

โครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “คลื่นการเดินทางของกิ้งกือ”

โดย... 1. นายจรรุพล สกิตพงษ์สุทธิ
2. นายณัฐดนัย ปุณณะนิต
3. นายภูมิยศ วิมลกิตติวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์นิพนธ์ ศรีนฤมล
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการเดินทางของกิ้งกือ การทดลองขั้นแรก พบว่าการเคลื่อนที่ของขาที่มีลักษณะเป็นคลื่นใน 3 มิติ โดยมีอัตราเร็ว ความยาวคลื่น และความถี่ ที่วัดได้ สอดคล้องกับสมการ

$$v = f\lambda$$

ลำดับต่อมา พิจารณาการเคลื่อนที่ของขาจากด้านห้อง เมื่อนำค่ามุมที่ขาของกิ้งกือเบนจากแนวสมมูลกับลำดับที่ของขานั้นๆ มาวิเคราะห์การถดถอยแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องกับสมการคลื่นไซน์

$$y = A \sin(kx - \omega t)$$

โดยที่ค่าคงที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมีค่าความยาวคลื่น ความถี่ หรือค่าแอมพลิจูดสัมพันธ์กับการทดลองตอนแรกทั้งสิ้น

จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปลายขาจากแนวข้าง โดยกำหนด(plot) ตำแหน่งของปลายขาของกิ้งกือจากภาพถ่าย พบว่าการเรียงตัวของขาจะอยู่ในลักษณะเส้นโค้งคล้ายครึ่งวงกลมที่วางหงายต่อๆ กันอยู่ แต่การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลตำแหน่งของปลายขานั้นล้มเหลว

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปลายขาแต่ละขา หากผู้สังเกตมีความเร็วเท่ากับตัวกิ้งกือจะสังเกตเห็นว่าแต่ละขาของกิ้งกือจะหมุนวนเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม จึงได้ว่าเมื่อผู้สังเกตหยุดนิ่งจะสังเกตเห็นทางเดินของขานั้นๆ เป็นส่วนหนึ่งของการเคลื่อนที่แบบไซโคลอยด์ อาศัยข้อมูลจากการทดลองตอนที่ 1 และ 2 จะได้สมการของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปลายขาใดๆ ของกิ้งกือ ณ เวลาใดๆ เป็น

$$x = v_{\text{millipede}} t - \frac{v_{\text{millipede}}}{v_{\text{wave}}} \cdot d + r \sin(kd - \omega t) \quad \text{เมื่อ } y \geq r \cos \frac{\theta}{2}$$
$$y = -r \cos(kd - \omega t)$$

การศึกษาลักษณะการเดินนี้นับได้ว่าเป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้น แต่เป็นพื้นฐานที่สำคัญเพราะเป็นการริเริ่มศึกษาเกี่ยวกับการเดินของกิ้งกือในทางฟิสิกส์ และพบว่าเรื่องการเดินทางของกิ้งกือนี้ยังมีอีกหลายแง่มุมที่น่าสนใจศึกษา เช่น การวิเคราะห์การเดินเลี้ยวโค้ง การวิเคราะห์การเดินบนผิวโค้งต่างๆ รวมถึงการประยุกต์ใช้ให้กว้างขวาง ซึ่งผู้จัดทำโครงการนี้ได้ตั้งใจว่าจะทำการศึกษาวิจัยต่อไป

ที่มาและความสำคัญ

วันหนึ่งในฤดูฝน กลุ่มผู้จัดทำโครงการได้สังเกตเห็นว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของกิ้งกือมีลักษณะคล้ายคลื่น จึงเกิดความสงสัยใคร่จะเข้าใจการเดินทางของกิ้งกือ เพื่อนำข้อมูลหรือรูปแบบของการเดินที่ได้ไปประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะในโปรแกรมการเดินของหุ่นยนต์ที่มีหลายขาเพราะจะทำให้การเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ขรุขระมีประสิทธิภาพ

กิ้งกือ (millipede) เป็นสัตว์ที่อยู่ใน class diplopoda ชอบอาศัยอยู่ตามพื้นดิน ใต้กองใบไม้ กิ้งกือเป็นสัตว์ที่กินซากอินทรีย์สาร (detritivore) ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศ กิ้งกือจึงนับว่ามีความสำคัญมาก และมีจำนวนมากเป็นอันดับ 3 ของสัตว์ขาข้อ (arthropod) แต่กลับมีข้อมูลเกี่ยวกับกิ้งกือน้อย โดยเฉพาะข้อมูลทางกายภาพ ดังนั้นการศึกษากิ่งกือจึงมีความจำเป็น และเป็นประโยชน์

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อเข้าใจการเดินทางของกิ้งกือ
2. พิสูจน์ว่าการก้าวของขาทั้งหมดของกิ้งกือเป็นคลื่น
3. ศึกษาหารูปแบบการก้าวขาของกิ้งกือในแนวระนาบ
4. ศึกษาหารูปแบบการเปลี่ยนตำแหน่งของปลายขาของกิ้งกือเมื่อผู้สังเกตอยู่ด้านข้าง
5. หาสมการที่แสดงการขยับขาของกิ้งกือได้ในทุกมิติ
6. นำผลที่ได้จากการศึกษาไปเขียนโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของขาของกิ้งกือ เพื่อสนับสนุนว่าผลจากโครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

การทดลอง

ตอนที่ 1

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของคลื่น (f) ความยาวคลื่น (λ) ความเร็วคลื่น (V) และความเร็วกิ้งกือ (V^*)

1. วัดความยาวตัวของกิ้งกือ และนับจำนวนปล้องของกิ้งกือ
2. วัดความถี่ (f) ของคลื่นขาของกิ้งกือที่ผ่านตำแหน่งหนึ่งบนตัวกิ้งกือ
3. วัดความยาวของคลื่นขาของกิ้งกือ (λ) เป็นความยาวระหว่างช่วงที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนกันบนคลื่น 2 ลูก ที่อยู่ติดกัน วัดในหน่วยเซนติเมตร และวัดในหน่วยปล้อง (นับจำนวนปล้อง)
4. วัดความเร็วคลื่นของขาของกิ้งกือเทียบกับความเร็วของตัวกิ้งกือ (V) ในหน่วยเซนติเมตรต่อวินาที

- และในหน่วย ปล้องต่อวินาที
5. วัดความเร็วกึ่งกึ่ง (V^*)
 6. วิเคราะห์ข้อมูล ว่าสอดคล้องกับความสัมพันธ์ $v = f\lambda$ หรือไม่

ผลการทดลอง

กึ่งกึ่ง ตัวที่	f (s^{-1})	ความยาวคลื่น (λ)		$f\lambda$		V คลื่น(เทียบกึ่งกึ่ง)	
		cm	ปล้อง	cm/s	ปล้อง/ cm	cm/s	ปล้อง/s
1	1.17	1.60	6.9	1.9	8.1	1.9	8.3
	1.19	1.60	6.9	1.9	8.2	1.8	7.9
	1.18	1.60	6.9	1.9	8.1	2.0	8.6
2	0.85	1.72	7.3	1.5	6.2	1.4	6.1
	0.59	1.72	7.3	1.0	4.3	1.0	4.4
	0.85	1.72	7.3	1.5	6.2	1.4	5.8

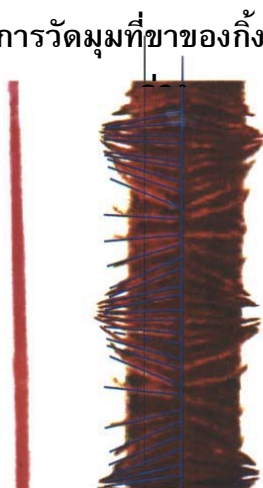
เราสังเกตว่า V คลื่น (เทียบกึ่งกึ่ง)มีค่าเท่ากับ $f\lambda$ นอกจากนี้ยังได้ว่า โดยปกติ V คลื่น มีค่าเท่ากับ V ตัวกึ่งกึ่ง อภิปรายว่าความเร็วคลื่นขากึ่งกึ่งมีค่าเท่ากับความเร็วที่กึ่งกึ่งลากขาจากหลังไปหน้า ซึ่งเท่ากับความเร็วที่กึ่งกึ่งลากขาจากหน้าไปหลังเพื่อเคลื่อนที่ เราจึงอาจอธิบายได้ว่า V คลื่น มีค่าเท่ากับ V ตัวกึ่งกึ่ง

ตอนที่ 2

พิจารณาการก้าวขาจากภาพด้านห้อง

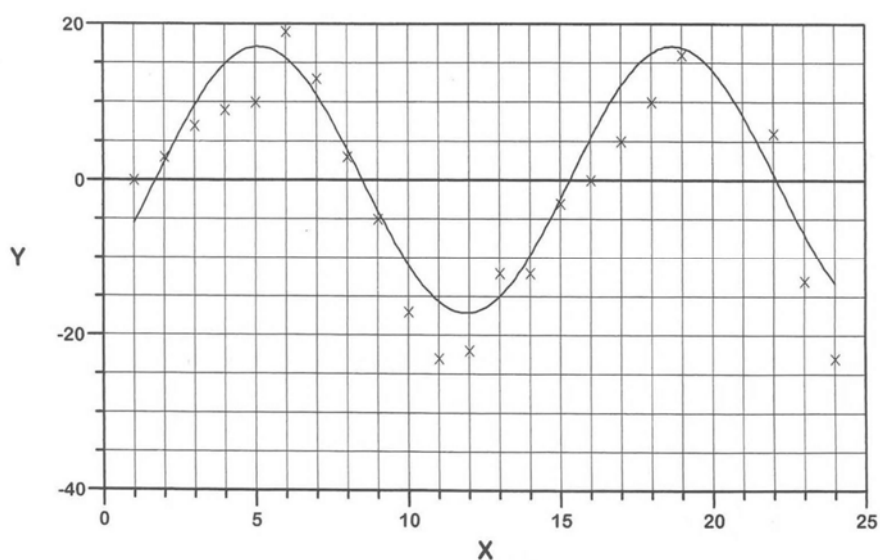
1. ถ่ายภาพใต้ห้องของกึ่งกึ่งที่เตรียมไว้ขณะเดินในท่อพลาสติก
2. นำภาพถ่ายมาวัดค่ามุมที่ขาแต่ละขาเบนออกจากแนวสมดุล ซึ่งเป็นแนวที่ขาของกึ่งกึ่งตั้งฉากกับแนวกลางลำตัว
3. หาค่ามุมเฉลี่ยที่ขาของปล้องแต่ละปล้องเบนจากแนวสมดุล
4. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของขา กับมุมที่ขาเบนออกจากแนวสมดุล โดยใช้โปรแกรม Non-linear Regression วิเคราะห์สมการถดถอยเชิงฟังก์ชันไซน์

ภาพแสดงการวัดมุมที่ขาของกิ่งกือ จากภาพมุม



ผลการทดลอง

Regression Analysis of the Picture 2



ตอนที่ 3

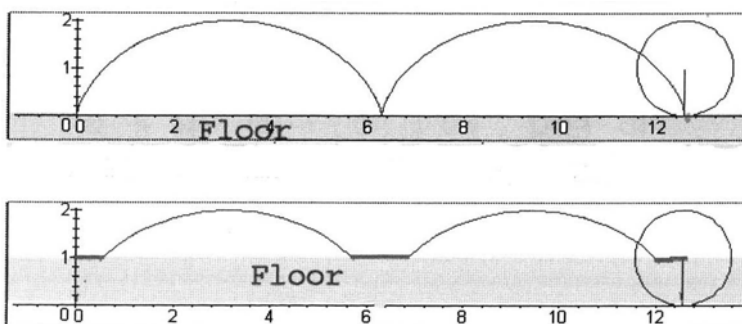
พิจารณาตำแหน่งของปลายขาของกิ่งกือจากภาพด้านข้าง

1. ถ่ายภาพ ด้านข้างของกิ่งกือ แล้วนำภาพที่ได้มาทำการแปลค่า
2. เขียนกราฟแสดงการเคลื่อนที่ของขากิ่งกือในแต่ละขา

ผลการทดลอง

กิ่งกือตัวที่	อัตราส่วนขาที่ลอย : ขาที่ติดพื้น
1	1:0.96
2	1:1.14
3	1:1.07
4	1:1

ถ้าเราสังเกตโดยมีความเร็วเท่ากับตัวกึ่งก็อาจจะพบว่าขาแต่ละขาของกึ่งก็กำลังเคลื่อนที่เป็นลักษณะของครึ่งวงกลม ซึ่งขณะเดียวกันถ้าสังเกตที่ขาที่ขา (ขาขานั้นไม่สัมผัสพื้นตลอดการเคลื่อนที่ แต่มีการเคลื่อนที่ในแบบเดียวและต่อเนื่องกันไปกับขาข้างๆ) จะเห็นได้ว่าขาขานั้นมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม แสดงว่าถ้าเราทำให้ขาทั้งหมดเดินไปโดยไม่ติดพื้นทุกขาจะมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเช่นกัน แต่ที่เห็นเป็นครึ่งหนึ่งนั้นเนื่องจากเมื่อขาขาหนึ่งยก หมุนวนไปได้ครึ่งรอบของวงกลมแล้วจะสัมผัสพื้นเพื่อออกแรงดันพื้นในการเดินนั่นเอง



ถ้าหากขาเคลื่อนที่เป็นวงกลมครบรูปแล้ว การเปลี่ยนตำแหน่งของปลายขาจะต้องสอดคล้องสมการไซคลอยด์ แต่เราพบว่าการหมุนวนของขาเป็นเพียงครึ่งวงกลม จึงเห็นว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของปลายขาสอดคล้องกราฟไซคลอยด์เพียงครึ่งส่วนบนของกราฟไซคลอยด์เท่านั้น

สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1

การเดินของกึ่งก็ มีลักษณะเป็นคลื่นมีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = f\lambda$

โดยที่ v คือ ความเร็วของคลื่นเมื่อเทียบกับตัวกึ่งก็

f คือ ความถี่ของคลื่น

และ λ คือ ความยาวคลื่น

ตอนที่ 2

การเคลื่อนที่ของขาที่กึ่งก็มีแนวโน้มเป็นฟังก์ชันไซน์และมีสมการอยู่ในรูป

$$y = A \sin(kx - \phi_0)$$

เมื่อ A คือ ค่ามุมสูงสุดที่ขาที่กึ่งก็เบนจากแนวสมดุล

k คือ เลขคลื่น ซึ่งมีค่า $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

และ ϕ_0 คือ มุมที่ขาแรกเบนไปจากแนวสมดุล

ตอนที่ 3

เมื่อสังเกตจากด้านข้าง ขณะผู้สังเกตอยู่กับที่ จะเห็นทางเดินของปลายขานั้นเป็นส่วนหนึ่งของกราฟไซคลอยด์ สมการของการเปลี่ยนตำแหน่งปลายขาของกิ้งกือ เป็น

$$\begin{aligned} x &= vt - r \sin(\omega t) \\ y &= -r \cos(\omega t) \end{aligned} \quad \text{เมื่อ } y \geq 0 \quad (\text{คือ พิจารณาเฉพาะครึ่งบน})$$

รางวัลที่ได้รับ

- ✚ ชนะเลิศในการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับประเทศ ปีการศึกษา 2546 จัดโดยสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ✚ ชนะเลิศ ได้รับรางวัล First Award of Sigma International Society of Science ประเภท Team Multidisciplinary Science Project ของสมาคม The Scientist Research Society ประเทศสหรัฐอเมริกา เดือนพฤษภาคม 2547