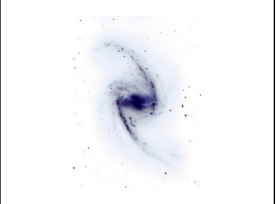


<p><b>Обласна олімпіада</b></p> <p><b>з астрономії</b></p> <p><b>м. Львів, 10 лютого 2024 р.</b></p>		<p><b>11 клас</b></p>
--	---	-----------------------

**3. Астероїд 2024 ВОЗ.** За даними Центру малих планет нещодавно було відкрито астероїд та встановлено Кеплерові елементи його орбіти на епоху 2023-09-13.0 (рік-місяць-день в дробових величинах):

- 1) велика піввісь  $a = 0.7801110$  а.о.
- 2) нахил орбіти  $i = 13.89998^\circ$
- 3) ексцентриситет  $e = 0.4323285$
- 4) довгота висхідного вузла  $\Omega = 308.97332^\circ$
- 5) аргумент перигелію  $\omega = 332.17667^\circ$
- 6) середня аномалія  $M_0 = 41.08464^\circ$

Дайте відповіді на такі запитання:

- 1) Яким є сидеричний період обертання астероїда?
  - 2) Чому дорівнює середнє значення швидкості руху астероїда по небу (в градусах за добу)?
  - 3) Якою є відстань астероїда від Сонця в перигелії та афелії?
  - 4) Вкажіть дату проходження астероїдом точки перигелію?
  - 5) Якою є середня аномалія 10 лютого 2024 року?
  - 6) Оцініть значення ексцентричної аномалії  $E$  для астероїда на 10 лютого 2024 року? (вважайте різницю  $E-M$  виражену в радіанах малою величиною і скористайтесь наближенням  $\sin(\alpha) \approx \alpha$  та  $\cos(\alpha) \approx 1$  для малих  $\alpha$ )
  - 7) Якою є відстань астероїда від Сонця 10 лютого 2024 року?
- (15 балів)**

## Розв'язання

1) За третім законом Кеплера  $P^2 = a^3$ , де період  $P$  дано в одиницях сидеричного року  $365^{\text{d}}.25636$ , велика піввісь  $a$  в астрономічних одиницях. Отже матимемо:

$$P = 0.7801110^{1.5} = 0.6890244016 \cdot 365^{\text{d}}.25636 = 251^{\text{d}}.67054$$

2) Середня швидкість астероїда  $360^{\circ}/251^{\text{d}}.67054 = 1.430441561$  кутових градуси на добу.

3)  $r_{\text{п}} = a \cdot (1 - e) = 0.4428 \text{ а.о.}$ ,  $r_{\text{а}} = a \cdot (1 + e) = 1.1174 \text{ а.о.}$

4) В точці перигелію середня аномалія рівна нулю, тому

$$0 = 41.08464^{\circ} + (360^{\circ}/251^{\text{d}}.67054) \cdot (t_{\text{п}} - t_0)^{\text{d}},$$

де  $(t_{\text{п}} - t_0)^{\text{d}} = -41.08464^{\circ} / 1.430441561 \text{ град./день} = -28^{\text{d}}.72164870$ ,

звідки матимемо  $t_{\text{п}} = t_0 - 28^{\text{d}}.7216 = 2023-08-15.27830$

5) Середня аномалія змінюється лінійно в часі, як  $M - M_0 = (2\pi/P) \cdot (t - t_0)$ , де  $M_0 = 41.08464^{\circ}$  - середня аномалія на епоху 2023-09-13.0. Час  $t = 10$  лютого 2024 року настає на  $t - t_0 = 150$  днів пізніше. Отже матимемо

$$M = 41.08464^{\circ} + (360^{\circ}/251^{\text{d}}.67054) \cdot 150^{\text{d}} = 255.6509^{\circ}$$

6) З рівняння Кеплера

$$M = E - e \cdot \sin(E) = E - e \cdot \sin(E - M + M) = E - e \cdot (\sin(E - M) \cdot \cos(M) + \cos(E - M) \cdot \sin(M)) \approx E - e \cdot ((E - M) \cdot \cos(M) + \sin(M))$$

звідки, матимемо

$$M + e \cdot (-M \cdot \cos(M) + \sin(M)) = E(1 - e \cdot \cos(M))$$

та, остаточно

$$E \approx [M + e \cdot (-M \cdot \cos(M) + \sin(M))] / (1 - e \cdot \cos(M)) \approx 4.08 \text{ радіан} = 233.975^{\circ}$$

7)  $r = a \cdot (1 - e \cdot \cos(E)) \approx 0.7801110 \cdot (1 - 0.4323285 \cdot \cos(4.08)) = 0.9795 \text{ а.о.}$