

# ПЛАН

## Системи небесних координат:

- Горизонтальна
- Екваторіальна
- Екліптична
- Галактична

## Видимі рухи планет:

- Конфігурації планет
- Нижні та верхні планети
- Сидеричний та Синодичний періоди

## Видимий рух Сонця:

- Видимий рух як він є
- Особливості видимого руху
- Зодіакальні сузір'я і знаки Зодіаку

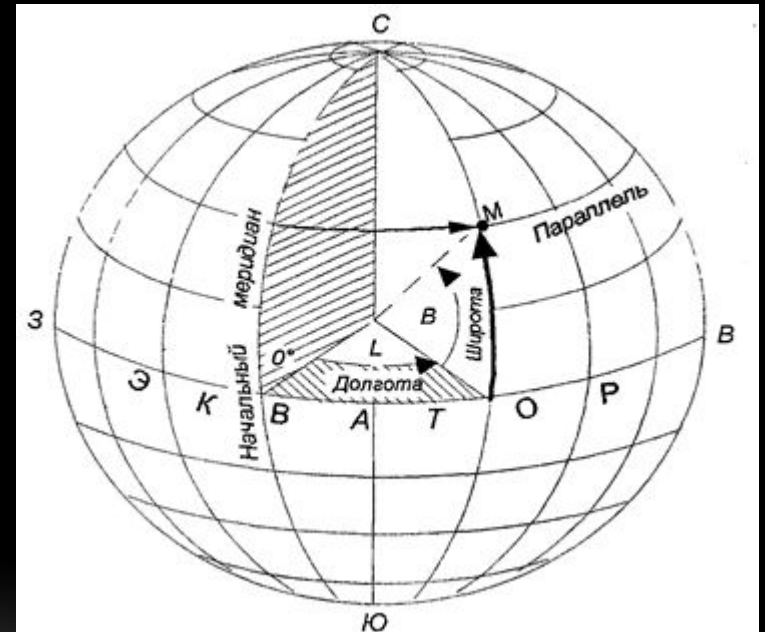
## Закони Кеплера:

- Перший закон
- Другий закон
- Третій закон

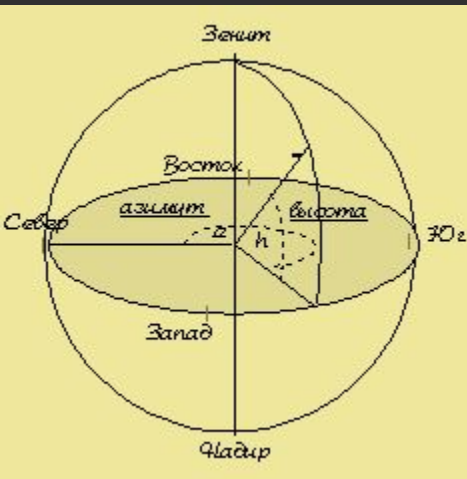
## Системи небесних координат

Системи небесних координат використовують в астрономії для опису положення світил на небі або точок на уявній небесній сфері .

Небесні координати вводяться на геометрично правильній поверхні небесної сфери координатної сіткою, подібної сітці меридіанів і паралелей на Землі. Координатна сітка визначається двома площинами: площиною екватора системи і пов'язаними з ним двома полюсами, а також площиною початкового меридіана.



# 1. Горизонтальна система небесних координат



У **горизонтальній системі небесних координат** основним колом служить математичний, або істинний горизонт, а координатою, аналогічної географічній широті, - **висота світила** (над горизонтом)  $h$ . Вона відраховується від площини горизонту зі знаком «плюс» у видимому півкулі небесної сфери і зі знаком «мінус» - у невидимому, під горизонтом; таким чином, висоти, так само як і широти на Землі, можуть приймати значення від  $+90$  до  $-90^\circ$ .

Круг небесної сфери, на якому всі точки мають рівні висоти, аналогічний географічній паралелі, називається **Альмукантарат**.

Аналогом географічної довготи в горизонтальній системі координат служить **азимут**, що представляє собою двограний кут між площиною вертикалі, що проходить через зеніт і розглянуту точку, і площиною небесного меридіана.

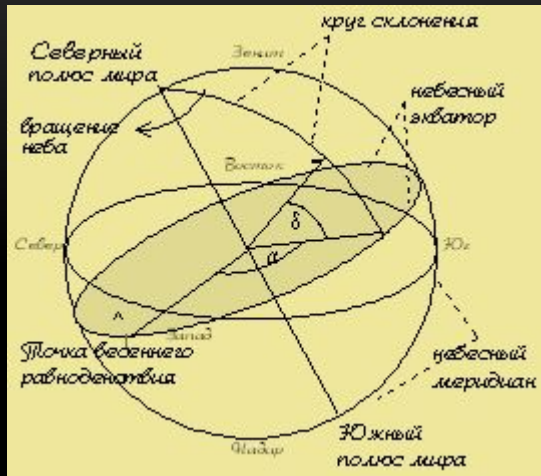


Окремим випадком поняття «азимут» служать довго застосовувалися в мореплаванні і метеорології **румби**. У морській навігації окружність горизонту ділилася на 32 румба; в метеорології-на 16.

Направлення на північ, схід, південь і захід називають головними румбами. Інші напрямки називаються по імені головних, наприклад: північно-захід або південний схід, відповідно, між північчю і заходом, півднем і сходом.

Ще більш дробові румби іменують так: румб між північчю і північно-заходом називають північно-північно-заходом, між сходом і південним сходом - схід-південно-схід і т.д. Таким чином, румб є округленим значенням азимута.

## 2. Екваторіальна система небесних координат



В екваторіальній системі небесних координат вихідною площиною служить небесний екватор. Координатою, аналогічної географічній широті на Землі, в цьому випадку є **схилення світила**, кут між напрямком на об'єкт і площиною небесного екватора.

Схилення відлічується за так званим вартовому колу від площини небесного екватора зі знаком «плюс» в північній півкулі небесної сфери і зі знаком «мінус» - у південному; воно може приймати значення в межах від  $+90^\circ$  до  $-90^\circ$

. Геометричним місцем точок з рівними відмінами є **добова паралель**. Інша координата в екваторіальній системі вводиться **двома способами**.

У першому випадку початковою площиною служить площину небесного меридіана місця спостережень; координата, аналогічна земної довготі, в цьому випадку називається годинним кутом і вимірюється в годинній мірі - годинах, хвилинах і секундах.

Часовий кут відраховується від південної частини небесного меридіана в напрямку добового обертання неба до годинного кола світила.

У другому випадку початковою площиною служить площина, що проходить через вісь світу і точку весняного рівнодення, яка обертається разом з усією небесною сферою. Координата, аналогічна земної довготі, в цьому випадку називається **прямим восхожденієм (альфа)**.

Вона відраховується в годинній мірі в напрямку, протилежному напрямку обертання зоряного неба. Для різних світил вона має значення від 0 до 24 ч.

## екліптична система небесних координат



У екліптичній системі основною площиною є **площина екліптики**. Щоб визначити положення світила, проводять через нього і полюс екліптики велике коло, який називається **колом широти** даного світила.

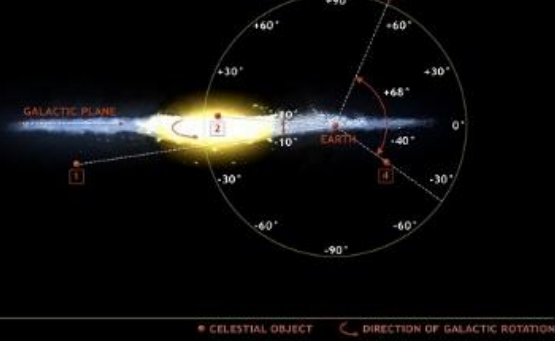
Його дуга від екліптики до світила називається **екліптичній широтою** (або просто широтою).

Друга координата - **екліптичній довгота** (або просто довгота ( $\lambda$ )); вона відраховується від площини, що проходить через полюси екліптики і точку весняного рівнодення, у напрямку річного руху Сонця.

Екліптичній система історично з'явилася раніше другої екваторіальній. Вона була зручною тому, що стародавні кутомірні інструменти, такі, наприклад, як армілярна сфера, були пристосовані для вимірювання безпосередньо екліптичних координат Сонця, планет і зірок.



## Галактична система небесних координат



**Галактична система небесних координат** використовується для вивчення нашої Галактики, вона стала застосовуватися порівняно недавно.

Основний площиною у ній служить площину галактичного екватора, тобто площину симетрії Чумацького Шляху.

Екліптичні і галактичні координати виходять шляхом обчислень з екваторіальних, що визначаються безпосередньо з астрономічних спостережень.

Системи небесних координат підрозділені також залежно від стану їх центру в просторі. Так, топоцентрична називають систему небесних координат, центр якої знаходиться в якій-небудь точці на поверхні Землі. Якщо для вирішення поставленого завдання використовується система координат з центром в центрі Землі, то її називають *геоцентричною системою небесних координат*. Аналогічним чином систему з центром в центрі Місяця називають *селеноцентричною*, з центром в одній з планет - *планетоцентричною* (або більш детально: для Марса - *ареоцентричною*, для Венери - *афрощентричною* і т. п.). Система небесних координат з центром в центрі Сонця називається *геліоцентричною*.

# Видимий рух сонця

- Земля одночасно бере участь у двох рухах: обертається навколо своєї осі і рухається навколо Сонця. Обертання Землі навколо осі викликає зміну дня і ночі. Її рух навколо Сонця викликає зміну пір року. Від спільного обертання Землі навколо її осі і руху навколо Сонця відбувається видимий рух Сонця небесною сферою:

річний

добовий



## Особливості видимого руху Сонця

- 1. Місце сходу і заходу Сонця день у день змінюються. Починаючи з 21 березня по 23 вересня схід Сонця спостерігається в пн.сх. чверті, а захід – в пн.зх. На початку цього часу точки сходу і заходу Сонця переміщуються на північ, а потім у зворотному напрямку. Переміщення точок сходу і заходу Сонця має річний період.
- 2. Зірки завжди сходять і заходять в одних і тих же точках горизонту.
- 3. Меридіональна висота Сонця змінюється з кожним днем. Наприклад, в Одесі 22 червня вона буде найбільшою –  $67^\circ$ , потім почне зменшуватися і 22 грудня досягне найменшого значення  $20^\circ$ . Після 22 грудня меридіональна висота Сонця почне збільшуватися. Це явище т



- 4. Меридіональна висота зірок завжди постійна.
- 5. Тривалість дня (чи ночі) протягом року непостійна. Це особливо помітно, якщо порівняти тривалість літнього та зимового днів.
- 6. Зірки над горизонтом знаходяться завжди однаково кількість часу.



Таким чином, крім добового руху, що здійснюється спільно з зірками, існує ще й видимий рух Сонця з річним періодом.

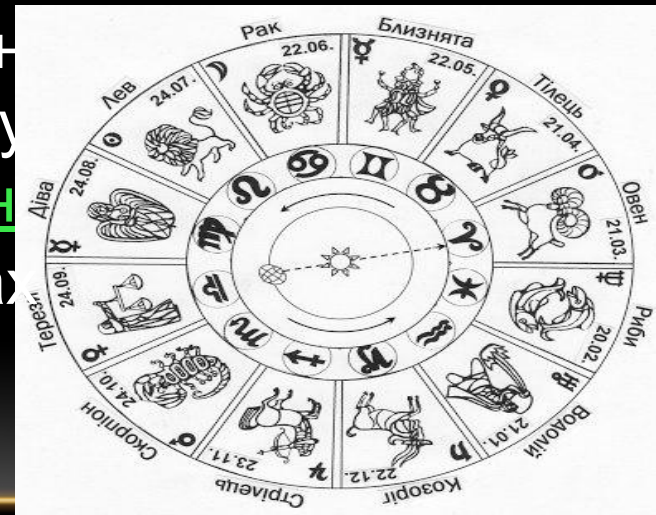
Видимий річний рух Сонця по екліптиці відбувається в напрямі, протилежному до обертання небесної сфери, тобто з заходу на схід.

# ЗОДІАКАЛЬНІ СУЗІР'Я І ЗНАКИ ЗОДІАКА

Шлях Сонця на небі уздовж екліптики пролягає серед певних сузір'їв, які здавна мають назву зодіакальних, як-от: Овен, Телець, Рак, Лев тощо. В зодіаку налічується 12 сузір'їв.

Зауважимо: з 20 листопада по 18 грудня Сонце перебуває у 13-му сузір'ї - Змієносія, проте воно до числа зодіакальних не зараховане.

Для зручності відліку положення Сонця в сузір'ї давні вавилоняни розділили невидиме на 12 рівних частин зодіакального сузір'я, в межах якого він знаходився.



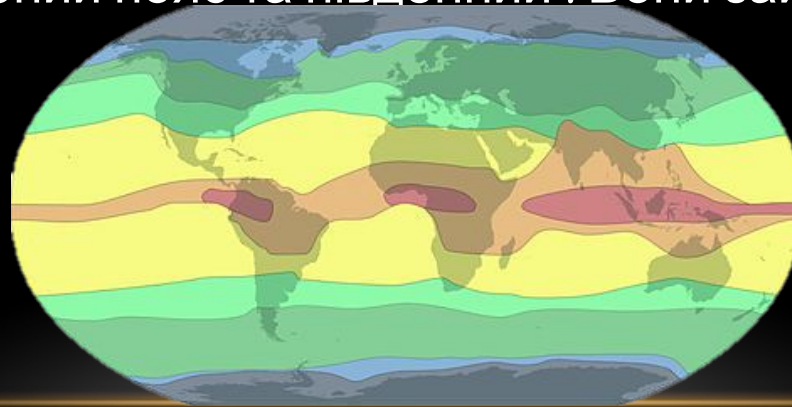
Знаки Зодіака відлічують уздовж екліптики на схід від точки весняного рівнодення так, що першим є знак Овна; другим знаком Зодіака є знак Тельця і так далі. В кожному знаку Зодіака Сонце перебуває місяць.



Таким чином, через різні астрономічні явища, обумовлені спільним добовим і річним рухом Сонця в різних широтах і викликаних цими явищами кліматичних особливостей, земна поверхня розділена на тропічний, помірні і полярні пояси.

# КЛІМАТИЧНІ ПОЯСИ

- **Тропічним поясом** називається частина земної поверхні, в якій Сонце щодоби сходить і заходить і протягом року двічі буває в зеніті. Тропічний пояс займає *40%* всієї земної поверхні.
- **Помірним поясом** називається частина земної поверхні, в якій Сонце щодоби сходить і заходить, але ніколи не буває в зеніті. Існують два помірних пояси. Помірні пояси займають *50%* земної поверхні.
- **Полярним поясом** називається частина земної поверхні, в якій спостерігаються полярні дні і ночі. Існують два полярних пояси. Північний полярний пояс та південний . Вони займають *10%* земної поверхні.



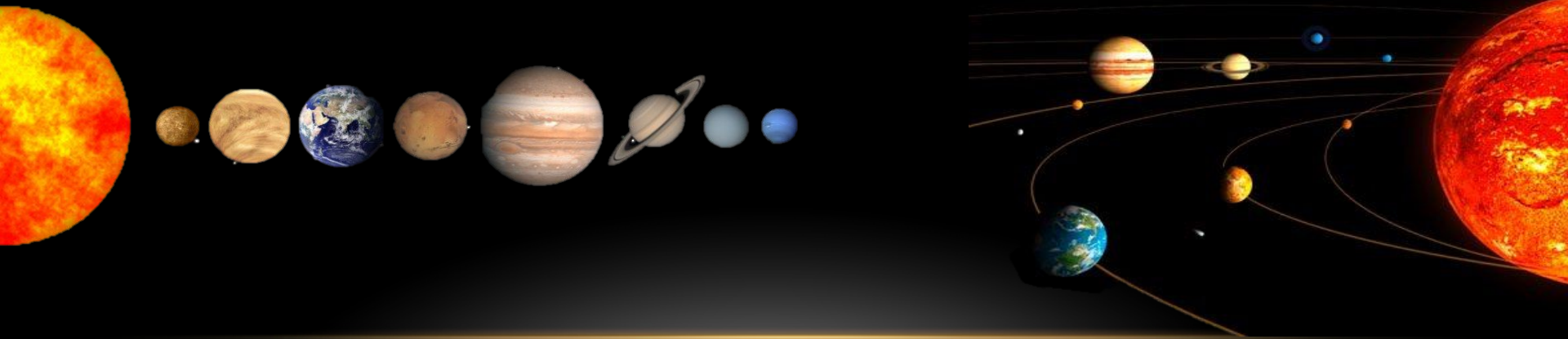
# ВИСНОВОК

Вперше правильне пояснення видимого річного руху Сонця по небесній сфері дав Микола Коперник . Він показав, що річний рух Сонця небесною сферою це не дійсний його рух, а тільки видимий, що відображає річний рух Землі навколо Сонця. Система світу Коперника була названа геліоцентричною. За цією системою в центрі сонячної системи знаходиться Сонце, навколо якого рухаються планети, у тому числі і наша Земля.



# ВИДИМІ РУХИ ПЛАНЕТ

- **КОНФІГУРАЦІЯМИ ПЛАНЕТ** називають характерні взаємні положення планет відносно Землі й Сонця. Конфігурації планет визначають розташування планет відносно Землі й Сонця та обумовлюють їх видимість на небосхилі.
- **НИЖНІ ТА ВЕРХНІ ПЛАНЕТИ.** За особливостями свого видимого руху на небесній сфері планети поділяються на дві групи: **НИЖНІ** (Меркурій, Венера) і **ВЕРХНІ** (Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун і Плутон). Рух верхніх і нижніх планет небесною сферою відбувається по-різному.



НИЖНІ (або внутрішні)  
ПЛАНЕТИ – планети, орбіти  
яких лежать всередині орбіти  
Землі, загальна назва двох  
найближчих до Сонця планет  
Сонячної системи, Меркурія  
та Венери.



Найбільше кутове  
відхилення планети від  
Сонця на схід  
називається  
найбільшою СХІДНОЮ  
ЕЛОНГАЦІЄЮ (з лат. -  
'віддаляюся'), на захід -  
найбільшою  
ЗАХІДНОЮ  
ЕЛОНГАЦІЄЮ.

ЕЛОНГАЦІЯ -  
видима з поверхні  
Землі кутова  
відстань між  
планетою і Сонцем.

Нижні планети видно на заході у променях вечірньої заграви незабаром після заходу Сонця, та на сході, в променях ранкової зорі, незадовго перед появою Сонця; далі цикл повторюється.

Таким чином, нижні планети, подібно до маятника, "коливаються" відносно Сонця.

---

НИЖНЄ СПОЛУЧЕННЯ - планета проходить між Землею та Сонцем.  
ВЕРХНЄ СПОЛУЧЕННЯ - Сонце розташовується між планетою і Землею

- **ВЕРХНІ (або зовнішні) ПЛАНЕТИ** – планети, орбіти яких лежать поза земною орбітою: Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун.

Траєкторія руху верхніх планет нагадує петлю.

В середині дуги свого зворотного руху планета знаходиться в сузір'ї, протилежному Сонцю; таке її положення називається **ПРОТИСТОЯННЯМ** - планету видно із Землі цілу ніч у протилежному від Сонця напрямку.

В середині дуги свого прямого руху, під час періоду невидимості, планета знаходиться в одному сузір'ї з Сонцем, і таке її положення називається **СПОЛУЧЕННЯМ** із Сонцем.

Розташування планети на  $90^\circ$  на схід від Сонця називається **СХІДНОЮ КВАДРАТУРОЮ**, на  $90^\circ$  на захід - **ЗАХІДНОЮ КВАДРАТУРОЮ**.





# СХЕМА КОНФИГУРАЦІЙ ПЛАНЕТ

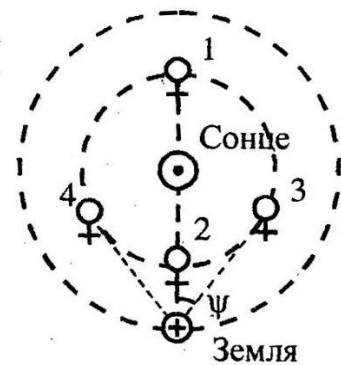


Рис. 3. Конфігурація внутрішніх планет:

- 1 — верхнє сполучення;
- 2 — нижнє сполучення;
- 3 — західна елонгація;
- 4 — східна елонгація



Рис. 4. Конфігурація зовнішніх планет:

- 1 — сполучення;
- 2 — протистояння;
- 3 — західна квадратура;
- 4 — східна квадратура

$T_{\oplus}$  $T_{\oplus}$ 

- СИДЕРИЧНИЙ ( $T$ ) період обертання визначає рух тіл відносно зір. Це час, протягом якого планета, рухаючись по орбіті, робить повний оберт навколо Сонця.
- СИНОДИЧНИЙ ( $s$ ) період обертання визначає рух тіл відносно Землі і Сонця. Це проміжок часу, через який спостерігаються одні й ті самі послідовні конфігурації планет (протистояння, елонгації, сполучення). Для Меркурія він становить 116 діб, для Венери - 584 доби, для Марса, Юпітера і Сатурна відповідно - 780, 399 і 378 діб.

Де  $T_{\oplus} = 1$  рік = 365,25 доби - період обертання Землі навколо Сонця. У формулі знак "+" застосовується для Венери і Меркурія, які обертаються навколо Сонця швидше, ніж Земля. Для інших планет застосовується знак "-".

Між синодичним  $s$  та сидеричним  $T$  періодами обертання планети існує таке

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_{\oplus}} \pm \frac{1}{S}$$



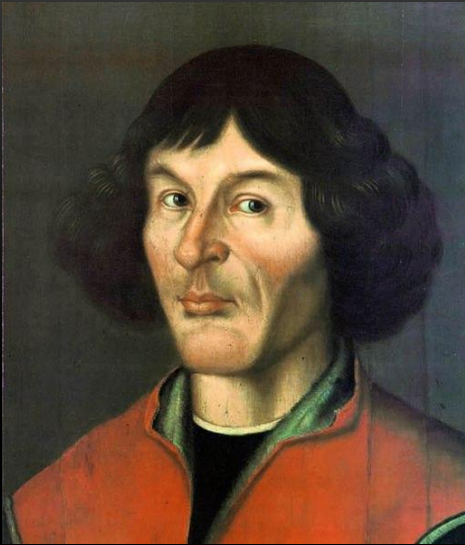
# ЗАКОН КЕПЛЕРА

Закони Кеплера - закони руху небесних тіл.

З найдавніших часів вважалося, що небесні тіла рухаються по «ідеальним кривим» - колах. Геоцентрична

система Птолемея Клавдія Птолемея (бл. 90 - бл.





Використовуючи дані Птолемея, М.Коперник визначив відносні відстані кожної з планет від Сонця, а також їхні сидеричні періоди обертання навколо Сонця. Це дало змогу Йогану Кеплеру (1618-1621) встановити три закони руху планет.



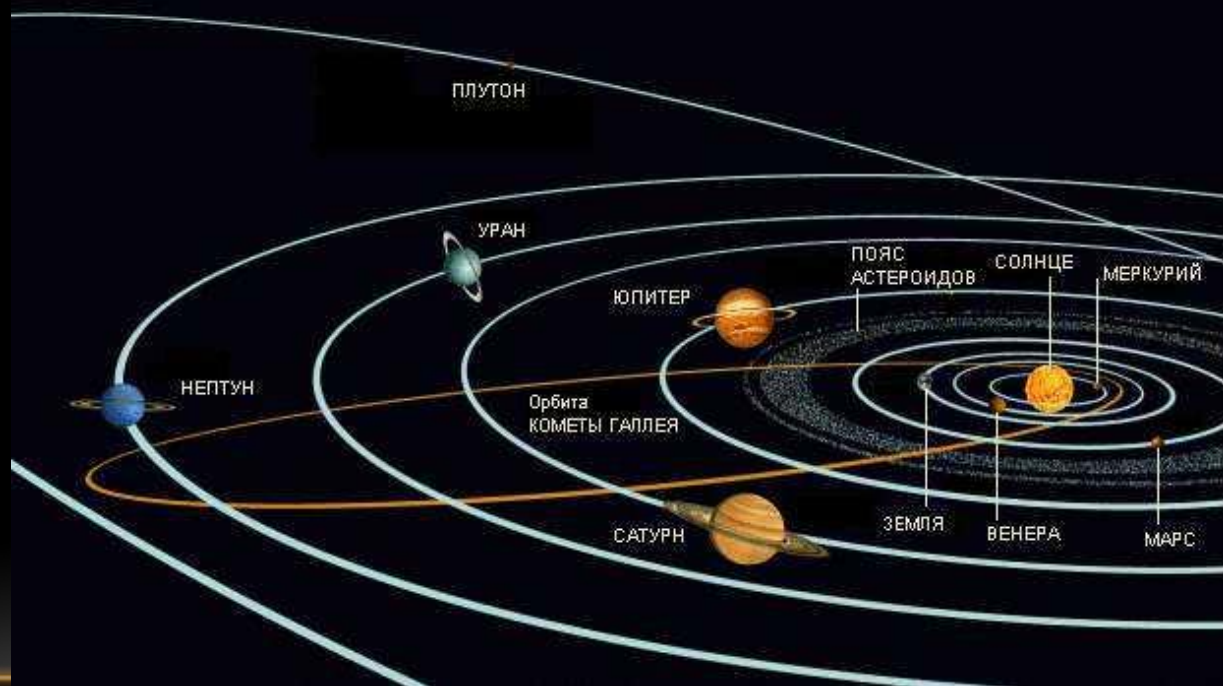
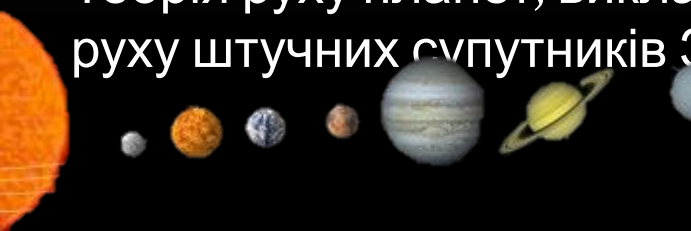


З чого все починалось:

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

Штучні супутники:

Теорія руху планет, викладена Кеплером, повністю застосовується до руху штучних супутників Землі і космічних кораблів.



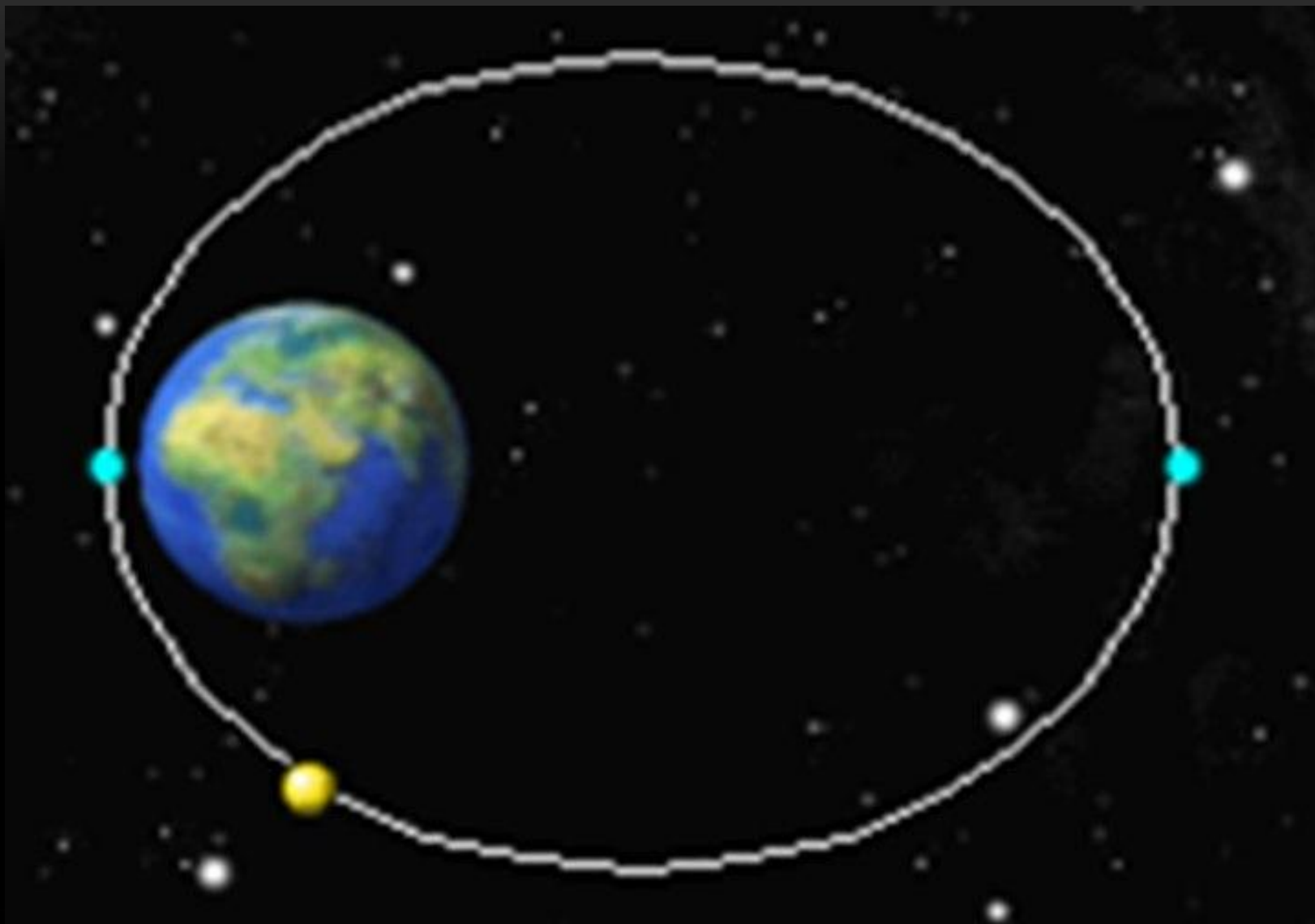
- Перший закон Кеплера:  
Кожна з планет рухається навколо Сонця по еліпсу, в одному з фокусів якого знаходиться Сонце.

Орбіти планет - еліпси, що мало відрізняються від окружностей, так як їх ексцентриситети малі.

Кожна планета має свій ексцентриситет

Назва	Ексцентриситет
Меркурій	0,206
Венера	0,007
Земля	0,017
Марс	0,093
Юпітер	0,049
Сатурн	0,057
Уран	0,046
Нептун	0,011





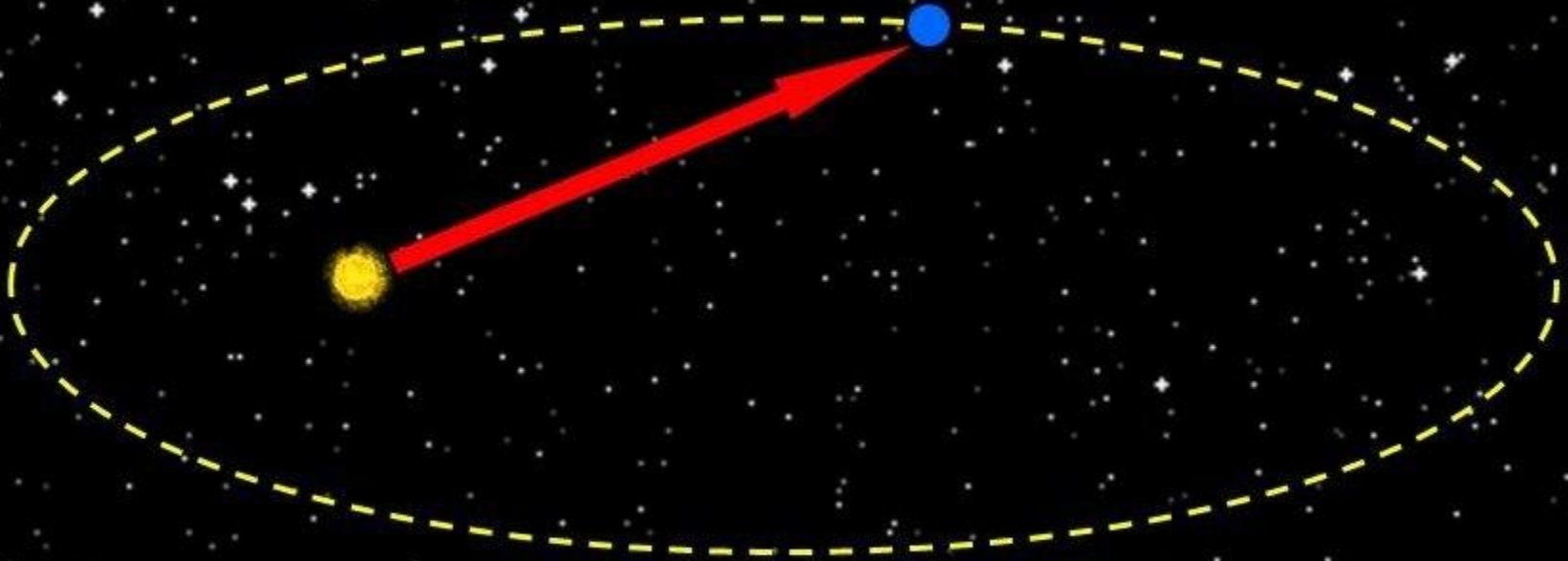
Найближча до Землі точка орбіти Місяцю чи штучного супутника Землі називається Перигеєм , а найбільш віддалена – Апогеєм

## Другий закон Кеплера

Радіус-вектор планети за однакові проміжки часу описує рівновеликі площі

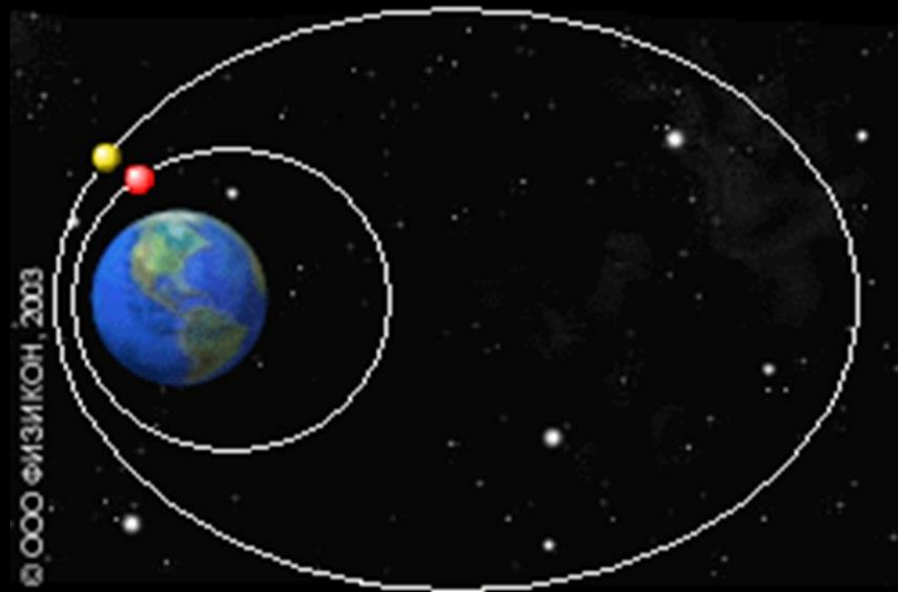
Наслідок:

Головний наслідок другого закону Кеплера полягає в тому, що рід час руху планети по орбіті з часом змінюється не тільки відстань



Квадрати сидеричних періодів обертання планет відносяться як куби великих півосей їхніх орбіт (чим далі від Сонця знаходиться планета, тим більше часу займає її повний оборот при русі по орбіті і тим довше, відповідно, триває «рік» на цій планеті)

Якщо сидеричні обертання двох планет позначити  $T_1, T_2$ , а великі півосі еліпсів  $a_1, a_2$ , то третій закон Кеплера матиме вигляд:



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

# ВИСНОВОК

Отже, Йоган Кеплер досліджував рухи всіх відомих на той час планет і емпірично вивів три закони руху планет відносно Сонця

---