



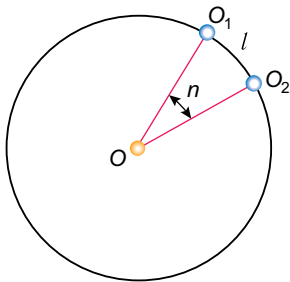
Кантрольныя пытанні і заданні

1. Якія задачы рашае нябесная механіка?
2. Сфармулюйце закон сусветнага прыцягнення. Якія асаблівасці выкарыстання гэтага закону для правядзення разлікаў?
3. Як разумеюць у астраноміі «задачу двух цел»? «Задачу трох цел»?
4. Як Ньютан абагульніў законы Кеплера?
5. Вызначце масу планеты Уран (у масах Зямлі), калі вядома, што спадарожнік Урана Тытанія абарочваецца вакол яго з перыядам 8,7 сут на сярэдняй адлегласці 438 тыс. км. Для Месяца гэтыя велічыні роўны адпаведна 27,3 сут і 384 тыс. км.
6. Вызначце сярэдняю шчыльнасць Сонца, калі перыяд абарачэння Зямлі вакол Сонца прыняць роўным 365 сут. Пры разліках прыняць радыус зямной арбіты роўным 150 млн км, а радыус Сонца — 700 тыс. км.
7. Вызначце паскарэнне сілы цяжару на паверхні Марса, калі вядома, што маса Марса роўна $6,4 \cdot 10^{23}$ кг, а яго радыус роўны 3396 км.
8. У колькі разоў менш будзе важыць чалавек на Марсе, чым на Зямлі, калі маса Марса роўна $6,4 \cdot 10^{23}$ кг, а яго радыус роўны 3396 км?

§ 10. Вызначэнне памераў нябесных цел і адлегласцей да іх у Сонечнай сістэме

1. Вызначэнне памераў Зямлі. Першы вядомы навуцы метадад вызначэння памераў Зямлі выкарыстаў грэчаскі вучоны Эратасфен. Ён выбраў два гарады, што ляжаць на адным і тым жа геаграфічным мерыдыяне зямнога шара — Александрыю (O_1) і Сіену (O_2) (рыс. 41). На рысунку бачна, што калі абазначыць даўжыню дугі мерыдыяна O_1O_2 праз l , а яе вуглавое значэнне праз n (у градусах), то даўжыня дугі 1° мерыдыяна l_0 будзе роўна:

$$l_0 = \frac{l}{n},$$



а даўжыня ўсёй акружнасці мерыдыяна:

$$L = 360^\circ \cdot l_0 = \frac{360^\circ \cdot l}{n} = 2\pi R,$$

дзе R — радыус зямнога шара. Адсюль

$$R = \frac{180^\circ \cdot l}{\pi n}.$$

Рыс. 41. Вылічэнне радыуса Зямлі

Даўжыня дугі мерыдыяна паміж выбранымі на зямной паверхні пунктамі O_1 і O_2 у градусах роўна рознасці геаграфічных шырот гэтых пунктаў, г. зн. $n = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$.

Даўжыня дугі l — адлегласць паміж Александрыяй і Сіенай — была добра вядомая. Вугал n Эратасфен вымераў, выкарыстаўшы тую акалічнасць, што Сіена ляжыць на тропіку Рака і ў дзень летняга сонцастання Сонца апоўдні тут назіраецца ў зеніце. А ў Александрыі Сонца да зеніту не даходзіць і шост, укапаны перпендыкулярна ў зямлю, кідае цень. Вымераўшы даўжыню гэтага ценю, Эратасфен атрымаў значэнне $n = 7,2^\circ$ і даўжыню акружнасці L прыкладна 45 тыс. км (сучаснае значэнне 40 тыс. км).

Сучасная геадэзія мае дакладныя метады для вымярэння адлегласцей на зямной паверхні. Вызначэнне адлегласці l паміж пунктамі O_1 і O_2 (гл. рыс. 41) абцяжарваецца наяўнасцю натуральных перашкод (гор, рэк, лясоў і да т. п.). Таму даўжыня дугі l вызначаецца шляхам вылічэнняў, якія патрабуюць вымярэння толькі адносна невялікай адлегласці — **базіса** (O_1A) — і шэрага вуглоў (рыс. 42). Гэты метад распрацаваны ў геадэзіі і называецца **трыянгуляцый** (ад лац. *triangulum* — трохвугольнік).

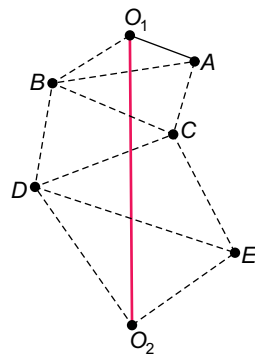
Сутнасць яго заключаецца ў наступным. З абодвух бакоў ад дугі O_1O_2 , даўжыню якой неабходна вызначыць, выбіраецца некалькі пунктаў (A, B, C, \dots) на ўзаемных адлегласцях да 50 км з такім разлікам, каб з кожнага з іх былі бачны не менш за два іншыя пункты.

Даўжыню базіса старанна вымяраюць спецыяльнымі мернымі стужкамі. Вымераныя вуглы ў трохвугольніках і даўжыня базіса дазваляюць па трыганаметрычных формулах вылічыць стораны трохвугольнікаў, а па іх — даўжыню дугі O_1O_2 з улікам яе крывізны.

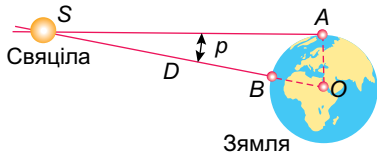
У Расіі з 1816 па 1855 г. пад кіраўніцтвам В. Я. Струвэ была вымерана дуга мерыдыяна даўжынёй 2800 км. У 30-я гг. XX ст. высокадакладныя градусныя вымярэнні былі праведзены ў СССР пад кіраўніцтвам Ф. М. Красоўскага.

Трыянгуляцыйныя вымярэнні паказалі, што даўжыня дугі 1° мерыдыяна неаднолькавая на розных шыротах: каля экватара яна роўна 110,6 км, а каля полюсаў — 111,7 км, г. зн. павялічваецца да полюсаў.

Сапраўдная форма Зямлі не можа быць прадстаўлена ніякім з вядомых геаметрычных цел. Таму ў геадэзіі і гравіметрыі форму Зямлі лічаць **геоідам**, г. зн. цэлам з паверхняй, блізкай да паверхні спакойнага акіяна і прадоўжанай пад мацерыкамі.



Рыс. 42. Метад трыянгуляцый



Рыс. 43. Гарызантальны паралакс свяціла

У наш час створаны трыягуляцыйныя сеткі са складанай радыёлакацыйнай апаратурай, устаноўленай на наземных пунктах, і з адбівальнікамі на геадэзічных штучных спадарожніках Зямлі, што дазваляе дакладна вылічваць адлегласці паміж пунктамі. Значны ўклад у развіццё касмічнай геадэзіі зрабіў ураджэнец Беларусі — вядомы геадэзіст, гідрограф і астраном

І. Д. Жангаловіч. На аснове вывучэння дынамікі руху штучных спадарожнікаў Зямлі ён удакладніў сцісканне нашай планеты і несіметрычнасць Паўночнага і Паўднёвага паўшар'яў.

2. Вызначэнне адлегласцей метадам гарызантальнага паралакса.

Уяўнае зрушэнне свяціла, абумоўленае перамяшчэннем назіральніка, называецца **паралактычным зрушэннем** або **паралаксам** свяціла. Паралактычныя зрушэнні свяціла тым большыя, чым яно бліжэй да назіральніка і чым большае перамяшчэнне назіральніка.

Вызначэнне адлегласцей да цел Сонечнай сістэмы грунтуецца на вымярэнні іх гарызантальных паралаксаў. Вугал p , пад якім са свяціла бачны радыус Зямлі, перпендыкулярны да праменя зроку, называецца **гарызантальным паралаксам** (рыс. 43). Чым большае адлегласць да свяціла, тым меншы вугал p .

Ведаючы гарызантальны паралакс свяціла, можна вызначыць яго адлегласць $D = SO$ да цэнтра Зямлі. Адлегласць да свяціла $D = \frac{R_{\oplus}}{\sin p}$, дзе R_{\oplus} — радыус Зямлі. Калі прыняць R_{\oplus} за адзінку, можна выразіць адлегласць да свяціла ў зямных радыусах.

Напрыклад, паралакс Сонца $p_{\odot} = 8,794''$. Паралаксу Сонца адпавядае сярэдняя адлегласць ад Зямлі да Сонца, прыкладна роўная 149,6 млн км. Гэта адлегласць прымаецца за адну **астранамічную адзінку** (1 а. адз.). У астранамічных адзінках зручна вымяраць адлегласці паміж цэламі Сонечнай сістэмы.

Пры малых вуглах $\sin p \approx p$, калі вугал p выражаны ў радыянах. Калі вугал p выражаны ў секундах дугі, то ўводзіцца множнік

$$\sin 1'' = \frac{1}{206\,265},$$

дзе 206 265 — колькасць секунд у адным радыяне. Тады

$$\sin p'' = p'' \sin 1'' = \frac{p''}{206\,265} \quad \text{і} \quad D = \frac{206\,265''}{p''} R_{\oplus}.$$

Гэта формула значна спрашчае вылічэнне адлегласці D да свяціла па вядомым паралаксе.

3. Радыелакацыйны метад. Для вызначэння адлегласцей да цел Сонечнай сістэмы выкарыстоўваюцца найбольш дакладныя метады вымярэнняў — **радыёлакацыйныя вымярэнні**. Калі вымераць час t , неабходны для таго, каб радыёлакацыйны імпульс дасягнуў нябеснага цела, адбіўся і вярнуўся на Зямлю, то адлегласць D да гэтага цела можна вылічыць па формуле

$$D = c \frac{t}{2},$$

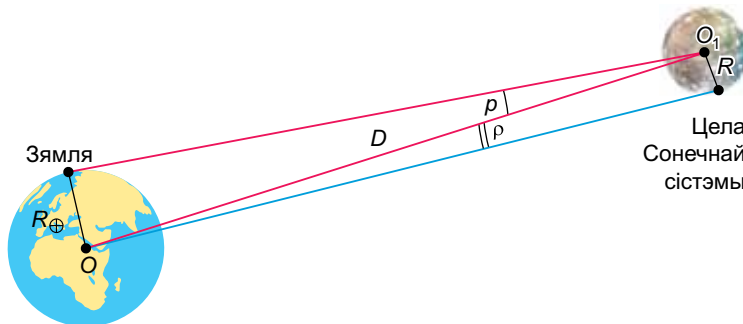
дзе c — скорасць святла, роўная прыкладна $3 \cdot 10^8$ м/с.

З дапамогай радыёлакацыі вызначаны найбольш дакладныя значэнні адлегласцей да цел Сонечнай сістэмы, удакладнены адлегласці паміж мацерыкамі Зямлі, больш дакладна вызначана велічыня астранамічнай адзінкі (1 а. адз. = 149 597 870,7 км).

Метады **лазернай лакацыі** (якія выкарыстоўваюць, напрыклад, спецыяльныя адбівальнікі, дастаўленыя на Месяц) дазволілі вымераць адлегласць ад Зямлі да Месяца з дакладнасцю да некалькіх сантыметраў.

4. Вызначэнне памераў цел Сонечнай сістэмы. Пры назіраннях нябесных цел Сонечнай сістэмы можна вымераць вугал, пад якім яны бачны назіральніку з Зямлі. Калі ведаць **вуглавы радыус свяціла** ρ (рыс. 44) і адлегласць D да свяціла, то можна вылічыць лінейны радыус R гэтага свяціла па формуле

$$R = D \cdot \sin \rho.$$



Рыс. 44. Вызначэнне лінейных памераў цел Сонечнай сістэмы

Паводле азначэння гарызантальнага паралакса, радыус Зямлі R_{\oplus} бачны са свяціла пад вуглом p , тады атрымаем:

$$R = \frac{\sin p}{\sin p''} R_{\oplus}.$$

Паколькі значэнні вуглоў p і p'' малыя, канчаткова маем:

$$R = \frac{p''}{p''} R_{\oplus}.$$

Вызначэнне памераў нябесных цел такім спосабам магчыма толькі тады, калі бачны іх дыскі.

! Галоўныя вывады

1. У аснову метадаў вызначэння памераў Зямлі пакладзены градусныя вымярэнні (трыягнуляцыя) даўжынь дуг на яе паверхні.
2. Вызначэнне адлегласцей да цел Сонечнай сістэмы грунтуецца на вымярэнні малых вуглоў (паралаксаў). У наш час для гэтых мэт выкарыстоўваюць метады лазернай лакацыі і радыёлакацыі.
3. Адлегласці паміж цэламі Сонечнай сістэмы вымяраюцца ў астранамічных адзінках (1 а. адз. роўна прыкладна 149,6 млн км).
4. Вызначэнне памераў цел Сонечнай сістэмы грунтуецца на вымярэннях вуглавых радыусаў і адлегласцей да іх.

? Кантрольныя пытанні і заданні

1. Якім чынам грэчаскі вучоны Эратасфен вызначыў памеры Зямлі?
2. Як вызначаюць даўжыню дугі мерыдыяна трыягнуляцыйным метадам?
3. Што разумеюць пад гарызантальным паралаксам?
4. Як вызначыць адлегласць да свяціла, ведаючы яго гарызантальны паралакс?
5. Што такое астранамічная адзінка?
6. У чым сутнасць радыёлакацыйнага метаду вызначэння адлегласцей да нябесных цел?
7. На якой адлегласці ад Зямлі знаходзіцца нябеснае цела, калі яго гарызантальны паралакс роўны $1'$?
8. Вызначце лінейны радыус Месяца, калі падчас назіранняў стала вядома, што яго гарызантальны паралакс у гэты час роўны $57'$, а вуглавы радыус — $15,5'$. Радыус Зямлі прыняць роўным 6400 км.
9. Ацаніце адлегласць ад Сонца да Меркурыя, калі яго найбольшая элангацыя роўна 28° .
10. Вызначце дыяметр Меркурыя, калі пры праходжанні па дыску Сонца яго вуглавы дыяметр аказаўся $11,0''$, а гарызантальны паралакс у гэты момант роўны $14,3''$.