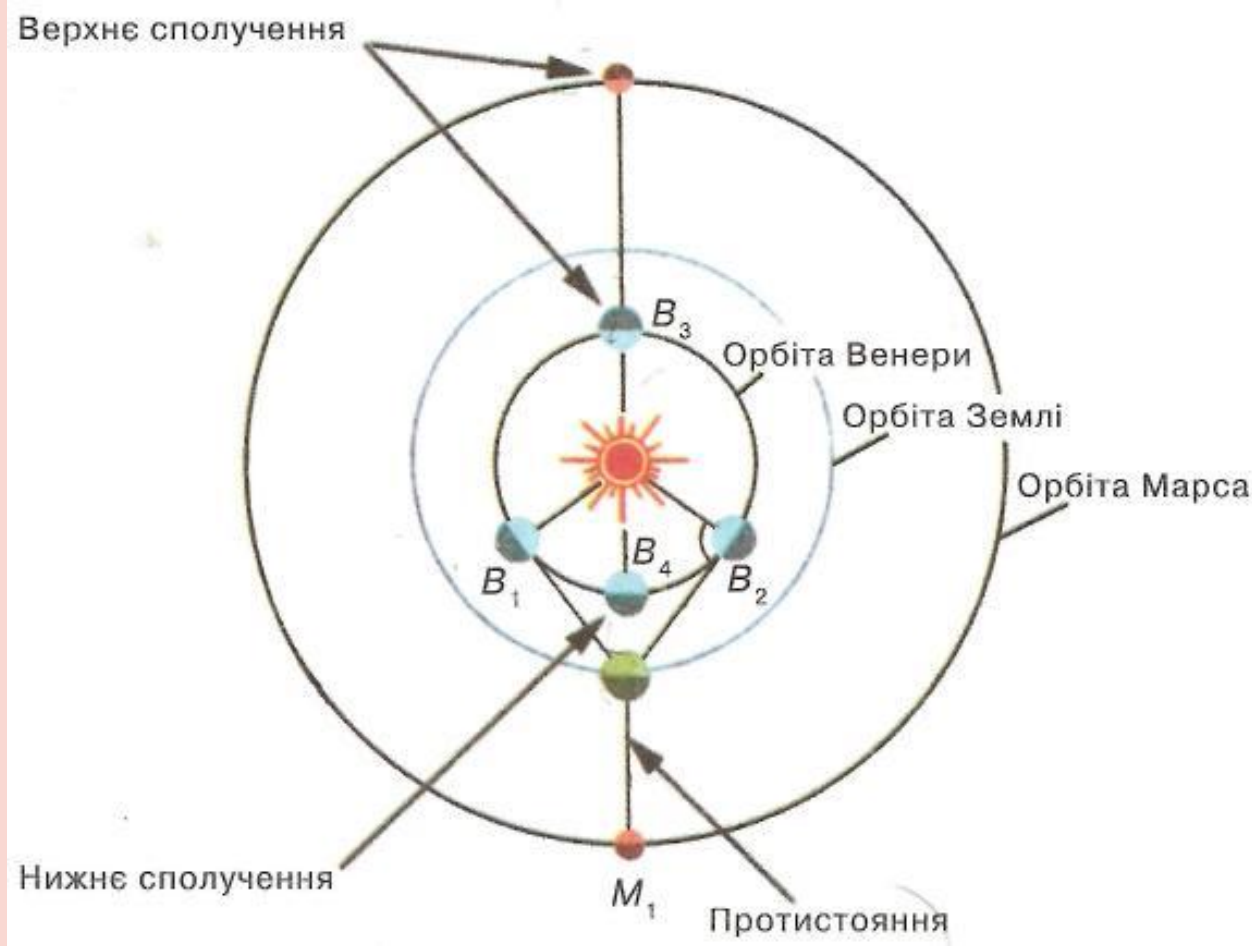


# ЗАКОНИ РУХУ ПЛАНЕТ

# КОНФІГУРАЦІЇ ПЛАНЕТ

Конфігурації планет визначають розташування планет відносно Землі й Сонця та обумовлюють їх видимість на небосхилі. Усі планети світяться відбитим сонячним промінням, тому краще видно ту планету, яка знаходиться ближче до Землі, за умови, якщо до нас повернена її денна, освітлена Сонцем півкуля.

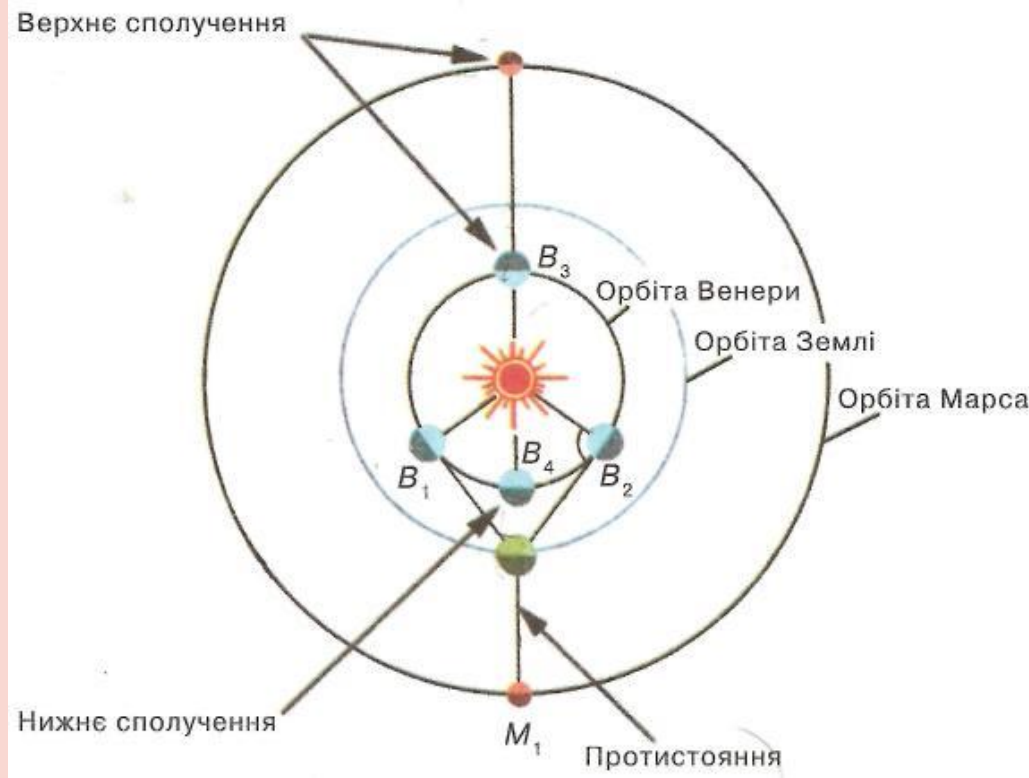
**Конфігураціями** планет називають характерні взаємні положення планет відносно Землі й Сонця.



На рис. зображено *протистояння* (ПС) Марса ( $M_1$ ) тобто таку конфігурацію, коли Земля буде знаходитися на одній прямій між Марсом та Сонцем. У протистоянні яскравість планети найбільша, тому що до Землі повернена вся її денна півкуля

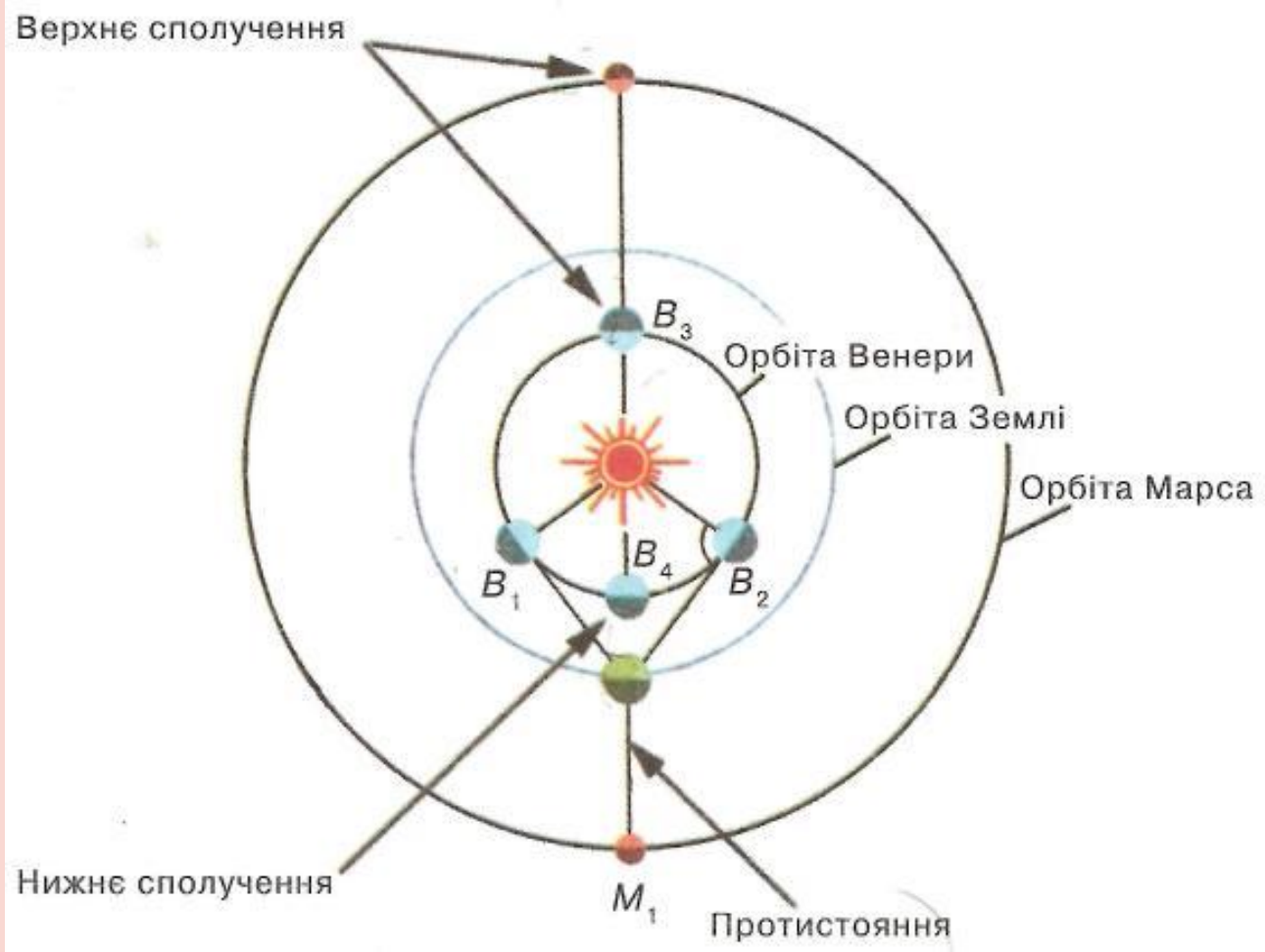
**Протистояння** – планету  
видно з Землі цілу ніч у  
протилежному від Сонця  
напрямку

Орбіти двох планет,  
Меркурія та Венери,  
розташовані ближче до  
Сонця, ніж Земля, тому в  
протистоянні вони не  
бувають.



У положенні, коли Венера чи Меркурій знаходяться найближче до Землі, їх не видно, бо до нас повернена нічна півкуля планети (рис., положення  $B_4$ ). Така конфігурація називається **нижнім сполученням з Сонцем**.



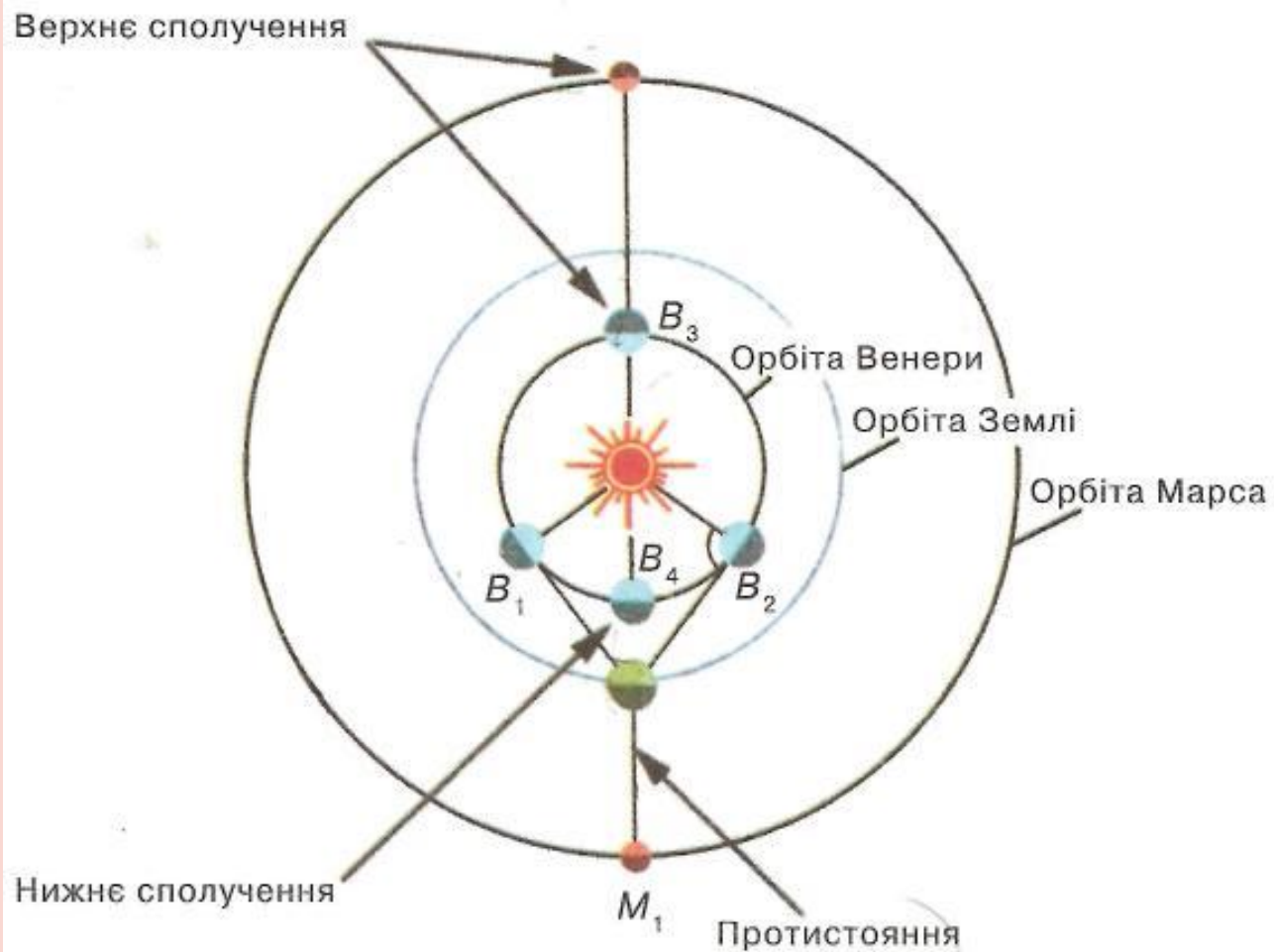


У **верхньому сполученні** ( $B_3$ ) планету теж не видно, тому що між нею та Землею знаходиться Сонце.

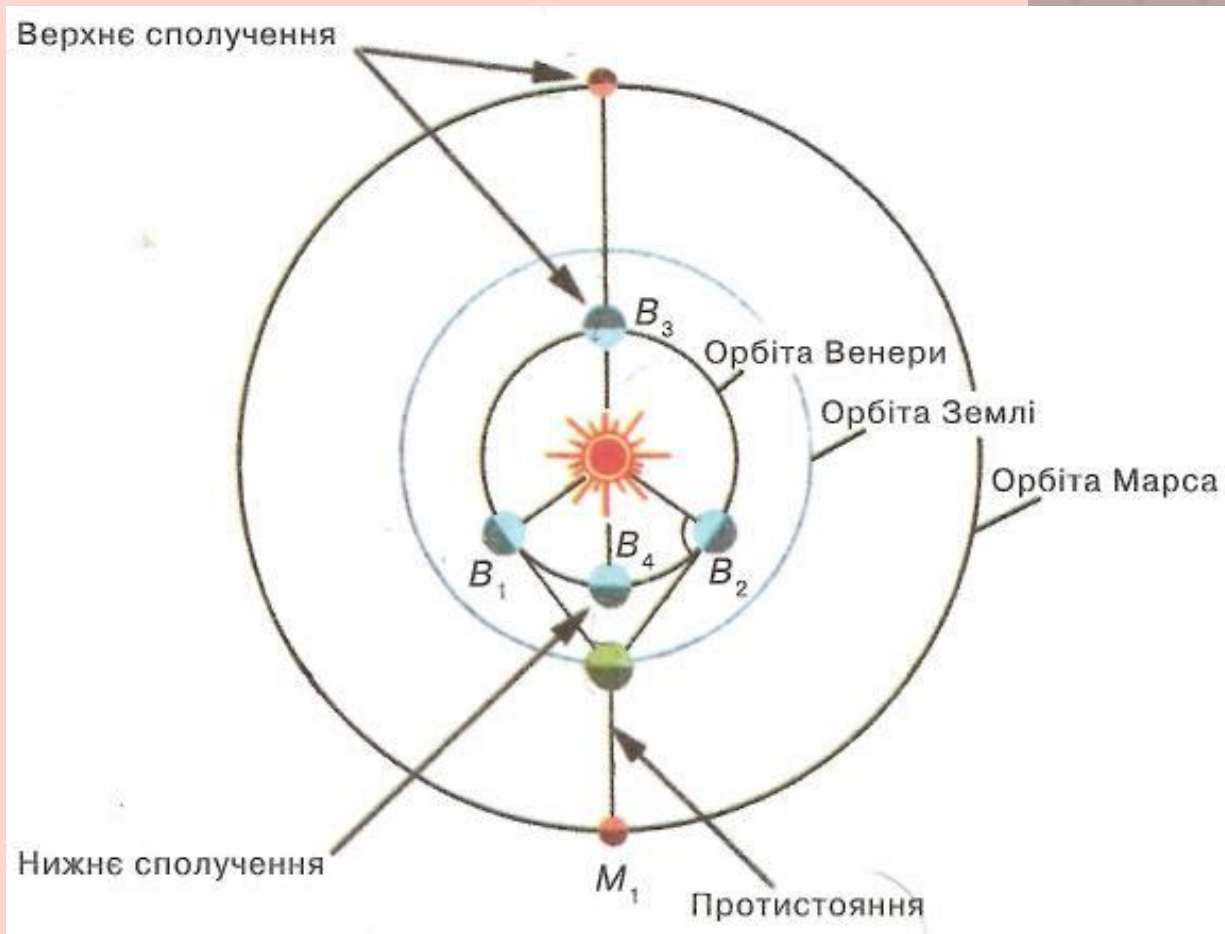
Найкращі умови для  
спостереження Венери  
та Меркурія бувають у  
конфігураціях, які  
називаються  
*елонгаціями.*

**Елонгація** —  
кутова відстань  
між планетою і  
Сонцем

Східна елонгація (СЕ) – це такий момент, коли планету видно зліва від Сонця ввечері ( $B_1$ ).



Західна елонгація (ЗЕ) Венери спостерігається вранці, коли планету видно праворуч від Сонця в східній частині небосхилу ( $B_2$ ).



# ЗАКОНИ КЕПЛЕРА

Йоган Кеплер  
визначив, що  
Марс рухається  
навколо Сонця по  
еліпсу, а потім  
було доведено,  
що й інші планети  
теж мають  
витягнуті орбіти.



Рис. 4.3. Й. Кеплер  
(1571—1630)

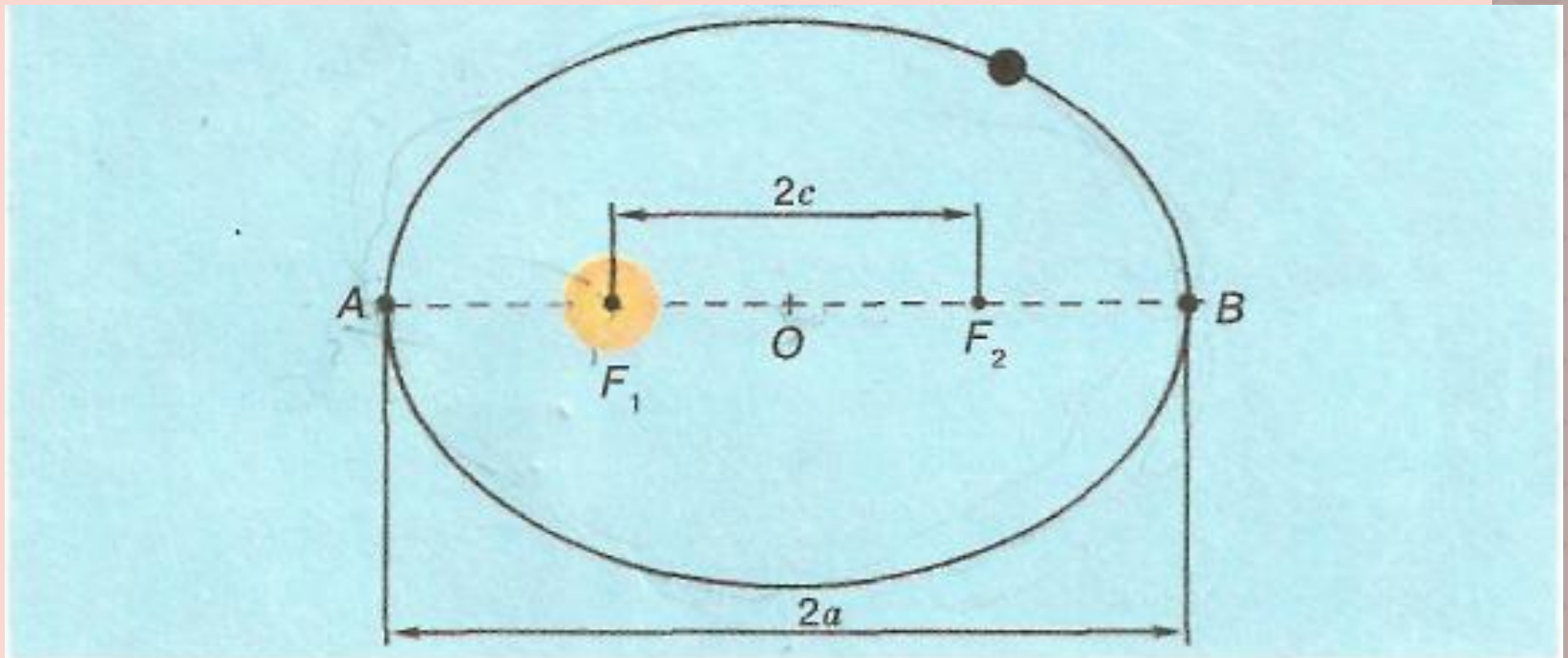
# ПЕРШИЙ ЗАКОН КЕПЛЕРА:

*Всі планети обертаються навколо Сонця по еліпсах, а Сонце знаходиться в одному з фокусів цих еліпсів*



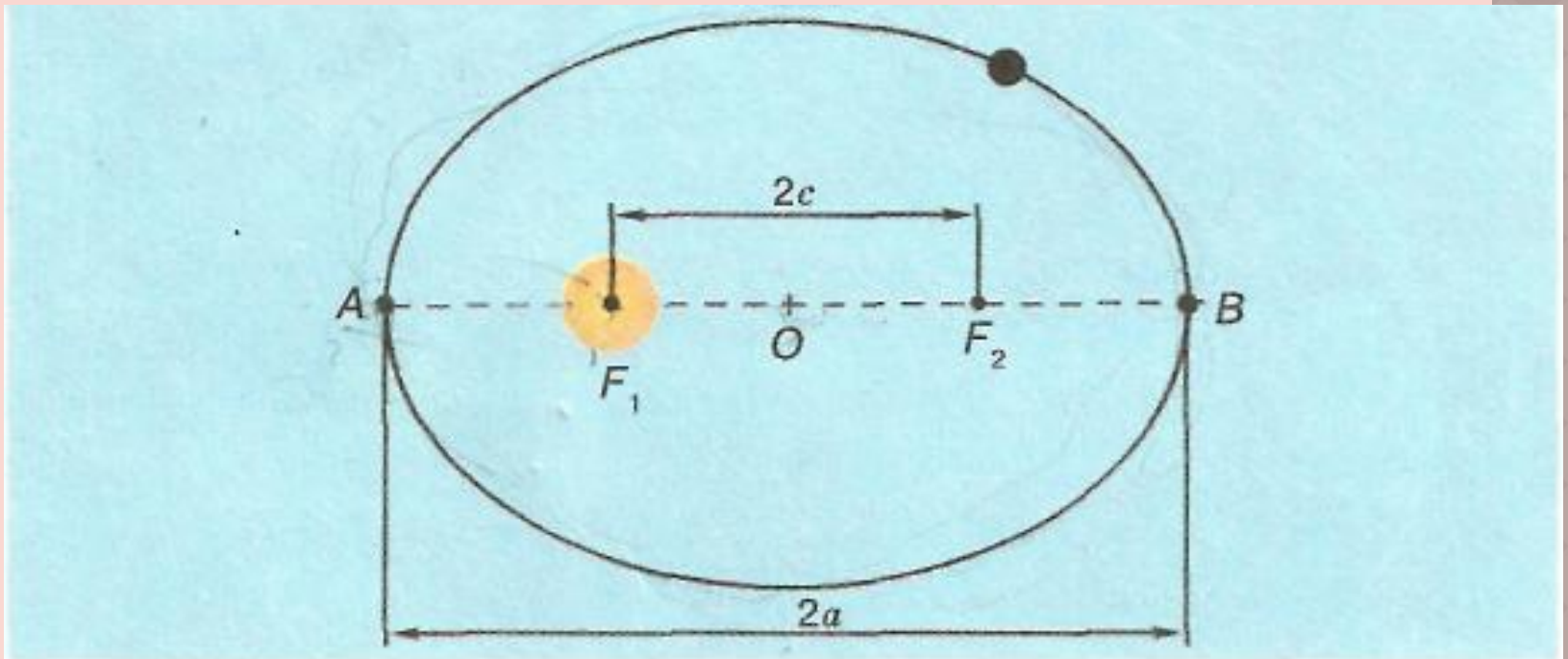
# ГОЛОВНИЙ НАСЛІДОК З ПЕРШОГО ЗАКОНУ КЕПЛЕРА:

відстань між планетою та Сонцем не залишається сталою і змінюється у межах  $r_{max} \geq r \geq r_{min}$ .



Точка А орбіти, де планета підлітає найближче до Сонця, називається *перигелієм* (від грец. *peri* – поблизу, *helios* – Сонце), а точка, де планета знаходиться на найбільшій відстані від Сонця (точка В), – *афелієм* (від грец. *apo* – вдалині).

Сума відстаней від планети до Сонця в перигелії і афелії дорівнює великій осі  $AB$  еліпса:  $r_{max} + r_{min} = 2a$ . Велика піввісь земної орбіти ( $OA$  або  $OB$ ) називається *астрономічною одиницею*,  
 $a = 1 \text{ а. о.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км.}$



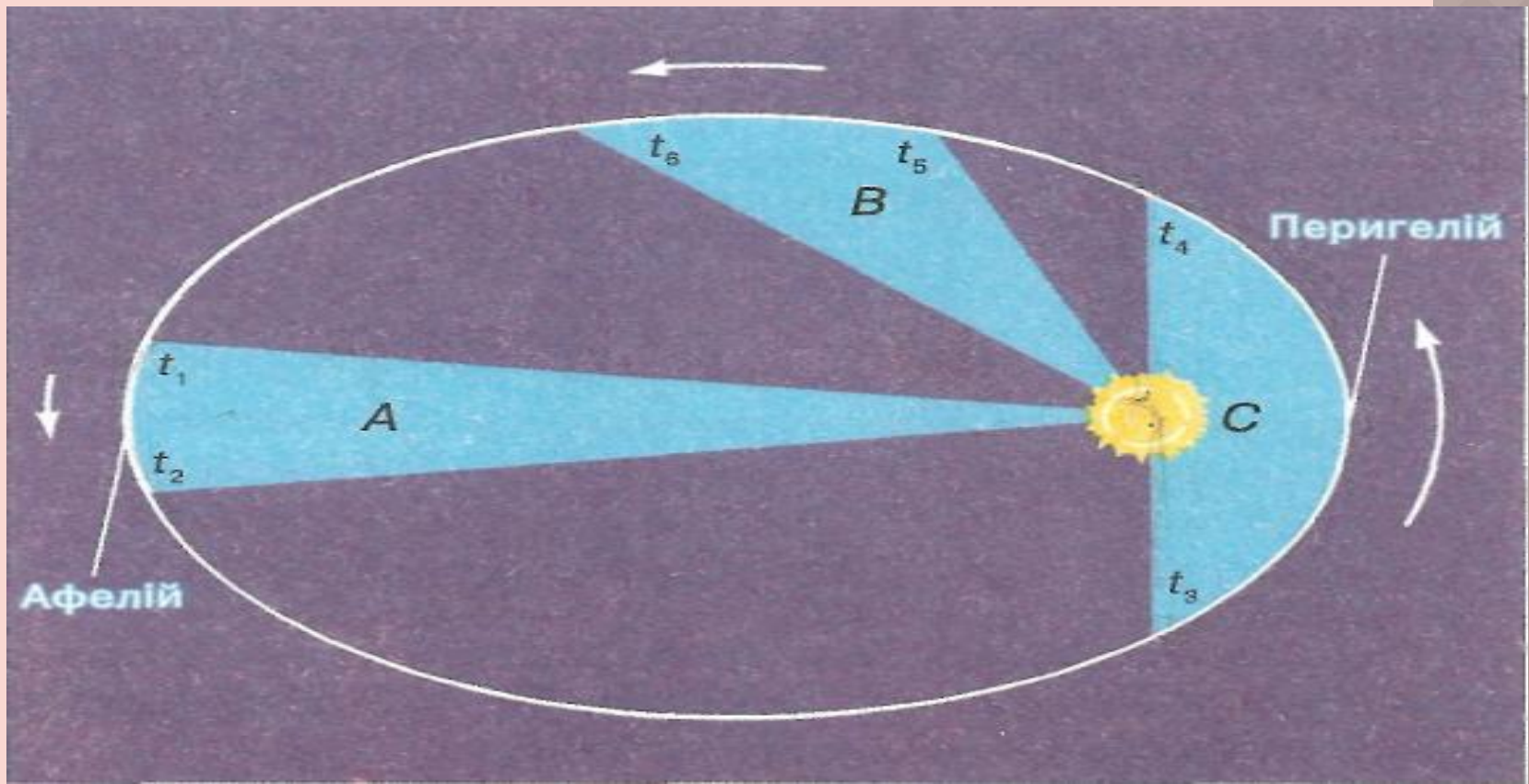
**Земля в перигелії** 3–4 січня  
на найменшій відстані від  
Сонця – 147 млн. км

**Земля в афелії** 4 липня  
найдальше від Сонця – 152  
млн. км

Супутники планет теж рухаються по еліптичних орбітах, причому у фокусі кожної орбіти знаходиться центр відповідної планети.

# ДРУГИЙ ЗАКОН КЕПЛЕРА:

*Радіус-вектор планети за рівні проміжки часу описує рівні площі.*



# ГОЛОВНИЙ НАСЛІДОК ДРУГОГО ЗАКОНУ КЕПЛЕРА:

при рухові планети по орбіті з часом змінюється не тільки відстань планети від Сонця, але і її лінійна швидкість.

Найбільшу швидкість планета має в перигелії, коли відстань до Сонця найменша, а найменшу швидкість – в афелії, коли відстань найбільша.

⊙ Найбільшу швидкість Земля має взимку:

$$V_{max} = 30,38 \text{ км/с}$$

⊙ Найменшу швидкість Земля має влітку:

$$V_{min} = 29,36 \text{ км/с}$$



# ТРЕТІЙ ЗАКОН КЕПЛЕРА:

*Квадрати сидеричних періодів  
обертання планет навколо  
Сонця співвідносяться як куби  
великих півосей їх орбіт:*

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Великий англійський фізик та математик Ісаак Ньютон довів, що закони Кеплера не досить точно описують рух планет навколо Сонця, бо у Всесвіті існує фундаментальний закон всесвітнього тяжіння, який не тільки зумовлює рух планет у Сонячній системі, але й визначає взаємодію зір у Галактиці.

# ЗАКОН ВСЕСВІТНЬОГО ТЯЖІННЯ

У 1687 р. І. Ньютон сформулював цей закон так:

*дві матеріальні точки  
притягуються одна до одної з силою,  
величина якої пропорційна добуткові  
їх мас та обернено пропорційна  
квадрату відстані між ними*

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

У реальних умовах жодна планета не рухається по еліптичній траєкторії, бо закони Кеплера справедливі тільки для двох тіл, які обертаються навколо спільного центра мас. Відомо, що у Сонячній системі обертаються навколо Сонця 9 великих планет та безліч малих тіл, тому кожну планету притягує не тільки Сонце – одночасно притягаються між собою всі ці тіла. У результаті такої взаємодії різних за величиною і напрямком сил рух кожної планети стає досить складним, і його називають **збуренням**. Орбіта, по якій рухається при збуреному русі планета, не буде еліпсом.

Завдяки дослідженням збурення орбіти планети Уран астрономи теоретично завбачили існування невідомої планети, яку у 1846 р. виявили у розрахунковому місці та назвали Нептуном.