

JURIS TAMBERGS

**Bibliskā un dabaszinātniskā
pasaules aina**

I daļa

Lekciju kurss Latvijas Universitātes
Teoloģijas fakultātes studentiem

Rīga, 1998

I. RELIĢIJAS UN ZINĀTNES ATTIECĪBAS VĒSTURISKĀ UN FILOZOFISKĀ SKATĪJUMĀ

1. Reliģijas un dabaszinātņu attiecības vēstures gaitā.
2. Zinātniskais pasaules uzskats. Zinātne un tās metodoloģija.
3. Modernā zinātnisko pētījumu metode.
4. Pasaules aina saskaņā ar zinātņi.
5. Naturālisms un naturālistiskā cilvēka izpratne.
6. Kristīgās reliģijas pamatuzskati par pasauli.
7. Cilvēks kristīgās ticības priekšstatos.
8. Zinātniskā (naturālistiskā) un reliģiskā (kristīgā) pasaules uzskata savstarpējais salīdzinājums.
9. Zinātniskās metodes ierobežojumi.
10. Zinātnes "iekšējie" ierobežojumi.
11. Vai zinātne spēj iztikt tikai ar "savu" (naturālistisko) pasaules uzskatu?
12. Kristīgās filozofijas pamatprincips.

Literatūra - daži materiāli par šīs lekcijas tēmu :

1) V. Klīve. Pa kuru ceļu ? Pārdomas par iespējamām atbildēm uz mūsu dzīves lielajiem jautājumiem. LELBA Apgāds, 1988.

Šajā grāmatā : Zinātniskās metodes tradīcija, 49.-72.lpp.

Ticības tradīcija, 93.-115.lpp.

2) Lielas personības, II daļa. Dzīves filozofi. Valtēra un Rapas izd., Rīga, 1936.g.

Šajā grāmatā : a) atrodami materiāli par reliģijas un zinātnes attiecībām pagātnē : G.Jurevičs. Džordano Bruno, 168.-195.lpp.

b) par kristīgās filozofijas pamatprincipu - divos P.Stroda rakstos : Sv. Augustīna dzīve un mācība, 99.-127.lpp.

Svētais Akvinas Toms, 128.-167.lpp.

1. RELIĢIJAS UN DABASZINĀTŅU ATTIECĪBAS VĒSTURISKĀ SKATĪJUMĀ

Vēsturiski - trīs attiecību posmi :

- 1) Zinātnes atkarība no reliģijas - ticība dabas kārtībai, kas balstās uz Dievu kā pasaules kārtotāju.
- 2) Zinātnes autonomija un neatkarība no reliģijas (XVII gs. - XX gs.(?))
- 3) Dialogs un savstarpējā atkarība (XX gs.), kur teoloģija nāk pie atziņas, ka tai jāņem vērā zinātne daudz nopietnāk un zinātne - pie atziņas, ka bez teoloģijas tā var palikt bīstami nepilnīga un atsegta :
“Mums nepieciešama zinātne, kas apzinātos savas morālās, kā arī intelektuālās robežas.”

2. ZINĀTNISKAIS PASAULES UZSKATS

(2.1.) Zinātne un tās metodoloģija.

Kas ir zinātne ?

- 1) Kāda noteikta “zinātniska metode” ;
- 2) Noteikta informācija jeb zināšanu krājums, kas iegūts, šo “metodi” lietojot.

Zinātnisko metožu iedalījums :

1. Aksiomātiski- deduktīvā metode (Eiklīds, R.Dekarts) - no vispārīgām aksiomām uz atsevišķiem slēdzieniem.
2. Induktīvā metode (F.Bēkons) - no sistemātiskiem atsevišķiem vērojumiem uz vispārīgiem slēdzieniem.

Zinātnisko metožu kopīgās iezīmes :

1. “Publiskais” zinātnisko pētījumu raksturs, nav “privātas” zinātnes, pētījumu atkārtojamība (“replikācijas” princips) ;
2. “Objektivitāte” - zinātnisko slēdzienu neatkarība no personīgās iegribas, subjektīvām vēlmēm ;
3. “Kriticisms” - viss zinātnē ir kritiski pārbaudāms, izvērtējams ;
4. “Paškritika” - zinātniekam jābūt kritiskam pret saviem slēdzieniem, jāapzinās ierobežojumi.

Abas pētījumu metodes - deduktīvā un induktīvā - viena otru papildina, praktiski tās bieži tiek lietotas jauktā veidā.

Zinātne informāciju (zināšanas) par pasauli iegūst, ja ir :

1. Sistemātiski novērojumi par pasauli ("eksperiments");
2. Sistemātiski veidi , kā mēs šos novērojumus izskaidrojam ("teorija").

3.MODERNĀ ZINĀTNISKO PĒTĪJUMU METODE.

1. Problēmas apzināšana un formulējums. Pētīšana vienmēr sākas "problemātiskā situācijā". Kaut kas mūsu dzīvē un apkārtņē "nav kārtībā" un mēs meklējam atbildi vai atrisinājumu.

2. Hipotēžu izveidošana. Hipotēze - tas ir minējums problēmas iespējamam izskaidrojumam un atrisinājumam. Hipotēžu radišana - tā lielā mērā ir "māksla", kurai grūti dot "priekšrakstus".

Galvenās prasības hipotēžu izveidošanā ir :

- a) Hipotēzei jābūt tādai, kas tiešām atrisina doto problēmu.
- b) Hipotēzei jābūt saskaņā ar līdzšinējo zinātnisko pieredzi un faktiem. Bet izcili atklājumi bieži vien notiek, noraidot iepriekšējo pieredzi! Vispār tas ir grūts jautājums.
- c) Hipotēzei jābūt pēc iespējas vienkāršai. Jo vienkāršāks atrisinājums, jo labāks - "ekonomijas" princips zinātnē.
- d) Hipotēzei jābūt vienā vai otrā veidā pārbaudāmai, vismaz teorētiski jābūt kādam vispārējam pārbaudes plānam, ja pašreiz hipotēzi vēl nevar praktiski pārbaudīt.

3. Seku atvasināšana (dedukcija) no izvirzītām hipotēzēm - lielā mērā analītisks un loģisks process. Šis svarīgais solis norāda, kas zinātniekam tieši darāms - kādi novērojumi, eksperimenti, aprēķini jāveic.

4. Novērojumi un eksperimenti (kur tie iespējami). Eksperiments - īpaši plānots un "kontrolēts" novērojums. Te uzsvaru liek uz kontroli - novērojumiem jābūt sistemātiskiem, objektīviem, pēc "kanoniem".

5. Novērojumu apraksts, analīze un izskaidrojums. Te svarīga ir attiecīgās zinātnes terminoloģija, pats veids, kā novērojumi tiek aprakstīti zinātnes valodā. Te liela loma matemātikai.

6. Teorijas izveidošana un pārbaude uz "pareizās" hipotēzes pamata. Hipotēze, kura pārbaudīta, atrasta par "pareizu" - "teorija".

4. PASAULES AINA SASKAŅĀ AR ZINĀTNI.

1. Pasaule "eksistē" ārpus mums, neatkarīgi no tā, ko mēs par to domājam un kā to izskaidrojam - tas ir zinātnes "reālisms". Zinātne nepierāda šīs pasaules būtību, bet "iesāk" ar šo pasauli.

2. Pasaule parādās mūsu novērojumos, tā ir saprotama un izskaidrojama. Nav tādu notikumu vai parādību, kurām nebūtu savs iemesls un izskaidrojums. (Leibnīca "pietiekošā iemesla" princips).

3. Zinātniskie izskaidrojumi savā pamatā ir "dabiski", notikumus izskaidro ar to, ko jau zina par notikumiem un norisēm pasaulē, tiek noraidīti izskaidrojumi, kas balstās uz kaut ko "pārdabisku", kur kaut ko zināmu izskaidro ar ko nezināmu.

4. Izskaidrojums atklāj parādību vai lietu sakarības, tāpēc zinātnes uzmanība vienmēr pievērsta cēloņu noskaidrošanai. Dot izskaidrojumu nozīmē aprakstīt sakarības un to cēloņus. Aristotelis - zināšanas mums ir tikai tad, kad mēs varam pateikt, ne tikai, ka lietas ir, bet, kādēļ tās ir.

5. Zinātniskais izskaidrojums ir lielākā vai mazākā mērā "mehānisks" - lietas saprotam un izskaidrojam, zinot to sastāvdaļu uzbūvi (struktūru) un darbību (funkcijas).

6. Pasaulē valda "vienveidība" un kontinuitāte - vieni un tie paši mēri, likumi un teorijas valda visās lietās ļoti plašos apgabalos. Zinātne atkāpjas no šī "vienveidības" principa tikai tad, ja ir stingri pierādījumi, kas prasa pašu teoriju maiņu.

7. Pasaule ir mūžīga un bezgalīga, bez sākuma un gala, tai nav cēloņa, tāpat tai nav kāda īpaša mērķa, vispār runāt par pasaules cēloņiem un mērķiem ir nevietā.

5. NATURĀLISTISKAIS PASAULES UZSKATS UN DABASZINĀTNISKĀ (NATURĀLISTISKĀ) CILVĒKA IZPRATNE.

Naturālisms - ieskats vai pārliecība, ka zinātniskās metodes un atklājumi dod atbildi uz visiem dzīves jautājumiem. Naturālistiskā filozofija ietver arī marksismu kā īpašu formu. Naturālistiskā cilvēka izpratnes (virziena, kas izraisa vislielākos strīdus) pamattēzes ir sekojošas :

1. Cilvēks pieder dabai vai pasaulei kā jebkura cita būtne. Visi procesi, kas norit cilvēka dzīvē nav īpaši, citādi, kā citi procesi dabā, tie ir tikpat

“dabiski” kā citi. Savā pamatā cilvēks ir dabiska būtne, viņš nav izņēmums, kaut kas “speciāls.”

2. Cilvēks ir saprotams “mehāniski” no šī “dabiskā” redzes viedokļa. Cilvēks ir “mašīna”, kuru var mehāniski labot un pārveidot (ķirurgija, medikamenti, iedarbība uz psihi).

3. Cilvēks ir organisms kā daudzi citi organismi dabā. Viņš sastāv no sastāvdaļām, kas sadarbojas, viena otru ietekmējot. Zinātne noraida, kā laiku pārdzīvojušas teorijas, kas cilvēku sadala “miesā” un “dvēselē”, materiālajā un garīgajā.

4. Cilvēks kā organisms ir izveidojies dabisku procesu rezultātā. Tas, ka cilvēkam ir apziņa, nenozīmē, ka viņš būtu attīstījies savādāk, nekā citas dzīvās būtnes. Dzīvās būtnes sastāv no tiem pašiem ķīmiskiem elementiem kā nedzīvās, var mēģināt sintezēt dzīvības “materiālus”. Daba ir uzstādījusi cilvēkam lielos “izaicinājumus”, uz kuriem cilvēkam ir bijis jāatbild - bioloģiski, sociāli, psiholoģiski (piem.- “dabiskā izlase”).

5. Cilvēka inteliģences (saprāta) izveidošanās un attīstība arī ir dabiska spēja savā veidā “tikt galā” ar izaicinājumiem un problēmām dabiskajā vidē (atšķirt, paredzēt, izvēlēties).

6. Cilvēka “brīvība” (brīvā griba) ir pārpratums. Cilvēka dzīve saistīta ar cēlonību, padota dabas likumībām. Šī “brīvība” nenozīmē, ka mūsu rīcībai nebūtu savi iemesli un cēloņi mūsu pašu “iekšējā” dzīvē vai psiholoģiskajos procesos, tie arī nosaka mūsu rīcību.

7. Nav nozīmīgi runāt par kādu atsevišķu garīgo dzīvi vai psiholoģisko procesu turpināšanos (nemirstību) ārpus vai tālāk par mūsu fizioloģisko procesu (bioloģisko nāvi).

8. Cilvēka dzīvei var būt mērķi un vērtības tikai relatīvā nozīmē. Pasaule jeb daba ar visām tās norisēm un procesiem nav laba vai ļauna, glīta vai neglīta, taisna vai netaisna - tā ir totāli neitrāla, tā nenosprauž cilvēka dzīvei kādu mērķi. Labais-ļaukais, skaistais-neglītais, taisnais-netaisnais ir līdzīgi mūsu spriedumiem par to, kas ir barojošs, indīgs, veselīgs. “Vērtības” vienmēr ir relatīvas, tās nosaka konkrētās zinātnes. Mūsu dzīves apstākļos tāda pieeja nozīmē :

a) vēlēšanos pārdzīvot un paturēt savu būtību;

b) attīstīt visas savas spējas un izmantot visas savas iespējas.

9. Cilvēku sabiedrība ir dabisks veidojums, radusies dabisku nepieciešamību dēļ, lai cilvēks varētu vairāk vai mazāk apzinātā veidā atrast labākos ceļus savu nepieciešamību apmierināšanai, tā ir zinātnisku pētījumu problēma.

10. Zinātne tieši iespaido cilvēku dzīvi un pārveido dzīves vidi ar tehnoloģijas palīdzību.

11. Cilvēka dzīvei, no šādas naturālistiskas perspektīvas raugoties, nav nekādas “pārpasaulīgas” vai “supernatūras” jēgas. Dzīves jēga ir tikai šajā pasaulē un tā ir relatīva.

6. KRISTĪGĀS RELIĢIJAS PAMATUZSKATI PAR PASAULI

Reliģiskā (kristīgās ticības izpratnē) pasaules uztvere - tā ir Dievā pamatota pasaules uztvere. Tās galvenie momenti:

1. Pasaule ir Dieva radība, tai ir sākums un gals.
2. Pasaule ir būtiski atkarīga no Dieva, bet nav tā "sastāvdaļa".
3. Pasaule ir reāla, tā aptver visu fizisko jeb materiālo Universumu (Visumu) un daļu garīgās radības. Debesis garīgā nozīmē un citas garīgas būtnes nepieder pasaulei. Pasaulei ir sava struktūra un uzbūve, Dievs ir devis mums prātu, lai mēs pasauli izpētītu un saprastu, tā nav "noslēpumaina", bet ir izprotama un aprakstāma.
4. Pasaule ir mainīga, un , lai gan tajā valda likumība un kārtība, tomēr tā nav absolūta. Dieva spēks pasaulē parādās gan šajā kārtībā un likumā, gan arī Dieva klātbūtne var parādīties negaidītajā un neparastajā - "brīnumos". Pasaulē ir vieta brīvībai, nav iespējams stingrs "determinisms" - uzskats, ka viss pasaulē jau dabiskā kārtā ir noteikts, paredzams.
5. Dievam ir savi mērķi pasaulei un Dievs ir ieinteresēts pasaules notikumos. Pasaulei nav gadījuma raksturs. Dievam ir savs "plāns" pasaulei, kuru tas pamazām atklāj cilvēkam. Pasaulei, no Dieva viedokļa, ir savs "piepildījums". Dieva "plāns" nenozīmē, ka viss jau būtu iepriekš noteikts - Dievs zina, bet nenosaka.
6. Pasaulē ir reāls ļaunums. Ļaunums no vienas puses ir cilvēka grēka sekas, no otras puses ļaunuma pamatā ir kādi garīgi spēki, kas saceļas pret Dievu, tie , iespējams, pārstāv kādu citu Dieva radību, kas, līdzīgi cilvēkam, ir pārkāpusi savas brīvības robežas.

7. CILVĒKS KRISTĪGĀS TICĪBAS PRIEKŠSTATOS

Dieva radības vidū atrodas cilvēks. Cilvēks pieder Dieva radībai, bet ir citāds nekā pārējā radība :

1) kā Dieva radība cilvēks ir padots visiem pasaules ierobežojumiem un pasaules kārtībai. Viņa prāts, domāšana, spējas un dzīves laiks ir ierobežoti. cilvēks nav dievišķīgs ;

2) cilvēks ir radīts pēc" Dieva ģimja un līdzības " kā saka Bībele (Gen. 1:26-27). Dievs ir cilvēkam piešķīris citādas spējas un paredzējis citādus mērķus nekā pārējai radībai. Šīs iezīmes un spējas ir īpašas Dieva dāvanas:

a) cilvēka inteliģence - prāts, domāšana, saprašana. Cilvēks ar savu inteliģenci tālu paceļas pāri visai citai radībai (piem. dzīvniekiem). Prāts ir liela Dieva dāvana, šajā ziņā cilvēks dzīvo pasaulē apzinīgi, atceras, kas ir

noticis un var līdz zināmai robežai paredzēt nākotni. Cilvēks var rīkoties tālredzīgi, viņš lieto valodu, sazinās ar citiem cilvēkiem, attīsta dabas kontroles līdzekļus, kas palīdz tam dzīvot šai pasaulē ;

b) cilvēka brīvība (brīvā griba) - spēja pašam izšķirties, īpaši morālos jautājumos un apzinīgi rīkoties, ar to cilvēks tālu paceļas pāri citām dzīvām radībām. Dzīvnieki padoti instinktiem, cilvēks vismaz zināmās robežās var brīvi rīkoties, tas savās domās var pacelties pāri visiem ierobežojumiem. Cilvēks ir atbildīga būtne, atbildīgs par savu domāšanu un rīcību. No šāda redzes viedokļa cilvēks ir morāla būtne, kaut arī vienkāršotā veidā katram cilvēkam var būt savi izturēšanās principi un ētika.

No īpašajām Dieva dāvanām izriet, ka cilvēkam var būt citādas attieksmes ar Dievu nekā pārējai radībai pasaulē :

- 1) cilvēks var sarunāties ar Dievu;
- 2) cilvēks var krist grēkā, tam seko ļaunums;
- 3) pestīšana - Dievs atbrīvo cilvēku no grēka un ļaunuma varas.

8. ZINĀTNISKĀ (NATURĀLISTISKĀ) UN RELIĢISKĀ (KRISTĪGĀ) PASAULES UZSKATA SAVSTARPĒJAIS SALĪDZINĀJUMS.

<u>Zinātniskais pasaules uzskats</u>	<u>Reliģiskais pasaules uzskats</u>
1. Pasaule ir mūžīga, bez sākuma un gala, tā vienmēr attīstās (evolucionisms).	1. Pasaule ir Dieva radība, tai ir sākums un gals (kreacionisms).
2. Pasaule ir uztverama tikai "dabīgā" (caur prātu aptveramā) veidā, tā ir saprotama un izzināma (racionālisms, prāts, loģika).	2. Pasaules uztvere pamatojas uz Dieva Atklāsmi. Caur ticību (relig. pārdzīvojumu) tā ir saprotama un izzināma (Atklāsme, irracionalitāte).
3. Pasaulē nav nekā pārdabiska, "brīnumu" nav, visiem par tādiem uzskatītiem noteikti nākotnē atradīsies kāds "dabisks" izskaidrojums (bet NLO?).	3. Dieva spēks un klātbūtne pasaulē parādās brīnumos.
4. Pasaulei nav noteikta mērķa, virzības ("plāna"), tā ir "mūžīgs riņķojums", kam ir gadījuma raksturs.	4. Dievam ir savi mērķi pasaulei ("plāns") un tai ir savs "piepildījums", tai nav gadījuma raksturs.

5. Cilvēks savā pamatā ir dabiska būtne, viņš nav izņēmums, kaut kas "speciāls".

5. Cilvēks pieder Dieva radībai, bet viņš ir citāds nekā pārējā radība, jo viņam ir īpašas Dieva dāvanas un īpašas attieksmes ar Dievu.

9. ZINĀTNISKĀS METODES IEROBEŽOJUMI

1. Nav iespējams dot priekšrakstus jaunu un auglīgu zinātnisko hipotēžu izveidošanai. Analogija ar mākslu - jaunas simfonijas vai lugas uzrakstīšana. Zināšanas mūzikā vai literatūrā noderīgas, bet līdz zināmai robežai, tās dod iespēju veidot "tehniski pareizus" sacerējumus, kuros nav kļūdu, bet kas nedod estētisku apmierinājumu. Līdzīga situācija ir zinātnes jaunradē - jaunu ideju, atklājumu ģenerēšanā.

2. Pasaules un tās norišu cēloņu un iemeslu problēma. Ja visām lietām pasaulē ir savi cēloņi un iemesli, kādēļ mēs to nevaram prasīt par itin visām norisēm kā tādām, t.i., par pašu pasauli kā veselu? Arī, ja pasaule ir mūžīga, arī, ja pasaule ir tikai apzīmējums dažādām norisēm, kuras notiek cita caur citu, mēs varam jautāt, kādēļ vispār kaut kas notiek un nevis nekas nenotiek? Tas ir Leibnica jautājums. Vienalga, vai "pasaule" nozīmē vienu vai vairākus procesus, tie ir kaut kas vairāk nekā nebūtība, tukšums, nulle. Tas ir pozitīvs fakts par kura pamatu un iemeslu mēs varam jautāt. Sakot, ka pasaule ir mūžīga, šo jautājumu neatrisina, jo mēs varam prasīt, kādēļ šīs norises notiek mūžīgi?

3. Jautājums par lielajiem dabas ritmiem un vispār par struktūrām dabā. Kādēļ tas ir tā, ka mēs varam atrast zināmas līdzības dabas procesos? Zinātne var attīstīties un darboties tikai tad, ja notikumi pasaulē ir "līdzīgi", ja mēs varam atrast sava veida ritmus un kārtības. Ja sakām, ka šīs "kārtības" rodas mūsu pašu rīcības un domāšanas dēļ, tad tas nozīmē kaut ko par "kārtību" mūsu pašu domāšanā. Mēs arī piederam dabai, ja pasaules pamatā nav "plāna", kādēļ tā nav haotiska; kas atļauj atklāt sakarības, likumus?

4. Cilvēka problēma zinātniskajā pasaules uzskatā. Cilvēks ir dabiska būtne, lielā mērā dzīvnieks starp citiem dzīvniekiem. Bet cilvēka apziņu un sarežģītos psiholoģiskos procesus nav tik viegli izskaidrot bioloģisko un fizioloģisko norišu veidā. Kādēļ dažas norises parādās tajā pašā laikā kā bioloģiskas un psiholoģiskas, bet citas ne? Kādēļ dažas pārmaiņas mūsu nervu sistēmā, kuras pēc sava rakstura ir elektroķīmiskas, parādās kā domas, atziņas, bet citas kā jūtas?. Radošos sasniegumus - simfonijas, dzejas,

romānus, zinātnes teorijas praktiski nav iespējams "pārtulkot" fizioloģisko norišu veidā - vismaz pašreizējo zināšanu līmenī.

5. Vai bioloģiskie (fizioloģiskie) procesi "nosaka" pilnīgi visu, ko mēs domājam un sajūtam? Naturālistam varbūt ir pilnīga taisnība, ka mūsu psiholoģiskajiem procesiem ir savs bioloģiskais vai fizioloģiskais pamats, bet vai tas nosaka absolūti visu, ko mēs domājam un sajūtam (analogi kā piem. šifrētā ziņojumā) ?

6. Ētikas problēma - cilvēka morālā dzīve izraisa jautājumus naturālismam. Zinātne atklāj mums, to, kas ir, kādi mēs esam, ētika norāda, kam ir jābūt, kādiem mums jāklūst. I.Kants savā laikā norādīja, ka mēs nekādi nevaram loģiski atvasināt to, kam jābūt no tā, kas ir (eksistē). Tās ir divas dažādas lietas, un šajā ziņā naturālismam ir sava robeža. Tas, ko zinātne atklāj par cilvēku, varbūt ir pilnīgi pareizi, bet vai tas arī parāda, kādiem mums ir jābūt? Tieši otrādi, dažādas problēmas par zinātnes atklājumiem un tehnoloģijas sasniegumiem norāda, ka šis jautājums nemaz nav atbildēts. Daudzos gadījumos zinātne neizskatās kā visu jautājumu atrisinājums, bet pati parādās kā problēma (ētiska).

10. ZINĀTNISKĀS METODES" IEKŠĒJIE" IEROBEŽOJUMI

Zinātnes "iekšējie" ierobežojumi - zinātnes tradicionālo metožu un tālāko sasniegumu (iegūtās informācijas) robežas, konkrētās zinātņu nozarēs, kuras, iespējams, ir nepārvaramas, ja turpinās līdzšinējā zinātnes attīstība.

- Piemēri :
- 1) mikrofizikas paši dziļākie pamati - "fizikas gals"?
 - 2) bioloģijas (ģēnu inženierijas) moratorijs;
 - 3) matemātikas pamatu - pretrunīguma un nepretrunīguma problēmas.

11. ZINĀTNE - RACIONĀLAIS UN IRRACIONĀLAIS: VAI ZINĀTNE SPĒJ IZTIKT TIKAI AR "SAVU" (NATURĀLISTISKO) PASAULES UZSKATU ?

Zinātnes metodoloģijas analīze :

- 1) jaunu auglīgu hipotēžu uzstādīšana - tā ir māksla bez priekšrakstiem;
- 2) izmantojot deduktīvi aksiomātisko metodi - bet kāda tad ir pati izejas (sākuma) aksiomas (pamatprincipa) atrašana? (loģiska?);
- 3) atklājot kādu likumu induktīvā ceļā, taisot novērojumus vai eksperimentus daudzas reizes, mums tomēr galu galā jātaisa ārpusloģisks pieņēmums par pārbaudes pietiekamību;

Tātad zinātniskās pētniecības procesā obligāta ir ārpusloģiskā (intuitīvā, irracionālā, "atklāsmes") momenta klātbūtne !?

Kādas tad ir zinātnes attiecības ar reliģiju, kur Atklāsmes moments ir "valdošais" ?

12. KRISTĪGĀS FILOZOFIJAS PAMATPRINCIPS

Kristīgā pasaules uzskata filozofija balstās uz principa :

"Intelligo, ut credam; credo, ut intelligam".

"Es saprotu, lai ticētu, es ticu, lai saprastu"

Tātad mums dabiskās prātošanas ceļā ir iespējams pienākt pie Dieva un Viņa atklājumu atzišanas. Bet, ticot Dievam un pētot Viņa atklājumus, mēs nonākam pie jaunām atziņām par Dievu. Tātad filozofijai ir jāved pie īstās ticības un tāpēc filozofijai (zinātnei) un reliģijai jāastāda viena nepārtraukta ķēde.

Ievērojot to, ka viss ir Dieva radīts, nevar būt pretrunas starp filozofiju un reliģiju. Tādās lietās, kurās cilvēka dabiskais prāts nav spējīgs kaut ko izšķirošu teikt, jāpakārto sevi Dieva atklājumiem un te mēs pienākam pie reliģijas noslēpumu atzišanas. Jautājumos un problēmās, kas dabiskās prātošanas (zinātnes) ceļā ir atrisināmas, prāts ir autonomš, bet tajās problēmās, kas pārspej mūsu dabiskās prātošanas (zinātņu) kompetenci, ir jāpieņem Dieva atklātās patiesības.

Vienkāršoti :

1) no reliģijas puses mēs nonākam pie patiesības Atklāsmes (ticības pārdzīvojuma) ceļā, nenoliedzot arī dabiskās prātošanas (racionālo) ceļu, bet uzsvars tiek likts uz pirmo momentu.

2) no filozofiskās (zinātnes) puses patiesību iegūstam racionālās pētīšanas ceļā, kurā obligāti ir sastopams arī irracionālais moments, bet uzsvars liekams uz racionālo, atzīstot, ka ne visi dzīves jautājumi ietilpst zinātnes kompetencē.

Tātad - jāņem zināma abu momentu proporcija jeb līdzsvars.

II. BĪBELES UN DABASZINĀTŅU SALĪDZINĀŠANAS PROBLĒMA UN TO GALVENIE SASKARES PUNKTI

1. Bībeles interpretācijas problēma :
 - 1.1 Bībeles konservatīvās interpretācijas virziens
 - 1.2 Katoliski tradicionālais uzskats
 - 1.3 Liberāli kritiskais interpretācijas virziens
2. Bībeles un dabaszinātņu salīdzinājuma mērķis, iespējas un principi (galvenās vadlīnijas).
3. Bībeles un dabaszinātņu saskares galvenie mezglu punkti :
 - 3.1 Pasaules radīšana (izcelšanās);
 - 3.2 Dzīvība, Saules sistēma, Zemes biosfēra;
 - 3.3 Cilvēka radīšana (izcelšanās);
 - 3.4 Cilvēce pirms katastrofas, ūdensplūdi, civilizācijas pirmie soļi pēc katastrofas;
 - 3.5 Pasaules gala (eshatoloģijas) problēmas.
4. Turpmākā izklāsta struktūra.

Literatūra :

Par Bībeles interpretācijas problēmu:

Uuras Saarnivaara. Can the Bible be Trusted ?

Old and New Testament, Introduction and Interpretation.

Osterhus Publishing House, Minneapolis 1983. p.15.-33.

1. BĪBELES INTERPRETĀCIJAS PROBLĒMA

Mēs apskatījām zinātņi, tās metodoloģiju, zinātnisko pasaules uzskatu (naturālismu), iztirzājām kristīgo (religīso) pasaules uzskatu, tā atšķirības no naturālisma. Analizējot problēmas, kas saistītas ar tēmu "Bībele un dabaszinātnes", mums vispirms jāaplūko metodoloģija, uz kuras balstīsies turpmākais izklāsts. Un šai sakarā pirmkārt izvirzās jautājums :

"Kā paši teologi (vai plašāk : dažādas kristīgo konfesijas, Baznīcas, garīdznieki, Bībeles pētnieki un zinātnieki) apskata jautājumu par Bībeles satura interpretāciju ?"

Ir trīs savos pamatos pamatos pilnīgi atšķirīgi uzskati par Bībeles (Svēto Rakstu) uzticamību un autoritāti, kas izriet no trim dažādām tās interpretācijas metodēm :

1. Bībeles konservatīvās interpretācijas virziens, kas uzskata, ka šie jautājumi ir jāatrisina pašai Bībelei.

2. Katoliski tradicionālais virziens, kas uzskata, ka Baznīcai, tās tradīcijai un oficiālajai mācībai pieder gala vārds šajos jautājumos.

3. Liberāli-kritiskais virziens, kas uzskata, ka cilvēka prāts un zinātniskā pētniecība var izlemt (izšķirt) šīs problēmas.

Redzam, ka šie virzieni (1. - 2.- 3.) ir vērsti no nostādnes, ka Bībeles interpretācija ir tikai un vienīgi tās "iekšējā lieta" (Dieva atklāsme) caur uzskatu, ka tā ir Baznīcas (kā iestādījuma) problēma līdz pat viedoklim, ka tā ir "zinātnieku sabiedrības" risinājumu kompetencē (līdz pat pilnīgam atklāsmes momenta zudumam).

1.1 BĪBELES KONSERVATĪVĀS INTERPRETĀCIJAS VIRZIENS

Sākotnējā kristīgās Baznīcas nostāja :

Svētie Raksti (precīzāk, to oriģinālie autogrāfi) ir pilnīgi uzticams un dievišķīgi autoritatīvs Vārds, kas ir vienīgā un augstākā norma (paraugs, etalons) kristīgai ticībai un dzīvei.

Senās Baznīcas vadītāji zināja, ka Bībeles grāmatu kopijās un tulkojumos ir kļūdas, kaut arī ne visai nopietnas un maldinošas. Sv. Augustīns (353./54.(?) - 430.) ir izteicis viņu kopīgo viedokli :

"Es esmu mācījies cienīt un godāt vienīgi Sv.Rakstu kanoniskās grāmatas, tikai izejot no tām es visstingrāk ticu, ka to autori bija brīvi no kļūdām."

Kādam cilvēkam, kas iedomājas, ka ir atklājis Bībelē kaut ko nepatiesu, Augustīns saka :

“Ja tev gadās [Sv.Rakstos] kaut kas, kas izskatās nepatiess, tu nedrīksti taisīt slēdzienu, ka svētais rakstītājs ir kļūdījis, tavai nostājai ir jābūt : manuskripts ir kļūdainš, vai tā tulkojums nav precīzs, vai arī tu pats neesi sapratis, kas par lietu.”

Kādā citā vietā Augustīns raksta par Bībeles nemaldību :

“Man liekas, ka visšausmīgākās sekas var rasties no mūsu uzskata, ka kaut kas nepatiess ir atrasts svētajās grāmatās.”

Līdzīgus uzskatus vēlāk ir apliecinājušas arī protestantu Baznīcas (kas radušās XVI gs. Reformācijas rezultātā) jau savos pirmajos dokumentos (piem., luterāņi 1577.g. Konkordijas aktā, anglikāņi 1562.g., kalvinisti 1640. g.) M.Luters (1483.-1546.) uzskatīja, ka pat mācīti kristieši var kļūdīties, bet Apustuļi nevar kļūdīties.

Bībeles konservatīvais interpretācijas virziens. M.Lutera uzskati.

M.Luters ievadīja protestantisko (evanģēlisko) Bībeles pētniecību un interpretāciju. No bībeliski - konservatīvā viedokļa, paši galvenie viņa priekšā liktie principi ir noderīgi pat vēl mūsu dienās.

Lutera izejas punkts, pretēji Romas Katoļu Baznīcas uzskatam, ir pārliecība, ka Sv.Gara inspirētā Bībele ir skaidra un saprotama grāmata. Viņš saka :

“Sv.Gars ir visvienkāršākais Rakstītājs un Runātājs debesīs un virs zemes. Viņa vārdiem tādēļ nevar būt vairāk kā viena nozīme. Tā ir visnepārprotamākā (acīmredzamākā) nozīme. Mēs saucam to par literāro jeb dabīgo nozīmi... Ir... pārliecinošāk un drošāk gaidīt no vārdiem to vienkāršo nozīmi”.

1516.-1517.g. Luters noraidīja Bībeles alegorisko interpretāciju, kura kopš Origēna († 254.g.) laikiem ir plaši lietota Baznīcā. Viņš bija ļoti kritisks pret tiem, kas Sv.Rakstus interpretēja simboliski, domājot ko citu, kas tekstā teikts tā vienkārši literārajā nozīmē, gadījumos, kad šāda interpretācija nav atļauta. Viņš uzsver :

1) uzticību Bībeles tekstam tā vienkārši gramatiskajā nozīmē, izņemot gadījumus, kad teksts skaidri rāda to, ka tas lieto simbolisku valodu (par ko tajā ir daudzi piemēri);

2) neviens nedrīkst izlasīt Bībeles tekstā savus paša iepriekšējos pieņēmumus un vēlējumus, izskaidrojot to tā, lai apmierinātu šos pieņēmumus;

3) abi konteksti - tekstuālais un vēsturiskais ir jāņem vērā studējot (mācoties) un interpretējot Bībeli.

Bībeliski - konservatīvā virziena teologi mūsdienās lieto sekojošu vispāratzītu Bībeles interpretācijas zelta likumu, kas ir pilnīgā harmonijā ar Lutera mācību :

“Ja Sv.Rakstu vienkāršākā nozīme dod labu jēgu, tad nemeklējiet citu nozīmi, tādēļ nemiet katru vārdu tā primārajā, ikdienišķajā, parastajā,

13

literārajā nozīmē, ja vien fakti no apkārtējā konteksta, kas pētīti saistīto pāreju un aksiomātiski fundamentālo patiesību gaismā, skaidri nenorāda ko citu".

1.2 KATOLISKI TRADICIONĀLAIS UZSKATS

Romas Katoļu Baznīca māca, ka Bībele nav skaidra, saprotama un pietiekoša pati par sevi. Tās īstai saprašānai nepieciešama šīs Baznīcas tradīcija un mācība (ticības doktrīna).

Katoļu Baznīca nenoliedz Sv.Rakstu dievišķo inspirāciju un autoritāti. II Vatikāna Koncils (1962.-1965.g.) konstatēja savā "Atklāsmes konstitūcijā", ka svētā Bībele ir :

" uzrakstīta no Sv.Gara inspirācijas (Spiritu Sancto afflante)".

Cilvēki, kurus Dievs izvēlējās par Bībeles grāmatu pierakstītājiem, "izlika literārā formā visu to un tikai to, ko Viņš pats, darbojoties caur tiem ir gribējis teikt." Tātad, Sv.Raksti "viennozīmīgi, patiesi un nemaldīgi māca patiesību, ko Dievs mūsu glābšanai ir vēlējis uzrakstīt Sv.Rakstos".

Tas saskan ar Bībeles konservatīvās interpretācijas viedokli, bet tā pati "Atklāsmes konstitūcija" iet tālāk un deklarē, ka "Baznīca neiegūst savu pārliecību vienīgi no tā, kas ir atklāts Sv.Rakstos. Tādēļ ir jāatzīst abi - svētā tradīcija un Svētā Bībele... ar vienādu padevības un godbijības nozīmi... Svētā tradīcija un Sv.Raksti veido Dieva Vārda glabātuvī, kas ir uzticēta Baznīcai... tā dabīgā (patiesā) interpretācija ir uzticēta vienīgi dzīvīvajai [Romas Katoļu] Baznīcas mācībai (doktrīnai)."

Vatikāna II koncila "Baznīcas konstitūcija" deklarē, ka :

"Nemaldība, kas ir apsolīta Baznīcai, attiecas arī uz bīskapijas iestādījumu, kad tas, kopā ar Pētera pēcnācēju [Romas pāvestu] realizē augstāko mācības autoritāti."

"Atklāsmes konstitūcija", protams, izskaidro, ka Baznīcas mācība nestāv pāri Bībelei. Bet vispār Sv.Rakstu un sv.tradīcijas (kā arī doktrīnas) attiecības II Vatikāna koncila materiālos paliek visai neskaidras.

Sagatavojot "Atklāsmes konstitūcijas" projektu, tika izteikts priekšlikums, ka tai jādeklarē, ka Baznīcas oficiāla mācība (magisterium) ir pilnīgi pakļauta Sv.Rakstiem. Bet šo priekšlikumu II Vatikāna koncils neapstiprināja.

Raksturīgi, ka II Vatikāna koncila dokumentos ir divi dažādi uzsvara punkti šajā jautājumā :

1. No vienas puses, "Atklāsmes konstitūcija" deklarē, ka :

"Visām Baznīcas proklamācijām, kā arī īstai kristīgai reliģijai vajadzētu... tikt uzturētai un pārvaldītai ar Sv.Rakstiem", kas ir "paties Dieva Vārds, no kura Vārda iestādījumi saņem savu barību".

2. No otras puses, kā mēs redzējam "Baznīcas konstitūcijā", tad tā novieto Baznīcas tradīciju un Bībeli šai sakarā vienu otram blakus. Tā pieprasa atzīt, ka oficiālā mācība (ar pāvestu kā tās galvu) ir vienīgā autoritāte, kas spējīga interpretēt Bībeli nemaldīgi un normatīvi.

Var atzīmēt, ka pēc Vatikāna II koncila Katoļu Baznīcas doktrinālā disciplīna ir samazinājusies un liberālo Romas katoļu teologu uzskati ir praktiski tādi paši kā liberālajiem protestantu teologiem.

Pareizticīgo Baznīca ierobežo savu autoritatīvo tradīciju ar pirmo septiņu Vispasaules Baznīcu Koncilu lēmumiem (325.-787.g.) un tai nav tādas "nemaldīgas" oficiālās mācības un galvas kā Romas Katoļu Baznīcai. Teoloģiskais liberālisms, liekas, ir iespaidojis šo konfesiju daudz mazāk nekā Romas katoļu un protestantu konfesijas.

1.3 LIBERĀLI-KRITISKĀS INTERPRETĀCIJAS VIRZIENS

Galvenokārt, sākot ar XVII gs. otro pusi (pēc 1650.g.), daži tā laika Eiropas filozofijas virzieni (angļu deisms, franču racionālisms un vācu-skandināvu apgaismība) sāka paust uzskatu, ka "apgaismotais" cilvēka prāts arī var pētīt un attīstīt Baznīcas un Bībeles mācības.

Ar vēsturiski - kritiskās pētniecības palīdzību cilvēka prāts tad varētu lemt, kuras Sv.Rakstu daļas būtu akceptējamas kā patiesas un kuras būtu uzskatāmas par kļūdainām.

Vācu teologs J.S. Semlers († 1791.g.) izvirzīja tēzi, kas kļuva par liberāli - kritiskā Bībeles pētniecības virziena aksiomu :

"Ļaunuma sakne teoloģijā ir Sv.Rakstu sajaukums ar Dieva Vārdu".

Kopš Semlera vēsturiski - kritiskā virziena pētnieki ir centušies atšķirt Dieva Vārdu no kļūdainajiem cilvēku vārdiem Bībelē, vai, citiem vārdiem, centušies atšķirt tās patiesi normatīvo saturu no tās cilvēciskajām kļūdām, tātad meklēt "kanonu kanonā". Jautājumi : "Vai Bībele ir Dieva Vārds?" un "Vai Bībelē ir Dieva Vārds?" attiecas uz šo pašu problēmu.

Liberāli - kritiskais uzskats, saskaņā ar kuru Bībele, vislabākajā gadījumā, ir tikai daļēji inspirēta un, tātad, tikai daļēji autoritatīva, praksē parādās dažādās formās :

1) daži teologi pieturas pie uzskata, ka Bībelē ir inspirētas vienīgi ticības mistērijas, pārējās lietas un notikumi ir atklājami ar cilvēka prāta palīdzību;

2) citi uzskata, ka Sv.Raksti ir inspirēti ticības un kristīgā ceļa jautājumos, bet nevis vēstures un zinātnes jautājumos;

3) vēl ir uzskats, ka Bībele ir inspirēta tikai tās domu un koncepciju līmenī, bet nevis tās vārdu līmenī;

4) viskonsekventākie liberālie pētnieki uzskata, ka Bībele ir cilvēku reliģiskās pieredzes rakstīto liecību kopoījums, līdzīgi kā pārējās Seno Austrumu "svētās grāmatas".

Vēsturiski - kritisko Bībeles pētījumu virzieni :

1. Vecākā vēsturiski kritiskā Bībeles pētījumu forma ir t.s. "literārais kriticismis". Tā izejas punkts ir pieņēmums, ka Bībeles grāmatas ir jāapskata un jāpētī tāpat, kā jebkura senatnes grāmata, neievērojot Sv.Rakstu prasību, ka to teksts sarakstīts, balstoties uz Dieva inspirāciju (2.Tim. 3:16, 2.Pēt.1:21 utt.). Literārā kriticisma mērķis bija atklāt tos uzrakstītos avotus, par kuriem tika pieņemts, ka tie lietoti, lai sastādītu noteiktas Bībeles grāmatas, kā arī atklāt šo Bībeles grāmatu sastādīšanas vispārējo vēsturi. Šo virzienu sauc arī par avotu kriticismu un šī metode tika pielietota VD pie piecām Mozus grāmatām (Toras) un JD pie evaņģēlijiem.

2. Tradīciju mutvārdu nodošanas (jeb tradīciju pirmsliterārās vēstures) virziens, ko attīstīja daži Bībeles pētnieki mūsu gs. sākumā. Šī virziena izejas punkts ir pieņēmums, ka pirms literāro dokumentu rašanās, no kuriem tika sastādītas, piem. 5 Mozus grāmatas, bija vairākus gadsimtus garš periods, kurā notika tradīciju mutvārdu nodošana (pārmantošana). Lai pētītu šo mutvārdu periodu, tika izvirzīta jauna teorija un metode - "formu kriticismis". Tās galvenā ideja ir, ka, pētot Bībeles grāmatās atrodamās dažādās literārās formas (līdzības, dzeju, parunas, likumus, vēstules, vēsturiskus stāstus), var secināt, kā tie transformējušies, pārejot no viena stāstītāja pie otra, no vienas vietas uz otru, kā arī to, kā šīs formas kombinētas un mainītas, līdz beidzot savienotas "literārajos dokumentos".

3. "Bibliskā" jeb "glābjoši - vēsturiskā" tendence Bībeles pētniecībā attīstījās no mūsu gs. vidus. Tā uzmanīgā formā apstiprina vēsturiski kritisko metodi, bet tajā pašā laikā uzsver idejas, kas ir radniecīgas bibliski konservatīvajam virzienam. Šī līnija noraida liberālo aksiomu, ka zinātniskai Bībeles pētniecībai nav jāņem vērā pārdabiski faktori (Dieva aktivitāte vēsturē) un jānoliedz brīnumi. Bībeles pētniecībai ir jāizzina, kas vēsturē ir noticis, nevis, kas varējis notikt.

2. BĪBELES UN DABASZINĀTŅU SALĪDZINĀJUMA MĒRĶIS, IESPĒJAS UN PRINCIPI (GALVENĀS VADLĪNIJAS)

Apskatot attīstību vēstures gaitā :

<u>Reliģija</u> :	Dominance (līdz XVI gs.)	Ietekmes zaudēšana dabas zinātnēs (XVII-XVIII gs.)	Kristietība sekulārā pasaulē (XX gs.)	→ ?
Dabas zinātnes :	Atkarība no ticības doktrīnām (līdz XVI gs.)	Atbrīvošanās no religiijas (XVII-XVIII gs.)	Autonoma eksistence (XIX-XX gs.)	→ ? → Robeži apzinās

Varam teikt - pagātnē reliģija un dabaszinātnes ir bijušas asu konfliktu situācijās, tagad turpinot "neatkarīgu attīstību", katrai no šīm sfērām draud izaicinājumi un problēmas :

1) reliģijai - kā atrast savu vietu sekulārajā pasaulē ?

2) dabas zinātnēm - ir sākusies to iespēju robežu apzināšanās, naturālisms neder visos jautājumos, ko tālāk ?

Tātad mūsu mērķis - dialogs, saskarsme starp reliģiju un zinātni ar pozitīvu orientāciju.

- Dialoga iespējas :

1. Salīdzināt Bībeles un dabaszinātņu datus tikai kādas vienas Bībeles interpretācijas koncepcijas ietvaros ? Paskatīsimies, kas iznāks :

a) Bībeles konservatīvā interpretācijā - zinātnes dati pilnīgi jāpakļauj Bībelei;

b) Katoliski tradicionālais virziens - tagad zinātnei "labāk", jo Baznīcas nostāja mainās;

c) liberāli kritiskais virziens - zinātnei "vislabāk" (?), bet reliģija zaudē savu būtību, draud izzust visi atklāsmes un Sv.Gara inspirācijas momenti Bībelē.

Lai sāktu līdzvērtīgu dialogu starp Bībeli un dabaszinātnēm, mēs nevaram šauri pieturēties pie viena interpretācijas virziena !

Galvenās vadlīnijas, kuras izmantosim, apskatot Bībeles un dabaszinātņu datu salīdzinājumu :

1. Izmantosim elementus no visiem trim Bībeles interpretācijas virzieniem. Mūsdienās starp tiem tik krass antagonisms nepastāv, iespējama "elastība". Piem., konservatīvais virziens absolūti neizslēdz simbolisko

A

interpretāciju, katoliski tradicionālajā virzienā mainās pati Baznīcas oficiālā doktrīna.

2. Nepārspīlēsim arī liberāli kritiskā virziena nozīmi, interpretējot Bībeles datus saskaņā ar zinātņi. Izslēdzot Dieva Vārdu, t.i. - Atklāsni, irracionālo momentu, galu galā cietīs arī pati zinātne, jo tā nespēj atbildēt uz pilnīgi visiem jautājumiem.

3. Pieļausim iespēju, ka Bībele atklāsmes ceļā spēj pateikt ko konkrētu arī atsevišķos dabas zinātņu jautājumos, ko modernā zinātne risina tikai mūsu dienās. Atcerēsimies, ka Dievs Bībeles laikmetā runāja ar cilvēku viņam saprotamā, tā laika valodā. Piemēram, runājot par pasaules radīšanu, Viņš taču nelietoja modernās kosmoloģijas un elementārdaļiņu fizikas jēdzienus un priekšstatus! Mūsu uzdevums - izlasīt Bībeli XX gs. atziņu gaismā.

4. Izmantosim arī dažus "viseksaktāko" humanitāro zinātņu (salīdzināmās valodniecības, Seno Austrumu vēstures hronoloģijas) datus, kas saistīti ar Bībeles notikumu interpretāciju (piem., vispasaules grēku plūdiem).

5. Atzīsim iespēju, ka pārējās Seno Austrumu reliģijas un ar tām saistītā mitoloģija (šumeru, babiloniešu) arī var saturēt patiesības momentus.

3. BĪBELES UN DABASZINĀTŅU SASKARES GALVENIE MEZGLU PUNKTI

3.1 PASAULES RADĪŠANA

Pirmā Mozus grāmata Genesis ("Sākumā")

Radīšanas stasts 1. un 2. Nodaļā.

Mūsu senči kādreiz mācījās:

Pirmā dienā gaisma radās,
Otrā plašums debesīs,
Trešā jūr` un sausums radās,
Ceturta tie spīdekļi.
Piektā ziv`s un putniņi,
Sestā lop` un cilvēki.

Un tomēr šim ļoti konspektīvajam pantinam ir ļoti dzila un fundamentāla jēga. Pirmās un otrās radīšanas dienas notikumi atbilst tam, ko apskata viena no visfundamentālākajām fizikas zinātņu cikla zinātnēm - kosmoloģija (Lielā Sprādziena teorija).

Kosmoloģijas saistība ar visām pārējām_fizikas pamatnozārēm :

Kosmoloģija

Vispārīgā relativitātes
teorija

Elementārdaļiņu un to
mijiedarbības (daļiņu un lauku)
teorija

Speciālā relativitātes
teorija

Kvantu mehānika

Klasiskā mehānika

Termodinamika un statistiskā
fizika (molekulas, siltums).

3.2 DZĪVĪBA, SAULES SISTĒMA, ZEMES BIOSFĒRA

Bībele

Trešā radīšanas diena : "Lai zeme
izdod zaļu zāli..." (Gen.1:11)

Ceturtā radīšanas diena : "Divi
lieli spīdekļi" un "zvaigznes".

Piektā radīšanas diena :
dzīvība ūdenī un gaisā.

Sestā radīšanas diena : dzīvība uz
sauszemes

Dabaszinātnes

Dzīvība - bioloģijas sākums
un tās fundamentālie pamati
(dzīvība kosmosā ?)

Kosmogonija - debess ķermeņu-
zvaigžņu, Saules un planētu
(Saules sistēmas) izcelšanās un
attīstība.

Dzīvības izcelšanās uz Zemes.
Bioloģija ar visām tās nozarēm :
molekulārā bioloģija, ģenētika
evolūcijas teorija u.c.

Zemes biosfēra, tās vēsture.

3.3 CILVĒKA RADĪŠANA (IZCELSANĀS)

Bībele

Sestā radīšanas diena : "Un Dievs radīja cilvēku pēc sava tēla un līdzības, pēc sava tēla Viņš to radīja, vīrieti un sievieti Viņš radīja". (Gen.1:27)

Dabaszinātnes

Molekulārā bioloģija par cilvēces iespējamo izcelšanos no "pirmās sievietes" un "pirmā vīrieša" ("molekulārā Ieva" un "molekulārais Ādams")

Tālāk - Ēdenes dārzs - Ādams un Ieva," cilvēces monoradīšana".

3.4 CILVĒCE PIRMS KATASTROFAS, ŪDENSPLŪDI ZEMES VIRSŪ ("GRĒKU PLŪDI") UN CIVILIZĀCIJAS PIRMIE SOĻI PĒC KATASTROFAS

Bībele

1. Cilvēces vēstures sākums (Gen.2.-6.nod.)
a) Ēdenes dārzs
b) Kains un Ābels (civilizācijas Sākums).

2. Ūdensplūdi zemes virsū (Gen.7.-8.nod.) (Noasa šķirsts)

3. Civilizācijas pirmie soļi pēc katastrofas (Gen.9.-11.nod.) Tautu un valstu veidošanās un sadalīšanās. Vienotās vispasaules valodas sadalīšanās (Bābeles tornis).

Vēsture

Izmantojot kā palīgmetodes arī dabas zinātņu datus un sasniegumus

Seno Austrumu vēstures dati (šumeri, babilonieši), arheoloģija (ar dabaszin. metodēm), vēstures dati par "vēsturi pirms plūdiem".

Vēsture, arheoloģija par plūdiem Mesopotāmijā. Plūdu datums pēc Seno Austrumu hronoloģijas.

Vēstures un salīdzināmās valodniecības dati par Seno Austrumu tautu veidošanos un to vēstures sākums. Hipotēze par visu valodu izcelšanos no vienas pirmvalodas.

3.5 PASAULES GALA (ESHATOLOĢIJAS) PROBLĒMAS

Bībelē - pēdējo laiku notikumi- Jāņa parādīšanās grāmatā :

- 1) lielas, plaša apjoma, visu zemi aptverošas katastrofas;
- 2) visas pasaules gals un bojā eja, jaunas pasaules sākums :

“Es redzeju jaunu debesi un jaunu zemi, jo pirmā debess un pirmā zeme bija zudusi, un jūras vairs nav.”

(Jāņa atkl. gr. 21:1)

Atgriezīamies atkal pie fizikas cikla zinātņu nozarēm (kosmoloģija, astrofizika, astronomija). Ir iespējama :

- 1) globāla Zemes katastrofa, pat pilnīga visa dzīvā bojā eja Zemes virsū (piem., Zemes sadursme ar asteroīdu, tās bojā eja supernovas uzliesmojumā).
- 2) visa mūsu Visuma gals (kolapss, visas vielas pārvēršanās starojumā vai Visuma vielas izklišana - pēc dažādām kosmoloģiskajām teorijām).

4. TURPMĀKĀ IZKLĀSTA STRUKTŪRA

Tātad, mūsu uzdevums ir nonākt, vispirms no modernās dabaszinātnes puses - pie jautājumiem, kas aprakstīti Bībelē :

- 1) saistīti ar pasaules izcelšanos (radīšanu), cilvēka izcelšanos, cilvēces vēstures pirmajiem soļiem (grēku plūdi) - 1. Mozus gr. 1.-11.nod.;
- 2) saistīti ar dažām citām dabaszinātniska rakstura zinām, kas izkaisītas dažādās vietās Bībelē (piem., Jozuas 10:13, Amosa 8:7-10);
- 3) saistīti ar pasaules gala (eshatoloģijas) problēmām - pati pēdējā Bībeles grāmata - Jāņa parādīšanās grāmata (Apokalipse).

Lai labāk izprastu savu tagadnes stāvokli pārejā no 1. uz 3. punktu, bez tam aplūkosim arī cilvēces izziņas (zinātnes) iekšējo ierobežojumu problēmu (piem., matemātikā).

Šajā izklāstā “no modernās zinātnes puses” pieturēsimies pie sekojošās shēmas:

1. Vispirms apskatīsim attiecīgo zinātņu (fizikas, bioloģijas) atsevišķās nozares, to pamatjēdzienus, kas saistīti ar attiecīgajiem Bībeles jēdzieniem (piem., telpa fizikā - debesis, izplatījums ; matērija (viela) - zeme).
2. Pēc tam aplūkosim šo nozari (piem., kosmoloģiju), kas atbilst Bībeles notikumam (piem., pasaules radīšanai) visā pilnībā;
3. Salīdzināsim savā starpā Bībeles un zinātnes versijas, lietojot savu interpretāciju saskaņā ar mūsu izvēlētajām galvenajām vadlīnijām:

Sajā izklāstā tātad uzsvērsim :

- a) momentus, kas saistīti ar Bībeles interpretāciju atbilstoši modernajām dabas zinātnēm ;
- b) katrā atsevišķajā nozarē - momentus, kas saistīti ar irracionālo (Atklāsmi).

III. KLASISKĀS MEHĀNIKAS PAMATI - PASAULES KĀRTĪBAS UN LIKUMSAKARĪBAS PARAUGS

1. Antīkās pasaules (Aristoteļa) uzskati par mehāniku.
- * 2. Reformācija Baznīcā un eksperimentālo dabaszinātņu sākums.
3. Klasiskās mehānikas pamati pēc Ņūtona :
 - a) mehānikas pamatjēdzieni (masa, spēks u.c.)
 - b) mehānikas trīs pamatlikumi (Ņūtona likumi).
4. Mehānikas jēdzieni par darbu un enerģiju.
- * 5. Daži Dieva atribūti (spēks, vara, brīnumdarbi) un mehānikas pamatjēdzieni.
6. Saglabāšanās likumi mehānikā un to sakarības ar telpas un laika īpašībām - simetrijas izpausme.
7. Keplera uzdevums un daudzu ķermeņu problēma mehānikā - mehānikas varenība un ierobežotība.

Literatūra :

1. B.I. Spasskii. Istorija fiziki, častj I , Moskva, izd. MGU, 1963.
2. B.I. Spasski. Fizika dļa filosofov. Moskva, izd. MGU, 1989.
- * 3. A. Alksnis. Zemes sadursmes ar starpplanētu ķermeņiem.
"Zvaigžņotā Debess", 1993.g. rudens (# 141.), 2.-10.lpp.

* - jauni materiāli, salīdzinot ar iepriekšējo gadu kursu.

1. ARISTOTEĻA UZSKATI PAR MEHĀNIKU

Aristotelis (384.-322.B.C.) savā sacerējumā "Fizika" apskatīja mācību par dabu (sacerējums "Metafizika" veltīts filozofijai).

Matērija saskaņā ar Aristoteli nav nekas noteikts (kā atomistiem vai Jonijas skolas filozofiem), tā ir tikai iespējamība, bez kuras nevar eksistēt neviena lieta, pašai par sevi tai nav nekādu īpašību un tai trūkst jebkādas noteiktības. Lai rastos kāda konkrēta lieta, ir nepieciešams savienot matēriju ar kādu citu aktīvu pirmsākumu - formu.

Forma piešķir matērijai noteiktību - šīs lietas īpašības, tā pārvērš iespējamību par īstenību.

Kustība - tā ir iespējamības pārvēršanās process īstenībā, tā ir matērijas un formas savienošanās process. Aristotelis izšķir vairākus kustības veidus: rašanās, iznīkšana, pieaugums, samazināšanās, kvalitatīva (īpašību) izmaiņa un izmaiņa telpā.

Visas kustības Aristotelis iedala dabīgās un uzspiestās (nedabīgās). Dabīgās kustības ir tās, kas notiek pašas no sevis, kad ķermeņi tiecas uz savām "vietām". Piemēram, vissmagākā dabas pirmelementa - zemes - vieta ir apakšā, visvieglākā - uguns - augšā. Uzspiestās kustības izsauc ārējs cēlonis.

Debesu ķermeņiem neeksistē uzspiestās kustības, to riņķveida kustības ap Zemi ir dabīgas kustības. Zemes ķermeņiem dabīgās kustības ir uz augšu un uz leju: viegliem ķermeņiem - kustība uz augšu, smagiem - uz leju. Ķermeņi, kuros pārsvarā ir smagais pirmelements, piem., zeme, centīsies kustēties uz leju, jo zemes "vieta" ir lejā, bet ķermeņi, kuros pārsvara ir vieglais pirmelements, piem., uguns, celsies uz augšu, uz savu "vietu".

Visas pārējās kustības uz Zemes ir uzspiestās, tām ir nepieciešams ārējs cēlonis - "spēks" .. Spēks ir nepieciešams ne tikai, lai izmainītu ķermeņa ātrumu, bet arī, lai tas veiktu vienmērīgu taisnvirziena kustību.

Turpretī, lai smagais ķermenis kristu uz leju un vieglais ķermenis kustētos uz augšu, nav nepieciešams ārējais cēlonis, jo šīs kustības notiek pateicoties paša ķermeņa tieksmei.

Spēks, kas iedarbojas uz ķermeni, saskaņā ar Aristoteli, ir tieši proporcionāls ķermeņa ātrumam. (nevis paātrinājumam), jo ķermeņa ātrumu uzspiestā kustībā tieši nosaka spēks - tāds ir "Aristoteļa dinamikas pamatlikums".

Aristotelis apskatīja arī jautājumu par ķermeņu krišanas likumiem. Viņš uzskatīja, ka smagākie ķermeņi krīt ātrāk par vieglākajiem, un, ka ķermeņa krišanas laiks atkarīgs no tā svara.

No mūsdienu viedokļa Aristotelis kļūdījās visās trīs viņa apskatītajās mehānikas pamatproblēmās, jo :

1. Spēks nav nepieciešams, lai ķermenis veiktu vienmērīgu taisnvirziena kustību.

2. Spēks, kas iedarbojas uz ķermeni ir tieši proporcionāls tā paātrinājumam, nevis ātrumam.

3. Visi ķermeņi uz zemi krīt vienādi ātri, to krišanas laiks nav atkarīgs no to svara.

Kāpēc tas notika tā? Kāpēc Aristoteļa "Fizikai" savos pamatprincipos paveicās daudz mazāk nekā "Eiklīda ģeometrijai", kas izturēja laika pārbaudi praktiski līdz mūsu dienām?

Matemātika, pie kuras pieder arī ģeometrija, ir prāta, abstrakta zinātne, tās izejas aksiomas var atklāt tiešo vērojumu ceļā apkārtējās parādībās, bet fizikas, tai skaitā arī mehānikas, pamatā ir eksperiments, ko nepazina antīkie filozofi.

Tomēr kaut kas no Aristoteļa mehānikas atziņām pēc vairāk nekā 2000 gadu "attīstības pa spirāli" ārēji pēc formas atkal sakrīt ar modernās fizikas atziņām, kaut arī šo problēmu būtība tagad atrodas uz nesalīdzināmi augstāka izpratnes līmeņa:

1. Planētu riņķveida kustība saskaņā ar Aristoteli ir dabīga, t.i. brīva, tāda tā ir arī pēc vispārīgās relativitātes teorijas - modernās gravitācijas teorijas (tikai planētas kustas ap Sauli, nevis Zemi).

3. Aristotelis spēku saprata kā kaut ko, kas ieplūst ķermenī no apkārtējās vides, jo Aristotelis neatzina tukšumu, tātad iespēju iedarboties uz ķermeni caur tukšumu, tā rezultātā ķermenis veic uzspiestu kustību. Līdzīga aina rodas apskatot, piem., elektriski lādēta ķermeņa kustību, ja tas atrodas ārējā, piem., elektromagnētiskā laukā, arī tad tas veic uzspiestu kustību lauka radītā spēka iespaidā.

3. Aristotelis lielu vērību pievērsa parādību cēloņiem, viņš izstrādāja visai attīstītu cēloņu teoriju. Viņš atzina, ka visu debess ķermeņu kustību pamatā ir kāds "pirmkustinātājs". Pie analogām atziņām nonāk mūsdienu kosmoloģija: kas bija "pirmkustinātājs" Visuma Lielajam Sprādzienam?

Periodā no Aristoteļa līdz jauno laiku sākumam (XVI gs.) fizika (tai skaitā mehānika) neuzrādīja būtiski jaunus sasniegumus.

Tikai ar XVI-XVII gs. sāka attīstīties dabas zinātnes modernajā nozīmē, kas saistītas ar eksperimentu.

Mehānikā pirmais kustības likumu pārskatītājs pēc Aristoteļa bija Galileo Galilejs (1564.-1642.). Viņš eksperimentāli novēroja ķermeņu krišanu no Pizas šķībā torņa un apgāza Aristoteļa uz tīro prātu balstīto spekulāciju par ķermeņu brīvās krišanas ātrumiem.

Istais klasiskās mehānikas pamatu nodibinātājs bija Īzaks Ņūtons.

3.KLASISKĀS MEHĀNIKAS PAMATI PĒC ŅŪTONA

Klasisko mehāniku izveidoja un formulēja angļu zinātnieks - fiziķis, matemātiķis un Bībeles pētnieks, viens no pasaules dižākajiem ģēnijiem Īzaks Ņūtons (Isaac Newton, 1643.-1727.)

Uz viņa kapa pieminekļa Vestminsteras abatijā stāv rakstīts :

“Te atdusas sers Īzaks Ņūtons, kurš ar gandrīz dievišķu prātu un matemātikas lāpu pierādīja planētu kustību, komētu ceļus un okeānu paisumus. Viņš izpētīja gaismas staru atšķirības un dažādās krāsu īpašības, kas pie tām parādās, par kurām iepriekš neviens neko nenojauta. Centīgais, gudrais un patiesais dabas, senatnes un Sv.Rakstu iztulkotājs ar savu filozofiju apliecināja visvarenā Dieva diženumu un ar savu tikumu - evaņģēlisko vienkāršību. Lai mirstīgie priecājas, ka dzīvojis tāds cilvēku dzimtas krāšņums.”

Savā galvenajā darbā “Naturālās filozofijas matemātiskie principi” (latīņu val., 1687.g.) Ņūtons izklāsta klasiskās mehānikas pamatus un debess ķermeņu kustības teoriju sekojošā kārtībā :

- 1) matērijas daudzums (masa) ;
- 2) kustības daudzums (impulss);
- 3) spēka jēdziens;
- 4) telpa un laiks;
- 5) mehānikas trīs pamatlikumi;
- 6) vispasaules gravitācijas likums un planētu kustības teorija.

Vispirms viņš definē matērijas daudzuma jēdzienu un kustības daudzuma jēdzienu, t.i. , to, kas kustas un pašu kustību. Ņūtons nepasaka, kas ir “matērija” un kas ir “kustība”, bet uzreiz dod to mērus, tas ir - to kvantitatīvos raksturlielumus. Ņūtona definīcija :

3.1 “Matērijas daudzums ir tās mērs, tāds, kas ceļas no tās blīvuma un tilpuma vienkopus.”

Tātad “matērijas daudzumu” (Ņūtons reti kad saka “masa”) definē ar blīvumu ρ un tilpumu V , kas dod burvju loku :

$$m = \rho \cdot V = \frac{m}{V} \cdot V = m ,$$

kas rāda, ka “matērijas daudzums” Ņūtonam ir tālāk nedefinējams pamatjēdziens.

“Matērijas daudzuma” jēdziens Ņūtona laikā bija jau pazīstams (Dekarta un atomistu uzskatos), masu tagad pieņemts saistīt ar inerces jēdzienu.

3.2 Ņūtona definīcija kustības daudzumam :

“Kustības daudzums ir tāda lieluma mērs, kas rodas vienkopus no ātruma un matērijas daudzuma.”

2. REFORMĀCIJA BAZNĪCĀ UN EKSPERIMENTĀLO DABASZINĀTŅU SĀKUMS

Reformācija XVI gs. - protestantisko konfesiju (M.Luters (1483.-1546.), J.Kalvins (1509.-1564.), U.Cvinglijs (1484.-1531.), anglikāņi, u.c.) atdalīšanās no Romas Katoļu Baznīcas.

Būtiska Reformācijas iezīme - Baznīcas institūcijas un tradīciju lomas relatīvā samazināšanās un cilvēka kā indivīda lomas relatīvais pieaugums ticības un Bībeles izpratnes un skaidrojuma jautājumos. Uzsvars tiek likts uz paša cilvēka individuālo ticības pieredzi (paša indivīda "eksperimentu").

Analogi norisinājās arī "revolūcija" (vai "reformācija"?) dabas zinātņu attīstībā sākot ar XVI gs. Antīkās grieķu (Aristoteļa u.c.) dabaszinātņu tradīcijas, kuru bija kanonizējusi Katoļu Baznīca, vietā nāca jaunā, modernā dabaszinātne (fizika, ķīmija, bioloģija), kuras pamatā tika likta paša dabaspētnieka individuālā pieredze - eksperiments, pārbaudot dabas parādības un likumus.

Daži dati :

Reformācija Baznīcā

31. okt. 1517.g.- Lutera 95 tēzes, Reformācijas sākums.
1555.g. Augsburgas ticības miers.
1580.g. "Konkordijas grāmata".
1522.-1525.g.- Cvinglija reformas Cīrihē.
1541.g.- J.Kalvina reformācijas uzvara Ženēvā.
1534.g.- Anglijas Baznīcas atdalīšanās no Romas.

Revolūcija dabaszinātnēs

1543.g. N.Kopernika galvenā darba " Par debess sfēru griešanos" iznākšana.
1546. g. itāliešu zinātnieks Nikkolo Tartaljo kritizē Aristoteļa priekšstatus par krītoša ķermeņa trajektoriju.
1584.g.- publicēts Dž.Bruno darbs "Par bezgalību, Visumu un pasaulēm".
1632.g.- publicēti galvenie Galileja darbi.
1633.g.- Galilejs inkvizīcijas tiesā.

27

Tā tad kustības daudzums (impulss) \vec{p} ir lielums, kas ir proporcionāls matērijas daudzuma (masas m) un ātruma (\vec{v}) reizinājumam.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

3.3 Spēka jēdziens pēc Ņūtona.

Vispirms Ņūtons definē inerces spēku kā ķermeņa spēju saglabāt savas kustības stāvokli.

Tad viņš definē "pieliktā spēka" jeb vienkārši "spēka" jēdzienu: "Pieliktais spēks ir darbība, kas pielietota ķermenim, lai izmainītu tā miera vai vienmērīgas taisnvirziena kustības stāvokli. Spēks parādās vienīgi tikai darbībā un pēc darbības izbeigšanās tas ķermeni nepaliek."

Tā tad spēks ir kaut kas ārējs attiecībā pret ķermeni, kas izmaina tā kustību.

Spēka dabu un izcelšanos Ņūtons neapspriež, viņš to saprot tīri fenomenoloģiski kā kaut ko jau uzdotu. Līdz ar to mehānikas uzdevums ir atrast ķermeņu kustību uzdoto spēku darbības rezultātā.

3.4 Telpa un laiks Ņūtona izpratnē.

Ņūtons izšķir absolūto telpu un laiku kā arī relatīvo telpu un relatīvo laiku. Absolūtā telpa un laiks pēc Ņūtona eksistēno jebkā neatkarīgi, tie ne pret ko neattiecas. Absolūtā telpa vienmēr paliek viendabīga (homogēna) un nekustīga. Absolūtais laiks jeb ilgums vienmēr plūst vienmērīgi. Ne absolūtā telpa, ne absolūtais laiks nav pieejami mūsu uztverei, abi šie jēdzieni saskaņā ar Ņūtonu ir "metafiziski" (filozofiski). Tā tad absolūtā telpa un absolūtais laiks pēc Ņūtona ir matērijas "trauks" un "ilgums", kas nav pieejami mūsu maņu orgāniem un kaut kādiem mērījumiem. Mūsu sajūtām uztverama ir tikai relatīvā telpa un relatīvais laiks. Relatīvā telpa - tā ir ierobežota, pārvietojama absolūtās telpas daļa, absolūtās telpas mērs. Relatīvā telpa ir pieejama mūsu iztverei (sajūtām) pēc tās novietojuma attiecībā pret dažiem ķermeņiem un "kura ikdienas dzīvē tiek uzskatīta par nekustīgu telpu", kā piem., plaša apakšzemes gaisa telpa vai virszemes gaisa telpa, kas tiek noteiktas pēc to stāvokļa attiecībā pret zemi. Relatīvais laiks ir "ilguma mērs, kā piem., stunda, mēnesis, gads, kas ikdienas dzīvē tiek lietots īstā matemātiskā [t.i., absolūtā] laika vietā"

Atbilstoši telpas un laika iedalījumam absolūtajā un relatīvajā, Ņūtons arī kustību iedala absolūtajā un relatīvajā. Absolūtā kustība ir kustība attiecībā pret absolūto telpu un absolūto laiku (t.i., attiecībā pret absolūto atskaites sistēmu), relatīvā kustība - kustība attiecībā pret relatīvo telpu un relatīvo laiku (t.i., attiecībā pret kādu reālu atskaites sistēmu). Ņūtons uzskatīja, ka atšķirībā no absolūtās telpas un absolūtā laika, absolūtā kustība principā ir nosakāma. Tas notiek tāpēc, ka absolūto kustību rada tikai absolūti spēki, kas

ir pielikti pašam apskatāmajam ķermenim, bet relatīvo kustību - citu ķermeņu kustības izmaiņa (t.i. atskaites sistēmu izmaiņa).

Lai pamatotu absolūto kustību, Ņūtons apskata piemēru par absolūtās griešanās (rotācijas) noteikšanu. Viņš apraksta eksperimentu ar rotējošu spaini, kurā ieliets ūdens. Spainim griežoties, ūdens izmaina savu virsmas formu, pēc ūdens virsmas izmaiņas var spriest, ka griežas tieši spainis, bet nevis visa pasaule ap spaini. Cits piemērs - ar auklu saistītu bumbu griešanās noteikšana pēc auklas saspietības.

Ņūtona uzskati par telpu un laiku, par absolūto un relatīvo kustību noturējās fizikā ļoti ilgu laiku, faktiski, līdz speciālās relativitātes teorijas izveidošanai (1905.g.).

4.KLASISKĀS MEHĀNIKAS TRĪS PAMATLIKUMI

4.1 Pirmais Ņūtona likums.

“Katrs ķermenis turpina palikt savā miera vai vienmērīgas taisnvirziena kustības stāvoklī, kamēr un par cik pieliktie spēki to nepiespiež izmainīt šo stāvokli”.

Ņūtona paša formulējums gandrīz sakrīt ar inerces likuma formulējumu, ko izmanto mūsu dienās. Ņūtona formulējuma trūkums ir tas, ka tajā nav norādīts, ka ķermeņa kustība ir jāattiecina pret inerciālo koordinātu (atskaites) sistēmu, jo viņš vēl nelietoja inerciālās koordinātu sistēmas jēdzienu. Tā vietā Ņūtons lietoja absolūtās telpas jēdzienu, ar kuru viņš saistīja absolūto koordinātu sistēmu, attiecībā pret kuru viņš noteica ķermeņu ātrumu.

Kinemātikā, mehānikas daļā, kas apskata, kādi lielumi kalpo kustības raksturošanai un kā tiek veikts kustības apraksts, neapskatot kustības cēlonus (ķermenim pieliktos spēkus), mēs nekādi neesam saistīti ar atskaites jeb koordinātu sistēmas izvēli, attiecībā pret kuru tiek noteikti lielumi (ātrums, pāatrinājums), kas raksturo šo kustību. Par atskaites ķermeni, ar kuru saistīta koordinātu sistēma, var tikt pieņemts jebkurš ķermenis, kas patvaļīgi kustas attiecībā pret citiem ķermeņiem..

Dinamikā, mehānikas galvenajā daļā, kas apskata ķermeņu kustību spēku iedarbībā (t.i. citu ķermeņu iedarbībā) var izvēlēties īpašas koordinātu sistēmas - inerciālās koordinātu sistēmas.

Inerciāla koordinātu sistēma - tā ir tāda koordinātu sistēma, attiecībā pret kuru brīvs materiāls punkts kustas ar vienmērīgu ātrumu. Ar brīvu materiālu punktu mēs saprotam ķermeni, uz kuru neiedarbojas nekādi citi ķermeņi. Inerciālo atskaites sistēmu praktiski var izvēlēties tikai tuvināti (saistot to ar Zemi, ar Sauli utt.), stingri runājot, tā ir abstrakcija.

Ja mēs esam ievēduši kādu vienu inerciālo atskaites sistēmu, tad arī visas pārējās atskaites sistēmas, kas attiecībā pret pirmo kustas ar vienmērīgu ātrumu, ir inerciālas atskaites sistēmas.

Tādā veidā mēs nonākam pie t.s. klasiskā relativitātes principa, ko pirmais formulēja itāliešu zinātnieks Galileo Galilejs (1564. - 1642.g.) :

“Kopā ar draugiem novietojieties kāda kuga kajītē, ņemiet līdzī mušas, tauriņus un citus lidojošus kukaiņus. Lai jums būtu līdzī arī liels trauks ar ūdeni un tajā peldošām mazām zivtiņām ... Kamēr kuģis stāv nekustīgi, novērojiet, kā kukaiņi kustas visos istabas virzienos ar vienu un to pašu ātrumu, zivtiņas traukā peld visos virzienos. Lieciet tagad kuģim kustēties ar jebkuru ātrumu un tad, ja vien kuģa kustība būs vienmērīga un bez šūpošanās, tad visās parādībās kuģa kajītējus neatradīsiet ne vismazāko izmaiņu un ne pēc vienas no tām jūs nevarēsiet noteikt, vai kuģis kustas vai stāv nekustīgi.”

To sauc arī par Galileja relativitātes principu - visās inerciālās atskaites sistēmās telpas un laika īpašības ir vienādas un vienādi ir visi mehānikas likumi.

Mūsu dienās ir skaidrs, ka jēdzienam par absolūto telpu, ar kuru saista absolūto telpu, ar kuru saista absolūto atskaites sistēmu, nav jēgas. Tāpēc tagad pirmā Ņūtona likuma vietā lieto inerces likuma formulējumu :
 “Brīvs ķermenis attiecībā pret inerciālo atskaites sistēmu, nav jēgas. Tāpēc tagad pirmā Ņūtona likuma vietā lieto inerces likuma formulējumu :

“Brīvs ķermenis attiecībā pret inerciālo atskaites sistēmu saglabā miera vai vienmērīgas taisnvirziena kustības stāvokli.”

Dažreiz lieto arī ekvivalentu formulējumu, ka brīvam ķermenim eksistē (var atrast) inerciālā atskaites sistēma.

4.2 Otrais Ņūtona likums :

“Kustības daudzuma izmaiņa ir proporcionāla pieliktajam spēkam un notiek tās taisnes virzienā, kurā šis spēks darbojas”.

Formulas veidā to varam pierakstīt sekojoši :

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} \quad (1)$$

Izmantojot to, ka masa m klasiskajā mehānikā ir konstants lielums, šo izteiksmi varam pārveidot :

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a} \quad \text{un} \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (2)$$

kas ļauj izteikt otro Ņūtona likumu sekojoši :

“Kermeņa paātrinājums \vec{a} ir tieši proporcionāls spēkam \vec{F} , kas darbojas uz ķermeni un apgriezti proporcionāls tā masai m ”.

Vispār pie lieliem ātrumiem masu m vairs nevar uzskatīt par konstanti ($m = \text{const}$), tātad vispār pareizs ir paša Ņūtona (pirmais) formulējums (1), nevis (2).

Pēc Ņūtona vēl ilgi masu uzskatīja par “matērijas daudzumu”. Tikai pēc speciālās relativitātes teorijas atklāšanas, kad izrādījās, ka masa ir atkarīga no paša ķermeņa stāvokļa (tā ātruma), tad noskaidrojās, ka tādai izpratnei nav jēgas.

Ja mums ir izvēlēta inerciāla atskaites sistēma un ja ķermenis izmaina savu ātrumu, tas ir, iegūst paātrinājumu \vec{a} , tad šis ķermenis atrodas citu ķermeņu iedarbībā. Šī paātrinājuma lielums ir atkarīgs no diviem apstākļiem:

1) tas ir atkarīgs no lielumiem, kas raksturo apkārtējo ķermeņu iedarbību uz apskatāmo ķermeni, t.i. no spēka \vec{F} ;

2) tas ir atkarīgs no lieluma, kas raksturo paša dotā ķermeņa īpatnības, t.i., no tā masas m - inerces mēra

Šo paātrinājuma atkarību no \vec{F} un m izsaka otrais Ņūtona likums.

4.3 Trešais Ņūtona likums

Pirmais un otrais Ņūtona likums runā par materiālā punkta jeb viena ķermeņa kustību. Cita ķermeņa vai citu ķermeņu eksistence tiek ievērota vienīgi ar to, ka tiek konstatēta spēku darbība uz doto ķermeni.

Bet apkārtējo ķermeņu darbība uz apskatāmo ķermeni ir saistīta ar šī ķermeņa darbību uz apkārtējiem ķermeņiem. Jebkura mehāniska darbība (kā katra darbība) ir, vispārīgi runājot, mijiedarbība.

Tātad, ja kādu ķermeni iespaido cita ķermeņa darbība, tad savukārt šim otrajam ķermenim ir jāpakļaujas darbībai no pirmā ķermeņa puses. Meāniskā darbību raksturo spēks, tāpēc, ja viens ķermenis darbojas uz otru ķermeni ar kādu spēku, tad arī otrs ķermenis darbojas uz pirmo ar kādu spēku.

Eksperiments rāda, ka šie spēki ir vienādi pēc lieluma un pretēji pēc virziena. To arī izsaka trešais Ņūtona likums:

“Darbībai vienmēr eksistē vienāda un pretēji vērsta pretdarbība jeb divu ķermeņu iedarbības vienam uz otru (t.i. mijiedarbība) ir vienādas un vērstas pretējos virzienos.”

Te mēs ar darbību un pretdarbību saprotam spēkus, kas darbojas uz attiecīgajiem ķermeņiem. Tātad, ja mijiedarbojas divi ķermeņi un, ja uz pirmo ķermeni no otra ķermeņa puses darbojas spēks \vec{F}_{12} , tad uz otro ķermeni darbojas spēks \vec{F}_{21} un $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

Trešajam mehānikas pamatlikumam Ņūtona formulējumā ir pielietošanas robežas. Tas ir pareizs tikai gadījumā, ja var uzskatīt, ka ķermeņi darbojas viens uz otru tieši, jeb viena ķermeņa darbība uz otru tiek pārnesta momentāni, jo saskaņā ar šo likumu $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ vienā un tai pašā laika momentā.

Tas izpildās, piemēram, divu biljarda bumbu sadursmē. Divu debess ķermeņu mijiedarbībā, atkarībā no to attāluma, ir jāņem vērā gravitācijas izplatīšanās galīgais ātrums.

5. MEHĀNIKAS JĒDZIENI PAR DARBU UN ENERĢIJU

Ja ķermenim ir pielikts kāds spēks F , kura iedarbībā tas pārvietojas pa kādu trajektoriju (ceļu), tad saka, ka šis spēks veic darbu, pārvietojot šo ķermeni pa trajektoriju.

Vispār spēka padarītais darbs ir atkarīgs no ceļa pa kuru tas pārvieto ķermeni. Praktiski svarīgs ir tādu spēku gadījums, kuru veiktais darbs ir atkarīgs tikai no pārvietojamā ķermeņa sākuma un beigu stāvokļa, bet nevis no konkrētās ceļa formas, pa kādu tas ir pārvietojies no sākuma uz beigu stāvokli.

Tāds piemērs ir Zemes smaguma spēks, kura iedarbībā ķermenis krīt uz Zemi. Zemes smaguma spēka (ķermeņa svara) paveiktais darbs nav atkarīgs no ķermeņa krišanas ceļa, bet tikai no tā sākuma augstuma (h_1) un beigu augstuma (h_2) starpības (attiecībā pret Zemes virsmu). [$A = mg(h_2 - h_1)$].

Tātad krītot no augstuma h_1 , līdz augstumam h_2 , smaguma spēks veic darbu ar ķermeni, bet tam atrodies sākuma stāvoklī h_1 , tam piemīt darba krājums, pastāv iespēja (potence) veikt šo darbu. Šo darba krājumu, iespēju veikt darbu, kas atkarīga tikai no ķermeņa sākuma un iespējamā beigu stāvokļa, sauc par ķermeņa stāvokļa jeb potenciālo enerģiju U .

Vispār darba krājumu, kas piemīt ķermenim, nosaka ne tikai tā stāvoklis, bet arī tā ātrums v un masa m . Ja ķermenim sākuma stāvoklī tā ātrums $v=0$ un pārvietojoties uz beigu stāvokli spēka F iedarbībā tas ieguva ātrumu v , tad šī spēka veiktais darbs [$A = mv^2/2$] dod ķermenim darba krājumu, kas var tikt izlietots, ķermeni bremzējot, līdz tas apstājas ($v=0$).

Šo darba uzkrājumu, kas piemīt ķermenim ar ātrumu v , sauc par tā kustības jeb kinētisko enerģiju T .

6. DAZI DIEVA ATRIBŪTI (SPĒKS, VARA, BRĪNUMDARBI) UN MEHĀNIKAS PAMATJĒDZIENI (SPĒKS, ENERĢIJA, DARBS)

Bībelē un teoloģiskajā literatūrā runā par Dieva spēku, tā varenību un varu, stāsta par Dieva brīnumdarbiem. Piem.:

“Bet neviena nav tāda kā Tu, ak Kungs ! Tu esi liels un liels ir Tavs vārds ar savu spēku!” (Jer. 10:6) ;

“Vienīgajam Dievam, mūsu Glābējam, lai ir caur Jēzu Kristu, mūsu Kungu, godība, varenība un spēks un vara no mūžības, tagad un mūžu mūžos ! Āmen.” (Jūdas vēst. 25) ;

“Un viņš uz tiem saka : ‘Kam esat tik bailīgi, jūs mazticīgie?’ Un viņš cēlās, apsauca vēju un jūru, un iestājās pilnīgs klusums” (Mt. 8:26).

Aplūkojot mehānikas pamatus, mēs nupat iepazināmies ar tās pamatjēdzieniem - spēku, enerģiju un darbu.

Jautājums - vai līdzīgu terminu lietošanai divās tik atšķirīgās sfērās - teoloģijā un fizikā - ir kāda dziļāka jēga ?

Kristīgajā filozofijā ir pazīstams t.s. esamības analogijas (lat. analogia entis) princips, kas izsaka analogijas eksistenci starp Radītāju (Dievu) un tā radījumu (cilvēku, dabu). Radītājs tiek pretstatīts tā radītajai pasaulei, bet radījums ļauj zināmā mērā spriest arī par pašu Radītāju.

Tātad - mehānikas pamatjēdzieni (spēks, enerģija, darbs) zināmā (ļoti nosacītā) nozīmē ļauj pateikt ko vairāk par Dievu, jo šo jēdzienu fizikālā izpratne var padziļināt to “izjūtu”, lietojot tos arī teoloģiskā nozīmē.

Atbilstības te varētu būt :

Spēks mehānikā -----	Dieva spēks
Enerģija mehānikā -----	Dieva varenība, vara (jo enerģiju senatnē nepazina !)
Darbs mehānikā -----	Dieva brīnumdarbi

7. SAGLABĀŠANĀS LIKUMI MEHĀNIKĀ UN TO SAKARĪBAS AR TELPAS UN LAIKA ĪPAŠĪBĀM

Ķermeņa pilnā enerģija (jeb vienkārši enerģija) E ir tā kinētiskās enerģijas T un potenciālās enerģijas U summa:

$$E = T + U$$

Zinām, ka enerģija E saglabājas - ir enerģijas saglabāšanās likums (XIX gs.) Bet kāpēc enerģija (un citi mehānikas lielumi) saglabājas, vai tam ir kāds dziļāks pamats ?

Fizika uz to atbildi deva tikai mūsu gadsimta sākumā saistot to ar fundamentālajām telpas un laika īpašībām jeb simetrijām (Neteres teorēma)

1. Enerģijas saglabāšanās ir saistīta ar laika "viendabību" jeb homogenitāti. Enerģija ir mehāniskas sistēmas stāvokli un kustību raksturojošs lielums, kas nav atkarīgs (t.i., saglabājas) no laika intervāla izvēles (jo laiks ir homogēns), kad šo sistēmu apskatām..

2. Impulsa (kustības daudzuma) saglabāšanās ir saistīta ar telpas homogenitāti. Impulss raksturo mehāniskās sistēmas īpašības pie tās paralēlās pārnesei (t.i., sistēmai saglabājot savu "virzienu", orientāciju telpā, nepagriežoties ap kādu asi.). Izejot no telpas homogenitātes, pie mehāniskās sistēmas paralēlās pārnesei saglabājas (nemainās) īpašs lielums - sistēmas impulss.

3. Impulsa moments (kustības daudzuma moments $M = [r p]$) ir pazīstams piem., no vilciņa darbināšanas, tā saglabāšanās likumu izmanto baletdejojāji. Tā saglabāšanās ir saistīta ar telpas izotropiju, tās īpašību vienādību visos tās virzienos. Izejot no telpas izotropijas, mehāniskās sistēmas īpašības nemainās pie tās kā viena vesela pagriežiena telpā. Šo īpašību raksturo impulsa moments, kas saglabājas.

8. KEPLERA UZDEVUMS

Apskatīsim vienu konkrētu uzdevumu :

Doti divi ķermeņi, viens ar ļoti lielu masu (piem., Saule ar masu

$M_1 = 2 \cdot 10^{33}$ g un otrs ķermenis ar ļoti mazu masu (piem., Zeme ar $m = 6 \cdot 10^{27}$ g - 333000 reizi mazāka par Saules masu !), kuri mijiedarbojas pēc Ņūtona vispasaules gravitācijas likuma :






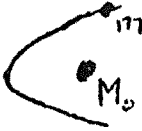


$$F = \gamma \frac{M_0 \cdot m}{r^2}$$

Kāda būs šo ķermeņu savstarpējā kustība, ja uzdoti šo ķermeņu sākuma stāvokļi un spēki F , kas uz tiem darbojas ?

Šo uzdevumu var risināt divējādi :

- 1) izmantojot otro Ņūtona likumu (kustības vienādojumus) ;
- 2) izmantojot saglabāšanās likumus.

Izvēloties koordinātu sākumu smagā ķermeņa centrā, vieglā ķermeņa trajektorijas dabū konisko šķēlumu vienādojumu formā:

		<u>Trajektorijas:</u>	
1.		vienk. šķēlums paralēli pamatnei	 1. Kosm. ātrums $v = 8 \frac{\text{km}}{\text{sēk}}$
2.		elipses šķēlums slīpi pret pamatni	 elipse
3.		parabolas šķēlums perpendikulāri pamatnei	 parabola 2. Kosm. ātrums $v = 11.2 \frac{\text{km}}{\text{sēk}}$
4.		hiperbolas šķēlums slīpi pret pamatni	 hiperbola 3. Kosm. ātrums $v = 16.6 \frac{\text{km}}{\text{sēk}}$

9. DAUDZU ĶERMEŅU PROBLĒMA

1. Viena ļoti viegla ķermeņa kustības problēmu otra ļoti smaga ķermeņa gravitācijas spēka iespaidā (Keplera uzdevumu) mēs varam atrisināt pilnīgi precīzi analītiski (dabūjam vieglā ķermeņa iespējamo kustību trajektorijas konisko šķēlumu vienādojumu veidā).

2. Divu apmēram līdzīgu masu ķermeņu kustības uzdevumu arī varam atrisināt precīzi analītiski un iegūsim tās pašas konisko šķēlumu trajektorijas.

3. Triju ķermeņu ar masām m_1 , m_2 un m_3 , kuri savstarpēji iedarbojas ar gravitācijas spēkiem uzdevums jau sagādā milzu grūtības. Formāli arī to var atrisināt precīzi ar ļoti lēni konvergējošu rindu palīdzību, bet praktiski tas jārisina skaitliski, tātad tam var iegūt tikai aptuvenu risinājumu.

4. Cetru, piecu... utt. ķermeņu problēmu var tikai aptuveni risināt ar skaitlotāju palīdzību. Piemēram, uzdevumu par Saules un 9 lielo planētu savstarpējo kustību. Var arī apskatīt problēmu, kas notiktu ar Saules sistēmas planētām, ja Saule pēkšņi pazustu, kā turpinātos to kustība?

Bet četras, piecas... deviņas planētas taču kustas "absolūti precīzi" no Dieva prāta viedokļa. Varam ņemt vēl lielāku ķermeņu skaitu 100, 1000... arī tādās kopās notiek visu ķermeņu mijiedarbība un katra ķermeņa kustība pa kādu trajektoriju, bet to precīzi cilvēkiem laikam nebūs lemts uzzināt.

Kā tad fizika apskata sistēmas, kurās ir ļoti daudz daļiņu, piem., 10^{23} molekulu? Par to nākošajā lekcijā.

IV. HAOS UN KĀRTĪBA FIZIKĀ.

1. Priekšstats par haosu.
2. Termodinamikas priekšmets - daudzu daļiņu sistēma.
3. Darbs, siltums un enerģijas pārnese termodinamikā.
4. Temperatūras jēdziens.
5. Otrais termodinamikas likums.
6. Lielā dabas procesu asimetrija.
7. Entropijas jēdziens.
8. Entropijas vienkāršākā definīcija.
9. Entropija kā enerģijas kvalitātes mērs.
10. Visi trīs termodinamikas pamatlikumi.
11. Dziļāka entropijas izpratne.
12. Visuma siltuma nāve.
13. Jēdziens par sinerģētiku.
14. Laika apgriežamība un neapgriežamība fizikā.
15. Jaunie priekšstati par laiku sinerģētikā.

Literatūra :

- 1) P. Etkins. Porjadok i besporjadok v prirode. Moskva, "Mir", 1987.
- 2) Sovremennaja zapadnaja filosofija. Slovar. Moskva. Izd-vo polit. lit. ,1991. (raksti "Sinergetika" un "Prigožin").
- * 3) Uiljam Kreig. Samoe načalo. Proischoždenije Vselennoi i suščestvovanije Boga. Moskva, 1990. (otrais izd. Čikago, 1992.), skat. "Vtoroi zakon termodinamiki", 45. - 50. lpp.

* - jauna papildus literatūra (nebija pagājušā gadā)

1. PRIEKŠSTATS PAR HAOSU

“Bet zeme bija neiztaisīta un tukša...”

(Gen. 1:2)

“Neiztaisīta” - tāpat bez kādas formas, bez kaut kādas kārtības, kāds bezveidīgs maisījums.

Analoģija ar seno grieķu mitoloģiju - visu lietu sākumā bija “Haoss”, pasaules pirmelementi bija sajaukti kaut kādā gadījuma veidā, radīšanas būtība - visu to “sakārtot”. (“Haoss” - “nekārtība”)

Kāds tad ir “haoss” no zinātnes viedokļa, ko fizika saka par to? Kad tas ir iespējams?

Vispirms - tīri intuitīvi - izejas elementiem, kuri veidos haosu, jābūt daudziem, tiem jābūt ļoti lielā skaitā. Dažiem (diviem, trim) elementiem “vieglāk ieraudzīt” kādu likumību, regularitāti, pat ja tās tur nav. Mazam elementu skaitam katru kustību “var iztulkot” kā likumību.

Otrkārt, šajā “elementu pūlī” visiem jābūt puslīdz vienādiem, neviens elements vai kāda to grupa nevar pārāk “spilgti izdalīties”, organizēties, veidot kādu regularitāti, struktūru. Ja tāda izcila novirze jeb fluktuācija no “elementu pūļa” vidējam īpašībām arī notiek, tad tā ir ļoti reta un uz īsu laiku tikai mirkli uzliesmo, lai pēc tam atkal pazustu haosa viduvējībā.

Fizikā tāda situācija realizējas daudzu daļiņu sistēmās, kuras tiek apskatītas makroskopisku izmēru apgabalos. Parasti šo fizikas nozari apzīmē ar terminiem “molekulārā fizika”, “siltuma parādību fizika”, “termodinamika”.

2. TERMODINAMIKAS PRIEKŠMETS - DAUDZU DAĻIŅU SISTĒMAS

Daudzu daļiņu sistēmas - piemēram atomi, molekulas, joni. Daļiņu skaitis tajās ir ļoti liels, piem., 1 gramatomā oglekļa, t.i., 12 gramos oglekļa ^{12}C ir $6 \cdot 10^{23}$ atomu.

Termodinamika apskata daudzu daļiņu sistēmas vidējos lielumus, kas attiecas uz visu sistēmu kopumā, pie ļoti liela daļiņu skaita, gadījumā, kad individuālās daļiņu īpašības (fluktācijas) ir maznozīmīgas (mazsvarīgas). Individuālās īpašības ir, piem., ātrumi, impulsi utt.

Termodinamiskā sistēmā pilnā enerģija saglabājas - pirmais termodinamikas likums.

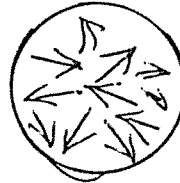
$$E_{\text{termodin. sist.}} = \sum_i E_{\text{kin } i} + \sum_i E_{\text{pot } i}$$

Termodinamiskās sistēmās parādās jauns kustības tips, kāda nav atsevišķai dalīnai. Tas noved pie kinētiskās enerģijas divām formām :

1. Visas dalīnas kustas sakārtoti, koherenti, vienā virzienā. Piem., futbola bumbas visas daļiņas kustas koherentā, sakārtotā kustībā - pie bumbas tiek pielietots darbs, lai tā lidotu pa trajektoriju.



2. Visas dalīnas dotajā ķermenī jeb dotajā termodinamiskajā sistēmā kustas haotiski, nekoherenti. Sistēmas pilnā enerģija ir tā pati, kas pirmajā gadījumā, bet nenovērojam sistēmas kā viena vesela kopīgās, rezultējošās kustības, nav korelācijas (sakarības) starp atsevišķu daļiņu kustību. Šī daļiņu nekoherentā jeb haotiskā, nekorelēta kustība tad arī ir siltuma kustība, tā ir siltuma jēdziena mikroskopiskais pamats.



Haotiskās siltuma kustības jēdziens nav pielietojams atsevišķai dalīnai. Termodinamika nodarbojas ar šo korelēto un haotisko kustību pētīšanu.

3.DARBS, SILTUMS UN ENERĢIJAS PĀRNESE TERMODINAMIKĀ

Darbs - tas ir enerģijas pārnese veids, ko veicam, ja gribam izmainīt kāda objekta (piem., termodin. sistēmas) enerģiju, neizmainot temperatūru starpību. To panākam, piem., paceļot termodin. sistēmu kādā augstumā virs zemes vai izmantojot darbu, lai mainītu sistēmas ātrumu kā veseram objektam.

Siltums - tas ir enerģijas pārnese veids, ko realizē, piešķirot kādam ķermenim siltuma daudzumu, izmantojot temperatūru starpību starp vairāk un mazāk sasildītiem ķermeņiem.

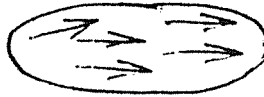
Mikroskopiskā nozīmē tātd :

1. Veicot pie termodin. sistēmas darbu, mēs piespiežam tās daļiņas veikt sakārtotu, koherentu kustību. Otrādi - ja termodin. sistēma veic darbu attiecībā pret apkārtējo vidi, tad tā izsauc tajā sakārtotu kustību. Piem., tvaika izplešanās virzulī izsauc tā virzes kustību.

2. Sistēmu sasildot (sakarsējot), mēs vienmēr piespiežam tās daļiņas kustēties haotiski, nesakārtoti. Otrādi - ja siltums pāriet no termodin. sistēmas apkārtējā vidē (t.i. siltums pārnes enerģiju uz apkārtējo vidi), tad vidē rodas haotiska, nesakārtota kustība. Piem., termofors pie slimnieka vaiga.

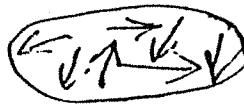
Enerģijas pārnese tāpat iespējama divos veidos :

1) ar darbu



koherenta kustība

2) ar siltumu



haotiska kustība

Piem., varam izmainīt enerģiju dzelzs gabalam ar masu 1 kg :

1) paceļot to 1 m augstumā - tā kinētiskā enerģija pieaugs par 10 džouliem ;

2) metot to horizontāli ar ātrumu $v = 4,5$ m/sek, tā kinētiskā enerģija arī pieaugs par 10 džouliem ;

3) sasildot to par $0,03^{\circ}\text{C}$, tā siltuma kustības enerģija tāpat pieaugs par 10 džouliem.

4. TEMPERATŪRAS JĒDZIENS

Apskatām kādu termodin. sistēmu, kurā, piem., ir $40 \times 40 = 1600$ atomu. Katrs atoms var atrasties vai nu :

1) neierosinātā stāvoklī - ar mazu ātrumu un enerģiju

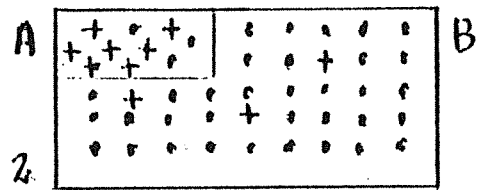
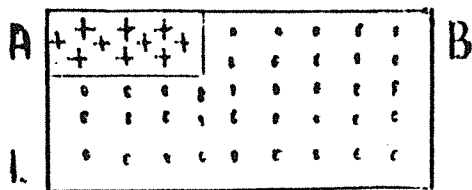
2) ierosinātā stāvoklī - ar lielu ātrumu un enerģiju

Pieņemsim, ka visi neierosinātie atomi ir vienādi (ar vienādu enerģiju) savā starpā, tāpat savā starpā vienādi ir visi ierosinātie atomi. Katrs atoms atomu savstarpējā sadursmē var atdot savu ierosinājumu kaimiņu atomam, pats pārejot neierosinātā atoma stāvoklī un otrādi, saņemt ierosinājumu no kaimiņu atoma.

1. Sākuma stāvoklī visi ierosinātie atomi ir sistēmas apgabālā A

Sākuma stāvoklis

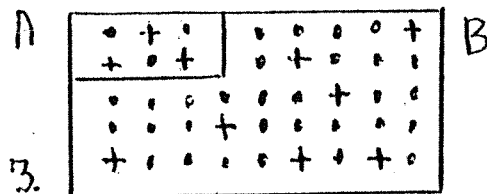
Stāvoklis pēc kāda laika



2. Pēc kāda laika, haotiski kustoties un saduroties, daļa ierosināto atomu no apgabala A nodod savu ierosinājumu apgabalam B.

Var teikt, ka sākumā apgabals A ir sasildīts un, tam pakāpeniski atdziestot (ierosināto atomu skaitam apgabālā A samazinoties), tiek sasildīts apgabals B (tur parādoties ierosinātiem atomiem).

3. Process turpinās tik ilgi, kamēr ierosināto un neierosināto atomu skaits pilnīgi izlīdzinās abos apgabalos A un B - iestājas siltuma līdzsvars visā sistēmā - stacionārs stāvoklis attālam novērotājam.



Stacionārajā beigu stāvoklī :

1) apgabālā B ir vairāk enerģijas nekā apgabālā A, jo tur ir vairāk ierosināto atomu (un vairāk atomu vispār);

2) ierosināto atomu skaita attiecība pret neierosināto atomu skaitu ir vienāda abos apgabalos.

Ierosināto un neierosināto atomu skaita attiecību saistīsim ar temperatūru :

$$T \sim \frac{N_{ieros.}}{N_{neieros.}}$$

Tas saskan arī ar "veselo saprātu" attiecībā pret jēdzieniem "karsts" un "auksts".

Sākumā apgabālā A daudz ierosinātu atomu, augsta T - "karsts" ;

Sākumā apgabālā B maz ierosināto atomu, zema T - "auksts".

Apgabals A silda apgabalu B līdz temperatūras abos apgabalos izlīdzinās (sākumā $T_A \geq T_B$ beigās $T_A = T_B$)

Starpība starp sistēmas temperatūru T un enerģiju E :
Sistēmai var būt liela enerģija E, bet zema temperatūra T.

Piem., ļoti liela daļiņu skaita sistēma, kas satur maz ierosinātu atomu - tā ir auksta. Zemes okeāni satur ļoti daudz enerģijas (liels ūdens molekulu skaits), bet tiem ir visai zema temperatūra.

Sistēmas enerģija ir atkarīga no sistēmas izmēriem, bet tās temperatūra nav atkarīga no tiem.

Matemātiski precīza temperatūras formula vienkāršā gadījumā :
Ja termodin. sistēma sastāv no vienādiem atomiem, kuri var būt neierosinātā stāvoklī (katra atoma ierosmes enerģija $\xi = 0$) vai ierosinātā stāvoklī (katram atomam ir ierosmes enerģija ξ), tad tās temperatūra ir :

$$T = \frac{\xi}{k \cdot \ln \frac{N_{\text{neieros.}}}{N_{\text{ieros.}}}}$$

k - Bolcmana konstante $k = 1,381 \cdot 10^{-23}$ [džouli / grādi]

Tad :

- 1) temperatūra T pieaug, ja pieaug ierosināto atomu skaits N
- 2) temperatūra T = 0, ja nav ierosināto atomu ($T \rightarrow 0$, ja $N_{\text{ieros.}} \rightarrow 0$)

5.OTRAIS TERMODINAMIKAS LIKUMS

Iepriekš redzējām, ka daudzu daļiņu termodinamiskā sistēmā enerģija cenšas izkliedēties, vienmērīgi sadalīties pa visām daļiņām. Šī enerģijas īpašība nav mērķtiecīga, tā vienkārši izriet no enerģijas apmaiņas mehānisma starp daļiņām pie to savstarpējām sadursmēm.

Šī īpašība ir otrā termodinamikas likuma izpausme. Otrajam termodinamikas likumam ir vairāki formulējumi :

1. Klauziusa formulējums (Rudolfs Klauziuss (1822.-1888.g.)) :

"Nav iespējams dabas process, kura vienīgais rezultāts būtu enerģijas pārnese no aukstāka ķermeņa (ar "sakārtotāku" atomu kustību) uz siltāku ķermeni (ar "haotiskāku" atomu kustību)."

Fluktuāciju (noviržu, gadījuma svārstību) dēļ šī enerģija varētu arī migrēt uz apgabalēm ar lielāku ierosināto atomu skaitu (t.i., augstāku temperatūru), bet tas ir ļoti mazvarbūtīgi, tas var notikt ļoti reti, mazā apgabalā un uz īsu brīdi.

2. Kelvina formulējums (Viljams Tomsons (lords Kelvins) (1824.-1907.g.)) :

“Nav iespējams process, kura vienīgais rezultāts būtu siltuma absorbcija (uzsūkšana) no sildītāja un pilnīga šī siltuma pārvēršana darbā.”

Tātad nav iespējams gadījums, ka kāds ķermenis saņem enerģiju no sildītāja (t.i., no tā atomu haotiskās kustības) un pilnīgi pārvērs šo enerģiju darbā (t.i., visa ķermeņa atomu un molekulu sakārtotā kustībā). Tā būtu mašīna ar 100 % lietderības koeficientu.

6.LIELĀ DABAS PROCESU ASIMETRIJA

Saskaņā ar otro termodinamikas likumu var pilnīgi pārvērst

Darbu \longrightarrow Siltumā

“Sakārtotu” kustību par “haotisku” kustību

(So procesu raksturo īpašs lielums - “siltuma mehāniskais ekvivalents”;

1 kalorija = 4,18 džouli),

bet nevar pilnīgi pārvērst

Siltumu \longleftarrow Darbā

“Haotisku” kustību par “sakārtotu” kustību.

Piem., automašīnai bremzējot uz berzes rēķina var “izkļiedēties” (pārvērsties siltumā) viss darbs, ko veic automašīnas motors, bet benzīnam sadegot motorā nekad viss siltums nevar pārvērsties darbā - automašīnas kustībā.

Darbs un siltums ir ekvivalenti kā iespējamie enerģijas pārneses veidi, bet tie nav pilnīgi ekvivalenti to savstarpējā pārejā : darbs \rightarrow siltums un siltums \rightarrow darbs.

Šī asimetrija redzama arī visas cilvēces praksē :

1. Vispirms cilvēce iemācījās pārvērst kurināmo siltumā. Tātad kurināmā uzkrātā “sakārtotā” enerģija (kustība) tika pārvērsta siltuma haotiskajā kustībā (enerģijā).

2. Tikai daudz vēlāk (XVIII gs.) cilvēce sāka apgūt procesu : siltums \rightarrow darbs (daļēji) , tas ir, izdalīt sakārtotu kustību no nesakārtotas. Tas noveda pie siltuma dzinēju izgudrošanas un tehnikas revolūcijas.

Cilvēki vispirms sasildījās un tikai tad izmantoja siltumu darbā.

Siltuma dzinējā (mašīnā) pārvērs siltuma enerģiju darbā, bet tajā obligāti ir jāuztur temperatūru starpība $\Delta T = T_{sildītāja} - T_{dzesītāja}$ un tās uzturēšanai arī jāpatērē enerģija, kas atkal pāriet siltumā, tāpēc siltuma rodas vairāk nekā darba.

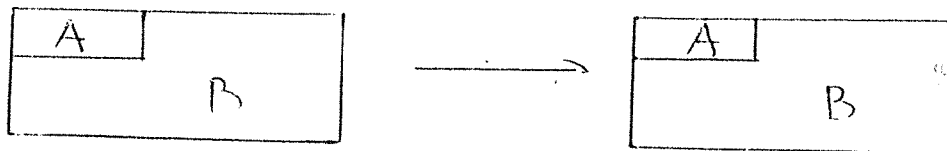
7. ENTROPIJAS JĒDZIENS

Visi dabīgie procesi pasaulē tāpat norisinās saskaņā ar otro termodinamikas likumu virzienā :

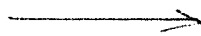
Sakārtota kustība \longrightarrow nesakārtota kustība
Darbs \longrightarrow siltums

Tāpēc ir jābūt kādam īpašam mēram, kas raksturotu šo nesakārtotības, haosa pieaugumu. Šis mērs ir entropija, haosa mērs. Pieaugot nesakārtotībai, pieaug arī entropija.

Apskata termodin. sistēmu ar diviem apgabaliem :



A - sakarsēts apg. T
B - auksts apg. T
Sākuma stāvoklis I



A un B apgabalu temperatūras
izlīdzinās $T = T$
Beigu stāvoklis II

Sistēmas pilnā enerģija ir vienādā abos stāvokļos I un II. Entropiju ievēd tādā veidā, lai attīstībai ejot virzienā I \rightarrow II, stāvoklī II entropija būtu lielāka nekā stāvoklī I, pie kam stāvoklis II var pats (patvaļīgi) rasties no stāvokļa I, bet ne otrādi.

Pretējā pāreja II \rightarrow I, no lielākas entropijas uz mazāku, ir iespējama vienīgi pielietojot darbu.

Tad entropijas principu var izteikt sekojoši :

Dabīgos procesos (sakārtotība \rightarrow haoss) entropija pieaug, "nedabīgos" (mākslīgos) procesos vai fluktuācijās (haoss \rightarrow sakārtotība) entropija samazinās.

Otrā termodinamikas likuma formulējums ar entropijas palīdzību :

Entropija pieaug, sildot termodinamisku sistēmu (pievadot tai enerģiju ar siltuma palīdzību), bet tā nemainās, ja pret termodinamisku sistēmu pielieto darbu (piešķirot tai ātrumu, maina stāvokli ārējo spēku laukā).

8. ENTROPIJAS VIENKĀRSĀKĀ DEFINĪCIJA

Ievedīsim entropijas izmaiņu termodin. sistēmā

(Entropija beigu stāv.)	(Entropija Sākuma stāv.)	(Entropijas izmaiņas)	(Piešķirtais siltums temperatūra)
S_{beigu}	$S_{\text{sākuma}}$	$\Delta S =$	$\frac{Q}{T}$
$-$		$=$	$= \frac{Q_{\text{beigu}} - Q_{\text{sāk.}}}{T}$

Apskatām šo definīciju sīkāk, pie nosacījuma temperatūra $T = \text{const.}$

1. Ja sistēmu silda, tā saņem siltumu $\Delta Q > 0$ un entropija pieaug.
2. Ja no sistēmas aizplūst siltums, tad $\Delta Q < 0$ un entropija samazinās.
3. Ja pret sistēmu dara darbu, tad $\Delta Q = 0$ un entropija nemainās $\Delta S = 0$.
4. Ja sistēmu silda pie augstas temperatūras (T liela), tad entropija pieaug ($\Delta S > 0$) nedaudz.
5. Ja sistēmu silda pie zemas temperatūras (T maza), tad tā saņem paša piešķirtā siltuma ΔQ kā iepriekšējā gadījumā entropijas izmaiņums $\Delta S > 0$ ir liels.

Šī entropijas definīcija ir pareiza pie nosacījuma, ka sistēmu temperatūra T nemainās. Principā tas ir pareizi tikai ļoti lielai siltuma daudzuma daļiņu skaitu. Tādu teorētiski iedomātu termodin. sistēmu, kas sildot nemaina savu temperatūru T sauc par termostatu. Šī entropijas definīcija ir pilnīgi droša tikai termostata gadījumā.

Otrs šīs definīcijas ierobežojums :

Pret sistēmu darot darbu $\Delta Q = 0$ un $\Delta S = 0$.

Praktiski veicot enerģijas pārnesi ar darbu, parasti ir blakus efekti (berze, virpuļi), kas silda apkārtni un izsauc entropijas izmaiņu. Tāpēc daļiņām jāpielieto ļoti "akurāti" (lai nebūtu blakus efektu).

9. ENTROPIJA KĀ ENERĢIJAS KVALITĀTES MĒRS

Apskatām siltuma mašīnu, tai ir :

- 1) sildītājs ar temperatūru $T_{\text{sild.}}$;
- 2) dzesētājs ar temperatūru $T_{\text{dzes.}}$

Mašīna dara darbu, bet ne visu enerģiju, ko saņem darba ķermenis (piem., tvaiks) pārvērš darbā. Daļa siltuma enerģijas aiziet dzesētājam, tā vairs nav derīga darba veikšanai (piem., tvaiks pēc virzuļa pārbīdes). Darba veikšanai to var izmantot lietojot vēl "aukstāku" dzesētāju.

Tātad pie augstākas temperatūras uzkrātā enerģija ir ar augstāku "kvalitāti" darba veikšanai.

Apskatām enerģijas kvalitāti no entropijas viedokļa. Enerģija siltuma mašīnā pāriet siltuma formā virzienā : sildītājs - dzesētājs. Entropijas izmaiņa šai procesā

$$\Delta S = \Delta S_{\text{sildītāja}} + \Delta S_{\text{dzesētāja}}$$

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T_{\text{sild.}}} + \frac{+\Delta Q}{T_{\text{dzes.}}} = \frac{-1}{100^\circ} + \frac{1}{3^\circ} \approx \frac{1}{3} > 0$$

no sildītāja paņem dzesētājam atdod
entropija samazinās entropija pieaug.

Šajā ciklā entropijas izmaiņa $\Delta S > 0$ - entropija pieaug un sistēma (silt. mašīna) kļūst mazāk derīga darba veikšanai. Tātad :

1. Ja enerģiju uzkrāj pie augstas temperatūras T tās entropija S ir relatīvi zema, bet enerģijas "kvalitāte" (darba veikšanai) augsta.
2. Ja to pašu enerģijas daudzumu uzkrāj pie zemas temperatūras T, tās entropija relatīvi liela, bet "kvalitāte" - zema.

Dabas procesi ir vērsti uz entropijas pieaugumu (II termodin. likums). Faktiski cilvēcei draud nevis enerģijas krīze, bet entropijas krīze (enerģija taču saglabājas !).

10. VISI TRĪS TERMODINAMIKAS PAMATLIKUMI

Nedaudz ironiskā formā, bet pēc būtības pareizi :

Pirmais likums :

Siltumu var pārvērst darbā.

Otrais likums :

Pilnīgi to var izdarīt tikai pie absolūtās nulles temperatūras.

Trešais likums :

Bet absolūtās nulles temperatūra nav sasniedzama.

(Absolūtā nulle :- _ - 273,16 C)

4/5

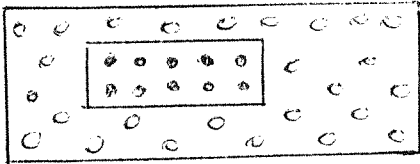
11. DZILĀKA ENTROPIJAS IZPRATNE

.Bolcmana (Ludwig Boltzmann (1844.-1906.)) kapa pieminēklī Vīnes centrālajā kapsētā ir iegravēta formula

$$S = k \log W$$

S - entropija, k - Bolcmana konstante ($k=1,380662 \cdot 10^{-23}$ J / Kelv.)
W - sistēmas stāvokļu skaita varbūtība, lielums, kas ir saistīts ar haosu un ir enerģijas izkliedēšanās mērs.

Apskatot termodin. sistēmu ar diviem apgabaliem un $N=1600$ atomiem.



I apgabalā - piem., 100 ierosinātu atomu

$$N_{\text{ieros.}} = 100$$

II apgabalā - 1500 neierosinātu atomu

$$N_{\text{neieros.}} = 1500$$

Pārvieto no II apg. uz I apg. Vienu neieros. atomu (100 veidos), tad divus ierosin. atomus no I apg. uz II un otrādi (100×99) / 2 = 4950 veidi)
utt., līdz visi atomi pārvietoti. Šādu kombināciju kopīgo skaitu raksturo W.

$$\frac{10! \cdot 9! \cdot 8! \cdot 7! \cdot 6! \cdot 5! \cdot 4! \cdot 3! \cdot 2! \cdot 1!}{2^{100}}$$

12. VISUMA SILTUMA NĀVE

1865.g. R. Klauziuss uz otrā termodinamikas likuma pamata formulēja secinājumu, ka :

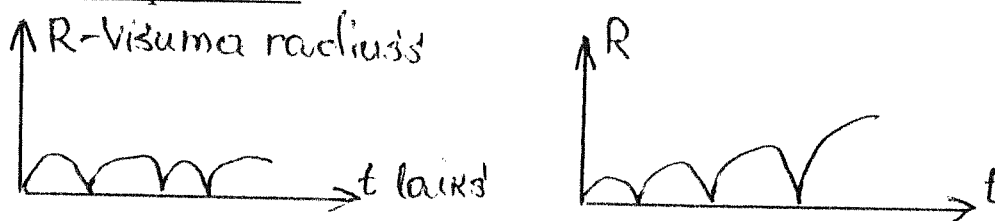
Visiem enerģijas veidiem Visumā galu galā ir jāpāriet siltuma kustības enerģijā, kas vienmērīgi sadalītos pa visu Visuma vielu un pēc tam Visumā izbeigtos pilnīgi visi makroskopiskie procesi.

Tātad saskaņā ar otro termodinamikas likumu (lielā dabas asimetrija : "sakārtota" kustība → "nesakārtota", "haotiska" kustība) jebkura sistēma, kas neapmainās ar enerģiju ar citām sistēmām (un Visumam kā vienam vesalam tāda apmaiņa acīmredzot ir izslēgta), tiecas uz tās visvarbūtīgāko līdzsvara stāvokli, uz stāvokli ar maksimālo entropiju. Tāds stāvoklis, kad nevarētu tikt darīts nekāds darbs, jo visi procesi būtu nonākuši minimālā haosa enerģijas stāvoklī, tiek dēvēts par "Visuma siltuma nāvi".

Mēģinājumi apgāzt Visuma siltuma nāves hipotēzi :

1. Fluktuāciju hipotēze (L. Boltzmanns, 1872. g.) - Visums gan ir līdzsvara stāvoklī, bet ļoti reti ir iespējamas novirzes no šī līdzsvara stāvokļa - fluktuācijas. Ja Visums eksistē bezgalīgi ilgi, tad iespējama milzu fluktuācija, kurā mēs dzīvojam. Tāda pieeja neticami pārspilē fluktuācijas mērogus un lomu.

2. Modernie kosmoloģiskie mēģinājumi - ievērojot gravitācijas enerģiju tā saucamajā pulsējošā Visuma modelī arī nespēj pilnībā atrisināt Visuma siltuma nāves problēmu.



Vienādi cikli - nav fizikāli iespējami. Reāli iespējamais pulsējošā Visuma modelis, kad katrā nākošajā ciklā Visuma rādiuss R pieaug !

Paliek jautājums par pirmā (vismazākā) Visuma izplešanās cikla sākumu. Jebkurā gadījumā - tā kā Visuma siltuma nāve vēl nav iestājusies - tad tam ir bijis sākums.

13. JĒDZIENS PAR SINERGĒTIKU

Mūsu gs. 70.-to gadu sākumā izveidojās jauns daudznozaru (starpdisciplīnu) zinātnisko pētījumu virziens, kas par savu galveno uzdevumu izvirza vispārīgo likumību un principu izziņāšanu, kas atrodas visdažādāko sistēmu (fizisku, ķīmisku, bioloģisku, tehnisku, ekonomisku, sociālu) pašorganizācijas procesu pamatā, kuram vācu fiziķis G.Hakens deva nosaukumu - sinergētika.

Ar pašorganizāciju sinergētikā saprot makroskopisku telpā un laikā eksistējošu struktūru veidošanos (rašanos) sarežģītās nelineārās sistēmās, kas atrodas no līdzsvara tālu esošos stāvokļos, īpašu kritisko punktu (t.s. bifurkācijas punktu) tuvumā, kuru apkārtņē sistēmas izturēšanās kļūst nestabila. Tas nozīmē, ka šajos kritiskajos punktos sistēma visniecīgāko iedarbību jeb fluktuāciju rezultātā var krasi izmainīt savu stāvokli. Šo sistēmas pāreju, stāvokļa izmaiņu kritiskajos punktos, bieži raksturo kā kārtības rašanos no haosa.

Vienlaicīgi līdz ar to sinergētikā notiek haosa koncepcijas pārvērtēšana un tiek ieviests dinamiskā jeb determinētā haosa jēdziens. Ar to saprot kaut kādu supersarežģītu sakārtotību, kas eksistē potenciāli, netieši un kas var parādīties (izpausties) sakārtotu struktūru milzīgā daudzveidībā.

Visu to kopā ņemot, var teikt, ka sinergētika izvirza kvalitatīvi citu zinātnisko pasaules ainu, salīdzinot ne tikai ar to, kas bija klasiskās zinātnes (piem., Ņūtona mehānikas) pamatos, bet arī ar to, ko pieņemts saukt par XX gs. pirmās puses neklasisko dabas zinātņu kvantu - relativistisko pasaules ainu, kas izveidojās pēc relativitātes teorijas un kvantu mehānikas atklāšanas.

Šīs jaunās pasaules ainas pamatā ir jauni priekšstati par laiku mūsdienu dabas zinātnēs un pirmkārt, fizikā.

14. LAIKA APGRIEZAMĪBA UN NEAPGRIEZAMĪBA FIZIKĀ.

Klasiskajā (Ņūtona) un arī mikropasaules (kvantu) mehānikā, kur apskatām atsevišķu daļiņu kustības vienādojumus, laiks ir apgriežams.

Piemēram, uzņemsim kinofilmā :

1) svārsta kustību ;



2) akmens trajektoriju, kas mests slīpi pret horizontu.



un apskatīsim šo kinofilmu gadījumā, kad tā ir palaista demonstrēšanai pretējā virzienā, no beigām uz sākumu, kas atbilst laika virziena maiņai, virzienā no tagadnes uz pagātņi : $t \rightarrow (-t)$.

Ņūtona mehānikai ir vienalga, kādā virzienā iet filma, mainot laika zīmi $t \rightarrow (-t)$ tās likumi nemainās. Tātad klasiskā mehānika (arī elektromagnētisko parādību teorija) ir apgriežama laikā.

Bet termodinamikas otrais likums nosaka procesiem tikai vienu virzību virzienā uz haosa, entropijas pieaugumu.

Termodinamikas likumi nav apgriežami laikā, termodinamikā laiks nav apgriežams.

Tātad parādās fundamentāla problēma - laika apgriežamības problēma fizikā, jo tam klasiskajā mehānikā un termodinamikā ir dažādas īpašības. Šī problēma iziet pat tālu ārpus fizikas robežām.

15. JAUNIE PRIEKŠSTATI PAR LAIKU SINERGĒTIKĀ

Viens no sinergētikas dibinātājiem ir krievu izcelsmes beļģu fiziokīmiķis Ilja Prigožins (Prigogine, (dz. 1917.)), Nobela prēmija ķīmijā 1977.g.), kas ļoti lielu uzmanību veltī laika problēmai mūsdienu dabas zinātnēs un pirmkārt fizikā, kur vairāk nekā 300 gadus valdīja uzskats, ka laiks pēc būtības ir ģeometrisks parametrs, kuram nav kvalitatīvu atšķirību no telpas koordinātēm.

Prigožins uzskata, ka tāda laika izpratne piemīt Ņūtona pasaules ainai, kuras ietvaros starp pagātņi, tagadņi un nākotņi nav principiālu atšķirību. Laiks fundamentālo dabas likumu līmenī ir apgriežams (izņemot dažus gadījumus elementārdaļiņu fizikā). Kas attiecas uz novērojamās parādību pasaules neapgriežamību, tad tā, saskaņā ar Prigožinu, nāk no izzinas subjekta un ir saistīta ar viņa izmantoto izzinas līdzekļu nepilnību.

Termodinamiskās neapgriežamības atklāšana (otrais termodinamikas likums) un atklājums, ka termodinamisko neapgriežamību nav iespējams saskaņot ar dinamikas likumiem, kas ir apgriežami laikā (piem., Ņūtona klasiskās mehānikas likumi), kļuva par vienu no cēloņiem atziņai, ka klasisko dabas zinātņu "atemporālais" laiks ir uzskatāms tikai par speciālgadījumu, kas drīzāk ir adekvāts cilvēka radīto mehānisko iekārtu pasaulei, nekā realitātei pašai par sevi. Bet šis laika izpratnes speciālgadījums tika transformēts par racionāli izprotamās pasaules, kas pakļauta ārpuslaicīgiem, nemainīgiem likumiem, universālu (vispārīgu) tēlu (stereotipu).

Šis klasisko dabaszinātņu pasaules ainas laika priekšstats saskaņā ar Prigožinu tad arī būtiski neizmainījās XX gs. pirmās puses dabaszinātņu revolūcijā (relativitātes teorijas un kvantu mehānikas atklāšana) un tāpēc XX gs. beigu zinātnei no jauna ir jāatklāj laika jēdziena dziļāka izpratne.

V. ELEKTROMAGNĒTISKAIS LAUKS UN SPECIĀLĀS RELATIVITĀTES TEORIJAS PAMATI

1. Tāldarbības teorija mehānikā un elektromagnētismā.
2. Tuvdarbības teorija un fizikālās mijiedarbības lauks.
3. Elektromagnētiskais lauks.
4. Klasiskais relativitātes princips mehānikā.
5. Speciālās relativitātes teorijas (SRT) pamatpostulāti.
6. Vienlaicības relativitāte.
7. Telpas attālumu un laika intervālu relativitāte.
8. Ātrumu saskaitīšana SRT
9. Jēdziens par telpas - laika intervālu SRT.
10. Masas atkarība no ātruma. Relatīvistiskā mehānika.
11. Sakarība starp masu un enerģiju.
12. Kopsavilkums par fizikālajiem laukiem un speciālo relativitātes teoriju

Literatūra :

Vidusskolu mācību grāmatas :

1. B.Buhovcevs, J.Kļimontovičs, G.Mjakiševs.
Fizika 10. klasei, Rīga "Zvaigzne", 1988.g.
2. G.Mjakiševs, B.Buhovcevs.
Fizika 11. klasei. Rīga, "Zvaigzne", 1989.g.

Par SRT telpas - laika intervālu :

3. B.N.Ivanov. Novaja fizika. Moskva, Izd-vo AN SSSR, 1963, 31-33
lpp.

1. TĀLDARBĪBAS TEORIJA MEHĀNIKĀ UN ELEKTROMAGNĒTISMĀ

Nūtona izveidotā klasiskā mehānika necentās izskaidrot to spēku dabu, kuru iedarbības rezultātā mainās ķermeņu kustība. Tā pēc vispasaules gravitācijas likuma atklāšanas (1687.g.) Nūtons atteicās atbildēt uz jautājumu : “Kāda ir gravitācijas spēku daba ? Kāpēc visi ķermeņi pievelkas viens otram ?”

Viņš rakstīja : “ Pietiek ar to, ka gravitācija patiešām eksistē un ka tā darbojas saskaņā ar mūsu izklāstītajiem likumiem, ar kuriem pilnīgi pietiek, lai izskaidrotu visas debess ķermeņu un jūras (t.i. paisumu un bēgumu) kustības.”

Tas lika pamatus teorijai par tiešu iedarbību no attāluma caur tukšumu (vakuumu) - tāldarbības teorijai. Saskaņā ar šo teoriju, iedarbība izplatās momentāni jebkurā attālumā un ķermeņi spēj “sajust” cits citu arī tad, ja starp tiem nav nekādas vides.

Klasiskā mehānika balstās uz tāldarbības teoriju, saskaņā ar kuru daļiņu mijiedarbību citai ar citu apraksta ar spēku lauka jēdzienu. Bet klasiskajā mehānikā spēku lauks faktiski ir tikai matemātisks daļiņu mijiedarbības apraksta veids, tam nav “materiālās substances” rakstura.

Sos tāldarbības teorijas principus vispirms (XVII, XVIII gs.) attiecināja uz gravitācijas parādībām apskatot gravitācijas spēku lauku.

Nedaudz vēlāk (XVIII gs. beigās, XIX gs. sākumā) tāldarbības teorijas principus sāka lietot elektrisko un magnētisko parādību izskaidrošanai, šī virziena piekritēji bija :

1) franču zinātnieks Šarls Kulons (1736.-1806.g.), kurš 1785.-1788.g. atklāja elektrisko lādiņu mijiedarbības likumu (Kulona likumu).

2) franču zinātnieks Andrē Ampērs (1775.-1836.), kurš 1820.g. atklāja elektrisko strāvu mijiedarbības likumu (Ampēra likumu).

Tātad sākumā elektromagnētismu centās pamatot līdzīgi mehānikai.

2. TUVDARBĪBAS TEORIJA UN FIZIKĀLAIS MIJIEDARBĪBAS LAUKS

Novērojot viena ķermeņa iedarbību uz citu noteiktā attālumā esošu ķermeņi, vispirms ir jāpārlicinās, vai starp ķermeņiem nav kāda materiāla saite (piem., stieņi, stīgas) un tikai pēc tam varam pieņemt, ka ķermeņi tieši iedarbojas. Ja starp ķermeņiem ir šāds materiālais saistījums, tad viena ķermeņa iedarbība uz citu ķermeņi, izskaidrojama ar šo starpposmu

palīdzību. Šie starpposmi izveido starp ķermeņiem nepārtrauktu savienotāju līniju. Šīs līnijas katrā punktā noris kāds fizikāls process. Ar šī procesa starpniecību, tam izplatoties no punkta uz punktu, tiek pārvadīta iedarbība, pie tam, pārvadīšana notiek nevis momentāni, bet ar kaut kādu ātrumu.

Tādējādi ķermeņu iedarbību no attāluma daudzos gadījumos var izskaidrot ar to, ka eksistē starpposmi, kuri pārvada šo iedarbību. Arī tajos gadījumos, kad nemanām nekādu vidi, nekādu starpnieku starp mijiedarbībā esošajiem ķermeņiem, vai tomēr nevarētu pieņemt, ka eksistē tādi starpposmi? Piem., nezinot gaisa īpašības, skaņas izplatīšanās neredzamā vidē būtu pilnīgi nesaprotama, iznāk tāldarbība, bet, zinot vides (gaisa) īpašības, var izpētīt skaņas viļņu izplatīšanos, kā arī aprēķināt skaņas viļņu izplatīšanās ātrumu.

Tuvdarbības teorijas pamatā ir priekšstats, ka tādu ķermeņu mijiedarbība, kuri atrodas zināmā attālumā viens no otra, vienmēr norisinās ar starpposmu (vai vides) palīdzību; šie starpposmi pārvada mijiedarbību no punkta uz punktu.

Galvenais fakts, kas atšķir tuvdarbības teoriju no tāldarbības teorijas, ir tas, ka telpā starp mijiedarbībā esošiem ķermeņiem norisinās noteikts process, kurš ilgst zināmu laiku. Citiem vārdiem - mijiedarbība noteikta fizikāla procesa rezultātā izplatās ar galīgu ātrumu. Tas arī ir pamats mehānikas spēku lauka priekšstata pārvērtēšanai, tā vietā ievedot priekšstatu par fizikālās mijiedarbības lauku.

3. ELEKTROMAGNĒTISKAIS LAUKS

Tuvdarbības teorijai bija izšķiroša nozīme, lai izveidotos mācība par elektromagnētisko lauku, ko iesāka angļu zinātnieks Maikls Faradejs (1791.-1867.g.) un pabeidza arī angļu zinātnieks Džeimss Maksvels (1831.-1867.g.).

Elektromagnētisma teorijas galvenās atziņas:

1. Gan nekustīgas, gan kustīgas elektriski lādētas daļiņas sev apkārt rada elektrisko lauku, kas darbojas uz lādīņiem neatkarīgi no tā, vai lādīņi atrodas mierā vai kustas.

2. Elektriskā strāva (lādētu daļiņu virzīta kustība) sev apkārt rada magnētisko lauku (virpuļlauku, jo tā indukcijas līnijas aptver vadītājus, kuros plūst strāva un tās vienmēr ir noslēgtas).

3. Magnētiskais lauks darbojas uz elektrisko strāvu, t.i., tikai uz kustībā esošām lādētām daļiņām. Līdzstrāva rada magnētisko lauku, kura indukcija laikā nemainās.

4. Elektriskie un magnētiskie lauki ir nepārtraukti - lādiņu elektriskā lauka intensitātei un strāvu magnētiskā lauka indukcijai visos telpas punktos ir noteiktas vērtības, kas bez lēcieniem mainās no punkta uz punktu.

5. Mainīgs magnētiskais lauks rada elektrisko lauku, kura intensitātes līnijas ir noslēgtas (elektromagnētiskā indukcija). Tātad elektrisko lauku rada ne tikai elektriskie lādiņi, bet arī mainīgs magnētiskais lauks.

6. Mainīgs elektriskais lauks savukārt rada magnētisko virpullauku (Maksvela hipotēze).

7. Sajos elektromagnētiskās indukcijas procesos (mainīgs magnētiskais lauks rada mainīgu elektrisko lauku, kurš savukārt rada magnētisko lauku utt.) elektromagnētiskā mijiedarbība izplatās elektromagnētisko viļņu veidā, kuri izplatās ar vienādu ātrumu (gaismas ātrums c) visos virzienos. Elektromagnētiskie viļņi ir šķērsviļņi. Tos paredzēja jau Dž. Maksvels, bet eksperimentāli atklāja H. Heres 1889.g.

4. KLASISKAIS RELATIVITĀTES PRINCIPS MEHĀNIKĀ UN ELEKTRODINAMIKĀ

Pēc Maksvela elektrodinamikas pamatlikumu formulēšanas (1865.g.) izvirzījās jautājums :

“Vai klasiskais (Galileja) relativitātes princips, kas ir pareizs attiecībā uz mehāniskām parādībām ir pareizs arī attiecībā uz elektromagnētiskām parādībām ?

Tātad jautājums : vai elektromagnētiskie procesi (lādiņu un strāvu mijiedarbība, elektromagnētisko viļņu izplatīšanās) vienādi norisinās visās inerciālās sistēmās ?

Elektrodinamikas likumi (vienādojumi) ir sarežģīti, tāpēc jautājuma noskaidrošana par to izturēšanos pārejot no vienas inerciālās atskaites sistēmas uz otru, ir visai grūta. Vienkāršā veidā to palīdz atrisināt fakts, ka saskaņā ar elektrodinamikas likumiem :

Vakuumā elektromagnētisko viļņu izplatīšanās ātrums ir vienāds visos virzienos (tas ir $c \approx 3 \cdot 10^{10}$ cm/sek = $3 \cdot 10^8$ m/sek = 300000 km/sek).

Bet saskaņā ar Ņūtona mehānikas ātrumu saskaitīšanas likumu gaismas ātrumam būtu jāmainās pārejot no vienas inerciālās atskaites sistēmas uz otru., tam būtu jābūt $\vec{c} \pm \vec{v}$ (kur $\pm \vec{v}$ - atskaites sistēmas ātrums).

Tātad XIX gs beigās atklājās pretrunas starp Ņūtona mehāniku un Galileja relativitātes principu no vienas puses un Maksvela elektrodinamiku no otras puses. Tās principā varēja atrisināt, vadoties no trim iespējamībām :

1. Atzīt, ka klasisko relativitātes principu nevar piemērot elektromagnētiskām parādībām. Šo uzskatu izvirzīja holandiešu fiziķis

Hendriks Lorencs (1853.- 1928.). Elektromagnētiskās parādības kopš Faradeja pētījumiem uzskatīja par procesiem, kas norisinās īpašā visur iekļūstošā vidē - "pasaules ēterā", kas aizpilda visu pasaules telpu. Inerciālā atskaites sistēma, kas ir miera stāvoklī attiecībā pret ēteru, saskaņā ar Lorencu, ir īpaša, "galvenā" sistēma, kurā ir spēkā Maksvela elektrodinamikas likumi un c ir vienāds visos virzienos.

2. Klasiskais relativitātes princips ir pareizs, bet nepareizi ir paša Maksvela elektrodinamikas likumi, kuri ir jāmaina tā, lai tie nemainītos pārejot no vienas inerciālās atskaites sistēmas uz otru. Šo ieskatu aizstāvēja, piem., Heinrihs Herts (1857.-1894., vācu fiz.). Saskaņā ar to, ēteru pilnībā aiznes sev līdzī kustībā esošie ķermeņi, tāpēc elektromagnētiskās parādības, kas norisinās ēterā, notiek vienādi, neatkarīgi no tā, vai ķermenis atrodas mierā vai kustas.

3. Pareizs ir gan klasiskais relativitātes princips, gan Maksvela elektrodinamikas likumi. Jāmaina ir klasiskie priekšstati par telpu un laiku, kā arī Nūtona mehānikas likumi.

Attīstība visos trīs virzienos deva sekojošus rezultātus :

1. H.Lorenca viedokli par īpašas atskaites sistēmas eksistenci, kura saistīta ar pasaules ēteru, kas atrodas absolūtā miera stāvoklī, apgāza amerikāņu zinātnieku Alberta Maikelsona (1852.-1931.) un Eduarda Morleja (1838.-1923.) eksperimenti 1881.g.. Mērot ļoti precīzi gaismas ātrumu Zemes kustības virzienā un šim virzienam perpendikulārā virzienā, neizdevās konstatēt "ētera vēju", t.i., noteikt "ētera vēju" - šo atskaites sistēmas (Zemes) kustību attiecībā pret pasaules ēteru. Netika pierādīta šādas īpašas atskaites sistēmas eksistence.

2. Mainot Maksvela elektrodinamikas likumus, H.Herca iegūtie jaunie vienādojumi nespēja izskaidrot vairākus faktus. Piem., ja tekošs ūdens aiznes sev pilnīgi līdz ēteru, tad tam pilnīgi jāaiznes līdzī arī ēterā izplatījusies gaisma, kas bija pretrunā ar eksperimentu.

3. Mainot klasiskos priekšstatus par telpu un laiku, kā arī Nūtona mehānikas likumus, Alberts Einšteins (1879.-1955.) 1905. g. Izveidoja speciālo relativitātes teoriju (SRT), kas ir jauna mācība par telpu, laiku un ķermeņu kustību. Tika revidēti uzskati, ka kustība neietekmē laiku (t.i., ka laiks ir absolūts) un ķermeņa izmēri nav atkarīgi no tā miera stāvokļa vai kustības (t.i., ka telpa ir absolūta).

5.SPECIĀLĀS RELATIVITĀTES TEORIJAS PAMATPOSTULĀTI

Maikelsona eksperimenta negatīvo rezultātu mēģināja izskaidrot ar dažādām hipotēzēm, lai saglabātu priekšstatu par izdalīto atskaites sistēmu,

kas saistīta ar pasaules ēteru. A. Einšteins uzskatīja, ka šis eksperiments liecina par inerciālo atskaites sistēmu līdzvērtību visos dabas procesos.

Viņa speciālā relativitātes teorija (SRT, 1905. g.) pamatojas uz diviem pamata postulātiem :

1. Visi dabas procesi norisinās vienādi visās inerciālajās atskaites sistēmās. Tātad visiem fizikas likumiem visās inerciālajās atskaites sistēmās ir vienāds veids. Klasiskās (Nūtona) mehānikas Galileja relativitātes princips ir spēkā arī elektromagnētiskajos procesos. Šo jauno principu sauc arī par Einšteina relativitātes principu.

2. Gaismas ātrums vakuumā ir vienāds visās inerciālajās atskaites sistēmās. Tas nav atkarīgs ne no gaismas avota ātruma, ne arī no gaismas signāla uztvērēja ātruma.

— Šo postulātu sauc arī par gaismas ātruma pastāvības (nemainīguma) principu. Tātad gaismas ātrums ieņem dabā īpašu stāvokli, pie tā nevienu citu ātrumu nevar ne pieskaitīt, ne atņemt. Tas ir maksimāli iespējamais fizikālās mijiedarbības pārneses (pārvadīšanas) ātrums dabā. Pēc pēdējiem datiem gaismas ātrums vakuumā ir :

$$c = (299\,792\,458 \pm 1,2) \text{ (m/sek)} = 299\,792,458 \text{ (km/sek)}$$

300000(km/sek)

Abiem šiem Einšteina SRT postulātiem ir jāizpildās reizē, vienlaikus. Tas arī ir pamatā tam, ka būtiski bija jāmaina klasiskie priekšstati par telpu un laiku.

6. VIENLAICĪBAS RELATIVITĀTE

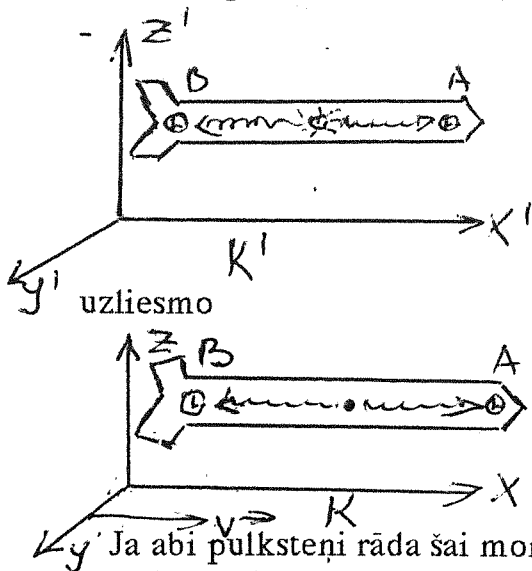
1. Notikumu vienlaicība un pulksteņu sinhronizācija pie momentāna signālu (mijiedarbību) izplatīšanās ātruma.

Ja pieņem, ka signāli izplatās momentāni, tad apgalvojums, ka notikumi divos telpā atdalītos punktos A un B ir notikuši vienlaikus, ir absolūts apgalvojums.

Punktos A un B novietotus pulksteņus var sinhronizēt, izmantojot momentānus signālus. Ja plkst. 12.00 no punkta A raida signālu uz punktu B, kas momentāni nonāk punktā B un punktā B pulkstenis arī rāda 12.00 (signāla saturs, piem., laiks "12.00"), tad tas nozīmē, ka abi pulksteņi rāda vienādu laiku jeb darbojas sinhroni. Ja tā nav, tad piem., pēc norunas var pulksteni B pagriezt momentāni uz priekšu vai atpakaļ (pēc signāla satura). Jebkuri divi notikumi punktos A un B ir norisinājušies vienlaicīgi, ja tie notiek sinhronizētiem pulksteņiem uzrādot vienādu laiku.

55

2. Pulksteņu sinhronizācija divos telpā atdalītos punktos A un B pie galīga signālu izplatīšanās ātruma (saskaņā ar SRT postulātiem).



Raķete ir saistīta ar atskaites sistēmu K' (x', y', z'). Raķetes vidū

gaismas avots, kas ir nekustīgs attiecībā pret raķeti. Gaisma vienlaikus sasniedz abus punktus A un B (avots ir vidū starp A un B).

Ja abi pulksteņi rāda šai momentā vienādi, tad tie ir sinhroni, ja ne, tad tos var sinhronizēt (zinot attālumu AB, gaismas ātrumu c , var koriģēt, piem., pulksteni B).

Atskaites sistēmā K (x, y, z) attiecībā pret kuru raķete kustas ar ātrumu v :

- 1) pulkstenis A attālinās no tās vietas kur notika uzliesmojums, lai sasniegtu A, gaismai jānoiet vairāk nekā puse no attāluma AB.
- 2) pulkstenis B tuvojas - gaismai jānoiet mazāk par pusi no attāluma AB.

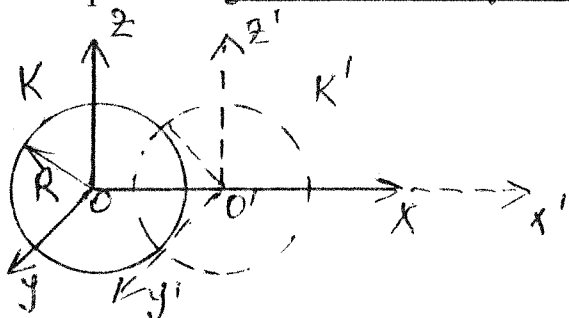
Novērotājs sistēmā K secina:

Signāli abus pulksteņus A un B nerasniedz vienlaikus. Notikumi punktos A un B ir vienlaicīgi sistēmā K' , bet nav vienlaicīgi sistēmā K .

Saskaņā ar Einšteina relativitātes principu, abas atskaites sistēmas K (attiecībā pret kuru sistēma K' un ar to saistītā raķete kustas ar ātrumu v) un sistēma K' (kura ir nekustīga attiecībā pret raķeti, bet attiecībā pret kuru sistēma K kustas ar ātrumu $-v$) ir līdzvērtīgas, nevienai no šīm sistēmām nevar dot priekšroku.

Tātad esam spiesti secināt, ka telpā atdalītu notikumu vienlaicība ir relatīva. Vienlaicības relativitātes cēlonis ir tas, ka signālu izplatīšanās ātrums ir galīgs lielums, kas nepieļauj divos dažādos punktos A un B notiekošu notikumu "momentānu sinhronizāciju" un līdz ar to "absolūta laika" ieviešanu, kas būtu neatkarīgs no inerciālām atskaites sistēmām.

Apskatām gaismas uzliesmojumu divās inerciālās atskaites sistēmās.



Atskaites sistēma K ar koordinātēm x, y, z , to sākuma punkts O .
 Atskaites sistēma K' ar koordinātēm x', y', z' , to sākuma punkts O' .
 Sistēmas K un K' kustas viena pret otru ar ātrumu v .

Laika momentā, kad abu sistēmu koordinātu sākumpunkti sakrīt ($O=O'$), tur notiek gaismas uzliesmojums. Laikā t sistēmas viena attiecībā pret otru novirzās par attālumu $v t$, bet uzliesmojuma sfēriskās gaismas viļņu virsmas ("gaismas sfēras") rādiuss laikā t sasniedz lielumu $R=ct$. Sistēmas K un K' ir līdzvērtīgas un gaismas ātrums c ir vienāds abās sistēmās. Tad :

- 1) novērotājs sistēmā K redzēs gaismas sfēras centru punktā O ;
- 2) novērotājs sistēmā K' redzēs gaismas sfēras centru punktā O' .

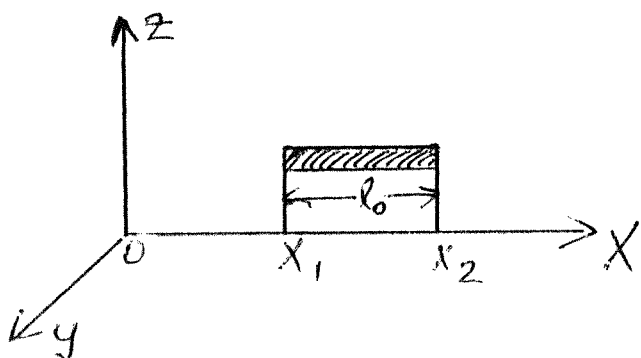
Iznāk pretruna - izejot no abiem SRT postulātiem, viena un tā paša uzliesmojuma gaismas viļņu sfērai ir divi centri O un O' (paradokss ?).

Atrisinājums meklējams vienlaicības relativitātē. Gaisma vienlaikus sasniedz sfēras virsmas punktus, kuru centrs ir punktā O , tikai no tā novērotāja viedokļa, kurš atrodas mierā attiecībā pret sistēmu K. Novērotājam, kurš saistīts ar sistēmu K' , gaisma sasniedz šos punktus dažādos laika momentos. Savukārt novērotājam sistēmā K, tās sfēras virsmas punktus, kuru centrs ir O' , gaisma sasniedz dažādos laika momentos, nevis vienlaikus, kā tas šķiet novērotājam sistēmā K' un nekāda paradoksa nav.

7. Telpas ATTĀLUMU UN LAIKA INTERVĀLU RELATIVITĀTE

1) attālumi

Izvēlamies inerciālo atskaites sistēmu $K(x, y, z, t)$

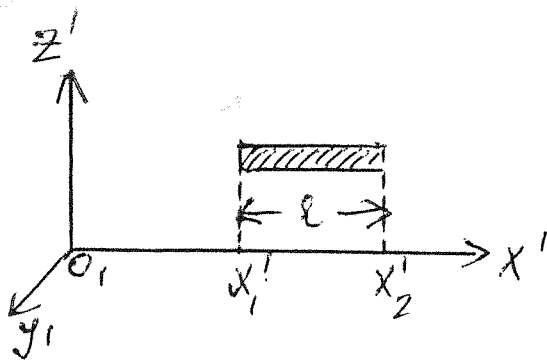


Stieņa garums atskaites sistēmā K, attiecībā pret kuru stienis ir miera stāvoklī :

$$l_0 = x_2 - x_1$$

Stieņa garums atskaites sistēmā K' attiecībā pret kuru stienis kustas ar ātrumu v

$$x_2 - x_1 = l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

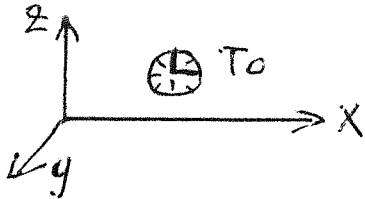


Redzam, ka saskaņā ar šo formulu $l < l_0$.

kermenu garums relatīvistiski saīsinās kustīgajā atskaites sistēmā K'

2) laika intervāli

sistēmā $K(x, y, z, t)$



Laika intervāls starp diviem notikumiem, kas norisinās sistēmas K vienā un tai pašā punktā

$$T_0 = t_2 - t_1$$

Laika intervāls starp tiem pašiem notikumiem atskaites sistēmā K' ,

kas kustas ar ātrumu v pret sistēmu K

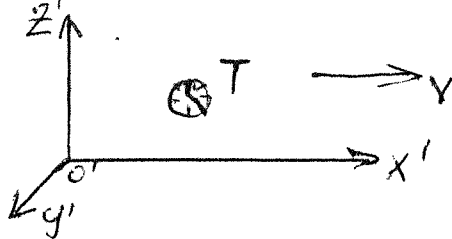
$$t'_2 - t'_1 = T = T_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Redzam, ka saskaņā ar šo formulu

$$T > T_0$$

laika intervāls relatīvistiski palēninās kustīgajā atskaites sistēmā K' .

Sistēmā K'
(x', y', z', t')



Ja ķermeņu kustības ātrums v ir ļoti mazs salīdzinot ar gaismas ātrumu c

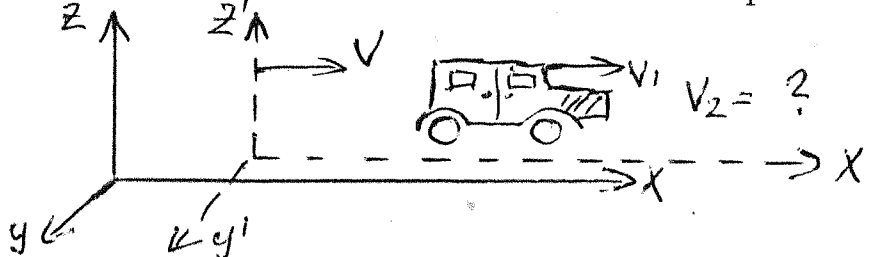
$$v \ll c$$

tad lielums $\sqrt{1 - v^2/c^2} \rightarrow 1$ un tad $l \approx l_0$, $T \approx T_0$,

tas ir ķermeņu relatīvistisko saīsināšanos un laika palēnināšanos kustīgajās atskaites sistēmās var neņemt vērā.

8. ĀTRUMU SASKAITĪŠANA SRT

Apskatām inerciālu atskaites sistēmu $K(x, y, z, t)$ kā dotu. Inerciālā atskaites sistēma $K'(x', y', z', t')$ kustas ar ātrumu v attiecībā pret sistēmu $K(x, y, z, t)$.



Ķermenis (piem., automobilis) kustas ar ātrumu v attiecībā pret sistēmu $K'(x', y', z', t')$.

Ķermeņa (automobiļa) kustības ātrumu attiecībā pret sistēmu $K(x, y, z, t)$ apzīmēsim ar v_2 .

Kā ātrums v_2 izteiksies ar ātrumiem v_1 un v ?

Saskaņā ar klasisko (Nūtona) mehāniku

$$v_2 = v_1 + v$$

Saskaņā ar relativistisko ātrumu saskaitīšanas likumu SRT :

$$v_2 = (v_1 + v) / (1 + v_1 \cdot v / c^2)$$

Ja $v \ll c$ un $v_1 \ll c$, tad locekli $v_1 \cdot v / c^2$ saucējā var neievērot un relativistisko ātrumu saskaitīšanas likuma vietā atkal dabū $v_2 = v_1 + v$

Ja $v_1 = c$, tad arī ātrums $v_2 = c$, kā to nosaka SRT otrais postulāts :

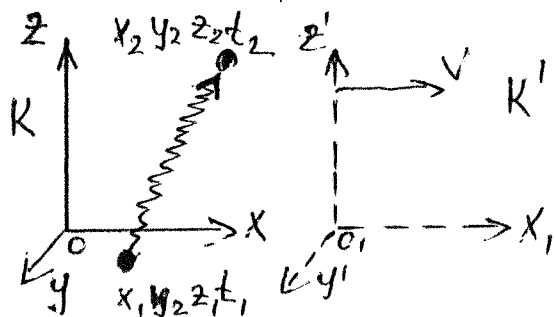
$$v_2 = (c + v) / (1 + c \cdot v / c^2) = c(c + v) / (c + v) = c$$

Ja $v_1 = c$ un arī $v = c$, tad arī $v_2 = (c + c) / (1 + c \cdot c / c^2) = (c + c) / 2 = c$

Saskaitot ātrumus SRT, jebkuru ātrumu v_1 un v (ja $v_1 \leq c$ un $v \leq c$) rezultējošais ātrums v_2 nepārsniedz gaismas ātrumu c .

9. JĒDZIENS PAR TELPAS - LAIKA INTERVĀLU SRT

Mijiedarbības izplatīšanās ātrums ir vienāds ar c visās inerciālās atskaites sistēmās. Apskatām divas inerciālās atskaites sistēmas K un K' .



Sistēma K' kustas attiecībā pret sistēmu K ar kādu konstantu ātrumu v (un otrādi K kustas attiecībā pret K')

Apskatām sistēmā K divus notikumus :

1. notikums : no punkta ar koordinātēm x_1, y_1, z_1 laika momentā t_1 ar ātrumu c tiek sūtīts gaismas signāls.

2. notikums : punktā ar koordinātēm x_2, y_2, z_2 laika momentā t_2 pienāk signāls no punkta x_1, y_1, z_1 .

Tad signāla noietais ceļš = ātrums laiks : $s = c \cdot (t_2 - t_1)$.

Signāla noieto ceļu var izteikt kā abu punktu koordinātu starpību :

$$s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} = c (t_2 - t_1)$$

un ceļot kvadrātā un parnesot locekļus uz kreiso pusi

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 = 0$$

Apskatām tos pašus divus notikumus sistēmā K' .

1. notikuma koordinātas un laiks

2. notikuma koordinātas un laiks

$$x'_1, y'_1, z'_1, t'_1$$

$$x'_2, y'_2, z'_2, t'_2$$

tā kā gaismas ātrums c ir vienāds abās atskaites sistēmās, tad analogi :

$$(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2 + (z'_2 - z'_1)^2 - c^2 (t'_2 - t'_1)^2 = 0$$

Vispār, ja kādā inerciālā atskaites sistēmā x_1, y_1, z_1, t_1 un x_2, y_2, z_2, t_2 ir kādu divu notikumu telpas un laika koordinātes, tad lielumu

$$S_{12} = \sqrt{c^2 (t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2}$$

sauc par telpas - laika intervālu starp šiem notikumiem.

Telpas - laika intervāls starp šiem notikumiem nemainās pārejot no vienas inerciālās atskaites sistēmas uz otru, tas ir invariants lielums SRT.

10. MASAS ATKARĪBA NO ĀTRUMA. RELATĪVISTISKĀ DINAMIKA

Klasiskajā (Nūtona) mehānikā bija spēkā otrais Nūtona likums, kas nemaina savu formu pārejot no vienas inerciālās atskaites sistēmas uz otru. (Galileja relativitātes princips).

$$\vec{F} = m \Delta \vec{v} / \Delta t = m \cdot d\vec{v} / dt = m \cdot \vec{a}$$

SRT ar tās jaunajiem priekšstatiem par telpu un laiku jāmaina arī klasiskās mehānikas likumi, jo tie ir tikai aptuveni pareizi, pie maziem ķermeņu kustības ātrumiem, salīdzinot ar gaismas ātrumu c .

Saskaņā ar šeit uzrakstīto otro Ņūtona likumu iznāk, ka konstants spēks F iedarbodamies uz ķermeni ilgāku laiku, var piešķirt ķermenim jebkuru ātrumu \vec{v} , pat lielāku par gaismas ātrumu c ($v > c$).

Tas ir pretrunā ar SRT pamatiem, saskaņā ar kuriem c ir robežātrums un ķermenis nekādos apstākļos nevar kustēties ar ātrumu $v > c$.

SRT pareizs ir otrā Ņūtona likuma formulējums, ko devis pats Ņūtons :

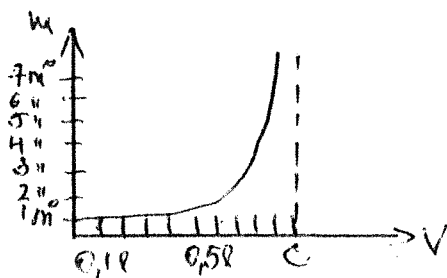
$$F = \Delta \vec{p} / \Delta t = d\vec{p} / dt = d(m\vec{v}) / dt$$

kur $\vec{p} = m \cdot v$ ir ķermeņa impulss (kustības daudzums). Tikai te ir jāņem vērā, ka atšķirībā no Ņūtona mehānikas, kur ķermeņa masa ir nemainīga konstante $m = \text{const}$, SRT ķermeņa masa ir atkarīga no ķermeņa ātruma. Ķermeņa ātrumam palielinoties, ķermeņa, masa nepaliek konstanta, bet gan pieaug.

Ja ar m_0 apzīmējam miera stāvoklī esoša ķermeņa masu (m_0 sauc arī par ķermeņa "miera masu", jo tā noteikta atskaites sistēmā attiecībā pret kuru ķermenis ir miera stāvoklī), tad tam pašam ķermenim, kad tas kustas ar ātrumu v , masu m nosaka formula :

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

Ķermeņa masas m atkarība no tā ātruma v



$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

m_0 - ķermeņa miera masa

Ķermeņa masas m pieaugums ir jo lielāks, jo vairāk tā ātrums tuvojas gaismas ātrumam c . Ja $v \rightarrow c$, tad redzam, ka ķermeņa masa m neierobežoti pieaug. : $m \rightarrow \infty$

Ja ķermeņa kustības ātrums ir daudz mazāks par gaismas ātrumu ($v \ll c$), tad relativistiskais lielums (Lorenca faktors)

$$\sqrt{1 - v^2 / c^2} \approx 1$$

19

Piem., kosmiskai raķetei ar $v \approx 10 \text{ km / sek}$ dabūjam

$$\sqrt{1 - v^2 / c^2} = 0,99999999944$$

9 reizes

Tāpēc ir ļoti grūti konstatēt masas palielināšanos pie maziem ātrumiem. Ķermeņa impulss \vec{p} ņemot vērā masas atkarību no ātruma SRT izsakās sekojoši :

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} = m_0 \cdot \vec{v} / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

bet relatīvistiskās dinamikas pamatlikums (otrais Ņūtona likums paša Ņūtona dotajā pierakstā !) pēc formas paliek iepriekšējais (klasiskā mehānika) :

$$\vec{F} = \Delta \vec{p} / \Delta t = d\vec{p} / dt$$

Palielinoties kustības ātrumam, ķermeņa masa, kas nosaka tā inertumu, palielinās, pie $v \rightarrow c$, masa $m \rightarrow \infty$, tāpēc arī ķermeņa paātrinājums $\vec{a} \rightarrow 0$ un ātrums \vec{v} praktiski pārstāj palielināties, lai arī cik ilgi darbotos spēks \vec{F} .

Ņūtona klasiskās mehānikas likumi ir SRT mehānikas atsevišķs gadījums pie $v \ll c$.

11. SAKARĪBA STARP ĶERMEŅA MASU UN ENERĢIJU SRT

11.1. Sakarība starp enerģiju E un masu m SRT izriet :

- 1) no enerģijas nezūdamības likuma ;
- 2) no ķermeņa masas atkarības no ātruma.

Piem., sildot gāzi traukā, tai tiek piešķirta noteikta enerģija, palielinās temperatūra un līdz ar to arī gāzes molekulu haotiskās siltumkustības ātrums. Bet līdz ar molekulu ātrumu saskaņā ar SRT palielinās to masa.

11.2. Sakarība starp ķermeņa masu un enerģiju lēnā kustībā ($v \ll c$)

Ņemam SRT formulu, kas izsaka masas atkarību no ātruma

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

un pārveidojam šīs izteiksmes saucēju, izmantojot aptuvenas sakarības, kas ir spēkā gadījumā, ja $v \ll c$

$$\sqrt{1 - v^2 / c^2} \approx 1 - v^2 / (2c^2)$$

Tad ķermeņa masas izmaiņai lēnā kustībā iegūstam šādu aptuvenu formulu

$$m \approx m_0 / (1 - v^2 / (2c^2)) \approx m_0 + (m_0 v^2) / 2 / c^2$$

Ievērojam, ka izteiksme

$$m_0 v^2 / 2 = E_{\text{kin.}}$$

izsaka ķermeņa kinētisko enerģiju E klasiskajā mehānikā.

Apzīmējot ķermeņa kinētiskās enerģijas pieaugumu (tā ātrumam mainoties no 0 līdz v par lielumu v) ar $E = 1/2 m v$, mēs ķermeņa masas izmaiņu lēnā kustībā ar šo formulu palīdzību varam izteikt sekojoši :

$$\Delta m = m - m_0 = \Delta E_{\text{kin.}} \cdot 1/c^2$$

Ķermeņa masas pieaugums, palielinoties tā kustības ātrumam, vienāds ar ķermenim piešķirto kinētisko enerģiju, kas dalīta ar gaismas ātruma kvadrātu.

11.3. Einšteina formula

A. Einšteins atrada vispārīgo formulu, kura speciālajā relativitātes teorijā saista enerģiju un masu pie jebkuriem ķermeņu ātrumiem (ievērojot tikai, ka $v < c$).

$$E = mc^2 = m_0 c^2 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

Ķermeņa vai ķermeņu sistēmas enerģija ir vienāda ar masu, kas reizināta ar gaismas ātruma kvadrātu.

Tā ir viena no visslavenākajām fizikas formulām, ļoti vienkārša un vispārīga, visā fizikas kursā ir tikai divas trīs tik vienkāršas universālas formulas, kas saista fizikālus pamatlielumus.

Mainoties ķermeņa (vai ķermeņu sistēmas) enerģijai, mainās arī tā masa.

$$\Delta m = \Delta E / c^2$$

Koeficients $1/c^2$ ir ļoti mazs, tāpēc lielas masas izmaiņas iespējamās tikai tad, ja ir ļoti lielas enerģijas izmaiņas (atomu kodolos u.c.)

GP

11.4. Miera enerģija

Pie maziem ķermeņu kustības ātrumiem ($v \ll c$) mēs vispārīgo enerģijas un masas sakarības formulu varam izteikt, izmantojot aptuveno izteiksmi masas atkarībai no ātruma:

$$E = mc^2 \approx (m_0 + (m_0 v^2) / 2 / c^2) c^2 = m_0 c^2 + (m_0 v^2) / 2 = E_0 + E_{kin}.$$

Sajā formulā pirmais loceklis izsaka ķermeņa enerģiju, ja tā ātrums $v = 0$ - tā saucamo ķermeņa miera enerģiju E

$$E_0 = m_0 c^2.$$

Jebkuram ķermenim piemīt enerģija jau tāpēc vien, ka tas eksistē (tam ir miera masa $m = 0$) un šī enerģija ir proporcionāla miera masai m .

12. KOPSAVILKUMS PAR FIZIKĀLAJIEM LAUKIEM UN SPECIĀLO RELATIVITĀTES TEORIJU

Mijiedarbības izplatīšanās
fizikā

klasiskajā mehānikā - momentāni

modernajā lauku teorijā - ar
galīgu ātrumu c (c - gaismas
ātrums).

Speciālā relativitātes teorija - divi postulāti :

- 1) visi dabas procesi (mehānikā, elektromagnētismā u.c.) norisinās vienādi visās inerciālās atskaites sistēmās ;
- 2) gaismas ātrums vakuumā c ir vienāds visās inerciālās atskaites sistēmās ("tam nevar neko pieskaitīt un no tā nevar neko atņemt").

Pieprasot abiem šiem postulātiem izpildīties reizē, Einšteins nonāca pie sekojošiem secinājumiem :

- 1) notikumu vienlaicība ir relatīva, atkarīga no uzdotās (inerciālās) atskaites sistēmas ;
- 2) laika intervāli un telpiskie attālumi - relatīvi (kustošajā sistēmā , attiecībā pret nekustīgo, laika intervāli palēninās un attālumi (garumi) saīsina) ;
- 3) mainās Ņūtona mehānikas likumi - ātrumi saskaitot nepārsniedz c , masa līdz ar ātrumu pieaug, masa un enerģija ir ekvivalentas ($E=mc$)

Nākotnē iespējami jauni atklājumi - vēl nezināmi fizikālie lauki, tahioni - daļiņas ar ātrumiem $v > c$.

“Bet to vien turiet vērā , mīļie, ka viena diena tam Kungam ir kā tūkstoš gadi, un tūkstoš gadi kā viena diena”.

(Pētera 2. vēst., 3:8)

VI. MIKROPASAULES (KVANTU) FIZIKAS PAMATI UN MŪSU IKDIENAS PRIEKŠSTATI

1. Gaisma kā viļņi vai daļiņas.
2. Gaismas viļņu teorijas uzvara un korpuskulu teorijas rehabilitācija.
3. Atoma sarežģītās uzbūves atklāšana.
4. Atoma planetārais modelis.
5. Bora postulāti un Bora atoma teorija.
6. Ūdenraža atoma modelis pēc Bora teorijas.
7. Bora teorijas pretrunas un jaunas teorijas nepieciešamība.
8. Elektroni kā viļņi.
9. Kvantu mehānikas pamatvienādojums - Šrēdingera vienādojums.
10. Heizenberga nenoteiktību sakarība.
11. Nenoteiktību sakarības jēga.
12. Nenoteiktību sakarība, daļiņu - viļņu duālisms un papildināmības princips.
13. Relatīvistiska kvantu teorija.
14. Teoloģija un kvantu mehānika.

Literatūra :

- 1) G.Mjakiševs, B.Buhovcevs. Fizika 11. klasei.
2. Izdevums, Rīga 1989. g.
- 2) B.I. Spaskii. Fizika dā filosofov
Moskva, iz-vo MGU, 1989.

1. GAISMA KĀ VIĻŅI VAI DAĻIŅAS

Vispār viens ķermenis uz otru var iedarboties divējādi :

1) mainot starp ķermeņiem esošās vides stāvokli (bez vielas pārnesanas). Piemēram, piesienot auklu pie zvana mēles un likt zvanam skanēt viļņu iedarbībā, ko raida pa auklu, tiek mainīts vides (aukļas formas) stāvoklis starp vienu ķermeni (skaņas avotu - zvanu) un otru ķermeni (skaņas uztvērēju - cilvēka ausi) ;

2) pārnesot vielu no avota uz uztvērēju. Piemēram, var likt skanēt zvanam, kas atrodas zināmā attālumā, ja trāpa tam ar lodīti.

Atbilstoši diviem iespējamiem iedarbības pārnesanas veidiem no avota uz uztvērēju XVII gs. gandrīz vienlaikus radās un sāka attīstīties divas pilnīgi dažādas teorijas par to, kas ir gaisma, kāda ir tās daba.

1. Gaismas viļņu teoriju attīstīja holandiešu zinātnieks Kristians Heigenss (1629.-1695.g.) savā darbā "Traktāts par gaismu" (iesniegts Parīzes akadēmijai 1678. g., publicēts 1690.g.), saskaņā ar kuru gaisma ir viļņi, kas izplatās īpašā hipotētiskā vidē - ēterā, kurš piepilda visu telpu un iespiežas visos ķermeņos.

2. Gaismas korpuskulu jeb daļiņu (lat. "corpusculum" - ļoti sīka daļiņa) teoriju attīstīja Izaks Ņūtons savā darbā "Optika" (1704.g.). Saskaņā ar Ņūtona uzskatiem gaisma ir daļiņu plūsma, kas plūst no avota uz visām pusēm - notiek vielas pārnesana.

Abas teorijas ilgāku laiku pastāvēja paralēli un neviena no tām neguva izšķirošu pārsvaru. Varbūt tikai Ņūtona autoritātes dēļ lielākā daļa zinātnieku atzina gaismas korpuskulu teoriju. Tajā laikā pazīstamos gaismas izplatīšanās likumus, kas bija atklāti eksperimentāli, vairāk vai mazāk veiksmīgi varēja izskaidrot abas teorijas. Piemēram :

1. Gaismas viļņu teorija viegli izskaidroja, kāpēc gaismas kūļi, krustodamies telpā, neiedarbojas cits uz citu. Piemēram, viļņi uz ūdens virsmas brīvi iziet viens otram cauri, savstarpēji neiedarbodamies. Gaismas korpuskulu teorijai te bija grūtības, jo gaismas daļiņām kūļu krustpunktos taču vajadzētu sadūrties un izkliedēties.

2. Gaismas korpuskulu teorija savukārt viegli izskaidroja gaismas izplatīšanos taisnā virzienā, kas rada aiz priekšmetiem asas ēnas - ar inerces likumu. Viļņu teorijai te ir grūtības.

65

43

2. GAISMAS VIĻŅU TEORIJAS UZVARA UN KORPUSKULU TEORIJAS REABILITĀCIJA

XIX gs. sākumā atklāja gaismas difrakciju (gaismas apliekšanos ap šķērslī) un interferenci (apgaismojuma pastiprināšanos vai pavājināšanos, ja gaismas kūļi klājas viens uz otra). Tādas parādības ir raksturīgas tikai viļņu kustībai un tās nevar izskaidrot pēc korpuskulu teorijas. XIX gs. otrajā pusē Dž. Maksvels parādīja, ka gaisma ir elektromagnētisko viļņu atsevišķs gadījums, kurus 1889. g. atklāja H. Hērca. Tas viss lika pamatus gaismas elektromagnētiskajai teorijai saskaņā ar kuru gaisma izplatīdamās izturas kā vilnis.

XX gs. sākumā priekšstati par gaismu radikāli mainījās. Pētot sasildīta ķermeņa elektromagnētiskā starojuma (termiskā starojuma) spektros enerģijas sadalījumu un fotoefekta - parādības, ka gaismas iedarbībā no vielas tiek izrauti elektroni - likumus, bija jāatgriežas pie gaismas korpuskulu teorijas, jo :

izstarošanā un absorbcijā gaisma izturas kā daļiņu plūsma.

Lai izskaidrotu termiskā starojuma īpatnības, vācu fiziķis Maksis Planks (1858.-1927.) 1900. g. izteica hipotēzi, ka atomi izstaro elektromagnētisko enerģiju nevis nepārtraukti, bet pa atsevišķām porcijām - kvantiem. Katra kvanta enerģiju izsaka formula

$$E = h \cdot \nu \quad \nu - \text{starojuma frekvence}$$

h - Planka konstante, kura nonāca visas kvantu teorijas pamatā.

$$h = (6,6260755 \pm 0,0000040) \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]$$

Lieto arī :

$$\hbar = h / 2\pi = (1,05457266 \pm 0,00000063) \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]$$

Gaismas daļiņu sauc par gaismas kvantu jeb fotonu. Fotona enerģiju izsaka sakarība (ω - cikliskā frekvence)

$$E = h\nu = \hbar\omega = hc / \lambda$$

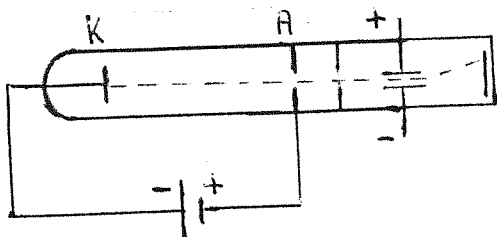
Fotona impulss p , enerģija E un viļņa garums tiek izteikti šādi :

$$p = E/c = h\nu/c = hc/(\lambda c) = h/\lambda \quad \text{un} \quad \lambda = h/p$$

Tādā veidā galīgi nostiprinājās gaismas viļņu un korpuskulu dualitāte.

3.ATOMA SAREŽĢĪTĀS UZBŪVES ATKLĀŠANA

Elektroni - pirmā elementārdaļiņa, ko 1895. g. Katodstaru caurulē atklāja angļu fiziķis Džozefs Tomsons (1865.-1940.).

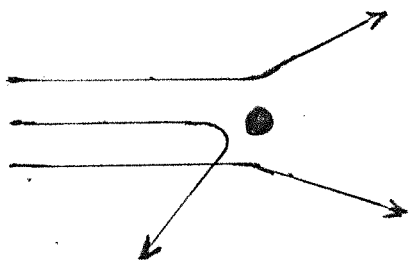


Elektrona masa
 $m_e = (9,1093897 + 0,0000054) \cdot 10^{-31} \text{ [kg]}$
 Elektrona lādiņš
 $e = (1,60217733 + 0,00000049) \cdot 10^{-19} \text{ [C]}$

Tomsona atoma modelis - bija pirmais mēģinājums izskaidrot atomā uzbūvi (1904.g.). Saskaņā ar šo modeli, atoma pozitīvais lādiņš aizņem visu atoma tilpumu un lādiņa blīvums šajā tilpumā ir nemainīgs. Visvienkāršākais atoms - ūdeņraža atoms ir "+" pozitīvi lādēta lode ar radiusu 10 cm un tajā atrodas elektrons. Sarežģītākos atomos pozitīvi lādētā lodē atrodas vairāki elektroni un atoms it kā atgādina rozīņu ķīseli, kur rozīņu vietā ir elektroni.

Rezerforda eksperimenti (1906.g.) - tika veikti, lai noskaidrotu, kā atomā izvietots tā "+" lādiņš un tātad arī masa, jo elektronu masa ir daudz mazāka par atoma kopīgo masu un tā kā atoms ir ārēji neitrāls, tad tā masa ir koncentrēta galvenokārt tā "+" lādētā daļā.

Bombardējot plānas zelta, vara u.c. elementu folijas ar α (alfa) daļiņām - pilnīgi jonizētiem hēlija (He) atomiem, kuru lādiņš $q = +2e$ un masa $8000m_e$ un pētot to izkliedi, tika atklāts, ka neliels α - daļiņu skaits novirzās par lenkiem, kas lielāki par 90° .



Tādu rezultātu nevar paredzēt pēc Tomsona modeļa, jo "+" lādiņš, kas izvietots pa visu atoma tilpumu nevar radīt pietiekami intensīvu elektrisko lauku, kas atsviestu α -daļiņas.

Ernests Rezerfords (angļu fiziķis, 1871.-1937.) saprata, ka α - daļiņa var tikt atsviesta tikai tad, ja atoma "+" lādiņš un tā masa koncentrēti ļoti mazā telpas apgabalā. Viņš secināja, ka eksistē atoma kodols - maza izmēra kermenis, kurā koncentrēta gandrīz visa atoma masa un viss atoma pozitīvais lādiņš.

Rezerfords novērtēja, ka atoma kodola diametrs ir ap 10^{-12} - 10^{-13} cm, bet paša atoma izmēri ir ap 10^{-8} cm - ap 10000 - 100000 reizu lielāki.

4. ATOMA PLANETĀRAIS MODELIS

No Rezerforda eksperimentiem tieši izriet viņa izveidotais atoma planetārais modelis. Atoma centrā novietots pozitīvi lādēts atoma kodols, kurā koncentrēta gandrīz visa atoma masa. Atoms kopumā ir neitrāls, tajā esošo elektronu skaits, tāpat kā kodola lādiņš ir vienāds ar elementa kārtas skaitli periodiskajā sistēmā. Skaidrs arī, ka elektroni atomā nevar atrasties miera stāvoklī, jo tad tie nokristu uz kodola. Kodolam ar Kulona spēku iedarbojoties uz elektroniem, tie kustas apkārt kodolam, līdzīgi kā planētas riņķo ap Sauli.

Visvienkāršākajā - ūdeņraža atomā apkārt kodolam riņķo tikai viens elektrons. Ūdeņraža atoma kodolam ir pozitīvs elementārlādiņš $+e$, pēc moduļa vienāds ar elektrona lādiņu. Šī atoma kodols - viens protons, tika uzskatīts (apmēram līdz 1963.g.) par elementārdaļiņu, tā masa $m = 1836,1 \cdot m_e$. Ūdeņraža atoma izmērus nosaka tā elektrona orbītas rādiuss.

Atoma planetārajam modelim ir tiešs eksperimentāls pamatojums - tas ir pilnīgi nepieciešams, lai izskaidrotu α -daļiņu izkliedes eksperimentus.



Bet atoma planetārais modelis nevar pamatot paša atoma eksistenci, kā arī izskaidrot atoma stabilitāti!

Elektronu kustība atomā pa orbītām notiek ar paātrinājumu, kurš ir diezgan liels. Pēc Maksvela elektrodinamikas likumiem, paātrināti kustošam lādiņam jāizstaro elektromagnētiskie viļņi, kuru frekvence vienāda ar elektrona apriņķošanas frekvenci. Izstarojot samazinās enerģija. Zaudējot enerģiju, elektronam būtu jātuvojas kodolam (līdzīgi pavadonim Zemes atmosfērā). Pēc Nūtona mehānikas un Maksvela elektrodinamikas veiktie precīzie aprēķini rāda, ka elektronam loti īsā laikā, pēc apmēram 10^{-6} sekundēm, būtu jānokrīt uz kodola un tad atoms beigtu eksistēt.

Bet īstenībā nekas tāmlīdzīgs nenotiek. Atomi ir stabili un neierosinātā stāvoklī tie var eksistēt neierobežoti ilgi, nemaz neizstarojot elektromagnētiskos viļņus.

Tātad klasiskās mehānikas un elektrodinamikas likumi nav piemērojami atomos notiekošo parādību izskaidrošanai, bija jāmeklē jauna pieeja.

5. BORA POSTULĀTI UN BORA ATOMA TEORIJA

Atoma stabilitātes problēmu atoma planetārajā modelī 1913. g. atrisināja dāņu fiziķis Nilss Bors (N.Bohr, 1885.-1962.) - viens no ievērojamākajiem mūsu gadsimta fiziķiem - kvantu teorijas, vēlāk kvantu mehānikas pamatlicējiem. Viņš izveidoja t.s. Bora atoma teoriju, izmantojot planetāro atoma modeli, bet jaunās teorijas galvenās tēzes viņš formulēja postulātu veidā, pie kam Bors arī galīgi nenoliedza klasiskās fizikas likumus. Viņa atoma teorija tātad nebija viengabalaina, jo tās jaunie postulāti drīzāk noteica tikai dažus ierobežojumus klasiskajai kustības teorijai.

Pirmais Bora postulāts :

Atomāra sistēma var atrasties tikai īpašos stacionāros stāvokļos jeb kvantu stāvokļos, kur katram no šiem stāvokļiem atbilst noteikta enerģija E.
Atoms stacionārā stāvoklī neizstaro.

Šis postulāts ir krasā pretrunā ar klasisko mehāniku, kur katram kustībā esošam elektronam var būt jebkurš enerģijas daudzums. tas ir pretrunā arī ar Maksvela elektrodinamiku, jo pieļauj iespēju, ka paātrināti kustošs elektrons var neizstarot elektromagnētiskos viļņus.

Otrais Bora postulāts :

Atomam pārejot no viena stacionārā stāvokļa citā stacionārā stāvoklī, elektromagnētiskās enerģijas kvants - fotons tiek izstarots vai absorbēts.

Izstarošanā notiek, atomam pārejot no stacionārā stāvokļa ar lielāku enerģiju uz stāvokli ar mazāku enerģiju, bet absorbcijā atoma pāreja notiek pretējā virzienā.

Izstarotā vai absorbētā fotona enerģija ir vienāda ar to enerģiju starpību, kāda atomam piemīt tā divos stacionāros stāvokļos :

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

kur k un n - stacionāro stāvokļu numuri. Ja $E_k > E_n$, tad fotons tiek izstarots, bet, ja $E_k < E_n$, tad fotons tiek absorbēts.

Svārstību frekvenci, kas atbilst izstarotam (vai absorbētam) starojuma kvantam (fotonam) nosaka pēc formulas

$$\nu_{kn} = (E_k - E_n) / h = E_k / h - E_n / h$$

Arī otrais Bora postulāts ir pretrunā ar Maksvela elektrodinamiku, jo saskaņā ar šo postulātu, izstarotās gaismas frekvence norāda nevis elektrona kustības īpatnības, bet atoma enerģijas maiņu.

6. ŪDENĀRAŽA ATOMA MODELIS PĒC BORA TEORIJAS

Aplūkojot visvienkāršākās - riņķveida orbītas - elektronam riņķojot ap ūdeņraža atoma (H atoma) kodolu - protonu un izmantojot :

1) elektrona pilnās (kinētiskās + potenciālās) enerģijas izteiksmi orbītā pēc Ņūtona mehānikas likumiem ;

2) pirmo Bora postulātu ;

varam atrast, ka H atoma enerģiju stacionārā stāvoklī nosaka izteiksme

$$E_n = - e^2 / (8\pi \epsilon_0 r_n^2)$$

kur e - elektrona lādiņš, ϵ_0 - elektriskā konstante Kulona likumā :

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, r_n - elektrona Bora orbītas radiuss - attālums no elektrona līdz protonam n - tajā stacionārajā stāvoklī.

Bors ievada īpašu atļauto elektrona orbītu - Bora orbītu kvantēšanas likumu, pieņemot, ka elektrona impulsa moduļa $|p| = |mv|$ reizinājums ar orbītas radiusu r_n ir Planka konstantes \hbar daudzkārtņis

$$m \cdot v \cdot r_n = n \cdot \hbar$$

kur n - kvantu skaitlis : $n = 1, 2, 3, \dots$

Izmantojot šo orbītu kvantēšanas likumu, varam iegūt galīgo formulu, kas izsaka H atoma stacionāro (kvantu) stāvokļu (enerģijas līmeņu) enerģijas vērtības

$$E_n = - 1 / (4\pi\epsilon_0)^2 \cdot me^4 / 2\hbar^2 \cdot 1 / n^2 = - Ry / h^2$$

kur Ry - Ridberga konstante : $Ry \approx 3,2 \cdot 10^{15} \text{s}^{-1}$.

Tad saskaņā ar otro Bora postulātu, iespējamās H atoma starojuma frekvences, tam, piemēram, pārejot no stāvokļa k uz stāvokli n nosaka vienkārša formula

$$\nu_{kn} = (E_k - E_n) / h = Ry (1 / h^2 - 1 / k^2)$$

Redzamās gaismas spektrā šī formula apraksta tā saucamās Balmera sērijas līnijas, kuras 1885. g. atklāja šveiciešu skolotājs Johans Balmeris.

Tātad visvienkāršāko atomu - ūdeņraža atomu - lehi nav izskaidroti ar Bora teoriju, izmantojot samērā vienkāršas formulas.

7. BORA TEORIJAS PRETRUNAS UN JAUNAS TEORIJAS NEPIECIEŠAMĪBA

Bora teorija ļoti labi izskaidroja H atoma uzbūvi. Saskaņā ar šo teoriju, H atomam varēja izstrādāt kvantitatīvu spektra teoriju.

Bet lietojot Bora teoriju, nevarēja izveidot kvantitatīvo teoriju hēlija (He) atomam, kurš atrodas tūlīt aiz ūdeņraža. Pēc Bora teorijas, attiecībā uz He un citiem vēl sarežģītākiem atomiem varēja izdarīt tikai kvalitatīvus secinājumus. Tas arī nepārsteidz, jo Bora teorija ir nekonsekventa teorija, tajā ir daudz pretrunu. No vienas puses, kā jau redzējām pie H atoma teorijas, tajā izmantoti parastie Nūtona mehānikas likumi, kā arī sen zināmais Kulona likums, kas izriet no Maksvela elektrodinamikas. No otras puses, Bora teorijā ir ņemti vērā arī kvantu postulāti, kas nekādā veidā nav saistīti ar Nūtona mehāniku un Maksvela elektrodinamiku. Ieviešot fizikā kvantu priekšstatus, bija radikāli jāpārveido mehānika un elektrodinamika.

Šāda radikāla mikropasaules fizikas teorijas pārveidošana notika mūsu gadsimta otrajā ceturksnī apmēram 1925.-1950.g. Tad izstrādāja trīs jaunas mikrofizikas teorijas :

1) pārveidojot uz pilnīgi jauniem pamatiem Nūtona klasisko mehāniku, tika izveidota nerelativistiskā kvantu mehānika jeb vienkārši kvantu mehānika. Šīs teorijas pamatvienādojumā (Šrēdingera vienādojumā) ieiet Planka konstante h . Robežgadījumā, kad $h \rightarrow 0$, no šīs teorijas var atkal pāriet uz klasisko mehāniku (atbilstības princips) ;

2) ņemot vērā speciālās relativitātes teorijas mehāniku, tika izveidota relativistiskā kvantu mehānika, kas jāievēro pie lieliem mikrodaļiņu ātrumiem (enerģijām). Šī teorija bez Planka konstantes h satur arī gaismas ātrumu c . Robežgadījumā, kad $h \rightarrow 0$ un $c \rightarrow \infty$, no tās arī var pāriet uz klasisko mehāniku ;

3) ievērojot, ka arī pašus elektromagnētiskā lauka kvantus - fotonus arī var uzskatīt par mikrodalinām, kas pakļaujas kvantu mehānikai, ieguva vēl vispārīgāku teoriju - kvantu elektrodinamiku.

8. ELEKTRONI KĀ VILŅI

Franču fiziķis Luī de Broļjī (1892.-1987.g.) 1924.g. izteica t.s. "matērijas vilņu" hipotēzi saskaņā ar kuru katrai daļinai ar miera masu $m_0 \neq 0$ var piekārtot noteiktu vilni.

Gaismas kvantam - fotonam ieguva sekojošu sakarību starp gaismas viļņa garumu un fotona kā daļiņas impulsu p

$$\lambda = h / p$$

Tā kā daļiņai ar miera masu atšķirīgu no nulles impulss izsakās kā

$$p = m \cdot v$$

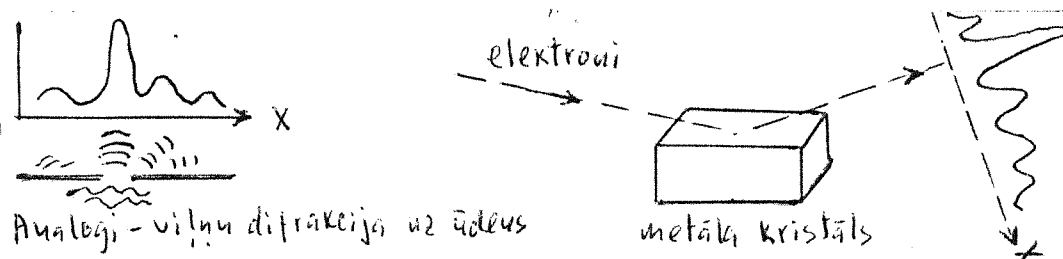
tad ievietojot šo izteiksmi gaismas viļņu formulā, pieņemot, ka tā ir derīga arī, piemēram, elektrona gadījumā, iegūstam

$$\lambda = \hbar / p = h / (mv)$$

Tā arī ir "matērijas viļņu" jeb de Broļjī viļņu formula.

De Broļjī šo ideju izvirzīja pēc analogijas ar gaismu, kurai ir gan viļņu, gan korpuskulu īpašības. Tātad varbūt arī elektronam dažos gadījumos parādīsies viļņu īpašības?

1927. g. amerikāņu fiziķi Džozefs Devisons (C.J. Davison, 1881.-1958.) un Lesters Džermers (L.H. Germer) novēroja elektronu difrakciju (apliekšanos) no monokristāliskas metālu virsmas - elektroni arī ir viļņi!



9. KVANTU MEHĀNIKAS PAMATVIENĀDOJUMS - ŠRĒDINGERA VIENĀDOJUMS

Mikrodalīnas tātad raksturo de Broļjī viļņi, kurus apraksta ar tā saucamās viļņu funkcijas jeb Ψ - funkcijas palīdzību. Šī viļņu funkcija atbilst īpašam vienādojumam - tā saucamajam viļņu vienādojumam kvantu mehānikā.

Kvantu mehānikas pamatvienādojumu 1925.-1926.g. atklāja Ervīns Šrēdingers (E. Schrodinger, 1887.-1961.), to sauc par Šrēdingera vienādojumu, kuru var uzrakstīt sekojoši (formulas nav jāiegūst) :

1) Šrēdingera vienādojums vispārīgā, no laika atkarīgā (nestacionārā) formā :

$$i\hbar \cdot \partial / \partial t \psi(\vec{r}, t) = \hat{H} \psi(\vec{r}, t);$$

\hat{H} - pilnās enerģijas operators,
 $\psi(\vec{r}, t)$ - nestacionārā viļņu funkcija.

2) Šrēdingera vienādojums stacionārā (no laika t neatkarīgā) formā :

$$\frac{\hbar^2}{8\pi^2m} \Delta\psi + (E - \hat{U})\psi = 0$$

\hat{U} - potenciālās enerģijas operators,
 E - enerģijas īpašvērtība,
 $\psi = (\psi(\vec{r}))$ - stacionārā viļņu funkcija.

Kvantu mehānikā izmanto t.s. operatorrēķinus - ievēdot fizikālo lielumu operatorus (piem., H) un to īpašvērtības - diskrētus lielumus, kas piemēram atbilst H atoma stacionāro stāvokļu enerģijām E

Viļņu funkcija apmierina t.s. normēšanas nosacījumu

$$\int |\psi(\vec{r})|^2 dV = 1$$

kas nozīmē, ka mikrodalīnas atrašanās pilnā varbūtība telpā ir 1.

Viļņu funkciju $\psi(\vec{r})$ interpretē saskaņā ar Borna hipotēzi (Maksis Borns (1882.-1970.)):

Viļņu funkcijas $\psi(\vec{r})$ modula kvadrāts, pareizināts ar tilpuma elementu dV ir varbūtība, ka dalīna atrodas tilpuma elementā dV .

$$|\psi(\vec{r})|^2 dV = \omega(\vec{r}) dV$$

Tā ir tā saucamā viļņu funkcijas statistiskā interpretācija.

Saskaņā ar kvantu mehāniku Bora postulāti, kā izrādījās bija pilnīgi pareizi, bet tie bija tikai kvantu mehānikas galveno principu sekas.

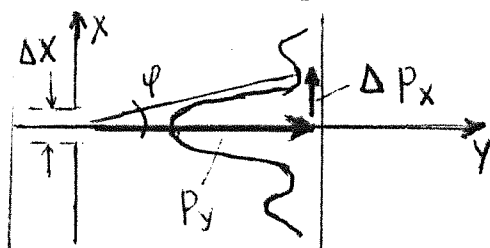
Patiesībā arī atoma planetārais modelis ir visai nosacīts. Elektronu orbītas rādus H atomā atbilst tam attālumam, kur varbūtība atrast elektronu ir maksimālā.

10. HEIZENBERGA NENOTEIKTĪBU SAKARĪBA

Mikropasaulē nevar vienlaicīgi precīzi aprakstīt dalīnas koordināti x un impulsu $p_x = m v_x$

Domu eksperiments - elektrons caur spraugu kustas y ass virzienā.

Gribam vienlaicīgi noteikt tā koordināti x un impulsu p_x x - ass virzienā.



- 1) elektrona koordināti x ass virzienā noteiks spraugas platumu Δx .
- 2) vai var teikt, ka elektrona impulss x ass virzienā $p_x = 0$ (?) (jo elektrons kustas tikai y ass virzienā).

Elektrona impulss x ass virzienā $p_x \neq 0$, jo elektronam notiek noliece - difrakcija no spraugas. Tad rodas impulsa projekcija $p_y = 0$.
Atrodam, ka

$$\Delta p_x / p_y = \operatorname{tg} \psi \text{ un } \Delta p_x = p_y \cdot \operatorname{tg} \psi$$

Saskaņā ar viļņu difrakcijas teoriju vairums elektronu nonāks centrālajā difrakcijas maksimumā, kura platums izsakās ar spraugas platumu x , nolieces leņķi ψ un viļņu garumu

$$\Delta x \cdot \sin \psi = \lambda \text{ tad } \Delta x = \lambda / \sin \psi$$

Izmantojot to, ka maziem leņķiem $\sin \psi \approx \operatorname{tg} \psi \approx \psi$ un pēc de Broļjī viļņu formulas $p = h / \lambda$, atrodam

$$\Delta x \cdot \Delta p_x = (\lambda / \sin \psi) \cdot \frac{p_y \cdot \operatorname{tg} \psi}{\Delta p_x} \approx \lambda / \psi \approx \lambda \cdot p = \lambda \cdot h / \lambda = h$$

un galīgi

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx h$$

Vācu fiziķa - kvantu mehānikas pamatlicēja Vernera Heizenberga (1901.-1975.) 1927. gadā atklātā nenoteiktību sakarība

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h \quad (\text{analogi arī projekcijām } y, z)$$

nozīmē, ka, jo precīzāk noteikta mikrodalīnas koordināte, jo mazāk precīzi var noteikt tai atbilstošo impulsu un otrādi.

11. NENOTEIKTĪBU SAKARĪBAS JĒGA

Jautājumā par nenoteiktību sakarības jēgu mikropasaulē pārsvarā valda divi uzskati :

1. Nenoteiktību sakarība izsaka kādu dabas likumu, kas aizliedz vienlaicīgi precīzi izmērīt mikrodalīnas koordināti un impulsu (piemēram elektronam), kaut arī mikrodalīnai katrā laika momentā piemīt kā noteikta koordināte tā noteikts impulss (ātrums). Tātad mikropasaules mehānikas - kvantu mehānikas apraksts ir nepilnīgs, eksistē kaut kādi citi vienādojumi, kas precīzi un pilnīgi (izsmeloši) var aprakstīt mikrodalīnas izturēšanos. Tātad, sekojot šim uzskatam iznāk, ka viļņu funkcija ψ , kuru nosaka kvantu

mehānikas pamatvienādojums - Šrēdingera vienādojums, nosaka mikrodaļiņas stāvokli nepilnīgi.

Pie šī uzskata turējās vairāki izcili fiziķi, tai skaitā arī M. Planks un A. Einšteins.

2. Mikroobjekti, piemēram, elektroni, principā atšķiras no makroobjektiem, piemēram makroskopisku izmēru daļiņām. Piemēram elektronu nevar uzskatīt par telpā lokalizētu objektu, t.i. objektu, kas ieņem noteiktu stāvokli telpā tajā laikā, kad tas tieši neiedarbojas uz makroskopisku objektu - mērinstrumentu. Tātad elektrons nav telpā lokalizēts objekts laikā, kad to "nemēri", kad tas nav pakļauts mijiedarbībai ar makroskopisku mērinstrumentu.

Šo daudz radikālāko uzskatu par mikroobjektu būtisko, principiālo atšķirību no makroobjektiem pašlaik atbalsta fiziķu vairākums.

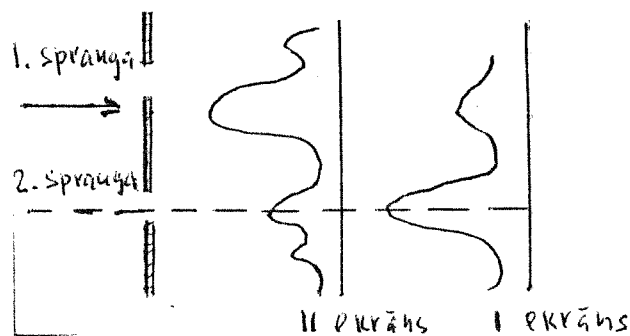
Šo elektrona u.c. mikrodaļiņu īpatnību, kas tās krasī atšķir no mūsu ierastajiem klasiskās fizikas priekšstatiem, var pamatot ar vairākiem eksperimentiem, piemēram, apskatot elektronu difrakcijas ainu no vienas un divām spraugām.

12. NENOTEIKTĪBU SAKARĪBA, DAĻIŅU - VIĻŅU DUĀLISMS UN PĀPILDINĀMĪBAS PRINCĪPS

Elektrons, nonākot uz fluorescējoša ekrāna vai fotoplates, reagē it kā tas būtu materiāls punkts. Bet elektronam ejot caur spraugu uz to darbojas ne tikai spraugas malas. Uz elektronu iedarbojas uzreiz visa sprauga, it kā elektrons aizņemtu visu telpu starp spraugas malām, it kā tas būtu telpisks vilnis.

Tātad nonākot uz ekrāna, mijiedarbojoties ar to, elektrons izturas kā materiāls punkts, bet no otras puses, spraugas gadījumā tas mijiedarbojas uzreiz ar vairākiem no sevis telpiski atdalītiem objektiem it kā elektrons ieņemtu pietiekami lielu tilpumu!

Domu eksperiments ar divām spraugām:



Elektroni krīt pa vienam. Viens elektrons iziet tikai caur vienu spraugu, bet uz II ekrāna novērojama difrakcijas aina, it kā tas ietu caur abām spraugām vienlaicīgi!

Handwritten signature or mark.

Elektrons, ejot caur vienu spraugu, it kā "zina", ka arī otra sprauga ir atvērta, iet it kā caur abām spraugām reizē! Ja aizklāj 1. spraugu - tad uz I ekrāna būs difrakcijas aina kā tai jābūt vienas spraugas gadījumā!

Tādu elektrona īpašību - "daļiņu - viļņu duālismu" mēģina interpretēt ar t.s. papildināmības principa palīdzību, kura pamatā ir N.Bora izvirzītā ideja

Pētījumu objekts (mikrodaļiņa) ir jāsaprot saskanoti, bet pieņemot pretrunu, kas pastāv starp klasiskajiem priekšstatiem un jaunajiem kvantu priekšstatiem par objektu.

Papildināmības princips: Lai izsmeloši aprakstītu kvantu objektu ar klasiskajiem jēdzieniem, ir nepieciešamas divas viena otru papildinošas jēdzienu sistēmas.

Ar šo "papildināmību" saprot to, ka:

- 1) šo jēdzienu sistēmas savstarpēji viena otru izslēdz pēc klasiskajiem priekšstatiem;
- 2) katra no tām atsevišķi nedod pilnu mikroobjekta aprakstu;
- 3) šīs sistēmas ir ekvivalentas - nevienai nevar dot priekšroku.

13. RELATĪVISTISKĀ KVANTU TEORIJA

1. Iepriekš aplūkotā kvantu mehānika, kas balstās uz Srēdingera vienādojuma, ir nerelatīvistiska teorija, tā neievēro speciālo relativitātes teoriju (SRT) un ir derīga tikai maziem elektronu (u.c. mikrodaļiņu) ātrumiem, salīdzinot tos ar gaismas ātrumu: $v \ll c$.

2. Ievērojot kvantu mehānikā arī speciālo relativitātes teoriju, iegūstam relatīvistisko kvantu mehāniku. Elektronu tad apraksta t.s. Diraka vienādojums. No Diraka vienādojuma seko daļiņu un antidaļiņu (piemēram, elektrona (ar lādiņu "-e") un pozitrona (ar lādiņu "+e")) eksistence.

3. Beidzot paliek vēl iespēja arī pašu elektromagnētisko lauku (tā kvantu - fotonu), kas jau ir relatīvistisks objekts (pakļaujas SRT) apskatīt arī no kvantu mehānikas viedokļa. Tādu teoriju sauc par kvantu elektrodinamiku jeb vispār (ņemot vērā arī citas mikropasaules mijiedarbības (stipro un vājo)) par kvantu lauku teoriju un tā ir elementārdaļiņu mijiedarbību apraksta pamatā. Saskaņā ar šo teoriju, piemēram, fiziskais vakuums ("tukšums") var būt sarežģīts fizikāls objekts ar savu enerģiju, kas var būt visai ievērojama. Šī teorija ļauj arī noteikt dzīves laikus elektronam atoma stacionārā stāvoklī.

H atoma gadījumā relatīvistiskās kvantu mehānikas un kvantu elektrodinamikas ievērošana noved pie stacionāro stāvokļu (Bora orbītu) enerģētisko līmeņu sašķelšanās (spektra sikstruktūras) unniecīgām to stāvokļu nobīdēm, salīdzinot ar nerelatīvistisko kvantu mehāniku. Šie efekti ir atrasti arī eksperimentālajos pētījumos.

14. TEOLOGIJA UN KVANTU MEHĀNIKA.

Mikropasaules fizikas - kvantu mehānikas - priekšstati tātad visai būtiski atšķiras no klasiskās fizikas - Ņūtona mehānikas - priekšstatiem, kuri ir saistāmi ar mūsu ikdienas pieredzi un uzskatāmiem, mūsu maņu orgāniem vēl tieši uztveramiem, eksperimentiem.

Kvantu mehānikas nenoteiktību sakarības un papildināmības principa nozīme tālu pārsniedz pasas mikrofizikas robežas un tie var dot arī zināmu ierosmi uz Atklāsmes patiesībām balstītu teoloģijas problēmu ilustrācijai.

Aplūkosim, piem., jautājumu par Sv. Vakarēdiena sakramentu - dievgalda maizes un vīna - pārvēršanos Kristus miesā un asinīs. Saskaņā ar Katoļu Baznīcas priekšstatiem, priesterim Sv. Vakarēdienā izpildot svētdarbību notiek transsubstanciācija (lat. - transsubstantiatio; "trans" - pār, "substantia" - viela) - maizes un vīna pārvēršanās Kristus miesā un asinīs, jeb, citiem vārdiem, ticības brīnums, kura atzīšana katoļiem ir obligāta.

Modernajam sekulārās pasaules cilvēkam tāda pieeja šķiet pārspīlēta, arī daudzi liberālie protestantu teologi ir ar mieru atzīt Kristus miesas un asiņu klātbūtni Sv. Vakarēdienā tīri simboliski ...

Bet aplūkosim šo problēmu pēc analogijas ar kvantu mehāniku. Lai notiktu transsubstanciācija (ticības brīnums), nepieciešami divi momenti :

- 1) dievgalda maize un vīns ;
- 2) garīdznieka (priestera) svētdarbība.

Tikai abu šo faktoru klātbūtne reizē, saskaņā ar ticības tradīciju, nodrošina transsubstanciāciju - dievgalda maizes un vīna pārvēršanos Kristus miesā un asinīs.

Analogu situāciju varam iedomāties kvantu mehānikā : mums ir dota mikrodaļiņa, kuru raksturo :

- 1) daļiņas koordināte (piem., : x)
- 2) daļiņas impulss (kustības daudzums : $p = mv$)

Saskaņā ar kvantu mehāniku mēs abus šos lielumus reizē ar mums vēlam, augst, precizitāti izmērīt (noteikt) nevaram pat principā.

Tagad pieņemsim, ka dievkalpojuma laikā pie Sv. Vakarēdiena no malas parādās kāds novērotājs - skeptiķis ("neticīgais Toms"), kurš vēlas pārbaudīt, vai tiešām fiziski notiek maizes un vīna parvēršanās Kristus miesā un asinīs. Kas tadā gadījumā notiks ?

1. Ja novērotājs - skeptiķis tuvosies altārim ar kādiem mērinstrumentiem, garīdznieks to uzskatīs par nepieļaujamu iejaukšanos dievkalpojuma kārtībā, svētdarbība tiks pārtraukta un maizes un vīna parvēršanās Kristus miesā un asinīs nenotiks (analogi tam kā cenšoties reizē precīzi izmērīt mikrodaļiņas koordināti x un impulsu p , tas mums neizdosies).

2. Tikai tad, kad novērotājs - skeptiķis būs pietiekami attālinājies (vislabāk, atstājis dievnamu) Sv. Vakarēdiena sakraments tiks turpināts, bet

→ ↗

tad novērotājam - skeptiķim nebūs iespēju laist darbā savus mērinstrumentus, viņš redzēs tikai šī akta "ārējo norisi" (analogi tam, kā piem., mērot precīzi mikrodaļiņas ātrumu, mēs zaudējam iespēju precīzi noteikt tās koordināti.

Tātad, izmantojot kvantu mehānikas priekšstatus, redzam, ka transsubstanciāciju (ticības brīnumu) Sv. Vakarēdienā nav iespējams zinātniski pārbaudīt (verificēt), tā iziet ārpus zinātnes pašas sev nospraustajām robežām. Var iebilst, ka Sv. Vakarēdienā mums ir darīšana ar makroskopiskiem objektiem un kvantu mehānikas analogiju izmantošana te nav īsti vietā. Bet saskaņā ar modernās fizikas priekšstatiem, nepastāv krasa robeža starp mikro - un makroobjektiem, arī makroskopisku izmēru objektiem var piemist kvantu objektu īpašības. Pēdējos gados daži tādi objekti tiek iegūti un pētīti pat laboratorijas apstākļos (piem., "kvantu šķidrums" - šķidrās hēlijs vai nesēn atrastais "Bozē kondensāts").

Noslēgumā atzīmēsim, ka šis un līdzīgi piemēri nav uzlūkojami kā fizikas pierādījumi ticības brīnumiem. Tie vienkārši ir palīglīdzekļi arī citu, ārpus zinātnes sfēras esošo Atklāsmes patiesību atzišanai, pie tam izmantojot pašas mūsdienu zinātnes (šai gadījumā kvantu mehānikas) metodoloģiskos principus.

"Cilvēkiem tas nav iespējams, bet Dievam visas lietas iespējamās."

(Mateja ev. 19 : 26)

VII. ELEMENTĀRDAĻIŅU FIZIKA PIE MIKROPASAULES ROBEŽĀM

1. Dabas pirmelementi antīkajā filozofijā.
2. Elementārdaļiņu fizikas attīstības pirmais posms (1897.-1932.g.)
3. Elementārdaļiņu fizikas tālākā attīstība.
4. Elementārdaļiņu galvenās īpašības.
5. Elementārdaļiņu un to mijiedarbību klasifikācija.
6. Stiprās mijiedarbības.
7. Elektromagnētiskā mijiedarbība elementārdaļiņu fizikā.
8. Vājās mijiedarbības . Apvienotā elektrovājo mijiedarbību teorija.
9. Simetriju loma elementārdaļiņu mijiedarbībās.
10. Elementārdaļiņu mijiedarbību "Lielās apvienošanas" teorija.
11. Supersimetrija un supergravitācija.
12. Visu elementārdaļiņu un to mijiedarbības apvienošanas teorija.
13. Lielākie pasaules elementārdaļiņu paātrinātāji.
14. Elementārdaļiņu fizikas attīstības perspektīvas nākotnē. Vai fizikai ir pienācis gals ?

Literatūra :

1. G.Mjakiševs, B.Buhovcevs. Fizika 11. klasei.
2. izd., Rīga, 1989.g. 13. nod., 265.-281.lpp.
2. J.Tamberg. Jau pieci kvarki. Zinātne un tehnika, Nr. 10
(1980. g.)
3. ----- Simetrija modernajā fizikā un mijiedarbību
apvienošanas problēma. Zinātne un tehnika, Nr.10
(1981.g.)
4. ----- Starpbozoni un sestais kvarks. Zinātne un tehnika,
Nr. 9, (1985.g.)

1. DABAS PIRMELEMENTI ANTĪKAJĀ FILOZOFIJĀ

1. Viena pirmelementa virziens. Filozofisks vispārinājums - izskaidrot dabu, izejot no viena pirmelementa - raksturīgs seno grieķu pirmajai - Jonijas filozofiskajai skolai (VI gs. B.C.) :

Tales (624.-547. g. B.C.) no Milētas - visu lietu sākums ir ūdens, no tā veidojas visas lietas. "No ūdens viss ceļas un viss atgriežas pie ūdens".

Anaksimens (585.-525. g. B.C.) no Milētas - visa pamatā ir gaiss no kura viss rodas un kura kustība veido visas parādības dabā.

Heraklīts (530.-470. g. B.C.) no Efesas - par visa pamatu uzskatīja uguni. Anaksimandrs (610.-546. g. B.C.) no Milētas - par visa esošā pamatu pieņēma pirmmatēriju - "apeironu". "... Tam (neierobežotajam) nav sākuma, tas pats ir pārējo lietu sākums. Tas aptver visu un visur valda." Tā jau ir augstākas kārtas abstrakcija (rodas asociācija ar heizenberga "pirmmatēriju", 1958.g.).

2. Klasiskais antīkais atomisms - katra lieta sastāv no vissīkākajām ar aci neredzamām daļiņām, kas ir līdzīgas pašai lietai.

Anaksagors (500.-428. g. B.C.) - vissīkākās lietas daļiņas - homeomērijas ir neradāmas un neiznīcināmas. Visas pārveertības dabā notiek caur šo daļiņu savienošanos un atdalīšanos.

Lenkips (500.-440. g. B.C.) un viņa skolnieks Demokrits (460.-370. g. B.C.) - pamatā visam ir atomi un tukša telpa. Atoms - nedalāms, bez iekšējās uzbūves.

3. Dažu (4-5) pirmelementu virziens - sava ziņā "vistuvākais" modernajai elementārdaļiņu fizikai (piemēram 5 (teorētiski 6) kvarki un leptoni).

Empedokls (490.-530. g. B.C.) - visa pamatā ir 4 pirmelementi : zeme, ūdens, gaiss un uguns, tiem savienojoties, veidojas visas lietas dabā.

Aristotelis (384.-322. g. B.C.) - "pirmmatērija" (tīri kvalitatīva substance) savienojoties ar četrām "pirmīpašībām - stihijām" : siltumu, aukstumu, sausumu un mitrumu veido visu dabas daudzveidību. "Stihiju" savienojumi: siltums + sausums = uguns; siltums + mitrums = gaiss; aukstums + mitrums = ūdens; aukstums + sausums = zeme - dod pirmelementus, ievēd piekto pirmelementu - ēteri (debesis).

2. ELEMENTĀRDAĻIŅU FIZIKAS ATTĪSTĪBAS PIRMAIS POSMS (1897.-1932.g.)

Jēdziens "elementārdaļiņa" modernajā fizikā ienāca pakāpeniski mūsu gadsimta pirmajā pusē.

Vēsturiskā secība :

1) elektrons - (1897.g.) vismazākais iespējamais elektriskais lādiņš “-e” - “elektrības atoms”, arī vismazākā masa m_e ;

2) fotons - elektromagnētiskā starojuma kvants (1900.g.). Kā “daļiņu” to sāka “saprast” vēlāk pēc kvantu elektrodinamikas izveidošanās (ap 1930.g.);

3) atoma kodols - 1911.g.) - liels masas sakopojums ar “+” lādiņu, kodola struktūra galīgi kļuva skaidra tikai 1932. g. pēc neitrona atklāšanas.

Kodola sastāvs :

protoni
“+” lādēti
Masa : $m_p = 1836,1m_e$

neitroni
elektriski neitrāli
Masa : $m_n = 1838,6 m_e$;

4) pozitrons - (1932.g.) - elektrona antidaļiņa ar tādu pašu masu kā elektronam, bet pretēju - pozitīvu lādiņu “+e”.

Tātad ap 1932. g. mikropasaules uzbūve no elementārdaļiņām izskatījās sekojoša :

Viela - sastāv no atomiem, katrs atoms sastāv no kodola un ap to “riņķojošiem” elektroniem. Kodols savukārt sastāv no protoniem un neitroniem.

Atomam ir stacionārie stāvokļi, starp kuriem notiek pārejas izstarojot vai absorbējot fotonus.

Eksistē - pozitrons - pirmā daļiņa ārpus “vielas uzbūves”. Tātad elementārdaļiņas 1932.g. :

protons, neitrons, elektrons, fotons, pozitrons.

3. ELEMENTĀRDAĻIŅU FIZIKAS TĀLĀKĀ ATTĪSTĪBA

Otrais elementārdaļiņu fizikas attīstības posms (1932.-1964.g.) - no pozitrona līdz kvarkiem.

Šī posma sākumā (aptuveni 1932.-1955.g.) vairums elementārdaļiņu fizikas atklājumu (“to daļiņu”, kas ir ārpus atomu un to kodolu struktūras”) tika izdarīti ar kosmisko staru pētījumiem. Kosmiskie stari - galvenokārt smago elementu ($Z > 20$), kā arī vieglo elementu kodolu plūsma no kosmiskās telpas. To plūsma (Saules aktivitātes minimumā) 700 - 10 000 daļiņu / ($m^2 \cdot sek$) un tie tika atklāti XX gs. sākumā pēc ekranētu elektroskopu izlādes, kas raksturo kosmisko staru iedarbību. Daļiņu enerģija kosmiskajos staros :

$E_{vid} \approx 10 \text{ GeV} = 10^{10} \text{ eV}$; $E_{max} = 10^{19} \text{ GeV} = 10^{19} \text{ eV}$ (paātrinātājos $E = 10^3 - 10^4 \text{ GeV}$).

Galvenie atklājumi kosmiskajos staros :

1) pozitroni (e^+ , $m_{e^+} = 0,511 \text{ MeV}$), K.Andersons (1932.g.) ;

2) mioni (μ^- - mezoni, μ^+ , $m_\mu = 106 \text{ MeV}$), K.Andersons un Nidermajers (1937.g.) ;

81

- 3) pioni (π - mezoni : $\pi^0, \pi^\pm, m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}, m_{\pi^\pm} = 140 \text{ MeV}$);
 4) kaoni (K - mezoni : $K^0, K^\pm; m_{K^0} = 498 \text{ MeV}, m_{K^\pm} = 494 \text{ MeV}$) un hiperoni (īsi dzīvojošas daļiņas ar masu, lielāku par nuklonu masu : $m_{hip.} > 1 \text{ GeV}$) - 1955.g.

Otrā posma vidū un beigās (pēc 1950.g.) sāka attīstīties lielo elementārdaļiņu pātrinātāju būve, tad arī (ap 1950.g.) elementārdaļiņu fizika izdalījās no kodolfizikas kā patstāvīga pētījumu nozare. Pātrinātāji dod iespēju "iegūt" daļiņas, pētīt sistemātiski to īpašības un reakcijas (pārvēršanos cita citā!), pātrinātāju izmantošana tagad ir galvenais elementārdaļiņu fizikas virziens. 1952. g. Brukheivenas sinhrofazotrons ar $E \sim 3 \text{ GeV}$, atklāja antiprotonus (p) un antineitronus (n).

Trešais posms - no kvarkiem līdz mūsu dienām. (1964.-1996.g.)

- 1) kvarki - 1963.-1965.g.
- 2) 70. gadu sākums - apvienotā elektrovājo mijiedarbību teorija un kvantu hromodinamika ;
- 3) pēc 1974. g. - c un b kvarku un T - leptonu atklāšana, kvarku - leptonu simetrija;
- 4) 1983. g. vektoriālo starpbozonu atklāšana;
- 5) 1995.g. - t kvarka atklāšana.

4. ELEMENTĀRDAĻIŅU GALVENĀS ĪPAŠĪBAS

1. Energiju un masu mērogi elementārdaļiņu fizikā.
 Energijas un masas sakarību nosaka Einšteina formula

$$E = m \cdot c^2$$

Energijas mērvienība :

$$1 \text{ elektronvolts} = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \sim 1,78 \cdot 10^{-33} \text{ grami} ;$$

Elektrona miera enerģija un tā miera masa :

$$1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV} \sim 1,78 \cdot 10^{-30} \text{ grami}.$$

1 megaelektronvolts :

$$E_{oe} = 511 \text{ keV} \sim 9,1 \cdot 10^{-28} \text{ grami} = m_e .$$

Protona un neitrona miera enerģija un miera masa :

$$E_{op} = 938,27 \text{ MeV} \sim 1,6726 \cdot 10^{-24} \text{ grami} = m_p ;$$

$$E_{on} = 939,56 \text{ MeV} \sim 1,6750 \cdot 10^{-24} \text{ grami} = m_n .$$

1 gigaelektronvolts :

$$1 \text{ GeV} = 1000 \text{ MeV} = 10^9 \text{ eV} \sim 1,78 \cdot 10^{-24} \text{ grami.}$$

Protonu paātrinātājos pašlaik sasniegta enerģija :

$$1 \text{ tetraelektronvolts} = 1 \text{ TeV} = 1000 \text{ GeV} = 10^{12} \text{ eV} \sim 1,78 \cdot 10^{-21} \text{ grami.}$$

Kosmiskajos staros ir sastopamas daļiņas ar enerģiju :

$$10^{10} \text{ GeV} = 10^{19} \text{ eV} \sim 1,78 \cdot 10^{-14} \text{ grami.}$$

Vislielākā teorētiski iedomājamā elementārdaļiņu enerģija .

Visu mijiedarbību apvienošanas enerģija ("Planka masa") :

$$E_{\text{max}} = 1,22 \cdot 10^{19} \text{ GeV} \sim 0,02 \text{ miligrami.}$$

2. Elementārdaļiņu miera masa jeb to miera stāvokļa enerģija pēc sakarības

$$E_0 = m_0 \cdot c^2 - \text{svarīgākais to raksturlielums. Ir :}$$

a) daļiņas, kuru miera masa $m_0 = 0$, tās vienmēr kustas ar gaismas ātrumu

c . Tās ir γ - kvanti - fotoni, γ - neitrino, $\bar{\gamma}$ - antineitrino.

b) daļiņas, kuru miera masa $m_0 \neq 0$. Pašlaik pazīstamajām daļiņām to miera masas ir sekojošās robežas :

Minimālā : elektronam $m_e = 0,511 \text{ MeV}$; maksimālā

Z^0 - bozonam $m_{Z^0} \approx 93 \text{ GeV}$ un t (top) kvarkam - 180 GeV .

3. Daļiņu vidējais dzīves laiks $\tilde{\tau}$ (sek) un daļiņu pussabrukšanas periods

$T_{1/2}$ (sek), kurus saista formulas :

$$T_{1/2} = \ln 2 \cdot \tilde{\tau} = 0,693 \cdot \tilde{\tau} \text{ un } \tilde{\tau} = T_{1/2} / 0,693.$$

Daļiņu iedalījums pēc to dzīves laikiem :

I) stabilas daļiņas : fotoni - γ , neitrino - $\bar{\nu}$, protoni - p, kuriem dzīves laiks $\tilde{\tau} = \infty$. Protons, iespējams, sabrūk ļoti ilgā laikā, ar dzīves laiku $\tilde{\tau} > 10^{34}$ gadi !

II) nestabilas daļiņas :

a) neitroni dzīvo "makroskopiski" ilgi. Tiem $\tilde{\tau} = 930 \text{ sek} = 15,5 \text{ min.}$
un $T_{1/2} = 11,7 \text{ min.}$;

b) vairums nestabilo daļiņu sabrūk ar vājo un elektromagnētisko mijiedarbību palīdzību. To dzīves laiki ir robežās
no $\tilde{\tau} = 10^{-6} \text{ sek}$ līdz $\tilde{\tau} = 10^{-16} \text{ sek.}$;

c) daļiņām, kas sabrūk ar stiprās mijiedarbības palīdzību - tā saucamajam rezonansu daļiņām dzīves laiki ir

$$\tilde{\tau} = 10^{-22} \text{ sek} - \tilde{\tau} = 10^{-23} \text{ sek.}$$

4. Dalīnas īpašais kustības daudzuma moments jeb dalīnas spins. Tas var pieņemt :

a) veselas vērtības (mērītas Planka konstantes \hbar vienības). Tādas dalīnas sauc par bozoniem.

$s = 0, 1, 2, 3, 4$
 pioni, kaoni fotons rezonansu dalīnas

b) pusveselas vērtības (\hbar vienībās) . Tādas dalīnas - fermioni

$s = 1/2, 3/2, 5/2$
 elektrons, protoni, neitroni (omega "-" hiperons) rezonansi

5. Pārējie kvantu skaitļi - daži papildus diskrēti (veseli, pusveseli) lielumi, kuri raksturo atsevišķas dalīņu grupas, kā arī to piedalīšanās savstarpējo pārvērtību reakcijas.

Piem., barionu lādiņš $B = +1$ (nukloniem, hiperoniem), pie kam $B = +1$ dalīnām $B = -1$ - antidalīnām. Leptonu lādiņi $L = \pm 1$ (e^-, e^+, μ^-, μ^+). Vēl ir izotopiskais spins T, "dīvainība" - S u.c. lielumi.

6. Elementārdalīņu elektriskais lādiņš - tiek mērīts elektrona elementārā lādiņa vienībās. Elektriskā lādiņa iespējamās vērtības elementārdalīnām ir :

$e = 0, \pm 1, \pm 2$
 neitrālās dalīnas protoni: $e = +1$ Δ^{++} rezonanss
 Piem., fotoni - γ , elektroni: $e = -1$ (delta rezonanss)
 neitroni.

Kvarkiem - trim elementārdalīnām no kurām sastāv protoni un neitroni, bet kurus nevar iegūt brīvā veidā elektriskais lādiņš ir :

$$e_q = \pm (1/3) e \quad \text{un} \quad e_q = \pm (2/3) e$$

5. ELEMENTĀRDAĻIŅU UN TO MIJIEDARBĪBU KLASIFIKĀCIJA

Pirms 25 gadiem (ap 1970.g.) uzskatīja, ka fizikā ir 4 atsevišķas fundamentālās mijiedarbības :

- 1) stiprā mijiedarbība, ar mijiedarbības konstanti 1 un mijiedarbības radiusu $R = 10^{-13}$ cm ;
- 2) elektromagnētiskā mijiedarbība, ar mijiedarbības konstanti 10^{-2} un mijiedarbības radiusu $R \rightarrow \infty$;
- 3) vājā mijiedarbība, ar konstanti $\approx 10^{-24}$ un radiusu $R = 10^{-11}$ cm ;
- 4) gravitācijas mijiedarbība, ar konstanti $\approx 10^{-40}$ un radiusu $R \rightarrow \infty$.

Visas tad pazīstamās "elementārdalīnas" klasificēja sekojoši :

Daļiņu grupa	Daļiņas spina vērtība	Mijiedarbības, kurās piedalās daļiņu grupa
1. <u>Fotons</u> -	Bozons $s=1$	Elektromagnētiskā - E
2. <u>Leptoni</u> $e^-, \gamma_e, \mu, \gamma_\mu$	Fermioni $s=1/2$	Elektromagnētiskā - E Vājā - W
3. <u>Adroni</u> :	Bozoni $s=0, 1...$	Stiprā - St
3.1 <u>Mezoni</u> (π, k)	Fermioni $s=1/2, 3/2...$	Elektromagnētiskā - E
3.2 <u>Barioni</u> (N, Λ, Ω)		Vājā - W

Pēc 70. gadu vidus "revolūcijas" 80. gadu sākumā izveidojās jauna aina :

Fundamentālie fermioni	Fundamentālo fermionu mijiedarbības	Bozoni - mijiedarbību kvanti
1. <u>Leptoni</u> ($e^-, \gamma_e, \mu^-, \gamma_\mu, \tau^-, \gamma_\tau$)	EW - apvienotā elektrovājā	γ, W^+, W^-, Z^0
2. <u>Kvarki</u> : (u, d, s, c up down strange charm b, t) bottom top	St - stiprā EW - apvienotā elektrovājā	<u>8 gluoni</u> γ, W^+, W^-, Z^0

6. STIPRĀS MIJIEDARBĪBAS

6.1. Modernā stipro mijiedarbību teorija - kvantu homodinamika izveidojās 70. gadu sākumā. Saskaņā ar šo teoriju stiprā mijiedarbība saista elementārdalīnas, kuras apvieno ar vienu kopīgu nosaukumu - hadroni (grieķu "hadros" - liels, spēcīgs).

Hadroni sastāv no kvarkiem q, kuri apmainās ar gluoniem g. Ap 1965. g. tika izveidots hadronu uzbūves modelis no kvarkiem. (Kvarku ideju 1964.g. izteica M.Gell-Menns un Dž. Cveigs (ASV), pēc tam, ņemot vērā

kvarku krāsu, to papildināja I.Nambu, M.Hanoms (ASV) un N.Bogoļubovs, B.Struminskis, A.Tavhelidze (PSRS).

1. Kvarku tips jeb to aromāts. Ir 6 tipu kvarki, kuri iedalās 3 "paaudzēs" jeb "famīlijās" (family).

2. Kvarku krāsu lādiņš. Tam ir zināma analogija ar elektrisko lādiņu. To ieveda, lai ievērotu Pauli principu - lai vairāki kvarki neatrastos vienā un tai pašā kvantu stāvoklī, ko aizliedz kvantu mehānika. Ir trīs kvarku krāsas un tām atbilstošās antikrāsas : - R - red (sarkanā), B - blue (zilā), G - green (zaļā).

Paaudze (family)	Kvarka aromāts	Elektriskais lādiņš
1. paaudze	u - "up" - augšējais	+ 2/3
	d - "down" - lejas	- 1/3
2. paaudze	s - "strange" - divainais	- 1/3
	c - "charm" - šarmantais	+ 2/3
3. paaudze	b - "bottom" - dibena	- 1/3
	t - "top" - virsotnes	+ 2/3 (eksperimentāli atklāts 1995.g.)

Krāsaino kvarku kopskaits ieskaitot antikvarkus, ir : $6 \times 2 \times 3 = 36$

Ir divi hadronu tipi :

1) barioni, kas sastāv no trim kvarkiem (piem., nukloni) ;

2) mezoni, kas sastāv no kvarka un antikvarka.

Visi hadroni ārēji ir balti - bezkrāsaini, katrs barions sastāv no trim pamatkrāsu kvarkiem, kas kombinējoties dod baltu krāsu un katrs mezons sastāv no krāsainā kvarka un papildkrāsainā antikvarka.

6.2. Kvantu hromodinamikas pamatidejas.

Hadroni - piem., protoni $p=(u, u, d)$, neitroni $n=(u, d, d)$ ir uzbūvēti no punktveida objektiem - kvarkiem un gluoniem (no angļu "glue" - līme, kas "salīmē" kvarkus hadronā vienā veselā). Var uzskatīt, ka nuklonā trīs "kvarku rozīnes" peld "gluonu ķīselī". Kvarki un gluoni hadronu iekšienē kustas praktiski brīvi. Bet jāievēro, ka :

1. Kvarkus nav iespējams "izdalīt" no nuklona un fiksēt brīvā veidā pat pie maksimāli pieļaujamām enerģijām, pretēji tam, kā elektronus var atraut no atoma vai protonus un neitronus no atoma kodola .

2. Gluonu eksistence parādās tikai netiešā veidā , arī tos nav iespējams izdalīt brīvā veidā.

Enerģija, kas nepieciešama , lai "saskaldītu" nuklonu, pieaug līdz ar attālumu - tīra kvarka izdalīšanai ir nepieciešama bezgalīgi liela enerģija. Reāli enerģija vienmēr ir ierobežota un kvarku izdalīšanas vietā mēs

dabūjam daudzu mezonu - pionu izdalīšanos, kuri sastāv no kvarku un antikvarku pāriem.

Šo kvarku un gluonu īpatnību izskaidro tā saucama "neizlidošanas" jeb "gūsta" (angļu "confinement") hipotēze. Tā līdz šim nav teorētiski pierādīta, bet to apstiprina visi eksperimenti.

Stipro mijiedarbību teorija - kvantu hromodinamika - nozīmē, ka spēki darbojas nevis starp elektriskajiem bet krāsu ("hromo") lādiņiem. Šī teorija balstās uz priekšstatiem par :

1) trim kvarku krāsām (R, B, G);

2) simetriju noteicošo lomu mijiedarbību specifikas izpratnē.

Matemātiski tā izmanto lokālo iekšējo simetriju grupu SU(3) pret kuru ir invarianti šīs teorijas vienādojumi. Šajā apzīmējumā "SU(3)" simbols "3" atbilst trim krāsām, kuras pārveidojas (transformējas) ar gluonu palīdzību. "SU" nozīmē - "speciālā unimodulārā" - krāsu lādiņu summa katrā kvarku paaudzē ir vienāda ar nulli. Kvantu hromodinamika vēl nav tik pilnīgi izstrādāta kā kvantu elektrodinamika.

7. ELEKTROMAGNĒTISKĀ MIJIEDARBĪBA ELEMENTĀRDALIŅU FIZIKĀ

Elektromagnētiskā mijiedarbība - apmēram 100 - 1000 reizes vājāka par stipro mijiedarbību.

Visvienkāršākās elektromagnētiskās mijiedarbības izpausmes parādās reakcijās starp elektroniem e^- , pozitroniem e^+ un fotoniem (γ - kvantiem).

1. Izkliedes procesi :

$$\left. \begin{array}{l} * \gamma + e^- \rightarrow \gamma' + e^{-'} \\ \gamma + e^+ \rightarrow \gamma' + e^{+'} \end{array} \right\} \text{Komptona efekts}$$

$$\begin{array}{l} * e^- + e^- \rightarrow e^{-'} + e^{-'} \\ e^+ + e^+ \rightarrow e^{+'} + e^{+'} \end{array}$$

$$* e^- + e^+ \rightarrow e^{-'} + e^{+'}$$

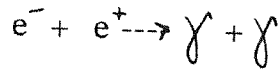
2. Elektrona - pozitrona pāra dzimšana divu fotonu sadursmē - "vielas rašanās no gaismas".

$$* e^- + e^+ \rightarrow e^{-'} + e^{+'}$$

Šī reakcija notiek, ja abu fotonu enerģija pārsniedz elektrona e^- un pozitrona e^+ miera enerģiju summu

$$E_{\gamma+\gamma} \geq m_{e^-} c^2 + m_{e^+} c^2 = 0,511 + 0,511 = 1,022 \text{ MeV}$$

3. Elektronu - pozitronu pāra iznīcība (anihilācija), sabrūkot uz diviem fotoniem - "vielās pārvēršanās gaismā".



Atzīmēsim, ka pozitīvā un negatīvā elektriskā elementārlādiņa simetrijas dēļ, tikai daļa no šeit apskatītajām reakcijām ir neatkarīgas, tās atzīmētas ar *, pārējās atšķiras tikai pēc lādiņa zīmes.

8. VĀJĀS MIJIEDARBĪBAS

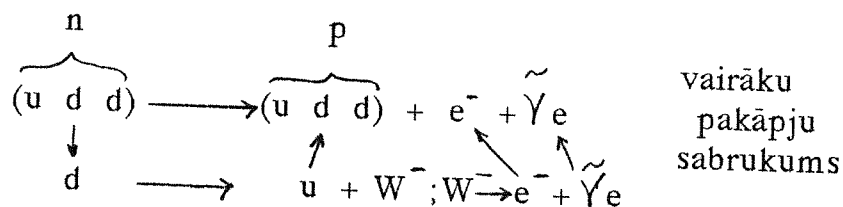
8.1 Vājās mijiedarbības ir atbildīgas par vairumu no elementārdaļiņu sabrukuma reakcijām, tās ir apmēram 10^{14} reīzu vājākas par stiprajiem mijiedarbībām.

Apskatīsim, piem., β - sabrukuma procesu - brīva neitrona sabrukumu. Neutronam pussabrukšanas periods $T_{1/2} = 11,7 \text{ min.}$



neitrons protons elektrons elektronu neutrīno

Kvarku līmenī šī sabrukuma reakcija pārrakstās sekojoši



8.2 Apvienotā elektrovājo mijiedarbību teorija.

70. gadu sākumā tika izveidota apvienotā elektromagnētisko un vājo mijiedarbību teorija - Veinberga - Salama teorija, kura izmantoja tā saucamo $SU(2) \times U(1)$ simetriju.

Šī teorija paredz vājo mijiedarbību lauka kvantu, kurus sauc par vektoriālajiem starpbozoniem, eksistenci.

Pavisam saskaņā ar šo teoriju ir 4 apvienoto elektrovājo mijiedarbību lauka kvanti :

fotons - - kvants un trīs vektoriālie starpbozoni :

$$\underbrace{W^+ , W^-}_{\text{elektriski lādētie}} , Z^0_{\text{neitrālais}}$$

Eksperimentāli vektoriālos starpbozonus atklāja 1983. gadā Eiropas apvienotajā kodolpētījumu centrā CERN Ženēvā. To masas ir vislielākās (izņemot 1995. g. atklāto t (top) kvarku, kura masa ir ap 180 GeV) starp pašlaik zināmo elementārdaļiņu masām

$$m_{W^\pm} \approx 81 \text{ GeV} \quad \text{un} \quad m_{Z^0} \approx 93 \text{ GeV}$$

un to vidējie dzīves laiki ir ap $2 \cdot 10^{-25}$ sek.

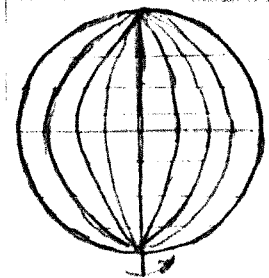
9.SIMETRIJU LOMA ELEMENTĀRDAĻIŅU MIJIEDARBĪBĀS

Simetrija elementārdaļiņu mijiedarbībā - attiecīgo mijiedarbību aprakstošo vienādojumu (kustības vienādojumu) nemainība (invariance) pret noteiktiem matemātiskiem pārveidojumiem (transformācijām) , kuri raksturo šīs mijiedarbības un kuri matemātiski tiek aprakstīti ar t.s. simetrijas grupām (kurām ir speciāli apzīmējumi, piem., U(1), SU(2), SU(3)).

Simetriju iedalījums

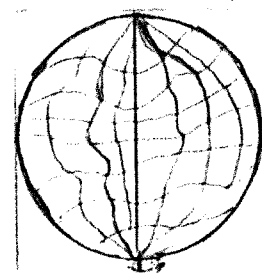
	Iekšējās simetrijas- konkrēto mijiedarbību simetrijas	Ģeometriskās simetrijas (telpas - laika simetrijas)
Globālās simetrijas	Brīvas daļiņas kvantu mehānikas kustības vienādojumu invariance pret globālo transformāciju $U(1)$.	Brīvas daļiņas SRT mehānikas vienādojumu invariance pret pāreju no vienas inerciālās atskaites sistēmas uz otru.
Lokālās simetrijas	Daļiņas <u>kustības vienādojumu invariance pret lokālo transformāciju $U(1)$ - pieprasa ievest īpašu lauku - kalibrējošo jeb kompensējošo lauku, kura vienādojumi ir lokāli - invarianti pret $U(1)$ transformācijām. Šai gadījumā : $U(1)$ transformācijas raksturo elektromagnētiskā lauka invarianci.</u>	Daļiņas <u>kustības vienādojumu invariance pret lokālām SRT raksturojošām transformācijām</u> - pieprasa ievest kompensējošo lauku ¹⁴ - <u>gravitācijas lauku.</u>

Globālā simetrija



Pagriežot globusu kā vienu veselu , transformācija nav atkarīga no katra telpas - laika punkta atsevišķi.

Lokālā simetrija



Pagriežot katru globusa punktu atsevišķi, katru savādāk - transformācija atkarīga no katra telpas - laika punkta atsevišķi.

Pie globusa lokālām transformācijām parādās tā virsmas spraiguma spēki un tiem atbilstošie spēku lauki, kas mēģina atgriezt bijušo stāvokli - kompensējošie jeb kalibrējošie lauki. Tā arī skaidro konkrētās mijiedarbības specifika elementārdaļiņu fizikā : piem., elektromagnētiskā mijiedarbība atbilst lokālai $U(1)$ transformācijai, stiprā - lokālai $SU(3)$ transformācijai.

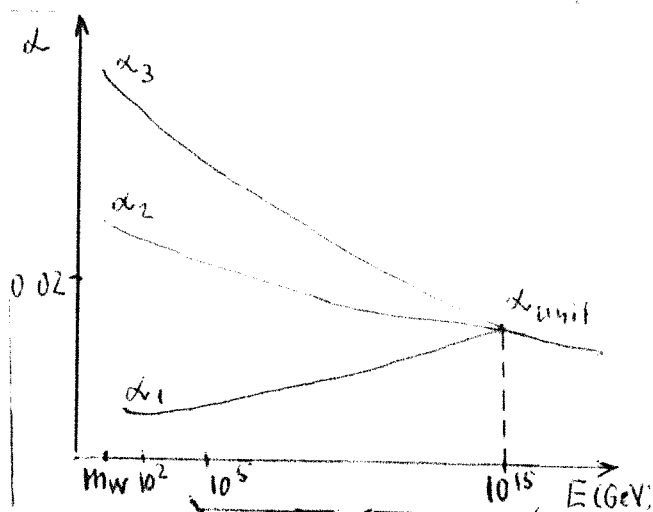
10. ELEMENTĀRDAĻIŅU MIJIEDARBĪBU "LIELĀS APVIENOŠANĀS TEORIJA" (GUT - GRAND UNIFICATION THEORY)

Tāda teorija apvieno stiprās un elektrovājās mijiedarbības, t.i., visas 3 mikropasaulē nozīmīgās mijiedarbības : stiprās, elektromagnētiskās, vājās. Pirmo, visvienkāršāko, tādas teorijas variantu 1974. g. izveidoja H.Georgi un S.Gleshow, izmantojot simetrijas grupu.

$$SU(5) = SU(3) \times SU(2) \times U(1)$$

stiprās mijiedarbības	elektrovājās mijiedarbības
--------------------------	-------------------------------

Mijiedarbību saites konstantu atkarība no enerģijas E.
"Lielās apvienošanās" teorijā SU (5) katras atsevišķās mijiedarbības intensitāti (spēku) raksturo t.s. saites konstante, kas ir atkarīga no daļiņu enerģijas.



Pie enerģijas $E = 100 \text{ GeV}$

1) elektromagnētiskās
mijiedarbības konstante

$$\alpha_1 \approx 1/67$$

2) vājās mijiedarbības
konstante

$$\alpha_2 \approx 1/26$$

3) stiprās mijiedarbības
konstante

$$\alpha_3 \approx 1/5$$

"Logaritmiskais tuksnesis" (?) - enerģiju intervāls ($10^3 - 10^{15} \text{ GeV}$), kur, iespējams, "nekas interesants nenotiek" fizikālā ziņā.

Visu triju mijiedarbību apvienošanās notiek pie $E = 10^{15} \text{ GeV} = 10^{24} \text{ eV} (\sim 10^{-9} \text{ g.})$
kur

$$\alpha_{\text{unif.}} = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0,019$$

“Lielās apvienošanās” SU(5) teorijā ieiet :

		Paaudzes:		
		1.	2.	3.
1) fundamentālās daļiņas - fermioni :	6 kvarki :	(u, d)	(s, e)	(b, t)
(s=1/2)	6 leptoni :	(ν_e, e^-)	(ν_μ, μ^-)	(ν_τ, τ^-)

2) 24 kalibrējošie bozoni (s=1) - mijiedarbību pārnēsēji :

12 - jau zināmi bozoni : γ, W^+, W^-, Z^0 un 8 gluoni

12 - jauni bozoni - “leptokvarki” ar elektrisko lādiņu

$Q = +(1/3)e, +(4/3)e$ un ar masu $m = 10^{15} \text{ GeV} (10^{-9})$, kuri pārvērš kvarkus leptonos un otrādi.

Šī teorija paredz : neitrīno masu $m_\nu = 0$, kvarku lādiņus

$e_q = \pm(1/3)e, +(2/3)e$ un protona nestabilitāti (sabrukumu) ar

pussabrukšanas periodu $T_{1/2} \approx 0,8 \times 10^{33}$ gadi. Eksperimentāli - nav novērots !

11. SUPERSIMETRIJA UN SUPERGRAVITĀCIJA

Teorētiķiem pēc “Lielās apvienošanās” teoriju izveidošanas radās jautājumi :

1. Vai var apvienot fermionus (s=1/2, 3/2...) un bozonus (s=0,1) ?

2. Vai var apvienot iekšējās un ģeometriskās simetrijas un ieslēgt gravitāciju, kas saistīta ar ģeometriju visu mijiedarbību apvienotajā teorijā ?

SRT ir globāli invarianta pret Puankarē transformācijām P (translācijas + rotācijas) 4 - dimensiju telpā - laikā.

Ja Puankarētransformācijas ir atkarīgas no katra telpas - laika punkta $P = P(x, y, z, t)$, tad parādās inerces spēki, kurus var kompensēt ievēdot gravitācijas lauku - supergravitāciju, kas ļauj dziļāk izprast gravitācijas būtību.

1971. - 1973. g. tika atklāta supersimetrija

“Superdaļiņa”

fermioni

bozoni

$s = J$

$s = J \pm 1/2$

Supertransformācija :

1) pārvērš : fermionus bozonos
un otrādi ;

2) noved pie nobīdes telpā- laikā

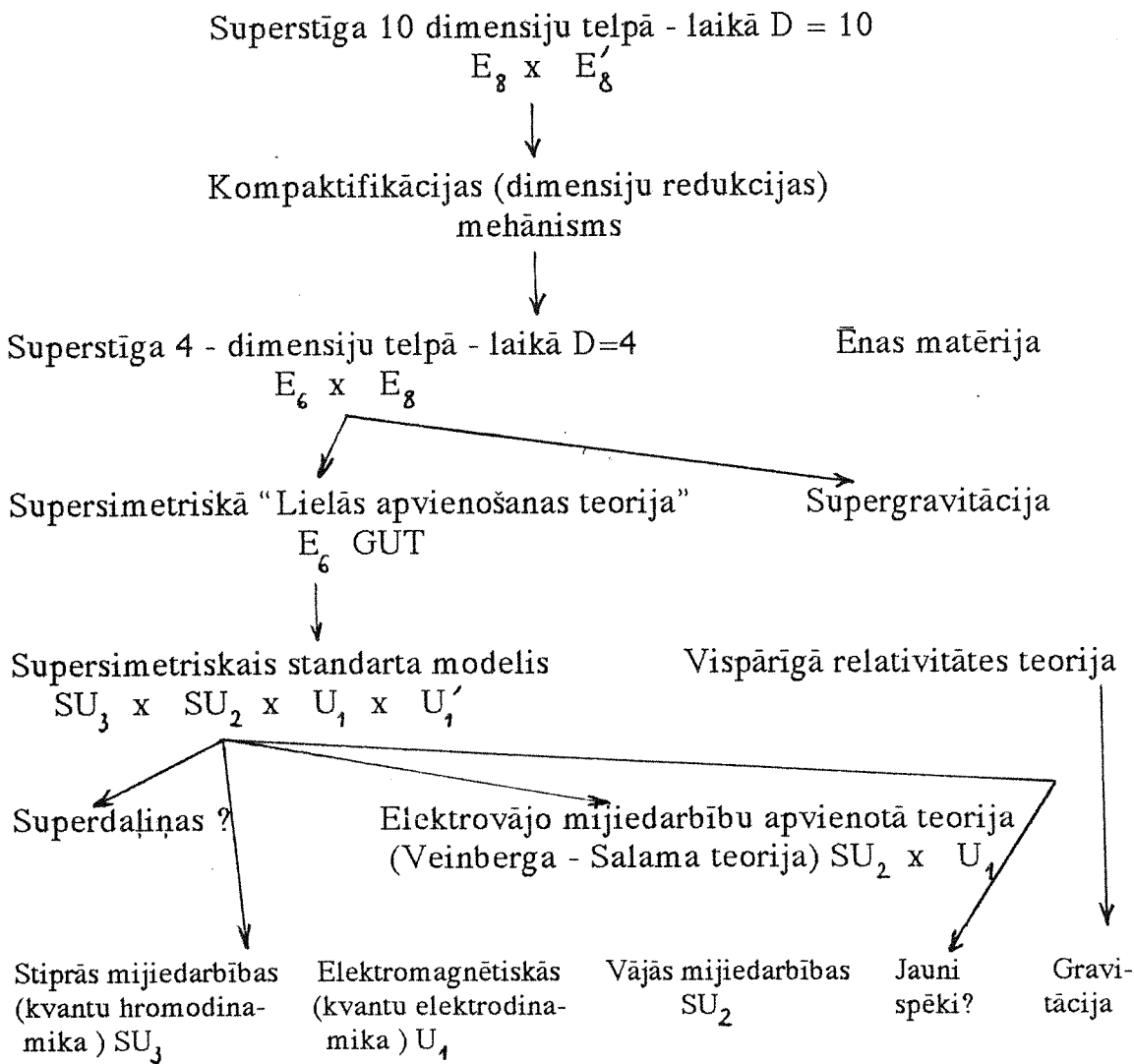
Lokālās supersimetrijas prasības noved pie kompensējošā lauka - supergravitācijas.

Supergravitācija :

- 1) apvieno fermionus un bozonus ;
- 2) apskata gravitāciju un kvantu gravitāciju kā kalibrējošas teorijas. Tad gravitāciju apraksta ar 2 veida kvantiem : gravitonu ($s=2$) un gravitīno ($s=3/2$)
- 3) Supergravitācija atļauj visas 4 mijiedarbības : stipro, elektromagnētisko, vājo un gravitāciju apskatīt no vienota viedokļa - ļauj cerēt izveidot apvienotu visu mijiedarbību teoriju.

12. VISU ELEMENTĀRDAĻIŅU UN TO MIJIEDARBĪBU
APVIENOŠANĀS TEORIJA
(TOE - THEORY OF EVERYTHING; SUPERUNIFICATION)

Tāda teorija kopš 1985. g. attīstās uz t.s. "superstīgu" pamata, bet tās galīgā izstrāde un pārbaude ir nākotnes uzdevums.



Sajā hipotētiskajā teorijā nolaižoties no sākotnējās vienotās mijiedarbības (10-dimensiju telpā - laikā) pa enerģiju skalu aizvien zemāk, nonākam pie sākotnējās mijiedarbības pakāpeniskas sašķelšanās līdz pat 4 fundamentālajām mijiedarbībām pie "parastajām" enerģijām.

13. LIELĀKIE PASAULES ELEMENTĀRDAĻIŅU PAĀTRINĀTĀJI

1. Protonu sinhrofazotroni

<u>Laboratorija</u>	<u>Energija - GeV</u> (1GeV=10 ⁹ eV)	<u>Paātrinātāja</u> <u>diametrs</u>	<u>Palaišanas gads</u>
Dubna (JINR) Krievija	10	72 m	1957.
Ženēva (CERN) Šveice	28	200 m	1959.
Brokheivena (BNL) ASV	33	257 m	1960.
Serpuhova (IFVE) Krievija	76	472 m	1967.
Batavija (FNL) ASV	500 --- 900	2000m=2km	1972.
Serpuhova PSRS	3000 GeV= = 3 TeV	6000m=6km	Projektē un būvē (?)
Dallasa (SSC) ASV	20000 GeV= = 20 TeV	D=23,4 km Perimtrs: 84 km	Projektēja 1996.g., bet projekta izpilde ir pārtraukta.

2. Lineārie elektronu paātrinātāji.

Harkova (Ukraina)	1,8 GeV	Garums : 240 m	1964.
Stanforda (SLAC) ASV	22,3 GeV	Garums : 3050m= = 3km	1966.

3. Lielākie pretējo kūļu paātrinātāji (kollaideri).

<u>Laboratorija</u>	<u>Daļiņas</u>	<u>Energija</u>	<u>Perimets</u>	<u>Palaišanas gads</u>
Stanforda (SLAC) ASV	e^+, e^-	50 GeV	(1,45+1,47)km	1989.
Spps, CERN, Ženēva, Šveice	p, \bar{p}	315 GeV	6,9 km	1981.
TEVATRON FNL, ASV	p, \bar{p}	900-1000 GeV	6,28 km	1987.
HERA, DESY Hamburga Vācija	e^-, p	e: 26 GeV p: 820 GeV	6,34 km	1990.

14. ELEMENTĀRDAĻIŅU FIZIKAS ATTĪSTĪBAS PERSPEKTIVAS NĀKOTNĒ. VAI FIZIKAI PIENĀCIS GALS ?

1. Izdevumi elementārdaļiņu fizikas pētījumiem, tās gigantisko paātrinātāju būvei ir sasnieguši savus "griestus".

ASV pie Dallasas pilsētas būvētais pretējo kūļu supravadošais superkollaiders SSC (superconducting supercolloider) ir ar diametru - 23,4 km (!), apkārtmēru - 84 km (!)

Tajā protoni tiks paātrināti līdz enerģijai 20 TeV

$$E = 2 \text{ TeV} = 20\,000 \text{ GeV} = 2 \cdot 10^4 \text{ GeV} = 2 \cdot 10^{13} \text{ eV}$$

Dallasas paātrinātāja izmaksa (1988. g. cenās) :

Pats paātrinātājs	Pētnieciskā aparatūra	
$3,2 \cdot 10^9 \text{ \$}$	$+ 1,2 \cdot 10^9 \text{ \$}$	$= 4,4 \cdot 10^9 \text{ \$} = 4,4$
		miljardi dolāru.

Tādus izdevumus nākotnē ne ASV (ne arī attīstītas valstis kopā) vairs nespēj nest ! Tāpēc ASV kongress tagad ir pārtraucis Dallasas superkollaidera finansēšanu un tas netiks pabeigts !

2. Pastāv varbūtība, ka nākošie, izšķirošie elementārdaļiņu fizikas atklājumi ir gaidami tikai pie ļoti lielām enerģijām :

a) triju mijiedarbību "Lielā apvienošana" - pie $E = 10^{15} \text{ GeV}$;

b) visu četru mijiedarbību apvienošana - pie $E = 10^{19}$ GeV,
un visā milzīgajā enerģiju intervālā

$$E = 10^4 \longrightarrow 10^{15} \text{ GeV}$$

"nekā interesanta " un būtiski jauna nav !

Vai fizikai būtu pienācis gals ?

Iespējamās alternatīvas :

1. Meklēt elementārdaļiņu fizikas pamatproblēmu atbildes kosmoloģijas pašos pamatos - ļoti agrais Visums tūlīt pēc Lielā Sprādziena $t = 10^{-43}$ sek bija ar daļiņu enerģijām 10^{15} - 10^{19} GeV;

2. Apskatīt fizikālo visu mijiedarbību vienoto lauku un apziņas vienoto lauku (consciousness) kā vienas būtības divas dažādas izpausmes - t.i., meklēt risinājumu garīgajā plāksnē.

g2

VIII. GRAVITĀCIJA - TEORIJA UN EKSPERIMENTI

1. Divi klasiski gravitācijas likumi.
2. Ekvivalences princips.
3. Gravitācija un ģeometrija.
4. Ekvivalences princips un gravitācijas būtība.
5. Gravitācijas lauka vienādojumi - VRT pamats.
6. Elektromagnētisko viļņu frekvences nobīde gravitācijas laukā (gravitācijas sarkanā nobīde).
7. Laika gaitas palēnināšanās gravitācijas laukā.
8. Pulksteņu (jeb dvīņu) paradokss.
9. Materiāla punkta gravitācijas lauks VRT.
10. Klasiskie VRT efekti Saules gravitācijas laukā.
11. Melnais caurums.
12. Vispārīgās relativitātes teorijas atklātās problēmas.

Literatūra :

1. V.Veldre. Relativitātes teorija.
Rīga, Latvijas valsts izdevniecība, 1958.g.
2. J.Tambergs, E.Repše. Gravitācija - teorija un eksperimenti.
"Zinātne un tehnika" Nr. 1, 1986.g. 6.-8. lpp.

1. DIVI KLASISKI GRAVITĀCIJAS LIKUMI.

1. Kermeņu brīvās krišanas likums.

Galileo Galilejs (1564.-1642. g.) eksperimentos no Pizas šķībā torņa (un bronzas lodītes kustības pētījumos uz slīpās plaknes) atklāja, ka :

Brīvā kritienā visi ķermeņi neatkarīgi no to materiālās struktūras krit vienādi ātri - t.i. ar vienu un to pašu paātrinājumu.

Brīvās krišanas paātrinājums

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2 \text{ (normālais)}$$

un smaguma spēks, kas darbojas uz ķermeni ar masu m tā brīvā kritienā ir nosakāms saskaņā ar otro Ņūtona likumu

$$P = m \cdot g$$

un to sauc par ķermeņa svaru - P .

2. Vispasaules gravitācijas likums.

Izāks Ņūtons (1643.-1727.g.) 1684. g. atklāja, ka :

Jebkuri divi ķermeņi pievelkas ar spēku, kas ir tieši proporcionāls to masu m un M reizinājumam un apgriezti proporcionāls attāluma kvadrātam starp tiem.

Gravitācijas pievilkšanās spēks

$$F = \gamma \cdot m \cdot M / r^2$$

kur γ - Ņūtona gravitācijas konstante

$$\gamma = (6,67259 + 0,00085) \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2.$$

Jautājums : Pie kāda nosacījuma visi ķermeņi Zemes smaguma spēka iespaidā kritīs vienādi ātri ?

2. EKVIVALENCES PRINCIPS

Ķermeņa brīvu kritienu smaguma spēka P iespaidā apraksta otrais Ņūtona likums :

$$P = m \cdot g = m_i \cdot g$$

95

kur $m = m_i$ - ķermeņa inertā masa, tā inerces mērs.

Ķermenim ar masu m mijiedarbojoties ar Zemi, kuras masa ir M , (pie kam $m \ll M$), pēc vispasaules gravitācijas likuma :

$$F = \gamma \cdot m \cdot M / r^2 = \gamma \cdot m_g \cdot M / r^2$$

tā masa $m = m_g$ - ir ķermeņa gravitējošā masa, kas raksturo ķermeņa spēju mijiedarboties ar gravitācijas lauku, kura avots ir visas Zemeslodes gravitējošā masa M .

Tad apskatot ķermeņa kustību Zemes gravitācijas laukā pēc otrā Ņūtona likuma

$$m_i \cdot g = \gamma \cdot m_g \cdot M / r^2$$

redzam, ka ķermenis kustas ar brīvās krišanas paātrinājumu

$$g = m_g / m_i \cdot (\gamma \cdot M / r^2),$$

kas ir viens un tas pats lielums visiem ķermeņiem :

$$g = \gamma \cdot M / r^2 = \text{const.}$$

tikai gadījumā, ja

$$m_i = m_g,$$

t.i. ķermeņa inertā masa m_i ir vienāda (vai proporcionāla) tā gravitējošai masai m_g - tas arī izsaka ekvivalences principu.

Salīdzinām šo gravitācijas lauka īpatnību - visi ķermeņi taja kustas ar vienu un to pašu paātrinājumu - ar ķermeņu kustību elektrostatiskajā laukā.

Divu elektrisko lādiņu q un Q mijiedarbību apraksta pēc Kulona likuma (1785.g.) - ar spēka izteiksmi, kas ir ļoti līdzīga vispasaules gravitācijas likumam

$$F = \epsilon \cdot q \cdot Q / r^2$$

Apskatot daļiņas ar masu m_i un lādiņu q kustību otra lādiņa Q radītā elektrostatiskā laukā pēc otrā Ņūtona likuma :

$$m_i \cdot a = \epsilon \cdot q \cdot Q / r^2$$

dabūjam tās paātrinājumu

$$a = q/m_i \cdot (\xi Q/r^3).$$

Redzam, ka dažādi ķermeņi elektrostatiskajā laukā kustas ar dažādiem paātrinājumiem a. Šie paātrinājumi a ir atkarīgi no ķermeņa lādiņa q un inertās masas m_i attiecības

$$a \sim q / m_i,$$

kas var būt katram ķermenim sava, tāpēc arī tiem būs katram savs paātrinājums elektrostatiskajā laukā.

Ekvivalences principa eksperimentālā pārbaude.

L. Etveša eksperimentā (no 1922. g. daudzas reizes) izmanto vērpes svarus, kuru plecu galos novietoti vienādu masu, bet dažādu materiālu atsvari. Svāri orientēti ziemeļu - dienvidu virzienā. Saulei lecot, uz austrumiem vērsts ar m saistīts Saules gravitācijas spēks, ko līdzsvaro uz rietumiem vērsts Zemes rotācijas radītais centrālās spēks, kas saistīts ar m_i . Saulei rietot, spēku virzieni mainās viētām; ja ekvivalences princips nebūtu spēkā ($m_g \neq m_i$), tad būtu novērojamas svaru vērpes svārstības ar 24 stundu periodu. Tādas nav konstatētas ar precizitāti 10^{-12} .

3. GRAVITĀCIJA UN ĢEOMETRIJA.

1. Ķermeņu kustību inerciālā atskaites sistēmā SRT 4 dimensiju telpā - laikā apraksta kā tā saucamā pasaules punkta (x, y, z, t) - atsevišķa fizikāla notikuma - kustību. Šo pasaules punkta veidoto trajektoriju sauc par pasaules līniju.

Brīva ķermeņa, kas kustas pēc inerces, pasaules līnija ir taisne.

2. Ķermeņu kustība Zemes gravitācijas laukā.

Apskatīsim divu dažādu ķermeņu, piem., volejbola bumbas un revolvera lodes kustības trajektorijas. Tiem būs dažādi sākuma ātrumi un dažādas trajektorijas - parabolas.

Bumbai un lodei krītot atpakaļ uz Zemi - būs viens un tas pats brīvās krišanas paātrinājums g.

Attēlojot bumbas un lodes kustību Zemes gravitācijas laukā pasaules līniju veidā - tās būs liektas līnijas, kas izteiks šo ķermeņu kustības paātrināto raksturu Zemes gravitācijas laukā. Bet šo abu pasaules līniju liekums būs vienāds!

Rodas nojausma :

1. Bumba un lode arī Zemes gravitācijas laukā kustas pa "vistaisnāko"

(t.s. ģeodēzisko) līniju, faktiski brīvi, pēc inerces.

2. Telpa - laiks (4 - dimensiju !) Zemes gravitācijas laukā ir jāapraksta ar neeiklīda ģeometriju, tādu ģeometriju kurā vienādā liekuma ģeodēziskās līnijas būs "visīsākās" - "taisnes" šajā ģeometrijā !

4 dimensiju telpas - laika izpratne ir analogiska sekojošam piemēram :

Divu dimensiju ("plakans") pētnieks uz Zemes lodes, tieši Zemes lodveidīgumu redzēt nevar, var to apjaust netieši (piem., Magelāns). Tieši to redzēt var pārejot trešajā dimensijā (kosmonauti !). Lai "redzētu" 4 - dimensiju telpas - laika liekumu - jāpāriet 5. dimensijā !

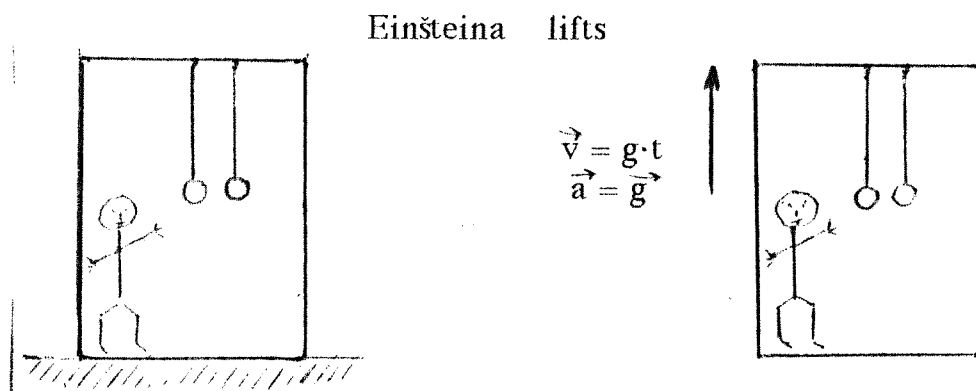
4. EKVIVALENCES PRINCIPS UN GRAVITĀCIJAS BŪTĪBA

Ekvivalences princips - ķermeņa $m = m$ un tāpēc visi ķermeņi gravitācijas laukā kustas ar vienu un to pašu paātrinājumu g .

Bet tādu pašu ķermeņu kustību var iegūt kādā iedomātā laboratorijā kosmosā, kas atrodas tālu no visām masām - gravitācijas lauka avotiem - bet kustas paātrināti ar paātrinājumu g !

Ekvivalences principa plašāka izpratne :

Ķermeņu kustības aprakstu ārējā gravitācijas laukā var aizstāt ar to kustības aprakstu paātrinātā (neinerciālā) atskaites sistēmā. Jeb citiem vārdiem - ne ar kādiem fizikas eksperimentiem nevar atšķirt gravitācijas laukā esošu atskaites sistēmu no paātrinātas atskaites sistēmas.



Miera stāvoklī uz Zemes ?

Paātrināti (ar " \vec{g} ") brīvā kosmosā ?

Tomēr jāatceras, ka stingri runājot, ekvivalences princips izpildās tikai lokāli (bezglīgi mazos telpas - laika apgabalos).

Mēģinot aprakstīt paātrinātu kustību liftā ar SRT palīdzību - ņemam daudzas inerciālās atskaites sistēmas, kur katra nākošā kustas par kādu

konstantu ātruma pieaugumu Δv ātrāk: $v_0, v_1 = v_0 + \Delta v, v_2 = v_1 + \Delta v, v_3 = v_2 + \Delta v \dots$ utt.

“Sašujot” visas šīs inerciālās atskaites sistēmas kopā - esam analogā situācijā kā kartogrāfs uz Zemes virsmas, kam viss globuss jāizgatavo no maziem Zemes kartes gabaliņiem, kur katrs no tiem ir taisnleņķa projekcijā - tātad aparakstot liftu, jāpāriet uz neeiklīda telpu - laiku.

Tātad ar ekvivalences principu divos veidos (1. atrodot, ka bumbas un lodes trajektorijas apraksta vienāda liekuma pasaules līnijas; 2. pētot paātrinātu kustību “Einšteina liftā”) nonākam pie gravitācijas būtības - gravitācija ir telpas - laika neeiklīda ģeometrija!

5. GRAVITĀCIJAS LAUKA VIENĀDOJUMI - VRT PAMATS

Vispārīgās relativitātes teorijas (VRT) pamats ir gravitācijas lauka vienādojumi, kurus 1915. g. beigās atklāja Alberts Einšteins (1879.-1955.g.) un Dāvids Hilberts (1862.-1943. g.) praktiski vienlaicīgi. Tos sauc par Einšteina vai Einšteina - Hilberta vienādojumiem.

$$\underbrace{R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R}_{\substack{\text{4 dimensiju telpas - laika} \\ \text{"izliektā ģeometrija"}}} = \frac{8\pi\gamma}{c} \underbrace{T_{ik}}_{\substack{\text{masas un enerģijas} \\ \text{sadalījums}}}$$

(nav jāatceras !)

ieiet gravitācijas konstante

So vienādojumu jēga, kas izsaka VRT būtību, ir

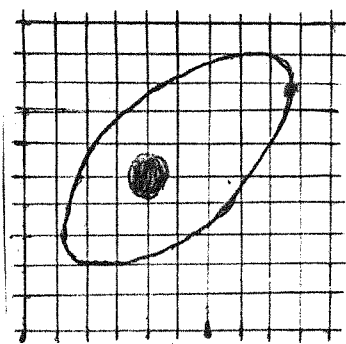
4 - dimensiju telpas - laika
neeiklīda ģeometrijas
"liekums"

vielas un lauku masas un
enerģijas sadalījumam
telpā - laikā.

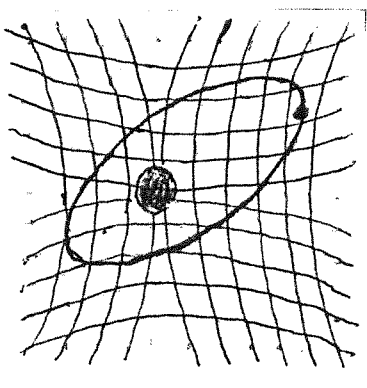
masas sadalījums telpā - laikā nosaka telpas - laika ģeometrijas neeiklīda raksturu, tās "liekumu".

Ja pasaulē nebūtu matērijas (ar masu un enerģiju), tad pazustu arī telpa un laiks, bet matērijas "klātbūtnē" 4 dimensiju telpa - laiks raksturojas ar neeiklīda "līko" ģeometriju. "Taisnā" 4 dimensiju telpas - laika ģeometrija (t.s. pseidoeiklīda ģeometrija), kas raksturo SRT ir abstrakcija, robežgadījums, kad masu sadalījums $\rightarrow 0$.

Kāpēc planētas kustas ap Sauli ?



Parastajā lauka teorijā - ir īpašs gravitācijas lauks (kā piem., elektromagnētiskais), kas pārnes mijiedarbību. Telpa - laiks - "taisni".



Saskaņā ar VRT planēta kustas brīvi, pēc inerces, bet Saules masa "saliec" telpu - laiku, tāpēc šī "taisne" izskatās kā elipse !

6. ELEKTROMAGNĒTISKO VILŅU FREKVENCES NOBĪDE GRAVITĀCIJAS LAUKĀ (GRAVITĀCIJAS SARKANĀ NOBĪDE)

6.1 Domu eksperiments :

Tālu kosmosā , brīvā telpā laika momentā $t = 0$ startē raķete ar Zemes brīvās krišanas paātrinājumu $g = 9,8 \text{ m / s}^2$. Raķetes garums, pieņemsim, ir $h = 22,5 \text{ m}$.

Tajā pašā starta momentā $t = 0$ no raķetes astes raķetes galvas virzienā tiek raidīts gaismas signāls, kurš noiet ceļu

$$h = c \cdot t \quad \text{un} \quad t = h / c$$

un, tātad, sasniedz raķetes galvu laika momentā $t = h / c$.

Raķetes galvai signāla sasniegšanas momentā tad jau ir ātrums

$$v = g \cdot t = g \cdot h / c.$$

Tā kā raķetes galva attālinās ("bēg prom") no gaismas avota, tad gaismas vilnim ir "jāizstiepjas", lai noķertu uztvērēju, tās vilņu garums palielinās, gaisma kļūst sarkanāka, bet tās frekvence λ nonākot līdz uztvērējam ir samazinājusies par lielumu $\Delta\lambda$. Tad attiecība

$$\Delta\lambda / \lambda = v / c = (g \cdot h / c) / c = g \cdot h / c^2,$$

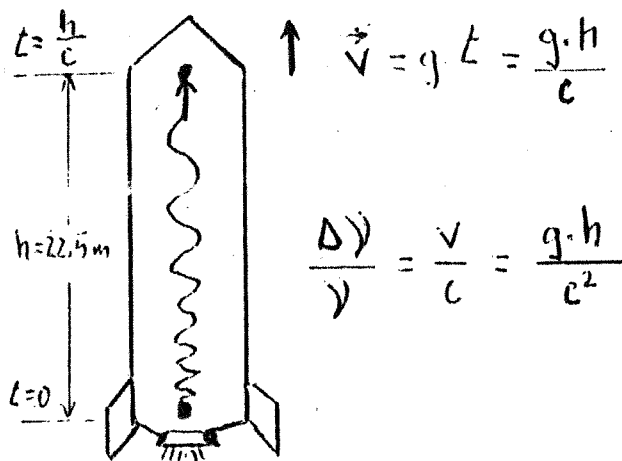
kur ν ir gaismas avota frekvence raketes astē izstarošanas momentā raksturošs gaismas frekvences relatīvo izmaiņu, gadījumā, kad gaismas uztvērējs attālinās no gaismas signāla izstarotāja. Šo parādību fizikā sauc par Doplera efektu, tas raksturīgs viļņu procesiem, gaismas un skaņu viļņiem pie kustīgiem avotiem (uztvērējiem). Ja uztvērējs tuvojas avotam, tad novērojama zilā nobīde.

6.2 Reāls eksperiments :

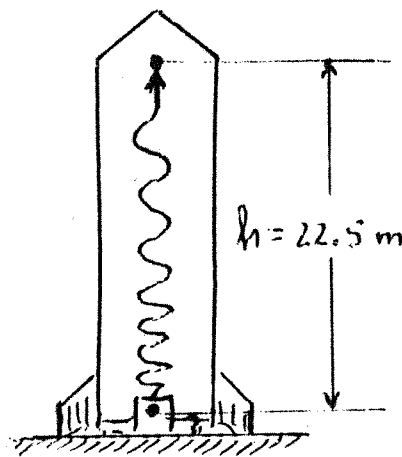
1960. un 1965. gada Harvardā (ASV) R.Paunds, Dž.Rebka un Dž.Snaiders veica eksperimentu 22,5m augstā tornī, pētot kodolu γ -staru - elektromagnētiska starojuma ar ļoti mazu viļņu garumu ($\lambda \approx 10^{-8} - 10^{-11}$ cm) - frekvences nobīdi raidot γ -starus no torņa pakājes uz virsotni (sarkanā nobīde) un pretējā virzienā (frekvences zilā nobīde).

Pēc ekvivalences principa - γ -staru (jeb gaismas) frekvences nobīde domu eksperimentā - raketē, kas pātrinātī startē brīvā telpā un reālajā eksperimentā, kur frekvences nobīde notiek, pateicoties Zemes gravitācijas lauka iedarbībai - ir neatšķiramas (ekvivalentas) fizikālas parādības, tāpēc to apraksts ir vienāds.

Domu eksperiments



Reālais eksperiments



Harvardas eksperimentos tika atrasts, ka

$$\Delta \nu / \nu = 5 \cdot 10^{-15}$$

ar relatīvo kļūdu 5% (1960.g.) un 1% (1965.g.)

1961.g. ar 5% precizitāti tika noteikta arī no Saules spektra nākošās gaismas frekvences sarkanā nobīde.

7. LAIKA GAITAS PALĒNINĀŠANĀS GRAVITĀCIJAS LAUKĀ

Daži eksperimenti :

1. Lidmašīnā 10 km augstumā virs Zemes 15 stundu ilgā lidojumā ar lāzera impulsu palīdzību tika salīdzināti atomu pulksteņa rādījumi lidmašīnā ar otra tāda paša pulksteņa rādījumiem uz Zemes. Saskaņā ar VRT laika gaitai spēcīgākā gravitācijas laukā - uz Zemes virsmas - ir jāpalēninās, salīdzinot ar tā gaitu vājākā gravitācijas laukā - 10 km augstumā virs Zemes. VRT paredzētā Zemes pulksteņa atpalikšana par

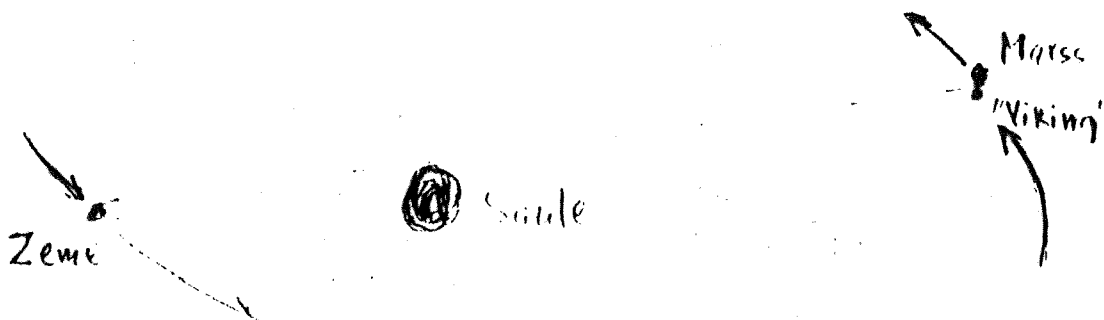
$$\Delta t = 5 \cdot 10^{-8} \text{ sekundēm}$$

tika izmērīta ar 2% precizitāti.

Sajā eksperimentā bija jāņem vērā arī SRT efekts - laika gaitas palēnināšanas kustīgajā atskaites sistēmā - lidmašīnā, bet tas pie lidmašīnas ātruma $v = 400 \text{ km/st.}$, ir apmēram 10 reizes mazāks par attiecīgo VRT efektu.

2. Radiosignālu aizture gravitācijas laukā arī ir saistīta ar laika gaitas palēnināšanos gravitējošu masu tuvumā, piemēram, ejot tiem gar kāda masīva ķermeņa malu.

1968. - 1979. g. radiosignālu aiztures (aizkavēšanas laika) mērījumi tika veikti ar ASV kosmiskajām stacijām "Mariner" un "Viking" stāvokļos, kad stacija - Marss - Saule un Zeme praktiski atradās uz vienas taisnes. VRT efekts tika apstiprināts ar 0,2% precizitāti.

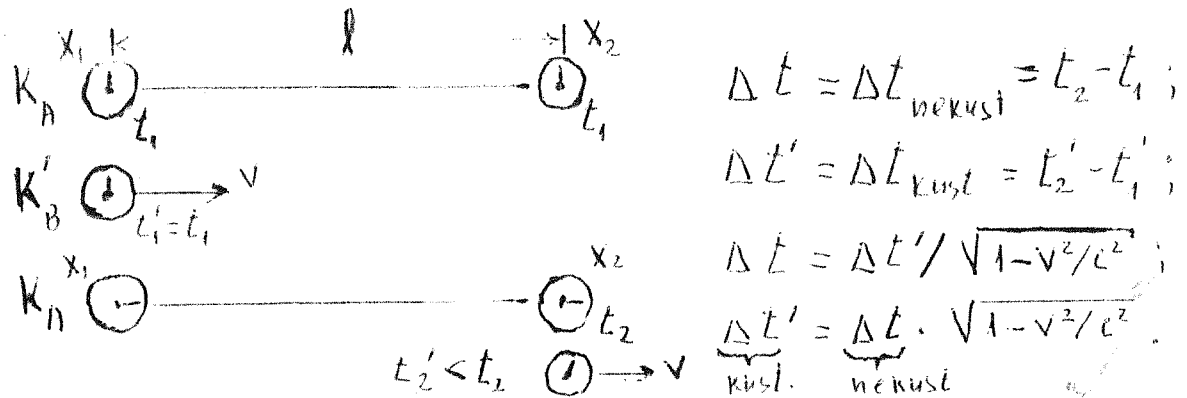


8. PULKSTEŅU (JEB DVIŅU) PARADOKSS

8.1. SRT efekts.

Apskatām nekustīgo atskaites sistēmu K_A , kurā atrodas viens dvīņu brālis - novērotājs Λ . Šajā sistēmā uzdoti divi punkti x_1 un x_2 , zināms attālums starp tiem $l = x_2 - x_1$, tajos atrodas divi sinhronizēti pulksteņi, kas rāda laiku t .

Kustīgajā atskaites sistēmā K_B , kas ar ātrumu \vec{v} iet caur punktiem x_1 un x_2 atrodas otrs dvīņu brālis - astronauts B, viņa pulkstenis rāda laiku t' . Laika momentā, kad B iet caur punktu "1", sinhronizē pulksteņus tā, lai $t_1 = t'_1$ pēc tam salīdzina to rādījumus ejot caur punktu "2". Dabū saskaņā ar SRT:



Iegūstam, ka nekustīgajā sistēmā K_A ir pagājis vairāk laika, jo $\Delta t > \Delta t'$ un $t_2 > t'_2$ (jo $t_1 = t'_1$ pēc sinhronizācijas). Tātad kustīgais pulkstenis pie astronauta B rādīs mazāk, viņam laika gaita palēninās.

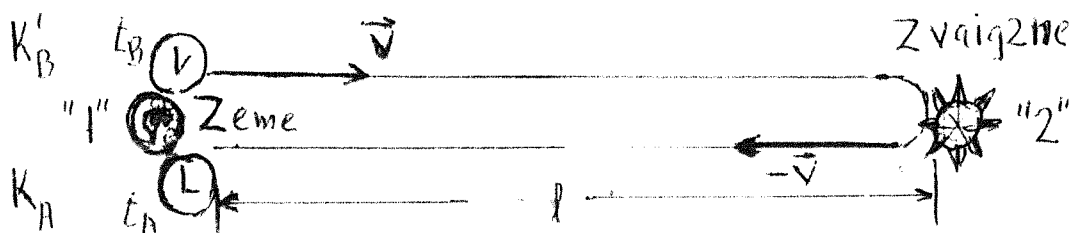
Savukārt no astronauta B viedokļa, fakts, ka punktā x_2 viņa brāļa A pulkstenis ir priekšā viņa paša pulkstenim ($t_2 > t'_2$), izskaidrojams ar to, ka punktos x_1 un x_2 novietotie pulksteņi, jau no paša astronauta B ceļojuma sākuma no x_1 uz x_2 , negāja sinhroni, jo pulkstenis punktā x_2 visu ceļojuma laiku no B viedokļa apsteidza pulksteni punktā x_1 , jo telpā atdalīti notikumi, kas ir vienlaicīgi kustīgā sistēmā, nav vienlaicīgi nekustīgajā.

Sis laika palēnināšanās efekts SRT ietvaros ir pilnīgi reāla parādība, kas novērojama piem., elementārdaļiņu fizikā, paātrinot daļiņas līdz ļoti lieliem ātrumiem.

Piemēram, kāda daļiņa miera stāvoklī "dzīvo" vidēji, pieņemsim, 10^{-6} sek., tad sabrūk uz citām daļiņām. Ja pēc "iegūšanas paātrinātājā" šī daļiņa kustas ļoti ātri, tad pēc laboratorijas pulksteņa tā var dzīvot 10, ..., 100, ... reizes ilgāk, atkarībā no tās ātruma, bet pēc pulksteņa, kas "līdotu līdz daļiņai", tā sabruktu pēc 10^{-6} sek.

8.2. VRT efekts - saistīts ar neinerciālo atskaites sistēmu.

Dvīņu paradokss ar atgriešanos ceļojuma sākuma punktā.



104

Dvīņu brālis - novērotājs A visu laiku atrodas sākuma punktā "1" (uz Zemes) nekustīgajā inerciālajā atskaites sistēmā K_A viņam ir pulkstenis, kas rāda laiku t_A .

Otrs dvīņu brālis - astronauts B dodas starpzvaigžņu ceļojumā no punkta "1" (Zemes) uz punktu "2" (zvaigzni), viņam līdzī ir sākumā uz Zemes sinhronizēts pulkstenis. Ceļojuma lielākā daļa norisinās ar vienmērīgu taisnvirziena kustības ātrumu \vec{v} . Zvaigznes (punkta "Z") tuvumā B palēninās, tad iegūst pretēju ātrumu (paātrinās) un ar ātrumu $-v$ atgriežas atpakaļ uz Zemes (punktā "1"), viņa pulkstenis rāda t_B .

Pēc novērotāja uz Zemes A pulkstenis rāda B atgriešanās brīdī t_A .
Tā kā ceļojuma ātrums :

$$v = \text{ceļš} / \text{laiks} = 2l / t_A \quad \text{tad} \quad t_A = 2l / v$$

Ja pulkstenis B kustējās paātrināti ļoti īsu laiku, tad pulksteņa B reālo atpalikšanu no pulksteņa A varam aprēķināt

$$\begin{aligned} \Delta t &= t_A - t_B = t_A - t_A \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} = t_A (1 - \sqrt{1 - v^2/c^2}) = \\ &= 2l / v (1 - \sqrt{1 - v^2/c^2}) > 0 \end{aligned}$$

kur Δ - iespējama mazā korekcija pa pulksteņa B paātrinātās kustības laiku. Te kustīgā pulksteņa atpalikšana ($t_B < t_A$) ir pilnīgi reāls fakts. Bet pēc Einšteina relativitātes principa abas divas atskaites sistēmas ir līdzvērtīgas ! Kurš brālis tad ir novecojis ?

Tomēr abas sistēmas nav līdzvērtīgas, sistēma K_B īsu brīdi bija neinerciāla. No sistēmas K_B viedokļa sistēmas K_A pulkstenis lielāko ceļa daļu būs atpalicis no pulksteņa B, bet paātrinātajā posmā pulkstenis A tālu aizies priekšā, jo saskaņā ar VRT, neinerciālā sistēmā laiks palēninās. Tātad novecojis būs brālis A.

9. MATERIĀLA PUNKTA GRAVITĀCIJAS LAUKS VRT

4 dimensiju telpas - laika intervāla kvadrāts starp diviem notikumiem (x_1, y_1, z_1, t_1) un (x_2, y_2, z_2, t_2) SRT ir

$$s_{12}^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2$$

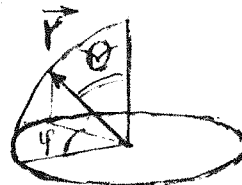
Uzrakstām to diferenciālā formā (ar pieaugumiem - diferenciāliem)

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

un pārejot no Dekarta koordinātām uz sfēriskajām koordinātām šī intervāla izteiksme pārveidojas sekojoši :

$$ds^2 = c^2 dt^2 - r^2 (\sin^2 \vartheta d\varphi^2 + d\vartheta^2) - dr^2$$

kur : \vec{r} - sfērisko koordinātu radiusvektors;
 ϑ - leņķiskais mainīgais $= 0 \div \pi / 2$;
 φ - leņķiskais mainīgais $\varphi = 0 - 2\pi$.



Tas joprojām ir "taisnās" ģeometrijas SRT telpas - laika intervāls. 4 dimensiju telpas - laika intervāls materiālā punkta ar masu M apkārtne, kas seko no gravitācijas lauka vienādojumiem VRT (K.Švarcšilda atrisinājums 1916.g.) ir sekojošā formā :

$$ds^2 = (1 - r_g / r) c^2 dt^2 - r^2 (\sin^2 \vartheta d\varphi^2 + d\vartheta^2) - dr^2 / (1 - r_g / r)$$

Tas atbilst jau "līkajai" telpai - laikam, neiekļūda ģeometrijai. Uz to norāda locekļu atšķirības pie $c^2 dt^2$ un dr^2 .

Centrālā ķermeņa ar masu M gravitācijas radiuss

$$r_g = 2 \gamma M / c^2$$

Piemēri :

$$\text{Saule : } M_s = 2 \cdot 10^{27} \text{ t ; } R_s = 696000 \text{ km ; } r_g = 2,96 \text{ km}$$

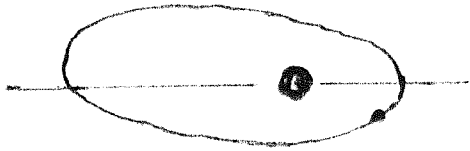
$$\text{Zeme : } M_z = 6 \cdot 10^{21} \text{ t ; } R_z = 6371 \text{ km ; } r_g = 0,443 \text{ cm}$$

Ķermeņa kustību centrāli simetriskā materiālā punkta gravitācijas laukā var apskatīt tikai pie attālumiem $r > r_g$. Pie attālumiem, kas mazāki par gravitācijas radiusu $r < r_g$, veidojas "melns caurums".

10. KLASISKIE VRT EFEKTI SAULES GRAVITĀCIJAS LAUKĀ

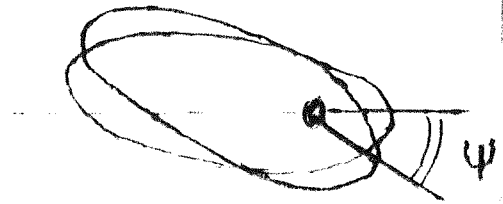
1. Planētu perihēlija rotācija - precesija.

Pēc klasiskās mehānikas



planētas orbīta - elipse ir nekustīgi orientēta telpā.

Pēc VRT



planētas orbīta maina savu orientāciju telpā - tās perihēlijs pagriežas par leņķi katrā apriņķojumā.

Šo parādību sauc par planētas orbītas perihēlija precesiju. Planētas perihēlija precesijas leņķis pēc VRT

$$\psi = 6\pi \gamma \cdot M_s / (c^2 a (1 - e^2))$$

kur γ - gravitācijas konstante;

M_s - Saules masa;

a - orbītas (elipses) lielā pusass;

e - orbītas ekscentricitāte : $e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$;

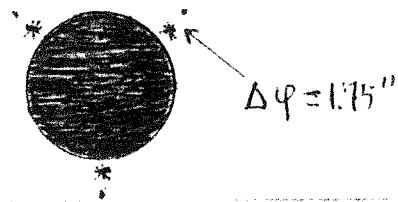
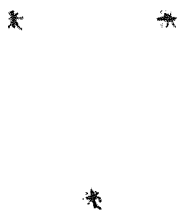
b - orbītas mazā pusass.

Vislielākā perihēlija precesija ir Saulei vistuvākai planētai - Merkūram, kam tā sasniedz $\psi = 43''$ 100 gados, kas sakrīt ar novēroto Merkūra orbītas perihēlija novirzi ar precizitāti 1 %.

Pulsāram PSR 1913 + 16 $\psi = 3,6^\circ$ gadā (30 000 reižu vairāk !).

2. Gaismas staru noliece Saules gravitācijas laukā.

- 1) kādu zvaigžņu stāvokli pie debess . 2) To pašu zvaigžņu stāvokli ar Sauli vidū, Saules aptumsuma laikā.

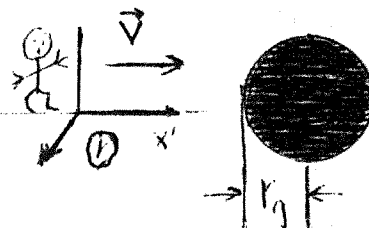
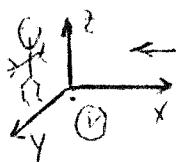


Zvaigžņu pozīciju nolieces leņķis gaismas staram ejot gar Saules malu

$$\psi = 4 \gamma M_S / (c^2 R_S) = 1,75'' \text{ (atklāja 1919. gadā).}$$

11. MELNAIS CAURUMS (BLACK HOLE)

Kāds ķermenis krīt uz melno caurumu



Ko redz tāls novērotājs ?

Krītošā ķermeņa ātrums $v \rightarrow 0$, kad $r \rightarrow r_g$. Tālam novērotājam izskatās, ka ķermenis krīt uz caurumu aizvien lēnāk un lēnāk līdz gandrīz apstājas (bet to nesagaida!), kad ķermenis tuvojas melnā cauruma gravitācijas radiusa r attālumam.

Laiks tālam novērotājam :

$$\Delta t \rightarrow \infty, \text{ kad } r \rightarrow r_g.$$

Ja krītošais novērotājs sūta gaismas signālus, tad tie pienāk arvien "sarkanāki" un arvien retāk, līdz, tiecoties sasniegt

Ko redz novērotājs, kas krīt līdz ķermenim uz caurumu ?

Laiks pēc "līdz krītošā" pulksteņa ir galīgs, līdz sasniedz gravitācijas radiusu r_g - Švarcsilda sfēru ! Līdz krītošais novērotājs nonāk melnajā caurumā, bet neko nespēj paziņot ārējam novērotājam, jo gaismas signāli vairs netiek ārā no melnā cauruma, tik spēcīgs ir tā gravitācijas lauks !

Kas notiek tālāk, nav zināms, formāli matemātiski iznāk, ka telpas koordinātes mainās vietām

$r = r_g$, vairs nepienāk nemaz !

ar laika koordināti, bet tā jēga nav skaidra !

12. VISPĀRĪGĀS RELATIVITĀTES TEORIJAS ATKLĀTĀS PROBLĒMAS

“Vispārīga relativitāte” - ar to Einšteins mēģināja, pamatojoties uz ekvivalences principu, panākt visu atskaites sistēmu, kā inerciālo tā arī neinerciālo, līdztiesību. Citiem vārdiem - panākt, ka fizikas likumi ir vienādi visās atskaites sistēmās, kā inerciālās tā neinerciālās. Šis jautājums vēl joprojām iek diskutēts. Daudzi uzskata, ka nosaukums “vispārīgā relativitātes teorija” nav īsti atbilstošs saturam, pareizāk to būtu saukt par “Einšteina gravitācijas teoriju”.

Neskaidrs joprojām ir jautājums par enerģijas saglabāšanās likumu VRT. Šīs teorijas “geometriskā” rakstura dēļ var, attiecīgi izvēloties atskaites sistēmu, “aiztransformēt” prom enerģiju gravitācijas laukam no kāda telpas - laika apgabala. Gravitācijas laukam VRT nav tādu pašu ar enerģiju saistītu raksturlielumu, kā piemēram, elektromagnētiskajam laukam. Ļoti fundamentāls ir jautājums par gravitācijas viļņu eksistenci. Šos viļņus paredz VRT un to atklāšana būtu viens no vislielākajiem mūsu gadsimta fizikas sasniegumiem.

VRT izvirza ļoti fundamentālas problēmas attiecībā uz ceļojumiem laika savā pagātnē, kas ir saistīti ar ceļošanas principu - “laika mašīnas” jautājumu, kas ir joprojām neskaidrs.

Eksistē vesela virkne alternatīvu gravitācijas teoriju, bet VRT skaitās visvairāk atzīta jau vairāk nekā 80 gadus.

IX. VISUMA MĒROGI , TĀ ATTĪSTĪBAS PAMATLIKUMS UN
IEVADS KOSMOLOĢIJĀ

Cik varena ir pasaul' s telpā,
Dievs augstais, Tava valstība !
No dziesmām un no saules zelta
Tev pils ir celta Ciānā.

(K.Kundziņš)

1. Visuma attālumu mērogi.
2. Īss kosmosa galveno objektu (debess ķermeņu) raksturojums.
3. Sarkanā nobīde galaktiku spektros.
4. Hābla likums.
5. Hābla likuma analīze.
6. Kvazāri - vistālākie un visspožākie objekti Visumā.
7. Visuma homogenitāte un izotropija lielos mērogos.
8. Visuma nestacionaritātes teorētiskais pamatojums.
9. Priekšstats par kosmoloģiskajiem modeļiem.
10. Visuma izplešanās nākotne un tā kritiskais blīvums.

Literatūra :

1. I.D. Novikov. Evoļucija vseļennoj (3. izd.)
Moskva, "Nauka" 1990.
2. I.A. Klimišin. Astronomija naših dņei (3. izd.)
Moskva, "Nauka" 1986., gl. 9., 10.

1. VISUMA ATTĀLUMU MĒROGI - I

Kosmosa objekts
(Debesu ķermenis)

Tā attālums no Zemes

Mēness

$$384\,000\text{ km} = 3,84 \cdot 10^5\text{ km}$$

Saule

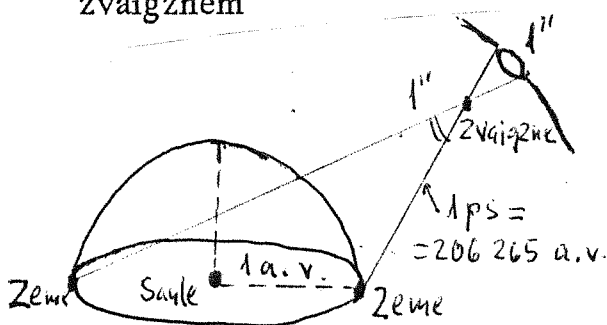
$$1\text{ astronomiskā vienība} = \\ = 1,496 \cdot 10^8\text{ km}$$

Saules sistēmas robeža -
Plutona orbīta

$$\text{no Saules : } 39,4\text{ astronomiskās} \\ \text{vienības} = 6 \cdot 10^9\text{ km.}$$

Attālumu mērvienība līdz
zvaigznēm

$$1\text{ gaismas gads} = 0,307\text{ parseki} \\ (\text{ps}) = 9,46 \cdot 10^{12}\text{ km} \\ 1\text{ parseks} = 206\,265 \\ \text{astronomiskās vienības} = 3,26 \\ \text{gaismas gadi} = 3,086 \cdot 10^{13}\text{ km}$$



Attālums līdz tuvākai
zvaigznei (Proksima Centaura)

$$4,3\text{ gaismas gadi} = 1,32\text{ ps} = \\ = 4 \cdot 10^{13}\text{ km}$$

Attālumu mērvienības galaktiku
iekšienē, līdz un starp galaktikām

$$1\text{ kiloparseks (kps)} = 10\text{ ps} = \\ = 3,26 \cdot 10^3\text{ gaismas gadi} = \\ 3,086 \cdot 10^{16}\text{ km}$$

$$1\text{ megaparseks (Mps)} = 10^6\text{ ps} = \\ = 3,26 \cdot 10^6\text{ gaismas gadi} = \\ = 3,086 \cdot 10^{19}\text{ km}$$

Attālumi mūsu Galaktikā (mūsu
zvaigžņu sistēmā) :

Saules attālums no Galaktikas
centra

$$- 10\text{ kps}$$

Mūsu Galaktikas diametrs

$$- 30\text{ kps}$$

1. VISUMA ATTĀLUMU MĒROGI - II

Visuma objekti	Attālums no Saules sistēmas
Tuvākās galaktikas :	
Lielais Magelāna mākonis	52 kps
Mazais Magelāna mākonis	71 kps
Andromedas miglājs	690 kps = 2 miljoni gaismas gadu
Vietējās galaktiku sistēmas (mūsu Galaktika, Andromedas miglājs u.c.) robeža	1,4 Mps = 1400 kps
Tuvākās galaktiku grupas (kopas, sakopojumi)	2 - 5 Mps
Lielā Galaktiku superkopa	
1) centrs - galaktiku kopa Jaunavas zvaigznājā	20 Mps
2) Lielās Galaktiku superkopas diametrs	60 Mps
Citas tuvākās galaktiku superkopas	
1) Lauvas zvaigznājā	140 Mps
2) Herkulesa zvaigznājā	190 Mps
<u>"Labi" izpētītās Visuma daļas nosacītā robeža</u>	1500 Mps = $4,9 \cdot 10^9$ gaismas gadu = <u>4,9 miljardi gaismas gadu</u>

**Visuma redzamās daļas robeža - 10 - 20 miljardi gaismas gadu
= $(1 - 2) \cdot 10^9$ gaismas gadu = (3000 - 6000) Mps = $(3 - 6) \cdot 10^9$ ps**

2. ISS KOSMOSA GALVENO OBJEKTU (DEBESS ĶERMĒŅU) RAKSTUROJUMS

2.1 Zeme un citas planētas.

<u>Kermeņis</u>	<u>Izmērs</u>	<u>Masa</u>	<u>Blīvums</u>
Zeme	$R_z = 6378 \text{ km}$	$m_z = 5,98 \cdot 10^{27} \text{ g}$	$5,5 \text{ g / cm}^3$
Pārējās planētas	$R_{\text{min}} = 2439 \text{ km}$ (Merkūrs)	$0,0017 m_z = 10^{25} \text{ g}$ (Plutons)	$0,7 \text{ g / cm}^3$ (Saturns)
	$R_{\text{max}} = 71400 \text{ km}$ (Jupiters)	$318 m_z = 1,9 \cdot 10^{26} \text{ g}$ (Jupiters)	$5,4 \text{ g / cm}^3$ (Merkūrs)

2.2 Saule un zvaigznes.

Saule : Radiuss : $R_{\odot} = 696\,000 \text{ km} = 109 R_z$
 Masa : $M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{33} \text{ g} = 333\,000 m_z$; $\rho_{\odot} = 1,4 \text{ g / cm}^3$
 Saules starojuma jauda (spīdība) :
 $L_{\odot} = 3,86 \cdot 10^{38} \text{ ergi / sek} = 3,86 \cdot 10^{26} \text{ W}$

Saules redz. zv. lielums : $m_{\odot} = -26,7$

Saules abs. zv. lielums : $M_b = +4,72$ (10 ps attālumā)

Zvaigžņu raksturlielumi :

<u>Spektr. klase</u>	<u>Apakšklase</u>	<u>M_b</u>	<u>M/M_{\odot}</u>	<u>L/L_{\odot}</u>	<u>R/R_{\odot}</u>	<u>$T^{\circ}(\text{K})$</u>	<u>t (gadi)</u>
O, B - zilās	O5	-10,1	60	790000	14	44000	3 10
A, F - baltās	A5	+1,7	2	14	1,7	8200	6 10
G - dzeltenās	G2 (Saule)	+4,72	1	1	1	5780	4 10
K - oranžās	K5	+6,7	0,69	0,15	0,72	4400	2 10
M - sarkanās	M8	+11,9	0,1	0,001	0,11	2600	10

2.3 Galaktikas - zvaigžņu sistēmas.

I - mūsu Galaktika - 200 miljardi ($2 \cdot 10^{11}$) zvaigžņu !
Galaktikas diametrs - 30 kps = 100 000 gaismas gadu
Galaktikas masa - $2,5 \cdot 10^{11} M_{\odot}$ (Saules masa $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33} \text{ g}$)

Zvaigžņu blīvums : Saules apkārtnē (10 kps no Galaktikas centra)
1 zvaigzne uz 10 (parseki)³
Galaktikas centrā (ar $D = 1 \text{ ps}$) -
 10^6 zvaigznes uz 1 (ps)³.

II galaktiku raksturlielumi.

<u>Galaktika</u>	<u>M_b</u>	<u>Masa (M_{\odot}^{vien})</u>	<u>galaktika</u>	<u>M_b</u>	<u>Masa (M_{\odot}^{vien})</u>
cD - galaktikas	- 24	10 M_{\odot}	Lielais Mag. m.	- 18	1,4 10 M_{\odot}
M 31 (Andromedas miglājs)	- 22	3,6 10 M_{\odot}	Mazais Mag. m.	- 16	5 10 M_{\odot}
Mūsu Galaktika	- 21	2,5 10 ¹¹ M_{\odot}	Pundurgalaktikas	- 6	10 M_{\odot}

Galaktiku starojuma jaudas (spīdības) : $L = 10^{45} \div 10^{38} \text{ (ergi / s)} =$
 $= 10^{33} \div 10^{26} \text{ (W)}$.

2.4 Galaktiku kopas (grupas, sakopojumi)

1. Vietējā galaktiku kopa (Galaktika, M 31 u.c.) - satur 40 - 50 galaktiku 1,4 Mps = $5 \cdot 10^6$ gaismas gadu apgabalā. Tādas kopas - vairāki desmiti 10 - 20 Mps attālumā.

2. Galaktiku superkopas :

1) Lielā Galaktiku superkopa ar centru Jaunavas zvaigznājā. Tās centrā atrodas ap 200 galaktiku 5 Mps diametra apgabalā. Pavisam šajā superkopā - ap 20 000 galaktiku 60 Mps lielā apgabalā (arī mūsu Vietējo galaktiku sistēma).

2) citas tuvākās superkopas :

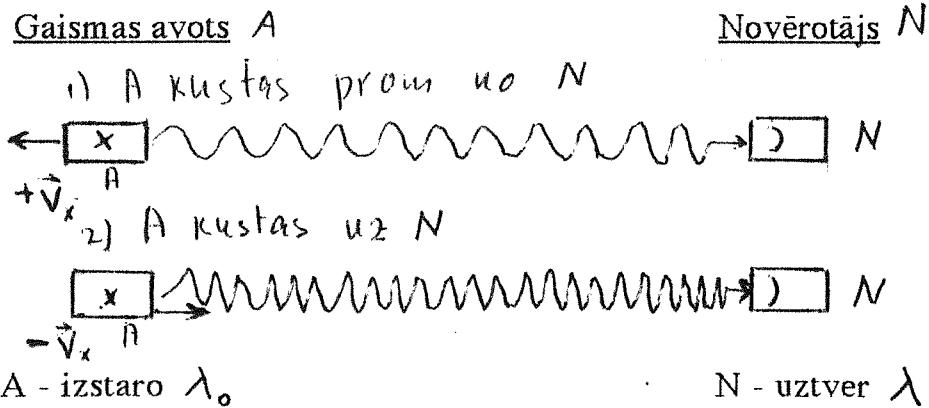
Lauvas zvaigznājā (~ 140 Mps attālumā) ;

Herkulesa zvaigznājā (~ 190 Mps attālumā).

Pavisam tagad zināmas kādas 50 galaktiku superkopas. "Labi" izpētītā Visuma daļā (~ 1500 Mps) - vairāki miljardi (10^9) galaktiku .

3. SARKANĀ NOBĪDE GALAKTIKU SPEKTROS

1) Doplera efekts fizikā - to atklāja 1842. gadā austriešu fiziķis Kristians Doplers (1803. - 1853. g.).



Novērotājs N uztver vilni ar garumu :

$$\lambda = \lambda_0 (1 + (\pm v_x / c))$$

kas ir garāks par izstaroto $\lambda > \lambda_0$, ja avots A kustas prom no novērotāja N - t.i. nobīdīts uz gaismas vilnu spektra sarkano galu.

Spektrālo nobīdi izsaka sekojoši :

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 \quad \text{un} \quad Z = \Delta\lambda / \lambda_0 = v / c$$

H - atoma spektrā : ja $\lambda_0 = 1216 \text{ \AA}$, $v = 10 \text{ km / sek}$, tad $\Delta\lambda = 0,22 \text{ \AA}$

2) V.Sleifers (ASV) 1912 . g. sāka pētīt spirālveida miglāju spektrus un 1919. g. atklāja, ka 36 gadījumos no 41 , to $\Delta\lambda >$ - spektra līnijas nobīdītas uz spektra sarkano galu !

Izrādījās , ka šie miglāji attālinās no mums ar milzīgu ātrumu :
 $v = 1800 \text{ km / sek}$ (Sāule kustas ap Galaktikas centru ar ātrumu
 $v = 250 \text{ km / s}$).

4. HÄBLA LIKUMS

4.1 Attālumu noteikšanai līdz galaktikām - vairākas metodes :

1) cefeīdu izmantošana.

Cefeīdas - periodiskas mainzvaigznes, kam ir zināma sakarība starp to absolūto spožumu M_b un spožuma maiņas periodu P .

$$M_b = -1,33 - 2,25 \lg P \quad (1)$$

Ievietojot šo sakarību absolūtā spožuma M un redzamā spožuma m formulā

$$M_b = m + 5 - 5 \lg r \quad (2)$$

varam atrast attālumu r līdz galaktikai, kurā ir cefeīda.

2) visspožāko zvaigžņu metode.

Pēc novērojumiem vairākās galaktikās visspožākās zvaigznes ir ar apmēram vienādu M_b . Tad pēc formulās (2) atrod r .

4.2 Hābla likuma atklāšana

1923. gada beigās amerikāņu astronoms Edvīns Hābls (1889. - 1953. g.) ar 2,5 m teleskopu atklāja pirmo cefeīdu Andromedas miglājā. Tātad - miglāji ir citas zvaigžņu sistēmas - galaktikas !

Pētot šo "miglāju" - galaktiku spektru sarkanās nobīdes E.Hābls 1929. gadā formulēja likumu :

Galaktiku attālināšanās ātrumi no mums pieaug tieši proporcionāli attālumiem līdz tām .

$$v = c \cdot z = H \cdot r \quad (\text{Hābla likums})$$

kur H - Hābla konstante :

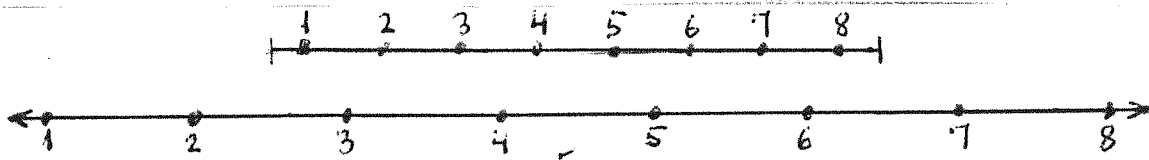
$H = 500$ [km / (sek Mps)] (1929. g.). Tagad : $H = 50 - 75 - 100$ [km / (sek Mps)].

5. HÄBLA LIKUMA ANALĪZE

5.1 Hābla likums ir fundamentāls dabas likums - tas izpildās gan spožām (tuvām), gan vājām (tālām) galaktikām.

5.2 Mūsu Galaktika neienem kādu centrālo vietu Visumā, no kuras attālinās visas citas galaktikas.

Piemērs ar gumijas auklu, to divreiz izstiepjot :



Attālumi starp mezglu punktiem arī pieaug 2 reizes, visi tie ir līdzvērtīgi, pret katru to pāri attālums ir jo lielāks, jo tālāk tie atrodas viens no otra (1 un 8, 2 un 7...)

5.3 Hābla konstante $H = 500 \rightarrow 50$ [km / (sek · Mps)]

$$v = \frac{H}{r}$$

(km / sek) (km / (sek Mps)) (Mps)

raksturo galaktiku attalināšanās ātruma v pieaugumu, ja to attālums (no mums vai savā starpā) pieaug par 1 Megaparseku.

5.4 Hābla konstantes apgrieztais lielums

$$1 / H = t_H \text{ (sek)}$$

ir ar laika dimensiju - tas ir laiks, kurā galaktika noiet attālumu r, kas to atdala no novērotāja :

1) ja $H = 500$ [km / (sek · Mps)], tad

$$t_H = 1 / H = 1 / 500 \cdot 3 \cdot 10^{19} \text{ [(sek / km) \cdot km]} = 6 \cdot 10^{16} \text{ sek} = \underline{2 \cdot 10^9 \text{ gadu}} = 2 \text{ miljardi gadu.}$$

2) ja, kā tagad uzskata $H = 50$ [km / sek · Mps]

$$t_H = 20 \cdot 10^9 \text{ g} = \underline{20 \text{ miljardi gadu}}$$

Tātad - **pirms 2 - 20 miljardiem gadu visas galaktikas bija vienā punktā !**

5.5 Visuma galaktiku pasaules sākums :

- 1) pēc 1929. gada Hābla konstantes vērtības - pirms $2 \cdot 10^9$ gadiem ;
- 2) pēc mūsdienu H vērtības - pirms $(10 - 20) \cdot 10^9$ gadiem.

Bet jau 30. gados bija dati - Zemes kā planētas vecums $4 \cdot 10^9 = 4 \text{ miljardi gadu}$ (2 reizes lielāks !)

Tāpēc meklēja citus sarkanās nobīdes skaidrojumus :

- 1) Visumā eksistē kāda mūžīga laika vienības absolūtā garuma izmaiņa ?
- 2) gaismas ātruma c izmaiņa laikā $c = c(t)$?
- 3) fotonu enerģijas samazināšanās (t.i., tiem atbilstošā gaismas viļņa garuma palielināšanās ("nosarkšana")) - tiem ceļojot kosmosa telpā ?

Šīs un citas iespējas tagad uzskata par mazvarbūtīgām un galaktiku "izklišanu" uzskata par reālu faktu.

5.6 Sarkanā nobīde kā attālumu indikators (rādītājs).

Pēc Hābla likuma :

$$v = c \cdot z = c \cdot v / c = c \cdot \Delta\lambda / \lambda = H \cdot r$$

atrodam attālumu līdz galaktikai r atkarībā no sarkanās nobīdes

$$\Delta\lambda / \lambda = z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0 \quad (\text{pie } H = 50 \text{ [km / (sek} \cdot \text{Mps)]})$$

$$r = c / H \cdot \Delta\lambda / \lambda = 19,6 \times z \text{ [miljardi gaismas gadu]}$$

Šī formula izmanto klasisko Doplera efektu un der pie samērā maziem galaktiku ātrumiem $v \ll c$, kad $\Delta\lambda < 0,3$.

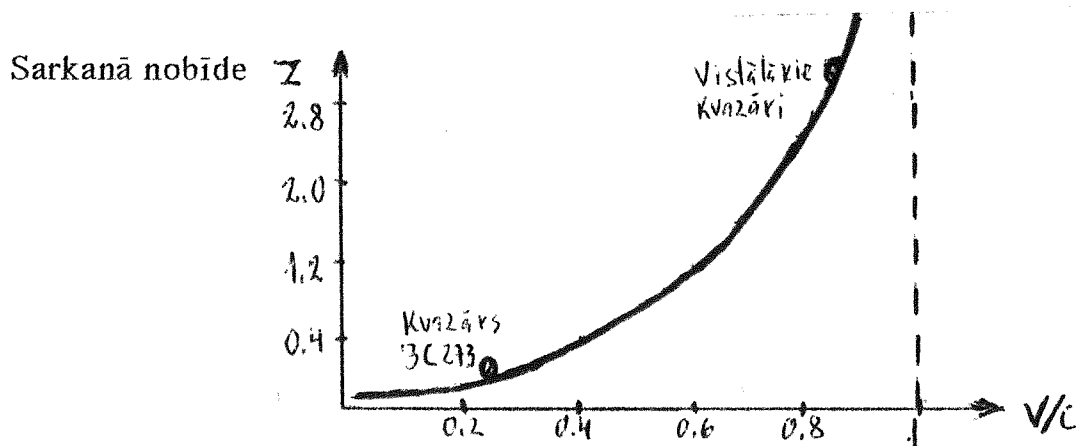
Pie lieliem galaktiku ātrumiem - jālieto speciālās relativitātes teorijas Doplera efekta formulas (citādi $v > c$ pie lieliem r !)

Pie ļoti lieliem galaktiku attālumiem r un tātad ļoti lieliem galaktiku ātrumiem v - sarkanā nobīde pēc speciālās relativitātes teorijas Doplera efekta formulas izsakās sekojoši :

$$z = \Delta\lambda / \lambda = 2 \cdot v / (c (\sqrt{1 - (v/c)^2} + 1 - v/c)) \quad \text{un}$$

$$v/c = ((z+1)^2 - 1) / ((z+1)^2 + 1)$$

Tātad - ja $v \rightarrow c$, tad sarkanā nobīde $z \rightarrow \infty$.



vistālākajiem kvazāriem - $v = 270\,000 \text{ km / sek}$ ($z \approx 3$).

5.7 Kas tad ir galaktiku "izklīšanas" pamatā ?

Izstiepjot gumijas auklu - paši mezgli pie auklas piestiprināti stingri, attālumi starp tiem palielinās tāpēc, ka izstiepjas pati gumijas aukla un nevis mezgli slīd pa to !

Analogi - modernā kosmoloģija uzskata, ka galaktikas attālinās tāpēc, ka izplešas pati Visuma telpa !

Tādu kosmoloģiju apraksta, izmantojot vispārīgo relativitātes teoriju.

6. KVAZĀRI - VISTĀLĀKIE UN VISSPOŽĀKIE OBJEKTI VISUMĀ

1960. gadā pētot kosmisko radiostarojumu, T. Metjūss un A. Sendidžs (ASV) atklāja, ka radiostarojuma objektam 3C 48 :

- 1) atbilst zvaigžņveidīgs optiskā (gaismas) starojuma avots - diezgan vājš, ar zvaigžņu lielumu 16^m ;
- 2) tā spektrā ir neparstas, neidentificējamās emisijas līnijas.

1962. gadā atklāja divus līdzīgus radiostarojuma avotus : 3 C 196, 3 C 286 (tiem atbilst 16^m "zvaigznes") un 1963. gadā - 3 C 273 (13^m "zvaigzni").

Pētot to emisijas līnijas M. Šmits (ASV) atklāja, ka 3 C 273 emisijas līnijas ir **ūdeņraža spektra līnijas** pie ļoti lielās sarkanās nobīdes z .

$$z = \Delta\lambda / \lambda = 0,16 \quad \text{jeb} \quad 16 \% !$$

Sos objektus nosauca par "kvazizvaigžņu objektiem" - kvazāriem.

Dažu kvazāru raksturlielumi :

<u>Kvazārs</u>	$z = \Delta\lambda/\lambda$	$v = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} \cdot c$	<u>Attāluma novērtējums</u>
3 C 273	0,16	0,147 c = 44100 km / sek	960 Mps = 3 10 gaismas gadu
3 C 48	0,37	0,305 c = 91500 km / sek	
3 C 9	2,0	0,8 c = 240000 km / sek	3840 Mps 12 10 g.g. (12 miljardi gaismas gadu).

Kvazāri to lielo sarkano nobīžu dēļ - ļoti svarīgi objekti kosmoloģijā.

Vairumam kvazāru $z = 2 \div 3$

Vairumam novēroto galaktiku $z < 1$.

Kvazāru starojuma jauda - milzīga :

Piem., kvazāram SS 0014 + 81

redzamais zvaigžņu lielums $m = 16$;

absolūtais zvaigžņu lielums $M = - 33$.

Viņš staro optiskajā diapazonā

10 000 reižu vairāk nekā mūsu Galaktika !

Kvazāru izmēri - "dažas gaismas dienas".

(10^{10} - 10^{11} km) - tuvāks Saules sistēmas izmēram nekā attālumam līdz tuvākai zvaigžnei (4,3 gaismas gadu).

Kvazāru attālumi ir robežās :

260 miljoni gaismas gadu ÷ 12 miljardi gaismas gadu.

Kvazāru daba :

1) to enerģijas avoti,

2) to saistība ar galaktikām,

pagaidām nav līdz galam noskaidroti jautājumi.

Hipotēze - kvazāri - tā ir galaktiku attīstības sākuma stadija (?)

7. VISUMA HOMOGENITĀTE UN IZOTROPIJA LIELOS MĒROGOS

Homogenitāte - īpašību viendabība

Izotropija - īpašību neatkarība no virziena

Samērā mazos mērogos (ps, kps) zvaigznes sadalītos telpā ļoti nevienmērīgi (koncentrētas galaktikās).

Galaktiku kopu izmēri un galaktiku skaits kopās - arī ļoti dažādi (nevienmērīgi) lielumi - lielās kopās ir vairāki tūkstoši ($n \times 10^3$) galaktiku. Šo kopu izmēri - vairāki Mps. Vidējie attālumi starp lielām kopām 30 Mps - ap 10 reizu vairāk nekā šo galaktiku kopu izmēri.

Katras kosmiskās struktūrvienības (zvaigznes, galaktikas, galaktiku kopas, galaktiku superkopas) vidējais blīvums $\sim 100 - 1000$ reizu lielāks nekā tas būtu, ja visu vielu tajās vienmērīgi sadalītu ("izsmērētu") pa visu telpu.

Apskatām vēl 10 reizu lielāku mērogu - telpas kubu ar malas garumu 300 Mps - lai kur to novietotu Visumā vienmēr tajā būs ap ~ 1000 galaktiku kopu (kas apvienotas dažās superkopās). Tātad :

Lielā mērogā ($= \geq 300$ Mps) Visums ir viendabīgs, homogēns, ar konstantu vidējo blīvumu ρ .

Ar optisko teleskopu metodēm Visuma homogenitāte ir noteikta ar 10 - 20 % precizitāti. Jaunās kosmiskā radiostarojuma pētīšanas metodes ļauj noteikt tā intensitātes izotropiju - nolieces no tās visos debess virzienos nav konstatētas ar relatīvo precizitāti līdz $10^{-4} - 10^{-5}$.

Visuma blīvuma ρ nolieces no ρ_{vid} . 1000 Mps mērogā $\Delta\rho/\rho_{vid} < 3\%$. Tātad - **vairāku simtu megaparseku lielā mērogā Visums - homogēna,, nepārtraukta vide, kuras "atomi" - galaktikas, to kopas, superkopas.**

8. VISUMA NESTACIONARITĀTES TEORĒTISKAIS PAMATOJUMS

Pēc novērojumiem - Visums ir nestacionārs, tas attīstās kādā noteiktā virzienā - galaktikas "izklīst" (Hābla likums).

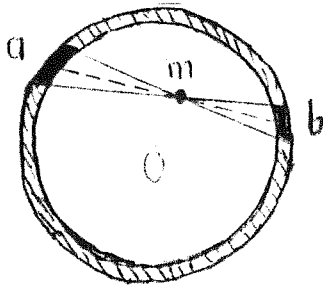
Kā to pamatot teorētiski ? Ir divas gravitācijas teorijas :

- 1) Ņūtona teorija - izmanto vispasaules gravitācijas likumu.
- 2) Einšteina vispārīgā relativitātes teorija (VRT), kas atšķiras no Ņūtona gravitācijas teorijas pie ļoti stipriem gravitācijas laukiem (lielām ķermeņu masām) un lieliem ātrumiem ($v \rightarrow c$).

Visuma nestacionaritāti - tā attīstību laikā - teorētiski var pamatot jau vienkāršākajā, Ņūtona gravitācijas teorijā !

Apskatām pēc Ņūtona teorijas :

8.1 Patvaļīgas masas m ķermeni jebkurā punktā kādas sfēriski simetriskas materiālas čaulas (lodes) iekšienē- uz to nedarbojas nekāds gravitācijas lauks no čaulas puses !



Konusu laukumi \sim to augstumu kvadrātiem
 Konusa a pamata laukums $S_a \sim r_a^2$
 Konusa b pamata laukums $S_b \sim r_b^2$

Tā kā čaulas masa vienmērīgi sadalīta pa laukumu, tad konusu pamata laukumu S_a un S_b masu M_a un M_b attiecība.

$$M_a / M_b = S_a / S_b = r_a^2 / r_b^2;$$

Spēki, ar ko S_a un S_b pievelk ķermeni m , ir

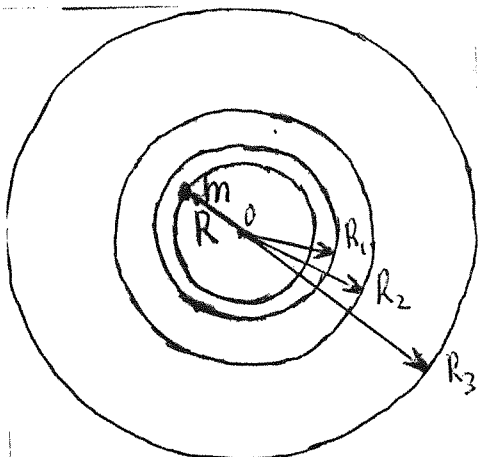
$$F_a = \gamma M_a \cdot m / r_a^2; \quad \vec{F}_b = \gamma M_b \cdot m / r_b^2$$

Šo spēku attiecība :

$$\begin{aligned} \vec{F}_a / \vec{F}_b &= (\gamma M_a \cdot m / r_a^2) / (\gamma M_b \cdot m / r_b^2) = M_a \cdot r_b^2 / (M_b \cdot r_a^2) = \\ &= r_a^2 \cdot r_b^2 / (r_b^2 \cdot r_a^2) = 1 \end{aligned}$$

un tātad - $\vec{F}_a = \vec{F}_b$ - šie spēki ir vērsti pretēji un viens otru līdzsvaro - čaulas iekšienē gravitācijas lauka nav !

8.2 Apskatām gravitācijas spēkus, kas darbojas uz kādu galaktiku no visām pārējām Visuma galaktikām ārpus sfēriskā apgabala ar radiusu R un masu M.

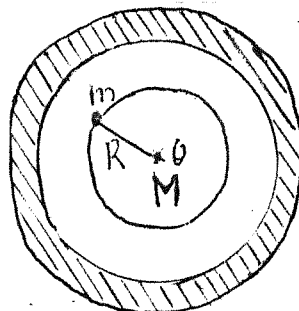


Galaktika ar masu m atrodas uz sfēriskā apgabala robežas, uz to darbojas gravitācijas spēks, vērsts uz šī apgabala centru :

$$F = \gamma (m \cdot M) / R^2$$

M - apgabala galaktiku masa;
 R - apgabala radiuss.

Velkam ap šo apgabalu koncentriskus apļus (lodes) $R_1 < R_2 < R_3 \dots$ to slāņos nonāk aizvien jaunas galaktikas.



Mūsu galaktikai m (un visam apgabalam M) paliekot vidū, gravitācijas lauka iedarbība no visām pārējām ārējo sfēru ietvertajām galaktikām ir nulle (pēc iepriekš pierādītā !

Līdz ar to uz galaktiku m darbojas tikai spēks no lodveida apgabala ar masu M , kura centrs ir attālumā R no galaktikas m un kura radītais paātrinājums

$$a_g m = F = \gamma m M / R^2 \quad a_g = - \gamma M / R^2 \quad \text{"-" pievilksnās}$$

No šejienes arī izriet Visuma nestacionaritāte - ja arī kādā momentā visas galaktikas atradās miera stāvoklī (līdzsvarā), tad jau nākošajā momentā tās iegūtu paātrinājumu to savstarpējās pievilksnās dēļ !

Tātad :

- 1) novērojam, ka pašlaik galaktikas attālinās (atgrūžas), to paātrinājums $a > 0$;
 - 2) gravitācijas pievilksnās dēļ - "izklišana" tiek bremzēta - $a_g < 0$
- Kas notiks tālāk ? Kura tendence gūs virsroku nākotnē ?

9. PRIEKŠSTATS PAR KOSMOLOGISKAJIEM MODEĻIEM

Galvenais jautājums - kā mainās Visuma izplešanās atkarībā no laika

$$R = R(t) ?$$

Izdalot Visumā lodveida apgabalu ar tilpumu

$$V = 4/3 \pi R^3$$

varam izteikt tajā koncentrēto galaktiku masu M ar to vidējo blīvumu

$$M = V \rho = 4/3 \pi R^3 \rho$$

Tad paātrinājums galaktikai uz šī sfēriskā apgabala robežas

$$a_g = - \rho M / R^2 = - \rho / R \cdot 4/3 \pi R^3 \rho = - 4/3 \pi \rho^2 R$$

Tātad

$$(1) \begin{cases} a_g = - 4/3 \pi \rho^2 R \\ v = H \cdot R \end{cases} \quad \text{un} \quad \begin{cases} a_g \sim R \\ v \sim R \end{cases}$$

pašreizējā momentā kā galaktiku savstarpējās attālināšanas ātrumi v , tā arīšo ātrumu izmaina - paātrinājums a_g ("-" - palēninājums !) ir proporcionāls attālumam R starp galaktikām.

Tātad arī agrāk pagātnē un vēlāk nākotnē ātrums v būs proporcionāls attālumam R .

No sakarībām (1) varam atrast funkciju

$$R = R(t),$$

kas raksturo to, kā mainās Visuma izmēri atkarība no laika - to sauc par kosmoloģisko modeli.

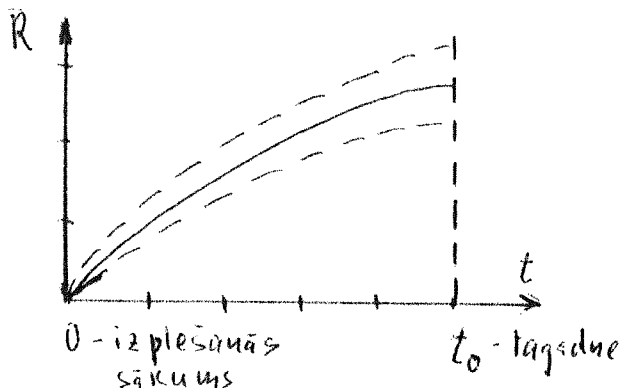
Kosmoloģiskajos modelos, kurus nosaka sakarība

$$R = R(t) \quad \text{izmantojot} \quad \begin{cases} a_g = - 4/3 \pi \rho^2 R \\ v = H \cdot R \end{cases}$$

vienīgi Hābla konstante var būt atkarīga no laika

$$H = H(t)$$

Kosmoloģiskos modeļus raksturo grafiki - attālumi starp galaktikām R - Visuma izplešanās atkarībā no laika.



Cik tālu ir punkts "0" no t ?

To nosaka :

- 1) izplešanās ātrums v tagad (Hābla konstante H)
- 2) līknes izliekums, kas atkarīgs no gravitācijas palēninājuma

$$a_g = - 4/3 \pi \gamma \rho R$$

un matērijas blīvuma ρ Visumā

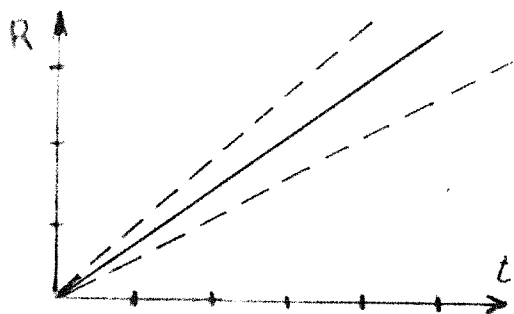
Visumā tātad norisinās divi procesi :

- 1) kosmoloģiskā galaktiku izkliede pēc Hābla likuma ;
- 2) šīs izkļedes bremsēšana galaktiku savstarpējās pievilkšanās dēļ ar paātrinājumu a .

Galaktiku izkļēšanas bremsēšana ir niecīga tajā gadījumā, kad $a_g = - (4/3) \pi \gamma \rho R$

ir mazs, kas ir atkarīgs no matērijas vidējā blīvuma ρ Visumā .

Pie maza ρ Hābla konstante praktiski nav atkarīga no laika $H = H(t)$ un $R = R(t)$ ir taisne.



Laiks no izplešanās sākuma

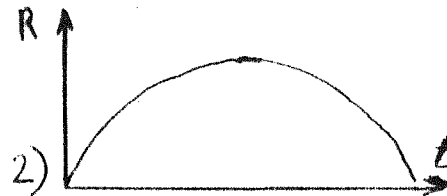
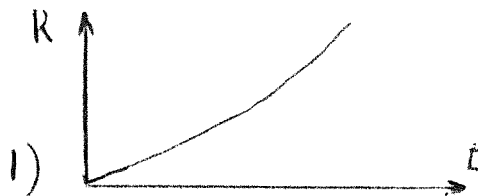
$$\text{ja } h = \begin{cases} 1/100 \text{ [km/(s Mps)]} \\ 1/75 \text{ [km/(s Mps)]} \\ 1/50 \text{ [km/(s Mps)]} \end{cases} \text{ tad } t = 1/H = \begin{cases} 10 \text{ mljrd. g.} \\ 13 \text{ mljrd. g.} \\ 20 \text{ mljrd. g.} \end{cases}$$

10. VISUMA IZPLEŠANĀS NĀKOTNE UN TĀ KRITISKAIS BLĪVUMS ρ_{kr}

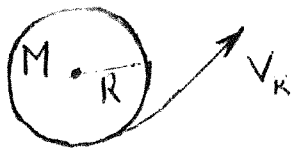
Visuma izplešanās nākotne - atkarīga no gravitācijas spēku lomas - no a_g un Visuma vidējā blīvuma ρ

1. Ja gravitācijas palēninājums a_g mazs (blīvums ρ mazs), tad būs mūžīga Visuma izplešanās.

2. Ja palēninājums a_g ir pietiekošs (un ρ ir pietiekošs), tad izplešanās var apstāties un sākties Visuma saraušanās.



Analoģija ar otro kosmisko ātrumu - galaktikas atrašanās no sfēriskā apgabala (ar radiusu R) - t.i. mūžīgā izplešanās iespējama vienīgi galaktikai sasniedzot II kosmisko ātrumu v



$$v_k = \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}}$$

Ievietojot v_k izteiksmē Hābla likumu $v = H \cdot R$

$$v_k = \sqrt{2\gamma M} / R = H \cdot R$$

un izsakot sfēriskā apgabala masu : $M = 4/3 \pi R^3 \rho = V$

iegūstam Visuma kritiskā blīvuma izteiksmi :

$$\rho_{kr} = 3 H^2 / (8 \pi \gamma) = 10^{-29} \text{ g/cm}^3$$

Pēc novērojumiem :

$$\rho_{vid.} \approx 3 \cdot 10^{-31} [\text{g/cm}^3] - \text{Visums vienmēr izpletīsies ???}$$

X. VISUMA PIRMĀS TRĪS MINŪTES UN PIRMAIS GADU MILJONS

1. Kosmoloģisko modeļu tipi.
2. Kāpēc kosmoloģijā jālieto Einšteina VRT ?
3. Pie kādiem attālumiem Visumā jālieto VRT un relatīvistiskā kosmoloģija ?
4. Reliktais starojums.
5. Pats sākums - Lielais Sprādziens ("Big Bang").
6. Inflācijas ("uzpūstā Visuma") kosmoloģija.
7. Pamatprocesi ar daļiņām pie Visuma izplešanās.
8. Reliktā starojuma masas blīvuma un vielas blīvuma attiecību maiņa Visumam izplešoties.
9. Visuma vidējais blīvums un temperatūra atkarībā no Visuma izplešanās laika.
10. Visuma pirmās trīs minūtes - shematisks apskats.
11. Visuma attīstības "temperatūras vēsture" ("ēras") līdz = 1 miljonam gadu pēc Lielā Sprādziena.
12. Visuma kosmogonijas kopsavilkums no Lielā Sprādziena momenta līdz pirmajam gadu miljonam.
13. Lielā Sprādziena teorijas grūtās problēmas.

Literatūra :

- Tā pati, kas iepriekšējā lekcijā ([1], [2]) ;
- 3) S.Vainberg. Pervije tri minuti. Moskva, 1981.g.

1. KOSMOLOĢISKO MODEĻU TIPI

Galvenās kosmoloģisko modeļu īpašības var parādīt ar Nūtona kosmoloģijas metodēm - piemēram, Hābla likumu.

Ievedam bezdimensiju mēroga faktoru (reizinātāju).

Ja :

$r(t)$ - attālums līdz galaktikai jebkurā uzdotā laika momentā t ;

r_0 - attālums līdz galaktikai novērošanas momentā $t = t_0$, kas tiek uzskatīts par zināmu, tad attālums līdz galaktikai jebkurā laika momentā t :

$$\underline{r(t) = r_0 R(t)} \quad (1)$$

Tā kā momentā $t = t_0$ attālums $r = r_0$, tad $R(t_0) = 1$.

Kā mainās attālums līdz izvēlētai galaktikai atkarībā no laika ?

Laika intervālā no t līdz $t + dt$ attālums pieaug par lielumu dr :

$$dr = r(t + dt) - r(t) = r_0 (R(t + dt) - R(t)) = r_0 dR,$$

kur

dR - mēroga faktora pieaugums laikā dt .

Ātrums, ar kuru notiek galaktikū attālināšanās :

$$v = dr / dt = r_0 dR / dt.$$

Izslēdzot r_0 , kuru no (1) izsakām kā $r_0 = r(t) / R(t)$, dabūjam Hābla likumu

$$v = (r(t) / R(t)) \cdot (dR / dt) = H \cdot r(t) \quad \text{un}$$

$$H = (1 / R(t)) \cdot (dR / dt) = \underline{H(t)} ,$$

kur Hābla konstante var būt atkarīga no t - kosmoloģiskā laika.

Kosmoloģisko modeļu pamatvienādojums nosaka mēroga faktora R izmaiņu atkarībā no laika t.

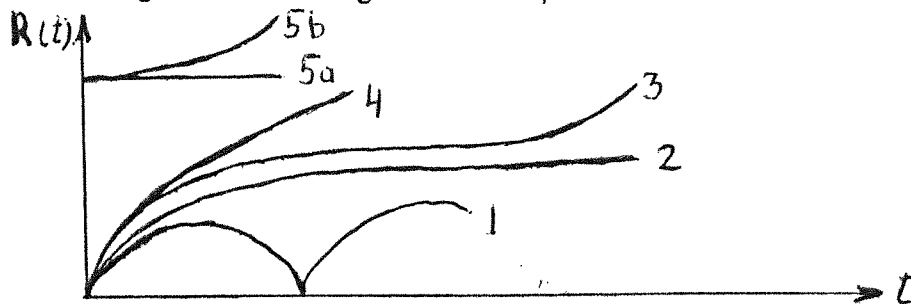
$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = (8\pi/3)\gamma R^2 \rho - k + 1/3 \Lambda R^2 \quad (1)$$

- kosmoloģiskā konstante ja $\Lambda > 0$, atgrūšanās;
ja $\Lambda < 0$, pievilkšanās.

K - raksturo modeļa tipu :

ja $K > 0$ - slēgts modelis ; $K = 0$ - vaļējs Eiklida ; $K < 0$ - vaļējs izliekts.

Raksturīgākie kosmoloģiskie modeļi

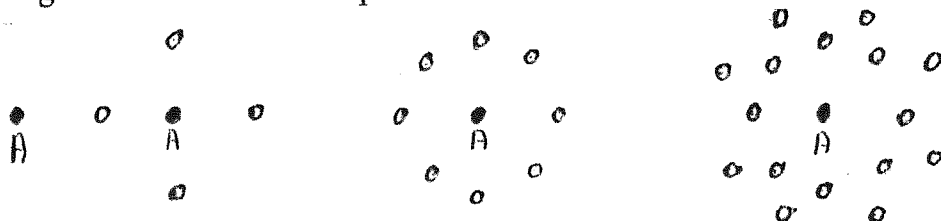


1. Pulsējošais modelis - realizējas pie $K > 0, \Lambda \leq 0$ un $K \leq 0, \Lambda < 0$. Ja $t = t_0$ tad $R(t_0) = 0$, pēc tam $R(t)$ aug līdz maksimālajam, tad atkal samazinās līdz 0.
2. Pie $K > 0$ (slēgts modelis) un $\Lambda = \Lambda_{krit.} = K^3 / (4\pi\gamma\rho(t_0))^2$ $R(t)$ aug no 0 līdz noteiktam $R(t) = \max.$ pie $t \rightarrow \infty$.
3. Lemetra modelis. Ja $\Lambda > \Lambda_{krit.}$ tad $R(t)$ pieaug neierobežoti sākot no $R(t) = 0$, bet ilgu laiku $R(t) \approx \text{const.}$
4. Pie $K = 0$ (vaļēja Eiklida telpa) un $\Lambda = 0$, vienādojumam (1) ir precīzs atrisinājums. $R(t) \sim t^{2/3}$ (Eiņšteina - de Sittera). Izplešanās turpinās neierobežoti $H = 2/(3 t_{kosm.})$ un $t = 2/(3 H) = (2/3) t_H$.
5. Pie $K > 0$ (slēgts modelis) un $\Lambda = \Lambda_{krit.}$:
5a) $R(t) = R = \text{const.}$ (Eiņšteina stacionārais modelis);
5b) Eddingtona - Lemetra modelis : $R(t) = R = \text{const.}$ pagātnē,
 $R(t) \rightarrow \infty$ nākotnē.

2. KĀPĒC KOSMOLOĢIJĀ JĀLIETO EINŠTEINA VISPĀRĪGĀ RELATIVITĀTES TEORIJA ?

1. Nūtona teorijas lietošana aprakstot gravitāciju, ko rada visa viela visā bezgalīgajā Visumā novēd pie t.s. gravitācijas paradoksa - pretrunas :

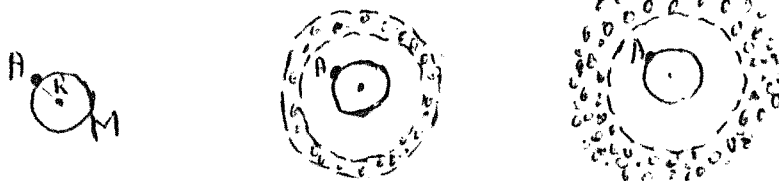
1) pieņemam, ka sākumā Visums ir tukšs. Izvēlamies sākuma ķermeni A (galaktiku), kuru no visām pusēm sfēriski aplencam ar citām galaktikām, tā, lai galaktika A vienmēr paliktu centrā:



Tad gravitācijas spēks, kas darbojas uz galaktiku A no pārējo galaktiku (visa Visuma) puses uzdevuma simetrijas dēļ

$$F_g = 0 \quad (1)$$

2) pieņemam, ka sākumā galaktika A atrodas uz sfēriska apgabala ar radiusu R un masu M robežas



tad uz galaktiku A darbojas gravitācijas spēks:

$$F_g = - (\gamma M m) / R^2 \quad (2)$$

Aptverot galaktiku A no ārpuses ar koncentrisku galaktiku "vielas" slāņiem, tās neizmaina gravitācijas lauku šo slāņu iekšienē, tur tas paliek nulle.

Tātad, atkarībā no sākotnējās galaktikas izvēles, uz to darbojas vai nu $F_g=0$ vai $F_g = -\gamma M m / R^2$ - paradokss!

Tātad Nūtona gravitācijas teorijā nevaram aprēķināt viennozīmīgi gravitācijas spēkus Visumā - iegūstam gravitācijas paradoksu, ko var atrisināt tikai Einšteina VRT un uz tās balstītā relatīvistiskā kosmoloģijā.

Kosmoloģijā VRT bez tam ir jālieto, lai:

1) saskaņotu gravitācijas izplatīšanos ar speciālo relativitātes teoriju (SRT), jo pēc Nūtona gravitācija izplatās momentāni.

2) aprakstītu ļoti spēcīgus gravitācijas laukus, kādus Visumā rada ļoti lielas galaktiku u.c. debess ķermeņu masas, kuras var piešķirt citiem ķermeņiem ātrumus, kas tuvi gaismas ātrumam c.

Telpiskā apgabalā ar radiusu R un vielas (galaktiku) blīvumu ρ , tā kopīgā masa M ir

$$M = V \cdot \rho = (4/3) \pi R^3 \cdot \rho \quad M \sim R^3$$

153

Gravitācijas spēks uz apgabala robežas

$$F = (\gamma M \cdot m) / R^2 \quad F \sim 1 / R^2$$



Bet palielinot šī apgabala R izmērus (R - aug.)

$$F = (\gamma m) / R^2 \quad M = (\gamma m) / R^2 \quad 4/3 \pi R^3 \rho \quad F \sim R$$

Gravitācijas spēks, kas darbojas uz galaktiku, kas atrodas uz šī apgabala robežas, pieaug proporcionāli šī apgabala radiusam - R.

Stipri pieaugot R, šis spēks F var paātrināt doto galaktiku līdz $v \approx c$!

3. PIE KĀDIEM ATTĀLUMIEM VISUMĀ JĀLIETO VISPĀRĒJĀ RELATIVITĀTES TEORIJA UN RELATĪVISTISKĀ KOSMOLOĢIJA ?

Ātrums, ar kādu krit ķermenis no bezgalības uz gravitējošu lodi, ir vienāds ar ātrumu, kāds jāpiešķir ķermenim, lai tas atrautos no šīs lodes un aizlidotu līdz bezgalībai (II kosmiskais ātrums).

$$V_{\text{krit.}} = V_{\text{atruis.}} = V_{\text{II kosm.}} = (2 \gamma M) / R ;$$

Lodei : M - masa ,

R - radiuss .

Pielīdzinām šo ātrumu c - gaismas ātrumam

$$c = \sqrt{(2 \gamma M) / R} ,$$

kam atbilst kritiskais radiuss jeb kritiskais attālums :

$$R_{\text{krit.}} = (2 \gamma M) / c^2 = (r_{\text{grav.}})$$

un, ievietojot lodveida apgabala masu $M = (4 / 3) \pi R_{\text{kr.}}^3 \rho$

$$R_{\text{krit.}} = (2 \gamma) / c^2 (4/3) \pi R_{\text{kr.}}^3 \rho$$

dabūjam :

$$R_{\text{krit.}} = (3 c^2) (8 \pi \gamma \rho) = 4 \cdot 10^{28} \text{ cm} = 10^{19} \text{ pars.},$$

kur ievietojām vidējo Visuma blīvumu $\rho = 10^{-30} \text{ [g / cm}^3 \text{]}$.
Tāpat relatīvistiskā kosmoloģija jālieto attālumos

$R_{krit.} \approx 10$ miljardi parseku ≈ 3 miljardi gaismas gadu,
kas ir samērojams lielums ar 10 - 20 miljardi gaismas gadu.

4. RELIKTAIS STAROJUMS

Visuma mikroviļņu fona izstarojumu - relikto starojumu, kas Visumā saglabājies kopš Lielā Sprādziena momenta, - 1965. g. atklāja amerikāņu astronomi A. Penziass un R. Vilsons ("Bell Company").

Tas ir elektromagnētiskas dabas starojums, kura spektrālais sadalījums atbilst Planka starojuma likumam (absolūti melna ķermeņa starojumam).

Šī starojuma blīvums ir apmēram 500 fotoni / cm³ un tā maksimuma viļņa garums λ_{max} .

$$\lambda_{max} = 0,29 / (T^\circ \text{ (K)})$$

Reliktajam starojumam : $T = 2,7^\circ \text{ K}$, $\lambda_{max} \approx 0,11 \text{ cm}$.
Tagad reliktais starojums labi izpētīts pie viļņu garumiem :

$$\lambda = 3 \text{ mm} \text{ -- } 21 \text{ cm}$$

un tas ir izotropš ar precizitāti līdz 0,1 %.

Tas ir izotropš koordinātu sistēmā, kas izplešas līdzī Visumam.
Reliktā starojums - privilģēta atskaites sistēma (?) attiecībā pret kuru var noteikt Zemes kustību - pēc ļoti niecīgām relikto starojuma intensitātes izmaiņām dažādos debess virzienos.

Zeme kustas pret relikto starojumu ar ātrumu $v = 390 \text{ km / s}$, mūsu Galaktikas centrs - $v = 600 \text{ km / s}$.

5. PATS SĀKUMS - LIELAIS SPRĀDZIENS (BIG BANG).

Ekstremālās telpas un laika dimensiju, masas (enerģijas), blīvuma un temperatūras vērtības - Planka vienības :

1) Planka garums :

$$r_{pl.} = \sqrt{(\gamma h) / c^3} = 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ (cm)}$$

2) Planka laiks :

$$t_{pl.} = (r_{pl.}) / c = \sqrt{(\gamma h) / c^5} \approx 5,3 \cdot 10^{-44} \text{ (sek)}$$

131

3) Planka masa (enerģija) - maksimālā elementārdaļiņu masa :

$$m_{pl.} = \sqrt{c\hbar} / \gamma \approx 2,2 \cdot 10^{-5} (g) = 1,2 \cdot 10^{19} (GeV)$$

4) Planka blīvums :

$$\rho_{pl.} = m_{pl.} / r_{pl.}^3 = c^5 / (\gamma^2 \hbar) = 5 \cdot 10^{93} (g / cm^3)$$

Pie šīm vērtībām - Lielais Sprādziens un kvantu kosmoloģija.

Līdz 80. gadu sākumam uzskatīja, ka no $t > 10^{-44}$ sek sākas relativistisko kosmoloģisko modeļu pielietošanas apgabals - tā saucamā Frīdmana kosmoloģija (Aleksandrs Frīdmans, 1888. - 1925. g.).

6. INFLĀCIJAS ("UZPŪSTĀ VISUMA") KOSMOLOĢIJA.

80. gadu sākumā izveidojās "inflācijas Visuma" modelis, kas atbilst laika periodam

$$10^{-44} \text{ sek} < t < 10^{-35} \text{ sek.}$$

Šīs teorijas secinājumi - ļoti neparasti :

1) Sākumā - pie singularitātes bija vakuuma stāvoklis ar ļoti augstu enerģiju (ar Planka blīvumu un gravitācijas atgrūšanos, jo spiediens bija negatīvs).

Visuma izplešanās ("uzpūšanās") šai periodā notiek pēc eksponenciāla likuma

$$R = R_0 \exp(\sqrt{\Lambda / 3} \cdot c \cdot t) = R_0 \exp(3 \cdot 10^{43} \cdot t)$$

10 miljardu Planka laika vienību laikā līdz momentam :

$$\Delta t \approx 10^9 \cdot 10^{-44} \approx 10^{-35} \text{ sek}$$

Visuma izmēri pieaug $e^{10^9} \approx 10^{4 \cdot 10^8}$ reizi! (**inflācija !**)

un elementārdaļiņas atrodas viena no otras $10^{4 \cdot 10^8}$ gaismas gadu attālumā (mūsu "tagadējā Visuma" izmēri - 10^{10} gaismas gadu). Visums tajā laikā atdziest no $T \approx 10^{32} \text{ K}$ (pie 10^{19} GeV) līdz

$T = 10^{32} \text{ K} / 10^{4 \cdot 10^8} \approx 10^{-4 \cdot 10^8} \text{ K}$ (**praktiski absolūtā nulle !**)
ar blīvumu $\rho \approx 10^{-10^9} [g / cm^3]$.

Inflācijas periodu beigās (pie $t \approx 10^{-35}$ sek) augsti ierosinātais vakuuma stāvoklis sabrūk, atbrīvojas enerģija un gravitācijas atgrūšanos nomaina gravitācijas pievilkšanās.

"Mūsu Visums" atkal uzsilst līdz $T_{\text{lielās apv.}} = 10^{14} \text{ GeV} \approx 10^{27} \text{ }^\circ\text{K}$, sākas "normālās kosmoloģijas" (Fridmana modeļa periods).

Vēl viena vakuuma pārkārtošanās (fāzu pāreja) notiek pie $t = 10^{-10}$ sek ($T \approx 10^{15} \text{ }^\circ\text{K}$).

7. PAMATPROCESI AR DAĻIŅĀM PIE VISUMA IZPLEŠANĀS

1. Izplešanās sākumā - starp fotoniem ($s = 1$ - bozoni) un "vielas" daļiņām (nukloni, e^- , e^+ , $s = 1/2$ - fermioni) ir maza atšķirība - jo to enerģija E ir ļoti liela (daudz lielāka par fermionu miera masas enerģiju $E \gg m_0 c^2$).

Fotonu un fermionu skaits uz tilpuma vienību :

$$N = 20,28 \times T^3 \text{ [fotonī / cm}^3 \text{]}$$

ir proporcionāls temperatūras kubam.

Katra fotona enerģija

$$E = k \cdot T$$

(k - Bolcmana konstante)

Katra fermiona enerģija

$$E = (7/8) \cdot k T$$

Visumam izplešoties :

1) daļiņu enerģijas blīvums ξ - samazinās, jo notiek tilpuma V pieaugums

$$\xi = E / V$$

2) temperatūra T - samazinās

$$\xi \sim T^3$$

3) samazinās daļiņu skaits N uz tilpuma vienību

$$N \sim 1 / V$$

4) samazinās arī katra fotona enerģija. Kāpēc ? - Tāpēc, ka pieaug fotona viļņu garums sarkanās nobīdes dēļ.

$$E_{\text{ fotona }} = hc / \lambda$$

127

Tad Visumam izplešoties :

Dalīnu (fermionu) skaits uz tilpumu V mainās kā :
 $N_d \sim 1 / V \sim 1 / R^3$
 un tām atbilstošās vielas masas blīvums
 $\rho_v = m / V \sim 1 / R^3$
Fotonu enerģijas (masas) blīvums izplešoties krītas straujāk nekā vielas blīvums.

Fotonu (gaismas kvantu) skaits uz tilpumu V arī mainās kā :
 $N_f \sim 1 / V \sim 1 / R^3$
 bēt tā kā mainās arī katra fotona enerģija kā
 $E_f = h \cdot e / \lambda \sim 1 / R$
 tad fotonu enerģijas (jeb masas) blīvums
 $\rho_f \sim N_f \cdot E_f \sim (1 / R)^3 \cdot (1 / R) \sim 1 / R^4$

Reliktā starojuma kvantu skaits tilpuma vienībā pašlaik ir

$N_f \approx 500 [1 / \text{cm}^3] \approx 5 \cdot 10^8 [1 / \text{m}^3]$. 500 miljoni fotonu 1 m³
 "Vielas" atomu skaits

$$N_v \approx \underline{1 \text{ atoms uz } 1 \text{ m}^3} .$$

Katra reliktā starojuma kvantu enerģija ir

$$E_{rel.} \approx 10^{-15} [\text{g} \cdot \text{cm}^2 / \text{s}^2] \text{ ergi.}$$

Reliktā starojuma enerģijas blīvums

$$\xi_{rel.} = E_f \cdot N_f = 10^{-15} \cdot 500 = 5 \cdot 10^{-13} [\text{ergi} / \text{cm}^3] .$$

un tam atbilstošais reliktā starojuma masas blīvums

$$m = \xi / c^2 = \xi / (3 \cdot 10^{10})^2 = \xi / 10^{21} ; \rho_{fotonu} = (5 \cdot 10^{-13}) / 10^{-21} = 5 \cdot 10^{-34} \text{ g/cm}^3 .$$

Pašlaik :

$$\rho_{fotonu} \approx 5 \cdot 10^{-34} [\text{g} / \text{cm}^3] \ll \rho_{vielas} \approx 10^{-30} [\text{g} / \text{cm}]$$

apmēram 2000 x !

8. RELIKTĀ STAROJUMA MASAS BLĪVUMA $\rho_{rel.}$ UN VIELAS BLĪVUMA ρ_v ATTIECĪBU MAIŅA VISUMAM IZPLEŠOTIES.

Attālums starp galaktikām - R	$\rho_{rel} \sim 1 / R^4$	$\rho_{vielas} \sim 1 / R^3$
R (tagad)	$5 \cdot 10^{-34} [g / cm^3]$	$10^{-30} [g / cm^3]$
$10^{-1} R$ (10 x mazāks)	$5 \cdot 10^{30} \quad \dots$	$10^{-27} \quad \dots$
$10^{-3} R$	$10^{-20} \quad \dots$	10^{-20}
$< 10^{-3} R$ (Visuma sākumā)	ρ_{rel}	$> \rho_{vielas}$

Tātad tuvāk Lielajam Sprādzienam (kad Visums bija > 1000 x mazāks) relikta starojuma blīvums $\rho_{rel.}$ bija daudz lielāks par pārējās Visuma "vielas" (nukloni, e^+ , e^- u.c. fermioni) blīvumu !

Kad $\rho_{rel.} \approx 10^{-20} [g / cm^3]$, tad relikta starojuma kvanti bija ar daudz lielāku enerģiju katrs ($E_f \sim 1 / R$) - tie atradās jau redzamās gaismas spektra rajonā - Visumu galvenokārt "aizpildīja" gaisma !

"Un Dievs sacīja : 'Lai top gaisma.' Un gaisma tapa."

(Genesis 1., 3.)

9. VISUMA VIDĒJAIS BLĪVUMS UN TEMPERATŪRA T
ATKARĪBĀ NO VISUMA IZPLEŠANĀS LAIKA t

1. Visuma vidējais blīvums $\rho_v \approx 10^{-30} [g / cm^3]$ ir tuvs kritiskajam blīvumam $\rho_{kr.} \approx 10^{-29} [g / cm^3]$, tāpēc varam izmantot sakarību :

$$\rho_{kr.} = (3H^2) / (8\pi\gamma), \text{ tad } H^2 = (8\pi\gamma\rho_{kr.}) / 3$$

131

Visuma izplešanās laiks $t \approx 1 / H$ (H - Hābla konstante)

$$t = 1 / H = \sqrt{3 / (8 \pi \gamma \rho_v)} \approx \sqrt{3 / (8 \pi \gamma \rho_v)}$$

kur aizvietojam $\rho_{kr.} \rightarrow \rho_v$. Tad

$$\rho_v = 3 / (8 \pi \gamma t^2) = (1,8 \cdot 10^6) / t^2 \text{ (sek.)}$$

Pēc precīzākiem novērtējumiem (ievērojot Einšteina teoriju)

$$\rho_v = 3 / (32 \pi \gamma t^2) = (5 \cdot 10^5) / t^2 \text{ (sek.)}$$

Tad :

1) kodolu vielas (protonu un neitronu) blīvums

$$\rho = 10^{14} \text{ (g / cm}^3 \text{)}$$

tieks sasniegts pēc (skaitot no Lielā Sprādziena)

$$t \approx 0,0001 \text{ sek} = 10^{-4} \text{ sek};$$

2) pēc $t = 5 \text{ min.} = 300 \text{ sek}$ vidējais blīvums

$$\rho_v = 20 \div 5,5 \text{ [g / cm}^3 \text{]}.$$

2. Visuma temperatūras T noteikšanai atkarībā no izplešanās laika t izmantojam to pašu precizēto vidējā blīvuma izteiksmi

$$\rho_v = 3 / (32 \pi \gamma t^2)$$

un atceramies, ka Visuma izplešanās sākumā tā vidējais blīvums praktiski sakrīt ar reliktā starojuma blīvumu, jo ρ_{vielas} tad ir ļoti mazs

$$\rho_v = \rho_{\text{rel. st.}} + \rho_{\text{vielas}}$$

Izsakot reliktā starojuma blīvumu ar tā enerģijas blīvumu, kas ir T

$$\rho_{\text{rel.}} = \epsilon / c^2 = (\alpha T^4) / c^2, \text{ konstante } \alpha = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ ergi / (cm}^3 \text{ } ^\circ\text{K)}$$

atrodam, ka

$$\rho_{\nu} \approx \rho_{\text{rel.}} \approx \varepsilon / c^2 = (\alpha T^4) / c^2 = 3 / (32 \pi \gamma t^2)$$

un

$$T = \sqrt[4]{(3 c^2) / (\alpha 32 \pi \gamma)} \cdot 1 / \sqrt{t} \approx 10^{10} / \sqrt{t \text{ (sek)}} \text{ (} ^\circ \text{K)}$$

Tad skaitot no izplešanās sākuma (Lielā Sprādziena):

Pēc $t = 10^{-6}$ sek temperatūra bija $T = 10^{13}$ K;

" $t = 10^{-4}$ sek " " $T = 10^{12}$ K;

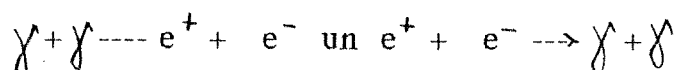
" $t = 1$ sek " " $T = 10^{10}$ K;

" $t = 300$ sek = 5 min. " " $T = 5.8 \cdot 10^8$ K.

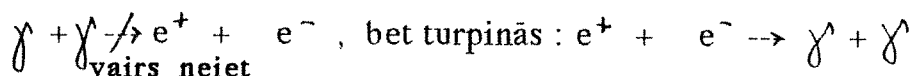
10. VISUMA PIRMĀS TRĪS MINŪTES - ĻOTI SHEMATISKI

1. Sākumā ($T < 10^{-4}$ sek, $T \geq 10^{12}$ K) ir starojuma, smago daļiņu - antidaļiņu, vieglo daļiņu - antidaļiņu "putra"

Iet reakcijas, piemēram



Temperatūrai kritoties (Visumam izplešoties) fotoni zaudē enerģiju, tad



līdz visi (gandrīz visi) elektroni un pozitroni anihilē (iznīcinās).

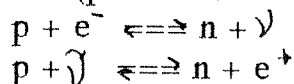
Analogi (vēl agrāk) tāds pats process notiek ar smagajām daļiņām.

Rezultātā paliek pāri:

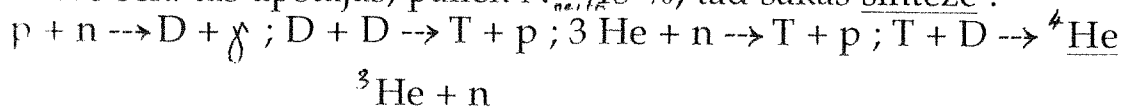
1) starojums (elektromagnētiskie kvanti) - reliktais starojums, ko novēro eksperimentāli mūsu dienās;

2) ļoti neliels skaits daļiņu (p, n, e^-) daļiņu un antidaļiņu reakciju dažādo raksturlielumu ļoti niecīgās asimetrijas dēļ!

2. Tālāk, līdz apmēram $t = 100$ sek, notiek reakcijas ar protoniem un neitroniem (pie $T > 10^{11}$ K neitronu un protonu skaits vienāds!)

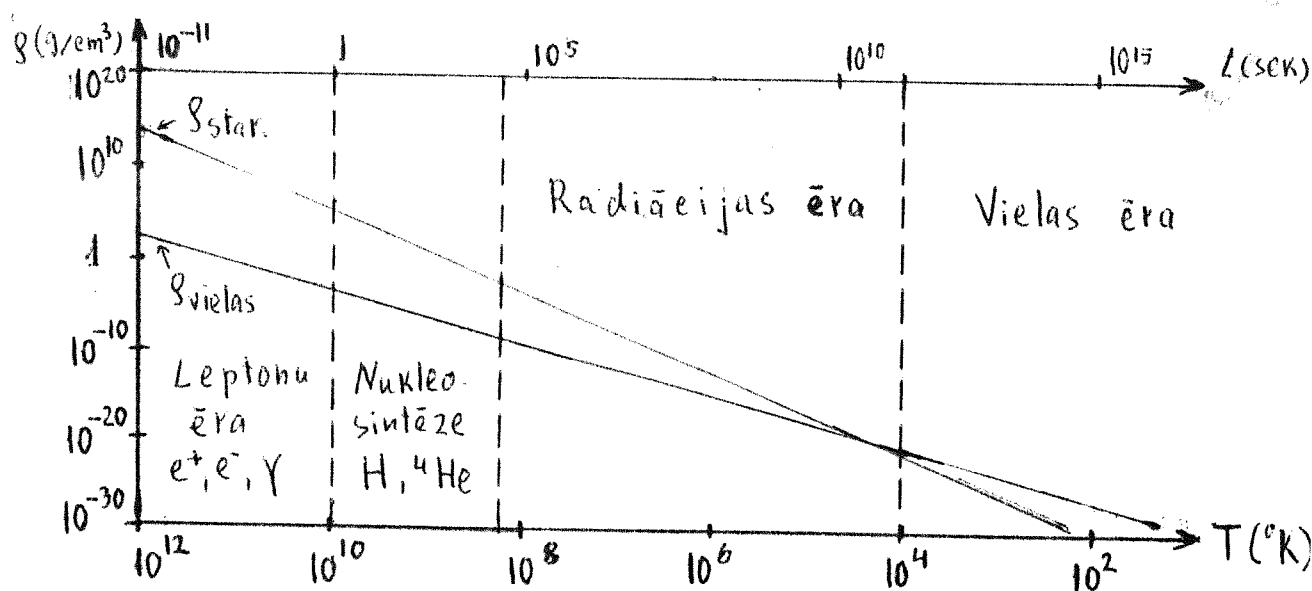


Pie $T < 10^{10}$ K izdevīgāk rastos vairāk protoniem! Šīs reakcijas ir $\sim T^5$ tāpēc pēc $t =$ dažas sek. tās apstājas, paliek $N_{\text{protoni}} \approx 15\%$, tad sākas sintēze:



Pēc ≈ 5 min. kopš Lielā Sprādziena Visums sastāv no 70% ūdeņraža atomu (H) kodoliem, 30% hēlija atomu (He) kodoliem kā arī elektronu un fotonu (starojuma) plazmas.

11. VISUMA ATTĪSTĪBAS "TEMPERATŪRAS VĒSTURE" ("ĒRAS") LĪDZ 1 MILJONAM GADU PĒC LIELĀ SPRĀDZIENA



1. "Adronu ēra": $t < 10^{-4}$ sek, $T \geq 10^{12}$ K (stiprās mijiedarbības daļiņu)
 $\rho > 10^4$ [g / cm³]

Galvenā loma - starojumam. Ēras beigās smagās daļiņas - antidaļiņas anihilē savā starpā. Ēras beigās paliek pāri ļoti nedaudz daļiņu ("vielas").

2. "Leptonu ēra": $10^{-4} < t < 10$ sek, $10^{12} > T > 10^9$ K
 $10^4 > \rho > 10^4$ [g / cm³]. Galvenā loma leptoniem (vieglām daļiņām) e^+ , e^- , ν , $\bar{\nu}$.
 Ēra beidzas ar (e^- , e^+) anihilāciju.

Seko ļoti svarīgs līdz $t < 100$ sek vieglo kodolu nukleosintēzes periods - veidojas 70% H un 30% He - Visumā!

3. "Radiācijas ēra": (300 sek = 5 min. $< t < 10^{10}$ sek = 1 milj. gadu),
 $10^9 > T > 3000$ K, $10^4 > \rho > 10^{-21}$ [g / cm³], galvenā loma starojumam.

4. "Vielas" (jeb zvaigžņu) ēra " sākas no $t \approx 1$ milj. gadu, $T \approx 3000$ K,
 $\rho \approx 10^{-21}$ g / cm³, notiek e^- un p rekombinācija, kad veidojas neitrālie H un He atomi un protozvaigžņu, protogalaktiku viela.

12. VISUMA KOSMOGONIJA NO LIELĀ SPRĀDZIENA LĪDZ PIRMAJAM GADU MILJONAM.

- I. $t = 0(?)t = 10^{-44}$ sek. Lielais Sprādziens, $l \approx 10^{-33}$ cm, $T \approx 10^{32}$ K, $\rho \approx 10^{93}$ [g/cm³] kvantu kosmoloģijas periods.
- II. "Uzpūstais (inflācijas) Visums" $t = 10^{-44} \div 10^{-35}$ sek. Visuma izmēri fantastiski pieaug (līdz $10^4 \cdot 10^8$ gaismas gadu (tagad 10^{10} gaismas gadu)), tas kļūst praktiski tukšs, atdziest līdz absolūtajai nullei - augsti ierosināts vakuums.
- III. "Uzpūstais Visums" sabrūk ($t \approx 10^{-35}$ sek), rodas "mūsu Visums" (pārējie "Visumi" - tukši (bez novērotāja?) un nav ar to cēloņsaistīti!), tas "uzsilst" līdz $T = 10^{27}$ K ($E = 10^{16}$ GeV), notiek vēl viena vakuuma stāvokļa sabrukšana pie $t \approx 10^{-10}$ sek. ($T \approx 10^{13}$ K) un sākas "normālā kosmoloģija".
- IV. "Adronu ēra" un "leptonu ēra" ar sekojošo H un He nukleosintēzi $t = 10^{-10}$ sek līdz $t = 300$ sek = 5 min. - paliek reliktais starojums un "viela" 70% H un 30% He.
- V. "Radiācijas ēra" $t = 5$ min. līdz $t = 1$ milj. gadu, reliktais starojums un "viela" lēni dziest.
- VI. "Vielas (jeb zvaigžņu) ēras" sākums pie apmēram $t \approx 1$ milj. gadu. $T \approx 3000$ K, apmēram 100 000 gadu laikā rodas neitrālie elementi H, He, starojums atdalās no vielas.

13. LIELĀ SPRĀDZIENA TEORIJAS GRŪTĀS PROBLĒMAS.

Lielā Sprādziena teoriju atbalsta trīs fundamentāli astrofizikāli novērojami fakti:

1. Sarkanā nobīde galaktiku spektros, kuru izskaidro ar Hābla likumu, ko interpretē kā Visuma telpas izplešanos starp galaktikām.
2. Reliktais starojums, kuru uzskata par tiešu Lielā Sprādziena liecinieku pēc "karstā Visuma" modeļa.
3. Vieglo elementu un to izotopu daudzums Visumā ir tieši tāds, kādu paredz Lielā Sprādziena teorija pie augstām temperatūrām (deitērijs D, He, Li, Be, B).

Lielā Sprādziena teorijai ir arī savas problēmas, uz kurām grūti rast atbildi. Svarīgākās :

1. Kvazāri nepakļaujas Hābla likumam. Galaktikām sakarība : sarkanā nobīde - redzamais zvaigžņu lielums , ir lineāra, bet kvazāriem novērojama liela sarkanās nobīdes lielumu izkliede atkarībā no to zvaigžņu lieluma (spožuma).

2. Daži kvazāri ir saistīti ar galaktikām, tos saista zvaigžņu "tilti". Bet 1979. g. tika atklāts , ka 13 gadījumos no 25 šāda galaktikas - kvazāra pāra sarkanās nobīdes ir tuvas, bet 12 gadījumos - ļoti stipri atšķiras ! Pat ņemot vērā "gravitācijas lēcu" u.c. efektus, to grūti izskaidrot.

3. Pēc inflācijas kosmoloģijas teorijas Visuma vecums ir starp 6,5 - 13 miljardiem gadu , bet vecāko zvaigžņu - 13 - 17 miljardi gadu, ķīmisko elementu \approx 10 - 15 mljrd. gadu - šie skaitļi ne visai labi sakrīt savā starpā.

XI. VISUMA SĀKUMS KĀ DIEVA EKSISTENCES PAMATOJUMS.

1. Visuma eksistences pamatjautājums - Visuma sākums no filozofiskā viedokļa.
2. Loģisko spriedumu shēma, kas pamato Visuma sākumu, tā cēloni un Dievu kā Visuma radītāju.
3. Visuma sākuma pamatojums - pirmais solis mūsu spriedumu shēmā.
 - 3.1 Pirmā loģiskā argumenta - laiks bez sākuma kā aktuālā, bezgalība - analīze.
 - 3.2 Otrā loģiskā argumenta - notikumu virkne laikā kā viena elementa pievienošana otram - analīze.
 - 3.3 Dabaszinātniskie argumenti par labu Visuma sākumam.
4. Cēloniskais Visuma sākums - otrais solis mūsu spriedumu shēmā.
5. Visuma rašanās cēlonis - Radītāja apzinīgas gribas akts (3. solis mūsu spriedumu shēmā).
6. Dieva attieksme pret laiku no kristīgās teoloģijas viedokļa.

Literatūra :

Viljam Kreig. Samoe načalo (Proišoždenije Vselennoi i suščestvovanije Boga), Čikago, 1992 (4 - oe izd.).

(Angļu oriģinālizdevums :

The Existence of God and the Beginning of the Universe
by William Lane Craig.

Here's Life Publishers Inc., San Bernardino, 1979.)

140

1. VISUMA EKSISTENCES PAMATJAUTĀJUMS - VISUMA SĀKUMS NO FILOZOFISKĀ VIEDOKĻA.

Par šo jautājumu rakstīja jau vācu filozofs un matemātiķis Gotfrīds Vilhelms Leibnics (1646. - 1716.) :

“Jautājums, kuram ir pilnas tiesības būt pašam pirmajam , ir :

“ Kāpēc [vispār] eksistē kaut kas, bet nevis nekas ?””

Padomāsim par šo jautājumu.

Tiešām, kāpēc vispār kaut kas eksistē tā vietā, lai neeksistētu nekas ? Kāpēc eksistē Visums (un vispār “kaut kas”, lai kas tas arī nebūtu) nekā, tukšuma vietā ? Jeb, ja patīk, var teikt - kāpēc eksistē matērija ?

Lielo filozofu prāti ir daudz laužījuši galvas pie šīs problēmas. Lūk ko, piemēram, raksta ievērojamā mūsdienu filozofa Ludviga Vitgenšteina (1889. - 1951.) biogrāfs Normans Malkolms :

“Viņš [L. Vitgenšteins] teica, ka dažreiz viņam rodoties noteikts (īpatnējs) stāvoklis, kuru var aprakstīt sekojoši : “Kad tas atnāk, tad es brīnos par pasaules eksistenci. Tad man parādās nosliece uz sekojoša tipa frāzēm : “Cik pārsteidzoši, ka kaut kas eksistē!” jeb : “Vienkārši (tik tiešām) neticami, ka pasaule eksistē!””

Līdzīgā veidā izsakās arī austrāliešu filozofs Dž.Dž.K. Smarts (J.J.C. Smart) :

“Man bieži griežas (reibst) galva no tās milzīgās nozīmības, kāda ir šim jautājumam priekš manis. Fakts, ka vispār eksistē kaut kas, vienalga kas, iedzen mani visdziļākajā godbijībā.”

Tiešām, kāpēc eksistē kaut kas, bet nevis nekas ? Ja mēs neesam gatavi pieņemt, ka Visums vienkārši tā, bez cēloņa, “ielēca” eksistencē no “neesamības” , tad atbilde būs sekojoša :

“Kaut kas eksistē pateicoties mūžīgai un neviena neizsauktai (neradītai) esamībai, kurai nav iespējams nekāds tālāks izskaidrojums.”

Bet kas tad ir šī “mūžīgā un neviena neradītā esamība” ?

Te iespējamās divas atbildes :

1) G.V. Leibnics identificēja to ar Dievu ;

2) daudzi mūsdienu filozofi to identificē ar pašu Visumu kā tādu, Dieva jēdziens tad ir “izšķīdināts” Visumā - tā ir panteisma pozīcija.

Ateisma un materiālisma pozīcija arī faktiski atbilst otrajai atbildei, ka pašu Visumu neviens nav radījis.

Izcilais XVII gs. filozofs panteists Baruhss Spinoza (1632. - 1677.) no Nīderlandes uzskatīja , ka :

“Visums ir pats sev cēlonis”.

Līdzīgus uzskatus ir paudis arī ievērojamais mūsu gadsimta angļu filozofs un matemātiķis Bertrāns Rasels (Bertrand Russel, 1872. - 1970.) :

“Visums vienkārši eksistē, lūk tas arī viss.”

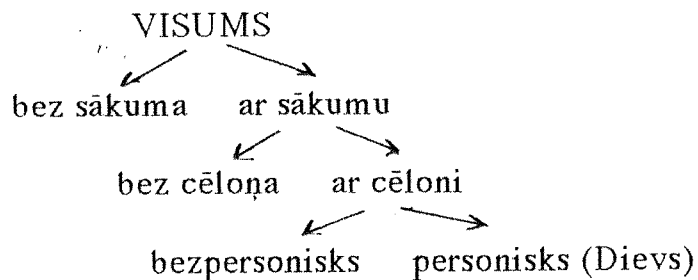
Bet ja tas tā ir, tad mūsu dzīvei zūd augstākā jēga, vērtība un mērķis. Tad mēs esam lemti veltīgumam un izmisumam. Tas pats B.Rassels kādā citā vietā atzīst, ka :

“Dzīvi var uztvert, balstoties vienīgi uz negrozāmā izmisuma stingrā pamata.”

2. LOGISKO SPRIEDUMU SHĒMA, KAS PAMATO VISUMA SĀKUMU, TĀ CĒLOŅI UN DIEVU KĀ VISUMA RADĪTĀJU

Sekojošā mūsdienu protestantu filozofa V.L.Kreiga (William Lane Craig) domu gaitai, parādīsim, ka mums ir pamats uzskatīt, ka Visums nav mūžīgs, bez sākuma, ka tas nav bez cēloņa un ka šo cēloni var identificēt ar Dievu kristīgajā izpratnē.

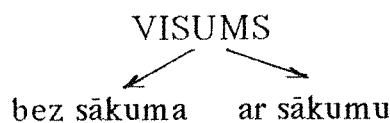
Tam nolūkam uzbūvēsim loģisko alternatīvu (savstarpēji izslēdzošo spriedumu variantu) ķēdīti, kuru var attēlot ar sekojošu shēmu :



Šī shēma sastāv no trim soļiem un tā virzīs visu mūsu tālāko spriedumu gaitu. Vadoties pēc šīs spriedumu ķēdītes soli pa solim, mēs pacentīsimies pierādīt, cik loģiski ir uzskatīt, ka Visums nav mūžīgs, ka tam ir sākums un, ka to ir radījusi būtne, kurai piemīt personība - un, tātad, Personība, kas ir radījusi Visumu, eksistē.

3. VISUMA SĀKUMA PAMATOJUMS - PIRMAIS SOLIS MŪSU SPRIEDUMU SHĒMĀ

Pirmais un vissvarīgākais solis, kuru ir nepieciešams pamatot mūsu spriedumu shēmā - tas ir Visuma sākums.



142

Aplūkosim četrus argumentus, kas pamato uzskatu, ka Visumam ir bijis sākums. Pirmos divus argumentus mēs varam uzskatīt par loģiskiem (jeb precīzāk "loģiski - matemātiski - dabaszinātniskiem"), bet pārējos divus - par dabaszinātniskiem, kas saistīti ar kosmoloģiju un fiziku.

A) Loģiskie argumenti :

A.1 Notikumu virkne laikā bez sākuma, veido aktuālu bezgalību, kura nevar reāli eksistēt ;

A.2 Notikumu virkne laikā nevar būt aktuāli bezgalīga, jo tā veidojas pievienojot vienu elementu (notikumu) aiz otra.

B) Dabaszinātniskie argumenti :

B.1 Lielais Sprādziens - Visuma izplešanās ;

B.2 Otrais termodinamikas likums - "Visuma siltuma nāve".

3.1 Pirmā loģiskā argumenta - laiks bez sākuma kā aktuālā bezgalība - analīze

Apskatīsim sīkāk pirmo loģisko argumentu :

"Notikumu virkne laikā bez sākuma, veido aktuālo bezgalību, kura nevar reāli eksistēt".

Sadalīsim to trīs daļās :

1. Aktuālā bezgalība nevar reāli eksistēt,
2. Notikumu virkne laikā bez sākuma veido aktuālo bezgalību,
3. Tātad secinājums - notikumu virkne laikā bez sākuma nevar reāli eksistēt.

Aplūkosim pirmo jautājumu - aktuālā bezgalība nevar reāli eksistēt. Vispirms noskaidrosim, ko nozīmē jēdziens "aktuālā bezgalība".

Jau sengrieķu filozofi saprata starpību starp potenciālo ("iespējamo") un aktuālo ("patieso") bezgalību un uzskatīja, ka pēdējā reāli neeksistē.

Mūsdienu matemātikā (kopu teorijā) objektu kopa tiek uzskatīta par aktuāli bezgalīgu, ja šīs kopas daļa (apakškopa) ir vienāda (vienliela) ar pašu sākotnējo kopu - "visu kopu kā veselu".

Piemēram, apskatām jautājumu :

Kura skaitļu rinda (kopa) ir garāka (lielāka) :

2, 3, 4, 5, 6, ... (līdz "bezgalībai") vai 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, ... (līdz "bezgalībai") ?

Pēc vispārpieņemtajiem matemātiskajiem kopu teorijas priekšstatiem abas šīs skaitļu rindas (kopas) ir ekvivalentas (vienlielas) tādēļ, ka abas tas ir aktuāli bezgalīgas. Tas liekas dīvaini no ikdienas "veselā saprāta" viedokļa, jo labās puses rindā (visā kopā) ir divi skaitļi (0, 1), kuru nav kreisās puses rindā (tās apakškopā). Tātad "izskatās", ka labās puses kopa ir par diviem elementiem (skaitļiem) lielāka. Bet tieši šī visas kopas un tās apakškopas ekvivalences (vienādības) definīcija ir likta visas aktuāli bezgalīgo kopu teorijas pamatā !

Šī paša iemesla dēļ matemātiķi apgalvo, ka naturālo pāru skaitļu rinda (kopa) ir vienāda ar visu naturālo skaitļu rindu (kopu) - neraugoties uz to, ka visu naturālo skaitļu rinda satur bezgalīgu skaitu pāru skaitļu plus bezgalīgu skaitu nepāru skaitļu, tādēļ tā "izskatās" "divas reizes" lielāka nekā visu pāru skaitļu rinda :

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ... (līdz "bezgalībai")

2, 4, 6, 8, ... (līdz "bezgalībai").

Te nu mums skaidri ir jāizprot starpība starp abiem bezgalības jēdzieniem :

aktuālā (jeb reālā) bezgalība ;

potenciālā bezgalība.

Pēc mūsu gadsimta pirmās puses izcilā vācu matemātiķa Dāvida Hilberta domām, galvenā starpība starp aktuālo (reālo) un potenciālo (iespējamo) bezgalību ir sekojoša :

Potenciāli bezgalīgais vienmēr ir kaut kas pieaugošs, kuram tikai robeža ir [aktuālā] bezgalība. Piem., rinda, kurā viens elements seko aiz otra, tikai robežgadījumā kļūst bezgalīga.

Aktuālā bezgalība - tā ir pabeigta, gatava bezgalība, "bezgalība, kas radīta visa uzreiz", pabeigts veselums, kas tiešām īstenībā satur bezgalīgu priekšmetu (objektu) skaitu.

Interesants šo divu bezgalību tipu piemērs ir divas notikumu rindas, kuras ir norisinājušās :

1) līdz kādam notikumam pagātnē;

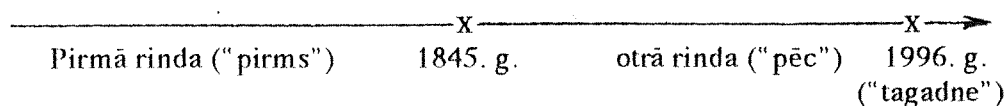
2) pēc kāda notikuma pagātnē.

Ņemsim, piemēram, pagātnes momentu 1845. gadā, kad dzimis matemātiķis Georgs Kantors - kopu teorijas tēvs.

Tad :

1) pirmā notikumu rinda līdz 1845. g. - ir aktuāli bezgalīga rinda gadījumā, ja Visumam nav bijis sākuma ("pabeigta", "pilnīgi gatava");

2) otrā notikumu rinda pēc 1845. g. - tā ir tikai potenciāli bezgalīga notikumu rinda, jo tagadne visu laiku "slīd" uz priekšu pa laika asi.



Abos gadījumos mums ir darīšana ar notikumiem, kuri tiešām jau ir notikuši.

Punkts, kuru saucam "tagadne", protams, nestāv uz vietas, bet slīd uz priekšu. Būtībā tā ir robeža starp notikumiem, kas jau ir notikuši (realizējušies) un vēl nav notikuši (nav realizējušies). Tāpēc notikumu skaits "pēc" 1845. g. (t.i., starp 1845. g. un "tagadni") kaut arī katrā konkrētā

197

momentā ir galīgs, tomēr nepārtraukti pieaug. Šis notikumu skaits nekad nav noticis (realizējies) līdz galam, tapēc tas ir potenciāli bezgalīgs.

Notikumu skaits "līdz" 1845. g. ir noticis galīgi (pilnīgi realizējies) un vairs nepieaug. Tādā gadījumā, ja mēs pieņemam, ka taisnība ir ateistiem un materiālistiem (t.i., ka Visumam nav bijis sākums laikā) tad tāda pagātnes notikumu rinda "līdz" 1845.g. ir uzskatāma par aktuāli (reāli) bezgalīgu. Mēs turpmāk parādīsim, ka šis gadījums reāli nav iespējams. Otrajā gadījumā, ja Visumam ir bijis sākums laikā, tad arī šī pagātnes notikumu rinda "līdz" 1845.g. ir galīga un veido galīgu elementu (notikumu) kopu, kas mūsu tālākajā analizē īpašu interesi neizraisa.

Mūsu turpmākajā spriedumu gaitā ļoti svarīgi ir nesajaukt abus šos jēdzienus - "aktuālā bezgalība" un "potenciālā bezgalība".

Noskaidrojuši, ko mēs saprotam ar jēdzienu "aktuālā bezgalība", tagad pievērsīsimies pirmajai tēzei (premisai) kā veselam :

"1. Aktuālā bezgalība" nevar reāli eksistēt". Ko mēs ar to saprotam ?

Ar vārdiem "reāli eksistēt" mēs saprotam eksistenci reālā (materiālā) pasaulē, atšķirībā no "eksistences vispār", ar ko saprotam arī eksistenci prātā vai ideju pasaulē. Ar to mēs vispār nenoliedzam aktuālās bezgalības izmantošanas likumību matemātikā, kurai piemīt tikai iedomājama realitāte. Mēs tikai apgalvojam, ka aktuālā bezgalība nevar eksistēt (realizēties) zvaigžņu, planētu, akmeņu un cilvēku fiziskajā jeb reālajā pasaulē.

Aktuālās bezgalības fiziskās (reālās) eksistences absurdumu vislabāk var pierādīt ar dažiem piemēriem.

1) Pieņemsim, ka eksistē bibliotēka, kurā reāli (fiziski) atrodas aktuāli (reāli) bezgalīgs skaits grāmatu. Tālāk pieņemsim, ka grāmatas bibliotēkā ir tikai divās krāsās, melnā un sarkanā un, ka tās stāv plauktos pamīšus : melnā, sarkanā, melnā, sarkanā, ... utt. Ja kāds mums sacīs, ka šajā bibliotēkā melno grāmatu skaits ir vienāds ar sarkano grāmatu skaitu, tad mēs varbūt īpaši nebrīnīsimies.

2) Bet vai mēs ticēsim arī tad, ja mums teiks, ka melno grāmatu skaits ir vienāds ar melno un sarkano grāmatu skaitu kopā ? Tādā sakopojumā mēs taču atradīsim visas melnās grāmatas plus bezgalīgu skaitu sarkano grāmatu!

3) Iedomāsimies tagad, ka mums šajā bibliotēkā ir trīs, četru, piecu, ... un pat 100 krāsu grāmatas ! Vai mēs ticēsim tam, ka vienas krāsas grāmatu ir tikpat daudz, cik vispār ir grāmatu šajā bibliotēkā !

4) Vai iedomāsimies, ka bibliotēkā ir bezgalīgs grāmatu krāsu skaits. Var pieņemt, ka aktuāli (reāli) bezgalīgi lielā bibliotēkā būs pa vienai grāmatai uz katru krāsu no visa bezgalīgā krāsu skaita.

5) Bet tā tam obligāti nav jābūt. Kā apgalvo matemātiķi, tad, ja grāmatu skaits bibliotēkā patiešām ir aktuāli (reāli) bezgalīgs, tad uz katru krāsu no visa bezgalīgā krāsu skaita var iznākt arī bezgalīgs grāmatu skaits ...

6) Tādā veidā mēs iegūstam "bezgalību bezgalību". Un tomēr, ja mēs šai bibliotēkā paņemsim visu krāsu visas grāmatas, tad to skaits būs ne lielāks kā tikai vienas krāsas grāmatu skaits !

7) Turpināsim mūsu spriedumus. Pieņemsim, ka katrai grāmatai šai bibliotēkā uz tās muguras ir nodrukāts arī tās numurs. Par cik bibliotēka ir aktuāli (reāli) bezgalīga, tad katrs (jebkurš) iespējamais skaitlis ir jau nodrukāts uz kādas grāmatas muguras. Tāpēc mēs nevaram pievienot šai bibliotēkai vēl vienu grāmatu, jo tad rodas jautājums : "Kādu numuru tai dot ? Visi numuri ir jau aizņemti !" Mēs, tāpat, nevaram jaunajai grāmatai piešķirt numuru ! Bet tas ir absurds, jo fiziski (reāli) priekšmetus vienmēr var numurēt. Bet, ja aktuāli bezgalīgā bibliotēka fiziski eksistētu, tad tai nevarētu pievienot vēl vienu grāmatu !

8) Vai tas būtu tāpēc, ka šī bibliotēka jau ietvertu visas eksistējošās grāmatas un jaunu grāmatu vienkārši nebūtu kur ņemt ?

9) Nē, jo tikpat vienkārši varētu no pirmajām 100 grāmatām šai bibliotēkā izplēst pa lapai, salīmēt tās kopā un ievietot šo jauno grāmatu plauktā - tas viss, bibliotēka papildināta ! Tā kā to izdarīt tomēr nevaram (jaunajai grāmatai trūkst numura !), tad rodas vienīgais iespējamais secinājums : "Aktuāli bezgalīgi liela bibliotēka nevar fiziski (reāli) eksistēt !"

10) Bet pieņemsim, tomēr, ka mēs varam papildināt šo bibliotēku un mēs ievieojam jauno ("salīmēto") grāmatu plauktā. Matemātiķi, turpretī, apgalvos, ka grāmatu skaits bibliotēkā ir palicis iepriekšējais !

Kā tas ir iespējams ? Mūsu pieredze taču saka : ja es ievieoju grāmatu plauktā, tad tur ir par vienu grāmatu vairāk, bet ja izņemu - tad par vienu grāmatu mazāk. Mēs varam viegli iedomāties sevi, kas ievieto un izņem šo grāmatu ārā no plaukta.

11) Vai tad mums patiešām nopietni ir jātic, ka, ja mēs pievienojam grāmatas, tad to skaits nepalielinās, bet ja izņemam - nesamazinās ? Un kas notiek tad, ja mēs šai bibliotēkai pievienojam bezgalīgu skaitu vai pat "bezgalīgi bezgalīgu" (skat. 5., 6. p.) skaitu grāmatu ? Vai patiešām arī tad bibliotēkā nebūs ne par vienu grāmatu vairāk nekā iepriekš !?

12) Bet tagad sāksim rīkoties otrādi - sāksim izdot grāmatas no mūsu aktuāli bezgalīgi lielās bibliotēkas. Pieņemsim, ka pirmdien mēs izdevām lasītājam grāmatu Nr.8. Vai tad grāmatu skaits bibliotēkā nav par vienu samazinājies ?

13) Sāksim atkal no sākuma - no "pilnas" aktuāli bezgalīgās bibliotēkas. Otrdien mēs izdosim visas grāmatas ar nepāru numuriem Nr.1, 3, 5, 7, ... līdz bezgalībai. Ir izdots bezgalīgs grāmatu skaits, bet matemātiķi apgalvos, ka bibliotēkā grāmatu skaits nav samazinājies.

14) Sāksim vēlreiz no sākuma - pilnas bibliotēkas. Trešdien izdosim visas grāmatas ar numuriem Nr.4, 5, 6, 7, 8, ... līdz bezgalībai. Ar vienu vēzienu mūsu aktuāli bezgalīgi lielā bibliotēka ir praktiski iztukšota, tās bezgalīgais

grāmatu skaits ir novests līdz galīgam skaitam - bibliotēkā palikušas pirmās trīs grāmatas Nr.1, 2, 3 !

Bet varam vaicāt - kāpēc ir tāda starpība ? Šajā reizē mēs taču izdevām tikpat bezgalīgi daudz grāmatu (Nr.4, 5, 6, 7, 8, ...) kā otrdien (kad izdevām bezgalīgi daudz - visas nepāru numuru Nr.1, 3, 5, ... grāmatas), bet bibliotēkā tad vēl palika arī bezgalīgi daudz grāmatu !

Visi šie piemēri daiļrunīgi ilustrē to faktu, ka aktuālā bezgalība nevar reāli eksistēt fiziskajā pasaulē, bet vēlreiz pasvītrojam, ka tas nekādi neapdraud teorētisko sistēmu (kopu teoriju), kuru mūsdienu matemātikā ieveda Georgs Kantors.

Varam atzīmēt, ka pat tāds aktuāli bezgalīgo kopu teorijas piekritējs kā Dāvids Hilberts piekrita uzskatam, ka aktuālās bezgalības jēdziens - tā ir tikai tikai ideja, kurai nav nekāda sakara ar reālo pasauli. Tāpēc arī mūsu gala slēdziens ir izteikts šajā pirmajā premisā :

“Aktuālā bezgalība nevar reāli eksistēt (fiziskajā pasaulē)”.

Tagad varam pāriet pie pirmā loģiskā argumenta otrās premisas :

“2. Notikumu virkne laikā bez sākuma veido aktuālo bezgalību”.

Vispirms atzīmēsim, ka ar “notikumu” mēs šeit saprotam jebkuru izmaiņu, kas norisinās fiziskajā pasaulē. Tātad :

1) Ja pagātnes notikumu (pārmaiņu) virkne (jeb rinda) visu laiku aizvirzās pagātnē un šai virknei nav sākuma, tad, šai gadījumā, ņemot šos pagātnes notikumus visus kopā, redzam, ka tie veido aktuāli (reāli) bezgalīgu notikumu kopu.

Aplūkosim kādu piemēru, kas raksturo notikumu virkni laikā bez sākuma. Pieņemsim, ka mēs jautājam, no kurienes radās tāda tur zvaigzne debesīs. Mums atbild, ka tā radās sprādziena rezultātā no zvaigznes, kas pastāvēja pirms minētās zvaigznes. Tad mēs jautājam : “No kurienes parādījās tā zvaigzne, kas uzsprāga ?” Mums atbild : “Tā arī radās no zvaigznes, kas bija pirms viņas.” Bet šī zvaigzne no kurienes ? - “Vēl no citas iepriekšējās zvaigznes”, utt.

2) Attiecinot šo aktuālās bezgalības izpratni uz Visumu, redzam, ka ja Visums ir vienmēr pastāvējis, tad ņemot kā veselu visu pagātnes notikumu rindu (virkni), tie veido aktuālo bezgalību, jo pirms katra notikuma pagātnē ir bijis cits, iepriekšējais notikums. Tātad pagātnes notikumu rinda iznāk aktuāli bezgalīga.

3) Varam jautāt : “Bet vai pagātnes notikumu rinda nebūs tikai potenciāli bezgalīga ?” Nē, jo mēs jau redzējām (skat. piemēru ar 1845.g. uz laika ass), ka pagātne ir pabeigta un notikusi (realizējusies) - tikai nākotni mēs varam raksturot kā potenciāli bezgalīgu. Tāpēc liekas acīmredzami, ka notikumu virkne laikā bez sākuma momenta veido aktuālo bezgalību.

Tātad ar šiem spriedumiem un piemēriem mēs esam pierādījuši pirmā loģiskā argumenta abas premissas :

1. Aktuālā bezgalība nevar reāli (fiziski) eksistēt ;
 2. Notikumu virkne laikā bez sākuma veido aktuālo bezgalību.
- Tas mūs noved pie nepieciešamā gala slēdziena :

3. Notikumu virkne laikā bez sākuma nevar reāli eksistēt.

Kā mēs jau agrāk redzējām piemērā ar "aktuāli bezgalīgo bibliotēku", tad aktuālā bezgalība nevar eksistēt reāli, fiziskajā pasaulē. Un tāpat, ja notikumu virkne laikā bez sākuma veido aktuālo bezgalību, tad tāda virkne nevar pastāvēt reāli, fiziskajā pasaulē.

Tāpat visu pagātnes notikumu rindai pasaulē ir jābūt sākumam. Bet Visuma vēsture taču arī ir visu pagātnē notikušo notikumu rinda !Tāpēc arī ir nepieciešams, lai Visumam būtu sākums.

Noslēdzot šo pirmā loģiskā argumenta izklāstu, aplūkosim vēl dažus piemērus, kas to labi raksturo.

1. No tā paša piemēra par aktuāli bezgalīgo bibliotēku mēs redzējām, ka, ja aktuālā bezgalība eksistētu (pastāvētu) īstenībā, fiziskajā pasaulē, tad tai neko nevarētu pievienot (kā grāmatu šajā bibliotēkā). Bet notikumu virknei laikā jaunu notikumu pievienošana notiek katru dienu - vai, vismaz, mums tā liekas !

Ja šī notikumu virkne laikā būtu aktuāli bezgalīga, tad notikumu skaits, kas norisinājušies līdz pašreizējam momentam būtu ne lielāks kā, teiksim, notikumu skaits līdz 1918. g. vai pat līdz jebkuram citam laika momentam pagātnē (1492., 325.g. ...), lai arī cik tālu tas būtu atpakaļ.

2. Iedomāsimies, ka ap Sauli jau veselu mūžību (t.i. Visumā bez sākuma laikā) griežas divas planētas. Pieņemsim, ka viena apgriežas pa savu orbītu 12 gados (kā Jupitera), bet otra - gada laikā (kā Zemes). Tāpat uz katru pirmās planētas (Jupitera) apgriezienu iznāk veseli 12 otras planētas (Zemes) apgriezieni. Jautājums : "Ja šīs planētas griežas pa savām orbītām mūžīgi, tad kura no tām ir veikusi lielāku skaitu orbitālo apgriezienu ? Atbilde : "Abas planētas ir izdarījušas vienādu skaitu apgriezienu". Bet tas ir tiešs absurds, jo veselais saprāts saka, ka , jo ilgāk šīs planētas griežas, jo vairāk palielinās atstarpe starp tām apgriezienu skaita ziņā (pēc 12 gadiem starpība būs 11 apgriezieni, pēc 120 gadiem - 110 apgriezieni, pēc 1200 gadiem - 1100 apgriezieni ...). Kā var būt vienāds šo planētu apgriezienu skaits ?

3. Pieņemsim, ka mēs esam satikuši cilvēku, kurš apgalvo, ka viņš ir veselu mūžību (t.i., bezgalīgi ilgi bez laika sākuma momenta) skaitījis naturālos skaitļus, sākot no aktuālās bezgalības un tagad, mūsu acu priekšā pabeidz skaitīt :

... 5, 4, 3, 2, 1, 0.

Bet mēs taču varam jautāt, kāpēc viņš nepabeidza skaitīt vakar ? Vai pat gadu iepriekš ? Kā tad tā, vai tad tiešām viņam nepietika laika ? Arī taču līdz pagājušam gadam ir pagājis bezgalīgs gadu skaits - tāpat laika viņam ir bijis pietiekoši. Kas tad iznāk ?

153

Iznāk, ka, lai cik arī mēs tālu pagātnē neiedziļinātos, mēs nekad nesastapsim šo cilvēku, veicot no mūžības šādu skaitīšanu. Tātad nevar būt patiess apgalvojums, ka viņš ar to nodarbojas veselu mūžību.

Visi šie piemēri pierāda, ka ideja par notikumu virknes eksistenci, kurai nav sākuma laikā, ir absurda. Par cik tāda rinda (virkne) ir aktuāli bezgalīga, bet aktuālā bezgalība nevar eksistēt, tad tāda virkne nav iespējama fiziskajā pasaulē. Un mūsu gala secinājums, kas izriet no pirmā loģiskā argumenta ir:

Visums kaut kad ir sācis savu eksistenci.

3.2 Otrā loģiskā argumenta - notikumu virkne laikā kā viena elementa (notikuma) pievienošana otram - analīze.

Otro loģisko argumentu par labu Visuma sākumam laikā:

“Notikumu virkne laikā nevar būt aktuāli bezgalīga, jo tā veidojas pievienojot vienu elementu (notikumu) aiz otra”,

arī apskatīsim pēc shēmas, kas sastāv no trim daļām:

1. Notikumu virkne laikā ir kopa, kuru iegūst, pievienojot vienu elementu (komponenti) pēc otra;
2. Kopa, kuru veido, pievienojot vienu elementu (komponenti) pēc (aiz) otra, nevar būt aktuāli bezgalīga;
3. Tātad notikumu virkne laikā nevar būt aktuāli bezgalīga.

Šis arguments neapstrīd aktuālās bezgalības kā tādas eksistences iespēju. Tas vienkārši apgalvo, ka šī aktuālā bezgalība nevar rasties noteiktā veidā - pievienojot vienu elementu aiz otra.

Apskatīsim šī slēdziena pirmo premisu:

1. Notikumu virkne laikā ir kopa, kuru iegūst, pievienojot vienu elementu (komponenti) pēc otra.

Šī apgalvojuma patiesums ir acmredzams. Ja mēs aplūkojam visu pagātnes notikumu kopu, tad ir skaidrs, ka šie notikumi neeksistēja vienlaicīgi, bet gan sekoja viens otram laikā. Vispirms norisinājās viens notikums, tad pēc tā cits - otrais, tad trešais utt. Tātad runājot par “visu pagājušo notikumu kopu”, mēs vienmēr runājam par kopu, kas veidota, pievienojot vienu notikumu aiz otra.

Otra šī slēdziena premisa ir izšķirošā:

2. Kopa, kuru veido, pievienojot vienu elementu (komponenti) pēc (aiz) otra, nevar būt aktuāli bezgalīga.

To dažreiz sauc arī par neiespējamību saskatīt līdz bezgalībai. Nav svarīgi cik skaitļu jūs saskaitījāt - jūs tiem vienmēr varēsiet pievienot vēl vienu.

Dažreiz to sauc arī par neiespējamību noiet bezgalīgu attālumu.

Iedomāsimies cilvēku, kas skrien augšup pa kāpnēm un katru reizi, kad viņa kāja uzkāpj uz augšējā pakāpiena, virs tā parādās vēl viens pakāpiens - līdzīgi kā kāpjot augšup uz lejupejoša eskalatora. Skaidrs, ka šis cilvēks var

skriet mūžīgi, bet viņš nekad nenoies visus pakāpienus, jo vienmēr var pievienot vēl vienu pakāpienu.

Ievērosim, ka šī neiespējamība veidot reāli, fiziski kādu bezgalīgu kopu (piem., saskaitīt skaitļus, noiet attālumu) nekādi nav atkarīga no mūsu rīcībā esošā laika. Pati aktuālās bezgalības būtība aizliedz to "izveidot līdz galam", pievienojot vienu elementu aiz otra, neatkarīgi no mūsu rīcībā esošās laika rezerves.

Tātad reālajā fiziskajā pasaulē aktuāli bezgalīgu objektu kopu varētu izveidot tikai vienlaicīgi (uzreiz) radot visus tās elementus. Tā piem., lai mūsu bibliotēka ar aktuāli bezgalīgu grāmatu skaitu varētu eksistēt fiziskajā pasaulē, tad tā būtu jārada kaut kam bezgalīgam (teiksim, Dievam) vienā acumirkļī. Dievs tad teiktu: "Lai top ... " un bibliotēka visa uzreiz rastos. Bet tādu bibliotēku radīt (izveidot), pievienojot tai pa vienai grāmatai nav iespējams, jo tādā veidā līdz bezgalībai (aktuāli bezgalīgam grāmatu skaitam) nekad netikt.

Ja līdz šodienai būtu pagājis bezgalīgs dienu skaits, tad šodienai nekad nepienāktu. Būtu neiespējami paiet bezgalīgam dienu skaitam, lai sasniegtu šodienu. Bet šodienai, acīmredzot, tomēr ir pienākusi. Tātad līdz tās pienākšanai nevarēja paiet bezgalīgs dienu skaits. Tātad dienu skaits līdz šodienai ir galīgs un Visumam jābūt sākumam laikā.

Līdz ar to mēs esam pierādījuši otro loģisko argumentu par labu Visuma sākumam laikā:

"Notikumu virkne laikā nevar būt aktuāli bezgalīga, jo tā veidojas pievienojot vienu elementu (notikumu) aiz otra".

Tātad mūsu rīcībā ir divi loģiskie argumenti par labu Visuma sākumam:

1. Aktuālā bezgalība nevar fiziski eksistēt. Par cik Visums bez sākuma nozīmē fiziski bezgalīgu skaitu pagājušo notikumu, tad Visumam ir jābūt sākumam laikā.

2. Aktuāli bezgalīga elementu (notikumu) kopa fiziski nevar tikt izveidota, pievienojot tai vienu elementu aiz otra. Par cik pagājušo notikumu virkne ir veidota, pievienojot vienu notikumu aiz otra, tad tā nevar būt aktuāli bezgalīga un Visumam ir sākums laikā.

3.3 Dabaszinātniskie argumenti par labu Visuma sākumam.

Pēc divu "loģiski - matemātiski - dabaszinātnisko" argumentu apskata par labu Visuma sākumam, kas galvenokārt bija saistīti ar aktuālās bezgalības jēdziena analīzi, pāriesim tagad pie diviem tīri dabaszinātniskiem argumentiem, kas liecina par Visuma sākumu:

B.1 Lielā Sprādziena kosmoloģija;

B.2 Visuma siltuma nāve.

Tā kā abus šos jautājumus esam visai sīki apskatījuši iepriekšējās lekcijās, tad šeit tikai īsi atgādināsim to būtību.

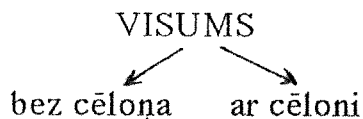
1.25

B.1 Lielā Sprādziena kosmoloģija. Saskaņā ar 1929.g. atklāto Hābla likumu, mūsu Visums izplešas un tā sākums ("singulārais punkts") ir bijis ap 10 - 13 - 15 - 20 miljardu gadu atpakaļ, kad noticis Lielais Sprādziens. Lielā Sprādziena hipotēzi atbalsta virkne eksperimentālo faktu (1965.g. atklātais reliktais starojums, 1992. g. atklātā reliktā starojuma anizotropija un 1995.g. atklātais reliktais hēlijs), kas ir saistīti ar šo notikumu un pašlaik Lielā Sprādziena teorijai piekrīt vairums kosmologu un astrofiziku.

B.2 Visuma siltuma nāve uz otrā termodinamikas likuma pamata. 1865.g. R.Klauziuss formulēja secinājumu, ka visiem enerģijas veidiem Visumā galu galā ir jāpāriet siltuma kustības enerģijā, kas vienmērīgi sadalītos pa visu Visuma vielu un pēc tam Visumā izbeigtos jebkuri makroskopiskie procesi. Jebkura sistēma, kas neapmainās ar enerģiju ar citām sistēmām (un Visumam kā vienam veselam tāda apmaiņa acīmredzot ir izslēgta, jo "tam nav ar ko apmainīties") tiecas uz stāvokli ar maksimālo entropiju, t.i. visvarbūtīgāko līdzsvara stāvokli, kad nevarētu vairs tikt darīts nekāds darbs, jo visi procesi būtu nonākuši haosa enerģijas minimuma stāvoklī. Tā kā līdz šim tāds stāvoklis, ko sauc par "Visuma siltuma nāvi" vēl nav iestājies, tad tas liecina par Visuma sākumu (ja Visums pastāv mūžīgi, tad tā "siltuma nāve" jau sen būtu iestājusies). Par cik pret "Visuma siltuma nāvi" nopietni argumenti nav izvirzīti, tad to var uzskatīt par otro dabaszinātnisko argumentu, kas liecina par Visuma sākumu.

4. CĒLONISKAIS VISUMA SĀKUMS - OTRAIS SOLIS MŪSU SPRIEDUMU SHĒMĀ.

Pirmais solis mūsu spriedumu shēmā (Visums :1) bez sākuma ? 2) ar sākumu ?) bija visgrūtākais, jo tas prasīja sīku un stingru pamatojumu un pierādījumu. Tagad varam pāriet pie otrā soļa mūsu spriedumos.



Tātad, ja Visumam ir bijis sākums, tad otrajā solī mums jāizvēlas viena no divām iespējām :

- 1) Visums bija radīts, t.i. tā rašanos izsauca kāds cēlonis ;
- 2) Visums ir radies bez cēloņa, "vienkārši tāpat".

Cēloņsakarība - ģenētiska sakarība starp parādībām, kur viena parādība - cēlonis, pie noteiktiem nosacījumiem ar nepieciešamību izsauca (rada) otru parādību - sekas. Tā ir viena no visfundamentālākajām filozofijas

likumsakarībām un šai ziņā ir viens prāts pat visdažādāko filozofijas virzienu pārstāvji.

Tāpēc, liekas, nav detalizēti jāapspriež šis jautājums, meklējot tam atbildi. Vai tiešām kāds sāks nopietni apgalvot, ievērojot to, ka Visumam ir bijis sākums laikā (kā mēs to pierādījām mūsu spriedumu pirmajā solī), ka tāds "Visums" varētu rasties "vienkārši tāpat", bez cēloņa, no nekā ?

Šai gadījumā, sīkas argumentācijas vietā, domājams, labāk ir vienkārši iepazīties ar filozofu un dabaszinātnieku uzskatiem par cēloņsakarību un tās saistību ar Visuma sākuma problēmu.

Izcilais angļu filozofs Dāvids Hjūms (1711. - 1776.g.) kādā vēstulē 1754.g. izsakās :

"Uzskats, ka kaut kas var rasties bez cēloņa - muļķība."

Mūsdienu angļu filozofs K.Brouds (C.D.Broad) savukārt atzīmē (1955.g.) :

"Es nevaru nopietni ticēt tam, ka kaut kas sāka eksistēt (kāda esamība sākās), ja tam nebūtu cēloņa kādā apstākļi, kas pastāvēja pirms tā un līdz pat dotā priekšmeta rašanās momentam".

Bet lūk ko 1976.g. saka kāds cits filozofs - P.Zvarts (P.J.Zwart) :

"Man liekas neticami, ka mūsu Visums radās no absolūta tukšuma. Un, ja kaut kas liekas mums neticams, tad tas ir kaut kā rašanās no nekā."

Senā principa "No nekā nekas nerodas" pareizība ir tik acīmredzama, ka nopietni iebildumi pret to praktiski nav iespējami.

Tāds stāvoklis nostāda ateistu visai kutelīgā situācijā. Lūk kā par to izsakās A.Kennijs (Anthony Kenny) 1969. g. :

"Lielā Sprādziena piekritējs, vismaz gadījumā ja tas ir ateists, ir spiests ticēt, ka matērija Visumā radās no nekā un ar nekā palīdzību".

Padomāsim tagad, kam (psiholoģiski) ir "vieglāk ticēt" :

1) pārdabiskam Visuma radītājam ?

2) tādām Visumam, kas radies bez cēloņa un no nekā jeb vispār nav radies, bet eksistējis (pastāvējis) vienmēr (mūžīgi) ?

Vai šie divi pēdējie varianti neprasa daudz vairāk "piespiedu ticības" nekā ticība domājoša Radītāja esamībai ?

Bet jebkurā gadījumā mēs taču nebalstāmies tikai uz to, kuram variantam ir "vieglāk ticēt". Mēs taču jau redzējām mūsu spriedumu pirmajā solī, ka gan divi loģiski-filozofiskie, gan divi dabaszinātniskie argumenti norāda uz Visuma sākumu.

Līdz ar to mums faktiski paliek tikai divas alternatīvas :

1) vai nu bija cēlonis, kas izsauca Visuma esamību ;

2) vai arī Visums radās bez cēloņa un no nekā.

Jebkurā gadījumā, pirmā no šīm alternatīvām ir daudz varbūtīgāka.

Ir ļoti interesanti pavērot, kā zinātnieki paši reagē uz filozofiskajiem un teoloģiskajiem secinājumiem, kas izriet no viņu izstrādātā Visuma Lielā Sprādziena kosmoloģiskā modeļa.

177

Tā, piem., pazīstamais astrofiziķis un kosmologs Freds Hoils (Fred Hoyle) atzīmē, ka Lielā Sprādziena modelis nedod mums zināšanas par to, kāpēc notika šis sprādziens un no kurienes radās matērija, kā arī piebilst :

“Mūsdienu kosmoloģijā nav pieņemts meklēt atbildi uz šo jautājumu - tiek uzskatīts, ka pats šis jautājums un atbilde uz to iziet ārpus zinātnisko meklējumu robežām.”

Kāds cits zinātnieks A.Vebsters (Adrian Webster) 1974.g. atzīst :
“Lielā Sprādziena modelis tikai apraksta Visuma rašanās apstākļus, bet nevar tos izskaidrot”.

Un beidzot astronoms J.Narliķars (J.V.Narliķar) 1973.g. atklāti pasaka :

“Jautājums, kā radās pati matērija, paliek bez atbildes.”

Bet, ja tāda pozīcija apmierina astronomu vai fiziķi, tad tā nekad neapmierinās filozofu vai teologu, jo zinātne tādā veidā pati novēršas (distancējas) no vissvarīgākā no visiem jautājumiem :

“No kurienes radās Visums?”

Zinātniskie fakti norāda vienīgi uz Visuma sākuma punkta eksistenci - un viss. Protams, kā dabaszinātnieki mēs varam (mums ir tiesības) pie tā arī apstāties un no tālākiem meklējumiem atteikties. Bet kā domājošām būtnēm - vai mums nav nepieciešams iet tālāk, skatīties dziļāk un atrast Visuma rašanās cēloni ?

Tātad, raugoties bez aizspriedumiem, būtu galu gala jāpiekrīt, ka Visuma esamībai (eksistencei) ir cēlonis.

Tas ir ļoti svarīgs secinājums. Tas nozīmē, ka Visuma esamību izsauc kaut kas, kas ir ne mazāks (ne mazāk liels, nozīmīgs) kā viņš pats, pie kam tas atrodas ārpus Visuma robežām. Tāpēc tālākajos spriedumos mums jāķļūst uzmanīgiem un jāatceras, ka Bībele sākas ar vārdiem :

“Iesākumā Dievs radīja debesis un zemi”.

(Gen. 1 : 1)

5. VISUMA RAŠANĀS CĒLONIS - RADĪTĀJA APZINĪGAS GRIBAS AKTS

(Trešais solis mūsu spriedumu shēmā.)

Līdz šim mēs esam sapratuši, ka Visumam ir bijis sākums (mūsu spriedumu 1. solis) un ka tādām notikumam ir cēlonis (2. solis) un mēs esam nonākuši pie mūsu spriedumu pēdējā - trešā soļa :

VISUMA CĒLONIS

↙
bezpersonisks

↘
personisks (Dievs)

Pirms mēs pārejam pie šī spriedumu trešā soļa (Visuma cēlonis : 1) bezpersonisks ? 2) personisks ?) analīzes, mums ir jāatbild uz vienu palīgjaudājumu :

“Vai šis Visuma cēlonis bija mūžīgs, vai arī tam pašam bija sākums ?”

Skaidrs, ka, ja telpa un laiks radās reizē ar materiālo Visumu (kā tas izriet arī no Einšteina vispārējās relativitātes teorijas), tad viss, kas eksistēja (pastāvēja) “ārpus” Visuma un tāad ārpus laika, būs mūžīgs pēc definīcijas.

Tas rada mūsos aizdomas, ka Visuma rašanās cēlonim ir jābūt mūžīgam.

Bet pieņemsim, ka šis Visuma rašanās cēlonis nav mūžīgs, tāad, tas ir radies kādā momentā pirms Visuma rašanās. Tādā gadījumā šī “Visuma cēloņa” rašanās būtu jāuzskata par pašu pirmo notikumu. Tad mēs atkal meklēsim cēloni jau šim notikumam (cēloni tam, ka radās “Visuma cēlonis”). Bet tā tas nevar turpināties mūžīgi, jo notikumu rinda, kurai nav sākuma, kā mums jau zināms, veido aktuālo bezgalību, kura nevar eksistēt.

Tāad mums paliek viens secinājums :

Visuma (materiālās pasaules) eksistences (esamības) cēlonis ir mūžīgs, tas pastāv bez sākuma.

Atzīstot, ka Visuma cēlonis ir mūžīgs, mums rodas jauna problēma (kuras risinājums mūs arī novedīs tuvu klāt mūsu spriedumu trešā soļa izpratnei) :

“Ja Visuma esamības (eksistences) cēlonis ir mūžīgs, tad kā iznāk, ka tā sekas (t.i. pats Visums, materiālā pasaule) nav mūžīgas ?”

Paskaidrosim to ar piemēru. Ūdens sasalšanas cēlonis - temperatūra zem nulles (0 C). Tiklīdz temperatūra nokrītas zem nulles, tad ūdens vienmēr sasalst. Ja ir cēlonis, tad sekas ir neizbēgamas.

Tāad, ja cēlonis eksistē mūžīgi, tad arī sekām ir jāpastāv mūžīgi. Mūsu piemērā, ja temperatūra būtu “mūžīgi” zem nulles, tad arī viss esošais ūdens būtu sasalis “mūžīgajā ledū” (runā taču par “mūžīgo sasalumu” ziemeļu zemēs !).

No šejienes, acīmredzot, seko, ka, ja Visuma cēlonis eksistēja mūžīgi, tad arī Visumam būtu jāpastāv mūžīgi (precīzāk - “ārpus laika”).

Bet pēc iepriekšējiem spriedumu soļiem mēs jau zinām, ka tas tā nav - Visumam ir sākums. Tad, sekojot V.Kreigam, mēs redzam tikai vienu risinājumu šai problēmai.

Jāpieļauj, ka Visuma cēlonis ir saprātīgs (apzinīgs) un, ka Viņš rada Visumu laikā pēc Savas izvēles. Tāad Radītājs var eksistēt bez pārmaiņām mūžīgi (ārpus laika), bet Viņš var pieņemt lēmumu radīt Visumu laikā. Pie tam pasaules - Visuma cēlonis iznāk mūžīgs, bet sekas - Visums, nav mūžīgas.

1159

Līdz ar to mēs nonākam pie mūsu spriedumu shēmas trešā soļa gala slēdziena.

Visuma cēlonis - tā Radītājs ir persona, ar apziņu (saprātu) apveltīta būtne. Visums varēja rasties tikai kā šī apzinīgā Radītāja gribas (izvēles) akts.

Tad mums nekas vairs netraucē nosaukt šī apzinīgā Visuma Radītāja vārdu - Dievs.

Noslēgumā apskatīsim sīkāk jautājumu par Dieva attieksmi pret laiku, kas ir visai sarežģīts jautājums.

6. DIEVA ATTIEKSME PRET LAIKU NO KRISTĪGĀS TEOLOĢIJAS VIEDOKĻA.

Daudzi uzskata, ka Dievs atrodas ārpus laika. Bet Bībelē tieši tāda apgalvojuma nav. Pēc Džeimsa Barra, grāmatas "Bībeles vārdi, kas attiecas uz laiku" autora, domām, no Bībeles nav skaidrs, vai izteiciens "Dievs ir mūžīgs"

nozīmē to, kā :

1) "Dievs eksistē ārpus laika",

vai arī :

2) "Dievs eksistē visu laika ilguma laiku".

Tāpēc šis jautājums ir jāatrisina ar filozofijas un arī kosmoloģijas palīdzību.

Līdz pasaules radīšanai (Visuma sākumam) nekāda laika nebija tāpēc, ka laiks nevar eksistēt bez pārmaiņām (notikumiem) kā arī bez telpas un matērijas (saskaņā ar VRT un kosmoloģiju). Pats Dievs ir nemainīgs, jo citādi mēs Viņa pagājušajā dzīvē atrastu aktuāli bezgalīgu notikumu rindu, bet mēs zinām, ka tāda rinda nav iespējama.

Tātad Dievs ir nemainīgs un tāpēc, līdz pasaules radīšanas momentam "bezlaicīgs" - ārpus laika. Laiku Dievs radīja kopā ar pasauli (t.i. ar telpu un matēriju). Ar pasaules radīšanas momentu Dievs ievieto sevi laikā, lai Viņam būtu iespēja mijiedarboties ar paša radīto pasauli.

Bībele norāda uz Dieva ievietošanos laikā pēc pasaules radīšanas, pasludinot :

"Vienīgajam Dievam, mūsu Glābējam, lai ir caur Jēzu Kristu, mūsu Kungu, godība, varenība, spēks un vara no mūžības, tagad un mūžu mūžos! Āmen."

(Jūdās vēst., 25)

Pienāks laiks, kad Dievs iznīcinās savu radījumu - pasauli. Visums neies bojā siltuma nāvē, jo līdz tās pienākšanai Dievs darīs tam galu. Saskaņā ar Jauno Derību, Dievs pats iejauksies notikumu gaitā, lai noslēgtu Visuma

eksistenci. Bībele par to runā vairākās vietās (piem., Rom. 8 : 20 - 21 ; Pētera 2. vēst. 3 : 10 - 13 ; Jāņa Atkl. gr. 20 : 11, 21 : 1 u.c.), mēs šos jautājumus sīkāk aplūkosim pasaules gala - eshatoloģijas problēmām veltītajā lekcijā.

Varbūt vislabāk Dieva attieksmes pret laiku raksturo sekojošs Bībeles citāts :

“Un : “Sākumā tu, Kungs, zemi esi dibinājis, un debesis ir tavu roku darbs,

Tās zudīs, bet tu palieci ; tās visas sadils kā drēbes,

Un tu tās satīsi kā uzvalku, un tās pārvērtīsies, bet tu esi tas pats, un tavi gadi nebeigsies.”

(Vēst. ebrejiem 1 : 10 - 12)

Tātad eksistē apzinīgs Visuma Radītājs - Dievs, nemainīgs un ārpus laika (bez laika) līdz pasaules radīšanas momentam, esošs laikā pēc šī radīšanas momenta un atkal esošs ārpus laika pēc pasaules gala.

101

XII. RADĪŠANAS PIRMĀS TRĪS DIENAS - MITOLOĢIJA, BĪBELE UN KOSMOLOĢIJA

1. Bībeles un citu Seno Austrumu reliģiju pasaules radīšanas un cilvēces vēstures sākuma sižetu analogijas problēma.
2. Bībeles un Seno Austrumu mitoloģiski - reliģisko uzskatu kopsakarības:
 - 2.1 Kopsakarību analīzes piemērs,
 - 2.2 Šumeru pasaules radīšanas mīta izklāsts,
 - 2.3 Babiloniešu kosmogoniskais mīts.
3. Kā novērtēt sakritības un analogijas pasaules radīšanas un cilvēces pirmsākumu sižetos starp Bībeli un citām reliģijām ?
4. Radīšanas (Visuma sākuma) laika momenta problēma.
5. Iespējamā "Genesis" radīšanas ainas interpretācija saskaņā ar moderno kosmoloģiju:
 - 5.1 Pirmā diena,
 - 5.2 Otrā diena,
 - 5.3 Trešās dienas sākums (līdz dzīvībai),
 - 5.4 Interpretācijas kopsavilkums.

Literatūra :

1. V.V.Jevsukov. Mifi o Vselennoi. Novosibirsk, "Nauka", 1988.g.
2. I.N.Hlopin. A čto bilo do potopa ? Lenizdat, 1990.g.
3. Aizek Azimov. V načaje. Moskva, 1990.g.
4. Z.Kosidovskis. Bībeles stāsti. Rīga, "Zinātne", 1978.g.

1. BĪBELES (GEN. : 1. - 11. NOD.) UN CITU SENO AUSTRUMU RELIĢIJU PASAULES RADĪŠANAS UN CILVĒCES VĒSTURES SĀKUMA SIŽETU ANALOĢIJAS PROBLĒMA.

Bībeles 1. Mozus grāmatas ("Genesis") sākumā (1. - 11. nod.) ir aplūkoti sekojoši sižeti, kas attiecas uz pasaules un cilvēces vēstures pirmsākumiem :

- 1) pasaules radīšanas stāsts sešās dienās ;
- 2) cilvēka radīšana sestajā dienā ;
- 3) Ēdenes (parādīzes) dārzs, Ādams un Ieva ;
- 4) stāsts par Kainu un Ābelu - zemkopi un lopkopi ;
- 5) vispasaules grēku plūdi, Noas izglābšanās ;
- 6) cilvēces pirmvalodas sadalīšanās (Bābeles tornis).

Zinātnieku vidū, kā arī mūsdienu sekulārajā sabiedrībā valda uzskats, ka gandrīz visi šie sižeti ir atvasināti no daudz senākiem avotiem nekā Bībele, konkrēti no šumeru - babiloniešu reliģiski - mitoloģiskās tradīcijas. Par visspilgtāko argumentu šiem uzskatiem parasti kalpo vispasaules grēku plūdu stāsta babiloniešu versijas atklāšana un dramatiskie ar to saistītie notikumi.

1849.g. arheologs Henrijs Leijards veica izrakumus senās Asīrijas galvaspilsētas Ninīves (Kujundžikas pakalns netālu no tagadējās Mosulas pilsētas Irākas ziemeļos) drupās. No turienes, no ķēniņa Aššurbanipala bibliotēkas uz Britu muzeju Londonā tika aizvestas daudzas kaštes ar ķīlrakstā aprakstītam māla tāfelītēm. Bet tikai pagājušā gadsimta 70.-tajos gados ar tām sāka nodarboties Britu muzeja līdzstrādnieks Džordžs Smits, kurš bija kļuvis par ievērojamu ķīlrakstu lasīšanas un tulkošanas speciālistu. Tad viņa rokās nonāca tāfelītes lauska ar Gilgameša eposa ("Par visu redzējušo") fragmentu, kurā viņš izlasīja :

" ... Pie Nicira kalna kuģis apstājās. Nicira kalns kuģi noturēja, neļāva šūpoties ... Iestājoties septītajai dienai, es iznesu balodi un to palaidu ; aizlidojis, balodis atgriezās atpakaļ : vietu neatrada, atlidoja atpakaļ ..."

Šie vārdi, kuriem tiešām ir ļoti liela līdzība ar Gen. 8:8-9, ļoti spēcīgi savīļoja Dž.Smitu, kurš jau no bērnības zināja Bībeles stāstu par Noas izglābšanos no grēku plūdiem. Viņš saprata, ka ir atradis daudz senāku vispasaules grēku plūdu mīta fragmentu, nekā tas, ko apraksta Bībele, un 1873.g. 3. decembrī viņš nolasīja publisku referātu par šo atklājumu, kas izsauca ļoti spēcīgu atbalsi un rezonansi sabiedrībā.

Lielbritānijas teologu aprindās un kristīgajā sabiedrībā sacēlās protestu un sašutuma vētra, jo tā nevarēja samierināties ar domu, ka stāsts par Nou ir aizgūts no senākiem avotiem. Pēc viņu uzskatiem, viss, ko Dž.Smits bija izlasījis, drīzāk bija tikai nejaušu sākumu sakritība. Šo strīdu galīgi varētu izšķirt tikai tad, ja izdotos atrast iztrūkstošās ķīlrakstu plāksnītes ar pārējo Gilgameša eposa tekstu, taču tas šķita pilnīgi neiespējami.

Bet Dž.Smits nepādevās. Londonas avīze "Daily Telegraph" apņēma par 1000 sterliņu mārciņām finansēt jaunu ekspedīciju Dž.Smita vadībā

uz Ninives drupām, lai mēģinātu atrast trūkstošās māla tāfelītes. Un notika brīnums, šai ekspedīcijai tiešām izdevās atrast adatu sienu kaudzē... trūkstošos Gilgameša eposa fragmentus, kā arī daudz citu vērtīgu materiālu, tai skaitā šumeru - babiloniešu vārdnīcu, kas atļāva lasīt visnenākās Mesopotāmijas kultūras tautas - seno šumeru rakstus.

Dž.Smits atgriezās Londonā kā uzvarētājs, jo atrastie eposa fragmenti, šķiet, pilnībā apstiprināja viņa tēzi par Bībeles sižeta aizgūšanu. Par to liecināja tādi identiski fragmenti kā kraukļa un baloža palaišana no šķirsta, kalns, uz kura šķirsts bija nosēdies, plūdu ilgums, kā arī pati šī grēku plūdu stāsta morāle : cilvēcei uzlikts sods par grēkiem, bet dievbijīgs cilvēks ticis saudzēts un izglābies.

Nākošo ekspedīciju Dž.Smita vadībā Britu muzejs organizēja 1876. g., bet tad viņš nokļuva mēra epidēmijā, kas bija uzliesmojusi Bagdādē, saslima un nomira. Vai Dž.Smita nāve uzskatāma kā upuris zinātnei, par to ieguldījumu, ko viņš deva Seno Austrumu pētniecībā, vai arī tā bija Dieva sods par Bībeles autoritātes noliegšanu ?

2. BĪBELES UN SENO AUSTRUMU MITOLOĢISKI - RELIĢISKO UZSKATU KOPSAKARĪBAS

2.1 Kopsakarību analīzes piemērs.

Nopietni zinātniskie pētījumi mūsdienās dod pamatu secinājumiem, ka Bībeles pasaules radīšanas stāstam ir dziļas kopsakarības ar citu Seno Austrumu tautu (šumeru, babiloniešu, un pat feniķiešu, ēģiptiešu) mitoloģiju. Tas, piemēram, redzams jau no Genesis 2.panta sīkākās analīzes:

“Bet zeme bija neiztaisīta un tukša (1), un tumsa bija pār dziļumiem (2), un Dieva Gars (3) lidinājās (4) pār ūdeņiem (5).”

(Gen. 1:2)

- 1) “neiztaisīta un tukša” - (senebreju oriģinālā “tohu va bohu”) - iespējams, tam atbilst mitrs, haotisks pirmvielas stāvoklis, kura simbols ir
 - 2) “dziļumi” - (“tehom”), kas apzīmē
 - 5) “ūdeņus” - pasaules sākuma pirmelementu daudzu tautu mitoloģijās (skat. tālāk) ;
 - 3) “Dieva Gars” - (“Ruah Elohim”) - cēlies no senas semītu valodu saknes, kas radniecīga arābu “ruh”, no kā veidots mitoloģiskā putna Ruha vārds (sk. [1]).
- Alternatīvs skaidrojums šai versijai ir uzskats, ka (skat. [3,4]) :
- 3) “Dieva Gars” - “Dieva elpa”, Dieva dzīvinošā elpa, kas lidinājās pār ūdeņiem ;
 - 4) “lidinājās” - senebreju darbības vārds, kuru lieto arī “putnu olu perēšanas” nozīmē. Tāds motīvs ir sastopams kosmogoniskajā

mītā, kas atrasts ķīļrakstu plāksnītēs fenīciešu pilsētas Ugaritas (pie Raš-Šamras tagadējā Sīrijā) drupās. Tur iet runa par dievību, kas līdzīgi perētājam putnam notupusies virs ūdens un izperējusi no haosa dzīvību (skat. [4]), līdzīgs motīvs ir sastopams arī seno ēģiptiešu mitoloģijā.

Atgriežoties pie plašāka skatījuma, Seno Austrumu mitoloģijas pētnieki ir parādījuši, ka "Genesis" sākuma (1.-11.nod.) saturam atbilst sekojoši šumeru mīti :

1. mīts par pasaules radīšanu (kosmogoniskais mīts) ;
2. mīts par dievu paradīzi Dilmūnas zemē;
3. mīts par ganu (lopkopi) Laharu - dievišķo jaunekli un viņa māsu - (labības) dievi Ašnanu (līdzība ar stāstu par Kainu un Abelu) ;
4. mīts par cilvēku radīšanu, to dzīvi un sūtību ;
5. mīts par vispasaules plūdiem (ar galveno varoni Ziusudru šumeru versijā jeb Utnapištīmu babiloniešu (akadiešu) versijā.

Mēs tagad aplūkosim sīkāk šumeru pasaules radīšanas mītu, bet par pārējiem runāsim apskatot jautājumu par cilvēka izcelšanos (radīšanu) un cilvēces vēstures pirmajiem soļiem.

2.2 Šumeru pasaules radīšanas mīta izklāsts.

Vissenākos šumeru kosmogoniskos priekšstatus var izdalīt no ķīļrakstu tekstiem. Tie vēl neveido vienotu un saskaņotu uzskatu sistēmu, tomēr tādu var mēģināt rekonstruēt, vadoties pēc šiem tekstiem. Apskatīsim tādu šumeru kosmoloģiskā mīta rekonstrukcijas mēģinājumu, kas dots I.N.Hlopina grāmatā "Kas bija pirms plūdiem ? (Vissenāko cilvēces mītu vēsturiskās saknes)" (Ļeņingrada, 1980.), (skat. [2]).

1. Iesākumā bija pirmatnējais okeāns, kurš, acīmredzot, pastāvēja no mūžības. Šis okeāns saucās dievietes Nammu vārdā, kas bija Debess un Zemes māte.
2. Sākumā Debess un Zeme veidoja vienotu un nesaraujamu veselumu - kosmisko jeb Pasaules kalnu, kuru no visām pusēm (?) ietvēra Nammu okeāns.
3. Īstenībā šis Pasaules kalns bija debess dievs Ana un zemes dieviete Ki, kas bija savienojušies mūžīgā un nesaraujamā apkampienā. No šī apkampiena, kas būtībā bija nepārtraukts dzimumakts, sāka dzimt bērni :

- 1) gaisa dievs Enlils,
- 2) 7 vecākie dievi un dievietes,
- 3) 50 pārējie lielie dievi,
- 4) Anunnaki - vesela grupa jaunāko "dievu-garu".

Pirmā dievu pāra (Ana un Ki) dievišķo bērnu baram palika par šauru un neērtu savu vecāku apkampienā. Tad vecākais no viņiem - gaisa dievs Enlils, nolemj atdalīt debesis no zemes. Ķīļrakstu teksts par to vēsti sekojoši:

“Valdnieks, lai radītu to, kas ir derīgs,
Valdnieks, kura likumi ir neapstrīdami,
Enlils, kurš atnes “lauku” sēklas no zemes,
Nolēma atdalīt debesis no zemes,
Nolēma atdalīt zemi no debesīm.”

4. Ar vara nazi gaisa (vēja ?) dievs Enlils izdarīja griezienu un lielais pasaules kalns (Ana un Ki apkampiens) ar troksni sašķēlās. Ana “aiznesa” debesis, bet Enlils - zemi. Plakanais zemes disks (dievietē Ki) nolaidās uz pasaules (Nammu) okeāna virsmas, bet pasaules kalna augšējā daļa (dievs Ana) pacēlās augšup un izveidoja redzamo debess kupolu (velvi), kas pēc šumeru priekšstatiem sastāvēja no alvas.

Tātad, acīmredzot, pirmatnējais “Nammu okeāns” tiek sašķelts divās daļās, vidū atstājot savdabīgu telpu, kuru aizpilda gaiss. Pirmatnējais okeāns paliek aiz zemes robežām apakšā un debess kupola robežām augšā, tomēr tas savienojas vienotā veselumā pa horizonta līniju.

Par šī pirmatnējā okeāna ūdeņu novietojuma pareizību varēja pārliecināties jebkurš Mesopotāmijas iedzīvotājs savā ikdienas pieredzē: rokot aku viņš uzdūrās uz pazemes ūdeņiem, bet no augšas lija lietis no debesu ūdeņiem. Bez tam uz zemes bija sastopami kā tekošu (strauti, upes) tā stāvošu (ezeri, jūras) ūdeņu krājumi, bet nav skaidrs, vai šumeri tos uzskatīja par pirmatnējā okeāna daļu vai arī tiem tika pierakstīta kāda sekundāra izcelsme.

5. Pēc tam, kad debess dievs Ana pacēlās augšā un kļuva par debess kupolu, viņš vairs nevarēja būt par no viņa šķirtās mātes - zemes (dievietes Ki) vīru. Viņa vietu ieņēma vecākais dēls - gaisa dievs Enlils.

Ar Ki un Enlila “otro laulību” sākās pasaules iekārtošana : tika radīti augi un dzīvnieki, radīts cilvēks. Šajā pasaules iekārtošanas darbā piedalījās arī visi pārējie lielie un mazie dievi - pirmā dievu pāra Anas un Ki bērni, katrs pēc savām spējām.

Tāds īsumā ir rekonstruētā šumeru kosmogoniskā mīta saturs. Līdzība ar Bībeli sevišķi skaidri ir jūtama debess un zemes sašķelšanas motīvā, kam atbilst :

“Un Dievs sacīja : ‘Lai top izplatījums ūdens vidū, kas lai šķir ūdeņus no ūdeņiem.’

Un Dievs izveidoja izplatījumu, lai tas šķirtu ūdeņus, kas bija zem izplatījuma, no ūdeņiem, virs izplatījuma. Un tā notika.”

(Gen. 1 : 6 - 7)

Tai pašā laikā ir jāatzīmē arī lielās un principiālās atšķirības starp Bībeles pasaules radīšanas stāstu un šumeru kosmogonisko mītu, jo šumeru reliģija bija politeiska. Tā, piemēram, apskatot pasaules radīšanas darbu, rodas iespaids, ka tā bija tik daudz, ka to paveikt nebija pa spēkam vienam no šumeru daudzajiem dieviem, jo vienu Dievu - Radītāju šumeri vēl nepazīna.

2.3 Babiloniešu kosmogoniskais mīts.

Semītu tautas (akadieši, amoreji), kas pazīstami arī zem babiloniešu nosaukuma, vairākos viļņos pakāpeniski iekaroja šumerus (ap 2000. g. pr.Kr.). Viņi uzsūca šumeru kultūru, pārņēma šumeru ķīļu rakstus, bet saglabāja savu valodu. Babiloniešu kosmogoniskais mīts, kas pazīstams pēc reliģiskā rituāla eposa "Enuma eliš" ("Kad augšā ...") ir visai drūms un asiņains.

Sākumā pastāvēja tikai ūdens un valdīja haoss. No šī briesmīgā haosa radās pirmie dievi. Laikam ritot, daži dievi apņēmās ieviest pasaulē kārtību. Tas izraisīja dieva Apsu un viņa sievas - briesmīgās haosa dievietes Tiamatas sašutumu. Nemiernieki apvienojās gudrā dieva Eas vadībā un nogalināja Apsu. Tiamata, ko iztēlojās pūka izskatā, apņēmās atriebt vīra nāvi. Tad kārtības dievi Marduka (Babilonijas augstākais dievs) vadībā asiņainā cīņā nonāvēja arī Tiamatu, bet viņas milzīgo ķermeni sadalīja divās daļās, no kurām viena kļuva par zemi, bet otra - par debesīm. Bet Apsu asinis sajauc ar māliem un no šīs javas cēlies pirmais cilvēks.

Pirmajā acu uzmetienā liekas, ka šim mītam ir visai maz līdzības ar Bībeles radīšanas stāstu. Bet daudzi pētnieki uzskata, ka Gen. 1 : 2 minētie "dziļumi" ("tehom") tomēr atrodas kopsakarībā ar šo babiloniešu dievieti Tiamatu. Amerikāņu arheologs Džeimss Dž.Pričards ir pētījis "Enuma eliš" un "Genesis" analogijas un atradis tādas līdz pat radīšanas stāsta septītajai dienai.

Noslēgumā atzīmēsim, ka Bībeles pasaules radīšanas stāsta līdzības un analogijas ietver daudz plašāku tautu loku (ieskaitot indoeiropiešu u.c. mitoloģijas) nekā šeit apskatītajos gadījumos.

3.KĀ NOVĒRTĒT SAKRITĪBAS UN ANALOĢIJAS PASAULES RADĪŠANAS UN CILVĒCES PIRMSĀKUMU SIŽETOS STARP BĪBELI UN CITĀM RELIĢIJĀM ?

Pasaules radīšanas stāstam un, kā redzēsīm vēlāk, arī gandrīz visiem pārējiem Genesis pirmo nodaļu sižeti, tātad, ir liela līdzība, sakritība, paralēles un analogijas ar citu reliģiju, pirmkārt šumeru - babiloniešu, mitoloģiski - reliģiskajiem priekšstatiem. Vai uzskatīsim to par pilnīgi nejaušu sākumu sakritību vai arī piekritīsim uzskatam, ka Bībeles sižeti ir aizgūti no pārējām Seno Austrumu reliģijām ? Kā mēs varam izskaidrot šo problēmu no kristietības viedokļa ?

Vispirms atzīmēsim, ka :

1. Genesis pirmo 11 nodaļu sižetu pamatā ir reāli dabaszinātniski un vēsturiski notikumi, kas attiecas uz pasaules un cilvēces vēstures sākumu.
2. Bībelē paustās patiesības par šiem notikumiem ir Atklāsme - t.i. zināšanas, informācija, kas iegūta ārpuszinātniskā (irracionālā,

transcendentā) ceļā, un kuras Dievs ir darījis zināmas Sv.Rakstu autoriem.

Vadoties no šīs nostādnes varam teikt, ka Dieva Vārds ir uzrunājis cilvēku vairākkārt, vairākas reizes kopš vēstures pirmsākumiem. Jautājums ir - kad, kurā vietā un kādā veidā cilvēks pirmoreiz izdzirdēja un uzklausa Dieva Vārdu ?

Lai tas notiktu, Dievs vispirms ir jāatzīst un jāpazīst. Jau ar pirmajiem cilvēkiem - Ādamu un Ievu sākās cilvēces kontakts ar Dievu. Dievu atzina arī Noa, kurš bija "taisns un nevainojams vīrs savā paaudzē", jo "staigāja ar Dievu". (Gen. 6 : 9), tāpēc viņš "atrada žēlastību Dieva acīs" (Gen. 6 : 8) un izglābās grēku plūdu laikā. Pēc tam Ābrāms izdzirdēja Dieva aicinājumu (Gen. 12 : 1) un izveda savu cilti, kura bija cēlusies Kaldeju Ūrā (Gen.11:28, t.i., Šumērā, Mesopotāmijā) uz "apsolīto zemi" - Kānaānu (tagadējo Palestīnu).

Bet vairums tā laikmeta Mesopotāmijas (senās Šumēras un Akādas) iedzīvotāju vēl skaidri un nepārprotami nedzirdēja vienīgā Dieva balsi, jo viņu reliģiskie priekšstati balstījās uz politeismu - daudzu dievu atzīšanu. Tomēr jāatzīst, ka arī šajos priekšstatos, kaut arī nepilnīgi, neskaidri un izkropļotā veidā vieniģā Dieva Vārds "laužas cauri" un šumeru - babiloniešu kultūras areāla iedzīvotāji, savā ziņā bija vistuvāk skaidrai Dieva Atklāsmei. Dieva balss tikai pamazām ir izdalījusies uz pārējā attiecīgā laikmeta reliģiski - mitoloģiskā fona jeb konteksta, ejot cauri gan Seno Austrumu reliģiju posmiem, gan Vecās Derības laikam līdz pat tās atjaunotai sadzirdēšanai un uzklausišanai Kristum atnākot pasaulē.

Izmantojot analogiju varētu teikt, ka Dieva Vārda uztvere ir līdzīga kādas mums vajadzīgas radiostacijas raidījuma saklausīšanai. Mēs tikai pakāpeniski atrodam to, izdalot tās raidītos signālus no pārējo radiostaciju radītiem trokšņiem un fona, līdz beidzot dzirdam pilnīgi skaidri un nepārprotami.

Tāpēc kļūst saprotama lielā līdzība un sakritība starp Bībeles sižetiem un šumeru - babiloniešu mitoloģiju. Runa abos gadījumos iet par vieniem un tiem pašiem dabaszinātņu (pasaules sākuma) un cilvēces pirmvēstures notikumiem, kurus Dievs pavēstī cilvēkam ; tikai šī Dieva vēstījuma - Atklāsmes uztveres līmenis ir stipri atšķirīgs. Tas ir labi redzams šumeru pasaules radīšanas mīta gadījumā, kura saturs ir piesātināts ar politeisma detaļām. Atzīmēsim arī, ka trešās (pēc jūdaisma un kristietības) lielās monoteiskās Atklāsmes reliģijas - islama kosmogoniskie priekšstati paliek visai mitoloģiskā līmenī. Saskaņā ar tiem pēc debess un zemes atdalīšanas, dzīvības radīšanas ūdenī (Korāns 21 : 31) tiek runāts par zemes un septiņu debesu radīšanu un iekārtošanu, pie kam, pēc vienas versijas, zeme turas uz eņģeļa pleciem, eņģelis, savukārt, balstās uz klints, klinti tur vērsis, bet vērsis stāv uz peldošas zivs (pēc otras versijas : zeme turas uz vērsa raga, vērsis - uz zivs, zivs - uz ūdens, ūdens - uz gaisa, gaiss - uz mitruma).

Varam secināt, ka nevienā citā pasaules reliģijā nav dota tik skaidra un sistemātiska pasaules radīšanas aina kā Bībeles sākumā, kuru Sv. Rakstu autori ir ieguvuši dievišķās Atklāsmes ceļā. Te jāatzīmē arī vēsturiskā konteksta loma bibliskā pasaules radīšanas stāsta sižetā. Ar to mēs saprotam to, ka Dievs runāja ar attiecīgā laikmeta cilvēkiem viņiem saprotamā valodā. Tāpēc arī tika lietoti tādi jēdzieni un priekšstati kā "debess velve" ("izplatījums"), "augšējie ūdeņi" utt. Nevarēja taču Dievs runāt ar Bībeles laikmeta cilvēkiem XX. gs. beigu zinātnes valodā ("izliktā telpa - laiks, "inflācijas kosmoloģija" utt.) Zinātne, zinātniskā pētniecība ir otrs (pamatā loģiski - racionālais) pasaules sākotnes notikumu izziņas ceļš, kurš mūsdienās "lielos vilcienos" faktiski ir nonācis līdz Bībelē aprakstītā pasaules sākotnes sižeta apstiprināšanai un atzišanai. Bet bibliskās Atklāsmes spēks un satura dziļums ir tieši tajā apstākļi, ka to var izlasīt arī XX. gs. beigu zinātnes priekšstatu valodā ! To mēs arī centīsimies parādīt turpmākajā izklāstā.

4. RADĪŠANAS (VISUMA SĀKUMA) LAIKA MOMENTA PROBLĒMA

"Genesis" radīšanas aina - sešas dienas. Lieto apzīmējumus Diena un Nakts - (ebr. "Jom" un "Leila").

Vēsturiskā kontekstā - Seno Austrumu laika skaitīšanas sistēmā "bija vakars un rīts - pirmā diena" - nozīmē 24 stundas no vakara līdz nākošajam vakaram !

Bet vai Dievs varēja lietot citus laika apzīmēšanas līdzekļus, ja cilvēkiem nebija priekšstata par to diapazoniem !

Piem., Senos Austrumos : mirklis (1 sek), 1 stunda, 1 diena, 1 gads, 1 miljons gadu (piem., mitoloģisko valdnieku sarakstos).

Bet ko darīt ar diapazoniem : 10^0 sek --- 1 sek.;

1 miljons gadu = 10^6 gadu --- 10^0 gadu !

Acīmredzot - jāuzskata, ka Bībeles "Jom" un "Leila" apzīmē laikmetus, kuru jēga ir skaidra no konteksta, t.i. Bībeles interpretācijas, šajā gadījumā vairāk pieturamies pie liberāli - kritiskā virziena.

Radīšanas moments pēc Bībeles konservatīvās interpretācijas arī nav fiksēts pilnīgi viennozīmīgi :

1) Pēc Vecās Derības senebreju teksta ("Massoretic text") : 4076.g. pr Kr.

2) Pēc Vecās Derības grieķu tulkojuma ("Septuagint") : 5642.g. pr Kr.

Ir arī daudz citu datumu : 3761.g., 4004. g., 5509.g. pr Kr.

Pēc kosmoloģijas datiem arī visai nenoteikts laiks :

10, 15, 20 miljardi gadu atpakaļ ("Lielais Sprādziens").

Mūsu Zemes vecums - ap 4,5 miljardi gadu.

Varam pagaidām izteikt vienīgi hipotēzi, ka ar laiku Visuma vecumu varēs noteikt tikpat precīzi, kā piem., gaismas ātrumu. Tad varēs palaist pulksteni, kas rāda "Visuma laiku" ar dažu sekunžu (?) precizitāti.

5. IESPĒJAMĀ "GENESIS" RADĪŠANAS AINAS INTERPRETĀCIJA SASKAŅĀ AR MODERNO KOSMOLOĢIJU

5.1 Pirmā diena.

1. Iesākumā Dievs radīja debesis un zemi.

Var interpretēt divējādi :

- 1) saprast kā pašu "debess" un "zemes" radīšanas aktu ;
- 2) uzskatīt par "virsrakstu" tālākajam detalizētam radīšanas ainas aprakstam.

Uzskatīsim, ka šis 1. pants izpilda kā vienas, tā otras funkcijas. Tiešām "ārpus iesākuma" ir tikai Dievs, nav nekā no pasaules. Iesākumā no nekā ar Radītāja gribas aktu reizē tiek radīti divi pasaules pirmelementi :

1) "debess" - fizikālā nozīmē ("debess" garīgā nozīmē nepieder pasaulei) - vispārināta telpa - laiks. Pēc modernajām elementārdaļiņu apvienošanas teorijām var būt 10-dimensiju (dažos variantos 11) telpa - laiks, no kurām 6 dimensijas ir "sačokurojušās" līdz ļoti maziem izmēriem

(10^{-33} cm), mums uztverama ir palikusi tikai 4-dimensiju telpa - laiks (3 telpas + laika dimensija) pēc kompaktifikācijas (6 dimensiju "sačokurošanās" jeb "satīšanās").

2) "zeme" - materiālās pasaules pamatobjektu, vielas un lauku daļiņu vispārinājums. Var uzskatīt, ka pie visu mijiedarbību apvienošanas visas elementārdaļiņas, gan tās, kas atbilst vielai (kvarki, leptoni), gan tās, kas atbilst mijiedarbību laukiem (gluoni, fotoni, vektorālie starpbozoni, gravitoni), kā arī pagaidām vēl neatklātās, hipotētiskās daļiņas (piem., leptokvarki, Higa bozoni, supersimetriskās daļiņas) ir apvienotas vienā sistēmā, kas veido visas materiālās pasaules pamatu. Vispārināti - tā ir "zeme".

2. Bet zeme bija neiztaisīta un tukša, un tumsa bija pār dziļumiem, un Dieva Gars lidinājās pār ūdeņiem.

"Zeme" - visa iepriekš aprakstītā matērija radīšanas brīdī tiek radīta, kā fiziķi saka "kā singularitāte ar bezgalīgi lielu blīvumu" - tātad visa materiālā pasaule reizē ir jau radīta vienā vispārinātā materiālā punktā - objektā, kas vēl ir pilnīgi neizveidots, haotisks, kurā tikai potenciāli eksistē visu elementārdaļiņu un to mijiedarbību bagātība, jo : "zeme bija neiztaisīta un tukša".

"Un tumsa bija pār dziļumiem" - tumsa - tā ir haosa, nesakārtotības simbols, tātad šī "zeme" tiešām vēl ir "singulārais punkts", nesakārtota,

neizveidota, nestrukturēta ("haoss"), no kura vēl bija jārada sakārtota, strukturēta pasaule ("kosmos").

"Dziļumi" - ebreju "tehom" - okeāns - vēl viens norādījums uz pasaules sākotnēji haotisko stāvokli radīšanas brīdī.

"Un Dieva Gars lidinājās pār ūdeņiem" - ļoti interesanta norāde. Tātad Dievs neatstās pasauli tās sākotnējā, haotiskā "neiztaisītās un tukšās zemes" stāvoklī, viņam ir kāds noteikts plāns attiecībā pret to, viņš tai stāv klāt - "lidinājās pār ūdeņiem".

"Pār ūdeņiem" - varam interpretēt kā norādījumu uz kaut kādu iespējamu matērijas strukturēšanas sākumu nākotnē, "ūdeņi" - arī pasaules sākuma pirmelements, iespējams, tā ir pirmā norāde uz matērijas potenciālo diferencēšanās sākumu: "zeme" = "zeme --- ūdeņi" nākotnē. Paturam prātā arī reliģiski - mitoloģisko un vēsturisko kontekstu, pārdomājot šo vietu.

3. Un Dievs sacīja: "Lai top gaisma." Un gaisma tapa.

Pats Lielā Sprādziena moments. Iespējams, ka "Genesis" 1. un 2. pants attiecas uz laiku starp $t = 0$ un $t = 10^{-43}$ sek (Planka laiks), kuram fizika un kosmoloģija gluži vienkārši netiek klāt. Pēc kosmoloģijas - "singulārais punkts" un "Lielais Sprādziens" realizējas vienlaicīgi (neskaitot periodu starp $t = 0$ un $t = 10^{-43}$ sek), pēc "Genesis", kā redzam, iespējams, starp "debess un zemes" radīšanu (1. un 2. pants) un "gaismas tapšanu" (3. pants) ir neliela diference, tieši tā, kuru nevar aprakstīt ar kosmoloģijas un elementārdaļiņu fizikas metodēm.

4. Un Dievs redzēja, ka gaisma ir laba, un Dievs atšķīra gaismu no tumsas.

5. Un Dievs nosauca gaismu par dienu, bet tumsu par nakti. Un tapa vakars un rīts - pirmā diena.

Šī "pirmā diena" varētu atbilst inflācijas kosmoloģijas periodam ($0 < t < 10^{-32}$ sek !)

"Gaisma ir laba" - te pirmo reizi parādās ētisks moments, tas varētu norādīt tieši uz "mūsu Visuma" (t.i., tā Visuma, kurā vēlāk tika radīts cilvēks) izdalīto, īpašo lomu. Kā izriet no inflācijas kosmoloģijas teorijas, Visums tā "uzpūšanās" (inflācijas) periodā sasniedza fantastisku lielumu, kas tālu pārsniedz tagad zināmos "mūsu Visuma" izmērus (10 - 20 miljardu gaismas gadu !). Šis "uzpūstais Visums" inflācijas perioda beigās (pie apm. 10^{-32} sek) sabruka un cēloņsakarīgi nesasaistītām daļām - daudziem "Visumiem", kuros varbūt valda pavisam citi fizikas likumi.

"Gaisma ir laba" - tas varētu kalpot kā "mūsu Visuma" identifikators, kurā :

1) "eksistē gaisma" - t.i., fizikas likumi ir tādi, ka var eksistēt elektromagnētiskais lauks un elektromagnētiskie viļņi ;

2) "ir laba" - t.i., "mūsu Visums" ir "labs cilvēka mājoklis", tas ir labs priekš Dieva tālākā plāna realizācijas - cilvēka radīšanas un tā "ievietošanas" pasaulē - "mūsu Visumā".

Sīkāk šīs “mūsu Visuma” un “citu Visumu” problēmas aplūkosim analizējot antropo principu.

“Un Dievs atšķīra gaismu no tumsas” - šeit gaismas un tumsas nošķiršanai arī varētu būt divējāda nozīme :

1) tā ir liecība, ka “mūsu Visums”, (kurā ir gaisma) inflācijas periodā tiešām atdalījās no “citiem Visumiem” (kuros valda tumsa - nav gaismas, nav cilvēka, valda pavisam citi fizikas likumi.) ;

2) tā ir zīme, ar kuras palīdzību Dievs nošķīra lielus laika periodus - laikmetus jeb ēras vienu no otra mūsu Visuma iekšienē.

Šo otro nozīmi tad arī sīkāk raksturo Genesis nākošais, 5. pants. Gaisma - “diena”, tumsa - “nakts”, bet kopā “un tapa vakars un rīts - pirmā diena” - tātad izsaka nozīmīgi lielu laikmetu Visuma vēsturē, kurš skaitīts tā laika cilvēkiem saprotamā Senos Austrumos (Babilonijā u.c.) lietotā laika skaitīšanas sistēmā, kurā “dienu” sāk skaitīt vakarā :

“diena” = “diennakts” = “vakars + nakts + rīts + diena”.

Tad Genesis 5. pantu varam, iespējams, interpretēt kā mūsu Visuma pirmo dienu, kas atbilst inflācijas kosmoloģijas periodam : materiālās singularitātes radīšana (1. un 2. pants : vakars + nakts), pats Lielais Sprādziens (3. pants - rīts), inflācijas kosmoloģijas posms (4. pants - diena), kurā beigās atdalās “mūsu Visums” (pievakare) - viss kopā : $0 < t < 10^{10}$ sek.

5.2 Otrā diena.

6. Un Dievs sacīja : “Lai top izplatījums ūdens vidū, kas lai šķīr ūdeņus no ūdeņiem.”

7. Un Dievs izveidoja izplatījumu, lai tas šķirtu ūdeņus, kas bija zem izplatījuma, no ūdeņiem virs izplatījuma. Un tā notika.

8. Un Dievs nosauca izplatījumu par debesīm. Un tapa vakars un rīts - otrā diena.

Šī otrā diena varētu atbilst periodam no inflācijas kosmoloģijas beigām - augsti ierosinātā vakuuma stāvokļa sabrukums (pie $\approx 10^{10}$ sek), kad atdalījās “mūsu Visums” un visi tālākie procesi norisinās tajā, līdz pirmo 3 - 5 minūšu periodā beigām, t.i., otrā dienā = (vakars + nakts + rīts + diena) = (vakuuma sabrukums, “mūsu Visuma” atdzišana gandrīz līdz absolūtai nullei, tā otrreizējā “uzsīšana” ar tālāk sekojošām ērām : adronu, leptonu un vieglo kodolu - ūdeņraža un hēlija sintēzi, kas beidzas pie apm. $t = 300$ sek = 5 min. pēc Lielā Sprādziena.)

Otrā diena - 10^{10} sek --- 300 sek = 5 min.

Izplatījuma izveidošana - varētu būt mūsu Visuma telpas izplešanās process, ko atklāja E.Hābls.

“Ūdeņu, kas bija zem izplatījuma” šķiršana “no ūdeņiem virs izplatījuma” - varētu atbilst fundamentāliem procesiem ar elementārdaļiņām šī perioda sākumā. Tad atdalās mums vēl hipotētiski zināmās matērijas formas ēnu matērija - superstīgu visu 4 mijiedarbību apvienošanas teorijā, leptokvarki, supersimetriskās daļiņas u.c., kas

pieder pie "ūdeņiem virs izplatījuma" no elementārdaļiņu fizikā jau pazīstamajām daļiņām ; tas notiek adronu un leptonu ērās, kad "ūdeņu virs izplatījuma" daļiņas anihilē un paliek tikai potenciāli iegūstamas.

5.3 Trešās dienas sākums (līdz dzīvībai).

9. Un Dievs sacīja : "Lai saplūst vienkopus ūdeņi, kas ir zem izplatījuma, lai sausa zeme tiktu redzama." Un tā notika.

10. Tad Dievs nosauca sausumu par zemi, bet ūdens krājumus nosauca par jūru. Un Dievs redzēja to labu esam.

11. Tad Dievs sacīja : "Lai zeme izdod zaļu zāli,...

12 ...

13. Un tapa vakars un rīts - trešā diena.

14. Un Dievs sacīja : "Lai top spīdekļi debess izplatījumā,...

Trešā diena, varētu, iespējams, atbilst sekojošiem radīšanas momentiem :

"Vakars + nakts" - 5 min. pēc Lielā Sprādziena līdz pat apmēram 1 miljona gadu pēc Lielā Sprādziena.

Otrās dienas beigās Visums sastāv no ūdeņraža un hēlija atomu kodoliem, elektroniem un elektromagnētiskā starojuma (reliktā starojuma). Fotoni ļoti efektīvi mijiedarbojas ar elektroniem (ir "fotonu plazma") un viela (kodoli, elektroni) nelaiž šo starojumu cauri, neļauj tam tālu izplesties intensīvās mijiedarbības dēļ. Tiešām gaismai ir "vakars un nakts", kas ilgst līdz temperatūra krītas līdz $T = 3000 - 4000 \text{ K}$ un ir pagājis apmēram 1 miljons gadu.

Tad aust trešās dienas "rīts". Protoni un hēlija kodoli sāk satvert elektronus uz Bora orbītām - sāk veidoties neitrāls ūdeņradis un hēlijs - bet fotoni - gaisma var brīvi izplatīties Visumā - ir iestājusies "trešā diena".

"Saplūst kopā ūdeņi, kas ir zem izplatījuma" - varētu atbilst šim neitrālā ūdeņraža un hēlija (70 % H un 30 % He) veidošanās procesam, no kuriem tad sastāvēja visa Visuma viela. Ir pat interesanta atbilstība : ūdeņradis --> ūdeņi radošais ķīmiskais elements --> ūdens "Genesis" u.c. avotu pirmelements.

Pati "trešā diena" līdz pat trešās dienas vakaram varētu būt laika periodā no 1 miliona gadu līdz 4,5 miljardiem gadu pēc Lielā Sprādziena (līdz Saules sistēmas sākumam).

Šajā periodā notiek sarežģītais protozvaigžņu un protogalaktiku veidošanās process - ļoti maz izpētīts un izprasts (daudz sliktāk nekā Visuma pirmās 5 minūtes !)

"Lai sausa zeme tiktu redzama" - te "zeme", iespējams, iegūst savu tagadējo nozīmi, tikai vēl kosmisku cietu ķermeņu - "akmens blūku" (planetezimāļu) formā, no kuriem veidojās Saules sistēma (5 - 4,5 miljardi gadu pēc Lielā Sprādziena). "Sausa zeme" arī tiek nosaukta par "zemi" 10. pantā.

"Jūra" - varētu atbilst visai pārējai kosmosa matērijai tajā periodā : ūdeņraža un hēlija gāze, gāzes - putekļu mākoņi u.c.

“Un Dievs redzēja to labu esam” - sastopam jau otro reizi. Dieva vārdi atkal norāda ko ļoti būtisku un svarīgu : “zeme” ir sagatavota kaut kam augstākam, kas atklājas nākošajā pantā :

“Lai zeme izdod zaļu zāli, ...”

Tātad “zeme” - kosmiskā nozīmē ir “laba”, tā ir sagatavota dzīvības uzņemšanai, izprotot dzīvību vispārinātā kosmiskā nozīmē. Tātad “zeme”, ķīmiskie elementi bija tādi, lai varētu eksistēt dzīvību uzturošie ķīmiskie savienojumi, piem., hlorofils - zaļās zāles “zaļuma” nodrošinātājs kā dzīvības simbols. Senatnē augu valsti pie “dzīvības” (dzīvnieku un cilvēka nozīmē) nepieskaitīja, tas arī norāda uz šī termina vispārināto nozīmi, ko sīkāk aplūkosim turpmākā kursā.

5.4 Interpretācijas kopsavilkums.

Genesis

1.- 5. p. :

Debess un zeme.
Gaisma, tumša, nošķiršana
Pirmā diena.

6. - 8. p. :

Izplatījums ūdens vidū
Ūdeņu zem izplatījuma šķiršana
no ūdeņiem virs izplatījuma.
Izplatījums = "debesis".

Otrā diena.

9. - 13.p. :

Ūdeņi saplūst vienkopus,
redz sausu zemi un jūru.
11.p. "Zeme izdod zaļu zāli"...

13. p.: Trešā diena.

14. p. Lai top spīdekļi...

Kosmoloģija

Liels Sprādziens un inflācijas
kosmoloģija.

$0 \text{ --- } 10^{-43} \leq t < 10^{-32} \text{ sek.}$

"Mūsu Visuma" atdalīšanās
izplešanās. Adronu, leptonu
ēras. Vieglo kodolu (H, He)
sintēze. $10^{-32} \text{ sek} \leq t \leq 300 \text{ sek} =$

$= 5 \text{ min.}$

Vakars + nakts : Visums

"dziest" H, He, e^- un
fotonu plazma :

a) vakars + nakts :

$5 \text{ min} < t < 1 \text{ miljons gadu};$

b) rīts + diena : veidojas

neitrāls H un He, gaisma
"brīva", Visumā veidojas

"sausā zeme" un "jūra"-

cieta kosmiskā matērija un

putekļi, gāze ("zeme" un

"jūra") ("pievakarē").

$1 \text{ milj. gadu} \leq t \leq 4,5$

miljardi gadu.

Ceturtās dienas sākums
(zvaigznes, Saule, Zeme).