

GECRRU203 พาเธอไปดูดาว

รองศาสตราจารย์ ดร. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพรช
ดร. ธนายุทธ ช่างเรือนงาม

พาเธอไปดูดาว
Stargaze with Me
(GECRRU203)

รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร
อาจารย์ ดร.ธนายุทธ ช่างเรือนงาม

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาศึกษาทั่วไป
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

แด่
นักศึกษาอันเป็นที่รัก

คำนำ

"เค้าว่าอีกไม่ถึงร้อยปีโลกจะแตก จริงไหมคะอาจาย์?" "หลุมดำคืออะไรครับ?" "รูหนอนมีจริงมั้ยคะ?" "เราเดินทางข้ามเวลาได้จริงรึเปล่าครับ?" "UFO คืออะไร?" "เอเลี่ยนมีจริงไหม?" "นั่นดาวอะไรคะ เราไปอยู่ได้ไหม" รวมไปถึงข้อร้องขอบางประการ "อาจารย์ดูดวงให้หน่อย" "สอนหนูดูดาวหน่อย" และข้อสงสัยบางประการ "ดูดาวไปแล้วได้อะไรครับ ช่วยชาติได้รึเปล่า?" ฯลฯ เป็นความใคร่รู้ยอดฮิตที่ผู้เขียนมักได้รับจากนักเรียน นักศึกษา และจากประชาชนทั่วไป แสดงให้เห็นว่าความรู้ที่เขามีในขณะนั้นยังไม่สามารถตอบคำถามที่มีอยู่ในใจเขาได้

ทำให้เราทราบว่า "ดวงดาว" และ "ท้องฟ้า" ที่เดิมถูกมองว่าเป็นศาสตร์ที่ไกลตัวและไม่เกี่ยวข้องกับปากท้องนั้น ไม่ได้ไกลตัวอีกต่อไป โดยเฉพาะในยุคแห่งข้อมูลข่าวสารที่อำนวยความสะดวกให้เราสามารถเสพข้อมูลได้เพียงปลายนิ้วคลิก ยิ่งทำให้ "ความไม่รู้" สามารถครอบงำและมอมเมาประชาชนได้อย่างง่ายดาย แรงบันดาลใจของการเขียนเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ จึงเพื่อให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจในดาราศาสตร์พื้นฐาน และไม่ตกเป็นเหยื่อของข่าวลวงในยุคแห่งข้อมูลข่าวสารในปัจจุบัน

เอกสารประกอบการสอน "พาเธอไปดูดาว Stargaze with Me (GECRRU203)" เล่มนี้ เป็นเอกสารที่คณะผู้จัดทำร่วมกันพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยเนื้อหาในเล่มสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน จัดสรรจากความเชี่ยวชาญพิเศษของคณะผู้จัดทำ อันประกอบด้วย

ส่วนแรก เรียบเรียงโดยรองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการให้ความรู้ทั่วไปด้านดาราศาสตร์ที่ประชาชนทั่วไปควรมี โดยเนื้อหาทั้งหมดในส่วนนี้ถูกนำมาจากบางส่วนในตำราเล่มก่อนหน้าของผู้เขียน "ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์" (ISBN978-616-594-266-9 ซึ่งได้รับคำอนุญาตยินยอมให้ใช้ลิขสิทธิ์จากทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเป็นที่เรียบร้อย) ประกอบด้วย :

บทที่ 1 ดาราศาสตร์คืออะไร?

บทที่ 2 เราดูดาวอย่างไร?

บทที่ 3 เรามาจากไหน?

บทที่ 4 ดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร?

ส่วนที่สอง เรียบเรียงโดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร คณะครุศาสตร์ เป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์กันระหว่างความรู้ทางดาราศาสตร์ที่สอดแทรกอยู่ในภูมิปัญญาท้องถิ่น ประกอบด้วย :

บทที่ 5 โบราณสถานกับดาราศาสตร์ไทย

บทที่ 6 ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิธิพลทางดาราศาสตร์

บทที่ 7 โหราศาตร์กับการโคจรของดวงดาว

และส่วนที่สาม เรียบเรียงโดยอาจารย์ ดร.ธนายุทธ ช่างเรือนงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการนำเสนอแนวทางการนำความรู้ด้านดาราศาสตร์พื้นฐานที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาการเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวได้ ประกอบด้วย :

บทที่ 8 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด

บทที่ 9 การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์

เอกสารประกอบการสอน "พาเธอไปดูดาว Stargaze with Me(GECRRU203)" จึงเหมาะสมสำหรับผู้สนใจและชื่นชอบการหาความรู้ในด้าน 1.)ดาราศาสตร์ทั่วไป 2.)ความเชื่อมโยงกันของวิชาดาราศาสตร์ที่แทรกอยู่ในโบราณสถาน ประเพณี และโหราศาสตร์ และ 3.) การประยุกต์ใช้ดาราศาสตร์เพื่อพัฒนาการเศรษฐกิจและการท่องเที่ยว เอกสารเล่มนี้จึงเหมาะสำหรับผู้อ่านในวงกว้าง ในทุก ๆ ระดับ ตั้งแต่ผู้ที่ไม่มีความรู้พื้นฐานเลย จนถึงผู้ที่สนใจจะศึกษาด้านนี้ในระดับมหาวิทยาลัยและระดับสูงขึ้น

คณะผู้จัดทำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

22 พฤษภาคม 2566

สารบัญ

หน้า

คำนำ ก

สารบัญ ค

สารบัญตาราง ช

สารบัญภาพ ฌ

รายละเอียดของรายวิชา ฒ

แผนบริหารการสอนประจำวิชา ผ

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1 ภ

บทที่ 1 ดาราศาสตร์คืออะไร? 1

1.1 บทนำ 1

1.2 ภูมิหลังการค้นพบทางดาราศาสตร์ 2

1.2.1 การค้นพบในยุคโบราณ 4

1.2.1.1 สโตนเฮนจ์ 4

1.2.1.2 ซุปเปอร์โนวาจีนโบราณ 5

1.2.1.3 การค้นพบของกรีกโบราณ 5

1.2.2 การค้นพบในยุคปฏิวัติดาราศาสตร์ 12

1.2.2.1 นิโคลัส โคเปอร์นิคัส 12

1.2.2.2 ทีโค บราห์ 14

1.2.2.3 กาลิเลโอ กาลิเลอิ 18

1.2.2.4 โยฮันเนส เคปเลอร์ 20

1.2.2.5 ไอแซ็ก นิวตัน 22

1.2.3 การค้นพบยุคใหม่ 23

1.3 สรุป 24

1.4 แบบฝึกหัด 25

1.5 เอกสารอ้างอิง 25

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2 27

บทที่ 2 เราดูดาวอย่างไร? 29
2.1 บทนำ 29
2.2 ทรงกลมท้องฟ้า 30
2.3 การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปี 33
2.4 ระบบพิกัดท้องฟ้า 35
2.4.1 ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า 35
2.4.2 ระบบเส้นศูนย์สูตร 36
2.5 การใช้แผนที่ดาว 38
2.6 หลักการกำหนดความสว่างของดาว 42
2.6.1 กำลังส่องสว่าง 42
2.6.2 ความสว่างหรือฟลักซ์ 42
2.6.3 โชติมาตร 44
2.7 กล้องโทรทรรศน์ 45
2.7.1 กล้องโทรทรรศน์วิทยุ 47
2.7.2 กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด 50
2.7.3 กล้องโทรทรรศน์ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ 51
2.7.4 กล้องโทรทรรศน์ในช่วงรังสียูวี 52
2.7.5 กล้องโทรทรรศน์ช่วงเอ็กซ์เรย์ 52
2.8 สรุป 54
2.9 แบบฝึกหัด 55
2.10 เอกสารอ้างอิง 55

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3 57

บทที่ 3 เรามาจากไหน? 59
3.1 บทนำ 59
3.2 ระบบสุริยะ 60
3.2.1 ดวงอาทิตย์ 61
3.2.2 ดาวเคราะห์ 62
3.2.2.1 ดาวพุธ 64
3.2.2.2 ดาวศุกร์ 65
3.2.2.3 โลก 66
3.2.2.4 ดวงอังคาร 67
3.2.2.5 ดาวพฤหัสบดี 70
3.2.2.6 ดาวเสาร์ 71
3.2.2.7 ดาวยูเรนัส 72
3.2.2.8 ดาวเนปจูน 73
3.2.3 ดาวเคราะห์แคระ 73

3.2.4 ดาวเคราะห์น้อย 74
3.2.5 ดาวหาง 76
3.2.6 แถบไคเปอร์และเมฆออร์ต 78
3.3 ดาราจักรทางช้างเผือก 78
3.4 ทฤษฎีการกำเนิดเอกภพ 80
3.5 สรุป 88
3.6 แบบฝึกหัด 88
3.7 เอกสารอ้างอิง 89

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4 91

บทที่ 4 ดวงดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร 93
4.1 บทนำ 93
4.2 เนบิวลาหรือสสารระหว่างดาว 94
4.3 โปรโตสตาร์ 95
4.4 วิวัฒนาการดาวฤกษ์บนแถบกระบวนหลัก และหลังออกจากแถบกระบวนหลัก 95
4.4.1 ดาวฤกษ์บนแถบกระบวนหลัก 96
4.4.2 ดาวใต้ยักษ์ 98
4.4.3 ดาวยักษ์แดง 100
4.4.4 แขนงฮอไรซันทอล 100
4.4.5 แขนงยักษ์อะซิมโตติก 100
4.4.6 วาระสุดท้ายของดาวฤกษ์หลังออกจาแขนงยักษ์อะซิมโตติก 101
4.4.6.1 ดาวแคระห์ขาว (white dwarfs) 101
4.4.6.2 ดาวนิวตรอน หรือพัลซาร์ 102
4.4.6.3 หลุมดำ (black holes) 103
4.5 สรุป 106
4.6 แบบฝึกหัด 107
4.7 เอกสารอ้างอิง 108

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5 109

บทที่ 5 โบราณสถานกับดาราศาสตร์ไทย 111
5.1 ลัทธิ ความเชื่อ การบูชา 111
5.1.1 ทิศของคนโบราณ 111
5.1.2 เขาพระสุเมรุ 113
5.1.3 การรับพลังสุริยะ ยามรุ่งอรุณ 115
5.2 การวางตัวของวิหารบูชาของไทย 116
5.2.1 ปราสาทพนมรุ้ง 116
5.2.2 วัดพระธาตุดอยสุเทพฯ 118
5.3 การสร้างบ้านแปลงเมืองของไทย 120

5.3.1 หลักวาสตุศาสตรากับทักษาเมืองล้านนา 120
5.4 สรุป 126
5.5 แบบฝึกหัด 126
5.6 เอกสารอ้างอิง 126

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6 129

บทที่ 6 ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิทธิพลทางดาราศาสตร์ 131
6.1 ดวงเดือน ฤดูกาล ผสานชีวิต 131
6.1.1 ประเพณียี่เป็ง (ลอยกระทง) 132
6.1.2 ประเพณีสงกรานต์ 133
6.1.3 บุญบั้งไฟ 136
6.1.4 ทอดกฐิน 137
6.2 ดาราศาสตร์กับชาวล้านนา 139
6.2.1 การแบ่งกลุ่มดาวที่ใช้และอ้างอิงในระบบปฏิทินนักษัตรฤกษ์ 27 กลุ่ม 150
6.3 สุนทรียศิลป์ จินตนาการ 153
6.4 สรุป 156
6.5 แบบฝึกหัด 156
6.6 เอกสารอ้างอิง 156

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7 157

บทที่ 7 โหราศาตร์กับการโคจรของดวงดาว 159
7.1 ดูฤกษ์ ดูยาม เคราะห์หาม ยามร้าย 159
7.1.1 ดาวพระเคราะห์ 159
7.1.2 ดาวฤกษ์ 161
7.1.3 การสังเกต ฤกษ์ เคราะห์ โดยใช้โปรแกรมทางดาราศาสตร์ 162
7.2 ลัคณา ราศี 165
7.2.1 ภูมิปัญญาในการจำลองแผนผังของจักรวาลมาเป็นดวงชะตาโหราศาสตร์ 165
7.2.2 วิธีหาลัคนาราศีโดยใช้การคำนวณ 171
7.3 คำบอกเล่าจากคนโบราณจากรุ่นสู่รุ่น 174
7.3.1 ดาวมาตรฐาน 175
7.3.2 ดาวในราศีและภพ 177
7.4 สรุป 183
7.5 แบบฝึกหัด 183
7.6 เอกสารอ้างอิง 183

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8 185

บทที่ 8 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด 187
8.1 มลพิษทางแสง 188
8.2 ประเภทของมลพิษทางแสง 189
8.3 ผลกระทบจากมลพิษทางแสง 190
8.3.1 ผลกระทบต่อการศึกษาทางดาราศาสตร์และการมองเห็นในตอนกลางคืน 190
8.3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพ 190
8.3.3 ผลกระทบต่อพฤติกรรมของสัตว์ป่า 191
8.3.4 ผลกระทบต่อพลังงานและการเงิน 194
8.4 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด 194
8.5 มาตรวัดความมืดของท้องฟ้า 197
8.6 การรับรองเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากล 198
8.7 เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ 200
8.8 สรุป 205
8.9 แบบฝึกหัด 205
8.10 เอกสารอ้างอิง 205

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 9 207

บทที่ 9 การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ 209
9.1 สถานที่ตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดที่น่าสนใจ 209
9.2 วิธีค้นหาสถานที่ดูดาว 214
9.3 ช่วงเวลาของปีที่เหมาะสมกับการดูดาว 215
9.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการตั้งแคมป์ 215
9.5 กฎระเบียบในบริเวณตั้งแคมป์ 223
9.6 ความรู้พื้นฐานทางดาราศาสตร์ที่ควรรู้ 224
9.7 สรุป 225
9.8 แบบฝึกหัด 226
9.9 เอกสารอ้างอิง 226

บรรณานุกรม 229

ดัชนี 241

Index 245

ประวัติผู้เรียบเรียง 249

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	โชติมาตรของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ	44
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลพื้นฐานดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ	63
ตารางที่ 4.1	ระยะเวลาที่โปรโตสตาร์จะยุบตัวเข้าสู่แถบกระบวนหลักตามแนวฮายาชิ	95
ตารางที่ 4.2	ระยะเวลาที่ดาวฤกษ์วิวัฒน์ออกจากแถบกระบวนหลัก	98

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่	1.1	พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทอดพระเนตรสุริยุปราคาคาเต็มดวง	1
รูปที่	1.2	สมเด็จพระนารายณ์มหาราชเสด็จทอดพระเนตรปรากฏการณ์สุริยุปราคาคาแบบบางส่วน	3
รูปที่	1.3	วาสโก ดา กามา, โยฮันเนส กูเทนเบิร์ก, ลีโอนาโด ดา วินชี, คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส และมาร์ติน ลูเธอร์	3
รูปที่	1.4	สโตนเฮนจ์และตำแหน่งดวงอาทิตย์ขึ้นในวันครีษมายัน	4
รูปที่	1.5	แผนผังสโตนเฮนจ์แสดงเสาหินฮีลสโตนและก้อนหินซาร์เซน	5
รูปที่	1.6	เนบูลาปูแสดงก๊าซที่หลงเหลือจากซุปเปอร์โนวาที่ระเบิดขึ้นในปี ค.ศ. 1054	6
รูปที่	1.7	นักปราชญ์กรีกโบราณที่มีการค้นพบทางดาราศาสตร์ที่โดดเด่น	6
รูปที่	1.8	ภาพสลักไม้ของศิลปินไม่ทราบชื่อแสดงมโนทัศน์เรื่องโลกแบน	7
รูปที่	1.9	แบบจำลองเอกภพของอาริสโตเติล	8
รูปที่	1.10	วงโคจรของดวงอาทิตย์ตามแนวความคิดของฮัปปาร์คัสที่มีอีพิไซเคิล	9
รูปที่	1.11	การเคลื่อนที่วกกลับ (retrograde) ของดาวอังคาร	10
รูปที่	1.12	การคำนวณหาค่าความยาวเส้นรอบวงของโลกด้วยวิธีของอีราโตสธีนีส	11
รูปที่	1.13	แบบจำลองระบบของโทเลมี	11
รูปที่	1.14	นักดาราศาสตร์ยุคปฏิวัติดาราศาสตร์	12
รูปที่	1.15	แบบจำลองระบบของโคเปอร์นิคัส	13
รูปที่	1.16	หนังสือ De revolutionibus orbium coelestium ค.ศ. 1543 ของโคเปอร์นิคัส	13
รูปที่	1.17	หลุมฝังศพของโคเปอร์นิคัส	14
รูปที่	1.18	แบบจำลองระบบสุริยะของทีโค บราห์	15
รูปที่	1.19	การประมาณระยะทางด้วยวิธีพารัลแลกซ์	17
รูปที่	1.20	ภาพจดบันทึกของกาลิเลโอที่พบวงแหวนดาวเสาร์	19
รูปที่	1.21	ลักษณะการส่ายของดาวเสาร์	19
รูปที่	1.22	ลักษณะการเกิดเสี้ยวของดาวศุกร์	20
รูปที่	1.23	ภาพแสดงอธิบายกฎข้อที่ 1, 2 และ 3 ของเคปเลอร์	21
รูปที่	2.1	ดาราจักรที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า	29
รูปที่	2.2	ทรงกลมท้องฟ้า	31
รูปที่	2.3	ความสัมพันธ์ของตำแหน่งละติจูดผู้สังเกตกับตำแหน่งของดาวเหนือ	32
รูปที่	2.4	การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ใน 1 ปี	33
รูปที่	2.5	เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าและเส้นสุริยวิถี	34
รูปที่	2.6	ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า	36
รูปที่	2.7	ระบบพิกัดศูนย์สูตร	38
รูปที่	2.8	แผนที่ดาวแบบหมุน	39

รูปที่	2.9	แผนที่ดาวจากโปรแกรมสเตลลาเรียม	41
รูปที่	2.10	การวัดขนาดเชิงมุมด้วยมือ	42
รูปที่	2.11	การแผ่พลังงานตามกฎกำลังสองผกผัน	43
รูปที่	2.12	โชติมาตรปรากฏที่เปรียบเทียบได้ด้วยตา	43
รูปที่	2.13	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	45
รูปที่	2.14	ภาพถ่ายโลกในช่วงคลื่นต่าง ๆ	46
รูปที่	2.15	ภาพถ่ายดวงจันทร์ในช่วงคลื่นต่าง ๆ	46
รูปที่	2.16	ภาพถ่ายดาราจักรแอนโดรเมดาในช่วงคลื่นต่าง ๆ	46
รูปที่	2.17	สมบัติของคลื่นที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน	47
รูปที่	2.18	กล้องโทรทรรศน์วิทยุแบบจานเดี่ยวที่ใหญ่ที่สุดในโลก	48
รูปที่	2.19	กล้องโทรทรรศน์วิทยุที่ใหญ่ที่สุดในโลก Very Large Array (VLA)	48
รูปที่	2.20	กล้องโทรทรรศน์วิทยุแห่งชาติ (Thai National Radio Telescope, TNRT)	49
รูปที่	2.21	เครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุ VLBI	49
รูปที่	2.22	กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด UKIRT	50
รูปที่	2.23	กล้องโทรทรรศน์อวกาศเจมส์เวบบ์	50
รูปที่	2.24	กล้องโทรทรรศน์ประเภทสะท้อนแสงและประเภทหักเหแสง	52
รูปที่	2.25	กล้องโทรทรรศน์อวกาศ GALEX และ HST ซึ่งรับสัญญาณในช่วงรังสียูวี	53
รูปที่	2.26	กล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา	54
รูปที่	3.1	โลโก้ภาพยนต์เรื่อง "ลูซี่...สวยพิฆาต"	59
รูปที่	3.2	ตัวอย่างการก่อตัวของระบบสุริยะ	60
รูปที่	3.3	โครงสร้างของดวงอาทิตย์	61
รูปที่	3.4	ลักษณะสนามแม่เหล็กของดวงอาทิตย์	62
รูปที่	3.5	ดาวเคราะห์และดาวเคราะห์แคระ	63
รูปที่	3.6	ดาวพุธ	64
รูปที่	3.7	ดาวศุกร์	65
รูปที่	3.8	โลก	66
รูปที่	3.9	ดาวอังคาร	67
รูปที่	3.10	เทพแห่งสงคราม	68
รูปที่	3.11	การเปรียบเทียบขนาดของบริวารดาวเคราะห์ต่าง ๆ ในระบบสุริยะ	69
รูปที่	3.12	โครงสร้างภายในของดาวเคราะห์ก๊าซ	69
รูปที่	3.13	ความหนาแน่นของดาวเคราะห์กับความหนาแน่นของน้ำ	69
รูปที่	3.14	ดาวพฤหัสบดี	70
รูปที่	3.15	ดาวเสาร์และบริวารไททัน	71
รูปที่	3.16	ดาวยูเรนัส	72
รูปที่	3.17	ดาวเนปจูน	73
รูปที่	3.18	ดาวเคราะห์แคระ	74
รูปที่	3.19	แถบดาวเคราะห์น้อย	75
รูปที่	3.20	เปรียบเทียบขนาดของดาวเคราะห์น้อยกับดาวอังคาร	75
รูปที่	3.21	ขนาดและจำนวนของดาวเคราะห์น้อย	76
รูปที่	3.22	ดาวหางโฮล์ม	77

รูปที่	3.23	ดาวหางโฮล์ม	77
รูปที่	3.24	แถบไคเปอร์และตำแหน่งของมันในเมฆออร์ต	78
รูปที่	3.25	แขนของดาราจักรทางช้างเผือก	79
รูปที่	3.26	ดาราจักรทางช้างเผือก	80
รูปที่	3.27	จอร์ช เลอเมเทอร์ ผู้ริเริ่มทฤษฎีบิ๊กแบง	80
รูปที่	3.28	เฟรด ฮอยล์ ผู้พัฒนาทฤษฎีสถานะคงตัว	81
รูปที่	3.29	เอ็ดวิน ฮับเบิล และ จอร์ช กามอฟ	83
รูปที่	3.30	จอร์ช กามอฟ	84
รูปที่	3.31	คลื่นไมโครเวฟพื้นหลัง (CMB)	85
รูปที่	3.32	ประวัติศาสตร์ของความเข้าใจใน CMB ตั้งแต่การค้นพบครั้งแรกจนปัจจุบัน	85
รูปที่	3.33	การมองย้อนอดีตของเอกภพ	86
รูปที่	3.34	เอกภพ	87
รูปที่	3.35	ภาพถ่ายเชิงลึกจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล	87
รูปที่	4.1	ดาวบีเทลจุสและดาวไรเจล	93
รูปที่	4.2	กลุ่มก๊าซและฝุ่นเย็น (Barnard-68)	94
รูปที่	4.3	แผนภูมิวิวัฒนาการดาวฤกษ์พอสังเขปที่ถูกกำหนดด้วยค่ามวล	96
รูปที่	4.4	ระยะเวลาการเกิดธาตุต่าง ๆ ที่แกนกลาง เมื่อสมมติให้ดาวมีอายุไขเพียง 1 วัน	97
รูปที่	4.5	แผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซล	99
รูปที่	4.6	วิวัฒนาการของดาวฤกษ์จากแถบกระบวนหลักจนถึงแขนงยักษ์อะซิมโตติก	99
รูปที่	4.7	ตัวอย่างเนบิวลาดาวเคราะห์	101
รูปที่	4.8	เนบิวลาปูที่แสดงใจกลางเป็นดาวนิวตรอนหรือพัลซาร์	102
รูปที่	4.9	ภาพจำลองของดาวนิวตรอน	103
รูปที่	4.10	ตำแหน่งของหลุมดำที่สามารถระบุได้ด้วยภาพดาวพื้นหลังที่กลายเป็นเส้น	104
รูปที่	4.11	ภาพถ่ายของหลุมดำ	105
รูปที่	5.1	ปราสาทพนมรุ้ง	111
รูปที่	5.2	วัดพระนอน เมืองกำแพงเพชร	112
รูปที่	5.3	ภาพการเวียนเทียนแบบทักษิณาวัตรรอบพระอุโบสถ	113
รูปที่	5.4	ภาพเขาพระสุเมรุ พระอาทิตย์อยู่ฝั่งขวา พระจันทร์อยู่ฝั่งซ้าย	114
รูปที่	5.5	แผนผังของพระสุเมรุ	115
รูปที่	5.6	ภาพเขียนศิลปะถ้ำสกลนคร	116
รูปที่	5.7	ภาพเขียนศิลปะถ้ำสกลนคร	117
รูปที่	5.8	ผังการวางตัวของปราสาทพนมรุ้ง	118
รูปที่	5.9	ตำแหน่งการขึ้นตกของดวงอาทิตย์ ในวันสำคัญต่าง ๆ ทางดาราศาสตร์	119
รูปที่	5.10	จุดวัด ณ วัดพระธาตุดอยสุเทพวางทิศ	121
รูปที่	5.11	ฤกษ์วิสาขะแบบที่ 1	122
รูปที่	5.12	ฤกษ์วิสาขะแบบที่ 2	122
รูปที่	5.13	ฤกษ์วิสาขะแบบที่ 3	122
รูปที่	5.14	สนามพลังงานของวาสตุบุรุษมณฑล	124
รูปที่	5.15	ผังกำแพงเมืองเชียงใหม่	124

รูปที่	5.16	ผังกำแพงเมืองเชียงใหม่	125
รูปที่	6.1	กลุ่มดาว 12 ราศีของล้านนา	131
รูปที่	6.2	แผนภาพจักรราศีแบบโหราศาสตร์ฮินดู แบ่งเป็น 12 ราศี และ 27 ฤกษ์	134
รูปที่	6.3	จุดเริ่มต้นการเข้าสู่ราศีเมษ	135
รูปที่	6.4	ประเพณีสงกรานต์ของภาคเหนือในอดีต	136
รูปที่	6.5	กลุ่มดาวจระเข้	138
รูปที่	6.6	ธงรูปกลุ่มดาวจระเข้	139
รูปที่	6.7	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล	140
รูปที่	6.8	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	141
รูปที่	6.9	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	142
รูปที่	6.10	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	143
รูปที่	6.11	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	144
รูปที่	6.12	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	145
รูปที่	6.13	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	146
รูปที่	6.14	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	147
รูปที่	6.15	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	148
รูปที่	6.16	ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)	149
รูปที่	6.17	พับสา อักษรธรรมล้านนา	150
รูปที่	6.18	ดาวฤกษ์ 27 กลุ่มดาวจากไตรภูมิพระร่วง	151
รูปที่	6.19	ดาวนักษัตรฤกษ์ 27 กลุ่มได้รับการจัดเรียงประกอบดวงชะตาและรายละเอียดอย่างอื่น ซึ่งปรากฏในสมุดไทยและเอกสารต่าง ๆ	151
รูปที่	6.20	ภาพจักรราศีวิภาคของ อั้น สาริกบุตร ถูกนำมาประกอบในวัตถุมงคล	152
รูปที่	6.21	ผังดาวนักษัตรฤกษ์ 27 กลุ่มดาวของ อั้น สาริกบุตร	152
รูปที่	6.22	ภาพกระต่ายและนกยูงในวงกลมทรงราชรถ	153
รูปที่	6.23	การจินตนาการในบทกลอนจันทร์เจ้า	154
รูปที่	6.24	การจินตนาการในบทกลอนของสุนทรภู่	155
รูปที่	7.1	การแบ่งจักรราศีออกเป็นหน่วยย่อย	161
รูปที่	7.2	ฤกษ์ทั้ง 27 ฤกษ์และตำแหน่งในกลุ่มดาว 12 ราศี	163
รูปที่	7.3	ภาพเส้นสุริยะวิถีจากโปรแกรม Stellarium	164
รูปที่	7.4	ภาพตำแหน่งดวงอาทิตย์จากแอพลิเคชัน Stellarium	165
รูปที่	7.5	จุดที่ดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่ราศีเมษ	166
รูปที่	7.6	สัญลักษณ์แทนการใช้ชื่อดาวเคราะห์	166
รูปที่	7.7	ตำแหน่งดาวบนดวงอีแปะวันที่ 31 ธันวาคม 2550	167
รูปที่	7.8	ดวงอีแปะแสดงดาววงนอกและดาววงใน และภาคกลางวันและกลางคืน	167
รูปที่	7.9	ดวงอีแปะแสดงตำแหน่งดาวเกษตร ดาวปรเกษตร ดาวอุจจ์ และดาวนิจจ์	169
รูปที่	7.10	ตารางความสัมพันธ์ของดวง เกษตร ปรเกษตร อุจจน์ และ นิจจ์	170
รูปที่	7.11	ตารางคำนวณหาตำแหน่งลัคนาของตนได้โดยหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์โคจรในแต่ละราศีมีหน่วยเป็น อันโตนาที	170
รูปที่	7.12	ความคลาดเคลื่อนพระอาทิตย์ในเวลาท้องถิ่น	171

รูปที่	7.13	การนับมุมราศี	172
รูปที่	7.14	ตารางลัคนา	173
รูปที่	7.15	ความหมายของภพต่าง ๆ	173
รูปที่	7.16	ดิถีดีทั้ง 5 ชนิด	174
รูปที่	7.17	มาตรฐานดวงเกษตร	175
รูปที่	7.18	มาตรฐานดวงประเกษตร	176
รูปที่	7.19	มาตรฐานดวงนิจ	176
รูปที่	7.20	มาตรฐานดวงมหาอุจ	177
รูปที่	7.21	ความหมายของดวงอาทิตย์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	178
รูปที่	7.22	ความหมายของดวงจันทร์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	178
รูปที่	7.23	ความหมายของดาวอังคารเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	179
รูปที่	7.24	ความหมายของดาวพุธเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	179
รูปที่	7.25	ความหมายของดาวพฤหัสบดีเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	180
รูปที่	7.26	ความหมายของดาวศุกร์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	180
รูปที่	7.27	ความหมายของดาวเสาร์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	181
รูปที่	7.28	ความหมายของดาวราหูเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	181
รูปที่	7.29	ความหมายของดาวเกตุย์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	182
รูปที่	7.30	ความหมายของดาวมฤตยูเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ	182
รูปที่	8.1	การตั้งแคมป์ดูดาว	187
รูปที่	8.2	มลพิษทางแสงที่ปล่อยออกมาจากโคมไฟที่มีการออกแบบที่ต่างกัน	188
รูปที่	8.3	ประเภทของมลพิษทางแสง	189
รูปที่	8.4	การทำงานนาฬิกาชีวิต	191
รูปที่	8.5	เต่าแรกเกิดที่กำลังเดินทางไปยังแสงไฟ	192
รูปที่	8.6	แสงจากหลอดไฟสร้างความสับสันต่อการอพยพของนก	193
รูปที่	8.7	มลพิษทางแสงรบกวนการผสมพันธุ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ	193
รูปที่	8.8	แสงที่มากเกินไปที่กระจายออกมาจากเมือง	194
รูปที่	8.9	ตราสัญลักษณ์ของ International Dark-Sky Association (IDA)	195
รูปที่	8.10	ภาพถ่ายก่อนและขณะไฟฟ้าดับในทางตะวันออกเฉียงเหนือปี 2546 ในทางตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา	196
รูปที่	8.11	ท้องฟ้ายามค่ำคืนของเมืองลาปาลมา	197
รูปที่	8.12	แผนที่มลพิษทางแสง และแผนภาพแสดงค่าที่อ่านได้กับความมืดท้องฟ้า	198
รูปที่	8.13	อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง	201
รูปที่	8.14	บ้านออนใต้ สันกำแพง	202
รูปที่	8.15	โรงแรม เดอะ เปียโน รีสอร์ท เขาใหญ่	203
รูปที่	8.16	อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร	204
รูปที่	8.17	ขั้นตอนการสมัครเข้าร่วม เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด	204
รูปที่	9.1	การดูดาว	209
รูปที่	9.2	ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve	210
รูปที่	9.3	ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Death Valley	211

รูปที่	9.4	ภาพพาโนราม่าของท้องฟ้ายามค่ำคืนจาก Mauna Kea, Hawaii	211
รูปที่	9.5	ท้องฟ้ายามค่ำคืนของทะเลทราบอะตาคามา	212
รูปที่	9.6	ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ NamibRand Nature Reserve	213
รูปที่	9.7	ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Big Bend National Park	213
รูปที่	9.8	ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Exmoor National Park	214
รูปที่	9.9	แผนที่มลพิษทางแสง	215
รูปที่	9.10	แผนที่พิกัดเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในประเทศไทย	216
รูปที่	9.11	ไฟฉายคาดศีรษะ	217
รูปที่	9.12	กล้องโทรทรรศน์	218
รูปที่	9.13	เข็มทิศ	218
รูปที่	9.14	ตัวอย่างแอปพลิเคชันที่ช่วยในการดูดาว	219
รูปที่	9.15	เสื้อกันหนาว	220
รูปที่	9.16	ชุดงานเลี้ยงสำหรับการดูดาว	220
รูปที่	9.17	เต้นท์นอน	221
รูปที่	9.18	ถุงนอนและแผ่นนอน	221
รูปที่	9.19	แผนที่ดาว	222
รูปที่	9.20	อุปกรณ์ป้องกันสัตว์ป่า	222
รูปที่	9.21	ความสัมพันธ์ระหว่างสีกับอุณหภูมิของดาวฤกษ์	224
รูปที่	9.22	ลักษณะการเกิดเสี้ยวของดวงจันทร์	225

รายละเอียดของรายวิชา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

.....

หมวด 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อวิชา : GECRRU203 พาเธอไปดูดาว (Stargaze with Me)

2. จำนวนหน่วยกิต : 3 หน่วยกิต 3(3-0-6)

3. ประเภทของรายวิชา : เป็นรายวิชาที่อยู่ในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชาเลือก

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน :

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน)
   สถานที่ติดต่ออาจารย์ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   โทรศัพท์ : 088-6221950
   E-mail : sc_farung@crru.ac.th

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร
   สถานที่ติดต่ออาจารย์ : คณะครุศาสตร์
   โทรศัพท์ : 089-8335968
   E-mail : em_parinya_s@crru.ac.th

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ เจนใจ (อาจารย์ผู้สอน)
   สถานที่ติดต่ออาจารย์ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   โทรศัพท์ : 084-0902976
   E-mail : thanayut.cha@crru.ac.th

5. สถานที่เรียน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

6. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด : 30 มิถุนายน 2566

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา : เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษาจะเกิดการเรียนรู้/ความสามารถ/สมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ได้แก่

1) ด้านความรู้ (K) : สามารถความจำและความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางดาราศาสตร์ อธิบายความเชื่อหรือลัทธิ ศาสนาทางดาราศาสตร์พื้นฐาน เชื่อมโยงดาราศาสตร์พื้นฐานกับอิทธิพลทางประเพณีไทย อธิบายการโครจรของดาวเคราะห์กับแผนที่ทางโหราศาสตร์ได้ เข้าใจความหมายของและประเภทมลพิษทางแสง เข้าใจวิธีการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด

2) ด้านทักษะ (S) : สามารถนำความรู้ที่ได้ มาประยุกต์ในเรื่องต่าง ๆ ได้แก่ เล่าเรื่องนิทานความเชื่อ บทกลอนที่เกี่ยวข้องกับดวงดาวหรือกลุ่มดาว ปฏิบัติการเกี่ยวกับโบราณสถาน สิ่งก่อสร้างโดยใช้ความรู้ทางดาราศาสตร์ ปฏิบัติการเกี่ยวกับสุนทรียศิลป์กับดาราศาสตร์โดยใช้ (GPT AI) แปลความหมายแผนที่ทางโหราศาสตร์เป็นดวงชตะตามความเชื่อล้านนาได้ ปฏิบัติการเกี่ยวกับโหราศาสตร์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ร่วมกับแผนที่ทางโหราศาสตร์

3) ด้านจริยธรรม (E) : มีนิสัยตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

4) ด้านลักษณะบุคคล (C) : สามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำงานร่วมกับผู้อื่นและเคารพในความแตกต่าง มีความรับผิดชอบในการทำงาน สามารถทำงานเป็นทีม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา : การปรับปรุงเนื้อหา รายละเอียด กระบวนการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้ สืบเนื่องจาก

1) พัฒนารายวิชาให้มีเนื้อหาที่ครอบคลุมและทันสมัยที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานทางดาราศาสตร์ การดูดาว ภูมิปัญญาที่เกี่ยวข้องกับดาราศาสตร์ และการท่องเที่ยวทางดาราศาสตร์ ที่ประชาชนทั่วไปควรมี

2) พัฒนารายวิชาให้มีเนื้อหาที่สะท้อนถึงเอกลักษณ์ของจังหวัดเชียงราย อันซึ่งกลุ่มวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายได้ได้รับทุนสนับสนุนจากทางภาครัฐ ให้ผลักดันการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ให้แก่จังหวัด โดยเริ่มต้นในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 เพื่อให้นักศึกษาเกิดความภาคภูมิใจในท้องถิ่น

หมวด 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

อธิบายความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์ สามารถใช้แผนที่ดาว ยกตัวอย่างการเล่าเรื่องนิทานที่เกี่ยวข้องกับดาวเบื้องต้น และยกตัวอย่างการจัดการท่องเที่ยวด้านดาราศาสตร์ พร้อมสามารถนำไปใช้สำหรับจัดกิจกรรมการตั้งแคมป์ดูดาวได้

Explain basic knowledge of Astronomy, be able to use star map and demonstrate basic star-story telling. Carry out star gazing with outdoor activities.

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา : 3 (3-0-6)

จำนวนชั่วโมงบรรยายต่อสัปดาห์	3	ชั่วโมง
จำนวนชั่วโมงฝึกปฏิบัติการต่อสัปดาห์	0	ชั่วโมง
จำนวนชั่วโมงการศึกษาด้วยตนเอง	6	ชั่วโมง
จำนวนชั่วโมงที่สอนเสริมในรายวิชา	0	ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์ผู้สอนมีวิธีการหลักในการให้คำแนะนำปรึกษาผ่านทางอีเมล์เป็นหลัก โดยหากนักศึกษาท่านใดต้องการขอรับคำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ สามารถนัดหารือกับผู้สอนได้ (เฉพาะรายที่ต้องการ) โดยเปิดโอกาสให้เข้านัดวันเวลากับผู้สอนได้ท้ายคาบ และให้คำปรึกษาไม่เกิน 1 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวด 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ที่คาดหวังระดับรายวิชาของนักศึกษา

1. รูปแบบวิธีการสอนและการวัดผลประเมินผล

รายวิชา GECRRU203 พาเธอไปดูดาว (Stargaze with Me) ได้กำหนดรูปแบบวิธีการเรียนการสอน และการวัดผลประเมินผลในการพัฒนาผลการเรียนรู้ (Learning Outcome) ของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ไว้ดังนี้

2) ด้านทักษะ (S) : สามารถนำความรู้ที่ได้ มาประยุกต์ในเรื่องต่าง ๆ เรื่องต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ เล่าเรื่องนิทาน ความเชื่อ บทกลอนที่เกี่ยวข้องกับดวงดาวหรือกลุ่มดาว ปฏิบัติการเกี่ยวกับโบราณสถาน สิ่งก่อสร้างโดยใช้ความรู้ทางดาราศาสตร์ ปฏิบัติการเกี่ยวกับสุนทรียศิลป์กับดาราศาสตร์โดยใช้ (GPT AI) แปลความหมายแผนที่ทางโหราศาสตร์เป็นดวงชตะตามความเชื่อล้านนาได้ ปฏิบัติการเกี่ยวกับโหราศาสตร์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ร่วมกับแผนที่ทางโหราศาสตร์

3) ด้านจริยธรรม (E) : มีนิสัยตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

4) ด้านลักษณะบุคคล (C) : สามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำงานร่วมกับผู้อื่นและเคารพในความแตกต่าง มีความรับผิดชอบในการทำงาน สามารถทำงานเป็นทีม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้ และเนื้อหาหรือทักษะรายวิชา	วิธีการสอน	วิธีการวัดและประเมินผล
1) ด้านความรู้ (K) : 1.1) สามารถความจำและความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางดาราศาสตร์ 1.2) อธิบายความเชื่อหรือลัทธิ ศาสนาทางดาราศาสตร์พื้นฐาน เชื่อมโยงดาราศาสตร์พื้นฐานกับอิทธิพลทางประเพณีไทย อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์กับแผนที่ทางโหราศาสตร์ได้ 1.3) เข้าใจความหมายของและประเภทมลพิษทางแสง เข้าใจวิธีการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด	1) บรรยายในห้องเรียน และศึกษาจากวีดิทัศน์ที่เกี่ยวข้อง ควบคู่ไปกับการศึกษาหรือถอดบทเรียนจากกรณีศึกษา งานต่าง ๆ หรือแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประมวลผลความรู้อย่างเป็นระบบ 2) ผู้เรียนค้นคว้าความรู้เพิ่มเติม และนำเสนอผลการค้นคว้า ร่วมกับการอภิปรายกลุ่ม	1) สอบย่อย สอบกลางภาคและปลายภาค และประเมินผลจากงานที่มอบหมาย 2) ให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าในประเด็นที่สนในขอบเขตของรายวิชา มีการสรุป และอภิปรายผลการศึกษาในชั้นเรียน 3) ฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะการทำงานร่วมกัน และการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในการสืบค้นข้อมูล 4) การศึกษาภาคสนาม
2) ด้านทักษะ (S) : 2.1) สามารถนำความรู้ที่ได้ มาประยุกต์ในเรื่องต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ 2.2) เล่าเรื่องนิทาน ความเชื่อ บทกลอนที่เกี่ยวข้องกับดวงดาวหรือกลุ่มดาว ปฏิบัติการเกี่ยวกับโบราณสถานสิ่งก่อสร้างโดยใช้ความรู้ทางดาราศาสตร์ ปฏิบัติการเกี่ยวกับสุนทรียศิลป์กับดาราศาสตร์โดยใช้ (GPT AI) แปลความหมายแผนที่ทางโหราศาสตร์เป็นดวงชะตาตามความเชื่อล้านนาได้ ปฏิบัติการเกี่ยวกับโหราศาสตร์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ร่วมกับแผนที่ทางโหราศาสตร์	1) การสอนโดยการใช้การตั้งคำถามเพื่อฝึกให้ผู้เรียนเกิดการสังเกต และการตั้งสมมติฐาน 2) ผสมผสานระหว่างการสอนบรรยายและกรณีศึกษา งานต่าง ๆ หรือแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นที่หลากหลาย 3) มอบหมายให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และนำเสนอหน้าชั้นเรียน พร้อมการอภิปรายกลุ่มร่วมกัน 4) การศึกษาภาคสนาม	1) สอบย่อย สอบกลางภาคและสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการนำเสนองาน การตอบปัญหา รายงาน และการอภิปราย
3. ด้านจริยธรรม : 1) ตรงต่อเวลาและมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 2) สร้างการใฝ่รู้ให้ผู้เรียนก่อนเข้าเรียน เช่น ให้ผู้เรียนอ่านตำรา เอกสารที่เกี่ยวข้องกับรายวิชามาล่วงหน้า เป็นต้น 3) ปลูกฝังจิตสำนึกในการเป็นผู้ให้ต่อสังคม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	1) กำหนดกฎเกณฑ์ในการเข้าชั้นเรียน การส่งรายงาน และการนำเสนอผลงานให้มีความถูกต้องและเข้มงวดเรื่องการคัดลอกผลงาน การส่งงานตรงเวลา และการเข้าชั้นเรียน 2) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรมระหว่างการสอน 3) ใช้การสอนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยผู้เรียนสามารถตั้ง	1) ประเมินจากความตรงต่อเวลาในการส่งงานต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมาย และการไม่กระทำผิดจริยธรรมในการคัดลอกผลงาน 2) ประเมินจากพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เช่น การแสดงความคิดเห็น การให้ข้อเสนอแนะ การรับฟังและการปรับปรุงแก้ไขผลงาน

มาตรฐานการเรียนรู้ และเนื้อหาหรือทักษะรายวิชา	วิธีการสอน	วิธีการวัดและประเมินผล
	คำถามหรือตอบคำถามอาจารย์ผู้สอนได้	
4. ด้านลักษณะบุคคล : 1) มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี สามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมชั้นเรียน 2) มีความรับผิดชอบต่อตนเองและเพื่อนร่วมชั้นเรียนในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย และส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามกำหนดเวลา 3) สามารถร่วมแสดงความคิดเห็น และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนในชั้นเรียนได้อย่างเหมาะสม	1) มอบหมายให้ผู้เรียนทำงานกลุ่ม และมีการเปลี่ยนกลุ่มทำงานตามกิจกรรมที่มอบหมาย	1) ประเมินความรับผิดชอบจากรายงานกลุ่มและรายงานบุคคลของผู้เรียน 2) ประเมินจากพฤติกรรมในชั้นเรียน การมีส่วนร่วม และการทำงานเป็นทีม
5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ : 1) สืบค้นและคัดเลือกข้อมูลในประเด็นที่สนใจที่มีความเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมายผ่านทางแพลตฟอร์มต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ เหล่านั้นได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะในการนำเสนอผลงานโดยใช้รูปแบบ เครื่องมือ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม	1) มอบหมายให้ผู้เรียนค้นคว้างานที่ได้รับมอบหมายจากฐานข้อมูลที่เป็นภาษาไทยและ/หรือภาษาอังกฤษ พร้อมบอกแหล่งอ้างอิงของฐานข้อมูลนั้นๆ	1) ประเมินจากการเขียนรายงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเป็นระบบ

2. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Course Learning Outcome : CLOs)

เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้ว นักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในรายวิชานี้แล้ว สามารถ

CLOs1 : มีความรู้พื้นฐานในการดูดาว เพื่อนำไปสร้างและจัดกิจกรรมสำหรับการตั้งแคมป์ดูดาว พร้อม เป็นนักเล่าเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดูดาว โดยทักษะนี้ สามารถใช้ในกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์เพื่อเป็นการสร้างรายได้ในระหว่างเรียน

ตารางแสดงคำอธิบายรายวิชา บผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา (CLOs)

รหัสและชื่อวิชา	คำอธิบายรายวิชา	วัตถุประสงค์	วิธีการสอน และการประเมินผล	ผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา (CLOs)
GECRRU203 พาเธอไปดูดาว Stargaze with Me	อธิบายความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์ สามารถใช้แผนที่ดาว ยกตัวอย่างการเล่าเรื่องนิทานที่เกี่ยวข้องกับดาว เบื้องต้น และยกตัวอย่างการจัดการท่องเที่ยวด้านดาราศาสตร์ พร้อมสามารถนำไปใช้สำหรับจัดกิจกรรม การตั้งแคมป์ดูดาวได้ Explain basic knowledge of astronomy. Enable to use the star map. Exemplify the storytelling related to basic stars. Exemplify stargazing tourism management enabling to organize the stargazing camp activities.	1. มีความรู้พื้นฐานในการดูดาว 2. สร้างและจัดการกิจกรรมสำหรับการตั้งแคมป์ดูดาว 3. เป็นนักเล่าเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดูดาว	**วิธีการสอน** 1. บรรยายความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์ การใช้แผนที่ดาว การเล่าเรื่องนิทานที่เกี่ยวข้องกับดาว 2. ฝึกปฏิบัติโดยการตั้งแคมป์ดูดาว **วิธีประเมินผล** 1. ทดสอบเพื่อประเมินความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์ การใช้แผนที่ดาว การเล่าเรื่องนิทานที่เกี่ยวข้องกับดวงดาว การสอบกลางภาคและปลายภาค 2. ประเมินความรู้ทักษะและ คุณลักษณะจากการมอบหมายชิ้นงาน กิจกรรม หรือโครงการต่างๆ	มีความรู้พื้นฐานในการดูดาว เพื่อนำไปสร้างและจัดการกิจกรรมสำหรับการตั้งแคมป์ดูดาว สามารถเป็นนักเล่าเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดูดาว โดยทักษะนี้สามารถใช้ในการกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์เพื่อเป็นการสร้างรายได้ในระหว่างเรียน

หมวด 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	รายการสอน	จำนวนชั่วโมง	วิธีสอน	สื่อ	การวัดประเมินผล	ผู้สอน
1	แจ้งรายละเอียดวิชา แนะนำตัว และเกริ่นก่อนเข้าเนื้อหา	3	1. ผู้สอนบรรยาย ร่วมกับผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน 2. แบ่งกลุ่มศึกษานำเสนอหน้าชั้นเรียนอภิปรายร่วมกัน	1. เอกสารประกอบการสอนประจำรายวิชา 2. สื่อ Powerpoint 3. ThaiMOOC รายวิชาดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน 4. คลิปวีดีโอยูทูป	1. แบบทดสอบประจำบทเรียน 2. คะแนนรายงานกลุ่ม 3. คะแนนสอบกลางภาค	รศ. ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ
2	บทที่ 1 ดาราศาสตร์คืออะไร	3				
3	บทที่ 2 เราดูดาวอย่างไร	3				
4	บทที่ 3 เรามาจากไหน	3				
5	บทที่ 4 ดวงดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร	3				
6	สอบกลางภาค	3	-			
7-8	บทที่ 5 โบราณสถานกับดาราศาสตร์ไทย	6	1. การสอนแบบทางตรง 2. การสอนโดยอ้อม 3. การสอนแบบอิสระการสอนจากประสบการณ์จริง	1. เอกสารประกอบการสอนประจำรายวิชา 2. สื่อประกอบการสอน Powerpoint	1. เก็บคะแนนย่อย 2. ชิ้นงาน 3. คะแนนสอบ	ผศ. ปริญญา สาเพชร
9-10	บทที่ 6 ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิทธิพลทางดาราศาสตร์	6				
11	บทที่ 7 โหราศาตร์กับการโคจรของดวงดาว	3				
12-13	บทที่ 8 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด	6	1. ผู้สอนบรรยายร่วมกับผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน	1. เอกสารประกอบการสอนประจำรายวิชา 2. สื่อประกอบการสอน Powerpoint	1. ประเมินจากการสังเกต การซักถามขณะสอน	
14-15	บทที่ 9 การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์	6				

			2. ฝึกปฏิบัติตั้งแคมป์		2. ประเมินจากการตรวจแบบฝึกหัดในแต่ละเรื่อง 3. ประเมินจากพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษา 4. ประเมินจากการทดสอบระหว่างภาคเรียนและปลายภาคเรียน 5. อภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน	
รวม		**45**				**-**

2. รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการร่วมกับการวิจัย และการบริการวิชาการแก่สังคม

1) การบูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับการวิจัย

บูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับการวิจัยของอาจารย์ผู้สอน โดยใช้งานวิจัยของอาจารย์ที่สัมพันธ์กับหัวข้อในการเรียนเป็นฐาน หรือถอดบทเรียนจากงานวิจัยที่อาจารย์ได้สอดแทรก หรือจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่เรียนที่ผู้เรียนสนใจ หรือวิเคราะห์กรณีศึกษา หรือวิเคราะห์จากสถานการณ์ปัจจุบัน แบ่งกลุ่มให้ผู้เรียนวิเคราะห์ ระดมความคิด จับประเด็น และให้ผู้เรียนตั้งประเด็นปัญหา เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหาที่สนใจ นำเสนอหน้าชั้นเรียน อภิปรายร่วมกัน และผู้สอนสรุปสาระสำคัญ

2) การบูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับการบริการวิชาการแก่สังคม

การบูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับการบริการวิชาการแก่สังคม โดยกำหนดให้ผู้เรียนค้นคว้า หรือศึกษาประเด็นปัญหา หรือประเด็นร้อนของสังคมในพื้นที่ที่ตนเองสนใจ และเป็นประเด็นที่สัมพันธ์กับบางหัวข้อในรายวิชาเรียน แบ่งกลุ่มให้ผู้เรียนวิเคราะห์ ระดมความคิด เพื่อให้ผู้เรียนหาวิธีแก้ปัญหา หรือสร้างสรรค์ผลงานให้แก่สังคมหรือพื้นที่ที่สนใจ นำเสนอในสื่อสังคมออนไลน์ หรือนำเสนอสู่ชุมชนหรือพื้นที่ที่สนใจ และผู้สอนสรุปสาระสำคัญ

3. กรอบการวัดผลประเมินผล

การวัดผล

1. คะแนนสอบกลางภาค	30 %
2. คะแนนสอบปลายภาค	30 %
3. คะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบท	15 %
4. การค้นคว้าอิสระ รายงาน และการนำเสนอเป็นกลุ่ม	15 %
5. การเข้าชั้นเรียน	10 %
รวม	100 %

การประเมินผล

ช่วงคะแนน	80–100	ได้ระดับผลการเรียน	PD
ช่วงคะแนน	50–79	ได้ระดับผลการเรียน	S
ช่วงคะแนน	0–49	ได้ระดับผลการเรียน	U

หมวด 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลักที่ใช้ในการเรียนการสอน

คณาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. (2566). *เอกสารประกอบการสอน รายวิชาพาเธอไปดูดาว (Stargaze with me)*. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญที่นักศึกษาจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม

ห้องเรียนออนไลน์ ThaiMOOC รายวิชาดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์

หมวด 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา :

ดำเนินการจัดกิจกรรมในการระดมความคิด และนำเสนอความคิด หรือความเห็นจากผู้เรียน ดังนี้

1) การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและผู้เรียน
2) การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน
3) แบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชาโดยผู้เรียน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน :

ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ดังนี้

1) ผลการเรียนของผู้เรียน
2) แบบประเมินการสอนและแบบประเมินรายวิชาโดยผู้เรียน

3. การปรับปรุงการสอน :

ดำเนินการปรับปรุงการสอนหลังจากใช้กลยุทธ์ในการประเมินการสอนในข้อ 2 และปรับปรุงการสอน โดยการระดมความคิดและหาข้อมูลเพิ่มเติมในการปรับปรุงการสอน ดังนี้

1) การนำผลการประเมินผู้สอนจากผู้เรียน และจากมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน
2) ปรับระบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา :

ดำเนินการการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนในรายวิชาในระหว่างการจัดการเรียนการสอนในรายหัวข้อตามที่คาดหวังจากการเรียนรู้ในวิชา โดยดำเนินการสอบถามผู้เรียน หรือการสุ่มตรวจผลงานของผู้เรียน รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อยและหลังออกผลการเรียน และดำเนินการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์โดยรวมของวิชา โดยการทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของผู้เรียนโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา :

ดำเนินการทบทวนและวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินจากผู้เรียน และผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลรายวิชา นำไปวางแผนการปรับปรุงการสอนและรายละเอียดวิชาเพื่อให้เกิดคุณภาพมากขึ้น ดังนี้

1) ปรับปรุงรายวิชาทุก 3 ปี หรือตามข้อเสนอแนะ หรือผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4
2) สอดแทรกความรู้ กรณีศึกษา สถานการณ์ หรือข่าวสารที่เป็นปัจจุบัน หรือเชิญอาจารย์พิเศษมาให้ความรู้ในบางหัวข้อ

แผนบริหารการสอนประจำวิชา

รหัสวิชา GECRRU203

รายวิชา พาเธอไปดูดาว 3(3-0-6)

(Stargaze with Me)

คำอธิบายรายวิชา

อธิบายความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์ สามารถใช้แผนที่ดาว ยกตัวอย่างการเล่าเรื่องนิทานที่เกี่ยวข้องกับดาวเบื้องต้น และยกตัวอย่างการจัดการท่องเที่ยวด้านดาราศาสตร์ พร้อมสามารถนำไปใช้สำหรับจัดกิจกรรมการตั้งแคมป์ดูดาวได้

Explain basic knowledge of Astronomy, be able to use star map and demonstrate basic star-story telling. Carry out star gazing with outdoor activities.

จุดประสงค์รายวิชา

1. มีความรู้พื้นฐานในการดูดาว
2. นำความรู้ที่ได้ มาสร้างและจัดกิจกรรมตั้งแคมป์ดูดาว
3. เป็นนักเล่าเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดูดาว

เนื้อหา

บทที่ 1 ดาราศาสตร์คืออะไร 3 ชั่วโมง
- ภูมิหลังการค้นพบทางดาราศาสตร์
- การค้นพบในยุคโบราณ
- การค้นพบในยุคปฏิวัติดาราศาสตร์
- การค้นพบยุคใหม่

บทที่ 2 เราดูดาวอย่างไร 3 ชั่วโมง
- ทรงกลมท้องฟ้า
- การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปี
- ระบบพิกัดท้องฟ้า
- การใช้แผนที่ดาว
- หลักการกำหนดความสว่างของดาว
- กำลังส่องสว่าง
- กล้องโทรทรรศน์

บทที่ 3 เรามาจากไหน 3 ชั่วโมง
- ระบบสุริยะ
- ดวงอาทิตย์

เนื้อหา (ต่อ)

ดาวเคราะห์
ดาวเคราะห์แคระ
ดาวเคราะห์น้อย
ดาวหาง
แถบไคเปอร์และเมฆออร์ต
ดาราจักรทางช้างเผือก
ทฤษฎีการกำเนิดเอกภพ

บทที่ 4 ดวงดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร 3 ชั่วโมง
เนบิวลาหรือสสารระหว่างดาว
โปรโตสตาร์
วิวัฒนาการดาวฤกษ์บนแถบกระบวนหลัก และหลังออกจากแถบกระบวนหลัก

บทที่ 5 โบราณสถานกับดาราศาสตร์ไทย 6 ชั่วโมง
ลัทธิ ความเชื่อ การบูชา
การวางตัวของวิหารบูชาของไทย
การสร้างบ้านแปลงเมืองของไทย

บทที่ 6 ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิทธิพลทางดาราศาสตร 6 ชั่วโมง
ดวงเดือน ฤดูกาล ผสานชีวิต
ดาราศาสตร์กับชาวล้านนา
สุนทรียศิลป์ จินตนาการ

บทที่ 7 โหราศาสตร์กับการโคจรของดวงดาว 3 ชั่วโมง
ดูฤกษ์ ดูยาม เคราะห์หาม ยามร้าย
ลัคณา ราศี
คำบอกเล่าจากคนโบราณ รุ่นสู่รุ่น

บทที่ 8 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด 6 ชั่วโมง
มลพิษทางแสง
ประเภทของมลพิษทางแสง
ผลกระทบจากมลพิษทางแสง
การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด
มาตรวัดความมืดของท้องฟ้า

เนื้อหา (ต่อ)

เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากล
เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

บทที่ 9 การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ 6 ชั่วโมง
สถานที่ตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดที่น่าสนใจ
วิธีค้นหาสถานที่ดูดาว
ช่วงเวลาของปีที่เหมาะสมกับการดูดาว
และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการตั้งแคมป์
กฎระเบียบในบริเวณตั้งแคมป์
กรณีศึกษาการจัดแคมป์ดูดาวเพื่อให้เป็นสถานที่ต้อนรับนักท่องเที่ยว

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. ศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชาพาเธอไปดูดาว
2. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พาวเวอร์พ้อยท์ช่วยสอน ประกอบการบรรยาย
3. กระตุ้นให้นักศึกษาคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงเนื้อหาของดาราศาสตร์ ธรรมชาติของสรรพสิ่ง และตลอดจนถึงธรรมะในพระพุทธศาสนา
4. เปิดภาพยนตร์ชีวประวัติของ ไอน์สไตน์ เอดดิงต้น และฮอว์คิงส์ เพื่อกระตุ้นเรื่องความมีความซื่อสัตย์สุจริต ต่อตนเองและสังคม ในฐานะนักฟิสิกส์ของโลก
5. แบ่งกลุ่มศึกษาเนื้อหา มอบหมายงาน กิจกรรมศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมนอกห้องเรียน การจัดทำรายงาน และนำเสนอผลงานในชั้นเรียน
6. ร่วมอภิปรายเนื้อหา และทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน และสั่งแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน
7. อาจารย์ผู้สอนสรุปเนื้อหาเพิ่มเติม

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์พาวเวอร์พ้อยท์
3. วีดีโอในเรื่องที่เกี่ยวข้องจากยูทูป

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. คะแนนสอบกลางภาค	30 %
2. คะแนนสอบปลายภาค	30 %
3. คะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบท	15 %

4. การค้นคว้าอิสระ รายงาน และการนำเสนอเป็นกลุ่ม 15 %
5. การเข้าชั้นเรียน 10 %
รวม 100 %

การประเมินผล

ช่วงคะแนน	80–100	ได้ระดับผลการเรียน	PD
ช่วงคะแนน	50–79	ได้ระดับผลการเรียน	S
ช่วงคะแนน	0–49	ได้ระดับผลการเรียน	U

แผนการสอนตลอดรายวิชา

สัปดาห์ที่	รายการสอน	จำนวนชั่วโมง
1	แจ้งรายละเอียดวิชา แนะนำตัว และเกริ่นก่อนเข้าเนื้อหา (นัดสอนชดเชย)	3
2	บทที่ 1 ดาราศาสตร์คืออะไร	3
3	บทที่ 2 เราดูดาวอย่างไร	3
4	บทที่ 3 เรามาจากไหน	3
5	บทที่ 4 ดวงดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร	3
6	สอบกลางภาค	3
7-8	บทที่ 5 โบราณสถานกับดาราศาสตร์ไทย	6
9-10	บทที่ 6 ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิทธิพลทางดาราศาสตร์	6
11	บทที่ 7 โหราศาสตร์กับการโคจรของดวงดาว	3
12-13	บทที่ 8 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด	6
14-15	บทที่ 9 การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์	6
16	สอบปลายภาค	-
รวม		**45**

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

เนื้อหาประจำบที่ 1 ดาราศาสตร์คืออะไร

1. ประวัติย่อดาราศาสตร์
2. การค้นพบในยุคหิน
3. การค้นพบในยุคจีนโบราณ
4. การค้นพบในยุคกรีกโบราณ
5. การค้นพบในยุคปฏิวัติดาราศาสตร์
6. การค้นพบยุคใหม่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายความหมายของ คำว่า ดาราศาสตร์ และความสำคัญของการเรียนดาราศาสตร์ได้
2. อธิบายการค้นพบทางดาราศาสตร์ที่สำคัญในยุคหิน ยุคจีนโบราณ ยุคกรีกโบราณ ยุคกรีกโบราณ และยุคใหม่ ได้
3. บอกความเชื่อมโยงของการค้นพบใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกันได้
4. หาความยาวเส้นรอบวงของโลกโดยใช้หลักการอีราโตสธีนีสได้
5. ใช้กฎของเคปเลอร์ คำนวณหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ตั้งคำถามกระตุ้นความคิด ทำไมมนุษย์จึงยกย่องดวงดาวว่าเป็นเทพ ทำไมมนุษย์ต้องดูดาว หลังจากนั้นจึงอธิบายความหมายและที่มาที่ไปของการศึกษาดาราศาสตร์ โดยใช้การอภิปรายร่วมกัน

3. ใช้ชุดภาพประกอบพาวเวอร์พ้อยท์และวีดีโอจากยูทูป ในการอธิบายความหมาย และที่มาที่ไปของหัวข้อต่าง ๆ

4. เมื่อสอนจบบทจะสั่งการบ้านในแบบฝึกหัดท้ายบท กำหนดส่งในสัปดาห์ถัดไป

5. ประเมินผลการเรียนรู้จากแบบฝึกหัดท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์พาวเวอร์พ้อยท์
3. วีดีโอในเรื่องที่เกี่ยวข้องจากยูทูป
4. เครื่องคอมพิวเตอร์
5. Projector
6. เครื่องฉายแผ่นทึบ

การวัดผลและการประเมินผล

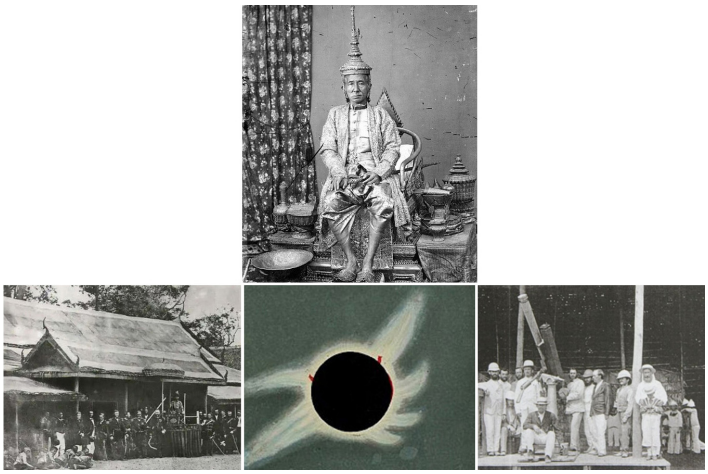
1. คะแนนสอบกลางภาค
2. คะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบท
3. คะแนนการค้นคว้าอิสระ รายงาน และการนำเสนอเป็นกลุ่ม
4. การเข้าชั้นเรียน

บทที่ 1

ดาราศาสตร์คืออะไร?

เรียบเรียงโดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ

จากเนื้อหาในหนังสือดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน (ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ, 2565ข)



รูปที่ 1.1: พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 ถ่ายเมื่อปี พ.ศ. 2409 (บน) ได้ทรงทำนายว่า จะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงขึ้นในประเทศไทยในอีกสองปีข้องหน้าสำเร็จ และเสด็จทอดพระเนตรสุริยุปราคาคาเต็มดวงครั้งนั้น ณ บ้านหว้ากอ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2411 ซึ่งตรงกับปี ค.ศ. 1868 (ล่างซ้าย) การสังเกตการณ์ประกอบด้วยการวาดภาพโคโรนาของดวงอาทิตย์ขณะเกิดสุริยุปราคาคาเต็มดวง โดยนักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศษชื่อ อี สเตฟาน (ล่างกลาง) และการสังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์ของคณะนักดาราศาสตร์ต่างชาติ (ล่างขวา) ในเหตุการณ์พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวได้มีจุดประสงค์เพื่อให้ความรู้แก่ประชาชนและปรับปรุงระบบปฏิทินจันทรคติไทย ทรงติดเชื้อไข้มาลาเรียจากการประพาสครั้งนี้ จนกระทั่งเสด็จสวรรคตในอีกไม่กี่สัปดาห์หลังจากนั้นเมื่อเสด็จกลับถึงกรุงเทพ
(ที่มา : John Thomson, หอจดหมายเหตุแห่งชาติ กรมศิลปากร, Edouard Stephan, หอจดหมายเหตุแห่งชาติ กรมศิลปากร ตามลำดับ - public domain)

เมื่อเอ่ยคำว่า “ดาราศาสตร์” หลายคนจะแบมือออกมาให้ผู้เขียนดูดวงทันที สิ่งนี้แสดงถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนระหว่างคำว่า “ดาราศาสตร์ (Astronomy)” และ “โหราศาสตร์ (Astrology)” ของคนไทยส่วนใหญ่

1.1 บทนำ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 ให้คำนิยาม "ดาราศาสตร์" ว่าหมายถึง "วิชาว่าด้วยดาว" ซึ่งคำว่า "ดาว" ในที่นี้หมายถึง "ดาวฤกษ์" ดังนั้น วิชาที่ว่าด้วยเรื่องของดาวฤกษ์ย่อมศึกษาทุกเรื่องราวของดาวฤกษ์ ไม่ว่าจะเป็น

ดาวฤกษ์ที่ใกล้เรามากที่สุดซึ่งคือดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์และบริวาร รวมถึงวัตถุที่อยู่ในระบบสุริยะ อวกาศ ดาราจักร และเอกภพ

ผู้เขียนจึงขอสรุปอย่างง่ายที่สุดว่า ดาราศาสตร์คือการศึกษาเกี่ยวกับทุกอย่างที่อยู่นอกชั้นบรรยากาศโลกออกไป คำถามยอดฮิตเรื่องจานบิน ยูเอฟโอ มนุษต่างดาว ฯลฯ จึงรวมอยู่ในขอบเขตของวิชาดาราศาสตร์ทั้งสิ้น

ดาราศาสตร์ถือเป็นศาสตร์ที่เก่าแก่ที่สุดในโลก ในสมัยยุคหินเมื่อมนุษย์เริ่มทำการเพาะปลูกและสร้างสังคม เราจึงมีความสนใจใคร่รู้เกี่ยวกับ "สวรรค์" ขึ้นมาโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เนื่องจากมนุษย์โบราณรู้ว่า :

- ฤดูกาลเป็นสิ่งสำคัญ เขาจำเป็นต้องรู้ว่าเมื่อใดจึงควรปลูกพืชและเมื่อใดควรเก็บเกี่ยวในรอบปี ขณะนั้นไม่มีปฏิทินหรือนาฬิกาให้ดูอย่างแน่นอน มีเพียงท้องฟ้าและกลุ่มดาวรูปร่างต่าง ๆ ที่คอยผลัดเปลี่ยนเวียนขึ้นมาปรากฏบนท้องฟ้าให้เราเห็นในรอบปี เช่น เราจะเห็น กลุ่มดาวนายพราน (หรือกลุ่มดาวไถของคนไทย) ในฤดูเก็บเกี่ยวและเตรียมเข้าสู่หน้าหนาว และเห็นกลุ่มดาวหญิงสาวเมื่อดินเริ่มพร้อมที่จะเพาะปลูกและต้องระวังเรื่องน้ำหลาก

- ร่างกายผู้หญิงจะมีรอบเดือนทุก ๆ 30 วันโดยเฉลี่ย ซึ่งตรงกับ 1 รอบการเปลี่ยนเสี้ยวของดวงจันทร์ ทำให้มนุษย์เชื่อว่าความอุดมสมบูรณ์เชื่อมโยงกับดวงจันทร์ และนับถือเป็นเทพโดยเรียกชื่อว่า "พระจันทร์"

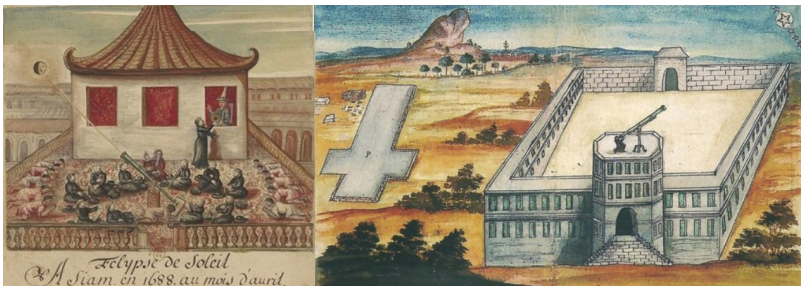
- เมื่อมนุษย์พบกับความไม่แน่นอนหรืออนาคตที่คาดการณ์ไม่ได้ การหมุนเวียนของกลุ่มดาวบนท้องฟ้าที่แน่นอนและคาดการณ์ได้ ยิ่งทำให้สวรรค์กลายเป็นสิ่งที่น่าบูชา

- บางปรากฏการณ์ทำให้มนุษย์หวาดกลัว เช่น การเกิดสุริยุปราคา การทำนายการเกิดสุริยุปราคาจึงเป็นกิจกรรมทางดาราศาสตร์แรก ๆ ที่มนุษยชาติทั่วโลกทำทันที หลังจากที่เข้าใจเรื่องเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก

โดยในประเทศไทยมีการบันทึกไว้ว่าพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 ได้ทรงทำนายการเกิดสุริยุปราคาคาเต็มดวงในประเทศไทยได้สำเร็จ (ดังรูปที่ 1.1) และก่อนหน้านั้น สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ได้สร้างวัดสันเปาโล (หอดูดาวที่ได้มาตรฐานแห่งแรกของไทย) ขึ้นเพื่อให้คณะบาทหลวงเยสุอิตนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสใช้ในการเตรียมการ เพื่อการเสด็จทอดพระเนตรปรากฏการณ์สุริยุปราคาคาแบบบางส่วนที่เกิดขึ้น ณ พระที่นั่งเย็นหรือ พระที่นั่งไกรสรสีหราช เมืองลพบุรี วันที่ 30 เมษายน ค.ศ. 1688 (ดังรูปที่ 1.2) หรือ 180 ปีก่อนหน้าการเกิดสุริยุปราคาคาเต็มดวงอีกครั้งเหนือฟ้าไทยในสมัยรัชกาลที่ 4

1.2 ภูมิหลังการค้นพบทางดาราศาสตร์

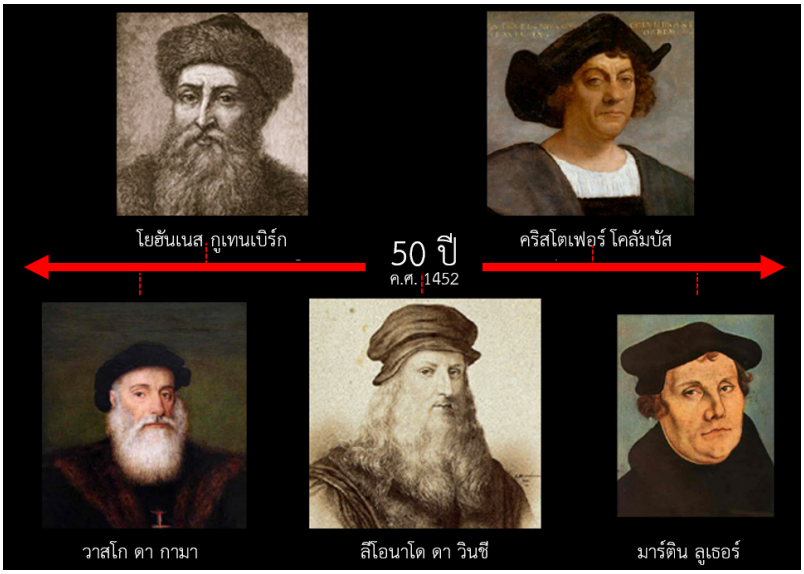
ผู้เขียนตั้งใจใช้คำว่า "ภูมิหลังการค้นพบทางดาราศาสตร์" แทนที่จะเป็น "ประวัติการค้นพบทางดาราศาสตร์" เป็นชื่อหัวข้อนี้ เนื่องจากต้องการแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวเนื่องจากอดีตที่ส่งผลถึงปัจจุบัน โดยอดีตย่อมเป็นเหตุปัจจัยของปัจจุบัน



รูปที่ 1.2: สมเด็จพระนารายณ์มหาราชเสด็จทอดพระเนตรปรากฏการณ์สุริยุปราคาคาแบบบางส่วนที่เกิดขึ้น ณ พระที่นั่งเย็นหรือ พระที่นั่งไกรสรสีหราช เมืองลพบุรี วันที่ 30 เมษายน ค.ศ. 1688 (ซ้าย) โดยได้ดำริให้สร้างวัดสันเปาโล (ขวา) ขึ้นเพื่อให้คณะบาทหลวงเยสุอิตชาวฝรั่งเศสใช้ในการเตรียมการเพื่อการสังเกตการณ์ครั้งนั้น
(ที่มา : หอสมุดแห่งชาติฝรั่งเศษ - public domain)

หาใช่สิ่งที่เกิดขึ้นแล้วจบลงโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ รูปที่ 1.3 ได้ยกตัวอย่างให้เห็นว่าเพียงการค้บพบบางอย่างของคนยุโรปบางคนในช่วงกรอบระยะเวลาไม่ถึง 50 ปี สามารถเปลี่ยนโลกจนทำให้กลุ่มประเทศยุโรปกลายเป็นประเทศมหาอำนาจของโลก หลังจากที่หลับใหลในยุคมืดถึงเกือบ 800 ปี และทำให้โลกเข้าสู่ยุคฟื้นฟูศิลปวิทยาในเวลาต่อมา

แม้ผลงานของบุคคลในรูปที่ 1.3 จะไม่ใช่การค้นพบทางดาราศาสตร์ แต่รูปนี้สามารถช่วยให้เราเข้าใจถึงช่วงเวลาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในประวัติศาสตร์ได้โดยการเทียบเคียงกับเวลาจุดกึ่งกลางของรูปที่ 1.3 นั่นคือ ปี ค.ศ. 1452 ที่เป็นปีเกิดของ



รูปที่ 1.3: วาสโก ดา กามา (ขึ้นฝั่งอินเดียโดยทางเรือครั้งแรก ค.ศ. 1499), โยฮันเนส กูเทนเบิร์ก (สร้างแท่นพิมพ์และตีพิมพ์ความรู้มหาศาลแก่โลกช่วงกลางศตวรรษที่ 15), ลีโอนาโด ดา วินชี (นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และศิลปินเลื่องชื่อ มีชีวิตอยู่ระหว่าง ค.ศ. 1452 - 1519), คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส (เดินเรือค้นพบทวีปอเมริกาในปี ค.ศ. 1492) และมาร์ติน ลูเธอร์ (สร้างการปฏิวัติในศาสนาคริสต์จนถึงอสัญกรรมในปี ค.ศ. 1546)
(ที่มา : Ukjent Kunstner - CC BY 3.0 NO, Jowett Green - CC BY-SA 4.0, Wellcome Library London - CC BY-SA 4.0, Fine Art Images/Heritage Images/Getty Images - public domain, Lucas Cranach - public domain)



รูปที่ 1.4: สโตนเฮนจ์ (3100-2000 ปีก่อนคริสตกาล) และตำแหน่งดวงอาทิตย์ขึ้นในวันครีษมายัน
(ที่มา : Clive Ruggles - CC BY 4.0)

ลีโอนาโด ดา วินชี ซึ่งตรงกันกับปีที่สุลต่านเมเหมดที่ 2 ยกทับตีกรุงคอนสแตนติโนเปิลได้ ทำให้ผู้ที่นับถือศาสนาคริสต์ต้องอพยพกลับสู่ยุโรป และได้นำพาเอาวิทยาการและความรู้กลับไปด้วย อันเป็นรากฐานที่ทำให้ยุโรปเกิดการพัฒนาด้านความคิด ศิลปะ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมไปถึงดาราศาสตร์ด้วย จะเห็นว่าการศึกษาประวัติศาสตร์นั้นมีคุณค่า จะทำให้เราเข้าใจปัจจุบัน หรืออาจคาดการณ์กับอนาคตได้อีกด้วย

เราสามารถสรุปภูมิหลังการค้นพบทางดาราศาสตร์ที่โดดเด่นตั้งแต่ยุคโบราณจนถึงปัจจุบันได้[1] ในหัวข้อต่อไปนี้

1.2.1 การค้นพบในยุคโบราณ

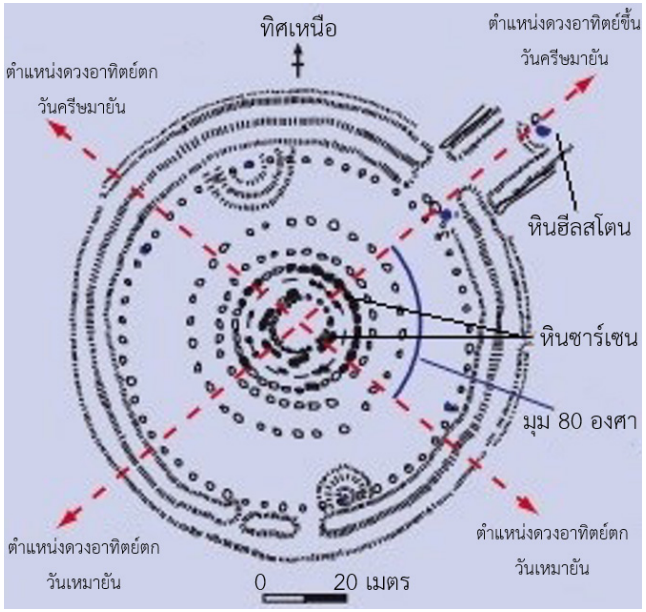
1.2.1.1 สโตนเฮนจ์

สโตนเฮนจ์ (Stonehegne) ถูกสร้างขึ้นราว 3100-2000 ปีก่อนคริสตกาล กลางทุ่งราบกว้างใหญ่บนที่ราบซอลส์บรี (Salisbury plain) ในบริเวณตอนใต้ของเกาะอังกฤษ นักดาราศาสตร์เชื่อว่ามันถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นบริเวณสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ **โดยเป็นที่ทราบอย่างแน่นอนแล้วว่า การวางตัวของเสาหินฮีลสโตน (heelstone) สามารถใช้สังเกตตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์ขึ้นในวันครีษมายัน (Summer Solstice) หรือวันที่กลางวันยาวนานที่สุดตรงกับราววันที่ 21 มิถุนายนของทุกปี** (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 2.3) ดังแสดงในรูปที่ 1.4

นักเอกภพวิทยา เฟรด ฮอยล์ (Fred Hoyle) เชื่อว่าสโตนเฮนจ์อาจให้คำนวณหาวันที่จะเกิดสุริยุปราคาคาได้จากวงแหวนก้อนหินเรียกว่าซาเซนส์ (Sarsens) ดังรูปที่ 1.5 ที่มี 56 ช่อง โดยดวงอาทิตย์จะขึ้นผ่านทุกตำแหน่งครบรอบวงกลมเป็นเวลา 18.67 ปี ซึ่งเป็นคาบโดยประมาณของจุดตัดระนาบวงโคจรของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า

ถึงแม้ว่าจุดประสงค์ที่แท้จริงของการสร้างสโตนเฮนจ์ยังคงเป็นเพียงการคาดคะเน แต่เป็นที่แน่ชัดว่ามันถูกสร้างขึ้น

[1] อ้างอิงจาก (Smith , 1999)



รูปที่ 1.5: แผนผังสโตนเฮนจ์แสดงเสาหินฮีลสโตนและก้อนหินซาร์เซน
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ซึ่งดัดแปลงจาก Ruggles et al., 2009)

โดยมนุษย์ยุคหินโดยปราศจากความช่วยเหลือจากมนุษย์ต่างดาวแต่อย่างใด หาใช่ดังที่นำเสนอกันอย่างสนุกปากในสื่อลวงที่พบเห็นบ่อยในปัจจุบัน

1.2.1.2 ซุปเปอร์โนวาจีนโบราณ

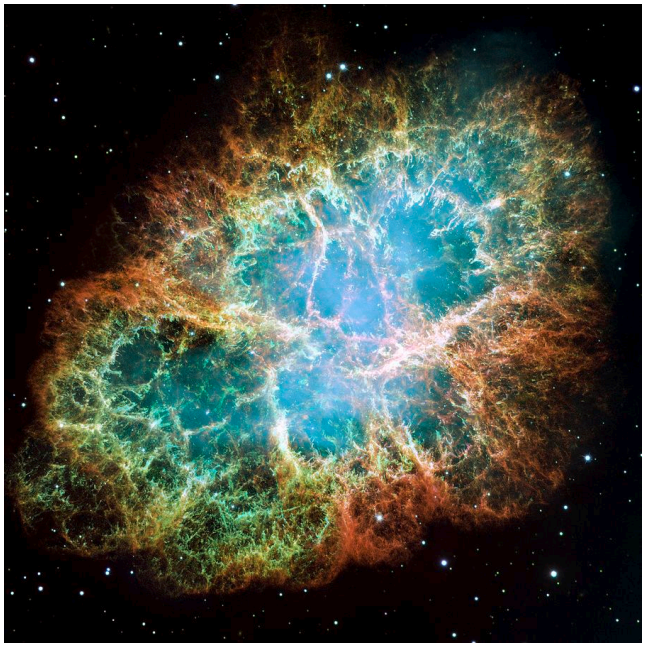
เราพบบันทึกของจีนโบราณระบุถึง "ดาวผู้มาเยือน (guest star)" ที่ต่อมาเราทราบว่าวัตถุเหล่านั้นเป็นทั้งดาวหาง โนวา และซุปเปอร์โนวานั้น ย้อนไปได้ถึง 1059 ปีก่อนคริสตกาล โดยบันทึกที่โดดเด่น ได้แก่ บันทึกของปราชญ์ในราชวงศ์ซ่งที่ระบุว่าในเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1054 มีดาวสว่างมากที่ใจกลางกลุ่มดาวปู สว่างมากจนสามารถมองเห็นในเวลากลางวัน ซึ่งปัจจุบันในตำแหน่งนั้นคือ **เนบิวลาปู (Crab nebula)** ดังแสดงในภาพ 1.6 จากการคำนวณทางฟิสิกส์ย้อนกลับทำให้เราทราบว่าสิ่งที่ชาวจีนเห็นตอนนั้นคือ**ซุปเปอร์โนวา** (ดูรายละเอียดในบทที่ 4) หรือการระเบิดของดาวมวลมากที่ใจกลางกลุ่มดาวปูนั่นเอง

1.2.1.3 การค้นพบของกรีกโบราณ

เราสามารถสรุปลำดับการค้นพบทางดาราศาสตร์ในยุคกรีกโบราณไว้พอสังเขป[2] ดังต่อไปนี้ (ดูภาพนักปราชญ์ประกอบได้จากรูปที่ 1.7)

1. **เทลิส** (Thales of Miletus, 624 - 546 ปีก่อนคริสตกาล คนแรกแถวบนในรูปที่ 1.7) วางแนวคิดไว้ว่าน้ำเป็นปัจจัย

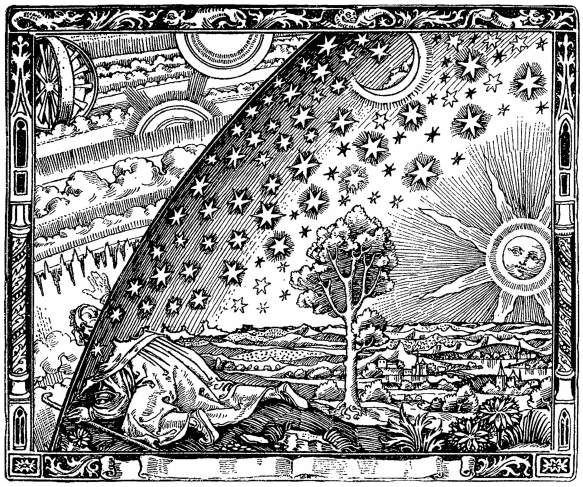
[2]อ้างอิงจาก สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2552)



รูปที่ 1.6: เนบูลาปูแสดงก๊าซที่หลงเหลือจากซุปเปอร์โนวาที่ระเบิดขึ้นในปี ค.ศ. 1054 บันทึกได้โดยชาวจีนโบราณ (ที่มา : NASA, ESA, J. Hester and A. Loll (Arizona State University) - public domain)



รูปที่ 1.7: นักปราชญ์กรีกโบราณที่มีการค้นพบทางดาราศาสตร์ที่โดดเด่น ได้แก่ แถวบน : เทลิส[1] ปิทากอรัส[2] อาแนกซากอรัส[3] ดีโมคริตัส[4] ฟิโลลาอัส[5] ; แถวล่าง : อาริสโตเติล[6] อาริสตาร์คัส[7] ฮิปปาร์คัส[8] อีราโตสธีนีส[9] และโทเลมี[10] (ที่มา : [1]Schneider (1761), [2]ศิลปินไม่ทราบชื่อ,[3]Eduard Lebiedzki จากผลงาน Carl Rahl, [4]L. Vorsterman จากผลงานของ P. P. Rube, [5]T. Odysseides, [6]Lysippos, [7]Jean Auguste Dominique Ingres, [8]Raphael, [9]Nordisk Familjebok, [10]ศิลปินไม่ทราบชื่อ จากหนังสือของ Blanche Marantin & Guillaume Chaudiere ปี ค.ศ. 1584.)



รูปที่ 1.8: ภาพสลักไม้ของศิลปินไม่ทราบชื่อแสดงมโนทัศน์เรื่องโลกแบน พบครั้งแรกในหนังสือของ Flammarion (1888) (ที่มา : Flammarion, 1888)

หลักของกำเนิดสรรพสิ่ง และมีจินตนาการว่า**โลกเป็นจานแบนลอยอยู่บนผิวน้ำ** ดังรูปที่ 1.8

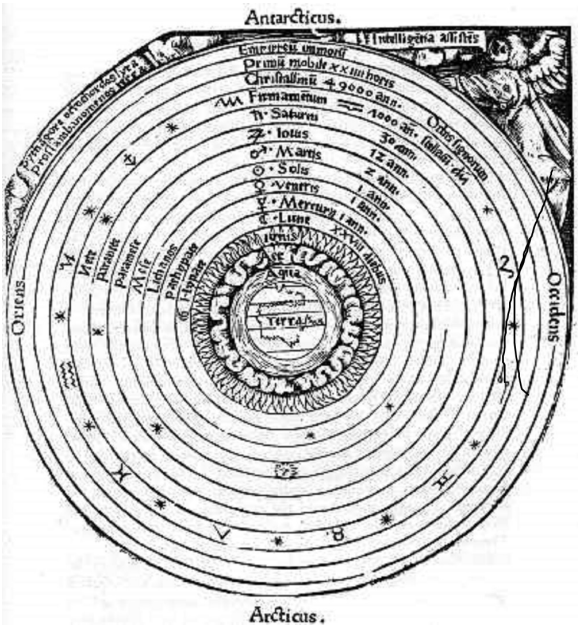
2. **ปิทากอรัส** (Pythagoras of Samos, 580-500 ปีก่อนคริสตกาล คนที่สองแถวบนในรูปที่ 1.7) เขาเป็นที่รู้จักมากในทฤษฎีปิทากอรัสอันโด่งดัง ประวัติศาสตร์ให้ข้อมูลงานของเขาน้อยมาก เนื่องจากเขาเป็นผู้ก่อตั้งโรงเรียนที่ศึกษาเกี่ยวกับศาสตร์ของธรรมชาติและเรื่องลึกลับดึงดูดให้เขามีลูกศิษย์มากมาย ด้วยกฎของโรงเรียนที่เคร่งครัดมาก เช่น การเป็นมังสวิรัส การไม่พูดเลยตลอด 5 ปีแรกของการศึกษา การถือความไม่มีลักษณะเฉพาะตนเพื่อเคารพการบรรลุเป้าหมายส่วนบุคคล จึงเป็นการยากพอสมควรที่จะระบุงานที่แท้จริงของปิทากอรัสได้อย่างชัดเจน

   อย่างไรก็ตาม สิ่งที่เราทราบดีนอกจากที่เขาค้นพบจำนวนอตรรกยะ ความสัมพันธุ์ระหว่างคณิตศาสตร์และดนตรี และค้นพบว่าดาวประกายพรึกและดาวประจำเมืองคือดาวศุกร์แล้ว เขายังเป็นนักปราชญ์คนแรกที่เสนอแนวคิดว่า "**โลกมีสัณฐานกลม**" เพราะสังเกตเห็นว่าดวงจันทร์นั้นเป็นทรงกลมเพราะดูจากเงาดวงจันทร์ที่เป็นเสี้ยว และโลกยังเป็นศูนย์กลางวงโคจรของดาวเคราะห์ดวงอื่น โดยที่วงโคจรนั้นเป็นวงกลมอีกด้วย ซึ่งนับว่าเป็นก้าวใหญ่ก้าวหนึ่งของการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับเอกภพ

   แนวคิดของปราชญ์ในยุค 600 ปีก่อนคริสตกาลเหล่านี้ ยังคงมีพื้นฐานอย่างเหนียวแน่นว่า โลกเป็นวัตถุที่หยุดนิ่งอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของวัตถุท้องฟ้าทุกชนิดที่เห็นนั้นเป็นการเคลื่อนที่ที่แท้จริงของวัตถุเหล่านั้นทั้งสิ้น

3. **อาแนกซากอรัส** (Anaxagoras, 510 – 428 ปีก่อนคริสตกาล คนที่สามแถวบนในรูปที่ 1.7) เป็นผู้ที่เริ่มให้ความสนใจดวงจันทร์และดาวเคราะห์ต่าง ๆ โดยให้แนวคิดว่า **ดาวเคราะห์ต่าง ๆ มีองค์ประกอบเหมือนกับโลก และมีแสงสว่างได้ด้วยการสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์** นอกจากนี้เขายังได้ให้แนวคิดเรื่องการเกิดจันทรุปราคาว่าคือเหตุการณ์ที่ดวงจันทร์โคจรเข้าไปในเงาของโลกอีกด้วย

4. **ดีโมคริตัส** (Democritus, 460 ปีก่อนคริสตกาล คนที่สี่แถวบนในรูปที่ 1.7) เป็นผู้ที่ไขความลับเกี่ยวกับ**ทางช้างเผือก (Milky way) ว่าคือที่ ๆ ดาวจำนวนมากอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น**

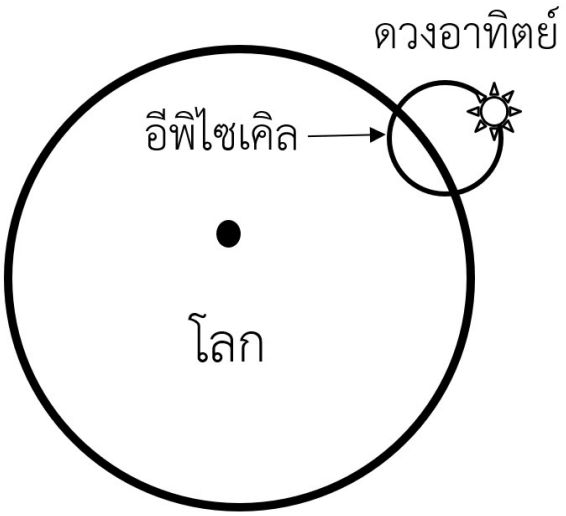


รูปที่ 1.9: แบบจำลองเอกภพของอาริสโตเติลระบุโลกเป็นศูนย์กลาง
(ที่มา : Aristotle ใน De Caelo (Of the heavens) ของ Sigmund Frimm & Marx Wirsung ปี ค.ศ. 1519)

5. **ฟิโลลาอัส** (Philolaus, 450 ปีก่อนคริสตกาล คนที่ห้าแถวบนในรูปที่ 1.7) เป็นนักปราชญ์คนแรกที่เสนอแนวคิดว่า "**โลกไม่ใช่วัตถุที่อยู่นิ่งอย่างแท้จริงโดยโลกโคจรรอบดวงไฟใหญ่ดวงหนึ่ง (แต่ไม่ใช่ดวงอาทิตย์)**" อย่างไรก็ตาม ฟิโลลาอัสไม่ประสบความสำเร็จในการตอบคำถามว่าดวงไฟใหญ่นั้นคืออะไร และอยู่ที่ไหน

6. **อาริสโตเติล** (Aristotle, 384 - 322 ปีก่อนคริสตกาล คนแรกแถวล่างในรูปที่ 1.7) เป็นนักเรียนของเพลโต (Plato, 428 - 348 ปีก่อนคริสตกาล) และเป็นครูสอนศิลปวิทยาให้กับพระเจ้าอเลกซานเดอร์มหาราช อาริสโตเติลได้ตั้งโรงเรียนที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยปฏิเสธการใช้คณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ ด้วยให้เหตุผลว่าคณิตศาสตร์นั้นสมบูรณ์แบบเกินกว่าที่จะใช้ศึกษาโลกซึ่งเขาเชื่อว่าเป็นสิ่งที่ไม่สมบูรณ์แบบ เขาเป็นนักปราชญ์คนแรกที่สามารถครอบงำความเชื่อของมนุษย์ส่วนใหญ่ได้ในแนวคิดโลกเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ (Geocentric Model) ที่ว่า "**โลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพ โดยมีดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์ทั้งหลายโครจรรอบโลก**" ดังแสดงในรูปที่ 1.9

7. **อาริสตาร์คัส** (Aristarchus of Samos, 310 - 230 ปีก่อนคริสตกาล คนที่สองแถวล่างในรูปที่ 1.7) เป็นนักปราชญ์ที่**กล้าแย้งแนวคิดของอาริสโตเติล โดยเสนอแนวคิดดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ (Heliocentric Model) โดยมีโลกและดาวเคราะห์อื่น ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์** อาริสตาร์คัสยังอธิบายด้วยว่า การเคลื่อนที่ปรากฏของวัตถุท้องฟ้าในแต่ละวันเป็นผลเนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลก และยังเชื่ออีกว่าดาวฤกษ์เป็นวัตถุที่อยู่ห่างไกลโลกมาก อย่างไรก็ตาม แนวคิดของอาริสตาร์คัสก็ไม่สามารถล้มล้างความเชื่อของคนส่วนใหญ่ที่เชื่อในแนวคิดของอริสโตเติลอย่างเหนียวแน่นได้ ผลงานที่โดดเด่นของเขาคือการใช้เรขาคณิตประมาณขนาดและระยะทางระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ โดยวิธีการของเขาถือว่าเป็นวิธีที่ถูกต้อง หากต้องทราบเวลาการเกิดเสี้ยว



รูปที่ 1.10: วงโคจรของดวงอาทิตย์ตามแนวความคิดของฮัปปาร์คัสที่มีอีพิไซเคิล
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข))

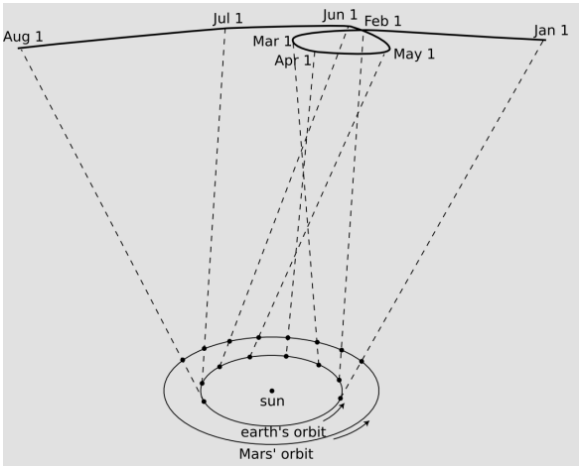
ของดวงจันทร์ขณะเกิดเสี้ยว 1 ใน 4 และ 3 ใน 4 และระยะเวลาการเกิดจันทรุปราคาที่แน่นอน ซึ่งเกินขอบเขตของอุปกรณ์ในยุคนั้นมาก ทำให้ค่าที่เขาได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงค่อนข้างมาก

8. **ฮิปปาร์คัส** (Hipparchus, 190 - 120 ปีก่อนคริสตกาล คนที่สามแถวล่างในรูปที่ 1.7) แม้คง**ยึดแนวคิดเดิมที่ว่าโลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพ แต่เขาได้พัฒนาเทคนิคการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ขั้นสูงในสมัยนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องดาราศาสตร์เกี่ยวกับการวัดตำแหน่ง (positional astronomy) โดยมีโลกและดาวเคราะห์อื่น ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์** เช่น เขาเชื่อว่าขณะที่ดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกอยู่นั้นมันจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมเล็ก หรือที่เรียกว่า **อีพิไซเคิล (epicycle)** ในเวลาเดียวกันไปด้วย (ดังรูปที่ 1.10) ซึ่งปัจจุบันเราทราบดีว่าไม่ถูกต้อง แต่แนวคิดเรื่องอีพิไซเคิลของเขาก็ถูกนำไปพัฒนาต่อไปอย่างเป็นระบบในเวลาต่อมา

   ฮิปปาร์คัสยังเป็นคนแรกที่ทำ**แคตตาล็อกดาวฤกษ์อย่างเป็นระบบ** โดยสามารถกำหนดตำแหน่งของดาวฤกษ์ได้อย่างถูกต้องมากกว่า 1,000 ดวง และจัดกลุ่มดาวฤกษ์ตามความสว่างปรากฏเป็น 6 กลุ่มใหญ่ ๆ โดยกลุ่มที่สว่างมากที่สุดที่สามารถมองเห็นได้เรียกว่าแมกนิจูดที่ 1 และกลุ่มที่สว่างน้อยที่สุดที่สามารถมองเห็นได้เรียกว่าดาวที่มีความสว่างแมกนิจูดที่ 6 (ดูรายละเอียดที่หัวข้อ 2.6.3)

   นอกจากนี้เขายังริเริ่มที่จะอธิบายหลักการการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์และดาวเคราะห์อื่นได้ เช่น ฮิปปาร์คัสสังเกตเห็นการเคลื่อนที่วกกลับเมื่อเทียบกับตำแหน่งของดาวฤกษ์ที่เป็นฉากหลัง (retrograde motion) ของดาวเคราะห์บางดวง ดังรูปที่ 1.11 และสามารถบันทึกตำแหน่งดาวเคราะห์ต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ ทำให้บันทึกดังกล่าวนับเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์มากทางดาราศาสตร์ในยุคต่อมา

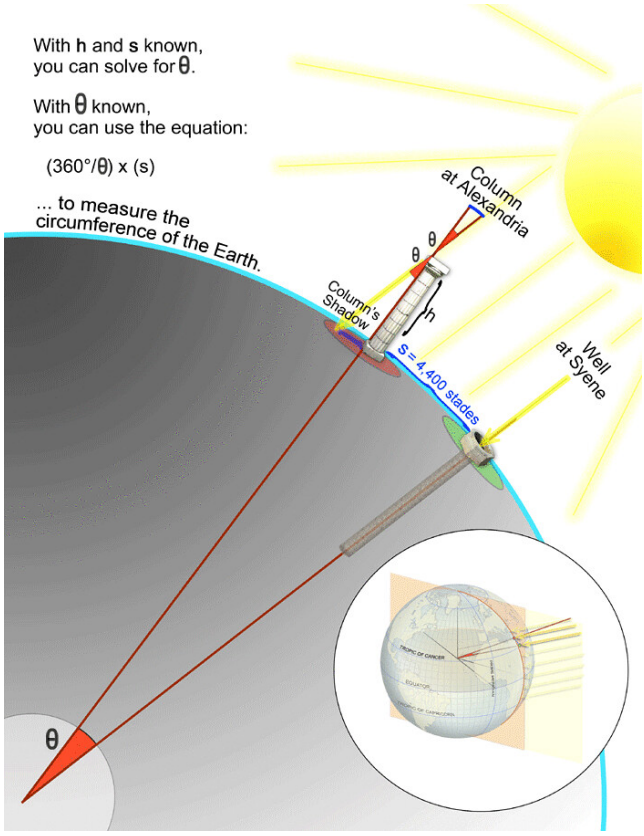
9. **อีราโตสธีนีส** (Eratosthenes of Cyrene, 276-197 ปีก่อนคริสตกาล คนที่สี่แถวล่างในรูปที่ 1.7) อีราโตสธีนีสเป็นทั้งนักคณิตศาสตร์และนักภูมิศาสตร์ ที่นอกจากจะวาดแผนที่โลกขึ้นแล้ว เขายัง**สามารถประมาณค่าเส้นรอบวงของโลกได้** โดยการวัดความสูงและเงาของเสา ณ เมืองอะเล็กซานเดรีย (Alexandria) เปรียบเทียบกับที่วัดได้



รูปที่ 1.11: การเคลื่อนที่วกกลับ (retrograde) ของดาวอังคารเมื่อเทียบกับดาวฤกษ์ที่เป็นพื้นหลัง เมื่อสังเกตจากโลก (ที่มา : B. Crowell - CC BY-SA 1.0.)

ณ เมืองซีน (Syene) ที่อยู่ห่างออกไปประมาณ 4,400 สเตเดีย (หรือ 800 km) โดยความสูงของเสาที่เมืองอะเล็กซานเดรีย (h) และความยาวเงาของเสา จะทำให้ทราบมุม θ และเมื่อเราทราบระยะทางจากเมืองทั้งสอง (s) เราจะสามารถคำนวณหาความยาวเส้นรอบวงของโลกได้ด้วยบัญญัติไตรยางศ์ ดังรูปที่ 1.12 ขณะนั้นอีราโตสธีนีสสามารถหาค่าได้ระหว่าง $\sim$ 38,000 km ถึง $\sim$ 46,000 km (ปัจจุบัน เส้นรอบวงของโลกเท่ากับ 40,075 km) วิธีการของเขากลายเป็นกิจกรรมอันโด่งดังสำหรับนักเรียนมัธยมปลายทั่วโลกในการวัดเส้นรอบวงของโลก

10. **โทเลมี** (Ptolemy, $\sim$ ค.ศ. 85 - ค.ศ. 165 คนที่ห้าแถวล่างในรูปที่ 1.7) เป็นปราชญ์แห่งเมืองอเลกซานเดรียอีกท่านหนึ่ง ที่ได้รับรวบรวมแนวคิดของอาริสโตเติลที่กล่าวว่าโลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพ แนวคิดของปีทากอรัสที่ว่าโลกมีสัณฐานกลม และแนวคิดอีพิไซเคิลของฮิปปาร์คัส ผนวกเข้ากับแนวคิดของเขาเอง และสร้าง**แบบจำลองเอกภพที่มีโลกเป็นศูนย์กลาง ที่เรียกว่า "ระบบของโทเลมี (Ptolemic system)"** ดังรูปที่ 1.13 แม้แบบจำลองนี้จะยังไม่ถูกต้องกับความเป็นจริง แต่ก็ใช้อธิบายปรากฏการณ์การเคลื่อนที่วกกลับของดาวเคราะห์ได้ งานด้านภูมิศาสตร์ของเขาถูกยึดถือเป็นหลักมากที่สุดตราบจนกระทั่งยุคของโคลัมบัส ฉันใด งานด้านดาราศาสตร์ที่เชื่อถือตามแนวคิด**ระบบของโทเลมีก็ถูกยึดเป็นหลักมากที่สุดจนกระทั่งยุคของโคเปอร์นิคัส** ฉันนั้น



รูปที่ 1.12: การคำนวณหาค่าความยาวเส้นรอบวงของโลกด้วยวิธีของอีราโตสธีนีส
(ที่มา : NOAA Ocean Service Education - public domain)



รูปที่ 1.13: แบบจำลองระบบของโทเลมี ภาพถ่ายจากหนังสือของ Petrus Apianus และ Gemma Frisius ปี ค.ศ. 1539
(ที่มา : Grant , 1987)



รูปที่ 1.14: นักดาราศาสตร์ยุคปฏิวัติดาราศาสตร์ตามลำดับ ได้แก่ แถวบน : นิโคลัส โคเปอร์นิคัส[1] ทีโค บราห์[2] โยฮันเนส เคปเลอร์[3] กาลิเลโอ กาลิเลอี[4] และไอแซ็ก นิวตัน[5]
(ที่มา : [1]Jeremias Falck, [2]Eduard Ender, [3]ศิลปินไม่ทราบชื่อวาดในปี ค.ศ. 1610, [4]Justus Sustermans, [5]Godfrey Kneller - public domain)

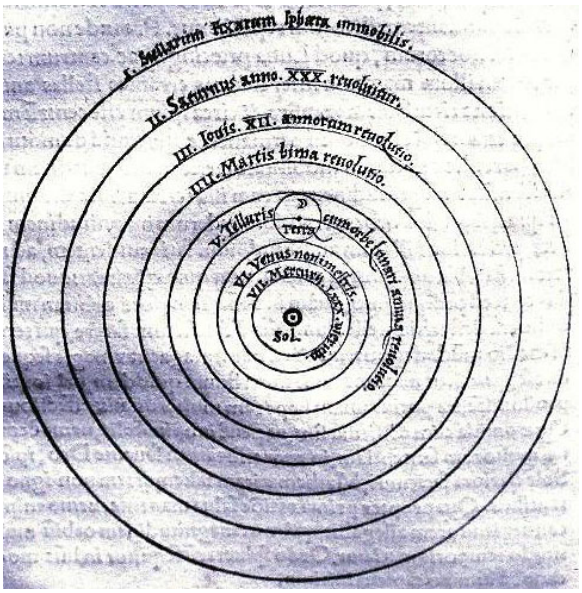
1.2.2 การค้นพบในยุคปฏิวัติดาราศาสตร์

เราสามารถสรุปลำดับการค้นพบทางดาราศาสตร์ในยุคปฏิวัติดาราศาสตร์ไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้[3] โดยสามารถดูภาพนักปราชญ์ประกอบได้จากรูปที่ 1.14

1.2.2.1 นิโคลัส โคเปอร์นิคัส

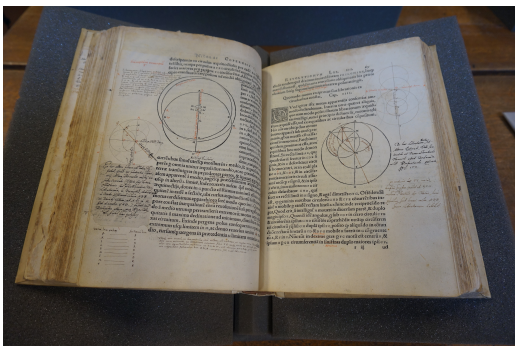
นิโคลัส โคเปอร์นิคัส (Nicolaus Copernicus, ค.ศ. 1473 - 1543 คนแรกแถวบนในรูปที่ 1.14) เป็นนักดาราศาสตร์และคณิตศาสตร์ชาวโปแลนด์ที่ทุ่มเทกำลังความคิดอย่างมากในเรื่องทฤษฎีของระบบสุริยะ เขาได้นำแนวคิดที่ว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะของอารัสตาร์คัสมาฟื้นฟูขึ้นมาอีกครั้ง และปรับปรุงทฤษฎีให้สมบูรณ์ขึ้นโดยยังให้แนวคิดเรื่องอีพิไซเคิลของฮิปปาร์คัสและโทเลมีมาใช้ด้วย เขาพบว่าการใช้ระบบของโทเลมีไม่สามารถทำนายตำแหน่งของดาวเคราะห์ได้อย่างถูกต้องในระดับสังเกตการณ์ เขาจึงยืนยันแนวคิดที่ว่า **"ดวงอาทิตย์ที่เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ (Heliocentric system)" หรือ "ระบบของโคเปอร์นิคัส (Copernicus system)"** ดังรูปที่ 1.15

[3]อ้างอิงจาก Smith (1999)



รูปที่ 1.15: แบบจำลองระบบของโคเปอร์นิคัส
(ที่มา : Nicolaus Copernicus จากหนังสือ De revolutionibus orbium coelestium หรือ "On the Revolutions of the Heavenly Spheres" ที่ตีพิมพ์ปี ค.ศ. 1543)

แม้แนวคิดของโคเปอร์นิคัสจะถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดปัจจุบัน แต่ก็ขัดแย้งโดยสิ้นเชิงกับแนวคิดกระแสหลักโดยคำสอนของอารัสโตเติล ซึ่งเป็นผู้นำด้านดาราศาสตร์ในสมัยนั้น ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้แนวคิดของโคเปอร์นิคัสจึงยังไม่เป็นที่ยอมรับกันในยุคนั้น



รูปที่ 1.16: หนังสือ De revolutionibus orbium coelestium ค.ศ. 1543 ของโคเปอร์นิคัส แหล่งที่พบเส้นผมซึ่งนำไปสู่การหา DNA
(ที่มา : Nicolaus Copernicus- CC BY-SA 4.0)



รูปที่ 1.17: หลุมฝังศพของโคเปอร์นิคัสในโบสถ์เมืองฟรอมบอร์กทางเหนือของโปแลนด์ พิธีฝังศพจัดในปี ค.ศ. 2010 (ที่มา : Julian Nya - CC BY-SA 3.0 Unported license)

มุมคนชอบดราม่า ตอน "การค้นหาศพของโคเปอร์นิคัส" การค้นพบของโคเปอร์นิคัสที่ว่า "ดวงอาทิตย์ที่เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ" ถือเป็นข้อต้องห้าม เนื่องจากเขาเป็นนักบวชในศาสนาคริสต์ และการประกาศแนวคิดเช่นนี้ถือเป็นเรื่องหมิ่นศาสนจักร (เพราะถือว่าไม่เชื่อในพระเจ้าผู้สร้างโลก ดังนั้นโลกย่อมเป็นศูนย์กลางของทุกอย่าง สมัยนั้นศาสนจักรเขาคิดอย่างนั้น) เหตุนี้ทำให้โคเปอร์นิคัสถูกตราหน้าว่าเป็นคนนอกรีต และเมื่อเขาตาย เขาก็ถูกฝังรวมกับศพไร้ญาติที่ใดสักที่ในเมืองฟรอมบอร์ก (Frombork) ทางเหนือของโปแลนด์

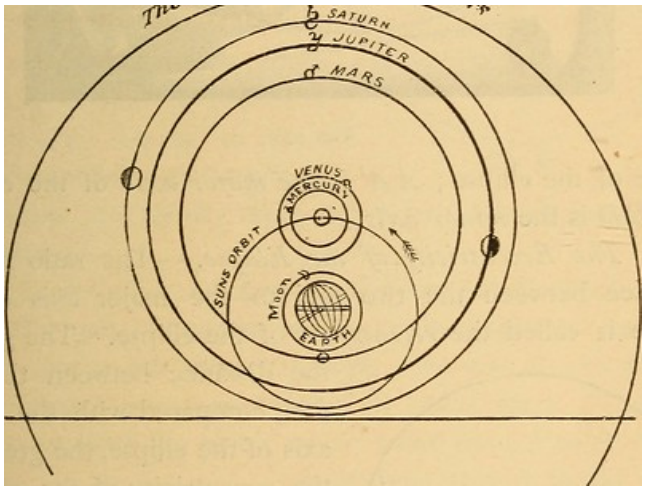
ความจริงก็คือความจริง เมื่อการค้นพบของเขาถูกยืนยันจากหลายต่อหลายคนภายหลังการตายของเขา ในปี ค.ศ. 2004 นักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มค้นหาศพของเขาเพื่อที่จะนำขึ้นมาฝังอย่างถูกต้องตามหลักศาสนา และเพื่อให้ชาวโลกได้เข้ามาเยี่ยมชมยกย่องเช่นนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่น ๆ การค้นหาเป็นไปอย่างยากลำบาก เพราะแม้จะขุดพบหลุมฝังศพโบราณแบบฝังรวมสักหลุมหนึ่งแล้ว แล้วคนไหนล่ะที่เป็นเขา นักวิทยาศาสตร์จึงทำการตรวจวัดดีเอ็นเอ (DNA) ของศพนิรนามจำนวนมาก แล้วนำมาเปรียบเทียบ DNA ของคนที่เชื่อว่าเป็นโคเปอร์นิคัส แล้วเราจะสามารถทราบ DNA ของโคเปอร์นิคัสได้อย่างไร!?!

แน่นอนโคเปอร์นิคัสย่อมเป็นคนที่อ่านหนังสือของเขาเอง De revolutionibus orbium coelestium (ดังรูปที่ 1.16) บ่อยมาก ๆ และมากกว่าคนอื่น ๆ จนกระทั่งผมของตนร่วงลงในหนังสือเล่มนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงนำเอาเส้นผมของบุคคล ๆ หนึ่งที่พบมากในหนังสือของโคเปอร์นิคัส มาตรวจสอบหา DNA จนกระทั่งปี ค.ศ. 2010 ก็ได้พบศพนิรนามที่มี DNA ตรงกันกับผมเหล่านั้น เราจึงเจอเขาแล้ว ;)

นิโคลัส โคเปอร์นิคัส มีพิธีฝังศพตามหลักศาสนาคริสต์ นิกายคาทอลิก 467 ปีหลังจากที่เขาตาย ในฐานะวีรบุรุษ ร่างของเขานอนอยู่ใต้พื้นโบสถ์เมืองฟรอมบอร์กทางเหนือของโปแลนด์ ดังรูปที่ 1.17

1.2.2.2 ทีโค บราห์

ทีโค บราห์ (Tycho Brahe, ค.ศ. 1546 - 1601 คนที่สองแถวบนในรูปที่ 1.14) **นักดาราศาสตร์ในยุคก่อนมีกล้องโทรทรรศน์คนแรกที่เริ่มใช้เทคนิคการสังเกตการณ์ในการเก็บข้อมูล** โดยสร้างเครื่องมือวัดตำแหน่งของดาว และพัฒนานาฬิกาบันทึกเวลาที่ให้ความเที่ยงตรงมากกว่าเท่าที่เคยมีมาในวงการดาราศาสตร์ในสมัยนั้น เขาสร้างหอดูดาวคู่หนึ่งในสวีเดน ในปี



รูปที่ 1.18: แบบจำลองระบบสุริยะของทีโค บราห์
(ที่มา : Gillet et al. , 1882)

ค.ศ. 1572 เขาสังเกตซุปเปอร์โนวาและพบว่ามันมีความสว่างที่เปลี่ยนไป และในปี ค.ศ. 1577 เขาสังเกตดาวหางและพบว่าดาวหางเป็นวัตถุท้องฟ้าชนิดหนึ่งที่อยู่เลยดวงจันทร์ออกไปมากจากการคำนวณด้วยวิธีพารัลแลกซ์

ทีโค บราห์ สร้างแบบจำลองระบบสุริยะ โดย**ยังยึดแนวคิดโลกเป็นศูนย์กลางของฮิปปาร์คัสและปโตเลมี โดยให้ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์โคจรรอบโลก และให้ดาวเคราะห์ที่เหลือโคจรรอบดวงอาทิตย์อีกทีหนึ่ง** ดังรูปที่ 1.18 ในช่วยท้ายของชีวิตในปี ค.ศ. 1599 เขาย้ายไปอยู่ที่กรุงปราก ที่ ๆ เขาได้ส่งต่องานสังเกตการณ์ทั้งหมดของเขาได้แก่โยฮันเนส เคปเลอร์ ซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบของเคปเลอร์ต่อไป

มุมคนชอบคำนวณ ตอน "การประมาณระยะทางด้วยวิธีพารัลแลกซ์ (parallax)"

ให้ลองมองนิ้วชี้ของตนที่อยู่ตรงหน้า แล้วลองหลับตาข้างซ้ายและสังเกตภาพพื้นหลังของนิ้วชี้ แล้วจึงหลับตาข้างซ้ายและสังเกตภาพพื้นหลังของนิ้วชี้ เราจะเห็นว่าพื้นหลังนั้นมีการเลื่อนตำแหน่ง โดยมุมที่เลื่อนไปนั้นมีค่า 2 เท่าของมุมพารัลแลกซ์ (p) ดังนั้นหากเราทราบระยะห่างระหว่างตาทั้งสองข้าง และทราบมุม p เราจะสามารถคำนวณหาระยะห่างระหว่างตาและนิ้วชี้ได้ นักดาราศาสตร์จึงมักใช้วิธีพารัลแลกซ์นี้หาระยะทางของวัตถุท้องฟ้าได้ ดังรูปที่ 1.19 โดยความสัมพันธ์ของมุม p และระยะทางจากโลกถึงวัตถุท้องฟ้านั้น ๆ คือ

$$p[radian] = \frac{1[AU]}{d[AU]} \tag{1.1}$$

เมื่อ p คือ มุมพารัลแลกซ์ ในหน่วยเรเดียน (radian) ซึ่ง 1 เรเดียน = 206265 ฟิลิปดา

d คือ ระยะทางจากโลกถึงวัตถุท้องฟ้านั้น ๆ ในหน่วย AU[a]

แต่เนื่องจากมุม p ส่วนใหญ่วัดในหน่วยฟิลิปดา (arcsecond หรือ second of arc) ดังนั้นสมการ 1.1 สามารถเขียนใหม่ในรูปฟิลิปดาได้ดังนี้

$$\frac{p["]}{206265} = \frac{1[AU]}{d[AU]}$$

จัดรูปใหม่ได้

$$d[AU] = \frac{206265[AU]}{p["]}$$

หรือ

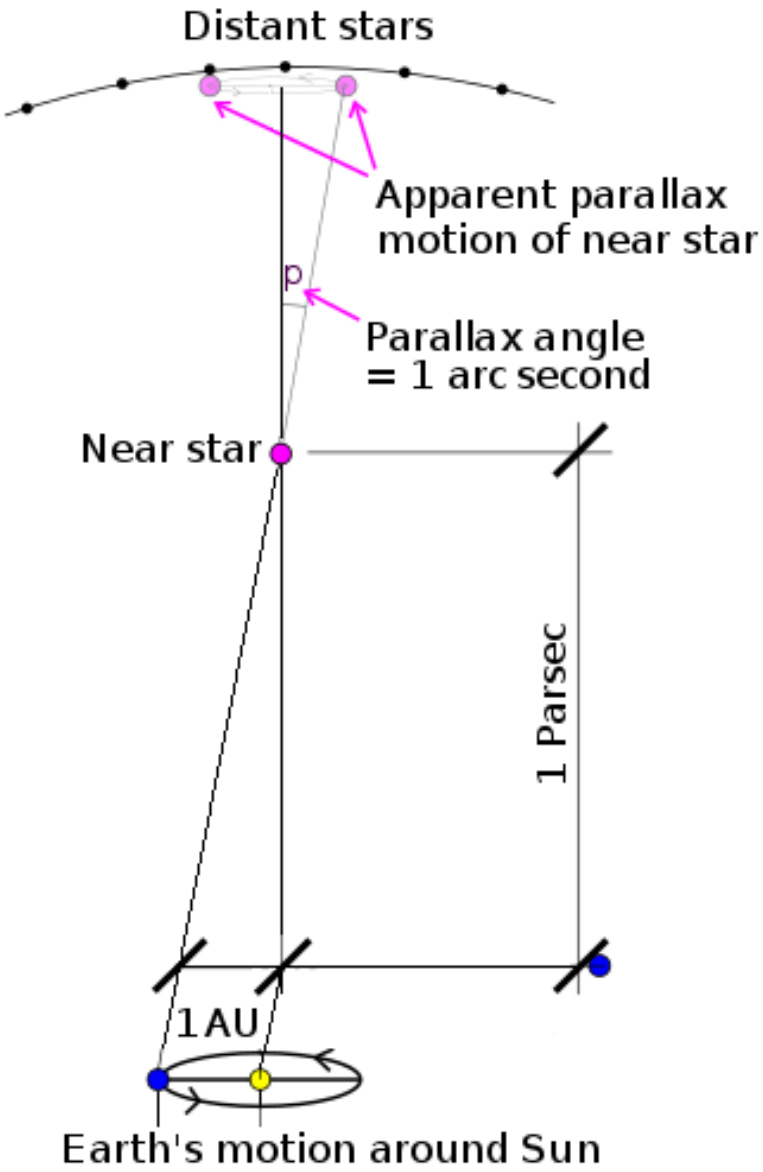
$$d[pc] = \frac{1}{p["]} \tag{1.2}$$

นั่นคือ ระยะทาง 1 pc[b] คือระยะที่ทำให้เกิดมุมพารัลแลกซ์ 1" เมื่อมองจากโลก นั่นเอง

---

[a] 1 Astronomical Unit (AU) = 1 หน่วยดาราศาสตร์ มีค่าเท่ากับระยะห่างโดยเฉลี่ยระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก = 1.496×10^{11} m

[b] 1 พาร์เสก (parsec, pc) = 206265 AU = 3.08×10^{16} m



รูปที่ 1.19: การประมาณระยะทางด้วยวิธีพารัลแลกซ์ โดยสำหรับดาวฤกษ์ที่อยู่ไกลกว่า 1,000 pc ซึ่งเป็นระยะทางที่มากเกินกว่าการใช้วิธีพารัลแลกซ์จะสามารถหาระยะห่างได้อย่างแม่นยำ จะใช้วิธีการหาระยะห่างจากการศึกษาสเปกตรัมของดาวจึงจะเหมาะสมกว่า

(ที่มา : Chris Martin - CC BY-SA 4.0)

1.2.2.3 กาลิเลโอ กาลิเลอิ

เราอาจกล่าวได้ว่านักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี กาลิเลโอ กาลิเลอิ (Galileo Galilei, ค.ศ. 1564 - 1642 คนแรกแถวล่างในรูปที่ 1.14) คนนี้เป็น "นักวิทยาศาสตร์สมัยใหม่" คนแรกก็ว่าได้ เนื่องจากเขาเชื่อว่ากุญแจที่จะไขความลับทางวิทยาศาสตร์คือคณิตศาสตร์ ไม่ใช่ความคิดเชิงนามธรรม เขาได้ทำการทดลองที่เป็นเรื่องปฏิวัติความเชื่อต่าง ๆ หลายเรื่อง โดยเฉพาะด้านกลศาสตร์ เช่น

- พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับกฎของความเฉื่อย ซึ่งต่อไปได้ถูกขัดเกลาโดยนิวตัน

- ทำการทดลองปล่อยวัตถุที่มีมวลต่างกันจากที่สูง และพบว่าวัตถุตกสู่พื้นพร้อมกัน นั่นหมายความว่า โลกมีแรงดึงดูดวัตถุด้วยความเร่งที่เท่ากัน ไม่ขึ้นกับมวล (ไม่มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่บ่งบอกว่าเขาทำการทดลองนี้ที่หอเอนเมืองปิซ่า)

- เป็นคนแรกที่พัฒนาทฤษฎีสัมพัทธภาพขึ้น (ซึ่งต่อมาจะถูกพัฒนาเป็นทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษที่โด่งดังโดยไอน์สไตน์) โดยกาลิเลโอพิจารณาเฉพาะวัตถุที่มีความเร็วน้อยกว่าแสงมาก ๆ

ในด้านดาราศาสตร์ กาลิเลโอได้พัฒนากล้องโทรทรรศน์ในแบบของเขาขึ้นมาและส่องดูวัตถุท้องฟ้าและค้นพบสิ่งต่าง ๆ มากมาย เช่น

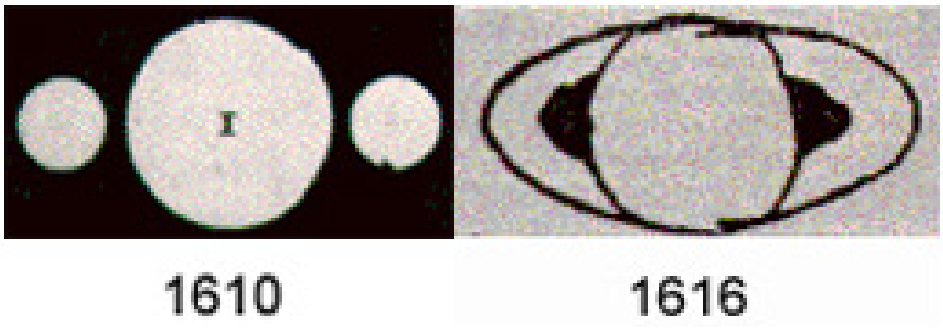
- พบจุดมืดบนดวงอาทิตย์ หลุมและภูเขาบนดวงจันทร์

- พบว่าดาวพฤหัสบดีมีบริวาร 4 ดวงที่เป็นของแข็งโคจรรอบ ได้แก่ ไอโอ ยูโรปา กานีมีด และคาลิสโต เราจึงเรียกบริวารดาวพฤหัสบดีเหล่านี้ว่า "ดวงจันทร์ของกาลิเลโอ (Galilean satellites) รายละเอียดกล่าวในหัวข้อ 3.2.2.5"

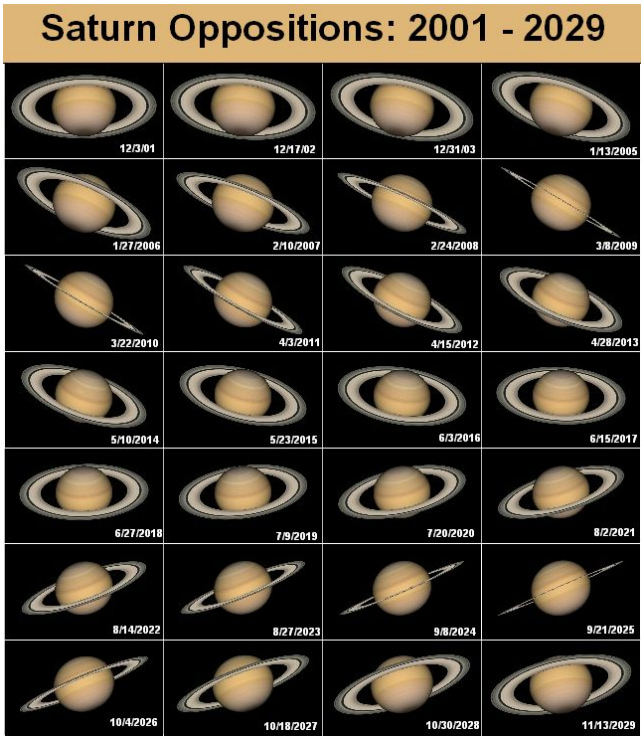
- พบวงแหวนดาวเสาร์ ดังรูปที่ 1.20 และ 1.21

- พบว่าดาวศุกร์สามารถมองเห็นเป็นเสี้ยวได้

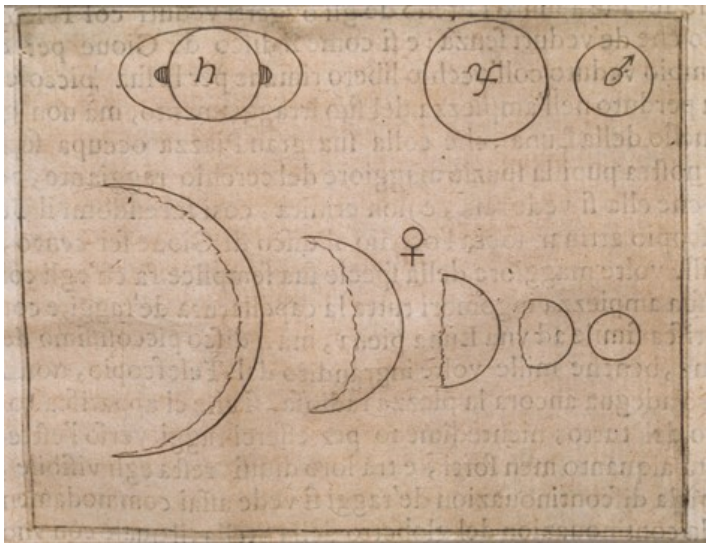
การค้นพบของกาลิเลโอสรุปได้ว่าสวรรค์นั้นไม่ได้สมบูรณ์แบบ สิ่งที่เรียกว่าสวรรค์นั้นไม่ต่างอะไรกับโลกของเราที่เป็นเพียงดาวเคราะห์ดวงหนึ่งที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ **จึงทำให้เขาสนับสนุนแนวคิดของโคเปอร์นิคัส** แทนที่จะเป็นแนวคิดกระแสหลักของโทเลมี กาลิเลโอตีพิมพ์การค้นพบของเขาในหนังสือ "Dialogues Concerning the Two Chief World Systems" ในปี ค.ศ. 1632 และเป็นเหตุให้เขาต้องถูกเข้ารับการไต่สวนจากศาสนจักรในปี ค.ศ. 1633 เนื่องจากผลงานเขาขัดกับแนวคิดของศาสนจักรที่เชื่อว่าโลกเป็นศูนย์กลางของสรรพสิ่งในขณะนั้น กาลิเลโอถูกบังคับให้เปลี่ยนคำแถลงการในงานเขา แต่เขาปฏิเสธที่จะทำตาม จึงถูกจองจำไปตลอดจนสิ้นชีวิตในปี ค.ศ. 1642



รูปที่ 1.20: ภาพจดบันทึกของกาลิเลโอที่พบวงแหวนดาวเสาร์
(ที่มา : Galileo Galilei - public domain)



รูปที่ 1.21: ลักษณะการส่ายของดาวเสาร์
(ที่มา : Meeus , 1988 - CC BY-SA 3.0)

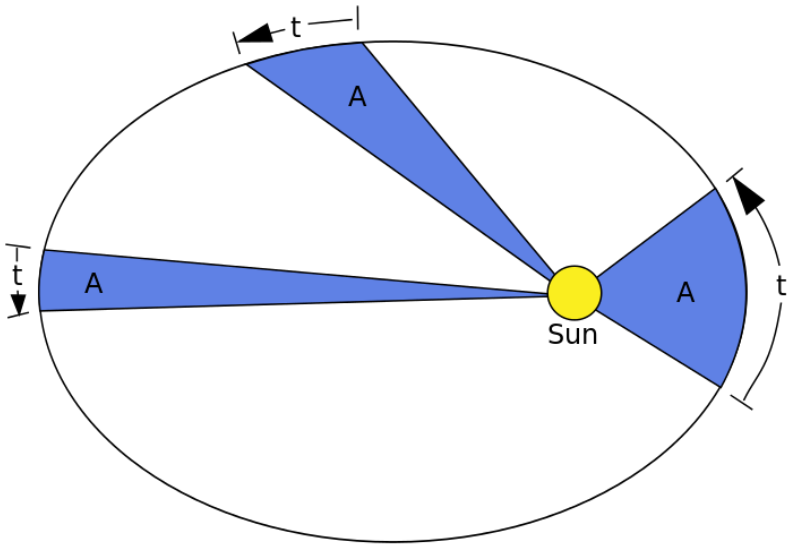


รูปที่ 1.22: ภาพจดบันทึกของกาลิเลโอที่พบการเกิดเสี้ยวของดาวศุกร์
(ที่มา : Galileo Galilei - public domain)

สหพันธ์ดาราศาสตร์สากล (International Astronomical Union, IAU) และองค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) ได้กำหนดให้ปี ค.ศ. 2009 เป็นปีดาราศาสตร์สากล เพื่อรำลึกถึงคุณูปการที่นักดาราศาสตร์ในยุค 400 ปีก่อนหน้านั้นได้ให้ไว้กับโลก โดยเฉพาะการค้นพบของกาลิเลโอ ที่ถือเป็นการปฏิวัติความเข้าใจในดาราศาสตร์ครั้งใหญ่ของมนุษยชาติ

1.2.2.4 โยฮันเนส เคปเลอร์

โยฮันเนส เคปเลอร์ (Johannes Kepler, ค.ศ. 1571 - 1630 คนที่สองแถวล่างในรูปที่ 1.14) เป็นนักคณิตศาสตร์ที่มีอุปนิสัยลึกลับ และมักหมกมุ่นกับการหาความสัมพันธ์เชิงตัวเลขของลักษณะการโคจรของดาวเคราะห์ เมื่อย้ายมายังกรุงปรากเพื่อที่จะทำงานกับทีโค บราห์ และรับข้อมูลการสังเกตการณ์ที่มีความละเอียดสูงของบราห์ทั้งหมดไปศึกษาต่อแล้ว ทำให้เขาสามารถคำนวณวงโคจรของดาวเคราะห์ต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ โดยเขาค้นพบว่า ในการที่จะคำนวณตำแหน่งดาวเคราะห์ได้อย่างถูกต้องกับค่าที่สังเกตการณ์แล้ว วงโคจรของดาวเคราะห์ต้องเป็น "วงรี" หาใช่วงกลมดังที่บราห์เข้าใจ (ดังรูปที่ 1.23) และพัฒนา**กฎของเคปเลอร์ (Kepler's law)** ทั้ง 3 ข้อไว้ดังนี้



รูปที่ 1.23: ภาพแสดงอธิบายกฎข้อที่ 1, 2 และ 3 ของเคปเลอร์
(ที่มา : H.J. Hall - CC BY-SA 2.0 Austria license)

กฎข้อที่ 1 กฎแห่งวงโคจร (Law of orbits) : ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่โฟกัสจุดหนึ่ง

กฎข้อที่ 2 กฎแห่งพื้นที่ (Law of areas) : เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์ จะกวาดพื้นที่เท่ากัน ในเวลาที่เท่ากัน

กฎข้อที่ 3: กฎแห่งคาบ (Law of periods) : กำลังสองของคาบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ (P, หน่วย : ปี) แปรผันตามกำลังสามของระยะห่างจากดวงอาทิตย์ (a, หน่วย : AU)

$$P^2 \propto a^3$$

$$P^2 = ka^3 \tag{1.3}$$

เมื่อ k เป็นค่าคงที่

เราจะเห็นได้ชัดเลยว่า กฎของเคปเลอร์ระบุให้ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ ซึ่งขัดกับแนวคิดของอาริสโตเติลอย่างเด็ดขาด โดยกฎข้อที่ 1 ได้ล้มล้างแนวคิดเรื่องวงโคจรเป็นวงกลมที่เชื่อกันมากว่า 2 พันปี กฎข้อที่ 2 ได้ล้มล้างแนวคิดของความสมบูรณ์แบบอีกประการว่าดาวเคราะห์หาใช่โคจรด้วยอัตราเร็วคงที่ หากแต่เคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อมันโคจรใกล้ดวงอาทิตย์ และเคลื่อนที่ช้าลงเมื่อโคจรออกห่างจากดวงอาทิตย์ และกฎข้อที่ 3 ก็เป็นเสมือนผู้เบิกทางให้แก่กฎของแรงโน้มถ่วงที่ไอแซ็ก นิวตัน จะพัฒนาขึ้นนี้ศตวรรษที่ 17 ต่อไป

1.2.2.5 ไอแซ็ก นิวตัน

ไอแซ็ก นิวตัน (Isaac Newton, ค.ศ. 1642-1727 คนที่สามแถวล่างในรูปที่ 1.14) ถือเป็นนักฟิสิกส์ยุคคลาสสิกที่ยิ่งใหญ่ที่สุด **ผลงานโดดเด่นของนิวตันคือการอธิบายสรรพสิ่งด้วยหลักกลศาสตร์ โดยเริ่มจากการสร้างกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Laws of Motion) ต่อด้วยการให้กลศาสตร์อธิบายแรงโน้มถ่วง** เขาเป็นผู้สร้างเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ปัจจุบันเราเรียกว่าแคลคูลัส ในปี ค.ศ. 1687 เขาได้ตีพิมพ์กฎการเคลื่อนที่และทฤษฎีแรงโน้มถ่วงของเขาเป็นหนังสือชื่อ "The Principia Mathematica" ซึ่งถือเป็นหนังสือฟิสิกส์ที่ดีที่สุดเท่าที่เคยมีมาในขณะนั้น โดยนำเสนอแนวคิดภายใต้ **กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's law of motion)** 3 ข้อ ดังนี้

1. วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์
2. วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่แปรผันตรงกับแรงลัพธ์ ที่กระทำต่อวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ
3. ทุกแรงกิริยาที่กระทำต่อวัตถุ จะมีแรงปฏิกิริยาโต้กลับที่มีขนาดเท่ากันกระทำในทิศทางตรงกันข้าม

หลักการทั้งสามนำเสนอแนวคิดว่า วัตถุจะเคลื่อนที่ได้เมื่อมีแรงกระทำ โดยแรงนั้นคือแรงโน้มถ่วง หรือแรงดึงดูดระหว่างมวล เราสามารถสรุปความเชื่อมโยงระหว่างกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล (Newton's law of gravitation) ไว้ดังนี้[4]

(ก.) จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ที่ว่าแรงกระทำแปรผันตรงตามมวลของวัตถุ ถ้าวัตถุตกลงมาโดยมีความเร่งเท่ากัน (ซึ่งประเด็นนี้เป็นสิ่งที่กาลิเลโอค้นพบ ว่าวัตถุมวลต่างกันจะตกสู่พื้นพร้อมกัน) แสดงว่า **แรงนั้นแปรผันตรงตามมวลของวัตถุ** และจากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3 ที่ว่าแรงกิริยาต้องเท่ากับแรงปฏิกิริยา แสดงว่าแรงที่วัตถุ ก. ดึงดูดวัตถุ ข. ย่อมมีค่าเท่ากับแรงที่วัตถุ ข. ดึงดูดวัตถุ ก. เราจึงสามารถสรุปได้ว่า **แรงดึงดูดต้องแปรผันตามผลคูณของมวลของวัตถุทั้งสองเช่นกัน**

(ข.) นิวตัน (และนักวิทยาศาสตร์ร่วมสมัยหลายคน) ได้เสนอเนวคิดว่าแรงดึงดูดระหว่างมวลนั้นแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างศูนย์กลางมวลยกกำลังสอง และด้วยแรงที่มีลักษณะเช่นนี้เท่านั้นที่จะสนับสนุนกฎของเคปเลอร์ข้อที่ 3

จากสองประเด็นดังกล่าว นิวตันจึงเสนอกฎแรงดึงดูดสากล (Law of universal gravitation) โดยมีใจความว่า **"อนุภาคทั้งหลายในเอกภพดึงดูดอนุภาคอื่น ด้วยแรงที่แปรผันตรงกับผลคูณของมวลของอนุภาคทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างของอนุภาคทั้งสอง และแรงนี้อยู่ในแนวเส้นตรงเชื่อมอนุภาคทั้งสอง"** และเราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F \propto \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

[4]อ้างอิงจาก สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ (2559)

$$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2} \tag{1.4}$$

เมื่อ M_1 และ M_1 คือ มวลของอนุภาคที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

r คือ ระยะห่างระหว่างมวลทั้งสอง

G คือ ค่าคงที่แรงโน้มถ่วงสากล (Universal gravitaional constant) มีค่าเท่ากับ 6.67 $\times$ 10^{-11} m^3 $km^{-1}s^{-2}$ ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จากการทดลองเป็นครั้งแรกโดยเฮนรี่ คาร์เวนดิช (Henry Cavendish) ใน ค.ศ. 1798

1.2.3 การค้นพบยุคใหม่

เราสามารถได้สรุปการค้นพบทางดาราศาสตร์ยุคใหม่ก่อนถึงปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 2022) ไว้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

- ศตวรรษที่ 18 เฮอร์เชล (William Herschel) ค้นพบดาวยูเรนัสผ่านกล้องโทรทรรศน์ ถือเป็นดาวเคราะห์ดวงใหม่ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

- ช่วงต้นศตวรรษที่ 19 นักดาราศาสตร์ข้ามชาติ อดัมและเลอเวอริเออร์ (Adams (อังกฤษ) & Le Verrier (ฝรั่งเศษ)) คำนวณพบว่าควรจะต้องมีดาวเคราะห์อีกดวงถัดออกไปจากยูเรนัส มิเช่นนั้นวงโคจรของยูเรนัสจะไม่เป็นดังที่สังเกตเห็น ต่อมาดาวเคราะห์เนปจูนก็ได้ถูกค้นพบผ่านกล้องโทรทรรศน์โดยโฮฮัน เกลล์ (Hohan Galle) ในปี ค.ศ. 1846

- ค.ศ. 1910 แชปเลย์ (Harlow Shapley) ประมาณขนาดของดาราจักรทางช้างเผือก

- ค.ศ. 1930 ทอมบอห์ (Clyde Tombaugh) ค้นพบพลูโต

- $\lesssim$ ค.ศ. 1938 พิคเคอริงและแคนนอน (W. H. Pickering & Annie J. Cannon) คำนวณหาอุณหภูมิพื้นผิวดาวฤกษ์ได้สำเร็จ

- ค.ศ. 1905 ไอน์ไตน์ (Einstein) สร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ และพัฒนาทฤษฎีแรงโน้มถ่วงของนิวตันสู่การสร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปในปี ค.ศ. 1916

- $\lesssim$ ค.ศ. 1977 เพน์-กาโปชคิน และรัสเซลล์ (Cecilia Payne-Gaposchkin & Henry Norris Russell) สามารถหาองค์ประกอบของดาวฤกษ์ได้

- ค.ศ. 1929 ฮับเบิลและฮูเมสัน (Edwin Hubble & Milton Humason) ค้นพบว่าเอกภพกำลังขยายตัว

- ค.ศ. 1938 บีธ (Hans Bethe) พบว่าพลังงานของดวงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน

- ค.ศ. 1940s แจงสกี้ (Karl Jansky) พบว่าใจกลางดาราจักรทางช้างเผือกเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุมหาศาลในค.ศ. 1931 และสืบเนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเรดาร์ในสงครามโลกครั้งที่สอง ทำให้ดาราศาสตร์วิทยุถูกพัฒนาขึ้นอย่างก้าวกระโดดในช่วงปี ค.ศ. 1940s.

- ค.ศ. 1948 กามอฟ (George Gamov) สร้างทฤษฎีกำเนิดเอกภพว่าเกิดจากบิ๊กแบงค์

- ค.ศ. 1950s เบอร์บิดจ์ เบอร์บิดจ์ ฟาวเลอร์และฮอยล์ (Burbidge, Burbidge, Fowler & Hoyle) สร้างแผนที่ท้องฟ้าแสดงดาวฤกษ์และองค์ประกอบทางเคมีของดาวฤกษ์

- ค.ศ. 1960-63 ค้นพบควอซาร์ (quasars)

- ค.ศ. 1960s ดาราศาสตร์ในช่วงคลื่นรังสีเอ็กซ์และอินฟราเรด

- ค.ศ. 1965 เพนเซียสและวิลสัน (Arno Penzias and Robert Wilson) ค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลังของเอกภพ ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากบิ๊กแบงค์ $\sim$ 400,000 ปี

- ค.ศ. 1968 เบลล์และฮิววิช (Jocelyn Bell Burnell & Anthony Hewish) ค้นพบพัลซาร์ (pulsars)

- ค.ศ. ค.ศ. 2009 มนุษยชาติถ่ายภาพหลุมดำได้เป็นครั้งแรก

- ค.ศ. 2015/2016 LIGO[5] พบคลื่นโน้มถ่วง (graviational wave) เป็นครั้งแรก

1.3 สรุป

บทนี้เป็นการตอบคำถาม "ดาราศาสตร์คืออะไร?" โดยบอกนิยามอย่างกว้าง ๆ ของคำว่า "ดาราศาสตร์" ว่าคือการศึกษาทุกอย่างที่นอกเหนือชั้นบรรยากาศโลกออกไป และเล่าภูมิหลังการค้นพบดาราศาสตร์พอสังเขปตั้งแต่ยุคโบราณจนถึงยุกใหม่ โดยแบ่งเป็น 5 ช่วงหลัก ๆ ได้แก่ การค้นพบในยุคโบราณ (กล่าวถึงหลักแนวคิดในการสร้างสโตนเฮนจ์เพื่อสังเกตตำแหน่งการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปี ซึ่งจะสามารถใช้เป็นปฏิทินบอกฤดูกาลได้ว่าช่วงใดควรปลูกพืชหรือช่วงใดควรเก็บเกี่ยว) การค้นพบในยุคจีนโบราณ (กล่าวถึงการบันทึกของชาวจีนโบราณที่สังเกตเห็นการระเบิดของซุปเปอร์โนวา ณ ใจกลางกลุ่มดาวปู) การค้นพบในยุคกรีกโบราณ (กล่าวถึงการค้นพบทางดาราศาสตร์โดยสังเขปของ 10 นักปราชญ์ชาวกรีก ได้แก่ เทลิส ปิทากอรัส อาแนกซากอรัส ดีโมคริตัส ฟิโลลาอัส อาริสโตเติล อาริสตาร์คัส ฮิปปาร์คัส อีราโตสธีนีส และโทเลมี โดยเน้นที่วิวัฒนาการของแนวคิดจากโลกเป็นศูนย์กลาง จนได้มาซึ่งแนวคิดดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ) การค้นพบในยุคปฏิวัติดาราศาสตร์ (กล่าวถึงการปฏิวัติแนวคิดกระแสหลักของโทเลมีที่ว่าโลกเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ เป็นดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางโดยโคเปอร์นิคัส การสังเกตการณ์ท้องฟ้าอย่างเป็นระบบของบราห์ การตอกย้ำสนับสนุนแนวคิดของโคเปอร์นิคัสจากการสังเกตการณ์ผ่านกล้องโทรทรรศน์ของกาลิเลโอ ตามด้วยกฎการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ของเคปเลอร์ และเชื่อมโยงสู่เรื่องแรงโน้มถ่วงในกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันในที่สุด) และสุดท้ายการค้นพบยุคใหม่ที่นพบหลังปี ค.ศ. 2000 ที่สำคัญ จะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 4

[5]Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory

1.4 แบบฝึกหัด

1. จงบอกว่าบุคคลาต่อไปนี้ ใครมีความเชื่อว่าโลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพ และใครมีความเชื่อว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์-กลางของเอกภพ

   (a) อาริสโตเติล

   (b) อารัสตาคัส

   (c) โทเลมี

   (d) โคเปอร์นิคัส

   (e) เคปเลอร์

2. กฎข้อที่ 1 2 และ 3 ของเคปเลอร์ กล่าวว่าอย่างไร

3. จงทำการทดลองโดยใช้หลักการของอีราโตสธีนีสเพื่อคำนวณหาค่าความยาวเส้นรอบวงของโลก พร้อมหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (กำหนดให้เส้นรอบวงของโลกปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 40,075 km)

4. ดาวหัวใจสิงห์ (Regulus) ในกลุ่มดาวสิงโตมีมุมพารัลแลกซ์ 0.04 ฟิลิปดา ดาวนี้มีระยะทางห่างจากโลกเท่าไร (ตอบ 25 pc หรือ 81.5 ปีแสง)

5. หากคาบการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของดาวพุธและดาวพลูโต มีค่าเท่ากับ 0.24 ปี และ 248 ปีตามลำดับ จงหาว่าระยะทางเฉลี่ยจากดาวพลูโตถึงดวงอาทิตย์เป็นกี่เท่าของดาวพุธถึงดวงอาทิตย์ (ตอบ 102.25 เท่า)

6. ถ้าวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เป็นวงกลมและรัศมีของวงโคจรเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากเดิม คาบของการโคจรจะเพิ่มเป็นกี่เท่าจากเดิม (ตอบ $2\sqrt{2}$)

1.5 เอกสารอ้างอิง

1. Flammarion, N. C. (1888) *L'atmosphre: mtorologie populaire*. Paris : Hachette, p. 163

2. Gillet et al. (1882) *Astronomy for the use of schools and academies*, New York, Potter, Ainsworth & Co., p.62

3. Grant, E. (1987) *Celestial Orbs in the Latin Middle Ages* Isis, Vol. 78, No. 2., p. 152-173.

4. Meeus, J. (1988). *Astronomical Formulae for Calculators* 4th ed., Willmann-Bell Inc.

5. Ruggles et al. (2009). *Stonehenge and Ancient Astronomy*. ออนไลน์ http://www.stonehengeandaveburywhs.org/assets/Stonehenge.LowRes.pdf สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2559

6. Schneider, C.J.M. (1761). *Diogenes Laertius : Les vies des plus illustres philosophes de l'antiquit*, Volume 1 ออนไลน์ https://books.google.co.th/books?id=Oq89AAAAcAAJ&dq=dioge&redir_esc=y

7. Smith, H.E. (1999) *A Brief History of Astronomy*. ออนไลน์ http://casswww.ucsd.edu/archive/public/tutorial/History.html สืบค้นเมื่อ 11 ตุลาคม 2559

8. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565) *ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (Introduction to Astrophysics of Nova Eruption)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.

9. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565ข) *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์*. กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.

10. มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.) ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2546) *ดาราศาสตร์โอลิมปิกระดับมัธยมตอนปลาย*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

11. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (สดร.) (2552) *เอกสารอบรมครูสาระดาราศาสตร์และอบรมหลักสูตรพื้นฐาน พ.ศ. 2546*. โครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ

12. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2552) *เอกสารอบรมครูสาระดาราศาสตร์และอบรมหลักสูตรพื้นฐาน พ.ศ. 2546*. โครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิทยาศาสตร์สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ

13. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ (2559) *ดาราศาสตร์และดาราศาสตร์ฟิสิกส์เบื้องต้น (Introduction to Astronomy and Astrophysics)*. เอกสารประกอบการบรรยายเนื้อหา โลก ดาราศาสตร์และอวกาศในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอบรมดาราศาสตร์โอลิมปิกศูนย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

เนื้อหาประจำบทที่ 2 เราดูดาวอย่างไร

1. ทรงกลมท้องฟ้า
2. การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปี
3. ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า
4. ระบบเส้นศูนย์สูตร
5. การใช้แผนที่ดาว
6. หลักการกำหนดความสว่างของดาว
7. กำลังส่องสว่าง
8. ความสว่างหรือฟลักซ์
9. โชติมาตร
10. กล้องโทรทรรศน์ประเภทต่าง ๆ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. วาดทรงกลมท้องฟ้าของผู้สังเกตที่อยู่ ณ ตำแหน่งละติจูดต่าง ๆ กันได้
2. อธิบายลักษณะการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปีได้
3. อธิบายหลักการของระบบพิกัดเส้นขอบฟ้าและระบบเส้นศูนย์สูตรได้
4. คำนวณหาค่ากำลังส่องสว่าง ความสว่าง โชติมาตร ของดาวได้
5. อธิบายหลักการทำงาน จุดเด่นและจุดด้อยของกล้องโทรทรรศน์ประเภทต่าง ๆ ได่

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ตั้งคำถามกระตุ้นความคิด ว่านักศึกษาคิดว่า เราดูดาวอย่างไร มีวิธีการ หรือเครื่องมืออะไรบ้างที่ต้องใช้ในการดูดาว

3. ใช้ชุดภาพประกอบพาวเวอร์พ้อยท์และวีดีโอจากยูทูป ในการอธิบายความหมาย และที่มาที่ไปของหัวข้อต่าง ๆ

4. ใช้เครื่องฉายแผ่นทึบแสดงการคำนวณตัวอย่างแบบฝึกหัด ที่แทรกอยู่ในบทเรียน พร้อม ๆ กันทั้งชั้นเรียน และแบ่งกลุ่มนักศึกษาให้ลองทำแบบฝึกหัดท้ายบทบางข้อให้ช่วยกันคิดในกลุ่ม และส่งตัวแทนแสดงวิธีทำหน้าชั้นเรียน

5. เมื่อสอนจบบทจะสั่งการบ้านในแบบฝึกหัดท้ายบท กำหนดส่งในสัปดาห์ถัดไป

6. ประเมินผลการเรียนรู้จากแบบฝึกหัดท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์พาวเวอร์พ้อยท์
3. วีดีโอในเรื่องที่เกี่ยวข้องจากยูทูป

การวัดผลและการประเมินผล

1. คะแนนสอบกลางภาค
2. คะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบท
3. การเข้าชั้นเรียน

บทที่ 2

เราดูดาวอย่างไร?

เรียบเรียงโดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ
จากเนื้อหาในหนังสือดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน (ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ, 2565ข)



รูปที่ 2.1: ดาราจักรที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหากท้องฟ้ามืดพอ ได้แก่ ใจกลางของดาราจักรทางช้างเผือกของเราที่สามารถมองเห็นได้จากทุกมุมโลก (ซ้าย : ภาพทางช้างเผือกเมื่อมองจากไร่ชาฉุยฟง จ.เชียงราย) และหมู่เมฆแมกเจลแลนใหญ่และเมฆแมกเจลแลนเล็กที่สามารถมองเห็นได้ที่ซีกโลกใต้เท่านั้น (ขวา : หมู่เมฆแมกเจลแลนเมื่อมองจากภูเขาอราไพล์สประเทศออสเตรเลีย) ฯลฯ จะเห็นได้ว่าแสงไฟจากอาคารบ้านเรือนหรือถนนสามารถทำให้ท้องฟ้ามีความสว่างมากขึ้น และจะทำให้เรามองเห็นดาวได้จำนวนน้อยลง เนื่องจากดาวที่มีความสว่างเท่ากับท้องฟ้าจะไม่สามารถปรากฏให้เห็นได้ ดังนั้นแสงไฟจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของท้องฟ้าแย่ลง
(ที่มา : ชัยสิทธิ์ อภิชาติพรสกุล, Ed Dunens - CC BY 2.0)

2.1 บทนำ

จากตอนต้นของหัวข้อ 1.2 ทำให้เราพอจะทราบแล้วว่ามนุษย์โบราณดูดาวก็เพื่อต้องการทำความเข้าใจกับสรรพสิ่งบนท้องฟ้าว่ามันคืออะไร ยกตัวอย่าง สิ่งที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเมื่อท้องฟ้ามืดพอ เช่น ทางช้างเผือกที่ปรากฏเป็นทางสีขาวฝ้า ๆ พาดผ่านท้องฟ้า ทำให้คนไทยโบราณจินตนาการไปว่าเป็นทางที่เหล่าช้างเผือกเดินตามกันขึ้นสวรรค์ไป หรือชาวกรีกโบราณจินตนาการว่าเป็นทางน้ำนมของภรรยามหาเทพ (ดังแสดงรูปที่ 2.1) อาจกล่าวได้ว่าสวรรค์นั้นปรากฏต่อตาของมนุษย์ได้ชัดกว่าที่เห็นอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากท้องฟ้าในปัจจุบันมีความสว่างมากขึ้นเนื่องจากความเจริญของเมืองที่ขยายตัวออกทั่วโลก

สมัยโบราณมนุษย์จึงยกย่องบูชาวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ที่เห็นบนท้องฟ้าทุกค่ำคืนเป็นเทพเจ้าผู้ทรงฤทธิ์ คนไทยโบราณจึงเรียกดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ และบริเวณต่าง ๆ ด้วยสรรพนามว่า "พระ" เช่น พระอาทิตย์ พระจันทร์

เหตุใดดวงดาวจึงเป็นที่เคารพบูชา เหตุที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะจากการสังเกตท้องฟ้าเป็นเวลาหลายชั่วอายุคน ทำให้มนุษย์ในสมัยโบราณทราบแล้วว่าตำแหน่งของดวงดาวก็สามารถ**บอกทิศได้** (ทำให้ไม่หลงทางเวลาเดินทาง) และ**บอกฤดูกาลได้** (ทำให้ทราบว่าเมื่อใดจึงควรปลูกพืชและเมื่อใดควรเก็บเกี่ยวในรอบปี ขณะนั้นไม่มีปฏิทินหรือนาฬิกาให้ดูอย่างแน่นอน มีเพียงท้องฟ้าและกลุ่มดาวรูปร่างต่าง ๆ ที่คอยผลัดเปลี่ยนเวียนขึ้นมาปรากฏบนท้องฟ้าให้เราเห็นในรอบปี เช่น เราจะเห็น กลุ่มดาวนายพราน ในฤดูเก็บเกี่ยวและเตรียมเข้าสู่หน้าหนาว และเห็นกลุ่มดาวหญิงสาวเมื่อดินเริ่มพร้อมที่จะเพาะปลูกและต้องระวังเรื่องน้ำหลาก)

ดังนั้น ในบทนี้เราจะกล่าวถึงวิธีการดูดาวด้วยตาเปล่าเพื่อให้ทราบทิศและฤดูกาล ผู้อ่านจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะการขึ้นการตกของดาว โดยต้องมีความรู้พื้นฐานในหัวข้อต่อไปนี้

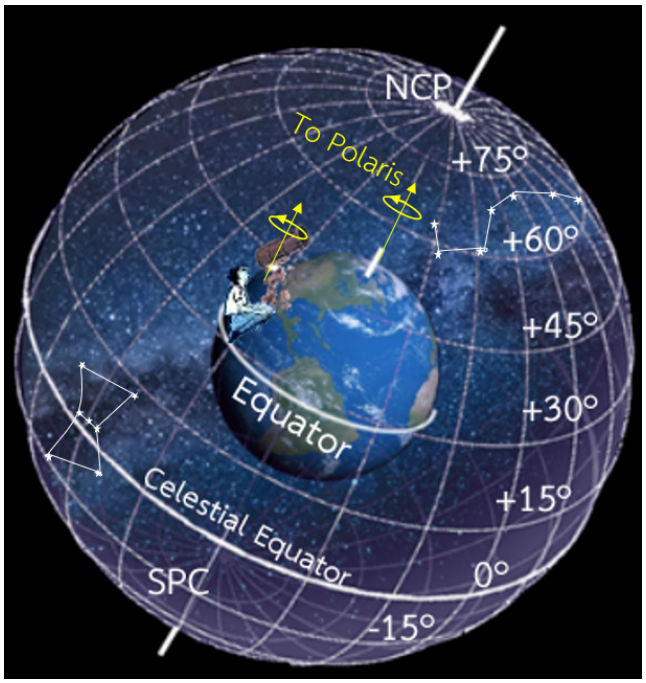
- ทรงกลมท้องฟ้า (เพื่อที่จะเข้าใจลักษณะการขึ้นและตกของดาวในรอบวัน)
- การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปี (เพื่อจะบอกฤดูกาลได้)
- ระบบพิกัดท้องฟ้า (เพื่อจะสามารถบอกตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ได้)
- การใช้แผนที่ดาว
- ค่าโชติมาตรของดาว
- กล้องโทรทรรศน์

โดยที่เนื้อหาในสามหัวข้อแรกอาจกล่าวได้ว่าเป็นความรู้พื้นฐานสำหรับประชาชนทั่วไป ขณะที่อีกสามหัวข้อตอนท้ายจะเป็นความรู้เพิ่มเติมสำหรับนักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจเรื่องการดูดาวที่ต้องการความลึกซึ้งมากขึ้น

2.2 ทรงกลมท้องฟ้า

จะดูดาวเป็นต้องรู้จักทรงกลมท้องฟ้าก่อน รูปที่ 2.2 แสดงทรงกลมท้องฟ้า (celestial sphere) ซึ่งหมายถึง ทรงกลมสมมติขนาดใหญ่มีรัศมีอนันต์ที่ครอบโลกเราอยู่ มีลักษณะดังนี้

- มีเส้นละติจูดและลองจิจูดเหมือนกับของโลก โดยขยายเส้นละติจูดและลองจิจูดของโลกออกไปติดผนังทรงกลมท้องฟ้า ดังนั้นเส้นละติจูดที่ 0 องศา (เส้นศูนย์สูตรโลก) จึงถูกจำลองเป็น **เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (celestial equator)**



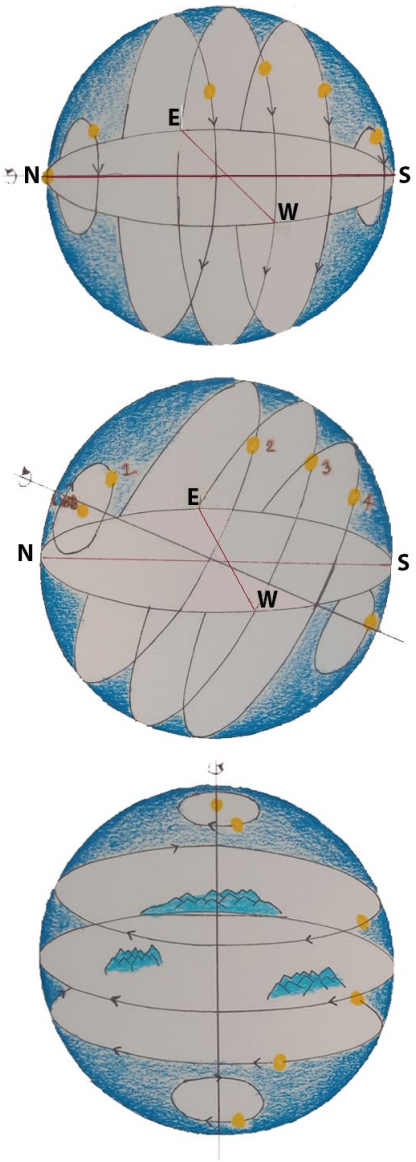
รูปที่ 2.2: ทรงกลมท้องฟ้าซึ่งประกอบด้วยเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ขั้วฟ้า และดาวฤกษ์ที่เป็นฉากหลัง
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ดัดแปลงจาก Aeree & Ben's Astronomy Lab Web Pages of Columbia University และ Pablo Carlos Budassi - CC BY-SA 4.0)

- มีดาวฤกษ์บนท้องฟ้าทุกดวงเป็นเสมือนวอลเปเปอร์แปะอยู่ภายในทรงกลม

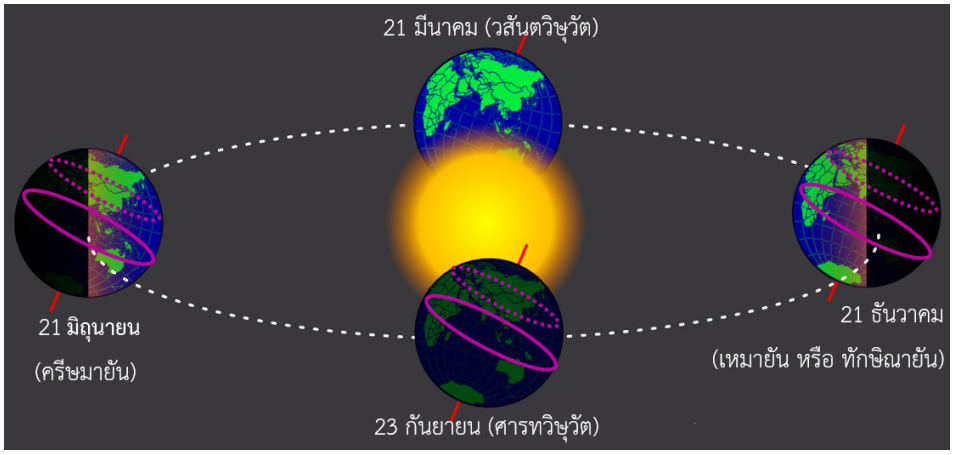
- แกนของทรงกลมท้องฟ้า คือแกนเดียวกันกับแกนหมุนของโลก ซึ่งชี้ไปที่ดาวดวงหนึ่ง เมื่อโลกหมุนจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก (เพราะเราเห็นดาวผุดขึ้นเรื่อย ๆ จากทางทิศตะวันออก พาดผ่านท้องฟ้า และตกลงที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันตก แต่แท้จริงแล้วดาวไม่ได้ขึ้นหรือตก หากแต่เป็นวอลเปเปอร์อยู่กับที่ แต่สิ่งที่หมุนไปคือโลกของเรานั่นเอง) ดาวดวงนั้นจึงไม่มีการขึ้นหรือตก แต่จะค้างฟ้าอยู่ตรงนั้นทางทิศเหนือ จึงเรียกว่า **ดาวเหนือ (Polaris)** นั่นเอง

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นชายใส่เสื้อสีขาวนั่งมองดาวเหนืออยู่ หากเราย้ายตัวเขาไปที่ขั้วโลกเหนือ (ซึ่งมีตำแหน่งละติจูดที่ +90 องศาเหนือ) และให้มองดาวเหนือเขาจะต้องเงยหน้าดูตรงกลางศีรษะ (เงยหน้า 90 องศา) แต่หากเราย้ายตัวเขาไปที่ขั้วโลกใต้ (ซึ่งมีตำแหน่งละติจูดที่ -90 องศาใต้) และให้มองดาวเหนือเขาจะต้องก้มหน้าดูที่พื้น (เงยหน้า -90 องศา) ในทางเดียวกันหากเราย้ายเขาไปอยู่ที่เส้นศูนย์สูตร (ซึ่งมีตำแหน่งละติจูดที่ 0 องศา) เขาจะเห็นดาวเหนือโดยที่ไม่ต้องเงยหน้าหรือก้มหน้า นั่นคือดาวเหนืออยู่ที่ขอบฟ้า ที่มุมเงย 0 องศาพอดี จากข้อสังเกตนี้ทำให้ทราบว่า **ตำแหน่งของดาวเหนือจะอยู่สูงจากขอบฟ้าเท่ากับตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต** เช่น หากผู้สังเกตอยู่ที่จังหวัดเชียงรายซึ่งมีละติจูดคือ $\sim$ 20 องศาเหนือ ดาวเหนือจะอยู่ทางทิศเหนือโดยอยู่สูงจากขอบฟ้า $\sim$ 20 องศา หากผู้สังเกตอยู่ที่กรุงเทพฯ ซึ่งมีละติจูดที่ 15 องศาเหนือ ดาวเหนือจะอยู่ทางทิศเหนือโดยอยู่สูงจากขอบฟ้า 15 องศา นั่นเอง

รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งของผู้สังเกตที่อยู่ ณ ละติจูดที่ต่างกันบนโลก ทำให้แกนของทรงกลมท้องฟ้าเงยขึ้นตามมุม



รูปที่ 2.3: ความสัมพันธ์ของตำแหน่งละติจูดผู้สังเกตกับตำแหน่งของดาวเหนือ โดยผู้สังเกตอยู่ที่เส้นศูนย์สูตร (บน) ที่ ∼ 15 องศาเหนือ (กลาง) และ ที่ขั้วโลกเหนือ (ล่าง) จะเห็นดาวเหนืออยู่ที่ขอบฟ้า และที่มุมเงย 15 องศา และ 90 องศา ตามลำดับ (ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) วาดโดย กฤษณา คำกลิ่น)



รูปที่ 2.4: การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ใน 1 ปี ประกอบกับการที่แกนโลกเอียง ทำให้เกิดฤดูกาล
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ดัดแปลงจาก Meniou - CC BY-SA 3.0)

นั้น ๆ โดยสังเกตจากตำแหน่งดาวเหนือที่อยู่สูงจากขอบฟ้าด้วยมุมเงยที่เท่ากับละติจูดของผู้สังเกต ภาพนี้ทำให้เราทราบว่า**การขึ้นและตกของดวงดาวในแต่ละวันจะเป็นไปตามระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้า ซึ่งก็คือระนาบการหมุนรอบตัวเองของโลกนั่นเอง**

2.3 การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปี

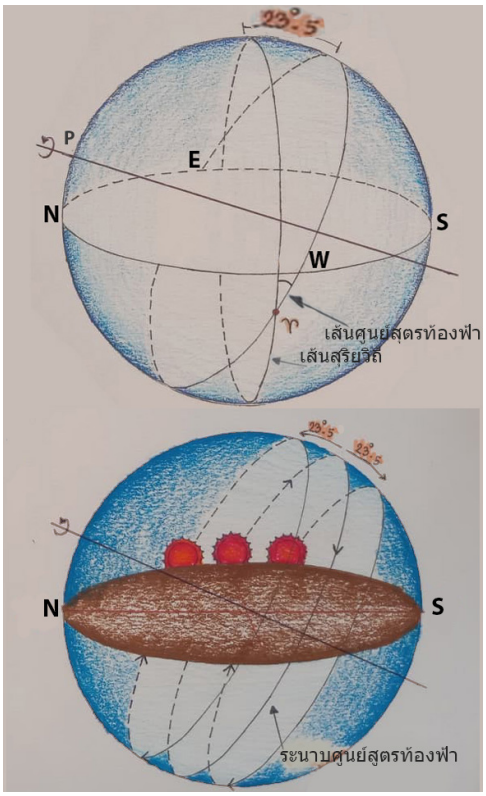
จากหัวข้อ 2.2 เราทราบแล้วว่า **การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันจะเป็นไปตามระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้าเช่นเดียวกันกับการขึ้นและตกของดวงดาวต่าง ๆ ในแต่ละวัน** แต่ในหัวข้อนี้เราจะพบว่า **ดวงอาทิตย์จะมีการเลื่อนระนาบการขึ้นและตกในแต่ละวันออกไป ทำให้ดวงอาทิตย์ไม่ได้ขึ้น ณ จุด ๆ เดิมทุกวัน ในรอบปี เนื่องจากแกนโลกเอียงทำมุม 23°.5 กับเส้นที่ตั้งฉากกับระนาบการโคจรของโลกรอบด้วยอาทิตย์**

รูปที่ 2.4 แสดงระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบใช้เวลาโดยเฉลี่ย 365.25 วัน เรียกว่า **เส้นสุริยวิถี** (แสดงด้วยเส้นสีเหลือง) และระนาบ**เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า** (แสดงด้วยเส้นสีชมพูในภาพเล็ก) จะเห็นว่าระนาบทั้งสองย่อมทำมุมกัน 23°.5 เช่นกัน

ภาพซ้ายมือในรูปที่ 2.4 แสดงโลก ณ ตำแหน่งที่หันขั้วโลกเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้ซีกโลกเหนือเป็นฤดูร้อน ภาพขยายนี้จะเห็นว่าเมื่อให้ผู้ชายเสื้อสีแดงเดินรอบโลก 1 รอบตามเส้นละติจูดที่เขาอยู่ เขาจะพบส่วนที่มีแสงสว่างมากกว่าส่วนที่มืด นั่นคือ ในฤดูร้อน กลางวันจะยาวนานกว่ากลางคืน **วันที่กลางวันยาวนานที่สุดของปีคือประมาณวันที่ 21 มิถุนายน เรียกว่าวัน ครีษมายัน (Summer Solstice)**[1]

ภาพขวามือในรูปที่ 2.4 แสดงโลก ณ ตำแหน่งที่หันขั้วโลกเหนือออกจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้ซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาว ภาพขยายนี้จะเห็นว่าเมื่อให้ผู้ชายเสื้อสีแดงเดินรอบโลก 1 รอบตามเส้นละติจูดที่เขาอยู่ เขาจะพบส่วนที่มีแสงสว่าง

[1]ครีษมายัน ในเอกสารฉบับเรียกอีกชื่อคือ อุตรายัน (summer solstice)



รูปที่ 2.5: เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าและเส้นสุริยวิถีที่ทำมุมกัน 23°.5 (บน) ส่งผลให้การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันเป็นไปตามระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า แต่ตำแหน่งที่ขึ้นและตกจะต่างกันไปในแต่ละวันของปี (ล่าง) โดยสามารถขึ้นเฉียงเหนือได้มากสุด 23°.5 ณ วันครีษมายัน (เส้นซ้ายสุดในภาพล่าง) สามารถขึ้นเฉียงใต้ได้มากสุด 23°.5 ณ วันเหมายัน (เส้นขวาสุดในภาพล่าง) และสามารถขึ้นตรงทิศตะวันออกพอดี ณ วันวสันตวิษุวัตและวันศารทวิษุวัตวิษุวัต (เส้นกลางในภาพล่าง)
(ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) วาดโดย กฤษณา คำกลิ่น)

น้อยกว่าส่วนที่มืด นั่นคือ ในฤดูหนาวกลางคืนจะยาวนานกว่ากลางวัน **วันที่กลางคืนยาวนานที่สุดของปีคือประมาณวันที่ 21 ธันวาคม เรียกว่าวัน เหมายัน**[2] **(Winter solstice)**

ขณะที่ ณ ซีกโลกเหนือเป็นฤดูร้อน (ตำแหน่งซ้ายสุดของรูปที่ 2.4) จะเลื่อนตำแหน่งไปเพื่อเข้าสู่ฤดูหนาว (ตำแหน่งขวาสุดของรูปที่ 2.4) ระหว่างนั้นต้นไม้จะต้องมีการร่วงใบเพื่อลดการคายน้ำลง ทำให้ **ตำแหน่งตรงกลางระหว่างฤดูร้อนไปฤดูหนาว มีกลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากัน เรียกว่าวัน ศารทวิษุวัต (Autumnal equinox) ตรงกับประมาณวันที่ 23 กันยายน** และจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน ต้นไม้ย่อมผลิใบ **ตำแหน่งตรงกลางระหว่างฤดูหนาวไปฤดูร้อนที่ ทำให้กลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากันอีกครั้ง เรียกว่าวัน วสันตวิษุวัต (Vernal equinox) ตรงกับประมาณวันที่ 21 มีนาคม** ของทุกปี

ภาพบนของรูปที่ 2.5 ทำให้เราเห็นแล้วว่าดวงอาทิตย์ในแต่ละวันจะขึ้นและตกตามระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้า โดยในวันถัดมาจะมีการค่อย ๆ เลื่อนระนาบทั้งระนาบไปจรดระนาบเส้นสุริยะวิถี จนสามารถขึ้นและตกเฉียงเหนือสุดได้ถึง 23°.5

[2]เหมายัน ในเอกสารบางฉบับเรียกอีกชื่อว่า ทักษิณายัน

และเฉียงใต้สุดได้ถึง 23°.5 เช่นกัน

ภาพกลางด้านล่างของรูปที่ 2.5 แสดงเส้นการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ใน**วันครีษมายัน วันที่มีกลางวันยาวนานที่สุด ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกเฉียงเหนือสุด 23°.5** (ดวงอาทิตย์เส้นซ้ายมือสุด) หลังจากนั้นดวงอาทิตย์จะขึ้นและตกเฉียงเหนือลดลงมาเรื่อย ๆ จน**วันศารทวิษุวัต วันที่กลางวันยาวนานเท่ากับกลางคืน ดวงอาทิตย์ขึ้นตรงทิศตะวันออกและตกตรงทิศตะวันตก** (ดวงอาทิตย์เส้นกลาง) จากนั้นดวงอาทิตย์จะเริ่มขึ้นและตกเฉียงไปทางใต้ จนกระทั่ง **วันเหมายัน วันที่มีกลางวันยาวนานที่สุด ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกเฉียงใต้สุด 23°.5** (เส้นขวามือสุด) **และกลับไปขึ้นตรงทิศตะวันออกและตกตรงทิศตะวันตกอีกครั้ง (ดวงอาทิตย์เส้นกลาง) ในวันวสันตวิษุวัต** ซึ่งก็จะครบหนึ่งปีพอดี (สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ, 2559)

2.4 ระบบพิกัดท้องฟ้า

ระบบพิกัดขอบฟ้า คือ ระบบที่สามารถบอกตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า และระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร โดยศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์ LESA (2548) ได้สรุปสาระสำคัญไว้ดังนี้

2.4.1 ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า

ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า (Horizontal coordinates) เป็นระบบพิกัดซึ่งใช้ในการวัดตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า โดยถือเอาตัวของผู้สังเกตเป็นศูนย์กลางของทรงกลมฟ้า โดยมีจุดและเส้นสมมติบนทรงกกลมฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ทิศทั้งสี่ประกอบด้วย ทิศเหนือ (North) ทิศตะวันออก (East) ทิศใต้ (South) ทิศตะวันตก (West) เมื่อหันหน้าเข้าหาทิศเหนือ ด้านหลังเป็นทิศใต้ ซ้ายมือเป็นทิศตะวันตก ขวามือเป็นทิศตะวันออก ดังรูปที่ 2.6

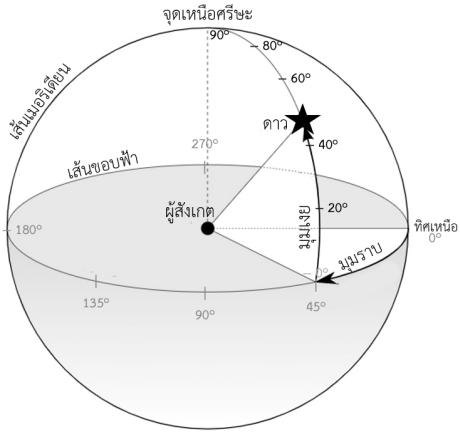
- จุดเหนือศีรษะ (Zenith) หมายถึง ตำแหน่งที่สูงสุดบนทรงกลมฟ้า ซึ่งเป็นจุดที่ผู้สังเกตต้องเงยหน้าด้วยมุมเงย 90 องศา

- จุดใต้เท้า (Nadir) หมายถึง ตำแหน่งต่ำที่สุดของทรงกลมฟ้า ซึ่งเป็นจุดที่ผู้สังเกตต้องก้มหน้าหรือด้วยมุมเงย -90 องศา จึงจะมีตำแหน่งอยู่ใต้เท้าของผู้สังเกต

- เส้นขอบฟ้า (Horizon) หมายถึง แนวเส้นที่ท้องฟ้าจรดพื้นดิน หรืออีกนัยหนึ่งคือ เส้นวงกลมใหญ่บนทรงกลมฟ้าที่อยู่ห่างจากจุดเหนือศีรษะ ทำมุม 90° กับแกนหลักของระบบขอบฟ้า

- เส้นเมอริเดียน (Meridian) หมายถึง เส้นสมมติบนทรงกลมฟ้าในแนวเหนือใต้ ซึ่งลากผ่านจุดเหนือศีรษะ

- การวัดมุมในระบบพิกัดขอบฟ้าประกอบด้วย มุมทิศ และ มุมเงย (ใช้เส้นขอบฟ้าเป็นระนาบอ้างอิง)



รูปที่ 2.6: ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ดัดแปลงจาก T. W. Carlson - CC BY-SA 3.0)

มุมราบ หรือมุมทิศ (Azimuth, Az) หมายถึง มุมในแนวราบ ซึ่งวัดจากทิศเหนือ (0°) ไปตามเส้นขอบฟ้าในทิศตามเข็มนาฬิกา ไปยังทิศตะวันออก (90°) ทิศใต้ (180°) ทิศตะวันตก (270°) และกลับมาที่ทิศเหนือ (360°) อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้น มุมทิศจึงมีค่าระหว่าง (0° - 360°)

มุมเงย (Altitude, Al) หมายถึง มุมในแนวดิ่ง ซึ่งนับจากเส้นขอบฟ้า (0°) สูงขึ้นไปจนถึงจุดเหนือศีรษะ (90°) ดังนั้นมุมทิศจึงมีค่าระหว่าง (0° - 360°) ดังนั้นมุมเงยจึงมีค่าระหว่าง (0° - 90°)

เมื่อมองดูตำแหน่งดาว ในรูปที่ 2.6 จะเห็นว่า ดาวมีพิกัดขอบฟ้า มุมราบ 45° มุมเงย 45° ทั้งนี้ในการวัดระยะห่างของดาวบนท้องฟ้าจะเป็นระยะเชิงมุม

2.4.2 ระบบเส้นศูนย์สูตร

ระบบเส้นศูนย์สูตร (Equatorial coordinates) เป็นระบบพิกัดซึ่งใช้ในการวัดตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า โดยถือเอาการเคลื่อนที่ของทรงกลมฟ้าเป็นสิ่งอ้างอิง โดยกำหนดจุดและเส้นสมมติในระบบพิกัดดังรูปที่ 2.7 ดังนี้

- จุดขั้วฟ้าเหนือ (North Celestial Pole, NCP) หมายถึง จุดศูนย์กลางการหมุนของทรงกลมฟ้าทางด้านทิศเหนือ (ซึ่งเกิดจากการต่อแกนหมุนของโลกออกไปถึงทรงกลมท้องฟ้า)

- จุดขั้วฟ้าใต้ (South Celestial Pole, SCP) หมายถึง จุดศูนย์กลางการหมุนของทรงกลมฟ้าทางด้านทิศเหนือ (เกิดจากการต่อแกนหมุนของโลกขึ้นไปบนท้องฟ้า)

- เส้นศูนย์สูตรฟ้า (celestial equatorial) หมายถึง เส้นวงกลมใหญ่บนทรงกลมฟ้า ซึ่งเกิดจากการต่อขยายเส้นศูนย์สูตรโลกขึ้นไปบนฟ้า ดังนั้น ระนาบศูนย์สูตรฟ้าจึงตั้งฉากกับแกนหมุนของโลก

- เส้นสุริยวิถี (ecliptic) หมายถึง เส้นวงกลมใหญ่บนทรงกลมฟ้า ซึ่งเป็นระนาบวงโคจรของโลกรอบดวง

อาทิตย์ ทั้งนี้ระนาบสุริยวิถีจะเอียงทำมุม 23°.5 กับระนาบศูนย์สูตร เนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียง 23°.5 ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์

- วสันตวิษุวัต หมายถึง จุดตัดที่ 1 ของเส้นศูนย์สูตรฟ้ากับเส้นสุริยวิถี

- ศารทวิษุวัต หมายถึง จุดตัดที่ 2 ของเส้นศูนย์สูตรฟ้ากับเส้นสุริยวิถี

- การวัดมุมในระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรประกอบด้วย ค่าไรต์แอสเซนชัน และค่าเดคคลิเนชัน (ใช้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเป็นระนาบอ้างอิง)

ระบบพิกัดท้องฟ้า แบบเส้นศูนย์สูตร มีตัวบอกพิกัดวัตถุท้องฟ้า 2 ค่า ได้แก่ ค่าไรต์แอสเซนชัน และค่าเดคคลิเนชัน ซึ่งมีความหมายดังต่อไปนี้

ไรต์แอสเซนชัน (Right Ascension, RA) หมายถึง เส้นวงกลมใหญ่บนทรงกลมฟ้า ซึ่งเป็นระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ทั้งนี้ระนาบสุริยวิถีจะเอียงทำมุม 23°.5 กับระนาบศูนย์สูตร เนื่องจากเป็นเส้นสมมติตามแนวเหนือใต้บนทรงกลมฟ้า เปรียบเทียบคล้ายกับ เส้นแวง (Longitude) บนทรงกลมโลก ค่าไรต์แอสเซนชันมีค่าระหว่าง 0 - 24 ชั่วโมง แต่ละชั่วโมง (Hour) มี 60 นาที (Minute) แต่ละนาทีมี 60 วินาที (Second) ค่าไรต์แอสเซนชันแบ่งโดยใช้อัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก 1 รอบ จึงมีหน่วยเป็นชั่วโมง โดยมีเส้นชั่วโมง 24 เส้น แต่ละเส้นห่างกันเป็นมุม 15° (24 x 15° = 360°) โดยเส้นแรกเริ่มต้นที่จุดวสันตวิษุวัตในกลุ่มดาวปลา เส้นชั่วโมงถัดไปอยู่ห่างไปทางทิศตะวันออก 15°

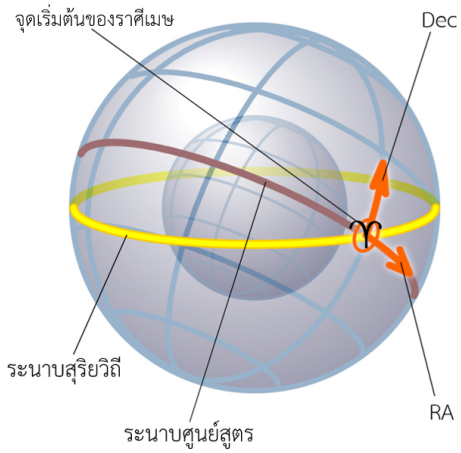
เดคคลิเนชัน (Declination, Dec) หมายถึง เส้นวงกลมใหญ่บนทรงกลมฟ้า ซึ่งเป็นระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ทั้งนี้ระนาบสุริยวิถีจะเอียงทำมุม 23°.5 กับระนาบศูนย์สูตร เนื่องจากเป็นเส้นสมมติตามแนวขนานกับเส้นศูนย์สูตรฟ้า คล้ายกับเส้นรุ้ง (latitude) บนทรงกลมโลก ดังนั้น เดคลิเนชันเป็นการวัดระยะห่างเชิงมุมจากระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าและเงยหน้าขึ้นไปยังจุดขั้วฟ้าเหนือ มีค่า 0° จนถึง +90° หรือก้มหน้าลงจากระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าไปยังจุดขั้วฟ้าใต้มีค่า 0° จนถึง -90° แต่ละองศา (degree) มี 60 อาร์กนาที (arcminute)[3] แต่ละอาร์กวินาทีมี 60 อาร์กวินาที (arcsecond)[4]

ดังนั้น เมื่อพิจารณารูปที่ 2.7 แสดงจะเห็นว่าวันวสันตวิษุวัต (vernal equinox) จะมีค่าพิกัด RA 0 ชั่วโมง และ Dec 0°

ข้อดีของระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร คือ เมื่อเวลาผ่านไปหรือเมื่อโลกหมุนรอบตัวเองค่า RA และ Dec ของวัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลง เพราะจุดวสันตวิษุวัต (vernal equinox) ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงก็หมุนไปด้วย ซึ่งต่างกับระบบพิกัดเส้นขอบฟ้าที่ค่ามุมรอบและมุมเงยจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเวลาผ่านไป ทำให้ระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าสามารถใช้ตามดาวได้ จึงนิยมใช้ในการควบคุมฐานตั้งกล้องโทรทรรศน์ที่ต้องการถ่ายภาพดาว

อาจกล่าวง่าย ๆ ว่าระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรมีหลักการวัดมุมแบบเดียวกับระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า ต่างกันเพียงระบบ

[3]ในทางภูมิศาสตร์ใช้คำว่าลิปดา โดยใช้สัญลักษณ์ (') เหมือนกัน
[4]ในทางภูมิศาสตร์ใช้คำว่าฟิลิปดา โดยใช้สัญลักษณ์ (") เหมือนกัน



รูปที่ 2.7: ระบบพิกัดศูนย์สูตร
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ดัดแปลงจาก Cmglee - CC BY-SA 4.0)

ขอบฟ้าใช้ระนาบเส้นขอบฟ้าเป็นระนาบอ้างอิง ขณะที่ระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรใช้ระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเป็นระนาบอ้างอิง

2.5 การใช้แผนที่ดาว

แผนที่ดาวแบบหมุน เปรียบเสมือนการนำเอาภาพวอลเปเปอร์ภายในของทรงกลมท้องฟ้า (ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2) ที่แสดง ตำแหน่งดาวฤกษ์ในดาราจักรทางช้างเผือกที่มองเห็นบนท้องฟ้าเกือบทั้งทรงกลมของซีกโลกนั้น ๆ มาพิมพ์ลงบนกระดาษเป็นแผ่น ดังนั้นตำแหน่งและมุมต่าง ๆ จะแสดงแบบสองมิติ มีไว้บอกตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าในระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า (มุมราบและมุมเงย) เมื่อทราบวัน เวลา และตำแหน่งของผู้สังเกต

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างแผนที่ดาวแบบหมุนโดยทั่วไป ที่มักประกอบด้วยกระดาษสองแผ่นซ้อนกัน ได้แก่

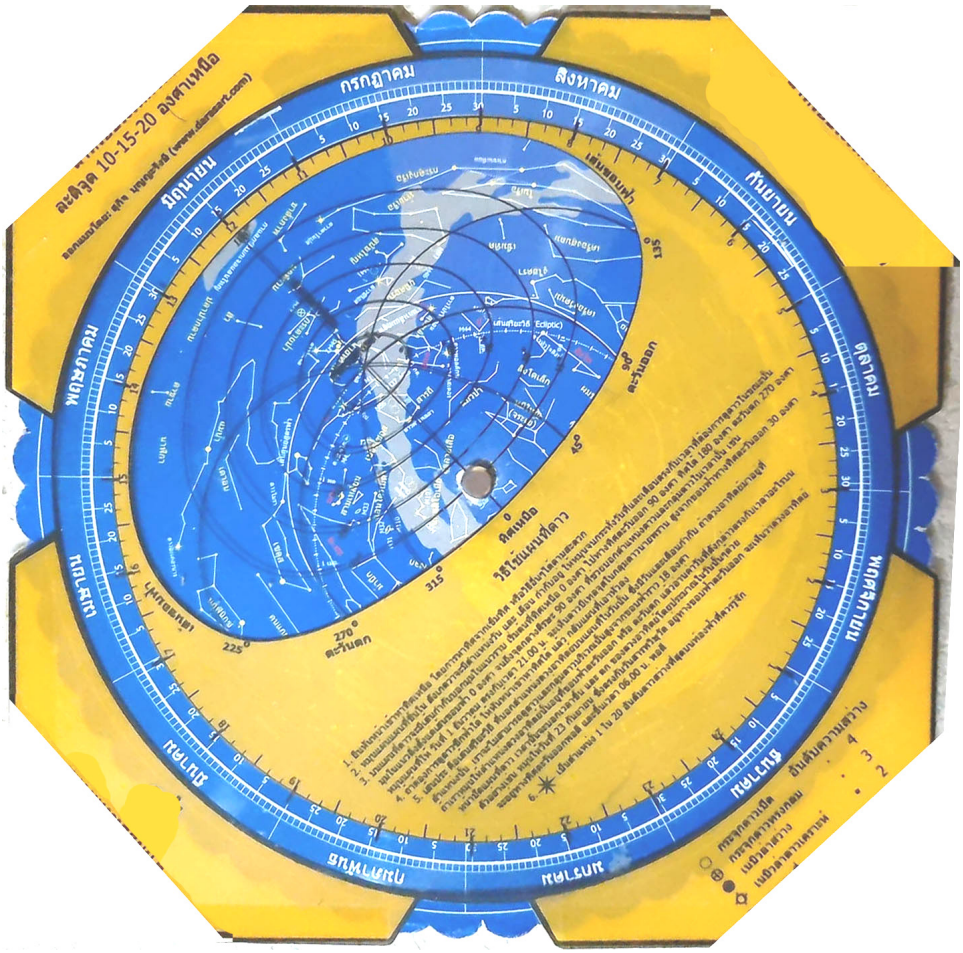
1. แผ่นล่างที่แทนท้องฟ้า (แผ่นสีน้ำเงิน) มักมีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมที่สามารถหมุนได้ ขอบของวงกลมจะระบุ **วันที่และเดือนทั้ง 12 เดือน** ที่ต้องการสังเกตการณ์

    - ดาวฤกษ์ต่าง ๆ แสดงด้วยจุดสีขาว โดยขนาดของจุดบ่งบอกถึงความสว่างของดาว ยิ่งจุดใหญ่หมายถึงดาวยิ่งสว่าง ดาวเด่นในแต่ละกลุ่มดาวจะมีชื่อกำกับ

    - ชื่อกลุ่มดาว มักระบุด้วยอักษรคนละสีกับชื่อดาว โดยในแต่ละกลุ่มดาวจะมีเส้นลากเชื่อมดาวเพื่อช่วยให้สังเกตง่ายขึ้น

    - **ดาวเหนือ** แสดงด้วยจุดศูนย์กลางของแผ่นวงกลมท้องฟ้า ซึ่งมักถูกหมุดปักทับอยู่ แสดงถึงการเป็นจุดหมุนของแผ่นวงกลม หรือเป็นดาวที่แกนหมุนของโลกชี้ไปนั่นเอง

    - วัตถุท้องฟ้าที่สำคัญอื่น ๆ เช่น ดาราจักร และกระจุกดาว ที่สำคัญและอาจเห็นได้ด้วยตาเปล่า



รูปที่ 2.8: แผนที่ดาวแบบหมุน
(ที่มา : ถ่ายจากแผนที่ดาวที่ใช้สอนที่หอดูดาวมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผลิตโดย SCITRADER)

- **ทางช้างเผือก** แสดงด้วยแถบฝ้าขาวสีขาวที่พาดผ่านท้องฟ้าจากทิศหนึ่งไปอีกทิศหนึ่ง

- **เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า** เส้นวงกลมที่มีดาวเหนือเป็นจุดศูนย์กลาง

- **เส้นสุริยวิถี** เส้นวงกลมที่วาดเหลื่อมกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเล็กน้อย โดยบนเส้นสุริยะวิถีจะระบุเดือนทั้ง 12 เดือน หรืออีกนัยคือเส้นนี้จะวาดทับบนกลุ่มดาวทั้งหมด 12 กลุ่ม นั่นคือ **กลุ่มดาวจักร-ราศี** ที่ซึ่งดวงอาทิตย์จะสถิตราศีใดในเดือนนั้น เดือนนั้นจึงมีชื่อตามชื่อกลุ่มดาวที่เป็นพื้นหลังของดวงอาทิตย์นั่นเอง

2. แผ่นบนที่แทนพื้นดิน (แผ่นสีเหลือง)

- มักถูกเจาะหรือทำให้โปร่งใสจนสามารถเห็นท้องฟ้าแผ่นล่างได้ วงกลมที่ซ้อนกับวงกลมแผ่นสีฟ้าจะมีขอบในระบุ **เวลา** ที่ต้องการสังเกตการณ์

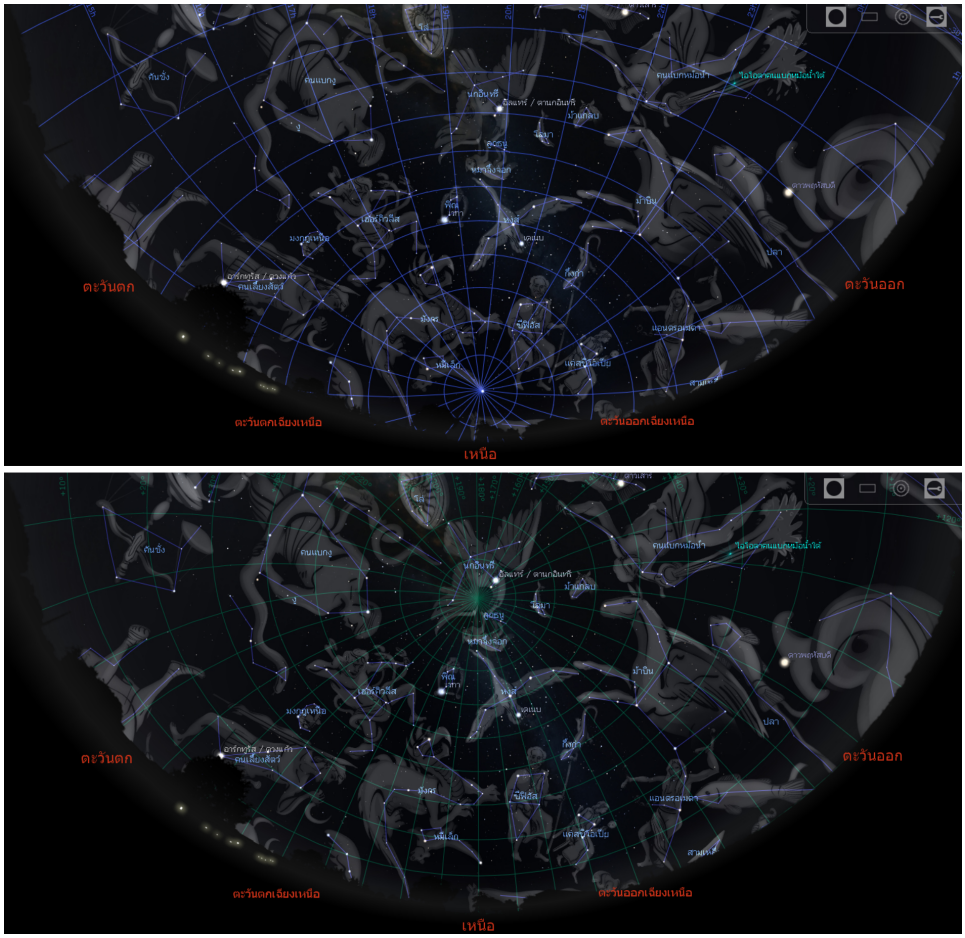
- **เส้นขอบฟ้า** หรือที่ ๆ ท้องฟ้า (แผ่นสีน้ำเงิน) พบกับพื้นดี (แผ่นสีเหลือง) คือขอบของแผ่นพื้นดินที่ถูกเจาะออกไป โดยที่เส้นขอบฟ้าจะระบุค่า**มุมราบ** จาก 0° (ที่ทิศเหนือ), 90° (ที่ทิศตะวันออก), 180° (ที่ทิศใต้), 270° (ที่ทิศตะวันตก), และ 360° (หรือ 0° ที่ทิศเหนืออีกครั้ง)

- **ท้องฟ้าที่จะสังเกตเห็น ณ ขณะนั้น** แสดงผ่านช่องที่ถูกเจาะออกไปหรือบริเวณที่ถูกทำให้โปร่งใสจนเห็นแผ่นท้องฟ้า บนช่องนี้จะมีเส้น**มุมเงย** ทั้งแต่มุมเงยที่ 0° (หรือไม่มีการเงย นั่นก็คือที่วงเส้นขอบฟ้า), 10° (เส้นวงที่เหนือขึ้นไปมีขนาดเล็กลงมา), 20° (เส้นวงที่เหนือขึ้นไปมีขนาดเล็กลงมา), ..., 80° (เส้นวงที่มีขนาดเล็กลงที่สุด), และสุดท้ายมุมเงยที่ 90° (ไม่มีเส้นวง แต่เป็นจุดเรียกว่า **จุดกลางศีรษะ (Zenith)**)

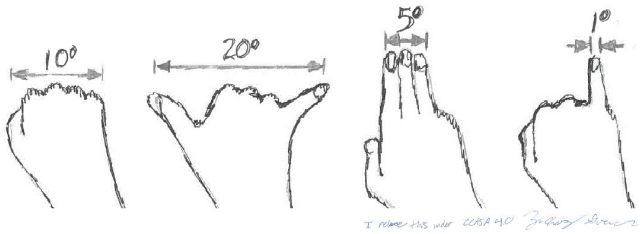
วิธีการใช้แผนที่ดาวนั้นง่ายมาก เพียงเราหมุน "วันที่และเดือน" ที่เราจะดูดาวให้ตรงกับ "เวลา" ที่เราจะดูดาว ท้องฟ้าที่จะสังเกตเห็น ณ ขณะนั้นก็จะแสดงในช่อง โดยมีวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ สามารถหาตำแหน่งได้ตามค่ามุมราบและมุมเงยที่แสดงในแผนที่ดาว เมื่อเวลาในค่ำคืนนั้นค่อย ๆ ผ่านไป เราจะหมุนช่องของวันที่นั้น เลื่อนให้ตรงกับเวลาที่ดึกขึ้น ๆ เราจะเห็นว่าจะมีกลุ่มดาวใหม่ ๆ ผุดขึ้นจากขอบฟ้าทางด้านทิศตะวันออกเรื่อย ๆ

นอกจากแผนที่ดาวแบบหมุน (ดังแสดงในรูปที่ 2.8) แล้ว ยังมีโปรแกรมช่วยดูดาวอีกมากมาย เช่น โปรแกรมสเตลลาเรียม (Stellarium[5]) ที่เป็นที่นิยมใช้กันเนื่องจากมีเวอร์ชันภาษาไทย (ดังแสดงในรูปที่ 2.9)

[5]ดาวน์โหลดฟรีสำหรับพีซีคอมพิวเตอร์ ได้จาก https://stellarium.org/



รูปที่ 2.9: แผนที่ดาวจากโปรแกรมสเตลลาเรียม (Stellarium) แสดงท้องฟ้าเหนือจังหวัดเชียงราย ณ วันที่ 17 กันยายน เวลา 20:00 น. ในระบบพิกัดระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า (บน) และระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร (ล่าง)
(ที่มา : ผู้เขียน)



รูปที่ 2.10: การวัดขนาดเชิงมุมด้วยมือ
(ที่มา : Guy vandegrift - CC BY-SA 4.0)

มุมคนชอบดราม่า ตอน "นิ้วก้อยของเราสามารถบังดวงอาทิตย์ได้ถึง 2 ดวง!!"

ในการดูดาว การวัดมุมบนท้องฟ้าไม่ว่าจะเป็นมุมราบหรือมุมเงย หากไร้ซึ่งอุปกรณ์แล้ว เราสามารถใช้มือของเราในรูปลักษณะต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ช่วยในการประมาณค่ามุมคร่าว ๆ ได้ โดยต้องยืดแขนให้สุดขณะวัด เช่น ขนาดเชิงมุมของนิ้วก้อยของคนที่เหยียดแขนตึงนั้น 1° โดยค่าประมาณ

ดังนั้น ด้วยความจริงที่ว่าดวงอาทิตย์และดวงจันทร์นั้นมีขนาดเชิงมุมเท่ากัน (หากไม่เท่ากัน ดวงจันทร์จะไม่สามารถบังดวงอาทิตย์จนเกิดเป็นสุริยุปราคาเต็มดวงได้) เท่ากับ 0°.5 นั่นแสดงว่าเราสามารถใช้นิ้วก้อยของเราบังดวงอาทิตย์ (หรือดวงจันทร์) ได้มิดทั้งดวง

2.6 หลักการกำหนดความสว่างของดาว

เราอาจสรุปย่อถึงหลักการกำหนดความสว่างของดาวด้วย 3 ค่า ได้แก่ กำลังส่องสว่าง ความสว่างหรือฟลักซ์ และโชติมาตร ดังต่อไปนี้[6]

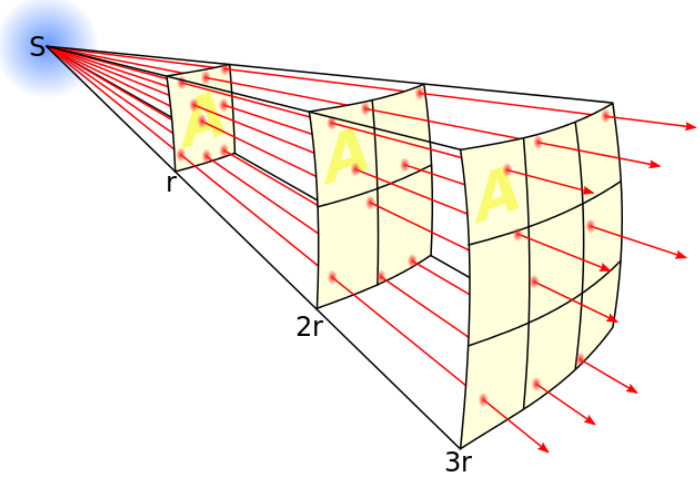
2.6.1 กำลังส่องสว่าง

กำลังส่องสว่าง (Luminosity, L_υ) คือ ปริมาณพลังงานที่แผ่ออกมาทุกทิศทางต่อ 1 หน่วยเวลา (หน่วย วัตต์) ในรูปที่ 2.11 เมื่ออินทิเกรดรวมพลังงานทุกทิศทางรอบแหล่งกำเนิด (S) กำลังส่องสว่างอาจเรียกว่าเป็น total flux หรือ energy flux ได้ และถือเป็นค่าที่จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะห่างของผู้สังเกตเปลี่ยนไป

2.6.2 ความสว่างหรือฟลักซ์

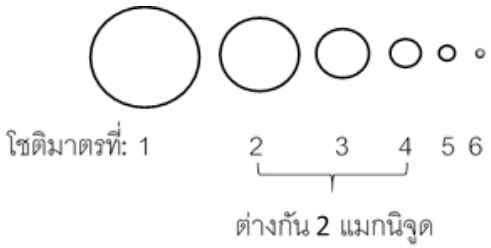
ความสว่าง (brightness, B) หรือฟลักซ์ (flux หรือ flux density, F_υ) มักมีรูปแบบที่ใช้กัน 2 ลักษณะได้แก่ ความสว่างปรากฏ และความสว่างสัมบูรณ์

[6]อ้างอิงใน Carroll & Ostlie (2007)



รูปที่ 2.11: การแผ่พลังงานตามกฎกำลังสองผกผัน ที่พื้นที่ ๆ รองรับมีขนาดเปลี่ยนจาก A เป็น $4A$ เมื่อระยะทางถูกเปลี่ยนจาก r เป็น r^2

(ที่มา : Borb - CC BY-SA 3.0)



รูปที่ 2.12: โชติมาตรปรากฏที่เปรียบเทียบได้ด้วยตาถูกบันทึกเป็นครั้งแรกโดยฮิปปาร์คัส

(ที่มา : วาดขึ้นใหม่โดยผู้เขียน)

2.6.3 โชติมาตร

โชติมาตรหรือลำดับความสว่าง (magnitude) เช่นเดียวกัน มักมีรูปแบบที่ใช้กัน 2 ลักษณะได้แก่ โชติมาตรปรากฏ และโชติมาตรสัมบูรณ์

- **โชติมาตรปรากฏ (apparent magnitude, m)** คือ ความสว่างปรากฏที่สังเกตเห็นด้วยตา ในรูปของการเปรียบเทียบกับที่สังเกตเห็นจากชุดของดาวที่เลือกเป็นมาตรฐาน ดังในรูปที่ 2.12 ที่ลำดับความสว่างหรือโชติมาตรปรากฏที่เปรียบเทียบได้ด้วยตา ที่ถูกบันทึกเป็นครั้งแรกโดยฮิปปาร์คัส จะเห็นว่าดาวทั้ง 6 ดวง มีโชติมาตรต่างกัน 5 ขั้น ซึ่งคิดเป็นความสว่างต่างกัน 100 เท่า นั่นคือ แต่ละขั้นมีความสว่างต่างกันคิดเป็น $\sqrt[5]{100}$ เท่า ดังนี้

$$\frac{F_m}{F_{m+1}} = \sqrt[5]{100} = 10^{\frac{2}{5}((m+1)-(m))}$$

ถ้าให้ m = 1;

$$log\frac{F_1}{F_2} = \frac{2}{5}(m_2 - m_1)$$

$$m_2 - m_1 = 2.5log\frac{F_1}{F_2} \qquad (2.1)$$

- **โชติมาตรสัมบูรณ์ (absolute magnitude, M)** คือ โชติมาตรปรากฏ ณ ระยะมาตรฐานจากผู้สังเกต[7]

ตารางที่ 2.1: โชติมาตรของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ

วัตถุท้องฟ้า	โชติมาตร
ดวงอาทิตย์	-26.73
ดวงจันทร์เต็มดวง	-12.6
ดาวศุกร์เต็มดวง	-4.7
ดาวอังคาร	-2.9
ดาวพฤหัสบดี	-2.8
ดาวซิริอุส (Sirius A)	-1.5
ดาวเวกา (Vega)	0
ดาวเสาร์	0.7
ดาวยูเรนัส	5.5
อันดับความสว่างที่หรี่ที่สุดที่มนุษย์มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า	6
ดาวเนปจูน	7.7
อันดับความสว่างสูงสุดของควอซาร์	12.6
วัตถุที่หรี่ที่สุดที่กล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เมตรบนพื้นโลกมองเห็น	27
วัตถุที่หรี่ที่สุดที่กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิ้ลมองเห็น	30

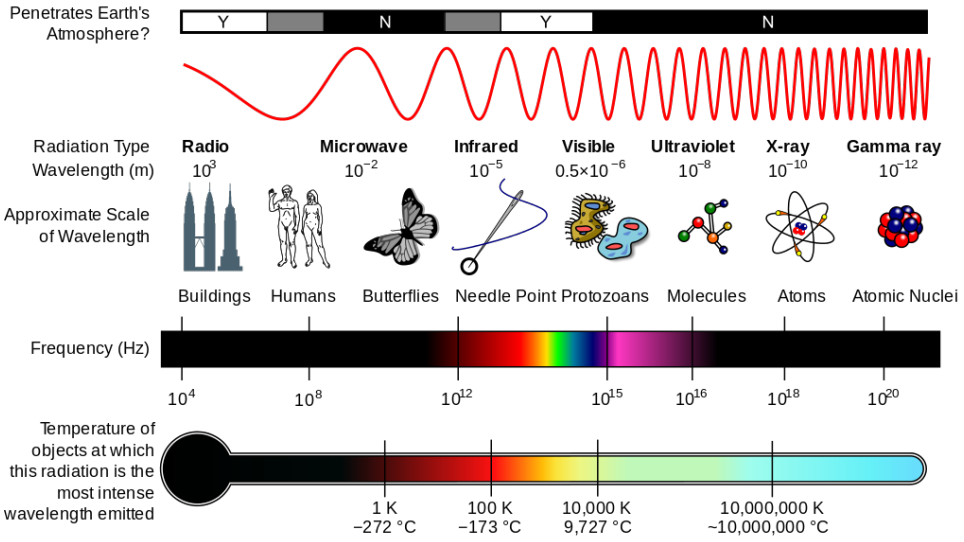
(ที่มา : SIMBAD Astronomical Database)

[7]ระยะมาตรฐานเท่ากับ 10 พาร์เสก

2.7 กล้องโทรทรรศน์

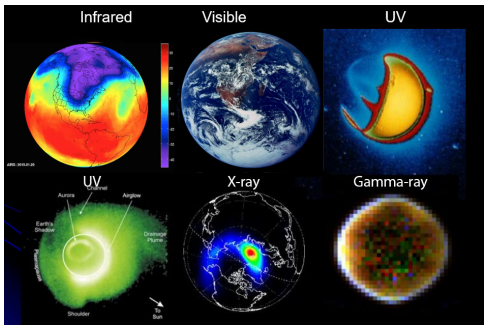
กล้องโทรทรรศน์สามารถแบ่งประเภทได้ตามย่านความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ดังแสดงในรูปที่ 2.13) ได้ดังนี้

- กล้องโทรทรรศน์วิทยุ (radio telescopes)
- กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด (infrared telescopes)
- กล้องโทรทรรศน์ที่ทำงานในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ (optical telescopes)
- กล้องโทรทรรศน์ที่ทำงานในย่านรังสีอัลตราไวโอเลต (UV telescopes)
- กล้องโทรทรรศน์ที่ทำงานในย่านรังสีเอ็กซ์ (x-ray telescopes)

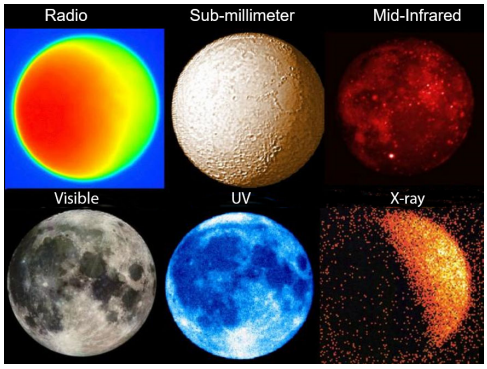


รูปที่ 2.13: สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ดัดแปลงจาก NASA - CC BY-SA 3.0)

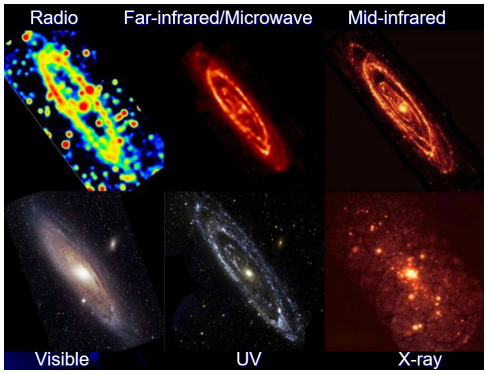
จากภาพถ่ายของโลก ดวงจันทร์ และดาราจักรแอนโดรเมดาในช่วงคลื่นต่าง ๆ (ดังแสดงในรูปที่ 2.14, 2.15, และ 2.16) เหตุใดเมื่อมองด้วยคลื่นที่มีความยาวคลื่นต่างกัน จึงเห็นภาพต่างกันเช่นนี้? นั่นเป็นเพราะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละความยาวคลื่นจะมีพลังงานต่างกัน โดยที่**ยิ่งคลื่นยาวจะยิ่งมีความถี่น้อยและพลังงานน้อย ยิ่งคลื่นสั้นจะยิ่งมีความถี่สูงและพลังงานมาก** อำนาจทะลุทะลวงสิ่งที่บดบังอยู่ เช่น ฝุ่นและก๊าซโดยรอบจึงยิ่งแตกต่างกันออกไป



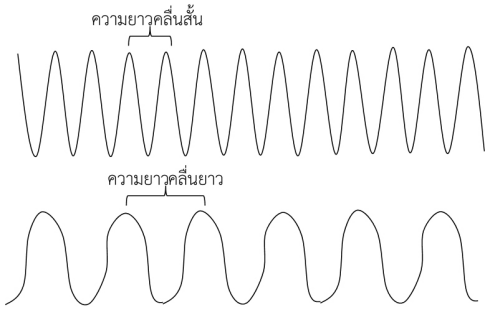
รูปที่ 2.14: ภาพถ่ายโลกในช่วงคลื่นต่าง ๆ
(ที่มา : Infrared:NASA/JPL-Caltech AIRS Project, visible:nist.gov, UV:NASA/Apollo 16, UV:NASA/Univ. of Colorado, X-ray:NASA/Ruth Netting, Gamma-ray:NASA/CGRO/EGRET/Dirk Petry - public domain)



รูปที่ 2.15: ภาพถ่ายดวงจันทร์ในช่วงคลื่นต่าง ๆ
(ที่มา : Radio:NRAO-VLA, Sub-millimeter:U. of British Columbia/Mike Kozubel, Mid-infrared:MSX Project, visible:Bob King, UV:Southwest Research Institute, X-ray:NASA-ROSAT - public domain)



รูปที่ 2.16: ภาพถ่ายดาราจักรแอนโดรเมดาในช่วงคลื่นต่าง ๆ
(ที่มา : Radio:WSRT/R. Braun, Far-infrared:NASA/ISO, Mid-infrared:NASA/Spitzer/K. Gordon, visible:Robert Gendler, UV:NASA/GALEX, X-ray:ESA/XMM/W. Pietsch - public domain)



รูปที่ 2.17: สมบัติของคลื่นที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน คลื่นที่ยาวกว่า (ล่าง) จะมีความถี่น้อยกว่าและพลังงานน้อยกว่าคลื่นที่สั้นกว่า และคลื่นที่ยาวกว่าจะมีโอกาสชนอนุภาคได้ยากกว่าและถูกดูดซับยากกว่าคลื่นที่สั้นกว่า (บน)

มุมคนชอบดราม่า ตอน "ทำไมท้องฟ้ากลางวันจึงเห็นเป็นสีฟ้า และท้องฟ้ายามเย็นจึงเห็นเป็นสีแดง?!"

ด้วยสมบัติของคลื่นที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันนี้เอง ก็สามารถตอบคำถามนี้ได้ นั่นเป็นเพราะ**คลื่นที่ยาวกว่าจะมีโอกาสชนอนุภาคได้ยากกว่าและถูกดูดซับยากกว่าคลื่นที่สั้นกว่า** เช่น เมื่อเรามองรูปที่ 2.17 แล้วจินตนาการว่าคลื่นสองคลื่นนั้นเป็นงูสองตัวที่เลื้อยอยู่บนสนามหญ้าหน้าบ้าน งูตัวบนจะมีโอกาสชนก้อนหินได้ง่ายกว่างูตัวล่าง

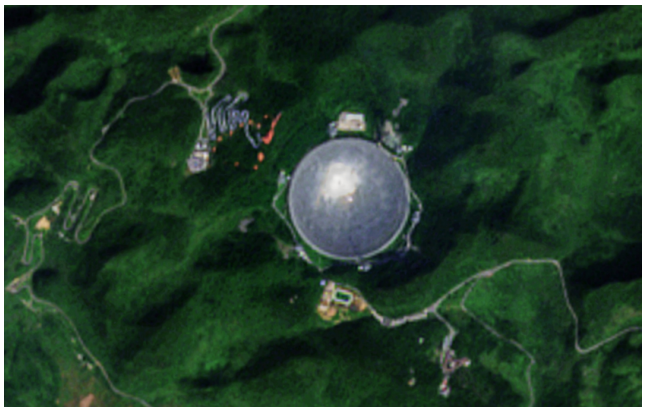
ดังนั้น เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านชั้นบรรยากาศโลกลงมา จะผ่านอนุภาคฝุ่นและก๊าซมากมายในชั้นบรรยากาศ ขณะนั้นแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าเช่นแสงสีน้ำเงิน (งูตัวบน) ก็จะมีโอกาสชนกับอนุภาคมากกว่า และเกิดการกระเจิงของแสงไปทั่ว ขณะที่แสงสีแดงที่มีความยาวคลื่นสั้น (งูตัวล่าง) จะมีการกระเจิงน้อยกว่ามาก เราจึงเห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้าในตอนกลางวัน แต่เมื่อเวลายามเย็นที่ดวงอาทิตย์ทำมุมต่ำมาก ๆ กับขอบฟ้า แสงอาทิตย์ที่เดินทางมาจะผ่านชั้นบรรยากาศโลกที่มีความหนามากกว่าตอนดวงอาทิตย์อยู่กลางศีรษะ ทำให้อนุภาคที่แสงอาทิตย์ต้องปะทะนั้นมีจำนวนมหาศาล จนทำให้แม้แสงสีแดงที่มีความสามารถในการเลี้ยวเบนเพื่อหลบหลีกอุปสรรคสูงนั้น ก็ยังต้องยอมแพ้และชนกับอนุภาคเหล่านั้น และเกิดการกระเจิงของแสงสีแดง ทำให้เราเห็นท้องฟ้าเป็นสีแดงในยามเย็น นั่นเอง

2.7.1 กล้องโทรทรรศน์วิทยุ

กล้องโทรทรรศน์วิทยุ (radio telescopes) ทำงานโดยรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นวิทยุ (คลื่นพลังงานน้อยกว่าแสง) ซึ่งมักแผ่มาจากวัตถุอุณหภูมิต่ำ $\sim$ -250 °C เช่น กลุ่มก๊าซที่กำลังรวมตัวเป็นดาวฤกษ์

กล้องโทรทรรศน์วิทยุจานเดี่ยวที่ใหญ่ที่สุดในโลก คือ Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope (FAST) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางจานประมาณ 500 เมตร ตั้งอยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน สร้างเสร็จเมื่อปี ค.ศ. 2016 (แสดงในรูปที่ 2.18)

การสร้างกล้องโทรทรรศน์วิทยุจานเดี่ยวขนาดใหญ่นั้นมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก นักวิทยาศาสตร์จึงให้วิธีนำจานเดี่ยวหลาย ๆ จานมาเรียงตัวเพื่อใช้งานร่วมกัน เพื่อที่จะได้กำลังแยกของอุปกรณ์เสมือนว่าเป็นจานที่ใหญ่ขึ้นแทน โดยสามารถกล่าวได้



รูปที่ 2.18: กล้องโทรทรรศน์วิทยุแบบจานเดี่ยวที่ใหญ่ที่สุดในโลก Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope (FAST) มีเส้นผ่านศูนย์กลางจานประมาณ 500 เมตร ตั้งอยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน สร้างเสร็จเมื่อปีค.ศ. 2016
(ที่มา : Pierre Markuse - CC BY 2.0)



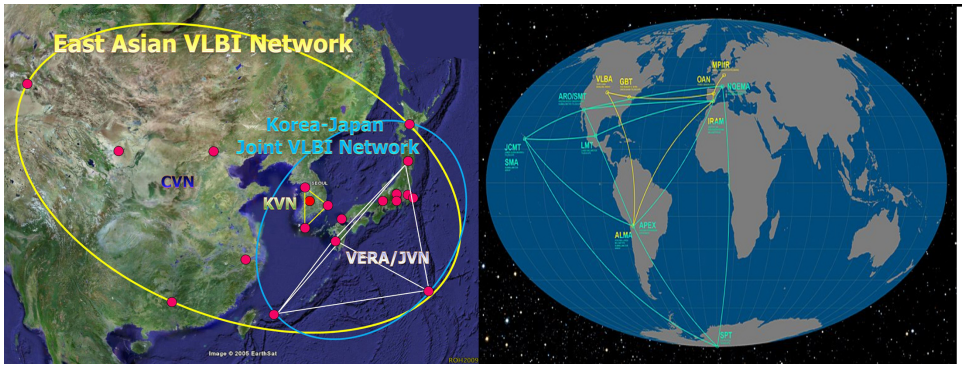
รูปที่ 2.19: กล้องโทรทรรศน์วิทยุที่ใหญ่ที่สุดในโลก Very Large Array (VLA) ที่รัฐนิวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วยจานรับสัญญาณขนาด 25 เมตร จำนวน 27 จานเรียงตัวเป็นรูปตัววาย ที่ทำให้ได้กำลังแยกเท่ากับจานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 36 กิโลเมตร
(ที่มา : John Fowler - CC BY 2.0)

ว่ากล้องโทรทรรศน์วิทยุที่ใหญ่ที่สุดในโลกคือ Very Large Array (VLA) รัฐนิวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ประกอบด้วยจานรับสัญญาณขนาด 25 เมตร จำนวน 27 จานทำงานร่วมกัน (แสดงในรูปที่ 2.19) ทำให้เสมือนได้กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 36 กิโลเมตรเลยทีเดียว

ประเทศไทยของเรามีการสร้างกล้องโทรทรรศน์แห่งแรกและแห่งเดียว คือ กล้องโทรทรรศน์วิทยุแห่งชาติ (Thai National Radio Telescope, TNRT) ตั้งอยู่ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ เป็นจานรับสัญญาณเดี่ยวขนาด 40 เมตร(รูปที่ 2.20) ภายใต้การดูแลของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ซึ่งมีกำหนดสร้างเสร็จในปี ค.ศ. 2020 และมีแผนจะเข้าร่วมเป็นเครือข่ายกับ Very Long Baseline Interferometry (VLBI) ของภาคีเอเชียตะวันออกและของโลกต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.20: กล้องโทรทรรศน์วิทยุแห่งชาติ (Thai National Radio Telescope, TNRT)
(ที่มา : จุลลดา ขาวสะอาด/สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ - CC BY-SA 4.0)



รูปที่ 2.21: เครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุ VLBI ในเอเชียตะวันออกซึ่งประกอบด้วยประเทศจีน ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้ (ซ้าย) และเครือข่าย VLBI ของโลก (ขวา)
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ดัดแปลงจาก Oh et al., 2010, ESO/O. Furtak - CC BY 4.0)



รูปที่ 2.22: กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด UKIRT (กล้องด้านซ้ายสุดของภาพ) บนยอดเขามัวนาเคียในฮาวาย
(ที่มา : Samuel Bouchard - CC BY-SA 2.0)



รูปที่ 2.23: กล้องโทรทรรศน์อวกาศเจมส์เวบบ์ (JWST) เป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่มีขนาดกระจกใหญ่ที่สุดเท่าที่เคยมีมาคือ 6.5 เมตร (ซ้าย) และทีมงานผู้สร้าง (ขวา) ออกแบบเพื่อรับช่วงคลื่นอินฟราเรด
(ที่มา : NASA - public domain)

2.7.2 กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด

กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด (infrared telescopes) รับช่วงคลื่นอินฟราเรด ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่พลังงานสูงกว่าคลื่นวิทยุแต่น้อยกว่าแสงสีแดง สามารถเรียกอีกชื่อว่า **คลื่นความร้อน** ซึ่งสัมผัสได้ด้วยผิวกายของเรา กล้องชนิดนี้จึงสามารถติดตั้งได้ทั้งบนพื้นผิวโลกและนอกโลก ตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์อินฟราเรดที่ติดตั้งบนผิวโลก เช่น กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรดของสหราชอาณาจักร (United Kingdom Infrared Telescope, UKIRT) ดังรูปที่ 2.22 ตั้งอยู่บนยอดเขามัวนาเคียในฮาวาย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระจกปฐมภูมิ 3.8 เมตร ที่เริ่มปฏิบัติการเมื่อปี ค.ศ. 1979–ปัจจุบัน

ตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์อินฟราเรดที่ติดตั้งบนผิวโลก เช่น Spitzer Space Telescope (2003–ปัจจุบัน), Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE, 2009-ปัจจุบัน) และกล้องโทรทรรศน์อวกาศเจมส์เวบบ์ (James Webb Space Telescope, JWST) (รูปที่ 2.23) ที่มีขนาดกระจกใหญ่ที่สุดเท่าที่กล้องโทรทรรศน์อวกาศที่เคยมีมาคือ 6.5 เมตร ที่สร้างเสร็จแล้วในปี ค.ศ. 2016 แต่การส่งขึ้นอวกาศถูกเลื่อนออกมาเป็น ค.ศ.2021 ทั้งนี้ JWST ถูกขนานนามว่าจะเป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่ใหญ่ที่สุดและซับซ้อนที่สุดเท่าที่เคยมีมา

2.7.3 กล้องโทรทรรศน์ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้

กล้องโทรทรรศน์ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ (optical telescopes) หรือกล้องโทรทรรศน์แบบแสง มีหลักการ[8]ที่สามารถสรุปสั้น ๆ คือ การรวมแสงจากวัตถุที่สนใจให้ได้มากที่สุด จากนั้นโฟกัสให้แสงมารวมกันที่ฉาก (หรือส่วนตรวจจับ) จากนั้นขยายรูปที่ได้เพื่อให้เราเห็นรายละเอียด โดยให้แสงสะท้อนกระจกหรือหักเหผ่านเลนส์ (คลื่นที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันก็จะมีการหักเหที่แตกต่างกัน) วัสดุที่ใช้ในการโฟกัสแสงหลัก ๆ แล้วมีสองชนิดคือ เลนส์และกระจก ซึ่งทั้งสองมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน ทำให้สามารถแบ่งประเภทของกล้องโทรทรรศน์แบบแสงได้ 2 ชนิดจากวัสดุที่ใช้โฟกัสแสง ได้แก่

กล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง (Refracting telescopes)

กล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง เป็นกล้องโทรทรรศน์แบบแรกที่ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาโดย ฮานส์ ลิปปเปอร์เชย์ ในปี ค.ศ. 1608 และใช้ในการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์โดยกาลิเลโอในค.ศ. 1609 กล้องชนิดนี้ใช้ **เลนส์** เป็นองค์ประกอบทั้งเลนส์วัตถุและเลนส์ตา โดยทั้งสองชิ้นเป็นเลนส์นูน ลักษณะการเดินทางของแสงแสดงดังรูปด้านซ้ายของรูปที่ 2.24 กล้องชนิดนี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น

- เลนส์มักจะมีความคลาดทำให้ตำแหน่งโฟกัสไม่ชัดเจน

- ตัวเลนส์ที่สร้างจากแก้ว เมื่อทำให้ขนาดใหญ่ขึ้นน้ำหนักจะมากขึ้น ทำให้รูปร่างของเลนส์บิดเบี้ยว ทำให้ภาพไม่ชัดเจน

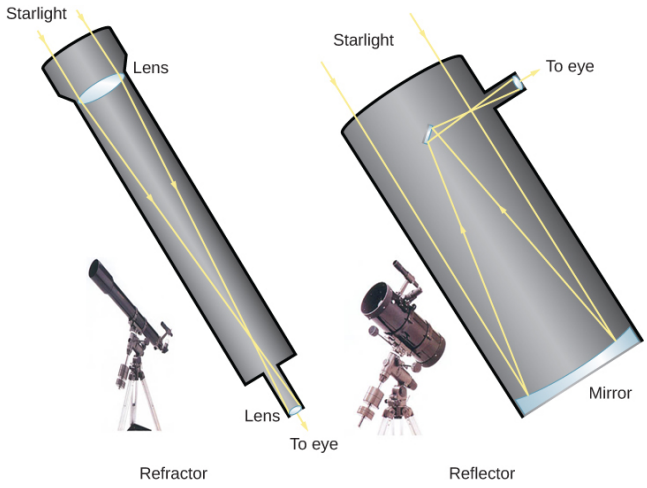
- การที่แสงเดินทางผ่านแก้วจะทำให้พลังงานบางส่วนถูกดูดกลืนไป ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ในบางความยาวคลื่นที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านแก้วได้

กล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสง (Reflecting telescopes)

กล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสง เป็นกล้องที่ใช้ **กระจก** เป็นองค์ประกอบรับแสงแทนเลนส์ เนื่องจากเลนส์มีข้อเสียดังกล่าวมาแล้วข้างต้นสำหรับความต้องการสร้างกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่ เมื่อการประดิษฐ์กระจกโค้งรูปพาราโบลาทำได้จึงถูกนำมาใช้แทนเลนส์นูน เชื่อว่า นิวตันเป็นคนแรกที่ประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงขึ้นในปี ค.ศ.1668

หลักการของกล้องชนิดนี้คือการนำเอากระจกโค้ง (ทรงกลมหรือพาราโบลา) มาเป็นตัวสร้างภาพหลักแทนเลนส์วัตถุ โดยลักษณะการเดินทางของแสงแสดงดังรูปด้านขวาของรูปที่ 2.24

[8]สรุปไว้ใน (สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์, 2559)



รูปที่ 2.24: กล้องโทรทรรศน์ประเภทสะท้อนแสง (ซ้าย) และประเภทหักเหแสง (ขวา)
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ดัดแปลงจาก OpenStax/Rice University - CC BY-SA 4.0)

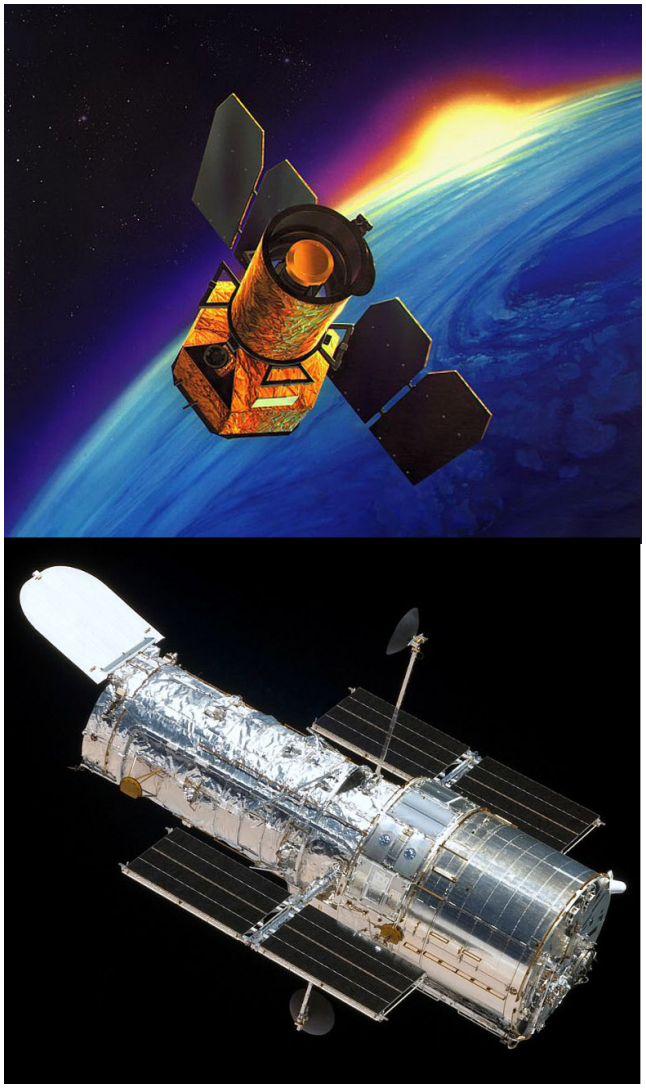
2.7.4 กล้องโทรทรรศน์ในช่วงรังสียูวี

กล้องโทรทรรศน์ในช่วงรังสียูวี (UV telescopes) รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงอัลตาไวโอเลตหรือคลื่นยูวี (เป็นคลื่นพลังงานสูงกว่าแสง) มักแผ่จากดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิสูงมาก ระดับหมื่น °C ขึ้นไป เช่น ดาวยักษ์น้ำเงิน โดยปกติรังสียูวีจะถูกดูดซับได้โดย **โอโซน** ในชั้นบรรยากาศของโลกที่ระดับความสูงประมาณ 20-40 กิโลเมตรเหนือระดับน้ำทะเล รังสียูวีจึงแทบจะไม่ได้ส่องผ่านถึงผิวโลกและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต รังสียูวีจะส่องผ่านมาถึงผิวหนังเราได้หากบริเวณนั้นมีชั้นโอโซนที่เบาบาง ซึ่งสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เป็นเช่นนั้นคือก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศต่าง ๆ ที่สามารถทำลายชั้นโอโซนได้

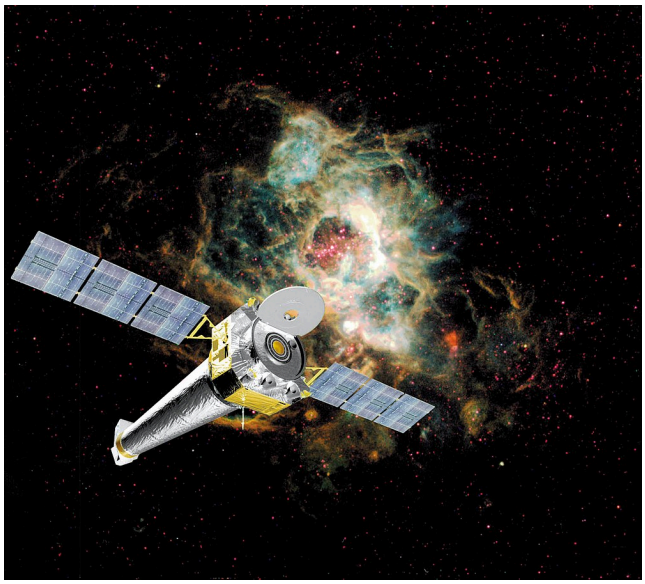
ดังนั้น การรับสัญญาณในช่วงคลื่นยูวีจากนอกโลกจึงต้องใช้วิธีติดกล้องโทรทรรศน์ (แบบใช้แสงทั่วไป) ขึ้นไปกับดาวเทียมนอกโลกเหนือชั้นโอโซน จึงจะสามารถรับสัญญาณได้อย่างเต็มที่ กล้องโทรทรรศน์ที่สามารถรับสัญญาณในช่วงคลื่นยูวีได้มีมากมาย เช่น Galaxy Evolution Explorer (GALEX) ที่เริ่มปฏิบัติการในปี ค.ศ. 2003 และรับสัญญาณในช่วง 140 - 280 นาโนเมตร ขนาดกระจกปฐมภูมิ 0.5 เมตร GALEX ถูกออกแบบมาเพื่อสังเกตดาวฤกษ์อายุน้อยและอุณหภูมิสูงในดาราจักรต่าง ๆ ขณะที่กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิ้ล (Hubble Space Telescope, HST) ซึ่งปกติรับสัญญาณในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ ด้วยขนาดกระจกปฐมภูมิ 2.4 เมตร ได้ถูกติดตั้งอุปกรณ์สเปกโตรกราฟเพื่อรับสัญญาณช่วง 115 and 320 นาโนเมตร ในปีค.ศ. 2009 นี้เอง รูปที่ 2.25

2.7.5 กล้องโทรทรรศน์ช่วงเอ็กซ์เรย์

กล้องโทรทรรศน์ช่วงเอ็กซ์เรย์ (x-ray telescopes) รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงรังสีเอ็กซ์ (พลังงานสูงมาก) มักถูกแผ่ออกจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงยิ่งยวด เช่น จานรวมมวลของหลุมดำ และแก่นดาราจักรกัมมันต์ (Active Galactic Nuclei, AGN) ดังนั้นหากใช้กล้องโทรทรรศน์ทั่วไปจะไม่สามารถรับรังสีเอ็กซ์ได้ เพราะเลนส์ที่ทำด้วยแก้วจะดูดซับรังสีเอ็กซ์ ส่วน



รูปที่ 2.25: กล้องโทรทรรศน์อวกาศ GALEX (บน) และ HST (ล่าง) ซึ่งรับสัญญาณในช่วงรังสียูวี (ที่มา : NASA - public domain)



รูปที่ 2.26: กล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา ซึ่งรับสัญญาณในช่วงรังสีเอ็กซ์
(ที่มา : NASA - public domain)

กระจกโค้งจะไม่สามารถรวมรังสีได้หากแต่จะทะลุผ่านกระจกไปโดยไม่สะท้อนกลับ หากรังสีตกกระทบไม่ทำมุมราบมากจริง ๆ เนื่องจากรังสีเอ็กซ์มีพลังงานสูงมาก

วิธีแก้คือต้องใช้กระจกรูปกรวย โดยค่อย ๆ ให้รังสีตกกระทบด้วยมุมตกกระทบมาก ๆ และสะท้อนกลับทีละนิด จนสามารถรวมรังสีได้ที่จุดโฟกัส ดังเช่นกล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา (Chandra X-ray Observation) ดังแสดงในรูปที่ 2.26

2.8 สรุป

บทนี้เป็นการตอบคำถามที่ว่า "เราดูดาวอย่างไร?" โดยผู้ที่จะ "ดูดาวเป็นในขั้นต้น" นั้นจำเป็นต้องเข้าใจเรื่องทรงกลมท้องฟ้า (เพื่อที่จะเข้าใจว่าวัตถุต่าง ๆ มีลักษณะการขึ้นและตกในรอบวันเป็นอย่างไร) ลักษณะการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในรอบปีเป็นอย่างไร (เพื่อจะสามารถบอกฤดูกาลได้ ตัวอย่างเช่น ดวงอาทิตย์จะขึ้นและตกเฉียงไปทางทิศเหนือในฤดูร้อนและเฉียงไปทางทิศใต้ในฤดูหนาว ฯลฯ) การใช้แผนที่ดาว (เพื่อจะสามารถใช้งานเพื่อบอกตำแหน่งดาวได้ เมื่อเราทราบวันและเวลาที่ต้องการดูดาว)

สำหรับผู้ที่ต้องการ "ดูดาวเป็นในระดับลึกซึ้งมากขึ้น" ควรเข้าใจเรื่อง หลักการกำหนดความสว่างของดาว (ซึ่งสามารถระบุได้ 3 วิธี ได้แก่ กำลังส่องสว่าง ความสว่าง และค่าโชติมาตร) ชนิดและหลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ประเภทต่าง ๆ (สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภทเมื่อแบ่งตามย่านความถี่ที่ใช้งาน ได้แก่ กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในย่านคลื่นวิทยุ คลื่นอินฟราเรด คลื่นแสง คลื่นยูวี และคลื่นเอ็กซ์เรย์) และระบบพิกัดท้องฟ้า (ซึ่งมี 2 ระบบได้แก่ ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้าที่ระบุด้วยค่ามุมราบและมุมเงย และระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรที่ระบุพิกัดด้วยค่า RA และ Dec) เพื่อให้เข้าในเรื่องการทำงานของ

ฐานตั้งกล้องโทรทรรศน์มากขึ้น

2.9 แบบฝึกหัด

1. จงวาดทรงกลมท้องฟ้า ณ จังหวัดบ้านเกิดของตน (ระบุค่าละติจูดด้วย) โดยแสดงรายละเอียดให้ครบ ได้แก่ ตำแหน่งดาวเหนือ ระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ระนาบสุริยวิถี และเส้นการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในวันเหมายัน
2. ดวงอาทิตย์จะขึ้นและตกเฉียงไปทางทิศใต้สุดในวันใดในรอบปี (วันเหมายัน)
3. ดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุดในกลุ่มดาวหมาใหญ่คือดาวอะไร (ก. บีเทลจุส ข. ซิริอุส ค. โพรซิออน ง. เวกา)
4. วันวาเลนไทน์เวลาประมาณสองทุ่มของทุกปี เราจะเห็นกลุ่มดาวอะไรขึ้นอยู่ที่กลางศีรษะ (กลุ่มดาวนายพราน)
5. วันวาเลนไทน์เวลาประมาณสองทุ่มของทุกปี ที่มุมราบ 80° มุมเงย 30° จะเห็นดาวสว่างดวงหนึ่งชื่อว่าอะไร อยู่ในกลุ่มดาวใด (ดาวหัวใจสิงห์ กลุ่มดาวสิงโต)
6. ดาวฤกษ์ที่มีอันดับความสว่างต่างกัน 4 จะมีความสว่างต่างกันประมาณกี่เท่า (ก. 100 เท่า ข. 80 เท่า ค. 60 เท่า ง. 40 เท่า)
7. ระบบดาว 3 ดวง แต่ละดวงมีความสว่างเท่ากัน และมีโชติมาตรเท่ากับ 1 จงหาโชติมาตรรวมของระบบดาว (-1.88)

2.10 เอกสารอ้างอิง

1. Karttunen, H., Krger, P., Oja, H., Poutanen, M., and Donner, K.J., (1984) **Fundamental Astronomy**. Helsinki: Springer-Verlag
2. Carroll, B.W. & Ostlie, D.A. (2007) *An Introduction to Modern Astrophysics*. San Francisco : Pearson Addison-Wesley.
3. Oh, S.-J., Roh, D.-G., Yeom, J.-H., Kobayashi, K., & Kawaguchi, N. (2010) "First Phase Development of Korea-Japan Joint VLBI Correlatorand Its Current Progress" in *IVS 2010 General Meeting Proceedings*. pp. 405-409.
4. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565ข) *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์*. กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.
5. มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาในพระอุปถัมป์สมเด็จพระที่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.) ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2547) *ดาราศาสตร์โอลิมปิก ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (เล่มที่ 1)* เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์ LESA (2548) *ทรงกลมท้องฟ้า* ออนไลน์ http://www.lesa.biz/astronomy/celestial-sphere สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2558

7. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2552) *เอกสารอบรมครูสาระดาราศาสตร์และอบรมหลักสูตรพื้นฐาน พ.ศ. 2546*. โครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิทยาศาสตร์สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ

8. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2559) *ตำแหน่งการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์*. ออนไลน์ http://www.narit.or.th/index.php/pr-news/2653 สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2559.

9. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ (2559) *ดาราศาสตร์และดาราศาสตร์ฟิสิกส์เบื้องต้น (Introduction to Astronomy and Astrophysics)*. เอกสารประกอบการบรรยายเนื้อหา โลก ดาราศาสตร์และอวกาศในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอบรมดาราศาสตร์โอลิมปิกศูนย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. อนิวรรต สุขสวัสดิ์, ม.ล. (2545) *เอกสารประกอบการสอนวิชาดาราศาสตร์ 1*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3

เนื้อหาประจำบทที่ 3 เรามาจากไหน

1. ระบบสุริยะ
2. ดวงอาทิตย์
3. ดาวเคราะห์
4. ดาวเคราะห์แคระ
5. ดาวเคราะห์น้อย
6. ดาวหาง
7. แถบไคเปอร์และเมฆออร์ต
8. ดาราจักรทางช้างเผือก
9. เอกภพ และทฤษฎีการกำเนิดเอกภพ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. แยกแยะความหมายของ ดาวเคราะห์และดาวเคราะห์แคระได้
2. เรียงลำดับ ตำแหน่ง ขนาด และเปรียบเทียบจุดเด่นของดาวเคราะห์แต่ละดวงได้
3. อธิบายลักษณะของดาราจักรทางช้างเผือกได้
4. อธิบายความหมายของเอกภพ ทฤษฎีการกำเนิดเอกภพทั้ง 2 ทฤษฎี และที่มาที่ไปว่าเหตุใดบิ๊กแบงจึงเป็นทฤษฎีที่เชื่อถือกันในปัจจุบันได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ตั้งคำถามกระตุ้นความคิด กระตุ้นก่อนเรียน ด้วยคำถามของมนุษยชาติเมื่อ 100 ปีที่แล้ว คือ เรามาจากไหน? อภิปรายร่วมกัน ว่าเรา (โดยไล่จากมนุษย์ ลิง สิ่งมีชีวิตบนโลก โลก ดวงอาทิตย์ และอะตอมไฮโดรเจนแรก) มาจากไหน

3. เปิดภาพยนตร์เรื่อง ลูซี่...สวยพิฆาตให้นักศึกษาดู และอภิปรายร่วมกัน ใช้ชุดภาพประกอบพาวเวอร์พ้อยท์และวีดีโอจากยูทูป ในการอธิบายความหมาย และที่มาที่ไปของหัวข้อต่าง ๆ

4. ใช้เครื่องฉายแผ่นทึบแสดงการคำนวณตัวอย่างแบบฝึกหัด ที่แทรกอยู่ในบทเรียน พร้อม ๆ กันทั้งชั้นเรียน และแบ่งกลุ่มนักศึกษาให้ลองทำแบบฝึกหัดท้ายบทบางข้อให้ช่วยกันคิดในกลุ่ม และส่งตัวแทนแสดงวิธีทำหน้าชั้นเรียน

5. สั่งงานกลุ่ม ให้ค้นคว้าอิสระ เชื่อมโยงเนื้อหาของดาราศาสตร์ตั้งแต่ที่เรียนมาจนถึงปัจจุบัน และนำเสนอหน้าชั้น

6. เมื่อสอนจบบทจะสั่งการบ้านในแบบฝึกหัดท้ายบท กำหนดส่งในสัปดาห์ถัดไป
7. ประเมินผลการเรียนรู้จากแบบฝึกหัดท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์พาวเวอร์พ้อยท์
3. วีดีโอในเรื่องที่เกี่ยวข้องจากยูทูป

การวัดผลและการประเมินผล

1. คะแนนสอบ
2. คะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบท
3. คะแนนการค้นคว้าอิสระ รายงาน และการนำเสนอเป็นกลุ่ม
4. การเข้าชั้นเรียน

บทที่ 3

เรามาจากไหน?

เรียบเรียงโดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ
จากเนื้อหาในหนังสือดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน (ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ, 2565ข)



รูปที่ 3.1: โลโก้ภาพยนต์เรื่อง "ลูซี่...สวยพิฆาต" เข้าฉายปี ค.ศ. 2014 ตัวละครเอกเป็นมนุษย์ที่ฉลาดที่สุดในโลก เนื่องจากสามารถใช้ประสิทธิภาพของสมองทั้ง 100%
(ที่มา : Schreibwerkzeug licensed under CC BY-SA 4.0)

3.1 บทนำ

ผู้เขียนมักถามคำถามกับแทบจะทุกที่ ๆ ได้ไปบรรยายดาราศาสตร์ว่า "หากสมมติว่ามีคนที่ฉลาดที่สุดในโลก แบบลูซี่ (ในภาพยนต์เรื่อง *ลูซี่...สวยพิฆาต* รูปที่ 3.1) มายืนอยู่หน้าเราตรงนี้ รอให้เราถามคำถามอะไรก็ได้ แล้วเธอจะตอบได้ทุกเรื่อง เราจะถามอะไรเขา?" ผู้เขียนพบว่าผู้ฟังส่วนใหญ่จะถามว่า "มนุษย์ต่างดาวมีจริงไหม?" "ยูเอฟโอมีจริงไหม?" "เจอดาวที่จะไปอยู่แทนโลกรึยัง?" ฯลฯ ซึ่งโดยภาพรวมแล้วสามารถสรุปใจความความอยากรู้อยากเห็นของคนสมัยนี้ว่า "**เราอยู่คนเดียวหรือไม่?!**" ซึ่งก่อนที่จะมีคำตอบให้กับคำถามนี้ ที่ถือว่าเป็น **คำถามของมนุษยชาติในปัจจุบัน**นั้น เราควรรู้ก่อนว่าคำถามของมนุษยชาติเมื่อร้อยปีที่แล้วคืออะไร

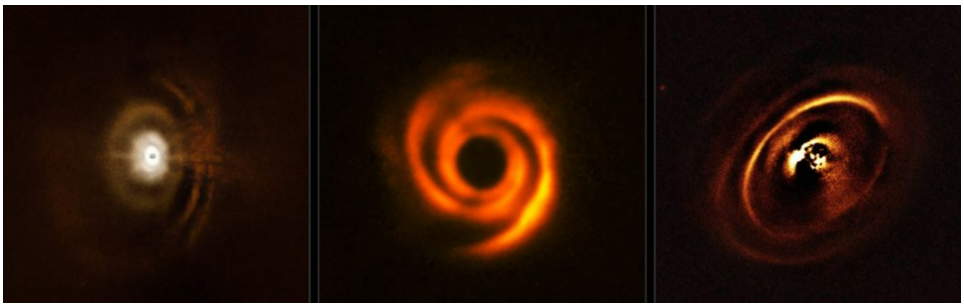
หากสมมติว่าลูซี่ไปยืนอยู่เบื้องหน้ามนุษย์โลกเมื่อร้อยปีที่แล้ว เธอจะพบว่าลักษณะคำถามจะต่างจากที่กล่าวมาข้างต้น คือคนส่วนใหญ่จะไม่ถามว่าเราอยู่คนเดียวหรือไม่ แต่จะถามว่า "สิ่งนั้นสิ่งนี้เกิดจากอะไร? มนุษย์เกิดจากอะไร? โลกเกิดจากอะไร? เอกภพเกิดจากอะไร? เป็นต้น" สรุปใจความคือ **"เรามาจากไหน?" คือคำถามของมนุษยชาติเมื่อร้อยปีที่แล้ว** แน่นอนปัจจุบันไม่มีใครถามคำถามนี้แล้ว นั่นเป็นเพราะเราต่างรู้ว่าเรานั้นเกิดจาก "บิ๊กแบง (Big Bang)" ซึ่งบทนี้จะเรียบเรียงที่มาที่ไปของเราและโลกที่เราอยู่ ขยายพื้นที่ออกไป ผ่านดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์ ออกนอกระบบสุริยะ ข้ามห้วงดาราจักร ไปจนถึงจุดกำเนิดของเอกภพ ตามลำดับ

3.2 ระบบสุริยะ

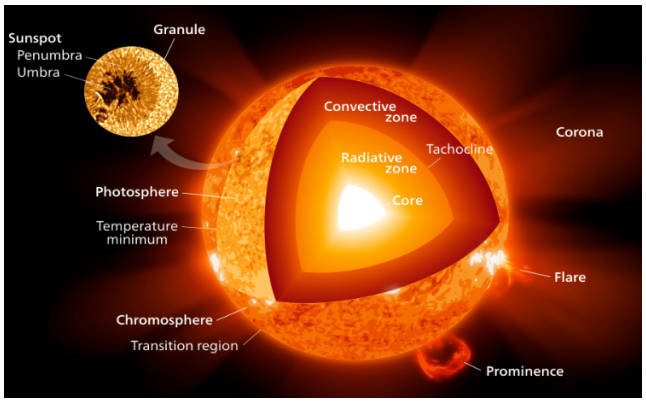
กรกมล ศรีบุญเรือง และคณะ (2561) ได้สรุปเนื้อหาที่ทันสมัยเกี่ยวกับระบบสุริยะไว้ว่า ระบบสุริยะเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 4.5 พันล้านปีก่อน จากการรวมตัวกันของฝุ่นและก๊าซต่างๆ การรวมตัวกันนี้ เกิดขึ้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของฝุ่นและก๊าซ เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็ค่อย ๆ สูงขึ้นด้วย บริเวณใจกลางของก๊าซที่มารวมตัวกันจะมีความหนาแน่นมากที่สุด และมีการหมุนของก๊าซที่มารวมตัวกันนี้ เพื่ออนุรักษ์โมเมนตัม ในที่สุดบริเวณใจกลางก็มีความหนาแน่นสูง จนเกิดเป็นดาวฤกษ์ ซึ่งก็คือ**ดวงอาทิตย์**นั่นเอง ก๊าซและฝุ่นที่มีมวลต่ำในบริเวณใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ ก็จะถูกแรงโน้มถ่วงดึงดูดเข้ารวมเป็นส่วนหนึ่งของดวงอาทิตย์ไกลออกไปจากบริเวณศูนย์กลางของระบบสุริยะ ก๊าซและฝุ่นที่มีการรวมตัวกันและมีขนาดใหญ่มากขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดเกิดเป็น**ดาวเคราะห์ชั้นใน** ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร ต่างก็เป็นดาวเคราะห์ขนาดเล็กที่เป็นหินแข็งในบริเวณวงโคจรที่เป็นดาวเคราะห์วงในนี้ ก๊าซที่มีมวลต่ำ เช่น ไฮโดรเจนและฮีเลียม ได้ถูกแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ดึงไปจนหลงเหลือแต่ฝุ่นและก๊าซที่มีมวลสูงกว่า (ดังแสดงในรูปที่ 3.2)

ส่วน**ดาวเคราะห์ชั้นนอก**ที่เกิดขึ้น ได้แก่ ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส ดาวเนปจูนต่างก็เป็นดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็น ไฮโดรเจนและฮีเลียม เช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ เนื่องจากเกิดขึ้นจากก๊าซและฝุ่นในเนบิวลาเดียวกับที่เกิดดวงอาทิตย์นั่นเอง รอบ ๆ ดาวเคราะห์วงนอกเหล่านี้ยังมีการรวมตัวกันของฝุ่นจนเกิดเป็นดวงจันทร์บริวารหลายดวง รวมถึงเกิดวงแหวนซึ่งอาจเกิดจากฝุ่นที่ไม่สามารถรวมกันเป็นดวงจันทร์บริวารได้

ระหว่างวงโคจรของดาวเคราะห์ชั้นในและดาวเคราะห์ชั้นนอก เป็นบริเวณที่พบดาวเคราะห์น้อยเป็นจำนวนมาก จนเรียกว่าเป็นแถบดาวเคราะห์น้อย (asteroid belt) เป็นไปได้ว่าก้อนหินที่มีขนาดตั้งแต่ไม่กี่กิโลเมตร ไปจนถึงขนาดหลายร้อยกิโลเมตรเหล่านี้ ไม่สามารถรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ได้เนื่องจากถูกแรงกระทำจากแรงโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดี นอกจากนี้ยังมีวัตถุอีกจำนวนมากที่อยู่นอกวงโคจรของดาวเนปจูน



รูปที่ 3.2: ตัวอย่างการก่อตัวของระบบสุริยะ ที่อุปกรณ์ SPHERE ที่ติดกับกล้อง VLA ตรวจวัดได้ แสดงให้เห็นว่าการก่อตัวของระบบสุริยะที่เกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซและฝุ่น จนเป็นดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์และบริวาร ต่อไป
(ที่มา : https://www.eso.org/public/images/eso1640a/ - CC BY 4.0)

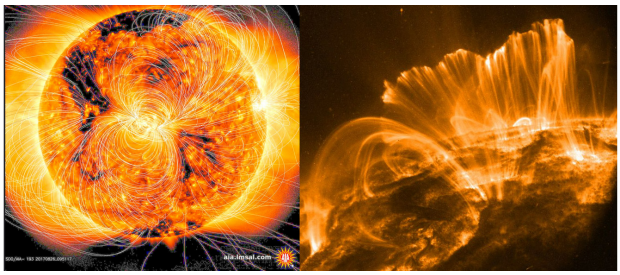


รูปที่ 3.3: โครงสร้างของดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 เขต ได้แก่ แกนกลาง เขตการแผ่รังสีความร้อน เขตการพาความร้อน (ที่มา : Kelvin Song - CC BY-SA 3.0)

3.2.1 ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด และเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เกื้อกูลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก และความสัมพันธ์ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ยังทำให้เกิดฤดูกาล กระแสน้ำในมหาสมุทร ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดวงอาทิตย์มีมวลมหาศาล เมื่อเทียบกับโลก (มากกว่าโลกถึง 333,400 เท่า) อิทธิพลแรงโน้มถ่วงที่ดึงดูดฝุ่นเข้าด้วยกัน ผลที่ได้คือแรงดันและอุณหภูมิ ที่เพิ่มสูงขึ้นที่แกนกลางประมาณ 15 ล้านองศาเซลเซียส เพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่แกนกลาง (nuclear fusion) ซึ่งหลอมไฮโดรเจนให้กลายเป็นฮีเลียมและปลดปล่อยพลังงานออกมาอย่างมหาศาล แผ่พลังงานความร้อนออกจากแกน จากนั้นเข้าสู่กระบวนการพาความร้อนไปสู่พื้นผิวของดวงอาทิตย์ (ดังแสดงในรูปที่ 3.3) ที่ชั้นบรรยากาศชั้นแรก ทั้งนี้ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์แบ่งเป็น 3 ชั้น (ดังแสดงในรูปที่ 3.4) ได้แก่

1. ชั้นโฟโตสเฟียร์ (Photosphere) เป็นบรรยากาศชั้นในสุดของดวงอาทิตย์ เป็นต้นกำเนิดของแสงอาทิตย์ที่เราเห็นบนโลก ประกอบด้วยก๊าซร้อนซึ่งเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา สามารถมองเห็นได้ช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น มีอุณหภูมิประมาณ 5,500 องศาเซลเซียส ในชั้นนี้ยังมีปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น การพุ่งของเปลวสุริยะ (prominences) การลุกจ้า (flare) และการเกิดจุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์
2. ชั้นโครโมสเฟียร์ (Chromosphere) เป็นบรรยากาศที่อยู่ระหว่างชั้นโฟโตสเฟียร์และมีอุณหภูมิประมาณ 10,000 องศาเซลเซียส
3. โคโรนา (Corona) เป็นบรรยากาศนอกสุดของดวงอาทิตย์ที่แผ่กว้างออกไปทั่วทั้งระบบสุริยะ ประกอบด้วยอิเล็กตรอนและอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าต่างๆ มีอุณหภูมิสูงถึง 2 ล้านองศาเซลเซียส เราสามารถมองเห็นส่วนนี้ได้ในช่วงเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง



รูปที่ 3.4: ลักษณะสนามแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพุ่งออกมาจากพื้นผิวและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สนามแม่เหล็กนี้เกิดขึ้นที่ชั้นแทโคไคลน์ ซึ่งเป็นแนวเสียดสีระหว่างเขตการแผ่รังและเขตการพาความร้อน ด้วยเหตุผลนี้ การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ชั้นนอกบริเวณเส้นศูนย์สูตร (ประมาณ 26 วัน) จะเร็วกว่าที่บริเวณขั้ว (ประมาณ 36 วัน) เส้นแรงแม่เหล็กจึงถูกบิดในแนวขวาง พลาสมาที่หมุนวนและไหลเวียนทำให้เส้นแรงแม่เหล็กถูกดึงและบิดมากขึ้น จนเกิดพลังงานสะสมและลอยขึ้นจากพื้นผิวตามแนวเส้นแรงแม่เหล็ก จำนวนจุดบนดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งวัฏจักรของจุดบนดวงอาทิตย์มีคาบ (Solar cycle) เฉลี่ยประมาณ 11 ปี
(ที่มา :photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA22662 - CC BY-NC 2.0 และ NASA/GSFC/TRACE - CC BY 2.0)

3.2.2 ดาวเคราะห์

ดาวเคราะห์ ถูกนิยามใหม่ตามมติที่ประชุมสหพันธ์ดาราศาสตร์นานาชาติ (International Astronomical Union : IAU) ระหว่างวันที่ 14 – 24 สิงหาคม 2549 ซึ่งจัดขึ้นที่กรุงปราก ประเทศสาธารณรัฐเช็ก และด้วยนิยามใหม่นี้ที่มีผลให้ดาวพลูโตถูกปรับเปลี่ยนจากสถานะดาวเคราะห์ (planet) กลายเป็นดาวเคราะห์แคระ (dwarf planet) ในที่สุด

นักดาราศาสตร์ได้มีการลงมติ **กำหนดนิยามของดาวเคราะห์ ต้องมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ประการ** ดังต่อไปนี้

1. **โคจรรอบดวงอาทิตย์**
2. **มีมวลสูงมากพอจนแรงโน้มถ่วงทำให้วัตถุดังกล่าวมีรูปทรงเป็นทรงกลมหรือเกือบกลม**
3. **มีวงโคจรของตัวเอง นั่นคือบริเวณใกล้เคียงกับวงโคจรของมันต้องปราศจากวัตถุอื่น ๆ**

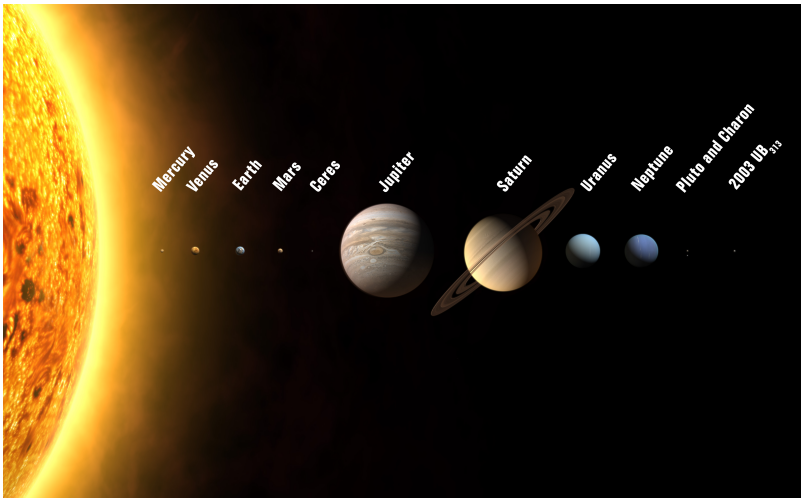
ทั้งนี้ หากมีวัตถุใดที่มีคุณสมบัติข้อ 1 และ 2 แต่ไม่มีข้อ 3 ให้เรียกว่า **ดาวเคราะห์แคระ (dwarf planet)** และสำหรับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่เป็นไปตามข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ให้เรียกรวม ๆ ว่า **วัตถุขนาดเล็กในระบบสุริยะ (small solar system bodies)** ข้อมูลพื้นฐานของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะทั้ง 8 ดวงได้ถูกสรุปไว้ในตาราง 3.1 พอสังเขป

ตารางที่ 3.1: ข้อมูลพื้นฐานดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

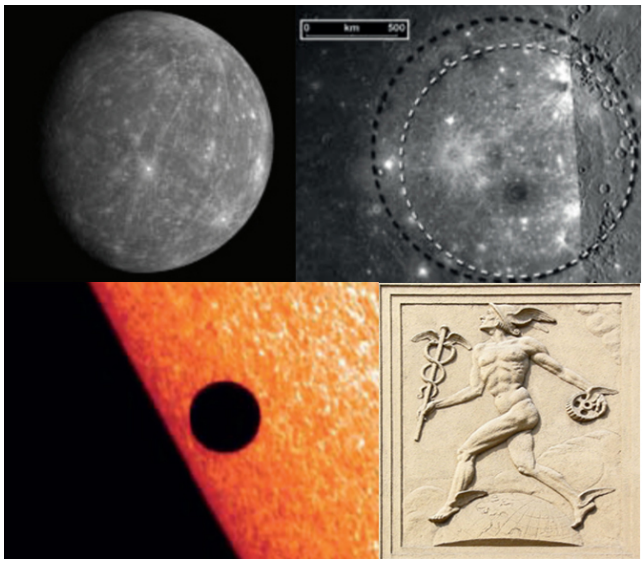
ข้อมูล	ดาวเคราะห์ชั้นใน							
	ดาวพุธ	ดาวศุกร์	โลก	ดาวอังคาร	ดาวพฤหัสบดี	ดาวเสาร์	ดาวยูเรนัส	ดาวเนปจูน
ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ (ล้านกิโลเมตร)	57.9	108	150	228	778	1,430	2,880	4,500
คาบการโคจร (วันของโลก*)	88.0	224.7	365.3	687.0	11.9 ปี	29.5 ปี	83.7 ปี	164.8 ปี
ค่าความรีของวงโคจร	0.206	0.007	0.0167	0.093	0.048	0.056	0.044	0.011
วงโคจรเอียงจากระนาบสุริยะวิถี (องศา)	7.0	3.4	0	1.8	1.3	2.5	0.8	1.8
เส้นศูนย์สูตรเอียงจากระนาบวงโคจร (องศา)	0.03	177.3	23.4	25.2	3.1	26.7	97.8	28.3
คาบการหมุนรอบตัวเอง (ชั่วโมง*)	57.9 วัน	243.0 วัน	23.9	24.6	9.92	10.63	17.23	15.97
มวล (เท่าของโลก)	0.0553	0.815	1	0.107	318	95.2	14.5	17.1
รัศมีที่เส้นศูนย์สูตร (กิโลเมตร)	2,445	6,050	6,371	3,395	71,500	60,500	25,550	24,750
ความหนาแน่นเฉลี่ย (กรัม/ลบ.ซม.)	5.43	5.20	5.51	3.93	1.33	0.69	1.27	1.64
ความโน้มถ่วง (เท่าของโลก)	0.38	0.81	1	0.38	2.36	0.916	0.9	1.12
อุณหภูมิ (อาศาเซลเซียส)	-170 - 430	470	-88 - 58	-140 - 15	-128	-140	-195	-218
บริวาร (ดวง)	-	-	1	2	67	62	27	14
วงแหวน	-	-	-	-	4	7	13	มากกว่า 5

หมายเหตุ * เว้นแต่จะระบุไว้เป็นหน่วยอื่น

(ที่มา : SIMBAD Astronomical Database)



รูปที่ 3.5: ดาวเคราะห์และดาวเคราะห์แคระของระบบสุริยะ
(ที่มา : The International Astronomical Union/Martin Kornmesser - CC BY-SA 3.0)



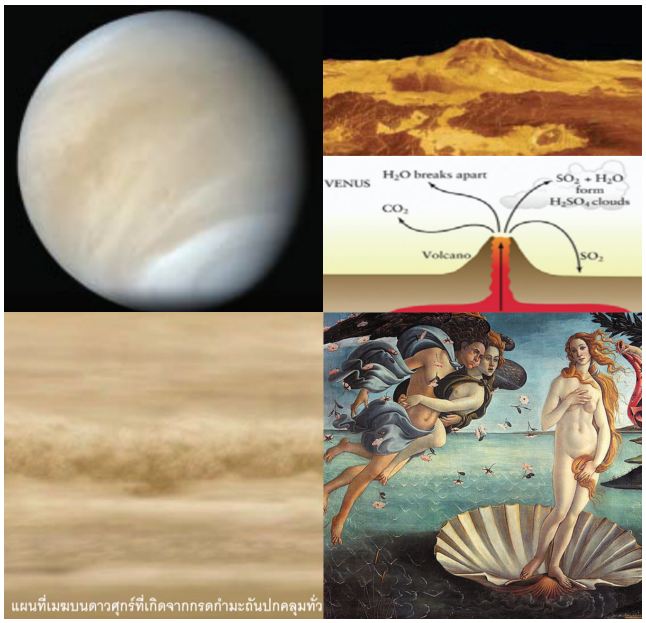
รูปที่ 3.6: ดาวพุธ (ซ้ายบน) มีหลุมอุกกาบาตขนาดใหญ่เรียกว่าแอ่งคาโลริส (ขวาบน) บางครั้งเราจะเห็นดาวพุธผ่านหน้าดวงอาทิตย์ (ซ้ายล่าง) โดยชาวกรีกเชื่อว่าดาวพุธคือเทพแห่งการสื่อสาร (ขวาล่าง)
(ที่มา : Mariner 10/NASA, Mariner 10/NASA, Hinode JAXA/NASA/PPARC, Michal Manas - CC BY-NC-ND 2.0)

3.2.2.1 ดาวพุธ

ดาวพุธ (Mercury) เป็นดาวเคราะห์ที่มีขนาดเล็ก และอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด จึงปรากฏให้เห็นบนท้องฟ้า ไม่ไกลจากตำแหน่งดวงอาทิตย์ ดังนั้น ดาวพุธจึงสังเกตเห็นได้เฉพาะเวลาใกล้ค่ำหรือรุ่งเช้าเท่านั้น ดาวพุธหมุนรอบตัวเองอย่างช้า ๆ โดยระยะประมาณ 58.65 วันทำให้ดาวพุธมีชั้นบรรยากาศห่อหุ้มที่เบาบาง ซึ่งส่งผลให้พื้นผิวดาวพุธในช่วงกลางวันประมาณ 430 องศาเซลเซียส กลางคืนมีอุณหภูมิต่ำถึง -180 องศาเซลเซียส **พื้นผิวของดาวพุธคล้ายกับดวงจันทร์ของโลก แห้งแล้งและเต็มไปด้วยหลุมอุกกาบาตมากมาย** บางบริเวณมีลักษณะเป็นแอ่งที่ราบขนาดใหญ่ ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดจากการพุ่งชนของอุกกาบาตในยุคแรกของระบบสุริยะ โดยแอ่งที่ราบที่ความกว้างที่สุดชื่อว่า แอ่งคาโลริส (Caloris) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1,550 กิโลเมตร (ดังแสดงในรูปที่ 3.6)

มุมคนชอบดราม่า ตอน "ดาวพุธ: เทพแห่งการสื่อสาร"

ความที่ดาวพุธโคจรรอบดวงอาทิตย์เร็วที่สุดในบรรดาดาวเคราะห์อื่น ๆ ชาวกรีกโรมันจึงขนานนามว่า "เฮอร์เมส (Hermes)" ในชื่อกรีก หรือ "เมอร์คิวรี (Mercury)" ในชื่อโรมัน ซึ่งแปลว่า "ผู้ก้าวเร็ว" และยกย่องให้เป็น "เทพแห่งการสื่อสารและการเจรจา" (ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ด้านขวาล่าง) อย่างไรก็ตาม เทพองค์นี้ห้ามเจรจาผิดพลาดเป็นอันขาด มิเช่นนั้นตัวเองจะถูกชนเข้าจัง ๆ เพราะเราทราบว่าดาวพุธมีชั้นบรรยากาศที่เบาบางมาก ๆ ไม่สามารถป้องกันตัวเองจากอุกกาบาตที่พุ่งชนได้



รูปที่ 3.7: ดาวศุกร์ (ซ้ายบน) เต็มไปด้วยภูเขาไฟที่ปล่อยกรดกำมะถัน (ขวาบน) ที่ปกคลุมทั่วทั้งดาว (ซ้ายล่าง) ทำให้ชั้นบรรยากาศดาวศุกร์สะท้อนแสงอาทิตย์ได้ดีจนปรากฏเป็นดาวที่สุกใสบนท้องฟ้า ชาวกรีกจึงนับถือเป็นเทพเจ้าแห่งความรัก (ซ้ายล่าง)
(ที่มา : Mariner 10/NASA, Magellan/NASA, Galileo/NASA, Sandro Botticelli)

3.2.2.2 ดาวศุกร์

ดาวศุกร์ (Venus) เป็นวัตถุท้องฟ้าที่สว่างที่สุดเป็นอันดับสาม รองจากดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ นั่นเป็นเพราะดาวศุกร์อยู่ใกล้เรามากและมีชั้นบรรยากาศที่สะท้อนแสงดวงอาทิตย์ได้ดี และการที่มันมีวงโคจรที่เล็กกว่าโลก ทำให้เราสามารถมองเห็นดาวศุกร์เป็นเสี้ยวได้ และสามารถเกิดปรากฏการณ์ผ่านหน้าดวงอาทิตย์ได้เช่นเดียวกับดาวพุธ

เปรียบเสมือนน้องสาวฝาแฝดของโลก เพราะมีขนาดมวล ความหนาแน่น องค์ประกอบ และแรงโน้มถ่วงที่ใกล้เคียงกัน จึงมีโครงสร้างภายในที่คล้ายคลึงกัน ด้วยบรรยากาศส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ชั้นเมฆที่มีกรดซัลฟิวริกหรือกรดกำมะถันจากภูเขาไฟระเบิด ซึ่งมีมากกว่า 10,000 ลูกบนดาวศุกร์ เป็นผลให้ชั้นบรรยากาศที่หนาแน่นกักเก็บความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงถึง 470 องศาเซลเซียส ซึ่งร้อนพอที่จะหลอมตะกั่วได้ และเกิดสภาวะเรือนกระจกแบบกู้ไม่กลับ

ชั้นบรรยากาศของดาวศุกร์มีความหนาแน่นมาก โดยมีความดันบรรยากาศเฉลี่ยที่พื้นผิวมากถึง 9.3 เมกะปาสคาล ซึ่งสูงกว่าความดันบรรยากาศของโลกที่ระดับน้ำทะเลถึง 90 เท่า องค์ประกอบของชั้นบรรยากาศของดาวศุกร์จะประกอบไปด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ และมีเมฆที่เกิดจาก**กรดกำมะถันหนาทึบ** ทำให้การศึกษาสภาพพื้นผิวของดาวทำได้ยาก และการที่ดาวศุกร์มีบรรยากาศแบบนี้ ทำให้เกิด**ปรากฏการณ์เรือนกระจก**ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นทั้งดาว ดังนั้นแม้จะมีขนาดที่ใกล้เคียงกับโลก แต่ดาวศุกร์นั้นไม่สามารถใช้เป็นแหล่งอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตได้เลย ดังแสดงในรูปที่ 3.7

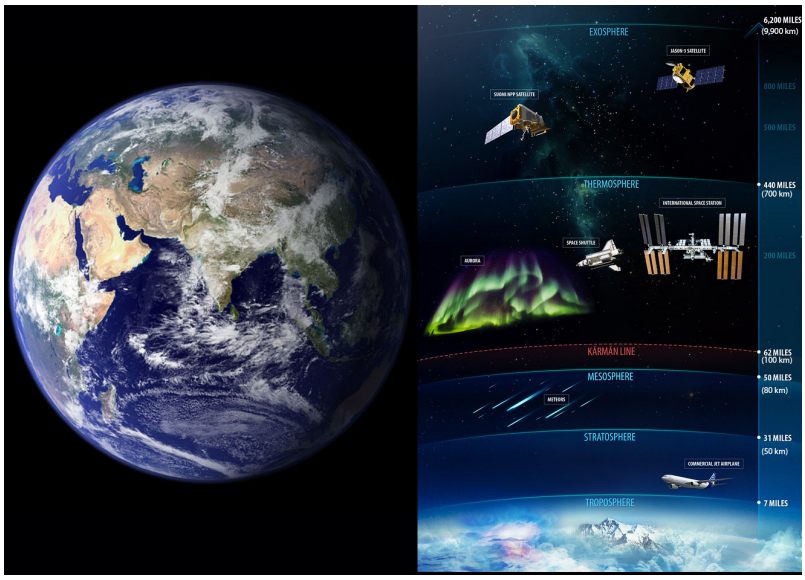
ดาวศุกร์ใช้เวลาในการโคจรรอบดวงอาทิตย์ (225 วัน) เร็วกว่าหมุนรอบตัวเอง (243 วัน) โดยหมุนรอบตัวเองในทิศทางตรงกันข้ามกับการหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้**เมื่ออยู่บนดาวศุกร์จะเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นไปทางทิศตะวันตก**เมื่อเทียบกับทิศบนโลก ดาวศุกร์มีชั้นบรรยากาศหนาแน่นยากแก่การสำรวจ แต่ยังมียานแมกเจลแลนของนาซาที่ไปสำรวจดาวศุกร์ ในช่วงปี พ.ศ.2533 ใช้เรดาร์ได้ข้อมูลภาพ 98 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นผิวดาวศุกร์ และยานอวกาศกาลิเลโอ ใช้อินฟราเรดทำแผนที่ เพื่อโครงสร้างเมฆระดับกลางของดาวศุกร์

มุมคนชอบดราม่า ตอน "ดาวศุกร์: เทพีแห่งความรัก" ความที่ดาวศุกร์นั้นสว่างสุกใสและเห็นได้ชัดเจน จนถูกเรียกว่า "ดาวประจำเมือง" (หากเห็นในยามพลบค่ำ) และ "ดาวประกายพรึก" (หากเห็นยามรุ่งสางก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น) จากความสวยงามนี้ชาวกรีกโรมันจึงขนานนามให้เป็นเทพีแห่งความรัก ชื่อว่า "อะโฟรไดท์ (Aphrodite)" ในชื่อกรีก หรือ "วีนัส (Venus)" ในชื่อโรมัน (ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ด้านขวาล่าง)

3.2.2.3 โลก

โลก (Earth) เป็นบ้านของเรา ดาวเคราะห์ดวงที่ 3 ถัดจากดาวศุกร์ เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าดาวศุกร์ไม่กี่ร้อยกิโลเมตร ซึ่งเป็นดาวเคราะห์เพียงดวงเดียวในระบบสุริยะ ที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์ดวงนี้ เนื่องจากระยะห่างจากดวงอาทิตย์ที่เหมาะสม ส่งผลให้สภาวะอากาศและปัจจัยอื่น ๆ เอื้ออำนวยต่อสิ่งมีชีวิต โลกปกคลุมโดยมหาสมุทรเกือบร้อยละ 70 ของพื้นที่ผิวโลก

ชั้นบรรยากาศประกอบด้วยไนโตรเจนร้อยละ 78 ออกซิเจนร้อยละ 21 และส่วนผสมอื่นๆ ร้อยละ 1 บรรยากาศเป็น



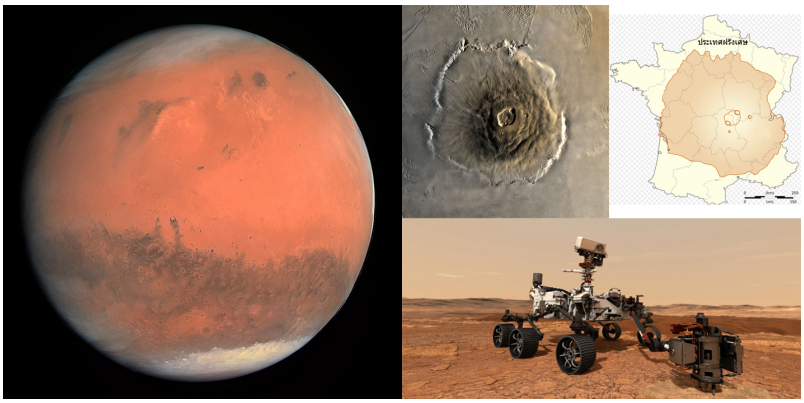
รูปที่ 3.8: โลก (ซ้าย) และชั้นบรรยากาศทั้ง 5 ชั้น (ขวา) ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 ชั้น โทรโฟสเฟียร์ (Troposphere) สตราโทสเฟียร์ (Stratosphere) มีโซสเฟียร์ (Mesosphere) เทอร์โมสเฟียร์ (Thermosphere) เอกโซสเฟียร์ (Exosphere)
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ซึ่งดัดแปลงจาก www.nesdis.noaa.gov)

สิ่งที่ป้องกันรังสีอันตรายที่มาจากดวงอาทิตย์ หรืออุกกาบาตที่ผ่านมายังโลก และช่วยรักษาอุณหภูมิภายในโลกเอาไว้

การหมุนอย่างรวดเร็วของโลกและการหลอมเหล็กและนิกเกิลที่แกน ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กโดยรอบขึ้น เมื่อลมสุริยะซึ่งเป็นลมที่มีอนุภาคจากดวงอาทิตย์ปะทะกับสนามแม่เหล็ก ทำให้บริเวณที่สนามแม่เหล็กเบาบางที่สุด เช่น บริเวณขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้ เกิดการเรืองแสงและเป็นที่รู้จักกันว่า ออโรรา หรือ แสงเหนือแสงใต้

3.2.2.4 ดวงอังคาร

ดาวอังคาร (Mars) เป็นดาวเคราะห์ชั้นใน อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็นอันดับที่ 4 ถัดออกไปจะเป็นแถบดาวเคราะห์น้อย คั่นอยู่ระหว่างดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี ดาวอังคาร มีแกนหมุนที่ใกล้เคียงกับโลก จึงทำให้มีฤดูกาลที่ใกล้เคียงกับฤดูบนโลกด้วย พื้นผิวของดาวอังคารปกคลุมไปด้วยฝุ่น ที่เป็นออกไซด์ของเหล็กหรือสนิมเหล็กนั่นเอง จึงทำให้ดาวอังคารมีสีแดง พื้นผิวของดาวเต็มไปด้วยหลุมบ่อ และภูเขาไฟจำนวนมากอายุมากกว่าสามพันล้านปี บริเวณขั้วที่มีสีขาวประกอบด้วย น้ำแข็ง (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์แข็งหรือ น้ำแข็งแห้ง (CO_2) ซึ่งมีขนาดเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและร่องรอยของการกัดเซาะของน้ำ (ดังรูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9: ดาวอังคารมีพื้นผิวเป็นทะเลทรายสนิมเหล็กจึงเห็นปรากฏเป็นดาวสีแดง ที่ขั้วปกคลุมด้วยน้ำแข็งแห้ง (ซ้าย) และมีภูเขาที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะคือภูเขา "โอลิมปัส" ซึ่งสามารถเทียบได้เท่ากับประเทศฝรั่งเศษเกือบทั้งประเทศ (ขวาบน) โดยยานสำรวจคิวริออซิตี้ (Curiosity) ขนาดเท่ากับรถยนต์พร้อมกล้อง 17 ตัวรอบทิศทางได้ถูกปล่อยเพื่อเดินสำรวจพื้นผิวดาวอังคาร เริ่มเดินทางเมื่อ ค.ศ. 2011 (ขวาล่าง)
(ที่มา : OSIRIS/ESA & MPS, NASA, JPL/NASA)

ดาวอังคารมีดวงจันทร์ ดวงเล็กๆ 2 ดวง ได้แก่ โฟบอส (Phobos) และดีมอส (Deimos) ที่ถือว่าเป็นบริวารขนาดเล็กมากด้วยเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 และ 13 กิโลเมตร ตามลำดับ และสามารถเปรียบเทียบกับขนาดของบริวารของดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ได้ (ในรูปที่ 3.11) คาดว่าอาจเคยเป็นดาวเคราะห์น้อย ซึ่งถูกดาวอังคารดึงดูดมาเป็นบริวาร ดวงจันทร์ของดาวอังคารมีรูปร่างบูดเบี้ยวไม่กลมเหมือนดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ผิวของดวงจันทร์มีหลุมอุกกาบาตน้อยใหญ่เกือบทั้งดวง

บรรยากาศของดาวอังคารมีสภาวะอากาศบนดาวอังคารเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์แห่งพายุฝุ่น อุณหภูมิ และกระแสลมที่แปรเปลี่ยนทำให้มักเกิดพายุฝุ่นตลอดปี บรรยากาศของดาวอังคาร มีความหนาแน่น



รูปที่ 3.10: เทพแห่งสงครามแอรีส (ซ้าย) แต่พ่ายแพ้ให้กับอะธีนาเทพีแห่งปัญญาในสงครามกรุงทรอย (กลาง) และรู้จักดีว่าเป็นคนรักของอะโฟรไดท์เทพีแห่งความรัก (ขวา)
(ที่มา : Alkamenes, Jacques-Louis David, D. Marchetti)

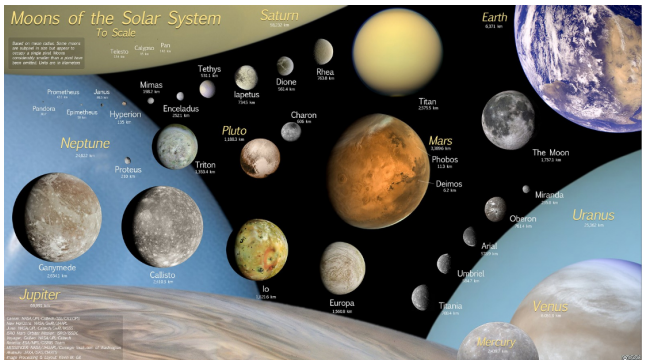
ไม่ถึง 1 ใน 100 ของบรรยากาศโลก ซึ่งเบาบางพอๆ กับบรรยากาศของโลกที่ระดับความสูงที่ 50 กิโลเมตรขึ้นไป ส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึงร้อยละ 95% และมีก๊าซไนโตรเจน นีออน อาร์กอน ออกซิเจน คริปตอน ซีนอน และโอโซนเพียงเล็กน้อย มีน้ำอยู่ราว 1 ใน 1,000 ของบรรยากาศโลก

ดาวอังคารหมุนรอบตัวเองใช้เวลา 24 ชั่วโมง 37 นาที และมีแกนหมุนเอียงทำมุม 25 องศา ซึ่งคล้ายโลกมาก จึงเป็นสาเหตุของความเป็นไปได้สูงที่จะมนุษย์จะสามารถใช้ชีวิตบนดาวอังคารอยู่ได้ดังปรากฏในภาพยนต์หลายต่อหลายเรื่อง อย่างไรก็ดีดาวอังคารโคจรรอบดวงอาทิตย์ ด้วยเวลาประมาณ 23 เดือน จึงทำให้แต่ละฤดูบนดาวอังคารยาวนานกว่าบนโลก

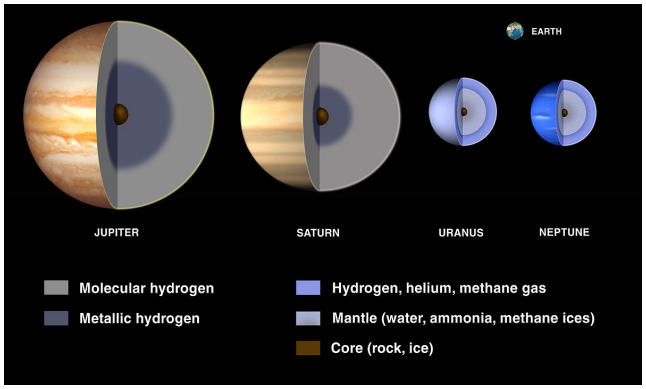
มุมคนชอบดราม่า ตอน "ดาวอังคาร: เทพเจ้าแห่งสงคราม"

เนื่องจากดาวอังคารมีพื้นผิวที่เป็นไปด้วยสนิมเหล็กสีแดง จึงมองเห็นเป็นดาวเคราะห์สีแดง ชาวกรีกโรมันโบราณอาจเชื่อว่าเป็นดาวที่เต็มไปด้วยสงครามและการนองเลือด จึงยกให้ดาวอังคารเป็น "เทพแห่งสงคราม" มีชื่อว่า "แอรีส (Ares)" ในชื่อกรีก หรือ "มาร์ส (Mars) ในชื่อโรมัน ปกติเราจะเห็นแอรีสในท่าทางใส่หมวกและถือหอกเพื่อออกรบเป็นสัญลักษณ์ของแง่มุมกายภาพหรือความรุนแรงและไม่สงบของสงคราม ขัดกับอะธีนา (Athena) ผู้เป็นเทพเจ้าแห่งปัญญา รวมทั้งยุทธศาสตร์การทหาร ในสงครามกรุงทรอย แอรีสทรงอยู่ข้างที่ปราชัย ขณะที่อะธีนาซึ่งมักพรรณนาในศิลปะกรีกโดยถือชัยชนะ (ไนกี) อยู่ในพระหัตถ์นั้นอยู่ฝ่ายกรีกผู้ชนะ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

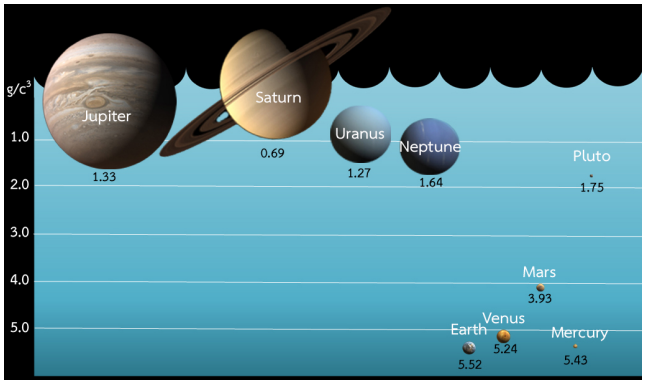
ชาวกรีกมีความรู้สึกไม่ชัดเจนต่อแอรีส เนื่องจากเทพแอรีสเป็นสัญลักษณะของความพ่ายแพ้เช่นเดียวกับความสามารถในสงคราม แม้พระองค์จะทรงมีความกล้าทางกายซึ่งจำเป็นต่อความสำเร็จในสงคราม แต่เป็นพลังที่อันตราย "ท่วมท้น ละโมบในการยุทธ์ ทำลายล้างและฆ่าคน" อีกทั้งยังมีพระโอรสคือ โฟบอส (Phobos) ที่หมายถึงความกลัว และเดมอส (Deimos) ที่หมายถึงความสยองขวัญ อีกด้วย



รูปที่ 3.11: การเปรียบเทียบขนาดของบริวารดาวเคราะห์ต่าง ๆ ในระบบสุริยะ
(ที่มา : NASA)



รูปที่ 3.12: โครงสร้างภายในของดาวเคราะห์ก๊าซ
(ที่มา : Lunar and Planetary Institute/NASA)



รูปที่ 3.13: ความหนาแน่นของดาวเคราะห์ทั้ง 8 ดวง และพลูโต เทียบกับความหนาแน่นของน้ำ
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข))



รูปที่ 3.14: ดาวพฤหัสบดีเป็นดาวเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ (ซ้าย) จึงได้ชื่อว่าเป็นมหาเทพแห่งเหล่าเทพโอลิมปัส (ขวา)
(ที่มา : NASA,ESA and A. Simon (NASA Goddard), ศิลปินไร้นามผลงานในปี 250 AD จัดแสดงที่พิพิธภัณฑ์ลูฟว์)

3.2.2.5 ดาวพฤหัสบดี

ดาวพฤหัสบดี (Jupiter) เป็นดาวเคราะห์ขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ (ดังแสดงในรูปที่ 3.14) บรรยากาศของดาวพฤหัสบดี ประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซฮีเลียม ที่ห่อหุ้มด้วยมีเทน แอมโมเนียม ไฮโดรซัลไฟด์ และน้ำ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ ทำให้ดาวพฤหัสบดีมีสีแดง อย่างที่ปรากฏให้เห็น ในบรรยากาศของดาวที่มีลมพัดแรง ซึ่งเกิดจากการหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วเพียง 10 ชั่วโมงต่อรอบ ทำให้ดาวมีลักษณะกลมแป้น การหมุนอย่างรวดเร็วนั้น เป็นผลให้ก๊าซรวมกันคล้ายเมฆ แถบสีส้มของแอมโมเนียมซัลไฟด์ เรียกว่า เข็มขัด (belt) และแถบสีขาวของแอมโมเนีย เรียกว่า โซน (zone) บางครั้งก็เห็นจุดสีแดงอยู่บริเวณเข็มขัดเมฆ เรียกว่า จุดแดงใหญ่ เป็นจุดสีแดงรูปไข่ มีขนาด 2-3 เท่าของโลก

มุมคนชอบดราม่า ตอน "บริวารใหญ่ทั้ง 4 ของดาวพฤหัสบดี: เหล่าภรรยาน้อยของมหาเทพ"

ดาวพฤหัสบดีเป็นดาวเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ จึงได้ชื่อว่าเป็นมหาเทพในเหล่าเทพทั้งหลาย มีนามว่า "ซุส (Zeus)" ในชื่อกรีก หรือ "จูปิเตอร์ (Jupiter) ในชื่อโรมัน นอกจากจะมีเทพีเฮรา (Hera) เป็นภรรยาหลักแล้ว ซูสยังมีหญิงสาวสวยงามอันดังโด่งดังอีก 4 คนได้แก่ ไอโอ (Io) ยูโรปา (Europa) แกนีมีด (Ganymede) และคัสลิสโต (Callisto) เป็นอนุภรรยาอีกด้วย โดยชื่อเหล่านี้ถูกนำไปตั้งเป็นชื่อบริวารขนาดใหญ่ของดาวพฤหัสบดีทั้ง 4 ดวงที่กาลิเลโอ กาลิเลอิ ค้นพบในปี ค.ศ.1610 บริวารทั้งสี่จึงถูกเรียกว่า "ดวงจันทร์ของกาลิเลโอ (Galilean satellites)"

แม้ขนาดของบริวารทั้ง 4 (ดังแสดงในภายที่ 3.11) จะดูใกล้เคียงกัน แต่แต่ละดวงนั้นมีลักษณะทางกายรูปที่แตกต่างกันอย่างสุดโต่ง ดังนี้

-**ไอโอ (Io)** เป็นดาวที่เต็มไปด้วยภูเขาไฟระเบิดรุนแรงมากที่สุดของระบบสุริยะ

-**ยูโรปา (Europa)** มีขนาดใหญ่กว่าดวงจันทร์ของโลกเพียงเล็กน้อย มีพื้นผิวปกคลุมด้วยน้ำแข็ง ภายใต้เปลือกน้ำแข็ง เป็นมหาสมุทรซึ่งสันนิษฐานว่ามีน้ำมากกว่าโลกถึงสองเท่า นักชีวดาราศาสตร์จึงเชื่อว่ายูโรปามีศักยภาพที่จะเป็นถิ่นที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต

-**แกนีมีด (Ganymede)** เป็นดวงจันทร์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ (ใหญ่กว่าดาวพุธ) และเป็นดวงจันทร์เพียงดวงเดียวที่มีสนามแม่เหล็ก แกนีมีดมีพื้นผิวเป็นหินปนน้ำแข็ง และมีร่องรอยการชนของอุกกาบาตจำนวนมาก ยูโรปาและแกนีมีดต่างมีแก่นเป็นเหล็กซึ่งห่อหุ้มด้วยชั้นหิน

-**คัสลิสโต (Callisto)** มีลักษณะคล้ายกานีมีดแต่พื้นผิวมีหลุมอุกกาบาตน้อยกว่า และมีร่องรอยของพื้นถล่มในปัจจุบัน ทั้งกานีมีดและคัลลิสโตมีมหาสมุทรอยู่ใต้พื้นผิว แต่ไม่ได้ลึกลงไปจนถึงชั้นแมนเทิลดังเช่นยูโรปา

นอกจากบริวารขนาดใหญ่ทั้งสี่แล้วดาวพฤหัสบดียังมีบริวารขนาดเล็กจำนวนมากและวงแหวนอีกด้วย... ผู้ที่สนใจนิยายเทพปกรณัมกรีกคงจะทราบกันแล้วว่าซุสนั้นไม่ได้มีแค่ภรรยา 1 และอนุอีก 4 เพราะเจ้าชู้ตัวยง

3.2.2.6 ดาวเสาร์

ดาวเสาร์ (Saturn) เป็นดาวเคราะห์ไกลที่สุดในดาวเคราะห์ 5 ดวง ที่คนโบราณรู้จักกัน ในปี ค.ศ. 1659 นักดาราศาสตร์ชื่อ คริสเตียน ฮอยเกนส์ ใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องดูดาวเสาร์และเสนอว่าดาวเสาร์ถูกล้อมรอบด้วยวงแหวนแบนและต่อมาทราบว่าวงแหวนเหล่านั้นประกอบด้วยอนุภาคขนาดน้อยใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก้อนน้ำแข็งจำนวนมหาศาล



รูปที่ 3.15: ดาวเสาร์และบริวารไททัน (ซ้าย) เชื่อว่ามีการก่อตัวในช่วงยุคแรกเริ่มของระบบสุริยะ ซึ่งประจวบกับตำนานเทพปกรณัมกรีกที่ว่าดาวเสาร์หรือโครนอส (คือผู้นำของเหล่าเทพยุคไททันซึ่งเป็นยุคก่อนกลุ่มเทพโอลิมปัส) กลัวคำทำนายที่ลูกจะโค่นบรรลังก์จึงจับลูกกินเรื่อยไป (ขวา)
(ที่มา : JPL/NASA, Peter Paul Rubens)

แม้แกนกลางจะเป็นของแข็งเช่นเดียวกันกับดาวพฤหัสบดี ยูเรนัส และเนปจูน (ดังแสดงในรูปที่ 3.12) ดาวเสาร์มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก๊าซไฮโดรเจนและฮีเลียม (ไฮโดรเจน 96.3% ฮีเลียม 3.3% และธาตุอื่น ๆ อีก 0.4% ชั้นนอกสุดของดาวเสาร์ประกอบด้วยแอมโมเนีย) ดังนั้นดาวเสาร์จึงเป็นดาวเคราะห์เดียวที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยน้อยกว่าน้ำ นั่นคือหากเราโยนดาวเสาร์ลงน้ำ มันจะลอยอยู่เหนือน้ำ (ดังรูปที่ 3.13) ดาวเสาร์มีบริวารถึง 62 ดวง โดยมีไททัน (Titan) เป็นบริวารที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ (ดูภาพที่ 3.11 ประกอบ)

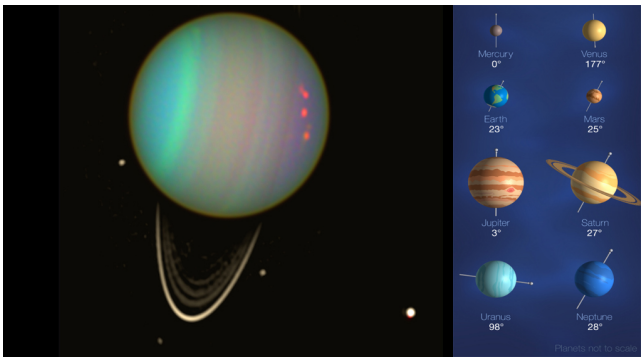
มุมคนชอบดราม่า ตอน "ดาวเสาร์: เทพที่กลืนกินลูกตัวเอง"

ดาวเสาร์เป็นหนึ่งในดาวก๊าซยักษ์ที่เชื่อว่ามีการก่อตัวในช่วงยุคแรกเริ่มของระบบสุริยะ ซึ่งประจวบกับตำนานเทพปกรณัมกรีกที่เชื่อว่าเทพเจ้าดาวเสาร์หรือโครนอส (Cronus, Cronos, หรือ Kronos) ซึ่งเป็นผู้นำของเหล่าเทพไททัน (Titan) เหล่าเทพที่รูปร่างใหญ่โต ซึ่งเป็นเทพยุคก่อนกลุ่มเทพโอลิมปัส โดยโครนอสเป็นลูกคนเล็กของยูเรนัสเทพเจ้าแห่งท้องฟ้า (Uranus) กับพระแม่ธรณี (Gaia) โครนอสได้ทำการโค่นบรรลังก์ของพ่อตนแล้วขึ้นครองราชย์แทน จึงมีคำทำนายว่าโครนอสก็จะถูกลูกโค่นบรรลังก์เช่นกัน เขาหวาดกลัวคำทำนายจึงจับลูกตัวเองที่เกิดออกมากินเรื่อยไป จนกระทั่งซูสลูกคนล่าสุดได้หลบหนีออกมาได้และโค่นบัลลังก์โครนอส และสถาปนาตัวเองเป็นมหาเทพแห่งเหล่าเทพโอลิมปัสในยุคต่อมา...อนิจา กรรมใดใครก่อ กรรมนั้นคืนสนอง

3.2.2.7 ดาวยูเรนัส

ดาวยูเรนัส (URANUS) ถูกค้นพบโดย วิลเลียม เฮอร์เชล ในปี พ.ศ.2324 ดาวเคราะห์ดวงที่ 7 จากดวงอาทิตย์ ใช้เวลาโคจรรอบดวงอาทิตย์ 84 ปี **แกนหมุนของดาวยูเรนัสจะเอียงเกือบขนานกับระนาบวงโคจร จึงปรากฏว่ายูเรนัสจะหมุนรอบตัวเองแบบตะแคงข้างเป็นผลให้แต่ละฤดูกาลบนดาวยูเรนัสมีระยะเวลายาวนาน** โดยซีกเหนือของดาว เป็นฤดูหนาวนาน 42 ปี และซีกใต้ของดาวเป็นฤดูร้อนนาน 42 ปี

โครงสร้างภายในดาวมีความคล้ายกับบาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ และเนปจูน (ดูรูปที่ 3.12 ประกอบ) คือ มีแกนกลาง



รูปที่ 3.16: ดาวยูเรนัสที่ถูกปรับแต่งแสงให้เห็นวงแหวนและบริวาร (ซ้าย) มีลักษณะเฉพาะตัวที่โดดเด่นคือมีแกนการหมุนรอบตัวเองเอียงมากที่สุดในระบบสุริยะ (ขวา) เป็นผลทำให้มีฤดูกาลที่ยาวนาน
(ที่มา : NASA/Erich Karkoschka (Univ. Arizona), NASA/JPL-Caltech/Richard Barkus)



รูปที่ 3.17: ดาวเนปจูนที่มองเห็นเป็นสีน้ำเงินเหมือนมหาสมุทร (ซ้าย) จึงถูกขนานนามว่าเป็นเทพแห่งมหาสมุทร หรือเทพโพไซดอน (ขวา)
(ที่มา : NASA, รูปแกะสลักที่ท่าเรือเมืองโคเปนเฮเกนโดย Hans Andersen - CC BY-SA 3.0)

เป็นของแข็ง บรรยากาศชั้นนอกประกอบด้วยไฮโดรเจนและฮีเลียม ส่วนที่ลึกลงไปส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแอมโมเนียและมีเทน และก๊าซมีเทนนี้เองที่ดูดซับแสงสีแดงไว้ ทำให้เรามองเห็นดาวยูเรนัสมีสีน้ำเงินอมเขียว

3.2.2.8 ดาวเนปจูน

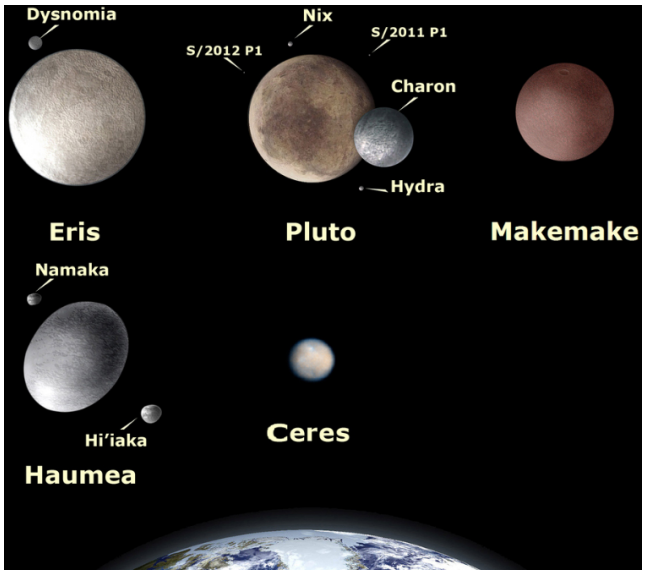
หลังการค้นพบดาวยูเรนัสได้ไม่นาน นักดาราศาสตร์พบว่าตำแหน่งของดาวยูเรนัสคลาดเคลื่อนไปจากที่คำนวณไว้ โดยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จึงสันนิษฐานว่ามีดาวเคราะห์อีกดวงหนึ่ง ที่สามารถดึงดาวยูเรนัสอยู่

โยเซฟ เลอ เวรีเย ชาวฝรั่งเศส ได้คำนวณตำแหน่งของดาวเคราะห์ดวงใหม่นี้ และส่งการคำนวณของเขาให้ โยฮันน์ กอทท์ฟรีด กัลป์เลอ ณ หอดูดาวแห่งนครเบอร์ลิน ประเทศเยอรมัน ได้พบดาวเคราะห์ดวงใหม่และตั้งชื่อตามเทพแห่งท้องทะเลว่า ดาวเนปจูน (Neptune) เนื่องจากมีสีน้ำเงินคล้ายน้ำทะเล ดังแสดงในรูปที่ 3.17

ดาวเนปจูนมีสีน้ำเงิน ด้วยสาเหตุเดียวกันกับดาวยูเรนัส (ดูรูปที่ 3.12 ประกอบ) บนดาวเนปจูนมีอุณหภูมิที่หนาวเย็น เนื่องจากอยู่ไกลดวงอาทิตย์มาก มีวงแหวนบาง ๆ 5 วง ที่ประกอบด้วยวัตถุเล็กละเอียดมากกว่าจะเป็นวัตถุก้อนใหญ่ ดาวเนปจูนมีดวงจันทร์ 13 ดวง ดวงจันทร์ที่ใหญ่ที่สุดของดาวเนปจูน ชื่อ ไทรทัน (Tritan) ซึ่งขนาดพอ ๆ กับดวงจันทร์ของโลก (ดูรูปที่ 3.11 ประกอบ)

3.2.3 ดาวเคราะห์แคระ

จากหัวข้อที่ 3.2.2 เราทราบแล้วว่า **นิยามของดาวเคราะห์ ต้องมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ประการ** คือ 1.) โคจรรอบดวงอาทิตย์ 2.) มีมวลสูงมากพอจนแรงโน้มถ่วงทำให้วัตถุดังกล่าวมีรูปทรงเป็นทรงกลมหรือเกือบกลม 3.) มีวงโคจรของตัวเอง นั่นคือบริเวณใกล้เคียงกับวงโคจรของมันต้องปราศจากวัตถุอื่น ๆ



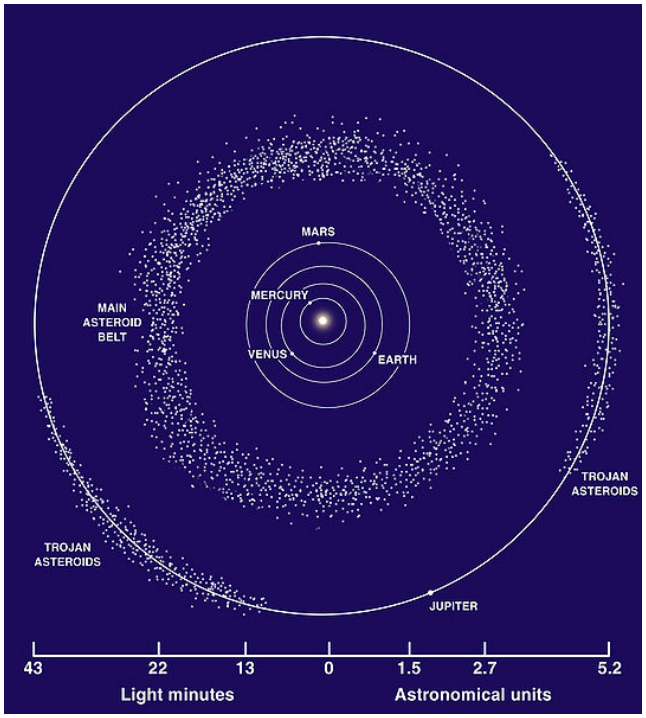
รูปที่ 3.18: ดาวเคราะห์แคระเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของโลก ปัจจุบันพบ 5 ดวง ได้แก่ เซเรส (Ceres, 1801), พลูโต (Pluto, 1930), อีรีส (Eris, 2005), มาคีมาคี (Makemake, 2005) และเฮาเมอา (Haumea, 2004)
(ที่มา : NASA)

ทั้งนี้ หากมีวัตถุใดที่มีคุณสมบัติข้อ 1 และ 2 แต่ไม่มีข้อ 3 ให้เรียกว่า **ดาวเคราะห์แคระ (dwarf planet)** และสำหรับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่เป็นไปตามข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ให้เรียกรวม ๆ ว่า **วัตถุขนาดเล็กในระบบสุริยะ (small solar system bodies)**

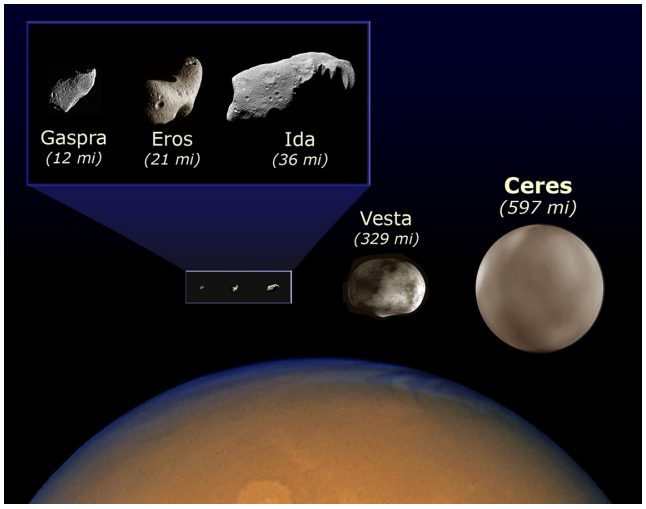
3.2.4 ดาวเคราะห์น้อย

ดาวเคราะห์น้อย (asteroid) เป็นเทหวัตถุขนาดเล็กที่อยู่ระหว่างดาวอังคารกับดาวพฤหัสบดี มีองค์ประกอบเป็นหินหรือโลหะเป็นหลัก การก่อตัวของดาวเคราะห์น้อย เริ่มขึ้นพร้อมกับดาวเคราะห์รอบข้างด้วยการชนระหว่างหินหลอมละลายจำนวนมากรวมตัวกัน และมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่แรงโน้มถ่วงจากดาวอังคารกับดาวพฤหัสบดี ทำให้ก้อนหินเหล่านี้ต้องกระจัดกระจายเป็นวงแหวน ก้อนหินขนาดใหญ่ล้อมรอบดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์น้อยส่วนใหญ่โคจรอยู่ระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี เรียกว่า **แถบดาวเคราะห์น้อย (asteroid belt)** เช่น ดาวเคราะห์น้อยโทรจัน (Trojans) (ดังรูปที่ 3.19 และ 3.21) แม้จะมีจำนวนมาก แต่หากเรานำมวลของดาวเคราะห์น้อยทั้งหมดมารวมกันจะได้มวลน้อยกว่าดวงจันทร์ของโลกเสียอีก

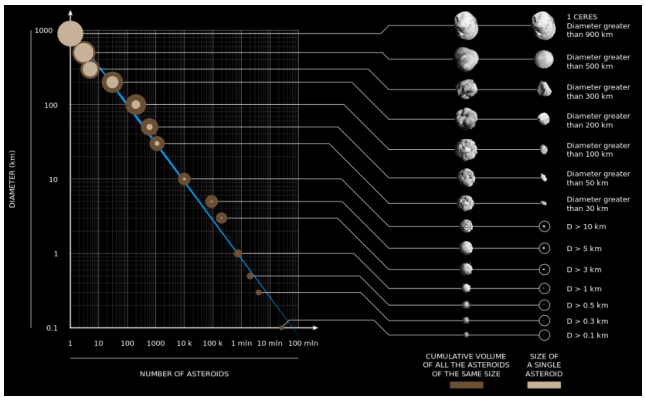
ดาวเคราะห์น้อยจำนวนมากถูกแรงโน้มถ่วงจากดาวเคราะห์จนกลายเป็นดวงจันทร์บริวารของดาวเคราะห์ไป เช่น ดวงจันทร์ของดาวอังคาร ที่ชื่อว่า โฟบอส และดีมอส นอกจากนี้ บางดวงกลายเป็นดวงจันทร์ของดาวพฤหัสดี ดาวเสาร์ ยูเรนัส และเนปจูน



รูปที่ 3.19: แถบดาวเคราะห์น้อยที่มีตำแหน่งอยู่ระหว่างวงโคจรดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี
(ที่มา : NASA)



รูปที่ 3.20: เปรียบเทียบขนาดของดาวเคราะห์น้อยกับดาวอังคาร
(ที่มา : Density Design Integrated Course Final Synthesis Studio, Polytechnic University of Milan, under licensed CC BY-SA 4.0)



รูปที่ 3.21: ขนาดและจำนวนของดาวเคราะห์น้อย
(ที่มา : Density Design Integrated Course Final Synthesis Studio/Polytechnic University of Milan, under licensed CC BY-SA 4.0)

มุมคนชอบดราม่า ตอน "จะมีดาวเคราะห์น้อยขนาดใหญ่พุ่งชนโลกหรือไม่!?"

จากรูปที่ 3.21 แสดงให้เห็นว่าดาวเคราะห์น้อยขนาดใหญ่นั้นจะมีจำนวนน้อย และดาวเคราะห์น้อยขนาดเล็กจะมีจำนวนมาก ดังนั้น หากจะมีดาวเคราะห์ที่หลุดรอดการตรวจจับได้ของโลก ดาวเคราะห์น้อยนั้นจะต้องมีขนาดเล็กจึงจะตรวจจับได้ยาก แม้หลุดรอดมาสู่โลกแล้วก็จะยิ่งเสียดสีกับชั้นบรรยากาศของโลกแล้วหายไปในบรรยากาศโลกหรือลดขนาดลงและสู่พื้นโลกเป็นอุกกาบาตขนาดเล็กที่ไม่ทำอันตรายต่อโลก ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้น้อยมาก ๆ ที่จะมีดาวเคราะห์น้อยขนาดใหญ่ที่หลุดรอดการตรวจจับได้ เพราะยิ่งมันมีขนาดใหญ่เรายิ่งเรารู้จักมันหมดแล้ว จะเหลือก็เพียงกรณีที่ดาวเคราะห์น้อยขนาดใหญ่มีวงโคจรเป็นวงรีมาก ๆ จนมนุษย์ยังไม่เคยเห็นมันมากก่อน ซึ่งกรณีนี้ถือว่าเป็นไปได้น้อยมาก ๆ

3.2.5 ดาวหาง

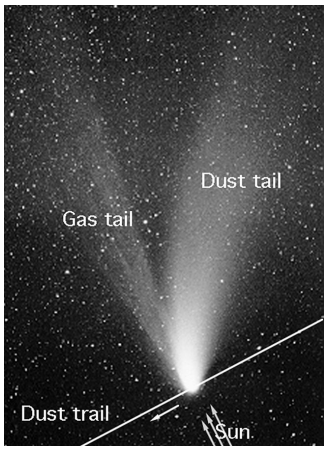
ดาวหาง (Comet) คือ บริวารขนาดเล็กประเภทหนึ่งของดวงอาทิตย์ ที่ประกอบไปด้วยสารประกอบระเหิดง่ายในสภาพเยือกแข็งและฝุ่น ทำให้พวกมันถูกเรียกว่า “ก้อนน้ำแข็งสกปรก” เพราะเป็นเศษซากที่อุดมไปด้วยน้ำแข็งที่หลงเหลือจากการกำเนิดของดาวเคราะห์ เมื่อประมาณ 4.5 พันล้านปีที่แล้ว เป็นวัตถุที่มาจากตำแหน่งที่เลยวงโคจรรอบดวงอาทิตย์เมื่อมันโคจรเข้ามาในระบบสุริยะชั้นใน (ส่วนใหญ่มีวงโคจรที่รีมาก) จะปรากฏเป็นดาวสว่างที่มีหางพาดผ่านท้องฟ้าในยามค่ำคืน เราเรียกมันว่า “ดาวหาง” ซึ่งหางที่ว่าคือก๊าซที่ห่อหุ้มแกนกลาง และจะปรากฏตอนที่ดาวหางเคลื่อนที่เข้ามาในระบบสุริยะชั้นใน โคมาซึ่งประกอบด้วยฝุ่นและก๊าซ และพุ่งออกมาเมื่อได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์

แหล่งกำเนิดของดาวหางแบ่งออกได้ตามคาบการโคจรของดาวหาง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ดาวหางคาบสั้น (Shot-period Comet) ซึ่งมีคาบการโคจรน้อยกว่า 200 ปี มีแหล่งที่มาจากแถบไคเปอร์ (ดูหัวข้อถัดไป) นักวิทยาศาสตร์คาดการณ์ว่าแถบไคเปอร์นี้ มีนิวเคลียสของดาวหางใหญ่ (ขนาดนิวเคลียสของดาวหางเกิน



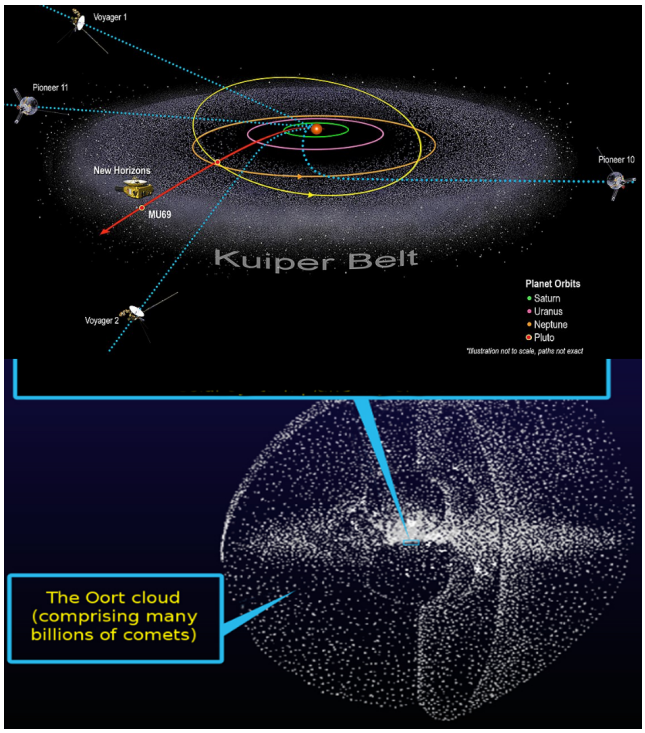
รูปที่ 3.22: ดาวหางโฮล์ม (Holme) ที่โคจรเข้ามาในระบบสุริยะชั้นใน ในปี พ.ศ.2550 แสดงชั้นโคมาที่ขยายออกจนมีขนาดใหญ่มาก ทำให้สามารถมองเห็นดาวหางนี้ด้วยตาเปล่า
(ที่มา : ดร.ศรันย์ โปษยะจินดา)



รูปที่ 3.23: ดาวหางที่แสดงหางฝุ่นและหางก๊าซชัดเจน โดยหางฝุ่นประกอบด้วยอนุภาคขนาดใหญ่เท่าทรายและกรวด ซึ่งถือว่าเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่พอที่จะไม่ถูกผลกระทบจากแสงอาทิตย์หรือลมสุริยะ ขณะที่หางก๊าซประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กเท่าควันบุหรี่ จึงสามารถถูกเป่าให้แยกออกจากหางฝุ่นได้ด้วยปด้วยแสงอาทิตย์และลมสุริยะ
(ที่มา : NASA Ames Research Center/K. Jobse, P. Jenniskens)

100 กิโลเมตร) ประมาณ 100,000 ดวง ดาวพลูโตและอีริส อาจจะเป็นวัตถุที่มีขนาดใหญ่อันดับต้น ๆ ในกลุ่มวัตถุแถบเข็มขัดไคเปอร์นี้

2. ดาวหางคาบยาว (Long-period comet) มีคาบการโคจรเกิน 200 ปี มีแหล่งที่มาจากเมฆออร์ต (ดูหัวข้อถัดไป) นักดาราศาสตร์คาดการณ์ว่า เมฆออร์ตมีดาวหางเป็นจำนวนมากถึงหลักพันล้านดวง ซึ่งเดิมก่อตัวบริเวณวงโคจรของดาวเคราะห์ชั้นนอก (ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน) ก่อนถูกแรงโน้มถ่วงจากดาวเคราะห์เหล่านี้เหวี่ยงไปอยู่บริเวณเมฆออร์ตในปัจจุบัน และดาวหางในเมฆออร์ตจะโคจรรอบดวงอาทิตย์แบบไร้ระเบียบมากกว่าดาวหางในแถบไคเปอร์ (ดูรูปที่ 3.24 ประกอบ)



รูปที่ 3.24: แถบไคเปอร์ (บน) และตำแหน่งของมันในเมฆออร์ต (ล่าง)
(ที่มา : NASA/JHUAPL/SwRI/Magda Saina (บน),ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ซึ่งดัดแปลงจาก NASA (ล่าง))

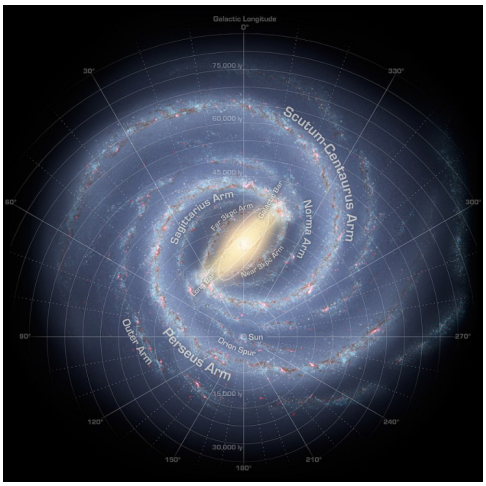
3.2.6 แถบไคเปอร์และเมฆออร์ต

แถบไคเปอร์ (Kuiper belt) เป็นบริเวณที่อยู่เลยจากวงโคจรของดาวเนปจูนออกไป (ดังรูปที่ 3.24) ประกอบด้วยวัตถุที่เป็นก้อนน้ำแข็งขนาดเล็กจำนวนมากโคจรรอบดวงอาทิตย์ ลักษณะคล้ายกับแถบดาวเคราะห์น้อยที่อยู่ระหว่างวงโคจรของดาวอังคารกับดาวพฤหัสบดี วัตถุเหล่านี้ถูกเรียกว่า วัตถุในแถบไคเปอร์ (Kuiper Belt Objects, KBOs) หรืออีกชื่อหนึ่งว่า วัตถุหลังวงโคจรดาวเนปจูน (Trans-Neptunian Objects, TNOs) ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำแข็ง เชื่อกันว่าก้อนน้ำแข็งเหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดของดาวหางคาบสั้น ตั้งชื่อเพื่อเป็นเกียรติแก่ เจอราร์ด ไคเปอร์ (Gerard Kuiper) ผู้ค้นพบ แถบไคเปอร์อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 35-1,000 หน่วยดาราศาสตร์

เมฆออร์ต (Oort cloud) คือทรงกลมที่ล้อมรอบระบบสุริยะทั้งหมดไว้ มีขนาดรัศมีประมาณ 1 ปีแสง หรืออยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ออกไปจากแถบไคเปอร์อีกประมาณ 50,000 หน่วยดาราศาสตร์ ดังแสดงในภาพล่างของรูปที่ 3.24

3.3 ดาราจักรทางช้างเผือก

ดาราจักรทางช้างเผือก (Milky Way Galaxy) ของเรา เป็นดาราจักรกังหันคาน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 แสนปีแสง มีดาวฤกษ์เป็นสมาชิกประมาณ 2 แสนล้านดวง และมีมวลรวมเป็น 6 แสนเท่าของดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.25: แขนของดาราจักรทางช้างเผือก
(ที่มา : NASA/JPL-Caltech/R. Hurt)

ดาราจักรทางช้างเผือกมีแขน 4 แขนหลัก เรียงตามลำดับจากความใกล้แกนกลางมากที่สุด ได้แก่ แขนเปอร์ซีอุส (Perseus arm) แขนนอร์มาและกลุ่มดาวหางหงส์ (Norma and Cynus arm) แขนสโครตัมและกลุ่มดาวกางเขนใต้ (Scrutum and Crux arm) และแขนกลุ่มดาวใบเรือและคนยิงธนู (Carina and Sagitarius arm) โดยดวงอาทิตย์ของเราอยู่ในแขนย่อยที่อยู่ระหว่างแขน Carina and Sagitarius arm และส่วนปลายของแขน Perseus arm เรียกว่าแขนโอไรออน (Orion arm) ที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของระบบสุริยะประมาณ 25,000 ปีแสง (ดูรูปที่ 3.25 ประกอบ)

ศูนย์กลางของดาราจักรทางช้างเผือกเป็นหลุมดำขนาดใหญ่ (super massive blackhole) ซึ่งปัจจุบันเชื่อว่าแกนกลางของทุกดาราจักรล้านเป็นหลุมดำทั้งสิ้น

คานของดาราจักรทางช้างเผือกมีความยาวประมาณ 27,000 ปีแสง ทำมุมกับแนวของดวงอาทิตย์กับแกนกลางดาราจักรประมาณ 44 องศา ประกอบด้วยดาวฤกษ์อายุมา (ดาวยักษ์แดง) เป็นส่วนใหญ่ ล้อมรอบคานกลางเป็นวงแหวนก๊าซไฮโดรเจนที่เรียกว่า แหวน 5 กิโลพาร์เสก (5-kpc ring) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีดาวเกิดใหม่มากที่สุด และหากมองจากดาราจักรอื่นเข้ามา เราจะเห็นว่าเป็นบริเวณที่สว่างที่สุดของดาราจักรของเรา

มุมคนชอบสังเกตุ ตอน "ภาพไหนจริง ภาพไหนปลอม !?"

รูปที่ 3.26 แสดงภาพของดาราจักรทางช้างเผือกของเราทั้งสองภาพ ในสองภาพนี้มีภาพจริงเพียงหนึ่งภาพ ท่านคิดว่าเป็นภาพใด?

<u>เฉลย</u> ภาพซ้ายคือภาพถ่ายจริง ขณะที่ภาพขวาและทุก ๆ รูปที่อ้างว่าเป็นภาพถ่ายดาราจักรของเราทั้งก้อนแบบนี้คือรูปที่ศิลปินวาดขึ้น เพราะปัจจุบันยังไม่มีมนุษย์หรืออุปกรณ์ที่มนุษย์ส่งออกไปที่จะเดินทางออกนอกดาราจักรของเรา (แล้วถ่ายภาพกลับมา) ได้...อย่าโดนหนังสือหลอกกันนะจ๊ะ :)



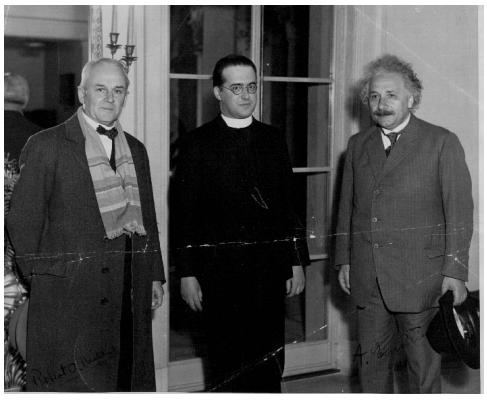
รูปที่ 3.26: ดาราจักรทางช้างเผือก ที่ถ่ายจากพื้นโลก (ซ้าย) และภาพจำลองลักษณะที่เชื่อว่าเป็นดาราจักรกังหันคาน (ขวา)
(ที่มา : Y. Beletsky (LCO)/ESO licensed under CC BA 2.0, Nick Risinger)

3.4 ทฤษฎีการกำเนิดเอกภพ

คำถามที่ว่า **"เรามาจากไหน?"** ซึ่งเป็นคำถามของมนุษยชาติในศตวรรษที่แล้ว และไม่ถูกถามอีกต่อไปในศตวรรษนี้ เพราะเราทราบแล้วว่า "เราและทุกสรรพสิ่งล้วนมาจากบิ๊กแบง (Big Bang)!" แต่ก่อนที่ทฤษฎีบิ๊กแบงจะเป็นที่ยอมรับของทุกคนนั้น มันมีที่มาที่ไป

ในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 มีทฤษฎีการกำเนิดเอกภพอยู่ 2 ทฤษฎี ได้แก่

1. **ทฤษฎีบิ๊กแบง (Big Bang theory)** ที่เชื่อว่า "เอกภพมีจุดกำเนิดจากจุดหนึ่ง ที่ไม่มีอะไรเลย และมีการขยายตัว" เสนอโดยนักบวชชาวเบลเยี่ยม จอร์ช เลอเมเทอร์ (Georges Lematre คนกลางในรูปที่ 3.27) ในปี ค.ศ.1927 และถูกพัฒนาต่อโดย จอร์ช กามอฟ (George Gamow) ในเวลาต่อมา



รูปที่ 3.27: จอร์ช เลอเมเทอร์ (Georges Lematre, ค.ศ.1894-1966) ผู้ริเริ่มทฤษฎีบิ๊กแบง (คนกลาง) ถ่ายรูปร่วมกับ โรเบิร์ต เอ มิลลิแกน (Robert A. Millikan, คนซ้าย) และอัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein, คนขวา) ที่มหาวิทยาลัยคาลเทค (California Institute of Technology) ในเดือนมกราคม ค.ศ.1933
(ที่มา : ช่างภาพไม่ปรากฏนาม คาดว่าเป็นคนที่ทำงานในมหาวิทยาลัยคาลเทคขณะนั้น)

2. **ทฤษฎีสถานะคงตัว (steady state theory)** ที่เชื่อว่า "เอกภพนั้นเสถียร ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีการขยาย ไม่มีจุดกำเนิด และไม่มีจุดจบ" เสนอโดยกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้แก่ เฮอร์แมน บอนดิ (Hermann Bondi) โทมัส โกล์ด (Thomas Gold) และเฟรด ฮอยล์ (Fred Hoyle) ในปี ค.ศ.1948 และถูกพัฒนาต่อโดยเฟรด ฮอยล์ (รูปที่ 3.28) ในเวลาต่อมา



รูปที่ 3.28: รูปปั้นเฟรด ฮอยล์ (Fred Hoyle, ค.ศ.1915-2001) ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ผู้พัฒนาทฤษฎีสถานะคงตัว ในปี ค.ศ.1948
(ที่มา : David Purchase licensed under CC BY-SA 2.0)

ในสมัยก่อนนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีความคิดเรื่องจุดกำเนิดของเอกภพ แม้แต่นักฟิสิกส์ชื่อดังอย่าง อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ก็ไม่ได้เอะใจเรื่องจุดกำเนิดของเอกภพมาก่อน ในปี ค.ศ. 1915 ไอน์สไตน์ได้สร้างสมการของตัวเองเพื่ออธิบายเอกภพ ที่เรียกว่า "สมการสนามของไอน์สไตน์ (Einstein field equations)" (ดูสมการที่ 3.1) สมการนี้ยอดเยี่ยมมาก แต่มันกลับมีผลเฉลยที่นำไปสู่เอกภพที่ต้องเปลี่ยนแปลง คือเอกภพจะไม่อยู่นิ่ง ๆ เอกภพไม่หดตัวก็ต้องขยายตัว สิ่งนี้ขัดกับสามัญสำนึกของไอน์สไตน์อย่างสิ้นเชิง เขาจึงไม่เชื่อในสมการดั้งเดิมของตัวเอง เพราะมองดูยังไงเอกภพก็ควรเป็นเอกภพที่แน่นิ่ง สถิตอยู่อย่างนั้นเป็นนิรันดร์

ไอน์สไตน์แก้ปัญหานี้ โดยการใส่ตัวแปรที่บังคับให้เอกภพเป็นเอกภพแบบสถิต (static universe) ตัวแปรนี้เรียกว่า "**ค่าคงที่ของจักรวาล**[1] **(cosmological constant)**" ซึ่งคอยผลักเอกภพออกไปเวลาที่เอกภพหดตัวเข้าหากันด้วยแรงโน้มถ่วง ซึ่งต่อมาไอน์สไตน์ถือว่ามันเป็น**ความผิดพลาดครั้งใหญ่ที่สุดในชีวิต**ของเขา

ก่อนหน้านี้ในปี ค.ศ. 1912 ก็มีคนเริ่มสงสัยในความไม่สถิตของเอกภพ คนผู้นั้นคือ เวสโต สไลเฟอร์ (Vesto Slipher) ซึ่งเป็นผู้วัดการเลื่อนทางแดงหรือ redshift [2] ของดาราจักรได้ แต่ตอนนั้นผู้คนยังไม่รู้จักดาราจักรดีด้วยซ้ำ นักวิทยาศาสตร์

[1]บางครั้งเรียก ค่านิจของจักรวาล เป็นพจน์ทางคณิตศาสตร์ที่ไอน์สไตน์เพิ่มเข้าไปในสมการสนามในทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป เพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการอธิบายเอกภพที่มีลักษณะสถิต (ขนาดคงที่) ตามที่ไอน์สไตน์ได้รับข้อมูลจากนักดาราศาสตร์ในช่วงเวลานั้น ค่าคงที่นี้มีผลเหมือนกับแรงผลักซึ่งต้านกับแรงโน้มถ่วงของสสารในเอกภพ

[2]redshift (z) คือปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler) ที่เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดแสงเคลื่อนที่ออกห่างจากเรา ทำให้ความยาวคลื่นของแสงที่มาถึงเราเกิดการยืดยาว หรือเลื่อนไปทางแสงสีแดง เลยเรียกว่า Redshift เพราะฉะนั้นถ้าวัดความยาวคลื่นของแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดใด ๆ แล้วพบ Redshift แสดงว่าแหล่งกำเนิดนั้นเคลื่อนที่ออกห่างจากเรา (รู้ได้อย่างไรว่าเลื่อนไปทางแดง-- ก็เอาเส้นสเปกตรัมแสงทั้งชุดมาเทียบกับเส้นสเปกตรัมที่วัดในห้องแล็บหรือเส้นสเปกตรัมมาตรฐาน ถ้ามันเลื่อนก็จะเห็นการเลื่อนทั้งชุดสเปกตรัมเลย)

ยังถกเถียงกันอยู่เลยว่ามันอยู่ในทางช้างเผือกหรืออยู่นอกทางช้างเผือกกันแน่ เวสโต สไลเฟอร์ จึงไม่ได้สานต่อสิ่งที่ตนเองค้นพบไปสู่เรื่องราวของเอกภพ เพราะในตอนนั้นคนยังคิดกันอยู่ว่าทางช้างเผือกคือเอกภพทั้งหมด

ราว ๆ ปี ค.ศ.1922 อาเล็กซานเดอร์ ฟรีด์แมนน์ (Alexander Friedmann นักคณิตศาสตร์และนักเอกภพวิทยาชาวรัสเซีย ได้หาผลเฉลยของสมการสนามของไอน์สไตน์ได้สำเร็จ และเรียกผลเฉลยนั้นว่า "สมการฟรีด์แมนน์ (Friedmann equations)" และ**ผลเฉลยนี้บ่งบอกชัดเจนว่าเอกภพต้องมีการเปลี่ยนแปลงจะนิ่งสถิตอยู่เฉย ๆ ไม่ได้**

มุมคนชอบคำนวณ ตอน "ความผิดพลาดครั้งใหญ่ที่สุดในชีวิตของไอน์สไตน์"

จากทฤษฎีสนามของไอน์สไตน์ (Einstein's field equations) ซึ่งถือเป็นทฤษฎีการเคลื่อนที่ของนิวตันในเวอร์ชันสัมพัทธภาพพิเศษ คือ

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = 8\pi T_{\mu\nu} \qquad (3.1)$$

เมื่อ $R_{\mu\nu}$[a] คือ ริชชี่เทนเซอร์ (Ricci tensor หรือ Ricci curvature tensor) เป็นตัวบอกปริมาณความโค้งงอของกาลอวกาศ

R คือ ริชชี่สเกลาร์ (Ricci scalar) เป็น trace ของริชชี่เทนเซอร์อีกที่ซึ่งความหมายทางฟิสิกส์ก็เหมือนกัน

$g_{\mu\nu}$ เป็นปริมาณที่บอกว่ากาลอวกาศจะโค้งอย่างไร หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นสัมประสิทธิ์ที่บ่งบอกถึงความโค้งของระยะกระจัดในกาลอวกาศ

$T_{\mu\nu}$ คือ เทนเซอร์พลังงานและโมเมนตัม (energy momentum tensor) เป็นตัวบอกความเข้มของสนามพลังงานที่เกิดจากมวลสารที่อยู่ในกาลอวกาศนั้น

เมื่อเราคำนวนสมการสนามของไอน์สไตน์สำหรับเอกภพที่สมมติว่า มีคุณสมบัติเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenous) และเหมือนกันหมดทุกทิศทาง (isotropy) แล้ว จะพบว่าด้านซ้ายของสมการที่ 3.1 นี้จะมีผลลัพท์เป็น $8\pi T_{\mu\nu}$ ค่าเป็นบวกเสมอ นั่นหมายความว่า**ความหนาแน่นพลังงานมวลสารได้เป็นเสมอ "เอกภพกำลังขยายตัว" นั่นเอง**

ไอน์สไตน์คิดว่า "อุ้ย! ไม่ได้! เอกภพขยายตัวไม่ได้!" เขาจึงเพิ่มค่าคงที่ของจักรวาล ($\lambda_{\mu\nu}$) เข้าไปด้านขวาของสมการเข้ามาดื้อ ๆ เพื่อให้เอกภพไม่ขยายตัว...ซะงั้น แต่เมื่อไอน์สไตน์ได้ทราบภายหลังว่าเอกภพกำลังขยายตัว เขาถึงกับเรียกการเพิ่มค่านี้เข้าไปในสมการว่าเป็น “ความผิดพลาดครั้งใหญ่ที่สุด” ในชีวิตของเขา

[a] μ และ ν นี่เป็นดัชนีที่เอาไว้บ่งบกบอกว่าองค์ประกอบอยู่พิกัดไหน เช่น $\mu\ \nu = t, r, \theta, \phi$ ในพิกัดทรงกลม หรือ $\mu\ \nu = t, x, y, z$ ในพิกัดคาร์ทีเซียน

ในปี ค.ศ.1924 เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble, ค.ศ.1889-1953 คนซ้ายในรูปที่ 3.29 ตรวจพบว่าทุกดาราจักรมี Redshift ทั้งสิ้น ที่ทำให้โลกตะลึง โดยพบว่าดาราจักรทุกดาราจักรเคลื่อนที่ห่างออกจากเรา (ยกเว้น ดาราจักรอันโดรเมดาที่เคลื่อนที่เข้าหาเราเนื่องจากแรงโน้มถ่วง) เขาสรุปว่า **เอกภพมีการขยายตัว** ไอน์สไตน์ได้ยินดังนั้นก็ถึงกับอึ้ง ต้องเดินทางไปหาฮับเบิลด้วยตัวเอง และเมื่อแน่ใจว่าเอกภพขยายตัวจริง ๆ เขาถึงกับกล่าวว่า การค่าคงที่จักรวาลลงในสมการของตัวเองเป็นความผิดพลาดครั้งใหญ่ที่สุดในชีวิต **การค้นพบของฮับเบิลนี้เป็นการสนับสนุนแนวคิดที่ว่าเอกภพมีจุดกำเนิด และทำให้ทฤษฎีสถานะคงตัวของเฟรด ฮอยล์ถูกลดความน่าจะเป็นไปได้ลง เป็นอย่างมาก**



รูปที่ 3.29: เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) ผู้ตรวจพบว่าดาราจักรทุกดาราจักรกำลังเคลื่อนที่ออกจากกัน หรือเอกภพกำลังขยายตัวนั่นเองในปี ค.ศ.1924 (ซ้าย) และจอร์ช กามอฟ (George Gamow) ผู้คิดค้นทฤษฎี BBN หรือการสร้างนิวเคลียสจากทฤษฎีบิ๊กแบง (ขวา)
(ที่มา : Johan Hagemeyer, Serge Lachinov)

จนกระทั่งในปี ค.ศ.1927 จอร์ช เลอเมเทอร์ (Georges Lematre คนกลางในรูปที่ 3.27) นักฟิสิกส์และพระโรมันคาทอลิก ชาวเบลเยียม ได้เสนอทฤษฎีการขยายตัวของเอกภพ และได้แนะนำว่า หากเอกภพขยายตัวในตอนนี้ ถ้าเราย้อนเวลากลับไปเอกภพต้องมีขนาดเล็ก สสารต่าง ๆ จะอยู่อย่างหนาแน่นและเต็มไปด้วยอนุภาคมูลฐานในสภาพแวดล้อมที่ร้อนจัด **Lematre นับเป็นบิดาผู้ให้กำเนิดแนวความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีบิ๊กแบง (Big Bang theory)**

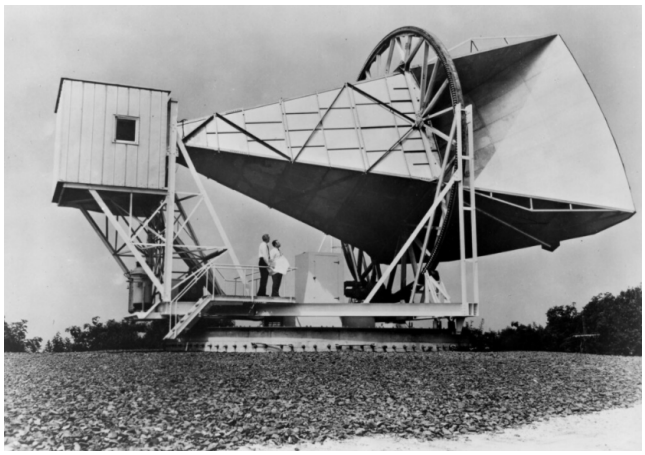
ทฤษฎีบิ๊กแบงได้ถูกพัฒนาต่อโดย จอร์ช กามอฟ (George Gamow คนขวาในรูปที่ 3.29 **ผู้คิดค้นทฤษฎี Big Bang Nucleosynthesis (BBN) หรือการสร้างนิวเคลียสจากทฤษฎีบิ๊กแบง** ซึ่งทำนายว่านิวเคลียสของธาตุแรก ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นคือนิวเคลียสของไฮโดรเจนและฮีเลียม[3]

ทฤษฎีสถานะคงตัวไม่เป็นที่นิยมอีกต่อไป เมื่อมีการค้นพบ **คลื่นไมโครเวฟพื้นหลัง (Cosmic Microwave Background, CMB)**[4] โดยอาโน เพนเซียส (Arno Penzias) และโรเบิร์ต วิลสัน (Robert Wilson) ในปี ค.ศ.1964 (ดังรูปที่ 3.30) หลังจากนั้นมา นักวิทยาศาสตร์ก็ส่งดาวเทียมไปเก็บข้อมูลของ CMB อย่างละเอียดมากขึ้น และได้ข้อมูลเกี่ยวกับเอกภพมากขึ้นอย่างมาก **การค้นพบว่ามี CBM แผ่ไปทั่วทุกที่บนท้องฟ้า ของเพนเซียสและวิลสันนี้ ทำให้หลักฐานสำคัญครั้งที่สองที่ตอกย้ำความน่าเชื่อถือของทฤษฎีบิ๊กแบง** ดังแสดงในรูปที่ 3.31

---

[3]โดยการใช้ "Boltzmann factor" (ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ **??**) เพื่อหาสัดส่วนของไฮโดรเจนและฮีเลียมนี้ พบว่าหลังบิ๊กแบงต้องมี ไฮโดรเจน 75% และมีฮีเลียม 25% แบบเป๊ะ ๆ ซึ่งปัจจุบันเราก็พบปริมาณไฮโดรเจนประมาณ 75% และมีฮีเลียม 25% ในเอกภพ ตามทฤษฎีของกามอฟจริง แม้ว่าปริมาณไฮโดรเจนและฮีเลียมจะลดลงบ้าง เพราะมีปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชั่นที่เปลี่ยนธาตุสองธาตุนี้ให้กลายเป็นธาตุหนักขึ้น

[4]CMB คือสิ่งที่ ราล์ฟ อัลเฟอร์ (Ralph Alpher) ลูกศิษย์ของกามอฟ และโรเบิร์ต เฮอร์แมน (Robert Herman) ทำนายไว้ว่า ถ้าเอกภพมีจุดกำเนิดจากบิ๊กแบงจริง ในช่วงหนึ่งของการขยายตัวประมาณ 300,000 ปีหลังเกิดบิ๊กแบง เอกภพจะดูโปร่งสำหรับโฟตอน โฟตอนจะมีพลังงานต่ำเกินไปที่จะไปเกิดอันตรกิริยากับอนุภาคอื่น ๆ โฟตอนเหล่านี้จะวิ่งเล่นอยู่ทั่วไปในเอกภพ โดยยังรักษาข้อมูลของเอกภพในยุค 300,000 ปีหลังบิ๊กแบงนั้นไว้ เพียงแต่ความยาวคลื่นถูกยืดยาวออกจนมีความยาวคลื่นในช่วงไมโครเวฟ เรียกว่า "คลื่นไมโครเวฟพื้นหลังหรือ Cosmic Microwave Background (CMB)" ซึ่งควรจะตรวจวัดได้ในปัจจุบัน

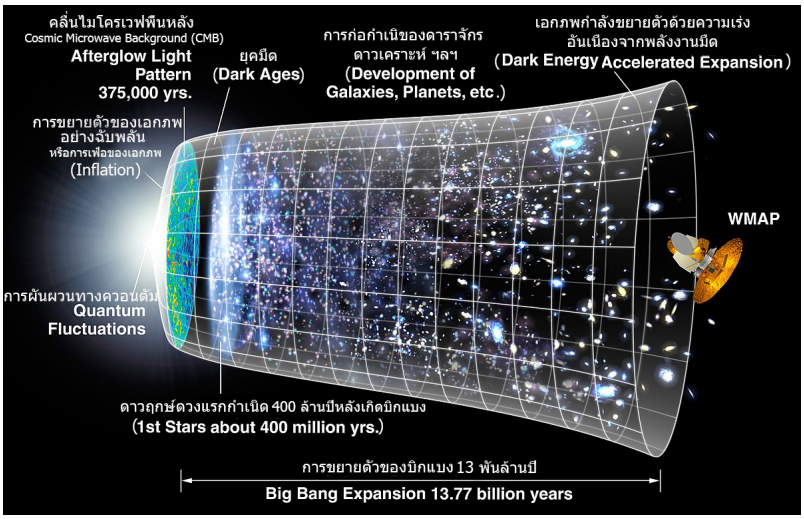


รูปที่ 3.30: อาโน เพนเซียส (Arno Penzias) และโรเบิร์ต วิลสัน (Robert Wilson) ผู้ค้นพบคลื่นไมโครเวฟพื้นหลัง (CMB) ซึ่งทำให้ทฤษฎีบิ๊กแบงเป็นที่ยอมว่าเป็นจุดกำเนิดของเอกภพ กำลังยืนอยู่ข้างเสารับสัญญาณขนาด 15 เมตร (Holmdel Horn Antenna) อุปกรณ์ที่ทำให้พวกเขาได้รับรางวัลโนเบลในการค้นพบครั้งนี้
(ที่มา : NASA)

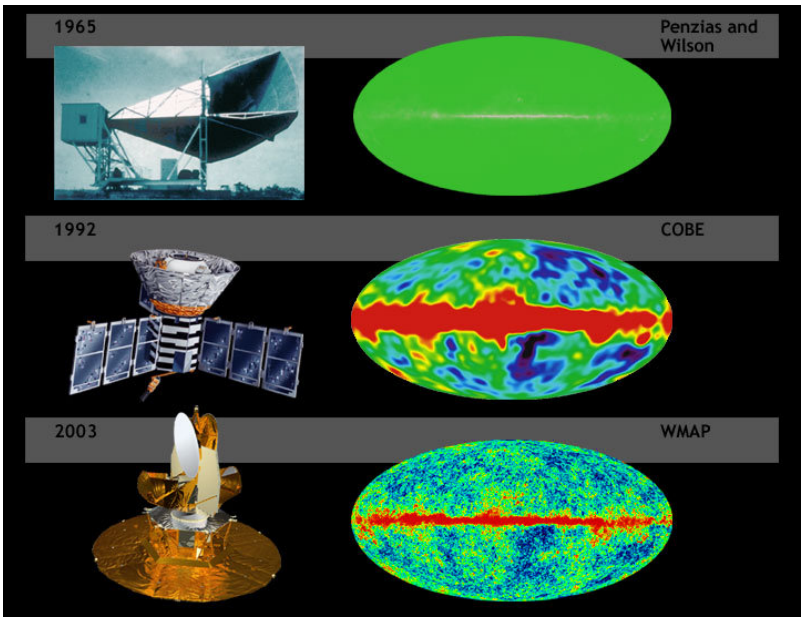
รูปที่ 3.32 แสดงประวัติศาสตร์ของความเข้าใจใน CMB ตั้งแต่ การค้นพบครั้งแรกโดยเพนเซียสและวิลสันในปี ค.ศ. 1964 ทำให้เพนเซียสและวิลสันได้รับรางวัลโนเบลประจำปี ค.ศ.1978 จากการค้นพบครั้งนี้ (ภาพบน) การศึกษาด้วยยานอวกาศโคเบ (Cosmic Background Explorer, COBE) ที่เริ่มปฏิบัติการเมื่อปี ค.ศ.1989 ทำให้จอห์น เมเธอร์ (John C. Mather) และจอร์ช สมูธ (George F. Smoot) ผู้ค้นพบว่า CMB นั้นมีรูปแบบเฉพาะในการแผ่รังสี ได้รับรางวัลโนเบลประจำปี ค.ศ. 2006 จากการค้นพบครั้งนี้ (ภาพกลาง) และล่าสุดภาพแผนที่ของ CMB จากยานอวกาศ Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) ที่ปฏิบัติการระหว่างปี ค.ศ.2001-2010 ได้สร้างแผนที่ด้วยความละเอียดสูงกว่าโคเบอย่างมาก เปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับการกำเนิดและความเป็นไปของเอกภพได้อย่างไม่เคยมีมาก่อน (ดังแสดงในรูปที่ 3.32 ภาพล่าง) ทั้งนี้ สมาชิกทีมงานของ WMAP 32 คน**นำทีมโดย Charles L. Bennett, Gary Hinshaw, Norman Jarosik, Lyman Page Jr., David N. Spergel และสมาชิกอีก 27 คน** ได้รับรางวัลโนเบลประจำปี ค.ศ. 2010 จากการค้นพบครั้งนี้

มุมคนชอบดราม่า ตอน "รู้หรือไม่ เราย้อนอดีตได้ทุกครั้งที่ดูดาว" ทุกครั้งที่คุณมองดูดวงอาทิตย์ นั่นคือ คุณกำลังเห็นอดีตของดวงอาทิตย์เมื่อ 8 นาทีที่แล้ว (เพราะดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกไปเป็นระยะทาง 8 นาทีแสง) ทุกครั้งที่คุณเห็นดาวพฤหัสบดี นั่นคือคุณกำลังเห็นอดีตของดาวพฤหัสบดีเมื่อ 36 นาทีที่แล้ว (เพราะดาวพฤหัสบดีอยู่ห่างจากเราไป 36 นาทีแสง) เช่นกัน หากบางคืนฟ้าใส คุณมองเห็นดาราจักรอันโดรมาดา นั่นคือคุณกำลังเห็นดดีตของอันโดรเมดาเมื่อ 2.5 ล้านปีที่แล้ว (เพราะอันโดรเมดาอยู่ห่างจากเราไป 2.5 ล้านปีแสง)

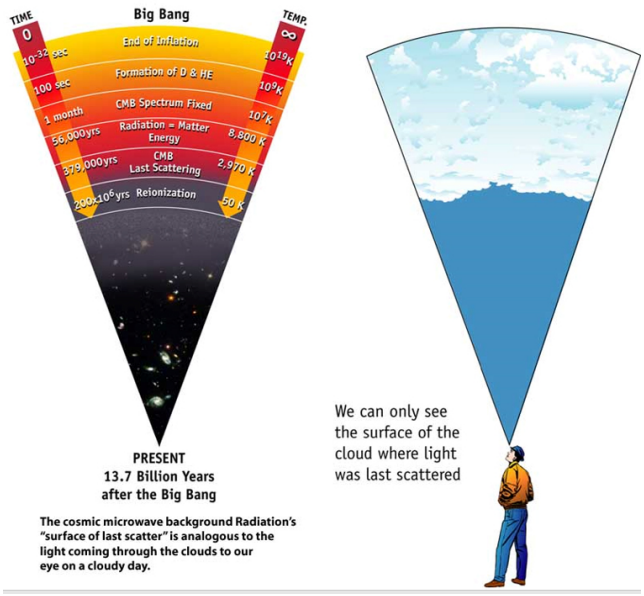
การที่เราสามารถเห็น CMB ได้นั้น นั่นหมายความว่า **เรากำลังเห็นภาพในอดีตของเอกภพเมื่อประมาณ 3 แสนปีหลังจากเกิดบิ๊กแบง** ดังนั้น การมองย้อนอดีต สามารถทำได้โดยมองให้ไกลที่สุดเท่าที่จะทำได้ นักดาราศาสตร์จึงพยายามสร้างเครื่องมือที่ช่วยให้มองไกลให้มากที่สุด เพื่อที่จะให้เข้าใกล้บิ๊กแบงให้มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.31: คลื่นไมโครเวฟพื้นหลัง (CMB) คือสิ่งที่จะเกิดขึ้นในช่วงหนึ่งของการขยายตัวประมาณ 300,000 ปีหลังเกิดบิ๊กแบง เอกภพจะดูโปร่งสำหรับโฟตอน โฟตอนจะมีพลังงานต่ำเกินไปที่จะไปเกิดอันตรกิริยากับอนุภาคอื่น ๆ โฟตอนเหล่านี้จะวิ่งเล่นอยู่ทั่วไปในเอกภพ และมีพลังงานอยู่ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ โดยอุปกรณ์ปัจจุบันที่ใช้ศึกษา CMB คือ Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP ดังแสดงด้านขวามือของภาพ) ที่นาซาปล่อยไปเมื่อ ค.ศ.2001 เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานด้านเอกภพวิทยา
(ที่มา : NASA/WMAP Science Team)



รูปที่ 3.32: ประวัติศาสตร์ของความเข้าใจใน CMB ตั้งแต่การค้นพบครั้งแรกโดยเพนเซียสและวิลสันในปี ค.ศ.1964 (บน) การศึกษาด้วยยานอวกาศ COBE ปี ค.ศ.1989 (กลาง) และล่าสุดภาพแผนที่ของ CMB จากยานอวกาศ WMAP ที่ปฏิบัติการระหว่างปี ค.ศ.2001-2010 (ล่าง)
(ที่มา : NASA)



รูปที่ 3.33: การมองย้อนอดีตของเอกภพ สามารถทำได้โดยมองให้ไกลที่สุดเท่าที่จะทำได้ นักดาราศาสตร์จึงพยายามสร้างเครื่องมือที่ช่วยให้มองไกลให้มากที่สุด เพื่อที่จะให้เข้าใกล้บิ๊กแบงให้มากที่สุด
(ที่มา : NASA/WMAP Science Team)

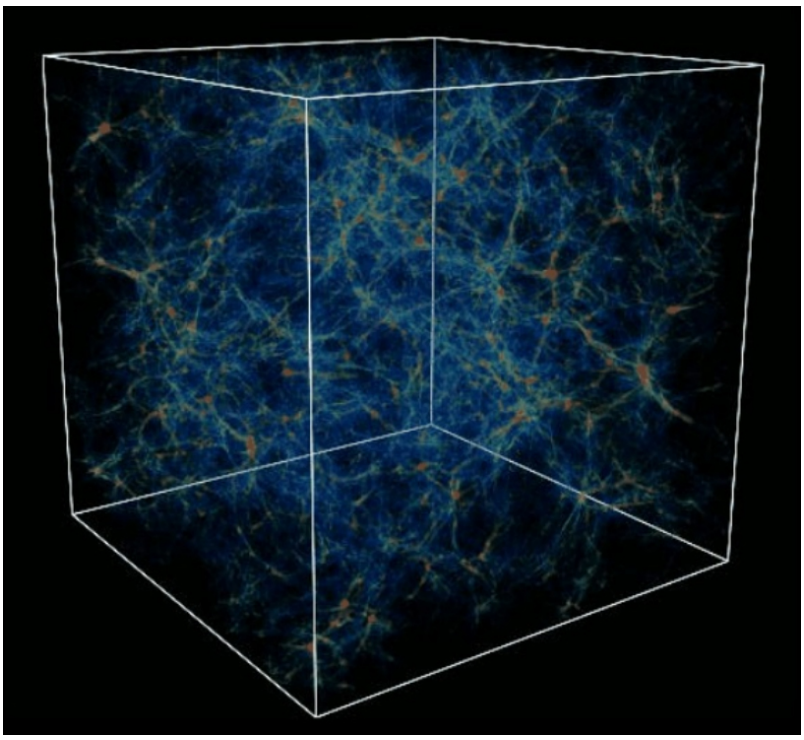
ลักษณะทั่วไปของเอกภพ

ปัจจุบันเราประมาณอายุของเอกภพได้ประมาณ 13,000 ล้านปี หรือกล่าวได้อีกนัยว่าขนาดของเอกภพก็คือมีรัศมีประมาณ 13,000 ล้านปีแสงเช่นกัน ด้วยขนาดอันกว้างใหญ่มหาศาลนี้ นักดาราศาสตร์คาดว่ามีดาราจักรอยู่ประมาณ 2 ล้านล้านดาราจักรในเอกภพ

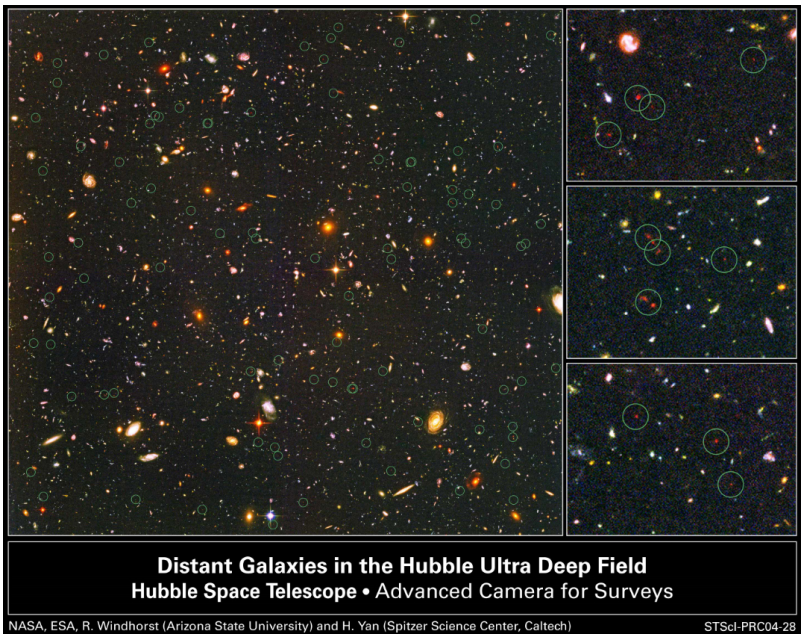
รูปที่ 3.34 แสดงขนาดของเอกภพจากแบบจำลองคอมพิวเตอร์ โดยแต่ละพิกเซลคือดาวหนึ่งดวง ซึ่งจะเห็นว่าเอกภพมีลักษณะเป็นโยงใยร่างแห (Cosmic web) ที่ส่วนใหญ่คือพื้นที่ว่างเปล่า และมีขนาดกว้างใหญ่เกินกว่าจินตนาการถึง

ดังนั้น เพื่อช่วยการจินตนาการให้ดีขึ้น จึงขอแนะนำให้พิจารณารูปที่ 3.35 ซึ่งเป็นภาพถ่ายเชิงลึกจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (Hubble ultra deep field) โดยกล้องฮับเบิลจะถ่ายภาพท้องฟ้า ด้วยขนาดท้องฟ้าที่เล็กกว่าปลายเข็มหมุด โดยบริเวณที่มองนั้นต้องเป็นจุดที่มืดที่สุดและไม่มีดาวอยู่ เมื่อขยายภาพที่ถ่ายออกมา สิ่งที่เห็นคือดาราจักรจำนวนนับไม่ถ้วน โดยแต่ละจุดสว่างใด ๆ ในภาพคือดาราจักร 1 ดาราจักร ทำให้เราทึ่งกับความกว้างใหญ่ของเอกภพ และความเล็กมาก ๆ ของตัวเราเอง

ปัจจุบันยังมีการค้นพบมากขึ้นไปอีกว่า **เอกภพนั้นขยายตัวด้วยความเร่ง** จึงเรียกพลังงานที่ให้เกิดความเร่งนี้ว่า "พลังงานมืด (dark energy)" ซึ่งแสดงว่ามันควรเป็นผลของการที่มี "สสารมืด (dark matter)" อยู่ในเอกภพ ซึ่งปริศนาเกี่ยวกับพลังงานมืดและสสารมืดนี้ ยังคงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเสมอสำหรับนักดาราศาสตร์และรอการค้นพบต่อไป



รูปที่ 3.34: เอกภพ ที่มีอายุ 13,000 ล้านปี หรือกล่าวได้อีกนัยว่าขนาดของเอกภพก็คือมีรัศมี 13,000 ล้านปีแสงเช่นกัน ด้วยขนาดอันกว้างเกินจินตนาการนี้ นักดาราศาสตร์คาดว่ามีดาราจักรอยู่ 2 ล้านล้านดาราจักร
(ที่มา : G.L. Bryan, M.L. Norman, UIUC, NCSA, GC3)



รูปที่ 3.35: ภาพถ่ายเชิงลึกจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (Hubble ultra deep field) โดยให้กล้องฮับเบิลภาพท้องฟ้าด้วยขนาดท้องฟ้าที่เล็กกว่าปลายเข็มหมุด โดยบริเวณที่มองนั้นต้องเป็นจุดที่มืดที่สุดและไม่มีดาวอยู่ เมื่อขยายภาพที่ถ่ายออกมา สิ่งที่เห็นคือดาราจักรจำนวนนับไม่ถ้วน โดยแต่ละจุดสว่างใด ๆ ในภาพคือดาราจักร 1 ดาราจักร ทำให้เราทึ่งกับความกว้างใหญ่ของเอกภพ และความเล็กมาก ๆ ของตัวเราเอง
(ที่มา :NASA, ESA, R. Windhorst (Arizona State University) และ H. Yan (Spitzer Center, Caltech))

3.5 สรุป

บทที่ 3 นี้เป็นการตอบคำถามที่ว่า "เรามาจากไหน ?" โดยเริ่มจากตัวเราและขยายออกไปใกล้จุดเริ่มต้นของทุกสิ่ง (บิ๊กแบง) เรื่อย ๆ ตามลำดับ เริ่มจาก ดวงอาทิตย์และระบบสุริยะ (ซึ่งประกอบด้วยดาวเคราะห์ 8 ดวงและบริวาร ดาวเคราะห์แคระที่มีนิยามแตกต่างจากดาวเคราะห์ชัดเจน ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง แถบไคเปอร์ และเมฆออร์ต อันถือเป็นจุดสิ้นสุดของระบบสุริยะ) ดาราจักรทางช้างเผือก ทำให้เราทราบว่า เราไม่ได้อยู่ตรงกลางของดาราจักรของเราเอง หากแต่อยู่บนแขนข้างหนึ่งของดาราจักรทางช้างเผือก และเอกภพ ซึ่งมีจุดกำเนิดด้วยทฤษฎีบิ๊กแบง โดยหลักฐาน 2 สิ่งที่สนับสนุนทฤษีบิ๊กแบง คือ การค้นพบว่าเอกภพกำลังขยายตัวโดยฮับเบิล และการค้นพบคลื่นไมโครเวฟพื้นหลังของเอกภพโดยเพนเซียสและวิลสัน

3.6 แบบฝึกหัด

1. (กิจกรรม: ระบบสุริยะฉบับกระเป๋า) จากข้อมูลในตารางที่ 3.1 จงใช้กระดาษม้วน เช่น กระดาษทิชชู่ม้วน หรือกระดาษใบเสร็จม้วน หรือกระดาษอะไรก็ได้ที่มีความยาวเท่ากับความสูงของท่าน ที่ปลายด้านหนึ่งให้วาดภาพหรือเขียนว่า "Sun" แล้วจับปลายด้านนั้นไว้ที่กลางศรีษะ เมื่อปล่อยม้วนกระดาษลงไปยังด้านหลัง ตำแหน่งกระดาษที่สัมผัสสะโพก ให้วาดรูปหรือเขียนว่า "Uranus" แล้วใช้ระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์ถึงดาวยูเรนัสบนกระดาษม้วนนี้เทียบเป็นสัดส่วนค่าจริงจากตารางที่ 3.1 แล้ววาดภาพและ/หรือเขียนตำแหน่งของดาวเคราะห์ทั้งหมด 8 ดวงลงบนกระดาษม้วน ท่านจะพบความบังเอิญบางอย่างจากระยะห่างเหล่านั้น มันคืออะไร? (มันคือตำแหน่งของดาวเสาร์จะอยู่ประมาณกึ่งกลางระหว่างดวงอาทิตย์และดาวยูเรนัส ดาวพฤหัสบดีจะอยู่ประมาณกึ่งกลางระหว่างดวงอาทิตย์และดาวเสาร์ ดาวอังคารจะอยู่ประมาณกึ่งกลางระหว่างดวงอาทิตย์และดาวพฤหัสบดี ...เช่นนี้เรื่อยไปจนถึงดาวพุธ นั่นคือ เราสามารถกำหนดตำแหน่งของดาวเคราะห์ต่าง ๆ ได้ด้วยการ "พับครึ่ง"กระดาษม้วน ไปเรื่อย ๆ)

2. ดาวเคราะห์และดาวเคราะห์แคระมีนิยามต่างกันอย่างไร

3. จงเลือกดาวเคราะห์ที่ชอบที่สุดมา 1 ดวง พร้อมบอกเหตุผลที่ชอบ โดยในเหตุผลประกอบนั้นต้องมีการอธิบายคุณ-สมบัติทางกายภาพของดาวเคราะห์นั้น เปรียบเทียบกับดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ อย่างน้อย 3 ด้าน เช่น ขนาด ความหนาแน่น อุณหภูมิ ฯลฯ

4. จงอธิบายความหมายของบิ๊กแบง

5. จงอธิบายความหมายของคำกล่าวที่ว่า "การดูดาวนั้นเสมือนการย้อนอดีต"

6. หลักฐานสำคัญ 2 สิ่งใด ที่ทำให้ทฤษฎีบิ๊กแบงเป็นที่ยอมรับทุกวันนี้ (การค้นพบว่าเอกภพกำลังขยายตัวโดยฮับเบิลและการค้นพบคลื่นไมโครเวฟพื้นหลังโดยเพนเซียสและวิลสัน)

3.7 เอกสารอ้างอิง

1. กรกมล ศรีบุญเรือง, ตอริก เฮ็งปิยา, ณัฐยา ศิริวนสกุล และลัดดา ดีสวน. (2561) *เอกสารเผยแพร่เรื่องระบบสุริยะ (Solar system).* เชียงใหม่ : สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน).

2. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565ข) *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์.* กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.

3. สมัย ยอดอินทร์, มัลลิกา ถาวรอธิวาสน์, เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, นพพร พวงสมบัติ, และกมลวรรณ ก่อเจริญ. (2555) *งานวิจัยจากข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับข้อขัดแย้ง เรื่อง การเป็นหรือไม่เป็นปีอธิมาสของปฏิทินจันทรคติไทย ปี พ.ศ.2555.* เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

4. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์. (2559) *ดาราศาสตร์และดาราศาสตร์ฟิสิกส์เบื้องต้น (Introduction to Astronomy and Astrophysics).* เอกสารประกอบการบรรยายเนื้อหา โลก ดาราศาสตร์และอวกาศในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอบรมดาราศาสตร์โอลิมปิกศูนย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4

เนื้อหาประจำบทที่ 4 ดวงดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร

1. เนบิวลาหรือสสารระหว่างดาว
2. โปรโตสตาร์
3. วิวัฒนาการดาวฤกษ์ก่อนเข้าสูแถบกระบวนหลัก
4. แนวฮายาชิ และแถบกระบวนหลักแรกเริ่ม
5. ดาวแคระน้ำตาล
6. วิวัฒนาการดาวฤกษ์บนแถบกระบวนหลัก และหลังออกจากแถบกระบวนหลัก
7. ดาวใต้ยักษ์
8. ดาวยักษ์แดง
9. แขนงฮอไรซันทอล
10. แขนงยักษ์อะซิมโตติก
11. วาระสุดท้ายของดาวฤกษ์หลังออกจากแขนงยักษ์อะซิมโตติก

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายความหมายของคำว่า เนบิวลา โปรโตสตาร์ ดาวแคระน้ำตาล ดาวฤกษ์ ดาวใต้ยักษ์ ดาวยักษ์แดง ได้
2. อธิบายวาระสุดท้ายของดาวฤกษ์หลังออกจากแขนงยักษ์อะซิมโตติก แบ่งตามมวลของดาวได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ตั้งคำถามกระตุ้นความคิด นักศึกษาคิดว่าหากกำหนดให้อายุไขของดาวฤกษ์มีเพียง 1 วัน นักศึกษาคิดว่าดาวฤกษ์จะมีกิจกรรมอะไรทำบ้าง นานแค่ไหน

3. ใช้ชุดภาพประกอบพาวเวอร์พ้อยท์และวีดีโอจากยูทูป ในการอธิบายความหมาย และที่มาที่ไปของหัวข้อต่าง ๆ

4. ใช้เครื่องฉายแผ่นทึบแสดงการคำนวณตัวอย่างแบบฝึกหัด ที่แทรกอยู่ในบทเรียน พร้อม ๆ กันทั้งชั้นเรียน และแบ่งกลุ่มนักศึกษาให้ลองทำแบบฝึกหัดท้ายบทบางข้อให้ช่วยกันคิดในกลุ่ม และส่งตัวแทนแสดงวิธีทำหน้าชั้นเรียน

5. เมื่อสอนจบบทจะสั่งการบ้านในแบบฝึกหัดท้ายบท กำหนดส่งในสัปดาห์ถัดไป

6. ประเมินผลการเรียนรู้จากแบบฝึกหัดท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์พาวเวอร์พ้อยท์
3. วีดีโอในเรื่องที่เกี่ยวข้องจากยูทูป
4. เครื่องคอมพิวเตอร์
5. Projector
6. เครื่องฉายแผ่นทึบ

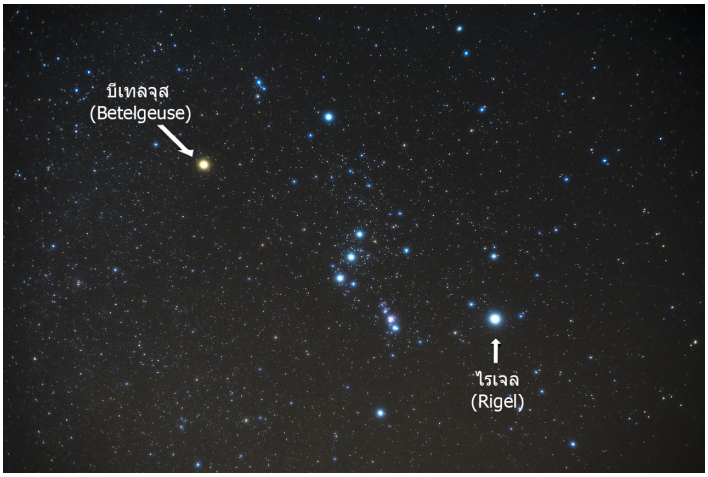
การวัดผลและการประเมินผล

1. คะแนนสอบ
2. คะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบท
3. การเข้าชั้นเรียน
4. ชิ้นงาน

บทที่ 4

ดวงดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร

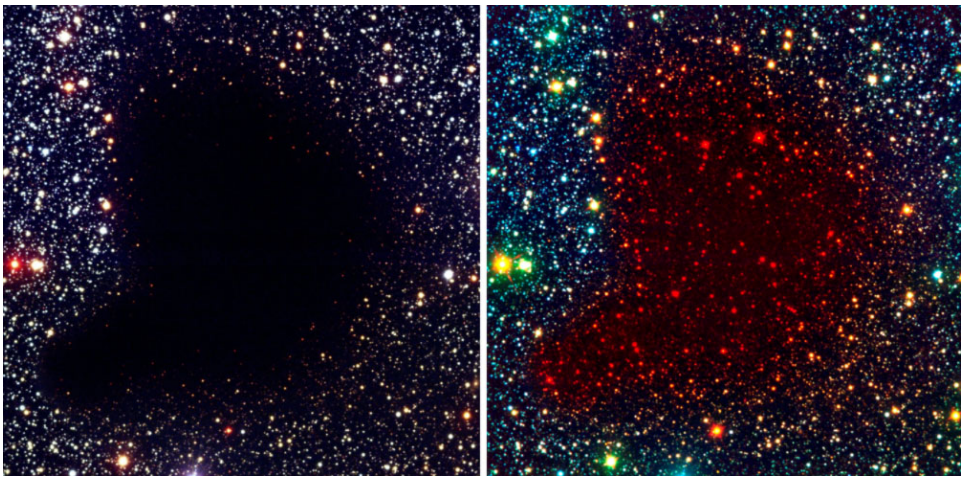
เรียบเรียงโดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ
จากเนื้อหาในหนังสือดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน (ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ, 2565ข)



รูปที่ 4.1: ดาวบีเทลจุส (Betelgeuse) และดาวไรเจล (Rigel) เป็นดาวสว่างอยู่ในกลุ่มดาวนายพราน โดยมีตำแหน่งอยู่ที่หัวไหล่และหัวเข่านายพราน ตามลำดับ การที่บีเทลจุสมีสีส้ม ขณะที่ไรเจลมีสีฟ้า ทำให้เราทราบอุณหภูมิและประเภทของดาวได้
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ซึ่งดัดแปลงจาก Needpix.com - CC BY-SA 3.0)

4.1 บทนำ

บทนี้จะอธิบายว่าดาวฤกษ์นั้น เกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไปอย่างไร หากเราเงยหน้ามองดูดาวบนท้องฟ้าแล้วเคยสงสัยไหมว่าดาวเหล่านั้นมันกำลังทำอะไรอยู่ มันกำลังเริ่มการก่อตัวของกลุ่มก๊าซ หรือกำลังเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่ใจกลาง (หรือที่เปลือก) ได้แล้วได้ธาตุอะไรบ้าง หรือมันกำลังใช้เชื้อเพลิงจนใกล้หมดจนตัวเองไม่เสถียร หรือมันได้ระเบิดเป็นเปลือกออกไปแล้ว หรือสิ่งที่เรามองเห็นอยู่นั้นเป็นเพียงซากดาวที่หดยุบตัวกันแน่



รูปที่ 4.2: กลุ่มก๊าซและฝุ่นเย็น (Barnard-68) ที่ถ่ายด้วยช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (ซ้าย) และช่วงคลื่นอินฟราเรด (ขวา) จะเห็นว่าเราสามารถมองเห็นแสงของดาวฤกษ์จากด้านหลังของกลุ่มฝุ่นนี้ได้ชัดเจนจากภาพถ่ายอินฟราเรด
(ที่มา : FORS Team/VLT Antu/ESO, ESO)

4.2 เนบิวลาหรือสสารระหว่างดาว

ดาวฤกษ์ก่อกำเนิดจากสสารระหว่างดาว (interstellar medium, ISM) หรือบางครั้งเรียกว่าเนบิวลา (nebula) และสสารเหล่านั้นจะกลับคืนอยู่อวกาศอีกครั้งเมื่อดาวฤกษ์ปล่อยมวลสารผ่านลมสุริยะ หรือในวาระสุดท้ายเมื่อมันระเบิด

เมื่อมีรังสีคอสมิก (cosmic ray) ซึ่งเป็นอนุภาคมีประจุที่อาจเกิดจากลมสุริยะหรือการระเบิดของดาวฤกษ์ใกล้เคียง วิ่งผ่านอวกาศที่ ISM จะทำให้ ISM เกิดมีอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น อนุภาคโปรตอน (ปกติมีพลังงานระหว่าง 10 - 10^{14} MeV[1]) กำลังเคลื่อนที่ผ่าน ISM ที่มีองค์ประกอบเป็นก๊าซไฮโดรเจน จะมีการถ่ายโอนพลังงานการสู่ ISM ทำให้อะตอมไฮโดรเจนใน ISM เกิดการไอออไนซ์

$$p^+ + H \rightarrow H^+ + e^- + p^+$$

จะเห็นว่าเมื่อมีการชนกันระหว่างโปรตอนกับอะตอมไฮโดรเจน จะมีอิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้น ซึ่งอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ ISM ร้อนขึ้นและแผ่รังสีออกมา โฟตอนที่ถูกแผ่ออกมา หากมีความยาวคลื่นยาวในระดับอินฟราเรดจะเกิดการกระเจิงน้อยเมื่อชนกับอนุภาคฝุ่น ทำให้คลื่นอินฟราเรดสามารถส่งผ่าน ISM สู่ผู้สังเกตได้ ดังนั้น หากนักดาราศาสตร์ต้องการศึกษากลุ่มฝุ่นต่าง ๆ จึงมักใช้กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด เป็นต้น (ดังแสดงในรูปที่ 4.2)

[1] 10^{14} MeV คือพลังงานของลูกเทนนิสที่มีมวล 0.057 กิโลกกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.1: ระยะเวลาที่โปรโตสตาร์จะยุบตัวเข้าสู่แถบกระบวนหลักตามแนวฮายาชิ

มวลเริ่มต้นของกลุ่มก๊าซ ($M_{\odot}$)	ระยะเวลาที่โปรโตสตาร์จะยุบตัว (ล้านปี)
60	0.0282
25	0.0708
15	0.117
9	0.288
5	1.15
3	7.24
2	23.4
1.5	35.4
1	38.9
0.8	68.4

(ที่มา : ข้อมูลจาก Bernasconi & Maeder, 1996)

4.3 โปรโตสตาร์

เมื่อ ISM เย็นตัวลงมันจะรวมตัวกันเป็น โปรโตสตาร์ (protostars) คือวัตถุก่อนดาว หรือวัตถุก่อนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันในดาว (pre-nuclear-burning objects) โดยเงื่อนไขการยุบตัวของ ISM เป็นไปตาม "**เงื่อนไขของจีนส์ (Jeans criterion)**" [2] ผ่านการใช้ทฤษฎีบทไวเรียล (Virial theorem)[3]

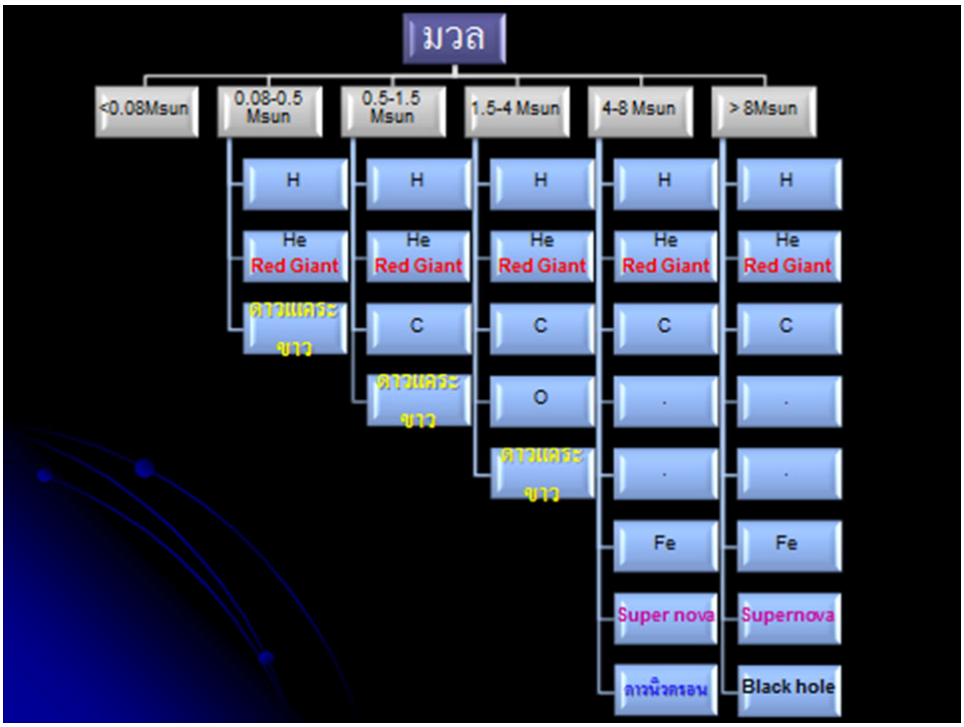
กลุ่มก๊าซจะสามารถยุบตัวลงได้เมื่อมีมวลเกินมวลของจีนส์นั้น การยุบตัวจะเป็นไปด้วยมาตราส่วนเวลาแบบตกอิสระ (free-fall timescale, t_{ff}) เมื่อยุบถึงจุด ๆ หนึ่งจนอยู่ในสถานะเสมือนสถิต (quasi static) หรือเกือบจะนิ่งเสถียรแล้ว จะเรียกว่า**โปรโตสตาร์ (protpstars)**

4.4 วิวัฒนาการดาวฤกษ์บนแถบกระบวนหลัก และหลังออกจากแถบกระบวนหลัก

เมื่อก๊าซยุบตัวได้เป็นโปรโตสตารย์แล้ว มวลของมันจะเป็นตัวตัดสินว่าจะมีค่ามากพอที่จะสามารถจุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันเป็นดาวฤกษ์ได้หรือไม่ และจะมีจุดจบเป็นอย่างไร ดังจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป และมีภาพสรุปไว้ดังรูปที่ 4.3

[2]เงื่อนไขของจีนส์ คือ มวลมากสุดที่ก๊าซจะยุบตัวเป็นโปรโตสตาร์ หรือรัศมีมากสุดที่กลุ่มก๊าซจะยุบตัวเป็นโปรโตสตาร์

[3]โดยทฤษฎีไวเรียลจะกล่าวว่า **ทฤษฎีบทไวเรียล กล่าวว่า ถ้ากลุ่มก๊าซมีค่าพลังงานจลย์มากเป็นสองเท่าของพลังงานศักย์โน้มถ่วง กลุ่มก๊าซจะทำให้ก๊าซขยายตัว ในทางตรงกันข้าม ถ้าพลังงานจลย์มีค่าต่ำลงกลุ่มก๊าซจะยุบตัว**



รูปที่ 4.3: แผนภูมิวิวัฒนาการดาวฤกษ์พอสังเขปที่ถูกกำหนดด้วยค่ามวล
(ที่มา : ข้อมูลจาก Carroll & Ostlie, 2007 หน้า 451-501)

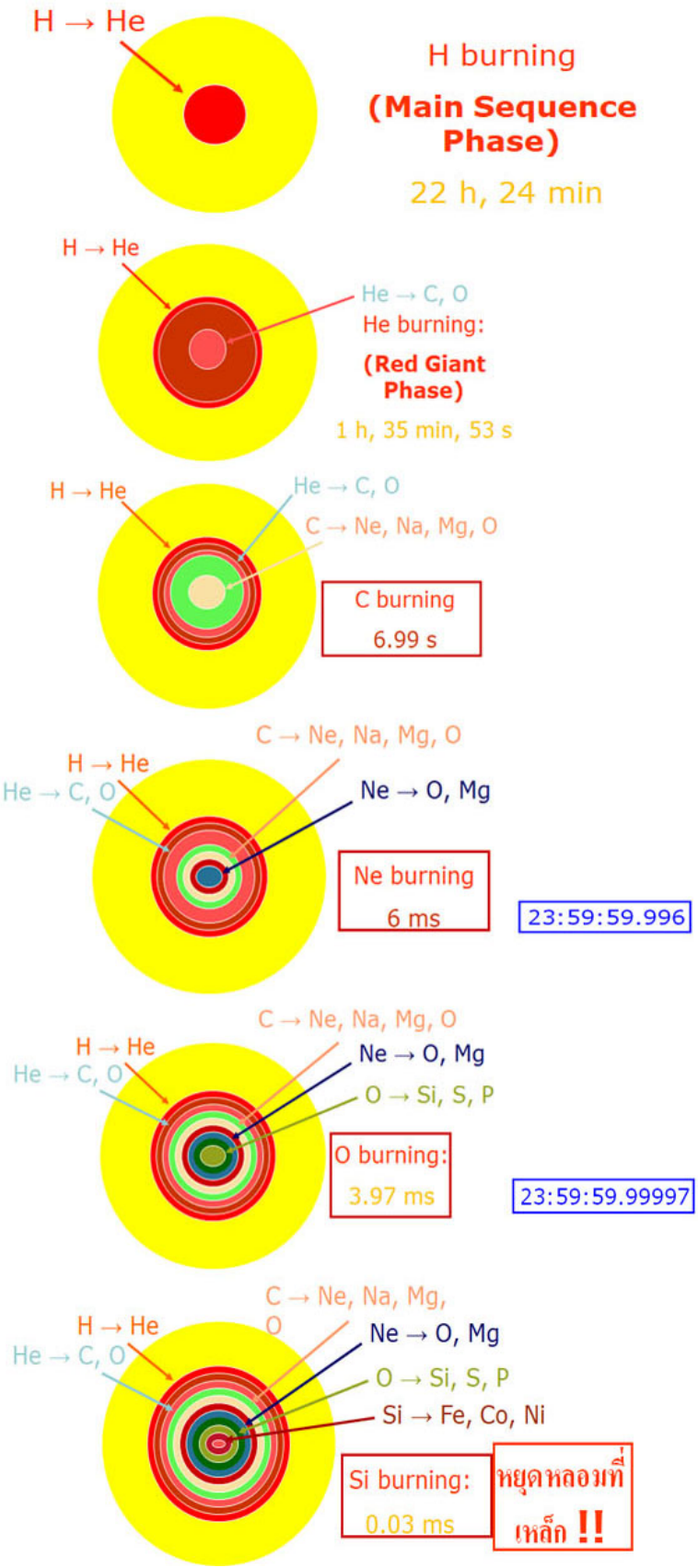
4.4.1 ดาวฤกษ์บนแถบกระบวนหลัก

วิวัฒนาการดาวฤกษ์บนแถบกระบวนหลัก (main-sequence evolution) นิยามง่าย ๆ คือการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันหลอดนิวเคลียสธาตุไฮโดรเจนเป็นนิวเคลียสฮีเลียมที่ใจกลางดาว ขณะที่วิวัฒนาการดาวฤกษ์หลังออกจากแถบกระบวนหลัก (post-main-sequence evolution) เริ่มต้นเมื่อฮีเลียมที่ใจกลางดาวหลอมได้ธาตุอื่น ๆ ที่หนักขึ้น จนเชื้อเพลิงหมดและพบจะจุดจบเป็นดาวแคระขาว ดาวนิวตอน หรือหลุมดำนั้น ขึ้นกับมวลของดาวฤกษ์

รูปที่ 4.5 แสดงแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซล (Hertzprung-Russell Diagramme) หรือแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่าง อุณหภูมิ สี ประเภท และขนาดของดาวฤกษ์ในดาราจักรหนึ่ง ๆ ที่แตกต่างกันไป หากเป็นดาราจักรทางช้างเผือก แผนภาพนี้ก็เสมือนเป็นภาพสแนปชอต (snap shot) ท้องฟ้า ณ เวลาหนึ่ง นั่นเอง

หากสมมติให้ชีวิตของดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง มีอายุไขเพียง 1 วัน จะเกิดสิ่งใดขึ้นบ้างที่ใจกลางดาว แสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าแทบจะทั้งชีวิตของดาว (22 ชั่วโมง 24 นาที) ดาวฤกษ์จะมีหลอมนิวเคลียสธาตุไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมที่ใจกลางดาว เรียกเวลาช่วงนี้ว่าเป็น "ดาวในแถบกระบวนหลัก (main-sequence stars)" และใช้เวลาที่เหลือเกือบทั้งหมดในการหลอมนิวเคลียสธาตุฮีเลียมที่ใจกลางดาว (อีก 1 ชั่วโมง 35 นาที 53 วินาที) จะเห็นว่าเวลาที่เหลืออีกเพียง 7 วินาที ดาวยังใช้ต่ออย่างคุ้มค่า โดยทำการหลอมธาตุคาร์บอนด์ที่ใจกลางอีก 6.99 วินาที หลอมธาตุนีออน อีก 0.006 วินาที และหลอมธาตุออกซิเจนอีก 0.000397 วินาที เหลืออีก 0.000003 วินาทีสุดท้าย ดาวฤกษ์จะใช้มันหลอมธาตุซิลิกอน



รูปที่ 4.4: ระยะเวลาการเกิดธาตุต่าง ๆ ที่แกนกลาง เมื่อสมมติให้ดาวมีอายุไขเพียง 1 วัน
(ที่มา : ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) ซึ่งวาดใหม่โดยใช้ข้อมูลจาก Carroll & Ostlie, 2007 หน้า 451-501)

จนได้ธาตุเหล็กที่ใจกลางดาว[4] ถือเป็นอันสิ้นสุดชีวิตที่เรียกว่า "ดาวฤกษ์" แต่ก็หาใช่วาระสุดท้ายของมันไม่ จะสังเกตเห็นว่า **ยิ่งดาวมวลมาก ยิ่งมีช่วงชีวิตที่สั้นกว่าดาวมวลน้อย** สาเหตุเนื่องจากปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นแบบลูกโซ่ ดังนั้นยิ่งมวลมากจะยิ่งมีการใช้เชื้อเพลิงหมดไปได้อย่างรวดเร็ว (ดูตารางที่ 4.2 ประกอบ)

ตารางที่ 4.2: ระยะเวลาที่ดาวฤกษ์วิวัฒน์ออกจากแถบกระบวนหลัก

มวลเริ่มต้น	ระยะเวลาที่ดาวฤกษ์วิวัฒน์ออกจากแถบกระบวนหลัก ถึงตำแหน่งต่าง ๆ (ล้านปี)									
($M_\odot$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	0	6.33	6.41	6.41	6.43	6.52	7.05			
15	0	11.4	11.5	11.6	11.6	11.6	11.7	12.8		
12	0	15.7	16.0	16.0	16.1	16.1	16.4	16.7	17.6	17.7
9	0	25.9	26.4	26.4	26.4	26.5	27.4	28.1	29.0	29.2
7	0	42.6	43.2	43.2	43.3	43.4	45.3	46.2	48.0	48.4
5	0	92.9	94.4	94.6	94.9	95.2	99.4	100.9	107.2	108.4
4	0	162.0	164.7	164.9	165.7	166.4	172.4	185.4	192.2	194.3
3	0	346.2	352.5	352.8	355.0	357.3	366.9	420.5	440.5	
2.5	0	574.3	584.9	586.1	589.8	595.5	607.3	710.2	757.1	
2	0	1094	1115	1117	1129	1148	1161	1380	1411	
1.5	0	4703	4910	4933	5115	5588				
1	0	7048	9844	11386	11636	12270				
0.8	0	18829	25028							

(ที่มา : ข้อมูลจาก Schaller et al., Astron. Astrophys. Suppl., 96, 269, 1992. อ้างอิงใน Carroll & Ostlie, 2007 หน้า 495)

4.4.2 ดาวใต้ยักษ์

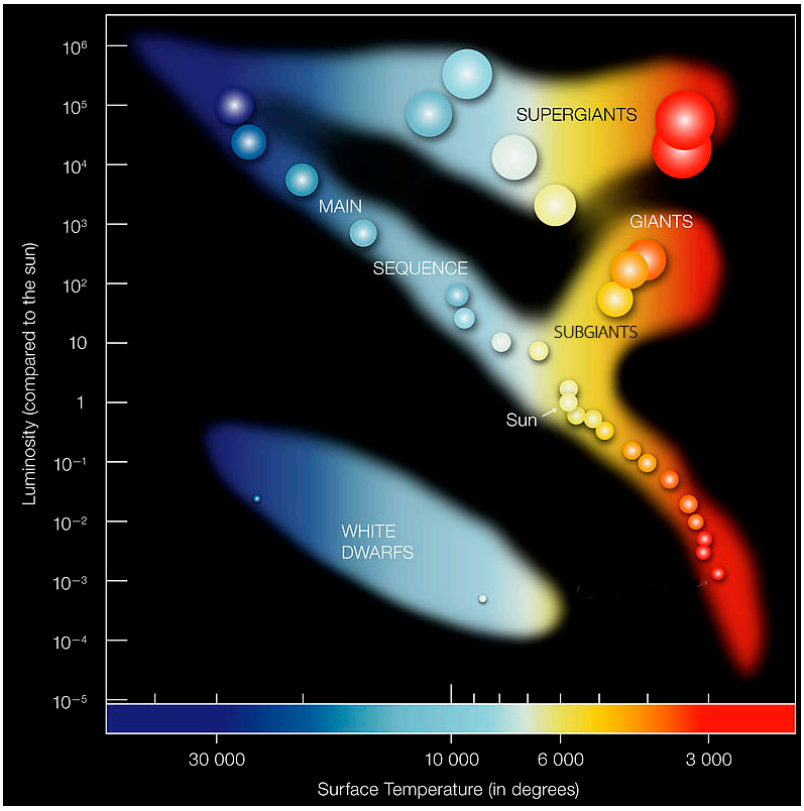
สำหรับดาวมวลน้อยและปานกลาง ทันทีที่มีการหลอมไฮโดรเจนที่เปลือกจะเริ่มมีฮีเลียมที่เปลือกเกิดขึ้น พร้อม ๆ กันกับที่ใจกลางฮีเลียมมีการเพิ่มมวลขึ้นอย่างมีเสถียรภาพ ณ จุดนี้ ดาวฤกษ์มีอุณหภูมิเกือบเท่ากันทั้งดวง (isothermal)

เมื่อมวลที่ใจกลางเกินขีดจำกัดโชนเบิร์ก-จันทราเสกขา (Schönberg-Chandrasekhar limit)[5] ใจกลางจะยุบตัวอย่างรวดเร็วด้วย t_{KH} พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่ถูกปลดปล่อยมาจากใจกลางทำให้เปลือกของดาวขยายออก อุณหภูมิที่เปลือกเย็นลง ทำให้ดาวปรากฏบน HRD ใน**แขนงของดาวใต้ยักษ์ (Sub-Giant Branch, SGB)** ซึ่งเป็นเส้นแนวนอนก่อนที่จะมีกำลังส่องสว่างมากขึ้นสู่แขนงยักษ์แดงนั่นเอง

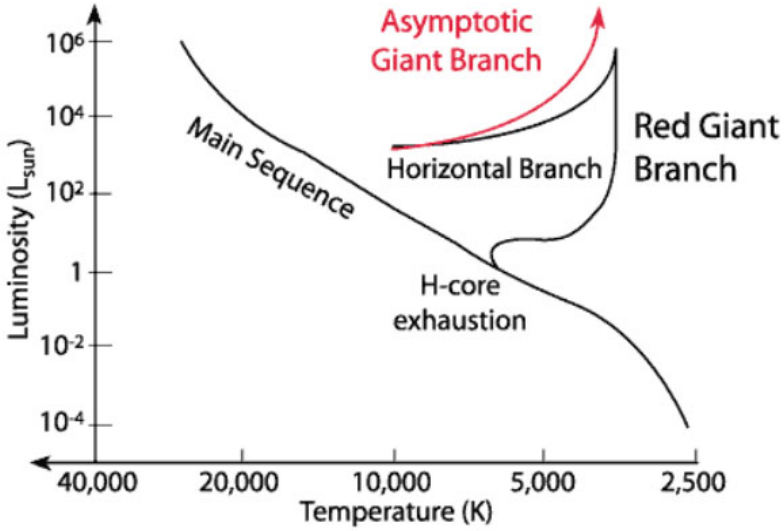
เมื่อ envelope ที่ขยายตัวและอุณหภูมิยังผลลดลงเรื่อย ๆ ความทึบของบรรยากาศชั้นโฟโตสเฟียร์จะเพิ่มขึ้น (เนื่องจากมีไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้น) ผลที่ตามมาคือโชนการพาความร้อนจะพัฒนาขึ้นบริเวณผิวดาว (ทั้งดาวมวลน้อยและปานกลาง) ส่งผลให้กำลังส่องสว่างลดลงเล็กน้อยจากเดิม ถือเป็นตำแหน่งสุดท้ายของแขนงดาวใต้ยักษ์

[4]ธาตุเหล็กเป็นธาตุที่พลังงานยึดเหนี่ยวในนิวเคลียสสูงที่สุดในตารางธาตุ ดาวฤกษ์จึงไม่สามารถหลอมให้ได้ธาตุอื่นอีกต่อไป

[5]เมื่อวาระสุดท้ายของวิวัฒนาการดาวฤกษ์มาถึง เมื่อมวลของใจกลางดาวมีอุณหภูมิเท่ากันอย่างทั่วถึง และใจกลางมีมวลมากจนไม่สามารถแบกรับมวลสารเหนือมัน (envelope) ได้ ใจกลางจะยุบตัวเหลือเพียงมวลใจกลางที่มากที่สุดที่จะสามารถแบกรับมวลสารเหนือมันได้ เรียกมวลนั้นว่า Schönberg-Chandrasekhar limit



รูปที่ 4.5: แผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซล
(ที่มา : ดัดแปลงจาก ESO - CC BY 4.0)



รูปที่ 4.6: วิวัฒนาการของดาวฤกษ์จากแถบกระบวนหลักจนถึงแขนงยักษ์อะซิมโตติก
(ที่มา : NOAO)

4.4.3 ดาวยักษ์แดง

เมื่อโซนการพาความร้อนที่ผิวขยายลึกลงเข้าเนื้อดาวมาเรื่อย ๆ กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่เกือบจะไม่สูญเสียความร้อนเลย (adiabatic) ทำให้เส้นวิวัฒนาการวิ่งขึ้นในแนวดิ่งอย่างรวดเร็ว เรียกว่าเกิด "แขนงของดาวยักษ์แดง (Red-Giant Branch, RGB)"

กระบวนการพาความร้อนที่มากขึ้นนี้ ทำให้เกิดการผสมกันของมวลสารระหว่างผิวดาวและในเนื้อดาว เรียกว่า "**ระยะขุดลอกครั้งที่ 1 (first dredge-up phase)**"

ตำแหน่งสุดท้ายของ RGB คือ จุดที่ซึ่งอุณหภูมิและความหนาแน่นที่ใจกลางดาวมีค่าสูงพอ ที่จะเกิดกระบวนการหลอมนิวเคลียสฮีเลียมเป็นคาร์บอนด์ (triple alpha process) และหลอมคาร์บอนเป็นออกซิเจนได้เช่นกัน

การลุกจ้าของฮีเลียมที่ใจกลาง (Helium core flash) เป็นสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นเพียงกับมวลน้อย ($\lesssim 1.8\ M_\odot$) แต่ไม่พบกับดาวมวลปานกลาง ($\gtrsim 1.8\ M_\odot$) เพราะสำหรับดาวมวลน้อย ฮีเลียมที่ใจกลางจะยุบตัวลงเรื่อย ๆ ตลอด RGB กระบวนการ triple alpha process เป็นกระบวนการที่ขึ้นกับอุณหภูมิอย่างมาก และประกอบกับที่อิเล็กตรอนที่ใจกลางก็ถูกดีเจนเนอเรตอย่างสูง ดังนั้น เมื่อมีการจุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันเพื่อหลอมคาร์บอนที่ใจกลางขึ้น พลังงานมหาศาลจึงถูกปลดปล่อยออกมาเป็นการลุกจ้าของฮีเลียมที่ใจกลาง (ดูรูปที่ 4.6 ประกอบ)

สำหรับดาวมวลมากนั่นไม่ใช่ไม่มีกระบวนการเหล่านี้เกิด เพียงแต่การทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ไม่พบว่ามีกระบวนการนี้อยู่ นั่นเป็นเพราะการวิวัฒน์ผ่านกระบวนการนี้ของดาวมวลมากนั้นเร็วกว่าการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่ปรากฏการลุกจ้าของฮีเลียมที่ใจกลาง เป็นวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังเกิดการลุกจ้าของฮีเลียมที่ใจกลาง

4.4.4 แขนงฮอไรซันทอล

กระบวนการ triple alpha process เป็นกระบวนการที่ขึ้นกับอุณหภูมิอย่างมาก ทำให้เส้นวิวัฒนาการเลื่อนมาทางอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและขนานกับแนวนอน เรียกว่า "**แขนงฮอไรซันทอล (Horizontal Branch, HB)**" (ดูรูปที่ 4.6 ประกอบ) ซึ่งเห็นชัดเจนกว่ามากในมวลมาก

4.4.5 แขนงยักษ์อะซิมโตติก

แขนงยักษ์อะซิมโตติก (Asymtotic-Giant Branch, AGB)[6] เป็นช่วงที่ดาวแทบไม่มีการหลอมไฮโดรเจนที่ใจกลาง และวิวัฒนาการของดาวยักษ์สีแดงเลื่อนขึ้นในแนวดิ่งจนถึงแนวฮายาชิ ที่กำลังส่องสว่างเพิ่มขึ้นสูงนี้เป็นเพราะโครงสร้างภายในของดาวขณะนี้มี envelope เป็นไฮโดรเจนและฮีเลียมที่โซนพาความร้อนกำลังขยายตัวอย่างมหาศาล (ดูรูปที่ 4.6 ประกอบ)

[6]ที่มีชื่อนี้นั่นเป็นเพราะเส้นวิวัฒนาการลากขึ้นแนวดิ่ง คล้าย ๆ กับเส้นวิวัฒนาการช่วง RGB คล้ายมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกัน

เมื่อเวลาผ่านไปที่เปลือกจะเกิดการหลอมฮีเลียม (Helium shell burning) ชั้นที่ติดกับใจกลาง แบบติด ๆ ดับ ๆ (quasi-periodic) และที่ใจกลางจะหลอมได้ธาตุที่หนักขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้มวลที่ใจกลางเพิ่มมากขึ้น หากมวลที่ใจกลาง (ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและออกซิเจนที่มีอิเล็กตรอนถูกดีเจนเนอเรต) มีค่าถึงขีดจำกัดของจันทราเสกขา (Chandrasekhar limit)[7] ดาวจำเป็นต้องมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบของลมสุริยะ และการระเบิดเปลือกออก และใจกลางที่หดยุบเรียกว่า โดยแบ่งความแรงของการระเบิดขึ้นกับมวลของดาวฤกษ์ หัวข้อต่อไปนี้

4.4.6 วาระสุดท้ายของดาวฤกษ์หลังออกจาแขนงยักษ์อะซิมโตติก

4.4.6.1 ดาวแคระห์ขาว (white dwarfs)



รูปที่ 4.7: ตัวอย่างเนบิวลาดาวเคราะห์ที่แสดงให้เห็นถึงรูปร่างการระเบิดเปลือกดาวฤกษ์ออก และยังคงเหลือใจกลางที่เป็นดาวแคระขาว เช่น NGC 6543 หรือเนบิวลาตาแมว (บนซ้าย) NGC 7293 หรือเฮลิกซ์เนบิวลา (บนขวา) Menzel 3 หรือเนบิวลามด (ล่างซ้าย) และ
(ที่มา : Judy Schmidt - CC BY 2.0 (บนซ้าย,ล่างซ้าย), NASA (บนขวา), ESA/Hubble & NASA by Judy Schmidt - CC BY 4.0 (ล่างขวา))

สำหรับดาวมวลน้อยและปานกลาง ($0.08 \lesssim M \lesssim 5\ M_{\odot}$) จะระเบิดเปลือกออกเป็น**เนบิวลาดาวเคราะห์ (Planetary Nebulae, PN)** ใจกลางหดยุบกลายเป็น "**ดาวแคระขาว (white dwarfs)**[8]" ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.7

[7]มีค่า $\lesssim 1.4\ m_{\odot}$ หากดาวที่มีอิเล็กตรอนถูกดีเจนเนอเรต มีมวลถึงขีดจำกัดนี้ จะเกิด Thermo-nuclear runaway คือ จำเป็นต้องมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบของการระเบิด เจท หรือ ลมสุริยะ

[8]ดาวแคระขาวเป็นดาวที่มีความหนาแน่นสูงมาก (10^4 - 10^7 g cm^{-3} อะตอมทั้งดาวมีอิเล็กตรอนที่ถูกดีเจนเนอเรต และไม่ปฏิบัติตามหลักการกีดกันของเพาลี

4.4.6.2 ดาวนิวตรอน หรือพัลซาร์

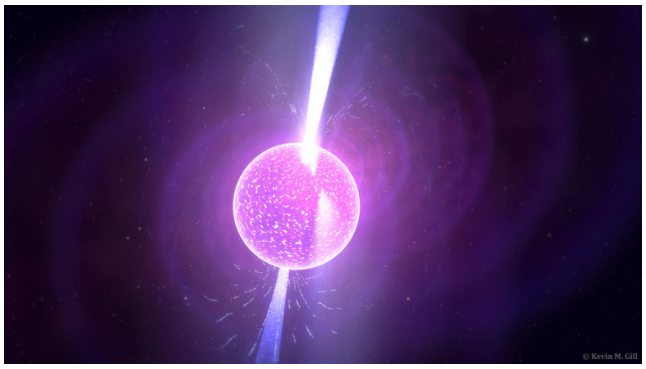
สำหรับดาวมวลมาก ($5 \lesssim M \lesssim 8\ M_{\odot}$) จะมีมวลมากพอที่ทำให้สามารถหลอมได้ถึงธาตุเหล็กที่ใจกลาง เมื่อเชื้อเพลิงหมดลงจะระเบิดเปลือกออกอย่างรุนแรง เกิดเป็นนวดารา หรือ**ซูเปอร์โนวา (supernova)** ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่รุนแรงที่สุดในอวกาศ แรงระเบิดที่รุนแรงก็จะเกิดแรงหดยุบที่ใจกลางรุนแรงเช่นกัน ทำให้ซากดาวที่ใจกลางถูกบีบอัดอย่างรุนแรงจนอิเล็กตรอน โปรตรอน นั้นรวมตัวเป็นนิวตรอน เรียกว่า "**ดาวนิวตรอน (neutron stars)**" ทำให้ทั้งดาวมีแต่อนุภาคนิวตรอนที่อยู่ร่วมกันด้วยความดันและความหนาแน่นสูงยิ่งยวด[9]



รูปที่ 4.8: เนบิวลาปู (บน) ที่แสดงใจกลางเป็นดาวนิวตรอนหรือพัลซาร์ ซึ่งหากเจ็ทหมุนลำแสงมายังโลกเราจะเห็นว่ามีดาวนิวตรอนที่ใจกลาง (กลาง) แต่ถ้าเจ็ทไม่ได้หมุนส่องมายังโลกเราก็จะไม่เห็นว่ามีดาวที่ใจกลาง (ล่าง)
(ที่มา : ESA - CC BY 4.0)

ดาวนิวตรอนส่วนใหญ่จะถูกสังเกตได้ในลักษณะที่เป็น "**พัลซาร์ (pulsar)**" ซึ่งถูกตรวจวัดได้เนื่องจากเป็นวัตถุที่มีเจ็ทพุ่งออกมาจากหัวและท้าย เมื่อดาวนิวตรอนหมุนเจ็ทนั้นส่ายเข้าหาเราเป็นคาบ ๆ คล้ายแสงจากประภาคาร ดังนั้นเมื่อเจ็ทไม่ได้ส่องมายังโลกเราจึงไม่สามารถมองเห็นมันได้ เพราะดาวนิวตรอนนั้นหรี่มาก ๆ และเมื่อเจ็ทได้หันลำแสงมายังโลกเราจึงจะเห็นมันอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.8

[9]ดาวนิวตรอนมีความหนาแน่นสูงยิ่งยวด (10^{13} - 10^{13} g cm^{-3})



รูปที่ 4.9: ภาพจำลองของดาวนิวตรอน
(ที่มา : Kevin M. Gill - CC BY 2.0)

4.4.6.3 หลุมดำ (black holes)

เมื่อดาวมวลสูงมาก ($\gtrsim 8\ M_{\odot}$) ที่มีใจกลางเป็นธาตุเหล็กระเบิดเป็นซูเปอร์โนวาแล้วนั้น ซากดาวที่ใจกลางถูกบีบอัดอย่างรุนแรงมหาศาล แม้กระทั่งนิวตรอนก็ไม่สามารถคงสภาพอยู่ได้ ทุกอย่างจะถูกดึงดูดเข้าไปกลางกลายเป็น **หลุมดำ (black holes)** ที่ ๆ ซึ่งเป็นจุด ไม่มีขนาด มีมวลและความหนาแน่นมหาศาล ทำให้มีแรงโน้มถ่วงมหาศาลเช่นกัน จนสามารถดูดสารบริเวณรอบ ๆ ได้ แม้กระทั่งแสงก็ถูกดูดเข้าไป เราจึงไม่สามารถมองเห็นหลุมดำได้ ที่ผ่านมาเราทราบว่าหลุมดำมีอยู่บริเวณนั้นเพราะภาพพื้นหลังที่เป็นแสงจากดาวฤกษ์และเนบิวลาถูกบิดให้เพี้ยนไปจากเดิม อันเนื่องจากสนามโน้มของหลุมดำ (gravitational lens effect) ดังแสดงในรูปที่ 4.10

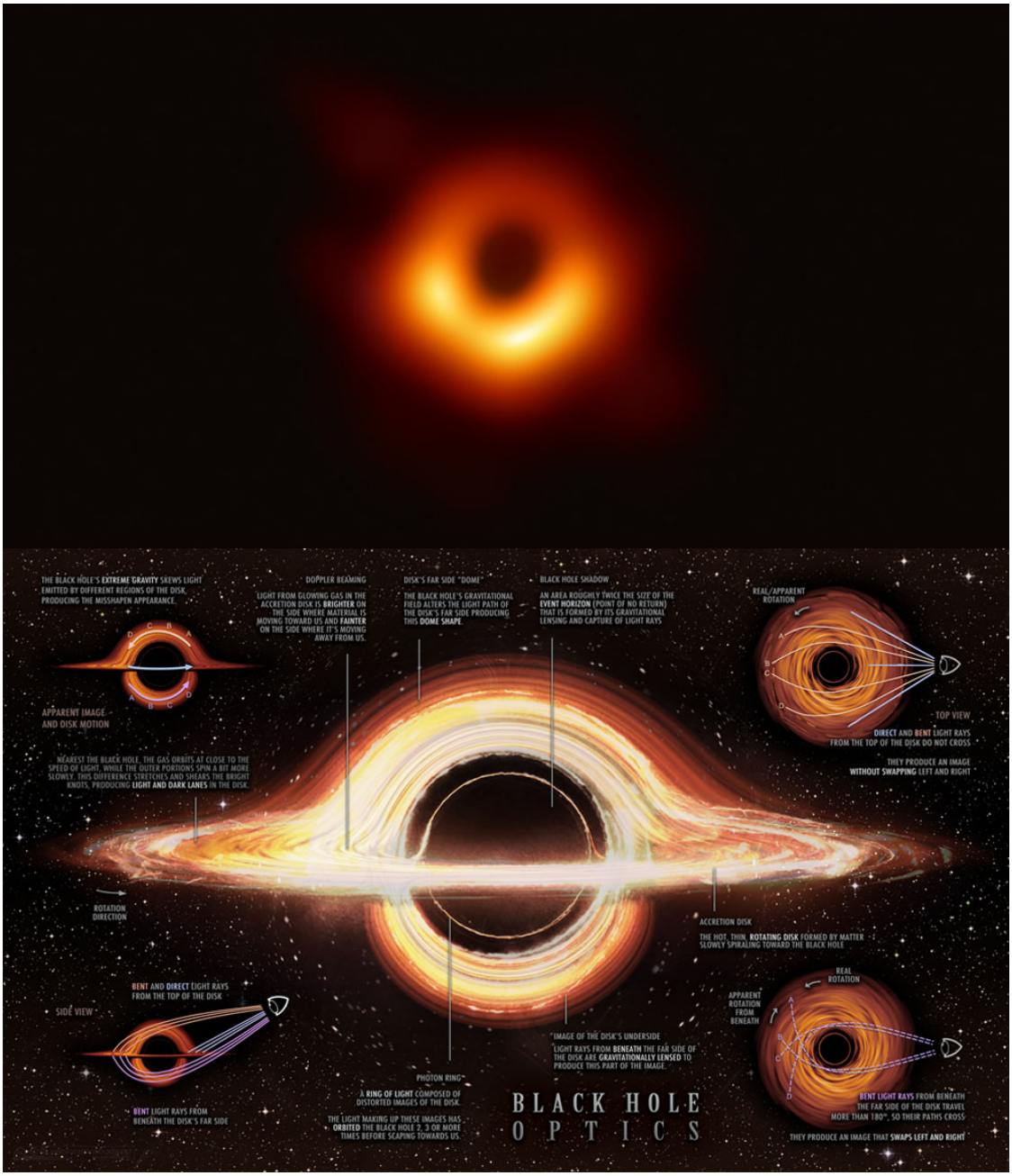
รูปที่ 4.11 เนื่องจากแสงส่วนใหญ่บริเวณรอบหลุมดำมาจากการแผ่รังสีของจานรวมมวล เราจึงควรพิจารณาทุกความเป็นไปได้ของการวางตัวของจานรวมมวล ซึ่งอาจตั้งฉาก ขนาน หรือเอียงในมุมมองของผู้สังเกต แต่ไม่ว่าจานรวมมวลจะวางตัวอย่างไร ความโค้งงอของ “อวกาศ-เวลา” ที่ถูกทำนายโดยไอน์สไตน์ จะส่งผลให้ภาพถ่ายของหลุมดำจะปรากฏเป็นรูป “โดนัทเบี้ยว”[10] เสมอ ดังนั้นรูปภาพของหลุมดำที่คล้าย “โดนัทเบี้ยว” จึงเป็นข้อพิสูจน์ว่า หลุมดำนั้นอธิบายได้ด้วยทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์ได้อย่างชัดเจน

[10]ผู้ ที่ สนใจ ว่า เหตุ ใด เรา จึง เห็น หลุม ดำ เป็น โดนัท เบี๊ยว เสมอ สามารถ อ่าน ได้ จาก เพจ https:// www.blockdit.com/ posts/627dc89edca6b307b377992c?fbclid=IwAR1CdFj4_0HfOUp1tpHHf0W86qd2n9qkiObYFROXMZ8KQCyHpdfYck9UYfg



รูปที่ 4.10: ตำแหน่งของหลุมดำที่สามารถระบุได้ด้วยภาพดาวพื้นหลังที่กลายเป็นเส้น ภาพทั้งสองแสดงให้เห็นว่ามีหลุมดำอยู่ตรงกลางของวงกลมที่เกิดจากการบิดไปของภาพดาวที่อยู่พื้นหลังห่างออกไป แต่ก็มีดาวและดาราจักรกั้นระหว่างเรากับหลุมดำเช่นกัน

(ที่มา : ESA/Hubble & NASA - CC BY 4.0)



รูปที่ 4.11: ภาพถ่ายของหลุมดำ Messier87 ด้วยกล้องโทรทรรศน์อีเวนท์ฮอไรซัน (Event Horizon Telescope, EHT) (ซ้าย) และการอธิบายว่าเหตุใดจึงเห็นภาพหลุมดำในลักษณะคล้ายโดนัทที่สว่างสองด้านไม่เท่ากันคล้าย “โดนัทเบี้ยว” (ขวา)

(ที่มา : ESO - CC BY 4.0, Pablo Carlos Budassi - CC BY-SA 4.0)

4.5 สรุป

วิวัฒนาการดาวฤกษ์ เริ่มตั้งแต่เนบิวลา (nebula) ที่ยุบตัวเป็นวัตถุก่อนดาว (protostar) ซึ่งหากมีมวลมากพอก็จะมีอุณหภูมิสูงพอที่จะจุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่ใจกลางและเรียกว่าเป็นดาวฤกษ์ (star) ได้ โดยเมื่อมีการหลอมไฮโดรเจนที่ใจกลางดาวจะเรียกว่าดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก (main sequence star) เมื่อมีการหลอมฮีเลียมที่ใจกลางจะเรียกว่าดาวยักษ์แดง (red giants) ณ วาระสุดท้ายของดาวฤกษ์เมื่อเชื้อเพลิงหมด หากดาวมีมวลไม่มากพอที่จะหลอมได้ธาตุเหล็กที่ใจกลาง จะมีการระเบิดเปลือกออกแล้วแกนกลางยุบเป็นดาวแคระขาว (white dwarfs) หากดาวมีมวลมากพอจนหลอมได้ธาตุเหล็กที่ใจกลางจะระเบิดเป็นซูเปอร์โนวา (supernovae) และใจกลางอาจยุบเป็นดาวนิวตรอน (neutron stars) หรือหลุมดำ (black holes) ขึ้นกับมวล

รูปที่ 4.3 แสดงวาระสุดท้าย หรือจุดจบของดาวฤกษ์ที่มีมวลแตกต่างกันพอสังเขป ดังต่อไปนี้

- หากดาวฤกษ์มีมวล $\lesssim 0.08 M^{\odot}$ จะมีมวลน้อยเกินไปที่จะจุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันในดาวได้ ไม่ก่อเกิดเป็นดาวฤกษ์

- มวล $0.08 \sim 0.5 M^{\odot}$ จะสามารถจุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันหลอมไฮโดเจนเป็นฮีเลียมที่ใจกลาง และสามารถมีการหลอมฮีเลียมที่ใจกลางเป็นคาร์บอนด์ได้ เมื่อมวลหมดลง ใจกลางหยดยุบเป็น**ดาวแคระขาว**

- มวล $0.5 \sim 1.5 M^{\odot}$ จะมีการหลอมไฮโดเจนที่ใจกลาง ต่อด้วยการหลอมฮีเลียมที่ใจกลาง และการหลอมคาร์บอนด์ที่ใจกลาง เมื่อมวลหมดลง ใจกลางหยดยุบเป็น**ดาวแคระขาว**

- มวล $1.5 \sim 4 M^{\odot}$ จะมีการหลอมไฮโดเจนที่ใจกลาง ต่อด้วยการหลอมฮีเลียมที่ใจกลาง ต่อด้วยการหลอมคาร์บอนด์ที่ใจกลาง และมีการหลอมออกซิเจนที่ใจกลาง เมื่อมวลหมดลง ใจกลางหยดยุบเป็น**ดาวแคระขาว**

- มวล $4 \sim 8 M^{\odot}$ จะมีการหลอมได้ถึงธาตุเหล็กที่ใจกลาง เมื่อมวลหมดลง เกิดการระเบิดเป็นซูเปอร์โนวา และใจกลางหยดยุบเป็น**ดาวนิวตรอน**

- มวล $\gtrsim 8 M^{\odot}$ จะมีการหลอมได้ถึงธาตุเหล็กที่ใจกลาง เมื่อมวลหมดลง เกิดการระเบิดเป็นซูเปอร์โนวา และใจกลางหยดยุบเป็น**หลุมดำ**

จะเห็นได้ว่าโชคชะตาของดาวฤกษ์แต่ละดวงจะถูกกำหนดด้วยมวลตั้งต้นของกลุ่มก๊าซรวมตัวเป็นดาวฤกษ์ในตอนเริ่มแรก ดังที่กล่าวมาข้างต้นพอสังเขป

4.6 แบบฝึกหัด

1. ข้อใดเป็นสมบัติของ “ดาวเคราะห์ยักษ์” ของดวงอาทิตย์ (ก. มีความหนาแน่นสูงมาก ข. ประกอบด้วยหินเป็นส่วนใหญ่ ค. มีแสงสว่างในตัวเอง ง. ประกอบด้วยไฮโดรเจนและฮีเลียมเป็นส่วนใหญ่)

2. ตามวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์ ในช่วงท้ายที่สุดจะเป็นอย่างไร (ก. ดาวแคระดำ ข. ดาวแคระขาว ค. หลุมดำ ง. ดาวนิวตรอน)

3. ดาวบีเทลจุสอยู่ห่างจากโลกประมาณ 500 ปีแสง ถ้าขณะนี้ดาวนั้นเกิดการระเบิด (ซูเปอร์โนวา) เราจะสังเกตเห็นปรากฏการณ์ดังกล่าวตามเวลาในข้อใด (ก. เห็นทันทีที่เกิด ข. เมื่อเวลาผ่านไป 10 ปี ค. เมื่อเวลาผ่านไป 500 ปี ง. เมื่อเวลาผ่านไป 500 ปีแสง)

4. สิ่งที่เกิดขึ้นกับดาวฤกษ์ทุกดวงเมื่อเข้าสู่ระยะสุดท้ายเป็นตามข้อใด (ก. ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ข. การระเบิดซูเปอร์โนวา ค. การกลายสภาพเป็นดาวนิวตรอน ง. มวลสลายไปหมด)

5. ข้อใดคือจุดจบของดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่าดวงอาทิตย์มาก ๆ เกิน 100 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ (ก. เนบิวลา ข. หลุมดำ ค. ดาวแคระดำ ง. ดาวยักษ์แดง)

6. ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ (ก. ฟิวชัน ข. ฟิชชัน ค. ซุปเปอร์โนวา ง. ออโรรา)

7. ดาวอาทิตย์ได้พลังงานจากปฏิกิริยาหรือปรากฏการณ์ข้อใด (ก. การรวมตัวของนิวเคลียร์ H เป็น He ข. การแตกตัวของนิวเคลียสใหญ่ ค. การเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ง. การระเบิดอย่างต่อเนื่อง)

8. ดาวฤกษ์ในข้อใด ที่มีอุณหภูมิของผิวดาวสูงที่สุด (ก. ดาวที่มีสีแดง ข. ดาวที่มีสีเหลือง ค. ดาวที่มีสีน้ำเงิน ง. ดาวที่มีสีขาว)

9. ข้อใดบ้างต่อไปนี้ถูกต้อง (ก. ดาวฤกษ์สีแดงมีอายุมากกว่าดาวฤกษ์สีน้ำเงิน ข. ดาวฤกษ์สีแดงอยู่ไกลกว่าดาวฤกษ์สีน้ำเงิน ค. ดาวฤกษ์สีแดงเคลื่อนที่แร็วกว่าดาวฤกษ์สีน้ำเงิน ง. ดาวฤกษ์สีแดงมีขนาดเล็กกว่าดาวฤกษ์สีน้ำเงิน)

10. ข้อใดไม่ได้เกิดจากพายุสุริยะ (ก. การเกิดแสงเหนือแสงใต้ ข. วงจรอิเล็กทรอนิกส์บนดาวเทียมเสียหาย ค. การเกิดฝนดาวตก ง. การติดต่อสื่อสารโดยวิทยุคลื่นสั้นขัดข้อง)

4.7 เอกสารอ้างอิง

1. Bernasconi, P. A. & Maeder, A. (1996) "About the Absence of a Proper Zero Age Main Sequence for Massive Stars.", *Astron. Astrophys.*, **307** 829.

2. Carroll, B. W. and Ostlie, D. (2004). *An Introduction to Modern Astrophysics 2nd edition*. UK : Pearson Education Limited.

3. Krane, K. S., (2012) *Modern Physics: 3rd edition*. USA : Wiley.

4. Iben, I. Jr. (1966) "Stellar Evolution. III. The Evolution of a 5 M_{sun} Star from the Main Sequence Through Core Helium Burning.", *Astrophys. J.* **143** 483.

5. Schaller, G., Schaerer, D., Meynet, G., Maeder, A. (1992) "New Grids of Stellar Models from 0.8-SOLAR-MASS to 120-SOLAR-MASSES at Z=0.020 and Z=0.001", *Astron. Astrophys. Suppl.* **96** 269.

6. Serway, R. A., & Jewett, J. W. Jr. (2014) *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 9th edition*. MA : Brooks/Cole.

7. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565) *ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (Introduction to Astrophysics of Nova Eruption)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.

8. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565ข) *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์*. กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.

9. เย็นใจ เลาหวณิช. (2519) *ฟิสิกส์ยุคใหม่เบื้องต้น*. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยมหิดล

แผนการสอนประจำบทที่ 5

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. ลัทธิ ความเชื่อ การบูชา
2. การวางตัวของวิหารบูชาของไทย
3. การสร้างบ้านแปลงเมืองของไทย

วัตถุประสงค์

1. อธิบายความเชื่อหรือลัทธิ ศาสนาทางดาราศาสตร์พื้นฐานได้
2. เล่าเรื่องนิทาน ความเชื่อ บทกลอนที่เกี่ยวข้องกับดวงดาวหรือกลุ่มดาวได้
3. ปฏิบัติการเกี่ยวกับโบราณสถาน สิ่งก่อสร้างโดยใช้ความรู้ทางดาราศาสตร์ได้
4. ตระหนักถึงจริยธรรมในการใช้ซอฟแวร์สำเร็จรูปในการทำงาน
5. คำนึงถึงมารยาทในการเข้าชมสถานที่ วัตถุทางวัฒนธรรมด้วยความสงบ

วิธีการสอนและกิจกรรมประจำบท

1. ผู้สอนบรรยายหัวข้อต่อไปนี้พร้อมเปิดโอกาสให้ซักถาม
2. กิจกรรมทำแบบฝึกหัด และอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาพาเธอไปดูดาว และตำราต่าง ๆ
2. สไลด์การสอนพาวเวอร์พอยท์

การวัดและการประเมินผล

1. ประเมินจากการสอบ
2. จากการตรวจแบบฝึกหัดในแต่ละเรื่อง
3. ประเมินจากชิ้นงาน
4. ประเมินจากการนำเสนอและอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

บทที่ 5

โบราณสถานกับดาราศาสตร์ไทย

เรียบเรียงโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร



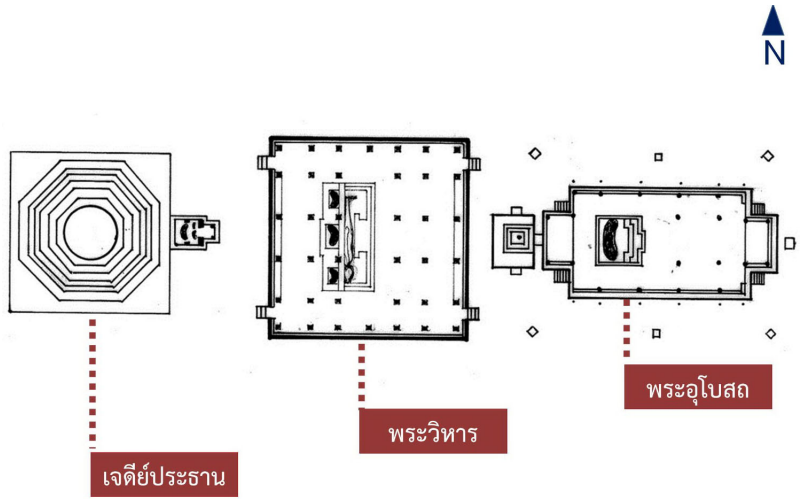
รูปที่ 5.1: ปราสาทพนมรุ้งสถานที่ ๆ ประชาชนทั่วไปเข้าใจถึงความเชื่อมโยงกันระหว่างดาราศาสตร์กับโบราณสถานชัดเจน

5.1 ลัทธิ ความเชื่อ การบูชา

คนในสมัยโบราณ ต้องการหาสิ่งยึดเหนี่ยวจิตใจ จึงเกิดเป็นลัทธิ การบูชา และหาตัวแทนเพื่อการระลึก หรือการสะท้อนภาคความคิดซึ่งอยู่คู่กับคนไทยมาตั้งแต่โบราณกาล เป็นความเชื่อที่เกิดจากภูมิปัญญาของบรรพชนซึ่งเป็นกลวิธีสำหรับควบคุมผู้คนในสังคมให้อยู่ร่วมกันได้อย่างปกติสุข คนสมัยก่อนเรียกเทวดาว่า ผี ถ้าเป็นเทวดาใหญ่ ๆ มีฤทธิ์อำนาจมากเรียกว่า ผีฟ้า เทวดากับผีในสมัยก่อนจึงเป็นประเภทเดียวกัน

5.1.1 ทิศของคนโบราณ

ทิศที่คนโบราณถือว่าดีก็คือ ทิศทักษิณ (ใต้) กับทิศตะวันออก ซึ่งทิศตะวันออกอันยกย่องว่าดีก็เป็นที่รู้กันดีว่า เมื่อพระบรมศาสดาจะตรัสรู้ พระองค์หันพระพักตร์ไปสู่เบื้องทิศบูรพา (ตะวันออก) และพระสัมมาสัมพุทธเจ้าบรรทม พระองค์จะประทับนอนในท่าสีหไสยา คือตะแคงขวาหันหน้าสู่ทิศตะวันออก พระเศียรสู่ทิศใต้ พระบาทสู่ทิศเหนือ ทิศที่ตรงข้าม



รูปที่ 5.2: วัดพระนอน เมืองกำแพงเพชร
(ที่มา : จินจุฑา เขนย, 2565)

กับสองทิศนี้ถือว่าอัปมงคล ดังนี้เมื่อจุดถ่ายมูลหนักเบาจึงจำเป็นต้องหันหน้าสู่ทิศอัปมงคลสองทิศนี้จึงจะถูกโฉลก คนไทยโบราณถือเรื่องทิศมาก ทิศเหนือในศิลาจารึกสุโขทัยจึงเรียกว่าทิศปลายตีน ส่วนทิศใต้คือ ทิศหัวนอน

ประเพณีอินเดียเชื่อว่าขณะนอนหลับ ควรหันศีรษะไปทาง "ทิศใต้" เพราะเมื่อตื่นขึ้นจะได้หันหน้าเข้าหาเขาพระสุเมรุ ส่วนทิศตรงข้ามคือ "ทิศเหนือ" ถือว่าเป็นทิศที่เป็นอัปมงคลสำหรับการนอน ไม่ควรหันศีรษะไปทางทิศนั้น เนื่องเมื่อตื่นขึ้นมาแล้วใบหน้าจะหันไปทางทิศใต้ เป็นทิศที่พระยม เทพแห่งความตายประทับอยู่ ด้วยเหตุนี้จึงต้องให้คนตายหันศีรษะไปทางทิศเหนือ มหาปรินิพพานสูตร ในสุตตันตปิฎก เล่ม 2 ทีฆนิกาย มหาวรรค เล่าเหตุการณ์ช่วงที่พระพุทธเจ้าจะเสด็จดับขันธปรินิพพานว่า

“พระพุทธเจ้าเสด็จข้ามแม่น้ำหิรัญวดี ไปยังสาลวโนทยาน เมืองกุสินารา ตรัสให้พระอานนท์ตั้งเตียงไว้ระหว่างไม้สาละ 2 ต้น จากนั้นจึงประทับสีหไสยาสน์ หันพระเศียรไปทางทิศเหนือ หันพระพักตร์ไปทางทิศตะวันตก”

การเดินเวียนเทียนรอบพระอุโบสถ หรือที่เรียกว่า การทำทักษิณาวรรต คือการเดินเวียนขวาโดยหันด้านขวาของตนเข้าเป็นการบูชาพระพุทธศาสนา อันเป็นกิจสำคัญอย่างหนึ่งในวันสำคัญทางพุทธศาสนา (ทิศฝั่งขวาคือ ทิศใต้ และ ตะวันออก ส่วนทิศฝั่งซ้ายคือ ทิศเหนือ และตะวันตก)

การไปเที่ยวชมพระปฐมเจดีย์หรือพระปรางค์เจดีย์ใหญ่ ๆ ตามวัดต่าง ๆ ควรมีความรู้ในเรื่องของเรื่องทิศไว้บ้าง เพราะถ้าหากเราเดินไม่ถูกทิศก็เหมือนกับว่าเรากำลังลบหลู่ดูหมิ่นสถานที่นั้น ๆ ที่ถูกคือจะต้องเดินเวียนไปทางขวา โดยเอาองค์พระธาตุหรือพระปรางค์เจดีย์อยู่เบื้องขวามือของผู้เดินชม การเวียนซ้ายนิยมใช้ในงานอวมงคล เช่นการนำโลงศพเวียนซ้ายรอบจิตกาธาน อันเป็นการลาลับโลกนี้ไป หรือใช้ในการถอนไสยศาสตร์ สำหรับแม่น้ำที่ไหลผ่านภูมิประเทศต่าง ๆ นั้น สามารถกำหนดทิศได้โดยฝั่งที่พระอาทิตย์ขึ้นเป็นฝั่งขวา ส่วนฝั่งพระอาทิตย์ตกเป็นฝั่งซ้าย คนโบราณจึงมักตั้งเมืองฝั่งขวาและลอยศพไปยังแม่น้ำฝั่งซ้าย



รูปที่ 5.3: ภาพการเวียนเทียนแบบทักษิณาวัตรรอบพระอุโบสถ
(ที่มา : Mthai: https://teen.mthai.com/variety/55900.html)

ดวงชะตาของบุคคล ก็มีการแบ่งตามลัคนาสถิตตามราศีฝ่ายซ้ายและฝ่ายขวา ดังนี้

ฝ่ายขวา คือ เมษ พฤษภ สิงห์ กันย์ ธนู และมังกร
ฝ่ายซ้าย คือ เมถุน กรกฎ ตุลย์ พิจิก กุมภ์ และมีน

การเลือกปฏิบัติให้ถูกฝ่ายจะช่วยให้เราทำกิจการง่ายก็ง่าย เช่น บุคคลฝ่ายซ้ายควรเลือกโต๊ะทำงานให้ค่อนไปทางซ้ายมือของห้อง หรือเป็นนักบริหาร ก็ควรเลือกห้องที่อยู่ทางปีกซ้ายของตัวอาคาร และหันหน้าสู่ทิศซ้าย คือทิศเหนือและตะวันตก

5.1.2 เขาพระสุเมรุ

เขาพระสุเมรุ (Mount Meru) คือ โลกของเรานี่เองโดยที่คนโบราณถือว่าจุดที่ตนยืนอยู่บนโลกเป็นจุดสังเกตการณ์สำรวจตรวจสอบการโคจรของดาวนพเคราะห์บนนภากาศ

“แต่แดนกำแพงจักรวาฬเถิงเขายุคุนธร หว่างกลางเป็นหนทาง พระอาทิตย์แลพระจันทร์และพระนวเคราะห์ แลดารากรทั้งหลายแต่งเทียวไปมาในหนทางวิถีให้เรารู้จักว่าปีแลเดือนวันคืน”

เนื่องจากการโคจรของดาวพระเคราะห์เป็นวงกลม ถ้ามองจากโลกจะเป็นดาวพระเคราะห์ผ่านกลุ่มดาวต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า ราศี ในมุม 360 องศา ราศีหนึ่งมีระยะทางยาวเพียง 30 องศาตลอดเส้นรอบวง ดังนั้นในการโคจรจึงมีอยู่ด้วยกัน 12 ราศี เริ่มเดือนแรกที่ราศีเมษ ถัดไปคือ พฤษภ เมถุน กรกฎ สิงห์ กันย์ ตุลย์ พิจิก ธนู มังกร กุมภ์ และ มีน

ในไตรภูมิพระร่วงกล่าวว่า บุคคลที่ถูกจำแนกออกโดยตำแหน่งลัคนาในดวงชะตาของบุคคลตามคติของโหราศาสตร์



รูปที่ 5.4: ภาพเขาพระสุเมรุ พระอาทิตย์อยู่ฝั่งขวา พระจันทร์อยู่ฝั่งซ้าย
(ที่มา : Berzin, 2022)

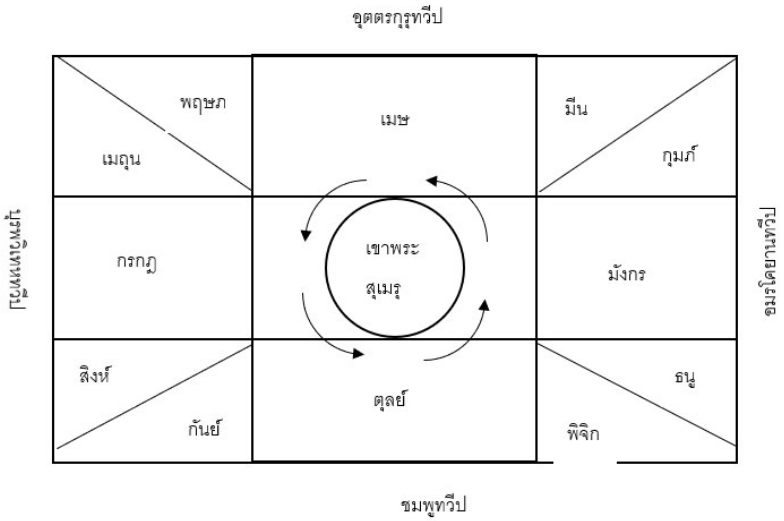
ท่านบอกไว้ว่า

“คนอันอยู่ในแผ่นดินชมพูทวีปอันเราอยู่นี้ หร้าเขาดังดุมเกวียน ฝูงคนอันอยู่ในบุพพวิเทหะหน้าเขาดังเดือนเพ็ญแลกลมดังหน้าแว่นฯ ฝูงคนอันอยู่ในอุตตรกุรุนั้นแล หน้าเขาเป็น 4 มุมดุจดังท่านแกล้งถากให้เป็น 4 เหลี่ยม กว้างแลรีนั้นเท่ากันแล ฝูงคนอันอยู่ในแผ่นดินอมรโคยานทวีปนั้น หน้าเขาดังเดือนแรม 8 ค่ำนั้นแลฯ”

บุคคลผู้อยู่ในอุตตรกุรุทวีปก็คือราศีมีน เมษและพฤษภ บุคคลผู้อยู่ใน อมรโคยานทวีปคือ ราศีธนู มังกรและกุมภ์ บุคคลผู้อยู่ใน บุพวิเทหทวีป คือ ราศีเมถุน กรกฎและสิงห์ และบุคคลผู้อยู่ใน ชมพูทวีปคือ ราศีกันย์ ตุลย์และพิจิก[1]

เมื่อเราดูตามลูกศรอันเป็นเส้นทางโครจรของดวงอาทิตย์ หมายความว่า ถ้าดวงอาทิตย์ขึ้นที่ราศี เมษ จะเป็นจุดสม-ดุล หรือจุดสงกรานต์ และแสดงว่า ตอนเที่ยงพระอาทิตย์จะอยู่กึ่งกลางมีเวลากลางวันเท่ากับกลางคืน ซึ่งจะมีอีกจุดหนึ่งคือตำแหน่ง ราศีตุลย์ ในไตรภูมิพระร่วงกล่าวไว้ว่า

[1]อ้างอิงจาก พลูหลวง (2546)



รูปที่ 5.5: แผนผังของพระสุเมรุ
(ที่มา : วาดขึ้นใหม่โดยผู้เขียน)

“อันว่าชมพูทวีป แลอุตตรกุรุทวีป กลางวันแลกลางคืนเสมอกัน เมื่อกลางวัน 15 นาทีจึ่งรุ่ง”

หมายเหตุ โลกหมุนรอบตัวเองครบเป็นเวลา 30 นาที

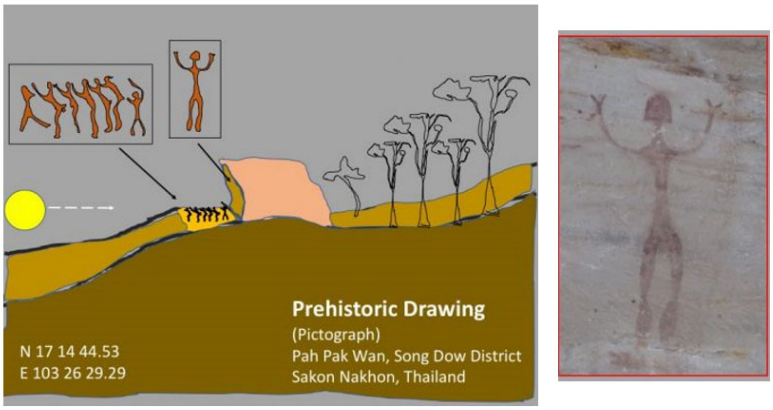
ท่านได้กล่าวถึงทวีปอื่นไว้อีกว่า

“แลในชมพูทวีปแลอุตตรกุรุทวีปไส้ พระอาทิตย์เสด็จขึ้นเทียมมณฑลในท่ามกลางเมื่อพระอาทิตย์เสด็จดั่งนั้น ในบุพพวีเทหทวีปนานค่ำพลันรุ่ง เมื่อกลางวันได้ 18 นาที เมื่อกลางคืนได้ 12 นาที และ ในอมารโคยานทวีปโพ้นไส้นานรุ่งพลันค่ำ เมื่อกลางคืน 18 นาที เมื่อกลางกัน 12 นาทีแลฯ”

จากคติความเชื่อโบราณ จะเชื่อเรื่องของเขาพระสุเมรุเป็นหลัง คือศูนย์กลางของจักรวาล จึงมักสร้างศาสนสถานบนภูเขาเพื่อเป็นศูนย์กลางในการติดต่อกับจักรวาล

5.1.3 การรับพลังสุริยะ ยามรุ่งอรุณ

ภาพเขียน ศิลปะถ้ำสกลนคร ตำบลท่าศิลา อำเภอส่องดาว จังหวัดสกลนคร อิริยาบถที่รู้สึกได้ถึงความเคลื่อนไหว ภาพ 8 คน ที่ใช้สีแดงเขียนโครงนอก อยู่ในท่าเรียงแถว 5 คน ตอนกลางหันด้านข้างไปทางเดียวกันอากัปกิริยาคล้ายต่อแถวเต้นรำคือย่อตัวลงก้นโด่งแล้วยกแขนไปข้างหน้าพร้อม ๆ กัน จังหวะเคลื่อนไหวคงฉับไวยิ่งจนทำให้เห็นภาพผมจุกหรือหางเปียด้านหลังของบางคนกระดกขึ้นลง และ (ผ้า) หูกระต่ายที่ก้นของบางคนก็ชูเด่นขณะกระดกก้น และมีคนหนึ่งแสดงอวัยวะเพศให้เห็นเป็นที่สังเกตได้ คนที่อยู่หน้าสุดกางแขนกางขาในท่าตรงแต่ก็ดูเหมือนกับก้าวเดินตรงเข้ามายังกลุ่มนักเต้นรำ อีก 2 คน ที่อยู่ตอนท้ายคนริมสุดลบเลือนไปมองเห็นแต่ส่วนขา อีกคนมองเห็นชัดว่ายืนหน้าตรงแต่กางขาและย่อตัวลงเล็กน้อย แขนสองข้างกางออกเป็นวงชูขึ้นเหนือศีรษะมือข้างหนึ่งคล้ายกับถือหรือสัมผัสกับวัตถุที่คล้ายเชือก ห่วง ชูอยู่เหนือศีรษะ



รูปที่ 5.6: ภาพเขียนศิลปะถ้ำสกลนคร
(ที่มา : อารีย์ ภู่สมบูญ, 2566)

หรือไม่ก็เป็นส่วนแขนของอีกคนหนึ่งที่ลบเลือนไปก็เป็นได้

5.2 การวางตัวของวิหารบูชาของไทย

การรับโหราศาสตร์เข้ามาในประเทศไทยแบ่งได้ออกเป็น 2 ระยะ คือ รับมาจากอินเดียใต้ราวพุทธศตวรรษที่ 14 ใช้มหาศักราชเป็นหลัก ส่วนระยะที่ 2 เข้ามาทางรามัญประเทศ เริ่มใช้จุลศักราชเป็นหลักตั้งแต่ต้นพุทธศตวรรษที่ 20 และใช้สืบต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันในวงการโหราศาสตร์

5.2.1 ปราสาทพนมรุ้ง

การวิจัยทางโบราณดาราศาสตร์ทั่วโลกได้สรุปว่าในการวางผังเมืองและผังศาสนสถานจากหลากหลายวัฒนธรรมในยุคประวัติศาสตร์และยุคก่อนประวัติศาสตร์แบบดั้งเดิม มีการรวมเอาการวางทิศของอาคารกับดาราศาสตร์ เพื่อกำหนดวันเวลาในการจัดพิธีกรรมศักดิ์สิทธิ์และสำคัญหลายแห่งพบว่ามีการวางทิศกับวันอายัน (Solstice) วันวิษุวัต (Equinox) หรืออิงตามตำแหน่งดวงจันทร์ ทั้งอิงตามตำแหน่งดาวเคราะห์ที่สว่าง อย่างไรก็ตาม สำหรับบางวัฒนธรรมกลับพบว่ามีการวางทิศโดยการอิงตำแหน่งของดาวฤกษ์ที่เชื่อว่าเป็นดาวมงคล ส่งผลด้านดี เช่น การเลือกทางเข้าหลักได้แก่ การวางทิศตามทิศของวาสตุศาสตร์ทั้ง 8 ทิศ บางตำราระบุว่าเมื่อได้ทิศประตูทางเข้าหลักว่าเป็นทิศใดเป็นเทพผู้รักษาประจำทิศหรือ อัษฎทิกบาลองค์ใด ต้องเลือกวางผังตามทิศของดาวที่เป็นดาวประจำเทพนั้น ๆ เช่นถ้าได้ทิศตะวันออก เทพประจำทิศคือพระ-อินทร์ ฤกษ์ประจำพระอินทร์คือฤกษ์จิตรา ดาวอ้างอิงคืออ ดาวรวงข้าว แต่ถ้าได้ทิศตะวันออกเฉียงใต้ เทพประจำทิศคือพระอัคนี ฤกษ์ประจำพระอัคนีคือ ฤกษ์กฤตติกา ดาวอ้างอิงคือ กระจุกดาวลูกไก่ เป็นต้น เมื่อได้ตำแหน่งดวงจันทร์และดาวตามฤกษ์มงคลแล้วก็ควรเล็งทิศทางเข้าหรือวางผังตามแนวนั้น

ปราสาทพนมรุ้ง (Phanom Rung Historical Park) มีประวัติระบุว่า พราหมณ์ หรือ พระโหราจารย์จะทำหน้าที่ในการคำนวณหาฤกษ์ยามจากการโคจรของดวงดาวบนท้องฟ้า เพื่อประกอบพิธีกรรม เช่น การวางศิลาฤกษ์ เกี่ยวกับการวาง

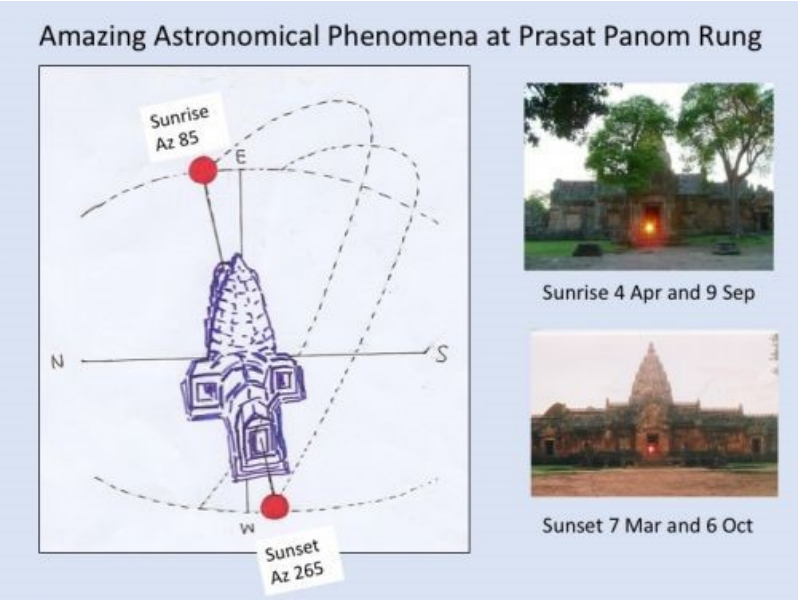


รูปที่ 5.7: ภาพเขียนศิลปะถ้ำสกลนคร

ศิลาฤกษ์ กรมศิลปกร ได้เข้าไปดำเนินการบูรณะปราสาทหินพนมรุ้ง ได้พบเส้นนำสายตาหรือเป้าเล็ง มีเครื่องหมายดอกบัวจำหลักไว้บนพื้นหิน เป็นแนวไปจนถึงรูปเคารพที่กลางห้อง ปฏิพัฒน์ พุ่มพงษ์แพทย์ นักโบราณคดี ได้ขึ้นไปบริเวณชาลาทางขึ้นปราสาท พอดีเป็นวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่งไร้เมฆหมอก อาทิตย์อุทัยค่อย ๆ ทอแสงขึ้นมาที่ชายเขาด้านทิศตะวันออก และส่งผ่านมากลางทางเดินที่มีเสานางเรียงขนาบเป็นทางยาว มาจนถึงชั้นบันไดนาค ไล่สูงขึ้นมาเรื่อย ๆ ผ่านตรงเข้าช่องประตูไปกระทบศิวลึงค์จำลองกลางปราสาทเห็นเป็นสีทองอร่าม

ชาวบุรีรัมย์มีประเพณีที่ปฏิบัติสืบทอดกันมาคือการขึ้นเขาพนมรุ้งของชุมชนรอบ ๆ จะขึ้นมาในช่วงเวลาใกล้วันสงกรานต์ ในวันที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนผ่านจุดวสันตวิษุวัตไปแล้ว 15 องศา เพราะนี่คือวันซึ่งอาทิตย์อุทัยจะส่องผ่านช่องประตูปราสาททุกช่อง เข้าไปกระทบรูปเคารพที่ตั้งเป็นประธานอยู่กลางห้องพอดี ถือเป็นวันเถลิงศกและวางฤกษ์สร้างปราสาทพนมรุ้งเป็นครั้งแรก

การอธิบายเชิงดาราศาสตร์ โดยอาศัยหลักการวิษุวัต ปรากฏการณ์วิษุวัต (equinox) กลางวันเท่ากับกลางคืน มี 2 ครั้ง คือ "วสันตวิษุวัต" (vernal equinox) 21 มีนาคม และ "ศารทวิษุวัต" (autumnal equinox) 23 กันยายน โลกโคจรไปอยู่ในตำแหน่งที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ จากภาพการวางตัวของปราสาทพนมรุ้งจะเบี่ยงไปจากตำแหน่งวันดังกล่าวอยู่ 5 องศา เมื่อ เราคิดตามสูตรว่า จากตำแหน่ง equinox ถึงตำแหน่ง summer solstice หรือ ตำแหน่ง winter solstice จะเดินทางทั้งหมด 23 องศา ใช้เวลา 180 วัน ทำให้ได้ว่าตัวปราสาท เบี่ยงไป 5 องศา เท่ากับประมาณ 13 วัน จึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ลอดผ่านหน้าประตูปราสาท หลังจากผ่านวันวิษุวัตไปแล้ว 13 วัน คือในวันที่ 3 เมษายน



รูปที่ 5.8: ผังการวางตัวของปราสาทพนมรุ้ง

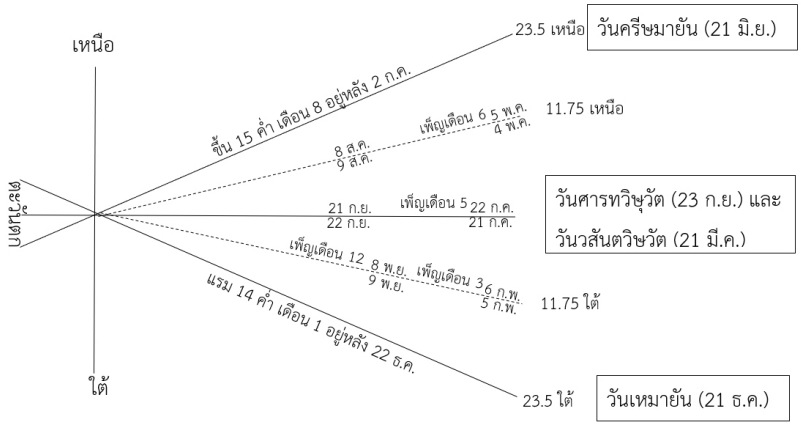
(คลาดเคลื่อนประมาณ 2 วัน) และในวันที่ 10 กันยายน (คลาดเคลื่อน 2 วัน) ก่อนวันวิษุวัต อีกรอบ ตามความเชื่อของเรื่องมหาสงกานต์ พราหม์ผู้กำหนดการวางตำแหน่งของรูปเคารพบูชา และเป็นการย้ายราศีของดวงอาทิตย์เข้าสู่ราศีเมษ (จุดเริ่มราศีเมษ) พอดีซึ่งถือว่าเป็นการก้าวเข้าสู่ศักราชใหม่ อาทิตย์เป็น อุจจ์ ตามคำทำนายจะหมายถึงชื่อเสียง อำนาจ เกียรติยศ (ทำความเชื่อเพิ่มเติมในเรื่องการทำนายดวงชะตา) ทางทิศตะวันตกจะตรงกับกลุ่มดาวรวงข้าว[2]

5.2.2 วัดพระธาตุดอยสุเทพฯ

คนสมัยโบราณไม่มีปฏิทิน (สุริยคติหรือฤดูกาล) แบบสำเร็จรูปใช้เหมือนในปัจจุบันนี้ พระสงฆ์ในแต่ละวัดรวมถึงปราชญ์แต่ละชุมชน จึงต้องเป็นผู้ที่มีความรู้เรื่องดาราศาสตร์ โหราศาสตร์และฤดูกาล จึงต้องมีสิ่งปลูกสร้างในวัด ที่สามารถใช้เป็นจุดสอบเทียบวันเวลาได้ “ศาสนสถานทุกแห่งจึ่งเป็นเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์” สามารถใช้เป็นเครื่องมือสังเกตมุมทิศและตำแหน่งของดวงอาทิตย์และดิถีดวงจันทร์ เทียบกับดาว (ฤกษ์และราศี) เพื่อบ่งบอกวัน เดือน ปี ตามปฏิทินสุริย-จันทร์คติ การตรวจสอบฤดูกาลเป็นประจำในช่วงเวลาเดียวกันจึงเกิดเป็นประเพณีแต่ละท้องที่ ที่สอดคล้องกับแต่ละฤดู แต่ละเดือน การกำหนดปฏิทินในการวางแผนเกษตรกรรมและการปลูกข้าวได้ถูกต้องตามฤดูกาล ผู้คนไม่อดอยาก มีชีวิตที่ผาสุกเป็นเรื่องที่สำคัญมาก จึงถือได้ว่า “ทุกประเพณีมีที่มา เพื่อการดำรงอยู่ของวิถีชุมชนและวิถีชุมชนจะดำรงอยู่ได้ก็ด้วยความรู้เรื่องฤดูกาล”

วัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร มีประวัติศาสตร์ระบุว่า พญากือนา กษัตริย์แห่งราชวงค์มังราย อาณาจักรล้านนา (ตำนานพื้นเมืองเชียงใหม่ พ.ศ. 1910-1931) พระองค์ได้นิมนต์พระสุมนเถระจากเมืองศรีสัชนาลัยมาเผยแผ่พุทธศาสนาแบบเถรวาทในอาณาจักรล้านนา โดยพระสุมนเถระได้อัญเชิญพระบรมสารีริกธาตุของพระพุทธเจ้า ที่ค้นพบ ณ เมืองปางจา

[2] sae65



รูปที่ 5.9: ตำแหน่งการขึ้นตกของดวงอาทิตย์ ในวันสำคัญต่าง ๆ ทางดาราศาสตร์
(ที่มา : ดัดแปลงจาก สมัย ยอดอินทร์ และคณะ, 2555)

มาที่เชียงใหม่ด้วย พระสุมนเถระได้มาพำนักที่วัดพระยืนก่อน เมื่อสร้างวัดบุพาราม (สวนดอก) เสร็จจึงได้นิมนต์ท่านมาจำพรรษาที่วัดสวนดอก พระบรมสารีริกธาตุได้แสดงปกฏิหาริย์ แยกเป็น 2 องค์ จึงอัญเชิญพระบรมสารีริกธาตุองค์หนึ่งบรรจุในพระเจดีย์วัดสวนดอก ส่วนอีกองค์หนึ่ง พญากือนากับพระสุมนเถระได้อัญเชิญขึ้นไประดิษฐานไว้บนยอดดอยสุเทพ ต่อมาสร้างเป็นพระธาตุเจดีย์ ปัจจุบันเป็น “วัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร”

การวางทิศทางของศาสนสถานและโบราณสถานในล้านนา

สำหรับศาสนสถานที่สำคัญของพุทธศาสนายุคแรก ๆ นั้น คือกลุ่มพุทธสถานแห่งสาญจี (Buddhist Monuments at Sanchi) ถูกสร้างขึ้นบนเนินเขา บรรจุพระบรมสารีริกธาตุซึ่งเชื่อกันว่าเป็นตัวแทนของพระพุทธเจ้า การวางทิศของมหาสถูปดังกล่าวมีการวางทิศกับมุมเมื่อดวงจันทร์ขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์ตกลับขอบฟ้าในวันเพ็ญเดือนวิสาขะ

วัดพระธาตุดอยสุเทพนั้น ถือเป็นศาสนสถานที่เป็นสัญลักษณ์ทางพุทธศาสนา คนล้านนาถือว่าเป็นวัดสำคัญมีความศักดิ์สิทธิ์วัดหนึ่ง ตั้งอยู่บนยอดเขา เจดีย์บรรจุพระบรมสารีริกธาตุของพระพุทธเจ้าเช่นเดียวกับมหาสถูปสาญจี การวางทิศของพระธาตุเจดีย์นี้หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงไปทางเหนือมาก ๆ โดยมีค่ามุมทิศ (Azimuth) เกินกว่ามุมทิศที่เป็นไปได้ของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่ขอบฟ้า จึงมีเพียงมุมทิศของดาวฤกษ์บางดวงเท่านั้นและควรจะมีความเกี่ยวข้องกับวันวิสาขบูชาด้วย ซึ่งในสมัยก่อนวันนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นนับปีพุทธศาสนาล่วงไปแล้วเพิ่มอีกหนึ่งปี คัมภีร์ต่าง ๆ ที่พบในล้านนาพบว่าน่าจะเป็นกลุ่มดาวมงกุฏเหนือ (Corona Borealis) ที่คนล้านนาเรียกว่า “ดาวของด้ง” ประกอบกับตั้งแต่สมัยโบราณชาวล้านนามีประเพณีที่สำคัญคือการเดินขึ้นดอยสุเทพเพื่อสักการะบูชาพระบรมสารีริกธาตุในวันวิสาขบูชาด้วย

“การใช้ดาวเพื่อบ่งบอกฤดูกาล วัน เวลา ถือเป็นภูมิปัญญาทางด้านดาราศาสตร์ของคนสมัยก่อน”

การออกแบบศาสนสถาน/โบราณสถานบางแห่งพบว่า มีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ อาจใช้ดาว/กลุ่มดาวเพื่อบ่งบอกทิศ ใช้บอกวันครบรอบปี ใช้บอกวันจัดประเพณีต่าง ๆ และใช้เพื่อบอกฤกษ์งามยามดีในการทำพิธีมงคล

ต่าง ๆ รวมถึงการใช้ดาวทางด้านโหราศาสตร์เพื่อการทำนายและพยากรณ์ดวงชะตาเป็นต้น

ฤกษ์วิสาขะคือดาวอะไร

จะมีการคาดเดาตามความเชื่อของแต่ละวัฒนธรรม ซึ่งปรากฏแตกต่างกันอยู่ 3 แบบ มีรายละเอียดดังนี้

แบบที่ 1 หลักฐานจากข้อความปรากฏในหนังสือ คัมภีร์โหราศาสตร์ไทยมาตรฐานฉบับสมบูรณ์ ของหลวงวิศาลดรุณกร (อั้น สาริกบุตร) ได้ระบุว่า ดาวโคโรนา บอริอลิส นั่นคือ กลุ่มดาวมงกุฎเหนือ (Corona Borealis; CrB) เป็นดาวอ้างอิงฤกษ์วิสาขะและมีหลักฐานอีกชิ้นหนึ่งเป็นพับสาของไทใหญ่พบที่วัดบ้านแสน เมืองเชียงตุง ระบุว่า

“รฤกฎได 16 ตัวชื่อวาวิสาขา รฤกฎเมืองชุมพูนคอร ดาวขอบด้ง...”

ลักษณะของขอบด้ง โค้ง ๆ คล้ายกับมงกุฎ น่าจะเป็นกลุ่มดาวมงกุฎเหนือได้ นอกจากนี้มีหลักฐานจากภาพวาดจิตกรรมบนเพดานเจดีย์จอคตองจี (Kyauktawgyi) วัดตองตะมัน สร้าง ค.ศ. 1847 ในเมืองอมราปุระ ประเทศเมียนมา ในภาพคล้ายกลุ่มดาวมงกุฎเหนือ เขียนว่า วิสาขะ

แบบที่ 2 ฤกษ์วิสาขะถูกแสดงด้วยดาวฤกษ์หลายดวงที่มีรูปแบบเส้นตรง เช่น ดาวสี่ดวงบนแผนภูมิโหราศาสตร์และห้าดวง ดังรูป ยังแผนภูมิอื่น ๆ ที่คล้ายกันอีกพบในจังหวัดแพร่และลำพูน แผนภูมิทั้งหมดถูกเขียนด้วยอักษรธัมม์ล้านนาและแต่ละฤกษ์มีรูปแบบเดียวกัน แต่แตกต่างกันไปตามจินตนาการ ดังปรากฏในพับสา วัดบ้านหลุก ได้ระบุว่า

“วิสาขานั้น เปนดั่งขมรถขมเกวียน (ดุมรถดุมเกวียน) นั้นมี 4 ลูก เชื่อว่าดาวงูแล...”

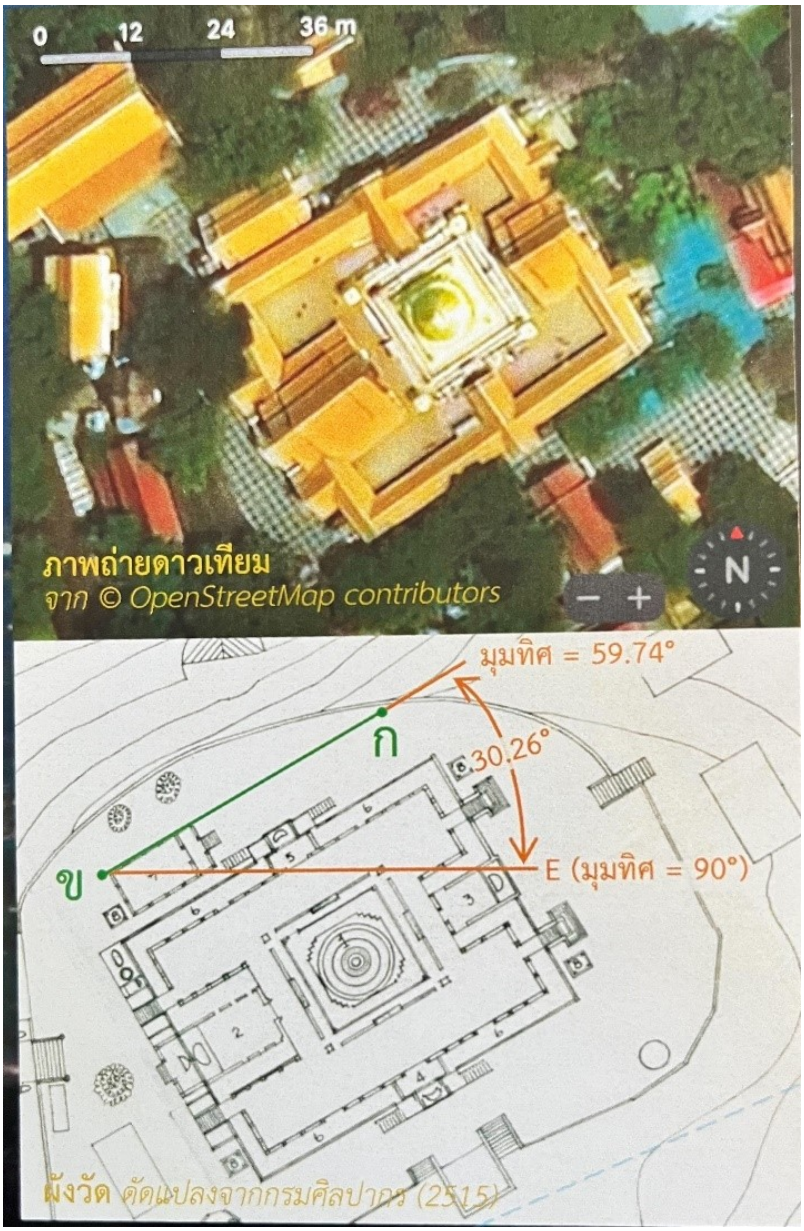
ทำให้สันนิษฐานว่าดาว 3 ดวงบ้าง 4 ดวงบ้างหรือ 5 ดวง ในฤกษ์วิสาขะ ตามหลักฐานต่าง ๆ น่าจะเป็นดาวแมงป่องเบต้า เดลต้าและไพ (β, δ , Π Scorpio) ในราศีพิจกที่อยู่ติดกับราศีตุลย์ ซึ่งปรากฏเป็นเส้นและอาจจะมีดาวอีกสองดวงที่ปลายทั้งสองข้าง คือดาวแมงป่องนิวและโร (ν, ρ Scorpio)

แบบที่ 3 พบได้ทั่วไปในโหราศาสตร์ฮินดู ปรากฏใช้ในเขมรและในตำราพิชัยสงคราม ฤกษ์วิสาขะแสดงด้วยดาว 4 ดวงในราศีตุลย์ ซึ่งประกอบด้วยดาวคานชั่งอัลฟา เบต้า แรมมาและไฮโอตา (α , β, γ, ι Librae) ในทรงกลมท้องฟ้าซีกใต้ที่ถือว่าเป็นฤกษ์วิสาขะ เรียกว่าดาวคันชั่ง

5.3 การสร้างบ้านแปลงเมืองของไทย

5.3.1 หลักวาสตุศาสตรากับทักษาเมืองล้านนา

หลักการและรูปแบบทางสถาปัตยกรรมของหลาย ๆ อาณาจักรของไทย ได้รับอิทธิพลมาจากอินเดีย ซึ่งเผยแพร่มากับการย้ายถิ่นและการเผยแผ่พระพุทธศาสนาและศาสนาฮินดู ตั้งแต่ยุคอาณาจักรทราวดีและเขมร อาณาจักรโบราณในดินแดนไทยปัจจุบันที่เคยตกเป็นของเขมรได้นำการวางผังเมืองแบบเขมรในรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือผืนผ้าคล้ายกับผังของ



รูปที่ 5.10: จุดวัด ณ วัดพระธาตุดอยสุเทพวางทิศ ก อยู่ด้านหน้าของอุโบสถและหันหน้าไปทางระหว่างทิศเหนือและตะวันออกลากเส้นฐานขนานกับผนังของอุโบสถซึ่งคาดว่าใกล้เคียงกับแนวแกนของเจดีย์มากที่สุดไปยังจุด ข ที่เป็นด้านหลังของอุโสถ จะทำให้วัดพระธาตุดอยสุเทพวางทิศ โดยมีมุมทิศ 59.74 หรือเฉียงจากทิศตะวันออกไปทางเหนือ 30.26 องศา (ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



รูปที่ 5.11: ฤกษ์วิสาขะแบบที่ 1



รูปที่ 5.12: ฤกษ์วิสาขะแบบที่ 2



รูปที่ 5.13: ฤกษ์วิสาขะแบบที่ 3

นครธม (สมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7) ซึ่งมีรูปแบบสี่เหลี่ยจตุรัสล้อมรอบด้วยกำแพงและคูน้ำ โดยมีปราสาทบายนอยู่ตรงกลาง

ในสมัยพ่อขุนรามคำแหง ได้นำการวางผังเมืองแบบเขมรมาใช้โดยเป็นผังสี่เหลี่ยมที่ล้อมรอบด้วยกำแพงและคูน้ำ กึ่ง-กลางเมืองมีศาสนสถานที่เป็นสัญลักษณ์ของศูนย์กลางจักรวาล เช่นปราสาทหินพิมาย และในตอนนั้นพญามังรายได้วางแผนการก่อตั้งเมืองเมืองเชียงใหม่โดยพ่อขุนรามคำแหงได้ให้สร้างตามหลัก “วาสตุศาสตรา (Vaastu)”

วาสตุศาสตราคือ“ศาสตร์ของสถาปัตยกรรม” เป็นหลักสถาปัตยกรรมแบบฮินดูดั้งเดิม มีหลักการในการออกแบบคือความเชื่อที่ว่ามนุษยชาติและจักรวาลมีโครงสร้างร่างกายและจิตวิญญาณที่เชื่อมต่อกันด้วยพลังงาน โดยเปรียบโลกเป็นเสมือนสิ่งมีชีวิตที่มีทั้งจิตวิญญาณและพลังงาน ฟลักวาสตุศาสตรานั้นตั้งอยู่บนรากฐานความกลมกลืนของธาตุองค์ประกอบของธรรมชาติทั้งห้า ได้แก่ ดิน น้ำ ลม ไฟ อากาศ ที่สัมพันธ์กันสนามแม่เหล็กของโลกและสอดคล้องกับการโคจรของดวงอา-ทิตย์ ดวงจันทร์ ดวงดาว และดาวเคราะห์ทั้งหลายโดยมีเป้าหมายคือการออกแบบผังต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างรูปทรงเรขาคณิตกับจักรวาลของวาสตุบุรุษมณฑล (Vaastu Purusha Mandala) โดยวาสตุหมายถึงทำเลที่ตั้ง หรืออาคาร บุรุษ หมายถึง คนของจักรวาล มณฑล เป็นแผนเรขาคณิตหรือแผนภูมิสำหรับจักรวาลวิทยาของฮินดูมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม

สนามพลังงานของวาสตุบุรุษมณฑลมีดังนี้

1. พื้นที่ศูนย์กลางของสนามพลังที่เรียกว่า พรหมาวิถี (Brahma Vithi) ถือเป็นพื้นที่ศักย์สิทธิ์ที่สุดของสิ่งปลูกสร้างและสถานที่นั้น

2. ถัดจาก พรหมาจะมีสี่สนามพลัง เรียกว่า เทวาวิถี (Devta Vithi) ได้แก่ Bhudhar, Aryama, Vivaswaan และ Mitra

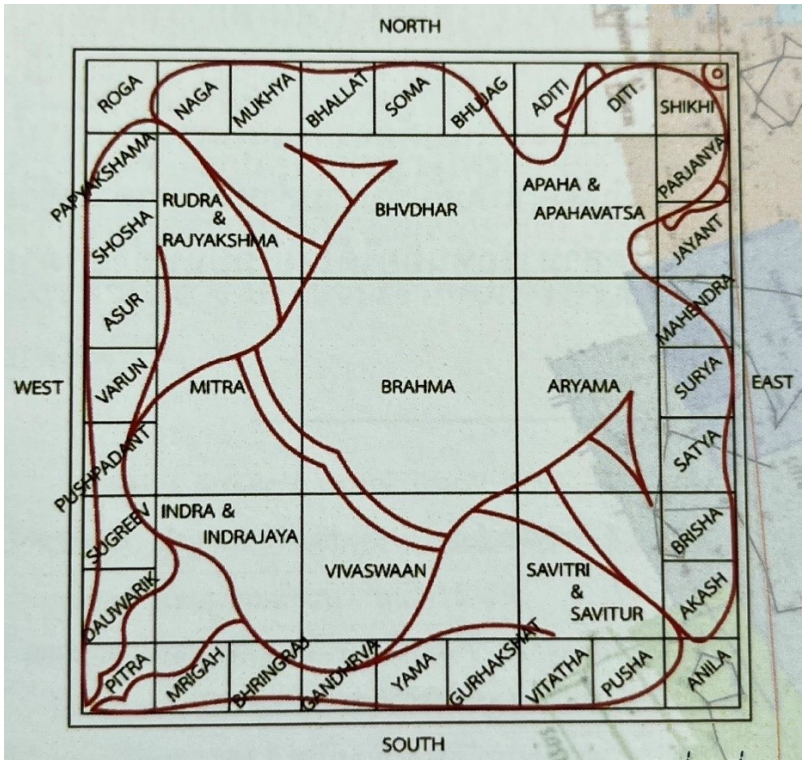
3. ถัดจาก เทวาวิถีในทิศแนวทะแยง เรียกว่า มนุษย์วิถี (Manushya Vithi) มี 8 สนามพลัง

4. สนามพลังรอบนอก เรียกว่า ปีศาจวิธี (Paishacha Vithi) รวมมี 32 สนามพลังในรูปแบบรอบศูนย์กลาง

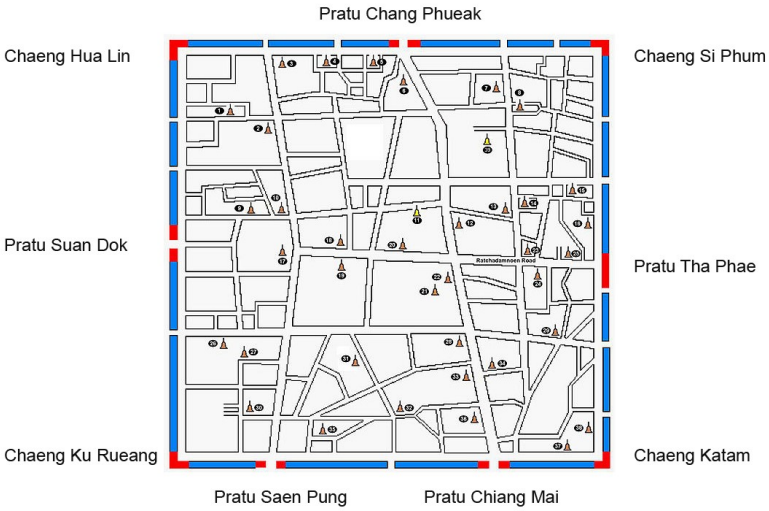
การวางผังถนน เพื่อเชื่อมเส้นทางการคมนาคมพร้อมกับวางแนวของอาคารสถานที่ต่าง ๆ เพื่อให้เป็นสถานที่ที่เหมาะสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยของมนุษย์และส่งเสริมให้มีความสะดวกสบาย มีสุขภาพที่ดี ทำให้มีอายุยืน เกิดความสงบสุขและเจริญรุ่งเรือง ทั้งนี้การวางรูปของถนน จากทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก จะทำให้ได้รับพลังงานบริสุทธิ์จากแสงอาทิตย์ที่สาดส่องตั้งแต่เช้าจนถึงเย็น ส่วนถนนทิศเหนือ-ทิศใต้ จะทำให้เกิดการหมุนเวียนถ่ายเทของอากาศ ลมเย็น ๆ โลกโชยมา

จากรูปที่ 5.15 เมืองเชียงใหม่ จะเห็นว่า ในสีเหลี่ยมสีแดง จะเป็นส่วนที่บูชาสิ่งศักดิ์สิทธ์ (Brahma Vithi) ตามหลักความเชื่อของสนามพลังงาน ซึ่งบริเวณนั้นจะมีวัดเจดีย์หลวงตั้งอยู่

การเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างทักษาวาสตุศาสตรากับความเชื่อล้านนาโบราณ แสดงดังตารางต่อไปนี้



รูปที่ 5.14: สนามพลังงานของวาสตุบุรุษมณฑล
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563)



รูปที่ 5.15: ผังกำแพงเมืองเชียงใหม่
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563)

หักษาทางหลักวาสตุศาสตรา	ความเชื่อทิศมงคล จารีต ประเพณีท้องถิ่น
ตำแหน่งศูนย์กลาง	
พระพรหมทรงรับสั่งว่า หากผู้ใดเคารพและทำพลีกรรมบูชาวาสตุบุรุษ ในการสร้างวัด พระราชวัง บ้านเมือง ขนาดต่างๆ จะได้รับพรจากเทวดา แต่บรรดาผู้ที่ไม่บูชาวาสตุบุรุษ จะถูกอสูรทำลาย	ชาวล้านนาเรียกศูนย์กลางของเมืองว่า สะดือเมือง โดยมีเสาอินทขิล (หลักเมือง) วัดอินทบิล วัดใจ และวัดเจดีย์หลวงตั้งอยู่ ปัจจุบันชาวเชียงใหม่เชื่อว่า เทพารักษ์ประจำเมืองประทับอยู่ที่แต่ละประตูและแจ่ง ทำหน้าที่ช่วยปกปักษ์รักษาให้บ้านเมืองเจริญรุ่งเรืองและอุดมสมบูรณ์ ยังคงจัดพิธีทำบุญเพื่อบูชาเสาอินทขิล (ประเพณีใส่ขันดอกอินทขิล) เริ่มสรงน้ำพระในวันแรม 12 ค่ำ เดือน 8 จนถึง ขึ้น 4 ค่ำ เดือน 9 รวมทั้งหมด 8 วัน ถือเป็นการบูชาครบรอบกำเนิดองค์พรหมา
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	
หัวของวาสตุบุรุษนอนคว่ำหน้า ส่วนหัวชี้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เทพประจำทิศได้แก่ *พระอีสาน* ซึ่งเป็นอวตารของพระศิวะ ดาวเคราะห์คือ ดาวพฤหัส	แจ่งศรีภูมิทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือถือเป็นทิศมงคลที่สุดในสี่แจ่ง เมื่อพญามังรายเริ่มก่อสร้างกำแพงและขุดคูน้ำล้อมรอบ ได้รับสั่งให้เริ่มต้นขุดจากมุมนี้ก่อน จากนั้นจึงวนไปตามเข็มนาฬิกาจนครบทั้งสี่ด้าน สอดคล้องกับหักษาในวาสตุบุรุษมณฑล
ทิศเหนือ	
เทพประจำทิศ *หาวกุเวร* เป็นเทพแห่งความร่ำรวย ดาวเคราะห์คือ ดาวพุธ	กษัตริย์ล้านนาล้วนต้องเข้าเมืองผ่านประตูทางทิศเหนือ (ประตูช้างเผือก) เป็นทิศมงคล ห้ามมิให้กระทำการที่ไม่เป็นมงคลใดๆ ผ่านประตูนี้
ทิศใต้	
เทพประจำทิศ *พระยม* เป็นเทพแห่งความตาย ดาวเคราะห์คือ ดาวอังคาร	ประตูสวนปรุง เป็นประตูทางทิศใต้ หากมีคนตายในเมือง ศพจะถูกเคลื่อนผ่านออกทางประตูนี้ไปสู่สุสานหายยา
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
เทพประจำทิศ *เทพนิรฤติ* เป็นเจ้าแห่งอสูร ดาวเคราะห์คือ ดาวราหู	สุสารหายยาตั้งอยู่ในทิศนี้เป็นทิศกาลกิณี ในอดีตบริเวณแจ่งนี้ถูกใช้เป็นที่คุมขังและลงโทษลูกคนที่สามของพญามังรายที่วางแผนจะโค่นล้มแย่งชิงราชสมบัติผู้ขุมขังที่คุมขังคุกมีชื่อว่าเฮือง ต่อมาจึงตั้งชื่อว่า แจ่งกู่เฮือง

รูปที่ 5.16: ผังกำแพงเมืองเชียงใหม่
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563)

5.4 สรุป

เป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์กันระหว่างความรู้ทางดาราศาสตร์ที่สอดแทรกอยู่ในโบราณสถานไทย ประกอบด้วย 1.) ลัทธิ ความเชื่อ การบูชา (เช่น เรื่องทิศของคนโบราณ เขาพระสุเมรุ และการับพลังสุริยะ) 2.) การวางตัวของวิหารในไทย เช่น ประสาทหินพนมรุ่ง และวัดพระธาตุดอยสุเทพ และ 3.) การสร้างบ้านแปลงเมืองของไทย โดยใช้หลักวาสตุศาสตร์

5.5 แบบฝึกหัด

1. จงอธิบายความเชื่อเรื่องเขาพระสุเมรุกับทักษาของคนล้านนาในการเข้าชมสถานที่สำคัญทางศาสนา โบราณสถานทางศาสนา

2. จงอธิบายความหมาย บทกลอน โคลง ที่มีปรากฏในเอกสารที่สามารถค้นหาได้ว่ามีความหมายว่าอย่างไรและสามารถบอกถึงอารมณ์ของผู้แต่งในขณะนั้นได้ว่าอย่างไร

3. จงบอกเหตุผลของการสร้างโบราณสถานสำคัญ ๆ โดยมีปราสาทเขาพนมรุ้ง พีระมิดอียิปและเสาสโตนเฮดของอังกฤษ ว่ามีส่วนคล้ายหรือแตกต่างกันอย่างไรในด้านของดาราศาสตร์และประเพณีความเชื่อ

4. ฤกษ์วิสาขะตามความเชื่อของชาวล้านนาที่ขึ้นไปสักการะบูชาวัดพระธาตุดอยสุเทพวรวิหาร มีความเชื่อแบบใดและสอดคล้องกับกลุ่มดาวใด ทั้งแบบ 27 กลุ่มดาวล้านนาและกลุ่มดาวสากลพร้อมทั้งแสดงตัวอย่างให้เห็น

5. จงอธิบายหลักการ ตามหลักความเชื่อของสนามพลังงาน วาสตุบุรุษมณฑล กับความเชื่อล้านนา

5.6 เอกสารอ้างอิง

1. Berzin, A. (เข้าถึงเมื่อ 24 เมษายน 2565) "Category:Buddhism & Architecture-pics", เข้าถึงได้จาก tibetanbuddhistencyclope http://www.tibetanbuddhistencyclopedia.com/en/index.php?title=File:Im_25.jpg

2. จินจุฑา เขนย (เข้าถึงเมื่อ 24 เมษายน 2565) "องค์ความรู้อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร", . เข้าถึงได้จาก https://www.facebook.com/hashtag/องค์ความรู้อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร/

3. แชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2563) *ภูมิปัญญาดาราศาสตร์ล้านนา*. เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

4. แชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2565) *วัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร*. เชียงใหม่ : เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

5. พลูหลวง. (2546) *7 ความเชื่อของไทย (คติสยาม)* กรุงเทพ: วิริยะธุรกิจ.

6. สมัย ยอดอินทร์, มัลลิกา ถาวรอธิวาสน์, เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, นพพร พวงสมบัติ, และดมลวรรณ ก่อเจริญ. (2555) *งานวิจัยจากข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับข้อขัดแย้ง เรื่อง การเป็นหรือไม่เป็นปีอธิมาสของปฏิทินจันทร์คติไทย ปี พ.ศ. 2555*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

7. อารีย์ ภู่สมบูญ (2566) (เข้าถึงเมื่อ 14 พฤษภาคม 2566) *รับพลังสุริยะยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่สกลนคร* เข้าถึงได้จาก yclsakhon.com: http://www.yclsakhon.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=302842

แผนการสอนประจำบทที่ 6

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิธิพลทางดาราศาสตร
2. ดาราศาสตร์กับชาวล้านนา
3. สุนทรียศิลป์ จินตนาการ

วัตถุประสงค์

1. อธิบายการโครจรของดาวเคราะห์กับแผนที่ทางโหราศาสตร์ได้
2. แปลความหมายแผนที่ทางโหราศาสตร์เป็นดวงชตะตามความเชื่อล้านนาได้
3. ปฏิบัติการเกี่ยวกับโหราศาสตร์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ร่วมกับแผนที่ทางโหราศาสตร์ได้
4. ตระหนักถึงจริยธรรมในการใช้ซอฟแวร์สำเร็จรูปในการทำงาน
5. สนับสนุนภูมิปัญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับดาราศาสตร์พื้นบ้าน

วิธีการสอนและกิจกรรมประจำบท

1. ผู้สอนบรรยายหัวข้อต่อไปนี้พร้อมเปิดโอกาสให้ซักถาม
2. กิจกรรมทำแบบฝึกหัด และอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาพาเธอไปดูดาว และตำราต่าง ๆ
2. สไลด์การสอนพาวเวอร์พอยท์

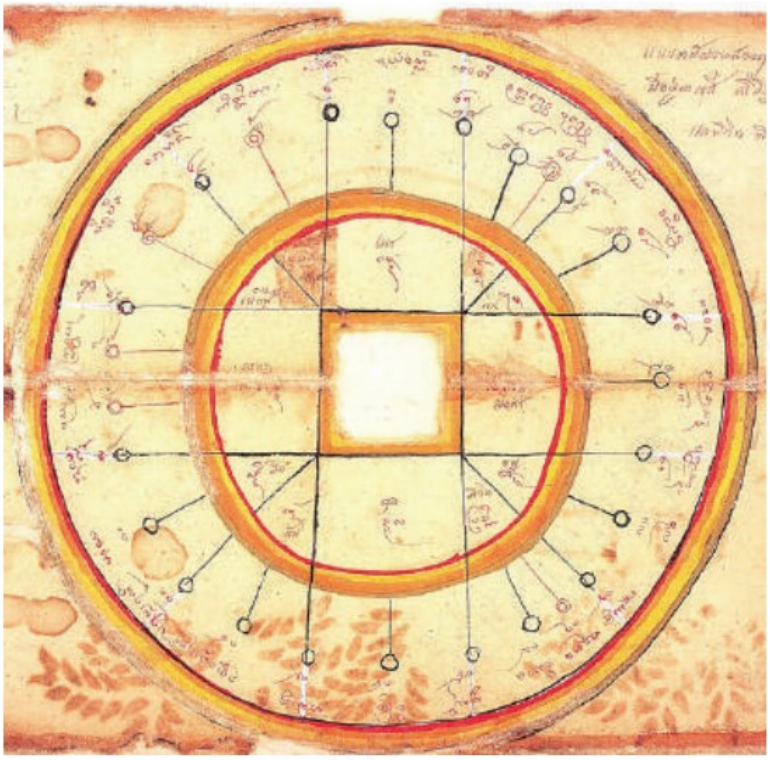
การวัดและการประเมินผล

1. ประเมินจากการสอบ
2. จากการตรวจแบบฝึกหัดในแต่ละเรื่อง
3. ประเมินจากชิ้นงาน
4. ประเมินจากการนำเสนอและอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

บทที่ 6

ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิทธิพลทางดาราศาสตร์

เรียบเรียงโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร



รูปที่ 6.1: กลุ่มดาว 12 ราศีของล้านนา
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

6.1 ดวงเดือน ฤดูกาล ผสานชีวิต

ดวงจันทร์ที่เต็มดวงจะขึ้นสู่ขอบฟ้าตะวันออกในเวลาเดียวกับที่ดวงอาทิตย์ตกทางทิศตะวันตก ดวงจันทร์ให้ความสว่างไสวในเวลากลางคืนแม้ไม่สว่างเท่ากับดวงอาทิตย์แต่ก็สว่างที่สุดบนท้องฟ้า กลบแสงดาวข้างเคียงให้ลับหาย จนได้รับการขนานนามให้เป็นราชินีแห่งรัตติกาล ดวงจันทร์ในวันถัดไปจะขึ้นสู่ขอบฟ้าช้าลงประมาณ 50 นาที ในขณะเดียวกันก็จะเริ่มแหว่งหายไปบางส่วน เมื่อผ่านไป 7-8 วัน ดวงจันทร์กึ่งดวงจะปรากฏอยู่บนตำแหน่งสูงสุดเหนือโค้งฟ้าในเวลาที่ดวง

อาทิตย์กำลังขึ้นสู่ขอบฟ้าในทางทิศตะวันออก หลักจากนั้น 7-8 วัน หรือ 14- 15 วันนับจากวันเพ็ญก็ไม่ปรากฏดวงจันทร์บนท้องฟ้าเลยอยู่ช่วงหนึ่ง จากนั้นเราจึงจะสังเกตเห็นตำแหน่งเสี้ยวจันทร์ปรากฏสูงขึ้นจากของฟ้าทางทิศตะวันตกในขณะที่ดวงอาทิตย์ตกในแต่ละวัน และเสี้ยวจันทร์จะค่อย ๆ เติมเต็มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 7-8 วัน เราจะเห็นดวงจันทร์กึ่งดวงอยู่บนท้องฟ้าเมื่อดวงอาทิตย์ตกในทางทิศตะวันตก จนในที่สุดดวงจันทร์ก็เต็มดวงทอแสงสว่างทั่วท้องฟ้าอีกครั้ง ช่วงเวลาจากจันทร์เพ็ญครั้งแรกถึงครั้งถัดไป ใช้เวลาราว 29 วันครึ่ง นับกลายเป็น 1 เดือน คำว่าเดือนนี้ก็ได้มาจากการเรียกดวงจันทร์นั่นเอง เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 12 รอบจันทร์เพ็ญ หรือราว ๆ 354 วัน ดวงจันทร์จะกลับมาเต็มดวงใกล้เคียงกับตำแหน่งดาวฤกษ์เดิมอีกครั้ง เรากำหนดได้ว่าปัจจุบันดวงจันทร์อยู่ ณ ตำแหน่งดาวฤกษ์ใด ในอนาคตจะเต็มดวงตรงกับตำแหน่งดาว-ฤกษ์ใดหรือจะเข้าร่วมกับดวงอาทิตย์ เราบอกวันเวลาว่าอยู่ในช่วงเดือนลำดับเท่าใด โดยตำแหน่งจันทร์เพ็ญ-จันทร์ดับในการกำหนดวันต้นเดือน โลกใช้เวลาหมุนรอบดวงอาทิตย์ประมาณ 365 วันครึ่ง ทำให้เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 ปี การกำหนดวันเวลาแบบจันทรคติจะล่าช้าจากฤดูกาลจริงไป 1 เดือน ดังนั้นจึงมีการปรับชดเชยเดือนพิเศษขึ้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับฤดูการมากที่สุด เดือนพิเศษนี้เรียกว่า เดือนอธิกมาส ทำให้ปีที่ต้องเพิ่มเดือนอธิกมาศมีเดือนจันทรคติถึง 13 เดือน การดำรงชีวิตและเกษตรกรรมของชาวบ้านอาศัยเดือนทางจันทรคติเป็นหลักในการพิจารณาประกอบกิจกรรม เนื่องเพราะเดือนทางสุริยคติยังไม่มีการใช้อ้างอิงอย่างจริงจัง โดยผู้ที่จะรู้ได้นั้นต้องเป็นโหร ดังนั้นการประกอบอาชีพหรือกิจกรรมทางสังคมส่วนใหญ่จึงอิงกับเดือนทางจันทรคติทั้ง 12 เดือน

6.1.1 ประเพณียี่เป็ง (ลอยกระทง)

"ประเพณียี่เป็ง"[1] คือประเพณีเดือนสอง "ยี่" แปลว่า "สอง" ส่วน "เป็ง" แปลว่า "เพ็ญ"

"ชาติไทย ตั้งแต่ โบราณกาล เราได้ขึ้นปีใหม่เมื่อเดือนอ้าย โดยพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ร.4 ได้ทรงอธิบายว่า เราใช้วันแรม 1 ค่ำ เดือนอ้าย เป็นวันต้นปี ฤดูหนาว หรือ เหมันต์ เป็นเวลาพ้นจากมืดมิด ด้วยฤดูฝนเป็นฤดูครึ้มเหมือนกลางคืน โบราณจึงถือว่าเป็นปลายปี" พระราช นิพนธ์ของพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5

โดยทั่วไปเชื่อว่าประเพณีลอยกระทงเป็นประเพณีเก่าแก่ สันนิษฐานกันว่าน่าจะได้รับอิทธิพลมาจากอินเดียที่คล้ายกับลอยกระทงของไทยคือ ประเพณีบาหลียาตรา (Bali Jatra) จัดขึ้นตรงกับวันเพ็ญ เดือนกฤตติกา เป็นเทศกาลที่เกี่ยวกับน้ำ จัดขึ้นเพื่อรำลึกถึง สามี ครอบครัว ที่ได้จุดตะเกียงออกเดินทางโดยล่องเรือเพื่อ อพยพหรือไปทำการค้ายังเกาะชวา บาหลีและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในวันเพ็ญนี้ โดยเฉพาะยุค Maritime Southeast Asia Trade (เริ่มตั้งแต่ 300 ปีก่อนพุทธศตวรรษ) และอพยพครั้งใหญ่ช่วงสงครามกับพระเจ้าอโศกมหาราช ดังนั้นคนกลิงคะ ยึดเอาวันเพ็ญเดือนกฤตติกา (ซึ่งพบว่าช่วงดังกล่าวจะมีลมพัดไปทางใต้ทำให้สามารถเดินเรือไปยังทางใต้ได้) ถือเป็นวันเถลิงศกฤกษ์งามยามดี โดยงานเฉลิมฉลองจะจัดขึ้นทั้งหมดเป็นเวลา 3 วัน ตรงริมฝั่งแม่น้ำในเมืองโอริสสา (Odisha) หรือ อดีตชื่อ ว่า เมืองกลิงคะ (Kalinga) ซึ่งอยู่ทางตะวันออกของอินเดีย ติดอ่าวเบงกอล โดยแม่บ้านจะร่วมกันเอากาบกล้วยมาทำเป็นเรือ แล้วบรรจุเมล็ดข้าวสาร ใบพลู และถั่ว จุดประทีบ เสมือนจำลองการเดินทางของสามีและครอบครัว ถือเป็นการอวยพรให้ เดินทางโดยสวัสดิภาพ และ

[1] อ้างอิงจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ (2565)

รำลึกถึงคนที่อยู่ห่างไกล ชาวกลิงคะเดินทางมาค้าขาย และอพยพมายังดินแดนตะวันออกเฉียงใต้มากที่สุด จากการศึกษาด้านพันธุกรรมพบว่ามอญลพบุรีบางกลุ่มมีดีเอ็นเอตรงกับชาวอินเดีย อีกทั้งยังมีประเพณีคล้ายบาหลียาตรา ปรากฏในสมัยหริภุญชัย ชื่อว่า “พิธีลอยโขมด” คนลำพูนยังคงสืบสานประเพณีนี้มาจนทุกวันนี้สันนิษฐานได้ว่าชาวมอญ จากอาณาจักรละโว้ ซึ่งเป็นเมืองของพระนางจามเทวีก่อนที่จะเสด็จมาสร้างอาณาจักรหริภุญชัย

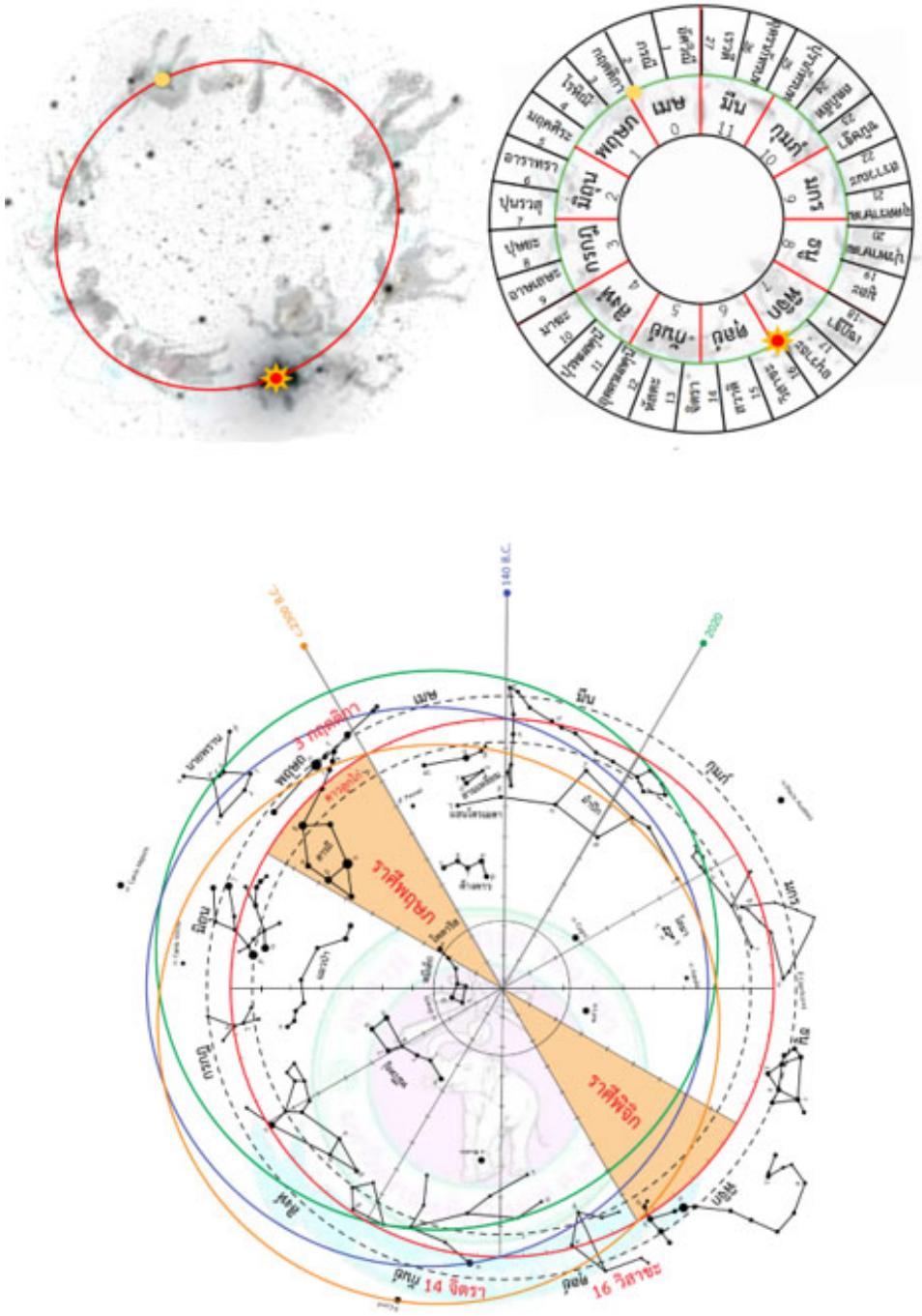
เมื่อสองพันปีก่อนหน้านั้นในช่วง พ.ศ. 404 (140 B.C.) จุดวสันตวิษุวัตอยู่ใกล้จุดเริ่มต้นของราศีเมษ (Aries) ในยุคของ Hipparchus ซึ่งเป็นนักดาราศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ชาวกรีกได้เรียกจุดนี้ ว่า “First Point of Aries” โดยใช้ดาวจิตรา (Spica หรือ α Virginis ซึ่งคนไทยเรียก ดาวรวงข้าว และคนล้านนาเรียก ดาวไต้ไฟหลวง) ที่มีตำแหน่งบนพิกัดสุริยวิถีอยู่ตรงข้ามเป็นดาวอ้างอิง ดังนั้นตำแหน่ง วสันตวิษุวัตจึงอยู่ระหว่างราศีเมษ-มีน ก่อนยุคพระเวท (1500 – 600 B.C.) ดาวที่ใช้อ้างอิงจุดศารท วิษุวัต ตรงกับกระจุกดาวลูกไก่ (Pleiades) ดังนั้นหากจันทร์เพ็ญอยู่ใกล้ดาวลูกไก่ จึงเป็นวันศารทวิษุวัต หลาย ๆ ปฏิทินโบราณ ได้กำหนดให้วันที่ดวงอาทิตย์เข้าสู่ราศีพิจิกและดวงจันทร์เต็มดวงที่ดาวลูกไก่หรือ กฤตติกาฤกษ์เป็นวันขึ้นปีใหม่ เมื่อคนโบราณ นิยมใช้ดาวลูกไก่ในการกำหนดปฏิทินมาก่อน ต่อมาอพยพย้ายถิ่นฐาน จึงยังคงยึดวันดังกล่าวเป็นวันปีใหม่มาด้วย ซึ่งเชื่อมโยง กับปฏิทินมหาศักราชที่ยึดเอาวันเพ็ญเดือนกฤตติกาเป็นวันปีใหม่และกลายเป็นวันลอยกระทงของไทย

จากหลักฐานทั้งหมดสามารถยืนยันได้ว่าวันเพ็ญเดือนกฤตติกานั้นเป็นวันสิ้นปีและวันถัดไปคือวันปีใหม่แต่ต่อมาได้เปลี่ยนมา ใช้ปฏิทินจุลศักราช ที่นับวันปีใหม่ตรงกับวันที่ดวงอาทิตย์เข้าสู่ราศีเมษ เป็นเทศกาลสงกรานต์ เวลาผ่านไป ผู้คนก็เริ่มลืมเลือน ประเพณีเฉลิมฉลองวันปีใหม่ในวันเพ็ญเดือน 12 จึงถือเป็นงานนักขัตฤกษ์ งานรื่นเริง บ้างเชื่อว่าทางพราหมณ์ฮินดูให้ถือว่า เป็นการบูชาพระแม่คงคา ส่วนทางพุทธศาสนาถือว่าเป็นวันสำคัญที่ต้องเข้าวัดทำบุญฟังธรรมในวันลอยกระทงหรือวันยี่เป็ง

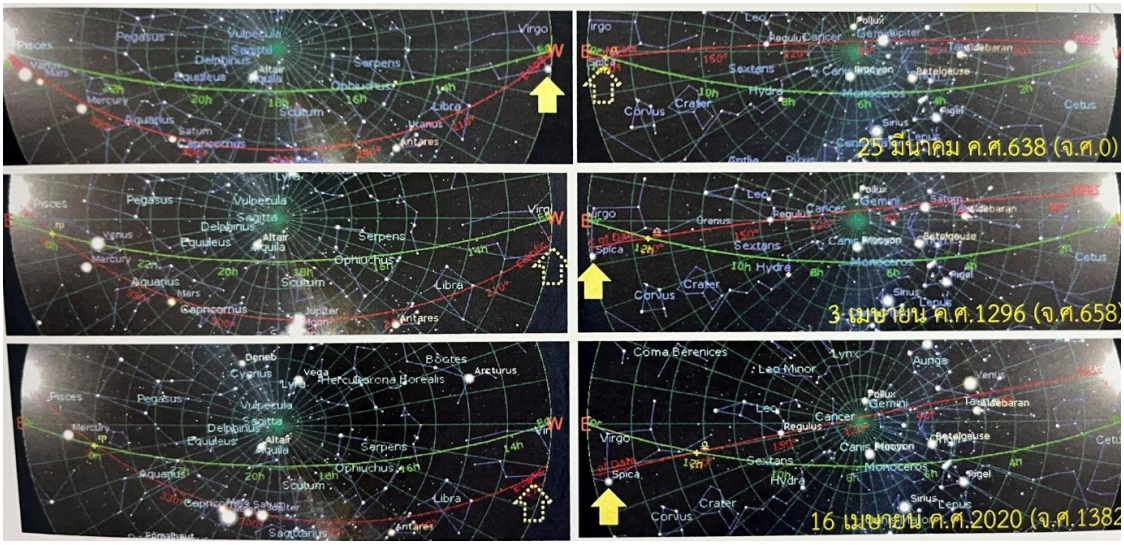
6.1.2 ประเพณีสงกรานต์

จิตตมาศ หรือเดือน 5 เป็นเดือนที่ดวงจันทร์เต็มดวงบริเวณกลุ่มดาวนักษัตรฤกษ์ที่ 14 จิตรา หรือบริเวณดาวแอลฟาหญิงสาว (รวงข้าว สไปกา Spica, α Vir) จนถึงนักษัตรฤกษ์ที่ 15 สวาติ บริเวณดาวแอลฟาคนเลี้ยงสัตว์ (ดาวยอดมหาจุฬามณี/ดวงแก้ว อาร์กทุรัส Arcturus, α Boo) เป็นการจัดกิจกรรมให้คนในชุมชนต่าง ๆ จัดงานรื่นเริงและเดินทางไปมาหาสู่กัน ราชสำนักมีพระราชพิธีถือน้ำพระพิพัฒน์สัตยา ชาวไทยล้านนาใช้โอกาสนี้ในการบูชาท้าวจตุโลกบาลประจำปี ชาวไทยเรียกกันว่าวัน “สงกรานต์ (Songkran festival)” ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงซึ่งการเฉลิมฉลองปีใหม่

การเปรียบเทียบวันวสันตวิษุวัตและวันเถลิงศก(ช่วงวันจัดงานสงกรานต์) ตามคัมภีร์สุริยยาตร์และตามปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์เพื่อเทียบตำแหน่งดวงดาว ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ จะมีการส่ายของจุดวิษุวัต (the precession of the equinoxes) โดยจุดวิษุวัตตั้งแต่ 2300 BC (ก่อนยุคพระเวท) จุดวสันตวิษุวัตอยู่กับกลุ่มดาวลูกไก่ ซึ่งมีดาววิสาขะอยู่ตรงข้าม ต่อมาปีราว 140 ปีก่อน ค.ศ. Hipparchus นักดาราศาสตร์ชาวกรีกได้นิยาม “Frist Point of Aries” บนระบบพิกัดฟ้าหรือพิกัดสุริยวิถีซึ่งถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงจุดวสันตวิษุวัตตั้งแต่นั้นมา ในขณะนั้นอยู่ระหว่างกลุ่มดาวปลากับกลุ่มดาวแกะ ต่อมา



รูปที่ 6.2: ซ้ายบน : แผนที่ดาวแสดงดวงอาทิตย์เข้าสู่ราศีพิจิก ขณะที่ดวงจันทร์อยู่ในฤกษ์กฤตติกา (กระจุกดาวลูกไก่) โดยเส้นสีแดงคือเส้นสุริยวิถี ขวาบน : แผนภาพจักรราศีแบบโหราศาสตร์ฮินดู แบ่งเป็น 12 ราศี และ 27 ฤกษ์ ล่าง : แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของจุดวิษุวัติ ตั้งแต่ยุคพระเวทเมื่อ 1755 ปีก่อนพุทธศักราช (สีส้ม 2300 BC) จนถึงปัจจุบัน ค.ศ. 2020 (สีเขียว) วงกลมสีแดงเป็นเส้นสุริยะวิภี วงสีส้ม น้ำเงิน เขียน เป็นเส้นศูนย์สูตรของปีต่าง ๆ)
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



รูปที่ 6.3: จุดเริ่มต้นการเข้าสู่ราศีเมษ
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

ปี ค.ศ. 150 Ptolemy ได้สังเกตว่าตำแหน่งดาวจิตรา (Spica, α Virginis) ได้เคลื่อนไปเมื่อเทียบในวันวสันตวิษุวัต และในปัจจุบัน จุดวสันตวิษุวัตนี้กำลังเคลื่อนเข้าสู่ราศีกุมภ์ นั่นคือยิ่งเวลาผ่านไป ความแตกต่างระหว่างจุดวิษุวัตยิ่งห่างจากจุดเริ่มต้น Frist Point of Aries มากขึ้น

ถ้าหากพิจารณาตำแหน่งดาวจิตรากับดาวอาทิตย์ในวันเถลิงศกตั้งแต่ปีที่ตั้งจุลศักราชขณะที่ดวงอาทิตย์ขึ้น ดาวจิตรากำลังจะตกจากขอบฟ้า ดาวจิตราอยู่เกือบตรงข้ามกับดวงอาทิตย์และในวันที่ 16 เมษายน ค.ศ. 2020 พบว่าในขณะที่ดวงอาทิตย์ขึ้น ดาวจิตราเพิ่งตกจากขอบฟ้าเหมือนกัน เพียงแต่ตกก่อนมากขึ้นซึ่งต่างกันไม่มากนัก จึงสรุปได้ว่า วันเถลิงศกตามปฏิทินจุลศักราชน่าจะใช้ดาวจิตราเป็นจุดอ้างอิงเพื่อกำหนดเริ่มต้นนับวันทางสุริยคติ และตำแหน่งของดาวจิตรายังพอใช้อ้างอิงจุดเริ่มต้นราศีเมษ ไม่ใช่ Frist Point of Aries ที่เคยเป็นจุดวสันตวิษุวัตในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษ “วันวิษุวัตสงกรานต์” คือวันที่ดวงอาทิตย์เข้าสู่ราศีเมษนิรายนะ (อิงดาวฤกษ์) ประเพณีสงกรานต์ปกติจะมี 3 วัน ได้แก่ วันสังขารล่อง (มหาสงกรานต์) วันเนา วันพญาวัน (เถลิงศก)



รูปที่ 6.4: ประเพณีสงกรานต์ของภาคเหนือในอดีต
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

6.1.3 บุญบั้งไฟ

บุญบั้งไฟอีสาน ถือว่าเป็นภูมิปัญญาของคนอีสานที่จัดให้มีขึ้นจากระบบความเชื่อที่ก่อให้เกิดพิธีกรรม และประเพณี ทั้งนี้เพราะความรู้ได้มาจากประสบการณ์ และที่สั่งสมมาแต่บรรพบุรุษ สืบทอดจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่ง ระหว่างการสืบทอดมีการปรับประยุกต์และเปลี่ยนแปลง จนอาจเกิดเป็นความรู้ใหม่ตามสภาพการณ์ทางสังคมวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมซึ่งสอดคล้องกับวิถีชีวิตดั้งเดิมของชาวอีสาน ดังนั้น ชีวิตของชาวอีสานมีความสัมพันธ์กันกับการทำมาหากิน การอยู่ร่วมกันในชุมชน การปฏิบัติต่อศาสนา พิธีกรรม และประเพณี เพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ มนุษย์กับธรรมชาติ และมนุษย์กับสิ่งเหนือธรรมชาติเป็นความสัมพันธ์ที่ดีมีความสมดุล เคารพซึ่งกันและกัน ไม่ทำร้ายทำลายกัน ทำให้ทุกฝ่ายทุกส่วนอยู่ร่วมกันได้อย่างสันติ บุญบั้งไฟอีสานจึงเป็นประเพณีและเป็นกฎเกณฑ์ของการอยู่ร่วมกันของคนในสังคมพุทธไทยอีสาน ที่ได้รับการสืบสานมาจนถึงปัจจุบัน[2]

แนวคิดบุญบั้งไฟหรือประเพณีเดือนหก ในบริบทพระพุทธศาสนากล่าวว่า หลังจากที่พระพุทธเจ้าทรง อุบัติขึ้นมาในโลกทรงแสดงธรรมโปรดสัตว์โลกทั้งหลายที่มีทุกข์ให้พ้นจากทุกข์ได้ทรงแสดงการบูชามหายัญในทัศนะของพระองค์ให้แก่พระเจ้าวิชิตราชและกูฏทันตพราหมณ์ฟังจนในที่สุดก็เลื่อมใสในพระพุทธศาสนาเลิกเข่นฆ่าเบียดเบียนสัตว์ต่อไป และประเด็นเกี่ยวกับการบูชาไฟที่เป็นจุดสำคัญที่สามารถโยงมาถึงการทำบุญบั้งไฟอีสานนี้ ต้องพิจารณาย้อนไปสมัยก่อนพุทธกาลและในสมัยพุทธกาลด้วย เพราะปรากฏว่า ชาวอินเดียก็ได้รับวัฒนธรรม ดังกล่าวมาจากชนชาวอารยัน ที่บุกรุกเข้าไปตั้งถิ่นฐานบ้านเมืองบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย มาตั้งแต่สมัยก่อน “ยุคพระเวท” ชนชาวอารยัน ก็คือชนพื้นเมืองที่อาศัยอยู่ในประเทศอิหร่านเมื่อหลายพันปีก่อน มีหน้าตาคล้ายกับพวกฝรั่งรูปร่างสูงใหญ่ เรียกกันว่า แขกขาวมีความ

[2]อ้างอิงจาก รัชชัย ขยันทำ (2561)

รู้ความสามารถทางเทคโนโลยีสามารถหล่อหลอมโลหะธาตุด้วยความร้อนสูง สร้างเครื่องมือเครื่องใช้สำหรับเป็นอาวุธยุทโธปกรณ์ เครื่องมือตัดหิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสำเร็จในการสร้าง “ผานไถเหล็ก” สำหรับทำไร่ ไถนา สร้างผลผลิตการกสิกรรมในยุคดึกดำบรรพ์ก่อให้เกิดความมั่งคั่งรุ่งเรืองเทียบเท่ากับ ชาวอียิปต์ ชาวอิรัค จึงขนานนามเผ่าพันธุ์ของตนที่มีความรู้ความสามารถ ในการสร้างสมอารยธรรมอันรุ่งเรืองขึ้นในโลกว่า “ชนชาวอารยัน” แปลว่า ผานไถ[3] สังเกตได้ว่า ถ้าการบูชาไฟจากแหล่งข้อมูลหลาย ๆ กระแสเป็นมูลบทของการบูชาไฟด้วยบั้งไฟอีสาน นั่นก็ หมายความว่า ชาวอีสานมีหัวก้าวหน้าในการพัฒนาสิ่งบนบานหรือบวงสรวงการประดิษฐ์สิ่งที่สามารถเข้าถึงสิ่ง เคารพด้วยการจัดประเพณีบุญบั้งไฟอีสาน ด้วยเหตุนี้คนอีสานก็นับได้ว่า เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีการแสดงออกต่อสิ่ง เคารพอย่างชัดเจนในรูปแบบของการบูชา

6.1.4 ทอดกฐิน

การกำหนดช่วงเวลาในเวลากลางคืนในวันที่ไม่เห็นดวงจันทร์ คนโบราณจะใช้ดาวเรียงเด่นอื่น ๆ ในการกำหนดช่วงเวลาเช่น กลุ่มดาวหมีใหญ่ (Ursa Major) ดาวเต่าในกลุ่มดาวนายพราน (Orion) รวมถึงดาวข่าง ดาวว่าวในกลุ่มดาวกางเขนใต้ (Crux) ดาวเรียงเด่นเหล่านี้นอกจากจะใช้ในการหาทิศและการกำหนดช่วงเวลาในแต่ละฤดูแล้ว ยังได้รับการผูกเรื่องราวเป็นนิทานพื้นบ้านประกอบในแต่ละกลุ่มชนด้วย เพื่อให้จดจำดาวได้ง่ายขึ้นและสอนศีลธรรมต่าง ๆ ให้แก่อนุชนรุ่นหลังไปในตัว

ดาวจระเข้หรือกลุ่มดาวหมีใหญ่ เป็นดาวเรียงเด่นสำคัญสำหรับหาทิศเหนือในพื้นที่เส้นศูนย์สูตร เพราะดาวจระเข้เป็นดาวรอบขั้วฟ้า (circumpolar) พื้นที่ยิ่งตั้งอยู่บริเวณละติจูดของพื้นที่สูงขึ้นเท่าใด ดาวเหนือจะยิ่งปรากฏสูงขึ้นจากขอบฟ้าเท่ากับลุติจูดของพื้นที่นั้น

ในช่วงฤดูหนาว เดือนพฤศจิกายน ดาวจระเข้จะเริ่มขึ้นสู่ท้องฟ้าประมาณเที่ยงคืนและขึ้นครบทั้งตัวในเวลา 4 นาฬิกา ช่วงที่ลำตัวขนานกับพื้นจะเป็นเวลาที่มีแสงสว่างพอดี ดังนั้นเมื่อถึงกลางเดือนธันวาคม ก็จะเป็นช่วงที่ลำตัวขนานกับขอบฟ้าทิศเหนือ ในราว 5 นาฬิกา การวางตัวของดาวจระเข้ในตำแหน่งต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้ชาวบ้านสามารถกำหนดช่วงเวลาสำคัญในแต่ละฤดูได้ เช่นทางภาคเหนือซึ่งเรียกดาวจระเข้ว่า ดาวช้าง ในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ถ้างวงช้าง (ดาวลำดับที่ 5-7) ตั้งตรง จะเป็นเวลาใกล้รุ่งได้เวลาทำนา หรือในฤดูหนาว ราวกลางเดือนธันวาคม ดาวหัวช้างขึ้นประมาณ 4 ทุ่ม ขึ้นครบ 7 ดวงราว 1 นาฬิกาของวันถัดไปและเมื่อใกล้รุ่งราว 5 นาฬิกา ดาวหัวช้างจะขนานกับพื้น ถึงเวลาออกไปเกี่ยวข้าว เพราะใกล้สว่างแล้ว

เทศกาลถวายผ้ากฐิน ซึ่งประเทศไทยถือเป็นการทำบุญใหญ่ในรอบปี เพราะมีพระวินัยระบุไว้ว่าแต่ละวัดจะรับผ้ากฐินได้ปีละครั้งเดียวเท่านั้นและเป็นงานบุญที่มีการกำหนดช่วงเวลาชัดเจนคือนับต่อจากวันมหาปวารณา หรือวันรุ่งขึ้นหลังจากวันออกพรรษาหรือวันแรม 1 ค่ำ เดือน 11 จนกระทั่งถึงขึ้น 15 เดือน 12 (สิ้นสุดฤดูฝนครั้งพุทธกาล) ซึ่งเป็นวันลอยกระทงด้วย เดือนนี้ตรงกับฤดูน้ำหลากของภาคกลาง โดยตามประเพณีการทอดกฐินจะมีการทำธงเป็นรูปจระเข้และนางมัจฉา (นางเงือก) ปักไว้หน้าวัดที่รับกฐินแล้ว ทั้งนี้มาจากความเชื่อของนิทานพื้นบ้านที่ว่า

[3]อ้างอิงจาก http://addcom.is.in.th/



รูปที่ 6.5: กลุ่มดาวจระเข้
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

มีเศรษฐีผู้หนึ่งเป็นคนตระหนี่ถี่เหนียวมาก ไม่เคยคิดทำบุญกุศลใด ๆ
ได้เอาสมบัติของตนไปฝังไว้ที่โคนบันไดท่าน้ำ
เมื่อตายไปแล้วได้ไปเกิดเป็นจระเข้วนเวียนเฝ้าสมบัติของตนเองอยู่
ทำให้ได้รับทุกขเวทนามากนัก จึงไปเข้าฝันภรรยาของตนให้มาขุดสมบัติไปทำบุญกุศล
ภรรยาจึงจัดให้มีการทอดกฐินขึ้น จระเข้นั้นก็บังเกิดความยินดีว่ายน้ำตามขบวนเรือแห่องค์กฐินไป
แต่ยังไม่ทันไรก็หมดแรงไปต่อไม่ไหว จึงบอกภรรยาให้วาดรูปจระเข้ใส่ในธงไปแทน

ช่วงเวลาก่อนสว่างของกฐินกาลเราจะเห็นดาวจระเข้ทั้ง 7 ดวงลอยเด่นอยู่ คล้ายเตือนพุทธศาสนิกชนให้เร่งเตรียมงานบุญให้เสร็จสิ้นทันก่อนเช้า อาจเป็นด้วยเหตุนี้เองจึงมีการผูกเป็นนิทานเพื่อให้สัมพันธ์กับเทศกาล ใช้ดวงดาวบนท้องฟ้าสอนลูกหลานให้รู้จักการทำบุญ ทั้งยังได้รับความเพลิดเพลินอีกด้วย



รูปที่ 6.6: ธงรูปกลุ่มดาวจระเข้
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

6.2 ดาราศาสตร์กับชาวล้านนา

ทางล้านนาได้มีกลุ่มดาว 27 กลุ่ม ที่มีชื่อเรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล ดังแสดงในรูปที่ 6.7 - 6.16 ต่อไปนี้

ลำดับ	ชื่อฤกษ์	ชื่อกลุ่มดาวบนท้องฟ้า	รูปภาพ	สถิตราศี
1. อัศวินี (ม้าตัวเมีย) ดาวม้าหางอ่อน	ทสิทโทฤกษ์ เห็นเป็นรูปคอม้าหรือหาง หนู, ดาวคอม้า ดาวคู่ม้า ดาวม้า หรือ ดาวอัศวยุช ก็เรียก. มี ๗ ดวง	ดาวแกะ Beta-Arieties		เมษ
2. ภรณี (มดลูก) ดาวเขียงกอม	มหัทชโนฤกษ์ มี ๓ ดวง เห็นเป็นรูปแมไก่, ดาวก้อนเส้า ก็เรียก. (ป., ส.) มี ๓ ดวง	แกะ 35-Arietis		เมษ
3. กฤตติกา (ไฟ) ดาววี	โจโรฤกษ์ เห็นเป็นรูปชงสามเหลี่ยม มีหางเรียวยาว เช่น หมู่สามสมมุติกุกกุฏโป- ดก กฤติกาชาน. (สรรพสิทธิ์), ดาวชงสามเหลี่ยม หรือ ดาวลูกไก่ ก็เรียก. มี ๘ ดวง	ดาวลูกไก่ Eta-Tuori		ระหว่างเมษและพฤษภ

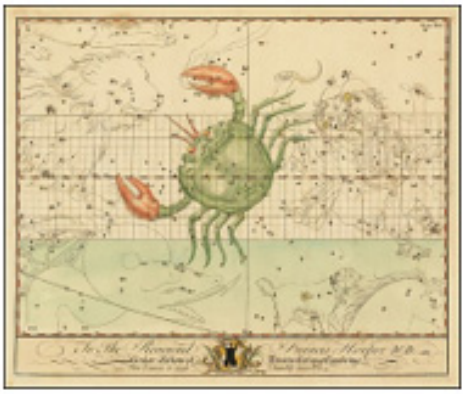
รูปที่ 6.7: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

4. โรหิณี (สิ่งที่มีสีแดง) ดาวกระจม	ภูมิปาโลฤกษ์เห็นเป็นรูปจมูกม้าหรือไม้ค้ำเกวียน, ดาวพราหมี (พรา-หะ-มี) ดาวปลาตะเพียน หรือดาวดางหมู ก็เรียก; แม่โคแดง; ชื่อแม่น้ำสายหนึ่งในอินเดีย. (ป., ส.) มี ๕ ดวง	สามเหลี่ยมหน้าวัว Alpha-Tauri		พฤษภ
5. มฤคศีระ () ดาวหัวเนื้อ	เทศาตรีฤกษ์เห็นเป็นรูปดาวหัวเต่า-กัศยปะสิระ ดาวหัวเนื้อทราย ดาวศีรษะเนื้อ-กวาง ดาวศีรษะโค ดาวมฤคศิรัส หรือดาวอาเดรหายณี ก็เรียก. (ส. มฤคศิรสฺ; ป. มิคสิร) มี ๓ ดวง	หัวของกลุ่มดาวนายพราน (ดาวแลมดา-โอไรโอนิส)		ระหว่างพฤษภและเมถุน

รูปที่ 6.8: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

6. อาทรา () ดาวดั้ง หรือ กระดั้ง	เทวีฤกษ์ เห็นเป็นรูป ฉัตร-ร่มฉัตร , กัศยปศิระ ดาวอัททา ฉัตร , ดาว อัททา ดาวตัว โค หรือ ดาว ตาเรือสำเภา ก็เรียก. มี ๑ ดวง	เป็นส่วนห นึ่งของดาว คนคู่ Alpha-Orions		เมถุน
7. ปุนัพสุ (กลับมา สว่างอีก ครั้ง) ดาวสะเปา	เพชฌฆาต ฤกษ์ เห็นเป็นรูปเรือ ชัยหรือหัว สำเภา, ดาว หัวสำเภา ดาว สำเภาทอง ดาวสะเภา ดาวยามเภา หรือ ดาว ตาเรือไชย ก็ เรียก. (ป. ปุ นพฺพสุ) มี ๓ ดวง	รวมกลุ่ม ดาวของคน คู่ สุนัขเล็ก และสุนัข ใหญ่		ระหว่าง เมถุน และ กรกฎ

รูปที่ 6.9: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

8. ปุษยะ () ดาวเรือนห่าง	ราชาฤกษ์ เห็นเป็นรูปปุยฝ้าย พวงดอกไม้ ดอกบัว หรือโลง, ดาวปุยฝ้าย ดาวพวงดอกไม้ ดาวดอกบัว ดาวโลง ดาวปู ดาวสมอสำเภา หรือ ดาวสิษยะ ก็เรียก. (ส. ปุษย; ป. ปุสฺส) มี ๕ ดวง	Delta-Cancri ดาวปู		กรกฎ
9. อาศเลษา () ดาวคอกม้า	สมโณฤกษ์ เห็นเป็นรูปแขนคู้หรือพ้อม, ดาวเรือน หรือดาวนกอยู่ในปล่อง ก็เรียก ล้อเกวียน หรืองูขด มี ๕ ดวง	ดาว Epsilon-Hydrae งูไฮดรา		กรกฎ

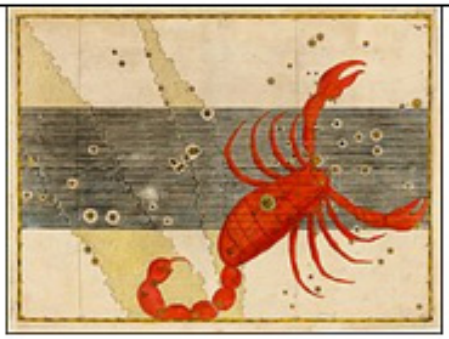
รูปที่ 6.10: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

10. มาฆะ (เมฆ) นักษัตร หรือ มฆา มาฆะ ดาวงู	ทสิทโทฤกษ์ เห็นเป็นรูปโค มูตร วานร หรืองอนไถ, ดาวโคมูตร ดาววานร ดาวงอนไถ หรือ ดาวงูตัวผู้ ก็เรียก. (ป., ส.) มี ๕ ดวง	ดาวหัวใจสิงห์		สิงห์
11. บุรพผลคุนี นักษัตร หรือ ปุรพผลคุนี ปุพพผลคุนี ดาวพิคานน้อย	มหัทธโนฤกษ์ เห็นเป็นรูปแรดตัวผู้หรือเพดานตอนหน้า, ดาววัวตัวผู้ หรือ ดาวงูตัวเมีย ก็เรียก. มี ๒ ดวง	ดาว δ และ θ สิงโต		สิงห์
12. อุตร ผลคุนี นักษัตร หรือ อุตตรผลคุนี ดาวหัวเนื้อตัวแม่	โจโรฤกษ์ เห็นเป็นรูปงูเหลือม แรดตัวเมีย หรือเพดานตอนหลัง, ดาวเพดาน หรือ ดาววัวตัวเมีย ก็เรียก. (ส. อุตฺตรผาลฺคุนี; ป. อุตฺตรผคฺคุนี) มี ๒ ดวง	ดาวเดเนโบลา		อยู่ระหว่างสิงห์และกันย์

รูปที่ 6.11: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

13. หัสตะ นักษัตร หรือ หัสต (ฝ่ามือ) หัฏฐะ ดาวช้าง หลวง	ภูมิปาโลฤกษ์ เห็นเป็นรูปฝ่ามือหรือเหมียงสัตว์, ดาวศอกคู้ หรือ ดาวศีรษะช้าง ก็เรียก. มี ๕ ดวง	ดาว α, β, γ, δ และ ε ดาว Delta-Corvi ใน กลุ่มดาวนกกา (Corvus)		กันย์
14. จิตระ นักษัตร หรือ จิตรา ดาวไต้ไฟ หลวง	เทศาตรีฤกษ์ เห็นเป็นรูปต่อมน้ำหรือไต้ไฟ เช่น จิตรา ก็ปรากฏ คำบล เสถียร ที่สิบสี่หมาย. (สรรพสิทธิ์), ดาวต่อมน้ำ ดาวไต้ไฟ ดาวตาจระเข้ หรือ ดาวตาเสือ ก็เรียก. (ส.; ป. จิตฺตา) มี ๑ ดวง	ดาวรวงข้าว (สไปกา Spicum – Spica) ดาว " Alpha-Virginis " ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ที่สว่างสุกใสที่สุดในกลุ่มดาวราศีกันย์		ระหว่างกันย์กับตุล
15. สวาติ นักษัตร หรือ สวาตี สวัสดิ ดาวไต้ไฟน้อย	เทวีฤกษ์ เห็นเป็นรูปช้างพังเหมียงผูกคอสุนัข ดวงแก้ว หรือ กระออมน้ำ, ดาวช้างพัง หรือ ดาวงูเหลือม . มี ๕ ดวง	ดาวดวงแก้ว (อาร์ดตุรุส)		ตุล

รูปที่ 6.12: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

16. วิศาขะ นักษัตร หรือ วิสาขา, วิสาขา, วิสาขะ ,วิสาขะ ดาวขอบดัง	เพชฌฆาต ฤกษ์ เห็นเป็นรูปแขนนาง หนองลาด เหมือง หรือไม้ม้อง, ดาวคันฉัตร หรือ ดาวศีรษะกระบือ ก็เรียก. (ส.; ป. วิสาข, วิสาขา) มี ๕ ดวง	ดาว α, β, γ และ ι คันชั่ง		ระหว่างตุลและพิจิก
17. อนุราธะ นักษัตร หรือ อนุราธ อนุราธา อนุราช ดาวจักรพระยาอินทร์	ราชาฤกษ์ เห็นเป็นรูปชนูหน้าไม้ หรือหงอนนาค, ดาวประจำฉัตร หรือ ดาวนกยูง ก็เรียก. มี ๔ ดวง	ดาว β, δ และ π แมงป่อง		พิจิก
18. เชษฐา นักษัตร หรือ เชษฐะ ดาวช้างพังของ	สมโณฤกษ์ เห็นเป็นรูปงาช้างหรือคอนาค, ดาวเชษฐะ ดาวงาช้าง ดาวช้างใหญ่ ดาวคอนาค หรือ ดาวแพะ ก็เรียก. มี ๑๔ ดวง	ดาว α, σ, และ τ แมงป่อง		พิจิก

รูปที่ 6.13: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

19. มูละ นักษัตร หรือ มูลา ดาวช้าง น้อย	ทลิทโทฤกษ์ เห็นเป็นรูป สะดือนาค, ดาวช้างน้อย หรือ ดาว แมว–วิฬาร์ ก็เรียก. มี ๙ ดวง	ดาว ε, ζ, η, θ, ι, κ, λ, μ และ ν แมงป่อง		ธนู
20. ปุรพษาฒ นักษัตร หรือ บุรพ อาษาฒ บุพ พาสาฬหะ ดาวตีน ช้างน้อย กำหน้า	มหัทชโนฤกษ์ เห็นเป็นรูป ปากนกหรือ ช้างพลาย, ดาวสัปคับช้าง หรือ ดาว ราชสีห์ตัวผู้ ก็เรียก. มี ๓ ดวง	ดาว δ และ ε คนยิงธนู		ธนู
21. อุตราษาฒ นักษัตร หรือ อุตต ราอาษาฒ อุตตรา สาฬหะ ดาวตีน ช้างน้อย กำหลัง	โจโรฤกษ์ เห็น เป็นรูปพญา ครุฑ หรือ ช้างพัง, ดาว แตรงอน หรือ ดาวราชสีห์ตัว เมีย ก็เรียก. (ส. อุตฺ ตราษาฒ; ป. อุตฺตราสาฬฺห) มี ๕ ดวง	ดาว ζ และ σ คนยิงธนู		ระหว่าง ธนู กับ มกร

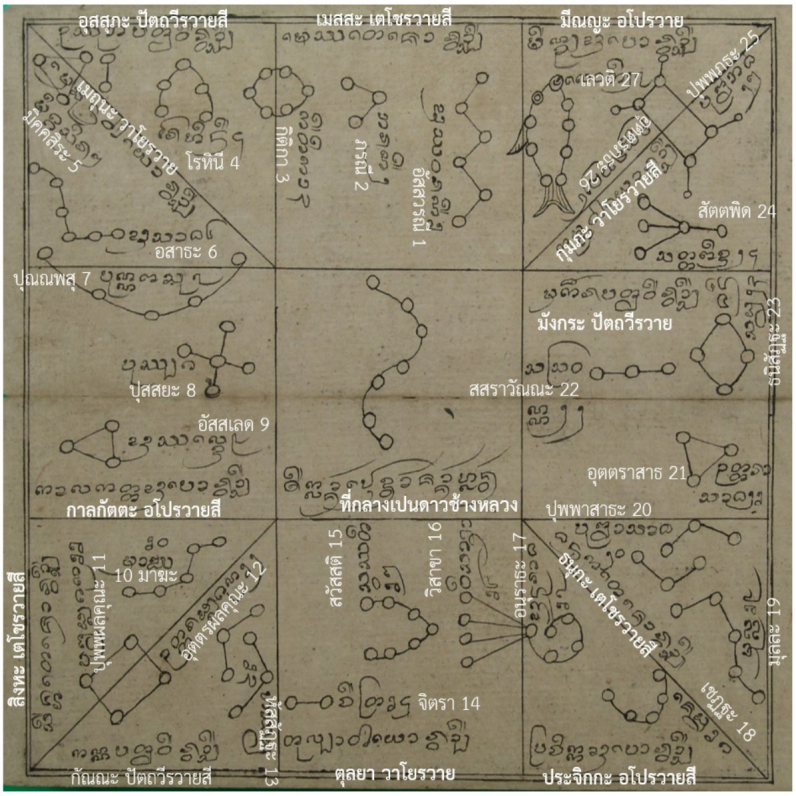
รูปที่ 6.14: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

22. ศรวณะ นักษัตร หรือ ศระวณ สาวนะ ดาวดาน หามผี	ภูมิปาโลฤกษ์ เห็นเป็นรูป หามผีหรือโลง , ดาวหลักชัย หรือ ดาวพระ ฤาษี ก็เรียก. (ส.) มี ๓ ดวง	ดาว α, β และ γ นก อินทรี		มกร
23. ธนิษฐะ นักษัตร หรือ ธนิษฐา ดาวเกียง บิน	เทศาตรีฤกษ์ เห็นเป็นรูปกา, ดาวศรวิษฐา ดาวเศรษฐี หรือ ดาวไช ก็เรียก. มี ๔ ดวง	ตั้งแต่ดาว α จนถึง ดาว δ ปลาโลมา		ระหว่าง มกรกับ กุมภ์
24. สต ภิษัช นักษัตร หรือ สต ภิสชะ ดาว ไม้สาว แง่ม	เทวีฤกษ์ เห็น เป็นรูปทิมทอง หรือมังกร, ดาวพิมพ์ทอง หรือ ดาวยักษ์ ก็เรียก มี ๔ ดวง	γ ปลา		กุมภ์
25. บุรพ ภัทรบท นักษัตร หรือ ปุพพ ภัททะ ดาวหัว ทรายคำ ตัวผู้	เพชฌฆาต ฤกษ์ เห็นเป็น รูปราชสีห์ตัวผู้ หรือเพดาน ตอนหน้า, ดาว โปฐบท ดาว แรดตัวผู้ หรือ ดาวหัวเนื้อ ทราย ก็เรียก มี ๒ ดวง	ดาว α และ β ม้าบิน Pegasus ดาว "α – Pegasi " ซึ่งเป็นดาว ฤกษ์ที่สว่าง ที่สุดในกลุ่ม ดาวม้าบิน (Pegasus)		ระหว่าง กุมภ์ กับมีน

รูปที่ 6.15: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)

26. อุตร ภัทรบท นักษัตร หรือ อุตตรภัทรบท อุตตรภัททะ ดาวหัวทรายคำ ตัวเมีย	ราชาฤกษ์ เห็นเป็นรูปราชสีห์ ตัวเมียหรือเพศตานตอนหลัง, ดาวแรดตัวเมีย หรือดาวไม้เท้า ก็เรียก. (ส. อุตฺตรภทฺรปท; ป. อุตฺตรภทฺทปท). มี ๒ ดวง	ดาว γ ม้าบิน และดาว α แอนดรอเมดา ดาว " Gamma–Pegasi " ในกลุ่มดาวม้าบิน (Pegasus) และดาว " Alpha–Andromeda " ในกลุ่มดาวแอนดรอเมดา (Andromeda)		มีน
27. เรวดี นักษัตร ดาวปลาไนคำ	สมโณฤกษ์ เห็นเป็นรูปหญิงท้อง, ดาวปลาตะเพียน หรือดาวนาง ก็เรียก. (ป., ส. เรวตี). มี ๑๖ ดวง	ดาว ζ ปลา		มีน

รูปที่ 6.16: ชื่อ 27 กลุ่มดาวที่เรียกตามชื่อล้านนาและชื่อสากล (ต่อ)
(ที่มา : ข้อมูลจาก เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563 และ เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565, ภาพจาก Johann Bayer)



รูปที่ 6.17: พับสา อักษรธรรมล้านนา
(ที่มา : พระจตุพล จิตฺตสำโร, 2549)

6.2.1 การแบ่งกลุ่มดาวที่ใช้และอ้างอิงในระบบปฏิทินนักษัตรฤกษ์ 27 กลุ่ม

แต่เดิมคำว่านักษัตรนั้นใช้สำหรับดาวฤกษ์ 27 กลุ่มซึ่งอ้างอิงชื่อเดือนจันทรคติเท่านั้น ต่อมาภายหลังถูกแปลงไปใช้กับกลุ่มดาวของสัตว์ 12 ชนิดที่ใช้เรียกนามปีด้วยจึงเรียกว่า 12 นักษัตร

การวาดดวงจันทร์มักจะวาดรูปกระต่ายในวงกลมสีเหลืองแทนดวงจันทร์ คตินี้มาจากนิทานชาดกเรื่อง “สสปัณฑิตชาดก” และการวาดดวงอาทิตย์มักจะวาดรูปนกยูงไว้ในวงกลมสีแดงแทนดวงอาทิตย์ ซึ่งมีที่มากจากนิบาตชาดกเรื่อง “โมรปริตร”



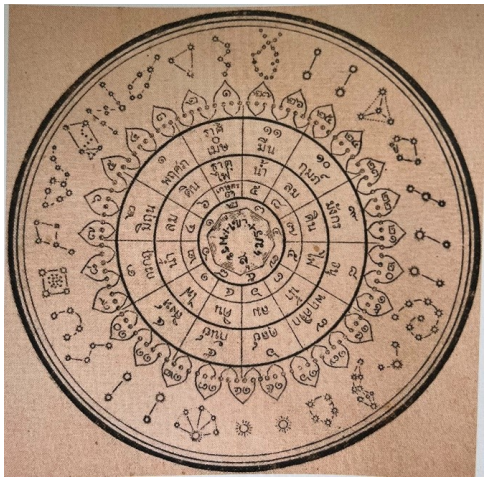
รูปที่ 6.18: ดาวฤกษ์ 27 กลุ่มดาวจากไตรภูมิพระร่วง
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



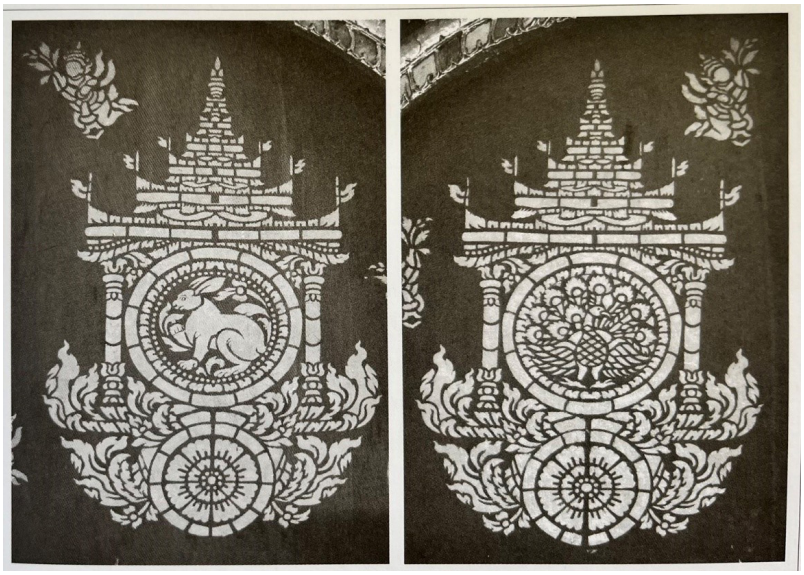
รูปที่ 6.19: ดาวนักษัตรฤกษ์ 27 กลุ่มได้รับการจัดเรียงประกอบดวงชะตาและรายละเอียดอย่างอื่น ซึ่งปรากฏในสมุดไทยและเอกสารต่าง ๆ เช่น 27 กลุ่มของหลวงวิศาลดรุณกร (อั้น สาริกบุตร) มองแล้วประดุจจวงมณฑล (Manadala) ทำให้ดูขลังและศักดิ์สิทธิ์ จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มความเข้มขลังให้แก่วัตถุมงคลต่าง ๆ เช่น ใช้สำหรับการบูชาพลังจักรวาลในเหรียญจาตุคามรามเทพฯ รุ่น สมบัติจักรพรรดิ์ เพดานพระวิหารต่าง ๆ
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



รูปที่ 6.20: ภาพจักรราศีวิภาคของ อั้น สาริกบุตร ถูกนำมาประกอบในวัตถุมงคล
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



รูปที่ 6.21: ผังดาวนักษัตรฤกษ์ 27 กลุ่มดาวของ อั้น สาริกบุตร
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



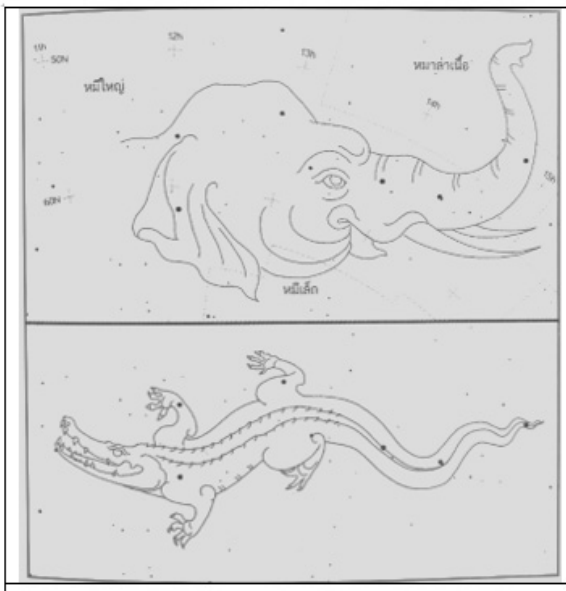
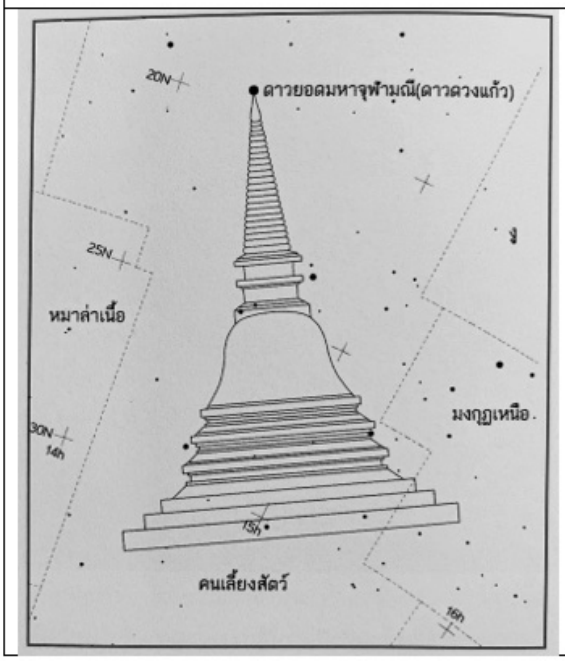
รูปที่ 6.22: ภาพกระต่ายและนกยูงในวงกลมทรงราชรถ คือ การวาดแสดงดวงอาทิตย์และดวงจันทร์
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

6.3 สุนทรียศิลป์ จินตนาการ

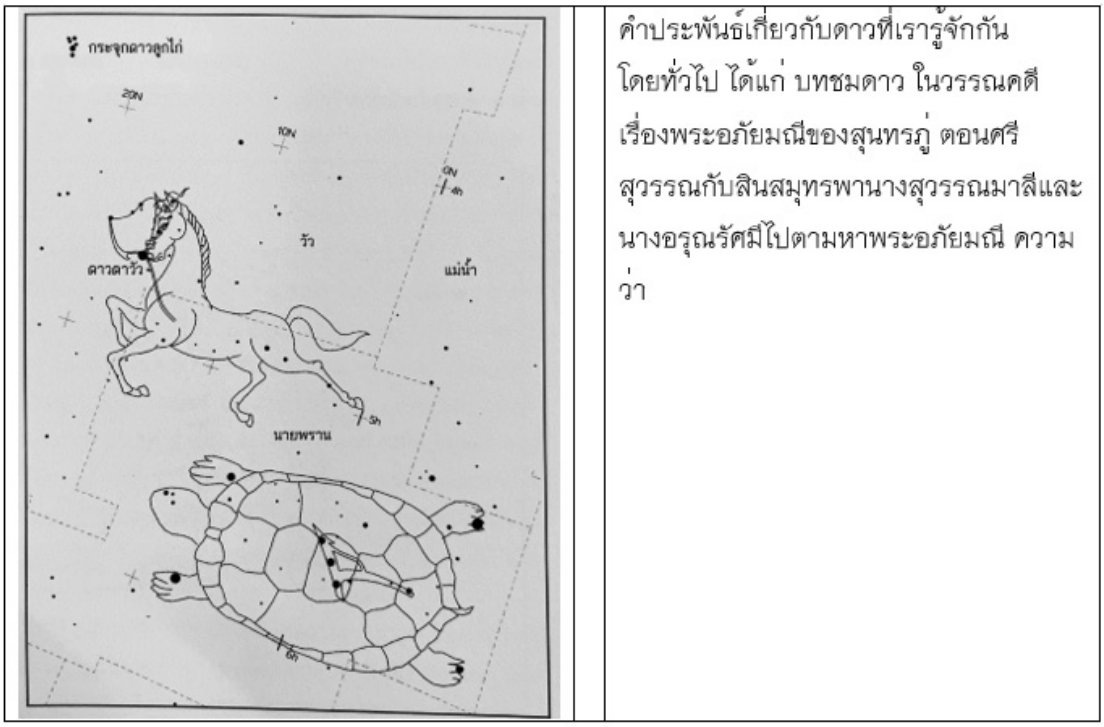
สังคมไทยในอดีตเป็นสังคมชนบท ที่ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เมื่อถึงยามค่ำคืนจึงมีกิจกรรมเพียงไม่กี่อย่างที่สามารถทำได้ การชมดาวเป็นกิจกรรมหนึ่งซึ่งสามารถกระทำได้แทบทุกคืน ที่ท้องฟ้าไม่ปิดหรือฝนไม่ตก ซึ่งการดูดาวจะเป็นการเล่าขานถึงตำนานแต่ละดวงและผูกโยงกับเรื่องของเขาพระสุเมรุ เช่น ตำนานดาวม้า ผูกโยงกับเรื่องของม้ากัณฐกะ ตำนานดาวไถผูกโยงกับเรื่องรามเกียรติ์ตอนศึกกุมภกรรณ การได้ฟังตำนานนิทานและเรื่องราวต่าง ๆ ย่อมสร้างความสนุกสนานเพลิดเพลินเสริมสร้างจินตนาการและถ่ายทอดภูมิปัญญาจากรุ่นสู่รุ่น

จันทร์เจ้าเอ๋ย ขอข้าวขอแกง ขอแหวนทองแดง ผูกมือน้องข้า
ขอช้างขอม้า ให้น้องข้าขี่ ขอเก้าอี้ ให้น้องข้านั่ง
ขอเตียงตั่ง ให้น้องข้านอน ขอละคร ให้น้องข้าดู
ขอยายชู เลี้ยงน้องข้าเถิด ขอยายเกิด เลี้ยงตัวข้าเอง

จากบทประพันธ์จันทร์เจ้า ทำให้เราทราบว่า ทำไมต้องการแต่แหวนทองแดง ไม่ขอแหวนเพชรบ้าง ก็เพราะมีกฎหมายโบราณห้ามประชาราษฎร์แต่งตัวใส่แหวนทองคำ เป็นกฎหมายเก่าแก่มาก ถึงต้นสมัยพระเจ้าอู่ทอง ว่าเป็นการกระทำเทียมเจ้าฟ้าเจ้าแผ่นดิน ผู้ใดฝ่าฝืนจะต้องมีโทษ

		กลุ่มดาว 7 ดวงทางด้านทิศเหนือ ชาวล้านนาจินนาการเป็นรูปช้าง ส่วนทางภาคกลางเป็นรูปจระเข้ ใช้สำหรับมองดาวเหนือได้ การจะดูว่ากลุ่มดาวมีรูปร่างคล้ายอะไร เราจะต้องอาศัยการปะติดปะต่อผมสมปนเปเอาเอง ซึ่งเราต้องกำหนดก่อนว่าศรีษะอยู่ตรงไหน หางอยู่ตรงไหน วิธีดูดาวให้เห็นชัดเจน ควรหันศรีษะไปทางทิศตะวันตะวันตก เราจะเห็นกลุ่มดาวโผล่ขอบฟ้าทางทิศตะวันออกได้ชัดเจน
		ดาวอีกดวงที่ผู้เฒ่าผู้แก่แนะนำให้เรายกมือไหว้ ท่านบอกว่านั่นคือดาวมหาจุฬามณี บรรจุพระโมฬี พระเวฬุนพัสตร และพระทันตธาตุของพระพุทธเจ้า ที่พระมาลัยเถระอรหันต์ขึ้นไปถวายสักการบูชา แล้วได้พบกับพระศรีอริยเมตไตย ดาวดวงนี้อยู่เยื้องทิศตะวันตกกับทิศเหนือเล็กน้อย ที่เราเรียกว่าทิศพายัพ

รูปที่ 6.23: การจินตนาการในบทกลอนจันทร์เจ้า
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563, เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



รูปที่ 6.24: การจินตนาการในบทกลอนของสุนทรภู่
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2563, เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างบทกวีของสุนทรภู่ ในเรื่องพระอภัยมณี ดังว่า

ดูโน่นแน่แม่อรุณรัศมี โน่นดาวธงตรงหน้าอาชาไนย
องค์อรุณทูลถามพระเจ้าป้า นางบอกว่าดาวธงอยู่ตรงนั้น
แม้นดาวกามาใกล้ในมนุษย์ ดาวดวงลำสำเภามีเสากระโดง
นั้นแน่แม่ดูดาวจระเข้ ดาวนิดทิศพายับดูวับวาว
โน่นดาวคันชั่งช่วงดวงสว่าง หน่อนรินทร์สินสมุทรกับบุตรี
พระชนนีชี้แจงให้แจ้งจิต ครั้นดึกด่วนชวนสองกุมารา
ตรงมือชี้ดาวเต่านั่นดาวไถ ดาวลูกไก่เคียงอยู่เป็นหมู่กัน
ที่ตรงหน้าดาวไถชื่อไรนั่น ที่เคียงกันเป็นระนาวชื่อดาวโลง
จะม้วยมุดมรณาเป็นห่าโหง สายระโยงระยางหางเสือยาว
ศีรษะเร่หกหางขึ้นกลางหาว เค้าเรียกดาวยอดมหาจุฬามณี
ที่พราวพร่างพรายงามดาวหามผี เฝ้าเช้าชี้ชักถามตามสงกา
อยู่ตามทิศทั่วไปในเวหา เข้าห้องในไสยาในราตรี

6.4 สรุป

บทนี้เป็นการกล่าวถึงประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิทธิพลทางดาราศาสตร์ อันประกอบด้วย ประเพณียี่เป็ง ประเพณีสงกรานต์ บุญบั้งไฟ งานทอดกฐิน และการดูดาวในแบบของชาวล้านนา

6.5 แบบฝึกหัด

1. ทำไมจึงมีการเชื่อว่าวันขึ้นปีใหม่ไทยเป็นวันยี่เป็งหรือวันลอยกระทง
2. จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงจุดวสันตวิษุวัตและวันสงกรานต์ไทยว่ามีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร
3. จงบอกเหตุผลของการสร้างโบราณสถานสำคัญ ๆ โดยมีปราสาทเขาพนมรุ้ง จะอธิบายความเหมือนหรือต่างกันของที่ไปที่มาระหว่างประเพณีบุญบั้งไฟและประเพณีทอดกฐิน
4. วิสาขะฤกษ์ตรงกับดวงดาวอะไรจงอธิบายตามความเชื่อที่ท่านเชื่อมา 1 แบบ
5. ใช้เวปเพจหรือโปรแกรมสำเร็จรูป เช่น canva ในการป้อนคำเพื่อสร้างงานศิลปะที่เกี่ยวกับภาพวาดที่สื่อถึงดวงดาว การจินตนาการบนท้องฟ้า ประเพณีที่เกี่ยวกับดาราศาสตร์ บุคคลต่างภพภูมิตามความเชื่อและศาสนา

6.6 เอกสารอ้างอิง

1. เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2563) *ภูมิปัญญาดาราศาสตร์ล้านนา*. เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
2. เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2565) *วัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร*. เชียงใหม่ : เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
3. รัชชัย ขยันทำ (2561) *วัฒนธรรมความเชื่อที่มีต่อประเพณีบั้งไฟของคนอีสาน* วารสารปรัชญาปริทรรศน์ ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ.2561, 89-99.

แผนการสอนประจำบทที่ 7

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. ดูฤกษ์ ดูยาม เคราะห์หาม ยามร้าย
2. ลัคณา ราศี
3. คำบอกเล่าจากคนโบราณ รุ่นสู่รุ่น

วัตถุประสงค์

1. อธิบายการโครจรของดาวเคราะห์กับแผนที่ทางโหราศาสตร์ได้
2. แปลความหมายแผนที่ทางโหราศาสตร์เป็นดวงชตะตามความเชื่อล้านนาได้
3. ปฏิบัติการเกี่ยวกับโหราศาสตร์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ร่วมกับแผนที่ทางโหราศาสตร์ได้
4. ตระหนักถึงจริยธรรมในการใช้ซอฟแวร์สำเร็จรูปในการทำงาน
5. สนับสนุนภูมิปัญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับดาราศาสตร์พื้นบ้าน

วิธีการสอนและกิจกรรมประจำบท

1. ผู้สอนบรรยายหัวข้อต่อไปนี้พร้อมเปิดโอกาสให้ซักถาม
2. กิจกรรมทำแบบฝึกหัด และอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาพาเธอไปดูดาว และตำราต่าง ๆ
2. สไลด์การสอนพาวเวอร์พอยท์

การวัดและการประเมินผล

1. ประเมินจากการสอบ
2. จากการตรวจแบบฝึกหัดในแต่ละเรื่อง
3. ประเมินจากชิ้นงาน
4. ประเมินจากการนำเสนอและอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

บทที่ 7

โหราศาตร์กับการโคจรของดวงดาว

เรียบเรียงโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร

As above, so below
As within, so without
As the universe, so the soul
--- Hermes Trismegistus ---
เบื้องบนเป็นเช่น ไร เบื้องล่างเป็นเช่น นั้น
ภายในเป็นเช่น ไร ภายนอกเป็นเช่น นั้น
จักรวาลเป็นเช่น ไร จิตวิญญาณเป็นเช่น นั้น

7.1 ดูฤกษ์ ดูยาม เคราะห์หาม ยามร้าย

ตามคติโหราศาสตร์ (Astrology) ด้วยมนุษย์ในสมัยโบราณมีความเชื่อมั่นว่า ดาวพระเคราะห์เท่าที่มนุษย์รู้จักกันในสมัยนั้นคือ อาทิตย์ จันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี ศุกร์ และเสาร์ ต่างก็ผลัดกันมีอิทธิพลครอบงำวันต่าง ๆ สลับกันไป โดยมีอาทิตย์เป็นปฐม เมื่อครบทุกดวงถือว่าเป็นชุดหนึ่งคือสัปดาห์ต่อจากนั้นก็จะหมุนเวียนย้อนกลับมายังอาทิตย์แล้วดาวอื่นก็เข้าครองวันต่าง ๆ ไปจนครบสัปดาห์ โดยผลัดเปลี่ยนกันไปไม่รู้จักจบสิ้น

7.1.1 ดาวพระเคราะห์

การสังเกตการเคลื่อนตัวของดาวพระเคราะห์แต่ละดวงกับการโคจรผ่านราศีแต่ละราศีนั้น จะใช้เวลาในการเดินทางไม่เท่ากัน การเดินทางของดาวต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่า “ดาวจร” โดยเรียงลำดับดาวพระเคราะห์ต่าง ๆ ดังนี้

1. พระอาทิตย์ อัตราการโคจร ราศีละประมาณ 1 เดือน เมื่อพระอาทิตย์จรจนครบ 12 ราศีจึงเป็น 1 ปี การจรหรือการเดินของพระอาทิตย์เป็นการเดินแบบปกติ ไม่เดินแบบวิกลคติ (เดินทางเดียว)

2. พระจันทร์ อัตราการโคจรราศีละ 2 วันครึ่ง เมื่อโคจรรอบ 12 ราศี แล้ว จึงเป็น 1 เดือน การโคจรของพระจันทร์เป็นการเดินปกติ ไม่เดินแบบวิกลคติ

3. ดาวอังคาร อัตราการโคจรราศีละประมาณ 45 วัน แต่ก็ไม่มีความแน่นอน บางครั้งพักนิ่งอยู่ในราศีเดียวถึง 8 เดือนก็มี

4. ดาวพุธ อัตราการโคจร ราศีละประมาณ 29-31 วัน หรือโดยเฉลี่ย 30 วันแต่ก็ไม่มีความแน่นอนหรือไม่เสถียรมากที่สุดในกลุ่มดาวเคราะห์ บางครั้งนิ่งอยู่กับที่ บางครั้งเดินเร็ว บางครั้งถอยหลัง จึงมักนิยมกล่าวกันว่า วันพุธรวนเร

5. ดาวพฤหัสบดี อัตราการโคจร ราศีละประมาณ 1 ปี เป็นการจรแบบเดินปกติ ไม่เดินแบบ วิกลคติ แต่ก็มีบางครั้งมีการเดินเร็วหรือช้ากว่าปกติเล็กน้อย

6. ดาวศุกร์ อัตราการโคจร ราศีละประมาณ 30 วัน เหมือนกับดาวพุธคือโคจรราศีละ 29-31 วัน

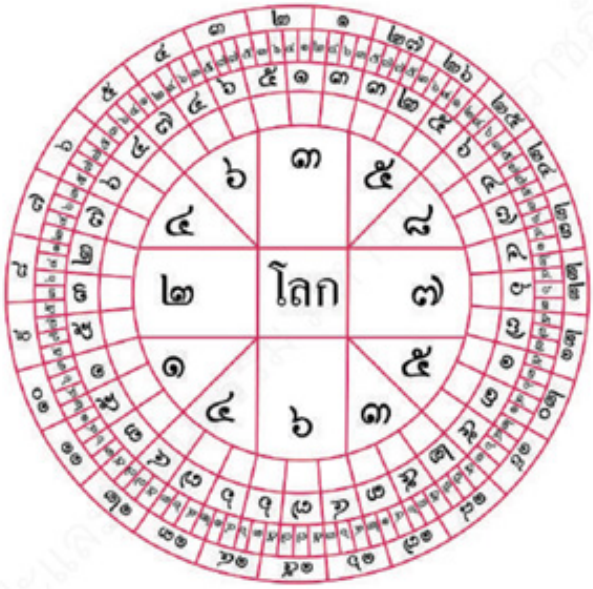
7. ดาวเสาร์ อัตราการโคจรราศีละประมาณ 2 ปี 6 เดือน การจรแบบเดินปกติ ไม่เดินแบบวิกลคติ

8. ราหู อัตราการโคจรราศีละ 1 ปี 6 เดือน เป็นการเดินปกติ ไม่เดินวิกลคติ แต่เดินสวนทางกับดาวอื่น

9. เกตุ อัตราการโคจร ราศีละประมาณ 55 วัน เดินปกติ ไม่เดินแบบวิกลคติแต่เดินสวนทางกับดาวอื่นเช่น เดียวกับราหู

จากการที่ดาวพระเคราะห์แต่ละดวงจรไปในราศีต่าง ๆ ด้วยเวลาที่ต่างกัน จึงทำให้รูปแบบของดาวพระเคราะห์ที่จรอยู่ในจักรราศีมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งอยู่ตลอดเวลา การสังเกตการโคจรของดวงดาวแต่ละดวงกับการทำมุมสัมพันธ์กันของดาวพระเคราะห์ในผังจักรราศีทั้ง 12 ราศี จึงย่อมมีความเปลี่ยนแปลงต่อสภาวะต่าง ๆ บนโลกด้วยเช่น กัน โดยมีชื่อเรียกต่างกันตามตำแหน่งดาว เช่น ดาวสองดวงอยู่ในราศีเดียวกัน เรียกว่า ดาวกุม (0) ตำแหน่งดาวในสองดวงอยู่ในราศีตรงข้ามกันเรียก ดาวเล็ง (180) หรือทำมุมฉาก เรียก จตุโกณ (90) เป็นต้น

อีกประการหนึ่ง คือ การสังเกตการโคจรของดาวพระเคราะห์ที่ไปสถิตร่วมกับดาวฤกษ์ในราศีต่าง ๆ ซึ่งจะตีความหมายตามดาวพระเคราะห์ร่วมกับความหมายของฤกษ์ที่ร่วมกันอยู่ โดยดาวฤกษ์ทั้ง 27 ดวงนั้นต่างก็มีความหมายที่แตกต่างกันไป มีทั้งดีและเสีย จึงเป็นคติสำคัญของคนไทยโบราณที่นิยมในการหาฤกษ์ยามที่ดีในการกระทำการมงคลต่าง ๆ อยู่เสมอ โดยการสังเกตพระจันทร์ ซึ่งเป็นดวงดาวที่สังเกตได้ง่ายและโคจรเร็วที่สุดในบรรดาดาวนพเคราะห์ทั้งหมด การจรเข้าสู่ฤกษ์ของพระจันทร์จะเรียกว่า จันทร์เสวยฤกษ์ แม้ดาวพระเคราะห์ดวงอื่นจะโคจรอยู่กับดาวฤกษ์เช่น เดียวกันกับพระจันทร์ แต่จะให้ความสำคัญกับพระจันทร์เป็นหลัก ส่วนดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ก็ควรอยู่ในตำแหน่งที่ดี ฤกษ์ที่ดี และราศีที่ดีเหมาะสมกับงานมงคลนั้น ๆ ด้วยเช่น กัน นอกจากนี้การศึกษาและทำความเข้าใจดาวพระเคราะห์นั้นยังมีการจำแนกกลุ่มดาวออกเป็นสองกลุ่มคือ ดาวโสมะเคราะห์หรือดาวศุภเคราะห์ และดาวยายีหรือดาวปาปะเคราะห์ กล่าวคือ ดาวศุภเคราะห์คือความหมายของดาวที่ดี ศุภะหมายถึงความดีงาม ความสุขต่าง ๆ อันประกอบด้วย จันทร์ พุธ พฤหัส และศุกร์ ซึ่งแสดงเป็นตัวเลขประจำตัวของกลุ่มได้แก่ 2, 4, 5, และ 6 ซึ่งตัวเลขทั้ง4 ตัวนี้ในตำราล้านนาการคำนวณหาวันฟ้าตีแส่ง เศษที่คำนวณได้จำนวน 2, 4, 5 และ 6 ถือว่าเป็นวันดี ควรแก่การทำการมงคล เนื่องจากตัวเลขเหล่านี้มาจากเลขของดาวศุภเคราะห์ ส่วนเศษที่ลงจำนวน 0, 1, 3, 7, และ 8 ถือว่าไม่ดี ไม่ควรกระทำการมงคลเนื่องจากกลุ่มหลังนี้จัดเป็นดาวปาปะเคราะห์ หมายถึงดาวที่ให้โทษทุกข์หรือดาวพระเคราะห์ฝ่ายที่บันดาลให้โทษมากกว่าให้คุณ อันได้แก่ อาทิตย์ อังคาร เสาร์ ราหูและเกตุ บางตำราพระอาทิตย์จัดให้อยู่หมวดกลาง ๆ ไม่ดีไม่ร้าย ตัวเลขสัญลักษณ์ใช้แทนคือ 1, 3, 7, 8 และ 9



รูปที่ 7.1: การแบ่งจักรราศีออกเป็นหน่วยย่อย วงกลมนอกสุดคือตำแหน่งดาวฤกษ์ 27 กลุ่ม วงที่สองคอตำแหน่ง นวางศ์ วงที่สามคือตำแหน่งตรียางค์ วงที่สี่คือตำแหน่งดาวเจ้าเรือนใน 12 ราศี

7.1.2 ดาวฤกษ์

ในที่นี้ จะหมายถึงกลุ่มดาวล้านนา 27 กลุ่มดาว ซึ่งเมื่อนำมาจัดเรียงในแผนภูมิท้องฟ้าจะได้ ดังรูปวงนอกสุด ให้ถือพระจันทร์ในการโคจรเข้าไปในกลุ่มดาว “จันทร์เสวฤกษ์”

ฤกษ์หลวง (auspicious times) มี 9 ฤกษ์ คือการจัดหมวดหมู่ กลุ่มดาวฤกษ์ทั้ง 27 กลุ่มให้เข้าหมวดหมู่ตามความหมายของดาวฤกษ์นั้น ๆ มักจะใช้เป็นตัวเลือกหลักในการหาฤกษ์ยามในการทำการมงคลโดยมีความหมายต่าง ๆ ตามฤกษ์ดังนี้

1. ทลิทโทฤกษ์ หรือตำราล้านนาบางฉบับเรียก อัตตะโนฤกษ์รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มดาวที่ 1, 10 และ 19 (อัศวิณี, มาฆะ, มูละ) หมายถึงฤกษ์แห่งผู้ขอ หรือ ขอทาน ผู้มักน้อย ผู้ที่มีความมานะบากบั่นด้วยตนเอง สร้างฐานะด้วยตนเอง ฤกษ์นี้นิยมใช้กับการเจรจาความ การร้องทุกข์ การกู้ยืม การสู่ขอแต่งงาน สมัครงาน เป็นต้น

2. มหัทธโนฤกษ์ รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 2, 11 และ 20 (ภรณี, ปุรพผลคุณี, บุรพอาษาฒ) คือฤกษ์แห่งพ่อค้า คหบดี เศรษฐี ผู้รุ่งเรือง ร่ำรวย ลาภ สักการะ บุญ วาสนา เป็นฤกษ์ที่นิยมใช้กับงานมงคลต่าง ๆ เช่น ปลูกสร้างอาคารบ้านใหม่ บางแห่งใช้เป็นฤกษ์แต่งงาน หมั่นหมาย สู่ขอ หรือลาสิกขาบท เป็นต้น

3. โจโรฤกษ์ รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 3, 12 และ 21 (กฤตติกา, อุตรผลคุณี, อุตราษาฒ) คือฤกษ์แห่งผู้ปล้น ขโมย นักเดินทาง ผู้ค้นหา อาชีพไม่แน่นอน ไม่นิยมให้เป็นฤกษ์การมงคลเท่าไหร่นัก ส่วนมากใช้กับพิธีไสยศาสตร์ คาถา สะเดาะเคราะห์ ต่อสู้ ให้คุณในด้านการขนส่ง การเดินทาง การค้นคว้าวิจัย เป็นต้น ชอบยุ่งกับลูกเมียเขา ทำงานใหญ่ไม่

สำเร็จ

4. โรหิณีฤกษ์ รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 4, 13 และ 22 (หัสตะ, สรวณ, ภูมิปาโล) หมายถึง ผู้รักษาแผ่นดิน เป็นฤกษ์ที่นิยมใช้กับการเกษตร การซื้อที่ดิน ก่อสร้าง ยกศาลพระภูมิ เป็นต้น ก้าวไปช้าแต่มั่นคง นิยมใช้ในงานมงคลเพิ่มลาภผล รายได้ชนะศัตรู สมปรารถนา

5. เทศาตรีฤกษ์ หรือบางตำราเรียกว่า เทศสันถี รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 5, 14 และ 23 (มฤคศิริ, จิตรา, ธนิษฐา) คือฤกษ์แห่งนักท่องเที่ยว หญิงบริการ นักบริกรต่าง ๆ นักร้อง นักดนตรี นักแสดง เป็นฤกษ์ที่ใช้กับโรงมหารสพ ร้านอาหาร ร้านเหล้า หรือสถานบริการด้านต่าง ๆ เป็นต้น มักจะทรมานเพราะโรคสตรี-บุรุษ

6. เทวีฤกษ์ รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 6, 15 และ 24 (อารทรา, สวาติ, ศตภิษัช) ฤกษ์แห่งความน่ารัก มีเสน่ห์ในตัวเอง ใครเห็นใครก็รัก หมายถึงนางพญา ความงาม ความหรูหรามีเสน่ห์ นิยมใช้กับการเปิดร้านเสริมสวยหรือเข้าหาผู้ใหญ่ที่เป็นผู้หญิง ใช้ในเรื่อง หมั้น ปลูกสร้างอาคาร ลงเสาเอก

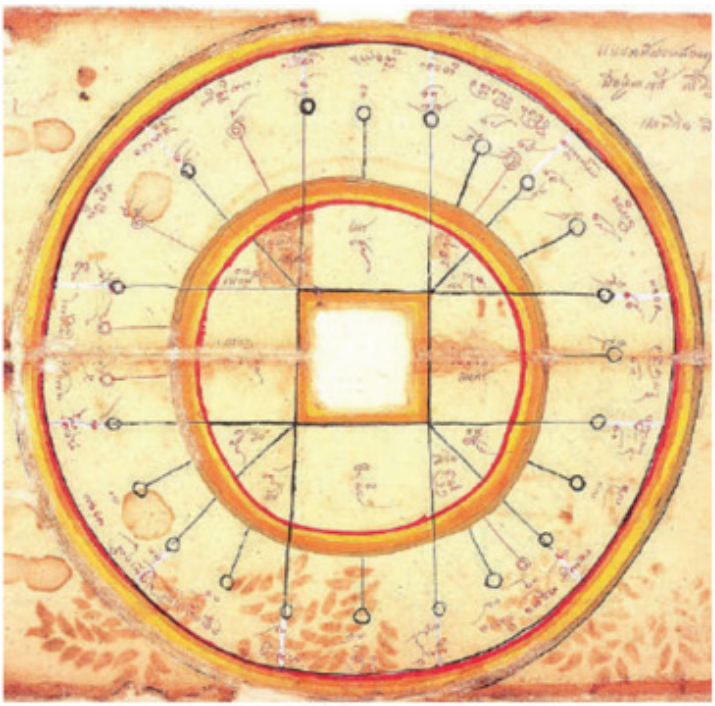
7. เพชฌฆาตฤกษ์ รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 7, 16 และ 25 (ปุณรวสุ, วิศาขา, ปุรภัทรบท) คือฤกษ์แห่งนักฆ่า ราวี ห้ำหั่น อัยการ ผู้พิพากษา กองปราบ ทหาร เหมาะสำหรับผู้ที่ขายเนื้อสัตว์ หรือทหารตำรวจ หมอพยาบาล ไม่นิยมใช้กับงานมงคล แต่ใช้ในงานเกี่ยวกับการตัดสินคดีความ การเดินทัพในสมัยโบราณ

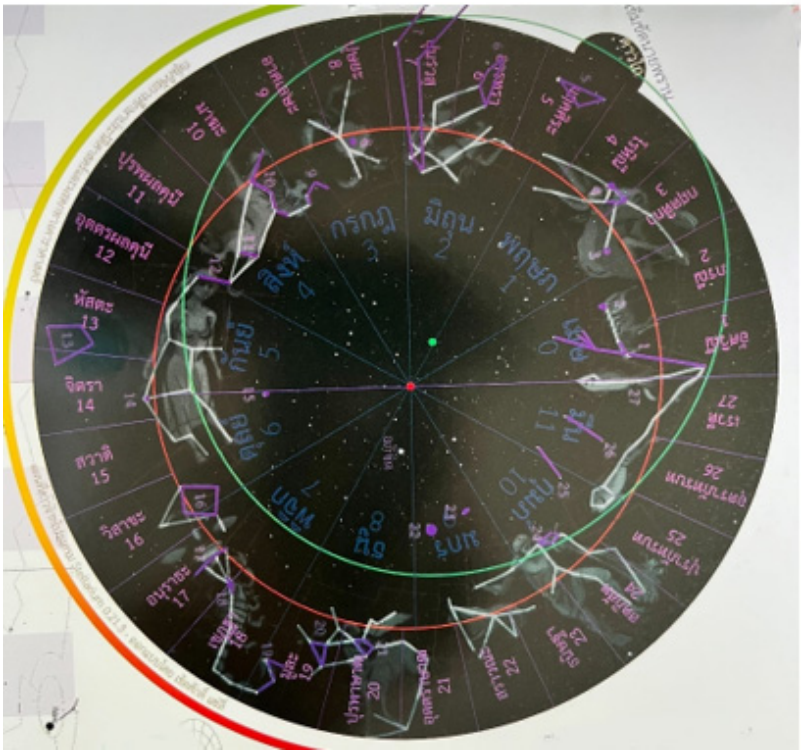
8. ราชาฤกษ์ รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 8, 17 และ 26 (ปุษย, อนุราชา, อุตรภัทรบท) คือผู้เป็นใหญ่พระเจ้าแผ่นดิน มักเป็นคนมีวาสนาดี ได้เกียรติยศ อานาจ ร่ำรวย งานแผ่นดิน ผู้คนนับหน้าถือตา เหมาะสำหรับงานของบ้านเมือง ราชพิธี การเข้ารับตำแหน่งใหม่ หรือเข้าหาผู้ใหญ่ เป็นต้น

9. สมโณฤกษ์ รวมเอาฤกษ์บนกลุ่มที่ 9, 18 และ 27 (อาศเลษ, เชษฐา, เรวดี) งานต้องเสียเวลา ดิ้นไปก็ผิดหวัง หมายถึงฤกษ์แห่งนักบวช ผู้ที่ชอบสันโดษ หรือถูกกักขังก็ดี ฤกษ์นี้นิยมใช้กับงานบวช งานวัด หรือพิธีกรรมในศาสนาเป็นต้น

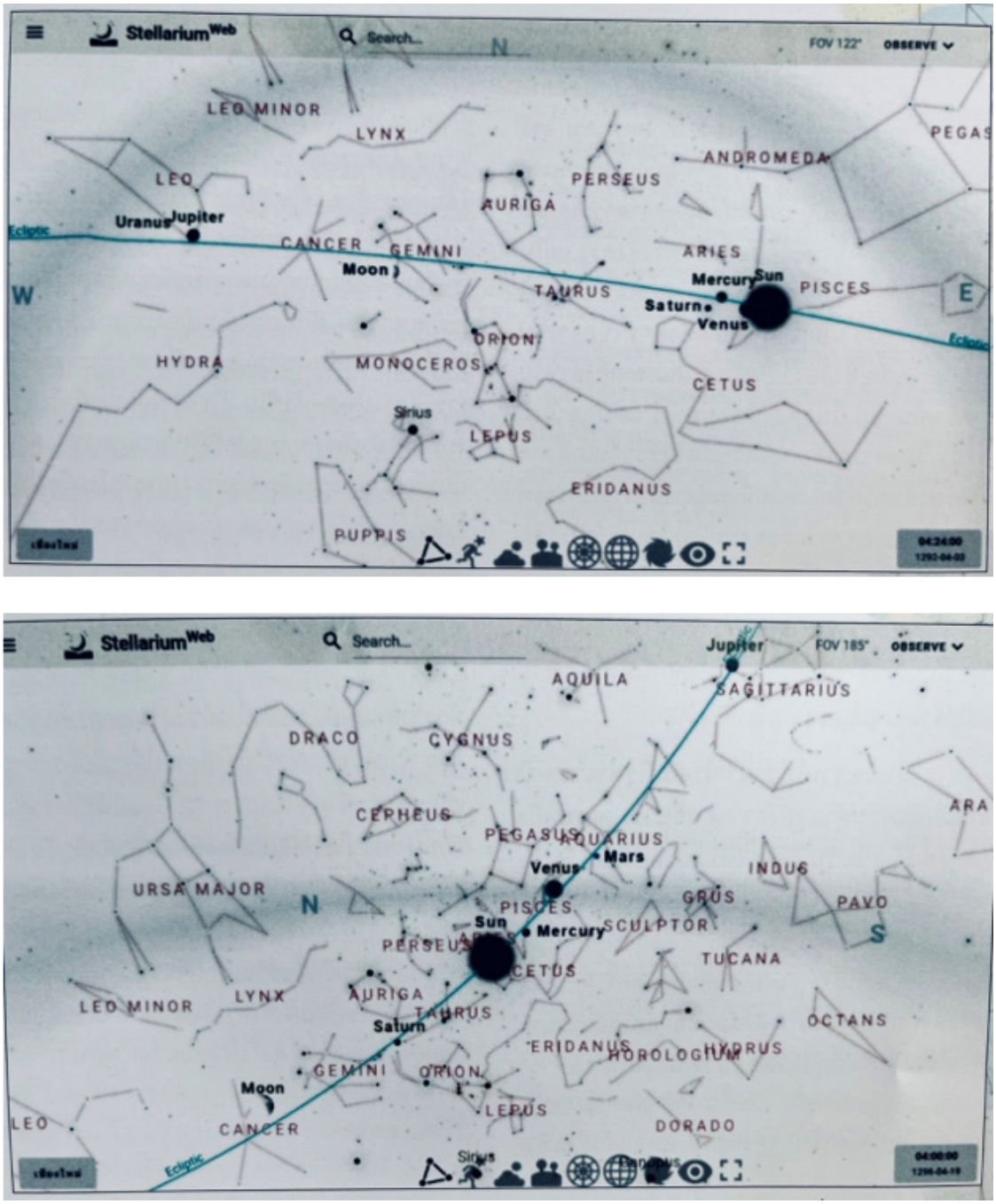
7.1.3 การสังเกต ฤกษ์ เคราะห์ โดยใช้โปรแกรมทางดาราศาสตร์

ในการสังเกตวัตถุบนท้องฟ้า หรือว่า การสอนดาราศาสตร์ในโรงเรียน นิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ชื่อว่า Stellarium เพื่อแสดงภาพปรากฏการณ์บนท้องฟ้าในวันเวลาที่สนใจ ซึ่งไม่ต้องมาคำนวณตามวิธีทางโหราศาตร์ในการผูกดวง และมีแอปพลิเคชัน ใน Smart Phone เช่น Star chat , Stellarium ที่สามารถดูตำแหน่งของดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ ว่าตอนนี้อยู่ในราศีใดได้เหมือนกัน สามารถนำมาเขียนในแผนที่ท้องฟ้าของโหราศาสตร์ได้เลย





รูปที่ 7.2: ฤกษ์ทั้ง 27 ฤกษ์และตำแหน่งในกลุ่มดาว 12 ราศี
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)



รูปที่ 7.3: ภาพเส้นสุริยะวิถีจากโปรแกรม Stellarium



รูปที่ 7.4: ภาพตำแหน่งดวงอาทิตย์จากแอพลิเคชัน Stellarium

7.2 ลัคณา ราศี

7.2.1 ภูมิปัญญาในการจำลองแผนผังของจักรวาลมาเป็นดวงชะตาโหราศาสตร์

จักรวาลของเราคือสุริยจักรวาล มีดวงอาทิตย์เป็นประธานและมีดาวเคราะห์โคจรไปรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ ตามลำดับ คือ พุธ ศุกร์ โลก อังคาร พฤหัส เสาร์ และมฤตยู (ยูเรนัส) นักดาราศาสตร์บันทึกการโคจรของดาวเคราะห์เหล่านี้ไว้ตามที่สังเกตได้ เมื่อเรามองขึ้นไปบนท้องฟ้า การจำลองท้องฟ้า ลงมาเป็น วงกลมดวงชะตา โดยแบ่งวงกลมดวงชะตาออกเป็น 12 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยอาศัยระยะเวลาการโคจรของดวงอาทิตย์ ผ่านกลุ่มดาวนักษัตรทั้ง 12 กลุ่มเป็นหลัก โดยถือจุดที่ดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่ราศีเมษ เป็นจุดเริ่มต้น ดังรูปที่ 7.5

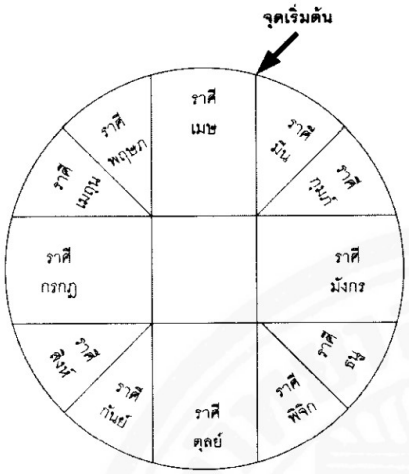
โหราจารย์ได้กำหนดธาตุหลัก ไฟ ดิน ลม และน้ำ เข้าไปประจำกับราศี โดยแบ่งเป็น ราศีต้นธาตุ (จรราศี) เมษ เป็นธาตุไฟ มังกร เป็น ธาตุดิน ตุลย์ เป็น ธาตุลม กรกฎ เป็น ธาตุน้ำ จะให้ผลทางรวดเร็วรุนแรง จากนั้นถัดไปทางซ้ายมือจะเป็นราศีกลางธาตุ (สถิรราศี) พฤษก เป็น ธาตุดิน สิงห์ เป็น ธาตุไฟ พิจิก เป็น ธาตุน้ำ กุมภ์เป็น ธาตุลม ให้ผลมั่นคงถาวร

ราศีธาตุปลาย (อุภยราศี) เมถุน เป็น ธาตุลม กันย์ เป็น ธาตุดิน ธนู เป็น ธาตุไฟ มีน เป็น ธาตุน้ำ ให้ผลไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปมา

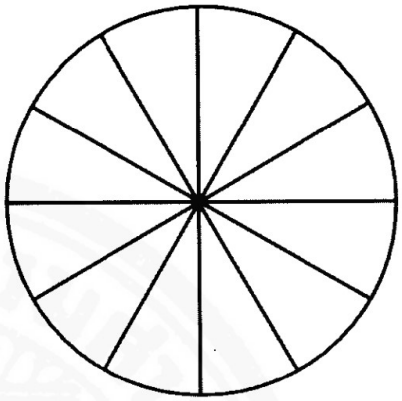
สัญลักษณ์แทนการใช้ชื่อหรืออักษรย่อ ในเอกสารนี้จะใช้เป็นเลขไทยแทน ดังนี้

ภูมิปัญญาในการกำหนดดาวเกษตรประจำราศี

นอกจากการกำหนดธาตุประจำราศีดังที่ได้กล่าวไปแล้ว สิ่งสำคัญอีกอย่างคือ ดาวเกษตร คือ ดาวเจ้าเรือนประจำ



รูปที่ ๑

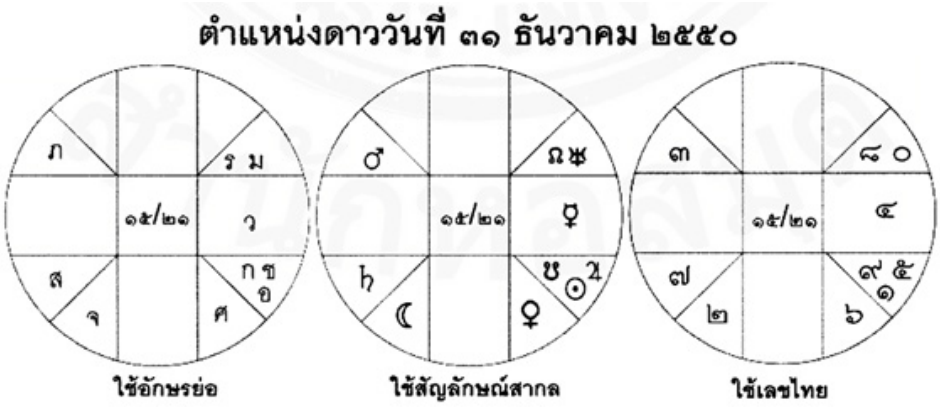


รูปที่ ๒

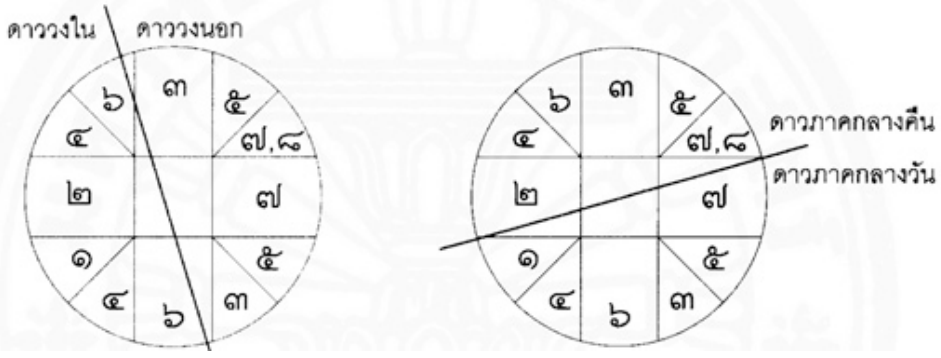
รูปที่ 7.5: จุดที่ดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่ราศีเมษ
(ที่มา : เชิดศักดิ์ แซ่ลี่ และคณะ, 2565)

ชื่อดาว	สัญลักษณ์
อาทิตย์	๑
จันทร์	๒
อังคาร	๓
พุธ	๔
พฤหัส	๕
ศุกร์	๖
เสาร์	๗
ราหู	๘
เกตุ	๙
มฤตยู	๐

รูปที่ 7.6: สัญลักษณ์แทนการใช้ชื่อดาวเคราะห์
(หมายเหตุ : ราหูกับเกตุ เป็นเพียงเงาของดาวพระเคราะห์อันเนื่องจากการโคจรของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นวงรีมีระนาบเอียงทำมุม ประมาณ 5 องศาจึงเกิดจุดตัดของแนวโคจรดังกล่าว สองจุดจุดทางทิศเหนือของโลกเรียกว่าราหูจุดทางทิศใต้เรียกว่าเกตุดังนั้นราหูกับเกตุจะโคจรมีระยะห่างกันเป็นมุม ๑๘๐ องศาตลอดเวลาในลักษณะที่เล็งกัน)



รูปที่ 7.7: ตำแหน่งดาวบนดวงอีแปะวันที่ 31 ธันวาคม 2550



รูปที่ 7.8: ดวงอีแปะแสดงดาววงนอกและดาววงใน และภาคกลางวันและกลางคืน

แต่ละราศี โหราจารย์กำหนดดาวเกษตรตามข้อเท็จจริงทางธรรมชาติ คือ ให้ดวงอาทิตย์เป็นประธานภาคกลางวัน อยู่ราศีสิงห์และดวงจันทร์เป็นประธานภาคกลางคืน อยู่ราศีกรกฎ ต่อจากนั้นได้กำหนดเกษตรตามลำดับวงโคจรในสุริยจักรวาล คือ ดาวเคราะห์วงในอยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์วงนอกอยู่ถัดจากโลกออกไปในจักรวาล

จะเห็นว่าราศีกุมภ์ ซึ่งดาว ๗ เป็นเกษตร มี ๘ รวมเป็นเกษตรในภาคกลางคืนด้วย ราศีกุมภ์จึงมีเกษตร ๒ ดวง ส่วนราศีภาคกลางวันและกลางคืนจะมีดาวเกษตรซ้ำกันทั้ง ๒ ภาค ทำให้เห็นภูมิปัญญาของโหราจารย์ในการจัดดาวเกษตรไว้อย่างสมดุล เมื่อทุกอย่างสมดุลความราบรื่นก็เกิดขึ้น

เกษตร เป็นมาตรฐานดาวชนิดให้คุณ เกิดจากการจัดดาวเคราะห์เสวยในจักรราศี โดยยึดให้ดวงจันทร์เสวยราศีกรกฎ ในขณะที่ดวงอาทิตย์เสวยราศีสิงห์ จากนั้นจึงจัดดาวพระเคราะห์จากวงในออกไปหาวงนอกเรียงกันตามแต่ละราศีไปทางด้านขวาของวงจักรราศี ได้แก่ พุธ ศุกร์ อังคาร พฤหัสบดี เสาร์ ราหู เสร็จแล้วจะได้เป็นดาวเกษตรประจำราศี หากดาวใดได้ตำแหน่งเกษตร ก็ชื่อว่ามีความหนักแน่นมั่นคงขึ้นกว่าปกติและสามารถให้คุณได้เต็มกำลัง

ปรเกษตร หรือ ประเป็นมาตรฐานดาวชนิดให้โทษหรือให้คุณไม่เต็มที่ เกิดจากการสลับตำแหน่งของดาวในดวงเกษตรไปอยู่ฝั่งตรงข้าม

อุจจ์ แปลว่า สูง เป็นมาตรฐานดาวประเภทให้คุณ กำหนดว่า ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ดาวศุกร์ เสวยราศี พฤษภ เมษ และ มีน ดาวพฤหัส ดาวอังคาร เสวยราศี กรกฎและมกร ส่วนดาวพุธ ดาวเสาร์ และราหู เสวยราศี กันย์ ตุล และพิจิก ตามลำดับ เมื่อดาวเคราะห์ในดวงชะตาใดได้ตำแหน่งดังกล่าว และผ่านคุณสมบัติที่เหมาะสมก็จะให้คุณแก่เจ้าของดวงชะตา

นิจจ์ หรือ นิจ แปลว่าต่ำ เป็นมาตรฐานดาวประเภทให้โทษ กำหนดขึ้นจากการสลับตำแหน่งของดาวอุจจ์ไปยังตำแหน่งตรงข้ามให้หมด

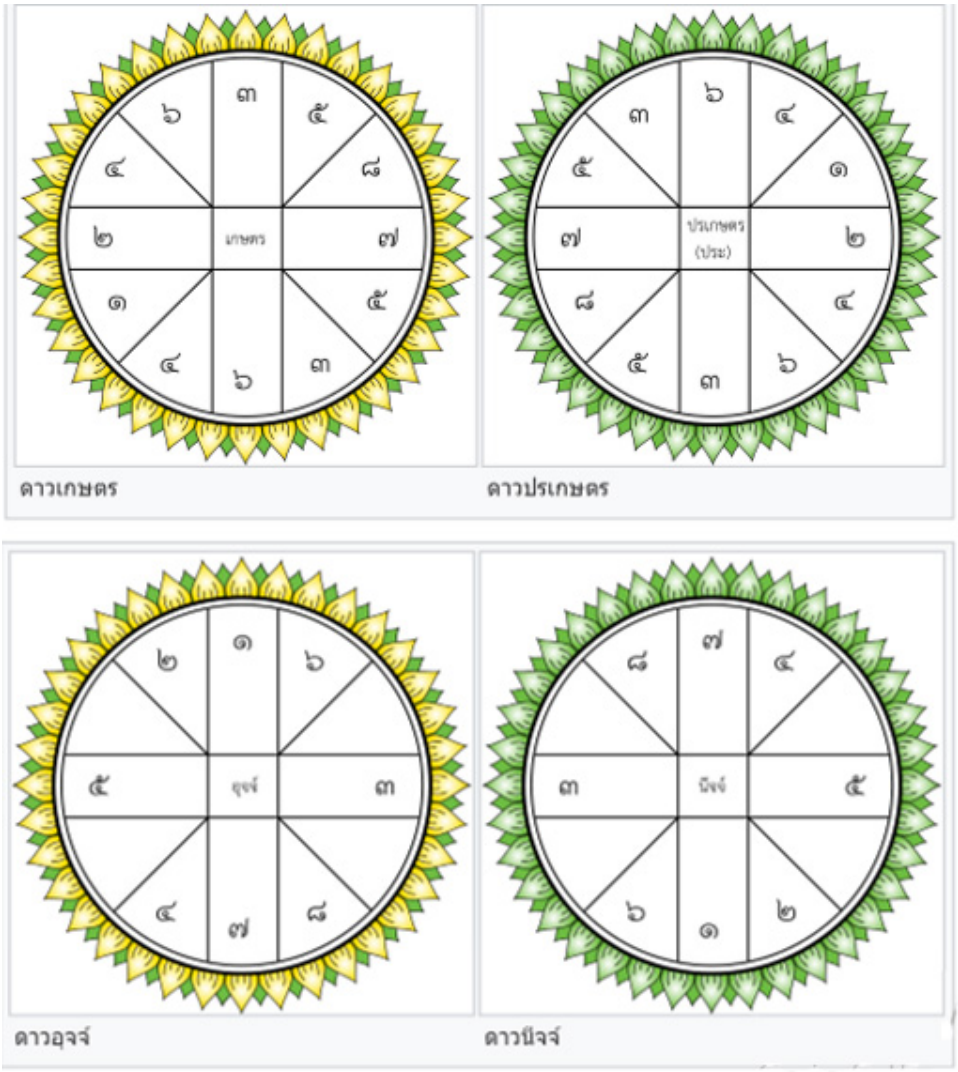
ภูมิปัญญาในการสร้างภพเพื่อบอกเรื่องราวของชีวิตมนุษย์

เมื่อสร้างแผ่นดวงชะตาขึ้นมาโดยแบ่งภพเป็น 12 ราศี เพื่อใช้บันทึกตำแหน่งของดาวต่าง ๆ ในแต่ละวันแล้ว จุดที่จะบอกว่าแผ่นดวงชะตานั้นเป็นของใครคือ “ลัคนา”

ลัคนา (ascendant) แปลว่า ราศีที่ปรากฏขึ้นที่ขอบฟ้า ทางทิศตะวันออกในเวลาที่เจ้าของชะตาเกิด ดังนั้นผู้ที่ทราบเวลาเกิดแน่นอน สามารถตารางคำนวณหาตำแหน่งลัคนาของตนได้ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์โคจรในแต่ละราศีมีหน่วยเป็น อันโตนาที ดังรูปที่ 7.11

เมื่อรวมจำนวนอันโตนาทีที่โลกหมุนรอบตัวเองครบรอบ (12 ราศี) จะได้ 60 พอดี เมื่อนำมาเทียบกับเวลาปกติ ตามนาฬิกาที่เราใช้ จะได้วันละ 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ค่าอัตโนนาทีเป็น

$$Autanonatee = \frac{24x60}{60} = 24 \qquad (7.1)$$



รูปที่ 7.9: ดวงอีแปะแสดงตำแหน่งดาวเกษตร ดาวปรเกษตร ดาวอุจจ์ และดาวนิจจ์

ราศี	เกษตร	ปรเกษตร	อุจจ์	นิจจ์
เมษ	อังคาร	ศุกร์	อาทิตย์	เสาร์
พฤษภ	ศุกร์	อังคาร	จันทร์	–
เมถุน	พุธ	พฤหัสบดี	–	–
กรกฎ	จันทร์	เสาร์	พฤหัสบดี	อังคาร
สิงห์	อาทิตย์	เสาร์	–	–
กันย์	พุธ	พฤหัสบดี	พุธ	ศุกร์
ตุล	ศุกร์	อังคาร	เสาร์	อาทิตย์
พิจิก	อังคาร	ศุกร์	–	จันทร์
ธนู	พฤหัสบดี	พุทธ	–	–
มกร	เสาร์	จันทร์	อังคาร	พฤหัสบดี
กุมภ์	เสาร์	อาทิตย์	–	–
มีน	พฤหัสบดี	พุธ	ศุกร์	พุธ

รูปที่ 7.10: ตารางความสัมพันธ์ของดาว เกษตร ปรเกษตร อุจจน์ และ นิจจ์

ราศี	อันโตนาที
เมษ	5
พฤกษภ	4
เมถุน	3
กรกฎ	5
สิงห์	6
กันย์	7
ตุล	7
พิจิก	6
ธนู	5
มังกร	3
กุมภ์	4
มีน	5

รูปที่ 7.11: ตารางคำนวณหาตำแหน่งลัคนาของตนได้โดยหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์โคจรในแต่ละราศีมีหน่วยเป็นอันโตนาที

จังหวัด	นาที	จังหวัด	นาที
กรุงเทพมหานคร	18	นครสวรรค์	19
กระบี่	24	นนทบุรี	18
กาญจนบุรี	21	นราธิวาส	12
กำแพงเพชร	22	น่าน	16
ขอนแก่น	9	บุรีรัมย์	7
จันทบุรี	11	ปทุมธานี	17
ฉะเชิงเทรา	15	ประจวบคีรีขันธ์	20
ชลบุรี	16	ปราจีนบุรี	14
ชัยนาท	19	ระยอง	14
ชัยภูมิ	12	ราชบุรี	20
ชุมพร	23	ลพบุรี	17
เชียงราย	21	ลำปาง	22
เชียงใหม่	24	ลำพูน	23
ปัตตานี	15	เลย	13
อยุธยา	17	ศรีสะเกษ	2
พังงา	25	สกลนคร	3
พัทลุง	19	สงขลา	17
พิจิตร	18	สตูล	19
พิษณุโลก	19	สมุทรปราการ	17
เพชรบุรี	20	สมุทรสาคร	18
เพชรบูรณ์	15	สมุทรสงคราม	20
แพร่	19	สระบุรี	16
ภูเก็ต	26	สระแก้ว	14
มหาสารคาม	6	สิงห์บุรี	18
แม่ฮ่องสอน	27	สุโขทัย	20
ยะลา	15	สุพรรณบุรี	19
ยโสธร	-	สุราษฎร์ธานี	22
ร้อยเอ็ด	5	สุรินทร์	6
ระนอง	25	หนองคาย	9
ตรัง	21	หนองบัวลำภู	-
ตราด	10	อ่างทอง	18
ตาก	23	อุดรธานี	9
นครนายก	15	อุตรดิตถ์	19
นครปฐม	19	อุทัยธานี	19
นครพนม	1	อุบลราชธานี	-
นครราชสีมา	11		
นครศรีธรรมราช	20		

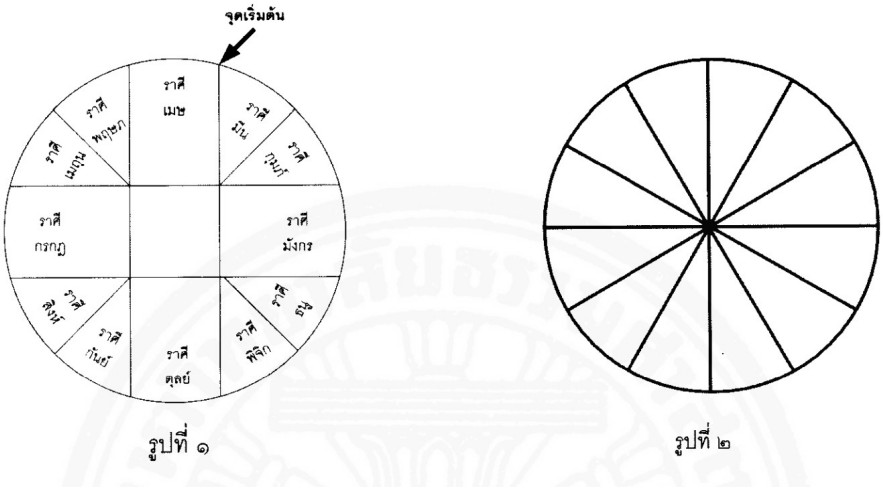
รูปที่ 7.12: ความคลาดเคลื่อนพระอาทิตย์ในเวลาท้องถิ่น

นั่นคือ 1 อันโตนาที มีค่าเท่ากับ 24 นาที ตามหลักสากล

7.2.2 วิธีหาลัคนาราศีโดยใช้การคำนวณ

การนับมุมราศี ทำได้จากการกำหนดให้ 1 นาที คือ 4 องศา เจ้าชะตา 13 กันยา เวลา 9 นาฬิกา ที่ขอนแก่น

1. ให้นำเวลาเกิด บวกกับผลต่างของเวลาท้องถิ่น แล้วลบกับเวลาที่พระอาทิตย์ขึ้น คูณ 60 ตัวอย่าง เกิด 9:00 น. ที่ขอนแก่น พระอาทิตย์ขึ้น 6:00 น จะได้ 9:00+0:09 – 6:00 = 3:09 คิดเป็นนาทีได้เท่ากับ 189 นาที
2. นำนาทีมาแปลงเป็นองศา โดยเอา 4 หาร จะได้ว่า 189/4=47 องศา 15 ลิปดา (นำจุดทดศนิยมคูณ 60)
3. คำนวณมุมวันเกิด โดยให้นับจุดเริ่มต้นคือวันที่ 13 เมษายน มาจนถึงวันเกิดเรา (ให้ประมาณ เป็นวันละ 1 องศา) นำ



รูปที่ ๑ รูปที่ ๒

รูปที่ 7.13: การนับมุมราศี

มารวมกับข้อ 2 จะได้ว่า 13 กันยา 150 องศา + 47 องศา 15 ลิปดา = 197 องศา 15 ลิปดา

4. จากนั้นนำองศาข้อ 3 ไปเทียบกับวงกลมราศีอีกทีดูว่าตกที่ราศีใด จะอยู่ในราศีตุลย์ จะได้มุมลัคนาเป็น

$$Angle = (position_{birthday} - position_{13Apr}) + \frac{t_{birth} + t_{local\ sun\ rise} - t_{sun\ rise\ at\ Ubon}}{4} \quad (7.2)$$

เมื่อ Angle คือ มุมลัคนา

$position_{birthday}$ คือ ตำแหน่งของวันเกิด

$position_{13Apr}$ คือ ตำแหน่งของวันที่ 13 เมษา

t_{birth} คือ เวลาเกิด

$t_{local\ sun\ rise}$ คือ เวลาพระอาทิตย์ขึ้นท้องถิ่น

$t_{sun\ rise\ at\ Ubon}$ คือ เวลาพระอาทิตย์ขึ้นที่อุบลฯ

โดยใช้ตารางลัคนา ดังรูปที่ 7.14

เมื่อทราบว่าลัคนาอยู่ราศีใดแล้ว ภพคือสิ่งที่จะบอกเรื่องราวของบุคคลนั้น ก็เริ่มขึ้น โดยโหราจารย์กำหนดให้ราศีที่ลัคนาอยู่เป็นภพแรก และราศีต่อไปเป็นภพที่ 2 เวียนซ้ายไปเรื่อย ๆ จนครบ 12 ราศี จะได้ 12 ภพ เป็นการบอกเรื่องหลัก ๆ ที่มนุษย์จะต้องพบ แต่ละภพสามารถบอกเรื่องราวได้มากมาย ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะความหมายหลักที่เป็นประเด็นสำคัญ ๆ ดังรูปที่ 7.15

เมื่อพิจารณาภพทั้ง 12 ภพ จะเป็นภูมิปัญญา ของโหราจารย์ ในการนำความเป็นไปที่มนุษย์ควรประสบมากำหนดไว้บนแผ่นดวงชะตาเป็นการจำลองชีวิตทั้งด้านบวกและด้านลบ นับตั้งแต่ตัวตน ญาติพี่น้อง เพื่อนฝูง ศัตรู ชีวิต ความเป็นอยู่ การดำเนินชีวิต ความรัก ความทุกข์ การได้รับการสูญเสีย ฯลฯ เพื่อประกอบการพยากรณ์ตามตำแหน่งดาวที่ปรากกฏ ทั้งตอนกำเนิดและปัจจุบัน รวมทั้งสามารถพยากรณ์ต่อถึงเรื่องราวในอนาคตได้อีกด้วย



ตารางเทียบหาลัคนา ช่วงเวลาที่เกิด (เวลาตกฟาก) โหรรัตนโกสินทร์

วันเกิด	05-7น.	7-9น.	9-11น.	11-13น.	13-15น.	15-17น.	17-19น.	19-21น.	21-23น.	23-01น.	01-03น.	03-05น.
13เม.ย -13พ.ค	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน
14พ.ค-13มิ.ย	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ
14มิ.ย-14ก.ค	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ
15ก.ค-16ส.ค	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน
17ส.ค -16ก.ย	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ
17ก.ย -16ต.ค	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์
17ต.ค-15พ.ย	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์
16พ.ย-15ธ.ค	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์
16ธ.ค-15ม.ค	ธนู	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก
16ม.ค-14ก.พ	มังกร	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู
14ก.พ-13มี.ค	กุมภ์	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร
14มี.ค -12เม.ย	มีน	เมษ	พฤษภ	เมถุน	กรกฎ	สิงห์	กันย์	ตุลย์	พิจิก	ธนู	มังกร	กุมภ์

รูปที่ 7.14: ตารางลัคนา

ภพที่ 1 คือ ตนุ	บ่งบอกถึง	เรื่องราวของตน ทั้งรูปร่าง บุคลิกลักษณะ นิสัยใจคอ ความรู้สึกนึกคิด ตลอดจนพฤติกรรมและการดำรงชีวิต
ภพที่ 2 คือ กตุมภะ	“”	ทรัพย์สมบัติต่างๆ
ภพที่ 3 คือ สหัชชะ	“”	พี่น้องร่วมบิดามารดา มิตรสหาย หรือการติดต่อสื่อสาร
ภพที่ 4 คือ พันธุ	“”	สิ่งที่เกี่ยวพันกับเจ้าชะตา เช่น ญาติพี่น้อง วงศ์ตระกูล ที่อยู่อาศัย เป็นต้น
ภพที่ 5 คือ ปุตตะ	“”	สิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ๆ ของเจ้าชะตา เช่น บุตร บริวาร ความสนุกสนาน รักใคร่ เป็นต้น
ภพที่ 6 คือ อริ	“”	ศัตรู อุปสรรค หนี้สิน ตลอดจนโรคภัยไข้เจ็บ
ภพที่ 7 คือ ปัตนิ	“”	สิ่งตรงข้ามที่มาสัมพันธ์กับเจ้าชะตา เช่น คู่ครอง คู่สัญญา หุ้นส่วน คู่ความ เป็นต้น
ภพที่ 8 คือ มรณ	“”	การตาย การจากไกล หรือสิ่งอันเนื่องจากการตาย เช่น มรดก
ภพที่ 9 คือ ศุภะ	“”	ความเจริญ การศึกษาระดับสูง คุณธรรม วัฒนธรรม
ภพที่ 10 คือ กัมมะ	“”	การงาน การกระทำ รวามทั้งกรรมเก่าที่ต่อเนื่องกันมา
ภพที่ 11 คือ ลาภะ	“”	สิ่งที่ได้เพิ่มเติมขึ้นมา โดยไม่ต้องลงทุนลงแรงมาก ลาภผลต่างๆ ความสำเร็จ สะดวก ปลอดโปร่ง
ภพที่ 12 คือ วินาสน์	“”	ความวิบัติ ความเสื่อม รวมทั้งสิ่งที่ซ่อนเร้น ปิดบัง อำพราง

รูปที่ 7.15: ความหมายของภพต่าง ๆ

ดิถีดี	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
อมฤตโชค	8	3	9	2	4	1	5
มหาสิทธิโชค	14	12	13	4	7	10	15
สิทธิโชค	11	5	14	10	9	11	4
ชัยโชค	8	3	11	10	4	1	11
ราชาโชค	6	3	3	6	10	1	5

รูปที่ 7.16: ดิถีดีทั้ง 5 ชนิด

7.3 คำบอกเล่าจากคนโบราณจากรุ่นสู่รุ่น

ปลูกบ้านวันเสาร์ เผาผีวันศุกร์ โกนจุกวันอังคาร แต่งงานวันพุธ ท่านถือว่าไม่ดี วันเสาร์ซึ่งมีดาวเสาร์ครอบงำอยู่จัดว่าเป็นวันเกิดโทษ โหรสมัยโบราณท่านไม่นิยมให้ฤกษ์งานมงคลต่าง ๆ เช่น ยกเสาเอก ขึ้นบ้านใหม่ และงานสมโภชต่าง ๆ เนื่องจากวันเสาร์แสดงอิทธิพลของโทษทุกข์ จัดเป็นหัวหน้าของดาวบาปเคราะห์ทั้งปวง

ลักษณะของดวงดาวต่าง ๆ มีข้อความดังต่อไปนี้

“ดูยศศักดิ์อัครฐานให้ดูอาทิตย์ ดูรูปจริตให้ดูจันทร์ ดูกล้าขยันให้ดูอังคาร ดูอ่อนหวานให้ดูพุธ ดูปัญญาบริสุทธิ์ให้ดูพฤหัส ดูโภคสมบัติให้ดูศุกร์ ดูโทษทุกข์ให้ดูเสาร์”

ดาวเสาร์เป็นดาวโทษทุกข์ เมื่อโคจรมาทับลัคนาของผู้ใดมักจะวิบัติ ถือว่าเคราะห์ร้ายหนัก จำเป็นต้องสะเดาะเคราะห์เป็นการใหญ่ส่วนดาวบาปเคราะห์ที่ให้โทษรองจากดาวเสาร์คือ **ดาวอังคาร ซึ่งเป็นดาวสงครามให้ผลทางอุบัติเหตุ เลือดตกยางออก การทะเลาะวิวาท การแตกหักโดยฉับพลัน** จึงต้องเลี่ยงของมีคมในวันนี้ แต่ถ้าใครเกิดในวันอังคาร มักทะเลาะวิทาท เป็นนักรบที่ดี ใจคอมั่นคงเด็ดขาด เผาผีวันศุกร์ไม่ควร เพราะ**ดาวศุกร์เป็นดาวแห่งโชคลาภ** เอาวันที่แจ่มใส่มาประกอบงานอวมงคลเช่น เผาผี ญาติที่อยู่เบื้องหลังจะเกิดทุกข์ แต่งงานวันพุธก็เป็นข้อห้าม เพราะดาวพุธใกล้ดวงอาทิตย์ร้อนแรง การโคจรก็วิปริตบ่อยมีพักร มน เสริด ตลอดเวลาไม่แน่นอน **ดาวพุธจึงเป็นดาวที่ไม่หนักแน่น ผันแปรง่าย** ถ้าแต่งงานกันก็จะทำให้เกิดการหย่าร้างในภายหลัง หรือมีเหตุให้ต้องแยกจากกัน และอีกวันที่ไม่แต่งงานคือ**วันพฤหัสบดี เพราะเป็นวันครู** จะประกอบพิธี ไหว้ครู ยกช่อฟ้า ซึ่งไม่เหมาะจะนำมาใช้ในเรื่องของโลกีย์ จะส่งผลให้ชีวิตเบื้องหน้าไม่ราบรื่นมีอุปสรรคขวากหนาม ในบรรดาวันทั้งหมดวันอาทิตย์เป็นวันที่มีสง่าราศี

ดิถีดีมีอยู่ 5 ชนิด คือ อมฤตโชค มหาสิทธิโชค สิทธิโชค ชัยโชค ราชาโชค มีแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 7.16

ดิถีคือขึ้นแรม วันใดตรงกับดิถีนั้น ๆ ไม่ว่าขึ้นหรือแรมว่าดีทั้งนั้น แต่ถือว่าข้างขึ้นดีกว่าข้างแรม เช่น วันจันทร์ถ้าตรงกับ 3 ค่ำ เรียกว่า จันทร์ตรี ถือกันดีเลิศ ทำพิธีใดจะเกิดประสิทธิ์ดีนัก ตรงกับ อมฤตโชค ชัยโชค และ ราชาโชค

ดาว	ตีความหมาย
๑	มีเงินทอง วาสนา ความรู้ เกียรติ สุขภาพดี
๒	น่ารัก อ่อนหวาน คนรักเคารพ สวย หลักฐาน มรดก ฉวยโอกาสเก่ง ขี้งอน
๓	ฉลาด รู้วิชา กล้าหาญ อาสา ต่อสู้ ปราบปราม ถนัดกลิกรรมเรือกสวนไร่นา เด็จเดี่ยว
๔	ฉลาดทางความรู้ วรรณคดี ธรรม ปรัชญา ศาสนา ประพันธ์ อ่อนโยนเงินทองคล่อง
๕	เมตตร อารีย์ ฉลาด รอบคอบ คนเกรงใจ ยศ วาสนา ฐานะ ความรู้ดีมาก เก่งทางศาสนา ปรัชญา ธรรมะ
๖	มักมากทางกามารมณ์ แต่งตัว พูดจาคล่อง จ่ายเก่ง ชอบสังคม รักสวย มีดนตรีร้องรำในหัวใจ เข้าบาร์มากกว่าวัด
๗	ใจน้อย เศร้า พลัดพราก อาฆาต พยาบาท ตระหนี่ สะสมของเก่า เด็ดขาด ชอบหาอำนาจ อิทธิพลมาครอง
๘	มัวเมา คบคนชั้นต่ำ ไม่กลัวตาย หลงเชื่อ หูเบา งมงาย เอาแต่ใจตัว

รูปที่ 7.17: ดวงเกษตร ผู้ใดมีดาวเหล่านี้ครงเรือนดังกล่าวไม่มีดาวอื่นทำลาย ย่อมให้คุณ

7.3.1 ดาวมาตรฐาน

ดาวต่าง ๆ มีมาตรฐานดวงที่ตีความหมายได้ ดังรูปที่ 7.17 - 7.20 ต่อไปนี้

ดาว	ตีความหมาย
๑	ขี้ริ้ว คนเกลียดยากจน ยศศักดิ์จะได้ช้า เสียเวลา ลำบาก อุปสรรคมาก จะได้อะไรก็มีปัญหา เสียชื่อ
๒	รูปไม่งาม
๓	อาภัพญาติ ทำคุณบูชาโทษ ด้อยอำนาจวาสนา ต้องตรากตรำ เร่ร่อน ไม่มีสมบัติพัสถานเลย
๔	สมอง ความจำเสื่อม โง่ เรียนไม่ได้ โกหก ขี้ฉ้อ ตอแหล พูดไม่เข้าหูคน โวอย่างเดียว สอบตกให้ออก คืออนาคต
๕	อาภัพครู สั่งสอนใครเขาก็ไม่เชื่อฟัง โง่ทึบ นายเกลียด ขาดคนอุปถัมภ์ ไม่เข้าวัด ปัจจุบันแพทย์ พยาบาล อาจารย์ ทันตแพทย์ เภสัชกร เข้าใจว่าเรียนน้อยรู้มาก เลย อาภัพครู
๖	อาภัพรัก อกหัก เปลืองคู่ เงินทองมีมาก็พลอยไม่พอจับจ่าย เสียเงินมาก เพราะเอาไปซื้อสาวๆ มากอดมากก โรคเอดส์จะมาพบ
๗	ร่างชั่ว ตัวดำ ทรัพย์น้อย ต่อสู้เพื่อกิน คนก็หลอกเอาไปใช้ ไม่มีเพื่อ ไม่มีที่พึ่ง ระเหเร่ร่อน ยากจนซ้ำซาก
๘	หยาบช้า เอาแต่ใจ โทสะกล้า ลุ่มหลง มัวเมา พนัน เหล้า หญิง อาชญากรรม

รูปที่ 7.18: ดวงประเกษตร จะให้ผลร้ายแก่เจ้าชะตา เกิดอุปสรรค ยากจนตกต่ำ อัปโชค ผิดหวัง สูญเสีย

ดาว	ตีความหมาย
๑	อาภัพญาติ วาสนา คู่ ชื่อเสียงต่ำต่ำ อุปสรรคมาก ทำงานได้เงินก็ไม่พอกิน จะทำอะไรก็ไม่สำเร็จ ข้าราชการเขาล้ำหน้ารุดไกลเราก็จัดว่าอันดับต้น
๒	เสียทรัพย์ ชื่อ เกียรติ เพราะเพศตรงข้ามคอยสอย เป่า เสื่อยให้ตก ได้คู่ก็กรรมกรโสเภณีเก่า เมียเก่าเขา สึกหรอจนไม่น่ารับ ทำคุณเป็นโทษ เขาหลอกกิน นอนร่วมเพศตลอดมา
๓	ใช้กำลังกายแลกเงิน มีเพื่อนชั้นต่ำหลอกกิน ลำบอก ยากจน เจ็บตัวบ่อยๆ
๔	สมองโง่ทึบ พูดจาหยาบคาย เล่ห์หลอกลิ้น ปลิ้นปล้อน ทำงานไม่ตรงที่เรียน ปากหมาง เขียนก็แสบๆ คันๆ ยุแหย่
๕	โง่ ขาดธรรม ไร้สัจจะ เห็นแก่ตัว โกรธง่าย สอนใครไม่มีคนเชื่อ นายเกลียด
๖	ตาเหล่ เจ้าชู้ ชอบกามรส หม้าย หย่าร้าง ซ้ำซาก ได้คู่ก็เป็นเมีย ผัวเก่าเขา อัปลักษณ์ ไม่สง่า หากินไม่พอใช้
๗	ร้อนเงิน อำมหิต ซัดเซพเนจร เร่ร่อน ไม่มีญาติ ญาติทอดทิ้ง โรคมาก อาภัพ มีความผิดหวังเป็นเพื่อนนอนและคู่คิด
๘	มีคดีบ่อย สุขภาพเลว ทรัพย์ขาดแคลน โทสะกล้า ชอบหาเรื่อง ตื้อดึง ชอบน้ำเมา พนัน โสเภณี ชกต่อยเป็นเงาติดตัว

รูปที่ 7.19: ดวงนิจ “นิจ”แปลว่าตกต่ำ ด้อย มักให้ผลตรงข้ามกับดาวดวงนั้นในยามปกติ

ดาว	ตีความหมาย
๑	มีบุญวาสนา ปัญญาเชื่อเสียง เงินมาก
๒	เสน่ห์มาก น่ารัก อายุยืน สุขภาพดี
๓	งานอาสา ปราบปราม ช่าง จะช่วยให้รวย ทั้งๆปากร้ายใจดี
๔	ฉลาด ขีด เขียน เรียน ประพันธ์ พาทีฉลาด
๕	รอบรู้วิชา คนเคารพ เก่งศาสนา ปรัชญา คนคอยช่วยตลอด
๖	ท่าทางดี น่ารัก เด่นทางศิลป์ ดารา ใจนักเลง ชอบโลกีย์สีลา
๗	มีอำนาจ อิทธิพล สุขภาพดี ดุดัน รอบคอบ
๘	อายุยืน มีที่ดิน เงินมาก กล้าได้กล้าเสีย มัวเมา บ้ายอ มักกิน รักชมแย่งคู่ บ้าๆไม่เต็ม

รูปที่ 7.20: ดวงมหาอุจ เป็นดาวเคราะห์ที่จะให้คุณแรง หากตกต่ำก็ย่อยยับเป็นดาวที่มีอิทธิพลมาก

7.3.2 ดาวในราศีและภพ

ดาวในราศีและภพต่าง ๆ มีคำทำนายต่อไปนี้ ดังรูปที่ 7.21 - 7.30

ดาวอาทิตย์ สถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวัง

อาทิตย์ ทับ ลัคนาพอดี จะจากที่ เจ็บกาย สุขภาพเลว ห้ามเดินทาง

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๐)	ชอบต่อสู้ เปิดเผย ระแวง แข็งแรง	ศีรษะ สมอง จมูก ลมชัก เส้นโลหิตในสมอง หนาวสั่น มาลาเรีย ลมชัก โรคตา
พฤษ (๑)	อดมคติดี มั่นคง โอ้อวด พุ่มเฟือย สวยงาม	หู คอพอก ไขมัน หวัด ริดสีดวงจมูก ต่อมทอนซิล ไอ หอบ หืด กามโรค
เมถุน (๒)	ปัญญาความคิดดีแต่หัวเก่า ฉลาดแต่รวนเร	ต้นแขน เส้นโลหิตฝอย หลอดลม ซี่โครงตอนบน ปอดบวม เบาหวาน วัณโรค โรคเส้นประสาท
กรกฎ (๓)	สมรสกับญาติ มิตรภาพดี เจ้าอารมณ์ จำแม่น	สิ้นปี ข้อศอก หลอดลม กระดูกหน้าอก ฝีดาษ ท้องมาน มะเร็ง หัวใจขาดเลือด
สิงห์ (๔)	สนุก ชอบกีฬา ใจร้อน อ่อนแอต่อรัก เก่งประพันธ์ดนตรี	หัวใจ กระดูกแขนใน ไขสันหลัง ปล้องกระดูกสันหลัง เบาหวาน อ่อนเพลีย โรคระบบลำไส้ย่อยอาหาร
กันย์ (๕)	ฉลาด มีเหตุผล ช่างคิด ทันคน ชอบดนตรี	ลำตัว ลำไส้ ช่องท้อง ช่องอก ท้องร่วง โรคกำหนัด กามโรค ริดสีดวง ไส้ติ่งอักเสบ
ตุลย์ (๖)	รักเมีย ยุติธรรม ดารมแรง หุ้นส่วนราบรื่น	ผิวหนัง รังไข่ ท่อน้ำกาม ท่อปัสสาวะ นิ่ว ไตอักเสบ
พิจิก (๗)	มักโยกย้าย ดีและเลวที่สุดได้ ชอบใช้อำนาจ คดโกง ก้าวร้าว โกหก คบยาก	บั้นเอว กะเพาะปัสสาวะ ลำไส้ใหญ่ ทวารหนัก อันฑะ อวัยวะเพศ ประสาทผิดปกติ กามโรค มดลูกพิการ มะเร็ง อวัยวะเพศ
ธนู (๘)	ความสุข ร่าเริง อาจหาญ ญาณแรง	สะโพก ก้นกบ กระดูกขาท่อนบน ปวดข้อ ลมปัจจุบัน เบาหวาน ความดันโลหิต
มังกร (๙)	ตรากตรำ เศร้าๆ ละเอียด ไม่เอาเปรียบ	หัวเข่า หัวใจ ผม ขน เอ็น โครงกระดูก น่อง โรคเรื้อน เหน็บชา เท้าช้าง
กุมภ์ (๑๐)	โรคประสาท หัวใจวาย เหลี่ยมจัด เหตุผลดี จ่ายเก่ง เจ็บไม่จำ	กระดูกขา กระดูกและกล้าม ตาตุ่ม ส้นเท้า ประสาท ชาตามร่างกาย
มีน (๑๑)	ดูดซึมชั่วได้มาก ค้นคว้าวิชาลึกลับ ยากจน หมดแรง	กระดูกข้อเท้า นิ้วเท้า ระบบไหลเวียนโลหิต วัณโรค เนื้องอก เหน็บชา ท้องมาน ไตพิการ

ดาวอาทิตย์สถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเรียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ภพ	สิ่งที่จะก่อนให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	มีโชคลาภ ใจเย่อหยิ่ง พูดด้วยใจ ไม่ยอมคน อวดตน
กตุมภะ (๒)	มียศ อำนาจ ใช้เงินมาก ตำแหน่งสูง
สหัชชะ (๓)	เขียนเก่ง สมาคมดี เพื่อนรัก
พันธุ (๔)	จองหอง พึ่งพ่อแม่ ลึกลับ มีเกียรติ
ปุต (๕)	ลูกดี เรียนสำเร็จ รื่นเริง รักร่าน
อริ (๖)	สุขภาพเลว ชอบศึกษาพลานามัย แพทย์
ปัตนิ (๗)	รักและชีวิตสมรสดี มีคู่เด่น รวย ชนะคดี
มรณะ (๘)	คู่ร่วรวย อาศัยภริยา โอกาสจะตายดัง
ศุภะ (๙)	การงาน ธุรกิจดี ด้านกฎหมาย ศาสนา อยากดัง
กัมมะ (๑๐)	มีคนอุปถัมภ์ ได้รับผลสำเร็จดี ในสังคมวงการชั้นสูง
ลาภะ (๑๑)	มีเกียรติ เพื่อนคอยช่วย พอความสำเร็จงดงาม
วินาส (๑๒)	อาจถูกเนรเทศ เห็นห่างญาติ ผู้ใหญ่เป็นศัตรู กักขัง

รูปที่ 7.21: ความหมายของดวงอาทิตย์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวจันทร์สถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ เต้านม น้ำลาย เยื่อหุ้มหัวใจ ลำไส้ รังไข่ มดลูก ปัสสาวะพิการ อัณฑะ โรคลม อัณฑะไตบวม ปวดท้อง ท้องมาน เนื้องอก โรคจิต กามโรค เส้นโลหิตแดง

จันทร์ ทับ ลัคนาพอดี ได้บุตร ได้ลาภปาก

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๐)	เปลี่ยนใจง่าย วาสนาดี สวย เย่หยิ่ง นินทา	
พฤษ (๑)	งกมรดก ฉลาด ใฝ่ธรรม สวย เข้าคนเก่ง	
เมถุน (๒)	น้องสาวใช้สมองปัญญา ขี้คเยียน แต่ง นินทา	
กรกฎ (๓)	ว่างงาน มีคนคอยช่วย เปลี่ยนความคิดเร็ว ซื่อสัตย์	
สิงห์ (๔)	แต่งงานเร็ว ยกตนฐานะดี จองหอง หยิ่งถือดี	
กันย์ (๕)	หญิงบริการ เสน่ห์แรง ผิวเนียน หนีตามคู่ ชู้รัก	
ตุลย์ (๖)	วิษยา หุ้นส่วน เข้าวัด เก่งทางกวี ชอบดนตรี	
พิจิก (๗)	สมองดี ห้าวหาญ ลีลาประทับใจคู่ เมียน้อย	
ธนู (๘)	โชคดี ลาภมาก คาถาอาคมขลัง เอาตัวเองรอด เมียคอยช่วย	
มังกร (๙)	เศร้า พลัดพราก ม่าย หย่าร้าง ชะตาขึ้นๆ ลงๆ	
กุมภ์ (๑๐)	คิดค้นวิทยาศาตร์ พัฒนาคน ชอบการเมือง	
มีน (๑๑)	มีน เมตตา ท้อแท้ เพ้อฝัน ใจอ่อน เชื่อโชคลาง	

ดาวจันทร์สถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเรียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ภพ	สิ่งที่จะก่อนให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	น่ารัก ลาภผดี มีคนเห็นใจ โชคชะตาเปลี่ยนเร็ว
กตุมภะ (๒)	เข้าคนเก่ง ศัตรูจองเวร การเงินและโชคดี
สหัชชะ (๓)	เปลี่ยนงาน เดินทางบ่อยพอกับเปลี่ยนใจ ญาติอุปการะเสมอ
พันธุ (๔)	มรดกดี นารีอุปถัมภ์ ตำแหน่งหน้าที่มักหลุดหาย ไร้แน่นอน
ปุต (๕)	เก่งทางแสดงร้องรำทำเพลง ชอบพนัน เกียรติยศใจบันเทิงรับใช้สังสังคม
อริ (๖)	สุขภาพเลว รังโรค ยากจน อาภัพ โรคมาก
ปัตนิ (๗)	เปลี่ยนคู่บ่อย ได้คู่ มีชีวิตสมรสผกผัน ผิดศีล หลายผัว
มรณะ (๘)	ระวังอุบัติเหตุ สตรีนำเคราะห์มาให้ จับจ่ายเก่ง
ศุภะ (๙)	ได้เกียรติ ไม่สนใจความรัก เสือกจะเพ้อฝัน ได้ไปต่างประเทศ
กัมมะ (๑๐)	ธุรกิจด้านสตรี ชอบแต่งกาย เดินเรือเก่ง คนรู้มาก ตำแหน่งไม่แน่นอน
ลาภะ (๑๑)	สตรีคอยช่วย รักแท้ไม่เคยพบ ลูกมาก
วินาส (๑๒)	วิสาส สตรีจองเวร รักเพ้อฝัน ผิดหวัง สันโดษ เขาเปิดเผยความลับ

รูปที่ 7.22: ความหมายของดวงจันทร์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวอังคารสถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ กล้ามเนื้อ สมอง ปอด เส้นโลหิตฝอยแตก โรคอหิวาต์ ความดันโลหิตสูง ลมพิษ น้ำดี เส้นเอ็น

อังคาร ทับ ลัคนาพอดี ระวังตัวดนจะมาทำร้าย ขาดทุน มักพบแต่ความยากจนค้นแค้น บาดเจ็บ

ดาวอังคารสถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๑)	แตกหัก รุนแรง ผ่าตัด รัฐประหาร อุบัติเหตุ ฆ่าฟัน	
พฤษ (๒)	มั่นคง เด็จขาด อดทน มีคนคอยช่วย	
เมถุน (๓)	ทะเยอทะยาน ฉลาด พูดโฆษณา เขียน เทศน์ คนนิยมมาก	
กรกฎ (๔)	อิสระ คนเกลียด คุยโว พลัดพราก พ่ายแพ้ไม่เป็น	
สิงห์ (๕)	เข้มแข็ง หักโหม วิวาท เชื่อ ใจอารี อุบัติเหตุ	
กันย์ (๖)	ขยัน ใจร้อน เก่ง เป็นเสนาธิการ วางแผนระดับเชียน	
ตุลย์ (๗)	สมาคมดีไร้อำนาจ คนอิจฉา สับสนไม่แน่นอน	
พิจิก (๘)	มั่นคง พูดดี พลังจิตกล้า ทำงานเคมีวิทยาศาสตร์ การแพทย์ดี อุบัติเหตุรอ	
ธนู (๙)	ฝีปากดีจนเป็นข่าว ยับยั้งสติยาก ครอบครัววุ่นวาย เดินทางบ่อยๆ ศัตรูเพราะปาก	
มังกร (๑๐)	มักใหญ่ สมองดี นายอิจฉา พึ่งตนตั้งตัวได้	
กุมภ์ (๑๑)	ทำงานเก่ง รู้อะไรรู้ลึก คนใกล้เกลียด สนุกจนทุกข์ตามมา	
มีน (๑๒)	มีม สงบ ละไม เหลี่ยมคูมาก ไม่ชอบอำนาจ	

ภพ	สิ่งที่จะก่อให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	อวดดี ร้อนแรง กลับกลอก รักลูกเมีย จ่ายเก่ง
กตุมภะ (๒)	จ่ายเก่ง ถูกหลอก ต้มตุ๋น โม้เยิ่องทางยากจน ไฟไหม้
สหัชชะ (๓)	อุบัติเหตุบ่อย จิตห่าม วิปริต บาดหมาง พูดเขียนโฆษณาดี
พันธุ (๔)	ต้นสบาย ปลายยากไร้ ระวังไฟ เป็นทหารตำรวจดี
ปุต (๕)	สนุกเร่ร่อน ชอบพนัน ร้อนรัก จ่ายเก่ง ศัตรูมาก
อริ (๖)	เสี่ยงผ่าตัด คนใกล้ทรยศ ทรัพย์น้อย เสียเพราะชู้สาว
บัตนิ (๗)	คู่ดี คนอิจฉา พลัดพราก ยากจน เปลืองคู่ แพ้ภัยตัว แพ้ภัยคู่
มรณะ (๘)	มรณะ ได้มรดกจากคนตาย คู่รวย หุ้นส่วนดี ลุ่มหลง
ศุภะ (๙)	สมองดี ศึกษาต่างประเทศ มัวเมา อุปสรรคครอบครัว
กัมมะ (๑๐)	ชื่อแต่ชอบใช้อำนาจ รอบรู้ มีคารมพิเศษ มักเหยียบใจคนเพื่อความสำเร็จ
ลาภะ (๑๑)	โชคทางธุรกิจ ทรัพย์ดี กว้างขวาง คู่ผลาญ
วินาส (๑๒)	วินาส สนใจคาถาลึกลับ คู่เจ็บบ่อยๆ อาจเข้าคุก สัตว์ทำร้าย

รูปที่ 7.23: ความหมายของดาวอังคารเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวพุธสถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ ประสาท สมอง หูอื้อ ตาฟาง บอด พูดติดอ่าง หัวใจเต้นแรง หืด ปอดอักเสบ บัสสาวะพิการ พยาธิลำไส้ ลิ้นไก่สั้น

พุธ ทับ ลัคนาพอดี เราหรือคู่มีท่าจะคบชู้ ข้าวของเสียหาย คนผูกเวร

ดาวพุธสถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๑)	ร้อนรน พูด เขียน นโยบาย วางแผนดี	
พฤษ (๒)	ปรับตัวยาก พูดเก่ง ศิลปประยุกต์ บัญญาดี	
เมถุน (๓)	คิดฉลาด น่ารัก ประพันธ์กลอน วลี ฝีปากดี	
กรกฎ (๔)	เขียนเก่ง เจ็บแสบเท่าๆ พูด หลงลืมง่าย เปลี่ยนทัศนคติยาก	
สิงห์ (๕)	คิดดีฉลาด นิพนธ์ตำรา เสียงมีอำนาจ	
กันย์ (๖)	โวหารดี สมองใส เมตตาคน	
ตุลย์ (๗)	จำเก่งน่ารัก เรียนศิลปะวิทยาศาสตร์ ปรัชญาได้ดี	
พิจิก (๘)	ว่องไวปากร้ายเล่ห์มาก ปราดเปรียว	
ธนู (๙)	ฉลาดทางนิติศาสตร์ ชอบศึกษาคนตรี ยีอโศลาง	
มังกร (๑๐)	พูดเขียนดี ทำอะไรลึกลับไม่อาย ใจแข็ง จำเก่ง	
กุมภ์ (๑๑)	ใจด้าน ศึกษาคาถาอาคม จิตศาสตร์ ไม่ยอมคน	
มีน (๑๒)	ฉลาดจำแม่น ไม่ชอบทำงาน เรียนและพูดน้อย	

ภพ	สิ่งที่จะก่อให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	พูดเก่ง เขียนดี เงินหมุนจนเพลิน
กตุมภะ (๒)	เก่งประพันธ์ ออกแบบ เขาขโมยทรัพย์สินทางบัญญาไป
สหัชชะ (๓)	แตกฉานทางวิทยาศาสตร์ ภาษา สมองดี ทรัพย์มาก
พันธุ (๔)	เดินทางบ่อยเก่งตำรา กับสตรีมักจะเสียท่าตลอด
ปุต (๕)	ธุรกิจดี เร่ร่อน ชีวิตมักจะอยู่กับคดี ชอบการพนัน
อริ (๖)	ประสาทเสีย แม่นวิชาการ ฉุนเฉียว แปรปรวน
บัตนิ (๗)	รักไม่ยาว เสียเพราะบทความ คำพูด คู่แข่งมาก
มรณะ (๘)	ทรัพย์ดี อุบัติเหตุนำโรคเรื้อรัง
ศุภะ (๙)	ภาษา อักษร ญาณ ความจำดี ต้นร้ายปลายสวย
กัมมะ (๑๐)	ชอบเขียนแต่งตำรานักการพูด นักประพันธ์ ทนายความ
ลาภะ (๑๑)	พูดเกินคน ทรัพย์ไม่ขัดสน ประพันธ์เก่ง
วินาส (๑๒)	สนใจลึกบับ ปาก ปากกาพาไปรู้จักตำรวจ ศาลและคุก

รูปที่ 7.24: ความหมายของดาวพุธเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวพฤหัสบดีสถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ โลหิตเสีย หัวใจ พิการ เยื่อหุ้มปอด หู ลมชัก ริดสีดวง เนื้องอก เบาหวาน

พฤหัสบดี ทับ ลัคนาพอดี ได้เงิน ลูก คู่ครอง โชคดีมาก

ดาวพฤหัสบดีสถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๑)	ตรง ใจแคบ ศาสนาดี มีคนคอยช่วย	
พฤษ (๒)	การเงินดี รักบ้าน เชื่อถือได้ จ่ายเก่ง	
เมถุน (๓)	เก่งทางประพันธ์ ชอบสิ่งสี่สิบ งานดี	
กรกฎ (๔)	เผื่อแผ่ รักเยียน ดนตรี มีมรดกตกทอด	
สิงห์ (๕)	ตรง กล้าได้กล้าเสีย ขอบร้องรำ มีอำนาย	
กันย์ (๖)	เหตุผลดี จำเก่ง ชอบปรัชญา ซื่อจนถูกโกง	
ตุลย์ (๗)	ช่างคิด ช่างฝัน ได้คู่ดีแต่มีโรค	
พิจิก (๘)	คู่รวย หุ้นส่วนมีกำไร	
ธนู (๙)	เร่งร้อน มีรายได้ ไม่เปิดเผย อายุยืน	
มังกร (๑๐)	งานดี ร่าเริง ชอบสังคม เดินทางบ่อยๆ เล่ห์มาก	
กุมภ์ (๑๑)	รอบรู้สารพัด ระเบียบจัด	
มีน (๑๒)	ความรู้สูง เพ้อฝัน สับสน มีกลลวงอยู่เต็มสมอง	

ภพ	สิ่งที่จะก่อให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	ฉลาด จิตใจสูง เงิน การศึกษา ปรัชญา ธรรมะสูงส่ง
กตุมภะ (๒)	เขียนประพันธ์ดี ภริยาดี เงินดี เพื่อนน้อย
สหัชชะ (๓)	เขียนพูดโฆษณาดี น่าเชื่อถือ ฟุ้งซ่าน เพื่อนน้อย
พันธุ (๔)	ทรัพย์ดี ทรหด อดทนกับกามราคะ เร่ร่อนไปๆ มาๆ
ปุต (๕)	ธุรกิจกำไร หุ้นส่วนดี มรดกมาก ชอบพนัน
อริ (๖)	สุขภาพดี เงินดี ความร้าเองนำเจ็บปวดและความเศร้ามาให้
บัตนิ (๗)	คู่ดี ฐานะดีกว่าญาติ ขี้บ่น คู่มักตายจาก
มรณะ (๘)	มีมรดกทางประพันธ์ ประกันภัย มีสิทธิ์จะล่มจมในธุรกิจ
ศุภะ (๙)	กฎหมาย ศาสนา อักษรศาสตร์ดีมากบวชจะได้เป็นพระครู
กัมมะ (๑๐)	งานดี ทางผู้แทน ฑูต ทนายความ นักประพันธ์
ลาภะ (๑๑)	โฆษกเพื่อนช่วย มรดกมีแต่ไม่พอใช้ สังคมยกย่อง คนจะหักหลัง
วินาส (๑๒)	เล่นห์จัดเอาตัวรอด ใช้อิสระภาพเสี้ยงชีพ

รูปที่ 7.25: ความหมายของดาวพฤหัสบดีเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวศุกร์สถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ กระเพาะ ฮิสทีเรีย พิษ เครื่องสำอางค์ กามโรค เอดส์ รังไข่ เนินเพศ ไขมัน ไต ขัดเบา อาหารไม่ย่อย อัมพาต หนองใน ซิฟิล ลิส

ดาวศุกร์ ทับ ลัคนาพอดี ได้ลาภ ได้คู่ ได้น้ำหอมมาดอมดม

ดาวศุกร์สถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๑)	กามราคะ กล้า มักง่าย ฟุ่มเฟือย จางเกง	
พฤษ (๒)	ชอบดนตรี สังคม กามราคะ กิจการดี ชื่อดีทางช่าง	
เมถุน (๓)	ชอบประพันธ์ วิจิตรศิลป์ เปลืองเพราะสตรี คู่มาก ทรัพย์มาก เหมาะเป็นผู้บริหาร (พญาเทครัว)	
กรกฎ (๔)	ตระหนี่ อดออม สงสาร เมตตา เจ้าชู้ ชอบขอไม่เคยให้	
สิงห์ (๕)	รักแท้สนุกสนาน ฟุ่มเฟือย หยิ่งยโส โกรธง่าย เมียอุ้มชู	
กันย์ (๖)	รักบาปสวรรค ล่วงเกินจนตั้งท้อง รักบัวบังใบ ไม่คิดส่วนรวม	
ตุลย์ (๗)	มีคู่ดี ดนตรีเก่ง ประพันธ์เฉียบ การแสดงยอด	
พิจิก (๘)	รักกามรส พอใจแล้วยอมทุกอย่าง ครอบครัวระส่ำ	
ธนู (๙)	รักสวย รักงาม มีกลอน ดนตรี กีฬา มีความเป็นเพื่อน นิสัยดี	
มังกร (๑๐)	ไหวพริบดี รักข้างเดียว หาเงินเก่ง จิตใจแปรปรวน	
กุมภ์ (๑๑)	เพื่อนมาก เงินดี อ่อนโยน แต่งงานช้าเพราะศัตรูมาก	
มีน (๑๒)	แต่งกายดี ชอบดนตรี สมสู่กับสตรีไม่เลือก เก็บเงินไม่เป็น	

ภพ	สิ่งที่จะก่อให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	เงิน เรียน รักราบรื่น ราคะรุนแรง
กตุมภะ (๒)	เงิน ดนตรี ราคะ ทำการค้า งานเครื่องสำอางค์ดี
สหัชชะ (๓)	เก่งทางร้องรำทำเพลง ความรู้ ทรัพย์ ใจสูง
พันธุ (๔)	เก่งทางค้าขาย รูปงาม ทรัพย์ดี ชอบด้านมหรสพ
ปุต (๕)	ลูกเรียนเก่ง รักร้อน ใจดำ กำหรมาก
อริ (๖)	คนรับใช้ดี มักมีคู่กับคนไม่เคยรัก ฟุ่มเฟือย โรคมาก ยากยน
บัตนิ (๗)	มักได้คู่ ผ่านการสมรส คู่สวยรวยรัก มักอุปสรรค จ่ายเก่ง ไม่ชอบทำงาน
มรณะ (๘)	มีมรดกรอ คู่ผลาญ เป็นโรคตาเรื้อรัง
ศุภะ (๙)	ศิลปะเพื่องฟู ทำงานด้วยเกียรติและเมตตา
กัมมะ (๑๐)	ศิลปะดี สุขภาพเลว ชอบเสริมสวย งานศิลป์
ลาภะ (๑๑)	มิตรมาก สนุก จนต้องมีคดี
วินาส (๑๒)	ลึกลับ จ่ายเก่ง ซ่อนแอบทำ มักถูกกักขับ สันโดษ

รูปที่ 7.26: ความหมายของดาวศุกร์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวเสาร์สถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ ไข้หวัด หืด ไต ม้าม อักเสบ โรคหายยาก

เสาร์ ทับ ลัคนาพอดี เคราะห์หนัก มิตรหักหลัง เจ็บกาย เจ็บตัว

ดาวเสาร์สถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๑)	เดินทางบ่อย ใช้อำนาจ หามิตรแท้ยาก เห็นแก่ตัว นายเกลียด	
พฤษ (๑)	เงินทองขาด ก้าวร้าว เร่ร่อนพเนจร	
เมถุน (๒)	ลึกลับ ค้นคว้า รักหลายใจ เยาะเย้ย	
กรกฎ (๓)	โชค เกียรติ เงินผันผวน ทำอะไรดียาก อุปสรรค	
สิงห์ (๔)	ใช้อำนาจผิดธรรม อวดดีมรดก ต้นร้ายปลายเสีย อายุสั้น	
กันย์ (๕)	โรคมาก ค้นคว้าเก่ง เจ้าระเบียบ	
ตุลย์ (๖)	ฐานะดี คู่รวย เห็นแก่ตัว ความรักล้มเหลว	
พิจิก (๗)	เด็จขาด ก้าวร้าว ลึกลับ ดุดัน กามกิเลสมาก	
ธนู (๘)	อำนาจมาก คุณธรรมดี ศึกษาศาสนาปรัชญา	
มังกร (๙)	ลุ่มลุก คลุกฝุ่น การเมือง สิงสมอง สืมตัว ก้าวร้าว อุปสรรคมาก	
กุมภ์ (๑๐)	เพื่อนเลวรุม ชอบโหราศาสตร์ พลังจิตแรง	
มีน (๑๑)	โชคร้าย นายชัง คนป้ายสี เพื่อนผลาญ	

ภพ	สิ่งที่จะก่อนให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	ว้าเหว่ หงอยเหงา โรคมาก พลาดรักต้องม่า
กดุมภะ (๒)	ยากจน จ่างเก่ง ขาดคุล เงินไม่ดี
สหัชชะ (๓)	ศึกษาต่ำ พลัดพราก เรียนพูดไม่เก่ง สันโดษ
พันธุ (๔)	กำพร้า งานชะงัก ความจนตามเป็นเงา อุปสรรคมาก
บุตร (๕)	รักร้าว โรคมาก เงินหมด เสี้ยงลูกไม่ได้ดี ทำมาหากินผิดเสือง
อริ (๖)	เจ็บป่วย หายยาก โยกย้ายไปแขวน คดโกง
บัตนิ (๗)	คู่หยิ่งหนีไป แต่งงานเร็ว หย่าม่าย ได้คู่ไม่บริสุทธิ์
มรณะ (๘)	ธุรกิจการเงินย่อยยับขาดธรรม หนี้สิน พอกพูน
ศุภะ (๙)	คดโรง อุปสรรคตาม เขาหักหลัง เข้าวัดบวชดี
กัมมะ (๑๐)	กิจการขาดทุน ทุกอย่างล้ม เดินสวนทางกฎหมาย
ลาภะ (๑๑)	เพื่อนเลวมาก คอยฉ้อโกง ได้มาไม่พอกิน
วินาส (๑๒)	งานลับ พลัดพราก คู่ผลาญ ปากหวาน ใจชั่ว เศร้าตรม หงอยเหงา อยู่อย่างเล้นลับ

รูปที่ 7.27: ความหมายของดาวเสาร์เมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ราหู ทับ ลัคนาพอดี

ดาวราหูสถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ

ราหู ทับ ลัคนาพอดี อุบัติเหตุ พลัดพราก โยกย้าย ป่วยหนัก

ดาวราหูสถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๑)	ชะตาไม่ดีขึ้นเร็วลงเร็ว กล้าผิดๆ ไม่เต็มบาท	
พฤษ (๑)	กล้าได้กล้าเสีย หาเงินเก่ง	
เมถุน (๒)	โชค คู่มาก เจ้าชู้ ศัตรูคอยจองเวร	
กรกฎ (๓)	ไร้โรค ชนะทุกอย่าง จุลจละลายอายุมาก	
สิงห์ (๔)	ศัตรูมาก ดุร้าย ใช้ความรุนแรงแก้ปัญหา	
กันย์ (๕)	ทรัพย์ดี ฉลาดแกมโกง รักษาพรัพย์ยาก	
ตุลย์ (๖)	เพื่อนให้ลาภ ตำแหน่งดี คนชวนทำชั่ว	
พิจิก (๗)	มรดกแต่ต้องชิดแย้ง ขาดทุนเปราะบาง ลึงค์โต	
ธนู (๘)	เดินทางบ่อย ทำอะไรมีคนช่วย โรคมากชอบทำบุญ	
มังกร (๙)	หลักฐานทรัพย์ดี เล่ห์มายามาก ขี้เกียจ โรครุม	
กุมภ์ (๑๐)	ลาภผลดี ชนะด้วยความรุนแรง นายรัก ชอบค้นคว้า	
มีน (๑๑)	อวดดี ทุจริต เนรคุณ ละโมบ ติดยา	

ภพ	สิ่งที่จะก่อนให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	ตกยาก มัวเมา บ้าบอ ชอบตื่ม พนัน ติดเหล้ายา
กดุมภะ (๒)	จ่ายเก่ง รักชม โรคมากปากร้าย ลุ่มๆดอน อุบัติเหตุมาก
สหัชชะ (๓)	โชคฟลุค ไม่ประมีประนอม พลัดพราก ญาติเป็นศัตรู
พันธุ (๔)	พันธุกำพร้าหมดเงิน หลงอบายมุข เศรษฐกิจขาดดุลย์
บุตร (๕)	บ้ากาม เจ็บตัวบ่อย โง ลอกเลียนเขา ลูกเมียเดือดร้อน
อริ (๖)	ชนะ มีทรัพย์ชื่อเสียงดี อายุยืน
บัตนิ (๗)	เจ้าชู้ เสียเชื่อ อารมณ์แรง ชีวิตสมรสล้มละลาย ไม่มีลูก
มรณะ (๘)	มรณะ พลัดพราก หงอยเหงา เร่ร่อน อาศัยวัดกิน มีไฝในของลับ
ศุภะ (๙)	คดโกงโลภ ปากหมาง เพื่อนมั่งคั่ง ชื่อดี
กัมมะ (๑๐)	เร่ร่อน เปลี่ยนอาชีพ ขโมย พนัน เสพติด ช่องโสเภณี
ลาภะ (๑๑)	คนสงสารฐานะดี มั่งคั่ง ชอบศึกษา เผลอก็จะทำให้เจ็บตัว ไว้ใจยาก
วินาส (๑๒)	มือเท้าพิการใจแคบ หลงอะไรเป็นพักๆ ขอบคาถาอาคม ฐานะดี

รูปที่ 7.28: ความหมายของดาวราหูเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ
(ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวเกตุสถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ สมอง วิกลจริต บ้า ต้น ไม่นำโรค มะเร็งสมอง เวียนหัว

เกตุ ทับ ลัคนาพอดี วุ่นใจ ร้อนรุ่ม กลุ้มทรวง ไปเยี่ยผู้ป่วย ชีวิตพลิกผัน

ดาวเกตุสถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๐)	ซื่อตรง ใจกล้า ชอบโหราอาคม ยากไร้	
พฤษ (๑)	ฐานะไกวแกว่ง ยุ่งเหยิง รักเงินแปรผัน	
เมถุน (๒)	ชอบโทรจิต อ่านคนแบบมีญาณ อำนาจดี กล้าเสี่ยง สมาธิแรง	
กรกฎ (๓)	ตำแหน่งหน้าที่ไม่มั่นคง รู้สึกไว ใจร้อน	
สิงห์ (๔)	อุปสรรคมาก เปลืองคู่ เสรีภาพจะแต่งแต้มชีวิตและสิ่งที่ขาดไปด้วยกามรสทดแทน	
กันย์ (๕)	เพศตรงข้ามผลาญ คนใช้ขอเป็นคุณนาย ศัตรูคอยจ้องผิด บริวารสร้างปัญหา	
ตุลย์ (๖)	เสือตร้อน คนเกลียด คู่ยุ่งๆ ค้นคว้าดี มีคนชิงดีชิงเด่นมาก	
พิจิก (๗)	เจ้าเล่ห์ มายาฉลาด ขยันตำแหน่งดี อุบัติเหตุรอ	
ธนู (๘)	คิดผันแปลกๆ เปลี่ยนคู่บ่อยๆ ชอบศาถาอาคม	
มังกร (๙)	จริงจัง ก้าวำหล เล่ห์เหลี่ยมจัด	
กุมภ์ (๑๐)	รักอิสระ ชอบประดิษฐ์ คู่รวย จำแม่น	
มีน (๑๑)	ชอบศาสนา ปรัชญา ไสยศาสตร์ เข้าทางสมาธิ	

ภพ	สิ่งที่จะก่อนให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	นักปราชญ์ ใจคด มีคนคอยช่วย สนใจสิ่งลึกลับ
กตุมภะ (๒)	บุญมาก เงินแปรปรวนไปทางย่ำแย่
สหัชชะ (๓)	ทรัพย์มาก ฉลาด หยาบคาย พี่น้องไม่สามัคคี
พันธุ (๔)	เรียนเก่ง ระวังภัยจากน้ำ อาภัพ
ปุต (๕)	มียศ ตอบโต้เก่ง ยโส อกหักจนโรย ช่วยคนเนรคุณ
อริ (๖)	เงินดี เกียรติขจร เก็บเงินไม่เป็น ละโมบ
บัตนิ (๗)	คู่ฉลาด ใจแปรปรวน มีชู้ คู่รวย
มรณะ (๘)	ยศและใจสูง มั่นคง แต่อ่านยาก
ศุภะ (๙)	รวย สติปัญญาดี ลึกลับ เห็นแก่ตัวโคตมาก วิบัติน่าห่วง
กัมมะ (๑๐)	ผิวงามไม่กลัวคน มีคดีขึ้นศาล ตำแหน่งดีต้องจากบ้าน
ลาภะ (๑๑)	ไหวพริบดี มักหูเบา ตัณหาราคะ กลัว
วินาส (๑๒)	จิตใจสูง เลียนแบบ ซ่อนเร้นความดีชั่วของตนได้อย่างสุนทรีย์ ละโมบ

รูปที่ 7.29: ความหมายของดาวเกตุเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ (ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

ดาวมฤตยูสถิตในราศีต่างๆ จะเกิดนิสัย พฤติกรรมขึ้น และโรคที่ควรระวังคือ ทวาร ไฟไหม้ หาเหตุโรคไม่พบ ถูกวิญญาณ คุณไสย ผีพัก ผีเข้า ผีสิง

มฤตยู ทับ ลัคนาพอดี ไปร่วมงานศพ ร่วมพิธีแปลก สุขภาพแย่

ดาวมฤตยูสถิตในภพต่างๆ จะก่อให้เกิด โดยตำแหน่งลัคนาคือ ตนุ แล้วเวียนซ้ายจนครบ 12 ภพ

ราศี	นิสัย พฤติกรรม	โรค
เมษ (๐)	ปรับตัวเก่ง	
พฤษ (๑)	ฉวยโอกาสหากำไร	
เมถุน (๒)	นักคำนวณ หาเงินเก่ง	
กรกฎ (๓)	รักบ้านครอบครัวดี	
สิงห์ (๔)	เสี่ยงโชค การพนัน อุบัติเหตุเกิดกับลูกๆ	
กันย์ (๕)	พนักงานโทรเลข ผู้ตอบปัญหาชีวิต	
ตุลย์ (๖)	พลแรกรัก ความสุขเพศสัมพันธ์	
พิจิก (๗)	บาดเจ็บ มหัศจรรย์บังเกิดขึ้น	
ธนู (๘)	ค้นคว้าสิ่งลึกลับได้เก่ง	
มังกร (๙)	ขัดแย้งกับคน คนงานถึงลาออก	
กุมภ์ (๑๐)	เปลี่ยนที่เกิด ไม่ทันตั้งตัวของนักคิด	
มีน (๑๑)	หมดสติ อัมพาต ตาย	

ภพ	สิ่งที่จะก่อนให้เกิด
ตนุ (ลัคนา)	หน้าด้าน แปรปรวน อายุสั้น แม้เป็นมหาเศรษฐีมีสิทธิ์ยากจน
กตุมภะ (๒)	คดโกง ยากซ้ำซาก หนี้สินมาก ชอบโหราศาสตร์
สหัชชะ (๓)	สติปัญญา ฉลาด บริหารชั่ว คาดคะเนเก่ง อุบัติเหตุบ่อย โยกย้ายประจำ
พันธุ (๔)	มีที่ดิน ญาติเกลียด เร่ร่อน หลักลอย อุบัติเหตุ
ปุต (๕)	ผิดหวัง ยากจน แต่งงานใหม่ ล่มจม ลูกพาทุกข์มา
อริ (๖)	สุขภาพเลว คนคอยทำลายชื่อ ขัดแย้งผู้ใหญ่ ประสาท ลูกน้องผลาญ
บัตนิ (๗)	หย่าร้าง เลิก หุ้นส่วนมักจากกันอย่างฉับพลัน
มรณะ (๘)	รับมรดกจากญาติ สุขภาพเลว สนใจญาณสมาธิ คู่รวยแต่ตายลึกลับ
ศุภะ (๙)	ศึกษาญาณสมาธิ โหร บวชเรียนดี
กัมมะ (๑๐)	ได้เกียรติ งานวิบัติ คดโกง อาชีพแปลก ค้นคว้าเก่ง อาภัพเงิน
ลาภะ (๑๑)	หาคนรักยาก ทุจริตจนคล่อง สนจศาสตร์ลึกลับ
วินาส (๑๒)	พลัดพราก โรคมาก ศัตรูจ้อง เรียนโหราศาสตร์ได้ดี

รูปที่ 7.30: ความหมายของมฤตยูเมื่ออยู่ในราศีและภพต่าง ๆ (ที่มา : โสรัจ แสนศิริพันธ์, 2544)

7.4 สรุป

บทนี้เป็นการกล่าวถึงโหราศาสตร์กับการโคจรของดวงดาว ซึ่งประกอบด้วย 1.) การดูฤกษ์ยาม 2.) การวางลัคณาราศี และ 3.) ความหมายของดาวมาตรฐานต่าง ๆ ที่สถิตราศีใดและ/หรือภพใด จะมีความหมายว่าอย่างไร

7.5 แบบฝึกหัด

1. เปรียบเทียบดาวเคราะห์วงในและดาวเคราะห์วงนอกว่ามีความเร็วในการเคลื่อนที่เป็นอย่างไรและเมื่อคนสังเกตบนโลกมองดาวเคราะห์เหล่านี้จะสามารถเห็นอยู่ที่ตำแหน่งใดได้บ้างบนทรงกลมท้องฟ้า
2. 2 คำนวณลัคนาราศรีของตนเอง และนำไปเขียนสัญลักษณ์ในแผนผังดวงชะตา
3. จากข้อที่ 2 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปหรือแอปพลิเคชันเพื่อทำการนำดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ มาวางในตำแหน่งแผนผังดวงชะตา
4. แปรความหมายแผนผังดวงชะตาจากข้อที่ 3 โดยอาศัยคำบอกเล่าจากคนโบราณ
5. ยกตัวอย่างบุคคลทั่วไปและอภิปรายจากข้อที่ 2-4 อีกครั้ง

7.6 เอกสารอ้างอิง

1. เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2563) *ภูมิปัญญาดาราศาสตร์ล้านนา*. เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
2. เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2565) *วัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร*. เชียงใหม่ : เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
3. รัชชัย ขยันทำ (2561) *วัฒนธรรมความเชื่อที่มีต่อประเพณีบั้งไฟของคนอีสาน* วารสารปรัชญาปริทรรศน ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ.2561, 89-99.
4. โสรัจ แสนศิริพันธ์ (2544) *โหราศาสตร์ไทย (ปฐมปกรณ์)* เชียงราย : สำนักวิทยบริการ สถาบันราชภัฏเชียงราย.

แผนการสอนประจำบทที่ 8

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. มลพิษทางแสง
2. ประเภทของมลพิษทางแสง
3. ผลกระทบจากมลพิษทางแสง
4. การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด
5. มาตรวัดความมืดของท้องฟ้า
6. เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากล
7. เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์
2. เข้าประยุกต์ใช้การจัดการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์

วิธีการสอนและกิจกรรมประจำบท

1. ผู้สอนบรรยายหัวข้อต่อไปนี้พร้อมเปิดโอกาสให้ซักถาม
2. กิจกรรมทำแบบฝึกหัด และอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาพาเธอไปดูดาว และตำราต่าง ๆ
2. สไลด์การสอนพาวเวอร์พอยท์

การวัดและการประเมินผล

1. ประเมินจากการสังเกต การซักถาม ขณะสอน
2. จากการตรวจแบบฝึกหัดในแต่ละเรื่อง
3. ประเมินจากพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษา

4. ประเมินจากการทดสอบระหว่างภาคเรียนและปลายภาคเรียน
5. อภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

บทที่ 8

การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด

เรียบเรียงโดย ดร.ธนายุทธ ช่างเรือนงาม



รูปที่ 8.1: การตั้งแคมป์ดูดาว
(ที่มา : www.koa.com)

ท้องฟ้ายามค่ำคืนเป็นแหล่งที่รวบรวมสิ่งน่าพิศวงและอัศจรรย์ใจสำหรับมนุษย์มาโดยตลอด ตั้งแต่อารยธรรมโบราณจนถึงปัจจุบัน ผู้คนต่างแหงนหน้ามองดูท้องฟ้าและประหลาดใจกับความงามของมัน อย่างไรก็ตามในขณะที่เมืองกำลังเติบโตและมีการพัฒนา มลภาวะทางแสงได้กลายเป็นปัญหาใหม่ที่ทำให้การมองเห็นดวงดาวบนท้องฟ้าตอนกลางคืนเป็นเรื่องยาก ดังนั้นจึงนำไปสู่การเกิดขึ้นของการท่องเที่ยวเรียนรู้ด้านดาราศาสตร์

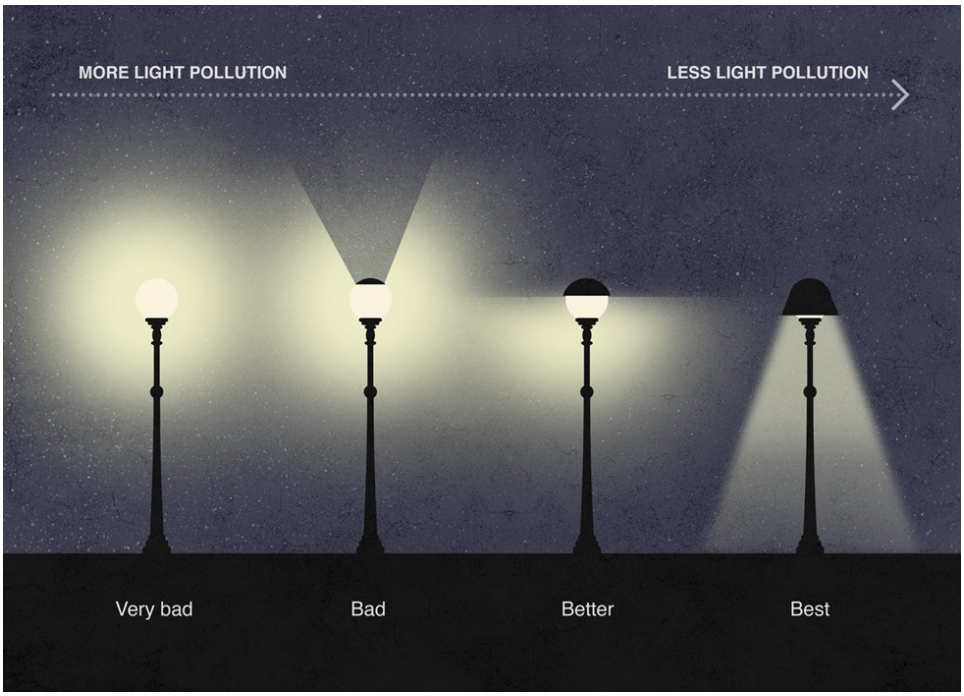
“การท่องเที่ยวเรียนรู้ด้านดาราศาสตร์” เป็นการท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่กำลังเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน โดยจะเป็นการเดินทางไปยังสถานที่ที่อยู่ห่างไกลจากชุมชนเมืองซึ่งมีมลพิษทางแสงน้อยเพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชื่นชมท้องฟ้ายามค่ำคืนได้อย่างชัดเจน ท้องฟ้ายามค่ำคืนเป็นส่วนหนึ่งของมรดกทางธรรมชาติของเรา แต่มลภาวะทางแสงที่เพิ่มขึ้นในเขตเมืองทำให้หลายคนมองเห็นดวงดาวและวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ ได้น้อยลง ด้วยเหตุนี้การท่องเที่ยวเรียนรู้ด้านดาราศาสตร์จึงกลายเป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่สำคัญที่ทั้งสามารถอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และยังได้สัมผัสกับความงามตามธรรมชาติของท้องฟ้ายามค่ำคืนอีกด้วย

สิ่งสำคัญของการท่องเที่ยวในรูปแบบนี้คือ นักท่องเที่ยวได้มีโอกาสได้เห็นดวงดาวบนท้องฟ้าได้มากขึ้น สามารถเห็น

ดาวฤกษ์ กาแล็กซี และวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังให้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจแก่ชุมชนท้องถิ่นผ่านการท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาธุรกิจที่เกี่ยวข้องได้ เช่น ธุรกิจหอดูดาวและโรงแรม ยิ่งไปกว่านั้นการท่องเที่ยวเรียนรู้ด้านดาราศาสตร์ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม โดยการรักษาพื้นที่ให้มีความมืดตามธรรมชาติและลดมลพิษทางแสง นอกจากนี้ยังสร้างโอกาสทางการศึกษาด้านดาราศาสตร์ และสามารถสร้างความตระหนักให้ผู้ร่วมกิจกรรมให้เข้าใจถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ท้องฟ้ายามค่ำคืนอีกด้วย

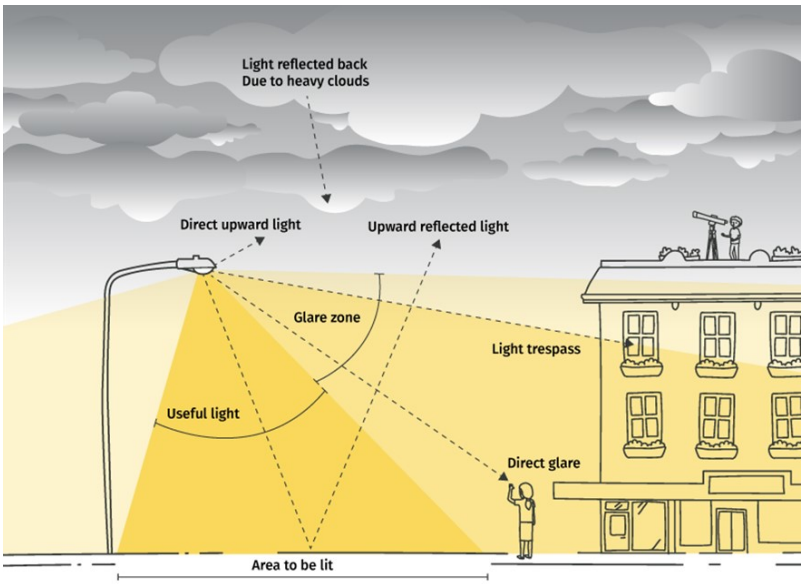
เมื่อมีผู้คนจำนวนมากขึ้นตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ความมืดตามธรรมชาติ ความนิยมของการท่องเที่ยวเรียนรู้ทางดาราศาสาตร์ก็จะเติบโตขึ้นตามมา การท่องเที่ยวเรียนรู้ด้านดาราศาสตร์สามารถมอบประสบการณ์ที่พิเศษไม่เหมือนการท่องเที่ยวแบบอื่น ทุกคนควรพิจารณาและลองเปิดใจกับประสบการณ์ใหม่ ๆ เพราะไม่เพียงจะได้ดื่มด่ำกับความสวยงามของท้องฟ้ายามค่ำคืนแล้ว แต่ยังสามารถสร้างประโยชน์ให้กับชุมชนและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

8.1 มลพิษทางแสง



รูปที่ 8.2: มลพิษทางแสงที่ปล่อยออกมาจากโคมไฟที่มีการออกแบบที่ต่างกัน
(ที่มา : www.archdaily.com)

มลพิษทางแสง (light pollution) คือ ปริมาณแสงที่มากเกินไปหรือแสงที่ส่องไปในทิศทางที่ผิด โดยแสงนี้เป็นแสงประดิษฐ์ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ หนึ่งในแหล่งที่มาของมลพิษทางแสงคือ แสงภายนอกอาคาร เช่น ไฟถนน ป้ายโฆษณา และไฟรักษาความปลอดภัย หลอดไฟเหล่านี้มักได้รับการออกแบบมาไม่ดี ทำให้แสงกระจายไปยังท้องฟ้าหรือส่องเข้าไปในบ้านของผู้ที่อาศัยรอบ ๆ แทนที่จะส่องลงไปยังจุดที่ต้องการ การสำรวจพบว่าแสงจากโคมไฟที่ไม่มีอุปกรณ์บังแสงจะกระจายออกไปด้านข้างหรือด้านบนมากกว่า 50% มีเพียงแค่ 40% ของแสงเท่านั้นที่ส่องสว่างลงพื้นจริง ๆ นอกจากนี้



รูปที่ 8.3: ประเภทของมลพิษทางแสง
(ที่มา : www.aurecongroup.com)

แสงประดิษฐ์ที่ใช้ในภายในอาคาร เช่น ในบ้าน สำนักงาน และพื้นที่เชิงพาณิชย์ก็มีส่วนทำให้เกิดมลภาวะทางแสงได้เช่นกัน เช่นเดียวกับแสงที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างสมาร์ทโฟน

8.2 ประเภทของมลพิษทางแสง

1. แสงจ้า (glare) : เป็นแสงสว่างจ้าที่มากเกินไปซึ่งทำให้เกิดความไม่สบายตาและเป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น อาจเกิดจากแสงกลางแจ้งของหลอดไฟที่ออกแบบมาไม่ดี เช่น ไฟถนนและป้ายโฆษณา ที่สามารถส่องเข้าตาของคนเดินผ่านไปมาได้โดยตรง

2. แสงเรืองบนท้องฟ้า (skyglow) : เป็นแสงหรือความสว่างบนท้องฟ้าตอนกลางคืนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์บนพื้นดิน ทำให้รบกวนนักดาราศาสตร์ในการสำรวจดวงดาวและวัตถุบนท้องฟ้าอื่น ๆ และยังส่งผลเสียต่อความงามบนท้องฟ้ายามค่ำคืนอีกด้วย

3. แสงรุกล้ำ (light trespass) : เป็นแสงที่ไม่ต้องการที่ส่องเข้าไปรบกวนในบ้านหรือพื้นที่ส่วนตัวของผู้คน ซึ่งอาจเกิดจากแสงภายนอกอาคาร เช่น ไฟถนนและไฟรักษาความปลอดภัยที่ไม่ได้รับการออกแบบการควบคุมทิศทางแสงอย่างเหมาะสม

4. แสงสับสน (clutter) : เป็นกลุ่มแหล่งกำเนิดแสงที่สว่างจ้าที่มากเกินไปและทำให้เกิดความสับสน ซึ่งเกิดขึ้นได้ในเขตเมืองที่มีแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์หลายอย่างรวมกัน เช่น ไฟถนน ป้ายโฆษณา และไฟอาคาร ที่ต่างล้วนส่องแสงกระจายแบบไร้ทิศทางจนทำให้เกิดความสับสนทางแสง

8.3 ผลกระทบจากมลพิษทางแสง

มลพิษทางแสงสามารถส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น

8.3.1 ผลกระทบต่อการศึกษาทางดาราศาสตร์และการมองเห็นในตอนกลางคืน

1. บดบังทัศนียภาพบนท้องฟ้าตอนกลางคืน มลพิษทางแสงจะทำลายความมืดตามธรรมชาติและบดบังการมองเห็นท้องฟ้าในตอนกลางคืน ทำให้ยากต่อการสำรวจดวงดาว กาแล็กซี และหมู่ดาวต่าง ๆ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้แสงประดิษฐ์กลางแจ้งมากเกินไปหรือไม่เหมาะสม เช่น ไฟถนน ป้ายโฆษณาและอาคาร

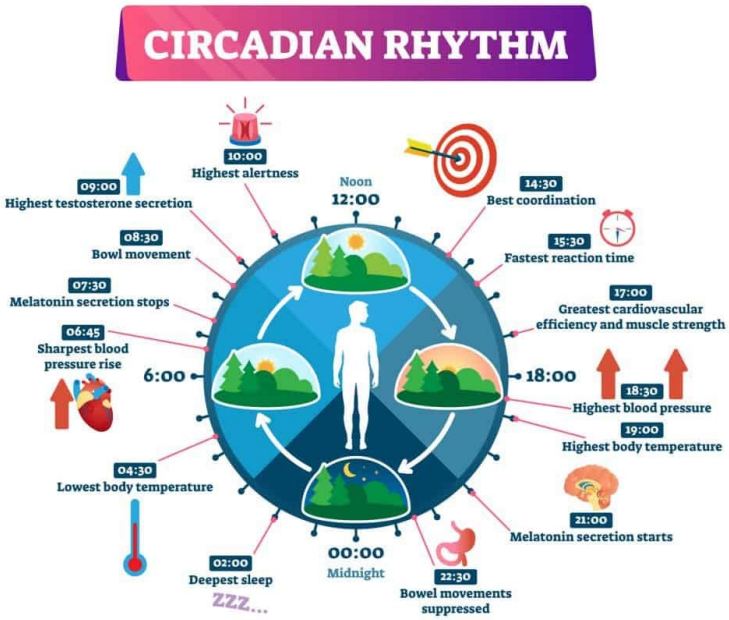
2. ลดศักยภาพในการมองเห็น มลพิษทางแสงส่งผลกระทบต่อความสามารถในการมองเห็นท้องฟ้าในตอนกลางคืนของผู้คนในยุโรปและอเมริกา โดยพบว่า 99% ของประชากรอาศัยอยู่ใต้ท้องฟ้าที่สว่างกว่าปกติเกือบ 10% นั้นหมาย-ความว่าประชากรส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ศักยภาพของดวงตาอย่างเต็มที่ และเนื่องจากเรตินาของดวงตามนุษย์สามารถปรับเซลล์รับแสงตามธรรมชาติเพื่อให้มองเห็นในเวลากลางคืนได้ แต่เพราะมลภาวะทางแสงจึงทำให้ผู้คน 37% ที่อาศัยอยู่ในอเมริกาสูญเสียความสามารถนี้ไป

8.3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพ

1. ขัดขวางการทำงานนาฬิกาชีวิต (circadian rhythm) มลภาวะทางแสงสามารถทำลายวงจรธรรมชาติของร่างกายที่เรียกว่า circadian rhythms ซึ่งเป็นรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและระบบประสาทที่เกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมง และเกี่ยวข้องกับวงจรการตื่นและหลับ หมายความว่ามลพิษทางแสงสามารถรบกวนรูปแบบธรรมชาติของการนอนหลับและการตื่นของระบบในร่างกาย นำไปสู่คุณภาพการนอนที่ไม่ดี ความเมื่อยล้า และปัญหาสุขภาพอื่น ๆ ตามมา

2. ระงับการผลิตฮอร์โมนเมลาโทนิน มลภาวะทางแสงสามารถยับยั้งการผลิตฮอร์โมนเมลาโทนินในมนุษย์ได้แม้อยู่ในระดับที่ต่ำ เมลาโทนินเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการนอนหลับและการตื่นตัว ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาจากต่อมไพเนียลในสมองเพื่อตอบสนองต่อความมืด เมื่อมีมลภาวะทางแสงโดยเฉพาะแสงสีฟ้าจากหลอดไดโอด (LED) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การปล่อยเมลาโทนินจะถูกระงับ ทำให้นอนหลับไม่สนิท ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและการตอบสนองต่อความเครียด

3. เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง มลภาวะทางแสงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่เพิ่มโอกาสในการเป็นมะเร็ง เช่น มะเร็งเต้านมหรือมะเร็งต่อมลูกหมาก การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการสัมผัสกับแสงประดิษฐ์ในเวลากลางคืนสามารถขัดขวางการผลิตเมลาโทนินซึ่งมีความเชื่อมโยงกับโอกาสเสี่ยงที่จะทำให้เกิดมะเร็งบางชนิด



รูปที่ 8.4: การทำงานนาฬิกาชีวิต
(ที่มา : https://prescriptionhope.com/)

8.3.3 ผลกระทบต่อพฤติกรรมของสัตว์ป่า

1. รบกวนการล่าเหยื่อของค้างคาว พื้นที่ล่าเหยื่อของค้างคาวจะได้รับผลกระทบจากมลพิษทางแสง เนื่องจากแมลงที่เป็นเหยื่อของพวกมันจะถูกดึงดูดไปยังแหล่งกำเนิดแสง ทำให้พื้นที่ล่าค้างคาวมีเหยื่อที่น้อยลง ยิ่งไปกว่านั้นแสงประดิษฐ์ที่ถูกติดตั้งอยู่ใกล้ที่อาศัยค้างคาวจะสร้างความสับสนและปิดกั้นไม่ให้พวกมันออกมาหาอาหารได้ จนทำให้พวกมันเกิดความอดอยากขึ้น

2. ทำให้เกิดการคลอดก่อนกำหนดของตัวตัววอลลาบี การวิจัยเกี่ยวกับวัฏจักรการสืบพันธุ์ของตัววอลลาบีได้เปิดเผยว่าตัววอลลาบีที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณที่มีมลภาวะทางแสง เช่น ฐานทัพเรือ จะคลอดลูกเร็วกว่าปกติหลายสัปดาห์ เมื่อเทียบกับตัวที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบท

3. สร้างความสับสนให้กับลูกเต่าแรกเกิด สำหรับลูกเต่าแรกเกิดนั้น การเห็นมีแสงประดิษฐ์สามารถกำหนดชีวิตระหว่างความเป็นกับความตายได้เลยทีเดียว เพราะแสงจากหลอดไฟอาจทำให้ลูกเต่าเกิดความสับสนจนทำให้พวกมันหลงเดินทางเข้าไปในเขตชุมชน ซึ่งสุดท้ายพวกมันมักจะถูกฆ่าโดยผู้ล่าหรือการจราจร (รูปที่ 8.5)

4. รบกวนการอพยพ เต่าทะเลและนกที่ใช้แสงจากดวงจันทร์ในการนำทางระหว่างการอพยพอาจเกิดความสับสนและหลงทางได้เมื่อถูกรบกวนด้วยมลพิษทางแสง ส่งผลให้เกิดการล้มตายได้ (รูปที่ 8.6)

5. ลดจำนวนแมลง แมลงจำนวนมากซึ่งเป็นแหล่งอาหารหลักของนกและสัตว์อื่น ๆ จะถูกดึงดูดไปยังแสงประดิษฐ์และถูกฆ่าเมื่อสัมผัสกับแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 8.5: เต่าแรกเกิดที่กำลังเดินทางไปยังแสงไฟ
(ที่มา : Courtesy of Blair Witherington)

6. เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและสรีรวิทยา จากการศึกษานกแบล็กเบิร์ดในประเทศเยอรมนีพบว่าทั้งเสียงจากการจราจรและแสงประดิษฐ์ในตอนกลางคืนทำให้นกในเมืองตื่นตัวเร็วกว่านกในพื้นที่ธรรมชาติ โดยจะตื่นและร้องเพลงเร็วกว่านกในชนบทถึงห้าชั่วโมงในตอนเช้า

7. เปลี่ยนแปลงระบบนิเวศทางทะเล สัตว์ทะเลโดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์ที่กินอาหารโดยการกรอง เช่น ละอองทะเลและขนแปรงทะเล จะตั้งถิ่นอาศัยอยู่ใกล้แผงหลอดไฟที่ให้แสงสว่าง แสดงว่าแสงจากแหล่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นแท่นขุดเจาะน้ำมัน เรือประมงที่แล่นผ่าน หรือท่าเรืออาจทำให้ระบบนิเวศทางทะเลเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

8. สร้างความไม่สมดุลต่อระบบนิเวศ มลภาวะทางแสงสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติตอนกลางคืนของสัตว์กลางคืน ทำให้ยากต่อการเดินทาง การล่า และการซ่อนตัวของเหยื่อจากผู้ล่า ผู้ล่าใช้แสงในการล่าและเหยื่อใช้ความมืดเป็นที่กำบัง ความสว่างที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันจากมลพิษทางแสงอาจทำให้ผู้ล่าจับเหยื่อได้ยากขึ้นและในทางเดียวกันเหยื่อก็ยากจะซ่อนตัวจากผู้ล่า ซึ่งอาจส่งผลกระทบอย่างมากต่อความสมดุลของระบบนิเวศ

9. รบกวนการขยายพันธุ์ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก แสงประดิษฐ์สามารถรบกวนกิจกรรมกลางคืนของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกได้ โดยเข้าไปขัดขวางการผสมพันธุ์ของพวกมันทำให้จำนวนประชากรลดลง และสามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เนื่องจากสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีบทบาทสำคัญทั้งในฐานะผู้ล่าและเหยื่อ (รูปที่ 8.7)



รูปที่ 8.6: แสงจากหลอดไฟสร้างความสับสันต่อการอพยพของนก
(ที่มา : Courtesy of Blair Witherington)



รูปที่ 8.7: มลพิษทางแสงรบกวนการผสมพันธุ์ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ
(ที่มา : www.ft.com)



รูปที่ 8.8: แสงที่มากเกินไปที่กระจายออกมาจากเมือง
(ที่มา : Rawpixel)

8.3.4 ผลกระทบต่อพลังงานและการเงิน

มลพิษทางแสงที่เกิดจากแสงกลางแจ้งที่มากเกินไปอย่างไม่จำเป็นส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานมหาศาลโดยใช่เหตุ และยังส่งผลกระทบด้านลบต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย การสำรวจพบว่าแสงสว่างกลางแจ้งในสหรัฐอเมริกาเพียงแห่งเดียวใช้พลังงานทั้งหมด 120 เทราวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งโดยส่วนใหญ่ใช้สำหรับส่องสว่างให้กับถนนและลานจอดรถ ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าอย่างน้อยประมาณ 30% ของแสงภายนอกอาคารในสหรัฐฯสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ คิดเป็นมูลค่า 3.3 พันล้านดอลลาร์ และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาถึง 21 ล้านตันต่อปี ซึ่งปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์นี้สามารถชดเชยได้ด้วยการปลูกต้นไม้ถึง 875 ล้านต้นต่อปี (รูปที่ 8.8)

8.4 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด

การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด (dark sky preserve) มีขึ้นเพื่อเป็นการตอบสนองกับปัญหาที่เกิดขึ้น จึงมีการก่อตั้งองค์กรท้องฟ้ามืดสากล (International Dark-Sky Association, IDA) (รูปที่ 8.9) ขึ้นในปี 2531 โดยมีเป้าหมายในการอนุรักษ์ท้องฟ้ายามค่ำคืนให้ไว้สำหรับคนรุ่นปัจจุบันและอนาคต ซึ่งหนึ่งในกลยุทธ์หลักของ IDA คือการส่งเสริมหลักปฏิบัติให้มีการใช้แสงสว่างกลางแจ้งอย่างมีความรับผิดชอบ เช่น การใช้โคมไฟที่มีการป้องกันเพื่อบังคับแสงให้ส่องลงด้านล่างรวมถึงการให้ใช้แสงที่มีความเข้มต่ำหากเป็นไปได้ นอกจากนี้ IDA ยังทำงานร่วมกับฝ่ายบุคคล องค์กร และรัฐบาลเพื่อสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับปัญหามลภาวะทางแสงโดยรอบ และส่งเสริมการอนุรักษ์ท้องฟ้าในตอนกลางคืนอีกด้วย โดยมีการควบคุมแสงอย่างเข้มงวดเพื่อลดผลกระทบต่อท้องฟ้า นอกจากนี้ยังมีอีกหลายวิธีในการลดมลพิษทางแสงที่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพของมนุษย์และสัตว์ป่า เช่น



รูปที่ 8.9: ตราสัญลักษณ์ของ International Dark-Sky Association (IDA)
(ที่มา : https://www.darksky.org/)

1. ใช้ไฟกลางแจ้งเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และปิดเมื่อไม่ใช้งาน
2. ใช้โคมไฟที่มีเกราะป้องกันแสงเพื่อให้แสงส่องลงมาด้านล่างไม่กระจายขึ้นบนท้องฟ้า
3. ใช้แสงไฟสีโทนร้อน (เช่น เหลืองอำพัน) แทนแสงไฟสีโทนเย็น (เช่น น้ำเงิน ขาว) เพราะจะ ไม่รบกวนสัตว์ป่าและท้องฟ้าตอนกลางคืน
4. ใช้เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและตัวจับเวลาเพื่อควบคุมแสงกลางแจ้ง
5. ให้ความรู้แก่ผู้คนเกี่ยวกับผลกระทบของมลพิษทางแสงและกระตุ้นให้ปฏิบัติตามเพื่อลดมลพิษ
6. ส่งเสริมการใช้แสงที่มีความเข้มน้อย เช่น หลอดไฟโซเดียมความดันต่ำ (LPS) และหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)
7. การนำระบบไฟ "อัจฉริยะ" ที่สามารถปรับความสว่างและสีตามเวลาของวันและสภาพอากาศมาใช้

ทั้งนี้ IDA กล่าวว่า มนุษย์เราสามารถมองเห็นและชื่นชมความงามของท้องฟ้าที่เต็มไปด้วยดวงดาวมากมายได้ไม่ถึง 100 ปีที่ผ่านมา เพราะการเติบโตอย่างรวดเร็วของเมือง ทำให้ผู้คนหลายล้านคนไม่มีทางที่จะเห็นทางช้างเผือกที่พวกเราอาศัยอยู่ เนื่องจากอาจกำลังถูกปิดกั้นการมองเห็นด้วยแสงที่ส่องสว่างอยู่เหนือหัวจากเมืองตลอดเวลา ตัวอย่างเหตุการณ์ที่สำคัญที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบนี้ คือ เหตุการณ์ไฟฟ้าดับครั้งใหญ่ในปี 2546 ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้คน 55 ล้านคนที่อาศัยในทางตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกาและบางส่วนของแคนาดา (รูปที่ 8.10) รวมถึงเมืองใหญ่อย่างนิวยอร์กและโตรอนโต ในช่วงขณะที่ไฟฟ้าดับผู้คนจำนวนมากสามารถมองเห็นทางช้างเผือกแม้ว่าจะอาศัยอยู่ในใจกลางเมืองโตรอนโตที่มีประชากรถึง 250,000 คน การเห็นทางช้างเผือกนี้อาจเป็นครั้งแรกและครั้งเดียวในชีวิตของคนหลาย ๆ คน ดังนั้นเหตุการณ์ดังกล่าวจึงเป็นเครื่องเตือนใจว่ามลภาวะทางแสงส่งผลต่อการมองเห็นท้องฟ้ายามค่ำคืนของชาวเมืองมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 8.10: ภาพถ่ายก่อนและขณะไฟฟ้าดับในทางตะวันออกเฉียงเหนือปี 2546 ในทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา และบางส่วนของแคนาดา ซึ่งเป็นเหตุการณ์ไฟดับครั้งใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อผู้คน 55 ล้านคน
(ที่มา : Todd Carlson)

อีกหนึ่งกรณีศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของการลดมลภาวะทางแสง คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเมืองลาปาลมา (รูปที่ 8.11) ซึ่งเป็นหนึ่งในหมู่เกาะคะเนรี เกาะนี้เป็นที่ตั้งของหอดูดาว Roque de los Muchachos และเป็นที่ตั้งของกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่หลายตัว รวมถึงกล้องโทรทรรศน์ William Herschel และกล้องโทรทรรศน์ Gran Telescopio Canarias (GTC) ซึ่งเป็นหนึ่งในกล้องโทรทรรศน์แบบใช้แสงที่ใหญ่ที่สุดในโลก ในปี 1990 หอดูดาวและรัฐบาลท้องถิ่นตระหนักว่ามลพิษทางแสงที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดความยากลำบากในการทำวิจัยของนักดาราศาสตร์ ดังนั้นเพื่อปรับปรุงมลพิษทางแสง ทางรัฐบาลได้ออกกฎระเบียบออกมาบังคับใช้ และนี่คือตัวอย่าง

1. ไฟถนนทุกดวงต้องใช้ตัวครอบตัดแสงเพื่อควบคุมแสงทั้งหมดให้ลงด้านล่าง และไม่อนุญาตให้ใช้โคมไฟที่มีค่า upward light output ratio (ULOR) ซึ่งเป็นค่าที่บอกปริมาณเปอร์เซ็นที่อนุญาตให้แสงส่องขึ้นไปบนท้องฟ้า

2. ไฟประดับทุกดวงต้องปิดตอนเที่ยงคืน

3. ข้อบังคับกำหนดให้ไฟถนนต้องหรี่ลง 50% ในช่วงเวลาระหว่างเที่ยงคืนถึงรุ่งเช้า

4. มีการกำหนดปริมาณ “minimum utilance factor” ซึ่งเป็นปริมาณที่อธิบายถึงปริมาณแสงสว่างจากโคมไฟที่ส่องจริงไปบนพื้น โดยจะต้องมีค่า 50% หรือมากกว่านั้น

5. มีการใช้หลอดไฟ LED ประเภท Phosphor-converted (PC) ซึ่งให้แสงสีเหลืองอำพันคล้ายกับแสงสีส้มของหลอดไอโซเดียม แทนการใช้หลอดไฟ LED สีขาวที่ให้สีน้ำเงิน



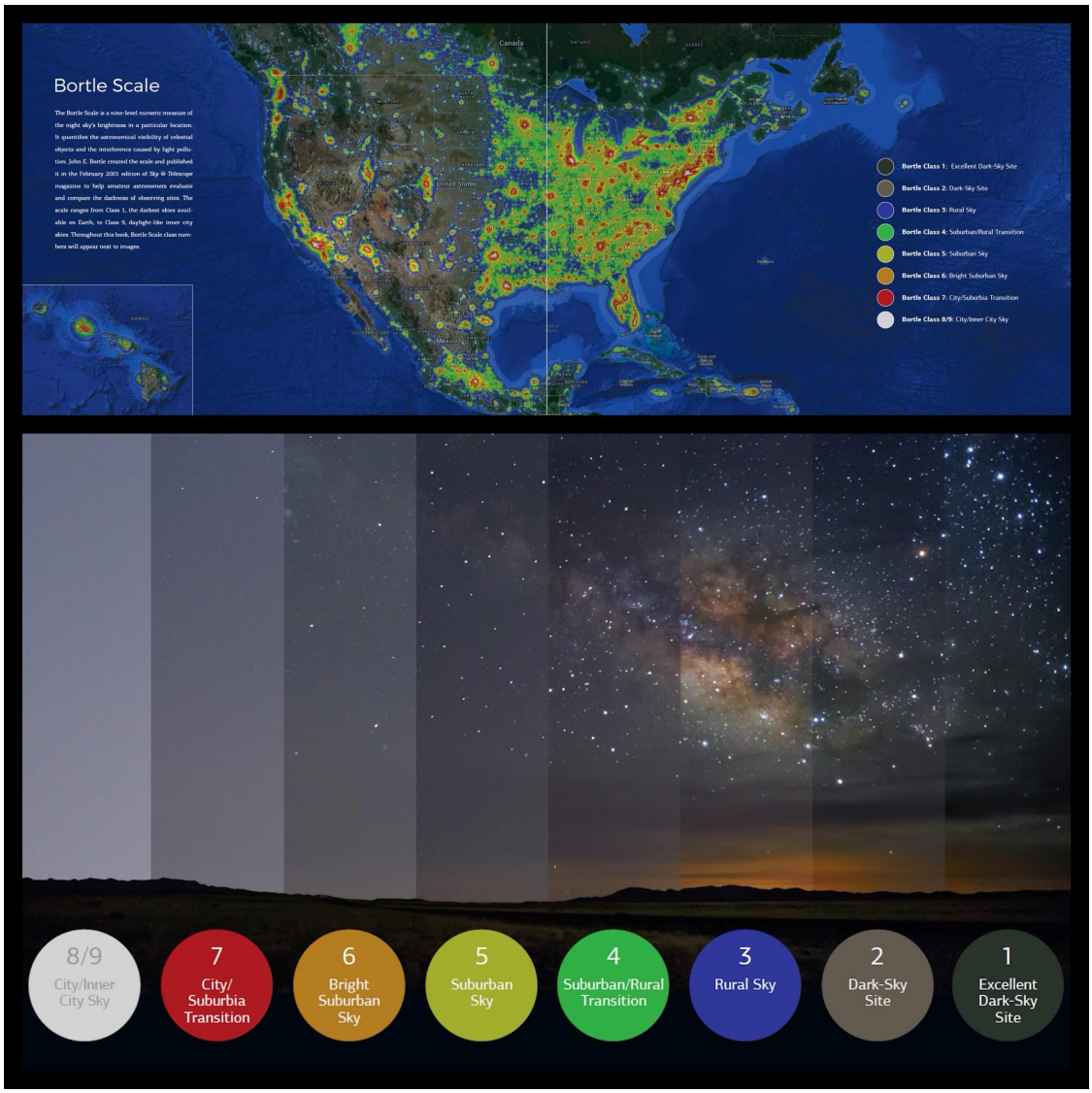
รูปที่ 8.11: ท้องฟ้ายามค่ำคืนของเมืองลาปาลมา
(ที่มา : www.ionescuvlad.com)

ผลจากความพยายามนี้ ทำให้ท้องฟ้าเหนือเมืองลาปาลมากลายเป็นท้องฟ้าที่มืดที่สุดแห่งหนึ่งของโลก และหอดูดาวแห่งนี้ได้กลายเป็นศูนย์กลางการวิจัยทางดาราศาสตร์ที่มีชื่อเสียงระดับนานาชาติ ในความเป็นจริง ลาปาลมาได้รับการกำหนดให้เป็น Starlight Tourism Destination ซึ่งเป็นความโดดเด่นระดับนานาชาติที่มอบให้โดย Starlight Foundation เพื่อเชิดชูให้เป็นสถานที่ที่มีท้องฟ้าคุณภาพยอดเยี่ยมเต็มไปด้วยดวงดาวและมีความมืดตามธรรมชาติ

8.5 มาตรวัดความมืดของท้องฟ้า

มาตรวัดความมืดของท้องฟ้า (Bortle Dark-Sky Scale) ได้รับการพัฒนาโดย John Bortle ในปี 2544 เพื่อเป็นวิธีคำนวณปริมาณความมืดของท้องฟ้าตอนกลางคืน ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ช่วยให้นักดาราศาสตร์มือสมัครเล่น สามารถประเมินและเปรียบเทียบความมืดของแต่ละพื้นที่สังเกตการณ์ได้ มาตราส่วนมีตั้งแต่ระดับ 1 (ท้องฟ้ามืดสนิท) ถึงระดับ 9 (ท้องฟ้าชั้นในของเมือง) แต่ละระดับชั้นแสดงถึงปริมาณความสว่างของแสงที่มีหน่วยเป็น magnitudes per square arcsecond (mpsas) และแสดงถึงคุณลักษณะของท้องฟ้าตอนกลางคืน เช่น จำนวนดาวที่มองเห็นได้ การมองเห็นของวัตถุบนท้องฟ้า และการมีอยู่ของมลพิษทางแสง ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่สำรวจมี Bortle Dark-Sky Scale ในระดับ 3 หรือต่ำกว่าถือได้ว่าพื้นที่นี้เป็นเขตท้องฟ้ามืดเหมาะสำหรับการดูดาว มาตราส่วนนี้มักใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งที่ดีที่สุดสำหรับการดูดาวและสังเกตปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ (รูปที่ 8.12)

เครื่องวัดความสว่างท้องฟ้า (Sky Quality Meter, SQM) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความสว่างของท้องฟ้าตอนกลางและกำหนดระดับมลพิษทางแสงในพื้นที่ หน่วยวัดความสว่างของท้องฟ้าเรียกว่า "magnitudes per square arcsecond (mpsas)" โดยที่อ่านค่าได้มีสูงเท่าไร ท้องฟ้าก็ยิ่งมืดลงและสภาพการดูดาวก็จะดีขึ้นเท่านั้น ถ้าค่าที่อ่านได้อยู่หว่าง 20-21 ถือว่าเป็นท้องฟ้ามืดเหมาะสำหรับการดูดาว แต่ถ้าค่าที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 16-17 แมกนิจูด แสดงว่าท้องฟ้าได้รับผลกระทบ



รูปที่ 8.12: แผนที่มลพิษทางแสง (ด้านบน) และแผนภาพแสดงค่าที่อ่านได้กับความมืดท้องฟ้า (ด้านล่าง)
(ที่มา : skyglowproject.com)

จากมลพิษทางแสงไม่เหมาะต่อการดูดาว การอ่านค่า SQM สามารถใช้เพื่อเปรียบเทียบความมืดของท้องฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ และกำหนดผลกระทบของมลพิษทางแสงต่อความมืดของท้องฟ้ายามค่ำคืนได้เป็นอย่างดี

8.6 การรับรองเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากล

โครงการเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากลสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. **เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ (International Dark Sky Parks)** เป็นพื้นที่สาธารณะหรือส่วนตัวขนาดใหญ่ที่ได้รับการคุ้มครองเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและมีท้องฟ้ายามค่ำคืนที่โดดเด่น สามารถสร้างความบันเทิงให้กับสาธารณชนและสนับสนุนด้านการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ อุทยานธรรมชาตินี้จะต้องมีมลภาวะ

ทางแสงที่น้อย โดยพื้นที่หลักจะต้องมีความสว่างของท้องฟ้าตอนกลางคืนอยู่ที่ 21.2 mpsas หรือมืดกว่านั้น ตัวอย่างเช่น Grand Canyon-Parashant National Monument และ Big Bend National Park โดยในประเทศไทยมี

2. **เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่ชุมชน (International Dark Sky Communities)** เป็นเมืองหรือชุมชนที่ให้คำมั่นสัญญาที่จะรับผิดชอบต่อการใช้แสงสว่างในที่กลางแจ้งและมีการส่งเสริมการรับรู้เกี่ยวกับท้องฟ้ามืดในชุมชนของตน นอกจากนั้นชุมชนจะต้องมีกฎหมายว่าด้วยแสงสว่างและมีโปรแกรมการศึกษาทั่วทั้งชุมชน อย่างไรก็ตามทาง IDA ไม่มีข้อเรียกร้องเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณภาพความสว่างของท้องฟ้าตอนกลางคืนสำหรับหมวดหมู่นี้ เช่น เขตอนุรักษ์เมือง Flagstaff รัฐแอริโซนา และหมู่บ้าน Homer Glen รัฐอิลลินอยส์

3. **เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่เขตสงวน (International Dark Sky Reserves)** เป็นการรวมกลุ่มของพื้นที่ที่ได้รับการคุ้มครอง ชุมชนโดยรอบ และพื้นที่ส่วนบุคคล เพื่อส่งเสริมการใช้แสงสว่างกลางแจ้งอย่างมีความรับผิดชอบ และให้ความรู้เกี่ยวกับคุณค่าของท้องฟ้ามืด โดยพื้นที่แกนกลางต้องมีความสว่างของท้องฟ้าตอนกลางคืน 20 mpsas หรือมืดกว่านั้น นอกจากนั้นผู้ร่วมจะต้องมีแผนการจัดการ มีข้อสัญญามุ่งมั่นที่จะลดมลภาวะทางแสง และสร้างโครงการด้านการศึกษาเพื่อสาธารณะประโยชน์

4. **เขตรักษาพันธุ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (International Dark Sky Sanctuaries)** เป็นสถานที่ที่อยู่ในเขตป่าธรรมชาติ ซึ่งถูกกำหนดให้มีการปกป้องสภาพแวดล้อมและแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าอย่างเข้มงวด จะต้องเป็นพื้นที่ที่มีมลพิษทางแสงที่น้อย มีความสว่างของท้องฟ้าตอนกลางคืนอยู่ที่ 21.5 mpsas หรือมืดกว่านั้น และต้องมีการเข้ามาพัฒนาพื้นที่ของมนุษย์น้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น Gabriela Mistral Dark Sky Sanctuary ประเทศชิลี และ Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve ประเทศนิวซีแลนด์

5. **เขตรักษาพันธุ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่เมือง (International Dark Sky Urban Places)** เป็นพื้นที่เมืองที่ต้องเป็นสวนสาธารณะของเทศบาล เป็นพื้นที่เปิดโล่ง มีจุดชมวิว หรือพื้นที่มีลักษณะคล้ายกันอยู่ภายในระยะ 50 กิโลเมตร โดยเมืองจะต้องมีประชากรอย่างน้อย 10,000 คน หรือ 50,000 คนถ้าหากมีส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่ของเมืองใหญ่ อย่างไรก็ตามทาง IDA ไม่มีข้อเรียกร้องเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณภาพความสว่างของท้องฟ้าตอนกลางคืนสำหรับหมวดหมู่นี้

แต่ละประเภทจะมีวิธีการของใบรับรองเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดแตกต่างกัน ตามการจัดการที่ดิน ขนาด และคุณภาพท้องฟ้า ซึ่งล้วนถูกกำหนดโดย IDA เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าพื้นที่นั้นสามารถรักษาความมืดของท้องฟ้ายามค่ำคืนและส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้ เพราะการได้รับหนังสือรับรองพื้นที่นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงความแข็งแกร่งและความร่วมมือของชุมชนที่จะปกป้องท้องฟ้ามืดเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ ในการขอใบรับรอง ใบสมัครจะได้รับการตรวจสอบโดยคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญด้านท้องฟ้ามืดและผู้สมัครที่ประสบความสำเร็จก่อนหน้านี้ หลังจากที่พื้นที่นั้นได้รับการรับรอง IDA จะทำงานร่วมกับผู้คนในชุมชนเพื่อสนับสนุนให้เกิดอาชีพและสร้างการมีตัวตนของชุมชน เพื่อดึงดูดคนให้เข้ามาท่องเที่ยวและสร้างกิจกรรมทางเศรษฐกิจให้กับท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม IDA ยังคงมีการติดตามชุมชนโดยให้มีการส่ง

เอกสารอัปเดตสถานะเป็นประจำ เพื่อเป็นหลักประกันว่าสถานที่ที่ได้รับการรับรองจะยังคงรักษาคำมั่นสัญญาในการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดเอาไว้

8.7 เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติแบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

1. **อุทยานท้องฟ้ามืด (Dark Sky Park)** คือ เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ที่รักษาและสงวนท้องฟ้าในเวลากลางคืนให้มีความมืดที่เหมาะสม ด้วยวิธีการใช้แสงสว่างอย่างระมัดระวัง เหมาะสมต่อการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางแสง (Light Pollution) ที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ การสิ้นเปลืองพลังงาน ความปลอดภัย และการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ รวมทั้งเป็นแหล่งเรียนรู้ แหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และเชิงดาราศาสตร์ ที่ช่วยเผยแพร่และสร้างความตระหนักถึงผลกระทบของมลภาวะทางแสงแก่ประชาชน และมีค่าความมืดท้องฟ้าอยู่ในระดับที่สามารถสังเกตเห็นวัตถุท้องฟ้า เช่น ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ กลุ่มดาว กระจุกดาว เนบิวลา หรือทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า โดยพื้นที่อุทยานที่ขึ้นทะเบียนและอยู่ในระหว่างดำเนินการ ได้แก่
    - อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง
    - อุทยานแห่งชาติผาแต้ม
    - เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว
    - อุทยานแห่งชาติป่าหินงาม
    - อุทยานแห่งชาติภูแลนคา
    - อุทยานแห่งชาติทับลาน
    - อุทยานแห่งชาติน้ำตกเจ็ดสาวน้อย
    - อุทยานแห่งชาติแม่วงศ์
    - วนอุทยานน้ำตกผาหลวง
    - อุทยานแห่งชาติปางสีดา
    - อุทยานแห่งชาติตาพระยา
    - อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่
    - เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดงใหญ่
2. **ชุนชนอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด (Dark Sky Communities)** คือ เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในพื้นที่ชุมชน เช่น หมู่บ้าน เทศบาล ตำบล ที่รักษาและสงวนท้องฟ้าในเวลากลางคืนให้มีความมืดที่เหมาะสม ภายใต้การร่วมมือและสนับสนุน



รูปที่ 8.13: อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง
(ที่มา : https://darksky.narit.or.th/)

จากประชาชน ด้วยวิธีการใช้แสงสว่างอย่างระมัดระวัง เหมาะสมต่อการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางแสง (Light Pollution) ที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ การสิ้นเปลืองพลังงาน ความปลอดภัยบนท้องถนน และการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ รวมทั้งเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และเชิงดาราศาสตร์ ที่ช่วยเผยแพร่และสร้างความตระหนักถึงผลกระทบของมลภาวะทางแสงแก่ประชาชน อาทิ บริเวณอ่างเก็บน้ำ เขื่อน สวนสาธารณะ มีค่าความมืดท้องฟ้าอยู่ในระดับที่สามารถสังเกตเห็นวัตถุท้องฟ้า เช่น ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ กลุ่มดาว กระจุกดาว เนบิวลา หรือทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า โดยในประเทศไทย มีบ้านออนใต้ สันกำแพง ที่ขึ้นทะเบียนแล้วเท่านั้น

3. **เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดส่วนบุคคล (Dark Sky Properties)** คือ เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในบริเวณพื้นที่ส่วนบุคคล เช่น รีสอร์ท โรงแรม ฟาร์ม ศูนย์การเรียนรู้ ที่รักษาและสงวนท้องฟ้าในเวลากลางคืนให้มีความมืดที่เหมาะสม ด้วยวิธีการใช้แสงสว่างอย่างระมัดระวัง เหมาะสมต่อการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางแสง (Light Pollution) มีความปลอดภัยและสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ที่สนใจ เผยแพร่และสร้างความตระหนักถึงผลกระทบของมลภาวะทางแสง มีค่าความมืดท้องฟ้าอยู่ในระดับที่สามารถสังเกตเห็นวัตถุท้องฟ้า เช่น ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ กลุ่มดาว กระจุกดาวเปิด หรือทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า โดยพื้นที่เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในพื้นที่ส่วนบุคคลที่ขึ้นทะเบียนแล้วหรืออยู่ในระหว่างดำเนินการ ได้แก่

    - โรงแรม เดอะ เปียโน รีสอร์ท เขาใหญ่ จ.นครราชสีมา
    - สนามมวกเหล็กเอทีวี จ.สระบุรี
    - ไร่องุ่นไวน์ อัลซิดินี่ จ.นครราชสีมา
    - โรงแรมเรนทรี เรซิเดนซ์ เขาใหญ่ จ.นครราชสีมา



รูปที่ 8.14: อุบ้านออนใต้ สันกำแพง
(ที่มา : https://darksky.narit.or.th/)

- บ้านไร่ยายชะพลู จ.สระบุรี
- ไร่องุ่นไวน์กราน-มอนเต้ จ.นครราชสีมา
- บ้านไร่อนุสรา จ.สระบุรี (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- สุนทรการ์เด้น จ.สระบุรี (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- สนามแมค(MAC) จ.สระบุรี (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- Mela Garden Retreat Cottage จ.สระบุรี (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- ฟาร์มสเตย์ไร่คืนรัง จ.นครราชสีมา (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- คีรีมาลา – Khirimala จ.ราชบุรี (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- บ้านลานนาเชียงดาว จ.เชียงใหม่ (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- Villa De View จ.เชียงใหม่ (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- อุ่นฟ้าอิงดาวแคมป์ปิ้ง จ.นครราชสีมา (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- ไร่เขาน้อยสุวณา จ.นครราชสีมา (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

4. **เขตอนุรักษ์ท้องฟ้าในพื้นที่ชานเมือง (Dark Sky Suburbs)** คือ เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในพื้นที่ชานเมือง มีลักษณะเป็นลานโล่ง สามารถจัดกิจกรรมการสังเกตการณ์ท้องฟ้าได้โดยรอบ มีการใช้แสงสว่างอย่างระมัดระวัง เหมาะสมต่อการใช้งาน มีความปลอดภัยและสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ที่มาใช้บริการพื้นที่ โดยมีค่าความมืดท้องฟ้าต้องอยู่ใน



รูปที่ 8.15: โรงแรม เดอะ เปียโน รีสอร์ท เขาใหญ่
(ที่มา : https://darksky.narit.or.th/)

ระดับที่สามารถสังเกตเห็นวัตถุท้องฟ้า เช่น ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ กลุ่มดาว ได้ด้วยตาเปล่า โดยพื้นที่เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในพื้นที่ชานเมือง ได้แก่

- อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร
- หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติฯ นครราชสีมา
- หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติฯ ฉะเชิงเทรา
- หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติฯ สงขลา

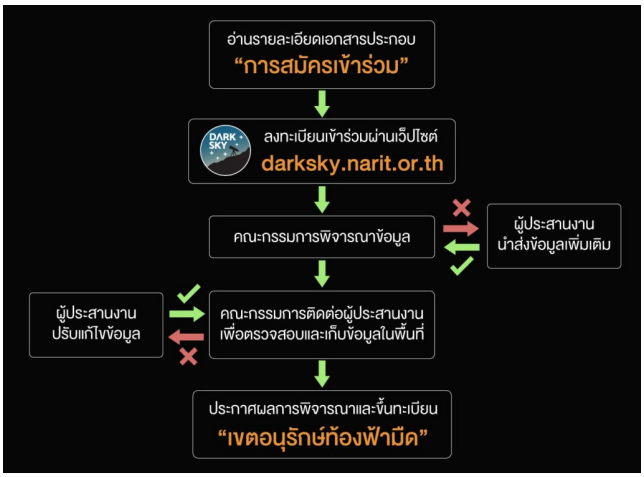
โดยขั้นตอนการสมัครเข้าร่วมสามารถอ่านเงื่อนไขและหลักเกณฑ์ในการพิจารณาได้ที่ https://darksky.narit.or.th/darkskyreserve/thailand และการสมัครมีรายละเอียดดังนี้

1. แนบเอกสารประกอบการสมัครที่มีรายละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์
2. เมื่อเจ้าหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลเรียบร้อย จะติดต่อกลับไปยังผู้ประสานงานเพื่อแจ้งผลการสมัครภายในระยะเวลา 30 วัน
3. ในกรณีที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาตามเอกสารประกอบการสมัคร สถาบันฯ จะดำเนินการเข้าตรวจสอบพื้นที่ตามเอกสารประกอบการสมัคร และวัดคุณภาพท้องฟ้า



รูปที่ 8.16: อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร
(ที่มา : https://darksky.narit.or.th/)

4. ประกาศผลการพิจารณา และขึ้นทะเบียนเป็นเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด ภายใต้การรับรองของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)



รูปที่ 8.17: ขั้นตอนการสมัครเข้าร่วม เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด
(ที่มา : https://darksky.narit.or.th/)

8.8 สรุป

จากเนื้อหาที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ มลพิษทางแสง ประเภทของมลพิษทางแสง ผลกระทบจากมลพิษทางแสง การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด มาตรวัดความมืดของท้องฟ้า เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากล เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ เป็นความรู้ที่นักศึกษาต้องเรียนรู้และเข้าใจและประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด

8.9 แบบฝึกหัด

1. จงยกตัวอย่างมลพิษทางแสงรอบที่อยู่อาศัยของนักศึกษา
2. ให้นักศึกษาสร้างนาฬิกาชีวิตของตนเองพร้อมอธิบาย
3. จงยกตัวอย่างเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดส่วนบุคคลที่นักศึกษารู้จักพร้อมอธิบายเหตุผล
4. จงอธิบายขั้นตอนการขอเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ
5. จงอธิบายแสงจากหลอดไฟสร้างความสับสันต่อการอพยพของนกอย่างไร

8.10 เอกสารอ้างอิง

1. Blanco County Night Sky *Light Pollution* เข้าถึงได้จาก https://www.blancocountynightsky.org/lightpollution.php
2. Durango.org (2022) **Ways to Reduce Light Pollution** เข้าถึงได้จาก https://www.durango.org/blog/post/ways-reduce-light-pollution/
3. Florida Atlantic University (FAU) Center for Environmental Studies (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://cescos.fau.edu/observatory/lightpol-astro.html
4. International Dark-Sky Association (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://www.darksky.org
5. Phys.org (2018) *Pollution threatens Chile's dark skies* เข้าถึงได้จาก https://phys.org/news/2018-02-pollution-threatens-chile-dark.html
6. National Geographic Education *Light Pollution* เข้าถึงได้จาก https://education.nationalgeographic.org/resource/light-pollution
7. Shanu, S. (2022) *Light Pollution in a Nut Shell* เข้าถึงได้จาก https://shanu95.medium.com/light-pollution-in-a-nut-shell-54fc0fb628f5

8. The Washington Post *astrotourism* เข้าถึงได้จาก . . https://www.washingtonpost.com/lifestyle/travel/dark-skies-designation-tourism-stargazing-astrotourism/2021/12/02/416b1466-4d43-11ec-b73b-a00d6e559a6e_story.html?fbclid=IwAR0QMO25gak9F3YrFmLeX6VVF2r0vpGoBorhd9ve-FU-ps7--8ZQMEpXwtY

9. Travel Oregon *Dark Sky Tourism Industry* เข้าถึงได้จาก https://industry.traveloregon.com/opportunities/programs-initiatives/outdoor-recreation/dark-sky-tourism/?fbclid=IwAR3uD-ytH_NeL0YudYdAdFi0q-8fMfaclyBI5BGeplMvrYSZlTFFgnbLxig

10. Vaoni.com *Light pollution and astronomy* เข้าถึงได้จาก https://vaonis.com/light-pollution-astronomy

11. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2565) *เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด* เข้าถึงได้จาก https://darksky.narit.or.th/.

แผนการสอนประจำบทที่ 9

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. สถานที่ตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดที่น่าสนใจ
2. วิธีค้นหาสถานที่ดูดาว
3. ช่วงเวลาของปีที่เหมาะสมกับการดูดาว
4. และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการตั้งแคมป์
5. กฎระเบียบในบริเวณตั้งแคมป์
6. กรณีศึกษาการจัดแคมป์ดูดาวเพื่อให้เป็นสถานที่ต้อนรับนักท่องเที่ยว

วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์
2. เข้าประยุกต์ใช้การจัดการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์

วิธีการสอนและกิจกรรมประจำบท

1. ผู้สอนบรรยายหัวข้อต่อไปนี้พร้อมเปิดโอกาสให้ซักถาม
2. กิจกรรมทำแบบฝึกหัดบท และอภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาพาเธอไปดูดาว และตำราต่าง ๆ
2. สไลด์การสอนพาวเวอร์พอยท์

การวัดและการประเมินผล

1. ประเมินจากการสังเกต การซักถาม ขณะสอน
2. จากการตรวจแบบฝึกหัดในแต่ละเรื่อง
3. ประเมินจากพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษา
4. ประเมินจากการทดสอบระหว่างภาคเรียนและปลายภาคเรียน

5. อภิปรายวิธีหาคำตอบร่วมกัน

บทที่ 9

การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์

เรียบเรียงโดย ดร.ธนายุทธ ช่างเรือนงาม



รูปที่ 9.1: การดูดาว
(ที่มา : Bettymaya Foott)

นโยบายของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) ที่ได้ผลักดันการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ (Dark Sky Tourism) ซึ่งเพิ่มสัดส่วนนักท่องเที่ยวคุณภาพ และเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายด้วยการทำการตลาดแบบเฉพาะ ผ่านการสร้างคุณค่าประสบการณ์ที่แตกต่างตลอดการเดินทาง ให้แก่กลุ่มนักท่องเที่ยวที่มีความสนใจพิเศษ (Hyper Personalization) เป็นผู้ชื่นชอบการดูดาว สนใจในด้านดาราศาสตร์ ชมปรากฏการณ์ดาราศาสตร์สำคัญที่เกิดขึ้นไม่บ่อยครั้ง เช่น สุริยุปราคา จันทรุปราคา ฝนดาวตก ประกอบกับในพื้นที่บริเวณภาคเหนือของไทยซึ่งเหมาะสมกับนโยบายดังกล่าว ดังนั้นนักศึกษาจึงควรเรียนรู้ในการการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์เพื่อนำไปพัฒนาพื้นที่ของตัวเองสำหรับสร้างรายได้อย่างยั่งยืนต่อไป

9.1 สถานที่ตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดที่น่าสนใจ

การตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืด เป็นรูปแบบที่ไม่เหมือนใครที่จะได้สัมผัสความงามของท้องฟ้ายามค่ำคืนที่ห่างไกลจากมลภาวะทางแสงของเมือง ช่วยให้สามารถสังเกตดวงดาว ดาวเคราะห์ และเทหวัตถุในท้องฟ้าอื่น ๆ ได้อย่างเต็มตา ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีในการดื่มด่ำกับธรรมชาติและตัดขาดจากโลกในชีวิตประจำวัน มีสถานที่หลายแห่งทั่วโลกที่ได้รับการรับรองให้เป็นเขตอนุรักษ์ฟ้ามืดสากลโดย International Dark-Sky Association (IDA) และนี่คือตัวอย่าง



รูปที่ 9.2: ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve
(ที่มา : Fraser Gunn)

1. Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve, New Zealand เขตสงวนแห่งนี้ตั้งอยู่ที่เกาะทางใต้ของนิวซีแลนด์และครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 4,300 ตารางกิโลเมตร มีชื่อเสียงโด่งเด่นในด้านของความมืดของท้องฟ้าตอนกลางคืน และเป็นจุดยอดนิยมสำหรับการดูดาวและการท่องเที่ยวทางดาราศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมทางดาราศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น การดูดาว การถ่ายภาพทางดาราศาสตร์ และการดูด้วยกล้องโทรทรรศน์ (รูปที่ 9.2)

2. Death Valley National Park, California อุทยานแห่งนี้ขึ้นชื่อว่าเป็นเขตอนุรักษ์ความมืดในพื้นที่อุทยานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศ จึงทำให้เป็นสถานที่ที่เหมาะสำหรับการดูดาว นอกจากนี้ยังถูกจัดอยู่ในระดับทองคำหรือ "Gold Tier" ในบรรดาเขตอนุรักษ์ความมืดอื่น ๆ ที่ได้รับการรับรองจาก IDA ซึ่งบ่งชี้ว่ามีมลพิษทางแสงน้อยมากและให้ทัศนียภาพที่ยอดเยี่ยมในการดูดวงดาว ดาวเคราะห์ กาแล็กซี และวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ อุทยานแห่งนี้ยังมีภูมิประเทศและระดับความสูงต่ำของพื้นที่ที่หลากหลาย ทำให้ได้รับประสบการณ์ที่แปลกใหม่ในการสัมผัสท้องฟ้ายามค่ำจากมุมมองที่แตกต่างกัน (รูปที่ 9.3)

3. Mauna Kea Observatory, Hawaii หอดูดาวนี้ตั้งอยู่บนยอดเขาเมานาเคอาในฮาวาย เป็นหนึ่งในหอดูดาวทางดาราศาสตร์ชั้นนำของโลกและเป็นที่ตั้งของกล้องโทรทรรศน์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก ดังนั้นจึงเป็นสถานที่ที่ยอดเยี่ยมที่สามารถมองเห็นสิ่งมหัศจรรย์บนท้องฟ้ามากมาย ทั้งทางช้างเผือก แถบของดาวพฤหัสบดี กลุ่มดาวหมีใหญ่และกลุ่มดาวนายพรานได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้เนื่องจากตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตร จึงสามารถมองเห็น 80% ของดาวฤกษ์ในซีกโลกได้ ส่งผลให้ 85% ของดาวทั้งหมดที่มองเห็นจากโลกสามารถมองเห็นได้จากภูเขาไฟเมานาเคอา (รูปที่ 9.4)

4. Atacama Desert, Chile ทะเลทรายแห่งนี้เป็นสถานที่ที่แห้งแล้งที่สุดในโลก มีปริมาณน้ำฝนเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยในแต่ละปี ทำให้ไม่เอื้ออำนวยต่อสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม สภาพอากาศที่แห้งและตั้งอยู่ในพื้นที่ราบสูง



รูปที่ 9.3: ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Death Valley
(ที่มา : Shutterstock)



รูปที่ 9.4: ภาพพาโนราม่าของท้องฟ้ายามค่ำคืนจาก Mauna Kea, Hawaii
(ที่มา : Joe Marquez)



รูปที่ 9.5: ท้องฟ้ายามค่ำคืนของทะเลทราบอะตาคามา
(ที่มา : www.fodors.com)

การไม่มีเมฆ ไม่มีการรบกวนของคลื่นวิทยุและมีมลภาวะทางแสงที่น้อยมาก ๆ จึงทำให้ที่นี่เป็นสถานที่ที่เหมาะสมมากสำหรับการดูดาว ทะเลทรายแห่งนี้ให้ทัศนียภาพที่ชัดเจนเหมาะสำหรับสำรวจกลุ่มดาวที่มีชื่อเสียงที่อยู่ในซีกโลกใต้ เช่น เนบิวลาทารันทูล่า, กระจุกดาราจักร Fornax, กลุ่มดาวกางเขนใต้ และเมฆแมกเจลแลนใหญ่ ด้วยเหตุนี้ที่นี่จึงเป็นสถานที่ที่ดีที่สุดในโลกสำหรับการดูดาว และเป็นจุดหมายปลายทางที่พลาดไม่ได้สำหรับนักท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ โดยจะมีบริษัททัวร์และโรงแรมในท้องถิ่นหลายแห่งพร้อมมอบประสบการณ์การดูดาว (รูปที่ 9.5)

5. NamibRand Nature Reserve, Namibia เขตสงวนนี้เป็นหนึ่งในสถานที่ที่แห้งแล้งที่สุดในโลก โดยปริมาณฝนเฉลี่ยเพียงสองนิ้วต่อปี ภูมิประเทศส่วนใหญ่ประกอบด้วยที่ราบหินลูกรัง ทุ่งหญ้าสะวันนาที่แห้งแล้ง และเนินทรายสีแดง แม้ว่าจะมีสภาพเลวร้ายต่อการอาศัยของสิ่งมีชีวิต แต่การมีท้องฟ้าที่ปลอดโปร่งทำให้เป็นโอกาสที่ยอดเยี่ยมในการดูดาว การไม่มีเมฆ ต้นไม้สูงหรือยอดเขามาปิดกั้น ก็ทำให้มั่นใจได้ว่าทัศนียภาพของท้องฟ้าในตอนกลางคืนนั้นจะไม่มีอะไรมาบดบังตลอดคืน (รูปที่ 9.6)

6. Big Bend National Park, USA อุทยานซึ่งตั้งอยู่ในรัฐเท็กซัสนี้กลายเป็นเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดที่ใหญ่ที่สุดในโลกหลังจากที่ได้รับการรับรองไปในช่วงฤดูใบไม้ผลิปี 2022 นี้ อุทยานมีพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมด 9 ล้านเอเคอร์ และมีส่วนหนึ่งอยู่ในทวีปอเมริกาเหนือซึ่งมีมลพิษทางแสงที่ต่ำมาก อุทยานนี้ถือได้ว่าเป็นอุทยานแห่งชาติที่มีมลพิษทางแสงน้อยที่สุดในบรรดา 48 รัฐของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นจึงเป็นสถานที่ที่ยอดเยี่ยมในการชมหมู่ดาว ดาวเคราะห์ และทางช้างเผือก (รูปที่ 9.7)

7. Exmoor National Park, UK อุทยานแห่งนี้เป็นเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดแห่งแรกของยุโรปในปี 2011 อุทยานแห่ง



รูปที่ 9.6: ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ NamibRand Nature Reserve
(ที่มา : Tumblr)



รูปที่ 9.7: ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Big Bend National Park
(ที่มา : localadventurer.com)



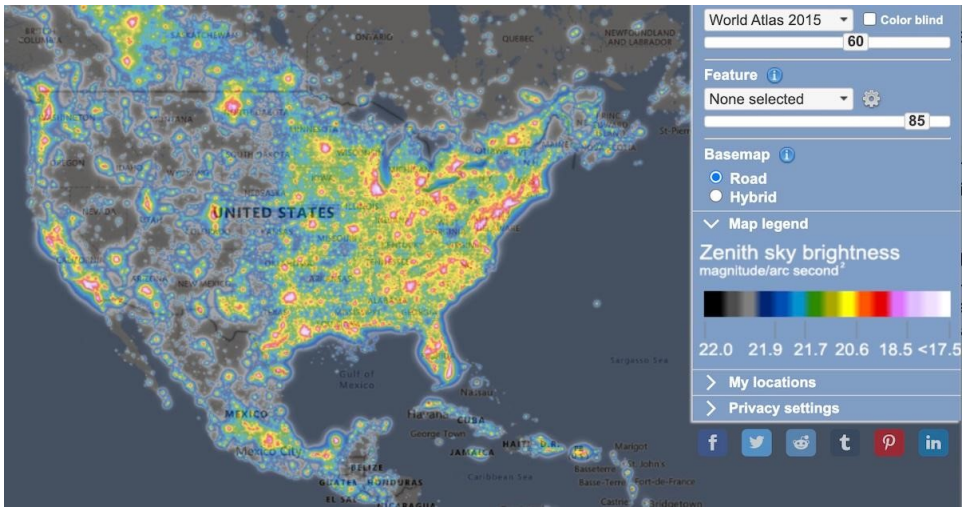
รูปที่ 9.8: ท้องฟ้ายามค่ำคืนของ Exmoor National Park
(ที่มา : www.thebestofexmoor.co.uk)

นี้มีท้องฟ้าตอนกลางคืนที่ชัดเจนที่สุดในยุโรป ซึ่งสามารถมองเห็นดวงดาวได้ถึง 3,000 ได้ในคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสที่-สุด เดือนที่ดีที่สุดสำหรับการดูดาวคือช่วงเดือนมีนาคมและเมษายนซึ่งเป็นช่วงที่ท้องฟ้ามืดที่สุดในสหราชอาณาจักร นอกจากนี้นักท่องเที่ยวยังมีโอกาสเห็นดาวตกในช่วงปลายฤดูร้อนอีกด้วย ทะเลสาบวิมเบิลบอลภายในอุทยานนี้เป็นจุดที่ดีอย่างยิ่งสำหรับการดูดาว เพราะไม่เพียงเห็นวิวท้องฟ้ายามค่ำคืนได้แบบไร้สิ่งกีดขวางแต่ยังอยู่ไกลจากย่านที่พักอาศัยซึ่งทำให้ท้องฟ้าด้านบนมืดสนิทตามธรรมชาติอีกด้วย (รูปที่ 9.8)

9.2 วิธีค้นหาสถานที่ดูดาว

สิ่งสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของการดูดาวและการตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดคือการหาสถานที่ที่ปราศจากมลพิษทางแสง มีแหล่งข้อมูลมากมายที่จะช่วยค้นหาสถานที่ที่สมบูรณ์แบบ เช่น

1. เขตท้องฟ้ามืดที่ได้รับรองจาก the International Dark-Sky Association (IDA) IDA เก็บรักษารายชื่อสถานที่ที่มีท้องฟ้ามืดที่ได้รับการรับรองไว้บนเว็บไซต์ ซึ่งรวมถึงอุทยานแห่งชาติ ชุมชน และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าในระดับสากล
2. แผนที่มลพิษทางแสง (light pollution map) เครื่องมือออนไลน์นี้ช่วยให้คุณเห็นระดับมลพิษทางแสงในพื้นที่ต่าง ๆ ของโลก ซึ่งสามารถซูมเข้าไปยังตำแหน่งที่ต้องการและดูว่าท้องฟ้าในบริเวณนั้นมืดแค่ไหน
3. บริการจากกรมอุทยานแห่งชาติ อุทยานแห่งชาติหลายแห่งมีการให้บริการโปรแกรมดูดาวและมีพื้นที่กำหนดไว้สำ-หรับดูดาว สามารถตรวจสอบเว็บไซต์ของกรมอุทยานฯ สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการดูดาวในอุทยานแห่งชาติ
4. ชมรมดาราศาสตร์ท้องถิ่น หากในท้องถิ่นมีชมรมดาราศาสตร์ท้องถิ่น ชมรมมักจะมีข้อมูลเกี่ยวกับจุดดูดาวที่ดีที่สุดในพื้นที่ และอาจจัดกิจกรรมดูดาวอีกด้วย



รูปที่ 9.9: แผนที่มลพิษทางแสง
(ที่มา : www.lightpollutionmap.info)

5. โซเชียลมีเดีย นักดูดาวและผู้ที่ชื่นชอบดาราศาสตร์หลายคนมักแบ่งปันประสบการณ์และคำแนะนำเกี่ยวกับจุดดูดาวบนแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียเช่น Instagram, Facebook และ Twitter

6. เว็ปไซต์ https://darksky.narit.or.th ค้นหาเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในประเทศไทย

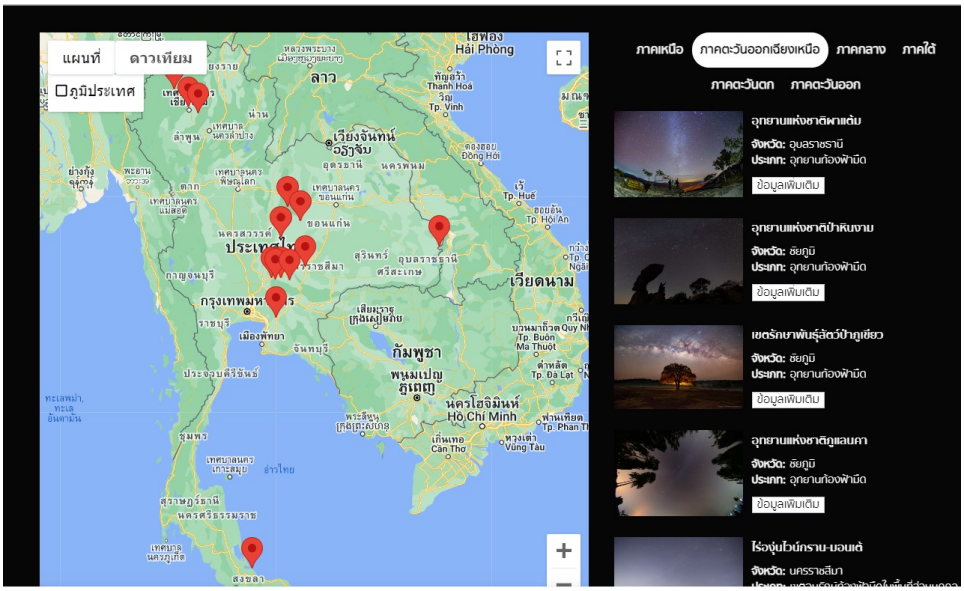
9.3 ช่วงเวลาของปีที่เหมาะสมกับการดูดาว

ช่วงเวลาที่ดีที่สุดสำหรับการดูดาวคือช่วงฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว และฤดูใบไม้ผลิ ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศเย็น กลางคืนจะยาวนานขึ้น และมีเวลามากขึ้นในการชมท้องฟ้ายามค่ำคืน ท้องฟ้าแจ่มใส ความชื้นต่ำ ฤดูกาลเหล่านี้ถือว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการดูดาว เนื่องจากมีท้องฟ้าแจ่มใส มีเมฆปกคลุมเล็กน้อยหรือไม่มีเลย และการไม่มีใบไม้จะทำให้มองเห็นท้องฟ้ายามค่ำคืนได้ดีขึ้น สภาพอากาศส่งผลต่อการมองเห็นท้องฟ้ายามค่ำคืนอย่างมาก เช่นเดียวกับข้างขึ้นข้างแรมก็เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากแสงจากพระจันทร์เต็มดวงอาจทำให้ยากต่อการเห็นดวงดาวและวัตถุที่อยู่ลึกลงไปในท้องฟ้า

9.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการตั้งแคมป์

การตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือบางอย่างเพื่อให้แน่ใจว่าจะได้รับประสบการณ์ที่ปลอดภัยและสนุกสนาน โดยสิ่งของจำเป็นที่ต้องนำมา ได้แก่

1. ไฟฉายคาดศีรษะหรือไฟฉายทั่วไป แนะนำให้ใช้ไฟฉายคาดศีรษะหรือไฟฉายที่มีการตั้งค่าแสงสีแดงเพื่อรักษาการมองเห็นในตอนกลางคืนและหลีกเลี่ยงการรบกวนผู้ตั้งแคมป์รายอื่น ดังรูปที่ 9.11



รูปที่ 9.10: แผนที่พิกัดเขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดในประเทศไทย
(ที่มา : https://darksky.narit.or.th)

2. กล้องส่องทางไกลหรือกล้องโทรทรรศน์ นำกล้องส่องทางไกลหรือกล้องโทรทรรศน์เพื่อส่องดูดวงดาวและดาวเคราะห์อย่างใกล้ชิด ดังรูปที่ 9.12

3. แผนที่และเข็มทิศหรือ GPS นำแผนที่ของพื้นที่และเข็มทิศหรืออุปกรณ์ GPS มาด้วยเพื่อให้แน่ใจว่าคุณสามารถเดินทางได้อย่างปลอดภัย ดังรูปที่ 9.13

4. แอปดาราศาสตร์ แอปมือถือสามารถนำเสนอข้อมูลมากมายเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นข้างบนท้องฟ้าโดยไม่คำนึงถึงสถานที่หรือเวลา ส่วนที่ดีที่สุดคือแม้ว่าคุณจะอยู่ในถิ่นทุรกันดารโดยไม่มีสัญญาณโทรศัพท์ คุณก็ยังสามารถใช้แอปพลิเคชันเหล่านี้เพื่อรับข้อมูลของท้องฟ้าได้ เพียงเล็งกล้องของโทรศัพท์ขึ้นไปบนท้องฟ้าก็สามารถระบุตำแหน่งของดวงดาวและกลุ่มดาวได้ โดยแอปดาราศาสตร์ที่เป็นที่นิยม อาทิ Star Walk 2 SkyView และ SkySafari ดังรูปที่ 9.14

5. เสื้อผ้าที่อบอุ่น นำเสื้อผ้าที่อบอุ่นหลายชั้นเพื่อป้องกันสภาพอากาศที่หนาวเย็น ดังรูปที่ 9.15

6. น้ำและอาหาร เตรียมน้ำและอาหารให้เพียงพอตลอดการเดินทาง ตลอดจนสามารถจัดเป็นชุดงานเลี้ยงสำหรับการดูดาว (Stargazing Party) เพื่อรองรับนักท่องเที่ยวได้ ดังรูปที่ 9.16

7. เต็นท์ ให้ที่พักพิงเพื่อเป็นที่พักและให้ความเป็นส่วนตัว และสามารถป้องกันน้ำค้างได้เมื่อใช้ในอากาศที่หนาว ดังรูปที่ 9.17

8. ถุงนอนและแผ่นรองนอน อย่าลืมนำถุงนอนอุ่น ๆ มาด้วย เนื่องจากอุณหภูมิอาจลดลงอย่างรวดเร็วในเวลากลางคืน โดยเฉพาะในถิ่นทุรกันดาร ดังรูปที่ 9.18



รูปที่ 9.11: ไฟฉายคาดศีรษะ
(ที่มา : Lazada Thailand)

9. ชุดปฐมพยาบาล ในการเข้าพื้นที่ในการดูดาว ในบางพื้นที่อาจจะมีความยากในการเดินทาง ดังนั้นควรนำชุดปฐมพยาบาลมาด้วยเสมอและทำความเข้าใจในวิธีใช้งาน

10. แผนที่ดาว ใช้หาพิกัดของวัตถุบนท้องฟ้าด้วยวันและเวลา ดังรูปที่ 9.19

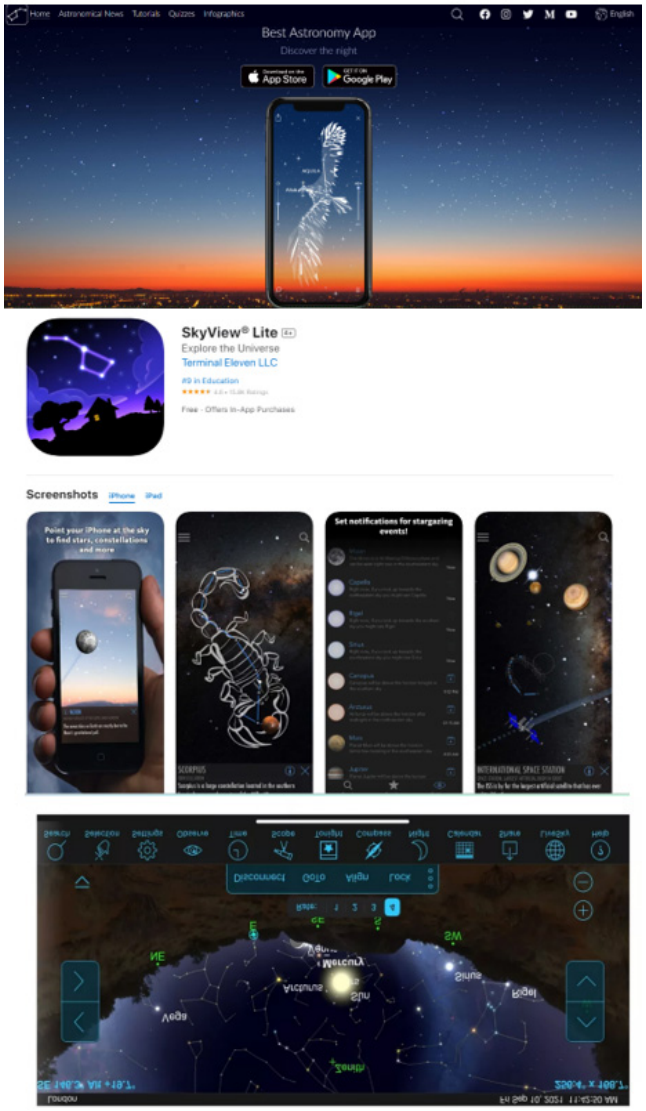
11. อุปกรณ์ป้องกันสัตว์ ในสถานที่ท้องฟ้ามืดซึ่งอาจมีสัตว์ป่าที่เป็นอันตราย ควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในสถานที่เช่นนี้เสมอ ดังรูปที่ 9.20



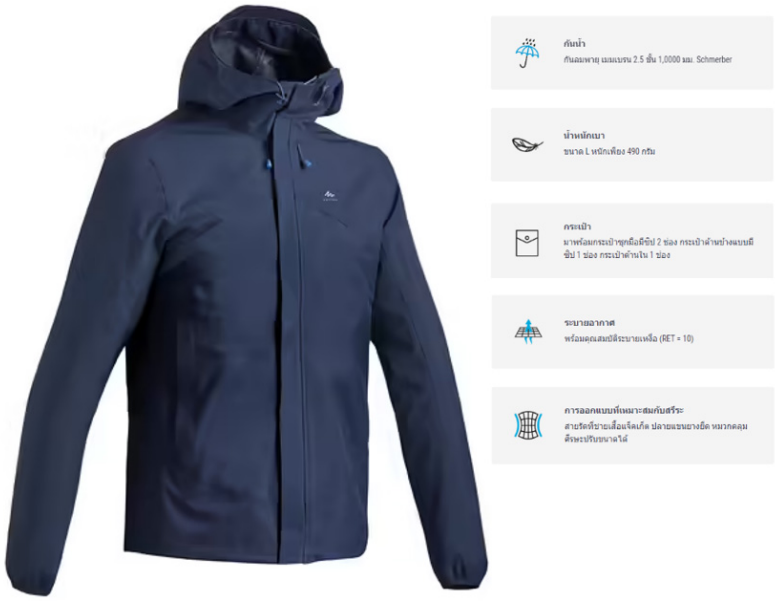
รูปที่ 9.12: กล้องโทรทรรศน์
(ที่มา : Lazada Thailand)



รูปที่ 9.13: เข็มทิศ
(ที่มา : Lazada Thailand)



รูปที่ 9.14: ตัวอย่างแอปพลิเคชันที่ช่วยในการดูดาว เช่น Star Walk 2 (บน) SkyView (กลาง) และ SkySafari (ล่าง) (ที่มา : Star Walk 2 จาก https://starwalk.space/en, SkyView จาก https://apps.apple.com/, SkySafari จาก https://www.space.com/skysafari-6-pro-review)



รูปที่ 9.15: เสื้อกันหนาว
(ที่มา : www.decathlon.co.th)



รูปที่ 9.16: ชุดงานเลี้ยงสำหรับการดูดาว
(ที่มา : https://rosevinecottagegirls.com/)



รูปที่ 9.17: เต้นท์นอน
(ที่มา : https://bestreview.asia/)



รูปที่ 9.18: ถุงนอนและแผ่นนอน
(ที่มา : shopee.co.th)


แผนที่ดาว
SKY CLUB
SUNRISE
SUNSET
SUNRISE
SUNSET
SUNRISE
SUNSET

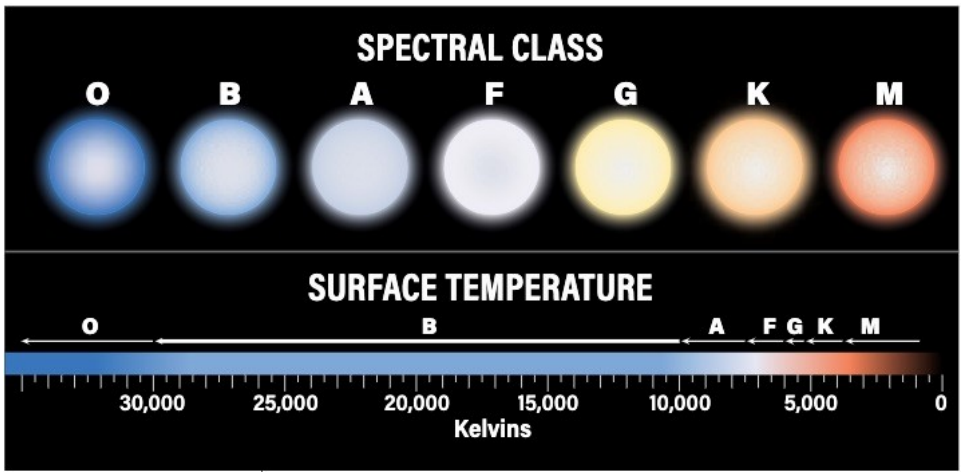
9.5 กฎระเบียบในบริเวณตั้งแคมป์

การตั้งแคมป์ (camping) มีกฎระเบียบที่ควรปฏิบัติตาม ยกตัวอย่างเช่น

1. ใช้หลอดไฟ LED สีแดงกำลังวัตต์ต่ำเพื่อลดมลพิษทางแสง
2. หลีกเลี่ยงการใช้แสงสีขาว ไฟฉาย และการก่อกองไฟที่สามารถรบกวนความมืดตามธรรมชาติได้
3. รักษาระดับเสียงให้น้อยที่สุดและหลีกเลี่ยงเสียงเพลงที่ดังหรือเสียงดังอื่น ๆ
4. เคารพสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและไม่ทิ้งร่องรอยของการมีอยู่ของคุณ
5. ระวังและปฏิบัติตามข้อบังคับหรือกฎหมายท้องถิ่นเกี่ยวกับการตั้งแคมป์ และการปกป้องทรัพยากรธรรมชาติ
6. ระวังสัตว์ป่าและระมัดระวังไม่ให้รบกวนพวกมัน
7. ปฏิบัติตามหลักการ Leave No Trace และเก็บทุกสิ่งที่คุณนำเข้าออกมา

การตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับความเคารพและเพลิดเพลินกับความมืดตามธรรมชาติและความงามของท้องฟ้ายามค่ำคืน ต้องมีการวางแผนและเตรียมการเพิ่มเติมเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงการเตรียมพร้อมสำหรับความท้าทายพิเศษในการตั้งแคมป์ในที่มืด

การตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดหมายถึงการตั้งแคมป์ในพื้นที่ที่มีมลพิษทางแสงน้อยเพื่อให้สามารถมองเห็นดวงดาวบนท้องฟ้ายามค่ำคืน ต่อไปนี้เป็นกฎทั่วไปสำหรับการตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืด



รูปที่ 9.21: ความสัมพันธ์ระหว่างสีกับอุณหภูมิของดาวฤกษ์
(ที่มา : astronomy.com)

9.6 ความรู้พื้นฐานทางดาราศาสตร์ที่ควรรู้

ก่อนที่จะดูดาว การมีความเข้าใจพื้นฐานทางดาราศาสตร์ต่อไปนี้เป็นสิ่งสำคัญ

1. ทรงกลมท้องฟ้า (The celestial sphere) ลองนึกภาพทรงกลมขนาดยักษ์ที่ล้อมรอบโลกซึ่งมีดวงดาวทุกดวงตั้งอยู่ สิ่งนี้เรียกว่าทรงกลมท้องฟ้า ดวงดาวดูเหมือนจะอยู่ในตำแหน่งคงที่บนทรงกลมท้องฟ้า แต่ในความเป็นจริง พวกมันอยู่ห่างจากโลกต่างกัน (ดูรายละเอียดใน หัวข้อที่ 2.2)

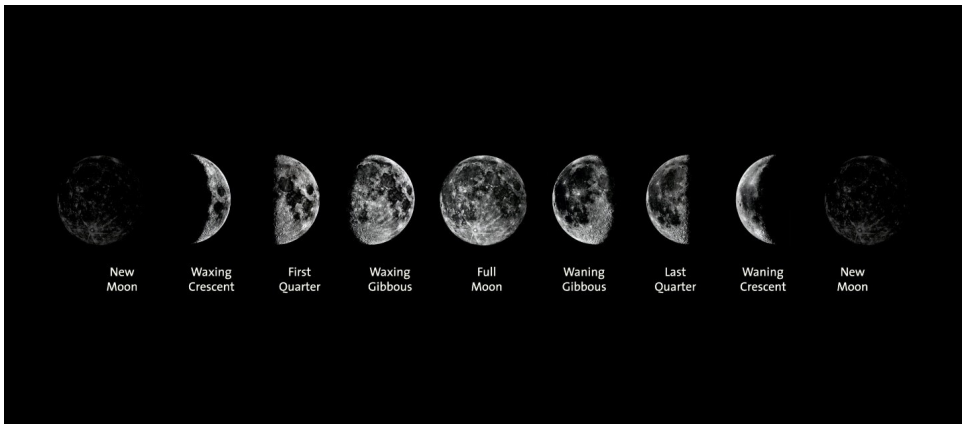
2. กลุ่มดาว (Constellations) กลุ่มดาวที่สร้างรูปแบบที่เป็นที่รู้จักเรียกว่ากลุ่มดาว รูปแบบเหล่านี้ตั้งชื่อตามบุคคล สัตว์ หรือวัตถุในตำนาน ปัจจุบันมีการตั้งชื่ออย่างเป็นทางการทั้งหมด 88 กลุ่ม เช่น กลุ่มดาวนายพราน กลุ่มดาวสิงโต หรือกลุ่มดาวกระทิง(ดูรายละเอียดได้จากด้านหลังของแผนที่ดาว หรือโปรแกรมดูดาว ในรูปที่ 9.14)

3. ทางช้างเผือก (The Milky Way) ทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีที่เป็นที่ตั้งของโลกและระบบสุริยะ จะปรากฏเป็นแถบแสงพาดผ่านท้องฟ้ายามค่ำคืน (ดูรายละเอียดใน หัวข้อที่ 3.3)

4. วัตถุที่อยู่ลึกในท้องฟ้า (Deep sky objects) วัตถุท้องฟ้าที่อยู่นอกระบบสุริยะของเรา เช่น กาแล็กซี เนบิวลา และกระจุกดาว (ดูรายละเอียดในบทที่ 4)

5. สีของดาวฤกษ์ (Color of star) ดวงดาวบนท้องฟ้าที่เห็นจะมีสีที่แตกต่างกันไป ซึ่งสีของดาวฤกษ์จะสอดคล้องกับความความร้อนผิวของดาวฤกษ์นั้น เช่น ดาวสีฟ้าน้ำเงินมีอุณหภูมิสูงสุด ดาวสีสีแดงมีอุณหภูมิต่ำสุด ดังรูปที่ 9.21 (ดูรายละเอียดใน หัวข้อที่ 4.4)

6. ดาวเหนือ (The North Star) ดาวเหนือหรือที่รู้จักในชื่อโพลาริสเป็นดาวที่สว่างมากตั้งอยู่ใกล้กับขั้วโลกเหนือ มีประโยชน์ในการนำทางและค้นหาทิศทาง (ดูรายละเอียดใน หัวข้อที่ 2.2)



รูปที่ 9.22: ลักษณะการเกิดเสี้ยวของดวงจันทร์
(ที่มา : griffithobservatory.org)

7. ข้างขึ้นข้างแรม (The phases of the Moon) ลักษณะของดวงจันทร์จะเปลี่ยนไปในช่วงเวลาหนึ่งเดือน ข้างขึ้นกลายเป็นข้างแรมเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของมุมที่แสงจากดวงอาทิตย์กระทบลงบนดวงจันทร์ ดังรูปที่ 9.22

8. ฤดูกาล (Seasons) การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์และการเอียงบนแกนของมันทำให้ฤดูกาลเปลี่ยนไป สิ่งนี้ส่งผลต่อการมองเห็นของกลุ่มดาวตลอดทั้งปี (ดูรายละเอียดใน หัวข้อที่ 2.3)

9. แผนภูมิดาว (Star Chart) สามารถใช้แผนที่ท้องฟ้ายามค่ำคืนเพื่อระบุกลุ่มดาว ดวงดาว และวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ (ดูรายละเอียดใน หัวข้อที่ 2.5)

9.7 สรุป

จากเนื้อหาที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ สถานที่ตั้งแคมป์ในท้องฟ้ามืดที่น่าสนใจ วิธีค้นหาสถานที่ดูดาว ช่วงเวลาของปีที่เหมาะสมกับการดูดาว อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการตั้งแคมป์ กฎระเบียบในบริเวณตั้งแคมป์ กรณีศึกษาการจัดแคมป์ดูดาวเพื่อให้เป็นสถานที่ต้อนรับนักท่องเที่ยวเป็นความรู้ที่นักศึกษาต้องเรียนรู้และเข้าใจและประยุกต์ใช้ในการจัดการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์

9.8 แบบฝึกหัด

1. จงยกตัวอย่างสถานที่ที่เหมาะสมกับการตั้งแคมป์ดูดาว
2. ถ้านักศึกษาจะตั้งแคมป์สำหรับต้อนรับนักท่องเที่ยวดูดาวต้องเตรียมอุปกรณ์อะไรบ้าง
3. ถ้านักศึกษาจะพัฒนาบริเวณพื้นที่บ้านสำหรับจัดการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์จำเป็นต้องพัฒนาสิ่งใดบ้าง ให้อธิบายโดยละเอียด
4. จงอธิบายองค์ความรู้ที่จำเป็นที่ใช้สำหรับการดูดาว
5. จงออกแบบกิจกรรมสำหรับจัดการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์จำนวน 3 กิจกรรม

9.9 เอกสารอ้างอิง

1. Blanco County Night Sky *Light Pollution* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://www.blancocountynightsky.org/lightpollution.php
2. Durango.org (2022) *Ways to Reduce Light Pollution* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://www.durango.org/blog/post/ways-reduce-light-pollution/
3. Florida Atlantic University (FAU) Center for Environmental Studies (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://cescos.fau.edu/observatory/lightpol-astro.html
4. International Dark-Sky Association (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://www.darksky.org
5. Phys.org (2018) *Pollution threatens Chile's dark skies* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://phys.org/news/2018-02-pollution-threatens-chile-dark.html
6. National Geographic Education *Light Pollution* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://education.nationalgeographic resource/light-pollution
7. Shanu, S. (2022) *Light Pollution in a Nut Shell* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://shanu95.medium.com/light-pollution-in-a-nut-shell-54fc0fb628f5
8. The Washington Post *astrotourism* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://www.washingtonpost.com/lifestyle/travel/dark-skies-designation-tourism-stargazing-astrotourism/2021/12/02/416b1466-4d43-11ec-b73b-a00d6e559a6e_story.html?fbclid=IwAR0QMO25gak9F3YrFmLeX6VVF2r0vpGoBorhd9ve-FU-ps7--8ZQMEpXwtY

9. Travel Oregon *Dark Sky Tourism Industry* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://industry.traveloregon.com/opportunities/programs-initiatives/outdoor-recreation/dark-sky-tourism/?fbclid=IwAR3uD-ytH_NeL0YudYdAdFi0q8fMfacIyBI5BGeplMvrYSZlTFFgnbLxig

10. Vaoni.com *Light pollution and astronomy* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://vaonis.com/light-pollution-astronomy

11. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2565) *เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด* (เข้าถึงเมื่อ พ.ศ. 2565) เข้าถึงได้จาก https://darksky.narit.or.th/♯.

บรรณานุกรม

Aindang, A., Inkum, R., Sarotsakulchai, T. & Surina, F. (2018) "Kepler-TESS Light Curve Analysis of KIC 10417986 as a Practical Example for Astronomical Research in Schools", *J. Phys. Conf. Ser.* **1719** 2017.

Anonymous (1967) "RS Ophiuchi", *Mon. Notes of Astron. Soc. S. Afr.* **26** 149.

Bernasconi, P. A. & Maeder, A. (1996) "About the Absence of a Proper Zero Age Main Sequence for Massive Stars.", *Astron. Astrophys.*, **307** 829.

Berzin, A. (เข้าถึงเมื่อ 24 เมษายน 2565) "Category:Buddhism & Architecture-pics", เข้าถึงได้จาก tibetanbuddhistencyclopedia: http:// www.tibetanbuddhistencyclopedia.com/ en/ index.php? title=File:Im_25.jpg

Blanco County Night Sky *Light Pollution* เข้าถึงได้จาก https:// www.blancocountynightsky.org/ lightpollution.php

Bode, M. F. (2010) "The Outbursts of Classical and Recurrent Novae", *Astron. Nachr.*, **331** 160.

Bode, M. F. & Evans, A. (2008) *Classical Novae*. 2nd edition. UK : Cambridge University Press.

Bortle, J.E. (1985) "RS Ophiuchi", *IAU Circ.* **4074** 1.

Carroll, B.W. & Ostlie, D.A. (2007) *An Introduction to Modern Astrophysics*. San Francisco : Pearson Addison-Wesley.

Chaisson, E. & McMillan, S. (2014) *Astronomy Today*. 8th edition. UK : Pearson Education, Inc.

Chesneau, O., et al. (2011) "The 2011 Outburst of the Recurrent Nova T Pyxidis. Evidence for a Face-On Bipolar Ejection", *Astron. Astrophys.* **534** 11.

Crocker, M. M., Davis, R. J., Spencer, R. E., Eyres, S. P. S., Bode, M. F., & Skopal, A. (2004) "The Symbiotic Star CH Cygni - III. A Precessing Radio Jet", *Mon. Notices Royal Astron.* **335** 1100.

Cropper, M., Ramsay, G., Wu, K. & Hakala, P. (2004) "Ultra-Short Period Double-Degenerate Binaries", *ASP. Conf. Ser.* **315** 324.

Cutri, R. M. et al. (2003) "VizieR Online Data Catalog : 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources", *yCat.* **2246** 0.

Darnley, M. J., Ribeiro, V. A. R. M., Bode, M. F., & Munari, U. (2011) "On the Progenitor System of Nova V2491 Cygni", *Astron. Astrophys.*, **530** A70.

Darnley, M. J., Ribeiro, V. A. R. M., Bode, M. F., Hounsell, R. A., & Williams, R. P. (2012) "On the Progenitors of Galactic Novae", *Astrophys. J.*, **746** 61.

Darnley, M. J., Bode, M. F., Harman, D. J., Hounsell, R. A., Munari, U., Ribeiro, V. A. R. M., Surina, F., Williams, R. P., Williams, S. C. (2014) "On the Galactic Nova Progenitor Population" in Stella Novae: Past and Future Decades, ed. P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro. *ASP. Conf. Ser.* **490** 49.

Dilday, B., et al. (2012) "PTF 11kx : a type Ia supernova with a symbiotic nova progenitor", *Science*, **337** 942.

Durango.org (2022) **Ways to Reduce Light Pollution** เข้าถึงได้จาก https://www.durango.org/blog/post/ways-reduce-light-pollution/

Eggleton, P.P. (1983) "Approximation to the Radii of Roche Lobes", *Astrophys. J.* **268** 368.

Finch, N. L., Braker, I. P., Reindl, N., Barstow, M. A., Casewell, S. L., Burleigh, M., Kupfer, T., Kilkenny, D., Geier, S., Schaffenroth, V., Miller Bertolami, M. M., Taubenberger, S. & Freudenthal, J. (2019) "Spectral Analysis of Binary Pre-white Dwarf Systems", *ASP. Conf. Ser.* **519** 231.

Flammarion, N. C. (1888) **L'atmosphre: mtorologie populaire**. Paris : Hachette, p. 163

Florida Atlantic University (FAU) Center for Environmental Studies เข้าถึงได้จาก https://cescos.fau.edu/observatory/lightpol-astro.html

Frank, J, King, A. & Raine, D. (2002) *Accretion Power in Astrophysics*. 3rd edition. UK : Cambridge University Press.

Gaposchkin, S. (1946) "Note on RS Ophiuchi", *Harv. Coll. Obs. Bull.* **918** 9.

Gehrz, R. D. (1988) "The Infrared Temporal Development of Classical Novae.", *Annual Rev. Astron. Astrophys.* **26** 377.

Gillet et al. (1882) *Astronomy for the use of schools and academies.* New York : Potter, Ainsworth & Co., p. 62

Grant, E. (1987) *Celestial Orbs in the Latin Middle Ages.* **78** 2, pp. 152-173

Hachisu, I., Kato, M., Kato, T., & Matsumoto, K. (2002) "V2487 Ophiuchi : a strong candidate for a recurrent nova and a progenitor of type Ia supernova" in *The Physics of Cataclysmic Variables and Related Objects*, ed. B. T. Gansicke, K. Beuermann, & K. Reinsch, *ASP. Conf. Ser.* **261** 629.

Han, Z., & Podsiadlowski, P. (2004) "The single-degenerate channel for the progenitors of Type Ia supernovae", *Mon. Notices Royal Astron. Soc.* **350** 1301.

Hauschildt, P. H., Wehrse, R., Starrfield, S., & Shaviv, G. (1992) "Spherically Symmetric, Expanding, Non--LTE Model Atmospheres for Novae during Their Early Stages", *Astrophys. J.* **393** 307.

Hellier, C. (2001) *Cataclysmic Variable Stars : how and why they vary*. UK : Springer-Verlag London & Praxis Publishing.

Hillman, Y., Prialnik, D., Kovetz, A., Shara, M. M., & Neill, J. D. (2014) "Nova Multiwavelength Light Curves : predicting UV precursor flashes and pre-maximum halts", *Mon. Notices Royal Astron. Soc.* **437** 1962.

Hounsell et al. (2010) "Exquisite Nova Light Curves from the Solar Mass Ejection Imager (SMEI)", *Astrophys. J.* **724** 480.

Hounsell, R., Darnley, M. J., Bode, M. F.,Harman, D. J., Surina, F., Starrfield, S., Holdsworth, D. L., Bewsher, D., Hick, P. P., Jackson, B. V. (2016) "Nova Light Curves from the Solar Mass Ejection Imager (SMEI). II. The Extended Catalog", *Astrophys. J.* **820** 2.

Iben, I. Jr. (1966) "Stellar Evolution. III. The Evolution of a 5 M_{sun} Star from the Main Sequence Through Core Helium Burning.", *Astrophys. J.* **143** 483.

Iben, I. Jr. & Tutukov, A. V. (1984) "Supernovae of Type I as End Products of the Evolution of Binaries with Components of Moderate Initial Mass.", *Astrophys. J. Suppl.* **54** 335.

Iben, I.Jr. & Fujimoto, M. (2008) "The Evolution of Nova-producing Binary Stars" in *Classical Novae*. 2nd edition. ed. Bode, M. F. & Evans, A., UK : Cambridge University Press, pp. 34-76

International Dark-Sky Association เข้าถึงได้จาก https://www.darksky.org

Jones, J. E., Alloin, D. M., Jones, B. J. T. (1987) "The Infrared CA II Triplet - A Luminosity Indicator for Stellar Population Synthesis.", *Astrophys. J.* **283** 457.

Kang, Y. -W., Surina, F. & Lee, J. J. (2009) "New Method of Light Curve Analyses of Eclipsing Binaries in the Small Magellan Cloud", *ASP. Conf. Ser.* **404** 184.

Kato, M. (1990) "Theoretical Predictions for the Next Outburst of the Recurrent Nova T Pyxidis", *Astrophys. J.* **362** 17.

Kotak, R. (2008) "Progenitors of Type Ia Supernovae" in *RS Ophiuchi (2006) and the Recurrent Nova Phenomenon*, *ASP. Conf. Ser.* **401** 150.

Krane, K. S. (2012) *Modern Physics: 3rd edition*. USA : Wiley.

Lang, K. R. (1992) *Astrophysical Data Planets and Stars*. Springer-Valeg Publishing.

Langer, N., Deutschmann, A., Wellstein, S. & Hoflich, P. (2000) "The evolution of main sequence star + white dwarf binary systems towards Type Ia supernovae" *Astron. Astrophys.* **362** 1046.

Li, W., et al. (2011) "Exclusion of a Luminous Red Giant as a Companion Star to the Progenitor of Supernova SN 2011fe" *Nature* **480** 348.

Liu, W.-M., Chen, W.-C., Wang, B., & Han, Z. W. (2010) "Helium-Star Evolutionary Channel to Super-Chandrasekhar Mass Type Ia Supernovae" *Astron. Astrophys.* **523** A3.

Lundmark, K. (1935) "On the Novae and Their Classification among the Variable Stars" *Medd. Lunds Astr. Obs.* **2** 74.

Marsh, T. R. (2000) "Detached White-Dwarf Close-Binary Stars - CV's Extended Family", *New Astron. Rev.* **44** 119.

Mallik, S. V. (1997) "The CA II Triplet Lines as Diagnostics of Luminosity, Metallicity and Chromospheric Activity in Cool Stars", *Astron. Astrophys., Suppl. ser.* **124** 359.

Mateo, U. M. (1669) *Bibliotheca chalcographica, hoc est Virtute et eruditione clarorum Virorum Imagines*, Heidelberg : Clemens Ammon. ออนไลน์ https://www2.uni-mannheim.de/mateo/desbillons/aport/seite177.html สืบค้นเมื่อ 11 ตุลาคม 2559

McLaughlin, D. B. "The Light Curves of Novae", *Popular Astron.* **47** 410.

McLaughlin, D. B. "The Light Curves of Novae (continued)", *Popular Astron.* **47** 481.

McLaughlin, D. B. (1939c) "The Light Curves of Novae (concluded)", *Popular Astron.* **47** 538.

Meeus, J. (1988). *Astronomical Formulae for Calculators.* 4th ed., Richmond : Willmann-Bell Inc.

Medway et al. (1985) "RS Ophiuchi", *IAU Circ.* **4048** 1.

Merritt, D., & Petterson, J. A. (1980) "Precessing Twisted Accretion Disks with an Application to HER X-1", *Astrophys. J.* **236** 255.

Morrison, W. (1985) "Note on RS Ophiuchi", *IAU Circ.* **4030** 1.

Mueangkon, Y., Kamrat, S., Suekong, D., Aintawiphak, S., Jaiboe, A., Surina, F., Darnley, M.J., Bode, M.F. (2018) "Evolution of V339 Del (Nova Del 2013) since 0.37 – 75 Days after Discovery", *J. Phys. Conf. Ser.* **1144** 012014.

Munari, U., & Renzini, A. (2018) "Are Symbiotic Stars the Precursors of Type Ia Supernovae?", *Astrophys. J.* **397** L87.

Nelson, L. A., MacCannell, K. A. & Dubeau, E. (2004) "On the Properties of Galactic Novae and Their Orbital Period Distribution", *Astrophys. J.* **602** 938.

National Geographic Education *Light Pollution* เข้าถึงได้จาก https://education.nationalgeographic.org/resource/light-pollution

Napiwotzki, R., Yungelson, L., Nelemans, G., Marsh, T. R., Leibundgut, B., Renzini, R., Homeier, D., Koester, D., Moehler, S., Christlieb, N., Reimers, D., Drechsel, H., Heber, U., Karl, C., & Pauli, E.-M. (2004) "Double Degenerates and Progenitors of Supernovae Type Ia", in *Spectroscopically and Spatially Resolving the Components of the Close Binary Stars*, ed. R. W. Hilditch, H. Hensberge, & K. Pavlovski *ASP. Conf. Ser.* **318** 420.

Newsham, G., Starrfield, S., & Timmes,F. X. (2014) "Evolution of Accreting White Dwarfs; Some of Them Continue to Grow" in *Stella Novae : future and past decades*, *ASP. Conf. Ser.* **490** 1-423.

Ney, E. P., & Hatfield, B. F. (1978) "The Isothermal Dust Condensation of Nova Vulpeculae 1976." , *Astrophys. J.* **219** 111.

O'Connell, R. W. (1973) "Absolute Spectral Energy Distribution of Common Stellar Types." , *Astrophys. J.* **78** 1074.

Nomoto, K. (1982) "Accreting White Dwarf Models for Type I Supernovae. I - Presupernova Evolution and Triggering Mechanisms" , *Astrophys. J.* **253** 798.

O'Brien, T.J. & Bode, M.F. (2008) "Resolved Nebular Remnants" in *Classical Novae*. 2nd edition. ed. Bode, M. F. & Evans, A., UK : Cambridge University Press, pp. 285-307.

Oh, S.-J., Roh, D.-G., Yeom, J.-H., Kobayashi, K., & Kawaguchi, N. (2010) "First Phase Development of Korea-Japan Joint VLBI Correlatorand Its Current Progress" in *IVS 2010 General Meeting Proceedings*. pp. 405-409.

Paczyński, B. (1971) "Evolutionary Processes in Close Binary Systems", *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **9** 183.

Paczyński, B., & Schwarzenberg-Czerny, A. (1980) "Disk accretion in U Gem", *Acta Astron.* **30** 127.

Parthasarathy, M., Branch, D., Jeffery, D. J., & Baron, E. (2007) "Progenitors of Type Ia Supernovae : binary stars with white dwarf companions", *New Astron. Rev.* **51** 524.

Payne-Gaposchkin, C. (1964) *The Galactic Novae*. New York : Dover Publication.

Perlmutter, S. (2003) "Supernovae, Dark Energy, and the Accelerating Universe", *Phys. Today* **56** 53.

Phys.org (2018) *Pollution threatens Chile's dark skies* เข้าถึงได้จาก https://phys.org/news/2018-02-pollution-threatens-chile-dark.html

Popper, D.M. (1980) "Stellar masses", *Annual Rev. Astron. Astrophys.* **18** 115.

Plinius, C. (Pliny the Elder) (1855) *The Nature History of Pliny*, transl. and ed. J. Bostock & H.T. Riley. London : H.G. Bohn.

Plavec, M & Kratochvil, P. (1964) "Tables for the Roche Model of Close Binaries", *Bull. astr. Inst. Czechosl.* **15** 165.

Ruggles et al. (2009) "Stonehenge and Ancient Astronomy" ออนไลน์ http:// www.stonehengeandaveburywhs.org/assets/Stonehenge.LowRes.pdf สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2559

Russell, H.R. (1914) "Relations Between the Spectra and other Characteristics of the Stars. II. Brightness and Spectral Class", *Nature.* **2323** 252.

Richmond, M.W. & Smith, S.A. (2012) "BVRI Photometry of SN 2011fe in M101", *JAAVSO.* **40** 872.

Santamara, E., Guerrero, M. A., Ramos-Larios, G., Sabin, L. ,Vzquez, R., Gmez-Muoz, M. A. & Toal, J. A. (2019) "Measuring the expansion and age of the nova shell IPHASX J210204.7 + 471015", *Mon. Notices Royal Astron. Soc.* **483** 3773.

Schaefer, B. E. (2010) "Comprehensive Photometric Histories of All Known Galactic Recurrent Novae", *Astrophys. J. Suppl.* **187** 275.

Schaefer, B. E., Pagnotta, A., Xiao, L., Darnley, M. J., Bode, M. F., Harris, B. G.,Dvorak, S., Menke, J., Linnolt, M., Templeton, M., Henden, A. A., Pojmanski, G., Pilecki, B., Szczygiel, D. M., & Watanabe, Y. (2010) "Discovery of the Predicted 2010 Eruption and the Pre-eruption Light Curve for Recurrent Nova U Scorpii", *Astron. J.* **140** 925.

Schaefer, B. E., & Pagnotta, A. (2012) "An Absence of Ex-companion Stars in the Type Ia Supernova Remnant SNR 0509-67.5", *Nature* **481** 164.

Schaller, G., Schaerer, D., Meynet, G., Maeder, A. (1992) "New Grids of Stellar Models from 0.8-SOLAR-MASS to 120-SOLAR-MASSES at Z=0.020 and Z=0.001", *Astron. Astrophys. Suppl.* **96** 269.

Schneider, C.J.M. (1761). *Diogenes Laertius : Les vies des plus illustres philosophes de l'antiquit.* **1** ออนไลน์ https://books.google.co.th/books?id=Oq89AAAAcAAJ&dq=dioge&redir_esc=y

Schwarz, G. J., Shore, S. N., Starrfield, S., Hauschildt, P. H., Della Valle, M., & Baron, E. (2001) "Multiwavelength Analyses of the Extraordinary Nova LMC 1991*", *Mon. Notices Royal Astron. Soc.* **320** 103.

Scovil et al. (1985) "RS Ophiuchi", *IAU Circ.* **4031** 1.

Selvelli, P., Gonzalez-Riestra, R., Gilmozzi, R., & Cassatella, A. (2017) "UV and X-ray Observations of T Pyx, a Recurrent Nova that Will Not Become a SN Ia", *Mem. Soc. astron. ital.* **81** 388.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. Jr. (2014) *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 9th edition*. MA : Brooks/Cole.

Shafter, A. W. (2017) "The Galactic Nova Rate Revised", *Astrophys. J.* **834** 196.

Shanu, S. (2022) *Light Pollution in a Nut Shell* เข้าถึงได้จาก https://shanu95.medium.com/light-pollution-in-a-nut-shell-54fc0fb628f5

Shore, S. N., Sonneborn, G., Starrfield, S., Gonzalez-Riestra, R., & Polidan, R. S. (1994) "The Early Bolometric Evolution of Nova Cygni 1992", *Astrophys. J.* **421** 344.

Slesnick, C. L., Hillenbrand, L. A., Carpenter, J. M. (2008) "A Large-Area Search for Low-Mass Objects in Upper Scorpius. II. Age and Mass Distributions", *Astrophys. J.* **688** 377.

Smith, H. E. (1999) "A Brief History of Astronomy" ออนไลน์ http://casswww.ucsd.edu/archive/public/tutorial/History.html สืบค้นเมื่อ 11 ตุลาคม 2559

Starrfield, S. (2008a) "RS Ophiuchi : the gift that keeps on giving" in *RS Ophiuchi (2006) and the Recurrent Nova Phenomenon*, *ASP. Conf. Ser.* **401** 4.

Starrfield, S. (2008b) "Thermonuclear Processes" in *Classical Novae*. 2nd edition. ed. Bode, M. F. & Evans, A., UK : Cambridge University Press, pp. 77-83.

Strope, R. J., Schaefer, B. E., & Henden, A. A. (2010) "Catalog of 93 Nova Light Curves : classification and properties", *Astrophys. J.* **140** 34.

Surina, F. & Kang, Y. -W. (2009) "Absolute Dimensions of Four Eclipsing Binaries", *ASP. Conf. Ser.* **404** 178.

Surina, F., Bode, M.F., Darnley, M.J. (2012) "Investigation of the Progenitors of Nova Explosions" in The 11th Asian-Pacific Regional IAU Meeting (APRIM2011) ed. S. Komonjinda, Yuri Y. Kovalev and D. Ruffolo. *NARIT Conf. Ser.* **1** 1.

Surina, F., Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2014a) "Spectroscopic and Photometric Development of T Pyxidis (2011) from 0.8 to 250 Days after Discovery" in Stella Novae: Past and Future Decades, ed. P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro. *ASP. Conf. Ser.* **490** 169.

Surina, F., Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2014b) "A Detailed Photometric and Spectroscopic Study of the 2011 Outburst of the Recurrent Nova T Pyxidis from 0.8 to 250 Days after Discovery", *Astrophys. J.* **147** 107.

Surina, F., Bode, M.F., Darnley, M.J. (2015) "Investigation of Galactic Classical and Recurrent Novae with Ground-based Observations and the Solar Mass Ejection Imager (SMEI)", *Pub. of Korean Astron. Soc.* **30** 237.

Sutham, S., Sobbong, J., Surina, F. & Awipan, S. (2019) "Optical Morphology of the Ejected Shell of V339 Del using SHAPE", *J. Phys. Conf. Ser.* **1380** 2029.

The Washington Post *astrotourism* เข้าถึงได้จาก https://www.washingtonpost.com/lifestyle/travel/dark-skies-designation-tourism-stargazing-astrotourism/ 2021/12/02/416b1466-4d43-11ec-b73b-a00d6e559a6e_story.html? fbclid=IwAR0QMO25gak9F3YrFmLeX6VVF2r0vpGoBorhd9ve-FU-ps7--8ZQMEpXwtY

Thipboon, R., Kaewrakmuk, M., Surina, F. & Sanguansak, N. (2017) "Photometric Investigation of Novae T Pyx, BT Mon and V574 Pup at Quiescence by using the 2.4-m Thai National Telescope", *J. Phys. Conf. Ser.* **901** 012003.

Travel Oregon *Dark Sky Tourism Industry* เข้าถึงได้จาก https://industry.traveloregon.com/opportunities/programs-initiatives/ outdoor-recreation/ dark-sky-tourism/? fbclid=IwAR3uD-ytH_NeL0YudYdAdFi0q-8fMfacIyBI5BGeplMvrYSZlTFFgnbLxig

Turnshek, D. E., Turnshek, D.A., Craine, E.R. & Boeshaar, P.C. (1985) *An Atlas of Digital Spectra of Cool Star* Tucson : Western Research Company, pp. 8-11

Uthas, H., Knigge, C., & Steeghs, D. (2010) "The Orbital Period and System Parameters of the Recurrent Nova T Pyx", *Mon. Notices Royal Astron. Soc.* **409** 237.

Vaoni.com *Light pollution and astronomy* เข้าถึงได้จาก https://vaonis.com/light-pollution-astronomy

Verbunt, F. (1982) "Accretion Disks in Stellar X-Ray Sources", *Space Sci. Rev.* **32** 379.

Walder, R., Folini, D., & Shore, S. N. (2008) "3D Simulations of RS Ophiuchi : from Accretion to Nova Blast", *Astron. Astrophys.* **484** L9.

Warner, B. (1986) "Accretion Disc Inclinations and Absolute Magnitudes of Classical Nova Remnants", *Mon. Notices Royal Astron. Soc.* **222** 11.

Warner, B. (1987) "Absolute Magnitudes of Cataclysmic Variables", *Mon. Notices Royal Astron. Soc.* **227** 23.

Warner, B. (1995) *Cataclysmic Variable Stars*Cambridge : Cambridge University Press .

Warner, B. (2008) "Properties of Novae : an overview" in *Classical Novae*. 2nd edition. ed. Bode, M. F. & Evans, A., UK : Cambridge University Press, pp. 16-32

Webbink, R. F., Livio, M., Truran, J. W., & Orio, M. (1987) "The Nature of the Recurrent Novae", *Astrophys. J. Suppl.* **314** 653.

Whelan, J., & Iben, Jr. (1973) "Binaries and Supernovae of Type I", *Astrophys. J.* **186** 1007.

Yoon, S.-C. & Langer, N. (2003) "The First binary Star Evolution Model Producing a Chandrasekhar Mass White Dwarf", *Astron. Astrophys.* **412** 53.

Yungelson, L., & Livio, M. (1998) "Type IA Supernovae : an examination of potential progenitors and the redshift distribution", *Astrophys. J.* **497** 168.

กรกมล ศรีบุญเรือง, ตอริก เฮ็งปิยา, ณัฐยา ศิริวนสกุล และลัดดา ดีสวน. (2561) *เอกสารเผยแพร่เรื่องระบบสุริยะ (Solar system)*. เชียงใหม่ : สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

จินจุฑา เขนย (เข้าถึงเมื่อ 24 เมษายน 2565) "องค์ความรู้อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร", . เข้าถึงได้จาก https://www.facebook.com/hashtag/องค์ความรู้อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร/

เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2563) *ภูมิปัญญาดาราศาสตร์ล้านนา*. เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, อรพิน ริยาพร้าว, กรกมล ศรีบุญเรือง และ ศิรามาศ โกมลจินดา (2565) *วัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร*. เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญยัง กฤตสัมพันธ์. (2545) *ฟิสิกส์ของคลื่น*. เชียงราย : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเชียงราย

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2545) *เอกสารประกอบการสอนวิชา ดาราศาสตร์ฟิสิกส์ 1 (Astrophysics|207781)*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บุรินทร์ กำจัดภัย. (2563) *จักรวาลวิทยา ปฐมบท*. พิมพ์ครั้งที่ 3. พิษณุโลก : พิษณุโลกดอทคอม.

พลูหลวง. (2546) *7 ความเชื่อของไทย (คติสยาม)* กรุงเทพ: วิริยะธุรกิจ.

ฟ้ารุ่ง สุรินา. (2548) *การวางตัวทางดาราศาสตร์ของวัดโพธาราม (เจ็ดยอด) อ.เมือง จ.เชียงใหม่*. การค้นคว้าอิสระตามหลักสูตรปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565) *ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (Introduction to Astrophysics of Nova Eruption)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.

ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2565) *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์*. กรุงเทพ : ดีเซมเบอรี่.

มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.) ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2546) *ดาราศาสตร์โอลิมปิกระดับมัธยมตอนปลาย*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รัชชัย ขยันทำ (2561) *วัฒนธรรมความเชื่อที่มีต่อประเพณีบั้งไฟของคนอีสาน* วารสารปรัชญาปริทรรศน ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ.2561, 89-99.

วทันยา กรุงศรี, ศิรณีย์ แซ่กือ, และกาญจนี บุญหล้า (2555) *สร้างแบบจำลองแปลนผังสามมิติของเสาสะดือเมืองเชียงราย โดยใช้หลักการและอุปกรณ์ทางดาราศาสตร์*. การค้นคว้าอิสระตามหลักสูตรปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์ LESA (2548) *ทรงกลมท้องฟ้า* ออนไลน์ http://www.lesa.biz/astronomy/celestial-sphere สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2558

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2552) *เอกสารอบรมครูสาระดาราศาสตร์และอบรมหลักสูตรพื้นฐาน พ.ศ.2546*. โครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิทยาศาสตร์สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2559) *ตำแหน่งการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์*. ออนไลน์ http://www.narit.or.th/index.php/pr-news/2653 สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2559.

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (2565) *เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด* เข้าถึงได้จาก https://darksky.narit.or.th/♯.

สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ (2559) *ดาราศาสตร์และดาราศาสตร์ฟิสิกส์เบื้องต้น (Introduction to Astronomy and Astrophysics)*. เอกสารประกอบการบรรยายเนื้อหาวิชา โลก ดาราศาสตร์และอวกาศในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอบรมดาราศาสตร์โอลิมปิกศูนย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมาคมดาราศาสตร์ไทย (2563) พจนานุกรมดาราศาสตร์ (ออนไลน์) เข้าถึงเมื่อ ได้จาก <http://thaiastro.nectec.or.th/glossary/>.

สมัย ยอดอินทร์, มัลลิกา ถาวรอธิวาสน์, เชิดศักดิ์ แซ่ลี่, นพพร พวงสมบัติ, และกมลวรรณ ก่อเจริญ. (2555) *งานวิจัยจากข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับข้อขัดแย้ง เรื่อง การเป็นหรือไม่เป็นปีอธิมาสของปฏิทินจันทรคติไทย ปี พ.ศ.2555*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562) ศัพท์บัญญัติวิทยาศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://coined-word.orst.go.th/>.

โสรัจ แสนศิริพันธ์ (2544) *โหราศาสตร์ไทย (ปฐมปกรณ์)* เชียงราย : สำนักวิทยบริการ สถาบันราชภัฏเชียงราย.

อนิวรรต สุขสวัสดิ์ (2545) *เอกสารประกอบการสอนวิชาดาราศาสตร์ 1*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

(เข้าถึงเมื่อ 14 พฤษภาคม 2566) *รับพลังสุริยะยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่สกลนคร* เข้าถึงได้จาก yclsakhon.com: http://www.yclsakhon.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=302842

ดัชนี

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน, 22
กฎของเคปเลอร์, 20
    ข้อที่ 1, 21
    ข้อที่ 2, 21
    ข้อที่ 3, 21
กฎแรงดึงดูดสากล, 22
กระบวนการไม่สูญเสียความร้อน, 100
กล้องโทรทรรศน์ช่วงเอ็กซ์เรย์, 52
    Chandra, 54
กล้องโทรทรรศน์วิทยุ, 47
    FAST, 47
    Thai National Radio Telescope, TNRT, 48
    Very Large Array (VLA), 48
กล้องโทรทรรศน์อินฟราเรด, 50
    JWST, 50
    Spitzer Space Telescope, 50
    UKIRT, 50
    WISE, 50
กล้องโทรทรรศน์ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น, 51
กล้องโทรทรรศน์ในช่วงรังสียูวี
    GALEX, 52
    HST, 52
กล้องโทรทรรศน์ในช่วงรังสียูวี , 52
การตั้งแคมป์, 223
การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์, 209
การพุ่งของเปลวสุริยะ , 61
การลุกจ้า, 61
การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด, 194
การเคลื่อนที่วกกลับ, 9
การเลื่อนทางแดง, 81
ครีษมายัน, 33
คลื่นโน้มถ่วง, 24
คลื่นไมโครเวฟพื้นหลัง, 83
ควอซาร์, 24
จุดกลางศีรษะ, 40
จุดขั้วฟ้าเหนือ, 36
จุดขั้วฟ้าใต้, 36
จุดบนดวงอาทิตย์, 61
ชุนชนอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด, 200
ซาเซนส์, 4
ซูเปอร์โนวา, 102
ดาราศาสตร์, 1
ดาราศาสตร์เกี่ยวกับการวัดตำแหน่ง, 9
ดาวนิวตรอน, 102
ดาวหาง, 76
ดาวเคราะห์
    ดาวพฤหัสบดี, 70
    ดาวพุธ, 64
    ดาวยูเรนัส, 72
    ดาวศุกร์, 65
    ดาวอังคาร, 67
    ดาวเนปจูน, 73
    ดาวเสาร์, 71
    โลก, 66

ดาวเคราะห์น้อย, 74
ดาวเคราะห์แคระ, 62
ดาวเหนือ, 31
ทรงกลมท้องฟ้า, 30
ทฤษฎีบิ๊กแบง, 80
ทฤษฎีสถานะคงตัว , 81
นักษัตรล้านนา, 150
นาฬิกาชีวิต, 190
บรรยากาศของดวงอาทิตย์
ชั้นโครโมสเฟียร์, 61
ชั้นโคโรนา, 61
ชั้นโฟโตสเฟียร์, 61
ปราสาทพนมรุ้ง, 116
พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว, 1
พัลซาร์, 24, 102
พารัลแลกซ์, 16
พาร์เสก, 16
ฟลักซ์, 42
ฟิลิปดา, 16
มลพิษทางแสง, 188
มาตรวัดความมืดของท้องฟ้า, 197
ระบบของโคเปอร์นิคัส, 12
ระบบของโทเลมี, 10
รังสีคอสมิก, 94
ฤกษ์, 161
ลัคนา, 168
วสันตวิษุวัต, 34
วัฏจักรของจุดบนดวงอาทิตย์, 62
วัดพระธาตุดอยสุเทพราชวรวิหาร, 118
วันพญาวัน, 135
วันวิษุวัต, 116
วันเนา, 135
วาสตุบุรุษมณฑล, 123
วาสตุศาสตรา, 123
ศารทวิษุวัต, 34
สงกรานต์, 133
สมดุลอุณหภูมิ, 98
สมเด็จพระนารายณ์มหาราช, 2
สสารมืด, 86
สสารระหว่างดาว, 94
สุริยุปราคาคา, 1
สโตนเฮนจ์, 4
หน่วยดาราศาสตร์, 16
หลุมดำ, 103
องค์กรท้องฟ้ามืดสากล, 194
อีพิไซเคิล, 9
อุทยานท้องฟ้ามืด, 200
ฮีลสโตน, 4
เขตรักษาพันธุ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า, 199
เขตรักษาพันธุ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่เมือง , 199
เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่ชุมชน, 199
เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ, 198
เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดสากลในพื้นที่เขตสงวน, 199
เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดส่วนบุคคล, 201
เขตอนุรักษ์ท้องฟ้าในพื้นที่ชานเมือง, 202
เขาพระสุเมรุ, 113
เครื่องวัดความสว่างท้องฟ้า, 197
เงื่อนไขของจีนส์, 95
เดคคลิเนชัน, 37
เถลิงศก, 135
เนบิวลา, 94
เมฆออร์ต, 78

เรเดียน, 16
เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า, 30
เส้นศูนย์สูตรฟ้า, 36
เส้นสุริย, 36
เหมายัน, ทักษิณายัน, 34
แก่นดาราจักรกัมมันต์, 52
แถบดาวเคราะห์น้อย, 60
แถบไคเปอร์, 78
แนวคิดดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ, 8
แนวคิดโลกเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ, 8
แผนที่มลพิษทางแสง, 214
แผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซล, 96
แขนงของดาวยักษ์แดง, 100
แขนงของดาวใต้ยักษ์, 98
แขนงยักษ์อะซิมโตติก, 100
แขนงฮอไรซันทอล, 100
แสงจ้า, 189
แสงรุกล้ำ, 189
แสงสับสน, 189
แสงเรืองบนท้องฟ้า, 189
โชติมาตรปรากฏ, 44
โชติมาตรสัมบูรณ์, 44
โทรทรรศน์อีเวนท์ฮอไรซัน, 105
โปรโตสตาร์, 95
โหราศาสตร์, 1, 159
ไรต์แอสเซนชัน, 37

Index

absolute magnitude, M, 44
Active Galactic Nuclei, AGN, 52
adiabatic, 100
apparent magnitude, m, 44
arcsecond, second of arc, 16
ascendant, 168
asteroid, 74
asteroid belt, 60
Astrology, 1, 159
Astronomical Unit (AU), 16
astronomy, 1
auspicious times, 161
Autumnal equinox, 34

Big Bang theory, 80
black holes, 103
Bortle Dark-Sky Scale, 197

camping, 223
celestial equator, 30
celestial equatorial, 36
celestial sphere, 30
circadian rhythm, 190
clutter, 189
Comet, 76
Copernicus system, 12
Cosmic Microwave Background (CMB), 83
cosmic ray, 94

dark matter, 86
Dark Sky Communities, 200
Dark Sky Park, 200
dark sky preserve, 194
Dark Sky Properties, 201
Dark Sky Suburbs, 202
Dark Sky Tourism, 209
Declination, Dec, 37
dwarf planet, 62

ecliptic, 36
epicycle, 9
Equinox, 116
Event Horizon Telescope, EHT, 105

flare, 61
flux, 42

Geocentric Model, 8
glare, 189
graviational wave, 24

heelstone, 4
Heliocentric Model, 8
Hertzprung-Russell Diagramme, HRD, 96
    Asymtotic-Giant Branch, AGB, 100
    Horizontal Branch, HB, 100
    Red-Giant Branch, RGB, 100
    Sub-Giant Branch, SGB, 98

infrared telescope, 50
    JWST, 50
    Spitzer Space Telescope, 50
    UKIRT, 50
    WISE, 50
International Dark Sky Communities, 199
International Dark Sky Parks, 198
International Dark Sky Reserves, 199
International Dark Sky Sanctuaries, 199
International Dark Sky Urban Places, 199
International Dark-Sky Association, IDA, 194
interstellar medium, ISM, 94
isothermal, 98

Jeans criterion, 95

Kepler's law, 20
    first law, Law of orbits, 21
    second law, Law of areas, 21
    third law, Law of periods, 21
king Mongkut, 1
king Narai, 2
Kuiper belt, 78

Lanna zodiac, 150
Law of universal gravitation, 22
Laws of Motion, 22
light pollution, 188
light pollution map, 214
light trespass, 189

Mount Meru, 113

nebula, 94
neutron stars, 102
North Celestial Pole, NCP, 36

Oort cloud, 78
optical telescopes, 51

parallax, 16
parsec, pc, 16
planets
    Earth, 66
    Jupiter, 70
    Mars, 67
    Mercury, 64
    Neptune, 73
    Saturn, 71
    URANUS, 72
    Venus, 65
Polaris, 31
positional astronomy, 9
Prasart Phanom Rung Historical Park, 116
prominences, 61
protostars, 95
Ptolemic system, 10
pulsar, 102
pulsars, 24

quasars, 24

radian, 16
radio telescopes, 47
    FAST, 47
    Thai National Radio Telescope, TNRT, 48
    Very Large Array (VLA), 48
redshift, 81
retrograde retrograde motion, 9
Right Ascension, RA, 37

Sarsens, 4
Sky Quality Meter, SQM, 197
skyglow, 189
solar atmosphere
    Chromosphere, 61
    Corona, 61
    Photosphere, 61
Solar cycle, 62
solar eclipse, 1
Songkran festival, 133
South Celestial Pole, SCP, 36
steady state theory, 81
Stonehegne, 4
Summer solstice, 33
Sunspots, 61
supernova, 102

UV telescopes, 52
    GALEX, 52
    HST, 52

Vaastu, 123
Vaastu Purusha Mandala, 123
Vernal equinox, 34

Wat Phrathat Doi Suthep, 118
Winter solstice, 34

x-ray telescopes, 52
    Chandra, 54

Zenith, 40

ประวัติผู้เรียบเรียง



ผู้แรียบเรียงเนื้อหาส่วนที่ 1

ชื่อ – นามสกุล : รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ที่อยู่ที่ทำงาน : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

Email : sc_farung@crru.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549 : วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นักศึกษาศึกษาทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

พ.ศ. 2550 : ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู (ทุนสควค.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พ.ศ. 2552 : M.Sc. (Astronomy) Sejong University, Seoul, Korea

พ.ศ. 2557 : Ph.D. (Astrophysics) Liverpool John Moores University, Liverpool, UK

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2552-ปัจจุบัน : อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และวิทยากรประจำหอดูดาวมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

งานวิจัยที่ทำที่ได้รับการตีพิมพ์ :

1. Surina, F. & Kang, Y. -W. (2009) "Absolute Dimensions of Four Eclipsing Binaries", *ASP. Conf. Ser.* **404** 178.

2. Kang, Y. -W., Surina, F. & Lee, J. J. (2009) "New Method of Light Curve Analyses of Eclipsing Binaries in the Small Magellan Cloud", *ASP. Conf. Ser.* **404** 184.

3. Surina, F., Bode, M.F., Darnley, M.J. (2012) "Investigation of the Progenitors of Nova Explosions" in The 11th Asian-Pacific Regional IAU Meeting (APRIM2011) ed. S. Komonjinda, Yuri Y. Kovalev and D. Ruffolo. *NARIT Conf. Ser.* **1** 1.

4. Surina, F., Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2014) "Spectroscopic and Photometric Development of T Pyxidis (2011) from 0.8 to 250 Days after Discovery" in Stella Novae: Past and Future Decades, ed. P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro. *ASP. Conf. Ser.* **490** 169.

5. Darnley, M. J., Bode, M. F., Harman, D. J., Hounsell, R. A., Munari, U., Ribeiro, V. A. R. M., Surina, F., Williams, R. P., Williams, S. C. (2014) "On the Galactic Nova Progenitor Population" in Stella Novae: Past and Future Decades, ed. P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro. *ASP. Conf. Ser.* **490** 49.

6. Surina, F., Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2014) "A Detailed Photometric and Spectroscopic Study of the 2011 Outburst of the Recurrent Nova T Pyxidis from 0.8 to 250 Days after Discovery", *Astrophys. J.* **147** 107.

7. Surina, F., Arjyotha, S., Raktham, C. (2015) "Astronomy at Chiang Rai Rajabhat University", *Suranaree J. Sci. Technol.* **22** 2, 129.

8. Surina, F., Bode, M.F., Darnley, M.J. (2015) "Investigation of Galactic Classical and Recurrent Novae with Ground-based Observations and the Solar Mass Ejection Imager (SMEI)", *Pub. of Korean Astron. Soc.* **30** 237.

9. Hounsell, R., Darnley, M. J., Bode, M. F.,Harman, D. J., Surina, F., Starrfield, S., Holdsworth, D. L., Bewsher, D., Hick, P. P., Jackson, B. V. (2016) "Nova Light Curves from the Solar Mass Ejection Imager (SMEI). II. The Extended Catalog", *Astrophys. J.* **820** 2.

10. Thipboon, R., Kaewrakmuk, M., Surina, F. & Sanguansak, N. (2017) "Photometric Investigation of Novae T Pyx, BT Mon and V574 Pup at Quiescence by using the 2.4-m Thai National Telescope", *J. Phys. Conf. Ser.* **901** 012003.

11. Mueangkon, Y., Kamrat, S., Suekong, D., Aintawiphak, S., Jaiboe, A., Surina, F., Darnley, M.J., Bode, M.F. (2018) "Evolution of V339 Del (Nova Del 2013) since 0.37 – 75 Days after Discovery", *J. Phys. Conf. Ser.* **1144** 012014.

12. Sutham, S., Sobbong, J., Surina, F. & Awipan, S. (2019) "Optical morphology of the ejected Shell of V339 Del using SHAPE", *J. Phys. Conf. Ser.* **1380** 2029.

13. Aindang, A., Inkum, R., Sarotsakulchai, T. & Surina, F. (2018) "Kepler-TESS Light Curve Analysis of KIC 10417986 as a Practical Example for Astronomical Research in Schools", *J. Phys. Conf. Ser.* **1719** 2017.

ผลงานหนังสือ

1. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565) *ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (Introduction to Astrophysics of Nova Eruption)*. กรุงเทพ : บริษัท ดีเซมเบอรี่ จำกัด

2. ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ (2565ข) *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงเวทย์มนตร์*. กรุงเทพ : บริษัท ดีเซมเบอรี่ จำกัด



ผู้เรียบเรียงเนื้อหาส่วนที่ 2

ชื่อ – นามสกุล : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ที่อยู่ที่ทำงาน : คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

Email : em_parinya_s@crru.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550 : วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2555 : วท.ม. (ฟิสิกส์ประยุกต์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2555-2557 : อาจารย์ประจำโปรแกรมวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน (วิทยาเขตกาฬสินธุ์)

พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน : อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

งานวิจัยที่ทำที่ได้รับการตีพิมพ์ :

1. Saphet, P., Tong-on, A. and Thepnurat, M. (2017) "One dimensional two-body collisions experiment based on LabVIEW interface with Arduino". J. Phys Conf. Ser. 901(1) 012115, 1-6. doi :10.1088/1742-6596/901/1/012115

2. Anusorn Tong-on, Parinya Saphet and Meechai Thepnurat. (2017) "Simple Harmonics Motion experiment based on LabVIEW interface for Arduino". J. Phys Conf. Ser. 901(1) 012114, 1-6. doi:10.1088/1742-6596/901/1/012114

3. Puantha, R., Khammarew, W., Tong-on, A. and Saphet, P. (2019) "The speed of sound in air of pipe acoustic resonance via the Arduino with LabVIEW interface". Phys Educ. 54(1) 015009, 1-4.

4. Tong-on, A. and Saphet, P. (2021) "The DIY RCs circuit box set via Arduino with LabVIEW™ interface for experiment in charging and discharging of a capacitor". Phys Educ. 56(5) 055016, 1-8.



ผู้แรียบเรียงเนื้อหาส่วนที่ 3

ชื่อ – นามสกุล : อาจารย์ ดร.ธนายุทธ ช่างเรือนงาม

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ที่อยู่ที่ทำงาน : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

Email : thanayut.cha@crru.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552 : วท.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ นักศึกษาศึกษาทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

พ.ศ. 2555 : วท.ม. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พ.ศ. 2565 : ปร.ด. วิทยาศาสตร์เชิงคำนวณ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน : อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

งานวิจัยที่ทำที่ได้รับการตีพิมพ์ :

1. Krittawit Suk-ueng, Bhanupong Phrommarat, Suruswadee Nanglae, Thanayut Changruenngam and Sivaree Sudsanit. (2017). Mapping of landslide susceptibility area using geographic information system and logistic regression model with Invironmental factors: a case study of Ban Nanglae Nai, Muang district, Chiang Rai province. Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University, Volume 4 Number 6 November – December 2017, ISSN 2408 – 12

2. Thanayut Changruenngam, Suruswadee Nanglae, Nopporn Tanachaikhan , Charuwan Sirinapadola, Wittaya Pulsawad and Manoo Sompetch. (2019). Selection of Village Headman by Using Fuzzy Model: A Case Study of Hadkai Village, Wiang Sub- District Chiang Khong District, Chiang Rai Province. Proceedings of the 15th national Conference on Social Sciences, Chiang Rai Rajabhat University 2019, THAILAND. January 25.

3. Thanayut Changruenngam and Jantrararuk Tovaranonte. (2019). Exploring the suitability map of wild banana (Musa serpentina Swangpol & Somana) in Thailand using Species Distribution Models with the limited occurrence data. Proceedings of the International Conference on Biodiversity 2019. THAILAND. May 22 – 24.

4. Thanapon saengsuwan and Thanayut Changruenngam. (2019). Mathematical Model for Forecasting electricity production of solar rooftop systems. Proceedings of the 11th NPRU National Academic Conference, THAILAND. July 11 – 12.7.3

5. สุรัสวดี นางแล, นิติมา ชัยเสนสุข, ธัญวรัชญ์ บุตรสาร และ ธนายุทธ ช่างเรือนงาม, (2559). ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมเกี่ยวกับการจัดการขยะ ของหมู่บ้านนางแลใน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. รายงานการวิจัย, สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

6. Suruswadee Nanglae และ Thanayut Changruenngam (2020). The Application of Graph Theory on Text Mining. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 39(5), 532-538.

7. Changruenngam, T., Chomchalow, S., & Tovaranonte, J. (2022). Habitat P rediction and Knowledge Extraction from Musa gracilis Holttum with Limited Data. Chiang Mai J. Sci., 49(4), 1050–1062.

8. กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา, พิสิษฐ์ มณีโชติ, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และธนพล แสงสุวรรณ (2565). การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด. งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15, ชุมพร.



เอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ มีเนื้อหาในเล่มสามารถแบ่งได้เป็นสามส่วน จากผู้แต่งสามท่าน ดังนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการให้ความรู้ทั่วไปด้านดาราศาสตร์ที่ประชาชนทั่วไปควรมี ประกอบด้วย : บทที่ 1 ดาราศาสตร์คืออะไร | บทที่ 2 เราดูดาวอย่างไร บทที่ 3 เรามาจากไหน | บทที่ 4 ดาวเกิดขึ้น ตั้งอยู่ และดับไป อย่างไร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญญา สาเพชร คณะครุศาสตร์ เป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์กันระหว่างความรู้ทางดาราศาสตร์ที่สอดแทรกอยู่ในภูมิปัญญาท้องถิ่น ประกอบด้วย : บทที่ 5 โบราณสถานกับดาราศาสตร์ไทย | บทที่ 6 ประเพณีวัฒนธรรมไทยกับอิทธิพลทางดาราศาสตร์ | บทที่ 7 โหราศาตร์กับการโคจรของดวงดาว

ดร.ธนายุทธ ช่างเรือนงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการนำเสนอแนวทางการนำความรู้ด้านดาราศาสตร์พื้นฐานที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาการเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวได้ ประกอบด้วย : บทที่ 8 การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด | บทที่ 9 การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์

-มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย-