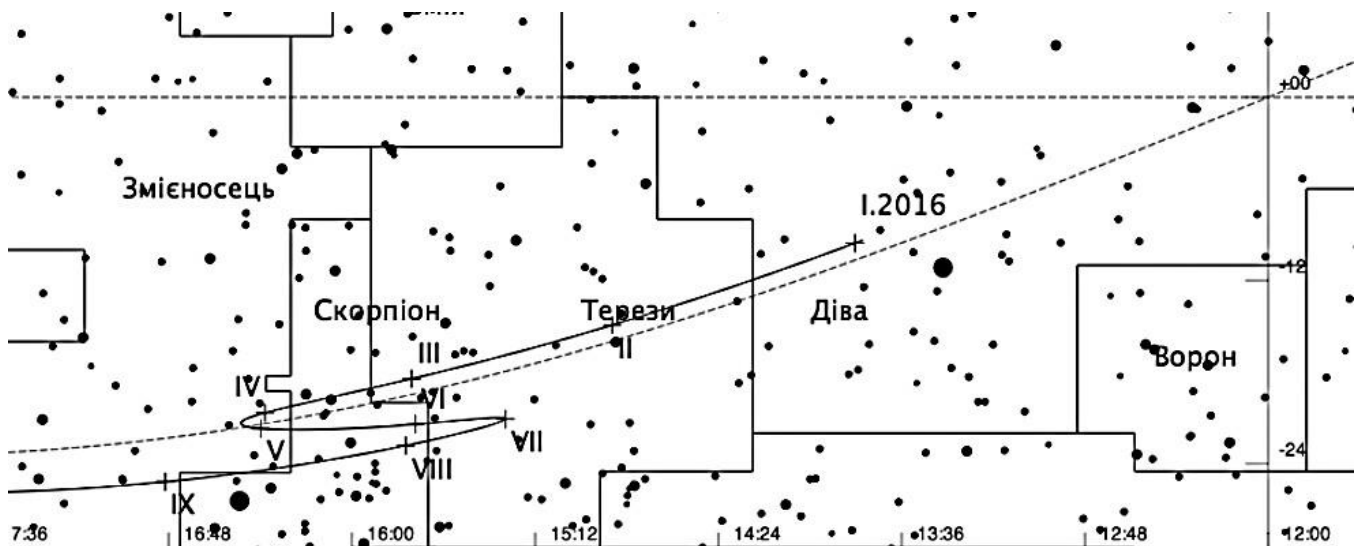


Візуальні спостереження

1. Послідовні знімки шторму північного полюсу Юпітера.
2. Диск навколо зірки (PDS 70). Із пилового диску навколо зірки формуються супутники.
3. Зонд Juno здійснив зблизька проліт Іо на відстанні 11 700 км від його поверхні. Іо (грец. Ιώ) — супутник Юпітера, найближчий до планети з чотирьох галілеєвих супутників. Його діаметр становить 3642 кілометри, тому Іо є четвертим за величиною супутником у Сонячній системі.
4. Змінення положення Марса на нічному небі впродовж 6 місяців.
5. Планетарна туманність M97 «Сова» у сузір'ї Великої Ведмедиці.
6. Гігантський подвійний вихор над Північним полем Венери.
7. Планетарна туманність Мильний Пузир у сузір'ї Лебідь.
8. Галактика Андромеди.
9. Світанок на Нептуні.
10. 1-Астероїд, 2-Метеороїд, 3-Метеор, 4-Метеорит.

Практичний тур



Теоретичний тур

1. Висота зорі над горизонтом для верхньої кульмінації, яка відбувається на північ від зеніту $h_B = 90^\circ + \varphi - \delta$, де φ – географічна широта місця спостереження, δ – схилення зорі.

Для нижньої кульмінації: $h_H = \delta + \varphi - 90^\circ$.

Додавши і віднявши ці рівняння, знаходимо:

$$h_B + h_H = 2\varphi, \quad h_B - h_H = 180^\circ - 2\delta.$$

Звідси знаходимо широту місця спостереження:

$$\varphi = \frac{h_B + h_H}{2} = \frac{66^\circ 30' + 35^\circ 42'}{2} = 51^\circ 06'$$

та схилення зорі:

$$\delta = \frac{180^\circ - (h_B - h_H)}{2} = \frac{180^\circ - (66^\circ 30' - 35^\circ 42')}{2} = 74^\circ 36'.$$

2. Екліптика нахилена до площини небесного екватора під кутом $\varepsilon = 23^\circ 26'$. Кут між площиною орбіти Місяця і площиною екліптики складає $j = 5^\circ 09'$. Отже, схилення Місяця може змінюватися у межах від

$$\delta_{max} = +(\varepsilon + j) = +28^\circ 35' \text{ до } \delta_{min} = -(\varepsilon + j) = -28^\circ 35'.$$

Висота світила у верхній кульмінації (коли воно максимально піднімається над горизонтом): $h_B = 90^\circ - \varphi + \delta$, де φ – широта місця спостереження.

Тоді максимальна висота Місяця над горизонтом буде при $\delta = \delta_{max}$:

$$h_{max} = 90^\circ - \varphi + \delta_{max} = 90^\circ - \varphi + 28^\circ 35' = 118^\circ 35' - \varphi;$$

мінімальна – при $\delta = \delta_{min}$:

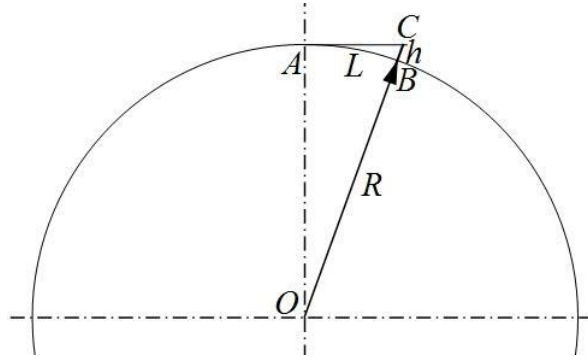
$$h_{min} = 90^\circ - \varphi + \delta_{min} = 90^\circ - \varphi - 28^\circ 35' = 61^\circ 25' - \varphi.$$

Для м. Суми ($\varphi = 50^\circ 55'$) маємо:

$$h_{max} = 118^\circ 35' - 50^\circ 55' = 67^\circ 40',$$

$$h_{min} = 61^\circ 25' - 50^\circ 55' = 10^\circ 30'.$$

3.



Айсберг зникає з виду, коли його вершина С стає нижче площини горизонту. Ця площина є дотичною до поверхні планети в точці А, де знаходяться космонавти. З прямокутного $\triangle OAC$ за теоремою Піфагора $OC^2 = OA^2 + AC^2$.

При цьому $OA = R$, $OC = R + h$. Крім того, оскільки $R \gg h$, довжина відрізка АС практично дорівнює довжині дуги АВ: $AC \approx AB = L$. Тоді

$$L^2 = (R + h)^2 - R^2 = 2Rh + h^2.$$

Нехтуючи другим доданком в силу тієї ж умови $R \gg h$, одержимо:

$$L^2 \approx 2Rh, R \approx \frac{L^2}{2h} = 10^4 \text{ км.}$$

4. Позначимо r – відстань між компонентами системи, r_1 і r_2 – відстані їх від центра мас. Вважатимемо орбіту кожної з зірок коловою.

За законом всесвітнього тяжіння сила взаємодії цих зірок

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

При русі по колу ця сила надає кожному з тіл доцентрових прискорень

$$a_1 = \omega^2 r_1 = \frac{4\pi^2}{T^2} r_1,$$

$$a_2 = \omega^2 r_2 = \frac{4\pi^2}{T^2} r_2 = \frac{4\pi^2}{T^2} (r - r_1),$$

де $\omega = \frac{2\pi}{T}$ - кутова швидкість руху зірок.

За третім законом Ньютона

$$\frac{m_1 a_1}{4\pi^2} = \frac{m_2 a_2}{4\pi^2},$$

$$m_1 \frac{r_1}{T^2} = m_2 \frac{(r - r_1)}{T^2},$$

$$m_1 r_1 = m_2 (r - r_1),$$

$$m_1 r_1 = m_2 r - m_2 r_1,$$

$$r_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} r = \frac{m_2}{M} r.$$

Тоді з закону всесвітнього тяжіння

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 a_1 = \frac{4\pi^2}{T^2} m_1 r_1 = \frac{4\pi^2}{T^2} m_1 \frac{m_2}{M} r,$$

$$\frac{G}{r^2} = \frac{4\pi^2}{T^2 M} r,$$

$$r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2},$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

З іншого боку, для системи «Сонце-Земля» аналогічно маємо:

$$G \frac{M_{\odot} m_3}{a_0^2} = m_3 \omega_3^2 a_0 = m_3 \frac{4\pi^2}{T_3^2} a_0,$$

де $a_0=1$ а.о. – відстань від Землі до Сонця.

Звідси

$$G \frac{M_{\odot}}{a_0^3} = \frac{4\pi^2}{T_3^2},$$

$$\frac{G}{4\pi^2} = \frac{a_0^3}{M_{\odot} T_3^2}.$$

Підставляючи в попередній вираз, маємо:

$$r = \sqrt[3]{\frac{MT^2 a_0^3}{M_{\odot} T_3^2}} = a_0 \sqrt[3]{\frac{MT^2}{M_{\odot} T_3^2}},$$

$$r = 1 a.o. \cdot \sqrt[3]{\frac{3,12 M_{\odot} \cdot 50^2}{M_{\odot} \cdot 1^2}} \approx 19,8 a.o.$$

5. Визначаємо лінійний діаметр скупчення.

$$D = 2L \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 2 \cdot \frac{25000}{3,26} \cdot \operatorname{tg} \frac{23'}{2} \approx 51,3 \text{ пк}.$$

Об'єм скупчення

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{1}{6} \pi D^3 = \frac{1}{6} \cdot 3,14 \cdot 51,3^3 \approx 70653 \text{ пк}^3$$

Середня концентрація зірок

$$n = \frac{N}{V} = \frac{1000000}{70653} \approx 14,15 \text{ шт./пк}^3$$

Середній об'єм простору, що припадає на одну зорю

$$V_0 = \frac{V}{N} = \frac{1}{n} = \frac{1}{14,15} \approx 0,0707 \text{ пк}^3.$$

Середня відстань між зорями в наближенні кубічної моделі простору (зоря в центрі уявного куба)

$$a_0 = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{0,0707} \approx 0,41 \text{ пк},$$

Відстань до найближчої до нас зорі приблизно 1,3 пк, тобто десь в 3 рази більша.

6. Указана в умові швидкість віддалення центральної частини галактики зумовлює зміщення спектральної лінії з довжиною хвилі

$$\Delta\lambda = \frac{v_r}{c} \lambda = \frac{1200 \text{ км/с}}{300000 \text{ км/с}} \cdot 500 \text{ нм} = 2 \text{ нм} ,$$

тобто для центра галактики спектральна лінія має довжину 502 нм.

За рахунок обертання галактики для зір на краях спостерігається зміщення $\pm 0,5$ нм відносно центральної частини. Це відповідає орбітальній швидкості

$$v_1 = \frac{\Delta\lambda_1}{\lambda} c = \frac{0,5}{500} \cdot 300000 \text{ км/с} = 300 \text{ км/с} .$$

Це швидкість обертання зір на краю галактики.

Лінійний діаметр галактики

$$D = 2r \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 2 \cdot 16 \text{ Мпк} \cdot \operatorname{tg} \frac{16'}{2} \approx 74 \text{ кпк} ,$$

її радіус $R = 37 \text{ кпк} = 1,14 \cdot 10^{15} \text{ км}$.

У припущенні колових орбіт знаходимо період обертання галактики:

$$T = \frac{2\pi R}{v_1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,14 \cdot 10^{15} \text{ км}}{300 \text{ км/с}} \approx 2,39 \cdot 10^{13} \text{ с} \approx 756 \text{ млн. років}$$