

(OT01) การค้นพบ 'Z' (Discovery of 'Z')

[25 คะแนน]

นักเรียนจะได้รับแผนที่ดาว "Map-OT01" พร้อมกระดาศคำถาม แผนที่นี้แสดงเฉพาะดวงดาวเท่านั้น จะไม่มีวัตถุท้องฟ้าแบบฟุ้ง (diffuse object)

ดาวฤกษ์สี่ดวง (S1, S2, S3 และ S4) ซึ่งปรากฏอยู่ในแผนที่ด้านบน แสดงอยู่ในตารางด้านล่าง พร้อมด้วยชื่อสามัญ (common name), ชื่อในระบบไบเออร์ (Bayer designation), และพิกัดศูนย์สูตร (equatorial coordinates)

ชื่อกำกับ	ชื่อสามัญ (Common Name)	ชื่อไบเออร์ (Bayer Name)	RA	Dec
S1	แอลเฟอแรตซ์ (Alpheratz)	α แอนโดรเมดา (α Andromedae)	00h 08m 24s	29° 05' 16"
S2	มาร์แคบ (Markab)	α เปกาซี (α Pegasi)	23h 04m 46s	15° 12' 17"
S3	ชีแอท (Scheat)	β เปกาซี (β Pegasi)	23h 03 m 47s	28° 04' 58"
S4	แอลจีนิบ (Algenib)	γ เปกาซี γ Pegasi	00h 13m 14s	15° 10' 59"

ให้ทำข้อ (OT01.1) และ (OT01.2) ให้เสร็จ ระหว่างวางแผนภาคการสังเกตการณ์

(OT01.1) ภารกิจแรกของนักเรียนคือทำเครื่องหมายดาวทั้ง 4 ดวงนี้ (โดยใช้วงกลมล้อมรอบดาวแต่ละดวง) [6]
และเขียนกำกับด้วย S1, S2, S3 และ S4 บนแผนที่ดาว "Map-OT01" ที่ให้มา

(OT01.2) นักดาราศาสตร์ได้ค้นพบวัตถุฟุ้ง (diffuse object) ชนิดใหม่ 'Z' ที่พิกัดต่อไปนี้ – [7]
RA: 21h 36m 10.6s, Dec: -26° 10' 24.4"
ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งของ diffuse object นั้นบนแผนที่ดาวเดียวกันคือ "Map-OT01" ด้วย
เครื่องหมาย $\oplus$ และเขียนระบุด้วย 'Z' โดยสมมติว่า เส้นกริดของระบบพิกัดศูนย์สูตร (equatorial
coordinates) สามารถประมาณเชิงเส้นเป็นเส้นกริดแบบสี่เหลี่ยมมุมฉากได้ในบริเวณที่เกี่ยวข้อง
ของแผนที่

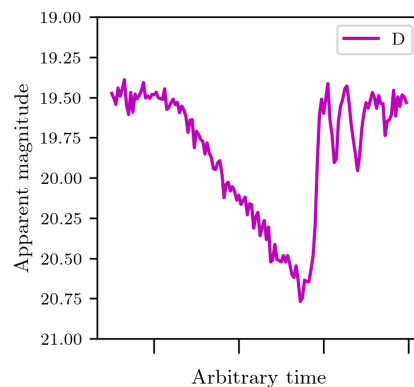
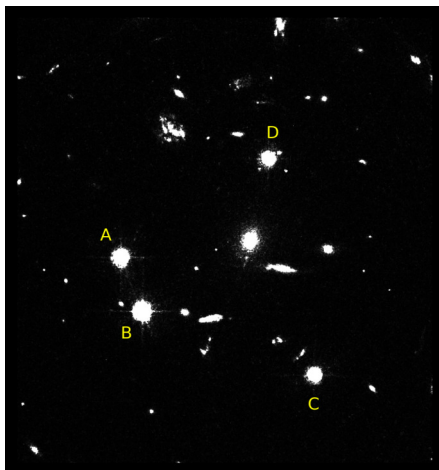
ภารกิจต่อไปจะต้องทำเมื่อนักเรียนไปถึงที่ตั้งของกล้องโทรทรรศน์
บนหน้าจอที่อยู่ตรงข้ามกับกล้องโทรทรรศน์ของนักเรียน ในตอนเริ่มต้นจะมีข้อความต้อนรับ ตามด้วยภาพท้องฟ้า
ตัวอย่าง (ท้องฟ้าที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม) พร้อมกับเวลาที่ขณะนั้นอยู่หลัง นักเรียนสามารถใช้เวลานี้เพื่อปรับ
กล้องโทรทรรศน์ให้หันไปทางหน้าจอและทำความเข้าใจกับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีการจัดเตรียมไว้ให้ เมื่อสิ้นสุดเวลา
ส่วนของท้องฟ้าที่ระบุบนแผนที่ "Map-OT01" จะถูกฉายบนหน้าจอเป็นเวลา 6 นาทีถัดไป

- (OT01.3) ให้หาวัตถุ 'Z' ใหม่ด้วยกล้องโทรทรรศน์โดยใช้เลนส์ตาที่เหมาะสม (appropriate eyepiece) **[12]**
จากนั้นจัดวัตถุให้อยู่ตรงกลางอย่างเหมาะสมภายในขอบเขตการมอง (field of view) ของเลนส์ตาโดยใช้เส้นกากบาทสำหรับการเล็ง (crosshair) แล้วแสดงให้กรรมการคุมสอบที่กล้องของนักเรียนดู
เมื่อครบ 6 นาที ภาพฉายจะเบลอ (blur) เป็นเวลา 20 วินาที ณ ตอนนี้นักเรียนต้องถอยห่างจากกล้องโทรทรรศน์ การฉายภาพ (projection) จะปรากฏอีกเพื่อให้กรรมการคุมสอบได้ตรวจภาพจากกล้องโทรทรรศน์ เมื่อถึงกระบวนการนี้ การกิจแรกก็สิ้นสุดลง

(OT02) การหน่วงเวลาจากเลนส์โน้มถ่วง (Lensing Time Delay)

[25 คะแนน]

ภาพที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่อยู่เบื้องหลังวัตถุเลนส์ (lensing object) อาจมีหลายภาพเนื่องจากปรากฏการณ์เลนส์โน้มถ่วง (gravitational lensing) หากแหล่งกำเนิด, วัตถุเลนส์, และผู้สังเกตอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ภาพหลายภาพเหล่านี้ใช้เวลาแตกต่างกันในการเดินทางมาถึงผู้สังเกต หากแหล่งกำเนิดเบื้องหลังมีความแปรปรวน แต่ละภาพจะแสดงความแปรปรวนในลักษณะเดียวกัน โดยการแปรปรวนที่เห็นจะได้รับการหน่วงเวลา (time delay) ที่อาจมีค่าต่างกัน การวัดการหน่วงเวลา (time delay) เหล่านี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการประมาณอัตราการขยายตัวของเอกภพ หรือค่าคงตัวของฮับเบิล (Hubble constant)



เราจะพิจารณาระบบเลนส์โน้มถ่วงที่แสดงในภาพข้างต้น ภาพทางด้านซ้ายแสดงกระจุกกาแล็กซี (เลนส์) พร้อมกับภาพ 4 ภาพของควาซาร์ (quasar) เบื้องหลังที่เกิดจากปรากฏการณ์เลนส์โน้มถ่วง , ภาพทั้ง 4 ภาพที่ถูกกำกับด้วยตัวอักษร A, B, C และ D โดยแต่ละภาพมีฟลักซ์ความสว่างที่แตกต่างกันเนื่องจากแต่ละภาพได้รับกำลังขยาย (magnification) ในปริมาณที่แตกต่างกัน สำหรับภาพใด ๆ กำลังขยายจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แสงใช้เวลาในการเดินทางมากที่สุดสำหรับภาพที่ถูกกำกับด้วย D

แสงที่มาจากควาซาร์นี้มีความแปรปรวน และนักดาราศาสตร์ได้ติดตามระบบนี้มานานกว่าทศวรรษแล้ว ภาพทางด้านขวาของรูปแสดงเส้นโค้งของความสว่าง (light curve) สำหรับภาพ D

บนหน้าจอตรงข้ามกับสถานีของนักเรียน นักเรียนจะเห็นคลิปวิดีโอของระบบเลนส์โน้มถ่วง คลิปวิดีโอนี้มีความยาว 28 วินาที และจะถูกวนซ้ำ 6 รอบโดยมีช่วงพัก 1 นาทีหรือ 2 นาทีระหว่างรอบ ทุก ๆ หนึ่งวินาทีของวิดีโอจะสอดคล้องกับ 250.0 วันในระบบเลนส์จริง

- (OT02.1) ให้ความหน่วงเวลา (time delay) ของภาพ A, B, และ C เทียบกับภาพ D เป็น $t_{DA} = t_D - t_A$, **[25]**
 $t_{DB} = t_D - t_B$, และ $t_{DC} = t_D - t_C$ ตามลำดับ จงหาค่าความหน่วงเวลาเหล่านี้ให้แม่นยำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้