



ฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม

📖 **ครอบคลุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4** เข้าใจง่าย ตรงประเด็น

📖 **ดูใจกับแบบทดสอบพร้อมเฉลย** ผู้ใช้สามารถประเมินผลได้ด้วยตนเอง

📖 **เหมาะสำหรับเตรียมความพร้อมในการสอบเก็บคะแนน สอบกลางภาค สอบปลายภาค และเพิ่มความมั่นใจก่อนลงสนามสอบ O-NET**

ม.4





ชยันก่อนสอบ

ฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4



(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาต)



ขยันทอนสอบ พิลิกสพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4 เล่มนี้จัดทำขึ้นตามกรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของกระทรวงศึกษาธิการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนเนื้อหาและฝึกทำโจทย์ทดสอบที่หลากหลายเพื่อเตรียมความพร้อมและสร้างความมั่นใจก่อนสอบเก็บคะแนนสอบกลางภาค สอบปลายภาค และเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นไป

บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะอำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียนที่ตั้งใจทบทวนเนื้อหาและฝึกทำโจทย์ทดสอบเป็นประจำ และเหมาะสำหรับครู ผู้ปกครอง ที่ต้องการเสริมความรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากบทเรียนให้แก่นักเรียน และขอให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการสอบทุกคน

บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด



บทที่ 1 บทนำเกี่ยวกับฟิสิกส์	1
- ปริมาณทางฟิสิกส์และหน่วย	1
- แบบฝึกหัด	8
บทที่ 2 การเคลื่อนที่ในหนึ่งและสองมิติ	12
- ตำแหน่งและการกระจัด	12
- ความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ย	13
- ความเร็วและอัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง	15
- ความเร่ง	17
- การเคลื่อนที่ที่กรณีความเร่งมีค่าคงตัว	18
- วัตถุตกอย่างเสรีมีความเร่งเป็นค่าคงตัว	19
- การเคลื่อนที่ใน 2 มิติ และ 3 มิติ	21
- เวกเตอร์ตำแหน่งและเวกเตอร์ความเร็วใน 2 มิติ	22
- ความเร่งใน 2 มิติ	22
- ความเร็วสัมพัทธ์	23
- กรอบอ้างอิงเฉื่อย	24
- แบบฝึกหัด	25
บทที่ 3 แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่	29
- แรง	29
- กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	30
- กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	33
- จุดศูนย์กลางมวล และจุดศูนย์กลางของความโน้มถ่วง	34
- แรงเสียดทาน	36
- สนามแม่เหล็ก	38
- สนามไฟฟ้า	41
- สนามโน้มถ่วง	42
- แบบฝึกหัด	46

บทที่ 4 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ	53
- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	53
- การเคลื่อนที่แบบวงกลม	59
- การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	67
- แบบฝึกหัด	71
บทที่ 5 งานและพลังงาน	77
- งาน	77
- พลังงาน	81
- กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	83
- การประยุกต์ การอนุรักษ์พลังงานกล	86
- กฎการอนุรักษ์พลังงาน	87
- เครื่องกล	87
- คลื่น	90
- เสียงและการได้ยิน	94
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	98
- กัมมันตภาพรังสี	99
- รังสีกับมนุษย์	103
- พลังงานนิวเคลียร์	104
- แบบฝึกหัด	106
บทที่ 6 โมเมนตัมและการดล	115
- โมเมนตัม	115
- แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	116
- การดลและแรงดล	119
- การชน	120
- การระเบิดของวัตถุ	123
- แบบฝึกหัด	125
บทที่ 7 การเคลื่อนที่แบบหมุน	130
- การหมุน ความเร็วเชิงมุม และความเร่งเชิงมุม	130
- ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน	132
- โมเมนต์ความเฉื่อย	133
- พลังงานจลน์การหมุน	134
- โมเมนตัมเชิงมุม และอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม	135

- งานในการหมุน	136
- การแกว่งของวัตถุ	137
- แบบฝึกหัด	138
บทที่ 8 สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น	141
- สภาพสมดุล	141
- โมเมนต์ของแรงหรือทอร์ก	144
- โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	146
- เสถียรภาพสมดุล	148
- การนำหลักสมดุลไปประยุกต์	149
- สภาพยืดหยุ่น	150
- มอดูลัสของยัง	152
- ความทนแรงของวัตถุ	153
- แบบฝึกหัด	154
แบบทดสอบชุดที่ 1	161
แบบทดสอบชุดที่ 2	188
เฉลย	216



บทนำเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์

● **วิทยาศาสตร์** หมายถึง วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เพื่อค้นคว้าหาความจริงทางธรรมชาติรอบตัว ทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ตามวิธีของวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 2 สาขา ได้แก่

1. **วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (biological science)** เป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต เช่น ชีววิทยา เป็นต้น

2. **วิทยาศาสตร์กายภาพ (physical science)** เป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต เช่น ฟิสิกส์ เคมี ธรณีวิทยา อุตุนิยมวิทยา เป็นต้น

● **วิธีวิทยาศาสตร์ (scientific methode)** เป็นวิธีการค้นคว้าหาความจริงทางธรรมชาติ อย่างมีระบบ มีระเบียบ และแบบแผน สามารถทดสอบหรือพิสูจน์ได้

● **เทคโนโลยี (technology)** หมายถึง วิทยาการที่เกี่ยวกับศิลปะในการสร้าง ผลิต หรือใช้อุปกรณ์ต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อมนุษย์โดยตรง

● **วิชาฟิสิกส์** เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพที่ศึกษาสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต และเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติทั้งหลาย ได้แก่ กลศาสตร์ ความร้อน แสง เสียง อะตอม และนิวเคลียส

ปริมาณทางฟิสิกส์และหน่วย



องค์การระหว่างชาติเพื่อการมาตรฐาน (ISO : International Organization for Standardization) ได้กำหนดหน่วยมาตรฐานที่เรียกว่า ระบบเอสไอ (SI : Systeme Internationale) ประกอบด้วย 2 หน่วย ได้แก่

1. **หน่วยฐาน (base units)** มี 7 หน่วย ได้แก่

- 1) ความยาว เป็น เมตร (m)
- 2) มวล เป็น กิโลกรัม (kg)
- 3) กระแสไฟฟ้า เป็น แอมแปร์ (A)
- 5) อุณหภูมิ เป็น เคลวิน (K)
- 6) ปริมาณของสาร เป็น โมล (mol)
- 7) ความเข้มของการส่องสว่าง เป็น แคนเดลา (Cd)

2. **หน่วยอนุพันธ์ (derived units)** เป็นหน่วยที่สร้างจากหน่วยฐาน ได้แก่ หน่วยของอัตราเร็วเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) หน่วยของอัตราเร่งเป็นเมตรต่อวินาที² (m/s^2) หน่วยของแรงเป็นกิโลกรัม-เมตรต่อวินาที² ($\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$) หน่วยของโมเมนตัมเป็นกิโลกรัม-เมตรต่อวินาที ($\text{kg}\cdot\text{m/s}$)

นอกจากนี้ หน่วยอนุพันธ์หลายหน่วยจะมีชื่อและสัญลักษณ์เฉพาะ เช่น ความถี่ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz) กำลัง มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) พลังงาน มีหน่วยเป็น จูล (J) ศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V) ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω) เป็นต้น และยังมีการกำหนดตัวนำหน้าหน่วย (prefix) เพื่อให้หน่วยที่ใช้เล็กลงหรือโตขึ้น ตัวนำหน้า ได้แก่

ตัวนำหน้า	สัญลักษณ์ย่อ	ตัวคูณที่เทียบเท่า
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}
กิโล (kilo-)	k	10^3
เมกะ (mega-)	M	10^6
จิกะ (giga-)	G	10^9
เทระ (tera-)	T	10^{12}

ข้อสังเกต ตัวนำหน้าจะมีได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น

ตัวอย่างที่ 1 การอ่านตัวนำหน้าหน่วย

วิธีทำ 5×10^{-6} เมตร อ่านว่า 5 ไมโครเมตร = $5 \mu\text{m}$
 6×10^{-9} เมตร อ่านว่า 6 นาโนเมตร = 6 nm
 7×10^{12} เมตร อ่านว่า 7 เทระเมตร = 7 Tm

ตอบ

ข้อควรจำ หลักการเปลี่ยนหน่วย เดิมมีหน่วยใดให้นำไปคูณ และจะเปลี่ยนเป็นหน่วยใดให้นำไปหาร

ตัวอย่างที่ 2 จงเปลี่ยน 5 ไมโครคูลอมบ์ (μC) ให้เป็นเมกะคูลอมบ์ (MC)

วิธีทำ $5 \mu\text{C} = \frac{5 \times 10^{-6}}{10^6} = 5 \times 10^{-12} \text{ MC}$
 (นำมาคูณ ($\mu = 10^{-6}$)
 (นำมาหาร ($\text{M} = 10^6$))

ตอบ

การทดลองในวิชาฟิสิกส์

การทดลองเป็นสิ่งจำเป็นในวิชาฟิสิกส์ เพื่อพิสูจน์ความจริงในข้อโต้แย้งต่างๆ ที่อาจมีขั้นตอนเพื่อพิสูจน์ความจริงที่ตัดสินได้ด้วยการทดลอง ความจริงในวิชาฟิสิกส์ต้องสามารถยืนยันได้ด้วยการทดลองหรือเหตุผลเชิงทฤษฎีที่ยอมรับอยู่แล้ว วิธีการทดลองจะมีกรอบที่ชัดเจนในแต่ละการทดลอง เพื่อให้เกิดความเชื่อถือควรจะต้องประกอบด้วย วิธีการทดลอง การเขียนรายงานการทดลองวิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุปผล

ตัวอย่างที่ 5 โลหะแท่งลูกบาศก์ มีความยาวด้านละ 1.20 ± 0.01 เมตร จงหา

- ปริมาตรของโลหะแท่งลูกบาศก์
- ความคลาดเคลื่อนเท่าใด
- ความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

วิธีทำ ก. สูตร ปริมาตรลูกบาศก์ = (ด้าน)³

$$\text{แทนค่าปริมาตร} = (1.20 \pm 0.01)^3 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } (a+b)^3 &= a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 \\ &= (1.20)^3 \pm 3(1.20)^2(0.01) + \dots \\ &= 1.73 \pm 0.043 \\ &= 1.73 \pm 0.04 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

ตอบ

ข. ความคลาดเคลื่อน = 0.043 ลูกบาศก์เมตร

ตอบ

$$\begin{aligned} \text{ค. ความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} &= \frac{0.043}{1.73} \times 100 \\ &= 2.5 \text{ เปอร์เซ็นต์} \end{aligned}$$

ตอบ

เลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญ (significant figure) คือ ตัวเลขที่มีความหมายหรือมีความสำคัญในปริมาณที่แสดงมา เช่น 0.025 กิโลกรัม ถือว่ามีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ซึ่งเท่ากับ 25 กรัม แต่ 0.0250 กิโลกรัมจะมีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว หมายถึง 25.0 กรัม การเขียน 25 กรัม กับ 25.0 กรัม มีความหมายต่างกัน 25.0 กรัม หมายถึงผิดได้ไม่เกิน 0.05 กรัม แต่ 25 กรัมอาจจะผิดได้ 0.5 กรัม

เลขนัยสำคัญในวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่เป็นตัวเลขที่ได้จากการวัด จะนับจำนวนนัยสำคัญทุกตัวยกเว้น เลขศูนย์ (0) ที่อยู่หน้าสุดไม่นับ

ตัวอย่างที่ 6 5.47 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว (ตัวเลขที่ไม่ใช่ 0 นับทุกตัว)

0.47 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว (0 ตัวหน้าไม่นับ)

1.07 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว (0 ตัวกลางนับ)

1.40 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว (0 ตัวหลังสุดนับ)

หรือมีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว (0 ตัวหลังสุดไม่นับ)

- การบวกหรือลบเลขนัยสำคัญ ให้คิดจุดทศนิยมเป็นหลัก โดยเอาตำแหน่งที่มีความมากที่สุดเป็น

คำตอบ

ตัวอย่างที่ 7

วิธีทำ

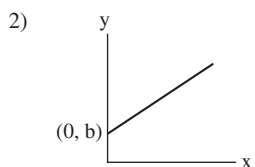
$$\begin{array}{r} 4.732 \\ + 5.23 \\ \hline 9.962 \\ \hline 9.96 \end{array}$$

ตอบ

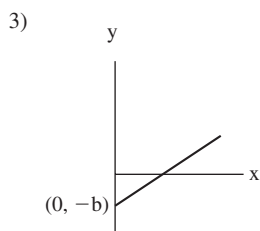
$$\begin{array}{r} 5.23 \\ - 4.732 \\ \hline 0.498 \\ \hline 0.50 \end{array}$$

ตอบ

$y = ax$ ความชัน $\frac{\Delta y}{\Delta x} = a$
 $y \propto x$

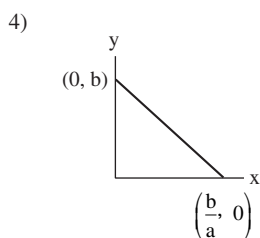


$$y = ax + b \text{ ความชัน } a \text{ ระยะตัดแกน } y = b$$



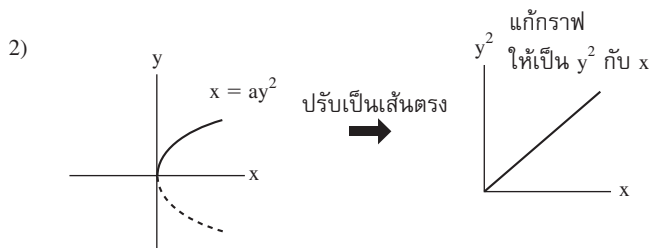
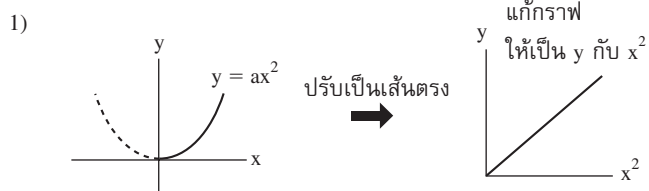
$$y = ax - b \text{ ความชัน } a \text{ ระยะตัดแกน } y = -b$$

$$\text{ระยะตัดแกน } x = \frac{b}{a}$$

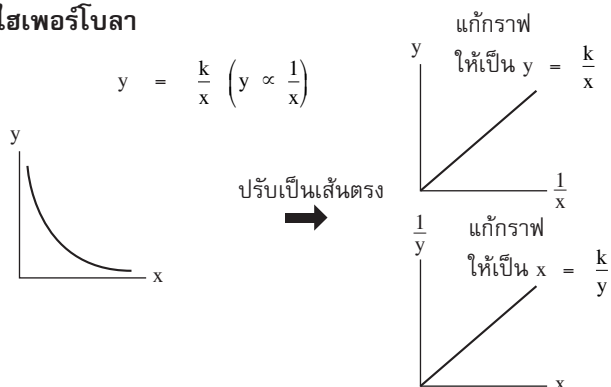


$$y = -ax + b \text{ ความชัน } = -a$$

2. กราฟพาราโบลา



3. กราฟไฮเพอร์โบลา



การทดลอง เรื่อง ลูกตุ้มนาฬิกา

สมมติว่า นักเรียนต้องการจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคาบของการแกว่งกับความยาวของสายลูกตุ้มขนาดเล็กแขวนด้วยเชือกแกว่งไปมาในระนาบตั้ง

รูปแบบการบันทึกผลการทดลอง

1. การทดลองเรื่อง ลูกตุ้มอย่างง่าย
2. วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคาบและความยาวของสายลูกตุ้ม
3. อุปกรณ์

- 1) ลูกตุ้ม
- 2) สายเอ็น
- 3) ที่ยึดสายเอ็น
- 4) นาฬิกาข้อมือ มีเข็มวินาที
- 5) ไม้มัด

4. วิธีทดลอง

- 1) ยึดลูกตุ้ม โดยใช้ตัวยึดที่ขอบโต๊ะให้มีความยาว ℓ_1
- 2) ปลอยลูกตุ้มให้อยู่ในแนวตั้ง
- 3) แกว่งลูกตุ้มให้แกว่งกลับไปกลับมาจับเวลาเมื่อครบ 30 รอบ
- 4) ทำซ้ำจากข้อ 1) ถึง 4) โดยเปลี่ยนความยาวเป็น ℓ_2, ℓ_3, ℓ_4 และ ℓ_5 ความยาวแต่ละครั้ง

ควรห่างกันประมาณ 8 ถึง 10 เซนติเมตร

5. ข้อมูลเพิ่มเติม

1) ความยาวของสายลูกตุ้ม ให้วัดจากที่ยึดบนขอบโต๊ะถึงจุดศูนย์กลางลูกตุ้ม = ความยาวสายเอ็น (ℓ) มีความคลาดเคลื่อน ± 0.2 เซนติเมตร

2) ค่าเฉลี่ยการวัดเวลา 30 รอบ ประมาณ ± 1 วินาทีเพราะเข็มเดินทุก 1 วินาที จะได้ความคลาดเคลื่อนของคาบ 1 รอบ ประมาณ $\pm \frac{1}{30} = \pm 0.03$ วินาที

6. ตารางบันทึกข้อมูล

ความยาวของ (ℓ) สายลูกตุ้ม (cm)	เวลา 30 รอบ (s)				คาบ (T) (s)	T^2 (s ²)	ΔT^2 (s ²) = $2T\Delta T$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย			
$\ell_1 = 30.5$	34	35	34	34.3	1.14	1.30	0.07
ℓ_2							
ℓ_3							
ℓ_4							
ℓ_5							

ความยาวของสายลูกตุ้ม (ℓ_1) = 30.5 เซนติเมตร จากการวัดและจับเวลาในการแกว่งลูกตุ้ม 30 รอบ ครั้งที่ 1, 2 และ 3 ได้ 34, 35 และ 34 วินาที ตามลำดับ

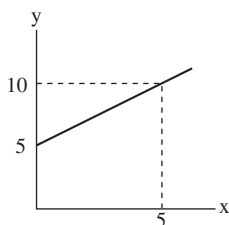
7. ตัวเลขต่อไปนี้มีเลขนัยสำคัญกี่ตัว
- 1) 110 มี ตัว
 - 2) 0.11 มี ตัว
 - 3) 1.014 มี ตัว
 - 4) 5.4×10^{-3} มี ตัว
 - 5) 2.0 มี ตัว
8. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความไม่แน่นอนแต่ละด้านจากการวัดเท่ากับ a เปอร์เซนต์ ถามว่าพื้นที่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปนี้มีค่าที่ไม่แน่นอนกี่เปอร์เซนต์
9. หากจะวัดความหนาของแผ่นกระดาษโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์หรือไม่บรรทัดธรรมดา ท่านจะใช้วิธีการอย่างไรจึงจะได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด
10. จากตารางข้อมูลระหว่างปริมาณ y และ x จะมีความสัมพันธ์กันเป็นกราฟชนิดใด และถ้าจะทำให้เป็นกราฟเส้นตรงควรทำอย่างไร

y	0	1	2	3	4	5
x	0	1	4	9	16	25

.....

ตอนที่ 2 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดเรียงลำดับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง
 1. ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน สรุปผล ทดลอง
 2. สังเกต ระบุปัญหา ทดลอง ตั้งสมมติฐาน สรุปผล
 3. สังเกต ตั้งสมมติฐาน ระบุปัญหา ทดลอง สรุปผล
 4. สังเกต ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทดลอง สรุปผล
2. การใช้เครื่องมือวัดหาค่าสิ่งต่างๆ ควรทำอย่างไรจึงจะได้ค่าใกล้เคียงกับข้อเท็จจริง
 1. วัดเพียงครั้งเดียว
 2. วัดหลายๆ ครั้งแล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย
 3. วัดหลายๆ ครั้งแล้วใช้ค่าน้อยที่สุด
 4. วัดหลายๆ ครั้งแล้วใช้ค่ามากที่สุด
3. จากการเปลี่ยนหน่วย $1,200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ให้เป็น kW/m^2 ข้อใดถูกต้อง
 1. 1.2×10^{-2}
 2. 1.2×10^{-3}
 3. 1.2×10^{-4}
 4. 1.2×10^{-5}
4. ข้อใดต่อไปนี้ เป็นหน่วยอนุพันธ์ทั้งหมด
 1. แคนเดลา จูล นิวตัน
 2. นิวตัน จูล เมตร
 3. จูล นิวตัน เฮิร์ตซ์
 4. วัตต์ แอมแปร์ โวลต์
5. จากรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง y กับ x สมการในข้อใดถูกต้อง



1. $y = x$
2. $y = x+5$
3. $y = x-5$
4. $y = -x+5$

6. จากข้อ 5 ความชันของกราฟมีค่าเท่ากับเท่าใด

1. 1
2. 2
3. 4
4. 5

7. หน่วยของ K ในสมการ $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$ ตรงกับข้อใด ถ้า Q_1, Q_2 มีหน่วยเป็น C , r มีหน่วยเป็น m และ F มีหน่วยเป็น N

1. $N \cdot mC^{-1}$
2. $N \cdot m^2C^{-1}$
3. $N \cdot m^2C^{-2}$
4. $N \cdot m^{-2}C^2$

8. ถ้าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ A เป็น a เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน A^n จะเป็นเท่าไร

1. $a^n\%$
2. $na\%$
3. $\frac{a}{n}\%$
4. $\frac{n}{a}\%$

9. ถ้าปริมาณ 2 ปริมาณ คือ $A' = A \pm \Delta A$ และ $B' = B \pm \Delta B$ ค่าความคลาดเคลื่อนของ $3A' - 2B'$ เป็นเท่าใด

1. $\pm(\Delta A + \Delta B)$
2. $\pm(\Delta A - \Delta B)$
3. $\pm(3\Delta A + 2\Delta B)$
4. $\pm(3\Delta A - 2\Delta B)$

10. จากข้อมูล

มวลของกล่องบรรจุแก๊ส $2.3 \pm 0.1 \text{ kg}$

มวลของกล่อง+แก๊ส $26.3 \pm 0.1 \text{ kg}$

ปริมาตรของกล่อง $20 \pm 1 \text{ m}^3$

จงหาความหนาแน่นของแก๊สในหน่วย kg/m^3

1. 1.20 ± 0.06
2. 1.20 ± 0.07
3. 1.20 ± 0.08
4. 1.20 ± 0.09

11. คาบของการแกว่งลูกตุ้มนาฬิกา วัดได้ $T = 1.06$ วินาที มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.01 วินาที การ

คำนวณจากสูตร $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ขณะความยาวของสายลูกตุ้มเท่ากับ 0.279 เมตร จงหาค่าความคลาด

เคลื่อนของความยาว l กำหนดค่า π และ g มีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก

1. $\pm 0.001 \text{ m}$
2. $\pm 0.003 \text{ m}$
3. $\pm 0.005 \text{ m}$
4. $\pm 0.01 \text{ m}$

12. จากสูตร $x = \frac{ab^2}{c^3}$ โดยที่ ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นเปอร์เซ็นต์ของ a, b และ c เท่ากับ 0.1 เปอร์เซ็นต์,

0.2 เปอร์เซ็นต์ และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จงหาค่าความคลาดเคลื่อนเป็นเปอร์เซ็นต์ของ x

1. 0.9%
2. 1.4%
3. 1.8%
4. 2.0%

13. เลขสามจำนวน ได้แก่ $0.027016, 34.8145$ และ 72065 ข้อใดถูกต้องที่ทำให้เลขสามจำนวนเป็นเลขที่มีนัยสำคัญ 4 ตัว

1. $0.02702, 34.81, 7207$
2. $0.027, 34.81, 7206$
3. $0.027, 34.82, 7207$
4. $0.027, 34.82, 72070$

14. เลข 0.010485 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัวได้อย่างไร
1. 105
3. 1.048×10^{-2}
2. 0.010
4. 1.05×10^{-2}
15. พิจารณาจากหน่วย
- ก. จูล (J)
ค. กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kW·hr)
ข้อใดบ้างที่เป็นหน่วยของพลังงาน
- ข. อิเล็กตรอนโวลต์ (eV)
ง. โอห์ม-เมตร ($\Omega \cdot m$)
1. ข้อ ก และ ข
3. ข้อ ก ข และ ค
2. ข้อ ก และ ค
4. ถูกทุกข้อ



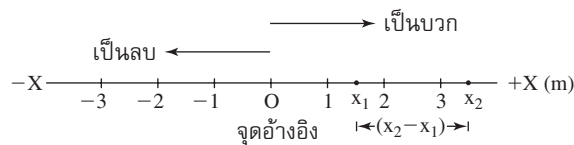
การเคลื่อนที่ในหนึ่งและสองมิติ

ตำแหน่งและการกระจัด



ตำแหน่ง (position) คือ การบอกให้ทราบว่าวัตถุที่เราพิจารณาอยู่ที่ใด ซึ่งเราจะพิจารณาวัตถุที่มีขนาดเล็กหรือเป็นจุด

การบอกตำแหน่งบนเส้นตรงแกน x มีจุดอ้างอิง O

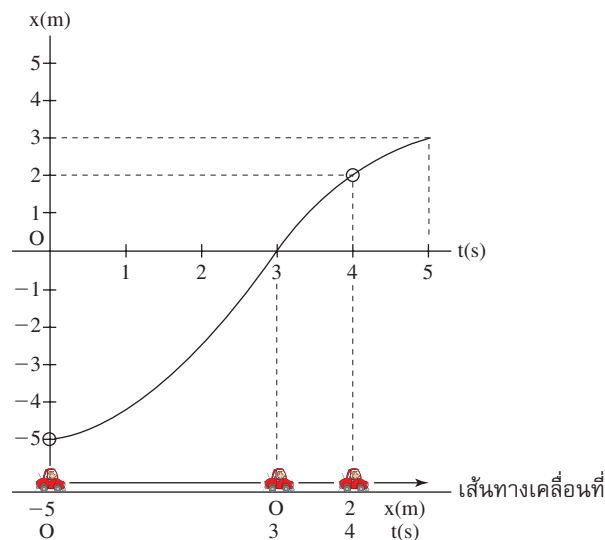


สมมติว่า ณ เวลาเริ่มต้น t_1 วัตถุอยู่ ณ ตำแหน่ง x_1 ถ้าวัตถุเลื่อนมาอยู่ x_2 ที่เวลา t_2 แสดงว่า การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุจาก x_1 ไป x_2 คือ $(x_2 - x_1)$ เรียกว่า การกระจัดซึ่งมีทิศทางจาก x_1 ไป x_2

การกระจัด (displacement) หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุไปจากตำแหน่งเดิมในแนวเส้นตรง เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่แสดงทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยเป็นเมตร (m) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

ตัวอย่างที่ 1 จากรูปเป็นกราฟระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาของการเคลื่อนที่ที่อนุภาคหนึ่งในแนวเส้นตรง



- ก. ณ เวลาเริ่มต้น $t = 0$ วัตถุอยู่ ณ ตำแหน่งใด
 ข. ณ เวลา $t = 3$ s และ $t = 4$ s วัตถุอยู่ ณ ตำแหน่งใด
 ค. การกระจัดของวัตถุจากเริ่มต้น ($t = 0$) จนถึงเวลา $t = 4$ s

วิธีทำ ก. วัตถุอยู่ ณ ตำแหน่ง -5 เมตร

ตอบ

ข. $t = 3$ s ; วัตถุอยู่ ณ ตำแหน่ง 0 เมตร

$t = 4$ s ; วัตถุอยู่ ณ ตำแหน่ง 2 เมตร

ตอบ

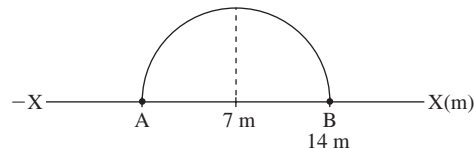
ค. สูตร $\Delta x = x_2 - x_1$

แทนค่า ; $\Delta x = 2 - (-5) = 7$ เมตร

ตอบ

ถ้าการเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรง ความยาวของการเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด เรียกว่า **ระยะทาง (distance)** แต่ความยาวที่เป็นเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดปลาย และมีทิศจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย เรียกว่า **การกระจัด (displacement)**

ตัวอย่างที่ 2



จากรูป วัตถุเคลื่อนที่จากจุด A ในแนวโค้งครึ่งวงกลมไปยังจุด B จงหา

ก. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

ข. การกระจัดที่เคลื่อนที่ได้

วิธีทำ ก. ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ = ความยาวของครึ่งวงกลม

$$= \frac{1}{2}(2\pi r)$$

$$= \pi r$$

$$= \frac{22}{7} \times 7$$

นั่นคือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้มีค่าเท่ากับ 22 เมตร

ตอบ

ข. สูตร $\Delta x = x_2 - x_1$

แทนค่า ; $\Delta x = 14 - 0$

$$= 14 \text{ m}$$

นั่นคือ การกระจัดที่เคลื่อนที่ได้มีค่าเท่ากับ 14 เมตร

ตอบ

ข้อสังเกต

ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ ไม่ต้องแสดงทิศทาง เพราะทิศทางเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ย



ความเร็ว (velocity) คือ การเปลี่ยนตำแหน่งต่อเวลาเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามการเปลี่ยนตำแหน่ง มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s) สำหรับการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาที่ยาว ความเร็วย่อมแปรเปลี่ยน

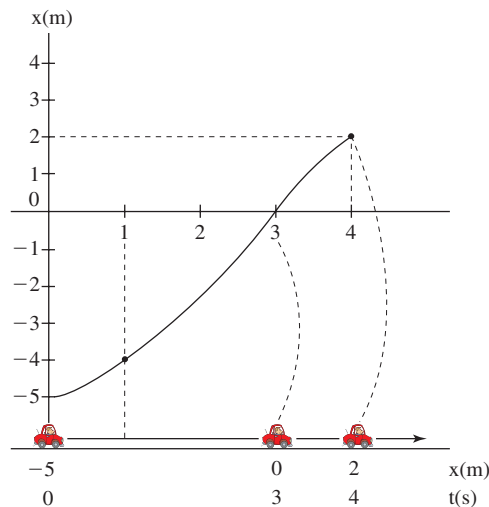
การคำนวณจะใช้เป็นความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลานั้น ความเร็วเฉลี่ย (average velocity) เป็นเสมือนความเร็วที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่วัดค่าเดียวเสมอ สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$v_{av} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

สำหรับ**อัตราเร็ว** (speed) คือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดต่อเวลาโดยไม่คำนึงถึงทิศทาง เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

อัตราเร็วเฉลี่ย (average speed) คือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ต่อเวลา สำหรับการเคลื่อนที่ช่วงเวลายาว

ตัวอย่างที่ 3 จากกราฟระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของอนุภาคหนึ่ง จงหาความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงวินาทีที่ 1 ถึงวินาทีที่ 4



วิธีทำ สูตร $v_{av} = \frac{(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1}$

แทนค่า ; $v_{av} = \frac{2 - (-4) \text{ (m)}}{4 - 1 \text{ (s)}}$

$$= 2 \text{ m/s}$$

อัตราเร็วเฉลี่ย = $\frac{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$

$$= \frac{2 - (-4) \text{ (m)}}{4 - 1 \text{ (s)}}$$

$$= 2 \text{ m/s}$$

นั่นคือ ความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงวินาทีที่ 1 ถึงวินาทีที่ 4 มีค่าเท่ากันคือ 2 เมตรต่อวินาที

ตอบ



นักเรียนทราบหรือไม่ว่าความเร็วเฉลี่ยมีขนาดเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย เมื่อเป็นการเคลื่อนที่เส้นตรงโดยไม่มีการย้อนกลับ

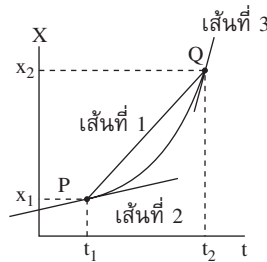
ความเร็วและอัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง



ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (instantaneous velocity) คือความเร็วของวัตถุในช่วงเวลาที่สั้นมาก ขณะผ่านจุดๆ หนึ่งหรือที่เวลาใดเวลาหนึ่ง เป็นปริมาณเวกเตอร์ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$v_{\text{inst}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

ถ้ากราฟระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาระหว่างจุด x_1 และ x_2 ที่เวลา t_1 และ t_2 ซึ่งเคลื่อนที่เป็นไปตามเส้นโค้งจาก P ไป Q ดังรูป



จะได้

- 1) ความชันของเส้นตรงเส้นที่ 1 ระหว่าง PQ เป็นความเร็วเฉลี่ยระหว่าง PQ

$$v_{\text{av}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

- 2) ความชันของเส้นตรงเส้นที่ 2 ซึ่งเป็นเส้นสัมผัสเส้นโค้งที่ P ความชันนี้คือลิมิต (limit) หรือขีดจำกัดความชัน เป็นความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่เวลา t_1

$$v_{\text{inst}} \text{ ที่ } P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

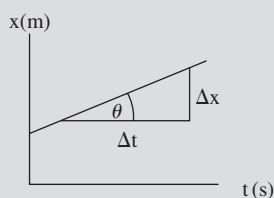
- 3) ความชันของเส้นตรงเส้นที่ 3 ซึ่งเป็นเส้นสัมผัสเส้นโค้งที่ Q ความชันนี้คือลิมิต (limit) หรือขีดจำกัดความชัน เป็นความเร็วขณะใดขณะหนึ่งที่เวลา t_2

$$v_{\text{inst}} \text{ ที่ } Q = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (instantaneous speed) คือ ขนาดของความเร็วที่ไม่ต้องคำนึงถึงทิศทาง เพราะเป็นปริมาณสเกลาร์ เช่น ถ้าเราหาความเร็วขณะใดขณะหนึ่งได้ +5 เมตรต่อวินาที และ -5 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งทั้งสองจะมีอัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่งเท่ากับ 5 เมตรต่อวินาที

ข้อสังเกต

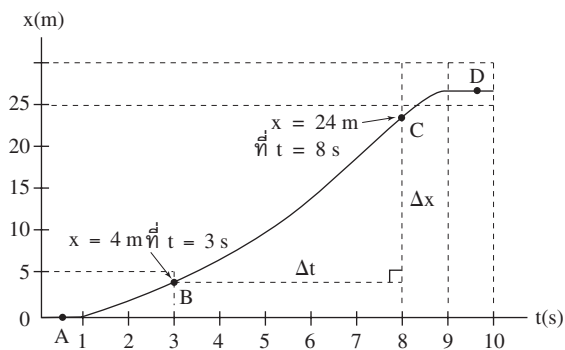
1. กราฟระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาเป็นบวกและเป็นกราฟเส้นตรง แสดงว่าอนุภาคเคลื่อนที่ไปทิศทางเดียวไม่ย้อนกลับและมีความเร็วคงที่ ความเร็วนี้หาได้จากความชันกราฟ



$$\tan \theta = v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

2. กราฟระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลา² ไม่แปรผันกับเวลา t แต่แปรผันกับเวลา t^2 แสดงว่าความเร็วไม่คงที่ ในระดับชั้นนี้จะคำนวณความเร็วที่แปรเปลี่ยนไปคงที่จะมีความเร่งคงที่

ตัวอย่างที่ 4 จากรูปเป็นกราฟระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาของการเคลื่อนที่อนุภาคหนึ่งในแนวเส้นตรง



จงหา

- ก. ความเร็วเริ่มต้นเป็นเท่าใด
- ข. ความเร็วช่วงเวลาใดที่มีขนาดเท่ากับศูนย์อีก
- ค. ช่วงเวลาใดที่กราฟเป็นเส้นตรง และมีความหมายว่าอย่างไร
- ง. จงเขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ดังกล่าว

วิธีทำ ก. ช่วง 0-1 s กราฟขนานกับแกนนอน $t(s)$ ความชัน = 0

ดังนั้น ความเร็วเริ่มต้น = 0

ตอบ

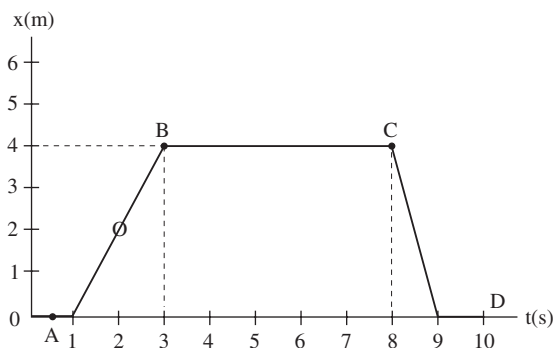
- ข. จากวินาทีที่ 9 เป็นต้นไป กราฟขนานกับแกนนอน $t(s)$ ความชัน = 0 ความเร็วจึงเท่ากับศูนย์

ตอบ

- ค. ช่วงเวลา 3-8 s ความชันของกราฟคงที่นั่นคือความเร็ว คงที่ เพราะ

$$\begin{aligned} v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} = \text{คงที่} \\ &= \frac{24 - 4}{8 - 3} = \frac{20}{5} \\ &= 4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ตอบ



- ง. ช่วงที่ 1 ; 0-1 s ความชัน = 0 ความเร็ว = 0 อนุภาคไม่มีการเคลื่อนที่ จะได้กราฟเส้นตรงขนานกับแกนนอน $t(s)$

$$\begin{aligned}\text{ช่วงที่ 2 ; 1-3 s ความชัน} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4-0}{3-1} \\ &= 2 \text{ m/s}\end{aligned}$$

นั่นคือ อนุภาคเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 2 m/s จะได้กราฟเป็นเส้นตรง เพราะอนุภาคเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 4 m/s

$$\begin{aligned}\text{ช่วงที่ 3 ; 3-8 s ความชัน} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{24-4}{8-3} \\ &= \frac{20}{5} = 4 \text{ m/s}\end{aligned}$$

นั่นคือ อนุภาคเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 4 m/s เพราะเป็นกราฟเส้นตรงของ $x(t)$

ช่วงที่ 4 ; 8-9 s ความชันของกราฟลดลงเรื่อยๆ จนเป็นศูนย์แสดงว่าจะลดความเร็วจากเดิม 4 m/s ที่วินาทีที่ 8 และความเร็วจะเป็นศูนย์ที่วินาทีที่ 9

ช่วงที่ 5 ; 9-10 s ความชันยังคงเป็นศูนย์แสดงว่าความเร็วยังคงเป็นศูนย์ตลอดไป

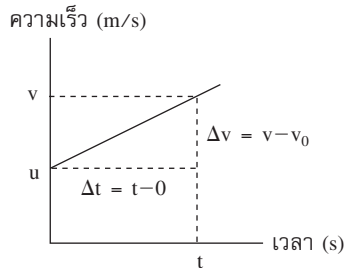
ตอบ

ความเร่ง



พิจารณาที่ความเร่งคงตัว คือความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ

ความเร่ง (acceleration) คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที² (m/s²) สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้



$$\begin{aligned}a &= \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v-u}{t-0} \\ at &= v-u\end{aligned}$$

$$v = u + at$$

เมื่อ v = ความเร็วที่เวลา t หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

u = ความเร็วที่เวลา $t = 0$ หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

a = ความเร่ง หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที² (m/s²)

t = เวลา หน่วยเป็น วินาที (s)

ตัวอย่างที่ 5 อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ด้วยความเร็วต้น 40 เมตรต่อวินาที แล้วสามารถหยุดหนึ่งได้ในช่วงเวลา 10 วินาที จงหาความเร่งของอนุภาคนี้

วิธีทำ สูตร

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

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า ; } a &= \frac{0-40}{10} \\ &= -4 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

นั่นคือ ความเร่งเป็นลบ แสดงว่าเป็นความหน่วง

ตอบ

การเคลื่อนที่กรณลความเร่งมคาคงตัว



สมการการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อมความเร่งคงที่

$$\text{จาก} \quad a = \frac{v - u}{t}$$

$$at = v - u$$

ดังนั้น

$$v = u + at$$

.....(1)

จาก

$$\frac{u + v}{2} = \frac{S}{t}$$

$$S = \left(\frac{u + v}{2} \right) \cdot t$$

.....(2)

แทน (1) ลงใน (2) ;

$$S = \left(\frac{u + u + at}{2} \right) \cdot t$$

$$S = \frac{(2u + at)t}{2}$$

ดังนั้น

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

.....(3)

แทน $u = v - at$ ลงใน (3) ;

$$S = (v - at)t + \frac{1}{2}at^2$$

$$= vt - at^2 + \frac{1}{2}at^2$$

$$= vt - \frac{1}{2}at^2$$

แทน $v = u + at$;

$$S = (u + at)t - \frac{1}{2}at^2$$

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

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

.....(4)

ข้อสังเกต ระยะทางที่วินาทีที่ t ; $S = u + \frac{1}{2}a(2t - 1)$

ตัวอย่างที่ 6 อนุภาคหนึ่งพุ่งออกจากหยุดนิ่งเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรงมความเร็วสูงสุด 100 เมตรต่อวินาที ในเวลา 5 วินาที ช่วงเวลานันอนุภาคเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด

วิธีทำ สูตร

$$S = \left(\frac{u + v}{2} \right) t$$

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า ; } S &= \left(\frac{0 + 100}{2} \right) 5 \\ &= 250 \text{ m}\end{aligned}$$

นั่นคือ ในช่วงเวลานี้อนุภาคเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่ากับ 250 เมตร

ตอบ

วัตถุตกอย่างเสรีมีความเร่งเป็นค่าคงตัว



วัตถุเคลื่อนที่แบบอิสระในอากาศที่บริเวณใกล้ผิวโลก จะมีความเร่งในการตกลงสู่พื้นโลก เรียกว่า **ค่าความโน้มถ่วง (gravity)** เป็นความเร่งที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุใช้สัญลักษณ์ g มีค่าประมาณ 10 เมตรต่อวินาที² และมีทิศดิ่งลง

ไม่ว่าวัตถุจะมีมวลขนาดใดก็ตามค่าความเร่ง g ของการเคลื่อนที่ตกอย่างเสรี จะมีค่าเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที² และมีทิศดิ่งลงเท่ากัน

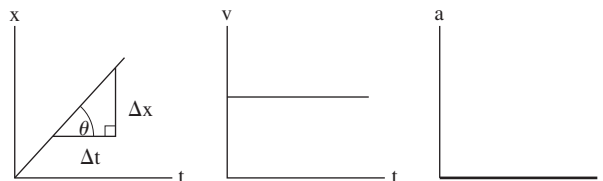
ดังนั้น สูตรการคำนวณของวัตถุตกอย่างเสรีมีความเร่งคงตัว จะมีสูตรคล้ายกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงที่มีความเร่งคงที่ แต่เปลี่ยนค่า a เป็น g แทนเท่านั้น

จาก $v = u + at$	เป็น	$v = u + gt$
$S = ut + \frac{1}{2}at^2$	เป็น	$S = ut + \frac{1}{2}gt^2$
$v^2 = u^2 + 2aS$	เป็น	$v^2 = u^2 + 2gS$

กราฟระหว่างการกระจัด (x) กับเวลา (t) ความเร็ว (v) กับเวลา (t) และความเร่ง (a) กับเวลา (t)



- วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่



ความชัน = $\tan \theta$	ความชัน = $\tan \theta$
= $\frac{\Delta x}{\Delta t}$	= $\frac{\Delta v}{\Delta t}$
= คงที่ = v	= $0 = a$