

การวัดความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวง ในวันสารทวิษุวัต

นายพีรกร บุญสูง¹, นายยศชนนท์ ชันงาม²

¹ นารายณ์คำผงวิทยา, ต.คำผง อ.โนนนารายณ์ จ.สุรินทร์ และ อีเมล peerakon.bunsung@gmail.com

² นารายณ์คำผงวิทยา, ต.คำผง อ.โนนนารายณ์ จ.สุรินทร์ และ อีเมล tartarter0@gmail.com

ครูที่ปรึกษา นายศักดิ์อนันต์ อนันตสุข, นายณัฐพล แสงทวี

บทคัดย่อ

การวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในแนวเส้นแวงของ Eratosthenes (276-194 ปีก่อน ค.ศ.) ใช้การจับคู่สองตำแหน่งใดๆ ในแนวเส้นแวงเดียวกัน คำนวณจากการวัดระยะห่างของสองตำแหน่งและผลต่างของมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบเสา กำหนดเงาในเวลาเที่ยงวัน ด้วยหลักการดังกล่าว ในวันสารทวิษุวัต (23 กันยายน) ซึ่งดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏตามแนวเส้นศูนย์สูตรโลก การวัดความยาวเส้นรอบวงโลกสามารถทำได้โดยการวัดระยะจากตำแหน่งใดๆ เทียบกับเส้นศูนย์สูตรโลกและวัดมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบเสากำหนดเงาในเวลาเที่ยงวันได้

โครงการนี้ ทำการศึกษาที่โรงเรียนนารายณ์คำผงวิทยา จังหวัดสุรินทร์ ระหว่างวันที่ 22-24 กันยายน 2558 โดยใช้เสากำหนดเงาที่มีความสูงแตกต่างกัน 5 ระดับ วัดมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบเสากำหนดเงาในเวลาเที่ยงวันของวันที่ 24 กันยายน 2558 และวัดระยะทางจากพิกัดภูมิศาสตร์โรงเรียนถึงเส้นศูนย์สูตรโลกด้วยโปรแกรม Google Earth แล้วคำนวณหาความยาวเส้นรอบวงโลก ผลการศึกษาพบว่า การคำนวณความยาวเส้นรอบวงโลกในวันสารทวิษุวัต มีค่าคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.14-7.82 % ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับความคลาดเคลื่อนของ Eratosthenes ที่ 15.60% ซึ่งเป็นการยืนยันว่า การวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในแนวเส้นแวงของ Eratosthenes สามารถทำได้อีกวิธีหนึ่ง โดยเทียบพิกัดกับเส้นศูนย์สูตรโลก ในวันสารทวิษุวัต

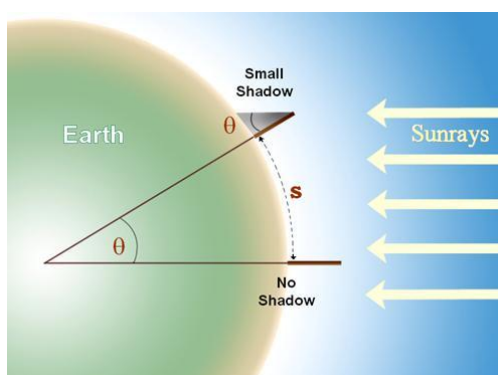
คำสำคัญ: ความยาวเส้นรอบวงโลก, Eratosthenes, เสากำหนดเงา

บทนำ

การวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในแนวเส้นแวง (ลองจิจูด; Longitude) ของ Eratosthenes (276-194 ปีก่อน ค.ศ.) ใช้การจับคู่สองตำแหน่งใดๆ ในแนวเส้นแวงเดียวกัน คำนวณจากการวัดระยะห่างของสองตำแหน่ง (ระหว่างเมืองไซเอน (Syene) และเมืองอเล็กซานเดรีย (Alexandria) ของประเทศอียิปต์) และผลต่างของมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบเสากำหนดเงาในเวลาเที่ยงวันในวันครีษมายัน (Summer solstice, 21 มิถุนายน) กิจกรรมการวัดความยาวเส้นรอบวงโลก ตามวิธีของอีราโทสทีเนส มีการดำเนินการเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน ในช่วงวันครีษมายัน (Summer solstice) ในปฏิบัติการ Eratosthenes 2009 ในประเทศอาร์เจนตินาและ Eratosthenes 2010 ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรม ประมาณ 15,000 คน จาก 200 โรงเรียน จะต้องจับคู่โรงเรียนที่อยู่ในแนวเส้นแวงเดียวกัน เก็บข้อมูลและสื่อสารกันผ่านทางเว็บไซต์ที่สร้างขึ้น (Bekeris at al., 2011 อ้างถึงใน Anantasook & Yuenyong, 2015)

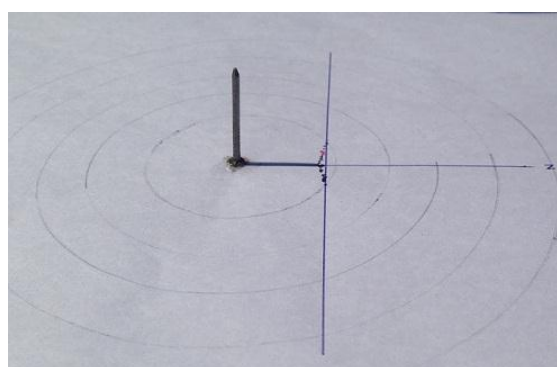
ในประเทศไทย องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ได้จัดอบรมครูเกี่ยวกับการทำปฏิบัติการอีราโทสทีเนสวัดโลกทั้งใบด้วยไม้แท่งเดียว ในปี พ.ศ. 2551 และปี 2555 ในช่วงวันเหมายัน (Winter Solstice, 23 ธันวาคม) และพบว่า มีครู

บางท่านที่เข้าร่วมโครงการนำปฏิบัติการไปดำเนินการในสถานศึกษา โดยจับคู่โรงเรียนในแนวเส้นแวงเดียวกัน คือ โรงเรียนศรีบุญเรืองวิทยาคม จังหวัดนครพนม และโรงเรียนอัมพันวิทยา จังหวัดอุบลราชธานี (สรรคัสสนธิ บุญโยทยาน, 2556) นอกจากนี้ Anantasook & Yuenyong (2015) ได้เสนอวิธีการวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในวันวิษุวัต (Equinox, 21 มีนาคม และ 23 กันยายน) เพราะวันดังกล่าว ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏตามแนวเส้นศูนย์สูตรโลก (ดังภาพที่ 1) การวัดความยาวเส้นรอบวงโลกสามารถทำได้โดยการวัดระยะจากตำแหน่งใดๆ เทียบกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) และวัดมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบเสากำเนิดเงาในเวลาเที่ยงวัน ได้ โดยได้ทำกิจกรรมวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในวันวสันตวิษุวัต (Vernal Equinox) ระหว่างวันที่ 20-21 มีนาคม 2557 จากแต่ละพิภคภูมิศาสตร์ของโลก (ไทย-ลาว-นิวซีแลนด์) ผลพบว่า การคำนวณความยาวเส้นรอบวงโลกของจำนวน 18 จุด มีค่าคลาดเคลื่อนระหว่าง 0.02-12.50% ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับความคลาดเคลื่อนของ Eratosthenes ที่ 15.60%



ภาพที่ 1 เงาของเสากำเนิดเงา 2 ตำแหน่งในวันวิษุวัต

(ที่มา : <http://www.iucaa.ernet.in/~scipop/Obsetion/eratos/image008>)



ภาพที่ 2 การทำ Shadow Plot และตำแหน่งที่ปลายเสากำเนิดเงา

ทับกับเส้นเวลาที่เที่ยงตรง (Solar noon) พอดี

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในช่วงวันสารทวิษุวัต (Autumn Equinox) คือระหว่างวันที่ 22 -24 กันยายน 2558 โดยประยุกต์ใช้วิธีของอีราโทสทีเนส และใช้โปรแกรม Google Earth วัดระยะทางจากพิภคโรงเรียนนารายณ์คำผงวิทยา (103.57°E, 15.13°N) ถึงเส้นศูนย์สูตรโลก

วิธีการศึกษา

1. การหาค่ามุมตกกระทบของดวงอาทิตย์ในเวลาเที่ยงสุริยะ มีขั้นตอนดังนี้

วันที่ 1 : ก่อนวันสารทวิษุวัต (วันที่ 22 กันยายน)

1. ติดตั้ง "นอมอน (Gnomon)" ได้แก่ แท่งไม้ แท่งสกรู แท่งตะปู เสาธง ที่มีความสูงต่างกัน 5 ระดับ วางติดแน่น ให้ได้ฉากกับพื้นที่ราบเรียบ ตำแหน่งกลางรูปวงกลมที่วาดซ้อนกันหลายวง (ดังภาพที่ 2) ณ สนามหน้าเสาธงโรงเรียนนารายณ์คำผงวิทยา (103.57°E, 15.13°N)

2. พลอตเงาแสงอาทิตย์ (Shadow plot) เพื่อหาทิศเหนือแท้ โดยใช้ปากกาจูดตำแหน่งที่ยอดแหลมของเงาจากแท่งวัตถุที่ทอดไปบนรูปวงกลมทุกๆ 5 นาที ระหว่างเวลาในนาฬิกาข้อมือ ราว 11.00-13.00 น. จะได้จุดที่แสดงถึงการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตัดผ่านรูปวงกลมเหล่านั้น จากนั้นลากเส้นตรงผ่านจุดที่ตัดวงกลมเดียวกัน ซึ่งจะได้แนวทิศตะวันออก-ตะวันตกแท้ จากนั้นกำหนดทิศเหนือแท้ หรือเส้นของเวลาที่เที่ยงตรงท้องถิ่น (solar noon) โดย ลากเส้นจากจุดที่ติดตั้งนอมอน (Gnomon) ไปตั้งฉากกับเส้นแนวทิศตะวันออก-ตะวันตกแท้ (ดังภาพที่ 2)

วันที่ 2 : วันสารทวิษุวัต (ตรวจวัดในวันที่ 24 กันยายน เนื่องจากวันที่ 23 กันยายน 2558 ท้องฟ้าปิดและมีเมฆฝน)

1. นำอุปกรณ์ที่ใช้พลอตเงาแสงอาทิตย์ของวันที่ 1 ไปวัดมุมที่ดวงอาทิตย์ตกกระทบในเวลาเที่ยงวัน โดยนำอุปกรณ์ไปติดตั้งให้ตั้งฉากกับพื้นราบที่ตำแหน่งเดิม ช่วงเวลา 11.50-12.10 น. แล้วระบุตำแหน่งที่ปลายเงาทาบกับเส้นเวลาเที่ยงตรง (Solar noon) พอดี จากนั้นวัดความยาวของเงาจากจุดที่ติดตั้งนอมอน (Gnomon) ไปถึงตำแหน่งปลายของเงา แล้วนำมาคำนวณหามุมที่ดวงอาทิตย์ตกกระทบในเวลาเที่ยงตรงได้จากสูตร

$$[\tan a = \text{ความยาวของเงา} / \text{ความสูงของเสาโนมอน}]$$

เมื่อ a คือ มุมที่ดวงอาทิตย์ตกกระทบในเวลาเที่ยงตรง

2. ระยะทางจากสถานที่ทำกิจกรรม สนามหน้าเสาธงโรงเรียนนราชนิคมคำผงวิทยาถึงเส้นศูนย์สูตรโลก โดยใช้ โปรแกรม Google Earth พบว่า ได้ระยะทาง 1681.88 กิโลเมตร

3. คำนวณความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel จากสมการ

$$[\text{ความยาวเส้นรอบวงโลก} = \text{ระยะทางระหว่างสถานที่ปฏิบัติการถึงเส้นศูนย์สูตร} \times (360/a)]$$

เมื่อ a คือ มุมที่ดวงอาทิตย์ตกกระทบในเวลาเที่ยงตรง

4. คำนวณค่าความคลาดเคลื่อน ความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวง จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = [\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจริง}] \times [100/\text{ค่าจริง}]$$

เมื่อ ค่าจริงของความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวง เท่ากับ 40,008 กิโลเมตร

ผลการศึกษา

ผลการตรวจวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในช่วงวันสารทวิษุวัต (22-24 กันยายน 2558) โดยใช้ความสูงของเสา กำหนดเงา ต่างกัน 5 ระดับ ณ พิกัดภูมิศาสตร์โรงเรียนนราชนิคมคำผงวิทยา จังหวัดสุรินทร์ (103.57°E, 15.13°N) สามารถแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวัดความยาวเส้นรอบวงโลกในช่วงวันสารทวิษุวัต (22-24 กันยายน 2558) ณ พิกัดโรงเรียนนราชนิคมคำผงวิทยา (103.57°E, 15.13°N)

เสาที่	ความสูงเสา (cm)	ความยาวเงา (cm)	tan A	มุม A (องศา)	ระยะห่างจาก เส้นศูนย์สูตร (กม.)	ความยาวเส้น รอบวงโลก (กม.)	Error (%)
1	411	111	0.270	15.11	1681.88	40,062.06	0.14
2	229	64	0.279	15.61	1681.88	38,776.82	3.08
3	8	2.0	0.250	14.04	1681.88	43,136.67	7.82
4	6	1.7	0.283	15.82	1681.88	38,274.82	4.33
5	4	1.1	0.275	15.38	1681.88	39,377.40	1.58
เฉลี่ย						39,925.55	3.39

สรุปผลและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 พบว่า เมื่อทำการวัดความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวง ณ พิกัดภูมิศาสตร์เดียวกัน แต่ใช้ความสูงของเสาแตกต่างกัน 5 ระดับ ค่ามุมที่ดวงอาทิตย์ตกกระทบในเวลาที่ยังตรง (a) ที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกับพิกัดละติจูด (15.13°N) โดยค่าความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวงในวันสารทวิษุวัตที่วัดได้จากเสากำหนดเงาแต่ละอัน โดยเมื่อเทียบกับค่าเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวง 40,008 กิโลเมตร จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.14-7.82 % ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับความคลาดเคลื่อนของ Eratosthenes ที่ 15.60% ซึ่งสอดคล้องกับที่ Anantasook & Yuenyong (2015) แนะนำไว้ว่า การวัดความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวงเทียบกับเส้นศูนย์สูตรโลก สามารถทำได้ในวันวิษุวัต (Equinox, 21 มีนาคม และ 23 กันยายน) อย่างไรก็ตาม ค่าความคลาดเคลื่อนที่สำคัญ จะเกิดขึ้นจากการวัดความสูงของเสาและความยาวเงาของเสากำหนดเงาในเวลาที่ยังวัน เพราะหากทำการวัดค่าได้อย่างแม่นยำแล้ว ค่ามุมที่ดวงอาทิตย์ตกกระทบในเวลาที่ยังวันท้องถิ่น จะใกล้เคียงกับพิกัดละติจูดที่ทำกิจกรรมในครั้งนี้ คือ 15.13°N (ซึ่งที่ละติจูด 15.13°N จะคำนวณความยาวเส้นรอบวงโลกตามแนวเส้นแวงได้ 40,018.29 กิโลเมตร)

ข้อเสนอแนะ

1. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Google Earth ในการวัดระยะทางบนโลก การเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยหรือการเรียนรู้ภายใต้ข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ เป็นสิ่งที่สามารถทำได้จริงอย่างประสบความสำเร็จ
2. กิจกรรมนี้ สามารถใช้เพื่อศึกษาค่าอื่นๆ ได้ เช่น ค่ารัศมีของโลก หรือความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางโลก เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก คุณครูศักดิ์อนันต์ อนันตสุข เจ้าของบทความที่อ้างอิงในโครงการนี้และที่ปรึกษาโครงการ และคุณครูณัฐพล แสงทวี ที่ปรึกษาโครงการ ที่ส่งเสริมสนับสนุน ให้คำปรึกษา แนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี รวมถึงผู้อำนวยการพันใจ ชูทรงเดช ที่ให้ความเมตตา เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำโครงการทางดาราศาสตร์ชิ้นนี้จนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

สรรพศรีสนธิ บุญโยทยาน. (2556). การอบรมเชิงปฏิบัติการ อิราโตสทีเนส วัดโลกทั้งใบด้วยไม้แท่งเดียว. ปทุมธานี:

องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. (เอกสารอัดสำเนา).

Anantasook, S. & Yuenyong, C. (2015). Applying Social Media for Measure Earth's Circumference from Different Locations on the Vernal Equinox. **Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education**. China: Asia-Pacific Society for Computers in Education. 341-348.

Bekeris, V., Bonomo, F., BonZi, E., Garcia, B., Mattei, G., Mazzitelli, D., Dawson, S. P., Fernandez de la Vega C. S., & Tamarit, F. (2011). **Eratosthenes 2009/2010: An Old Experiment in Modern Times**. Astronomy Education Review. USA: The American Astronomical Society. Retrieved September 14, 2014 from

<http://portico.org/stable?au=pgg3ztf87cz>