# 1. บทนำ

## 1.1 กล่าวนำ

อุบัติเหตุจราจรเป็นเหตุการณ์ลูกโซ่ เกิดขึ้นจากความผิดพลาดหรือบกพร่องของอย่างน้อย 1 ใน 3 ปัจจัย คือ ความผิดพลาดของคน คิดเป็นร้อยละ 95 ความบกพร่องของยานพาหนะ คิดเป็นร้อยละ 28 และความบกพร่องของถนนและสภาพแวดล้อม คิดเป็นร้อยละ 22 จากตัวเลขที่ปรากฏจะเห็นว่าสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากตัวคนเรานี่เอง หากผู้ใช้ถนนได้ตระหนักและคำนึงถึงความสำคัญของการขับขี่ที่ปลอดภัยจะสามารถช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุลงได้ ประเทศไทยสูญเสียประชากรจากอุบัติเหตุจราจรในแต่ละปี ประมาณ 13,000 ราย ในจำนวนนี้ ประมาณร้อยละ 80 เป็นผู้ขับขี่และซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ มีผลงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นชัดเจนว่านักเรียนและนักศึกษาเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงสุดในการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์

คณิตศาสตร์และฟิสิกส์เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยในการทำความเข้าใจถึงอันตรายของการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัย เช่น การขับรถเร็วเกินอัตราที่กำหนด หรือขับรถตามคันหน้าอย่างกระชั้นชิด การลงมือทำความเข้าใจกับอุบัติเหตุโดยผ่านการทำโจทย์คณิตศาสตร์และฟิสิกส์จะช่วยให้นักเรียน — นักศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญในการใช้รถใช้ถนนอย่างปลอดภัยอย่างถาวร

## 1.2 อุบัติเหตุจราจรในชีวิตจริง

อุบัติเหตุจราจรเป็นสิ่งที่ป้องกันได้ หากผู้ใช้ถนนและผู้เกี่ยวข้องเข้าใจสาเหตุของการเกิดของอุบัติเหตุและดำเนินการแก้ไขและป้องกัน ใน 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ตัวอย่างข้างท้ายนี้ แสดงให้เห็นถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

อุบัติเหตุจราจรบางครั้งเกิดขึ้นโดยตรงต่อนักเรียนนักศึกษา เช่น กรณีที่รถบรรทุกไม้เสยท้ายรถโดยสารหกล้อ เทกระจาด "น.ร. – น.ศ." 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 ซอยมิตรภาพ 8 ต..ปรุใหญ่ อ.เมือง จึงรีบ

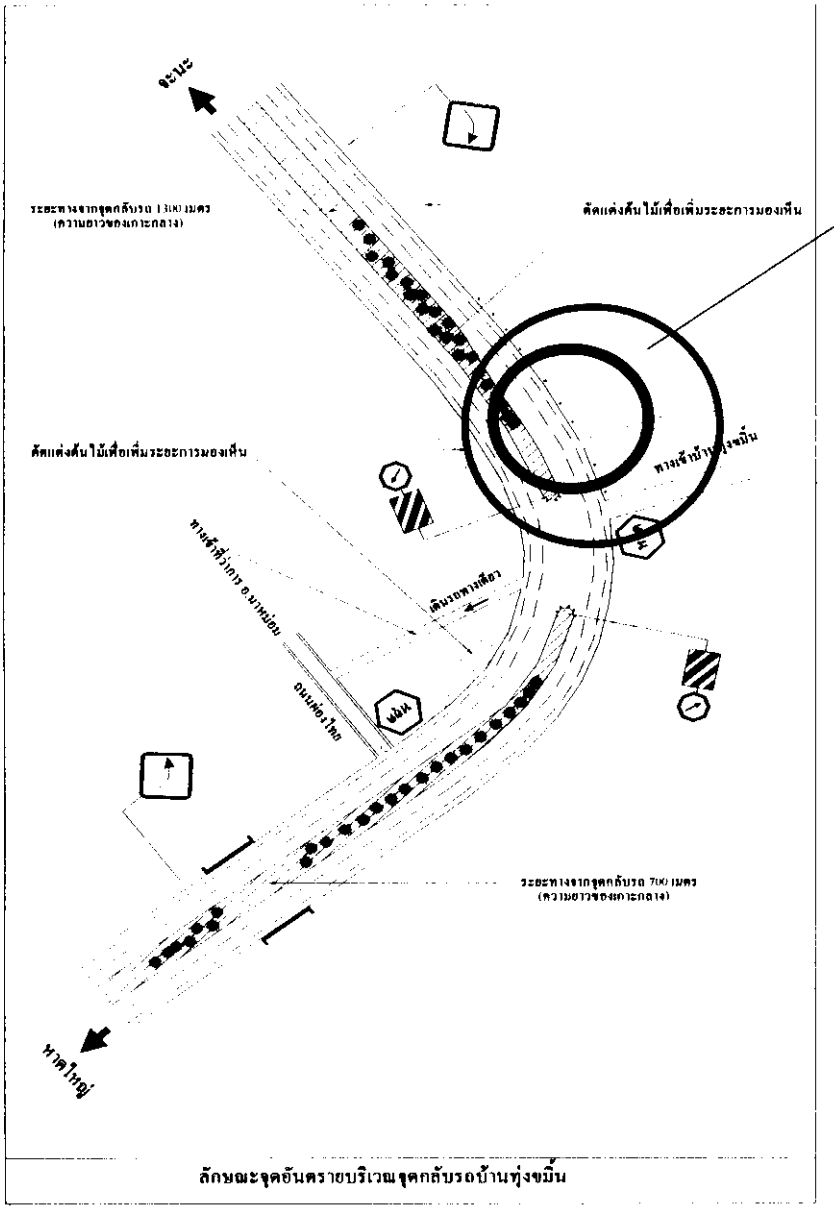
ไปตรวจสอบพร้อมพ.ต.อ.ณัฐ อรรถกวิน ผกก. หน่วยแพทย์ฉุกเฉิน รพ.ราชสีมาธนบุรี และหน่วยกู้ภัยสุก 31 ที่เกิดเหตุพบรถโดยสารหกล้อสายราชสีมา-พลกรัง ยี่ห้ออีซูซุ สีฟ้า ทะเบียน 10-4582 นครราชสีมา ถูกชนท้ายพังเสียหาย พลิกตะแคงคว่ำอยู่บนถนน ห่างออกไปพบรถบรรทุกสิบล้อ ยี่ห้ออีซูซุ สีเทา ทะเบียน 70-0882 หนองคาย ของบริษัทสิทธิพรการค้า จ.หนองคาย ซึ่งบรรทุกไม้แปรรูปมาเต็มคันจอดอยู่ หน้ารถมีรอยชนกันจนพังยับเยิน ท่ามกลางชาวบ้านที่กำลังช่วยกันลำเลียงผู้บาดเจ็บซึ่งส่วนใหญ่เป็นนักเรียน-นักศึกษา ที่นอนร้องโอดโอยอยู่บนถนน นำส่งรพ. มหาราช และรพ.ราชสีมาธนบุรี รวมมีผู้บาดเจ็บทั้งสิ้น 54 คน อาการสาหัส 1 คน สอบสวนทราบว่าขณะที่นายบุญล้วน สิงห์พยัคเดช อายุ 40 ปี กำลังขับรถ มีนักเรียนและนักศึกษาจาก 2 สถาบันโดยสารมาเต็มคันจนแน่น กำลังจะไปเรียนหนังสือมาถึงจุดเกิดเหตุกำลงจะเลี้ยวเข้าซอย ถูกรถคู่กรณีวิ่งตามมาด้วยความเร็วสูง พุ่งชนท้ายเอาดื้อ ๆ จนรถพลิกคว่ำ นักเรียน นักศึกษาบางส่วนกระเด็นตกออกมานอกรถ เบื้องต้นตำรวจคาดว่าคนขับรถสิบล้ออาจหลับในหรือเบรกไม่ทัน

ข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ปี 2545 ระบุว่า สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากการขับรถตามกระชั้นชิด คือ 4,029 ครั้ง และการหลับใน 448 ครั้ง

**รูปที่ 1 : เยาวชนผู้ใช้จักรยานยนต์เป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงสุดในการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุ**

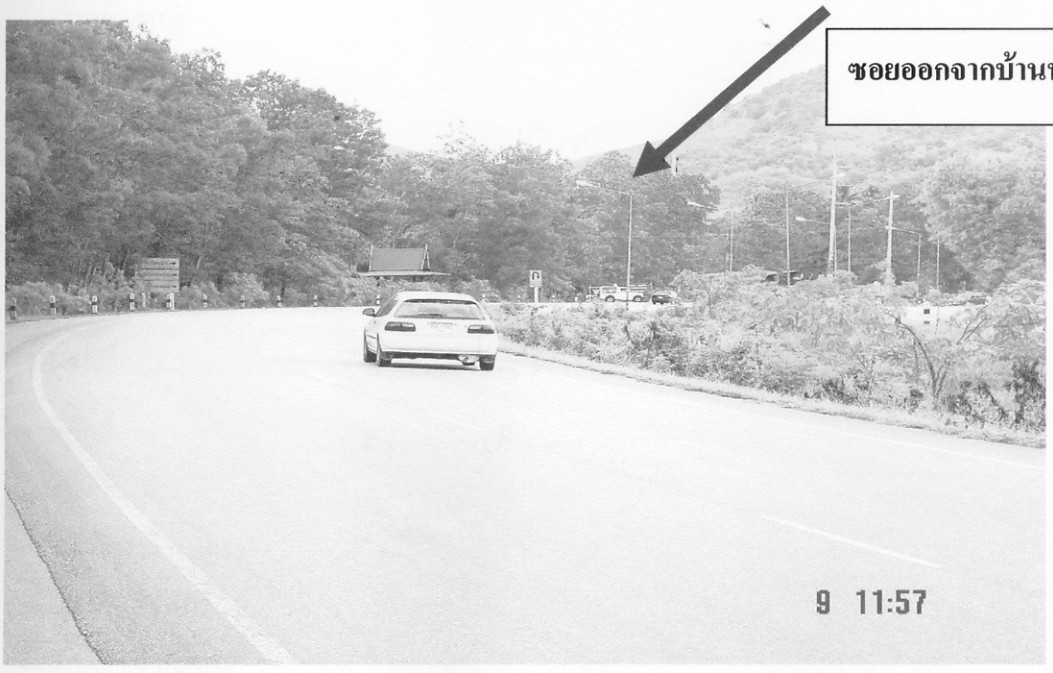
**ตัวอย่างการเกิดอุบัติเหตุกับนักเรียนเมื่อ 19 เมษายน 2545**

นักเรียนหญิง 3 คนขับรถจักรยานยนต์ออกจากซอยที่บ้านทุ่งขมิ้น จังหวัดสงขลา เพื่อที่จะออกมาจุดกลับรถ แต่เนื่องจากจุดกลับรถดังกล่าวอยู่ในบริเวณทางโค้ง ที่มีต้นไม้บดบังการมองเห็น (รูปที่ 2 และ 3) จึงทำให้นักเรียนหญิงผู้ขับขี่มองไม่เห็นรถบนทางตรงที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูง ซึ่งคนขับเหยียบห้ามล้อไม่ทัน ส่งผลให้รถทั้ง 2 คันชนกันอย่างรุนแรง จากอุบัติเหตุดังกล่าวทำให้นักเรียนหญิง 2 คนเสียชีวิต และอีกหนึ่งคนบาดเจ็บสาหัส

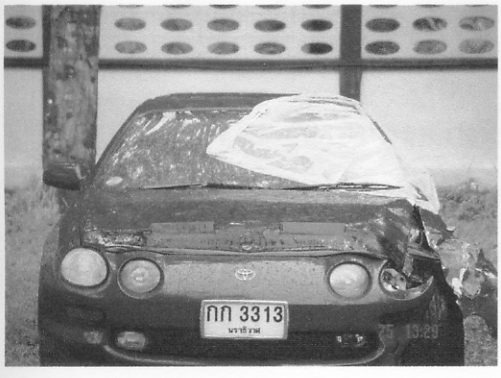



บริเวณจุดเกิดเหตุ

**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 ระยะเวลาที่ตาของผู้ขับขี่ยานพาหนะเริ่มมองเห็นวัตถุและสมองสั่งการให้เท้าเหยียบเบรค จนกระทั่งขายกเท้าไปเหยียบเบรค โดยทั่วไปใช้ 2.0 วินาที หรืออาจกำหนดเป็นอย่างอื่น

$t$ = เวลา (วินาที)

$f$ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับถนน โดยเฉลี่ยใช้ 0.3 หรือกำหนดเป็นอย่างอื่น

$g$ = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.81 เมตร/วินาที$^2$

$a$ = ความเร่งหรือความหน่วง (เมตร/วินาที$^2$) โดย $a = fg$

## 3. วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้คณิต-ฟิสิกส์จากอุบัติเหตุจราจร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ด้านคณิตศาสตร์และฟิสิกส์มาเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของอุบัติเหตุจราจร เพื่อให้เกิดความตระหนักอย่างแท้จริง กล่าวกันว่า การเรียนรู้ด้วยการลงมือทำด้วยตนเอง เป็นการช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างถาวร วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้เรื่องอุบัติเหตุจราจรโดยอาศัยการทำโจทย์คณิตศาสตร์และฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง คือเพื่อให้เกิด :

1. การปลูกฝังวัฒนธรรมด้านความปลอดภัย (Safety Culture) ขึ้นในใจของนักเรียน
2. ความตระหนักว่าการขับรถเร็วเพิ่มโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ และเพิ่มความรุนแรงของอุบัติเหตุ
3. ความเข้าใจเรื่องความเร็วที่คนเดินเท้าถูกชนและโอกาสที่จะเสียชีวิต
4. ความเข้าใจเรื่องแรงที่รถชนคนตามกฎการเคลื่อนที่ของ Newton ข้อที่ 2
5. ความรู้ในข้อกฎหมายที่เกี่ยวกับความเร็ว
6. ความตระหนักว่าความเสียดทาน ระหว่างยางล้อกับผิวถนนลดลงประมาณครึ่งหนึ่งเมื่อถนนเปียก
7. ความตระหนักในความรุนแรงที่เกิดจากการชนโดยพิจารณาจากความสมดุลของพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์
8. ความตระหนักถึงอันตรายจากการขับรถกระชั้นชิด และสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุประเภทชนท้ายได้ โดยการเว้น ระยะห่างรถคันหน้าอย่างน้อย 2 วินาที

วัฒนธรรมด้านความปลอดภัยที่ต้องปลูกฝัง

ผลจากการขับรถกระชั้นชิด

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

## 4. ความรู้พื้นฐานด้านฟิสิกส์และคณิตศาสตร์

ในส่วนนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎี และความรู้พื้นฐานทางด้านฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานการทำโจทย์ของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสูตรที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละข้อ รวมถึงที่มาของสูตรต่าง ๆ ในหน่วย SI

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

หากพิจารณาวัตถุสสารใด ๆ จะเห็นว่า บางวัตถุมีความหนาแน่นของเนื้อวัตถุมาก เช่น เหล็ก หิน บางวัตถุมีความหนาแน่นน้อย เช่น โฟม พลาสติก ทำให้มีน้ำหนักเบา

**มวลสาร** (Mass; m) จึงเป็นปริมาณที่บอกคุณสมบัติของวัตถุ หากมีแรงมากระทำต่อวัตถุในแนวราบพื้นผิวก็จะเกิดสภาพการต่อต้านสภาวะการเคลื่อนที่ เช่น ถ้าออกแรงผลักวัตถุที่มีมวลสารหนาแน่นก็ต้องออกแรงมาก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

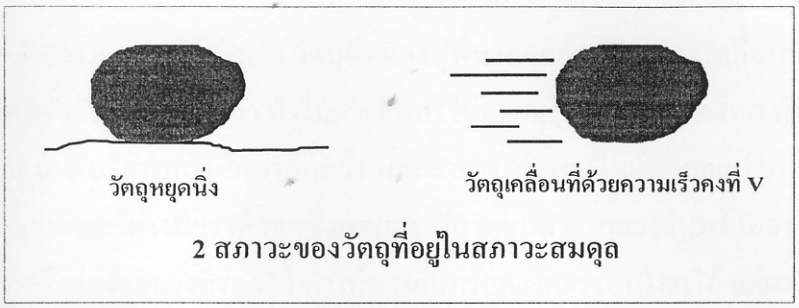
**แรง** (Force; F) คือปริมาณทางฟิสิกส์ที่กระทำต่อวัตถุ แล้วจะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง มีหน่วยเป็น Newton

**น้ำหนัก** (Weight; W) เมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึงดูดของโลก จะมีแรง (Force) ดึงดูดที่ทำให้วัตถุตกจากที่สูง และเคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางของโลก แรงของโลกที่ดึงดูดมีค่าเท่ากับ $W = mg$ โดย $g$ คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational acceleration) ซึ่งมีค่า = 9.81 เมตร/วินาที $^2$

### กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's Laws of Motion)

นิวตันได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ และได้เสนอกฎการเคลื่อนที่สามข้อดังนี้

**กฎข้อที่ 1** ซึ่งรู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า กฎแห่งความเฉื่อย (Law of Inertia) วัตถุใด ๆ ที่อยู่กับที่ ก็จะอยู่กับที่จนกว่าจะมีแรงมากระทำ จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่และถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ก็จะเคลื่อนที่ต่อไป จนกว่าจะมีแรงมากระทำให้วัตถุเปลี่ยนทิศ หรือเปลี่ยนแปลงความเร็ว




**2 สภาวะของวัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุล**

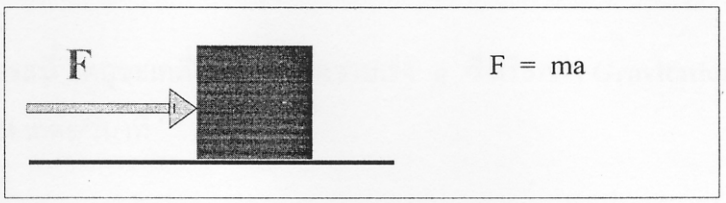
**กฎข้อมี่ 2** ถ้ามีแรงจากภายนอกมากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่และจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น

โดย $F = ma$

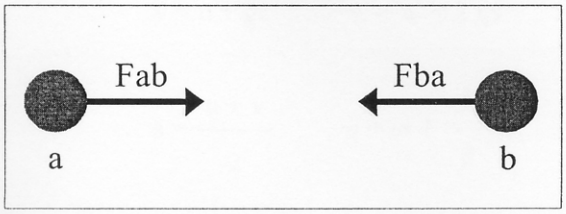
เมื่อ F คือ แรงที่กระทำ (นิวตัน)

m คือ มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)

a คือ ความเร่ง (เมตร/วินาที $^2$)




**กฎข้อที่ 3** เมื่อมีแรงกระทำจะมีแรงต่อต้านการกระทำที่มีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงข้าม




แรงกิริยา (Action) = แรงปฏิกิริยา (Reaction) นั่นคือ Fab = -Fba

เมื่อ Fab = แรงที่ b กระทำต่อ a

Fba = แรงที่ a กระทำต่อ b

## การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งภายใต้แรงดึงดูดของโลก

กาลิเลโอ ได้ทำการทดลองให้เห็นว่า วัตถุที่ตกลงสู่พื้นโลกอย่างอิสระ จะเคลื่อนที่ภายใต้แรงดึงดูดของโลก นิวตันตั้งข้อสังเกตเห็นว่า ทำไมดวงจันทร์ไม่ลอยหลุดออกไปจากโลก ทำไมผลแอปเปิ้ลจึงตกลงสู่พื้นดิน นิวตันได้ทำการศึกษาค้นคว้า และสามารถพิสูจน์ในเรื่องกฎแห่งการดึงดูดของ สสาร โดยโลกและดวงจันทร์ต่างมีแรงดึงดูดซึ่งกันและ กัน แต่เนื่องจากดวงจันทร์โคจรรอบโลก จึงมีแรงหนีสู่ศูนย์กลางซึ่งต่อต้านแรงดึงดูดไว้ ทำให้ดวงจันทร์ลอยโคจรรอบโลกได้ แต่ผลแอปเปิ้ลกับโลกก็มีแรงดึงดูดระหว่างกัน ผลแอปเปิ้ลเมื่อหลุดจากขั้วจึงเคลื่อนที่อย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก

การตกอย่างอิสระนี้ วัตถุจะเคลื่อนตัวด้วยความเร่ง $g$ ซึ่งเรียกว่า **Gravitational acceleration** มีค่าประมาณ 9.81 เมตร/วินาที $^2$

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งนี้จึงเป็นไปตาม **กฎการเคลื่อนที่** ดังนี้

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

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

เมื่อ

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

## พลังงาน (Energy)

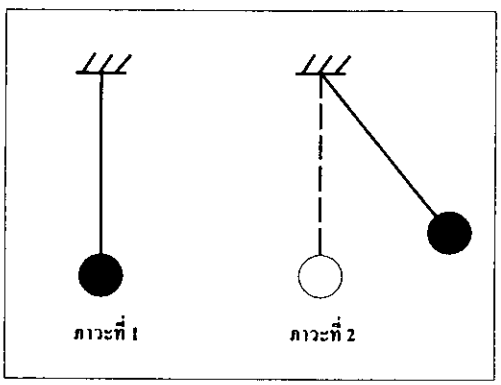
**พลังงาน** คือ ความสามารถในการทำงาน **(The Ability to do work) ถ้าวัตถุสามารถทำงานได้** แสดงว่าวัตถุนั้นมีพลังงาน เมื่อเราเห็นคนคนหนึ่งสามารถทำงานได้จำนวนมาก เรากล่าวว่าคนนั้นมีพลังงานมาก น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถให้พลังงานออกมาเมื่อเผาไหม้ พลังงานสามารถทำงานได้โดยทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ ซึ่งส่งผลให้รถเคลื่อนที่

วัตถุใดๆ ก็ตามมีพลังงานอยู่ในตัว 2 รูปแบบด้วยกันคือ

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

ตัวอย่างของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์นั้นเราพอจะเห็นได้ง่ายๆ จากสิ่งที่เกิดขึ้นรอบๆ ตัวเราอยู่ทุกวัน เช่น รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็วปกติบนถนนในที่ราบ ถ้าต้องการให้หยุดเราต้องใช้ห้ามล้อ ซึ่งหมายถึงออกแรงต้านการเคลื่อนที่ รถยนต์ยังไม่สามารถหยุดได้ทันทีแต่จะเลื่อนต่อไปเป็นระยะทางหนึ่ง เราต้องทำงานด้วยแรงต้านทานเพื่อให้รถหยุด เพราะรถมีพลังงานเนื่องจากกำลังเคลื่อนที่อยู่ นั่นคือรถมีพลังงานจลน์

สำหรับตัวอย่างของพลังงานศักย์แบบหนึ่งที่น่าจะเห็นได้ ก็คือลูกตุ้มผูกห้อยที่ปลายเชือก ในภาวะที่ 1 ลูกตุ้มแขวนห้อยอยู่นิ่งๆ แต่ในภาวะที่ 2 ลูกตุ้มถูกยกขึ้นไปสูงกว่าระดับเดิม

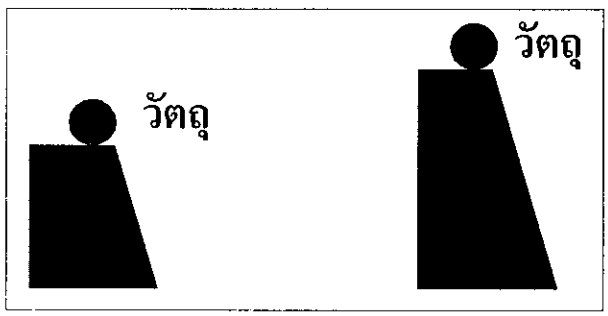



ทำให้ตัวของมันเองมีพลังงานพร้อมที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ทันที และถ้ายกให้ลูกตุ้มสูงขึ้นอีก มันจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขึ้นอีกด้วย เพราะมีพลังงานศักย์มากขึ้นเนื่องจากตำแหน่งของวัตถุสูงขึ้น

พลังงานมีหลายรูปแบบ เช่น พลังงานเคมี พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานแสง พลังงานเสียง ฯลฯ

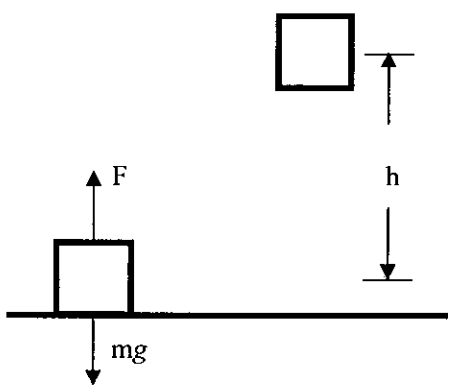
พลังงานรูปแบบหนึ่งที่สำคัญในวิชาฟิสิกส์คือ พลังงานกล (Mechanical Energy) ประกอบด้วย พลังงานศักย์ (Potential Energy) และพลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

**พลังงานศักย์ (Potential Energy)**




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

ถ้ายกวัตถุก้อนหนึ่งที่มีมวลสาร m ไปไว้ที่ความสูง h พลังงานที่สะสมในวัตถุเกิดจากการเปลี่ยนระดับความสูงของวัตถุ



จะได้สมการพลังงานศักย์ดังนี้

$$Ep = mgh$$

เมื่อ

Ep คือ พลังงานศักย์จากแรงโน้มถ่วง( นิวตัน-เมตร หรือจูล )

m คือ มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)

h คือ ความสูงของวัตถุ (เมตร)

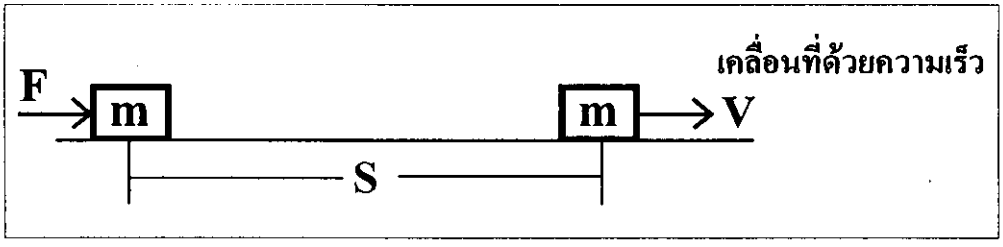
หากพิจารณาว่าวัตถุเดิมมีน้ำหนัก mg เมื่อออกแรง F ยกวัตถุไปไว้ที่ระดับสูง h

งานที่ทำ = Fh = mgh

งานที่ทำจึงเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์จากแรงโน้มถ่วง

## พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

จากกฎของนิวตัน F = ma เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุ ให้วัตถุเคลื่อนที่ ก็จะมีพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ พลังงานที่เกิดขึ้น เป็นพลังงานจลน์




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

เมื่อ Ek คือ พลังงานจลน์ (นิวตัน-เมตร หรือจูล)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

v คือ ความเร็ว (เมตร/วินาที)

## การประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์เพื่อหาปริมาณที่สำคัญทางด้านวิศวกรรมการจราจร

**ระยะหยุดปลอดภัยของรถ**

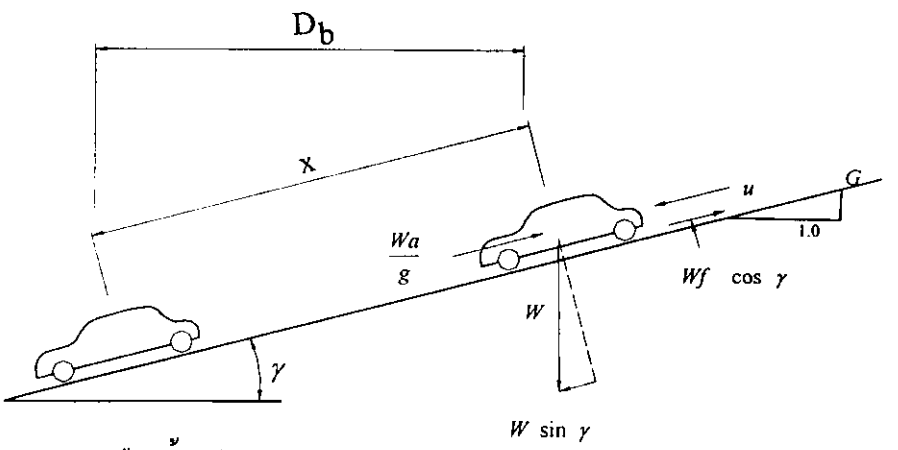
ระยะมองเห็นสำหรับหยุดรถ คือ ระยะทางขับขี่รถ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

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

$\gamma$ คือ มุมระหว่างพื้นเอียงกับแนวราบ

$G$ คือ อัตราการยกระดับ ( $\tan \gamma$ )

$x$ คือ ระยะทางที่รถเคลื่อนที่บนถนนขณะเหยียบเบรค

จากรูป แรงเสียดทานจากการเคลื่อนที่ของรถ = $Wf \cos \gamma$

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

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 $\tan \gamma = G$

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

จากสมการข้างบนเมื่อรวมระยะทางการเบรคกับระยะทางตัดสินใจ 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)

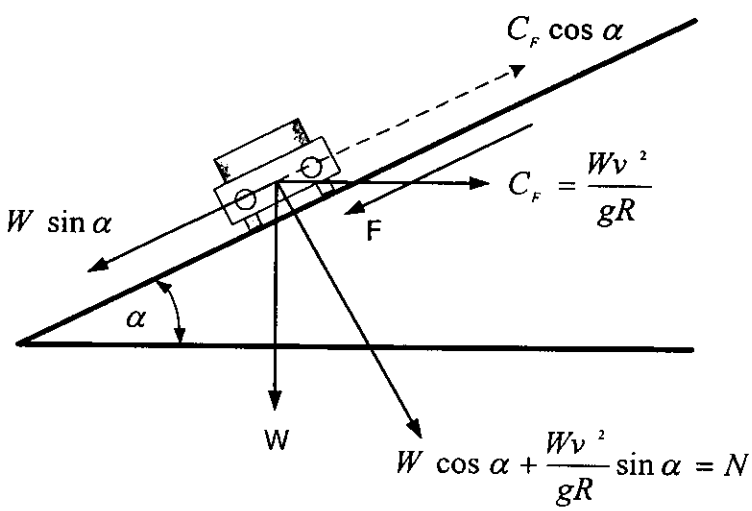
$V$ คือ ความเร็วรถ (เมตร/วินาที)

$f$ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับผิวจราจร

$g$ คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 เมตร/วินาที $^2$

**การยกระดับขอบถนนบริเวณทางโค้ง (Curve Super elevation)**

การยกโค้งในช่วงถนนที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูงเมื่อเข้าโค้งราบจะช่วยเพิ่มแรงต้าน การเกิดแรงหนีศูนย์กลางซึ่งอาจทำให้รถเสียหลักไถลหลุดออกจากทางโค้งได้ จึงจำเป็นต้องยกผิวทางด้านนอกให้ลาดเอียงเพื่อต้านรับแรงหนีศูนย์กลาง




ถ้าให้ $W$ = น้ำหนักรถ

$V$ = ความเร็ว

$v$ = ความเร็วของรถบนทางโค้ง

$= 0.278V$

$\alpha$ = มุมเอียงทางโค้ง

$e$ = $\tan \alpha$

= *Super Elevation Slope*

= อัตราการยกโค้งของผิวทาง

$f$ = สปส. ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน

$F$ = แรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนน

$R$ = รัศมีของโค้งราบ

แรงหนีศูนย์ $C_F = \frac{Wv^2}{gR}$

$F = fN$

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

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

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

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

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

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

$$\because \quad v = 0.278V$$

$$\therefore \quad e + f = \frac{0.278V^2}{9.81R}$$

$$= \frac{V^2}{127R}$$

หรือ $$R = \frac{V^2}{127\,(e+f)}$$

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 ตรงจุดหน้าสถานีตำรวจหาดใหญ่ มีการเกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่า บริเวณดังกล่าวเป็นจุดกลับรถเพื่อเลี้ยวเข้าสู่ชุมชนโชคสมาน ซึ่งมีปริมาณของรถซึ่งกลับรถในจุดดังกล่าวค่อนข้างสูงเกือบตลอดทั้งวัน หลังจากเกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้ง ทางเทศบาลจึงได้ติดตั้งไฟสัญญาณสำหรับรถที่ต้องการกลับรถ แต่ยังไม่มีการติดตั้งป้ายเตือนว่าข้างหน้ามีสัญญาณไฟไปพร้อมกับการติดตั้งสัญญาณไฟ กอปรกับช่วงทางดังกล่าวมีลักษณะโค้งก่อนเข้าสู่ช่วงทางที่มองเห็นสัญญาณไฟ จึงเป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น

**คำถาม...ระหว่างที่ยังไม่มีการติดตั้งป้ายเตือนว่ามีไฟสัญญาณข้างหน้า หากนายชานขับรถเก๋งมาด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. บนถนนเพชรเกษม นายชานมองเห็นว่าข้างหน้าเป็นสัญญาณไฟเหลือง เมื่อนายชานห่างจากตัวสัญญาณไฟเป็นระยะ 100 เมตร ถามว่า นายชานจะหยุดรถก่อนถึงไฟสัญญาณได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ เมื่อระยะหยุดรถเท่ากับระยะตอบโต้ของผู้ขับขี่บวกกับระยะเบรค (เมตร) ซึ่งหาได้จาก**

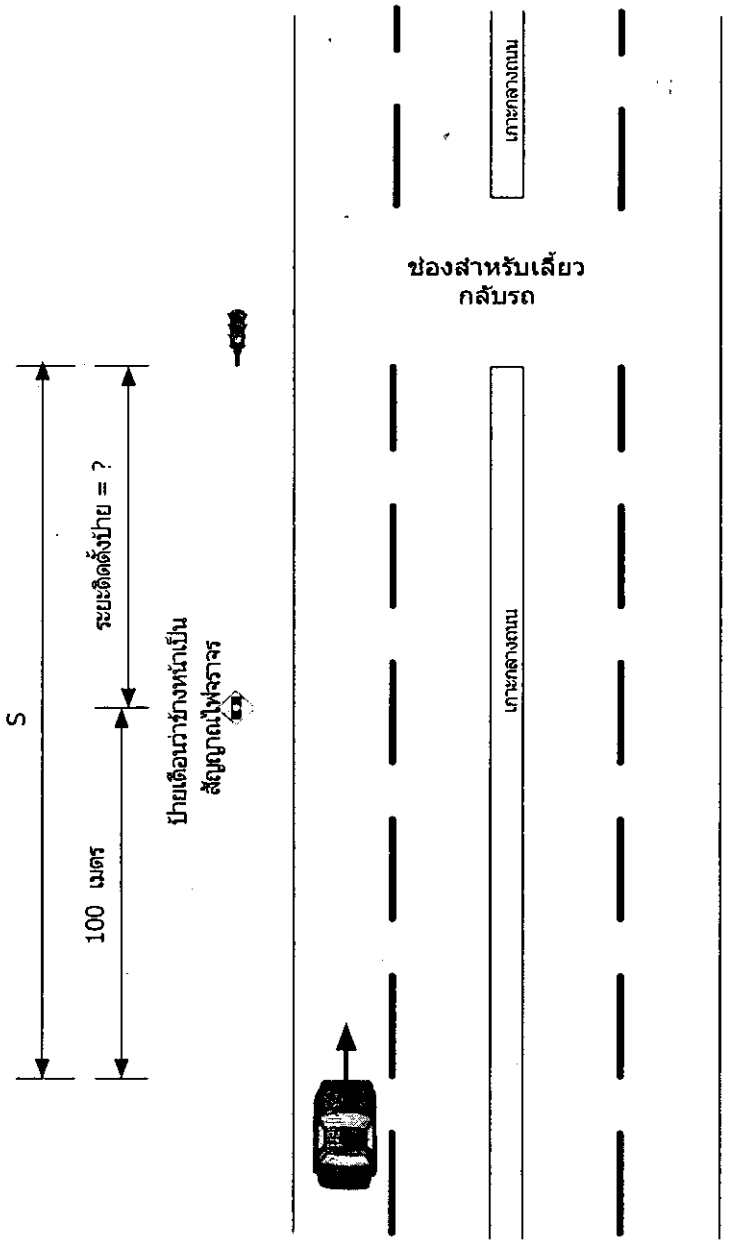
$$\text{ระยะหยุดรถ } s = (V_i \times t_r) + \frac{V_i^{\,2}}{2fg} \quad \text{เมตร}$$

- $t_r$ ระยะเวลาตอบโต้ของผู้ขับขี่กำหนดให้เท่ากับ 2.5 วินาที
- $V_i$ คือ ความเร็วของผู้ขับขี่ (เมตร/วินาที)
- $f$ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนนใช้เท่ากับ 0.3
- g = 9.81 เมตร/วินาที$^2$

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

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร






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 ได้ใช้ข้อมูลจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงในการประเมินความเสี่ยงของรถยนต์ส่วนบุคคลในการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บ/เสียชีวิต เมื่อรถดังกล่าววิ่งที่ความเร็ว 60 กม./ชม. หรือมากกว่า พวกเขาพบว่า ความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าสำหรับความเร็วที่เพิ่มขึ้นทุก 5 กม./ชม. ที่สูงกว่า 60 กม./ชม. เพราะฉะนั้น รถที่วิ่งด้วยความเร็ว 65 กม./ชม. มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากเป็น 2 เท่าของรถที่วิ่งด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. และถ้ารถวิ่งด้วยความเร็ว 70 กม./ชม. ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บ/เสียชีวิตเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

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

ถ้านายไผ่ขับรถยนต์ ด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. บนถนนที่มีป้ายบังคับความเร็ว 60 กม./ชม. และนายจรวดขับรถยนต์ประเภทเดียวกันตามหลังมา ด้วยความเร็ว 65 กม./ชม. เพื่อแซงนายไผ่ ขณะที่นายจรวดขับขึ้นมาขนานกับรถนายไผ่ ทั้งสองมองเห็น ด.ญ.เรณู อายุ 10 ขวบ ซึ่งอยู่ห่างออกไป 81 เมตร กำลังเดินข้ามถนน เมื่อระยะหยุดรถหาได้จาก

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

**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 ด.ญ.เรณู รถนายจรวดจะชน ด.ญ.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 ด.ญ.เรณู แรงที่ชน ด.ญ.เรณู มีค่าเท่าใด ?

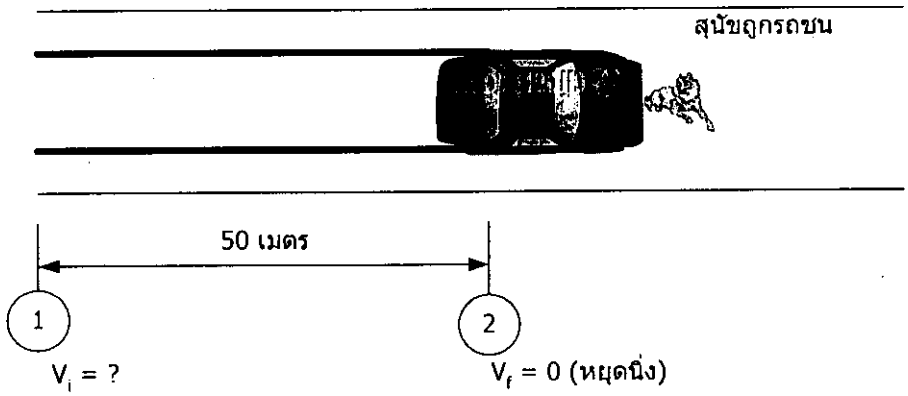
เมื่อกำหนดให้ ขนาดลำตัวของ ด.ญ.เรณู มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดรถ จึงมีผลน้อยมากต่อความเร็วของรถที่เปลี่ยนไป ขนาดลำตัวมีค่าเท่ากับ 20 เซนติเมตร น้ำหนัก 50 กิโลกรัม

**โจทย์ข้อที่ 5**

**ระดับชั้น** ม.4 – ม.6

ในเขตเทศบาลแห่งหนึ่ง นายด่วนและภรรยาขับรถยนต์กระบะบรรทุกสินค้ารวมน้ำหนักรถเท่ากับ 1250 กิโลกรัมโดยมี ด.ญ. ดาว ลูกสาวอายุ 7 ขวบนั่งอยู่ที่เบาะหลัง นายด่วนขับรถวิ่งชนสุนัขที่วิ่งตัดหน้ากระทันหัน สุนัขเสียชีวิตอยู่หน้ารถ เจ้าของสุนัขโทรไปแจ้งความว่า มีผู้ขับขี่รถยนต์ขับขี่ด้วยความเร็วสูงเกินกว่ากฎหมายกำหนดเป็นเหตุให้สุนัขของตนถึงแก่ความตาย 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

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

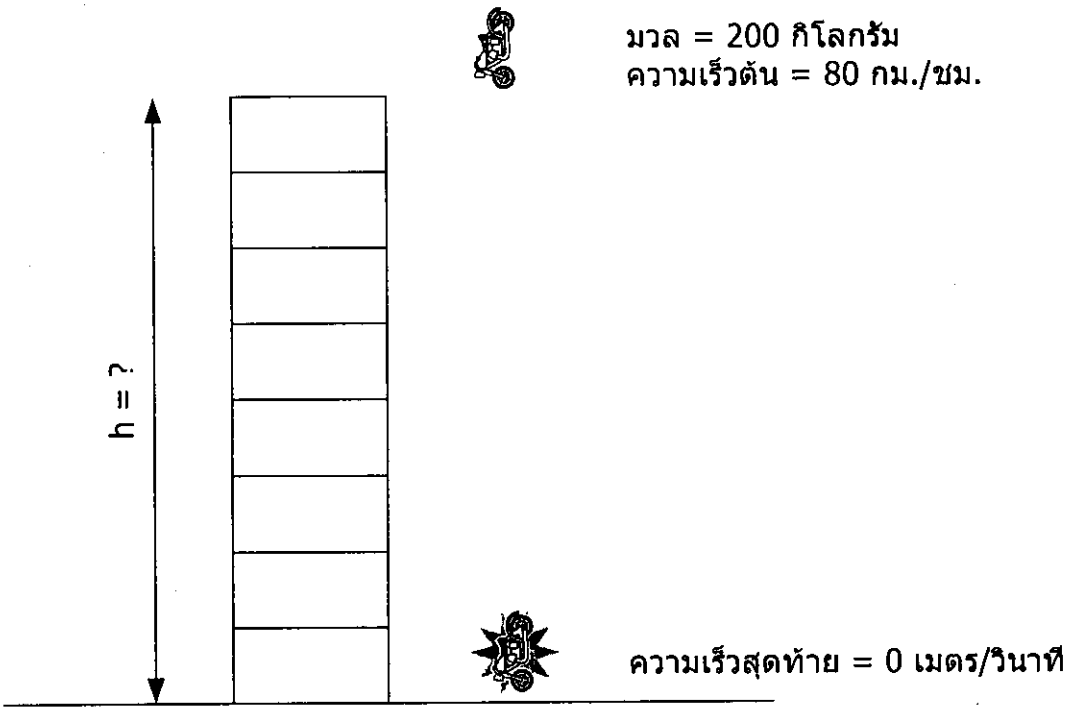
**คำถาม...นาย ก. จะขับรถชนขอนไม้ที่ล้มขวางทางอยู่หรือไม่ ในกรณีต่อไปนี้**

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

**โจทย์ข้อที่ 7**

**ระดับชั้น** ม.6

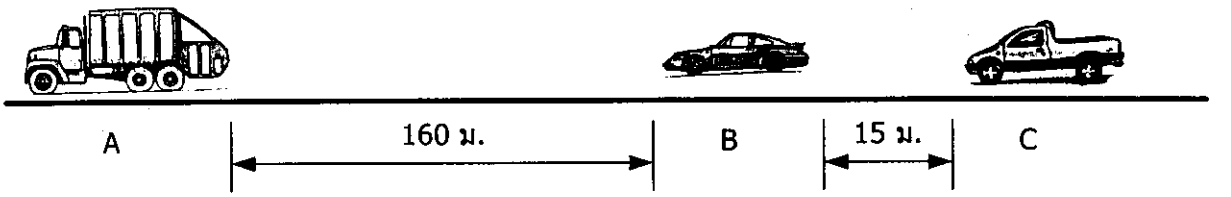
จงคำนวณเปรียบเทียบว่ารถจักรยานยนต์ที่มีมวล 200 กิโลกรัม ขับด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง ชนกำแพงจะเทียบเท่ากับรถดังกล่าวตกจากตึกสูงกี่เมตรหรือเทียบกับความสูงของตึกกี่ชั้น (กำหนดความสูงเฉลี่ยชั้นละ 3.00 เมตร)



**โจทย์ข้อที่ 8**

**ระดับชั้น** ม.4 – ม.6

บนทางหลวง 2 ช่องจราจรแห่งหนึ่ง มีรถ 3 คันวิ่งอยู่ดังแสดงในรูป




กำหนดให้ A เป็นรถบรรทุกสินค้า
B เป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
C เป็นรถกระบะ

รถบรรทุก A ขับด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

รถยนต์ B ขับด้วยความเร็วสูงสุดที่กฎหมายกำหนด 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยมีระยะห่างจากรถบรรทุก A 160 เมตร

รถกระบะ C ขับด้วยความเร็วเกินกว่าความเร็วสูงสุดที่กฎหมายกำหนด 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง พยายามที่จะแซงรถยนต์ B ขึ้นไป ในขณะที่รถ C อยู่ห่างจากรถ B 15 เมตร

ในเวลานั้น สินค้าบนรถบรรทุก A หล่นลงมาบนถนน เมื่อคนขับรถยนต์ B เห็นสินค้าหล่น จึงได้เหยียบเบรกส่วนคนขับรถกระบะ C เมื่อเห็นไฟเบรคของรถ B แดงขึ้นมา จึงได้เหยียบเบรดเช่นกัน

**คำถาม**...จะเกิดอุบัติเหตุรถชนกันหรือไม่ เมื่อผู้ขับขี่รถ B และ C ใช้เวลาในการตอบโต้ 2.0 วินาที ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (f) ระหว่างล้อกับถนนเท่ากับ 0.30 และรถทั้งคู่ไม่สามารถหักหลบได้เนื่องจากการจราจรในทิศตรงกันข้ามหนาแน่น และด้านซ้ายของถนนมีเสาไฟฟ้าอยู่ริมถนนตลอดแนว

**โจทย์ข้อที่ 9**

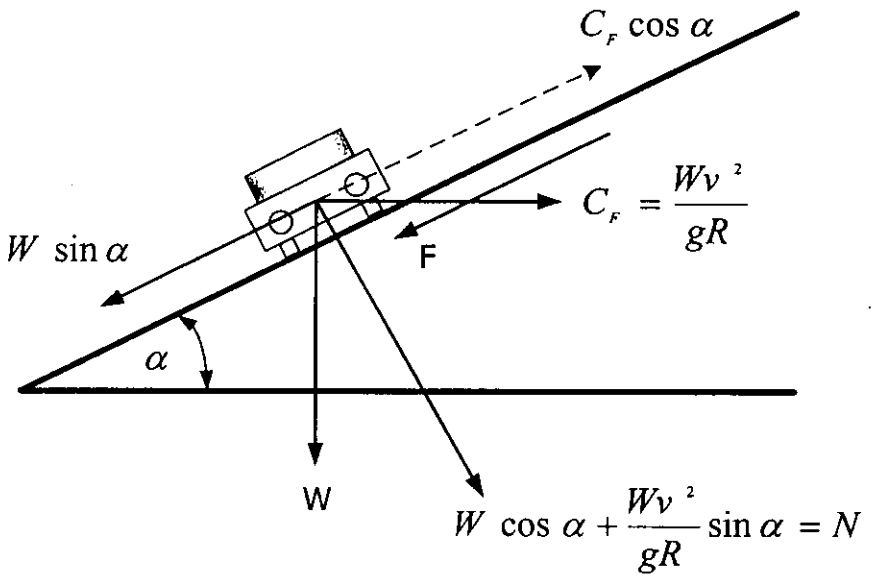
**ระดับชั้น** ม.6

นายเก่งขับรถเก๋งด้วยความเร็ว 70 กม./ชม. ภายในเขตกรุงเทพมหานคร เมื่อขับมาถึงทางโค้งหนึ่งซึ่งไม่มีการยกโค้งเพื่อต้านแรงหนีศูนย์กลาง เนื่องจากเป็นทางโค้งภายในเขตเมืองซึ่งเหมาะสำหรับการขับขี่ด้วยความเร็วไม่สูงนัก นายเก่งไม่ได้ลดความเร็วเมื่อขับเข้าสู่โค้งซึ่งมีรัศมีความโค้ง 250 เมตร

**ถามว่า**...1) รถของนาย เก่งจะหลุดออกนอกโค้งหรือไม่ ?

2) ความเร็วที่ปลอดภัยสำหรับการเข้าโค้งควรเป็นเท่าไหร่ ?

การยกโค้ง (Super Elevation) ในช่วงถนนที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูงเมื่อเข้าโค้งราบจะช่วยเพิ่มแรงต้านการเกิดแรงหนีศูนย์กลางซึ่งอาจทำให้รถเสียหลักไถลหลุดออกจากทางโค้งได้ จึงจำเป็นต้องยกผิวทางด้านนอกให้ลาดเอียงเพื่อต้านรับแรงหนีศูนย์กลาง




ถ้าให้ $W$ = น้ำหนักรถ (กก.)

$V$ = ความเร็ว (กม./ชม.)

$v$ = ความเร็วของรถบนทางโค้ง (ม./ว.)

$= 0.278V$

$\alpha$ = มุมเอียงทางโค้ง

$e$ = $\tan \alpha$

= *Super Elevation Slope*

= อัตราการยกโค้งของผิวทาง (ม./ม.)

$f$ = สปส. ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน

$F$ = แรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนน

$R$ = รัศมีของโค้งราบ (ม.)

แรงหนีศูนย์ $C_F = \frac{Wv^2}{gR}$

$F = fN$

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

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

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 $\frac{v^2}{gR}$ ซึ่งต่างก็มีค่าน้อยเช่นกัน ดังนั้น

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

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

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

$\because \quad v = 0.278V$

$\therefore \quad e + f = \frac{0.278V^2}{9.81R}$

$= \frac{V^2}{127R}$

ค่า f ซึ่งเป็น สปส. ความเสียดทานระหว่างล้อกับผิวทาง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ความเร็วของรถ สภาพยาง สภาพผิวจราจร และสภาวะอากาศแห้งหรือมีฝนตก ในที่นี้ใช้เท่ากับ 0.12

**รูปที่ 5 : โค้งในเขตเมืองซึ่งไม่มีการยกโค้ง**

**โจทย์ข้อที่ 10**

**ระดับชั้น** ม.4 - ม.6

รถยนต์ทั่วไปเมื่อเปิดไฟสูงในเวลากลางคืน ผู้ขับขี่จะสามารถเห็นคนเดินเท้าที่ใส่ชุดสีเข้มหรือสัตว์ป่าบนถนนในระยะ 90 เมตร

**คำถาม...**ถ้ารถยนต์คันหนึ่งขับมาด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. โดยเปิดไฟสูง ขณะนั้นมีช้างเดินอยู่บนถนนดังรูป

1) คนขับจะสามารถหยุดรถได้ทันหรือไม่ ?

2) คนขับควรใช้ความเร็วเท่าไรจึงจะปลอดภัย (ไม่ชนช้าง) ?

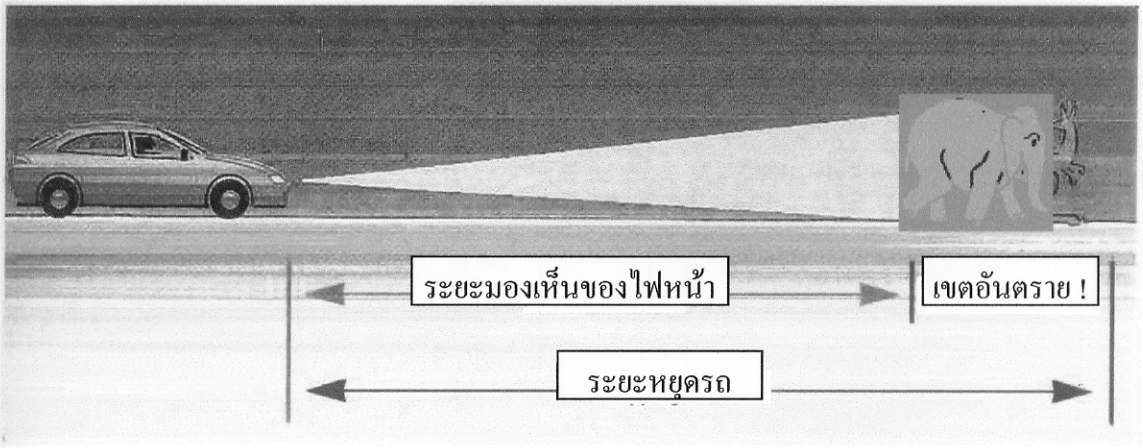
กำหนดให้ระยะหยุดรถ $s = (V_i \times t_r) + \frac{V_i^2}{2fg}$ เมตร

โดย $t_r$ ระยะเวลาตอบโต้ของผู้ขับขี่ กำหนดให้เท่ากับ 2.0 วินาที

$V_i$ คือ ความเร็วของผู้ขับขี่ (เมตร/วินาที)

$f$ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน ใช้เท่ากับ 0.5

g = 9.81 เมตร/วินาที$^2$



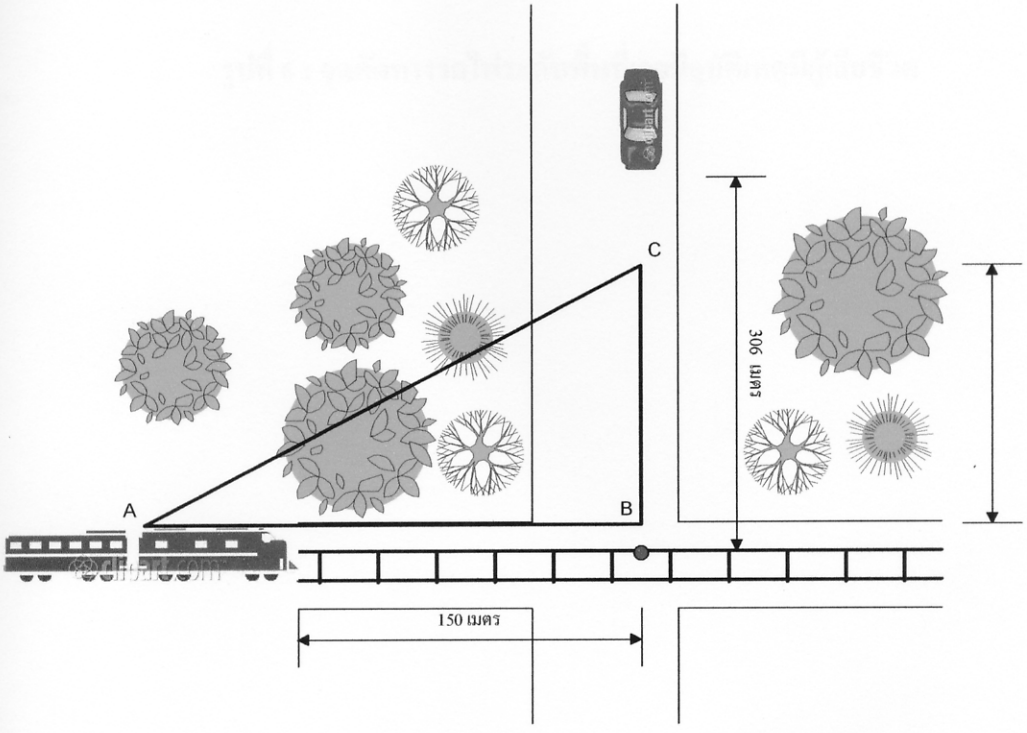
**โจทย์ข้อที่ 11**

ณ. จุดข้ามทางรถไฟแห่งหนึ่ง รถไฟวิ่งมาด้วยความเร็ว 54 กม./ชม.รถยนต์ขับมาด้วยความเร็ว 100 กม./ชม. สภาพแวดล้อมสองข้างทางมีต้นไม้และพุ่มไม้ขึ้นกีดขวางการมองเห็น

**คำถาม...**

1) จากรูปจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นหรือไม่ ถ้ารถยนต์ไม่ชะลอความเร็วเนื่องจากมองไม่เห็นรถไฟซึ่งถูกบดบังด้วยต้นไม้/พุ่มไม้ และไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร โดยไม่หยุดที่ป้ายบังคับ “หยุด” ก่อนถึงทางรถไฟ

2) เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ควรติดตั้งป้ายเตือนรถยนต์ว่า “มีทางรถไฟข้างหน้า” ที่ระยะห่างจากขอบรางอย่างน้อยเท่าใด (BC) และกำจัดต้นไม้ซึ่งกีดขวางการมองเห็นเป็นระยะอย่างน้อยเท่าใด (AB)



**รูปที่ 6 : จุดตัดทางรถไฟระดับพื้นที่เคยมีอุบัติเหตุมีผู้เสียชีวิต**

## 6. เฉลยคำตอบ

**ข้อที่ 1**

**ขณะยังไม่ติดตั้งป้าย**

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

เมื่อผู้ขับขี่ขับรถมาด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. หรือ 25 ม./วินาที

$$s = (25 \times 2.5) + \frac{25^2}{(2 \times 9.81 \times 0.3)}$$

$$= 62.5 + 106.18$$

$$= 168.68 \text{ m}$$

ดังนั้นนายชานจอดห่างเลยสัญญาณไฟออกไปถึง $168.68 - 100 = 68.68$ m

**ระยะติดตั้งป้าย**

เมื่อกำหนดความเร็วไว้ที่ 80 กม./ชม. หรือ 22.22 ม./วินาที

$$s = (22.22 \times 2.5) + \frac{22.22^2}{(2 \times 9.81 \times 0.3)}$$

$$= 55.55 + 83.88$$

$$= 139.43 \text{ m}$$

s คือระยะตั้งแต่มองเห็นป้ายจนถึงสัญญาณไฟ

ดังนั้นควรติดตั้งป้ายห่างจากสัญญาณไฟอย่างน้อยที่สุด $139.43 - 100 = 39.43$ m

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ความเร็ว กับระยะเบรค จะเห็นได้ว่า ระยะเบรคแปรตามความเร็วยกกำลังสอง ดังนั้นถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เช่น จาก 30 กม./ชม. เป็น 60 กม./ชม. ระยะเบรคจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า คือจาก 11.8 เมตร เป็น 47.2 เมตร

**ด้านความปลอดภัย**

การขับรถเร็วทำให้มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้สูง ดังตัวอย่างจากโจทย์ หากขับรถมาด้วยความเร็วสูงและเจอสัญญาณไฟอยู่เบื้องหน้า ถึงแม้จะตัดสินใจเบรคทันทีเมื่อเห็นสัญญาณไฟเหลือง แต่ก็ไม่สามารถจอดได้ทันก่อนถึงสัญญาณไฟทำให้ต้องฝ่าสัญญาณไฟแดง ส่งผลให้มีโอกาสชนกับรถในทิศทางอื่น ซึ่งอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บ/เสียชีวิตและสูญเสียทรัพย์สิน

**ข้อเสนอแนะ**

หลังจากนักเรียนทำโจทย์ข้อนี้แล้ว ผู้สอนควรจะถามนักเรียนทิ้งท้ายว่า ระหว่างที่ยังไม่มีการติดตั้งป้ายเตือนว่าข้างหน้า เป็นสัญญาณไฟ หากนายชานไม่สามารถหยุดรถได้ทันก่อนสัญญาณไฟในขณะนั้น จักรยานยนต์ที่กำลังกลับรถ ณ จุดกลับรถนั้น ไม่ทันมองรถของนายชาน ถามว่า จะเกิดอะไรขึ้นกับกับรถทั้งสองคัน และผู้ขับขี่ ?

**ข้อที่ 2**

ระยะหยุดปลอดภัยคำนวณได้จาก

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

ความเร็ว 60 กม./ชม. $= \frac{60 \times 1,000}{3,600} = 16.67$ ม./ว.

ความเร็ว 65 กม./ชม. $= \frac{65 \times 1,000}{3,600} = 18.06$ ม./ว.

รถของนายไผ่ต้องการระยะหยุดปลอดภัย

$$s = (16.67 \times 2.0) + \frac{16.67^2}{2 \times 0.3 \times 9.81}$$

$$s = 80.5 \text{ เมตร}$$

รถของนายจรวดต้องการระยะหยุดปลอดภัย

$$s = (18.06 \times 2.0) + \frac{18.06^2}{2 \times 0.3 \times 9.81}$$

$$s = 91.5 \text{ เมตร}$$

จะเห็นได้ว่านายไผ่ สามารถหยุดรถได้ทัน ก่อนที่จะถึงตัว ด.ญ.เรณู ซึ่งอยู่ห่างจากจุดที่เขาเห็นเธอครั้งแรก 81 เมตร ส่วนนายจรวด ไม่สามารถหยุดรถได้ในระยะ 81 เมตร ผลที่ตามมาคือ รถของ นายจรวดชน ด.ญ.เรณู

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ความเร็ว กับระยะเบรค จะเห็นได้ว่า ระยะเบรคแปรตามความเร็วยกกำลังสอง ดังนั้นถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เช่น จาก 30 กม./ชม. เป็น 60 กม./ชม. ระยะเบรคจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า คือจาก 11.8 เมตร เป็น 47.2 เมตร

**ด้านความปลอดภัย**

จากโจทย์ความเร็วที่เพิ่มขึ้นเพียง 5 กม./ชม. ของรถของนายจรวด สามารถนำไปสู่การชน ด.ญ. เรณู อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการขับรถมาด้วยความเร็วภายใต้ที่กฎหมายกำหนดจึงเป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

**ข้อเสนอแนะ**

หลังจากนักเรียนทำโจทย์ข้อนี้แล้ว ผู้สอนควรจะถามนักเรียนทิ้งท้ายว่า หากไม่ใช่ ด.ญ. เรณูเพียงคนเดียวที่กำลังจะข้ามถนน แต่เป็นเด็กนักเรียนกลุ่มหนึ่ง ถามว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับเด็กนักเรียนกลุ่มนี้ ?

**ข้อที่ 3**

นายจรวดเห็น ด.ญ.เรณู อยู่ห่าง 81 เมตร แล้วใช้เวลาตอบโต้ 2.0 วินาที ระยะทาง $s$ ที่ใช้เท่ากับ $81 - \frac{65}{3.6} \times 2.0 = 44.9$ เมตร

ความหน่วง $a = fg = 0.3 \times 9.81 = 2.94$ ม./ว.$^2$

$$V_f = \sqrt{(18.06)^2 - (2 \times 2.94 \times 44.9)}$$

$$= 7.88 \text{ ม./ว.}$$

$$= 28.4 \text{ กม./ชม.}$$

ดังนั้น รถนายจรวดจะชน ด.ญ.เรณู ด้วยความเร็วเท่ากับ 28.4 กม./ชม.

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ความเร็วต้น ความเร็วปลาย ความหน่วง และระยะเบรค ค่าใดค่าหนึ่งข้างต้น สามารถคำนวณได้หากทราบค่าอื่น ๆ จากสูตร ดังนี้

$$V_f^{\,2} = V_i^{\,2} + 2as$$

**ด้านความปลอดภัย**

จากความรุนแรงของการชนด้วยความเร็วประมาณ 28 กม./ชม. สามารถทำให้ด.ญ.เรณูได้รับบาดเจ็บได้แล้วสมมุติว่านายจรวดขับรถด้วยความเร็ว 80 กม./ชม. ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดที่กฎหมายกำหนด ด.ญ.เรณู จะถูกชนด้วยความเร็ว

$$V_f = \sqrt{(22.2)^2 - (2 \times 2.94 \times 44.9)}$$

$$= 15.13 \text{ ม./ว.}$$

$$= 54.5 \text{ กม./ชม.}$$

จากการวิจัยในในสหราชอาณาจักรเรื่อง " ความเร็วกับโอกาสในการเสียชีวิตเมื่อคนเดินเท้าถูกชน " ซึ่งมีดังนี้

- ถ้าคนเดินเท้าถูกรถเก๋งชนที่ความเร็ว 40 ไมล์ต่อชั่วโมง (64 กม./ชม.) 9 ใน 10 คนจะเสียชีวิต
- ถ้าคนเดินเท้าถูกรถเก๋งชนที่ความเร็ว 30 ไมล์ต่อชั่วโมง (48 กม./ชม.) ประมาณครึ่งหนึ่งจะรอด ชีวิต
- ถ้าคนเดินเท้าถูกรถเก๋งชนที่ความเร็ว 20 ไมล์ต่อชั่วโมง (32 กม./ชม.) เพียง 1 ใน 10 คนจะเสียชีวิต

จะเห็นได้ว่าหากขับรถมาด้วยความเร็ว 65 กม./ชม. โอกาสในการเสียชีวิต มีเพียง 1 ใน 10 แต่หากขับมาด้วยความเร็ว 80 กม./ชม. โอกาสในการรอดชีวิตจะเหลือเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น

**ข้อที่ 4**

สามารถหาแรงที่ชน ด.ญ.ได้จากสูตร $F = ma$

โดยเริ่มจากหาเวลาที่รถชนผ่านลำตัวของ ด.ญ.เรณู ที่มีระยะ 20 เซนติเมตร เมื่อความเร็วที่ชนเท่ากับ 7.88 ม./ว.

$$t = \frac{s}{V} = \frac{0.20}{7.88} = 0.0254 \quad \text{วินาที}$$

ขั้นตอนต่อมาหาความเร่งที่วิ่งผ่าน ด.ญ.เรณู จากสูตร

$$V_f = V_i + at$$
$$7.88 = 0 + (a \times 0.0254)$$
$$a = 310 \quad \text{ม./ว.}^2$$

แรงที่ชน ด.ญ.เรณู $F = ma = 50 \times 310 = 15{,}500$ Newton

ดังนั้น แรงที่ชน ด.ญ.เรณู มีค่าประมาณ 1.55 ตัน

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ประยุกต์ใช้สูตร $V_f = V_i + at$ เพื่อหาความเร่งซึ่งสัมพันธ์กับ ขนาดแรงที่เกิดจากการชนของรถ จาก $F = ma$

**ด้านความปลอดภัย**

จากตัวอย่างโจทย์จะเห็นได้ว่า ถึงแม้รถจะวิ่งมาด้วยความเร็วเพียง 28.4 กม./ชม. เมื่อพุ่งชน ด.ญ. เรณู ยังทำให้เกิดแรงปะทะสูงถึง 1.55 ตัน จะเห็นได้ว่า แค่เพียงความเร็วเพียงแค่นี้ก็ยังสามารถทำให้ ด.ญ. เรณู ถึงขั้นเสียชีวิตได้

**ข้อที่ 5**

1. คำนวณหาความเร็วจากสูตร

$$s = \frac{V_i^{\,2}}{2fg}$$

แทนค่าในสูตร จะได้

$$50 = \frac{V_i^{\,2}}{2 \times 0.30 \times 9.81}$$

$$V_i^{\,2} = 50 \times 2 \times 0.30 \times 9.81$$

$$V_i = 17.16 \text{ ม./ว.}$$

$$= \frac{17.16 \times 3{,}600}{1{,}000} = 61.8 \text{ กม./ชม.}$$

ดังนั้น รถกระบะขับด้วยความเร็ว 61.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเกินความเร็วที่กฎหมายกำหนด ซึ่งกำหนดให้รถกระบะขับเร็วสูงสุดไม่เกิน 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในเขตเทศบาล จึงมีความผิดตาม พ.ร.บ.จราจรทางบก พ.ศ.2522

ด.ญ. ดาว รวมถึงผู้อาศัยอยู่ภายในรถจะพุ่งไปข้างหน้าตามกฎของความเฉื่อยด้วย ความเร็ว 61.8 กม./ชม. หากไม่มีการคาดเข็มขัดนิรภัย

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ความเร็ว กับระยะเบรค จะเห็นได้ว่า ระยะเบรคแปรตามความเร็วยกกำลังสอง ดังนั้นถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เช่น จาก 30 กม./ชม. เป็น 60 กม./ชม. ระยะเบรคจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า คือจาก 11.8 เมตร เป็น 47.2 เมตร

ความเฉื่อยของผู้อยู่ภายในรถเมื่อเกิดการชน อธิบายโดย กฎข้อแรกของนิวตัน โดยเมื่อแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์ วัตถุจะอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้าด้วยความเร็วนั้น ๆ โดยจากโจทย์เมื่อรถเหยียบเบรคทันทีทันใดก่อนชนสุนัข คนที่อยู่ภายในรถก็จะเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้าด้วยความเร็วก่อนแตะเบรค

**ด้านความปลอดภัย**

เมื่อเบรครถทันทีทันใดจะเป็นอันตรายต่อผู้อยู่ภายในรถซึ่งไม่คาดเข็มขัดนิรภัยทั้งคนขับและผู้โดยสาร โดยผู้ซึ่งอยู่ภายในรถจะเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้าตามกฎของความเฉื่อย ซึ่งอาจชนกระจกหรือกระเด็นออกมานอกตัวรถ เป็นเหตุให้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้

ระยะเบรค เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วของยวดยานยกกำลังสอง ถ้ายิ่งขับเร็วยิ่งต้องการระยะเบรคเป็นทวีคูณ การขับขี่ยวดยานจึงต้องปฏิบัติตามที่กฎหมายกำหนด หากฝ่าฝืนหรือไม่ทราบ อาจเสียทรัพย์ หรือ อาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ ในกรณีขับรถชนคนตาย ผู้ขับขี่จะมีความผิดตามกฎหมายอาญาด้วย เนื่องจากขับรถโดยประมาท ทำให้ผู้อื่นถึงแก่ความตาย

**ข้อกฎหมาย**

1. ผู้ขับขี่รถด้วยความเร็วเกินที่กฎหมายกำหนด (ฝ่าฝืนมาตรา 67 ซึ่งกำหนดความเร็วรถไว้ในกฎกระทรวง ฉบับที่ 6) จะถูกปรับไม่เกิน 1,000 บาท ตามมาตรา 152 พ.ร.บ.จราจรทางบก พ.ศ.2522

2. เจ้าของสุนัขจะถูกปรับไม่เกิน 500 บาท ตามมาตรา 147 ในข้อหาปล่อยสัตว์ไปบนทางในลักษณะกีดขวางการจราจร

**ข้อที่ 6**

1) จากสูตร

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

แทนค่าในสูตรจะได้

$$s = (25 \times 2.0) + \frac{25^2}{2 \times 0.30 \times 9.81}$$

$$s = 156.2 \text{ เมตร}$$

**ตอบ** ไม่ชนขอนไม้

2) แทนค่าในสูตรจะได้

$$s = (25 \times 2.0) + \frac{25^2}{2 \times 0.15 \times 9.81}$$

$$s = 262 \text{ เมตร}$$

**ตอบ** ชนขอนไม้ เพราะระยะที่จะสามารถหยุดได้อย่างปลอดภัยไม่เพียงพอ

3) เมื่อระยะหยุดปลอดภัยที่ต้องการคือ 156.2 เมตร แทนค่าในสูตรเพื่อหาความเร็วที่ควรใช้จะได้

$$156.2 = (V_i \times 2.5) + \frac{V_i^2}{2 \times 0.150 \times 9.81}$$

$$V_i = 18.70 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$V_i = \frac{18.70 \times 3,600}{1,000} = 67.3 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

ควรลดความเร็วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\frac{90 - 67.3}{67.3} \times 100 = 33.7 \% \text{ หรือประมาณ 1 ใน 3 ของสภาพปกติ}$$

ดังนั้น ในสภาพผิวถนนเปียกหลังฝนตก ควรลดความเร็วลงประมาณ 1 ใน 3 ของความเร็ว ที่ขับได้สูงสุดในสภาพผิวถนนแห้งปกติ เพื่อให้ได้ระยะหยุดรถเท่าเดิม

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

นอกจากระยะเบรคจะแปรตามความเร็วยกกำลังสองแล้วระยะเบรคยังแปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ซึ่งขึ้นกับสภาพของผิวทางในช่วงเวลาที่ขับขี่

**ด้านความปลอดภัย**

จากโจทย์ ในขณะฝนตกถนนจะลื่นมาก ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ลดลงครึ่งหนึ่ง จาก 0.3 เหลือ 0.15 ในการขับขี่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยควรลดความเร็วลงอย่างน้อย 1 ใน 3 ของความเร็วปกติ เพื่อให้ได้ระยะปลอดภัยเท่ากับความเร็วสูงสุดที่ขับได้อย่างปลอดภัยในสภาพถนนปกติ

**ข้อเสนอแนะ**

หลังจากนักเรียนทำโจทย์ข้อนี้แล้ว ผู้สอนควรจะถามนักเรียนทิ้งท้ายว่า ในกรณีที่หยุดรถไม่ทัน หากนาย ก. ไม่สวมหมวกนิรภัยเหมือนตัวอย่างเห็นในรูปด้านล่าง ถามว่านาย ก. จะเป็นอย่างไร หากนาย ก. ล้มลงหัวฟาดพื้น ?

**รูปที่ 7 : เยาวชนผู้ใช้จักรยานยนต์เป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงสุดในการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุ**

**ข้อที่ 7**

จากสมดุลย์พลังงานจลน์เท่ากับพลังงานศักย์

$$E_p = E_k$$

$$mgh = \frac{1}{2} m V_i^2$$

$$h = \frac{1}{2} \frac{V_i^2}{g}$$

$$h = \frac{1}{2} \left( \frac{80 \times 1,000}{3,600} \right)^2 \frac{1}{9.81}$$

$$h = 25.1 \text{ เมตร}$$

ดังนั้น การขับรถจักรยานยนต์มวล 200 กิโลกรัม ชนกำแพงที่ความเร็ว 80 กม./ชม. เทียบเท่ากับการตกจากความสูง 25.1 เมตร หรือเทียบเท่ากับการตกจากตึกสูงประมาณ 8 ชั้นครึ่ง

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ประยุกต์การใช้งานสมการพื้นฐานของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์

$$E_k = \frac{1}{2} m V_i^2$$

$$E_p = mgh$$

**ด้านความปลอดภัย**

จะเห็นว่ายานพาหนะที่มีความเร็วสูงไม่ว่าจะเป็นจักรยานยนต์หรือรถยนต์ จะมีพลังงานจลน์มาก หากชนกับวัตถุที่อยู่นิ่ง ก็เสียหายและบาดเจ็บหากชนประสานงา ก็ยิ่งเสียหายหนักเป็นทวีคูณ และอาจถึงกับเสียชีวิตได้จึงต้องขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วไม่เกินที่กฎหมายกำหนดและด้วยความเร็วตามป้ายแนะนำความเร็วบนเส้นทาง

**ข้อที่ 8**

ระยะหยุดโดยปลอดภัยของรถยนต์ B

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

$$= (25 \times 2.0) + \left( (25)^2 \frac{1}{2 \times 0.3 \times 9.81} \right)$$

$$s = 156.2 \text{ เมตร}$$

ระยะหยุดโดยปลอดภัยของรถกระบะ C

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

$$= (27.8 \times 2.0) + \left( (27.8)^2 \frac{1}{2 \times 0.3 \times 9.81} \right)$$

$$S = 186.9 \text{ เมตร}$$

จากการคำนวณ พบว่า เมื่อรถยนต์ B เห็นสินค้าหล่นลงมา สามารถหยุดรถได้ทันเวลา แต่รถกระบะ C ที่วิ่งตามหลังไม่สามารถหยุดรถได้ทัน จึงเกิดอุบัติเหตุชนท้ายรถ B

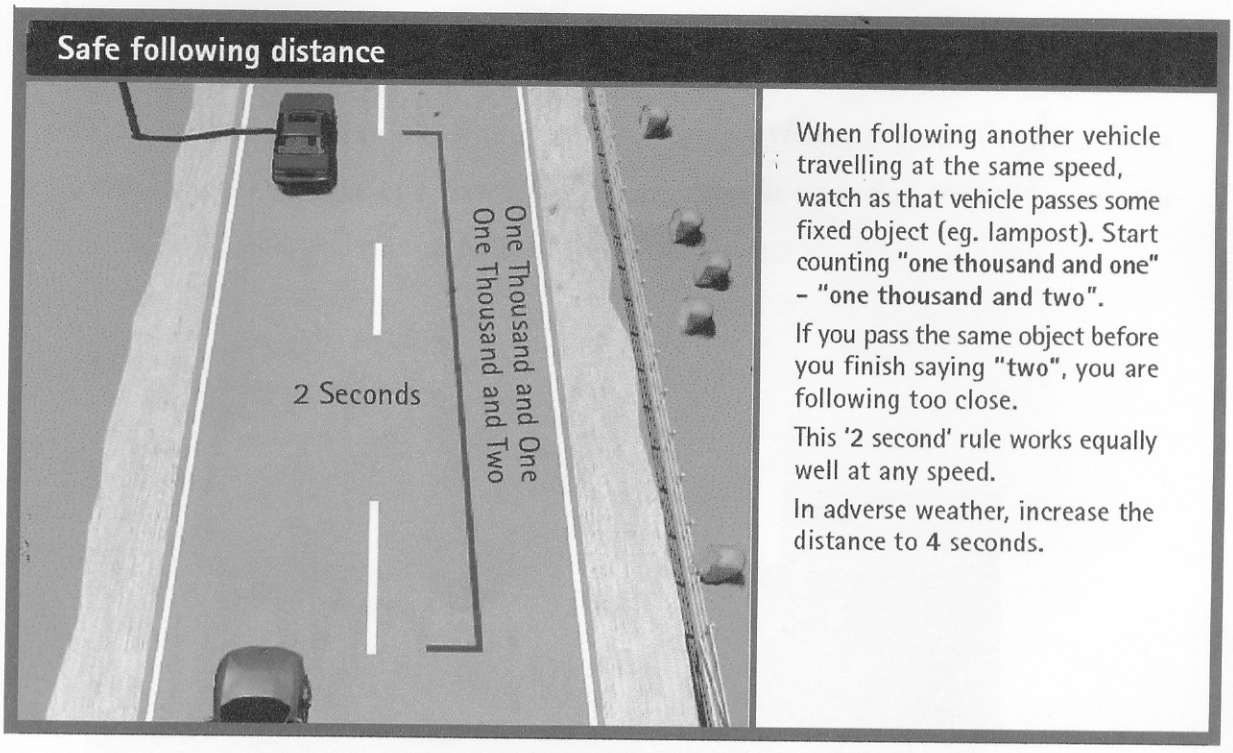
**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ความเร็ว กับระยะเบรค จะเห็นได้ว่า ระยะเบรคแปรตามความเร็วยกกำลังสอง ดังนั้นถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เช่น จาก 30 กม./ชม. เป็น 60 กม./ชม. ระยะเบรคจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า คือจาก 11.8 เมตร เป็น 47.2 เมตร

**ด้านความปลอดภัย**

จากสถิติของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2545 ได้บันทึกถึงจำนวนอุบัติเหตุจราจร ซึ่งมีสาเหตุมาจาก "การขับตามกระชั้นชิด" ว่ามีจำนวนถึง 4,029 ครั้ง




การขับตามที่ปลอดภัย

ที่มา : www.ltsa.govt.nz/publications/docs/mature_drivers_rules.pdf

จากตัวอย่างโจทย์ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยในการขับรถตามหลังคันหน้า ผู้ขับขี่ควรขับโดยทิ้งระยะห่างจากรถคันหน้าอย่างน้อย 2 วินาที (กฎ 2 วินาที, the 2 second rule) ซึ่งเป็นกฎที่ใช้กันอย่างแพร่หลายใน สหราชอาณาจักร (United Kindom) ออสเตรเลีย และ นิวซีแลนด์

วิธีการที่จะขับขี่รถตามหลังรถคันหน้าโดยทิ้งระยะห่าง 2 วินาที คือ ให้สังเกตรถคันหน้าขณะที่วิ่งผ่านวัตถุที่อยู่กับที่ เช่น เสาไฟฟ้า แล้วเริ่มจับเวลาในใจ โดยการนับว่า “ปลอดภัยไว้ หนึ่ง ปลอดภัยไว้ สอง” ถ้ารถของเราขับผ่านเสาไฟฟ้าเดียวกันก่อนนับคำว่า "สอง" แสดงว่าเราขับรถใกล้คันหน้ามากเกินไป ให้ลดความเร็วลง (ในต่างประเทศเขามีเทคนิคในการนับเวลา 2 วินาที โดยให้พูดคำภาษาอังกฤษในใจว่า “one thousand and one”, “one thousand and two”)

กฎ 2 วินาทีนี้ใช้กับการขับตามที่ทุกความเร็ว นอกจากนั้น ในสภาพอากาศที่เลวร้าย เช่น ฝนตก ให้เพิ่มเวลาเป็น 4 วินาที

**ข้อเสนอแนะ**

หลังจากนักเรียนทำโจทย์ข้อนี้แล้ว ผู้สอนควรจะถามนักเรียนทิ้งท้ายว่า หากถนนที่รถทั้ง 3 คันวิ่งเป็นถนนซึ่งรถวิ่งด้วยความเร็วสูง และรถวิ่งเว้นระยะห่างกันเพียงระยะสั้น ๆ ถามว่า หลังจากอุบัติเหตุเกิดขึ้น จะเกิดอะไรขึ้นกับรถกลุ่มหลังที่ขับตามนาย C มา ?

**รูปที่ 8 : อุบัติเหตุจากการขับตามกระชั้นชิด**

**ข้อที่ 9**

<u>เมื่อขับมาด้วยความเร็ว 70 กม./ชม.</u>

$$\text{แรงหนีศูนย์กลาง} = \frac{V^2}{127R} = \frac{70^2}{127 \times 250} = 0.15$$

$$\text{แรงต้านแรงหนีศูนย์กลาง} = f = 0.12$$

$$0.12 < 0.15$$

จะเห็นได้ว่าแรงต้านมีค่าน้อยกว่าแรงหนีศูนย์กลาง จึงไม่ปลอดภัย เพราะแรงหนีศูนย์กลางที่มีค่ามากกว่าแรงต้าน จะทำให้รถเสียหลักไถลหลุดออกจากทางโค้ง

<u>ความเร็วที่ปลอดภัยสำหรับการเข้าโค้ง</u>

$$f = \frac{V^2}{127R}$$

$$0.12 = \frac{V^2}{127 \times 250}$$

$$V = 61.73 \quad \text{กม./ชม.}$$

ดังนั้นต้องลดความเร็วก่อนเข้าโค้งให้เหลือน้อยกว่า 61.73 กม./ชม.เพื่อความปลอดภัยจากการขับรถหลุดออกนอกทางโค้ง

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ทราบถึงความสัมพันธ์ของ สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน ความเร็วในการเข้าโค้ง และรัศมีของทางโค้ง ว่ามีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$e + f = \frac{V^2}{127R}$$

**ด้านความปลอดภัย**

จากโจทย์ การขับขี่มาด้วยความเร็ว 70 กม./ชม. จะทำให้แรงต้านน้อยกว่าแรงหนีศูนย์กลาง จึงไม่ปลอดภัย เพราะแรงหนีศูนย์กลางที่มีค่ามากกว่าแรงต้าน จะทำให้รถเสียหลักไถลหลุดออกจากทางโค้งได้ ผู้ขับขี่ต้องขับรถตามความเร็วที่ป้ายจราจรบังคับหรือแนะนำเพื่อความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

**ข้อที่ 10**

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

เมื่อผู้ขับขี่ขับรถมาด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. หรือ 25 ม./วินาที

$$s = (25 \times 2.0) + \frac{25^2}{2 \times 0.5 \times 9.81}$$

$$s = 113.71 \quad \text{เมตร}$$

ดังนั้นผู้ขับขี่ต้องการระยะหยุดปลอดภัยเท่ากับ 113.7 เมตร
จะเห็นได้ว่า คนขับไม่สามารถหยุดรถได้ทัน ภายในระยะ 90 เมตรที่มองเห็นช้าง

<u>ความเร็วที่ปลอดภัย</u>

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

$$90 = (V_i \times 2.0) + \frac{V_i^2}{2 \times 0.5 \times 9.81}$$

$$V_i = 21.62 \quad \text{เมตร/วินาที}$$

$$V_i = 77.83 \quad \text{กม./ชม.}$$

ดังนั้น ผู้ขับขี่ต้องใช้ความเร็วที่ต่ำกว่า 78 กม./ชม. จึงจะปลอดภัย

**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ระยะหยุดรถ ความเร็ว และความเสียดทานระหว่างล้อกับผิวถนน โดยระยะหยุดรถคำนวณได้จาก

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

**ด้านความปลอดภัย**

1) การขับขี่ในเวลากลางคืน ในบริเวณที่ไม่มีไฟฟ้าแสงสว่าง ผู้ขับขี่ต้องอาศัยไฟหน้ารถเพื่อช่วยในการมองเห็น ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่และผู้โดยสาร/ซ้อนท้าย และคนข้ามถนน ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วที่สามารถหยุดรถได้ทันในระยะที่ไฟหน้าส่องสว่างถึง จากการคำนวณ จะเห็นได้ว่า ระยะส่องสว่างของไฟสูงของรถทั่วไป ที่ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นคนข้ามถนนที่ใส่ชุดสีเข้มได้ คือ 90 เมตร ดังนั้น ผู้ขับขี่ต้องใช้ความเร็ว ไม่เกิน 78 กิโลเมตร/ชั่วโมง

2) ในเวลากลางคืน หรือเวลาที่มีแสงสว่างน้อย การมองเห็นวัตถุที่มีสีเข้ม (เช่นคนใส่ชุดสีเข้ม) จะมองเห็นได้ชัดก็ต่อเมื่ออยู่ในระยะที่ใกล้ ซึ่งอาจทำให้ผู้ขับขี่หยุดรถไม่ทัน ดังนั้น นักเรียนควรใส่เสื้อผ้าสีอ่อน เช่น สีขาวหรือสีเหลืองในเวลากลางคืน เพื่อเพิ่มระยะมองเห็นของผู้ขับขี่และเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ (จักรยาน, จักรยานยนต์) หรือการข้ามถนนของนักเรียน

**ข้อเสนอแนะ**

หลังจากนักเรียนทำโจทย์ข้อนี้แล้ว ผู้สอนควรจะถามนักเรียนทิ้งท้ายว่า หากช้างเดินเข้าหารถ คนและรถจะเป็นอย่างไร ?

**ข้อที่ 11**

รถไฟใช้เวลาเดินทางถึงจุดตัด

$$t = \frac{S}{V} = \frac{150}{15} = 10 \text{ วินาที}$$

รถยนต์ใช้เวลาเดินทางถึงจุดตัดใช้เวลา

$$t = \frac{S}{V} = \frac{306}{27.8} = 11 \text{ วินาที}$$

ดังนั้นรถยนต์จึงพุ่งเข้าชนรถไฟเนื่องจากหยุดไม่ทัน

รถที่ขับมาด้วยความเร็ว 100 กม./ชม. ต้องการระยะหยุดปลอดภัย ภายใต้เวลาการตอบโต้ 2 วินาที ดังนี้ :

$$S = V_i t_r + \frac{V_i^2}{2fg}$$

$$S = 27.8 \times 2.0 + \frac{27.8^2}{2 \times 0.3 \times 9.81}$$

$$S = 55.6 + 131.3 = 187 \text{ เมตร}$$

ดังนั้น ระยะที่ติดตั้งป้ายเตือนว่ามีรถไฟข้างหน้าควรห่างจากรางประมาณ 200 เมตร

หาความหน่วงที่รถใช้ในการเบรค

$$V_f^{\ 2} = V_i^{\ 2} + 2as$$

$$a = \frac{V_i^{\ 2} - V_f^{\ 2}}{2s}$$

$$a = \frac{27.8^2 - 0}{2 \times 131.3} = -2.94 \text{ ม./ว}^2$$

หาเวลาที่รถใช้ในการเบรค

$$V_f = V_i - at$$

$$0 = 27.8 - 2.94t$$

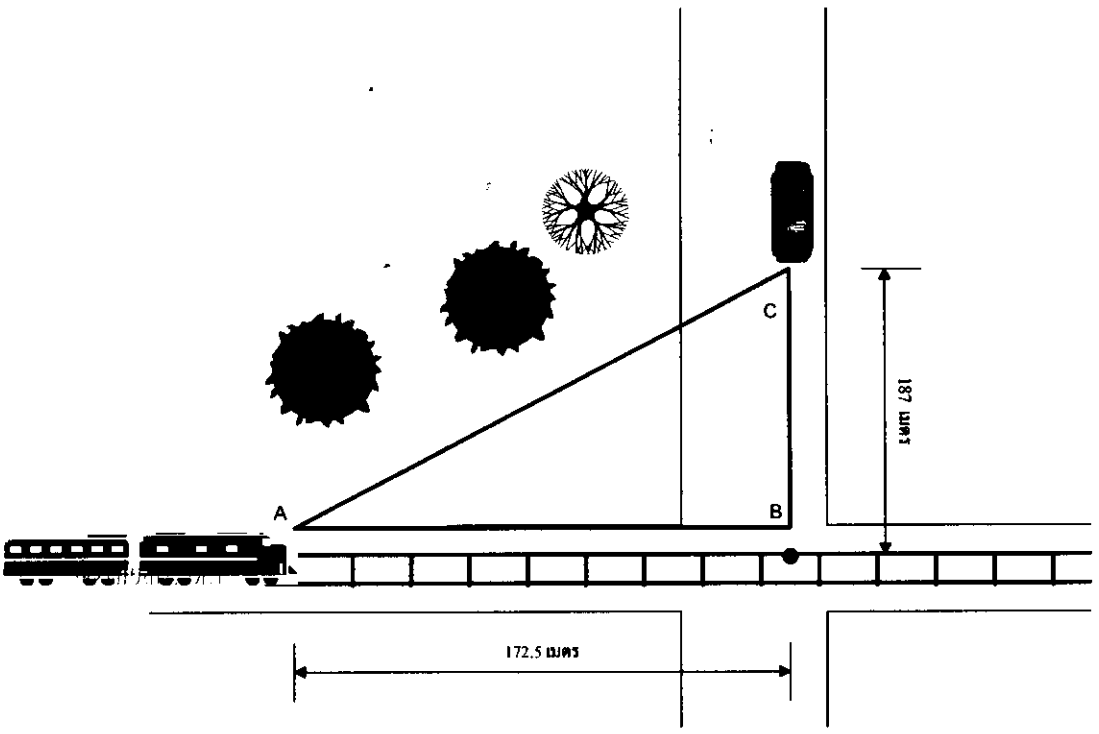
$$t = 9.5 \text{ วินาที}$$

รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมดในการหยุดรถอย่างปลอดภัยเท่ากับ 2 + 9.5 = 11.5 วินาที

เมื่อรถไฟใช้ความเร็ว 54 กม./ชม. ภายในเวลา 11.5 วินาที จะได้ระยะทาง

$$AB = Vt = 15 \times 11.5 = 172.5 \text{ เมตร}$$

ดังนั้น ในสามเหลี่ยมการมองเห็น "ABC" จะต้องปลอดสิ่งที่กีดขวางการมองเห็น




**วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้**

**ด้านคณิตและฟิสิกส์**

ความสัมพันธ์ของ การมองเห็น ความเร็ว ความหน่วง

**ด้านความปลอดภัย**

ระหว่างปี ค.ศ. 1988 ถึง 1998 ประเทศไทยมีอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ ระดับพื้น จำนวน 4,688 ครั้ง และมีผู้เสียชีวิต 414 ราย (www.unescap.org/tctd/pubs/safetyfiles/level-crossing-chap-2.pdf) ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่มาก แต่ทุกชีวิตที่สูญเสียไปสามารถป้องกันได้ โดยการเพิ่มระยะมองให้กับผู้ขับขี่ ติดตั้งป้ายเตือน และป้ายบังคับความเร็ว และป้าย "หยุด" หรืออุปกรณ์ความปลอดภัยที่เหมาะสม แต่ที่สำคัญที่สุด คือ นักเรียนและผู้ปกครองจะต้องปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะ การ "หยุด" ก่อนที่จะข้ามทางรถไฟ

**ข้อเสนอแนะ**

หลังจากนักเรียนทำโจทย์ข้อนี้แล้ว ผู้สอนควรจะถามนักเรียนทิ้งท้ายว่า หากรถไฟที่วิ่งมามีผู้โดยสารเต็มขบวน และวิ่งมาด้วยความเร็วสูง เมื่อเห็นรถยนต์วิ่งมาก็พยายามเบรค แต่เบรคไม่ทัน จึงพุ่งเข้าชนรถยนต์ถามว่า จะเกิดอะไรขึ้นกับรถไฟ รถ และคน ?