

ข้อสอบทฤษฎีข้อสั้น

แต่ละข้อมีคะแนนเต็มสูงสุด 10 คะแนน

1. ดาวหางที่ปรากฏให้เห็นเพียงครั้งเดียวโดยมากเคลื่อนที่จากเมฆออร์ตเข้ามาในระบบสุริยะส่วนใน ให้นักเรียนประมาณเวลาที่ดาวหางเหล่านี้ใช้ในการเคลื่อนที่จากเมฆออร์ตมาถึงด้านในสุดในระบบสุริยะสมมติให้ เมื่อยู่ที่เมฆออร์ต ซึ่งห่างออกไป 35,000 AU จากดวงอาทิตย์ ดาวหางอยู่ที่ตำแหน่ง aphelion
2. ให้นักเรียนประมาณจำนวนของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 pc ถ้าความเร็วหลุดพ้นจากขอบของกระจุกดาวมีค่าเท่ากับ 6 km/s และดาวฤกษ์ส่วนมากเหมือนกันกับดวงอาทิตย์
3. ในวันที่ 9 มีนาคม ค.ศ. 2011 ยานสำรวจวอยเอเจอร์อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ 116.406 AU และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 17.062 km/s ให้นักเรียนหาว่าวงโคจรของยานเป็นแบบ (a) elliptical (b) parabolic หรือ (c) hyperbolic และจงหาไซมิติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์เมื่อสังเกตจากยานวอยเอเจอร์
4. สมมติว่า ดวงจันทร์โฟบอสโคจรรอบดาวอังคารเป็นวงกลมสมบูรณ์รอบระนาบศูนย์สูตรของดาวอังคาร ให้นักเรียนหาว่า ดวงจันทร์โฟบอสจะอยู่เหนือขอบฟ้าของผู้สังเกตที่เส้นศูนย์สูตรบนดาวอังคารเป็นเวลานานเท่าไร

ให้ใช้ข้อมูลต่อไปนี้

Radius of Mars $R_{\text{Mars}} = 3393$ km Rotational period of Mars $T_{\text{Mars}} = 24.623$ h. Mass of Mars $M_{\text{Mars}} = 6.421 \times 10^{23}$ kg Orbital radius of Phobos $R_p = 9380$ km

5. เส้นผ่านศูนย์กลางของกล้องโทรทรรศน์วิทยุที่ใช้งานที่ความยาวคลื่น 1 เซนติเมตร จะมีขนาดเท่าไร จึงจะได้ resolution เท่ากับกล้องโทรทรรศน์แสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร
6. แรงไทดัลส่งผลกับทอร์กของโลก สมมติว่าในช่วงหลายร้อยล้านปีที่ผ่านมา ทอร์กและปีดาราคติ (Sidereal year) มีค่าคงที่ เท่ากับ 6.0×10^{16} N m และ 3.15×10^7 s ตามลำดับ ให้นักเรียนคำนวณหาว่า เมื่อ 6.0×10^8 ปีที่แล้วนั้น มีวันอยู่ที่วันในหนึ่งปี กำหนดให้โลกเป็นทรงกลมเนื้อเดียวที่มีรัศมี R และ มวล m โดยมี Moment of inertia

$$\text{เป็น } I = \frac{2}{5} m R^2$$

7. ดาวเทียมโคจรรอบโลกเป็นวงกลม โมเมนตัมเริ่มต้นของดาวเทียมแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์ \mathbf{p} ณ เวลาหนึ่ง มีการจุดระเบิดเกิดขึ้นเพื่อทำให้ดาวเทียมมีการดล (impulse) $\Delta \mathbf{p}$ ซึ่งมีขนาดเท่ากับ $|\mathbf{p}|$

ให้ α เป็นมุมระหว่างเวกเตอร์ \mathbf{p} และ $\Delta \mathbf{p}$ และ β เป็นมุมระหว่างเวกเตอร์รัศมีถึงดาวเทียมและเวกเตอร์ $\Delta \mathbf{p}$

ให้พิจารณาทิศทางของการดล $\Delta \mathbf{p}$ ว่าเป็นไปได้หรือไม่ที่จะเปลี่ยนแปลงวงโคจรให้เป็นวงโคจรชนิดต่างๆด้านล่างนี้ ถ้าเป็นไปได้ ให้เขียนคำว่า YES (เป็นภาษาอังกฤษ) ลงบนกระดาษคำตอบพร้อมแสดงค่าของ α และ β ที่เป็นไปได้ ถ้าวางโคจรใดเป็นไปได้ ให้เขียนว่า NO (เป็นภาษาอังกฤษ)

- (a) ไฮเปอร์โบลา โดยมีตำแหน่ง perigee ที่ตำแหน่งจุดระเบิด
- (b) พาราโบลา โดยมีตำแหน่ง perigee ที่ตำแหน่งจุดระเบิด
- (c) วงรี โดยมีตำแหน่ง perigee ที่ตำแหน่งจุดระเบิด

(d) วงกลม

(e) วงรี โดยมีตำแหน่ง apogee ที่ตำแหน่งจุดระเบิด

หมายเหตุ สำหรับ $\alpha = 180^\circ$ และ $\beta = 90^\circ$ วงโคจรใหม่จะเป็นเส้นตรง ซึ่งทำให้ดาวเทียมตกอย่างอิสระในแนวตั้งฉากลงสู่ศูนย์กลางของโลก

8. สมมติว่าอนุภาคฝุ่น (dust grains) เป็นวัตถุดำ จงหาเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่นลักษณะทรงกลมที่ยังคงสามารถอยู่ได้ในบริเวณระยะทาง 1 AU จากดวงอาทิตย์ด้วยความสมดุลระหว่างความดันการแผ่รังสี (radiation pressure) และความโน้มถ่วงเนื่องจากดวงอาทิตย์

กำหนดให้ความหนาแน่นของอนุภาคฝุ่นเป็น $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

9. กำหนดให้ระยะทางระหว่างดาวมีค่ามากเมื่อเทียบกับขนาดของดาว ถ้ากระจุกดาวและกาแลกซีไม่มีสสารแผ่กระจาย (diffuse matter) และไม่มีสิ่งอื่นใดบดบังด้านหลัง จงประมาณสัดส่วนของท้องฟ้าที่ถูกบดบังโดยดาวเมื่อเราสังเกตในทิศทางที่มีความสว่างพื้นผิว $\mu = 18.0 \text{ mag arcsec}^{-2}$ ของกาแลกซี โดยสมมติว่าดาวในกาแลกซีนี้เหมือนกับดวงอาทิตย์

10. จงประมาณพลังงานต่ำสุดของโปรตอนอนุภาคหนึ่งที่สามารถทะลุผ่าน magnetosphere ของโลกได้ ให้สมมติว่าการทะลุผ่านในช่วงต้น (initial penetration) นั้นตั้งฉากกับแถบสนามแม่เหล็ก (belt) คงที่ขนาด $30 \mu\text{T}$ และมีความหนา $1.0 \times 10^4 \text{ km}$ พร้อมทั้งวาดเส้นทางเดินของอนุภาค

(หมายเหตุ ที่ระดับพลังงานสูงดังกล่าว โมเมนต์สามารถแทนได้ด้วย E/c โดยให้ถือว่าไม่มีผลจากการแผ่พลังงาน)

11. กำหนดให้สเปกตรัมของกาแลกซีหนึ่งมีเรดชิฟท์ $z=6.03$ และให้อายุโดยเฉลี่ยของดาวในกาแลกซีนี้อยู่ในช่วง 560 ถึง 600 ล้านปี จงหาว่าดาวในกาแลกซีจะก่อตัวขึ้นที่เรดชิฟท์เท่าใด

กำหนดให้ อายุปัจจุบันของเอกภพคือ $t_0 = 13.7 \times 10^9$ ปี และอัตราการขยายตัวของเอกภพเป็นแบบเอกภพแบนราบที่ค่า Cosmological constant $\Lambda=0$ (ในโมเดลนี้กำหนดให้ สเกลแฟคเตอร์ $R \propto t^{2/3}$ เมื่อ t คือเวลานับจากบิกแบง)

12. การ precession ของแกนโลก จะทำให้บริเวณของท้องฟ้าที่มองเห็นได้ที่พิกัดภูมิศาสตร์ (geographical coordinates) ใดๆจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา นักเรียนคิดว่าจะเป็นไปได้หรือไม่ที่ Sirius จะไม่ขึ้นเหนือขอบฟ้าของผู้สังเกตที่เมือง Krakow ในขณะที่ Canopus มีการขึ้นและตก

กำหนดให้แกนของโลกสายเป็นลักษณะโคจรด้วยมุม 47° เมือง Krakow อยู่ที่ละติจูด 50.1° N และพิกัดในระบบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าปัจจุบันของดาวทั้งสองดวง (ไรท์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน) ของดาวเหล่านี้คือ

Sirius ($\alpha \text{ CMa}$) : $6^{\text{h}} 45^{\text{m}}$ $-16^\circ 43'$

Canopus ($\alpha \text{ Car}$) : $6^{\text{h}} 24^{\text{m}}$ $-52^\circ 42'$

13. กำหนดให้สมการของเส้นสุริยวิถีในระบบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (α, δ) อยู่ในรูป

$$\delta = \arctan (\sin \alpha \tan \varepsilon)$$

เมื่อ ε เป็นมุมระหว่างเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ากับเส้นสุริยวิถี

จงหาความสัมพันธ์ที่คล้ายกัน (analogous relation) $h=f(A)$ (เมื่อ h เป็นมุมเงย และ A เป็นมุมทิศ) สำหรับเส้นศูนย์สูตรกาแลกซีในระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า (A, h) สำหรับผู้สังเกตที่ละติจูด $\phi = 49^\circ 34'$ ซึ่งมี local sidereal time $\theta = 0^{\text{h}} 51^{\text{m}}$

14. จงประมาณจำนวน solar neutrinos ที่ผ่านพื้นที่ 1 ตารางเมตรบนพื้นผิวโลกที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ต่อหน่วยวินาที ให้ใช้ข้อมูลที่ว่าในแต่ละปฏิกิริยาฟิวชันในดวงอาทิตย์จะผลิตพลังงาน 26.8 MeV และนิวตริโน 2 อนุภาค

15. กำหนดให้การแผ่รังสีคอสมิกพื้นหลังเป็นการแผ่พลังงานแบบวัตถุดำภายในเอกภพ จงแสดงว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับเรดชิฟท์ โดยให้คำนวณหาอุณหภูมิของการแผ่รังสีพื้นหลังที่เรดชิฟท์ $z \approx 10$ (ซึ่งเป็นเรดชิฟท์โดยประมาณที่วัตถุที่ไกลที่สุดสามารถสังเกตเห็นได้ในปัจจุบัน) กำหนดให้อุณหภูมิของรังสีคอสมิกพื้นหลังในปัจจุบันมีค่า 2.73 K