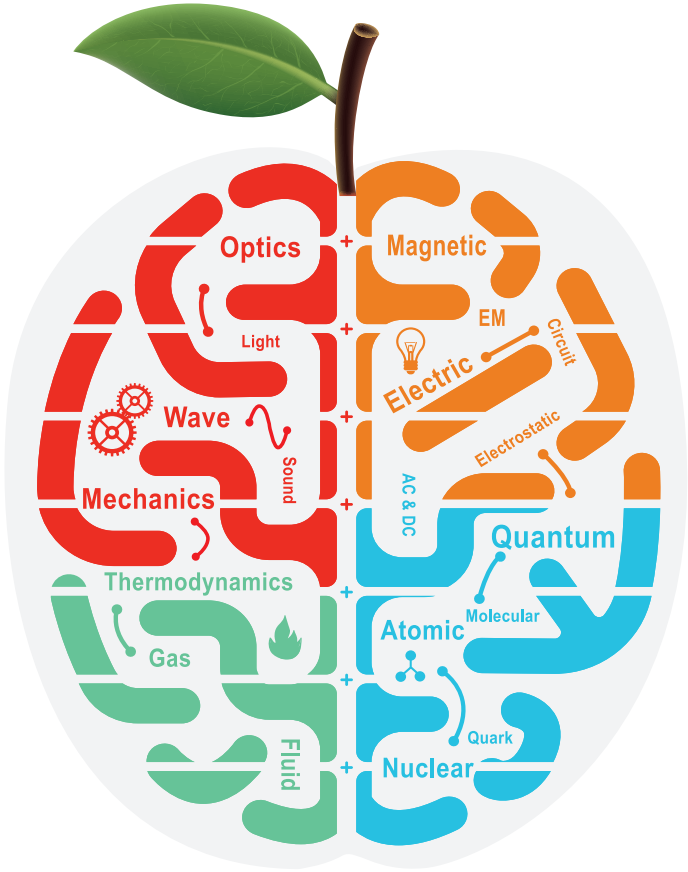
INFOPRESS



Genius in

PHYSICS

ม.ปลาย

มั่นใจเต็ม 100

เข้าใจฟิสิกส์ให้ถึงแก่น ปูพื้นให้แน่นกับตะลุยโจทย์ตัวอย่าง และแนวข้อสอบจริง

ชาตรี เฮงสกุลวงษ์
รักษิตภัษต์ โชติกิตติไพศาล

จัดจำหน่ายโดย IDC PREMIER

IDC
PREMIER

มีเพียง “ความรู้” เท่านั้นที่มนุษย์ใช้พลิก “โลก” และเปลี่ยน “ชีวิต”
เราจึงสร้างสรรค์ และส่งมอบ “ความรู้” ในรูปแบบที่ดีกว่า
เพื่อให้คนไทย “เรียนรู้” ได้ตลอดชีวิต

INFOPRESS Think Beyond Read comics Little HEART

Genius in PHYSICs ม.ปลาย

Authors	ชาตรี เฮงสกุลวงษ์ kodiacinfantry@gmail.com
	รักษิตภัษต์ โชติกิตติไพศาล rukky_kung@hotmail.com
Editorial	ชีวิน ปิ่นมุข chewin_p@idcpremier.com
Graphic Designs	วสันต์ พึ่งพูลผล, จิตราภรณ์ เหมะจันทร
Page Layout	ปริเยศ จันทร์จำปา
Proofreader	สุนทรี บรรลือศักดิ์
Productions	วรพล ณธิกุล, สุพัตรา อาจปรุ, พิพัฒน์ อ้อสถิตย์

เครื่องหมายการค้าอื่นๆ ที่อ้างถึงเป็นของบริษัทนั้นๆ สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยบริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดพิมพ์เท่านั้น

บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด จัดตั้งขึ้นเพื่อเผยแพร่ความรู้ที่มีคุณภาพสู่ผู้อ่านชาวไทย เรายินดีรับงานเขียนของนักวิชาการและนักเขียนทุกท่าน ท่านผู้สนใจกรุณาติดต่อผ่านทางอีเมลที่ infopress@idcpremier.com หรือทางโทรศัพท์หมายเลข 0-2962-1081 (อัตโนมัติ 10 คู่สาย) โทรสาร 0-2962-1084

สร้างสรรค์โดย

INFOPRESS

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

ชาตรี เฮงสกุลวงษ์
Genius in PHYSICs ม.ปลาย
นนทบุรี : ไอดีซีฯ, 2561
636 หน้า
1. ฟิสิกส์
I รักษิตภัษต์ โชติกิตติไพศาล (ผู้แต่งร่วม)
II ชื่อเรื่อง
530.076

ISBN **885-916-100-622-0**

พิมพ์ครั้งที่ 1 พฤศจิกายน 2561

2 4 6 8 10 9 7 5 3 1

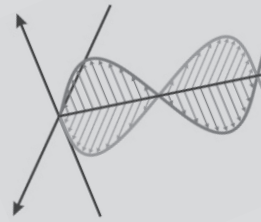
ราคา 395 บาท

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

IDC PREMIER

บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด

200 หมู่ 4 ชั้น 19 ห้อง 1901
อาคารจัสมินอินเตอร์เนชั่นแนลทาวเวอร์
ถ.แจ้งวัฒนะ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
โทรศัพท์ 0-2962-1081 (อัตโนมัติ 10 คู่สาย)
โทรสาร 0-2962-1084
สมาชิกสัมพันธ์
โทรศัพท์ 0-2962-1081-3 ต่อ 121
โทรสาร 0-2962-1084
ร้านค้าและตัวแทนจำหน่าย
โทรศัพท์ 0-2962-1081-3 ต่อ 112-114
โทรสาร 0-2962-1084



คำนิยม

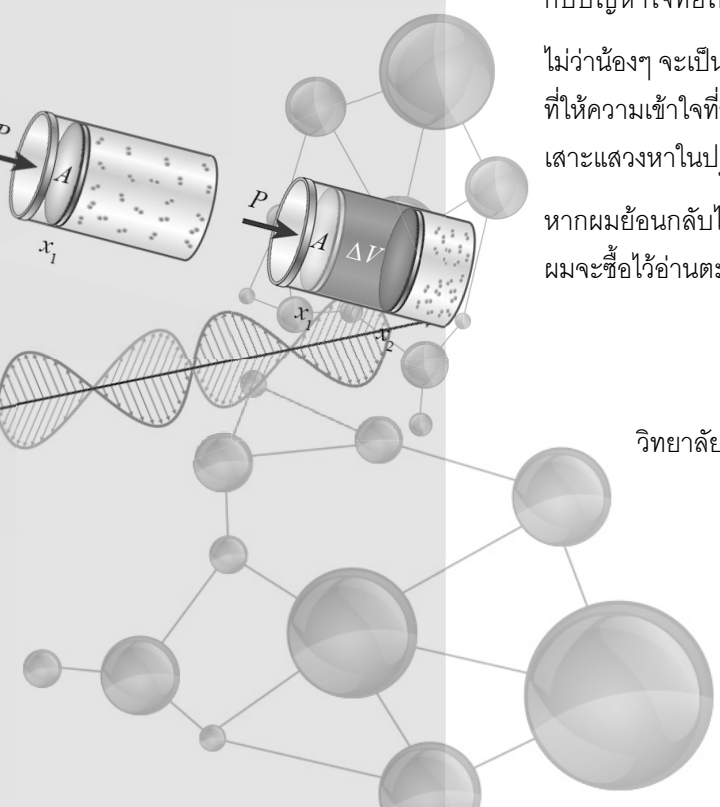
การเรียนฟิสิกส์ให้พอเข้าถึงความเข้าใจขั้นต้นได้นั้นมีหลายแนวทาง บางคนมี DNA ประเภทที่ชอบทำความเข้าใจแนวคิดเชิงปรัชญา ซึ่งเป็นภาพใหญ่เสียก่อน แล้วจึงหันไปฝึกปรือกับโจทย์แบบฝึกหัด คนประเภทนี้มีไม่มากนัก

หลายคนเป็นคนอีกประเภทหนึ่ง คือ มี DNA ที่ชอบเริ่มด้วยการทำความเข้าใจแนวคิดขั้นต้นในระดับเพียงเล็กน้อย และเริ่มลุยแบบฝึกหัดกันเสียเลย เพื่อปะติดปะต่อเรื่องราวจากจิ๊กซอว์ (Jigsaw) แห่งแนวคิดทางฟิสิกส์เหล่านี้

สมัยผมเป็นเด็กๆ ผมเรียนที่โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม จ.เพชรบูรณ์ เป็นเด็กบ้านนอกที่ไม่ได้เรียนในสำนักกวดวิชาชื่อดังในกรุงเทพฯ ผมเป็นพวกมี DNA แบบแรก ผมได้เริ่มต้นเขี่ยฟิสิกส์ดูโดยอ่านหนังสือเรียนของ สสวท. แบบกิ๋มสุดๆ คือ อ่านตั้งแต่หน้าปก ราคา ชื่อโรงพิมพ์ทุกตัวอักษรโดยไม่คาดหวังอะไร (เพราะตอนแรกเกลียดวิชาฟิสิกส์ และกำลังจะย้ายโรงเรียน และย้ายสายไปเรียนสายศิลป์-ฝรั่งเศส) ผมได้พบว่าเมื่อปราศจากแรงกดดัน ใจมันก็เลยเป็นเสรี โล่ง สบาย และหนังสือเรียนมาตรฐานของ สสวท. ก็ได้ช่วยให้ผมเข้าใจ Idea ของฟิสิกส์ได้ดี และทำให้ผมชอบฟิสิกส์ขึ้นมาเลยทีเดียว ผมจึงตัดสินใจไม่ย้ายโรงเรียน จากนั้นผมจึงมองหาหนังสือสักเล่มที่รวมโจทย์ต่างๆ ให้ลองฝึกทำ แม้ผมจะขี้เกียจเสียเหลือเกิน เพราะมีความอิ่มใจที่ว่าผมเข้าใจแนวคิดแล้ว เช่นนี้ถือว่าผมไปไม่สุด เพราะผมควรจะฝึกเผชิญกับปัญหาโจทย์เพื่อทดสอบว่าผมเข้าใจ Idea เหล่านั้นอย่างแท้จริงหรือไม่

ไม่ว่าน้องๆ จะเป็นคนจำพวก DNA แบบใดที่กำลังจะเรียนฟิสิกส์ หนังสือฟิสิกส์ที่ให้ความเข้าใจที่ชัดเจนและรวมโจทย์เอาไว้ทุกแนวทาง ก็เป็นสิ่งที่น้องๆ ควรเสาะแสวงหาในปฐพีนี้มาครอบครองไว้เพื่อฝึกปรือ

หากผมย้อนกลับไปเป็นนักเรียน ม.4 ได้อีกครั้ง หนังสือเล่มนี้ก็เป็นเล่มหนึ่งที่ผมจะซื้อไว้อ่านตะลุยโจทย์



รศ.ดร.บุรินทร์ กำจัดภัย
นักฟิสิกส์ทฤษฎีและจักรวาลวิทยา
วิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน "สถาบันสำนักเรียนท่าโพธิ์ฯ"
มหาวิทยาลัยนเรศวร
9 มิถุนายน 2561

บรรณาธิการ

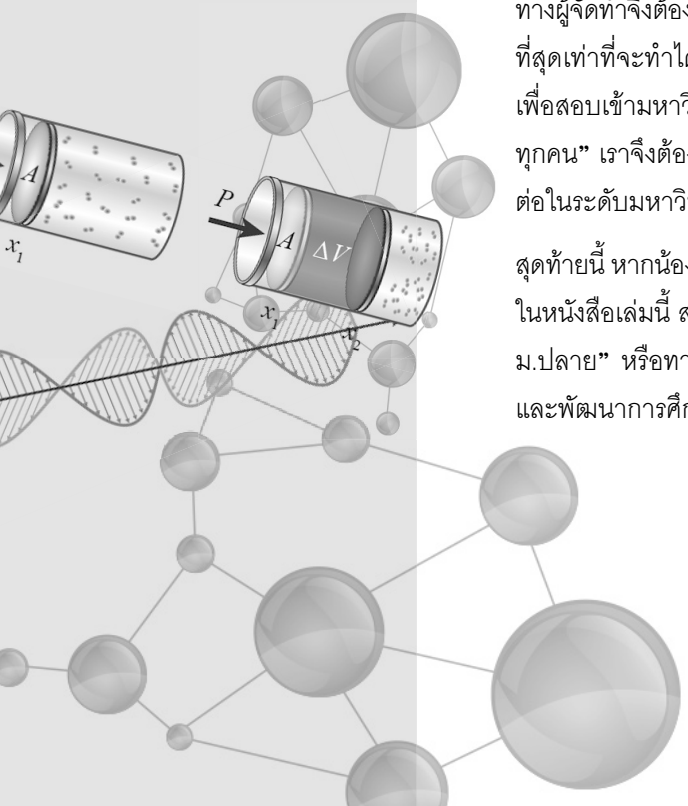
"Imagination is more important than knowledge. For knowledge is limited, whereas imagination encircles the world" – *Albert Einstein*

หลายๆ คนมักจะเคยได้ยินประโยคนี้ในส่วนแรก ซึ่งเป็นประโยคที่อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ นักฟิสิกส์ระดับโลกได้เคยกล่าวไว้ในการสัมภาษณ์กับนิตยสาร The Saturday Evening Post (26 October 1929) ว่า "จินตนาการสำคัญกว่าความรู้" จนหลายๆ คนมักจะเอา "คำคม" นี้ไปตีความเข้าใจและใช้งานกันอย่างผิดๆ เช่นเดียวกับการทำความเข้าใจในวิชาฟิสิกส์ เพราะฟิสิกส์ไม่ใช่แค่การ "แทนค่าสูตรเพื่อหาคำตอบ" แต่ความเป็นจริงแล้ว "ฟิสิกส์ไม่มีสูตรตายตัว" มีแค่ความเข้าใจ และที่เรามักจะเห็นสูตรต่างๆ ในฟิสิกส์ นั่นคือ การจัดการทาง "ปริมาณ" ซึ่งเป็นเรื่องของ "คณิตศาสตร์" ไป แต่เราคงปฏิเสธไม่ได้ว่า "คณิตศาสตร์" ไม่ใช่เรื่องที่สำคัญในฟิสิกส์ เพราะถ้าเราต้องการ "ความแม่นยำในธรรมชาติ" คณิตศาสตร์ก็ต้องถูกนำมาใช้เพื่อเป็น "ภาษา" ในการติดต่อสื่อสารกับธรรมชาติอยู่ดี ดังนั้น ความยากจริงๆ จึงไม่ใช่การทำความเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์ แต่มันคือ "การแปลภาษา" เพื่อคุยกับธรรมชาติด้วย "คณิตศาสตร์" นั่นเอง

หนังสือเล่มนี้จึงไม่ใช่แค่หนังสือที่รวบรวมเนื้อหา และข้อสอบเพียงอย่างเดียว แต่จะกล่าวถึง "ข้อควรระวัง" และ "จุดผิดพลาด" โดยส่วนใหญ่ที่มักจะพบเจอกันในระดับ ม.ปลาย และเนื่องจากเป็นหนังสือที่เน้นให้แก่นักเรียนในช่วงดังกล่าว ทางผู้จัดทำจึงต้องพิจารณาความถูกต้องทางวิชาการอย่างละเอียดถี่ถ้วนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะพวกเราทุกคนเห็นว่านักเรียนทุกคนไม่ใช่แค่ "เรียนเพื่อสอบเข้ามหาวิทยาลัยได้" เท่านั้น แต่นี่คือการกำหนด "อนาคตของน้องๆ ทุกคน" เราจึงต้องวางรากฐานความรู้ทางฟิสิกส์ให้น้องๆ สามารถนำไปใช้งานต่อในระดับมหาวิทยาลัยได้อย่างถูกต้องอีกด้วย

สุดท้ายนี้ หากน้องๆ หรือครู อาจารย์ และติวเตอร์ท่านใดที่พบข้อผิดพลาดต่างๆ ในหนังสือเล่มนี้ สามารถแจ้งข้อผิดพลาดได้ผ่านแฟนเพจ "Genius in PHYSICs ม.ปลาย" หรือทางเพจ "Infopress เตรียมสอบ" เพื่อสร้างการเรียนรู้ที่ถูกต้องและพัฒนาการศึกษาของประเทศให้ดียิ่งๆ ขึ้นไป

ผู้จัดทำ



สารบัญ

บทที่ 1 .... คณิตศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ 1

แบบวัดความเข้าใจ 1
การตีความโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4
ปริมาณทางฟิสิกส์ 5
หน่วยทางฟิสิกส์ 8
คำอุปสรรค 9
กราฟ 10
คณิตศาสตร์ที่ใช้ในฟิสิกส์ 13
การตรวจสอบคำตอบเบื้องต้น 16

บทที่ 2 .... การเคลื่อนที่ใน 1 มิติ 19

แบบวัดความเข้าใจ 19
ปริมาณการเคลื่อนที่ 22
กราฟของการเคลื่อนที่ 25
สมการการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ 31
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 2 40
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 2 43

บทที่ 3 .... แรงและกฎของการเคลื่อนที่ 47

แบบวัดความเข้าใจ 47
แรง 50
กฎของนิวตันและการเคลื่อนที่ 59
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 3 69
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 3 72

บทที่ 4 .... การเคลื่อนที่ 2 มิติและรูปแบบต่างๆ 79

แบบวัดความเข้าใจ 79
การเคลื่อนที่วิถีโค้งตามแรงโน้มถ่วง (โปรเจ็กไทล์) 82
การเคลื่อนที่แบบวงกลม 91
การเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย (SHM) 98
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 4 110
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 4 113

บทที่ 5 .... งานและพลังงาน 123

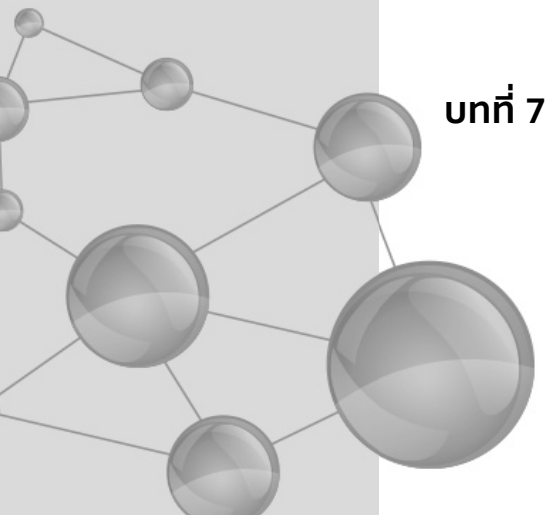
แบบวัดความเข้าใจ 123
งาน 126
กราฟของการทำงาน 128
ประสิทธิภาพของการทำงาน (Efficiency : Eff) 130
เครื่องกล 131
พลังงาน 141
กฎอนุรักษ์พลังงาน 144
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 5 153
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 5 157

บทที่ 6 .... โมเมนตัมและการชน 169

แบบวัดความเข้าใจ 169
โมเมนตัมและการชน 172
การชนกันของวัตถุ 176
พลังงานและรูปแบบของการชนกันของวัตถุ 178
การชนใน 2 มิติ และการระเบิด 184
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 6 195
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 6 198

บทที่ 7 .... การหมุนและสมดุลกล 205

แบบวัดความเข้าใจ 205
การหมุน 207
สมการความสัมพันธ์ในมิติของการหมุน 210
ทอร์ก 212
พลังงานจลน์ของการหมุน 216

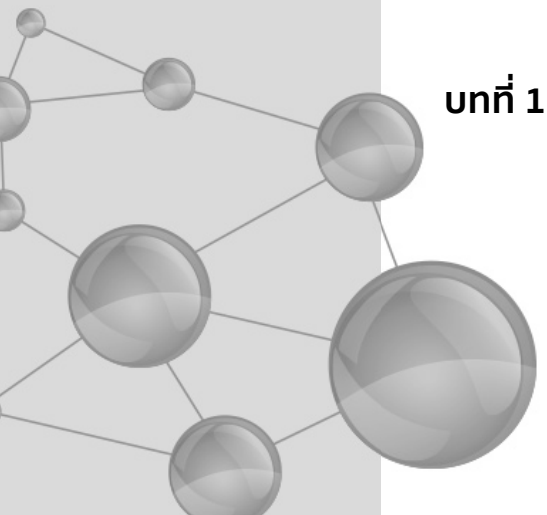


โมเมนตัมเชิงมุม 218
สภาพสมดุล 223
สภาพยืดหยุ่น 227
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 7 232
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 7 235

บทที่ 8 .... คลื่นกลและสมบัติของคลื่นกล 245
แบบวัดความเข้าใจ 245
คลื่นกล 248
องค์ประกอบของคลื่น 249
ประเภทของคลื่นกลตามการเคลื่อนที่ของตัวกลาง 251
การซ้อนทับของคลื่น (การแทรกสอด) 253
สมบัติของคลื่น 257
คลื่นนิ่ง 266
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 8 271
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 8 274

บทที่ 9 .... คลื่นเสียง 279
แบบวัดความเข้าใจ 279
คลื่นเสียง 281
คุณสมบัติของคลื่นเสียง 281
บีตส์ของเสียง 285
ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ 285
คลื่นกระแทก (Shock wave) 288
ความเข้มเสียง 289
ระดับความดังของเสียง 290
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 9 298
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 9 300

บทที่ 10 ... คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสง และการมองเห็น 307
แบบวัดความเข้าใจ 307
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 309
คลื่นแสง 310
แสงสีและการมองเห็น 319
ทัศนูปกรณ์ 321
ความสว่าง 329



แนวข้อสอบท้ายบทที่ 10 336
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 10 339

บทที่ 11 ... ไฟฟ้าสถิต 347

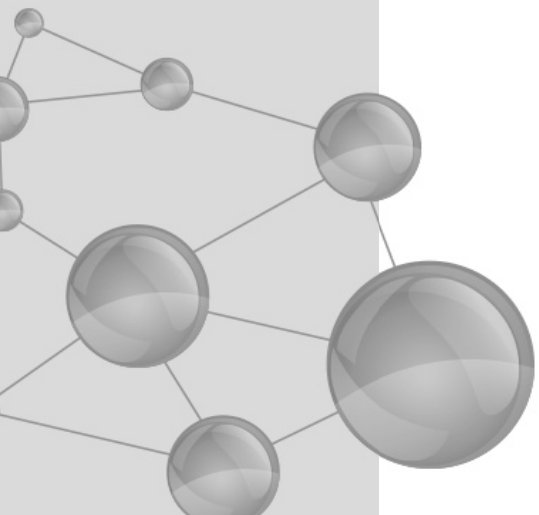
แบบวัดความเข้าใจ 347
ไฟฟ้าสถิต 351
ประจุไฟฟ้า 351
แรงกระทำระหว่างประจุไฟฟ้า 356
สนามไฟฟ้า 359
ศักย์ไฟฟ้า 365
ตัวเก็บประจุ 369
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 11 374
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 11 377

บทที่ 12 ... ไฟฟ้ากระแสตรง 383

แบบวัดความเข้าใจ 383
ไฟฟ้ากระแส 387
การนำไฟฟ้า 387
ความต้านทานไฟฟ้า 391
วงจรไฟฟ้า 398
อุปกรณ์ตรวจปริมาณวัดไฟฟ้า 412
พลังงานไฟฟ้า 415
ความรู้เบื้องต้นของเครื่องใช้ไฟฟ้า 416
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 12 421
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 12 424

บทที่ 13 ... แม่เหล็กไฟฟ้า และไฟฟ้ากระแสสลับ 431

แบบวัดความเข้าใจ 431
แม่เหล็ก 433
สนามแม่เหล็ก 434
แรงแม่เหล็ก 437
สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ 440
แรงที่เกิดจากแม่เหล็กเหนี่ยวนำ 443
กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 448
อุปกรณ์ที่ใช้หลักการของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 450
ไฟฟ้ากระแสสลับ 456
แผนภาพเฟสเซอร์ 460
วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 460



กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในวงจร 464
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 13 468
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 13 471

บทที่ 14 ... กลศาสตร์ของไหล 477

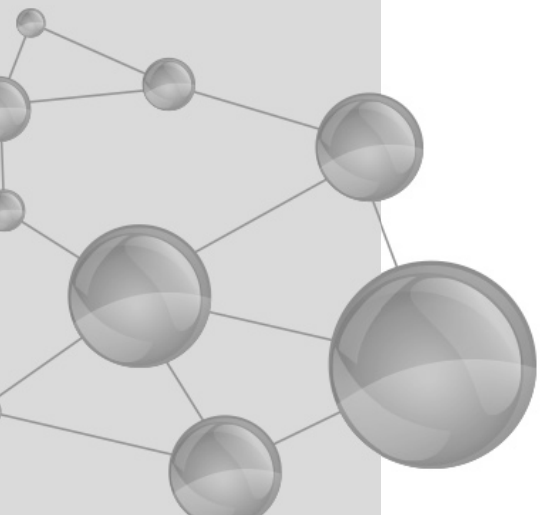
แบบวัดความเข้าใจ 477
ของไหล 481
ความดัน 482
แรงพยุงตัว 490
ความตึงผิว 492
ความหนืด 495
พลศาสตร์ของไหล 497
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 14 500
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 14 503

บทที่ 15 ... ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส 509

แบบวัดความเข้าใจ 509
ความร้อน 512
การเปลี่ยนสถานะของสาร 515
แก๊ส 521
ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส 530
กฎการถ่ายเทพลังงานความร้อน 535
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 15 536
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 15 539

บทที่ 16 ... ฟิสิกส์อะตอม 543

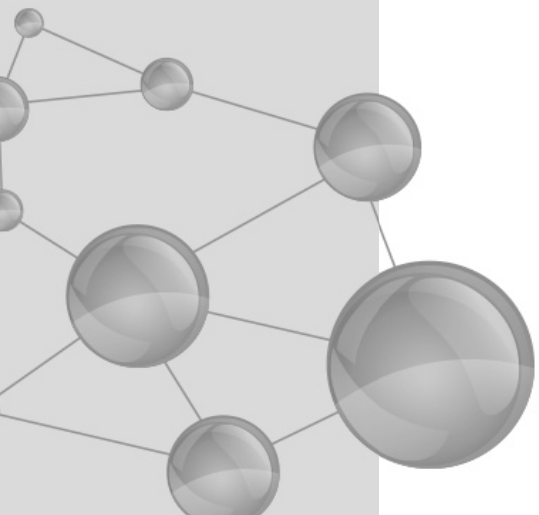
แบบวัดความเข้าใจ 543
ทฤษฎีอะตอมยุคเก่า 547
แบบจำลองอะตอมของทอมสัน 548
แบบจำลองอะตอมของรัทเธอร์ฟอร์ด 554
แบบจำลองอะตอมของโบร์ 557
ทวิภาคของคลื่นและอนุภาค 566
กลศาสตร์ควอนตัม 573

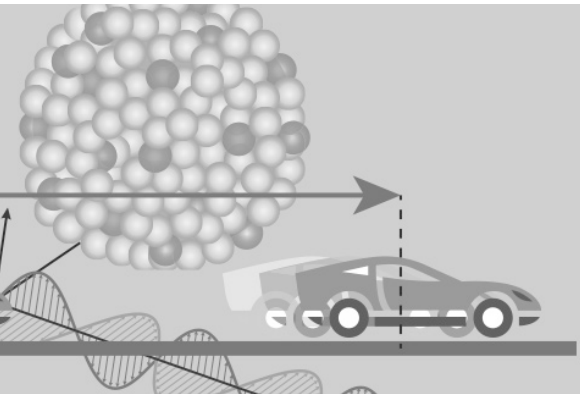


แนวข้อสอบท้ายบทที่ 16 576
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 16 579

บทที่ 17 ... ฟิสิกส์นิวเคลียร์ 585

แบบวัดความเข้าใจ 585
นิวเคลียส 589
สมการนิวเคลียร์ 591
การสลายตัวของนิวเคลียส 592
กัมมันตภาพ 599
แรงนิวเคลียร์ 606
ปฏิกิริยานิวเคลียร์ 611
แบบจำลองอนุภาคมูลฐาน 613
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 17 615
เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 17 619





บทที่ 1

คณิตศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์

แบบวัดความเข้าใจ

จงตอบคำถามโดยเลือกกาเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “จริง” หรือ “เท็จ” ตามความเป็นจริงหน้าข้อความต่อไปนี้ (ตอบถูก +2 คะแนน ตอบผิด −1 คะแนน ตอบ “ไม่รู้” ได้รับ 0 คะแนน)

จริง	เท็จ	ไม่รู้	ข้อความ
			1. ปริมาณเวกเตอร์ เป็นปริมาณที่มีขนาดและทิศทาง
			2. ตัวเลขอัตราเร็วบนหน้าปัดรถยนต์ เป็นปริมาณเวกเตอร์
			3. แม่บอกตำแหน่งของตลาดโดยการชี้ไปจากจุดที่แม่ยืนอยู่ เป็นการบอกปริมาณเวกเตอร์
			4. อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นจาก 0 จนเดือด เป็นปริมาณเวกเตอร์
			5. หน่วยฐานในระบบ SI คือ m, kg, s, A, K, Cd, mol
			6. หน่วยมุมสเตอเรเดียน (str) มีค่าสูงสุด คือ 2π
			7. 10^3 kg มีค่าเท่ากับ 10^{15} ng
			8. การคำนวณ “พื้นที่ใต้กราฟ” ของกราฟความเร็ว−เวลา ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะสามารถหาค่าของระยะการกระจัดได้จากสูตร $s = ut+\frac{1}{2}at^2$
			9. เมื่อ $0 \leq x \leq \frac{\pi}{2}$ ถ้า $\sin^2 x+2\sin x = 0$ แล้ว จะได้ว่า $x = 0$
			10. ค่าประมาณของ $\sqrt{623.75} \approx 24.975$

เฉลย

แนวคิด	ข้อ	จริง	เท็จ	เหตุผล
ปริมาณทางฟิสิกส์	**1.**	✓		ปริมาณเวกเตอร์ เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่จำเป็นต้องมีทั้งขนาดและทิศทาง
,,	**2.**		✓	ตัวเลขบนหน้าปัดรถยนต์บอกเพียงขนาดของความเร็ว
,,	**3.**	✓		การบอกตำแหน่งแบบเวกเตอร์ ต้องบอกจุดอ้างอิงเริ่มต้นและปลายทาง
,,	**4.**		✓	อุณหภูมิไม่มีจุดอ้างอิงและทิศทาง
,,	**5.**	✓		ปริมาณทั้ง 7 เป็น “หน่วยฐาน” ทางฟิสิกส์ในระบบ SI
,,	**6.**		✓	มุมสเตอเรเดียน (มุมตัน) วัดจาก “พื้นที่ผิว” ของทรงกลม 1 หน่วย (มีค่าสูงสุด คือ 4π)
คำอุปสรรค	**7.**	✓		10^3 kg = $10^3 \times 10^3$ g = $10^6 \times \frac{10^{-9}}{10^{-9}}$ g = $10^6 \times 10^9$ ng = 10^{15} ng
กราฟ	**8.**		✓	การคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ ต้องพิจารณา “ลักษณะทางเรขาคณิต” ของรูปในกราฟนั้นๆ (ไม่เกี่ยวข้องกับสูตรการเคลื่อนที่ใดๆ) ดังนั้น ในการคำนวณจึงใช้แค่สูตรที่ว่า พื้นที่สี่เหลี่ยม = กว้าง×ยาว
การแก้สมการ+ตรีโกณ	**9.**	✓		คำนวณหา x จาก $\sin^2 x + 2\sin x = 0$ ให้ $\sin x = A$ จะได้ $A^2 + 2A = 0$ แสดงว่า $A(A+2) = 0$ นั่นคือ $\sin x = 0$ หรือ $\sin x = -2$ แต่เนื่องจาก $0 \le x \le \frac{\pi}{2}$ แสดงว่า $0 \le \sin x \le 1$ ในคำตอบนี้เราจะได้แค่คำตอบที่สามารถหาได้จาก $\sin x = 0$ เท่านั้น ซึ่งเราจะพบว่า $x = 0$ เมื่อ $0 \le x \le \frac{\pi}{2}$

แนวคิด	ข้อ	จริง	เท็จ	เหตุผล
การประมาณค่า	**10.**	✓		$\sqrt{623.75} = \sqrt{625-1.25} = (\sqrt{625})\sqrt{1-\frac{1.25}{625}}$ เนื่องจาก $\sqrt{625} = 25$ และ $\frac{1.25}{625} = 0.002 << 1$ จากหลักการที่ว่า $(1\pm x)^n \simeq 1\pm nx$ เมื่อ $x << 1$ ทำให้เราสามารถหาได้ว่า $\sqrt{1-\frac{1.25}{625}} \simeq 1-\frac{1}{2}\left(\frac{1.25}{625}\right) = 1-\frac{1}{2}\left(\frac{0.05}{25}\right) = 1-\frac{0.05}{50}$ $= 1-0.001 = 0.999$ นั่นคือ $\sqrt{623.75} \simeq 25(0.999) = 24.945$ ซึ่งค่าจริง คือ $\sqrt{623.75} = 24.9749...$

เทียบคะแนน

16-20 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดดี ควรทบทวนวิธีคิดตามแนวคิดให้ละเอียด

10-15 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดค่อนข้างดี ควรศึกษาข้อผิดพลาดในการคิด และตรวจสอบความเข้าใจตามแนวคิดให้รอบคอบยิ่งขึ้น

ต่ำกว่า 10 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดค่อนข้างไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์สถานการณ์ และการทำโจทย์ในบทนี้

การตีความโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เราจำเป็นที่จะต้องเข้าใจหลักการในการ “แปลความหมาย” เชิงกายภาพให้เป็นปริมาณที่สามารถวัดได้ เนื่องจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จำเป็นที่จะต้องทดลอง และควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองอย่างรัดกุมที่สุด

ขั้นตอนในการตีความปัญหาทางฟิสิกส์ให้เป็นสมการคณิตศาสตร์

การตีความโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยคณิตศาสตร์ เราจำเป็นที่จะต้องอาศัย “ข้อความ” ที่สามารถแปลผลจากข้อความในโจทย์ฟิสิกส์ปกติให้เป็นปริมาณทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยหลักการดังนี้

1. วาดภาพเพื่อทำให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น

เวลาเราจะวัดสิ่งใดๆ เราก็จะต้องลงมือวัดจากของจริง ในทำนองเดียวกัน การแก้โจทย์ทางฟิสิกส์จึงไม่สามารถแก้ได้ด้วยการ “อ่านโจทย์ และเอาตัวเลขจากโจทย์มาแทนค่าสูตร และหาคำตอบ” แต่จำเป็นจะต้องเข้าใจ “ภาพของสิ่งที่เรากำลังจะวัด” ว่ามีลักษณะอย่างไร ดังนั้น การวัดปริมาณต่างๆ ในทางฟิสิกส์ เราจึงจำเป็นที่จะต้องวาดภาพ เช่น แผนภาพแรง (Free body diagram) ในกลศาสตร์ หรือแผนภาพวงจรในไฟฟ้ากระแส เป็นต้น

2. จับความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่ในภาพมาสร้างสมการ

นำปริมาณต่างๆ ในภาพมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น

ถ้าโจทย์ต้องการให้เราหาปริมาณในรูป **“ผลต่าง”** ให้เราใช้หลักการลบ คือ

$$\Delta x = x_2 - x_1 \qquad (1.1)$$

เมื่อ Δx คือ ผลต่างของปริมาณใดๆ

x_2 คือ ปริมาณสุดท้าย

x_1 คือ ปริมาณเริ่มต้น

ข้อความที่ใช้แทนสัญลักษณ์ดังกล่าว ได้แก่ “ความต่าง, ผลต่าง, ความแตกต่าง ฯลฯ”

ถ้าโจทย์ต้องการให้เราหาปริมาณในรูป **“อัตราส่วน”** ให้เราใช้หลักการหาร คือ

$$x_2 : x_1 = \frac{x_2}{x_1} \qquad (1.2)$$

เมื่อ $x_2 : x_1$ คือ อัตราส่วนของปริมาณ x_2 ต่อ x_1

ข้อความที่ใช้แทนสัญลักษณ์ดังกล่าว ได้แก่

“... เป็นจำนวนเท่าของ ... , อัตราส่วนของ ... เทียบกับ ... ฯลฯ”

ถ้าโจทย์ต้องการให้เราหาปริมาณในรูป **“ผลรวม”** ให้เราใช้หลักการบวก คือ

$$x = x_1 + x_2 \qquad (1.3)$$

เมื่อ x คือ ปริมาณผลรวมของ x_1 และ x_2

ข้อความที่ใช้แทนสัญลักษณ์ดังกล่าว ได้แก่ “ผลรวม, ผลบวก, ... และ ... รวมกันจะได้ ... ฯลฯ”

ถ้าโจทย์ต้องการให้เราหาปริมาณในรูป **“ผลคูณ”** ให้เราใช้หลักการคูณ คือ

$$x = x_1 \times x_2$$

เมื่อ x คือ ปริมาณผลคูณของ x_1 และ x_2

ข้อความที่ใช้แทนสัญลักษณ์ดังกล่าว ได้แก่ “ปริมาณของ ... ที่มี ... ฯลฯ”

ตัวอย่าง

โมเมนตัม คือ ปริมาณของ “มวล” ที่มี “ความเร็ว” สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า $P = mv$

ความเร่ง คือ อัตราส่วนระหว่าง “ความเร็วที่เปลี่ยนไป” เทียบกับ “เวลาที่ใช้” สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

ข้อควรระวัง :

ในการสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ใดๆ ก็ตาม **เราจำเป็นจะต้องใช้ “อุปกรณ์” ทางคณิตศาสตร์ชนิดเดียวกันมาสร้างความสัมพันธ์เสมอ** เช่น ถ้าอุปกรณ์ของเราคือ “เวกเตอร์” เวลาสร้างความสัมพันธ์เป็นสมการจะต้องใช้ “เวกเตอร์” มาสร้างเท่านั้น (ห้ามใช้ตัวเลข หรือกราฟมาสร้างความสัมพันธ์กับเวกเตอร์อย่างเดียว ยกเว้นจะเป็นปริมาณที่ใช้ประกอบในรูป “ค่าคงที่” เท่านั้น)

ปริมาณทางฟิสิกส์

ปริมาณทางฟิสิกส์ เปรียบได้กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการคำนวณ โดยปริมาณทางฟิสิกส์ที่ใช้กันโดยทั่วไปประกอบด้วยปริมาณต่างๆ ดังนี้

สเกลาร์

สเกลาร์ เป็นปริมาณที่ได้จากการสังเกตที่มีแต่ **“ขนาด”** ไม่ว่าวัดจากจุดอ้างอิงไหนก็จะได้ตัวเลขเดียวกัน

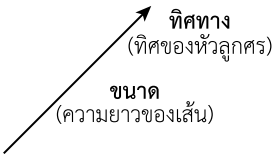
ตัวอย่าง

ปริมาณที่เป็นสเกลาร์ ได้แก่ อุณหภูมิ ศักย์ไฟฟ้า มวล ความดังเสียง อัตราเร็วรถ เป็นต้น

เวกเตอร์

เวกเตอร์ เป็นปริมาณทางกายภาพได้จากการสังเกต โดยมี

1. **จุดอ้างอิง** : จุดเริ่มต้นของการสังเกต
2. **ทิศทาง** : ปลายทางของการสังเกต
3. **ขนาด** : ระยะจากจุดอ้างอิงถึงหัวลูกศร



ตัวอย่าง

การบอกตำแหน่ง เมื่อถามแม่ว่าตลาดอยู่ที่ไหน แม่จะชี้ไปที่ตลาดโดยตรง ซึ่งเป็นการใช้**จุดอ้างอิง**ของตัวแม่ มี**ทิศ**ไปทางตลาด และมี**ขนาด** คือ ระยะระหว่างแม่กับตลาดนั้น

ความเร็ว รถกำลังวิ่งไปข้างหน้าด้วยความเร็วขนาดหนึ่ง ถ้าคนขับเป็นผู้สังเกต จะบอกว่าเวกเตอร์ชี้ไปด้านหน้า (ทิศทางเทียบกับจุดอ้างอิง) แต่ถ้าผู้สังเกตคือคนที่ยืนอยู่ข้างหน้ารถไกลๆ จะบอกว่าเวกเตอร์ชี้เข้าหาตัวเขาเทียบกับตัวเขาเอง

น้ำหนัก เป็นเวกเตอร์ของแรงที่ชี้จากตัวคนลงสู่พื้นโลกเสมอ

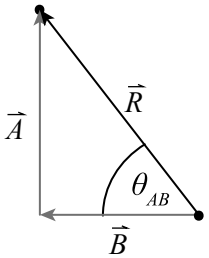
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเวกเตอร์โดยไม่สนใจทิศทาง หรือเอาแต่เฉพาะขนาด ซึ่งเขียนได้เป็น $|\vec{A}|$ เท่ากับเรากำลังพิจารณาองค์ประกอบสเกลาร์ของเวกเตอร์นั้นๆ

ตัวอย่าง

$|\vec{v}|$ (ขนาดของความเร็ว) $|\vec{E}|$ (ขนาดของสนามไฟฟ้า)

คุณสมบัติของเวกเตอร์

1. **เวกเตอร์บวกกัน** ในทางฟิสิกส์มักจะใช้การบวกเวกเตอร์ลัพธ์ในรูป **"ทฤษฎีพีทาโกรัส"** นั่นคือ



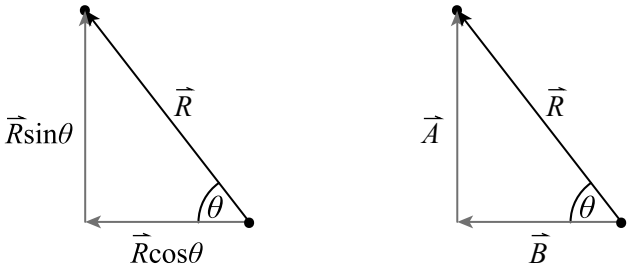
ขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ : $|\vec{R}| = \sqrt{A^2+B^2}$ ------ (1.5)

ทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ : $\tan\theta_{AB} = \frac{B}{A}$ ------ (1.6)

ข้อควรรู้ :

ในกรณีเวกเตอร์ลัพธ์เกิดจากเวกเตอร์ที่มีทิศ “ตรงข้ามกัน” เวกเตอร์ลัพธ์จะมาจากเวกเตอร์ลบกัน

2. การแตกเวกเตอร์ ในทางฟิสิกส์จะใช้หลักการ **“แตกเวกเตอร์เข้าสามเหลี่ยมมุมฉาก”** เสมอ ซึ่งจะทำให้ได้ลักษณะดังรูป



จากรูป จะได้ว่า

$$\sin\theta = \frac{|\vec{A}|}{|\vec{R}|} \longrightarrow \vec{A} = \vec{R}\sin\theta$$

$$\cos\theta = \frac{|\vec{B}|}{|\vec{R}|} \longrightarrow \vec{B} = \vec{R}\cos\theta$$

ข้อควรรู้ :

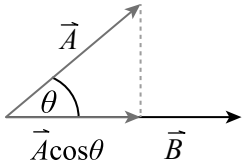
ในกรณีที่เวกเตอร์มีการแตกมุมเวกเตอร์ในลักษณะที่ **“ไม่เป็นไปตามสามเหลี่ยมมุมฉาก”** ให้ใช้**กฎของโคไซน์** นั่นคือ

$$R = \sqrt{A^2+B^2-2AB\cos\theta_{AB}}$$

3. เวกเตอร์คูณกัน มี 2 วิธี ได้แก่

3.1) การคูณเวกเตอร์แบบดอต (Dot product)

การคูณเวกเตอร์แบบดอต สามารถหาได้จาก



$$\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos\theta$$

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = |A||B|\cos\theta_{AB} \qquad (1.7)$$

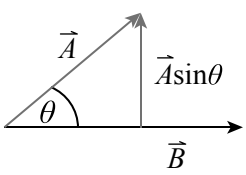
เมื่อ θ_{AB} เป็นมุมที่อยู่ระหว่างเวกเตอร์ A และ B

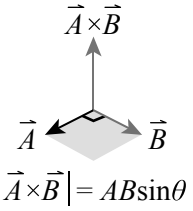
ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็น “สเกลาร์” เสมอ

ตัวอย่างของปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกิดจากเวกเตอร์คูณกันแบบดอต ได้แก่ งาน, พลังงาน เป็นต้น

3.2) การคูณเวกเตอร์แบบครอส (Cross product)

การคูณเวกเตอร์แบบครอส สามารถหาได้จาก





$$|\vec{A}\times\vec{B}| = AB\sin\theta$$

ขนาดของ $\vec{A}\times\vec{B} = |A||B| \sin\theta_{AB}$ ---------- 1.8

เมื่อ θ_{AB} เป็นมุมที่อยู่ระหว่างเวกเตอร์ A และ B

ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็น “เวกเตอร์” เสมอ โดยมีทิศทางเป็นไปตาม **“กฎมือขวา”** ซึ่งมีหลักการที่ว่า

“นิ้วทั้ง 4 ทิศพุ่งตามเวกเตอร์ $\vec{A}$ sin θ ม้วนมือเข้าหาทิศ $\vec{B}$ ทิศที่นิ้วโป้งชี้ คือ $\vec{A}\times\vec{B}$”

ตัวอย่างของปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกิดจากเวกเตอร์คูณกันแบบครอส ได้แก่ โมเมนต์, ความเร็วเชิงมุม เป็นต้น

ข้อสังเกต :

เวกเตอร์ $\vec{A}\times\vec{B}$ จะมีทิศ “ตั้งฉาก” กับ “พื้นที่ที่เกิดจากการครอสเวกเตอร์ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$” เสมอ

หน่วยทางฟิสิกส์

หน่วยทางฟิสิกส์ เป็นปริมาณที่ใช้บอกว่าเรากำลังวัดปริมาณอะไร เพราะในทางฟิสิกส์แล้ว การบอกแค่เพียงว่า “โทนี่ สตาร์ควัดได้ 3” เราไม่มีโอกาสรู้เลยว่าโทนี่ สตาร์ควัดอะไรอยู่ รู้แค่ว่าได้ผลลัพธ์ คือ 3 ดังนั้น เพื่อความชัดเจนในการวัดปริมาณต่างๆ นักฟิสิกส์จึงได้มีการนิยาม “หน่วยทางฟิสิกส์” เพื่อใช้บอกการวัดปริมาณ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

หน่วยฐาน

หน่วยฐาน (Base units) เป็นหน่วยทางฟิสิกส์ที่เทียบได้ว่า เป็นหน่วยวัดขั้นแรกสุดที่ไม่มีหน่วยใดมาประกอบได้อีก ซึ่งหน่วยฐานในทางฟิสิกส์ (ในระบบ SI) มีดังนี้

ปริมาณที่ใช้วัด	หน่วย (ตัวย่อ)	ปริมาณที่ใช้วัด	หน่วย (ตัวย่อ)
ความยาว	เมตร (m)	เวลา	วินาที (s)
มวล	กิโลกรัม (kg)	กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (A)
อุณหภูมิสัมบูรณ์	เคลวิน (K)	ความเข้มของการส่องสว่าง	แคนเดลลา (Cd)
ปริมาณสาร	โมล (mol)		

หน่วยอนุพัทธ์

หน่วยอนุพัทธ์ (Derived units) เป็นหน่วยทางฟิสิกส์ที่เกิดจากการคูณ หรือหารกัน เกิดจากการประกอบกันของหน่วยฐานตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป เช่น แรง (เชิงเส้น) มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) หรือ กิโลกรัม.เมตร/วินาที^{2} (kg.m/s^2) เป็นต้น

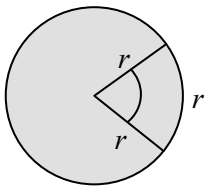
ข้อสังเกต :

ในปริมาณทางฟิสิกส์บางชนิด เราจะพบว่าปริมาณทั้งสองจะมีหน่วยเดียวกัน เช่น งานและโมเมนต์ (มีหน่วย คือ นิวตัน.เมตร ทั้งคู่) แต่ในทางฟิสิกส์เราถือว่าเป็นคนละปริมาณ เนื่องจากงานเป็นปริมาณสเกลาร์ แต่โมเมนต์เป็นปริมาณเวกเตอร์ แม้ว่าจะมีหน่วยเดียวกันก็ตาม

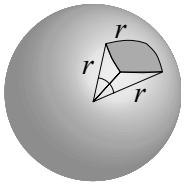
หน่วยเสริม

หน่วยเสริม (Supplementary unit) เป็นหน่วยทางฟิสิกส์ที่ถูกกำหนดให้กับ “การวัดมุม” เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ประกอบด้วย

1. หน่วยเรเดียน (rad) ใช้ในการวัดมุมในระนาบ 2 มิติ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 2π
2. หน่วยสเตอเรเดียน (str) หรือหน่วย “มุมตัน” ใช้ในการวัดมุมในพิกัด 3 มิติ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 4π



1 เรเดียน



1 สเตอเรเดียน

คำอุปสรรค

คำอุปสรรค (Prefix) เป็นคำย่อที่ใช้แทนปริมาณ 10^n โดยคำอุปสรรคต่างๆ มีดังนี้

ขนาด	คำอุปสรรค (ตัวย่อ)	ขนาด	คำอุปสรรค (ตัวย่อ)
10^{24}	ยอตตะ- (Y)	10^{-24}	ยอคโต- (y)
10^{21}	เซตตะ- (Z)	10^{-21}	เซปโต- (z)
10^{18}	เอกซะ- (E)	10^{-18}	อัตโต- (a)
10^{15}	เพตะ- (P)	10^{-15}	เฟมโต- (f)
10^{12}	เทระ- (T)	10^{-12}	พิโค- (p)
10^{9}	จิกะ- (G)	10^{-9}	นาโน- (n)
10^{6}	เมกะ- (M)	10^{-6}	ไมโคร- (μ)

ขนาด	คำอุปสรรค (ตัวย่อ)	ขนาด	คำอุปสรรค (ตัวย่อ)
10^{3}	กิโล- (k)	10^{-3}	มิลลิ- (m)
10^{2}	เฮกโต- (h)	10^{-2}	เซนติ- (c)
10^{1}	เดคา- (da)	10^{-1}	เดซิ- (d)

วิธีเปลี่ยนคำอุปสรรค

การเปลี่ยนคำอุปสรรค ให้ใช้หลักการคูณและหารคำอุปสรรคที่ต้องการ และนำตัวเลขที่หารไปหารกับค่าที่โจทย์ถาม

ตัวอย่าง

ต้องการเปลี่ยน 10^{3} นาโนเมตร ให้อยู่ในหน่วย เซนติเมตร

วิธีคิด 10^{3} นาโนเมตร $= 10^{3}\times10^{-9}$ m $= 10^{3}\times10^{-9}\left(\frac{10^{-2}}{10^{-2}}\right)$ m $= \frac{10^{3}\times10^{-9}}{10^{-2}}(10^{-2})$ m $= 10^{-4}$ cm

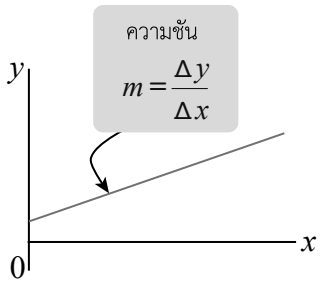
ต้องการเปลี่ยน 2.7×10^{-6} มิลลิกรัม ให้อยู่ในหน่วย เอกซะกรัม

วิธีคิด 2.7×10^{-6} มิลลิกรัม $= 2.7\times10^{-6}\times10^{-3}$ g $= 2.7\times10^{-9}\left(\frac{10^{18}}{10^{18}}\right)$ g $= \frac{2.7\times10^{-9}}{10^{18}}(10^{18})$ g $= 2.7\times10^{-27}$ Eg

กราฟ

กราฟ เป็นการพิจารณาปริมาณทางฟิสิกส์อย่างง่ายและค่อนข้างสะดวก เนื่องจากสามารถพิจารณาได้ในแต่ละปริมาณทางฟิสิกส์ที่สัมพันธ์กับกราฟโดยตรง หลักการพิจารณาปริมาณทางฟิสิกส์ผ่านกราฟ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

ความชันของกราฟ

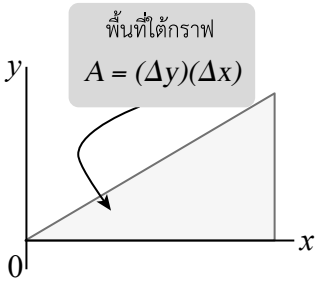


ความชันของกราฟ เกิดจากการ “เทียบอัตราส่วนแกน y ต่อแกน x” ตามสมการ

$$\text{ความชันของกราฟ} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$$

ดังนั้น ปริมาณใดก็ตามในทางฟิสิกส์ที่เกิดจากการ “หารกัน” จึงหมายถึงการ “หาความชันในกราฟ” เมื่อมีการกำหนดแกนบนกราฟด้วยปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราเร็ว (ระยะทางที่เปลี่ยนไปต่อเวลาที่ใช้) เป็นต้น

พื้นที่ใต้กราฟ



พื้นที่ใต้กราฟ เกิดจากการ “คูณกันระหว่าง x และ y” ตามความสัมพันธ์ที่ว่า

พื้นที่ใต้กราฟ = ผลคูณของปริมาณทางฟิสิกส์ x และ y

ดังนั้น ปริมาณใดก็ตามในทางฟิสิกส์ที่เกิดจากการ “คูณกัน” จึงหมายถึงการ “หาพื้นที่ใต้กราฟ” เมื่อมีการกำหนดแกนบนกราฟด้วยปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง และวิธีการหาพื้นที่ใต้กราฟใช้หลักการทางเรขาคณิตทั่วไป นั่นคือ

ถ้าเป็นรูปสามเหลี่ยม ใช้สูตร $A = \frac{1}{2}(\Delta x)(\Delta y)$

ถ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยม ใช้สูตร $A = (\Delta x)(\Delta y)$

การพิจารณาการแปรผันจากกราฟ

ในบางกรณี การแปรผันของกราฟอาจจะมีลักษณะในรูปเส้นโค้ง ซึ่งยากต่อการพิจารณาการแปรผันว่ามีลักษณะอย่างไร แต่เราสามารถปรับรูปแบบของการแปรผันได้จากการ “ตั้งแกนของกราฟใหม่” ดังนี้

1. การพิจารณาการแปรผันบนกราฟพาราโบลา ($y = cx^2$)

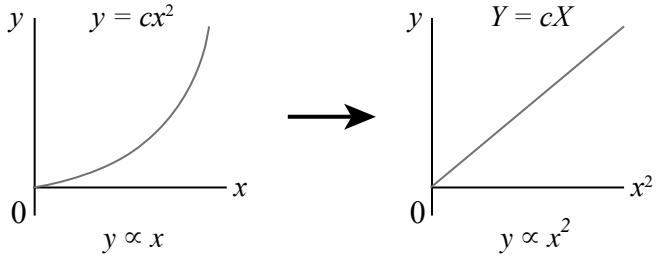
สำหรับการแปรผันบนกราฟพาราโบลา ดังสมการ

$$y = cx^2 \text{ หรือ } y \propto x^2$$

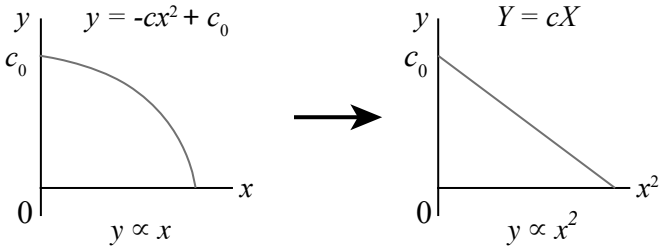
เราสามารถตั้งแกนความสัมพันธ์ดังกล่าวให้อยู่ในกราฟเส้นตรงได้ เมื่อกำหนดให้

$$Y = y \text{ และ } X = x^2$$

ซึ่งจะส่งผลให้เราสามารถพิจารณากราฟได้ดังรูป



หรือกรณีของกราฟพาราโบลาคว่ำ



2. การพิจารณาการแปรผันบนกราฟลอการิทึม ($y = c \log x$)

สำหรับการแปรผันบนกราฟค่าคงที่ ดังสมการ

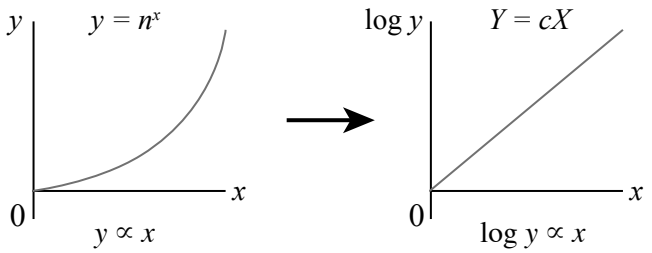
$$y = n^x \text{ เมื่อ } n \text{ เป็นค่าคงที่ใดๆ}$$

เราจะพบว่า เราจำเป็นต้องจัดรูปสมการเพื่อหาการแปรผันของ y เทียบกับ x ซึ่งเมื่อทำการ take log ทั้งสองข้าง จะสามารถหาได้ว่า

$$\log y = \log n^x$$

$$\log y = x \log n$$

เมื่อกำหนดให้ $Y = \log y$ และ $X = x$ เราจะได้ความสัมพันธ์ในลักษณะกราฟเส้นตรง ดังรูป



3. การพิจารณากราฟที่เกิดจากการแปรผกผัน ($y = \frac{k}{x}$)

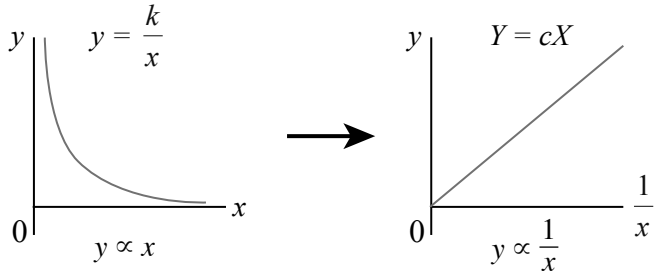
สำหรับฟังก์ชันผกผัน $y = \frac{k}{x}$ จะเป็นฟังก์ชันที่อยู่ในรูปไฮเพอร์โบลา ซึ่งจะพบว่า

$$y = \frac{k}{x} \text{ หรือ } y \propto \frac{1}{x}$$

เมื่อกำหนดแกนใหม่ โดยกำหนดให้

$$Y = y \text{ และ } X = \frac{1}{x}$$

จะทำให้เราสามารถสร้างความสัมพันธ์ได้ดังรูป



คณิตศาสตร์ที่ใช้ในฟิสิกส์

พีชคณิตเบื้องต้น

พีชคณิต ถือเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการทำโจทย์ฟิสิกส์ ซึ่งในบางครั้งการหาคำตอบของสมการจำเป็นจะต้องใช้หลักการ “จัดรูป” ซึ่งเราสามารถพบการจัดรูปในโจทย์ฟิสิกส์ได้บ่อยครั้งในลักษณะดังนี้

1. กำลังสัมบูรณ์

กำลังสัมบูรณ์ เป็นหลักการที่ใช้ในการ “กระจายพจน์” เพื่อให้อยู่ในรูปผลบวก โดยมีสูตรต่างๆ ดังนี้

1.1) กำลังสองสัมบูรณ์ : $(x\pm y)^2 = x^2\pm 2xy+y^2$

1.2) กำลังสามสัมบูรณ์ : $(x\pm y)^3 = x^3\pm 3x^2y+3xy^2\pm y^3$

2. ผลต่างกำลัง

ผลต่างกำลัง เป็นหลักการหนึ่งที่ใช้ในการจัดรูปสมการให้ง่ายต่อการคำนวณมากขึ้น ซึ่งสูตรผลต่างกำลังมีดังนี้

2.1) ผลต่างกำลังสอง : $x^2-y^2 = (x-y)(x+y)$

2.2) ผลต่างกำลังสาม : $x^3-y^2 = (x-y)(x^2+xy+y^2)$

การแก้สมการกำลังสอง

การแก้สมการกำลังสอง (ดีกรีสอง) เป็นการแก้สมการที่พบได้บ่อยมากที่สุดในการทำโจทย์ฟิสิกส์ ซึ่งวิธีที่สามารถใช้ได้บ่อยและรวดเร็วที่สุดก็คือ การใช้สูตรตามหลักการที่ว่า

ถ้า x เป็นคำตอบของสมการ $ax^2+bx+c = 0$ แล้ว จะได้ว่า

$$x = \frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a} \qquad \text{---------(1.10)}$$

ตัวอย่าง

จงหาระยะเวลาที่รถคันนี้สามารถวิ่งกลับมายัง “ตำแหน่งเริ่มต้น (จุดอ้างอิง)” อีกครั้งหนึ่งตามสมการ $s = t^2-2t+1$

วิธีคิด ตำแหน่งเริ่มต้น หรือจุดอ้างอิง โดยทั่วไปแล้ว เราจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น ที่ตำแหน่งเริ่มต้น เราจึงต้องกำหนดให้ $s = 0$ ทำให้เราสามารถหาระยะเวลาที่รถจะวิ่งกลับมายังจุดอ้างอิงได้จาก

$$0 = t^2-2t+1 \qquad \text{...(1)}$$

เทียบสัมประสิทธิ์ของสมการ (1) ให้อยู่ในรูป $ax^2+bx+c = 0$ เราจะพบว่า $a = 1$, $b = -2$ และ $c = 1$ ทำให้เราสามารถหาค่า t ได้ว่า

$$t = \frac{-(-2)\pm\sqrt{(-2)^2-4(1)(1)}}{2(1)} = 1$$

แสดงว่ารถคันนี้จะกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นได้อีกครั้งที่เวลา $t = 1$ s

ตรีโกณมิติ

เนื่องจากฟิสิกส์เป็นวิชาที่ต้องใช้ “แผนภาพเวกเตอร์” ในการแก้ปัญหา และเวกเตอร์ในวิชาฟิสิกส์มักจะใช้ “ทฤษฎีพีทาโกรัส” ทั้งในการแตกเวกเตอร์ย่อย หรือหาเวกเตอร์ลัพธ์ ซึ่งเราจำเป็นต้องใช้ “ตรีโกณมิติ” ในการแก้ปัญหา โดยปริมาณทางตรีโกณมิติที่มักใช้กับฟิสิกส์มีดังนี้

ตารางตรีโกณมิติที่ควรรู้

	0°	30°	37°	45°	53°	60°	90°
$\sin A$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos A$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{1}{2}$	0

$$\tan A = \frac{\sin A}{\cos A} \quad \cot A = \frac{1}{\tan A} \quad \sec A = \frac{1}{\cos A} \quad \operatorname{cosec} A = \frac{1}{\sin A}$$

เอกลักษณ์ของตรีโกณมิติที่ควรรู้

1. $\sin^2 A+\cos^2 A = 1$
2. $\sec^2 A-\tan^2 A = 1$
3. $\sin(A\pm B) = \sin A \cos B\pm\cos A \sin B$
4. $\cos(A\pm B) = \cos A \cos B\mp\sin A \sin B$
5. $\sin A\pm\sin B = 2\sin\left(\frac{A\pm B}{2}\right)\cos\left(\frac{A\mp B}{2}\right)$
6. $\cos A+\cos B = 2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)$
7. $\cos A-\cos B = 2\sin\left(\frac{A+B}{2}\right)\sin\left(\frac{A-B}{2}\right)$

ข้อควรรู้ :

สำหรับกรณีที่มุม A มีค่าน้อยมากๆ ($A << 1$) จะได้ว่า $\cos A \simeq 1$, $\sin A \simeq \tan A \simeq A$

ลอการิทึม

ในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับ “ระดับความเข้มต่างๆ” จะถูกพิจารณาในรูปลอการิทึม โดยคุณสมบัติของลอการิทึมจะมีปริมาณต่างๆ ดังนี้

เอกลักษณ์ของลอการิทึม

1. $\log A^n = n \log A$
2. $\log(AB) = \log A + \log B$
3. $\log\left(\frac{A}{B}\right) = \log A - \log B$
4. $n^{\log_n A} = A$
5. $\log_A B = \frac{\log B}{\log A}$

ข้อควรรู้ :

ค่าคงที่ออยเลอร์ หรือค่า $e = 2.71828...$ (เป็นจำนวนอตรรกยะ)

และ $\ln x = \log_e x$ เรียกว่า ลอการิทึมฐานธรรมชาติ (Natural log) ของ x

ข้อควรรู้ :

ในกรณีคำนวณเพื่อหาตัวเลือก เราสามารถใช้ปริมาณต่างๆ ดังนี้ได้เพื่อความรวดเร็ว

$\log 2 = 0.3$, $\log 3 = 0.5$, $\log 5 = 0.7$ และ $\ln 2 = 0.693$

ค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ยที่มักใช้ในทางฟิสิกส์ มี 2 ชนิด คือ

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดจากการรวมข้อมูลทั้งหมด แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + ... + x_n}{n} \qquad (1.11)$$

2. ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Quadratic mean) หรือค่ารากเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean square : RMS) เป็นค่าเฉลี่ยที่ใช้กับข้อมูลที่เป็นได้ทั้งบวกและลบเท่าๆ กัน เช่น ค่าในฟังก์ชันตรีโกณ (sin หรือ cos) เนื่องจากการนำค่าไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตโดยตรงนั้น จะทำให้คำตอบมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นศูนย์ ($\bar{x} = 0$) ดังนั้น ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันที่มีลักษณะดังกล่าว จำเป็นจะต้องพิจารณาในรูป “ค่าเฉลี่ยกำลังสอง” แทน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + ... + x_n^2}{n}} \qquad (1.12)$$

การประมาณค่าอื่นๆ

สำหรับการประมาณค่าคงที่อื่นๆ สามารถประมาณค่าได้ดังนี้

1. การประมาณค่า $(1\pm x)^n$ สามารถหาได้จากสมการ

$$(1\pm x)^n = 1\pm nx \text{ เมื่อ } x << 1$$

2. การประมาณค่า π^2 หาได้จากความสัมพันธ์ที่ว่า

$$\pi^2 = 10$$

การประมาณค่าสำหรับปริมาณอนันต์

สำหรับปริมาณที่มีค่าเป็นอนันต์ (∞) ในทางฟิสิกส์เราถือว่า ปริมาณดังกล่าวเทียบได้จากการแทนค่าลิมิตด้วยค่าอนันต์เข้าไป ตามหลักการที่ว่า

$$\infty = \lim_{x\to\infty} x$$

และจากหลักการดังกล่าว ทำให้เราสามารถพิจารณาคุณสมบัติของปริมาณอนันต์ต่างๆ ได้ดังนี้

1. $\lim_{x\to\infty} \frac{1}{x^n} = \frac{1}{\infty}$ จะมีค่า "ลู่เข้าสู่ศูนย์" เมื่อ n เป็นจำนวนจริงบวกใดๆ
2. $\lim_{x\to\infty} n\cdot x = \infty$ เมื่อ n เป็นจำนวนจริงบวกใดๆ

การตรวจสอบคำตอบเบื้องต้น

เนื่องจากการทำโจทย์ในวิชาฟิสิกส์ บางครั้งด้วยความที่การแก้โจทย์มีความซับซ้อนมาก วิธีการหนึ่งในการตรวจสอบว่า "การแก้โจทย์ของเรามาถูกทางแล้วหรือไม่" สามารถพิจารณาได้ดังนี้

1. ตรวจสอบหน่วยทางฟิสิกส์

เนื่องจากหน่วยทางฟิสิกส์ เป็นสิ่งที่ใช้ในการแสดงถึงปริมาณที่เรากำลังพิจารณาว่า "เรากำลังวัดอะไร" ดังนั้น ถ้าเราลอง "ตัดหน่วย" ทางฟิสิกส์จากปริมาณต่างๆ ที่เรานำมาแก้โจทย์ แล้วพบว่า "เป็นหน่วยเดียวกันกับหน่วยของคำตอบ" แสดงว่าคำตอบที่เราทำมีแนวโน้มถูกต้อง เช่น ในการคำนวณแรง (มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือ กิโลกรัม·เมตร/วินาที^{2}) ถ้าผลลัพธ์ของเราสามารถตัดหน่วยจนเหลือแค่ กิโลกรัม·เมตร/วินาที^{2} แล้ว แสดงว่าคำตอบของเรามีแนวโน้มถูกต้อง

2. ลองวาดกราฟคร่าวๆ ดู

สำหรับกรณีที่ตัวเลือกเป็นสมการ เราสามารถวาดกราฟคร่าวๆ เพื่อตรวจสอบว่าสมการไหนถูกต้อง โดยมีเทคนิคในการแทนค่าที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

2.1) แทนค่าสมการที่ $x = 0$ และ $y = 0$ เพื่อหาขอบเขตของคำตอบ

2.2) ลองเดาคำตอบจาก “ฟังก์ชัน” ของสมการต่างๆ เหล่านั้นด้วยวิธี “การพิจารณาการแปรผันจากกราฟ” ในหัวข้อที่ผ่านมา

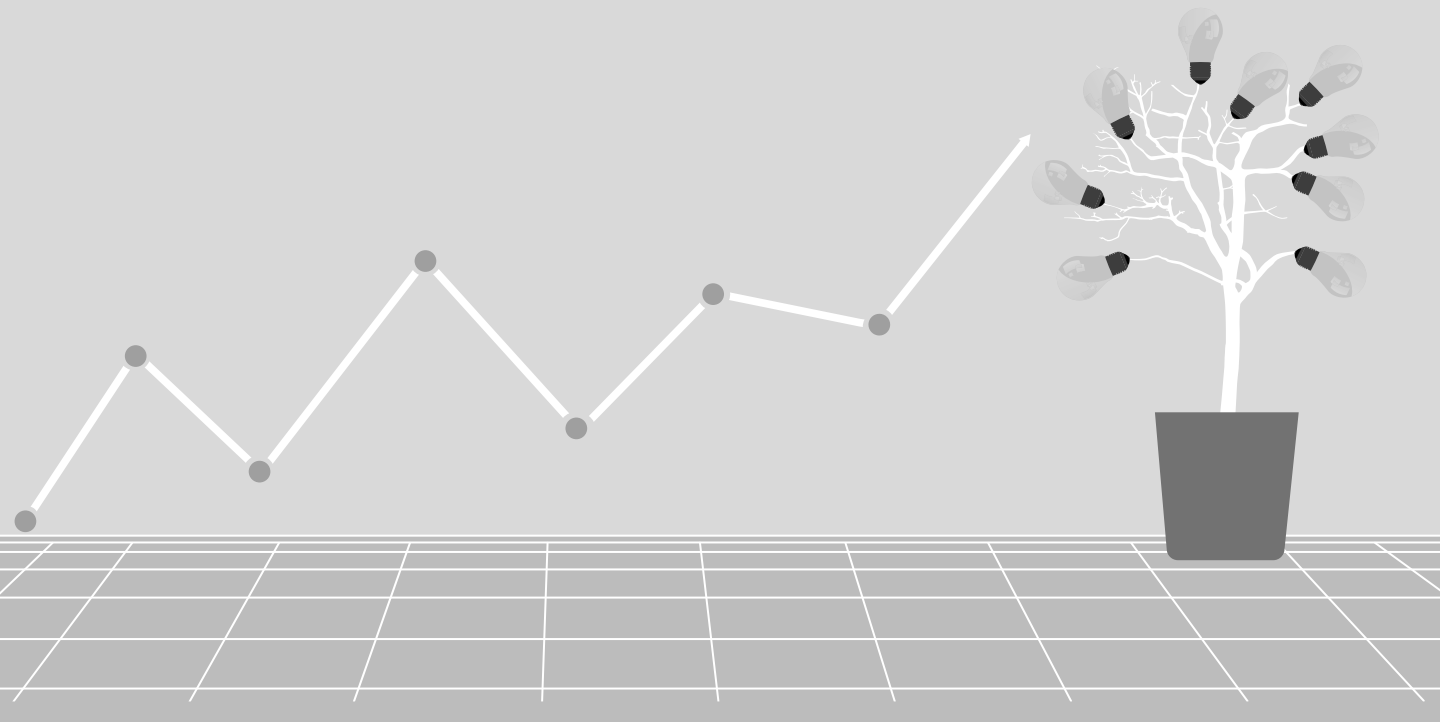
2.3) ลองพิจารณาแนวโน้มจาก 2 ข้อที่ผ่านมาในตัวเลือก เพื่อพิจารณาว่ามีสมการในข้อใดที่เหมาะสมกับโจทย์

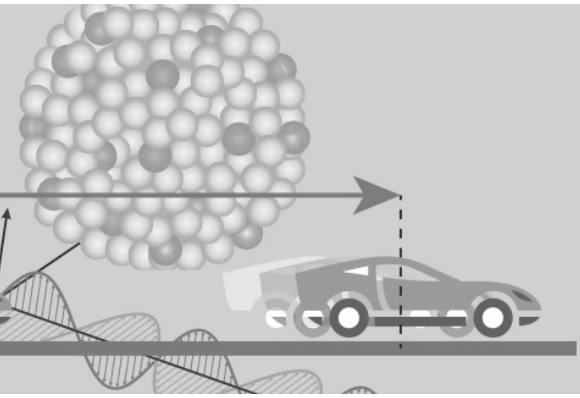
“If I have seen further, it is by standing on the shoulders of giants.”

– Sir Isaac Newton

“ถ้าฉันมองเห็นได้ไกลกว่าคนอื่น มันคงเป็นเพราะฉันกำลังยืนอยู่บนไหล่ของยักษ์”

– เซอร์ ไอแซค นิวตัน





บทที่ 2

การเคลื่อนที่ใน 1 มิติ

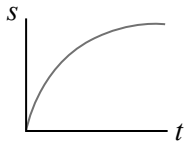
แบบวัดความเข้าใจ

จงตอบคำถามโดยเลือกกาเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “จริง” หรือ “เท็จ” ตามความเป็นจริงหน้าข้อความต่อไปนี้ (ตอบถูก +2 คะแนน ตอบผิด −1 คะแนน ตอบ “ไม่รู้” ได้รับ 0 คะแนน)

จริง	เท็จ	ไม่รู้	ข้อความ
			1. ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์
			2. ตัวเลขอัตราเร็วบนหน้าปัดรถยนต์เป็นปริมาณเวกเตอร์
			3. ระยะทางและการกระจัดจะมีค่าเท่ากันเมื่อวัตถุวิ่งเป็นเส้นโค้ง
			4. “ความหน่วง” คือ ความเร่งที่มีค่าเป็นลบ
			5. นักกีฬาวิ่งรอบสนามฟุตบอลที่มีระยะทางยาวด้านละ 100 เมตร เมื่อเขาวิ่งได้ครบรอบสนามภายในเวลา 250 วินาที “อัตราเร็ว” ของการวิ่งของเขา คือ 0.4 เมตร/วินาที
			6. จากข้อ 5 “ความเร็ว” ของการวิ่งของเขา คือ 0 เมตร/วินาที
			7. “กราฟต่อไปนี้” เป็นกราฟบอกตำแหน่งของรถที่กำลังวิ่งไปข้างหน้าด้วยความเร็วแล้วเริ่มเบรกจนหยุด
			8. สังเกตเห็นรถกำลังวิ่งด้วยความเร็ว 20 m/s โดยที่ข้างหน้าอีก 40 เมตรเป็นไฟแดง ถ้ารถเบรกด้วยความหน่วงขนาด 2 m/s^2 รถจะหยุดที่ไฟแดงพอดี
			9. รถออกตัวจากหยุดนิ่งด้วยความเร่ง 4 m/s^2 โดยวิ่งเป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นต้องการเบรกจนหยุดภายในเวลา 5 วินาที “ขนาดของความหน่วง” ในการเบรกเป็น -5 m/s^2
			10. โยนลูกบอลขึ้นฟ้า จะทำให้มีความเร่งในทิศขึ้นจนถึงจุดสูงที่สุดก่อนจะเปลี่ยนทิศและตกลงมา

จริง	เท็จ	ไม่รู้	ข้อความ
			11. หากปล่อยวัตถุจากตึกสูงให้กระทบพื้นในเวลา 3 วินาที วัตถุจะมีความเร็วกระทบพื้นประมาณ 30 m/s
			12. เมื่อโยนวัตถุขึ้นฟ้าจากบนพื้นราบ ขนาดของความเร็วขณะโยนขึ้น และขณะตกกระทบพื้นนั้นเท่ากัน
			13. เมื่อโยนวัตถุขึ้นฟ้า จุดที่วัตถุมีความเร็วต่ำที่สุด คือ จุดที่วัตถุอยู่สูงที่สุด

เฉลย

แนวคิด	ข้อ	จริง	เท็จ	เหตุผล
ปริมาณการเคลื่อนที่	**1.**	✓		ความเร็ว เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง
”	**2.**		✓	ตัวเลขบนหน้าปัดรถยนต์บอกเพียงขนาดของความเร็ว
”	**3.**		✓	ระยะทางและการกระจัดจะเท่ากันเมื่อวัตถุวิ่งเป็นเส้นตรงเท่านั้น
”	**4.**		✓	“ความหน่วง” คือ ความเร่งที่ทำให้ “ขนาดของความเร็วลดลง” (ไม่ใช่ติดลบ) เพราะถ้าความเร็วมีทิศติดลบ ความหน่วงก็คือ ความเร่งที่มีทิศเป็นบวก
”	**5.**		✓	ระยะทางของการวิ่ง คือ 400 m
”	**6.**	✓		การกระจัดของการวิ่งเป็น 0 m
กราฟการเคลื่อนที่	**7.**		✓	เมื่อกำลังพิจารณา “ตำแหน่ง” ของรถที่กำลังวิ่งอย่างเร็ว ในช่วงเวลาเริ่มต้น กราฟจึงมีความชันสูงในช่วงแรกและกำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และเมื่อรถมีความเร็วลดลง ความชันจึงลดลงเพราะเคลื่อนที่ได้ระยะทางน้อยลง จนกลายเป็นเส้นขนานกับแกน x เมื่อไม่มีการเปลี่ยนตำแหน่งอีกต่อไป 
สมการการเคลื่อนที่	**8.**		✓	ต้องเบรกด้วยความเร่ง $-5\ m/s^2$ หรือความหน่วง $5\ m/s^2$
”	**9.**		✓	ต้องเบรกด้วยความหน่วง $8\ m/s^2$ หรือความเร่ง $-8\ m/s^2$
การตกอย่างอิสระ	**10.**		✓	ความเร่งจากสนามโน้มถ่วงมีทิศลงเสมอ
”	**11.**	✓		วัตถุถูกปล่อยจากความเร็ว 0 m/s และโดนเร่งด้วยสนามโน้มถ่วง
”	**12.**	✓		ขนาดของความเร็วเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม
”	**13.**	✓		เนื่องจากจุดสูงที่สุดมีความเร็วเป็น 0 m/s

เทียบคะแนน

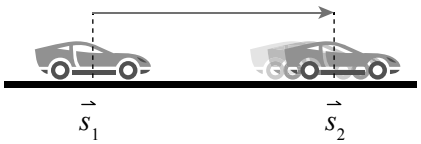
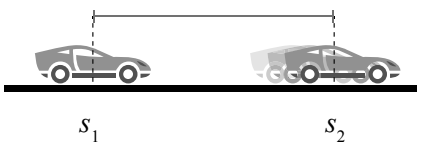
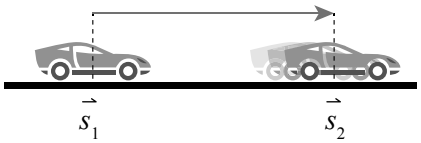
21-26 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดดี ควรทบทวนวิธีคิดตามแนวคิดให้ละเอียด

16-20 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดค่อนข้างดี ควรศึกษาข้อผิดพลาดในการคิด และตรวจสอบความเข้าใจตามแนวคิดให้รอบคอบยิ่งขึ้น

ต่ำกว่า 16 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดค่อนข้างไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์สถานการณ์ และการทำโจทย์ในบทนี้

ปริมาณการเคลื่อนที่

ปริมาณการเคลื่อนที่ในทางฟิสิกส์ ถูกนิยามด้วยปริมาณต่างๆ ดังนี้

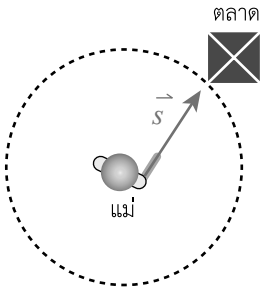
ปริมาณเวกเตอร์	ปริมาณสเกลาร์
การกระจัด ($\vec{s}$) ปริมาณที่วัด “ระยะห่าง” ของสิ่ง 2 สิ่ง (m) การกระจัด $\Delta\vec{s} = \vec{s}_2 - \vec{s}_1$  $\vec{s}_1$ (จุดเริ่มต้น) $\vec{s}_2$ (จุดสุดท้าย)	**ระยะทาง (s)** เส้นทางการ “เคลื่อนที่จริง” ของวัตถุ (m) ระยะทาง $\Delta s = s_2 - s_1$  s_1 (จุดเริ่มต้น) s_2 (จุดสุดท้าย)
ความเร็ว ($\vec{v}$) การเปลี่ยนการกระจัดในช่วงเวลาต่างๆ (m/s) ความเร็ว $\vec{v} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}$  $\vec{s}_1$, t_1 (จุดเริ่มต้น) $\vec{s}_2$, t_2 (จุดสุดท้าย)	**อัตราเร็ว (v)** การเปลี่ยนระยะทางในช่วงเวลาต่างๆ (m/s) อัตราเร็ว $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ s_1, t_1 (จุดเริ่มต้น) s_2, t_2 (จุดสุดท้าย)
ความเร่ง ($\vec{a}$) การเปลี่ยนความเร็วในช่วงเวลาต่างๆ (m/s^2) ความเร่ง $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ $\vec{v}_1$, t_1 (จุดเริ่มต้น) $\vec{v}_2$, t_2 (จุดสุดท้าย)	**อัตราเร่ง (a)** การเปลี่ยนอัตราเร็วในช่วงเวลาต่างๆ (m/s^2) อัตราเร่ง $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ v_1, t_1 (จุดเริ่มต้น) v_2, t_2 (จุดสุดท้าย)

ข้อควรรู้ :

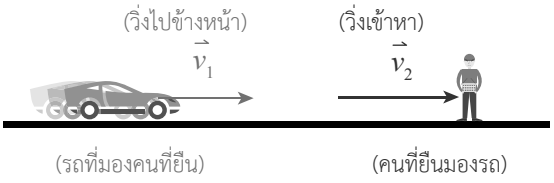
การกระจัด ($\vec{s}$) จะมีลักษณะ**เป็นเส้นตรงเสมอ** และถ้าวัตถุไม่มีการเปลี่ยนตำแหน่ง การกระจัดจะเป็นศูนย์เสมอ

ตัวอย่าง

การกระจัด เมื่อแม่เดินไปตลาดโดยตรง แม่จะวัดจากจุดเริ่มต้นเป็นจุดอ้างอิงของตัวแม่ **เดินเป็นเส้นตรง**มีทิศไปทางตลาดและมีขนาด คือ ระยะระหว่างจุดเริ่มต้นของแม่กับตลาดนั้น



ความเร็ว รถกำลังวิ่งไปข้างหน้าด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ถ้าคนขับเป็นผู้สังเกตจะบอกว่าเวกเตอร์ความเร็ว $\vec{v}_1$ ชี้ไปด้านหน้า (ทิศทางเทียบกับจุดอ้างอิง) แต่ถ้าผู้สังเกต คือ คนที่ยืนอยู่ข้างหน้ารถไกลๆ จะบอกว่าเวกเตอร์ความเร็ว $\vec{v}_2$ จะชี้เข้าหาตัวเขาเทียบกับตัวเขาเอง



แนวข้อสอบ

2.1) นักวิ่งกำลังวิ่งเป็นเส้นตรง โดยเริ่มออกจากจุดเริ่มต้นด้วยความเร็วคงตัวที่ 20 เมตรต่อวินาที เมื่อถึงวินาทีที่ 4 จึงเพิ่มความเร็วเป็น 30 เมตรต่อวินาที และวิ่งต่อไปเรื่อยๆ ความเร็วเฉลี่ยระหว่างวินาทีที่ 2 ถึง 5 เป็นเท่าใด

ตอบ **23.3 m/s**

วิธีคิด ความเร็วเป็นเวกเตอร์ โดยเริ่มจากจุดที่วินาทีที่ 2 เป็นจุดเริ่มต้น

โดยอาจกำหนดให้วินาทีที่ $t = 2$ นักวิ่งมีการกระจัดเป็น 0

ดังนั้น วินาทีที่ $t = 4$ นักวิ่งจะมีการกระจัดเป็น $2\times20 = 40$ (เนื่องจากมีความเร็ว 20 m/s จาก t_{2-4})

และระหว่างวินาทีที่ $4-5$ (t_{4-5}) นักวิ่งจะมีการกระจัดเป็น 30 (ความเร็วระหว่าง t_{4-5} เป็น 30 m/s)

ดังนั้น $\vec{v} = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{30+40}{5-2} = 23.3$ m/s ทิศทางไปข้างหน้า

2.2) ชายคนหนึ่งวิ่งไปทางทิศใต้ 150 เมตร ใช้เวลา 60 วินาที แล้วเดินต่อไปทางทิศตะวันออก 100 เมตร ใช้เวลา 40 วินาที ขนาดของความเร็วเฉลี่ย และอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่นี้เป็นเท่าใด

ตอบ **1.8 m/s และ 2.5 m/s**

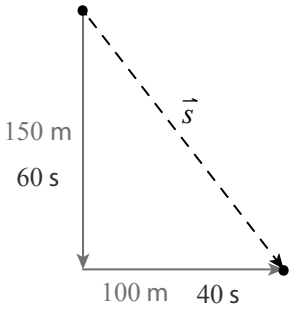
วิธีคิด ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์

และเมื่อถามความเร็วเฉลี่ยของทั้งการเคลื่อนที่ คือ คิดจาก

ที่จุดเริ่มต้น เวลาเป็น 0 ($t = 0$)

และจุดสุดท้ายอยู่ที่ตำแหน่งดังภาพ ซึ่งห่างจากจุดเริ่มต้น

$\vec{s} = \sqrt{150^2+100^2}$ หรือ 180.3 m



โดยใช้เวลาเคลื่อนที่ถึงจุดสุดท้าย คือ 100 วินาที

ดังนั้น $\vec{v} = \dfrac{180.3}{100} \approx 1.8$ m/s โดยมีทิศทางตามภาพ

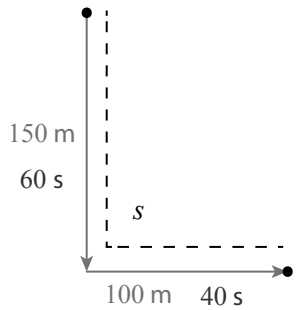
เมื่อถามถึงขนาดของความเร็วเฉลี่ย จึงเป็น $|\vec{v}| = 1.8$ m/s

อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ นับจากการเดินของคนโดยไม่คำนึงถึงทิศทางของการเคลื่อนที่ ดังนั้น

ชายคนนี้เดินทางได้ทั้งหมด $s = 150+100 = 250$ m

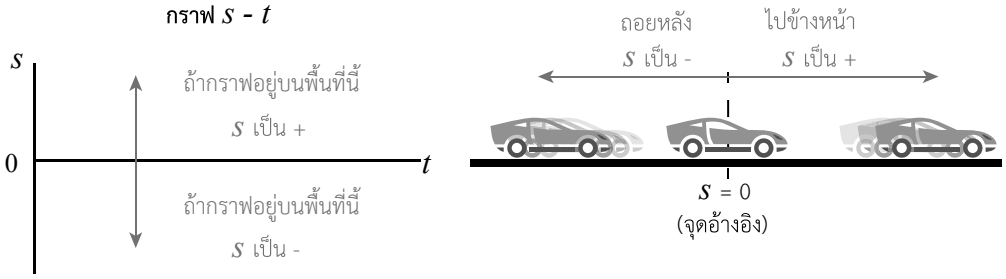
โดยใช้เวลาเคลื่อนที่ไป $t = 60+40 = 100$ s

ดังนั้น $v = \dfrac{250}{100} = 2.5$ m/s



กราฟของการเคลื่อนที่

กราฟระหว่างการกระจัดกับเวลา

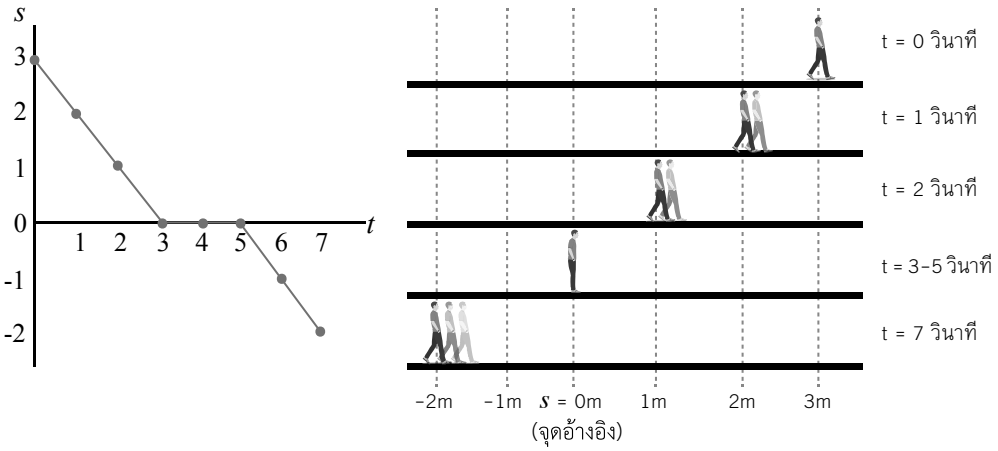


ที่บริเวณแกน x หรือแกนเวลา t จะมีค่า y หรือการกระจัด $s = 0$ ตลอด เป็นจุดอ้างอิงของการสังเกตเสมอ และค่าบวกในแกน y คือ มีเวกเตอร์การกระจัดจากจุดสังเกตไปข้างหน้า และค่าลบในแกน y คือ เวกเตอร์การกระจัดจากจุดสังเกตชี้ไปข้างหลัง

ตัวอย่าง

กราฟระหว่างการกระจัด (s) และเวลา (t)

วัตถุอยู่ข้างหน้าผู้สังเกต 3 เมตร โดยเดินเข้าหาผู้สังเกตในวินาทีที่ 1 ที่ระยะ 2 เมตร และ 1 เมตร จนวินาทีที่ 3 วัตถุอยู่กับผู้สังเกตนิ่งๆ จนถึงวินาทีที่ 5 และเริ่มไปข้างหลังผู้สังเกตที่วินาทีที่ 6 และเคลื่อนที่ไปอีกในวินาทีที่ 7



ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกระจัดและเวลา

ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่จากกราฟการกระจัด-เวลา

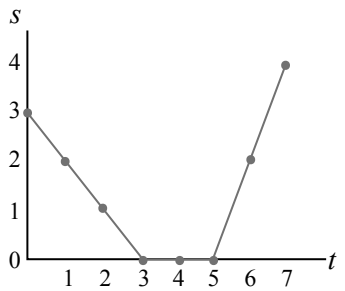
$$\text{ความเร็ว คือ } v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

เทียบเท่ากับ ความชันของกราฟการกระจัด−เวลา

ดังนั้น ความชันในแต่ละช่วงเวลาของกราฟระหว่างการกระจัดกับเวลา คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่

ตัวอย่าง

ความชันของการกระจัด (s) และเวลา (t)



ตั้งแต่เวลา 0-3 วินาที ; วัตถุอยู่ข้างหน้าผู้สังเกต 3 เมตร แล้วเดินทางเข้าหาผู้สังเกตด้วยความเร็วเท่ากับ

$$\frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{0-3}{3-0} = \frac{-3}{3} = -1 \text{ m/s}$$

ตั้งแต่เวลา 3-5 วินาที ; วัตถุหยุดนิ่งที่ตำแหน่งเดียวกับผู้สังเกต (ไม่มีการเคลื่อนที่ หรือความเร็วเป็น 0)

ตั้งแต่เวลา 5-7 วินาที ; เริ่มเคลื่อนที่ไปทิศทางเดียวกันกับผู้สังเกตด้วยความเร็วเท่ากับ

$$\frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{4-0}{7-5} = 2 \text{ m/s}$$

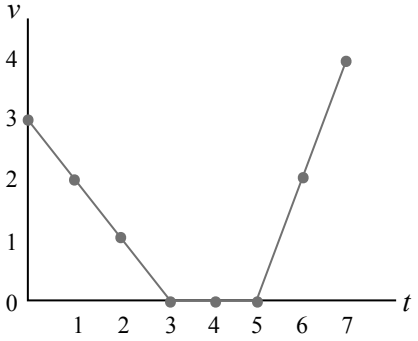
กราฟระหว่างความเร็วกับเวลา

เนื่องจากเราสามารถหาความเร็วในแต่ละช่วงวินาทีจากกราฟ $s-t$ ได้ เราจึงสามารถเขียนกราฟระหว่างความเร็ว (v) และเวลา (t) ในแต่ละวินาทีได้ โดยมีทิศทางสัมพันธ์กับผู้สังเกต คือ ค่าความเร็ว v เป็นบวก หมายความว่าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับผู้สังเกต และเป็นลบเมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่สวนทางกับผู้สังเกต

ตัวอย่าง

กราฟความเร็ว (v) และเวลา (t)

วัตถุอยู่ข้างหลังผู้สังเกตที่ตำแหน่ง −2 เมตร โดยเดินทางเข้าหาผู้สังเกตด้วยความเร็ว 1 m/s ในทิศทางด้านหน้า ซึ่งวินาทีที่ 2 วัตถุกำลังผ่านผู้สังเกตไปข้างหน้า จนไปหยุดนิ่ง (ความเร็วเป็น 0) ที่ตำแหน่ง 1 m ข้างหน้าผู้สังเกตเป็นเวลา 2 วินาที และเคลื่อนที่ย้อนกลับมาในวินาทีที่ 5−7 ด้วยความเร็ว −2 m/s



ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเร็วกับเวลา

พื้นที่ใต้กราฟของกราฟความเร็ว สามารถใช้คำนวณหาการกระจัดในวินาทีนั้นๆ ได้ โดยเริ่มจากวินาทีที่ 0 จนถึงวินาทีที่สนใจ ในขณะที่ความเร็วเพิ่มขึ้น หรือลดลง เมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนไป จะได้ว่า

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ซึ่งเป็นนิยามของความเร่ง และตรงกับความชันของกราฟ $v-t$

กราฟระหว่างความเร่งกับเวลา

เป็นกราฟของความชันของกราฟความเร็ว โดยมีค่าบวก−ลบ คือ ทิศทางของการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

ตัวอย่าง

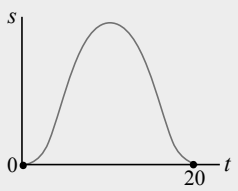
รถกำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (ความเร็ว +)	**ความเร่ง +** จะทำให้รถเร็วขึ้นในทิศทางข้างหน้า **ความเร่ง −** จะทำให้รถช้าลงในทิศทางข้างหน้า (ความหน่วง)
รถกำลังเคลื่อนที่ไปในทิศสวนทางผู้สังเกต (ความเร็ว −)	**ความเร่ง −** จะทำให้รถเร็วขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม **ความเร่ง +** จะทำให้รถช้าลงในทิศทางตรงกันข้าม (ความหน่วง)

สามารถหาความเร็วในแต่ละวินาทีได้ โดยใช้พื้นที่ใต้กราฟของกราฟความเร่งกับเวลาเช่นเดียวกับกราฟความเร็ว

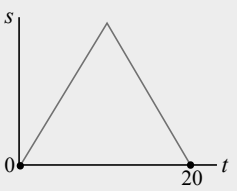
แนวข้อสอบ

2.3) กราฟใดเป็นกราฟของการกระจัดของรถที่เร่งเครื่องออกจากจุดหยุดนิ่ง แล้วเบรกจนหยุดที่เวลา 20 วินาที

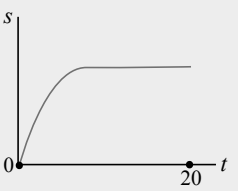
a.



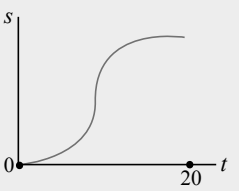
b.



c.

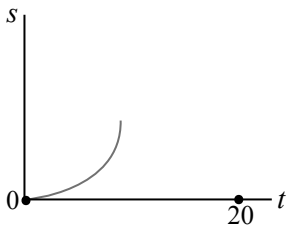
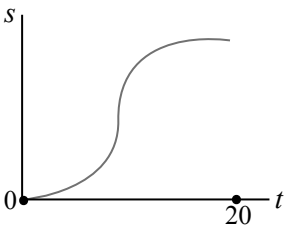


d.



ตอบ d.

วิธีคิด เรากำลังพิจารณา**กราฟการกระจัด-เวลา** เมื่อโจทย์ให้ความเร่งมา เราจำเป็นต้องแปลเป็น**ความเร็ว**ก่อน ด้วยการหาความชัน ซึ่งดูได้จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของกราฟ (โดยไม่ต้องคำนวณ) จึงจะเห็นภาพการกระจัดของความเร็วนั้นๆ อีกทีหนึ่ง

	
“เร่งเครื่องออกจากหยุดนิ่ง” แปลว่า เริ่มต้นไม่มีความเร็ว และเร็วขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้น การกระจัดของรถคันนี้ควรไกลออกไปเรื่อยๆ โดยมีความชันมากขึ้นภายหลัง	**“แล้วเบรกจนหยุด”** แปลว่า ยังคงวิ่งต่อด้วยความเร็วในทิศทางเดิม แต่ช้าลงเรื่อยๆ จนในที่สุดไม่มีความเร็วแล้ว หรือรถจะไม่เคลื่อนที่ไปไหนอีกหลังจากนั้น แต่ยังคงอยู่ห่างจากจุดเริ่มสังเกตไปข้างหน้า

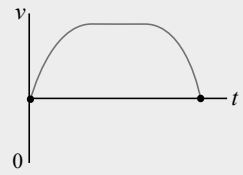
สำหรับกราฟในข้อต่างๆ จะได้จากข้อมูลที่ว่า

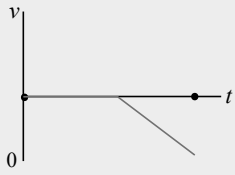
สำหรับกราฟ a : วัตถุเคลื่อนที่แบบกราฟ d ในครึ่งแรก แต่เร่งความเร็วกลับมาและเบรกจนหยุดที่จุดเริ่มต้น

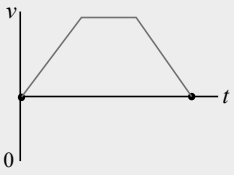
สำหรับกราฟ b : มีความเร็วคงที่ในทิศไปข้างหน้า และถอยหลังด้วยความเร็วคงที่จนหยุดที่จุดเริ่มต้นเช่นกัน

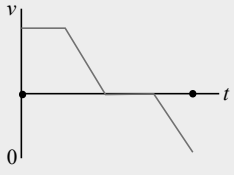
สำหรับกราฟ c : ขณะเริ่มต้นวัตถุวิ่งมาเร็วอยู่แล้ว เพราะกราฟชันอยู่แล้ว และค่อยๆ ลดความเร็วจนหยุดทีหลัง

2.4) ความเร็วของรถในการเคลื่อนที่ต่อไปนี้เป็นตามกราฟข้อใด **“รถกำลังวิ่งด้วยความเร็วคงที่ จากนั้นเริ่มเบรกจนหยุดสักพักหนึ่ง แล้วเริ่มเร่งเครื่องถอยหลัง”**

a. 

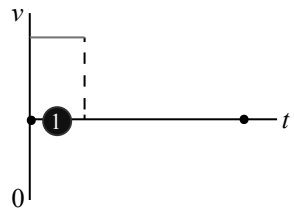
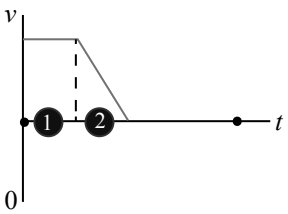
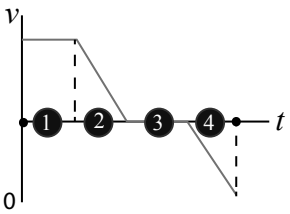
b. 

c. 

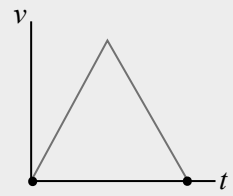
d. 

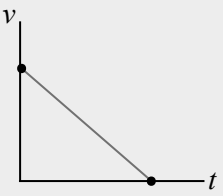
ตอบ d.

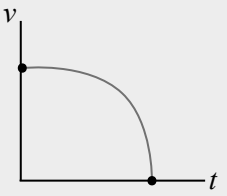
วิธีคิด เนื่องจากเรากำลังพิจารณา**กราฟความเร็ว–เวลา** จึงพิจารณาจากมุมมองที่ยืนสังเกตรถนิ่งๆ จะได้

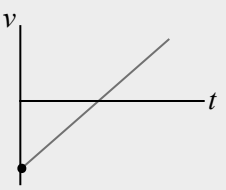
		
เมื่อ **“รถกำลังวิ่งด้วยความเร็วคงที่”** กราฟจึงเป็นค่าบวกตลอดในช่วงเวลาที่หนึ่งนี้	และเมื่อ **“รถเริ่มเบรกจนหยุด”** กราฟความเร็วจึงลดลงเรื่อยๆ จนเป็น 0 ในช่วงเวลาที่ 2	เมื่อรถจอดสักพักหนึ่ง แสดงว่าไม่มีความเร็วรถเลยตลอดช่วงเวลาที่ 3 (เป็น 0 ตลอด) ซึ่งเมื่อ **“รถเริ่มเร่งเครื่องถอยหลัง”** กราฟความเร็วกำลังเพิ่มความเร็วในทิศลบ

2.5) กราฟของความเร็ววัตถุที่ถูกโยนขึ้นฟ้าจนถึงจุดสูงที่สุดเป็นดังข้อใด

a. 

b. 

c. 

d. 

ตอบ **b.**

วิธีคิด เนื่องจากเราพิจารณาที่ความเร็วของวัตถุซึ่งเป็นเวกเตอร์ โดยถ้าให้ทิศขึ้นเป็น + จะได้ว่า

ทันทีที่โยนขึ้นไป : วัตถุต้องมีความเร็วเป็นบวกอยู่แล้ว

เมื่อขึ้นไปถึงจุดสูงสุด : วัตถุจะหยุดเคลื่อนที่ ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น 0 ที่จุดนั้น

ระหว่างการเคลื่อนที่ในอากาศ : ความเร็วจะลดลงเรื่อยๆ วินาทีละ $\vec{g}$ หรือ 9.8 m/s จนความเร็วสุดท้ายเป็น 0 ซึ่งเป็นไปตามสมการความเร็วที่ขึ้นกับเวลา คือ

$v = u+at$ หรือ $v = u-gt$ (เนื่องจากความเร็วลดลงเรื่อยๆ วินาทีละ 9.8 m/s)

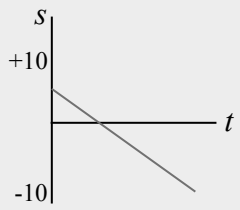
สังเกตได้ว่าถ้าแกน y คือ ความเร็ว และแกน x คือ เวลา จะได้ว่า $y = -gx+u$

ดังนั้น กราฟระหว่างความเร็ว−เวลา จึงมีความชันของกราฟ คือ $-g$

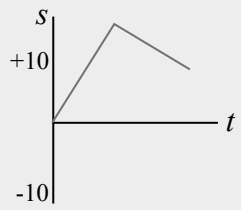
กราฟความเร็วจึงมีค่ามากที่จุดเริ่มต้น และลาดลงเป็นเส้นตรงจนมีค่าความเร็วสุดท้ายเป็น 0 ที่จุดสูงสุด

2.6) จากกราฟการเดินของเด็ก 4 คนต่อไปนี้ เด็กคนใดเดินได้ระยะกระจัดไกลที่สุด

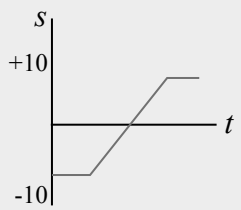
a.



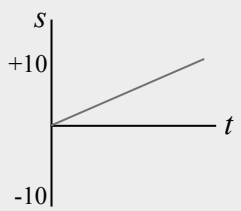
b.



c.



d.



ตอบ a.

วิธีคิด การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งต้องนับจากจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ ไปยังจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ และเนื่องจากโจทย์ถามหาระยะกระจัด แสดงว่าต้องการแต่ขนาดของ $|\vec{S}|$ จึงพิจารณาการเคลื่อนที่ในแต่ละภาพได้ดังนี้

ภาพ a เด็กเริ่มยืนอยู่ข้างหน้าระยะ 5 เมตรจากจุดอ้างอิง และเคลื่อนที่ไปยังจุดสุดท้าย คือ ด้านหลังจุดอ้างอิง 10 เมตร จึงมีการกระจัดไปข้างหลัง 15 เมตร

ภาพ b เดิมอยู่ที่จุดอ้างอิง และเคลื่อนที่ไปและกลับมาที่ตำแหน่งสุดท้ายที่ข้างหน้า 5 เมตรหน้าจุดอ้างอิง จึงมีการกระจัดไปข้างหน้า 5 เมตร

ภาพ c เด็กยืนนิ่งอยู่ที่ด้านหลังจุดอ้างอิง 5 เมตร และเดินต่อไปหยุดอยู่ที่ข้างหน้าจุดอ้างอิง 5 เมตร จึงมีการกระจัดไปข้างหน้า 10 เมตร

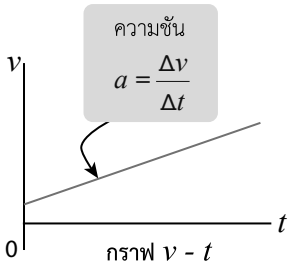
ภาพ d เดิมอยู่ที่จุดอ้างอิง และเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจุดอ้างอิง 10 เมตร จึงมีการกระจัดไปข้างหน้า 10 เมตร

ระยะกระจัดที่มากที่สุดจึงเป็นการเดินของข้อ a

สมการการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ

การเคลื่อนที่ในแนวราบ

จากนิยามของความชันของกราฟระหว่างความเร็วและเวลา $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ ซึ่งตรงกับนิยามของความเร่ง $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ เมื่อกำหนดให้ความเร็วเริ่มต้น $= u$ ความเร็วสุดท้าย $= v$ และเวลาเริ่มต้นของการเคลื่อนที่เป็น 0 ทำให้ได้ว่า



$$a = \frac{v-u}{t-0}$$

และจะได้

$$v = u+at \qquad (2.1)$$

นอกจากนี้จากนิยามของพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง ความเร็วและเวลาของกราฟความเร็ว-เวลาใดๆ คือ การกระจัดที่เคลื่อนที่ได้ในช่วงนั้น จึงได้ว่า $\Delta s = v\Delta t$ ซึ่งพิสูจน์ด้วยการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมูได้ว่า

$$s = \frac{(u+v)}{2}t \qquad \text{2.2}$$

และเมื่อนำทั้ง 2 สมการมาคำนวณทางพีชคณิต จะได้อีก 2 สมการ ทำให้ได้สมการเคลื่อนที่ คือ

$$s = ut+\frac{1}{2}at^2 \qquad \text{2.3}$$

$$v^2 = u^2+2as \qquad \text{2.4}$$

โดยความหมายของแต่ละตัวแปร คือ

u คือ เวกเตอร์ของความเร็วเริ่มต้นของการสังเกต ซึ่งมีทิศทางเป็นตัวกำหนดค่าบวก−ลบของการคำนวณทั้งหมด

v คือ เวกเตอร์ของความเร็วสุดท้ายในช่วงของการสังเกตการเคลื่อนที่นี้

a คือ เวกเตอร์ของความเร่งค่าเดี่ยวของช่วงการเคลื่อนที่นี้

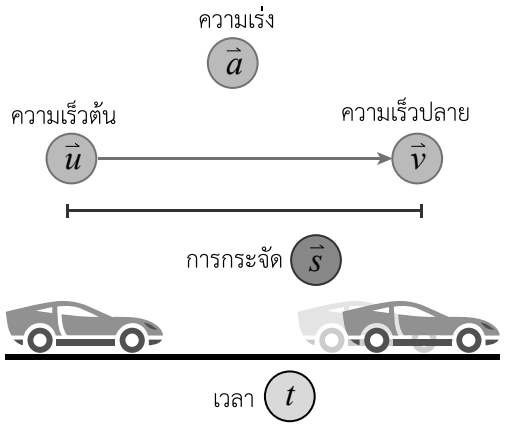
s คือ เวกเตอร์การกระจัดของการเคลื่อนที่นับตั้งแต่ตำแหน่งที่สังเกต u ไปจนถึง v

t คือ เวลาของการเคลื่อนที่นี้ ซึ่งเป็นสเกลาร์

ข้อควรระวัง :

การนำสมการทั้ง 4 นี้ไปใช้คำนวณจะต้องอยู่บนเงื่อนไขว่า วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในช่วงนั้น จะต้องมีความเร่ง “ค่าเดียว” (คงตัว) ที่ต้องอยู่ระหว่างความเร็วที่เริ่มสังเกต ไปจนถึงความเร็วสุดท้ายที่สังเกตได้เท่านั้น

จากปริมาณทั้ง 5 ตัว สามารถเขียนเป็นโครงสร้างของการเคลื่อนที่ได้ คือ



ตัวอย่าง

รถกำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้า **(ความเร็ว +)** **ความเร่ง +** จะทำให้รถเร็วขึ้นในทิศทางข้างหน้า

ความเร่ง − จะทำให้รถช้าลงในทิศทางข้างหน้า (ความหน่วง)

รถกำลังเคลื่อนที่ไปในทิศสวนทางผู้สังเกต **(ความเร็ว −)** **ความเร่ง −** จะทำให้รถเร็วขึ้นในทิศทาง −

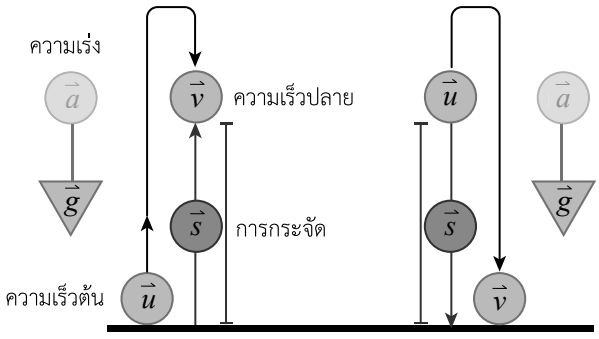
ความเร่ง + จะทำให้รถช้าลงในทิศทาง − (ความหน่วง)

หมายเหตุ :

สมการ (2.1) – (2.4) นี้เป็นสมการพื้นฐานที่สุด ที่สามารถนำไปแปลงให้อยู่ในรูปอื่นๆ ได้อีกจนเกิดเป็น 5 หรือ 8 สมการในหนังสือหลายเล่ม ซึ่งขึ้นอยู่กับความถนัด และความสะดวกในการใช้งานของแต่ละคนในการนำสมการเหล่านั้นไปใช้คำนวณ

การเคลื่อนที่แบบตกอย่างอิสระ

การตกอย่างอิสระ คือ การพิจารณาการเคลื่อนที่ใน 1 มิติตามแนวตั้ง (หรือแนวดิ่ง) ซึ่งที่เรียกว่า “อิสระ” เพราะคิดว่า ระหว่างการเคลื่อนที่นี้จะไม่มีแรงอะไรกระทำอีกนอกจาก **“แรงโน้มถ่วง”** ซึ่งผลของแรงโน้มถ่วงจะทำให้วัตถุที่อยู่ **“กลางอากาศ”** มีความเร่งในทิศทางลงสู่พื้นโลกตลอดเวลา โดยมีค่าเท่ากับ g หรือ 9.8 m/s^2 หรือประมาณ 10 m/s^2 ในทิศลง ดังนั้น การคำนวณการเคลื่อนที่แบบตกอย่างอิสระ จึงสามารถคำนวณเหมือนการเคลื่อนที่ใน 1 มิติทั่วไป เพียงต้องรอบคอบเรื่องเงื่อนไขของการใช้สมการ ซึ่งจะต้องเป็นไปตามโครงสร้างของ 5 ตัวแปรที่กำหนดไว้ให้ในหัวข้อที่แล้ว โดยต้องระมัดระวังในการกำหนดทิศทางของค่าตัวแปร (เช่น หากกำหนดทิศที่ขว้างวัตถุขึ้นเป็นบวก ความเร่งจากสนามโน้มถ่วงที่พุ่งลงจะมีทิศเป็นลบ เป็นต้น)



แนวข้อสอบ

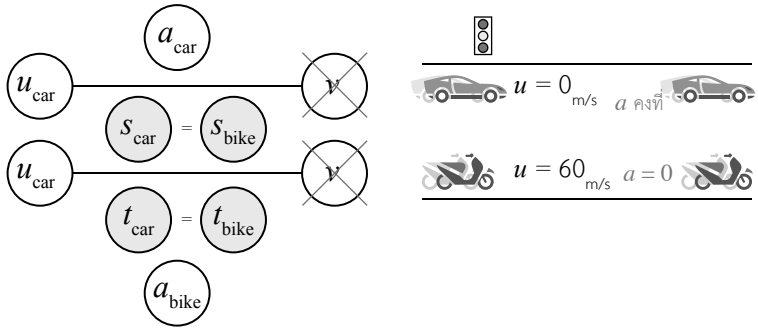
2.7) รถยนต์จอดติดไฟแดงอยู่ ทันทีที่ไฟเขียวก็พบว่ารถมอเตอร์ไซค์ขี่ออกไปจากไฟแดงเดียวกัน ด้วยความเร็วคงที่ 60 m/s รถยนต์จึงเร่งความเร็วขนาด 12 m/s^2 ตามไป รถยนต์จะวิ่งตามทันรถมอเตอร์ไซค์เมื่อใด และขณะนั้นพวกเขาอยู่ห่างจากไฟแดงแรกเท่าใด

ตอบ รถยนต์วิ่งทันที่เวลา 10 วินาที และอยู่ห่างกันที่ไฟแดงแรก 600 เมตร

วิธีคิด เนื่องจากสถานการณ์มียานพาหนะ 2 คัน วิ่งเป็นเส้นตรงทั้งคู่ การคำนวณจึงต้องแยกกันระหว่างรถยนต์และรถมอเตอร์ไซค์ การทำโจทย์จึงต้องเริ่มจากเก็บตัวแปรทั้งหมดของรถแต่ละคันเพื่อกำหนดสมการ

ที่สำคัญ คือ โจทย์กำหนดให้แล้วว่าออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน และจะวิ่งไปทันกัน ทำให้เรารู้แล้วว่ารถทั้ง 2 คันเคลื่อนที่ในช่วงที่สังเกตนี้เป็นระยะกระจัดเท่ากัน ($s_{car} = s_{bike}$)

และใช้เวลาในการเคลื่อนที่จากไฟแดงไปถึงจุดที่เจอกันเท่ากัน ($t_{car} = t_{bike}$) เมื่อเทียบโครงสร้างตัวแปรที่โจทย์กำหนด จะได้ว่า



"รถยนต์จอด" ความเร็วเมื่อเริ่มต้นสังเกตของรถยนต์เป็น 0 ($u_{car} = 0$)

"รถยนต์เร่งความเร็ว" ความเร่งของรถยนต์เป็น ($a_{car} = 12$)

"มอเตอร์ไซค์ออกไปจากไฟแดง" ความเร็วเมื่อเริ่มสังเกตเป็น 60 ($u_{bike} = 60$)

"มอเตอร์ไซค์ความเร็วคงที่" ความเร่งเป็น 0 ($a_{bike} = 0$)

และเมื่อทั้ง 2 มีการกระจัด s และเวลา t เท่ากัน

จึงสามารถเลือกสมการที่เหมาะสมได้ว่า

รถยนต์ : $s = u_{car}t + \frac{1}{2}a_{car}t^2$ หรือ $s = \frac{1}{2}(12)t^2$

มอเตอร์ไซค์ : $s = u_{bike}t$ หรือ $s = 60t$

เมื่อให้ระยะทั้ง 2 เท่ากัน จะได้ว่า $\frac{1}{2}(12)t^2 = 60t$

$t^2 = 10t$

$t = 10$ วินาที

และเมื่อเลือกแทนเวลาลงในสมการของรถยนต์ หรือของมอเตอร์ไซค์ก็ตาม จะได้ว่า $s = 600$ เมตร

2.8) รถยนต์ออกตัวจากหยุดนิ่งด้วยความเร่ง 6 m/s^2 เป็นเวลา 5 วินาที จนมองเห็นไฟแดงอยู่ข้างหน้า แล้วจึงเบรกโดยใช้เวลา 3 วินาทีจนไปหยุดที่ไฟแดงนั้นพอดี รถคันนี้เคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด

ตอบ 120 เมตร

วิธีคิด เนื่องจากในการสังเกตวัตถุ 1 ชิ้นนี้จะพบว่ามี "ความเร่ง" 2 ค่า คือ "เร่งขึ้น" และ "เบรก" เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ด้วยโครงสร้างของตัวแปรทั้ง 5 จึงจำเป็นต้องแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

1. ช่วงเร่ง โดยมีปริมาณของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ
   ความเร็วต้น (u = 0 m/s) เวลา (t = 5 s) ความเร่ง (a = 6 m/s^2)
2. ช่วงเบรก มีปริมาณที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเร็วปลาย (v = 0 m/s) เวลา (t = 3 s)

เป้าหมายของโจทย์ : การหาการกระจัดของทั้ง 2 ช่วงรวมกัน

การกระจัดในช่วง "เร่ง" คิดได้จาก $s_1 = ut+\frac{1}{2}at^2 = (0)(5)+\frac{1}{2}(6)(5)^2 = 75$ เมตร

ในขณะที่ตัวแปรที่กำหนดให้ในช่วง "เบรก" ไม่เพียงพอต่อการคำนวณ แต่จะพบว่า

"ความเร็วสุดท้ายของช่วงแรก = ความเร็วต้นของช่วงต่อไป"

ทำให้เราหาความเร็วจากช่วง "เร่ง" ได้เป็น

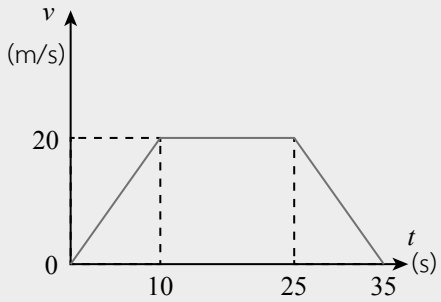
$v = u+at = 0+(6)(5) = 30$ m/s ซึ่งกลายเป็น u ของช่วง "เบรก"

จึงคำนวณการกระจัดของช่วงเบรกได้โดย

$$s_2 = \frac{(u+v)}{2}t = \frac{(30+0)}{2}(3) = 45 \text{ เมตร}$$

ระยะกระจัดทั้งหมดที่รถคันนี้เคลื่อนที่ได้จึงเป็น $s_1+s_2 = 75+45 = 120$ เมตร

2.9) วัตถุกำลังเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยมีความเร่งของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาต่างๆ เป็นไปตามกราฟต่อไปนี้ วัตถุนี้จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางรวมเท่าใด



ตอบ 500 เมตร

วิธีคิด สามารถหาคำตอบได้ 2 วิธี จากทั้งวิธีกราฟโดยตรง หรือใช้สมการการเคลื่อนที่ โดยรวบรวมตัวแปรจากกราฟมาคำนวณ ดังนี้

1. ใช้การคำนวณจากกราฟ

เนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเร็วและเวลา คือ ระยะกระจัด ดังนั้น พื้นที่ใต้กราฟของความเร็วนี้เป็นสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งสามารถหาการกระจัดได้เท่ากับ

$$S = \frac{1}{2}(20)(35+15) = 500 \text{ m}$$

2. ใช้สมการการเคลื่อนที่

จากกราฟมีความเร็วไม่คงที่ตลอดช่วง จึงต้องแบ่งช่วงการสังเกตออกเป็นช่วงต่างๆ ดังนี้

2.1) การกระจัดในช่วงวินาทีที่ 0 → 10

เวลาในการเคลื่อนที่ คือ $t = 10$ s ความเร็วเริ่มสังเกต $u = 0$ m/s ความเร็วสุดท้ายของการเคลื่อนที่คือ $v = 20$ m/s

สมการที่สะดวกที่สุดในการคำนวณ คือ $s_1 = \frac{(u+v)}{2}t = \frac{(0+20)}{2}10 = 100$ m

2.2) การกระจัดในช่วงวินาทีที่ 10 → 25

เวลาในการเคลื่อนที่ คือ $t = 15$ s ความเร็วเริ่มสังเกต $u = 20$ m/s ความเร็วสุดท้ายของการเคลื่อนที่คือ $v = 20$ m/s

สมการที่สะดวกที่สุดในการคำนวณ คือ $s_2 = \frac{(u+v)}{2}t = \frac{(20+20)}{2}15 = 300$ m

2.3) การกระจัดในช่วงวินาทีที่ 25 → 35

เวลาในการเคลื่อนที่ คือ $t = 10$ s ความเร็วเริ่มสังเกต $u = 20$ m/s ความเร็วสุดท้ายของการเคลื่อนที่คือ $v = 0$ m/s

สมการที่สะดวกที่สุดในการคำนวณ คือ $s_3 = \frac{(u+v)}{2}t = \frac{(20+0)}{2}10 = 100$ m

ดังนั้น ระยะกระจัดที่เกิดขึ้น คือ เมตร $s_1+s_2+s_3 = 100+300+100 = 500$ มีทิศไปข้างหน้า

2.10) ถ้าปล่อยวัตถุให้ตกอย่างเสรี หากวัตถุใช้เวลาเคลื่อนที่จนถึงพื้น 6 วินาที วัตถุจะมีความเร็วกระทบพื้นเป็นเท่าใด กำหนดให้ $g = 9.8$ m/s^2

ตอบ 58.8 m/s

วิธีคิด เป็นการเคลื่อนที่ 1 มิติที่มีช่วงของการสังเกตเริ่มจากถูกปล่อยจนถึงพื้น

"ปล่อยวัตถุ" วัตถุมีความเร็วเมื่อเริ่มปล่อยเป็น 0 ($u = 0$) เมื่อกำหนดให้ทิศลงล่างเป็นบวก

"ตกอย่างเสรี" ทำให้วัตถุมีความเร่งตามสนามโน้มถ่วงโลก (ความเร่งโน้มถ่วง) ในทิศลง ($a = g = 9.8\ \text{m/s}^2$)

"ใช้เวลาเคลื่อนที่" 6 วินาที ($t = 6$)

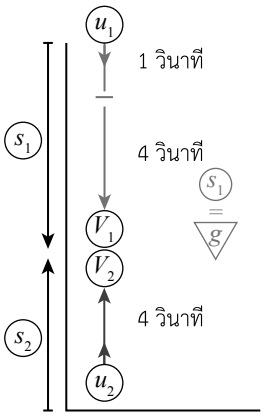
เมื่อต้องการหาความเร็วสุดท้ายของการเคลื่อนที่ v ในทิศลง จึงใช้สมการ

$$v = u+at$$
$$v = 0+(9.8)6$$
$$v = 58.8\ \text{m/s}$$

2.11) ชายคนแรกปล่อยลูกบอลจากยอดตึก หลังจากนั้น 1 วินาที ชายคนที่ 2 ก็โยนลูกบอลอีกลูกหนึ่งจากฐานตึกขึ้นไปในแนวเดียวกันกับลูกบอลลูกแรกด้วยความเร็ว 30 m/s ถ้าชายคนแรกจับเวลาตั้งแต่ตอนที่ปล่อยลูกบอลจนลูกบอลชนกันได้ 4 วินาที ตึกนี้สูงเท่าไร

ตอบ 165 เมตร

วิธีคิด การเคลื่อนที่ของวัตถุ 2 ชิ้นให้มาพบกันจากทั้ง 2 ด้าน ภายใต้สนามความโน้มถ่วงแบบอิสระ ทำให้บอกได้ว่า



ระยะกระจัดของการเคลื่อนที่ของทั้ง 2 รวมกัน = ระยะความสูงตึก

ซึ่งในการคำนวณจะมีหลักการดังนี้

1. หาการกระจัดจากวัตถุที่ถูกปล่อยจากยอดตึก

(ความเร็วต้น $u = 0$ มีทิศลงเป็น $+$)

ใช้เวลาเคลื่อนที่ทั้งหมด 5 วินาทีจากจุดที่เริ่มปล่อยจนถึงจุดที่กระทบกัน ($t = 5$) นั่นคือ ปล่อยก่อนโยนลูกที่ 2 เป็นเวลา 1 วินาที และเคลื่อนที่จนมากระทบกับอีกลูกหนึ่งใช้เวลา 4 วินาที

จึงสามารถหาการกระจัดได้โดย $s_1 = ut+\frac{1}{2}at^2$

$$s_1 = \frac{1}{2}(10)(5)^2 = 125\ \text{m}$$

2. พิจารณาวัตถุที่ถูกโยนขึ้นจากฐานตึก

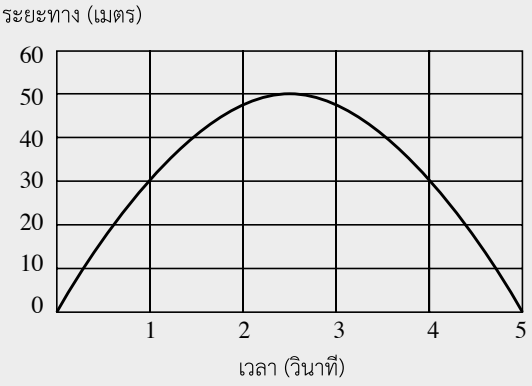
ความเร็วเมื่อโยนขึ้นเป็น 30 ($u = 30$ m/s) มีทิศขึ้นเป็น $+$ และมีความเร่งเป็นลบ ($a = -g$)

ดังนั้น เมื่อใช้เวลาเคลื่อนที่ 4 วินาที ($t = 4$) จะได้ว่า

$$s_2 = ut+\frac{1}{2}at^2$$
$$s_2 = (30)(1)+\frac{1}{2}(-10)(4)^2$$
$$s_2 = 40\ \text{m}$$

ดังนั้น เมื่อคิดเพียงระยะกระจัดรวมกัน จะได้ว่าตึกนี้สูง $s_1+s_2 = 125+40 = 165$ เมตร

2.12) โยนลูกบอลในทิศขึ้นบนดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง แล้วบันทึกระยะการเคลื่อนที่ของลูกบอลในช่วงเวลาต่างๆ ได้ดังกราฟ จงใช้กราฟในการคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของดาวดวงนี้



ตอบ $16\ m/s^2$

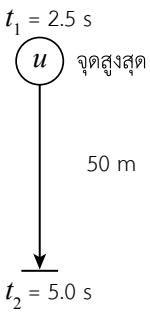
วิธีคิด เนื่องจากกราฟนี้บอกข้อมูลของการเคลื่อนที่ใน 1 มิติเทียบกับเวลา (เวลาอยู่แกนนอน)

เมื่อต้องการหาความเร่ง a จากการเคลื่อนที่นี้ จึงต้องหาตัวแปรจากกราฟที่สามารถใช้สมการการเคลื่อนที่เพื่อตอบโจทย์นี้ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี แต่จำเป็นต้องเลือกจุดสังเกตที่มีข้อมูลก่อน

เนื่องจากในทุกสมการการเคลื่อนที่จำเป็นต้องใช้ความเร็วต้น u การเลือกตำแหน่งที่สามารถระบุค่าความเร็วให้เป็นความเร็วต้นได้จะทำให้การคำนวณง่ายที่สุด

ดังนั้น จึงเลือกจุดสูงที่สุดเป็นจุดเริ่มสังเกต เนื่องจากมีความเร็วเป็น 0 (ให้ $u = 0$ m/s) และจุดสุดท้ายของการสังเกตอยู่ที่พื้นที่สังเกตได้ง่าย ทำให้ระยะกระจัดของการเคลื่อนที่มีทิศลงระยะ 50 ($s = 50$ m)

และจากกราฟ เวลาที่เริ่มสังเกตวัตถุเคลื่อนที่ คือ 2.5 วินาที จนถึง 5 วินาที ($t = 5$)



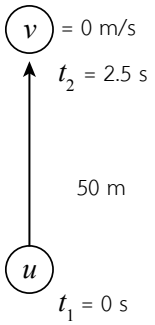
ดังนั้น จึงใช้สมการ $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$50 = \frac{1}{2}a(2.5)^2$$

$$a = 16\ m/s^2 \quad \text{ทิศลง}$$

หมายเหตุ :

หากจะใช้จุดเริ่มต้นในการโยนเป็นจุดคิด จำเป็นต้องหาความเร็วต้นของการเคลื่อนที่ให้ได้ก่อน จึงควรใช้จุดเริ่มต้นถึงจุดสูงที่สุดเป็นช่วงของการสังเกต ซึ่งมีข้อมูล คือ ความเร็วสุดท้าย $v = 0$ m/s ระยะกระจัดทิศขึ้น $s = 50$ m และเวลาในการเคลื่อนที่ $t = 2.5$ s



ดังนั้น จากสมการ $s = \frac{(u+v)}{2}t$ กำหนดให้ทิศขึ้นเป็น +

$$50 = \frac{(u+0)}{2}2.5$$

$$u = 40 \text{ m/s}$$

เมื่อนำไปแทนในสมการ $v = u+at$ จะได้ว่า

$$a = 40+a(2.5)$$

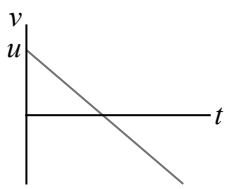
$a = -16$ m/s^2 แสดงว่าความเร่งมีทิศลง (เพราะทิศเป็นลบ สวนกับทิศความเร็วต้น)

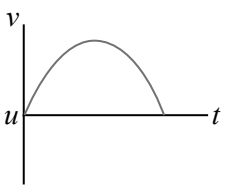
แนวข้อสอบท้ายบทที่ 2

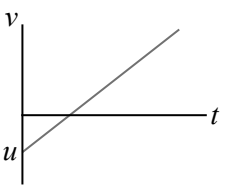
1. (O-NET) เมื่อสังเกตรถที่กำลังแล่นด้วยความเร็ว 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมงอย่างคงที่ เป็นเวลา 5 วินาที ทันใดนั้นรถคันนี้ลดความเร็วลงเหลือ 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และแล่นต่อไปด้วยความเร็วคงที่ ความเร่งเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ตั้งแต่วินาทีที่ 3 ถึงวินาทีที่ 8 เป็นเท่าใด ในหน่วยเมตรต่อวินาที

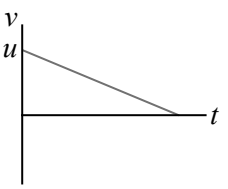
a. 15 m/s b. 13 m/s c. 11 m/s d. 9 m/s

2. (O-NET) กราฟของความเร็ว v และเวลา t ในข้อใด สอดคล้องกับความเร็วของวัตถุที่ถูกโยนขึ้นไปในแนวดิ่งจนตกถึงพื้น

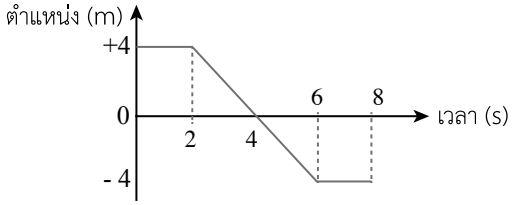
a. 

b. 

c. 

d. 

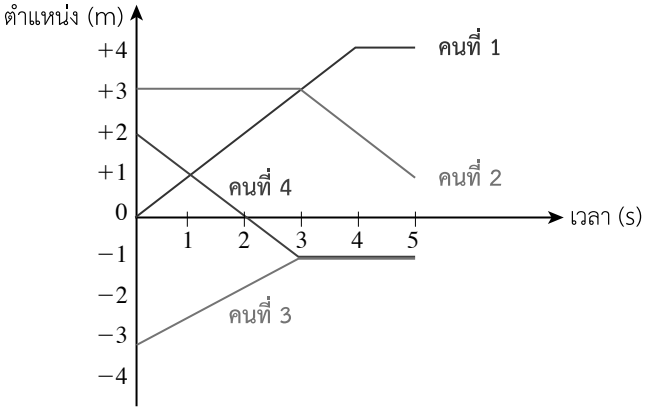
3. (O-NET) วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงโดยมีตำแหน่งที่เวลาต่างๆ ดังกราฟต่อไปนี้



ข้อใดคือการกระจัดของวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ตั้งแต่เวลา 0 วินาทีจนถึง 6 วินาที

a. 4 เมตร b. 0 เมตร c. −4 เมตร d. −8 เมตร

4. (PAT 2) กราฟตำแหน่ง-เวลาต่อไปนี้ แสดงการเคลื่อนที่ของนักเรียน 4 คน เมื่อผ่านไป 5 วินาที นักเรียนคนใดบ้างที่มีขนาดการกระจัดเท่ากัน



a. คนที่ 4 และ 3 b. คนที่ 3 และ 2 c. คนที่ 2 และ 1 d. ไม่มีข้อถูก

5. (O-NET) ปล่อยให้วัตถุตกอย่างอิสระ จนกระทบพื้นในเวลา 4 วินาที วัตถุกระทบพื้นด้วยความเร็วเท่าใด

a. 9.8 m/s b. 19.6 m/s c. 29.4 m/s d. 39.2 m/s

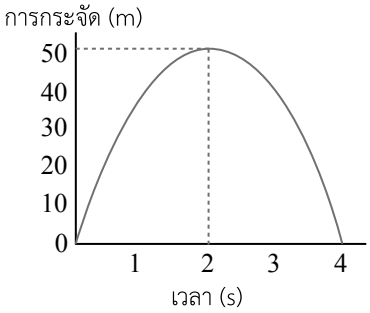
6. (O-NET) การเคลื่อนที่ในข้อใดมีความเร่งของวัตถุไปทางซ้าย

a. วัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและเคลื่อนที่ช้าลง
b. วัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาและเคลื่อนที่เร็วขึ้น
c. วัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาและเคลื่อนที่ช้าลง
d. วัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้ายแล้วหยุด

7. (PAT 2) ในขณะที่อยู่บนดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง ขว้างก้อนหินลงมาจากหน้าผาสูง 50 เมตร ด้วยความเร็ว 15 เมตรต่อวินาที ก้อนหินกระทบพื้นหลังจากเวลาผ่านไป 2 วินาที ความเร่งจากสนามโน้มถ่วงของดาวเคราะห์ดวงนี้เป็นเท่าใด

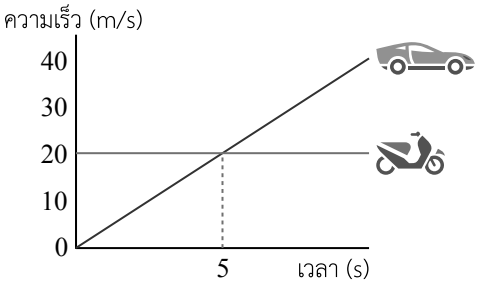
a. 30 m/s^2 b. 20 m/s^2 c. 10 m/s^2 d. 5 m/s^2

8. (PAT 2) จากกราฟการกระจัดของการโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งต่อไปนี้ จงคำนวณหาความเร็วเริ่มต้นในการโยนวัตถุ



a. 50 m/s b. 25 m/s c. 12.5 m/s d. 5 m/s

9. (Entrance) จากกราฟความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถมอเตอร์ไซค์ และรถยนต์ที่วิ่งออกจากไฟแดงดังต่อไปนี้ รถยนต์จะวิ่งทันรถมอเตอร์ไซค์ที่เวลาใด



a. 5 s b. 10 s c. 15 s d. 20 s

Guideline สำหรับการทำแนวข้อสอบท้ายบทที่ 2

1. ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาใดๆ = (ความเร็วสุดท้าย – ความเร็วเริ่มต้นของการสังเกต) / เวลาในการสังเกต
2. ความเร็วเริ่มต้นเป็นค่าสูงสุด เมื่อถึงจุดสูงสุดความเร็วเป็น 0 และเมื่อตกกลับถึงพื้นความเร็วจะมีเครื่องหมายตรงข้าม
3. การกระจัด คือ ระยะห่างของตำแหน่งที่เปลี่ยนไป
4. การกระจัดที่เท่ากัน คือ มีทั้งขนาดและทิศทางที่เท่ากัน
5. วัตถุตก หมายถึง ความเร็วเริ่มต้น = 0
6. ความเร่งทิศเดียวกับการเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่เร็วขึ้น แต่ถ้าความเร่งสวนทางกับการเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ช้าลง
7. ขว้างก้อนหินลงมา หมายถึง ความเร็วเริ่มต้น > 0
8. ลองพิจารณาตัวแปรจากกราฟในช่วง **“เริ่มต้นถึงวัตถุกำลังโยนขึ้นจนถึงจุดสูงสุด”** แล้วนำไปคำนวณในสูตรการเคลื่อนที่
9. เงื่อนไขของโจทย์ข้อนี้ คือ **เวลาที่รถทั้งสองเจอกันจะเท่ากัน และการกระจัดที่รถทั้งสองเคลื่อนที่ได้จะเท่ากัน**

เฉลยแนวข้อสอบท้ายบทที่ 2

1. ตอบ b.

วิธีคิด เนื่องจากโจทย์ต้องการให้ตอบในหน่วย “เมตรต่อวินาที” แต่โจทย์กำหนดความเร็วมาในรูป “กิโลเมตรต่อชั่วโมง” ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องแปลงหน่วย ดังนี้

$$\frac{\text{กิโลเมตร}}{\text{ชั่วโมง}} = \frac{10^3 \text{ เมตร}}{60\times60 \text{ วินาที}} = \frac{1000 \text{ เมตร}}{3600 \text{ วินาที}} = \frac{10 \text{ เมตร}}{36 \text{ วินาที}} = \frac{5 \text{ เมตร}}{18 \text{ วินาที}}$$

ดังนั้น 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง $= 54\times\frac{18}{5} = 194.4$ เมตรต่อวินาที

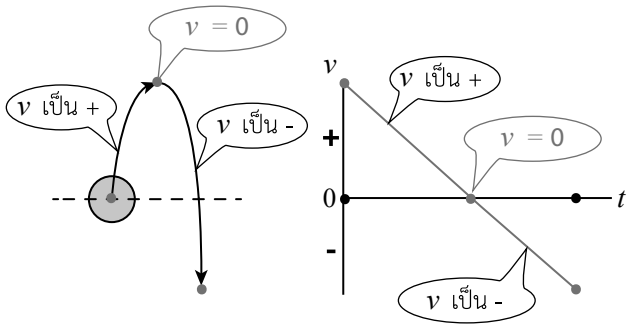
36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง $= 36\times\frac{18}{5} = 129.6$ เมตรต่อวินาที

ดังนั้น ความเร่งเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ตั้งแต่วินาทีที่ 3 ถึงวินาทีที่ 8 จะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{129.6-194.4}{8-3} = \frac{-64.8}{8} = -12.96 \text{ m/s}^2$$

2. ตอบ a.

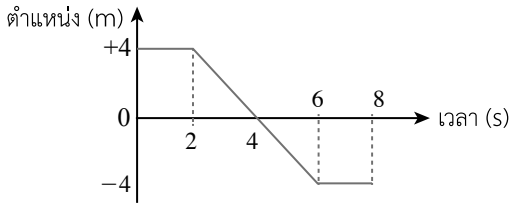
วิธีคิด ความเร็วของวัตถุที่ถูกโยนขึ้นไปในแนวดิ่งจนตกถึงพื้น จะมีลักษณะดังภาพ



(เมื่อกำหนดให้ทิศของความเร็วต้นเป็นค่า +) เหตุผลที่วัตถุเมื่อถูกโยนในแนวดิ่งจะมีความเร็วลดลง เป็นผลมาจาก **“ค่าความเร่งโน้มถ่วง g ที่มีทิศสวนทางกับความเร็วต้น”** ที่ทำให้ความเร็วของวัตถุในแนวดิ่งมีค่าลดลง ซึ่งตอนแรกวัตถุมีความเร็วค่าหนึ่ง และจะมีค่าลดลงไปเรื่อยๆ จนเมื่อวัตถุขึ้นสู่จุดสูงสุด จะทำให้ความเร็วเป็นศูนย์ และลดลงไปทางลบมากขึ้นเรื่อยๆ

3. ตอบ d.

วิธีคิด เนื่องจากกราฟที่โจทย์กำหนดให้เป็นกราฟตำแหน่ง–เวลา ดังรูป



การกระจัดของวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ตั้งแต่เวลา 0 วินาทีจนถึง 6 วินาที จะสามารถพิจารณาได้ดังนี้

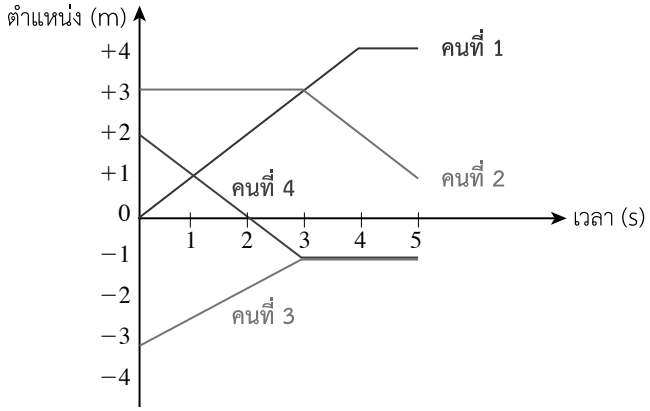
ช่วงที่ 1 (ตั้งแต่ 0 วินาที–4 วินาที) : จะพบว่าการกระจัดจะลดลงจากตำแหน่งที่ 4 เมตร → ตำแหน่งที่ 0 เมตร ดังนั้น การกระจัดจะมีค่าเท่ากับ -4 เมตร

ช่วงที่ 2 (ตั้งแต่ 4 วินาที–8 วินาที) : จะพบว่าการกระจัดจะลดลงจากตำแหน่งที่ 0 เมตร → ตำแหน่งที่ -4 เมตร

ดังนั้น การกระจัดลัพธ์จะมีค่าเท่ากับ $(-4)+(-4) = -8$ เมตร

4. ตอบ d.

วิธีคิด 1. โจทย์กำหนดกราฟ ตำแหน่ง-เวลา มา ถ้าต้องการหาว่านักเรียนคนใดบ้างที่มี "การกระจัด" เท่ากัน เราจะสามารถหาได้จาก "ผลต่างของระยะในแกนตำแหน่ง (y แกน)" ซึ่งจากกราฟจะพบว่า



การกระจัดของนักเรียนคนที่ 1 $= 4-0 = 4$ m

การกระจัดของนักเรียนคนที่ 2 $= (1)-(3) = -2$ m

การกระจัดของนักเรียนคนที่ 3 $= (-1)-(-3) = 2$ m

การกระจัดของนักเรียนคนที่ 4 $= (-1)-(2) = -3$ m

ดังนั้น จึงไม่มีข้อใดถูกต้อง

5. ตอบ d.

วิธีคิด วัตถุตกอย่างอิสระ แสดงว่า ความเร็วต้น $= 0$

โจทย์ต้องการหา : ความเร็วที่วัตถุกระทบพื้น (ความเร็วสุดท้าย)

สิ่งที่โจทย์ให้มา : เวลาที่ใช้ $= 4$ วินาที

ดังนั้น ควรใช้สมการ $v = u+at$ จะได้

$$v = 0+(9.8)(4) = 39.2 \text{ m/s}$$

6. ตอบ c.

วิธีคิด การเคลื่อนที่ที่มีความเร่งของวัตถุไปทางซ้าย จะสามารถเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ

1. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายอยู่แล้ว + ให้ความเร่งของวัตถุไปทางซ้าย = วัตถุจะวิ่งไปทางซ้ายเร็วขึ้น
2. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาอยู่แล้ว + ให้ความเร่งของวัตถุไปทางซ้าย = วัตถุจะวิ่งไปทางขวาช้าลง

7. ตอบ c.

วิธีคิด ขว้างก้อนหิน = ความเร็วต้น = 15 m/s

หน้าผาสูง = ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ = 50 m

เวลาที่ใช้ไป = 2 s

หาความเร่ง a จาก $s = ut+\frac{1}{2}at^2$

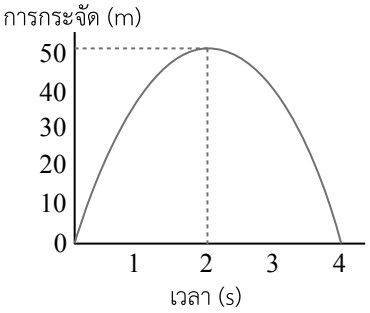
แทนค่าจะได้ $50 = (15)(2)+\frac{1}{2}a(2)^2$

$a = 10 \text{ m/s}^2$

ดังนั้น ความเร่งจากสนามโน้มถ่วงของดาวเคราะห์ดวงนี้ คือ $a = 10 \text{ m/s}^2$

8. ตอบ a.

วิธีคิด จากกราฟการกระจัดของการโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งต่อไปนี้ เราจะสามารถมองปริมาณต่างๆ **"ในช่วงที่กำลังโยนวัตถุขึ้นฟ้า"** จากกราฟได้ดังนี้



1. ความเร็วที่จุดสูงสุด $v = 0$ m/s
2. ระยะที่วัตถุขึ้นไปได้สูงสุด $s = 50$ m
3. เวลาที่วัตถุขึ้นสู่จุดสูงสุด $t = 2$ s

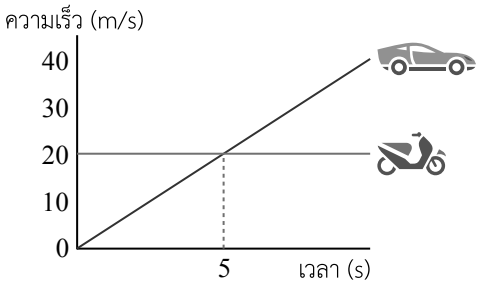
ในเฉลยนี้ เราจะใช้สูตร $s = \left(\frac{v+u}{2}\right)t$ ซึ่งจะได้ว่า

$50 = \left(\frac{0+u}{2}\right)2$

$u = 50$ m/s

9. ตอบ b.

วิธีคิด พิจารณากราฟความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถมอเตอร์ไซค์ และรถยนต์ที่วิ่งออกจากไฟแดง



จากกราฟ จะเห็นได้ว่า รถมอเตอร์ไซค์วิ่งด้วยความเร็วคงที่ ขณะที่รถยนต์วิ่งด้วยความเร่งคงที่ ดังนั้น การที่จะวัดว่ารถยนต์จะวิ่งทันรถมอเตอร์ไซค์เมื่อใด จะต้องพิจารณาจากหลักการที่ว่า

“ถ้าจะวิ่งทันกัน = ระยะทางและเวลาต้องเท่ากัน”

ถ้ากำหนดให้ระยะทางและเวลาเท่ากัน จะได้ว่า

$$S_{car} = S_{motorbike}$$

$$u_c+\frac{1}{2}a_c t^2 = v_m t$$

เนื่องจากระยะทางเท่ากัน จะสามารถหาได้ว่า

$$u_c+\frac{1}{2}a_c t = v_m$$

จากกราฟ จะพบว่ารถมอเตอร์ไซค์มีความเร็ว v_m = 20 m/s เสมอ ขณะที่รถยนต์มีความเร็วเริ่มต้นที่ u = 0 m/s และมีความเร่งจากการหาความชันของกราฟได้เท่ากับ

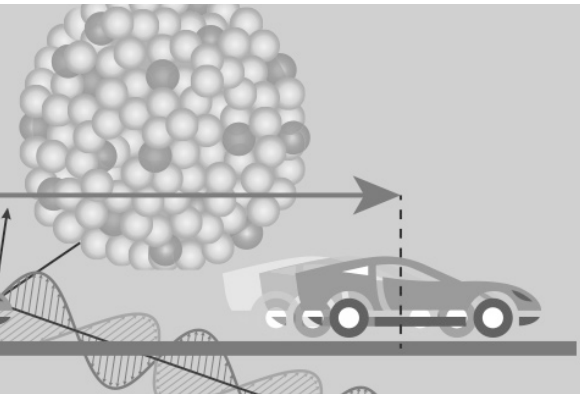
$$a_c = \frac{20-0}{5-0} = 4 \text{ m/s}^2$$

แทนค่าเพื่อหา “เวลาที่รถทั้งสองคนจะวิ่งได้ระยะทางเท่ากัน” คือ

$$0+\frac{1}{2}(4)t = 20$$

$$2t = 20$$

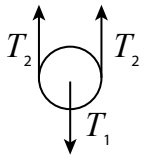
$$t = 10 \text{ s}$$

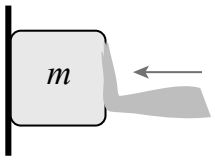


บทที่ 3 แรงและกฎของการเคลื่อนที่

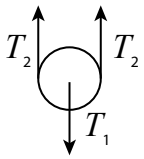
แบบวัดความเข้าใจ

จงตอบคำถามโดยเลือกกาเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “จริง” หรือ “เท็จ” ตามความเป็นจริงหน้าข้อความต่อไปนี้ (ตอบถูก +2 คะแนน ตอบผิด −1 คะแนน ตอบ “ไม่รู้” ได้รับ 0 คะแนน)

จริง	เท็จ	ไม่รู้	ข้อความ
			1. นำเวกเตอร์แรง 2 ตัวมารวมกัน จะได้แรงลัพธ์ที่มีค่ามากที่สุดเมื่อเวกเตอร์ทั้งสองทำมุมกัน 180°
			2. น้ำหนัก คือ แรงชนิดหนึ่งมีทิศชี้ลงพื้น และมีหน่วยเป็นกิโลกรัม
			3. จากภาพเชือกที่ติดกับรอกนี้ แรงตึงเชือกแต่ละเส้นมีทิศทางดังภาพ 
			4. ตราชั่งน้ำหนักเป็นอุปกรณ์วัดแรงปฏิกิริยาตั้งฉากกับพื้นผิว (แรงปกติ) ที่เกิดจากการกดทับพื้นผิวนั้น
			5. วัตถุมวล m วางอยู่บนพื้นฝืด จะมีแรงเสียดทานกระทำเท่ากับ $f = \mu N$ เสมอ
			6. นำมวล 10 kg ไปชั่งน้ำหนักบนดวงจันทร์จะเหลือเพียง 1.7 kg เพราะน้ำหนักลดลง เมื่อใช้ตราชั่งเดิมจากโลก
			7. ลากวัตถุไปบนพื้นฝืดด้วยความเร็วคงที่ เป็นการเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน
			8. ใช้ม้าลากรถ ม้าเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ด้วยแรงที่พื้นกระทำต่อเท้าม้า
			9. แรงคู่ปฏิกิริยาของแรงโน้มถ่วง mg คือ แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก หรือแรงปกติ N
			10. แรงที่โลกใช้ดูดเรา เป็นแรงชนิดเดียวกันกับแรงที่ดวงอาทิตย์ใช้ดูดโลก

จริง	เท็จ	ไม่รู้	ข้อความ
			11. กดวัตถุให้ติดกับผนังดังภาพ แรงที่ทำให้วัตถุไม่หล่นลงสู่พื้น คือ แรงเสียดทาน 
			12. ชายคนหนึ่งมีมวล 50 kg ถ้าเขาชั่งน้ำหนักในลิฟต์ในขณะที่ลิฟต์กำลังขึ้น ด้วยความเร่ง 1 m/s^2 น้ำหนักของเขาจะเพิ่มขึ้น 50 N หรือ 5 กิโลกรัม

เฉลย

แนวคิด	ข้อ	จริง	เท็จ	เหตุผล
การรวมแรง	1.		✓	แรงที่ทำมุม 180° นั้นสวนทางกัน รวมกันจะหักล้างกัน
แรง	2.		✓	น้ำหนัก คือ แรงมีหน่วยเป็นนิวตัน
แผนภาพแรง	3.	✓		แรงตึงเชือกมีทิศออกจากจุดสัมผัสเสมอ 
แรง	4.	✓		เรากดตราชั่งเพื่อให้ตราชั่งสร้างแรงปกติ (N) มาต้าน แล้วตราชั่งจะเปลี่ยนเลขน้ำหนักนั้นเป็นค่ามวลของสิ่งที่กดทับให้เรา
”	5.		✓	วัตถุที่อยู่นิ่งสามารถมีแรงเสียดทานสถิตได้หลายค่า ($f_s \leq \mu_s N$) แต่ถ้ากำลังเคลื่อนที่จะมีแรงเสียดทานคงที่ (แรงเสียดทานจลน์ $f_k = \mu_k N$)
”	6.	✓		เนื่องจากตราชั่งของโลกถูกออกแบบให้ใช้ค่าสนามโน้มถ่วงโลกในการคำนวณน้ำหนัก ดังนั้น ค่าที่วัดได้น้อยลง คือ น้ำหนัก (มวลคงที่เสมอ)
กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน	7.		✓	การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ไม่มีความเร่ง จึงเป็นไปตามกฎข้อที่ 1
กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน	8.	✓		ม้าออกแรงถีบพื้น และพื้นออกแรงผลักเท้าม้า ม้าจึงเคลื่อนที่ได้
”	9.		✓	น้ำหนักเรา คือ “แรงที่มวลโลกดูดมวลเรา” แรงคู่ปฏิกิริยาของน้ำหนัก คือ “แรงที่มวลเราดูดมวลโลก” (แรงดึงดูดระหว่างมวล)
แรง	10.	✓		แรงทั้งสอง เรียกว่า “แรงดึงดูดระหว่างมวล”
”	11.	✓		แรงเสียดทานเกิดขึ้นระหว่างผิวผนังและผิววัตถุ ซึ่งมีทิศต้านการไหลลง
”	12.	✓		ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้น ทำให้แรงปกติต้องเพิ่มขึ้นเพื่อผลักชายคนนี้ด้วยขนาดเป็นสัดส่วนกับความเร่งของลิฟต์ ทำให้ตาชั่งวัดได้น้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่มวลยังคงเท่าเดิม

เทียบคะแนน

20-24 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดดี ควรทบทวนวิธีคิดตามแนวคิดให้ละเอียด

14-19 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดค่อนข้างดี ควรศึกษาข้อผิดพลาดในการคิด และตรวจสอบความเข้าใจตามแนวคิดให้รอบคอบยิ่งขึ้น

ต่ำกว่า 14 คะแนน มีความเข้าใจในแนวคิดค่อนข้างไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์สถานการณ์ และการทำโจทย์ในบทนี้

แรง

นิยามของแรง

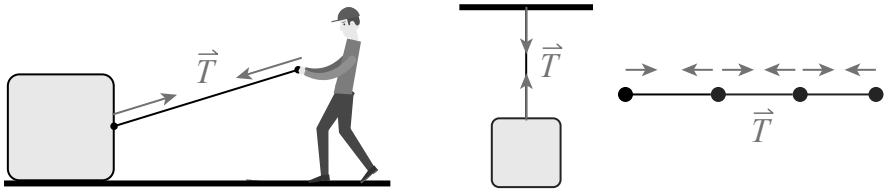
แรง (Force) เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่สังเกตด้วยตาเปล่าไม่ได้ แต่สามารถศึกษาได้จากผลของมัน เช่น การเห็นวัตถุขยับจากหยุดนิ่ง หรือการรู้สึกถึงแรงกดทับ

แรงใช้สัญลักษณ์ทั่วไป คือ $\vec{F}$ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) หรือ กิโลกรัมเมตรต่อวินาที^{2} $\left(\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}\right)$ โดยพิจารณาจากการกระทำของผู้กระทำ หรือแหล่งกำเนิดแรงใดๆ เสมอ

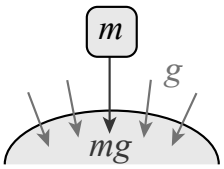
แรงจากแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ

1. **แรงกระทำทั่วไป (General force : $\vec{F}$)** เกิดจากการผลัก การดึง ฯลฯ

2. **แรงตึงเชือก (Tension : $\vec{T}$)** เกิดบนเชือกที่ตึงจากการดึงของเส้นเชือก มีทิศออกจากจุดสนใจเสมอ ซึ่งถ้าเราสนใจที่จุดใดๆ ก็ตามบนเส้นเชือกนั้น จุดนั้นจะมีแรงตึงเชือกเท่ากับทุกจุดบนเส้นเชือกตลอดทั้งเส้น ดังภาพ



3. **แรงโน้มถ่วง (Gravitational force : $\vec{F}_g$)** เป็นแรงที่เกิดจากความเร่งในสนามความโน้มถ่วง ซึ่งส่งผลให้เกิดการดึงดูดซึ่งกันและกันของมวลสาร ที่อยู่ภายในขอบเขตของสนามความโน้มถ่วง ในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของสนาม โดยทั่วไปแล้ว แรงโน้มถ่วงของมวลสาร = **น้ำหนัก (Weight : $\vec{W}$)** ของมวลสารนั้นๆ หรือ

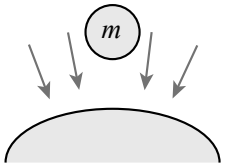


$$\vec{W} = m\vec{g} \qquad \text{3.1}$$

"มวลที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงจะมีน้ำหนักเสมอ ถ้าไม่มีสนามโน้มถ่วงก็ไม่มีแรงโน้มถ่วง หรืออยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก"

ตัวอย่าง

มวล 5 kg อยู่บนดาวที่มีความเร่งโน้มถ่วงขนาด 10 N/kg และ 1.6 N/kg "น้ำหนัก" ของมวลแต่ละก้อน คือ



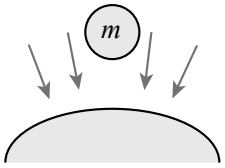
$\vec{g}$ = 10 N/kg

$W = mg$

$W = 5(10)\left(\text{kg}\cdot\frac{\text{N}}{\text{kg}}\right)$

$W = 50$ N

มวล 5 kg มีน้ำหนัก 50 N



$\vec{g}$ = 1.6 N/kg

$W = mg$

$W = 5(1.6)\left(\text{kg}\cdot\frac{\text{N}}{\text{kg}}\right)$

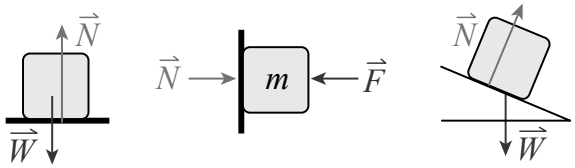
$W = 8$ N

มวล 5 kg มีน้ำหนัก 8 N

หมายเหตุ :

ความเร่งโน้มถ่วงมีหน่วยที่สมมูลกัน 2 หน่วย คือ N/kg และ m/s^2

4. แรงปกติ หรือแรงปฏิกิริยาที่ตั้งฉากกับพื้นผิว (Normal force : $\vec{N}$) เป็นแรงที่เกิดจากผิวสัมผัสดันกลับไม่ให้เกิดการรุกล้ำเข้าไปในผิวนั้น ซึ่งมักจะมีขนาดเท่ากับแรงที่วัตถุกดทับลงบนผิวในทิศตั้งฉากกัน (ในกรอบนิ่ง)

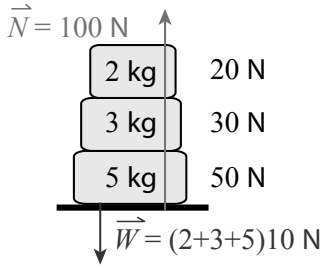


ตัวอย่าง

วางวัตถุ 2 kg, 3 kg และ 5 kg ซ้อนกันบนพื้นราบ แรงปกติบนพื้นราบนี้หาได้จากแรงโน้มถ่วงของวัตถุแต่ละก้อน ดังรูป

จะพบว่าแรงทั้งหมดที่กดทับพื้นผิวนี้คือ (2+3+5)(10) = 100 N

ดังนั้น แรงที่พื้นผิวต้องสร้างเพื่อต้านแรงทั้งหมดนี้คือ (หรือแรงตั้งฉาก) คือ 100 N



หมายเหตุ :

ตัวเลขที่ได้จากตราชั่งน้ำหนักเป็นเลขของ **"มวล" ไม่ใช่ค่าน้ำหนัก** เพราะเมื่อเราชั่งน้ำหนัก เราทิ้งแรง (น้ำหนัก) ลงบนตราชั่ง ขณะนั้นตราชั่งออกแรงปกติ ($\vec{N}$) ต้านแรงน้ำหนักของเรา และนำค่าแรงปกตินั้นหารด้วยค่าสนามโน้มถ่วงโลก 9.8 N/kg ทำให้ได้ออกมาเป็นค่ามวล

5. แรงเสียดทาน (Friction : $\vec{f}$) เกิดจากการเสียดสีระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุที่ต้านไม่ให้เกิดการเลื่อนระหว่างผิว ซึ่งขึ้นกับแรงกดทับระหว่างผิว (แรงปกติ, แรงปฏิกิริยา : $\vec{N}$) และ "ความฝืด-ลื่น" ระหว่างผิวสัมผัสโดยประเมินเป็นตัวเลขด้วยค่าคงที่ (สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน) โดยเขียนเป็นอสมการได้ดังนี้

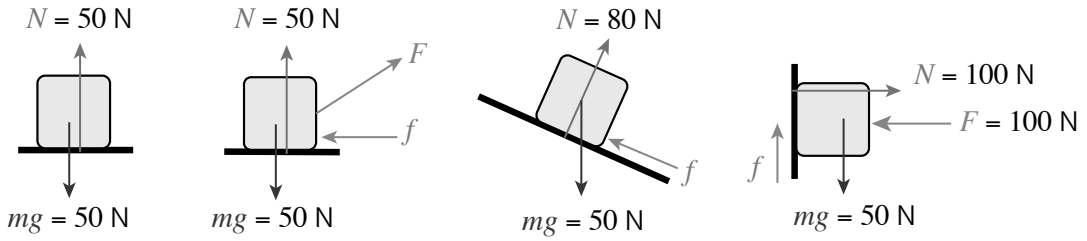
$$f \leq \mu N \qquad (3.2)$$

หมายเหตุ :

แรงเสียดทานจะเกิดขึ้นเมื่อมีความพยายามในการเคลื่อนที่ และมีทิศต้านความพยายามนั้น

ตัวอย่าง

สมมติให้ผิวสัมผัสในภาพทั้ง 4 มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็น 0.5 แรงเสียดทานในแต่ละภาพ คือ



$f = 0$
ไม่พยายามเคลื่อนที่

$f = \mu N$
$f = 0.5(50)$
$f = 25$ N
ทิศไปทางซ้าย

$f = \mu N$
$f = 0.5(100)$
$f = 50$ N
ทิศเฉียงขึ้นเนิน

$f = \mu N$
$f = 0.5(100)$
$f = 50$ N
ทิศชี้ขึ้นตามแนวกำแพง

แรงเสียดทานในธรรมชาติมี 2 ลักษณะ คือ 1) แรงเสียดทานสถิต และ 2) แรงเสียดทานจลน์ โดยมีความสัมพันธ์ตามธรรมชาติ คือ หากวัตถุพยายามเคลื่อนที่ แต่ไม่เกิดการเคลื่อนที่ในขณะนั้น วัตถุกำลังเจอกับแรงเสียดทานสถิต ซึ่งมีค่า μ_s เป็นค่าสถิตด้วย เนื่องจากค่านี้จะเปลี่ยนแปลงได้ตามแรงที่ใช้ในการผลักวัตถุ