



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้คณิต-ฟิสิกส์ จากอุบัติเหตุจราจร

โดย รศ.ดร.พิชัย ฐานิรณานนท์ และคณะ

มีนาคม 2548

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้คณิต-ฟิสิกส์ จาก อุบัติเหตุจราจร

คณะผู้วิจัย

1. รศ.ดร.พิชัย ธานีรณานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. ผศ.เลียง อนุรัตน์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
3. ผศ.สุวัฒน์ ไทชนะ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

ศิลป์ของชีวิต

The Art of Life

- 1** มีชีวิต To live
- 2** มีชีวิตที่ดี To live well
- 3** มีชีวิตที่ดีขึ้น To live better

Alfred North Whitehead

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้การสนับสนุนทุนในโครงการนี้ โดยเฉพาะ รศ.สุชาดา ชินะจิตร ผู้อำนวยการฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ ที่เห็นความสำคัญและประโยชน์ของการใช้การเรียนรู้ในโรงเรียน มาช่วยป้องกันอุบัติเหตุจราจร

ขอขอบคุณนายรัชชัย พันประสงค์ นายชัยชัย วงศ์สุภาพ และนายชลัท ทิพากรเกียรติ ที่ได้ช่วยค้นคว้าและวาดรูปประกอบ

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นักเรียนมัธยม 4, 5, 6 โรงเรียนแสงทองวิทยา ที่ได้ช่วย Pilot Test โจทย์และเฉลย โดยเฉพาะครูชาญ บุรณะพาณิชย์กิจ และ ครูอรพุทธ ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อในการจัดการสถานที่และนักเรียน

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2548

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	i
1. บทนำ.....	1
2. สัญลักษณ์.....	5
3. วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้.....	6
4. ความรู้พื้นฐานด้านฟิสิกส์และคณิตศาสตร์.....	8
5. โจทย์.....	19
5.1 ข้อที่ 1.....	19
5.2 ข้อที่ 2.....	21
5.3 ข้อที่ 3.....	22
5.4 ข้อที่ 4.....	23
5.5 ข้อที่ 5.....	24
5.6 ข้อที่ 6.....	25
5.7 ข้อที่ 7.....	26
5.8 ข้อที่ 8.....	27
5.9 ข้อที่ 9.....	28
5.10 ข้อที่ 10.....	31
5.11 ข้อที่ 11.....	32
6. เฉลยคำตอบ.....	34
6.1 ข้อที่ 1.....	34
6.2 ข้อที่ 2.....	36
6.3 ข้อที่ 3.....	38
6.4 ข้อที่ 4.....	40
6.5 ข้อที่ 5.....	41
6.6 ข้อที่ 6.....	43
6.7 ข้อที่ 7.....	45
6.8 ข้อที่ 8.....	46
6.9 ข้อที่ 9.....	49
6.10 ข้อที่ 10.....	51
6.11 ข้อที่ 11.....	53
7. เอกสารอ้างอิง.....	56

1. บทนำ

1.1 กล่าวนำ

อุบัติเหตุจราจรเป็นเหตุการณ์ลึกลับที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดหรือบกพร่องของอย่างน้อย 1 ใน 3 ปัจจัย คือ ความผิดพลาดของคน คิดเป็นร้อยละ 95 ความบกพร่องของยานพาหนะ คิดเป็นร้อยละ 28 และความบกพร่องของถนนและสภาพแวดล้อม คิดเป็นร้อยละ 22 จากตัวเลขที่ปรากฏจะเห็นว่าสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากตัวคนเราเอง หากผู้ใช้นั้นได้ตระหนักและคำนึงถึงความสำคัญของการขับขี่ที่ปลอดภัยจะสามารถช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุลงได้ ประเทศไทยสูญเสียประชากรจากอุบัติเหตุจราจรในแต่ละปี ประมาณ 13,000 ราย ในจำนวนนี้ ประมาณร้อยละ 80 เป็นผู้ขับขี่และซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ มีผลงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นชัดเจนว่านักเรียนและนักศึกษาเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงสุดในการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์

คณิตศาสตร์และฟิสิกส์เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยในการทำความเข้าใจถึงอันตรายของการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัย เช่น การขับรถเร็วเกินอัตราที่กำหนด หรือขับรถตามคันหน้าอย่างกระชั้นชิด การลงมือทำความเข้าใจกับอุบัติเหตุโดยผ่านการทำโจทย์คณิตศาสตร์และฟิสิกส์จะช่วยให้ นักเรียน – นักศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญในการใช้รถใช้ถนนอย่างปลอดภัยอย่างถาวร

1.2 อุบัติเหตุจราจรในชีวิตจริง

อุบัติเหตุจราจรเป็นสิ่งที่ป้องกันได้ หากผู้ใช้นและผู้เกี่ยวข้องเข้าใจสาเหตุของการเกิดของอุบัติเหตุและดำเนินการแก้ไขและป้องกัน ใน 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ตัวอย่างข้างทำนี้ แสดงให้เห็นถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

อุบัติเหตุจราจรบางครั้งเกิดขึ้นโดยตรงต่อนักเรียนนักศึกษา เช่น กรณีที่รถบรรทุกไม่เสียท้ายรถโดยสารหกล้อ เทกระจาก “นร. – นศ.” เจ็บ 54 คนที่โคราช ขณะนำนักเรียนไปส่ง

อุบัติเหตุสยองคร่าชีวิตนักเรียน – นักศึกษารายนี้เกิดขึ้นเมื่อเวลา 07.00 น. วันที่ 22 มิถุนายน 2547 พ.ต.ท. อรพล โคตรโนนกอก สส. สภ.ต.โพธิ์กลาง อ.เมือง จ. นครราชสีมา รับแจ้งมีเหตุรถบรรทุกสิบล้อชนกับรถโดยสารหกล้อ มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจำนวนมาก บนถนนบายพาสปากทางเข้าชุมชนวัดเลียบก่อนถึงโรงเรียนโคราชพิทยาคม 500 เมตร ชอยมิตรภาพ 8 ต.ปรางใหญ่ อ.เมือง จึงรีบไป

ตรวจสอบพร้อมพ.ต.อ.ณัฐ อรรถกวิน ผกก. หน่วยแพทย์ฉุกเฉิน รพ.ราชสีมานครบุรี และหน่วยกู้ภัย
 สุก 31 ที่เกิดเหตุพบรถโดยสารหกล้อสายราชสีมา-พลกรัง ยี่ห้ออีซูซุ สีฟ้า ทะเบียน 10-4582
 นครราชสีมา ถูกชนท้ายพังเสียหาย พลิกตะแคงคว่ำอยู่บนถนน ห่างออกไปพบรถบรรทุกสิบล้อ
 ยี่ห้ออีซูซุ สีเทา ทะเบียน 70-0882 หนองคาย ของบริษัทสิทธิพรการค้า จ.หนองคาย ซึ่งบรรทุกไม้
 แปรรูปมาเต็มคันจอดอยู่ หนักรถมีรอยชนกันจนพังยับเยิน ท่ามกลางชาวบ้านที่กำลังช่วยกันลำเลียง
 ผู้บาดเจ็บซึ่งส่วนใหญ่เป็นนักเรียน-นักศึกษา ที่นอนร้องโอดโอยอยู่บนถนน นำส่งรพ.มหาราช
 และรพ.ราชสีมานครบุรี รวมมีผู้บาดเจ็บทั้งสิ้น 54 คน อาการสาหัส 1 คน สอบสวนทราบว่าขณะที่
 นายบุญล้วน สิงห์พยัคเดช อายุ 40 ปี กำลังขับรถ มีนักเรียนและนักศึกษาจาก 2 สถาบัน โดยสารมา
 เต็มคันจนแน่น กำลังจะไปเรียนหนังสือมาถึงจุดเกิดเหตุกำลังจะเลี้ยวเข้าซอย ถูกรถบรรทุกวิ่งตามมา
 ด้วยความเร็วสูง พุ่งชนท้ายเอาดี้อ ๆ จนรถพลิกคว่ำ นักเรียน นักศึกษาบางส่วนกระเด็นตกออกมา
 นอกรถ เบื้องต้นตำรวจคาดว่าคนขับรถสิบล้ออาจหลับในหรือเบรกไม่ทัน

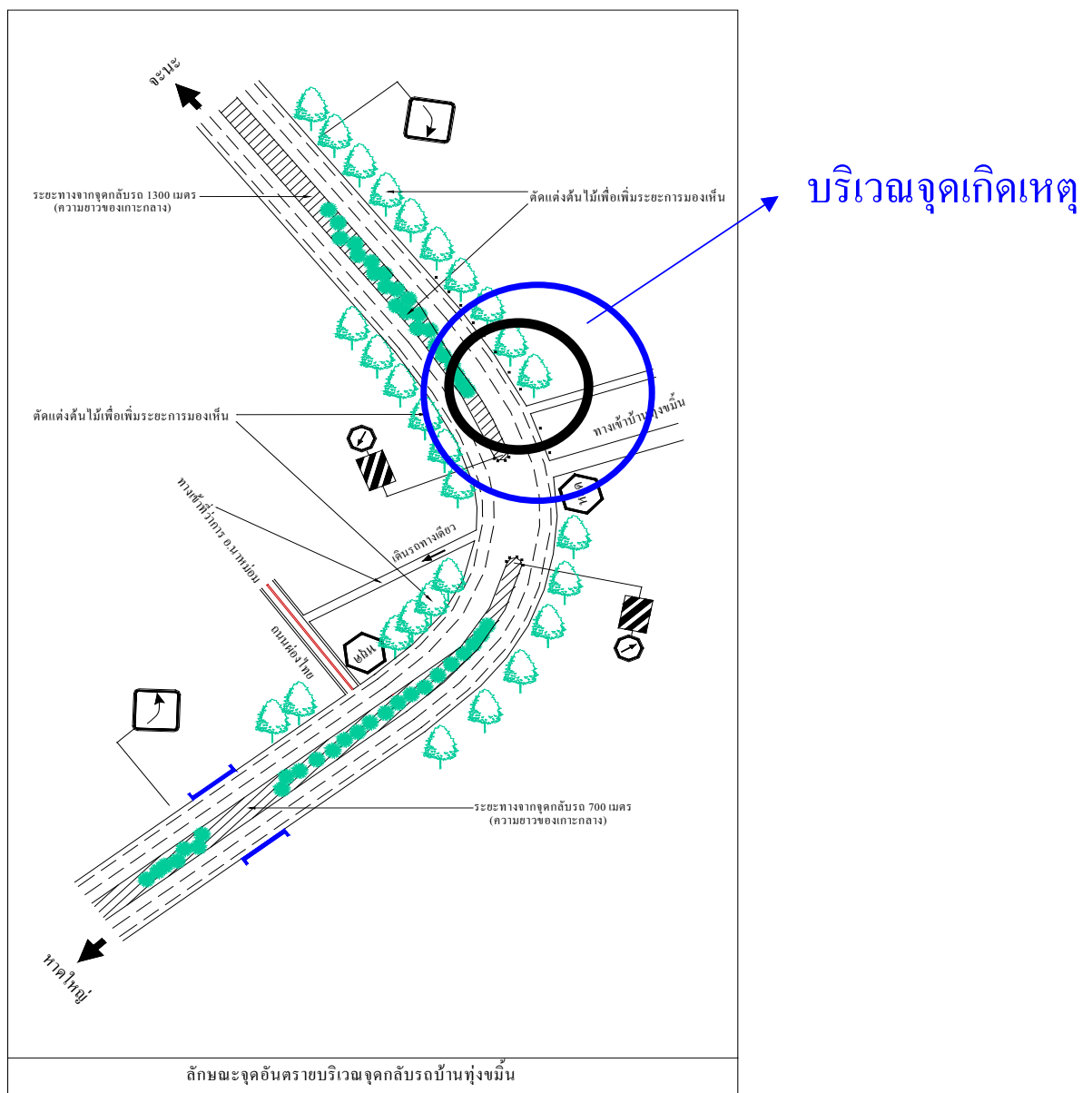
ข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ปี 2545 ระบุว่า สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ
 เนื่องจากการขับรถตามกระชั้นชิด คือ 4,029 ครั้ง และการหลับใน 448 ครั้ง



รูปที่ 1 : เยาวชนผู้ใช้จักรยานยนต์เป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงสุดในการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุ

ตัวอย่างการเกิดอุบัติเหตุกับนักเรียนเมื่อ 19 เมษายน 2545

นักเรียนหญิง 3 คน ขับรถจักรยานยนต์ออกจากซอยที่บ้านทุ่งขมิ้น จังหวัดสงขลา เพื่อที่จะออกมาจุดกลับรถ แต่เนื่องจากจุดกลับรถดังกล่าวอยู่ในบริเวณทางโค้ง ที่มีต้นไม้บังการมองเห็น (รูปที่ 2 และ 3) จึงทำให้นักเรียนหญิงผู้ขับขี่มองไม่เห็นรถบนทางตรงที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูง ซึ่งคนขับเหยียบห้ามล้อไม่ทัน ส่งผลให้รถทั้ง 2 คันชนกันอย่างรุนแรง จากอุบัติเหตุดังกล่าวทำให้นักเรียนหญิง 2 คนเสียชีวิต และอีกหนึ่งคนบาดเจ็บสาหัส



รูปที่ 2 ทางโค้งบริเวณบ้านทุ่งขมิ้น



รูปที่ 3 ทางออกจากบ้านทุ่งขมิ้นหลังจากผ่านช่วงทางโค้ง



รูปที่ 4 สภาพรถของผู้เสียหายหลังจากเกิดอุบัติเหตุในครั้งนี้

2. สัญลักษณ์

ระยะหยุดปลอดภัย $s = (V_i \times t_r) + \frac{V_i^2}{2fg}$

สมการการเคลื่อนที่ $V_f = V_i + at$
 $V_f^2 = V_i^2 + 2as$

พลังงานจลน์ $E_p = \frac{1}{2} m V_i^2$

พลังงานศักย์ $E_k = mgh$

s = ระยะทาง (เมตร)

m = มวล (กิโลกรัม)

h = ความสูง (เมตร)

V_i = ความเร็วต้น (เมตร/วินาที)

V_f = ความเร็วปลาย (เมตร/วินาที)

t_r = ระยะเวลาการตอบโต้ (วินาที) คือ ระยะเวลาที่ตาของผู้ขับขี่ยานพาหนะเริ่มมองเห็นวัตถุ และสมองสั่งการให้เท้าเหยียบเบรก จนกระทั่งขาเหยียบเบรก โดยทั่วไปใช้ 2.0 วินาที หรืออาจกำหนดเป็นอย่างอื่น

t = เวลา (วินาที)

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับถนน โดยเฉลี่ยใช้ 0.3 หรือกำหนดเป็นอย่างอื่น

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.81 เมตร/วินาที²

a = ความเร่งหรือความหน่วง (เมตร/วินาที²) โดย $a = fg$

3. วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้คณิต-ฟิสิกส์จากอุบัติเหตุจราจร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ด้านคณิตศาสตร์และฟิสิกส์มาเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของอุบัติเหตุจราจร เพื่อให้เกิดความตระหนกอย่างแท้จริง กล่าวกันว่า การเรียนรู้ด้วยการลงมือทำด้วยตนเอง เป็นการช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างถาวร วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้เรื่องอุบัติเหตุจราจร โดยอาศัยการทำโจทย์คณิตศาสตร์และฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง คือเพื่อให้เกิด :

1. การปลูกฝังวัฒนธรรมด้านความปลอดภัย (Safety Culture) ขึ้นในใจของนักเรียน
2. ความตระหนกว่าการขับรถเร็วเพิ่มโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ และเพิ่มความรุนแรงของอุบัติเหตุ
3. ความเข้าใจเรื่องความเร็วที่คนเดินเท้าถูกชน และโอกาสที่จะเสียชีวิต
4. ความเข้าใจเรื่องแรงที่รถชนคนตามกฎหมายการเคลื่อนที่ของ Newton ข้อที่ 2
5. ความรู้ในข้อกฎหมายที่เกี่ยวกับความเร็ว
6. ความตระหนกว่าความเสียชาน ระหว่างยางล้อกับผิวถนนลดลงประมาณครึ่งหนึ่งเมื่อถนนเปียก
7. ความตระหนักในความรุนแรงที่เกิดจากการชน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติของพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์
8. ความตระหนักถึงอันตรายจากการขับรถกระชังชิด และสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุประเภทชนท้ายได้ โดยการเว้น ระยะห่างรถคันหน้าอย่างน้อย 2 วินาที



วัฒนธรรมด้านความปลอดภัยที่ต้องปลูกฝัง



ผลจากการขับรถกระชังชิด

9. ความรู้ในเรื่องระยะการมองเห็น ถ้าการมองเห็นในเวลากลางคืน ต้องอาศัยไฟหน้ารถ ผู้ขับขี่จะต้องใช้ความเร็วที่สามารถหยุดรถได้ทันในระยะที่ไฟหน้ารถส่องสว่าง ถึง คือ ไม่ควรเกิน 78 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงการชน
10. การเปลี่ยนพฤติกรรมในการขับรถข้ามทางรถไฟ นักเรียนและผู้ปกครองจะต้อง ปฏิบัติตามกฎหมายจราจรอย่างเคร่งครัด และต้อง “หยุด” ก่อนที่จะข้าม
11. ความตระหนักถึง ภัยอันตรายสัภัย (Potential danger) จากการขับขี่รถจักรยานยนต์ และเปลี่ยนพฤติกรรมโดยการป้องกันไว้ก่อน



4. ความรู้พื้นฐานด้านฟิสิกส์และคณิตศาสตร์

ในส่วนนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎี และความรู้พื้นฐานทางด้านฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐาน การทำโจทย์ของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ในแต่ละข้อ รวมถึงที่มาของสูตรต่าง ๆ ในหน่วย SI

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

หากพิจารณาวัตถุสารใด ๆ จะเห็นว่า บางวัตถุมีความหนาแน่นของเนื้อวัตถุนั้นมาก เช่น เหล็ก หิน บางวัตถุมีความหนาแน่นน้อย เช่น โฟม พลาสติก ทำให้มีน้ำหนักเบา

มวลสาร (Mass; m) จึงเป็นปริมาณที่บอกคุณสมบัติของวัตถุ หากมีแรงมากระทำต่อวัตถุในแนวราบ พื้นผิวก็จะเกิดสภาพการต่อต้านสภาวะการเคลื่อนที่ เช่น ถ้าออกแรงผลักวัตถุที่มีมวลสารหนาแน่น ก็ต้องออกแรงมาก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

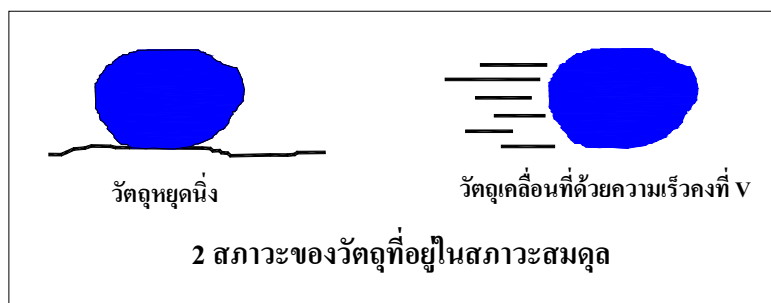
แรง (Force; F) คือปริมาณทางฟิสิกส์ที่กระทำต่อวัตถุ แล้วจะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง มี หน่วยเป็น Newton

น้ำหนัก (Weight; W) เมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึงดูดของโลก จะมีแรง (Force) ดึงดูดที่ทำให้วัตถุตก จากที่สูง และเคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางของโลก แรงของโลกที่ดึงดูดมีค่าเท่ากับ $W = mg$ โดย g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational acceleration) ซึ่งมีค่า $= 9.81$ เมตร/วินาที²

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's Laws of Motion)

นิวตัน ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ และได้เสนอกฎการเคลื่อนที่สามข้อดังนี้

กฎข้อที่ 1 ซึ่งรู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า กฎแห่งความเฉื่อย (Law of Inertia) วัตถุใด ๆ ที่อยู่กับที่ ก็จะ อยู่กับที่จนกว่าจะมีแรงมากระทำ จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่และถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ก็จะเคลื่อนที่ต่อไป จนกว่าจะมีแรงมากระทำทำให้วัตถุเปลี่ยนทิศ หรือเปลี่ยน แปลงความเร็ว



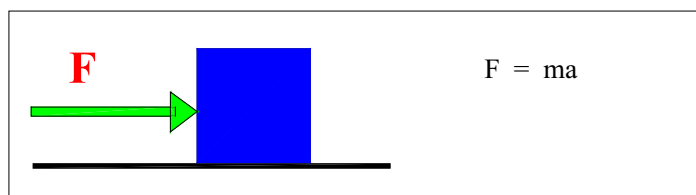
กฎข้อที่ 2 ถ้ามีแรงจากภายนอกมากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่และจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น

โดย $F = ma$

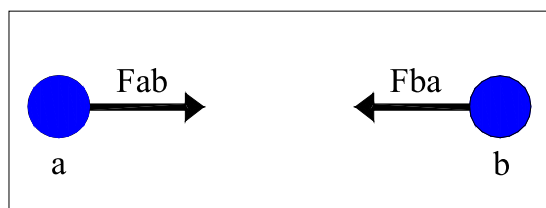
เมื่อ F คือ แรงที่กระทำ (นิวตัน)

m คือ มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)

a คือ ความเร่ง (เมตร/วินาที²)



กฎข้อที่ 3 เมื่อมีแรงกระทำจะมีแรงต่อต้านการกระทำที่มีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงข้าม



แรงกิริยา (Action) = แรงปฏิกิริยา (Reaction) นั่นคือ $F_{ab} = -F_{ba}$

เมื่อ F_{ab} = แรงที่ b กระทำต่อ a

F_{ba} = แรงที่ a กระทำต่อ b

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งภายใต้แรงดึงดูดของโลก

กาลิเลโอ ได้ทำการทดลองให้เห็นว่า วัตถุที่ตกลงสู่พื้นโลกอย่างอิสระ จะเคลื่อนที่ภายใต้แรงดึงดูดของโลก นิวตันตั้งข้อสังเกตเห็นว่า ทำไมดวงจันทร์ไม่ลอยหลุดออกไปจากโลก ทำไมผลแอปเปิ้ลจึงตกลงสู่พื้นดิน นิวตันได้ทำการศึกษาค้นคว้า และสามารถพิสูจน์ในเรื่องกฎแห่งการดึงดูดของ สสาร โดยโลกและดวงจันทร์ต่างมีแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน แต่เนื่องจากดวงจันทร์โคจรรอบโลก จึงมีแรงหนีศูนย์กลางซึ่งต่อต้านแรงดึงดูดไว้ ทำให้ดวงจันทร์ลอยโคจรรอบโลกได้ แต่ผลแอปเปิ้ลกับโลกก็มีแรงดึงดูดระหว่างกัน ผลแอปเปิ้ลเมื่อหลุดจากขั้วจึงเคลื่อนที่อย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก



การตกอย่างอิสระนี้ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง g ซึ่งเรียกว่า **Gravitational acceleration** มีค่าประมาณ 9.81 เมตร/วินาที²

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งนี้จึงเป็นไปตาม กฎการเคลื่อนที่ ดังนี้

$$v = u + gt \quad v^2 = u^2 + 2gs$$

$$s = \frac{u + v}{2} \quad s = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

เมื่อ

s	=	ระยะทาง (เมตร)
t	=	เวลา (วินาที)
u	=	ความเร็วต้น (เมตร/วินาที)
v	=	ความเร็วปลาย (เมตร/วินาที)
g	=	ความเร่งจากแรงดึงดูดของโลก (เมตร/วินาที ²)

พลังงาน (Energy)

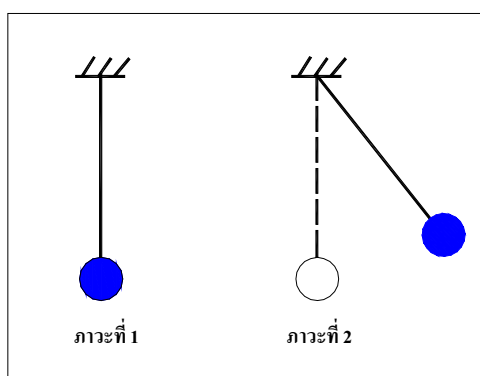
พลังงาน คือ ความสามารถในการทำงาน (**The Ability to do work**) ถ้าวัตถุสามารถทำงานได้ แสดงว่าวัตถุนั้นมีพลังงาน เมื่อเราเห็นคนคนหนึ่งสามารถทำงานได้จำนวนมาก เรากล่าวว่าคนนั้นมีพลังงานมาก น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถให้พลังงานออกมาเมื่อเผาไหม้ พลังงานสามารถทำงานได้ โดยทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ ซึ่งส่งผลให้รถเคลื่อนที่

วัตถุใดๆ ก็ตามมีพลังงานอยู่ในตัว 2 รูปแบบด้วยกันคือ

- พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ เรียกว่า **พลังงานจลน์** (kinetic energy) และ
- พลังงานที่มีสะสมอยู่ในตัว เนื่องมาจากภาวะของวัตถุ เรียกว่า **พลังงานศักย์** (potential energy)

ตัวอย่างของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์นั้นเราพอจะเห็นได้ง่ายๆ จากสิ่งที่เกิดขึ้นรอบๆ ตัวเราอยู่ทุกวัน เช่น รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็วปกตินบนถนนในที่ราบ ถ้าต้องการให้หยุดเราต้องใช้ห้ามล้อ ซึ่งหมายถึงออกแรงต้านการเคลื่อนที่ รถยนต์ยังไม่สามารถหยุดได้ทันทีแต่จะเลื่อนต่อไปเป็นระยะทางหนึ่ง เราต้องทำงานด้วยแรงต้านทานเพื่อให้รถหยุด เพราะรถมีพลังงานเนื่องจากการกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้นคือรถมีพลังงานจลน์

สำหรับตัวอย่างของพลังงานศักย์แบบหนึ่งที่น่าจะเห็นได้ ก็คือลูกตุ้มผูกห้อยที่ปลายเชือก ในภาวะที่ 1 ลูกตุ้มแขวนห้อยอยู่นิ่งๆ แต่ในภาวะที่ 2 ลูกตุ้มถูกยกขึ้นไปสูงกว่าระดับเดิม

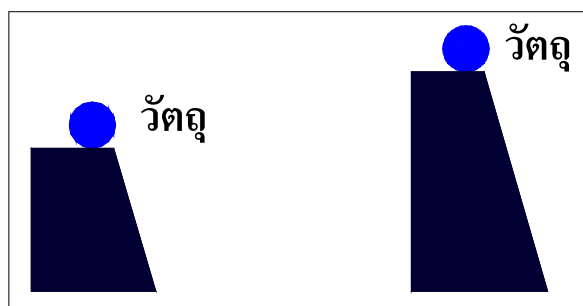


ทำให้ตัวของมันเองมีพลังงานพร้อมที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ทันที และถ้ายกให้ลูกตุ้มสูงขึ้นอีก มันจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขึ้นอีกด้วย เพราะมีพลังงานศักย์มากขึ้นเนื่องจากตำแหน่งของวัตถุสูงขึ้น

พลังงานมีหลายรูปแบบ เช่น พลังงานเคมี พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานแสง พลังงานเสียง ฯลฯ

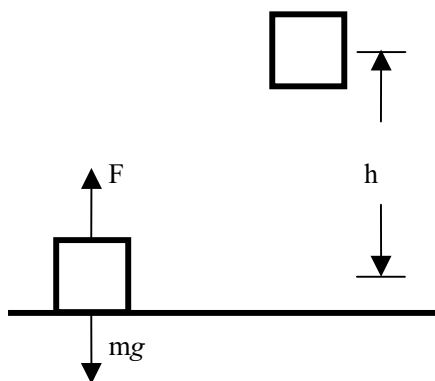
พลังงานรูปแบบหนึ่งที่สำคัญในวิชาฟิสิกส์คือ พลังงานกล (Mechanical Energy) ประกอบด้วย พลังงานศักย์ (Potential Energy) และพลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

พลังงานศักย์ (Potential Energy)



ถ้ากลิ้งวัตถุจากที่สูงต่างกันลงมายังพื้น โดยให้ความชันเท่ากัน จะพบว่าวัตถุที่อยู่ที่สูง เมื่อกลิ้งลงมา วัตถุที่อยู่สูงจะมีพลังงานสะสมไว้มาก **พลังงานศักย์** เป็นพลังงานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง จากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง โดยปกติพลังงานศักย์ที่รู้จักกันดีคือพลังงานศักย์ที่เกิดจากแรงโน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy)

ถ้ายกวัตถุก้อนหนึ่งที่มีมวลสาร m ไปไว้ที่ความสูง h พลังงานที่สะสมในวัตถุเกิดจากการเปลี่ยนระดับความสูงของวัตถุ



จะได้สมการพลังงานศักย์ดังนี้

$$E_p = mgh$$

เมื่อ

E_p คือ พลังงานศักย์จากแรงโน้มถ่วง (นิวตัน-เมตร หรือจูล)

m คือ มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)

h คือ ความสูงของวัตถุ (เมตร)

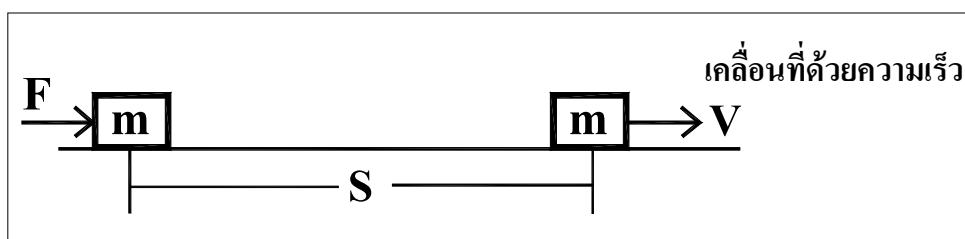
หากพิจารณาว่าวัตถุเดิมมีน้ำหนัก mg เมื่อออกแรง F ยกวัตถุไปไว้ที่ระดับสูง h

$$\text{งานที่ทำ} = Fh = mgh$$

งานที่ทำได้จึงเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์จากแรงโน้มถ่วง

พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

จากกฎของนิวตัน $F = ma$ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุ ให้วัตถุเคลื่อนที่ ก็จะมีพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ พลังงานที่เกิดขึ้น เป็นพลังงานจลน์



$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

เมื่อ E_k คือ พลังงานจลน์ (นิวตัน-เมตร หรือจูล)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

v คือ ความเร็ว (เมตร/วินาที)

การประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์เพื่อหาปริมาณที่สำคัญทางด้านวิศวกรรมจราจร

ระยะหยุดปลอดภัยของรถ

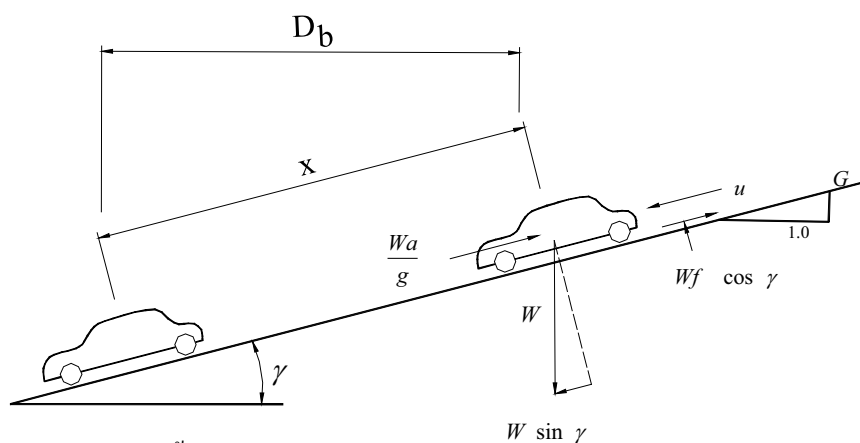
ระยะมองเห็นสำหรับหยุดรถ คือ ระยะทางขับจี้รถ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ระยะทางที่ผู้ขับขี่มองเห็นวัตถุและประสาทสั่งการ (Perception)
2. ระยะทางที่ผู้ขับขี่มีปฏิกิริยาต่อการเหยียบเบรค (Reaction)
3. ระยะทางที่รถใช้ในการหยุดหลังการเหยียบเบรค (Braking Distance)

สำหรับ 2 ช่วงระยะแรกรถยังคงวิ่งด้วยความเร็วเต็มที่ ส่วนช่วงสุดท้ายความเร็วของรถจะลดลงจนในที่สุดเท่ากับศูนย์

ระยะทาง 2 ช่วงแรกเรียกว่า ระยะทางตัดสินใจ (Perception – Reaction Distance) มีค่าเท่ากับ Vt เมื่อ V คือ ความเร็วของรถ และ t คือ ระยะเวลาในการตัดสินใจ (Perception – Reaction Time)

ระยะทางช่วงที่ 3 เรียกว่า ระยะทางการเบรค (Braking Distance) มีค่าเท่ากับ D_b



- เมื่อ
- W คือ น้ำหนักของรถ
 - f คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับผิวจราจร
 - g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 - a คือ ความเร่งของรถ
 - V คือ ความเร็วขณะเหยียบเบรค
 - D_b คือ ระยะทางการเบรค
 - γ คือ มุมระหว่างพื้นเอียงกับแนวนอน
 - G คือ อัตราการยกกระดืบ ($\tan \gamma$)

x คือ ระยะทางที่รถเคลื่อนที่บนถนนขณะเหยียบเบรก

จากรูป แรงเสียดทานจากการเคลื่อนที่ของรถ $= Wf \cos \gamma$

$$\text{แรงที่กระทำต่อรถเนื่องจากความหน่วง} = \frac{Wa}{g}$$

$$\text{แรงปฏิกิริยาเนื่องจากน้ำหนักของรถ} = W \sin \gamma$$

จาก $\sum F = ma$ จะได้

$$W \sin \gamma - Wf \cos \gamma = \frac{Wa}{g}$$

เมื่อ ความหน่วง (a) สามารถแทนได้ด้วย $a = -\frac{V^2}{2x}$

เขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$W \sin \gamma - Wf \cos \gamma = -\frac{WV^2}{2gx}$$

แทนค่า $D_b = x \cos \gamma$ จะได้

$$\frac{WV^2}{2gD_b} \cos \gamma = Wf \cos \gamma - W \sin \gamma$$

$$\frac{V^2}{2gD_b} = f - \tan \gamma$$

$$D_b = \frac{V^2}{2g(f - \tan \gamma)}$$

เมื่อ $\tan \gamma = G$

$$D_b = \frac{V^2}{2g(f - G)}$$

จากสมการข้างบนเมื่อรวมระยะทางการเบรกกับระยะทางตัดสินใจ จะได้ระยะทางทั้งหมดเป็นระยะมองเห็นสำหรับการหยุดรถดังนี้

$$S = Vt + \frac{V^2}{2g(f - G)}$$

เมื่อเคลื่อนที่ในแนวระดับ $G = 0$

$$S = Vt + \frac{V^2}{2gf}$$

เมื่อ S คือ ระยะสำหรับการหยุดรถ (เมตร)

t คือ ระยะเวลาในการตัดสินใจ (วินาที)

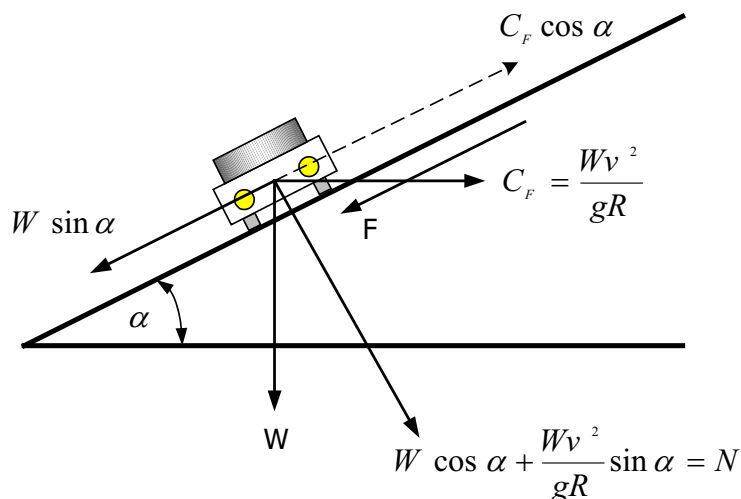
V คือ ความเร็วรถ (เมตร/วินาที)

f คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับผิวจราจร

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 เมตร/วินาที²

การยกกระด้นขอบถนนบริเวณทางโค้ง (Curve Superelevation)

การยกโค้งในช่วงถนนที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูงเมื่อเข้าโค้งราบจะช่วยเพิ่มแรงต้าน การเกิดแรงหนีศูนย์กลางซึ่งอาจทำให้รถเสียหลักไถลหลุดออกจากทางโค้งได้ จึงจำเป็นต้องยกผิวทางด้านนอกให้ลาดเอียงเพื่อด้านรับแรงหนีศูนย์กลาง



ถ้าให้ W = น้ำหนักรถ

V = ความเร็ว

v = ความเร็วของรถบนทางโค้ง

$$= 0.278 V$$

α = มุมเอียงทางโค้ง

e = $\tan \alpha$

= *Super Elevation Slope*

= อัตราการยกโค้งของผิวทาง

f = สปส. ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน

F = แรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนน

R = รัศมีของโค้งราบ

แรงหนีศูนย์กลาง $C_F = \frac{Wv^2}{gR}$

$$F = fN$$

$$= f(W \cos \alpha + \frac{Wv^2}{gR} \sin \alpha)$$

$$\therefore W \sin \alpha + f(W \cos \alpha + \frac{Wv^2}{gR} \sin \alpha) = \frac{Wv^2}{gR} \cos \alpha$$

คูณด้วย $\frac{1}{W \cos \alpha}$ ตลอดจะได้

$$\tan \alpha + f + \frac{fv^2}{gR} \tan \alpha = \frac{v^2}{gR}$$

เนื่องจาก f มีค่าน้อย ประมาณ 0.15 เมื่อคูณกับ $\frac{v^2}{gR} \tan \alpha$ ซึ่งต่างก็มีค่าน้อยเช่นกัน ดังนั้น

$$f \frac{v^2}{gR} \tan \alpha \cong 0$$

$$\tan \alpha + f = \frac{v^2}{gR}$$

$$\tan \alpha = e, \quad e + f = \frac{v^2}{gR}$$

$$\therefore \quad v = 0.278V$$

$$\begin{aligned} \therefore \quad e + f &= \frac{0.278V^2}{9.81R} \\ &= \frac{V^2}{127R} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} \quad R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

เมื่อ R มีหน่วยเป็นเมตร V มีหน่วยเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าของ f จะแปรตามความเร็ว และสภาพพื้นผิวถนน เช่น แห้ง เปียก เรียบ ขรุขระ เป็นต้น

5. โจทย์

โจทย์ข้อที่ 1

ระดับชั้น

ม.4 – ม.6

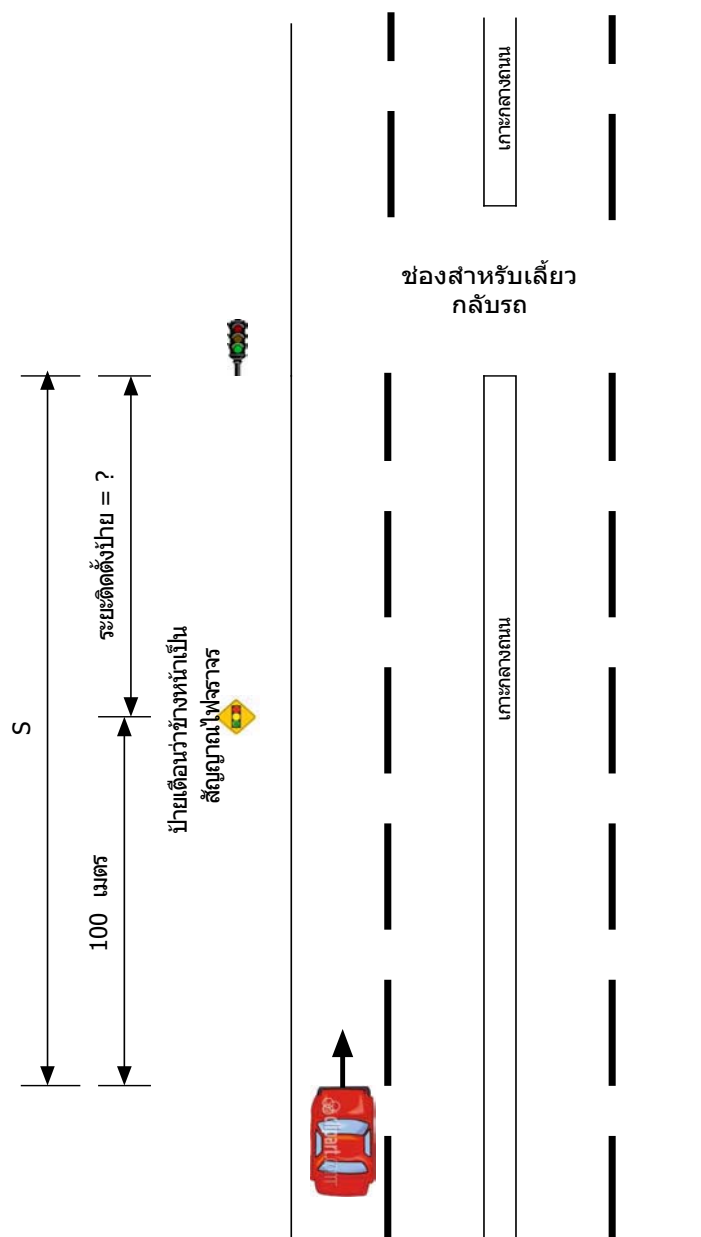
จากข้อมูลสถิติของการเกิดอุบัติเหตุ ช่วงบริเวณถนนเพชรเกษม ตรงจุดหน้าสถานีตำรวจหาญใหญ่ มีการเกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่า บริเวณดังกล่าวเป็นจุดกลับรถเพื่อเลี้ยวเข้าสู่ชุมชนโชคสมาน ซึ่งมีปริมาณของรถซึ่งกลับรถในจุดดังกล่าวค่อนข้างสูงเกือบตลอดทั้งวัน หลังจากเกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้ง ทางเทศบาลจึงได้ติดตั้งไฟสัญญาณสำหรับรถที่ต้องการกลับรถ แต่ยังไม่มีการติดตั้งป้ายเตือนว่าข้างหน้ามีสัญญาณไฟไปพร้อมกับการติดตั้งสัญญาณไฟ ก่อปรกับช่วงทางดังกล่าวมีลักษณะโค้งก่อนเข้าสู่ช่วงทางที่มองเห็นสัญญาณไฟ จึงเป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น

คำถาม...ระหว่างที่ยังไม่มีการติดตั้งป้ายเตือนว่ามีไฟสัญญาณข้างหน้า หากนายชานขับรถผ่านมาด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. บนถนนเพชรเกษม นายชานมองเห็นว่าข้างหน้าเป็นสัญญาณไฟเหลือง เมื่อ นายชานห่างจากตัวสัญญาณไฟเป็นระยะ 100 เมตร ถามว่า นายชานจะหยุดรถก่อนถึงไฟสัญญาณได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ เมื่อระยะหยุดรถเท่ากับระยะตอบโต้ของผู้ขับขี่บวกกับระยะเบรก (เมตร) ซึ่งหาได้จาก

$$\text{ระยะหยุดรถ } s = (V_i \times t_r) + \frac{V_i^2}{2fg} \quad \text{เมตร}$$

- t_r ระยะเวลาตอบโต้ของผู้ขับขี่กำหนดให้เท่ากับ 2.5 วินาที
- V_i คือ ความเร็วของผู้ขับขี่ (เมตร/วินาที)
- f สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน ใช้เท่ากับ 0.3
- $g = 9.81$ เมตร/วินาที²

หากจะมีการดำเนินการติดตั้งป้ายเตือนว่าข้างหน้าเป็นไฟสัญญาณ ควรติดตั้งป้ายห่างจากตัวสัญญาณไฟเป็นระยะอย่างน้อยที่สุดเท่าใด เมื่อถนนมีป้ายบังคับความเร็วไว้ที่ 80 กม./ชม. และสามารถมองเห็นป้าย ณ ตำแหน่งที่ห่างจากป้าย 100 เมตร ดังรูป



ผังการคำนวณหาระยะติดตั้งป้ายเตือน

โจทย์ข้อที่ 2 (ดัดแปลงจาก Fatal impact - the physics of speeding cars. Australian Academy of Science, www.science.org.au/nova/058/058key.htm)

ระดับชั้น

ม.4 – ม.6

นักวิทยาศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย Adelaide ประเทศออสเตรเลีย ได้ใช้ข้อมูลจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง ในการประเมินความเสี่ยงของรถยนต์ส่วนบุคคลในการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บ/เสียชีวิต เมื่อรถดังกล่าววิ่งด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. หรือมากกว่า พวกเขาพบว่า ความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าสำหรับ ความเร็วที่เพิ่มขึ้นทุก 5 กม./ชม. ที่สูงกว่า 60 กม./ชม. เพราะฉะนั้น รถที่วิ่งด้วยความเร็ว 65 กม./ชม. มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากเป็น 2 เท่าของรถที่วิ่งด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. และถ้าวิ่งด้วยความเร็ว 70 กม./ชม. ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บ/เสียชีวิตเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

เหตุผลที่ทำให้เกิดความเสี่ยงเพิ่มขึ้น คือ เวลาของการตอบโต้ (reaction time) ซึ่งคือระยะเวลาเริ่มจากเมื่อผู้ขับขี่มองเห็นสิ่งอันตราย จนกระทั่งผู้ขับขี่ตอบโต้กับสิ่งอันตรายดังกล่าว และระยะเบรก (braking distance) ซึ่งแปรตามความเร็วยกกำลังสอง

ถ้านายไฟ้ขับรถยนต์ ด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. บนถนนที่มีป้ายบังคับความเร็ว 60 กม./ชม. และ นายจรวดขับรถยนต์ประเภทเดียวกันตามหลังกมา ด้วยความเร็ว 65 กม./ชม. เพื่อแซงนายไฟ้ ขณะที่ นายจรวดขับขึ้นมาขนานกับรถนายไฟ้ ทั้งสองมองเห็น ด.ญ.เรณู อายุ 10 ขวบ ซึ่งอยู่ห่างออกไป 81 เมตร กำลังเดินข้ามถนน เมื่อระยะหยุดรถหาได้จาก

$$s = (V_i \times t_r) + \frac{V_i^2}{2fg} \quad \text{เมตร}$$

คำถาม...จะเกิดอะไรขึ้น ถ้า ด.ญ.เรณู ไม่ได้หยุดมองรถก่อนที่จะข้ามถนน ถ้าคนขับทั้งสองใช้เวลา 2.0 วินาทีในการตอบโต้ และรถทั้งสองคันมีระบบเบรกที่ใช้งานได้เหมือนกัน กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.3

โจทย์ข้อที่ 3

ระดับชั้น ม.4 – ม.6

คำถาม...จากโจทย์ข้อที่ 2 กรณีรถของนายจรวดชน ค.ณ.เรณู รถนายจรวดจะชน ค.ณ.เรณู ด้วยความเร็วเท่าใด ?

ความเร็วที่ชนสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$V_f = \sqrt{V_i^2 - 2as} \quad \text{เมตร/วินาที}$$

โจทย์ข้อที่ 4

ระดับชั้น ม.4 – ม.6

คำถาม...จากโจทย์ข้อที่ 2 กรณีรถของนายจรวดชน ค.ญ.เรณู แรงที่ชน ค.ญ.เรณู มีค่าเท่าใด ?

เมื่อกำหนดให้ ขนาดลำตัวของ ค.ญ.เรณู มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดรถ จึงมีผลน้อยมากต่อความเร็วของรถที่เปลี่ยนไป ขนาดลำตัวมีค่าเท่ากับ 20 เซนติเมตร น้ำหนัก 50 กิโลกรัม

โจทย์ข้อที่ 5

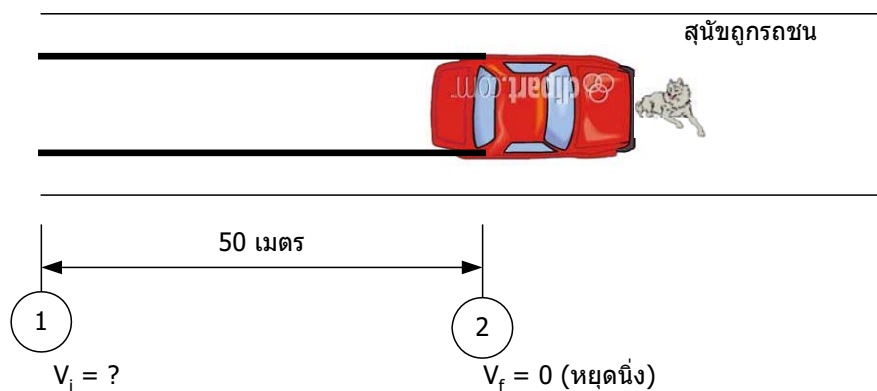
ระดับชั้น

ม.4 – ม.6

ในเขตเทศบาลแห่งหนึ่ง นายคว้นและภรรยาขับรถยนต์กระบะบรรทุกสินค้ารวมน้ำหนักรถเท่ากับ 1250 กิโลกรัม โดยมี ด.ญ. ดาว ลูกสาวอายุ 7 ขวบนั่งอยู่ที่เบาะหลัง นายคว้นขับรถวิ่งชนสุนัขที่วิ่งตัดหน้ากระแทก หัน สุนัขเสียชีวิตอยู่บนน้ำroad เจ้าของสุนัขโทรไปแจ้งความว่า มีผู้ขับรถยนต์ขับด้วยความเร็วสูงเกินกว่ากฎหมายกำหนดเป็นเหตุให้สุนัขของตนถึงแก่ความตาย เจ้าพนักงานตำรวจจราจรจึงออกมาตรวจสอบที่เกิดเหตุ วัดรอยล้อที่รถเบรคของล้อหลังได้ยาว 50 เมตร

คำถาม... รถกระบะขับด้วยความเร็วเท่าใด ผิดกฎหมายจราจรหรือไม่ และเกิดอะไรขึ้นกับ ด.ญ. ดาว เมื่อกฎหมายกำหนดรถกระบะบรรทุกของหนัก เกิน 1200 กิโลกรัมวิ่งภายในเขตเทศบาลได้ด้วยความเร็วไม่เกิน 60 กม./ชม.

(กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.3)



โจทย์ข้อที่ 6

ระดับชั้น

ม.4 – ม.6

ในขณะที่นาย ก. กำลังขับรถยนต์อยู่บนถนนทางหลวง ด้วยความเร็วคงที่ 90 กม./ชม. เห็นต้นไม้ใหญ่ล้มขวางอยู่ข้างหน้าห่างจากหน้ารถในขณะนั้น 200 เมตร นาย ก. มีสติดี ใช้เวลาในการตอบโต้กับสถานการณ์ 2.0 วินาที ก่อนเหยียบเบรค ระยะหยุดรถหาได้จาก

$$s = (V_i \times t_r) + \frac{V_i^2}{2fg} \quad \text{เมตร}$$

คำถาม...นาย ก. จะขับรถชนต้นไม้ที่ล้มขวางทางอยู่หรือไม่ ในกรณีต่อไปนี้

- 1) ถ้าสภาพถนนขณะนั้นเป็นสภาพแห้งปกติ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างล้อกับ ถนนเท่ากับ 0.30
- 2) ถ้าสภาพถนนขณะนั้นเป็นสภาพเปียกขณะฝนตก ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.15
- 3) ในสภาพถนนเปียกขณะฝนตก ($f = 0.15$) นาย ก. ควรลดความเร็วลงกี่เปอร์เซ็นต์ หรือกี่ส่วน เมื่อเทียบกับสภาพปกติในข้อ 1) เพื่อให้ได้ระยะทางในการหยุดรถเท่าเดิม