

การประชุมวิชาการดาราศาสตร์เพื่อเยาวชน ครั้งที่ 3

การระบุพิกัดภูมิศาสตร์โลกด้วยเสากำเนิดเงา

นางสาวมณฑิรา โยธินระ¹, นายภาคภูมิ อานันท²

¹ โรงเรียนตาบาววิทยาลัย, ต.ตาบาว อ.ปราสาท จ.สุรินทร์ และ อีเมลล์ montira1922@gmail.com

² โรงเรียนตาบาววิทยาลัย, ต.ตาบาว อ.ปราสาท จ.สุรินทร์ และ อีเมลล์ meecastgameing@gmail.com

ครูที่ปรึกษา นางสาวอัจฉราภรณ์ อ่อนทรวง, นายอัครพล ราโซ, นายศักดิ์อนันต์ อนันตสุข

บทคัดย่อ

การระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ในแผนที่หรือตำแหน่งใดๆ บนโลก มีวิวัฒนาการมาตั้งแต่การสร้างแผนที่โลกของ Erathostenes (276-194 ปีก่อนค.ศ.) และ Ptolemy (ค.ศ.90-168) ที่ได้สร้างเส้นแสดงพิกัดที่มีช่วงระยะห่างเท่าๆ ขึ้นเป็นครั้งแรก เรียกว่า “เส้นลองจิจูด” (Longitude) และ “เส้นละติจูด” (Latitude) แม้ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จะทำให้การระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ สามารถทำได้ง่ายตาย แต่เสากำเนิดเงาก็สามารถทำให้เราหาพิกัดของโลกได้เช่นกัน

โครงงานนี้ จะใช้เสากำเนิดเงา วัดพิกัดภูมิศาสตร์ของโลก ระหว่างวันที่ 21-30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559 ณ โรงเรียนตาบาววิทยาลัย จังหวัดสุรินทร์ และเปรียบเทียบค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้กับพิกัดจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งพบว่าเมื่อใช้เสากำเนิดเงา วัดค่าลองจิจูด (Longitude) และค่าละติจูด (Latitude) ในแต่ละวัน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และสามารถระบุพิกัดภูมิศาสตร์ของโรงเรียนตาบาววิทยาลัยจากเสากำเนิดเงาได้ คือ ลองจิจูดที่ 104.43 องศาตะวันออก และละติจูดที่ 15.11 องศาเหนือ เมื่อเปรียบเทียบค่าพิกัดภูมิศาสตร์จากเสากำเนิดเงากับค่าพิกัดภูมิศาสตร์ จากแหล่งข้อมูลอ้างอิง คือ พิกัดจากภาพถ่ายดาวเทียมจากเว็บไซต์ <http://earth.google.com> แล้วพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แม้จะมีค่าที่แตกต่างกัน แต่ถือว่าเป็นความแตกต่างที่สามารถยอมรับได้ เพราะการวัดพิกัดภูมิศาสตร์จากเสากำเนิดเงาใช้แสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งอยู่ไกลมาก

คำสำคัญ: เสากำเนิดเงา, พิกัดภูมิศาสตร์, Gnomon

บทนำ

จากหลักการที่ว่า “โลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบ (360 องศา) ใช้เวลา 24 ชั่วโมง” ดังนั้น เราสามารถบอกได้ว่า

- เมื่อเวลาเปลี่ยนไป 24 ชั่วโมง โลกหมุนไป 360 องศา
- เมื่อเวลาเปลี่ยนไป 1 ชั่วโมง โลกหมุนไป $360/24 = 15$ องศา
- เมื่อเวลาเปลี่ยนไป 4 นาที โลกหมุนไป 1 องศา

ดังนั้น หากมีผู้สังเกตบนพื้นโลกที่อยู่บนพิกัดลองจิจูดต่างกัน 15 องศา พวกเขาจะมีเวลาต่างกัน 1 ชั่วโมง โดยเวลาที่ต่างกันนี้จะเทียบจากเวลาที่เที่ยงวันท้องถิ่น (Local noon time) หรือเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่สูงที่สุดบนท้องฟ้า (Solar noon) ซึ่งจะทำให้เงาที่เกิดจากเสากำเนิดเงา (Gnomon) มีความยาวสั้นที่สุด และวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ดังนั้น การวัดเวลาที่เที่ยงวันท้องถิ่นที่ต่างกันของทั้งสองตำแหน่งนี้ ทำให้เราสามารถคำนวณหาพิกัดลองจิจูดที่ต่างกันได้ สำหรับการระบุพิกัดละติจูด เราจำเป็นต้องหาค่ามุมที่วัดจากตำแหน่งที่แสงอาทิตย์ส่องตั้งฉากกับผิวโลกถึงตำแหน่งของผู้สังเกตที่ตั้งเสากำเนิดเงา ณ จุดที่ดวงอาทิตย์อยู่สูงที่สุดบนท้องฟ้า

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเสากำเนิดเงา (Gnomon) ขึ้นตามหลักการดังกล่าว และนำเสากำเนิดเงา ซึ่งเป็นแท่งไม้ขนาดเล็ก มีความสูงเท่ากับ 100 หน่วย (100 มิลลิเมตร) ปักบนฐานที่ขนานกับพื้นโลก ไปทดลองวัดพิกัด “ลองจิจูด” และ “ละติจูด” ของโรงเรียนตาบาววิทยา แล้วเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กับพิกัดจากภาพถ่ายดาวเทียมต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การสร้างเสากำเนิดเงา

1.1 ปักเสากำเนิดเงา ซึ่งมีความยาว 100 มิลลิเมตร ลงบนไม้กระดานอัด ในจุดที่ขีดเส้นตัดกันเป็นแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก (อาจก่อนไปทางด้านยาวด้านใดด้านหนึ่งก็ได้ หรืออาจปักที่จุดกึ่งกลางฐานก็ได้ เพื่อที่จะสามารถใช้อุปกรณ์นี้ศึกษาการเบี่ยงเบนของแสงตั้งดวงอาทิตย์ และสมการแห่งเวลาตลอดทั้งปีได้)

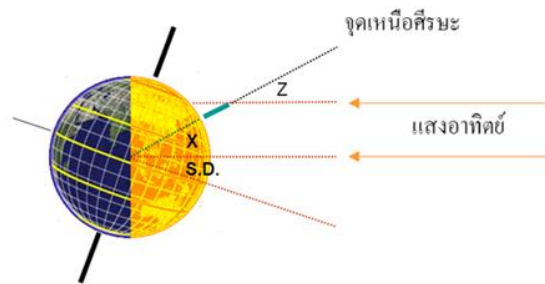
1.2 ตรวจสอบให้แน่ใจว่า เสากำเนิดเงาตั้งฉากกับฐาน ในทุกๆ ด้าน โดยใช้ไม้ฉาก หากพบว่าเสากำเนิดเงาไม่ตั้งฉากกับฐานให้ใช้มือตัดเบาๆ แล้วทำการตรวจสอบใหม่อีกครั้ง

1.3 ติดเข็มทิศลงบนไม้กระดานอัดโดยให้เข็มทิศวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งจะขนานกับเส้นที่ขีดในแนวเหนือ-ใต้

1.4 ติดลูกน้ำปรับระดับบนฐานของเสากำเนิดเงา ในทิศเหนือ-ใต้ หรือตะวันออก-ตะวันตกก็ได้ แต่ควรอยู่คนละด้านกับเข็มทิศ (อาจติดมุมด้านล่างไม้กระดานอัดที่มุมเพื่อสะดวกในการใช้งานและการปรับฐานให้ระดับลูกน้ำสมดุลตอนใช้งาน)



ภาพที่ 1 การทดสอบใช้งานอุปกรณ์วัดพิกัดภูมิศาสตร์ที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 2 การพิจารณาค่ามุมเพื่อหาพิกัดละติจูด (Latitude)

2. การวัดเวลาเที่ยงวันท้องถิ่น

2.1 วางเสากำเนิดเงาบนพื้นเรียบ ณ จุดที่ต้องการวัดพิกัดภูมิศาสตร์ โดยให้อยู่ห่างจากวัสดุที่เป็นโลหะ (ไม่ควรเลือกบริเวณที่เป็นพื้นซีเมนต์ เนื่องจากอาจมีเหล็กโครงสร้างซึ่งมีผลต่อเข็มทิศ)

2.2 หมุนฐานของเสากำเนิดเงา จนกระทั่งเห็นเงาปรากฏอยู่ด้านหน้าของฐาน (ด้านแผ่นไม้) และปรับให้ฐานวางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ โดยสังเกตจากเข็มทิศ

2.3 ปรับฐานของเสากำเนิดเงาให้สมดุล โดยสังเกตจากลูกน้ำปรับระดับ ให้ฟองอากาศอยู่บริเวณกึ่งกลาง

2.4 วัดเวลาเที่ยงวันท้องถิ่น (Solar Noon หรือ Local Noon) และวัดความยาวของเงา ณ จุดที่เงาของเสากำเนิดเงาวางตัวในแนวเหนือ-ใต้พอดี

- วัดเวลาเที่ยงวันท้องถิ่นโดยอ่านค่าเวลาจากนาฬิกาที่ผ่านการเทียบเวลามาตรฐานของประเทศไทยแล้ว และมีหน่วยเป็นเวลาสากล (UT)

- วัดความยาวของเงา โดยใช้ดินสอทำเครื่องหมายลงบนฐานของเสากำเนิดเงา และใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวในหน่วย มิลลิเมตร และให้สังเกตด้วยว่าเงาทอดตัวไปทางทิศเหนือหรือว่าทิศใต้

3. การหามุม Z

การหามุม Z หรือมุมสูงของดวงอาทิตย์ ในเวลาเที่ยงวันท้องถิ่น ให้เราวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากลงในกระดาษกราฟ โดยให้มีความสูง (ของเสากำเนิดเงา) เท่ากับ 100 หน่วย และมีฐานยาวเท่ากับความยาวเงาที่วัดได้ในหน่วยมิลลิเมตร จากนั้นให้ใช้เครื่องวงกลมวัดมุมยอดของเสากำเนิดเงา

4. การหาค่าลองจิจูดและละติจูด

4.1 นำค่าเวลาเที่ยงวันท้องถิ่นในหน่วยเวลาสากล (UT) ที่ได้ไปหาค่าลองจิจูด จากสูตร

$$\text{ลองจิจูด} = 15 \text{ องศา/ชั่วโมง} \times (\text{เวลาเที่ยงวันท้องถิ่นที่กรีนิช} - \text{เวลาเที่ยงวันท้องถิ่นที่วัดได้})$$

(ค่าบวก (+) สำหรับองศาตะวันออก และค่าลบ (-) สำหรับองศาตะวันตก)

โดย เวลาเที่ยงวันท้องถิ่นที่กรีนิช ดูจาก the GMT Solar Noon Chart

เวลาเที่ยงวันท้องถิ่นที่วัดได้ หมายถึง เวลาที่วัดได้ขณะที่เงาของเสากำเนิดเงาวางตัวในแนวเหนือใต้พอดี จากนาฬิกาที่ผ่านการเทียบมาตรฐานเวลาสากลของประเทศไทยแล้วและวัดในหน่วยเวลาสากล เช่น ค่าที่วัดได้เป็น 12:31:25 นาฬิกา จะได้ว่า เวลาเที่ยงวันท้องถิ่นในหน่วยเวลาสากลคือ 5:31:25 UT (เพราะเวลาเที่ยงวันท้องถิ่นประเทศไทย หมายถึง เวลาสากล (UT) + 7 ชั่วโมง) เป็นต้น

4.2 นำค่ามุมสูงของดวงอาทิตย์ ในเวลาเที่ยงวันท้องถิ่น (Z) ที่ได้ไปหาค่าละติจูด

ค่าละติจูด หรือ ค่ามุมที่วัดจากตำแหน่งที่แสงอาทิตย์ส่องตั้งฉากกับผิวโลก (S.D.) ถึงตำแหน่งของผู้สังเกต จึงหาได้จากสูตร หรือมุม X (ในภาพที่ 2) นั่นเอง ดังนั้น จะได้ว่า

$$\text{ละติจูด} = \text{Solar Declination (S.D.)} + Z$$

เครื่องหมายของค่า Z กำหนดว่า

- ถ้าเงาทอดตัวไปทางทิศเหนือ เครื่องหมายของค่า Z จะเป็นเครื่องหมายบวก (+)
- ถ้าเงาทอดตัวไปทางทิศใต้ เครื่องหมายของค่า Z จะเป็นเครื่องหมายลบ (-)

ผลการศึกษา

จากการทดลองใช้เสากำเนิดเงา วัดพิภักตภูมิศาสตร์ ณ บริเวณสนามหญ้า ข้างอาคารเรียนโรงเรียนตาเบาวิทยา จังหวัดสุรินทร์ ระหว่างวันที่ 21-30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559 สามารถนำมาคำนวณหาค่าลองจิจูดและละติจูด ได้ดังนี้

4.1 การคำนวณหาลองจิจูด

ตารางที่ 1 แสดงค่าการวัดเวลาที่เที่ยงวันท้องถิ่นและการหาค่าลองจิจูด ณ พิกัด โรงเรียนตาเบาวิทยา

วันที่ทำการวัด	เที่ยงวันท้องถิ่น ที่กรีนิช (UT)	เที่ยงวันท้องถิ่น ที่ ตบว. (UT)	UT ที่กรีนิช - UT ที่ ตบว. (ชั่วโมง)	ลองจิจูด ($^{\circ}$ E)
21 ก.ค. 2559	12h 6 m 22s	5h 8 m 38s	12.106 - 5.144 = 6.962	104.43
22 ก.ค. 2559	12h 6 m 25s	5h 8 m 44s	12.107 - 5.145 = 6.962	104.43
23 ก.ค. 2559	12h 6 m 27s	5h 8 m 46s	12.108 - 5.146 = 6.962	104.43
24 ก.ค. 2559	12h 6 m 28s	5h 8 m 45s	12.108 - 5.146 = 6.962	104.43
25 ก.ค. 2559	12h 6 m 28s	5h 8 m 45s	12.108 - 5.146 = 6.962	104.43
26 ก.ค. 2559	12h 6 m 29s	5h 8 m 45s	12.108 - 5.146 = 6.962	104.43
27 ก.ค. 2559	12h 6 m 28s	5h 8 m 46s	12.108 - 5.146 = 6.962	104.43
28 ก.ค. 2559	12h 6 m 27s	5h 8 m 46s	12.108 - 5.146 = 6.962	104.43
29 ก.ค. 2559	12h 6 m 25s	5h 8 m 42s	12.107 - 5.145 = 6.962	104.43
30 ก.ค. 2559	12h 6 m 23s	5h 8 m 32s	12.106 - 5.142 = 6.964	104.46
เฉลี่ย				104.43

หมายเหตุ :: ตบว. ย่อมาจาก ตาเบาวิทยา , $^{\circ}$ E อ่านว่า องศาตะวันออก

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า ค่าลองจิจูดที่ทำการวัดได้ในแต่ละวัน มีค่าใกล้เคียงกันและในระยะเวลา 10 วันที่ทำการทดลองวัดค่าลองจิจูด ได้ค่าลองจิจูดอยู่ระหว่าง 104.43° E - 104.46° E มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104.43° E นั่นคือ โรงเรียนตาเบาวิทยาอยู่ในพิกัดลองจิจูดที่ 104.43 องศาตะวันออก

4.2 การคำนวณหาละติจูด

ตารางที่ 2 แสดงค่า S.D., การวัดค่ามุม Z และการหาค่าละติจูด ณ พิกัด โรงเรียนตาเบาวิทยา

วันที่ทำการวัด	ค่า Solar Declination (S.D.)	ความยาวของเงา (มิลลิเมตร)	ค่ามุม Z (องศา)	ละติจูด (S.D. + Z) ($^{\circ}$ N)
21 ก.ค. 2559	20.35	10.0	-5.5	14.85
22 ก.ค. 2559	20.15	9.0	-5.0	15.15
23 ก.ค. 2559	19.95	8.0	-4.5	15.45
24 ก.ค. 2559	19.74	8.0	-4.5	15.24
25 ก.ค. 2559	19.52	8.0	-4.5	15.02
26 ก.ค. 2559	19.30	7.5	-4.0	15.30
27 ก.ค. 2559	19.07	7.0	-4.0	15.07
28 ก.ค. 2559	18.84	7.0	-4.0	14.84
29 ก.ค. 2559	18.60	7.0	-4.0	14.60
30 ก.ค. 2559	18.36	6.0	-3.5	14.86
เฉลี่ย				15.04

หมายเหตุ :: ค่ามุม Z ติดลบ (-) เพราะเงาทอดตัวไปทางทิศใต้ , $^{\circ}$ N อ่านค่า องศาเหนือ

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ค่าละติจูดที่ทำการวัดได้ในแต่ละวัน มีค่าใกล้เคียงกันและในเวลา 10 วันที่ทำการทดลอง วัดค่าละติจูดอยู่ระหว่าง 14.68°N - 15.51°N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.11°N นั่นคือ โรงเรียนตาเบาวิทยาอยู่ในพิกัดละติจูดที่ 15.11 องศาเหนือ

ดังนั้น เราสามารถใช้เสากำเนิดเงาวัดพิกัดของโรงเรียนตาเบาวิทยา ได้เท่ากับ ลองจิจูดที่ 104.43 องศาตะวันออก และละติจูดที่ 15.11 องศาเหนือ ทั้งนี้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมจากเว็บไซต์ <http://earth.google.com> ซึ่งแสดงพิกัดโรงเรียนตาเบาวิทยาที่ ลองจิจูดที่ 103.28 องศาตะวันออก และละติจูดที่ 14.38 องศาเหนือ พบว่ามีค่าความแตกต่างของค่าลองจิจูดเท่ากับ 1.15 องศาตะวันออก และค่าละติจูดเท่ากับ 0.73 องศาเหนือ

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาทฤษฎี หลักการพื้นฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา แสงและเงาจากดวงอาทิตย์ โดยอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ เราสามารถสร้างอุปกรณ์อย่างง่ายเพื่อวัดพิกัดภูมิศาสตร์ ณ ตำแหน่งที่เราอยู่ ได้ จากการทดลองใช้เสากำเนิดเงา วัดพิกัดภูมิศาสตร์ ณ โรงเรียนตาเบาวิทยา ระหว่างวันที่ 21-30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559 พบว่า ค่าลองจิจูดและค่าละติจูด ที่วัดได้ในแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกัน และสามารถระบุพิกัดภูมิศาสตร์ของโรงเรียนตาเบาวิทยาจากเสากำเนิดเงา คือ ลองจิจูดที่ 104.43 องศาตะวันออก และละติจูดที่ 15.11 องศาเหนือ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพิกัดภูมิศาสตร์ จากภาพถ่ายดาวเทียมจากเว็บไซต์ <http://earth.google.com> แล้วพบว่ามีความแตกต่างที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้น เสากำเนิดเงาที่เราสร้างขึ้น จึงเป็นอุปกรณ์ราคาประหยัดสำหรับการวัดพิกัดภูมิศาสตร์ ณ ตำแหน่งที่เราอยู่ ได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

การทดลองใช้เสากำเนิดเงาที่สร้างขึ้นวัดพิกัดภูมิศาสตร์ ในเดือนกรกฎาคม จะสังเกตเงาที่วางตัวในแนวเหนือใต้ขณะเป็นเวลาเที่ยงวันท้องถิ่นได้สั้นกว่าในเดือนมิถุนายน (ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏขึ้นไปทางทิศเหนือมากที่สุด) และเดือนธันวาคม (ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏขึ้นไปทางทิศใต้มากที่สุด) หากเป็นช่วงเดือนดังกล่าวในเวลาเที่ยงวันท้องถิ่นเราจะสังเกตเห็นเงาวางตัวในแนวเหนือหรือใต้ได้ยาวชัดเจนกว่านี้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ครูอัจฉราภรณ์ อ่อนทรง, ครู อัครพล ราโช ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี รวมถึงผู้อำนวยการศักดิ์อนันต์ อนันตสุข ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำโครงการทางดาราศาสตร์ขึ้นนี้จนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

ค่า Solar Declination เข้าถึงได้จาก URL : <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/azel.html>

วิญ ุโรจปการ. เอกสารประกอบการอบรมดาราศาสตร์วิจัย 2006. กรุงเทพฯ : ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2549.

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.