

6. PASAULES UZBŪVE



Jēdzieni, kurus apgūsi

- ◆ Habla likums
- ◆ Lielā Sprādziena modelis
- ◆ Reliktstarojums
- ◆ Elementārdaļiņas
- ◆ Fermioni
- ◆ Bozoni
- ◆ Antiviela
- ◆ Standartmodelis
- ◆ Hadroni
- ◆ Kvarki
- ◆ Leptoni
- ◆ Protozvaigzne
- ◆ Baltie punduri
- ◆ Neitronu zvaigzne
- ◆ Melnais caurums
- ◆ Galvenās secības zvaigznes

6.1. VISUMA RAŠANĀS UN EVOLŪCIJA

Habla likums

Astronomu uzmanības lokā allaž ir bijusi problēma par Visuma rašanos un evolūciju. 1924. gadā amerikāņu astronoms Edvīns Habls (*Edwin Hubble*, 1889–1953) noteica attālumus līdz zvaigžņu sistēmām, izmantojot tajās esošās mainīgzvaigznes cefeīdas, kuras periodiski maina savu spožumu. Cefeīdu starjauca ir atkarīga no spožuma maiņas perioda. Jo lielāks ir spožuma maiņas periods, jo lielāka ir starjauca. Savukārt pēc starjaucas, izmantojot matemātiskās sakarības, var noteikt cefeīdas attālumu līdz Zemei. Pēc Doplera efekta (ūdeņraža spektra līniju nobīdi uz garāko viļņu pusi, ja zvaigžņu sistēma no Zemes attālinās, un uz īsākā viļņa garuma pusi, – ja tā tuvojas Zemei), var noteikt zvaigžņu sistēmas ātrumu attiecībā pret Zemi. Analizējot pētījuma rezultātus, 1929. gadā E. Habls atklāja šādu likumu.

Visuma objekti attālinās no Zemes ar ātrumu v , kas ir tieši proporcionāls attālumam R līdz Visuma objektam,

$v = HR$, kur H – Habla konstante. $H = 71 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$ 1 Mpc (megaparseks) $\approx 3,1 \cdot 10^{22} \text{ m}$.

Ja attālums starp Visuma objektiem palielinās, tad var formulēt pieņēmumu, ka **kādreiz Visums ir bijis ļoti mazs un saspiests** (karsts un blīvs punkts).

Ja pieņem, ka izplešanās visu laiku ir bijusi *vienmērīga*, tad Visuma objektu veiktais attālums laikā t ir $R = vt$. Ievietojot šo izteiksmi Habla likumā, iegūst,

ka Visums ir sācis izplesties pirms laika $t = \frac{1}{H} \approx 4,4 \cdot 10^{17} \text{ s} \approx \mathbf{13,7 \text{ miljardi}}$

gadu. Šis aprēķins ir stipri aptuvenš, jo 1998. gadā zinātnieki konstatēja, ka Visums izplešas paātrināti. Pašreiz uzskata, ka Visumā darbojas gravitācijas spēki ar pievilkšanās raksturu un **tumsās enerģijas** spēki ar atgrūšanās raksturu. Šo spēku rezultējošais spēks nodrošina paātrinātu izplešanos mums novērojamā Visuma daļā.

Lielā Sprādziena modelis un tā sekas

Visuma rašanās izskaidrojumam lieto **Lielā Sprādziena modeli**. Par Lielo Sprādzienu uzskata Visuma rašanās momentu aptuveni pirms 13,7 miljardiem gadu. Turpmākā Visuma attīstība ir šī sprādziena sekas.

Laikā no Lielā Sprādziena līdz 10^{-43} s , kuru sauc par *Planka ēru*, darbojās pagaidām neatklāti likumi. Uzskata, ka Planka ērā visas četras tagad Visumā pazīstamās fundamentālās mijiedarbības: gravitācijas, elektromagnētiskās, vājās un stiprās mijiedarbības bijušas apvienotas vienā mijiedarbībā un Visuma temperatūra šajā ērā ir bijusi aptuveni 10^{32} K .

1. Uzrakstīt, kādā secībā laika gaitā notika atsevišķo fundamentālo mijiedarbību atdalīšanās.
2. Kuras elementārdaļiņas pēc Lielā Sprādziena radās pirmās: protoni vai elektroni?
3. Vai ir patiens apgalvojums: jo tālāk no mums atrodas Visuma objekts, jo tālākā pagātnē to redzam.
4. Kas ir reliktstarojums?
5. Pēc cik ilga laika kopš Lielā Sprādziena Visumā radās vieglo ķīmisko elementu kodoli?



6.2. ELEMENTĀRDAĻIŅAS

Elementārdaļiņu veidi un to raksturojums

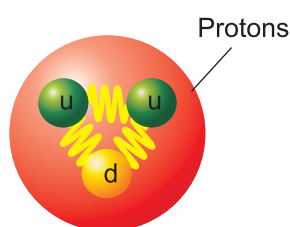
Visas vielas dabā sastāv no atomiem. Ja atomu sadala sīkāk, iegūst daļiņas: elektronus, protonus un neitronus. Tagad ir noskaidrots, ka elektroniem vairs nav iekšējās struktūras, bet protoni un neitroni sastāv no kvarkiem, kuriem arī nav iekšējās struktūras. Daļiņas, kurām nav iekšējās struktūras, sauc par *fundamentālām elementārdaļiņām*. Līdz 1932. gadam fiziķiem bija pazīstamas 3 elementārdaļiņas: elektroni, protoni un neitroni, jo tolaik vēl nezināja, no kā sastāv protoni un neitroni. Elektroniem un protoniem ir elektriskais lādiņš un masa, neitronam ir masa, bet nav elektriskā lādiņa. Tagad ir atklāts vairāk kā simts elementārdaļiņu, bet visas tās nav stabilas, tās pēc noteikta dzīves laika pārvēršas citās elementārdaļiņās un starojuma kvantos. 2012. gadā tika veikti pētījumi Lielajā Hadronu paātrinātājā, lai eksperimentāli atklātu angļu fiziķa P. Higsas vārdā nosaukto Higsas (*Peter Higgs*, dz. 1929) bozonu (jeb “dieva” daļiņu), kas pārvēršas par citām daļiņām un tām piešķir masu.

Bez elektriskā lādiņa un masas elementārdaļiņām ir daudz citu raksturojošo lielumu; viens no svarīgiem elementārdaļiņu raksturojošiem lielumiem ir arī **spins**. Elektronam spinu varētu iztēloties šādi. Elektrons līdzīgi rotaļlietai – vilciņam rotē ap savu asi un rada magnētisko lauku, līdzīgi kā mikroskopiska magnētadata. Ja elektrons atrodas ārējā magnētiskajā laukā, tad elektrons ieņem stāvokli, kad tā spins ir vērsts ārējā magnētiskā lauka virzienā vai tam pretēji. Kvantu fizikā katram atoma elektronam ir savs kvantu stāvoklis, tāpēc spinam tiek piekārtots arī kvantu skaitlis. Elektronam spina kvantu skaitlis ir $\frac{1}{2}$. Visas tās daļiņas, kurām spina kvantu skaitlis ir tāds pats kā elektronam, sauc par **fermioniem**. Pie fermioniem pieder arī protoni un neitroni. Ir arī tādas elementārdaļiņas, kurām spina kvantu skaitlis ir 0 un 1; tās sauc par **bozoniem**. Pie bozoniem pieder pozitīvie, negatīvie un neitrālie pioni (saīsināts nosaukums daļiņām – π mezoni). Pionus iegūst ar daļiņu paātrinātājiem un izmanto, piemēram, audzēju šūnu kodolu saārdīšanai. Elementārdaļiņām ir arī atbilstošas **antidaļiņas**. Daļiņai un antidaļiņai ir vienāda miera masa, bet viens no raksturojošiem lielumiem ir pretējs. Piemēram, elektrona antidaļiņa ir pozitrons. Elektrona elektriskais lādiņš ir negatīvs, bet pozitronam ir tikpat liels

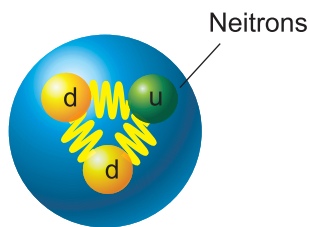
elektriskais lādiņš, bet tas ir pozitīvs. Antidaļiņas veido **antiviēlu**. Antiviēlas atomi sastāv no kodola, kurā ir antiprotoni un antineitroni, bet kodola apvalkā atrodas pozitroni. Antideitrons (${}^2_1\bar{H}$ antikodols) tika sintezēts 1965. gadā, bet antiūdeņraža atoms (sastāv no antiprotona un pozitrona) Eiropas kodolpētījumu centrā (*CERN*) tika sintezēts 1995. gadā. 2010. gadā *CERN* tika sintezēti 38 antiūdeņraža atomi, kas magnētiskajā laukā miera stāvoklī tika noturēti aptuveni 1/6 sekundes, lai pētītu antiviēlas īpašības. Kad antidaļiņa sastopas ar savu daļiņu, notiek **anihilācija**. Anihilācija ir process, kurā matērija no vielas un antiviēlas formas pārvēršas lauka formā (starojuma kvantos). Piemēram, ja elektrons saduras ar savu antidaļiņu – pozitronu, tad beidz eksistēt gan elektrons, gan pozitrons, bet rodas 2 γ kvanti. ${}^0_{-1}e + {}^0_1e \rightarrow 2\gamma$. Notiek arī pretējs process, kad matērija no lauka formas pārvēršas vielas un antiviēlas formā.

Elementārdaļiņas un fundamentālās mijiedarbības

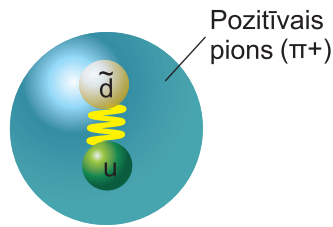
Pašreiz elementārdaļiņu mijiedarbības raksturo ar tā dēvēto **standartmodeli**. Daļiņu fizikas standartmodeli ir fermioni, bozoni un to antidaļiņas. Daļiņas, starp kurām pastāv stiprā mijiedarbība un pārējās mijiedarbības, sauc par **hadroniem**. Pie hadroniem pieder kodola daļiņas: protoni, neitroni, kurus kodolā saista kopā stiprās mijiedarbības spēki – kodolspēki. Starp hadroniem pastāv arī pārējie fundamentālie mijiedarbības spēki. Pētot elementārdaļiņu īpašības, amerikāņu fiziķi Marijs Gells–Menns (*Murray Gell–Mann*, dz. 1929) un Džordžs Cveigs (*George Zweig*, dz. 1937) 1964. gadā formulēja hipotēzi, ka hadroni sastāv no **kvarkiem**. Elementārdaļiņu standartmodeli ir 6 kvarki (d , u , s , c , b un t kvarki) un to antikvarki. d , s , b kvarkiem elektriskais lādiņš ir $-1/3 e$, kur e – elektrona elektriskais lādiņš, bet u , c , t kvarkiem lādiņš ir $+2/3e$. Bez elektriskā lādiņa kvarku raksturošanai lieto arī citus lielumus. Pēc šī modeļa protons sastāv no 2 u kvarkiem un 1 d kvarka (6.2. att.), neitrons – no 2 d kvarkiem un 1 u kvarka (6.3. att.), pozitīvais pions (π^+) – no u kvarka un d antikvarka (6.4. att.).



6.2. att.



6.3. att.



6.4. att.

Daļiņas, kas satur 3 kvarkus (piemēram, protoni un neitroni), sauc par **barioniem**, bet daļiņas, kas sastāv no kvarka un antikvarka (piemēram, pioni un kaoni), – par **mezoniem**.

Mūsdienu pētījumi parāda, ka nevienu kvarku kā atsevišķu daļiņu no hadrona izraut nevar, un tiek pieņemts, ka kvarki ir tik fundamentālas daļiņas, kurām nav iekšējās struktūras. Kvarki pieder pie fermioniem. Otra fundamentālo daļiņu grupa, kurām nav iekšējās struktūras, bet kuras dabā brīvā veidā var pastāvēt, ir vieglās daļiņas jeb *leptoni*. Elementārdaļiņu standartmodelī ir 6 leptoni. Pie leptonu grupas daļiņām pieder elektrons, mions un tau daļiņa, neitrīno. Leptoni, tāpat kā kvarki, ir fermioni. Starp leptoniem nepastāv stiprā mijiedarbība, bet pārējās mijiedarbības pastāv.



6.5. att.

Visus spēkus dabā rada 4 mijiedarbības. Mijiedarbības spēkus starp dabas objektiem nodrošina apmaiņas daļiņas jeb mijiedarbības nesējkvanti. Pēc spina apmaiņas daļiņas ir bozoni. Apmaiņas spēku darbību varam iedomāties šādi. Uz ledus atrodas divi slidotāji (6.5. att.).

Ja viens slidotājs sviež bumbu otram, tas to saķer un sviež atpakaļ pirmajam, tad impulsa saglabāšanās dēļ slidotāji atgrūdisies (attālināsies) viens no otra.

Šajā gadījumā objektu – slidotāju mijiedarbība notiek ar apmaiņas objekta – bumbas starpniecību.

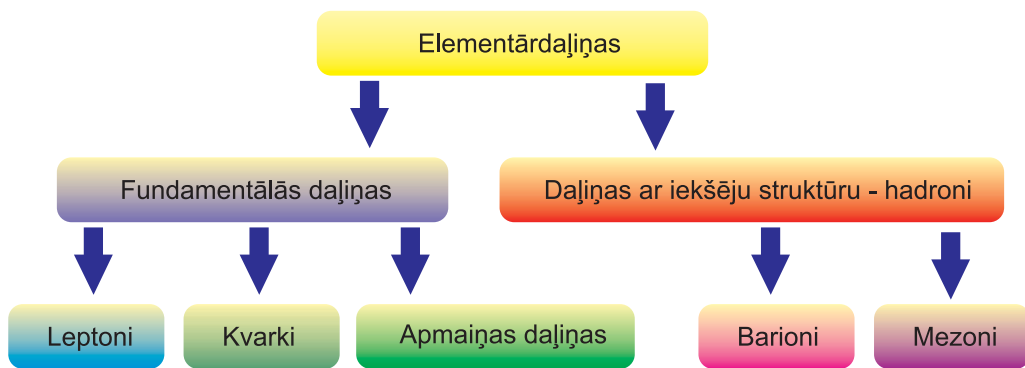
Kvarkus satur kopā stiprās mijiedarbības spēki ar apmaiņas daļiņām – 8 dažādiem bozoniem, kurus sauc arī par gluoniem.

Vājās mijiedarbības apmaiņas daļiņas ir trīs: pozitīvais un negatīvais W bozons un elektriski neitrālais Z bozons.

Elektromagnētiskās mijiedarbības apmaiņas daļiņa ir starojuma kvants (fotons), bet gravitācijas apmaiņas daļiņa – gravitons (vēl eksperimentāli nav atklāts). Piemēram, divi elektroni (6.5. modelī – slidotāji) atgrūžas viens no otra ar fotona (6.5. modelī – bumba) starpniecību. Tātad matērijas uzbūves pamatā ir fundamentālās daļiņas: *kvarki*, *leptoni* un *apmaiņas daļiņas (nesējkvanti)*.

Tabulā apkopota informācija par visiem 4 mijiedarbības veidiem.

Spēki	Darbojas starp ...	Relatīvais stiprums	Apmaiņas daļiņas
Stiprie kodolspēki	kvarkiem	1	gluoni
Elektromagnētiskie	elektriski lādētām daļiņām	10^{-2}	fotoni
Vājās mijiedarbības	kvarkiem un leptoniem	10^{-5}	Z^0 , W^- , W^+ bozoni
Gravitācijas	daļiņām, kam ir masa	10^{-40}	gravitoni

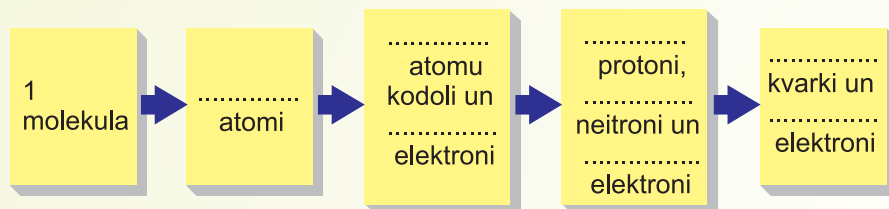


6.6. att.

Elektromagnētisko un gravitācijas spēku darbība sniedzas bezgalīgi tālu, turpretim stiprās mijiedarbības (darbības rādiuss $\approx 10^{-15}$ m) un vājās mijiedarbības (darbības rādiuss $\approx 10^{-17}$ m) ir tuvdarbības spēki.

Visu elementārdaļiņu grupējums parādīts 6.6. attēlā.

- Noteikt protonu un neitronu skaitu litija ${}^7_3\text{Li}$ kodolā. Cik u un cik d kvarku ir nepieciešams, lai izveidotu litija kodola modeli?
- u kvarka miera masa ir aptuveni $5,3 \cdot 10^{-29}$ kg, bet d kvarka miera masa $10,7 \cdot 10^{-29}$ kg. Par cik atšķiras protona miera masa no tajā esošo kvarku miera masu summas?
- Vājā mijiedarbība izpaužas, piemēram, pie β sabrukšanas, kurā kodolā esošs neitrons pārvēršas par citām elementārdaļiņām.
 - Pabeigt uzrakstīt elementārdaļiņu pārvēršanās reakciju, ierakstot jautājuma zīmes vietā vajadzīgo. ${}^1_0n \rightarrow ? + {}^0_{-1}e + {}^0_0\tilde{\nu}$. +. (${}^0_0\tilde{\nu}$ – antineitrīno)
 - Noskaidrot, cik kvarku un kādi kvarki ir reakcijas kreisajā un labajā pusē.
- Oglekļa dioksīda molekulu (CO_2) veido elementārdaļiņas.
 - Noteikt elementārdaļiņu skaitu CO_2 molekulā.
 - Ierakstīt atbilstošos veidojumus CO_2 molekulai un to skaitu hierarhijas blokos (6.7. att.).



6.7. att.

6.3. GALAKTIKU UN ZVAIGŽŅU RAŠANĀS UN PĀRVĒRTĪBAS

Pēc mūsdienu priekšstatiem galaktikas ir sākušas veidoties aptuveni 1 miljardu gadu pēc Lielā Sprādziena. Šajā laikā Visums bija atdzisusi retināta gāze. Rodoties gāzes blīvuma nevienmērībām, gravitācijas spēku ietekmē notika gāzu atsevišķu apgabalu saspiešanās, radās mazākas galaktikas, kam savā starpā saduroties veidojās lielākas galaktikas. Ir dažāda veida galaktikas: spirālveida, eliptiskās un neregulārās. Mūsu galaktika, kuru sauc arī par Piena Ceļu, ir spirālveida galaktika (6.8. att.). Saule – mums tuvākā zvaigzne, atrodas galaktikas nomalē. Galaktikās atrodas ļoti daudz zvaigžņu. Mūsu Galaktikā to ir aptuveni 200 miljardu.

Zvaigznes veidojās, saspiežoties Visumā esošai gāzei – ūdeņraža mākoņiem. Zvaigžņu veidošanās sākās ar **protozvaigznes** izveidošanos. Protozvaigznes centrālā daļa saspiežas straujāk, izveidojot zvaigznes kodolu. Kodola temperatūra paaugstinās, un protozvaigzne rada infrasarkano starojumu, pēc kura to var atklāt.

Protozvaigznes malējie slāņi krīt uz centra pusi, saspiešanās turpinās un turpinās temperatūras pieaugšana.

Kad temperatūra ir sasniegusi aptuveni 10 miljonus K, sākas kodoltermiskās reakcijas, kurās ūdeņradis pārvēršas par hēliju un izdalās liela enerģija. Tad izveidojas līdzsvars starp gāzes spiediena radīto spēku, kas cenšas protozvaigzni izplest, un gravitācijas spēku, kas cenšas protozvaigzni saspiest. Saspiešanas process apstājas, un protozvaigzne ir kļuvusi par zvaigzni.

Zvaigžņu veidi

Ja protozvaigznes masa ir 0,08 Saules masas, tās centrālā daļa nevar sasniegt temperatūru, kurā sākas kodoltermiskās reakcijas. Šādas zvaigznes turpina saspieties un pārvēršas par **baltajiem punduriem**. No šīm zvaigznēm izplūst infrasarkana starojums, un pēc vairākiem miljardiem gadu tās atdziest tik tāl, ka vairs nav redzamas. Ja protozvaigznes masa ir no 0,08 līdz 0,26 Saules masām, zvaigznē notiek kodoltermiskās reakcijas, un tad, kad viss ūdeņradis ir pārvērties par hēliju, arī zvaigzne pārvēršas par balto punduri. Ja protozvaigznes masa ir no 0,26 līdz 8 Saules masām, pēc visa ūdeņraža pārvēršanās par hēliju izveidojas **sarkanais milzis**. Sarkanais milzis ir zvaigzne ar lielu starjaudu. Sarkanajam milzim, nometot apvalku, apvalks kā miglājs izkļūst Visumā, bet atlikušais kodols pārvēršas par balto punduri. Ja protozvaigznes masa ir lielāka par 8 Saules masām, tajā kodoltermiskās reakcijā rodas ne tikai hēlija,



6.8. att.

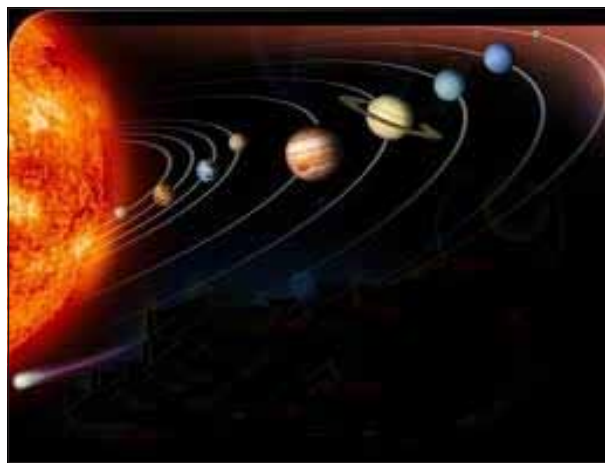
bet arī smagāku elementu kodoli. Zvaigznei izveidojas dzelzs kodols un slāņaina struktūra. Uz kodolu krītot ārējam apvalkam, notiek **pārnovas sprādziens**. Sprādzienā liela daļa no masas aiziet Visumā kā miglājs. Ja atlikusī masa ir mazāka par 2 Saules masām, izveidojas ļoti blīva **neitronu zvaigzne**, bet, ja tā ir lielāka par 2 Saules masām, izveidojās **melnais caurums**. Melnie caurumi paši neko neizstaro (izņemot gravitonus), bet jebkurš objekts vai starojums, kas nonāk melnā cauruma tuvumā, ļoti lielā gravitācijas spēka ietekmē tiek tajā ierauts. Tātad zvaigzne beidz savu attīstību vienā no trim veidiem: 1) kā baltais punduris, 2) kā neitronu zvaigzne vai 3) kā melnais caurums. Pašreiz uzskata, ka neitronu zvaigznei ir ļoti mazi izmēri (diametrs vairāki desmiti km), bet ļoti liels blīvums, aptuveni 10^{17} kg/m³. Neitronu zvaigznei ir šķidrums kodols, kas sastāv no neitroniem ar nelielu protonu un elektronu piejaukumu, bet cieta virsma, kuru veido dzelzs atomu kodoli. Neitronu zvaigznes virsmas temperatūra ir lielāka par miljoniem grādiem, tāpēc tās starojums galvenokārt ir rentgenstaru diapazonā.

Saules sistēmas rašanās

Saules sistēma ir izveidojusies aptuveni pirms 4,6 miljardiem gadu no starp-zvaigžņu gāzes un putekļu mākoņa, kura sastāvā bija 73% ūdeņraža, 25 % hēlija un 2 % citu ķīmisko elementu un kurš lēni griezās. No viena mākoņa daļas, gravitācijas ietekmē tai saspiežoties, ir izveidojusies Saule (zvaigzne), sakoncentrējot sevī lielāko daļu no mākoņa masas (tagad Saules masa ir 99,8 % no visas Saules sistēmas masas). No atlikušās daļas izveidojās protoplanetārais disks, kas rotējot saplacinājās. Putekļu slānis nosēdās diska plaknē, sadalījās daudzos sablīvējumos.

Lielākie sablīvējumi gravitācijas spēku ietekmē pievilka sīkākus sablīvējumus, tie saspiedās un, pārvietojoties par dažādām orbītām, sadūrās savā starpā, izveidojot planētu iedīgļus, kas pārvērtās par *planētām* aptuveni pēc 100 miljoniem gadu kopš saspiešanās sākuma.

Saulei tuvākās planētas no apkārtējo sīkāko ķermeņu triecieniem un radioaktīvo iegu sabrukšanas izdalītā siltuma sasila, izveidojās blīvs planētas kodols, mantija un garoza. Tālākās planētas veidojās tur, kur bija vairāk gāzes, tāpēc to ārējā daļa ir gāzveidīga. Saules sistēmā izveidojās arī mazās planētas – *asteroīdi*. Lielā attālumā no Saules izveidojās *komētas*, kas sastāvēja no sasalušas gāzes un putekļiem. Saules sistēma sastāv no 8 planētām: Merkurs, Venera, Zeme, Marss, Jupiters, Saturns, Urāns un Neptūns (6.9. att.).



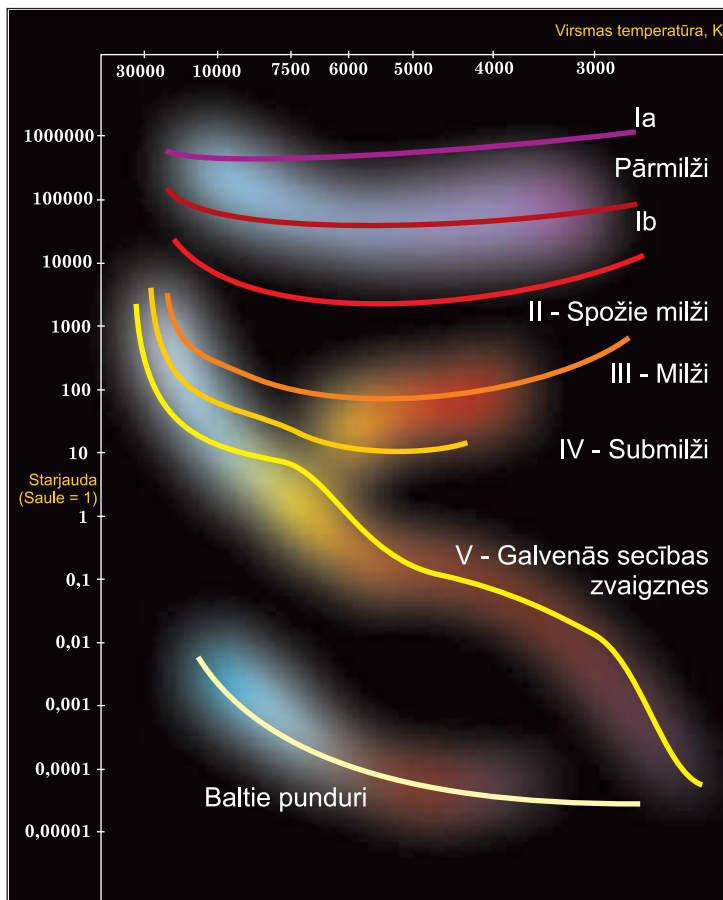
6.9. att.

Bez tam Saules sistēmā ir arī mazās planētas – asteroīdi. Vairāk nekā 100 000 asteroīdu orbītas atrodas starp Marsa un Jupitera orbītām. Starpplanētu telpā pārvietojas arī *meteroīdi* – ķermeņi, kas nav pievienojušies planētām, un arī ķermeņi, kas radušies, saduroties mazām planētām. Aiz Neptūna orbītas Saules sistēmas ārējā daļā ir aptuveni 70 000 dažādu objektu, pārpalikumi no Saules sistēmas, starp tiem arī trīs *pundurplanētas*: Plūtons, Haumeja un Makemake. Debess objektu kustība Saules sistēmā notiek atbilstoši Keplera likumiem (*Johannes Kepler*, 1571–1630). Saules sistēmas planētām ir arī *pavadoņi*, izņemot Merkuru un Veneru. Visvairāk izpētīts ir Zemes dabiskais pavadoņš Mēness. Astronomi ir atklājuši, ka vairāku citu zvaigžņu tuvumā arī atrodas planētas.

1910. gadā dāņu astronoms Einarš Hercšprungs (*Ejnar Hertzsprung*, 1877–1957) un amerikāņu astronoms Henrijs Rasels (*Henry Russell*, 1877–1957) izveidoja grafiku zvaigžņu starjaudas atkarībai no virsmas temperatūras (6.10. att.). Diagrammā ir redzams, ka aptuveni 90% no visām zvaigznēm ieņem apgabalu, kas stiepjas pāri visam grafiskajam attēlojumam pa diagonāli. Šo apgabalu sauc par **galveno secību** un zvaigznes, kas atrodas šajā apgabalā, – par galvenās secības zvaigznēm.

Galvenās secības zvaigznēs enerģija rodas kodoltermiskajās reakcijās, ūdeņradim pārvēršoties hēlijā, un tajās gravitācijas spēku, kas cenšas zvaigzni saspiest, līdzsvaro gāzes radītais spiediena spēks, kurš cenšas zvaigzni izplest. Milži ir zvaigznes, kurās kodoltermiskās reakcijās bez hēlija kodoliem veidojas arī smagāki kodoli līdz pat dzelzs kodolam. Baltie punduri ir zvaigžņu attīstības pēdējās stadijas.

Arī Saule pašreiz ir uz galvenās secības. Zvaigznes, kurām masa ir tāda pati kā Saulei, uz galvenās secības pavada aptuveni 10 miljardus gadu. Puse no šī laika Saulei jau ir pagājusi. Zvaigznes, kuru masa ir lielāka par Saules masu, uz galvenās secības pavada īsāku laiku, bet zvaigznes, kuru masa mazāka par Saules masu, – ilgāku laiku.



6.10. att.

Visuma nākotne

Visuma attīstību nākotnē var prognozēt, lietojot divus lielumus: Habla konstanti un Visuma vidējo blīvumu. Pašreiz nav iespējams precīzi noteikt Visuma vidējo blīvumu, tāpēc Visuma attīstībai var izdarīt tikai pieņēmumus.

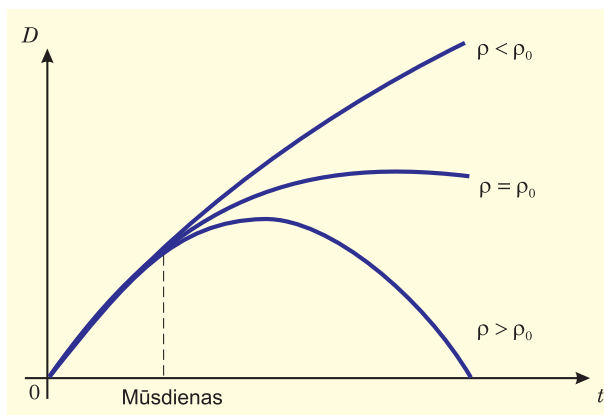
Ir noteikta Visuma kritiskā blīvuma vērtība $\rho_0 = 10^{-26} \text{ kg/m}^3$ un formulēti trīs Visuma nākotnes attīstības modeļi.

1. Ja Visuma blīvums būs $\rho < \rho_0$, attālums D starp galaktikām kļūs arvien lielāks un lielāks un Visuma izplešanās kļūs arvien lēnāka

un pēc bezgalīga laika t izplešanās ātrums tieksies uz nulli (6.11. att.). Visas zvaigznes tad pārvērtīsies baltajos punduros, neitronu zvaigznēs vai melnajos caurumos. Zvaigznes lēni atdzīsīs un vairāk neko neizstaros. Visums būs tumšs un auksts.

2. Ja Visuma vidējais blīvums būs $\rho = \rho_0$, Visuma izplešanās būtu bezgalīga, bet Visuma izmēri tieksies uz noteiktu vērtību.

3. Ja Visuma blīvums būs $\rho > \rho_0$, attālums D no sākuma starp galaktikām palielināsies, pēc tam gravitācijas spēks izplešanos nobremzēs un izraisīs Visuma saraušanos līdz tā sākotnējam stāvoklim. Tad varētu notikt atkal jauns Lielais Sprādziens un rastos jauns Visums. Pašreiz nav zināms, cik liela ir Visuma blīvuma vidējā vērtība.



6.11. att.

Uzdevuma risināšanas paraugs

Uzdevums. Planēta Marss pārvietojas apkārt Saulei gandrīz pa riņķa līniju. Saules masa ir $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, bet Marsa masa – $0,64 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. Vidējais attālums no Marsa līdz Saulei ir aptuveni 1,5 ua.

A. Noteikt vidējo ātrumu v , ar kuru Marss pārvietojas apkārt Saulei.

Risinājums. Pēc Ņūtona otrā likuma Saule iedarbojas uz Marsu ar gravitācijas spēku $F = ma$, kur m – Marsa masa ($m = 0,64 \cdot 10^{24} \text{ kg}$), bet a – Marsa centrītes paātrinājums. Centrītes paātrinājumu a var aprēķināt no sakarības:

$$a = \frac{v^2}{R}, \text{ kur } R \text{ – attālums no Marsa līdz Saulei } (R = 1,5 \text{ ua} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}).$$

Gravitācijas spēku F var aprēķināt pēc Ņūtona vispasaules gravitācijas likuma:

$$F = G \frac{mM}{R^2}, \text{ kur } M \text{ – Saules masa } (M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}), \text{ bet } G \text{ – gravitācijas konstante}$$

$$(G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2). \text{ No šejienes } v = \sqrt{\frac{GM}{R}}. v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{1,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{11}}} \approx 24 \text{ km/s}.$$

B. Noteikt laiku T , kurā Marss izdara vienu apriņķojumu apkārt Saulei.

Risinājums. Vienā apriņķojumā apkārt Saulei Marss veic ceļu $l = 2\pi R$, tāpēc

var rakstīt, ka $v = \frac{2\pi R}{T}$, no kurienes viena apriņķojuma laiks (rotācijas periods)

$$T = \frac{2\pi R}{v}.$$

$$T = \frac{2,3,14 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{11}}{24 \cdot 10^3} \approx 5,9 \cdot 10^7 \text{ s} \approx 1,9 \text{ gadi}.$$

C. Noteikt brīvās krišanas paātrinājumu g_M uz Marsa virsmas, ja Marsa vidējais rādiuss R_0 ir 3400 km.

Risinājums. Ja uz Marsa virsmas atrodas ķermenis, kura masa ir m_0 , uz ķermeni darbojas smaguma spēks $F = m_0 g_M$, kur smaguma spēks F ir vienāds ar gravitācijas spēku, ja neievēro Marsa saplakumu un rotācijas kustību ap savu asi.

$$F = G \frac{m_0 m}{R_0^2} \text{ un } F = m_0 g_M, \text{ tāpēc var rakstīt, ka } g_M = G \frac{m}{R_0^2}.$$

$$g_M = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{0,64 \cdot 10^{24}}{(3,4 \cdot 10^6)^2} \approx 3,7 \text{ m/s}^2.$$

D. Noteikt Marsa vidējo blīvumu ρ .

Risinājums. Vidējais blīvums $\rho = \frac{m}{V}$, kur V – Marsa tilpums. $V = \frac{4\pi R_0^3}{3}$, tāpēc

$$\rho = \frac{3m}{4\pi R_0^3}. \quad \rho = \frac{3 \cdot 0,64 \cdot 10^{24}}{4 \cdot 3,14 \cdot (3,4 \cdot 10^6)^3} \approx 3900 \text{ kg/m}^3.$$

1. Parādīt Hercšprunga–Rasela diagrammā (6.11. att.) aptuvenu Saules novietojumu.

2. Pabeigt teikumus, ierakstot izlaiduma vietā vajadzīgo.

A. Visums radās Lielā Sprādziena rezultātā pirms gadiem.

B. Saules sistēma radās pirms gadiem.

C. 380 000 gadu pēc Lielā Sprādziena

3. Ja pieņem, ka Zeme pārvietojas pa riņķa līniju apkārt Saulei, tad pēc otrā Ņūtona likuma gravitācijas spēks $F = G \frac{m_z m_s}{R^2}$ piešķir Zemei centrīesces paātrinājumu $a = \frac{v^2}{R}$, kur G – gravitācijas konstante, R – attālums no Zemes līdz Saulei, m_z – Zemes masa, m_s – Saules masa, bet v – ātrums, ar kuru Zeme pārvietojas apkārt Saulei.

A. Izrisināt sakarību Zemes kustības ātruma aprēķināšanai.

B. Atrast vajadzīgo informāciju tabulās un noteikt Zemes rotācijas ātruma skaitlisko vērtību un salīdzināt to ar tabulās esošo.



4. Melnā cauruma rādiusu R un tā masu m saista sakarība $R = \frac{2Gm}{c^2}$, kur G – gravitācijas konstante un c – gaismas ātrums vakuumā.
- A. Novērtēt melnā cauruma masu, ja tā rādiuss ir 5 km.
 B. Salīdzināt melnā cauruma masu ar Saules masu.
 C. Noteikt melnā cauruma vidējo blīvumu, pieņemot, ka tas ir lodveidīgs.
5. Galaktikas savā starpā veido **kopas**. Dažu Galaktiku kopu attālums R no Zemes Mpc parādīts tabulā.

Nr. p. k.	Nosaukums	Attālums R , Mpc
1.	Jaunava	16
2.	Lielais Lācis	200
3.	Vēršu Dzinējs	520
4.	Hidra	800

- A. Noteikt Jaunavas zvaigznāja Galaktikas kopas attālināšanās ātrumu.
 B. Parādīt grafiski, kā mainās galaktiku attālināšanās ātrums v atkarībā no attāluma R līdz galaktiku kopai.
 C. Noteikt, ar cik lielu ātrumu attālinās galaktiku kopa, kas atrodas Ziemeļu Vainagā, ja tās attālums no Zemes ir aptuveni 300 Mpc.
6. Novērtēt Visuma izmērus, kad ir pagājušas 0,5 s no Lielā Sprādziena, pieņemot, ka Visums izplešas ar gaismas ātrumu.

6.4. VISUMA IZPĒTES METODES UN DAŽAS VĒSTURISKAS ZIŅAS PAR VISUMA IZPĒTI

Visumu no Zemes sāka sistemātiski pētīt jau 17. gadsimtā, lietojot teleskopus. Pirmo teleskopu 17. gs sākumā izgatavoja itāļu fiziķis Galileo Galilejs (*Galilei*, 1564–1642). Tas sastāvēja no vienas savācējlēcas – objektīva un vienas izkliedētājlēcas – okulāra. Vēlāk tika izgatavoti sarežģītāki teleskopi gan ar lēcām, gan spoguļiem. Vācu astronoms Johanness Keplers (*Kepler*, 1571–1630) lietoja teleskopu, kas sastāvēja no divām savācējlēcām, itāļu astronoms Nikolo Zuči (*Niccolo Zucchi*, 1586–1670) izveidoja teleskopu ar spoguļi, to uzlaboja angļu fiziķis Izaks Ņūtons (*Newton*, 1643–1727), krievu zinātnieks Dmitrijs Maksutovs (1896–1964), vācu fiziķis Bernhards Šmits (*Bernhard Schmidt*, 1879–1935) un citi.

6.12. attēlā parādīts Maksutova teleskops.

Pasaulē lielākie optiskie teleskopi ir Čilē un Havaju salās. Latvijā lielākais optiskais teleskops ir Astrofizikas



6.12. att.

observatorijā Baldones Riekstukalnā. Visums tiek pētīts, arī uztverot no tā nākošo starojumu: radioviļņus, rentgenstarojumu un citus. Šim nolūkam izmanto radioteleskopus.

Lielākie radioteleskopi ir RATAN Ziemeļkaukāzā un ASV Aresibo observatorijā (6.13. att.). Latvijā lielākais radioteleskops atrodas Ventspils Starptautiskajā radioastronomijas centrā Irbenē. Pašreiz Visuma pētniecībā radioviļņu diapazonā izmanto radiointerferometru sistēmu, kad saskaņoti darbojas vairāki radioteleskopi dažādās Zemes vietās. Visums tiek pētīts, arī izmantojot spektrālos aparātus, lai noteiktu debess objektu sastāvu un kustības ātrumus. Eiropas Kodolpētījumu centra (*CERN*) Lielajā Hadronu paātrinātājā ir paredzēts modelēt apstākļus, kādi bija ļoti īsā laikā pēc Lielā Sprādziena, iegūstot tikpat augstu temperatūru un blīvumu, kāds bija Lielajā Sprādzienā. Tādā veidā fiziķi cer noskaidrot, kāda bija matērija Visuma sākumā.

Visums tiek pētīts arī no kosmosa, izmantojot mākslīgos Zemes pavadoņus un kosmiskās stacijas. Visuma pētniecība no kosmosa sākās 20. gs. piecdesmitajos gados.

Lai pavadonis sāktu riņķot pa orbītu ap Zemi vai kādu citu Saules sistēmas planētu, tam jāpiešķir noteikts ātrums, kuru sauc par kosmisko ātrumu. Pirmais kosmiskais ātrums Zemes pavadonim ir $\approx 7,9$ km/s, otrais kosmiskais ātrums ir $\sqrt{2}$ reizes lielāks nekā pirmais ($\approx 11,2$ km/s). Ja pavadoņa ātrums ir lielāks par pirmo kosmisko ātrumu, bet mazāks par otro kosmisko ātrumu, tas pārvietojas ap Zemi pa elipsi. Ja ātrums lielāks par otro kosmisko ātrumu, pavadonis kļūst par Saules pavadoni. Lai izietu ārpus Saules sistēmas, pavadonim jāpiešķir trešais kosmiskais ātrums ($\approx 16,7$ km/s), bet lai izietu ārpus mūsu Galaktikas, – ceturtais kosmiskais ātrums (≈ 100 km/s). Pavadoņiem ātrumu piešķir ar raķešu dzinējiem.

Kosmisko lidojumu teorētiskos pamatus ir izstrādājis krievu zinātnieks Konstantins Ciolkovskis (1857–1935), bet raķešu konstrukcijas ir veidojuši baltvācu zinātnieks Frīdrihs Canders (*Friedrich Zander*, 1887–1933), padomju zinātnieks Sergejs Koroļovs (1907–1966), ASV vācu un amerikāņu zinātnieks Verners fon Brauns (*Wernher von Braun*, 1912–1977).

1957. gadā PSRS un 1958. gadā ASV palaida pirmo mākslīgo Zemes pavadoni, bet 1961. gadā PSRS kosmonauts Jurijs Gagarins un 1962. gadā ASV astronauts Džons Glens veica pirmo orbitālo lidojumu kosmiskajā telpā apkārt Zemei.

Kosmosā dažādu pētījumu veikšanai ir pabijuši vairāk nekā 250 cilvēki, no Latvijas kosmosa pētījumus ir veikuši 2 kosmonauti: Sergejs Solovjovs un Aleksandrs Kaljeri. 1969. gadā kosmonauti: Nīls Ārmstrongs un Edvins Oldrins (6.14. att.) pētījumu veikšanai nolaidās uz Mēness virsmas. Uz Mēness ir bijuši 12 astronauti.



6.13. att.

Lai pētītu citas Saules sistēmas planētas, asteroīdus un citus Visuma objektus, izmanto starpplanētu kosmiskās stacijas, kurās uzturas astronauti un no kurām tie var atgriezties uz Zemes. Uz Starpplanētu kosmisko staciju nogādā pētījumu aparāturu un citu nepieciešamo investoru.

Nozīmīgus Visuma pētījumus, kā, piemēram, attālumu precizēšanu līdz galaktikām, Habla konstantes precīzāku noteikšanu, Visuma paātrināto izplešanos, melno caurumu atrašanos galaktiku centros un citus, kopš 1990. gada veic arī kosmiskā observatorija, kurā atrodas Habla kosmiskais teleskops.

2014. gadā paredzēts kosmosā nogādāt Džeimsa Veba kosmisko teleskopu, kas pētīs infrasarkano starojumu no vistālākām Galaktikām, tādējādi iegūstot ziņas par Visuma sākotnējo stāvokli.

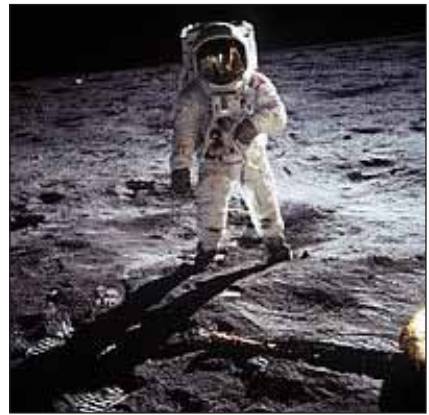
Pašreiz vislielākais mākslīgais kosmiskais objekts orbītā ap Zemi ir Starptautiskā kosmiskā stacija (SKS) (6.15. att.), kurā vairākas apkalpes ir veikušas pētījumus un kurā pētījumi turpināsies vismaz līdz 2020. gadam.

Riski kosmosa apguvei

Zemei tuvāko kosmosa telpu ietekmē starpzvaigžņu vide, starpplanētu vide, Saules uzliesmojumi un izvirdumi no Saules. Saules uzliesmojuma laikā no Saules tiek izstarots spēcīgs elektromagnētiskais starojums dažāda viļņa garuma diapazonos, bet izvirduma laikā no Saules izplūst lādētas daļiņas, kuru kopējā masa ir $\approx 10^{12}$ kg. Izejot no kosmosa kuģa atklātā kosmosā, šī Saules starojuma iedarbībā astronautam rodas risks saslimt ar staru slimību, aparātos var sabojāties mikroshēmas. Tāpēc ir jāpēta Saules aktivitāte un pētījuma rezultāti jāņem vērā, plānojot kosmosa apguvi.

Ne mazāk svarīga ir arī kosmosa atkritumu problēma. Kopš kosmosa apguves sākuma kosmiskā telpā orbītās ap Zemi pārvietojas vairāk nekā 3000 sabojājušies pavadoņi, vairāk nekā 200 000 mazāka izmēra priekšmeti; nolietotās detaļas, kosmosa kuģu fragmenti un citi. Tā kā šiem priekšmetiem ir liels ātrums, tad neliela izmēra priekšmets var sabojāt liela izmēra kosmisko kuģi. Ja atkritumi ir zemāk par 600 km virs Zemes, tad tie dažu gadu laikā nonākdami Zemes atmosfērā, sadeg, bet, ja to augstums ir virs 1000 km, tad, lai nonāktu Zemes atmosfērā, jāpaiet pat simtiem gadu.

Lai mazinātu kosmisko atkritumu veidošanās risku, tiek izstrādātas vairākas metodes. Piemēram, pēc uzdevuma veikšanas pavadonis automātiski nonāk Zemes atmosfērā un sadeg, ar lāzera staru sakarsē atkrituma virsmu tiktāl, ka tā iztvaiko un citi paņēmieni.



6.14. att.



6.15. att.

Visuma pētniecība Latvijā

Visuma pētījumi Latvijā tika sākti jau 17. gs. 1697. gadā Rīgas Akadēmiskā ģimnāzijā novēroja Mēness aptumsumu. 1775. gadā Jelgavā nodibināja Pētera Akadēmiju, kurā bija arī astronomijas observatorija, kurā vairākas astronomu paaudzes veica zinātniskus pētījumus. 1957. gadā Latvijas Universitātes Astronomiskā observatorija uzsāka Zemes pavadoņu novērojumus un orbītu parametru mērījumus. No 1965. gada intensīvus pētījumus veic arī Baldones Astrofizikas observatorijā Riekstukalnā. 1972. gadā Latvija Universitātes Astronomiskā observatorijā uzsāka pavadoņu kustības parametru mērījumus ar lāzera tālmēru. 1994. gadā tika izveidots Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs. Latvijas Universitātes Lāzeru centra Astrospektroskopijas laboratorijā, kuras vadītājs ir Laimonis Začs, veic pētījumus kosmosa tehnoloģiju un citās jomās.

Daži ievērojamie Latvijas astronomi

Nr. p. k.	Vārds, uzvārds	Dzīves laiks	Galvenie pētījumi
1.	Fridrihs Canders	1887–1933	Reaktīvo dzinēju konstruēšana
2.	Fricis Blumbahs	1864–1949	No 1944. gada vadīja Latvijas Universitātes Astronomijas katedru un no 1946. gada strādāja Latvijas Zinātņu akadēmijas Astronomijas sektorā
3.	Staņislavs Vasiļevskis	1907–1988	Strādājis Latvijas Universitātē, 1944. gadā emigrēja uz ASV
4.	Kārlis Šteins	1911–1983	Latvijas Universitātes katedras vadītājs, atklājis komētu difūzijas likumus
5.	Jānis Ikaunieks	1912–1969	Izveidojis modernu astronomijas observatoriju Latvijā, Astronomiskā kalendāra un izdevuma "Zvaigžņotā debess" redaktors
6.	Arturs Balklavs-Grīnhofs	1933–2005	No 1997. gada līdz mūža beigām Latvijas Universitātes Astronomijas institūta direktors, grāmatas "Mūsdienu zinātne un Dievs" autors.

Latvijas astronomi pēta asteroīdus un citus Visuma objektus. Vairāk nekā 15 asteroīdiem ir ar Latviju saistīti nosaukumi: Latvija, Rīga, Dīriķis, Šteins, Blumbahs, Vasiļevskis, Krišbarons, Agita, Artmane, Vasks, Valmiera un citi. Trīs krāteru nosaukumi ir saistīti ar Latviju: Talsi (uz Marsa), Rainis (uz Merkura) un Canders (uz Mēness).

JAUTĀJUMI UN VINGRINĀJUMI PAŠPĀRBAUDEI UN DISKUSIJĀM

1. Kā var izskaidrot, ka Visums izplešas paātrināti?
2. Novērtēt, pēc cik ilga laika kopš Lielā Sprādziena Visuma diametrs bija 1,2 m. No kā šajā momentā sastāvēja Visums?
3. Visumā pastāv 4 fundamentālās mijiedarbības: stiprā, elektromagnētiskā, vājā un gravitācijas mijiedarbība. Turpini aizpildīt tālāk esošo tabulu.

Visuma attīstības ēra	Mijiedarbības
Planka ēra	Visas 4 mijiedarbības pastāvēja neatdalītas viena no otras.
Lielā Apvienojuma ēra	Atsevišķi atdalījās gravitācijas mijiedarbība. Pārējās 3 mijiedarbības palika apvienotas.
Inflācijas ēra	
Kvarku ēra	
Hadronu ēra	

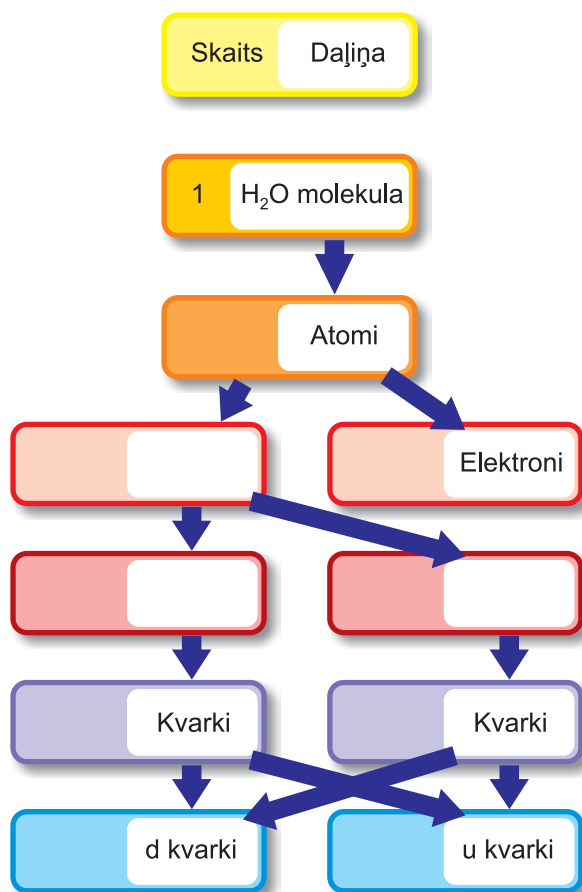
4. Sakārtot Visuma objektus, sākot no mazākiem: galaktikas, planētas, planētu pavadoņi, galaktiku kopas, zvaigznes.
5. 6.16. attēlā ir parādītas divu veidu galaktikas. Kura no tām varētu būt Mūsu galaktika – Piena ceļš.



6.15. att.

6. Attālums līdz Andromedas miglājam ir 500 kpc ($1 \text{ pc} \approx 3,1 \cdot 10^{16} \text{ m}$). Novērtēt, cik ilgi gaisma no Andromedas miglāja nāk līdz Zemei.
7. Uzrakstīt piemēru katrai no 4 fundamentālajām mijiedarbībām dabā.
8. Sadalīt turpmāk minētās elementārdaļiņas trijās grupās pēc elektriskā lādiņa (pozitīvs, negatīvs, nav lādiņa): elektrons, protoni, neitroni, antiprotoni, pozitroni, u kvarki, antikvarki, antineitroni.

9. Katrā taisnstūrī ieraksti daļiņu skaitu un nosaukumu, sadalot molekulu arvien sīkākos veidojumos (6.17. att.).
10. Starptautiskā Kosmiskā stacija riņķo virs Zemes aptuveni 360 km augstumā. Noteikt laiku, kurā stacija izdara vienu apriņķojumu ap Zemi.
11. Raksturot Saules turpmāko attīstību, kad tā vairs nebūs galvenās secības zvaigzne.
12. Paskaidrot, kādus pētījumus attiecībā uz Visumu veic Lielajā Hadronu paātrinātājā.



6.15. att.

JĒDZIENU SKAIDROJUMS

Habla likums – Visuma objekti attālinās no Zemes ar ātrumu, kas ir tieši proporcionāls attālumam līdz objektam.

Lielā Sprādziena modelis – Visuma rašanās moments no ļoti maza izmēra (punkta) un ļoti blīva matērijas veidojuma.

Reliktstarojums – starojums mikroviļņu diapazonā, kas radās Visuma attīstības sākotnējā posmā.

Elementārdaļiņas – daļiņas, kuru izmēri ir mazāki par atomu, fundamentālām elementārdaļiņām nav iekšējās struktūras.

Fermioni – daļiņas, kurām spina kvantu skaitlis ir tāds pats kā elektronam ($1/2$).

Bozoni – daļiņas, kurām spina kvantu skaitlis ir 0 un 1.

Antiviela – matērijas veidojums, kas sastāv no antidaļiņām.

Standartmodelis – modelis fermionu, bozonu un to antidaļiņu mijiedarbības raksturošanai.

Hadroni – daļiņas, starp kurām pastāv visi 4 fundamentālās mijiedarbības veidi.

Kvarki – fermioni, no kuriem sastāv hadroni.

Leptoni – fundamentālās daļiņas, kurām nav iekšējās struktūras un starp kurām nepastāv stiprā mijiedarbība, bet pārējās fundamentālās mijiedarbības pastāv.

Protozvaigzne – zvaigznes attīstības sākuma posms.

Baltais punduris – zvaigzne savas attīstības beigu stadijā.

Neitronu zvaigzne – viena no zvaigznes attīstības beigu stadijām, kad zvaigzne sastāv galvenokārt no neitroniem.

Melnais caurums – viena no zvaigznes attīstības beigu stadijām, kad matērija ir tik stipri saspiesta, ka lielā gravitācijas spēka ietekmē ierauj sevī visu tuvumā esošo matēriju.

Galvenās secības zvaigznes – zvaigznes, kurās enerģija rodas kodoltermiskās reakcijās, ūdeņradim pārvēršoties par hēliju.