

Раздзел III

Рух нябесных цел

§ 6. Геліяцэнтрычная сістэма свету Каперніка

1. Бачны рух планет. У старажытнасці простым вокам назіраліся 5 яркіх свяцілаў, якія пастаянна перамяшчаліся адносна нерухомых зорак сузор'яў. Старажытныя грэкі назвалі гэтыя свяцілы планетамі (ад грэч. $\pi\lambda\alpha\nu\eta\varsigma$ — вандроўнік) і далі ім уласныя імёны: Меркурый, Венера, Марс, Юпітэр і Сатурн.

Планеты заўсёды размяшчаюцца на небе недалёка ад экліптыкі, але ў адрозненне ад Сонца і Месяца час ад часу мяняюць напрамак свайго руху. Яны перамяшчаюцца паміж зоркамі ў асноўным з захаду на ўсход (як Сонца і Месяца), здзяйсняючы **прамы рух**. Аднак у пэўны час рух планеты запавольваецца, і яна пачынае рухацца з усходу на захад, здзяйсняючы **адваротны рух**. Затым аднаўляецца прамы рух. Зыходзячы з гэтага бачны шлях кожнай планеты на небасхіле — складаная лінія з зігзагамі і петлямі. Гэта траекторыя да таго ж змяняецца ад цыкла да цыкла, на працягу якога планета вяртаецца прыкладна на адно і тое ж месца сярод зорак (рыс. 23).



Рыс. 23. Бачны петлепадобны рух Марса.
Састаўная фатаграфія, атрыманая на працягу некалькіх месяцаў

2. Сістэма свету Пталемея. Найбольш раннія з вядомых спроб пабудовы сістэмы свету належаць старажытным грэкам — Анаксимандру, Эмпедоклу, Еўдоксу і інш.

У II ст. н. э. Клаўдзій Пталемей, выкарыстаўшы назіранні і ідэі сваіх папярэднікаў, а таксама ўласныя, распрацаваў **геацэнтрычную сістэму свету**, якая дазваляла вылічваць месцазнаходжанні планет адносна зорак на будучы час і прадказваць наступленне сонечных і месяцавых зацьменняў. Пталемей стварыў мадэль, выкарыстаўшы агульнапрынятую ў антычнасці ідэю аб тым, што свяцілы рухаюцца вакол нерухомай Зямлі, якая з'яўляецца цэнтрам сусвету і мае шарападобную форму.

Для тлумачэння складанага петлепадобнага руху планет Пталемей увёў камбінацыю двух раўнамерных кругавых рухаў: рух самой планеты па малой акружнасці (эпіцыкл) і абарачэнне цэнтра гэтай акружнасці вакол Зямлі (дэферэнт). Пры камбінацыі двух кругавых рухаў атрымлівалася эпіцыклоіда, па якой рухалася планета *P* (рыс. 24).

З назапашваннем назіранняў руху планет тэорыя Пталемея ўсё больш ускладнялася (уводзіліся дадатковыя кругі з рознымі радыусамі, нахіламі, скарасцямі і г. д.), што ў хуткім часе зрабіла яе занадта грувасткай і нязручнай.

3. Сістэма свету Каперніка. У XVI ст. польскі вучоны Мікалай Капернік адкінуў дагматычнае ўяўленне аб нерухомасці Зямлі і паставіў яе ў шэраг радавых планет. Капернік паказаў, што Зямля займае трэцяе месца ад Сонца і гэтак жа, як і іншыя планеты, рухаецца ў прасторы вакол Сонца і адначасова паварочваецца вакол сваёй восі. **Геліяцэнтрычная сістэма свету** Каперніка вельмі проста тлумачыла петлепадобны рух планет. На рысунку 25 (гл. с. 38) паказаны рух Марса на нябеснай сферы, які назіраецца з Зямлі. Аднолькавымі лічбамі пазначаны месцазнаходжанні Марса, Зямлі і пунктаў траекторыі Марса на небасхіле ў адны і тыя ж моманты часу.

Геацэнтрычная сістэма Пталемея не дазваляла вымяраць адлегласці да планет. Геліяцэнтрычная сістэма Каперніка ўпершыню дала магчымасць вылічыць прапорцыі Сонечнай сістэмы пры выкарыстанні радыуса зямной арбіты як астранамічнай адзінкі даўжыні.

Галоўная навуковая праца Каперніка «Аб абарачэннях нябесных сфер», на напісанне шасці кніг якой пайшло больш за 20 гадоў, была апублікавана

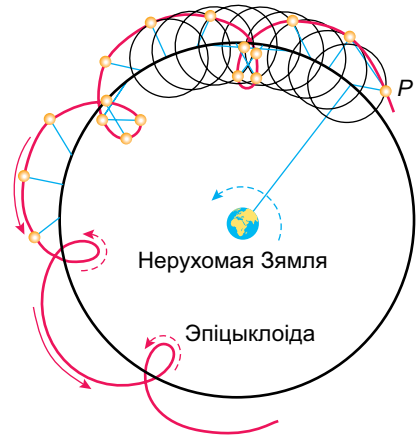
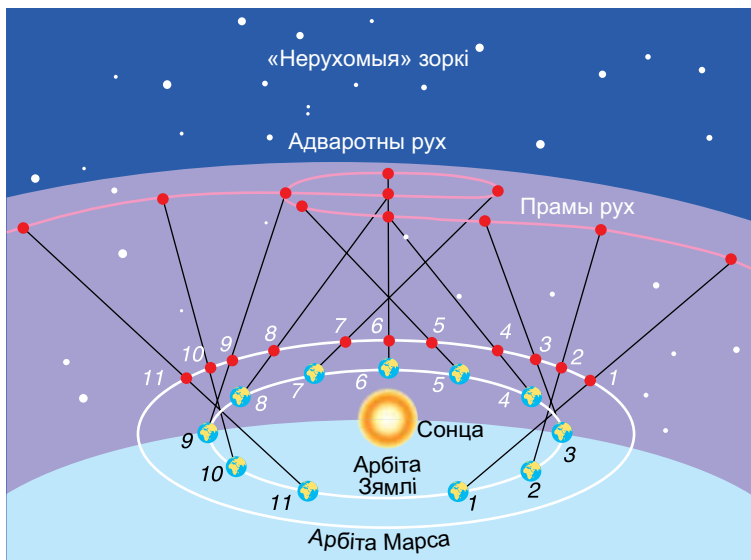


Рис. 24. Траектория планеты по воле теории Птолемея



Рыс. 25. Тлумачэнне петлепадобнага руху планет паводле вучэння Каперніка

ў 1543 г., незадоўга да смерці вучонага. Рэвалюцыйнасць працы Каперніка ў тым, што ў ёй новы погляд на будову Сонечнай сістэмы непарыўна звязаны з пытаннем аб месцазнаходжанні Зямлі ў Сусвеце. Прастата і стройнасць сістэмы будовы свету, выкладзенай Капернікам, хутка набыла прыхільнікаў. Вучэнне Каперніка з цягам часу вызваліла навуку ад састарэлых і схаластычных традыцый, якія тармазілі яе развіццё. Аднак сам вялікі астраном заставаўся ў палоне некаторых прадурэтых поглядаў. Напрыклад, Капернік не змог адмовіцца ад думкі, што планеты рухаюцца раўнамерна па кругавых арбітах. Таму яго мадэль Сусвету таксама мела мноства сфер — эпіцыклаў і дэферэнтаў.

Вялікі італьянскі вучоны Галілео Галілей пацвердзіў вучэнне Каперніка сваімі адкрыццямі, зробленымі з дапамогай тэлескопа.

Іаган Кеплер развіў вучэнне Каперніка, адкрыўшы законы руху планет і даказаўшы на аснове фактаў, што планеты рухаюцца па эліпсах і нераўнамерна.

Ісаак Ньютан у 1687 г. апублікаваў адкрыты ім закон сусветнага прыцягнення, які дазволіў выразіць тэорыю руху планет у выглядзе формул і назаўсёды адмовіцца ад грувацкіх геаметрычных пабудов.

4. Канфігурацыі і ўмовы бачнасці планет. Пад канфігурацыямі планет разумеюць характэрныя ўзаемныя размяшчэнні Сонца, Зямлі і іншых планет. Канфігурацыі адрозніваюцца для **ніжніх** планет (арбіты якіх знаходзяцца бліжэй да Сонца, чым арбіта Зямлі) і **верхніх** планет (арбіты якіх знаходзяцца за арбітай Зямлі).

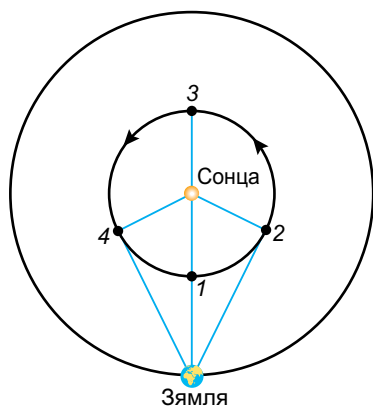
Для ніжніх планет адрозніваюць **злучэнні** і **элангацыі** (бачная вуглавая адлегласць ад планеты да Сонца) (рыс. 26).

У ніжнім злучэнні планета знаходзіцца найбліжэй да Зямлі, а ў верхнім — найдалей ад яе. Пры элангацыях вугал паміж напрамкамі з Зямлі на Сонца і на ніжнюю планету не перавышае пэўнай велічыні і застаецца вострым. З-за эліптычнасці планетных арбіт найбольшыя элангацыі не маюць пастаяннага значэння. У Венеры яны знаходзяцца ў межах ад 45° да 48° , а ў Меркурыя — ад 18° да 28° . Абедзве планеты не адыходзяць далёка ад Сонца і таму ноччу не бачныя. Працягласць іх ранішняй ці вячэрняй бачнасці не перавышае чатырох гадзін для Венеры і паўтары гадзіны для Меркурыя. Меркурый часам зусім не бачны, паколькі ўзыходзіць і заходзіць у светлую частку сутак.

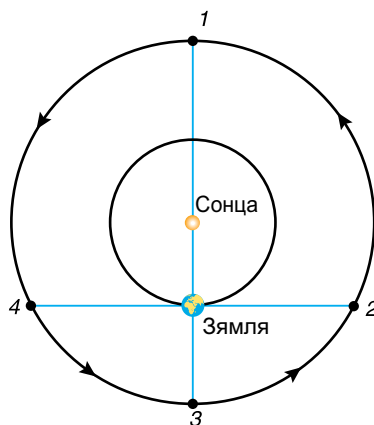
Адрозніваюць усходнюю і заходнюю элангацыі. Ва ўсходняй элангацыі планета назіраецца ўвечары пасля захаду Сонца, а ў заходняй — раніцай перад усходам Сонца.

Для верхніх планет (рыс. 27) характэрны іншыя канфігурацыі.

Калі Зямля знаходзіцца паміж планетай і Сонцам, то такая канфігурацыя называецца **процістаяннем**. Гэта канфігурацыя найбольш спрыяльная для назіранняў планеты, паколькі ў гэты час планета знаходзіцца найбліжэй да Зямлі, павернута да яе сваім асветленым паўшар'ем, размяшчаецца на небе ў процілеглым Сонцу месцы і бывае ў верхняй кульмінацыі каля поўначы. У **злучэнні** планета найбольш адалена ад Зямлі і не назіраецца, паколькі губляецца ў праменях Сонца.



Рыс. 26. Схема канфігурацый ніжніх планет:
1 — ніжняе злучэнне; 2 — найбольшая заходняя элангацыя; 3 — верхняе злучэнне; 4 — найбольшая ўсходняя элангацыя



Рыс. 27. Схема канфігурацый верхніх планет: 1 — злучэнне; 2 — заходняя квадратура; 3 — процістаянне; 4 — ўсходняя квадратура

Калі вугал паміж напрамкамі з Зямлі на верхнюю планету і на Сонца роўны 90° , то гавораць, што планета знаходзіцца ў **квадратуры**. Адрозніваюць заходнюю і ўсходнюю квадратуры. У канфігурацыі заходняй квадратуры планета ўзыходзіць каля поўначы, а ва ўсходняй — заходзіць каля поўначы. Моменты канфігурацый планет і ўмовы іх бачнасці штогод друкуюцца ў астранамічных даведніках і календарых.

5. Сідэрычныя і сінадычныя перыяды абарачэння планет. Прамежак часу, на працягу якога планета выконвае поўны абарот вакол Сонца па арбіце адносна зорак, называецца **зорным** або **сідэрычным** (ад лац. *sidus* — зорка) **перыядам абарачэння планеты**.

Прамежак часу паміж двюма паслядоўнымі аднайменнымі канфігурацыямі планет называецца **сінадычным** (ад грэч. *συνωδος* — злучэнне, збліжэнне) **перыядам абарачэння планеты**. Ён адрозніваецца ад зорнага перыяду.

Устанавім узаемасувязь сінадычнага і сідэрычнага перыядаў абарачэння планет.

Няхай T — сідэрычны перыяд абарачэння планеты, а T_0 — сідэрычны перыяд абарачэння Зямлі; S — сінадычны перыяд абарачэння планеты. Сярэдняе значэнне дугі, якую праходзіць планета за адны суткі, называецца сярэднім рухам (n) і роўна $n = \frac{360^\circ}{T}$, а сярэдні рух Зямлі — $n_0 = \frac{360^\circ}{T_0}$. У ніжніх планет $T < T_0$ і $n > n_0$. Аднайменныя злучэнні такіх планет (напрыклад, ніжнія злучэнні на рысунку 28) адбываюцца праз сінадычны перыяд абарачэння S , за які Зямля праходзіць дугу:

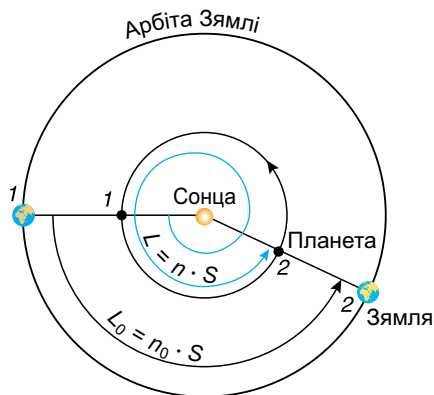
$$L_0 = n_0 \cdot S = \frac{360^\circ}{T_0} \cdot S, \quad (1)$$

а планета, якая забягае наперад, выконвае адзін абарот вакол Сонца і даганяе Зямлю, пры гэтым праходзіць вуглавую шляху $L = 360^\circ + L_0$, роўны

$$L = n \cdot S = \frac{360^\circ}{T} \cdot S. \quad (2)$$

Падставіўшы ў роўнасць $360^\circ = L - L_0$ значэнні L і L_0 , атрымаем ураўненне сінадычнага руху для ніжніх планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}. \quad (3)$$



Рыс. 28. Сінадычны перыяд паслядоўных ніжніх злучэнняў (1 і 2) ніжняй планеты

Для верхніх планет ураўненне сінадычнага руху атрымае выгляд

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}, \quad (4)$$

паколькі $T > T_0$ і $n < n_0$.

Ураўненні (3) і (4) даюць сярэднія значэнні сінадычных перыядаў абарачэння планет. З дапамогай гэтых ураўненняў па назіраемым сінадычным перыядзе абарачэння планеты лёгка вылічыць сідэрычны перыяд яе абарачэння вакол Сонца.



Галоўныя вывады

1. Геліяцэнтрычная сістэма свету — мадэль Сонечнай сістэмы, паводле якой Зямля, як і іншыя планеты, абарачаецца вакол Сонца і, акрамя таго, верціцца вакол сваёй восі.
2. Характэрныя ўзаемныя размяшчэнні планет адносна Сонца і Зямлі на нябеснай сферы называюцца канфігурацыямі планет.
3. Адносна Зямлі Меркурый і Венера — ніжнія планеты, астатнія — верхнія. Найбольш зручна назіраць ніжнія планеты паблізу ад элангацый, а верхнія — паблізу ад процістаянняў.



Кантрольныя пытанні і заданні

1. Чым адрозніваюцца прамы і адваротны рухі планет?
2. Як паводле геліяцэнтрычнай сістэмы свету тлумачыцца петлепадобны рух планет?
3. Што разумеюць пад канфігурацыямі планет? Апішыце іх.
4. Дайце азначэнні сінадычнага і сідэрычнага перыядаў абарачэння планеты. У чым іх адрозненне?
5. Зорны перыяд абарачэння Юпітэра роўны 12 гадам. Праз які прамежак часу паўтараюцца яго процістаянні?
6. Якой павінна быць працягласць сінадычнага і сідэрычнага перыядаў абарачэння планеты ў выпадку іх аднолькавай працягласці?