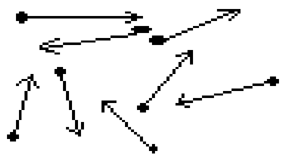
เอกสารประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่

1. การเคลื่อนที่แนวตรง

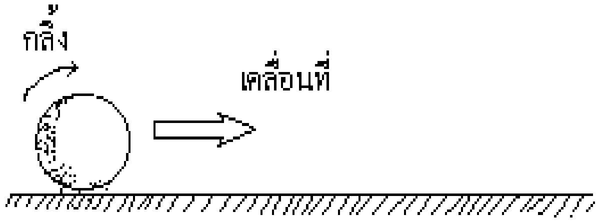
1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่

ในธรรมชาติมีการเคลื่อนที่หลายลักษณะ เช่น รถยนต์แล่นไปตามถนน การหมุนของวงล้อจักรยานการกระเพื่อมขึ้นลงของผิวน้ำ การเคลื่อนที่ทั้งหลายเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับตำแหน่งและการเปลี่ยนตำแหน่งในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ถ้าเป็นกรณีรถยนต์แล่นไปตามถนนลักษณะที่จะเกี่ยวกับตำแหน่งและการ เปลี่ยนตำแหน่งของรถยนต์ เป็นต้น

การเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ สามารถแบ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และการเคลื่อนที่แบบหมุนอนุภาค สามารถเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ได้เท่านั้นโดยไม่สามารถเคลื่อนที่แบบหมุน แต่วัตถุแข็งเกร็งจะสามารถเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และแบบหมุน



อนุภาคเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ไม่หมุน



ทรงกลมเคลื่อนที่แบบหมุนและเลื่อนที่

รูป 6.1

การศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุในธรรมชาติแบ่งเป็นการศึกษาใน 2 ลักษณะ คือ kinematics และdynamics สำหรับ kinematics เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยไม่คำนึงถึงสาเหตุที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไป สำหรับ dynamics จะเป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไป สำหรับการศึกษาในบทนี้จะเป็นการศึกษาในแนวของ kinematics และในบทที่ 7 เรื่องเกี่ยวกับนิวตันจะเป็นการศึกษาในแนวของ dynamics

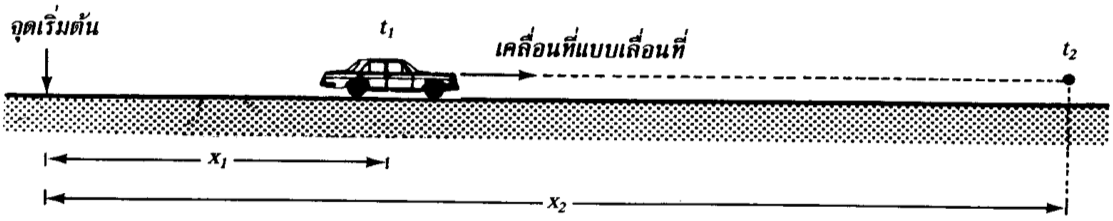
1.2 ระยะทางการเคลื่อนที่

ระยะทาง หมายถึง ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จริง ๆ โดยจะต้องตำแหน่งเริ่มต้นของวัตถุตำแหน่งสุดท้ายของวัตถุและเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

1.3 อัตราของวัตถุ

อัตราเร็ว หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที

พิจารณาการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันหนึ่งในแนวตรง ดังรูป 6.2



รูป 6.2

เมื่อสิ้นสุดเวลา t_1 วินาที หรือ ณ เวลา t_1 รถยนต์เคลื่อนที่ได้ระยะทาง x_1 จากจุดเริ่มต้น และเมื่อสิ้นสุดเวลา t_2 วินาที หรือ ณ เวลา t_2 รถยนต์เคลื่อนที่ได้ระยะทาง x_2 จากจุดเริ่มต้น และการเคลื่อนที่-ตำแหน่งเดิมต่อไปเรื่อย ๆ

อัตราเร็วเฉลี่ย หมายถึง อัตราส่วนระหว่างระยะทางทั้งหมดที่เคลื่อนที่ได้กับช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่นั้นโดยจะเขียนได้ว่า

$$v_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta X}{\Delta t} \qquad \text{..................(6-1)}$$

เมื่อ Δx = ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็น เมตร

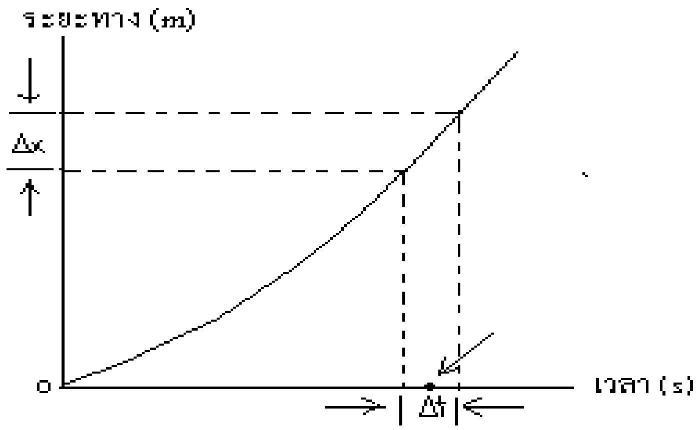
Δt = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น วินาที

เช่น จากรูป ถ้า v_{12} เป็นอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาที่รถยนต์เคลื่อนที่จาก t_1 ถึง t_2 เราจะได้ตามสมการ (6-1)เป็น

$$v_{12} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

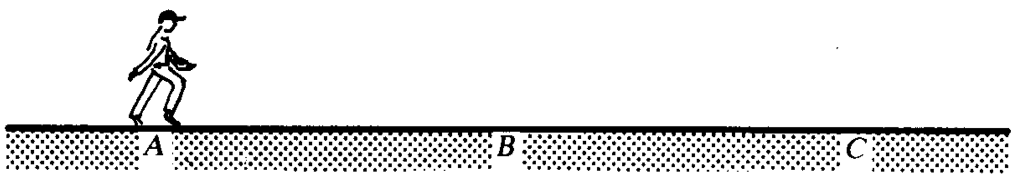
อัตราเร็วขณะหนึ่ง หมายถึง อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ณ เวลาที่พิจารณา เช่น จากการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ดังรูป 6.2 เราได้กราฟระยะทางกับเวลา เป็น ดังรูป 6.3 ถ้าต้องการหาอัตราเร็วของเวลา t สามารถหาได้จากสมการ (6-1) โดยให้เวลา t เป็นจุดกึ่งกลางของช่วงเวลา Δt และต้องคิดที่กรณีที่ Δt มีค่าน้อยมา

นั่นคือ $v_t = \frac{\Delta x}{\Delta t}\big|\Delta t =$ มีค่าน้อยมาก และ t เป็นจุดกึ่งกลางของ Δt ....(6-2)



รูป 6.3

ตัวอย่าง 1 ชายคนหนึ่งเดินจากจุด A ไปจุด B และจุด C โดยใช้เวลา ดังรูป



ระยะทาง (m)	*0*	*20*	*45*
เวลา (s)	*0*	*4*	*7*

จงคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-4 วินาที และ 4-7 วินาที

วิธีทำ ช่วง 0-4 S จาก $v_{เฉลี่ย} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

กรณี Δx = ระยะ AB = 20 m

Δt = ช่วงเวลา = 4-0 = 4 s

$\therefore v_{0\text{-}4} = \frac{20}{4} = 5$ m/s

นั่นคือ อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-4 วินาที เท่ากับ 5 เมตร/วินาที

ช่วง 4-7 s กรณี Δx = ระยะ BC

= 7-4 =3 m

Δx = ช่วงเวลา

= 45-20 = 25 m

$\therefore v_4 = \frac{25}{3} = 8.3$ m/s

นั่นคือ อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 4-7 วินาที เท่ากับ 8.3 เมตร/วินาที

ตัวอย่าง 2 จากตัวอย่าง 1 ถ้าชายคนนั้นเดินถึงจุด C แล้วเดินย้อนกลับมาที่จุด A ดังเดิม ใช้เวลาทั้งสิ้น 20 วินาที จงคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยของการเดินนี้

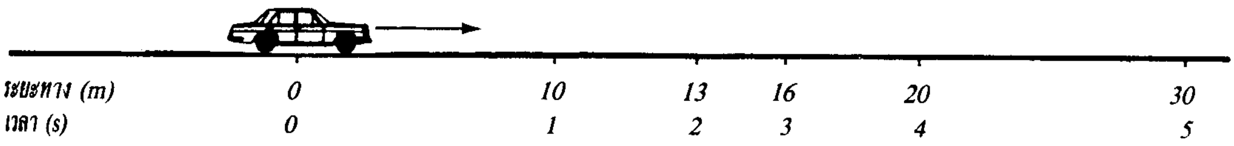
วิธีทำ กรณี Δx = ระยะเวลาทั้งหมด = 45+45 = 90 m

Δt = เวลาทั้งหมด = 20 s

$$\therefore v_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{90}{20} = 4.5 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วเฉลี่ยตลอดการเดินนี้เท่ากับ 4.5 เมตร/วินาที

ตัวอย่าง 3 รถยนต์คันหนึ่งวิ่งออกไปในแนวตรง ดังรูป



จากข้อมูลที่กำหนดให้ จงคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-5 วินาที และอัตราเร็ว ณ วินาทีที่ 2

วิธีทำ หา V_{0-5} เมื่อ V_{0-5} = อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-5 s

$$\text{จาก } V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

กรณี Δx = 30-1 = 30 m

Δt = 5-0 = 5 s

$$\therefore V_{0-5} = \frac{30}{5} = 6 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-5 วินาที มีค่า 6 เมตร/วินาที

หา V_2 เมื่อ V_2 = อัตราเร็ว ณ วินาทีที่ 2

จาก $V_t = \frac{\Delta x}{\Delta t}\Big|\Delta t$ น้อย ๆ และ t เป็นจุดกึ่งกลางของ Δt

กรณี Δx = 16-10 =6 m

Δx = 3-1 =2s

$$\therefore V_2 = \frac{6}{2} = 3 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็ว ณ วินาทีที่ 2 มีค่า 3 เมตร/วินาที

ตัวอย่าง 4 จากตัวอย่าง 3 ถ้าข้อมูลของระยะทางขณะเวลาต่าง ๆ เป็นไปตามตารางนี้

ระยะทาง (m)	0	10	20	30	40	50
เวลา (s)	0	1	2	3	4	5

จงคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-5 วินาที และอัตราเร็ว ณ วินาทีที่ 2

วิธีทำ หา V_{0-5} จาก $V_{\text{เฉลี่ย}} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$

$$V_{0-5} = \frac{50-0}{5-0} = 10 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-5 วินาที มีค่า 10 เมตร/วินาที

หา v_2 จาก $V_t = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}|\Delta t$ น้อย ๆ และ t เป็นจุดกึ่งกลางของ Δt

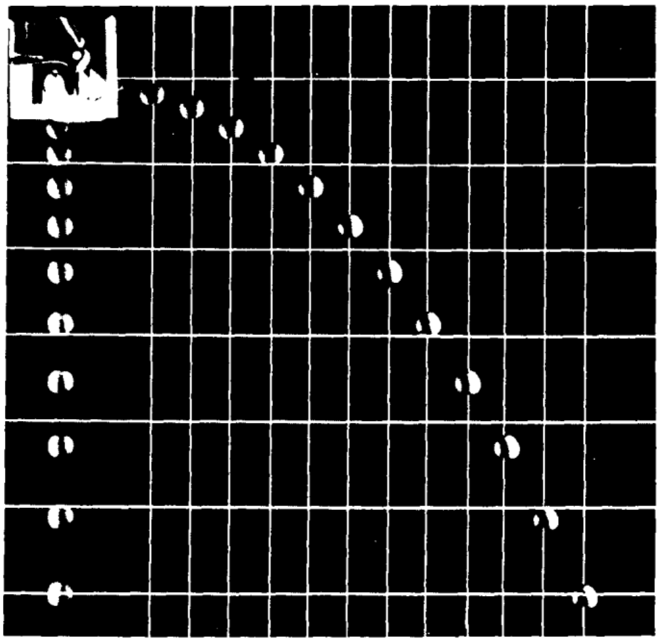
$$\therefore V_2 = \frac{30-10}{3-1} = 10 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็ว ณ วินาทีที่ 2 มีค่า 10 เมตร/วินาที

หมายเหตุ จะเห็นว่า กรณีนี้อัตราเร็วคงตัว เพราะ $V_{0-5} = V_2 = 10$ m/s และถ้าเราหา V_1 , V_3 , V_4 ก็จะได้ $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 10$ เมตร/วินาที เช่นกัน

1.4 การวัดอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ในแนวตรง

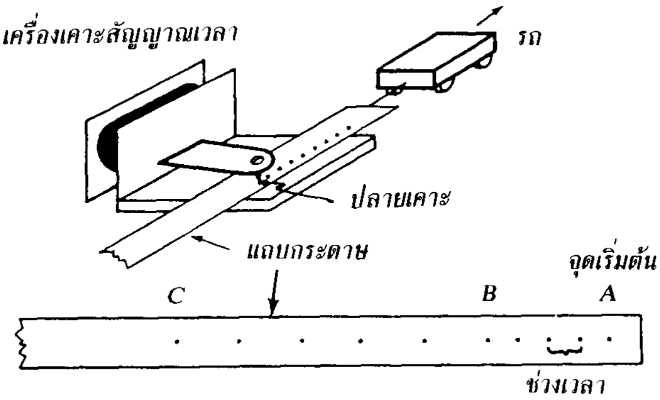
ก. วิธีถ่ายภาพแบบมัลติแฟลช เป็นวิธีการที่ใช้ในการวัดอัตราเร็วเฉลี่ยของวัตถุ ซึ่งเคลื่อนที่ในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น จากรูป 6.4 เป็นภาพถ่ายแบบมัลติแฟลชของลูกบอล 2 ลูก โดยถ่ายภาพทุก ๆ $\dfrac{1}{30}$ วินาที ลูกหนึ่งเคลื่อนที่อย่างเสรีในแนวดิ่ง อีกลูกหนึ่งเคลื่อนที่โค้งแบบโปรเจคไตล์ ตามสเกลจะเห็นว่าลูกบอลที่ตกอย่างเสรีจะตกเร็วมากขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนลูกที่เคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์จะมีการเคลื่อนไหวในแนวราด้วยอัตราเร็วคงตัว



รูป 6.4

ข. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา ใช้วัดอัตราเร็วเฉลี่ยของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ในเวลา ๆ ดังรูป 6.5 รถจะลากแถบกระดาษไปในขณะที่ปลายเคาะจะเคาะกระดาษให้ปรากฏเป็นรอยด้วยอัตราการเคาะที่ 50 ครั้ง/วินาทีทำให้เราสามารถศึกษาอัตราเร็วเฉลี่ยของรถได้จากการศึกษาแถบกระดาษ

ระยะห่างจากจุดหนึ่งถัดไปบนแถบกระดาษเรียกว่า ช่วงเวลาจะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{50}$ เสมอ ไม่ว่าจุดจะใกล้กันมากหรือไกลกัน ถ้า V_{AB} เป็นอัตราเร็วเฉลี่ยของรถในช่วง AB จะได้



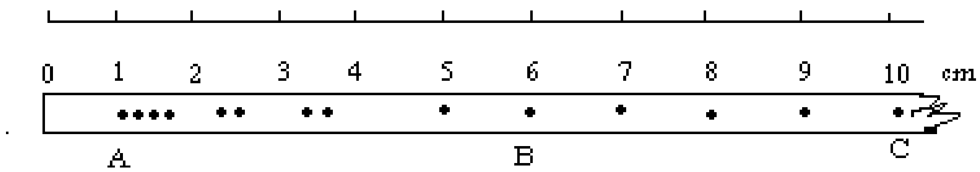
รูป 6.5

$$V_{AB} = \frac{AB}{4\left(\frac{1}{50}\right)}$$

ถ้ากรณีใด ๆ ที่เราคิดระยะทางทั้งหมดเป็น Δx แล้วได้ช่วงเวลาทั้งหมด n เราจะได้อัตราเร็วเฉลี่ยเท่ากับ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ โดยที่

$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta x}{n\left(\frac{1}{50}\right)} \qquad \text{..................(6-3)}$$

ตัวอย่าง 5 รถคันหนึ่งลากแถบกระดาษไปในแนวตรง ดังรูป



จงคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วง AC และอัตราเร็วขณะหนึ่ง ณ จุด B

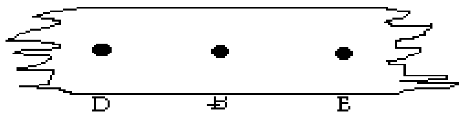
วิธีทำ หา V_{AC} เมื่อ V_{AC} เป็นอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วง AC

จาก $$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta x}{n\left(\frac{1}{50}\right)}$$

$$\therefore\ V_{AC} = \frac{9\times10^{-2}}{13\left(\frac{1}{50}\right)} = 0.35 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วง AC มีค่า 0.35 เมตร/วินาที

หา V_B เมื่อ V_B เป็นอัตราเร็วขณะหนึ่ง ณ จุด B



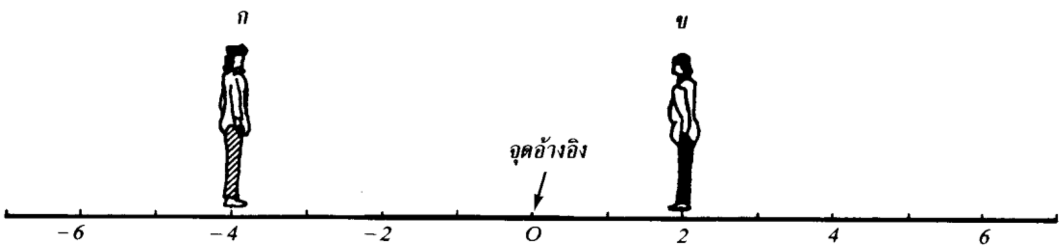
$$V_B = \frac{DE}{2\left(\frac{1}{50}\right)} = \frac{2\times10^{-2}}{2\left(\frac{1}{50}\right)} = 0.5 \text{ m/s}$$

นั่นคือ อัตราเร็วขณะหนึ่ง ณ จุด มีค่า 0.5 เมตร/วินาที

1.5 การบอกตำแหน่งของวัตถุ

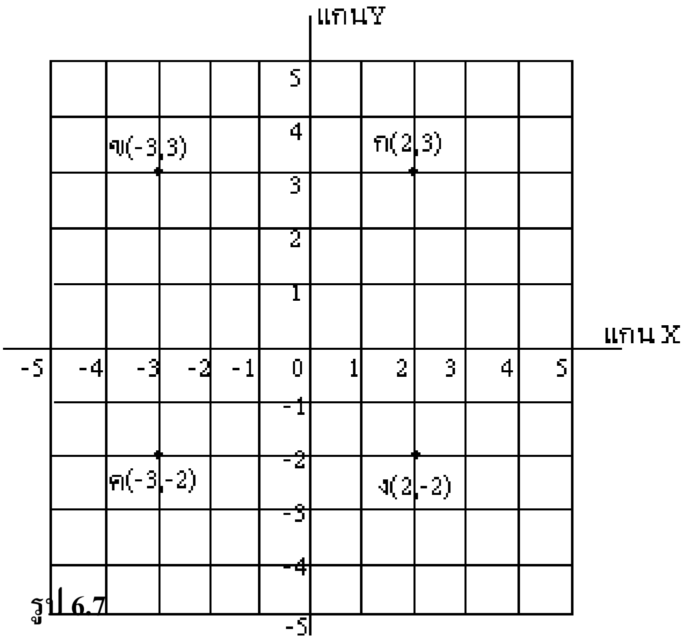
เนื่องจากการเคลื่อนที่ของวัตถุเกี่ยวข้องกับตำแหน่งและการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ ดังนั้นจึงต้องทราบวิธีบอกตำแหน่งของวัตถุก่อน ดังนี้

ก. การบอกตำแหน่งของวัตถุในแนวเส้นตรง (1มิติ) จะใช้เส้นตรงหนึ่งเส้นนการบอกตำแหน่งวัตถุโดยเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิง ดังรูป 6.6 นาย ก ยืนอยู่ตรงตำแหน่ง –4 หน่วยหมายความว่า นาย ก อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไปทางซ้ายเป็นระยะ 4 หน่วย นาย ข ยืนอยู่ตรงตำแหน่ง +2 หน่วย จะหมายความว่า นาย ข อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไปทางขวาเป็นระยะ 2 หน่วยการบอกตำแหน่งของวัตถุกรณีนี้จะใช้ศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวตรง

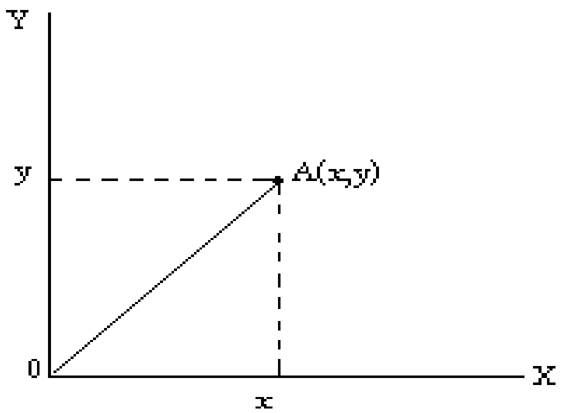


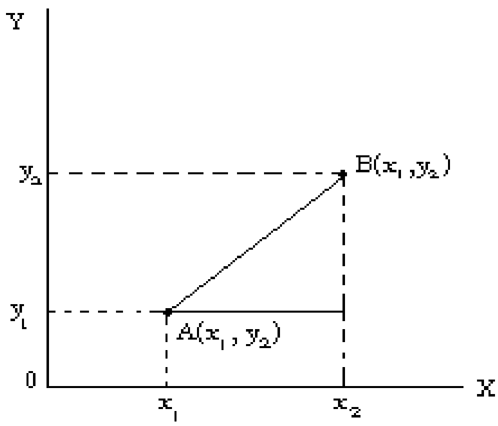
รูป 6.6

ข. การบอกตำแหน่งของวัตถุในระนาบ (2มิติ) จะใช้เส้นตรง 2 เส้นตัดกันที่จุดกำเนิดโดยให้เส้นตรงทั้งสองตั้งฉากซึ่งกันและกันดังรูป 6.7 คือ จุดกำเนิด ระยะที่วัดไปทางขวาและเหนือจุดกำเนิดกำหนดให้เป็นบวก ส่วนระยะที่วัดไปทางซ้ายและล่างของจุดกำเนิดกำหนดให้เป็นลบ ตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ในระนาบบอกได้ด้วยคู่ลำดับ (X, Y) X คือระยะจากจุดกำนิดในแกน X, y คือระยะจากจุดกำเนิดในแกน y เช่น วัตถุที่อยู่ที่จุด ก. ข. ค. และ ง. ดังรูป6.7 จะตรงอยู่ตำแหน่ง (2.3) (-3,3) ,(-3,-2) ,(2,-2) เป็นต้น



รูป 6.7





รูป 6.8

รูป 6.9

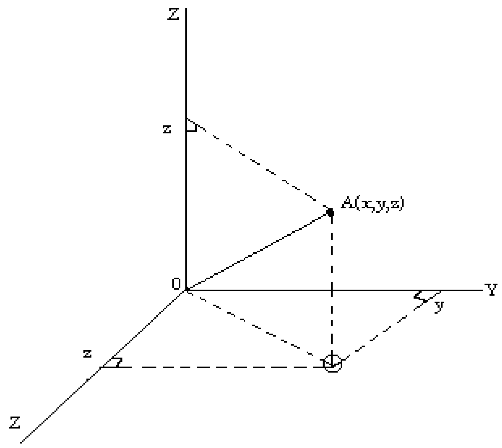
รูป 6.8 วัตถุที่อยู่ตำแหน่ง A มีคู่ลำดับเป็น (x, y)เราสามารถคำนวณระยะจากจุดกำเนิด 0 ไปยังตำแหน่ง A ได้ดังนี้

$$OA = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots..(6.4)$$

รูป 6.9 วัตถุอยู่ที่ตำแหน่ง A, B มีคู่ลำดับเป็น ($x_{1,}$ y_1) และ(x_2, y_2) ตามลำดับ เราสามารถคำนวณระยะจาก A ถึง B ได้ดังนี้

$$AB = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots..(6.5)$$

ค. การบอกตำแหน่งของวัตถุในอากาศ (3 มิติ) จะใช้เส้นตรง 3 เส้น เรียกว่าแกน x แกน y และแกน z ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ตัดกันที่จุดกำเนิด O ดังรูป 6.10

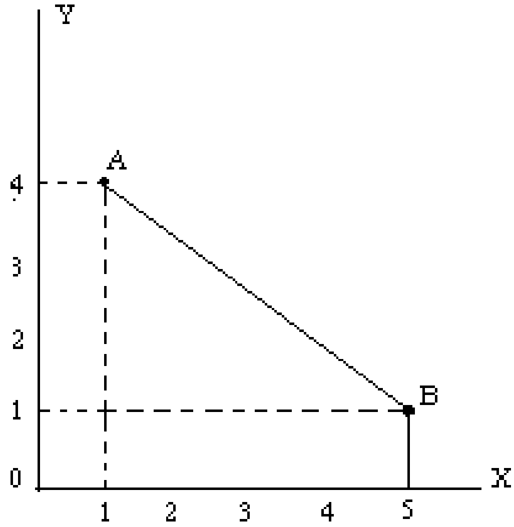


รูป 6.10

วัตถุที่ตำแหน่ง A (x, y, z) หมายความว่า ถ้าฉายไฟด้านบนในแนวแกน z จะเห็นเงาของ A ปรากฏบนระนาบ xy ที่ $A^{/}$ โดยที่ A จะอยู่ห่างจากแกน Y เป็นระยะ x และห่างจากแกน X เป็นระยะ y จาก A ถ้าลากเส้นตรงขนานกับ $A^{/}O$ จะไปตัดที่แกน Z ที่ z ระยะจากจุดกำเนิด O ถึงตำแหน่ง A สามารถหาได้จาก

$$OA = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \qquad \text{……………..(6.6)}$$

ตัวอย่าง 6 จากรูป เดิมวัตถุอยู่ที่ตำแหน่ง A ในเวลาต่อมาย้ายไปอยู่ที่ตำแหน่ง B ถามว่าในการเปลี่ยนตำแหน่งนี้จะได้ระยะทางสั้นที่สุดเท่าไร



วิธีทำ จากรูปในการเปลี่ยนตำแหน่งจาก A ไป B จะได้ระยะทางสั้นที่สุด เท่ากับเส้นตรง AB และจะเห็นว่าคู่ลำดับของตำแหน่ง A และ B คือ (1,4) และ (5,1) ตามลำดับ จากสมการ(1-2)จึงได้

$$AB = \sqrt{(5-1)^2 + (1-4)^2} = 5$$

นั่นคือ ระยะทางสั้นที่สุดมีค่าเท่ากับ 5 หน่วย

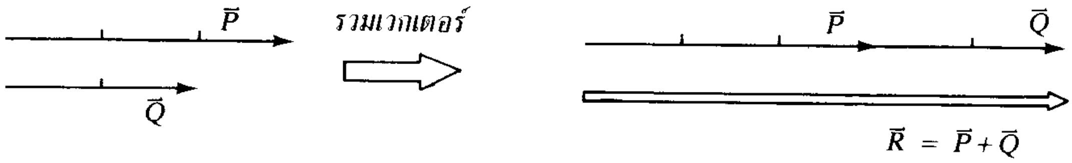
1.6 การรวมเวกเตอร์

ในทางฟิสิกส์มีปริมาณอยู่หลายตัวที่ต้องศึกษา เช่น การกระจัด ระยะทาง อัตราเร็วความเร่ง อัตราเร่ง มวล น้ำหนัก เวลา ฯลฯ ปริมาณเหล่านี้เมื่อดูสมบัติบางอย่างแล้วสามารถแบ่งได้เป็น *ปริมาณสเกลาร์* และ*ปริมาณเวกเตอร์*

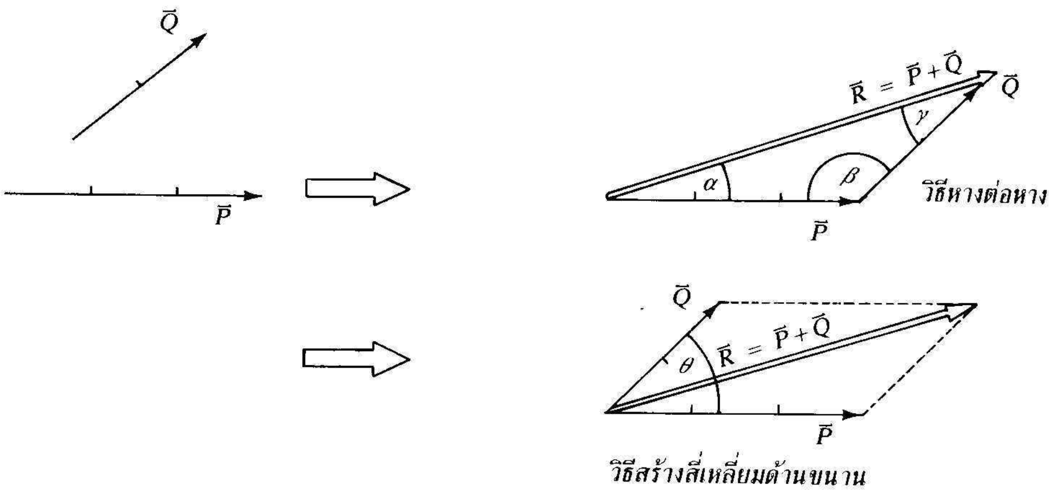
ปริมาณสเกลาร์ คือ ปริมาณที่มีแต่ขนาดเพียงอย่างเดียวไม่มีทิศทาง เช่น จำนวนนักเรียนในห้อง ราคาบ้าน ระยะทาง อัตราเร็ว มวล ฯลฯ การนำปริมาณสเกลาร์มาบวก ลบ กันกระทำได้ง่ายมาก โดยทำได้เช่นเดียวกับการบวกและลบเลขธรรมดา

ปริมาณเวกเตอร์ คือ ปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง เช่น การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง น้ำหนัก แรง ฯลฯ ปริมาณเวกเตอร์จะเขียนแทนด้วยลูกศร ขนาดความยาวของลูกศรจะเท่ากับขนาดของปริมาณเวกเตอร์นั้น ส่วนทิศทางของลูกศรจะแสดงทิศทางของปริมาณเวกเตอร์นั้น

ก. การบวกเวกเตอร์ ให้ $\bar{P}$ และ $\bar{Q}$ เป็นเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง ดังรูป6.11 ในการหาผลรวมของเวกเตอร์ทั้งสองนี้ สามารถทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งคือ เขียนเวกเตอร์ $\bar{P}$ และ $\bar{Q}$ แบบต่อหางต่อหัว และลากเส้นจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลาย จะได้เวกเตอร์ $\bar{R}$ ซึ่งเป็นผลรวมของ $\bar{P}$ และ $\bar{Q}$ อยู่คนละแนวเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมด้านขนานที่สร้างขึ้นจะเป็นผลรวมของเวกเตอร์ทั้งสอง ดังรูป 6.12



รูป 6.11



รูป 6.12

ถ้าให้ P, Q และR เป็นขนาดของเวกเตอร์ $\vec{P}, \vec{Q}$ และ $\vec{R}$ ตามลำดับ ดังปรากฏในรูป 6.12 จะได้

$$\frac{P}{\sin\gamma} = \frac{Q}{\sin\alpha} = \frac{R}{\sin\beta} \qquad \text{……………(6-7)}$$

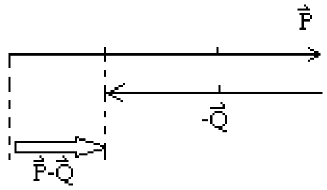
และ

$$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta \qquad \text{……………(6-8)}$$

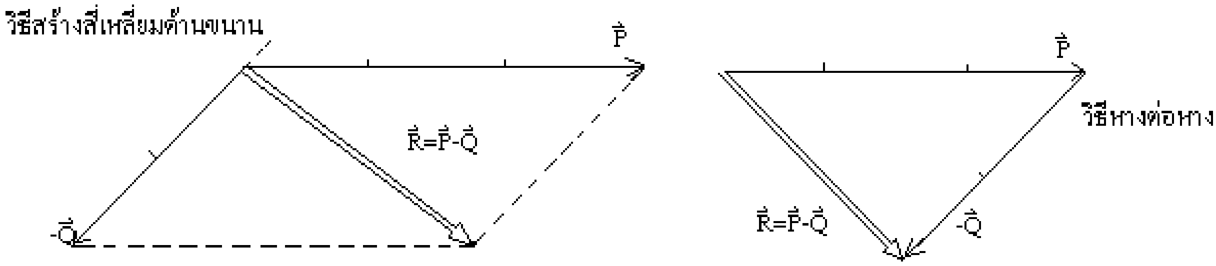
ข. การลบเวกเตอร์ มีหลักการคล้ายการบวกเวกเตอร์ เช่น ถ้าเราต้องการหาค่า $\vec{P} - \vec{Q}$ โดยที่เวกเตอร์ $\vec{P}$ และ $\vec{Q}$ มีทิศทางและขนาดดังรูป 6.11 หรือ 6.12 สามรถใช้วิธีหางต่อหางหรือสร้างสี่เหลี่ยมด้านขนานก็ได้ โดยจะได้

$$\vec{R} = \vec{P} + (-\vec{Q})$$

ซึ่ง $-\vec{Q}$ กับ $\vec{Q}$ จะมีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม ดูรูป 6.13 และ 6.14 ประกอบ และสมการ (6-7) และ (6-8) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เช่นกัน



รูป 6.13

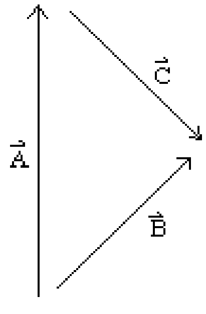


รูป 6.14

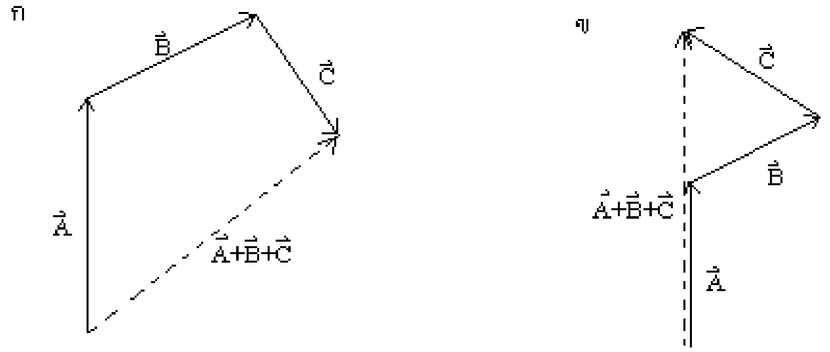
ตัวอย่าง 7 กำหนดให้ $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ เป็นเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนดในรูป จงเขียนรูปเพื่อแสดงวิธีการหา

ก. $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$

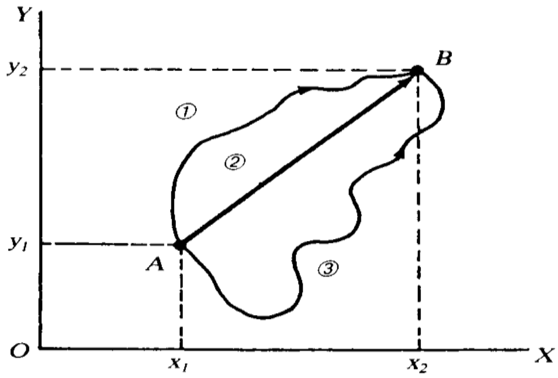
ข. $\vec{A} + \vec{B} - \vec{C}$



วิธีทำ จะแสดงการเขียนรูปเพื่อหาผลลัพธ์ของการบวกและลบตามที่โจทย์ต้องการโดยใช้วิธีหางต่อหัว



1.7 การกระจัด



รูป 6.15

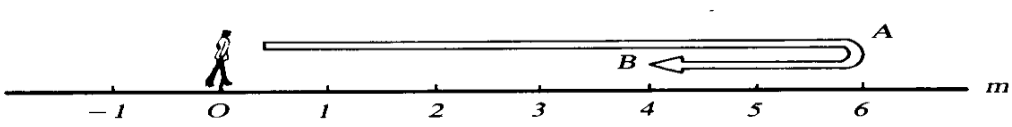
จากรูป 6.15 วางวัตถุไว้ที่จุด A มีคู่ลำดับเป็น(x_1,y_2) ต่อมาย้ายวัตถุไปยังจุด B ซึ่งมีคู่ลำดับเป็น(x_2,y_2) ในการย้ายตำแหน่งจากจุด A ไปจุด B เราสามารถกระทำได้หลายทาง อาจจะใช้ทาง1,2 และ 3 ก็สามารถย้ายจาก A ไป B ได้ทั้งนั้น แต่จะมีเส้นทางหนึ่งที่ใช้ระยะทางสั้นที่สุด เส้นทางนั้นคือ เส้นตรงที่ต่อระหว่างจุด A กับ B จากรูปคือ เส้นทาง 2 ลูกศรที่ชี้จาก A ไป B แลละมีขนาดความยาวเท่ากับ AB เรียกว่า การกระจัด(displacement) ดังนั้น การกระจัดจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเมตร

การกระจัดแตกต่างกันระยะทาง (distance) ตรงที่ระยะทางสนใจเพียงขนาด ไม่สนใจทิศทาง และระยะทางจะเป็นระยะจริงๆ เกิดจากการย้ายตำแหน่ง เช่น ในรูป 6.15 ถ้าเราย้ายวัตถุจากตำแหน่ง A ไปยัง B ตามเส้นทาง 1 ระยะทางจะหมายถึงระยะจริงๆ วัดตามเส้นโค้งไปมาจนถึง B ส่วนการกระจัดจะเท่ากับความยาว AB และทิศพุ่งจาก A ไป B เป็นต้น

หากจะนิยามกรกระจัดอาจกล่าวว่า “การกระจัด คือ ระยะทางที่สั้นที่สุดในการย้ายตำแหน่งจุดคู่หนึ่ง”

การคำนวณขนาดขอการกระจัดสามารถทำได้โดยใช้สมการ (6-5)

ตัวอย่าง 8 ชายคนหนึ่งเดินจากจุดอ้างอิง 0 ไปตามลูกศร แล้วหยุดนิ่งที่ตำแหน่ง 4 เมตร จงหาขนาดของการกระจัดและระยะทางทั้งหมด



วิธีทำ หา d เมื่อ d เป็นขนาดของการกระจัด จะได้

d = ระยะ OB = 4m

นั่นคือ ขนาดของการกระจัดของการเดินนี้เท่ากับ 4 เมตร และมีทิศพุ่งไปทางขวามือ (จากO ไป B)

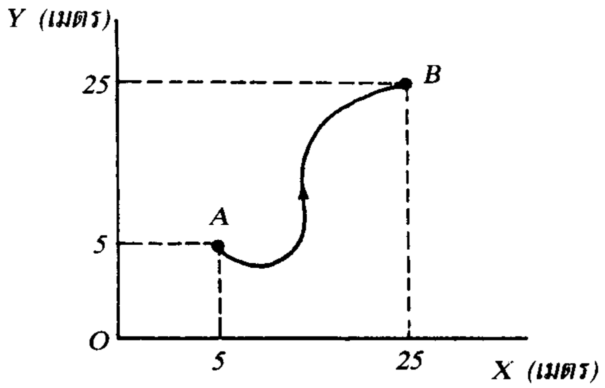
หา S เมื่อ s เป็นระยะทางทั้งหมด จะได้

s = ระยะ OA+ระยะ AB

= 6+2 = 8m

นั่นคือ ระยะทางทั้งหมดเท่ากับ 8 เมตร

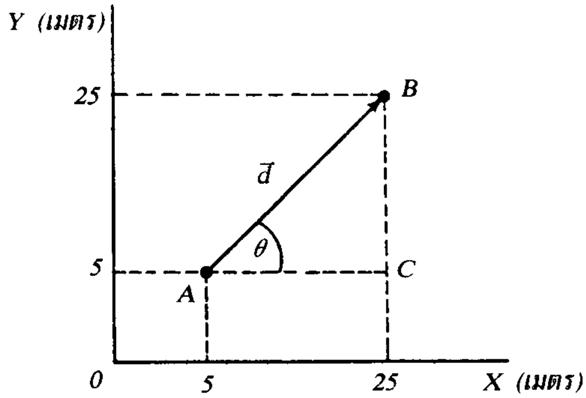
ตัวอย่าง 9 จากรูป ย้ายวัตถุจาก A ไป B ตามเส้นทางที่กำหนด จงคำนวณขนาดของการกระจัดและทิศทางของการกระจัด (บอกเป็นมุมซึ่งเทียบกับแกน X)



วิธีทำ ในการย้ายตำแหน่งจาก A ไป B ตามเส้นทางที่โจทย์กำหนด จะได้ระยะทางที่สั้นที่สุดเท่ากับเส้นตรง AB ให้มีค่าเป็น $\vec{d}$ ขนาดของ $\vec{d}$ สามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการ (6-5) ซึ่งจะได้ (ดูรูปประกอบ)

$$d = \sqrt{\langle 25-5\rangle^2 + \langle 25-5\rangle^2}$$

$$= 20\sqrt{2}\ \text{m} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$



ให้ θ เป็นมุมที่ $\vec{d}$ เทียบกับแกน X จึงเป็นมุมี่บอกทิศทางของ $\vec{d}$ จาก ΔABC จะได้

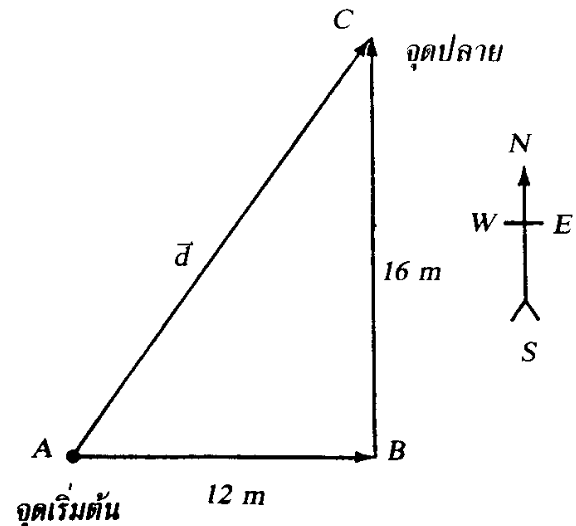
$$\tan\theta = \frac{BC}{AC} = \frac{25-5}{25-5} = 1$$

$$\therefore \theta = 45^0$$

นั่นคือ การกระจัดมีขนาด $20\sqrt{2}$ เมตร ทำมุม 45 องศากับแกน X

ตัวอย่าง 10 ย้ายวัตถุไปทางทิศตะวันออก 12 เมตร จากนั้นย้ายขึ้นไปทางทิศเหนือเป็นระยะทาง 16 เมตร จงคำนวณการกระจัดและระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลาย

วิธีทำ



จากรูป วัตถุถูกย้ายจาก A ไป B (ไปทางทิศตะวันออก) 12 m และจาก B ไปC (ไปทางทิศเหนือ) 16 m จะได้ $\vec{d}$ เป็นการกระจัดระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดปลาย จะได้ขนาดของ $\vec{d}$ เป็น

$$d = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2} = \sqrt{(12)^2 + (16)^2} = 20 \text{ m} \qquad \text{……………..(1)}$$

ให้ s เป็นระยะห่างจากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลาย ดังนั้นได้

$$s = AB+BC$$

$$12 = 12+16 = 28 \text{ m} \qquad \text{……………..(2)}$$

นั่นคือ การกระจัดมีค่า 20 เมตร แต่ระยะทางมีค่า 28 เมตร

1.8 ความเร็ว

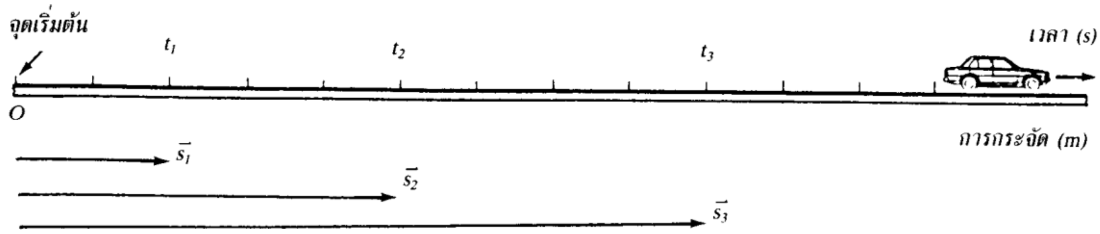
ความเร็ว (velocity) นิยามว่า “*เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัด* “ พิจารณาการเคลื่อนที่ของรถยนต์ในแนวเส้นตรง (หรือวัตถุอื่นใดที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง) เริ่มออกจากจุด O เมื่อนำค่าการกระจัดของรถยนต์ที่เวลาต่าง ๆ กันไปเขียนกราฟ โดยเขียนระหว่างการกระจัดกับเวลา สมมติว่าได้กราฟ ดังรูป 6.16 จากกราฟการกระจัด –เวลา สามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

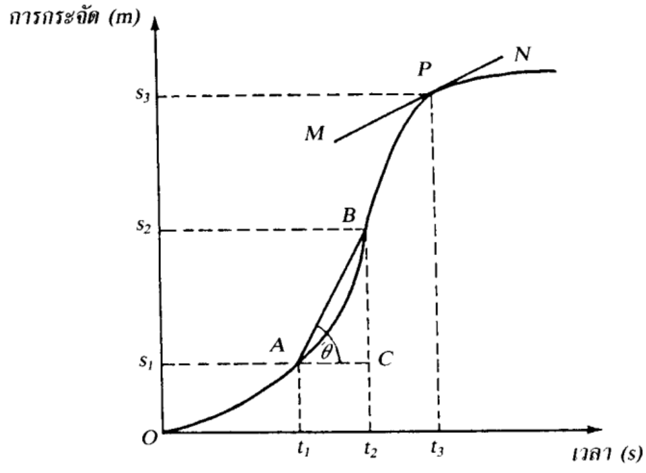
ความเร็วเฉลี่ย ตามนิยามความเร็วเราสามารถคำนวณค่าความเร็วในช่วงเวลาจาก t_1 ถึง t_2 ได้ดังนี้

$$\vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t} = \frac{\vec{s}_2 - \vec{s}_1}{t_2 - t_1} \qquad \text{……………….(6-9)}$$

เมื่อ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นความเร็วเฉลี่ย $\Delta\vec{s}$ เป็นการกระจัดที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt โดยที่ $\Delta\vec{s} = \vec{s}_2 - \vec{s}_1$ และ $\Delta t = t_2 - t_1$ จากกราฟจะพบว่า $V_{\text{เฉลี่ย}}$ มีค่าเท่ากับความชันของเส้นตรง AB เพราะ

$$\text{ความชัน} = \tan\theta = \frac{BC}{AC} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \qquad \text{…………….(6-10)}$$





รูป 6.16

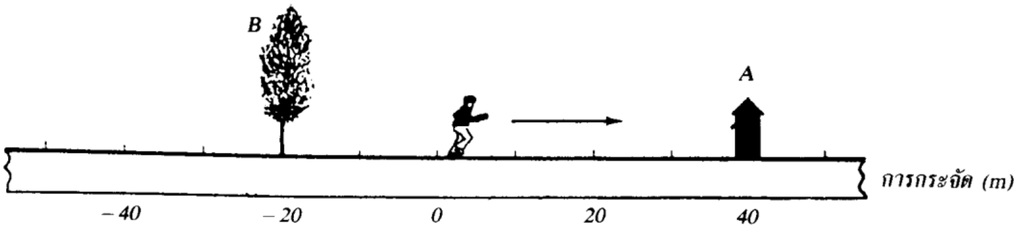
ความเร็วขณะหนึ่ง เป็นความเร็ว ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง นิยามว่า

$$\vec{V}_{\text{ขณะหนึ่ง}} = \left(\frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}\right)\Delta t \to 0 \qquad \text{………………….(6.11)}$$

เมื่อ $\vec{V}_{\text{ขณะหนึ่ง}}$ เป็นความเร็ว ณ เวลาที่เป็นจุดกึ่งกลางเวลา Δt จากกราฟในรูป 6.16 เราสามารถพิจารณาความเร็วขณะหนึ่งได้จากความชันกราฟ เช่น ถ้า $\vec{V}_3$ เป็นความเร็วขณะ t_3 เราจะได้

$\vec{V}_3$ = ความชันของเส้น MN ซึ่งสัมผัสกราฟตรงจุดเวลา

ตัวอย่าง 11 ชายคนหนึ่งวิ่งจากจุดเริ่มต้นไปถึงตู้ไปรษณีย์ A แล้ย้อนกลับไปหยุดที่ใต้ต้นไม้ B กินเวลาทั้งสิ้น 10 วินาทีพอดี จงคำนวณความเร็วและอัตราเร็วเฉลี่ยของชายคนนั้น



วิธีทำ การที่ชายคนนั้นวิ่งจากจุดเริ่มต้นไป A แล้วย้อนกลับไปหยุดที่จุดใต้ต้นไม้ B จะได้การกระจัดทั้งสิ้นเท่ากับ s โดยที่

$$s = -20 \text{ m} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

ตามนิยามของความเร็วเฉลี่ยจะได้ความเร็วเฉลี่ย $\vec{V}_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็น

$$\vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{-20-0}{10-0} = -2 \text{ m/s} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

เครื่องหมายลบของความเร็วเฉลี่ยที่ได้ในสมการ(2) หมายถึง ชายคนนั้นกำลังวิ่งไปทางซ้ายของจุดเริ่มต้น

นั่นคือ ความเร็วเฉลี่ยของชายคนนั้นเท่ากับ –2 เมตร/วินาที

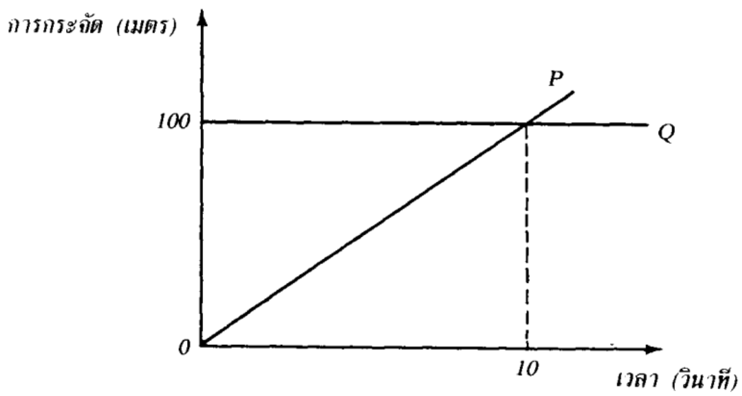
การวิ่งของชายคนนั้นจากจุดเริ่มต้นไป A แล้วย้อนกลับไปหยุดที่จุดใต้ต้นไม้ B จะได้ระยะทางทั้งสิ้นเท่ากับ d โดยที่

$$d = 40+40+20 = 100 \text{ m} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

ตามนิยามของอัตราเร็วเฉลี่ยจะได้อัตราเร็วเฉลี่ย $V_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็น $V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{100}{10} = 10$ m/s

นั่นคือ อัตราเร็วเฉลี่ยของชายคนนั้นเท่ากับ 10 เมตร/วินาที

ตัวอย่าง 12 ในการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงของรถยนต์ 2 คัน P และ Q เมื่อนำการกระจัดเขียนกราฟกับเวลาจะได้ดังรูป จงคำนวณความเร็วเฉลี่ยของรถ P และ Q ในช่วงเวลาจาก 0 ถึง 10 วินาที

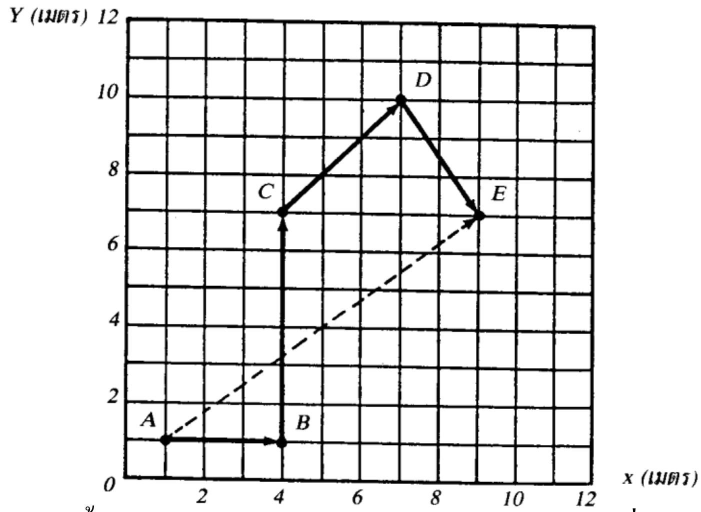


วิธีทำ เราสามารถคำนวณความเร็วเฉลี่ยของรถ P และ Q ได้ตามสมการ (6-9) ให้ $\bar{V}_1$ และ $\bar{V}_2$ เป็นความเร็วเฉลี่ยของรถ P และ Q ตามลำดับ จึงได้

$$\bar{V}_1 = \frac{100-0}{10-0} = 10 \text{ m/s} \quad \text{และ} \quad \bar{V}_2 = \frac{100-100}{10-0} = 0 \text{ m/s}$$

นั่นคือ ความเร็วเฉลี่ยของรถ P และ Q เป็น 10 และ 0 เมตร/วินาที

ตัวอย่าง 13 จากรูป ชายคนหนึ่งเดินทางจากตำบล A ไปตำบล E ตามเส้นทางที่ผ่านตำบล B,C และ D ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 วินาที จงคำนวณความเร็วและอัตราเร็วในการเดินของชายคน



วิธีทำ การเดินทางของชายคนนี้จาก A ไป E จะได้การการะจัดเท่ากับ $\vec{AE}$ โดยที่

$$\vec{AE} = \vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} + \vec{DE} \qquad \text{………..(1)}$$

จากรูปที่กำหนดให้ จะได้

$$AB = 3 \text{ m} \qquad \text{………..(2)}$$

$$BC = 6\text{m} \qquad \text{…………(3)}$$

$$CD = \sqrt{(3)^2 + (3)^2} = 3\sqrt{2} \text{ m} \qquad \text{…………(4)}$$

$$DE = \sqrt{(2)^2 + (3)^2} = \sqrt{13} \text{ m} \qquad \text{…………(5)}$$

ถ้า d เป็นระยะทางทั้งหมดที่ชายคนนั้นเดินจาก A ไป E ตามเส้นทางที่กำหนด จะได้

$$d = AB+BC+CD+DE = 3+6+3\sqrt{2}+\sqrt{13} = 16.85 \text{ m} \qquad \text{……….(6)}$$

ส่วนขนาดของการกระจัดจาก A ไป B คือ AE สามารถหาได้จาก

$$AE = \sqrt{(8)^2 + (6)^2} = 10 \text{ m} \qquad \text{……….(7)}$$

จากนิยามของอัตราเร็วเฉลี่ยกรณีจะได้ความเร็วเฉลี่ย $V_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็น $V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{AE}{\text{เวลา}} = 0.67$ m/s

จากนิยามของอัตราเร็วเฉลี่ยกรณีจะได้ความเร็วเฉลี่ย $V_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็น

$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{d}{\text{เวลา}} = \frac{16.85}{15} = 1.12 \text{ m/s}$$

นั่นคือ ชายคนนั้นมีความเร็วเท่ากับ 0.67 เมตร/วินาที และมีอัตราเร็ว 1.12 เมตรต่อวินาที

ตัวอย่าง 14 รถคันหนึ่งวิ่งไปบนพื้นราบด้วยความเร็วคงที่ 10 เมตร/วินาที ต่อมาวิ่งด้วยความ 20 เมตร/วินาที และมีทิศเปลี่ยนไปจากเดิม 60 องศา จงคำนวณความเร็วลัพธ์ของรถคันนี้

วิธีทำ ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์แต่อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ ดังนั้นในการบวกลบความเร็วเพื่อหาความเร็วลัพธ์จึงต้องระวัง เพราะต้องบวกลบแบบเวกเตอร์

ให้ $\vec{V}_1$ และ $\vec{V}_2$ เป็นความเร็วในตอนแรกและตอนหลัง ให้ $\vec{V}$ เป็นความเร็วลัพธ์ จะได้

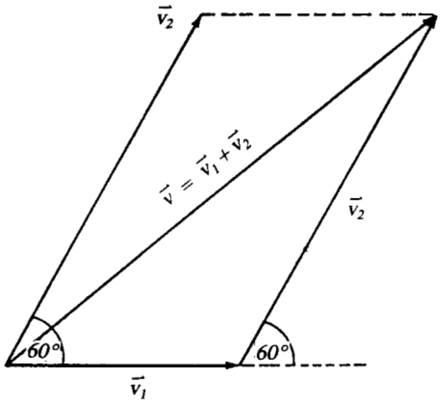
$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$

ขอให้ดูประกอบโดยจะหาขนาดของความเร็วลัพธ์ $\vec{V}$ ด้วยการเขียนสี่เหลี่ยมด้านขนาน

อาศัยสมการ(6-8) จะได้

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2 + 2V_1V_2\cos 60^0$$

เมื่อ V_1 และ V_2 เป็นขนาดของ $\vec{V}_1$ และ $\vec{V}_2$ ตามลำดับ



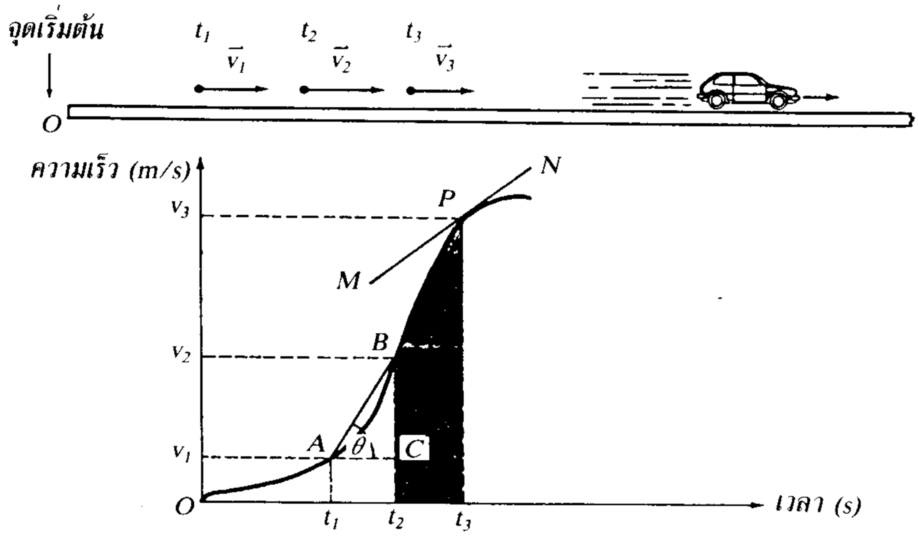
$$\therefore V^2 = (10)^2 + (20)^2 + 2(10)(20)\cos 60^0$$

$$V = 26.5 \text{ m/s}$$

นั่นคือ ความเร็วลัพธ์ของงรถคันนี้มีค่า 26.5 เมตร/วินาที

1.10 ความเร่ง

ความเร่ง นิยามว่า"*เป็นอัตราเปลี่ยนความเร็ว*" พิจารณาการเคลื่อนที่ของรถยนต์ในแนวเส้นตรง (หรือวัตถุอื่นใดในแนวเส้นตรง) เริ่มต้นจากจุดหยุดนิ่ง ที่ O วิ่งออกไปเมื่อนำความเร็วของรถยนต์ที่เวลาต่าง ๆ กันไปเขียนกราฟจะได้กราฟ ดังรูป 6.17



รูป 6.17

จากกราฟ ความเร็ว-เวลา สามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

ความเร่งเฉลี่ย ตามนิยามความเร่งเราสามารถคำนวณค่าความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลาจาก t_1 ถึง t_2 ได้ดังนี้

$$\bar{a}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\bar{v}_2 - \bar{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\bar{v}}{\Delta t} \qquad \textbf{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6-12)}$$

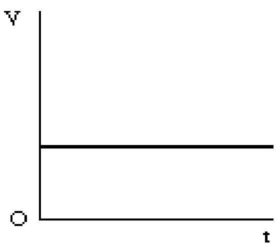
เมื่อ $\bar{a}_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นความเร่งในช่วงเวลาดังกล่าว มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที^{2}; (m/s^2) มีทิศทางไปทางเดียวกับ $\bar{V}_2 - \bar{V}_1$ และจากกราฟจะพบว่าค่า $\bar{a}_{\text{เฉลี่ย}}$ นี้มีค่าเท่ากับความชัน ของเส้นตรง AB เพราะ

$$\text{ความชัน} = \tan\theta = \frac{BC}{AC} = \frac{\bar{v}_2 - \bar{v}_1}{t_2 - t_1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6\text{-}13)$$

ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง จากกราฟในรูป 6.17 ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง เช่น ขณะเวลา t_3 สามารถหาได้โดยการลากเส้นตรง MN ให้ สัมผัสเส้นกราฟที่จุด P ค่าความชันของเส้นตรง MN ที่ได้จะเป็นค่าความเร็ว ขณะเวลา t_3 เป็นต้น หรือคิดคำนวณจากสมการ(6-12) โดยให้ t_3 เป็นจุดกึ่งกลางเวลา Δt และ $\Delta t \to 0$

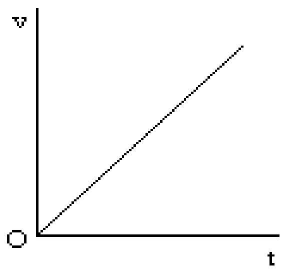
พื้นที่ใต้กราฟความเร็ว-เวลาคือการกระจัด จากกราฟในรูป 6.17 การเคลื่อนที่ของรถยนต์ในเวลา t_2 ไป t_3 เราสามารถหาการกระจัดในช่วงเวลาดังกล่าวได้ด้วยการหาพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่แรเงา

ลักษณะพิเศษของกราฟความเร็ว-เวลากับความหมาย สำหรับวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง



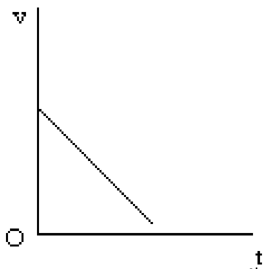
รูป 6.18

แสดงว่า *ความเร็วคงที่* และวิ่งออกจากจุดอ้างอิงไปทางขวา



รูป 6.19

แสดงว่า *ความเร็วคงที่มีค่าเป็นบวก* เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเร็วก็เพิ่มขึ้น และวิ่งออกจากจุดอ้างอิงไปทางขวา เพราะ ความเร็วมีค่าเป็นบวก



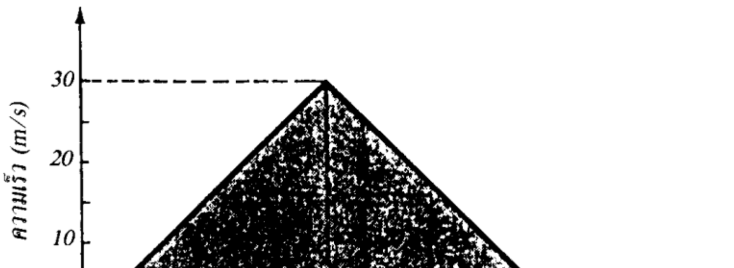
รูป 6.21

แสดงว่า *ความเร็วคงที่มีค่าเป็นลบ* เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเร็วลดลง กรณีนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า ความหน่าง วัตถุวิ่งออกจากจุดอ้างอิงไปทางขวา เพราะ ความเร็วมีค่าเป็นบวก

รูป 6.21

แสดง ถึงปฏิกิริยาท่าทางของมนุษย์ที่กำลังอยู่ภายใต้การเคลื่อนที่ที่มีความเร่งประมาณ 200 เมตร/วินาที

ตัวอย่าง 15 รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้กราฟความเร็วเวลา ดังรูป



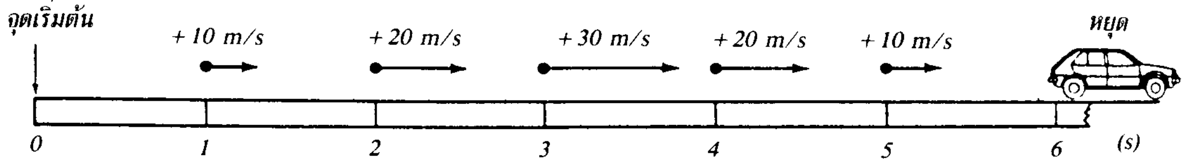
ก. จงอธิบายการเคลื่อนที่ของรถยนต์

ข. จงหาการกระจัดเมื่อสิ้นวินาทีที่ 6

ค. จงหาค่าเฉลี่ยของความเร็วในช่วงเวลา 0 ถึง 6 วินาที

ง จงหาค่าความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา 0 ถึง 3 วินาที

วิธีทำ ก. พิจารณาจากกราฟความเร็ว-เวลา จะเห็นว่ารถยนต์เริ่มออกจากจุดเริ่มต้นเมื่อเวลา 0 ด้วยความเร็ว 0 m/s แล้ววิ่งออกไปทางขวาของจุดอ้างอิง เพราะหลังจากวินาทีที่ 0 ไปแล้วความเร็วเป็นบวก ในช่วง 0 ถึง 3 s รถยนต์จะวิ่งด้วยความเร่ง คงที่จนมีความเร็วสูงสุด 30 m/s จาก 3ถึง 6 s รถยนต์จะวิ่งด้วยความหน่วง ความเร็วจะลดลงจาก 30 m/s จนเป็น0 m/s เมื่อสิ้นวินาทีที่ 6 ดูรูปประกอบ



ข. ถ้า s เป็นการกระจัดของรถยนต์เมื่อสิ้นวินาทีที่ 6 จะได้ (ดูรูปกราฟ)

s = พื้นที่สามเหลี่ยมที่แรเงา

$$= \frac{1}{2}(6)(30) = 90 \text{ m}$$

นั่นคือ การกระจัดเมื่อสิ้นวินาทีที่ 6มีค่า 90 เมตร

ค. ถ้า $\vec{V}_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0 ถึง 6 วินาที จะได้

$$\vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t} = \frac{90}{6} = 15 \text{ m/s}$$

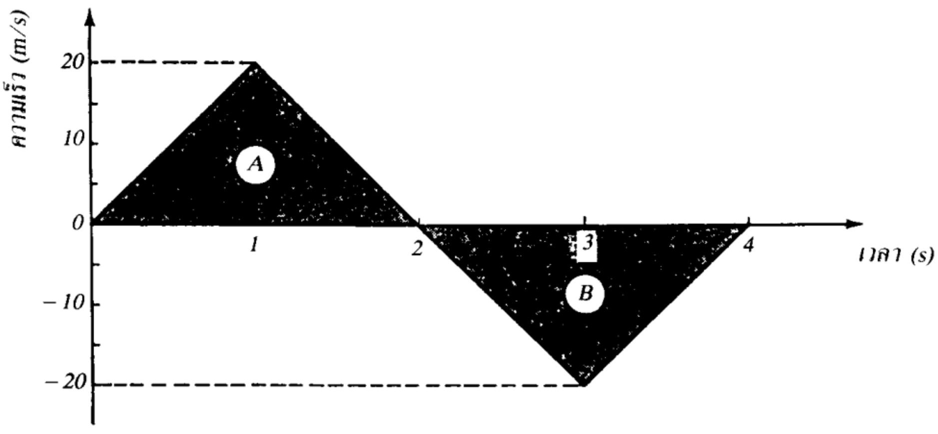
นั่นคือ เป็นความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0 ถึง 6 วินาที มีค่า 15 เมตร/วินาที

ง. ถ้า $a_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นความเร่งในช่วงเวลา 0 ถึง 3 จากสมการ(6-12) จะได้

$$a_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{30-0}{3-0} = 10 \text{ m/s}^2$$

นั่นคือ ความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา 0 ถึง 3 วินาที เ เท่ากับ 10 เมตร/วินาที^{2}

ตัวอย่าง 16 รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้กราฟ ความเร็ว-เวลา ตามรูป



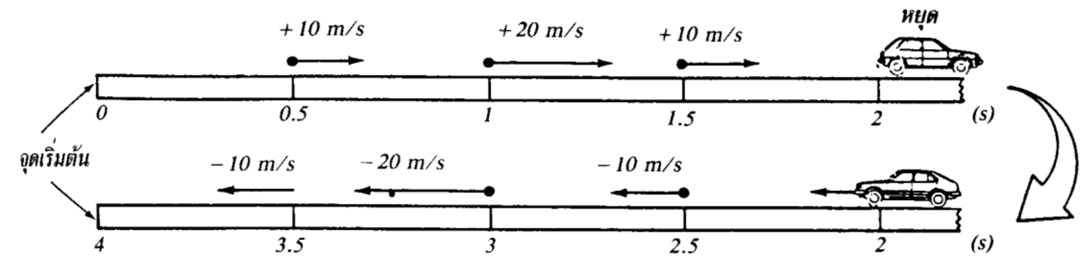
ก. จงอธิบายการเคลื่อนที่ของรถยนต์

ข. จงหาการกระจัดและระยะทางเมื่อสิ้นวินาทีที่ 4

ค. จงหาความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาจาก 0ถึง 4 วินาที

ง. จงหาความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา 1.11 ถึง 2.5 วินาที

วิธีทำ ก. พิจารณาจากกราฟความเร็ว-เวลาที่โจทย์กำหนดให้ จะเห็นว่ารถยนต์เริ่มออกจากจุดเริ่มต้นเมื่อเวลา 0 s ด้วยความเร็ว 0 m/s แล้ววิ่งออกไปทางขวาจากจุดอ้างอิง เพราะหลังจากวินาทีที่ 0 ไปแล้วความเร็วเป็นบวก ในช่วง 0 ถึง 1 s รถยนต์จะวิ่งด้วยความเร็วคงที่จนมีความเร็วสูงสุด 20 m/s จาก 1 ถึง 2 s รถยนต์จะวิ่งด้วยความหน่วง คงที่ ความเร็วจะลดลงจาก 20 m/s จนเป็น 0 m/s จาก 2 ถึง 3 s ความเร็วของรถยนต์เป็นลบ แสดงว่ารถยนต์วิ่งย้อนกลับทางเดิมจนมีความเร็วสูงสุด –20 m/s จาก 3 ถึง 4s รถยนต์จะวิ่งเข้าหาจุดเริ่มต้นหรือจุดอ้างอิงช้าลงและจะหยุดนิ่งที่จุดอ้างอิงเมื่อสิ้นวินาทีที่ 4 ดูรูปประกอบ



ข.ให้ s และ d เป็นการกระจัดและระยะทางเมื่อสิ้นวินาทีที่ 4 ตามลำดับ อาศัยหลักที่ว่าพื้นที่ใต้กราฟความเร็ว-เวลา คือ การกระจัด ดังนั้นจะได้

$$S = \text{พื้นที่ } \Delta(A) - \text{พื้นที่ } \Delta(B)$$

$$= \frac{1}{2}(2)(20) - \frac{1}{2}(2)(20) = 20\text{-}20 = 0 \text{ m}$$

$$d = \text{พื้นที่ } \Delta(A) + \text{พื้นที่ } \Delta(B)$$

$$= 20+20 = 40 \text{ m}$$

นั่นคือ เมื่อสิ้นวินาทีที่ 4 จะได้การกระจัดและระยะทางเท่ากับ 0 และ 40 เมตร ตามลำดับ

ข้อสังเกต ในการคำนวณการรกระจัดโดยหาพื้นที่ใต้กราฟความเร็ว-เวลา จะต้องคิดเคลื่อนหมายของความเร็วด้วย เช่น พื้นที่ใต้กราฟ Δ(B) เป็นลบก็เพราะความเร็วเป็นลบ แต่ในทางตรงข้ามถ้าคิดระยะทางไม่ต้องคิดเครื่องหมายลบเลยจับบวกกันหมด

ค. ให้ $\bar{V}_{\text{เฉลี่ย}}$ และ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาจาก 0 ถึง 4s จากนิยามของความเร็วและอัตราเร็วได้

$$\vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}$$

$$= \frac{0}{4} = 0 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$= \frac{40}{4} = 10 \text{ m/s}$$

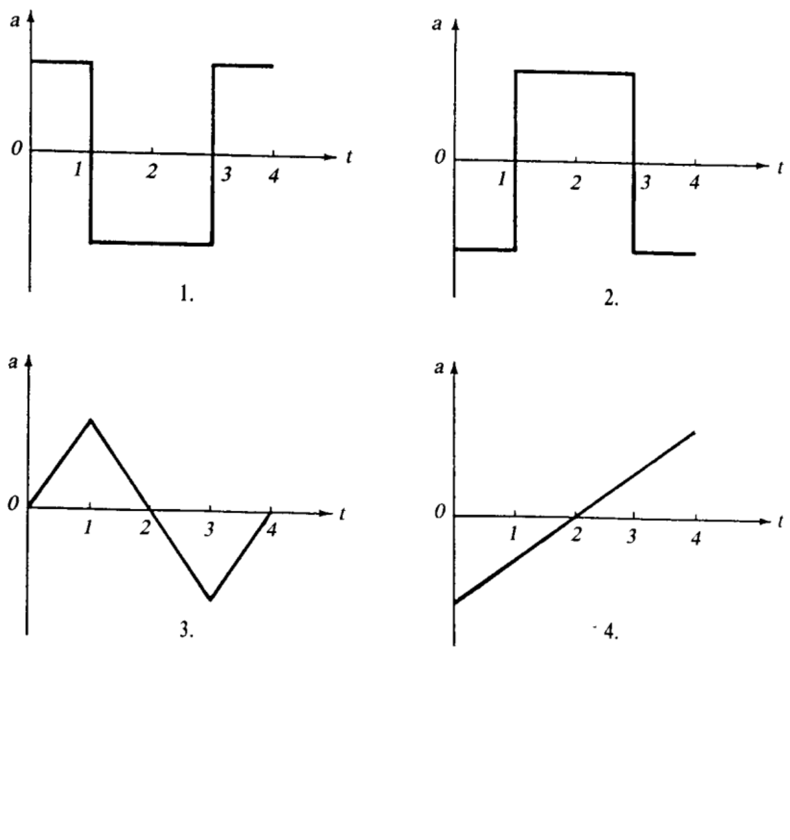
นั่นคือ ในช่วงเวลา 0 ถึง 4 วินาที ความเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 0 และ 10 เมตร/วินาที

ง. เนื่องจากกราฟในช่วงเวลา 1 ถึง 3 s เป็นเส้นตรงต่อเนื่องกันตลอด แสดงว่าความเร่งในช่วงเวลาดังกล่าวคงที่ ดังนั้นความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลาใด ๆ ก็ตามที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 s จะได้ค่าเท่ากันหมด โจทย์ให้หาความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา 1.11 ถึง 2.5 s เราจึงเลือกหาความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ถึง3 s เพราะสะดวกกว่า ถ้า $\bar{a}_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นความเร่งในช่วงเวลา 1 ถึง 3 s ซึ่งเท่ากับความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา 1.11 ถึง 2.5 จะได้

$$\bar{a}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{-20-(+20)}{3-1} = -20 \text{ m/s}$$

นั่นคือ ความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา 1.11 ถึง 2.5 วินาที มีค่า -20 เมตร/วินาที

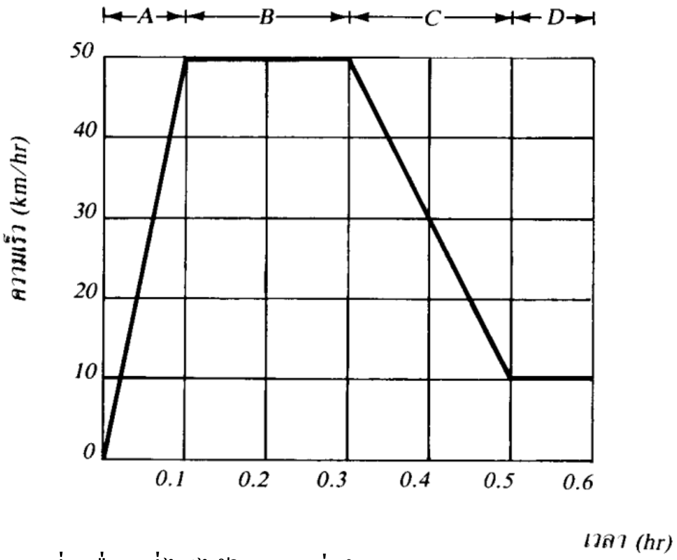
ตัวอย่าง 17 จากตัวอย่าง 16 กราฟที่เขียนระหว่างความเร่งกับเวลาในข้อใดต่อไปนี้ที่สอดคล้องกับกราฟความเร็ว-เวลา ในตัวอย่าง 16



วิธีทำ คำตอบที่ถูกต้องคือข้อ 1

จากกราฟความเร็วเวลา ในตัวอย่างที่ 16 ช่วงเวลา 0 ถึง 1 s กราฟเอียงขวาความชันเป็นบวก แสดงว่าความเร่งคงที่เป็นบวก ช่วงเวลาจาก 1 ถึง 3 s กราฟเอียงซ้าย ความชันเป็นลบ แสดงว่าความเร่งคงที่เป็นลบ ช่วงเวลาจาก 3 ถึง 4 s กราฟกลับมาเอียงขวาอีกครั้งหนึ่ง ความชันจึงเป็นบวก แสดงว่าความเร่งคงที่เป็นบวก ซึ่งกราฟในข้อ 1 สอดคล้องตลอดช่วงเวลา

ตัวอย่าง 18 จากกราฟความเร็ว-เวลา ซึ่งแสดงการเดินทางในช่วงเวลา A,B,C และ D



ก. จงหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้ใน 0.5 ชั่วโมง

ข. จงหาอัตราเร็วเฉลี่ยในช่วง 0.2 ชั่วโมงแรก

วิธีทำ ก. พื้นที่ใต้กราฟความเร็ว-เวลา คือ การกระจัด ถ้า s_1 เป็นการกระจัดในล่วงเวลาจาก 0 ถึง 0.5 hr

จะ ได้ s_1 = พื้นที่ □ คางหมู (ในช่วง 0-0.3 hr) + พื้นที่ □ คางหมู (ในช่วง0.3 –0.5 hr)

$$= \frac{1}{2}(0.2+0.3)(50)+\frac{1}{2}(50+10)(0.2)=18.5 \text{ km}$$

นั่นคือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ใน 0.5 ชั่วโมงเท่ากับ 18.5 กิโลเมตร

ข.หาอัตราเร็วเฉลี่ยใน 0.2 hr จะได้

s_2 = พื้นที่ □ คางหมู (ในช่วง 0-0.2 hr)

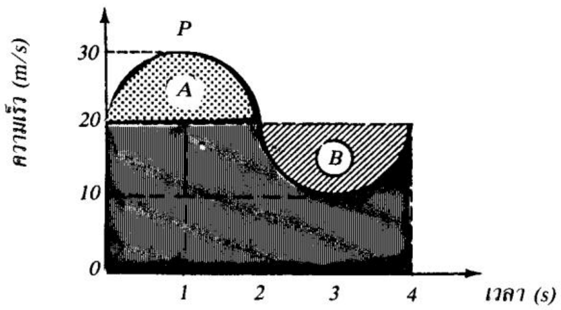
$$= \frac{1}{2}(0.1+0.2)(50)=7.5 \text{ km}$$

ให้ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นอัตราเร็วเฉลี่ยใน 0.2 แรกจะได้

$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{7.5}{0.2} = 37.5 \text{ km/hr}$$

นั่นคือ อัตราเฉลี่ยใน 0.2ชั่วโมงแรก มีค่า 37.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตัวอย่าง19 การเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งที่สามารถเขียนกราฟความเร็ว –เวลา ได้ดังรูป จงหา



ก. การกระจัดเมื่อสิ้นวินาทีที่ 4

ข. ความเร่ง ณ เวลา 1 วินาที

วิธีทำ ก. พื้นที่ใต้กราฟความเร็ว - เวลา คือการกระจัดเมื่อสิ้นวินาที 4 จะได้

S = พื้นที่ส่วนที่แรเงาบางๆ ทั้งหมด (รวม (A) ด้วย)

แต่การคำนวณพื้นที่ส่วนที่แรเงาบางๆ ทั้งหมด โดยตรงทำได้ยาก เพราะกราฟโค้งเป็นคลื่นรูปไซน์ (sine wave) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าพื้นที่ส่วนที่แรเงาด้วยเส้น (A) และ (B)แทนกันได้พอดี ดังนั้นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมีความกว้าง 20 m/sและยาว4 s จึงได้

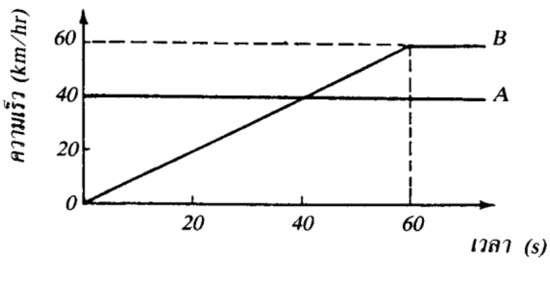
S = 20x 10= 80 m

นั่นคือ การกระจัดเมื่อสิ้นวินาทีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 80 เมตร

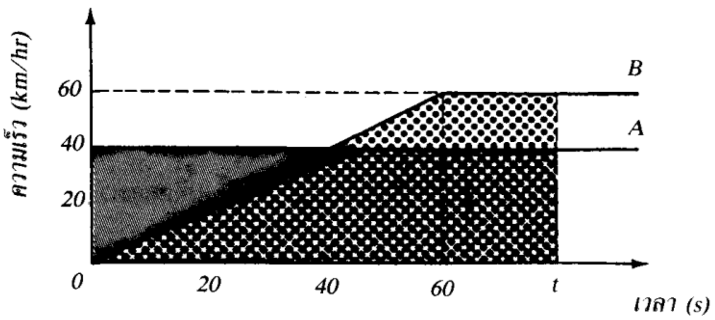
ข. ความเร่ง ณ เวลา 1 s จะเท่ากับความชันของเส้นตรงที่เราลากสัมผัสเส้นกราฟที่จุด p เส้นตรงที่เราลากดังกล่าวนี้จะขนานกับแกน เวลาซึ่งจะได้ความชันของเส้นตรงนี้มีค่าเท่ากับ ศูนย์ จึงได้ความเร่ง ณ เวลา 1 s เท่ากับ ศูนย์ด้วย

นั่นคือ ความเร่ง ณ เวลา1 วินาที มีค่า 0 เมตรต่อวินาที^{2}

ตัวอย่าง 20 รถ A แล่นด้วยความเร็วคงที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผ่านรถ B ซึ่งกำลังออกแล่นด้วยความเร่งคงที่จนมีความเร็วคงที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งกราฟความเร็ว - เวลาของรถทั้งสองคันเป็นดังรูป ถ้าจะให้รถ B แล่นทันรถ A รถ B จะต้องแล่นนานเท่าไรและได้ทางเท่าไร



วิธีทำ ให้ เป็นเวลาที่รถ B วิ่งมาทันรถ A พอดี ขณะนั้น แสดงว่ารถ A และ B วิ่งได้ทางเท่ากัน ดังนั้น จากรูปในช่วงเวลาจาก 0 ถึง t พื้นที่ใต้กราฟ ความเร็ว – เวลา ของรถ A จะเท่ากับรถ B จึงได้



พื้นที่ใต้กราฟ A = พื้นที่ใต้กราฟ B

$$(40\ \text{km/hr})(t) = \frac{1}{2}(t - 60 + t)(60\text{km/hr})$$

$$4t = 3(2t-60)$$

$$4t = 6t-180$$

$$\therefore t = 90\ \text{s} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

ให้ s เป็นระยะทางที่รถ Bแล่นได้ขณะที่วิ่งมาทันรถ A พอดี จะได้

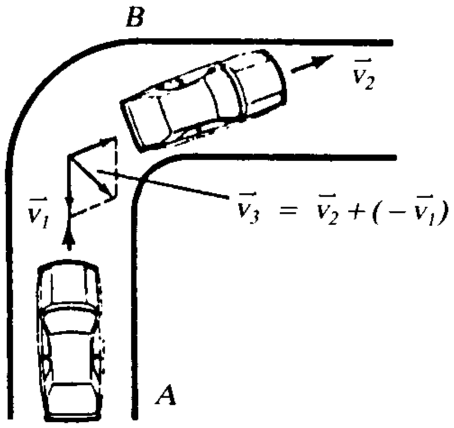
$$s = (40\ \text{km/hr})(90\ \text{s})$$

$$= 1\ \text{km} = 1{,}000\ \text{m} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

นั่นคือ รถ B แล่นนาน 90 วินาทีจึงหันรถ A ที่ระยะ 1,000 เมตร

ตัวอย่างที่ 21 คนขับรถแข่งกับรถด้วยอัตราเร็วคงที่ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมงซึ่ง อ่านได้จากหน้าปัด ขณะที่รถพุ่งเข้าทางโค้งคนขบรถมีอัตราเร็ว 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตลอดเวลา รถมีความเร่งหรือไม่ เพราะเหตุใด

วิธีทำ คำตอบคือ รถมีความเร่ง



จากรูป สมมติแข่งวิ่งด้วยอัตราเร็ว v ความเร็วเป็น $\vec{v}$ กำลังวิ่งเข้าโค้ง ขณะที่รถเปลี่ยนตำแหน่งจาก A ไป B ความเร็วจะเปลี่ยนไปทำมุม θ กับแนวเดิมคือ v ไม่เปลี่ยน ถ้า $\vec{v}_3$ เป็นความเร็วที่เปลี่ยนไป จะได้

$$\vec{v}_3 = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1)$$

ถ้าในการเปลี่ยนตำแหน่งจาก A ไป B ใช้เวลา t เราจะได้ความเร่งของรถแข่งเป็น

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_3}{t}$$

เมื่อ $\vec{a}$ เป็นความเร่งของรถแข่ง ดังนั้น จึงเห็นได้ว่าแม้ว่ารถจะมีอัตราเร็วคงที่ตลอดเวลา แต่ความเร็วอาจเปลี่ยนได้จึงทำให้รถมีความเร่งได้

1.11 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกแบบเสรี

เมื่อปล่อยให้วัตถุตกจากที่สูงลงสู่พื้น ความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้นตลอดเวลา นั่นคือ วัตถุมีความเร่ง ถ้าวัตถุตกลงสู่พื้นภายใต้แรงดึงดูดของโลกเพียงแรงเดียว (ไม่คิดแรงภายนอกอื่นๆ รวมทั้งแรงต้านของอากาศ) เรียกการตกของวัตถุนี้ว่า “การตกแบบเสรี” และเรียกความเร่งของวัตถุที่ตกแบบเสรีนี้ว่า “ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก” ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ g และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของโลก มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2 หรือ 10 m/s^2 และถือว่ามีค่าคงตัวบริเวณผิวโลก

****
*