

สอนครั้งที่ 4

หน่วยที่ 3

เรื่อง แรงขับเคลื่อนและแรงต้านทานในการเคลื่อนที่

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา วิศวกรรมยานยนต์ รหัสวิชา 3101 – 2008	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วย แรงขับเคลื่อนและแรงต้านทานในการเคลื่อนที่	ชั่วโมงรวม 12 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน แรงต้านทานการขับเคลื่อน		จำนวน 3 ชั่วโมง
หัวข้อเรื่องและงาน 3.1 แรงต้านทานการขับเคลื่อน 3.2 แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ 3.3 แรงต้านทานจากการขึ้นเนิน 3.4 แรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะ สาระสำคัญ 1. แรงต้านทานการขับเคลื่อน คือ แรงต้านทานจากการหมุนของล้อ 2. แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อเป็นแรงต้านทาน ที่เกิดความเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน ในสภาพของถนนที่แตกต่างกัน 3. แรงต้านทานจากการขึ้นเนิน เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของรถที่ถ่ายเทมาในแนวนานกับพื้นถนนซึ่งลาดเอียงไปตามเนิน 4. แรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะเป็นความต้านทานที่เกิดขึ้นเมื่อรถยนต์มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. นักศึกษาสามารถอธิบายและคำนวณหาแรงต้านทานการขับเคลื่อนได้อย่างถูกต้อง 2. นักศึกษาสามารถบอกแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อได้อย่างถูกต้อง 3. นักศึกษาสามารถคำนวณหาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อได้อย่างถูกต้อง 4. นักศึกษาสามารถคำนวณหาแรงต้านทานจากการขึ้นเนินและคำนวณหาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะได้อย่างถูกต้อง		

เนื้อหาสาระ

แรงต้านทานการขับเคลื่อน

3.1 แรงต้านทานการขับเคลื่อน คือ แรงต้านทานจากการหมุนของล้อ (R_r) แรงต้านทานเนื่องจากการขึ้นเนิน (R_g) และแรงต้านเนื่องจากลมปะทะ (R_a) แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อจะเกิดขึ้นทุกขณะที่รถมีการเคลื่อนที่ และขณะที่รถมีความเร็วสูง ความต้านทานเนื่องจากลมปะทะจะมีอีกเกี่ยวข้องด้วยอีกอย่างหนึ่ง สำหรับในกรณีที่รถมีการขับเคลื่อนที่ขึ้นเนินหรือที่ลาดชันความต้านทานเนื่องจากการขึ้นเนินจะมีส่วนเกี่ยวข้องด้วย

ดังนั้น ในกรณีที่รถเคลื่อนที่ขึ้นเนินด้วยความเร็ว ความต้านทานการเคลื่อนที่ (R_t) จะมีดังนี้

$$R_t = R_r + R_g + R_a$$

3.2 แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ (R_r) เป็นแรงต้านทาน ที่เกิดความเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน ในสภาพของถนนที่แตกต่างกัน แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อที่แตกต่างกันไปด้วย

แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_r = mc_r \dots\dots\dots (2.1)$$

เมื่อ R_r = แรงต้านทานจากการหมุนของล้อ หน่วย N

m = มวลของรถยนต์ หน่วย Kg

C_r = สัมประสิทธิ์ของความต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ หน่วย N

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์ของความต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

ลักษณะของผิวถนน	C_r หน่วย N/ ton □
รางรถไฟ	43.8
ถนนลาดยางสภาพดี	65.7
ถนนลาดยางสภาพปานกลางและถนนคอนกรีต	96.3
ถนนลาดยางสภาพเลว	127.0
ถนนโรยกรวด	240.9
ถนนลูกรัง	249.6
ถนนดินฝุ่น	438.0
ถนนทราย	1576.8
ถนนโคลน	2452.8

ตัวอย่างที่ 1.1 รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1400 กิโลกรัม แล่นอยู่บนถนนคอนกรีต จงหาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

วิธีทำ

$$R_r = mc_r$$

$$m = 1400 \text{ Kg}$$

$$= \frac{1400 \times 96.3}{1000}$$

$$C_r = \frac{96.3}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

$$= 134.82 \text{ N}$$

$$R_r = ?$$

ตัวอย่างที่ 1.2 รถยนต์บรรทุกมีมวล 2300 กิโลกรัม แล่นอยู่บนถนนลูกรัง จงหาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

วิธีทำ

$$R_r = mc_r$$

$$m = 2300 \text{ Kg}$$

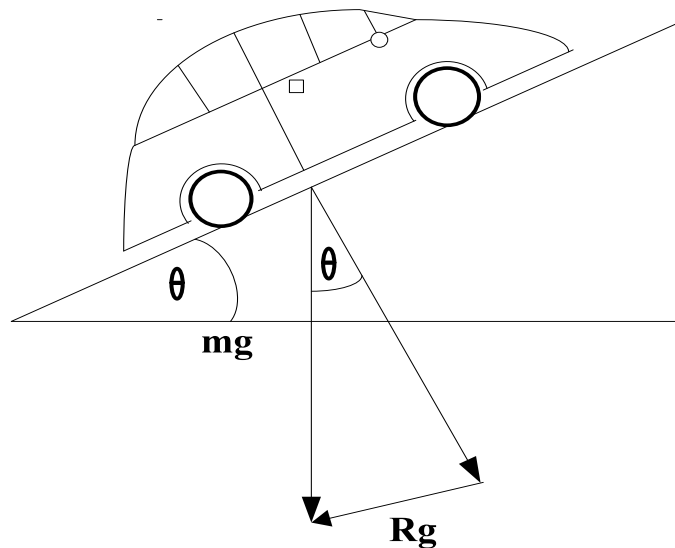
$$= \frac{2300 \times 249.6}{1000}$$

$$C_r = \frac{249.6}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

$$= 574 \text{ N}$$

$$R_r = ?$$

ตัวอย่างที่ 1.3 แรงต้านทานจากการขึ้นเนิน (R_g) เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของรถที่ถ่ายเทมาในแนวขนานกับพื้นถนน ซึ่งลาดเอียงไปตามเนิน



รูปที่ 1 ลักษณะการเกิดแรงต้านทานจากการขึ้นเนิน

จากสามเหลี่ยมของแรง

$$\frac{R_g}{mg} = \sin \theta$$

หรือ

$$R_g = mg \sin \theta$$

แต่

$$mg = W$$

ดังนั้นแรงต้านทานจากการขึ้นเนิน

$$R_g = mg \sin \theta = W \sin \theta \dots\dots\dots(2.2)$$

เมื่อ

$$R_g = \text{แรงต้านทานจากการขึ้นเนิน} \quad \text{หน่วย} \quad \text{N}$$

$$m = \text{มวลของยานยนต์} \quad \text{หน่วย} \quad \text{Kg}$$

$$g = \text{อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก} \quad \text{หน่วย} \quad \text{m/sec}^2$$

$$W = \text{น้ำหนักของยานยนต์} \quad \text{หน่วย} \quad \text{N}$$

ตัวอย่างที่ 1.4 รถบรรทุกมวล 32000 กิโลกรัม แล่นขึ้นเขาซึ่งมีความชัน 25 องศา จะเกิดแรงต้านทานเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} R_g &= mg \sin \theta \\ &= 32000 \times 9.81 \times \sin 25^\circ \\ &= 132,668 \quad \text{N} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.5 รถไฟขบวนหนึ่งมีมวล 150 ตัน แล่นขึ้นเนินมีความชัน 10 องศา จะเกิดแรงต้านทานเท่าไร

วิธีทำ

- หาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ
จากสมการที่ 2.1

$$R_r = mC_r$$

$$\text{เมื่อ } m = 150 \text{ ton}, C_r = \frac{43.8}{1000} \quad \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

ในกรณีดังกล่าวนี้ มวลของรถไฟกำหนดมาให้เป็น ตัน ดังนั้นสมการที่ 2.1 ที่จะใช้จึงมีเพียง

$$R_r = mC_r$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad R_r &= \frac{150 \times 43.8}{1000} \\ &= 6570 \quad \text{N} \end{aligned}$$

- หาแรงต้านทานจากการขึ้นเนิน

$$R_g = mg \sin \theta$$

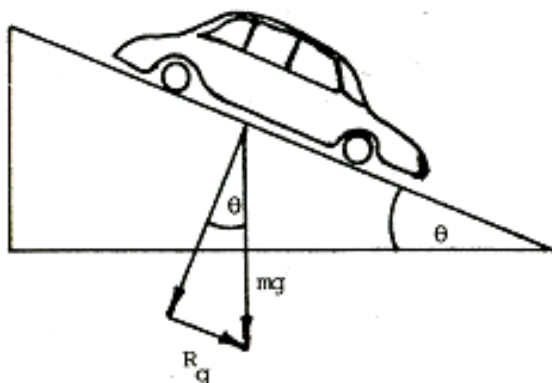
$$\text{เมื่อ} \quad m = 150000 \quad \text{Kg}, \quad g = 9.81 \quad \text{m/sec}^2$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad R_g &= 150000 \times 9.81 \times \sin 10^\circ \\ &= 255,452 \quad \text{N} \end{aligned}$$

3. หาแรงต้านทานรวม

$$\begin{aligned} R_t &= R_r + R_g \\ &= 6,570 + 255,452 \\ &= 262,022.4 \text{ N} \end{aligned}$$

3.3 แรงต้านทานจากการขึ้นเนิน ในกรณีที่รถยนต์แล่นขึ้นเนินแรงที่เกิดจากน้ำหนักหรือมวลของรถในแนวนอนกับพื้นถนนจะเป็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่ แต่ในทางกลับกันถ้ารถยนต์แล่นลงเนิน แรงที่เกิดจากน้ำหนักหรือมวลของรถในแนวนอนกับพื้นถนนก็จะเป็นแรงเสริมแรงขับเคลื่อน คือแรงที่พยายามทำให้รถเคลื่อนที่



รูปที่ 2 ลักษณะที่รถแล่นลงเนินทำให้เกิดแรงเสริมแรงขับเคลื่อน

ตัวอย่างที่ 1.6 รถยนต์คันหนึ่งมวล 20 นิวตัน แล่นลงเนินที่มีความชัน 5 องศา บนถนนคอนกรีต จงหาผลรวมของแรงต้านทานที่เกิดขึ้น

วิธีทำ 1. หาแรงต้านทานจากการหมุนของล้อ

จากสมการที่ 2.1

$$R_r = mc_r$$

$$\text{เมื่อ } m = 20 \text{ ton} \quad , \quad C_r = \frac{96.3 \text{ N}}{1000 \text{ ton}}$$

$$\text{แทนค่า} \quad R_r = 20 \times 96.3 = 1926 \text{ N}$$

2. หาแรงเสริมเนื่องจากการลงเนิน

$$R_g = mg \sin \theta$$

$$\text{เมื่อ} \quad m = 150000 \text{ Kg} \quad , \quad g = 9.81 \text{ m/sec}^2$$

$$\sin \theta = \sin 5^\circ = 0.087$$

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} \quad R_g &= 20000 \times 9.81 \times 0.087 \\ &= 17,069.4 \text{ N}\end{aligned}$$

3. หาแรงต้านทานทั้งหมด

$$\begin{aligned}R_t &= R_r - R_g \\ &= 1926 - 17069.4 \\ &= -15143.4 \text{ N}\end{aligned}$$

ดังนั้น รถจะมีแรงเสถียรขณะแล่นลงเนิน = 15143.4 N

ตัวอย่างที่ 1.7 จงหาลาดชันของถนนลูกรังที่ทำให้รถยนต์ มวล 2000 กิโลกรัม มีความสมดุลย์พอดี

วิธีทำ

1.หาแรงต้านทานจากการหมุนของล้อ

$$R_r = mc_r$$

$$\text{เมื่อ} \quad m = 2000 \text{ Kg} \quad , \quad C_r = \frac{249.6}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} \quad R_r &= \frac{2000 \times 249.6}{1000} \\ &= 499.2 \text{ N}\end{aligned}$$

2.หาแรงเสถียรเนื่องจากการลงเนิน

$$R_g = mg \sin \theta$$

เมื่อรถยนต์อยู่ในสภาพสมดุล

$$R_r = R_g$$

$$\therefore R_g = 499.2 \text{ N} \quad , \quad m = 2000 \text{ Kg} \quad , \quad g = 9.81 \text{ N/Kg}$$

$$\text{แทนค่า} \quad 499.2 = 2000 \times 9.81 \times \sin \theta$$

$$\sin \theta = 0.0254, \quad \theta = 1.548^\circ$$

3.4 แรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะ

แรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะ (R_a) เป็นความต้านทานที่เกิดขึ้นเมื่อรถยนต์มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว และแรงต้านทานดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถยกกำลังสอง

การคำนวณหาแรงต้านเนื่องจากลมปะทะ อาศัยหลักการของกลศาสตร์ของไหลในเรื่องที่เกี่ยวกับแรงปะทะ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$R_a = k\rho A V^2$$

เมื่อ	$R_a =$ แรงปะทะ	หน่วย	N
	$K =$ ค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะ	ไม่มีหน่วย	
	$\rho =$ ความหนาแน่นของของไหล	หน่วย	Kg/m^3
	$A =$ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่เกิดแรงปะทะ	หน่วย	m^2
	$V =$ ความเร็วของการปะทะ	หน่วย	m/Sec

เมื่อนำสมการของการหาแรงปะทะมาประยุกต์เข้ากับการหาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะที่กระทำต่อรถที่มีการเคลื่อนที่ จะเห็นว่าความหนาแน่นของอากาศ (ρ) จะมีค่าคงที่เสมอ ดังนั้น จึงมีการปรับปรุงสมการของแรงปะทะโดยการยุบค่า K เป็น K ดังนี้

$$R_a = KAV^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

เมื่อ	$R_a =$ แรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะ	หน่วย	N
	$K =$ ค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะ	หน่วย	Kg/m^3
	$A =$ พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์	หน่วย	m^2
	$V =$ ความเร็วของการปะทะ	หน่วย	m/Sec

ความเร็วของการปะทะเปลี่ยนไปตามลักษณะของลมและทิศทางการแล่นของรถยนต์ดังนี้

1. เมื่อรถยนต์แล่นผ่านลมที่สงบนิ่ง

$$\text{ความเร็วของการปะทะ} = \text{ความเร็วของรถยนต์}$$

2. เมื่อรถยนต์แล่นสวนทางกับกระแสลม

$$\text{ความเร็วของการปะทะ} = \text{ความเร็วของรถยนต์} + \text{ความเร็วลม}$$

3. เมื่อรถแล่นตามกระแสลม

$$\text{ความเร็วของการปะทะ} = \text{ความเร็วของรถยนต์} - \text{ความเร็วลม}$$

สำหรับรถยนต์ทั่วไป ค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม (K) มีค่าอยู่ในช่วง 0.12 ถึง 1.2

Kg/m^3

ตัวอย่างที่ 1.8 รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมสงบถ้าพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถดังกล่าวมีค่า 1.60 ตารางเมตร และสัมประสิทธิ์ของการปะทะลมมีค่า 0.17 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านเนื่องจากลมปะทะ

วิธีทำ

$$\text{จากสมการที่ 2.3 } R_a = KAV^2$$

$$\text{เมื่อ } K = 0.17 \text{ Kg/m}^3, A = 1.60 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{120 \times 1000}{60 \times 60} = 33.33 \text{ m/Sec}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } R_a &= 0.17 \times 1.60 \times (33.33)^2 \\ &= 302 \text{ N} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.9 รถบรรทุกคันหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 3.8 ตารางเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 1.15 Kg/m^3 เมื่อรถแล่นด้วยความเร็ว 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมพัดด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง จงหาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะในกรณีต่อไปนี้

1. เมื่อรถแล่นตามลม
2. เมื่อรถแล่นสวนทางลม

วิธีทำ

1. เมื่อรถแล่นตามลม

จากสมการที่ 2.3

$$R_a = KAV^2$$

$$\text{เมื่อ } K = 1.15 \text{ Kg/m}^3, A = 3.8 \text{ m}^2$$

$$V = (100 - 30) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 19.44 \text{ m/Sec}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } R_a &= 1.15 \times 3.8 \times (19.44)^2 \\ &= 1651.48 \text{ N} \end{aligned}$$

2. เมื่อรถแล่นสวนทางกับลม

จากสมการที่ 2.3

$$R_a = KAV^2$$

$$\text{เมื่อ } K = 1.15 \text{ Kg/m}^3, A = 3.8 \text{ m}^2$$

$$V = (100 + 30) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 36.11 \text{ m/Sec}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } R_a &= 1.15 \times 3.8 \times (36.11)^2 \\ &= 5698.18 \text{ N} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.10 รถยนต์คันหนึ่งมวล 1050 กิโลกรัม มีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 1.595 ตารางเมตร เล่นบนถนนลาดยางสภาพดี ซึ่งลาดเป็นเนินเป็นมุม 8 องศา ถ้ารถยนต์เล่นขึ้นเนินด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง ส่วนทางลมที่พัดด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยมีสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 0.375 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านทานการขับเคลื่อน

วิธีทำ

1. หาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

จากสมการที่ 2.1

$$R_r = mc_r$$

เมื่อ

$$m = 1050 \text{ Kg} , C_r = \frac{65.7}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} R_r &= \frac{1050 \times 65.7}{1000} \\ &= 68.985 \text{ N} \end{aligned}$$

2. เมื่อหาแรงต้านทานจากการขึ้นเนิน

จากสมการที่ 2.2

$$R_g = mg \sin \theta$$

เมื่อ

$$m = 1050 \text{ Kg} , g = 9.81 \text{ m/sec}^2$$

$$\sin \theta = \sin 8^\circ = 0.139$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} R_g &= 1050 \times 9.81 \times 0.139 \\ &= 1431.769 \text{ N} \end{aligned}$$

3. หาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะ

จากสมการที่ 2.3

$$R_a = KAV^2$$

เมื่อ

$$K = 0.375 \text{ Kg/m}^3 , A = 1.595 \text{ m}^2$$

$$V = (80 + 40) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 33.33 \text{ m/Sec}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} R_a &= 0.375 \times 1.595 \times (33.33)^2 \\ &= 664.583 \text{ N} \end{aligned}$$

4. หาแรงต้านทานการขับเคลื่อนทั้งหมด

$$R_t = R_r + R_g + R_a$$

$$= 68.985 + 1431.769 + 664.583$$

$$= 2165.337 \text{ N}$$

ตัวอย่างที่ 1.11 รถยนต์คันหนึ่งมวล 15550 กิโลกรัม มีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 2.35 ตารางเมตร แล่นบนถนนลูกรัง ซึ่งมีความลาดชัน 12 องศา ถ้ารถยนต์แล่นลงเนินด้วยความเร็ว 75 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามลมที่พัดด้วยความเร็ว 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยมีสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 0.857 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านทานการขับเคลื่อนทั้งหมด

วิธีทำ

1.หาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

จากสมการที่ 2.1

$$R_r = mc_r$$

เมื่อ

$$m = 15550 \text{ Kg} , C_r = \frac{249.6}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

แทนค่า

$$R_r = \frac{15550 \times 249.6}{1000}$$

$$= 3881.28 \text{ N}$$

2. หาแรงเสถียรเนื่องจากการแล่นลงเนิน

จากสมการที่ 2.2

$$R_g = mg \sin \theta$$

เมื่อ

$$m = 15550 \text{ Kg} , g = 9.81 \text{ m/sec}^2$$

$$\sin \theta = \sin 12^\circ = 0.208$$

แทนค่า

$$R_g = 15550 \times 9.81 \times 0.208$$

$$= 31729.46 \text{ N}$$

3.หาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะ

จากสมการที่ 2.3

$$R_a = KAV^2$$

เมื่อ

$$K = 0.857 \text{ Kg/m}^3 , A = 2.35 \text{ m}^2$$

$$V = (75 - 15) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 16.67 \text{ m/Sec}$$

แทนค่า

$$R_a = 0.857 \times 2.35 \times (16.67)^2$$

$$= 559.43 \text{ N}$$

4. หาแรงต้านทานการขับเคลื่อนทั้งหมด

$$R_t = R_r - R_g + R_a$$

$$= 3880.28 - 31729.46 + 559.43$$

$$= -27,288.75 \text{ N}$$

เนื่องจากมวลของรถมีมาก ดังนั้นจึงเอาชนะแรงต้านทานการขับเคลื่อนอื่นๆ และการเกิดแรงเสถียรการขับเคลื่อน = 27,288.75 นิวตัน

สรุปเนื้อหาวิชา

แรงต้านทานจากการหมุนของล้อ หรือความต้านทานการ กลิ้ง (Rolling Resistance; R_r)

แรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ สามารถคำนวณหาได้ดังนี้

$$R_r = mC_r / 1000$$

แรงต้านทานจากความชัน (Grade Resistance; R_g)

เมื่อรถวิ่งขึ้นพื้นเอียง จะต้องออกแรงเพื่อเอาชนะแรงต้านทานความชันที่เกิดขึ้น แรงต้านทานที่เกิดขึ้นนี้ขึ้นอยู่กับมุมเอียง (θ) หรือมุมชันของถนนและน้ำหนักของรถ

$$R_g = mg \sin \theta = W \sin \theta$$

แรงต้านทานจากลม (Wind or Air Resistance; R_a)

รถยนต์ทุกชนิดที่วิ่งบนถนนนั้น เมื่อสัมผัสกับถนนในขณะที่ล้อหมุนเพื่อวิ่งไปข้างหน้าจะเกิดแรงต้านทานจากผิวของถนน หรือแรงเสียดทาน และอีกอย่างหนึ่งคือแรงต้านทานจากรถเนื่องจากรถต้องวิ่งแหวกอากาศออกไป

$$R_a = K \rho A V^2$$

กิจกรรมการเรียนการสอน

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูผู้สอนสนทนากับนักศึกษาเรื่องของสุขภาพและข่าวสารวิทยาการใหม่ ๆ (10 นาที)

ขั้นดำเนินการสอน

1. ครูแจกใบเนื้อหาประกอบการสอนเรื่อง แรงต้านทานการขับเคลื่อน (10 นาที)
2. ครูผู้สอนอธิบายตาม Power point และเนื้อหาประกอบการสอนโดยอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบพร้อมทั้งเขียนลงบนกระดาน ในขณะที่สอนครูให้นักศึกษาตอบคำถามและร่วมแสดงความคิดเห็น (50 นาที)
3. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 4

ขั้นสรุป

1. ครูสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องที่สอนและสุ่มถามนักเรียน (20 นาที)
2. ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักศึกษาถามข้อสงสัย (10 นาที)
3. นักศึกษาทดสอบเรื่อง แรงขับเคลื่อนความสัมพันธ์ของแรงขับเคลื่อนต่อแรงบิดที่เพลาคือเหวี่ยง, แรงขับเคลื่อนสูงสุด โดยใช้เวลา (30 นาที)
4. ครูผู้สอนเฉลยแบบทดสอบ (20 นาที)
5. ครูผู้สอนนัดหมายในเรื่องที่เรียนในสัปดาห์หน้า (5 นาที)

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบเนื้อหาประกอบการสอนเรื่อง แรงต้านทานการขับเคลื่อน
2. Power point
3. กระดาน
4. ใบเนื้อหาประกอบการสอนเรื่อง แรงต้านทานการขับเคลื่อน
5. แบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 4
6. แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 4
7. เฉลยแบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 4

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากการอธิบายและคำนวณหาแรงต้านทานการขับเคลื่อนได้อย่างถูกต้อง
2. สังเกตจากการบอกแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อได้อย่างถูกต้อง
3. สังเกตจากการคำนวณหาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อได้อย่างถูกต้อง
4. สังเกตจากการคำนวณหาแรงต้านทานจากการขึ้นเนินและคำนวณหาแรงต้านทาน

เนื่องจากลมปะทะได้อย่างถูกต้อง

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....
.....
.....
.....
.....
.....

ผลการเรียนของนักศึกษา.....
.....
.....
.....
.....

หลังเรียน.....
.....
.....
.....
.....

Power point สัปดาห์ที่ 3

Power point ตารางสัมประสิทธิ์ความต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

ลักษณะของผิวถนน	C_r หน่วย N/ ton
ทางรถไฟ	43.8
ถนนลาดยางสภาพดี	65.7
ถนนลาดยางสภาพปานกลางและถนนคอนกรีต	96.3
ถนนลาดยางสภาพเลว	127.0
ถนนโรยกรวด	240.9
ถนนลูกรัง	249.6
ถนนดินฝุ่น	438.0
ถนนทราย	1576.8
ถนนโคลน	2452.8

Power point แสดงการคำนวณหาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

ตัวอย่างที่ 1.1 รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1400 กิโลกรัม แล่นอยู่บนถนนคอนกรีต จงหาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

วิธีทำ

$$R_r = mc_r$$

$$m = 1400 \text{ Kg}$$

$$= \frac{1400 \times 96.3}{1000}$$

$$C_r = \frac{96.3}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

$$= 134.82 \text{ N}$$

$$R_r = ?$$

ตัวอย่างที่ 1.2 รถยนต์บรรทุกมีมวล 2300 กิโลกรัม แล่นอยู่บนถนนลูกรัง จงหาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

วิธีทำ

$$R_r = mc_r$$

$$m = 2300 \text{ Kg}$$

$$= \frac{2300 \times 249.6}{1000}$$

$$C_r = \frac{249.6}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

$$= 574 \text{ N}$$

$$R_r = ?$$

Power point แสดงการคำนวณหาความต้านทานจากการขึ้นเนิน

ตัวอย่างที่ 2 รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1350 kg แล่นขึ้นเนินที่มีความชัน 1 : 20 จงหาความต้านทานจากการขึ้นเนิน

วิธีทำ จากสมการ
เมื่อ

$$R_g = m g \sin \theta = W \sin \theta$$

$$m = 1350 \text{ kg} \quad g = 9.81 \text{ m / Sec}^2$$

$$\tan \theta = 1/20 \quad \text{หรือ} \quad \theta = \tan^{-1} (1 / 20) = 2.862^\circ$$

$$\sin \theta = \sin 2.862^\circ = 0.05$$

$$R_g = 1350 \times 9.81 \times 0.05$$

$$= 662.175 \text{ N} \quad \text{ตอบ}$$

Power point แสดงการคำนวณหาแรงต้านทานรวม

ตัวอย่างที่ 1.5 รถไฟขบวนหนึ่งมีมวล 150 ตัน แล่นขึ้นเนินมีความชัน 10 องศา จะเกิดแรงต้านทานเท่าไร

วิธีทำ

1. หาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ
จากสมการที่ 2.1

$$R_r = mC_r$$

$$\text{เมื่อ } m = 150 \text{ ton, } C_r = \frac{43.8 \text{ N}}{1000 \text{ ton}}$$

ในกรณีดังกล่าวนี้ มวลของรถไฟกำหนดมาให้เป็น ตัน ดังนั้นสมการที่ 2.1 ที่จะใช้จึงมีเพียง

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad R_r &= mC_r & m &= 150 \text{ ton} \\ R_r &= \frac{150 \times 43.8}{1000} & C_r &= \frac{43.8 \text{ N}}{1000 \text{ ton}} \\ &= 6570 \text{ N} \end{aligned}$$

2. หาแรงต้านทานจากการขึ้นเนิน

$$R_g = mg \sin \theta$$

$$\text{เมื่อ } m = 150000 \text{ Kg, } g = 9.81 \text{ m/sec}^2$$

$$\sin \theta = \sin 10^\circ = 0.1736$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad R_g &= 150000 \times 9.81 \times 0.1736 \\ &= 255,452 \text{ N} \end{aligned}$$

3. หาแรงต้านทานรวม

$$\begin{aligned} R_t &= R_r + R_g & R_r &= 6570 \text{ N} \\ &= 6,570 + 255,452 & R_g &= 255,452 \\ &= 262,022.4 \text{ N} & R_t &= ? \end{aligned}$$

Power point แสดงการคำนวณหาแรงต้านทานการขับเคลื่อนทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 1.11 รถยนต์คันหนึ่งมวล 15550 กิโลกรัม มีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 2.35 ตารางเมตร แล่นบนถนนลูกรัง ซึ่งมีความลาดชัน 12 องศา ถ้ารถยนต์แล่นลงเนินด้วยความเร็ว 75 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามลมที่พัดด้วยความเร็ว 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยมีสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 0.857 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านทานการขับเคลื่อนทั้งหมด

วิธีทำ

1.หาแรงต้านทานเนื่องจากการหมุนของล้อ

จากสมการที่ 2.1

$$R_r = mC_r$$

เมื่อ

$$m = 15550 \text{ Kg} , C_r = \frac{249.6}{1000} \frac{\text{N}}{\text{ton}}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} R_r &= \frac{15550 \times 249.6}{1000} \\ &= 3881.28 \text{ N} \end{aligned}$$

2. หาแรงเสถียรเนื่องจากการแล่นลงเนิน

จากสมการที่ 2.2

$$R_g = mg \sin \theta$$

เมื่อ

$$m = 15550 \text{ Kg} , g = 9.81 \text{ m/sec}^2$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \sin 12^\circ = 0.208 \\ R_g &= 15550 \times 9.81 \times 0.208 \\ &= 31729.46 \text{ N} \end{aligned}$$

3.หาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะ

จากสมการที่ 2.3

$$R_a = KAV^2$$

เมื่อ

$$K = 0.857 \text{ Kg/m}^3 , A = 2.35 \text{ m}^2$$

$$V = (75 - 15) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 16.67 \text{ m/Sec}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} R_a &= 0.875 \times 2.35 \times (16.67)^2 \\ &= 559.43 \text{ N} \end{aligned}$$

4. หาแรงต้านทานการขับเคลื่อนทั้งหมด

เมื่อ

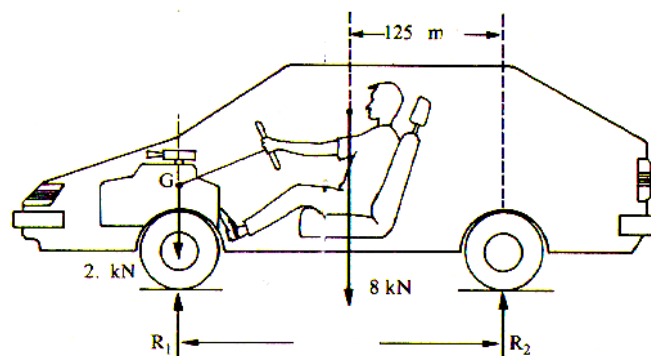
$$R_r = 3881.28 \text{ N} , R_g = 31729.46 \text{ N}$$

$$R_a = 559.43 \text{ N} , R_t = ?$$

$$\begin{aligned} R_t &= R_r - R_g + R_a \\ &= 3881.28 - 31729.46 + 559.43 \\ &= -27,288.75 \text{ N} \end{aligned}$$

แบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 4

1. รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมสงบถ้าพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถดังกล่าวมีค่า 160 ตารางเมตร และสัมประสิทธิ์ของการปะทะลมมีค่า 0.17 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านเนื่องจากลมปะทะ
2. รถบรรทุกคันหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 3.8 ตารางเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 1.15 Kg/m^3 เมื่อรถแล่นด้วยความเร็ว 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมพัดด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง จงหาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะในกรณีต่อไปนี้
 1. เมื่อรถแล่นตามลม
 2. เมื่อรถแล่นสวนทางลม
3. รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังดังรูป สามารถผลิตกำลังได้ 65 kW ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที อัตราทดเฟืองท้าย 4.63 : 1 อัตราทดเกียร์ 1 : 1 ประสิทธิภาพการส่งกำลัง 95 % ใช้ยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 cm แล่นบนถนนที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.2 จงหาน้ำหนักที่กดลงที่ล้อหลัง แรงขับเคลื่อนใช้งาน และแรงขับเคลื่อนสูงสุด



เฉลยแบบฝึกหัด สัปดาห์ที่ 4

1. รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมสงบถ้าพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถดังกล่าวมีค่า 1.60 ตารางเมตร และสัมประสิทธิ์ของการปะทะลมมีค่า 0.17 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านเนื่องจากลมปะทะ

วิธีทำ

จากสมการ	$R_a = KAV^2$
เมื่อ	$K = 0.17 \text{ Kg/m}^3, \quad A = 1.60 \text{ m}^2$
	$V = \frac{120 \times 1000}{60 \times 60} = 33.33 \text{ m/Sec}$
แทนค่า	$R_a = 0.17 \times 1.60 \times (33.33)^2$ $= 302 \text{ N}$

2. รถบรรทุกคันหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 3.8 ตารางเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 1.15 Kg/m^3 เมื่อรถแล่นด้วยความเร็ว 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมพัดด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง จงหาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะในกรณีต่อไปนี้

1. เมื่อรถแล่นตามลม
2. เมื่อรถแล่นสวนทางลม

วิธีทำ

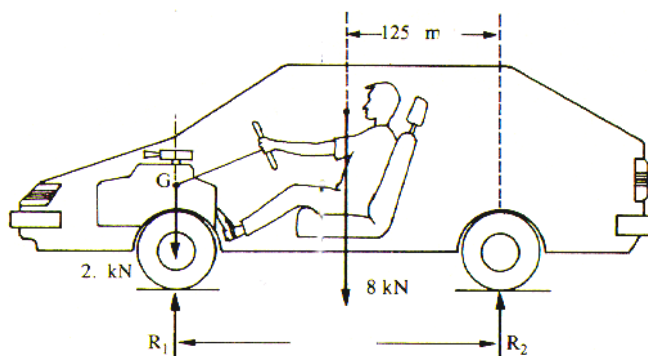
1. เมื่อรถแล่นตามลม

จากสมการ	$R_a = KAV^2$
เมื่อ	$K = 1.15 \text{ Kg/m}^3, \quad A = 3.8 \text{ m}^2$
	$V = (100+30) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 19.44 \text{ m/Sec}$
แทนค่า	$R_a = 1.15 \times 3.8 \times (19.44)^2$ $= 1651.48 \text{ N}$

2. เมื่อรถแล่นสวนทางกับลม

จากสมการ	$R_a = KAV^2$
เมื่อ	$K = 1.15 \text{ Kg/m}^3, \quad A = 3.8 \text{ m}^2$
	$V = (100+30) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 36.11 \text{ m/Sec}$
แทนค่า	$R_a = 1.15 \times 3.8 \times (36.11)^2$ $= 5698.18 \text{ N}$

3. รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังดังรูป สามารถผลิตกำลังได้ 65 kW ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที อัตราทดเฟืองท้าย 4.63 : 1 อัตราทดเกียร์ 1 : 1 ประสิทธิภาพการส่งกำลัง 95 % ใช้ยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 cm แล่นบนถนนที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.2 จงหาน้ำหนักที่กดลงที่ล้อหลัง แรงขับเคลื่อนใช้งาน และแรงขับเคลื่อนสูงสุด



วิธีทำ หาน้ำหนักกดลงที่ล้อหลัง

พิจารณาโมเมนต์รอบจุด R_1

$$\sum M_{R_1} = 0$$

$$R_2 \times 2.5 = 10 \times 1.25$$

$$R_2 = (10 \times 1.25) / 2.5$$

$$\therefore R_2 = 10 \text{ kN}$$

หรือ $R_2 = 10000 \text{ N}$ ตอบ

หาแรงขับเคลื่อนใช้งาน

จากสมการ $T = 60 P_b / 2\pi N$

เมื่อ $P_b = 65000 \text{ Watt}$ $N = 5000 \text{ rpm}$

แทนค่า $= (60 \times 65000) / (2 \times \pi \times 5000)$

$$\therefore T = 124.141 \text{ Nm}$$

จากสมการ $T_E = T n f e / R$

เมื่อ $T = 124.141 \text{ Nm}$ $n = 1$

$f = 4.63$ $e = 0.95$

$$R = 0.70 \div 2 = 0.35$$

$$\text{แทนค่า} = 124.141 \times 1 \times 4.63 \times 0.95 / 0.35$$

$$\therefore TE = 1560.097 \quad \text{N} \quad \text{ตอบ}$$

หาแรงขับเคลื่อนสูงสุด

$$\text{จากสมการ} \quad TE_{\text{Max}} = \mu W \quad \mu = 0.20$$

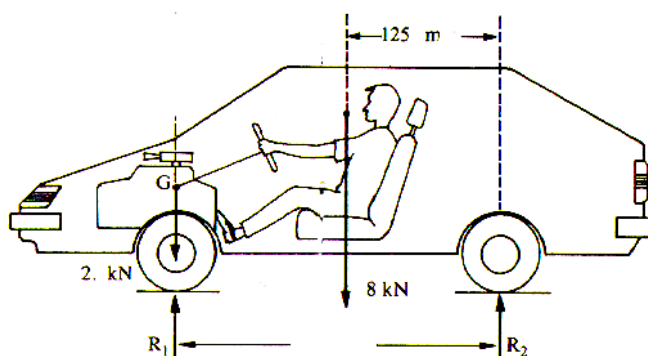
$$W = 10000 \quad \text{N}$$

$$\text{แทนค่า} = 0.15 \times 10000 \quad TE_{\text{Max}} = 10000 \quad \text{N}$$

$$\therefore TE_{\text{Max}} = 2000 \quad \text{kN} \quad \text{ตอบ}$$

แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 4

1. รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมสงบถ้าพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถดังกล่าวมีค่า 160 ตารางเมตร และสัมประสิทธิ์ของการปะทะลมมีค่า 0.17 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านเนื่องจากลมปะทะ
2. รถบรรทุกคันหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 3.8 ตารางเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 1.15 Kg/m^3 เมื่อรถแล่นด้วยความเร็ว 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมพัดด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง จงหาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะในกรณีต่อไปนี้
 1. เมื่อรถแล่นตามลม
 2. เมื่อรถแล่นสวนทางลม
3. รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังดังรูป สามารถผลิตกำลังได้ 65 kW ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที อัตราทดเฟืองท้าย 4.63 : 1 อัตราทดเกียร์ 1 : 1 ประสิทธิภาพการส่งกำลัง 95 % ใช้ยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 cm แล่นบนถนนที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.2 จงหาน้ำหนักที่กดลงที่ล้อหลัง แรงขับเคลื่อนใช้งาน และแรงขับเคลื่อนสูงสุด



เฉลยแบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 4

1. รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมสงบถ้าพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถดังกล่าวมีค่า 1.60 ตารางเมตร และสัมประสิทธิ์ของการปะทะลมมีค่า 0.17 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาแรงต้านเนื่องจากลมปะทะ

วิธีทำ

จากสมการ	$R_a = KAV^2$
เมื่อ	$K = 0.17 \text{ Kg/m}^3, \quad A = 1.60 \text{ m}^2$
	$V = \frac{120 \times 1000}{60 \times 60} = 33.33 \text{ m/Sec}$
แทนค่า	$R_a = 0.17 \times 1.60 \times (33.33)^2$
	$= 302 \text{ N}$

2. รถบรรทุกคันหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถ 3.8 ตารางเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการปะทะลม 1.15 Kg/m^3 เมื่อรถแล่นด้วยความเร็ว 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผ่านบริเวณที่มีลมพัดด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง จงหาแรงต้านทานเนื่องจากลมปะทะในกรณีต่อไปนี้

1. เมื่อรถแล่นตามลม
2. เมื่อรถแล่นสวนทางลม

วิธีทำ

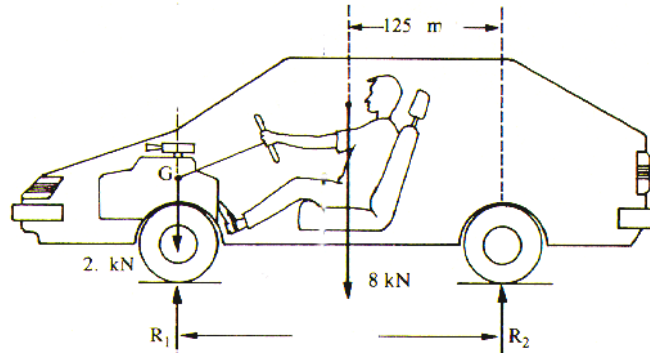
1. เมื่อรถแล่นตามลม

จากสมการ	$R_a = KAV^2$
เมื่อ	$K = 1.15 \text{ Kg/m}^3, \quad A = 3.8 \text{ m}^2$
	$V = (100+30) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 19.44 \text{ m/Sec}$
แทนค่า	$R_a = 1.15 \times 3.8 \times (19.44)^2$
	$= 1651.48 \text{ N}$

2. เมื่อรถแล่นสวนทางกับลม

จากสมการ	$R_a = KAV^2$
เมื่อ	$K = 1.15 \text{ Kg/m}^3, \quad A = 3.8 \text{ m}^2$
	$V = (100+30) \left(\frac{1000}{60 \times 60} \right) = 36.11 \text{ m/Sec}$
แทนค่า	$R_a = 1.15 \times 3.8 \times (36.11)^2$
	$= 5698.18 \text{ N}$

3. รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังดังรูป สามารถผลิตกำลังได้ 65 kW ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที อัตราทดเฟืองท้าย 4.63 : 1 อัตราทดเกียร์ 1 : 1 ประสิทธิภาพการส่งกำลัง 95 % ใช้ยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 cm แล่นบนถนนที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.2 จงหาน้ำหนักที่กดลงที่ล้อหลัง แรงขับเคลื่อนใช้งาน และแรงขับเคลื่อนสูงสุด



วิธีทำ หาน้ำหนักกดลงที่ล้อหลัง

พิจารณาโมเมนต์รอบจุด R_1

$$\sum M_{R_1} = 0$$

$$R_2 \times 2.5 = 10 \times 1.25$$

$$R_2 = (10 \times 1.25) / 2.5$$

$$\therefore R_2 = 10 \text{ kN}$$

หรือ $R_2 = 10000 \text{ N}$ ตอบ

หาแรงขับเคลื่อนใช้งาน

จากสมการ $T = 60 P_b / 2\pi N$

เมื่อ $P_b = 65000 \text{ Watt}$ $N = 5000 \text{ rpm}$

แทนค่า $= (60 \times 65000) / (2 \times \pi \times 5000)$

$$\therefore T = 124.141 \text{ Nm}$$

จากสมการ $T_E = T n f e / R$

เมื่อ $T = 124.141 \text{ Nm}$ $n = 1$

$f = 4.63$ $e = 0.95$

$$R = 0.70 \div 2 = 0.35$$

$$\text{แทนค่า} = 124.141 \times 1 \times 4.63 \times 0.95 / 0.35$$

$$\therefore TE = 1560.097 \quad \text{N} \quad \text{ตอบ}$$

หาแรงขับเคลื่อนสูงสุด

$$\text{จากสมการ} \quad TE_{\text{Max}} = \mu W \quad \mu = 0.20$$

$$W = 10000 \quad \text{N}$$

$$\text{แทนค่า} = 0.15 \times 10000 \quad TE_{\text{Max}} = 10000 \text{ N}$$

$$\therefore TE_{\text{Max}} = 2000 \quad \text{kN} \quad \text{ตอบ}$$