

Y.A.I. PERELMAN

QIZIQARLI ASTRONOMIYA

RUSCHA 8-NASHRIDAN TARJIMA

**«MERIYUS»
Toshkent – 2009**

Tarjimon
Bahodir Komilov
fizika-matematika fanlari nomzodi

YA.I.Perelmanning bu kitobida kitobxon astronomiyaning ayrim masalalari, uning ajoyib ilmiy muvaffaqiyatlari bilan yulduzlar osmonida bo‘ladigan eng muhim hodisalar to‘g‘risida qiziqarli ma‘lumotlar bilan tanishadi. Muallif turmushda uchraydigan va odatiy bo‘lib qolgandek ko‘ringan ko‘p hodisalarning mutlaqo yangi va kutilmagan tomonlarini ko‘rsatib beradi hamda bu hodisalarning haqiqiy mohiyatini ochib beradi.

Kitobdan ko‘zlangan maqsad—kitobxon oldida olam fazosining va unda bo‘ladigan ajoyib hodisalarning keng manzarasini ochib berish hamda eng qiziq fanlardan biri—yulduzli osmon to‘g‘risidagi fanga qiziqish uyg‘otishdir.

YA.I.Perelman 1942 -yilda Leningrad blokadasi vaqtida vafot etdi va bu kitobning davomini yozish niyatini bajarishga muyassar bo‘la olmadi.

ISBN 978-9943-360-66-2

© B. Komilov, 2009- y.
© «MERIYUS» XMNK, 2009- y.

FAN ASOSLARIDAN JOZIBA QIDIRIB...

Adabiyotda bilimlami ilmiy ommalashtirishning alohida – qiziqarli va jozibali shakllarda bayon qilish janrini shakllantirish, taniqli olim Ya.I. Perlmanning nomi bilan bog'liq.

Dunyo bo'ylab, fizika, astronomiya, matematika va boshqa fan asoslarining ilmiy-ommabop shaklda millionlab tirajda nashr qildirishga va yuzdan ortiq shunday asarlarni yozishga ulgurib, minglab yoshlarga turli fanlarning asoslari bo'yicha bilimlarni o'rganishga keng yo'l ochgan mashhur Yakov Isidorovich Perelman, bunday katta savob ishlari bilan dunyoga tanilgan.

Ya.I. Perelman 1882- yilning 22- noyabrida Grodansk gubernasining Belistik shaharchasida, shahar to'qimachilik fabrikasining oddiy hisobchisi Isidor Perelmanning kambag'al oilasida ikkinchi o'g'il bo'lib dunyoga keldi. Belostok shaharchasi 1302- yilda litvalik knyaz Gediman tomonidan asos solingan bo'lib, XIX asrda yirik to'qimachilik sanoati markazi bo'lgan. Kutilmaganda 1883- yili Yakovning otasi olamdan o'tgach, bu oilaning ahvoli yanada og'lrlashdi. Oilaning moddiy ahvolini biroz bo'lsa-da, yaxshilash uchun uning boshlang'ich sinf o'qituvchisi bo'lib ishlayotgan onasi, individual o'qitish uchun o'quvchilarni yollashga majbur bo'ladi. Bunday murakkab sharoitga qaramay, u o'g'illari Osip va Yakovlarni yoshlikdan yaxshi bilim olishlarining g'amida bo'ldi. Ularni mehnatga, tabiiy fanlar va chet tillarini

o'rgatishga bor kuchini sarfladi. Maktabda Yakovning eng yaxshi ko'rgan fani fizika va matematika edi. O'rta maz...tni a'llo baholarga yakunlagach, u yuborgan hujjatlari asosida hech qanaqa sinovlarsiz Peterburg O'rmonchilik institutiga o'qishga qabul qilindi.

Institutning ko'psonli o'qituvchilarini orasida Yakov ayniqsa fizika o'qituvchisi D.A. Lachinov hamda oliy matematika va mexanika o'qituvchisi A.S. Dombgorovlarning «etagidan qattiq tutdi». Talantli bu o'qituvchilar izidan borib, bu fanlarni chuqur o'zlashtirish, Ya.I. Perelmanning taqdirini ham belgilashda muhim rol o'ynadi. U barcha uchun murakkab hisoblangan fizika, matematika, astronomiya, kosmonavtika va shu kabi fanlarni tushunarli – ommabop tilda bayon qilaoladigan mashhur «tarjimonga» aylandi. Uning asarlari sobiq Ittifoqda bir necha tillarda 400 martadan ortiq nashrdan chiqarilib, umumiy tiraji 13 million nusxadan ortiq miqdorni tashkil etadi.

Ya. Perelman ijodiy faoliyat metodining eng muhim xususiyati, o'quvchini mavzuga qiziqtira olish, biror narsa haqida bayon qilinayotganda, so'zning indallosidanoq uning e'tiborini jalb qilaolish uquvi va qobiliyatiga ega bo'lganligi bilan tushuntiriladi. U o'zining «qiziqarli fan degani – bu o'zi nima?» degan maqolasida, qiziqish va hayratlanish haqida shunday yozadi: «Biz borliq va undagi jarayonlarga qiziqishdan ancha erta to'xtaymiz, shu bois bizning vujudimizga bevosita ta'sir etmaydigan narsalarga qiziqish uyg'otadigan qobiliyatimizdan tezroq benasib bo'lamiz. Xususan, yerdagi suv va osmondagi Oy ko'zimizga tez-tez tushib turmaganda edi, shubhasiz biz, suv tabiatning eng noyob, hayratga soladigan moddasi, Oy esa, osmonning eng g'aroyib

hodisisi ekanligiga tezda ko'nikib qolmagan bo'lar edik».

Raketa-kosmik texnikaga bag'ishlangan buyuk ishlari bilan dunyoga tanilgan buyuk konstruktor-olim S.P. Korolyov Yakov Isidorovichga yo'llagan xatlarining birida shunday yozadi: «Raketa sohasini, uning ishlash va rivojlanishini targ'ib qiluvchi mavjud adabiyotlar qatorida Siz yozgan ajoyib asarlarni ham ko'rish juda maroqli bo'lardi. Agar bunga erishilsa, unda Sayyoramiz Yerni tashlab koinotga yo'l olgan birinchi kosmik kemani ko'rish va uni uchirish vaqtini ham belgilash imkoniga tuyassar bo'lar edik».

Ya. Perelman bunga javoban «Oy raketa bilan», «Sayyoralararo sayohat» kitoblarini yozdi. K.E. Siolkovskiy g'oyalarini ro'yobga chiqarishda, Ya.I. Perelmanning 1913-yildan boshlab, Konstantin Eduardovich bilan xat orqali muloqatda bo'lishi muhim rol o'ynadi. 1936-yilning boshlarida Yakov Isidorovich Sankt-Peterburgda tashkil etilgan LenGIRD (Leningradskaya gruppa izucheniya raketenogo dvijeniya)da kosmik g'oyalarni targ'ib qilish bo'limini boshqardi.

1935-yildan sobiq Leningradda «Qiziqarli ilmlar uyi» tashkil etilib, unda Ya. Perelmanning o'nlab kitoblari ko'rgazma zalidan o'rinni oldi. Bunday antiqa muzey zallariga yuz minglab odam tashrif buyurdi. Bular ichida o'sha paytda maktab o'quvchilari sifatida ko'rrikda qatnashgan uchuvchi-kosmonavtlardan G. Grechko, K.P. Feodorov va B.B. Yegorovlar bo'lib, keyinchalik ular kosmonavt bo'lishlarida Ya. Perelmanning «Sayyoralararo sayohat» nomli qiziqarli kitobi qanday muhim rol o'ynaganini maroq bilan so'zlab bergenlar.

Taniqli konstruktor akademik V.P. Glushko «Mening kosmik uchishlarga bo'lgan qiziqishlarimda to'g'ri yo'l

ko‘rsatishda uning (Ya. Perelmanning – M.M.) asarlari juda muhim rol o‘ynagan», – deb tan oladi.

O‘ning taniqli ilmiy-ommabop targ‘ibotchi sifatida shakllanishida mashhur fransuz astronomi Kamil Flammarionning «Ommabop astronomiya», G. Kleyning «Cheksizlik to‘lqinlari bo‘ylab», «Astronomik kechalar», A. Gumbolting «Kosmos», mashhur italyalik olim Djovanni Skiaparellining uchar yulduzlar haqida yozgan asarlari katta rol o‘ynagan.

Yosh Ya. Perelman ilmiy-ommabop asar yozish bo‘yicha o‘z kuchini 17 yoshida, ya’ni 1899- yili o‘zi tug‘ilib o‘sgan Belostok shaharchasining real o‘quv yurtida o‘qiyotgan paytida yozgan «Kutilayotgan olov yomg‘iri to‘qrisida» degan maqolasi bilan boshlagan. Bu maqolada, 1886- yili ochilgan «Kometa-1» davriy kometasiga 1899- yilning kuzida (1- noyabrida) sayyoramiz Yerning yaqinlashishi tufayli kutilayotgan meteor «yomg‘iri» bilan bog‘liq bo‘lib, u «Grodnenskie gubernskie vedomosti» gazetasining o‘scha yili 23- sentabr sonida bosilib chiqdi.

Yakov Isidorovich o‘quv yurtini tugatgach, eslatilganidek, 1901- yilda Peterburg O‘rmonchilik institutiga o‘qishga kirdi va haftalik ommabop «Tabiat va kishilar» deb nomlangan jurnal nashriyotchisi P.P. Soykin bilan aloqa o‘rnatdi. 1904- yili u talabalik davridayoq, mazkur jurnal muharririyatida mas’ul kotib lavozimiga saylandi. Ya. Perelman tashabbusi bilan «Tabiat va kishilar» jurnalida K.E. Siolkovskiyning «Vaznsizlik» (1914- y.) va «Yerdan tashqarida» (1917- y.) maqolalari e’lon qilindi.

Shuningdek, Yakov Isidorovich, P. Soykin tomonidan chiqarilgan (1913- yildan 1917- yilga qadar)

«Hamma uchun bilimlar» jurnalida ham maqolalari bilan faol qatnashib, o‘zining 17 yillik mas’ul kotibiik faoliyatini davomida unda 500 ga yaqin ocherklari bilan ishtirok qildi. Ya. Perelman 1910- yilda, jurnalga ilova qilib, «Sarguzashtlar dunyosi» degan birinchi qiziqarli kitobini nashr qildirdi.

Bu davrda Ya.I. Perelman muloqotda bo‘lgan taniqli olimlardan boshqa biri – 20 yildan ortiq turmalarda yotgan, taniqli shoir, olim, keyinchalik sobiq Ittifoq FA faxriy a’zosi N.A. Morozov edi. Umrining oxirgi yillarda «Olam tuzilishini o‘rganuvchi ishqibozlar» jamiyatining raisi lavozimida ishlagan N. Morozovning ilmiy kotibi sifatida Ya. Perelman ilmiy-ommabop maqolalari bilan jamiyat faoliyatiga katta hissa qo‘shti.

1910- yilda Ya. Perelmanning hammamiz uchun sevimli bo‘lib qolgan «Qiziqarli fizika»sining qo‘lyozmasi tayyorlandi. P. Soykin asarni qo‘lga olib: «Nega asarni bunaqa ajablanarli nom bilan atagansiz, nima, shunaqa qat’iy, aniq fizika fani qiziqarli bo‘larmishmi? O‘ylab ko‘ring, Yakov Isidorovich, yana boshimiz gimnaziya o‘qituvchilaridangina emas, balki Maorif vazirligidan ham baloga qolib o‘tirmasin», – deb e’tiroz bildirdi. Biroq, ancha vaqt o‘tgach 1912- yilda, fizik olimlar, o‘qituvchilar bilan bo‘lgan munozarali suhbatlardan so‘ng P. Soykin Ya. Perelmanni chaqirib: «Men asar bilan yaxshilab tanishib chiqdim, mutaxassislarning fikrini bildim, aftidan asar o‘quvchilar uchun ma’qul bo‘ladigan ko‘rinadi. Men uni bosish uchun Siz bilan shartnomaga tuzishga ahd qildim», – deydi.

1913- yili «Qiziqarli fizika» bosilib chiqqanida, uniga birinchilardan bo‘lib, Peterburg universitetining

mashhur, fiziklar dunyosida barchaga tanish professori O.D. Xvolson taqriz tayyorladi. Orest Danilovich o‘z taqriziga: «U haqiqatan qiziqarli asar, u oddiy o‘quvchi uchungina emas, balki mutaxassis fizik uchun ham juda qiziqarli yozilgan. Unda fizikadan juda keng va uning turli sohasiga oid har xil materiallar yig‘ilgan bo‘lib, bayon etilishi ham tiniq va aniq», – no takidlaydi. Bundan tashqari, O. Xvolson taqrizning o‘zi bilan cheklanmay, Yakov Isidorovich bilan uchrashish istagini ham bildiradi va uni uyiga taklif etadi.

O. Xvolson Ya. Perelman bilan uchrashgach, unga: «Men kitobingizni sinchiklab o‘qib chiqdim, u menda katta qoniqish hosil qildi. Men universitetning eng uzoq ishlayotgan xodimlaridanman, biroq men o‘z ma’ruzalarim paytida fikrimni bu qadar qiziqarli qilib bayon qilish mumkinligini tasavvur qilaolmaganimni tan olaman», – deydi. Shuningdek birozdan keyin u biroz tortinib: «Men yana ko‘p fiziklarni yaxshi bilaman, biroq Sizning ismi-sharifingizni hech uchratmagan ekanman, malol kelmasa o‘zingizni tanishtirsangiz», – deganda, Yakov Isidorovich xijolat tortib: «Men birinchi razryadli o‘rmonshunos olimman», deyaolgan. Shunda Xvolson: «A, unda Siz fizika kursini rahmatli fizigimiz Dmitriy Aleksandrovich Lachinovdan eshitgan ekansizda? – deb so‘rab qoldi. Perelman ma’qullab bosh irg‘itgach, Orest Danilovich: «Unda tushunarli, Lachinovdan ko‘p narsani o‘rgansa bo‘lardi, u fizik sifatida juda mashhur edi», – deb uni maqtagan. Universitetlar uchun ko‘p toqli fizika kursining muallifi O.D. Xvolsonning ijobiyi taqrizi, Ya. Perelman uchun katta mukofot edi. Taniqli olimning maqtovidan ilhomlangan Ya. Perelman ishga zo‘r ishtiyoq bilan kirishib ketadi va «Qiziqarli

fizika»ning to‘latilgan qo‘lyozmasini tayyorlab, 1916-yilda uni ikki qismdan iborat shaklda bosmadaa chiqaradi.

Yakov Isidorovich «Qiziqarli astronomiya»ga 1929-yilda qo‘l urdi. U asarni mashhur fransuz fizigi va astronomi Domenik Fransua Arago so‘zлari bilan boshlab: «Astronomiya baxtli fan, u bezaklarga ortiqcha ehtiyoj sezmaydi. Biroq osmon haqidagi bu fan ajoyib ixtiro-yu kashfiyotlar va nazariyalardan tashkil topgan, desak to‘g‘ri bo‘lmaydi. Uning asoslarini kundan-kunga qaytarilib turuvchi dalillar tashkil etadi... Bu fanning osmon haqidagi dastlabki (oxirgi betlariiga tegishli emas) betlari (biroq hammasi deb bo‘lmaydi) asosiy qismining mazmuni qiziqarli astronomiyadan tashkil topgan». Muallif, mazkur asarning hayratga soladigan raqamlarini solishtirish asosida ajablantiradigan ilmiy faktlarga boyitilganligi bilan o‘quvchilar uchun uning qiziqarliligini ta’minlaganligini uqtiradi.

Xususan, Yerning diametrini 1 millimetr deb olib, uni boshqa sayyoralar, Quyosh, Quyosh sistemasi va Galaktikamiz o‘lchamlari bilan solishtirganda namoyon bo‘ladigan hayratli o‘lchamlari, shuningdek, inson 100 yoshga kirganda uni yulduzlar yoxud ularning sistemalari yoshi va o‘lchamlari bilan solishtirganda, uning umri, jussasi, Koinot evolyutsiyasining davri va obyektlarining o‘lchamlari oldida nihoyatda kichik va ajablanarli chiqishi bilan o‘quvchini ajablantirishi hamda uni hayratga solishi, bunga yorqin misol tariqasida keltiriladi.

Ayrim osmon jismlarining zichligi (masalan: mitti yulduzlar, neytron yulduzlar), nurlanish quvvati (qizil gigantlar, o‘ta yangi yulduzlarning portlashi, kvazarlar va hokazo) va fizik kattaliklarning boshqa ekstremal qiymatlari, inson Yerda ko‘nikkan kattaliklar oldida juda

hayratli bo‘lishini yorqin misollarda ko‘rsatib, olim astronomiyada hayratlanadigan, ajablantiradigan monast’iar ko‘pligini, jozibali obyektlarga boyligini juda qiziqarli misollarda mohirlik bilan yoritadi.

Ya. Perelmanning «Qiziqarli astronomiya»si Siz aziz o‘quvchilarga astronomiyani o‘rganishga katta yo‘l ochishiga shubha yo‘q. Yakov Isidorovichning fan asoslarini qiziqarli qilib bayon qilishdagi mahorati, iqtidori va bilimdonligi haqida taniqli prof. O.A. Xvolsondan yaxshiroq aytish qiyin: «1923- yilda men uning «Qiziqarli fizika»siga taqriz berishdek sharafli vazifaga muyassar bo‘lganman. Bu muallifning kitobini albatta nashr qildiring, men o‘sanda kim-kimu lekin u, fizika va matematikani ipidan-ignasigacha yaxshi bilishiga ishonch hosil qilganman», — degan edi u.

M.M. Mamadazimov,
astronom, fizika-matematika fanlari nomzodi,
pedagogika fanlari doktori, professor.

KIRISH

Astronomiya—baxtli fan: fransuz olimi Arago aytgandek, u zebu-ziynatga muhtoj emas. Bu fanning muvaffaqiyatlari shuncha maroqliki, ularga odamlarning e'tiborini jalb qilishning hojati yo'q. Biroq osmon to'g'risidagi fan faqat ajoyib yangiliklar va dalil nazariyalardan iborat emas. Uning asoslari odatdagi, kun sayin takrorlanib turadigan dalillardan iboratdir. Osmonda bo'ladigan hodisalarni kuzatishga ishqiboz bo'limage odamlar ko'pincha astronomiyaning bu oddiy, nash'asi tomonini kam biladilar va unga ko'p qiziqmaydila chunki har vaqt ko'z oldida bo'lib turadigan narsalarga e'tiborni jalb qilish qiyin bo'ladi.

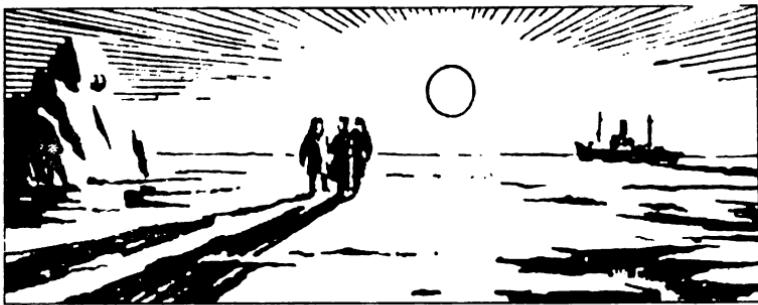
«Qiziqarli astronomiya» mazmuni bo'ylicha, asosan, osmon to'g'risidagi fanning kundalik qismi, uning oxirgi sahifalaridan emas, balki birinchi sahifalaridan iboratdir. «Qiziqarli astronomiya» kitobxonga hammadan oldin asosiy astronomik dalillarni aniq tushunib olishga yordam berishga intiladi. Bu, albatta, «Qiziqarli astronomiya» qandaydir bir boshlang'ich astronomiya darsligiga o'xshagan kitob, degan gap emas. Bunda materialning ishlanish usuli darsliklarda ishlanishdagiga qaraganda katta farq qiladi. Bizga yarim-yorti tanish bo'lgan dalillar bu yerda juda g'alati, ko'pincha paradoksal shakllarda berilgan, bu dalillarga e'tiborni jalb qilish va qiziqtirish uchun ularning yangi, hech kutilmagan yangi qirralari ko'rsatiladi. Materialni bayon qilishda imkoniyat boricha maxsus atamalar ishlatmaslik va ko'pincha astronomiyaga doir kitob bilan kitobxon orasida to'siq bo'ladigan texnik apparatdan foydalanmaslikka urinildi.

Ko'pincha ommabop kitobni o'qib, biror narsani jiddiy o'rganib bo'lmaydi, deb ta'na qilishadi. Bu—ma'lum bir darajada haqqoniy ta'na bo'lib, aniq tabiiyot fanlariga

doir sohadagi asarlarni oлanimizda oмmabop kitoblarda hар qanday hisoblashlardan qochish odat bo'lib qolganligi buni ko'rsatib turadi. Biroq kitobxon faqat kitobda berilgan material ustida eng oddiygina bo'lsa ham, hisoblash ishlarini olib borishga o'ргangan vaqtdagina bu materialni haqiqiy ravishda o'zlashtiradi. Shuning uchun «Qiziqarli astronomiya» kitобини tuzuvchi shu rukindagi boshqa kiotblardagidek bunda ham oddiy hisoblashlardan qochmaydi, faqat bu hisoblarni soddalashtirilgan shaklda berishga va mакtabda o'tiladigan matematika bilan tanish bo'lganlarning kuchi bemalol yetadigan qilishga уrinadi. Bunday mashqlar faqat o'zlashtirayotgan bilimlarni mustahkamlashgina emas, balki kitobxonni yanada jiddiyroq asar o'qishga ham tayyorlaydi.

Tavsiya qilinayotgan bu to'plamga Yer, Oy, sayyoralar, yulduzlar va butun olam tortilishiga doir boblar kirgizildi, shu bilan birga, asosan, odatda oмmabop asarlarda tekshirilmaydigan materiallar tanlab olinadi. Bu to'plamga kirmagan mavzularni muallif payt kelganida «Qiziqarli astronomiya» ning ikkinchi kitobida ishlab chiqishni umid qiladi. Ammo bu xildagi asar hozirgi zamon astronomiyasining haddan tashqari boy mazmunini bir tekis yoritishni sira maqsad qilib olmaydi.

YA.P.



BIRINCHI BOB

YER, UNING SHAKLI VA HARAKATLARI

Yer ustida va xaritada eng yaqin yo‘l

O‘qituvchi sinf taxtasiga bo‘r bilan ikkita nuqta qo‘yib, bir o‘quvchiga vazifa beradi: shu ikki nuqta orasidagi eng yaqin yo‘lni chizing, deydi .

O‘quvchi bir oz o‘ylab turib, ikkala nuqtani bir-biriga ilon izi shaklidagi chiziq bilan tutashtiradi.

—Ana xolos, ana sizga eng yaqin yo‘l! - ajablanadi o‘qituvchi. — Buni senga kim o‘rgatdi?

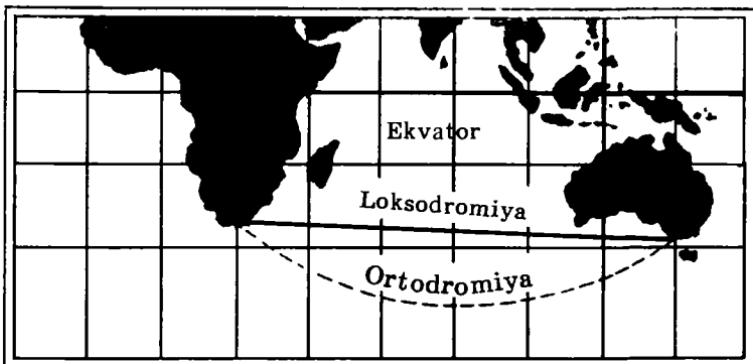
—Dadam, deydi o‘quvchi. U taksi haydaydi.

Sodda o‘quvchining bu chizmasi, albatta, kulgilik-ku, ammo agar sizga 1-rasmdagи punktir yoy — Dobraya Nadejda burnidan Asvraliyaning janubiy qirqoq’igacha bo‘lgan eng qisqa yo‘l, desalar, siz kulimsirab qo‘ymasmidingiz! Quydagi gap yana ham qiziqroq: 2-rasmda Yaponiyadan Panama kanaliga tomon ko‘rsatilgan aylanma yo‘l, ular orasiga xaritaga chizilgan to‘g‘ri chiziqdan qisqaroq!

Bu gaplar hazilga o‘xshab ko‘rinadi-yu, ammo bularning hammasi kartograflarga yaxshi ma’lum bo‘lgan shubhasiz haqiqatdir.

Masalani oydinlashtirish uchun umuman xaritalar to‘qrисida, xususan dengiz xaritalari to‘risida bir-ikki og‘iz gapirib o‘tish kerak. Yer sirtining qismlarini qog‘ozga chizib ko‘rsatish prinsipial jihatdan ham oson gap emas, chunki

Yer shar, ammo ma'lumki, hech qanday shar sirtini tekislikda bukmasdan, yirtmasdan yozib bo'lmaydi. Xaritalardan bo'ladigan muqarrar buzilishlarga rozi bo'lmasdan ilojingiz yo'q. Xarita chizishning ko'p usullari o'ylab chiqilgan, ammo hech bir xarita ham kamchilikdan hol emas: ba'zilarida bir xil buzilishlar, boshqalarida ikkinchi buzilishlar ro'y beradi, ammo hech qanday buzilishlarga yo'l qo'yilmagan xarita yo'q.



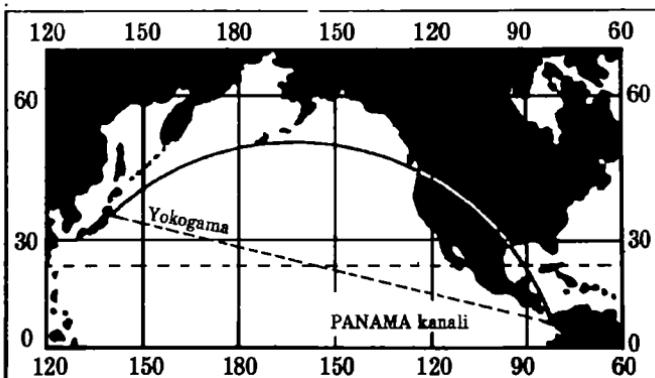
1-rasm. Dengiz xaritasida Dobraya Nadejda burnidan Avstralijaning janubiy qirg'og'iga eng qisqa yo'l to'g'ri chiziq bilan (loksodromiya bilan) emas, balki eksi chiziq (ortodromiya) bilan belgilanadi.

Dengizchilar XVI asrda yashagan qadimgi Gollandiya kartografi va matematigi Merkator usuli bilan chizilgan xaritalardan foydalanadilar. Bu usul «Merkator proyeksiysi» deb ataladi. Dengiz xaritasini uning to'g'ri burchak to'riga qarab ajratish oson: bu xaritada meridianlar bir qator parallel to'g'ri chiziqlar bilan tasvirlangan bo'ladi; kenglik doiralari ham meridianlarga perpendikular to'g'ri chiziqlar shaklida chizilgan bo'ladi (5-rasmga qarang).

Endi bir parallelning o'zida yotgan bir dengiz portidan ikkinchisiga eng qisqa yo'l topish kerak deb faraz qiling. Okeanda hamma tomonga yo'l ochiq, yo'lning qay tomoniga qarab ketish kerakligini bilganingizda, okeanda har doim eng to'g'ri, qisqa yo'l bo'ylab sayohat qilish mumkin. Bizning misolimizda eng qisqa yo'l har ikkala port yotgan parallel bo'ylab bo'lishi kerakdek ko'rinish tabiiydir: bu

yo'l xaritada to'g'ri chiziq-ku, to'g'ri yo'ldan ham, qisqa yo'l bo'lishi mumkin emasku! Ammo biz xato qilamiz: parallel bo'y lab ketgan yo'l eng qisqa yo'i emas!

Darhaqiqat: shar sirtida ikkita nuqta ostidagi eng qisqa masofa katta doiraning¹ shu nuqtalarni bir-biriga tutashtiradigan yoyidir. Ammo parallel doirasi kichik doiradir. Ikkita nuqtadan o'tgan katta doiraning yoyi o'sha nuqta-



2-rasm. Dengiz xaritasida Yokogama bilan Panama kanalini tutashtiradigan egri chiziqli yo'l o'sha nuqtalar orasida o'tkazilgan to'g'ri chiziqqa qaraganda to'g'riroq bo'lishi aqlga sig'maydiga bo'lib ko'rindi.

lardan o'tkazilgan har qanday kichik doira yoyiga qaraganda kamroq egilgan bo'ladi: radius katta bo'lsa, egrilik kam bo'ladi. Ipni globus ustiga solib, haligi ikkita nuqta orasiga torting (3-rasmga qarang); bunda siz ipni parallel bo'y lab yotmasligini ko'rasiz. Tarang tortilgan ipning eng qisqa yo'lni ko'rsatishi shubhasizdir, agar globus ustida ip parallel bilan ust ma-ust tushmas ekan, demak, dengiz xaritasida ham eng qisqa yo'l to'g'ri chiziq bilan ko'rsatilmaydi degan gap: shuni yodga olaylikki, bunday xaritada parallellar doirasi to'g'ri chiziqlar bilan tasvir qilanadi, to'g'ri chiziq bilan ust ma-ust tushmagan har qanday chiziq esa, egri bo'ladi.

'Shar sirtida markazi shu shar markaziga mos keladigan har qanday doira katta doira deyiladi. Shar sirtidagi qolgan hamma doiralar kichik doiralar deyiladi.

Shu aytgilganlardan keyin nima uchun dengiz xaritasida eng qisqa yo'l to'g'ri chiziq bilan emas, balki egri chiziq bilan tasvir qilinishi tushuniladigan bo'lib qoladi.



3-rasm. Ikkita punkt orasidagi haqiqiy ham eng qisqa yo'lni topish usuli; buning uchun globusda shu ikkita nuqta orasiga ip tortish kerak.

Nikolayev (hozirgi Oktabr) temir yo'lini qurishda uni qaysi yo'l bo'ylab qurish masalasi ustida bitmas tugallmas bahslar bo'lgan deyishadi. Bunga podsho Nikolay I aralashib bahsga xotima beribdi, podsho bu masalani chinakam «to'g'ri chiziqli usul» bilan yechibdi, ya'ni chizig'ich qo'yib, Moskva bilan Peterburgni to'g'ri chiziq bilan tutashtiribdi qo'yibdi. Agar bu ish Merkator xaritasigada qilinganda edi, odamni hijolatda qoldiradigan kutilmagan bir voqeя yuz berardi: to'g'ri yo'l o'rniga egri yo'l hosil bo'lardi.

Hisoblashdan qochmagan kitobxon uncha murakkab bo'limgan hisoblash yo'li bilan xaritadan bizga egri bo'lib ko'ringan yo'l, haqiqatda bizning to'g'ri deb hisoblamoqchi

bo'lgan yo'limizdan qisqa bo'lishiga ishonch hosil qilishi mumkin. Misol uchun bizning gavanlarimiz Leningrad kengligida — 60-parallelda bo'lib, bir-biridan 60° uzoqlikda deb faraz qilaylik. (Haqiqatda shunday gavanlarning bor-yo'qligini hisoblash uchun, albatta, ahamiyati yo'q).

4-rasmida O -Yer sharining markazi, AB esa A va B gavanlar joylashgan kenglik doirasining yoyi; bu yoy 60° ga teng. Kenglik doirasining markazi S nuqtada. Yer sharining markazi O nuqtadan o'sha gavanlar orqali katta doira yoyi o'tkazilgan deb faraz qilaylik; uning radiusi $OB=OA=R$; u chizilgan AB yoyiga to'g'ri keladi-yu, ammo ustma-ust tushmaydi.

Har bir yoning uzunligini hisoblab chiqaylik. A va B nuqtalar 60° kenglikda yotgani uchun OA va OB radiuslar OC (Yer sharining o'qi) bilan 30° burchak tashkil qildi. ACO to'g'ri burchakli uchburchak 30° burchak qarshisida yotgan AC katet ($=r$) AO gipotenuzaning yarmiga teng; demak, $r = \frac{R}{2}$ bo'ladi.

AB yoning uzunligi kenglik doirasining oltidan birini tas'kil etadi, bu doiraning uzunligi esa katta doiraning uzunligiga qara-ganda ikki marta kam (radiusi ikki marta kichik bo'lishiga muvofiq kam) bo'lgani uchun kichik doiraning yoyi $AB = \frac{1}{6} \times \frac{40000}{2}$

$$= 3333 \text{ km.}$$

Endi o'sha nuqtalar orasiga o'tkazilgan katta doira yoyining (ya'ni bu nuqtalar orasidagi eng qisqa yo'lning) uzunligini aniqlash uchun, AOB burchakning kattaligini bilish kerak. 60° yowni (kichik doiraning yoyini) tortib turadigan AB vatar, kichik doiraning o'zining ichiga chizilgan muntazam olti burchaklikning tomonidir; shuning uchun $AB = r = \frac{R}{2}$. Yer sharining O markazini AB vatarning o'rtasi D bilan tutashtiradigan OD to'g'ri chiziqni o'tkazganimizda ODA to'g'ri burchakli uchburchak hosil qilamiz, bu uchburchakning D burchagi to'g'ri burchak.

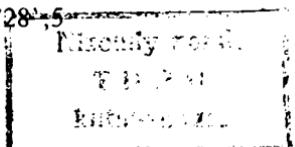
$$DA = \frac{1}{2} AB \text{ va } OA = R$$

Demak,

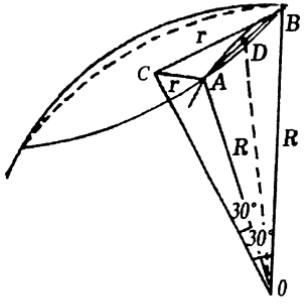
$$\sin AOD = AD : AO = \frac{R}{4} : R = 0,25.$$

Bundan topamizki (jadvallardan foydalanib);

$$\angle AOD = 14^\circ 28' 5''$$



923077



4-rasm. A nuqta bilan B nuqta orasidagi masofani parallel yoyi bo'ylab hisoblash va katta doira yoyi bo'ylab hisoblash.

Qo'lingizga ip va globus olib, siz bizning chizgan chiziqlarimizning to'g'rilingini tekshira olasiz va katta doiralarning yoylari haqiqatan chizmalarda ko'rsatilgandek yotishiga ishonch hosil qila olasiz. Afrika bilan Avstraliya orasidagi «to'g'ri» bo'lib ko'ringan, 1-rasmida ko'rsatilgan yo'l 6020 milya, «aylanma» yo'l esa 5450 milya, ya'ni 570 milya, yoki 1050 km qisqaroq. Londondan Shanxayga boradigan «to'g'ri» havo yo'li dengiz xarirtasida Kaspiy dengizini kesib o'tadi, ammo haqiqatda esa eng qisqa yo'l Leningraddan shimalroqdan o'tadi. Bu masalalar vaqt va yonilg'i tejashda qanday rol o'ynagani, albatta, o'z-o'zidan tushuniladi.

Yelkanli kemalar davrida vaqtini har doim ayamaganlar, — u asrda «vaqt» «pul hisoblanmas» edi, ammo bug' bilan yuradigan kemalar maydonga kelishi bilan ortiqcha sarf qilingan har bir tonna ko'mirga pul to'lash kerak bo'lib qoldi. Shuning uchun hozirgi zamonda kemalar ko'pincha Merkator proeksiyasida emas, balki «markaziy» proeksiyada bajarilgan xaritalardan foydalanib, haqiqatdan ham eng qisqa yo'l bilan yurgizadilar. «Markaziy proeksiya»dan foydalanib tuzilgan xaritalarda katta doiralarning yoylari to'g'ri chiziq ravishida tasvirlanadi.

Demak, $\angle AOB = 28^\circ 57'$.

Endi biz qidirgan eng qisqa yo'lning uzunligini kilometrlar hisobida topish oson. Yer shari katta doirasi minutining uzunligi dengiz miliyasi, ya'ni taxminan 1.85 km bo'lishini esimizga olganimizda bu hisobni osonlashtirish mumkin.

Demak,

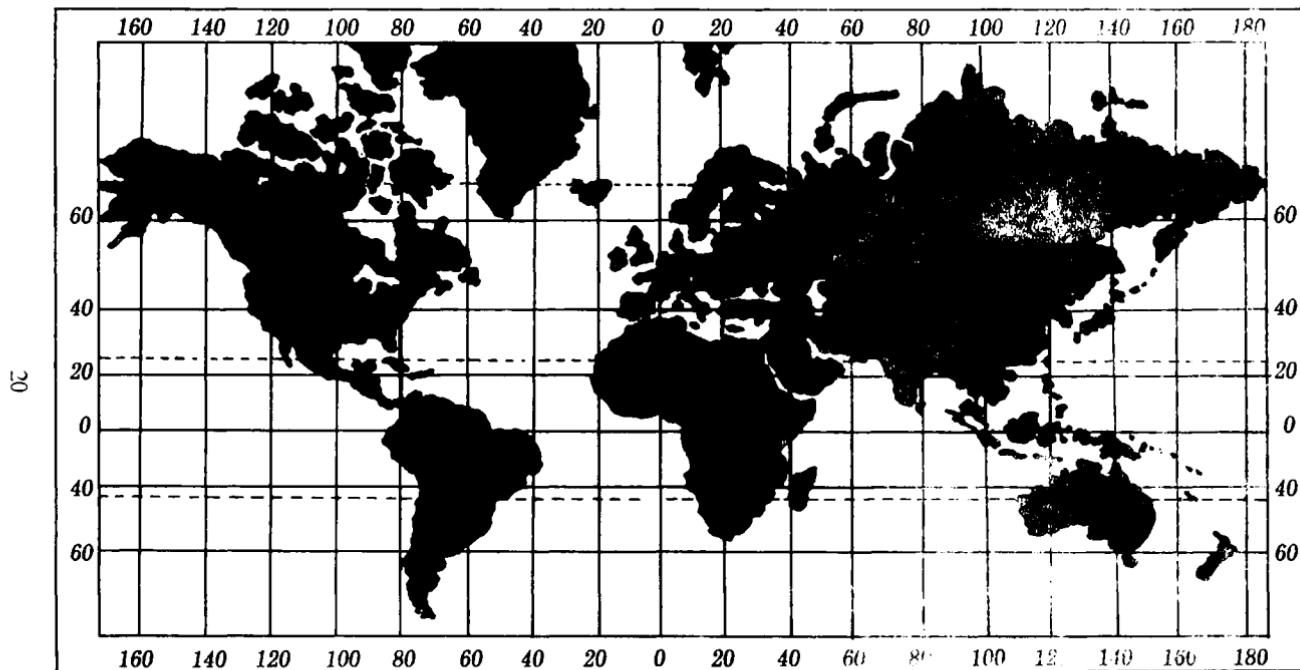
$$28^\circ 57' = 1737' \approx 3212 \text{ km}.$$

Bundan biz bildikki, dengiz xaritasida kenglik doirasi bo'vlab ko'rsatilgan yo'l 3333 km bo'lib, katta doira-xaritadagi egri chiziq bilan ko'rsatilgan yo'l 3212 km, ya'ni 120 km qisqaroqdir.

Bo'lmasa, nima uchun qadimgi dengizchilar shuncha aldamchi xaritalardan foydalanib, aylanma yo'llardan yurishgan? Qadimda dengiz xaritalarining biz hozir ko'rsatib o'tgan xususiyatini bilishmagan deb o'ylash noto'g'ri. Gap shundaki, Merkator usuli bilan chizilgan xaritalarning bir qancha noqulayliklari bo'lishi bilan birga, dengizchilar uchun juda qiymatli tomonlari ham bor. Birinchidan, bunday xarita Yer sirtining uncha katta bo'limgan ayrim uchastkalarini buzmasdan ko'rsatib, konturning burchaklarini saqlaydi. Ekvatorдан узоqlashgan sari hamma konturlar sezilarlik darajada cho'zilishi bunga zid kelmaydi. Yuqori kengliklarda konturlarning bu cho'zilishi shunchalik bo'ladidi, dengiz xaritalarining xususiyatlari bilan tanish bo'limgan odam bu xaritalarga qaraø materiklarning haqiqiy kattaliliklari to'g'risida soxta tasavvur hosil qiladi: Grenlandiya Afrika kattaligida bo'lib ko'rindi, Alyaska Avstraliyadan katta bo'lib ko'rindi, vaholanki, Grenlandiya Afrikadan 15 marta kichik, Alyaska bilan Grenlandiya esa ikkovi birgalikda Avstraliyadan ikki marta kichikdir. Ammo xaritaning bu xususiyatilarini yaxshi bilgan dengizchini xarita alday olmaydi. Dengizchi bunga ko'nadi, chunki ayniqsa kichikroq joylarda dengiz xaritasi naturaning aniq nusxasini ko'rsatadi (5-rasm).

Ammo dengiz xaritasi shturmanlarning ishini juda ham osonlashtiradi. Bu xil xarita-doimiy kurs bilan kelayotgan kemaning yo'li to'g'ri chiziq bilan ko'rsatiladigan birdan-bir xaritadir. «Doimiy kurs» bilan yurish demak, yo'nalishni sira o'zgartirmasdan doim bir tomonga qarab, ma'lum bir «rumb» bo'ylab yurish, ikkinchi xil aytganda, hamma meridianlarni bir-biriga teng burchak hosil bo'ladigan qilib kesish demakdir. Ammo bu yo'l («loksodromiya») faqat hamma meridianlar bir-biriga parallel to'g'ri chiziqlardan iborat bo'lgan xaritadagina to'g'ri chiziq ravishida tasvirlanishi mumkin. Yer sharida kenglik doiralari meridianlarni to'g'ri burchak hosil qiladigan ravishda kesib o'tgandan bunday xaritada kenglik doiralari ham meridian

¹ Haqiqatda esa loksodromiya yer shariga vintsimon o'raladigan spiral ko'rinishdagি chiziqdır.



5-rasm. Yer sharining dengiz xaritasi yoki Merkator xaritasi. Bunday xaritalarda ekvator o'ng uzoq konturlar juda katta bo'lib ko'rindi. Masalan, qaysi biri katta: Avstraliyani, Grenlandiyani? (rovob matnida)

chiziqlariga perpendikulyar to'g'ri chiziqlar bo'lishi ozim. Qisqasi, biz xuddi shunday koordinatalar to'ri nosil qila mizki. bu to'r dengiz xaritasining xarakterli xususiyatidan iborat bo'ladi.

Endi nima uchun dengizchilarning Merkator xaritalarini afzal ko'rishlari sababi tushunarlidir. Belgilangan portga ketaturib qay tomonga qarab yurish kerakligini aniqlashni istaganida shturman chizg'ichni yo'lning oxirgi nuqtalariga qo'yadi va chizg'ich bilan meridainlar orasida hosil bo'ladigan burchakni o'lchaydi. Ochiq dengizda shturman kemani doim shu yo'nalishda olib borganida uni tegishli joyga to'ppa-to'g'ri olib keladi. Ko'rasizki, «loksodromiya» eng qisqa va eng tejamli, foydali yo'l bo'lmasa ham. ma'lum bir jihatdan dengizchi uchun juda qulay yo'ldir. Masalan, Dobraya Nadejda burnidan Avstraliya qirg'og'iga yetib borish uchun (1-rasmga qarang) hech o'zgartirmasdan bir kursda, faqat bir yo'nalishda, S 87°, 50 kursda borish kerak. Ammo kemani o'sha Avstraliya qirg'og'igacha eng qisqa yo'l («ortodromiya») bilan olib borish uchun esa, rasmdan ko'rinib turibdiki, kemaning kursini to'xtovsiz o'zgartirib turishga: S 42°, 50 kursdan boshlab, N 53°, 5 bilan tugatishga to'g'ri keladi (bu holda hatto eng qisqa yo'l bilan borish mumkin ham emas, chunki bu yo'l Antartika muz devoriga borib taqaladi).

«Loksodromiya» bilan «ortodromiya» bo'ylab bo'lgan yo'llarning har ikkalasi faqat katta doira bo'ylab bo'lgan yo'l ekvator bo'ylab yoki meridian bo'ylab ketgandagina bir-biriga mos keladi va dengiz xaritasida to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi. Boshqa hollarning hammasida bu yo'llar bir-biriga mos kelmaydi.

Uzunlik gradusi va kenglik gradusi

Masala

Kitobxonlar, geografik uzunlik va kenglik to'g'risida yetarli tushunchaga ega, albatta. Ammo men aminmaki, quyidagi savolga hamma ham to'g'ri javob berolmaydi.

Kenglik graduslari hamma vaqt ham uzunlik graduslaridan uzun bo'ladimi?

Yechish

Ko'plar har bir parallel doirasi meridian doirasidan kichik deb o'ylaydi. Uzunlik graduslari parallel doiralari bo'ylab hisoblanib, kenglik graduslari esa meridianlar bo'ylab hisoblangani uchun uzunlik graduslari hech qayerda kenglik graduslaridan uzoq bo'la olmaydi, degan xulosaga kelishadi. Bunda Yerning to'g'ri shar bo'lmasdan ekvatorda bir oz qavarg'n ellipsoid ekanligini esdan cuiqarib qo'yishadi. Yeti ellipsoidida meridian doirasidan faqat ekvatorning uzun bo'lib qolmay, balki ekvatorga yaqin bo'lgan parallel doiralar ham meridian doiralaridan uzoqroq bo'ladi. Hisoblash ko'rsatadiki, taxminan 5° kenglikkacha parallellar doiralarining graduslari (ya'ni uzunlik graduslari) meridian graduslaridan (ya'ni kenglik graduslaridan) uzunroq bo'ladi.

Amundsen qayoqqa qarab uchgan?

Masala

Amundsen shimoliy qutbdan qaytishda qayoqqa qarab uchgan va janubiy qutbdan qaytib kelishda qayoqqa qarab uchgan?

Shu savolga buyuk sayyohning xotira daftariga qaramasdan javob bering.

Yechish

Shimoliy qutb-Yer sharining eng shimoliy nuqtasidir, Shimoliy qutbdan qayoqqa qarab ketganimizda ham biz janubga qarab ketamiz.

Shimoliy qutbdan qaytib kelayotganida Amundsen faqat janubga qarab yura olgan; shimoliy qutbdan jo'naganimizda janubdan boshqa yoqqa qarab jo'nay olmaymiz. Mana uning «Norvegiya» dirijablida shimoliy qutbga uchishda yozgan xotira daftaridan ko'chirma:

«Norvegiya» shimoliy qutb atrofida aylanib uchdi. So'ngra biz yo'limizni davom qildirdik... Dirijabl Rimdan jo'nab ketganidan beri, birinchi marta janubga qarab yo'l oldi. Xuddi shu xilda janubiy qutbdan uchishida ham Amundsen faqat shimolga qarab ucha olgan.

Kozma Prutkovning «eng sharqiy mamiakat» ga borib qolgan turk to‘g’risida kulguli hikoyasi bor. «Oldinda ham sharq, yon-yonda ham sharq. G’arb qani? «Balki siz u uzoqda zo‘rg‘a harakatlanayotgan birorta nuqta ravishida bo‘lsa ham ko‘rinadi deb o‘ylarsiz ... Bekor gap! Orqa tomonda ham sharq. Qisqasi: har tomonda va hamma joyda ham bitmas-tuganmas sharq».

Yer yuzida bunday har tomonini sharq o‘rab olgan mamlakat bo‘lishi mumkin emas. Ammo Yer yuzida «bitmas-tugamas» shimol bilan o‘rab olingan joy bo‘lganiday, har tomonini janub o‘rab olgan joy ham bor. Shimoliy qutbda to‘rttala devori ham janubga qaragan uy qurish mumkin bo‘lardi. V‘ouni, darhaqiqat, bizning shimoliy qutbda bo‘lgan mashhur qutbchilarimiz ko‘ra olardi.

Besh xil vaqt hisobi

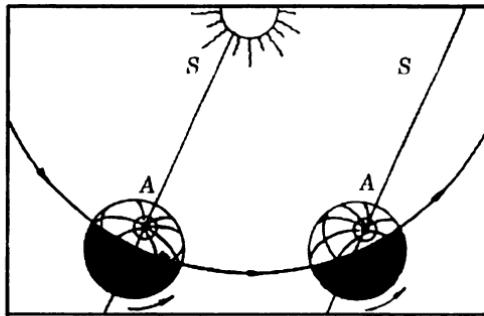
Biz cho‘ntak soat va devor soatlariga shunchalik o‘rganib ketganmizki, ular ko‘rsatishining ahamiyati to‘g’risida o‘ylab ham ko‘rmaymiz. Men ishonamanki, kitobxonlar orasida:

— Hozir kechki soat yetti deganlarida nima deyishni istaganlarini tushuntirib bera oladiganlari kam topilar.

Faqat soatning kichik strelkasi yetti raqamini ko‘rsatib turibdi deyishmoqchimi? Bu raqam nimani ko‘rsatadi? Bu raqam peshindan keyin sutkaning 7/24 qismi o‘tishini ko‘rsatadi. Ammo qanday peshindan keyin va hammadan oldin qanday sutkaning 7/24 qismi? Sutka o‘zi nima? Ruslarning «bir kecha-yu kunduz o‘tdi, bir sutka ketdi» degan mashhur maqollaridagi sutka Yer sharining o‘z o‘qi atrofida Quyoshga nisbatan bir marta aylanishi uchun ketgan vaqtidan iboratdir. Buni quyidagicha aniqlaydilar: osmonda Quyoshning (aniqroq qilib aytganda, uning markazining) kuzatuvchi tepasidagi nuqtani («zenitni») gorizontning janub nuqtasi bilan tutashtiradigan chiziqdan birin-ketin ikki marta o‘tishini kuzatadilar. Bu vaqt oralig‘i har doim birday bo‘lmaydi: mazkur chiziqqa Quyosh goh vaqtliroq,

goh kechroq keladi. Soatni bu «haqiqiy peshin» ga qarab to‘g‘rilab bo‘lmaydi eng mohir ham soatni Quyoshga qarab aniq yuradigan qilib to‘g‘rilay olmaydi: chunki Quyosh juda ham betartib yuradi. Parij soatsozlari bundan yuz yil muqaddam tamg‘alariga «Quyosh vaqtini to‘g‘ri ko‘rsatmaydi» deb yozishgan.

Biz soatlarimizni haqiqiy Quyoshga qarab emas, balki faraz qilinadigar yoritmay va isitmeydigan faqat vaqtni to‘g‘ri hisoblash uchun o‘ylab chiqarilgan quyoshga qarab to‘g‘rilaymiz. Tabiatda butun yil tekis harakat qiladigan va bizning Yer atrosida aylangandek bo‘lib ko‘ringan haqiqiy Quyoshimiz Yer atrosida qancha vaqtida aylansa, o‘sancha vaqt ichida aylanib chiqadigan yoritgich bor deb faraz qiling. Bu tasavvurda hosil qilingan yoritgichni astronomiyada «o‘rtacha quyosh» deb yurgiziladi. Uning janub-zenit chizig‘idan o‘tish payti «o‘rtacha tush vaqt» deb ataladi; ikkita o‘rtacha tush vaqt orasida o‘tgan vaqt «o‘rtacha quyosh sutkasi» bo‘ladi, shu xilda hisoblangan vaqt esa, «o‘rtacha quyosh vaqt» deb ataladi. Cho‘ntak va devor soatlari xuddi shu o‘rtacha Quyosh soati bilan yuradi, ammo strelkasi sterjenchaning soyasidan iborat bo‘lgan quyosh soati esa, shu berilgan joy uchun haqiqiy Quyosh vaqtini ko‘rsatadi.



6-rasm. Nima uchun Quyosh sutkalari yulduz sutkasidan uzunroq? (Tafsiloti matnda).

Bu gaplardan keyin kitobxonda Yer shari o‘z o‘qilatrosida bir tekis aylanmas ekan, haqiqiy Quyosh

sutkalarini baravar bo'lmasligi o'shandan kelar ekan. degan tushuncha hosil bo'lsa kerak. Bu noto'g'ri tushuncha: sutkalarining teng bo'lmasligi Yerning ikkinchi xil aylanishining notejis bo'lishiga, aynan— uning o'z orbitasi bo'ylab quyosh atrofida notejis aylanishiga bog'liqdir. Bu harakatning sutka uzunligiga qanday ta'sir etishini biz hozir tushunamiz. 6-rasmda siz Yer sharining ikkita ketma-ket vaziyatini ko'rasiz. Avval chap vaziyatini tekshiraylik. Rasm ostidagi strelkalar Yerning o'z o'qi atrofida qanday yo'nalishda aylanishini ko'rsatadi: agar shimoliy qutbga qarab tursak, Yer soat strelkasi yurishiga teskari aylanadi. A nuqtada hozir tush vaqt: bu nuqta hozir xuddi Quyoshga ro'para bo'ladi. Endi Yer o'z o'qi atrofida bir marta to'la aylanib chiqdi, deb faraz qiling; o'sha vaqt ichida u o'z orbitasi bo'ylab o'ng tomonga silijiysi va ikkinchi vaziyatni oladi. Yerning A nuqtaga o'tkazilgan radiusi bundan bir sutka oldin qanday yo'nalgan bo'lsa, hozir ham shunday yo'nalgan bo'ladi-yu, ammo A nuqta endi xuddi Quyoshning ro'parasida bo'lmaydi. A nuqtada turgan odam uchun hali tush vaqt bo'lmaydi. Quyosh o'tkazilgan to'g'ri chiziqdan chaproqda bo'ladi. A nuqtada yangi tush vaqt bo'lishi uchun Yer tag'in bir necha minut aylanishi kerak bo'ladi.

Bundan qanday xulasa chiqadi? Har ikki haqiqiy quyosh tush vaqt orasida o'tgan vaqt, Yerning o'z o'qi atrofida bir marta to'la aylanishi uchun ketgan vaqtga qaraganda uzunroq bo'lar ekan. Agar Yer markaziga Quyosh joylashgan doira bo'ylab aylansa edi, Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi uchun ketgan haqiqiy vaqt bilan biz Quyoshga qarab aniqlagan faraziy vaqt orasidagi ayirma har kun birday bo'lardi. Agar shu kichkina qo'shimchallardan butun yil davomida to'la bir sutka yig'ilib qolishini (Yer o'z orbitasi bo'ylab harakat qilganida bir yilda o'z o'qi atrofida bir marta oshiqcha aylanadi) hisobga olsak, bu ayirmani hisoblash oson, demak, Yerning bir marta aylanishi haqiqatda:

$$365\frac{1}{4} \text{ sutka: } 366\frac{1}{4} = 23 \text{ soat - u } 56 \text{ minut } 4 \text{ sekund}$$

davom qilar ekan.

O'rni kelganda shuni aytib o'taylikki, sutkaning «haqiqiy» davomiyligi Yerning har qanday yulduzga nisbatan hisoblangan aylanish davridir; shuning uchun ham bunday sutka «yulduz sutkasi» deb ataladi.

Demak, o'rtalik hisob bilan olganda yulduz sutkasi quyosh sutkasiga qaraganda 3 minut-u 56 sekundga qisqa ekan. Bu ayirma doim shu xilda qola bermaydi, chunki: 1) Yer Quyosh atrofida aylanganida doira bo'ylab tekis harakat qilmaydi, balki ellips bo'ylab harakat qiladi, shu bilan birga ellipsning ba'zi joylarida (Quyoshga yaqin joylarda) tezroq, ba'zi joylarida (Quyoshdan uzoqroq joylarda) sekinroq harakat qiladi va 2) Yerning aylanish o'qi uning orbitasi tekisligiga og'madir. Shu ikkala sababga binoan haqiqiy va o'rtacha quyosh sutkasi har xil kunlarda har xil farq qilib, bu farq ba'zi kunlarda 16 minutga yetib boradi. Faqat yiliga to'rt marta bu sutkalar bir-biriga to'g'ri keladi:

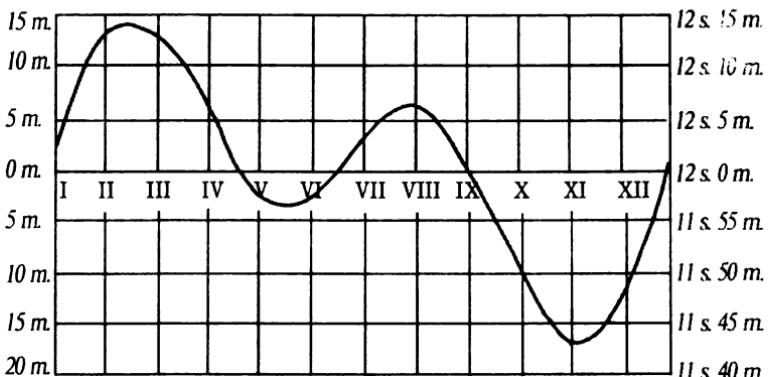
15- aprelda, 14- iyunda, 1- sentabrda, 24- dekabrda.

Buning aksicha:

11- fevralda, 2- noyabrda

haqiqiy va o'rtacha vaqt orasidagi farq eng katta bo'lib, chorak soatga etadi. 7-rasmdagi egri chiziq yilning har xil kunlarda bu farqning qanchaga borishini ko'rsatadi.

1919- yilgacha sobiq SSSR fuqorolari mahalliy quyosh vaqtidan foydalanardilar. Yer sharning har meridianida o'rtacha tush vaqtini har xil vaqlarda bo'ladi («mahalliy» tush vaqtini), shuning uchun har shahar o'z mahalliy vaqtini bilan yashardi; faqat poezdlarning kelishi va ketishi butun mamlakat uchun umumiy bo'lgan vaqt: Petrograd vaqtini bilan belgilanardi. Fuqorolar «shahar» va «vokzal» vaqtini deb vaqtini ikkiga ajratishardi; birinchi vaqt-mahalliy o'rtacha Quyosh vaqtini shahar soatlari ko'rsatardi, ikkinchisini—Petrograd o'rtacha vaqtini temir yo'l vokzallaridagi soatlar ko'rsatardi.



7-rasm. «Vaqt tenglamasi grafigi» ^{dagi} ataladigan bu grafik bir kunda haqiqiy sutka bilan o'rtacha Quyosh sutkasi orasidagi farq qancha bo'lishini ko'rsatadi. Masalan, to'g'ri yuradigan mexanik soat 1 aprelda haqiqiy tush vaqtida 12 soat-u 5 minutni ko'rsatishi lozim; boshqacha aytganda, bu egrisi chiziq haqiqiy tush vaqtida o'rtacha vaqtini ko'rsatadi.

1919- yildan boshlab, bizda vaqt mahalliy vaqtga qarab emas, «poyas vaqt» deb ataladigan vaqtga asoslanib hisoblanadigan bo'ldi. Yer shari meridianlar yordami bilan 24 ta bir-biriga teng «poyas» larga bo'linadi va bir poyasning hamma punktlarida (joylarida) vaqt hisobi birday bo'ladi, bu vaqt xuddi shu poyasning o'rtacha meridianiga to'g'ri kelgan o'rtacha quyosh vaqt bilan hisoblanadi. Shuning uchun butun Yer sharida vaqtini poyas vaqtini hisobi bilan yurgiza boshlaguncha bo'lgandek juda ko'p bir xil vaqtlar emas, balki har xil momentda faqat 24 xil vaqt bo'ladi.

Vaqtning shu uch xil hisobiga—1)haqiqiy quyosh vaqtini, 2) o'rtacha mahalliy quyosh vaqtini va 3) poyas vaqtiga yana faqat astronomlarda qo'llaniladigan vaqt hisobini qo'shish kerak. Bu— 4) «yulduz vaqt» bo'lib, u yuqorida aytilgan yulduz sutkasiga qarab hisoblanadi. Bu sutka, biz bilamizki, o'rtacha quyosh sutkasidan taxminan 4 minut qisqaroqdir. 22 sentabrda bu ikkala vaqt hisobi bir-biriga to'g'ri kelib qoladi, ammo shundan keyin yulduz sutkasi quyosh sutkasidan har kuni o'rtacha 4 minut oldin ketadi.

Nihoyat, yana beshinchli vaqt—5) dekret vaqt deb ataladigan vaqt ham bor. Sobiq SSSR ning hamma aholisi

butun yil davomida, G'arbiy mamlakatlarning ko'pchiligi faqat yoz mavsumida shu vaqtidan foydalanadi.

Dekret vaqt vaqtidan raso bir soat oldin yuradi. Bu choranı ko'rishdan quyidagilar ko'zda tutiladi: yilning yorug' vaqtida—bahordan tortib kuzgacha—sun'iy yoritish uchun elektr energiyani kamroq sarf qilish maqsadida mehnat kunini vaqtliroq, ertaroq boshlash va ertaroq tugatish kerak. Bunga soat strelaksini rasmiy avishda oldinga surish bilan erishiladi. G'arbiy mamlakatiarda vaqtini shu xilda har yili bahorda ko'chiriladi (kechasi soat birda soat strelkasi 2 raqamiga ko'chiriladi) va har yili kuzda soatlar bir soat orqaga suriladi.

Sobiq SSSR da soatlar faqat yozgi mavsumgagina emas, butun yil bo'yiga bir soat oldinga surilgan: bu bilan sun'iy yoritish uchun sarf qilinadigan energiya kamaymaydi, ammo elektr stansiyalarining nagruzkasi bir tekisda bo'ladi.

Dekret vaqt bizda dastlab 1917- yilda kirgizildi: bir qancha vaqtlar davomida soat strelkasi ikki, xatto uch soat oldin ko'chirildi. Bir necha yil yana avvalgicha qoldirilib turgandan keyin, u sobiq SSSR da 1930- yil bahoridan boshlab, yana joriy qilindi. Bu vaqt poyas vaqtidan bir soat farq qiladi.

Kunning uzunligi

Har bir joy va yilning istalgan bir vaqt uchun kunning aniq uzunligini astronomiya yillik to'plami jadvallaridan foydalanib hisoblash mumkin.

Biroq bizning kitobxonimizga kundalik turmush uchun bunday aniqlik kerak bo'larmikan; agar u qo'pol taqrib bilan qanoatlanishga rozi bo'lsa, unga 8-rasmda ko'rsatilgan chizma yaxshi xizmat qila oladi. Bu chizmaning chap tomoni bo'ylab, soatlar hisobida kunning uzunligi ko'rsatilgan. Pastki cheti bo'ylab, Quyoshning osmon ekvatoridan burchak bilan o'lchangan uzoqligi ko'rsatilgan. Graduslar bilan o'lchanadigan bu masofa Quyoshning

«og'ishi» deb ataladi. Nihoyat, og'ma chiziqlar kuzatish joylarining geografik kengligiga mos keladi.

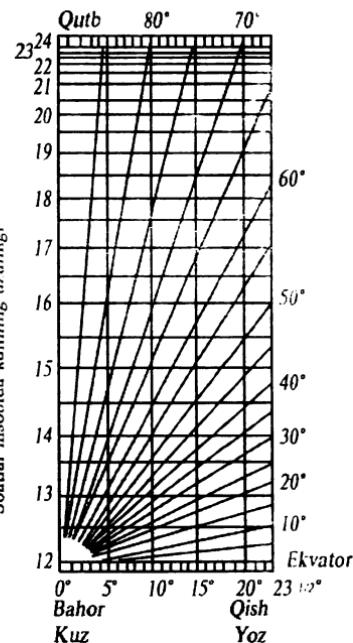
Chizmadan foydalanish uchun yilning har xil kunlarda Quyoshning ekvatoridan ma'lum bir tomonda qanday burchak masofasida bo'lishini («og'ishini») bilish kerak. Shunga muvofig ma'lumotlar 30-betdagi jadvalda berilgan.

1. Leninggradda (ya'ni 60° -kenglikda) aprelning o'rtalarida kunning uzunligini topish kerak.

Jadvaldan aprelning o'rtalarida Quyoshning og'i shini, ya'ni uning shu kunlarda osmon ekvatoridan qanday burchak masofada bo'lishini topamiz: $+10^{\circ}$. Chizmaning pastki chetida

10° degan sonni topamiz va undan chizmaning pastki cheti bilan to'g'ri burchak hosil bo'ladigan ravishda 60° -parallelga mos keladigan og'ma chiziq bo'ylab boramiz. Chizmaning chap chetida ikkala chiziqnинг kesishgan nuqtasi $14 \frac{1}{2}$, soniga to'g'ri keladi, ya'ni biz qidirgan son, kunning uzunligi taxminan 14 soat-u 30 minut bo'ladi. Biz bunda «taxminan» deymiz, chunki bu chizmada «atmosfera refraksiyasi (bu to'g'risida 47-betga qarang, 15-rasm) hisobga olinmagan.

2. Astraxanda 10-noyabrdagi kunning uzunligini topish kerak (46° -shimoliy kenglik).

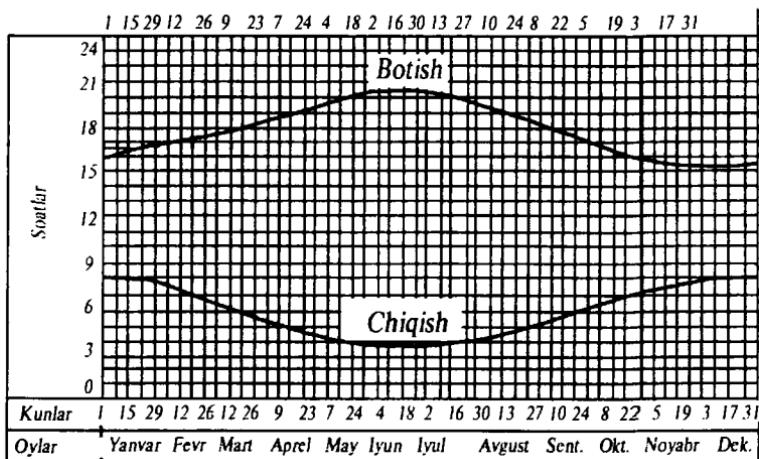


8-rasm. Kunning uzunligini grafik usul bilan aniqlashga imkon beradиг chizma (Tafsiloti matnda berilgan).

¹ Bu qonun loyihasini YA. I. Perelman tavsija qilgan (*muharir. eslatmasi*).

Yilning kunlari	Quyoshning og'ishi	Yilning kunlari	Quyoshning og'ishi
21- yanvar	--20°	24- iyun	+20°
8- fevral	-15°	12- avgust	+15°
23- fevral	-10°	28- avgust	+10°
8- mart	-5°	10- sentabr	+5°
21- mart	-0°	23- sentabr	0°
4- aprel	+5°	6- oktabr	-5°
16- aprel	+10°	20- oktabr	-10°
1- may	+15°	3- noyabr	-15°
21- may	+20°	22- noyabr	-20°
22- iyun	+23 1/2	22- dekabr	-23 1/2

10-noyabrdan Quyoshning og'ishi-17°ga barobar. (Quyosh osmonning janubiy yarim sharida bo'ladi). Ilgaridek ish ko'rib, bunda ham $14 \frac{1}{2}$ soat degan sonni topamiz. Ammo bunda og'ish manfiy bo'lgani uchun topilgan son kunning uzunligini emas, tunning uzunligini ko'rsatadi. Kunning uzunligi esa $24 = 14 \frac{1}{2} + 9 \frac{1}{2}$ soat bo'ladi.



9-rasm. 50-parallelda yil davomida Quyoshning chiqish va botish grafigi.

Biz Quyoshning chiqish paytini ham hisoblashimiz mumkin. $9\frac{1}{2}$, ni ikkiga bo'lganimizda 4 soat-u 45 minut hosil bo'ladi. 7-rasmdan 10-noyabrda haqiqiy tush vaqtida soat 11- u 43 minut bo'lishini bilib olib Quyosh chiqish paytini topamiz: 11 soat 43 minut - 4 soat 45 minut = 6 soat 58 minut. Shu kuni Quyosh 11 soat 43 minut + 4 soat 45 minut = 16 soat 28 minutda, ya'ni soat 4 u 28 minutda botadi. Shunday qilib, ikkala chizma (7 va 8-rasmlar), ulardan tegishli ravishda foydalanganimizda, astronomiya yillik to'plami jadvalining o'mini bosar ekan.

Hozirgina bayon qilingan usuldan foydalaniib, siz turgan shimoliy kenglik uchur Quyoshning chiqish va botishini hamda kunning u...ligini ko'rsatadigan grafik topishingiz mumkin. Shunday grafikning namunasini siz 50-parallel uchun 9-rasmida ko'rasiz (bu grafik dekret vaqtiga qarab emas, mahalliy vaqtga qarab tuzilgan). Shu grafikni badiqqat tekshirib ko'rganingizda, siz ham shunga o'xshagan grafiklarni qanday chizish kerakligini tushunib olasiz. O'zingiz yashagan kenglik uchun shunday grafikni bir marta chizib olganingizda o'zingizning grafigingizga bir qarab olib, yilning ma'lum bir kunida Quyosh taxminan soat nechada chiqishi yoki botishini darrov aytib bera olasiz.

G‘alati soyalar

Kitobimizning 32- betidagi 10-rasm juda qiziq ko'rinishi mumkin: bu rasmda Quyosh yaxshi yoritib turishiga qaramay, Yerga odamning soyasi tushmaydi desa bo'ladi.

Biroq bu rasm naturadan olingan, ammo bizning kengliklarimizda emas, ekvatorga yaqin joyda, Quyosh kuzatuvchining deyarli tepasida (ikkinci xil aytganda, «zenitda») turgan paytda olingan.

Bizning kengliklarimizda Quyosh hech vaqt zenitda bo'lmaydi; bunday manzarani bizda ko'rish mumkin emas. Bizda tush vaqtida Quyosh eng baland bo'lganda (22-iyunda) u issiq poyasining shimoliy chegarasidagi hamma

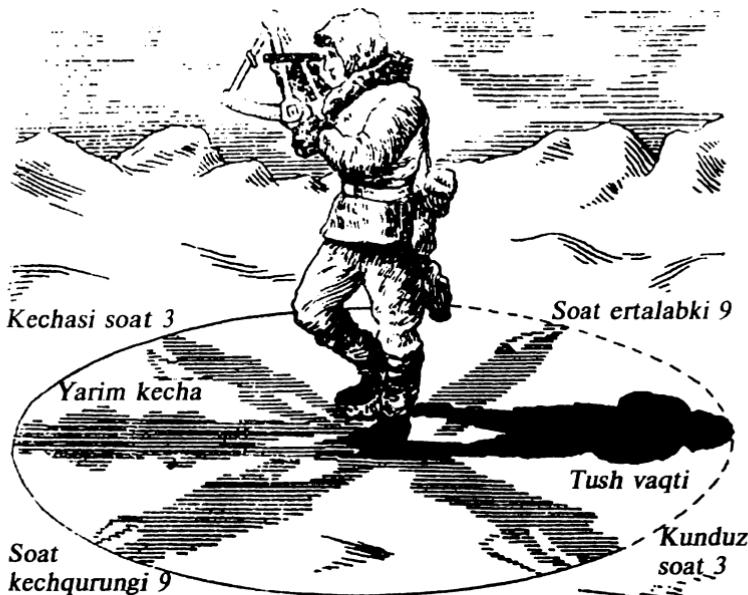


10-rasm. Odamning soyasi tushmagan desa bo'ladi. Rasm ekvator yaqinida tushirilgan fotografiyadan olingan.

birdaniga oltita soyasi tushishi mumkin emas; rasmni shu xilda solib, rassom qutb Quyoshining o'ziga xos bir xil xislatlarini yaqqol ko'rsatmoqchi bo'lgan: bunda hosil bo'lgan soyalarning uzunligi butun sutka davomida biday bo'ladi. Buning sababi shundaki, qutbda Quyosh butun sutka davomida bizdagidek, gorizont bilan burchak hosil qilib harakat qilmaydi, balki gorizontga deyarli parallel harakat qiladi. Biroq rassomning xatosi shundaki, u odamning soyasini uning o'ziga nisbatan juda qisqa olibdi. Agar soyalari shunday uzunlikda bo'lsa edi, bu Quyoshning 40° balandlikda bo'lishini ko'rsatardi. Bu hodisa esa qutbda ro'y berishi mumkin emas: qutbda Quyosh hech vaqt $23\frac{1}{2}^{\circ}$ dan oshiq ko'tarilmaydi. Buni hisoblab ko'rish oson. Qutbda eng qisqa soya buyum balandligining 2,3 barabaridan ham kam bo'imasligi lozim. Trigonometriyadan xabari bo'lgan kitobxon mening bu hisobimni tekshirib ko'rishi mumkin.

joylarning (Rak tropigida—shimoliy kenglikning $23\frac{1}{2}^{\circ}$ parallelida) zenitida bo'ladi. Yarim yildan keyin, 22-dekabrda Quyosh $23\frac{1}{2}^{\circ}$ janubiy kenglikdagi hamma joylarning (Kozerog tropigida) zenitida bo'ladi. Shu chegaralar orasida, ya'ni issiq poyasda Quyosh yiliga ikki marta zenitda bo'ladigan yerlar joylashgandir. Bu joylarni Quyosh tepadan shunday yoritadiki, buyumlarning soyasi xuddi ularning tagida bo'ladi.

Qutbda olingen 11-rasm, buning aksicha, fantastik rasm-u, shunday bo'lsa ham, juda ibratli rasmdir. Odamning



11- rasm. Qutbdə soyalarının uzunluğu bütün sutka davomida o'z-garmaydi.

Ikki poyezd haqidagi masala

Ikkalasi mutlaqo birday bo'lgan ikkita poyezd birday tezlik bilan qarama-qarshi tomonga: biri sharqdan g'arbga qarab, ikkinchisi g'arbdan sharqqa qarab ketayotir (12-rasm). Shu poyezdlarning qaysi biri og'irroq?



12- rasm. Ikkita poyezd haqidagi masala.

Yechish

Bu poyezdlardan sharqdan g'arbgan qarab Yerning aylanishiga qarama-qarshi harakat qilayotgani og'irroq (ya'ni relslarga kuchliroq bosadi). Bu poyezd Yer o'qi atrofida sekinroq aylanadi; shuning uchun markazdan qochma effekt tufayli, u og'irligini sharqqa tomon ketayotgan poezdga qaraganida kamroq yo'qotadi.

Bu farq kattami? 60° parallel bo'ylab 72 km/soat, yoki 20 m/s tezlik bilan ketayotgan poyezdlar uchun buni hisoblab ko'raylik. Mazkur parallelda Yer sharining nuqtalari Yer o'qi atrofida 230 m/sek tezlik bilan harakat qiladi. Demak, Yer aylangan yo'nalihsda sharqqa qarab ketayotgan poyezdnинг aylanma tezligi $230+20$, ya'ni 250m/s. Yerning aylanishiga qarama-qarshi, g'arbgan qarab ketayotgan poyezdnинг aylanma tezligi esa 210m/s bo'ladi.

Birinchi poyezdning markazga intilma tezlanishi

$$\frac{V_1^2}{R} = \frac{25000^2}{320000000} \text{ sm/s}^2, \quad \text{chunki } 60 \text{ parallelda doiraviy}$$

yo'lning radiusi 3200 kilometrdir.

Ikkinci poyezdning markazga intilma tezlanishi esa

$$\frac{V_2^2}{R} = \frac{21000^2}{320000000} \text{ sm/s}^2$$

Ikkala poyezdning markazga intilma tezlanishining kattaligidagi farq

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{R} = \frac{25000^2 - 21000^2}{320000000} \approx 0,6 \text{ sm/s}^2$$

Markazga intilma tezlanishning yo'nalihsiga og'irlik kuchi bilan 60° burchak hosil qilganidan, o'sha burchakka loyiq qismini, aynan $0,6 \text{ sm/s}^2 \times \cos 60^{\circ} = 0,3 \text{ sm/s}^2$ nigina hisobga olamiz.

Bu og'irlikni kuchi bergan tezlanishning $\frac{0,3}{980}$, yoki taxminan 0,0003 qismini tashkil etadi.

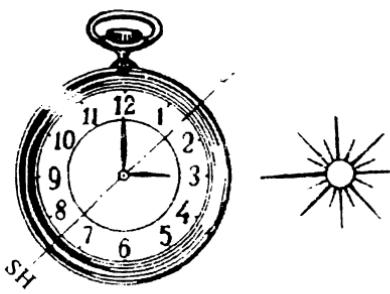
Demak, sharqqa tomon ketayotgan poyezd g'arbga tomon ketayotgan poyezdga qaraganda o'z og'irligining 0,0003 hissasicha yengil bo'ladi. Masalan. agar poyezd parovoz va yuk ortilgan 45 ta vagondan iborat bo'lsa, ya'ni 3500 tonna keladigan bo'lsa, poyezdlarning og'rligidagi farq:

$$3500 \times 0,0003 = 1,05 \text{ t} = 1050 \text{ kg bo'ladi.}$$

Suv sig'imi 20000 t bo'lgan 34 km/soat (20 uzel) tezlik bilan ketayotgan katta paroxod uchun bu farq 3 t bo'lardi. Paroxod sharqqa qarab yurganda og'irlikning kamayishi, simob barometrning ko'rsatishiga ham ta'sir qilishi kerak; paroxodning tezligi, yuqorida aytiganicha bo'lganda, sharqqa tomon ketayotgan paroxodda barometrdagi simobning balandligi g'arbga tomon ketayotgan paroxoddagiga qaraganda $0,00015 \times 760$, ya'ni 0,1 mm kam bo'lishi kerak. Hattoki, Leningrad ko'chasida sharqqa qarab soatiga 5 kilometr tezlik bilan piyoda ketayotgan odam ham sharqdan g'arbga ketayotganiga qaraganda 1,5 g kam keladi.

Cho'ntak soatiga qarab gorizont tomonlarini aniqlash

Quyoshli kunda gorizont tomonlarini cho'ntak soatga qarab topib olish hammaga ma'lum. Soat siferblatining soat strelkasi Quyoshga qaraydigan qilib tutiladi. Bu strelka bilan 6–12 chizig'i orasida hosil bo'lgan burchakni ikkiga bo'linadi: shu burchakni ikkiga bo'lgan chiziq janubni ko'rsatadi. Bu usulning asosini tushunish juda oson. Quyosh o'zining bir sutkalik harakati davomida osmonni 24 soat ichida aylanib chiqadi, soat strelkasi esa siferblatni 12 soatda aylanib chiqadi, ya'ni birday vaqt ichida ikki barabar katta bo'lgan yoy chizadi. Demak, agar tush vaqtida soat strelkasi Quyoshga qaragan bo'lsa, bir oz vaqt o'tgandan keyin u Quyoshdan oldin ketib, uning uchi ikki marta kattaroq yoy chizadi. Mana shuning uchun siferblat yuqorida aytilgan vaziyatda strelka chizgan yoyni ikkiga bo'lganimizda osmonning Quyosh tush vaqtida bo'lgan joyini, ya'ni janubni topamiz (13-rasm).



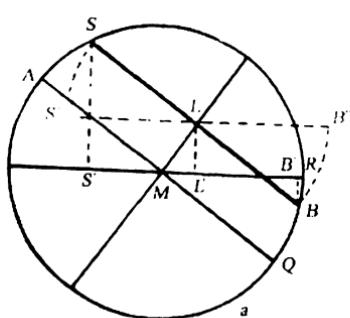
13- rasm. Gorizont tomonlarini cho'ntak soat yordami bilan oson, ammo noaniq belgilash.

Biroq sinashlar bu usullarning juda ham noaniq bo'lib, bunda o'nlar-chaga gradus xato chiqishini ko'rsatadi. Nima uchun shunday bo'lishini tushunish uchun bu usulni tekshirib chiqish kerak.

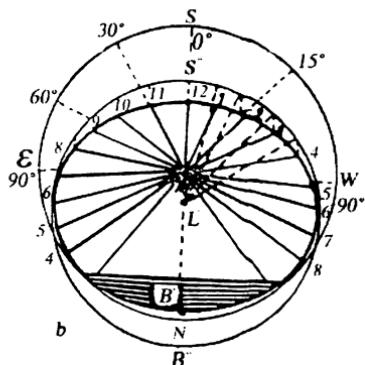
Bundagi noaniqlikning asosiy sababi shundaki, siferblat gorizont tekisligiga parallel joylashtadi. Quyoshning bir sutka davomida bosgan

yo'li esa Qutbdagina gorizontal chiziqdagi bo'lib, boshqa kengliklarda gorizont bilan har xil burchaklar hosil qiladi, bu burchak hatto to'g'ri burchakka (ekvatorda) borib yetadi. Shuning uchun cho'ntak soati yordami bilan faqat qutbdagina mo'jal olish mumkin. Boshqa joylarda esa ma'lum bir darajada xato qilinishi muqarrardir.

Chizmaga qaraylik (14- a rasm). Misol uchun kuzatuvchi M nuqtada joylashgan bo'lsin; N nuqta olam qutbi; HASNP BQ doira—osmon meridiani bo'lib, kuzatuvchining zenitidan va qutbdan o'tadi. Kuzatuvchining qaysi kenglikda turishini



14- rasm. Nima uchun kompas o'rniiga ishlatishda cho'ntak soat gorizont tomonlarini noto'g'ri ko'rsatadi.



aniqlash oson: buning uchun qutbning *NR* gorizontidan qanday balandlikda bo'lishini transportir yordani bilan o'lhash kerak. Bu balandlik joyning kengligiga teng bo'ladi.¹ Kuzatuvchi *M* nuqtada turib *N* yo'nalishdagi qaraganida uning oldida janub nuqtasi bo'ladi.

Bu chizmada Quyoshning bir sutkada yurgan yo'li to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi, bu chiziqning bir qismi gorizont chizig'ining ustida (kunduzgi yo'l), bir qismi undan pastda (tungi yo'l) bo'ladi. *AQ* to'g'ri chiziq Quyoshning kecha-kunduz teng kunlaridagi yo'lini tasvirlaydi; ko'rindik, bunda Quyoshning kunduzgi yo'l tungi yo'liga teng bo'ladi. *SB*— Quyoshning yozgi yo'li; bu yo'l *AQ* ga parallel, ammo uning ko'p qismi gorizontdan pastda bo'ladi (yozgi tunlarning qisqa bo'lishini esingizga oling). Bu doiralalar bo'ylab Quyosh har soatda doiralarning to'la uzunligining 24 dan bir hissasini, ya'ni $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$ o'tadi. Shunday bo'lishiga qaramay, tushdan keyin uch soat o'tganida Quyosh tutilgandek, gorizontning janubi-g'arbiy nuqtasida bo'lmaydi ($15^\circ \times 3 - 45^\circ$); buning sababi shundaki, Quyosh yo'lning bir-biriga teng yoqlarining gorizont tekisligi proeksiyasi bir-biriga teng bo'lmaydi.

14-*b* rasmni yaxshilab tekshirganimizda, bu narsa bizga yaqqol bo'lib qoladi. Bu rasmda *SWNE* gorizontning zenitdan ko'ringan doirasini tasvirlaydi; to'g'ri chiziq—osmon meridianidir. Kuzatuvchi *M* nuqtaga joylashadi: Quyoshning osmonda bir sutka davomida chizgan doirasining markazi gorizont tekisligiga *L'* nuqtada proektsiyalanadi (14-*a* rasmga qarang); Quyosh yo'li doirasining o'zi esa gorizont tekisligiga *S'* *b'* ellips ravishda proektsiyalanadi.

Endi *SB* Quyosh yo'li doirasi nuqtalarining gorizont tekisligiga proektsiyasini chizaylik. Buning uchun *SB* doiranining gorizont tekisligiga parallel qilib buraylik (14-*a* rasmda *S'' B''* vaziyat), uni 24 ta teng bo'lakka bo'laylik va

¹ Nima uchun shunday bo'lishi mening «Qiziqarli geometriya nomli kitobimda «Robinzonlar geometriyası» degan bobda bayon qilingan.

gorizont tekisligiga proeksiyalaylik. S' B' ellipsning bo'linish nuqtalarini—Quyosh yo'li doirasining gorizont tekisligiga proeksiyasini chizish uchun S'' B'' doiranining bo'linish nuqtalaridan SB ga parallel kesmalar o'tkazamiz. Albatta, biz bunda bir-biriga teng bo'l'magan yoylar hosil qilamiz; kuzatuvchiga esa bu doiralarni bunga qaraganda ham tengsizroq bo'lib ko'rindi, chunki kuzatuvchi bu doiralarni ellipsning L' markazidan emas, undan chetraqdagi M nuqtada turib qaraydi.

Endi gorizont tomonlarini biz misol qilib olgan kenglikda (53° da) yoz kunida soat siferblatiga qarab aniqlashda qancha xato qilinishi mumkinligini tekshiraylik. Unda Quyosh azonda soat 3 bilan 4 o'rtasida chiqadi (tunni ko'rsatadigan shtrixlangan segmentning chegarasi). ϵ sharq nuqtasiga (90° ga) Quyosh siferblatga muvofiq kelishi kerak bo'lgandek soat 6 da u ertalab soat 8 da emas, $9 \frac{1}{2}$ da bo'ladi; janub nuqtasidan 30° da soat 10 da emas, 11 da bo'ladi. Janubi-g'arb nuqtasiga (S dan 45° ikkinchi tomonda) Quyosh kunduz soat 3 da emas, 1-u 40 minutda keladi; G'arbda u kechqurun soat 6 da emas, kunduzi $4 \frac{1}{2}$ da bo'ladi.

Agar shu aytilganlarga yana cho'ntak soat ko'rsatgan dekret vaqt—mahalliy haqiqiy Quyosh vaqtiga to'g'ri kelmasligini ham qo'shsak, gorizont tomonlarini cho'ntak soat yordami bilan aniqlashdagi noaniqlik yana ham oshib ketishi kerak.

Demak, cho'ntak soat kompasning o'mini bossa ham, ishonchli kompas bo'la olmaydi. Bunday kompas teng kunliklar davrlariga yaqin (bunda kuzatuvchi vaziyatinining ekstsentrifligi bo'lmaydi) va qishda kamroq xato qiladi.

Yorug' tunlar va qorong'i kunlar

Aprelning o'rtalaridan boshlab Leningradda yorug' tunlar davri boshlanadi. Uning «shaffof qorong'iliq» va «oysiz yarqirash» ning fantastik yorug'ida qancha-qancha shoirona xayollar tug'ilgan. Adabiyotdagi an'analar yorug'

tunlarni Leningrad bilan shunday chambarchas bog'laqaniki, ko'plar bu tunlarni saqat bizning sobiq poytaxtimizning diqqatga sazavor bir narsasi deb hisoblashga tayyordirlar. Haqiqatda esa asosnomik hodisa bo'lgan yorug' tunlar ma'lum bir kenglikdan yuqorida bo'lgan hamma joylarda ham bo'ladi.

Agar poyeziyani qo'yib, bu hodisaning astronomik prozasiga murojaat qilsak, yorug' tunlar kechki qosh qorayishi bilan tonggi g'ira-shiraning qo'shilib ketishidan boshqa narsa emasdир. Aleksandr Sergeevich Pushkin bu nodir hodisaning mohiyatini ikkita yallig': tong yallig'i bilan kech yallig'ining qo'shilishi deb to'g'ri ta'riflagan. «Tun qorong'iligini oltin ko'klarga yubormasdan, bir yallig'ning o'rnini ikkinchisi bosishga shoshiladi ...» Quyosh osmon gumbazida sutka davomida harakat qilishida gorizontdan $17 \frac{1}{2}^{\circ}$ dan ham oshiq pastga tushmaydigan kengliklarda kech yallig'i so'nib bitmaydi, ertangi yallig' nurlari yorita boshlaydi, tun uchun yarim soat ham vaqt qolmaydi.

Albatta, na Leningrad va na boshqa joy, bu hodisa kuzatiladigan birdan-bir joy bo'lishda ustunlik qila oladi. Yorug' tunlar zonasining chegarasi astronomik usullar bilan hisoblab chiqiladi. Bunda tong yallig'i bilan kech yallig'ining qo'shilib ketishi Leningrad kengligiga qaraganda anche janubda ham kuzatilishi ma'lum bo'ldi.

Moskvaliklar ham taxminan may oyining o'talaridan to iyun oxirigacha yorug' tunlarni tomosha qilishlari mumkin. Bu yerda yorug' tunlar Leningradda bo'lgan kunlardagidek yorug' bo'lmaydi-yu, ammo Leningraddagi may yorug' tunlarini Moskvada butun iyul boshlarida kuzatish mumkin.

Yorug' tunlarning janubiy chegarasi sobiq SSSR da Poltava shahri kengligidan, 49° shimoliy kenglikdan o'tadi ($66 \frac{1}{2}^{\circ}, -17 \frac{1}{2}^{\circ}$). Bunda yilda bitta, xuddi 22 iyunda yorug' tun bo'ladi. Bu kenglikdan boshlab shimol tomon borgan sari yorug' kechalar tobora yorug'roq bo'lib uzoqroq davom qiladi. Kuybishevda ham, Qozonda ham, Pskovda ham, Kirovda ham, Eniseyskda ham yorug' kechalar bo'ladi-yu, ammo bu shaharlar Leningradga qaraganda

janubroqda bo'lgani uchun yorug' tunlar kamroq vaqt (22 iyungacha va undan keyin) davom qiladi va unchalik yorug' bo'ldi. Ammo Pudojda esa yana yorug' toq bo'ladi. Quyosh botmaydigan zonaga yaqin joylashgan Arxangelskda esa bu tunlar aymoqsa yorug' bo'ladi. Stokolmida bo'ladigan yorug' tunlar Leningrad yorug' kechalaridan hech farq qilmaydi.

Quyoshning sutka davomidagi yo'tinligi patiki qismi gorizont tagiga tushmasdan u bo'ylab sirg'anib o'tganida ertangi yallig' bilan kechki yallig' qo'shilibgina qolmay, uzuksiz kun bo'ladi. Buni dastlab $65^{\circ} 24'$ dan boshlab—uzuksiz kechalarni, tong yallig'inинг kechki yallig' bilan yarim kechda emas, kunning yarmida qo'shilib ketishini kuzatish mumkin. Ikkalasining ham yorug'lik darajasi birday bo'lsa ham, bu yorug' tunning aksi bo'lgan «qorong'i kun» dir. Qorong'i kunlar o'lkasi—bu ham yarim tun Quyosh o'lkasining o'zginasiyu, ammo bunda Quyosh kechalari yilning boshqa vaqtida botmaydigan joylarda¹ dekabrda Quyosh chiqmasligi sababli ko'p vaqtlar qorong'i tun hukm suradi.

Yorug'lik bilan qorong'ilikning almashinishi

Yorug' tunlar — Yer sharida tun bilan kunning navbatlashib to'g'ri aimashinib turishi to'g'risida bizning bolaligimizdan olgan tasavvurimiz, bu navbatlashuvning juda ham soddallashtirilgan manzarasinigina o'z ichiga olishni yaqqol isbot qiladigan dalildir. Haqiqatda esa, bizning sayyoramizda yorug'ilk bilan qorong'ilik davriy ravishda almashinishi ancha xilma-xil bo'lib, kun bilan tun almashinishining biz o'rganib qolgan sxemasiga to'g'ri kelmaydi. Bu jihatdan biz yashaydagan sharni 5 ta poyasga bo'lish mumkin, bu poyaslardan har birida yorug'lik bilan qorong'ilik almashinishining o'z tartibi bor.

¹Ambarchik buxtasida Quyosh 19-maydan tortib, 26-iyungacha, Tiksi buxtasi yaqinida esa, 12-maydan 1-avgustgacha gorizontdan past tushmaydi.

Birinchi poyas—agar ekvatoridan ikkala qutbga qarab ketsak, 49° parallelgacha boradi: bunda faqat shu yerdagina har sutkada to'la kun va to'la tun bo'ladi.

Ikkinchi poyas—Rossiyaning Poltava parallelidan shimolroqda bo'lgan hamma joylarini o'z ichiga oladigan 49° bilan $65 \frac{1}{2}^{\circ}$ orasidagi joylari, bunda yozgi quyosh turishi kunlarida uzluksiz g'ira-shira davri bo'ladi; bu—yorug' tunlar poyasidir.

Uchinchi poyas— $65 \frac{1}{2}^{\circ}$ bilan $67 \frac{1}{2}^{\circ}$ orasidagi tor poyasda 22-iyul kunlari atrofida bir necha kun qatorasiga Quyosh butunlay botmaydi: bu—yarim tun Quyoshi poyasdir.

To'rtinchi poyas $67 \frac{1}{3}^{\circ}$ bilan $83 \frac{1}{2}^{\circ}$ orasidagi poyasda iyunda uzluksiz kunlar bo'lganidek, dekabrda ko'p sutkalar davom qilgan tun bo'ladi: bir necha sutka davomida Quyosh hech chiqmaydi, tong yallig'i bilan kech yallig'i kunni yutib qo'yadi. Bu—qorong'i kunlar poyasidir.

Yorug' bilan qorong'ilik almashinishing eng murakkab holi beshinchi poyasda, $83 \frac{1}{2}^{\circ}$ dan shimolroqda bo'ladi. Tun bilan kunning bir xilda almashinuviga Leningrad yorug' tunlarning rahna solishi, bunda biz o'rGANIB ketgan tartibga batamom boshqacha bo'lib qoladigan darajada erishadi. Yozgi quyosh turishidan tortib qishki quyosh turishigacha, ya'ni 22-iyundan 22-dekabrgacha bo'lgan yarim yil 5 davrga, 5 ta yil fasllariga bo'linadi. Birinchi davr davomida uzluksiz kun bo'ladi; ikkinchi davr davomida kunlar taxminan yarim kechada g'ira-shira bilan navbatlashadi, ammo to'la tun bo'lmaydi (Leningradning yozgi tunlari bularga sal-pal o'xshaydi); uchinchi davrda uzluksiz g'ira-shira bo'ladi,— to'la kun va tun hech bo'lmaydi; to'rtinchi davr davomida bu surunkasiga kelgan g'ira-shiraliklar yarim tunga borib, tunga aylanadi; niyoyat, beshinchi davrda surunkasiga tun bo'ladi. Yilning ikkinchi yarmida—dekabrdan iyungacha shu hodisalarning o'zginasi teskari tartibda qaytariladi.

Ekvatorning ikkinchi tomonida, janubiy yarim sharda yuqorida aytib o'tilgandek geografik kengliklarda, albatta, shu hodisalarning o'zginasi bo'ladi.

Agar biz — «uzoq janub» dagi yorug‘ tunlar to‘g‘risida hech narsa eshitmas ekanmiz, bu unda okeanlar o‘lkasi bo‘libidandir, xolos.

Janubiy yarim sharda Leningrad kengligiga to‘g‘ri kelgan parallel bir parcha quruqlikni kesib o‘tmaydi, u tamomila okeanda yotadi: «janub yorug‘ tunlari» ni saqat janubiy qutb dengizchilari tomosha qila oladi.

Qutb Quyoshining siri

Masala

Qutb sayohatchilari bu yuqori kengliklarda yozgi Quyoshning g‘alati xususiyati borligini aytishadi. Quyosh nurlari unda Yerni kam isitadi-yu, ammo tik ko‘tarilgan jismlarga kutilgandan ortiq darajada kuchli ta’sir qiladi.

Tik qoyalar, binolarning devorlari ancha isiydi, muz tog‘lari tez eriydi, yog‘och kemalarning yon chekkalaridagi smola (qatron) eriydi, odamning yuz terisi kuyadi va hokazo.

Qutb Quyoshi tik turgan buyumlarga nima sababdan shu xilda ta’sir qiladi?

Yechish

Bunda biz nurlar jism sirtiga qancha tik tushsa, unga shuncha kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi, degan fizika qonunining kutilmagan natijasini ko‘ramiz. Qutb o‘lkalarida Quyosh hattoki yozda ham baland bo‘lmaydi: qutb doirasining narigi tomonida uning balandligi to‘g‘ri burchakning yarmidan oshmaydi, yuqori kengliklarda esa to‘g‘ri burchakning yarmidan ancha kichik bo‘ladi.

Agar Quyosh nurlari gorizontal sirt bilan to‘g‘ri burchakning yarmidan kichik burchak hosil qilsa, ular tik chiziq bilan to‘g‘ri burchakning yarmidan kattaroq burchak hosil qilishi, boshqacha aytganda, tik sirtlarga bu nurlar tikroq tushishi kerakligini fahmlab olish qiyin emas.

Endi qutb Quyosh nurlari nima uchun Yerni kam isitib, xuddi shu nurlar tik ko‘tarilib turgan jismlarni kuchli isitishi lozim ekanligi tushuniladi.

Yil fasllari qachon boshlanadi?

21-mart kuni izg'irin qor bo'tronimi yoki qattiq sovuq-mi, yoki buning aksicha, iliq havo barqaror bo'lib, qoldimi, bundan qat'iy nazar, shimoliy yarim sharda bu kun qishning oxiri va bahorning boshi—astronomik bahorning boshi hisoblanadi. Bu vaqtida hali qattiq sovuq amaldan tushmay hukmronlik qilishi yo bo'lmasa iliq havo qaror topib qolishiga qaramasdan, nima uchun hozirgina aytib o'tilgan kun xuddi 21-mart (ba'zi yillar 22-mart) qish bilan bahor orasidagi chegara qilib tanlanishining sababi ko'p odamlar uchun mutlaqo tushunilmaydigan bo'lib ko'rindi.

Masala shundaki, astronomik bahorning boshlanish aynib turadigan va ishonchsiz ob-havo alomatlariga **qarab** belgilanmaydi. Bahor boshlanish payti Yerning ma'lum yarim sharining hamma joylari uchun bitta bo'lishining o'zi obi havoning xususiyatlari bunda muhim o'rinn tutmaydi, degan fikrga olib kelishi lozim. Yer sharining yarmida hamma joyda obi-havo birday bo'lishi mumkin emas-ku!

Haqiqatan, yil fasllarining kelish muddatlarini aniq-lashda astronomlar meteorologiya hodisalariga emas, balki astronomik hodisalariga qarab amal qiladilar: tush vaqtida Quyoshning qanday balandlikda bo'lishi va buning natijasida ro'y beradigan kunning uzunligiga amal qiladilar. Ma'lum bir ob-havo esa sharoitga bog'liq bir narsadir.

Yilning boshqa kunlaridan 21-mart shu bilan farqlanadiki, bizning sayyoramizda yorug' bilan qorong'ilik chegarasi shu vaqtida har ikkala geografik qutbdan o'tadi. Globusni qo'lingizga olib, uni tegishli ravishda lampaga qaratib ushlab turganingizda siz lampaning globusni yoritish chegarasi ekvatorni va parallel doiralarni qatorasiga to'g'ri burchak hosil bo'ladigan ravishda kesib, Yer meridiani chizig'i bo'ylab ketishiga ishonch hosil qilasiz. Globusni lampa yorug'ida shunday ushlab turgan holda o'qi atrofida uni aylantiring: bunda globusning har bir nuqtasi xuddi yarmi yoritilib, yarmi yoritilmagan doira chizadi. Bu esa yilning o'sha paytida kunning uzunligi tunning uzunligiga

teng bo'lishini ko'rsatadi. Bu vaqtda Yer sharining shimoliy qutbidan tortib, janubiy qutbigacha hamma joyda tunning uzunligi kunning uzunligiga teng bo'ladi. Unda kun 12 soat—yarim sutka davom qilganidan hamma joyda Quyosh soat 6 da chiqib, 18 da (albatta, mahalliy vaqt hisobi bilan) botadi.

Demak, 21-mart boshqa kunlardan bu kunda sayyoramizning hamma joyida kun bilan tun bir-küiga teng bo'lishi bilan farq qilar ekan. Bu ajoyib kunning astronomiyada qo'llaniladigan nomi «bahorgi teng kunlik» deyilishining sababi shuki, bu teng kunlik yilda birdan-bir teng kunlik emas. Yarim yil o'tgandan keyin, 23-sentyabrda yana teng kunlik «payti»—kuzgi teng kunlik bo'ladi, bu yoz tamom bo'lib, kuz boshlanishini bildiradi. Shimoliy yarimsharda bahorgi teng kunlik bo'lganda, janubiy yarimsharda kuzgi teng kunlik bo'ladi va buning aksicha, shimoliy yarimsharda kuzgi teng kunlik bo'lganda esa, janubiy yarimsharda bahorgi teng kunlik bo'ladi. Ekvatorning bir tomonida yoz o'mniga kuz keladi. Shimoliy yarimsharda yil fasllari ja nubdagiga mos kelmaydi.

Yil davomida kun va tunning qiyosiy uzunligi qanday o'zgarishini ham ko'rib chiqaylik. Kuzgi teng kunlikdan, ya'ni 23-sentabrdan boshlab, shimoliy yarim shar sutkaning yorug' qismi qorong'i qismidan qisqaroq bo'ladi. Yarim yil shunday davom qiladi, shu vaqt davomida kunlar oldin 22-dekabrgacha qisqarib boradi, so'ngra to 21-martda kun bilan tun baravarlashguncha kun uzaya boradi. Shu paytdan boshlab, yilning qolgan yarmida shimoliy kenglikda kun tundan uzun bo'ladi. So'ngra qisqarib borib, birinchi uch oyda tunlarga qaraganda uzunroq holicha qoladi; kunlar faqat kuzgi teng kunlik payti (23-sentabr) kelganda tun bilan baravarlashib qoladi.

Shu yuqorida ko'rsatib o'tilgan to'rtta kun yilning astronomik fasllarining boshi va oxiri bo'ladi. Shimoliy yarim shar uchun bu kunlar quyidagilarni belgilaydi:

21-mart—kun tunga teng—bahorgi teng kunlik,
22-iyun eng uzun kun —yozning boshlanishi,
23-sentabr—kun tunga teng—kuzgi teng kunlik,

22-dekabr—eng qisqa kun—qishning boshlanishi.

Ekvatorning ikkinchi tomonida, Yerning janubiy yarimsharida bizning baborimizga kuz, bizning yozimizga qish to‘g‘ri keladi va hakazo.

Xotimada kitobxonga bir necha savol beraylik, bu savollar ustida o‘ylash unga yuqorida aytilganlarni yaxshiroq tushunib olishga va esida qoldirishga yordam beradi.

1.Yer sharining qayerida yil bo‘yi kun tunga baravar bo‘ladi?

2.Toshkentda bu yil 21-martda Quyosh mahalliy vaqt bilan soat nechada chiqadi? O‘sha kunning o‘zida u Tokioda soat nechada chiqadi? Buenos-Ayresda-chi?

3.Bu yil 23-setabrda Quyosh Novosibirskda soat nechada botadi? Nyu-Yorkda soat nechada botadi? Dobraya Nadejda burnida-chi?

4.Ekvatorda quyosh 20-avgustda soat nechada chiqadi? 27-fevralda-chi?

5.Iyulda qattiq sovuq, yanvarda jazirama issiq bo‘ladimi?¹

Uchta «agar»

Juda ham o‘rganib ketilgan narsani tushunish ko‘pincha odatdan tashqari narsani tushunishga qaraganda qiyinroq bo‘ladi. Biz bolaligimizda o‘rganib olgan o‘nlik sanoq sistemasining xususiyatlari bizga sonlarni boshqa biror sistemada, masalan, yettilik yoki o‘n ikkilik sistemasida ko‘rsatmoqchi bo‘lganimizda oshkor bo‘ladi. Euklid geometriyasining mohiyatini biz noeuklid geometriya bilan tanisha boshlaganimizda tushunib olamiz. Bizning turmushimizda og‘irlik kuchi qanday rol o‘ynaganligini yaxshi

¹ Savollarga javoblar; 1) ekvatorda kun bilan tun har doim baravar bo‘ladi, chunki yoritilish chegarasi ekvatorni yer sharining har qanday vaziyatida ham ikkita teng bo‘lakka bo‘ladi. 2) va 3) Teng kunlikda Quyosh Yer yuzida hamma joyda mahalliy vaqt bilan soat 6 da chiqib, 18 da botadi. 4) Ekvatorda Quyosh butun yil bo‘yi — mahalliy vaqt bilan soat 6 da chiqadi. 5) Janubiy yarimsharning o‘rta kengliklarida iyul sovug‘i va yanvar jazirama issig‘i odatdagisi hodisalaridir.

tushunib olish uchun u haqiqatdagidan ko'p marta oshib yoki kamayib ketdi deb faraz qilish kerak. Og'irlik kuchi to'g'risida gapirganimizda biz shunday qilarmiz ham. Hozir esa «agar» usulidan Yerning quyosh atrofida aylanish sharoitini yaxshi tushunib olish uchun foydalanaylik.

Biz bilamizki, Yerning o'qi uning orbitasi tekisligi bilan $66 \frac{1}{2}^\circ$ (to'g'ri burchakning taxminan $\frac{3}{4}$ qismi)ni tashkil qiladi, buni biz matabdayoq yod o'rganmiz. Gapni o'shandan boshlaylik. Bu faktning ahamiyatini siz faqat Yer o'qining og'ishi boshqacha—to'g'ri burchakning $\frac{3}{4}$ qismi emas, masalan, to'la burchak deb faraz qilganingizda yaxshi tushunib olasiz. Boshqacha aytganda, Yerning aylanish o'qi uning orbitasi tekisligiga perpendikular deb faraz qiling. Ma'lumki, Jyul Vernning «Ostin-ustin» degan fantastik romanida Zambarak klubni a'zolari uni shunday qilish xayolida bo'lishgan. Bu o'zgarish tabiatning biz o'rganib qolgan kundalik hodisalarida qanday o'zgarishlar vujudga keltirardi?

Agar Yerning o'qi uning orbitasi tekisligiga perpendikulyar bo'lsa

Jyul Vern to'pchilarining «Yer o'qini to'g'rinish» tashabbusi amalga oshdi, Yerning o'qi uning Quyosh atrofida aylanish orbitasi tekisligi bilan to'g'ri burchak hosil qiladigan bo'lib qoldi, deb faraz qilaylik. Bunda biz tabiatda qanday o'zgarishlar ko'rardik?

Hammadan oldin hozirgi Qutb yulduzi—Kichik ayiq yulduzlar turkumining alfa yulduzi — qutb yulduzi bo'lmay qolardi. Yer o'qining davomi endi bu yulduz yaqinidan o'tmasdi va yulduzli osmon gumbazining boshqa biror nuqtasi atrofida aylana boshlardi.

So'ngra yil fasllarining almashinish vaqtini tomom o'zgarib ketardi; bu o'zgarish shunday bo'lardiki, yil fasllari butunlay almashinmaydigan bo'lardi.

Yil fasllari nima sababdan almashinib turadi? Nima uchun qishga qaraganda yozda issiq bo'ladi? Bu chaynalgan,

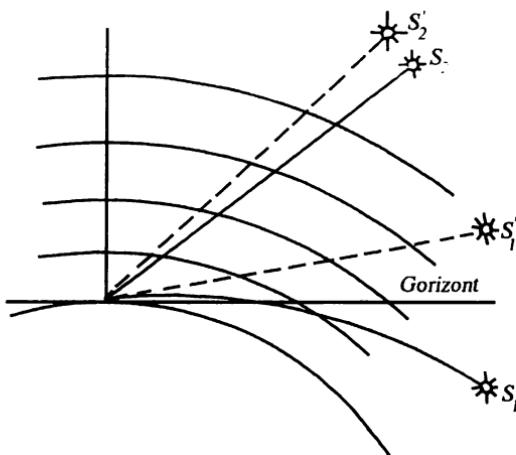
siyqa savollarga javob berishdan bosh tortmaylik. Maktunda buni yetarli darajida tushuntirishmaydi, kevinroq esa ko'pchilikning bu masalalar bilan shug'unlanishga vaqtি bo'lmaydi.

Shimoliy yarimsharda yozda shuning uchun issiq bo'ladi, birinchidan, shimoliy uchi ko'proq Quyoshga qaragan Yer o'qining og'ma vaziyati bo'lishi sababli kunlar uzayadi, tunlar esa qisqaradi. Quyosh kunduzi Yerni uzoqroq isitadi, kechalari esa u uncha sovib ulgurmaydi; issiqlikning kelishi oshadi, sarfi kamayadi. Ikkinchi sabab shuki, yana haligidek Yer o'qining Quyoshga tomon og'ma bo'lishi tufayli Quyosh osmonda baland yuradi va uning nurlari Yerga kattaroq burchak hosil qilib tushadi. Demak, yozda Quyosh faqat uzoq isitishgina emas, balki kuchliroq ham isitadi, kechasi Yerningsovushi uzoq davom qilmaydi. Qishda esa, buning aksicha, Quyoshning isitishi uzoq davom qilmaydi (kun qisqa bo'ladi), shu bilan birga, u kuchli isitmaydi, kechasi esa Yemingsovushi uzoq davom qiladi (tun uzun bo'ladi).

Janubiy yarimsharda shu hodisalarining o'zi olti oy keyin (yo bo'lmasa oldin) bo'ladi. Bahorda va kuzda ikkala qutb ham Quyosh nurlariga nisbatan birday vaziyatda bo'ladi, yoz bilan qish orasida bo'ladigan o'rtacha obi havo maydonga keladi.

Agar Yerning o'qi uning orbitasi tekisligiga perpendikulyar bo'lib qolsa, bu o'zgarishlar bo'ladimi? Yo'q, bo'lmaydi, chunki Yer shari Quyosh nurlariga nisbatan har doim birday vaziyatda bo'lib qoladi va uning har bir nuqtasida butun yil davomida bir fasl bo'lib turaveradi. Bu qanday fasl bo'ldi? O'rtacha moyasi va qutb moyasi uchun biz bu faslni bahor deb atashimiz mumkin, ammo bu fasl kuz deb atalishiga ham to'la haqlidir. Bunda hamma joyda va har doim tun bilan kun hozir martning va setabning 20 larida bo'lgandek, bir-biriga barobar bo'ladi. (Yupiter sayyorasi taxminan shunday vaziyatda; uning aylanish o'qi Quyosh atrofida harakat qilish tekisligiga deyarli perpendikulyar).

Hozirgi o‘rtacha poyasda gap ana shunday bo‘lardi. Issiq poyasda iqlimning o‘zgarishi uncha sezilarlik bo‘lmadi; qutbda, aksincha, bu o‘zgarishlar katta bo‘lardi. Atmosfera refraksiyasi tufayli, bunda gorizontdan salgina



15- rasm. Atmosfera refraksiyasi. Yoritg‘ichdan kelgan yorug‘lik nuri Yer atmosferasidan o‘tganida uning har bir qatlamida sinadi va egrilanadi, buning natijasida yorug‘lik nuri kuzatuvchi odamga nisbatan yuqoriroqda yotgan nuqtadan kelganga o‘xshab ko‘rinadi. Yoritg‘ich gorizont ostiga tushgan bo‘lsa ham, refraksiya natijasida kuzatuvchi uni ko‘radi.

ko‘tarilgan Quyosh (15-rasm) hech vaqt botmasdi, butun yil davomida gorizont yaqinida sirg‘anib yurardi. Abadiy kun, to‘g‘riroq aytganda, abadiy tong bo‘lardi. Juda past turgan Quyoshning nurlari keltirgan issiqlik uncha ko‘p bo‘lmadi, ammo Quyoshning butun yil davomida isitib turganida qutbning qattiq iqlimi ancha muloyim bo‘lib, yumshab qolardi. Yer o‘qining og‘maligi o‘zgarishidan keladigan birdan-bir foyda, Yer sharidagi madaniy mamlakatlar ko‘rgan zararning o‘rnini bosa olmaydigan foydadan iborat bo‘lardi.

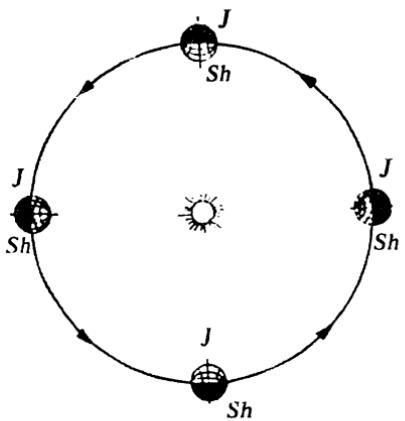
Agar Yerning o'qi orbitasi tekisligiga 45° og'ma bo'lса

Endi, farazan boshqa bir o'zgarish qilaylik: Yer o'qini to'g'ri burchakning yarmi qadar og'diraylik. Kecha-kunduz teng bo'lgan vaqtarda (21-mart va 23-sentabr atrofida) Yerda kun va tunning almashinishi hozirgidek bo'lardi. Ammo Quyosh 45°parallel uchun (lekin 23 ° uchun emas) zenitda bo'lardi: bu kenglik tropiklar rolini o'ynardi. Leningrad kengligida (60°da) Quyosh zenitga faqat 15°etmasdi; Quyoshning balandligi haqiqatdan ham tropik balandlik bo'lardi! Issiq poyas sovuq poyasga bevosita qo'shilib ketardi, o'rtacha poyas esa butunlay bo'lmasdi. Moskvada, Xarkovda butun iyun davomida uzlucksiz kun bo'lib, Quyosh botmasdi. Qishda esa, buning aksicha, Moskvada, Kievda, Poltavada butun dekadalar davomida muttasil surunkasiga qutb tuni bo'lardi. Issiq poyas esa bu vaqtida o'rtacha poyasga aylanardi, chunki unda Quyosh tush vaqtida 45°dan oshiq ko'tarilmasdi.

Bu o'zgarishdan, albatta, o'rtacha poyasdekk issiq poyas ham ko'p zarar qilardi. Qutb o'lkasi esa bundan bir oz yutadi: bu yerda juda qattiq (hozirgidan qattiqroq) qish bo'lib: undan o'rtacha issiq yoz davri boshlanardi, qutbning o'zida ham tush vaqtida Quyosh 45°balandlikda bo'lardi va yarim yildan ko'proq yoritib turardi. Arktikaning abadiy muzlari Quyosh nurlarining birdamlik bilan qilgan ta'siridan ancha erib ketardi.

Agar Yerning o'qi orbita tekisligida bo'lса

Bizning faraz qilgan uchinchi tajribamiz shundan iboratki, biz bunda Yerning o'qini uning orbitasi tekisligi ustiga qo'yamiz (16- rasm). Bu holda Yer taxminan bizning sayyoralar sistemamiz oilasining a'zolaridan bittasi—Uranga o'xshab, o'z o'qi atrofida aylangani holda, Quyosh tevaragida «yotib» aylanardi. Bunda nima bo'lardi?



16- rasm. Agar Yer sharining ay'lutish o'qi uning orbitasi tekisligida yosha edi, Yer shari Quyosh atrofida qanday harakat qilardi.

nib chiqardi. Bunday yoz davomida qishda to'planib qolgan hamma muzlar erib ketar edi.

O'rta kengliklarda bahor boshlanishi bilan kunlar uzaya boshlab, so'ngra bir qancha vaqt ko'p sutkalar davom qilgan kun bo'lardi. Bu uzoq davom qiladigan kun, ma'lumki, bir joy qutbdan necha gradus uzoqlikda bo'lsa, taxminan shuncha sutkadan keyin boshlanib, shu joyning ikkiga ko'paytirib olingan kengligi necha gradus bo'lsa, taxminan shuncha sutka davom qilardi.

Masalan, Leningradda ko'p sutkalar davom qiladigan kun 21-martdan 30 kun o'tganidan keyin boshlanib, 120 sutka davom qilardi. 23-sentabrga 30 kun qolganda yana tun bo'la boshlardi. Qishda esa buning aksi bo'lardi: uzlusiz davom qilgan ko'p sutkalik kun o'rnini o'shancha vaqt surunkasiga davom qilgan tun olardi. Faqat ekvatordagina kun hamma vaqt tunga barobar bo'lardi.

Yuqorida aytiganidek, orbitasi tekisligiga nisbatan Uranning o'qi taxminan shunday vaziyatdadir: bu sayyora o'qining uning Quyosh atrofida harakat qilish orbitasiga

Qutblar yonida kun yarim yil davom qilib, shu vaqt davoniida Quyosh gorizontdan to zenitning o'zginasigacha spiralsimon yo'l bo'ylab ko'tarilib, yana o'shanday yo'l bilan pastga-gorizontga tushganida yarim yillik tun davom qilardi. Bu kun bilan tunni ko'p sutkalar uzlusiz davom qilgan g'ira-shiraliq ajratib turadi. Gorizont ostiga tushishdan oldin Quyosh bir necha sutka davomida gorizont bo'ylab sirg'anib, butun osmonni aylanib chiqardi.

og'maligi atigi 8° . Uran Quyosh atrosida «yotgan holda» aylanadi, deyish mumkin.

Shu uchta «agar» dan keyin kitobxon iqlimi sharoit bilan Yer o'qining og'maligi orasida chambarchas bog'-lanish borligini aniqroq tushungan bo'lsa kerak. «Iqlim» degan so'z grekcha «og'malik» degan ma'noda bo'lishi tasodifiy gap emas.

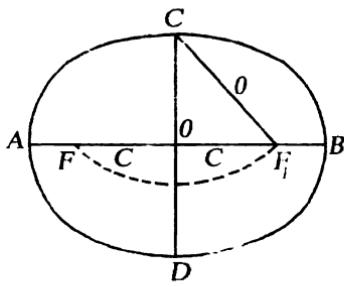
Yana bir «agar»

Endi sayyoramiz harakatining boshqa tomoniga—uning orbitasining shakliga qaraylik. Hamma sayyoralardek Yer ham Keplerning birinchi qonuni bo'ysunadi: har bir sayyora ellips bo'ylab harakat qiladi, bu ellipsning bir fokusida Quyosh bo'ladi.

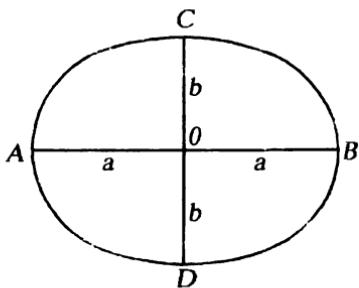
Yer shari aylanayotgan bu ellips qanday? U aylanadan katta farq qiladimi?

Darsliklarda va boshlang'ich astronomiya kitoblarida Yer orbitasida perspektivini ancha cho'ziq ellips shaklida tasvirlaydilar. Noto'g'ri tushunilgan shunday ko'rish obrazni ko'p odamlarning esida umrbod qoladi: ular Yerning orbitasi ancha cho'ziq ellips degan fikrda bo'ladilar. Ammo unday emas: Yer orbitasi doiradan shuncha kam farq qiladiki, uni qog'ozda doira shaklida tasvirlamasdan bo'lmaydi. Yer orbitasining diametrini bir metr qilib chizganimizda ellipsning doiradan farqi shu ellipsni tasvir qilgan chiziqning yo'g'onligidan kamroq bo'lardi. Bunday ellipsni rassomlarning o'tkir ko'zi ham doiradan ajrata olmasdi.

Ellipsning geometriyasi bilan bir oz tanishiylik. Ellipsda (17- rasm) AB —uning «katta o'qi, CD —«kichik o'qi». Har bir ellipsning «markazi» O dan tashqari yana markazning ikki tomonida simmetrik joylashib, katta o'q ustida yotgan ikkita nuqta— «fokuslari» bo'ladi. Ellipsning fokuslari quyidagicha topiladi (18-rasm): tsirkulni katta yarim o'qi masofasi OB qadar ochiladi va bir uchini kichik o'qning C uchiga o'matib, katta o'qni kesib o'tadigan qilib yoy chiziladi. Kesishuv nuqtalari F va F' — ellipsning fokuslari. OF va OF' masofalar (bu masofalar bir-biriga teng bo'ladi)



17- rasm. Ellips hamda uning o'qlari—katta o'qi (AB) va kichik o'qi (CD), O nuqta ellipsning markazi.



18- rasm. Ellipsning fokuslarini qanday topish kerak.

odatda c harfi bilan, katta va kichik o'qlar esa $2a$ va $2b$ harflar bilan belgilanadi. C masofaning katta yarim o'q uzunligiga nisbati, ya'ni c/a kasr ellipsning cho'ziqlik o'lchovi bo'ladi va «ekssentrisitet» deb ataladi. Ellips doiradan qancha ko'proq farq qilsa, uning ekstsentrиситети shuncha katta bo'ladi.

Agar biz Yer orbitasi ekssentrisitetining kattaligini bilsak, uning shakli to'g'risida aniq tasavvur hosil qila olamiz. Buni orbitaning kattaligini o'lchab o'tirmasdan ham bilish mumkin. Masala shundaki, Quyosh Yer orbitasi fokusralidan bittasida bo'ladi va orbita nuqtalari bu fokusdan har xil uzoqlikda bo'lganida, Yerdan qaraganimizda bizga u har xil kattalikda bo'lib ko'rindi. Quyoshning ko'rindma o'lchovi goh kattalashadi, goh kichiklashadi, ya'ni goh katta bo'lib, goh kichik bo'lib ko'rindi, albatta, uning o'lchovlarining nisbati kuzatish vaqtlarida Quyoshning Yerdan qanday uzoqlikda bo'lishiga aniq to'g'ri keladi. Misol uchun, Quyosh ellipsning F_i fokusida bo'lsin (17-rasm). Yer orbitaning A nuqtasida 1- iyullarida bo'ladi, unda bizga Quyosh diskini eng kichik bo'lib ko'rindi; uning kattaligi burchak o'lchovida $-31^{\circ} 28''$ bo'ladi. B nuqtada Yer taxminan 1 yanvarda bo'ladi, unda bizga Quyosh diskini eng katta $-32^{\circ} 32''$ burchak ostida ko'rindi. Proporsiya tuzaylik:

$$\frac{31'28''}{32'32''} = \frac{BF_1}{AF_1} = \frac{a-c}{a+c},$$

bu proporsiyadan hosil bo'lgan proporsiyasi deb ataladijan proporsiya tuzish mumkin.

$$\frac{a-c-(a+c)}{a+c+(a-c)} = \frac{31'28'' - 32'32''}{32'32'' + 31'28''}$$

yoki

$$\frac{64''}{64'} = \frac{c}{a},$$

Demak,

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60} = 0,017,$$

ya'ni Yer orbitasining eksentriteti 0,017 ekan. Ko'ramizki, Yer orbitasining shaklini aniqlash uchun Quyoshning bizga ko'ringan (ko'rinchma) diskini puxta o'lchash kifoya ekan.

Endi Yerning orbitasi doiradan juda kam farq qilishini ko'rsatib beraylik. Misol uchun, biz uni katta yarim o'qil metr bo'ladigan qilib juda katta masshtablarda chizdik, deylik. Bunda ellipsning ikkinchi kichik o'qining uzunligi qancha bo'ladi? OCF₁ to'g'ri burchakli uchburchakdan (18-rasm):

$$c^2 = a^2 - b^2, \text{ yoki } \frac{c^2}{a^2} = \frac{a^2 - b^2}{a^2}.$$

Ammo $\frac{c}{a}$ Yer orbitasining ekstsentriteti, ya'ni $\frac{1}{60}$ bo'ladi. $a^2 - b^2$ ifoda o'miga $(a-b)(a+b)$ ifodani olamiz, b ning a dan farqi kam bo'lgani uchun $(a+b)$ o'miga 2-a olamiz.

Unda

$$\frac{1}{60^2} = \frac{2a(a-b)}{a^2} = \frac{2(a-b)}{a},$$

demak, $a-b = \frac{a}{2 \times 60^2} = \frac{1000}{7200}$, ya'ni $\frac{1}{72}$, millimetrdan kamroq bo'ladi.

Bildikki, hatto shunday katta mashtabda olingen chizmada ham Yer orbitasining katta va kichik yarim o'qlarining uzunligidagi farq $\frac{1}{2}$, millimetrdan oshmas ekan. Qalam bilan chizilgan ingichka chiziq bunga qaraganda ancha yo'g'on bo'ladi. Demak, biz Yer orbitasini doira shaklida chizganimizda amalda hech qanday xato qilmas ekanmiz.

Shunday chizmada Quyoshning tasvirini qaerga joylashtirish kerak? U orbitaning fokusida bo'lishi uchun uni markazidan qancha surish kerak? Boshqacha aytganda, biz faraz qilgan chizmada *OF* va *OF*, masofalar qancha bo'ladi? Buning hisobi uncha murakkab emas;

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60}, c = \frac{a}{60} = \frac{100}{60} = 1,7 \text{ sm.}$$

Quyoshning markazi orbita markazidan 1,7 sm nari bo'lishi kerak. Ammo Quyoshning o'zi diametri 1sm kattalikdagi doirachadek tasvir qilinishi keark bo'lganidan, Quyoshning markazga joylashtirilmaganligini faqat tajribakor rassomgina payqardi.

Bu gaplardan chiqadigan amaliy hulisa shuka, rasmda Yer orbitasini doira shaklida chizib, Quyoshni doira markazidan sal chetroqda ko'rsatish kerak.

Quyoshning vaziyatidagi shuncha ozgina assimmetriya Yerdagi iqlim sharoitiga ta'sir qila oladimi? Bu ta'sir nimada ro'y berishini aniqlash uchun yana faraziy tajriba qilaylik, yana «agar»ga murojaat qilaylik. Misol uchun, Yer orbitasining eksentrisiteti ancha kattalashib qoldi, masalan, 0,5 gacha oshdi deb faraz qilaylik. Bu—ellipsning fokusi uning yarim o'qini qoq o'rtasidan ikkiga bo'ladi. Quyosh sistemasi asosiy sayyoralaridan birortasining ham eksentrisiteti shuncha emas; Plutonning orbitasi eng cho'ziq bo'lib, eksentrisiteti 0,25. (Ammo asteroid va kometalar yana ham cho'ziqroq ellips bo'ylab aylanadi).

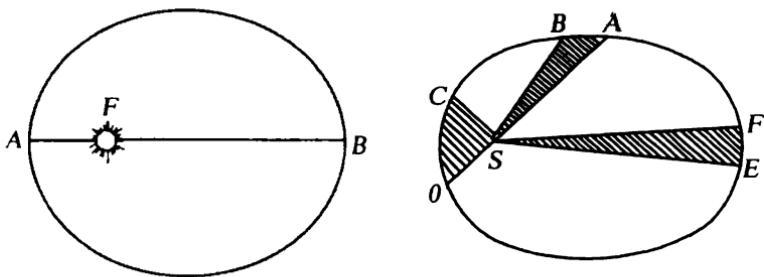
Agar Yerning yo'li cho'ziqroq bo'lsa

Misol uchun Yerning orbitasi ancha cho'ziq bo'lib, fokus uning yarim o'qini qoq o'rtasidan ikkiga bo'ladi deb faraz qilaylik. 19-rasmda shu yangi orbita tasvir qilingan.

Yer avvalgidek 1-yanvarda Quyoshga eng yaqin *A* nuqtada, 1-iyulda esa undan uzoq *B* nuqtada bo'ladi. *FB* masofa *FA* masofadan uch marta katta bo'lgani uchun yanvarda Quyosh bizga iyuldagiga qaraganda 9 marta ko'p (masofaning kvadratiga teskari proporsional) bo'ladi. Unda bizning shimal qishimiz bo'lardimi? Shimol qishimiz faqat Quyoshning osmonda past yurishi, kunlarning qisqa bo'lishi, tunlarning esa uzun bo'lishi qolardi, xolos. Ammo sovuq bo'lmadsi: Quyoshning juda yaqin bo'lishi yoritishning noqlay sharoitini ortig'i bilan qoplar edi.

Bunga yana Keplerning ikkinchi qonunidan—radius-vektoring birday vaqt ichida chizgan yuzalari bir-biriga teng, degan qonundan $\frac{1}{\sqrt{t}}$ chiqadigan natija ham qo'shiladi.

Orbitaning «radius-vektori» deb, Quyoshni sayyora bilan, biz olgan misolda Yer bilan tutashtiradigan to'g'ri chiziqqa aytildi. Yer orbita bo'y lab harakat qilagini uchun radius-vektor ham harakat qiladi va ma'lum bir yuza chizadi; Kepler qonuni ellips yuzalarini birday vaqt ichida chizilgan qismlari bir-biriga teng bo'lishini aniqlaydi. Yer orbitasi bo'y lab, o'z yo'llining Quyoshga yaqin nuqtalarida harakat qilganida Quyoshdan uzoq nuqtalaridagiga qaraganda tezroq harakat qilishi lozim; aks holda qisqa radius vektor chizgan yuza, uzunroq radius-vektor chizgan yuzaga teng bo'la olmasi (20-rasm).

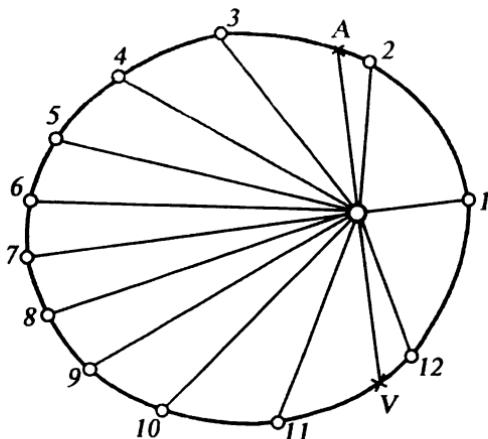


19- rasm. Agar Yer orbitasining ekssentrisiteti 0,5 ga teng bo'lganda edi, orbitasining shakli qanday bo'lardi. *F*fokusda Quyosh.

20-rasm. Keplerning ikkinchi qonuniga illyustratsiya; agar *AB*, *CO* va *EF* yerlarni sayyora birday vaqt oralarida o'tgan bo'lsa, shtrixlangan yuzalar bir-biriga teng bo'ladi.

Shu aytilganlarni o'zimizning faraz qilgan orbitamizga taqbiq qilsak, Yer Quyoshga ancha yaqin bo'lgan vaqtarda—dekabr, fevralda o'z orbitasi bo'ylab, iyun-avgustdagiga qaraganda tezroq harakat qilishi kerak, degan xulosaga kelamiz. Boshqacha aytganda, shimolda qish tez o'tib ketishi, buning aksicha, Quyosh qishda issiqlikni kam bergeniga yarashe, yoz uzoq davom qilishi lozim.

21-rasmida biz faraz qilgan sharoitda yil fasliarning qancha davom qiliishi to'g'risida yana ham aniqroq tasavvur beriladi. Bundagi ellips Yerning yangi (ekssentrisiteti 0,5 bo'lgan) orbitasining shaklini tasvir qiladi.



21- rasm. Ellips juda cho'ziq bo'lsa, Yer Quyosh atrofida qanday harakat qilardi. (Sonlar bilan ko'rsatilgan bir-biriga qo'shni nuqtalar orasidagi masofalarni sayyora birday vaqt oralarida—bir oyda o'tadi.)

1–12 sonlar Yerning yo'lini baravar vaqt ichida o'tilgan qismlariga bo'ladi: Kepler qonuniga muvofiq, ellips ichiga chizilgan radius-vektorlar uni yuzalari bir-biriga teng bo'ladigan bo'laklarga bo'ladi. 1 nuqtada Yer 1-yanvarda, 2 nuqtada— 1-fevralda, 3 nuqtada 1-martda bo'ladi va hokazo. Chizmadan ko'rindiki, bunday orbitada bahorgi teng kunlik (*A*) fevralning birinchi kunlaridayoq, kuzgi

teng kunlik (V) noyabr oxirlarida bo'lishi kerak. Demek, shimoliy yarimsharda qish atigi ikki yarim oydan oshiqroq—noyabning oxiridan fevralning boshigacha d'vom qilardi. Shimoliy yarimshar o'lklarida uzun yoz kunlari va Quyoshning tush vaqtida baland bo'lishi esa bahorgi teng kunlikdan, kuzgi kecha-kunduz tengligigacha davom qilib, $9 \frac{1}{2}$, oydan oshiq vaqtini o'z ichiga olardi.

Janubiy yarimsharda esa xuddi buning aksi bo'lardi. Quyoshning past turishi va kunlarning qisqa bo'lishi Yerning undan uzoqlashgan vaqtiga hamda Quyoshning Yerga yuboradigan issiqlik oqimi 9 marta kamaygan vaqtga to'g'ri kelardi; Quyoshning baland turishi va uzun kunlar esa Quyoshning nur sochishi 9 n. t. u kuchaygan vaqtiga to'g'ri kelardi. Qish hozirgi shimol qishiga qaraganda ko'p sovuq bo'lib, undagiga qaraganda ancha uzoq davom qilardi. Yoz esa qisqa bo'lsa ham, chidab bo'lmaslik darajada issiq bo'lardi.

Bizning «agar»imizning yana bir oqibatini aytib o'taylik. Yerning o'z orbitasi bo'ylab tez harakat qilishi yanvarda o'rta va haqiqiy tush vaqtleri momentlari orasida ancha katta farq—butun soatlarga boradigan farqni maydonga keltirardi: Unda hozir biz foydalangandek o'rtacha Quyosh vaqtidan foydalanish noqulay bo'lardi.

Biz endi Quyoshning Yer orbitasida ekssentrik vaziyatda bo'lishi nimaga olib kelishini bilamiz: hammadan oldin shimoliy yarim sharning qishi qisqaroq va muloyimroq, yozi esa janub yoziga qaraganda uzunroq bo'lishi lozim. Bu haqiqatdan ham ro'y beradimi? Albatta, ro'y beradi. Yer yanvarda Quyoshga iyuldagiga qaraganda $2 \times \frac{1}{60}$ masofasicha, ya'ni masofasining $\frac{1}{30}$ hissasicha yaqin bo'ladi; shuning uchun Yerning Quyoshdan olgan issiqlik miqdori ($\frac{61}{59}$)²

marta, ya'ni 6% oshadi. Bu esa shimol o'lklaridagi qattiq qishni bir oz yumshatadi. Ikkinchidan, shimolning kuzi bilan qishini birga olganda janubnikidan taxminan 8 sutka qisqaroq; shimoliy yarimsharning bahori bilan yozi janubnikiga qaraganda shuncha uzun. Janubiy qutbni ko'proq muz bosishi, extimol, o'shandandir. Shimoliy va janubiy

yarim sharlarda yil fasllarining davomiyligi to‘g‘risida aniq ma‘lumot quyida berilgan.

Ko‘rasizki, shimolning yozi, qishidan, 46 sutka uzunroq, shimolning bahori esa kuzidan 3,0 sutka uzunroq.

Shimoliy yarim sharning bu ustunligi abadiy saqlanib qolmaydi. Yer orbitasining katta yarim o‘qi fazoda astasekin ko‘chmoqda: u Yer yo‘lining Quyoshdan eng uzoq va eng yaqin nuqtalarini boshqa joylarga ko‘chiradi. Bu harakatlarning to‘la bir sikli 21 ming yil davomida tamom bo‘ladi. Hisoblab topilganki, eramizning 10700 yilda shimoliy yarimsharning yuqorida ko‘rsatilgan ustunligi janubiy yarimsharga ko‘char ekan.

Shimoliy yarimshar	Davomiyligi	Janubiy yarimshar
Bahor	92 sutka 19 soat	Kuz
Yoz	93 sutka 15 soat	Qish
Kuz	89 sutka 19 soat	Bahor
Qish	89 sutka 0 soat	Yoz

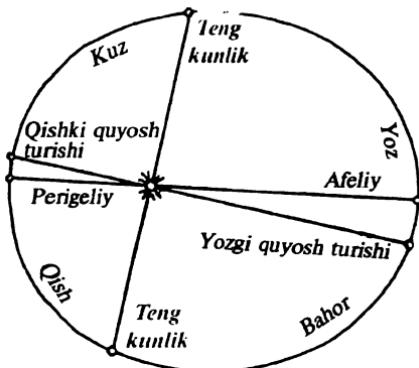
Yer orbitasi ekstsentriskitetining o‘zi ham o‘zgarmasdan doimiy qolmaydi: buning kattaligi asrlar davomida o‘zgarib turadi: u nol (0,003) dan tortib, to 0,077 gacha o‘zgaradi, nol bo‘lib qolganida Yerning orbitasi deyarli doiraga aylanadi, 0,077 bo‘lganida u eng cho‘ziq holga kelib, shakli Mars orbiatsining shakliga o‘xshab qoladi. Hozir Yer orbitasining eksentrisiteti kamayish davrida; u hali yana ming yil davomida oshadi. O‘z-o‘zidan tushunarlik, bunday sekin o‘zgarishning biz uchun faqat nazariy ahamiyati bor, xolos.

Biz Quyoshga qachon yaqinroq bo‘lamiz: tush vaqtidami yoki kechqurunmi?

Agar Yer markazida Quyosh joylashgan qat’iy doiraviy orbita bo‘ylab harakat qilganda edi, sarlavhada berilgan bu savolga javob berish juda oson bo‘lardi. Yer o‘z o‘qi

atrosida aylinishi sababli uning sirtining tegishli nuqtalari Quyoshga qarab qolgan vaqtida, tush vaqtida biz Quyoshga yaqin bo'lamiz. Quyoshga eng yaqin kelgan nuqtalar ekvator nuqtalar bo'lib, ular 6400 km yaqin kelardi (Yer radiusining uzunligi).

Ammo Yerning orbitasi ellips, Quyosh esa shu ellipsning fokusida bo'ladi (22-rasm). Shuning uchun Yer Quyoshga goh yaqinroq, goh undan uzoqroq bo'ladi. Yarim yil davomida (1 yanvardan 1 iyulgacha) Yer Quyoshdan uzoqlashadi, yilning ikkinchi yarmida unga yaqinlashadi. Bu eng uzoq va eng yaqin masofalar orasidagi ayirma $2 \times \frac{1}{60} \times 150000000$, ya'ni 5000000 kilometrga etadi.



22- rasm. Yerning Quyosh atrosidagi yo'lining sxematik tasviri.

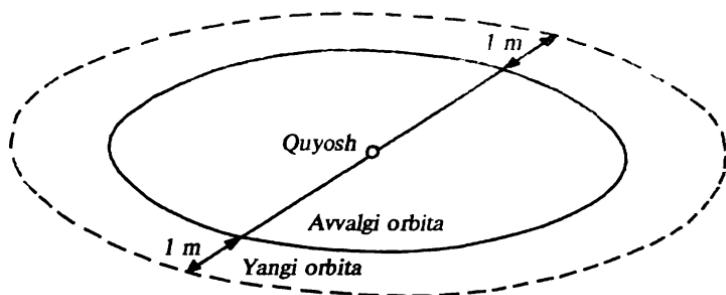
Masofaning bu o'zgarishi sutkasiga taxminan 28000 km bo'ladi. Shuning uchun ham tush vaqtidan to Quyosh botguncha o'tgan vaqt ichida (chorak sutkada) Yer sirti nuqtalarining kunduzgi yoritgichdan (Quyoshdan) uzoqligining o'zgarishi o'rta hisob bilan 7500 km, ya'ni Yerning o'z o'qi atrosida aylanishidagi o'zgarishidan oshiqroq bo'ladi.

Demak, sarlavhada berilgan savolga quyidagicha javob berish kerak: yanvardan tortib iyulgacha bo'lgan davrda biz Quyoshga kechqurungiga qaraganda tush vaqtida yaqinroq bo'lamiz, iyuldan yanvargacha bo'lgan davrda esa, buning aksicha, uzoqroq bo'lamiz.

Bir metr uzoqroq

Masala

Yer Quyosh atrofida 150 000 000 km masofada aylanadi. Bu masofa 1 metrga oshdi deb faraz qiling. O'shanda Yerning Quyosh atrofida aylanish yo'li qancha uzayardi va shu sababli yilning uzunligi qancha oshardi? (Biz bunda Yerning o'z orbitasi bo'ylab harakat qilishiidagi tezligi ozagrmaydi deb hisoblaymiz), (23-rasmga qarang).



23- rasm. Agar bizning sayyoramizning Quyoshdan yana 1m uzoqlashsa uning orbitasi qancha uzayardi? (Masalaning yechilishi matnda).

Yechish

Asli 1 metr masofa katta emas; ammo Yer orbitasining juda ham uzun ekanligini yodga olib, masofaning shunday ozgina ortishi orbita uzunligining juda ham oshib ketishiga, demak, yilning davom etishi ham oshib ketishiga sabab bo'lsa kerak, deb o'ylashga moyilmiz.

Biroq, hisoblab ko'rganimizda shunday arzimas bir natijaga kelamizki, hisoblash vaqtida xato qilmadikmikan, deb shubhalanishga tayyormiz. Bunda farqning juda kam bo'lishiga ajablanish kerak emas; bu farq haqiqatdan ham juda kam bo'lishi kerak. Ikkita konsentrik (biri ikkinchisi ichiga chizilgan umumiy markazli) aylananing uzunligidagi farq, ayrim aylanalar radiuslarining kattalagiga emas, faqat bu radiuslarning ayirmasiga bog'liqdir. Uyning poliga chizilgan ikkita aylananing radiuslari orasidagi ayirma ham

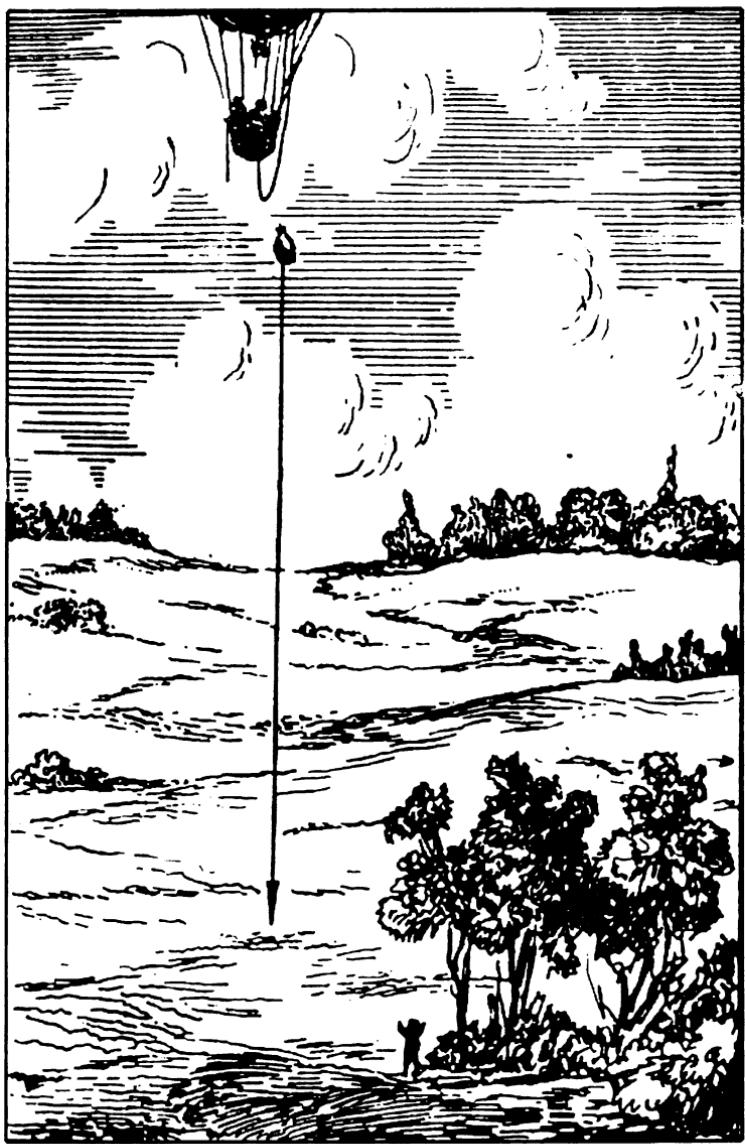
1 m, kosmik kattalikdagi ikkita aylananing radiuslari orasidagi ayirma ham 1 m bo'lsa, har ikkala holda ham ayanalarning uzunligidagi ayirma birday bo'ladi. Bunga biz hisoblash yo'li bilan qaneat hosil qilishimiz mumkin. Agar Yerning doira deb olingen orbitasining radiusi R ni bo'lsa, uzunligi $2 \pi R$ bo'ladi. Shu orbitaning radiusini 1 m uzaytirganda uning yangi uzunligi $2 \pi (R+1) = 2 \pi R + 2\pi$ bo'ladi. Ko'ramizki, orbitaning uzunligi 2π , ya'ni 6,28 m oshar ekan va bu oshuv radiusining kattaligiga bog'liq bo'lmas ekan.

Demak, Yerning Quyoshdan uzoqligi 1 m oshganda, uning Quyosh atrofida aylanish yo'li atigi $6 \frac{1}{4}$ m uzayadi. Yilning uzunligiga esa, bu nech ta'sir qilmaydi deyish mumkin, chunki Yer o'z orbitasida sekundiga 30 000 m yo'l bosadi: yil sekundining atigi 5000 dan bir hissasicha uzayadi, bunchalik uzayish, albatta, sezilmashdi.

Har xil joydan turib qaraganda

Qo'lingizdagi buyum tushib ketganida siz uning vertikal chiziq bo'ylab tushganini ko'rasisiz va boshqa biror odamga buyumning shu yo'li to'g'ri chiziqli bo'lmay, egri chiziqli bo'lib ko'rinishi mumkin deb o'ylash sizga g'alati tuyuladi, albatta. Ammo Yer sharining harakatida biz bilan birga ishtirok qilmagan har qanday kuzatuvchiga u xuddi o'shanday, egri chiziqli bo'lib ko'rindi.

Jismning tushishiga o'shanday kuzatuvchi nuqtayi nazaridan qaraylik. 24-rasmda 500 m balandlikdan erkin tushayotgan og'ir shar tasvir qilingan. Bu shar tushishi bilan birlikda, albatta, Yer sharining hamma harakatlarda ishtirok qiladi. Tushayotgan jismning bu qo'shimcha harakatlari va, shu bilan birga, juda ham tez bo'ladigan harakatlarini biz sezmasligimizning sababi shuki, biz o'zimiz ham shu harakatlarda ishtirok qilamiz. Sayyoramizning harakatlaridan bittasida ishtirok qilmaganimizda bizga endi o'sha jismning o'zi vertikal pastga qarab harakat qilgandek ko'rinxaydi, balki butunlay boshqa bir chiziq bo'ylab harakat qilgandek ko'ranadi.



24- rasm. Yerdan turib kuzatuvchiga erkin tushayotgan jismning yo'li—to'g'ri chiziq bo'lib ko'rindi.

Misol uchun, biz jismning tushishini Yer yuzida turib emas, Oyda turib kuzatamiz deylik. Oy Yerning Quyosh atrofida aylanishida unga yo'ldosh bo'ladi-yu, ammo Yerning o'z o'qi atrofida aylanishida esa ishtirok qilmaydi. Shuning uchun biz jismning tushishini Oydan turib kuzatganimizda jismni ikkita harakatlarni—vertikal ravishda pastga tushishini va avvali biz payqamagan ikkinchi harakati.— Yer sirtiga urinma ravishda sharqqa tomon qilgan harakatini ko'rardik.

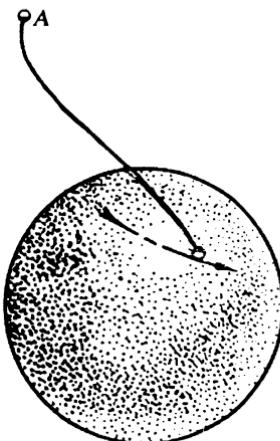
Bir vaqtning o'zida bo'ladi-gan bu ikki harakat, albatta, mexanika qonunlariga muvofiq qo'shiladi va bulardan biri (tushish) notejis harakat bo'lib, ikkinchisi tekis harakat bo'lgani uchun natijalovchi harakat egri chiziq bo'ylab bo'ladi, 25-rasmida shu egri chiziq tasvirlangan: jismning tushishini oydan turib kuzatilsa, odamga jismning yo'li shu xilda bo'lib ko'ranadi.

Yana bir qadam qo'yaylik: og'ir toshning Yerga tushishini kuzatish uchun nihoyatda kuchli teleskop olib, farazan Quyoshga chiqaylik. Quyoshda turganimizda biz Yerning o'z o'qi atrofida aylanishidigina emas, balki uning orbitasi bo'ylab aylanishida ham ishtirok qilmaymiz. Demak, Quyoshdan turib kuzatganimizda biz tushayotgan jismning bordaniga uchta harakat qilishini payqar ekanmiz (26-rasm):

- 1)Yer sirtiga qarab vertikal tushish.
- 2)Yer sirtiga urinma ravishda sharqqa qarab harakat qilish.

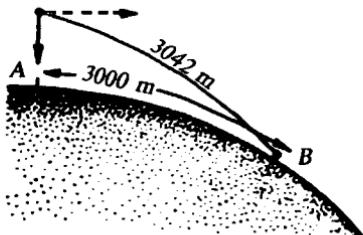
3)Quyosh atrofida harakat qilish.

Birinchi harakat 0,5 kilometrga teng. Ikkinchisi, jism 10 sekund davomida tushsa, Moskva kengligida $0,3 \times 10 = 3$ km bo'ladi. Uchinchisi eng tez harakat sekundiga 30 km

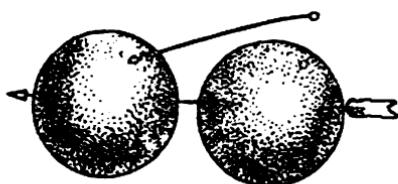


25- rasm. O'sha yo'lning o'zginasi Oydan turib qaragan odamga egri chiziq bo'lib ko'rinadi.

bo'ladi. Tushish davom qilgan 10 sekundda u Yer orbitasi bo'ylab 300 km ketib qoladi. Juda katta siljishga nisbatan birinchi ikkita harakat— $\frac{1}{2}$ km pastga va 3 km yon tomonga bo'lgan harakat sal-pal seziladi; Quyoshdan turib qaraganimizda biz jismning eng katta siljishiga e'tibor berardik. Xo'sh, biz bunda nimani ko'rardik? Taxminan, mashtabga rioya qilinmasdan chizilgan 27-rasmida ko'rsatilgan manzarani ko'rardik. Bunda Yer chap tomonga ko'chadi, tushayotgan jism esa Yerning o'ng vaziyatida ko'rsatilgan nuqtasidan uning (faqat biroz pastroqda) chap vaziyatda ko'rsatilgan o'shangan mos nuqtasiga ko'chadi. Biz rasmida mashtabga rioya qilinmaganligini aytgan edik: Yerning markazi 10 sekund davomida rassom yaqqolroq ko'rsatish uchun tasvirlagandek 14000 km emas, faqat 300 km siljirdi.



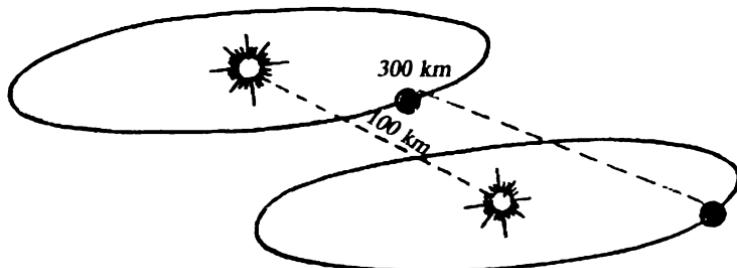
26- rasm. Yerga erkin tushayotgan jism bir vaqtning o'zida yer aylanishi sababli uning sirti nuqtalari chizayotgan doiraviy yo'lga urinma yo'naliishida ham harakat qiladi.



27- rasm. Jismning Yerga 24-rasmida ko'rsatilgandek vertikal tushishini Quyoshda turib kuzatgan odam nima ko'rardi (mashtabga rioya qilinmagan).

Endi yana bir qadam qo'yish: qanday bo'lsa ham birorta yulduzga, ya'ni o'zimizning Quyoshimiz harakatida ishtirot qilishdan qutilib, bizdin juda ham uzoqda bo'lgan boshqa Quyoshga borib qoldik deb faraz qilish qoldi. Undan turib qaraganimizda biz tushayotgan jismning yuqorida tekshirib o'tilgan uchta harakatidan tashqari, yana to'rtinchi harakatini—bu yulduzga nisbatan qilgan harakatini ko'ramiz. Bu to'rtinchi harakatning tezligi va yo'naliishi bizning qaysi yulduzga borishimizga, ya'ni bu yulduzga nisbatan Quyosh sistemasi qanday harakat qilishiga bog'liq bo'ladi.

28-rasmda bo‘lishi mumkin bo‘lgan hollardan biri tasvir qilinganki, bunda Quyosh sistemasi tanlangan yulduzga nisbatan Yer orbitasi tekisligi bilan o‘tkir burchak hosil qilib sekundiga 100 km tezlikda harakat qilishi ko‘rsatilgan (haqiqatan ham yulduzlar shunday tezlik bilan harakat qiladi). Bu harakat tushayotgan jismni 10 sekund davomida o‘z yo‘nalishida 1000 km ga olib ketadi, va albatta, uning yo‘lini yana ham murakkablashtiradi. Boshqa bir yulduzdan turib qaraganimizda bu yo‘lning uzunligi va yo‘nalishi boshqacha bo‘ldi.



28- rasm. Yerga tushayotgan jismning yo‘li juda uzoqdagi yulduzdan turib qaragan odamga qanday bo‘lib ko‘rinardi.

Muhokamamizni yana ham davom qildirish: tushayotgan jismning yo‘li, Somon yo‘lidan tashqarida turib kuzatgan, bizning yulduz sistemamizni olamning boshqa orollariga tomon tez olib ketayotgan harakatda ishtirok qilmagan kuzatuvchiga qanday bo‘lib ko‘rinadi degan masalani qo‘yish mumkin bo‘lardi. Ammo endi uncha uzoqlashib ketishning zaruriyat yo‘q. Har bir yangi joydan turib qaraganimizda tushayotgan shu bir jismning o‘zining yo‘li mutlaqo boshqa-boshqa bo‘lib ko‘rinishi endi kitobxonga ravshan bo‘lib qoldi.

Yerning aylanishiga bog‘liq bo‘lmagan vaqt hisobi

Siz bir soat ishladingiz va bir soat dam oldingiz. Shu ikkala vaqt oraligi bir-biriga tengmi? Bu savolga ko‘plar, agar bu vaqt oraliglari yaxshi tekshirilgan soat mexanizmi

yordami bilan o'lchanigan bo'lsa, albatta, birday bo'ladi, deb javob berishi mumkin. Biz qanday soat mexanizmini to'g'ri deb hisoblashimiz kerak? Albatta, astronomik kuzatishlar o'tkazish yo'li bilan tekshirilgan, boshqacha aytganda, ideal tekis aylanadigan Yer sharining harakatiga moslashtirilgan mexanizmni to'g'ri yuradigan soat mexanizmi deyishimiz kerak. Yer shari esa birday vaqt oralig'ida bir-biriga qat'iy teng burchaklarga buriladi.

To'g'risini aytganda, biz Yer sharining tekis aylanishini qayerdan bilamiz? Nima uchun bizning sayyoramizning o'z o'qi atrofida birin-ketin ikki marta aylanishi orasida o'tgan vaqt baravar deb amin bo'lishimiz kerak? Yerning aylanishining o'zi vaqt o'lchovi qilib olinganida buni tekshirib ko'rish mumkin emas.

Keyingi vaqtarda astronomlar ba'zi maqsadlarda bu burun-burundan tekis harakat namunasi deb qonunlash-tirilgan namuna o'mniga boshqasini olish foydali deb hisoblaydigan bo'ldilar. Shu xilda ikkinchi namuna olishning sabablarini va natijalarini bayon qilaylik.

Osmondagi yoritgichlarning harakatini sinchiklab tekshirish natijasida ba'zi yoritgichlarning harakati nazariy ravishda oldin aytib qo'yilgandan chetga chiqqanligi aniqlandi va bu chetga chiqishlarni osmon mexanikasi qonunlariga muvofiq tushuntirib bo'lmaydi. Sababsiz bo'lib ko'ringan bu chetga chiqishlar Oyda, Yupiterning birinchi va ikkinchi yo'ldoshida, Merkuriyda, hattoki Quyoshning yillik ko'rinma harakatida, ya'ni o'zimizning sayyoramizning o'z orbitasida harakat qilishida ro'y berishi aniqlangan. Masalan, Oyning ba'zi davrlarda nazariy hisoblangan yo'lidan chetga chiqishi yoyning $\frac{1}{6}$ hissasigacha yetadi, Quyoshnikni esa yoyning 1 sekundigacha boradi. Bu noto'g'-riliklarni tahlil qilish bular uchun umumiy bo'lgan hislat borligini ko'rsatadi: hamma harakatlar ma'lurn bir davr ichida borgan sari tezlasha borib, undan keyingi davrda hammasi birdaniga sekinlasha boshlagan. Albatta, bu chetga chiqishlarni umumiy bir sababi bo'lsa kerak, degan fikrning tug'ilishi tabiiydir.

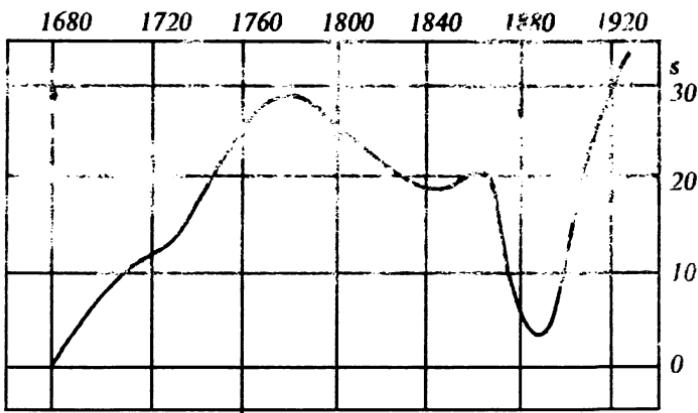
Bu umumiy sabab bizning tabiiy soatimizning «*o'zg'riligida*», Yerning aylanishini tekis harakat namunaasi qilib nobob tanlanishida emasmi?

«Yer soati» (ya ni vaqtini Yerning aylanishiga qarab hisoblash)ni boshqa soat bilan almashtirish masalasi qo'yildi. «Yer soati» vaqtincha rad qilindi va tekshirilayotgan harakatlar yo Yupiterning biror yo'ldoshi, yo Oy, yoki Merkuriyning harakatiga asoslangan boshqa tabiiy saotlar yordami bilan o'lchandi. Shu xilda almashtirish yuqorida aytib o'tilgan osmon jismlarining harakatiga darhol qoniqarlik to'g'rilik kirkizishi ma'lum bo'ldi. Ammo Yerning aylanishini yangi soat bilan o'lchaganda uning aylanishi notejis harakat bo'lib chiqadi: u o'nlaracha yilar davomida bir oz sekinlashadi, undan keyingi o'n yillar ichida yana tezlashadi va yana sekinlashadi.

1897- yilda sutka undan oldingi yillarga qaraganda 0,0035 sekund uzunroq bo'lgan, 1918- yilda esa 1897–1918-yillardagiga qaragand shuncha qisqaroq bo'lgan. Hozirgi sutkalar bundan 100 yil oldingi sutkalarga qaraganda 0,002 sekund uzunroq.

Bu jihatdan sayyoramiz o'zining boshqa harakatlariga qaraganda va bizning sayyora sistemamizda bo'layotgan harakatlarga nisbatan notejis aylanadi deb ayta olamiz va uning harakatini shartli ravishda tekis harakat deb qabul qilamiz. Yerning qat'iy tekis harakatdan (yuqorida mazkur ma'noda) chetga chiqishi juda ham ozginadir: 1680- yildan tortib, 1780- yilgacha o'tgan butun bir asr davomida Yerning harakat tezligi sekinlasha borgan, sutkalar uzaygan va bizning sayyoramiz «*o'z vaqt*» bilan «*boshqalarning vaqt*» orasida taxminan 30 sekund farq to'plagan; so'ngira XIX asrning o'rtalarigacha sutkalar qisqargan va farq taxminan 10 sekundcha kamaygan; hozirgi asrning boshlarigacha yana 20 sekund kamaygan; XX asrning birinchi choragida esa Yerning harakati yana sekinlashgan sutkalar yana uzaya boshlagan va deyarli yana yarim minutcha farq to'planib qolgan (29-rasm).

Bu o'zgarishlarning faraz qilingan sabablari har xil bo'lishi mumkin. Suvlarning ko'tarilishi, Yer shari



29- rasm. Bu egri chiziq qanday qilib 1680- yildan tortib 1920- yilgacha Yerning aylanishi tekis aylanishdan chetga chiqishini ko'rsatadi. Agar Yer tekis aylansa edi, grafikda bu gorizontal to'g'ri chiziq bilan tasvirlanardi. Egri chiziqning tepaga chiqishi sutkaning uzayishiga, ya'ni Yerning aylanishi sekinlashuviga; pastga tushishi esa – tezlashuviga mos keladi.

diametrining o'zgarishi¹ va hokazo. Bu hodisa har tomonlama yoritilganida keljakda bundan muhim kashfiyotlar bo'lishi mumkin.

Oylar va yillar qayerda boshlanadi?

Moskvada soat o'n ikkiga zang urdi – 1-yanvar boshlandi. Moskvadan g'arbda hali 31-dekabr, sharqda esa 1-yanvar bo'ladi. Ammo sharsimon Yerda sharq bilan g'arb qayerdadir muqarrar uchrashushi kerak; demak, qayerdadir 1-chisloni 31-dan, yanvarni dekabrdan, yangi kirgan yilni undan oldingi yildan ajratadigan chegara bo'lishi lozim.

¹Yer shari diametri uzunligining o'zgarishi bevosita o'chashda payqalmay qolishi ham mumkin, chunki uning uzunligi faqat 100 metrigacha aniqlik bilan belgilangandir; ammo Yer diametrining bir nechagina metr uzayishi yoki qisqarishi sutka davomining shu yuqorida aytib o'tilgandek o'zgarishlarini vujudga keltirish uchun kifoya qilardi.

Bu chegara bor va bu chegarani «kunning o'zgarish chizig'i» deb ataladi; u Bering bo'g'ozidan o'tadi va Tinch okean suvlari orqali taxminan 180° meridian bo'ylab boradi. Uning aniq vaziyati xalqaro kelishuvga muvofiq belgilanadi.

Tinch okeanning odamzot bo'limgan bepoyon suvlarini kesib o'tadigan shu faraziy chiziqdiga Yer yuzida chislolar, oylar, yillar dastlab almashinadi. Bizning kalendarimizning eshigi o'sha yerda bo'ladi. Yerga oyning yangi chislolari o'sha Yerdan kirib keladi, yangi yilning beshigi ham o'sha yerdadir. Oyning har bir yangi kuni hammadan ilgari o'sha yerda boshlanadi; tug'ilgan kun u yerdan g'arbga qarab yuguradi, Yer sharini aylanib chiqadi va tug'ilgan joyiga yana qaytib kelib o'sha yerda g'oyib bo'ladi.

Oyning yangi kunini Rossiya Yer yuzidagi hamma mamlakatlardan oldin o'z yerida kutib oladi: oyning Bering bo'g'ozni suvlarida endigina tug'ilgan har bir yangi kuni Dejnev burnida aholi yashaydigan joylarda boshlanib, dunyoning hamma qit'alariga sayohat qilishga kirishadi. Sobiq sovet Osiyosining o'sha sharqiy qirg'oqlarining o'zida kunlar 24 soatlik xizmatini qilib, tamom bo'ladi.

Demak, kunlar sana o'zgarish chizig'ida almashinada. Yer aylanasida birinchi boshlab sayohat qiluvchilar bu chiziqnini aniqlamaganliklari uchun kun hisobida yanglishganlar. Magellan Yer aylanasida sayohat qilganida unga yo'ldosh bo'lgan Antoniy Pegafetarning asli o'z hikoyasi mana shundaydir:

«19 iyulda, chorshanba kuni biz Zelyoniy burni orollarini ko'rdik va langar tashladik... Kema jurnallarini to'g'ri yozib borganligimizni tekshirib ko'rish uchun biz qirg'oqdagi odamlardan bugun qaysi kun ekanligini so'rashga buyurdik. Ular bizga payshanba deb javob berishdi. Bu bizni ajablantirdi, chunki bizning jurnallarimizga qaraganda bugun chorshanba bo'lishi kerak edi. Bizning hammamizning bir kunga yanglishuvimiz mumkin emasdek ko'rindi...»

Keyinchalik biz o'zimizning hisoblarimizda hech qanday xato bo'limganligini bildik: har doim g'arbga qarab suzganimiz uchun biz Quyoshning ketidan borganimiz va

o'zimiz jo'nagan joyga qaytib kelganimizda o'sha joyda qolgan odamlarga qaraganda 24 soat vaqt yurishimiz kerak edi. Bu fikrga qo'shilish uchun buning ustida bir oz o'ylash kerak, xolos».

Hozir kunlarning o'zgarish chizig'ini kesib o'tganida dengizchilar nima qiladi? Agar ular g'arbga ketayotgan bo'lsalar kun hisobida yanglishmaslik uchun bir kуни hisoblamaydilar; kunlarning o'zgarishi chizig'ini g'arbdan sharqqa qarab kesib o'tadigan bo'lsalar, bir kunning o'zini ikki marta hisbolaydilar, ya'ni birinchi chislodan keyin yana birinchi deb hisoblaydilar. Mana shuning uchun Jyul Vernning «Бокруг света в 80 дней» («Yer yuzi bo'ylab 80 kun sayohat») degan romanida hikoya qilingan voqeа ham haqiqatda bo'lishi mumkin emas: unda Yer yuzini aylanib chiqqan sayohatchi vatanida hali shanba kun bo'lganda yakshanba kun «olib kelgan» emish. Bu faqat Magellan davridagina ro'y berishi mumkin bo'lган, chunki unda hali «kunlarning o'zgarish chizig'i» haqida kelishi bo'lмаган Edgar Porning «Три воскресенья на одной неделе» («Bir haftada uch yakshanba») nomli kulgili hikoyasida tasvirlangan sarguzashtlar ham bizning davrimizda bo'lishi mumkin emas: bu hikoyada Yerni sharqdan g'arbga tomon yurib aylanib chiqqan dengizchi o'zining vatanida Yerni g'arbdan sharqqa tomon aylanib chiqqan ikkinchi dengizchi bilan uchrashgan. Bularidan biri kecha yakshanba kun edi degan, ikkinchisi esa yakshanba kun ertaga bo'ladi degan, ularning hech qayerga bormagan o'rtog'i esa bugun yakshanba kun degan.

Yerni aylanib chiqish sayohatida kalendar bilan kelishmovchilik bo'lmasligi uchun sharqqa qarab harakat qilganda kun hisobida bir oz to'xtash, Quyoshning sizga yetib olishiga imkon berish, ya'ni bir sutkani ikki marta hisoblash kerak; g'arbgaga tomon harakat qilganda esa, buning aksicha, Quyoshdan orqada qolmaslik uchun bir sutkani o'tkazib yuborish kerak.

Bu, birinchi qarashda, tushunib bo'lmaydigan qiyin narsa emas, shunday bo'lsa ham, Magellan yashagan davrdan to'rt yuz yil o'tib ketgan bo'lishiga qaramay hamma odamlar ham buni ravshan tasavvur qilmaydi.

Fevralda necha juma kuni bor?

Masala

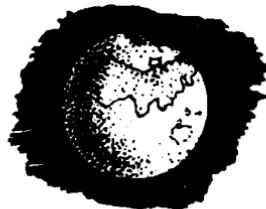
Fevralda eng ko'p bo'lganda necha juma va eng kam bo'lganda necha juma kuni bo'lishi mumkin?

Yechish

Odatda, fevralda eng ko'pi 5 ta juma, eng kami 4 ta juma bo'ladi deb javob berishadi. Albatta, to'g'ri, agar kabisa yil fevralining boshi jumaga to'g'ri kelsa, 29- chislo ham jumaga to'g'ri keladi, bu holda fevralda 5 ta juma bo'ladi.

Biroq bir fevralning o'zida jumalarning soni ikki mart oshiq ham bo'lishi mumkin. Sibirning sharqi qirg'og'i bilar Alyaska orasida qatnaydigan kemani ko'z oldingizga keltiring; shu kema har juma kuni Osiyo qirg'og'idan jo'nab ketadigan bo'lsin. Bu kemaning kapitani kabisa yilning birinchi chislosi juma kuniga to'g'ri keladigan fevralida necha juma kuni borligini sanaydi? Bu kapitan kunlarning o'zgarish chizig'ini g'arbdan sharqqa tomon yurib, juma kuni kesib o'tganidan har haftada qatorasiga ikkita juma bo'lib, hamma jumalarning soni 10 ta bo'ladi. Buning aksicha, Alyaska qirg'og'idan har payshanba kuni jo'nab Sibir qirg'og'iga boradigan kemaning kapitani esa kun hisobida xuddi juma kunini chiqazib tashlaydi, shuning uchun bunda butun oy ichida bitta ham juma bo'lmaydi.

Shuning uchun masalada berilgan savolga to'g'ri javob beraman desangiz, fevralda eng ko'p 10 ta juma kun bo'lib, eng kami nul bo'ladi deyish kerak.





IKKINCHI BOB

ОY VA UNING HARAKATI

Yangi oymi yoki eskimi?

Osmonda to'lin bo'limgan Oy diskini ko'rgan har bir odam ham bu oy yangi oymi yoki kamaya boshlagan oyni ekanligini yanglishmasdan aytib berolmaydi. Yaqinda tug'ilgan yangi yarim oy bilan kamaya borgan eski yarim oyning farqi shunda bo'ladi, ularning do'ngligi qaramaqarshi tomonlarga, ikkuvining uchi ikki tomoniga qaragan bo'ladi. Shimoliy yarimsharda yangi oyning do'ng tomoni har doim o'ng tarafga, eski oyniki chap tarafga qaragan bo'ladi. Qanday oyning qaysi tomoniga qaraganini yanglishmasdan bilib olish, uni aniq esda qoldirish uchun nima qilish kerak?



O'sayotgan



Kamayayotgan

30- rasm. Yangi (o'sayotgan) Oyni eskisidan ajratishning oson usuli.

Buning bir alomatini tavsiya qilishga ruxsat eting.

Yarim oyning *P* yoki *C* harflariga o'xshashligiga qarab oy o'sayotgan (rastushiy) oymi yoki eski (stariy) oymi, buni bilish oson (30-rasm).

Mnemonik (xotirada saqlash oson bo'lgan) qoida fransuzlarda ham bor. Ular yarim oyning shoxlarini farazan to'g'ri chiziq bilan tutushtirishni tavsiya qiladilar; bunda lotincha *d* yoki *p* harflari hosil bo'ladi: *d* harfi «dernier» (keyingi) degan so'zning birinchi harfi—oyning keyingi choragini, ya'ni oyning eski ekanligini ko'rsatadi. *p* harfi—«premier» (birinchi) degan so'zning birinchi harfi oyning birinchi chorak fazasida, umuman yangi bo'lishini ko'rsatadi. Oyning shaklini ma'lum bir harflarga bog'laydigan qoida nemislarda ham bor.

Bu qoidalardan faqat Yerning shimoliy yarimsharida foydalinish mumkin. Avstraliya yoki Transvaal uchun bu qoidalarning ma'nosi haligining qarama-qarshisi bo'ladi. Ammo shimoliy yarimsharning janubiy kengliklarida ham bu qoidalarni tatbiq qilib bo'lmasligi mumkin. Qrimda va Zakavkazyeda yarim oy yon tarafga ko'p og'ishadi, yanada janubroqda esa butunlay yotiqlik holatda bo'ladi. Ekvator yaqinida gorizontda osilib turgan yarim oy yo to'lqinlar ustida tebranayotgan qayiqqa (arab hikoyalariда aytildigan «Oy qayig'i») yoki yorug' arkaga o'xshaydi. Bunda ruslar aytgan alomat ham, fransuzlarniki ham yaramaydi.

Chalqamcha yotgan yoydan yuqorida aytib o'tilgan *P* va *C* va just harflardan istagan birini chiqarish mumkin. Qadimgi Rimda yotiqlik Oyni «aldamchi» (Luna fallax) deyishlari bejiz emas. Bu holda ham Oyning yotishini aniqlashda xato qilmaslik uchun astronomik alomatlarga murojaat qilish lozim: yangi oy kechqurun osmonning g'arbiy qismida. eski oy erta bilan osmonning sharqiy qismida bo'ladi

Bayroqlarda Oy

Masala

31-rasmda Turkiyaning davlat bayrog'i (avvalgisi) tasvirlangan. Unda yarim oy va yulduz rasmini ko'rasiz. Bu bizda quyidagi savollarni tug'diradi:

1. Shu bayroqda qanday yarim Oy tasvirlangan yangi yarim Oymi yoki eskimi?

2.Yarim Oy va yulduz osmonda shu bayroqda tasvir-langandek ko'rinishi mumkinmi?



31- rasm. Turkiyaning bayrog'i (avvalgisi).

Yechish

1.Haligina aytib o'tilgan alomatlarni esimizga solib va bu bayroq shimoliy yarimshardagi davlatniki ekanligini e'tiborga olib aytamizki, bu bayroqda tasvir qilingan oy-yangi oy ekan.



a



b



32- rasm. a va b rasm. Nima uchun Yarim Oyning shoxlari orasidagi yulduz ko'rinxmaydi.

33- rasm. Shu manzarada astronomik xatoga yo'l qo'yilgan. Bu qanday xato? (Javobi matnda).

2.Oyning doiragacha yetkazilgan diskining ichidagi yulduz ko'rinnmaydi (32-a rasm). Osmondag'i hamma yoritgichlar Oydan ko'p uzoq, demak, ularning yorug'ini Oy to'sib qo'yishi kerak. Ularni faqat 32-b rasmida ko'rsatilgan Oyning yoritilmagan qismining narigi chetida ko'rish mumkin.

Shunisi qiziqki, Turkiyaning hozirgi bayrog'ida ham yarim oy va yulduz tasvirlangan-u, ammo yulduz oydan 32-b rasmida ko'rsatilgandek nariroq surilgan.

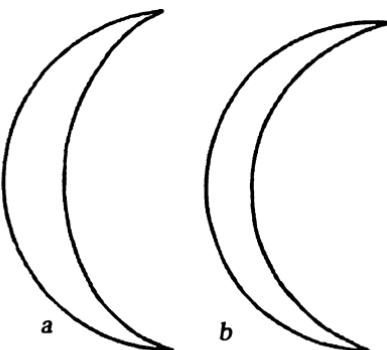
Oy fazalarining sirlari

Oy o'zining yorug'ligrini Quyoshdan oladi, shuning uchun, albatta, yarim oyning do'ng tomoni Quyoshga qaragan bo'lishi lozim.

Rassomlar buni ko'-pincha esdan chiqarib qo'yishadi. Rasmlarda, ko'rgazmalarda ko'pincha Quyoshga to'g'ri tomoni bilan qaragan yarim oylik manzaralarning rasmini ko'rish mumkin; shoxlari Quyoshga tomon qaratib solingan yarim oy rasmlari ham uch-raydi (33-rasm).

Biroq shuni aytish kerakki, yangi oyning rasmini to'g'ri solish oson ish emas. Hatto tajribali reassomlar ham yangi oyning tashqi va ichki yonini doira shaklida chizishadi (34-b rasm). Ammo uning faqat tashqisi yarim doira shaklida bo'ladi, chunki yarim doira (oyning yoritilmagan qismining chegarasi) keyinroq ko'rindi (34- a rasm).

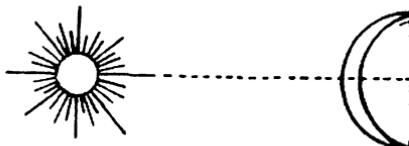
Yarim oyning osmondag'i vaziyatini to'g'ri ko'rsatib berish ham oson emas. Yarim oy va oy o'rog'i Quyoshga nisbatan ko'pincha boshni qotiradigan bir vaziyatda



34- rasm. Oyning rasmini qanday olish kerak (a) va qanday olish yaramaydi (b).

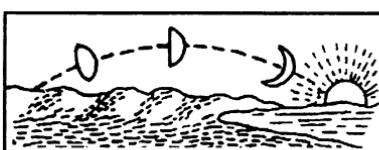
joylashadi. Modomiki, Oyni Quyosh yoritarkan, uning uchlarini tutashtiradigan to‘g‘ri chiziq, Quyoshdan Oyning o‘rtasiga keladigan nur bilan to‘g‘ri burchak hosil qilishi kerakdek ko‘rinadi (35-rasm).

Boshqacha aytganda, Quyoshning markazi Oyning uchlarini tutashtiradigan to‘g‘ri chiziqdan o‘tkazilgan perpendikulyarda yotishi kerak. Biroq bu qoida faqat Oyning o‘rog‘i kambar bo‘lgandagini saqlanadi. 36-rasmida Quyosh nurlariga nisbatan Oyning har xil fazalaridagi vaziyat ko‘rsatilgan. Bunda Quyosh nurlari



35- rasm. Yarim Oyning Quyoshga nisbatan bo‘lgan vaziyati.

Oyga yetmasdan turib egri langanga o‘xshab ko‘rinadi.



36- rasm. Biz Oyni har xil fazalarda Quyoshga nisbatan qanday vaziyatda ko‘ramiz?

Bu quyidagicha tushuntiriladi. Quyoshdan Oyga keladigan nur oyning uchlarini tutashtiradigan chiziqqa haqiqatda perpendikulyar va fazoda to‘g‘ri chiziq bo‘ladi. Ammo bizning ko‘zimizga osmondag‘i bu to‘g‘ri chiziq ko‘rinmaydi, balki uning botiq osmon gumbaziga tushgan proyeksiysi, ya‘ni egri chiziq ko‘rinadi. Mana shuning uchun bizga Oy osmonda «noto‘g‘ri» turgandek ko‘rinadi. Rassom mana shu xususiyatlarni o‘rganishi va ulami suratga to‘g‘ri tushirishi kerak.

Qo‘shaloq sayyora

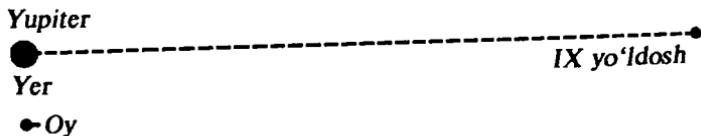
Qo‘shaloq sayyora—bu Yer bilan Oydir. Bular shunday deb atalishiga haqlidir, chunki bizning yo‘ldoshimiz o‘zining markaziy sayyorasiga nisbatan kattaligi ancha bo‘lishi bilan boshqa sayyoralarining yo‘ldoshlari ichida keskin ajralib turadi. Quyosh sistemasida absolut jihatdan ancha katta va og‘ir

bo‘lgan yo‘ldoshlar bor-u, ammo ularni o‘zlarining markaziy sayyoralariga nisbatan olib, bizning Oyimizni esa Yerga nisbatan olib ko‘rganimizda ular ancia maydadir. Darhaqiqat, Oyning diametri Yer diametrining choragidan oshiqroq, ammo boshqa sayyoralar yo‘ldoshlarining eng kattasining diametri o‘z sayyorasi diametrining taxminan 10 dan birini tashkil etadi (Neptunning yo‘ldoshi Triton). So‘ngra, Oyning massasi Yer massasining $\frac{1}{81}$ hissasini tashkil qiladi; ammo quyosh sistemasida bo‘lgan eng og‘ir yo‘ldosh—Yupiterning III yo‘ldoshining massasi o‘zining markaziy sayyorasi massasining 10000 dan bir hissasidan ham kamroqdir.

Katta yo‘ldoshlarning massasi markaziy sayyoralar massasining qanday hissasini tashkil qilishi 77-betdagि jadvalda ko‘rsatilgan.

Sayyora	Uning yo‘ldoshi	Massasi (sayyora massasining hissaları hisobida)
Yer	Oy	0,0123
Yupiter	Ganimed	0,00008
Saturn	Titan	0,00021
Uran	Titaniya	0,00003
Neptun	Triton	0,00129

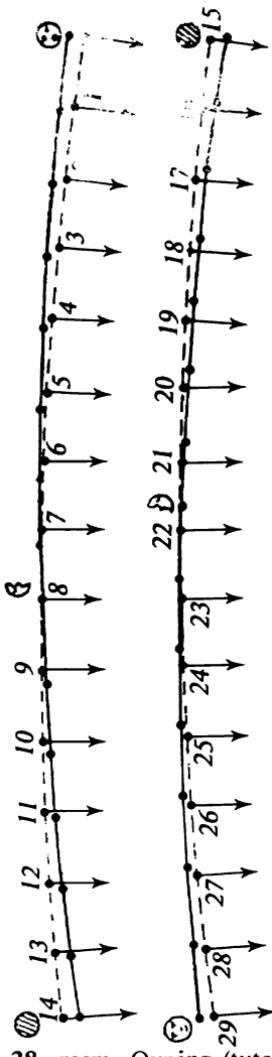
Bu taqqoslardan ko‘ramizki, Oyning massasi o‘z markaziy sayyorasi massasining eng katta qismini tashkil qiladi.



37-rasm. Yer—Oy sistemasining Jupiter sistemasi bilan solishtirgandagi ko‘rinishi. (Osmon jismlarning kattaliklari mashtabga rioya qilinmasdan ko‘rsatilgan).

Yer—Oy sistemasiga «qo'shaloq sayvora» nomini da'vo qilishga huquq beragan uchinchi narsa, —bu ikkala osmon jisn ning bir-biriga juda yaqin bo'lislardir. Boshqa sayyoralarning ko'p yo'ldoshlari ulardan juda uzoq masofalarda aylanadi: Yupiterning ba'zi yo'ldoshlari (masalan, to'qqizinchisi, 37-rasmi) 65 marta uzoqroqda aylanadi.

Oyning Quyosh atrofida yurgan yo'li Yer yo'lidan kam farq qilishidek ajoyib fakt ham o'shangga bog'liqidir. Agar Oy Yer atrofida deyarlik 400000 km uzoqlikda aylanishini yodga olsak, bu holning bo'lishi mumkin emasga o'xshab ko'rindi. Biroq shuni esimizdan chiqarmaylikki, Oy Yer atrofida bir marta aylanib chiqquncha Yer Oy bilan birlikda o'zining bir yillik yo'lining taxminan 13 dan bir qismini, ya'ni 70 000 000 km yo'l bosadi. Oyning 2 500 000 kilometrlik doiraviy yo'lini undan 30 marta uzoq bo'lgan masofa bo'ylab cho'zilgan deb faraz qiling. Uning doiraviy shaklidan nima qoladi? Hech narsa qolmaydi. Mana shuning uchun Oyning Quyosh atrofidagi yo'li Yer orbitasi bilan deyarlik qo'shilib ketib, faqat 13 joydagina sal-pal sezilarlik chiziq hosil qilib undan chetga chiqadi. Uncha murakkab bo'limgan hisoblash bilan (biz bu hisobni bu yerda keltirib, materialni bayon qilishimizni og'irlashtirib



38- rasm. Oyning (tutash chiziq) va Yerning (uzuq chiziq) Quyosh atrofidagi bir oylik yo'li.

o'tirmaymiz), Oyning yo'li hamma joyda Quyoshga o'zining botiq tomoni bilan qaraganligini isbot qilish mumkin. Qo'pol qilib aytganda, Oy yo'li burchaklari sezilmas dumaloqlangan o'n uch burchaklikka o'xshaydi.

38-rasmida siz Yer va Oyning bir oy davomidagi yo'lining aniq tasvirini ko'rasiz. Bunda punktir chiziq Yerning yo'li, tutash chiziq Oyning yo'li. Bu yo'llar bir-biriga shunday o'xshaydiki, ularni alohida-alohida ko'rsatish uchun chizmaning mashtabini juda katta qilib olish kerak bo'lardi: bunda Yer orbitasining diametri $\frac{1}{2}$, m. Agar uni 10 sm qilib olganimizda edi, unday chizmada bu ikkita yo'l orasidagi masofa shu yo'llarni tasvirlaydigan chiziqlarning yo'g'onligidan kam bo'lardi. Shu chizmaga qaraganingizda siz Quyosh atrofida harakat qilganida Yer va Oy ikkalasi deyarli bir yo'ldan yurishini yaqqol ko'rasiz va astronomlarning bularga «qo'shaloq sayyora» deb nom berishi juda to'g'ri ekanligiga ishonch qilasiz.¹

Shunday qilib, Quyoshdan turib qaragan kuzatuvchiga Oyning yo'li Yer orbitasiga deyarli ustma-ust tushgan to'lqinsimon chiziqqa o'xshab ko'rindi. Bu esa Yerga nisbatan Oyning uncha katta bo'limgan ellips bo'ylab harakat qilishiga hech zid kelmaydi.

Buning sababi, albatta, shundaki, biz Yerdan turib qaraganimizda Oyning Yer bilan birlikda Yer orbitasi bo'ylab qilgan ko'chma harakatini payqay olmaymiz, chunki o'zimiz ham bu harakatda ishtiroy qilamiz.

Nima uchun Oy Quyoshga borib tushmaydi?

Bu savol juda sodda savolga o'xshaydi. Xo'sh, qaysi sababga binoan Oy Quyosh ustiga tushsin? Yer uni uzoqdagi Quyoshga qaraganda kuchliroq tortadi va tabiiy

¹Chizmani diqqat bilan tekshirib ko'rganingizda unda Oyning harakati qat'iy harakat qilinmagandek tasvir etilganini payqash mumkin. U haqiqatda ham o'shandaydir. Yer atrofida harakat qilinganida Oy fokusida Yer bo'lgan ellips bo'ylab yuradi. Shuning uchun Keplerning ikkinchi qonuniga muvofiq, Oy yo'Ining Yerga yaqin qismlarida uzoqroq qismlaridagiga qaraganda tezroq chopadi. Oyning ekssentrifiteti ancha katta: 0,055.

uni o'z atrofida aylanishga majbur qiladi.

Shunday deb o'ylagan kitobxon masalaning temoman boshqacha, buning aksicha bo'lishini: Oyni Yer emas, balki Quyosh kuchliroq tortishini bilib, taajjubda qolishi turgan gap!

Bu gapning to'g'riligini hisob tasdiqlaydi. Oyni tortadigan kuchlarni: Quyoshning tortish kuchi bilan Yerning tortish kuchini solishtirib ko'raylik. Bu ikkala kuch ham, ikki narsa: tortayotgan massaga va bu massanining Oydan qanday uzoqlikda bo'lishiga bog'liq. Quyoshning massasi Yerning massasidan 330 000 marta ko'p; agar Oy Yerdan ham, Quyoshdan ham baravar uzoqlikda bo'lsa edi, Quyosh uni Yerga qaraganda o'shancha oshiqroq kuch bilan tortardi. Ammo Quyosh Yerga qaraganda Oydan taxminan 400 marta uzoqroq. Tortish kuchi, ma'lumki, masofaning kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayadi; shuning uchun Quyoshning tortish kuchini 400² marta, ya'ni 160000 marta kamaytirish kerak. Demak, Quyoshning tortishi Yerning tortishidan 330000 marta, ya'ni ikki martadan ziyodroq oshiq ekan. 160000

Demak, Yerga qaraganda Quyosh Oyni ikki marta oshiqroq kuch bilan tortar ekan. Bo'lmasa nima uchun Oy Quyoshga borib tushmaydi? Nima uchun Oyni Yer o'z atrofida aylanishga majbur qiladi, Quyoshning tortish kuchi ustunlik qilmaydi?

Yer nima sababdan Quyoshga borib tushmasa, Oy ham o'sha sababdan tushmaydi; Quyosh atrofida Oy Yer bilan birlikda aylanadi va Quyoshning tortish ta'siri shu ikkala jismni to'g'ri chiziqli harakatini egri chiziqli harakatga aylantrishga tamoman ketib qoladi. Bunga ishonch hosil qilish uchun 38-rasmga ko'z tashlash kifoya.

Ba'zi kitobxonlarda balki bir oz shubha tug'ilard. Bu nima degan gap axir? Yer Oyni o'ziga tortadi, Quyosh esa uni o'ziga yana ham kattaroq kuch bilan tortadi, shunday bo'lishiga qaramay, Oy Quyoshga tushish o'rnila, Yer atrofida aylanadi? Agar Quyosh faqat Oyning o'zinigina tortsa edi, haqiqatan ham g'alati bo'lardi. Ammo Quyosh Oyni Yer bilan birlikda «qo'shaloq sayyoraning» butunisini

tortadi va bu juft a'zolarning orasidagi ichki munosabatlariiga aralashmaydi. Qat'iy aytganda, Quyoshga Yer-Oy sistemasining umumiy og'irlik markazi tortiladi; Quyosh atrofida «barisentr» deb ataladigan shu markaz aylanadi. Bu markaz Yer markazidan Oyga qarab hisoblaganda, Yer radiusining $\frac{1}{8}$ hissasicha masofada bo'ladi. Oy va Yerning markazi barisentr atorfida bir oy davomida bir marta aylanadi.

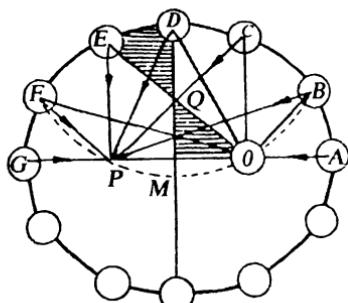
Oyning ko'rinishidek ajablantiradigani yo'q. Bunda Oyning sharsimon bo'lishini o'z ko'zingiz bilan ko'rasiz, osmonda esa u patnisdek yassi bo'lib ko'rindi.

Stereoskopdan qaraganda olinadigan taassurotlar orasida Oyning ko'rinishidek ajablantiradigani yo'q. Bunda Oyning sharsimon bo'lishini o'z ko'zingiz bilan ko'rasiz, osmonda esa u patnisdek yassi bo'lib ko'rindi.

Ammo bizning yo'ldoshimizning bunday stereoskop suratini olish qanchalik qiyin ish ekanligini ko'p odamlar bilmaydi ham. Bunday suratni tayyorlash uchun bu tungi yoritgichning injiq harakatlarining xususiyatlarini yaxshi bilib olish kerak.

Masala shundaki, Yer atrofida Oy Yerga har doim bir tomoni qaragan holda aylanadi. U Yer atrofida aylanib chiqishi bilan birga, o'z o'qi atrofida ham aylanadi, bu ikki aylanish ham birday vaqt ichida tamom bo'ladi.

39-rasmda siz Oy orbitasini yaqqol tasvirlashi lozim bo'lgan ellipsni ko'rasiz. Chizmada Oy ellipsi ataylab cho'ziq qilib ko'rsatilgan. Haqiqatan esa Oy orbitasining ekssentrisiteti 0,055 yoki $\frac{1}{18}$. Kichkina chizmada Oy orbitasini ko'zga doiradan farq qiladigan ravishda ko'rinchidagi qilib chizib bo'lmaydi: ellipsning katta yarim o'qi butun bir metr qilib olganda ham,



39- rasm. Yer atrofada Oy o'z orbitasida qanday aylanadi. (Tafsiloti matnda).

kichik yarim o'qi undan atigi 1,5 mm qisqa bo'lardi; Yer markazdan faqat 5,5 sm nari turardi. Bundan keyingi bayonotni tushunish oson bo'lishi uchun cho'ziqroq ellips chizilgan.

Shunday qilib, 39-rasmdagi ellipsni Oyning Yer atrofidiagi yo'li deb faraz qiling. Yer O nuqtaga-ellips fokusidan biriga joylashtirilgan. Kepler qonuni faqat sayyoralarining Quyosh atrofada aylanishigagina emas, balki yo'ldoshning sayyoralar atrofida aylanishiga, jumladan Oyning aylanishiga ham oiddir. Keplerning ikkinchi qonuniga muvofiq chorak oy davomida Oy shunday AE yo'lni bosadiki, $OABCDE$ ellips yuzining $\frac{1}{4}$, qismiga, ya'ni $MABCD$ yuzga teng bo'ladi (bizning chizmamizda ODE va MOD yuzlarning tengligim MOQ va EQD yuzlarning taxminan teng bo'lishi tasdiqlaydi). Demak, chorak oy davomida Oy A dan E gacha bo'lgan yo'lni bosarkan. Umuman, boshqa sayyoralarining o'z o'qi atrofida aylanishi Quyosh atrofida aylanishidan farqli o'laroq, tekis aylanish bo'lganidek, Oyning ham o'z o'qi atrofida aylanishi tekis aylanishdir. $\frac{1}{4}$ oy davomida u xuddi roppa-rosa 90° buriladi. Shuning uchun Oy E nuqtada bo'lganda uning A nuqtada Yerga qaragan radiusi 90° li burchak chizadi va M nuqtaga emas, balki M nuqtadan chaproqda Oy orbitasining ikkinchi P fokusidan uncha uzoq bo'limgan boshqa biror nuqtaga yo'nalgan bo'ladi. Oy Yerdan turib kuzatuvchidan o'z yuzini salgina o'girganidan, kuzatuvchi o'ng tomondan Oyning ilgari ko'rinnagan yarmining kambar polosasini ko'rishi mumkin. F nuqtada endi Oy kuzatuvchiga o'zining odatda ko'rinnmaydigan tomonining yana ham kambarroq qismini ko'rsatadi, chunki OPF burchak OEP burchakdan kichikroq. C nuqtada orbitaning «apogeyida» (Yerdan eng uzoq nuqtasida) Oy Yerga nisbatan A «perigeyidagidek» (Yerga eng yaqin nuqtasidan) vaziyatda bo'ladi. Bundan keyingi harakatida o'zining ko'rinnmaydigan tomonining boshqa qismini ko'rsatadi. Bu qism dastlab kengayadi, keyin torayadi va A nuqtada Oy avvalgi vaziyatiga keladi.

Biz, yo'ldoshimizning yo'li ellips shaklida bo'lganligidan u Yerga o'zining qat'iy bitta yarimning o'zi bilangina

qaramaganligini ko'rdik. Oy nuqlul bir tomonining o'zi bilan Yerga emas, balki o'z orbitasining ikkinchi fokusiga qaragan bo'ladi. Biz uchun esa u o'cta bir holati atrofida taroziga o'xshab chayqaladi; bu chayqalishni astronomiyada lotincha «libra»— «tarozi» degan so'zdan olib, libratsiya deb ataydilar. Har bir nuqtada libratsiya shunga mos burchak bilan o'lchanadi; masalan, *E* nuqtada libratsiya *OEP* burchakka baravar bo'ladi. Eng katta libratsiya $7^{\circ} 53'$, ya'ni deyarlik 8° bo'ladi.

Oy o'z orbitasi bo'ylab ko'chgan sari libratsiya burchagi qanday osha borishi va kamaya borishini ko'rib chiqish qiziqarlidir. Sirkulning uchini *D* nuqtaga qo'yib, *O* va *P* fokuslardan o'tadiga: joy chizaylik. Bu yoy orbitasi *B* va *F* nuqtalarda kesib o'tadi. *OBP* va *OPF* burchaklar ichki chizilgan burchaklar bo'lgani uchun *ODP* markaziy burchakning yarmiga teng bo'ladi. Bundan shunday natija chiqaramizki, Oy *A* nuqtadan *D* nuqtagacha harakat qilganda libratsiya avval tez o'sa boradi, *B* nuqtada maksimumning yarmiga yetadi, so'ngra asta-sekin o'sishda davom qildi; *D* dan *G* gacha bo'lgan libratsiya dastlab sekin kamayadi, so'ngra kamayish tezlashadi. Ellipsning ikkinchi yarmida libratsiyaning kattaligi shunday tezlik bilan, ammo qarama-qarshi yo'nalishda o'zgaradi. (Orbitaning har bir nuqtasida libratsiyaning kattaligi taxminan Oyning ellips katta o'qidan uzoqligiga proporsional bo'ladi).

Oyning biz hozir tekshirgan chayqalishini uzunlik bo'ylab bo'lgan libratsiya deyiladi. Bizning yo'ldoshimizda yana boshqa bir kenglik bo'ylab bo'ladigan libratsiya ham bo'ladi. Oy orbitasining tekisligi Oy ekvatori tekisligiga $6 \frac{1}{2}^{\circ}$ og'madir. Shuning uchun biz Oyga Yerdan turib qara-ganda, uning «ko'rinxaydigan» yarmiga qutblari orqali ko'z tashlab, ba'zan sal janub tomondan, ba'zan esa shimal tomondan ko'ramiz. Kenglik bo'ylab bo'ladigan bu libratsiya $6 \frac{1}{2}^{\circ}$ ga yetadi.

Endi Oyning stereoskopik suratlarini olishda astronom-fotograf Oyning o'z o'rta holati atrofida yuqorida bayon qilinganidek, ozgina chayqalishidan qanday foydalanishini tushuntiraylik. Buning uchun Oyning shunday ikki vaziyatini

payqab turish kerakki, bu vaziyatlarning birida u ikkinchisiga nisbatan yetarli darajada katta burchakka burilgan bo'lishi lozim. Buni kitobxon o'zi ham fahmlab olgan bo'lsa kerak¹, A va B, B va C, C va D va hokazo nuqtalarda Oy Yerga nisbatan shunday xilma-xil vaziyatlarda bo'ladiki, bu vaqtda stereoskopik suratlar olishga imkoniyat tug'iladi. Ammo bunda ikkinchi qiyinchilik tug'iladi: bu vaziyatlarda Oyning yoshidagi ayirma $1\frac{1}{2}$ - 2 sutka juda katta ayirma bo'ladiki, Oyning yoritilish doirasi yonidagi sirtqi qismi endi soyadan chiqib qoladi. Stereoskopik suratlarda bunga yo'l qo'yilmaydi (bu qism suratda kumushdek yaltiroq bo'lib chiqadi). Og'ir masala tug'iladi: Oyning shunday bir xil fazalarini payqab turish kerak bo'lib qoladiki, bu fazalarning libratsiyalari kattalik jihatdan yoritilish doirasi Oy sirtining shu bir detallaridan o'tadigan ravishda farq qiladigan bo'lib qoladi. Ammo tuning o'zginasi ham kifoya qilmaydi: har ikki vaziyat kenglik bo'ylab ham birday libratsiyalar bo'lishi lozim.

Ko'asizki, Oyning yaxshi stereofotografiyalarni olish qanday qiyin, va ikkita stereoskopik suratning bittasi ikkinchisidan ko'pincha bir necha yillardan keyin olinishini bilganingizda balki bunga ajablanmassiz.

Bizning kitobxonimiz Oy stereofotografiyalari tayyorlashga kirishmasa kerak. Bu fotografiyalarni hosil qilish uchun bu yerda, albatta, amaliy maqsadlarni ko'zlab tutilmaganligi uchun tushuntirilmadi, balki Oy harakatining astronomlarga bizning yo'ldoshimizning odatda kuzatuvchi ko'ra olmaydigan tomonidagi kichkina bir qismini ko'rishga imkon beradigan xususiyatlarini ko'rib chiqish uchun tushuntirildi. Oyning har ikkala libratsiyalari tufayli biz uning butun sirtining yarmini emas, balki 59% ko'ramiz. 41% esa bizga mutlaqo ko'rinxilmaydi. Oy sirtining bu qismining tuzilishi qanday ekanligini hech kim bilmaydi; faqat u ko'rinxadigan qismidan katta farq qilmasa kerak deb gumon qilish mumkin, xolos. Oyning ko'rinxilmaydigan

¹Stereoskopik suratlar olish uchun Oyning 1° burilishi kifoya. (Bu to'g'rida mening «Qiziqarli fizika» kitobimga qarang).

qismidan chiqib turgan tog‘lar va yorug‘ polosalarning qismlarini ko‘rinadigan qismida davom qildirib, uning bizga ko‘rinmaydigan yarmining ba’zi bir tafsilotlarning manzarasini farazan tasvir qilish ustida ajoyib urinishlar bo‘ldi. Bu farazlarning to‘g‘ri yoki noto‘g‘riligini hozircha tekshirib bo‘lmaydi. Agar biz «hozircha» deyar ekanmiz, bu so‘zni bejiz aytganimiz yo‘q: og‘irlik kuchini yengib sayyoralar orasidagi fazoda ucha oladigan maxsus uchish apparatida Oy atrofidan uchib o‘tish usullari ustida ko‘pdan buyon ish olib borilayotir (mening «Межпланетные путешествия» nomli kitobimga qarang). Bu dadil tashabbusning amalga oshirilishiga ko‘p qolmadi. Hozircha faqat shu narsa ma‘lumki, Oyning bu ko‘rinmaydigan tomonida atmosfera va suv borligi to‘g‘risida ko‘p aytilgan fikrlar mutlaqo asossiz va fizika qonunlariga xilofdir: modomiki, Oyning bir tomonida atmosfera va suv yo‘q ekan, bu narsalar uning ikkinchi tomonida ham bo‘lishi mumkin emas (bu masalaga biz hali qaytamiz).

Ikkinci Oy va Oyning oyi

Matbuotda ba’zi-ba’zida u yoki bu kuzatuvchi Yerning ikkinchi yo‘ldoshi, Yerning ikkinchi Oyini ko‘rishga muvaffaq bo‘ldi, degan xabarlar chiqib qoladi. Bunday xabarlar biror marta ham tasdiqlanmagan bo‘lsa-da, buning ustida to‘xtalib o‘tish qiziqarlidir.

Yerning ikkinchi yo‘ldoshi borligi to‘g‘risidagi masala yangi masala emas. Bu masalaning tarixi katta, Jyul Vernning «Из пушки на Луну» degan romanini o‘qiganlarning esida bo‘lsa kerak, o‘sha kitobdayoq ikkinchi Oy to‘g‘risida gap boradi. Bu Oy shunchalik kichik va uning tezligi shunchalik kattaki, Yerda yashagan odamlar uni kuzata olmaydilar. Fransuz astronomi Pti, —deydi Jyul Vern, — ikkinchi Oy bo‘lsa kerak degan fikrga keldi va uning Yer atrofida aylanish davrini 3 soat-u 20 minut ekanligini topdi. Uning Yer yuzidan uzoqligi 8140 km. Qizig‘i shundaki, ingliz jurnali «Знание» Jyul Vernning astronomiyasi to‘g‘risidagi maqolasida Ptiga havola qilish

ham, Ptining o'zi ham o'ylab chiqarilgan, xayoliy deb yozadi. Haqiqatdan ham, birorta ensiklopediyada bu astronom to'g'risida gap yo'q. Shunday bo'lsa ham, romanchining aytgani o'ylab chiqarilgan gap emas. Tuluza observatoriyasining direktori Pti o'tgan asrning elliinchisi yillarida haqiqatan ham ikkinchi Oyning – aylanish davri 3 soat-u 20 minut bo'lgan, Yer yuzidan 8000 km emas, balki 5000 km uzoqlikda aylanadigan meteorit borligi masalasida qattiq turib oldi. Bu fikrga o'sha vaqtning o'zidayoq ko'p astronomiar qo'shilmadi, keyinroq esa bu masala unutilib ketdi.

Yerning kichkina yo'ldoshi bo'lishi kerak, degan faraz nazariy jihatdan fanga qarshi emas. Ammo bunday osmon jismi faqat u Oy yoki Quyosh diskidan o'tgan (ko'rinchida ravishda o'tgan) kamdan-kam yuz beradigan paytlardagina ko'riniq qolmasligi kerak edi.

Hatto u Yerga shuncha yaqin aylansa-da, u har bir aylanishida Yerning keng soyasiga kirib qolishi kerak edi va bu holda uni ertalab hamda kechqurun osmonda Quyosh nurlarida yarqirab yongan yulduz ravishida ko'rish mumkin bo'lardi. Tez harakat qilishi va tez-tez qaytib kelishi bilan bu yulduz ko'p kuzatuvchilarining e'tiboridan tashqarida qolmasdi.

Qisqasi, agar Yerning ikkinchi yo'ldoshi haqiqatan ham bo'lsa edi, uni tez-tez kuzatib turilardi. Ammo shashshubha tug'dirmaydigan birorta kuzatish olib borilgani yo'q.

Ikkinci Oy muommosi bilan bir qatorda bizning Oyimizning o'zining kichkina yo'ldoshi yo'qmi – «Oyning oyi» yo'qmi? – degan masala ham qo'yildi.

Ammo Oyning shunday yo'ldoshi borligiga bevosita ishonch xosil qilish juda qiyin. Astronom Multon bu to'g'rida quyidagi fikrlarni yozadi:

«Oy to'la yoritganida uning yorug'ligi yoki Quyosh yorug'ligi Oyga yaqin joyda juda kichkina jism borligini aniqlashga imkon bermaydi. Faqat Oy kuygan vaqtlardagina, osmonning Oyga yaqin joylarida Oyning sochilma yorug'ligining ta'siri bo'lmagan vaqtarda Oyning yo'ldoshini Quyosh yoritardi. Shunday qilib, faqat Oy tutilgan vaqtlar-

dagina Oy atrofida aylanayotgan kichkinaroq jismni topishni umid qilish mumkin bo'lardi. Bunga o'xhash tekshirishlar olib borildi-yu, ammo hech qanday natija bermadi».

Nima uchun Oyda atmosfera yo'q?

Bu savol shunday savollar qatoriga kiradiki, agar uni teskari tarzida bersak, u aniqlashib qoladi. Nima uchun Oy o'z atrofida atmosfera saqlamaydi, degan masala ustida gapirishdan oldin shu masalani ko'raylik: nima uchun bizning sayyoramiz atrofida atmosfera saqlanadi? Har qanday gazga o'xshagan havo ham bir-biriga bog'lanmagan, har xil yo'nalishlarda tez harakat qilayotgan molekulalardan iborat ekanligini yodga olaylik. Temperatura 0° bo'lganda ularning o'rtacha tezligi sekundiga taxminan $\frac{1}{2}$ km (miltiq o'qining tezligi). Bo'lmasa, nima uchun havo molekulalari, atmosfera olam fazosiga uchib ketmaydi? Miltiq o'qi nima uchun olam fazosiga uchib ketmasa, havo molekulalari ham shu sababga ko'ra tarqalib ketmaydi. Ular o'zlarining harakat energiyasini og'irlilik kuchini yengishga sarflab qo'yib, yana Yerga Qaytib tushadi. Yer yuziga yaqin vertikal yuqoriga qarab sekundiga $\frac{1}{2}$ km tezlik bilan uchib ketayotgan molekulani ko'z oldingizga keltiring. Shu molekula qanday balandlikka chiqadi? Buni hisoblash oson: tezlik v , ko'tarilish balandligi h va og'irlilik kuchining tezlashishi g quyidagi formula bilan birlashtiriladi:

$$v^2 = 2gh.$$

Endi v o'miga 500 m/s, g o'miga 10 m/s^2 (ularning haqiqiy kattaliklari) ni qo'ysak,

$$250000 = 20 \text{ } h$$

hosil bo'ladi va oxirgi natija

$$h = 12500 \text{ m} = 12 \frac{1}{2} \text{ km}$$

bo'ladi.

Agar havo molekulalari $12 \frac{1}{2}$ km dan oshiq balandlikka chiqsa olmas ekan, bu chegaradan yuqorida havo molekulalari qayerdan keladi? Bizning atmosferamiz

tarkibiga kirgan kislorod Yer betiga yaqin joylarda (karbonat angidiriddan o'simliklarning faoliyati tufayli) hosil bo'lgan-ku. Qanday kuch bu molekulalarni 500 kilometr va undan oshiq balandlikka ko'tarilib, ularni o'shanda saqlaydi? Bunday balandliklarda havo borligi shubhasiz aniqlangan. Biz statistikadan «Odamning umri o'rta hisob bilan 40 yil ekan, 80 yoshlik chollar qayerdan keladi?» deb so'raganizda, u nima deb javob bersa, fizika ham bunda shunday javob beradi. Masala shundaki, bizning hisobimiz real molekulaga emas, o'rta molekulaga oiddir. O'rta molekulaning tezligi sekundiga $\frac{1}{2}$, km, ammo real molekulalardan ba'zilari o'rta molekulaga qaraganda sekinroq, ba'zilari chaqqonroq harakat qiladi. To'g'ri, tezligi o'rta tezlikdan sezilarli darajada farq qiladigan, chetga chiqadigan molekulalarning foizi ko'p emas va chetga chiqish ortishi bilan bu foizi tez kamayadi. Ma'lum bir hajmda 0°da bo'lgan hamma kislorod molekulalaridan faqat 20% molekulalarning tezligi sekundiga 400 metrdan tortib 500 metrgacha bo'ladi; taxminan shuncha molekula $300 - 400 \text{ m/s}$ tezlik bilan, $17\% - 200 - 300 \text{ m/s}$, $9\% - 500 - 700 \text{ m/s}$, $8\% - 700 - 800 \text{ m/s}$, $1\% - 1300 - 1400 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakat qiladi. Molekulalarning ozgina qismi (milliondan bir bo'lakdan kamrog'i) 3500 m/s tezlikka ega bo'ladi, bu tezlik esa ularning hatto 500 km balandlikka chiqishi uchun kifoya qiladi. Darhaqiqat, $3500^2 = 20 \text{ h}$, bundan $h = \frac{12250000}{20}$, ya'ni 500 kilometrdan oshiqroq.

Endi kislorod zarralarining Yer betidan yuzlarcha kilometr balandlikda ham bo'lishining sababi tushuniladi: bu gazlarning fizik xossalaring natijasidir. Biroq kislorod, azot, suv bug'i karbonat angidrid molekulalari ularga Yer sharidan butunlay chiqib ketishiga imkon beradigan tezlikka ega emasdir. Buning uchun tezlik sekundiga 11 kilometrdan ham kam bo'lmasligi kerak, bunday tezlikka esa uncha yuqori bo'limgan temperaturalarda yuqorida sanab o'tilgan gazlarning faqat ayrim molekulalarigina ega bo'ladi. Mana shuning uchun Yer o'zining atmosferasi qobig'ini shunday

mahkam ushlab turadi. Hatto Yer atmosferasida bo'lgan eng yengil gazlardan biri – vodorod zahirasining yarmi yo'qolishi uchun 25 raqamli songa teng bo'lgan miqdorda yil o'tishi kerakligi hisoblangan. Million yil ham Yer atmosferasining tarkibi va massasida hech qanday o'zgarish vujudga keltira olmaydi.

Nima uchun Oy ham o'z atrofida shunga o'xshash atmosfera saqlab tura olmasligini tushuntirish uchun endi quyidagilarnigiga isbot qilish kifoya. Og'irlik kuchining kuchlanishi Yerga qaraganda Oyda olti marta kamroq; shunga muvofiq unda og'irlik kuchini yengish uchun kerak bo'lgan tezlik ham kam bo'lib, atigi 2360 m/s. O'rta temperaturalarda kislorod va azot molekulalarining tezligi bundan oshiq bo'lishi mumkin bo'lganidan, tushunarlikni, agar Oyda atmosfera hosil bo'lsa edi, Oy uni to'xtovsiz yo'qotib turishi kerak edi. Eng tez harakat qiladigan molekulalar uchit ketsa, qolgan boshqa molekulalar kritik tezlikka ega bo'lib qoladi (gaz zarralari orasida tezliklarning taqsim qilinishi qonunining natijasi shunday) va olam fazosiga atmosfera qatlaming yangidan-yangi zarralari badar yo'qolib turishi kerak. Yetarli vaqt, koinot mashtabida arzimagan bir vaqt o'tishi bilan butun atmosfera shunday kuchsiz tortadigan osmon jisrnining sirtidan ketib qolishi kerak.

Agar bu sayyora atmosferasi molekulalarning o'rtacha tezligi limiti hattoki eng katta tezlikdan uch marta kam (ya'ni Oy uchun 2350:3=790 m/s) bo'lsa ham, bir necha hafta ichida bunday atmosferaning yarmi tarqalib ketishi kerakligini matematik jihatdan isbot qilish mumkin. (Osmon jismi atmosferasi molekulalarning o'rtacha tezligi limit tezlikning beshdan biridan kam bo'lgan vaqtdagina uning atmosferasi barqaror saqlanishi mumkin).

Bir vaqt kelarki, odam Oyga borib, uni o'ziga bo'ysundirgandan keyin Oyni sun'iy atmosfera bilan o'rabi olar va shunday qilib, uni odam yashay oladigan holga keltirar degan fikr, to'g'riroq'i xayol qilindi. Shu gaplardan keyin kitobxonga bu tadbirni amalga oshirish mumkin emasligi ravshan bo'lsa kerak. Bizning yo'ldoshimizning atmosferasi bo'imasligi tasodifiy bir hol emas, tabiatning injiqligi emas, balki fizika qonunlarining muayyan natijasidir.

Oyda atmosfera bo'lishi mumkin emasligini keltirib chiqargan sabablar umuman og'irlik kuchining kuchlanishi kam bo'lgan olam jismlarining hammasida: asteroidlarda va sayyoralar yo'ldoshlarining ko'pchiligidagi atmosfera bo'lmasligini keltirib chiqarishi kerakligi ham tushunarlidir¹.

Oy ko'laming o'chovlari

Bu to'g'rida, albatta, juda aniq sonli ma'lumotlar bor. Oyning diametri (3500 km), yuzasi, hajmi ma'lumdir. Ammo hisoblashlarda boshqa narsa bilan almashtirib bo'lmaydigan sonlar bizning tasavvurimiz talab qilgan yaqqol tushunchalarni berishga qodir emas. Buning uchun muayyan taqqoslashlarga murojaat qilish foydalidir.

Oy materigini (Oy – yaxlit materik-ku) Yer shari materigiga solishtirib ko'raylik (40-rasm). Bu solishtirish



40- rasm. Evropa materigiga solishtirilganda Oyning kattaligi. (Biroq Oy sharining sathi Evropa sathidan kichik ekan, deb xulosa chiqarish yaramaydi).

1948- yilda moskvalik yosh astronom Yu. N. Lipskiy, aftidan Oyda atmosfera asari borligini topdi. Oy atmosferasining umumiy massasi Yer atmosferasining yuz mingdan bir hissasidan oshmasligi mumkin. (muharrir eslatmasi.)

Oyning butun sathi Yer sathidan 14 marta kichik degan abstrakt gaplardan ko'ra, bizga yaxshiroq tushuniladi. Bizning yo'ldoshimizning sathi kvadrat kilometrlar soni jihatidan olganda ikkila Amerika sathidan ozgina kichikroq. Uning Yerga tomon qaragan va biz kuzata olgan qismining sathi esa xuddi deyarlik Janubiy Amerika sathiga baravardir.

Oydagi «dengizlar» ning Yerdagi dengizlarga nisbatan qanday kattalikda bo'lishini yaqqol ko'rsatish uchun bunda (41-rasm) Oy xaritasi o'sha mashtabning o'zida Qora va



41- rasm. Yerdagi dengizlarni Oydagi dengizlarga taqqoslash. Qora dengiz va Kaspiy dengizini Oyga olib borganimizda ular Oydagi hamma dengizlardan katta bo'lardi. (Sonlar bilan: 1—Bulutlar degnizi, 2—Namtik Dengizi, 3—Bug' Dengizi, 4—Ravshanlik Dengizi ko'rsatilgan).

Kaspiy dengizning konturlari tushirilgan. Oy «dengizlari» uning diskining (Oy yuzining) ancha qismini egallagan bo'lsa ham, ular uncha katta emasligi darhol ko'rindi. Masalan, Ravshanlik dengizi (170000 km^2) Kaspiy dengizidan taxminan $2 \frac{1}{2}$ marta kichikroq.

Ammo Oyning halqa tog'lariga kelganda, Yerda bo'lma-gan chinakam gigant tog'lar bor. Masalan, Grimaldi halqa tog'inining doiraviy vali Baykal ko'li sathiga qaraganda ko'proq joyni egallaydi. Bu tog' halqasi ichiga katta bo'limgan mamlakat, masalan, Shveysariya yoki Belgiya butunlay joylasha olardi.

Oy manzaralari

Oy yuzining surati kitoblarda shuncha ko'p uchraydiki, Oy relyefining xarakterli xususiyatlari halqa tog'lar (42-rasm), «sirklar»ning ko'rinishi bizning kitobxonlarimizning hammasiga ham tanish bo'lsa kerak. Balki ba'zi bir kitobxonlar Oy tog'larini kichkina durbin orqali kuzatgandir; buning uchun ob'yektiwi 3 sm bo'lgan durbin kifoya.



42- rasm. Oydag'i tipik halqa tog'lar.

Ammo na fotografiyalar, na teleskopda kuzatishlar Oyning o‘zida turib qaraganda kuzatuvchiga Oy yuzining ko‘rinishi qandayligi to‘g‘risida tasavvur hosil qila oladi. Oy tog‘larining xuddi yaqinida turib kuzatgan odam ularni teleskopdagiga qaraganda boshqacha ko‘rardi. Buyumni juda balanddan turib qarash boshqa narsa. Buning farqi nimada ekanligini bir necha misol ustida ko‘rsataylik. Eratosfen tog‘i Yerdan qaraganda ichida cho‘qqisi bo‘lgan halqa valdan iborat. Teleskopdan qaraganda u aniq soyalar tufayli bo‘rtiq va ravshan ko‘rinadi. Biroq uning profiliga ko‘z tashlang (43-rasm): siz diametri juda katta — 50 km —sirkka qaraganda vali va ichki konusi juda past bo‘lishini ko‘rasiz; yonbag‘irlarining yotiqligi ularni yana pastroq qilib ko‘rsatad.



43- rasm. Katta halqa tog‘ning profili (yon tomondan ko‘rinishi).

Endi siz o‘zingizni shu sirkning ichida yuribsiz deb faraz qiling va bu sirkning diametri Ladoga ko‘lidan Fin qo‘ltig‘igacha bo‘lgan masofaga teng bo‘lishini esingizda tuting. Siz bunda valning halqasimon shaklda bo‘lishini ko‘ra olmasangiz kerak; buning ustiga Oy yuzining usti do‘ng bo‘lishi sizga valning pastki qismini ko‘rsatmay qo‘yadi, chunki Oy sharining diametri Yer sharining diametriga qaraganda to‘rt marta kichik bo‘lishiga yarasha, Oyda gorizont Yerdagiqa qaraganda ikki marta kichik bo‘ladi. Yerda o‘ta bo‘ylik odam tekis joyda tikka turganida o‘z atrofida 5 km dan nari ko‘rmaydi. Bu gorizantning uzoqlik formulasidan kelib chiqadi¹.

¹Gorizontning uzoqligini hisoblash to‘g‘risida mening «Занимательная геометрия» nomli kitobimning «Где небо с землей сходятся» bobiga qarang.

$$D = 2Rh_1$$

Bunda D — kilometrlar hisobida uzoqlik, h_1 —kilometrlar hisobida ko'rish balandligi R — kilometrlar hisobida sayyoraning radiusi.

Bu formulaga Yer uchun berilgan sonlarni va Oy uchun berilgan sonlarni qo'yganimizda o'rta bo'ylik odam uchun gorizontning uzoqligi

Yerda 4,8 km,

Oyda 2,5 km,

bo'lishini topamiz.

Katta oy sirkı ichida kuzatuvchi qanday manzara ko'rishi 44-rasmda tasvir qilingan. (Bu manzara ikkinchi tanda sirk—Arximed sirkı uchun tasvir qilingan). Bu manzara gorizontda tepaliklar tizmasi joylashgan keng tekislikdan iborat bo'lib, «Oy sirklari» degan gaplardan olinadigan tasavvurlarga juda kam o'xshaydi, shunday emasmi?



44-rasm. Oydagi katta halqa tog'ning markaziga joylashgan kuzatuvchi qanday manzara ko'rardi.

Valning ikkinchi tomoniga chiqib, sirkning tashqarisidan qaraganida ham kuzatuvchi o'zi kutmagan manzara ko'rardi. Halqa tog'ning tashqi yonbag'ri (43-rasmga solishtiring) shunday yotiq ko'tarilardiki, kuzatuvchiga u toqqa o'xshab ko'rinasdi, eng muhimi esa, kuzatuvchi unga ko'ringan

tepaliklar tizmasi doiraviy cho'kmasi bo'lgan halqa tog' ekanligiga ishonch hosil qila olmas edi. Buning uchun uning sirtidan oshib o'tish kerak bo'lardi. Ammo bunda ham Oy alpinisti, biz yuqorida tushuntirganimizdek, nazar-e'tiborga loyiq hech narsa ko'rmas edi.

To'g'ri, juda katta halqa tog'lardan tashqari, Oyda yana bevosita yaqin turib qaraganda-ko'rish mumkin bo'lgan juda ko'p mayda sirklar ham bor. Ammo ular juda past; bunda kuzatuvchi ajablanarlik biror narsa ko'rmasa kerak. Lekin Oyning Yerdagi tog'larning nomi bilan yurgizildigan: Alp, Kavkaz, Apennin va shu singari tizma tog'lari balandlik jihatidan Yerdagi tog'lar bilan raqobat qilishadi va bularning balandligi 7–8 kilometrga yetadi. Oy uncha katta bo'limgani uchun ular bahaybat bo'lib ko'rindi.

Oyda atmosfera bo'imasligi va shunga bog'liq ravishda soyalarning keskin bo'lishi Oyni durbin orqali kuzatishda ajoyib illyuziya tug'diradi; Yerda sezilar-sezilmas bo'lgan notejisliklar unda kuchayib va juda bo'rtiq bo'lib ko'rindi. Yarimta no'xatning do'ng tomonini yuqori qaratib qo'ying. Bu katta narsami? Qarangchi, undan qanday uzun soya tushadi (45-rasm). Oy yon tomonidan yoritilgandan jismlarning soyasi ularning balandligidan 20 marta katta bo'ladi, bu esa astronomlarga yaxshi xizmat ko'rsatadi: soyalari

uzun bo'lgani tufayli, Oyda bo'lgan jismaldan balandligi atigi 30 m bo'lganlarini teleskopda qarash mumkin.

Ammo shuning o'zi bizni Oy Yerining notejisliklarini katta qilib ko'rishga majbur etadi. Masalan, Piko tog'i teleskopdan qaraganda shunday keskin ko'rindiki, uni beixtiyor uchlik va tikka qoya deb tasavvur qilamiz (46-rasm). Ilgari vaqtarda uni shunday tasvir qilar edilar. Ammo siz uni Oyning o'zida turib qaraganigizda butunlay boshqa manzara— 47-rasmida tasvirlangan manzarani ko'raringiz.



46- rasm. Teleskopdan qaraganda Piko tog'i tikka va uchli bo'lib ko'rinadi.



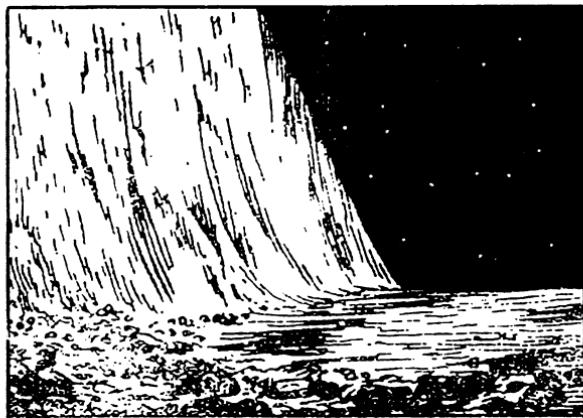
47- rasm. Oy yuzida turib kuzatgan odamga Piko tog'i nishab bo'lib ko'rinadi.

Ammo Oy relyefining boshqa xususiyatlariiga biz, buning aksicha, tegishlicha baho bermaymiz. Teleskopdan qaraganda Oy yuzida biz sal-pal sezilarli ingichkagina yoriqlar ko'ramiz va bizga bu Oy manzarasida muhim rol o'ynaydiganga o'xshab ko'rinadi. Ammo bularning biz yo'ldoshimizning o'ziga borib ko'rganimizda esa, bu joylarda oyog'imiz tagida gorizontning narigi tomoniga chо zilib ketgan qorong'i, tagi yo'q chuqur ko'rardik.

Yana bir misol. Oyda uning tekisliklaridan birini kesib o'tadigan «To'g'ri devor» deb yurgiziladigan tikka pog'ana bor. Bu devorni xaritada ko'rganimizda (48-rasm) biz uning balandligi 300 m ekanligini esimizga ham olmaymiz; bu devorning tagida turganimizda esa biz uning bahaybatligidan dong qotib qolardik. 49- rasmida rassom bu tikka devorning



48- rasm. Oydagi «To'g'ri devor»
(teleskopda ko'rinishi).



49- rasm. «To'g'ri devor» ning tagida turib qaragan
odamga u qanday bo'lib ko'rinishi kerak.



50- rasm. Yaqin turib qaraganda Oydag'i «yoriq»lardan birining ko'rinishi.

pastdan qaragan vaqtagi ko'rinishini tasvirlashga uringan: uning uchi qaerdadir gorizontning narigi tarafida: u 100 km ga cho'ziladi-ku! Xuddi shu singari kuchli teleskopda qaraganda Oy yuzida ko'ringan ingichka yoriqlar aslida g'oyat katta tagi yo'q chuqurlar bo'lishi lozim (50-rasm).

Oy osmoni

Qora osmon gumbazi

Agar Yerda yashagan odam Oyga borib qolsa, hamma-dan oldin uning e'tiborini uchta ajoyib narsa jalg qilardi.

Oyda kunduzi osmonning rangi juda g'alati bo'lishi darhol ko'zga tashlanardi: odatdag'i havorang gumbaz o'mniga Quyosh yarqirab turganida ham aniq ko'tinadigan, ammo sira miltillamaydigan son-sanoqsiz yulduzlar qoplagan qop-qora osmon gumbazini ko'rardi. Bu hodisaning sababi Oyda atmosfera bo'lmaslidir.

«Ravshan va beg'ubor osmon gumbazi,—deydi o'ziga xos chiroyli til bilan Flammarion,—tong yallig'ining muloyim qizilligi, muhtasham oqshom yallig'i, sahrolarning maftun qiladigan go'zalligi, dala va chamanzordan aks ettirgan, chuqurligida butun mangulikni o'z ichiga olgan

oynadek ko'llarning suvlari, siz,—sizning mavjudligingiz va sizning hamma go'zalligingiz faqat Yer shari tepasiga yoyilgan yengil po'stloqqa bog'liqdir. Shu bo'limganda edi bu manzaralarning birortasi, serhasharn ranglarning birortasi bo'lmas edi. Lojuvard ko'm-ko'k osmon o'rniغا sizni cheksiz qorong'i fazo chulg'ab olardi; Quyoshning muhtasham chiqish va botishlari o'rniغا keskin ravishda kunlar tunlar bilan, tunlar kunlar bilan almashinardi. Quyoshning ko'r qilarlik yorug' nurlari to'g'ridan-to'g'ri tushmagan joylarda xukm surgan, ko'zga yoqimli g'ira-shira o'rniغا ravshan yorug'lik faqat kunduzgi yoritgich to'g'ridan-to'g'ri yoritgan joylardagina bo'lib, boshqa joylarda quyuq soya hukm surardi».

Osmomonning ko'm-ko'k rangi qorayishi uchun atmosferaning ozgina siyraklanishi kifoya. «Osoaviaxim» nish strostati fojiali suratda halok bo'lgan komandasini 21 kr balandlikda o'z tepasida deyarli qora osmonni tomosha qilgan. Tabiat yoritilishining yuqorida keltirilgan parchada tasvir qilingan fantastik manzarasi Oyda batamom vujudga keladi: qora osmon, tong yallig'i va g'ira-shiralarning bo'lmasligi, yoritilgan joylarning o'shancha keskin yarim soyasiz bo'lishi kuzatiladi.

Oy osmonida Yer

Oyda diqqatga sazovor ikkinchi narsa unda Yer diskining juda ham katta bo'lib ko'rinishidir. Oyga uchib ketganida pastda qolgan Yer sayohatchiga kutilmaganda yuqorida bo'lib ko'rindi.

Olamda hamma olamlar uchun bir bo'lgan yuqori va past degan tushuncha yo'q, Oyga qarab uchganiningizda pastda qolgan Yerni Oyda turib qaragannigizda yuqorida ko'rinishi sizni ajablantirmasligi kerak.

Oy osmonida ko'ringan Yer diskini juda katta: uning diametri biz Yer osmonida ko'rib o'rgangan Oy diskini diametridan taxminan to'rt marta katta bo'ladi. Oyga sayohat qiluvchini hayratda qoldiradigan uchinchi fakt mana shudir. Agar oydin kechalari bizning Yerimizdagи manzaralar

yaxshi yoritilgan bo'lsa, diskı Oy diskidan 14 marta katta bo'lgan Yer to'lin bo'lganida Oydin kechalari odaidan tashqari yorug' bo'lishi lozim. Yoritichning ravshanligi faqat uning diametrigagina emas, balki uning sirtining qaytarish qobiliyatiga ham bog'liqdir. Bu jihatdan olganda Yerning sirti Oy sirtiga qaraganda olti marta kuchliroq, qaytaradi¹; shuning uchun to'lin Oy Yerni yoritishiga qaraganda to'lin Yer Oyni 90 maitacha kuchliroq yoritishi kerak, «Yer kechalarida» Oyda mayda harflar bilan bosilgan kitobni o'qib bo'lardi. Oyning sirtini Yer shunday kuchli yoritadiki, u bizga 400000 kilometr joydan turib Oy sharining kambar o'roqqa o'xshagan yuzi ichida sal-pal sezilarlik miltillaganga o'xshab ko'ringan tungi qismini ko'rishga imkon beradi; buni «Oyning kul rangi» deyiladi. Osmonda 90 ta to'lin Oy yoritishini ko'z oldingizga keltiring, buning ustiga bizning yo'ldoshimizning o'ziga tushgan yorug'likning bir qismini yutadigan atmosferasi yo'qligini nazaraga oling, o'shanda siz kechalari to'lin Yer yoritgan Oyning afsonaviy go'zal manzaralari to'g'risida birmuncha tasavvur hosil qilasiz.

Oyda turib kuzatgan odam Yer diskida materik va okeanlarning ko'rinishini ajrata olarmidi? Oy osmonida Yer xuddi maktablarda bo'ladigan globusga o'xshab qoladi, degan xato fikr tarqalgan. Yer sharini olam fazosida tasavvur qilish kerak bo'lganda rassomlar uni shunday tasvirlaydalar ham: materiklarning konturlarini shimal o'lkalarining qor telpaklarini va shu singarilarni ko'rsatib tasvirlaydilar. Tashqaridan turib qaraganda Yer sharida bunday detallarni ajratib bo'lmaydi. Odatda, Yer yuzining yarmini qoplab turadigan bulutlarni tilga olmaganda harn, bizning atmosferamizning o'zi Quyosh nurlarini kuchli ravishda

'Demak, odatda odamlar o'ylagandek Oyning sirti oq emas, balki qoradir. Bu uning oq yorug'lik sochishiga xilof emas. «Quyosh yorug'ligi qora jismga tushib qaytgan bo'lsa ham, oqligicha qoladi. Agar Oy eng qora baxmalga o'ralgan bo'lsa ham osmonda kumushsimon disk bo'lib yarqirardi deb yozadi Tindal o'zining yorug'lik to'g'risidagi kitobida. Oy sirtining o'zini yoritgan Quyosh nurlarini sochish qobiliyatı o'tacha olganda qora vulkan jismlarining sochish qobiliyatı bilan bidaydir.

sochib yuboradi; shuning uchun Veneraga o'xshab Yer ham juda kuchli yarqirashi va undagi narsalarni ko'rib bo'lmasligi kerak. Bu masalani tekshirgan Pulkovo astronomi G.A.Tixov quyidagilarni yozadi:

«Biz Yerga olam fazosidan qaraganimizda oqimtir hovorang disk ko'rardik va Yerning sirtidagi ikir-chikirlarni ajratishimiz juda qiyin bo'lardi. Quyoshdan Yerga tushgan yorug'likning juda ko'p qismini atmosfera va undagi qotishmalar bu yorug'lik Yer yuziga yetmasdanoq uni fazoga tarqatib yuboradi. Yer yuziga yetib undan qaytgan qismi esa atmosferada yana sochilishi sababli juda kuchsizlanib qoladi».

Shunday qilib, Oy o'z sirtining hamma ikir-chikirlarini bizga ravshan ko'rsatadi, Yer esa o'zining yaltirab turgan atmosferasiga o'ranib, o'z aftini Oydan va butun olamda bekitadi.

Ammo Oy tungi yoritgichining Yer tungi yoritgichidan farqi faqat bundagina emas. Bizning osmonimizda Oy yulduzli gumbaz bilan birqalikda aylanib chiqadi va botadi. Oy osmonida Yer bunday harakat qilmaydi. Unda Yer chiqmaydi ham, botmayda ham, yulduzlarining juda ham sekin uyg'un harakatida ishtirok qilmaydi. U Oyning har bir punkti uchun ma'lum bir vaziyatni egallab, osmonda deyarli jim osilib turadi, yulduzlar esa uning orqasida sekin sirg'aladi. Bu—Oy harakatining biz yuqorida ko'rib o'tgan xususiyati shundan iboratki, Oy Yerga har doim bir tomoni bilan qaragan bo'ladi. Oyda turib kuzatgan odamga Yer osmon gumbazida deyarli jim turadi. Agar Yer Oyning birorta kraterining zenitida tursa, u o'zining shu zenit holatidan hech chiqmaydi. Agar u biror joydan qaraganda gorizontda ko'rinsa, abadiy shu joyning gorizontida bo'la beradi. Faqat biz yuqorida gapirgan Oy libratsiyasigina bu harakatsizlikni bir oz buzadi. Yulduzli osmon Yer diskining orqasida bizning sutkalarimiz bilan hisoblagan $27 \frac{1}{2}$ sutka davomida sekingina aylanadi, Quyosh osmonda $29 \frac{1}{2}$ sutka aylanib chiqadi, sayyoralar ham shunga o'xshash harakat qiladi, qora osmonda faqat Yerning o'zi deyarli qimirlamasdan turadi.

Ammo bir joyda turgan Yer tez, 24 soatda bir marta o'z o'qi atrofida aylandi. Agar bizning atmosferamiz tiniq bo'lsa edi, keljakdagi sayyoralalararo sayohat qiladigan kemalarning passajirlari uchun Yer juda ham qulay osmon soati bo'lardi. Bundan tashqari, Oy bizning osmonimizda qanday fazalar ko'rsatsa, Yerning fazalari ham xuddi shunday bo'ladi. Demak, bizning Yerimiz Oy osmonida hamma vaqt to'la diska bilan yarqiramaydi: Yeming Quyosh yoritgan yarmining Oyga qanday qismi qaragan bo'lsa, o'shangacha yarasha Yer goh yarim doira, goh kambar, goh to'lib yetmagan doira bo'lib ko'rindi. Quyosh, Yer va Oyning o'zaro joylashuvini chizganingizda siz Yer va Oy bir-biriga qarama-qarshi fazalarini ko'rsatishi kerakligiga ishonch hosil qilishingiz oson.

Bizda Oy yangi tug'ilganida Oydag'i odam Yer diskining to'lishini—«to'lin Yerni» ko'rishi kerak; buning aksicha, bizda to'lin Oy bo'lganda Oyda «yangi tug'ilgan Yer-bo'ladi (51-rasm). Biz yangi Oyning kambar diskini ko'rganimizda Oyda turib Yerning kamayayotgan diskini zavq bilan tomosha qilish mumkin bo'ladi, shu bilan birga o'sha paytda bizga Oy diskining qanday qismi ko'rinsa, kamayayotgan Yer diskini to'ldirish uchun ham o'shancha kerak bo'lardi. Aytgandek, Yer fazalari Oy fazalaridek keskin chegaralangan bo'lmaydi, Yerning atmosferasi yorug'lik chegarasini xiralashtiradi, biz Yerda g'ira-shira ravishda kuzatadigan sekin-asta kundan tunga va tundan kunga ko'chishlarni maydonga keltiradi.



51- rasm. Oyda «yangi Yer». Yerning qora diskini uning yarqiragan atmosfera jiyagi oq doira – Quyosh.

Yer fazalarining Oy fazalaridan yana bir farqi quyidagidan iborat. Yerda turib biz Oyning xuddi tug'ilgan mometini hech vaqt ko'ra olmaymiz. Odatda bunda u Quyoshdan yuqoriyoq yoki pastroq (ba'zan 5°cha ya'ni o'z diametrining 10 baravarcha yuqori yoki pastroq) bo'lib, Oy sharining Quyosh yoritgan torgina chetini ko'rishimiz mumkin bo'lsa ham, biz uni ko'ra olmaymiz: Quyoshning kuchli yorug'iligi kumush ipdek yangi Oyning zaif yorug'ligini yutib yuboradi. Yangi Oyni biz uning tug'ilganiga ikki sutka o'tib, u Quyoshdan ancha uzoqlashgandan keyin va kamdan-kam hollardagina (bahorda) bir sutka o'tgandan keyin ko'ramiz. Oyda turib «yangi Yerni» kuzatganimizda esa gap butunlay boshqacha bo'ladi: unda Quyosh nurlarini sochib yuboradigan va kunduzgi yoritgich atrofida yorug' gardish maydonga keltiradigan atmosfera yo'q. Yulduzlar va sayyoralar unda Quyoshning nurlarida ko'rinnmasdan qolmaydi, balki osmonda Quyoshga bevosita yaqin joy aniq ko'rindi. Shuning uchun Yer Quyoshning xuddi ro'parasiga kelib qolmaganida (ya'ni Yer tutligan paytdan boshqa vaqlarda), undan bir oz yuqoriyoq yoki pastroq bo'lganda u bizning yo'ldoshimizning yulduz qoplagan qora osmonida uchlari Quyoshdan narigi tomon qaragan ingichka yoy shaklida har doim ko'ranib turadi (52-rasm). Yer Quyoshdan chap tomonga ketgan sari yoy ham chapga dumalab ketayotgandek bo'ladi.

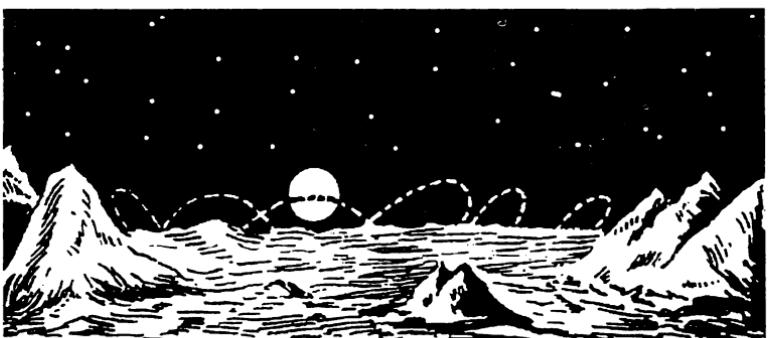
Hozirgina bayon qilingan hodisaga mos kelgan hodisani Oyni durbindan kuzatganda ko'rish mumkin: to'lin Oy bo'lganda, Oy to'lgan vaqtida tungi yoritgichning diskini biz butun doira shaklida ko'ra olamiz; Oyning va Quyoshning markazi kuzatuvchining ko'zi bilan bir to'g'ri chiziqdida



52- rasm. Oy Osmonidagi «yangi Yer». Yerning kambar yoyi tagidagi oq doira – Quyosh.

bo‘limganidan Oy diskini to‘la doira bo‘lishi uchun kambar yoy etishmaydiki, Oy o‘ng tomonga siljigan sari bu yoy Oyning yoritilgan diskini cheti bo‘ylab chapga sirg‘anadi. Ammo Yer bilan Oy har doim bir-biriga qarma-qarshi fazalarini ko‘rsatishadi; shuning uchun Oyda turgan odam bu bayon qilingan paytda «yangi Yer»ning kambar yoyini ko‘rishi kerak.

Yuqorida biz so‘z orasida Oyning libratsiyasi Oy osmonida Yer sira jim turmasligidan ro‘y berishi kerakligini aytib o‘tdik. Yer o‘rtta vaziyati atrofida shimoli-janub yo‘nalishida 14° , g‘arbi-sharq yo‘nalishida 16° tebranadi. Oyning Yer gorizontning xuddi o‘zginasida ko‘ringan joylarida bizning sayyoramiz shuning uchun ba’zan botib, tezda yana chiqib, g‘alati egri chiziqlar chizadigan bo‘lib ko‘rinishi lozim (53-rasm). Yerning butun osmonni aylanmasdan gorizontning bir joyida shunday o‘ziga bir xil chiqishi yoki botishi bir necha Yer sutkasi davomida davom qilishi mumkin.



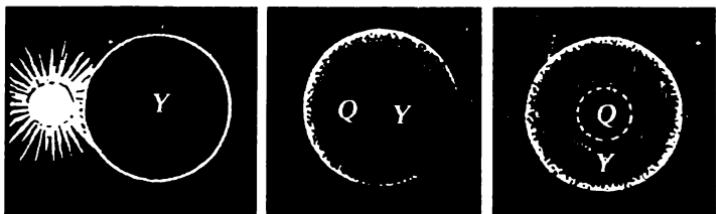
53- rasm. Oy gorizonti yaqinida Yerning sekin harakat qilishi libratsiya natijasidir. Punktir chiziqlari – Yer diskini markazining yo‘li.

Oyda Yer va Quyoshning tutilishi

Oy osmonining hozirgina tasvir qilingan manzarasini osmonda bo‘ladigan va tutilishlar deb ataladigan manzalar bilan to‘lg‘azaylik. Oyda ikki xil tutilish: Quyosh tutilishi va «Yer tutilishi» bo‘ladi. Oyda Quyosh tutilishlari

bizga tanish bo‘lgan Quyosh tutilishlariga o‘xshamaydi, ammo e‘ziga yarasha juda ham effektli vaqlarda Oyda Quyosh tutilishlari Yerda Oy tutigan vaqlarda bo‘ladi, chunki bunda Yer Quyosh bilan Oyning markazlarini tutashtiradigan chiziqdagi bo‘ladi.

Bu paytda bizning yo‘ldoshimiz Yerning soyasiga kirib qoladi. Oyni shunday paytlarda ko‘rgan kishi biladiki, u butunlay qop-qora, yorug‘lik sochamaydigan bo‘lib qolmaydi, u ko‘zga ko‘rinmay ketmaydi; odatda u Yer soyasi konusining ichiga o‘tgan to‘q qizil nurlarda ko‘rinadi. Agar shu momentda biz qizil yorug‘likning qayerdan kelishini aniq tushunib olardik; Oy osmonida ancha kichkina bo‘lsa ham, ravshan yorug‘lik sochgan Quyosh oldida turgan Yer shari, o‘z atmosferasining qip-qizil hoshiyasi o‘rah olingan qora disk bo‘lib ko‘rinadi. Xuddi mana s‘ hoshiyaning o‘zginasi soyaga kirib qolgan Oyni qizil yorug‘lik bilan yoritadi (54-rasm).



54- rasm. Oyda Quyosh «kuyishi»: Q Quyosh Oy osomnida sekin-asta Jim turgan Y Yer diskini orqasiga kiradi.

Oyda Quyosh tutilishi Yerdagadek bir necha minut emas, balki 4 soatdan oshiq davom qiladi, chunki aslida bu bizdagi Oy tutilishning o‘zginasi bo‘lib, faqat bu Yerda turib emas, Oyda turib kuzatiladi.

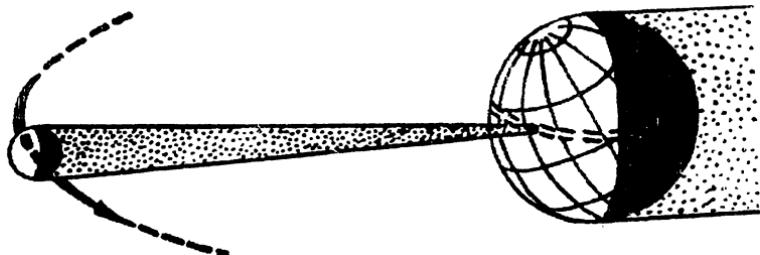
«Yer tutilishiga» kelganda, bu tutilishlar shunday arzimas bo‘ladiki, bularni tutilish deb atash ham qiyin. Bular Yerda Quyosh tutilishi kuzatilgan momentlarda ro‘y beradi. Oyda turib kuzatgan odamlar Yerning katta diskida kichkina harakatlanayotgan doiracha ko‘rardilar—bular Yer yuzining Quyosh tutilishini tomosha qilish mumkin bo‘lgan baxtli qismlaridir.

Shuni aytish kerakki, bizdagiga o'xshagan Quyosh tutilishlarini sayyora sistemasining umuman hech bir yerida kuzatib bo'lmaydi. Bizning bu ajoyib manzarani kuzatishga muyassar bo'lishimiz tasodifiy bir holdir: bizdan Quyoshni to'sib qo'yadigan Oyning diametri Quyosh diametridan necha marta kam bo'lsa, u bizga shuncha marta yaqindir, bu nisbatni boshqa biror sayyorada uchratmaymiz.

Astronomlar Quyosh va Oy tutilishlarini nima uchun kuzatadilar?

Bizning yo'ldoshimiz orqasidan doim sudralib yurgan uzun soya konusi, hozirgina aytib o'tilgan tasodif tufayli, xuddi Yergacha yetib keladi (55-rasm). Aslini aytganda, Oy soyasi konusining o'rtacha uzunligi, Oyning o'rtacha uzoqligidan kam. Agar biz faqat o'rtacha kattaliki ur bilangina ish ko'rganimizda edi, hech vaqt bizda Quyosh to'la tutilmaydi degan xulosaga kelardik. Haqiqatan bu hodisa ro'y beradi va buning sababi shuki, Oy Yer atrofida ellips bo'ylab aylanadi va orbitasining ba'zi qismalarida Yer yuziga 42200 km yaqinroq bo'ladi: Oyning Yerdan uzoqligi 356900 kilometrdan tortib, 399100 kilometrigacha o'zgaradi.

Oy soyasining uchi Yer yuzi bo'ylab sirg'anib, unda «Quyosh tutilishining ko'rinish polosasini» chizadi. Bu polosaning kengligi 300 kilometrdan oshmaydi. Quyosh tutilishini har gal tomosha qilishga muvaffaq bo'ladi.



55- rasm. Oy soyasi konusining uchi Yer yuzi bo'ylab sirg'anadi soya tushgan joylarda Quyosh tutilishi kuzatiladi.

aholi yashagan joylarning soni ancha cheklangandir. Agar buning ustiga Quyoshning to'la tutilishi juda ham kam bo'ladigan tomosha ekanligi tushuniladi. Yer sharining har bir joyida u ikki-uch yuz yilda bir marta ro'y beradi.

Shuning uchun olimlar Quyosh tutilishlarini kuzatish uchun qo'lidan kelgan barcha choralarini ko'radilar, ba'zan Yer sharining Quyosh tutilishini kuzatish mumkin bo'lgan juda uzoq joylariga ekspedisiyalar tashkil qiladilar. 1936-yilda (19- iyunda) bo'lgan Quyosh tutilishi to'la tutilish faqat sobiq SSSR hududida ko'rindi va bu atigi ikki minut davom etgan to'la tutilishni kuzatish uchun bizga o'nta mamlakatdan 70 ta olim keldi. Bunda havo bulut bo'lgani sababli to'rtta ekspedisiyaning mehnati bekor ketdi. Astronomlar bu tutilishni kuzatish ustida juda ham katta miqyosda ish olib bordilar. Tutilish polosasiga 30 tacha ekspedisiya yuborildi.

1941- yilda urush bo'lshiga qaramay Sovet hukumati Ladoga ko'lidan Olmaotagacha to'la tutilish polosasi bo'ylab joylashgan bir qancha ekspedisiya uyushtirdi. 1947- yilda sovet ekspedisiyasi 20- mayda Quyoshning to'la tutilishini kuzatish uchun Braziliyaga bordi. Quyoshning 1952- yil 25- fevralda va 1954- yil 30- iyunda tutilishini kuzatish ishlari SSSR da ayniqsa katta miqyosda olib borildi.

Oy tutilishlari Quyosh tutilishlariga qaraganda bir yarim marta kam bo'lsa ham, tez-tez kuzatiladi. Bu astronomik paradoks juda oson tushuntiriladi.

Bizning sayyoramizda Quyosh tutilishini faqat Quyoshni Oy to'sadigan chegaralangan bir zonadagina kuzatish mumkin; bu torgina polosa chegaralarida Quyosh ba'zi joylarda to'la tutiladi, ba'zi joylarida qisman tutiladi (ya'ni Quyosh faqat qisman to'siladi). Quyoshning tutila boshlash momenti ham bu polosaning har xil punktlarida har xil bo'ladi, bu xilma-xillik vaqt hisobida farq bo'lishidan emas, balki Oyning soyasi Yer yuzi bo'ylab sirg'anishi va Yer yuzining har xil joylarini har xil vaqlarda qoplanishidandir.

Oy tutilishi esa butunlay boshqacha bo'ladi. U Yer sharining Oy ko'ringan, ya'ni Oy gorizont ustida bo'lgan

yarmining butun joyida birdaniga ko'rinadi. Oy tutilishining birin-ketin kelgan fazalari Yer yuzining hamma nuqtalarida bir momentning o'zida boshlanadi; bundagi farq faqat vaqt hisobidagi farqdan iborat bo'ladi.

Mana shuning uchun astronom Oy tutilishining «ketidan quvib» yurishiaydi, u astronomning oldiga o'zi keladi. Ammo Quyosh tutilishini «ushlab olish» uchun uzoq sayohatlar qilish kerak bo'ladi. Astronomlar faqat bir necha minut davomida Quyosh diskini Oyning qora doirasi qoplab qo'yishini kuzatish uchun tropik orollarga, sharqqa yoki g'arbga ekspeditsiyalar uyuştiradilar.

Shunday tez o'tib ketadigan kuzatishlar uchun shuncha qimmat tushadigan ekspedisiyalar yuborishga arziydimi? Quyoshni Oy to'sishini kutib o'tirmasdan ham shu kuzatishlarni o'tkazib bo'lmasmikin? Nega astronomlar teleskopda Quyoshning tasvirini yorug'lik o'tkazmaydigan tiniqmas doiracha bilan to'sib Quyosh tutilishini va astronomlarni shuncha qiziqtingan chetlarini betashvish kuzatsa bo'ladiganga o'xshab ko'rinadi.

Biroq, Quyoshning bunday sun'iy tutilishi uni Oy to'sgan mahaldagi kuzatishlar bergan natijani bera olmaydi. Gap shundaki, Quyosh nurlari bizning ko'zimizga yetib kelguncha Yerni o'rabi olgan atmosferadan o'tadi va unda bu nurlarni havo zarralari sochib yuboradi. Shuning uchun ham kunduzi osmon bizga havorang gumbazdek ko'ranadi. Atmosfera bo'limganda edi u, hattoki, kunduzi ham qora, yulduzlar bilan qoplangan bo'lib ko'rinardi. Quyoshni doiracha bilan to'ssak-da, ammo o'zimiz havo okeani tagida bo'lsak, biz kunduzgi yorug'likning ko'zimizga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etishidan o'zimizni saqlasak ham, bizning tepamizdag'i havoni Quyosh nurlari ilgarigidek yoritadi va bu havo Quyosh nurlarini sochib yuborib, yulduzlarni to'sadi. Agar quyoshni to'sadigan to'siq atmosfera chegarasidan tashqarida bo'lsa, bu hodisa ro'y bermaydi. Oy xuddi mana shunday, atmosfera chegarasiga qaraganda bizdan ming marta uzoq joylashgan ekrandir. Bu ekran Quyosh nurlarini Yer atmosferasiga kelib kirdi. Quyosh nurlarini Yer atmosferasiga kelib kirdi.

sochilmaydi. To'g'ri, butunlay sochilmaydi emas; soya qismga qo'shni, yorug' qismdan sochilgan bir oz nur o'tadi va shuning uchun Quyosh to'la tutilgan paytda osmon hech vaqt yarim kechagidek qop-qora bo'lmaydi; eng yorug' yulduzlargina ko'rindi.

Quyoshning to'la tutilishini kuzatishda astronomlar o'z oldiga qanday vazifalar qo'yishadi? Bu vazifalardan asosiyalarini aytib o'taylik.

Birinchi vazifa—Quyoshning tashqi po'stlog'ida spektral chiziqlarning «aylanishi»ni kuzatish. Quyosh spektrining odatdagi sharoitda yorug' bo'lgan spektr tasmasida qora bo'lib ko'ringan chiziqlari Quyosh diskini Oy tomon qoplab qo'yan paytdan keyin qora fonda oq bo'lib qoladi: yutilish spektri nur chiqarish spektriga aylanadi. Bu spektr «alanga olish» spektri deyiladi. Quyosh tashqi po'stlog'ining tabiatini to'g'risida hukm qilish uchun qimmatli material beradigan bu hodisani ma'lum bir sharoitda Quyosh tutilgan vaqtida ham kuzatish mumkin-u, ammo Quyosh tutilmagan vaqtida u shuncha aniq ko'rindaniki, astronomlar bu paytni qo'ldan bermaslikka intiladilar.

Ikkinci vazifa—Quyosh tojini tekshirish. Toj—Quyosh to'la tutilgan paytlarda kuzatiladigan hodisalardan eng qizig'idir: Quyosh tashqi po'stlog'ining alangali chiziqlari («protuberanetslar») bilan o'ralgan qop-qora Oy doirasi tevaragida har tutilishda har xil kattalik va shaklda bo'lgan marvarid yorug'lik gardishi yarqiraydi (56-rasm). Bu yog'duning uzun nurlari ko'p vaqtida Quyoshning diametridan bir necha marta katta bo'ladi, ravshanligi esa odatda to'lin Oy ravshanligining yarmicha keladi.

1936-yilda yuz bergen Quyosh tutilishida Quyosh toji odatdan tashqari yorqin, to'lin Oydan yorqinroq bo'ldi, bunday hodisa kamdan-kam uchraydi. Uzun va chetlari bir oz xiralashgan toj nurlari Quyosh



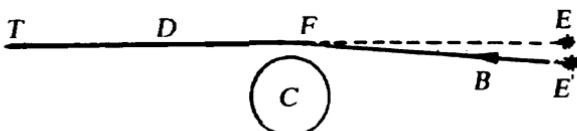
56- rasm. Quyosh to'la tutilganida Oyning qora diskini atrofida «Quyosh toji» birdaniga yarqiraydi.

diametridan uch va undan oshiq masofaga yoyilgan edi; butun toj markazini Oyning qorong'i diskiga egallagan besh qirrali yulduz ravishida ko'rinadi.

Quyosh tojining tabiatiga hali shu kungacha uzil-kesil aniqlangani yo'q. Quyosh tutilgan vaqtarda astronmlar tojining rasmini oladilar, ravshanligini o'lchaydilar, spektrini tekshiradilar. Bularning hammasi uning fizik tuzilishini tekshirishga yordam beradi.

Faqat keyingi o'n yillar ichida maydonga tashlangan uchinchi masala umumiy nisbiylik nazariyasining natijalaridan birini tekshirishdan iboratdir. Nisbiylik nazariyasiga muvofiq yulduzlarning yorug'lik nuri Quyosh yonidan o'tganida uning qudratli tortish ta'siriga uchrab, chetga og'ishadi, bu og'ish yulduzlarning Quyosh diskiga yaqinida siljigandek bo'lib ko'rinishida ro'yobga chiqishi kerak (57-rasm). Bu natijaning to'g'riligini faqat Quyosh to'la tutilgan vaqtadagina tekshirish mumkin.

1919, 1922, 1925 va 1936- yillarda tutilishlarda o'tka-zilgan o'lchashlar, qat'iy qilib aytganda, uzil-kesil natija bermadi va nisbiylik nazariyasining yuqorida aytib o'tilgan natijasining tajribada tasdiqlanish masalasi hozirgacha yechilmagan holda qolib kelmoqda¹.



57- rasm. Umumiy nisbiylik nazariyasining natijalaridan biri – yorug'lik nurlarining Quyoshning tortish kuchi ta'siri ostida og'ishi. Yerda T nuqtada turib kuzatuvchi odam nisbiylik nazariyasiga muvofiq yulduzni $TDFE$ 'to'g'ri chiziq yo'nalishda E' nuqtada deb ko'radi, haqiqatda esa yulduz E nuqtada bo'lib, nurlarini egrilangan $E'BFDT$ egri yo'l bo'ylab yuboradi. Quyosh bo'limganda yulduzlardan kelgan nur T Yerga ET to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalardi.

¹Og'ishning ro'y berishi tajribada tasdiqlanadi, ammo miqdor jihatidan olganda nazariyaga to'g'ri kelishi esa aniqlangan emas. Prof. A.A. Mixaylovnning kuzatishlari bu hodisa nazariyasining o'zining ba'zi bir jihatlarini qaytadan ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi.

Astronomlar mana shu asosiy maqsadlar uchun o'zlarining obrservatoriyalarini tashlab Quyosh tutilishini kuzatish uchun uzoq joylarga, ba'zan kuzatish ishlari olib borish uchun juda ham noqulay joylarga borishadi.

Quyoshning to'la tutilish manzarasining o'ziga kelganda rus badiiy adabiyotida tabiatning bu kam uchraydagan ajoyib hodisasining juda yaxshi tavsifi bor (V. G. Korolenko «Na zatmenii», bu tavsif Quyoshning 1887 yil avgustda tutilishiga oid; kuzatishlar Volga qirg'og'ida Yuryeves shaharida olib borilgan). Korolenkoning shu hikoyasidan uncha muhim bo'limgan joylari qisqartirilgan parcha keltiramiz.

«Quyosh bir minut keng g'ira-shira tumanli dog' ichiga botib qoladi va bulut ichidan ancha kichraygan holda chiqadi...

Hozir endi buni oddiy ko'z bilan ko'rish mumki, bunda ko'zni qamashtirarli darajadagi kuchli yorug'likni bir oz yumshatgan va hali ham havoda tutayotgan siyrak bug' yordam beradi.

Jimjilik. Onda-sonda asabiylashgan og'ir nafas olishlar eshitilmoqda...

Yarim soat o'tdi. Kun esa deyarli avvalgidek yorug', endi balandda suzib yurgan yoyga o'xshagan bulutlar Quyoshni goh to'sib qo'yadi, goh ochib qo'yadi.

Yoshlar o'rtasida beparvo jonlanish va qiziqish hukm surmoqda.

Chollar xo'rsinmoqda, kampirlar asabiy oh tortmoqda, ba'zilar esa hattoki dodlab baqirmoqda va tishi og'rigandek ingramoqda.

Kun ancha xiralasha boshladi. Odamlarning chehrasida vahimaga tushish alomatlari seziladi, odamlarning soyalari Yerga xira, aniqmas bo'lib tushadi. Daryoda pastga qarab ketayotgan paroxod qandaydir bir sharpaga o'xshab o'tib ketdi. Uning konturlari sezilar-sezilmas, ranglari aniqmas bo'lib qoldi. Yerga tushgan yorug'likning miqdori aftidan kamayganga o'xshaydi, ammo kechqurunlari bo'lganidek soyalar quyuqlashgani, atmosferaning pastki qatlamlaridan qaytgan yorug'lik nurlarining tovlanishi bo'limganidan, bu

g'ira-shira odatdagidek emas, g'alati ko'rinati. Atrofdagi manzaralar suyuqlashib ketdi; o'tlarning ko'k rangi yo'qoldi, tog'lar o'zlarining og'ir ko'rinishini yo'qtandek bo'lib qoldi.

Biroq Quyoshning yoyga o'xshagan kambar gardishi hali bor ekan, juda xiralashib qolgan kun taassuroti hali hukm surmoqda va Quyosh tutilgan vaqtida qorong'ilik bosadi degan gaplarga o'xshab ko'rindi. «Nahotki,— deb o'yladim men,— shu benihoyat olamda o'chirish esdan chiqib qolgan shamga o'xshab haligacha yonib turgan Quyoshning arzimas uchqun shuncha katta ahamiyatga ega bo'lsa-ya? Nahotki, u o'chib qolganida birdaniga tun bo'lib qolsa?

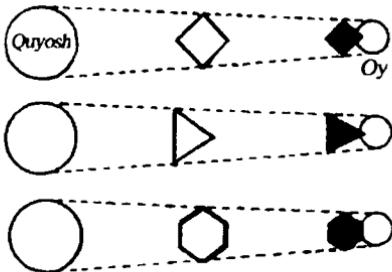
Mana endi bu uchqun ham o'chdi. U qora orqasidan zo'r berib shiddat bilan chiqqanga o'xshab yana bir marta oltin qatralarni sochdi-yu, o'chib qoldi. Shu bilan Yer yuzini qorong'ilik bosdi. Men g'ira-shira bo'lib turganida birdaniga qora soyalar tushgan oyni payqadim. U janub'a paydo bo'ldi va benihoyat katta pardaga o'xshab juda tezlik bilan tog'lar, daryolar, dalalardan uchib o'tib, butun osmon fazosini qamradi, bizni o'rab oldi va bir onda shimolda yopilib qoldi. Men endi daryoning sayoz joyida qirg'oqda turardim, qayrilib olomonga qaradim. Unda jimmxitlik... Odamlarning qaddi-qomati yaxlit qora massaga aylangan edi.

Ammo bu odatdagagi kecha yorug' ediki, ko'z odatdagagi kecha qorong'uligini kesib o'tgan kumushsimon oydi: yorug'ligini beixtiyor qidirardi. Ammo hech qayerda yorug', kumushsimon yarqirash yo'q edi. Tepadan Yer yuziga juda mayda, ko'z ajrata olmaydigan kul sepilgandek yoki havoda juda yupqa va zinch to'r osilib qolgandek ko'rindi. Ammo qayerdadir yon tomonlarda yuqo i qatlamlarda bizni o'rab olgan qorong'ulikni kesib ..., soyalarни bir-biriga qo'shadigan qorong'ulikning shakli va quyuqligini buzadigan yoritilgan havo usqi his etiladi. Mana shu hayajonga kelgan Yer yuzining ustida osmonda g'alati shakllarda bulutlar uchmoqda, ular o'tasida esa zo'r kurash borayotir. Dumaloq qora dushman jism o'rgimchakka o'xshab ravshan Quyoshga tish-tirnog'i bilan

yopishib olgan va ular bulutlardan baland yuqorilikda chopmoqdalar. Qora pardalor orqasidan jilvalanib ko'ringan allaqanday bir aynimachoq yog'du bu manzaraga harakat, hayot bag'ishlaydi, bulutlar esa tashvishga soladigan jimjiti, ohista chopishlari bilan illyuziyani yana kuchaytiradi».

Oy tutilishi hozirgi zamon astronomlar uchun quyosh tutilishidek alohida bir ahamiyatga ega emas. Bizning otabobolarimiz Oy tutilishini Yerning sharsimon shaklda bo'lishiga ishonch hosil qilish uchun qulay hodisa deb qaraganlar. Yerning sharsimon ekanligini shu xilda isbot qilish Magellanning Yer aylanasida sayohat qilishida qanday rol o'ynaganligini aytib o'tish juda ibratlidir. Matroslar Tinch okean suvlarida charchab, zerikib uzoq vaqtlar suzib yurgandan keyin, biz cheksiz okean suvlariga kirib ketdi; endi biz Yerga qaytib borolmaymiz degan fikrga kelio. umidsizlikka tushganlarida yolg'iz Magellan mardligini yo'qotmadi. «Muqaddas kitoblarga asoslanib cherkov doimo Yer atrofi suv bilan o'ralsan keng tekislik deb qayta-qayta aytса ham,—deb hikoya qiladi buyuk sayohatchining yo'ldoshi,—Magellan quyidagi mulohazadan saboq topardi: Oy kuygan vaqtarda Yerning Oya tushgan soyasi to'garak bo'ladi,—jismning soyasi qanday shaklda bo'lsa soyasi tushgan shu jismning o'zi ham shunday shaklda bo'lishi lozim...» Eski astronomiya kitoblarida biz, hattoki, Oya tushgan soyaning shakli Yerning shakliga bog'liq bo'lishini tushuntiradigan rasmlar ham ko'ramiz (58-rasm).

Hozir endi biz bunday dalillarga muhtoj emasmiz. Ammo Oy tutilishini uning ravshanligi va rangi Yer atmosferasining yuqori qatlamlarining tuzilishi to'g'risida hukm yurgizishga imkon beradi.



58-rasm. Yerning Oy diskiga tushgan soyasining ko'rinishiga qarab Yerning shakli to'g'risida hukm yuritish mumkin degan fikrni tushuntiradigan qadimgi rasm.

Ma'lumki, Oy Yer soyasida tomom yo'qolib ketmaydi, balki soya konusining ichiga burilib kirgan quyosh nurlarida ko'riniib turadi. Bu paytda Oy yorug'ligining kuchi va rangining tovlanishi astronomiya uchun juda muhimdir hamda aniqlanishicha, Quyosh dog'larining soniga bog'liqdir. Bu bog'lanish hech kutilmagan bir bog'lanishdir. Bundan tashqari, keyingi vaqtarga Oy tutilish hodisasidan Oyga Quyoshdan issiqlik kelishi to'xtagan mahalda Oy yuzining qanday tezlik bilansovushini o'lhash uchun foydalanadilar (bu masalaga biz keyinchalik to'xtalib o'tamiz).

Nima uchun tutilishlar har 18 yilda takrorlanadi?

Yangi eradan ilgari Vavilon osmon kuzatuvchilari tutilishlar — Quyosh tutilishlari ham, Oy tutilishlari ham har 18 yil 10 kunda takrorlanib turishini payqaganlar. Bu davrni «saros» deb ataladi. Bundan foydalaniib, qadimgilar Quyosh va Oy tutilishlarining qachon bo'lishini oldindan ayliberganlar-u, ammo shunday to'g'ri davriylik nimadan bo'lishini va «saros» nima uchun xuddi shuncha bo'lishini bilmaganlar. Tutilishlarning davriyligi Oyning harakatlarini mukammal tekshirish natijasida ancha keyin topildi.

Oyning o'z orbitasida aylanish davri nimaga teng? Qaysi paytni Oyning Yer atrofida aylanishi tomom bo'ldi deb hisoblanishi mu'mkin. Astronomlar besh xil oy bor deb hisoblashadi, bulardan bizni qiziqtirgani faqat ikkita:

1.«Sinodik» oy deb ataladigan oy, ya'ni Oyning harakatini Quyoshdan turib qaraganda Oy o'z orbitasida bir marta aylanib chiqishi uchun ketgan vaqt. Bu—Oyning bir-day fazalari orasida, masalan, bir yangi oy tug'ilishidan ikkinchisigacha o'tgan vaqtdir. U 29,5306 sutkaga teng bo'ladi.

2.«Drakonik» oy deb ataladigan oy, ya'ni bu shunday vaqtki, bunda Oy o'z orbitasiing xuddi shu «tuguniga» qaytib keladi (tugun—Oy orbitasi tekisligining Yer orbitasi tekisligi bilan kesishuv nuqtasi). Bu oy 27,2122 sutka davom qiladi.

Fahmlab olish osonki, Oy o'zining tugunlaridan biriga to'lgan vaqtda yoki yangi oy tug'ligan vaqtda kelgan paytida tutiladi: unda Oyning markazi Yer va Quyoshning markarzi bilan bir to'g'ri chiziqda bo'ladi. O'z-o'zidan tushuniladiki, agar Oy butun tutilgan bo'lsa, u yana shuncha vaqtdan keyin yana tutilishi kerakki, bu vaqt ichida butun son sinodik va drakonik oylar o'tishi lozim: bunda tutilish ro'y berishi uchun kerak bo'lgan sharoit takrorlanadi.

Bu vaqt oralig'ini qanday topish kerak? Buning uchun quyidagi tenglamani yechish kerak:

$$29,5306x = 27,2122 \text{ y},$$

bunda x va y —butun sonlar. Bu tenglamani proporsiya shaklida yozsak,

$$\frac{x}{y} = \frac{272122}{295306},$$

ko'ramizki, bu tenglarnaning eng kam aniqlikda yechilishi:

$$x = 272122, \quad y = 295306.$$

Odatdan tashqari ko'p, o'n minglarcha yillar vaqt chiqadi, amalda bu natija bilan qanoatlanganlar. Bunday hollarda taqrifiy natijalarni topish uchun eng qulay vosita cheksiz kasrlardir. Bu kasrni

$$\frac{295306}{272122}$$

cheksiz kasrga aylantiraylik. Bu amal quyidagicha bajariladi. Butun sonni chiqarib tashlaganimizda:

$$\frac{295306}{272122} = 1 \frac{23184}{272122}.$$

Keyingi kasrning surat va maxrajini suratga bo'lamiz:

$$\frac{295306}{272122} = 1 - \frac{1}{11 \frac{17098}{23184}}.$$

17098 kasrning surat va maxrajini suratiga bo'lamiz va
23184 shu xilda bo'lishda davom ettiramiz.

Natijada quyidagi hosil bo'lad:

$$\frac{295\ 306}{272\ 122} - 1 + \frac{1}{11+1} \\ \frac{1+1}{2+1} \\ \frac{1+1}{4+1} \\ \frac{4+1}{17+1} \\ \frac{1+1}{7}$$

Bu kasrdan birinchi bo'g'inlarini olib, qolganlarini tashlaganimizda, quyidagi ketma-ket taqribiy natijalar chiqadi:

$$\frac{12}{11}, \frac{13}{12}, \frac{38}{35}, \frac{51}{47}, \frac{242}{223}, \frac{1019}{939} \quad \text{va hokozo.}$$

Bu qatorda endi beshinchchi kasr yetarli aniqlikni beradi. Agar unga to'xtasak, ya'ni $x=223$ deb, $y=242$ deb qabul qilsak, tutilishlarning takrorlanish davri 223 sinodik oy yoki 242 drakonik oya baravar bo'ladi. Bu esa $6585 \frac{1}{3}$ sutka, ya'ni 18 yil 11,3 sutka (yoki 10,3¹ sutka) bo'ladi.

Sarosning kelib chiqishi mana shunday. Uning qayerdan kelib chiqishini bilganimizda, biz uning yordami bilan Oy tutilishini qanday aniqlik bilan oldindan aytishimiz mumkinligini yaxshi bilib olamiz. Ko'ramizki, 0,3 sutkani tashlab sarosni 18 yil 10 sutka deb hisoblanarkan. Bunday qisqartirilgan davr bo'yicha hisoblab oldin aytilgan tutilishlar bundan oldingi tutilish boshlangan soatdan boshqa soatda (taxminan 8 soat keyinroq) boshlanishida, faqat uch karrali aniq sarosga teng bo'lgan davrdan foydalangandagina tutilishlar kunning deyarli o'sha paytlarida

¹ Bu davrga 4 ta'mi yoki 5 ta kabisa yili kirishiga qarab.

takrorlanishida ro'y berishi kerak. Bundan tashqari, saros davriy ravishda bo'ladigan o'zgarishlarni, Oyning Yerdan va Yerning Quyoshdan uzoqligi o'zgarishini hisobga olmaydi; Quyosh tutilishi to'la bo'lisl yoki to'la bo'lmasligi shu masofalarga bog'liq. Shuning uchun saros faqat ma'lum bir kunni Oy yoki Quyosh tutilishini oldin aytishga imkon beradi, xolos: ammo bu tutilish to'la tutilish bo'ladimi, qisman tutilish bo'ladimi yoki halqasimon tutilish bo'ladimi hamda uni bundan oldingi tutilishni kuzatish mumkin bo'lgan joylarda ham kuzatib bo'ladimi, buni aytib bo'lmaydi.

Nihoyat, shunday ham bo'ladiki, uncha katta bo'lma-gan qisman tutilishning fazasi 18 yildan nolgacha kamayib qoladi, ya'ni butunlay ko'rinnmaydi, va buning aksicha, ba'zan Quyoshning ilgari ko'rinnmagan qisman tutilishlari ko'rindigan bo'lib qoladi.

Hozir astronomlar sarosdan foydalanmaydilar. Yer yo'ldoshining harakatlari shunday yaxshi o'rganilganki, uning tutilishlari bir sekundgacha aniqlik bilan oldindan hisoblab qo'yiladi. Agar Oy ilgaridan aytib qo'yilganicha tutilmay qolsa edi, hozirgi zamon olimlari har narsa bo'lishi mumkin-u, ammo hisoblarda xato bo'lishi mumkin emas deyishardi. Buni Jyul Vern juda o'rinnli aytib o'tgan. U o'zi yozgan romanida Quyosh tutilishini kuzatish uchun qutb o'lkalariga sayohat qilgan astronom to'g'risida hikoya qiladi. Quyosh tutilishi oldindan aytib qo'yilgan bo'lsa ham, tutilmapti. Astronom bundan qanday xulosaga kelibdi. O'zining atrofidagi odamlarga u aytibdiki biz hozir bosib turgan muz dalasi materik emas, balki dengiz oqimi, Quyosh tutilishi ko'rindigan polosadan chiqarib tashlagan katta muz, debdi. Buning to'g'riligi tezda tasdiqlanibdi. Mana fan kuchiga chuqur ishonishning misoli!

Bo'lishi mumkinmi?

Oy tutulishini o'z ko'zi bilan ko'rgan odamlar Oy tutilgan vaqtida osmonning bir tomonida gorizont yaqinida Quyosh diskini va shu bilan bir vaqtida ikkinchi tomonida qorong'ulashgan Oy diskini ko'rdik deyishadi.

Shunday hodisalar 1936- yil 4- iyulda Oy qisman tutilgan vaqtida ham kuzatilgan. «4 iyulda kechqurun soat 20-yu 31 minutda Oy chiqdi, 20 soat-u 45 minutda Quyosh botdi, Oy va Quyosh ikkalasi ham gorizont tepasida ko'rinsa-da, Oy chiqqan paytda tutilib qoldi. Men bunga juda hayron qoldim, chunki yorug'lik nurlari to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi-ku», –deb yozadi mening kitoblarimni o'qigan kitobxonlardan biri.

Bu manzara haqiqatan ham tushunish qiyin bo'lган sirli manzara. Chexov hikoyasidagi dudlangan oyna orqali qaraganda «Quyosh markazi bilan Oy markazini tutash-tiridigan chiziqni ko'rib bo'ladi» deb qattiq ishongan qizning ishonchining ziddi o'laroq, bu chiziqni ko'rib bo'lmasa ham, yuqorida aytilgan vaziyatda bu chiziqni Yer yonidan farazan bemalol, o'tkazish mumkin. Agar Yer Oyni Quyoshdan to'sib qo'ymasa, Oy tutilishi mumkinmi? O'z ko'zi bilan ko'rgan odamning guvohligiga ishonib bo'ladi?

Haqiqatda bunday kuzatishda aqlga sig'maydigan hech narsa yo'q. Quyosh va qorong'ilashgan Oyning osmonda bir vaqtning o'zida ko'rinishi yorug'lik nurlarining Yer atmosferasida egrilanishidan kelib chiqadi. Nurlarning «atmosfera refraksiyasi» deb ataladigan shunday egrilanishi tufayli har bir yoritgich bizga o'zinini haqiqiy vaziyatidan yuqori turgandek ko'rinati (qarang 15-rasm). Biz Oy yoki Quyoshni gorizontga juda yaqin turgan vaqtida ko'rganimizda ular geometrik jihatdan qaraganda gorizontdan pastda bo'ladi. Shuning uchun Quyosh diskini va qorong'ilashgan Oy ikkalasi ham gorizont ustida bir vaqtning o'zida ko'rinishi mumkin emas deyishga hech asos yo'q.

«Odatda, – deydi bu masala ustida Flammarion, – bu g'alati hislat hammadan aniq ko'ringan 1666, 1668 va 1750-yillarda bo'lgan tutilishlarni ko'rsatishadi. Biroq bunday ko'p vaqt o'tgan tutilishlarga murojaat qilishning hojati yo'q. 1887- yil 15-fevralda Parijda Oy soat 5-u 29 minutda chiqdi, Quyosh esa soat 5-u 39 minutda botdi, Oyning to'la tutilishi boshlangan edi. 1880- yil 4- dekabrda Parijda Oyning to'la tutilishi ro'y berdi; shu kuni Oy soat 4 da chiqdi, Quyosh esa soat 4-u 2 minutda botdi, bu hodisa soat 3-u 3 minutdan tortib 4-u 33 minutgacha davom

qilgan Oy tutilishidir. Quyosh botgungacha yoki u chiqqan-dan keyin Oyning to'la tutilishini ko'rish uchun faqat Yer yuzida Oy tutilgan vaqtning o'tasida gorizontda bo'ladijan joyni tanlab olish kerak».

Oy va Quyosh tutilishlari to'g'risida hamma bilavermagan narsalar

Savollar:

1. Quyosh tutilishlari qancha vaqt davom qiladi-yu, Oy tutilishlari qancha davom qiladi?

2. Bir yil ichida necha tutilish bo'lishi mumkin?

3. Quyosh tutilmagan yillar bo'ladimi? Oy tutilmagan yillar-chi?

4. Sobiq SSSR da ko'rindigan eng yaqin oras bo'ladijan Quyosh tutilishi qachon bo'ladi?

5. Quyosh tutilganida Oyning qora diskiga Quyoshga qaysi tomondan kelib kiradi, qaysi tomondan to'sa boshlaydi — o'ng tomonganmi, chapdanmi?

6. Oy tutilishi uning qaysi chetidan boshlanadi—o'ng chetidanmi, chap chetidanmi?

7. Nima uchun Quyosh tutilgan vaqtida daraxt barglaridan tushgan soyadagi yorug' dog'lar yoy shaklida bo'ladi? (59-rasm).

8. Quyosh tutilgan vaqtidagi Quyosh yoyi bilan Oyning odatdagisi yoyi orasida qanday farq bor.



59-rasm. Oy tutilishining juz'iy fazasi vaqtida daraxt barglari soyasidagi yorug' dog'lar yoyga o'xshaydi.

9.Nima uchun Quyosh tutilgan vaqtida unga dudlangan oyna orqali qaraydilar?

Javoblar:

1.Quyosh tutilganida to'la faza eng ko'pi $7 \frac{1}{2}$ minut (ekvatorda shunday; yuqori kengliklarda—kamroq) davom etadi. Tutilishning hamma fazalari esa ekvatorda $4 \frac{1}{2}$ soatgacha borishi mumkin.

Oy tutilishida hamma fazalar 4 soatgacha davom qiladi; Oyning to'la tutilishi 1 soat-u 50 minutdan oshmaydi.

2.Bir yilda Quyosh va Oy tutilishlarining soni ikkalasi bo'lib 7 dan oshig', 2 dan kam bo'lishi mumkin emas. (1935 yilda 7 ta tutilish bo'ldi: Quyosh 5 marta, Oy 2 marta tutildi).

3.Quyosh tutilmagan biror yil bo'lmaydi: Quyosh har yil kam deganda ikki marta tutiladi. Oy tutilmagan yil ar tez-tez, taxminan har 5 yilda bo'lib turadi.

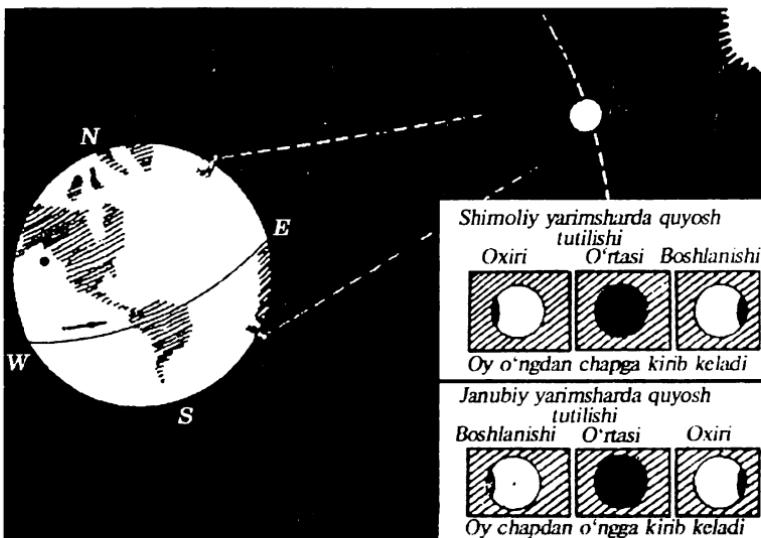
4. Eng yaqinda Sobiq SSSR da ko'rinishidan Quyosh tutilishi 1961 yil 5-fevralda bo'ladi. To'la tutilish polosasi Qrim, Stalingrad (hozirgi Volgograd), G'arbiy Sibirdan o'tadi.

5.Yerning shimoliy yarimsharida Oy diskiga Quyoshga o'ngdan chapga kirib keladi. Oyning Quyoshga birinchi tegishini har doim o'ng tomondan kutish kerak. Janubiy yarimsharda esa chap tomondan kutish kerak (60-rasm).

6. Shimoliy yarimsharda Yer soyasiga Oy chap cheti bilan, janubiy yarimsharda esa o'ng cheti bilan kirib keladi.

7. Daraxt barglari soyasidagi yorug' dog'lar Quyoshning tasviridir. Quyosh tutilgan vaqtida yoyga o'xshaydi, albatta, uning daraxt bargi soyasidagi tasvirlari ham shu shaklda bo'lishi kerak (59-rasm).

8. Yoyga o'xshagan Oy tashqi tomondan yarim doira, ichki tomondan esa yarim ellips bilan cheklangan. Tutilgan vaqtida yoyga o'xshab ko'ringan Quyosh radiuslari birday bo'lgan ikkita doira yoyi bilan cheklangan («Oy fazalarining sirlari» degan maqolaga qarang).



60- rasm. Nima uchun Quyosh tutilgan vaqtida Yerning shimoliy yarim sharida turib kuzatgan odam Oy Quyosh yuziga o'ng tomondan kirib kelishini, janubiy yarimsharda kuzatgan odam esa, chap tomondan kirishini ko'radi?

9. Oy Quyoshni qisman to'sib qo'ygan bo'lsa ham, unga to'g'ridan-to'g'ri qarash yaramaydi. Quyosh nurlari ko'z to'r pardasining eng sezgir qismini kuydirib qo'yib, odam ko'p vaqlar ko'zining o'tkirligini yo'qotib qo'yadi, ba'zan esa umrbod shunday bo'lib qoladi.

XIII asrning boshidayoq Novgorod solnomachisi: «Bu voqeada Buyuk Novgorodda birov ko'r bo'lib qolishiga sal qoldi» deb yozgan edi. Agar dudlangan oyna olinsa, ko'zni Quyosh nurlarining kuydirishidan saqlash mumkin. Oyna parchasini sham alangasida shuncha quyuq dudlash kerakki, bu oyna orqali qaragan Quyosh diskini, nurlari va alanga gardishi bo'limgan aniq chegaralangan doira bo'lib ko'rinsin; ishlatish qulay bo'lishi uchun oynaning dudlangan tomoniga ikkinchi bir oyna parchasi qoplab chetlariga qo'g'oz yopishtirib qo'yiladi. Quyosh tutilgan vaqtida ko'rinishi qanday bo'lishini oldin bilib bo'limgani uchun dudlanish

darajasi har xil bo'lgan bir necha oyna tayyorlab qo'yish kerak.

Ranglari har xil (yaxshisi «to'lg'azuvchi» ranglardan) bo'lgan ikkita rangli oynani ustma-ust qo'yib ham foydalanish mumkin. Odatdagি qora ko'zoynak yaramaydi. Nihoyat, Quyoshni kuzatish uchun muvofiq quyuqlikda qora joylari bo'lgan fotografiya negativlari ham juda yaxshi bo'ladi¹.

Oyda ob-havo qanday?

Agar ob-havo degan so'zni odatdagи ma'nosida tushunsak, to'g'risini aytganda Oyda hech qanday bo-havo bo'lmaydi. Atmosfera, bulutlar, suv bug'i, yog'in, shamol mutloqo bo'lmagan joyda qanday ob-havo bo'lishi mumkin? Gap faqat temperaturasi to'g'risida bo'lishi mumkin.

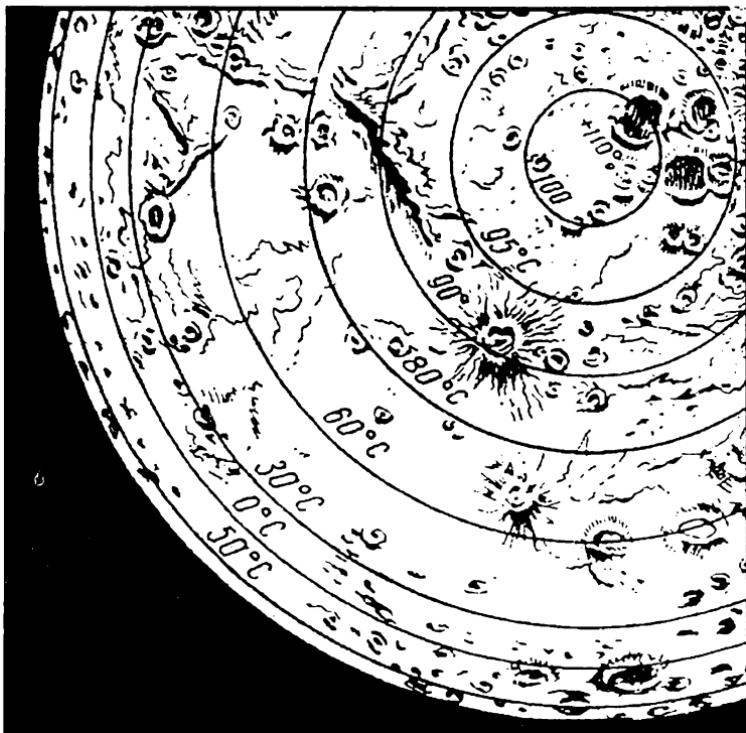
Xo'sh, Oyning tuprog'i qancha isigan bo'ladi? Hozir astronomlarinng ixtiyori-da faqat uzoqdagi yoritgichlar temperaturasini emas, balki ularning ayrim uchastkalarining temperurasini o'lhashga imkon beradigan asboblar bor. Bu asboblarning tuzilishi termoelektrga asoslangan: bir-biriga payvandlangan ikki xil ikkita metallning payvandlangan joylaridan biri ikkinchisiga qaraganda issiqroq bo'lsa, undan elektr toki o'tadi: bunda maydonga kelgan tokning kuchi ikkala payvandlangan joydagi temperaturalar ayirmasiga bog'liq bo'lib, yutilgan issiqlikning miqdorini o'lhashga imkon beradi.

Bu asbobning sezgirligi hayratda qoldirartikdir. O'zi mikroskopik kichik bo'lishi bilan birga (asbobning eng muhim qismi 0,2 millimetrdan oshmaydi va og'irligi 0,1 mg keladi)

Quyoshning to'la tutilishi qanday borishini va Quyosh tutilgan vaqtida astronomlar qanday kuzatishlar olib borishini mukammalroq bilishni istaganlarga prof. A. A. Mixaylovning umumiy tahriri ostida bir necha mutaxassislar tomonidan tuzilgan «Солнечные затмения и их наблюдение» nomli kitobini tavsiya qilish mumkin. Bu kitob astronomiya havaskorlari, o'quvchilar va o'qituvchilar uchun mo'ljallangan. V. T. Ter-Oganezovning «Солнечные затмения» nomli kitobi yana ham ommaboproq til bilan yozilgan, Gostexizdat, 1954 (Ilmiy-ommabop kutubxona).

u hattoki, temperaturani gradusning o'n milliondan bir hissasicha ko'taradigan o'n uchinchi kattalikdagi yulduzning isitishini ham sezadi. Bu yulduzlarni teleskopsiz ko'rib bo'lmaydi; ular oddiy ko'zga ko'rinish chegarasidan 600 marta kuchsizroq yorug'lik beradi. Shuncha oz miqdordagi issiqlikni sezish, shamning issiqligini bir necha kilometr joydan turib sezish bilan biddir.

Shunday deyarli mo'jizavor o'lchash asbobiga ega bo'lgan astronomlar uni Oyning teleskopik uchastkalarining har xil joylariga kirdizib ko'rib, uning olgan issiqligini o'lchaganlar va shu asosda Oyning har xil uchastkalarining temperaturasini (10° gacha aniqlik bilan) baholaganlar. Mana bu o'lchashlarning natijalari (61-rasm): to'lin Oy diskining



61- rasm. Oyda temperatura ko'ringan diskining markazida $+110^{\circ}\text{C}$ ga boradi va chetlariga tomom tezda -50° gacha tushadi.

markazida temperatura 100°dan oshiq; bunda Oy yuziga to'kilgan suv hattoki normal bosimda ham qaynardi. «Oyda bizga ovqatni plitada tayyorlashga ehtiyoj bo'lmas edi,— deb yozadi bir atsronom,— bunda plitaning o'rnini yaqindagi istagan bir qoya bosardi». Diskining markazidan boshlab temperatura har tarafga bir tekis pasaya boradi, ammo markaziyu nuqtadan 2700 km joyda hali u 80°dan past bo'lmaydi. So'ngra temperatura tezroq pasayadi va yoritilgan diskining chetiga yaqin — 50° sovuqligik hukm suradi. Oyning Quyoshdan o'girilib turgan ikkinchi qorong'i tomonida esa yana ham sovuqroq, bunda sovuq— 160°ga boradi.

Yuqorida biz Oy tutilgan vaqtida Oy shari Yer soyasiga ko'milib qolganida Oyning Quyosh yorug'ligidan mahrum qolgan yuzi tez soviydi degan edik. Bu sovishning qancha ekanligi o'lchangan: bir o'lchashda Oy tutilganda temperaturaning 70°dan — 117°gacha, ya'ni atigi 1 $\frac{1}{2}$ — 2 soat ichida deyarli 200° tushishi aniqlangan. Ammo Yerdan esa bunday sharoitda, ya'ni Quyosh tutilganida temperatura ikki gradus, ko'pi bilan uch gradus pasayadi. Bu farq Quyoshning ko'zga ko'rindigan nurlarini ancha yaxshi o'tkazib, isigan tuproqning ko'zga ko'rinnmaydigan «issiqlik» nurlirini ushlab qoladigan Yer atmosferasiga bog'liq deb tushunish kerak.

Oyning tuprog'i to'plagan issiqligini darrov yo'qotishi uning issiqlik sig'imi ham kam bo'lishini va shu bilan birga issiqlik o'tkazishi ham juda kam bo'lishini ko'rsatadi, shuning uchun Quyosh isitgan vaqtida u issiqliknini oz to'plab qoladi.





UCHINCHI BOB

SAYYORALAR

Sayyoralarning kunduzgi yorug'likda ko'rinishi

Kunduz, Quyoshning yorug'ida sayyoralarni ko'ri bo'ladi? Teleskopdan qaraganda albatta ko'rib bo'ladi: astronomlar ko'pincha sayyoralarni hattoaki o'rta kuchli durbinlar yordami bilan kunduzi kuzatishadi, to'g'ri, bunda kechasi kuzatgandagidek aniq ko'rinxaydi. Obyektivning diametri 10 sm bo'lgan durbindan qararganda kunduzi Yupiterning o'zini ko'rish mumkin. Merkuriyni esa kunduz kuzatish yaxshiroq bo'lsa kerak, kunduz bu sayyora gorizontdan juda baland bo'ladi, Quyosh botgandan keyin esa u osmonda shunday pastda ko'rinxadiki, Yer atmosferasi uning teleskopdagi tasvirini ancha buzib qo'yadi.

Sharoit qulay kelganda ba'zi sayyoralarni kunduz oddiy ko'z bilan ham ko'rish mumkin.

Ayniqsa kunduzgi osmonda sayyoralardan eng ravshani Venerani kuzatish ko'pincha, albatta, uning eng yorqin davrida qulay bo'ladi. Aragonning Napoleon I to'g'risida mashhur bir hikoyasi bor. Bir kuni Napoleon Parij ko'chalarida bashang yasanib o'tib ketayotganida xaloyiq Veneraning tush vaqtida paydo bo'lishiga ajablanib e'tibor bergeniga xafa bo'lgan ekan.

Sayyoralar kunduz ochiq havodagiga qaraganda katta shaharlarning ko'chalaridan ko'proq ko'rindi: baland uylar Quyoshni to'sib qo'yadi va shu bilan uning nurlari ko'zni

qamashtiradigan ta'siridan saqlaydi. Veneraning kunduzi ko'rinishirni rus solnomachilari ham yozishgan. Chunonchi Novgorod solnomasida 1331 yilda kunduz «osmonda ishora paydo bo'ldi, cherkov tepasida yulduz paydo bo'ldi» deyiladi. Bu yulduz (D.O.Svyatskiy va M.A.Vilevlarning tekshirishiga qarganda) Venera bo'lgan. Veneraning kunduz ko'rinishi uchun eng qulay davrlar har 8 yilda takrorlanadi. Osmonni badiqqat kuzatadigan odamlar kunduzi oddiy ko'z bilan Veneranigina emas, balki Yupiterni, hatto. Merkuriyni ham ko'rgan bo'lsalar kerak.

O'rni kelganda sayyoralarining qiyosiy ravshanligi to'g'risidagi masalaga to'xtalib o'tish foydalidir. Mutaxassis bo'Imagan odamlar o'rtasida ko'pincha shubha tug'iladi: sayyoralaridan Venerami, Yupitermi yoki Marsmi, qaysisi ravshanroq yarqiraydi? Ammo ular osmonda har qaysisi har xil vaqtda alohida-alohida bo'lishini aytib berish oson emas. Sayyoralar ravshanligiga qarab joylashtirilganida ulct tubandagi tartibda joylashadi:

Venera	Siriusga qaraganda	Merkuriy	Siriusdan kamroq, ammo
Mars	bir necha bor	Saturn	birinchi kattalikdagi yulduz-
Yupiter	ravshan		larga qaraganda ravshanroq

Kelgusi bobda osmon yoritgichlarining ravshanligini son jihatidan baholaganimizda biz bu masala ustida yana to'xtalamiz.

Sayyoralar alifbosи

Quyosh, Oy va sayyoralarни belgilash uchun hozirgi astronomlar juda ham qadimgi ishoralar ishlatishadi (62-rasm). Bularning shaklini, albatta, o'z-o'zidan tushunilib turgan Oynikidan boshqasini, tushuntirib berish kerak. Merkuriyning belgisi bu sayyoraning homysi afsonaviy xudo Merkuriy hassasining tasviridir. Veneraning belgisi Venera degan xotin xudoga xos nazokat va go'zallik ernblemasi himoyasida bo'lgan. Marsning simvoli qilib, qalqon bilan to'silgan nayza—askar yarog'-aslasi olingan. Yupiterning belgisi uning grekcha nomi Zeus degan so'zning birinchi

harfi (qo'lda yozilgan Z). Saturnning belgisi, Flammionning tushuntirishicha, taqdir xudosining tradision asbobi «vaqt cholg'isining» buzilgan tasviridir.

Sanab o'tilgan bu belgilarni IX asrda beri ishlatilib kelmoqda. O'z-o'zidan tushuniladiki, Uranning belgisi keyinroq kelib chiqqan: bu sayyora faqat XVIII asrning oxirida topilgan. Uning belgisi—N harfi qo'shib yozilgan doira— bizga Uranni topgan V. Gershelini (Herschel) eslatishi kerak. Neptunning belgisi (u 1845 yilda topilgan) dengizlar xudosining uch tishlik nayzasi tasvirii bo'lib, mifologiyadan olingandir. Eng keyingi sayyora Plutoniylar belgisini izohlab o'tirishning keragi yo'q, u o'z-o'zidan tushuniladi.

Bu sayyoralar alifbesiga yana o'zimiz yashab turgan sayyoraning belgisini hamda bizning sistemamizning markaziy yoritgichi Quyoshning belgisini qo'shish kerak. Bu keyingi belgi eng qadimgi belgidir, chunki uni misrlilar bundan minglarcha yillar oldin ishlatgan.

Ko'plar balki ajablanar ham, chunki g'arb astronomlari o'sha sayyoralar alifbesi bilan haftadagi kunlarni ham belgilaydilar, chunonchi:

Yakshanba kuni	Quyosh belgisi bilan
Dushanba	Oy
Seshanba	Mars
Chorshanba	Merkuriy
Payshanba	Yupiter
Juma	Venera
Shanba	Saturn

ko'rsatadilar.

Agar sayyoralarining belgilarnini kunlarning tojikchadagi nomlari bilan emas, balki sayyoralarining nomlari bilan bog'lanishini saqlagan lotin yoki fransuz tilidagi nomlari bilan solishtirsak, bu kutilmagan yaqinlik tabiiy bo'lib qoladi: (frasuzchada: dushanba— lundi — Oy kuni, seshanba— mardi — Mars kuni va hokazo). Ammo biz astronomiyadan ko'ra ko'proq filologiya va madaniyat tarixiga oid bo'lgan bu qiziq sohaga chuqurlashmaymiz.

Qadimgi alximiklar sayyoralar alifbesi bilan metallarni belgilardilar, chunonchi;

<i>Oy</i>		Quyosh belgisi bilan	oltinni
		Oy	kumushni
<i>Merkuriy</i>		Merkuriy	simobni
		Venera	misni
<i>Venera</i>		Mars	'temirni
		Yupiter	qalayni
<i>Mars</i>		Saturn	qo'rg'oshinni
<i>Yupiter</i>		belgilardilar.	
<i>Saturn</i>		Bu bog'lanish alximiklarningi har metallni qadimgi mifologik xudolardan biriga bag'ishlashlaridan kelib chiqqan.	
<i>Uran</i>		Nihoyat, sayyoralar belgilariga o'rta asrlardan qolgan hurmatning ta'siri hozirgi zamon botaniklari va zoologlarining otalik va onalik jinslarini belgilash uchun Mars va Venera belgilarini ishlatalishlaridir. Botaniklar bir yillik o'simliklarni belgilash uchun Quyoshning astronomik belgisini ham ishlashadi, ikki yillik o'simliklar uchun o'sha belgining o'zgini, ammo o'zgartirib olinadi (doira ichiga ikki nuqta ko'yishadi), ko'p yillik o'tlar uchun Yupiter belgisi, buta daraxtlar va daraxtlar uchun—Saturn belgisini ishlashadi.	
<i>Neptun</i>			
<i>Pluton</i>			
<i>Quyosh</i>			
<i>Yer</i>			

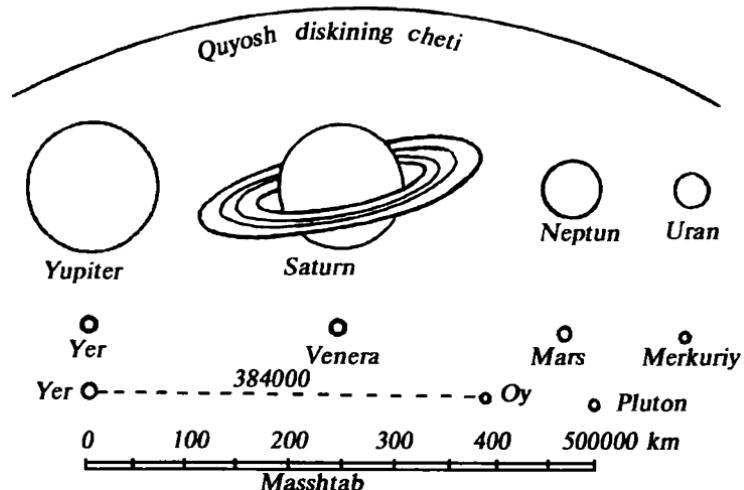
62- rasm. Quyosh.
Oy va sayyoralar uchun shartli belgilar.

Nimani tasvirlab bo'lmaydi?

Qog'ozda hech tasvirlab bo'lmaydagan narsalar qatoriga bizning Quyosh sistemamizning aniq plani kiradi. Astronomiya kitoblarida Quyosh sistemasining plani deb berilgan planlar hech vaqt Quyosh sistemasining plani emas, balki sayyoralar yo'llarining chizmasidir: bunday chizmalarda mashtabni qo'pol ravishda buzmasdan

sayyoralarning o'zlarini ko'rsatib bo'lmaydi. Sayyoramizning o'zları ularni bir-biridan ajratgan masofalarga qaraganda shunday arzimas darajada kichkinaki, bu nisbat to'g'risida uncha-muncha deyarli to'g'ri tasavvur hosil qilish qiyin. Agar biz sayyoralar sistemasining kichraytilgan misolini olsak, tasavvur qilishimiz osonlashadi. Unda nima uchun Quyosh sistemasining hech qanday chizmada ko'rsatish imkoniyati yo'qligi ham ochiq-oydin bo'lib qoladi. Chizmada bizning qila oladigan ishimiz faqat sayyoralar va Quyoshning qiyosiy o'lchovlarini ko'rsatish imkoniyatidan iboratdir (62-rasm).

Yer sharini juda kichkina masshtabda—to'g'nag'ich ninaning kallasidek qilib olaylik: misol uchun Yer diametri 1 mm bo'lgan kichkina shardek tasvir qilinsin. Aniqroq qilib aytganda, biz taxminan 1 millimetrda 1500 km bo'lgan: yoki 1:15000 000 000 masshtabdan foydalanamiz. Oyn: diametri $\frac{1}{4}$ mm bo'lgan zarra ravishida to'g'nog'ich nina kallasidan 3 sm narida joylashtirish kerak bo'ladi. Koptok yoki kroket shari (10 sm) kattaligidagi Quyosh Yerdan 10 m uzoqlikda bo'lishi kerak. Keng uyning bir burchagiga joylashtirilgan koptok-u, ikkinchi burchagiga joylashtirilgan



63- rasm. Sayyoralar va Quyoshning qiyosiy kattaligi. Bu masshtabda Quyoshning diametri 19 sm ga teng.

to'g'nog'ich ninaning kallasi — mana olam fazosida quyosh bilan Yerning o'xshashi. Ko'rasizki, bunda moddadan ko'ra bo'shliq ko'proq. To'g'ri, Quyosh bilan Yer orasida ikkita sayyora—Merkuriy bilan Venera bor, ammo ularning bo'shliqni to'lg'azishda ko'rsatgan yordamlari kam; bizning uyimizda atigi ikkita zarra ortadi: biri diametri $\frac{1}{3}$ mm bo'lib, koptok-Quyoshdan 4 m uzoqlikdagi Merkuriy, ikkinchisi to'g'nog'ich nina kallasiday bo'lib, koptokdan 7 m uzoqlikdagi Venera.

Ammo Yerning narigi tomonida ham modda zarralari bo'ladi. Koptok-Quyoshdan 16 m uzoqlikda diametri $\frac{1}{2}$ mm bo'lgan zarra—Mars aylanadi. Har 15 yilda bu ikkala zarra, Yer va Mars bir-biriga oralari 4 m qolguncha yaqin keladi; bu ikkita olam orasidagi eng qisqa masofa mana shunday ko'rindi. Marsning ikkita yo'ldoshi bor, ammo biz ularni o'zimizning modelimizda ko'rsata olmaymiz: biz qabul qilgan masshtabda ularni bakteriya kattaligida ko'rsatish kerak bo'lardi! Bizning modelimizda hozir enchi soni bir yarim mingdan oshgan, Mars bilan Jupiter orasida aylanadigan kichkina sayyoralar — asteroidlar ham deyarli shunday arzimas darajada kichik bo'lardi. Ularning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi bizning modelimizda 28 m bo'ladi. Bulardan eng yirigi (modelda) soch qalinligida ($\frac{1}{2}$ mm), eng maydasi bakteriya kattaligida bo'lardi.

Bahaybat Jupiter bizning modelimizda koptok-Quyoshdan 52 m uzoqlikda turgan kichkina yong'oqcha (1 sm) bo'lardi. Uning atrofida 3, 4, 7, va 12 m uzoqlikda uning 12 ta yo'ldoshidan eng kattalari aylanardi. Bu katta Oylarning diametri taxmanan $\frac{1}{2}$ mm bo'lib, qolganlari esa bizning modelimizda yana shu bakteriyalaricha bo'lardi. Uning eng uzoqdagi IX yo'ldoshini yong'oq-Jupiterdan 2 m narida joylashtirish kerak bo'lardi. Demak, Jupiterning butun sistemasing diametri bizda 4 m bo'lardi. Bu Yer—Oy sistemaga qaraganda (bu sistemaning diametri 6 sm) juda katta, ammo buni Jupiterning bizning modelimizdagi orbitasi diametri bilan (104 m) solishtirib ko'rsak, uncha katta emas.

Endi hozirning o'zidayoq Quyosh sisternasini bir chizmaga sig'dirishga urinishning behuda ekanligi ravshan.

Buning mumkin emasligi keyinroq yana ham yaqqolroq ko'rinar. Saturn sayyorasini koptok-Quyoshdan 100 m masofada diametri 8 mm bo'lgan kichkina yong'oq ravishida joylashtirish kerak bo'lardi. Saturnning mashhur halqalarning kengligi 4 mm, qalinligi $\frac{1}{250}$ mm bo'lib, yong'oqchaning yuzidan 1 mm uzoqlikda bo'lardi. Bu sayyoranining 9 ta yo'ldoshi uning atrofida zarralar ravishida sochilgan bo'lardi.

Sayyoralarni bir-biridan ajratgan bo'shliqlar sistemaning chetlariga yaqinlashgan sari progressiv ravishda osha boradi. Bizning modelimizda Uran Quyoshdan 196 m uzoqlikda bo'lardi; bu—markaziy zarradan 4 santimetrgacha uzoqlikda sochilgan 5 ta changdek yo'ldosh bo'lgan. diametri 3 rüm no'xatcha bo'lardi.

Markaziy koptokdan 300 m uzoqlikda hali yaqindagi bizning sistemamizda eng keyingi sayyora deb hisoblangan Neptun no'xotcha bo'lib, biri undan 3 sm ikkinchisi 70 sm uzoqlikda bo'lgan ikkita yo'ldoshi (Triton va Nereida) bilan birlikda o'z yo'lini shoshilmasdan davom qildiradi.

Bundan ham nariroq uncha katta bo'limgan sayyora—Pluton aylanadi, bizning modelimizda u 400 m uzoqlikda bo'lib, diametri esa Yer diametrining taxminan yarmicha keladi.

Ammo bu keyingi sayyoraning orbitasini ham bizning Quyosh sistemamizning chegarasi deb hisoblab bo'lmaydi. Sayyoralardan tashqari, bu sistemaga ko'plari Quyosh atrofida berk yo'l bo'ylab harakat qiladigan kometalar ham kiradi. Bu «sochli yulduzlar» (kometa so'zining asl ma'nosi) ichida bir qanchasi borki, bularning aylanish davri 800 yilga boradi. Bular—yangi eragacha 372 yilda, 1106, 1668, 1680, 1880, 1882 (ikkita kometa) va 1887 yillarda ko'ringan kometalar. Bularning har qaysisining yo'li cho'ziq ellips shaklida tasvirlanib, bu ellipsning bizning modelimizda bir uchi Quyoshga eng yaqin uchi (perigeliy) undan atigi 12 mm, uzoq uchi (afeliy) undan 1700 m, ya'ni Quyoshdan Plutonga qaraganda to'rt marta uzoq bo'ladi. Agar biz Quyosh sistemasining kattaligini shu kometalarga qarab hisoblasak edik, bizning modelimizning diametri $3 \frac{1}{2}$ km bo'lib, sathi 9 km^2 joyda quyidagilar joylashadi:

- 1 ta o'rtacha hajmli koptok.
- 2 ta yong'oqcha,
- 2 ta no'xotcha,
- 2 ta to'g'nog'ich nina kallasi,
- 3 ta undan ham kichikroq zarra.

Kometalarning soni qancha ko'p bo'lsa-da, uning moddasi hisobga olinmaydi: ularning massasi shuncha kamki, ularni «ko'zga ko'ringan hech nima» deyish juda to'g'ridir.

Demak, bizning sayyora sistemamizni chizmada to'g'ri mashstabda tasvirlab bo'lmaydi.

Nima uchun Merkuriyda atmosfera yo'q?

Sayyorada atmosfera mavjud bo'lishi bilan uning o'z o'qi atrofida aylanishi davrining davomi o'rtasida qanday bog'lanish bo'lishi mumkin? Yuzaki qarashda hech qanday bog'lanish bo'lishi mumkin emasga o'xshaydi. Shunday bo'la ham, biz Quyoshga eng yaqin sayyora Merkuriy misolida ba'zi hollarda shunday bog'lanish borligiga ishonch hosil qilamiz.

O'z sirtida bo'lgan og'irlilik kuchiga qaraganda, Merkuriy Yer atmosferasidek zinch bo'lmasa ham, tarkibi Yernikiga o'xhash atmosferani o'z sirtida saqlashi mumkin edi.

Merkuriyning sirtidagi tortish kuchini tomoman yengish uchun kerak bo'lgan tezlik *4900 m/s*, uncha yuqori bo'limgan temperaturalarda esa bizning atmosferamiz malekulalaridan eng tez harakat qilgani ham bunday tezlikka erisha olmaydi¹. Shunday bo'lishiga qaramasdan, Merkuriyda atmosfera yo'q. Buning sababi shundaki, Oy Yer atrofida qanday aylansa, Merkuriy ham Quyosh atrofida shu tariqa, ya'ni markaziy yoritg'ichga u har doim bir tomoni bilan qarab aylanadi. Uning orbitasi bo'ylab aylanib chiqishi uchun ketgan vaqt (88 sutka) uning o'z o'qi atrofida aylanishi uchun ketgan vaqt bilan biday. Shuning uchun Merkuriy bir tomonida,—har vaqt Quyoshga qaragan tomonda,—uzluksiz kun va abadiy yoz bo'ladi; ikkinchi

¹ II bobga qarang («Nima uchun Oyda atmosfera yo'q?»)

tomonida, Quyoshdan teskari o'girilgan tomonida esa, uzlusiz tun va abadiy qish hukm suradi. Merkuriyning kun tomonida qanday jazirama issiq bo'lishini ko'z oldingizga keltiring: bunda Quyosh Yerdagiga qaraganda $2\frac{1}{2}$ marta yaqinroq va uning nurlarining qizdirish kuchi $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$, ya'ni $6\frac{1}{4}$, marta oshishi kerak. Buning aksicha, uning tungi tomoniga millionlarcha yillar davomida Quyoshning birorta nuri o'tgan emas va unda olam fazosi sovug'iga yaqin (-246°C) sovuq¹ hukm surishi kerak, chunki kun tomonining issiqligi sayyoraning qalinligidan o'ta olmaydi. Kun va tun tomonlarning chegarasida $23^{\circ}\text{kenglikdagi polosa borki, libratsiya}^2$ sababli bu yerga Quyosh faqat vaqtincha qaraydi.

Shunday ajoyib iqlimi sharoitda sayyoraning atmosfera rasida nima bo'lishi kerak? Albatta, sayyoraning tu tomonida qahraton sovuq ta'siri ostada atmosfera suyuqlikki aylanadi va qotadi. Atmosfera bosimining keskin tushishi sababli sayyoraning kun tomonidagi atmosfera u yerga qarab otiladi va unda qotib qoladi. Oqibatda hamma atmosfera qattiq holda sayyoraning tun tomonida, to'g'riroq qilib aytganda, uning Quyosh hech qaramagan tomonida to'planib qolishi kerak. Shunday qilib, Merkuriyda atmosferaning bo'lmasligi fizika qonunlarining muqarrar nati-jasidir.

Biz qanday mulohazalarga asosan Merkuriyda atmosfera bo'lishi mumkin emas, deyar ekanmiz, Oyning bizga

¹ Fiziklar «Olam fazosi temperaturasi» degan shartli iboradan qoraytirilib Quyosh nurlaridan to'sib qo'yilgan termometr fazoda qanday temperatura ko'rsatsa, shu temperaturani tushunishadi. Yulduzlardan kelgan nurlarning isitish ta'siri tufayli bu temperatura absolyut nol nuqtasidan (-273°C) bir oz yuqoriyoq. YA.I. Perelmanning «Siz fizikani bilasizmi» degan kitobiga qarang.

²Libratsiya to'g'risida «Oyning ko'rindigan va ko'rinnmaydigan tomonlari» degan ocherkka qarang (II bob, 110 – bet). Oyning libratsiyasi qanday qoidaga bo'ysunsa, Merkuriyning uzunlik bo'y lab bo'lgan libratsiya ham shu taqribiliy qoidaga bo'ysunadi: Merkuriy bir tomooni bilan doimo Quyoshga emas, balki o'zining ancha cho'zilgan orbitasining ikkinchi fokusiga qaragan.

ko‘rinmaydigan tomonida atmosfera bor, degan gumananni ham shu mulohazaga asosan rad qilishimiz kerak. Agar Oyning bir tomonida atmosfera yo‘q ekan, uning qaramaqarshi tomonida ham yo‘q deb dadil aytish mumkin. Uellsning «Первые люди на Луне» degan fantastik romani mana shu joyda haqiqatga to‘g‘ni kelmaydi. Romanchi Oyda havo bor, bu havo 14 sutkalik muttasil tun davomida quyuqlashib, yaxlab qoladi, kun tug‘ilishi bilan yana gaz holiga kelib, atmosfera hosil qilishi mumkin deydi. Biroq mutlaqo bunday bo‘lishi mumkin emas. Agar, — deb yozadi bu to‘g‘rida prof. O. D. Xvolson. — Oyning qorong‘i tomonida havo qotib qolsa, unda deyarli hamma havo yorug‘ tomondan qorong‘i tomonga o‘tishi va qotib qolishi kerak. Qattiq havo Quyosh nurlarining ta’siri ostida gazga aylanib, darhol sayyoraning qorong‘i tomoniga o‘tadi va qotib qoladi. Shu xilda havo uzlusiz distillyatsiya qilishi va hech qachon hech qayerda sezilarli darajadagi elastikli ka erisha olmasligi kerak».

Merkuriy va Oyda atmosfera yo‘qligi isbot etilgan deb hisob qilish mumkin, ammo bizning sistemamizning Quyoshdan qarganda ikkinchi sayyorasi—Veneraning atmosferasi borligi to‘g‘risida shubha bo‘lishi mumkin emas.

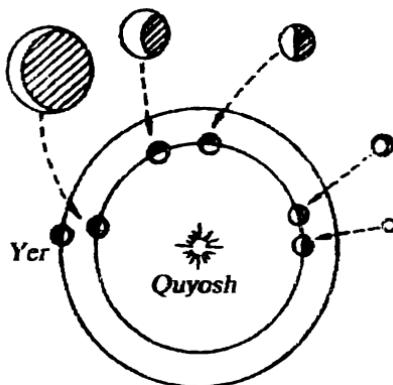
Hattoki, Veneraning atmosferasida, to‘g‘riroq qilib aytganda, stratosferasida karbonat angidrid ko‘pligi — Yer atmosferasidagiga qaragan o‘n ming marta ko‘p bo‘lishi ham aniqlangan.

Venera(Zuhra)ning fazalari

Mashhur matematik Gauss hikoya qiladiki, bir kuni u o‘zining onasiga kechqurun osmonda yorqin nur sochib turgan Veneraga astronomik durbindan qarashni tavsiya qilibdi. Bunda matematik kutilmagan narsa ko‘rsatib, onasini hayratda qoldirmoqchi bo‘lgan, chunki durbindan qaraganda Venera yoyga o‘xshab ko‘rinadi. Biroq, matematik o‘zi hayratda qolgan; durbin okulyariga ko‘zini qo‘yib qaraganida bu xotin sayyoraning ko‘rinishiga hech taajjublanmagan, faqat nima uchun durbinda yoy teskarisiga aylanib ko‘rinishini so‘ragan... O‘scha vaqtgacha Gauss onasining

Venera fazalarini hatto durbinsiz qaraganda ham ajratishini bilmagan ekan. Bunday o'tkir ko'z kam bo'ladi; shuning uchun durbin kashf qilingangacha hech kim Veneraning Oy fazalaridek fazalari borligini o'ylab ham ko'rmasan.

Venera fazalarining xususiyati shundaki, har xil fazalarda sayyoraning diametri bo'lmaydi: kambar yoning diametri to'la disk diametridan ancha katta bo'ladi (64-rasm). Buning



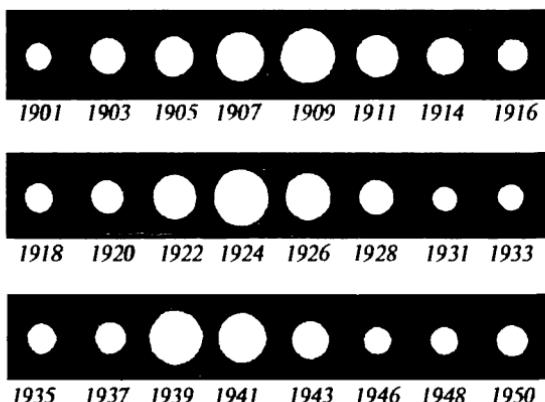
64- rasm. Veneraning teleskopdan qaraganda ko'rinalidigan fazalari. Veneraning Yerdan uzoqligi o'zgarishi sababli har xil fazalarda uning diametri har xil bo'lib ko'rindi.

sababi — har xil fazalarda sayyoraning bizdan har xil uzoqlikda bo'lishidir. Veneraning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 108 million kilometr, Yerning Quyoshdan uzoqligi 150 million kilometr. Tushunish osonki, bu ikkala sayyoraning orasi eng yaqin bo'lganda 150–108, ya'ni 42 million kilometr, eng uzoq bo'lganda 150+108, ya'ni 258 million kilometr bo'ladi. Demak, Veneraning bizdan uzoqlashuvi shu chegaralarda o'zgarar ekan. Yerga eng yaqin bo'lganida Venera bizga yoritilmagan tomoni bilan qaragan bo'ladi, shuning uchun uning eng yirik fazasini biz mutlaqo ko'rmaymiz. Bu «yangi tug'ilgan Venera» vaziyatidan ketib qolganidan keyin u yoy ko'rinishiga

kiradi, bu yoy qancha serbar bo'lsa, uning diametri shuncha kichik bo'lib ko'rinadi. Venera eng katta ravshanlikka, diskি to'la ko'ringan vaqtда ham emas, diametri eng katta bo'lgan vaqtда ham emas, balkи ma'lum bir oraliq fazada erishadi. Veneraning to'la diskি 10" «ko'rish burchagi ostida», eng katta yoyi esa 64" «ko'rish burchagi ostida» ko'rinadi. Eng yuqori daraja ravshanlikka sayyora «yangи Venera tug'ilib», uch dekada o'tgandan keyin, uning burchak diametri 40" va yoyning burchak kengligи 10" bo'lgandan keyin erishadi. U vaqtда Venera butun osmonda eng yorqin yulduz bo'lgan Siriusdan 13 marta yorqinroq nur sochadi.

Buyuk qarama-qarshi turishlar

Marsning eng ravshan davri va Yerga yaqin kelishi hət 15 yilda bir marta takrorlanishini ko'plar biladi. Bu davrlarning astronomiyadagi nomlari: Marsning buyuk qarama-qarshi turishlari deb atalishi ham hammaga ma'lum. Qizil sayyoramizning keyingi «buyuk qarama-qarshi turish» yillarida esda saqlanganlari – 1924, 1939 (65-rasm) va 1956



65- rasm. XX asrda bo'lgan har xil qarama-qarshi turishlarda Marsning ko'rinma diametrining o'zgarishi. Buyuk qarama-qarshi turishlar 1909, 1924 va 1939- yillarda bo'ldi.

yillardir. Ammo bu hodisaning nima uchun xuddi 15 yildan keyin takrorlanishini bilganlar kam topilsa kerak. Ammo bunga oid «matematika» uncha murakkab emas.

Yer o'z orbaitasini $365 \frac{1}{4}$ sutkada, Mars—687 sutkada aylanib chiqadi. Agar bu ikkala sayyora eng yaqin masofada bir marta bo'lib qolgan, bir-biriga yaqinlashib qolgan ekan, ular shunday masofada yana ham Yer yillari, ham Mars yillaridan butun son yil o'tgandan keyin uchrashmoqlari kerak.

Boshqacha aytganda, butun sonlarda quyidagi tenglamani yechish kerak.

$$365 \frac{1}{4} x = 687 y,$$

yoki

$$x = 1,88 y,$$

bundan

$$\frac{x}{y} = 1,88 = \frac{47}{25} .$$

Shu keyingi kasrni uzlucksiz kasrga yoyganimizda

$$\frac{47}{25} = 1 + \frac{1}{\overline{1+1}} = 1 + \frac{1}{\overline{7+1}} = 1 + \frac{1}{\overline{3}}$$

hosil bo'ladi.

Birinchi uch bo'g'linni olamiz:

$$1 + \frac{1}{\overline{1+1}} = \frac{15}{8}$$

va 15 Yer yili 8 ta Mars yiliga teng ekan degan xulosaga kelamiz; demak, Marsning eng yaqin kelish davrlari har 15-yilda takrorlanishi kerak ekan. (Biz bu ikkala aylanishning

nisbatini yana ham aniqroq bo'lgan 1,8809 o'rniga 1,88 deb olib, masalani bir oz soddalashtirdik).

Shu usulning o'zginasi bilan Yupiterning eng yaqin kelish davrini ham topish mumkin. Yupiterning yili 11,86 Yer yiliga (aniqrog'i 11,8622 yiliga) teng. Bu kasr sonni uzlusiz kasrga yoyaylik:

$$11,86 = 11 \frac{43}{50} = 11 + \frac{1}{1 + \frac{1}{\frac{6+1}{7}}}$$

Birinchi uch bo'g'indan 8 %, taqribiyligi qiyomat chiqadi. Demak, Yupiterning buyuk qarama-qarshi turishlari har 83 Yer yilda (yoki 7 Yupiter yilda) takrorlanib turadi. Shu yillarda Yupiter eng katta ko'rinxma ravshanlikka erishadi. Yupiterning keyingi buyuk qarama-qarshi turishi 1927- yilda bo'ladi. Navbatdagisi 2010- yilda bo'ladi. Bu momentlarda Yupiterning Yerdan uzoqligi 587 million kilometr bo'ladi. Bu Quyosh sistemasi eng katta sayyorasining bizga yaqin kelgandagi eng kam masofasidir.

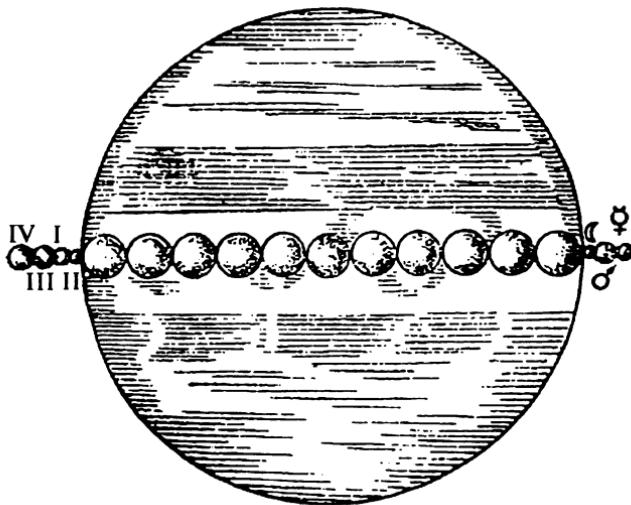
Sayyorami yoki kichik quyoshmi?

Bizning sayyoralar sistemamizning eng katta sayyorasi—Yupiter haqida shu savolni berish mumkin. Yer sharidek sharlardan 1300 ta shar qilish mumkin bo'lgan bu bahaybat sayyora o'zining nihoyatda kuchli tortishi bilan o'z atrofida bir talay yo'ldoshlarini aylanishga majbur qiladi. Astronomlar Yupiterning 12 ta oyi borligini topishgan; bulardan eng kattalari—bundan uch yuz yil burun Galiley tomonidan topilgan 4 tasi rim raqamlari I, II, III, IV bilan belgilanadi. Yupiterning III va IV yo'ldoshlari kattalik jihatidan «haqiqiy» sayyora Merkuriydan qolishmaydi. Quyidagi jadvalda Yupiterning shu yo'ldoshlarining diametri Merkuriy va Mars diametrlari bilan solishtirilgan; birvarakay Yupiterning birinchi ikki yo'ldoshning hamda Oyning diametri ko'rsatilgan:

Diametri:

Mars	6600 km
Yupiterning IV yo'ldoshi	5150 "
" III "	5150 "
Merkuriy	4700 "
Yupiterning I yo'ldoshi	3700 "
Oy	3480 "
Yupiterning II yo'ldoshi	3220 "

66-rasm shu jadvalning tasvirlanishidir. Katta doira—Yupiter; uning diametri bo'ylab qator tizilgan doiralar—Yerdir; o'ng tomonda Oy. Yupiterning chap tomonidagi doirachalar uning eng katta 4 ta yo'ldoshi. Oyning o'ng tomonida Mars va Merkuriy. Bu chizmaga qaraganingizda siz shuni esda tutishingiz kerakki, bu diagramma emas, balki rasmdir: doirachalar yuzlarining nisbati sharlarning hajmlari nisbati haqida to'g'ri tasavvur bera olmaydi. Sharlarning hajmlari ularning diametrlarining kublaridek nisbatda bo'ladi.



66- rasm. Yupiter va uning yo'ldoshlarining (chapda) Yer (diametr bo'ylab tizilgan doiralar) Oy, Mars va Merkuriya (o'ng tomonda) nisbatan kattaligi.

Agar Yupiterning diametri Yer diametridan 11 marta katta bo'lsa, uning hajmi 11^3 , ya'ni 1300 marta katta bo'ladi. Shunga yarasha siz 66-rasmdan olgan ko'rish taassurotingizni to'g'rilashingiz kerak, o'shanda siz Yupiterning g'oyat darajada katta bo'lishini ko'z oldingizga kel-tirasiz.

Yupiterning o'ziga tortuvchi markaz sifatidagi quvvatiga— sayyora oylarini o'zining atrofida qanday masofalarda aylanishga majbur qilishini ko'rib chiqqanimizda yaqqol ko'rindi. Quyida masofalarning jadvalini keltiramiz.

Ko'rasizki, Yupiter sistemasi Yer – Oy sistemasidan 63 marta katta ekan: yo'ldoshlar oilasi bilan shuncha keng joyga yoyilgan boshqa birorta sayyora yo'q.

Demak, Yupiterni kichkina Quyoshga o'xshatish bejiz emas ekan. Uning massasi hamma sayyoralarning umumiyligi massasidan uch marta ko'p va to'satdan Quyosh yo'qolsa, uning o'rnini Yupiter bosardi hamda sistemaning yangi markaziy jismidek sekinroq bo'lsa ham, boshqa sayyoralarning hammasini o'z atrofida aylanishga majbur qildi.

Masofalar	Kilometr hisobida	Qiyosiy masofada
Oyning Yerdan uzoqligi...	380000	1
III yo'ldoshining Yupiterdan uzoqligi	1070000	3
IV Yo'ldoshining Yupiterdan uzoqligi	1900000	5
IX Yo'ldoshining Yupiterdan uzoqligi	2400000	53

Fizik tuzilishi jihatidan ham Yupiter Quyoshga o'xshaydi. Uning moddasining o'rtacha zichligi suvgaga nisbatan 1,35 bo'lib, Quyosh moddasining zichligiga yaqin (1,4). Biroq Yupiterning qutblari kuchli siqilgan, yalpaygan bo'lishi uning qalin muz qatlami va gigant atmosfera bilan o'ralgan qattiq yadroси bo'lsa kerak, degan fikr tug'diradi.

Yaqindagina Yupiterni Quyoshga yana ham ko'proq o'xshattirishardi: bu sayyoraning qattiq po'stlog'i yo'q va

o'z-o'zidan yorug'lik chiqazadigan jism stadiyasidan endigina chiqqan deb faraz qilinardi. Hozir bu fikrni rad qilishga to'g'ri keladi: Yupiterning temperaturasini bevosita o'lhash— uning temperaturasi noldan 140°C past bo'l shini ko'rsatdi! To'g'ri, bunda gap Yupiter atmosferasining bulut qatlamlari ustida boradi.

Yupiterning temperaturasi past bo'l shi uning fizik xususiyatlarining: atmosferasida jo'shqinlik bilan bo'ladigan hodisalar, polosalar, dog'lar bo'l shi va shu singarilarni tushuntirish masalasini og'irlashtiradi. Bunda astronomiya oldida bir talay chigal farazlar, gumonlar turibdi.

Yaqinda Yupiter (hamda uning qo'shnisi Saturn) atmosferasida ko'p miqdorda ammiak va metan borligi aniqlandi¹.

Saturn halqalarning yo'qolishi

1921- yilda bizda shov-shuv ko'targan xabar tarqaldi: Saturn o'zining halqalarini yo'qotgan emish! Hali shugina deysizmi, yemirilgan halqa parchalari olam fazosida Quyosh tomon uchayotgan emish-u, ketaturib Yer ustiga tushar emish. Hatto bu halokatli uchrashuv ro'y berishi kerak bo'lgan tunni ham aytib berishdi...

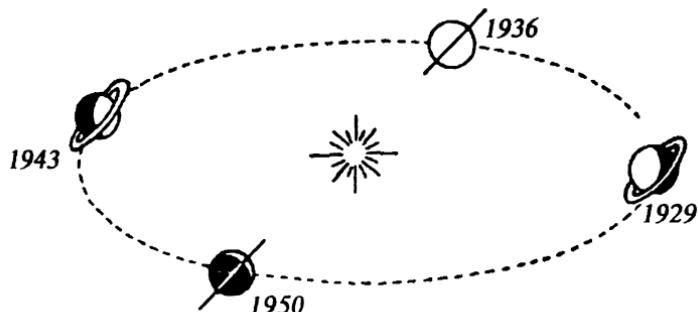
Bu mojaro ovozlarning qanday tarqalishini ko'rsa-tadigan xarakterli misoldir. Bu ovozaning tarqalishiga sabab shu bo'ldiki, o'sha yili Saturnning halqalari bir qancha vaqt ko'rinxayotgan bo'lib qoldi, astronomik kalendor tili bilan aytganimizda «yo'qoldi». Mish-mish esa bu iborani so'zma-so'z fizik yo'qollish deb, ya'ni halqalarning yemirilishi deb tushunibdi va bu voqeani olamda bo'ladigan halokatga munosib tafsilotlar bilan bezabdi; bundan esa yemirilgan halqa parchalarining Quyoshga tushishi va Yer bilan muqqarrar to'qnashuvi kelib chiqibdi.

Astronomik kalendarning Saturn halqalarning optik yo'qolishi haqidagi begunoh xabari qancha shov-shuvga

¹Yana ham uzoqdagi sayyoralar—Uran, ayniqsa Neptun atmosferasida metan yanada ko'proq. 1944 yilda Saturnning eng katta yo'ldoshi—Titanning metandan iborat atmosferasi borligi topildi.

sabab bo'ldi! Saturn halqalarining yo'qolishi nimadan keladi? Saturnning halqalari juda yupqa; ularning qalinligi yigirma-o'ttiz kilometr chamasi. Shuning uchun bu halqalar Quyoshga yoni bilan turib qoladi, ularning ustki va ostki tomonlari yoritilmaydi va ular ko'rinxaymaydigan bo'lib qoladi. Bu halqalar Yerga yoni bilan turib qolganida ham ko'rinxaymay qoladi.

Saturnning halqalari Yer orbitasi tekisligiga 27° og'ma, ammo Saturn o'z orbitasi bo'ylab 29 yil mobaynida aylanib chiqqanida, uning halqalari orbitaning bir-biriga diametral qarama-qarshi ikkita nuqtasida Quyosh va Yerda turib kuzatuvchiga yoni bilan turib qoladi (67-rasm). Bu nuqtalardan 90° da joylashgan ikkita nuqtada esa, buning aksicha, halqalar Quyoshga o'zlarining eng keng tomoni bilan qarab qoladi, astronomlarning tili bilan aytganda halqalar «ochiladi».



67- rasm. Saturn 29 yil davomida orbitasi bo'ylab aylanib chiqqanida, uning halqalari Quyoshga nisbatan qanday vaziyatlarda bo'lishi.

Astronomik anagrammalar

Saturn halqalarining yo'qolishi qachonlardir Galileyning boshini qotirib qo'ygan edi. Galiley Saturnning bu ko'rksamligini kashf qilishga yaqin qolgan bo'lsa-da, halqalarning shu tushunilmaydigan ravishda yo'qolish sababli bu kashfiyotni ocha olmagan edi. Bu mojaro juda qiziq. U

vaqtarda birorta kashfiyotda birinchilik huquqini olishda har kim o'ziga xos usul qo'llash rasm bo'lgan. Hali tasdiqlanishi kerak bo'lgan kashfiyotning iziga tushgandan keyin olim uni boshqalar bilib qolmasin uchun anagrammadan foydalangan (anagramma—harflarning joyini almashtirish yo'li bilan bir so'zdan ikkinchi ma'noli boshqa so'z yasash); u o'z kashfiyotining mohiyatini anagramma ravishda e'lon qilgan, uning haqiqiy ma'nosini esa faqat o'zi bilgan. Bu usul olimga o'zining kashfiyotini shoshilmasdan tekshirib ko'rishga, boshqa birorta da'vegar chiqib qolganida esa, o'zining birinchiligini isbot qilishga imkon bergen. U o'zining dastlabki farazi to'g'ri ekanligiga uzil-kesil ishonch hosil qilgandan keyin anagrammasining sirini olib bergen. O'zining unchalik mukammal bo'limgan durbinidan qarab, Saturnning yon tomonlarida qandaydir qo'shimchalari borligini ko'rgan Galiley o'zining bu kashfiyotini e'lon qilishga shoshilib, quyidagi harflar to'plamini yozib beradi:

Smaismrmielmepoetaleumibuyvnenugttaviras.

Bu shirfda nima aytilganini bilish hech mumkin emas. Albatta, shu 39 ta harfning joylarini necha xil almashirish mumkin bo'lsa, shuncha marta almashtirib ko'rish va shunday qilib, Galiley tuzgan iboraning ma'nosini topib olish mumkin, ammo buning uchun nihoyat darajada katta ish qilish kerak bo'lardi. To'plamlar nazariyasi bilan tanish bo'lgan kitobxon bunda bo'lishi mumkin bo'lgan har xil o'rin almashtirshining (takrorlanishliri bilan birlikda) umumiy sonni ifoda qilishi mumkin. Mana bu ifoda:

39!

3!5!4!4!2!2!5!3!3!2!2!

Bu son taxminan 35 ta raqamdan iborat (bir yildagi sekundlar soni «atigi» 8 ta raqamlik sondan iborat bo'lishini esimizga solaylik!) Endi Galileyning o'z e'loni sirini qanday yaxshi yashirganligi tushuniladi.

Italiya olimining zamondoshi Kepler uning e'lonining sirli ma'nosiga tushunib olish uchun ungagina xos bo'lgan

mislsiz qunt, sabr bilan ko'p mexnat qilgan va u e'lon qilingan harflardan (ikkitasini tashlab qoldirib) quyidagi lotin iborasini tuzgandan keyin, masalani echdim shekilli deb o'yagan:

Salve, umbistineum geminatum Martif proles

(Salom sizga, Marsning egizak farzandlari)

Kepler Marsning ikkita yo'ldoshi bor deb gumon qilgan va Galiley Marsning shu yo'ldoshlarini topishiga qattiq ishongan¹ (ular haqiqatan ham ikki yarim asr o'tgandan keyin topilgan). Biroq Keplerning o'tkir aqli bu gal maqsadga erishtirmadi. Galiley o'z e'lonining sirini ochib bergandan keyin ma'lum bo'ldiki, bu iborada ikkita harfni nazarga olinmasa, quyidagicha bo'lar ekan:

Altissimum planetam tegeminum observavi

(Uch qavatli ulug'vor sayyorani kuzatdim).

Durbin kuchsiz bo'lgani sababli Galiley Saturnning bu «uch qavatlik» qiyofasining asl ma'nosini tushuna olmagan, bir necha yil o'tib, sayyoraning yon tomondagi qo'shimchalari yo'qolgandan keyin Galiley, men yang-

¹ Bunda Kepler sayyoralar yo'ldoshlarining soni geometrik progressiyada bo'lsa kerak, degan farazga asoslangan bo'lishi ko'rinish turibdi; Yerning yo'ldoshi bita, Yupiterni to'rtta ekanligini bilib, Kepler bu sayyoraning orasidagi sayyora Marsning yo'ldoshi ikkita bo'lsa kerak deb faraz qilgan. Shu xilda fikrlash boshqa mutaffakirlarni ham Marsning ikkita yo'ldoshi bo'lishi kerak deb faraz qilishga majbur etgan. Volterning astronomik fantaziysi «Mikromegas» da (1790 yil) uning farazi sayyoohlari Marsga yaqin kelganlarida «bu sayyoraga xizmat qilgan va hozirgacha bizning astronomlarimizning nazaridan yashirinib kelgan ikkita oyini» ko'rdilar, degan satrlarni o'qiyimiz. Swiftning bundan ham oldinroq (1720- yilda) yozilgan «Путешествие Гулливера» degan asarida ham shunga o'xshash joy bor: atsronom Laputlar «Marsning atrofida aylanadigan ikkita yo'ldoshini topishdi» deyiladi. Bu ajoyib farazlar faqat 1877- yilda, Xoll kuchlik teleskop yordami bilan Marsning ikkita yo'ldoshi borligini kashf qilgandan keyin tamoman tasdiqlanadi.

lishgan ekanman, Saturnning hech qanday qo'shimchalari yo'q ekan degan fikrga kelgan.

Yarim asr o'tgandan keyingina Saturnning halqalarini kashf qilishga Gyuygens tuyassar bo'ldi. Galileyga o'xshash u ham o'zining kashfini darrov e'lon qila qolmasdan farazini ramz bilan xatda yashirdi:

*Aaaaaaaaccccccdeeeeeghiiiiiiilllmnnnnnnnnnn
ooooppqrrstttuuuuu*

Uch yil o'tib, o'zining farazi to'g'riliqiga ishonch hosil qilgandan keyin e'lönüning ma'nosini fosh qildi:

Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato

(Yupqa, yassi, hech qayeri o'ziga tegmaydigan, ekliptikaga og'ishgan halqa bilan o'rالgan).

Neptundan narigi sayyora

Ushbu kitobning birinchi nashrida (1929- yilda) men Quyosh sistemasining bizga ma'lum bo'lgan keyingi sayyorasi Quyoshdan Yerga qaraganda 30 marta uzoqroq bo'lgan sayyora — Neptun deb yozgan edim. Hozir endi buni takrorlay olmayman, chunki 1930-yil bizning Quyosh sistemamizda yangi a'zo — Quyosh atrofida Neptundan narida aylanadigan to'qqizinchı katta sayyorani qo'shib qo'ydi.

Bu kashfiyat tamom kutilmagan bir kashfiyat emasdi. Astronomlar Neptundan narida noma'lum bir sayyora bo'lsa kerak, degan fikrga ko'pdan moyil edilar. Bundan 100 yildan sal ilgariroq Quyosh sistemasining eng chetki sayyorasi Uran deb hisoblanardi. Uning harakatidagi ba'zi noto'g'riliklar, yana ham uzoqroqda Uranni tortishi tufayli, uning oldin hisoblab chiqarilgan harakatini buzadigan sayyora bo'lsa kerak, degan guman tug'ilishiga sabab bo'ldi. Ingliz matematigi Adams va fransuz astronomi Leverrye tomonidan bu masalani matematik jihatdan tekshirish

ajoyib kashfiyotni yuzaga chiqardi: guman qilingan sayyora teleskopda ko'rindi. Hisoblovchilarning «qalam uchi» bilan topilgan olamni odamning ko'zi ham ko'rdi.

Neptun mana shunday kashf qilindi. Keyinchalik Uranning harakatidagi hamma noto'g'riliklarni Neptunning ta'siridangina deb tushuntirish mumkin emasligi aniqlanadi. Endi Neptundan ham nariroqda yana bir sayyora bo'lsa kerak, degan fikr maydonga tashlanadi. Uni qidirib topish kerak edi. Hisoblovchilar bu masala ustida ishlay boshladilar. Bu masalani hal qilishning har xil variantlari tavsiya qilindi: to'qqizinchi sayyoraning Quyoshdan uzoqligini har xil olimlar har xil deyishdi, qidirilayotgan osmon jismi masasining miqdori to'g'risida ham har xil fikrlar aytildi.

Nihoyat, 1930- yilda (to'g'rirog'i 1929- yilning oxiridayoq) teleskop Quyosh sistemasi chetining qorong'iligidan bizning sayyora sistemamizning Pluton degan nomni olgan yangi a'zosini chiqarib oldi. Bu kashfga yosh astronom Tombo tuyassar bo'ldi.

Pluton ilgaridan hisoblab chiqilgan orbitalardan biriga juda yaqin bo'lgan yo'l bo'ylab aylanadi. Shunday bo'lishiga qaramay, mutaxassislarining aytishicha, buni hisoblovchining muvaffaqiyati deb bo'lamydi; orbitalarning mos kelishi qiziq bir tasodifdir.

Bu yangi topilgan olam to'g'risida biz nima bilamiz? Hozircha ko'p narsa bilmaymiz; u shunday uzoq va Quyosh uni shunday kam yoritadiki, uning diametrini eng kuchli asboblar yordami bilan ham zo'rg'a o'lchanadi. U 5900 km yoki Yer diametrining 0,47 qismicha ekanligi ma'lum bo'ldi.

Pluton Quyosh atrofida ancha cho'ziq (ekssentrisiteti 0,25), Yer orbitasiga ancha (17°) og'ma orbita bo'ylab, Quyoshdan, Yerga qaraganda 40 marta oshiq masofada aylanadi. Bu g'oyat katta yo'lni aylanib chiqish uchun sayyora taxminan 250 yil vaqt sarf qiladi.

Quyosh Pluton osmonini Yer osmoniga qaraganda 1600 marta kuchsizroq yoritadi. Quyosh unda 45 burchak sekundi kattaligidagi kichkina disk bo'lib ko'rinsa, u ham shunday kattalikda bo'lib ko'rindadi. Biroq qaysi birovi ravshanroq

yarqiraydi: Plutonda Quyoshmi yoki Yerda to‘lin Oymi, shuni aniqlash juda qiziqarlidir.

Uzoqdagi Plutonni Quyosh juda kam yoritadi deb o‘ylash mumkin, ammo unday emas ekan. To‘lin Oy bizda Quyoshdan 440000 marta kuchsizroq yarqiraydi. Pluton osmonida esa kunduzgi yoritgich bizdagiga qaraganda 1600 marta kamroq yorug‘lik sochadi. Demak, Plutonda quyosh yorug‘ligining ravshanligi to‘lin Oyning Yerdagi yoritish ravshanligiga qaraganda 440000/1600, ya’ni 275 marta kuchliroq ekan. Agar Plutonda osmon Yerdagidek beg‘ubor bo‘lsa (bu haqiqatga o‘xshaydi, chunki Plutonda atmosfera bo‘lmasa kerak), unda kunduzgi yorug‘lik yorug‘ kechasidan ko‘ra 30 marta yorug‘roq bo‘ladi. Shuning uchun Plutonni abadiy qorong‘ulik olami deyish noto‘g‘ri bo‘lardi.

Mitti sayyoralar

Bizning Quyosh sistemamiz sayyora aholisining soni biz hozirgacha gapirib bergan to‘qqizta katta sayyora bilangina tugamaydi. Bu sayyoralar faqat kattalik jihatidan ko‘zga tashlanadigan sayyoralardir. Quyosh atrofida bulardan tashqari har xil masofalarda bulardan ancha mayda juda ko‘p sayyorachalar aylanib yuradi. Sayyoralar dunyosining bu mittilari va asteroid deb (so‘zma-so‘z tarjimasi—«yulduzga o‘xshaganlar» demakdir), yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri «mayda sayyoralar» deb ataladi. Bulardan eng kattasi Serera bo‘lib, uning diametri 770 kilometrdir; hajm jihatidan olganda u Oydan ancha kichik, Oy Yerdan necha marta kichik bo‘lsa, Serera ham Oydan taxminan shuncha kichikdir.

Kichik sayyoralardan birinchisi Serera o‘tgan asrning birinchi kechasida (1801-yilning 1 yanvarida) topilgan. XIX asr davomida bunday sayyoralardan 400 tasi topilgan. Mayda sayyoralarning hammasi Quyosh atrofida Mars bilan Yupiter orbitalari orasida aylanadi. Shuning uchun yaqin vaqtlargacha asteroidlar shu ikkita sayyoraning orbitasi orasidagi keng oraliqda halqa ravishida to‘planishi aniq deb hisoblanardi.

XX asr va ayniqsa yaqinda o'tgan yillar asteroidlar poyasi chegarasini kengaytirib yubordi. O'tgan asrnинг oxirida (1898 yilda) topilgan Erosning o'zi bu chegaradan ancha chiqdi, chunki uning yo'lining ko'p qismi Mars orbitasining ichidadir. 1920-yilda astronomlar Gidalgo deb atalgan asteroiadni topdilar. Uning yo'li Jupiter orbitasini kesib, Saturn orbitasidan uzoqda o'tadi. Gidalgo asteroidi ikkinchi bir tomonдан ham diqqatni o'ziga jalb qiladi: uning orbitasi ma'lum bo'lган hamma sayyoralar orbitalaridan ko'ra juda ham cho'ziq (ekssentrisiteti 0,66 ga baravar), shu bilan birga Yer orbitasiga hammadan ko'p og'ishgan: 43° burchak hosil qiladi.

O'mi kelganda shuni ham aytib o'taylikki, bu kichkina sayyora Meksikaning o'z mustaqilligi uchun olib borgan revolutsion kurashining shonli qahramoni, 1811- yilda vafot etgan Gidalgo-i-Kastilya nomiga qo'yilgan. Ekssentrisiteti 0,78 bo'lган asteroid topilgan 1936-yildan keyin mitti sayyoralar zonasini yana ham kengaydi. Bizning Quyosh sistemamizning yangi topilgan bu kichkina sayyorasi Adonis nomini oldi. Bu kichik sayyoraning xususiyati shundaki, u o'z yo'lining eng uzoq nuqtasida Quyoshdan deyarli Jupitercha uzoqlashadi, eng yaqin nuqtasida esa Merkuriy orbitasidan ko'p uzoqqa o'tmaydi.

Nihoyat, 1949-yilda ayrim bir orbitaga ega bo'lган kichik sayyora Ikar topildi. Uning ekssentrisiteti 0,83 ga baravar, Quyoshdan eng ko'p uzoqlashuvi Yer orbitasi radiusidan ikki marta oshiq, eng kam uzoqlashuvi esa Yerdan Quyoshgacha bo'lган masofoning beshdan biriga barovar. Bizga ma'lum sayyoralardan bittasi ham Quyoshga Ikarcha yaqinlashmaydi.

Yangi kashf qilingan asteroiadlarni ro'yxatga olish sistemasini ham ancha qiziq, chunki bu sistemadan astronomiyaga oid bo'lмаган maqsadlar uchun ham foydalanish mumkin. Dastlab kichik sayyoraning topilish yili yoziladi, so'ngra uning topilish chislosining yarim oyini ko'rsatadigan harf yoziladi (bunda yil ketma-ket alfavit harflari bilan belgilangan 24 ta yarim oyga bo'lingan).

Yarim oy davomida ko'pincha bir necha kichik sayyora topilgani uchun ular alfavitda ikkinchi harf bilan belgilanadi. Agar 24 ta harf yetishmasa, alfavit harflarini qaytaradilar, ammo takrorlangan harflar yoniga raqam qo'yadilar. Masalan, 1932 EA, asteroid, 1932-yil mart oyining birinchi yarmida topilgan yigirma beshinchisi asteroiddir. Yangi topilgan sayyoraning orbitasi hisoblab chiqilgandan keyin unga tartib nomeri, so'ngra nom ham beriladi.

Juda ko'p kichik sayyoralardan, ehtimol, faqat ozgina-sini astronomik asboblar yordami bilan ko'rish mumkin bo'lib, qolganlari esa ovchilar tuzog'iga tushmasa kerak. Hisoblarga qaraganda, Quyosh sistemasida asteroidlarning soni 40–50 mingga yetishi kerak.

Hozir astronomlar topa olgan mitti sayyoralarning soni bir yarim mingdan oshadi: bulardan yuzdan oshig'ini Simeiz obvervatoriysi (Qrimda Qora dengiz qirg'og'idagi observatoriya) astronomlari asosan asteroidlar ovlashda juda serhfsala G.N. Neuminning harakatlari bilan topilgandir. Kitobxon kichik sayyoralar ro'yxatida «Vladilena», shuningdek «Morozoviya» va «Figneriya» (Shlisselburg qahramonlari sharafiga qo'yilgan), «Simeiza» va shu singari nomlarni uchratganida ajablanmasa kerak. Topgan asteroidlarining soni jihatidan Simeiz dunyodagi observatoriylar orasida birinchi o'rinni oladi; asteroidlarga bog'liq bo'lgan nazariy masalalarni ishlab chiqishda sovet astronomiyasi ham dunyo fanida ko'zga ko'rinarli joy oladi. Sankt-Peterbyrgdagi Nazariy astronomiya instituti ham ko'p yillardan buyon ko'p kichik sayyoralarning vaziyatlarini oldindan hisoblab qo'yish va ularning harakatlari nazariyasini yaxshilash ustida ish olib borayotir. Bu institut Yer yuzidagi barcha observatoriylar uchun kichik sayyoralarning osmondag'i oldin hisoblab chiqilgan vaziyatlarini (efemeridlarni) e'lon qiladi.

Kichik sayyoralarning kattaliklari juda ham xilma-xil. Ular orasida Sirera va Pallada (diametri 490 km) singarilar bir necha, xolos. Diametri 100 kilometrdan oshiq bo'lgan asteroidlar taxminan yetmishta. Hozirgacha ma'lum kichik

sayyoralarning diametri 20 kilometrdan tortib 40 kilometr-gachadir. Ammo juda ham «mayda», diametri zo'rg'a 2–3 kilometrga boradigan asteroidlar ham ko'p (bunda «mayda» so'zi qo'shtirnoq ichiga olingan, chunki astronomlar tilida bu so'zni nisbiy ma'noda tushunish kerak). Asteroidlar halqasining a'zolari hali hammasi topilmasdan, qidirish kerak bo'lganlari juda ko'p bo'lsa ham, topilgan va hozircha topilmagan asteroidlarning hammasining umumiy massasi Yer shari massasining 1000 dan bir hissasini tashkil qiladi deyish uchun asos bor. Hali asteroidlarning hozirgi zamон teleskoplari yordami bilan ko'rish mumkin bo'lган sonidan topilgani 5% dan oshmaydi deb hisoblanadi.

«Hamma asteroidlarning fizik xossalari,— deb yozadi bizning bu kichik sayyoralarni yaxshi biladigan olimimiz G. N. Neuymin,— taxminan birday bo'lsa kerak deb o'ylash mumkin edi; haqiqatdi esa biz bunda hayratda qolarlik xilma-xillik ko'ramiz. Masalan, birinchi to'rt asteroidning yorug'likni qaytarish qobiliyatini aniqlashning o'zi, Serera va Pallada yorug'likni Yerning qora tog' jinslaridek qaytarishini, Yunona oq tog' jinslaridek qaytarishini, Vesta esa bulutlarga o'xshab qaytarishni ko'rsatdi. Asteroidlar juda kichkina bo'lganidan o'z atrofida atmosfera saqlay olmagani uchun bu hodisa yana ham sirli bo'lib ko'rindi; asteroidlarda atmosfera, albatta, yo'q va ularning yorug'likni qaytarish qobiliyatidagi farq sayyoraning sirtini tashkil qilgan materialga bog'liq deyishga to'g'ri keladi».

Ba'zi kichik sayyoralarning yarqirashi o'zgaradi, bu esa ularning o'z o'qi atrofida aylanishini va shakli noto'g'ri bo'lishini ko'rsatadi.

Bizning eng yaqin qo'shnilarimiz

Bundan oldingi maqolada tilga olingan Adonis asteroidining boshqalardan farqi faqat uning orbitasining kometalarnikiga o'xshab odatdan tashqari cho'ziq bo'lishidagina emas. Uning diqqatga sazovar joyi ana shundaki, u Yerga juda yaqin keladi. Kashf qilingan yili

Adonis Yerdan 1 $\frac{1}{2}$ million kilometr uzoqlikda uchub o'tdi. To'g'ri Oy, bizga yaqinroq, ammo Oy asteroidlardan ancha katta bo'lsa ham, unvoni ulardan past: Oy o'zi mustaqil sayyora emas, balki sayyoraning yo'ldoshidir. Ikkinci asteroid — Apollon ham, Yerga eng yaqin sayyoralar ro'yxatiga kirishga haqlidir. Bu asteroid topilgan yili Yerdan atigi 3 million kilometr uzoqlikda o'tib ketdi. Bu masofani (sayyora o'lchovida) juda qisqa deb hisoblash kerak, chunki Mars Yerga 55 million kilometrdan, Venera esa bizga 40 million kilometrdan ham yaqin kelmaydi. Qiziqliki, bu asteroid Veneraga yana ham yaqinroq 200000 kilometrgacha yaqinlashadi — Oy bilan Yer orasiga qaraganda ikki marta kam masofa! Quyosh sistemasida sayyoralarning bir-biriga bundan ham yaqinroq kelishini hali biz bilmaymiz.

Bizning qo'shni bu sayyoramiz yana shu bilan diqqatni o'ziga jalb qiladiki, u astronomlar qayd qilgan sayyoralarning eng kichkinasidir. Uning diametri 2 kilometrdan oshmaydi, balki undan ham kam bo'lishi mumkin. 1937- yilda ba'zan Yerga deyarli biz bilan Oy orasidagi masofacha (500 ming kilometr) yaqin keladigan Germes asteroidi topildi. Uning diametri bir kilometrdan oshmaydi.

Shu misolda astronomiya tilida «kichkina» degan so'zning ma'nosi nima ekanligini ko'rish ibratlidir. Agar hajmi atigi $0,52 \text{ km}^3$, ya'ni 520000000 m^3 bo'lgan asteroid granitdan bo'lsa, uning og'irligi taxminan

$$1500000000 \text{ t}$$

bo'ladi. Bu materialdan Xeops piramidasidek 300 ta inshoot qurib bo'lardi.

Bundan «kichkina» degan so'zni astronom ishlatganida, uni qanday tushunish kerakligini ko'rasiz.

Yupiterning yo'ldoshlari

Hozircha ma'lum 1600 ta asteroiddan o'zining qiziq harakati bilan o'n beshta kichik sayyoradan iborat bo'lgan to'da ajralib turadi, bularga Troya urushi qahramonlarning

nomlari berilgan: Axill, Patrokl, Gektor, Nestor, Priam, Agamemnon va hokazo. Har bir «troyachi», Jupiter va Quyosh atrofida shunday aylanadiki, «troyachi», Jupiter va Quyosh istagan bir momentda teng tomonli uchburchakning uchlarida joylashgan bo'ladi. «Troyachilarni Jupiterdan uzoqda uni kuzatib, u bilan birga boradigan o'ziga teng bir xil yo'ldoshlari deb hisoblash mumkin, bulardan ba'zilari undan 60° oldinda, ba'zilari shuncha orqada bo'lib, hammasi ham Quyosh atrofida birday vaqt ichida aylanadi.

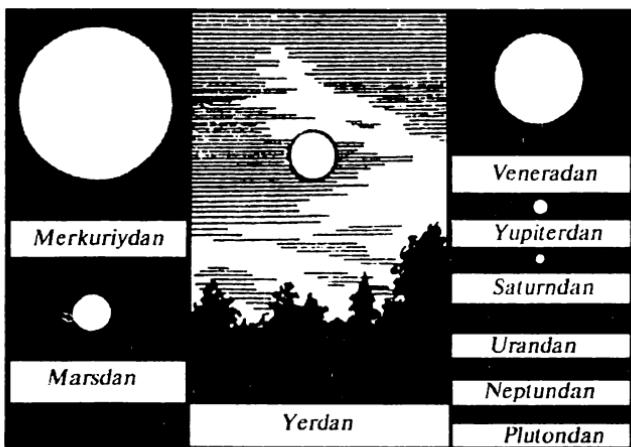
Bu sayyora uchburchagining muvozanati turg'un: agar birorta asteroid o'zining vaziyatidan chiqsa edi, tortish kuchlari uni avvalgi vaziyatiga qaytaradi. «Bir-biriga tortilayotgan uchta jismning shu xilda haraktchan muvozanatda bo'lishini, sof nazariy tekshirishlarida fransuz matematigi Lagranj «troyachilar» kashf qilinishdan ko'p oldin nazarda tutgan edi. Bu holni Lagranj qiziq matematik masala deb hisobladi va olamda bunga o'xhash nisbat real ravishda amalga osharmikin, deb gumonsiradi. Asteroidlarni qunt bilan izlanishlar shunga olib keldiki, Lagranjning nazariy tekshirishlarida topilgan bu hol uchun **bizning** o'zimizning sayyora sistemamiz doirasida real illyustratsiya topligan. Bunda kichik sayyoralar degan nom bilan birlashtiriladigan ko'p sonli osmon jismlarini sinchiklab o'rganishning astronomiya fanining taraqqiy qilishi uchun ahamiyati qanday katta bo'lishi yaqqol ko'rindi.

O'zga osmonlar

Biz Oydan turib Yerga va boshqa yoritgichlarga ko'z tashlash uchun farazan Oyga uchgan edik.

Endi Quyosh sistemasidagi sayyoralarga borib ko'raylik va ularda turib osmon manzaralarini tomosha qilaylik.

Veneradan boshlaylik. Agar undagi atmosfera tiniq bo'lsa edi, biz Quyosh diskining yuzini o'zimizning osmonimizda yarqiragan Quyosh diskini yuzidan ikki marta katta bo'lishini ko'rardik (68-rasm). Shunga yarasha, Quyosh Yerga qaraganda Veneraga issiqlik va yorug'likni ikki marta



68- rasm. Boshqa sayyoralardan turib qaraganda Quyosh va Oyning ko‘rinma kattaligi.

ko‘proq yuboradi. Veneraning tungi osmonida bizni odatdan tashqari yorug‘ yulduz hayratda qoldirardi. Bu—ikkala sayyoranining kattaligi deyarli birday bo‘lsa ham, bunda Venera Yer osmonida yarqiraganga qaraganda ko‘p kuchli yarqiragan Yerdir. Buning nima uchun shunday bo‘lishini tushunish oson. Venera Quyosh atrofsida Yerga qaraganda yaqinroqda aylanadi. Shuning uchun u Yerga eng yaqin bo‘lgan vaqtida biz uni butunlay ko‘ra olmaymiz: u bizga yoritilmagan, qorong‘i tomoni bilan qaragan bo‘ladi. U ko‘rinishi uchun bir oz chetraq ketishi kerak, unda yorug‘lik faqat Venera diskining bir qismini tashkil qiladigan tor yoydan keladi. Mars qarama-qarshi turishida bizda qanday to‘la diskni bilan yarqirasa, Yer Veneraga eng yaqin vaqtida uning osmonida shunday to‘la diskni bilan yarqiraydi. Natijada to‘la fazada to‘lganida Venera eng ravshan yarqiragandagiga qaraganda olti marta ravshanroq yarqiraydi, ammo shuni takror aytish kerakki, bizning qo‘sнимизнинг osmoni juda tiniq bo‘lganidagina Yer shunday yarqiraydi. Biroq Yerning yarqirashi Veneraning tungi yarmini kuchli yoritib, uning «kul rangi» vujudga kelishiga sabab bo‘la oladi deyish xato bo‘lardi: Yerning Venerani yoritish kuchi

normal shamning 35 m masofvada turib yoritishiga teng keladi; bu albatta, «kul rang» hodisasini vujudga keltirish uchun kifoya qilmaydi.

Ko'pincha Venera osmonida Yer yorug'ligiga yana bizning Oyimizning yorug'ligi qo'shiladi, Oy esa Venera osmonida Siriusdan ko'ra to'rt marta ravshanroq yoritadi. Butun Quyosh sistemasi Venera osmonini bezaydigan qo'shaloq yoritgich Yer— Oydan porloqroq obyekt topilarmikin. Venerada turib kuzatuvchi ko'p vaqt Yermi, Oyni ayrim ko'rardi, teleskopdan qaraganda esa unda hatto Oy yuzining detallari ham ko'rinar edi.

Venera osmonida yorug'lik sochadigan ravshan sayyora— Mekuriy uning ertalabki va kechqurungi yulduzidir. Aytgancha, Yerdan qaraganda ham Merkuriy ravshan yulduz bo'lib, uning ravshanligida Siriusning yorug'ligi xiralashib qoladi, Venera osmonida bu sayyora Yerdagiga qaraganda uch baravar ravshanroq yarqiraydi. Ammo Mars $2\frac{1}{2}$ marta kuchsizroq yarqiraydi: bizda Yupiterning yarqirashidan sal xiraroq bo'ladi.

Harakatsiz yulduzlarga kelganda esa, yulduz to'plamlarining shakli Quyosh sistemasining hamma sayyoralarini osmonida ham mutlaqo birday bo'ladi. Merkuriyda, Yupiterda, Saturnda, Neptunda va Plutonda turib qaraganimizda biz osmondagи yulduz bezaklarini birday ko'rardik. Sayyoramizning uzoqligiga qaraganda yulduzlar bizdan shuncha uzoq masofadadir.

* * *

Veneradan kichkina Merkuriya uchaylik, atmosferasi bo'lмаган kun bilan tun almashinuvni bo'lmaydigan g'alati dunyoga ko'chaylik. Merkuriy osmonida Quyosh Yerdagiga qaraganda olti marta katta (yuzi jihatidan) bo'lgan disk ravishida bo'ladi (68-rasm). Merkuriy osmonida bizning sayyoramiz, Venera Yer osmonida yoritishiga qaraganda taxminan ikki marta odatdan tashqari ravshanroq yoritadi. Veneraning o'zi esa bu yerda odatdan tashqari ravshan yarqiraydi. Bizning sayyora sistemamizda hech qanday

yulduz yoki sayyora hech qayerda Merkuriyning bulutsiz qorong'i osmonida yoritgandek ko'z qamashtirarli darajada yarqiramaydi.

* * *

*

Marsga ko'chaylik. Bunda Quyoshning yuzi Yerdan qaragandagidan ko'ra uch marta kichikroq bo'lgan disk bo'lib ko'rindi (68-rasm). Bizning Yerimiz Mars osmonida bizning osmonimizda Venera yarqiragandek ertalabki va kechqurungi yulduz kabi ko'rindi-yu, ammo bizga Jupiter xiraroq ko'ringandek u ham taxminan shunday xiraroq yarqiraydi. Bunda Yer xech vaqt to'la fazasida ko'rinnmaydi: marsliklar Yer diskining birdaniga faqat $\frac{3}{4}$ qismida oshig'ini ko'ra olmas edilar. Marsdan qaraganda Yerni ham, uning yo'ldoshi Oyning ham fazalari ko'rinnardi.

Mars osmonida diqqatni o'ziga Marsning eng yaqin yo'ldoshi Fobos jalb qilishi kerak: arzimas darajada kichik (diametri 16 km) bo'lishi bilan birga, u Marsga shuncha yaqinki, «to'lin fobos» davrida bizda Veneraning yarqirashiga qaraganda 25 marta ravshanroq yarqiraydi. Marsning ikkinchi yo'ldoshi Deymosning ravshanligi ancha kam bo'lsa-da, u ham Mars osmonida bo'lishiga qaramasdan, Fobos Marsga shuncha yaqinki, uning fazalari Marsdan turib qaraganda aniq ko'rindi. Ko'zi juda o'tkir odam balki Deymosning fazalarini ham payqardi (Deymos Marsdan turib qaraganda 1' burchak ostida; Fobos esa taxminan 6' burchak ostida ko'rindi).

Yana uzoq safarga jo'nash oldidan Marsning eng yaqin yo'ldoshida to'xtalaylik. Bundan turib qaraganimizda biz haddan tashqari ajoyib bir manzara ko'ramiz: osmonda fazalarini tez-tez o'zgartiradigan, bizning oyimizdan bir necha ming marta yorug' bo'lgan odatdan tashqari, bahaybat disk yarqiraydi. Bu—Mars. Uning diskini osmonda 41° ishg'ol qiladi, ya'ni bizning Oyimizdan 80 marta katta bo'ladi. Faqat Yupiterning eng yaqin yo'ldoshidagina osmonning xuddi shunga o'xshash haddan tashqari qiziq manzarasini ko'rish mumkin.

Endi hozirgina tilga olingan gigant sayyoraga ko'chaylik. Agar Yupiterning osmoni beg'ubor bo'lsa edi, unda Quyosh bizning osmonimizdagiga qaraganda 25 marta kichik disk kabi yorug'lik sochardi (68-rasm). Quyosh unda shuncha marta xiraroq ham bo'lardi. Unda besh soatlik qisqa kun o'rniga tezda tun keladi; yulduzlar orasidan biz o'zimiz bilgan sayyoralarni qidiraylik. Albatta, biz ularni topamiz, ammo ular qanday o'zgaribdilar! Merkuriy Quyosh nurlarida tomoman yo'qoladi; Venera va Yerni teleskopda faqat oqshom va tong yallig'ida kuzatish mumkin—ular Quyosh bilan bir vaqtida botadi¹. Mars zo'rg'a ko'rindi. Ammo shunga yarasha Saturn ravshanligida Sirius bilan muvaffaqiyat bilan raqqobatlashadi...

Yupiter osmonida uning oyлari ko'zga ko'rinarlik joy oladi: Yer Venera osmonida qanday ravshan yorug'iк sochsa, Yupiter osmonida uning I va II yo'ldoshi haн shunday yorug'lik sochadi, III yo'ldoshi Veneradan ko'tingan Yerga qaraganda uch baravar ravshanroq, IV va V yo'ldoshlari Siriusga qaraganda bir necha marta ravshanroq bo'ladi. Ularning o'lichovlariga kelganda, birinchi to'rtta yo'ldoshning ko'rinishma diametri Quyoshning ko'rinishma diametridan katta bo'ladi. Birinchi uch yo'ldosh har bir aylanishida Yupiterning soyasiga kiradi, shuning uchun ular hech vaqt to'la disk fazasida ko'rinishmaydi. Bu olamda Quyoshning to'la tutilishlari ham bo'ladi, ammo ularning ko'rinish yuzasi o'z ichiga Yupiter yuzining faqat kambar polosasini oladi.

Ammo atmosfera Yupiterda ham bizning Yerimizdagadek tiniqmikin: shunday tiniq bo'lishi uchun u oshiqcha baland va zichdir. Atmosferaning ancha zich bo'lishi Yupiterda yorug'lik nurlarining sinishiga bog'liq bo'lgan tomoman boshqacha, uning o'ziga xos bo'lgan optik hodisalarining maydonga kelishiga sabab bo'lishi mumkin. Yerda atmosfera

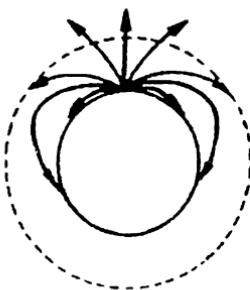
¹ Yupiter osmonida Yer sakkizinchи kattalikdagи yulduzdek yorug'lik sochadi.

yorug'lik nurlarini kam sindiradi va yoritgichlarning osmonda ko'tarilishini (optik ko'tarilishini) vujudga keltiradi, xolos (39- betga qarang). Ammo Yupiterning atmosferasi baland va zinch bo'lganida ancha kuchli optik hodisalar maydonga kelishi mumkin. Sayyora sirtining birorta nuqtasidan og'ma chiqqan nurlar atmosferadan tashqariga chiqib ketmasdan, Yer atmosferasida radio to'lqinlar qayirilganidek sayyora sirtiga tomon qayirliadi (69- rasm).

Bu nuqtada turgan kuzatuvchi odatdan tashqari g'alati narsa ko'rishi mumkin. U o'zini juda katta kosaning tagida his qiladi. G'oyat katta sayyoraning deyarli hamma sirti kosa ichiga joylashgan bo'lib, uning konturlari kosaning chetlariga yaqin kuchli qisilgan, yalpoqlangan bo'ladi. Kosaning ustida esa osmon

ko'rinati — bizdagidek yarim osmon emas, balki osmonning deyarlik hammasi ko'rinati, faqat kosaning chetlarida bu osmonni tuman bosgandek bo'lib, konturlari xiralashgandek bo'ladi. Bu g'alati osmonda Quyosh hech vaqt botmaydi, shuning uchun yarim kechada Quyoshni sayyoraning istagan bir joyida turib ko'rish mumkin. Yupiterda haqiqatdan ham shunday odatdan tashqari sharoit bormi, buni albatta, hozircha aytib bo'lmaydi.

O'zining eng yaqin yo'ldoshlaridan turib qaraganda ko'rindigan Yupiterning o'zini tomosha qilish haddan tashqari qiziqdir (70-rasm). Masalan, beshinch (eng yaqin) yo'ldoshidan turib qaraganda sayyoraning nihoyatda katta bahaybat diskii bizning Oyimiz diskidan deyarli 90 marta katta¹ bo'lib, Quyoshdan atigi oltmisht etti marta kam yorug'ik sochadi. U o'zining pastki cheti bilan



69- rasm. Yorug'lik nurlining Yupiter atmosferasida shu xilda egrilanishi mumkinligi. (Bu hodisani natijalari to'g'risida matnda so'zlanadi).

¹ Bu yo'ldoshidan qaraganda Yupiterning burchak diametri 44° dan oshiqroq.

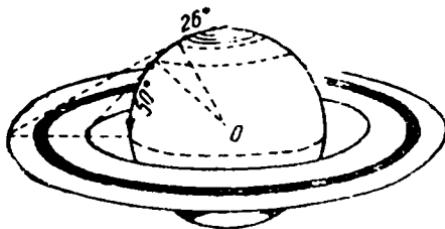


70- rasm. O'zining uchinchi yo'ldoshidan kuzatiladigan Yupiter.

gorizontga tekkanida, ustki cheti osmon gumbazini, 3 o'rtasida bo'ladi.

Gorizont tagiga tushganida bu disk hamma usqning sak-kizdan bir qismini ishg'ol qiladi. Bu tez aylanayotgan disk yuzidan goh-gohda qora doiralar – Yupiter oylarining soyalari o'tadi, bular, albatta, gigant sayyorani ozgina bo'lsa ham xiralashtira olmaydi.

Bundan keyingi sayyora, Saturnga o'tib, faqat Saturnda turib qaragan odamga bu sayyoraning mashhur halqlarini qanday ko'rinishini ko'zdan kechiraylik. Hammadan oldin bu halqlar Saturnning hamma nuqtalaridan ham ko'rina bermas ekan. Qutblardan boshlab 64-parallelgacha bu halqlar butunlay ko'rinnmaydigan punktlar joylashgan. Bu qutb o'lkalarining chegarasida faqat sirtqi halqanining tashqi chetini ko'rish mumkin (71-rasm). 64-parallelдан boshlab 50-parallelgacha halqlarning ko'rinishi sharoiti yaxshilanadi, borgan sari ko'proq qismi ko'rindi. 50-parallelda esa kuzatuvchi bu yerda eng katta burchak, 12°burchak ostida ko'ringan halqlarning butun kengligini tomosha qilishi mumkin. Sayyoraning ekvatoriga yaqin bu halqlar gorizontdan yuqoriroq ko'tarilsa ham, kuzatuvchiga torga o'xshab ko'rindi. Saturn ekvatorining o'zida halqlarni osmon



71- rasm. Saturn halqalarining bu sayyora sirtining har xil nuqtalari uchun ko'rinishligini qanday aniqlash kerak. Qutb o'lkalarida 64-parallelgacha halqalar butunlay ko'rinxaydi.

gumbazini g'arbdan sharqqa qarab kesib o'tadigan zenitdan o'tadigan juda tor polosa ravishda ko'rish mumkin.

Bu aytilgan gaplardan hali halqalarning ko'rinish sharoiti to'g'risida to'la tasavvur hosil qilib bo'lmaydi. Shuni esda tutish kerakki, halqalarning ikkinchi tomoni soyada qoladi. Ularning bu yoritilgan qismi Saturnning qaysi tomoniga qaragan bo'lsa, uning shu yarmidangina ko'rindi. Saturnning uzoq davom qilgan yili ichida halqalarni faqat sayyoraning bir yarmida turib ko'rish (qolgan vaqtida ular uning ikkinchi yarmidan ko'rindi) unda ham ko'pincha kunduzigina ko'rish mumkin. Halqalar kechasi ko'ringan ozgina soatlar davomida ularni qisman sayyoraning soyasi to'sadi. Nihoyat, yana bir tafsilot: sayyoraning ekvatorial rayonlarini bir qator Yer yillari davomida halqalar to'sadi.

Shubhasizki, agar kuzatuvchi Saturnning birorta yo'l-doshida turib qarasa, nihoyatda go'zal manzara ko'rindi. O'zining halqlari bilan birlikda Satum, ayniqsa yoy shaklida ko'ringan to'la bo'limgan fazasida shunday bir tomoshaki, bunday tomoshani bizning sayyora sistemamizning boshqa hech bir yeridan turib qaraganda ko'rib bo'lmaydi. Osmonda yon tomondan ko'rilgan tor halqa polosalari bilan kesilgan odatdan tashqari katta yoy namoyon bo'ladi, bularning atrofida ham Saturn halqalari bo'lib, bular ham yoy shaklida bo'lsa-da, ammo kichik bo'ladi.

Sonlar bilan ko'rsatilgan sayyora sistemasi

O'ichovlari. Massalari, zichliklari. Yo'ldoshlari

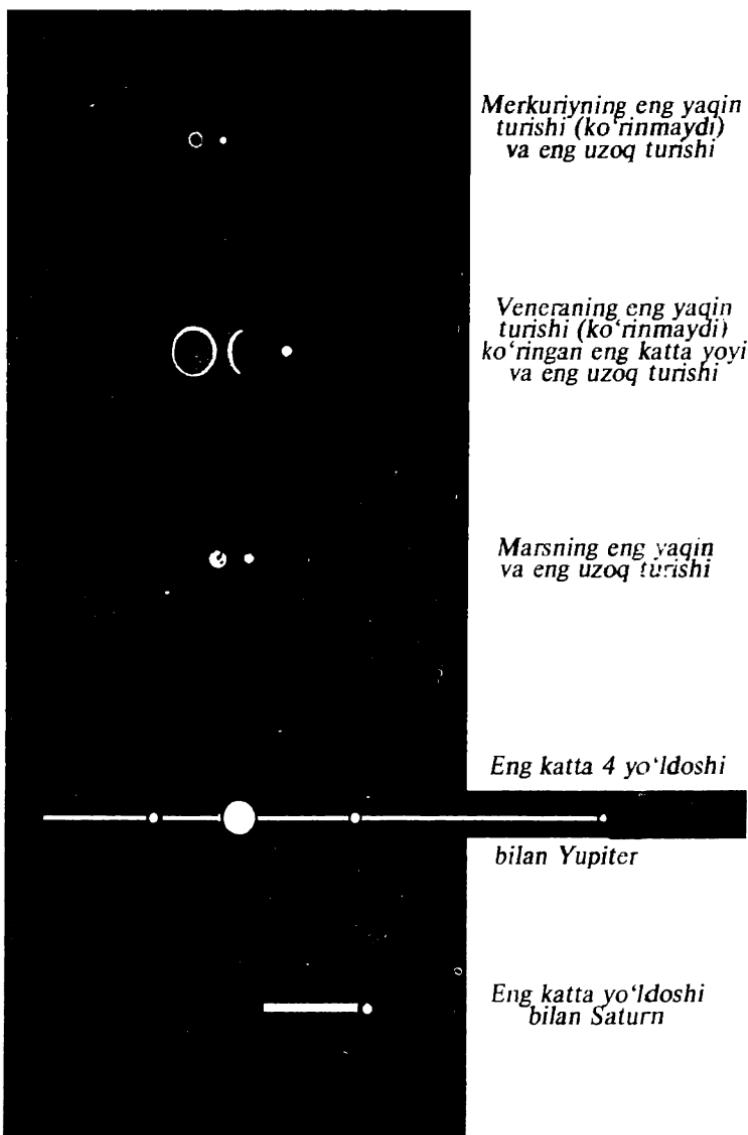
691

Sayyoralarining nomi	O'rtacha diametr			Hajmi (Yer-1)	Massa (Yer-1)	Zichlik		Yo'ldoshlarning soni			
	Sekundlar hisobida ko'rinma diametr	Haqiqiy diametr				Yer-1	Suv-1				
		kilometrlar hisobida	Yer-1								
Merkuriy	13-4,7	4700	0,37	0,050	0,054	1,00	5,5	—			
Venera	64-10	12400	0,97	0,90	0,814	0,92	5,1				
Yer		12757	1	1,00	1,000	1,00	5,2	1			
Mars	25-3,5	6600	0,52	0,14	0,107	0,74	4,1	2			
Yupiter	50-30,5	142000	11,2	1295	318,4	0,24	1,35	12			
Saturn	20,5-15	120000	9,5	745	95,2	0,13	0,71	9			
Uran	4,2-3,4	51000	4,0	63	14,6	0,23	1,30	5			
Neptun	2,4-2,2	55000	4,3	78	17,3	0,22	1,20	2			
Pluton	0,2"	5900	0,47	0,1	?	?	?	?			

(Jadvalning davomi)

Masofalar. Aylanishlar. Og'irlik.

Sayyoralar-ning nomlari	O'rtacha masofa		Orbita-ning ekssen-trisiteti	Yer yillari hisobida Quyosh atrofi daaylanish vaqtি	Orbitada o'rtacha tezlik km/s	O'z o'qi atrofida aylanish davri	Ekvator-ning orbita tekisligiga og'maligi	Og'irlik kuchlanish (Yer-1)
	astronomik birliliklarda	Mln. kilometr						
Merkuriy	0,387	57,9	0,21	0,24	47,8	88 d	?	
Venera	0,723	108,1	0,007	0,62	35	30 d?	?	
Yer	1,000	149,5	0,017	1	29,76	23 soat 56m	23°27'	1
Mars	1,524	227,8	0,093	1,88	24	24 soat 37m	25°10'	0,37
Yupiter	5,203	777,8	0,048	11,86	13	9 soat 37m	3°01'	2,64
Saturn	9,539	1426,1	0,056	29,46	9,6	10 soat 14m	26°45'	1,13
Uran	19,191	2869,1	0,047	84,02	6,8	10 soat 48m	98°00'	
Neptun	30,071	4495,7	0,009	164,8	5,4	15 soat 48m	29°36'	1,14
Pluton	39,458	5899,1	0,25	247,7	4 -	?	?	?



72- rasm. 100 marta katta qilib ko'rsatadigan teleskopda Oy va sayyoralar. Oyning diskini yuqorida aytildiganicha katta qilib ko'rsatilganda qanday ko'rindi?



Rasmni ko'zdan 25 sm uzoqlikda tutish kerak, unda teleskopda qanday ko'rinsa, bu rasmda ham shunday ko'rindan.

Quyidagi jadvalda har xil yoritgichlarning boshqa sayyoralar osmonida qiyosiy ravshanligi kamaya borgan tartibda ko'rsatilgan:

1. Merkuriydan Venera
2. Veneradan Yer
3. Merkuriydan Yer
4. Marsdan Venera
5. Yerdan Venera
6. Veneradan Venera
7. Marsdan Yupiter
8. Yerdan Mars
9. Veneradan Merkuriy
10. Marsdan Yer
11. Yerdan Yupiter'
12. Veneradan Yupiter
13. Merkuriydan Yupiter
14. Yupiterdan Saturn

Bunda biz №5,7 va 10 sayyoralarning Yerdan ko'rinishini ajratib ko'rsatdik, chunki bu sayyoralarning bizga tanish bo'lgan ravshanligi boshqa sayyoralardagi ko'rinishlarini baholash uchun suyanchiq bo'lishi mumkin. Ayniqsa, bunda bizning o'zimizning sayyoramiz— Yer ravshanlik jihatidan Quyoshga yaqin sayyoralar osmonida birinchi joylardan birini olishi yaqqol ko'rinaldi: hatto u Merkuriy osmonida ham bizda Venera va Yupiter sochgan yorug'likdan kuchliroq nur sochadi.

«Sayyoralarning yulduz kattaligi» degan maqolada (IV bobda) biz Yer va boshqa sayyoralarning ravshanligiga miqdor jihatidan aniqroq baho berish masalasiga yana to'xtalib o'tamiz.

Nihoyat, Quyosh sistemasiga doir sonli ma'lumotlar keltiramiz. Bu ma'lumotlar kitobxonga ma'lumot uchun zarur bo'lishi mumkin.

Quyosh: diametri 1390 600 km, hajmi 1301, 200 (Yerniki – 1) massasi 333 443 (Yerniki – 1), zichligi 1,41 (svniki – 1).

Oy: diametri 3473 km, hajmi 0,203 (Yerniki-1), massasi 0,0123 (Yerniki-1), zichligi 3,34 (suvniki-1). Yerdan o'ttacha uzoqligi 384 400 km.

160—161- betlarda 100 marta katta qilib ko'rsatadigan kichikroq teleskopda sayyoralar qanday bo'lib ko'rinishi yaqqol qitib ko'rsatilgan. Chap tomonda, solishtirib ko'rish uchun, shuncha kattalashtirganda Oyning qanday bo'lib ko'rinishi berilgan (rasmni aniq ko'rish masofasida, ya'ni ko'zdan 25 sm uzoqlikda tutish kerak). O'ng tomonda yuqorida shuncha kattalashtirishda Merkuriyning bizdan eng uzoq va bizga eng yaqin bo'lgan qanday ko'rinishi ko'rsatilgan. Uning tagida— Venera, so'ngra Mars, Jupiter sistemasi va eng katta yo'ldoshi bilan Saturn tasvirlangan (Sayyoralarning ko'rinma kattaliklari to'g'risida mening «Qiziqarli fizika» (2-kitob, IX bob) nomli asarimga qarang)¹.

¹ Quyosh sistemasi haqidagi bilimlarni mustaqil to'lg'azishni istaganlarga S.N. Blajkoning «Kurs obshey astronomii» kitobini tavsiya qilish mumkin. Gostexizdat, 1947- y.



YULDUZLAR

Nima uchun yulduzlar yulduzga o‘xshab ko‘rinadi?

Yulduzlarga qaraganimizda biz ulardan har tarafga nur chiqqandek ko‘ramiz.

Yulduzlarning shu xilda nurli bo‘lishining sababi bizning ko‘zimizning tuzilishida, qorachig‘imizning tuzilishi yaxshi oynadek bir jinsli bo‘lmasdan tolali bo‘lib yetarli darajada tiniq bo‘lmasligidadir. Bu to‘qrисida Gelmgols («Ko‘rish nazariyasi yutuqlari» degan mavzudagi nutqida) mana bunday deydi:

«Yorug‘ nuqtalarining bizning ko‘zimizda hosil bo‘lgan tasvirlari noto‘g‘ri nurli bo‘lib ko‘rinadi. Buning sababi qorachiqa bo‘lib, uning tolalari oltita yo‘nalishda nursimon joylashgan bo‘ladi. Bizga yorug‘lik chiqaradigan nuqtalardan, masalan, yulduzlardan, uzoqdagi olovdan chiqqanga o‘xshab ko‘ringan nurlar— qorachiqning nurli tuzilishining namoyon bo‘lishidan boshqa narsa emas Ko‘zning bu kamchiligi hammada ham bo‘lishi shundan ko‘rinadiki. har qanday nurli shaklni odatda yulduzsimon deydilar...»

Bizning qorachig‘imizning bu kamchiligidan qutiiish va yulduzlarni teleskopdan foydalanmasdan, nursiz ravishda ko‘rish usuli bor. Bu usulni bundan 400 yil ilgari Leonardo da Vinci ko‘rsatib bergan.

«Yuludzlarga,—deb yozadi u,—nursiz ko‘rinadigan qilib qara. Ingichka ninaning uchi bilan qilingan kichkina teshikdan uni ko‘zga jijs tegadigan qilib qo‘yib qaraganda bunga erishish mumkin. Sen bunda yulduzлами shuncha kichkina ko‘rasanki, bundan ham kichkina narsa yo‘qqa o‘xshab ko‘rinadi».

Bu Gelmgolsning yulduzlar «nurlari» ning kelib chiqishi haqida aytganlariga xilof emas. Aksincha, bu tajriba uning nazariyasini tasdiqlaydi: juda kichkina teshikdan qaraganimizda biz ko‘zimizga faqat qorachig‘imizning markaziy qismidan o‘tadigan va shuning uchun qorachiqning tuzilish ta’siriga uchramaydigan ingichka yorug‘lik nurlari dastasini o‘tkazamiz¹.

Demak, agar bizning ko‘zimizning tuzilishi mukammallahganroq bo‘lsa edi, biz osmonda «yulduz» emas, balki yorug‘lik sochayotgan nuqtani ko‘rardik.

Nima uchun yulduzlar miltillaydi-yu, sayyoralar tinchgina yorug‘lik sochadi?

Hatto osmon xaritasini bilmaganingizda ham oddiy ko‘z bilan qaraganda qo‘zg‘olmas yulduzni «daydi» yulduzdan, ya’ni sayyoradan² ajratish juda oson. Sayyoralar tinchgina yorug‘lik sochadi, yulduzlar esa tinmay miltillaydi, birdan o‘t olib ketgandek bo‘ladi, qaltilaydi, ravshanligi o‘zgaradi, ravshan yulduzlar gorizontdan uncha baland bo‘lmaganida har xil ranglar bilan to‘xtovsiz tovlanadi. «Bu yorug‘lik-deydi Flammariion,— goh ravshan, goh xira, almashinib turadigan goh oq, goh yashil, goh qizil, tiniq olmosdek yarqiraydigan yorug‘lik yulduz sahrolarini jonlantiradi, yulduzlarni xuddi osmondan Yerga qaragan ko‘zlarga o‘xshatgisi keladi, kishi». Sovuq kechalari va shamolda hamda yomg‘irdan keyin osmondagi bulutlar tezda tarqalib ketib, osmon beg‘ubor bo‘lib qolganda yulduzlar ayniqsa kuchli va chiroylik miltillaydi³. Osmonda baland turgan yulduzlardan

¹ «Yulduz nurlari» haqida gapirganimizda biz bunda yulduzga ko‘zimizni qisib qaraganimizda yulduzdan bizga tomon cho‘zilganga o‘xshab ko‘ringan nurni nazarda tutmaymiz: bu hodisa yorug‘likning ko‘z kipriklarida diffraksiya qilish sababli ro‘y beradi.

² Grekcha «sayyora» degan so‘zning dastlabki ma’nosи «daydi yulduz» demakdir.

³ Yozda yulduzlarning kuchli miltillashi yomg‘ir yaqinlashayotganining alomatidir, chunki bu tsiklonining yaqinligini ko‘rsatadi. Yomg‘ir yog‘ish oldidan yulduzlar ko‘pincha ko‘k rangli bo‘lib, qurg‘oqchilik oldidan yashil rangli bo‘lib tovlanadi (Xanevskiy, «Svetoviye yavleniya v atmosfere»).

ko'ra gorizont ustida turgan yulduzlarning miltillashi kuchliroq seziladi; oq yulduzlar sarg'ish yoki qizg'ish yulduzlardan ko'ra kuchliroq miltillaydi.

Nur sochishdek miltillash ham yulduzlarning o'ziga xos xususiyati emas; yulduzlarning miltillashiga Yer atmosferasi sababchidir, yulduzlardan kelgan nur odamning ko'ziga kelib tushguncha o'sha atmosfera orqali o'tadi. Yerni qurshab olgan notinch atmosferadan yuqori chiqib koinotga qarasak, yulduzlarning miltillashini ko'rmas edik: unda yulduzlar tinch, o'zgarmas yorug'lik sochardi.

Jazirama issiq kunda Quyosh Yerni isitganida uzoqdagi buyumlar nima uchun titragandek ko'rinsa, yulduzlarning miltillashining ham sababi shudir.

Yulduzlardan kelgan yorug'lik bir jinsli muhitdan emas, temperaturalari ham, zichliklari ham har xil, demak, nurlarni har xil sindiradigan gaz qatlamlaridan o'tadi. Bundan atmosferada o'zlarining joylashuvini to'xtovsiz o'zgartirib turadigan hisobsiz ko'p optik prizmalar, qavariq va botiq linzalar sochilib yotganga o'xshaydi. Yorug'lik nurlari bulardan o'tganida goh tarqalib, goh to'planib, ko'p martalar to'g'ri yo'lidan og'ishadi. Buning natijasida yulduzning ravshanligi tez-tez almashinib turadi. Yorug'lik nurlari singanida ranglarga ajralish ham ro'y berganidan yulduzning ravshanligi o'zgarishi bilan birga rangi ham o'zgarishi kuzatiladi.

«Miltillayotgan yulduzning,— deb yozadi miltillash hodisasini tekshirgan Pulkovo astronomi G. A. Fixov, — ma'lum bir vaqt ichida rangi necha marta o'zgarishini hisoblashga imkon beradigan usullari bor. Bu o'zgarishlar odatdan tashqari tez hamda bularning soni har xil hollarda sekundiga bir necha o'ndan tortib yuz va undan ham oshiq bo'lar ekan. Bunga quyidagi oddiy usul yordami bilan ishonch hosil qilish mumkin. Binokl olib, u bilan ravshan yulduzga qarang, binoklning obyektivini tez-tez aylantiring. Unda siz yulduz o'rniga har xil rangli ayrim yulduzlardan iborat halqa ko'rasiz. Yulduz sekin miltillaganida yoki binoklni tez aylantirganda bu halqa yulduzlarga ajralish o'rniga uzunligi turlicha bo'lgan har xil rangli yoylarga ajraladi.

Endi nima uchun sayyoralar yulduzlardek miltillamasdan tinchgina tekis yorug'lik sochishini tushuntirish qoladi. Sayyoralar yulduzlarga qaraganda bizga ko'p yaqin; shuning uchun ular bizga nuqtaga o'xshab emas, balki yorug'lik sochadigan doirachaga o'xshab ko'rindi. Albatta, bu doirachaning burchak kattaligi shunchalik kichik bo'ladi, ularning yorug'ligi ko'zni qamashtiradigan bo'lgani uchun bu burchak kattaligi sezilmaydi ham.

Bu doiraning ham bir nuqtasi miltillaydi, ammo ayrim nuqtalarning ravshanligi va rangi o'zgarishi har xil vaqt mometnlarida har qaysisiniki o'ziga ayrim, bir-biriga bog'lanmasdan mustaqil bo'ladi, shuning uchun ular bir-birini to'lg'azadi, bir nuqtaning ravshanligi kamayishi ikkinchisining kuchayishi bilan almashinadi; oqabitda sayyoralar tinch, miltillamaydigan yorug'lik sochadi.

Demak, sayyoralarning birdaniga ko'p nuqtalari, ammlar har xil mometrarda miltillagani uchun bizga miltillamaydiganga o'xshab ko'rinar ekan.

Yulduzlarni kunduzi ko'rib bo'ladimi?

Kunduzi bizning tepamizda bundan yarim yil oldin kechasi ko'ringan yulduzlar to'plami bo'ladi va yarim yil o'tgandan keyin ular tungi osmonni yana bezaydi. Yerning yoritilgan atmosferasi ularni ko'rishga halaqit beradi, chunki havo zarralari Quyosh nurlarini yulduzlar bizga yuborgan yorug'likdan ko'ra ko'proq tarqatib yuboradi¹.

Kun yorug'ida yulduzlarning shu xilda yo'qolishini osongina tajriba tushuntirib berishi mumkin. Karton qutichaning yon devorida birorta yulduz to'plamiga o'xshatib

¹Osmanni baland tog' tepasiga chiqib kuzatsak, ya'ni atmosferaning eng zich va changi ko'p qismi pastda bo'lsa, eng ravshan yulduzlarni kunduzi ham ko'rish mumkin. Masalan, Ararat tog'ining cho'qqisida (5 km balandlikda) birinchi kattalikdagи yulduzlarni kunduzi soati 2 da yaxshi ajratish mumkin; unda osmonning rangi qoramtil-ko'k. (Biroq, qiziqliki, Fedoseenko va Vasenkolarning xotira daftarlari qaraganda esa osmon «qora binafsha» rangda bo'lsa ham, «Osoaviam» stratostati komandasasi 21 km balandlikka chiqib, hech qanday yulduz ko'rinnaydi, debdi).

bir necha kichkina teshik ochiladi, qutichaning tashqi tomoniga oq qog'oz yopishtiriladi. Qutichani qorong'i uyga qo'yib, ichkari tomonidan yoritiladi: unda qutichaning teshilgan devorida ichkari tomonidan yoritilgan teshikchalar aniq ko'rindi—bu osmondag'i yulduzlar bo'ladi. Quticha ichkari tomondan yoritilib turganda uyni kuchli lampa yondirib yoritsak, qog'ozdag'i sun'iy yulduzlarning asari ham qolmaydi: bu «kun yorug'i» yulduzlarni to'sadi, ko'rinnmaydigan qilib qo'yadi.

Chuqur shaxtalar, quduqlar tubidan turib qaraganda baland mo'rkon va shu singarilardan qaraganda yulduzlarni kunduzi ham ajratish mumkin degan gaplar kitoblarda ko'p yoziladi. Obro'li olimlarning nomiga tayanib quvvatlangan bu ko'p tarqalgan flkr yaqindagina tekshirib ko'rildi va tajribada tasdiqlanmadи.

Aslda bu to'g'rida yozgan qadimgi olim Aristoteldan tortib, XIX asrda yashagan olim Djon Gershelgacha bo'lg'in mualliflardan birortasi bu sharoitda o'zi yulduzlar.uu kuzatmagan. Hammasi ham uchinchi shaxslarning (birovlarining) guvohligiga havola qilishadi. «O'z ko'zi bilan ko'rganlarning» guvohligi qancha ishonchsiz bo'lishini quyidagi juda qiziq misol yaqqol ko'rsatib beradi. Amerika jurnallaridan birida quduq tubida turib yulduzlarni kunduz ko'rish mumkin degan gaplarning behuda gap ekanligi haqida maqola bosildi. Bir fermer esa 20 metrli silos bashnyasida kunduzi Kapella va Algolni o'z ko'zim bilan ko'rdim deb redaktsiyaga xat yozib, bu maqolani qattiq turib rad qildi. Biroq tekshirib ko'rulganda fermer yashagan kenglikda yilning o'sha davrida bu yuldzulardan bittasi ham, zenitda bo'lmasligi aniqlandi, demak, bu yulduzlarning bittasi ham minora tagidan qaraganda ko'rinishi mumkin bo'lmasligi ekan.

Nazariy jihatdan qaraganda shaxta yoki quduq yulduzlarni kunduzi ko'rish uchun yordam beradi deyishga asos yo'q. Biz yuqorida aytganimizcha yulduzlarning kunduz ko'rinnmasligining sababi shundaki, kunduz ular osmon rangida xiralanib qoladi. Bu shart esa shaxta tubidan turib qaragan odam ko'zi uchun o'sha shartligicha qola beradi.

Faqat shaxta devorlarining davomida yon tomondan tushadigan yorug'lik bo'lmaydi, ammo shaxta og'zidan tepadagi havo qatlaming hamma zarralari tarqatgan nurlar esa haligidek yulduzlarning ko'rinishiga halal berishi kerak.

Bunda faqat quduqning devorlari ko'zni Quyoshning yorug' nurlaridan saqlaydi, xolos; ammo bu hol yulduzlarni emas, faqat sayyoramizni kuzatishni osonlashtirishi mumkin.

Teleskopdan qaragani kunduz yulduzlar ko'plar o'ylaganicha «truba tagidan» qaragani uchun ko'rinnmaydi, balki shishalarda nurlarning sinishi yoki ko'zgularda qaytishi osmonning kuzatilayotgan uchaskasining ravshanligini kamaytirgani uchun ko'rindi, nuqta ravishida ko'ringan yulduzning o'zining ravshanligi esa, oshadi. Obyektivining diametri 7 sm bo'lgan teleskopdan qaraganda kunduz birinchi kattalikdagi, hatto ikkinchi kattalikdagi yulduzlar ham ko'rish mumkin. Ammo bu aytilganlarni quduqlarg shaxtalarga, mo'rkonlarga tatbiq qilib bo'lmaydi.

Ravshan sayyoralar—Venera, Yupiter, qarama-qarshi turish vaqtida Marsga kelganda esa gap boshqacha. Bu sayyoralar yuldzularga qaraganda ancha ravshan, shuning uchun qulay sharoitda ular kunduzi ham ko'rinishi mumkin («...-betdag'i sayyoralarning kunduzgi yorug'likda ko'rinishi» bo'limiga qarang).

Yulduz kattaligi nima?

Birinchi kattalikdagi yulduzlar va birinchi kattalikda bo'Imagan yulduzlar borligini astronomiyadan juda kam xabardor odamlar ham biladi: bu iborani hamma ishlataladi. Ammo birinchi kattalikdagi yulduzlardan ravshanroq: nol kattalikdagi, hatto manfiy kattalikdagi yulduzlar borligini ular eshitmagan bo'lishi mumkin; manfiy kattalikdagi yulduzularga osmondag'i eng ravshan yulduzlar kirishi bizning Quyoshimiz esa minus 27-kattalikdagi «yulduz» ekanligi beso'naqay gapga o'xshab ko'rinishi mumkin. Hatto ba'zi odamlar balki buni manfiy sonning ma'nosini buzish deb qarashlari ham mumkin. Ammo biz xuddi mana shu yerda manfiy sonlar haqidagi ta'limotning izchillik bilan amalga oshirilishini ko'ramiz.

Yulduzlarni kattaliklariga qarab klassifikatsiya qilinishini batafsilroq ko'raylik. Bunda «kattalik» degandan yulduzning geometriya o'lchovlari emas, balki ko'ringan ravshanligi tushunilishini eslatib o'tirishga ehtiyoj bo'lmasa kerak. Qadim zamonlardayoq eng ravshan, kechki osmonda hammadan oldin chiqadigan yulduzlarni birinchi kattalikdagi yulduzlarga kirgizildi. Ulardan keyin ikkinchi kattalikdagi yulduzlar kelardi, undan keyin uchinchi va hokazo, to qurollanmagan ko'zga zo'rg'a ko'rindigan oltinchi kattalikdagi yulduzlarga borardi. Yulduzlarni ravshanligiga qarab shu xilda subyektiv ajratish yangi zamon astronomlarini qanoatlanliga olmadı. Yulduzlarni ravshanligiga qarab klassifikatsiya qilishning mustahkam asosları ishlab chiqildi. Bu asoslar quyidagilardan iborat. Eng ravshan yulduzlar o'rta hisob bilan olganda (bu yulduzlarning ravshanligi birday emas) hali oddiy ko'zga ko'rindigan eng kuchsiz yulduzlarga qaraganda xuddi 100 marta ravshanroq bo'lishi topilgan.

Yulduzlarning ravshanlik shkalasi shunday tuzilgan¹, birin-ketin keladigan ikkita kattalikdagi yulduzning ravshanlik nisbati¹ o'zgarmaydi. Bu «yorug'lik nisbatini» n harfi bilan belgilaganimizda qyidagini hosil qilamiz:

2-kattalikdagi yulduzlar	2-kattalikdagi yulduzlardan	n	marta	kuchsizroq
3-	« «	2-	« «	« «
4-	« «	3-	« «	« «

va hokazo

Agar qolgan hamma yulduzlarning ravshanligini birinchi kattalikdagi yulduzlarning ravshanligiga solishtirib ko'rsak, quyidagilarni hosil qilamiz:

3-kattalikdagi yulduzlar	1-kattalikdagi yulduzlardan	n^2	marta	kuchsizroq
4-	« «	1-	« «	n^3 «
4-	« «	1-	« «	n^4 «
6-	« «	1-	« «	n^5 «

Kuzatishlardan $n^5=100$ bo'lishi topilgan. Endi yorug'lik nisbati n ni topish (logarifmlar yordami bilan) oson:

$$n = \sqrt[5]{100} = 2,51$$

¹ Yorug'lik nisbatining yanada aniqroq qiymati 2,512.

Demak, har bir yulduz kattaligi o'zidan oldingi kattalikdagi yulduzdan $2\frac{1}{2}$ marta kuchsizroq bo'lar ekan.

Yulduz algebrasi

Eng ravshan yulduzlar to'dasini ko'rib chiqaylik. Yuqorida biz bu yulduzlarning ravshanligi birday emasligini aytib o'tdik: bulardan ba'zilari o'rtacha ravshanlikdagisidan bir necha marta ravshanroq, ba'zilari xiraroq bo'ladi (bularning o'rtacha ravshanlik darajasi shundayki, bu ravshanlik oddiy ko'z bilan qaraganda zo'rg'a ko'rindigan yulduzlarning ravshanligidan 100 marta oshiq bo'ladi).

Birinchi kattalikdagi o'rtacha yulduzning ravshanligidan $2\frac{1}{2}$ marta ravshanroq yulduzlarning ravshanlik belgisini o'zini topaylik. Birdan oldin qanday son turibdi? O turibd? Demak, bunday yulduzlarni «nol» kattalikdagi yulduzla, qatoriga kirgizish kerak ekan. Birinchi katalikdagi yulduzlardan $2\frac{1}{2}$ marta emas, balki atigi bir yarim marta yoki ikki marta ravshanroq yulduzlarni qaysi qatorga kirgizish kerak? Bu yulduzlarning o'rnini 1 bilan 0 orasida bo'ladi, ya'ni bunday yoritgichning yulduz kattaligi musbat kasr son bilan ifoda qilinadi; bunday yulduzlarni «0,9 yulduz kataligidagi», «0,6 yulduz kataligidagi» yulduz deydilar va hokazo. Bu yulduzlar birinchi kattalikdagi yulduzlardan ravshanroq bo'ladi.

Endi yulduzlarning ravshanligini belgilash uchun manfiy sonlar kirgizish kerakligi ham tushunilsa kerak. Yorug'lik kuchi nol kattalikdagi yulduzlarnikidan oshiq bo'lgan yulduzlar bor ekan, demak, ularning ravshanligi nolning narigi tomonida turgan sonlar – manfiy sonlar bilan ifoda qilinishi kerakligi o'z-o'zidan tushuniladi. Ravshanlikning «minus 1», «minus 2», «minus 1,6» va shu singari deb ta'irflashlar mana shundan keladi.

Astronomiya amaliyotida yulduzlarning «kattaligi» maxsus asboblar – fotometrlar yordami bilan aniqlanadi: yoritgichning ravshanligi yorug'lik kuchi ma'lum bo'lgan belgini bir yulduzning ravshanligiga, yoki asbobidagi «sun'iy yulduz»ning ravshanligiga solishtiriladi.

Butun osmonda eng yorqin yulduz — Siriusning yulduz kattaligi «minus 1,6», Kanopus yulduzning (bu yulduz faqat janubiy kengliklarda ko‘rinadi) yulduz kattaligi «minus 0,9». Shimoliy yarimsharning eng ravshan yulduzi Veganiki 0,1; Kaprella va Arkturini 0,2, Rigelniki 0,3, Prosonniki 0,5, Altairniki 0,9 (shuni esda tutish kerakki, 0,5 kattalikdagi yulduz 0,9 kattalikdagi yulduzdan ravshan bo‘ladi va hokazo).

Quyida osmondagি eng yorqin yulduzlarning yulduz kattaligini ko‘rsatgan ro‘yxatni keltiramiz (qavs ichida yulduz turkumlarining nomlari ko‘rsatilgan).

Sirius (katta Itning α yulduzi) —	1,6	Betelgezya (Orioning α si) ...	0,9
Kanopus (Kilning α si) —	0,9	Altair (Burugutning α si)	0,9
Sentavming α si	0,1	Janubiy Butning α si	1,1
Vega (Liraning α si....)	0,1	Aldebaran (Savrning α si)	1,1
Kapella (Bravakashning α si)	0,2	Pollkus (Egizakning β si)	1,1
Arktur (Ho‘kizboqarning α si)	0,2	Spika (Sunbulaning α si)	1,2
Rigel (Orioning β si) ..	0,3	Antares (Aqrabning α si) ...	1,2
Protson (Kiehik Itning α si).....	—	Formalgaut (Janubiy Bاليقning α si)	1,3
Axernar (Eridananing α si)	0,6	Deneb (Oqqushning α si) ...	1,3
Sentavming β si	0,9	Regul (Asadning α si)	1,3

Bu jadvalni ko‘zdan kechirganimizda biz raso birinchi kattalikda bo‘lgan yulduz yo‘qligini ko‘ramiz: 0,9 kattalikdagi yulduzdan ro‘yxat bizni 1,0 (birinchi) kattalikdan o‘tib ketib, 1,1 kattalikka 1,2 va hokazolarga olib chiqib ketadi. Demak, birinchi kattalikdagi yulduz faqat shartli standart bo‘lib, osmonda u yo‘q ekan.

Yulduzlarning yulduz kattaliklariga bo‘linishi yulduzlarning o‘zlarining fizik xossalalariga qarab bo‘ladi deb o‘ylash yaramaydi. Bu bo‘lish bizning ko‘rish xususiyatlarimizga bog‘liqidir va hamma sezgi a’zolari uchun umumiyo‘b‘igan «Veber — Fexner psixofiziologik qonuning natijasidir. Ko‘rish sezgisiga tatbiq qilganimizda bu qonun: yorug‘lik manbaining kuchi geometrik progressiyada o‘zgarsa, yorqinlik hissiyoti arifmetik progressiyada o‘zgaradi, deydi.

(Qizig'i shundaki, yulduzlarning ravshanligi qanday prinsipda o'lchansa, fiziklar tovush va shovqunlarning intensivligini ham shu prinsipga asoslanib baholaydilar; bu to'g'rida to'laroq ma'lumotni kitobxon mening «Qiziqarli fizika» va «Qiziqarli algebra» nomli kitoblarimda topadi).

Ravshanlikning astronomik shkalasi bilan tanishgandan keyin endi ba'zi bir ibratli hisoblash ishlari bilan shug'ullanaylik. Masalan, uchinchi kattalikdagi yulduzning nechasining birga olganda birinchi kattalikdagi bitta yulduzdek yorug'lik sochishni hisoblaylik. Biz bilamizki, uchinchi kattalikdagi yulduz birinchi kattalikdagi yulduzdan 2,5² marta, ya'ni 6,3 marta kuchsiz bo'ladi; demak, birinchi kattalikdagi yulduzdek yorug'lik sochishi uchun 6,3 ta uchinchi kattalikdagi yulduzni almashtirish uchun to'rtinchi kattalikdagi yulduzdan 15,8 ta olish kerak bo'lardi va hokazo. Quyidagi jadvalda keltirilgan sonlar shunga o'xhash hisoblash yo'li bilan topilgan¹.

Birinchi kattalikdagi bitta yulduzni almashtirish uchun boshqa kattalikdagi yulduzlardan quyidagicha olish kerak:

2=	2,5	7=	250
3=	6,3	10=	4000
4=	16	11=	10000
5=	40	16=	1000000
6=	100		

Yettinchi kattalikdan boshlab biz endi oddiy ko'z bilan qaraganda ko'rinnmaydigan yulduzlar olamiga kirib ketamiz. O'n oltinchi kattalikdagi yulduzlarni faqat juda kuchli teleskoplarda ajratish mumkin: ularni oddiy ko'z bilan ko'rish uchun tabiiy ko'rish sezgirligi 10000 marta kuchayishi kerak, unda biz ularni hozir oltinchi kattalikdagi yulduzlarni ko'rgandek ko'ramiz. Yuqorida keltirilgan jadvalda, albatta, «birinchidan oldingi» kattalikdagi yulduzlarga joy berilmasligi turgan gap. Bunday yulduzlarning ba'zi birlarini ham hisoblab ko'raylik. Beshinchi kattalikdagi yulduz (Prozion) birinchi kattalikdagi yulduzlardan 2,5^{0,5},

¹ Bunday hisoblarni osonlashtirgan narsa shuki, yorug'lik nisbatining logarifmi juda oddiy son bilan ifoda qilinadi; u 0,4 ga teng.

ya'ni bir yarim marta ravshanroq. Minus 0,9 kattalikdagi yulduz (Kanopus) birinchi kattalikdagi yulduzdan $2,5^{1,9}$, ya'ni 5,8 marta, minus 1,6= kattalikdagi yulduz (Sirius) $2,5^{2,6}$, ya'ni 11 marta ravshanroq bo'ladi.

Nihoyat, yana bir qiziq hisob: yulduzli (ko'zga ko'ringan) butun osmon yorug'ining o'mini necha birinchi kattalikdagi yulduz bosa olar edi?

Osmomonning bir yarimsharida birinchi kattalikdagi yulduzlardan 10 ta bor deylik. Keyingi sinf yulduzlarining soni oldingi sinf yulduzlarining sonidan uch marta ko'p bo'lishi payqalgan, ularning ravshanligi esa oldingilarinikidan 2,5 marta kam. Shuning uchun qidirilgan yulduzlar soni quyidagi progressiya xadlarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$10 + \left(10,3 \frac{1}{2,5}\right) + \left(10,3^2 \frac{1}{2,2^2}\right) + \dots + \left(10,3^5 \frac{1}{2,5^5}\right).$$

Bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{10 \cdot \left(\frac{3}{2,5}\right)^6 - 10}{\frac{3}{2,5} - 1} = 95.$$

Demak, oddiy ko'z bilan qaraganda bir yarimsharda ko'rinadigan yulduzlarning yorug'lik yig'indisi taxminan 100 ta birinchi kattalikdagi yulduzning sochgan yorug'ligiga (yoki bitta minus to'rtinchi kattalikdagi yulduz yorug'ligiga) teng ekan.

Agar shunga o'xshagan hisoblarni oddiy ko'zga ko'rinadigan yulduzlarnigina emas, balki hozirgi teleskoplarda ko'rinadigan hamma yulduzлarni ham nazarda tutib takrorlasak, bu yulduzlarning hammasining yig'indi yorug'ligi 1100 ta birinchi kattalikdagi yulduzning sochgan yorug'ligiga (yoki bitta minus 6,6 kattalikdagi yulduznikiga) teng ekanligi ma'lum bo'ladi.

Ko'z va teleskop

Yulduzlarni teleskopda kuzatish va oddiy ko'z bilan kuzatishni solishtirib ko'raylik.

Kechalari kuzatishda odam ko'zi qorachig'inining diametri o'rta hisob bilan 7 mm bo'ladi deb qabul qilaylik. Obyektivining diametri 5 sm bo'lgan teleskop nurlarni ko'z qorachig'iga qaraganda ($50/7$)⁵, ya'ni taxminan 50 marta ko'proq, obyektivining diametri 50 sm bo'lgani esa 500 marta ko'proq o'tkazadi. Kuzatiladigan yulduzlarning ravshanligini teleskop mana shuncha marta kuchaytiradi! (Bu gaplar faqat yulduzlarga oid bo'lib, ko'rinarlik diski bo'lgan sayyoralaraga hech aloqasi yo'q. Sayyoralar tasviring ravshanligini hisoblashda teleskopning optik kattalash-tirishini ham e'tiborga olish kerak).

Buni bilganingizda siz, teleskopdan qaraganda ma'lum bir kattalikdagi yulduzlarni ko'rish mumkin bo'lishi uchun uning obyektivining diametri qancha bo'lishi kerakligini hisoblappingiz mumkin; ammo bunda obyektivning diametri ma'lum kattalikda bo'lgan teleskopdan qaraganda nechanchi kattalikkacha bo'lgan yulduzlar ko'rinishini bilish kerak. Misol uchun, siz teshigining diametri 64 sm bo'lgan teleskopdan qaraganda 15- kattalikdagi yulduzlarni ko'rib bo'lishini bilasiz, deylik. Bundan keyingi 16-kattalikdagi yulduzlarni ko'rish uchun qanday obyektiv kerak? Buning uchun proporsiya tuzamiz:

$$\frac{x^2}{64^2} = 2,5,$$

bunda x — obyektivning qidirilayotgan diametri. Bundan quyidagi chiqadi:

$$x=64 \sqrt{2,5} \approx 100 \text{ sm}.$$

Buning uchun obyektivining diametri bir metr bo'lgan teleskop kerak bo'ladi. Umuman, teleskopning ko'rsatish qobiliyatini (o'tkirligini) bitta yulduz kattaligiga oshirish uchun obyektivi diametrini $\sqrt{2,5}$, ya'ni 1,6 marta oshirish kerak.

Quyosh va Oyning yulduz kattaligi

Osmon yoritg'ichlariga algebraik ekskursiyamzni davom qildiraylik. Yulduzlarning ravshanligini baholash uchun tatbiq qilinadigan shkalada qo'zg'olmas yulduzlardan tashqari, boshqa yoritgichlar — sayyoralar, Quyosh, Oy

ham o'ziga joy topishi mumkin. Sayyoralarning ravshanligi to'g'risida biz ayrim gaplashamiz; hozir esa faqat Quyosh bilan Oyning yulduz kattaligini ko'rsatib o'tamiz. Quyoshning yulduz kattaligi minus 26,8, to'lin¹ Oyniki esa minus 12,6. Nima uchun bu sonning ikkalasi ham mansiy bo'lishi kitobxonga bundan oldin aytilganlardan tushuniladi, deb o'yaymiz. Balki Quyosh bilan Oyning yulduz kattaligi orasida farq kam bo'lishi tushunmovchilik tug'dirar: birinchisi «ikkinchisidan atigi ikki marta katta».

Biroq shuni esdan chiqarmaylikki, yulduz kattaligining belgisi aslida ma'lum bir (asos 2,5 bo'lgan) logarifmdir. Sonlarni bir-biriga solishtirishda ularning birining logarifmini ikkinchisini kiga bo'lish yaramagandek, yulduz kattaliklarini solishtirib ko'rishda ham bir sonni ikkinchisiga bo'lish hech qanday ma'no bermaydi. To'g'ri solishtirishning natijasi qanday bo'lishini quyidagi hisob ko'rsatadi.

Quyoshning yulduz kattaligi «minus 26,8» deyar ekanmiz, buning ma'nosи Quyosh birinchi kattalikdagi yulduzdan $2,5^{27,8}$ marta ravshan demakdir. Oy esa birinchi kattalikdagi yulduzdan

$$2,5^{13,6} \text{ marta ravshan.}$$

Demak, Quyoshning ravshanligi to'lin Oy ravshanligidan

$$\frac{2,5^{27,8}}{2,5^{13,6}} \approx 2,5^{14,2} \text{ marta oshiq ekan.}$$

Buni logarifmlar jadvali yordami bilan hisoblab chiqqanimizda 447000 chiqadi. Demak, Quyosh bilan Oy ravshanligining to'g'ri nisbati mana shu ekan: havo ochiq bo'lganda kunduzgi yoritgich Yerni bulutsiz kechasi yoritgan to'lin Oyga qaraganda 447000 marta kuchliroq yoritadi.

Oyning bizga bergen issiqligining miqdori uning sochgan yorug'linining miqdoriga proportional deb hisoblaganimizda, bu esa haqiqatga yaqin bo'lsa kerak,—Oy bizga issiqlikni ham Quyoshga qaraganda 447000 marta kam beradi deyish kerak. Ma'lumki, Yer atmosferasi chegarasida har santi-

¹ Birinchi va oxirgi chorakda Oyning yulduz kataligi minus 9.

metr kvadratga Quyoshdan har minutda 2 kichik kaloriya issiqlik keladi. Demak, Oydan Yerning har santimetr kvadrat yuziga har minutda kichik kaloriyaning 225000 dan bir hissasidan ham oshiq issiqlik kelmaydi (ya'ni Oydan kelgan issiqlik 1 g suvni 1 minutda gradusning 225000 dan bir hissasicha isitadi). Bundan Yerdagi obi-havoga Oy yorug'ligi ta'sir qiladi, degan gaplarning naqadar asossiz ekanligi ko'rinish turibdi¹.

To'lin Oy nurlarning ta'siri ostida ko'pincha bulutlar erib ketadi degan ko'p tarqalgan fikr, juda qo'pol xato fikrdir. Bu hodisa—kechalari bulutlarning yo'qolishi (boshqa sabablar tufayli ro'y berib) faqat oydinda ko'zga aniq ko'rinishidan bo'ladi.

Endi Oyni qo'yib turaylik va Quyosh butun osmonda eng yorug' yulduz Siriusdan necha marta ravshanroq yorug'roq ekanligini hisoblaylik. Yuqoridagidek mulohaza qilib, bularning ravshanligi nisbatini topamiz:

$$\frac{2,5^{27,8}}{2,5^{2,6}} \approx 2,5^{25,2} = 10\ 000\ 000\ 000,$$

ya'ni Quyosh Siriusdan 10 milliard marta ravshanroq ekan.

Quyidagi hisob ham juda qiziq: to'lin Oyning bergen yorug'ligi, yulduzli butun osmonning yorug'lididan, ya'ni, osmonning bitta yarimsharida oddiy ko'zga ko'rinaligan hamma yulduzlar bergen yorug'likdan necha marta kuchliroq? Yuqorida biz birinchi kattalikdagagi yulduzdan tortib oltinchi kattalikdagigacha bo'lgan hamma yulduzlarni olganimizda ular hammasi birlikda birinchi kattalikdagagi yuzta yulduzdek yoritishini hisobladik. Demak, bu masala Oy birinchi kattalikdagagi yuzta yulduzdan necha marta yorug'roq ekanligini hisoblashdan iborat bo'lib qoladi.

Bu nisbat

$$\frac{2,5^{13,6}}{100} = 2700.$$

¹Oy o'zining tortish kuchi bilan obihavoga ta'sir qila oladimi degan masala kitobning oxirida tekshiriladi («Oy va ob-havo» degan maqolaga qarang).

Demak, havo ochiq kechada biz yulduzli osmondan to‘lin Oydan olgan yorug‘likning 2700 dan bir hissasini, va 2700 x 447000, ya’ni bulutsiz kunda Quyosh bergan yorug‘likdan 1200 million marta kamroq yorug‘lik olar ekanmiz. Yana shuni aytib o‘taylik, normal xalqaro «sham» ning 1 m uzoqlikda yulduz kattaligi minus 14,2, demak, o‘sha masofada «sham» to‘lin Oydan $2,5^{14,2-13,6}$, ya’ni to‘rt marta kuchliroq yoritadi.

Shunisi ham qiziqliki, 2 milliard sham kuchiga ega bo‘lgan aviations mayak projektori Oydek uzoqlikdan turib qaraganimizda $4^1/2$, kattalikdagi yulduzdek ko‘rinardi, ya’ni oddiy ko‘z bilan qaraganda ham ko‘rinardi.

Quyosh va yulduzlarning haqiqiy ravshanligi

Bizning hozirgacha yoritgichlarning ravshanligiga bergen baholarimizning hammasi ularning ko‘rinma ravshanligi a oid edi. Keltirilgan sonlar yoritgichlar haqiqatda qanday masofada bo‘lsa, o’shanda turib yoritganida ravshanligi qanday bo‘lishini ko‘rsatadi. Ammo biz yaxshi bilamizki, yulduzlar bizdan birday uzoqlikda emas, shuning uchun yulduzlarning ko‘rinma ravshanligi bizga ularning ham haqiqiy ravshanligini, ham bizdan uzoqligini bildiradi,—to‘g‘rirog‘i to biz bu ikkala faktorni bir-biridan ajratmaguncha ko‘rinma ravshanlik haqiqiy ravshanlikni ham, uzoqlikni ham bildirmaydi. Ammo har xil yulduzlar bizdan birday uzoqlikda bo‘lganda ularning qiyosiy ravshanligi yoki «nur sochuvchanligi» qanday bo‘lishini bilish juda muhimdir.

Astronomlar masalani shu xilda qo‘yib, yulduzlarning «absolut» yulduz kattaligi degan tushunchani kirdizadilar. Yulduzning absolut yulduz kattaligi deb, yulduz bizdan 10 «parsek» uzoqlikda bo‘lganda ega bo‘lgan yulduz kattaligiga aytildi. Parsek—yulduzlarning uzoqligini o‘lchashda qo‘llaniladigan maxsus uzunlik birligidir; bu birlikning kelib chiqishi haqida biz keyinroq ayrim suhbat qilarmiz, hozir esa faqat bir parsek taxminan 30800000000000 km bo‘lishini aytib o‘tamiz, xolos. Agar yulduzgacha bo‘lgan masofani

bilsak va ravshanlik masofaning kvadratiga proporsional ravishda kamayishi kerakligini e'tiborga olsak, absolut yulduz kattaligini hisoblash oson¹.

Kitobxonni biz shunday hisobdan faqat ikkitasi bilan: Sirius uchun bo'lgan hisob va Quyosh uchun bo'lgan hisob bilan tanishtiramiz. Siriusning absolut yulduz kattaligi +1,3. Quyoshni +4,8. Bu 3080000000000000 kilometr joydan turib Sirius bizga 1,3 katalikdagi yulduzdek. bizning Quyoshimiz esa 4,8 katalikdagi yulduzdek yorug'lik sochardi degan gap, ya'ni Quyoshning ko'rinma ravshanligi Siriusnikidan 100000000000 marta katta bo'lsa ham, u Siriusdan

$$\frac{2,5^{3,8}}{2,5^{0,3}} = 2,5^{3,5} = 25 \text{ marta kichikroq bo'ladi.}$$

Biz ko'rdikki, Quyosh osmonda eng ravshan yulduz emas ekan. Biroq Quyoshni uni o'rab olgan yulduzni orasida juda ham kichkina, mitti deb hisoblash yaramaydi: uning yorug'lik sochuvchanligi o'rtadan yuqori. Yulduzlar statistikaga muvofiq 10 parsek masofagacha hisoblaganda

¹ Hisoblash quyidagi ko'rsatilgan formula bo'yicha olib boriladi, bu formulaning qanday kelib chiqishi kitobxonga keyinroq, «parsek» va «parallaks» bilan yaqindan tanishgandan so'ng ochiq-oydin bo'lib koladi:

$$2,5 m = 2,5 t \left(\frac{\pi}{0,1} \right)^2.$$

Bunda m – yulduzning absolut kattaligi, t – uning ko'rinma kattaligi. π – yulduzning sekundlarda ko'rsatilgan parallaksi. Bunda ketma-ket shakl o'zgartirishlar quyidagicha:

$$\begin{aligned} 2,5 m &= 2,5 t \cdot 100 \pi^2 \\ m \lg 2,5 &= t \lg 2,5 + 2 + 2 \lg \pi \\ 0,4 m &= 0,4 t + 2 + 2 \lg \pi, \end{aligned}$$

bunda

$$m = t + 5 + 5 \lg \pi$$

Masalan, Sirius uchun $t = -1,6$ $\pi = 0,38''$. Shuning uchun uning absolut kattaligi

$$m = -1,6 + 5 + 5 \lg 0,38 = 1,3$$

Quyoshni o'rəb olgan, yorug'lik sochishi o'rtacha bo'lgan yulduzlar to'qqizinchi absolut kattalikdagi yulduzlardir. Quyoshning absolut kattaligi 4,8 bo'lganidan, uning yorug'ligi «qo'shni» yulduzlardan o'rtachasiga qaraganda

$$\frac{2,5^*}{2,5^{3,8}} = 2,5^{4,2} = 50 \text{ marta}$$

ravshanroq bo'ladi.

Quyosh Siriusdan 25 marta absolut xira bo'lsa ham, o'zini o'rəb olgan yulduzlarning o'rtachalaridan 50 marta ravshanroq ekan.

Ma'lum bo'lgan yulduzlardan eng ravshani

Eng katta yorug'lik sochgan yulduz Oltin Baliq yulduzlar turkumidagi oddiy ko'zga ko'rinxmaydigan sakkizinchi turkumidagi yulduzchadir, bu yulduzcha lotinc'a S harfi bilan belgilanadi. Oltin Baliq yulduzlar turkur.ii osmonning janubiy yarimsharida bo'lib, bizning yarimsharimiz o'rtacha poyasida ko'rinxmaydi. Yuqorida aytib o'tilgan yulduzcha biz bilan qo'shni Kichik Magellan Buluti yulduzlar sistemasi tarkibiga kiradi, bu sistema bizdan Siriusgacha bo'lgan masofaga qaraganda 12000 marta uzoqroq, deb hisoblanadi. Bunday uzoqlikdagi yulduz hatto sakkizinchi kattalikda bo'lib ko'rinxadigan bo'lganda ham, odatdan tashqari kuchli yorug'lik sochishi kerak. Sirius shunday uzoqlikka oborib qo'yilsa edi, 17- kattalikdagi yulduzdek yorug'lik sochardi, ya'ni eng kuchli teleskopda zo'rg'a ko'rinati.

Bu ajoyib yulduzning yorug'lik sochuvchanligi qancha ekan? Hisoblash natijalari minus to'qqizinchi kattalikda ekanligini ko'rsatadi. Bu esa bizning yulduzimiz Quyoshdan taxminan 400000 marta ravshan degan gap! Yorug'lik sochishi shunday odatdan tashqari kuchli bo'lgan bu yulduzni Sirius uzoqligida joylashtirilganda edi, Siriusga qaraganda to'qqizta kattalik ravshanroq bo'lardi, ya'ni uning ravshanligi taxminan Oyning chorak fazadagi ravshanligiga teng bo'lardi! Siriuscha masofada turib Yerga shunday kuchli

yorug'lik sochgan yulduz bizga ma'lum bo'lgan yulduzlardan eng ravshani degan nomni olishga hech shubhasiz haqlidir.

Sayyoralarning Yer osmonida va boshqalarning osmonida yulduz kattaligi

Endi boshqa sayyoralarga qilgan faraziy sayohatimizga («Boshqalarning osmonlari» bo'limida qilgan sayohatimizga) qaytaylik va bunda yorug'lik sochadigan yoritgichning ravshanligini aniqroq baholaylik. Hammadan oldin Yer osmonida sayyoralarning eng ravshan vaqtidagi yulduz kattaligini ko'rsatib beraylik.

Mana jadval:

Yer osmonida:

Venera.....	— 4,3	Saturn.....	— 0,4
Mars.....	— 2,8	Uran.....	+ 5,7
Yupiter.....	— 2,5	Neptun.....	+ 7,6
Merkuriy.....	— 1,2		

Bu jadvalni ko'zdan kechirar ekanmiz, Veneraning Yupiterdan deyarlik ikki yulduz kattaligicha, ya'ni $2,5^{2-6,25}$ marta ravshanroq, Sirius esa $2,5^{2,7}=13$ marta ravshanroq bo'lishini ko'ramiz (Siriusning ravshanligi — 1,6- kattalik). O'sha jadvalning o'zidan ko'rinaradiki, xira sayyora Saturn Sirius va Kanopusni hisobga olmaganda hamma qo'zg'olmas yulduzlardan ko'ra ravshanroq ekan. Bunda biz sayyoralarning (Venera, Yupiterning) oddiy ko'zga kunduz ham ko'rinishining sababini tushunamiz. Yulduzlarni esa oddiy ko'z bilan kunduz mutlaqo ko'rib bo'lmaydi.

Quyida biz yangidan izoh berib o'tirmasdan, Venera, Mars va Yupiter osmonida yoritgichlarning ravshanligi qanday bo'lishini ko'rsatgan jadvallarni keltiramiz, bunda izoh bermasligimizning sababi shuki, bu jadvallar faqat «Boshqalarning osmoni» degan maqolada aytilgan gaplarni son jihatidan ifoda qiladi, xolos:

Mars osmonida:

Quyosh	-26
Fobos	-8
Deymos	-3,7
Venera	-3,2
Yupiter	-2,8
Yer	-2,6
Merkuriy	-0,8
Saturn	-0,6

Venera osmonida:

Quyosh	-27,5
Yer	-6,6
Merkuriy	-2,7
Yupiter	-2,4
Yer Oyi	-2,4
Saturn	-0,3

Yupiter osmonida

Quyosh	- 23	IV yo'ldosh.	- 3,3
I yo'ldosh.	- 7,7	V yo'ldosh.	- 2,8
II.....	- 6,4	Saturn	- 2
III.....	- 5,6	Venera	- 0,3

Sayyoralarning o'zlarining yo'ldoshlari osmonidagi ravshanligini baholashda birinchi o'ringa Fobos osmonida «to'la» Marsni (-22,5) qo'yish kerak, undan keyin V yo'ldoshining osmonida «to'la» Yupiterni (-21) va yo'ldoshi Mimas osmonida «to'la» Saturnni (-20) qo'yish kerak: bunda Saturnning ravshanligi Quyoshga qaraganda atigi besh marta kam bo'ladi, xolos.

Nihoyat, sayyoralarning biridan turib ikkinchisini kuzatishda ularning ravshanligini ko'rsatadigan quyidagi jadval juda ibratlidir. Bunda sayyoralar ravshanligi kamaya borgan tartibda joylashtirilgan.

Yulduz kattaligi

Merkuriydan Venera	- 7,7
Veneradan Yer	- 6,6
Merkuriydan Yer	- 5
Yerdan Venera	- 4,3
Marsdan Venera	- 3,2
Marsdan Yupiter	- 2,8
Yerdan Mars	- 2,8

Yuludz kattaligi

Veneradan Merkuriy	- 2,7
Marsdan Yer	- 2,6
Yerdan Yupiter	- 2,5
Veneradan Yupiter	- 2,4
Merkuriydan Yupiter	- 2,2
Yupiterdan Saturn	- 2

Jadval asosiy sayyoralar osmonida eng ravshan yoritgich Merkuriydan qaraganda Venera, Veneradan qaraganda Yer va Merkuriydan qaraganda Yer ekanligini ko'rsatadi.

Nima uchun teleskop yulduzlarni katta qilib ko'rsatmaydi?

Nima uchun yulduzlarga durbin orqali birinchi marta qaragan odamlar Oy va sayyoralarini ancha katta qilib ko'rsatgan durbin sira kattalashtirmasligini, hatto ularni diskib o'limgan ravshan nuqtaga aylantirib, kichraytirib qo'yishini ko'rib, taajjublanadilar. Buni osmonga qurollangan ko'z bilan nazar tashlagan birinchi odam—Galiley ham payqagan. O'zi ixtiro qilgan durbin yordami bilan o'tkazgan birinchi kuzatishlarni tasvir qilib, u quyidagilarni aytdi:

«Durbindan qaraganda sayyoralarining ko'rinishi bilan qo'zg'almas yulduzlarning ko'rinishi orasidagi farqqa e'tibor qilsa, arziydi. Sayyoralar kichkina doiralardek, chetlari keskin, aniq kichkina tangachalardek ko'rindi. Qo'zg'almas yulduzlarning chetlarini ajratib olib bo'lmaydi, xiralashgan bo'ladi... Durbin faqat ularning ravshanligini oshiradi, 5-va 6- kattalikdagi yulduzlar, qo'zg'almas yulduzlar ichida eng yorqini bo'lgan Siriusdek ravshan ko'rindi».

Yulduzlarga nisbatan teleskopning shunday kuchsizligini tushuntirish uchun fiziologiya va ko'rish fizikasidan ba'zi bir narsalarni eslatib o'tish kerak. Biz o'zimizni uzoqlashayotgan odamga qaraganimizda bizning ko'zimizning to'r pardasida uning tasviri borgan sari kichraya boradi. Odam bizdan ancha uzoqlashib qolsa, to'r pardasida uning boshi va oyoqlari bir-biriga shuruncha yaqin keladiki, to'r pardasining ayrim elementlariga (nerv uchlariga) tushmasdan, bir elementning o'ziga tushadi, unda odamning gavdasi bizga bitta nuqta bo'lib ko'rindi. Ko'pchilik odamlarda buyum ko'rinyotgan burchak l' gacha kamayib qolganida bu hol ro'y beradi. Teleskopning vazifasi ko'zning buyumni ko'radigan burchagini oshirish yoki, boshqacha aytganda, buyumning har bir detali tasvirini to'r pardanering bir necha

qo'shni elementlariga yoyishdan iboratdir. Agar buyumga teleskopdan qaraganda u bizga o'shancha masofadan turib oddiy ko'z bilan qaragandagidan ko'ra 100 marta katta bo'lgan burchak ostida ko'rinsa, teleskop «100 marta katta qilib ko'rsatadi», deyiladi. Agar shuncha katta qilishda birorta detal l' dan kichik burchak ostida ko'rinsa, bu teleskop detalni sinchiklab ko'rish uchun kifoya qilmaydi.

Yerdan Oygacha bo'lgan masofada turib 1000 marta katta qilib ko'rsatadigan teleskopdan qaraganda ajratish mumkin bo'lgan eng mayda detalning diametri 110 m bo'lishi, Quyoshgacha bo'lgan masofada esa 4 km bo'lishi kerakligini hisoblash oson. Ammo shu hisobni bizga eng yaqin bo'lgan yulduz uchun bajarganimizda g'oyat katta son = 12000000 km chiqadi.

Bizning Quyoshimizning diametri bundan 8 $\frac{1}{2}$ marta kichik. Demak, Quyoshni bizga eng yaqin yulduz uzoqligidagi masofaga oborib qo'yganimizda, u hato 1000 marta katta qilib ko'rsatadigan teleskopda ham nuqtadek bo'lib ko'rinishi kerak. Kuchli teleskopdan qaraganda bizga eng yaqin yulduzning diskini ko'rinishi uchun uning hajmi Quyosh hajmidan 600 marta katta bo'lishi lozim. Buning uchun Siriusdek uzoqlikda bo'lgan yulduzning hajmi Quyoshnikidan 5000 marta katta bo'lishi kerak. Yulduzlarning ko'pchiligi hozir aytilgan masofalardan ko'p uzoq bo'lganidan, kattaliklari esa o'rta hisob bilan olganda Quyoshning kattaligidan bizga kuchli teleskoplarda ham nuqta bo'lib ko'rindi.

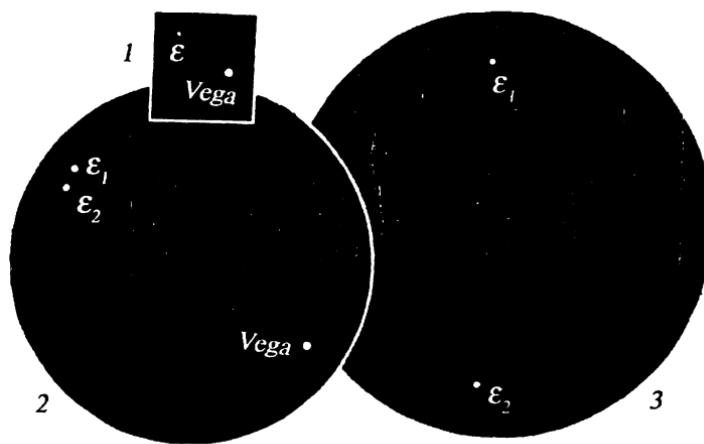
«Osmondag'i yulduzlarning birortasi ham,—deb yozadi Djins,—burchak o'lchovi 10 km masofadan ko'ringan to'g'nag'ich nina kallasidan katta emas, va shunday kichkina buyumni diskka o'xshatib ko'rsatadigan teleskop qancha kattaroq qilib ko'rsatsa, undan qaraganda bizning Quyosh sistemamiz tarkibiga kirgan katta osmon jismlarining diskini shuncha katta bo'lib ko'rindi. Ammo, yuqorida biz o'z o'mida aytib o'tganimizdek, astronomlar bu yerda boshqa bir noqulaylikka uchraydi: tasvir kattalashgan sari uning ravshanligi kamaya boradi (chunki nurlar oqimi kattaroq sirtga tarqaladi). tasvir xira bo'lgandan keyin mufassal ko'rish

qiyin bo'ladi, ikir-chikirlarini ko'rib bo'lmaydi. Shuning uchun sayyoralarini, ayniqsa kometalarni kuzatishda teleskopning o'tacha kattalashtirishidan foydalanishga to'g'ri keladi.

Kitobxon:—Agar teleskop yulduzlarni katta qilib ko'r-satmasa, nima uchun undan kuzatishlarda foydalanadilar? deb so'rashi mumkin.

Bundan oldingi maqlolarda aytilganlardan keyin bu savolga beriladigan javob ustida ko'p to'xtalib o'tish kerak bo'larmakin. Teleskop yulduzlarning ko'rinma o'lchovlarini kattalashtira olmaydi-yu, ammo ularning ravshanligini oshiradi, demak, ko'rish mumkin bo'lgan yulduzlarning sonini oshiradi.

Teleskopning ikkinchi ishi shuki, u oddiy ko'zga bitta bo'lib ko'ringan yulduzлarni ajratib ko'rishga yordam beradi. Teleskop yulduzlarning ko'rinma daimetrini oshira olmaydi, ammo ular orasidagi ko'rinma masofani oshiradi. Shuning uchun teleskop bizga bitta bo'lib ko'ringan yulduzlarning ikkita, uchta va undan ham murakkabroq bo'lishini ochib beradi (73-rasm). Juda uzoq bo'lgani sababli oddiy ko'zga tumandek dog' bo'lib ko'ringan, ko'pincha butunlay ko'rin-



73- rasm. Bir yulduzning o'zining, Liraning ε yulduzining (Vega yaqinida) oddiy ko'zga ko'rinishi (1); binokldan qaraganda (2) va teleskopdan qaraganda ko'rinishi (3).

magan yulduz to‘plamlari teleskop maydonida minglarcha ayrim yulduzlarga ajralib ketadi.

Nihoyat, teleskopning yulduzlarga olamni tekshirishda qilgan xizmati shundan iboratki, u burchaklarni o‘lchashda hayratda qoldirarlik darajada aniqlik bilan o‘lchashga imkon beradi: hozirgi zamon katta teleskoplari yordami bilan fotografiyalarda astronomlar 0'', 01 kattalikdagi burchaklarni o‘lchaydilar. Bunday burchak ostida bir tiyinlik chaqani 300 km masofadan yoki odamning sochini 100 m masofadan turib ko‘rish mumkin!

Yulduzlarning diametrini qanday o‘lchaganlar?

Hozirgina tushuntirilganicha, eng kuchli teleskopda ham qo‘zg‘almas yulduzlarning diametrini ko‘rib bo‘lmaydi. So‘nggi vaqtlargacha yulduzlarning kattaligi qanday ekanligi haqida mulohazalar faqat farazdan iborat edi. Har bir yulduz taxminan bizning Quyoshimiz kattaligida bo‘lsa kerak deyishardi, ammo bu farazni tasdiqlaydigan hech bir dalil yo‘q edi. Yulduzlarning diametrlarini o‘lchash uchun bizning hozirgi teleskoplar kerak bo‘lganidan, yulduzlarning haqiqiy diametrlarini o‘lchash masalasi hal qilingmaydigan masalaga o‘hshab ko‘rinardi.

1920- yilgacha, yangi tekshirish usullari va asboblar astronomlarga yulduzlarning haqiqiy kattaliklarini o‘lchash yo‘llarini ochib berguncha gap shunda edi.

Bu eng yangi muvaffaqiyatlarga astronomiya unga ko‘p marta juda qimmatli xizmatlar ko‘rsatgan sodiq ittifoqdoshi fizika yordamida erishdi.

Biz hozir yorug‘likning interferensiyasiga asoslangan usulning mohiyatini bayon qilamiz.

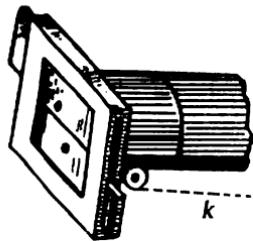
Bu o‘lchash metodi asoslangan prinsipni tushunib olish uchun oddiygina narsalar talab qiladigan bir tajriba qilaylik: buning uchun 30 marta katta qilib ko‘rsatadigan kichkinaroq teleskop va undan 10–15 m uzoqlikda joylashtirilib, juda torgina (millimetrnинг o‘ndan bir bo‘laklaridan bir nechasicha) tirkishi bo‘lgan ekran bilan to‘silgan kuchli yorug‘lik manba kerak. Obyektivni diametri taxminan 3 mm bo‘lgan va groizontal bo‘ylab obyektiv markaziga simmetrik

ravishda bir-biridan 15 mm uzoqlikda joylashgan ikkita vertikal to'garak teshik ochilgan tiniqmas qopqoq bilan berkitaylik (74-rasm). Qopqoq bo'limganida ekrandagi tirqish yon- yonida sal-pal sezilarlik xira yo'llari bo'lgan tor yo'ldan iborat bo'lib ko'rindi. Qopqoq bilan qoplab qo'yib kuzatganda esa markaziy yorqin yo'l vertikal qora yo'llar bilan kesilgan bo'lib ko'rindi. Bu yo'llar obyektiv qopqog'ldagi ikkita teshikdan o'tgan ikkita yorug'lik oqimigning o'zaro ta'sir qilishi (interferensiya) natijasida maydonga keladi.

Agar obyektiv oldidagi teshiklarni ularning orasidagi masofani o'zgartirish mumkin bo'ladigan ravishda suriladigan qilib ochilsa, ularni bir-biridan uzoqlashtirgan sari qora yo'llar xiralashadi va oxir borib yo'qoladi. Shu paytda teshiklarning orasi qancha ekanligini bilganimizda tirqishning burchak kengligini, ya'ni tirqishning kuzatuvchiga qanday burchak ostida ko'rinishini aniqlash mumkin. Agar tirqishning o'zigacha bo'lgan masofani bilsak, uning haqiqiy kengligini hisoblab chiqarish mumkin. Agar tirqish o'rniда kichkina to'garak teshik bo'lsa, unda ham bunday «to'garak tirqishining kengligini (ya'ni to'garakning diametrini) aniqlash usuli haligining o'zginasi bo'ladi, faqat topilgan burchakni 1,22 ga ko'paytirish kerak bo'ladi.

Yulduzlarning diametrini o'lhashda ham biz shu yo'l bilan boramiz, ammo yulduzlarning burchak diametri odatdan tashqari kichkina bo'lgani uchun juda ham katta teleskoplar qo'llanishi kerak.

Yulduzlarning haqiqiy diametrini o'lhashning shu bayon qilingan «interferometr» asbobi yordami bilan o'lhash usulidan tashqari, ularning spektrini tekshirishga asoslangan aylanma yo'l bilan qilinadigan usuli ham bor.



74- rasm. Yulduzlarning burchak diametrlarini o'lhash uchun ishlataladigan asbob «interferometr»ning tuzilishini tushuntiradigan qurilma-ning sxemasi. (Izoh matnda berilgan).

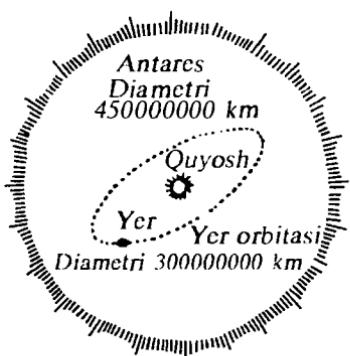
Yulduzning spektriga qarab astronom uning temperaturasini bilib oladi, bundan uning 1 sm² yuzining qancha nur sochishini hisoblab chiqaradi. Agar, bundan tashqari, yulduzgacha bo'lgan masofa va uning ko'rinma ravshanligi ma'lum bo'lsa, uning hamma sirtining qancha nur sochishi ham aniqlanadi. Birinchi kattalikning ikkinchiga nisbati yulduzning sirti qancha ekanligini, demak, uning dimetetrini ham bildiradi. Shunday yo'l bilan, masalan, Kapellaning diametri Quyosh diametridan 16 marta Betelgezeniki – 350 marta, Siriusni ikki marta, Vaganiki 2 1/2 marta katta bo'lishi, Siriusning yo'ldoshiniki esa Quyosh diametrining 0,02 hissasini tashkil qilishi topilgan.

Yulduzlar olamining gigantlari

Yulduzlarning diametrini aniqlash natijalari kishilarni hayratda qoldirdi. Ilgari astronomlar koinotda shunday gigant yulduzlar bo'lishi mumkin deb o'ylamasdilar. Haqiqiy diametri (1920- yilda) aniqlangan birinchi yulduz Orion yulduz turkumining nomi arabcha bo'lgan α yulduzi Betelgeye bo'ldi. Uning diametri Mars orbitasi diametridan

oshiq ekanligi ma'lum bo'ldi. Ikkinci gigant Skorpion yulduz turkumidagi eng ravshan yulduz Antares: uning diametri taxminan Yer orbitasidan bir yarim marta kattaroq (75- rasm). Hozircha kashf qilingan gigant yulduzlar qatoriga diametri bizning Quyoshimiz diametridan 400 marta katta bo'lgan, Kit yulduzlar turkumiga kirgan Divnaya («Mira») degan yulduzni ham qo'shish kerak. (164- betdag'i rasmga qarang).

Endi bu gigantlarning fizik tuzilishiga to'xtalib



75- rasm. Gigant yulduz Antares (Skorpionning α yulduzi) Yer orbitasi bilan birlikda bizning Quyoshimizning o'z ichiga olishi mumkin edi.

o'taylik. Hisoblashlar ko'rsatadiki, bunga o'xshash yulduzlar haddan tashqari katta bo'lishiga qaramay, ularning moddasi kattaligiga munosib bo'Imagan darajada kam bo'ladi. Ular bizning Quyoshimizdan atigi bir necha marta og'irdir: Betelgeye, masalan, bizning Quyoshimizdan 40000000 marta katta bo'lganidan, bu yulduzning zichligi arzimas darajada kam bo'lishi kerak. Agar Quyosh moddasi o'rta hisob bilan olganda zichlik jihatidan suvgaga yaqin bo'lsa, gigant — yulduzlarning moddasi bu jihatdan siyraklashgan havoga o'xshaydi. Bu yulduzlar, bir astronomning aytishicha «zichligi juda kam, havo zichligidan ancha kam gaz to'lg'azilgan g'oyat katta aerostatga o'xshaydi».

Kutilmagan natija

Agar yuqorida aytilganlar munosabati bilan, hamma yulduzlarning ko'rinma tasvirini bir-biriga qo'shsak, ular, osmonda qancha joy olishini hisoblab ko'rish juda qiziq natijalar beradi.

Biz endi bilamizki, teleskopdan qaraganda ko'rindigan hamma yulduzlarning birgalikdagi ravshanligi minus 6,6—kattalikdagi yulduz ravshanligiga teng (yuqorida bayon qilinganlarga qarang). Bunday yulduz bizning Quyoshimizdan 20 ta yulduz kattaligicha kamroq yorug'lik sochadi, ya'ni 100000000 marta kam yorug'lik sochadi. Agar Quyosh sirtining temperaturasiga qarab, uni o'rtacha yulduz deb hisoblasak, unda bizning faraz qilgan yulduzimizning sirti Quyoshning ko'rinma sirtidan o'shancha marta kichkina deyish mumkin. Doiralaming diametri esa ularning sirtlaridan chiqarilgan kvadrat ildizga proporsional bo'lganidan, bizning bu yulduzimizning ko'rinma diametri Quyoshning ko'rinma diametridan 10000 marta kam bo'lishi, ya'ni

$$30' : 10000 \approx 0'',2$$

bo'lishi kerak.

Bu natijani ko'rib kishi hayratda qoladi: hamma yulduzlarni birlikda olganimizda, burchak diametri $0'',2$ bo'lgan doiracha osmonda qancha joy olsa, bu yulduzlarning hammasining ko'rinma sirti ham shuncha joy oladi. Osmon

41253 kvadrat gradusni o‘z ichiga oladi; shuning uchun teleskopda ko‘ringan yulduzlar hamma osmonning atigi yigirma milliarddan bir hissasini qoplaydi, xolos.

Eng og‘ir modda

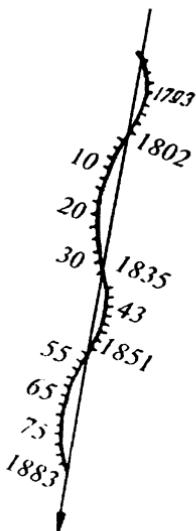
Koinotning uzoq burchaklarda yashiringan ajib narsalar ichida Sirius yaqinidagi bir kichkina yulduz katta o‘rinlardan birini abadiy saqlab qolsa kerak. Bu yulduz suvgaga qaraganda 60000 marta og‘irroq moddadan tashkil topgan! Biz qo‘limizga bir stakan simob olsak, uning og‘irligiga hayron

qolamiz: u taxminan 3 kilogramm keladi. Ammo bir stakan 12 tonna keladigan va uni biror joyga olib borish uchun temir yo‘l platformasi kerak bo‘lgan modda haqida biz nima deyardik? Bu bema’ni gapga o‘xshaydi, ammo eng yangi astronomiyaning kashfiyotlaridan biri shudir.

Bu kashfiyotning tarixi juda uzun va g‘oyat darajada ibratlidir. Hashamatli Siriusning yulduzlar orasida boshqa ko‘p yulduzlarga o‘xshab to‘g‘ri chiziq bo‘ylab emas, balki g‘alati bir ilon izi kabi yo‘l bilan harakat qilishi ko‘pdan buyon payqalgan edi (76-rasm). Uning harakatidagi bu xususiyatni tushuntirish uchun mashhur astronom Bessel, Siriusni o‘ziga tortishi bilan uning «harakatini toyiltirdigan» yo‘ldoshi bo‘lsa kerak deb faraz qildi. Bu 1844- yilda—Neptunning «qalam uchi yordamida» topilishiidan ikki yil oldin edi. 1862- yilda

76- rasm. Siriusning yulduzlar orasida 1793- yildan boshlab 1883- yilgacha o‘tgan o‘yli.

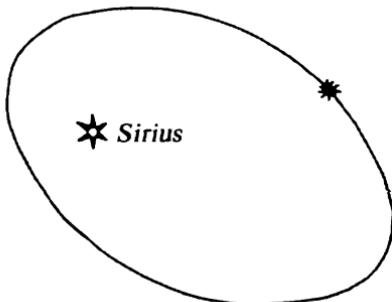
esa, Bessel vafot etgandan keyin bu faraz to‘la tasdiqlandi, chunki Siriusning gumon qilingan yo‘ldoshi teleskopda ko‘rinadi.



Siriusning yo'ldoshi — «Sirius V» deb yurgiziladigan yo'ldoshi asosiy yulduz atrofida Yer bilan Quyosh orasidagi masofadan ko'ra 20 marta katta bo'lgan masofada (ya'ni taxminan Uran aylangan masofada) 49 yilda bir marta aylanib chiqadi (77-rasm). Bu—kuchsizgina yorug'lik sochadigan sakkiz-to'qqizinchı kattalikdagi yulduz, ammo uning massasi juda katta, bizning Quyoshimiz massasining deyarlik 0,8 hissasicha keladi. Siriuscha uzoqlikda bo'lganida bizning Quyoshimiz

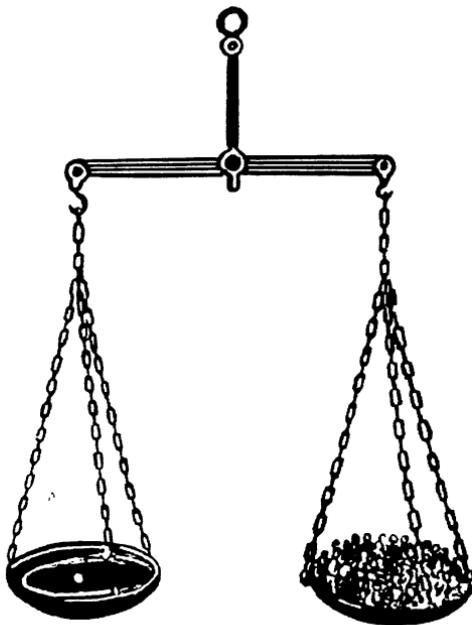
1,8—kattalikdagi yulduzdek nur sochishi kerak bo'ladi; shuning uchun agar Sirius yo'ldoshining sirtiga nisbatan bu ikkala yoritgichning massalari nisbatiga mos ravishda kichraysa edi, unda bu yulduz o'sha temperaturaning o'zidayoq sak-kizinchı-to'qqizinchı kattalikdagi yulduzdek emas, balki taxminan ikkinchi kattalikdagi yulduzdek yorug'lik sochishi kerak bo'lardi. Bu yulduzning ravshanligi shunday kam bo'lishini astronomlar dastlab uning sirtining temperaturasi past bo'lishidan deb tushuntirardilar: bu yulduzga endi qattiq po'stloq bilan qoplanib qolgan sovugan Quyosh deb qaradilar.

Ammo bu fikr' xato bo'lib chiqdi. Bundan 30 yillar burun Siriusning uncha katta bo'lmanan bu yo'ldoshi uchayotgan yulduz emas, balki aksincha, sirtining temperaturasi yuqori, bizning Quyoshimiz sirtining temperaturasidan ko'p yuqori bo'lgan yulduzlar qatoriga kirishi aniqlandi. Bu esa masalani tamom boshqacha qilib qo'yadi. Demak, bu yulduzning ravshanligi kam bo'lishini faqat uning sirtining kichik bo'lishidan deyishga to'g'ri.



77- rasm. Sirius yo'ldoshining Siriusga nisbatan bo'lgan orbitasi. (Sirius ko'rinma ellipsning fokusida emas, chunki haqiqiy ellipsni proyeksiya buzgan— biz uni burchak tashkil qilgan holda ko'ramiz).

keladi. Bu yulduz Quyoshga qaraganda 360 marta kam nur sochishi hisoblab chiqilgan; demak, uning sirti Quyosh sirtidan kamida $\sqrt{360}$ marta kichik bo'lishi, radiusi esa 360, ya'ni 19 marta kichik bo'lishi kerak. Bundan Sirius yo'ldoshining hajmi Quyosh hajmining 6800 dan bir hissasiga qaraganda ham kamroq bo'lishi kerak degan hulosaga kelamiz, ammo uning massasi esa bizning kunduzgi yoritgichimiz massasining 0,8 hissasini tashkil qiladi. Mana shuning o'zi ham bu yulduz massasining juda ham zichlashganini ko'rsatadi. Aniqroq hisoblar bu sayyoraning diametri atigi 40000 km bo'lishini ko'rsatadi, demak, uning zichligi biz maqolamizning boshida keltirganimizdek odatdan tashqari katta: suvning zichligidan 6000 marta oshiq bo'ladi (78-rasm).

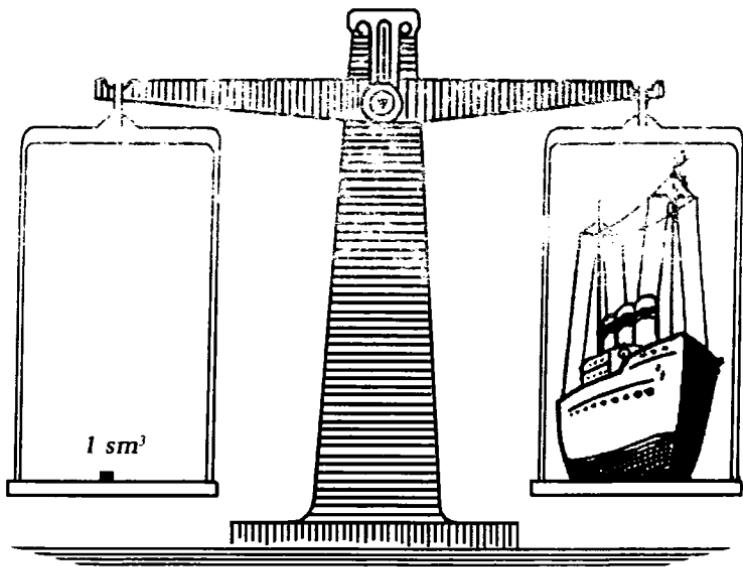


78-rasm. Siriusning yo'ldoshi suvgaga qaraganda 6000 marta zichroq bo'lgan moddadan tashkil topgan. Bu moddaning bir necha santimetrr kubi o'ttizta odamning og'irligicha kelardi.

Keplerning boshqa sabab bilan aytgan bo'lsa ham, «fiziklar, qulq soling: sizning sohanizga o'stirib kirishmoqchi» degan so'zлari esga tushadi. Darhaqiqat, birorta fizik ham shu kungacha bunday narsani sira ko'z oldiga keltirgan emas. Odadagi sharoitda buncha ko'p zichlanishni ko'z oldiga keltirish mumkin emas, chunki qattiq jismlarning normal atomlari orasidagi bo'shliqlar juda kichkina bo'lib, ularning moddasi sezilarlik darajada qisilishiga yo'l qo'yadigan emasdир. Yadrolari atrofida aylanadigan elektronlarini yo'qotgan «shikastlangan» atomlarga kelganda gap boshqacha bo'ladi. Elektronlarini yo'qotganida atomning massasi deyarli kamaymasdan diametri bir necha ming marta kichrayadi; pashsha katta bir binodan necha marta kichik bo'lsa, elektronlarini yo'qotgan atom ham normal atomdan shuncha marta kichkinadir. Yulduz shari bag'rida hukm surgan haddan tashqari katta bosim ostida bir-biriga surilgan bu kichraygan atom-yadrolar norma: atomlarga qaraganda bir-biriga minglarcha marta yaqin kelib jipslashuvchi va Siriusning yo'ldoshida topilgan shu vaqtgacha eshitilmagan zichlikdagi modda hosil qilishi mumkin. Hali bugina deysizmi, hozir endi van-Maanen degan yulduz moddasining zichligi bundan oshib tushdi. Kattaligi Yer sharidan oshmagan 12-kattalikdagi yulduzcha suvgaga qaraganda 400000 marta zichroq moddadan tashkil topgandir!

Ammo bu hali zichlikning eng yuqori daroji emas. Nazariy jihatdan qaraganda bundan ko'p zich moddalar bo'lishi mumkin. Atom yadrosining diametri atom diametrining 10000 dan bir hissasidan ham oshmaydi, hajmi esa, demak, atom hajmining $1/10^{12}$ hissasidan oshmaydi. 1 m^3 metalldan atigi $1/1000 \text{ mm}^3$ atom yadrolari bo'ladi va bu zig'irday hajmda metallning hamma massasi to'plangan. Shunday qilib, 1 sm^3 atom yadrolari taxminan 10 million tonna kelishi lozim (79-rasm).

Bu gaplardan keyin moddasining o'rtacha zichligi yuqorida aytib o'tilgan Sirius V yulduzi moddasining zichligidan yana 500 marta oshiqroq bo'lgan yulduzning kashf qilinishi mumkinligiga ishonib bo'lsa kerak. Biz



79-rasm. Hattoki juda zich joylashtirilmaganda ham, bir santimetrkubi atom yadrolarining og'irligi okean paroxodi og'irligicha kelardi. 1 sm^3 hajmda zich joylashtirliganda esa bu atom yadrolari 10 million tonna kelardi.

Kassiopeya yulduz turkumida 1935- yil oxirida kashf qilingan 13-kattalikdagi kichkina yulduzcha haqida gap olib borayotirmiz. Hajmi Marsdan katta bo'limgan va Yer sharidan sakkiz marta kichik bo'lgan bu yulduzning massasi bizning Quyoshimiz massasidan uch marta (aniqrog'i 2,8 marta) ko'pdir. Odatdagi birliklarda uning moddasining o'rtacha zichligi 36000000 g/sm^3 degan son bilan ifoda qilinadi. Bunday moddaning bir kubik santimetri Yerda 36 tonna kelardi degan gap! Demak, bu modda oltindan deyarli 2 million marta zichroq ekan¹. Bunday moddaning bir santimetrkubi yulduzning o'zida tortganda qancha kelishi haqida V bobda suhbatlashamiz.

¹Bu yulduzning markaziy qismida moddaning zichligi benihoyat katta: bir kubik santimetri taxminan bir milliard gramm bo'lishi kerak.

Bundar bir necha yil burun olimlar, a'zaga platinadan millionlarcha marta zichroq bo'lgan modda bo'lishi mumkin emas deb hisoblardilar.

Koinotning tagsiz chuqurliklari xali tabiatning ko'p ajoyib sirlarini o'z ichiga olgan bo'lgu kerak.

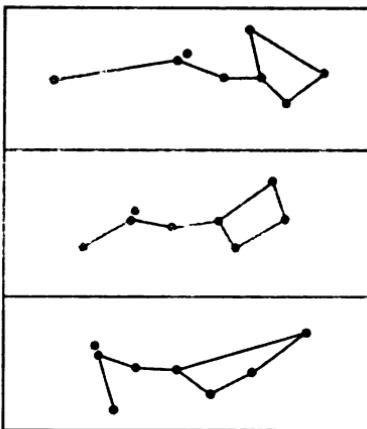
Nima uchun yulduzlarni qo'zg'almaydigan deydilar?

Qadim zamonalarda yulduzlarga shunday obrazli nom berilgan ekan, bu bilan ularinng sayyoralardan farqli ravishda osmon gumbazida ma'lum bir ravishda o'zgar-maydigan ravishda joylashuvini ko'rsatmoqchi bo'lganlar. Ular, albatta, butun osmonning sutka davomida Yer atrofida aylanishida ishtirok qiladi, ammo bu ko'rinchma harakat ularning bir-biriga nisbatan joylashuvini o'zgartirmaydi. Sayyoralar esa yulduzlarga nisbatan joylarini hech to'xtovsiz o'zgartirib turadi, ular yulduzlar orasida daydib yuradi va shuning uchun qadim zamonalarda ularga «daydi yulduzlar» degan nom berilgan («sayyora» so'zining asl ma'nosi shu).

Biz endi yulduzlar olamini harakatsizlikda qotib qolgan quyoshlar to'plami deb tasavvur qilishning noto'g'ri ekanligini bilamiz. Hamma yulduzlar¹, ular qatorida bizning Quyoshimiz ham, bir-biriga nisbatan o'rta hisobda 30 km/sek tezlik bilan, ya'ni bizning sayyoramiz o'zining orbitasida shunday tezlik bilan harakat qiladi. Demak, yulduzlar sayyoralardan hech qolishmay harakat qilar ekan. Bugina emas, biz yulduzlar olamida ayrim hollarda shunday katta tezliklar uchratamizki, bunday tezliklar sayyoralar oilasida ko'rinchmaydi; shunday yulduzlar borki, bularni «uchadigan» yulduzlar deb ataydilar,—bu yulduzlar bizning Quyoshimizga nisbatan g'oyat katta tezlik 250 — 300 km/s tezlik bilan harakat qiladi.

Modomiki, bizga ko'rindigan barcha yulduzlar g'oyat katta tezlik bilan har yil milliardlarcha kilometr chopib,

¹Bunda «bizning yulduzlar to'plamamiz—Somon Yo'li tarkibiga kirgan yulduzlar nazarda tutiladi.

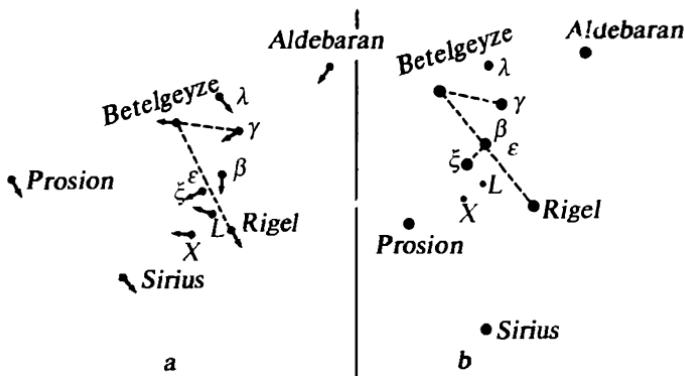


80- rasm. Vaqt o'tishi bilan yulduz turkumlarining shakli o'zgaradi. O'rtadagi rasm Yetti qaroqchingin hozirgi vaqtdagi «cho'michini», tepadagi rasm bundan 100 ming yil ilgarigisini, pastdagi rasm bundan 100 ming yil keyin bo'lajagini tasvirlaydi.

tartibsiz harakat qilar ekan, nima uchun biz bu shiddatli harakatni sezmaymiz?

Nima uchun yulduzli osmon qadimdan hashamatli jimgitlik manzarasidan iborat bo'lib ko'rinadi?

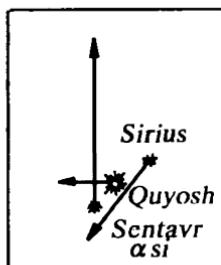
Buning sababini tushunish qiyin emas: buning sababi yulduzlarning bizdan ko'z oldiga keltirish qiyin bo'lgan darajada uzoqda bo'lishidadir. Siz tepalikda turib gorizontga yaqin uzoqdan o'tib ketayotgan poyezdni kuzatganmisiz? O'shanda kuryer poyezdi toshbaqa singari ketayotganidek ko'rinmaydimi? Yaqinda turib kuzatgan odamga boshni aylantiradigan bo'lib ko'ringan tezlik uzoqdan turib kuzatganda toshbaqa tezligiga o'xshaydi. Yulduzlarning harakatida ham huddi shuning o'zi yuz beradi; faqat bu holda harakat qilayotgan jism kuzatuvchidan ko'ra juda uzoq bo'ladi. Eng ravshan yulduzlar yuzidan boshqalarga qara-ganda o'rta hisob bilan olganda yaqinroq—aynan (Kay-



81- rasm. Orion yulduzlar turkumi yaqinida yulduzlar qaysi yo'nalishda harakat qilardi (a) va bu harakatlar 50 ming yildan keyin yulduz turkumining ko'rinishini qanday o'zgartiradi (b).

teyncha) 800 million kilometrdir, bu yulduz, masalan, bir yilda milliard (1000 million) kilometr, ya'ni 800000 marta kam siljisin. Bunday siljish Yerdan turib qaraganda 0'',25 dan kam burchak ostida ko'rindi—buni eng nozik astronomiya asboblari ham zo'rg'a ko'rsatadi. Oddiy ko'zga esa bu siljish asrlarcha davom qilsa ham ko'rinnmaydi qunt bilan o'lchashlar natijasidagina bilib olishga muvaffaq bo'lindi (80, 81, 82-rasmlar).

Modomiki, gap oddiy ko'z bilan kuzatish ustida borar ekan, demak, «qo'zg'almas yulduzlar» haddan tashqari tezlik bilan harakatlansa ham, ular qo'zg'almas degan nomini olishga tamom haqlidir. Shu aytilganlardan yulduzlar juda ham tez harakat qilishlariga qaramay, ularning bir-biri bilan uchrashuv ehtimoli qanday kam bo'lishi haqida kitobxonning o'zi bir xulosaga kelishi mumkin (83-rasm).



82- rasm. Bir-biriga qo'shni bo'lgan uchta yulduz: bizning Quyoshimiz, Sentavr turkumining α yulduzi va Siriusning harakati.



83- rasm. Yulduzlar harakatining masshtabi ikkita kroket sharning: biri Leningradda ikkinchisi Tomskda, shu shaxslar yuz bilida 1 kilometr tezlik bilan harakat qiladilar—bu ikkita yulning bir-biriga yaqinlashuvining kichraytirib olingan misoldir. Bu misoldan yulduzlarning bir-biri bilan to'qnashuv ehtimoli qanday kam ekanligi ravshan bo'ladi.

Yulduzlar orasidagi masofalar o'lchovni

Bizning Yer yuzidagi masofalarni o'lhash uchun yaraydigan yirik uzunlik o'lchovlarimiz kilometr, dengiz miliyasi (1852 m) va geografik milya (4 ta dengiz miliyasiga teng uzunlik o'lchovi) osmon masofalarini o'lhash uchun nihoyatda kichiklik qilar ekan. Temir yo'lning uzunligini millimetrlar bilan o'lhash qancha noqulay bo'lsa, bu o'lchovlar bilan osmon masofalarini o'lhash ham shuncha noqulay; masalan, Yupiterdan Quyoshgacha bo'lgan masofa 780 million soni bilan, millimetr bilan aytgan Oktabr temir yo'lining uzunligi 640 million soni bilan ifoda qilinadi. Sonning oxirida qator kelgan nullar bilan ish ko'rmaslik uchun astronomlar yirikroq uzunlik birliklaridan foydalanadilar. Masalan, Quyosh sistemasi doirasida o'lhashlar uchun Yerdan Quyoshgacha bo'lgan o'rtacha masofani (149500000 km) uzunlik birligi qilib qabul qilinadi. Buni «astronomik birlik» deyiladi. Bu o'lchov bilan aytganda Yupiterning Quyoshdan uzoqligi 5, 2, Saturnniki—9,54, Merkuriyniki — 0,387 bo'ladi va hokazo.

Ammo bizning Quyoshimizdan boshqa quyoshlarga cha bo'lgan masofalar uchun bu o'lchov juda ham kichkilik qiladi. Masalan, 11- kattalikdagi qizg'ishroq rangli bizga eng yaqin yulduzgacha (Sentavr¹ yulduz turkumidagi Proksima deb ataladigan yulduzgacha) masofa bu birliklarda:

¹ Deyarli uning yaqinda Sentavr turkumining α yulduzi bor.

soni bilan ifoda qilinadi.

Bu esa bizg^{aa} eng yaqin yulduz; boshqalari esa undan ko‘p uzoq. Yana ham kattaroq birliklar kirgizish bunday sonlarni esda tutish va ular bilan muomala qilishni osonlashtirdi. Astronomiyada birliliklarning quyidagi g‘oyat katta birliliklari bor: «yorug‘lik yili» va uni qisib chiqarayotgan «parsek».

Yorug‘lik yili – bu yorug‘lik nurining bo‘sh fazoda bir yilda yurgan yo‘li. Yorug‘likning Quyoshdan Yerga atigi 8 minutda kelishini esimizga olsak, bu o‘lchovning qanday katta o‘lchov ekanligini tushunib olamiz. Demak, bir yil vaqt 8 minutdan necha marta oshiq bo‘lsa, «yorug‘lik yili» ham Yer orbitasi radiusidan shuncha marta katta. Uzog‘likning bu o‘lchovini kilometrlarda ifoda qilganimizda u – 9 460 000 000 000 soni bilan ifoda qilinadi, ya’ni yorug‘lik yili taxmi an $9 \frac{1}{2}$, billion kilometrdir.

Yulduzlar orasidagi masofalarni o‘lchashda ishlataladigan ikkinchi birlikning – parsekning kelib chiqishi murakkabroq. Astronomlar bu birlikni ishlatishni afzalroq ko‘radilar. Parsek – shunday masofaki, Yer orbitasining yarim diametri bir burchak sekundiga teng bo‘lgan burchak tashkil qilib ko‘rinishi uchun o‘shancha uzoqlashish kerak. Yulduzdan turib qaraganda Yer orbitasining yarim diametri qanday burchak tashkil qilib ko‘rinsa, bu burchakni astronomiyada yulduzning yillik parallaksi deb ataladi. «Parallaks» va «sekund» so‘zlaridan qo‘sib, «parsek» so‘zi hosil qilingan. Yuqorida aytigan yulduz–Sentavr turkumi alfa yulduzining parallaksi – 0,76 sekund; bu yulduzning uzoqligisi 1,31 parsek bo‘lishini tushunib olish oson. Bir parsek Yerdan Quyoshgacha bo‘lgan masofaning 206265 tasini o‘z ichiga olishini hisoblab chiqarish qiyin emas. Parsek bilan uzunlikning boshqa birliliklari orasidagi munosabat quyidagicha:

1 parsek – 3,26 yorug‘lik yili – 30 800 000 000 000 km.
Mana bir necha ravshan yulduzlarning parseklarda va yorug‘lik yillarida ifoda qilingan uzoqligi:

	Parsek	Yorug'lik yili
Sentavrning α yulč'	1,31	4,3
Sirius	2,67	8,7
Proston	3,39	11,0
Altair	4,67	15,2

Buiar bizga eng yaqin yulduzlar. Bularning qiziqinlik darajasi qanchalik ekanligini siz bi masofalardagi kilometrlarda ifoda qilish uchun birinchi ustundagi sonlarning har qaysisini 3 billion marta (billion deganda million millionni tushunganimizda) oshirish kerakligini esingiga olsangiz, tushunasiz. Biroq yorug'lik yili va parsek hali yulduzlar haqidagi fanda ishlataladigan eng yirik o'lchovlar emas. Astronomlar yulduz sistemalarining, ya'ni ko'p million yulduzlardan iborat butun bir olamlar masofalari va kattaliklarini o'lhashga kirishgandan keyin yana kattaroq o'lhashlar kerak bo'lib qoldi. Metrdan kilometr hosil qilingandek, bu o'lchov ham parsekdan hosil qilindi: 1000 parsekka, yoki 30 800 billion kilometrga teng bo'lgan «kiloparsek» tuzildi. Masalan, bu o'lchovlarda aytganimizda Somon Yo'lining diametri 30 soni bilan, bizdan Andromeda tumanligigacha bo'lgan masosa esa, tahminan 300 soni bilan ifoda qilinadi.

Ammo kiloparsek ham kifoya qilmay qoldi. Million parsekka teng bo'lgan «megaparsek»ni kirgizishga to'g'ri keldi.

Demak, yulduz o'lchovlarning jadvali mana:

- 1 megaparsek — 1000 000 parsek
- 1 kiloparsek — 1000 »
- 1 parsek — 206 265 astronomiya birligi
- 1 astr. birlik — 149 500 000 km

Megeparsekni ko'z oldiga keltirshining iloji yo'q. Hatto kilometrni soch yo'g'onligigacha (0,05 mm) kichraytirilganimizda ham megaparsekni odam tasavvur qila olmaydi, chunki unda ham megaparsek $1\frac{1}{2}$ milliard kilometrga teng bo'lib, Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofadan 10 marta oshiq bo'ladi.

Taqqoslo... ko'rish uchun 'ir misol keltiraylik oaiki bu kitobxonga megaparsekning ko'z oldiga keltirib bo'lmaslik kattaligini baholasinga yordam berar.

Moskvadan Leningradgacha tortilgan higichka o'rgimchak ipi 10g kelardi. Yerdan Oygacha tortiliganida u 6 kilogrammdan oshmasdi. Shunday ipni Yerdan Quyoshgacha torsak 2,3 tonna kelardi. Ammo shu ipni megaparsek uzunligidagi masofaga tortsak, bu ip

500000000000 tonna

kejishi kerak!

Eng yaqin yulduzlar sistemasi

Bundan ancha vaqt burun, taxminan yuz yil ilgari— bizga eng yaqin yulduz sistemasi janubiy yarimshar yulduzlar turkumi Sentavr turkumining birinchi kattalikdagi qo'shaloq yulduzi ekanligi ma'lum bo'lgan edi. Keyingi yillarda bizi eng bilimimiz bu sistema haqidagi tafsilotlar bilan boyidi. Sentavr yulduzlar turkumining α yulduzi yaqinida shu turkum α sinning ikkita yulduzi bilan birlikda bitta uchtalik yulduz sistemasi tashkil qiliadigan 11- kattalikdagi kichkina yulduzcha kashf qilindi. Uchinchi yulduz bilan Sentavr turkumi α yulduzining orasi osmonida 2' dan oshiq uzoqlikda bo'lishiga qaramay, bu uchinchi yulduz ham fizik jihatdan Sentavr α yulduzi sistemasiga kirishini ularning harakatining birday bo'lishi tasdiqlaydi: bu yulduzlarning uchchalasi ham birday tezlik bilan bir yo'nalishda harakat qiladi. Bu sistemaning uchinchi a'zosining eng qiziq xususiyati shundaki, fazoda u bizga qolgan ikkitasidan ko'ra yaqinroq joylashgan va shuning uchun bu yulduzcha hozirgacha uzoqligi aniqlangan yulduzlar ichida bizga eng yaqini deb hisoblanishi kerak. Bu yulduzchani «eng yaqin» deb ataydilar (lotincha «Proksima» eng yaqin degan so'z). Bu yulduzcha bizga Sentavr turkumi α yulduzining yulduzlariga qaraganda 3960 astronomik birlikka yaqinroq (bularni va Sentavr turkumi α sinning yulduzi Sentavr turkumi L sinning A yulduzi deb ataydilar). Ularning parallakslari quyidagicha:

Sentavrning α yulduzi A va B 0,751
Sentavrning Proksimasi 0,762

... va V yulduzlar bir-biridan faqat 34 astronomik birlikeha uzoolikda bo'lganidan, bu sistema 84-rasmida ko'rsatilgan galati ketinida bo'ladi. A va V bir-biridan Uran bilan Quyoshdek orollikda. Proksima esa 59 «yorug'lik sutkasi» qadai masofada. Bu yulduzlarning joylanishi sekin-asta o'zgaradi: A va V yulduzlarning o'z umumiy markazlari atrofida aylanishi davri 79 yilga baravar, Proksima esa 100000 yilda bir marta to'la aylanib chiqadi, demak, u o'zining joyini Sentavr turkumining α sinii tashkil qilgan boshqa birorta yulduzga berib, yaqin orada bizga eng yaqin yulduz bo'lmay qoldi deb xavfsirashga o'rinn yo'q.

Bu sistema yulduzlarining fizik xususiyatlari haqida nimalar ma'lum? Sentavr turkumi α sinining A yulduzi ravshanlik, massa va diametri jihatidan qaraganda Quyoshdan ozgina katta (85-rasm). Sentavr α si β yulduzning massasi esa Quyosh massasidan biroz kamroq, diametri Quyosh diametridan uning 1/5 hissasicha kattaroq, ammo yorug'lik sochishi uch marta kam; shunga muvofiq uning sirtining temperaturasi ham Quyoshnikiga qaraganda pastroq (44 00, Quyoshni – 6 000°).

Proksima esa yana ham sovuqroq; uning sirtining temperaturasi 3000°; bu yulduzning rangi qizil. Uning diametri Quyosh diametridan 14 marta kichik bo'lib, Yupiter va Saturndan kichikroq bo'lsa ham, massasi ularidan yuzlarcha marta ko'p. Agar biz Sentavr α sinining A yulduziga ko'chsak edik, unda turib β yulduzni Quyosh Uran osmonida qanday yorug'lik sochsa, taxminan o'shancha kattalikda ko'rardik. Proksima esa undan qaraganimizda ham

Sentavrning α si



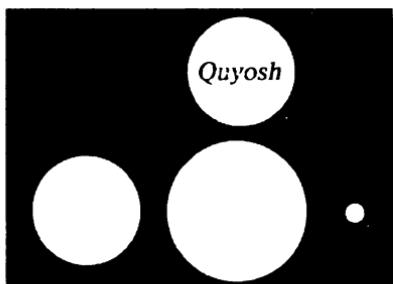
Proksima

84-rasm. Quyoshga eng yaqin yulduz sistemasi α «Sentavr turkumining α yulduzi: Sentavrning A, V va Proksimasi.

kichkina va xira yulduzcha bo'lib ko'rindir, chunki u Quyosh bilan Pluton orasidagi masofaga qaraganda 250 marta, Quyosh bilan Saturn orasidagi masofaga qaraganda 1000 marta uzoqdir.

Sentavr turkumining uchtalik yulduzidan keyin bizning Quyoshimizning navbatdagi qo'shnisi Zmeenosets yulduz turkumining (9,7- kattalikdagi) «Uchuvchi yulduz» deb atalgan kichki yulduzchasiidir. Bu yulduzchaga shunday deb noi berilishining sababi uning ko'rinma harakatining juda tez bo'lishidir. Bu yulduz bizdan Sentavr α si sistemasiga qaraganda bir yarim marta uzoq, ammo osmonining shimoliy yarimsharida u bizning eng yaqin qo'shnimiz.

Uning Quyosh harakatiga qiya yo'nalgan uchishi shunday shiddatliki, o'n ming yillar ham o'tmasdan, u bizga ikki marta yaqin bo'lib qoladi va Sentavr α si ning uchtalik yulduzidan yaqin keladi.



Sentavrning α si Proksima

85- rasmi. Sentavr α si sistemasi yulduzlarining va Quyoshning qiyosiy kattaligi.

Olamning masshtabi

Sayyoralar haqidagi bobda berilgan ko'rsatmalarga muvofiq farazan tayyorlangan kichiklashtirilgan Quyosh sistemasi modeliga qaytaylik va unga yulduzlar olamini ham qo'shib, modelimizni to'lg'ib ko'raylik-chi. Qani nima hosil bo'lar ekan?

Esingizda bo'lsa kerak, bizning bu modelimizda Quyosh diametri 10 sm bo'lган shar, butun sayyoralar sistemasi esa, diametri 800 metr bo'lган doira ravishida tasvirlangan edi. Agar shu masshtabga qat'iy rioya qilsak, yulduzlarni Quyoshdan qanday uzoqlikda joylashtirish kerak bo'lardi?

Masalan, bunda Sentavr turkumining Proksima yulduzi—bizga eng yaqin yulduzi—2700 km uzoqlikda, Sirius—5500 km, Altair—9700 km uzoqlikda bo‘lishini hisoblab chiqish oson. Bu «eng yaqin» yulduzlarga hattoki, Evropa ham torlik qilardi. Yana ham uzoqroq yulduzlar uchun kilometrdan kattaroq — aynan, 1000 kilometrni, «megametr» (Mm) deb ataladigan o‘lchovni olaylik. Yer sharining aylanasida bunday o‘lchovlardan atigi 40 ta va Yer bilan Oy orasida 380 ta. Unda bizning modelimizda Vega 17 Mm, Denab (Oq Qushning α si) 350 Mm dan oshiqroq uzoqlashgan bo‘lardi.

Bu keyingi sonning ma’nosini ochib beraylik. 350 Mm—350000 km, ya’ni Oygacha bo‘lgan masofadan ozgina kamroq. Ko‘ramizki, Yer to‘g‘nag‘ich ninaning kallasidek, Quyosh—kroket sharidek kichraytirilgan modelning o‘zi kosmik kattaliklarga ega bo‘lib qoladi!

Ammo bizning modelimiz hali qurilib tamom bo‘lgan emas. Chetki, Somon Yo‘lning eng uzoqdagi yulduzları modelda 30000 Mm—Oydan deyarlik 100 marta uzoqroq joylashardi. Ammo Somon Yo‘li hali butun olam emas. Uning chegaralaridan ko‘p uzoqda boshqa yulduz sistemalari, masalan, Andromeda yulduz turkumida hatto oddiy ko‘zga ham ko‘rinadigan yulduzlar sistemasi yoki shuningdek oddiy ko‘z bilan qaraganda ham ko‘rinadigan Magellan Bulutlari joylashgan. Bizning modelimizda Kichik Magellan Bulutini diametri 4000 Mm bo‘lgan obyekt ravishida, kattasini—5500 Mm obyekt ravishida Somon Yo‘li modelidan 70000 Mm uzoqlashtirib ko‘rsatish kerak bo‘lardi. Andromeda tumanligining modelini biz diametrini 60000 Mm kattalikda ko‘rsatib, uni Somon Yo‘li modelidan 500000 Mm, ya’ni Yupiterning deyarlik haqiqiy uzoqligigcha surishimiz kerak bo‘lardi!

Hozirgi zamon astronomiyasi ish ko‘rgan eng uzoq osmon obyektlari,—bu yulduz tumanliklari, ya’ni bizning Somon yo‘limiz chegarasidan ko‘p uzoqda joylashgan benihoyat ko‘p yulduz to‘plamlaridir. Bularning Quyoshdan uzoqligi 1 000 000 000 yorug‘lik yildan oshiq. Bunday uzoqliklarni bizning modelimizda qanday tasvirlash

kerakligi hisoblab ko‘rishni kitbxonning o‘z ixtiyoriga qo‘yamiz. Bunda kitobxon olamning hozirgi zamon astronomiyasi erisha cladigan qismining kattaliklari haqida biroz tasavvur hosil qilar deb o‘ylaymiz.

Bu masalaga doir bir qancha taqqoslashlarni kitobxon mening «Siz fizikan bilasizmi» degan kitobimdan ham topadi.

Yulduzlarning xususiyatlari va yulduzlar olamining tuzilishi bilan qiziqqan kitobxonga quyidagi kitoblarni tavsiya qilamiz:

Воронцов – Веляминов В.А. Очерки о вселенной, Гостехиздат, 1955.

Полак И. Ф. Курс общей астрономии, Гостехиздат, 1955.





BESHINCHI BOB

TORTILISH

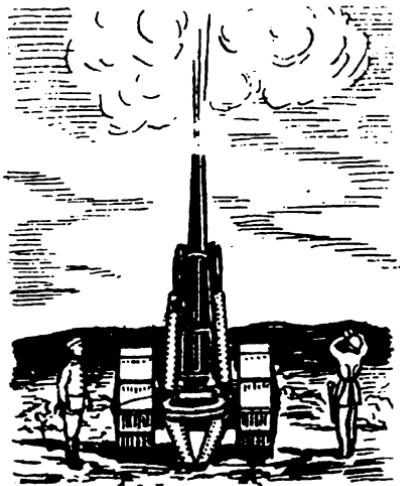
To‘pdan osmonga

Ekvatorda o‘rnatilgan to‘pdan tik yuqoriga otilegan snaryad cayerga borib tushardi(86-rasm)? Shunday mas la bundan yigirma-o‘ttiz yil oldin sekundiga 8000 metr tezlik bilan farazan otilegan snaryadga nisbatan bir jurnalda muhokama qilindi; bu snaryad 70 minutdan keyin 6400 km (Yer radiusicha) balandlikka chiqishi kerak edi. Jurnal bu to‘g‘rida mana nimalar yozdi:

«Agar snaryad ekvatorda tik yuqori otilsa, u to‘pdan chiqqan mahalda yana ekvator nuqtalarining sharqqa yo‘nalgan doiraviy (465 m/s) tezligiga ham ega bo‘ladi. O‘q shu tezlik bilan ekvatorga parallel uchadi. To‘p otilegan paytda snaryad otilegan nuqtada tepasida tik yuqorida 6400 km balandlikda bo‘lgan nuqta ikkilama radiusli doira bo‘ylab, ikkilama tezlik bilan harakat qiladi. Demak, u sharqiy yo‘nalishda snaryaddan o‘tib ketadi. U o‘z yo‘lining eng yuqori nuqtasiga yetganida o‘zi otilegan joyning tik yuqorisida bo‘lmasdan, undan g‘arbgaga tomon orqada qoladi. O‘q yerga qaytib tushganda ham shunday bo‘ladi. Buning natijasida snaryad 70 minut davomida yuqori chiqishi va qaytib tushishida taxminan 400 km g‘arbgaga qarab orqada qoladi. O‘q mana shu yerga tushadi. O‘q otilegan nuqtasiga qaytib tushsin uchun tik otish emas, bir oz qiyaroq – bu holda 5° qiyaroq otish kerak».

Bunday masalani Flammarijon o'zining «Astronomiya» nomli asarida tomom boshqacha yechadi:

«Agar to'jni tik yuqoriga qaratap otilsa, snaryad yuqori chiqib, so'ngra yana qaytib tushguncha to'p Yer bilan birgalikda sharqqa tomon ko'chishiga qaramasdan, o'q qaytib to'pning oqziga tushadi. Buning sababi ochiq-oydin. Snaryad yuqori chiqishida Yerning harakatidan o!gan tezligi sira yo'qotmaydi.



86- rasm. Yuqoriga tik otilgan snaryad to'g'risidagi masala.

Unga ta'sir qilgan ikkita zarba bir-biriga qarama-qarshi emas: masalan, u bir kilometr yuqoriga qarab harakat qilishi va shu bilan birga 6 km sharqqa qarab harakat qilishi mumkin. Uning fazodagi harakati parallelogrammning diagonalini bo'y lab bo'ladi, bu parallelogrammning bir tomoni 1 km, ikkinchisi 6 km bo'ladi. Pastga tomon u og'irlilik kuchi ta'siri ostida ikkinchi diagonal bo'y lab (to'g'ri roq'i uning tushishi tezlanuvchan harakat bo'lgani uchun egri chiziq bo'y lab) tushadi va yana ilgaridek tik yuqori qarab turgan to'pning xuddi og'iziga tushadi.

Biroq bunday tajribani qilish ancha qiyin bo'lardi,— deb ham aytadi Flammarijon,— chunki yaxshi kalibrlangan

to'pni topish qiyin va uni raso tik o'rnatish ham oson gap emas. XVII asrda Mersen va Pti bu tajribani qilib ko'rishga urindilar, ammo ular osmonga otilgan sene yadning qayerga tushganini topa olmadilar. Varinyon o'zining «Tortilish haqida yangi mulohazalar» nomli asarining birinchi betiga (1690- yil) bunga doir rasmni joylashtirgan edi (biz bu rasmni ushbu bobning boshiga qo'yidik). Bu rasmda ikkita kuzatuvchi – monax va harbiy zenitga to'g'rilangan to'p yonida turibdi va otilgan zambarakni kuzatgandek osinenga qaraydi. Gravyurada siantsuzcha: «Qaytib tusharmikin?» deb yozilgan. Monax, Mersen, harbiy esa—Ptidir. Bu havfli tajribani ular bir nechta marta qilishibdi va yaxshi mernan bo'limganliklaridan organ zambaraklari qayaib xuddi o'zlarining kalialariga tushmagani uchun snaryad abadiy havoda qoladi deb hisoblashibdi. Varinyon bunga taajjublanibdi: 2 snaryad bizning tepamizda osilib turipti! Haqiqatan ajab ish! «Shu tajribani Strasburgda qaytarilganda snaryadni to'pdan bir necha yuz metr narida topilgan. To'p raso tik yo'naltirilgan bo'lsa kerak».

Bu masalaning ikki yechilish usuli bir-biriga zid ekanligini ko'ramiz. Bir muallif snaryad otilgan joyidan ko'p uzoq g'arb tomonga borib tushadi, deydi, ikkinchisi esa—u xuddi to'pning og'ziga qaytib tuishish kerak dedi. Kimning gapi to'g'ri?

Qat'iy qilib aytganda masalani bu xilda yechishning ikkalasi ham noto'g'ri, ammo Flammaroinning yechishi haqiqatga yaqinroq. Snaryad to'pdan g'arbroqqa tushishi kerak, biroq, birinchi aytgandek—xuddi to'pning og'ziga tushmasligi kerak.

Afsuski, masalani elementar matematika vositalari bilan yechish mumkin emas¹. Shuning uchun men bu yerda faqat oxirgi natijani keltirish bilan kifoyalanaman.

Agar snaryadning boshlang'ich tezligini v bilan, Yer sharining aylanish burchak tezligini ω bilan, og'irlilik kuchining bergen tezlanishini esa g bilan ko'rsatsak, o'qning

¹Buning uchun maxsus puxta hisob kerak, bu hisobni mening iltimosimga muvofiq mutaxassislar bajarishdi. Bu hisobning tafsilotini men bu yerda keltirib o'tirmayman.

to'pdan g'arbgan tomon tushish nuqtasining masofasi uchun quyidagi ifodalar hosil bo'ladi:

Ekvatorda

$$X = \frac{4}{3} \omega \frac{v^3}{g^2}.$$

L kenglikda

$$X = \frac{4}{3} \omega \frac{v^3}{g^2} \cos \varphi.$$

Formulani birinchi muallif qo'ygan masalaga tatbiq qilganimizda:

$$\omega = \frac{2\pi}{86164},$$

$$v = 8000 \text{ m/s},$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Bu kattaliklami birinchi formulaga qo'yganimizda; $X = -520 \text{ km}$ bo'lishini topamiz: snaryad to'pdan 520 km g'arbgan tomon tushadi (birinchi muallif o'ylagandek 4000 km emas).

Bu formula Flammarion tekshirgan hol uchun nima beradi? To'p ekvatorda emas, balki Parij yaqinida 48° kenglikda otilgan. Qadimgi to'p o'qining boshlang'ich tezligini 300 m/s deb olaylik. Bu sonlarni formulaga qo'yganimizda:

$$\omega = \frac{2\pi}{86164},$$

$$v = 300 \text{ m/s},$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2,$$

$$\varphi = 48^\circ.$$

$x = 18 \text{ m}$ bo'lishini topamiz; snaryad to'pdan 18 m g'arbdaroq tushadi (fransuz astronomi faraz qilgandek to'pning xuddi og'ziga kelib tushmaydi). Biz bunda, albatta, bu natijani ancha o'zgartira oladigan havo oqimlarining ta'sirini hisobga olmadik.

Juda balandda og‘irlit

Bundan oldingi maqolaning hisoblarida bir nara nazarda tutildiki, biz bunga hozirgacha kitobxonning e’tiborini jalb qilmadik. Gap, Yerdan ko’tarilgan sari og‘irlit kuchining kamayishi haqida boradi. Og‘irlit butun olam tortilishining namoyon bo‘lishidir, ikkala jismning bir-birini tortish kuchi esa ularning omsidagi masofa oshganda juda tez kamayadi. Nyuton qonuniga muvofiq, tortish kuchi masofaning kvadratiga teskarri proportional ravishda kamayadi: bunda masofani Yer sharining markazidan hisoblash kerak chunki Yer hamma jismlarni o‘zining butun massasi markaziga to‘planganga o‘xshab tortadi. Shuning uchun 6400 km balakandlikda, ya’ni Yer markazidan 2 ta Yer radiusiga uzoqlashgan joyda tortish kuchi Yerning siridagi tortish kuchiga qaraganda to‘rt marta kamayadi.

Yuqoriga otilgan artilleriya snaryadida esa bu hoi shunda namoyon bo‘lishi kerakki, balandlikka chiqqan sari og‘irlit kuchi kamaymagan holdagiga qaraganda o‘q balandroq chiqadi. Sekundiga 8000 metr tezlik bilan tik yuqori otilgan snaryadni biz 6400 km balandlikka chiqadi deb qabul qildik. Ammo bu snaryadning qanday balandlikka chiqishini, balandlikka chiqqan sari og‘irligini kamayishini nazarga olmaydigan hammaga ma’lum formulaga muvofiq hisoblasak, uning ikki marta kamroq balandlikka chiqishi kerakligini topamiz. Shu hisobni bajaraylik. Fizika va mexanika darsliklarida og‘irlit kuchining bergen tezlanishi g o‘zgar-maganda v tezlik bilan tik yuqori otilgan jismning ko’tarilish balandligi h ni hisoblash formulasi beriladi:

$$h = \frac{v^2}{2g},$$

$v=8000$ m/s, $g=9,8$ m/s² bo‘lganda:

$$h = \frac{8000^2}{2 \cdot 9,8} = 3265000 \text{ m} = 3265 \text{ km}.$$

Bu esa bundan oldingi maqolada ko‘rsatilgan balandlikdan ikki marta kam. Yuqorida aytib o‘tganimizdek

bundagi kelishmovchilik darslikdan olingan formuladan foydalanganimizda biz balandlikka chiqqan sari og‘irlik kuchining kamayishini hisobga olmadik. Agar Yer snaryadni kuchsizroq tortsa, albatta, u o‘sha tezlik bilan uchganida balandroq chiqishi kerak.

Darsliklarda beriladigan formulalar yuqorida aytilgan jismning qanday balandlikka chiqishini hisoblash uchun yaramas ekan, degan xulosaga kelishga shoshilish kerak emas. Bu formulalar qanday chegaralar uchun olingan bo‘lsa, o‘sha chegaralardan oshib ketgandagina bu formulalar to‘g‘ri bo‘lmay qoladi. Bu formulalar katta bo‘limgan balandliklar uchun tayinlang¹ bo‘lib, bu balandliklarda og‘irlik kuchining kamayisini shuncha oz bo‘ladiki, uni hisobga olmasa ham bo‘ladi. Masalan, 300 m/s boshlang‘ich tezlik bilan yuqori otilgan snaryadga og‘irlik kuchining kamayishi juda kam ta’sir qiladi.

Mana qiziq savol; hozirgi zamон aviatsiyasida va havoda suzishlarda erishiladigan balandliklarda og‘irlik kuchining kamayishi sezilarlik bo‘ladimi, yo‘qmi? Shu balandliklarda yo‘q jismlarning og‘irligi kamayishi sezilarlik bo‘ladimi? 1936- yilda uchuvchi Vladimir Kokkinaki o‘zining mashinasida har xil yuklarni juda balandga olib chiqdi: $\frac{1}{2}$ tonna yukni 11458 metr balandlikka, 1 tonnani—12100 metrga va 2 tonnani 11295 metr balandlikka o‘zining dastlabki og‘irligini saqladimikan yoki og‘irligining sezilarlik qismini (anchasini) yo‘qotdimikan? Birinchi qarashda, Yerdeк katta sayyorada uning yuzidan o‘n kilometrdan oshiqroq ko‘tarilish yukning og‘irligini sezilarlik darajada kamaytirmasa kerakdek ko‘rinadi. Yerning yuzida vaqtida yuk bizning sayyoramiz markazidan 6400 km uzoqlikda bo‘ladi; 12 km balandlikka chiqqanimizda bu balandlik 6412 km bo‘lib qoladi: og‘irlikning kamayishi sezilarlik bo‘lishi uchun balandlikning bunchagini oshushi kifoya qilmasligi kerakdek ko‘rinadi. Biroq hisob boshqa narsani ko‘rsatadi: bunda og‘irlikning kamayishi ancha sezilarlik bo‘ladi.

Yuqorida aytilgan hollardan biri uchun tegishli hisoblashni bajaraylik: masalan, Kokkinakining 2000 kg

yukni 11295 m balandlikka ko'tarishini olaylik. Bu balandlikda samolyot Yerning markazidan startdagidan ko'ra 6411,3/6400 marta uzoqroq bo'ladi.

Bunda tortish kuchi

$$\left(\frac{6411,3}{6400}\right)^2, \text{ ya'ni } \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2$$

marta kamayadi.

Demak, mazkur balandlikda bu yuk

$$2000 : \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2 \text{kg}$$

kelishi kerak.

Agar shu hisobni bajarsak (buning uchun taqrifiy hisob usullaridan foydalanish qulay)¹, unda 2000 kg yuk bu rekord balandlikda faqat 1993 kg kelganligi ma'lum bo'ladi; yuk 7 kg yengillashib – og'irlikning kamayishi sezilarli bo'lib qoladi. Bir kilogrammlik tarozi toshni bu balandlikda prujinali tarozida tortganimizda faqat 996,5 g kelardi, 3,5 g og'irlik yo'qolardi.

Bizning 22 km balandlikka chiqqan stratonavtlarimiz og'irlikning yana ham ko'proq kamayishini payqashlari mumkin edi: har kilogrammning og'irligi 7 g kamayishi kerak edi.

¹Quyidagi taqrifiy tengliklardan foydalanish mumkin:

$$(1 + \alpha)^2 = 1 + 2\alpha \text{ va } 1:(1 + \alpha) = 1 - \alpha,$$

bunda α – juda ham kichkina son. Shuning uchun

$$2000 : (1 + \frac{11,3}{6400})^2 \text{kg} = 2000 : (1 + \frac{11,3}{3200}) =$$

$$= 2000 - \frac{11,3}{1,6} = 2000 - 7.$$

1936- yilda 5000 kg yukni 8919 m balandlikka ko'targan uchuvchi Yumashovning rekordi uchun hisoblash yo'li bilan yuk og'irligining umumiy kamayishi 14 kg bo'lismeni aniqlashi mumkin.

O'sha 1936- yilda uchuvchi M.Yu.Alekseev 1 tonna yukni 12695 m balandlikka, uchuvchi M.Nyuktikov 10 tonna yukni 7032 m balandlikka olib chiqdi va hokazo. Yuqorida bayon qilinganlardan foydalanib, kitobxon bu hollarda og'irlilikning kamayishi qancha bo'lganligini osongina o'zi hisoblashi mumkin.

Sirkulni qo'limizga olib, sayyoralar yo'lidan

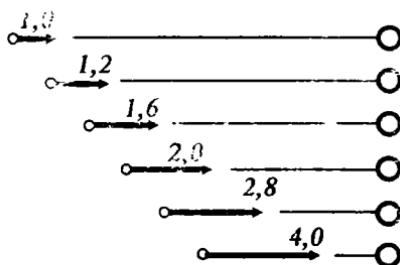
Sayyoraning harakatini tekshirish ustida qilgan mehnatlari natijasida Kepler geniysi tabiatni yengiб qo'lga kirgizgan uchta qonunidan birinchisi ko'plar uchun eng kam tushuniladigan qonun bo'lsa kerak. Bu qonun sayyoralar ellips bo'ylab harakat qiladi deb ko'rsatadi. Nima uchun ellips bo'ylab harakat qilar ekan? Modomiki, Quyoshdan har tomonga birday ta'sir qilib, undan uzoqlashgan sari birday kamayib borgan kuch chiqar ekan, sayyoralar Quyosh markaziy joy oladigan cho'ziq berk yo'llar bilan emas, balki uning atrofida doiralar bo'ylab aylanishi kerakdek ko'rindi. Bunga o'xshash tushunmovchiliklar masalaga matematik nuqtai nazardan qaraganda to'la-to'kis hal qilinadi. Ammo osmon havaskorlarining ozchiligidagina bu yerda kerak bo'lgan oliy matematika tushunchalariga egadir. Kepler qonunlarining to'g'riligini faqat elementar matematika bilangina qurollangan kitobxonlarimizga ham tushuniladigan qilish uchun urinib ko'raylik.

Sirkul, masshtab, lineyka va katta qog'oz olib, sayyoralarning yo'llarini o'zimiz chizaylik va shunday qilib, bu yo'llarning Kepler qonunlariga muvofiq qanday bo'lib chiqishiga chizma ustida ishonch hosil qilaylik.

Sayyoralarning harakatini tortilish kuchi idora qiladi. Avval shu kuchni tekshiraylik. 87-rasmning o'ng tomonidagi doiracha faraziy Quyoshni tasvirlaydi; undan chap tomonda esa faraz qilingan sayyora joylashtirilgan. Misol uchun bular

orasidagi masofa 1 000 000 km bo'lsin; chizmada bu masofa 5 sm uzunlikda ko'rsatilgan—masshtabi 1 sm da 200 000 km.

Uzunligi 0,5 sm bo'lgan strelka bizning sayyoramiz Quyoshga qanday kuch bilan tortilishini ko'rsatadi (87-rasm). Misol uchun, endi bu kuch ta'siri ositda sayyora Quyoshga yaqinlashib, undan faqat 900 000 km uzoqlikda bo'lib qolsin, bu bizning chizmamizda 4,5 sm bo'ladi. Endi

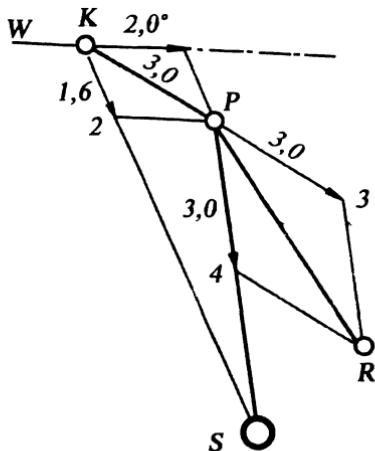


87- rasm. Masofa kamayganida Quyoshning sayyorani tortish kuchi oshadi.

Quyoshning sayyorani tortish kuchi tortilish qonuniga muvofiq ($10/9$)², ya'ni 1,2 marta oshadi. Agar ilgari tortilish kuchi 1 uzunlik birligidek strelka bilan ko'rsatilgan bo'lsa, hozir endi biz uni 1,2 birlikka teng strelka bilan ko'rsatishimiz kerak. Masofa 800 000 kilometrgacha kamayib qolsa, ya'ni bizning chizmamizda 4 santimetrga kelib qolsa, unda tortilish kuchi ($5/4$)², ya'ni 1,6 marta oshadi va 1,6 birlikka teng strelka bilan tasvirlanadi. Sayyora Quyoshga yana yaqinlashib, 700, 600, 500 ming kilometrga kelib qolganida tortish kuchi o'shalarga muvofiq uzunlikning 2 birligi, 2,8 birligi, 4 birligiga teng strelkalar bilan tasvirlanadi.

O'sha strelkalarning o'zi faqat tortish kuchlarinigina emas, balki jismning shu kuchlar ta'siri ostida vaqt birligi ichida ko'chishlarini ham tasvirlaydi deb tasavvur qilish mumkin (bu holda ko'chishlar tezlanishlarga, demak, kuchlarga ham proporsionaldir). Bundan keyingi yasashlarimizda biz bu chizmadan sayyoralarning ko'chishini ko'rsatadigan tayyor masshtab o'rnida foydalanamiz.

Eindi Quyosh atrofida aylanayotgan sayyoraning yo'lini chizishga kirishaylik. Misol uchun, massasi hozir tekshirilgan sayyora massasidek bo'lgan sayyora ma'lum bir paytda 2 ta uzunlik birligiga teng bo'lgan tezlik bilan WK yo'nalishda harakat qilib Quyoshdan 800 000 km uzoqlikda bo'lgan K nuqtaga kelib qoladi, deylik (88-rasm). Sayyora Quyoshdan shunday masofada turganida unga shunday tortish ta'sir qiladiki, sayyora Quyoshga tomon vaqt birligi ichida 1,6 uzunlik birligicha siljyidi: o'sha vaqt ichida sayyora dastlabki WK yo'nalishda 2 ta birlikcha siljyidi.



88- rasm. Quyosh S sayyoraning $WKPR$ yo'lini qanday egrilatadi.

tortish ta'siri ostida $SP = 5,8$ masofada SP yo'nalishda $P4-3$ yo'l bosishi kerak. Natijada u parallelogrammning PR diagonalni bo'ylab ketadi.

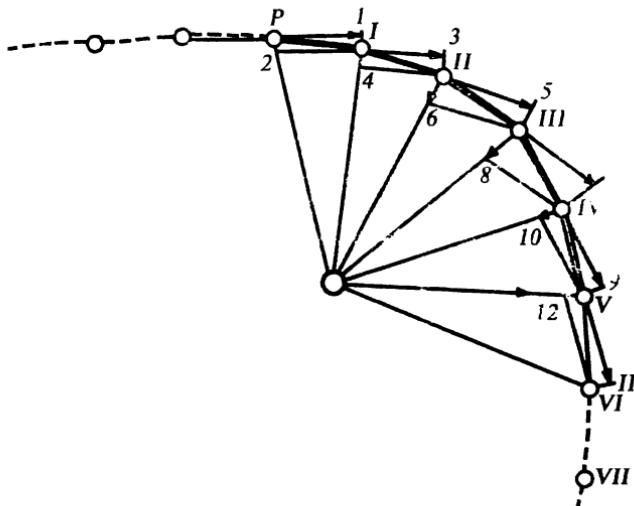
Eindi biz bu chizmada chizishni davom qildirmaymiz: buning masshtabi juda katta. Albatta, masshatb qancha mayda bo'lsa, biz bu chizmaga sayyora yo'lining shuncha ko'proq qismini sig'dira olamiz va bizning sxemamizning sayyora haqiqiy yo'liga o'xhashligini burchaklarning o'tkirligi shuncha kamroq buzadi. 89-rasmda massasi yuqorida aytilgan sayyoraning massasidek bo'lgan birorta faraziy osmon jismi bilan Quyoshning uchrashgan holi uchun o'sha manzaraning o'zi maydaroq masshtabda berilgan. Bunda Quyoshning

qiladiki, sayyora Quyoshga tomon vaqt birligi ichida 1,6 uzunlik birligicha siljyidi: o'sha vaqt ichida sayyora dastlabki WK yo'nalishda 2 ta birlikcha siljyidi.

Natijada u K 1 va K 2 ko'chishlar ustiga chizilgan parallelogrammning KP diagonalni bo'ylab ko'chadi; bu diagonal 3 ta uzunlik birligiga teng (88-rasm).

P nuqtaga kelgandan keyin sayyora 3 ta birlikka teng tezlik bilan KP yo'nalishda harakat qilishga intiladi. Ammo shu vaqtning o'zida u Quyoshning

kelgindi sayyorani dastlabki yo'lidan burib, P—I—II—III—IV—V—VI—egri chiziq bo'ylab yurishga majbur qilishi aniq ko'rinish turibdi. Bunda chizilgan yo'lning burchaklar, uncha o'tkir emas va sayyoraning ayrim vaziyatlarini bir tekis egri chiziq bilan tutashtirish oson.



89- rasm. Quyosh S sayyorani dastlabki yo'lidan og'ishtirib, uni egri chiziq bo'ylab harakatlanishga majbur qiladi.

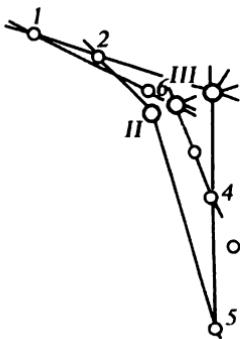
Bu qanday egri chiziq? Bu savolga javob berish uchun bizga geometriya yordam beradi. Chizmaning (89-rasm) ustiga shaffof qog'oz solinganda, unga sayyora yo'lining ixtiyoriy olingan oltita nuqtasini ko'chiring. O'zingiz tanlab olgan shu oltita nuqtani istagan bir tartibda nomerlang va o'sha tartibda to'g'ri chiziq kesmalari yordami bilan bir-biriga qo'shing. Bunda siz sayyora yo'liga chizilgan, qisman tomonlari kesishadigan olti burchakli shakl hosil qilasiz. Endi 1—2 to'g'ri chiziqnini 1 nuqtada 4—5 chiziq bilan kesishguncha davom qildiring. Xuddi shu xilda 2—3 va 5—6 to'g'ri chiziqlarning kesishgan joyida II nuqtani, so'ngra 3—4 va 1—6 to'g'ri chiziqlarning kesishgan joyida III nuqtani topasiz. Agar biz tekshirayotgan egri chiziq «Konus kesim» deb ataladigan kesimlardan biri, ya'ni ellips, parabola yoki

giperbola bo'lsa, unda I, II va III nuqtalar bir to'g'ri chiziqda bo'lishi kerak. «Paskal olti burchagi» degan nom bilan yurgiziladigan (o'rta matabda o'tiladigan teoremlar qatoriga kirmaydigan) geometrik teorema mana shunday.

Puxta bajarilgan chizmada har doim shu kesishuv nuqtalari bir to'g'ri chiziqda bo'ladi. Bu esa tekshirilayotgan egri chiziqning yo ellips yo parabola, yo bo'lmasa giperbola ekanligini tasdiqlaydi. 89-rasmga bulardan birinchisi to'g'ri kelmaydi (chunki egri chiziq berk emas), demak, bunda sayyora parabola bo'ylab yoki giperbola bo'ylab harakat qilgan ekan. Dastlabki tezlik bilan tortish kuchining munosabati shundayki, Quyosh sayyorani faqat to'g'ri yo'ldan og'ishtiradi, ammo uni o'z atrofida aylantira olmaydi, astronomlar aytgandek uni «qo'lga ololmaydi».

Endi shu xilda sayyoralar harakatining ikkinchi qonunini-yuzalar qonuni deb ataladigan qonunni aniq tushunib olishga urinib ko'raylik. Kitobdag'i 21-rasmni badiqqat qarab oling. Undagi o'n ikkita nuqta rasmni 12 ta qismga bo'ladi; bularning uzunligi birday emas, ammo biz bilamizki, sayyora ularni birday vaqt ichida bosib o'tadi. 1, 2, 3, va hokazo nuqtalarni Quyosh bilan tutashtirganingizda 12 ta shakl hosil bo'ladi, agar haligi nuqtalarni vatarlar bilan birlashtirsangiz, bu shakllarni taxminan uchburchak deb tasavvur hosil qilish mumkin. Shu uchburchaklarning asoslari va balandliklarini o'lchab, yuzlarini toping. Bunda siz uchburchaklarning hammasining yuzlari birday bo'lishini ko'rasiz. Boshqacha qilab aytganda siz Keplerning ikkinchi qonuniga kelasiz:

Sayyora orbitalarning radius-vektorlari birday vaqt oralarida birday yuzlar chizadi.



90- rasm. Quyosh atrofida sayyoralar konus kesimlapr bo'ylab aylanishini geometrik usuli bilan isbot qilish (tafsiloti matnda).

Shunday qilib, tsirkul ma'lum bir darajada sayyoralar harakatining birinchi ikkita qonunini anglab olishga yordam beradi. Uchinchi qonunni tushunib olish uchun sirkul o'rniga qalam olib, bir muncha hisoblash ishlari bajaraylik.

Sayyoralarning Quyoshga tushishi

Siz agar bizning Yerimiz o'z yo'lida birorta to'sqinlikka uchrab, Quyosh atrofida aylanishidan to'satdan to'xtab qolsa, unda nima bo'lishini o'ylab ko'rganmisiz? Hammadan oldin albatta, harakat qilayotgan jism bo'lgan bizning sayyoramizda bo'lgan g'oyat katta energiya zonasini issiqlikka aylanib, uni isitardi. Yer o'zining orbitasi bo'ylab miltiq o'qiga qaraganda o'nlaracha marta tezroq uchadi, uning harakat energiyasining issiqlikka aylanishi Yerimizni ko'z ochib yumguncha benihoyat katta issiq gazlar bulutiga aylantiradigan juda zo'r issiqlik tug'dirishini hisoblash oson.

Agarda Yer to'satdan to'xtab qolib, yuqorida aytilgan qismatdan qutilganda ham, baribar u, olovda halok bo'lardi: Quyosh uni o'ziga tortganida u Quyoshga borgan sari osha borgan tezlik bilan o'qtalardi va uning olovida halok bo'lardi.

Falokatga olib boradigan bu tushish sekin, toshbaqa qadami tezligi bilan boshlanardi: birinchi sekundda Yer Quyoshga atigi 3 mm yaqinlashar edi. Ammo bundan keyin har sekundda uning tezligi juda tez osha borib, oxirgi sekundda 600 kilometrغا yetardi. Shunday ko'z oldiga keltirish ham mumkin bo'limgan tezlik bilan Quyoshning cho'g'langan sirtiga borib tushardi.

Halokatga olib boradigan bu uchish qancha vaqt davom qilishini, bizning bu halokatga mahkum dunyomizning talvasasi uzoq davom qilarmikin, shuni hisoblab chiqish qiziqlaridir. Bu hisobni bajarishda bizga Keplerning uchinchi qonuni yordam beradi. Bu qonun faqat sayyoralargagina xos bo'lmay, kometalarga ham va umuman olam fazosida markaziy tortish kuchi ta'siri ostida harakat qiladigan hamma jismlarga xosdir. Bu qonun sayyoraning aylanish davrini (uning yilini) uning Quyoshdan uzoqligi bilan bog'laydi va quyidagicha ta'riflanadi:

Sayyoralarning aylanish vaqtining kvadratlari bir-biriga ularning orbitalari katta yarim o'qarining kublaridek hisbatda bo'ladi.

Bu holda biz to'ppa-to'g'ri Quyoshga uchib boradigan Yer sharini juda cho'ziq, qisilgan ellips bo'ylab harakat qiladigan, chetki nuqtalaridan biri Yerning orbitasida, ikkinchisi Quyoshning markazida joylashgan faraziy kometaga o'xshatishimiz mumkin. Bunday kometaning katta yarim o'qi, Yer orbitasining katta yarim o'qidan ikki marta kam davri qancha bo'lishi kerakligini hisoblaylik-chi.

Keplerning uchinchi qonuni asosida proporsiya tuzamiz:

$$\frac{(\text{Yerning aylanish davri})^2}{(\text{Kometaning aylanish davri})^2} = \frac{(\text{Yer orbitasi katta yarim o'qi})^3}{(\text{Kometaning orbitasi katta yarim o'qi})^3}$$

Yerning Quyosh atrofida aylanish davri 365 sutka; uning orbitasi katta yarim o'qini birga teng deb olaylik, unda kometa orbitasining katta yarim o'qi 0,5 kasri bilan ifoda qilinadi. Hozir bizning proporsiyamiz quyidagicha ko'rinishga kiradi:

$$\frac{365^2}{(\text{kometaning aylanish davri})^2} = \frac{1}{(0,5)^3},$$

bundan:

$$(\text{kometaning aylanish davri})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8}.$$

Demak,

$$\text{kometaning aylanish davri} = 365 \times \frac{1}{\sqrt[3]{8}} = \frac{365}{\sqrt[3]{8}}.$$

Aslida bizga bu faraziy kometaning to'la aylanish davri emas, davrning yarmi, ya'ni bir tomonga — Yer orbitasidan Quyoshgacha uchishning davom qilgan vaqt kerak: mana shuning o'zi biz qidirgan vaqt, ya'ni Yerning Quyoshga tushish vaqt bo'ladi. Shu vaqtning hisoblab ko'raylik:

$$\frac{365}{\sqrt[3]{8}} : 2 = \frac{365}{2\sqrt[3]{8}} = \frac{365}{\sqrt[3]{32}} = \frac{365}{5,65}$$

Demak, Yerning Quyoshga qancha vaqt tushishini bilish uchun yilni $\sqrt{32}$ ga, ya'ni 5,65 ga bo'lish kerak ekan. Bu ya'nt hisob bilan aytganda 65 kun bo'ladi.

Shunday qilib biz hisobladikki, o'z orbitasida aylanishidan to'satdan to'xtab qolgan Yer Quyoshga ikki oydan oshiqroq vaqt tushardi.

Yuqorida Keplarning uchinchi qonuni asosida hosil qilingan oddiy formulani faqat Yergagi... emas, har bir sayyoraga, hatto uning har bir yo'lcosiiga tatbiq qilish mumkin. Boshqacha aytganda, sayyora yoki uning yo'ldoshi o'zining markaziy yoritgichiga qancha vaqt tushishini bilish uchun ularning aylanish davrini $\sqrt{32}$ ga, ya'ni 5,65 ga bo'lish kerak.

Shuning uchun, masalan, Quyoshga eng yaqin bo'lib, uning atrofida 88 kunda aylanadigan sayyora—Merkuriy Quyoshga $15 \frac{1}{2}$ kun tushardi. Bir «yili» bizning 165 yilimizga teng bo'lgan Neptun Quyoshga 29 yil, Pluton esa 44 yil tushardi.

Agar Oy to'satdan to'xtab qolsa, u Yerga qancha vaqt tushardi? Oyning aylanish vaqt—27,3 kunni 5,6 ga bo'lamiz; to'ppa-to'g'ri 5 kun chiqadi. Faqat Oygina emas, bizdan Oygacha bo'lgan uzoqlikdagi har qanday jism ham, agar unga birorta boshlang'ich tezlik berilmasa va u faqat Yerning tortish kuchi ta'siri ostidagina (masalani osonlashtirish uchun bunda biz Quyoshning ta'sirini hisobga olmaymiz) tushganida Yerga 5 kun tushardi. O'sha formuladan foydalanib, Jyul Vernning «Из пушки на луну» nomli romanida ko'rsatib o'tilgan Oyga uchishning qancha vaqt davom qilishini tekshirib ko'rish oson¹.

Vulkanning sandoni

Hozirgina chiqarilgan qoidani afsonalardan olingan qiziq bir masalani yechish uchun tatbiq qilaylik. Qadimgi yunonlarning vulkan haqidagi afsonalarida bir kuni xudo o'zining sandonini tushirib yuboribdi va bu sandon osmondan Yerga 9 kun tushibdi, deyiladi. Qadimgilarning

Bu hisoblar mening «Sayyoralararo sayohat» degan kitobimda keltirilgan.

fikricha, bu muddat xudolar yashaydagan osmonni ko'z oldiga keltirib bo'lmaslik darajasida baland deb tasavvur qilishga juda mos kelgan: Xeops piramidasidan tashlanganda bu sandon Yerga atigi 5 sekundda tushardi-ku!

Agar olamni shu alomatiga qarab o'lchansa, qadimgi greklarning olami bizning tushunchalarimizga nisbatan anchator bo'lardi.

Biz bilamizki, Oy Yerga 5 kun davomida tushardi, afsonada aytilgan sandon esa 9 kun tushibdi. Demak, sandon tushib ketgan «osmon» Oy orbitasidan uzoq ekan. Ammo ko'p uzoqmi? Agar sandon bizning Yerimizning yo'ldoshi bo'lganida edi, 9 tunni 32 ga ko'paytiramizda, Sandonning Yer shari atrofida aylanish davrini topardik: $9 \times 5,6 = 51$ sutka. Endi Oyga va bizning faraziy sandon-yo'ldoshimizga Keplerning uchinchi qonunini tatbiq qilaylik.

Proporsiya tuzaylik:

$$\frac{(\text{Oyning aylanish davri})^2}{(\text{Sandonning aylanish davri})^2} = \frac{(\text{Oyning uzoqligi})^3}{(\text{Sandonning uzoqligi})^3} .$$

Shu proporsiyaga sonlarni qo'yganimizda quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{27,3^2}{51^2} = \frac{380\ 000^3}{(\text{Sandonning uzoqligi})^3} .$$

Bundan sandonning Yerdan uzoqligini hisoblab chiqarish oson.

$$\begin{aligned} \text{Sandonning uzoqligi} &= \sqrt[3]{\frac{51^2 \cdot 380\ 000^3}{27,3^2}} = \\ &= 380\ 000 \sqrt[3]{\frac{51^2}{27,3^2}} . \end{aligned}$$

Buni hisoblab chiqqanimizda 580 000 km degan natija chiqadi.

Qadimgi greklarning osmonigacha bo'lgan masofa hozirgi astronomning qarashicha mana qanday nazarga ilinmaslik kichikna: hammasi bo'lib Oygacha bo'lgan masofadan bir yarim marta oshiqroq bo'lardi. Bizning tasavvurlarimizcha, olam taxminan endi boshlanadi degan joyda qadimgilarning olami tamom bo'lgan.

Quyosh sistemasining chegaralari

Agar Quyosh sistemasining chetki nuqtalari deb kometa orbitasining eng uzoqdagi nuqtalarini (afeliyni) hisoblasak, Keplerning uchinchi qonuni bizning Quyosh sistemamizning chegaralari qancha uzoqlikka borishi mumkinligini hisoblashga ham imkon beradi. Bu to'g'risida biz bundan oldin ham muhokama qildik; bunda esa shunga muvofiq hisoblash ishlarini bajaraylik. Ill bobda biz aylanish davri juda uzoq – 776 yil bo'lgan kometalar haqida gapirgan edik. Shunday kometalarning Quyoshga eng yaqin masofasi (perigelyi) 1800000 km ekanligini bilib, shu kometaning afeliy x masofasini hisoblaylik.

Ikkinchisi jism sifatida Yerni olib proportsiya tuzamiz:

$$\frac{776^2}{1^2} = \frac{1/2 [(x+1800\ 000)]^3}{150000000^3}.$$

Bundan:

$$x+1800\ 000=2.150\ 000\ 000, \sqrt[3]{776^2}.$$

Demak,

$$x = 25318\ 000\ 000 \text{ km.}$$

Ko'ramizki, bu kometalar Quyoshdan Yerga qaraganda 182 marat uzoq ketishi, demak, bizga ma'lum bo'lgan sayyoralardan eng keyingisi—Plutondan to'rt yarim marta uzoq ketishi kerak ekan.

Jyul Vern romanining xatosi

Jyul vern «Gektor Servadak» nomli romanidagi voqealarni Quyosh atrofida roppa-rosa ikki yilda bir marta aylanib chiqadigan o'zi o'ylab chiqargan «Galliy» degan kometada bo'ladi deb hikoya qiladi. Romandagi ikkinchi bir ko'rsatma bu kometaning afeliy masofasiga doirdir: u Quyoshdan 820 km deyiladi. Perigelyi masofasi romanda ko'rsatilmagan bo'lsa ham, yuqorida keltirilgan ikkita ma'lumotga qarab, bundan sayyora bizning Quyosh

sistemamizda bo'lishi mumkin deyaolamiz. Biz bunga Keplerning uchinchi qonuni formulasiga muvofiq qilingan hisobga asosan ishonamiz.

Noma'lum perigelyi masofasini x million kilometr bilan belgilaylik. Unda kometa orbitasining katta o'qi $x+820$ million km bilan, katta yarim o'qi esa $\frac{x+820}{2}$ million km bilan ifoda qilinadi. Kometaning aylanish davri va uzoqligini Yerning aylanish davri va uzoqligiga solishitrib ko'rganimizda Kepler qonuniga muvofiq:

$$\frac{2^2}{1^2} = \frac{(x+820)^3}{2^{2 \cdot 1} \cdot 0^3},$$

Bundan:

$$x = -343.$$

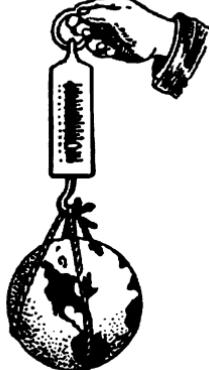
Kometaning Quyoshdan eng yaqin masofasining natijada manfiy chiqishi masalada berilgan boshlang'ich ma'lumotlarning munosib emasligini ko'rsatadi. Boshqacha aytganda, aylanish davri shuncha qisqa—2 yil bo'lgan kometa Quyoshdan Jyul Verm romanida ko'rsatilgandek uzoq ketishi mumkin emas.

Yerning og'irligini qanday o'lchashgan?

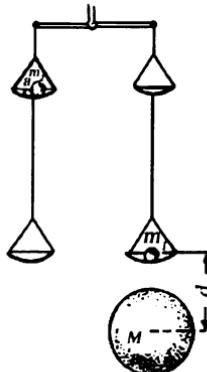
Bir sodda odam to'g'risida latifa borki, uni astronomiyada hayron qoldirgan narsa—olimlarning yulduzlarning nomini qanday qilib bilib olishi bo'lgan emish. Agar jiddiy gapirsak, astronomlarning eng hayratda qoldirarlik muvafaqiyati ularning biz o'zimiz yashagan Yerning va uzoqdagi osmon yoritgichlarining og'irligini o'lchash bo'lsa kerak. Darhaqiqat: Yer va osmonni qanday usullar bilan, qanday tarozida tortishgan ekan?

Yerning og'irligini o'lchash masalasidan boshlaylik. Hammadan oldin «Yer sharining og'irligi» degan gaplardan nimani tushunish kerakligini aniqlab olaylik. Jismning og'irligi deb biz uning o'zi suyangan suyanchiqqa ko'rsatgan bosimini yoki o'zi osib qo'yilgan nuqtani tortishini aytamiz. Yer shariga bularning ikkalasini ham tatbiq qilib bo'lmaydi: Yer hech narsaga suyanmaydi va hech narsaga

osib qo'yilgan emas. Demak, bu jihatdan olganda, Yer sharining og'irligi yo'q. Bo'lmasa, olimlar Yerni «to'lib» ko'rib nimani aniqlashgan? Ular Yerning massasini aniqlashgan. Aslida biz do'kondan 1 kg qand sotib olar ekanmiz, bu qand suyanchiqqa qancha kuch bilan bosishi yoki osib qo'yilgan ipini qancha kuch bilan tortishining biz uchun hech ahamiyati yo'q-ku. Bunda bizni ikkinchi narsa qiziqtiradi: biz faqat bu qand bil necha piyola shirin choy ichish mumkinligini o'ylaymiz, boshqacha aytganda, bizni undagi moddaning miqdori qiziqtiradi.



91- rasm. Yerni qanday tarozida o'lichashlari mumkin?



92- rasm. Yerning massasini aniqlash usullaridan biri: Yolli tarozisi.

Ammo modda miqdorini o'lichash uchun faqat bir usul bor: bu usul Yerning jismni qanday kuch bilan tortishini topishdan iboratdir. Biz birday massalarga birday miqdorda modda to'g'ri keladi deb qabul qilamiz, jismning massasi haqida esa biz faqat uning tortish kuchiga qarab hukm yurgizamiz, chunki tortish kuchi massaga to'g'ri proportionaldir.

Yerning og'irligiga kelganimizda biz aytamizki, agar uning massasi ma'lum bo'lsa, uning «og'irligi» aniqlanib qoladi deymiz; demak, Yerning og'irligini aniqlash masalasini uning massasini hisoblash masalasi deb tushunish kerak ekan.

Bu muzalani yechish usulidan birini (Yollı asulini, 1871) tasvir qilib beraylik. 92-rasmida siz shayinining har bir uchiga ikkita yengil palla: yuqorigi va pastki palla osilgan juda sezgir tarozi ko'rasiz. Yuqoridagi palla bilan pastdag'i pallaning orasi 20–25 sm. O'ng tomnidagi pastki pallaga massasi m , bo'lgan sferik yuk qo'yamiz. Tarozini muvozanatga keltirish uchun chap tomnidagi ustki pallaga massasi m_1 , bo'lgan yuk qo'yamiz. Bu yuklar bir-biriga teng emas, chunki ular har xil balandlikda bo'lganidan Yer ularni har xil kuch bilan tortadi. Agar o'ng tomnidagi ustki palla tagidan unga massasi M bo'lgan katta qo'rgoshin sharni yaqin keltirsak, tarozining muvozanati buziladi, chunki m_1 massani qo'rgoshin sharning M massasi uni shu sharlarning massalarini ko'paytmasiga to'g'ri proportsional va ularning markazlarini ajratib turadigan γ_1 masofaning kvadratiga teskari proportsional bo'lgan F_1 kuch bilan o'ziga tortadi:

$$F_1 = k \frac{m_1 M}{\gamma_1^2},$$

bunda k – tortilish doimiysi.

Buzilgan muvozanatni tiklash uchun tarozining ustki chap pallasiga massasi n bo'lgan kichkina yukni qo'yaylik. Bu yukning taroziga bosgan kuchi uning og'irligiga, ya'ni bu yukni Yerning hamma massasining tortish kuchiga teng. Bu kuch F' :

$$F' = k \frac{n \pi \phi}{R^2},$$

bunda ($\pi \phi$) Yerning massasi, R esa uning radiusi.

Chap tomnidagi yuqorigi pallada yo'tgan yuklarga qo'rgoshin shar ko'rsatgan arzimas ta'sirni nazarga olmasdan biz muvozanat shartini quyidagi shaklda yozishimiz mumkin:

$$F_1 = F' \text{ yoki } \frac{m_1 M}{\gamma_1^2} = \frac{n \pi \phi}{R^2}$$

Bu tenglikda Yerning massasi $\pi \phi$ dan boshqa hamma miqdorlarni o'lchash mumkin. Bundan $\pi \phi$ ni belgilaymiz. Yuqorida bayon qilingan tajribalarda

$$\begin{aligned} M &= 5775,2 \text{ kg}, \quad R = 6366 \text{ km}, \quad d = 56,86 \text{ sm}, \\ m &= 5,00 \text{ kg} \quad \text{va} \quad n = 589 \text{ mg} \end{aligned}$$

Natijada Yerning massasi $6,15 \times 10^{27}$ g ekanligi ma'lum bo'ladi.

Ilozirgi zamonda Yerning massasini ko'p o'lchashlarga asoslanib aniqlash $\pi \delta = 5,974 \times 10^{27}$ g, ya'ni taxminan 6 ming trillion tonna bo'lishini ko'rsatadi. Buni aniqlashda qilinishi mumkin bo'lgan yato 0,1 % dan oshmaydi.

Demak, astronomlar Yerning massasini aniqladilar. Biz esa ular Yerni tortdi deyishga to'la haqligiz, chunki biz jismni shayinli tarozida tortganimizda aslda uning og'irligini emas, balki massasini aniqlaymiz: biz faqat jismning massasi tarozi toshning massasiga teng ekanligini aniqlaymiz.

Yer bag'ri nimalardan tuzilgan?

Bu yerda ommabop kitob va maqolalarda uchraydigan xatoni ko'rsatib o'tish nojo'ya bo'lmasa kerak. Bayonotni osonlashtirish maqsadida ba'zi ommabop kitoblarning mualliflari Yer og'irligini o'lhash ishini quyidagicha bayon qiladilar: olimlar bizning sayyoramizning bir kubik santimetrining o'rtacha og'irligini (ya'ni solishtirma og'irligini) o'lchaganlar va Yerning geometrik hajmini hisoblab, uning solishtirma og'irligini hajmiga ko'paytirish yo'li bilan Yerning og'irligini aniqlaganlar. Biroq bu yo'l bilan Yer og'irligini o'lchab bo'lmaydi: Yerning solishtirma og'irligini bevosita bilib bo'lmaydi, chunki biz Yerning faqat yupqagina tashqi po'stlog'ini tekshira olamiz, Yer hajmining qolgan, ko'p qismi qanday moddalardan iborat ekanligi haqida hech narsa ma'lum emas.

Biz endi Yerni xuddi buning teskarisicha o'lchanligini bilamiz: Yerning avval massasi aniqlanib, keyin solishtirma og'irligi aniqlangan. Yerning solishtirma og'irligi bir kub santimetrda 5,5 g ekanligi—Yerning po'stlog'ini tashkil qilgan tog' jinslarining o'rtacha zichligidan ko'p ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu Yer sharining chuqur qatlamlarida juda og'ir moddalar joylashganligini ko'rsatadi. Bu

¹ Yer po'stlog'idagi minerallar faqat 25 km chuqurlikkacha tekshirilgan; hisoblash mineralogik jihatdan Yer shari hajmining atigi $1/3$, qismi tekshirilganligini ko'rsatadi.

moddalarning faraz qilingan solishtirma og'irligiga qarab (hamda boshqa asoslarga ham qarab) ilgari bizning sayyoramiz ustida yotgan qatlamlarning bosimi ostid. zinchashgan temirdan iborat deb o'yardilar. Hoz' esa, umuman olganda, Yerning markaziy qismining tarkibi po'stlog'ining tarkibidan farq qilmaydi, ammo g'oyat katta bosim ostida bo'lganidan ularning zinchligi oshiqroq deb hisoblaydilar.

Quyosh va Oyning og'irligi

Qanchalik qiziq ko'rinsa ham, uzoqdagi Quyoshning og'irligini aniqlash bizga yaqinroq bo'lgan Oyning og'irligini aniqlashga qaraganda ko'p oson. (O'z-o'zidan tushuniladiki, bu yoritgichlarga nisbatan «og'irlilik» so'zini biz Yerga ishlatgandek shartli ma'noda ishlamatamiz: bunda gap massani aniqlash ustida borayotir).

Quyoshning massasi quyidagi muhokama yo'li bilan topilgan. Tajriba 1 g massa 1 g massani 1 sm masofada $\frac{1}{15\ 000\ 000}$ mg kuch bilan tortishini ko'rsatadi. Massalari M va m bo'lgan ikkita jismning D masofada turib bir-birini butun olam tortilish qonuniga muvofiq tortish kuchi f quyidagicha ifodalanganadi:

$$f = \frac{1}{15\ 000\ 000} \cdot \frac{Mm}{D^2} \text{ mg}$$

Agar M Quyoshning massasi (grammlar hisobida), m —Yerning massasini,—ular orasida $150\ 000\ 000$ kilometrga teng bo'lgan masofa bo'lsa, ularning bir-birini tortishi kuchi milligrammlar hisobida:

$$\frac{1}{15\ 000\ 000} \cdot \frac{Mm}{15\ 000\ 000\ 000^2} \text{ mg}^1.$$

Ikkinci tomondan, bu tortish kuchi bizning sayyoramizni orbitasida ushlab turadigan markaziga intilma kuchdir, bu kuch mexanika qoidalariiga muvofiq $\frac{mV^2}{D}$ mg ga nazaravar (bu ham milligrammlar hisobida), bu formulada m —Yerning

¹Aniqroq qilib aytganda, dina: 1 dina = 0,98 mg.

massasi (grammlar hisobida), V -uning aylana tezligi bo'lib, $30 \text{ km/s} = 3000000 \text{ sm/s}$, D esa-Yerdan Quyoshgacha bo'lgan uzoqlik.

Demak,

$$\frac{1}{15\ 000\ 000} \cdot \frac{Mm}{D^2} m = \frac{3\ 000\ 000^2}{D} .$$

Bu tenglamadan noma'lum M aniqlanadi (yuqorida aytilgandek bu grammlarda ifoda qilinadi):

$$M = 2,10^{33} \text{ g} = 2,10^{27} \text{ tenna}$$

Bu massani Yer shari massasiga bo'lganimizda, ya'ni:

$$\frac{2 \cdot 10^{27}}{6 \cdot 10^{21}}$$

ifodani hisoblaganimizda $\frac{1}{3}$ million chiqadi.

Quyoshning massasini aniqlashning ikkinchi usuli Keplerning uchinchi qonunidan foydalanishga asoslangan. Butun olam tortilish qonunidan uchinchi qonun quyidagi shaklda chiqaziladi:

Bunda m_{\odot} – Quyoshning massasi, T —sayyoraning yulduz aylanish davri (Quyosh atrofida aylanish davri), a —sayyoraning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi, m —sayyoraning massasi. Shu qonunni Yerga va Oyga tatbiq qilganimizda quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{(m_{\odot} + m_{\oplus}) T_{\oplus}^2}{(m_{\odot} + m_{\odot}) T_{\odot}^2} = \frac{a_{\oplus}^3}{a_{\odot}^3}$$

Shu formulaga a_{\oplus} , a_{\odot} va T_{\oplus} , T_{\odot} larning kuzatishlaridan topilgan qiymatlarini qo'yib va kasrning suratida Quyoshga nisbatan kam bo'lgan Yerning massaini birinchi

taqribda nazarga olmasak, kasmung maxrajida esa Yer massasiga nisbatan kam bo'lgan Oyning massasini hisobga olmasak, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{m_{\odot}}{m_{\delta}} = 330000.$$

Yering massasini bilganimizda Quyoshshning massasini topamiz:

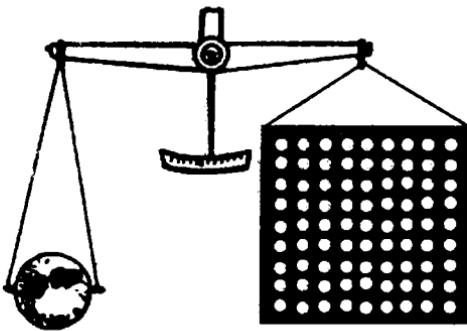
Shunday qilib, Yerga qaraganda Quyosh millionning uchdan bir hissasicha og'ir ekan.

Quyosh sharining o'rtacha zichligini hisoblash ham qiyin emas: buning uchun Quyoshning massasini hajmiga bo'lish kerak xolos. Quyoshning zichligi Yerning zichligidan taxminan to'rt marta kamroq ekanligi ma'lum bo'ldi.

Oyning massasini aniqlashga kelganimizda esa, bir astronomning aytishicha, «Oy bizga boshqa osmon jismlarining hammasidan ko'ra yaqin bo'lishiga qaramasdan, eng uzoq (o'sha vaqtida eng uzoq hisoblangan) sayyora Neptunning og'irligini o'lchashga qaraganda Oyni o'lchash qiyinroq». Biz hozir Quyoshning massasini hisoblaganimizdek Oyning massasini hisoblashga yordam beradigan **yo'ldoshi yo'q**. Olimlar boshqa, yana ham murakkabroq usullar qo'llanishga majbur bo'lishdiki, shu metodlardan biz bu yerda bittasinigina aytib o'tamiz. Bu metod suvning Quyosh tortishidan ko'tarilgan balandligi bilan, Oy tortishidan ko'tarilgan balandligini solishtirib ko'rishdan iboratdir.

Suvning ko'tarilish balandligi shu ko'tarilishni vujudga keltirgan jismning massasi va uzoqligiga bog'liq bo'ladi. Quyoshning massasi va uzoqligi hamda Oyning uzoqligi ma'lum bo'lganidan, suvning ko'tarilish balandliklarini solishtirib ko'rib, Oyning massasi aniqlanadi. Suvning ko'tarilishi to'g'risida gapirganimizda hali biz bu masalaga yana qaytamiz. Bu yerda faqat oxirgi natijani aytib beramiz, xolos. Oyning massasi Yer massasining $\frac{1}{81}$ hissasini tashkil qiladi (93-rasm).

Oyning diametri bizga ma'lum, uning hajmini hisoblaylik; Oyning hajmi Yerning hajmidan 49 marta kam ekan. Shuning uchun bizning yo'ldoshimizning o'rtacha zichligi Yer zichligining $\frac{49}{81} = 0,6$ hissasini tashkil qiladi.



93- rasm. Yer Oyga qaraganda 81 marta «og'ir»

Demak, Oy Yer moddasiga qaraganda bo'shroq, ammo Quyoshga qaraganda zichroq moddadan tashkil topgan ekan. Keyinroq biz Oyning o'rtacha zichligi ko'p sayyoralarining o'rtacha zichligidan oshiq bo'lishini ko'ramiz (223-betdagि jadvalga qarang).

Sayyoralar va yulduzlarning og'irligi va zichligi

Quyoshni «tortish» metodidan bittagina bo'lsa ham yo'l-doshi bo'lgan istalgan bir sayyorani tortish uchun foydalananish mumkin.

Sayyora yo'l doshining o'z orbitasi bo'y lab qilgan harakatining o'rtacha V tezligini va uning sayyoradan o'rtacha D uzoqligini bilganimizda biz sayyora yo'l doshini o'z orbitasida saqlaydigan markazga intilma kuch, $\frac{mV^2}{D}$ ni, sayyora bilan uning yo'l doshining bir-birini tortish kuchiga, ya'ni $\frac{kmM}{D^2}$ ga solishtirib ko'ramiz, bu ifodadan k — bir-biridan 1 sm uzoqlikda turgan 1 g massanening ikkinchi 1 g massaga tortilish kuchi, m —sayyora yo'l doshining massasi, M —sayyoraning massasi.

$$\frac{mV^2}{D} = \frac{kmM}{D^2},$$

bundan:

$$M = \frac{D\nu^2}{k}$$

formuladan foydalanib, sayyoraning M massasini hisoblash mumkin.

Keplerning uchinchi qonunini shu holga tatbiq qilaylik.

$$\frac{(\mathfrak{m}_0 + m_{sayyora})}{(m_{sayyora} + m_{yo'ldosh})} \cdot \frac{T_{sayyora}^2}{T_{yo'ldosh}^2} = \frac{a_{sayyora}^3}{a_{yo'ldosh}^3} .$$

Bunda ham qavs ichidagi kichik qo'shilovchilarni nazarga olmaganimizda Quyosh massasining sayyora massasiga nisbatini topamiz $\frac{\mathfrak{m}_0}{m_{sayyora}}$. Quyoshning massasini bilganimizda sayyoraning massasini topish oson.

Shu xilda hisoblashni qo'shaloq yulduzlarga ham **tatbiq** qilish mumkin, farqi, faqat shunda bo'ladiki, bunda hisoblash natijasi bu juft yulduzning har qaysisining massasini emas, ularning masalarining yig'indasi chiqadi.

Sayyoralar yo'ldoshlarining massasini aniqlash hamda yo'ldoshlari bo'lman sayyoralarning massasini aniqlash ancha og'ir masala.

Masalan, Merkuriy va Veneraning massasi bu sayyoralarning biri ikkinchisining harakatiga hamda ba'zi kometalarning harakatiga ko'rsatgan toyiltirish ta'sirini hisobga olish asosida topilgan.

Massalari bir-birining harakatiga toyiltirish ta'siri ko'rsata olmaydigan darajada kam bo'lgan asteroidlarning massasini aniqlash masalasi umuman aytganda hal qilib bo'lmaydigan masala. Faqat bu zig'irdak sayyoralarning hammasining yig'indi massasi ma'lum, u ham bo'lsa gumondir.

Sayyoralarning massasi va hajmiga qarab o'rtacha zichligini hisoblash oson. Bu hisob natijalari quyidagi jadvalda ko'rsatilgan:

	Yerning	zichligi	-1
Merkuriv	1,00		
Venera	0,92		
Yer	1,00		
Mars	0,74		
Yupiter	0,24		
Saturn	0,13		
Uran	0,23		
Neptun	0,22		

Ko'ramizki, bizning Yerimiz va Merkuriy bizning sistemamiz sayyoralari orasida eng zich sayyoralar ekan. Katta sayyoralarning o'rtacha zichligining kam bo'lishi har bir katta sayyoraning qattiq yadrosi g'oyat katta atmosfera bilan qoplangan bo'lib, bu atmosferaning massasi kam bo'ladi-yu, ammo sayyoraning ko'rinma hajmini oshirib yuborishidan, uning hajmini katta qilib ko'rsatishidandir.

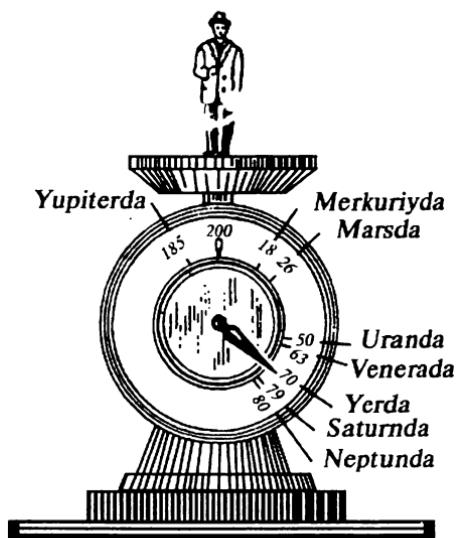
Oyda va sayyoralarda og'irlilik

Astronomiyadan xabari kamroq odamlar ko'pincha olimlarning Oy va sayyoralarni borib ko'rmasdan turib, ularning sirtidagi og'irlilik kuchi to'g'risida ishonch bilan gapirishiga hayron qoladilar. Ammo boshqa sayyoralarga olib borilganida toshning necha kilogramm kelishini hisoblash juda ham qiyin emas. Buning uchun faqat osmon jismining radiusi va massasini bilish kerak, xolos.

Misol uchun, Oyda og'irlilik kuchi qancha bo'lishini aniqlaylik. Biz bilamizki, Oyning massasi Yerning massasidan 81 marta kam. Agar Yerning massasi shuncha oz bo'lsa edi, uning sirtida og'irlilik kuchi hozirigidan ko'ra 81 marta kam bo'lardi. Ammo Nyuton qonuniga binoan boshqa jismalarni shar xuddi o'zining hamma massasi markaziga to'plangandek tortadi. Yerning markazi uning sirtidan Yer radiusicha uzoqlikda. Oyniki esa o'zining radiusicha uzoqlikda. Ammo Oyning radiusi Yer radiusining $\frac{27}{100}$ qismini tashkil qiladi, masofa $\frac{27}{100}$ marta kamayganida tortish kuchi $(\frac{27}{100})^2$ marta oshadi. Demak, oqibatda Oy sirtida og'irlilik kuchi Yerdagi og'irlilik kuchining

hissasini tashkil qiladi.

Shunday qilib, 1 kilogrammli tarozi toshini Oyga oborib tortganimizda, u atigi $1/6$ kg kelardi. Albatta, og'irlikning kamayishini shayinli tarozida emas, faqat prujinali tarozida bilib bo'ladi (94-rasm).



94- rasm. Har xil sayyoralarda odam qancha kelardi.

Qizig'i shundaki, agar Oyda suv bo'lsa edi, unda suzgan odam o'zini Yerdagi suvda qanday his qilsa, Oydag'i suvda ham shunday his qilardi. Uning og'irligi olti marta kamayardi, ammos u qisib chiqargan suvning og'irligi ham olti marta kamayardi; bular o'ttasidagi munosabat xuddi Yerdagidek bo'lardi va suzuvchi bizdagi suvda qancha cho'ksa, Oydag'i suvda ham xuddi shuncha cho'kardi.

Ammo Oyda suv ustidan gavdani ko'tarishga intilganda og'irlikning kamayishi natijasida sezilarlik bo'lardi: cho'milayotgan odamning gavdasi olti marta engilroq bo'lgani

tufayli u suv ustidan gavdasini ko'tarish uchun kamroq kuch sarf qilardi.

Quyidagi jadvalda og'irlik kuchining Yerga nisbatan boshqa sayyoralarda qanday bo'lishi ko'rsatilgan:

Merkuriyda	0,26	Saturnda	1,13
Venerada	0,90	Uranda	0,84
Yerda	1,00	Neptunda	1,14
Marsda	0,37	Plutonda	?
Yupiterda	2,64		

Bundan ko'rinaridiki, Yupiter, Neptun va Saturndan keyin Quyosh sistemasida Yer og'irlik kuchining kattaligi jihatdan to'rtinchı o'rinda turibdi¹.

Rekord og'irlik

Biz IV bobda so'zlagan Sirius *B* tipidagi «oq mitti» yulduzning sirtida og'irlik kuchi eng katta qiymatga erishadi. Radiuslari uncha katta bo'lmasdan, massalari g'oyat ko'p bo'lishi bu yulduzlarning sirtida og'irlik kuchining ham juda katta bo'lishiga olib kelishini fahmlab olish oson. Kassiopiya yulduz turkumining massasi bizning Quyoshimiz massasidan 28 marta katta, radiusi esa Yer radiusidan ikki marta kichik bo'lgan yulduzida og'irlik kuchining qancha bo'lishini hisoblaylik. Quyoshning massasi Yer massasidan 330 000 marta ko'p bo'lishini esimizga olib, mazkur yulduzning sirtida og'irlik kuchi Yerdagiga qaraganda $2,8 \cdot 330\,000 = 3700\,000$ marta oshiq bo'lishi kerakligini aniqlaymiz.

Yerda 1g kelgan 1 sm^3 suv bu yulduzning sirtida deyarlik $\frac{3}{4}$ tonna keladi! Bu yulduzning 1 sm^3 moddasi (bu yulduz moddasining zichligi suvnikiga qaraganda 36 000 000 marta oshiqroq) bu ajoyib olamda benihoyat katta og'irlikka ega bo'lishi:

$3700\,000 \cdot 36\,000\,000 = 133\,200\,000\,000 \text{ g}$
kelishi lozim.

¹ Tortilishning olamda namoyon bo'lishi bilan mufassalroq tanishishni istaganlar prof. K. L. Baevning ommabop til bilan yozilgan «Butun olam tortilishi» (1936- y) nomli kitobidan ko'p foydali ma'lumot topadi.

Yuz million tonna kelgan bir angishvona modda, hali keyingi vaqtlargacha eng dadil xayolparstlar ham koinotda bo'lishi mumkin degan fikri xayolga keltirmagan narsa mana shudir.

Sayyoralar bag'ridagi og'irlilik

Agar jismni sayyoraning bag'riga, masalan, xayoliy juda chuqur shaxtaning tagiga olib tushilsa, uning og'irligi qanday o'zgarardi?

Ko'plar bunday shaxta tagida jism og'irroq kelsa kerak deb xato o'ylaydilar; u sayyoraning markaziga, ya'ni hamma jismlar tortiladigan nuqtaga yaqinroq bo'ladi-ku. Biroq bu mulohaza noto'g'ri: jism chuqur tushgan sari sayyoraning markaziga tortilish kuchi oshmaydi, aksincha, kamayadi. Bu masala hammaga tushunarli ravishda bayon qilinishini kitobxon mening «Qiziqarli fizika» nomli kitobimdan topadi. Unda aytilgan gaplarni qaytarib o'tirmasdan faqat quyidagilarni eslatib o'taman.

Mexanikada bir jinsli kavak shar po'stlog'i ichiga joylashtirilgan jismlarning og'irligi mutlaqo bo'lmasligi isbot qilinadi (95-rasm). Bundan chiqadiki, moddaning bir jinsli yaxlit shar ichidagi jismga faqat radiusi jismning markazdan uzoqligiga teng bo'lgan shar ichidagi qismining tortish kuchigina ta'sir qiladi (96-rasm).

Shu asoslarga suyanib, sayyoraning markaziga yaqinlashgan sari jismning og'irligi qanday o'zgarishini ko'rsatadigan qonunni chiqarish qiyin emas. Sayyoraning radiusini R bilan, jismning sayyora markazidan uzoqligini r bilan ko'rsataylik (97-rasm). Bu nuqtada jismning shar markaziga tortilish kuchi $(\frac{R}{r})^2$ marta oshishi va shu bilan birga $(\frac{R}{r})^3$ marta kamayishi kerak (chunki sayyoraning jismni o'ziga tortadigan qismi shuncha marta kamaygan). Oqibatda tortish kuchi:

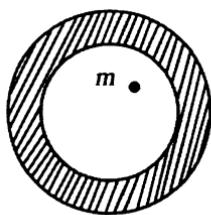
$$(\frac{R}{r})^3 : (\frac{R}{r})^2, \text{ ya'ni } \frac{R}{r}$$

marta kamayishi kerak.

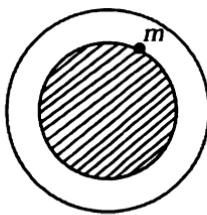
Demak, jismning sayyora markazidan uzoqligi necha marta kamaysa, sayyora bag'rida jismning og'irligi ham shuncha marta kamayishi kerak ekan. Radiusi 6400 km bo'lgan bizning Yerimiz kaitaligidagi sayyorada 3200 km chuqurlikda og'irlik ikki marta kamayishi, 5600 km chuqurlikda:

$$\frac{6400}{6400-5600},$$

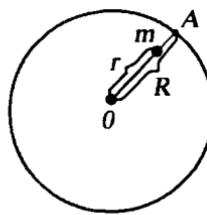
ya'ni sakkiz marta kamayishi lozim.



95- rasm. Shar po'st-log'i ichidagi jismning og'irligi bo'lmaydi.



96- rasm. Sayyora bag'rida jismning og'irligi nimaga bog'liq bo'ladi?



97- rasm. Sayyora-ning markaziga ya-qinlashgan sari jism og'irligining o'zgarishini o'chashga doir.

Planetaning xuddi markazida jism o'zining og'irligini butunlay yo'qotishi kerak, chunki

$$\frac{6400-6400}{6400} = 0.$$

Ammo hisoblab o'tirganimizda ham, buning shunday bo'lishi kerakligini ilgaridan aytib berish mumkin edi, chunki sayyoraning markazidagi jismni uning atrofidagi modda har tomondan baravar kuch bilan tortadi.

Bu mulohazalar zichligi bir jinsli bo'lgan faraziy sayyoraga ham oiddir. Real sayyoralarga esa bu mulohazalar faqat ba'zi shartlar bilangina tatbiq qilinishi mumkin. Jumladan, zichligi sirtidagiga qaraganda bag'rida kattaroq

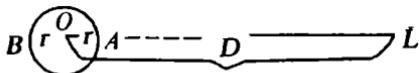
bo'lgan Yer shari uchun mark'ga yaqinlashgan sari og'irlik kuchining o'zgarish qonuni hozirgina aniqlangan qonundan bir oz chetga chiqadi: bir qancha (uncha ko'p bo'limgan) chuqurlikka borgan sari og'irlik kuchi oshadi, faqat yana ham chuqurlashgandagina kamaya boshlaydi.

Paroxod haqidagi masala

Paroxod qachon yengilroq bo'ladi— oydin kechadami yoki oysiz kechadami?

Yechish

Bu masala birinchi qarashda osonga o'xshasa ham, ancha murakkab masaladir. Bu savolga to'g'ridan-to'g'ri oydin kechalarda paroxod va umuman Yer sharining Oy yoritgan yarmidagi hamma jismlar ham, Oy bo'limgan kechadagiga qaraganda yengilroq jo'lishi kerak, chunki «uni Oy o'ziga tortadi» deb javob berish yaramaydi.



98- rasm. Oy tortishining Yer sharining zartalarigacha'siri.

Oy paroxodni tortiganida butuh Yer sharini ham tortadi-ku. Bo'shliqda hamma jismlar tortilish kuchi ta'siri ostida birday tezlik bilan harakat qiladi; Yer ham, paroxod ham Oyning tortishidan birday tezlanish oladi va paroxodning og'irligi kamayishi sezilmasligi kerak. Shunday bo'lsa ham, paroxod oydin kechalarda, Oy bo'limgan kechadagiga qaraganda yengilroq bo'ladi.

Nima uchun shunday bo'lishini tushuntiraylik. 98-rasmida misol uchun O —Yer sharining markazi, A va B — paroxodning Yer sharining ikkita diametral qarama-qarshi nuqtalarida turishi, r —Yer sharining radiusi, $D-O$ Yer shari markazidan Oyning L markazigacha bo'lgan masofa bo'lsin. Oyning massasini M bilan, paroxodning massasini

m bilan ko'sataylik. Hisobni osonlashtirish uchun A va B nuqtalarni Oy bu nuqtalarga nisbatan zenitda va nadirda bo'ladigan qilib olaylik. Paroxod A nuqtada vaqtida (ya'ni to'lin Oy kechasi) uni Oyning o'ziga tortadigan kuchi:

$$\frac{kmM}{(D-r)^2},$$

bunda $k = \frac{1}{1500000}$. B nuqtada vaqtida (Oy bo'limgan kechasi) o'sha paroxodning o'zini Oy

$$\frac{kmM}{(D+r)^2}$$

kuch bilan tortadi.

Ikkala tortishning ayirmasi

$$kmM \cdot \frac{4r}{D^3 \left[1 - \left(\frac{r}{D} \right)^2 \right]^2}$$

$\left(\frac{r}{D} \right)^2 = \left(\frac{1}{60} \right)^2$ miqdor juda kichkina bo'lganidan uni hisobga olinmaydi. Buning natijasida ifoda ancha soddalashadi: u quyidagi shaklga keladi:

$$kmM \cdot \frac{4r}{D^3}.$$

Bu ifodani quyidagicha o'zgartiraylik:

$$\frac{kmM}{(D-r)^2} \cdot \frac{4r}{D} = \frac{kmM}{D^2} \cdot \frac{1}{15}$$

$\frac{kMm}{D^2}$ ifoda nima? Bu ifodaning Oy o'zining markazidan D masofada paroxodni o'ziga tortadigan kuch ekanligini tushunib olish oson. Massasi m bo'lgan paroxod Oy sirtida $\frac{m}{6}$ keladi. Oydan D masofada uni Oy $\frac{m}{6D}$ kuch bilan tortadi. $D = 220$ ta Oy radiusiga teng bo'lgani uchun

$$\frac{kMm}{D^2} = \frac{m}{6 \cdot 220^2} \approx \frac{m}{300000} .$$

Endi tortilishlar orasidagi ayirmaga qaytib kelganimizda:

$$\frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{1}{15} \approx \frac{m}{300000} \cdot \frac{1}{15} = \frac{m}{4500000} .$$

Agar paroxodning og'irligi 45000 t bo'lsa, paroxodning oydin kechadagi og'irligi bilan Oy bo'lмаган кеадаги оғирлиги орасидаги айирма

$$\frac{45000000}{4500000} = 10 \text{ kg}$$

Demak, oydin kechada paroxod Oy bo'lмаган кеадагига қаралғанда, озгина бо'lsa ham, yengilroq бо'лар екан.

Oy va Quyoshning tortishidan suvning ko'tarilishi

Hozirgina ko'rib chiqilgan masala suvlarning ko'tarilishi va qaytishning asosiy sababini tushunib olishga yordam beradi. Suvni Quyosh va Oy bevosita o'ziga tortgani uchun suv ko'tariladi deb o'ylash yaramaydi. Biz yuqorida Oy faqat Yer yuzidagi jismlarnigina emas, balki Yer sharining hammasini o'ziga tortishini aytib o'tdik. Biroq gap shundaki, Yer sharini tortadigan kuchning manbai Yer sirtining Oy yoritgan tomonidagi suv zarralaridan uzoqligiga қаралғанда Yerning markazidan uzoqroqdir. O'shangal muvofiq tortish kuchi orasidagi ayirma biz hozirgina paraxodning tortilish kuchi orasidagi ayirmani hisoblaganga o'xshash usulda hisoblanadi. Zenitida Oy turgan nuqtadagi har bir kilogramm suvni Oy Yer markazidagi bir kilogramm moddagiga қаралғанда $\frac{2rMk}{D^3}$ qadar oshiqroq kuch bilan tortadi. Yerning bunga diametral qarama-qarshi tomonidagi suvni esa Oy o'sancha kuchsizroq tortadi.

Shu ayirma sababli suv ikkala holda ham, Yerning qattiq sirtidan ko'tariladi: birinchi holda Yer sharining

qattiq qismiga qaraganda suv Oyga qarab ko'proq siljigani uchun ikkinchi holda esa Yerning qattiq qismi suvgaga qaraganda Oyga tomon ko'proq siljigani uchun k'tariladi!

Quyoshning tortishi ham okean suvlariga xuddi shunday ta'sir qiladi. Ammo qaysisining ta'siri kuchliroq: Quyoshning ta'sirimi yoki Oynikimi? Agar ularining to'g'ridan-to'g'ri tortishlarini solishtirib ko'rsak, unda Quyoshning ta'siri kuchliroq ekanligi ma'lum bo'ladi. Darhaqiqat, Quyoshning massasi Yer massasidan 330 000 marta ko'p. Oyning massasi esa Yer massasidan yana 81 marta kamroq, ya'ni Quyosh massasidan 330000 x 81 marta kamroq. Quyoshdan Yergacha bo'lgan uzoqlik 23400 ta Yer radiusiga baravar. Oydan Yergacha esa 60 ta Yer radiusiga baravar. Demak Yerni Quyosh tortishi bilan Oy tortishining bir-biriga nisbati:

$$\frac{330000 \cdot 81}{23400^2} : \frac{1}{60^2} \approx 170.$$

Demak, Quyosh Yerdagi barcha buyumlarni Oyga qaraganda 170 marta kuchliroq tortar ekan. Shuning uchun Oy tortishi sababli ko'tarilishiga qaraganda Quyosh tortishi sababli ko'proq ko'tarilishi kerak, deb o'yash mumkin. Biroq haqiqatda esa, buning aksi kuzatiladi; suv Quyosh tortishi sababli ko'tarilishga qaraganda Oy tortishi sababli ko'proq ko'tariladi. Bu esa $\frac{2kmM}{D^3}$ formula bo'yicha qilingan hisobga tamom to'g'ri keladi. Agar Quyoshning massasini M_q deb, Oyning massasini M_{oy} deb, Quyoshgacha bo'lgan masofani D_q deb olsak, Oygacha bo'lgan masofani D_{oy} deb belgilasak, unda Quyosh va Oyning suvni ko'tarish kuchlarining nisbati

Bunda suv ko'tarilishining faqat asosiy sababi ko'rsatilgan; umuman olganda esa bu hodisa ancha murakkab hodisa va yana boshqa sabablarga (Yer sharining Yer va Oy umumiyligi massa markazi atrofida aylanishida ro'y beradigan markazdan qochma effekt va boshqalar) bog'liqdir. Suv ko'tarilishining nazariyasi hammaga tushunarlik ravishda Yu. M. Shokalskiyning «О приливах в мировом океане» nomli kitobida bayon qilingan.

$$\frac{2kM_qr}{D_q^3} : \frac{2kM_{oy}r}{D_q^3} = \frac{M_q}{M_{oy}} \cdot \frac{D_q^3}{D_q^3} .$$

Oyning massasi ma'lum deb hisoblaymiz: $\frac{1}{81}$ Yer massasi.

Quyoshning Oyga qaraganda Yerdan 400 marta uzoqligini bilganimizda

$$\frac{M_q}{M_{oy}} \cdot \frac{D_{oy}^3}{D_q^3} = 330000 \cdot 81 \cdot \frac{1}{400^3} = 0.42 .$$

Demak, suvning Quyosh tortishi sababli ko'tarilishi, Oy tortishi sababli ko'tarilishidan 2 marta kam bo'lishi kerak ekan.

Bu yerda suvning Quyosh tortishi sababli ko'tarilishi bilan Oy tortishi sababli ko'tarilishini solishtirib, Oyning massasi qanday aniqlanganmi aytib o'tish o'rinni bo'lishi kerak. Bu ko'tarilishlarning balandligini ayrim-ayrim kuzatib bo'lmaydi; Oy bilan Quyosh har doim birlikda ta'sir qiladi. Ammo bu ikkala yoritgichning ta'sirlari qo'shilgan vaqtida (ya'ni Oy bilan Quyosh ikkalasi bir to'g'ri chiziqda bo'lib qolganda) va ularning ta'sirlari qarama-qarshi bo'lib qolgan vaqtida (Yer bilan Quyoshni tutashtiradigan to'g'ri chiziq, Oy bilan Yerni tutashtiradigan to'g'ri chiziqqa tik bo'lib qolgan vaqtida) suv ko'tarilishining balandligini o'lchash mumkin. Kuzatishlar suvning Quyosh tortishi sababli ko'tarilishi, Oy tortishi sababli ko'tarilishining 0,42 hissasini tashkil qilishini ko'rsatadi. Agar Oyning suvni ko'tarish kuchi x , Quyoshni y bo'lsa,

$$\frac{x+y}{x-y} = \frac{100}{42} ,$$

bundan:

$$\frac{x}{y} = \frac{71}{29} .$$

Demak, ilgari chiqarilgan formuladan foydalan-ganimizda,

$$\frac{M_q}{M_{oy}} \cdot \frac{D_{oy}^3}{D_q^3} = \frac{29}{71} .$$

yoki

$$\frac{M_q}{M_{oy}} \cdot \frac{1}{64000000} = \frac{29}{71} .$$

Quyoshning massasi $M_q = 330\ 000\ M_{yer}$, bunda $M_{yer} =$ Yerning massasi bo'lganidan keyingi tengikkidan

$$\frac{M_{yer}}{M_{yer}} = 80$$

bo'lishini topish oson, ya'ni Oyning massasi Yer massasining $1/80$ hissasini tashkil qiladi. Oy massasini yana ham aniqroq hisoblashlar uning massasi Yer massasining 0.0123 hissasini tashkil qilishini ko'rsatadi.

Oy va ob-havo

Oyning tortishi sababli havoning ko'tarilish va tushishlari bizning sayyoramiz havo okeanida atmosferaning bosimiga qanday ta'sir qilishi mumkinligini bilish ko'plarni qiziqtiradi. Bu masala juda qadimgi masaladir. Yer atmosferasida havoning ko'tarilishini buyuk rus olimi M.V. Lomonosov kashf qilib, havo to'lqinlari deb atagan edi. Bu masala bilan ko'plar shug'ullansa ham, havo ko'tarilishlari to'g'risida juda noto'g'ri tushunchalar tarqalgan. Bu sohadan bexabar odamlar Yerning yengil va serharakat atmosferasida Oy g'oyat katta ko'tarilishlar maydonga keltiradi deb o'ylaydi. Shu sababli bu ko'tarilishlar atmosfera bosimini ko'p o'zgartiradi va meteorologiyada hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lishi kerak degan fikrga kelishadi.

Bu fikr mutlaqo noto'g'ri. Atmosferaning ko'tarilish balandligi ochiq okeanda suvning ko'tarilish balandligidan oshmasligi kerakligini nazariy ravishda isbot qilish mumkin. Bu gap hech kutulmaganga o'xshaydi; hatto eng pastki qatlamlarda ham havo suvdan sal kam ming marta yengilku, bo'lmasa nima uchun Oyning tortishi uni ming marta balandroq ko'tarmaydi? Biroq bu bo'shliqda og'ir jismlar ham, yengil jismlar ham, birday tezlik bilan tushishiga qaraganda paradoksal hodisa emas.

Siz, albatta, maktabda havosi so'rib olingen trubkani ag'darganda uning ichida tushayotgan ko'rg'oshin sharcha pardan o'zib ketmasligini ko'rsatgan tajribani ko'rgansiz. Shu tajribani eslang. Havoning ko'tarilish hodisisi piravardida Yer shari va uning yengilroq qatlamlarining Oy (va Quyosh)

MUNDARIJA

Fan asoslaridan joziba qidirib.....	3
Kirish	11

Birinchi bob. Yer, uning shakli va harakatlari

Yer ustida va xaritada eng yaqin yo'l	13
Uzunlik gradusi va kenglik gradusi	21
Amundsen qayocoqqa qarab uchgan?	22
Besh xil vaqt hisobi	23
Kunning uzunligi	28
G'alati soyalar	31
Ikki poyezd haqidagi masala	33
Cho'ntak soatiga qarab gorizont tomonlarini aniqlash	35
Yorug' tunlari va qorong'i kunlar	38
Yorug'lik bilan qorong'iilkning almashinishi	40
Qutb Quyoshining siri	42
Yil fasllari qachon boshlanadi?	43
Uchta «agar»	45
Yana bir «agar»	51
Biz Quyoshga qachon yaqinroq bo'lamiz: tush vaqtidami yoki kechqurunmi?	58
Bir metr uzoqroq	60
Har xil joydan turib qaraganda	61
Yerning aylanishiga bog'liq bo'Imagan vaqt hisobi	65
Oylar va yillar qayerda boshlanadi?	68
Fevralda necha juma kuni bor?	71

Ikkinchchi bob. Oy va uning harakati

Yangi oymni yoki eskimi?	72
Bayroqlarda Oy	73
Oy fazalarining sirlari	75
Qo'shaloq sayyora	76
Nima uchun Oy Quyoshga borib tushmaydi?	79
Oyning ko'rindigan va ko'rinnmaydigan tomonlari	81
Ikkinchchi Oy va Oyning oyi	85
Nima uchun Oyda atmosfera yo'q?	87
Oy ko'laming o'ichovlari	90
Oy manzaralari	92
Oy osmoni	98
Astronomlar Quyosh va Oy utilishlarini nima uchun kuzatadilar?	106
Nima uchun utilishlar har 18 yilda takrorlanadi?	114
Bo'lishi mumkinmi?	117
Oy va Quyosh utilishlari to'g'risida hamma ham bilavermagan narsalar	119
Oyda ob-havo qanday?	122

tortishi ta'siri ostida olam fazosida tushishidan bo'ladigan hodisadan boshqa narsa emas. Agar tortish markazidan uzoqliklari birday bo'lsa, olam fazosi bo'shligida hamma jismlar ham—og'irlari ham, yengillari ham, birday tezlik bilan tushadi, tortish kuchi ularni birday jildiradi.

Bu gaplar bizni okeanda qing'oqdan uzoqda suv qancha ko'tarilsa, atmosfera ham shuncha ko'tarilishi lozim degan fikrni qabul qilishga tayyorlaydi. Haqiqatan ham yuqorida suvning ko'tarilishini hisoblashda o'zimiz foydalangan formulaga badiqqat qarasak, unda faqat Oy va Yerning massasi, Yer sharining radiusi va Yer bilan Oy orasidagi masofa bor. Bu formulaga na ko'tarilayotgan suyuqlikning zichligi, na okeanning chuqurligi kiradi. Suv okeani o'miga havo okeanini olsak, bu bilan biz hisoblash natijasini o'zgartirmaymiz va atmosferaning ko'tarilish balandligi ham, okean suvlarining ko'tarilish balandligidek bo'lishini topamiz. Suvning ko'tarilish balandligi esa juda kam. Nazariy jihatdan qaraganda ochiq okeanda suvning eng baland ko'tarilishi taxminan $1\frac{1}{2}$ m, faqat okean tubi va qirg'oqlarining qiyofasi suv ko'tarilish to'lqinini siqib qo'yib, ayrim joylarda 10 m va undan oshiqroq bo'ladi. Quyosh va Oyning vaziyatlariga qarab ma'lum bir joyda istagan bir paytda suvning qancha balandlikka ko'tarilishini oldindan aytishga imkon beradigan juda ajoyib mashinalar bor.

Bepoyon havo okeanida esa Oy tortishi sababli atmosfera ko'tarilishining nazariy manzarasini hech narsa buza olmaydi va nazariy hisoblangan eng katta balandlik—yarim metrni o'zgartira olmaydi. Shuncha arzimas darajada kam ko'tarilish atmosfera bosimiga juda ham kam ta'sir qilishi mumkin.

Havo ko'tarilishlarining nazariyasi bilan shug'ullangan Laplas, bu ko'tarilishlar sababli atmosfera bosimining o'zgarishlari simob ustunining 0,6 millimetrdan oshmasligi, atmosfera ko'tarilishi sababli maydonga kelgan sharmolning tezligi 7,5 m/s dan oshmasligi lozim, degan xulosaga kelgan.

Atmosferaning ko'tarilishlari ob-havo ta'sirlari orasida muhim rol o'ynay olmasligi ravshandir.

Uchinchi bob. Sayyoralar

Sayyoralarning kunduzgi yorug'likda ko'rinishi	125
Sayyoralar alifbosи	126
Nimani tasvirlab bo'lmaydi?	128
Nima uchun Merkuriyda atmosfera yo'q?	132
Venera(Zuhra)ning fazalari	134
Buyuk qarama-qarshi turishlar	136
Sayyorami yoki kichik Quyoshmi?	138
Saturn halqalarining yo'qolishi	141
Astronomik anagrammalar	142
Neptundan narigi sayyora	145
Mitti sayyoralar	147
Bizning eng yaqin qo'shnilarimiz	150
Yupiterning yo'ldoshlari	151
O'zga osmonlar	152

To'rtinchchi bob. Yulduzlar

Nima uchun yulduzlar yulduzga o'xshab ko'rindi?	166
Nima uchun yulduzlar mitillarydi-yu, sayyoralar tinchgina yorug'lik sochadi?	167
Yulduzlarini kunduzi ko'rib bo'ladimi?	169
Yulduz kattaligi nima?	171
Yulduz algebrasi	173
Ko'z va teleskop	176
Quyosh va Oyning yulduz kattaligi	177
Quyosh va yulduzlarning haqiqiy ravshanligi	180
Ma'lum bo'lgan yulduzlardan eng ravshani	182
Sayyoralarning Yer osmonida va boshqalarning osmonida yulduz kattaligi	183
Nima uchun teleskop yulduzlarni katta qilib ko'rsatmaydi?	185
Yulduzlarning diametrini qanday o'chaganlar?	188
Yulduzlar olamning gigantlari	190
Kutilmagan natija	191
Eng og'ir modda	192
Nima uchun yulduzlarni qo'zg'almaydigan deydilar?	197
Yulduzlar orasidagi masofalar o'chovi	200
Eng yaqin yulduzlar sisternasi	203
Olamning masshtabi	205

Beshinchchi bob. Tortilish

To'pdan osmonga	208
Juda balandda og'irlik	212
Sirkulni qo'limizga olib, sayyoralar yo'lidan	215
Sayyoralarning Quyoshga tushishi	220
Vulkanning sandoni	222
Quyosh sistemasining chegaralari	224
Jyul Verm romanining xatosi	224

Yerning og'irligini qanday o'lchashgan?	225
Yer bag'ri nimalardan tuzilgan?	228
Quyosh va Oying og'irligi	229
Sayyoralar va yulduzlarning og'irligi va zichligi	232
Oyda va sayyoralarda og'irlilik	234
Rekord og'irlilik	236
Sayyoralar bag'ridagi og'irlilik	237
Paroxod haqidagi masala	239
Oy va Quyoshning tortisanidan suvning ko'tarilishi	241
Oy va ob-havo	244

Ommaviy-ma'rifiy nashr

YAKOV ISIDOROVICH PERELMAN

QIZIQARLI ASTRONOMIYA

«MERIYUS»
xususiy matbaa nashriyot korxonasi
Toshkent – 2009

Nashr rahbari E. Yusupov
Muharrir M. Po'latov
Matn teruvchi A.B. Komilov
Sahifalovchi H. Safaraliyev

Bosishga ruxsat etildi 02.10.09 . Bichimi 84x108 1/32. Ofset bosma usilida bosildi. Shartli bosma tabog'i 15,75. Nashr tabog' 11,75. Adadi 3000 nusxa. Buyurtma № . Bahosi shartnoma asosida.

«MERIYUS» xususiy matbaa nashriyot korxonasi bosmaxonasida chop etildi. Manzil: Toshkent sh., gen. Uzoqov ko'chasi, 2-A uy.