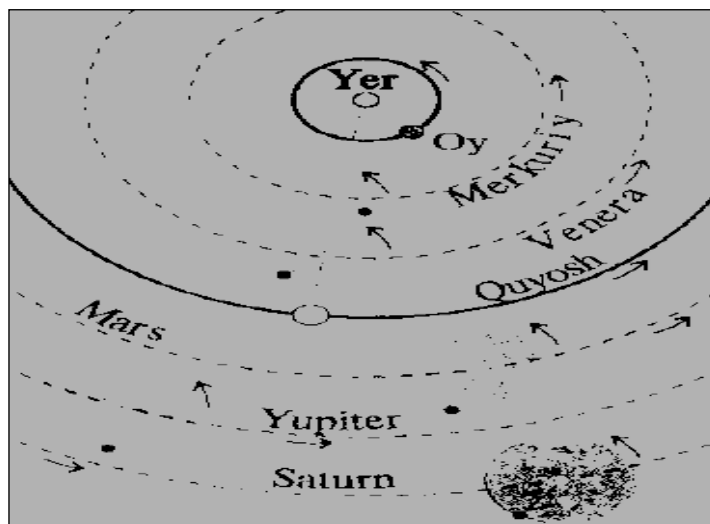


## 9-§. SAYYORALARNING KONFIGURASIYALARI

**Tayanch ibora (kalit so'z)lar:** osmon hodisalari, kohinlar, olam tuzilishi, Ptolemey, geotsentrik sistema, Yer, Kopernik, geliotsentrik sistema, Beruniy, teleskop, Galiley, Venera, Yupiter, tabiiy yo'ldosh, Quyosh, Bruno, sayyoralar, asteroidlar, kometalar, meteorlar, yulduz, Sentavr alfasi, parsek, Merkuriy, Mars, Saturn, Uran, Neptun, diametr, massa, sayyoralar, Quyosh, konfiguratsiya, ichki sayyora, tashqi sayyora, qo'shilish, uzoqlashish, gradus, faza, ro'para turish, sayyora aylanish davri, siderik davr, yulduz davri, ro'para turish, sinodik davr, Kepler, butun olam tortishish qonuni, Mars harakati, Kepler qonunlari, ellips, fokus, Quyosh, katta o'q, katta yarim o'q, afeliy, perigeliy, ekscentrisitet, yuza, radius-vektor, davr.

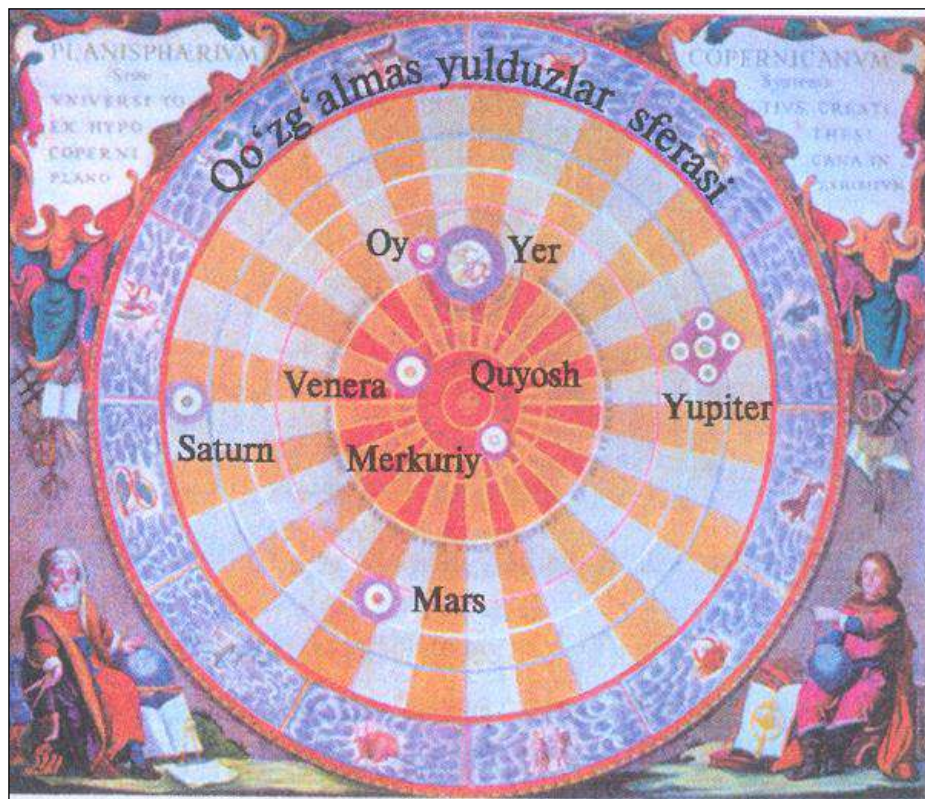
**Osmon jismlarining harakati.** Kuzatiladigan osmon hodisalarini to'g'ri tushunish asrlar osha vujudga keldi. Siz, astronomiya kurtaklarining qadimgi Misr va Xitoyda paydo bo'lganini, qadimgi grek olimlarining keyingi yutuqlarini, kohinlarning kuzatishlari va ularning tabiat haqidagi noto'g'ri tasavvurlarini, kohinlar bilimlarini faqat o'z foydalariga ishlatib kelganliklarini bilasiz.



## Ptolemeyning geotsentrik sistemasi

Yana kohinlar astrologiyani, ya'ni sayyoralarning kishilar va xalqlar xarakteriga hamda taqdiriga ta'siri va yoritgichlarning vaziyatlariga qarab taqdirni go'yo oldindan aytib berish mumkinligi haqidagi soxta ta'limotni yaratdilar. ramizning II asrida qadimgi grek olimi **Klavdiy Ptolemey** ishlab chiqqan olamning geotsentrik sistemasi ham sizga ma'lum.

U olamning markaziga atrofida hamma yoritgichlar aylanadigan sharsimon, qo'zg'almas Yerni "joylashtirdi" (rasm). Ptolemey sayyoralarning sirtmoqsimon ko'rinma harakatini ikkita tekis aylana harakatining (markazi Yer atrofidagi katta aylana bo'ylab harakat qilayotgan sayyoraaning kichik aylana bo'ylab harakatining) qo'shilishi bilan tushuntirdi.

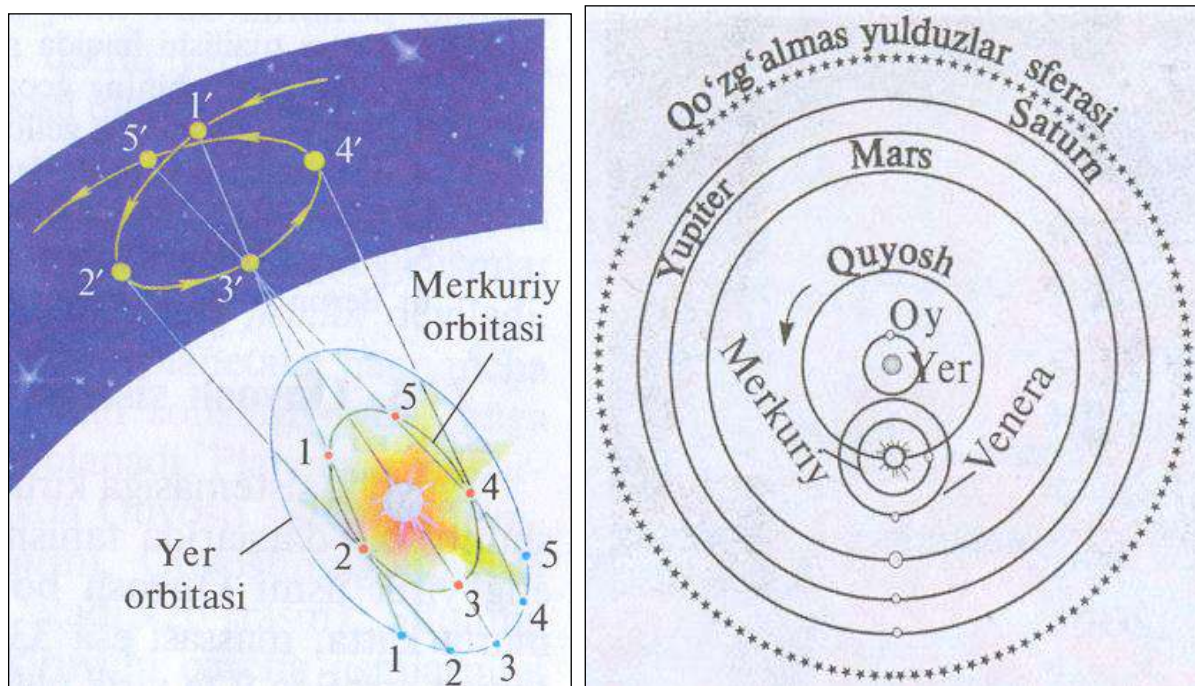


**Olam tuzilishining geliotsentrik sistemasi. Markazda Quyosh**

Biroq sayyoralar vaziyatlariga tegishli kuzatish ma'lumotlari to'plana borgan sari Ptolemey nazariyasiga o'zgartirishlar kiritishga to'g'ri keldi, bu esa uni qo'pol va haqiqatdan yiroq qilib ko'rsatdi. Borgan sari murakkablashib ketayotgan sistemaning sun'iyliги va nazariya bilan kuzatishlar orasida muvofiqliq yo'qligi Ptolemey nazariyasini boshqa nazariya bilan almashtirishni taqozo etdi. Bu vazifani XVI asrda buyuk polyak olimi **Nikolay Kopernik** bajardi (1473÷1543).

Kopernik harakatsiz Yer haqida kishilarning ongida asrlar osha saqlanib kelgan aqidalarga asoslangan fikrni uloqtirib tashladi.

Kopernik Yerni oddiy sayyoralar qatoriga qo'yib, uning Quyoshdan uzoqligi jihatdan uchinchi o'rinda turishini, fazoda boshqa sayyoralardek Quyosh atrofida aylanishini va shuningdek, o'z o'qi atrofida aylanishini ko'rsatib berdi.



### Sayyoralarning ko'rinma sirtmoqsimon harakatlarini tushuntirish

Beruniyning olam tuzilishi haqidagi qarashlari. Unga ko'ra Quyosh, o'z atrofida aylanayotgan yo'ldoshlari Merkuriy va Venera bilan birga Yer atrofida aylanadi.

Kopernik o'sha vaqtlarda ma'lum bo'lgan osmon hodisalarini va sayyoralarning sirtmoqsimon bo'lib ko'rinadigan harakatini aynan Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi hamda uning Quyosh atrofida aylanishi bilan to'g'ri tushuntirish mumkinligini isbotlay oldi.

Teleskopni osmonga birinchi bo'lib yo'naltirilgan **Galileo Galilei** (1564÷1642) o'z kashfiyotlarini Kopernikning nazariyasini tasdiqlovchi kashfiyotlar, deb to'g'ri yo'l tutdi. Masalan, Galilei Venera fazalarini kashf etdi.

U Venera fazalarining bunday almashishi Venera Yer atrofida emas, balki faqat Quyosh atrofida aylangandagina bo'lishi mumkinligini topdi.

Galilei Oyda tog'lar borligini aniqladi va ularning balandligini o'lchadi. Yer bilan osmon jismlari orasida hech qanday muhim farq yo'qligi, masalan, Yerdagi tog'larga o'xshash tog'lar osmon jismlardan biri ekaniga ishonish yanada osonlashadi.

Galilei Yupiterning to'rtta yo'ldoshini kashf etdi. Ularning Yupiter atrofida aylanishi, faqat Yer Koinotning aylanish markazida turadi, degan tasavvurni puchga chiqardi. Galilei Quyosh sirtida dog'larni topdi va ularning siljishlariga qarab, Quyosh o'z o'qi atrofida aylanadi, degan xulosa chiqardi. "Osmon pokizasi" hisoblangan Quyosh dog'larning topilishi, Yer va osmon jismlari orasida go'yo muhim farq bor, degan g'oyani ham puchga chiqardi.

Somon yo'li teleskopning ko'rish maydonida juda ko'p xira yulduzlarga ajraldi. Inson oldida Koinot, endi Aristotel, Ptolemey va o'rta asr cherkovining ruhoniylari tasavvuricha, go'yo Yer atrofida aylanadigan kichkina olamga qaraganda tengi yo'q bahaybat bo'lib qoldi.

Cherkov ruhoniylari siz tarix va fizika kurslaridan bilganingizdek, Jordano Brunoni (1548÷1600) dunyo tuzilishi va boshqa osmon jismlarida ham hayot bo'lishi mumkinligi haqidagi falsafiy xulosalari uchun olovda kuydirdilar.

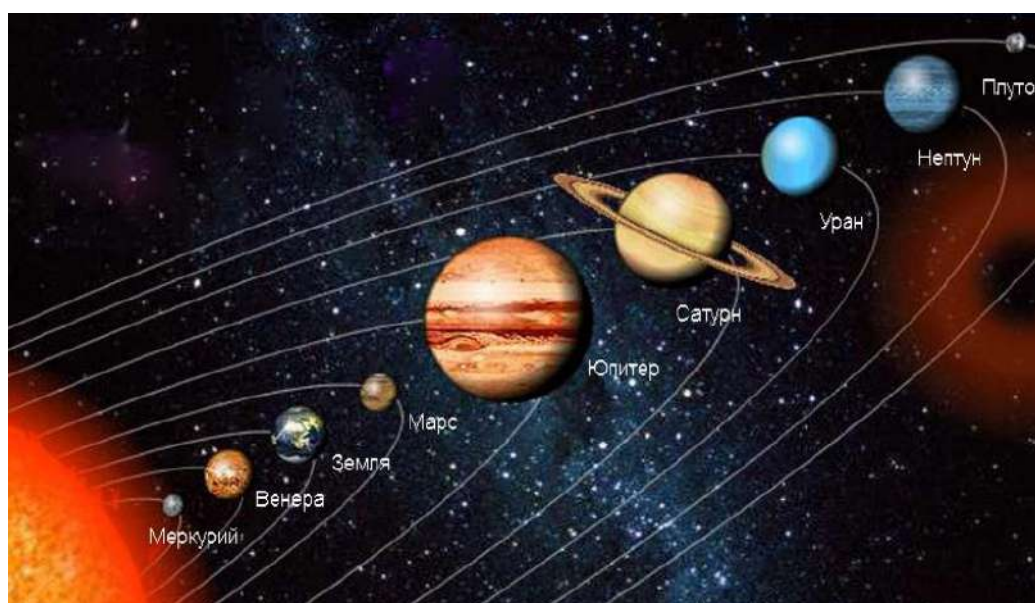


M.V.Lomonosov (1711÷1765) Koinotning tuzilishi to'g'risida haqiqiy bilimlarni tarqatish huquqini olish uchun cherkov ruhoniylariga qarshi dadil kurash olib bordi.

**Quyosh sistemasining o'lchamlari va a'zolari.** Quyosh sistemasiga Quyoshning o'zi, 8 ta katta sayyora va ularning tabiiy yo'ldoshlari, asteroidlar, kometalar hamda ko'p sonli meteor jismlar kiradi. Quyosh sistemasidagi eng markaziy va massiv osmon jismi – Quyoshning o'zidir. Ma'lum sayyoralaridan eng uzoq'i Neptun Yerdan Quyoshga qaraganda 30 marta uzoqda joylashgan. Yulduzlar esa Quyoshdan nihoyatda uzoq masofalarda joylashgan.

Quyoshga eng yaqin bo'lgan yulduzgacha (Sentavr alfasi) bo'lgan masofa 1,33 parsek ( $1\text{pk}=3,08\cdot 10^{13}$  kilometr) ni, ya'ni Quyoshdan Neptungacha bo'lgan masofadan 9000 marta olisdadir. Sakkizta **katta sayyora** Quyosh atrofida deyarli bir tekislikda ellipslar (aylanalardan kam farq qiladigan) bo'ylab aylanadi.

Bular Quyoshdan uzoqlashib boruvchi tartibda hisoblanganda: Merkuriy, Venera, Yer, Mars, Yupiter, Saturn, Uran va Neptunlardir. Bulardan tashqari, Quyosh sistemasida juda ko'p sonli mayda sayyoralar (**asteroidlar, ularning soni hozirda 6000 dan ortiq**) bo'lib, ulardan ko'pchiligi (98%) Mars va Yupiter orbitalari orasidagi fazoda harakatlanadi.



## Quyosh sistemasidagi sayyoralarning ketma-ketlikda joylashish tartibi

Shuningdek, Quyosh atrofida siyraklashgan gazdan tashkil topgan va juda katta hajmga ega bo'lgan qobiq bilan qoplangan jismlar - **kometalar** ham aylanib turadi. Bularning ko'pchiligi Neptun orbitasi tashqarisiga chiqib ketadigan elliptik orbitaga ega. Bundan tashqari, Quyosh atrofida kattaligi qum zarralardan to mayda asteroidlarga to'g'ri keladigan son-sanoqsiz **meteor jismlar** ham ellipslar bo'ylab aylanib turadi.

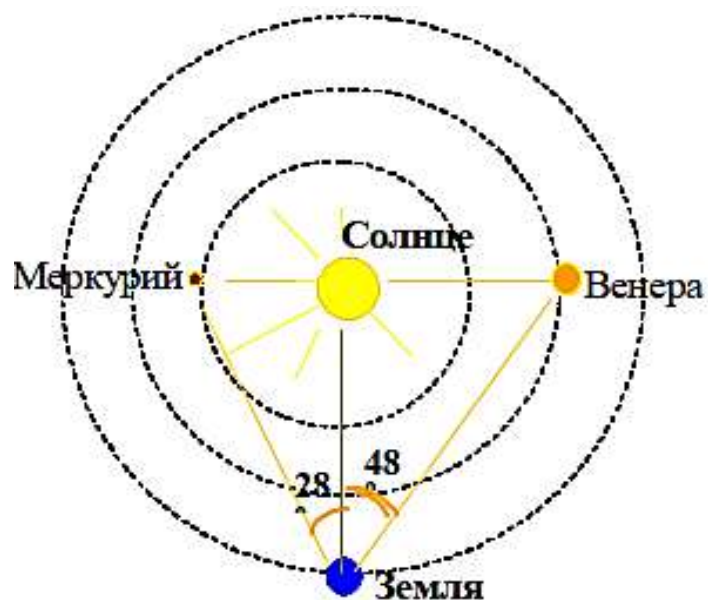
Ular, asteroidlar hamda kometalar bilan birga, Quyosh sistemasidagi kichik jismlar qatoriga kiradi. Sayyoralar oralig'idagi fazo nihoyatda siyraklashgan gaz va kosmik changlar bilan to'la. Bundan elektromagnit nurlanishlar bemaol o'ta oladi. Bu nurlanishlar magnit va gravitatsion maydonlarining tashuvchilari hisoblaniladi.

**Quyoshning diametri Yerning diametridan 109 marta katta va massasidan taxminan 330000 marta ortiq.** Hamma sayyoralarning massasi Quyosh massasining taxminan 0,1 % ni tashkil etadi. Ma'limki, massa tortishish (gravitatsiya) manbaidir. Shuning uchun Quyosh o'zining tortish kuchi bilan Quyosh sistemasining hamma a'zolarining harakatini boshqarib turadi.

**Sayyoralar, Yer va Quyoshning bir-birlariga nisbatan o'ziga xos joylashishlariga sayyoralarning konfiguratsiyalari deb ataladi.**

Avvalo, shuni aytish kerakki, sayyoralarning Yerdan ko'rinish shart-sharoitlari ichki (Yer orbitasining ichiga joylashgan) va tashqi sayyoralar uchun har xil bo'ladi (Venera va Merkuriy ichki, qolganlari tashqi sayyoralardir).

Ichki sayyoralar Yer bilan Quyosh oralig'ida yoki Quyoshning orqasida bo'lishi mumkin. Bunday vaziyatlarda Quyosh nurlarida ko'rinmaydi. Bunday vaziyatlarda Quyosh bilan **qo'shilishi** deyiladi. Sayyora quyi qo'shilishida Yerga eng yaqin, yuqori qo'shilishida bizdan eng uzoqda bo'ladi.



### Sayyoralarning elongatsiyasi

Yerdan Quyoshga va ichki sayyoragacha bo'lgan yo'nalishlar orasidagi burchak doimo o'tkirligicha qolib, hech qachon ma'lum kattalikdan ortmasligini ko'rish qiyin emas.

Bunday kattalikdagi chegaraviy burchak sayyoraning Quyoshdan eng katta uzoqlashishi deyiladi. Merkuriy eng katta uzoqlashishi  $28^{\circ}$  ga, Veneraniki esa  $48^{\circ}$  ga teng. Shuning uchun ichki sayyoralar doimo Quyoshga yaqin bo'lgan joyda yo ertalab osmonning Sharqiy tomonida, yo kechqurun osmonning g'arbiy tomonida ko'rinadi. Merkuriy Quyoshga juda yaqin bo'lgani uchun uni bevosita ko'rish imkoni kamdan-kam tug'iladi.

Venera osmonda Quyoshdan katta burchakka uzoqlashadi va u hamma yulduz va sayyoralardan yorug'roq ko'rinadi. Venera Quyosh botgandan keyin ham osmonda uzoq vaqt kechki shafaq nurlarida qolib, hatto uning fonida aniq ko'rinib turadi. U shuningdek, tong shafaq nurlarida ham yaxshi ko'rinadi. Umuman, yarim kechada Merkuriyni va Venerani osmonning janubiy tomonida ko'rib bo'lmaydi.

Quyosh sistemasidagi barcha sayyoralarning orbita tekisliklari ekliptika tekisligi yaqinida joylashgan va undan og'maligi; Merkuriy uchun  $7^\circ$ , Venera uchun  $3,5^\circ$  ni tashkil etadi, qolgan sayyoralarda bu og'ish yanada kichik bo'ladi.

Agar Merkuriy yoki Venera Yer bilan Quyosh oralig'ida o'tayotganda ularning proyeksiyalari Quyosh gardishiga tushsa, u holda ular Quyosh gardishida kichkina qora doira bo'lib ko'rinadi. Merkuriyning va ayniqsa, Veneraning quyi qo'shilishi vaqtlarida Quyosh gardishidan o'tishlari juda kamdan-kam (kamida  $7\div 8$  yilda) sodir bo'ladi.

Ichki sayyoralarning Quyosh yoritib turgan yarim shari Yerga nisbatan turlicha vaziyatlarda bo'lishi sababli bizga turlicha ko'rinadi. Shuning uchun Yerdagi kuzatuvchilar uchun ichki sayyoralar o'z fazalarini oy kabi o'zgartirib turadi. Sayyoralar Quyosh bilan quyi qo'shilishida bizga o'zlarining yoritilmagan tomonlari bilan o'girilgan bo'lib, ko'rinmaydi. Bu vaziyatdan sal chetroqda ular o'roq shaklida bo'ladi.

Sayyoraning Quyoshdan burchak uzoqligi ortgan sari o'roqning burchak diametri kamayib, uning kengligi esa ortib boradi. Sayyoradan Quyoshga va Yerga tomon bo'lgan yo'nalishlar orasidagi burchak  $90^\circ$  ga tenglashganda, biz sayyoraning yoritilgan qismining qoq yarmini ko'ramiz.

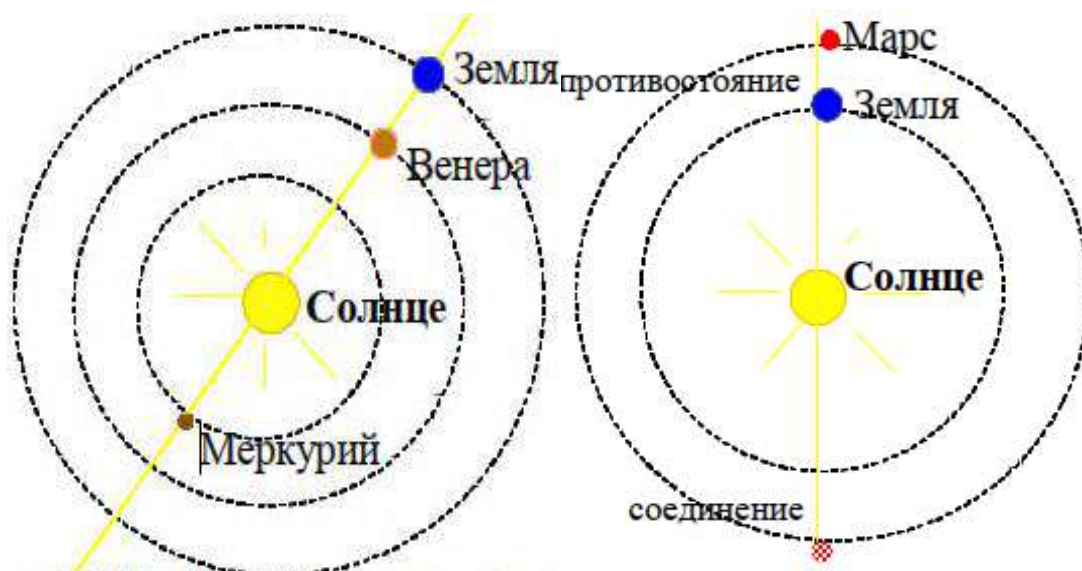
Bunday sayyora bizga o'zining kunduzgi yarim shari bilan yuqori qo'shilishi davridagini o'girilgan bo'ladi. Ammo bu vaqtda u Quyosh nurlarida yo'qolib ketadi va ko'rinmaydi.

Tashqi sayyoralar ham Merkuriy va Veneraga o'xshab, Yerga nisbatan Quyoshning orqa tomonida (u bilan qo'shilishda) bo'lishlari mumkin.

Bunda ular ham Quyosh nurlarida ko'rinmay ketadi. Lekin ular Yer Quyosh to'g'ri chizig'i davomida ham bo'lishlari mumkin. Bu vaqtda yer sayyora bilan Quyosh oralig'ida bo'ladi. Bunday konfiguratsiya **ro'para turish** deyiladi. Bunday hol sayyorani kuzatish uchun juda qulay, chunki bunday vaziyatlarda, birinchidan,



sayyora Yerga yaqin, ikkinchidan, u Yerga o'zining yoritilgan yarim shari bilan o'girilgan va uchinchidan, osmonning Quyoshga qarama-qarshi bo'lgan joyida turgan sayyora yarim kechada yuqori kulminatsiyada bo'ladi va binobarin, yarim kechadan oldin va keyin uzoq vaqt ko'rinadi.



**Sayyoralar konfiguratsiyasi: Yer yuqori qo'shilishda Merkuriy bilan, quyi qo'hilishda Venara bilan va Mars bilan ro'para turishda**

Sayyoralarning konfiguratsiya paytlari, ularning shu yildagi ko'rinishlarining shart-sharoitlari "maktab astronomik kalendari" da berib boriladi.

**Sayyoralar aylanishining sinodik davrlari va ularning siderik davrlari bilan bog'liqligi.** Biz sayyoralarni o'zi Quyosh atrofida aylanayotgan Yerdan turib kuzatamiz. Sayyoralar aylanish davrlarini o'zi aylanmaydigan inersial sanoq sistemasida yoki ko'pincha ishlatiladigan ibora yulduzlarga nisbatan bilish uchun Yerning Quyosh atrofidagi harakatini hisobga olish zarur.

**Sayyoralarning yulduzlarga nisbatan Quyosh atrofida aylanish davri siderik yoki yulduz davri deyiladi.**

Sayyora Quyoshga qancha yaqin bo'lsa, uning Quyosh atrofida yulduzlarga nisbatan aylanish davri shuncha qisqa va bu aylanishning chiziqli hamda burchak tezligi shuncha katta bo'ladi. Aylanish davrining kichik bo'lganligining asosiy sabablaridan biri-sayyora orbita uzunligining qisqaligidir.

Biroq, kuzatishlardan to'g'ridan-to'g'ri sayyora aylanishining siderik davrini aniqlanmasdan, uning ikkita ketma-ket sodir bo'ladigan bir xil konfiguratsiyalari, masalan, ketma-ket ikkita qo'shilishi (ro'para turishi) orasida o'tadigan vaqt aniqlanadi. Bunday davrni **aylanishning sinodik davri** deyiladi. Kuzatishlardan sinodik davrlar  $S$  ni aniqlab, hisoblashlar yo'li bilan sayyoralar aylanishining yulduz davrlari  $T$  topiladi.

Mars misolida, sayyoralar aylanishlarining sinodik va yulduz davrlari o'zaro qanday bog'langanligini ko'raylik.

Sayyoralar Quyoshga qancha yaqinda bo'lsa, ular harakatining tezligi shuncha katta bo'ladi, chunki bunday holatda sayyora va Quyosh orasidagi tortishish kuchi katta.

Shuning uchun Marsning ro'para turishidan keyin, Yer uni quvib o'ta boshlaydi. Kun sayin Yer Marsdan tobora uzoqlashaveradi. Yer Marsni to'la bir aylanishga quvib o'tganda yana ro'para turish sodir bo'ladi.

**Tashqi sayyoraning sinodik davri deb, Yer bilan sayyora Quyosh atrofida aylanayotib, Yerning sayyorani  $360^\circ$  ga quvib o'tishi uchun ketgan vaqt oralig'iga aytiladi.**

Yerning burchak tezligi (uning bir sutkada o'tgan burchagi)  $\frac{360^\circ}{T}$  ga, Marsning burchak tezligi  $\frac{360^\circ}{T_\oplus}$  ga teng, bunda  $T_\oplus$  bir yildagi sutkalar soni,  $T$  sayyoraning Quyosh atrofida aylanishining sutkalarda ifodalangan yulduz davri.

Demak, Yer bir sutkada sayyorani  $\frac{360^\circ}{T_\oplus} - \frac{360^\circ}{T}$  ga quvib o'tadi. Agar  $S$  sayyoraning sutkalar bilan berilgan sinodik davri bo'lsa, u holda Yer sayyorani  $S$  sutka o'tgandan keyin  $360^\circ$  ga quvib o'tadi, ya'ni

$$\left( \frac{360^\circ}{T_\oplus} - \frac{360^\circ}{T} \right) S = 360^\circ$$

yoki

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

Yerga qaraganda Quyosh atrofini tezroq ( $T_\oplus > T$ ) aylanib chiqadigan ichki sayyoralar uchun (sayyora Yerni quvib o'tadi) formulani quyidagicha yozish kerak:

$$\left( \frac{360^\circ}{T} - \frac{360^\circ}{T_\oplus} \right) S = 360^\circ$$

yoki

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

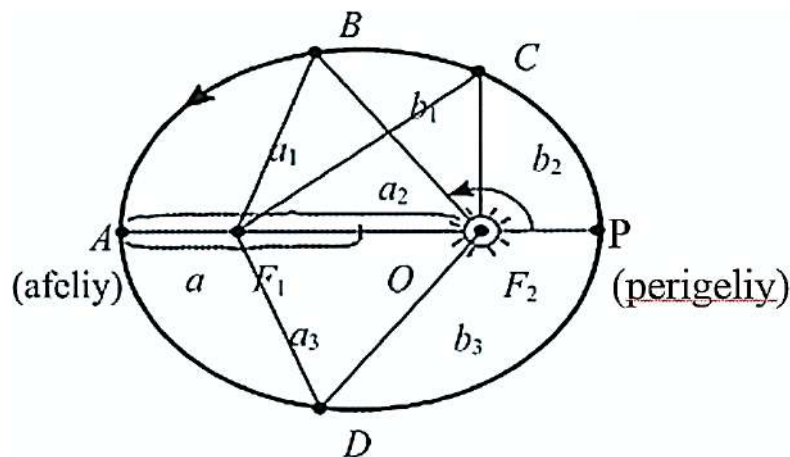
Agar yuqoridagi formulaga tegishli son qiymatlar qo'yilsa, Venera sayyorasining sinodik davri 584 sutka, Mars sayyorasining sinodik davri 780 sutka ekanligini topishimiz mumkin. Shu tariqa boshqa sayyoralar uchun ham topish mumkin.

**Kepler qonunlari.** Kepler qonunlari hamda Butun olam tortishish qonuni Astronomiya fanining fundamental qonunlaridan hisoblaniladi.

Bu qonunlarni bilmay turib osmon jismlarining harakati to'g'risida fikr yuritish mumkin emas.

Misol tariqasida jismlarning Yerga tushishi, mayatniklarning tebranishi, sayyoralar va sun'iy yo'ldoshlarning harakat qonuniyatlari va boshqa misollar jismlar o'rtasidagi tortishish kuchlarining mavjudligidan dalolat beradi.

Daniyalik buyuk astronom Tixo Bragening kuzatuv natijalaridan foydalanib hamda Mars sayyorasining harakatini o'rganib chiqib nemis olimi Iogann Kepler empirik ravishda sayyoralarning harakat qonunlarini topdi.



**Keplerning birinchi qonuni**

Bu qonunlar quyidagicha ta'riflanadi:

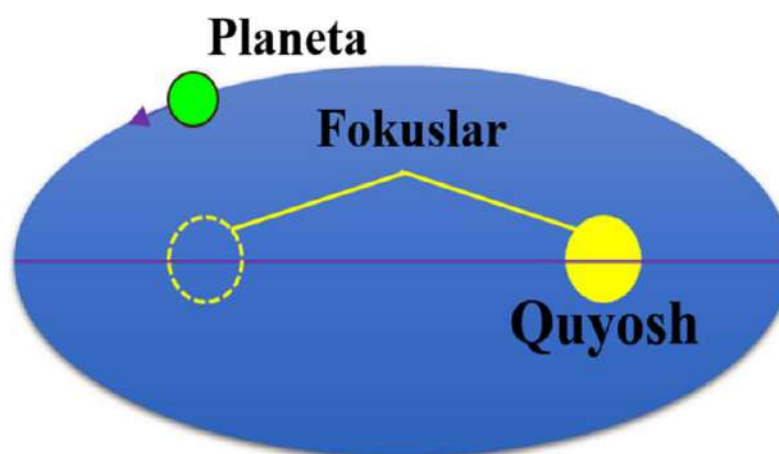
1. Barcha sayyoralar Quyosh atrofida berk trayektoriya, ya'ni ellips bo'ylab harakatlanadi va ellipsning fokuslaridan birida Quyosh yotadi.

Ellips deyiluvchi yopiq, yassi, egri chiziqning xarakterli tomoni shundaki, uning ixtiyoriy nuqtalari (B, C, D) uchun ellipsning fokuslari deyiluvchi ikki nuqtasidan uzoqliklarning yig'indisi o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi, ya'ni ellipsda

$$a_1+b_1=a_2+b_2=a_3+b_3=const$$

Uzoqlik (masofa) larning bunday yig'indisi ellipsning katta o'qi deyiladi (A va P nuqtalar oralig'i). Bu yerda A nuqta Quyoshdan eng uzoq nuqta bo'lib, **Afeliy**

deb yuritiladi, P nuqta esa Quyoshga eng yaqin nuqta bo'lib, **Perigeliy** deb yuritiladi.



**Fokuslarning birida Quyosh turadi**

OP va OA nuqtalar oralig'i ellipsning katta yarim o'qi deyiladi. Sayyoralarning yarakat orbitalari ellips bo'lsa-da, aylanadan kam farq qiladi. Shuning uchun ellipsning katta yarim o'qi sayyoralar va Quyosh orasidagi masofaga teng bo'ladi.

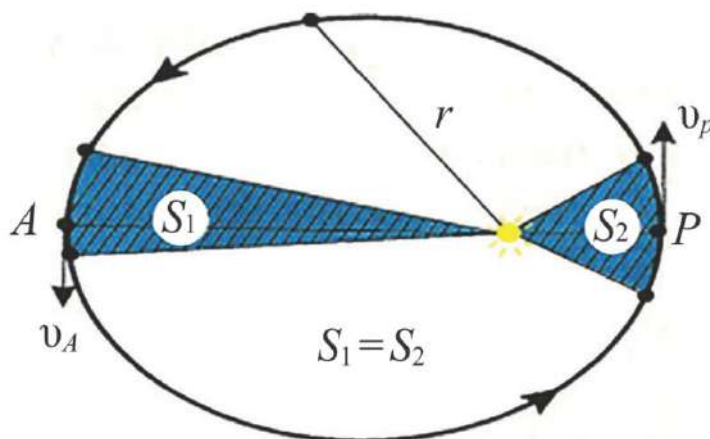
Ellipsning cho'ziqlik darajasini ifodalovchi kattalikka eksentrisitet deb aytiladi.

**Eksentrisitet deb**, ellips markazidan (O) fokusgacha (F) bo'lgan masofaning katta yarim o'qqa (OA yoki OP) nisbatiga aytiladi.

$$e = \frac{OF}{OA} \text{ yoki } e = \frac{OF}{OP}$$

Sayyoralarning harakat orbitalari aylanadan kam farq qilganliklari uchun ularning eksentrisiteti kichik qiymatlar qabul qiladi. Masalan, Yer uchun  $e=0,017$  ga, Venera uchun  $e=0,0068$  ga teng. Orbita aynan aylanadan iborat bo'lsa, u holda  $e=0$  bo'ladi. Agar  $e=1$  bo'lsa, orbita o'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi.

2. Quyoshdan sayyora o'tkazilgan radius-vektor bir xil vaqt oraliqlarida bir xil yuzalarni o'tadi.



### Keplerning ikkinchi qonuni

Chunki sayyora Quyoshdan uzoqlashganda ular orasidagi tortishish kuchining kamayishi hisobiga orbital tezligi kamayadi va sayyora kam burchakka buriladi, yaqinlashganda esa aksincha. Keplerning 2-qonuni yuzalar qonuni deb ham yuritiladi.

3. Sayyoralarning Quyosh atrofida aylanish davrlari kvadratlarning nisbati, orbita ellipsleri katta yarim o'qlarining kublari nisbati kabi bo'ladi, ya'ni

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

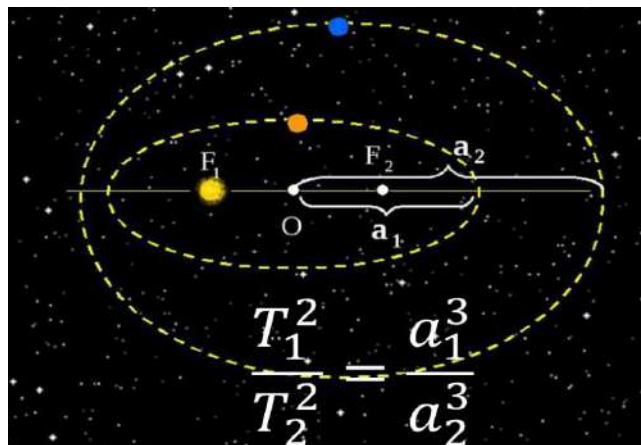
bunda  $T_1$  va  $T_2$  sayyoralarning Quyosh atrofida aylanish davrlari,  $R_1$  va  $R_2$  sayyoralarning aylana orbitalarining radiuslari yoki ellipslarning katta yarim o'qlari. Bu yerda  $T$  sutkalarda,  $R$  astronomik birliklarda ifodalaniladi.

Ellipsning katta yarim o'qi, odatda sayyoradan Quyoshgacha bo'lgan masofaga teng. Masalan, Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa 150000000 km ga teng, demak, Yerning katta yarim o'qi ham xuddi shuncha.



Uchinchi qonunni aytaylik, Merkuriy va Venera sayyoralari uchun isbotini qaraymiz:

Merkuriyning Quyosh atrofida aylanish davri 88 sutka va Quyoshdan uzoqligi 0,38 astronomik birlik;



**Keplerning uchinchi qonuni**

Veneraning Quyosh atrofida aylanish davri 225 sutka va Quyoshdan uzoqligi 0,72 astronomik birlik;

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

bundan,

$$\frac{88^2}{225^2} = \frac{0,38^3}{0,72^3}$$

yoki Yerning Quyosh atrofida aylanish davri 365,24 sutka va Quyoshdan uzoqligi 1,0 astronomik birlik;

Marsning Quyosh atrofida aylanish davri 687 sutka va Quyoshdan uzoqligi 1,52 astronomik birlik, u holda

$$\frac{365,24^2}{687^2} = \frac{1,0^3}{1,52^3}$$

Agar nisbatlarni hisoblab chiqsak, ular deyarli o'zaro teng va bu formula barcha sayyoralar uchun o'rinli bo'ladi.