

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



วิทยาศาสตร์ โลกและอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

6

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

นายจาตุรนต์ กองกุล

ผู้ตรวจ

รศ.ดร.สากล สถิตวิทยานันท์

ดร.वासुเทพ หลวงทิพย์

ดร.ปรีชาดิ เวชยนต์

บรรณาธิการ

ศ.ดร.ปัญญา จารุศิริ

รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ปีที่พิมพ์ 2563

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวนพิมพ์ 15,000 เล่ม

ISBN : 978-616-203-961-4

รหัสสินค้า 3618001

AKS **อักษ**

www.aksorn.com

จัดพิมพ์และจำหน่ายทั่วประเทศโดย

บริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจก. จำกัด

142 ถนนตะนาว เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200

โทร./แฟกซ์ 0 2622 2999 (อัตโนมัติ 20 คู่สาย)

พิมพ์ที่: บริษัท ไทยสมเกล้า จำกัด โทร. 0 2903 9101-6

คำแนะนำในการใช้สื่อ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จัดทำสอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทั้งทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสาร และการร่วมมือ เพื่อให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้

Q เอกภพในปัจจุบัน แตกต่างจากในอดีตหรือไม่ อย่างไร

คำถามกระตุ้นการเรียนรู้ก่อนเข้าสู่เนื้อหา

Check for Understanding
คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนก่อนเข้าสู่การเรียนรู้การสอน

กิจกรรม

กิจกรรมให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์

Key Question

คำถามสำคัญของเนื้อหาแต่ละหัวข้อเพื่อนำไปสู่การสรุปสาระสำคัญ



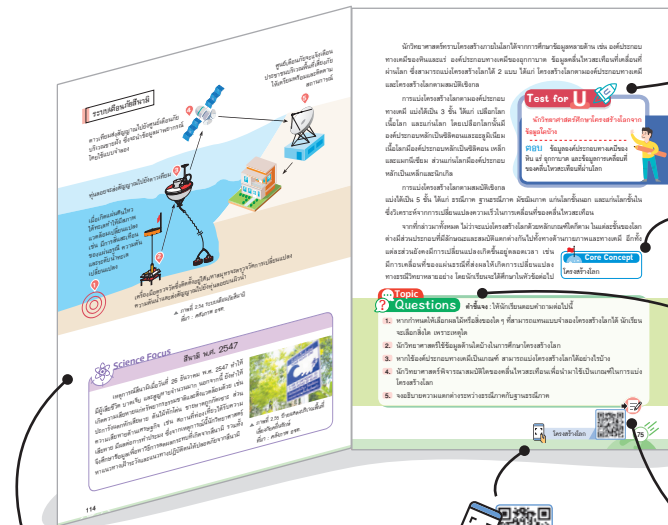
Earth Science in Real Life
เชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตประจำวัน

Fun Science

ความรู้เสริมจากเนื้อหาที่เน้นความสนุกสนาน เข้าใจง่าย

H.O.T.S. คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ

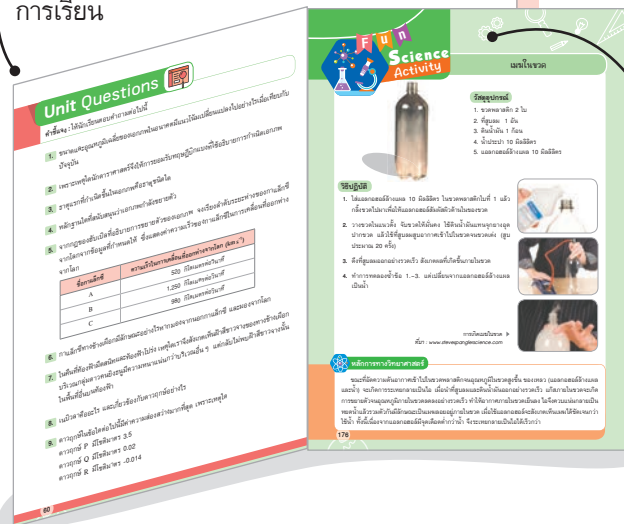


Science Focus
ความรู้เสริมจากเนื้อหาเพื่อขยายความรู้ของผู้เรียน

QR Code
นำเสนอเนื้อหาในรูปแบบที่รองรับการเรียนรู้ผ่านสื่อดิจิทัล

Summary
สรุปเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนสาระสำคัญประจำหน่วยการเรียนรู้

Unit Questions
แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



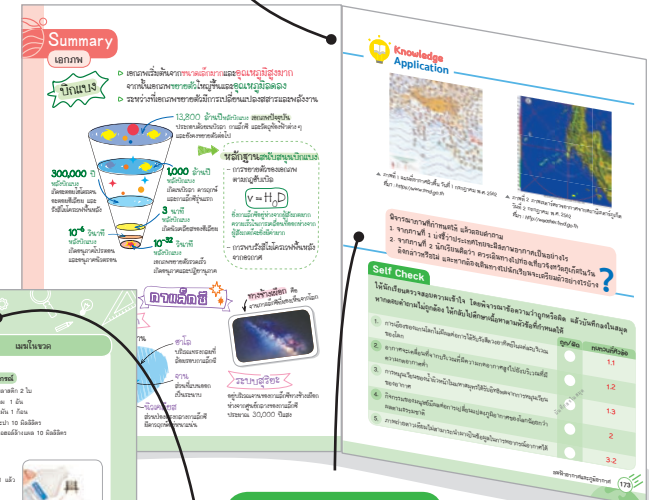
Test for U
แนวข้อสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา

Core Concept
เชื่อมโยงไปสู่การที่ให้ผู้เรียนได้สรุปสาระสำคัญในแต่ละหัวข้อ

Topic Questions
คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนในแต่ละหัวข้อ

Knowledge Application
เชื่อมโยงสู่แบบฝึกหัดเพื่อให้ผู้เรียนฝึกฝนจนเกิดความเชี่ยวชาญ

Knowledge Application
กิจกรรมให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด



Self Check
คำถามเพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง

Fun Science Activity
กิจกรรมที่เน้นความสนุกสนานเพื่อนำไปสู่เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์



เอกภพและกาแล็กซี

3

- กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ
- หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
- กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

3

6

12

ดาวฤกษ์

18

- ความส่องสว่างและโชติมาตรของดาวฤกษ์
- สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์
- กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

18

22

25

ระบบสุริยะ

34

- กระบวนการเกิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริเวณของดวงอาทิตย์
- โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์

34

41

เทคโนโลยีอวกาศ

46

- เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ
- เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้

47

54



โครงสร้างโลก

63

- การแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี
- การแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล

64

68

การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี

76

- แนวคิดทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน
- แนวคิดทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรและหลักฐานสนับสนุน
- การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี

76

82

85

ธรณีพิบัติภัย

93

- ภูเขาไฟระเบิด
- แผ่นดินไหว
- สึนามิ

94

102

111



ลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ

123

- ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก
- การหมุนเวียนของอากาศ
- การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้าในมหาสมุทร
- ผลที่เกิดจากการหมุนเวียนของอากาศและน้ำผิวหน้าในมหาสมุทร

123

127

138

140

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

146

- ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก
- ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก

148

154

ข้อมูลและสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยา

157

- การตรวจอากาศ
- ข้อมูลและสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยา
- การใช้ประโยชน์จากข้อมูลและสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยา

158

163

168

เอกภพ



เอกภพในปัจจุบัน
แตกต่างจากในอดีต
หรือไม่ อย่างไร

ตัวชี้วัด

ว 3.1 ม.6/1 ม.6/2 ม.6/3 ม.6/4
ม.6/5 ม.6/6 ม.6/7 ม.6/8
ม.6/9 ม.6/10



Check for Understanding

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความตามความเข้าใจของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด

1. ทฤษฎีกำเนิดเอกภพที่ยอมรับในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีบิกแบง
2. กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้จากบนโลก
3. ดาวฤกษ์เป็นก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่ เกิดจากการยุบตัวของกลุ่มสสารในเนบิวลาภายใต้แรงโน้มถ่วง
4. ระบบสุริยะประกอบด้วยดาวเคราะห์ทั้งใน ดาวเคราะห์น้อย และดาวเคราะห์วงนอก
5. กล้องโทรทรรศน์ใช้สำรวจอวกาศในช่วงความยาวคลื่นแสงเท่านั้น

ถูก/ผิด

บันทึกลงในสมุด



1. เอกภพและกาแล็กซี

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสังเกตการณ์และรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามว่า เอกภพและสสารต่าง ๆ ในเอกภพเกิดขึ้นอย่างไร และมีวิวัฒนาการอย่างไรตั้งแต่เริ่มกำเนิดขึ้นมาจนถึงปัจจุบัน โดยใช้หลักฐานที่ได้จากการสังเกตการณ์และการรวบรวมข้อมูล จนทำให้นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยอมรับว่า การกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพเป็นไปตามทฤษฎีบิกแบง



Key Question

เอกภพ
มีการกำเนิด
และวิวัฒนาการ
อย่างไร



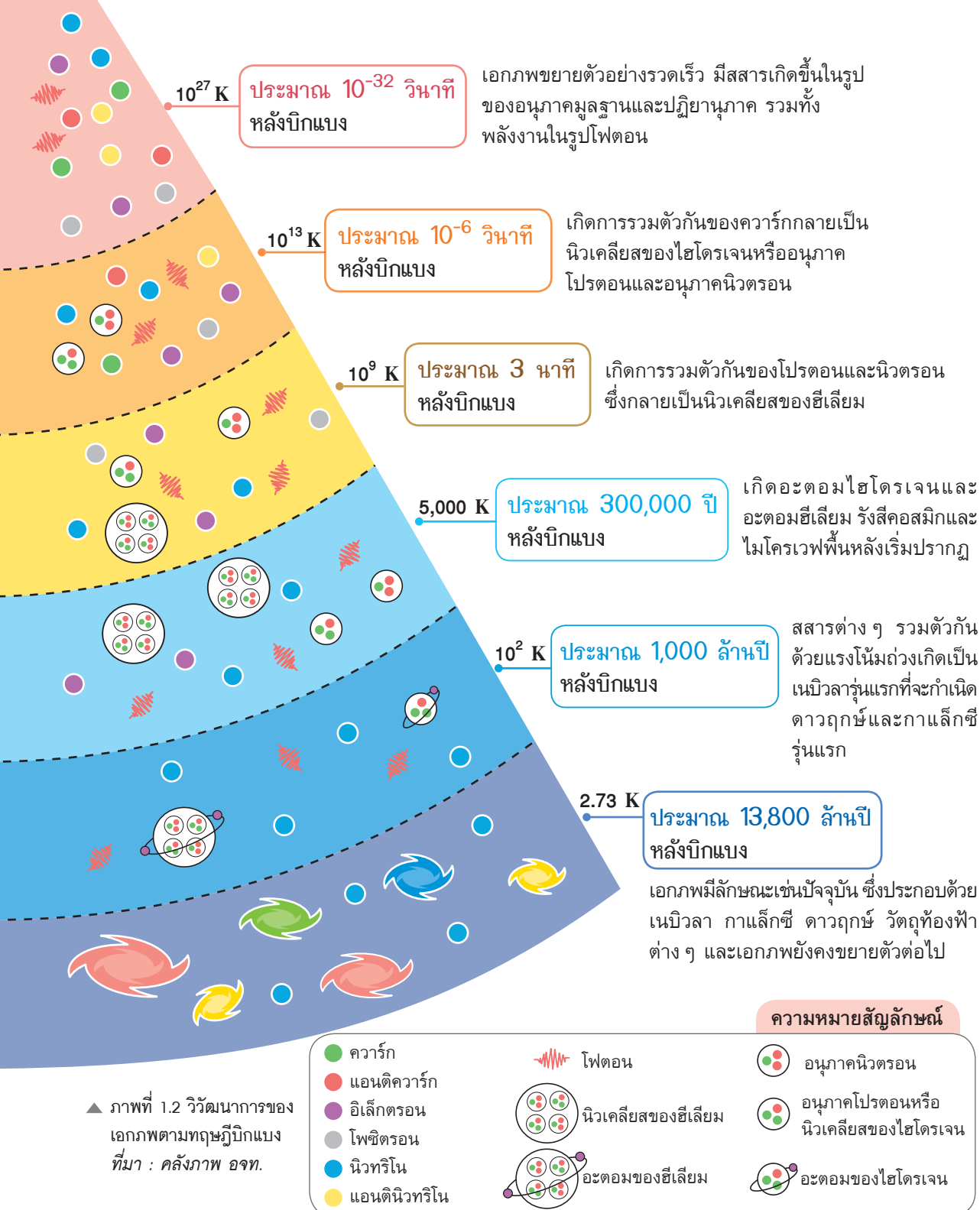
1.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์มีการศึกษาการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ และมีการนำเสนอทฤษฎีจำนวนมากเพื่ออธิบายการกำเนิดเอกภพ โดยทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีบิกแบง (Big Bang Theory) ซึ่งอธิบายว่า เอกภพในช่วงเริ่มต้นมีขนาดเล็กมากและมีอุณหภูมิสูงมาก ซึ่งขณะเกิดเอกภพนั้นถือเป็นจุดเริ่มต้นของเวลา จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเอกภพเกิดการขยายตัวจนมีขนาดใหญ่ขึ้นและอุณหภูมิลดต่ำลง โดยในระหว่างที่เกิดการขยายตัวนี้ มีการเปลี่ยนแปลงของสสารและพลังงาน เกิดการรวมตัวกันของอนุภาคมูลฐานขนาดเล็กกลายเป็นอะตอมของธาตุ และรวมตัวกันกลายเป็นวัตถุต่าง ๆ ดังที่สังเกตเห็นได้ในปัจจุบัน เช่น เนบิวลา ดวงดาว กาแล็กซี วัตถุอื่น ๆ

▼ ภาพที่ 1.1 ส่วนหนึ่งของเอกภพซึ่งประกอบไปด้วยเนบิวลา กาแล็กซี และดาวฤกษ์
ที่มา : <https://www.nasa.gov>



กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง



▲ ภาพที่ 1.2 วิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

เมื่อเกิดบิกแบง เอกภพขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว มีสสารเกิดขึ้นในรูปของอนุภาคมูลฐาน (elementary particle) ได้แก่ ควาร์ก (quark) อิเล็กตรอน (electron) และนิวทริโน (neutrino) พร้อมกับเกิดปฏิยานุภาค (antiparticle) ของอนุภาคเหล่านั้น ได้แก่ แอนติควาร์ก (antiquark) โพซิตรอน (positron) และแอนตินิวทริโน (anti-neutrino) ส่วนพลังงานจะอยู่ในรูปของโฟตอน

อนุภาคและปฏิยานุภาคนั้นไม่คงตัว เมื่ออนุภาครวมตัวกับปฏิยานุภาคจะเกิดเป็นพลังงาน กระบวนการดังกล่าว เรียกว่า กระบวนการประลัย (annihilation) ซึ่งเอกภพของเราในยุคปัจจุบันมีอนุภาคมากกว่าปฏิยานุภาค จึงทำให้มีอนุภาคที่ก่อกำเนิดเป็นสสารของเอกภพ

หลังเกิดบิกแบงประมาณ 10⁻⁶ วินาที เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 10¹³ เคลวิน ทำให้ควาร์กรวมตัวกันกลายเป็นนิวเคลียสของไฮโดรเจน (อนุภาคโปรตอน) และอนุภาคนิวตรอน

หลังเกิดบิกแบงประมาณ 3 นาที เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 10⁹ เคลวิน ทำให้โปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกันเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม

หลังเกิดบิกแบงประมาณ 300,000 ปี เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 5,000 เคลวิน อิเล็กตรอนมีพลังงานลดลง นิวเคลียสไฮโดรเจนและนิวเคลียสฮีเลียมจึงดึงอิเล็กตรอนเข้ามารวมตัว เกิดเป็นอะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของฮีเลียม

หลังเกิดบิกแบงประมาณ 1,000 ล้านปี กลุ่มแก๊สที่มีธาตุไฮโดรเจนและธาตุฮีเลียมเป็นองค์ประกอบรวมตัวกัน จากนั้นจึงเกิดเป็นดาวฤกษ์และกาแล็กซีต่าง ๆ เริ่มกำเนิดขึ้น

ปัจจุบันเอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมากหลายแสนล้านกาแล็กซี ภายในกาแล็กซีประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมาก ที่ว่างระหว่างดาวฤกษ์ต่าง ๆ และระหว่างกาแล็กซีเป็นพื้นที่กว้าง ซึ่งเอกภพมีขนาดใหญ่มาก

▲ ภาพที่ 1.3 จำลองลักษณะการเกิดบิกแบง
ที่มา : <https://svs.gsfc.nasa.gov>

Test for U

หลังเกิดบิกแบงปริมาณอนุภาคกับปริมาณปฏิยานุภาคควรเป็นอย่างไรจึงจะเกิดกาแล็กซีและดาวฤกษ์ต่าง ๆ ขึ้นได้

ตอบ เมื่อปฏิยานุภาคพบกับอนุภาคที่คู่กัน จะเกิดการประลัยคู่เป็นพลังงาน หากปริมาณอนุภาคเท่ากับปริมาณปฏิยานุภาค สสารจะกลายเป็นพลังงานทั้งหมดซึ่งจะไม่สามารถก่อให้เกิดกาแล็กซีและดาวฤกษ์ต่าง ๆ ได้ ดังนั้น เอกภพในยุคปัจจุบันจะต้องมีปริมาณอนุภาคมากกว่าปริมาณปฏิยานุภาคเสมอ



ควาร์ก



1.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาการขยายตัวของเอกภพจากการสังเกตการณ์ที่ของกาแล็กซีต่าง ๆ โดยสามารถจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีกับระยะห่างของกาแล็กซีจากผู้สังเกตเมื่อเอกภพขยายตัวได้จากกิจกรรมต่อไปนี้



กิจกรรม

การขยายตัวของเอกภพ

- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- การสังเกต
 - การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
- จิตวิทยาศาสตร์
- ความสนใจใฝ่รู้
 - ความรับผิดชอบ

- จุดประสงค์
1. อธิบายลักษณะการขยายตัวของเอกภพจากแบบจำลองได้
 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซีได้
- วัสดุอุปกรณ์
1. สายวัด

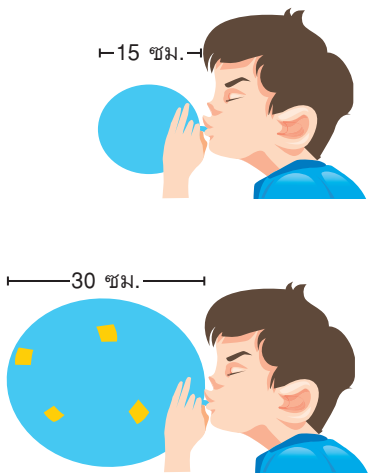
2. เทปใส

3. ลูกโป่งชนิดกลม
4. ยางรัด

5. นาฬิกาจับเวลา

6. กระดาษกราฟ

- วิธีปฏิบัติ
1. เป่าลูกโป่งให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร
 2. ติดกระดาษที่เขียนตัวอักษร A B C D และ E แบบสุ่มไว้รอบลูกโป่ง โดยให้มีระยะห่างต่าง ๆ กัน
 3. วัดระยะทางระหว่างตัวอักษร A-B A-C A-D และ A-E บนผิวโค้งของลูกโป่ง บันทึกข้อมูล
 4. เป่าลูกโป่งอีกครั้งพร้อมกับจับเวลา โดยเป่าลูกโป่งให้ขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจนมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร
 5. วัดระยะทางระหว่างตัวอักษร A-B A-C A-D และ A-E อีกครั้ง บันทึกข้อมูล
 6. คำนวณผลต่างระหว่างระยะทางในข้อ 3. กับข้อ 5. แล้วนำผลต่างมาคำนวณหาความเร็วในการขยายตัวของจุด B C D และ E เมื่อเทียบกับจุด A
 7. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในข้อ 5. กับความเร็วในการขยายตัวของลูกโป่งในข้อ 6.



▲ ภาพที่ 1.4 จำลองลักษณะการขยายตัวของเอกภพ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ที่มา : <https://btc.montana.edu/ceres/html/Universe/uni1.html>

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการกิจกรรม

กาแล็กซี	ระยะทางจากกาแล็กซี (ชม.)		ผลต่างของระยะทาง (ชม.)	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (ชม./วินาที)
	เป่าลูกโป่งขนาด 15 ซม.	เป่าลูกโป่งขนาด 30 ซม.		
B				
C				
D				
E				

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ลูกโป่ง ตัวอักษร และระยะทางระหว่างตัวอักษรใช้แทนสิ่งใดเมื่อเปรียบเทียบกับกาขยายตัวของเอกภพ
2. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวอักษรแต่ละจุดเหมือนหรือต่างกัน อย่างไร
3. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวอักษร B C D และ E ออกจากตัวอักษร A มีความสัมพันธ์กับระยะทางจากตัวอักษร A อย่างไร
4. การขยายตัวของลูกโป่งในกิจกรรมกับการขยายตัวของเอกภพเหมือนหรือต่างกัน อย่างไร
5. นักเรียนคิดว่า ระยะทางของกาแล็กซีจากผู้สังเกตสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีหรือไม่ อย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

จากการทำกิจกรรมจะเห็นว่า หลังจากเป่าลูกโป่งให้ขยายตัวจนมีขนาดเพิ่มขึ้น ตำแหน่งใด ๆ ที่ยังมีระยะทางห่างจากจุด A มาก ก็ยังมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกห่างจากจุด A มากขึ้นไปด้วย ถ้าเปรียบเทียบให้ลูกโป่งแทนเอกภพ ตัวอักษร A แทนกาแล็กซีทางช้างเผือกและเป็นผู้สังเกต ตัวอักษร B C D และ E แทนกาแล็กซีต่าง ๆ และระยะทางระหว่างตัวอักษรแทนระยะทางระหว่างกาแล็กซี จะอธิบายได้ว่า ยิ่งกาแล็กซีที่ถูกสังเกตมีระยะทางห่างจากกาแล็กซีของผู้สังเกตมากขึ้น ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกห่างจากกาแล็กซีของผู้สังเกตจะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเมื่อนำข้อมูลระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีมาเขียนกราฟ พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีแปรผันตรงกับระยะทาง

¹ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีเป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ออกห่าง (recessional velocity) หมายถึง ความเร็วที่วัตถุท้องฟ้าเคลื่อนที่ออกห่างจากผู้สังเกต ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของเอกภพ สามารถวัดได้จากการเลื่อนทางแดงของวัตถุท้องฟ้า แต่ในที่นี้เป็นขนาดของความเร็วหรืออัตราเร็ว

หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ ข้อมูลการขยายตัวของเอกภพตามกฎของฮับเบิล และการค้นพบการแผ่รังสีไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษารายละเอียดต่อไป

1. ข้อมูลการขยายตัวของเอกภพตามกฎของฮับเบิล เอ็ดวิน เพาเวลล์ ฮับเบิล (Edwin Powell Hubble) ใช้เครื่องมือตรวจวัดและคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากโลก (recessional velocity) ของกาแล็กซีต่าง ๆ และคำนวณระยะทางระหว่างโลกกับกาแล็กซีเหล่านั้น ซึ่งแสดงตัวอย่างได้ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 : ตัวอย่างข้อมูลระยะห่างจากโลกและความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากโลกของกาแล็กซี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลของเอ็ดวิน เพาเวลล์ ฮับเบิล ใน พ.ศ. 2435

ชื่อกาแล็กซี	ระยะห่างจากโลก (เมกะพาร์เซก; Mpc)	ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากโลก (กิโลเมตรต่อวินาที; km s ⁻¹)
NGC 5357	0.45	200
NGC 4736	0.5	290
NGC 4214	0.8	300
NGC 3627	0.9	650
NGC 4151	1.7	960
NGC 4649	2.0	1,090

ที่มา : <https://funkyeds.blogspot.com/2017/01/hubbles-law-constantly-expanding.html>

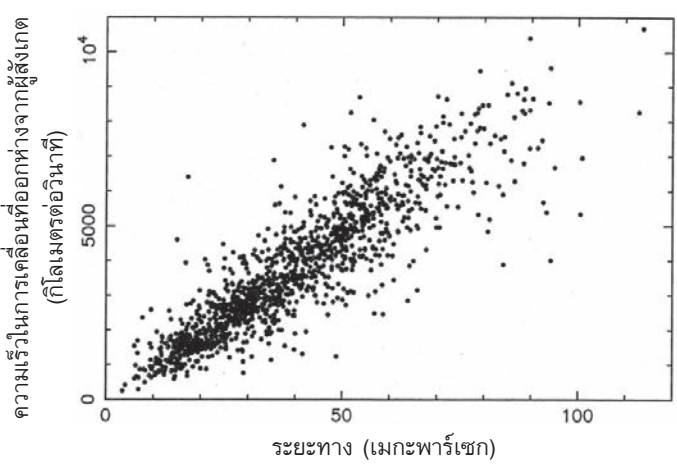
จากข้อมูลในตารางข้างต้น จะเห็นได้ว่า เมื่อกาแล็กซีอยู่ห่างจากโลกมากขึ้น ความเร็วของกาแล็กซีในการเคลื่อนที่ออกจากโลกจะยิ่งมีค่ามากขึ้นด้วย หากนำข้อมูลในตารางมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทั้งสอง โดยใช้ข้อมูลของกาแล็กซีจำนวนมากพอ จะสังเกตได้ว่า ปริมาณทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันแบบแปรผันตรง ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 1.5



Science Focus

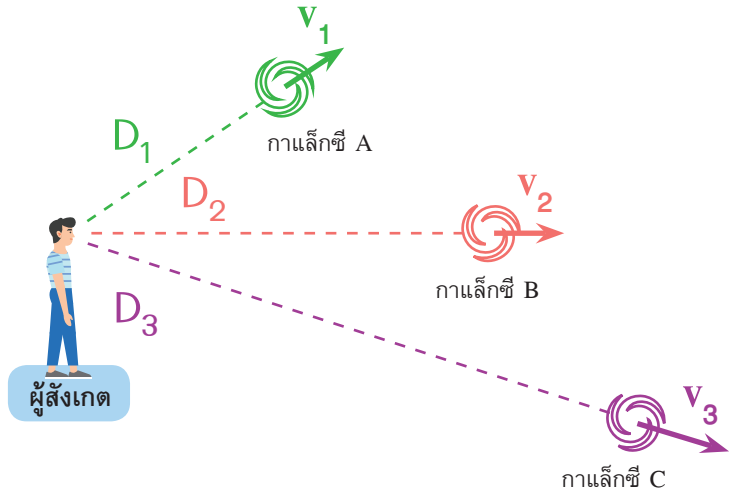
ระยะทาง 1 พาร์เซก

พาร์เซก (parsec; pc) เป็นหน่วยที่ใช้วัดระยะทางทางดาราศาสตร์ โดยระยะทาง 1 พาร์เซก มีค่าเท่ากับระยะทาง 206,265 เท่าของ 1 หน่วยดาราศาสตร์ ประมาณ 3.26 ปีแสง หรือประมาณ 3.08×10^{16} เมตร และระยะทาง 1 เมกะพาร์เซก เท่ากับ 1 ล้านพาร์เซก



▲ ภาพที่ 1.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากโลกของกาแล็กซีจำนวน 1,355 กาแล็กซี
ที่มา : <https://funkyeds.blogspot.com/2017/01/hubbles-law-constantly-expanding.html>

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (D) กับความเร็ว (v) ของกาแล็กซีในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตที่เป็นแบบแปรผันตรงนี้ สรุปได้เป็น กฎของฮับเบิล-เลอแมตร์ (Hubble-Lemaître's Law) ซึ่งอธิบายว่า “ยิ่งกาแล็กซีอยู่ห่างจากผู้สังเกตมาก ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตก็จะมีค่ามาก” โดยอาจแสดงคำอธิบายดังกล่าวได้ ดังแผนภาพต่อไปนี้



▲ ภาพที่ 1.6 แผนภาพแสดงขนาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตของกาแล็กซีที่อยู่ห่างจากผู้สังเกตต่างกัน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากภาพ จะเห็นได้ว่า กาแล็กซี A อยู่ใกล้ผู้สังเกตมากที่สุด ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตจึงมีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่กาแล็กซี B จะมีความเร็วเพิ่มขึ้น และกาแล็กซี C มีความเร็วมากที่สุด เนื่องจากอยู่ห่างจากผู้สังเกตมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามกฎของฮับเบิลดังสมการ

$$v = H_0 D$$

- v คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ออกห่างจากผู้สังเกต มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อวินาที (km s^{-1})
- H_0 คือ ค่าคงตัวฮับเบิล มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อวินาทีต่อเมกะพาร์เซก ($\text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$)
- D คือ ระยะทางจากผู้สังเกตถึงกาแล็กซี มีหน่วยเป็นเมกะพาร์เซก (Mpc)

ปัจจุบันค่าคงตัวฮับเบิลมีค่าประมาณ $70 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$ หมายความว่า เอกภพมีการขยายตัวด้วยความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อวินาที ในระยะทางทุก ๆ 1 Mpc ที่ออกห่างจากโลก

ตัวอย่างที่ 1.1

กาแล็กซี M87 มีระยะห่างจากกาแล็กซีทางช้างเผือก 53.49 ล้านปีแสง หรือ 16.4 Mpc หากค่าคงตัวฮับเบิลมีค่า $70 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$ พื้นที่ว่างระหว่างกาแล็กซีทางช้างเผือกกับกาแล็กซี M87 กำลังขยายตัวด้วยความเร็วเท่าใด

วิธีทำ จากกฎของฮับเบิล-เลอแมตร์

$$v = H_0 D$$

$$v = 70 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1} \times 16.4 \text{ Mpc}$$

$$v = 1,148 \text{ km s}^{-1}$$

ดังนั้น พื้นที่ว่างระหว่างกาแล็กซีทางช้างเผือกกับกาแล็กซีแอนดรอเมดากำลังขยายตัวด้วยความเร็วเฉลี่ย 1,148 กิโลเมตรต่อวินาที

ตัวอย่างที่ 1.2

นักดาราศาสตร์พบกาแล็กซีใหม่กาแล็กซีหนึ่ง ซึ่งจากการตรวจวัดและคำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ออกห่างจากโลก ได้ค่า $1,190 \text{ km s}^{-1}$ จงหว่ากาแล็กซีนี้อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทางเท่าใด

วิธีทำ จากกฎของฮับเบิล-เลอแมตร์

$$v = H_0 D$$

$$D = \frac{v}{H_0}$$

$$D = \frac{1,190 \text{ km s}^{-1}}{70 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}}$$

$$D = 17 \text{ Mpc}$$

ดังนั้น กาแล็กซีนี้อยู่ห่างจากโลก 17 เมกะพาร์เซก

การค้นพบของฮับเบิลยืนยันได้ว่า เอกภพกำลังมีการขยายตัว และหากย้อนเวลากลับไปในอดีต ระยะห่างระหว่างกาแล็กซีย่อมเล็กลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งซึ่งมวลสารทั้งเอกภพออยู่รวมกันเป็นจุดเดียว อันเป็นที่มาของทฤษฎีบิกแบง

2. การค้นพบการแผ่รังสีไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงอีกหลักฐานหนึ่ง คือ รังสีไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่ถูกค้นพบใน พ.ศ. 2507 คลื่นไมโครเวฟดังกล่าวสามารถตรวจวัดได้ในทุกทิศทาง ซึ่งคลื่นไมโครเวฟไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้เครื่องมือในการตรวจวัดการค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเกิดขึ้นที่ห้องปฏิบัติการเบลล์ (bell laboratory) รัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดย อาร์โน เพนเซียส (Arno Penzias) และรอเบิร์ต วิลสัน (Robert Wilson) ที่ทำการทดสอบการรับสัญญาณของกล้องโทรทรรศน์วิทยุ

ในช่วงเวลาก่อนหน้านี้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านสันนิษฐานว่า เอกภพในอดีตมีอุณหภูมิและความหนาแน่นสูง ทำให้อิเล็กตรอนไม่สามารถรวมตัวกับนิวเคลียสเป็นอะตอมได้ ดังนั้นอนุภาคต่าง ๆ จึงรวมตัวกันอยู่ในรูปของพลาสมา ซึ่งพลาสมานี้มีสมบัติที่ดูดกลืนแสง ทำให้โฟตอนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เอกภพในช่วงเวลานั้นจึงไม่มีแสง ในเวลาต่อมาเมื่อเอกภพอายุประมาณ 300,000 ปี อิเล็กตรอนรวมตัวกับนิวเคลียสเป็นอะตอม ทำให้เอกภพโปร่งแสงและโฟตอนที่ถูกดูดกลืนไว้ถูกปล่อยออกมาในรูปของรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง

รังสีไมโครเวฟพื้นหลังเป็นรังสีที่แผ่มาจากทุกทิศทางและมีปริมาณเท่ากันทุกส่วน การแผ่รังสีในลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีการแผ่รังสีของวัตถุดำ ในปัจจุบันการแผ่รังสีของรังสีไมโครเวฟพื้นหลังสอดคล้องกับการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิ 2.73 เคลวิน แต่ในช่วงเวลา 300,000 ปีหลังจากบิกแบง เอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 5,000 เคลวิน แต่รังสีไมโครเวฟพื้นหลังเลื่อนทางแดง เนื่องจากการขยายตัวของเอกภพตลอดเวลา จนกระทั่งในปัจจุบันเอกภพมีอุณหภูมิ 2.73 เคลวิน ดังนั้น การค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลังจึงเป็นหลักฐานสนับสนุนการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง

◀ ภาพที่ 1.7 กล้องโทรทรรศน์วิทยุที่เพนเซียสและวิลสันใช้ค้นพบการแผ่รังสีไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
ที่มา : <https://www.atlasobscura.com>



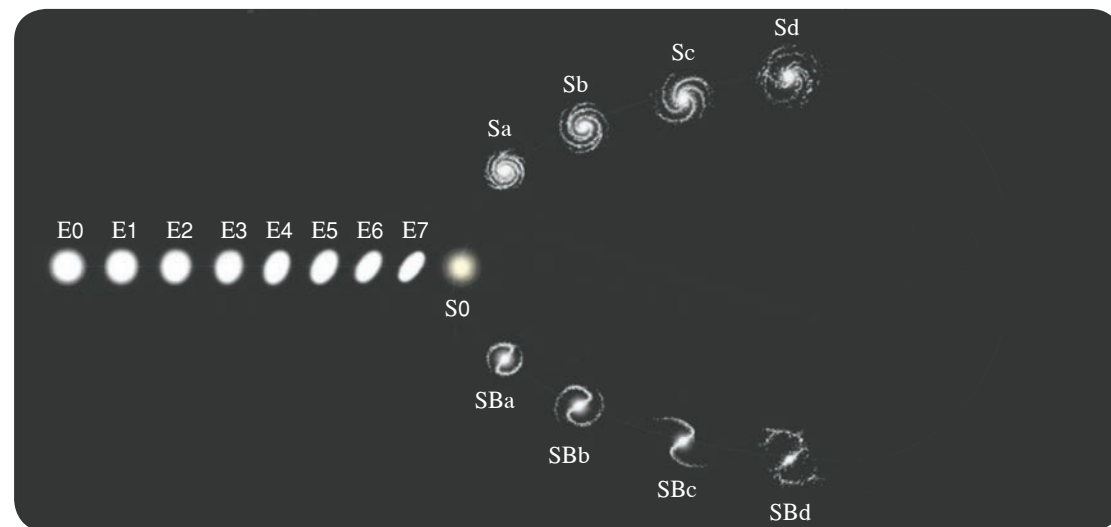
1.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

กาแล็กซีแรกกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 1,000 ล้านปี หลังจากที่เอกภพกำเนิดขึ้น ในช่วงแรก เอกภพประกอบไปด้วยแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียม ซึ่งบางบริเวณที่มีความหนาแน่นของแก๊สมากจะมีแรงดึงดูดให้แก๊สรวมตัวกันมากขึ้น แล้วเริ่มยุบตัวลงเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ก่อนจะเป็นกาแล็กซี เรียกว่า **กาแล็กซีก่อนเกิด (protogalaxy)**

อย่างไรก็ตาม รายละเอียดเกี่ยวกับการกำเนิดกาแล็กซียังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่จนถึงปัจจุบัน โดยบางทฤษฎีเชื่อว่า เกิดการยุบตัวของกาแล็กซีก่อนเกิดพร้อม ๆ กันทั่วทั้งเอกภพ จากนั้นแต่ละกาแล็กซีจึงเกิดกระจุกดาวขึ้น ขณะที่บางทฤษฎีเชื่อว่า โครงสร้างขนาดเล็ก เช่น กระจุกดาวทรงกลม กำเนิดขึ้นก่อน แล้วโครงสร้างขนาดเล็กเหล่านี้จึงรวมตัวกันเป็นกาแล็กซี

นักดาราศาสตร์ประมาณคร่าว ๆ ว่า ภายในเอกภพประกอบไปด้วยกาแล็กซีประมาณ 1-2 แสนล้านกาแล็กซี ซึ่งมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป โดยนักดาราศาสตร์แบ่งกาแล็กซีออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. กาแล็กซีปกติ (regular galaxy) เป็นกาแล็กซีที่มีรูปแบบ โดยสามารถจัดแบ่งรูปร่างของกาแล็กซีได้ตามแผนภาพของฮับเบิล (Hubble Sequence) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้



▲ ภาพที่ 1.8 แผนภาพของฮับเบิลซึ่งแสดงการแบ่งประเภทของกาแล็กซีปกติ โดยแบ่งเป็นกาแล็กซีรี (E) กาแล็กซีเลนส์ (S0) กาแล็กซีกังหันแบบธรรมดา (S) และกาแล็กซีกังหันแบบมีคาน (SB)
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กาแล็กซีรี (elliptical galaxy)

แทนด้วยสัญลักษณ์ E ตามด้วยเลข 1-7 เพื่อแสดงความรีของกาแล็กซี โดย E0 มีลักษณะใกล้เคียงทรงกลมมากที่สุด จนถึง E7 มีความรีมากที่สุด เป็นกาแล็กซีที่มีอัตราการเกิดของดาวฤกษ์ต่ำ ประกอบไปด้วยดาวฤกษ์ที่มีอายุมาก แต่มีมวลน้อย



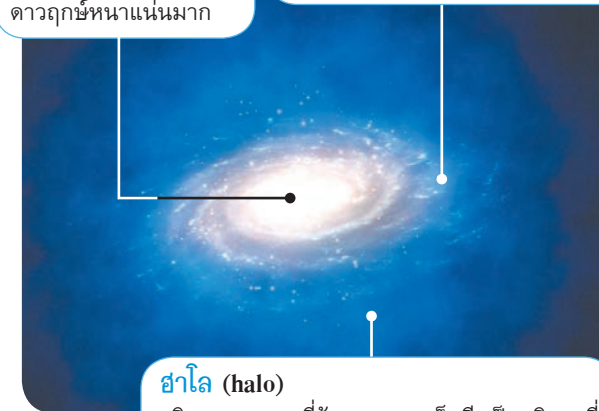
▲ ภาพที่ 1.9 กาแล็กซี ESO 325-G004 เป็นกาแล็กซีรี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

นิวเคลียส (nucleus)

บริเวณส่วนป่องตรงกลางของกาแล็กซี เป็นบริเวณที่มีดาวฤกษ์หนาแน่นมาก

จาน (disk)

บริเวณที่แบนออกเป็นระนาบ ประกอบด้วยฝุ่นและแก๊สในกาแล็กซีที่หมุนวนอยู่



ฮาโล (halo)

บริเวณทรงกลมที่ล้อมรอบกาแล็กซี เป็นบริเวณที่ไม่มีฝุ่นและแก๊ส ซึ่งพบเฉพาะดาวฤกษ์อายุมาก

กาแล็กซีกังหัน (spiral galaxy)

มีลักษณะคล้ายจาน บริเวณแกนกลาง เรียกว่า **นิวเคลียส (nucleus)** มีแขนหมุนเป็นเกลียวรอบแกนกลาง เรียกว่า **จาน (disk)** และอาจมีดาวที่กระจัดเป็นทรงกลมรอบจานกาแล็กซี เรียกว่า **ฮาโล (halo)** ซึ่งแบ่งออกเป็นกาแล็กซีกังหันแบบธรรมดา (normal spiral galaxy) แทนด้วยสัญลักษณ์ S และกาแล็กซีกังหันแบบมีคาน (barred spiral galaxy) แทนด้วยสัญลักษณ์ SB

▲ ภาพที่ 1.10 ส่วนประกอบของกาแล็กซีกังหัน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กาแล็กซีเลนส์ (lenticular galaxy)

หรือกาแล็กซีลูกสะบ้า แทนด้วยสัญลักษณ์ S0 เป็นกาแล็กซีกังหันประเภทหนึ่งแต่มีลักษณะคล้ายเลนส์ซึ่งลักษณะก้ำกึ่งระหว่างกาแล็กซีรีกับกาแล็กซีกังหัน โดยมีลักษณะเป็นจานคล้ายกับกาแล็กซีกังหัน แต่ต่างกันตรงที่ไม่มีแขน และมีส่วนป่องตรงกลางขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดของจาน



▲ ภาพที่ 1.11 กาแล็กซี NGC 2787 เป็นกาแล็กซีเลนส์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

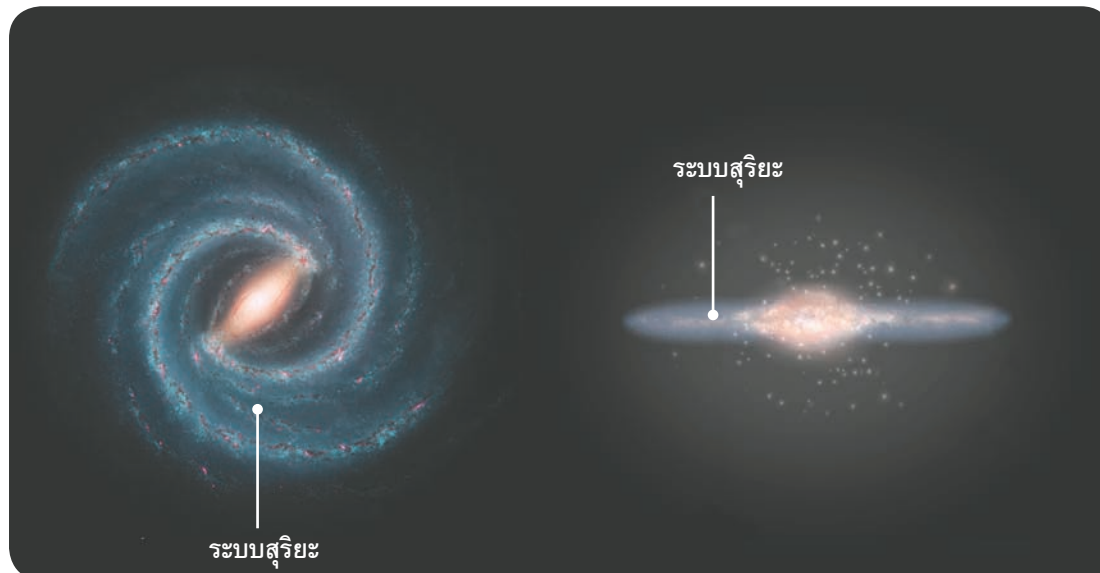
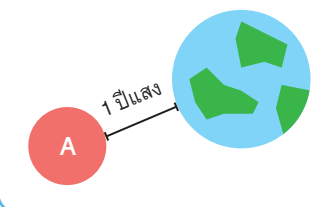
2. กาแล็กซีไม่มีรูปแบบ (irregular galaxy) เป็นกาแล็กซีที่ไม่สามารถจำแนกได้ตามแผนภาพของฮับเบิล ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ I

เนื่องจากระบบสุริยะอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก ทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นรูปร่างของกาแล็กซีได้ แต่จากการสังเกตแถบสว่างบนท้องฟ้าและความหนาแน่นของกระจุกดาว ทำให้สันนิษฐานว่า กาแล็กซีทางช้างเผือก (Milky Way galaxy) เป็นกาแล็กซีกังหันแบบมีคาน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100,000 ปีแสง ภายในกาแล็กซีทางช้างเผือกมีดาวฤกษ์กว่า 200,000 ล้านดวง อยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วงและโคจรรอบจุดศูนย์กลางกาแล็กซี โดยบริเวณใกล้จุดศูนย์กลางกาแล็กซีนั้นมีแรงโน้มถ่วงมากจึงมีดาวฤกษ์อยู่อย่างหนาแน่นกว่าบริเวณที่อยู่ห่างออกไป

ดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะนั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางของกาแล็กซีทางช้างเผือกประมาณ 30,000 ปีแสง โดยตำแหน่งดังกล่าวอยู่ตรงกับบริเวณจานหรือแขนของกาแล็กซีที่ชื่อว่า แขนนายพราน (Orion Arm) และดาวฤกษ์อื่นๆ ที่มนุษย์สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่านั้นล้วนอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก

Fun Science

หากดาว A อยู่ห่างจากโลก 1 ปีแสง หมายถึง แสงใช้เวลาเดินทางจากดาว A มาถึงโลกนาน 1 ปี นั่นคือ ภาพดาว A ที่เรากำลังมองเห็นอยู่ตอนนี้ คือภาพดาว A เมื่อ 1 ปีก่อน



▲ ภาพที่ 1.12 โครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือกเมื่อมองจากด้านบนและด้านข้าง และตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก
ที่มา : <https://www.sciencealert.com>

กาแล็กซีทางช้างเผือก

มวล

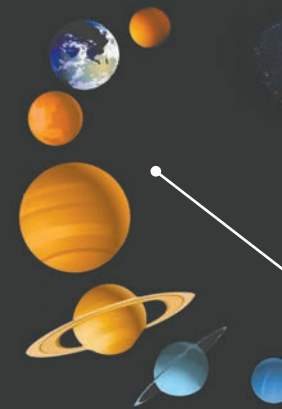
มีมวลรวมประมาณ 90,000 ล้านเท่าของมวลดวงอาทิตย์ ซึ่งบริเวณใจกลางจะมีดาวฤกษ์และกระจุกดาวอยู่อย่างหนาแน่น

เส้นผ่านศูนย์กลาง

เมื่อมองทางด้านข้างจะมีรูปร่างคล้ายเลนส์นูนหรือจานแบน 2 ใบประกบกัน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100,000 ปีแสง

(1 ปีแสง มีค่าประมาณ 9.46×10^{12} กิโลเมตร)

100,000 ปีแสง



ระบบสุริยะ

เป็นสมาชิกของกาแล็กซีทางช้างเผือก

ฮาโล

บริเวณรอบกาแล็กซี มีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดใหญ่

การเคลื่อนที่

กาแล็กซีทางช้างเผือกกับกาแล็กซีแอนดรอเมดาระชนกันได้อีก 5,000 ล้านปีข้างหน้า

แถบทางช้างเผือก

ลักษณะเป็นสีขาวสลัว พาดจากท้องฟ้าด้านเหนือไปยังด้านใต้

กลุ่มท้องถิ่น

กาแล็กซีทางช้างเผือกและกาแล็กซีเพื่อนบ้านอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า "กลุ่มท้องถิ่น" (local group)

ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากศูนย์กลางกาแล็กซีประมาณ 30,000 ปีแสง และหมุนรอบศูนย์กลางด้วยความเร็ว 220 กิโลเมตรต่อวินาที

▲ ภาพที่ 1.13 ข้อมูลเกี่ยวกับกาแล็กซีทางช้างเผือก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

เนื่องจากโลกและดวงอาทิตย์เป็นส่วนหนึ่งในกาแล็กซีทางช้างเผือก ส่งผลให้ในเวลากลางคืนที่มีดสนิหและท้องฟ้าโปร่ง ผู้สังเกตบนโลกจะมีโอกาสเห็นแถบฝ้าสีขาวพาดผ่านกลางท้องฟ้า โดยเรียกแนวของแถบฝ้านี้ว่า **ทางช้างเผือก (Milky Way)**

ทางช้างเผือกพาดผ่านกลุ่มดาวหลายกลุ่มบนท้องฟ้า โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของฝ้ามากที่สุดจะอยู่ในบริเวณของกลุ่มดาวคนยิงธนู ซึ่งสาเหตุที่เห็นบริเวณดังกล่าวมีความหนาแน่นมากที่สุด เนื่องจากเป็นบริเวณใจกลางของกาแล็กซีทางช้างเผือกนั่นเอง และฝ้าที่เห็นก็คือดาวฤกษ์จำนวนมากที่รวมตัวกันอยู่บริเวณใจกลางของกาแล็กซี



▲ ภาพที่ 1.14 แนวทางช้างเผือกบริเวณกลุ่มดาวคนยิงธนู
ที่มา : <https://www.quora.com>

Science Focus

กระจุกกาแล็กซี

กาแล็กซีไม่ได้อยู่เพียงลำพังในเอกภพ กาแล็กซีรวมตัวกันด้วยแรงโน้มถ่วงกลายเป็นกระจุกกาแล็กซี (galaxy cluster) เช่น กระจุกเวอร์โก (virgo cluster) กระจุกฟอร์แนกซ์ (fornax cluster) กระจุกเฮอร์คิวลีส (hercules cluster) กระจุกโคมา (coma cluster) ซึ่งรวมตัวกันเป็นกระจุกดาราจักรยิ่งยวด ซึ่งประกอบด้วยกระจุกกาแล็กซีอย่างน้อย 100 กระจุก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 110 ล้านปีแสง

กาแล็กซีทางช้างเผือกอยู่รวมกับกาแล็กซีแอนดรอเมดาและกาแล็กซีแคระอื่น ๆ โดยรอบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มที่เรียกว่า กลุ่มท้องถิ่น (local group) โดยกลุ่มท้องถิ่นเป็นส่วนหนึ่งของกระจุกเวอร์โก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระจุกดาราจักรยิ่งยวดเวอร์โก (virgo supercluster)

Test for U

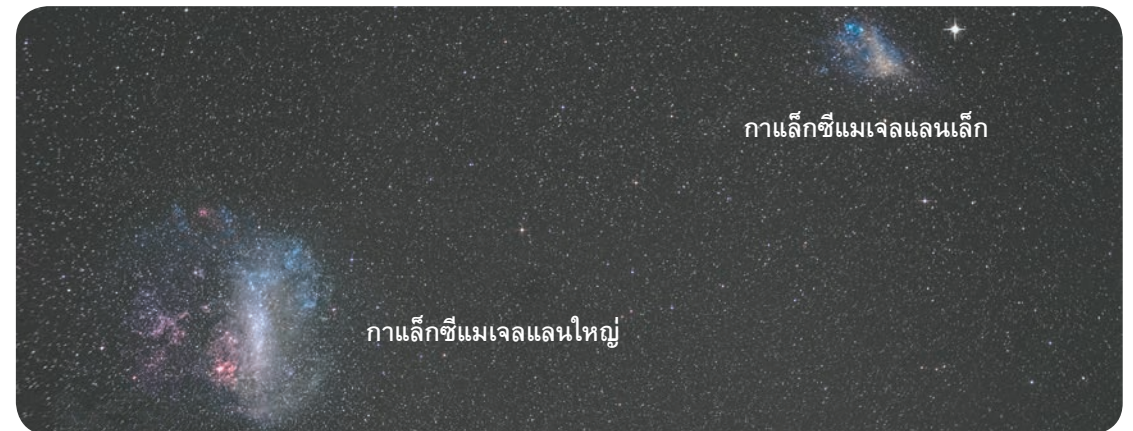
กาแล็กซีทางช้างเผือกจัดเป็นกาแล็กซีประเภทใด และมีโครงสร้างอย่างไร

ตอบ กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีกังหันแบบมีแกน (barred spiral galaxy) มีโครงสร้างหลัก ได้แก่ นิวเคลียส (nucleus) จาน (disk) และฮาโล (halo)



▲ ภาพที่ 1.15 กาแล็กซีแอนดรอเมดา
ที่มา : <https://apod.nasa.gov/apod/ap181217.html>

นอกจากกาแล็กซีทางช้างเผือก ยังมีกาแล็กซีอื่นที่มนุษย์สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าจากโลก ได้แก่ กาแล็กซีแอนดรอเมดา (Andromeda galaxy) กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่ (Large Magellanic Cloud) และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็ก (Small Magellanic Cloud) ซึ่งรวมเรียกว่า กาแล็กซีเพื่อนบ้าน



▲ ภาพที่ 1.16 กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็ก
ที่มา : <https://travelcandies-on-tour.com>

กาแล็กซีแอนดรอเมดาเป็นกาแล็กซีกังหัน มีขนาดใหญ่กว่ากาแล็กซีทางช้างเผือก สามารถสังเกตเห็นได้โดยมีลักษณะเป็นฝ้าจาง ๆ ขนาดเล็กอยู่ทางทิศเหนือบริเวณกลุ่มดาวแอนดรอเมดา ส่วนกาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็กเป็นกาแล็กซีไม่มีรูปแบบ สามารถสังเกตเห็นได้บริเวณใกล้ขอบฟ้าทางทิศใต้

Core Concept
เอกภพและกาแล็กซี

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีบิกแบงมาพอสังเขป
2. หลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
3. กาแล็กซีคืออะไร และประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง
4. จงอธิบายโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก
5. ทางช้างเผือกกับกาแล็กซีทางช้างเผือกสัมพันธ์กันอย่างไร

2. ดาวฤกษ์

ดาวฤกษ์ เป็นกลุ่มแก๊สร้อนขนาดใหญ่ สามารถแผ่รังสีออกมาได้ ซึ่งเกิดมาจากการยุบตัวของกลุ่มสสารในเนบิวลาภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นระบบดาวฤกษ์ นั่นคือ อยู่รวมกันตั้งแต่ 2 ดวงขึ้นไป

Key Question

ดาวฤกษ์แต่ละดวง มีการกำเนิดและวิวัฒนาการเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร



2.1 ความส่องสว่างและโชติมาตรของดาวฤกษ์

เมื่อสังเกตดาวฤกษ์แต่ละดวงบนท้องฟ้าจะมีความสว่างปรากฏไม่เท่ากัน ปัจจัยใดที่เป็นตัวกำหนดค่าความส่องสว่างของดาวฤกษ์ นักเรียนสามารถศึกษาได้จากกิจกรรมต่อไปนี้



กิจกรรม

ปัจจัยที่มีผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การทดลอง

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ

จุดประสงค์

เปรียบเทียบความส่องสว่างของเทียนไขที่ระยะห่างแตกต่างกัน และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการสังเกตเห็นความส่องสว่าง

วัสดุอุปกรณ์

1. เทียนไข
2. ไม้เมตร
3. ฉากรับ (กระดาษแข็งสีขาว)
4. ลักซ์มิเตอร์ (ถ้ามี)

วิธีปฏิบัติ

1. จุดเทียนไขแล้วตั้งไว้บนโต๊ะ ปิดไฟทุกดวงในห้องทดลองมืด
2. นำฉากรับมาตั้งให้ห่างจากเทียนไขในข้อ 1. เป็นระยะทางประมาณ 1 เมตร สังเกตความเข้มแสงที่ตกกระทบฉากรับ วัดความสว่างด้วยลักซ์มิเตอร์ (ถ้ามี) บันทึกผล
3. ทำซ้ำขั้นตอนในข้อ 2. แต่เปลี่ยนระยะห่างของฉากรับเป็น 2 เมตร และ 3 เมตร ตามลำดับ บันทึกผล

คำถามท้ายกิจกรรม

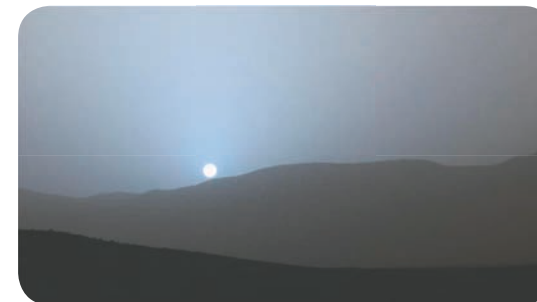
1. เทียนไข ฉากรับ และระยะห่างระหว่างฉากรับกับเทียนไข เปรียบได้กับสิ่งใดในการสังเกตความส่องสว่างของดาวฤกษ์
2. ระยะห่างระหว่างฉากรับกับเทียนไขสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่สังเกตได้อย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

จากกิจกรรม มีแหล่งกำเนิดแสง คือ เทียนไข ซึ่งใช้แทนดาวฤกษ์ ฉากรับใช้แทนพื้นที่ที่ได้รับแสง และระยะห่างระหว่างฉากรับกับเทียนไขใช้แทนระยะห่างระหว่างดาวฤกษ์กับพื้นที่ที่ได้รับแสงจากดาวฤกษ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างฉากรับกับเทียนไขให้มีค่าเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าความเข้มแสงที่สังเกตได้หรือค่าความสว่างที่วัดได้จากลักซ์มิเตอร์จะมีค่าลดลง

พลังงานที่ดาวฤกษ์ผลิตได้จากแก่นกลางจะถูกส่งต่อไปยังพื้นผิวของดาว และปลดปล่อยพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปสู่อวกาศ ดวงอาทิตย์ก็เป็นดาวฤกษ์ที่ปลดปล่อยพลังงานออกสู่อวกาศและพลังงานดังกล่าวก็มาสู่โลกในที่สุด พลังงานรูปแบบหนึ่งจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก คือ พลังงานแสง และดวงอาทิตย์ก็เป็นดาวฤกษ์ที่มนุษย์สังเกตเห็นว่ามี**ความส่องสว่าง**มากที่สุดบนท้องฟ้า ซึ่งนอกเหนือจากดวงอาทิตย์แล้ว ไม่มีดาวฤกษ์ดวงใดที่มีความส่องสว่างมากพอที่จะทำให้มนุษย์สังเกตเห็นได้ในเวลากลางวัน

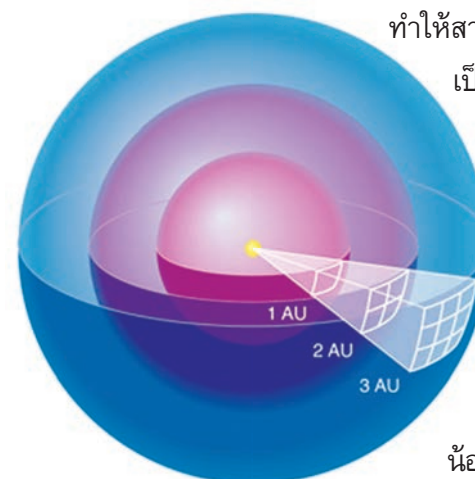
นอกจากโลกที่ได้รับพลังงานมาจากดวงอาทิตย์แล้ว ดาวเคราะห์ดวงอื่นในระบบสุริยะก็ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์เช่นเดียวกัน แต่จะได้รับปริมาณพลังงานที่ต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น ดาวอังคารซึ่งเป็นดาวเคราะห์วงนอกที่มีวงโคจรถัดออกไปจากโลก จะสังเกตเห็นดวงอาทิตย์มีความส่องสว่างที่ต่างไปจากบนโลก เช่น ภาพของดวงอาทิตย์จากยานสำรวจคิวริออซิตี (curiosity) ที่ถ่ายมาจากบนพื้นผิวดาวอังคาร จะเห็นได้ว่า ดวงอาทิตย์มีความส่องสว่างน้อยกว่าเมื่อสังเกตจากบนโลกอย่างเห็นได้ชัด



▲ ภาพที่ 1.17 ภาพถ่ายดวงอาทิตย์ซึ่งถ่ายจากพื้นผิวดาวอังคาร
ที่มา : <https://www.jpl.nasa.gov>

จากที่กล่าวมาจะสังเกตได้ว่า ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดวงอาทิตย์ คือ ตำแหน่งของผู้สังเกต โดยเมื่อตำแหน่งของผู้สังเกตที่มีระยะห่างจากดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ความส่องสว่างของดวงอาทิตย์ที่ผู้สังเกตมองเห็นก็จะมีค่าลดลง และจากข้อสังเกตข้างต้นนี้

ทำให้สามารถสรุปได้ว่า **ความส่องสว่างของดาวฤกษ์ (brightness)** เป็นพลังงานจากดาวฤกษ์ที่ปลดปล่อยออกมาในเวลา 1 วินาทีต่อหน่วยพื้นที่ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต

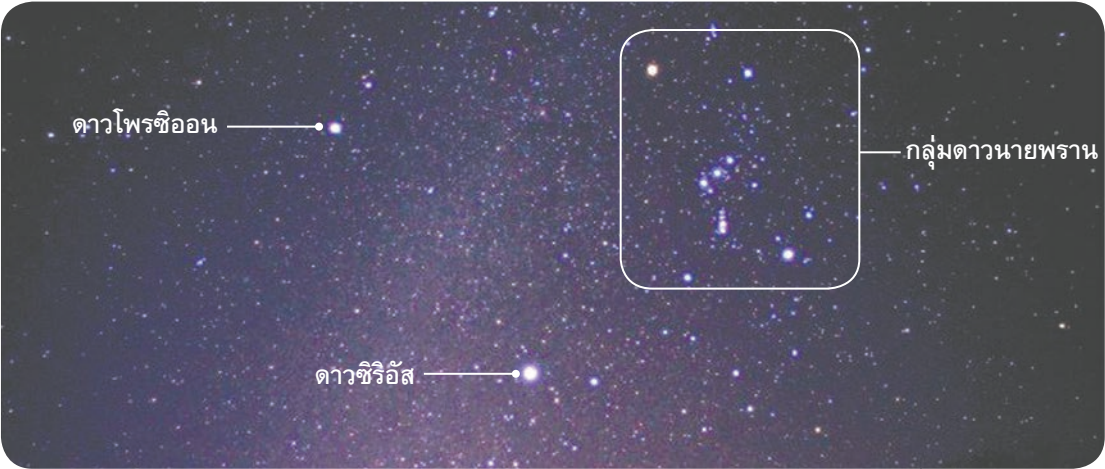


▲ ภาพที่ 1.18 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสงกับความส่องสว่าง
ที่มา : <https://www.web.njit.edu>

จากภาพ จะเห็นได้ว่า แสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะแผ่ออกไปทุกทิศทางเป็นรูปทรงกลม ตำแหน่งใด ๆ ที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงมาก พลังงานต่อ 1 หน่วยพื้นที่ ณ ตำแหน่งนั้นก็จะมีค่าน้อย ส่งผลให้ผู้สังเกตที่ตำแหน่งดังกล่าวเห็นแหล่งกำเนิดแสงมีความส่องสว่างน้อย ทั้งนี้ นอกจากระยะห่างจากโลกแล้ว พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาของดาวฤกษ์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ดาวฤกษ์มีความส่องสว่างที่แตกต่างกัน

สาเหตุที่ทำให้มนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นดาวฤกษ์ต่าง ๆ ในเวลากลางวันได้นั้น เนื่องจากดาวฤกษ์เหล่านั้นอยู่ห่างจากโลกมาก ทำให้พลังงานที่ดาวฤกษ์ปลดปล่อยออกมาและส่งมาจนถึงโลกของเรามีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับพลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์ ความส่องสว่างของดาวฤกษ์เหล่านั้นจึงไม่เพียงพอที่จะทำให้สังเกตเห็นได้ในเวลากลางวัน

สำหรับในเวลากลางคืนท้องฟ้าจะปราศจากแสงจากดวงอาทิตย์ ทำให้มนุษย์สามารถสังเกตเห็นดาวฤกษ์ต่าง ๆ ที่กระจายอยู่บนท้องฟ้าได้ โดยดาวฤกษ์แต่ละดวงจะมีความส่องสว่างไม่เท่ากัน สำหรับท้องฟ้าในช่วงฤดูหนาว ดังภาพที่ 1.19 จะเห็นดาวซีริอัส (Sirius) ในกลุ่มดาวสุนัขใหญ่มีความส่องสว่างมากที่สุด โดยดาวฤกษ์ดวงอื่น ๆ มีความส่องสว่างน้อยกว่ารองลงไป แต่ก็มีความสว่างโดดเด่นมองเห็นได้ง่าย เช่น ดาวโปรซิออน (Procyon) ในกลุ่มดาวสุนัขเล็ก และดาวในกลุ่มดาวนายพราน (Orion) ที่สว่างและมีการเรียงตัวของดาวที่ปรากฏเห็นเป็นรูปร่างชัดเจน จึงสามารถใช้การวางตัวของกลุ่มดาวนายพรานในการระบุทิศทางบนท้องฟ้าได้



▲ ภาพที่ 1.19 ดาวฤกษ์บางดวงที่สามารถสังเกตเห็นได้บนท้องฟ้าในช่วงฤดูหนาว
ที่มา : <https://www.astronomytrek.com>

Science Focus

ฟลักซ์ของดาวฤกษ์

ฟลักซ์ (flux) คือ อัตราการส่งผ่านของพลังงานแสงผ่าน 1 หน่วยพื้นที่ต่อ 1 หน่วยเวลา ในขณะที่ตาของเราสังเกตเห็นแสงจากดาวฤกษ์นั้น สิ่งที่เราสังเกตเห็นได้ คือ พลังงานแสงที่ส่งผ่านรูม่านตาของเราใน 1 หน่วยเวลา ซึ่งหากมีอัตราการส่งผ่านของแสงมากจะเห็นดาวฤกษ์สว่างมาก

ฟลักซ์ของดาวฤกษ์จะขึ้นอยู่กับกำลังส่องสว่างและระยะทางระหว่างผู้สังเกตกับดาวฤกษ์ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับการสังเกตรถจักรยานยนต์ที่ขับขีในเวลากลางคืน หากรถจักรยานยนต์นั้นมีแสงไฟหรืออยู่ไกลจากผู้สังเกต ย่อมมีฟลักซ์น้อยและปรากฏเป็นดวงไฟที่มีความสว่างน้อย แต่เมื่อแสงจากรถจักรยานยนต์นั้นสว่างขึ้นหรือเข้ามาใกล้ขึ้น ก็จะปรากฏเป็นดวงไฟที่สว่างมากขึ้น

มนุษย์จะสังเกตเห็นดาวฤกษ์แต่ละดวงมีความสว่างค่อนข้างคงที่ เนื่องจากตาของมนุษย์ไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย ๆ นักดาราศาสตร์จึงได้กำหนดค่าการเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวฤกษ์ที่เรียกว่า **อันดับความสว่างหรือโชติมาตร** (magnitude) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงระดับความส่องสว่างของดาวฤกษ์

โชติมาตรของดาวฤกษ์ที่สังเกตเห็นจากโลก เรียกว่า **โชติมาตรปรากฏ** (apparent magnitude) ซึ่งนำมาเปรียบเทียบความสว่างที่แท้จริงของดาวฤกษ์ไม่ได้ เพราะความสว่างที่ปรากฏนั้นขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างดาวฤกษ์กับโลกด้วย ดังนั้น นักดาราศาสตร์จึงกำหนดค่า **โชติมาตรสัมบูรณ์** (absolute magnitude) ขึ้น ซึ่งเป็นค่าโชติมาตรเมื่อสมมติว่า ดาวฤกษ์อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทาง 10 พาร์เซก หรือ 32.62 ปีแสง

ตารางที่ 1.2 : ค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์บางดวง

ดาวฤกษ์	ระยะห่างจากโลก (พาร์เซก)	โชติมาตรปรากฏ	โชติมาตรสัมบูรณ์
แอลฟา แคนสิโอเปีย	70	2.2	-1.9
แคสเตอร์ เอ	15.6	1.9	0.9
อนิลาม	600	1.6	-6.8
เบลลาทริกซ์	77	1.6	-2.7
ดวงอาทิตย์	4.84×10^{-6}	-26.7	4.8

ที่มา : <https://www.universeguide.com/starsearch>

ดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรปรากฏมากจะมีค่าความส่องสว่างปรากฏน้อย ในขณะที่ดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยจะมีค่าความส่องสว่างปรากฏมาก และค่าโชติมาตรสามารถมีค่าติดลบได้อีกทั้งยังเป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วยเนื่องจากเป็นค่าเปรียบเทียบ

Science Focus

การจัดฐานข้อมูลระบบโชติมาตรของดาวฤกษ์

ฮิปปาร์คัส (Hipparchus) นักดาราศาสตร์ชาวกรีกได้จัดฐานข้อมูลระบบโชติมาตรของดาวฤกษ์เป็นคนแรก โดยกำหนดให้ดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุดที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีค่าโชติมาตรเท่ากับ 1 รองลงมา มีค่าเท่ากับ 2 ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งดาวฤกษ์ที่ริบหรี่ที่สุดที่ตาเปล่าสังเกตเห็นได้มีค่าโชติมาตรเท่ากับ 6 ต่อมาเมื่อนักดาราศาสตร์ (นอร์แมน พอกสัน (Norman Pogson)) พบว่า ดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรเท่ากับ 1 จะมีความส่องสว่างเป็น 100 เท่าของดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรเท่ากับ 6 และดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรต่างกันเท่ากับ 1 จะมีความส่องสว่างต่างกันประมาณ 2.512 เท่า

2.2 สี อุณหภูมิ และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

หากสังเกตดาวฤกษ์แต่ละดวงบนท้องฟ้าจะพบว่าดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสีแตกต่างกัน นักเรียนสงสัยหรือไม่ว่าสีของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับสิ่งใดบ้าง



กิจกรรม

สีของดาวฤกษ์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความมีเหตุผล

วิธีปฏิบัติ

1. สังเกตสีของดาวฤกษ์แต่ละดวงในกลุ่มดาวนายพราน โดยสังเกตจากสถานที่จริง หรือพิจารณาจากภาพที่กำหนดให้
2. บันทึกผลการสังเกตและนำเสนอข้อมูล

คำถามท้ายกิจกรรม

ดาวฤกษ์แต่ละดวงที่สังเกตเห็น มีสีเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

กลุ่มดาวนายพราน (Orion) หรือคนไทยเรียกว่า ดาวเต่า เป็นกลุ่มดาวที่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในช่วงฤดูหนาว โดยสังเกตได้จากดาวฤกษ์ 3 ดวงเรียงกันเป็นเส้นตรง เรียกว่า เข็มขัดนายพราน มีดาวฤกษ์ที่วางตัวเป็นหัวไหล่ซ้าย-ขวา และเท้าซ้าย-ขวา ซึ่งดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสีแตกต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์

จุดประสงค์

1. สังเกตสีของดาวฤกษ์ในกลุ่มดาวนายพราน
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสีกับอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์

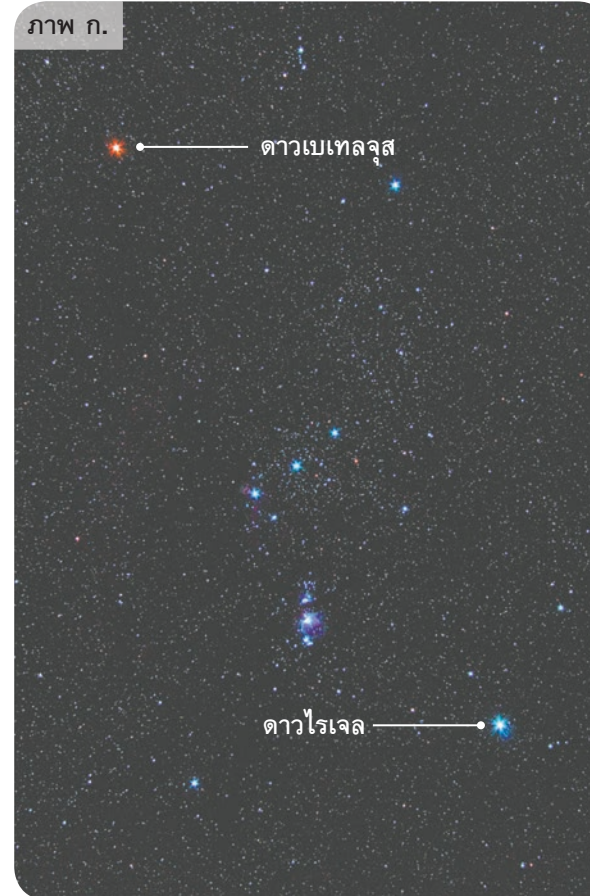
วัสดุอุปกรณ์

แผนที่ดาว



▲ ภาพที่ 1.20 กลุ่มดาวนายพรานหรือดาวเต่า
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ภาพ ก.



ภาพ ข.



ภาพ ค.



▲ ภาพที่ 1.21 กลุ่มดาวนายพราน (ภาพ ก.) กระจุกดาวลูกไก่ (ภาพ ข.) และดาวเหนือ (ภาพ ค.)
ที่มา : <https://www.perezmedia.net>, www.nightskyinfo.com, www.danspace77.com

จากภาพข้างต้น สังเกตได้ว่า ดาวฤกษ์จะมีสีแตกต่างกันออกไป เช่น ดาวไรเจล (Rigel) และดาวฤกษ์ในกระจุกดาวลูกไก่ (Pleiades) มีสีน้ำเงินขาว ดาวตาวัว (Aldebaran) มีสีส้ม ดาวเบเทลจัส (Betelgeuse) มีสีแดง ดาวเหนือ (Polaris) มีสีขาวเหลือง

ดาวบนท้องฟ้านั้นมีสีต่างกัน เนื่องจากดาวฤกษ์แต่ละดวงมีอัตราการผลิตพลังงานที่แตกต่างกัน โดยดาวฤกษ์ที่มีอัตราการผลิตพลังงานสูงก็จะส่งผลให้ดาวฤกษ์มีอุณหภูมิผิวที่สูงตามไปด้วย และนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวกับสเปกตรัมที่ตรวจวัดได้จากดาวฤกษ์ และจำแนกดาวฤกษ์ตามชนิดของสเปกตรัมได้เป็น 7 ชนิด ได้แก่ O B A F G K และ M โดยดาวฤกษ์สีน้ำเงินที่มีสเปกตรัมชนิด O จะมีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด ในขณะที่ดาวฤกษ์สีแดงที่มีสเปกตรัมชนิด M จะมีอุณหภูมิผิวต่ำที่สุด

ตารางที่ 1.3 : ชนิดสเปกตรัม สี และอุณหภูมิของดาวฤกษ์

ชนิดสเปกตรัม	สีของดาว	อุณหภูมิผิว (เคลวิน)	ตัวอย่างดาว
O	น้ำเงิน	มากกว่า 30,000	ดาวมินทากะในกลุ่มดาวนายพราน
B	น้ำเงินแกมขาว	10,000-30,000	ดาวไรเจลในกลุ่มดาวนายพราน
A	ขาว	7,500-10,000	ดาวซีริอัสในกลุ่มดาวสุนัขใหญ่
F	ขาวแกมเหลือง	6,000-7,500	ดาวเหนือในกลุ่มดาวหมีเล็ก
G	เหลือง	4,900-6,000	ดวงอาทิตย์
K	ส้ม	3,500-4,900	ดาวดาวัวในกลุ่มดาววัว
M	แดง	2,500-3,500	ดาวเบเทลจูสในกลุ่มดาวนายพราน

2.3 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

ดาวฤกษ์กำเนิดมาจากเนบิวลา (nebula) โดยเนบิวลาเป็นสสารที่เกิดหลังจากบิกแบงหรือเหลือจากการจบชีวิตของดาวฤกษ์ ภายในเนบิวลาประกอบด้วยแก๊สซึ่งกระจายตัวอยู่อย่างไม่สม่ำเสมอ เป็นสสารที่ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง แต่ที่มนุษย์สังเกตเห็นเนบิวลามีสีต่าง ๆ เนื่องจากกลุ่มแก๊สในเนบิวลาดูดกลืนแสงจากดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้เคียง แล้วเกิดการเรืองแสงหรือสะท้อนแสงออกมา



▲ ภาพที่ 1.22 เนบิวลาดอกกุหลาบ
ที่มา : <https://apod.nasa.gov/apod/ap120214.html>



▲ ภาพที่ 1.23 เนบิวลาผ้าคลุมไหล่
ที่มา : <https://apod.nasa.gov/apod/ap131030.html>

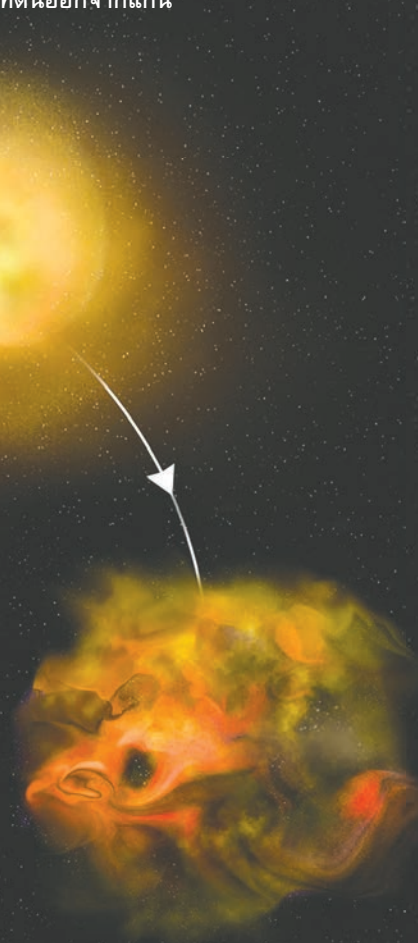


▲ ภาพที่ 1.24 เนบิวลาหัวม้า
ที่มา : <https://apod.nasa.gov/apod/ap081126.html>

1. แรงโน้มถ่วงทำให้กลุ่มสสารในเนบิวลาเกิดการยุบตัว เนบิวลามีขนาดเล็กลง ความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิดหรือโปรโตสตาร์ (protostar)

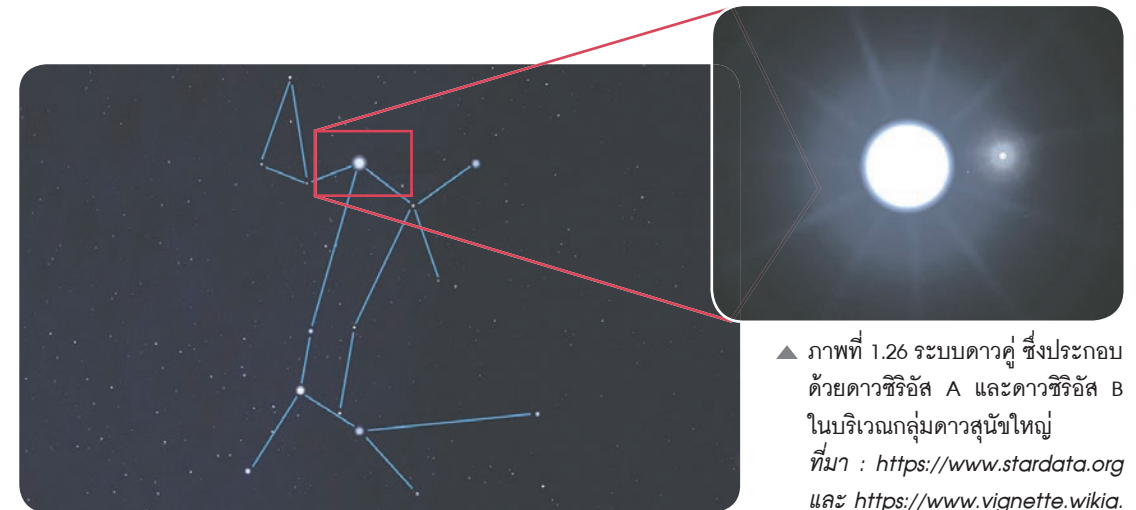
2. เมื่อเกิดการยุบรวบตัวจนกระทั่งบริเวณแก่นมี อุณหภูมิและความดันสูงพอจนทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลอมรวมนิวเคลียสของธาตุไฮโดรเจนกลายเป็นนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม พร้อมทั้งปลดปล่อยพลังงานออกมาซึ่งทำให้เกิดแรงดันแก๊สที่ดันออกจากแก่น

3. เมื่อแรงดันแก๊สสมดุลกับแรงโน้มถ่วงซึ่งเรียกว่า ภาวะสมดุลอุทกสถิต (hydrostatic equilibrium) การยุบตัวก็จะหยุดลง รูปร่างของดาวฤกษ์จะคงที่ และผลิตพลังงานด้วยอัตราที่ค่อนข้างคงที่ต่อไปเป็นเวลานาน จนเข้าสู่ระยะสุดท้ายของดาวฤกษ์



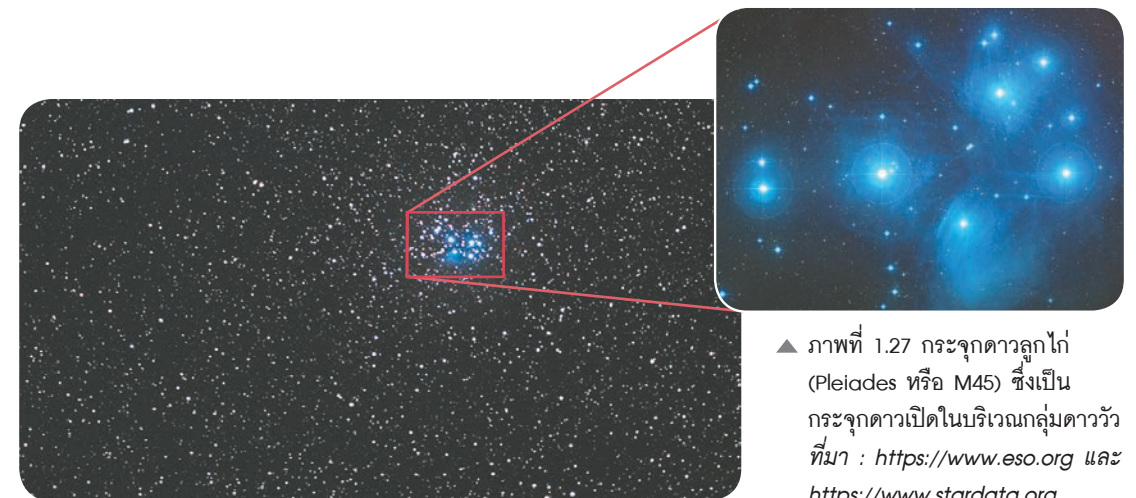
▲ ภาพที่ 1.25 กระบวนการเกิดดาวฤกษ์
ที่มา : <https://www.nrao.edu>

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งที่มีกระบวนการเกิดและการผลิตพลังงานตามที่ได้กล่าวมานอกจากนี้ ดวงอาทิตย์ยังเป็นดาวฤกษ์เดี่ยว (single star) ในขณะที่ดาวฤกษ์ที่พบโดยส่วนใหญ่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกจะอยู่รวมกันเป็นระบบดาวฤกษ์ เช่น ดาวซีริอัส (Sirius) ในกลุ่มดาวสุนัขใหญ่ (canis major) ที่มองด้วยตาเปล่าจากบนโลกจะมีลักษณะปรากฏให้เห็นเป็นดาวฤกษ์เพียงดวงเดียว แต่เมื่อสังเกตโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีกำลังแยกภาพสูง จะเห็นเป็นดาวฤกษ์ 2 ดวง โดยดาวทั้งสองนี้โคจรรอบกันและกันด้วยแรงโน้มถ่วง ซึ่งเรียกระบบดาวแบบนี้ว่า ระบบดาวคู่ (binary star)



▲ ภาพที่ 1.26 ระบบดาวคู่ ซึ่งประกอบด้วยดาวซีริอัส A และดาวซีริอัส B ในบริเวณกลุ่มดาวสุนัขใหญ่
ที่มา : <https://www.stardata.org> และ <https://www.vignette.wikia.nocookie.net>

นอกจากนั้นแล้ว ดาวฤกษ์เดี่ยวหรือระบบดาวคู่ต่าง ๆ มักอยู่ด้วยกันด้วยแรงโน้มถ่วง โดยจะเรียกระบบดาวฤกษ์นั้นว่า กระจุกดาวฤกษ์ (star cluster) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ กระจุกดาวเปิด (open clusters) และกระจุกดาวทรงกลม (globular clusters) เช่น กระจุกดาวลูกไก่ กระจุกดาว M80



▲ ภาพที่ 1.27 กระจุกดาวลูกไก่ (Pleiades หรือ M45) ซึ่งเป็นกระจุกดาวเปิดในบริเวณกลุ่มดาววัว
ที่มา : <https://www.eso.org> และ <https://www.stardata.org>

หลังจากที่ดาวฤกษ์ก่อนเกิดมีความหนาแน่นมากเพียงพอที่จะจุดปฏิกิริยาฟิวชันเพื่อผลิตพลังงาน และเกิดสมดุลอุทกสถิตที่ทำให้ดาวฤกษ์คงรูปร่างได้แล้ว ดาวฤกษ์จะรักษาอัตราการผลิตพลังงานต่อไปเรื่อย ๆ จนเข้าสู่วาระสุดท้ายของดาว ซึ่งเรียกดาวฤกษ์เหล่านี้ว่า **ดาวฤกษ์ในลำดับหลัก (main sequence star)**

ดาวฤกษ์ในลำดับหลักทุกดวงจะยุบตัวและพองตัวเล็กน้อยอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นกลไกที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันให้ค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงชีวิตของดาวฤกษ์ เมื่อไฮโดรเจนที่แก่นกลางของดาวฤกษ์เปลี่ยนไปเป็นฮีเลียมจนหมด ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันจะลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดลง ซึ่งส่งผลต่อการควบคุมขนาดของดาวฤกษ์ และเข้าสู่วาระสุดท้ายในที่สุด ซึ่งจากการคำนวณของนักวิทยาศาสตร์ พบว่า ดาวฤกษ์ในลำดับหลักแต่ละดวงจะมีอายุไม่เท่ากันก่อนที่จะเข้าสู่วาระสุดท้าย โดยขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์ ซึ่งแสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 1.4 : ความสัมพันธ์ระหว่างมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์กับอายุของดาวฤกษ์

มวลตั้งต้นของดาวฤกษ์	อายุของดาวฤกษ์
0.2 เท่าของดวงอาทิตย์	200,000 ล้านปี
0.5 เท่าของดวงอาทิตย์	75,000 ล้านปี
0.8 เท่าของดวงอาทิตย์	20,000 ล้านปี
1.0 เท่าของดวงอาทิตย์	12,000 ล้านปี
1.4 เท่าของดวงอาทิตย์	4,000 ล้านปี
2.2 เท่าของดวงอาทิตย์	1,000 ล้านปี
3.6 เท่าของดวงอาทิตย์	500 ล้านปี
7 เท่าของดวงอาทิตย์	100 ล้านปี
17 เท่าของดวงอาทิตย์	10 ล้านปี

ที่มา : <https://www.stellar-database.com/evolution.html>

จากตารางข้างต้น จะเห็นได้ว่า ยิ่งดาวฤกษ์มีมวลตั้งต้นมาก อายุของดาวฤกษ์ก็จะยิ่งมีค่าน้อย เนื่องจากมีอัตราการผลิตและปลดปล่อยพลังงานที่สูงมาก แต่ถ้าดาวฤกษ์มีมวลตั้งต้นน้อย อัตราการผลิตและปลดปล่อยพลังงานก็จะมีความน้อย ส่งผลให้ดาวฤกษ์มีอายุยาวนาน

H.O.T.S. คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

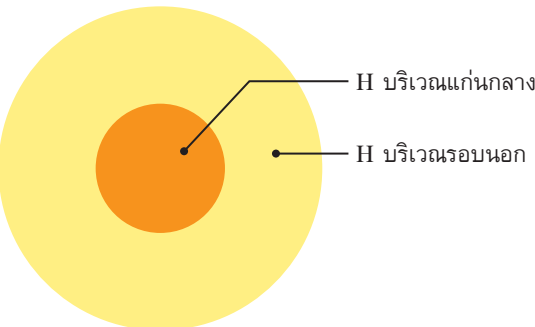
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันมีผลต่ออายุของดาวฤกษ์อย่างไร

นอกจากมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์จะส่งผลต่ออายุของดาวฤกษ์แล้ว ยังเป็นปัจจัยที่กำหนดจุดจบของดาวฤกษ์ด้วย โดยดาวฤกษ์จะมีวาระสุดท้ายที่แตกต่างกันไปตามขนาดมวลตั้งต้น ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

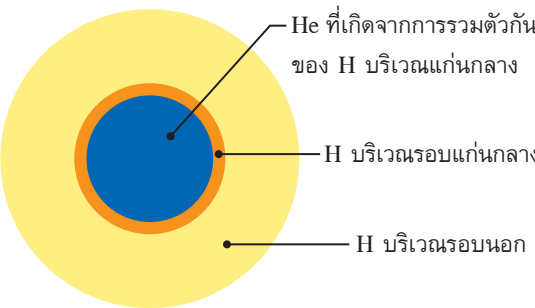
1. ดาวฤกษ์มวลน้อย เป็นดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นประมาณ 0.08-9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ มีจุดเริ่มต้นของวิวัฒนาการจากการที่เนบิวลายุบตัวลงภายใต้แรงโน้มถ่วง จนกระทั่งบริเวณแก่นมีอุณหภูมิและความดันสูงพอจนทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ แล้วจะมีวิวัฒนาการต่อไป ดังนี้

วิวัฒนาการของดาวฤกษ์มวลน้อย

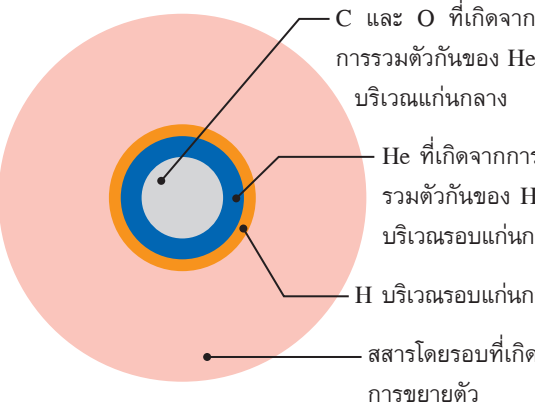
1 เมื่อดาวฤกษ์ในลำดับหลักผลิตและปลดปล่อยพลังงานจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันของธาตุไฮโดรเจนในบริเวณแก่นกลางของดาว จนเข้าสู่วาระสุดท้าย ไฮโดรเจนที่อยู่ในบริเวณแก่นกลางจะหลอมรวมกันเปลี่ยนไปเป็นฮีเลียมจนหมด



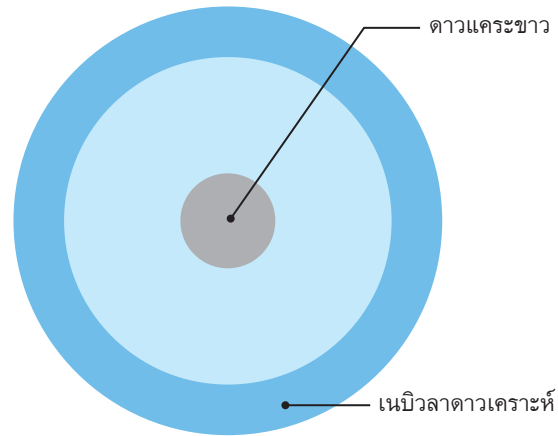
2 ความร้อนที่ผลิตได้จากบริเวณแก่นกลางจะลดลง แรงดันแก๊สจึงลดลง ส่งผลให้แรงโน้มถ่วงทำให้แก่นของดาวยุบตัวลง ไฮโดรเจนที่เหลืออยู่เกิดการยุบตัวลงและรวมตัวกันอยู่บริเวณรอบแก่นกลางของดาว ซึ่งในขณะนั้นบริเวณแก่นกลางจะมีความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จนทำให้ไฮโดรเจนที่หลงเหลืออยู่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันผลิตพลังงานขึ้นอีก



3 แรงดันแก๊สจะเพิ่มขึ้นมากจนทำให้ดาวเกิดการขยายตัวออก โดยอาจมีรัศมีมากกว่าเดิม 100-1,000 เท่า เรียกดาวฤกษ์ในภาวะนี้ว่า ดาวยักษ์แดง (red giant) ซึ่งอุณหภูมิของบริเวณแก่นกลางจะเพิ่มสูงขึ้นจนทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันซึ่งหลอมรวมฮีเลียมกลายเป็นคาร์บอนและออกซิเจน



4 ดาวฤกษ์จะอยู่ในภาวะดาวยักษ์แดงเป็นระยะเวลาไม่เกิน 100 ล้านปี จนในที่สุดเมื่อมวลของฮีเลียมบริเวณแก่นเปลี่ยนเป็นคาร์บอนและออกซิเจนจนหมด การเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันก็จะสิ้นสุดลง แรงดันแก๊สจะลดลง แก่นกลางของดาวเกิดการยุบตัวจนมีความหนาแน่นสูงมาก ซึ่งเรียกแก่นกลางที่เป็นเศษซากจากการยุบตัวว่า ดาวแคระขาว (white dwarf) ส่วนแก๊สและสสารบริเวณโดยรอบของดาวจะกระจายตัวออกสู่อวกาศเกิดเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์ (planetary nebula)



▲ ภาพที่ 1.28 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์มวลน้อย
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. ดาวฤกษ์มวลมาก เป็นดาวฤกษ์ที่มีมวลประมาณ 9-18 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์มวลมากจะมีวิวัฒนาการคล้ายกับดาวฤกษ์มวลน้อย แต่จะใช้เวลาแต่ละขั้นตอนอย่างรวดเร็วกว่าเนื่องจากมีอัตราการผลิตและปลดปล่อยพลังงานที่มากกว่า และยังมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในช่วงเข้าสู่วาระสุดท้าย ซึ่งดาวฤกษ์มวลมากจะมีการเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันที่ซับซ้อนกว่า ทำให้เกิดการสังเคราะห์ธาตุหนักภายในแก่นของดาวฤกษ์ แล้วเกิดแรงดันมหาศาลจนเกิดการรวมตัวของอิเล็กตรอนกับโปรตอนและปลดปล่อยพลังงานออกมาเกิดเป็น ซูเปอร์โนวา (supernova) แก่นของดาวที่ยุบตัวลงกลายเป็นดาวนิวตรอน (neutron star)

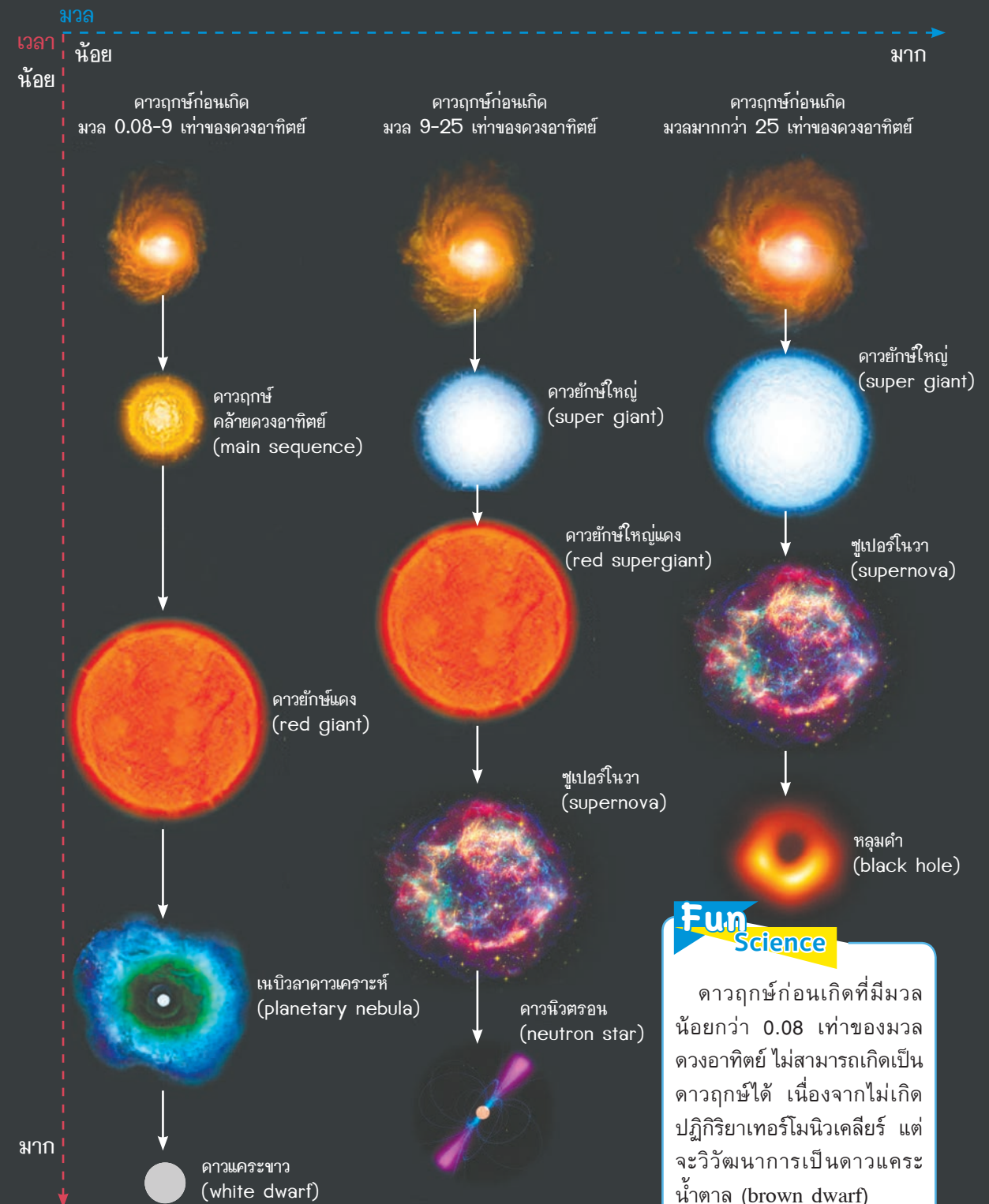
3. ดาวฤกษ์มวลสูงมาก เป็นดาวฤกษ์ที่มีมวลประมาณ 18-40 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ จะมีวิวัฒนาการคล้ายกับดาวฤกษ์มวลมาก แต่จะใช้เวลาในแต่ละขั้นตอนอย่างรวดเร็วกว่ามาก และจะมีความแตกต่างกันในวาระสุดท้าย หลังจากเกิดซูเปอร์โนวาแก่นของดาวที่ยุบตัวลงและมีมวลมากกว่า 3 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะกลายเป็นหลุมดำ (black hole)

Science Focus

ดาวฤกษ์ในลำดับหลัก

ดาวฤกษ์ทุกดวงมาจากต้นกำเนิดเดียวกันโดยเริ่มจากการรวมตัวของก้อนแก๊ส แรงโน้มถ่วงจะทำให้ก้อนแก๊สค่อย ๆ ยุบตัวเข้าด้วยกัน ซึ่งเมื่อก้อนแก๊สยุบตัวลงมากพอจนเกิดแรงดันและอุณหภูมิภายในแก่นกลางที่สูงพอที่จะผลักดันให้นิวเคลียสของไฮโดรเจนรวมตัวกันจนเกิดการจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันระหว่างไฮโดรเจนขึ้นบริเวณแก่นกลางเป็นครั้งแรก ดาวฤกษ์ดวงนี้ก็จะกลายเป็นดาวฤกษ์ในลำดับหลักซึ่งดาวฤกษ์ทุกดวงจะใช้เวลาส่วนมากเป็นดาวฤกษ์ในลำดับหลัก

วิวัฒนาการของดาวฤกษ์



▲ ภาพที่ 1.29 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์
ที่มา : <https://universesandbox.com/forum/index.php?topic=16993.0>

Fun Science

ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลน้อยกว่า 0.08 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ไม่สามารถเกิดเป็นดาวฤกษ์ได้ เนื่องจากไม่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ แต่จะวิวัฒนาการเป็นดาวแคระน้ำตาล (brown dwarf)



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลตั้งต้นกับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

จุดประสงค์

อธิบายกระบวนการเกิดและลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น

วัสดุอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างแผนภาพ เช่น กระดาษ ดินสอ สี กาว

วิธีปฏิบัติ

1. ศึกษาวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่มีมวลต่างกัน โดยอาจศึกษาจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์
2. เลือกดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย 1 ดวง และมีมวลมาก 1 ดวง แล้ววิเคราะห์วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ดังกล่าว
3. เปรียบเทียบลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่นักเรียนเลือกในข้อ 2. สรุปความรู้และนำเสนอในรูปแบบที่น่าสนใจ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ดาวฤกษ์ที่นักเรียนเลือกมีมวลเท่าใดเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์
2. ดาวฤกษ์มวลน้อยกับดาวฤกษ์มวลมากมีลำดับวิวัฒนาการต่างกันอย่างไร
3. วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยใด

อภิปรายผลกิจกรรม

ดาวฤกษ์เกิดจากการรวมตัวกันของกลุ่มสสารภายในเนบิวลา ในแต่ละช่วงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์จะมีการเปลี่ยนแปลงมวล ขนาด สี สเปกตรัม และอุณหภูมิ ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้น โดยดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีช่วงชีวิตสั้นและจบชีวิตด้วยการระเบิดอย่างรุนแรงที่เรียกว่า ซูเปอร์โนวา และแก่นกลางดาวจะยุบตัวลงเป็นดาวนิวตรอนและหลุมดำ ส่วนดาวฤกษ์มวลน้อยจะมีช่วงชีวิตยาวนานและจบชีวิตโดยการเย็นตัวลงเป็นดาวแคระขาว

จากที่นักเรียนได้ศึกษามา จะพบว่า ดาวฤกษ์เกิดจากกลุ่มแก๊สและฝุ่นที่เรียกว่า เนบิวลา ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกัน คือ เป็นดาวที่มีพลังงานและมีวิวัฒนาการตั้งแต่ก่อกำเนิดจนกระทั่งสิ้นสุดลง มีความส่องสว่าง สี อุณหภูมิผิว สเปกตรัม และมวลต่างกัน ซึ่งมวลของดาวฤกษ์เป็นตัวกำหนดอายุของดาวฤกษ์ และกำหนดจุดจบของดาวฤกษ์แต่ละดวง ดาวฤกษ์มวลน้อยจะมีจุดจบเป็นดาวแคระขาว ส่วนดาวฤกษ์มวลมากจะมีจุดจบด้วยการระเบิดอย่างรุนแรงที่เรียกว่า ซูเปอร์โนวา และเกิดการยุบตัวลงกลายเป็นดาวนิวตรอนหรือหลุมดำ

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งซึ่งเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์และระบบสุริยะกำเนิดขึ้นอย่างไร บรรดาต่าง ๆ ของดวงอาทิตย์มีอะไรบ้างนั้น นักเรียนจะได้ศึกษาต่อไป

Test for U



ตามทฤษฎีวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ ปัจจัยใดที่สำคัญที่สุดในการกำหนดเส้นทางวิวัฒนาการ

ตอบ ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีวิวัฒนาการแตกต่างกัน ซึ่งวิวัฒนาการและจุดจบของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์ โดยส่วนใหญ่เทียบกับจำนวนเท่าของมวลดวงอาทิตย์



Core Concept

ดาวฤกษ์



Science Focus

ดาวฤกษ์มวลน้อยกว่า 0.08 เท่า ของมวลดวงอาทิตย์

หากเนบิวลาหรือดาวฤกษ์ก่อนเกิดมีมวลตั้งต้นน้อยกว่า 0.08 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ความร้อนและความหนาแน่นบริเวณแก่นกลางของเนบิวลาจะไม่มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน โดยหลังจากที่ดาวฤกษ์ก่อนเกิดยุบตัวลงจนมีอุณหภูมิและความดันมากที่สุดแล้ว ก็จะไม่ค่อย ่เย็นตัวลงกลายเป็นดาวแคระน้ำตาล (brown dwarf)

Topic



Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
2. นักดาราศาสตร์จำแนกดาวฤกษ์ตามชนิดของสเปกตรัมได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
3. จงอธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์
4. ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันมีความสำคัญต่อดาวฤกษ์อย่างไร
5. จงอธิบายวิวัฒนาการของดาวฤกษ์มวลมาก

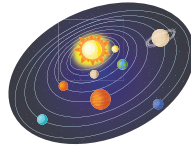


3. ระบบสุริยะ

ระบบสุริยะ (solar system) เป็นระบบที่ประกอบด้วย ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบ และมีดาวเคราะห์รวมทั้งบริวารโคจรรอบอยู่รอบ ๆ โดยดาวเคราะห์บางดวงมีดวงจันทร์เป็นบริวารโคจรรอบด้วย

Key Question

ระบบสุริยะกับ
โลกสัมพันธ์กัน
อย่างไร



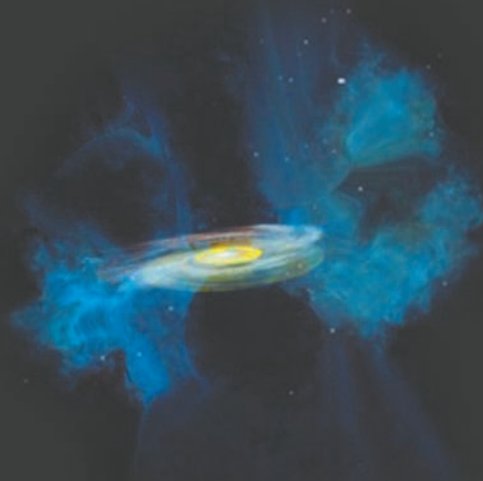
3.1 กระบวนการเกิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์

กระบวนการเกิดระบบสุริยะ



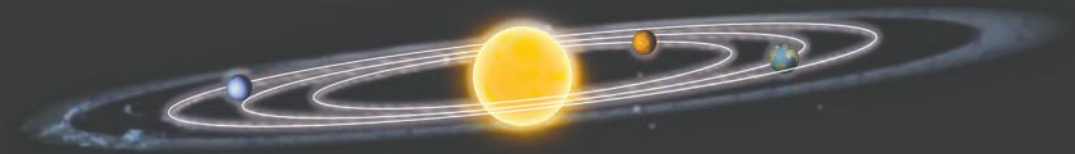
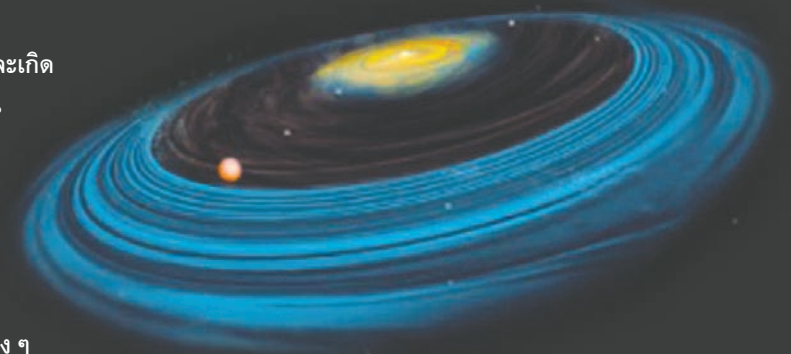
1. เมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีที่ผ่านมานี้เวลาซึ่งเป็นเศษซากจากการระเบิดซูเปอร์โนวาของดาวฤกษ์รุ่นก่อนดวงอาทิตย์เรียกว่า เนบิวลาสริยะ (solar nebula) ซึ่งประกอบไปด้วยฝุ่น แก๊ส โลหะ เศษหิน และสสารต่าง ๆ เริ่มเกิดการรวมตัวกัน

2. ขณะที่เนบิวลาสริยะกำลังยุบตัว มวลร้อยละ 99.8 ของเนบิวลาสริยะซึ่งประกอบด้วยแก๊ส ไฮโดรเจน และฮีเลียมเกิดการยุบตัวเข้าสู่บริเวณใจกลางด้วยแรงโน้มถ่วง ทำให้บริเวณใจกลางมีอุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นจนกลายเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด ในขณะที่มวลอีกร้อยละ 0.2 ที่เหลือจะรวมตัวกันเป็นแผ่นจานแบนและหมุนรอบใจกลาง



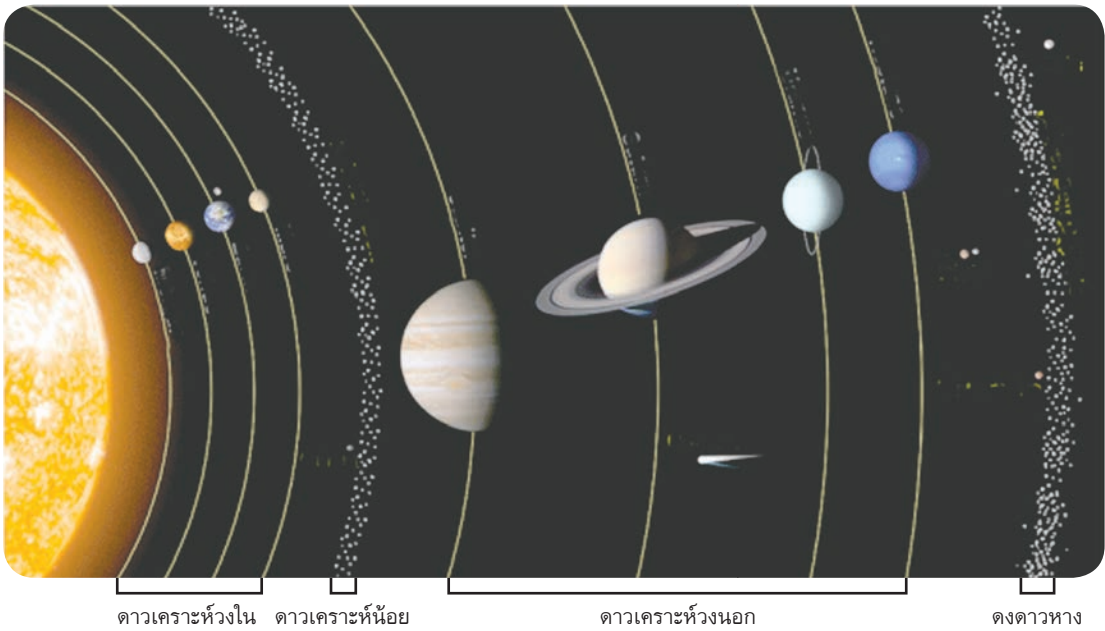
▲ ภาพที่ 1.30 กระบวนการเกิดระบบสุริยะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3. เมื่อดาวฤกษ์ก่อนเกิดยุบตัวลงจนมีความดันและมีอุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันเกิดเป็นดวงอาทิตย์ ซึ่งถือเป็นดาวฤกษ์ในลำดับหลักที่อยู่ ในสภาวะสมดุลอุทกสถิต ในขณะที่แผ่นจานหมุนบริเวณโดยรอบเริ่มบางลง เนื่องจากโลหะ เศษหิน แก๊ส และสสารต่าง ๆ เกิดการรวมตัวกันด้วยแรงโน้มถ่วง และค่อย ๆ พอกพูนจนกลายเป็นวัตถุที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และโคจรรอบอยู่รอบ ๆ ดวงอาทิตย์



4. วัตถุบริเวณจานกำเนิดดาวเคราะห์จะชนกันและรวมตัวกันจนกลายเป็นดาวเคราะห์ก่อนเกิด จากนั้นดาวเคราะห์ก่อนเกิดจะชนกันและพอกพูนมวลจนกลายเป็นดาวเคราะห์หิน ส่วนสสารที่อยู่ไกลออกไปจะรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ยักษ์แก๊สและดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็ง บริเวณที่ถัดจากดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็ง สสารบริเวณนี้ไม่รวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ เรียกว่าบริเวณนี้ว่า แถบไคเปอร์ และบริเวณที่ถัดจากแถบไคเปอร์เรียกว่า เมฆออร์ตหรือดวงดาวหาง

การแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์จะพิจารณาจากลักษณะการเกิดและองค์ประกอบ ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้



▲ ภาพที่ 1.31 องค์ประกอบสำคัญของระบบสุริยะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

1. ดาวเคราะห์วงใน (inner planet/terrestrial planets) เป็นดาวเคราะห์ที่มีผิวดาวเป็นของแข็ง มีองค์ประกอบหลักเป็นโลหะและหิน จัดเป็นดาวเคราะห์หิน ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร

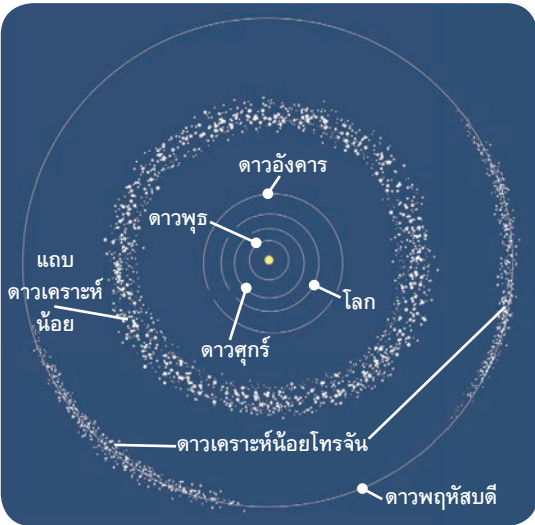
ตารางที่ 1.5 : ข้อมูลดาวเคราะห์วงใน

ชื่อดาว	ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ (10 ⁶ km)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (km)	อุณหภูมิผิว (°C)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
พุธ	57.9	4,879	167	5,427
ศุกร์	108.2	12,104	464	5,243
โลก	149.6	12,756	15	5,514
อังคาร	227.9	6,792	-65	3,933

เมื่อพิจารณาข้อมูลดาวเคราะห์วงในทั้ง 4 ดวง จะเห็นได้ว่า เป็นดาวเคราะห์ที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด 4 อันดับแรก ซึ่งมีองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจากมีกระบวนการเกิดเหมือนกัน โดยเกิดจากการชนกันและรวมตัวของสสารบริเวณจานที่อยู่ใกล้กับดวงอาทิตย์

2. ดาวเคราะห์น้อย (asteroid/minor planets) เป็นก้อนหินแข็งที่มีรูปร่างไม่แน่นอน โคจรรอบดวงอาทิตย์ มีขนาดเล็กกว่าดาวเคราะห์แต่ใหญ่กว่าสะเก็ดดาว และไม่ใช่ดาวหาง มีขนาดตั้งแต่หลายเมตรไปจนถึงหลายร้อยกิโลเมตร ส่วนใหญ่จะพบบริเวณระหว่างวงโคจรของดาวอังคารกับดาวพฤหัสบดี ซึ่งเรียกรวมบริเวณดังกล่าวว่า แถบดาวเคราะห์น้อย (asteroid belt)

นักวิทยาศาสตร์บางกลุ่มสันนิษฐานว่า ดาวเคราะห์น้อยเป็นวัตถุที่หลงเหลือจากการสร้างดาวเคราะห์ โดยแถบดาวเคราะห์น้อยเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของเนบิวลาสุริยะในยุคแรก ซึ่งเตรียมจะก่อตัวขึ้นกลายเป็นดาวเคราะห์ แต่เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดาวอังคารกับดาวพฤหัสบดีมีแรงโน้มถ่วงรบกวน ทำให้ชิ้นส่วนที่จะกลายเป็นดาวเคราะห์ไม่สามารถรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ได้ ตัวอย่างดาวเคราะห์น้อย เช่น ดาวเคราะห์น้อยแกสปรา (gaspra) ดาวเคราะห์น้อยพาลลัส (pallas)



▲ ภาพที่ 1.32 บริเวณที่พบดาวเคราะห์น้อย
ที่มา : <https://www.spacetelescope.org>

3. ดาวเคราะห์วงนอก (outer planet/gas giants planets) เป็นดาวเคราะห์ที่มีผิวดาวเป็นแก๊ส มีองค์ประกอบหลักเป็นแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียม เรียกว่า ดาวเคราะห์ยักษ์แก๊ส ได้แก่ ดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ ส่วนดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบเป็นไฮโดรเจน ฮีเลียม แอมโมเนีย และมีเทนในสถานะของเหลว เรียกว่า ดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็ง ได้แก่ ดาวยูเรนัสและดาวเนปจูน ซึ่งดาวเคราะห์วงนอกเกิดจากการชนกันและรวมตัวกันของสสารบริเวณไกลจากดวงอาทิตย์

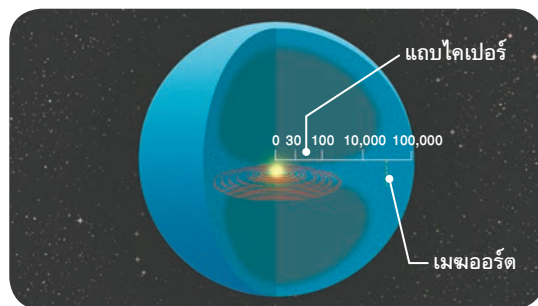
ตารางที่ 1.6 : ข้อมูลดาวเคราะห์วงนอก

ชื่อดาว	ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ (10 ⁶ km)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (km)	อุณหภูมิผิว (°C)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
พฤหัสบดี	778.6	142,984	-110	1,326
เสาร์	1,433.5	120,536	-140	687
ยูเรนัส	2,872.5	51,118	-195	1,271
เนปจูน	4,495.1	49,528	-200	1,638



4. ดงดาวหาง ดาวหาง (comet) เป็นวัตถุท้องฟ้าที่ประกอบด้วยฝุ่น หิน น้ำแข็ง และแก๊สแข็งตัว ซึ่งเป็นสสารที่เหลือจากการสร้างดาวเคราะห์ในช่วงกำเนิดระบบสุริยะ ส่วนใหญ่ดาวหางมาจากบริเวณขอบของระบบสุริยะที่เรียกว่า **แถบไคเปอร์** (Kuiper Belt) ซึ่งอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 30-100 AU และบริเวณเมฆออร์ต (Oort cloud) ซึ่งอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 10,000-100,000 AU

เมื่อดาวหางอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ จะไม่มีหางและแสงสว่าง แต่เมื่อโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ พลังงานจากดวงอาทิตย์และลมสุริยะจะส่งผลให้ใจกลางของดาวหางซึ่งเป็นของแข็งเกิดการระเหิดเป็นแก๊สและฝุ่น ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบพุ่งออกไปในทิศทางตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์



▲ ภาพที่ 1.33 บริเวณแถบไคเปอร์และเมฆออร์ต
ที่มา : <https://universavvy.com>



▲ ภาพที่ 1.34 ดาวหางฮัลเลย์โคจรเข้ามายังระบบสุริยะชั้นในล่าสุดเมื่อ พ.ศ. 2529
ที่มา : <https://blogs.nasa.gov>

Science Focus

ดาวเคราะห์แคระในแถบไคเปอร์



ดาวมาเคมาคี (Makemake)

ดาวฮาเมอา (Haumea)

ดาวอีริส (Eris)

ดาวพลูโต (Pluto)

▲ ภาพที่ 1.35 ดาวเคราะห์แคระบางดวงในแถบไคเปอร์
ที่มา : <https://www.jpl.nasa.gov>

บริเวณแถบไคเปอร์นอกจากจะพบดาวหางแล้ว ยังพบดาวเคราะห์แคระ (dwarf planet) ซึ่งเป็นบริวารของดวงอาทิตย์ที่มีสมบัติคล้ายดาวเคราะห์แต่มีขนาดเล็กกว่า และมีวงโคจรที่ไม่ชัดเจนหรือมีวงโคจรที่ซ้อนทับกับวัตถุอื่นที่มีสมบัติใกล้เคียงกัน เช่น ดาวพลูโต (Pluto) ดาวอีริส (Eris)



กิจกรรม

กำเนิดระบบสุริยะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความมีเหตุผล

จุดประสงค์

1. วิเคราะห์และอธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ
2. สร้างแผนภาพแสดงกระบวนการเกิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์

วัสดุอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างแผนภาพ เช่น กระดาษ ดินสอ สี กาว

วิธีปฏิบัติ

1. ศึกษากระบวนการเกิดระบบสุริยะ โดยอาจศึกษาจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ แล้วสรุปเหตุการณ์สำคัญในแต่ละช่วงเวลา
2. สร้างแผนภาพแสดงกระบวนการเกิดระบบสุริยะและนำเสนอผลงาน

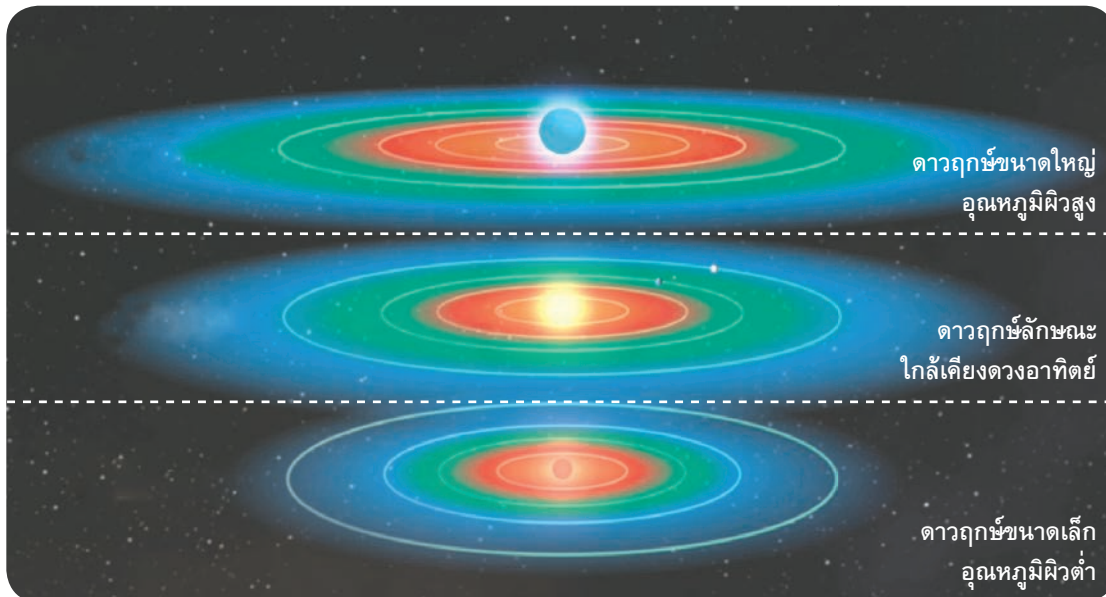
คำถามท้ายกิจกรรม

1. ดวงอาทิตย์และบริวารกำเนิดมาจากแหล่งเดียวกันหรือไม่ อย่างไร
2. ดาวเคราะห์ดวงในมีกระบวนการเกิดขึ้นอย่างไร และมีองค์ประกอบอย่างไร
3. ดาวเคราะห์ดวงนอกมีกระบวนการเกิดขึ้นอย่างไร และมีองค์ประกอบอย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

ระบบสุริยะเกิดจากเนบิวลาสุริยะยุบตัวลง สสารบริเวณใจกลางรวมตัวกันเกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด และวิวัฒนาการไปเป็นดวงอาทิตย์ ส่วนสสารบริเวณโดยรอบรวมตัวกันเป็นจานหมุนรอบดวงอาทิตย์ซึ่งก่อตัวเป็นดาวเคราะห์และบริวารอื่น ๆ โดยสสารบริเวณใกล้ดวงอาทิตย์จะรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ดวงในที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็ง ส่วนสสารบริเวณไกลดวงอาทิตย์จะรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ดวงนอกซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของเหลวและแก๊ส

โลกเป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะเพียงดวงเดียวที่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ เนื่องจากโคจรรอบดวงอาทิตย์ในระยะทางที่เหมาะสม อยู่ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต มีอุณหภูมิเหมาะสมและสามารถเกิดน้ำที่ยังคงสถานะเป็นของเหลวได้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ (exoplanet) จำนวนมาก และยังพบว่า มีดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะบางดวงที่มีคุณสมบัติเอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต คือ มีน้ำทั้ง 3 สถานะ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตและเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต ซึ่งการที่จะพบน้ำอยู่บนผิวดาวได้ ดาวเคราะห์นั้นจะต้องมีระยะห่างจากดาวฤกษ์อย่างเหมาะสม โดยเรียกระยะห่างที่เหมาะสมนี้ว่า **เขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต (Habitable zone)**



▲ ภาพที่ 1.36 เขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต (บริเวณสีเขียว) ของดาวฤกษ์ที่มีลักษณะต่างกัน
ที่มา : <https://www.nasa.gov>

จากภาพ จะเห็นได้ว่า หากดาวฤกษ์มีขนาดเล็กและอุณหภูมิผิวต่ำ เขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิตก็จะอยู่ใกล้กับดาวฤกษ์ และมีพื้นที่ของเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิตที่แคบ แต่หากดาวฤกษ์มีขนาดใหญ่และอุณหภูมิผิวสูง เขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิตจะอยู่ห่างจากดาวฤกษ์มาก และมีพื้นที่ของเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิตที่กว้างขึ้น

H.O.T.S. คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

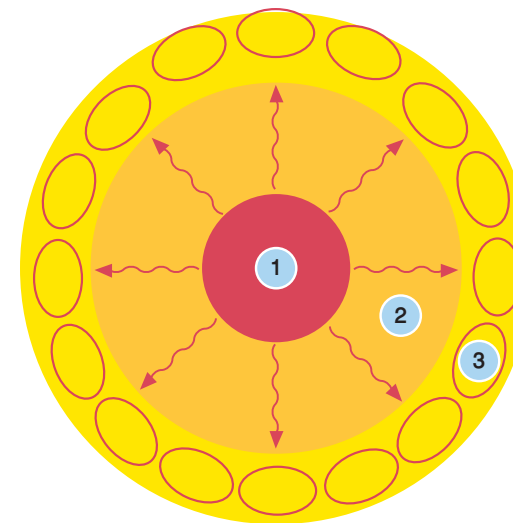
หากดาวเคราะห์มีรัศมีวงโคจรไกลกว่าระยะที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต
จะมีโอกาสพบสิ่งมีชีวิตได้น้อยลง เพราะเหตุใด

3.2 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีแรงโน้มถ่วงทำให้ดาวเคราะห์และบริวารโคจรโดยรอบ อีกทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานให้แก่ดาวเคราะห์ต่าง ๆ ด้วย ซึ่งดวงอาทิตย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 109 เท่าของโลก มีมวลประมาณ 333,000 เท่าของโลก

1. โครงสร้างของดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่ โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์และชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์

1) โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้



◀ ภาพที่ 1.37 โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

1 แก่นของดวงอาทิตย์ (core)

บริเวณใจกลางดวงอาทิตย์ที่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน ซึ่งจะทำหน้าที่ผลิตพลังงานให้แก่ดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิสูงประมาณ 15 ล้านเคลวิน ส่งผลทำให้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สฮีเลียมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักแตกตัวอยู่ในสถานะพลาสมา แต่เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความดันมหาศาล แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สฮีเลียมจึงรวมตัวกันด้วยความหนาแน่นสูง

2 เขตการแผ่รังสี (radiation zone)

บริเวณที่อยู่ถัดจากบริเวณแก่น จึงได้รับการถ่ายโอนพลังงานมาโดยตรง ทำให้มีอุณหภูมิสูงถึง 2.5 ล้านเคลวิน ส่งผลให้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สฮีเลียมแตกตัวเป็นพลาสมาเช่นเดียวกัน ซึ่งพลังงานที่ได้รับมานั้นจะถูกส่งต่อไปยังโครงสร้างชั้นถัดไปด้วยการแผ่รังสี (radiation) แม้บริเวณนี้จะมีอุณหภูมิสูงมาก แต่ก็มี ความดันมากเช่นกัน จึงส่งผลให้มีความหนาแน่นสูง

3 เขตการพาความร้อน (convection zone)

เป็นโครงสร้างชั้นนอกสุด ซึ่งได้รับพลังงานมาจากเขตการแผ่รังสี และส่งต่อไปยังชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ พบไฮโดรเจนในสถานะแก๊ส จึงมีกระบวนการถ่ายโอนพลังงานแบบการพาความร้อน (convection)

Fun Science

หากเปรียบดวงอาทิตย์มีขนาดเท่ากับลูกบอลชายหาด โลกจะมีขนาดเท่ากับเมล็ดถั่วลันเตา ส่วนดวงจันทร์จะมีขนาดเท่ากับหัวเข็มหมุด

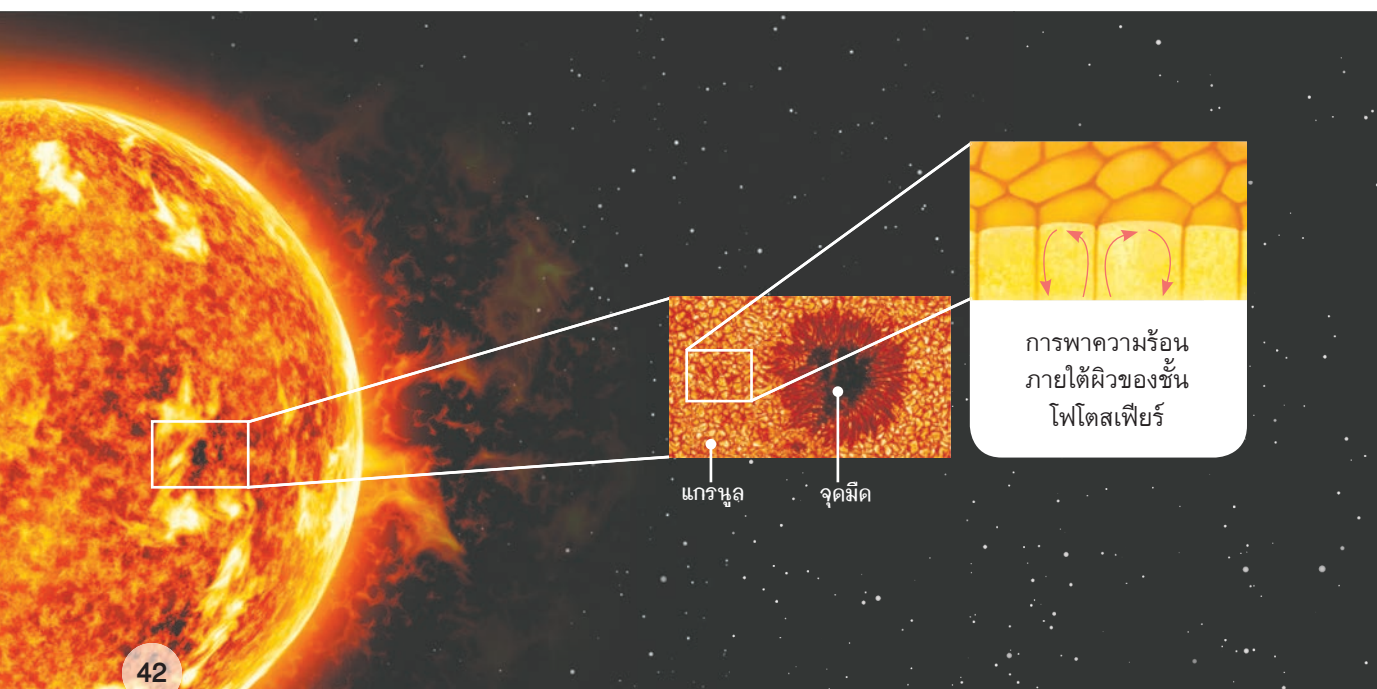
2) ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้

• **โฟโตสเฟียร์ (photosphere)** เป็นบรรยากาศชั้นที่ติดกับเขตการพาความร้อนของดวงอาทิตย์ มีความหนาแน่นน้อย มีอุณหภูมิยังผลประมาณ 5,800 เคลวิน เป็นชั้นที่เปล่งแสงสว่างออกสู่อวกาศ ซึ่งแสงของดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับส่วนใหญ่นั้นมาจากบรรยากาศชั้นนี้

ชั้นโฟโตสเฟียร์มีลักษณะสำคัญที่ปรากฏ เช่น ลักษณะของเซลล์จำนวนมากบนพื้นผิวของดวงอาทิตย์ เรียกว่า **แกรนูล (granules)** แต่ละแกรนูลบนดวงอาทิตย์อาจเกิดและจางหายไปภายใน 10-20 นาที นักดาราศาสตร์อธิบายว่า แกรนูลเป็นผลมาจากการพาความร้อนภายใต้ผิวของชั้นโฟโตสเฟียร์ แก๊สที่ลอยตัวขึ้นด้านบนเกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และแก๊สนั้นจะจมลงเมื่ออุณหภูมิลดลง ทำให้เกิดเป็นแกรนูล

นอกจากแกรนูลแล้ว **จุดมืดดวงอาทิตย์ (sunspot)** ยังเป็นอีกปรากฏการณ์บนพื้นผิวของดวงอาทิตย์ที่สังเกตเห็นได้ง่าย ซึ่งสามารถมองเห็นได้โดยการใช้ฉากรับภาพจากกล้องโทรทรรศน์หรือกล้องสองตา ขนาดของจุดมืดมีตั้งแต่ขนาดเท่ากับแกรนูลฟองเดียวหรืออาจใหญ่กว่านั้นมากพบว่า จุดมืดบนดวงอาทิตย์มักเกิดขึ้นเป็นคู่หรือรวมกลุ่มเป็นกระจุกใหญ่จำนวนมากและอาจมีการรวมกลุ่มกันเป็นกระจุกจนมีพื้นที่หลายพันล้านตารางกิโลเมตร จุดมืดบนดวงอาทิตย์มีการเกิดขึ้นและสลายตัวตลอดเวลา โดยส่วนใหญ่มีอายุประมาณไม่เกิน 2 สัปดาห์ แต่ก็อาจมีบางจุดที่มีอายุยาวนานนับเดือน และถึงแม้ว่าจุดมืดบนดวงอาทิตย์จะเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดบนดวงอาทิตย์ แต่ก็ยังมีอุณหภูมิสูงถึง 4,000 เคลวิน

▼ ภาพที่ 1.38 แกรนูลและจุดมืดดวงอาทิตย์
ที่มา : <https://www.suttanews.com> และ <https://www.isf.astro.su.se>

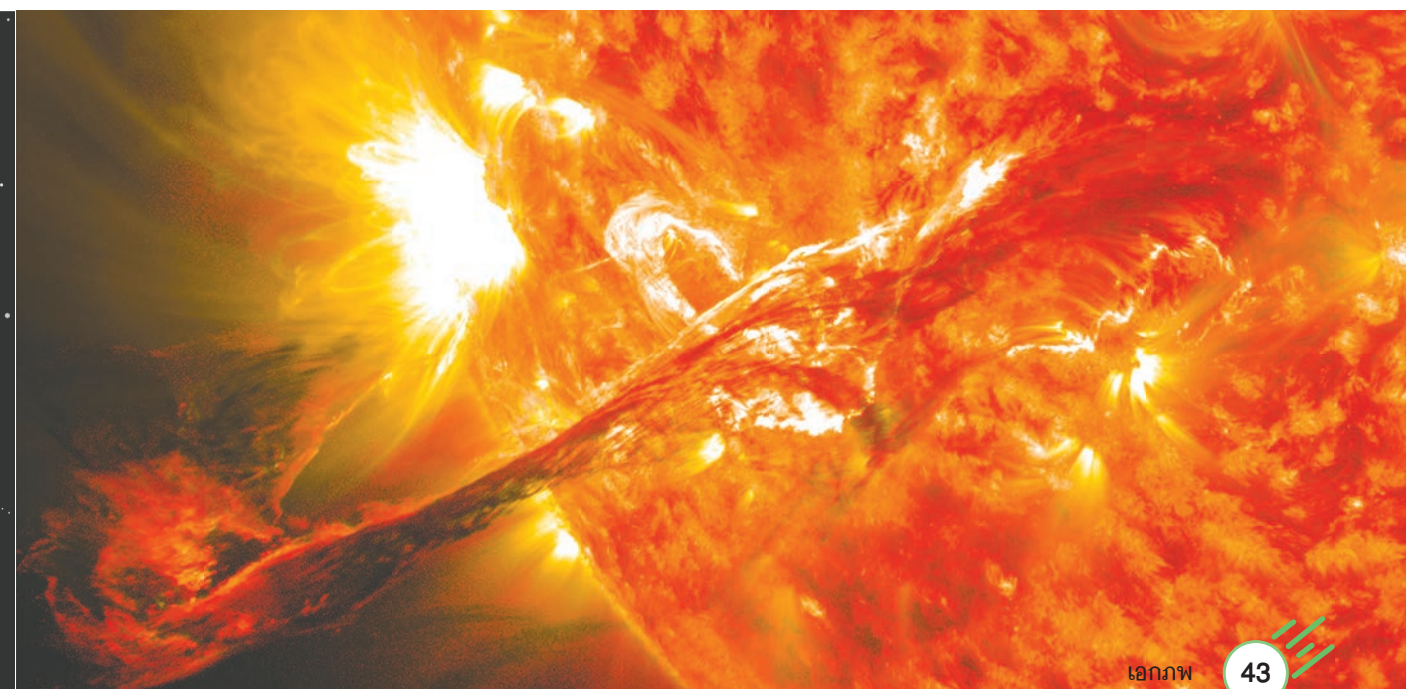


จุดมืดดวงอาทิตย์จะมีค่าความสว่างน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ แต่สนามแม่เหล็กในบริเวณนี้กลับมีความเข้มข้นสูงมาก นักวิทยาศาสตร์พบว่า สนามแม่เหล็กมีทิศพุ่งออกจากจุดมืดพร้อม ๆ กับนำเอาแก๊สร้อนจากใต้พื้นผิวดวงอาทิตย์ขึ้นมาด้วย บริเวณที่มีจุดมืดรวมกันเป็นกระจุกขนาดใหญ่จะมีรูปร่างของสนามแม่เหล็กที่ซับซ้อน ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนผิวดวงอาทิตย์ เช่น **การลุกจ้า (flare)** และ **เปลวสุริยะ (prominence)**

• **โครโมสเฟียร์ (chromosphere)** เป็นบรรยากาศชั้นที่อยู่เหนือชั้นโฟโตสเฟียร์ มีอุณหภูมิประมาณ 4,000-20,000 เคลวิน สามารถสังเกตเห็นบรรยากาศชั้นนี้ได้เมื่อเกิดปรากฏการณ์สุริยุปราคาเต็มดวง โดยจะเห็นเป็นชั้นที่มีสีส้มสวยงาม และพบเปลวสุริยะที่พุ่งขึ้นสูงถึงระดับชั้นนี้จำนวนมาก

• **คอโรนา (corona)** เป็นบรรยากาศชั้นนอกสุดของดวงอาทิตย์ อยู่เหนือชั้นโครโมสเฟียร์ขึ้นไป เป็นชั้นที่มีบรรยากาศเบาบางมาก มีอุณหภูมิสูงประมาณ 1-2 ล้านเคลวิน สามารถสังเกตเห็นบรรยากาศชั้นนี้ได้เมื่อเกิดปรากฏการณ์สุริยุปราคาเต็มดวง โดยนักวิทยาศาสตร์พบว่า บรรยากาศชั้นคอโรนาอาจแผ่กระจายออกจากดวงอาทิตย์ได้ไกลหลายล้านกิโลเมตร

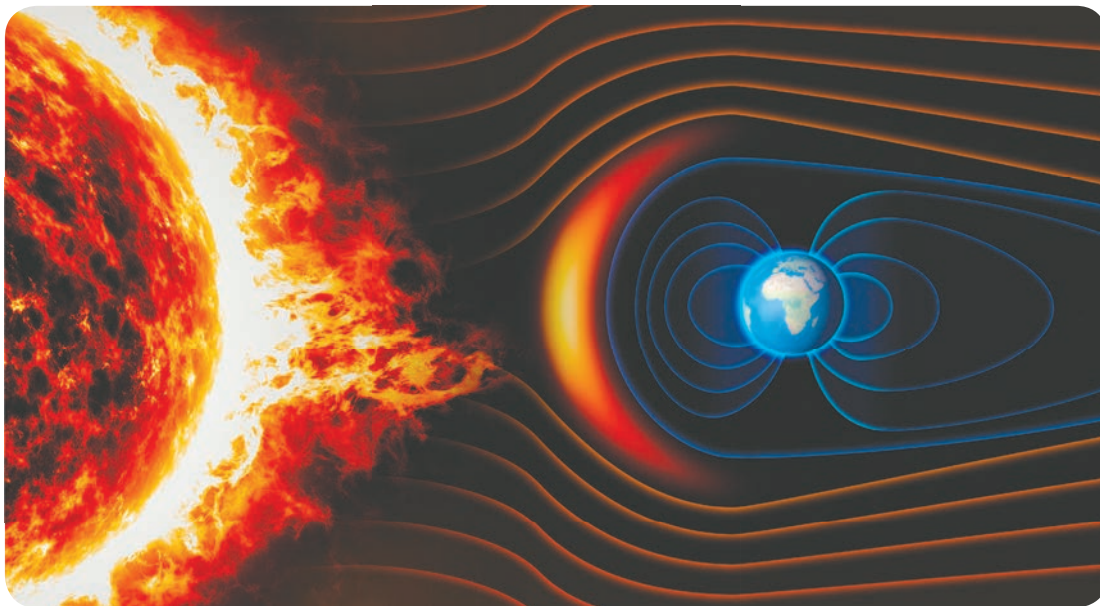
▼ ภาพที่ 1.39 การลุกจ้าและเปลวสุริยะที่เกิดขึ้นในชั้นโฟโตสเฟียร์
ที่มา : <https://www.space.com>



2. ลมสุริยะและพายุสุริยะ

นอกจากดวงอาทิตย์จะเป็นแหล่งพลังงานสำคัญของโลกแล้ว การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ยังปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูง เช่น โปรตอนและอิเล็กตรอน ทำให้เกิดเป็นลมสุริยะและพายุสุริยะ

1) ลมสุริยะ (solar wind) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูงจากชั้นโคโรนาออกสู่อวกาศตลอดเวลา มีความเร็วประมาณ 200-900 กิโลเมตรต่อวินาที ซึ่งลมสุริยะส่งผลให้เกิดหางของดาวหางที่เรืองแสงและชี้ไปในทิศตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์



▲ ภาพที่ 1.40 การปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากภาพ จะเห็นได้ว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูงถูกปลดปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์จะส่งผลกระทบต่อดาวเคราะห์ต่าง ๆ รวมไปถึงโลก แต่อนุภาคเหล่านี้แทบจะไม่มีผลโดยตรงต่อมนุษย์ เพราะโลกมีสนามแม่เหล็กที่เป็นเสมือนเกราะคุ้มกันไม่ให้อนุภาคเหล่านั้นทะลุเข้ามาถึงชั้นบรรยากาศของโลกหรือเข้ามาทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกได้

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูงจากลมสุริยะเข้าใกล้โลก สนามแม่เหล็กโลกจะทำให้อนุภาคเหล่านั้นเปลี่ยนทิศทางไป อนุภาคบางส่วนที่ผ่านเข้ามาภายในชั้นบรรยากาศของโลกเมื่อชนกับแก๊สในบรรยากาศจะทำให้แก๊สแตกตัวเป็นไอออน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเรืองแสงซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์แสงเหนือแสงใต้ (aurora)



▲ ภาพที่ 1.41 ปรากฏการณ์แสงเหนือแสงใต้ ซึ่งเป็นผลมาจากลมสุริยะและพายุสุริยะ
ที่มา : <https://www.pexels.com>

2) พายุสุริยะ (solar storm) เกิดขึ้นเมื่อสนามแม่เหล็กมีความแปรปรวนเป็นบริเวณกว้าง โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการพ่นมวลโคโรนา (Coronal Mass Ejection; CME) ร่วมกับการลุกจ้า ทำให้อนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง อนุภาคนี้ส่วนใหญ่ คือ โปรตอน เมื่ออนุภาคโปรตอนที่มีพลังงานสูงชนกับดาวเทียมจะทำให้เกิดความเสียหายต่อวงจรไฟฟ้า ถ้าอนุภากดังกล่าวชนกับแก๊สในบรรยากาศจะสร้างอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งสามารถดูดกลืนคลื่นวิทยุ ทำให้การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุขัดข้อง

นอกจากนี้ พายุสุริยะยังอาจทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น อุปกรณ์การสื่อสาร อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการคมนาคมทางอากาศ สายไฟฟ้าแรงสูงเกิดความขัดข้องและเสียหาย



Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ
2. เขตบริวารของดวงอาทิตย์ประกอบด้วยอะไรบ้าง
3. ดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตควรมีลักษณะอย่างไร
4. โครงสร้างของดวงอาทิตย์แต่ละชั้นมีลักษณะอย่างไร
5. ลมสุริยะและพายุสุริยะส่งผลต่อโลกอย่างไรบ้าง

4. เทคโนโลยีอวกาศ

ในอดีตการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเอกภพทำได้โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า แต่เอกภพมีการขยายตัวอยู่ตลอดเวลา และวัตถุในเอกภพมีมากมายจนไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าทั้งหมด มนุษย์จึงประดิษฐ์เครื่องมือที่ช่วยในการสำรวจอวกาศ

กล้องโทรทรรศน์ถูกประดิษฐ์ขึ้นในช่วงต้นศตวรรษที่ 17 ต่อมา มีการส่งยานอวกาศออกไปนอกโลกเพื่อสำรวจดวงจันทร์และดาวเคราะห์ต่าง ๆ การถ่ายภาพทางดาราศาสตร์เริ่มเกิดขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจอวกาศมากมาย เช่น ดาวเทียม จรวด ยานอวกาศ สถานีอวกาศ กล้องโทรทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์อวกาศ เครื่องมือตรวจวัดการแผ่รังสีจากอวกาศ

เทคโนโลยีอวกาศส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศในหลาย ๆ ด้าน เช่น การสื่อสารผ่านดาวเทียม การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การพยากรณ์อากาศจากภาพถ่ายดาวเทียม การสำรวจทางทหารเพื่อความมั่นคงของประเทศ การนำเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ในการพัฒนาทางด้านการแพทย์ การพัฒนาด้านเศรษฐกิจ การจัดการด้านสังคมและชุมชน รวมไปถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ

◀ ภาพที่ 1.42 จรวดเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้ในเทคโนโลยีอวกาศ
ที่มา : <https://www.born2invest.com>

Key Question

เทคโนโลยีอวกาศ
เกี่ยวข้องกับ
ชีวิตประจำวัน
ของมนุษย์อย่างไร



4.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ

การสังเกตวัตถุในเอกภพ เช่น ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ กาแล็กซี ซูเปอร์โนวา ซึ่งวัตถุต่าง ๆ ดังกล่าวนี้อาจมีขนาดไม่เท่ากัน ทำให้แสงที่มียาวคลื่นแตกต่างกัน เช่น รังสีแกมมา รังสีอัลตราไวโอเล็ต คลื่นวิทยุ ซึ่งรังสีในช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้เครื่องมือช่วยในการสังเกต นอกจากนี้ ยังมีอุปสรรคจากชั้นบรรยากาศของโลกที่รังสีบางช่วงความยาวคลื่นไม่สามารถผ่านเข้ามาได้ มนุษย์จึงจำเป็นต้องประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ อีกทั้งยังต้องใช้เทคโนโลยีอวกาศหลายอย่างร่วมด้วย ไม่ว่าจะเป็นดาวเทียม สถานีอวกาศ ยานอวกาศ และระบบขนส่งอวกาศ

1. กล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น

เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ติดตั้งอยู่บนผิวโลกเพื่อใช้ศึกษาวัตถุที่แผ่รังสีในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (visible light) เช่น ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ เนบิวลา กาแล็กซี โดยกล้องโทรทรรศน์ประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงและกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง

กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง
(refracting telescope)

ใช้เลนส์นูนเป็นเลนส์ใกล้วัตถุทำหน้าที่รวมแสง แล้วใช้เลนส์ใกล้ตา (อาจเป็นเลนส์นูนหรือเลนส์เว้า) เพื่อขยายภาพ

กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง
(reflecting telescope)

ใช้กระจกเว้าเป็นกระจกปฐมภูมิ แล้วใช้กระจกเงาราบหรือกระจกโค้งนูนเป็นกระจกทุติยภูมิ

ปัจจุบันในหอดูดาวขนาดใหญ่มักเป็นกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง เนื่องจากกระจกขนาดใหญ่ที่ใช้สะท้อนแสงสามารถผลิตได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าเลนส์มาก



◀ ภาพที่ 1.43 กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จังหวัดเชียงใหม่
ที่มา : <https://mgronline.com/science/detail/9560000003273>



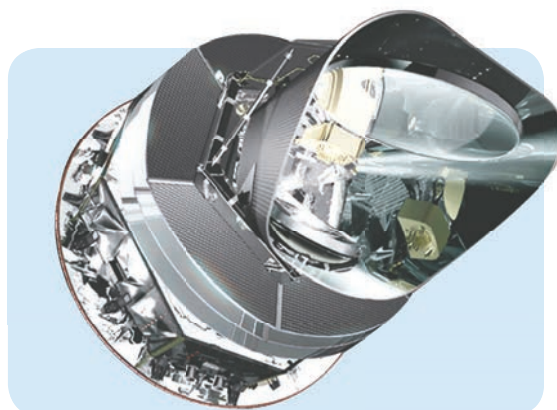
▲ ภาพที่ 1.44 กล้องโทรทรรศน์วิทยุ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. กล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นวิทยุ

คลื่นวิทยุสามารถแผ่ลงมาถึงพื้นโลกได้ จึงไม่จำเป็นต้องส่งกล้องโทรทรรศน์วิทยุขึ้นไปโคจรอยู่เหนือชั้นบรรยากาศ แต่คลื่นวิทยุมีความยาวคลื่นมากกว่า 1 เมตร นักวิทยาศาสตร์จึงพัฒนาให้กล้องโทรทรรศน์วิทยุหลายตัวทำงานร่วมกันได้ด้วยวิธีอินเทอร์เฟอโรเมทรี (interferometry) เพื่อให้กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเล็กหลายกล้องสามารถทำงานร่วมกันได้เสมือนเป็นกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดใหญ่

3. กล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นไมโครเวฟ

เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษารังสีไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ซึ่งเป็นหลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง และทำให้ทราบถึงอัตราการขยายตัว อายุ และองค์ประกอบของเอกภพ ตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์ชนิดนี้ เช่น กล้องโทรทรรศน์อวกาศพลังค์ (Planck)



▲ ภาพที่ 1.45 กล้องโทรทรรศน์อวกาศพลังค์
ที่มา : <https://www.nasa.gov>



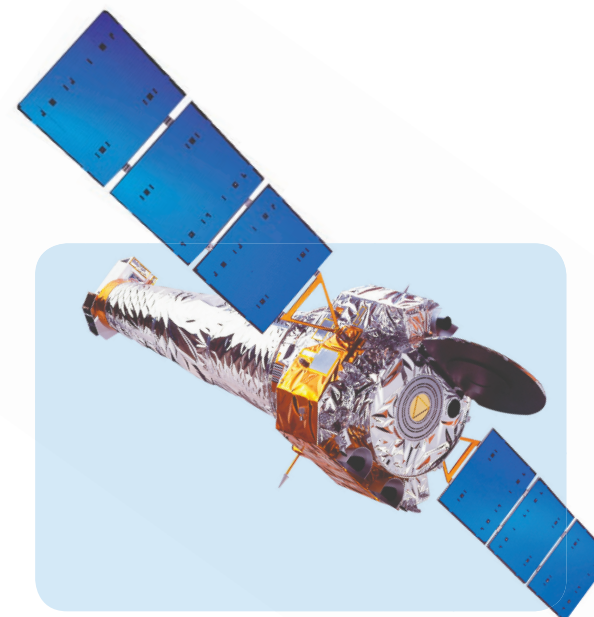
▲ ภาพที่ 1.46 กล้องโทรทรรศน์อวกาศสปิตเซอร์
ที่มา : <https://www.spaceflightinsider.com>

4. กล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นอินฟราเรด

เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัดวัตถุที่แผ่รังสีช่วงคลื่นอินฟราเรด เช่น ดาวฤกษ์เกิดใหม่ กาแล็กซีทางช้างเผือก โดยสามารถติดตั้งได้ทั้งบนพื้นผิวโลกและในอวกาศ แต่เนื่องจากคลื่นอินฟราเรดบางส่วนถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศของโลก กล้องที่ติดตั้งบนผิวโลกจึงต้องอยู่บริเวณภูเขาสูง ตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์ชนิดนี้ เช่น กล้องโทรทรรศน์อวกาศสปิตเซอร์ (Spitzer; SST)

5. กล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต

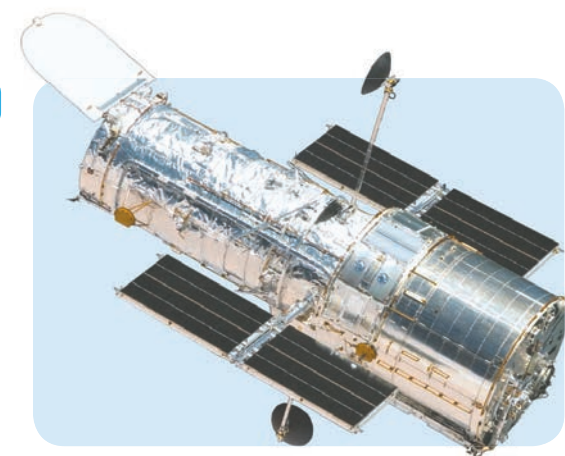
เป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่ใช้ศึกษาวัดวัตถุที่แผ่รังสีช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต เช่น กาแล็กซี สสารระหว่างดาว องค์ประกอบของเนบิวลาดาวเคราะห์ ตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์ชนิดนี้ เช่น กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (Hubble Space Telescope)



▲ ภาพที่ 1.48 กล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา
ที่มา : <https://www.nasa.gov>

7. กล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นรังสีแกมมา

เป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่ใช้ศึกษาวัดวัตถุที่แผ่รังสีช่วงคลื่นรังสีแกมมา เช่น ใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก ดาวนิวตรอน บริเวณรอบ ๆ หลุมดำ ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์ 2 ชนิด คือ อุปกรณ์ตรวจจับโฟตอนของรังสีแกมมา และอุปกรณ์ตรวจจับการระเบิดของแหล่งรังสีแกมมา ตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์ชนิดนี้ เช่น กล้องโทรทรรศน์อวกาศเฟอร์มิ (Fermi Gamma-ray Space Telescope)



▲ ภาพที่ 1.47 กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล
ที่มา : <https://www.nasa.gov>

6. กล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นรังสีเอกซ์

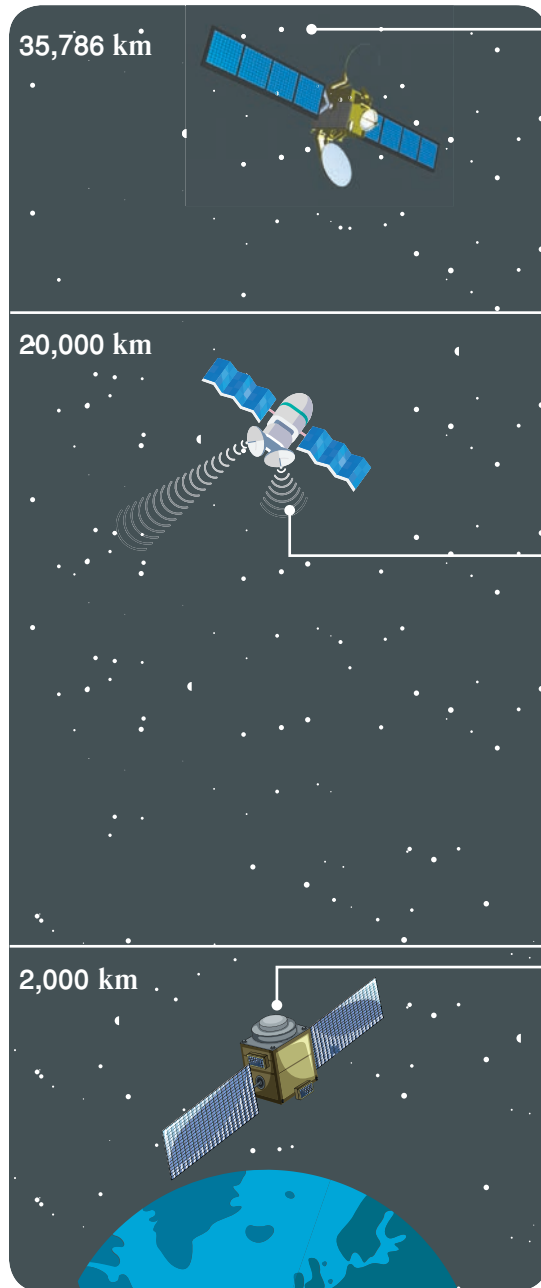
เป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่ใช้ศึกษาวัดวัตถุที่แผ่รังสีในช่วงคลื่นรังสีเอกซ์ เช่น ดาวนิวตรอน หลุมดำ บรรยากาศชั้นคอโรนาของดาวฤกษ์ ตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์ชนิดนี้ เช่น กล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา (Chandra X-ray Observatory)



▲ ภาพที่ 1.49 กล้องโทรทรรศน์อวกาศเฟอร์มิ
ที่มา : <https://www.fermi.gsfc.nasa.gov>

8. ดาวเทียม

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่โคจรรอบโลกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ มีส่วนประกอบหลายอย่าง โดยแต่ละส่วนจะมีระบบควบคุมการทำงานแยกกัน และมีอุปกรณ์ควบคุมให้ระบบต่าง ๆ ทำงานร่วมกัน ดาวเทียมที่โคจรรอบโลกมักมีความเร็วคงที่เพื่อรักษาระดับวงโคจร ซึ่งสามารถแบ่งดาวเทียมตามระดับวงโคจรได้ 3 ประเภท ดังนี้



▲ ภาพที่ 1.50 ระดับวงโคจรของดาวเทียมประเภทต่างๆ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

วงโคจรค้างฟ้า

(Geostationary Earth Orbit; GEO)

ดาวเทียมจะโคจรอยู่ในระดับความสูงจากผิวโลกประมาณ 35,786 กิโลเมตร มีคาบในการโคจรเท่ากับคาบในการหมุนรอบตัวเองของโลก จึงทำให้ดูเหมือนว่าดาวเทียมลอยนิ่งอยู่กับที่ตลอดเวลา มีเส้นทางโคจรอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร ส่วนมากเป็นดาวเทียมสื่อสาร เช่น ดาวเทียมไทยคม (Thaicom) ดาวเทียมอินเทลแซต (Intelsat) และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เช่น ดาวเทียมฮิมาวารี (Himawari)

วงโคจรระดับกลาง

(Medium Earth Orbit; MEO)

ดาวเทียมจะโคจรอยู่ในระดับความสูงจากผิวโลกประมาณ 10,000-20,000 กิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาและดาวเทียมระบุตำแหน่งบนโลก เช่น ดาวเทียมระบบจีพีเอส (Global Positioning System; GPS)

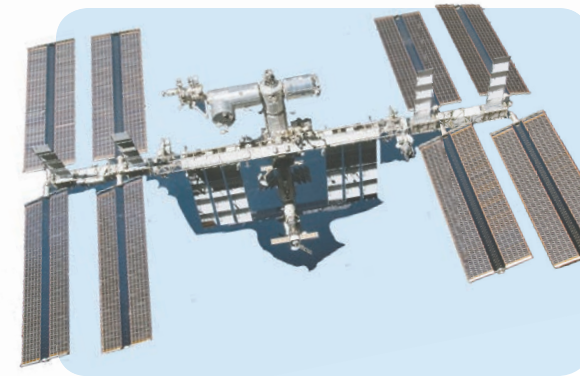
วงโคจรระดับต่ำ

(Low Earth Orbit; LEO)

ดาวเทียมจะโคจรอยู่ในระดับความสูงจากผิวโลกประมาณ 160-2,000 กิโลเมตร มีเส้นทางโคจรผ่านขั้วโลกในแนวเหนือ-ใต้ ส่วนมากเป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาซึ่งใช้ถ่ายภาพและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพลมฟ้าอากาศ และดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ดาวเทียมธีออส (THEOS) ดาวเทียมแลนด์แซต (Landsat)

9. ยานอวกาศ

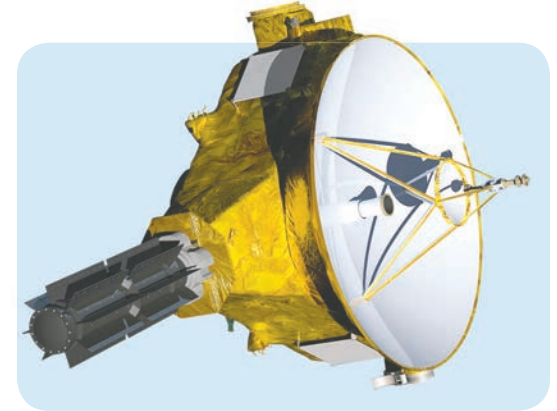
เป็นยานพาหนะหรือเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาเพื่อเดินทางในอวกาศ ซึ่งยานอวกาศถูกนำมาใช้สำหรับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น ใช้ในด้านอุตุนิยมวิทยา การสำรวจดาวเคราะห์ การสื่อสาร การนำทาง การขนส่งมนุษย์และสิ่งของ เช่น ยานอวกาศอพอลโล (Apollo) ที่ส่งมนุษย์ไปสำรวจดวงจันทร์ ยานอวกาศคิวริออซิตี (Curiosity) ใช้สำรวจดาวอังคาร ยานอวกาศนิวฮอไรซอนส์ (New Horizons) ใช้สำรวจดาวเคราะห์แคระพลูโต



▲ ภาพที่ 1.52 สถานีอวกาศนานาชาติ
ที่มา : <https://www.esa.int>

11. จรวด

เป็นพาหนะที่ใช้ส่งดาวเทียมและยานอวกาศไปยังนอกโลก ซึ่งจรวดจะสามารถเคลื่อนที่ออกไปนอกโลกได้จะต้องมีความเร็วมากพอที่จะชนะแรงโน้มถ่วงของโลก นั่นคือ ต้องมีความเร็วประมาณ 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที เรียกความเร็วนี้ว่า ความเร็วหลุดพ้น (escape velocity) ซึ่งการปล่อยจรวดด้วยความเร็วดังกล่าวนี้จะต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมหาศาล ดังนั้น จึงมักส่งจรวดด้วยความเร็วค่าหนึ่งเพื่อให้จรวดสามารถไปโคจรรอบโลกได้ก่อน จากนั้นจึงใช้ความเร็วอีกค่าหนึ่งเพื่อทำให้จรวดหลุดจากวงโคจรรอบโลกได้



▲ ภาพที่ 1.51 ยานอวกาศนิวฮอไรซอนส์
ที่มา : <https://www.nasa.gov>

10. สถานีอวกาศ

เป็นห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในอวกาศ การศึกษาบนสถานีอวกาศจึงอยู่ในสภาวะไร้น้ำหนัก เช่น การพัฒนาวัคซีนป้องกันแบคทีเรียซาลโมเนลลา (*Salmonella* sp.) การศึกษารูปร่างโมเลกุลของโปรตีนในร่างกายมนุษย์ ปัจจุบันสถานีอวกาศที่ใหญ่ที่สุดในโลก คือ สถานีอวกาศนานาชาติ (International Space Station; ISS) ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือระหว่างประเทศต่าง ๆ จำนวน 16 ประเทศ



▲ ภาพที่ 1.53 จรวดแชตเทิร์น 5
ที่มา : <https://turbosquid.com>

เมื่อใช้จรวดส่งดาวเทียมและยานอวกาศแต่ละครั้งแล้วจะไม่สามารถนำจรวดกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณสูงมากในการสำรวจอวกาศ นักวิทยาศาสตร์จึงพัฒนาระบบขนส่งอวกาศ (space transportation system) ที่สามารถเดินทางไปยังอวกาศและนำอุปกรณ์กลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งระบบขนส่งอวกาศประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ จรวดเชื้อเพลิงแข็ง ถังเชื้อเพลิงภายนอก และยานขนส่งอวกาศ โดยขั้นตอนการทำงานของระบบขนส่งอวกาศ แสดงดังภาพ



กิจกรรม

กล้องโทรทรรศน์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความมีเหตุผล

จุดประสงค์

1. เปรียบเทียบและอธิบายการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ
2. ระบุวัตถุนท้องฟ้าที่ศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ

วัสดุอุปกรณ์

1. สมุดบันทึก
2. อุปกรณ์เครื่องเขียน

วิธีปฏิบัติ

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
 - ความยาวคลื่นที่กล้องโทรทรรศน์ใช้ในการศึกษาวัตถุทางดาราศาสตร์
 - ตำแหน่งที่ตั้งกล้องโทรทรรศน์
 - วัตถุนท้องฟ้าที่ถูกศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์
2. สรุปความรู้และนำเสนอในรูปแบบที่น่าสนใจ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. กล้องโทรทรรศน์แต่ละชนิดถูกใช้เพื่อศึกษาวัตถุในช่วงความยาวคลื่นเดียวกันหรือไม่ อย่างไร
2. เพราะเหตุใดกล้องโทรทรรศน์บางชนิดสามารถติดตั้งบนพื้นโลกได้ แต่บางชนิดต้องถูกส่งขึ้นไปบนอวกาศ

อภิปรายผลกิจกรรม

กล้องโทรทรรศน์มีหลายช่วงความยาวคลื่น เนื่องจากวัตถุนท้องฟ้าแต่ละชนิดแผ่รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต่างกัน กล้องโทรทรรศน์บางชนิดสามารถติดตั้งอยู่บนพื้นโลกเนื่องจากรังสีบางชนิดสามารถผ่านชั้นบรรยากาศเข้ามายังพื้นโลกได้ ได้แก่ คลื่นแสงที่ตามองเห็น คลื่นวิทยุ และอินฟราเรด ส่วนคลื่นในช่วงความยาวคลื่นอื่น ๆ ไม่สามารถผ่านเข้ามายังพื้นโลกได้ จึงต้องส่งกล้องโทรทรรศน์ขึ้นไปศึกษาในอวกาศ

4.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้

เทคโนโลยีอวกาศ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจอวกาศ โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการออกแบบและสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ดาวเทียม จรวด ยานอวกาศ กล้องโทรทรรศน์อวกาศ สถานีอวกาศ นอกจากนี้ การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศยังสามารถ นำมาประยุกต์ใช้กับการดำรงชีวิตของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ด้านวัสดุศาสตร์ ความรู้จากการศึกษาด้านวัสดุศาสตร์ สามารถนำไปออกแบบยานอวกาศ ชุดนักบินอวกาศหรือ วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในอวกาศเพื่อให้ทนต่อสภาวะที่ต่างจากบนโลก อย่างมาก ซึ่งความรู้จากการพัฒนาวัสดุในอวกาศนั้นนำมา ประยุกต์ใช้ในการผลิตสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ เช่น

- วัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กกล้าที่ใช้เป็น ส่วนประกอบในระบบร่มลงจอดของยานอวกาศไวกิง ถูกนำมา ประยุกต์ใช้ในการผลิตยางรถยนต์ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า ยางปกติ

- เครื่องตรวจวัดสารแขวนลอยที่ใช้ตรวจจับควัน หรือสารเคมีในยานอวกาศ ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิต เครื่องตรวจจับควันจากเพลิงไหม้ หรือตรวจจับการรั่วไหลของ แก๊สหุงต้มตามบ้านเรือน

- เซลล์สุริยะที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในยานอวกาศ ไร้คนขับ ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานตามบ้านเรือน

- แอโรเจล (aerogel) เป็นของแข็งที่เบาที่สุด แข็งแรง ยืดหยุ่น และทนความร้อนสูง ใช้ทำชุดนักบินอวกาศ ถูกนำมา ประยุกต์ใช้ในการทำชุดนักดับเพลิง ชุดนักแข่งรถยนต์

- โฟมนิ่มพิเศษ (temper foam) ที่ใช้ทำเบาะรองนั่ง ของนักบินอวกาศเพื่อกันกระแทกขณะที่ยานอวกาศลงจอด ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการทำที่นอนและหมอนที่ช่วยลดปัญหา การปวดเมื่อย



▲ ภาพที่ 1.55 ชุดนักดับเพลิงถูกพัฒนา มาจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี อวกาศด้านวัสดุศาสตร์ ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. ด้านอาหาร การเตรียมอาหารเพื่อนำไปในอวกาศจะต้องคำนึงถึงความสะดวก ปริมาณ สารอาหาร ตลอดจนรสชาติของอาหาร การออกแบบบรรจุภัณฑ์จึงมีความสำคัญมาก ซึ่งบรรจุภัณฑ์ นั้นจะต้องสามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้นาน มีน้ำหนักเบา และใช้งานได้สะดวกในสภาวะไร้น้ำหนัก ความรู้ข้างต้นจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาอาหารด้วยวิธีการทำแห้งเยือกแข็งแบบ สูญญากาศ (freeze drying) ซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิและความชื้นในอาหาร ทำให้อาหารมีน้ำหนักเบา สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน อีกทั้งยังสามารถคงคุณค่าของสารอาหารไว้ได้ด้วย

3. ด้านการแพทย์ เนื่องจากในอวกาศมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากบนโลกอย่างมาก นักวิทยาศาสตร์จึงต้องพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักบินอวกาศสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ซึ่งความรู้จากการพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ นั้น ถูกนำมาประยุกต์เพื่อใช้ผลิตสิ่งต่าง ๆ ด้านการแพทย์ เช่น การผลิตกล้อง 3 มิติ ที่มีขนาดเล็กจากโครงการของนาซา ถูกนำมาพัฒนาเป็นกล้องส่องตรวจ และผ่าตัดด้วยระยะภายในร่างกาย 3 มิติ (3D endoscope) เทคโนโลยีการวัดอุณหภูมิของดาวฤกษ์ ถูกนำมาพัฒนาเป็นเครื่องวัดอุณหภูมิทางหู (infrared ear thermometer)

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยังคงศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยี อวกาศอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอนาคตอาจมีความรู้ใหม่ ๆ ที่สามารถ นำมาประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้อีก



Core Concept
เทคโนโลยีอวกาศ

◀ ภาพที่ 1.56 กล้องส่องตรวจและ ผ่าตัดด้วยระยะภายในร่างกายถูกพัฒนา มาจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี อวกาศด้านการแพทย์ ที่มา : คลังภาพ อจท.

Topic



Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

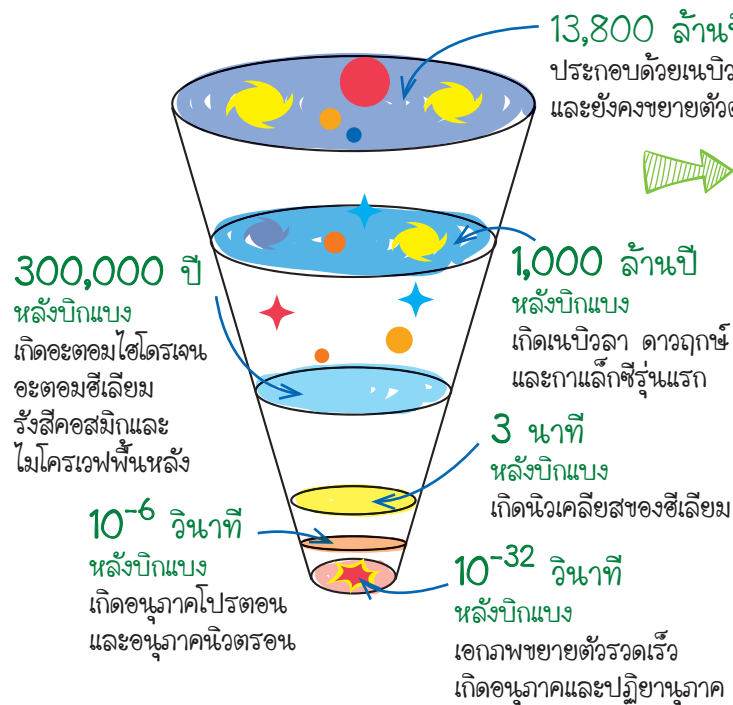
1. เทคโนโลยีอวกาศมีประโยชน์อย่างไร
2. กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุต่าง ๆ ในอวกาศ ทำงานบนช่วงความยาวคลื่นเดียวกันหรือไม่ อย่างไร
3. จงยกตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์ที่นักเรียนรู้จักมาอย่างน้อย 3 ชื่อ
4. ระบบขนส่งอวกาศช่วยในการสำรวจอวกาศอย่างไร
5. จงยกตัวอย่างการนำเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

Summary

เอกภพ

บิกแบง

- ▷ เอกภพเริ่มต้นจากขนาดเล็กมากและอุณหภูมิสูงมาก จากนั้นเอกภพขยายตัวใหญ่ขึ้นและอุณหภูมิลดลง
- ▷ ระหว่างที่เอกภพขยายตัวมีการเปลี่ยนแปลงสสารและพลังงาน



หลักฐานสนับสนุนบิกแบง

- การขยายตัวของเอกภพ ตามกฎฮับเบิล-เลอแมตร์

$$v = H_0 D$$

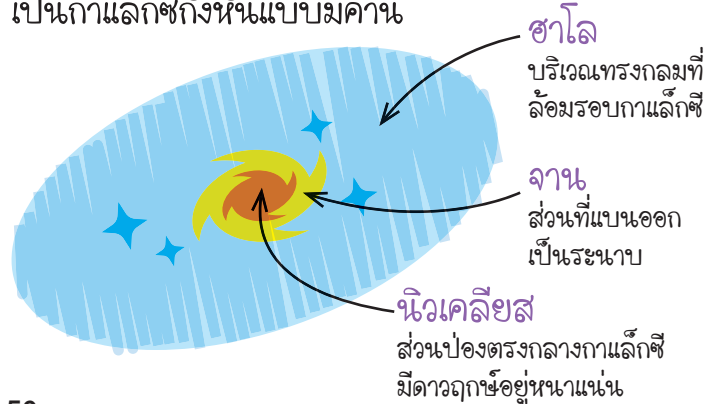
ยิ่งกาแล็กซีอยู่ห่างจากผู้สังเกตมาก ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกห่างจากผู้สังเกตก็จะมีค่ามาก

- การพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

กาแล็กซี

กาแล็กซีทางช้างเผือก

เป็นกาแล็กซีกังหันแบบมีคาน



ทางช้างเผือก คือ กระจุกดาวที่มองเห็นจากโลก



ระบบสุริยะ

อยู่บริเวณจานของกาแล็กซีทางช้างเผือก ห่างจากศูนย์กลางของกาแล็กซี ประมาณ 30,000 ปีแสง

ดาวฤกษ์

ความส่องสว่าง

พลังงานจากดาวฤกษ์ที่ปลดปล่อยออกมาในเวลา 1 วินาทีต่อหน่วยพื้นที่ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต

โชติมาตร

ค่าแสดงระดับความส่องสว่างของดาวฤกษ์ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต

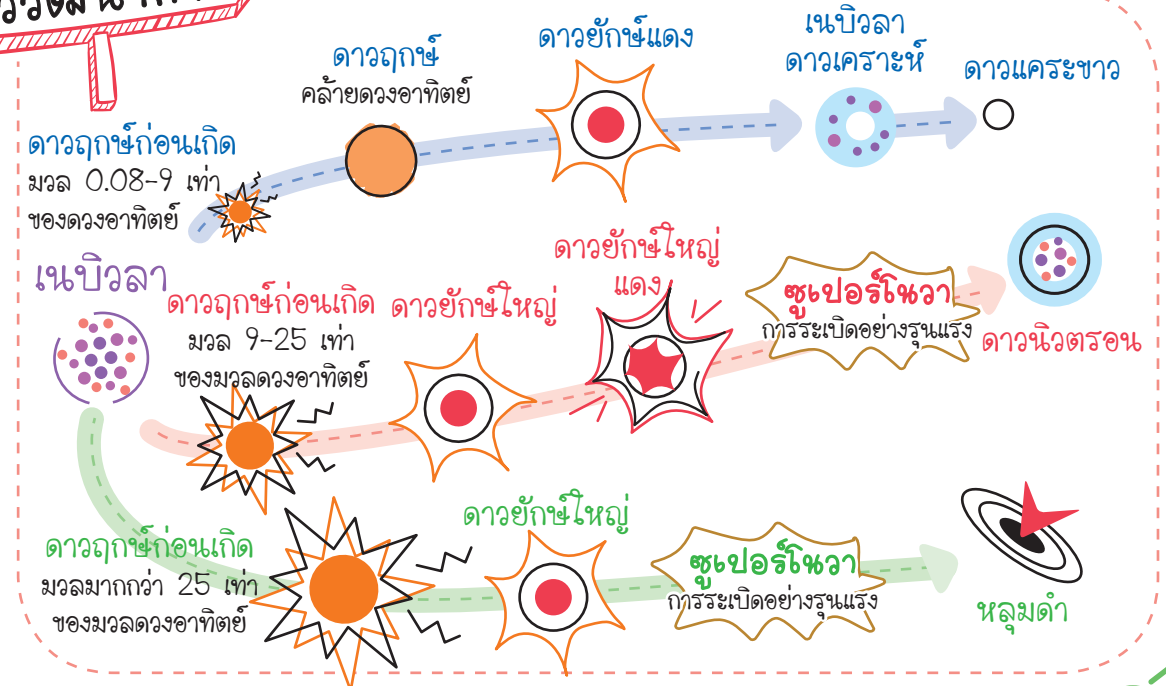
[โชติมาตรมาก] $\leftrightarrow$ ความส่องสว่างน้อย

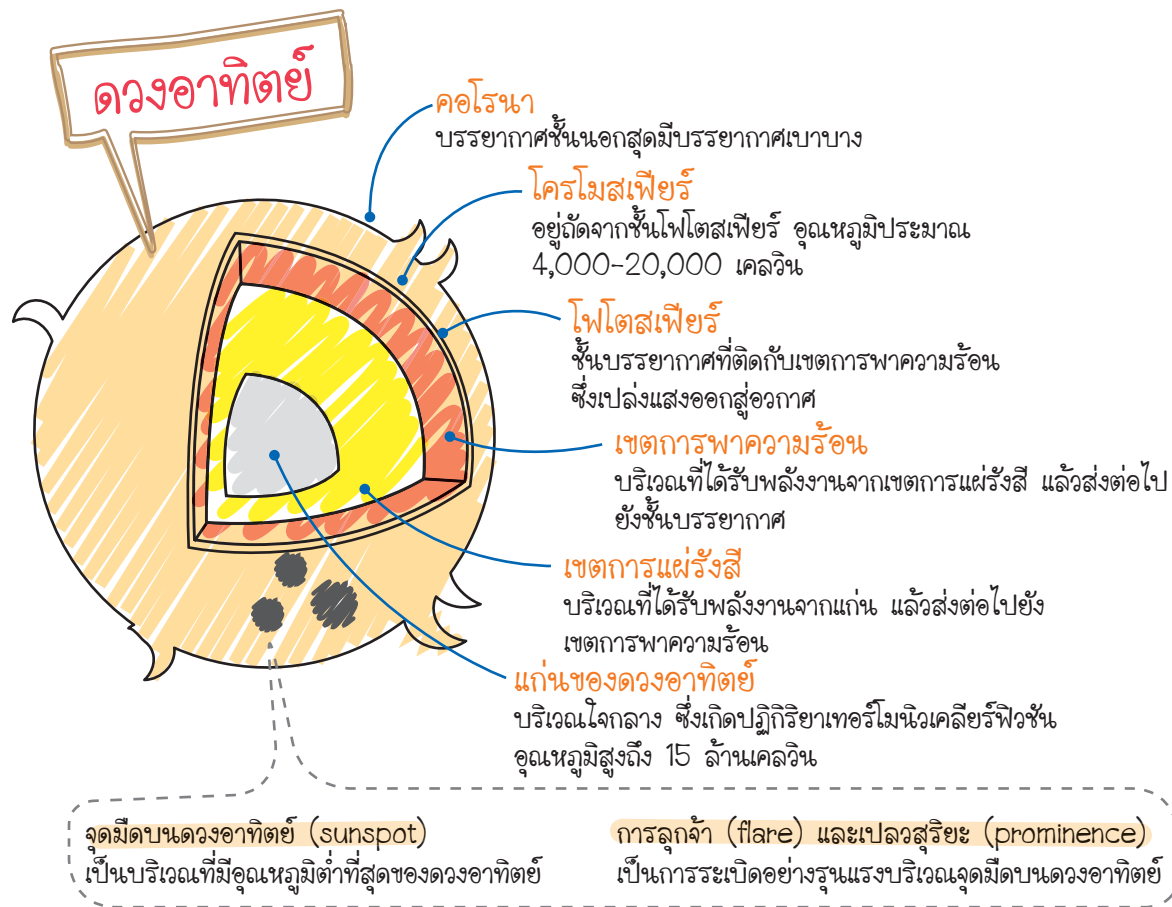
[โชติมาตรน้อย] $\leftrightarrow$ ความส่องสว่างมาก

สี อุณหภูมิผิว และ ชนิดสเปกตรัม

	O	B	A	F	G	K	M
สี	น้ำเงิน	น้ำเงินแกมขาว	ขาว	ขาวแกมเหลือง	เหลือง	ส้ม	แดง
อุณหภูมิผิว (K)	> 30,000	10,000-30,000	7,500-10,000	6,000-7,500	4,900-6,000	3,500-4,900	2,500-3,500

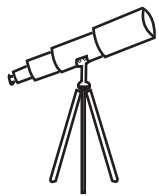
วิวัฒนาการ





เทคโนโลยีอวกาศ

การสำรวจอวกาศ



กล้องโทรทรรศน์ที่ติดตั้งบนโลก

- ใช้ศึกษาวัตถุ
- ช่วงคลื่นแสงที่มองเห็น
 - ช่วงคลื่นวิทยุ

กล้องโทรทรรศน์อวกาศ

- ใช้ศึกษาวัตถุ
- ช่วงคลื่นอินฟราเรด
 - ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต
 - ช่วงคลื่นรังสีเอกซ์
 - ช่วงคลื่นรังสีแกมมา

ยานอวกาศ

พาหนะที่ใช้สำรวจอวกาศ

สถานีอวกาศ

ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่โคจรรอบโลกอยู่ในอวกาศ

การประยุกต์ใช้

ด้านวิทยาศาสตร์

- ยานร่อนดัดที่ใช้งานได้นาน
- เครื่องตรวจจับควัน
- เซลล์สุริยะ
- ชุดกันดับเพลิง
- ทัชชานุกรการปวดเมื่อย

ด้านอาหาร

- การทำแห้งเยือกแข็งแบบ
- สูญญากาศ (freeze drying)

ลดอุณหภูมิและความชื้นในอาหาร ทำให้อาหารมีน้ำหนักรักษา เก็บไว้ได้นาน

ด้านการแพทย์

- กล้องส่องตรวจและผ่าตัดอวัยวะภายในร่างกาย 3 มิติ
- เครื่องวัดอุณหภูมิทางหู (infrared ear thermometer)



Knowledge Application



▲ ตำแหน่งของกาแล็กซีแอนดรอเมดากับกาแล็กซีทางช้างเผือกในอีกประมาณ 3.75 ล้านปี
ที่มา : <https://www.nasa.gov>

กาแล็กซีแอนดรอเมดาเป็นหนึ่งในกาแล็กซีของกลุ่มท้องถิ่น (local group) เป็นกาแล็กซีกังหัน มีขนาดใหญ่กว่ากาแล็กซีทางช้างเผือก ซึ่งมีขนาดประมาณ 220,000 ปีแสง อยู่ห่างจากโลกประมาณ 2.5 ล้านปีแสง นักวิทยาศาสตร์พบว่า กาแล็กซีแอนดรอเมดากับกาแล็กซีทางช้างเผือก กำลังเคลื่อนที่เข้าหากันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของกาแล็กซี และคาดว่าจะชนกันในอีกประมาณ 5,000 ล้านปี

นักเรียนคิดว่า มนุษย์จะได้เป็นส่วนหนึ่งของเหตุการณ์นั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด?

Self Check

ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจ โดยพิจารณาข้อความว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด หากตอบคำถามไม่ถูกต้อง ให้กลับไปศึกษาเนื้อหาตามหัวข้อที่กำหนดให้

	ถูก/ผิด	บทวนที่หัวข้อ
1. หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ ซึ่งอธิบายด้วยกฎฮับเบิล-เลอแมตร์	☐	1.2
2. ทางช้างเผือกที่สังเกตเห็นบนท้องฟ้าเป็นบริเวณหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก ซึ่งแถบผ้าสีขาว คือ ดาวเคราะห์ที่อยู่อย่างหนาแน่น	☐	1.3
3. ความส่องสว่างของดาวฤกษ์เป็นพลังงานจากดาวฤกษ์ที่ปลดปล่อยออกมาในเวลา 1 วินาทีต่อหน่วยพื้นที่ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต	☐	2.1
4. ลมสุริยะเกิดจากการแพร่กระจายของอนุภาคในช่วงที่มีการลุกจ้าของดวงอาทิตย์ ส่งผลให้เกิดหางของดาวหาง	☐	3.2
5. กล้องโทรทรรศน์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาแหล่งกำเนิดของรังสีหรืออนุภาคในอวกาศในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ	☐	4.1

Unit Questions



คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขนาดและอุณหภูมิเฉลี่ยของเอกภพในอนาคตมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อเทียบกับปัจจุบัน
2. เพราะเหตุใดนักดาราศาสตร์จึงให้การยอมรับทฤษฎีบิกแบงที่ใช้อธิบายการกำเนิดเอกภพ
3. ธาตุแรกที่เกิดขึ้นในเอกภพคือธาตุชนิดใด
4. หลักฐานใดที่สนับสนุนว่าเอกภพกำลังขยายตัว
5. จากกฎฮับเบิล-เลอแมตร์ที่อธิบายการขยายตัวของเอกภพ จงเรียงลำดับระยะห่างของกาแล็กซีจากโลกจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งแสดงค่าความเร็วของกาแล็กซีในการเคลื่อนที่ออกห่างจากโลก

ชื่อกาแล็กซี	ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกห่างจากโลก (km s^{-1})
A	520 กิโลเมตรต่อวินาที
B	1,250 กิโลเมตรต่อวินาที
C	980 กิโลเมตรต่อวินาที

6. กาแล็กซีทางช้างเผือกมีลักษณะอย่างไร หากมองจากนอกกาแล็กซีและมองจากโลก
7. ในคืนที่ท้องฟ้ามีดิสก์และท้องฟ้าโปร่ง เหตุใดเราจึงสังเกตเห็นฝ้าสีขาวจางของทางช้างเผือกบริเวณกลุ่มดาวคนยิงธนูมีความหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ๆ แต่กลับไม่พบฝ้าสีขาวจางนั้นในพื้นที่อื่นบนท้องฟ้า
8. เนบิวลาคืออะไร และเกี่ยวข้องกับดาวฤกษ์อย่างไร
9. ดาวฤกษ์ในข้อใดต่อไปนี้มีความส่องสว่างมากที่สุด เพราะเหตุใด
ดาวฤกษ์ P มีโชติมาตร 3.5
ดาวฤกษ์ Q มีโชติมาตร 0.02
ดาวฤกษ์ R มีโชติมาตร -0.014

10. ดาวซีริอัส A เป็นดาวที่มีสีขาว ซึ่งจัดว่ามีสเปกตรัมเป็นชนิด A และมีมวลประมาณ 2 เท่าของดวงอาทิตย์ ดาวซีริอัสจะมีอายุสั้นหรือยาวกว่าดวงอาทิตย์ และวาระสุดท้ายจะกลายเป็นวัตถุทางดาราศาสตร์ เพราะเหตุใด
11. ดาวนิวตรอนและหลุมดำซึ่งเป็นเศษซากจากวาระสุดท้ายของดาวฤกษ์มีความแตกต่างกันอย่างไร
12. เขตบิรารของดวงอาทิตย์สามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดและองค์ประกอบได้กี่กลุ่ม และแต่ละกลุ่มอยู่บริเวณใดของระบบสุริยะ
13. ดาวเคราะห์ในมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกับดาวเคราะห์นอกระบบอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
14. ดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตมีลักษณะอย่างไร
15. โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์แบ่งออกเป็นกี่ชั้น แต่ละชั้นมีลักษณะอย่างไร
16. การลุกจ้าบนดวงอาทิตย์คืออะไร ส่งผลต่อโลกหรือไม่ อย่างไร
17. ลมสุริยะมีความแตกต่างจากพายุสุริยะอย่างไร
18. ลมสุริยะและพายุสุริยะมีผลต่อโลกอย่างไร
19. เพราะเหตุใดจึงมีการส่งกล้องโทรทรรศน์ขึ้นไปในอวกาศ จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ
20. เทคโนโลยีอวกาศสามารถนำมาประยุกต์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง