

TURINYS

Įžanginis žodis _ _ _ 9

1. Kokie yra kosminiai atstumai, arba Saulės sistema Lietuvoje _ _ _ 13
2. Kopėčios į dausas, arba kaip matuojami astronominiai atstumai? _ _ _ 19
3. Visatos kraštas, arba kaip toli galime matyti? _ _ _ 28
4. Vaiduoklių gaudymas, arba neutrinų astronomija _ _ _ 33
5. Gravitacinės bangos – mažyčiai erdvės virpesiai _ _ _ 39
6. Kaip pasverti žvaigždę? _ _ _ 46
7. Nuo ko viskas prasidėjo – Didysis sprogdimas _ _ _ 54
8. Visatos plėtimasis _ _ _ 62
9. Visatos plėtimosi spartos matavimas – ne taip paprasta, kaip atrodo _ _ _ 71
10. Dangiškoji širma – kosminė foninė mikrobangų spinduliuotė _ _ _ 77
11. Kaip atsirado galaktikos? _ _ _ 84
12. Galaktikos – visos didelės, bet vienos didesnės už kitas _ _ _ 91
13. Tamsioji materija, arba ketvirčio Visatos istorija _ _ _ 98
14. Aktyvūs branduoliai ir jų poveikis galaktikoms _ _ _ 107
15. Paukščių Tako centras _ _ _ 116
16. Žiburėliai danguje: kaip Visatoje gimsta žvaigždės? _ _ _ 124
17. 78 megahercai – pirmųjų žvaigždžių signalas _ _ _ 131
18. Žvaigždėdaros kosmologinė evoliucija _ _ _ 137

19. Termobranduolinė žvaigždžių energija _ _ _ 143
20. Cheminiai elementai ir jų kilmė _ _ _ 150
21. Žvaigždžių gyvenimai _ _ _ 157
22. Žvaigždės bėglės _ _ _ 164
23. Tos nuostabios kosminės katastrofos.
Žvaigždžių mirtys ir liekanos _ _ _ 172
24. Pulsarai _ _ _ 182
25. Pamatyti tamsą. Kaip stebimos juodosios skylės? _ _ _ 188
26. Visatos ateitis _ _ _ 196
27. Planetos ir jų kelionės _ _ _ 203
28. Pašėlęs Žemės judėjimas _ _ _ 211
29. Ketvirčio milijardo metų kelionė _ _ _ 218
30. Devintosios planetos paieškos _ _ _ 224
31. Gyvybės paieškos Saulės sistemoje _ _ _ 231
32. Akmenėliai danguje: kaip ieškoma planetų
prie kitų žvaigždžių? _ _ _ 238
33. Gyvybės paieškos egzoplanetose _ _ _ 245
34. Protingos civilizacijos ir jų technopėdsakai _ _ _ 250
35. Kodėl nerandame ateivių?
Fermio paradoksas ir jo sprendimo būdai _ _ _ 257
36. Kodėl Galaktikoje neaptinkame autonominių zondų? _ _ _ 265
37. Kiek trunka skrydis iki Marso? _ _ _ 270
38. Kam mums skristi į kosmosą? Pasaulio pabaigos _ _ _ 275
39. Asteroidų kasinėjimo spindesys ir skurdas _ _ _ 281
40. Nauji namai kosmose _ _ _ 287
41. Gyvenimas kosminėse stotyse _ _ _ 296
42. Kada ir kaip skrisime į kitas žvaigždes? _ _ _ 303
Nuorodos _ _ _ 313

IŽANGINIS ŽODIS

Sakoma, kad geriausiai ką nors supranti aiškindamas kitam. 2006 metais pradėjęs studijuoti astrofiziką, netrukus nusprendžiau, kad noriu ją suprasti gerai, todėl pradėjau rašyti mokslo populiarinimo tekstus. Tinklaraštis „Konstanta 42“, atsiradęs 2007-ųjų pabaigoje, per daugiau nei dvylika metų tapo daugybės pasakojimų apie kosmosą saugykla. Dalies šių pasakojimų rinkinį laikote savo rankose. Žinoma, visi tekstai atnaujinti, papildyti atradimais, kuriuos mokslininkai padarė iki šių dienų. Kai kuriuos atradimus padariau ar prie jų prisidėjau ir aš – per šiuos metus tapau astrofizikos mokslų daktaru, 2012 metų rudenį Lesterio universitete (*University of Leicester*) Jungtinėje Karalystėje apsigyniau disertaciją, 2013-aisiais grįžau dirbti į Lietuvą. Savo darbuose tyrinėju supermasyvių juodųjų skylių poveikį galaktikų evoliucijai, bet domiuosi visomis astronominėmis naujienomis, nuo skrydžių į Marsą iki Visatos atsiradimo. Ši knyga – įvairių pasakojimų rinkinys, kuriuo tikiuosi plačiai ir suprantamai pristatyti ne tik seniai patvirtintas žinias apie kosmosą, bet ir naujausius atradimus.

Kiekvieną istoriją – jų čia rasite 42 – galima skaityti atskirai. Nuorodos į kitus skyrius – daugiau rekomendacijos, kur galite plačiau susipažinti su vienu ar kitu reiškiniu, tačiau nėra būtinos norint suprasti vieną ar kitą skyrių. Siekdamas išlaikyti skyrių nepriklausomumą, neišvengiau ir pasikartojimų, taigi, skaitant viską iš eilės, kai kurios pastraipos gali atrodyti

jau matytos. Jei įveikę skyrių norite gilintis toliau, jums į pagalbą skuba nuorodos, pateikiamos knygos pabaigoje. Užuoat dėjęs knygų sąrašą (nors jų irgi esama puikių), nusprendžiau surinkti nuorodas į tekstuose minimus tyrimus aprašančius mokslinius straipsnius ir platesnius istorinių atradimų aspektų pristatymus ar vaizdines ir garsines įdomybes. Tikiuosi, toks sprendimas padės jums, mieli skaitytojai, susipažinti su temomis plačiau bei giliau. Be to, nepamirškite, kad rankose laikote ne vadovėlį: nė vienos temos neatskleidžiau taip išsamiai, kaip būčiau norėjęs – ribojo laikas ir knygos apimtis.

42 knygos skyriai apima šešias temas. Iš pradžių rašau, kaip tyrinėjame Visatą ir kokios yra mūsų pažinimo ribos. Visata didžiulė, bet galime įžvelgti net ir labai tolimų objektų, kurių šviesa iki mūsų keliauja ilgiau nei dešimt milijardų metų. Pastaraisiais metais be šviesos – elektromagnetinių bangų – mūsų priemonių arsenalą papildė neutrinai bei gravitacinės bangos, visiškai kitokie metodai stebėti Visatai. Jie leidžia tyrinėti Visatos raidą nuo pat jos atsiradimo – Didžiojo sprogo – iki šių dienų ir prognozuoti, kas vyks ateityje, per milijardus ir netgi trilijonus metų. Šios temos sudaro antrą dalį, po jos galima susitelkti į trečią – žvaigždes: jų atsiradimą, gyvenimą, mirtį bei poveikį aplinkai. Toliau einame prie dar mažesnių objektų – planetų. Su šia tema neatskiriamai susijusi ir penktoji – gyvybės paieškos. Ką apskritai vadiname gyvybe, kaip jos ieškome Saulės sistemoje ir už jos ribų? Net ir neradę jos, galime daug ką sužinoti apie mus supančią kosminę įvairovę. Galiausiai leidžiu sau pafantazuoti apie žmonijos ateitį kosmose – skrydžius į kitas planetas ir netgi į žvaigždes bei apsigyvenimą kosmose. Šios idėjos, nors ir paremtos šiandieninėmis mokslo žiniomis,

gali pasirodyti toli gražu nepritaikomos realybėje; vėliau, po kelių dešimtmečių, galėsime į jas pažvelgti su šypsena ir prisiminti, kaip naiviai mąstėme XXI amžiaus pradžioje.

Mokslas nestovi vietoje. Kasdien padaroma daugybė atradimų, kai kurie jų papildo ankstesnes žinias, kiti apverčia jas aukštyn kojomis. Taigi nė viena knyga negali pretenduoti į absoliučią tiesą; ši – toli gražu ne išimtis. Net per kelis mėnesius, praėjusius nuo teksto rengimo iki paskutinių korekcijų prieš spausdinimą, kai kurie teiginiai spėjo pasenti, tad turėjau juos taisyti ar keisti. Beveik neabejoju, kad iki knygos išleidimo dalis jos teiginių bus paneigti, o bėgant laikui tokių vis daugės. Tad laikykite knygą nedideliu langu, pro kurį galima pažvelgti į žmonijos supratimą apie kosmosą 2020 metų pradžioje.

Smagaus skaitymo!

KOKIE YRA KOSMINIAI ATSTUMAI, ARBA SAULĖS SISTEMA LIETUVOJE

1

Per savo gyvenimą toliausiai nuo namų esu buvęs Pietų Korėjoje, maždaug už 7600 kilometrų matuojant Žemės paviršiumi. Apskritai tolimiausia kelionė Lietuvos gyventojui būtų į Naująją Zelandiją ar į vandenyną netoli jos krantų – apie 20 tūkstančių kilometrų. Kelionė tiesia linija aplink Žemę būtų dvigubai ilgesnė – 40 tūkstančių kilometrų. Net ir tokius atstumus suvokti mums sudėtinga. Paklausti, kas yra arčiau – Australija ar Pietų Amerika, turbūt atsakytume ne išsyk, nors pastarąją nuo mūsų skiria pusantro karto mažesnis nuotolis. Bet tai nieko keisto: žmogaus smegenys vystėsi tuo metu, kai buvo svarbu suprasti, kaip toli yra savanoje matomas ežeras, skaniai atrodanti gazelė ar pavojingas liūtas, o ne kiek laiko tektų skristi iki Rio de Žaneiro.

Taigi dideli atstumai mums yra abstraktus reiškiny. Ir tai pastebime kalbėdami jau vien apie atstumus Žemėje. Kosmose atstumai daug didesni; ne veltui dideli skaičiai vadinami „astronominiai“. Suvokti juos tokius, kokie yra, mūsų protas nepajėgus. Bet, jei turėtume tinkamų atskaitos taškų, suprasti galėtume ir kosminius atstumus. Pabandykime tai padaryti, sutalpindami Saulės sistemą į Lietuvą.

Pirmiausia reikia susitarti, ką laikysime Saulės sistemos riba. Įprastinė riba – vadinamoji heliopauzė, ties kuria baigiasi Saulės vėjo kuriamas burbulas ir prasideda tarpžvaigždinių dujų užpildyta erdvė [1]. Jos spindulys yra apie 90 astronominių vienetų, o astronominis vienetas lygus atstumui nuo Saulės iki Žemės – 150 milijonų kilometrų. Paimkime šį dydį – 13,5 milijardo kilometrų – ir sumažinkime šimtą milijonų kartų. Tada burbulas susitrauks iki 135 kilometrų spindulio, o padėjus Saulę geografiniame Lietuvos centre netoli Kėdainių heliopauzė visomis kryptimis bus netoli Lietuvos sienų: truputį išsikiš į Latviją, Baltarusiją ir Kaliningrado sritį, bet nesieks jūros ir Lenkijos.

Taigi padėjome Saulę Lietuvos centre, prie Ruoščių kaimo Kėdainių rajone. Koks jos dydis? Tikrasis Saulės skersmuo yra beveik pusantro milijono kilometrų. Padaliję iš šimto milijonų, gauname penkiolika metrų. Mūsų sumažinta Saulė būtų sulig keturių ar penkių aukštų namu. Nuo Saulės paviršiaus kartais pakyla centimetrų ilgio protuberantai. Kai kurie iš jų gerokai didesni, metrų ilgio; didžiausi ilgiu prilįgsta Saulės spinduliui.

Eikime nuo Saulės prie planetų. Arčiausiai jos yra Merkurijus, nutolęs 46–70 milijonų kilometrų – jo orbita elipsės formos, tad atstumas nuo Saulės nuolatos kinta. Mūsų masteliu, tai 460–700 metrų spindulio elipsė, kuria skrieja penkių centimetrų skersmens akmenukas. Vienoje jo pusėje temperatūra yra tokia, kad lydosi metalai, kitą stingdo kosminis šaltis.

Antroji planeta – Venera. 12 centimetrų skersmens akmenukas, gaubiamas nepermatomos tankios atmosferos, sukasi beveik tiksliai kilometro spindulio apskritimu. Maždaug toks atstumas yra nuo oficialaus Lietuvos centro iki Ruoščių kaimo. Mūsų gimtoji Žemė yra tik truputį didesnė, jos

orbitos spindulys – pusantro kilometro; aplink Žemę, nutolęs per beveik keturis metrus, sukasi pusketvirto centimetro skersmens Mėnulis. Marsas – perpus mažesnis už Žemę rausvas akmenukas sulig teniso kamuoliuku – yra už 2,3 kilometrų nuo Saulės. Už Marso, trijų–penkių kilometrų atstumu nuo Saulės, yra Asteroidų žiedas, sudarytas iš daugybės didesnių ir mažesnių akmenukų bei smilčių. Didžiausias žiedo objektas yra Cerera, jos spindulys – 950 kilometrų – mūsų masteliu sumažėja iki mažiau nei centimetro. Kaimo žvyrkeliuose yra stambesnių akmenukų nei Asteroidų žiedo objektai.

Čia verta sustoti ir apsižvalgyti, kiek nutolome nuo Saulės. Penki kilometrai yra nuo Lietuvos centro iki Kėdainių geležinkelio stoties. Kaune panašus atstumas yra Savanorių prospektu nuo autostrados iki miesto centro, Vilniuje – nuo geležinkelio stoties iki „Akropolio“, Klaipėdoje – nuo Senosios perkėlos iki tarptautinės perkėlos Smiltynėje. Palyginti su visa Lietuva, tai labai maži atstumai, nors jau praskridome pro keturias vidines planetas ir netgi Asteroidų žiedą.

Keliaujame toliau, kur atstumai tarp planetų vis didėja. Tarkim, Jupiterį nuo Saulės mūsų masteliu skiria beveik aštuoni kilometrai, pati planeta yra kone pusantro metro skersmens dujų kamuolys. Aplink Jupiterį sukasi dešimtys palydovų; keturi didžiausi, vadinami „Galilėjaus mėnuliais“, yra 3–5 centimetrų skersmens ir skrieja 4–19 metrų spindulio apskritimėmis orbitomis.

Saturnas nuo Saulės nutolęs jau per 14 kilometrų. Mes vis dar esame Kėdainių rajone! Pati planeta yra 1,2 metro skersmens dujų kamuolys, kurį supa žiedai, nutolę 7–80 centimetrų atstumu nuo planetos paviršiaus, arba iki dviejų metrų nuo centro. Saturną, panašiai kaip Jupiterį, supa dešimtys palydovų. Didžiausias jų – Titanas – penkių centimetrų skersmens tankios atmosferos apgaubtas rutulys už 12 metrų nuo planetos.

Už Saturno galiausiai paliekame Kėdainių rajoną. Uranas nuo Saulės nutolęs per beveik 29 kilometrus – Kauno dar nepasiekiamo, bet esame jau netoli. Kauno–Klaipėdos magistralę Urano orbita kerta tarp Babtų ir Sitkūnų.

Urano skersmuo – beveik tiksliai pusė metro. Aštuntoji Saulės sistemos planeta Neptūnas yra kone tokio pat didumo kaip Uranas ir skrenda 45 kilometrų atstumu nuo Saulės. 45 kilometrai – tai šiauriniai Kauno pakraščiai, Panevėžio aplinkkelis, Šiluva ir Raseinių prieigos. Per dieną tiek nueiti jau yra iššūkis.

Praskridę pro visas aštuonias Saulės sistemos planetas, įveikėme tik trečdalį atstumo iki heliopauzės. Netrukus už Neptūno orbitos prasideda Kuiperio žiedas, pilnas įvairaus dydžio kūnų, vadinamųjų transneptūninių objektų. Išoriniu jo kraštu įprastai laikoma maždaug 50 astronominių vienetų, arba 75 kilometrų mūsų masteliu, riba. Ties išoriniu Kuiperio žiedo pakraščiu randame Kryžkalnį, Šiaulius, Anykščius, Elektrėnus, Prienus ir Jurbarką. Didžiausias objektas Kuiperio žiede yra Plutonas, jo skersmuo siekia beveik penkis centimetrus.

Ką randame toliau? Už Kuiperio žiedo Saulės sistema toli gražu nesibaigia. Išsklaidytasis diskas tęsiasi iki pat heliopauzės ir dar toliau – jo kraštą aptinkame tik už daugiau nei 200 kilometrų. Tokiu atstumu pietuose yra Gardinas, o šiaurėje netgi pralekiame Rygą. Išsklaidytajame diske randame Eridę – antrą didžiausią žinomą transneptūninį objektą, vos milimetru nusileidžiantį Plutonui skersmeniu, tačiau lenkiantį jį mase [2].

Bet Saulės sistema pagal kai kuriuos apibrėžimus nesibaigia ir čia. Aplink ją skrajoja ir daugybė kometų, kurios sudaro Oorto debesį. Jo gabaritai visiškai neaiškūs, tačiau, remiantis dažniausiai pateikiamais vertinimais, debesies vidinis pakraštys nuo Saulės, matuojant mūsų masteliu, nutolęs per 3000 kilometrų, išorė – per 7500 kilometrų. 3000 km – tai Portugalija, artimieji Grenlandijos krantai, beveik Šiaurės ašigalis, Astana, Teheranas ir Kairas. 7500 kilometrų – Čikaga, Kalgaris, Seulas ir Šanchajus. Ir tai galbūt dar ne pabaiga: pagal kai kuriuos stebėjimus, Oorto debesis gali būti dešimt kartų didesnis – pasiekę tokius atstumus, jau paliekame Žemę.

Jei šitaip didėja atstumai, galbūt netrukus pasieksime ir kitas žvaigždes? Apskaičiuoti atstumą iki jų mūsų masteliu nesudėtinga: artimiausią Saulei

Kentauro Alfos ir Proksimos sistemą nuo Žemės skiria keturi milijonai kilometrų, arba dešimt kartų tiek, kiek realybėje iki Mėnulio.

Šitai verta pakartoti dar sykį: jeigu Saulės sistemą sumažiname iki Lietuvos dydžio ir Žemę nuo Saulės skiria pusantro kilometro, tai artimiausia mums žvaigždė nutolusi dešimt kartų daugiau, nei realybėje skiria Žemę ir Mėnulį. Atstumai – astronominiai ir tiesiogine, ir perkeltine prasme [3]. O juk artimiausia žvaigždė, kosminiais mastais kalbant, yra visai netoli.

LAIKO SKALĖS



Kaip erdvės, taip ir laiko mastai astronomijoje yra milžiniški ir sunkiai suvokiami. Bet ir juos galime pabandyti sutalpinti į Lietuvą. Tiksliau, į Lietuvos istoriją. Ne taip seniai šventėme Lietuvos vardo paminėjimo tūkstantmetį – tegu tai bus kurpalius, ant kurio užmausime Saulės sistemos gyvenimą. Saulė susiformavo prieš 4,5 milijardo metų; pavertę tai tūkstantmečiu, gauname 4,5 milijono metų vieniems mūsų laiko juostos metams. Planetos, tarp jų ir Žemė, formavosi kelias dešimtis milijonų metų po Saulės išsižiebimo, taigi vis dar esame laike, kai valstybė dar nebuvo susikūrusi. Pirmoji gyvybė Žemėje atsirado prieš daugiau nei 3,7 milijardo metų – tai atitinka 1187 metus, kai baltų žemės nebuvo centralizuotos, rytuose po truputį byrėjo Kijevo Rusia, Kryžiuočių ir Kalavijuočių ordinais dar nebuvo įsikūrę Baltijos jūros pakrantėse. Vėliau ilgą laiką sąlygos Žemėje kito nedaug, kol prieš 2,4 milijardo metų atmosferoje staiga išaugęs deguonies kiekis sukėlė masinį rūšių išnykimą. Dabar jau pasiekėme 1476 metus – Lietuva ir Lenkija beveik šimtmetį gyvena sudariusios unija, mūsų šalis yra pasiekusi didžiausią

plotą ir po truputį ima prarasti žemes bei įtaką kylančiai Maskvos kunigaikštystei. Daugialąsčiai organizmai atsiranda prieš 1,6 milijardo metų, arba 1654-aisiais; susivienijusi Žečpospolita kaip tik tada pradeda kentėti nuo švedų ir rusų invazijos, vadinamos Švedų tvanu. Prieš 541 milijoną metų, arba 1889-aisiais, įvyksta Kambro sprogitimas. Žemėje kone akimirksniu daugybę kartų padidėja bioįvairovė, atsiranda gausybė naujų gyvybės rūšių, o Lietuvos istorijoje tai vienas juodžiausių tarpinių, Rusijos imperijos priespauda ir lietuviškos spaudos draudimo laikai. Dinozaurai išsivystė maždaug prieš 220 milijonų metų, dauguma jų išnyko prieš 65 milijonus – atitinkamai, 1960 ir 1995 metais. Dinozaurų gyvavimo laikotarpis, perkeltas į mūsų pasirinktą skalę, neblogai atitinka sovietinės okupacijos laikus. Galiausiai, žmonės – biologinė rūšis *homo* – atsiranda vos prieš 2,8 milijono metų. Mūsų laiko skalėje tai yra tie patys 2009 metai, maždaug gegužės vidurys. O moderniąją žmonių civilizaciją, kurios pradžia datuotina paskutinio ledynmečio pabaiga prieš 12 tūkstančių metų, šioje tūkstančio metų skalėje atitinka vos viena vienintelė diena.

KIEK TRUNKA SKRYDIS IKI MARSO?

37

Visi palydovai, paleisti į Marsą, iki jo skrido bent pusę metų, kartais – apie devynis mėnesius. *Cassini* zondo kelionė į Saturną truko septynerius metus [1], *New Horizons* iki Plutono keliavo dešimtmetį. Septynerius metus trunka kelionė iki Merkurijaus [2]. Pirmieji zondai, išskridę iš Saulės sistemos, buvo *Voyager 1* ir *Voyager 2*, jie pasiekė tarpžvaigždinę erdvę praėjus daugiau nei trims dešimtmečiams po paleidimo iš Žemės. Kartais sakoma, kad naudojantis šiuolaikinėmis technologijomis kelionė iki artimiausios kitos žvaigždės truktų daugiau nei 40 tūkstančių metų. Kodėl skrydžiai tokie ilgi? Ar įmanoma juos sutrumpinti? Pamėginkime tai išsiaiškinti, kaip pavyzdį imdami Marsą.

Pirmas klausimas – kokį nuotolį reikėtų įveikti? Atstumas tarp Žemės ir Marso nuolatos kinta, nes abi planetos sukasi aplink Saulę skirtingais greičiais ir skirtingomis orbitomis. Žemę nuo Saulės vidutiniškai skiria apie 150 milijonų kilometrų, Marsą – 228 milijonai. Taigi atstumas tarp planetų svyruoja nuo maždaug 78 milijonų kilometrų, kai abi yra vienoje pusėje nuo Saulės, iki 378 milijonų, kai yra priešingose. Abiejų planetų orbitos truputį elipsinės, todėl šie atstumai, kaskart joms prasilenkiant, šiek tiek skiriasi.

Pavyzdžiui, 2003 metais Marsas prie Žemės daugiausia buvo priartėjęs per 56 milijonus kilometrų, 2010 metais planetos prasilenkė 99 milijonų kilometrų atstumu.

Trumpiausia kelionė tarp planetų būtų visiškai tiesia linija – tai gali daryti fotonai. Kelionės trukmę apskaičiuoti irgi nesunku, tereikia atstumą padalyti iš šviesos greičio, kuris yra beveik 300 tūkstančių kilometrų per sekundę. Gauname nuo 260 iki 1260 sekundžių, arba nuo keturių su trupučiu iki 21 minutės į vieną pusę. Pirmyn atgal signalui suvaikščioti reiktų dvigubai daugiau laiko. Taigi iškart galima suprasti, jog marsaeigių ir aplink Raudonąją planetą skraidančių palydovų realiu laiku valdyti neįmanoma – signalas keliauja per ilgai. Visi ten dirbantys prietaisai yra bent iš dalies autonominiai: jie gauna nurodymus iš Žemės, tačiau detalai juos vykdo patys. Beje, tuo metu, kai atstumas tarp planetų didžiausias, apie dvi savaites komunikacija iš viso neįmanoma, nes Saulė blokuoja signalus. Ateityje šią problemą būtų galima išspręsti įrengiant orbitines stotis, kurios veiktų kaip ryšio retransliatoriai. Bet to dar reikės palaukti, ir, žinoma, retransliatorius nesutrumpins signalo sklidimo laiko, o tik jį pailgins.

Ar galėtų tiesia linija į Marsą skristi erdvėlaivis? Iš principo taip, tačiau tai labai neefektyvu, reikalauja didžiulių kuro sąnaudų. Mokslinės fantastikos knygų serijoje ir seriale *The Expanse* naudojami Epsteino varikliai yra itin efektyvūs ir leidžia skraidyti nuolatos greitėjant ar lėtėjant – taip sukuriant erdvėlaiviuose gravitacijos pojūtį. Turint tokį variklį, skrydis tiesia linija būtų įmanomas, o apskaičiuoti jo trukmę irgi paprasta, nors ir kiek sudėtingiau nei šviesos. Tereikia žinoti, kad nekintančiu pagreičiu a judančio objekto įveikiamas kelias S su kelionės laiku t susijęs kvadratiškai: $S = at^2/2$. Taigi per pirmą kelionės valandą erdvėlaivis, skrendantis su pagreičiu, lygiu laisvojo kritimo pagreičiui Žemėje, nuskrystų beveik 65 tūkstančius kilometrų, per dvi valandas – keturis kartus toliau – 260 tūkstančių. Kelionė iki Marso, esančio už 78 milijonų kilometrų, tokiu pagreičiu truktų mažiau nei 35 valandas. Tiesa, jei visą laiką skrisime greitėdami, tai Marsą tik trumpam pamatysime erdvėlaivio iluminatoriuose ir nulėksime tolyn; norint prie planetos pasilikti, reikia pusę kelio greitėti, pusę lėtėti. Tada kelionė pailgėja, bet ne

taip ir daug – iki 50 valandų. Jei Marsas yra priešingoje pusėje už Saulės, kelionė ir vienu, ir antru atveju truks 2,2 karto ilgiau – 77 arba 110 valandų. Dar truputį laiko užims apskristi Saulę saugiu atstumu. Kad ir kaip būtų, per 3–5 paras Marsą pasiekti tikrai įmanoma. Kvadratinė priklausomybė tarp atstumo ir laiko reiškia, kad kelionė iki tolimesnių planetų šiuo būdu būtų ne ką ilgesnė. Net iki Neptūno, esančio maždaug už 4,5 milijardo kilometrų, nuskristi užtruktų tik 15 parų.

Mes neturime tokių efektyvių variklių, kaip *Expanse* visatoje. Taigi visą laiką judėti su pagreičiu yra gerokai per didelė prabanga. Erdvėlavis kosmose neturi nuo ko atsistumti, todėl norėdamas keisti greitį, privalo kažką išmesti – pavyzdžiui, sudegusį raketinį kurą, elektringas daleles ar dar ką nors. Būtent šio variklio kuro (tai nebūtinai yra generatoriaus kuras, tiekiantis erdvėlaviui energiją) masė ir yra skrydžių manevrus ribojantis veiksnys. Kompanijos *SpaceX* raketa *Falcon Heavy*, šiuo metu galingiausia pasaulyje, į orbitą aplink Žemę gali iškelti 64 tonų krovinį, tačiau jos pačios masė yra daugiau nei 1400 tonų [3]; didžiąją dalį skrydžiui paruoštos raketos masės sudaro kuras. Kitų raketų santykis panašus, o kuo kelionė tolimesnė, tuo mažesnę dalį masės sudaro naudingas krovinys.

Taigi kuro sąnaudas kosminėse misijose stengiamasi kuo labiau apriboti. Skrydžiai įprastai planuojami taip, kad aparatas greitėtų ar lėtėtų kuo trumpiau, o didumą kelionės praleistų skrisdamas laisvai, veikiamas tik Saulės ir planetų gravitacijos.

Paprasčiausias būdas nuskristi į Marsą su nedidelėmis kuro sąnaudomis yra toks. Erdvėlavis pagreitėja arti Žemės, jo orbita pakinta į elipsinę, tolimiausias nuo Saulės jos taškas sutampa su Marso orbita. Pasiekęs Marso orbitą, erdvėlavis vėl pagreitėja, kad jo orbita taptų beveik apskritiminė ir susilygintų su Marso orbita. Tokio idealizuoto skrydžio trukmę apskaičiuoti irgi nėra sudėtinga – tai tiesiog pusė elipsinės orbitos aplink Saulę periodo. Elipsinės orbitos, kurios artimiausias Saulei taškas yra ties Žeme, tolimiausias – ties Marsu, periodas yra maždaug 1,4 metų, arba 17 mėnesių. Pusė periodo – 8,5 mėnesio, arba 255 paras. Aišku, tiksli kelionės

trukmė skaičiuojama daug detaliau, įvertinant ir planetų gravitaciją, ir tai, kad Marso orbita būtų pasiekta ties pačia planeta. Bet gaunami skaičiai panašūs – nuo 6 iki 9 mėnesių priklausomai nuo paleidimo laiko. Pavyzdžiui, Indijos *Mars Orbiter Mission* skrido 298 dienas, NASA *Mars Science Laboratory*, nuskraidinusi *Curiosity*, – 253 dienas, Europos kosmoso agentūros *Mars Express* – 206 dienas. 2018 metų pradžioje į kosmosą išskraidintas *Tesla Roadster* automobilis [4] nukreiptas į orbitą, nusitęsiančią toliau nei Marso, 390 milijonų kilometrų nuo Saulės. Jis aplink Saulę skrieja 1,6 metų periodu ir kitą kartą prie Žemės priartės 2021-ųjų kovą, apsukęs du ratus aplink žvaigždę.

Skrydžiai į kitas planetas galėtų vykti panašiai kaip ir į Marsą, bet įprastai naudojamos dar sudėtingesnės orbitos, leidžiančios sutaupyti daugiau kuro. Vieno pagreitėjimo ir vieno sulėtėjimo nebeužtenka – erdvėlaivis gali kurį laiką skristi vis ilgėjančia elipse aplink Žemę, truputį pagreitėdamas kaskart priartėjęs arčiausiai planetos, vėliau nuskristi ne tiesiai prie tikslo, o pasinaudoti kitų planetų gravitacija ir taip dar padidinti greitį (žr. „Gravitacinės svaidyklės“), kol galiausiai pasiekia kelionės galą. Ir tokios vingiuotos kelionės bus praktikuojamos dar ilgai, nebent kas nors išrastų iš pagrindų kitokį variklį, kur kas efektyvesnį už šiandieninius.

GRAVITACINĖS SVAIDYKLĖS



Pakeliui aplankomos planetos gravitacija gali padėti erdvėlaiviui gerokai pagreitėti Saulės ir kitų planetų atžvilgiu. Šis reiškinys, vadinamas gravitacine svaidykle, atima šiek tiek energijos iš planetos ir atiduoda ją erdvėlaiviui. Norint jį išnaudoti, reikia teisingai parinkti skrydžio trajektoriją. Erdvėlaivis turi priartėti prie planetos judėdamas ta pačia kryptimi kaip planeta, bet lėčiau. Tada planeta pasiveja erdvėlaivį ir jis patenka

18

M82 yra artimiausia mums žvaigždėdaros žybsnio galaktika – joje kasmet gimsta po daugiau nei 10 naujų žvaigždžių, bent kelis kartus daugiau, nei Paukščių Take. Praeityje tokių galaktikų buvo daugiau, bet laikui bėgant jų vis mažėja.

Šaltinis: NASA, ESA, the Hubble Heritage Team (STScI/AURA), J. Gallagher (University of Wisconsin), M. Mountain (STScI), P. Puxley (NSF)

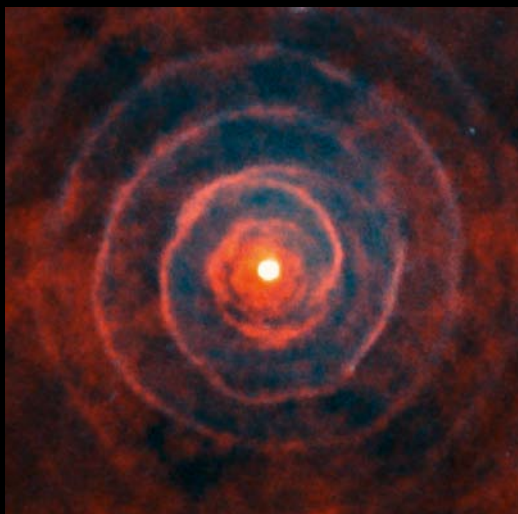
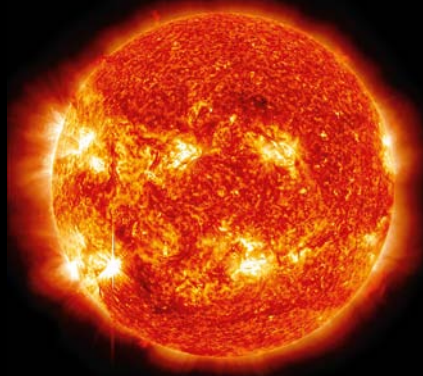




19

Saulė ultravioletinių spindulių ruože. Gilliai jos branduolyje vykstančių termobranduolinių reakcijų tiesiogiai matyti negalime.

Šaltinis: NASA/SDO



20

Dvinarės žvaigždės Pegaso LL vėjas suformuoja spiralę aplink sistemą. Viena poros narė yra raudonoji milžinė – ji po truputį nusimeta išorinius sluoksnius ir formuoja aplink save planetinį ūką. Tokioje aplinkoje susidaro dalis sunkesnių už geležį cheminių elementų.

Šaltinis: ALMA (ESO/NAO)/ NRAO)/H. Kim ir kt., ESA/ NASA ir R. Sahai