจำนวนเต็ม

0.00000413275 (จุดทศนิยมให้มาแล้ว)

0.00000413275 (เลื่อนมาทางขวา 6 ครั้ง)

$\therefore$ จะได้ 4.13275×10^{-6}

บางคนอาจสงสัยว่า ทำไมต้องขยับมาหยุดที่ 4 ด้วย ทำไมถึงไม่ขยับเลยไปอีก ซึ่งตรงนี้ถ้าเราขยับเลยตอบ 4 ไป ก็จะได้ค่าเป็น

$$41.3275 \times 10^{-7}$$

ซึ่งค่า 41.3275 จะผิดเงื่อนไขของ $0 \leq M < 10$

ดังนั้น เราต้องขยับจุดทศนิยมให้ค่าอยู่ระหว่างมากกว่า 0 แต่ต้องน้อยกว่า 10



1.5 เลขนัยสำคัญ



เรื่องเลขนัยสำคัญเป็นเรื่องสำคัญที่ข้อสอบมักจะนำมาออกบ่อยๆ รวมทั้งข้อสอบ Ent ด้วย ดังนั้น เราควรเข้าใจหลักพิจารณาเลขนัยสำคัญให้ได้ ดังนี้

1. เลขที่ไม่ใช่ 0 ทุกตัวมีนัยสำคัญ

4.2	นัยสำคัญทั้ง 2 ตัว
85.3	นัยสำคัญทั้ง 3 ตัว
1245	นัยสำคัญทั้ง 4 ตัว

2. เลข 0 ที่อยู่ระหว่างเลขนัยสำคัญ ตามข้อ 1 เป็นเลขนัยสำคัญ

4.02	นัยสำคัญ 3 ตัว
805.3	นัยสำคัญ 4 ตัว

3. เลข 0 หลังจุดทศนิยมทุกตัวเป็นเลขนัยสำคัญ

2.0	นัยสำคัญ 2 ตัว
5.20	นัยสำคัญ 3 ตัว
4.01000	นัยสำคัญ 6 ตัว

4. เลข 0 ซ้ายมือสุดหน้าทศนิยมหรือหลังทศนิยมไม่มีนัยสำคัญ

0.55	นัยสำคัญ 2 ตัว
0.056	นัยสำคัญ 2 ตัว
0.501	นัยสำคัญ 3 ตัว

1.5.1 การบวกและลบเลขนัยสำคัญ

ถ้ามีเลขนัยสำคัญตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาบวกหรือลบกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่น้อยที่สุดของเลขที่นำมาบวกหรือลบกัน

ตัวอย่างที่ 4

- $35.75 + 105.2301 = 140.9801$
 ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่า = 140.98 (เพราะทศนิยมของจำนวนน้อยสุดมี 2 ตำแหน่ง)
- $5,010.678 - 14.1 = 4,996.578$
 ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่า = 4,996.5 (เพราะทศนิยมของจำนวนน้อยสุดมี 1 ตำแหน่ง)

1.5.2 การคูณและหารเลขนัยสำคัญ

ถ้ามีเลขนัยสำคัญตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาคูณหรือหารกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่น้อยที่สุดของเลขที่นำมาคูณหรือหารกัน

ตัวอย่างที่ 5

1.

40.85×3.753

$= 153.31005$

ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่า

$= 153.31$

(เพราะทศนิยมของจำนวนน้อยสุดมี 2 ตำแหน่ง)
2.

$545.283 \div 41.4$

$= 13.171006$

ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่า

$= 13.1$

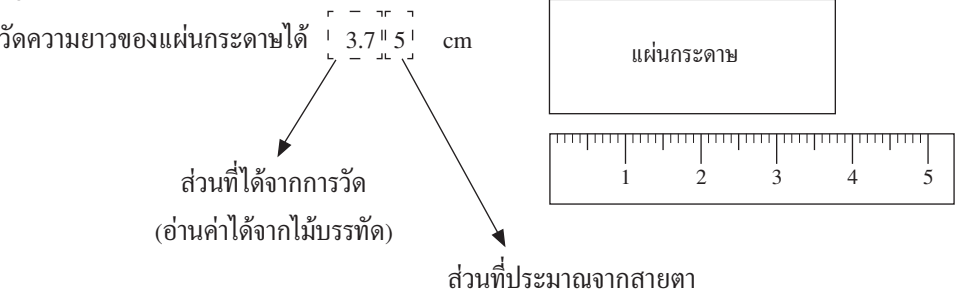
(เพราะทศนิยมของจำนวนน้อยสุดมี 2 ตำแหน่ง)

1.6 ความไม่แน่นอนในการวัด

ในการวัดปริมาณต่างๆ ทางฟิสิกส์ เราจะแบ่งตัวเลขที่ได้จากการวัดออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน นั่นคือ

1. ส่วนที่ได้จากการวัด (ทุกคนต้องบันทึกเหมือนกัน)
2. ส่วนที่ประมาณจากสายตา (แต่ละคนอาจบันทึกไม่เหมือนกัน เพราะสายตาแต่ละคนมีประสิทธิภาพในการมองเห็นต่างกัน)

ตัวอย่างที่ 6



หรือกล่าวได้ว่า เราใช้เครื่องมือวัดได้ละเอียดสุดเท่าใด แล้วเราก็เพิ่มค่าที่ประมาณด้วยสายตาเข้าไปอีกหนึ่งตำแหน่ง ในที่นี้คือเลข 5 นั่นเอง

ประเด็นปัญหาอยู่ตรงที่ว่า ตัวเลขที่ประมาณด้วยสายตาแต่ละคนที่เพิ่มเข้าปอนั้นอาจไม่เท่ากัน เช่น บางคนอาจอ่านค่าได้ 3.74 หรือ 3.75 หรือ 3.78 ก็เป็นไปได้ เพราะเราไม่อาจเถียงกันได้ว่า สายตาใครมีความแม่นยำที่สุด ดังนั้น การบันทึกข้อมูลเราสามารถบันทึกเป็นช่วงของความผิดพลาดได้ เช่น

$$3.76 \pm 0.03$$

เราเรียก 0.03 ว่า ความไม่แน่นอนของการวัด ซึ่งมีความหมายว่า กระดาษแผ่นนี้สามารถมีความยาวได้ตั้งแต่ 3.73 cm ถึง 3.79 cm



บ่อยครั้งที่เราจะต้องนำปริมาณที่วัดได้โดยรวมค่ากับความไม่แน่นอนของการวัดเข้ามาด้วยนั้น โดยมาบวก ลบ คูณ หรือหารกัน ซึ่งจะมีหลักเกณฑ์แบบสรุปได้เป็นคู่ๆ คือ บวก ลบ และ คูณ หาร ซึ่งเรื่องนี้จะไม่ค่อยพบในการสอบแข่งขันหรือในข้อสอบ Ent สักเท่าไร แต่อย่างไรก็ตาม การสอบเก็บคะแนนในห้องเรียน การสอบกลางภาคเรียน หรือสอบปลายภาคเรียน เราจะได้เจอแน่นอน

1.6.1 การบวกหรือการลบความไม่แน่นอน

สมมติให้ 3.76 ± 0.03 นั้นเขียนในรูปตัวแปรได้ $a \pm \Delta a$ และให้ปริมาณที่ได้จากการวัดที่รวมความไม่แน่นอนเข้ามาด้วยเป็น $b \pm \Delta b$

สูตรการบวก

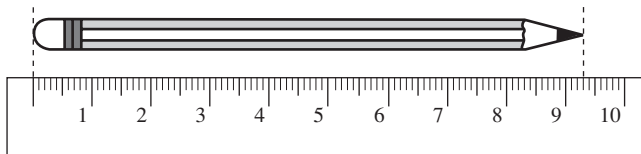
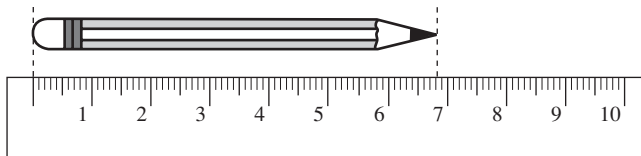
สูตรผลบวก คือ

$$(a+b) \pm (\Delta a + \Delta b)$$

สูตรผลลบ คือ

$$(a-b) \pm (\Delta a + \Delta b)$$

ตัวอย่างที่ 7 จงพิจารณาความยาวของดินสอ 2 แท่งที่ได้จากการวัดของไม้บรรทัด ที่มีความละเอียดต่างกัน ดังนี้



1. ดินสอแท่งสั้นมีความยาวเท่าไร

ตอบ เราควรอ่านค่าความยาวของดินสอแท่งสั้นได้ 6.8 ± 0.2 cm

2. ดินสอแท่งยาวมีความยาวเท่าไร

ตอบ เราควรอ่านค่าความยาวของดินสอแท่งยาวได้ 9.30 ± 0.01 cm



3. ดินสอทั้ง 2 แท่งมีความยาวรวมกันเท่าไร

ตอบ $(6.8+9.30)\pm(0.2+0.01)$ (ใช้สูตรการบวก)
 $\therefore$ จะได้ 16.1 ± 0.2 cm (ใช้หลักเลขนัยสำคัญด้วย)

4. ดินสอทั้ง 2 แท่งมีความยาวต่างกันเท่าไร

ตอบ $(9.30-6.8)\pm(0.2+0.01)$ (ใช้สูตรการลบ)
 $\therefore$ จะได้ 2.5 ± 0.2 cm (ใช้หลักเลขนัยสำคัญด้วย)

โดยรวมแล้ว เราน่าจะพอมองได้ว่า การบวกกลบนั่นให้นำตัวหน้า (a หรือ b) มาบวกหรือลบกัน ซึ่งก็แล้วแต่ โจทย์ต้องการ ส่วนตัวหลัง (Δa หรือ Δb)ให้นำมาบวกกันอย่างเดียวนะ แล้วพิจารณาเลขนัยสำคัญที่มีทศนิยมน้อยที่สุด

1.6.2 การคูณหรือการหารความไม่แน่นอน

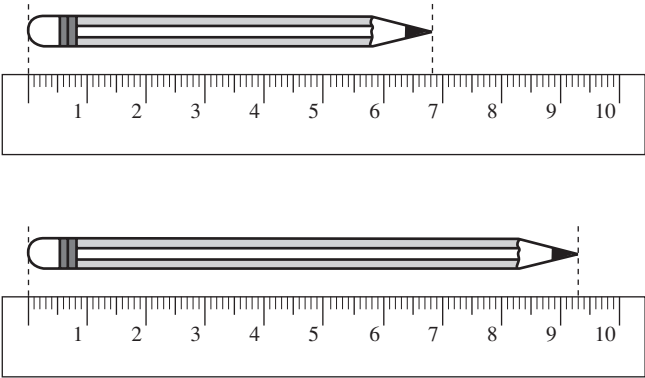
หลักในการคูณหรือหารความไม่แน่นอนนั้น เราต้องทำ Δa หรือ Δb ให้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตร

เปอร์เซ็นต์ของความไม่แน่นอนของ $\Delta a = \frac{\Delta a}{a} \times 100$
หรือ เปอร์เซ็นต์ของความไม่แน่นอนของ $\Delta b = \frac{\Delta b}{b} \times 100$

สูตรผลคูณ คือ $(a \times b) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \right]$

สูตรผลหาร คือ $\left(\frac{a}{b} \right) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \right]$

ข้อสังเกต ความแตกต่างของสูตรผลคูณหรือหารกับสูตรผลบวกหรือลบคือ สูตรผลคูณหรือหารต้องทำ Δa หรือ Δb ให้เป็นเปอร์เซ็นต์ก่อน แล้วจึงนำไปบวกกับค่าความไม่แน่นอนของอีกจำนวนหนึ่ง ส่วนตัวหน้าคือ a หรือ b นั้น จับคูณหรือหารกันเลยตามที่โจทย์ต้องการโดยไม่ต้องทำเป็นเปอร์เซ็นต์ ลองดูตัวอย่างต่อไปนี้





ตัวอย่างที่ 8

1. จงหาผลคูณของความยาวของดินสอ 2 แท่งนี้

แนวคิด (step by step) ความยาวดินสอแท่งสั้น		$= 6.8 \pm 0.2$	(จากการอ่านค่า)	
STEP 1	{		$= 6.8 \pm \frac{0.2 \times 100}{6.8}$	(แปลงตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์)
			$= 6.8 \pm 2.94\%$	(ตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์แล้ว)
		ต่อไป พิจารณาความยาวดินสอแท่งยาว	$= 9.30 \pm 0.01$	(จากการอ่านค่า)
			$= 9.30 \pm \frac{0.01 \times 100}{9.30}$	(แปลงตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์)
			$= 9.30 \pm 0.11\%$	(ตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์แล้ว)
STEP 2	{	โจทย์บอกให้หาผลคูณ ก็ใช้สูตรผลคูณคือ	$(a \times b) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \right]$	
		แทนค่าในสูตรเลย จะได้	$= (6.8 \times 9.30) \pm [(2.94 + 0.11)]$	
			$= 63.2 \pm 3.05\%$	
STEP 3	{	พอมาถึงขั้นนี้ เราจะเห็นเปอร์เซ็นต์ความไม่แน่นอนตัวใหม่ออกมา นั่นคือ 3.05% ซึ่งเปอร์เซ็นต์ตัวนี้จะคิดเทียบกับ 63.2 ดังนั้น เราจะต้องเปลี่ยน 3.05% นี้ให้เป็นความยาวดังนี้		
			$\frac{3.05 \times 63.2}{100} = 1.9 \text{ cm}$	

ดังนั้น ผลคูณของความยาวของดินสอ 2 แท่ง คือ 63.2 ± 1.9 ตารางเซนติเมตร

ตอบ

เนื่องจากวิธีทำค่อนข้างยาว ผู้เขียนจึงแบ่งออกเป็น 3 STEP โดยสรุปดังนี้

STEP 1 คือ แปลงตัวหลัง (Δa หรือ Δb) ให้อยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์**STEP 2** คือ แทนค่าในสูตร (ซึ่งนั่นหมายความว่าเราต้องเข้าใจและจำสูตรให้ได้)**STEP 3** คือ แปลงเปอร์เซ็นต์ความไม่แน่นอนตัวใหม่ที่โผล่ออกมาให้หน่วยที่ทำการวัดและยืมหน้าบ้านมารับคะแนนได้เลย (ถ้าไม่คูณเลขผิดนะ...)

ต่อไปเราลองมาดูเรื่องการหารบ้าง หลายคนคงพอน่าจะเดาๆ วิธีทำไว้ในใจได้บ้างว่าจะคล้ายกับการคูณถูกต้องแล้ว เพราะการคูณกับการหารนั้นมีวิธีทำเหมือนกัน ดังนี้

2. จงหาผลหารของความยาวของดินสอแท่งยาวหารดินสอแท่งสั้น

แนวคิด (step by step) ความยาวดินสอแท่งสั้น		$= 6.8 \pm 0.2$	(จากการอ่านค่า)	
STEP 1	{		$= 6.8 \pm \frac{0.2 \times 100}{6.8}$	(แปลงตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์)
			$= 6.8 \pm 2.94\%$	(ตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์แล้ว)
		ต่อไป พิจารณาความยาวดินสอแท่งยาว	$= 9.30 \pm 0.01$	(จากการอ่านค่า)
			$= 9.30 \pm \frac{0.01 \times 100}{9.30}$	(แปลงตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์)
			$= 9.30 \pm 0.11\%$	(ตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์แล้ว)
STEP 2	{	โจทย์บอกให้หาผลหาร ก็ใช้สูตรผลหาร คือ	$\left(\frac{a}{b} \right) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \right]$	



แทนค่าในสูตรเลย จะได้

$$= \left(\frac{9.30}{6.8} \right) \pm [2.94 + 0.11]$$
$$= 1.3 \pm 3.05\%$$
$$\frac{3.05 \times 1.3}{100} = 0.03 \text{ cm}$$

STEP 2 {

ดังนั้น ผลหารของความยาวของดินสอ 2 แท่ง คือ 1.3 ± 0.03 ตารางเซนติเมตร

ตอบ

ลำดับต่อไปจะเป็นแบบฝึกหัดทบทวนสิ่งที่เราได้เรียนมาทั้งหมด โดยจะแบ่งแบบฝึกหัดออกเป็น 2 ชุด ซึ่งชุดแรกจะเป็นชุดพื้นฐาน เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการปรับพื้นฐานให้แข็งแรงหรือเป็นการเตรียมตัวสอบ คือรู้ในสิ่งที่ต้องรู้ก่อนเข้าสู่สนามสอบ ส่วนชุดที่ 2 จะเป็นชุดปราบเซียน คือโจทย์จะค่อนข้างยาก แต่จะเก็นความสามารถของเรา เพราะแต่ละข้อจะให้มุมมองและประสบการณ์ในวิชาฟิสิกส์อย่างมาก เริ่มตะลุยโจทย์กันเลยนะ

แบบฝึกหัดการวัดและการแปลความหมายข้อมูล

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. จงแปลงความยาวต่อไปนี้ให้มีหน่วยเป็นเมตร

1.1 5 cm

1.2 76.4 km

1.3 100 Gm

1.4 500 nm
2. แปลงมวลต่อไปนี้ให้เป็นกิโลกรัม

2.1 150 g

2.2 5,000 g

2.3 0.2 g

2.4 0.085 g
3. จงหาผลลัพธ์ของข้อมูลต่อไปนี้

3.1 $(16.4 \pm 0.2) + (20.1 \pm 0.1)$

3.2 $(25.3 \pm 0.2) - (10.1 \pm 0.1)$

3.3 $(20.2 \pm 0.2) \times (10.0 \pm 0.1)$

3.4 $(20.2 \pm 0.2) \div (10.0 \pm 0.1)$
4. จงบอกว่าจำนวนต่อไปนี้มีเลขนัยสำคัญกี่ตัว

4.1 2501.00

4.2 0.00574

4.3 0.00001

4.4 8×10^{12}

4.5 5.48×10^7

4.6 10×10^2
5. จงเขียนหน่วยและสัญลักษณ์ที่ใช้กับปริมาณต่อไปนี้

5.1 ความยาว

5.2 มวล

5.3 เวลา

5.4 กระแสไฟฟ้า

5.5 อุณหภูมิ

5.6 ปริมาณสาร

5.7 ความเข้มการส่องสว่าง



6. จงเขียนปริมาณต่อไปนี้ให้อยู่ในรูป $A \times 10^n$ เมื่อ $0 \leq A < 10$

6.1 500,000

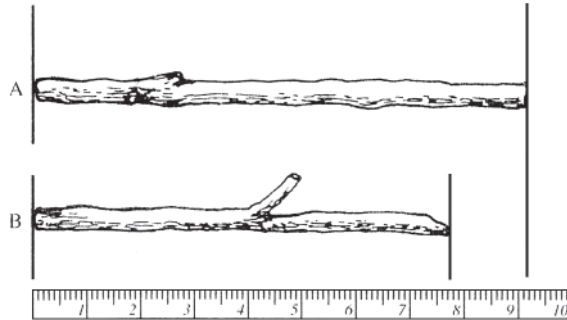
6.2 785,000.85

6.3 0.0038

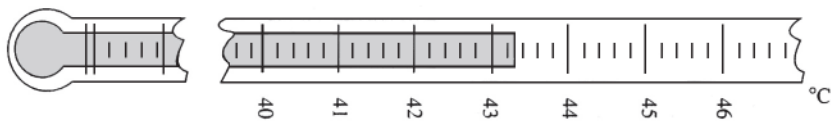
6.4 3.00532

7. จากรูปที่กำหนดให้ จงบันทึกความยาวที่อ่านค่าได้

7.1 จงบันทึกค่าความยาวของกิ่งไม้ A และ B ดังรูป



7.2 จงอ่านค่าที่ได้จากเทอร์มอมิเตอร์ ดังรูป



8. สามเหลี่ยมรูปหนึ่งยาวด้านละ 14.5 ± 0.2 , 12.1 ± 0.2 และ 15.3 ± 0.2 เซนติเมตร ตามลำดับ ความยาวรอบรูปสามเหลี่ยมนี้จะมีค่าเท่าใด
9. แผ่นพลาสติกหนา 2.0 ± 0.1 มิลลิเมตร และ 1.2 ± 0.1 มิลลิเมตร เมื่อนำแผ่นพลาสติกทั้งสองแผ่นมาซ้อนกัน จะมีความหนาและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่าไร
10. ผงแป้งเม็ดหนึ่งมีมวล 0.5 พิกोगรัม ผงแป้งเม็ดนี้จะมีมวลกี่กิโลกรัม
11. Ent นายรักษาทวัดความต่างศักย์ของถ่านไฟฉายด้วยโวลต์มิเตอร์แบบเข็ม ซึ่งสามารถอ่านค่าได้เต็มสเกลเท่ากับ 5 โวลต์ และมีสเกลละเอียดที่สุด 0.1 โวลต์ ซึ่งนายรักษาทอ่านค่าและบันทึกผลได้ 2.54 โวลต์ นักเรียนคิดว่านายรักษาทบันทึกผลได้เหมาะสมที่สุดหรือไม่
12. โลหะแท่งหนึ่งมีมวล 50.2 กรัม มีปริมาตร 8.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร โลหะแท่งนี้มีความหนาแน่นเท่าไร
13. ขับรถได้ระยะทาง 90.00 กิโลเมตร ในเวลา 3.00 ชั่วโมง จงหาอัตราเร็วที่ใช้ในการขับ
14. จงแปลง 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ให้เป็นเมตรต่อวินาที
15. จงแปลง 50 เมตรต่อวินาที ให้เป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง
16. ผ้าผืนหนึ่งกว้าง 10.25 ± 0.02 เซนติเมตร ยาว 20.50 ± 0.02 เซนติเมตร จงหาพื้นที่ของผ้า
17. (Ent) ลูกบอลมีรัศมี 4.00 ± 0.01 เซนติเมตร จงหาปริมาตรของลูกบอลนี้
18. (Ent) แอมมิเตอร์วัดกระแสอ่านเต็มสเกลได้ 10 แอมแปร์ แต่ละช่วงแอมแปร์แบ่งออกเป็น 5 ซีด ในการวัดกระแสครั้งหนึ่ง นายสมชายเสนอผลการวัดได้ 2.4 แอมแปร์ นักเรียนคิดว่าเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดหรือไม่



- | ครั้งที่ | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกปิงปองจำแนกตามวิธีวัด (เซนติเมตร) | | |
|-----------|--|----------|------------|
| | วัดโดยตรง | ใช้ไฟฉาย | ใช้แท่งไม้ |
| 1 | 2.9 | 2.8 | 2.8 |
| 2 | 2.8 | 2.9 | 2.8 |
| 3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| ค่าเฉลี่ย | 2.8 | 2.8 | 2.8 |





เฉลย



แบบฝึกหัดการวัดและการแปลความหมายข้อมูล

1. **แนวคิด** ข้อนี้ต้องอาศัยการจำค่าอุปสรรคและค่าที่ใช้แทนค่าอุปสรรคนั้นให้ได้แล้วแทนค่าเลย

1.1 $5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m} = 0.05 \text{ m}$

ตอบ

1.2 $76.4 \text{ km} = 76.4 \times 10^3 = 76,400 \text{ m}$

ตอบ

1.3 $100 \text{ Gm} = 100 \times 10^9 \text{ m} = 100,000,000,000 \text{ m}$

ตอบ

1.4 $500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-9} \text{ m} = 0.0000005 \text{ m}$

ตอบ

2. **แนวคิด** ข้อนี้ต้องจำค่าของค่าอุปสรรคให้ได้ และต้องการแปลงเป็นหน่วยใด ให้นำหน่วยนั้นมาหาร ณ ที่นี้ โจทย์ต้องการให้เป็นกิโลกรัม (kg) ดังนั้นต้องนำ 10^3 มาหาร

2.1 $150 \text{ g} = \frac{150}{1,000} \text{ kg} = 0.15 \text{ kg}$

ตอบ

2.2 $5,000 \text{ g} = \frac{5,000}{1,000} \text{ kg} = 5 \text{ kg}$

ตอบ

2.3 $0.2 \text{ g} = \frac{0.2}{1,000} \text{ kg} = 0.0002 \text{ kg}$

ตอบ

2.4 $0.085 \text{ g} = \frac{0.085}{1,000} \text{ kg} = 0.000085 \text{ kg}$

ตอบ

3. **แนวคิด** ข้อนี้ต้องเข้าใจและจำสูตรการบวก ลบ คูณ หารความไม่แน่นอนให้ได้แล้วแทนค่าหาคำตอบเลย

3.1 ใช้สูตรการบวกความไม่แน่นอน คือ $(a+b) \pm (\Delta a + \Delta b)$

แทนค่า

$$(16.4 + 20.1) \pm (0.2 + 0.1) = 36.5 \pm 0.3$$

ตอบ

3.2 ใช้สูตรการลบความไม่แน่นอน คือ $(a-b) \pm (\Delta a + \Delta b)$

แทนค่า

$$(25.3 - 10.1) \pm (0.2 + 0.1) = 15.2 \pm 0.3$$

ตอบ

3.3 ใช้สูตรการคูณความไม่แน่นอน คือ $(a \times b) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \right]$

แทนค่า

$$(20.2 \times 10.0) \pm \left[\left(\frac{0.2}{20.2} \times 100 \right) + \left(\frac{0.1}{10.0} \times 100 \right) \right]$$

$$= 202 \pm [0.99 + 1]$$

$$= 202 \pm 1.99\% \text{ (ตัวหลังต้องเป็นเปอร์เซ็นต์อย่าลืม)}$$



แปลง 1.99% โดยคิดเทียบกับ 202 จะได้ $\frac{1.99 \times 202}{100} = 4.01$

∴ เท่ากับ 202 ± 4.01

ตอบ

3.4 ใช้สูตรการหาความไม่แน่นอน คือ

$$\left(\frac{a}{b}\right) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100\right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100\right)\right]$$

แทนค่า

$$= \left(\frac{20.2}{10.0}\right) \pm \left[\left(\frac{0.2}{20.2} \times 100\right) + \left(\frac{0.1}{10.0} \times 100\right)\right]$$
$$= 2.02 \pm [0.99 + 1]$$
$$= 2.02 \pm 1.99\% \text{ (ตัวหลังต้องเป็นเปอร์เซ็นต์นะ)}$$

แปลง 1.99% โดยคิดเทียบกับ 2.02 จะได้ $\frac{2.02 \times 1.99}{100} = 0.04$

∴ เท่ากับ 2.02 ± 0.04

ตอบ

4. แนวคิด ข้อนี้ให้นักถึงหลักที่ใช้ในการพิจารณาเลขนัยสำคัญ ซึ่งจะอาศัยความเข้าใจมากกว่าการจำ แต่ถ้าใช้บ่อยๆ ก็จำได้เอง และจะทำให้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

4.1 2501.00 มีเลขนัยสำคัญ 6 ตัว ตอบ

4.2 0.00574 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว (เลขศูนย์ด้านซ้ายไม่นับ) ตอบ

4.3 0.00001 มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว (เลขศูนย์ด้านซ้ายไม่นับ) ตอบ

4.4 8×10^{12} มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว (นับเฉพาะเลข 8) ตอบ

4.5 5.48×10^7 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว (นับเฉพาะ 5.48) ตอบ

4.6 10×10^2 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว (นับเฉพาะ 10) ตอบ

5. แนวคิด ข้อนี้ต้องจำหน่วยและสัญลักษณ์ที่ใช้กับหน่วยฐานให้ได้

5.1 ความยาว หน่วยเป็น เมตร สัญลักษณ์ m ตอบ

5.2 มวล หน่วยเป็น กิโลกรัม สัญลักษณ์ kg ตอบ

5.3 เวลา หน่วยเป็น วินาที สัญลักษณ์ s ตอบ

5.4 กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์ สัญลักษณ์ A ตอบ

5.5 อุณหภูมิ หน่วยเป็น เคลวิน สัญลักษณ์ K ตอบ

5.6 ปริมาณสาร หน่วยเป็น โมล สัญลักษณ์ mol ตอบ

5.7 ความเข้มของการส่องสว่าง หน่วยเป็น แคนเดลา สัญลักษณ์ cd ตอบ

6. แนวคิด ข้อนี้ใช้หลักการนับจุดทศนิยม ถ้าขยับจุดทศนิยมไปด้านซ้ายมือจะทำให้เลขชี้กำลัง (n) ของ 10^n มีค่ามากขึ้น แต่ถ้าขยับจุดทศนิยมไปทางขวามือจะทำให้เลขชี้กำลัง (n) ของ 10^n มีค่าลดลง

6.1 500,000 = 5×10^5 (ขยับจุดทศนิยมไปด้านซ้าย 5 ครั้ง)

6.2 785,000.85 = 7.8500085×10^5 (ขยับจุดทศนิยมไปด้านซ้าย 5 ครั้ง)

6.3 0.0038 = 3.8×10^{-3} (ขยับจุดทศนิยมไปด้านขวา 3 ครั้ง)

6.4 3.00532 = 3.00532×10^0 (ไม่ต้องขยับจุดทศนิยมไปไหนเลย)



7. แนวคิด ข้อนี้ยึดหลักว่า ค่าที่ต้องบันทึก = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ + ประมาณด้วยสายตา

7.1 จากรูป กิ่งไม้ A, ค่าที่อ่านได้จากไม้บรรทัดคือ	9.1	เซนติเมตร	
ค่าที่ประมาณด้วยสายตา (ของผู้เขียน) คือ	0.05	เซนติเมตร	
ดังนั้น เราสามารถบันทึกค่าความยาวกิ่งไม้ A ได้	9.15	เซนติเมตร	ตอบ
กิ่งไม้ B, ค่าที่อ่านได้จากไม้บรรทัดคือ	7.7	เซนติเมตร	
ค่าที่ประมาณด้วยสายตา (ของผู้เขียน) คือ	0.02	เซนติเมตร	
ดังนั้น เราสามารถบันทึกค่าความยาวกิ่งไม้ B ได้	7.72	เซนติเมตร	ตอบ
7.2 จากรูป ค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ คือ	43.2	องศาเซลเซียส	
ค่าที่ประมาณด้วยสายตา (ของผู้เขียน) คือ	0.05	องศาเซลเซียส	
ดังนั้น เราสามารถบันทึกค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ได้	43.25	องศาเซลเซียส	ตอบ

8. แนวคิด ข้อนี้ใช้หลักการบวกเลขความไม่แน่นอน โดยใช้สูตรของการบวกคือ $(a+b) \pm (\Delta a + \Delta b)$ แต่ ณ ที่นี้ โจทย์ถามความยาวรอบรูปสามเหลี่ยมจึงต้องมี 3 ด้าน ดังนั้นเราจึงต้องแปลงสูตรการบวกให้ใช้กับ 3 ตัว ได้เป็นดังนี้

ใช้สูตร $(a+b+c) \pm (\Delta a + \Delta b + \Delta c)$

แทนค่า $(14.5 + 12.1 + 15.3) \pm (0.2 + 0.2 + 0.2)$
 $= 41.9 \pm 0.6$

ตอบ

9. แนวคิด ข้อนี้ใช้สูตรการบวกเลขความไม่แน่นอน เสร็จแล้วก็แปลงค่าความไม่แน่นอนให้เป็นเปอร์เซ็นต์ความไม่แน่นอน ดังนี้

สูตรการบวกความไม่แน่นอน $(a+b) \pm (\Delta a + \Delta b)$

แทนค่า $(2.0 + 1.2) \pm (0.1 + 0.1)$
 $= 3.2 \pm 0.2$ มิลลิเมตร

แปลง 0.2 ให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยเทียบกับ 3.2 ดังนี้

$$\frac{0.2 \times 100}{3.2} = 6.25\%$$

ดังนั้น เมื่อช้อนแผ่นพลาสติกแล้วจะหนา 3.2 ± 0.2 มิลลิเมตร

โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 6.25 เปอร์เซ็นต์

ตอบ

10. แนวคิด ข้อนี้ใช้หลักการแทนค่าค่าอุปสรรคเดิมที่โจทย์ให้มาลงไปเสร็จแล้วนำค่าของค่าอุปสรรคใหม่ที่โจทย์ต้องการมาหาร ดังนี้

0.5 pg เมื่อ p คือ 10^{-12}

จะได้ 0.5×10^{-12} g

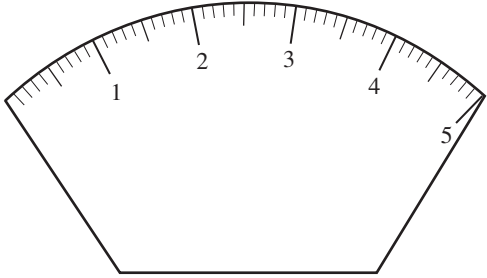
โจทย์ต้องการให้เป็นกิโลกรัม ($k = 10^3$) ดังนั้นให้นำ 10^3 ไปหาร

จะได้ $\frac{0.5 \times 10^{-12}}{10^3} = 0.5 \times 10^{-15}$ kg

ตอบ



11. แนวคิด ข้อนี้ต้องวาดรูปตามที่โจทย์บอก (ถ้าไม่วาดอาจจะงงได้นะ)



เราสามารถอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ได้ถึงทศนิยม 1 ตำแหน่ง และต้องบวกค่าประมาณจากสายตาอีก 1 ตำแหน่ง ดังนั้น โจทย์บอกว่า 2.54 โวลต์ จึงเป็นค่าที่เหมาะสม

ตอบ

12. แนวคิด ข้อนี้ใช้สูตรหาความหนาแน่น $\rho = \frac{m}{V}$ ตามปกติ แต่เวลาตอบให้ตอบแค่เลขนัยสำคัญ 2 ตัวเท่านั้น เพราะผลของการหาร จะใช้เลขนัยสำคัญตามตัวที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยสุด ดังนี้

จาก $\rho = \frac{m}{V}$

แทนค่า $\rho = \frac{50.2}{8.0} = 6.275$

$\therefore \rho = 6.2 \text{ g/cm}^3$

ดังนั้น โลหะแท่งนี้มีความหนาแน่นเท่ากับ 6.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตอบ

13. แนวคิด ข้อนี้ใช้สูตร ระยะทาง = อัตราเร็ว $\times$ เวลา แต่เวลาตอบให้ตอบแค่เลขนัยสำคัญ 3 ตัวเท่านั้น เพราะผลของการคูณจะใช้เลขนัยสำคัญตามตัวที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยสุด ดังนี้

จาก $s = vt$

แทนค่า $90.00 = v \times 3$

$\frac{90.00}{3} = v$

$\therefore v = 30.00 \text{ km/hr}$

ดังนั้น อัตราเร็วเท่ากับ 30.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตอบ

14. แนวคิด ข้อนี้ต้องแปลงค่าอุปสรรคเดิมที่โจทย์ให้มาก่อน ณ ที่นี้คือ กิโลเมตร (k) เสร็จแล้วแปลง ชั่วโมงให้เป็นวินาที โดยพิจารณาว่า 1 ชั่วโมง มี 3,600 วินาที แล้วจึงแทนค่ากลับไปในหน่วยใหม่ ดังนี้

จาก 40 km/hr

$= \frac{40 \times 10^3}{3,600} \text{ m/s} ; \text{ เมื่อ } 1 \text{ ชั่วโมง} = 3,600 \text{ วินาที}$

$= 11.11 \text{ m/s}$

ดังนั้น 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 11.11 เมตรต่อวินาที

ตอบ



15. **แนวคิด** ข้อนี้ต้องจำค่าอุปสรรคให้ได้ ณ ที่นี้คือ กิโลเมตรเท่ากับ 10^3 และจะต้องเข้าใจว่า 1 ชั่วโมงมี 3,600 วินาที ดังนั้น จึงต้องนำ 10^3 ไปหาร 1 m และนำ 3,600 หาร 1 วินาที เพื่อคิดออกมาเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนี้

$$\text{จาก} \quad 50 \text{ m/s} = \frac{50}{1} \text{ m/s} \quad (\text{คิดว่า } 50 \text{ หาร } 1 \text{ จะได้ง่ายขึ้น})$$

$$\text{แทนค่า} \quad \frac{\frac{50}{1,000}}{\frac{1}{3,600}} \text{ km/hr} \quad (\text{โจทย์ต้องการสิ่งใดให้นำสิ่งนั้นไปหาร})$$

$$\text{จะได้} \quad 180 \text{ km/hr}$$

ตอบ

16. **แนวคิด** ข้อนี้ใช้สูตรการหาพื้นที่คือ กว้าง×ยาว โดยยึดสูตรการคูณเลขความไม่แน่นอน ดังนี้
พื้นที่ของผ้า = กว้าง×ยาว

$$\text{ใช้สูตร} \quad \boxed{\text{พื้นที่ของผ้า} = (a \times b) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \right]}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสูตร} &= (10.25 \times 20.50) \pm \left[\left(\frac{0.02}{10.25} \times 100 \right) + \left(\frac{0.02}{20.50} \times 100 \right) \right] \\ &= 210.1 \pm [0.195 + 0.097] \quad (\text{ตัวหน้าใช้สัญสำคัญ 4 ตัวตามโจทย์}) \\ &= 210.1 \pm 0.292\% \quad (\text{ตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์นะ}) \end{aligned}$$

แปลง 0.292% ให้เป็นพื้นที่ของผ้าโดยเทียบกับ 210.1

$$\text{จะได้} \quad \frac{0.292 \times 100}{210.1} = 0.138$$

ดังนั้น พื้นที่ของผ้าเท่ากับ 210.1 ± 0.138 ตารางเซนติเมตร

ตอบ

17. **แนวคิด** ข้อนี้ใช้สูตรการหาปริมาตรของทรงกลมคือ $\frac{4}{3}\pi R^3$ แล้วแทนค่ารัศมีที่โจทย์ให้มา ซึ่งจะเป็นเรื่องของการคูณเลขความไม่แน่นอนถึง 3 ครั้ง (R^3) นั่นเอง ดังนั้น เราควรแปลงสูตรการคูณใหม่เพื่อใช้กับ R^3 ได้ ดังนี้

$$\text{สูตรที่แปลงใหม่ได้เป็น} \quad \boxed{(a \times b \times c) \pm \left[\left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) + \left(\frac{\Delta c}{c} \times 100 \right) \right]}$$

$$\text{จาก} \quad \text{ปริมาตรทรงกลม} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \text{ปริมาตรทรงกลม} &= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (4 \times 4 \times 4) \pm \left[\left(\frac{0.01}{4.00} \times 100 \right) + \left(\frac{0.01}{4.00} \times 100 \right) + \left(\frac{0.01}{4.00} \times 100 \right) \right] \\ &= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times 64 \pm [0.25 + 0.25 + 0.25] \\ &= 268 \pm 0.75\% \quad (\text{ตัวหน้าใช้เลขสัญสำคัญ 3 ตัว ตามโจทย์ ตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์}) \end{aligned}$$

แปลง 0.75% เป็นปริมาตรของทรงกลมโดยเทียบกับ 268

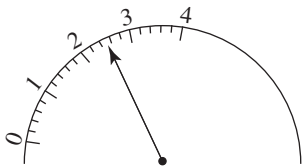
$$\text{จะได้} \quad \frac{0.75 \times 100}{268} = 0.279 \text{ cm}^3$$

ดังนั้น ปริมาตรของลูกบอลเท่ากับ 268 ± 0.279 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตอบ



18. แนวคิด ข้อนี้ต้องวาดรูปจะได้ไม่งง ดังนี้



จากข้อมูลโจทย์ที่บอกว่านายสมชายเสนอผลการวัดได้ 2.4 นั้น เป็นเพียงตัวเลขที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์เท่านั้น แต่นายสมชายยังไม่ได้รวมค่าที่ต้องประมาณด้วยสายตาเลย ดังนั้น นายสมชายเสนอผลการวัดได้ไม่เหมาะสม ส่วนค่าที่เหมาะสมต้องรวมค่าประมาณด้วยสายตาไปด้วย เช่น 2.45 แอมแปร์ เป็นต้น **ตอบ**

19. แนวคิด ข้อนี้ใช้สูตร ระยะทาง = อัตราเร็ว×เวลา แล้วพิจารณาจำนวนเลขนัยสำคัญที่ต้องตอบ ซึ่งจากหลักการหารเลขนัยสำคัญจะต้องตอบตามตัวที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

จากสูตร $s = v \times t$

$$88.00 = v \times 3.50$$

$$\frac{88.00}{3.50} = v$$

$$\therefore v = 25.1 \text{ km/hr}$$

ดังนั้น เขาขับเร็วด้วยอัตราเร็ว 25.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง **ตอบ**

20. แนวคิด ข้อนี้ให้นำค่าที่โจทย์ให้มาแทนในสมการที่โจทย์กำหนดมา แล้วพิจารณาจำนวนของเลขนัยสำคัญที่โจทย์กำหนดมาให้ ดังนี้

จาก สมการโจทย์ $X = A + BC$

แทนค่า $X = 0.7 + (2.05 \times 10.50)$

$$X = 0.7 + (21.5) \quad (\text{ผลคูณใช้เลขนัยสำคัญ 3 ตัว ตามตัวที่มีเลขนัยสำคัญน้อยสุด})$$

$$X = 22.2 \quad (\text{ผลบวกให้ตอบตามตัวที่มีทศนิยมตำแหน่งน้อยสุด})$$

ดังนั้น X มีค่าเท่ากับ 22.2 หน่วย **ตอบ**

21. ตอบข้อ 2

แนวคิด ข้อนี้โจทย์ทดสอบเราว่า เราเข้าใจหลักของการลบเลขที่มีความไม่แน่นอนหรือไม่ โดยโจทย์กำหนดค่า M และโจทย์ให้เราหา ΔM ซึ่งถ้าพิจารณาจากสูตรผลลบความไม่แน่นอนคือ

$$(a-b) \pm (\Delta a + \Delta b) = M \pm \Delta M$$

เราจะพบว่าในส่วนของ ΔM นั้น จะต้องนำ Δa บวกกับ Δb

ดังนั้น $\Delta M = \Delta P + \Delta Q$ **ตอบ**



22. ตอบข้อ 1

แนวคิด ข้อนี้โจทย์กำหนดค่า M มาใหม่ แล้วให้หา ΔM ซึ่งโดยรวมแล้วจะต้องอาศัยความชำนาญทางคณิตศาสตร์พอสมควร ดังนี้

จากโจทย์
$$M = \frac{P+Q}{P-Q}$$

เพื่อความง่าย เราจะกำหนดให้ $X = P+Q$ และ $Y = P-Q$

จะได้
$$M = \frac{X}{Y}$$

หา ΔM ;
$$\Delta M = \left(\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y} \right) M \quad (\text{ค่าที่ได้จะไม่ใช้เปอร์เซ็นต์แล้วนะ เพราะเราเทียบกับ } M \text{ แล้ว})$$

$$\Delta M = \left(\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y} \right) \frac{X}{Y} \quad (\text{แทนค่า } M \text{ แล้วตั้งเป็นสมการ (1)}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

หา ΔX และ ΔY ; $\Delta X = \Delta P + \Delta Q$

$$\Delta Y = \Delta P + \Delta Q \quad (\text{ถึงแม้ } Y = P-Q \text{ แต่ค่าความไม่แน่นอน } \Delta Y \text{ ต้องนำ } \Delta P \text{ มารวมกับ } \Delta Q)$$

แทนค่า ΔX และ ΔY ลงใน (1) จะได้

$$\Delta M = \left(\frac{\Delta P + \Delta Q}{P+Q} + \frac{\Delta P + \Delta Q}{P-Q} \right) \frac{P+Q}{P-Q}$$

$$\Delta M = (\Delta P + \Delta Q) \left(\frac{1}{P+Q} + \frac{1}{P-Q} \right) \frac{P+Q}{P-Q} \quad (\text{ดึง } \Delta P + \Delta Q \text{ ออกมาจากในวงเล็บ})$$

$$\Delta M = (\Delta P + \Delta Q) \left(\frac{P+Q}{(P+Q)(P-Q)} + \frac{P+Q}{(P-Q)^2} \right) \quad (\text{นำ } \frac{P+Q}{P-Q} \text{ คูณเข้าไปในวงเล็บ})$$

$$\Delta M = (\Delta P + \Delta Q) \left(\frac{P+Q}{(P+Q)(P-Q)} + \frac{P+Q}{(P-Q)^2} \right) \quad (P+Q \text{ ทหาร } P+Q)$$

$$\Delta M = (\Delta P + \Delta Q) \left(\frac{1}{(P-Q)} + \frac{P+Q}{(P-Q)^2} \right)$$

$$\Delta M = (\Delta P + \Delta Q) \left(\frac{P-Q}{(P-Q)^2} + \frac{P+Q}{(P-Q)^2} \right) \quad (\text{หา ค.ร.น. ตัวส่วน})$$

$$\Delta M = (\Delta P + \Delta Q) \left(\frac{2P}{(P-Q)^2} \right)$$

หรือ
$$\Delta M = \frac{2P(\Delta P + \Delta Q)}{(P-Q)^2} \quad (\text{สลับที่การคูณเพื่อให้ตรงกับคำตอบและง่ายต่อการดู) ตอบ}$$

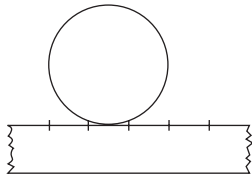


23. ตอบข้อ 3

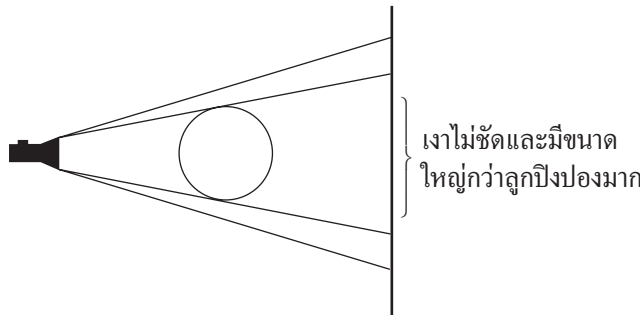
แนวคิด ข้อนี้โจทย์ให้ข้อมูลมามากมาย แต่ที่แท้จริงแล้วไม่ต้องใช้เลย ใช้แค่ common sense ธรรมดาๆ เท่านั้น ถ้าเรามัวไปเสียเวลากับตัวเลขในตาราง ก็อาจจะเสียเวลา และอาจตอบผิดอีกด้วย (เพราะคิดลึกเกินไป)

พิจารณาโจทย์ โจทย์บอกว่าลูกปิงปอง มันคือวัตถุทรงกลมนั่นเอง ลองดูรูปต่อไปนี้ ซึ่งเกี่ยวกับวิธีการวัด ทั้ง 3 แบบที่โจทย์กำหนดมา

วัดโดยตรง ความผิดพลาดจะมากเพราะอ่านค่าลำบาก ดังรูป



วัดโดยใช้ไฟฉาย ความผิดพลาดจะมากเพราะเงาของลูกปิงปองไม่ชัดเจน



วัดโดยใช้แท่งไม้ ความผิดพลาดจะน้อยกว่า

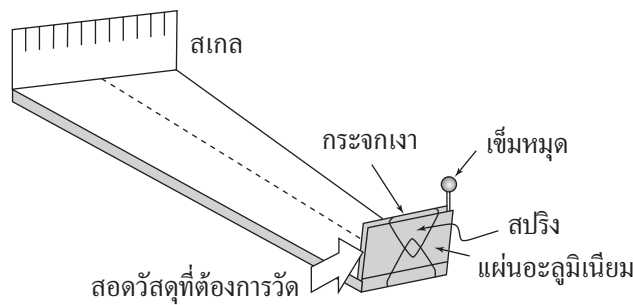


ดังนั้น เราควรวัดโดยใช้แท่งไม้ จะได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากกว่าวิธีอื่น

ตอบ

24. ตอบข้อ 3

แนวคิด การวัดระยะทางสั้นๆ โดยใช้กระจกช่วย จะเป็นดังรูป





แต่ถ้าใครไม่เคยทดลองหาระยะทางสั้นๆ โดยใช้กระจกช่วยมาก่อน ก็สามารถทำโจทย์ข้อนี้ได้เหมือนกัน โดยพิจารณาจากสูตรที่โจทย์ให้มาแล้วแทนค่าลงไป แล้วคำนวณตามหลักผลคูณและผลหารเลขความไม่แน่นอน ก็จะได้คำตอบเช่นกัน ดังนี้

$$\text{จากโจทย์} \quad d = \frac{1}{2} \frac{D\ell}{L}$$

$$\text{แทนค่า} \quad d = \frac{1}{2} \times \frac{(10 \times 20)}{500} \pm \left[\left(\frac{1}{10} \times 100 \right) + \left(\frac{1}{500} \times 100 \right) + \left(\frac{1}{20} \times 100 \right) \right]$$

$$d = \frac{1}{2} \times 0.4 \pm (10 + 0.2 + 5)\% \quad (\text{ตัวหลังเป็นเปอร์เซ็นต์นะ})$$

$$d = 0.2 \pm 15.2\%$$

ดังนั้น ค่าความน่าเชื่อถือได้ของ d เป็น 15.2% ของ d ซึ่งใกล้เคียงตัวเลือกข้อ 3 ที่สุด

ตอบ

