PROF. DR. CHEM. B. JIRGENSONS

90-3
L1065

MODERNĀS ZINĀTNES PROBLĒMAS

90-3
1065
dubl.
001

Prof. Dr. chem. B. JIRGENSONS

MODERNĀS ZINĀTNES PROBLĒMAS

Zinātnes lielās problēmas - Dabas pamatlikumi - Atomu un molekulu pasaules - Materija pasaules telpā - Zeme un dzīvība - Cilvēks un kultūras attīstība - Tagadnes kultūras cilvēka garīgā nostāja

APGĀDS SAUKSME KEMPTENĒ
1947

LATVIJAS VALSTS
BIBLIOTĒKA
91— 10.972
030611292574

AUTHORIZED BY EUCOM HQ,
Civil Affairs Division. 21. 7. 1947.

Druck: Josef Kösel, Graphische Anstalt, Kempten (Allgäu) Blumenstr. 9.

I. DAŽĀDI VIEDOKĻI

Ko gribam, apcerēdami zinātnes problēmas? Ko gribat jūs - lasītāji? Un ko gribu es, autors? Dedzīgākie no jums ir patiesības meklētāji, un tieši ar tiem no jums gribu nākt kontaktā. Mēs meklēsim patiesas atziņas. Mēs neradīsim derīgas hipotezes, vai mācības, kam kāds noteikts mērķis, bet gribam zināt - kā viss īsti ir.

Bet vai iespējams uzzināt, kā viss īsti ir? Lūk lielais jautājums, kam neviens nevar paiet garām, kas kaut ko vispārīgu grib noskaidrot. Mēs meklējam līdzekļus kā izveidot to garīgo pamatu, ko mēdz saukt par pasaules uzskatu. Pirms nu pie tā ķeramies, mēģināsim kļūt skaidrībā ar dažiem fundamentāliem jautājumiem par mūsu mērķa sasniegšanas iespējamībām. Ko īsti varam izzināt? Cik drošas un pareizas vispār var būt mūsu atziņas? Un ja nu tās nevarētu būt pilnīgi drošas un pareizas, ja patiesību visā pilnībā atklāt nevaram - kāds ceļš tad ejams, lai gūtu maksimāli drošas atziņas?

Jautājumā par patiesības atklāšanas vai izzināšanas iespējamību pastāv, jau no seniem laikiem, divi pretēji uzskati: 1) ka īstenību iespējams izzināt pilnīgi, un 2) ka visas atziņas var būt maldīgas un neko droši zināt nevaram. Pirmā uzskata piekritēji tātad domā, ka dabu savā uztveres aparātā varam absolūti droši nofotografēt un tā dabūt pilnīgi pareizu ainu par to. Šai izpratnē cilvēks būtu it kā spogulis, kas visu pareizi atspoguļo. Pretējā uzskata aizstāvji aizrāda, ka nemaz nevar runāt par objektīvi pareizām atziņām, jo tās ir mūsu gara darbības produkts, tātad subjektīvs veidojums. Viņi vēl savas domas pamato ar faktu, ka mūsu atziņas par dabu un pasauli mainīgas: šķietami droši principi pēc kāda laika tiek atmesti un to vietā likti jauni. Bet absolūti drošu principu nav. Tātad it kā velti būtu meklēt objektīvas, vispārnozīmīgas, mūžīgas patiesības, jo tādu nav un nevar būt. Šā domu gājiena risinājums savās konsekvencēs nonāk pie zinātnes diskreditēšanas. Patiesības vietā kā vadošā zvaigzne nāk derīguma princips. Zinātnes atziņas tiek pasludinātas par derīgām konstrukcijām, ar kuru palīdzību zinātne iet uz priekšu, sniedzot cilvēkam dažādus praktiskus labumus. Vēl mazāk par

patiesību vai maldiem tad būtu ko runāt filozofisko atziņu joslā, kur tāpat liek derīgumu: jāizvēlas tā mācība, kas vislābāk piemērota pozitīvas ētikas pamatošanai, vai arī - kas nav pretrunā ar reliģiju.

Pārlaižot skatu zinātnes un filozofijas attīstības gaitai, tur tiešām redzam tādu uzskatu un dedzīgi aizstāvētu, pretēju mācību dažādību, ka gandrīz vai gribētos piekrist tiem, kas par patiesības meklētājiem ironizē. Varbūt tiešām augstākā patiesība ir atziņā par absolūti drošu atziņu neiespējamību. Tas ir radikālā skepticisma viedoklis, kas savās galējībās nonāk līdz katras patiesības noliegšanai. Visas atziņas ir konstrukcijas, visās ir kaut kas maldīgs, mākslots. To, kas patiesi ir, var tikai nojaust, pārdzīvot, bet ne pilnīgi izprast, izteikt, loģiski vai matēmatiski formulēt. Bet ja tā, tad taču apstrīdamas arī pašu skeptiķu izteiktās domas un idejas... Tad taču nav drošs arī pašu skeptiķu formulētais atzinums par pareizu atziņu neiespējamību. Tas ir viens no parastajiem argumentiem pret radikālo skepticismu, allaž vērsts pret to dažādos laikos.

Gribētos te tūlīt aizrādīt, ka skepticisms kā tāds, ja tā vadošā doma ir visu apšaubīt, kritiski apsvērt un pārbaudīt, ir pilnīgi nepieciešams zinātnē. Bet skepticisms nedrīkst kļūt dogmatisks.

Slavenais kultūrfilozofs Špenglers (O. Spengler) pirms dažiem gadu desmitiem nāca klajā ar saviem iespaidīgiem darbiem, kur skārta arī patiesības iespējamības problēma. Viņš mācīja, ka vēsturē dažādās kultūras ar visām to zinātnēm un patiesībām dzimst, izaug, noveco un atkal iet bojā. Atstājot šo jautājumu sīkāku apskati kādai no pēdējām nodaļām, pagaidām konstatēsim tikai sekojošo: visām kultūrām tomēr kopīgas, visos laikmetos un vietās derīgas ir dažas gara vērtības, piem., matēmatikas atziņas.

Norādījums uz matēmatiku ir viens no visasākiem ieročiem pret skepticismu un empīrismu. Jo, lūk matēmatikas atziņas ir pilnīgi drošas, visos laikos un vietās derīgas un pareizas. Ja skeptiķim ir zināms pamats apgalvot, ka mēs nekad nezināsim, piem., to, kā cēlusies zemes lode, vai kas īsti ir gaisma, tad atziņu ka $2 \times 2 = 4$ neviens apšaubīt nevar. Pitagora teorēma bija pareiza seno grieķu laikos, un tā tikpat pareiza arī tagad. Trigonometrisko funkciju nozīmes eiropietim gluži tādas pat kā ķīnietim, lai gan tie lieto pavisam citādus izteiksmes līdzekļus. Aritmētikas un algebras pamatatziņas visiem vienādas, visos laikmetos, visās kultūrās, neatkarīgi no tā, kādās valodās un ar kādiem simboliem tās izteic. Kamēr vien cilvēki iemācījušies skaitīt un loģiski do-

māt, tie rēķinās ar daudzām absolūti drošām atziņām. Un to konstatēt ļoti svarīgi, jo tas dod mums cerību rast drošas un pareizas atziņas arī par citām lietām.

Jau no šiem īsajiem aizrādījumiem būtu jāsecina, ka radikālais skepticisms nebūtu pieņemams. Tomēr skeptiķus allaž grūti pārliecināt. Ja nu viņi lasītu šo darbu, tie šeit risināto problēmu gaitai sekos no cita viedokļa. Viņi šeit atradīs, varbūt, dažu derīgu atziņu, kas ierosina jaunas domas, apmēram tā, kā tas ir katrā jaunā šacha partijā, vai noklausoties kādu jaunu kompozīciju.

No līdz šim sacītā jābūt skaidram, ka pašā sākumā raksturotais viedoklis par īstenības pilnīgas izzināšanas iespēju, savā konsekventā veidā arī nav pieņemams. Ja jau mūsu atziņu aparāts būtu kaut kas līdzīgs fotokamerai vai spogulim, kas tikai vairāk vai mazāk pilnīgi no ārpasaules uzņem iespaidus, kā tad lai saprot pilnīgi pretēju un maldīgu atziņu un izskaidrojumu (hipotežu) pastāvēšanu? Acīmredzot mūsu atziņas veidotājs aparāts nav tāds, ka tas tikai pasīvi uztver, bet viņš spēj arī aktīvi veidot uztverto, un to pastāvīgi arī veido. Pat vairāk - tīri pasīvs raksturs nav nevienai atziņai, bet visām atziņām piemīt kaut kas subjektīvs, cilvēcīgs, kur mūsu atziņas aparāts kaut kono sevis pieliek klāt.

Ļoti nozīmīgs mūsu problēmatikā ir fakts, ka pasaule patiesībā ir pavisam citāda, nekā tā mums parādās. Ir veselas filozofisku mācību skolas, t. s. empīrisms, kas māca, ka īstu atziņu vienīgais avots ir ar maņu organu starpniecību gūtās sajūtas. Konsekvents empīrisms saucas par sensuālismu. Tas māca, ka sajūtās dotais arī ir vienīgais īsti pastāvošais. No šāda viedokļa skatoties, īstenība ir tāda mainīga, dažādīga plūsma, kā tā parādās mūsu sajūtās un pārdzīvojumos. Šai uztverē tikai tas īsti ir, ko redzam, taustām, dzirdam, ko varam sagaršot un saostīt. Turpretīm slēdzieni par neatkarīgi no mūsu sajūtām esošām lietām, piem., par planētu sistēmu vai atomiem, vienmēr apšaubāmi. Sensuālisma konsekvences tātad saplūst ar skepticisma konsekvencēm.

Bet vai var pilnīgi paļauties uz maņu organiem vien? Jau daudzpusīga, kritiska pieredzes faktu kontrole rāda, ka uz juteklisko pieredzi vien paļauties nevar: piem., zinām, ka tālumā esoši priekšmeti, kas šķiet mazi, patiesībā ir tik pat lieli, kā tuvumā aplūkoti. Tātad lieluma samazinājums, ko rāda redze - ir šķitums. Pie debesīm redzamais mēness nav bāla ripa, bet milzīgs lodesveida debess ķermenis ar kalniem un lejām. Un vēl daudz vairāk: tagad katrs zina, ka objektīvi-reāli, t. i. neatkarīgi no cilvēka uztveres, nepastāv ne krāsas, ne skaņas, ne smaržas. Ja koku

neviens neapskata, ja nebūtu neviena, kas to uzlūko, tad tā lapas nebūtu zaļas. Zaļa krāsa izceļas tikai tad, kad zināma gaļuma viļņi nonāk līdz cilvēka acij un uztvertie iespaidi tālāk tiek apjausti ar zināmu centru palīdzību smadzenēs. Neatkarīgi no cilvēka cukurs nav salds, lapas nav zaļas un rozei nav smaržas. Mums nav un nevar būt ne mazākās nojēgas par to, kādā krāsā parādās zaļās koku lapas, piem., vabolei. Cepta gaļa, kas ar savu smaržu cilvēka degunu patīkami kairina, govij droši vien izliekas riebīga. Skudras ar redzamu kāri krīt uz cukuru un medu, bet sacharīnu, kas cilvēkam arī šķiet salds, tās neaiztiek. Varbūt tas viņām izliekas negaršīgs. To spriežam no ārējām pazīmēm, no izturēšanās. Bet kā govs izjūt gaļas smaržu, vai kā skudrai garšo sacharīns, to nezinām un nevaram zināt.

Šai sakarībā nozīmīgs vēl zinātnes atzinums, ka cilvēka acs uztveļ tikai pavisam niecīgu daļu no visiem elektromagnētiskiem viļņiem, kas skaļ to. Kā gaismu un krāsas uztveļam tikai tās vibrācijas, kur viļņu gaļums nav mazāks par 0,00036 mm un ne lielāks par 0,00078 mm. Tā ir ļoti šaura josliņa. Patiesībā telpu šķērso visdažādākā gaļuma elektromagnētiskie viļņi, bet mūsu redzes organi tos neuztveļ. Ja cilvēks būtu paļāvies vienīgi uz to, ko t i e š i sniedz maņu organi, tad par gaļajiem radioviļņiem un īsajiem ultravioletiem, Rentgena un gamma stariem mums nebūtu ne jausmas. Piem., radioviļņus nevaram ne tieši redzēt ne dzirdēt, ne kā citādi uztvert. Tos gan spēj uztvert un pārvērst skaņās cilvēka izgudrotais radioaparāts. Bet iespējams, ka eksistē dzīvas būtnes, kas redz vai dzird vai citādā veidā tieši uztveļ šīs vibrācijas.

Sacītais liek secināt, ka vienpusīga empīrisma vai sensuālisma viedoklis nevar būt pieņemams. Bez tam tagad vēl skaidrāk redzam, ka īsteni esošo, t. i. to, kas pastāv ārpus mūsu uztveres, tā vienkārši vis neatspoguļojam savā „es", bet ceļš pie pareizām atziņām par pasauli ir diezgan tāls un sarežģīts. Nepietiek vis ar maņu organos tieši doto sajūtu konstatēšanu, bet jāprot tās kritiski apstrādāt, sakārtot, novērtēt. Lai gūtu pareizas atziņas, ir nevien jāuztveļ un jākonstatē, bet arī j ā d o m ā. Empīriskie fakti vien, ja tos loģiski neapstrādā, nekādas drošas atziņas nevar dot. Pareizu atziņu iegūšanā nepieciešama prāta aktīvitāte.

Te nu varam apskatīt vēl vienu viedokli, kas allaž dominējis cilvēka gara attīstības vēsturē. Tas ir tā sauktais r a c i o n ā l i s m s. Tā piekritēji pieņem, ka pareizas atziņas sniedz vienīgi p r ā t s, kamēr pieredzes faktiem pavisam maza nozīme. Ja jutekliskie šķitumi maldīgi, tad loģiski veidotai prāta atziņai jābūt

pareizai. Racionālistu galvenais balsts ir matēmatikas slēdzienu nemaldība un pareizība. Ja matēmatikas atziņas pareizas, tad tādām jābūt arī loģiski pareizi izveidotām sistēmām. Un filozofijas vēsturē tiešām redzam veselu rindu grandiozu prāta konstrukciju jeb sistēmu, kas mēģina atrisināt visas problēmas: nevien atziņu rašanās un pareizības mērauklas jautājumus, bet arī vielas un dzīvības problēmas, neizīcības un nemirstības jautājumus, un vispār visu, kas vien būtu noskaidrojams un atrisināms. Prātniekiracionālisti gribēja tīrās domāšanas ceļā atrisināt pat tādus speciāli zinātniskus jautājumus, kā, piem., no kādiem elementiem vai pamatsubstancēm veidoti ķermeņi, kas ir siltums un gaisma. Un te nu racionālisti nonāca skaudrās pretrunās ar dabas zinātni. Sevišķi traģiska racionālistiskai filozofijai bija sadursme ar eksperimentālo dabas zinātni 19. gadsimta sākumā. Zinātne, kas dabu pētīja, bija nākusi pie pavisam citādiem slēdzieniem, nekā filozofi. Starp zinātni un filozofiju radās pretrunas. Vienai vajadzēja piekāpties. Un vēstures tiesa nodeva savu spriedumu par labu zinātnei. Daba filozofu (Schelling'a, Hegel'a, Oken'a) sistēmas palika kā dokumenti, kas apliecināja, ka cilvēka prāts tiešām spēj daudz ko uzkonstruēt, bet šie veidojumi var arī neatbilst īsteni esošajam... Līdzīgi notikumi atkārtojās 100 gadus vēlāk, kad pazīstamais baltvācu ķīmiķis Ostvalds (Wilh. Ostwald) nāca klajā ar savu enerģētisko monismu. Arī tā bija pārāk vienpusīga prātnieciska konstrukcija, un arī tai bija jāsabrūk zinātnes faktu priekšā, kaut gan Ostvalds pie racionālistiem īsteni nepieder. Šai sakarībā interesanti konstatēt, ka arī tās filozofu mācības, kas racionālismu noliedz, priekšroku dodamas empīrismam, pašas nereti ir diezgan mākslotas prāta būves.

Racionālistiskās prāta celtnes var izveidot visai dažādi, pat pavisam pretēji. Abas pazīstamās pretējās mācības par īsteni esošo - materiālisms un ideālisms - ir racionālistiskas... Dažādība un atšķirība sistēmās ceļas no tā, ka dažādi ir pamatviedokļi, un arī mācību uzbūves veids var būt dažāds, kaut arī vienādā mērā loģiski pareizs. Materiālisms bez tam vairāk rēķinās ar dabas zinātņu faktiem, kamēr ideālisms norāda uz matēmatiku. Savās konsekvencēs ideālisms nonāk pie šādiem slēdzieniem: nevien visu atziņu, bet arī visu lietu sakne un avots ir pats atzinējs subjekts, vai dvēseles aktīvais centrs, kas savukārt ir pārpersoniskās dievības atspulgs. Atziņas nerodas vis no tā, ka uztveram ārpasaules iespaidus, t. i. nevis tā, ka kaut kas no ārienes nāk uz mums, bet virziens ir pretējs: mēs radām un konstruējam visu uz āru. Mūsu ķermenis, vai telpa ar priekšmetiem ap mums, nav ne-

atkarīgi no mums esošas lietas, bet mūsu gara aktīvitātes produkts. Šādā uztverē tātad nekāda objektīvi reāla ārpasaule nepastāv. Gan jāsaka, ka šāds tik radikāls ideālisms tagad reti kur vairs tiek aizstāvēts. Tāpat vairs nevar aizstāvēt klasisko materiālismu, kas mācīja, ka viss pasaulē īsteni esošais ir materijas atomi un to kustības. Tādu materijas atomu, kā domāja agrāk, modernās zinātnes skatījumā vairs nav: atomi nav pēdējās nedalāmās, sastingušās vienības, kur izbeidzas visi jautājumi, bet pasaules, kur gandrīz vienīgi tukša telpa un lieli enerģijas krājumi. Fizikālā pasaule nav vairs kaut kas īsti materiāls, lai gan būtu pārsteidzīgi apgalvot, ka tā būtu kaut kas garīgs.

Modernā atziņas mācībā tagad valda šāds pamatprincips: neviena atziņa nav iespējama, ja nav divu - apzināmā un apzinātāja, jeb objekta un subjekta. Ja nebūtu nevienas būtnes, kas kaut ko uztver, apzinās un domā, tad nebūtu nekādu atziņu. Tāpat atziņas nebūtu iespējamas tad, ja uztvērējam centram nekā nebūtu ko uztvert. Visas atziņas ir šo divu produkts. Nevar būt absolūti objektīvu atziņu, jo visās atziņās ir arī kaut kas no mūsu psīchiskās aktīvitātes. Citādi izteicoties: atziņas vienmēr ir cilvēcīgas, „necilvēcīgu" atziņu nav, vismaz mums cilvēkiem tādu nav un nevar būt. Interesanti šeit vēl tas, ka par atziņas priekšmetu jeb objektu var būt nevien ārpasaule, nevien lietas, bet arī dvēseles norises, piem., sajūtas, domas, jēdzieni. Šeit apceram pašu atziņas procesu un tas tad ir mūsu atziņas objekts. Tā ir apbrīnojama refleksijas spēja: vienmēr varam vērst skatu nevien uz ārpasauli, nevien uz psīchiskām norisēm, bet arī uz mūsu pašu domām un spriedumiem, vai pat uz spriedumiem par spriedumiem. Bet kas ir šis atzinējs centrs, šis „es", kas vienmēr paliek kā neredzams pretpols visam apjaustam? Ideālisti jeb spirituālisti māca, ka tas ir tas dvēseles kodols, no kura izplūst viss. Materiālisti to apstrīd un apgalvo, ka „es" vai subjekts nav nekas cits kā smadzeņu vielas daļiņu kustību produkts. Kam taisnība? Esam šeit nonākuši metafizikas joslā, kur ar zinātnes metodēm atbildes gūt nevar. Bet kā tad? Vai atbilde būtu gūstama kādās sevišķās intuicijās? Varbūt, bet intuicijas un taīs gūtās atziņas var būt visai dažādas, allaž pretrunīgas. Intuicija var gan dot zināmu ieskatu, nojautu, pārdzīvojumu, bet ne loģiski pamatotu, skaidru atziņu. Intuicijai vienmēr vairāk subjektīva nozīme. Tā var dot ierosinājumu, tā var pēkšņi daudz ko atklāt, bet tā būs lielā mērā subjektīva skaidrība: bez intellektuālā apstrādājuma to nemaz nevarēs izteikt un pamatot. Tomēr subjektīvai intuicijai milzīga nozīme, jo tā liek

izšķirties par vienu vai otru pamatviedokli, aksiomu, izejas punktu.

Neatkarīgi no tā, kā nu mēs izšķirtos, jākonstatē vēl šādi nozīmīgi fakti. Zinātnes skatījumā pasaule sastāv no atomiem, molekulām, elektroniem, elektromagnētiskiem spēku laukiem. Bet ne elektroni, ne spēku lauki nav nedz krāsaini, nedz ķermeniski. Turpretim tiešajā uztverē mums dotas tikai krāsu, skaņu, smaguma u. c. sajūtas. Acīmredzot te ir divas pasaules: viena ir tā objektīvi-reālā pasaule, ko atšifrē zinātne, otra ir mūsu jutekliskās uztveres subjektīvā pasaule. Elektromagnētiskie gaismas viļņi un zaļās krāsas sajūta ir kvalitātīvi pavisam dažādas lietas. Šī atšķirība ir tik radikāla, ka tā vedusi daudzus nopietnus domātājus pie slēdziena, ka īstu skaidrību lietu dziļākās sakarībās nekad neizdosies gūt.

Beidzot šo nodaļu minēsim vēl vienu viedokli īstenības izpratnē. Tam varētu piešķirt apzīmējumu - intuitīvi-organiskais, vai arī aistētiski-organiskais. Meklētāja nostāja te tāda, ka, ievērojot racionālistiskās metodes neiespēju atrisināt lielās problēmas, tām jāpieiet nevien intellektuāli, bet vairāk intuitīvi, ar pašu dzīvo saskarsmi ar lietām. Īstās atbildes dod dzīve pati. Un ja nu atbildes arī nebūtu izsmeļošas, ja arī tās būtu tikai nojautas, tad ar to jāapmierinās. Parādību iekšējās, brīnumainās sakarības nojausma - tā visaugstākā atziņa. Tā allaž tiek formulēta vai dzejiski izteikta panteistiskā izskaņā, ka Dievs ir visur. Viss ieausts dieviško spēku vienībā, ko varam tikai nojaust, bet ne izprast. Nav arī nemaz jācenšas visu izprast. - Tā pret lielajām problēmām nostājušies daudzi lielie domātāji un dzejnieki - Ģēte (Goethe), mūsu Skalbe, Fr. Bārda, Poruks un daudzi citi.

II. PAMATVIEDOKĻA IZVĒLE

Lai vispār kaut ko spriestu, pārrunātu, diskutētu, ir vajadzīgi pamatspriedumi, skaidri pamatpieņēmumi, neapstrīdami fakti. Bet tādu nu ir diezgan daudz. Kādi būs mūsu problēmu risinājumu rezultāti, tas atkarāsies pirmā kārtā no pamatatziņu izvēles.

Bet vai te neslēpjas zināma patvaļa? Vai nebūtu iespējams kāds absolūti objektīvs viedoklis, ko tik jāprot pieņemt, un tad varbūt spēsim objektīvi atspoguļot īstenību? Tiem, kas būs uzmanīgi lasījuši pirmo nodaļu, būs skaidrs, ka šāda absolūti objektīva atspoguļošana nav iespējama. Nav iespējams pierādīt, ka viens

viedoklis būtu pareizāks par otru. Īstenība pati mūs nepiespiež pieņemt vienu vai otru viedokli, bet mēs brīvi varam izvēlēties. Izvēli nosaka mūsu personības garīgā ievirze, atziņas, piedzīvojumi, centieni, mūsu psīchiskā struktūra, visas mūsu personiskās dotības. Protams ne visi pamatviedokļi var būt vienādā mērā pieņemami. Jāmeklē iespējami skaidras pamatatziņas, ko varam pieņemt ar visu būtni un kas sola nesatricināmu garīgo pamatu arī ētiskā nozīmē. Mēs jau noraidījam skepticismu, sensuālismu un subjektīvo ideālismu. Kāds tam pamats? Galvenais pamats ir veselā saprāta un zinātnes pamatpatiesība par dabas parādību norisi neatkarīgi no mūsu uztveres. Filozofijas vēsture gan ir devusi piemērus, kur ar rafinētas loģikas palīdzību var nonākt līdz objektīvi-reālās ārpasaules apšaubīšanai. Bet šie slēdzieni nepārliecina. Neesam spiesti tos pieņemt jau tādēļ vien, ka tīri spekulātīvā metode, kā jau zinām, allaž aiziet pārāk tālu no īstenības un nonāk pie maldīgiem sledzieniem.

Noraidījām arī pozitīvisma viedokli, kas savā būtībā ļoti tuvs skepticismam, jo noraida pareizu atziņu iespējamību. Pozitīvisms tagadnes zinātnieku aprindās diezgan izplatīts. Tā aizstāvji pārliecināti, ka dabas parādības pilnīgi izprast nevaram. Ar šāda veida mērenu pozitīvismu vēl varētu samierināties. Parasti tomēr pozitīvisti iet daudz tālāk un deklarē visas zinātniskās pamatatziņas par vairāk vai mazāk derīgiem instrumentiem, kas mums palīdz orientēties un valdīt pār dabu. Zinātnes mācības un teorijas tātad nebūtu vairāk vai mazāk pareizas, bet tikai mākslīgi pieņēmumi, kas vairāk vai mazāk derīgi. Ja zinātnes vēsturē viena teorija tiek nomainīta ar kādu citu, pilnīgāku, tad pozitīvists te nesaskata tuvošanos patiesībai, bet vairāk vai mazāk piemērotu līdzekļu radīšanu, kas palīdz apvienot, sistēmatizēt un saskaņot faktus.

Pozitīvisms noraidāms jau tādēļ vien, ka savās konsekvencēs tas nerēķinās ar objektīvi-reālu pasauli. To grūti savienot ar veselā saprāta prasībām. Spēcīgākais arguments pret pozitīvismu tomēr ir eksakto zinātņu progress. Pozitīvisti allaž mīl norādīt uz visādām robežām, kuŗu priekšā cilvēka atziņu progresam būtu jāapstājas. Tā viens no pozitīvisma dibinātājiem, pazīstamais franču filozofs O. Konts (Comtes), gribēdams pamatot cilvēka neiespēju pārkāpt zināmus atziņu sliekšņus, neiespēju iziet ārpus tieši doto, empīrisko faktu joslas, norādīja, ka cilvēkam nekad neizdošoties izzināt debess ķermeņu ķīmisko sastāvu. Bet jau pēc dažiem gadiem tika atklāta spektrālanalize (Bunsen's, Kirchhof's, Fraunhofer's) un daudz ko bija iespējams uzzināt par

saules un zvaigžņu ķīmisko sastāvu. Tāpat vēl nesen apgalvoja, ka cilvēks nekad nevarēšot saskatīt ķermenīšus, kas mazāki par redzamās gaismas viļņiem. Bet priekš apm. 10 gadiem izgudroja t. s. elektronu mikroskopus, ar kuŗu palīdzību tagad gūst līdz 150 000-kārtīgus palielinājumus un var tieši skatīt daļiņas, kas simtreiz mazākas par gaismas viļņiem.

Pozitīvisti parasti noraida molekulu un atomu objektīvi reālo esamību. Bet zinātnes panākumi, sevišķi pēdējos 40 gados, atomu un molekulu patieso esamību parāda tik skaidri, ka, ja kāds vēl tagad apšauba šo fizikālo vienību esamību, tad tam jāapšauba ārpasaule vispār. Tagad, kā to redzēsim nākošās nodaļās, esam tik tālu, ka atomi un molekulas pastāv tik pat reāli, kā, piem., kartupeļi, āboli, cilvēki, saule un zvaigznes. Mācība par atomiem un molekulām gan reiz bija derīga hipoteze, kas apvienoja faktus un deva vienkāršus izskaidrojumus, ar kuŗu palīdzību varēja vieglāk orientēties, bet tagad tas sen jau citādi: lielās molekulas jau tieši skatītas un fotografētas elektronu mikroskopos. Mums ir drošas ziņas nevien par molekulu un atomu absolūtajiem lielumiem, bet pat par atomu uzbūvi. Te ir tas pats, kas dabas zinātnes vēsturē bija ar mikrobu pasauli. Vispirms tā tika teorētiski iedomāta, un tikai pēc tam eksperimentāli atklāta ar mikroskopa palīdzību.

Bet ne viss, kas iedomāts un izdomāts ir pareizs. Tā reiz pasaulei tika celta priekšā flogistona hipoteze par degšanas un rūsēšanas būtību. Tā mācīja, ka degšanas un rūsēšanas norisēs kāda smalka „flogistona" substance atstāj degošās vielas. Kad daži zinātnieki bija atraduši, ka metalliem oksidējoties tie kļūst smagāki, tad flogistona hipotezes aizstāvji pierakstīja savam flogistonam pat tādas mistiskas īpašības kā „negātīvu svaru". Lielais franču ķīmiķis Lavuazjē (Lavoisier) ar plašiem eksperimentiem un faktu skaidru, loģisku iztulkojumu pierādīja šās mācības maldību. Flogistona hipoteze ir nepareiza, bet Lavuazjē dotā mācība par oksidāciju ir pareiza, un nav nekādas jēgas teikt, ka viena būtu derīgāka par otru.

Pozitīvistu uztverē vajadzētu notikt sekojošam: tā kā visparocīgāk rīkoties ar vienkāršiem teorētiskiem principiem, tad zinātnei vajadzētu kļūt arvien vienkāršākai. Tomēr patiesībā bieži vien novērojam pretējo. Fakti, reālā īstenība spieda zinātniekus atteikties no visai skaidrās, ērtās un vienkāršās mācības par nedalāmiem, viengabalainiem atomiem, un tagad mūsu priekšā ir vesela jauna zinātnes nozare - atomfizika. Tā pētī atomu uzbūvi un saskata atomos veselas pasaules. Neviens neprasa, cik tādas

atziņas derīgas vai cik tās vienkāršas, jo eksperimentālie fakti jauni atklājumi ar jaunu smalkāku metožu palīdzību parāda jaunas īstenības puses un dziļumus.

Dibinoties uz līdzīgiem apsvērumiem mēs noraidīsim arī to intuitīvi-organisko, parasti pie tam spirituālistisko pieeju pasaulei, kas godbijībā pret dievišķo varenību, apstājas lielo dabas noslēpumu priekšā, apmierinādamies ar apbrīnošanas izjūtu. Pētnieka kvēlojošā dziņa pēc patiesības lauž šo apbrīnošanas mieru. Faustiskais cilvēks neatzīst robežas. Viņš nevar lēti samierināties ar neiespēju izzināt. Īsts pētnieks nevar samierināties ar vitālistu atzinumu par organismos mājojošiem neizprotamiem spēkiem, kas vada un regulē dzīvības norises, bet viņš mēģina šo norišu būtību un saskaņotību iespējami pilnīgi izprast.

Pavisam cits jautājums - vai šāda neapslāpējama zinātgriba un urbšanās dabas visdziļāko noslēpumu dzīlēs ir laba. Vai tā nenes vairāk ļaunuma, nekā labuma? Pirmkārt, ar to tagad vēl uz zema morālā līmeņa stāvošās cilvēces rokās nāk neiedomājami vareni dabas spēki, kuŗu nelietīga izmantošana var nest milzīgu postu. Otrkārt, mēdz aizrādīt uz to, ka zinātne cilvēku padarot par skeptiķi un reliģijas noliedzēju. Ar zinātni saindētais cilvēks vairs nevarot būt īsti reliģiozs un arī zinātne tam nevarot dot apmierinājumu.

Ar šiem jautājumiem vēl saskarsimies pēdējās nodaļās. Skaidrs tomēr viens: lai kā arī novērtētu zinātnes vērtību, ar to mums jārēķinās. Tās atzinumu priekšā nevar aizmiegt acis un teikt: „Man tas nav jāzina." Katrs kaut cik rosīgs un kritisks meklētājs tomēr grib zināt - ko tad īsti zinātne par vienu vai otru vispārīgu jautājumu saka. Galu galā zinātgriba ir viena lieta un morālie centieni atkal pavisam kas cits.

Mūsu viedokļa izvēli noteic dziņa pēc patiesības. Tas ir zinātnes viedoklis. Tikai zinātne var sekmīgi cīnīties ar maldiem, māņticību un nezināšanu. Zinātne spēj vairāk vai mazāk pilnīgi ieskatīties lietu būtībā. Pašas zinātnes līdzšinējā, samērā pret cilvēces pastāvēšanas laiku, īsā attīstības gaita rāda, ka zinātniskās iespējamības ir neaprobežotas. Ļoti riskanti apgalvot, ka taisni šeit vai tur beidzas zinātnes vara. Kas gan pirms pāris gadu simtiem varēja sapņot par televīziju, vai par iespēju noteikt zemes vecumu un zvaigžņu ķīmisko sastāvu? Paredzēšanas spēja zinātnē, sevišķi fizikā, ķīmijā un astronomijā sasniegusi augstu pakāpi. Iespējams paredzēt jaunu, pasaulē nebijušu vielu izgatavošanas iespējas un šo vielu īpašības. Teorētiķi paredz pat jaunas dabas parādības, kas agrāk nav pamanītas

metožu nepilnības dēļ, un neskaitāmos gadījumos teorētiķu paredzējumi ir piepildījušies pilnos apmēros.

Zinātnes metodes raksturīgas ar to, ka te apvienojas empīriskās un racionālās metodes, kas visumā vienlīdz nozīmīgas. Dažās zinātnes nozarēs, piem., bioloģijā, lielāka nozīme empīriskai metodei, tiešajam novērojumam un eksperimentam, kamēr citās nozarēs, piem., teorētiskā fizikā, galvenā loma pieder tīrai matēmatikai. Zinātnes milzīgo panākumu noslēpums dibinās tieši šo abu metožu sintezē, sakļautībā. Ar tīru teorētizēšanu vien, bez saskarsmes ar objektīvi reālo ārpasauli, ar faktiem, var gan uzbūvēt lieliskas hipotezes, bet to saskaņa ar īstenību vienmēr paliks problēmatiska. Tāpat nekur tālu uz priekšu netiekam, ja neizejam vai nespējam iziet ārpus tieši doto faktu un empīrisko datu robežām. Eksaktām zinātnēm tagad ir zināms teorētiskas atziņu sistēmas skelets, kur viss ietverts eksaktos loģiski-matēmatiskos formulējumos. Izdarot zināmas loģiski-matēmatiskas operācijas, var tīri teorētiski aprēķināt noteiktus skaitliskus lielumus, kas attiecas uz zināmām dabas parādībām. Ar novērojuma vai eksperimenta palīdzību tad var pārliecināties, vai teorētiskais aplēsums pareizs, vai ne. Pat vairāk - tīri teorētiskā ceļā, kā jau minēts, var paredzēt pavisam jaunas, vēl nekad nekonstatētas dabas parādības. Tā, 1924. gadā lielais franču teorētiķis L. de Broils (Broglie) nāca pie teorētiska slēdziena, ka ar katru kustībā esošu materiālu daļiņu saistās viļņi. Tātad, piem., lielā ātrumā skrejošam elektronu staram vajadzētu uzrādīt līdzīgas interferences (viļņu pastiprināšanās un izdzišanas) parādības kā pie redzamās gaismas. Un tiešām, pēc dažiem gadiem amerikāņi Devisens un Džermers (Davisson, Germer) tādas interferences parādības arī atklāja. Līdzīgu piemēru ir daudz. Ja gāzu molekulu skaitu kādā noteiktā tilpumā (piem. 1 cm^3) var aprēķināt ar 9 dažādu, neatkarīgu metožu palīdzību un visi ceļi ved pie viena un tā paša skaitļa, tad tas pierāda teorētisko principu saskaņu ar īstenību. Ja dāņu fiziķis N. Bohr's tīri teorētiskā ceļā, vadoties no pieņēmumiem par elektronu ceļiem, ātrumu un pievilkšanās spēkiem atomos, un pilnīgi neatkarīgi no konkrētiem faktiem varēja aplēst ūdeņraža spektram taisni tādu konstanti (3650), kas iegūta no spektra līniju mērījumiem, tad tas ir labākais teorijas pareizības pierādījums.

Droši vien, lasītājiem būs kaut kas zināms par Bohr'a teorijas nepilnībām. Jā, tiešām, tā tagad ievērojami pārveidota, var pat teikt, ka tā nomainīta ar citu. Tas it kā runā par labu pozi-

tīvismam. Zināmā mērā tas tā ir. Ja teorija zīmē kādas tieši neuztveŗamas sistēmas (piem. atoma iekšienes) ainu jeb modeli, tad tāds tikai aptuveni var saskanēt ar īstenību. Ar precīzākām metodēm turpmāk parasti atklājas, ka sākumā iedomātā aina ir citāda, nekā patiesībā. Bet mūsu atziņas tomēr arvien vairāk tuvojas īstenībai.

Minēsim vēl tikai vienu paredzēšanas piemēru. Relātīvitātes teorija paredzēja, ka masai jāmainās ar ātrumu, un ka parastās kustībās šo masas maiņu nevar konstatēt tikai tādēļ, ka ātrumi par maziem. Ja turpretim ātrumi tuvojas gaismas ātrumam, tad masas maiņu vajadzētu varēt konstatēt. To arī konstatēja eksperimentos ar ļoti ātrajiem elektroniem katoda staros. Tāpat relātīvitātes teorija paredzēja, ka materija vai katra masa var pārvērsties brīvā kinētiskā enerģijā, un to vēlāk apstiprināja daudzi eksperimenti. Nākošās nodaļās redzēsim vēl daudzus tādus piemērus, kur teorija iet eksperimentam pa priekšu.

Ja kādu novērotu parādību ar kādu pieņēmumu (hipotezes) palīdzību „izskaidro", tad izskaidrošanas iespēja vien vēl nepierāda pieņēmuma pareizību. Bet ja hipoteze dod iespēju atklāt jaunus faktus, tad gan ar lielu paticamību pieņemams, ka tā pareizi, vai aptuveni pareizi attēlo īstenību.

Filosofi allaž norāda, ka absolūti pareizas var būt vienīgi formālo zinātņu (matēmatikas, loģikas) atziņas. Turpretim t. s. induktīvo dabas zinātņu atziņas nekad īsti drošas nevarot būt, jo nevarot droši paredzēt ar kādiem faktiem nāksies sadurties. Bet ja nu raibā faktu īstenība tomēr tik pilnīgi iekļaujas absolūto matēmatikas patiesību rāmjos, ja tīri matēmatiskā ceļā, dibinoties vienīgi uz dažiem ļoti vispārīgas dabas principiem un likumiem var paredzēt speciālus faktus, un gūt ar novērojumiem saskanīgus skaitliskus lielumus, tad tas gan ir labākais zinātnisko atziņu pareizības pierādījums.

Fakts par dabas zinātnes arvien pilnīgāku „matēmatizēšanos" un vēl citi apstākļi pamudina arī lietu būtībā saskatīt kaut ko nemateriālu, formālu, ideālu. Daži zinātnieki tādēļ vairāk vai mazāk skaidri ieņem ideālisma poziciju. Tomēr arī ideālisms īsti neatbilst modernās zinātnes garam. Veselais saprāts spiež pieņemt no mūsu atziņām, jēdzieniem un matēmatiskiem formulējumiem neatkarīgu īstenību, „kaut ko", par ko ir atziņas, kas tiek formulēts. Protams zinātnes viedoklis nesaskan arī ar klasiskā mechanistiskā materiālisma viedokli. Materijas atomi vairs nav viengabalaini, kompakti un absolūti nemainīgi. Tomēr nav arī

nekāda pamata tiem piešķirt garīgumu, vai pat uzlūkot tos par gara produktiem. Dabas pamatbūtībā ir kaut kas, ko nevar nosaukt par materiju šā jēdziena klasiskā nozīmē, bet nevar apgalvot, ka tas būtu kaut kas formāls, vai garīgs.

Šeit izvirzīto viedokli var apzīmēt par kritisko reālismu. Ārpasaule pastāv neatkarīgi no mūsu atziņām par to. Kas ir šīs objektīvās reālitātes īstā, dziļākā būtība, to varam atstāt kā problēmu. Nesaistīsimies te ar dogmām. Zinātne tiešām mūs jau dziļi ievedusi fizikālās substances izpratnē, bet vai te visu pilnīgi iespējams aptvert un uzskatāmi izprast, tas, kā to vēl turpmāk redzēsim, ļoti apšaubāms.

Mūsu pieeja problēmām būs kritiska, jo tikai kritiskā metode var pasargāt no maldiem. Tiem, kas meklē „labus maldus", t. i. kādu autoritāru dogmu, vai patiesības recepti - nav jālasa šī grāmata. Mēs gribam zināt - kā viss īsti ir, vienalga, lai cik rūgta arī būtu šī patiesība. Rietumeiropas cilvēka kritiskais prāts ir atmodināts un zinātgribu neapklusinās vairs nekādu dogmu narkoze, lai arī cik salda tā neliktos. Tādēļ labākais ceļš var būt vienīgi - droši iekšā zinātnes bezdibeņos, lai nāktu kas nākdams. Varbūt beidzot tur tomēr atrodam īsto pamatu un gaismu...

Zinātnei vēl mēdz pārmest, ka tā visnozīmīgākās problēmas ne tuvu neesot atrisinājusi un nespējot atrisināt. Tā, piem., organisma procesu funkcionālā vienība, šūniņu vairošanās, sajūtu rašanās no fizikāli-ķīmiskiem procesiem maņu organos un smadzenēs, dzīvības izcelšanās u. c. jautājumi zinātnei neesot pa spēkam. Jā, tiešam, daudz ir lielu, neatrisinātu problēmu, un pat nevar apgalvot, ka tās reiz izdosies atrisināt. Bet - vai ir kāds cits ceļš, kas dotu labāku iespēju tās atrisināt? Jau redzējām, ka spekulātīvā filozofija jeb metafizika savā tūkstošgadīgā attīstības laikā nav īsti atrisinājusi nevienu problēmu. Un subjektīvās intuicijas ceļš? Tas droši vien dod dziļu patiesības pārdzīvojumu, bet tam vienmēr ir gandrīz tikai tīri subjektīva, personīga nozīme. Tādus iekšējus skatījumus un pārdzīvojumus grūti, dažreiz pat neiespējami izteikt tā, lai citi to nepārprastu. Nekad nevaram zināt, ko īsti otra būtne pārdzīvo. Šai ziņā esam sevī noslēgtas pasaules. Pavisam citādi tas ir ar jēdzieniem un atziņu saturiem. Tur varam saprasties. Mūsu pārdzīvojumi pieder vienīgi mums, bet atziņu pasaule ir visiem mums kopīga, tā ir pārpersonīga.

Vēl jāpieskaņas arī pilnīgas zinātniskas izprašanas jautājumam. Mēdz aizrādīt, ka cilvēkam nav un nevar būt izprotams fakts - kā elektromagnētisko lauku vibrācijas un nervu un smadzeņu procesi var izsaukt krāsu sajūtas. Tiešām, starp kādas substances

LATVIJAS VALSTS BIBLIOTEKA
91— 10.972

kustībām un tieši pārdzīvoto sajūtu ir milzīga starpība. Subjektīvais pārdzīvojums, doma, atziņa no vienas puses un notikumi nervos un smadzenēs no otras - vai tās nav divas pilnīgi svešas pasaules, starp kuŗām atrodas nepārejams bezdibens? Jā, tiešām, izprotams tas nav. Bet tas vēl nenozīmē, ka nu šai virzienā visiem meklējumiem jāatmet ar roku. Ko nozīmē izprast? - Pilnīgi, evidenti, skaidri skatīt parādību sakarības, tā kā nekas nepaliktu neskaidrs. Bet vai tas vispār iespējams? To nevar apgalvot. Agrāk zinātnē valdīja uzskatamības izpratne, kad dabas parādības centās izprast ar uzskatāmu modeļu palīdzību, piem., uz gaismu skatījās jeb gaismu izprata kā smalkas kosmiskas substances, t. s. aitēra viļņus. Tagadnes zinātne lielā mērā atsakās no uzskatāmības, no modeļiem, jo tie allaž rada pretrunas un nesaskan ar faktiem. Dažas parādības iespējams labi izprast, ja pieņem domu par gaismas viļņiem, bet citas, ja gaismu uzskata par smalkas gaismas substances vai enerģijas vienību (kvantu) plūsmu. Gaisma patiesībā ir kautkas, kas reizē ir kvantu plūsma un viļņi, bet to visā pilnībā uzskatāmi izprast nav iespējams. Uzskatamības vietā zinātnē tagad stājas funkcionālo sakarību konstatēšana un matēmatiska izteiksme. Tas tomēr vēl nenozīmē, ka atteikšanās no uzskatamības būtu uz visiem laikiem nokārtota lieta. Varbūt reiz izpratīs arī uzskatāmi daudz ko, kas tagad pilnīgi neskaidrs vai tikai „funkcionāli skaidrs".

Psīchisko kvalitāšu rašanos no fizikālām norisēm arī nevaram uzskatāmi izprast, bet ar to vien vēl nav pietiekama pamata apgalvot, ka nekad te zinātniski neko nenoskaidros. Šai sakarībā ieteicams atcerēties dabisko pakāpenību un nepārtrauktību: gaisma iedarbojas uz aci, ierosina tur zināmas norises, kas tālāk ierosina smadzeņu centrus. Jau te, starp norisēm nervos un smadzenēs un gaismu ir kvalitātīva starpība. Varbūt ir vēl kādas pakāpes vidū starp norisēm smadzenēs un apzināto krāsas sajūtu.

Zinātnē ir daudzi piemēri, kur redzam kvalitātīvi jaunu īpašību izcelšanos, mainoties kvantitātīvajam sastāvam. Tā, nākošās nodaļās redzēsim, kā mainās ogļūdeņražu īpašības ar oglekļa atomu skaita palielināšanos molekulā, vai arī - kā mainas ķīmisko elementu atomu īpašības ar protonu, elektronu un neitronu skaita maiņu atomos.

Nobeidzot šo nodaļu, jāpasvītro vēl sekojošais. Zinātnes viedoklis ir brīvs no katras dogmatikas. Tas nozīmē: zinātne par katru cenu neturas ne pie vienas atziņas, ja jauni atklājumi spiež to grozīt. Zinātnes durvis atvērtas

visām patiesībām. Piem, ja stingri zinātniski izdotos pierādīt mirušo cilvēku garu objektīvi-reālu esamību, tad zinātne ar tādu atziņu rēķinātos. Zinātnes mērķis, un arī mūsu mērķis ir iespējami pilnīgi un dziļi izprast dabas parādības, atsakoties no katra aizsprieduma. Zinātne izlieto visas saprātīgas metodes - tiešo pieredzi, racionālo metodi un arī intuiciju. Zinātnei nav aizspriedumu ne pret materiālismu, ne ideālismu, kaut gan dabas zinātniekam reālistiskais viedoklis arvien bijis tuvāks. Kādēļ? Tādēļ ka ideālisma izpratnē agri vai vēlu nonāk pie garīgās pirmbūtības, kur zinātnes ceļš izbeidzas. Te jāizvēlas: apstāties godbijībā un apbrīnošanā, vai tomēr mēģināt tikt tālāk. Pētnieks, kam kvēlo īsta uguns, neapstājas, bet mēģina tikt pāri arī visgrūtākam un brīnumainākam. Tā ir cilvēka dziņa uz augšu, uz vēl lielāku pilnību.

III. ZINĀTNES LIELĀS PROBLĒMAS

Zinātnes interese saistās pie visa, kas reāli pastāv un tieši vai netieši pieejams pētīšanai. Zinātne spēj gūt par šo reālitāti vairāk vai mazāk izsmeļošas un vairāk vai mazāk pareizas atbildes. Zinātne aug nevien kvantitātīvi, bet arī kvalitātīvi, t. i. aug nevien zinātnisko atziņu daudzums, bet arī pareizība. Zinātne nav nedz īstenības kopija, nedz patvaļīgs veidojums, bet cilvēka gara un reālitātes mijiedarbības rezultāts.

Zinātne aug un veidojas it kā četros virzienos, pie kam katrs virzienu pāris ir pretējs. Viens tāds zinātniskā skata virziens ir uz mikropasauli, uz bezgala mazo; un otrs, pretējais - uz makrokosmu, uz pasaules visumu, universu. Otrs virzienu pāris stāv citā plāksnē: te viens virziens ir - arvien pilnīgāka speciālo problēmu izpratne, jaunu jautājumu pētīšana, dabas parādību izpazīšana visos sīkumos. Un beidzot, šim pretējais ceturtais virziens - uz vispārīgo problēmu arvien pilnīgāku un aptverošāku izpratni.

Trīs lielas problēmas risina modernā zinātne. Viena no tām ir vielas un enerģijas problēma, vai fizikālās reālitātes jautājums. Te ietveras tādas šaurāka apmēra problēmas, kā, piem., jautājums par gaismas būtību, par gravitāciju, atomu un atomu kodolu uzbūvi, elektronu īpašībām u. t. t. Otra pamatproblēma ir par pasaules visumu, universu, par tā pagātni un nākotni.

Šeit ietelp tādas speciālākas problēmas, kā, piem., par zemes vecumu un izcelšanos, par iespējamām kosmiskām katastrofām, debess ķermeņu ķīmisko sastāvu, zvaigžņu lielumu un attālumiem u. d. c. Trešā lielā problēma ir dzīvības problēma. Tā vislielākā un grūtākā no visām. Tā mums arī visnozīmīgākā, jo ietvers sevī tādas speciālākas problēmas, kā, piem., par organisma novecošanos un tā cēloņiem, par dažādu slimību cēloņiem un līdzekļiem, kā novērst slimības. Te pieder arī jautājumi par jaunu sugu izveidošanu, par fizioloģisko norišu ietekmēšanu. No dzīvības problēmas atrisinājuma lielā mērā būs atkarīgas arī atbildes par dvēseles, par psīchisko parādību būtību.

Par visu šo problēmatiku sakāms vispirms sekojošais. Visas trīs lielo problēmu grupas ir cieši saistītas. Pirmā problēma par vielu un enerģiju ir savā ziņa pārējo pamats, jo debess kermeņi un organismi taču arī sastāv no vielām. Pirmo problēmu pētī fizika un ķīmija, kas ir dabas pamatzinātnes. Plaši izmantojot matēmatikas metodes, šīs zinātnes tagad izveidojušās par eksaktām zinātnēm. Modernā kosmoloģija lielā mērā dibinās uz fiziku un ķīmiju. Jautājumi par zvaigžņu attālumiem, kustībām, par temperātūru un sastāvu tiek atrisināti, atšifrējot zvaigžņu gaismas spektrus. Bet spektru pētīšana ir fiziķa uzdevums. Ķīmiķis savukārt analizē meteorus un zemes minerālus, kur, zinot helija, urāna, torija un svina daudzumus, un radioaktīvās sabrukšanas likumus, var aprēķināt pētāmo minerālu vecumu. Tāpat tagadējā kosmoloģija pilnīgi dibināta uz fizikai piederošo relātīvitātes teoriju. Kosmisko staru jautājums tikpat pieder fizikai, kā kosmoloģijai. Šis jautājums ir viens no interesantākiem vispār. Kosmoloģija saskaras arī ar bioloģiju, piem., jautājumā par dzīvības iespējamību pasaules telpā, par dzīvības dīgļu pārnešanas iespējām no viena debess ķermeņa uz otru. Šeit nozīmīgs ir jautājums par dzīvības dīgļu izturību starpplanētu telpas apstākļos. Pagaidām atzīmēsim tikai tik daudz, ka ar modernās technikas palīdzību šie jautājumi sākti pat eksperimentāli pētīt.

Daudz pilnīgāk un dziļāk tomēr izpaužas fizikas un sevišķi ķīmijas iespaids uz bioloģiju. Taisni pēdējos gadu desmitos šeit atklājušās vairākas jaunas perspektīvas. Tā, interesanti ir jaunākie pētījumi par virusu proteīniem. Viruss ir kaut kas vidējs starp mikrobu no vienas puses un proteīna jeb olbaltuma molekulu no otras. Bet proteīnu ķīmiskā uzbūve tiek arvien pilnīgāk noskaidrota. Tāpat arvien pilnīgāk noskaidrojas iedzimtības nesēju - genu - ķīmiskā struktūra. Geni ir apmēram tik pat

lieli kā virusi un to struktūrā liela nozīme t. s. nukleīnskābēm, kas saistītas ar proteīnu noteiktā, pa daļai jau pazīstamā kārtībā. Šai kārtībai liela nozīme vairošanās mechanismā, ko tagad, pamatojoties uz ievērojamā fiziķa P. Jordana pētījumiem, var apskatīt no kvantu mechanikas viedokļa. Cits piemērs ir t. s. mutāciju ierosināšana ar Rentgena jeb X-staru palīdzību. Mutāciju skaitu, kur parādās pēnācēji ar dažām jaunām, no normāliem sugas pārstāvjiem atšķirīgām īpašībām, var palielināt, ja apstaro ar šiem stariem. Šo eksperimentālo pētījumu rezultātu matēmatiska analize ved pie slēdziena, ka mutācijas pamatā ir kāds vienkāršs atomu pārkārtošanās process. Organisma funkcionālās vienības izpratnē savukārt arvien pilnīgāk parādās samērā vienkāršu vielu, t. s. hormonu nozīme, pie kam ievērojamas pārvērtības arī psīchisko parādību joslā var sasniegt ar ķīmiski sintezētu, mākslīgu hormonu palīdzību. Vēl būtu atzīmējami jaunie panākumi dzīvības norišu pētīšanā ar mākslīgi izgatavotiem radioaktīviem elementiem. Piem., ar mākslīgo radioaktīvo natriju var izsekot natrija atomu gaitām organismā. Tāpat pētījumi ar deiteriju (smago ūdeņradi) rāda, ka vielu molekulu atomi, ja molekulas atrodas šķīdumos, nepārtraukti apmainās ar līdzīgiem šķīdinātāja molekulu atomiem. Organisko vielu molekulas apmaina savu materiju ar vidi gluži tāpat kā dzīvas šūniņas. Vairākos gadījumos pilnīgi vai gandrīz pilnīgi izprasta arī fermentu darbība un noskaidrota vitamīnu loma.

Vēl gan varētu būt zināmas domstarpības jautājumā par to, kādas problēmas skaitīt par visnozīmīgākām. Mēs šeit nepieskarsimies humānitāro zinātņu problēmām, jo tas te nav mūsu uzdevums. Bet varētu norādīt uz praktisko problēmu lielo nozīmi. Varbūt par zinātnes nozīmīgākām problēmām būtu jāuzskata nevis kādi astronomijas un teorētiskās bioloģijas jautājumi, bet tīri praktiskas problēmas par atomu iekšējās enerģijas atbrīvošanu un izmantošanu, vai mākslīgu uztura vielu un jaunu medikamentu gatavošanu. Bez šaubām, šiem jautājumiem ir liela nozīme, bet nav pamata tos izcelt pirmā vietā. Ja zinātniskās intereses koncentrējas ap dažiem šauri praktiskiem mērķiem, tad zinātnei pašai tas nāk par ļaunu. Vēsturē jau ir vairāki piemēri, kur redzams, cik nepareizs bijis šāds ceļš. Tā viduslaikos neskaitāmas alķīmiķu paaudzes pūlējās iegūt mākslīgu zeltu un dzīvības eliksīru, kas dziedinātu visas kaites un atjaunotu novecojušu organismu. Bet panākumi izpalika. Un nevien tas - dzenoties pēc šiem nesasniedzamiem merķiem, tīrā pētniecība

palika novārtā. Turpretim vēlāk, piem., 19. gadsimta technika viegli atrisināja daudzas praktiskas problēmas, jo varēja savus centienus dibināt uz pilnīgi drošiem tīrās zinātnes datiem. Praktiskie atrisinājumi, piem., par jauniem medikamentiem, ir it kā augļi, ko nes lielais zinātnes koks. Lai augļi būtu labi, nepietiek tikai ar augļu kopšanu, bet jākopj pats koks. Ja visi spējīgākie zinātnieki tiktu piespiesti pētīt atombumbas jautājumus, vai līdzīgas lietas, tā būtu brīvās attīstības kropļošana, kas neko pozitīvu galu galā nedotu.

Zinātne nav un nebūs technikas kalpone. Tomēr abas cieši saistītas. Nevien modernās technikas problēmas tiek atrisinātas uz zinātnisko atziņu pamata, bet arī otrādi - modernā zinātne bez technikas nav domājama. Ja no pasaules gribētu noņemt techniku, tad ar to zinātnes progress būtu nopietni apdraudēts. Kas būtu tagadnes astronomija bez modernajiem teleskopiem? Kas būtu fizikālā ķīmija bez X-staru aparātiem, elektronu mikroskopiem, ultracentrifugām, polarimetriem un citiem aparātiem? Technika ir viens no modernās zinātnes ieročiem, ar kuru palīdzību tiek iekaroti dabas noslēpumu valsts visstiprākie cietokšņi. Technika ir tāds pat empīriskās pētīšanas ierocis kā matēmatika teorētiskās pētīšanas un aprakstīšanas līdzeklis. Nevienu no šiem ieročiem nevaram atmest, vai atvietot ar kādu citu, pavisam jaunu. Tas tikpat neiespējami, kā atmest tagadējās pamatatziņas par dabu.

Mūsu turpmākās pārrunas tad arī saistīsies galvenā kārtā ap pieminētām pamatproblēmām. Iesāksim ar pirmo, ar fizikas un ķīmijas jautājumiem par dabas likumiem un pamatvielām. Tālāk sekos jautājumi par atomu uzbūvi un kodolu enerģiju, par gaismas un elektrības būtību. Sekos vieliskās pasaules dažādības (mazās un lielās molekulas), astronomijas un kosmoloģijas problēmas, un beidzot dzīvības problēma ar daudzajiem ar to saistītiem jautājumiem.

IV. VIELISKĀS PASAULES DAŽĀDĪBA. PAMATVIELAS

Ķīmijai piekrīt lielais uzdevums - izpētīt no kā vielas sastāv un kādās citās vielās tās var pārvērsties. Šo savu uzdevumu tā jau lielā mērā veikusi un ir gatava jauniem lieliem uzdevumiem. Tagad mums jau ir drošas ziņas par jebkuru dabas vielu sastāvu, par gaisa, zemes vielu, jūras ūdens, organismu u. t. t. vielisko

sastāvu. Tagad zinām, ka visa tā milzīgā vielu dažādība, ko sastopam dabā, veidota tikai no 92 pamatvielām jeb elementiem. Kādi 80 no tiem labi izpētīti, bet par pārējiem zinām maz.

Bet kas ir pamatviela jeb ķīmiskais elements? Tā tāda viela, ko ne ar kādiem ķīmiskiem līdzekļiem nevaram sadalīt vienkāršāka sastāva vielās. Piem., gaiss nav pamatviela, bet vairāku vielu maisījums. Ūdens arī nav elements, bet divu pamatvielu - ūdeņraža un skābekļa ķīmisks savienojums. Tāpat, piem., cukurs nav pamatviela, bet 3 elementu - oglekļa, skābekļa un ūdeņraža savienojums. Turpretim ogleklis, skābeklis, ūdeņradis, sērs, dzelzs, zelts ir pamatvielas. No pamatvielām var gan iegūt to savienojumus, piem., oglekli var savienot ar skābekli un sēru ar dzelzi, bet pamatvielas nevar pārvērst vienu par otru, piem., dzelzi nevar pārvērst par zeltu. (Pašā jaunākā laikā ar sevišķiem paņēmieniem, kuŗus apskatīsim vēlāk, tomēr ir izdevies niecīgos daudzumos elementus pārvērst.)

Visizplatītākā un arī nozīmīgākā no visām pamatvielām ir skābeklis, ko starptautiskā ķīmijas literātūrā apzīmē ar simbolu O (no latīņu Oxygenium). Skābeklis ir bezkrāsaina gāze, kas gaisā sajaukta ar slāpekli un citām gāzēm. Pilnīgi tīrā skābeklī, ko var iegūt piem. no gaisa vai ūdens, vai karsējot skābekli saturošas cietas vielas (vislabāk kalija permanganātu), degt spējīgas vielas deg daudz intensīvāk nekā gaisā. Ar sevišķiem paņēmieniem (temperātūras pazeminašanu u. c.) skābekli var pārvērst arī šķidrā vai pat cietā veidā. Skābeklis atrodas nevien gaisā un ūdenī, bet arī visos organismos un gandrīz visos minerālos, piem., parastās baltās smiltis ir skābekļa savienojums ar siliciju. Zemes virskārtā, ieskaitot arī jūŗas un gaisu, caurmērā ir 49,5% skābekļa. Tātad skābeklis sastāda gandrīz pusi no visas mums tieši pieejamās vieliskās pasaules.

Sekojošā tabulā sakopoti dati par izplatītāko elementu caurmēra daudzumu dabas vielās.

Tabulā minētie 24 elementi sastāda 99,96% no visas apkārtējās vieliskās pasaules. Milzīgos daudzumos dabā ir silicijs, kas ir gandrīz visos minerālos. Arī aluminijs plaši izplatīts, tas atrodams laukšpatos un mālos. Ūeņradis ir ūdens un organisko vielu elements. 10. vietā redzam titanu, bet 20. vietā cirkoniju. Šie elementi reti kad ir lielos sakopojumos, bet to savienojumi viscaur izkaisīti mazos daudzumos. Tie dabā vairāk sastopami, nekā tādi pazīstami elementi kā alva, vaŗš, sudrabs, zelts, jods u. d. c.

Ir vērts apskatīt šos visvairāk izplatītos elementus tuvāk. Minerālu elements silicijs ir trausla, cieta viela, kas ar citiem elemen-

Tabula.

1.	Skābeklis	O	49,5	%	13.	Mangans	Mn	0,09	%
2.	Silicijs	Si	25,7		14.	Ogleklis	C	0,08	
3.	Aluminijs	Al	7,5		15.	Sērs	S	0,06	
4.	Dzelzs	Fe	4,7		16.	Barijs	Ba	0,04	
5.	Kalcijs	Ca	3,39		17.	Chroms	Cr	0,033	
6.	Natrijs	Na	2,63		18.	Slāpeklis	N	0,030	
7.	Kalijs	K	2,40		19.	Fluors	F	0,027	
8.	Magnijs	Mg	1,93		20.	Cirkonijs	Zr	0,023	
9.	Ūdeņradis	H	0,87		21.	Cinks	Zn	0,02	
10.	Titans	Ti	0,58		22.	Niķelis	Ni	0,018	
11.	Chlors	Cl	0,19		23.	Stroncijs	Sr	0,017	
12.	Fosfors	P	0,12		24.	Vanadijs	V	0,016	

tiem nesavienotā, brīvā veidā dabā nav sastopama. Aluminiju un dzelzi visi pazīstam. Arī šie elementi dabā nav sastopami brīvi, bet tikai savienojumos ar citiem elementiem, galvenā kārtā ar skābekli, kā t. s. oksidi. Natrijs un kalijs ir mīksti un viegli metalli, kas ķīmiski viegli iedarbojas ar skābekli, chloru, sēru un citiem nemetalliem. Tādēļ arī šie metalli dabā sastopami tikai savienojumos. Tas pats sakāms par kalciju un magniju.

Ūdeņradis ir visvieglākais no visiem elementiem, gāze, kas var degt, t. i. savienoties ar skābekli. Chlors ir zaļgana, smaga gāze, kas viegli savienojas ar ūdeņradi un metalliem. Tādēļ arī chlors dabā nav sastopams brīvs, bet tikai savienojumos, piem., vārāmā sāls ir chlora un natrija savienojums. Fosfors dabā visvairāk sastopams savienojumā ar skābekli un kalciju, kā t. s. kalcija fosfāts.

Ogleklis, slāpeklis un sērs nevien plaši izplatīti minerālu valstī un gaisā, bet arī dzīvos organismos. Šie trīs elementi dabā sastopami arī nesaistīti, kā ļoti tīras vielas, piem., dimants un grafits ir divi tīra oglekļa veidi. Slāpeklis ir bezkrāsaina, ķīmiski diezgan neaktīva gāze, bet sērs dzeltena, cieta, viegli kūstoša viela.

Ārkārtīgi niecīgos daudzumos dabā ir t. s. radioaktīvie elementi - radijs, polonijs, aktinijs, protaktinijs u. c. Radija ir dabā caurmērā tikai dažas biljondaļas %. Arī zelta u. c. cēlmetallu, dzīvsudraba un t. s. cēlgāžu (hēlija, neona u. c.) dabā ir visai maz. Cēlmetalli grūti savienojas ar citiem elementiem, piem., zelts neoksidējas. Cēlgāzes nedod vispār nekādus savienojumus.

Pirms apm. 15 gadiem vācu ķīmiķu pāris I. un W. Noddack'i dibinoties uz plašiem analižu materiāliem, formulēja t. s. visur

Zviedru ķīmiķis, Nobeļa prēmijas laureāts T. SVEDBERGS

atrašanās principu. Tas nosaka, ka visās vielās ir visi elementi. Ja, piem., ar modernās ķīmiskās analizes metodēm smalki izanalizē jūras ūdeni, tad tur atrod nevien ūdeņradi, skābekli, natriju, chloru, kalciju un citus pazīstamus elementus, bet arī tādus retus elementus kā cēziju, vanadiju, dzīvsudrabu, pat zeltu un radiju. Tāpat visus elementus var atrast, piem., smiltīs, sālī, kokā u. c. Elementu „retums" nav jāsaprot tā, ka tos var atrast tikai nedaudzos minerālos, bet tā, ka to caurmēra koncentrācija (t. i. daudzums samērā pret kopīgo daudzumu dotajā vielas masā) ir maza. Katram elementam ir zināma statistiska robežkoncentrācija jeb minimālais daudzums, kādā tā atrodama visur. Tā, skābeklim, dzelzij, kalcijam, natrijam un ūdeņradim šī „visur atrašanās" koncentrācija ir ap 0,00001%. Tas nozīmē, ka visās, pat vistīrākās vielās, piem., destilletā ūdenī, var atrast vismaz 0,00001% natrija, vai kalcija. Citiem, retākiem elementiem šī visuratrašanās koncentrācija ir daudz mazāka, piem., dzīvsudrabam tā ir 0,000000001%. Tas nozīmē, ka it visur dabā, piem., gaisā, ūdenī, organismos u. c. tomēr var atrast vismaz 0,000001 miligramu dzīvsudraba 100 gramos vielas.

Kā nosaka niecīgus vielu daudzumus? Parasto ķīmisko reakciju jūtība svārstās ap 0,001 mg, t. i. tādus vielu daudzumus vēl var konstatēt, piem., stobriņā ar krāsu vai duļķu reakcijām. Ar mikroķīmiskiem paņēmieniem tagad kvantitātīvi noteic pat 0,0001 mg dažādas vielas. Kā piemēru var minēt A. Stock'a dzīvsudraba noteikšanas metodi. No izmeklējamā materiāla (kas jau iepriekš sakoncentrēts) dzīvsudrabu vispirms rūpīgi izdestillē laukā, ar sevišķiem paņēmieniem atšķirot no citām gaistošām vielām. Iztvaicēto metallu pēc tam pārvērš par chlorīdu un šo savienojumu sadala ar elektrību. Atbrīvoto dzīvsudrabu beidzot pārdestillē tievā caurulītē. Metalla tvaiki tur sabiezē, veidojot mazu, mikroskopisku pilienu. Tas ir tik maziņš, ka to nevar nosvērt pat uz visjūtīgākiem svariem. Tādēļ to mikroskopiski izmērī un tad aplēš tā svaru. Tādā ceļā Štoks viegli nosaka līdz 0,0001 mg dzīvsudraba un pierāda, ka šis metalls atrodams visur. Piem., 100 gramos dažādās zemēs ir 0,0001 līdz 0,008 mg, bet 1 litrā ūdens 0,00001—0,0002 mg dzīvsudraba. Pat dažādās uztura vielās atrod ap 0,0001—0,01 mg šā metalla katros 100 g.

Līdzīga ir Habera zelta noteikšanas metode, pie kam šis ķīmiķis niecīgus zelta daudzumus konstatēja katrā jūras vai upes ūdenī. Dažādās zemēs pieteiktas pat daudzas patentes, kur ieteikti visādi šā izkliedētā zelta iegūšanas paņēmieni. Bet ne-

viens no šiem priekšlikumiem nav izmantojams, jo zelta koncentrācija ir pārāk niecīga.

Vēl jūtīgākas ir spektroskopiskās metodes. Ar tām var noteikt līdz 0,0000001 mg natrija, un pat līdz biljondaļai mg ūdeņraža. Ar ultramikroskopu var konstatēt, bet elektronu mikroskopā pat var tieši redzēt zelta, sudraba vai platina daļiņas, kuŗu caurmērs ir vairs tikai dažas miljondaļas milimetra, un kuŗu svars ir dažas tūkstošbiljonās daļas mg (šādā niecīgā vienībā tomēr vēl ir daži tūkstoši atomu).

Visjūtīgākās ir radioaktīvo vielu pētīšanas metodes, ar kuŗu palīdzību var konstatēt atsevišķus atomus.

Tālāk, dabas procesu un technikas izpratnei nozīmīgas ir pamatvielu ķīmiskās īpašības. Šai ziņā pamatvielas mēdz iedalīt divās grupās: metallos un nemetallos. Pie metalliem pieder aluminijs, dzelzs, natrijs, kalijs, kalcijs, magnijs, cinks u. d. c., pie nemetalliem skābeklis, slāpekļis, sērs, chlors. Metalli ķīmiski vislabāk iedarbojas ar nemetalliem, piem., natrijs ļoti enerģiski iedarbojas jeb reaģē ar chloru, skābekli vai sēru. Metalls ar metallu turpretim lāga nesavienojas. Nemetalls pret nemetallu izturas diezgan dažādi: skābeklis samērā viegli iedarbojas uz sēru un fosforu, grūtāk tas savienojams ar slāpekli vai chloru. Ūdeņradis ir īpatnējs. Šī gāze pēc savām fizikālām īpašībām ir nemetalls, bet ķīmisko īpašību ziņā ir līdzīga metalliem, piem., tā viegli savienojas ar chloru un ar skābekli.

Katram elementam ir savs starptautisks simbols, piem., skābeklim tas ir O, bet ūdeņradim H, chloram Cl, natrijam Na, sēram S, dzelzij Fe. Kad ūdeņradis savienojas ar chloru - rodas chlorūdeņradis HCl. Kad ūdeņradis savienojas ar skābekli - rodas ūdens H_2O. HCl un H_2O ir chlorūdeņraža un ūdens formulas.

Chlorūdeņraža šķīdumu ūdenī sauc par sālsskābi. Tās H viegli apmaināms pret kādu metallu, piem., ja to apmainīsim ar natriju Na, tad dabūsim vārāmo sāli NaCl. To var panākt, ja natriju iemet sālsskābē. Iedarbība tad tik spēcīga, ka natrija gabaliņš var pat uzliesmot.

Bez sālsskābes pazīstamas vēl daudzas citas skābes, piem., sērskābe, ogļskābe, fosforskābe. Visās skābēs ir ūdeņradis. Skābēm pretējs raksturs piemīt t. s. bazēm jeb sārmiem. Kad natriju iemetam ūdenī, tas šņākdams skrien pa ūdens virsu un pamazām izšķīst. Šķīdums ir sārmains, glums, kodīgs. Bet to varam neitrālizēt ar kādu skābi. Ja natrija sārma neitrālizēšanai izmantosim sālsskābi, tad dabūsim natrija chloridu jeb vārāmo sāli. Natrija sārma formula ir NaOH. Tā neitrālizēšanu ar sālsskābi

varam izteikt ar sekojoša vienādojuma palīdzību: $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$. Vārdos: natrija sārms reaģē ar sālsskābi un pārvēršas par chlornatriju un ūdeni.

Kad elementi savienojas ar skābekli, tad rodas dažādi oksidi, piem., H_2O ūdens ir ūdenraža oksids, CO_2 ir ogļskābā gāze jeb oglekļa oksids, CaO ir kalcija oksids (dedzinātie kaļķi). Nemetallu oksidiem ir „skābs raksturs", tie viegli dod skābes, bet metallu oksidi ir baziski. Baziskas vielas vienmēr reaģē ar skābām, piem., CaO ar sērskābi.

Vielu aktīvitāti noteic ķīmiskās enerģijas daudzums, kas slēpjas dotajā vielā. Piem., skābeklī un ūdeņradī ir daudz enerģijas, to maisījums var pat eksplodēt ar lielu spēku (sprāgstošā gāze), pie kam kā reakcijas produkts rodas ūdens tvaiks. Ūdenī nav necik liels ķīmiskās enerģijas daudzums. Tāpat natrijs tur sevī daudz, bet natrija chlorids maz ķīmiskās enerģijas. Visās sprāgstvielās un degvielās ir daudz, bet degšanas produktos, pelnos, smiltīs, sālīs u. c. maz enerģijas. Degšanas un eksplozijas reakcijās daļa enerģijas atbrīvojas kā siltums, gaisma un mechaniska darbība.

V. DABAS PAMATLIKUMI

Dabas likumi ir tās vispārīgās atziņas, ko zinātne izteic par dabas īpašībām. Šīs atziņas var atklāt ar novērojumu un izmēģinājumu palīdzību (t. i. empīriski), vai arī loģiski - matēmatiskā, vai tīri intuitīvā ceļā kā pašsaprotamas, aksiomātiskas atziņas. Parasti dabas likumu atklāšanā apvienojas kā empīriskā saskarsme ar faktiem, tā intuitīvais ieskatījums un arī loģiski - matēmatiskā metode.

Ko īsti uzskatīt par dabas pamatlikumu, tas vēl diskutējams jautājums. Te iespējama zināma izvēle, kas nedrīkst būt subjektīvi vienpusīga. Jāsargās arī sajaukt definīcijas un pieņēmumus vai metodiska rakstura principus ar dabas likumiem. Tā teikums, ka vielas īpatnējais svars ir vienāds ar tās svaru, kas dalīts ar tilpumu, nav dabas likums, bet definīcija. Turpretim teikums: „katrs šķidrumā iegremdēts ķermenis zaudē no sava svara tik, cik sveŗ ar tā tilpumu vienāds šķidruma tilpums", izteic dabas likumu.

Parastā metode, kas ved pie dabas likumu atklāšanas, ir e k s p e r i m e n t s, pie kam nosaka - kā mainās kāds lielums, ja maina

kādu citu lielumu. Piem., ja grib uzzināt likumu, pēc kuŗa mainās ķermeņa tilpums atkarībā no temperātūras, tad mērī tilpumu pie dažādām temperātūrām. Dabū divas skaitļu rindas: vienu, kas izteic tilpuma lielumu, un otru, kas izteic temperātūru, pie kam starp abām rindām ir noteikta skaitliska sakarība. Dažādās mēģinājumu serijās skaitļi var būt dažādi, bet skaitliskās attiecības, kas izteic viena lieluma atkarību no otra, būs vienas un tās pašas. Dabas likums tātad izteic starp lielumiem pastāvošās nemainīgās skaitliskās attiecības. Tā salīdzinot, kā mainās dažādi lielumi atkarībā no citu lielumu maiņas (piem., gāzes tilpums no spiediena vai šķīdumu sasalšanas temperātūra no izšķidinātās vielas koncentrācijas u. t. t.) dabū veselu rindu dabas likumu, kam tomēr vairāk vai mazāk speciāls raksturs. Par pamatlikumiem tos saukt nevar. Vispārīgie dabas likumi jeb pamatlikumi būs tie, kas skaŗ visas norises, visus objektus.

Viens no nozīmīgākiem pamatlikumiem ir vielas neiznīcības likums, ko zinātniski pamatoja un skaidri izteica 18. gadsimta beigās franču ķīmiķis Lavuazjē (Lavoisier) un jau agrāk krievu zinātnieks Lomonosovs. Vielas neiznīcības likums izteic atziņu, ka dažādās ķīmiskās reakcijās viela neiznīkst un nerodas no nekā. Ja vielas ķīmiski pārvēršas, tad to kopsvars pirms un pēc reakcijas ir viens un tas pats. Piem., ja dedzinām a gramus ogles, tā pievieno b gramu skābekļa, pie kam degšanas produktu (ogļskābās gāzes u. c.) kopsvars ir taisni $a + b$. Ja ar elektrību būs sadalīti a grami ūdens, tad dabūsim b gramus skābekļa un c gramus ūdeņraža, pie kam vienmēr $a = b + c$.

Otrs tikpat nozīmīgs pamatlikums ir enerģijas neiznīcības likums, ko mechanikā bija izpratis jau 1673. gadā Higenss (Huygens), bet visiem enerģijas veidiem to vispārināja R. Maijers (1840. g.) un Džūls (1843. g.) Kamēr vielas neiznīcības likumu atklāja galvenā kārtā ar mēģinājumu palīdzību, enerģijas neiznīcības likums atvasināts gandrīz tīri loģiskā ceļā. Tā R. Maijers to atvasina, pamatojoties uz kauzālitātes jeb cēloņības principu, kas izteic procesu vai maiņu sakarību un nepārtrauktību, procesi rada procesus, procesi ceļas no procesiem un nevar izbeigties par „neko". Bet jēdzieni „process" un „maiņa" ir nenoteikti, fizikāli grūti raksturojami, tādēl zinātnē nerunā par procesu vai maiņas neiznīcību, bet ieved sevišķus, matēmatiski viegli raksturojamus lielumus. Tādi lielumi ir „impulss" un „enerģija", kas zināmā ziņā formāli. Impulss jeb kustības daudzums ir kāda ķermeņa masas un ātruma reizinājums. Ja kāds ķermenis, saduŗoties ar citiem, maina savu impulsu, tad tādā pat mērā mai-

nās citu sadursmes partneru impulss, t. i., kādas noslēgtas sistēmas kopimpulss, lai gan to iekšējo sastāvdaļu impulsi var mainīties, ir konstants, nemainīgs. Enerģija savukārt ir masas reizinājums ar ātruma kvadrātu. Kustīgi ķermeņi var savu enerģiju atdot citiem, t. i., enerģija var tikt pārnesta, bet tā nevar zust. Citādi izteicoties: kādas noslēgtas sistēmas enerģija, vienalga kādi procesi tur iekšā norisinātos, nevar nedz pieaugt, nedz samazināties, bet paliek nemainīga. Tas attiecas nevien uz mechanisko enerģiju, bet arī uz citiem enerģijas veidiem - siltumu, gaismu, elektrisko enerģiju. Siltums, kas rodas vielām sadegot, nav radies no nekā, vai no vielas, bet no degvielās slēptās ķīmiskās enerģijas. Oglē un skābeklī ir daudz ķīmiskās enerģijas, bet degšanas produktos maz un taisni par tik mazāk, cik tā atbrīvojusies degšanas procesā. Saules starotā enerģija augu lapās pa daļai pārvēršas siltumā, pa daļai ķīmiskā enerģijā, kas tiek iesaistīta augu lapās pārveidoto vielu daļiņās. Kad dzīvnieks augu apēd, tā organismā augu vielas tiek ķīmiski pārveidotas, pie kam ķīmiskā enerģija pārvēršas siltumā un kustības enerģijā. Kad ūdens kinētiskā enerģija ar ūdens turbīnas starpniecību griež dinamo, tā pārvēršas elektriskā enerģijā, kas savukārt var pārvērsties siltumā, gaismā vai citādi.

Enerģijas neiznīcības likums tagad ir visas fizikas un ķīmijas pamats. Nav nevienas parādības dabā, kas norādītu pretējo, t. i., enerģijas rašanos no „nekā", kādas norises vai kustības brīnumainu sākšanos bez jebkāda cēloņa. Ja arī cēloņi dažreiz nezināmi, nav pamata pieņemt, ka tādu nav.

Tomēr pirms dažiem gadu desmitiem nāca atklājumi, kas spieda enerģijas un arī vielas neiznīcības likumus izprast drusku savādāk nekā agrāk. Tie bija sensācionālie atklājumi par atoma sabrukšanu un atomu iekšējo enerģiju. Liels svars bija arī relatīvitātes teorijas slēdzieniem par masas maiņu ar ātrumu un iespēju masu pārrēķināt brīvā kinētiskā enerģijā. Tagad zinām, ka enerģija var rasties nevien no enerģijas, bet arī no materijas kā tādas, tieši no masas. Vielas atomi nav neiznīcīgi, bet var sabrukt un pa daļai pārvērsties brīvā, kinētiskā enerģijā. Un arī otrādi - enerģija, piem., gaisma var materiālizēties, kļūt par daļiņām. Vai ar to enerģijas un vielas neiznīcības likumi būtu apšaubīti? Nē, - tie tikai jāizprot citādāk nekā agrāk. Tie saplūduši vienā materijas-enerģijas jeb fizikālās substances neiznīcības likumā. Tas nozīmē sekojošo: enerģija var pārvērsties nevien citos enerģijas veidos, bet arī materijā, un no materijas tā arī var rasties. Tāpat

arī dažādie materijas veidi var ne tik vien pārvērsties cits citā, bet arī enerģijā, pie kam pārvēršanās notiek pēc noteiktiem, pazīstamiem likumiem: katra masa var dot enerģiju, kas vienāda ar masas daudzuma reizinājumu ar gaismas ātrumu (c) kvadratā (c^2).

Enerģijas neiznīcības likumu vēl papildina kāds arī visai nozīmīgs dabas likums, ko apzīmē par enerģijas izklīšanas jeb entropijas likumu. Tam sevišķa nozīme siltuma mācībā, jo tas izteic patiesību, ka visu siltumu pārvērst darbā nav iespējams. Daļa siltuma vienmēr izklīst apkārtnē. Citādi izsakoties: nav iespējams konstruēt tādu mašīnu, kas no apkārtnes koncentrē siltumu, piem., to iegūtu no jūras ūdens. Saskaņā ar entropijas likumu tātad enerģija vai enerģija-materija gan neiznīkst, bet arvien vairāk izklīst. Tas piešķir dabas procesiem, visā to kopumā, ņemot, zināmu virzienu. Enerģija izklīst, visas enerģijas starpības pamazām izlīdzinās, un visums tuvojas sastingumam. Tomēr arī šiem slēdzieniem nepieciešami papildinājumi, un sevišķi mikrokosmā, atomu pasaules parādībās, entropijas likums nav viscaur piemērojams tik droši kā materijas-enerģijas neiznīcības likums.

Ļoti vispārīga nozīme vēl ir ķīmijas pamatlikumiem, kas izteic patiesības par kvantitātīva rakstura dažādībām. Tā, vispirms tīri empīriskā izmēģinājumu ceļā tika atklāts likums, ka pamatvielas ķīmiski savienojas tikai pilnīgi noteiktos, nemainīgos svara daudzumos. Tas vispārināms arī uz visām ķīmiskām reakcījām šādā veidā: vielas ķīmiski reaģē tikai pilnīgi noteiktās, nemainīgās svara attiecībās. Piem., ūkābeklis savienojas ar udeņradi vienmēr tā, ka 8 svara daļas skābekļa pievieno 1 svara daļu ūdeņraža, bet nevar notikt, piem., tā, ka 1 svara daļa skābekļa savienotos ar 1 svara daļu udeņraža, vai 1 sv. daļa ar 20 vai 30 svara daļām. Šim likumam radniecīgi vēl divi citi. Viens no tiem šāds: ja divi ķīmiski elementi a un b var dot nevien vienu, bet vairākus ķīmiskus savienojumus, tad tie elementa b daudzumi, kas savienojas ar 1 sv. daļu elementa a, attiecas cits pret citu kā mazi veseli skaitļi. Piem., skābeklis un ūdeņradis var savienoties nevien par ūdeni, bet arī par ūdeņraža peroksidu. Ūdenī uz 1 sv. daļu ūdeņraža ir 8 sv. daļas skābekļa, bet peroksidā - 16. Skaitļu 8 un 16 attiecība ir 1 : 2. Otrs nemainīgo svara daudzumu likumam radniecīgais pamatlikums ir par gāzu tilpumiem ķīmiskās reakcijās. To formulē šādi: ja ķīmiski reaģē gāzes, to tilpumi attiecas cits pret citu kā mazi, konstanti skaitļi. Piem., 1 litrs ūdeņraža savienojas taisni ar 1 litru chlora.

Šo likumu interpretācija (un vēl citi fakti), kā zināms, veda pie

fundamentālās atziņas par vielu kvantveidīgo struktūru, t. i., pie mācības par atomiem un molekulām. Atziņas, ka visi ķīmiskie savienojumi sastāv no sīkdaļiņām - molekulām - kas ir vismazākās šo vielu daļiņas, un, ka ķīmiskie elementi sastāv no ķīmiski nedalāmām vienībām - atomiem - tagad var uzskatīt par fundamentālu patiesību.

Patiesība par dabiskās substances sadalījumu ir viena no vispārīgākā rakstura atziņām par dabas īpašībām, kur mācība par atomiem un molekulām ietelp tikai kā atsevišķs, speciāls piemērs. Vispārīgā veidā šo patiesību kā dabas pamatlikumu var formulēt šādi:

Materija-enerģija jeb pasaules fizikālā substance nav izplatīta vienmērīgi vai chaotiskā dažādībā, bet izveido noteiktas, vairāk vai mazāk vienādas vienības, pie kam daudzas mazas vienības sastāda lielākas sistēmas, kas kā vienības savukārt ietelp kādā vēl lielākā vienību kopā, u. t. t. Piem., visi ķimiskie elementi sastāv no atsevišķām vienībām - atomiem. Tie savukārt sakopoti molekulās, tā, piem., katrā biešu cukura molekulā ir 12 ogļekļa atomi, 22 udeņraža atomi un 11 skābekļa atomi. Cukura molekulas savukārt sagrupētas vēl lielākās sistēmās - kristallos. Cits piemērs: olbaltumvielu jeb proteīnu molekulās ir tūkstoši atomu. Daudzi miljoni proteīna molekulu (kopā ar vēl citu vielu molekulām) izveido šūniņas. Bet daudzas šūniņas kopā savukārt izveido organismu. Līdzīga uzbūve fizikālai pasaulei ir tālāk makro- un mikrokosmā. Atomu un molekulu kopas izveido debess ķermeņus, kas savukārt kā aptuveni līdzīga lieluma vienības sastāda lielas kopas - galaktikas. Tas pats redzams mikropasaulēs: tagad zinām, ka arī atomi ir sistēmas, kas sastāv no mazākām vienībām. Atomos ir protoni, neitroni un elektroni. Elektroni nav nekas cits, kā elektrības lādiņu vienības, „elektrības atomi". Elektrība arī sastāv no vienībām, tāpat kā viela. Un vēl tālāk - šā gadsimta sākumā fiziķi, dibinoties uz eksperimentāliem faktiem un skaidriem teorētiskiem slēdzieniem, bija spiesti pieņemt, ka arī gaismai un pat visiem enerģijas veidiem vispār ir kvantveidīga struktūra. Daļiņas, kas svārstās (oscillātori), nevar uzņemt un raidīt enerģiju jebkuŗos daudzumos, bet tikai pilnīgi noteiktās porcijās (kvantos).

Skaidrs, ka šīm patiesībām par fizikālās substances sadalījumu liela nozīme pasaules uzskata veidošanā. Pirmkārt, jauno atklājumu piemēri makro- un mikrokosmā ved pie jautājumiem: vai fizikālais universs (kas tagadnes kosmologijas izpratnē ir galīga

sistēma) ir pēdējā robeža? Vai tā nevar būt tikai kāda atsevišķa vienība kādā vēl augstākas pakāpes (lielākā) vienībā? Un tāpat - vai elektroni būtu pēdējās iespējamās mikrovienības? Vai tās tāpat nevar būt mazāku vienību kopas? Ja tās pieņemtu par pēdējām robežvienībām, vai ar to netiktu izdarīta tāda pat kļūda kā kādreiz ar atomiem, kad tos uzskatīja par pēdējo robežu?

Šie jautājumi vēl tālāk iekustina domas arī par atsevišķo vienību kopsakaru. Vai tās norobežotas, pilnīgi diskrētas, neatkarīgas, vai arī atrodas ciešā kopsakarā. Starp elektrības lādiņiem valda pievilkšanās un atgrūšanās, ko nosaka Kulona (Coulomb) atklātais likums (spēks, ar kādu divi lādiņi, piem., elektroni, pievelkas vai atgrūžas, ir proporcionāls lādiņu lielumam un pretēji proporcionāls attāluma kvadrātam). Elektrības lādiņi tātad saistīti cits ar citu. Tāpat lielas, elektriski neitrālas materijas kopas pievelkas pēc zināmiem likumiem. Vienības nav neatkarīgas.

Pēdējā laikā lielu saviļņojumu radījis vācu teorētiķa Heisenberga atklātais nenoteiktības princips. Tas izteic neiespējamību vienlaicīgi pilnīgi precīzi noteikt atomu mikroprocesos tādus divus lielumus, kuru reizinājumam ir iedarbības (enerģija reiz laiks) dimensijas. Tādi lielumi ir, piem., attālums un impulss. Nav iespējams, piem., pilnīgi precīzi noteikt elektrona vietu un ātrumu, ko noteic impulss vai otrādi. Ja vienu noteic pilnīgi precīzi, tad otrs paliek pilnīgi nenoteikts. Uzskatāmi tas jāmēģina izprast šādējādi. Elektrona vietu un ātrumu nav absolūti precīzi iespējams noteikt tādēļ, ka uz to kaut kā jāiedarbojas, pie kam tas tiek ietekmēts. Piem., ja būtu izgudrots tāds mikroskops, kur elektronu var redzēt, tad tā konstatēšanai būtu jālieto gaisma, kam ārkārtīgi īsi viļņi; bet tāda īsviļņu gaisma, piem., t. s. gamma stari, ir ļoti enerģiski - tie elektronu izsit no vietas. Bet ja ņemtu mazāk enerģisku gaismu, tad ap elektronu notiktu tās atliekšana un elektrona vietā būtu redzama gaismas ripiņa, kas tikai aptuveni norāda uz elektrona atrašanos.

Daži zinātnieki un filozofi nu domā, ka ar to pierādīta dabas procesu „nenoteiktība" vai chaotiskais raksturs. Patiesībā tomēr nenoteiktības princips, kam gan liela nozīme mikroprocesu izpratnē, nav dabas likums, bet metodisks princips. Heisenberga nenoteiktības princips izteic vienīgi absolūti precīzas noteikšanas neiespējamību, bet neko nesaka par pašu dabas procesu noteiktību vai nenoteiktību. Īstie dabas likumi, kas izteic sakarības starp lielumiem un pamatvienību savstarpējo iedarbību, norāda, ka dabā valda kārtība un likumība. To pašu izteic arī likums par

fizikālās substances sadalījumu vienībās, likumi par kustību harmoniskām īpašībām un savstarpējām sakarībām.

Dabas likumi paši kā tādi nav dabiskas reālitātes, nav dabā līdzīgi atomiem, cilvēkiem vai zvaigznēm. Dabas likumi izteic mūsu atziņas par dabu un dabas procesiem. Tātad tie ir cilvēka gara, cilvēka pētnieciskās aktīvitātes produkts. Tomēr dabas likumi atšķiras no daudziem citiem mūsu izteiktiem apgalvojumiem un konstrukcijām ar to, ka tie atbilst kaut kam, neatkarīgi no mums īsteni esošam. Dabas likumus nevaram dabai uzspiest, nevaram izfantazēt un patvaļīgi pieņemt vai nepieņemt, bet par pareizību jāpārliecinās, griežoties pie dabas pašas.

Eksaktā zinātne dabas likumus cenšas formulēt matēmatiski. Tas iespējams tomēr tikai tad, ja dabas parādību aprakstīšanā varam lietot noteiktus mērījamus lielumus, piem., garumus, tilpumu, ātrumu, vielas daudzumu, temperātūru, elektriskā potenciāla starpības u. t. t. Lai nu vispār dabūtu kādus skaitļus, lielumi ir jāmērī ar zināmām mēra vienībām. Dažādie skaitļi, kādus dabūsim, būs atkarīgi no mēru vienībām, piem., laiku varam mērīt sekundēs vai minūtēs, attālumu centimetros vai collās. Attālums no zemes līdz saulei kilometros ir citāds nekā angļu jūdzēs.

Fizikā ir pamatlielumi un pamatvienības ar kuŗām šos lielumus izteic. Pamatlielumi ir: garums, ilgums un masa, pēc dažu fiziķu priekšlikuma arī vēl elektrības lādiņš.

Attiecīgās mēra vienības ir: garumam - centimetrs, ilgumam vai laikam - sekunde un masai - grams. Šī tagadnes fizikā lietotā vienību sistēma izvēlēta patvaļīgi. Daba nespiež izvēlēties ne lielumus ne mēra vienības.

Mūsu garuma mēra vienība - 1 centimetrs (cm) - ir 1/100 metra, pie kam 1 metrs ir apmēram viena desmitmiljonā daļa no tā attāluma, kas starp zemes lodes polu un ekvātoru. Īsti precīzais metrs tomēr ir kāds no platīna un iridija kausējuma veidots pirmmetrs, kas glabājas Parizē. Sekunde savukārt tiek definēta tā, ka $60 \times 60 \times 24 = 86\,400$ sekundes ir vienlīdzīgas vienai vidējai saules dienai. Masas vienība - grams ir 1 kubikcentimetra pilnīgi tīra ūdens masa pie 4° C, pie kam arī masai ir internacionāls, Parizē uzglabāts platīna-iridija pirmkilograms, kuŗa 1/1000 ir grams.

Visi pārējie lielumi, piem. tilpums, ātrums, blīvums, enerģija u. c. ir atvasināti lielumi, piem. ātrumu dabū, ja garumu dala ar ilgumu, un ātruma vienība ir cm/sek.

Nav jādomā, ka vienību izvēles iespējas zinātnei piešķir nenoteiktību. Taisni otrādi: viegli pārliecināties, ka arī izvēloties

citas pamatvienības, likumu matēmatiskie formulējumi, to būtiskais saturs, tomēr nemainās. Mainīsies vienīgi t. s. konstanšu skaitliskie lielumi. Piem., ķīmisko reakciju ātrums, paceļot temperātūru par 10° C pieaug apm. 2 reizes. Ja temperāturu mērīsim Farenheita grados, tad pa 10° F pieaugums būs daudz mazāks. Gaismas ātrums ir konstants lielums, apm. 300 000 km/sek, vai, precīzāk ņemot, $2{,}99774.10^{10}$ cm/sek. Ja to pašu izteiksim, piem., angļu pēdās (foot) un sekundēs, tad skaitlis būs citāds.

Pēc Ņutona (Newton) starp divi masām m_1 un m_2 pastāvošais gravitācijas spēks F ir tieši proporcionāls šo masu lielumiem un pretēji proporcionāls attāluma kvadrātam r^2, ko izteic vienādojums $F = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$. G. Šeit G ir t. s. gravitācijas konstante. Ja masas mērīsim gramos un attālumus centimetros, tad $G = 6{,}685 \cdot 10^{-8}$ dini reiz cm^2/g^2, t. i. divi masu punkti, kuŗu m = 1 g un attālums 1 cm, pievelkas ar neiedomājami niecīgu spēku $6{,}685 \cdot 10^{-8}$ dini (1 dins ir tas spēks, kas 1 g smagai masai piešķiŗ paātrinājumu 1 cm/sek^2). (Ja vienādojumā m_1, m_2 un r = 1, tad F = G.) Skaidrs, ka gravitāvijas konstantei būs cits skaitliskais lielums, ja masu un attālumus izteiksim kādās citās vienībās. Pats likums tomēr ar to nemainās. Likuma jēga neatkarīga no izvēlētām mēra vienībām tāpat, kā tā nav atkarīga no simboliem, valodas u. c. izteiksmes līdzekļiem.

Gravitācijas likumam analoģisks ir Kulona (Coulomb) likums par divu lādiņu pievilkšanos (ja tiem pretējas zīmes) vai atgrūšanos (ja tiem vienādas zīmes, piem., — un —). Ja e_1 un e_2 ir divi lādiņi, kas atrodas attālumā r, tad spēks, ar ko tie pievelkas, vai atgrūžas F būs:

$$F = \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}.$$

Šai formulējumā nu var vai nu lādiņu pieņemt par pamatlielumu, vai atvasināt to no gaŗuma, laika un masas. Ja to pieņem par pamatlielumu, tad formulējumā, t. i. augšējā vienādojumā vēl jāieved konstante, kas izteiks tā spēka lielumu, ar kādu pievelkas divas elektriskā lādiņa vienības. Ja konstanti neievedam, tad lādiņa t. s. dimensijas varam atvasināt no spēka un attāluma dimensijām. Ja $e_1 = e_2$, tad $F \cdot r^2 = e^2$. Spēka F dimensijas ir $g \cdot cm/sek.^2$, jo spēks ir masas un paātrinājuma reizinājums, pēc definīcijas (paātrinājums ir proporcionāls spēkam un pretēji proporcionāls masai). Bet tā kā r^2 dimensija ir cm^2, tad iznāk, ka e^2 dimensija ir $g \cdot cm^3/sek^2$, vai e dimensijas $g^{1/2} \cdot cm^{3/2} \cdot sek$.

Zinātnē lietotie jēdzieni „ātrums", „paātrinājums", „spēks", „elektr. lādiņš" u. c., tāpat kā pamatlielumi (attālums, laiks, masa) nav reālitātes, kas eksistē līdzīgi atomiem vai debess ķermeņiem. Visi šie jēdzieni ir mūsu darinājumi, lai labāk varētu dabas parādībās orientēties. Tāpat kā izvēlamies vienības, tā izvēlamies un atvasinām lielumus. Piem., enerģija ir spēka un attāluma reizinājums un tās mēra vienība ergs ir 1 dinas . 1 cm, bet tās dimensijas iznāk $g . cm^2/sek^2$. (Cilvēks, kas uzkāpj no viena stāva nākošajā, patērē ap $3 . 10^{10}$ ergu). Ja tālāk enerģiju reizina ar attālumu, tad dabū darbību, kas atkal ir jauns lielums. Tā zinātne operē ar visādiem vairāk vai mazāk atvasinātiem lielumiem.

Kā jau to redzējām piemērā ar elektrības lādiņu, to var uzskatīt vai nu par pamatlielumu, vai arī atvasināt. Daži fiziķi to ieteic uzskatīt par pamatlielumu tādēļ, ka tie ir visa materiālā pamats. Bet varam arī pat masu atvasināt un izteikt ar cm un sek. Ja Ņutona likumā atmetam konstanti G, tad $F = g . cm/sek^2 = g^2/cm^2$ un $g = cm^3/sek^2$. Masas dimensija iznāk tilpuma un laika kvadrāta dalījums jeb attiecība. Ja uzskatām elektrības lādiņu par pamatvienību e, tad varam arī ar e izteikt masas dimensijas. Pēc Kulona likuma $F = g . cm/sek^2 = e^2/cm^2$, no kurienes $g = e^2 . sek^2/cm^3$.

Zinātnē lietotie jēdzieni „masa", „enerģija" u. c. tātad apmaināmi ar citiem, ja vien tas izrādītos par vajadzīgu. Īstenības īpašības nespiež zinātni taisni vienu vai otru pieņemt uz visiem laikiem. Šeit varam pilnīgi brīvi izvēlēties. Pamatlielumu un vienību izvēle mūs netuvina patiesībai un neattālina no tās.

Lielumus un mēra vienības var izvēlēties un te neesam saistīti ar reālitāti. Turpretim s k a i t l i s k ā s a t t i e c ī b a s saistītas ar reālitāti un tās izvēlēties nevaram. Protona masa gramos ir $1,67 . 10^{-24}$g, bet elektrona masa $0,91 . 10^{-27}$g. Šos skaitļus mēdz saukt par absolūtiem atomsvariem, bet tas var maldināt. Patiesībā šo skaitļu lielums atkarīgs no vienības, un ja par masas vienību izvēlamies kādu citu, nevis gramu, tad šie skaitļi mainās. Pavisam citādi tas ir ar skaitlisko attiecību, kas rāda, cik reizes protons smagāks par elektronu. Šī attiecība ir kā 1 pret 1837,3. Tā p i l n ī g i n e a t k a r ī g a no izvēlētām vienībām un var mainīties tikai līdz ar noteikšanas metožu precīzitāti. Tāpat konstantas ir skaitliskās attiecības, kas nosaka, par cik mainīsies gāzes tilpums, ja gāzi saspiedīsim dažādā mērā, vienalga kādās vienībās mērīsim tilpumu un spiedienu. Konstantas ir pamatvielu savienošanās svaru attiecības, gāzu tilpuma attiecības ķīmiskās reakcijās, tāpat, piem., attiecības starp ķīmiskās reakcijas ātrumu un temperātūru, vai šķīstamību un temperātūru u. t. t.

Skaitliskās attiecības starp lielumiem, t. i. tas likums, kas izsaka lielumu attiecības, ir nemainīgs. Šī nemainība skaidri norāda uz dabas parādību objektīvo reālitāti un neatkarību no mūsu pieejas. Patiesi esošo varam izteikt ar dažādiem izteiksmes līdzekļiem, kas atkarīgi no mūsu izvēles un kur parasti izvēlas visvienkāršākos un ērtākos līdzekļus. Ar šiem dažādiem līdzekļiem īsteni esošo var izteikt dažādā mērā pareizi un precīzi, pie kam pareizības un precīzitātes pakāpe atkarīga no pētīšanas metožu pilnības.

Šīs atziņas neapstrīd fakti par dabas likumu pastāvīgo papildināšanu un korrigēšanu. Relātīvitātes teorija nav mechanikas likumus apgāzusi, bet tikai papildinājusi. Kamēr agrāk pieņēma, ka kustīga ķermeņa masa nemainās, relātīvitātes teorija pamatoja un pierādīja masas maiņu ar ātrumu. Šī masas maiņa pie parastiem ātrumiem tomēr nav konstatējama. Tā parādās tikai tad, kad kustības ātrums tuvojas gaismas ātrumam, piem., elektroniem katoda staros. Mašīnu daļu visātrākās kustībās šī masas maiņa nav konstatējama. Turklāt lielu ātrumu gadījumos šīs maiņas ir atkal stingri noteiktas, likumiskas.

VI. ATOMU UN MOLEKULU PASAULES

Jau pirms apmēram 2500 gadiem sengrieķu pētnieki Demokrits un Leikips izteica domu, ka visas vielas sastāv no ārkārtīgi sīkām, tālāk nedalāmām daļiņām - atomiem. Vairāk kā 2000 gadu šī doma palika zinātnē kā vairāk vai mazāk atzīta hipoteze. Tikai 19. gadsimta sākumā, kad angļu zinātnieks Daltons atklāja pamatvielu savienošanās likumus, atomu hipoteze kļuva par drošu teoriju. Ja 4 svara daļas sēra savienojas ar 7 svara daļām dzelzs (bet ne 4 ar 5 u. t. t.), tad to ļoti labi varam saprast no atomu mācības viedokļa. Droši vien savienojas tikai pilnīgi noteikts atomu skaits un atomiem ir pilnīgi noteikts, nemainīgs svars. Visvienkāršāk pieņemt, ka 1 sēra atoms pievieno 1 dzelzs atomu, pie kam sēra atomu svars attiecas pret dzelzs atomu svaru kā 4 : 7.

Tā tas arī patiesībā ir. 4 gramos sēra ir neaptveřams skaits sēra atomu. Tāpat 7 gramos dzelzs ir tāds pat milzīgs skaits dzelzs atomu. Savienošanās reakcijā, kas norisinās ar lielu enerģijas daudzumu atbrīvošanu (visa masa kvēlo), katrs sēra atoms savie-

nojas ar vienu dzelzs atomu pa pārim. No sēra un dzelzs rodas sērdzelzs.

Bet sērs ar dzelzi var dot arī vēl otru savienojumu - pirītu. Tajā sēra taisni divreiz vairāk, nekā sērdzelzī, proti uz 7 g dzelzs 8 g sēra. Jau pirms vairāk kā 100 gadiem zinātnieki pieņēma, ka pirītā 1 dzelzs atoms savienots ar 2 sēra atomiem. Ar modernajām pētīšanas metodēm tas tagad droši apstiprināts.

Tāda pat svara daudzumu un atoma skaita noteiktība ir neskaitāmos citos ķīmisku reakciju piemēros. No atomu mācības viedokļa tās bija itin labi saprotamas. Valdīja doma, ka visas pamatvielas sastāv no atomiem, pie kam atomu veidu ir tik, cik pamatvielu. Visi vienas un tās pašas pamatvielas, piem., visi sēra vai dzelzs atomi ir vienādi. Un tā kā viss vieliskais pasaulē veidots no pamatvielām, tad var arī teikt, ka viss sastāv no atomiem. Nevien kādas sevišķas vielas, bet vispār viss - minerāli, ūdens, stādi, dzīvnieki, gaiss, zvaigznes, grāmatas, dimanti - sastāv no atomiem.

Vēl 19. gadsimta pirmā pusē tomēr atomu mācībā bij tikai teorija. Par atomu īsto lielumu, svaru un skaitu neviens neko droši nezināja. Ķīmija te nekādus tālākus pierādījumus nevarēja sniegt un bija ķīmiķi, kas atomus nemaz neatzina.

Milzīga nozīme šo atzinumu attīstībā bija fiziķu pētījumiem par gāzēm, kas deva t. s. molekulāri-kinētisko gāzu teoriju. Bija jāpieņem, ka gāzes sastāv no sīkdaļiņām jeb molekulām, kas atrodas nepārtraúktā, pilnīgi chaotiskā kustībā. Avogadro nāca pie slēdziena, ka vienādos gāzu tilpumos, pie vienādas temperātūras un vienāda spiediena, jābut vienādam molekulu skaitam. Sākumā tā bija tikai hipoteze. Tomēr tā bija ļoti nozīmīga, jo atkal daudz kas noskaidrojās. Ge-Lisaks (Gay-Lussac) jau agrāk bija formulējis likumu par mazu, veselu skaitļu attiecībām, kādas pastāv starp reaģējošo gāzu tilpumiem. Tā, 1 tilp. skābekļa savienojas taisni ar 2 tilp. ūdeņraža un dod 2 tilp. ūdenstvaika. Bet ja vienādos gāzu tilpumos ir vienāds molekulu skaits, tad skaidrs, ka vienmēr iedarbojas 1 molekula ar 1, vai 1 ar 2, vai 1 ar 3 u. t. l.

Visas gāzes, šķidrumi un pa daļai arī cietas vielas sastāv no molekulām. Elementu molekulas sastāv no vienādiem atomiem, piem., skābekļa, ūdeņraža, chlora u. d. c. elementu molekulas, ja tie gāzes veidā, sastāv no 2 vienādiem atomiem. Savienojumu molekulas turpretim sastāv no dažādiem atomiem. Atoms ir kāda elementa, bet molekula ir ķīmiskā savienojuma vismazākā daļiņa. Ūdens molekula ir tas „vismazākais ūdentiņš", kam vēl ūdens īpašības. Cukura molekula ir vissīkākais cukura puteklītis, kur

vēl cukurs ir cukurs. Bet ja to vēl tālāk sadala, tad cukura vairs nav, bet ir oglekļa, skābekļa un ūdeņraža atomi. Gāzēs molekulas ir gandrīz pilnīgi neatkarīgas vienības. Šķidrumos starp tām pastāv jau diezgan ievērojami pievilkšanas spēki, kaut gan molekulas nav saistītas cita ar citu noteiktās vietās. Turpretīm cietās vielās molekulas stingri saistītas cita ar citu, tā kā allaž grūti noteikt, cik liela ir kādas cietas vielas molekula.

Dibinoties uz Avogadro principu bija iespējams gāzveida pamatvielām noteikt molekulsvaru un ątomsvaru samērus. Jo, ja 1 litrā ūdeņraža ir tikpat ūdeņraža molekulu, cik 1 litrā skābekļa, tad, salīdzinot abu litru svaru, varam uzzināt - cik reizes skābekļa molekula smagāka par ūdeņraža molekulu. Bet, tā kā šais molekulās ir arī vienāds atomu skaits (2), tad līdz ar to esam dabūjuši arī atomu svaru attiecības. Kad nu tā salīdzina gāzveidīgas pamatvielas, tad izrādās, ka visvieglākie atomi un molekulas ir ūdeņradim. Ja ūdeņraža atomsvaru pieņem par 1, tad skābekļa atomsvars iznāk 15,88. Skābekļa atomi tātad ir 15,88 reiz smagāki par ūdeņraža atomiem. Tagad, dažādu iemeslu dēļ, par atomsvara vienību tomēr pieņem 1/16 no skābekļa atomsvara, ko pieņem par 16,000. Tiktāl tā ir izvēles lieta. Ūdeņraža atomsvars nu vairs nav taisni 1,00, bet 1,008.

Cietu elementu atomsvarus parasti noteic no savienošanās svariem. Piem., 16,000 svara daļas skābekļa savienojas ar 200,6 sv. d. dzīvsudraba, tādēļ pēdējā atomsvars ir 200,6. Tomēr ne vienmēr tas svara daudzums, kas savienojas ar 16 g skābekļa ir atomsvars. Tā ūdenī uz 16 sv. d. skābekļa (O) ir 2,016 sv. d. ūdeņraža (H). Tas tādēļ, ka ūdenī katrs O atoms saistīts nevis ar 1, bet ar 2 H atomiem. Ūdens formula nav vis HO, bet H_2O.

Piemērs ar atomsvariem pavisam skaidri parāda skaitlisko attiecību un skaitļu raksturu zinātnē. Lai dabūtu reālitātei atbilstošus skaitļus, ar kuŗiem varētu operēt, ir jāizvēlas salīdzinošā vienība. Te mūsu izvēle pilnīgi brīva. Te parādās cilvēka pieejas, t. i. zinātniskās atziņas subjektīvais moments. Par atomsvara vienību varam izvēlēties jebkuŗu skaitli un jebkuŗu elementu. Tad tik attiecīgi mainītos visu pārējo elementu atomsvari. Piem., ja skābekļa atomsvaru pieņemtu par 100, tad ūdeņraža atomsvars būtu 6,3. Atkarībā no vienību izvēles atomsvaru skaitļi var mainīties dažādi, bet skaitliskās attiecības starp tiem paliek nemainīgas. Reālitātei atbilst un kā nemainīga paliek skaitliskā attiecība, kas nosaka, par cik kāda elementa atomi smagāki vai vieglāki par kāda cita elementa

atomiem. Te ar laiku var mainīties tikai tā precīzitātes pakāpe, kā šī attiecība noteikta.

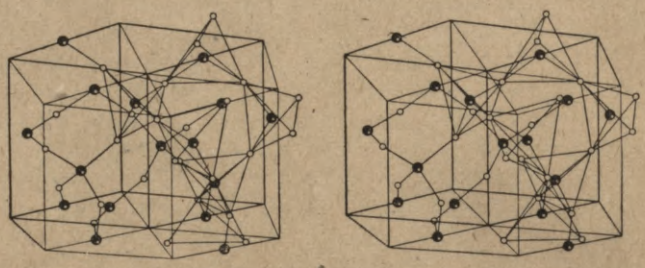
Atomu „absolūtie svari" gramos, protams, ir ļoti niecīgi. Atomsvara vienība, t. i. 1/16 O-atoma ir $1{,}66.10^{-24}$ g. Lai dabūtu kāda cita elementa atomu absolūto svaru, tā „relātīvais" atomsvars jāreizina ar šo mazo skaitli. Atomi tātad ir neiedomājami maziņi un viegli.

Zinātnei tagad ir jau vesela rinda metožu, ar kuŗu palīdzību tā var noteikt atomu absolūtos lielumus un svaru, vai skaitu kādā zināmā vielas daudzumā. Tā atomu attālumus kristallos

1. att. Cinka sulfida radīts X - staru spektrs pēc Laue's

un to skaitu tilpuma vienībā ļoti precīzi var noteikt ar X- jeb Rentgena staru palīdzību. Šo metodi nodibināja pirms apm. 30 gadiem M. v. Laue, Bragg'i, Debye, Scherrer's u. c. un pēdējā laikā to līdz sevišķai pilnībai izkopuši starp citiem arī latvju zinātnieki M. Straumanis un A. Ieviņš. Ja X stari krīt uz kristallu, tie interferē, t. i. to viļņi tiek pa daļai pastiprināti un pavājināti, pie kam uz fotofilmu dabū t. s. spektru - tumšus punktus vai plankumus, kas atrodas zināmā kārtībā. Šis spektrs nu atkarīgs kā no pirmatnējā stara, tā arī kristalla īpašībām. Spektrs, t. i. interferences punktu sadalījums norāda uz atomu (ionu) kārtību un attālumiem kristallā. Piem., attālumi starp natrija un chlora atomiem (pareizāk - ioniem, kas ir atomi ar elektrības lādiņu) vārāmās sāls kristallos ir $2{,}8.10^{-8}$ cm, t. i. dažas desmitmiljonās daļas milimetra. Vārāmās sāls jeb natrija chlorīda NaCl molekulsvars ir 58,45. No X staru spektra analizes datiem iznāk, ka 58,45 gramos sāls ir $6{,}02.10^{23}$ sāls molekulu.

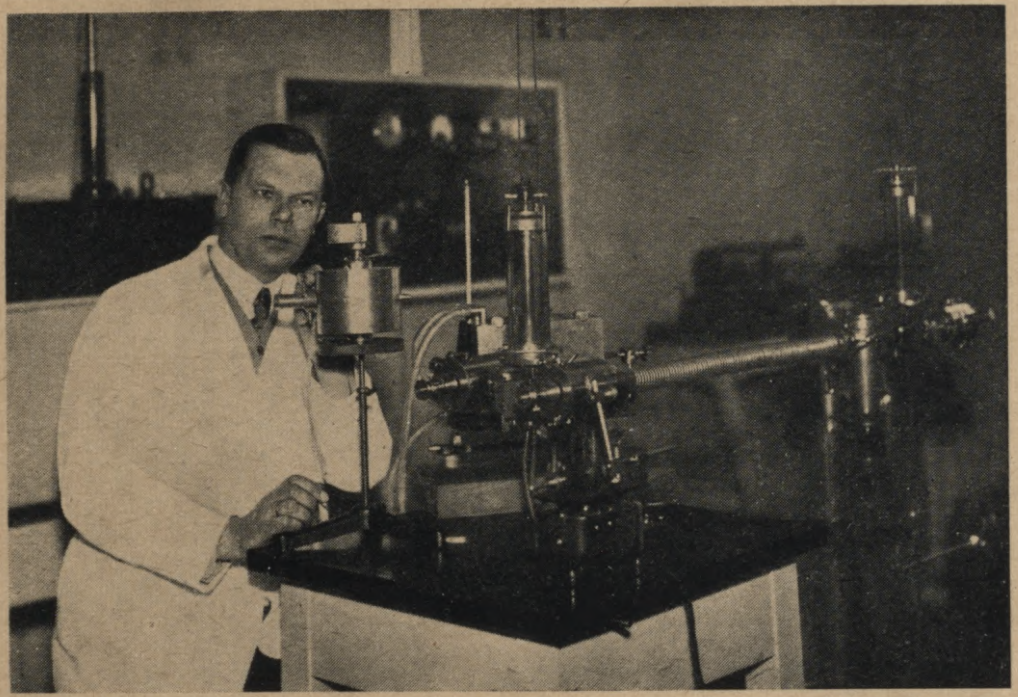
Skaitlis $6{,}02.10^{23}$ vispārīgi ļoti ievērojams, jo izrādās, ka tik daudz molekulu ir visu vielu molekulsvaru daudzumos (gramos). Piem., skābekļa molekulsvars ir 32 un 32 gramos šīs gāzes ir taisni $6{,}02.10^{23}$ skābekļa molekulu. Gāzu gadījumā vēl interesanti tas, ka gāzu molekulsvaru daudzumiem (grammolekulām jeb moliem) ir vienāds tilpums 22,4 litri. Skaitli $6{,}02.10^{23}$, ko sauc par Avogadro vai Loschmidt'a skaitli, tagad var noteikt ar kādiem 9 neatkarīgiem paņēmieniem. Bez jau minētā paņēmiena ar X stariem kā viena no precīzākām mināma amerikaņu fiziķa R. Milikena (Millikan) metode. Ar tās palīdzību var noteikt vai nu Avogadro skaitli, vai minimālo elektrības (elektrona) lādiņu. Kondensātorā starp horizontālām plāksnēm tiek novērota smalku miglas pilienu krišana. Ar zināmu paņēmienu (sacelot ar



2. att. Silicija un skābekļa atomu sakārtojums kvarca kristallā pēc Laue's un Mises.

X staru palīdzību ionizaciju) pilieniem tiek piešķirts niecīgs elektr. lādiņš un tad novērota to kustība starp plāksnēm, ja starp tām ir zināma lieluma spriegums (elektriskā potenciāla starpība). Ievērojot vēl blīvuma starpības, iekšējo berzi, zemes pievilkšanas spēku un pilienu lielumu, un nosakot to kustības ar un bez lādiņa, bija iespējams aprēķināt to minimālo elektrības lādiņu, kāds pilieniem ir. No plašiem eksperimentiem, ievērojot vēl dažas korrektūras, priekš minimālā lādiņa, kas ir vienlīdzīgs viena elektrona lādiņam, dabūja niecīgu skaitli $1{,}6.10^{-19}$ kulonu. No Faraday elektrolizes likumiem zinām, ka katras vienvērtīgas vielas (vienvērtīga viela resp. atoms, kas savienojas vai apmainās ar 1 H atomu) grammolekula nes 96 490 kulonu elektrības. Ja nu ar N apzīmēsim nesēju skaitu, kas ir vienā grammolekulā, tad $N = 96\,490 : 1{,}6.10^{-19}$, kas iznāk $= 6{,}02.10^{23}$, t. i. taisni tāds pat, kādu dod X staru analizes metode.

Sevišķi jauka un pārliecinoša metode, kas īsti ieved mūs molekulu pasaulē, ir t. s. Brauna (Brown) kustības pētīšana. Angļu



Viens no ievērojamākiem latvju zinātniekiem M. STRAUMANIS pie saviem X - staru aparātiem Rīgā. Tagad darbojas Misurī universitātē U. S. A.

zinātnieks Brauns 1827. gadā mikroskopā novēroja dažādus sīkus ķermenīšus (sporas u. c.) un atklāja un sīki aprakstīja līdz tam laikam nezināmo faktu, ka šīs sīkās daļiņas atrodas nepārtrauktā, pilnīgi nekārtīgā, chaotiskā kustībā. Daļiņas dreb, šaudas uz visām pusēm, reizēm daža no tām pilnīgi pazūd, vai uzmirdz no jauna. Sevišķi intensīvi kustas vismazākās vienības, bet lielās ir nekustīgas. Brauns jau tai laikā konstatēja, ka šīs kustības pilnīgi neatkarīgas no šķidruma iekšējiem strāvojumiem, no daļiņu savstarpējās pievilkšanās, vai no iztvaikošanas. Vēlāko laiku pētījumos it īpaši mēģināja noskaidrot, vai savādā kustība nav atkarīga no satricinājumiem un krītošās gaismas iespaida. Tomēr arī šādā veidā neizdevās Brauna kustību izskaidrot. Kāpēc daļiņas tā šaudās?

3. att. Brauna kustība.

Brauna kustības noslēpumu pilnīgi noskaidroja tikai 19. g. s. beigās un 20. g. s. sākumā. Ļoti nozīmīgs bija pirmā kārtā fakts, ka kustības intensitāte atkarīga no ķermenīšu lieluma, temperātūras un iekšējās berzes. Sevišķi skaisti Brauna kustību var novērot t. s. kolloidos šķīdumos ar ultramikroskopa palīdzību. Uz tumša fona šaudas un vibrē, uzmirdz un pazūd spožas, krāsainas ripiņas vai gaismas punkti. Sevišķi intensīvi kustas zili un violeti mirdzošie punkti, jo tos dod vismazākās daļiņas. To lielums ir tikai dažas miljondaļas milimetra, parasti ap 10^{-5} t. i. 0,00001 mm.

Brauna kustības pilnīgu zinātnisku teoriju deva šā gadsimta sākumā A. Einsteins un Smoluchovskis. Kustības cēlonis

ir šķidruma molekulu triecieni. Kā jau zinām, gāzes vai šķidruma molekulas atrodas nepārtrauktā, chaotiskā kustībā, kuras intensitāte pieaug līdz ar temperātūru. Ja nu šķidrumā atrodas kāda samērā rupja daļiņa, piem. kāds 0,05 mm liels puteklis, tad tas, samērā pret molekulu, ir „milzu ķermenis", kas no visām pusēm saņem miljoniem spēcīgāku vai vājāku triecienu. Bet, tā kā triecienu skaits un caurmēra stiprums no visām pusēm apmēram vienāds, puteklis savu vietu nemaina. Pavisam citādi tas ir ja daļiņa maziņa. Tad jau triecienu izlīdzināšanās mazāk iespējama un, molekulu chaotiskās kustības dēļ, viegli var gadīties, ka daļiņa no vienas puses saņem spēcīgāku triecienu nekā no otras. Teorija dod matēmatiskus vienādojumus, ar kuru palīdzību no tiešiem Brauna kustības novērojumiem iespējams aplēst Avogadro skaitli. Nordlunds šādā veidā dabūja $5{,}9.10^{23}$, kas labi saskan ar iepriekš minētiem skaitļiem.

Vēl būtu jāmin klasiskie Svedberga un J. Perrēna pētījumi par šķidrumā uzduļķotu smalku daļiņu koncentrācijas maiņu dažādos slāņos, atkarībā no slāņu augstuma. Arī tā no tieši mērītiem lielumiem varēja aplēst Avogadro skaitli. Pazīstamais Rīgas vācu zinātnieks V. Ostvalds (Ostwald), kurš līdz tam laikam apšaubīja molekulu objektīvo reālitāti, pēc Perrēna darbu publicēšanas (1910. g.) atklāti atsauca savus uzskatus.

Ultramikroskopiskie Brauna kustības pētījumi interesanti vēl tai ziņā, ka saskaņamies ar entropijas likuma attiecināšanu uz mikropasaulēm. Ja ņem ļoti atšķaidītus kolloidus, kad ultramikroskopa redzes laukā spīd tikai dažas daļiņas, tad, turpinot novērošanu ilgu laiku, konstatējama daļinu skaita maiņa. Tās ir Brauna kustības sekas, jo punkti kustas arī novērošanas virzienā un tādēļ var atstāt redzes lauku, vai pēkšņi ierasties tajā. Tā kādā Svedberga un Vestgrena novērotā gadījumā daļiņu skaits mainījās šādi:

1 2 0 0 0 2 0 0 1 3 2 4 1 2 3 1 0
2 1 1 3 1 1 2 5 1 7 u. t. t.

Kā redzams, šais daļīņu skaita maiņās nav saskatāma nekāda likumība. Maiņas, tāpat kā pati Brauna kustība, ir pilnīgi chaotiskas. Tomēr arī šādas chaotiskas norises var matēmatiski aprakstīt. Tas iespējams ar varbūtības rēķinu palīdzību. Smoluchovskis, piem., apreķināja, cik bieži parādīsies zināms skaits zināmā skaitļu rindā, piem., aplēse rāda, ka augšminētā rindā skaitlis 7 atkārtosies caurmērā ik pa 26 minūtēm, kas saskan ar novērojumiem. Iespējami arī vēl daudz lielāki

sablīvējumi, piem., 17 daļiņu parādīšanās mazajā redzeslaukā. Bet tāda varbūtība vēl daudz mazāka: tas var notikt tikai caurmērā pa 500 000 gadiem reizi. Principā tomēr nozīmīga pati sakoncentrēšanās iespēja. Parasti lielos vielu daudzumos vienmēr notiek tikai koncentrācijas starpību izlīdzināšanās: ja piesātinātam sāls šķīdumam pielej ūdeni, drīz vien visās maisījuma daļās ir vienāda koncentrācija. Neskatoties uz to, kā redzējām, atsevišķās vietās uz īsu brīdi var notikt arī sakoncentrēšanās. Tātad šais momentos atsevišķās vietās iespējama atkāpšanās no entropijas likuma. H. Freundlichs aizrāda, ka šiem retājiem sablīvējumiem, kam tīrs gadījuma raksturs, var būt liela nozīme organismos, piem., tie varētu būt par iemeslu t. s. mutācijām.

Molekulu absolūto masu gramos dabūjam, dalot grammolekulas svaru uz Avogadro skaitli N. Atomu attālumus molekulās var arī aplēst dažādi, piem., cietām vielām no X staru spektru snalizes, vai gāzēm no van der Waals'a papildinājuma Boil'a-Marriott'a likumā, vai no datiem par gāzu iekšējo berzi. Tā iznāk, ka chlora molekulas radiuss ir ap $1{,}7.10^{-8}$ cm. Attālums starp natrija un chlora ioniem sāls kristallos ir $2{,}8.10^{-8}$ cm. Attālums starp silicija un skābekļa atomiem smilts graudos ir $1{,}5.10^{-8}$ cm. Samērā lieli ir attālumi starp diviem natrija atomu kodoliem metalliska natrija kristallos - proti $3{,}0.10^{-8}$ cm.

Tātad atomi un vienkāršo savienojumu molekulas ir pavisam niecīgas vienības. Atomu un mazo molekulu caurmērs ir dažas simtmiljonās daļas centimetra, vai ap 0,0000001 mm. Uz vienu milimetru var salikt vairākus miljonus atomu vai mazo molekulu vienā rindā. Salīdzinoši izsakoties: atoms ir tik reizes mazāks par riekstu, cik reizes rieksts mazāks par zemes lodi. Salīdzinot dažādu elementu atomu lielumus, starpības nav pārāk lielas. Samērā lieli atomi ir smagajiem elementiem un sārmmetalliem, piem., natrijam. Tādēļ arī natrija ārējais elektrons stāv samērā tālu no kodola un starp pozitīvo kodolu un negātīvo elektronu pastāv vāja pievilkšanās. Ārējais elektrons viegli atstāj natrija atomu un tas kļūst par pozitīvi lādētu ionu. Tādēļ mēdz teikt, ka natrijs ir stipri elektropozitīvs metalls. Natrija ions ir mazāks nekā natrija atoms un ar samērā lielu spēku spēj pievilkt pretēji lādētus ionus. Dažādo ionu lielums tomēr arī visai daudz neatšķiras no atomu un mazo molekulu lieluma.

Ja turpretim salīdzina molekulu pasauli, tad te lielumi ir ārkārtīgi dažādi. Mazās elementu vai vienkāršo savienojumu molekulas nav neko daudz lielākas par atomiem. Jau krietni lielākas ir cukura vai taukvielu molekulas, piem., biešu cukura molekula

sastāv no 12 oglekļa, 22 ūdeņraža un 11 skābekļa atomiem. Olbaltumvielu jeb proteīnu molekulas ir vēl daudz lielākas: tajās ir vairāki tūkstoši, vai pat desmit- un simttūkstoši atomu. Tāpat milzīgas, samērā pret atomiem ir cellulozas, cietes un glikogena molekulas. Pēdējās var pat tieši saskatīt un nofotografēt elektronu mikroskopā. Tieši skatīt izdevies arī t. s. virusu molekulas, kas salīdzinot ar atomiem, ir milži, bet samērā pret baktērijam niecīgas vienības.

Pēdējā laikā zinātne pētī nevien atomu un molekulu lielumu, svaru un sastāvu, nevien molekulu ķīmisko uzbūvi un pārvēršanās iespējas, bet arī formu, tā sakot, morfoloģisko pusi. Ja atomiem visumā lodes veids, tad molekulu forma izrādās visai dažāda: molekulas var būt nevien lodes, bet arī mazas plāksnītes, stiebri, diegi, kamoli u. t. t. Glikogena molekulas ir lodītes, cietes molekula ir žuburains režģis, grafīta molekulas ir plākšņainas, bet cellulozas un kaučuka sīkdaļiņas ir tievi gari pavedieni. Mazās benzola molekulas ir gredzenveida vienības. Taukvielu molekulas sastāv no trim atomu virknītēm, kas piekabinātas pie īsa (glicerīna „radikāla") stiebriņa.

Sevišķu interesi modina, protams, smagie, radioaktīvo vielu atomi, piem., radijs un urāns. Urāna atomi kā zināms sabrūk nevien spontāni, bet to sabrukšanu var mākslīgi ierosināt. Lielākā urāna masā atomu sabrukšana var pat norisināties lavīnveidīgi, pie kam visa masa ar neskaitāmiem atomu biljoniem eksplodē ar milzīgu spēku (atomu bumba). Kā tas saprotams? Vai urāna atomi būtu kaut kas sevišķs? Atbilde ir noraidoša. Urāna atomi nav nekas sevišķs, tie tikai ir vissmagākie un viskomplicētākie no visiem atomiem, un to kodols nav necik stabils: ja tajā iedrāžas sveša daļiņa, piem., neitrons, tad atoma kodols var eksplodēt ar milzīgu sparu. Daudz vājākas „eksplozijas" norisinās t. s. dabīgās radioaktīvās sabrukšanas procesos, kad urāna vai radija savienojumi nepārtraukti šauda uz visām pusēm spēcīgus starus. Šoreiz visi atomi nesabrūk uzreiz un sabrukšana visai nepilnīga: atoma kodols tad izsviež tikai 1 hēlija ionu vai elektronu.

Dažādie elementi resp. atomu veidi sakopoti t. s. elementu periodiskā sistēmā. Elementi tur sakārtoti pēc augošiem atomsvariem horizontālās rindās un vertikālās grupās. Apakšējās rindās atrodas smagie atomi, kas arī visvieglāk var sabrukt. Te nu ievērojams fakts, ka šo smago atomu dabā nav necik daudz. Droši vien kādreiz to bijis vairāk. Urāna, radija un torija dabīgās sabrukšanas gala produkti ir svins un helijs un no šo elementu daudzumiem dažos minerālos var aplēst to vecumu (sabrukšana

norit pilnīgi vienmērīgi, tā kā gada laikā no zināma urāna vai torija daudzuma rodas pilnīgi noteikts svina un helija daudzums).

Elementus pēc augošiem atomsvariem periodiskā sistēmā sakārtoja krievu ķīmiķis D. Mendeļējevs jau 1869. gadā. Sistēmas

Kīmisko elementu periodiskā sistēma

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	1 H 1,00785									2 He 4,003
2	3 Li 6,940	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,010	7 N 14,008	8 O 16,0000	9 F 19,00			10 Ne 20,183
3	11 Na 22,997	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,06	17 Cl 35,457			18 A 39,944
4	19 K 39,096 29 Cu 63,57	20 Ca 40,08 30 Zn 65,38	21 Sc 45,10 31 Ga 69,72	22 Ti 47,90 32 Ge 72,60	23 V 50,95 33 As 74,91	24 Cr 52,01 34 Se 78,96	25 Mn 54,93 35 Br 79,916	26 Fe 55,85 27 Co 58,94	28 Ni 58,69	36 Kr 83,7
5	37 Rb 85,48 47 Ag 107,880	38 Sr 87,63 48 Cd 112,41	39 Y 88,92 49 In 114,76	40 Zr 91,22 50 Sn 118,70	41 Nb 92,91 51 Sb 121,76	42 Mo 95,95 52 Te 127,61	43 Ma — 53 J 126,92	44 Ru 101,7 45 Rh 102,91	46 Pd 106,7	54 X 131,3
6	55 Cs 132,81 79 Au 197,2	56 Ba 137,36 80 Hg 200,61	57 La 58—71 138,92 s. u. 81 Tl 204,39	72 Hf 178,6 82 Pb 207,21	73 Ta 180,89 83 Bi 209,00	74 W 183,92 84 Po 210,0	75 Re 186,31 85 —	76 Os 190,2 77 Ir 193,1	78 Pt 195,23	86 Em 222,04
7	87,— —	88 Ra 226,05	89 Ac	90 Th 232,12	91 Pa 231,06	92 U 238,07				

	58 Ce 140,13	59 Pr 140,92	60 Nd 144,27	61 — —	62 Sm 150,43	63 Eu 152,0	64 Gd 156,9	65 Tb 159,2	66 Dy 162,46	67 Ho 164,94	68 Er 167,2	69 Tu 169,4	70 Yb 173,04	71 Cp 174,99

vertikālās grupās ir dabīgas elementu saimes, piem., I grupā sārmmetalli - litijs, natrijs, kalijs, rubidijs un cēzijs. Tie visi līdzīgām īpašībām: viegli oksidējas, dod stiprus sārmus, viegli kūst, ir vienvērtīgi. II grupā ir sārmzemju metalli, kas atkal līdzīgi (kalcijs, barijs u. c.). VII grupā atrodam t. s. halogenu saimi, kur pieder fluors, chlors, broms un jods. Tie visi ir raksturīgi nemetalli, kas lāga neoksidējas, bet paši darbojas kā oksidētāji, nespēj radīt sārmus, bet skābes.

Pēc tam, kad 20. gadsimta sākumā attīstījās mācība par atomu uzbūvi, elementu sistēma un īpašības parādījās jaunā gaismā. Visu elementu atomi sastāv no kodola un ap to joņojošiem elektroniem. Kodoli sastāv no protoniem un neitroniem. Protons nes vienu pozitīvā lādiņa vienību un elektriski neitrālā atomā ir tik protonu, cik elektronu. Elementu kārtību, resp. vietu periodiskā sistēmā noteic protonu skaits kodolā, jeb elektronu skaits ap kodolu. Elektroni sakārtoti vairākās joslās, pie kam atomu ķīmiskās īpašības atkarīgas no ārējo joslu elektroniem. Ja tur tikai 1 vai 2 elektroni, kas samērā tālu atrodas no kodola, tad samērā vājās pievilkšanās dēļ, šie elektroni viegli atstāj

atomu, t. i. atoms kļūst par pozitīvi lādētu ionu. Tādi atomi ir sārmmetalliem un sārmzemju metalliem. Tie ir, kā mēdz teikt, elektropozitīvi. Ja atomu atstājis viens elektrons, tad dabūjam vienvērtīgu pozitīvu ionu, ja 2 tad divvērtīgu u. t. t. Raksturīgiem nemetalliem, piem., skābeklim vai chloram, atomu ārējās joslās ir 6 vai 7 elektroni, un tādiem atomiem ir tendence nevis elektronus atdot, bet vēl saistīt klāt svešus elektronus, līdz ārējā josla uzpildīta līdz 8 elektroniem. Bet ja elektriski neitrāls atoms saista vēl elektronus sev klāt, tas iegūst negātīvu lādiņu, t. i. pārvēršas par negātīvu ionu. Kad metalls savienojas ar nemetallu, metalla elektroni aiziet pie nemetalla atomiem, rodas pretēji lādēti ioni, kas pievelk cits citu.

Protonu skaits kodolā un elektronu skaits ap kodolu ir vienāds ar elementa kārtības skaitli periodiskā sistēmā. Līdz ar protonu un elektronu skaitu parasti aug arī atomsvars. Tomēr iespējami arī izņēmumi. Izrādās, ka atoma masai daudz mazāka nozīme kā lādiņu skaitam, bet masu noteic arī neitronu skaits kodolos. Neitroni ir elektriski neitrālas masas vienības, kas viena un tā paša elementa atomos var būt dažādā skaitā: viena un tā paša elementa atomiem tātad var būt dažāds svars. Piem., chlorā ir 2 atomu veidi: ar relāt. atomsvaru 35 un 37. Smagā chlora atomos ir 2 neitroni vairāk, nekā vieglā. Viena un tā paša elementa dažādos atomu veidus, kas atšķiras cits no cita ar savu masu, resp. neitronu skaitu kodolos, sauc par izotopiem.

Ķīmisko īpašību ziņā izotopi vienādi, bet bez smaguma dažādības tie var tomēr atšķirties vēl arī citādi. Piem., urānam ir 3 izotopi, kuru relātīvie atomsvari ir 234, 235 un 238. Ja šos izotopus apšauda ar neitronu stariem, dažādo urāna izotopu kodoli izturas dažādi: izotops 235 viegli eksplodē, bet 238 ir daudz stabilāks.

Smaguma ziņa visvairāk atšķiras vieglo elementu izotopi, sevišķi parastais ūdeņradis no smagā. Pēdējā atomsvars ir divreiz lielāks par pirmā atomsvaru. Smagais ūdeņradis jeb deitērijs, kad tas savienots ar skābekli, dod t. s. smago ūdeni. Parastā ūdenī ir vienmēr ap 0,02% smagā ūdens. Tomēr tīrā veidā to iegūt grūti, tā kā smagais ūdens ir diezgan dārga viela. Deitēriju tagad starp citu izlieto mākslīgiem atomu skaldīšanas un pārveidošanas mēģinājumiem. Tam nolūkam deitērija gāzi ionizē (elektrizē) ar elektronu staru palīdzību. Deitērija gāzes ioni ar sparu drāžas pret negātīvo elektrodu un pa tajā izurbto caurumu izskrien tam cauri. Tā dabū t. s. deitērija starus. Ar sevišķas ierīces palīdzību tos vēl paātrina un tad ar tiem skalda atomus.

Tāpat kā sintetiskā ķīmija rada neskaitāmus jaunus, dabā neeso-

šus un nebijušus molekulu veidus, atomfizika tagad spēj izgatavot daudzus tādus atomu veidus, kādu dabā nav. Saskaldot dažādu elementu atomus gan ar dabīgo radioaktīvo vielu izstarojumu palīdzību, gan ar mākslīgajiem neitronu, protonu, vai deitērija stariem, iegūst visādus jaunus izotopus, vai nepastāvīgus atomu veidus, kas vairāk vai mazāk stabili. Šajās pārvēršanās atbrīvojas arī lielāki vai mazāki atomu iekšējās enerģijas daudzumi.

Atomu un molekulu pasaules tagadnes zinātnes skatījumā ir daudz dažādīgākas un arī dinamiskākas, nekā tas likās agrāk. Visu elementu atomi tai ziņā vienādi, ka tajos daudz tukšas telpas un maz kaut kā īsti materiāla, nesatilpīga. Atomu kodoli slēpj sevī milzīgus enerģijas daudzumus, bet elektroni joņo ap kodolu. Dinamiskas ir arī molekulas, tās kustas un to sastāvdaļas (atomi) viegli apmainās pret apkārtējās vides atomiem. Tāpat kā atomi apmaina elektronus, tā molekulas apmaina atomus. Līdzīgā apmaiņas procesā ar apkārtējām vielām atrodas katra dzīva šūniņa un katrs organisms.

Lai gan atomus neviens nav redzējis, atomu esamība tagadnes zinātnei vairs nav nekāda problēma, bet droši pierādīts un pamatots fakts. Tomēr šeit daudz vēl arī nenoskaidrotu jautājumu, sevišķi par atomu un atomu kodolu uzbūvi un pārveidošanās iespējam.

VII. ATOMU UZBŪVE

Problēma par atomu uzbūvi parādījās zinātnē pēc tam, kad atklāja atomu sabrukšanu. Bet bez tam bija vēl vesela rinda citu faktu, piem., ionizācijas parādības un spektroskopijas dati, kas no klasiskā viedokļa, ievērojot atomu nedalamību, nebija izskaidrojami.

Radioaktīvitāti, vai atomu radioaktīvo sabrukšanu atklāja 1896. gadā franču fiziķis A. H. Bekerels (Becquerel). Viņš novēroja, ka urānu saturoši minerāli raida ārkārtīgi iedarbīgus starus, kas iedarbojas caur papīru un koku uz fotoplati. 1898. gadā M. Kiri-Skladovskai un P. Kiri (Curie) no urāna minerāliem izdevās iegūt kādu jaunu pamatvielu, kas staro vēl daudz stiprāk par tīra urāna savienojumiem, vai tā minerāliem. Jauno elementu nosauca par radiju. Izpētot tā izstarojumus tuvāk izrādījās, ka no tā un visiem šā elementa savienojumiem nāk laukā trejādi stari, kas visi neredzāmi: 1) X stariem līdzīgs īsviļņu izstarojums ar

ārkārtīgu caurspiešanās spēju, 2) katoda stariem līdzīga elektronu radiācija un 3) savādi materiālas dabas stari. Pirmos nosauca par gamma stariem, otros par beta un pēdējos par alfa stariem. Tāpat kā X stari, arī gamma stari ir elektromagnētiski viļņi, kuŗu gaŗums ļoti niecīgs. Beta stari, līdzīgi katoda stariem, ir elektroni, kas staru veidā drāžas ar milzu ātrumu laukā no radioaktīvo vielu atomiem. Bet vēl nozīmīgāki un interesantāki ir alfa stari. Tuvāk izpētot izrādījās, ka alfa stari ir milzīgā ātrumā skrejoši divkārši lādēti hēlija ioni.

Izcila nozīme te divi faktiem: 1) no elementa radija var rasties elements hēlijs, un 2) hēlija ioni un elektroni tiek izsviesti no radija ar milzīgu sparu. Varētu vēl minēt arī trešo svarīgo faktu: radioaktīvo vielu izstarošanu nevar iespaidot ne ar kādiem ķīmiskiem vai fizikāliem līdzekļiem. Sakarsēts radijs staro tāpat, kā tāds, kas nolikts vislielākā aukstumā. Radija starošana nav atkarīga no tā, ar kādiem citiem elementiem radijs savienots, nedz no apgaismošanas, elektrizēšanas, vai spiediena. Radija izdalītie enerģijas daudzumi, salīdzinot, piem., ar degšanas reakcijās atbrīvotiem enerģijas daudzumiem, ir tūkstošreiz lielāki. Viss tas veda zinātniekus uz domām, ka radioaktīvitāte ir pilnīgi īpatnēja, līdz tam laikam nepazīta dabas parādība, proti, ka te notiek radioaktīvās vielas atomu sabrukšana.

Vēlāk noskaidroja, ka tādu elementu, kuŗu atomi sabrūk, ir diezgan daudz, bet tie tikai samērā reti sastopami, t. i. vienmēr ir tikai mazos daudzumos. Tāds ir radons jeb nitons, cēlgāze, kas pavisam niecīgā vairumā ir gaisā, tāds ir polonijs, torijs, aktīnijs. Radioaktīvie elementi, kad to atomi sabrūk un izsviež elektronus un hēliju, pārvēršas cits citā, piem., radijs ir urāna sabrukšanas produkts. Nitons jeb radons savukārt rodas no radija, tādēļ to vēl mēdz saukt arī par radija emanāciju. Radijam, torijam u. c. elementiem sabrūkot kā gala produkts rodas svins.

Ar šiem lielajiem atklājumiem tātad zinātnē nodibinājās divas jaunas fundamentālas atziņas: 1) pamatvielas dažos dabiskos procesos tomēr var pārvērsties, t. i. no viena elementa tomēr var rasties kāds cits elements, un 2) atomi nav nedalāmi un inerti, bet tiem ir uzbūve un tie slēpj sevī milzīgus enerģijas daudzumus.

Pētījumiem šai nozarē tik liela nozīme, ka īsumā jāapskata arī radioaktīvitātes pētīšanas metodes. Pateicoties Uilsona (Wilson), Kruksa (Crookes), Geiger'a, lorda Redefota (Rutherford), sēra Remseja (Ramsay), Dž. Tomsona, Aston'a, Soddija, Kiri un daudzu citu ievērojamu zinātnieku pētījumiem, 20. gadsimta sākumā tika izstrādātas neiedomājami smal-

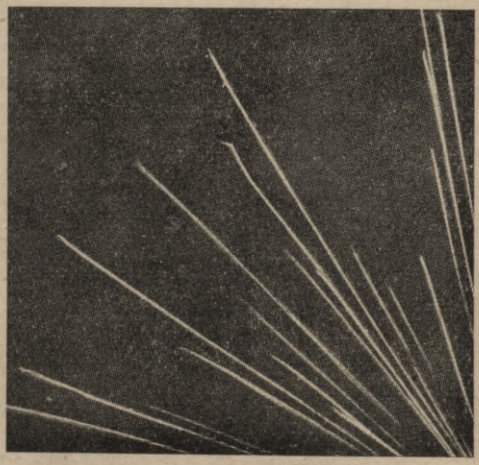
kas, asprātīgas metodes, ar kuŗu palīdzību varēja konstatēt pat atsevišķus atomus. Pieminēsim šeit vispirms Kruksa spintariskopu. Tas ir pavisam vienkāršs aparātiņš: mazs trauciņš kur ar palielināmā stikla palīdzību novēro cinksulfīda ekrānu. Iepretim šim ekrānam atrodas radioaktīvās vielas preparāts, kas atšķaidīts ar kādu parastu, nestarojošu vielu. Radioaktīvās vielas ņem tik maz, ka izstarotās alfa staru daļiņas (hēlija ionus) var skaitīt. Bet kā tas iespējams? Lieta tā, ka katrs hēlija ions, kas atsitas pret cinksulfida ekrānu, dod mazu gaismas spīdumu. Tas iespējams tikai alfa daļiņu ārkārtīgi lielās enerģijas dēļ, jo šīs vienības taču neiedomājami niecīgas. Saskaitot nu spīdumus, ko var uztvert zināmā ekrāna joslā, var aplēst, cik zināmais radioaktīvās vielas daudzums pavisam izsviež hēlija ionu 1 sekundē. No tā viegli aplēst sabrukšanas ātrumu, jo katrā sabrukšanas elementārprocesā tiek no atoma izšauts laukā viens hēlija ions. Izrādījās, ka 1 g radija 1 sekundē izmet $13{,}6.10^{10}$ hēlija ionus. Tas ir milzīgs skaitlis, bet, tā kā ioni un atomi ārkārtīgi maziņi, tāds to skaits sastāda tikai $5{,}03.\ 10^{-9}$ cm^3 hēlija gāzes. Gada laikā no 1 g radija sanāk tomēr 159 mm^3 hēlija.

Sabrukšanas ātrumi dažādiem radioaktīviem elementiem ir vīsai dažādi. Tā, puse no dotiem urāna atomiem pārvēršas tikai $4{,}5.\ 10^9$ gados, bet puse torija pat tikai $1{,}8.10^{10}$ gados. Šie elementi tātad sabrūk ļoti lēni. Daudz ātrāk sabrūk radijs. Ja mūsu rīcībā būtu 20 mg radija, tad pēc 1590 gadiem būs palikuši vairs tikai 10 mg. Vēl daudz ātrāk pārvēršas, piem., torijs C^1, kuŗa „pusmūžs" ir tikai 10^{-9} sek. Viegli saprotams, ka ātri sabrūkošie elementi dabā sastopami mazāk, nekā lēni sabrūkošie, vai stabilie.

Ļoti interesanta šai sakarībā ir problēma par sabrukšanas cēloņiem un ātruma dažādību. Te vēl pavisam maz kas noskaidrots. Kādēļ sabrūk radija atomi? Un kāpēc no visiem esošiem radija atomiem sabrūk tikai daži, bet citi pastāv daudz ilgāk? Vai sabrukšanu tomēr ietekmē kādi nepazīstami ārēji apstākļi? - Nav nekādas iespējas noteikt - kuŗš atoms sabruks drīz, kuŗš „dzīvos" ilgāk.

Tikpat vienkārši, cik asprātīgi ierīkota ir arī H. A. Wilson'a izgudrotā miglas kamera, kas atļauj nevien skaitīt atsevišķos hēlija ionus, bet pavisam skaidri parāda arī to ceļus. Tās princips šāds. Aparāta telpā ir gaiss, kas gandrīz piesātināts ar ūdens tvaiku. Ar virzuļa kustību panāk to, ka gaisa spiediens samazinās, pie kam temperātūra nedaudz krīt, bet ne tik zemu, ka tvaiks jau tūlīt sabiezētu miglā. Šādā labilā sistēmas stāvoklī tomēr migla rodas tur, kur rodas gāzes ioni. Tādi var rasties ja

kādi pietiekoši enerģiski stari atrauj gaisa molekulu atomiem elektronus. Katrai neiedomājami maziņai alfa daļiņai ir tāds milzu ātrums, ka tā spēj ionizēt gaisa molekulas visā savā dažu cm garā ceļā, pie kam ap gaisa ioniem kondensējas tvaiks baltu svītru veidā. Šīs svītras var viegli fotografēt un tad sīki izpētīt ceļa īpašības. Tam liela nozīme nevien sabrukšanas procesu, bet arī izstaroto daļiņu, un bez tam arī kamerā esošo atomu īpašību pētīšanā. No miglas svītru garuma varam spriest par to, cik tālu tāda vienība vispār var aizskriet. Sniegšanās tālums raksturo staroto ķermenīšu enerģiju. Visinteresantākais tas, ka hēlija ions vispār tik tālu var aizskriet. Lai arī tas skrien caur gāzi, kur tā



4. att. Alfa staru ceļi Wilson'a kamerā.

ceļā vietvietām ir tukšums, tomēr savā, piem., 7 cm garā ceļā tas sastaps miljoniem atomu, kam acīmredzot izurbjas cauri gluži tāpat, kā lode caur gaisu.

Pilnīgi eksakti visu to izpētot zinātnieki nāca pie šādiem diviem nozīmīgiem slēdzienem: 1) radioaktīvo vielu izstarotiem hēlija ioniem ir ārkārtīgi liela enerģija, un 2) atomi, kam tie drāžas cauri, nav kompaktas materijas vienības, bet ir gandrīz pilnīgi tukši. Alfa staru enerģija vislabāk izprotama, ja to salīdzina ar pazīstamiem lielumiem, piem., ar lielgabala šāviņu. Ja alfa daļiņu palielinātu līdz šāviņa lielumam un būtu tāds lielgabals, kas to izšauj, tad ar tādu lielgabalu varētu apšaudīt planētas. Tikpat nozīmīgs ir secinājums par atomu tuk-

šumu. Materijas atomu viengabalainība ir aplamība, atomi nav viengabalaini, bet tukši.

Pētījumi par alfa stariem veda tālu atomu uzbūves izpratnē. Šo iespēju deva daži īpatnēji fakti. Tā, dažu alfa staru ceļu galos bija īpatnēji lūzumi. No kā tie varētu rasties? To izdevās atšifrēt. Izrādās, ka lūzumu pamats ir hēlija iona tuvošanās kādam atomu kodolam. Ja daļiņa nonāk visai tuvu kādam ķermenim, kam tāds pat lādiņš kā tai, tad viņa tiek atstumta, tās virziens mainās. Lūzumu leņķi dod iespēju aplēst lādiņu lielumus un iedarbības attālumus (pēc Kulona likuma). Izrādās, ka attālumi ir ap 10^{-12} cm. Tas ir ārkārtīgi niecīgs attālums, pat salīdzinot ar atomu izmēriem. Atoma radiuss ir ap 10^{-8} cm, tātad kodols aizpilda tikai pavisam niecīgu daļu no atoma telpas. Atomi tātad ir tukšas vienības, kam kāds niecīga lieluma kodols ar pozitīvu lādiņu.

Izdarot tālāk pētījumus ar dažādiem elementiem, konstatēja nozīmīgo faktu, ka dažādu elementu atomu kodoliem ir dažāds pozitīvo lādiņu skaits. Un kas visinteresantākais - elementu atomu kodolu pozitīvo lādiņu skaits izrādās vienāds ar elementu kārtības skaitli periodiskā sistēmā.

Tā ir viena faktu grupa, kas veda pie atziņas par atomu uzbūvi. Otra grupa sastādās no optikas faktiem, no spektrālanalizes datiem un mēģinājumiem spektrus izskaidrot ar atomu un molekulu kustībām. Šie mēģinājumi beidzās nesekmīgi, kamēr gribēja iztikt ar klasisko uzskatu par atomu nedalamību. Ar molekulu un atomu svārstībām nevarēja izskaidrot spektrālo līniju bagātību un īpatnējās skaitliskās likumības, kas pastāv starp dažādām līnijām atbilstošiem viļņugarumiem. Sevišķi vienkāršas un interesantas kvantitātīvas attiecības parādījās X staru spektros. Ja šo staru iegūšanai izlieto dažādus metallus (X jeb Rentgena stari rodas elektronu plūsmai, t. i., katoda stariem vakuumā, atsitoties pret metallu) un ar viena un tā paša kristalla palīdzību ieguva to spektrus, tad tie mainās itin rēgulāri, atkarībā no metallu īpašībām. Dažādo elementu X staru spektru konstantes ir vienkāršā (līneārā) atkarībā no elementu kārtības skaitļa. Šo vienkāršo, fundamentālo sakarību atklāja jaunais angļu fiziķis Moseley (neilgi pēc tam viņš krita pirmā pasaules karā).

Balstoties uz Rutherford'a un viņa skolas pētījumiem par alfa staru ceļiem, un uz spektroskopijas datiem, dāņu zinātnieks N. Boors (Bohr) pirmais deva šādu, matēmatiski atvasinātu un

pamatotu atomu modeli (1913. g.). Atoms sastāv no niecīga, bet masīva kodola un ap to joņojošiem elektroniem. Katra elementa atomu kodoliem ir tik pozitīvo elementārlādiņu vienību, kāds šā elementa kārtības skaitlis pamatvielu sistēmā. Ap šo pozitīvi lādēto kodolu cirkulē tik pat liels negātīvo elektronu skaits. Visvienkāršākie atomi tātad ir visvieglākam, periodiskās sistēmas pirmajam elementam - ūdeņradim. Tā atomos ir tikai viens elektrons, un tā kodolam, kuŗa relātīvā masa nedaudz lielāka par 1 atomsvara vienību, viens pozitīvais elementārlādiņš, kas kvantitātīvi taisni vienāds vienam elektrona lādiņam. Šo pozitīvo kodola elementārvienību, kas 1837,3 reiz smagāka par elektronu, sauc par protonu.

Boors savu teoriju nu veidoja tālāk šādejādi. Elektrons skrien ar milzu ātrumu apkārt kodolam, pie kam centrifugālais spēks tam neļauj savienoties ar kodolu. Šo spēku līdzsvaro elektrostatiskā pievilkšanās, kas darbojas starp negātīvo elektronu un pozitīvo kodolu. Šāds atoms uz āru ir elektriski neitrāls. Bet nu seko revolūcionārais solis: pretēji klasiskās elektrodinamikas principiem, Boors pieņem, ka ap kodolu joņojošais elektrons savā skrējienā nekādus elektromagnētiskus viļņus nerada, jo, ja to pieņem, tad elektrona enerģijai vajadzētu nepārtraukti mazināties un tas beidzot uzkristu kodolam virsū. Bez tam tad atomam būtu nepārtraukti jāizstaro gaisma, pie kam gaismas spektram būtu jābūt nepārtrauktam. Tas nu tomēr nesaskan ar faktiem. Patiesībā ūdeņraža spektrā ir diskrētas līnijas. Tādēļ arī Boors pieņem, ka atoms izstaro gaismu tikai tad, kad elektrons pārlec no vienas orbitas uz otru. Elektronam ap kodolu ir it kā pilnīgi noteikti, diskrēti ceļi, pa kuŗiem tas skrien. Te Boors tātad atmet klasiskās elektrodinamikas principus un atomu uzbūves izpratnē pielieto jauno M. Planka un Einsteina radīto kvantu teoriju. Sensacionālākais bija tas, ka no saviem vienādojumiem Boors dabūja taisni tās skaitliskās spektru konstantes, ko deva arī eksperimentālie dati.

Lai gan Boora teorija apvienoja lielu skaitu faktu, bija arī tādas parādības, kur ar to nevarēja tikt galā, piem., dažas spektru īpašības, ūdeņraža molekulu īpašības un arī smagāko atomu uzbūvi tā apmierinoši nespēja izskaidrot. Neapmierināja arī pretrunas ar klasisko elektrodinamiku. Acīmredzot šai teorijā slēpās kāds patiesības grauds, bet īsti pareizi tā reālitāti tomēr neatspoguļo.

Pareizo, vai vismaz daudz pareizāko atrisinājumu deva 1922.-1928. g. attīstītā viļņu mechanika un jaunā kvantu mechanika. Pirmo nodibināja lielais franču teorētiķis L. de Broglie

un Šrēdingers (Schroedinger), bet otro lielie vācu teorētiķi W. Heisenberg's, Borns, Jordan's u. c.

L. de Broglie izteica interesantu principu, ka katrai materiālai daļiņai zināmos nosacījumos ir viļņu īpašības. Citādi izteicoties - viņš atrod par iespējamu piemērot kvantu teorijas vienādojumus, g. k. $e = h\nu$ arī mechaniskās enerģijas izteiksmēm (e ir enerģija, h - konstante, kuŗas lielums ir $6{,}62.10^{-27}$ ergi, reiz sek. un ν svārstību biežums jeb frekvence). Viļņu daba parādās sevišķi tām daļiņam, kas kustas ļoti ātri, piem., elektroniem atomos, vai arī pie katoda staru un beta staru elektroniem. Teorija paredzēja, ka katoda staru elektronu „materijas viļņu" gaŗumam vajadzētu būt ap 10^{-7} cm. Un savādi - dažus gadus vēlāk šo de Broglie teorijas paredzējumu eksperimentāli apstiprināja. Devisons un Džermers (Davisson, Germer) laida elektronu starus pret cinka vienkristallu un dabūja tādu pat spektru, kādu dod X stari. Tātad ātŗi skrejošiem elektroniem piemīt it kā viļņu īpašības. - Atomu uzbūves mācībā šai atziņai tā nozīme, ka elektronu var iedomāties stacionāru viļņu veidā. Elektrons, no šāda viedokļa skatoties, tātad nebūtu cirkulējošs lādiņš, kas nepārtraukti varētu raidīt elektromagnētiskas radiācijas, bet tas pats ir it kā stacionārs vilnis, kas izstiepts pa visu orbitu. Šāds stacionārs stāvoklis iespējams tad, ja gredzenveida ceļa (orbitas) gaŗums $2\pi r$ ir viļņa gaŗuma (λ) reizinājums ar kādu veselu skaitli (n), t. i. ja $2\pi r = n\lambda$. Ar to viegli iespējams šīs parādības saskaņot ar kvantu teorijas prasībām, bez kā nebūtu iespējams izskaidrot spektrus, pareizāk - kvantitātīvās sakarības starp līniju viļņugaŗumiem. Sevišķi ar Šrēdingera tālāk izveidotās viļņu mechanikas palīdzību atomu pasaules parādības varēja aprakstīt daudz saskanīgāk, nekā ar Boora teoriju. Vienīgā šās pieejas vājā puse bija uzskatamības trūkums. Grūti iedomāties, kā elektrons varētu būt vienā un tanī pat laikā noteikta lieluma un formas lādiņš un arī gandrīz vai tīri matēmatisks vilnis.

Vēl abstraktāka ir Heisenberga, Borna, Fermi, Diraka u. c. lielo teorētiķu izstrādātā jaunā kvantu mechanika. Tā vēl lielākā mērā atsakās no modeļiem, vedot matēmatiskos sakaros tikai tieši eksperimentāli nosakāmos lielumus, piem., spektru intensitātes un frekvences, vai ionizācijas potenciālus. Izmantojot šīm teorētiskam operācijam t. s. matricrēķināšanas metodes, šī teorija visumā nāk pie tiem pašiem slēdzieniem kā Šrēdingera mācība.

Atstājot dažus principiālus jautājumus pagaidām atklātus, mē-

ģināsim uzzīmēt to ainu, kas atbilst tagadējiem uzskatiem par atomu uzbūvi. No Rutherford'a-Bohr'a teorijas dibināšanas laikiem līdz mūsu dienām kā negrozītas palikušas šādas pamatatziņas. Elementu atomi veidoti no kodola, kas aizpilda tikai niecīgu daļu no atoma telpas, un negātīviem elektroniem. Katra elementa atomiem tik elektronu un tik pozitīvo lādiņa vienību, cik liels ir elementa kārtības skaitlis pamatvielu sistēmā. Atomi var uzņemt un atdot enerģiju tikai pilnīgi noteiktās porcijās jeb kvantos, kas atbilst elektronu stāvokļiem, bet kādi tie - vai elektrons kā ķermenītis riņķo pa noteiktu orbitu, vai kā vilnis izstiepts pa visu ceļu - to skaidri nezinām. Skaidra aina mums vēl ir arī par atomu ionizāciju. Ja kaut kāda iemesla dēļ elektriski līdzsvarots, neitrāls atoms zaudē kādu elektronu - tas top par pozitīvi lādētu ionu. Sevišķi viegli tā savus elektronus zaudē to metallu atomi, kam samērā liels tilpums un kam ārējā joslā tikai viens elektrons. Tādi atomi ir, piem., natrijam un kalijam. Vājās elektrostatiskās pievilkšanās dēļ ārējais elektrons vāji saistīts un viegli atstāj atomu. Natrija un kalija atomi tā viegli kļūst par pozitīviem ioniem - kationiem. Turpretīm chlora vai skābekļa atomi atkal spēj brīvos elektronus viegli piesaistīt, pie kam izveidojas negātīvi lādēti ioni - anioni. Tā kā anioniem un kationiem lādiņa zīmes pretējas tad tie pievelkas un veido ķīmiska savienojuma molekulas. Tā uz elektrostatiskās pievilkšanas pamata atomi, pareizāk ioni, turas kopā sāls kristallos, ūdens un citu oksidu molekulās u. c. savienojumos. Bet kāpēc savienojas nevien pozitīvais ūdeņradis ar negātīvo skābekli, bet arī, piem., H ar H par H_2 molekulu, O ar O par O_2 un oglekļa (C) atomi ar citiem C pat gaļās virknēs? Izrādās, ka daudz ir tādu savienojumu, kur saites starp atomiem nevis polāras, elektrostatiskas, bet citādas, nepolāras. Elektrostatiski tās izprast nevar. Nav arī pamata runāt, piem., par magnētisku pievilkšanos. Un taisni šeit nu ļoti auglīga izrādījās jaunā viļņu mechanika. Ar tās palīdzību izdevās matēmatiski izprast arī iedarbību starp līdzīgiem atomiem. Principiālais pamatpieņēmums te tas, ka starp abiem saistītiem atomiem svārstās elektroni, tā radot t. s. izmaiņas spēku lauku. Jāpieņem, ka šāda veida spēku lauki darbojas arī pašos atomu kodolos.

Jautājums par atomu kodolu uzbūvi bija stipri vien neskaidrs, kamēr nebija atklāts neitrons. Šo elektriski neitrālo vienību, kam protona masa, atklāja 1932. gadā angļu fiziķis sērs Čedviks (Chadwick). Neitrons ir ļoti nozīmīga vienība atomu kodolu uzbūvē. Tagad zinām, ka visos kodolos, izņemot vienīgi vieglo

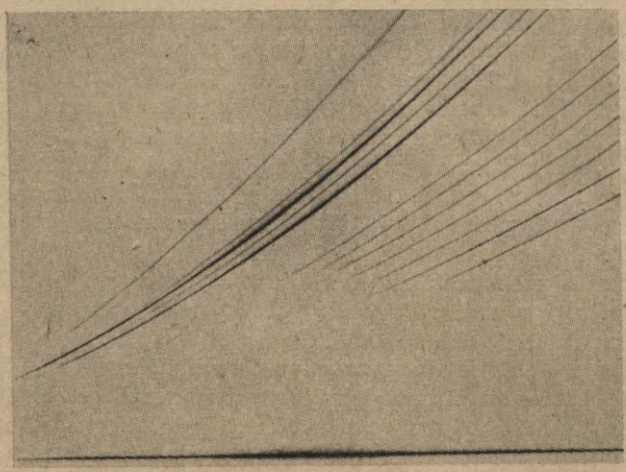
ūdeņradi, ir neitroni. Kodoli sastāv no protoniem un neitroniem, pie kam tos tura kopā izmaiņas spēki. Neitronu skaitu kodolos var uzzināt, ja atomsvaru skaitlim atskaita kārtības skaitli. Tā, skābekļa atomsvars ir 16, bet kārtības skaitlis 8. Tātad skābekļa atomi sastāv no 8 elektroniem un kodola, kuŗā ir 8 protoni un 8 neitroni. Neitroni ir masas noteicēji, bet uz ķīmiskām īpašībām, spektru, ionizāciju u. t. t. tie gandrīz nekādu iespaidu neatstāj.

Te vēl jāpiezīmē, ka protonu, neitronu un elektronu skaits atomos ir pilnīgi noteikts, t. i., šie skaitļi, ko uzzinām, atbilst reālitātei. Tie nav tādi skaitļi, kuŗus varam pēc izvēles grozīt. Tādēļ arī īstenībai visatbilstošākais ir tas ceļš, kādu zinātne līdz šim gājusi relātīvo atomsvaru izvēlē. Ūdeņraža atomos ir viena masīva kodola vienība un tā relāt. atomsvars ir (aptuveni) 1, skābekļa atomos ir 16 masas vienības (8 protoni un 8 neitroni) un šā elementa atomsvars ir 16. Ja, piem., skābekļa atomsvaru būtu pieņēmuši = 1, vai 100, tad šādas saskaņas ar atomfizikas atzinumiem nebūtu.

Pateicoties neitroniem mums ir liela atomu veidu dažādība. Izrādās, ka atomu veidu ir daudz vairāk, nekā elementu. Gandrīz visi elementi ir dažādu atomveidu maisījumi. Piem., alva, kuŗas atomsvars ir 118,7 ir 10 alvas paveidu maisījums, t. i., tā sastāv no 10 dažādiem atomu veidiem, kuŗu atomsvari ir veseli skaitļi, starp 112 un 124. Atomsvars 118,7 kā pastāvīgs skaitlis iznāk tādēļ, ka visi 10 paveidi ir noteiktās, nemainīgās daudzuma attiecībās. Šos atomu veidus, kam dažāda masa, bet vienāds kārtības skaitlis, sauc par izotopiem. Viena un tā paša elementa izotopi atšķiŗas cits no cita ar neitronu skaitu kodolos.

Nozīmīgākā izotopu pētīšanas metode ir t. s. masu spektrografija, ko nodibināja Dž. Tomsons un Astons. Lai to varētu saprast, vispirms īsumā jāapskata t. s. kanāļstari jeb pozitīvie stari. Ja no stikla caurules, kur iekausēti 2 elektrodi, izsūknē gaisu un tad laiž augstsprieguma strāvu, tad no katoda izplūst elektroni t. s. katodstaru veidā. Ja katods atrodas caurules vidū, un ja tas nav blīva plāksnīte, bet siets, tad katodstariem pretējā virzienā aiz katoda konstatējami materiālas dabas pozitīvi stari. Daļiņas kas tur lido ir pozitīvi lādēti gāzes ioni. Tie cēlušies no caurulē atlikušās gāzes molekulām, kuŗu atomiem katodstari norāvuši elektronus. Pozitīvi lādētie ioni protams ar sparu drāžas pret negātīvi lādēto katodu; daļa no tām tur izlādējas, bet citi caur sieta spraugām izskrien cauri un turpina savu ceļu aiz katoda. Ja katodam izurbts tikai viens apaļš caurums, var dabūt noteikta veida pozitīvo staru kūli. Masu spektrografija

tad nu dibinās uz to, ka pozitīvie kanāļstari tiek novirzīti no viņu taisnā ceļa ar elektriskā un magnētiskā lauka palīdzību. Tā, no novirzes lieluma (ko konstatē ar staru iedarbības sekām uz fotofilmu), elektriskā un magnētiskā lauka intensitātes un vēl citiem lielumiem, izdodas aplēst staroto ionu lādiņa un masas attiecību. Ja ioniem vienādi lādiņi, bet dažāda masa, tie tiek no sava taisnā ceļa novirzīti dažādā mērā: smagākie ioni tiek novirzīti mazāk



5. att. Dažādo neona izotopu masu spektrs.

nekā vieglākie. Tā dabū uz fotofilmas paraboliskas svītras, kas atšķiras cita no citas. No šīm svītrām tad arī aplēš ionu masas attiecības. Tagad pazīstam pavisam kādus 280 stabilus atomu veidus, bez tam ap 350 nestabilus, no kuriem 44 ir dabīgas radioaktīvas vielas.

Kā jau minēts, elementu īpašības noteic galvenā kārtā protonu un elektronu skaits atomā. Te mums, pirmkārt, ir interesants piemērs, kur redzam kvalitāšu atkarību no kvantitātes, t. i., īpašību atkarību no uzbūves vienību skaita. Sistēmām, kas sastāv no 1 protona un 1 elektrona ir ūdeņraža (H) atomu īpašības: H atomi viegli savienojas pāros, tie viegli atšķeļ elektronus un pārvēršas par kationiem, H un H_2 viegli reaģē ar skābekli, fluoru un chloru, H_2 molekulas ir ļoti vieglas, ātri difundē, tās grūti sabiezināmas par šķidrumu un cietu vielu, tās lielos daudzumos uzsūc platīnmetalli, sevišķi palladijs. Ja H

atomā nāk klāt vēl 1 neitrons, tad dabūjam deitēriju jeb smago ūdeņradi, kas visai maz atšķiras no parastā. Bet tikko nāk klāt vēl 1 protons un 1 elektrons, atoma īpašības radikāli mainās: dabūjam hēliju (He). Hēlijs ir cēlgāze, kas ķīmiski pilnīgi pasīva, t. i., nedod nekādus savienojumus. Arī šeit īpašības (izņemot masu) nav atkarīgas no neitronu skaita. Bet ja sistēmā nāk klāt vēl 1 protons un 1 elektrons, tad dabūjam pavisam īpatnējos litija (Li) atomus. Tie veido cietu vielu - metallu, kas viegli ionizējas, savienojas ar nemetallu atomiem u. t. t.

Līdzīga īpašību maiņa ar uzbūves vienību skaitu atkārtojas elementu rindās tālāk. Interesanti vēl tas, ka mainoties elektronu skaitam, t. i., tam pakāpeniski augot, noteiktā kārtībā mainās arī elektronu sagrupējums pa joslām. Kā no spektroskopijas u. c. datiem zināms, elektronu sagrupējums pirmiem 18 elementiem ir šāds:

Elements	Simbols	Kārt. skaitlis	Elektronu sagrupējums					Īpašības
Ūdeņradis	H	1	1					Viegla gāze vidēji iedarbīga
Hēlijs	He	2	2					Cēlgāze
Litijs	Li	3	2	1				Sārmmetalls
Berillijs	Be	4	2	2				Metalls
Bors	B	5	2	2	1			Ciets, pasīvs, nemetalls
Ogleklis	C	6	2	2	2			Ciets, pasīvs, nemetalls
Slāpeklis	N	7	2	2	3			Gāze, pasīva
Skābeklis	O	8	2	2	4			Gāze, aktīva
Fluors	F	9	2	2	5			Gāze, stipri elektronegāt.
Neons	Ne	10	2	2	6			Cēlgāze.
Nātrijs	Na	11	2	2	6	1		Sārmmetalls eletropoz.
Magnijs	Mg	12	2	2	6	2		Metalls
Aluminijs	Al	13	2	2	6	2	1	Vāji elektropozit. metalls
Silicijs	Si	14	2	2	6	2	2	Nemetalls, pasīvs, ciets
Fosfors	P	15	2	2	6	2	3	Nemetalls, aktīvs.
Sērs	S	16	2	2	6	2	4	Nemetalls
Chlors	Cl	17	2	2	6	2	5	Stipri elektronegāt. nemet.
Argons	Ar	18	2	2	6	2	6	Cēlgāze.

Kā redzams, pirmajā, kodolam tuvākajā joslā vai čaulā, t. s. K - serijā, var būt tikai 1—2 elektroni. Litija gadījumā, kad nāk vēl klāt trešais elektrons, tam šai joslā nav vietas un tas nostājas krietni tālāk no kodola, kādēļ tas arī samērā viegli var atskaldīties nost. Ārējais litija elektrons sāk veidot nākošo, t. s. L - seriju jeb čaulu, kuŗā tālāk izveidojas 2 apakšjoslas jeb grupas; pirmajā, kodolam tuvākajā ir 2, bet otrajā 1—6 elektroni. Ja L serijā jeb joslā pavisam ir 6 vai 7 elektroni, tad attiecīgo elementu (O un F) atomi ir stipri elektronegātīvi, t. i., tiem ir tendence saistīt svešus elektronus, pie kam ne jebkuŗu skaitu, bet taisni tik daudz, lai elektronu kopskaits L serijā būtu 8. Vispārīgi šādi atomi, kam ārējā joslā ir pavisam 8 elektroni, ir ļoti stabili. Tāds ir neons, kam nav ne mazākās tieksmes elektronus nedz atdot, nedz uzņemt. Ja nu tomēr atoma kodolā nāk klāt vēl viens protons, tad nākošais elektrons novietojas jaunā joslā. Natrija ārējais elektrons tā sāk veidot t. s. M - seriju. Elektronu skaitam pakāpeniski pieaugot te īpašības tālāk mainās pilnīgi līdzīgi tam, kā tas bija L serijā jeb joslā. Kad M serijā elektronu skaits sasniedzis 8, dabūjam atkal pilnīgi pasīvu, stabilu cēlgāzes atomu (argonu).

Pamatvielu īpašības tātad atkarīgas no atomu uzbūves vienību skaita un sagrupējuma, pie kam jo liela nozīme elektronu sagrupējumam pa joslām. Bet kāpēc taisni tā un ne citādi elektroni sagrupējas? Kāpēc kodolam tuvākajā joslā (K serijā) var būt tikai 2, bet L un M serijās 8 elektroni? To zinātne vēl nav noskaidrojusi. Acīmredzot atomu uzbūves vienībām ir noteiktas īpašības, kuŗu dēļ iespējama tikai pilnīgi noteikta sagrupēšanās, vismaz tais apstākļos, kādos mūsu pamatvielu atomi veidojušies.

Šajās pārrunās maz pieminējām neitronus, jo to nozīme elementu īpašību noteikšanā tiešām niecīga. Zināma īpašību starpība redzama pie ūdeņraža izotopiem, kam pat nedaudz atšķirīgs spektrs. H izotopu deitēriju, ko atklāja 1932. g. amerikāņu ķīmiķis Jūri (Urey), apzīmē ar simbolu D. Pāris gadus vēlāk atklāja pat vēl trešo H izotopu - tritēriju (T.). Deitērija relāt. atomsvars ir 2,0147, bet tritērija 3. Dabā atrodamā ūdeņradī un tā savienojumos tomēr deitērija un tritērija ir maz: deitērija ap 0,02% no visiem ūdeņraža atomiem, bet tritērija vēl daudz mazāk. Ievērojamākais deitērija savienojums ir smagais ūdens D_2O, kas vienmēr piejaukts visos dabas ūdeņos (uz 5000 H_2O viena D_2O). Tagad ar īpašiem paņēmieniem izdevies iegūt tīru D_2O. Tas pēc izskata līdzīgs parastam ūdenim, bet sasalst pie plus 3,8° C un vāras pie 101,42° (ja spiediens = 760 mm). Vēl pazīstams arī „pussmags ūdens" HDO, kur viens smagā un 1 vieglā izotopa

atoms savienots ar skābekļa atomu. Tāpat (lai gan ļoti reti) iespējamas tritērija dažādas kombinācijas ar parasto H un D. Lietu vēl vairāk sarežģī fakti par skābekļa izotopiju: arī parastam skābeklim, kuŗa atomsvars 16 un neitronu skaits 8, 0,2% daudzumā piejaukts izotops ar 10 neitroniem un 0,04% daudzumā izotops ar 9 neitroniem. Tā pētījumi par izotopiem dabu parāda daudz dažādīgāku, nekā to domāja agrāk.

Skābekļa izotopijai tomēr vēl ir arī citāda nozīme. Kā zināms par ķīmiskā atomsvara vienību skaita 1/16 no dabīgā skābekļa (O) atomsvara. Bet šis dabīgais O ir izotopu maisījums. Tādēļ no fizikas viedokļa tiek uzskatīts par pareizāku par atomsvara vienību pieņemt nevis dabīgā maisījuma relātīvo svaru, bet izotopu ar atomsvaru 16. Šī masas vienība ir nedaudz mazāka par ķīmisko, proti, kā 1 : 1,00275. Aplēšot gramos iznāk, ka 1 fizikālā atomsvara vienība ir $1{,}6600.10^{-24}$ g, kamēr 1 ķīmiskā $1{,}6606.10^{-24}$ g. Ķīmiskās atomsvara vienībās H atomsvars ir 1,0078, protona 1,0073, bet neitrona 1,0086. Fizikālās vienībās H atomsvars ir = 1,0081, protona 1,0075 un neitrona 1,0089.

Sekojošā tabulā sakopoti dati par dažu elementu izotopiem. Pirmā ailē ir elementa nosaukums un simbols, otrajā kārtības skaitlis (Z), trešajā protonu un neitronu kopskaits (A), ceturtajā neitronu skaits kodolā (A—Z), piektajā izotopa daudzums %, sestajā izotopu masa relāt. fizikālās vienībās (1/16 O ar neitronu skaitu —8), bet septītajā masu starpība starp uzbūves vienību masu kopsummu un faktisko relātīvo masu. Šī masas starpība, kā to redzēsim turpmāk, ļoti nozīmīga, jo no tās var spriest par atomu rašanās enerģiju.

Dažu nozīmīgāko elementu izotopi

		Z	A	A—Z	Izotopa %	Izotopa rel. masa	Masu starpība
Neitrons		0	1	1		1,0089	
Ūdeņradis	H	1	1	0	99,98	1,0081	
	D	1	2	1	0,014	2,0147	0,0023
Hēlijs	He	2	3	1	10^{-5}	3,0170	0,0082
	He	2	4	2	99,999	4,0038	0,0303
Litijs	Li	3	6	3	7,9	6,0169	0,0343
	Li	3	7	4	92,1	7,0181	0,0420
Ogleklis	C	6	12	6	98,9	12,0038	0,0986
	C	6	13	7	1,1	13,0075	0,1038
Skābeklis	O	8	16	8	99,76	16	0,1366
	O	8	17	9	0,04	17,0045	0,1411
	O	8	18	10	0,20	18,0048	0,1497

		Z	A	A—Z	Izotopa %	Izotopa rel. masa	Masu starpība
Natrijs	Na	11	23	12	100	22,9964	0,2003
Silicijs	Si	14	28	14	89,6	27,9870	0,2518
	Si	14	29	15	6,2	28,9865	0,2615
	Si	14	30	16	4,2	29,9839	0,2730
Chlors	Cl	17	35	18	75,4	34,9788	0,3204
	Cl	17	37	20	24,6	36,9777	0,3394
Dzelzs	Fe	26	54	28	5,84	53,959	0,501
	Fe	26	56	30	91,68	55,957	0,523
	Fe	26	57	31	2,17		
	Fe	26	58	32	0,31		
Varš	Cu	29	63	34	68	62,957	0,583
	Cu	29	65	36	32	64,955	0,603
Sudrabs	Ag	47	107	60	52,5	106,950	0,969
	Ag	47	109	62	47,5	108,949	0,988
Zelts	Au	79	197	118	100	197,039	1,659
Svins	Pb	82	204	122	1,5	204,058	1,698
	Pb	82	206	124	23,6		
	Pb	82	207	125	22,6		
	Pb	82	208	126	52,3	208,057	1,734
Urāns	U	92	234	142	0,006		1,886
	U	92	235	143	0,720		1,891
	U	92	238	146	99,274		1,908

VIII. ATOMU KODOLI UN TO IEKŠEJĀ ENERĢIJA

Radioaktīvo elementu izstarojumu pētījumi veda pie slēdziena, ka radioaktīvitāte ir atomu sabrukšanas process, pie kam pārmaiņas notiek ar atoma kodolu. Milzīgā enerģija, kas slēpta atomos gandrīz visa sakopota kodolos, gluži tāpat kā atomu masa. Radioaktīvās sabrukšanas procesos atbrīvojas tikai maza daļa no kodolos slēptās enerģijas, jo sabrukšana ir visai nepilnīga, bez tam vēl lēna. Ņemsim, piem., ļoti aktīvo radiju. Lai gan neredzamie stari, kas nepārtraukti plūst no niecīga, dažu miligramu smaga preparāta, spēj sacelt apdeguma brūces un cauri biezam papīram un kokam nomelnot fotofilmu, radija atomu kodoli sabrūk l ē n i un n e p i l n ī g i. Tikai 1590 gados puse no preparāta atomiem būs sabrukusi un pārvērtusies par svina atomiem. Efekts būtu bijis daudz spēcīgāks, ja katrs radija atoms, kas sabrūk, neizsviestu no sava kodola tikai dažas vienības, bet pilnīgi izputētu protonos un neitronos. Vēl spēcīgāks tas būtu tad, ja visu doto radija daudzumu u z r e i z izdotos izputināt protonos, neitronos

un elektronos, vai pat tīras kinētiskas enerģijas, piem., gaismas kvantu veidā.

Cik milzīga nozīme sadalīšanās ātrumam, to vislabāk rāda piemēri ar spridzināmām vielām un degvielām. Te, protams, parādās nevis atomu iekšējā enerģija, bet molekulu ķīmiskā enerģija, kas atkarīga no atomu ārējo elektronu stāvokļiem. Eksakti mērījumi rāda, ka sprāgstvielām eksplodējot atbrīvojas daudz mazāk enerģijas, nekā degvielām sadegot. 1 kg nitroglicerīna eksplodējot atbrīvojas 1485 lielās kalorijas, bet no nitrocellulozas pat tikai 1025, turpretim katrs kg koksa dod 8600, bet benzīns pat 10 000 lielās kalorijas. Spridzināmo vielu lielais efekts parādās tikai tādēļ, ka tās savu enerģiju atbrīvo ļoti ātri, vienā momentā.

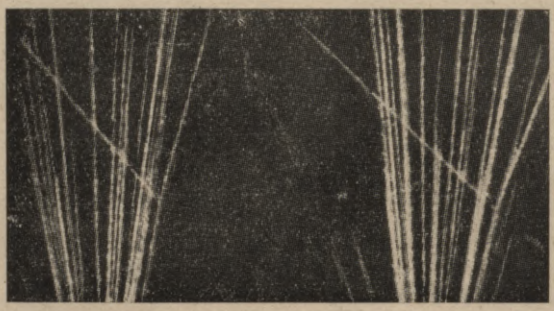
Viens no lielākiem notikumiem 20. gadsimtā ir atombumbu parādīšanās. 1945. g. augustā pirmās atombumbas tika nomestas uz dažām Japānas lielpilsētām. Šim notikumam bija, pirmkārt, milzīga praktiska nozīme, jo te parādījās jauns kara technikas ierocis, kas ar savu iedarbību tālu pārspēja visus līdzšinējos un paātrināja kara izbeigšanos. Bet bez tam šim notikumam bija izcila vispārīga, arī teorētiska nozīme, jo te nu praktiski tika reālizēta atomu iekšējās enerģijas atbrīvošana, un līdz ar to dots tās esamības pierādījums.

1 gramam radija sabrūkot līdz svinam atdalās tāds kaloriju daudzums, ko iegūst sadedzinot ap 500 kg ogļu, vai, kas atbrīvojas kad eksplodē 2880 kg nitroglicerīna. Bet ikkatras vielas grams, ja to varētu pārvērst brīvā, kinētiskā enerģijā, dotu (pēc relātīvitātes teorijas vienādojuma $E = m \cdot c^2$, t. i., enerģija = masas un gaismas ātruma kvadrāta reizinājumam) $2{,}15.10^{10}$ lielās kalorijas. Tāds enerģijas daudzums atbrīvojas kad eksplodē ap 15 000 tonnas visspēcīgāko sprāgstvielu.

Lai gan ar to daži principiālas dabas jautājumi par kodolos slēptiem spēkiem izšķirti, tomēr daudz vēl arī neskaidru neatrisinātu problēmu. Vēl gandrīz nemaz nespējam šīs eksplozijas regulēt, sabrukšanu palēināt, izvērst to vēl pilnīgāk, likt sabrukt arī citu atomu kodoliem tā, lai iekšējā enerģija atbrīvotos vēlamā, izmantojamā veidā. Pa daļai tas tādēļ, ka vēl maz ko zinām par kodolu uzbūvi. Tagad valda doma, ka atomu kodoli sastāv no protoniem un neitroniem, bet radioaktīvos izstarojumos samērā retos gadījumos parādās protoni vai neitroni; parasti no atomu kodoliem tiek izšauti elektroni un hēlija ioni, kas sastāv no 2 protoniem un 2 neitroniem. Kāpēc - to vēl īsti nezinām.

Skaidras, noteiktas ainas par atomu kodolu iekšieni atomfizikai vēl nav. Bet ar lielu neatlaidību zinātne tuvojas šās problēmas

atrisinājumam. Nevien dabīgās radioaktīvitātes pētījumi, bet sevišķi jaunie atklājumi par atomu mākslīgu skaldīšanu un pārveidošanu te ļoti nozīmīgi. Atomus mākslīgi pārvērst vispirms izdevās lielajam angļu atomfiziķim jaunzelandietim Rutherford'am. Viņš ar Wilson'a kameras palīdzību novēroja radioaktīvo vielu izstaroto alfa-staru ceļus slāpekļī un konstatēja sekojošo. Dažu svītru galos bija redzami jau agrāk pazīstamie lūzumi, kuŗu cēlonis ir izstaroto hēlija ionu atstumšana no kodola. Bet ļoti retos gadījumos bija redzama arī ceļa sazarošanās. No kā tā varētu celties? Tuvāka zaraino svītru analize veda pie slēdziena, ka viens zars atbilst protonam, kas izsviests no slāpekļa atoma kodola. Hēlija kodols tātad spēj - lai gan ļoti retitieši ieskriet sveša atoma kodolā, pie kam no turienes izlido protons.



6. att. Slāpekļa pārvēršana par skābekli (zarotie ceļi) Wilson'a kamerā.

Var arī teikt, ka starp hēlija un slāpekļa kodoliem notiek savstarpēja iedarbība, kas izsakāma ar vienādojumu palīdzību. Rakstot kodolu reakciju vienādojumus lieto parastos elementu apzīmējumus jeb simbolus, kam kreisā pusē augšā raksta atomsvara skaitli, bet apakšā kārtības skaitli (protonu skaitu kodolā). Tātad mūsu piemērā:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He = ^{17}_{8}o + ^{1}_{1}H.$$

Vārdos tas pasakāms šādi: slāpekļa kodols, kuŗā 7 protoni un 7 neitroni, uztveŗ hēlija kodolu (kam 2 protoni un 2 neitroni), pie kam rodas skābekļa kodols ar 8 protoniem un 9 neitroniem un viens protons. Ievērojams te vēl tas, ka izsviestā protona kinē-

tiskā enerģija ir lielāka par tā atbrīvotāja (hēlija iona) kinētisko enerģiju. Tātad kodolu pārveidošanās procesos var atbrīvoties daļa kodola iekšējās enerģijas.

Līdzīga kodolu reakcija izdodas, ja apšauda aluminiju ar alfa stariem. Tad: $^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He = ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}H$. Vārdos izsakot: aluminija atomu kodoli, kas sastāv no 13 protoniem un 14 neitroniem (kopā 27) uzņem vienu hēlija kodolu, pie kam rodas silicija izotops ar atomsvaru 30 un 1 protons. Vienādojumos vienmēr augšējo indeksu summai vienādojuma kreisā pusē jābūt vienādai ar indeksu summu vienādojuma labā pusē. Tāpat jāsaskan apakšējo indeksu summai.

Ne katrreiz tomēr hēlija kodolu (ionu) uztveršana svešu atomu kodolos saistīta ar protonu atbrīvošanu. Dažreiz kā kodolu reakcijas produkts protona vietā var rasties neitrons. Tas notiek, piem., ja berilliju apšauda ar alfa-stariem. Tādā gadījumā berillija kodoli, kam 4 protoni un 5 neitroni reaģē ar hēlija kodoliem un dod parastā oglekļa kodolus un neitronus $^{1}_{0}n$. Vienādojuma veidā:

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He = ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n.$$

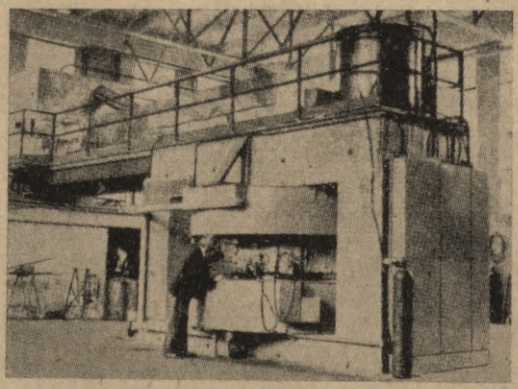
Šai reakcijai milzīga praktiska nozīme, jo tā dabū neitronu starus, kas var ierosināt lavīnveidīgas urāna kodolu eksplozijas (atombumbās).

Atomu skaldīšanai ar alfa-stariem tā lielā priekšrocība, ka skaldītāja radīšanai nav vajadzīgas nekādas aparatūras. Vajadzīgs tikai neliels daudzums kāda radioaktīva preparāta, kas raida alfa-starus. Tā ir milzīga priekšrocība, ko izlieto arī atombumbu konstruēšanā. Tomēr tam ir arī savas ēnas puses, jo radioaktīvo vielu dabā nav daudz un ne katrreiz tās viegli pieejamas. Tādēļ jau kopš vairāk desmit gadiem tiek meklēti kādi mākslīgi līdzekļi, ar kuŗu palīdzību varētu skaldīt atomus un atbrīvot kodolu iekšējos spēkus. Lielas cerības lika sākumā uz augstsprieguma strāvām, bet redzamu panākumu nebija. Pirmais lielākais panākums tika gūts 1932. gadā, kad Kokroftam un Ueltonam (Cockroft, Walton) izdevās atomu kodolus pārvērst ar mākslīgi radītu protonu staru palīdzību. Ar ļoti ātru, enerģisku protonu (kanāļstaru) palīdzību viņi saskaldīja litija un bora atomu kodolus, pie kam kā skaldproduktus ieguva hēlija kodolus, t. i., mākslīgas alfa daļiņas, piem., pēc šāda vienādojuma:

$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H = ^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He.$$

Vēlāk Laurenss protonu paātrināšanai izkonstruēja sevišķu ierīci, t. s. ciklotronu, kur protonu stari tiek stipri paātrināti vairākkārt laižot caur paātrinātāju elektrisko un magnētisko lauku. Tā iegūst ļoti spēcīgus protonu starus, kas spēj izlauzties cauri beezām kārtām un kuŗu sadursmes varbūtība ar kodoliem liela.

Vēl iedarbīgāki par protonu stariem ir deitēronu (smagā ūdeņraža deitērija kodolu) stari. Ar tiem apstarojot dažādus elementus kā kodolu reakcijas produkti var rasties hēlija kodoli, protoni un neitroni.



7. att. Lawrence konstruētais ciklotrons.

Skaldīšanai var izlietot arī neitronus un gamma-starus. Tāds interesants skaldīšanas piemērs ar gamma-stariem ir deitērija kodolu saskaldīšana protonos un neitronos. Var arī pašu deitēriju apstarot ar deitēronu stariem, pie kam rodas vieglais hēlija izotops un neitroni, pēc vienādojuma:

$$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D = ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n.$$

Kodolu pārveidošanas reakçijās vienmēr atbrīvojas milzīgi enerģijas daudzumi. Piem., litija kodolu un protonu reakcijās radītās mākslīgās ąlfa daļiņas izlido uz pretējām pusēm ar milzīgu sparu, ko rāda šo vienību ceļu uzņēmumi Vilsona kamerā. No ceļa gaŗuma var aplēst lidojošās daļiņas enerģiju, kas ir $1{,}35.10^{-5}$ ergu liela, vai abām kopā $2{,}70.10^{-5}$ ergu. Salīdzinot ar parastiem lielumiem tas ir niecīgs skaitlis. Bet te jāievēro, ka tie

ir elementārprocesi ar atsevišķu atomu kodoliem. Aplēšot veselam grammolekulas daudzumam, t. i., 4 gramiem hēlija, kur ir $6{,}02.10^{23}$ hēlija atomu, iznāk $1{,}35.10^{-5}$. $6{,}02.10^{23} = 8{,}127.10^{18}$ ergu = $1{,}95.10^{11}$ kalorijas, kamēr ķīmiskās reakcijās 1 grammolekulas pārvēršanos pavada ap 10^3 — 10^5 kaloriju atdalīšanās. Tātad kodolu reakcijās atbrīvotā enerģija ir miljonreiz lielāka par ķīmiskās reakcijās atbrīvoto. Šī kodolu reakcijās atbrīvotā enerģija nāk no pašiem kodoliem, no kodolu masas, kas, saskaņā ar masas-enerģijas ekvivalences principu, var pārveidoties kinētiskā enerģijā. Tiešām, aplēšot masas maiņas, gūstam šādus skaitļus. Litija izotops sveŗ 7,01816 relāt. vienību, bet protons 1,00758 vienību, t. i., kopā 8,0257, bet 2 hēlija kodoli sveŗ tikai 8,0077 vienību. Tātad zudušas ir 8,0257—8,0077 = 0,018 relāt. masas vienības, jeb 0,018. 1,66. 10^{-24} g materijas, kas pēc vienādojuma $E = m.c^2$ ir pārvērties brīvā enerģijā. Aprēķinot, t. i., reizinot masas skaitli ar gaismas ātruma kvadrātu, dabūjam $2{,}67.10^{-5}$ ergu, kas labi saskan ar tieši eksperimentāli no ionu ceļā aplēstā enerģijas lieluma $2{,}70.10^{-5}$.

Šī abos veidos iegūto skaitļu saskaņa ir ļoti nozīmīga, jo tā apstiprina relātīvitātes teorijas vienādojumu par masas-enerģijas ekvivalenci. Bez tam tā apliecina, ka litija un hēlija atomsvari ir tiešām pareizi.

Iepriekšējās nodaļas beigās ir ievietota izotopu tabula kur atrodam arī tās masu starpības, kas iznāk, ja no kādu izotopu veidotāju pamatvienību (protonu un neitronu) masu summas atskaita izotopu faktisko masu. Piem., deitērijs radies no ūdeņraža atoma un neitrona, tātad jāsaskaita 1,00895 un 1,00813, kas dod 2,01708, bet deitērija atomi sveŗ tikai 2,01472 relāt. vienības, tātad zudušas ir 2,01708 — 2,01472 = 0,00236 relāt. masas vienības. No tabulas redzams, ka šīs masu starpības aug līdz ar kārtības skaitli un arī ar neitronu skaitu izotopos. Tagad viegli saprotam, ka šīs masu starpības atbilsţ atomu rašanās enerģijai: jo lielāka masu starpība, jo vairāk enerģijas atbrīvojies attiecīgā elementa atomiem kādreiz rodoties no uzbūves vienībām. Ņemsim kā piemērus litiju, kaliju un urānu. Pirmajā ir 6—7 vienības (neitroni un protoni), otrā 39—41 un trešajā 142—146. Masu zudumi (starpības) pirmā gadījumā ir 0,03 — 0,04, otrā 0,35, bet pēdējā 1,7 — 1,9. Kalija kodolos ir apm. 6 reiz vairāk vienību kā litija kodolos un 10 reiz lielāks masu zudums. Urāna kodolos ir gandrīz 5 reiz vairāk vienību kā K kodolos un masu starpība arī 5 reiz lielāka. Tātad no sākuma masu starpība jeb kodolu rašanās enerģija gan aug straujāk nekā uzbūves vienību skaits, bet vēlāk, t. i.,

pēc zināma kārtības skaitļa (kodola lieluma) sasniegšanas, rašanās enerģija aug vienmērīgi līdz ar vienību skaitu.

Šai atziņai ļoti liela nozīme, jo no rašanās enerģijas lieluma varam tieši spriest par kodolu vienības saistītājiem spēkiem. Gluži tāpat kā ķīmiskos savienojumos visstabilākās molekulas tās, kuŗām rodoties, atbrīvojies vislielākais siltuma daudzums, tā arī saitēm starp uzbūves vienībām kodolos jābūt atkarīgām no rašanās enerģijas. Bet ja rašanās enerģija aug vienmērīgi līdz ar vienību skaitu, tad tas nozīmē, ka katra vienība ar vienādi stiprām saitēm saistīta tikai ar vistuvāko kaimiņvienību. Tātad saistītāji spēki kodolos darbojas tikai visniecīgākos attālumos. Ja uz jaunpienākušām vienībām iedarbotos visas pārējās, tad pievilkšanas spēkiem un tiem atbilstošai rašanās enerģijai vajadzētu augt līdz ar vienību skaitu straujāk, nekā tas ir.

No eksperimentāliem datiem par materiālas dabas ķermenīšu nonākšanu saskarsmē ar kodoliem un vēl citiem faktiem var spriest, ka vieglo atomu kodolu diametrs ir ap 10^{-13} cm, bet smago ap $1{,}6.10^{-12}$cm. Smago kodolu tilpums tad būtu ap 2.10^{-36} cm^3. Kodols, kuŗa relāt. atomsvars = 200, sveŗ 3.10^{-22} g. Tātad iznāk, ka kodola materijas blīvums ir $1{,}5.10^{14}$ g/cm^3. Ja kodolus varētu sablīvēt kopā vienā blīvā masā, tad 1 cm^3 šādas materijas svērtu 150 miljonu tonnu. Tik daudz sveŗ dzelzs kubs, kuŗa malas gaŗums ir 250 metri. Šis piemērs skaidri parāda kodolu niecīgumu un materijas atomu tukšumu.

No šiem datiem līdz ar to varam secināt, ka starp kodolu uzbūves vienībām, t. i., protoniem un neitroniem iedarbīgie spēki darbojas tikai attālumos, kas mazāki par 10^{-13}cm, t. i., ap 10^{-14} cm. Tie ir t. s. izmaiņas spēki, kas savā ziņā līdzīgi homopolārām ķīmiskām saitēm (piem., starp oglekli un oglekli organiskās vielās) un arī van der Waals'a molekulārās pievilkšanas spēkiem. Izmaiņas spēku raksturīgā pazīme tā, ka tie, pretēji elektrostatiskās pievilkšanas spēkiem, darbojas tikai ļoti niecīgos attālumos. Kā īsti kodolos protoni saistīti ar neitroniem, tas visā pilnībā nav zināms. Varam tik ar lielu paticamību pieņemt, ka kodolos protoni un neitroni nepastāv kā individuālas vienības, bet var pārvērsties, t. i., protons var pārvērsties neitronā un otrādi. Starp protonu un neitronu nepārtraukti iļ kā izmainās enerģija, piem., kāda lādiņa veidā. Neitronu varam iedomāties kā sastāvošu no protona un elektrona. Ja nu kāds svešs protons nonāk neitrona tuvumā, tas - uz elektrostatiskās pievilkšanas pamata - var neitronam atraut elektronu. Šis elektrons nu raujas pie protona. Bet tikko tas tuvojas svešajam protonam, pēdējais kļūst par

neitronu un agrākais neitrons par protonu, kas nu rauj atkal elektronu atpakaļ. Tā nu notiek nepārtraukta elektrona svārstīšanās starp abām vienībām, kas līdz ar to tiek turētas kopā.

Bet kāpēc smago elementu atomi spontāni sabrūk? Acīmredzot pēc tam, kad vienību skaits kodolos pārsniedz zināmu lielumu, visa sistēma kļūst vairāk vai mazāk nestabila. Visi elementi, kuŗu kārtības skaitlis ir lielāks par 84 ir radioaktīvi, t. i., to kodoli ir nestabili. Viens no šās nestabilitātes iemesliem varētu būt elektrostatiskā atstumšanās starp kodola protoniem. Šis spēks var iedarboties arī lielākos attālumos, tas darbojas pretēji vienības saistītājiem izmaiņas spēkiem. Atstumšanās spēkiem ir jāaug līdz ar protonu skaitu. Bet kāpēc dažu smago elementu atomu kodoli sabrūk ātri un citu lēni? Vai - pareizāk jautājot - kāpēc viena elementa, piem., radija gadījumā, sabrukšanas procesi notiek bieži, bet citā gadījumā (piem., torijam) reti? To zinātne vēl nav spējusi noskaidrot. Tāpat vēl nav atrisināti jautājumi par alfa- un beta-staru izcelšanos. Hēlija ionu izstarošana no kodoliem gan teorētiski diezgan labi pamatota. Izrādās, ka hēlija kodolu rašanās no 2 protoniem un 2 neitroniem ir enerģētiski visiespējamākais process, tādēļ netiek izstaroti protoni un neitroni, bet hēlija kodoli (alfa-daļiņas). Tātad iespējams, ka hēlija kodoli rodas tikai atoma sabrukšanas momentā no protoniem un neitroniem. Galīgi pierādīts tas tomēr nav. Varbūt hēlija kodoli pastāv smago atomu kodolos kā sekundāras uzbūves vienības.

Ļoti interesanta ir beta izstarojumu teorija. Beta stari nāk no radioaktīvo atomu kodoliem un jāpieņem, ka to cēlonis ir kāda neitrona pārvēršanās par protonu, pie kam viens elektrons top brīvs. Līdz ar elektrona izlidošanu no kodola tā kārtības skaitlis palielinās par 1, pie kam elektrons aiznes arī zināmu daļu no kodola enerģijas. Varētu nu sagaidīt, ka šī enerģija ir pilnīgi noteikta, t. i., ka visiem no viena un tā paša radioaktīvā preparāta izstarotiem elektroniem ir vienāds ātrums; vai vismaz - ka šeit būtu sagaidāmas noteiktas ātruma, resp. enerģijas pakāpes. Patiesībā tomēr tas tā nav. Izrādās, ka elektronu ātrumi ir ļoti dažādi. Ir gan kāds maksimāls ātrums, augšējā enerģijas robeža, kas netiek pārsniegta, bet bez šiem visātrākiem elektroniem no viena un tā paša preparāta nāk laukā arī lēnāki elektroni, pie kam ātrumi mazinās nepārtrauktā pakāpenībā. Jāpieņem, ka visātrāko elektronu enerģija ir tā, kas atbilst sabrukšanas procesā atbrīvotai enerģijai. Bet kur palikusi lēnāko elektronu enerģija? Nedz gamma-stari, nedz kāda cita radiācija te neparādās. Negribētos apšaubīt arī enerģijas neiznīcības likumu. Apsveŗot dažādas var-

būtības, teorētiķi tagad par vispaticamāko atzīst šādu izskaidrojumu. Jāpieņem, ka līdz ar lēnajiem elektroniem no kodoliem izlido vēl kāda daļiņa, kas nes enerģiju. Šo hipotetisko daļiņu nosauca par neitrino. Tai jābūt bez lādiņa un ar visai niecīgu masu, kas droši vien mazāka par elektronu masu. Neitrino, tāpat kā elektroni, tātad nebūtu kodolu uzbūves vienības, bet rastos sabrukšanas momentā no kodolu enerģijas. Tomēr šie pieņēmumi atduras vēl pret dažām teorētiskām pretrunām. Atrisinājumu šeit izdevās gūt japāņu teorētiķim Jukavam (Yukawa). Viņš pieņēma, ka starp protoniem un neitroniem kodolos izmainās nevis elektroni, bet kādas par elektroniem apm. 150 reiz smagākas daļiņas, kam elektrona lādiņš. Šos smagos elektronus, kas Jukavas teorijā bija tīri hipotetiskas vienības, tagad sauc par mezoniem jeb mezotroniem. Beta izstarošanas gadījumā tad mezons sašķeļas elektronā un neitrino un atstāj kodolu. Interesanti šai sakarībā tas, ka brīvus mezonus priekš dažiem gadiem tiešām atklāja kosmiskos izstarojumos. Tie tur parādās kā vienības, kas pastāv tikai apm. vienu miljondaļu sekundes, bet tas ir pilnīgi pietiekami, lai tagadnes fizika spētu konstatēt to īpašības.

Mezoni ir īslaicīgi pastāvīgas vienības, kas atomu kodolos atrodas nepārtrauktās izmaiņās. Līdzīgs liktenis ir negātīvā elektrona antipodam - pozitīvajam elektronam jeb pozitronam. To atklāja tikai 1932. gadā amerikāņu fiziķis Andersons. Šo vienību meklēja jau sen, un angļu teorētiķis Diraks (Dirac) bija sīki un ar visai īpatnēju teorētisku metodi paredzējis šās, tad vēl neatklātās vienības īpašības. Teorija starp citu noteica, ka pozitīvais elektrons ir nepastāvīga vienība, kas viegli pārvēršas gaismas kvantos. Vēlākie eksperimenti šos Diraka teorētiskos slēdzienus pilnīgi apstiprināja. Eksperimenti ar Wilson'a kameras palīdzību pierādīja, ka pozitronam ir tāda pat masa un tik pat liels lādiņš kā negāt. elektronam, tikai lādiņa zīme ir pretēja un pozitrona mūžs ļoti īss. Pretēji elektroniem pozitroni nepiedalās atomu uzbūvē, bet parādās tikai kā enerģijas un masas pārvēršanu starpprodukti tur, kur uz atomiem iedarbojas ar sevišķi lielu enerģiju, kā tas ir, piem., kosmisko staru gadījumā.

1934. gadā ievērojamais franču atomfiziķu pāris Irēne Kiri-Žolio (I. Curie-Joliot, slaveņās radija atklājējas Marijas Kiri meita) und F. Žolio (Joliot) atklāja ļoti ievērojamo faktu, ka kodolu mākslīgās pārvēršanas produkti ļoti bieži ir radioaktīvi. To mūža ilgums gan parasti diezgan īss un tie neizstaro hēlija kodolus, bet negātīvos vai pozitīvos elektronus. Tā, piem., apstarojot aluminiju ar alfa-stariem, Al atomi pārvēršas par radioaktīva

fosfora atomiem, kas izstaro 1 pozitronu un līdz ar to pārvēršas par stabilu silicija izotopu. Simbolos to var attēlot šādi: Vispirms $^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He = ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$. Rodas kāds nestabils, dabā neatrodams fosfora izotops ar atomsvaru 30 un tiek izstaroti neitroni. Šis fosfora izotops nu ir radioaktīvs un tā mūža ilgums ir ap 6 minutes, pie kam tas pārvēršas par siliciju pēc schēmas:

$^{30}_{15}P = ^{30}_{14}Si + ^{0}_{1}e$. Ar $^{0}_{1}e$ šeit tiek apzīmēti pozitroni.

Cits piemērs ir radioaktīvs natrijs, ko iegūst aluminiju apstarojot ar neitronu stariem. Tad notiek šāda kodolu reakcija:

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n = ^{24}_{11}Na + ^{4}_{2}He.$$

Rodas radioaktīvs natrija izotops un alfa daļiņas. Mākslīgā, radioaktīvā natrija pusmūžs ir 15 stundas. Tas izstaro negātīvos elektronus un pārvēršas tad par stabilu magniju pēc vienādojuma:

$$^{24}_{11}Na = ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e.$$

Šeit tātad kodola lādiņš palielinās par 1 (no 11 uz 12). To nu jāsaprot tā, ka natrija izotopa $^{24}_{11}Na$ kodoli ir nestabili un var pārvērsties stabilos kodolos ar 1 neitrona pārvēršanos par protonu, pie kam jāatbrīvojas 1 negātīvam elektronam $^{0}_{1}e$.

Vēlāk, sevišķi itaļu atomfiziķis F e r m i ar saviem daudzajiem līdzstrādniekiem ieguva vairāk desmit dažādu mākslīgu radioaktīvu atomu veidu ar ļoti dažādiem mūža ilgumiem. Mākslīgi radioaktīvi var būt v i s i e l e m e n t i, sākot ar ūdeņraža izotopu tritēriju un beidzot ar urānu. Radioaktīvu tritēriju (T) dabū apstarojot deitēriju ar deitēroniem (smagā ūdeņraža kodoliem, kas ir deitērija kanāļstaros):

$$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D = ^{3}_{1}T + ^{1}_{1}H.$$

Tritērijs izstaro negātīvos elektronus un šī starošana velkas veselus 62 gadus. Arī no litija var rasties radioaktīvs tritērijs. Apstarojot berilliju ar deitēroniem dabū mākslīgu, radioaktīvu berillija izotopu, kas lēni pārvēršas tikai varāk miljonu gadu laikā.

Mākslīgi radioaktīvi, kā jau teikts, var būt nevien vieglo, bet arī smago elementu izotopi. Piem., mākslīgi radioaktīvu vaļu (Cu) var iegūt vai nu no parastā vaļa, vai arī no niķeļa, vai cinka. No cinka (Zn) to dabū, ja cinku apstaro ar neitroniem. Tad notiek šāda kodolu reakcija:

$$^{64}_{30}Zn + ^{1}_{0}n = ^{64}_{29}Cu + ^{1}_{1}H.$$

Tātad par radioaktīvu vaļu var pārvērsties tas cinka izotops, kuļa atomsvars ir 64. Te masu skaitlis (64) nemainās, jo uzņemts tiek neitrons un atdots protons. Bet mainās kārtības skaitlis (no 30 uz 29), jo līdz ar protonu aiziet viens kodola lādiņš, un tiklīdz mainās kārtības skaitlis, radikāli mainās visas atoma īpašības.

Pazīstama arī mākslīga radioaktīva dzelzs, radioaktīvs sudrabs, zelts u. c. smagie metalli. Visos gadījumos tomēr mākslīgos atomu veidus izdevies iegūt tikai niecīgos daudzumos. Tā pamats ir kodolu niecīgās dimensijas: arī „apšaudot" cietu vielu ar iespējami intensīviem materiālas dabas stariem, izdodas tieši trāpīt tikai samērā nelielā kodolu skaitā. Ņeaizmirsīsim, ka atomu izmēri svārstās ap 10^{-8}, bet to kodolu dimensijas ap 10^{-13}cm. Kodoli tātad ir vēl simttūkstošreiz mazāki par atomiem.

Visinteresantākie un arī praktiski visnozīmīgākie ir tie mākslīgi ierosinātās sabrukšanas procesi, kas notiek ar urāna atomu kodoliem, kad tos „apšauda" ar neitroniem. Šie īpatnējie procesi tika atklāti 1938. gadā, pie kam vislielākie nopelni te vācu pētniekam O. Hānam (Hahn). Vispirms no teorētiskā viedokļa interesanti tas, ka urāna atomi var sabrukt ļoti dažādi, pie kam kā nestabili starpprodukti var rasties atomi ar kārtības skaitli 93. Šis mākslīgais atomu veids raksturīgs ar to, ka tas stāv ārpus elementu sistēmas robežām. Šādu „transurānu" varētu novietot zem renija, un tiešām, ar mikroķīmiskas analizes palīdzību tagad pierādīts, ka nestabilais transurāns ar kārtības skaitli 93 ir līdzīgs renijam. Daudz nozīmīgāks tomēr bija sekojošais Hāna un viņa līdzstrādnieku atklājums: ar neitronu stariem apstarotais urāns var mākslīgi sabrukt tā, ka to kodoli saskaldās divās apmēram līdzīgās daļās, pie kam vēl tiek izstaroti neitroni. Šāda veida mākslīga sabrukšana nekad nebija novērota. Var notikt, piem., sekojošais: urāna izotops ar atomsvaru 235 vispirms uztveļ 1 neitronu un pārvēršas par nestabilu urānu ar atomsvaru 236:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n = ^{236}_{92}U.$$

Šis urāna kodols nu neizšauj tikai kādu elektronu, vai protonu, bet ar milzu sparu eksplodē, pie kam rodas 2 lieli gabali un lielāks skaits sīko neitronu, piem., pēc vienādojuma:

$$^{236}_{92}U = ^{140}_{57}La + ^{86}_{35}Br + 10\,^{1}_{0}n.$$

Eksplozijā rodas lantāna izotops (kārt. skaitlis 57, atomsv. 140), broma izotops (kārt. sk. 35, atomsv. 86) un 10 neitroni! Tāds

neitronu skaits iznāk no augšējo masu indeksu starpības. (Var būt arī cits neitronu skaits, atkarībā no lantāna un broma izotopu masas.) Visievērojamākais tomēr tas, ka: 1) urāna skaldproduktiem ir milzīga enerģija, un 2) skaldīšanās reakcijā atbrīvojas liels skaits enerģisku neitronu, kas savukārt var ierosināt citu urāna atomu sabrukšanu. Tā urāna sabrukšana var norisināties lavīnveidīgi, ārkārtīgi strauji. Te arī slēpjas atombumbas noslēpums.

Urāna kodoli var sabrukt arī citādi, nekā minēts. Vienmēr tomēr rodas 2 viegli kodoli, kuru kārtības skaitļa summa ir vienāda ar urāna kārtības skaitli 92. Piem., no urāna var rasties kriptons un barijs, rubīdijs un cēzijs, stroncijs un ksenons, cirkonijs un tellūrijs, itrijs un jods, niobijs un antimons. Piem., cirkonija un tellurija (Te) rašanās gadījumā vienādojums izskatīsies šāds:

$$^{236}_{92}U = ^{95}_{40}Zr + ^{133}_{52}Te + 8\,^{1}_{0}n.$$

Šeit atbrīvojas 8 neitroni, jo $236 = 95 + 133 + 8$. Jaunie kodoli, kas rodas šajos skaldīšanās procesos ir tādi, kas dabiskā izotopu maisījumā nav sastopami. Tie nav stabili un savukārt, izstarodami elektronus, pārvēršas citos, stabilos atomu veidos. Tādēļ pēc atombumbas eksplozijas visā apkārtnē konstatējami radioaktīvi izstarojumi. Šī elektronu izstarošana tomēr pašu eksplozijas efektu neietekmē.

Jāievēro vēl arī sekojošais. Urānam ir 3 izotopi, no tiem visvairāk ir U ar atomsv. 238, t. i., $^{238}_{92}U$ un daudz mazāk (tikai 0,72%) izotops ar atomsv. 235, bet trešais pavisam maz. U ar atomsv. 235 izdodas ierosināt ar lēniem neitroniem. (Neitronu starus parasti nobremzē laižot tos caur parafīna slāni, vai smago ūdeni.) Lavīnveidīga sabrukšana (eksplozija) var norisināties tikai tad, ja urāns 235 ir pietiekami lielā masā. Pavisam maziņas atombumbiņas, teiksim, zirņa lielumā - nav iespējamas.

Te nu tūlīt redzam tās milzu grūtības, kas jāpārvar, lai tiktu līdz atombumbai. Urānu jau kā tīru metallu no tā savienojumiem gruti atbrīvot. Vēl grūtāk dabūt pilnīgi tīru metallu, to atbrīvot no visiem piemaisījumiem. Bet vēl nesalīdzināmi grūtāk atdalīt izotopu 235 no metalla masas. Nav zināms kādas metodes izlieto izotopu nošķiršanai. Ja to grib izdarīt uz masu spektrografijas principu pamata, tad īpašās kanāļstaru aparatūrās gaistošus urāna savienojumus, piem., urāna heksafluoridu UF_6 jāionizē un tad uz gāzes ioniem jāiedarbojas ar spēcīgu elektrisku un magnētisku

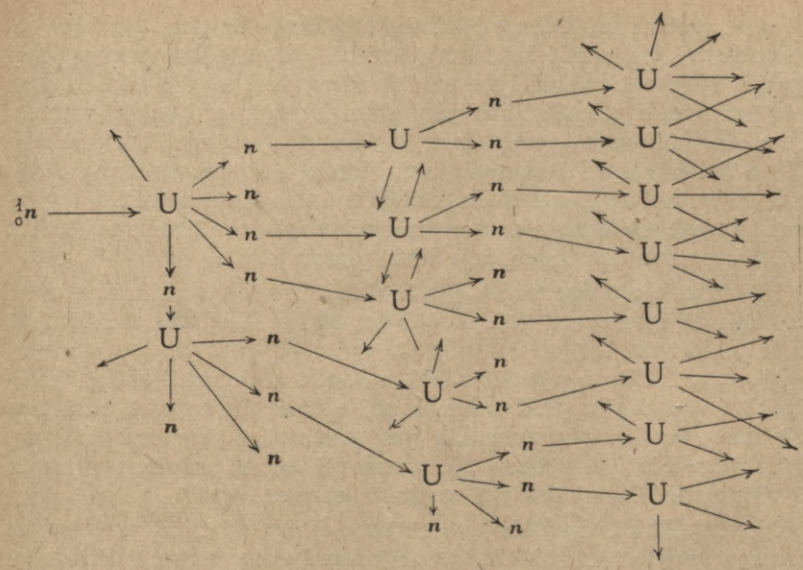
lauku. Bet šādam nolūkam tad vajadzīgas aparatūras ar nesalīdzināmi lielāku jaudu un kapacitāti, nekā tā ir parastos masu spektrografos. Gaistošu vielu izotopus vēl var atdalīt arī uz termodifūzijas principa pamata, ko reālizēja Minchenes fizikoķīmiķis Kluzius (Clusius). Ja gaļas caurules vidū ievieto elektriski sildāmu stiepli, tad vieglās molekulas pamazām sakrājas pie stieples, bet smagās vairāk caurules malās. Konvekcijas deļ vieglākās molekulas ceļas uz augšu, bet smagās slīd uz leju. Ar 36 m gaļas caurules palīdzību tā (1938. g.) Kluziusam izdevās vieglo chlora izotopu (atomsv. 35) atdalīt no smagā (atomsv. 37). Dažāda smaguma gāzveidīgu un šķidru elementu vai to savienojumu molekulas vēl var nošķirt arī ar speciālu centrifugu u. c. līdzekļu palīdzību.

Lēno neitronu staru iegūšanai vajadzīgs vienīgi berillijs (tā vietā var būt arī cits elements) un nedaudz kādas radioaktīvas vielas, kas izstaro alfa-starus. Līdzīgu urana atomkodolu skaldīšanos, kā to atklāja Krišnans un Benks (Krishnan, Banks), var panākt arī ar deitērija kanāļstaru jeb deitēronu palīdzību. Kā skaldproduktus viņi konstatēja dažādus radioaktīvus platīna, barija un lantāna izotopus. Līdzīgā veidā var skaldīties nevien urāna, bet arī torija atomu kodoli, pie kam konstatēti, piem., mazurija un sudraba izotopi. Torijam varētu būt nākotnē sevišķi liela nozīme, jo tā dabā ir vairāk, nekā urāna.

Skaldīšanai ar deitēroniem ir tā priekšrocība, ka ar ciklotronu palīdzību var dabūt visādus deitēronus, gan lēnus, gan arī ļoti ātrus un enerģiskus.

Visi šie atklājumi pierāda, ka smagie kodoli kļūst nestabili, ja tajos ieved iekšā vēl dažus neitronus. Kodols tad eksplodē, pie kam rodas 2 lieli gabali un vairāki neitroni. Tie lido uz visām pusēm ar milzu sparu, pie kam atbrīvotie neitroni savukārt ierosina līdzās stāvošo smago kodolu sabrukšanu. Un kur iedegas jauns sabrukšanas process, no turienes atkal nāk liels skaits jaunu neitronu, kas tāpat iedarbojas tālāk. Viss tas metalla masā norisinās vienā īsā momentā, pie kam, lavīnveidīgās norises deļ, sabrūk visi metalla masā esošie, sabrukt spējīgie kodoli. Šeit tātad pavisam īsā laika sprīdī atbrīvojas tā enerģija (vai pat lielāka), kas radijam sabrūkot top brīva tikai gadu tūkstošos.

Sevišķi nozīmīgs ir amerikāņu zinātnieku Seaborg', Mc Millan'a, Lawrence, Wahl'a u. c. 1941.—1945. g. atklājums par ārpus periodiskās sistēmas stāvošiem mākslīgiem elementiem ar kārtības skaitļiem 93—96. Galvenā sākviela visu to



Lavīnas schēma

iegūšanai ir smagais urāna izotops U 238. Ja to apšauda ar ciklotronā paātrinātiem ļoti ātriem un enerģiskiem neitroniem, tad notiek šāda reakcija:

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n = ^{239}_{92}U + \gamma$$

t. i., rodas urāna 239 kodoli un tiek izstaroti gamma stari. Bet mākslīgais, smagais U $_{239}$ ir nestabils: dažu desmitminūšu laikā tas pārvēršas, izstaro no kodola elektronus un dod līdz šim nepazīstamus atomus ar kārtības skaitli 93. Jauno elementu nosauca par n e p t u n i j u (simbols Np). Tas tā tad rodas šādi:

$$^{239}_{92}U = ^{239}_{93}Np + ^{0}_{-1}e$$

Neptunija atomi nav stabili, bet dažu dienu laikā pilnīgi pārvēršas tālāk. Izstarodami elektronus tie kļūst par jauna elementa atomiem ar kārtības skaitli 94. Šo jauno, mākslīgo elementu nosauca par p l u t o n i j u (simbols Pu):

$$^{239}_{93}Np = ^{239}_{94}Pu + ^{0}_{-1}n$$

Plutonija atomi ir samērā stabili. Tie gan ir radioaktīvi, bet to pusmūžs ir veseli 24 000 gadi, pie kam šai laikā plutonijs izstaro α-daļiņas un pārvēršas vispirms par urānu.

USA zinātne un technika laikā starp 1942.—1945. g. paveica neticamo: uzcēla milzu iekārtas (amerik. „piles"), kas ražo plutoniju no urāna desmitkilogramu daudzumos! No urāna u. c. piemaisījumiem plutoniju atšķiŗ ar ķīmiskām metodēm. Savienojumos plutonijs ir 3, 4, 5 un 6-vērtīgs, bet visstabilākie ir 3-vērtīgā Pu savienojumi. Plutonija iegūšanas mērķis bija atombumba, jo arī šā mākslīgā metalla masā norisinās lavīnveidīga sabrukšana, ja to ierosina mākslīgi ar neitronu palīdzību. USA atombumbās tagad tiek likts plutonijs.

Zināmos apstākļos no U_{238} var dabūt arī ļoti stabilu neptunija izotopu ar atomsvaru 237. Arī to tagad ražo lielākos daudzumos. Sāk skaldīt arī toriju.

Ja urānu 238 un plutoniju 239 apšauda ciklotronā ar ļoti enerģiskām α-daļiņām, tad var iegūt arī elementus ar kārt. skaitļiem 95 und 96. Pirmais nosaukts par americiju (simbols Am), otrs par kiriju (Cm). Šie elementi savos savienojumos ir 3-vērtīgi un līdzīgi dažiem retzemju elementiem.

No teorētiskā viedokļo interesanti - kāpēc lielais protonu un neitronu sakopojums, kāds ir smagos kodolos, vairs neiztur svešu neitronu iebrukumu, vai - kāpēc svešie neitroni netiek mierīgi iebūvēti, bet sacel tādu katastrofu. Apsveŗot dažādus faktus un iespējamības, jākonstatē sekojošais. Ar augošu kārtības skaitli un kodola lielumu gan visumā pieaug tā nestabilitāte, bet nozīme nav vienīgi vienību skaitam. Ja tas tā būtu, tad visnestabilākiem vajadzētu būt vissmagākiem kodoliem. Tomēr šai likumībai ir daudzi izņēmumi. Tā, urāna atomi, kam 92 protoni un 142—146 neitroni, sabrūk dabīgi daudz lēnāk, nekā radija atomi, kam 88 protoni un 138 neitroni. Tāpat torija kodoli, kur 90 protoni un 142 neitroni, ir stabilāki par radiju, vai poloniju (84 prot. un 126 neitr.). Visi elementi no 62. līdz 83. ir stabili, bet 62. elementa samarija izotops $^{148}_{62}Sm$ ir radioaktīvs. Tas dabīgi sabrūk un izsviež hēlija kodolus. No visa tā spriežams, ka kodoli nav homogenas lodītes, bet tiem ir zināma uzbūve. No šīs uzbūves, t. i., no tās kārtības kā vienības kodolos saistītas atkarīga kodolu stabilitāte.

Nekādu drošu ziņu par kodolu uzbūvi tomēr vēl nav. Ir tikai hipotezes, kuŗas šeit tuvāk neapskatīsim. Vienīgais, ko būtu vērts minēt, ir kodolu forma. Var pieņemt, ka kodoli var būt nevien apaļi, bet arī gareni, vai arī plakani. Garenie kodoli varētu būt nestabilāki par ložveidīgajiem.

No praktiskā viedokļa protams visnozīmīgākais ir kodolos

slēptās enerģijas atbrīvošanas jautājums. Urānam sabrūkot vidēji smagos kodolos un neitronos, atbrīvojas tikai maza daļa kodolu enerģijas. Efekts būtu bijis daudz lielāks, ja arī vidēji smagie skaldprodukti (piem. broma un lantāna izotopi) sabruktu tālāk līdz pat neitroniem un protoniem. Un vēl spēcīgākas eksplozijas būtu tad, ja arī neitronus un protonus varētu piespiest pilnīgi izstaroties, pārvērsties gaismas kvantos. Tātad kodolu skaldītājiem un atombumba papildinātājiem stāv priekšā vēl daudz darba.

Bet te vēl daudz citādu praktisku problēmu. Lai kodolu enerģiju varētu izmantot nevis iznīcināšanai, bet ražīgam darbam, to vajadzētu iemācīties atbrīvot pakāpeniski, t. i., sabrukšanas lavīnu vajadzētu nobremzēt.

Pašā pēdējā laikā no USA pienāk ziņas, ka atomenerģijas spēkcentrāļu jautājumā gūti jau ļoti ievērojami panākumi. Pētījumi norisinās lielā steigā un ar pastiprinātu enerģiju. Līdz šim jau lavīnas nobremzēšanas jautājumā panākts principiāls atrisinājums. Atbrīvoto enerģiju pārvērš siltumā, kas tad tālāk tiks izlietots, piem., elektriskās enerģijas ražošanai. Saimnieciski izdevīgas, kā noskaidrots, pagaidām var būt ļoti lielās centrāles tais vietās, kur tuvumā nav lētas ogles vai ūdensspēks. Kā „kurināmo" šais atomenerģijas centrālēs izlieto urānu un toriju. Pēdējo pārvērš par mākslīgu urāna izotopu U_{233}, kas viegli sabrūk un atbrīvo savu kodolu enerģiju. Kā blakus produkti atomenerģijas centrālēs atkrīt dažādi mākslīgi radioaktīvi elementi, ko jau tagad izlieto medicīnā, analitiskā un organiskā ķīmijā un fizioloģijas pētījumos. Kad šo „atkritumu" būs ļoti daudz, tos paredzēts izlietot ķīmiskā rūpniecībā, vai pat lauksaimniecībā kā aktīvas papildvielas mākslīgiem mēsliem.

IX. ELEKTRONI UN GAISMAS KVANTI

Kas ir elektrība un elektriskie lādiņi par to zināma skaidrība gūta tikai pēdējos gadu desmitos. Gan jau kopš diezgan seniem laikiem zinām, ka elektrības lādiņiem piemīt savdabīgā īpašība pievilkties vai atgrūsties. Kvantitātīvi vienādi lādiņi var kvalitātīvi atšķirties, iespējami ir pozitīvi un negātīvi lādiņi. Vienādas zīmes lādiņi atstumjas, bet pretējas zīmes lādiņi pievelkas. Tas elektrībai piešķir zināmu īpatnību un daži tagadnes fiziķi liek priekšā elektr. lādiņu, līdzās laikam, attālumam un masai, pieņemt

par ceturto pamatlielumu. Visi citi lielumi, kas nāk priekšā elektrības un magnētisma mācībā tad tiktu izteikti ar šiem 4 pamatlielumiem. Tam ir zināmas priekšrocības, bet, kā jau redzējām iepriekš (34. lpp), elektr. lādiņu var izteikt arī ar attālumu, laiku un masu. Pieturoties pie parastās cm — g — sek vienību sistēmas par 1 absolūto elektrostatisko lādiņa vienību skaita tādu lādiņu, kas 1 cm attālumā pievelk vai atstumj otru tādu pat lādiņu ar spēku, kas = 1 dinam.

Pastāvīgas reālitātes ir negātīvie elektroni, bet to antipodi - pozitroni spēj eksistēt tikai īsu brīdi. Pozitīvie lādiņi parasti parādās nevis pozitronu veidā, bet kā negātīvo elektronu iztrūkums, pie kam pozitīvā lādiņa īpašības tad parāda atomu kodolu plus lādiņu pārākums. Plus zīmes nesēji te protoni, kas raksturīgi ar savu lielo masu.

Visai ievērojama elektrisko lādiņu īpašība ir savstarpējā iedarbība tālumā, kā to izteic Kulona likums. Lai kaut kā saprastu šo faktu, jāpieņem, ka no lādiņa uz visām pusēm izplatas tā darbības spēka lauks. Tā rodas jēdziens par elektrisko lauku. Visā pilnībā izprast šā „lauka" būtību tomēr nevaram, lai gan doti ir dažādi modeļi un izskaidrojumi. Tā radīts ir jēdziens par elektriskā lauka spēka līnijām, kas it kā kādā tīklā saista visas lādiņa vienības. Lieta top tomēr vēl daudz sarežģītāka ar to, ka lādiņi kustas, un katrs kustīgs lādiņš rada ap sevi vēl magnētiskā spēka lauku, kuŗa līnijas gredzenveidīgi aptveŗ elektriskā lauka līnijas. Atcerēsimies, ka visi atomi veidoti no elektroniem un protoniem, kas kustas, un tātad saceļ magnētisko lauku. Bez tam vēl kustas arī paši atomi un molekulas. Cietās vielās šīs kustības vēl norit vairāk vai mazāk harmonisku svārstību veidā, bet šķidrumos un gāzēs tās pilnīgi chaotiskas. Starp lādiņiem tātad pastāv sarežģītas elektrostatiskas un elektromagnētiskas iedarbības. Viss ietverts komplicētos elektromagnētisko lauku savijumos. To iedarbību parasti neuztveŗ tikai tādēļ, ka iedarbības savstarpēji līdzsvarojas, kompensējas.

Pirmatnējais pamats visās šais parādībās neapšaubāmi ir elektrons. Metallos un mazākā mērā arī visās citās vielās vienmēr ir zināms daudzums brīvu, vaļīgu elektronu, kas viegli var pārvietoties, plūst. Kad tos ar kādas darbības palīdzību izdodas sakoncentrēt, vai novirzīt, rodas elektriskā potenciāla starpības un strāva, kas savukārt saceļ magnētisko lauku. Magnētisms vienmēr ir sekundāra parādība, lai gan magnēta poli pievelkas un atgrūžas pēc likuma, kas formāli līdzīgs Kulona elektr. lādiņu iedarbības likumam. Faktiski nepastāv

nekādi elektronam līdzīgi „elementārmagnēti", vai „mikropoli". Visas magnētiskās un elektromagnētiskās parādības ir elektronu kustību rezultāts.

Ilgu laiku elektroni bija pazīstami tikai kā neškiļami saistīti ar vielu. Bet ka elektrības elementārlādiņiem jābūt visu vielu atomos, par to domāts jau diezgan sen atpakaļ. Tā, ievērojamais franču zinātnieks Ampērs pirms vairāk kā 100 gadiem izteica domu, ka magnētisma pamats ir elektriskās strāvas ap atomiem. Pirmās atziņas par elektrības elementārvienībām, vai „elektrības atomiem" radās pēc tam, kad lielais britu zinātnieks M. Faradejs atklāja elektrolizes likumus. To saturs šāds: Ja strāvu vadītājas vielas ķīmiski pārmainās, tad pārvērsto vielu daudzumi vienmēr proporcionāli patērētās strāvas daudzumiem, pie kam 96490 kuloni (amper-sek.) strāvas vienmēr pārvērš 1 gramekvivalentu vielas (ja vienvērtīgi atomi, tad gramekvivalents = grammolekulai). Piem., 96490 kuloni pārnes 1 atomsvara daudzumu, t. i., 107,88 g sudraba, vai 35,45 g chlora. Ja vielā divvērtīgi atomi (t. i. ja atomi savienojas vai apmainās 1 atoms : 2 H atomiem), tad gr-ekvivalentu dabū dalot atomsvara vai molekulsvara daudzumu ar 2, piem., skābekļa gramekvivalents ir 16 : 2 = 8 g. No šiem faktiem varēja secināt, ka visu vielu vienvērtīgie atomi nes 1 elektrības lādiņa elementārvienību. Tas kļuva skaidrs sevišķi pēc tam, kad noskaidrojās, ka visu vielu grammolekulu daudzumos ir vienāds molekulu skaits. Tāds pat vienību skaits ir gramekvivalentu un gramatomu daudzumos, piem., 1 gr-atoma daudzumā, t. i., 107,88 gramos sudraba ir taisni tik daudz sudraba atomu, cik chlora atomu ir 35,45 g-os chlora. Šis skaitlis, kā jau zinām, ir ļoti liels, tas = $6{,}02.10^{23}$. Uz katru vienvērtīgu atomu tātad iznāk $96490/6{,}03.10^{23} = 1{,}6.10^{-19}$ kulonu = $4{,}8.10^{-10}$ absol. elektrostat. vienības.

Ļoti ievērojams nu bija fakts, ka taisni tādu pat skaitli lādiņa elementārvienībai dabūja Millikens savos eksperimentos ar miglas pilieniem (sk. 40. lpp). Tāpat nozīmīgs ir konstatējums, ka divvērtīgi atomi vai atomu grupas (piem., Cu, Zn, SO_4) nes taisni divreiz vairāk elektrības kā vienvērtīgie, un 3-vērtīgie taisni 3 reiz vairāk. No visa tā bija jāsecina, ka ar atomiem saistās noteikts elementārlādiņu skaits, pie kam atsevišķi elementārlādiņi ir vienādas vienības.

Varētu gan vēl pieņemt, ka neiedomājami lielajā grammolekulas individuālo vienību skaitā elementārlādiņu sadalījums tikai šķietami vienmērīgs, t. i., ka piem., uz vienu sudraba atomu ir 1, uz kādu citu 0,3, tad 3, 8, 0, 0,22 u. t. t. lādiņu, un 1 iznāktu tikai

kā caurmēra skaitlis. Bet tad būtu arī jāsagaida, ka no sudraba radikāli atšķirīgā chlorā gadījumā caurmēra sadalījums būtu citāds. Tā kā tas tomēr vienāds, tad atliek vienīgi pieņemt, ka katrs atoms saistīts ar vienu un to pašu, pilnīgi noteikta lieluma elementārvienību. Katram vienvērtīgam atomam, vienalga, vai tas sudrabs, chlors, natrijs, vai ūdeņradis, ir 1 noteikta, nemainīga lādiņa vienība, kas atomiem piešķir sevišķas īpašības, tos pārvēršot par ioniem. Elektrība sastāv no elementārlādiņu vienībām (elektroniem), gluži tāpat, kā viela no atomiem. Šo domu pirmais skaidri izteica Helmholcs 1881. gadā.

Vēlāko laiku pētījumi šo atziņu nostiprināja pilnīgi. Iespaidīgi bija jau minētie Millikena pētījumi. Bet jau pirms tam, pag. gadsimta otrā pusē, izdevās elektronus atbrīvot no vielas kā t. s. katodstarus. To pētīšanā vislielākie nopelni angļiem Kruksam (Crookes) un Dž. Tomsonam (J. J. Thomson). Katoda stari ir īpatnēji neredzami stari, kam reizē dažas staru, gan lādiņu, gan materiālu daļiņu plūsmas īpašības. Līdzīgi gaismas stariem tie izplatas pa taisnēm un iedarbojas uz fotoplati. Līdzīgi materiālai plūsmai tiem ir diezgan liels mechanisks spiediens, tā kā uz ass viegli piestiprināti spārniņi no katodstaru spiediena var griezties. Beidzot, kā elektriskus lādiņus tos no taisnā ceļa novirza elektriskais un magnētiskais lauks.

Sevišķi nozīmīgi bija 20. gadsimta sākumā izdarītie pētījumi par katodstaru novirzi elektriskā un magnētiskā laukā. Zinot šos laukus raksturojošos lielumus varēja sastādīt 2 vienādojumus, kur bija 2 nezināmi lielumi: staru elementārdaļiņu ātrums un šo daļiņu lādiņa (e) un masas (m) attiecība e/m. Atrisinot šos vienādojumus, varēja dabūt noteiktus skaitļus kā priekš ātruma, tā e/m. Elektronu ātrums, kas atkarīgs no caurulei pieliktā sprieguma, ir ļoti liels, ap 1/10, vai pat 1/3 gaismas ātruma. Lādiņa un masas attiecības e/m noteikšanai jāņem iespējami mazāk energiski, lēnāki katoda stari, jo lielums e/m mainās, ja elektronu ātrums tuvojas gaismas ātrumam. Lēniem elektroniem e/m = $5{,}27.10^{17}$ absol. elektrostat. vienības pret masu. Zinot e lielumu, kas, kā redzējām, ir $4{,}8.10^{-10}$ abs. el-stat. vienības, viegli aplēst elektrona masu, kas ir $4{,}8.10^{-10}/5{,}27.10^{17} = 9{,}1.10^{-28}$g. Ūdeņraža atoma masa = $1{,}673.10^{-24}$g, bet protona masa = $1{,}672.10^{-24}$ g. Tātad protona masa ir 1837 reiz lielāka par elektrona masu.

Ļoti interesanti un teorētiski nozīmīgi bija 1901.—1906. g. izdarītie V. Kaufmana eksperimenti par e/m maiņu atkarībā no elektronu ātruma. Izrādījās, ka ātru elektronu e/m ir mazāka, nekā

lēnu. Kā to lai izskaidro? Ja e/m ar pieaugošu ātrumu mazinās, tad tā pamats varētu būt: 1) ar augošu ātrumu mazinās e, bet m nemainās, 2) mazinās e un pieaug m, vai 3) e nemainās un m palielinās. Zinātnieki izšķīrušies par labu pēdējam izskaidrojumam, jo tas pilnīgi saskan ar relātīvitātes teorijas paredzēto masas pieaugumu ar ātrumu. Tai, saskaņā ar šo teoriju, jāparādās tikai tur, kur ātrumi tuvojas gaismas ātrumam. Ja kāda ķermeņa ātrums sasniedz pusi no gaismas ātruma, t. i., 150 000 km sekundē, tad masai jābūt par 15% lielākai, nekā miera stāvoklī. Bet ja ātrums sasniedz 3/4 gaismas ātruma, tad masa kļūst jau par 50% lielāka. Kaufmana eksperimentālie dati par elektronu masas maiņu ar ātrumu pilnīgi saskanēja ar relātīvitātes teorijas prasībām, kas šo teoriju ievērojami stiprināja. Lielums $9{,}1.10^{-28}$ g tātad attiecas uz mierā stāvošiem (vai ļoti lēniem) elektroniem.

Vēl varētu jautāt - cik liels ir elektrons? Šim jautājumam nav līdz šim izdevies atrast pavisam drošu un noteiktu atbildi. Pamatojoties uz dažiem teorētiskiem pieņēmumiem izdarītas aplēses, kas elektrona diametram dod ap 4.10^{-13} cm. Elektrons tātad būtu krietni lielāks par protonu un vieglo atomu kodoliem. Visi šie aprēķini par elektrona lielumu tomēr stipri hipotetiski. Jāievēro arī iespējamība, ka elektrona lādiņš un spēka lauks izplatās no matēmatiska punkta nepārtraukti un vienmērīgi uz visām pusēm. Tādā gadījumā par noteiktu elektrona lielumu, virsmu un formu nemaz nevarētu runāt. Šai varbūtībai it kā par labu runā arī jaunie atklājumi par elektronu staru viļņu dabu, kas atbilst arī materijas viļņu teorijai. Katoda stari uzrāda difrakcijas un interferences parādības, no kā izriet, ka elektroniem it kā būtu viļņu daba. Arī atomos elektroni it kā izstiepti pa visu orbitu. No šāda viedokļa skatoties tātad elektrons ir bezveidīga, nenoteikta lieluma vienība.

Bet ir arī fakti, kas liek domāt pretējo, t. i., ka elektrons ir tomēr noteikta lieluma un formas ķermenītis. Viens no tādiem apstākļiem ir slēdziens par elektronu rotāciju, t. i., griešanos ap asi. Ka tāda varētu notikt, to spriež pamatojoties uz spektrālo līniju smalkstruktūru. Dažu elementu, piem., sārmmetallu dubultlīniju izcelšanos var vislabāk izskaidrot ar šādu elektronu rotāciju ap savu asi. Ja tā, tad elektronam tomēr vajadzētu būt noteikta lieluma ķermenītim.

Vēl ir kāda cita visai interesanta parādību grupa, kas apstiprina elektrona ķermenību. Tas ir tā sauktais Komptona efekts. 1922. gadā Komptons (Compton), dibinoties uz jau agrāk izdarītiem teorētiskiem apsvērumiem, atklāja sekojošo. Ja X starus,

kam ļoti īsi viļņi, laiž virsū elektroniem, tad norisinās it kā sadursme starp elastīgām lodēm, pie kam abi sadursmes partneŗi tiek atsviesti uz pretējām pusēm. Lielās gaismas kvantu un elektronu masās šīs sadursmes rezultāts ir izkliedes parādības, pie kam mainās arī X staru frekvence. Vēlāk izdevās pierādīt, ka izkliede nav statistiska masu parādība, bet notiek saduŗoties kvantam ar elektronu. Tātad katrs gaismas kvants (vismaz X staru gadījumā) un katrs elektrons salīdzināmi ar mazām, elastīgām lodītēm, kas cita citai atdod savu impulsu. Tikai šāda, tīri mechanistiska izkliedes analize, kur ievērota arī relātīvitātes teorijas paredzētā masas maiņa ar ātrumu, ved pie skaitļiem, kas pilnīgi saskan ar eksperimentāliem datiem.

Komptona efekta nozīmīgums pastāv nevien elektrona, bet arī gaismas kvantu ķermenības apstiprināšanā. Te nu esam pārgājuši uz kardinālo problēmu par gaismas būtību. Doma par gaismas ķermenību diezgan veca. To pirmais skaidri izteica lielais I. Ņutons (Newton). Viņš mācīja, ka gaisma sastāv no ļoti sīkiem, viegliem ķermenīšiem, ko gaismas avots raida uz visām pusēm. Tomēr izrādījās, ka ar šās, t. s. emanācijas hipotezes palīdzību nevarēja izskaidrot visas optiskās parādības, piem., interferenci. Tādēļ vēlākā laikā par pareizo tika atzīta Heigensa (Huygens) undulācijas jeb viļņu teorija. Pieņēma, ka viļņo kāda smalka, hipotetiska substance, t. s. kosmiskais aitērs, kas piepilda pasaules telpu un visas tukšās vietas starp atomiem. Ar undulācijas teorijas palīdzību varēja izskaidrot visas optiskās parādības, kas bija pazīstamas tai laikā. Tā interferenci varēja saprast kā viļņu savstarpējās pastiprināšanās un izdzišanas sekas, kas rodas tad, kad viļņu gājienos ir starpības. Sadalīšana spektrā izskaidrojama kā dažādā gaŗuma viļņu dažādu laušanu prizmā. Krāsu noteic viļņu gaŗums. Priekšmeta krāsa atkarīga no tā, kāda viļņu gaŗuma starus priekšmets uzsūc un kādus atstaro atpakaļ. Ja, piem., tiek uzsūkti sarkanie un dzeltenie stari, bet atstaroti zilie, tad priekšmets būs zils. Krāsaina var būt arī pirmatnējā, no kvēlojošās vielas nākošā gaisma, piem., natrija atomi izstaro dzeltenu gaismu. Fiziķiem izdevās izmērīt arī gaismas ātrumu un gaismas viļņu gaŗumu.

Mūsu acs spēj uztvert tikai niecīgu daļu no starotās enerģijas veidiem, tikai tos viļņus, kuŗu gaŗums ir 3600—7800 ongstremu (1 ongstrems = 10^{-8} cm). Visgaŗākie viļņi ir tais staros, kas mums šķiet sarkani, visīsākie mums izliekas violeti. Bet bez šiem redzamiem ir arī visādi neredzami stari. To vilnīši vai nu īsāki, vai gaŗāki par minētiem redzamās gaismas vilnīšiem. Piem., ultra-

Šveices ķīmiķis, Nobeļa prēmijas laureāts P. KARRER'S

violeto staru vilnīšu gaļums ir 1200—3500 ongstremu. Vēl daudz īsāki vilnīši ir Rentgena jeb X stariem. To gaļums ir tikai 1—10 ongstremu. Tā kā to lielums tuvs atomu lielumam, tad atomu (resp. ionu) slāņi kristalliskās vielās viegli ietekmē šo vilnīšu gaitu, tā kā notiek to interference. Tā dabūjam X staru spektrus, kas mums dod iespēju no vienas puses noteikt kristallu, no otras, arī šo staru raidītāju atomu uzbūvi. Bet X staru vilnīši vēl nav paši īsākie. Tos šai ziņā pārspēj radioaktīvo vielu raidītie gamma-stari, kuļu vilnīšu gaļums ir tikai 0,1 līdz apm. 0,001 ongstramu. Vēl īsāki vilnīši ir sekundāriem kosmiskiem stariem...

Visi dažādo gaļumu viļņi izplatās tukšā telpā ar vienu un to pašu ātrumu 300 000 km sekundē. Gaismas ātrums c ir viļņu gaļuma λ un svārstību skaita (sekundē), t. s. frekvences ν reizinājums, t. i., $c = \nu\lambda$. Tā kā c ir pastāvīgs lielums, tad λ un ν ir viens otram pretēji lielumi, t. i., īso viļņu radiācijām ir liela frekvence, bet gaļo - maza.

Dabīgo viļņu skalā no redzamā spektra varam iet arī uz otru pusi - uz gaļiem viļņiem. Te vispirms aiz sarkanā spektra nāk neredzamie infra- jeb ultrasarkanie stari, kuļu vilnīšu gaļums ir $7{,}8.10^{-5}$—$3{,}4.10^{-2}$ cm. Vēl gaļāki ir siltuma viļņi, un par tiem gaļāki savukārt elektriskie viļņi. To gaļums sniedzas jau centimetros, metros un pat kilometros.

Undulācijas teorija guva jaunu teorētisku balstu vēl pag. gadsimta otrā pusē, kad ģeniālais britu teorētiķis Meksvels (Maxwell) nodibināja savu elektromagnētisko gaismas teoriju. Tīri teorētiski apskatot elektriskā un magnētiskā lauka izplatīšanos telpā, Meksvels nāk pie slēdziena, ka šī izplatīšanās ir periodisks process. Elektriskie viļņi tai laikā vēl nemaz nebija pazīstami. Meksvels nu pierādīja, ka gaismas viļņi izplatās telpā tā, it kā tie būtu elektromagnētiskas dabas periodisks process. Neatkarīgi no jebkādiem optikas faktiem izveidotā teorijā, dibinoties vienīgi uz elektrodinamiku, Meksvels nāk pie vispārīga rakstura vienādojumiem, kur figūrē arī kāds konstants lielums, kas taisni vienāds ar gaismas ātrumu. Elektrodinamika veda pie slēdziena, ka elektromagnētiskiem viļņiem jāizplatās ar gaismas ātrumu. No tā varēja nevien secināt, ka gaismai ir elektromagnētisku lauku īpašības, bet arī vēl paredzēt tai laikā nepazīstamo elektrisko viļņu esamību. Šādus elektriskus viļņus, kam maza frekvence un liels gaļums, dažus gadus vēlāk tiešam atklāja (vācietis Hertz's 1888. g.). Tādas elektromagnētiskas oscillācijas rodas visur tur, kur periodiski mainās

spriegums. Šie pētījumi ir visas bezdrāts telegrafijas, radiotechnikas un tālredzes (televīzijas) pamats. Atkarībā no sprieguma svārstību perioda, šo viļņu garums var būt visai dažāds - no dažiem cm (īsviļņu raidītāji, radars) līdz dažiem km.

Tā gaismas parādību teorija 19. gadsimtā guva zināmu noslēgtu veidu. Uz gaismu skatījās kā uz periodisku elektromagnētiskas dabas viļņu procesu. Vecā Ņutona emisijas hipoteze bija aizmirsta. Bet tad, gadsimta maiņā, atkal norisinājās sensacionāli notikumi. Planka, Lenarda, Einšteina u. c. pētījumi par melna ķermeņa izstarojumiem un par t. s. fotoelektrisko efektu, t. i., elektronu atbrīvošanu no metalla, ja to apstaro, noveda zinātniekus pie jaunas mācības - pie kvantu teorijas. Tā māca, ka atomi staroto enerģiju nevar atdot vai uzņemt jebkuros daudzumos, bet tikai noteiktās vienībās, kvantos. Līdzīgi tam kā elektrība sastāv no elektroniem, arī starotā enerģija E vienmēr sastāv no zināma skaita n kvantiem, pie kam katra kvanta lielums ir $h.\nu$. Tātad $E = n.h.\nu$. Lielums h ir universāla konstante, kuras lielums ir $6{,}626.10^{-27}$ ergi reiz sekundes. Tomēr visi enerģijas kvanti, pretēji elektroniem, nav vienādi, jo frekvence ν var būt dažāda. Vienādi kvanti tātad ir tikai pilnīgi monochromatiskai, vienkrāsainai gaismai, t. i., tādai, kam vienāda garuma vilnīši.

Interesantas šeit vēl tālākās konsekvences, sevišķi ja skatās no relātīvitātes teorijas viedokļa. Ta skatoties nevien katru masu var pārrēķināt enerģijā, bet arī katram enerģijas kvantam ir $h.\nu$ ir zināma masa, jo $m.c^2 = h.\nu$, un katra kvanta masa $= m = h.\nu/c^2$. Šai vienādojumā h un c ir konstanti, nemainīgi lielumi, bet frekvence var mainīties. Izdalot h uz c^2 dabū $0{,}73.10^{-47}$. Tātad dažādu gaismas kvantu masa ir $m = \nu.\ 0{,}73.10^{-47}$. Jo lielāka frekvence, jo smagāks un enerģiskāks būs kvants. Tā skatoties katru kvantu vislabāk iedomātie kā mazu ķermenīti, ko tieši apstiprina arī Komptona efekts.

Tā nu esam nonākuši pie tagadējā divviedokļu stāvokļa. No vienas puses daudzas optiskās parādības, piem., interferenci un polārizāciju var izprast tikai no undulācijas teorijas viedokļa. No otras puses, gaismas izstarošanas parādības, fotoelektrisko efektu un Komptona efektu varam saprast tikai kvantu mācības iztulkojumā. Gaismai tātad jābūt reizē ķermeniskai un viļņainai, vai, pareizāk - gaisma ir kautkas, kam reizē daļiņu plūsmas un elektromagnētisku viļņu īpašības. Bet šī divpusība, kā jau zinām, ir vēl daudz vispārīgāka: arī uz elektronu stariem un vēl rupjāku daļiņu kustībām varam skatīties tāpat - visām kustībā esošām materiālām vienībām ir viļņu īpa-

šības. Ja nu to visā pilnībā nevaram uzskatāmi izprast, tad tas vēl nav pietiekošs pamats kādam pesimismam, jo visai iespējams, ka teorētiķi nākotnē atradīs kādu arī uzskatāmības ziņā apmierinošu izeju.

Tagad varam pāriet uz fundamentālo, visai interesanto jautājumu par gaismas kvantu un elektronu būtisko atšķirību un līdzību. Jau Meksvela teorija norāda uz elektrības un gaismas vienbūtību. Vēl spilgtāk to parāda jaunie atklājumi par gaismas materiālizāciju un elektronu pārvēršanos gaismā. Dibinoties sevišķi uz franču fiziķu Žolio (Joliot) un Tibo (Thibaud) pētījumiem (1934.—1938. g.) tagad zinām, ka gamma stari var radīt negātīvo un pozitīvo elektronu pārus, pie kam enerģijas līdzsvars taisni tāds, ka jāpieņem elektronu izcelšanās no kvantiem. Šādu elektronu pāru rašanos no kvantiem bija jau agrāk paredzējis angļu teorētiķis Diraks (Dirac) un eksperimenti viņa slēdzienus pilnīgi apstiprināja. Elektronu pārus dod tikai tie kvanti, kam pietiekami liela enerģija, pie kam patērētiem kvantiem tā tik pat liela, kā radītiem elektroniem (ievērojot arī viņu masu). Šīs parādības nevar izskaidrot kā fotoelektrisko efektu, t. i., tā, it kā elektroni šeit tiktu nevis radīti, bet tikai atbrīvoti no vielas. Tik pat interesanta ir pretējā parādība: elektronu pazušana, pie kam to vietā rodas ļoti enerģisks (lielas frekvences) gamma izstarojums. Izrādās, ka šeit pilnīgi piemērojams mechanikas likums par impulsa nezūdamību. Elektroniem, kas pārvēršas gamma staru kvantos, parasti nekāda impulsa nav, vai arī tas niecīgs. Dibinoties uz impulsa nezūdamību nu vajadzētu būt tā, ka arī radītiem gamma kvantiem nav impulsa. Patiesībā tomēr nevaram iedomāties kvantu, kam nebūtu impulsa, jo impulss ir masas un ātruma reizinājums, bet zināma masa ir katram kvantam, tāpat arī, protams, ātrums. Tātad pretrunas? Tomēr nē -. Ja impulsa nezūdamība te spēkā, un ja gaismas kvanti tiešām rodas no elektroniem, tad visam tam jānotiek tā, ka impulsi kaut kā savstarpēji iznīcinās. Tas notiktu tai gadījumā, ja katrā elektrona izstarošanas elementārprocesā rastos 2 gamma kvanti, kas izlido uz pretējām pusēm ar vienādu enerģiju. Un tiešām - eksperiments rāda, ka tā tas patiesībā notiek. Tātad slēdzieni par elektronu izstarošanos, t. i., pārvēršanos gamma staru kvantos, ir pareizi.

Šie atklājumi rāda, ka elektrons un gaismas kvants īstenībā ir vienas un tās pašas fizikālās substances dažādi veidi, gluži līdzīgi tam, kā ozons ir cits skābekļa veids, vai kā pastāv rombiskais, monoklinais un amorfais sērs.

X. FIZIKĀLĀS SUBSTANCES BŪTĪBA

No līdz šim sacītā nākam pie šādiem slēdzieniem par fizikālās substances būtību. Reāli pastāvošā fizikālā substance nav nedz sastingusi, inerta materija, nedz kāds pilnīgi nesubstanciāls, dinamisks princips, bet kaut kas reizē substanciāls un dinamisks. Fizikālai substancei ir reizē materijas un enerģijas īpašības. Fizikālā substance izveido vairāk vai mazāk stabilas vienības: elektronus, kvantus, mezonus, protonus un neitronus. Varbūt pastāv arī vēl citas, līdz šim neatklātas vienības, piem., jau paredzētie „neitrino". Ievērojot to, ka enerģijas veidi var pārvērsties cits citā, jārēķinās ar visu enerģijas veidu būtisko identitāti.

Vispilnīgāk varam saprast mechaniskās enerģijas būtību, jo tās tiešais mērs ir kustības ātrums. Arī siltuma būtība viegli saprotama, jo temperāturas cēlonis ir molekulu kustība: jo lielāks ir molekulu ātrums, jo augstāka temperātūra. Tāpat viegli saprast gaismu un elektrisko enerģiju kā daļiņas ātrā kustībā. Jau grūtāk ir ar potenciālo enerģiju tās visādos veidos. Augstu pacelta akmeņa potenciālā enerģija ir lielāka, nekā zemu stāvoša. Ogles, skābekļa, dzelzs, vai dinamīta daļiņās daudz potenciālās enerģijas, bet ūdens vai smilšu molekulās tās mazāk. Potenciālās enerģijas lielums atkarīgs no vienību savstarpējiem stāvokļiem. Sevišķi nozīmīgi tas, ka visas pazīstamās mikrovienības slēpj sevī lielu enerģiju, t. i., tās ir it kā iekšeja sprieguma pilnas. Tāds ir, pirmkārt, katrs elektrons, kas zināmos apstākļos var tapt par gaismas kvantu pāri; tas var it kā eksplodēt, pie kam uz pretējām pusēm ar milzu ātrumu izlido „kaut kas", ko saucam par gamma staru kvantiem. Tiem reizē nevien vilnīšu un daļiņu, bet arī elektromagnētiskā lauka īpašības. Gaismas kvantiem tātad reizē mechaniskas, elektriskas un magnētiskas īpašības, kaut gan pēdējās nav tieši konstatējamas. Gaismas kvanti gan elektroniem radniecīgi, bet elektronu stari tomēr uzrāda daudzas īpatnēji elektriskas un magnētiskas īpašības, kas gaismai nepiemīt. Elektrons ar kaut ko kvalitātīvi atšķiras no gaismas kvanta. Tāpat kvalitātīvi atšķiras negātīvais elektrons no pozitīvā.

Starotās enerģijas kvants ir it kā vistīrākais fizikālās substances veids. Elektrons ir jau kaut kas tālāk izveidots, sarežģītāks. Vēl augstāk izveidotas liekas būt kodolu vienības - protoni un neitroni. Jāpieņem, ka kodolos tie pārvēršas cits citā, pie kam starp tiem izmainās smagie elektroni - mezoni. Fakts par sevi ir protonu un neitronu lielā masa, un līdz ar to - lielais potenciālās enerģijas krājums. Savādi gan var likties tas, ka protonu un neitronu

lielums ir mazāks par elektronu lielumu. Daži izteikuši domas, ka šīs masīvās vienības varētu būt sastādītas no īpatnēji cieši sasaistītiem pozitīviem un negātīviem elektroniem. Neitrons tad būtu tāds protons, kuŗa brīvais pozitīvais lādiņš, kas nāk no 1 pozitrona pārākuma, neitrālizēts ar 1 cieši klāt pievienotu elektronu (it kā blīvs H atoms). Mezonus varētu domāt kā tādus pozit. un negāt. elektronu sakopojumus, kur šo vienību mazāk, nekā protonos. Principā tomēr jārēķinās vēl gan arī ar neelektriskas dabas daļiņu iespēju. Tādā varētu būt kodola vienībām, un arī vēl hipotetiskajam neitrino. Tas tad būtu fizikālās substances īpatnējs veids, kas tāpat atšķiŗas no elektrona, kā elektrons no gaismas kvanta. Kā tas patiesībā ir, to izšķirs atklājumi nākotnē.

Lai arī ko sniegs nākotne, jau tagad varam konstatēt tuvošanos monismam. Daudzo atomu veidu, elektrības, kosmiskā aitēra u. c. substanču un dinamisku principu vietā palikusi tikai viena fizikālā substance. Daudz šās vienības radīšanā devusi relātīvitātes teorija. Tās princips par masas-enerģijas ekvivalenci bija ļoti nozīmīgs, jo tas netieši pamato dinamiskā un substanciālā identitāti, vai vismaz būtisko radniecību. Ja arī vēl pastāv kvalitātīvas atšķirības, ir izredzes tās reiz izprast kvantitātīvi. Teorētiķi jau diezgan daudz pūlējušies šai virzienā, mēģinot visus fizikālos lielumus reducēt uz iespējami mazu pamatlielumu skaitu. Tā daudz ir teorētizēts par fizikālo substanci kā elektromagnētisko lauku, vai vismaz kā „lauku", kam dažas elektriskā un magnētiskā lauka īpašības. Pamatjēdzieni šo lauku īpašību aprakstīšanā ir telpa un vietas maiņa telpā, kur nepieciešams laika jēdziens. Mēģina iztikt ar telpas koordinātēm un ar laiku, kas nepieciešams katras maiņas raksturošanai. Lai kādu maiņu, piem., telpā notikušu kustību pilnīgi raksturotu, nepieciešams izvēlēties zināmu punktu uz ko to attiecināt. Kustību tad raksturo ar vektoru, t. i., lielumu, kam bez skaitliskā lieluma piemīt vēl zināms virziens. Virziens ir elementārākā kvalitātīvā atšķirība, kas raksturo divas vienādas kustības. Tomēr šo kvalitāti iespējams kvantitātīvi raksturot. Visai iespējams, ka daudzas kvalitātīvas pamatvienību atšķirības ar laiku varēs izskaidrot kā viņu spēku laukos notiekošo maiņu virzienu atšķirības.

Relātīvitātes teorija aizgājusi pat tik tālu, ka laiks un laika koordināte tur figūrē kā ceturtā dimensija. Fizikālā pasaule tiek apzīmēta par četrdimensionālu laika-telpas kontinuumu. No tā izriet, ka fizikālā substance varētu būt kaut kas līdzīgs laika un telpas vienībai, kaut kas, ko pilnīgi

var izsmelt un aprakstīt ar laika un telpas lielumiem. Bet ja nu laiku un telpu, kā tas parasts, uzskatām par formām, tad ar to fizikālā substance itkā tiktu pilnīgi „formālizēta". Patiesībā tomēr tā nav, jo tieši pati relātīvitātes teorija māca, ka laiks un telpa nav ideālas un absolūtas formas, bet reālitātes. Formāli ņemot telpa var būt dažāda, jo iespējamas dažādas ģeometrijas. Atkarībā no tā, kādas pamataksiomas izvēlas bez parastās, klasiskās Eiklida ģeometrijas pazīstamas vēl Lobačevska un Rīmanna sistēmas, kur telpai piešķirtas citas īpašības. Relātīvitātes teorija parāda, ka nav vienalga, kādu ģeometriju lieto: reālai, fizikālai telpai ir Rīmanna „liektās telpas" īpašības. Tāpat laiks nav nekāda absolūta forma, bet relātīvs un reāls lielums.

Modernā teorētiskā fizika materiju nav „formālizējusi", kā to šad un tad nepareizi apgaismo. Par visām lietām jābūt skaidrībai par to, ka teorētiķu formulējumi un vienādojumi ir viena lieta un fizikālā reālitāte atkal pavisam kas cits. Starpība starp vienu un otru te apmēram tāda pat, kā starp kustīgām molekulām no vienas puses un siltuma sajūtu no otras. Protams, intensīvākas molekulu kustības atbilst stiprākai karstuma sajūtai. Tāpat arī teorētiķu vienādojumi (ja tie pareizi) atbilst fizikālās substances reālām īpašībām.

Reālitātē vienmēr paliek kaut kas imaginārs, skaitliski neizsakāms, uzskatāmu modeļu veidā neattēlojams. Fizikālā reālitāte liekas būt dažādīgāka un „dziļāka", nekā mūsu loģiski-matēmatiskie režģi, kuŗos gribam to ietvert.

Interesanti apskatīt fizikālās substances būtības un izzināšanas iespējas jautājumus sakarā ar modernās viļņu mechanikas principiem. Lieta tā, ka komplicētāku sistēmu aprakstīšanā šīs teorijas operē ar telpu, kuŗai vairāk kā 3 izmērījumu. Materijas jeb fazu viļņi ir kāda īpatnēja harmoniska maiņa tādā daudzdimensionālā telpā. Kamēr enerģijas izplatīšanās maksimālais ātrums ir gaismas ātrums, fazu viļņi izplatās vēl ātrāk. Šo fazu viļņu ātrums ir pretēji proporcionāls kustīgās daļiņas ātrumam, pie kam pati daļiņa ir it ka „viļņu paciņa". Uzskatāmi attēlot šos periodiskos procesus nemaz nav iespējams.

Tagad vispār valda doma, ka visos dziļumos fizikālās substances būtību izprast nevaram, vismaz no uzskatāmības izpratnes teorētiķi arvien vairāk un vairāk atsakās. Kā piemēru ņemsim vēl atomu modeli. Klasiskais Boora-Rutherford'a modelis ir tiešām uzskatāms: ūdeņraža (H) atomi ir it kā planētu sistēmas, niecīga lieluma ripiņas, kam, elektrona nepārtrauktās kustības dēļ, būtu

jāizturas kā maziem, bet diezgan stipriem magnētiem. Bet tas tā nav. Ja tas tā būtu, tad, laižot H atomstaru caur stipru magnētisku lauku, H atomiem vajadzētu orientēties zināmā, noteiktā veidā. Attiecīgos eksperimentus ar vislielako rūpību izpildīja R. Frēzers (Fraser) un konstatēja, ka H atomiem nekādu magnētisku īpašību nav. Tātad jāpieņem, ka vai nu elektrons šeit nekādu magnētisku lauku nerada, vai arī, ka H atomam ir lodes veids. Neviena no šīm varbūtībām nav saskaņojama ar Boora-Redefota atommodeli. Turpretim ar neuzskatāmās viļņu mechanikas palīdzību iegūstam izteiksmes, kas dara saprotamu magnētiskā momenta trūkumu, un bez tam daudz labāk izskaidro spektrus. No jaunās teorijas viedokļa iznāk, ka elektriskais lādiņš ap kodolu sadalīts uz visam pusēm vienmērīgi, t. i., to aptveļ ložveidīgi. Bet kā viens elektrons var būt ap kodolu visapkārt? - No vienas puses elektronam jābūt mazam elastīgam ķermenītim (Komptona efektā), tad tam jābūt vilnim (elektronu staru interference), un beidzot vēl iţ kā lodesveida čaulai, kas aptveļ kodolu... Kāds galu galā ir elektrons? To nezinām. Atliek vienīgi cerēt, ka nākotnes atklājumi dos iespēju visu to saskanīgāk izprast.

Vienmēr šeit atduţamies pret jautājumu - vai fizikālās substances īpašības maz ir tādas, ka to būs iespējams pilnīgi izprast? Varbūt reālitātē ir tādi dziļumi, ko pilnīgi aptvert nevaram. Vismaz ar šādu iespējamību jārēķinas. Ievērojamais franču zinātnieks Puankarē (Poincare) dod šādu salīdzinājumu. Iedomāsimies būtnes, kas dzīvo 2-izmērījumu pasaulē, t. i., uz plāksnes. Laiks būtu šīm būtnēm 3. dimensija, kas dod iespēju izprast maiņu ātrumu. Tomēr 2-izmērījumu pasaules būtnes, ja tām būtu saprāts un atziņas, varētu pilnīgi izprast tikai savu plāksni. Par 3-dimensiju telpu tām nevar būt nekāda priekšstata. Gluži tāpat mums ir gan saprotamas norises mūsu 3 izmērījumu telpā, bet 4-dimensiju telpu iedomāties nespējam. To varam gan izteikt aļgebriski, bet uzskatāmi to attēlot nevaram. Varbūt fizikālā reālitāte ir tiešām 5, 6, 7- vai vēl vairāk-dimensionāla, un varbūt mēs pret šo n-dimensionālo reālitāti esam tādā pat situācijā, kā hipotetiskie 2 dimensiju (plākšņu) iemītnieki pret mūsu 3-dimensionālo telpu. Ar šādu varbūtību rēķinās daži tagadnes dabasfilozofi, piem., B. Bavinks.

Liekas, ka liela patiesības varbūtība šādai iespējamībai nav, jo tad, ja tā būtu, mūsu zinātnei nebūtu tās nozīmes, kāda tai patiesībā ir. Līdzīgi tam kā hipotetiskās 2 dimensiju būtnes pastāvīgi justu tām nesaprotamo iedarbību no 3-dimensionālās telpas,

tāpat mums pastāvīgi būtu jājūt brīnumainā, mums nesaprotamā iedarbība no citām dimensijām.

Ar šiem jautājumiem esam tuvojušies metafizikas joslai, kur spriedumiem nav vairs stingri zinātniskās nozīmības. Varbūt pilnīgas izzināšanas grūtību galvenais pamats ir mūsu psīchisko norišu netelpiskums. Mūsu pārdzīvojumi ir it kā pārāk vienpusīgi saistīti ap laika koordināti. Zinātniskā kontróle rāda, ka daudz kas mums šķiet, kas patiesībā nav, vai - kas nav neatkarīgi no mūsu uztveres. Zinām, ka nav no apziņas neatkarīgu krāsu, skaņu, smaržu u. c. sajūtu. Vai arī pati plūsma, pati maiņa nevarētu būt tāds subjektīvs šķitums? Varbūt uzskatāmības izpratnes grūtības ceļas tieši no nespējas atbrīvoties no subjektīvā laika pārdzīvojuma un izpratnes. Varbūt fizikālā reālitāte īstenībā nemaz nav mainīga, tādā nozīmē, kā to varam saprast, bet īpatnēji nemainīga. Uz to it kā norāda arī relātīvitātes teorijas princips par laiku kā ceturto koordināti vai virzienu. Ja tā būtu, tad pagātne nav zudusi, bet viss bijušais ir tikai „aiz" mūsu subjektīvā tagadnes punkta, un viss nākošais jau gatavs un absolūts stāv priekšā. Principā tad vajadzētu būt iespējamam pagātni nevien aptuveni atcerēties un nākotni aptuveni paredzēt, bet pagātni un nākotni vajadzētu (zināmos nosacījumos) varēt pilnīgi skaidri redzēt, zināt. Nākotni vajadzētu varēt paredzēt ar absolūtu precizitāti. Zinātne it kā iet šo ceļu. Ar komplicētiem un asprātīgiem paņēmieniem zinātne mēģina atbrīvoties no subjektīvajiem šķitumiem un aprakstīt dabu absolūtu, vispārnozīmīgu un nemainīgu izteiksmju un formulējumu veidā. Šie loģiski-matēmatiskie formulējumi ietver kā pagātni, tā nākotni. Bet atcerēsimies to vienmēr - tie nav identiski ar formulējamo reālitāti. Fizikālo substanci visā pilnībā izprast nevaram. Starp šo reālitāti un mūsu atziņām par to vienmēr būs starpība.

XI. MATERIJA PASAULES TELPĀ

Lieli prātnieki kādreiz apgalvoja, ka zinātniekiem nekad neizdošoties noskaidrot debess spīdekļu ķīmisko sastāvu. Jo tiešām, kā gan lai iespētu ķīmiski izpētīt ķermeņus, kas atrodas no mums miljoniem kilometru (km) tālumā pasaules telpā? Vistuvākais spīdeklis - mēness - ir 384 000 km, saule 149 miljoni km, bet vistuvākā stāvzvaigzne Proxima Centauri 40 biljonu (4.10^{12}) km. Ja arī mums būtu fantastiska raķešu lidmašīna, kas spēj nolidot, piem.,

1 milj. km. stundā, tad līdz šai zvaigznei varētu nokļūt tikai 40 milj. stundās, t. i., vairāk kā 4500 gados. Savā mūžā mēs tātad pat vistuvāko zvaigzni nevarētu sasniegt. Un tomēr, pienāca laiks, kad varēja runāt par jaunas zinātnes nozares - kosmoķīmijas un astrofizikas pirmiem sākumiem.

Kosmoķīmija jeb debess ķermeņu ķīmija sāka attīstīties pēc tam, kad atklāja gaismas spektrālanalizi. Ja šauru gaismas staru laiž caur stikla prizmu, tas tiek sadalīts varavīksnas krāsās un atsevišķās līnijās. Tagad pierādīts ka katra krāsa un līnija atbilst zināmam gaismas vilnīšu garumam. Sevišķi nozīmīgas ir līnijas, kas atrodas noteiktās spektra vietās un tātad atbilst pilnīgi noteiktiem viļņu garumiem, resp. frekvencēm. Ja, piem., liesmā ieliek vārāmās sāls graudiņu, tad tas nokrāso liesmu dzeltenā krāsā. Aplūkojot šādu liesmu spektroskopā, t. i., aparātā, kur ir attiecīgi ierīkotas prizmas, tad noteiktā spektra vietā redzam gaišu liniju. Ja liesmā novieto kalija sāli, redzama violeta līnija spektra violetā daļā. Izpētījot tā dažādu vielu radīto gaismu, atrada, ka katram elementam ir savas noteiktas līnijas spektrā. Tā no gaismas spektra iespējams pateikt - kādi elementi ir gaismu izstarojošā ķermenī. Fraunhofers bez tam atklāja, ka saules spektrā ir tumšas līnijas. Vēlāk šim atklājumam deva šādu izskaidrojumu: katrs elements uzsūc tādu gaismu, kādu tas izstaro; tumšās līnijas norāda, ka saules virskārtās ir daudzi elementi, kas uzsūc no saules iekšienes nākošo gaismu. Mēness un planētas pašas gaismu neizstaro, bet tikai atstaro to gaismu, ko saņem no saules. Turpretim zvaignes, tāpat kā saule, izstaro savu gaismu. No šīs gaismas spektra varam droši spriest par zvaigznes ķīmisko sastāvu. Bet nevien to: izrādās, ka no spektra var nolasīt arī vēl daudz ko vairāk - spīdekļa temperātūru, kustības un citas īpašības.

Protams mūs interesē nevien debess ķermeņu ķīmiskais sastāvs, bet arī daudzi citi jautājumi, piem., kosmisko objektu attālums, lielums, vecums, temperātūra, izcelšanās, kustības. Te saskaņamies arī ar universa telpas problēmu - par tās varbūtīgo galējību un materijas sadalījumu telpā.

Pirmatnējā domātāja uztverē pasaules lielākā un nozīmīgākā daļa bija zemes ripa, kas balstas uz kaut kāda pamata. Virs tās paceļas kristalldzidrā debess velve ar sauli, mēnesi un zvaigznēm, kas augstajās debess sfairās kustas noteiktā kārtībā. Tādi uzskati valdīja līdz pat 17. gadsimta vidum. Tikai vislielākie un ģeniālākie no seno laiku gudrājiem, piem., grieķu matēmatiķi Pitagors un Aristarchs, kas dzīvoja apm. priekš 2000 gadiem, mācīja, ka zeme nav nekustīga ripa, bet lode, kas 24 stun-

dās apgriežas ap savu asi, un bez tam ceļo apkārt saulei. Vēlākos laikos virsroku tomēr guva Ptolomeja un Aristotela mācības par zemi kā nekustīgu pasaules centru. Šis uzskats sabruka tikai 17. gadsimtā, kad itaļu zinātnieks Galilejs ar sava jaunbūvētā teleskopa palīdzību apstiprināja Kopernika mācību par debess ķermeņu kustībām ap sauli. Astronomija pēc tam strauji uzplauka 18. un 19. g. s., kad cilvēka redzes aploks paplašinājās necerētos apmēros. Šeit nevaram apskatīt visus tos paņēmienus, ar kuŗu palīdzību zinātnei izdevās noteikt debess spīdekļu attālumus, lielumu un citas īpašības, kā aplēš saules un mēness aptumšošanos un komētu ceļus. Apskatīsim vienīgi dažus nozīmīgākos rezultātus.

Vispirms mūsu pašu planēta - Zeme. Tā ir nedaudz saspiesta lode, kuŗas radiuss ekvātorā ir $6{,}378.10^8$ cm, bet polu virzienā $6{,}3569.10^8$ cm. Atomu caurmērs ir ap 10^{-8} cm. Tātad Zeme ir tik pat reiz lielāka par centimetru, cik centimetrs par atomu. Kilometros ņemot lodes caurmērs ir 12 700 km, bet apkārtmērs ekvātorā 40 000 km. Zemes masa ir $5{,}97.10^{27}$ g, vai $5{,}97.10^{21}$ tonnas, bet vidējais blīvums 5,5. Zeme apgriežas 24 stundās ap savu asi un 1 gada laikā noskrien 965 miljonu km gaŗo ceļu ap sauli, joņojot pasaules telpā 1000 reiz ātrāk par ātrvilcienu. Šajā lielajā skrējienā Zeme turas no Saules 143—199 miljonu km tālumā. Zemei apkārt tādā pat veidā griežas mēness, kas ir 380 000 km tālu no mums.

Debess mechanikas pamats ir Ņutona atklātie un formulētie mechanikas likumi un principi no vienas puses un astronomu novērojumi no otras. Uz debess ķermeņiem darbojas 2 spēki: centrifugālais un centripetālais. Pirmais, kuŗa cēlonis ir ķermeņa ātrums, tam liek vienmērīgi kustēties pa taisni un velk no centrālās masas prom; otrs spēks darbojas gluži pretēji: tas velk debess ķermeņus vienu pie otra klāt. Šī otra spēka cēlonis ir masu savstarpējā pievilkšanās, gravitācija, kas darbojas starp visām masām. Kā zināms, masas pievelkas, formāli ņemot, pēc tā paša likuma kā magnēta poli vai elektrības lādiņi. Tomēr atomu mikropasaulēs masu gravitācijai nav nozīmes, jo te vienību savstarpējo iedarbību noteic lādiņu iedarbība. Masu gravitācija ir sekundārs efekts, kas parādās tikai makrokosmā, kur lielās masās sakopotas daudzas elementārvienības. (Tomēr iespējams, ka atomu kodolos, kur ārkārtīgi niecīgi attālumi, varētu būt zināma nozīme arī gravitācijas spēkiem, kas darbojas starp elektriski neitrālām masām, piem., starp hipotetiskajiem neitrino.)

Ja nebūtu gravitācijas, tad debess ķermeņi nevarētu izveidot

sistēmas, bet aizklīstu projām cits no cita. Centrifugālā un centripetālā spēka ietekmē tad kosmiskās masas neizklīst, nedz arī saduras, bet cirkulē cita ap citu. Ieliekot attiecīgos vienādojumos, kas apraksta šīs kustības, dažus zināmus lielumus, varam aplēst nezināmos, piem., Zemes vai Saules masu. Zinot Zemes tilpumu un masu, var aplēst tās blīvumu, kas = 5,5, t.i., daudz lielāks, nekā mums pieejamās zemes virskārtu vielu vidējais blīvums (tas ir ap 2,6). No tā varam spriest, ka Zemes centrā sakopotas smagas vielas, droši vien smagie metalli.

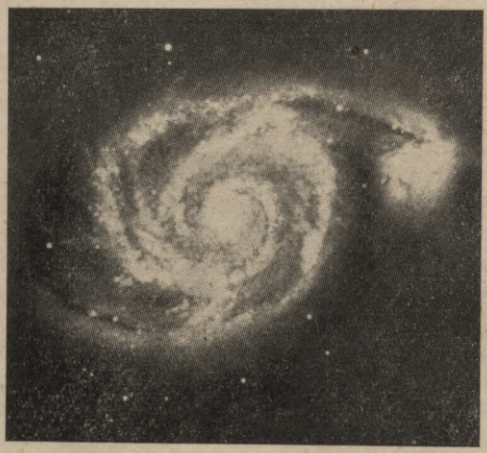
Jau 18. g. s. astronomi atrada, ka Zeme nav vienīgais debess ķermenis, kas cirkulē ap sauli. Viņi pierādīja, ka dažas zvaigznes, kas redzamas tumšās debesīs, ir Zemei līdzīgi debess ķermeņi. Tos nosauca par gājzvaigznēm jeb planētām. Vistuvāk mums no visām planētām pienāk Marss un Venera. Pēdējā ir ļoti spoža zvaigzne, saukta arī par Rīta vai Vakara zvaigzni (Auseklis, Rieteklis). Saulei vistuvāk atrodas Merkurs, bet uz otru pusi, aiz Marsa, nāk Jupiters, Saturns, Urāns un Neptuns. Pašā pēdējā laikā atklāta vēl tālāk par Neptunu cirkulējoša, maza planēta - Plutons. Jupiters, Saturns, Urāns un Neptuns ir lielāki par Zemi, piem., Jupitera diametrs ir 11 reiz lielāks par Zemes diametru. Jupiteram ir veseli 11 mēneši jeb pavadoņi, pie kam 2 no tiem ir pavadoņu pavadoņi. Saturnam ir īpatnējie gredzeni un bez tam arī ne mazāk kā 11 pavadoņi. Lielā, sistēmas ārējā planēta - Neptuns - turas no saules ap 2800 miljonu km tālu un apskrien Saulei apkārt tikai 164 gados. Interesanti vēl tas, ka lielajām planētām ir mazs blīvums, bet mazajām liels. Jupitera, Urāna und Neptuna blīvums ir tuvs 1, bet Saturna pat tikai 0,68. Tātad laba daļa no tā vielas ir gāzes veidā.

Daudz lielāka par visām planētām ir pati gaismas devēja - Saule. Tās caurmērs ir 1 390 000 km, t. i., 109 reiz lielāks par Zemes caurmēru. Saule ir tik liela, ka tajā varētu ietilpināt 1 300 000 zemes lodes.

Lai šos milzīgos lielumus un attālumus labāk varētu iedomāties, var tos ņemt citādā mērogā. Iedomāsimies Zemi samazinātu līdz apelsīna lielumam. Saule tad būtu lode, kuras caurmērs ir 10 metri. Attālums no apelsīna līdz Saules lodei tādā mērogā būtu nedaudz lielāks par 1 km. Mēness tad būtu rieksta lielumā un atrastos no apelsīna 3 metru tālumā. Urāns būtu no mums 36 km. Bet tuvākā stāvzvaigzne būtu tomēr 250 000 km tālumā. Tik ārkārtīgi tukša ir pasaules telpa...

Zvaigžņu attālumi ir tik lieli, ka to izpratnei neder arī mūsu mērogs, kur Zeme samazināta līdz apelsīna lielumam. Lai kaut

cik uzskatāmi attēlotu zvaigžņu attālumus, tad iedomāsimies Zemes ceļu ap Sauli samazinātu līdz spraudītes galviņas apkārtmēram. Saule šādā mērogā būtu mikroskopisks puteklītis, kuŗa diametrs ir 0,008 mm. Ņemot visu šādā mērogā, vistuvākā stāvzvaigzne būtu 200 metru attālumā. Citas zvaigznes tomēr atrodas vēl daudz tālāk. Visas tuvākās zvaigžņu kopas un zvaigznāji sastāda t. s. Piena ceļa jeb galaktisko sistēmu (galaktiku). Ja pieturamies pie mūsu mēroga, kur saule ir mikroskopisks puteklītis, tad visa galaktika ir tik liela kā Zeme īstenībā. Piena ceļa kopa tātad tikpat reiz lielāka par Sauli, cik reizes Zeme lielāka par mikroskopisku putekli.



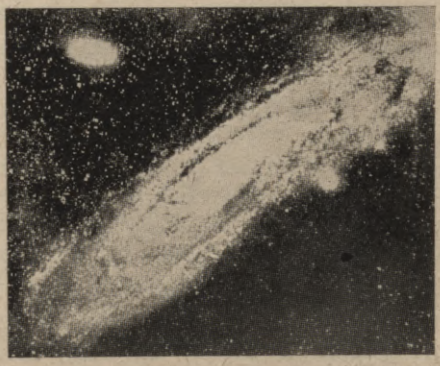
8. att. Spirālmiglājs Medību suņu zvaigznājā.

Patiesībā mūsu galaktikā ir ap 30 000 miljoni zvaigžņu, un visas šīs milzīgās sistēmas caurmērs ir ap 200 000 gaismas gadu, t. i., gaismai, kas noskrien 300 000 km sekundē, ir jāskrien 200 000 gadu, kamēr tā izskrien Piena ceļa kopai cauri.

Bet arī tas vēl ne tuvu nav viss. Sevišķi 20. gadsimtā, kad pret pasaules telpu vērsās moderno, spēcīgo teleskopu acis, kļuva skaidrs, ka mūsu lielā galaktika ir savukārt tikai viena vienība plašajā pasaules telpā. Sevišķu interesi astronomiem jau sen modināja t. s. spirālmiglāji, kas vietvietām redzami debesīs. Agrāk domāja, ka tie ir jaunas zvaigznes, kas vēl veidojas. Modernie, spēcīgie teleskopi tomēr rāda, ka daudzi no šiem miglājiem ir veselas zvaigžņu pasaules, kas lieluma un zvaigžņu skaita

ziņā sacenšas ar Piena ceļa sistēmu. Jaunie pētījumi bez tam pierādījuši, ka šīs svešās galaktikas atrodas tālu ārpus Piena ceļa sistēmas. Tuvākie miglāji jeb ārpusgalaktiskās zvaigžņu sistēmas ir ap 1 000 000 gaismas gadu tālumā...

Katra zvaigzne ir milzu saule, kas maza mums šķiet tikai tādēļ, ka tā neiedomājami tālu no mums. Un vienīgais, ko mēs par zvaigzni zinām, ir gaisma, ko tā mums atsūta. Ilgs un tāls ceļš jāmēro gaismai, un aina, ko tagad redzam pie debesīm, vēstī mums par stāvokli, kas bijis pirms tā laika, kas bij gaismai vajadzīgs, līdz tā nonāk pie mums. Piem., gaisma, kas nāk no 2000



9. att. Spirālmiglājs Andromedas zvaigznājā.

gaismas gadu (gg) tālās zvaigznes, rāda apstākļus, kādi tur bijuši pirms 2000 g, bet iespējams, ka kādu iemeslu dēļ, īstenībā zvaigznes tur nemaz vairs nav. Tāpat, ja t a g a d pēkšņi kaut kur 100 gg tālumā uzmirdzētu kāda jauna zvaigzne, to te varētu konstatēt tikai pēc 100 gadiem.

Lai gan no debess ķermeņiem saņemam tikai to raidīto gaismu, tā ir tik bagātīgs ziņu avots, ka no tā var smelt un smelt, un tomēr viss vēl ne tuvu nav izsmelts. Pirmkārt, no gaismas spektra varam spriest par ķīmisko sastāvu. Un ko rāda spektrs? Atbilde ietveŗama īsā teikumā: D e b e s s ķ e r m e ņ i s a s t ā v n o t i e m p a š i e m e l e m e n t i e m, k a s s a s t o p a m i z e m e s v i r s k ā r t ā. To pašu apstiprina arī meteoru analizes. Meteori ir sīki debess ķermeņi, kas klejo pasaules telpā, un ja nonāk Zemei pietiekoši tuvu, tad krīt Zemes centra virzienā. Interesanti nu tas, ka vielas, kas nosakāmas Saules un zvaigžņu spektros, atrodamas arī meteo-

ros. Ja meteorus sakarsē līdz vairāk tūkstoš gradiem, piem, ievieto Volta loka liesmā, tad vielas pārvēršas tvaikos un gāzēs. Šo gāzu un tvaiku spektrs ir tāds pat kā zvaigznēm.

Meterorus iedala 2 grupās: dzelzs un akmeņainos. Pirmo sastāvs caurmērā šāds (pēc V. M. Goldšmidta un W. un I. Nodaku datiem): Dzelzs 90,5%, niķelis 8,49%, kobalts 0,57%, fosfors 0,18%, ģermānijs 0,05%, tāpat C un Ca ik pa 0,05%, S, As un Mg ik pa 0,04%, Cr, Mn un Cu ik pa 0,03%, Zn, Sn un Ti ik pa 0,01%, platīnmetalli 0,005%. Akmeņu meteoros atrasts 42,0% skābekļa, 21,4% silicija, 15,9% magnija (Mg), 12,7% dzelzs, 2,0% S, 1,9% Ca, 1,6% Al, 0,72% Na, 0,50% Cr, 0,26% K, 0,21% Mn, tikpat Ti, u. c. Tātad meteoros visvairāk ir dzelzs, niķeļa, skābekļa, silicija, magnija. Zemes virskārtas vielās visvairāk ir skābekļa, silicija, aluminija, dzelzs un kalcija. Tātad meteoros ir vairāk dzelzs, niķeļa un magnija (arī germānija), bet samērā mazāk aluminija un kalcija. Ja turpretim ievērojam visu Zemes lodi, t. i., arī tās iekšejo kodolu, tad starpības nebūs, jo Zemes blīvums un magnētiskās īpašības norāda, ka lodes kodola galvenās sastāvdaļas ir dzelzs un tai radniecīgie metalli.

Ar spektroskopisko metodi no visiem debess ķermeņiem vislabāk izpētīta Saule. Tās spektrā spilgti parādās hēlija, kalcija, dzelzs, ūdeņraža, natrija, niķeļa, magnija, stroncija, vanadija, kobalta, silicija, aluminija, titāna, chroma, mangāna, barija, oglekļa, u. c. elementu līnijas. Hēlija līnijas ir pat tik spilgtas, ka šo cēlgāzi atklāja saules spektrā agrāk, nekā tā bija iegūta no zemes vielām. Franču zinātnieks de Lonē mēģina pat aplēst elementu daudzumus Saules ārējās kārtās. Aptuvenie vērtējumi rāda, ka visvairāk tur varētu būt dzelzs (65%), tai seko magnijs (8%), niķelis (6%), kalcijs (3,5%), aluminijs (1%), tad Na, H un He ik pa 0,5%. Pašās ārējās kārtās H un hēlija (He) ir vēl vairāk. Visus pazīstamos elementus Saules spektrā tomēr atklāt nevar. Pie tādiem pieder bismuts, arsēns, dzīvsudrabs, selēns, tellūrs, broms, jods. Indiešu fiziķis Saha pamatoti aizrāda, ka no tā tomēr nevar droši secināt par minēto elementu neesamību Saulē. Pirmkārt, jāievēro Saules īpatnējie apstākļi, galvenais, ārkārtīgi augstā temperātūra. Saules virsmas temperātūra ir ap 6000°, bet iekšējās kārtās tā pakāpeniski aug. Pēc jaunākām aplēsēm (Eddington's u. c.) Saules un vispār zvaigžņu centrā temperātūra sniedzas miljonos un pat desmitmiljonos gradu! Vielas atomi ar milzīgu sparu drāžas cits citam virsū, pie kam šājās ārkārtīgi spēcīgajās sadursmēs visi ārējie elektroni var tikt atrauti nost, tā kā šie atomi

parasto gaismu vairs nemaz istarot nevar un nekādas līnijas redzamā spektra daļā nedod.

Ārkārtīgi augstās temperātūras dēļ Saules materija nav cieta, bet pielīdzināma stipri saspiestai gāzei. Blīvums, protams, atkarīgs arī no tā, kādus slāņus apskatām. Ārējo slāņu blīvums ir niecīgs, bet centra materijai gravitācijas dēļ jābūt blīvākai. Saules vidējais blīvums ir tikai 1,4.

Zvaigznes, kā tas plašos, sistēmatiskos pētījumos tagad noskaidrots, pēc to spektriem sadalāmas vairākās klāsēs. Agrāk domāja, ka šīm dažādā tipa zvaigznēm ir dažāds ķīmiskais sastāvs, ka jaunajās, baltajās zvaigznēs ir vieglie elementi, bet sarkanājāssmagie. Jaunākie pētījumi par spektru atkarību no temperātūras un atomu uzbūves to apšauba. Milzīgajos karstumos, kādi ir zvaigznēs, daudzu elementu līnijas, kā jau minēts, nemaz nevar būt redzamas, jo atrauti ir atomu ārējie elektroni. Ļoti pastāvīgi lielā karstumā ir H un He atomi, kas vēl pie 15 000—20 000° dod pazīstamās spektra līnijas. Pie 23 000° H top spektrā neredzams, bet hēlijam parādās jaunas līnijas. Turpretim kalijs, magnijs u. c. nav redzami jau zemākās temperātūrās. Ar to saprotams, ka karstajās, baltajās zvaigznēs redz galvenā kārtā ūdeņradi un hēliju, bet neredz magniju, kaliju u. c. elementus, kas redzami tikai tais zvaigznēs, kuŗu temperātūra zemāka.

Pēc tagadējiem uzskatiem v i s ā s z v a i g z n ē s i r v i s i e l e m e n t i. No spektroskopiskiem datiem var spriest arī par šo elementu daudzumiem, pie kam tie apmēram iznāk tādi, kā Saulē. Uzkrītošs ir samērā lielais hēlija daudzums zvaigznēs, jo Zemes virskārtā ir tikai 0,0000008% He. Šim faktam dots šāds izskaidrojums. H un He ir visvieglākie elementi, kas viegli var aizkļūt pasaules telpā no tādiem debess ķermeņiem, kuŗu masa nav sevišķi liela. Jo lielāka ir masa, jo spēcīgāks gravitācijas lauks ir ap to, un jo vieglāk tad tāds masīvs ķermenis var sev noturēt klāt vieglos elementus, Samērā lielais ūdeņraža daudzums, kāds ir uz Zemes, izskaidrojams vēl ar to, ka H viegli dod samērā smagus ķīmiskus savienojumus, piem., ūdeni un organiskas vielas. Hēlijs turpretim ir cēlgāze, kas nekādus savienojumus nedod. Tas sakrājies atmosfairas augšējos slāņos un ir atstājis Zemi jau tās veidošanās laikā. Saules virsmā gravitācijas spēks ir 28 reiz lielāks, kā uz zemes, t. i., vielas tur 28 reiz smagākas nekā pie mums.

Zvaigžņu dažādība ļoti liela, nevien pēc to spektru tipiem, bet arī pēc spožuma. Tas kā zināms atkarīgs no divi faktoriem: no izstarotās gaismas intensitātes un no attāluma. Vienādā attālumā atrodošās zvaigznes var būt dažādā mērā spožas, atkarībā no viņu

izstarotās gaismas intensitātes, kas savukārt atkarīga no temperātūras un zvaigznes lieluma. No otras puses - vienādi intensīvu gaismu raidošās zvaigznes var izlikties dažādā mērā spožas, ja tās atrodas dažādos attālumos, jo gaismas intensitāte mazinās līdz ar attālumu kvadrātā.

Tuvāko zvaigžņu attālumus var noteikt tieši, izmērījot t. s. paralaksu, t. i., zvaigznes šķietamās kustības attiecībā pret citām, ļoti tālām zvaigznēm, atkarībā no Zemes kustībām ap sauli. Ļoti tālo zvaigžņu attālumi, kam šādu šķietamu kustību nav, nosakāmi netiešā ceļā, dibinoties uz dažām likumībām. Tā, daudzas zvaigznes periodiski maina savu spožumu. Šīs t. s. cefeīdas jeb maiņu zvaigznes ļoti nozīmīgas, jo starp viņu spožuma maiņas periodu un absolūto (no attāluma neatkarīgo) spožumu pastāv noteikta, matēmatiska sakarība. Tā, no tieši noteiktā spožuma maiņas perioda var aplēst absolūto spožumu, bet no tā un no tieši mērītā spožuma var aplēst attālumu. Dažos gadījumos, kur cefeīdu attālumus izdodas noteikt tieši mērījot paralaksu, var pārliecināties, ka tieši mērītie attālumi tiešām saskan ar netieši noteiktiem.

Diezgan daudz ir arī dubultzvaigžņu, kas pie tam vienmēr griežas viena ap otru, ko vislabāk var novērot pēc spektrālo līniju periodiskām novirzēm (Dopplera efekts). Atsevišķos gadījumos tā izdevies noteikt šo dubultzvaigžņu orbitas un no tām tālāk aplēst zvaigžņu masu. Arī zvaigžņu īsto lielumu izdodas vairāk vai mazāk tieši aplēst. No masas un lieluma datiem tad viegli noteikt blīvumu. Starp masu un absolūto spožumu, kā to atklāja Eddingtons, pastāv noteiktas likumības, tā kā masu iespējams aplēst arī no absolūtā spožuma: (absol. spožums ir tāds, kāds būtu visām zvaigznēm, ja tās atrastos vienā un tai pašā normālattālumā - 32,6 gg jeb 10 parseku tālu). Par temperātūru var spriest no spektra, absolūtā spožuma un zvaigžņu krāsas.

Salīdzinot tā dažādas zvaigznes, astronomi nāk pie šādiem vispārīgiem slēdzieniem. Zvaigžņu masa nemainās plašās robežās, t. i., visām zvaigznēm gandrīz vienāda masa. Caurmērā to masa gandrīz tāda, kā mūsu Saulei. Tikai samērā nedaudz ir objektu, kuŗu masa daudz lielāka, vai daudz mazāka. Retas ir zvaigznes, kuŗu masa ir 5 reiz lielāka, vai 10 reiz mazāka kā Saulei. Tas ir ļoti ievērojams fakts. Gluži tāpat kā ķīmisko elementu atomi ar savu masu, uzbūvi un dažādību maz atšķiŗas cits no cita, tāpat maz atšķiŗas savā starpā arī lielās masu vienības makrokosmā - zvaigznes. Lielākas gan ir lieluma un blīvuma starpības. Ir zvaigznes-milži, kas sava niecīgā blīvuma dēļ salī-

dzināmi ar visretāko, vispilnīgāko vakuumu, kādu vien iespējams dabūt. No otras puses, ir niecīga lieluma pundurzvaigznes ar milzīgu blīvumu. Piem., Siriusa pavadoņa blīvums ir 60 000 g/cm^3, t. i., tāds šīs zvaigznes materijas daudzums, kas ietelp vienā degkociņu kastītē, sveŗ 2000 kg. Jāpieņem, ka šo spīdekļu vidū ir cieši sablīvēti atomu kodoli bez elektronu čaulām. Te daudz interesantu, vēl neatrisinātu problēmu.

Virsmas temperātūras ziņā zvaigznes arī diezgan dažādas. Ir tādas, kuŗu virsmas temperātūra tikai ap 2500°, un citas, kam virspusē 20 000° un pat vairāk. Zvaigznes piederība pie vienas vai otras klases (O, B, A, F, G, K, M) ir sakarā ar šo temperātūru. Nav pamata pieņemt, ka zvaigznes vienmēr bijušas un paliks tai dažādībā, kā to tagad redzam telpā. Daudz varbūtīgāk, kā to tagad vispār atzīst, ka dažādības izteic zvaigžņu dažādās attīstības stadijas. Domā, ka attīstība notiek šādējādi. Sākumā telpa bija piepildīta ar materiju ļoti vienmērīgi, pie kam materijas blīvums bija ārkārtīgi niecīgs. Daļiņu chaotiskās kustības dēļ, uz varbūtības pamata varēja gadīties, ka daudzas vienības sablīvējās kopā (sk. 43. lpp). Ap šo kopu tālāk kā ap gravitācijas centru sāka sasalīties vēl lielākas masas. Tā radās kodols, ap ko koncentrējās arvien vairāk un vairāk materijas. Gravitācijas dēļ virzoties uz kodolu, daļiņas sadūrās cita ar citu, to potenciālā enerģija pārvērtās kinētiskā, sāka celties topošās zvaigznes temperātūra. Tomēr tā vēl samērā aukstā zvaigzne ir t. s. „sarkanā milža" stadijā. Tās temperātūra tomēr nepārtraukti aug un blīvums palielinās. Ar laiku tā sarkanais milzis pārvēršas par balto milzi. Bet jo vairāk zvaigznes materija sablīvējas, jo lielāka top iekšējā pretestība. Pirmkārt, tālāku sablīvēšanos kavē augstā temperātūra, t. i., atomu intensīvās kustības, kas rada spiedienu uz āru. Otrkārt, šo tālāko sablīvēšanos kavē gaismas kvantu spiediens, kas visai ievērojams kvantu lielās intensitātes dēļ. Tādēļ zvaigzne neko daudz vairāk vairs sablīvēties nevar, bet nodibinās zināms līdzsvars starp spēkiem, kas materiju velk kopā un kas to draud izšķaidīt. Tādā līdzsvara stāvoklī atrodas lielākā daļa zvaigžņu, arī mūsu Saule. Pēc tam zvaigzne ļoti lēni atdziest un top atkal sārtāka.

Ne vienmēr tomēr zvaigznes mūžs norit tādā normālā veidā. Tā, jau maiņu zvaigžņu jeb cefeīdu piemēri rāda, ka kaut kādu nezināmu iemeslu dēļ zvaigzne „pulsē". Vēl radikāļāki izņēmumi ir t. s. novas un supernovas. Pa retam astronomi novēro, ka kāda nespoža, maza zvaigznīte sāk spīdēt ļoti stipri, pie kam mainās arī tās spektrs. Pēc kāda laika spožums atkal lēni samazinās.

Acīmredzot šai gadījumā ar zvaigzni notiek kādas katastrofālas pārvēršanās, pie kam tā īsā laikā izstaro milzīgus enerģijas daudzumus. Tā kāda Andromedas miglāja zvaigzne 1885. gadā novērotā uzliesmojumā, pēc tagad izdarītām aplēsēm, īsā laikā izstarojusi tik daudz gaismas kā saule 70 000 000 gados. Spilgta nova parādījās arī 1934. gadā (Nova Herculis), kad kāda pavisam neievērojama 15. lieluma zvaigznīte dažu nedēļu laikā uzmirdzēja līdz 1,3 lieluma klasei. Uzmirdzējuma maksimumā tās spožums bija palielinājies 300 000 reizes. Piena ceļa sistēmā 1 gada laikā parādās caurmērā ap 30 novu. Daudz retākas ir supernovas. Tāda varētu būt Andromedas miglājā 1885. g. novērotā nova. Mūsu Piena ceļa sistēmā supernovas parādījušās visā rakstītās vēstures laikā tikai 2 reizes: 1054. un 1572. gadā. Jaunās zvaigznes bijušas abos gadījumos spožākas par visām, pie debesīm redzamām zvaigznēm. Supernovu gadījumā acīmredzot katastrofa ir sevišķi dziļa, bet kādi tās cēloņi, to nezinām.

Zvaigžņu attīstības gaitā ir arī vēl citāda veida izlēcieni. Raksturīgākais no tiem ir zvaigznes saraušanās par „balto punduri", pie kam zvaigznes blīvums aug nenormālos apmēros. Arī par šīs parādības cēloņiem neko nezinām.

Kā zvaigžņu enerģijas avotu minējām vienīgi kontrakcijas enerģiju, kuŗas pamats ir atomu tiekšanās uz gravitācijas centru. Aplēses tomēr rāda, ka tas nevar būt vienīgais starotās enerģijas avots. Tagad par zvaigžņu enerģijas galveno avotu atzīta atomu iekšējā enerģija. Zvaigznēs norisinās ķīmisko elementu jaunuzbūve, smagāko atomu rašanās no vieglākiem, pie kam gaismas kvantos pārvēršas daļa materijas. Bez tam norisinās arī smago elementu radioaktīvā sabrukšana, kur tāpat atbrīvojas lieli kodolu enerģijas daudzumi. Apskatīsim, cik enerģijas var rasties, ja, piem., no ūdeņraža rodas hēlijs. Četri protoni var pārvērsties par hēlija kodolu, pie kam jāatbrīvojas 2 pozitroniem un daļai protonu masas jāizstarojas enerģijas kvantu veidā. Katrā šādā elementārprocesā atbrīvojas 4,5.10^{-} ergu, vai 1,075.10^{-12} kalorijas. Saule izstaro katrā sekundē 1,75.10^{22} kalorijas. Lai šādu patēriņu segtu, jānotiek tātad 1,75.10^{22} / (1,075.10^{-12}) = 1,63.10^{34} g hēlija kodolu uzbūves elementārprocesiem. Saules masa ir 1,97.10^{33} g. Tātad katrā saules materijas gramā caurmērā jānotiek tikai 10 šādiem elementārprocesiem. Ja arī tikai maza daļa saules materijas tādā veidā izstarotos, tās pietiktu, lai saule varētu raidīt gaismu līdzšinējā stiprumā apm. 100 000 miljonus gadu, jo tās masa ir pietiekami liela.

Materija pasaules telpā koncentrēta nevien atsevišķos lielos

sakopojumos, bet arī mazākās masās. Tādas ir mazās planētas un planētoidi, meteori, komētas un līdzīgi objekti. Aptuveni vērtējumi tomēr rāda, ka šādā veidā atrodas tikai pavisam niecīga daļa kosmiskās materījas. Daudz lielākas ir tās materijas masas, kas stipri izkliedētā veidā atrodas starpzvaigžņu telpā. Ka tāda materija telpā ir, uz to norāda starp citu absorbcijas līnijas spektrā. Dažreiz starpzvaigžņu materija izveido lielākus mākoņus, kas aizsedz pat zvaigznes. Kosmisko putekļu mākoņiem tuvākās zvaigznes var ierosināt arī to spīdēšanu. Lai gan šo mākoņu blīvums niecīgs, tikai ap 10^{-24} līdz 10^{-26} g/cm^3, tā tomēr ir visai ievērojams faktors, ja iedomājamies starpzvaigžņu telpas neaptveramos plašumus. Pavirši vērtējumi liek domāt, ka Piena ceļa sistēmā apm. 2/3 no visas materijas koncentrēta zvaigznēs, bet apm. 1/3 izkliedēta starpzvaigžņu telpā.

Sevišķas ievērības cienīga parādība, kas reiz bez šaubām tiks atšifrēta, ir tā sauktā kosmiskā radiācija, ko atklāja 1912. gadā vācu zinātnieks Hess. Tagad šī īpatnējā ultraradiācija plaši un pamatīgi izpētīta, bet tās cēloņi tomēr vēl nav noskaidroti. Kosmisko radiāciju var vislabāk konstatēt vai nu ar Geigera skaitītāja vai Vilsona miglas kameras palīdzību (sk. 49. lpp). Visievērojamākais tas, ka šī radiācija ārkārtīgi enerģiska. Kosmiskie stari tik spēcīgi, ka tie izurbjas cauri nevien visai atmosfairai, bet arī simtiem metru biezām Zemes kārtām. Visbiezākās svina plāksnes, kas viegli aiztur viscietākos gamma starus, kosmiskie stari izurbj cauri. Kosmisko staru intensitāte vislielākā ir atmosfairas augšējos slāņos, ap 20—30 km virs Zemes, kā tas noskaidrots ar reģistrējošo balonu palīdzību. Nav vairs šaubu, ka kosmiskie stari nāk no pasaules telpas. To intensitāte pilnīgi vienmērīga, tā nav atkarīga no Zemes stāvokļiem pret Sauli, vai Mēnesi, nedz arī no novu parādīšanās vai no citiem kosmiskiem faktoriem. Ar lielu patiesības varbūtību pieņemams, ka pirmatnējie kosmiskie stari ir ārkārtīgi enerģisku elektronu plūsma, jo uz tiem manāmi iedarbojas Zemes magnētiskais lauks. Šīs iedarbības sekas ir t. s. platuma grada efekts, t. i., ekvātoriālos platumos radiācijas intensitāte (staru daudzums) ir nedaudz mazāka nekā polāros apgabalos. Radniecīga parādība te ir ziemeļblāzma jeb kāvi, kas ceļas no lēnāku, mazāk enerģisku elektronu novirzes uz poliem, Zemes magnētiskā lauka ietekmē. Šie daudz lēnākie elektroni, kā droši zināms, nāk no Saules. Bet par kosmisko staru elektroniem to teikt nevar. Pēc visām pazīmēm spriežot tie šķērso pasaules telpu absolūti vienmērīgi visādos virzienos. Tālāk par šo brīnumaino radiāciju noskaidrots vēl sekojošais. Ārkārtīgi ātrie

elektroni (vai kādas citas lādētas vienības) atmosfairā saduŗas ar atomiem, pie kam rada ārkārtīgi enerģiskus mezonus (sk. 68. lpp). Lai gan to mūža ilgums niecīgs, tas tomēr pilnīgi pietiekams, lai tie varētu izskriet cauri visai atmosfairai, vai pat bieziem ūdens un zemes slāņiem. Pēc tam mezons saskaldās elektronā vai pozitronā un neitrino, pie kam mezona samērā lielā masa pārvēršas šo daļiņu kinētiskā enerģijā, kas tātad atkal ir milzīga. Tā radīto sekundāro elektronu vai pozitronu enerģija nav daudz mazāka par pirmatnējo kosmisko staru enerģiju. Sekundārie elektroni, sadursmēs ar atomiem, var izdarīt dažādus radikālus kodolu pārvēršanas darbus, vai arī paši pārvērsties par ļoti lieliem starotās enerģijas kvantiem, kas savukārt var skaldīt kodolus, vai pārvērsties atpakaļ elektronos u. t. t. Tātad kosmiskās radiācijas iedarbība uz materiju ir ļoti spēcīga, un, ja tie nebūtu tik reti, mūsu Zemes materija ātri vien tiktu radikāli pārvērsta. Ar Geigera skaitītāja palīdzību kosmiskos starus var ērti skaitīt, sevišķi pēc radītiem trokšņa efektiem, kuŗus dabū ar asprātīgi ierīkotu pastiprināšanas ierīču palīdzību. Visai iespējams, ka kosmiskiem stariem, lai gan tie ļoti reti, tomēr sava nozīme, piem., radioaktīvo vielu sabrukšanas ierosināšanā, vai arī uz bioloģiskiem procesiem.

Mūs tomēr visvairāk interesē kosmisko staru cēloņi. Ja tos izdotos atšifrēt, droši vien ar to tiktu gūtas jaunas atziņas par notikumiem kosmā. Diemžēl pagaidām jāapmierinās tikai ar nedrošiem minējumiem. Nevaram pat lāga iedomāties nevienu elementārprocesu, kur atbrīvotos tik liela enerģija, kāda ir kosmiskā stara daļiņai. Daži domā, ka šīs radiācijas cēlonis varētu būt supernovas, bet šādai hipotezei nav nekādu pierādījumu. Vēl izteiktas domas par iespējamo ļoti augsto potenciāla diferenču pastāvēšanu pasaules telpā, kur tad elektr. lādiņi varētu gūt milzīgus ātrumus. Tomēr arī tā ir tikai nepamatota hipoteze. Beidzot vēl norādīts, ka kosmiskie stari varētu būt fizikālās substances īpatnējs veids, kas klejo pasaules telpā kā palieka no kādas universa attīstības pirmatnējas fazes. Lai arī kā tas būtu, kosmiskā radiācija ir viena no visinteresantākām dabas parādībām, kuŗas pilnīga noskaidrošana dos vērtīgas atziņas par universu, tā vēsturi un nākotni.

XII. UNIVERSA PROBLĒMAS

Saņemot kopā visu par pasaules telpas materiju teikto, nākam pie šādiem slēdzieniem. Kosmiskā materija sadalīta divējādi: lielās masās (zvaigznēs) un kā izkliedēta starpzvaigžņu telpas materija. Bez tam fizikālā substance gaismas kvantu un elektronu staru veidā nepārtraukti ceļo pa pasaules telpu visādos virzienos. Mierā nestāv arī lielie debess ķermeņi: tie griežas cits ap citu un ap savu asi. Griežas arī lielās zvaigžņu pasaules - galaktikas. Ka tas tiešam tā, uz to norāda jau miglāju forma: tie vai nu vārpstveidīgi, vai arī izskatās pēc plakanas lēcas, sagrieztas ripas, vai ugunsrata. Arī Piena ceļa sistēma, pie kuŗas piederam mēs, ir lēcveidīga kopa, kuŗas diametrs pa gaŗāko asi ir ap 100 000—200 000 gaismas gadu (gg), bet biezums ap 10 000 gg. Mūsu Saules sistēma atrodas ap 30 000 gg tālu no lielās lēcas centra, ko aptumšo milzīgi starpzvaigžņu materijas mākoņi. Gravitācijas ietekmē visa milzīgā galaktika griežas ap zināmu smaguma centru, t. i., visas galaktikas zvaigznes pa zināmām orbitām ceļo pa pasaules telpu. Aptuveni novērtējumi rāda, ka mūsu Saules sistēma apceļo ap galaktikas kodolu 220 miljonos gadu. Tā kā lēcas pašas malējās zvaigznes kustas lēnāk, tad zvaigznāju kopainai, ko redzam pie debesīm, vajadzētu ar laiku mainīties. Maiņas arī notiek, bet telpas milzīgo attālumu dēļ tās tieši nav konstatējamas.

Universa materija, kas visur veidota no vienām un tām pašām pamatvienībām, tātad pa daļai izkliedēta, pa daļai sakopota lielās, apmēram vienādās masās - zvaigznēs. Daudzi zvaigžņu miljoni, kopā ar izkliedētās materijas masām, savukārt izveido vēl lielākas sistēmas - galaktikas. Attīstoties astronomijas technikai, tiek atklātas arvien jaunas un jaunas galaktikas. Tās izkaisītas milzīgajā pasaules telpā kā atsevišķas, lielas vienības, gluži tāpat kā atsevišķas zvaigznes ar to pavadoņiem kādā galaktikā. Attālumi starp zvaigznēm vienā un tai pašā galaktikā svārstās ap 1—100 000 gg, vai 10^{13}—10^{18} km, bet attālumi starp atseviškām galaktikām daudz lielāki - ap 1 miljonu gg.

Pateicoties modernai teleskopu un spektroskopu technikai, kur visiem priekšā ir amerikāņi, tagad izdodas arvien pilnīgāk ieskatīties tālajos ārpus mūsu galaktikas esošos miglājos, kur atklāj cefeīdas, nosaka to periodus, spožumu, un tad aplēš attālumus. Sevišķi daudz šai ziņā veikuši Mt. Wilson'a observātorijas zinātnieki (Kalifornijā), it īpāši Jūmesons (Humason), Hebls (Hubble), Šepli (Shapley) u. c. laikā starp 1926.—1940. g. un ievērojamos pētījumus turpina arī tagad.

Vilsona kalna obvervātorijā tika atklāta vesela rinda fundamentālu faktu. Viens no visinteresantākiem ir šāds. Visu tālo miglāju jeb galaktiku spektri uzrāda t. s. Dopplera efektu, t. i., to līnijas novirzītas no normālām vietām uz sarkano galu, pie kam novirze palielinās ar miglāju attālumu. Ko tas norāda? Dopplera efekta pamats ir gaismas avota kustības. Ja gaismas avots ar lielu ātrumu attālinās no mums, tad līnijas novirzās uz sarkano galu, ja tuvojas, tad uz violeto. Tātad būtu jāpieņem, ka galaktikas attālinās cita no citas, pie kam tālās galaktikas „bēg" ātrāk, nekā tuvākās.

Vispārīgā relātīvitātes teorija māca, ka fizikālās telpas īpašības vislabāk atbilst Rīmanna „liektās telpas" īpašībām. Bet ja telpa „liekta", tad tā nevar būt bezgalīga. Dibinoties uz relātīvitātes teorijas principiem var pat aprēķināt, cik liela tā varētu būt.

Dažādas 3-izmērījumu telpas, kādas sniedz formālā ģeometrija, grūti iedomāties. Esam pārliecināti, ka varam iedomāties un tēlot līdzeno, izotropo, bezgalīgo Eiklida telpu. Bet tas, pirmkārt, tādēļ, ka pie šīs ģeometrijas esam pieraduši jau no skolas sola. Vidējos attālumos arī Eiklida ģeometrija labi atbilst fizikālai telpai. Reālos objektus labi iespējams attēlot un pētīt ar šo matēmatiskas līdzekļu palīdzību. Turpretim bezgala mazo un bezgala lielo kosmisko attālumu pētīšanā Eiklida ģeometrija nav sekmīgi piemērojama.

Lai gūtu kādu priekšstatu par dažādām telpām, apskatīsim vispirms 2-izmērījumu plāksnes, piem., galda un olas virsu (de Sitter'a piemērs). Uz abām virsām var uzzīmēt dažādas figūras, piem., trijstūŗus, līnijas u. t. t. Bet uz olas zīmētās figūras nekad nebūs tādas, kā uz galda: līdzenā plāksnē trijstūŗa leņķu summa būs vienāda 2 taisniem leņķiem (vai 180°), turpretim uz olas summa ir lielāka. Galda virsā varam neaprobežoti tālu pa taisni iet uz priekšu, ja vien virsa pietiekami liela. Olas virsā uz priekšu vilktā līnija turpretim reiz krustosies. Te viegli iespējams nonākt izejas punktā atpakaļ. Būtne, kas dzīvotu šādā divdimensionālā pasaulē un nespētu no tās atrauties, protams, nespētu uzskatāmi iedomāties ne plāksni, ne liektu virsu. Tikai mērījot ļoti lielus trijstūŗus viņa atradīs, ka to leņķu summa ir lielāka par 180°. Mērījot mazus trijstūŗus turpretim starpību atrast nevarēs. Arī mēs nevaram atrauties no savas 3-dimensionālās telpas un to izpētīt „no ārpuses". Parasto, normālo telpisko attiecību aprakstīšanā labi iztiekam ar veco Eiklida ģeometriju. Turpretim visu astronomisko parādību izpratnē tā vairs neder. Te nu jāņem Rīmanna „liekto telpu" ģeometrija.

Cik tad nu liels ir relātīvitātes teorijas visums? Pēc pirmajām de Sittera aplēsēm universa diametrs ir ap 10^{20} km, t. i., tikai 10 miljonus gg. Patiesībā tomēr, kā to rāda ārpusgalaktisko miglāju attālumu mērījumi, universam jābūt daudz lielākam. Teorētiķis H. Veils (Weyl) pavisam citādā ceļā nāca pie daudz lielāka skaitļa —10^{25} km, vai 1 bilj. gg. Tagad teorētiķi visbiežāk rēķinās ar kādu mazāku skaitli 10^{22}—10^{23} km. Pēc Einšteina universa lielumu nosaka tajā esošās fizikālās substances īpašības, starp citu arī blīvums. Cik liels ir pasaules telpas blīvums? Pēc de Sittera aplēses katrā pasaules telpas gabalā, kas robežojas ar 1 miljonu gg garām malām, ir caurmērā 1 galaktika. Ja visumu iedomāsimies kā kubu, kura malas garums ir 4000 miljoni gg, tad tādā universā iznāktu 64 000 milj. galaktiku. Vienā galaktikā caurmērā var pieņemt ap 10 000 milj. zvaigžņu, kas tik masīvas kā Saule. Vienkāršas reizināšanas ceļā tad dabūsim universa masu. Iedomāsimies tagad visu zvaigžņu materiju vienmērīgi sadalītu pasaules telpā, H atomu veidā. Aplēse rāda, ka katrā telpas kubikmetrā tad iznāk tikai 10 atomu. Vispilnīgākā vakuumā, kādu izdodas dabūt ar moderniem paņēmieniem, 1 kubikmetrā vēl ir biljoni atomu. Tātad universs ir biljonreiz tukšāks par vispilnīgāko vakuumu, kas savukārt ir biljonreiz tukšāks par gaisu.

Beļģu teorētiķis Lemētrs (Lemaitre) nāk pie interesanta secinājuma, ka universa lielums nevar būt nemainīgs. Savu hipotezi viņš publicēja 1927. gadā, un drīz pēc tam tiešām Vilsona kalna observātorijas astronomi atklāja ārpusgalaktisko miglāju attālināšanos. Tas rāda, ka notiek universa izplešanās. Atgriežoties pie mūsu modeļa, kur universu salīdzinājam ar olu, to drīzāk būtu jādomā kā gumijas pūsli, kas nepārtraukti piepūšas. Galaktikas varam iedomāties kā putekļus, kas pielipuši pūšļa virsmā: pūslim izplešoties putekļi attālinās cits no cita, pie kam attālināšanās ir proporcionāla izplešanās ātrumam.

Cik ilgi visums tā izpletīsies? Un kā izplešanās sākusies? Lemētrs pieņem, ka reiz universs bijis „statisks", t. i., līdzsvara stāvoklī un tad kaut kādu iemeslu dēļ sācis izplesties. Var domāt, ka izplešanās sākusies pirms bezgala ilga laika un sākumā notikusi bezgala lēni. Tālāk tā notikusi arvien pieaugošā ātrumā un tā tas turpināsies, līdz attālumi starp zvaigznēm kļūs bezgala lieli. Tomēr jārēķinās arī ar citādām iespējamībām, piem., universa lieluma periodiskām maiņām. Daži zinātnieki pat izplešanos apšauba un spektra līniju novirzi mēģina iztulkot nevis kā Dopplera efektu, bet citādi. Tomēr tādi ir mazākumā. Vairums astronomu

izplešanos uzskata par pierādītu un cītīgi tiek meklēti pat izplešanās cēloņi. Pēc de Sittera domām izplešanās ir īpatnēja, „iekšēja" telpas īpašība, tā nav atkarīga, piem., no gaismas spiediena. Gaisma tikai seko telpai. Tā iznāk, ka universa izplešanās veicina fizikālās substances izklīšanu. Varbūt universa izplešanās ir tikai entropijas likuma sekas.

Te mūsu priekšā daudz skaistu, lielu problēmu. Ja universs ir „liekts", tad gaismas stari neaiziet bezgalībā, bet var atnākt savā izejas punktā atpakaļ. Ja tomēr telpa izplešas, tad staru pilnīga atgriešanās nav domājama, bet tie izklīst. Sevišķi interesants šai sakarībā fakts par attālināšanās ātruma pieaugumu ar attālumu. Ja kāda galaktika atrodas no mums r miljonu gg tālu, tad attālināšanās ātrums ir 165. r km sekundē. Vistālākās galaktikas, kuru attālumu izdevies puslīdz droši noteikt, ir ap 500 000 000 gg tālu, tātad to attālināšanās ātrums ir 165.500 = ap 80 000 km sekundē, kas iztaisa jau vairāk kā 1/4 no gaismas ātruma. Bet ar kādu ātrumu attālinās vēl daudz tālākās galaktikas? Kad uzbūvēs vēl spēcīgākus teleskopus, varēs izpētīt vēl tālākās galaktikas. Cik tālu tā varēs iet? Skaidrs, ka ne pārāk daudz tālāk kā līdz šim, jo ja faktors r sasniegs tādu lielumu, ka tā reizinājums ar 165 pārsniegs 300 000, tad izplešanās ātrums būs lielāks par gaismas ātrumu. Tas nu nozīmē, ka no šādām galaktikam gaisma līdz mums vispār nemaz nevar nonākt. Šis kritiskais r lielums ir ap 1850. Tas nozīmē sekojošo: galaktikas, kas atrodas no mums 1850 miljonu gaismas gadu tālumā, vai tālāk, attālināsies ar ātrumu, kas lielāks par gaismas ātrumu, tādēļ to raidītā gaisma mūs nemaz vairs sasniegt nevar. Bet, protams, paliek vēl arī varbūtība, ka attālināšanās ātruma maiņas likums 165. r patiesībā ir komplicētāks, nekā to pazīstam. Varbūt atkarība ātrums = 165. r der tikai zināmās ātruma robežās, un, ja ātrums tuvojas gaismas ātrumam, atkarība var būt citāda, tā kā gaismas ātrums nekad netiek sasniegts.

Bet vai relātīvitātes teorijas galīgais universs ir tiešām viss? Vai tas nevar būt tāda pat sistēma kādā augstākas pakāpes sistēmā, kā, piem., galaktika relātīvitātes teorijas universā? Zinātnes īsajā attīstības gaitā jau tik bieži bijis jāpārliecinās par iedomāto robežu neesamību, ka gribot negribot rodas šaubas par katru domu, kas izteic kaut ko par galīgām, nepārejamām robežām. Daudzreiz jau licies, ka nu esam nonākuši pie tādām, bet nepagāja nemaz ilgs laiks un robežas bija pārkāptas. Cilvēka skatam atklājās jaunas brīnišķas pasaules. Varbūt tā tas būs arī tagad. Kāds „superuniverss", kuŗā mūsu pasaule varētu

ietilpt kā viena sistēma, pagaidām gan ir tikai metafizisks jēdziens. Fizika par tādu neko nezin. Bet kas zin, ko tā mācīs pēc 50 gadiem... Mūsu iedomātais „superuniverss" neprasa nemaz dabas likumu un principu atmešanu, bet tikai zināmu papildināšanu.

Ka mūsu relātīvitātes teorijas universs, tāpat kā elektrons, ir tikai pagaidu robežas, uz to norāda interesantais samērs par mikro- un makrokosma mēru attiecībām. Ja kā mēra vienību ņemam km, tad mazāko fizikālo vienību diametrs ir ap 10^{-20}km, bet universa diametrs iznāk ap 10^{23} km. Tātad abos virzienos esam gājuši vienlīdz tālu. Šis apstāklis ievērojami stiprina bezgalības domu. Līdz šim visas šķietamās robežas ir pārietas, un jaunas perspektīvas kā mikro- tā makrokosmā atklājušās par tik, par cik mums bijis iespējams papildināt mūsu pētīšanas metodes. Galējība tātad var parādīties tikai kā nepilnīgas metodes sekas, bet īstenība var būt bezgalīga, kā mikro- tā makrovirzienā. „Aiz" relātīvitātes teorijas telpas varbūt ir telpa ar citādām īpašībām, nekā reālā „liektā". Varbūt tā ir parastā Eiklida telpa, varbūt kāda pavisam cita...

Mūsu priekšā te daudzas neatrisinātas problēmas. Pie tādām pieder arī jautājums par fizikālās substances pārvērtību gaitu. Ka tāda vispār notiek, par to nav nekādu šaubu. Tikai maz ko īsti zinām - kā tā notiek. Pilnīgi pierādīts fakts ir smago un komplicēto atomu radioaktīvā sabrukšana. Bet ja smagie atomi sabrūk, tad tie droši vien kādreiz radušies no mazākām vienībām. Jāpieņem, ka elementu jaunuzbūve notiek zvaigznēs, pie kam daļa materijas tiek izstarota enerģijas kvantu veidā. Daži ievērojami zinātnieki, kā amerikāņu fiziķis R. A. Millikan's un vācu ķīmiķis V. Nernst's, kas nopietni aizstāv materijas evolūcijas ideju, izteikuši domas, ka materijas atomu jaunuzbūve var notikt arī starpzvaigžņu telpā, kur var notikt komplicētu atomu jaunuzbūve tais procesos, kur sākas jaunas zvaigznes veidošanās, kā to jau īsumā minēju.

Tā tad būtu normālā materijas evolūcijas gaita. Bet droši vien tā var notikt un notiek komplicētāk, un mēs te vēl daudz ko nezinām. Pirmkārt, daudzi smagie atomi, piem., svins, ir stabili, nav zināms, ka tie varētu sabrukt. Liela daļa materijas it kā paliek lielajā pārvērtību gaitā ārpus apgrozības. Tā būtu sabrukt nespējīgā veco debess ķermeņu materija. Bet vai veco zvaigžņu materija tiešām ir mirusi? Par to var arī šaubīties. Novas mums māca, ka ar zvaigznēm var notikt savādas, neparedzamas lietas - tās

pēkšņi var uzliesmot, atdzīvoties. Varbūt te slēpjas kāds dziļāks, vēl nezināms un nesaprasts materijas attīstības likums, jo novas parādās caurmērā diezgan rēgulāri.

Ar šiem jautājumiem ciešā sakarā stāv jautājumi par kosmiskās radiācijas cēloņiem un par pasaules telpā izplūdušo elektronu un kvantu likteni. Vai elektroni un kvanti tikai izklīst milzīgaja telpā? Vai tie tomēr nevar ņemt dalību kādos fizikālās substances koncentrēšanas procesos? Zinātnes doma tagad gan sveļas uz to pusi, ka vismaz kvanti, it īpaši mazie kvanti, te nekādu ievērojamu dalību neņem. Kvantu izklīšanu apstiprina arī universa izplešanās.

Varētu vēl aizskart pašas fizikālās substances rašanās jautājumu. Te jāizšķiļas par divām varbūtībām: 1) kosmiskā substance ir mūžīga, un 2) tā var būt radusies no kaut kā. Patiesība var būt arī kaut kur vidū. Autora izpratnē var būt pieņemama tikai bezgalības un mūžības doma. Fizikālā substance nevar būt radusies no nekā. Tai jābūt mūžīgai. Bet varbūt viss mūsu universs ar visiem tā atomiem, elektroniem un kvantiem ir reiz radies kādā superkosmiskā procesā no vēl pirmatnējākas substances, apmēram tā, kā tagad domājam jaunu zvaigžņu, vai atomu veidošanos. Un šis „superkosms" savukārt var būt ietverts kādā vēl augstākas pakāpes visumā, u. t. t. līdz bezgalībai... Bet, ja laiks, plūsma, radīšana ir subjektīvi šķitumi, ja laika īstā būtība ir tāda pat kā telpas dimensijai, tad radīšanas problēma pilnīgi atkrīt, jo viss jau ir.

Bijām uzkāpuši augstumos, kur dažam galva reibst. Nokāpsim tagad atkal mazliet zemāk. Neko īsti nezinām par universa izcelšanos un kā vienības vecumu. Citādi tas ir ar debess ķermeņu vecumu. Visdrošākās ziņas mums ir par Zemes vecumu. Jau sen atpakaļ ģeologi nāca uz domām, ka Zemes vecuma mērs varētu būt sāls piekrāšanās jūrās, un dažādo noslāņojumu rašanās jūru un okeāna dibenā. Abi paņēmieni būtībā ļoti vienkārši. Ar zināmu noteiktību, kas gan nav sevišķi liela, var aplēst, kādu sāls daudzumu kāda jūra līdz ar upju ūdeni uzņem 1 gadā. Šis daudzums nav pārāk liels. Bet tā kā sāls pienešana ir turpinājusies gads gadā, un no jūras sāls nekur projām netiek, tad saprotams, ka ilgā laikā jūrās varēja piekrāties tik lieli sāls daudzumi, kā to redzam tagad. Dalot tagad atrasto sāls daudzumu ar ik gadus pienesto, iegūst skaitli, kas rāda, cik gadus šī nešana ir turpinājusies. Tā skaitļojot iznāk, ka jūru vecums ir ap 360 miljoni gadu. Apmēram tādus pat skaitļus dod noslāņojumu metode. Var aplēst cik biezi tie noslāņojumi, kas bijuši okeāna dibenā. Tāpat var uzzināt,

cik daudz duļķu upes sanes grīvā, un cik gados zināma biezuma kārta var rasties. Dalot pirmo lielumu uz otro, var noteikt gadu skaitu, kādā attiecīgie noslāņojumi varēja rasties.

Patiesībā jūru vecumam tomēr jābūt lielākam, jo agrākos laikmetos zemes virskārta bijusi samērā līdzenāka, upes plūda lēnāk un nesa mazāk sāļu un duļķu. Ka jūras un to dibenā radušies ieži daudz vecāki par 360 milj. g., to apstiprina arī visai eksaktās radioaktīvās metodes. Dažādo minerālu un iežu vecumu tagad noteic izdarot minerāla analizi, pie kam nosaka radioaktīvās sabrukšanas produktu daudzumu. Kā zināms, kāda radioaktīva elementa, piem., urāna atomi sabrūk pilnīgi neatkarīgi no ārējiem apstākļiem. 1 g urāna 1 sek izsviež 100 000 hēlija atomu (ionu). 1 gada laikā iznāk $3{,}1.10^{11}$ atomu, kas tomēr aizņem tikai dažas cm^3 miljondaļas tilpumu. Lai no 1 g urāna varētu rasties 1 cm^3 hēlija, ir jāpaiet 9 miljoniem gadu. Un ja nu dažādos minerālos atrod 20 vai 30 cm^3 He, tad šo minerālu vecums ir 180, resp. 270 milj. gadu. Protams, hēlijs var piekrāties tikai tad, ja minerāls pilnīgi ciets, bet arī tad jāpieņem, ka daļa He var izdifundēt ārā. Tāpēc vecumu vēl pārbauda ar svina analizi. Urāns, kura atomsvars 238, pakāpeniski sabrūkot izsviež 8 hēlija ionus, pie kam paliek pāri urānsvins ar atomsv. 206. Tagad zinām, ka 1 g urāna gada laikā dod $1{,}35.10^{-10}$ g urānsvina. Dalot minerālā atrastā svina izotopa daudzumu ar šo niecīgo skaitli, dabū minerāla vecumu. Vecumu var arī noteikt vadoties no torija sabrukšanas ātruma un torijsvina analizēm. Daudzas šādas analizes rāda, ka dažādo visvecāko minerālu vecums ir ap 900—1500 miljoniem gadu.

Interesantus norādījumus par minerālu vecumu dod arī t. s. oreoli. Dažos vecos minerālos, piem., devona formācijas iežos, atrod ap radioaktīvo vielu graudiņiem īpatnējus, koncentriskus krāsainus gredzenus. Tie cēlušies no radioaktīvās vielas izstaroto alfa-staru iedarbības un atļauj taisīt drošus slēdzienus par alfa daļiņu izstarošanu visā minerāla mūžā. Oreoli konstatējami pat ap centriem, kur ir tikai 1/2 miljardās daļas grama urāna, kas izsviež tikai 1 hēlija ionu ik pa 10 stundām. Viegli saprotams, ka oreols tātad dod ziņas nevien par radioaktīvās vielas sabrukšanu pirms daudziem gadu miljoniem, bet arī par minerāla īsto vecumu.

Ja pieņemtu, ka viss mūsu zemes virskārtā atrodamais svins radies urānam un torijam radioaktīvi sabrūkot, tad Zemes vecums būtu ap 3000 miljoni gadu. Drīzāk tomēr ticams, ka daļa svina bija jau pirmatnējā materijā. Tātad Zemes vecums varētu būt ap 1500—2000 miljoni gadu. Apmēram tādu pat skaitli dabū arī no astronomijas datiem par planētu orbitu maiņām.

Daudz aptuvenāki un mazāk droši ir zvaigžņu vecuma vērtējumi, kas svārstās ap 10 000—100 000 miljoniem gadu.

Bet kā var būt cēlusies Zeme un visa mūsu planētu sistēma? Un vai tādas līdzīgas planētu sistēmas ir arī ap citām zvaigznēm? Pēc ievērojamā britu astronoma Dž. Džīnsa (Jeans) domām planētu sistēmas ir ārkārtīgi retas pasaules telpā, jo tās cēlušās divi zvaigznēm tuvu sanākot kopā, kas, ievērojot pasaules telpas ārkārtīgo tukšumu, var būt visai reta parādība. Divām zvaigznēm stipri tuvojoties, spēcīgi iedarbojas to gravitācijas lauki, pie kam daļa zvaigžņu materijas tiek atrauta nost, un no tās tad veidojas atsevišķi mazi debess ķermeņi. Šī Džīnsa hipoteze tomēr nav guvusi vispārīgu piekrišanu, jo tai daudz vāju punktu. Arī vecā Kanta-Laplasa hipoteze sen jau atmesta. Tagad diskutē dažādas citas iespējas. Piem., visai iespējams, ka novu un supernovu gadījumos no zvaigznes tiek izmesta materija, kas tālāk izveidojas par mazākiem debess ķermeņiem. Vēl var domāt, ka lokāla starpzvaigžņu materijas koncentrēšanās nenorisinās ap vienu, bet ap vairākiem punktiem, tā kā izveidojas lielu masu kopas, kas rotē cita ap citu. Tieši jaunākie novērojumi arvien vairāk un vairāk apstiprina domu par planētu sistēmu izplatību. Ja arī ne ap katru zvaigzni cirkulē planētas, tad par ārkārtīgu retuma tās tomēr nav pamats uzskatīt.

Viens no visnozīmīgākiem atzinumiem, uz kā droši varam pamatot savus tālākos spriedumus, ir universa fizikālās substances vienība. Mūsu universs ir viens vesels, gluži tāpat, kā viena galaktika, zvaigzne vai atoms. Viss mūsu universs veidots no vienas un tās pašas fizikālās substances, no vieniem un tiem pašiem atomiem un elektroniem. Un ja nu visās lokālās sistēmās ir visi dzīvībai nepieciešamie elementi, tad visur pastāv arī potenciāla dzīvības veidošanās iespēja. Universs ir vienaliela vienība, kuras atsevišķās daļas saistītās cita ar citu.

XIII. ZEME UN DZĪVĪBA

Zeme, salīdzinot ar citām Saules sistēmas planētām, ir diezgan īpatnēja. Galvenā tās īpatnība ir atmosfaira, kas bagāta ar skābekli. Kā zināms skābeklis ir viens no visaktīvākiem elementiem, kas enerģiski savienojas ar citām vielām. Tātad skābekļa atrašanās gaisā izskaidrojama tikai tā, ka jābūt kādam avotam, kas atmosfairai pastāvīgi piegādā šo elementu. Šis avots ir zaļie augi. Cik skābekļa tiek patērēts dažādu minerālu, orga-

nisku vielu u. c. oksidēšanai, tikpat daudz tā atkal atbrīvojas augu lapās. Dažu lapās atrodamo vielu (chlorofilla) ietekmē no gaisa uzņemtā ogļskābā gāze ķīmiski iedarbojas uz ūdens elementiem, pie kam rodas ogļhidrāti un brīvs skābeklis. Šīs nozīmīgās pārvērtības var norisināties tikai Saules starotās enerģijas ietekmē, pie kam kvanti tiek iesaistīti jaunuzbūvēto organisko vielu molekulās. Šo procesu dēļ tad nu skābekļa daudzums gaisā paliek nemainīgs. Arī ogļskābās gāzes daudzums mainās maz, jo cik šās vielas saista augi un arī dažas zemes vielas un ūdeņi, tik pat tās atkal izplūst gaisā no organismu ķermeņiem, dūmeņiem un dažādiem trūdēšanas procesiem, kas notiek zemē.

Interesanti nu būtu zināt- vai arī ap citām mūsu saules sistēmas planētām un ap mēnesi ir skābekli saturošas atmosfairas kārtas? Pēc rūpīgiem, jaunākā laikā izdarītiem spektroskopiskiem pētījumiem tagad noskaidrots sekojošais. Pavisam maziem debess ķermeņiem, kā, piem., Mēnesim nekādas atmosfairas nav, jo tā pievilkšanas spēks ir par mazu, lai tādu noturētu sev klāt. Arī Saulei vistuvāk stāvoša planēta - Merkurs - ir bez atmosfairas. Lielajām planētām - Jupiteram, Saturnam, Urānam und Neptunam ir atmosfairas, bet tikai pavisam citādas nekā zemei. Tās sastāv galvenā kārtā no ūdeņraža savienojumiem - amonjaka un metāna. No tā diezgan droši iespējams spriest, ka uz šām planētām nav zaļo augu. Tāda varbūtība būtu apšaubāma jau arī zemās temperātūras dēļ. Šo planētu virsmas temperātūra, sevišķi Jupiteram un arī Saturnam tomēr nav tik zema, ka nekādas dzīvības formas tur nespētu pastāvēt. Temperātūras ziņā dzīvībai diezgan piemērotas planētas būtu Marss un Venera. Marsa atmosfairā tomēr ļoti maz skābekļa, tā kā zaļo augu esamība uz Marsa diezgan apšaubāma. Tas pats sakāms par Veneras atmosfairu, kuŗā var konstatēt ļoti maz skābekļa, bet daudz ogļskābās gāzes. Zinātne nevar apstiprināt hipotezes par augsti attīstītu būtņu esamību uz Marsa.

Par savas pašas Zemes vēsturi un arī lodes iekšējo slāņu īpašībām vēl zinām diezgan maz. Vēl nepilnīgi noskaidrotas arī atmosfairas pašu augstāko slāņu īpašības. Ar lielu drošību var pieņemt, un zinātnē tas tagad arī tā pieņemts, ka Zemes materija reiz bijusi gāzveidīga, tā kā visu vielu daļiņām bija iespējams pilnīgi sajaukties. Tomēr jau šai stāvoklī vielas varēja nosķirties to atomu dažādā smaguma dēļ: vissmagākiem atomiem būtu jānovirzās visvairāk uz Zemes centru, bet vieglākiem jāpaliek virspusē. Paši vieglākie elementi, kā ūdeņradis un hēlijs palika pašās virsējās kārtās un pa daļai aizplūda arī prom.

Tomēr smagums nav vienīgais faktors, kas noteic elementu sadalījumu. Ja tā būtu, tad Zemes kodolam vajadzētu sastāvēt no vissmagākiem elementiem, bet virskārtā būtu tikai vieglie. Ja nu tomēr arī virskārtā atrod diezgan daudz smago elementu, tad tas norāda, ka te vēl nozīme kādiem citiem faktoriem. Viens no tādiem ir dažādo elementu dažādā ķīmiskā tieksme citam pret citu. Tā, piem., barijs ir gan smags metalls, bet tam ļoti liela tieksme pret skābekli un citiem elementiem. Tā barijs tiek iesaistīts vieglākos savienojumos, kas paliek vairāk virspusē. Pretēji tam, piem., vieglais ūdeņradis nav aizplūdis no Zemes prom tādēļ, ka ar skābekli un citiem elementiem dod samērā smagus savienojumus. Vēl liela nozīme ir arī dažādo savienojumu samaisīšanās, savstarpējās šķīšanas iespējām un kristallizācijai.

Balstoties uz daudziem faktiem un slēdzieniem tagad pēc (V. M. Goldšmidta, G. Tammaņa u. c.) par Zemes lodes iekšieni nodibinājies tāds uzskats. Pašā virspusē ir ap 120 km bieza silikātu kārta, kuras vidējais blīvums ir ap 2,8. Tā sastāv galvenā kārtā no viegliem aluminija-kalija-natrija silikātiem, bet bez tam tur atrod visus tos elementus, kas viegli pāriet šo silikātu kausējumā. Pie tādiem pieder kalcijs, magnijs, barijs, titāns, cirkonijs, torijs, urāns u. c. Zem virsējās 120 km biezās vieglo silikātu kārtas atrodas ap 1200 km bieza smago silikātu - eklogitu josla. Tās vidējais blīvums ir ap 3,6—4. Te jābūt smagajiem dzelzs-magnija-silikātiem, bez tam arī iepriekš minētiem un vēl citiem elementiem, kas viegli šķīst izkausētā silikāta masā. Šī iekšējā kārta bez tam atrodas zem liela spiediena, un šeit radušās tās vielas, kas var veidoties tikai zem liela spiediena, kā, piem., dimants. Pēdējais tā tad radies nevis Zemes virspusē, bet iekšējā eklogitu slānī, un pēc tam vulkāniskos izverdumos, vai kā citādi nonācis virspusē. Abas ārējās silikātu kārtas kopā, kuru kopējais biezums ir ap 1300 km, sauc par litosfairu. Vēl dziļāk, ap 1600 km bieza ir t. s. chalkosfaira, kas sastāv galvenā kārtā no oksidiem un sulfidiem, t .i., metallu savienojumiem ar skābekli un sēru. Te jābūt daudz dzelzij, varam, chromam, arī selēnam, tellūram, svinam. Šīs kārtas blīvums varētu būt 5—6. Pašā vidū ir dzelzs-niķeļa kodols ar blīvumu ap 8. Šā kodola sastāvs varētu apmēram atbilst dzelzs meteoru sastāvam. Te nu būtu vairāk sakoncentrēti arī tādi elementi, kam maza ķīmiskā tieksme pret skābekli, kā, piem., zelts un platīnmetalli. Vidējo kodolu sauc par siderosfairu. Lai gan Zemes iekšienē temperātūrai jābūt ļoti augstai, tomēr iekšējās kārtas nav šķidras, bet cietas.

Interesanti tas, ka radioaktīvie elementi, lai gan tie

vissmagākie, savu ķīmisko īpašību dēļ (lielā tieksme pret skābekli u. c.) nav ievilkti iekšējos slāņos. Zemes centrā radioaktīvo elementu daudz mazāk nekā virskārtās. Tomēr šo elementu atbrīvotā atomu iekšējā enerģija tik liela, ka tā ievērojami spēj atsvērt Zemes siltuma zudumu. Ja siderosfairā un chalkosfairā būtu tik pat daudz radioaktīvo elementu kā litosfairā, tad zeme nevis lēni atdzistu, bet pakāpeniski sasiltu arvien vairāk un vairāk. Lielu lomu Zemes siltuma bilancē spēlē kalijs, kuŗš gan ir ļoti vāji radioaktīvs (izstaro elektronus), bet šaī ziņā nozīmīgs dabā tādēļ, ka ir ļoti izplatīts.

Lielāko daļu no tā cietā pamata, uz kā stāvam, veido magmatiskie, eruptīvie ieži, t. i., tādi, kas radušies pirmatnējos kristallizācijas procesos. Pie tādiem pieder dažādi granīti, diorīti, siēnīti, trachīti u. c. Pieņ g r a n ī t i sastāv caurmērā no 70% silicija, dioksida, 14,4% aluminija oksida, 3,2% dzelzs oksida, 2% kalcija oksida, 3,4% natrija oksida, 4,1% kalija oksida u. c. Bazaltos caurmērā ir 49% silicija dioksida, 15,7% aluminija oksida, 11,6% dzelzs oksida, 6,1% magnija oksida, 3,1% natrija oksida, 1,3% titāna dioksida u. c. Diezgan daudz zemes virskārtā ir tomēr arī dažādi sedimentieži, kas radušies vielu daļiņām nogulstoties slāņos. Pie tādiem pieder smilšakmeņi, māla šīferi un kaļķakmeņi. Pirmie sastāv galvēnā kārtā no silicija dioksida (78%), kam vēl nedaudz piejaukti aluminija, dzelzs, kalcija u. c. savienojumi. Māla šīferi sastāv galvēnā kārtā no aluminija silikātiem, ar dzelzs, kalija, magnija, kalcija, natrija u. c. savienojumu piejaukumiem. Kaļķakmeņu galvēnā sastāvdaļa turpretim ir ogļskābais kalcijs, kam parasti piejaukts nedaudz ogļskābais magnijs, silicija dioksids u. c. vielas.

Ģeologu pētījumi rāda, ka Zemes virskārtā sastopamie ieži un minerāli un visa Zemes virskārta 2000 miljonu ilgajā attīstības laikā ir pārdzīvojusi daudzkārtīgas, dziļas pārvērtības. Tā, Eiropas kontinenta lielāko daļu vairākkārt klājusi jūŗa, lai pēc tam atkal tālu atkāptos. Apakšzemes šķidro, karsto magmatisko slāņu pārvērtību procesos Zemes cietā virskārta allaž augsti pacelta, veidojot kalnus, vai arī iegrimusi. Tāpat pirmātnējos kristallizācijas procesos veidotie magmatiskie ieži, nākot saskārsmē ar atmosfairu un ūdeni, vai arī ar šķidro, karsto apakškārtu, dažādi pārveidojas. Viscietākie granīti tiek sadrupināti un no to sairšanas produktiem vēlāk atkal radušies nevien sedimentieži, bet arī jauni granīti un citi ieži. Tā daudzi Vācijas granīti nav vecāki par akmeņoglēm, kas radušās „tikai" pirms apm. 200—300 miljoniem gadu. Ļoti veci ap 1500 milj. gadu, ir vienīgi Skandinavijas

un Somijas granītu masīvi. Domājot par šām lietām, tāpat ka par sugu evolūciju, nekad nav jāaizmirst milzīgie norišu ilgumi, ļoti plašā laika skalā. Mūsu gadsimti, samērā pret Zemes vēsturi ir it kā piliens jūrā. Ko visu slēpj šie pagājušo gadu miljoni, to īsti nekad nespēsim aptvert.

Zemes virskārtas pārveidošanās gaitā milzīga nozīme dzīvībai. To pieminējām jau sakarā ar ievērojami lielo brīvā skābekļa daudzumu gaisā. Arī pie sedimentiežu veidošanās dzīvībai ļoti liela nozīme. Dzīvas būtnes, skatoties uz tām no ģeoķīmijas viedokļa, nav gadījuma parādības zemes virskārtas vēsturē, bet ir tās nozīmīgākā, neatņemamā sastāvdaļa. Organismi ir cieši saistīti ar to vidi, kur viņi atrodas, ar minerālu un zemes dzīvi. Krievu akadēmiķis V. J. Vernadskis pareizi aizrāda, ka biologi reti kad ievēro šo ciešo sakaru ar vidi, pētījot organismus pārāk ideālos nosacījumos. Arī lielais franču zinātnieks K. Bernārs aizrāda uz šo apstākli, norādot, ka tā mēs vairs nepētījam reālo dabu, bet savu šablonisko domu produktus. Šī metode ir gan zinātniskā pētīšanā bieži vien nepieciešama, bet tā prasa attiecīgos papildinājumus, korrektūras. Fiziķis operē ar ideālām gāzēm, kādu patiesībā nav; ķīmiķis raksta tīru vielu formulas, kaut gan vielas nekad nav absolūti tīras; tāpat biologs apskata savus objektus ideālos nosacījumos.

Lielie biologi jau sen atzinuši ciešo vienību, kāda pastāv starp dzīvību un nedzīvo apkārtni. Jau 1808. gadā Kivjē (G. Cuvier) savā Napoleonam iesniegtajā ziņojumā par tā laika franču zinātnes stāvokli saka: Dzīvību mēs tātad varam iedomāties kā vairāk vai mazāk ātru, vairāk vai mazāk komplicētu virpuli, kas savā kustībā nepārtraukti ietver apkārtnes vielu daļiņas. Šai virpulī pastāvīgi ieplūst un to pastāvīgi atstāj atsevišķas daļiņas, tā kā dzīvās vielas forma ir nozīmīgāka; nekā viela. Kamēr norisinās šī vielas kustība, ķermenis ir dzīvs, viņš dzīvo. Kad kustība apstājas - ķermenis mirst.

Kādas tad nu ir šī dzīvās un nedzīvās dabas sakara raksturīgākās īpašības? Vai apkārtne vienpusīgi iespaido dzīvās būtnes un vai nedzīvās ir pilnīgi pasīvas? Neskaitāmi novērojumi un pētījumi rāda, ka tas tā nav. Dzīvība gan piemērojas apkārtnei, bet notiek arī pretējais-apkārtnes piemērošana dzīvībai. Dzīvības virpuļi (pēc Kivjē) nepārtraukti maļ apkārtni, ņem no tās un atkal atdod. Dažas vielas tie no gaisa, ūdens un zemes savāc un uzkrāj, koncentrē, citas turpretim (piem, dažus minerālus) saskalda un izklaidē.

Visciešākā sakarā dzīvība ir ar gaisa jūru un visām tās sastāv-

daļām. Jau slavenais franču ķīmiķis Dimā (Dumas) pirms apm. 100 gadiem uzskatīja dzīvo dabu par atmosfairas sastāvdaļu. Viņš raksta: „Saņemot tagad kopā galvenos slēdzienus redzam, ka pirmatnējā atmosfaira sadalījās trīs daļās: viena ir tagadējā gaisa jūŗa, otra dota augiem, trešā dzīvniekiem..." „Tā visu, ko gaiss dod augiem, beidzamie atdod dzīvniekiem, bet dzīvnieki atkal gaisam; mūžīgais riņķojums, kuŗā pulsē un veidojas dzīvība, bet materija tikai maina savu vietu. Nedzīvā atmosfairas materija nonāk augos, kur veidojas augsti organizēti savienojumi, tie nonāk dzīvnieku organismā, kur kļūst par domu ieročiem; pēc tam, it kā šī lielā darba nomākta un pārpūlēta, viela atkal irst un atgriežas lielajā tvertnē, no kuŗas tā nākusi."

Pēc akadēmiķa Vernadska domām lielākā daļa no ģeoķīmiskām pārvērtībām, kas notiek zemes virskārtā ir dzīvības darbs. Dzīvības virpuļos tiek ievilkta liela daļa ķīmisko elementu, kas nepieciešami organismu uzbūvei, vai arī tiek tajos iesaistīta kā fizioloģiski aktīvas vielas. Pie šādiem, tā sauktiem, biofiliem elementiem pieder: ogleklis, ūdeņradis, skābeklis, slāpeklis, fosfors, sērs, chlors, jods, kalcijs, magnijs, kalijs, natrijs, dzelzs, vaŗš, mangāns, vanādijs, silicijs, bors un fluors. Mazāk nozīmīgi biofili elementi ir broms, cinks, aluminijs, litijs, stroncijs, barijs un varbūt vēl vairāki citi.

Bet vai dzīvībai tiešām varētu būt tik liela nozīme ģeoķīmiskos procesos? Augi un dzīvnieki taču pārklāj tikai nelielu zemes virskārtas daļu. To nav polāros apgabalos, tuksnešos un lielajos okeānu dziļumos. Arī mērenās joslās to daudzums, samērā pret minerālu un ūdens masām ir niecīgs. Jaunākie pētījumi tomēr rāda, ka dzīvās būtnes dabā izplatītas daudz lielākā mērā, nekā to domāja agrāk. Jau 1833. g. Č. Darvins rakstīja: „Bez šaubām var apgalvot, ka visas vietas uz zemes lodes ir dzīvībai pieejamas. Vulkānisko kalnu dziļumos slēptos apakšzemes ezeros, karsto avotu ūdeņos, okeānu dziļumos, augšējos atmosfairas slāņos, mūžīgo sniegu rajonos augstos kalnos - visur atrodam dzīvas būtnes." Sevišķi liela un grūti aprēķināma ir dažādu sīkbūtņu izplatība. Arvien atklāj jaunus un atkal jaunus to veidus gan ūdenī, gan zemē un gaisā. Arvien atklājas jauni reakciju veidi, kādus šīs būtnes izpilda zemē un ūdenī, izdarot tīri neiedomājamas pārvēršanas.

Cik tad īsti ir dzīvās vielas un kāds tās samērs pret nedzīvo? Pats par sevi saprotams, ka atbilde uz šo jautājumu nevar būt precīza, bet tikai aptuvena. Pēc Vernadska domām dzīvās vielas daudzums ir mazāks par 0,1% no zemes garozas svara, t. i., ma-

zāks par 2.10^{16} tonnām. Par minimālo daudzumu citi zinātnieki atrod skaitļus, kas svārstās ap 10^{10} to. Ja par patieso pieņemsim kādu vidēju skaitli, piem., 10^{12}, tad tomēr samērā pret zemes masām iznāk niecīgs daudzums. Un tomēr - šis niecīgais daudzums zemes virskārtas pārveidībās spēlē lielāku lomu, nekā miljonreiz lielākie nedzīvās materijas daudzumi. Kāpēc? Kur slēpjas dzīvās vielas lielais spēks sagraut klintis, sakrāt milzīgos ogļu un krīta slāņus? Atbilde nav ietvērama pāris vārdos. Pirmkārt, zaļie augi un to chlorofills ir, laikam, vienīgā viela kas spēj uzkrāt saules staroto enerģiju, pārvēršot to potenciālas ķīmiskās enerģijas veidos. Šī enerģija uzkrājas ogļhidrātos un olbaltumvielās, ko augi sintezē no ogļskābās gāzes, ūdens, slāpekļa un citiem savienojumiem. Tur ieslēgtā enerģija vēlāk dara lielus darbus, piem, kritušam augam trūdot izdara dažādas ķīmiskas pārvēršānās zemē. Organismu paliekām trūdot atdalās neaprēķināmi ogļskābes daudzumi, kas ūdens šķīdumā darbojas kā kaļķakmeņu šķīdinātāji, silikātu sašķēlēji, dzelzs un mangāna pārnesēji u. t. t. Augu uzkrātā potenciālā enerģija ir tas spēks, kas dzen ogļskābi. Bet šai procesā, pa ceļam, ogļskābe nepārtraukti skaļ nedzīvās zemes vielas, tās lēni graužot un veidojot. Otrā dzīvās vielas īpašība, kas to izvirza dabas notikumu priekšplānā, ir tās kustīgums. Lielus attālumus nostaigā nevien dzīvnieki, sevišķi zivis un putni, bet arī ķukaiņi un sīkbūtnes. Ceļo arī augi, jo to sēklas ir tik vieglas, ka vējš, ūdens un dzīvnieki tās aiznes tālumā. Dzīvā viela tātad līdzīgi gāzei izplatās un iespiežas visur. Trešā dzīvās vielas noteicošā īpašība ir nepārtrauktā vielu maiņa, pateicoties kuŗai neliels dzīvās vielas daudzums spēj pārveidot un pastāvīgi pārveido milzīgus nedzīvas materijas daudzumus. Caur auga organismu tā dzīves laikā izplūst milzīgas ūdens masas, kas paņem no zemes arī krietnus daudzumus minerālvielu. Izcērtot mežus un nokopjot laukus cilvēks šos minerālvielu daudzumus zemei atņem un pārvieto citur. Ceturtā, ļoti ievērojamā dzīvās vielas īpašība, kas to nostāda izcilā vietā, ir dzīvo organismu vairošanās spēja. Vairošanās potenciālās iespējas ir milzīgas, un arī praktiski tās dažreiz reālizējas neiedomājamos apmēros. Piem., Adrijas jūŗā dažreiz novērojama diatomeju savairošanās milzīgos apmēros. Sava organisma uzbūvei šīs būtnes ņem jūŗas ūdens kramskābi un izlieto to tik ātri, ka minerālvielām šķīstot, tās koncentrācija laikā nevar atjaunoties. Pietrūkst arī organisko vielu, un diatomeju tālākā vairošanās ir pārtraukta - tās nosēžas jūŗas dibenā daudzu metru dziļos recekļainu slāņu kalnos. Arī kukaiņi dažreiz ātri savairojas

milzīgos apmēros. Tā, piem., 1889. gadā novērots virs Sarkanās jūras kāds siseņu mākonis, kura laukums bijis ap 5900 kvadrātkilometru un masa vismaz 40 000 000 tonnu. Austrālijas kontinentā ievestie truši dažu gadu desmitu laikā savairojās tik lielos apmēros, ka sāka nopietni apdraudēt visu kontinenta lauksaimniecību.

Tagad pierādīts, ka dzīvība veido zemes virskārtu nevien to mechaniski irdinot un mēslojot, nevien ar sadalīšanās procesos atbrīvotās ogļskābes, skābekļa un citu vielu palīdzību pārveidojot minerālus, bet arī vēl dažādos citādos veidos. Piem., ir baktērija, kas spēj sašķelt ģipsi jeb sērskābo kalciju, pie kam rodas sērkalcijs jeb kalcija sulfīds, no kā viegli var rasties sērūdeņradis. (Tā izskaidro sērūdeņu izcelšanos arī Latvijas sēravotos, kuru tuvumā atrod ģipsi.) Otrs piemērs ir jau minētās diatomejas, kas saista ievērojamus kramskābes daudzumus. Diatomejas un radiolārijas ir ļoti izplatīti organismi, pie kam to čaulās ir 1—10% kramskābes. Bet bez tam kramskābe, dibinoties uz jaunākiem pētījumiem, ir visu augu sastāvā, un pieņemams ka šī viela vajadzīga arī dzīvniekiem. Aprēķini rāda, ka visā dzīvajā vielā varētu būt ap 10^{10} tonnu kramskābes. Šis skaitlis, samērā pret visu silikātu masu zemes virskārtā ir gan niecīgs, bet jāievēro, ka šis organismu silicijs plūst, un, piem., gada laikā caur dzīvo vielu izplūst daudz lielāki silicija daudzumi, nekā to ir visos organismos patreizējā momentā. Simtiem tūkstošiem kvadrātkilometru lielas platības jūru un okeānu dibenos klāj kolloidās kramskābes slāņi, kas veidoti no diatomeju, radiolāriju un sūkņu atliekām. Diatomejas saista un atkal nogulsnē kramskābi ziemeļu jūras un okeānos, bet radiolārijas Indijas un Klusā okeāna dziļumos. Šis kramskābes virzīšanās process notiek tagad, un tas turpinās jau miljoniem gadu. Daudzi no kramskābes minerāļiem, piem., opāli veidojušies šādā ceļā. Parastās smiltis ir šāda „bioķīmiska" kvarca un masīvu pirmatnēju eruptīvo iežu sadrupšanas produkta maisījums.

Veseli krīta un kaļķakmens kalni ir dzīvās vielas produkts. Būtnes, kas apēd samērā lielus daudzumus kalcija savienojumus nav nekas sevišķs. Jaunākā laikā tomēr atklāta vesela rinda zemāku organismu, kuru galvenā barība ir nevis kādas organiskas trūdvielas, bet sēra, dzelzs, vai mangāna savienojumi. Apstāsimies mazliet pie šiem m a n g ā n a ē d ā j i e m. Pēc jaunākiem B e r t r a n d a pētījumiem mangāns ir biofīls elements, t. i., organismam pastāvīga un nepieciešama sastāvdaļa, pie kam šim metallam, tāpat kā dzelzij, ir liela nozīme oksidācijas reakciju veicināšanā. Bet

parastais normālais mangāna saturs ir ļoti niecīgs un svārstās ap 0,01—0,001%. Daudz lielāks daudzums mangāna ir dažos ūdens augos un sēnēs, proti, ap 1% no auga svara. Šie organismi ļoti izplatīti un tiem bez šaubām liela nozīme mangāna ģeoķīmijā. Tomēr izrādās, ka ir sevišķas mangāna baktērijas, kuŗās ir 6—7% šā metalla, bet stipri sausinātā materiālā pat 36%. Pierādīts, ka mangāna savienojumu nogulumi kā saldūdens, tā sālsezeru un jūŗu dibenos ir šādu mangāna baktēriju darbs. Nepieciešamo dzīvības enerģiju šīs būtnes, līdzīgi dzelzs baktērijām, iegūst oksidējot divvērtīgā mangāna savienojumus augstākas oksidācijas pakāpes (četrvērtīgos) savienojumos. Vēl pasvītrojams, ka organismi vienmēr darbojas kā mangāna koncentrētāji. Dabas ūdeņos parasti mangāna ir mazāk, nekā dzīvās būtnēs. Beidzamās tātad šo metallu savāc un nogulda slāņos, koncentrē. Tādu pat darbu dara dzelzs baktērijas, tā vismaz pa daļai kompensējot metallu izklīšanu, kas neapšaubāmi konstatējama nedzīvajā dabā.

Organismiem-elementu koncentrētājiem ir liela nozīme dabas vielu saimniecībā. Tagad zinām, ka ir dzīvās vielas veidi, būtnes, kuŗās ir pāri par 10% viens vai vairāk no sekojošiem elementiem: ogleklis, kalcijs, aluminijs, dzelzs, silicijs, magnijs, barijs, sērs, stroncijs, fosfors un mangāns. Bez tam no 1—10% daudzumā dažādos organismos atrod kaliju, natriju, chloru, cinku, bromu un varbūt arī vaŗu un vanādiju. Šie organismi-elementu koncentrētāji pie tam ir sastopami lielos vairumos, piem., kalcija organismi-molluskas, adataiņi, koraļļi, hidroidi, ūdens augi u. c. veido milzīgas masas, no kuŗām vēlāk ceļas lieli ogļskābā kalcija slāņi. Dzīvā viela tātad lielākā vai mazākā mērā noteic nedzīvās dabas vielu vēsturi.

Doma par dzīvā ietekmi uz nedzīvo tomēr allaž tiek pārspīlēta līdz gandrīz vai groteskām galējībām. Tā, kāds vācu profesors A. Meyer-Abichs 1945. gadā raksta, ka viss neorganiskais varot būt uzskatāms par organiskā atkritumu. Viņš par organisko runā arī kosmiskā nozīmē, taisot nepamatotu pieņēmumu, ka arī debess ķermeņiem varot pierakstīt elementāras organismu īpašības. Nepamatota ir arī viņa hipoteze par visu Zemes virskārtā atrodamo silikātu rašanos no kādiem hipotetiskiem silicija organismiem. Tādi it kā varētot būt apdzīvojuši zemi tās pirmajās attīstības stadijās, kad Zemes temperātūra virspusē bija dažus simts gradus augstāka nekā tagad. Arī visas fizioloģiski nozīmīgās vielas šiem organismiem tad būtu veidotas nevis no proteīniem un citiem oglekļa savienojumiem, kādi pazīstami tagad, bet no īpatnējiem, tagad neatrodamiem silicija savienojumiem. Ja

arī šādu organismu iespējamība diskutējama, tad pavisam apšaubāms tomēr apgalvojums par visu eruptīvo silikātu šāda veida izcelšanos.

Bet ir gan vēl viens cits faktors, kam zemes virskārtas pārveidošanā bez šaubām milzīga nozīme, pie kam šī nozīme vēl nepārtraukti aug. Tā ir cilvēka veidotās t e c h n i k a s iedarbība uz nedzīvo dabu. Tās nozīme vēl lielā mērā palielināsies pēc tam, kad cilvēks sāks dabas pārveidošanas darbā izlietot atomu iekšējo enerģiju.

XIV. ĶĪMISKO PĀRVĒRŠANU IESPĒJAS UN KATALIZES PROBLĒMA

Ķīmiskām pārmaiņām milzīga nozīme nevien nedzīvās un dzīvās dabas procesos, bet arī ikdienišķā dzīvē un technikā. Te jau zinātne ir tik tālu, ka var nevien saprast, bet arī daudz ko iespēt. Balstoties uz stingri zinātniskām patiesībām par vielu īpašībām un pārvēršanu likumiem, bija iespējams izveidot varenus ieročus-ķīmisko techniku - kas sadarbībā ar citām zinātnes un technikas nozarēm veic lielu dabas pārveidošanas darbu. Techniskās iespējas būs vēl daudz lielākas, kad atradīs ceļus kā racionāli izmantot atomu iekšējo enerģiju. Ķīmijas nozīme tomēr ar to nemazināsies, jo līdz ar jaunajām iespējām radīsies arī rinda jaunu ķīmijas problēmu. Pārveidojot atomu kodolus atomfizika rada jaunus pamatvielu veidus, kas jāizpēta arī no ķīmijas viedokļo. Problēmu vēl daudz. Vēl nav noskaidrota nevien atomu kodolu uzbūve, protonu, neitronu un elektronu problēma, bet arī jautājumi par atomu ārējiem elektroniem, par atomu saistīšanos molekulās. Sevišķi nozīmīgas šīs ķīmijas problēmas bioloģisko procesu izpratnē, jo tajos nav nozīmes kodolu pārvērtībām, bet vienīgi molekulārām, ķīmiskām pārmaiņām, kur ņem dalību vienīgi atomu ārējie elektroni.

Kas tie par spēkiem, kas saista atomus kopā molekulās, vai lielās kristalliskās masās? Kā vislabāk un ērtāk atbrīvot šīs saites un piespiest vielas pārveidoties vēlamā veidā? Vai starp organisko vielu molekulām ir kāda būtiska atšķirība? Vai iespējams visus elementus savienot ar visiem? - Šādi un līdzīgi jautājumi tiks skārti šajā un dažās nākošajās nodaļās.

No iespriekšējā jau zinām, ka, visā visumā ņemot, arī pie ķīmiskiem elementiem un to savienojumiem izpaužas p o l ā r i t ā t e s princips. Visus elementus varam iedalīt 2 lielās grupās: me-

tallos un nemetallos. Pirmie ir elektropozitīvi, bet otrie elektronegātīvi.

Vispārīgi, elementu elektropozitīvā vai elektronegātīvā daba ir relātīva, tā atkarīga no tā, ar kādu citu elementu to savedam kopā. Noteikti elektropozitīvi vienmēr ir sārmmetalli (kalijs, natrijs u. c.), sārmzemju metalli (kalcijs, barijs u. c.) un arī liela daļa smago metallu. Noteikti elektronegātīvi savukārt ir vienīgi skābeklis, chlors un fluors. Pārējie var būt kā elektropozitīvi, tā elektronegātīvi, atkarībā no tā, ar ko tos savieno. Tā, ūdeņradis pret skābekli ir elektropozitīvs, bet pret natriju elektronegātīvs. Sērs pret skābekli elektropozitīvs, bet pret natriju elektronegātīvs. Slāpeklis pret skābekli elektropozitīvs, bet pret kalciju elektronegātīvs. Elektronu skaita ziņā interesanti tas, ka visstabilākās ir 8-elektronu čaulas. Tā, piem., chlora atomu ārējās joslās ir 7 elektroni, tādēļ tas vēl vienu piesaista klāt, pie kam iznāk stabila 8-elektronu konfigūrācija.

Interesanti tālāk tas, ka daudzu cietu vielu kristallos nav atsevišķas molekulas, bet joni. Piem., vārāmās sāls kristallos, kas ir kubiski, vienādos attālumos pārmaiņus stāv natrija un chlora joni. Tā iznāk, ka katram natrija ionam stāv visapkārt chlora joni un ap katru chlora ionu ir natrija joni. Starp pretēji lādētiem joniem darbojas elektrostatiskā pievilkšanās, kas visu kristallu satur kopā. Bet ja to ieliek ūdenī, joni saistās pie ūdens molekulām un kļūst brīvi, kristalls izirst, izšķīst. Sāls šķīdumā arī nav molekulas, bet vairāk vai mazāk brīvi joni. Tādēļ arī sāļu šķīdumi labi vada elektrību. Saites starp joniem kļūst ļoti vājas arī lielā karstumā kad sāls kūst un kļūst šķidrs. Te saišu iziršanas pamats ir pārāk intensīvā ionu kustība. Kamēr temperātūra nav pārāk augsta, joni izdara tikai vairāk vai mazāk ātras kustības ap noteiktu centru, bet tikko tā pārsniedz zināmu robežu, daļiņas izskrien no savām noteiktām vietām, viss kristalls izjūk, viela kūst.

Ne visos gadījumos tomēr saites, kas tura kopā atomus ir polāras. Tā, zinām, ka elementāro gāzu atomi nav pa vienam, bet pāros. Gaisā nav atsevišķi skābekļa atomi (O), bet molekulas, kas sastāv no 2 atomiem (O_2). Tāpat ūdeņradis nepastāv atomos, bet molekulās (H_2). Tas pats sakāms par slāpekli (N_2), chloru (Cl_2), gāzveidīgu bromu (Br_2) un daudziem citiem elementiem. (Brīvos atsevišķos atomos pastāv vienīgi cēlgāzes.) Skaidrs, ka, piem., skābekļa molekulās viens atoms nevar būt pozitīvs un otrs negātīvs, jo pozitīvs skābeklis vispār nav pazīstams. Nepolāras saites ir arī daudzās cietās vielās starp vienādiem atomiem, piem., dimanta kristallā, un dažādos ķīmiskos savienojumos, piem., orga-

nisku vielu molekulās. Savādi te vēl tas, ka šie nepolārie savienojumi bieži vien pat stiprāki, ciešāki, nekā polārie. Dimantu nevar ne izkausēt, ne izšķīdināt. Tas ļoti ciets un izturīgs. Arī skābekļa vai slāpekļa atomi turas kopā ļoti cieši.

Nepolāro saišu problēma visā pilnībā nav atrisināta. Tomēr galvenos vilcienos lieta noskaidrota. Izrādās, ka nepolāro saišu gadījumā starp abiem saistītiem atomiem izveidojas jauna, kopīga ārējo elektronu grupa. Piem., ūdeņraža molekulā (H_2) abi abu ūdeņraža atomu elektroni vibrē starp abiem kodoliem un tā tos saista. Saite iznāk cieša tad, ja elektroniem šādā kopīgā konfigurācijā ir mazāka potenciālā enerģija, nekā tad, kad tie izdalīti pa atsevišķiem atomiem. Kur elektronu potenciālā enerģija ļoti liela, tur atomi ļoti aktīvi, iedarbīgi un saites vaļīgas. Kur elektroni atrodas uz zemiem līmeņiem, t. i., iespējami tuvu kodoliem, tur potenciālā enerģija maza un saites ļoti stabilas, ciešas. Ūdeņraža molekulas piemērā visi šie faktori noskaidroti nevien kvalitātīvi, bet arī kvantitātīvi, pie kam vissaskanīgāko atrisinājumu gūst ar jaunās kvantu mechanikas palīdzību. Brīvos atomos sadalītam ūdeņradim ir liela potenciālā enerģija, bet molekulās - mazāka, pie kam elektronu līmeņi nosakāmi skaitliski, balstoties uz spektroskopiskiem datiem un citiem lielumiem. Teorētiski iegūtie skaitļi pilnīgi saskan ar eksperimentālā ceļā noteikto molekulas sadalīšanai nepieciešamo enerģijas daudzumu (kaloriju skaitu). No sacītā skaidrs, ka tomēr arī nepolāro jeb homopolāro saišu gadījumā starp atomiem, vai to sastāvdaļām darbojas elektriskie spēki. Starpība starp polāro un nepolāro saiti tā, ka pirmā gadījumā elektrostatiskā pievilkšanās darbojas starp abiem pretējā lādiņa ioniem, bet otrā gadījumā starp trim komponentēm: abu atomu kodoliem un starp tiem vibrējošiem kopīgiem elektroniem. Cietas nepolāras vielas gadījumā, kā tas ir, piem., dimantā, katrs atoms saistīts šādā veidā ar katru līdzās stāvošo.

Kaut kas vidējs starp polāri būvētu sāls graudu un nepolāro dimanta vai sēra kristallu ir metalla kristalls. Visiem metalliem, kad tie cieti, ir kristalliska uzbūve, t. i., to atomi atrodas noteiktās vietās, noteiktos attālumos cits no cita. Bet kas saista atomus? Katrā metalla kristallā ir metalla kationi un starp tiem elektroni, kas atrāvušies no atomu ārējās elektronu joslas. Tā metalla kristallā pārmaiņus cits aiz cita vibrē metalla kationi un elektroni, kas te izpilda anionu lomu. Starpatomu elektroni te tātad izpilda saistītāju lomu tāpat kā nepolārās vielās. Metalla īpatnība tā, ka tie viegli vada elektrību un siltumu. Metalla elektroni, t. i., ionu

saistītāji starpatomu elektroni ir „brīvi", tie var pārvietoties ļoti viegli, vismaz lādiņu transports metallā nav saistīts ar vielas transportu, kā tas ir, kad strāvu laiž caur sāļu, skābju vai sārmu šķīdumiem, vai caur izkausētiem sāļiem. Jo vairāk elektronu pārvietojas, jo strāva stiprāka; jo ar lielāku sparu tie tiek dzīti, jo lielāks ir spriegums.* Ja turpretim metallu pārvērš tvaiku veidā, tad zaudē raksturīgās metallā īpašības.

Tā, piem., dzīvsudraba tvaiki elektrību nevada. Tas norāda, ka strāvas vadīšana nav metallu atomu īpašība, bet saistīta ar „metalliskā stāvokļa" īpatnībām, kur starp tuvu stāvošiem atomiem (ioniem) atrodas pārvietoties spējīgi elektroni.

Bez šīm īsto valenču saitēm vēl jārēķinās ar starpmolekulāro pievilkšanos. Tā, piem., loti mazs ūdens vai cita šķidruma daudzums neizplūst pilnīgi, bet ieņem mazas lodītes veidu (piem., rasas piles). Tas tādēļ, ka starp ūdens molekulām pastāv pievilkšanās spēki. Tādi darbojas pat starp gāzes molekulām (van der Waalsa spēki), sevišķi starp „neideālo" smago gāzu molekulām. Izrādās, ka arī visi šie spēki galu galā ir e l e k t r o s t a t i s k a s dabas spēki. Tīri principiāli ņemot te jāizšķir vairāki gadījumi, no kuŗiem ievērojamākie būtu šādi.

1) Pievilkšanās starp polāri būvētām molekulām un ioniem. Izrādās, ka daudzās molekulās lādiņu sadalījums nav pilnīgi simmetrisks, bet dažādu iemēslu dēļ, kas vēl nav noskaidrots galīgi, molekulas ir polāras. Pie tādām polārām molekulām pieder starp citu chlorūdeņradis (HCl), sērūdeņradis (H_2S), ūdens (H_2O), amonjaks (NH_3). Ka polārs ir chlorūdeņradis, tas viegli saprotams, jo ūdeņraža atoms ir pozitīvs un chlora negātīvs. Molekula ir nesimmetriska. Abu polāro komponentu elektrostatiskās pievilkšanās spēku lauki iedarbojas nevien viens uz otru, bet vēl arī uz ārieni. Izrādās, ka arī ūdens molekula ir nesimmetriska, t. i., abi ūdeņraža atomi izveido leņķi, kuŗa lielums ir ap 105°. Tādēļ arī molekulas vienā pusē ir pozitīvā lauka pārsvars un otrā negātīvā. Šo pašu īpašību dēļ ūdens spēj šķīdināt daudzas vielas, piem., vārāmo sāli. Polārās ūdens molekulas jeb dipoli var saistīt kā pozitīvos natrija kationus, tā negātīvos chlora anionus, pie kam ap katru ionu saistās vairākas ūdens molekulas, un vienmēr tā,

---

* Kad metalla vadam tiek pielikts spriegums, elektriskais lauks, kas ierosina elektronu kustības, izplātās pa to gandrīz ar gaismas ātrumu. Elektronu pārvietošanās ātrums tomēr ļoti niecīgs. Te ir tāda pat starpība, kā starp spiediena vilni ar ūdeni pildītā caurulē un pašu ūdens plūsmas ātrumu. Spiediena vilnis izplatās apm. ar skaņas ātrumu, bet ūdens tecēšanas ātrums ir daudz mazāks.

ka molekulas negātīvā puse vērsta pret pozitīvo ionu. Ioni šķīdumos tātad ir „hidratizēti", tiem apkārt aplipušas vairākas ūdens molekulas.

2) Otrs gadījums ir savstarpēja pievilkšanās starp polārām molekulām. Savas polārās struktūras dēļ vienas molekulas negātīvā puse saista otras pozitīvo pusi, pie kam izveidojas saistīta molekulu sistēma, ūdens cenšas ieņemt vismazāko tilpumu, sakopojas pilienā. Tā kā spēki ir ļoti vāji, ciets kristalls var veidoties tikai pietiekoši zemā temperātūrā, kur molekulu kustības nav pārāk intensīvas.

3) Trešais, visnozīmīgākais gadījums ir pievilkšanās starp nepolārām molekulām, vai starp polārām un nepolārām. Tā, izrādās, ka, piem., ogļskābās gāzes molekulas nav polāras un tomēr starp tām valda pievilkšanās spēki. Ļoti vāji pievilkšanās spēki darbojas pat starp cēlgāzu atomiem. Kā tas saprotams? Izrādās, ka arī visi simmetriski atomi un molekulas (ar 8-elektronu joslām) uz ārieni izplata elektrisko lauku. Tas tādēļ, ka elektroni izdara dažādas kustības, kuru sekas ir īslaicīga molekulas vai atoma elektriskā polāritāte. Elektriskais lauks starp tuvumā esošiem atomiem vai molekulām tāds, ka zināmā momentā vienmēr dažas tuvu stāvošās vienības būs ar elektrostatiski pretējām īpašībām, t. i., ar + vai — lauku, un tādēļ pievilksies. Kvantitātīvi vissaskanīgākais izskaidrojums te gūst ar modernās kvantu mechanikas palīdzību.

Ķīmisko pārvēršanu iespējas lielā mērā atkarīgas no ķīmisko saišu īpašībām katrā konkretā gadījumā. Tā, piem., nepolārās saites, kas pastāv slāpekļa molekulā starp abiem atomiem, ir samērā ļoti stipras, tā kā slāpekli grūti savienot ar citiem ķīmiskiem elementiem, piem., ar skābekli vai ūdeņradi. Lai tas notiktu, vajadzīgs milzīgs karstums. Tikai tad, kad molekulas kustas ar milzīgu ātrumu, tās uzdrāžas cita citai virsū ar milzīgu sparu, tā kā to saites var pat izjukt. Atomi tad var kļūt brīvi un savienoties ar cita elementa atomiem. Bet medaļai ir otra puse: arī jaunradušās molekulas ar milzu sparu saduras un var izjukt. Te nu vienīgais ceļš ir - tās iespējami ātri izvadīt laukā no augstās temperātūras vietas. Tā arī technikā rīkojas, piem., kad elektriskā lokā pie vairāk tūkstots gradiem savieno skābekli ar slāpekli, gāzes straumei caur loku jāplūst ātri un tūlīt tālāk gāzēm strauji jāatdziest.

Bet nu visai interesanta ir šāda lieta: izrādās, ka dabā ir daudzas augu sugas, kas gaisa slāpekli spēj ķīmiski saistīt pavisam zēmās, parastās temperātūrās, kādas ir dabā, piem., pie 20°. Tā sauktiem taurinziedainiem augiem, kā, piem., zirņiem, pupām, āboliņam,

lēcām, lucernai u. c. uz sakņēm ir mazi bumbulīši, kur dzīvo īpašas slāpekļa baktērijas. Tās spēj ķīmiski saistīt gaisa slāpekli ar skābekli, ūdeņradi un oglekli, pie kam tiek uzbūvēti ļoti sarežģīta sastāva ķīmiski savienojumi. Kā baktērijas to var iespēt parastā temperātūrā? Acīmredzot atomus saistošās saites var atraisīt nevien ar tādu brutālu varas paņēmienu kā augstu temperātūru, bet arī kādiem maigākiem līdzekļiem. Bet kas tie par maigākiem līdzekļiem? Skaidrs, ka te mūsu priekšā ir liela problēma, kam milzīga zinātniska un arī techniska nozīme, jo augsta temperātūra taču prasa enerģijas patēriņu, un būtu taču labi, ja varētu iztikt bez tā. Mēs jau redzējām arī, ka augsta temperātūra ir gluži elementārs līdzeklis, kā atraisīt atomus saistošās saites. Lielā karstumā bez tam molekulas tiek nevien „sadauzītas", bet intensīvās kustības dēļ tās var arī biežāk satikties ar kādas citas vielas molekulām, nekā aukstumā. Tādēļ arī karstumā reakcijas ātrums ir liels. Visu šo iemēslu dēļ karstums tātad vēlams. Bet te ir arī divējādas ēnas: pirmkārt, jāpatērē enerģija, un otrs-karstumā daudzu vielu molekulas nemaz nevar pastāvēt. Tādēļ vēlamākas iespējami zemas temperātūras. Kur notiek gāzu reakcijas, technika vēl izpalīdzas ar palielinātiem spiedieniem, it īpaši tur, kur reakcijas produktu tilpums ir mazāks par sākvielu tilpumu.* Baktērijas, kas saista slāpekli, tomēr nelieto arī nekādu spiedienu. Galu galā jau arī spiediens ir „varas paņēmiens", kur tiek patērēta enerģija.

Te mūsu priekšā ie lielā katalizes problēma. Ķīmiķiem tagad jau pazīstami neskaitāmi piemēri, kur kāda blakus viela spēj lielākā vai mazākā mērā mainīt kādas ķīmiskas reakcijas ātrumu. Tādu reakcijas ātruma maiņu ar svešu vielu palīdzību sauc par katalizi un pašās svešās vielas par katalizātoriem. Tie kādu reakciju var veicināt vai kavēt. Ja katalizātors kādu ķīmisku pārmaiņu aizkavē, tad runā par negātīvu katalizi, bet ja veicina, t. i., paātrina, tad par pozitīvu. Acīmredzot, slāpekli saistītājās baktērijās ir kādas vielas, kas veicina slāpekļa

---

* Piem., tā tas ir amonjaka sintezē no slāpekļa un ūdeņraža, kas iet pēc vienādojuma $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$. Vienādos gāzu tilpumos ir vienāds skaits molekulu, tātad 1 tilp. slāpekļa pievieno 3 tilp. ūdeņraža un dod 2 tilp. amonjaka. Reakcijā tilpums samazinās divreiz. Spiediens veicina visas tās reakcijas, kur tilpums samazinās. Tas ir viens van t' Hoffa-le Chateliers dinamiskā līdzsvara principa izlietošanas piemērs. Minētais princips izteic vispārīga rakstura patiesību, ka iekšēji mainīgā līdzsvarā atrodošās sistēmas, ja uz tām iedarbojas kāds spaids, kas draud līdzsvaru izjaukt, pārmainas tā, kā spaids samazinās.

savienošanos ar skābekli u. c. elementiem, t. i., kāds vai kādi katalizātori. Šīs vielas tagad arī puslīdz labi izpētītas. Zinām, ka tās ir sarežģīta sastāva organiskas vielas. Bet ķīmiķiem tagad ir pazīstamas arī neskaitāmas pavisam vienkāršas vielas, kas darbojas kā katalizātori. Turklāt izrādās, ka viena un tā pati viela var veicināt dažādas reakcijas, vai arī - vienas un tās pašas reakcijas ātrumu var dažādā mērā mainīt ar dažādu katalizātoru palīdzību. Pazīstami daudzi gadījumi, kur katalizātora lomu izpilda, piem., dzelzs, platīns, niķelis, dažādi oksidi, piem., ūdens, cinka oksids, dzelzs oksids, arī sāļi, skābes u. d. c. vielas. Tomēr jāsaka, ka bioloģisko katalizātoru aktīvitāte ir daudz lielāka par šo vienkāršo neorganisko vielu katalitisko aktīvitāti.

Sevišķi interesanti ir daži piemēri ar ūdeni kā katalizātoru. Izrādās, ka ūdens, ko pazīstam kā liesmu dzēšanas līdzekli, darbojas kā katalizātors gāzu degšanas reakcijās. Niecīgi ūdens tvaika daudzumi, piem., veicina tvana sadegšanu, t. i., savienošanos ar skābekli, pie kam rodas ogļskābā gāze ($2CO + O_2 = 2CO_2$). Ja abas gāzes, t. i., tvans un skābeklis (vai gaiss) ir absolūti sauss, tad degšana nenotiek, tvans nedeg. Ja pilnīgi sausu tvanu dedzina gaisā un liesmu tad pārnes no ūdens tvaikiem rūpīgi atbrīvotā gaisā vai skābeklī, tad liesma nodziest .

Dažiem katalitiskiem procesiem tagad liela nozīme technikā, un šī nozīme palielinās, piem., sēra dioksida savienošanos ar skābekli par sēra trioksidu (ko savienojot ar ūdeni dabū sērskābi) veicina smalks platīna vai vanādija savienojumi.

Slāpekļa savienošanās ar ūdeņradi tiek veicināta ar smalkas dzelzs palīdzību, kas samaisīta ar aluminija u. c. metallu oksidiem. Ūdeņraža pievienošanos t. s. nepiesātinātām tauku skābēm veicina smalks niķelis un c. vielas. Tomēr šo neorganisko katalizātoru darbības efekts ir vājāks, nekā to, kas dzīvās sūniņās, piem., slāpekļa savienošanās ar ūdeņradi, lai gan katalizātors to veicina, var notikt tikai pie 100—200 atmosf. spiediena un 400—500°.

Kā darbojas katalizātori? Un vai iespējams paredzēt - kāds katalizātors jāņem, lai sasniegtu vēlāmo mērķi? Katalizes problēma visā pilnībā nav atrisināta, bet tikai ļoti vispārīgos vilcienos. Sīki un pamatīgi noskaidrots tikai nedaudzu katalitisku reakciju mechanisms. Rūpniecībā lietotie katalizātori parasti tiek pētīti lielā slepenībā, jo daudz kas vēl nav noskaidrots, bet atrast labu katalizātoru ir liela priekšrocība attiecībā pret konkurences uzņēmumiem. Katalizes problēma vēl tik tumša, ka tikai apmēram iespējams paredzēt, kāda viela varētu doto ķīmisko reakciju veicināt, tā kā allaž jāmēģina „uz labu laimi".

Interesanti tas, ka tur, kur kā katalizātori darbojas cietas vielas, to aktīvitāte lielā mērā atkarīga no cietās vielas sasmalcināšanas pakāpes. Jo smalkāks ir katalizātors, jo labāk tas darbojas. Tas veda uz domām, ka katalizātori varētu iedarboties tīri fizikāli. Jo vairāk viela sasmalcināta, jo lielāka tās virsma, jo vairāk arī asu stūŗu un šķautņu. Slīdot gar asajām kristallu šķautnēm un stūŗiem tad molekulu saites varētu vieglāk atraisīties. Šo stipri primitīvo ainu varētu vēl papildināt ar sekojošo. Atomi vai ioni, kas sēž kristalla virsmā, bet it sevišķi tie, kas sēž kristalla stūŗos un šķautnēs, ir sevišķi aktīvi tādēļ, ka liela daļa elektrostatiskā spēka lauka, ko tie izplata ap sevi, vēršas uz ārieni. Tādēļ arī šis uz ārieni vērstais spēka lauks var iedarboties uz dažādu svešu vielu molekulām, kas nonāk katalizātora tuvumā. Šīs svešās vielas, kā to var tīri teorētiski paredzēt, un kā to arī patiesībā novēro, var tomēr uz katalizātoru iedarboties tīri ķīmiski, dodot ar aktīvajiem virsmas atomiem stabilus savienojumus. Šīs svešās vielas aktīvos centrus nobloķē, tā kā tie vairs nevar katalitiski darboties. Tiešām, izrādās, ka daudzas vielas uz cietiem katalizātoriem iedarbojas kā indes, tās katalizātoru saindē. Tā, uz metalliem kā inde darbojas sērūdeņradis, jo tas cieši savienojas ar aktīviem metalla atomiem. Rūpīgi pētījumi ar katalizātoru indēm ir pierādījuši, ka metallisku katalizātoru gadījumā aktīvi ir tikai tie atomi, kas atrodas kristallu šķautnēs un stūŗos. Pietiek tos saindēt, t. i., nobloķēt, lai katalizātora aktīvitāte zustu.

Katalizātors pats, ķīmiskā reakcijā, ko tas veicina, nepārmainās. Bet ar to nav teikts, ka tas nevarētu ņemt tīri ķīmisku dalību. Šī dalība var būt tāda, ka reaģējošā viela ar katalizātoru dod nepastāvīgus ķīmiskus savienojumus, kas ar otru reaģējošo vielu var viegli iedarboties, pie kam katalizātors atkal paliek kā bijis. Tātad katalizātors ir tikai starpnieks, kas ņem un atdod, pats sev neko nepaturot. Tāds piemērs, kas labi noskaidrots, ir smalka sudraba katalitiskā darbība ūdeņraža un skābekļa savienošanās reakcijā. Parastā temperātūrā un arī vēl pie 300—400° ūdeņraža un skābekļa maisījums, kas ir bīstamā sprāgstošā gāze, tomēr neeksplodē. Eksplozija notiek tikai virs 500°. Bet smalka sudraba klātbūtnē skābeklis ar ūdeņradi savienojas ļoti viegli pat pie 60°. Te vēl jāpiezīmē, ka arī bez katalizātora skābeklis ar ūdeņradi savienojas pie 60°, bet tikai ļoti lēni. Reakcijas ātrums ir tik niecīgs, ka praktiski nekādu savienošanos nevar konstatēt. Smalks sudrabs nu darbojas kā katalizātors šādā veidā. Sudraba virsmas aktīvās vietās sudraba atomi pievieno sev atsevišķus skābekļa atomus; pēc tam uz vāji saistīto atomāro skābekli tūlīt iedar-

bojas ūdeņradis, pie kam rodas ūdens. Sudraba aktīvie centri tātad spēj skābekļa molekulas saites atraisīt, pie kam skābeklis tiek aktīvēts. Citu metallu, piem., platīna vai palladija virsmās tāpat aktivētas tiek ūdeņraža molekulas, pie kam molekulas H_2 tiek izirdinātas divos atsevišķos ūdeņraža H atomos, kas ķīmiski daudz iedarbīgāki par H_2. Šeit interesanti atzīmēt, ka tādu atomāru ūdeņradi var iegūt arī no ūdeņraža tieši ja to aktīvē ar elektriskās enerģijas (klusās izlādes) palīdzību. Atomārā, aktīvā ūdeņraža potenciālā enerģija ir lielāka, nekā molekulārā (H_2), tādēļ arī tas ļoti viegli ķīmiski iedarbojas uz citām vielām, piem., daudz metallu oksidiem spēj atņemt skābekli jau parastā temperātūrā. Protams, aktīvais, atomāraīs ūdeņradis (H) ir ļoti nepastāvīgs, atomi cenšas savienoties pāros, jo atomu pāri (molekulas) ir ar mazāku enerģiju, nekā brīvi atomi.

Ja nevien reaģējošās vielas, bet arī katalizātors ir gāzes veidā, tad te acīmredzot virsma un kādi aktīvi centri nekādu lomu nespēlē, bet katalizātors darbojas kā starpnieks tīri ķīmiski. Tā tas ir, piem., tvana degšanas reakcijā, kur kā katalizātors darbojas ūdens tvaiks. Kā īsti tas darbojas, par to vēl nav īstas skaidrības. Daži ķīmiķi pieņem, ka tvans vispirms reaģē ar ūdeni, pie kam rodas ūdeņradis un ogļskābā gāze; tālāk, otrā reakcijā tad ūdeņradis savienojas ar skābekli. Pareizāks, šķiet, tomēr šāds izskaidrojums: liesmā, kas tvanu aizdedzina, neliels daudzums ūdens molekulu ir sašķēlušās par H un OH; tvana molekulas nu iedarbojas ar OH, pie kam rodas ogļskābās gāzes molekula un vēl viens brīvs ūdeņraža atoms. Tas nu tālāk reaģē ar skābekli un otru tvana molekulu, pie kam rodas otra ogļskābās gāzes molekula un nepastāvīgais pāris OH, kas atkal reaģē ar tvanu (CO) u. t. t.

Sevišķi interesanti un nozīmīgi ir t. s. autokatalizes piemēri. Autokatalitiskas reakcijas ir tādas, kuŗās rodas kāda viela, kas minēto reakciju veicina. Autokatalitiskās reakcijās tātad katalizātora daudzums aug, pie kam strauji aug arī reakcijas ātrums. Iespējams, ka daudzas eksploziju reakcijas ir autokatalitiskas. Autokatalitiska reakcija ir lavīnveidīgs process, kur interesants piemērs mums jau ir urāna kodola sabrukšana neitronu ietekmē, jo katrā sabrukšanas elementārprocesā rodas daudzi jauni neitroni, kas darbojas tālāk, radot vēl vairāk jaunus neitronus u. t. t. Ķīmijā pazīstamie autokatalitisko reakciju piemēri tomēr no šā atomfizikas piemēra diezgan stipri atšķiras. Vislabāk izpētītas ir dažas autokatalitiskas reakcijas sķidrā vidē, piem., starp sērpaskābi un jodskābi (HJO_3). Šeit skābe uz skābi

iedarbojas tādēļ, ka viena no tām (sērpaskābe H_2SO_3) ir reducētāja, bet otra - oksidētāja. Galu galā rodas sērskābe, ūdens un brīvs jods. Kad sērpaskābi un jodskābi saved kopā, pirmos brīžos nekas nenotiek, bet tad reakcijas ātrums strauji aug. Ja turpretim jau sākumā pieliek nedaudz joda, tad reakcija sākas tūlīt, un, norit ar pieaugošu ātrumu. Tas tādēļ, ka jods darbojas kā katalizātors. Ja sākumā jodu nepieliek, tad reakcijas ātrums starp abām vielām ļoti niecīgs. Jāpaiet krietnam laika sprīdim, kamēr rodas nedaudz joda, kas tad reakcijas ātrumu veicina, pie kam arvien vairāk joda rodas klāt un līdz ar to pārvēršanās ātrums arvien aug. Uz beigām, kad reaģējošo vielu koncentrācija stipri samazinājusies, reakcijas ātrums atkal samazinās, jo molekulas vairs tik bieži nevar satikties, kaut arī katalizātora nu ļoti daudz. Kā vēlāk redzēsim, autokatalitiskām reakcijām ĦĦela nozīme arī bioloģijā.

Pārrunājot ķīmisko pārvēršanu iespējamības, jāievēro šādas pamatatziņas. Ķīmiska reakcija var notikt tikai vielas atomiem tieši saskaroties. Nekāda ķīmiska iedarbība tālumā nevar notikt. Tādēļ arī tik milzīga nozīme koncentrācijai, temperātūrai un vielas agregātstāvoklim. Divas cietas vielas reaģē tikai tik daudz, cik lielā mērā tieši saskaras to virsmas. Labāk vielas reaģē šķīdumos, labi arī gāzes veidā, vai kausējumos. Bez tam izšķirīga nozīme ir atomu un molekulu ārējo elektronu enerģijas līmeņiem un atomu uzbūvei. Ķīmiski pasīvas ir tās elektronu sistēmas, kur zemi enerģijas līmeņi (cēlgāzes, slāpekļa molekula N_2, ūdeņraža molekula H_2), bet aktīvas, kur augsti (natrija atomi Na, ūdeņraža atomi H, skābekļa atomi O, ozona molekulas O_3). Tomēr reaģēšanas spēja atkarīga nevien no enerģijas līmeņiem, bet arī no atomu uzbūves, jo ne visi aktīvie veidi vienlīdz labi reaģē ar visiem citiem aktīviem veidiem, piem., aktīvais fluors nereaģē ar aktīvo skābekli. Vēl svarīgi tas, ka katalizātors, kas maina reakcijas ātrumu, var gan ievērojami pārmainīt arī starpreakciju gaitu un enerģijas apmaiņas veidu, bet katalizātors nespēj enerģiju radīt. Jā kādā katalitiskā reakcijā molekulas tiek aktīvētas, t. i., katalizātora ietekmē tiek palielināta šo molekulu enerģija, tad tā atkal no kautkurienes tiek ņemta. Piem., ūdeņraža aktīvēšanai nepieciešamā enerģija ar uzviju tiek atgūta no ūdeņraža savienojumu rašanās enerģijas; tā ūdeņradim savienojoties ar skābekli atbrīvojas daudz vairāk enerģijas nekā tās vajadzīgs ūdeņraža aktīvēšanai. Citādi tas ir vienīgi endotermiskās reakcijās, piem., kad augu lapās no ūdens un ogļskābās gāzes rodas ogļhidrāti un brīvs skābeklis. Te reakcijas produktos ir vairāk enerģijas, nekā sākvielās un tādēļ vajadzīga ir enerģija no ārienes. Lapu katalizātori šo enerģiju ne-

dod, bet tie tikai izdara saules starotās enerģijas pārnešanu uz katalizātora aktīvētām vielām.

Katalizes nozarē ķīmijai stāv priekšā daudz neatrisinātu problēmu. Ķīmija ir atdarinājusi un pat pārspējusi dabu daudzās nozarēs, bet katalizātori dabā daudz pilnīgāki, nekā ķīmijā. Varbūt nākotnes ķīmija ar katalizātoru palīdzību izdarīs gluži neiedomājamas pārvēršanas, varbūt šeit iesaistot arī atomu iekšējās enerģijas izmaiņas enerģētiski ekonomiskā veidā, t. i., ar iespējami mazu entropiju.

XV. ORGANISKĀS VIELAS

Par organiskām vielām varētu skaitīt visas tās, kas atrodamas organismos. Tagad tomēr ķīmiķi vienojušies par organiskām vielām saukt visus oglekļa savienojumus. Jau zinām, ka organismos lielākā vai mazākā daudzumā ir visādas minerālvielas jeb noteikti neorganiski elementi un to savienojumi, piem., kalcijs, vārāmā sāls jeb chlornatrijs, fosforskābe u. c. Vai organismos atrodamās minerālvielas ir citādas, nekā nedzīvā dabā atrodamās? Nē, tās ir taisni tādas pat. Un kā ar oglekļa savienojumiem? Vai speciāli ogleklim piemīt kādas sevišķas „dzīvības" īpašības? Vai oglekļa savienojumus spēj gātavot vienīgi organismu šūniņas? Un vai nedzīvā dabā atrodamie oglekļa savienojumi nav citādi, nekā tie, ko atrodam organismos? - Kādreiz valdīja domā, ka organismos atrodamo oglekļa savienojumu veidošanā ņemot dalību sevišķs dzīvības spēks, kam neesot nekā kopīga ne ar vienu no pazīstamiem fizikāliem spēkiem. Tādas organiskās vielas, kā, piem., cukurs, tauki, urīnskābe, oksalskābe u. c. nekad nebūšot iespējams pagatavot mākslīgi, jo tās varot rasties tikai dzīvības spēka iespaidotās reakcijās. Bet tā kā dzīvības spēks esot ārpus mūsu izpratnes spējām, tad arī šīs problēmas racionāli nebūšot atrisināmas.

19. gadsimtā tomēr zinātne pārspēja visus šķēršļus arī šai nozarē. 1824. gadā vācu ķīmiķis W ö h l e r's izgatavoja mākslīgu oksalskābi un 1828. gadā mākslīgu urīnvielu. Šīs mākslīgi izgatavotās organiskās vielas ne ar ko neatšķīrās no tām, ko iegūst no augu vai dzīvnieku organismiem. Tie bija pirmie panākumi, kam drīz sekoja daudzi citi. Drīz vien bija jāatzīst, ka daudzas organiskās vielas var rasties ārpus dzīvām šūniņām.

Oglekļa savienojumu jeb organiskā ķīmija attīstījās vairākos virzienos. Vispirms tika izpētītas augos un dzīvniekos atrodamās

organiskās vielas. Otrkārt, tika mākslīgi pagatavoti jeb sintezēti tādi oglekļa savienojumi, kas dabā nemaz nav sastopami, un kādus nav arī izredzes atrast. Drīz vien šo mākslīgo organisko vielu sanāca tik daudz, ka bija grūti tos sistēmatizēt. Tagad pazīstami jau ap 400 000 organiski savienojumi, kamēr neorganisko vielu skaits ir daudz mazāks. Mazs ir dabīgo un mākslīgo neorganisko vielu skaits, ko dod visi daudzie elementi; mazs ir arī dabīgo organisko vielu skaits, kas iegūtas no augiem un dzīvniekiem. Plaša ir sintetiskās organiskās ķīmijas jauno vielu pasaule, ko radījis cilvēks, brīvi kombinējot dabiskās vienības.

Oglekļa savienojumu centrālā vienība ir oglekļa atoms, kam pavisam ir 6 elektroni. 2 no tiem atrodas stipri tuvāk kodolam, nekā pārējie 4. Pieņemams, ka visi 4 ārējie elektroni ņem dalību ķīmiskās saitēs, jo ogleklis parasti ir četrvērtīgs. Tikai, piem., oglekļa oksidā jeb tvanā oglekļa atoms ir divvērtīgs. Bet tā kā 2 valences elektroni tad paliek diezgan augstos enerģijas līmeņos, tvana molekula ir ķīmiski aktīva, tā, piem., viegli oksidējas, pievieno vēl skābekli klāt. Parasti tomēr visi 4 oglekļa valences elektroni ņem dalību saitēs, pie kam izveidojas visai stabilas molekulas. Sevišķi maz enerģijas un tātad liela ķīmiska stabilitāte ir oglekļa dioksidam un tetrachlorogleklim CCl_4. Ļoti stabili ir arī karborunda SiC atomu sagrupējumi. Sevišķi labi oglekļa atomi savienojas arī paši savā starpā, pie kam izveidojas vai nu kompakti oglekļa kristalli (dimants, grafīts), vai dažāda lieluma molekulas, kur oglekļa atomiem piekabināti vēl kāda cita elementa atomi. No atomfizikas un ķīmijas viedokļa skatoties, oglekļa atomi nav nekas sevišķs. Elementu sistēmā ogleklim abās pusēs ir bors un slāpeklis, bet apakšā silicijs. Ogleklim daudz kas kopīgs ar visiem tiem. Atomu īpašības mainās noteiktā veidā ar uzbūves vienību, sevišķi protonu un elektronu skaitu. Atkarībā no tā, cik elektronu u. c. vienību ir atomā, arī visa atomu kopa attiecīgi maina īpašības. Kvalitāti noteic kvantums. Un šādās elementu rindās, kur, atkarībā no protonu un elektronu skaita mainās atomu uzbūve un īpašības, ogleklis neparāda neko sevišķu, izcilu, brīnumainu. Spēja savienoties savā starpā un veidot molekulās, kur kopā vairāki viena un tā paša elementa atomi, nepiemīt ogleklim vien, bet arī tā kaimiņiem elementu sistēmā, it sevišķi boram, silicijam un slāpeklim. Līdzīgi tam, kā pastāv ogļūdeņražu rindas piem., CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10} u. t. t. pazīstam arī borūdeņražus B_2H_6, B_4H_{10}, u. c. silicijūdeņražus SiH_4, Si_2H_6, Si_3H_8 u. c. Ogleklim spēja savstarpēji savienoties tikai lielāka, nekā

silicijam, boram un slāpeklim. Oglekļa atomi var izveidot gan ļoti gaļas virknes, gan žuburus un gredzenus.

Visvienkāršākais oglekļa savienojums ar ūdeņradi ir metans jeb purva gāze. Tā rodas organiskām vielām trūdot, vai ūdenim ķīmiski iedarbojoties uz dažiem karbidiem, t. i., metalla savienojumiem ar oglekli, piem., uz aluminija karbidu. Metana formula ir CH_4. Metans ir daudzās zemes gāzēs, piem., naftas avotu tuvumā. Tas deg, pie kam rodas ogļskābā gāze un ūdens. Metana molekulā katrs ūdeņraža atoms (H) tieši saistīts ar oglekļa atomu, kas atrodas centrā.

```
      H
      |
  H — C — H
      |
      H
```

Ūdeņraža atomu kodoli atrodas vienādos attālumos no oglekļa (C) atoma kodola. Šis attālums ir 1,08 ongstrēmu jeb 0,000000108 mm. Molekula ir pilnīgi simmetriska, tās dipolmoments ir nulle. Struktūrformulā, kas redzama līdzās, katra svītra nozīmē vienu valenci, vienu saiti. Šīs saites te ir nepolāras, lai gan visumā H ir pozitīvāks par C. Ja salīdzinām C un H no vienas puses, ar metanu CH_4, kas no tiem radies, tad metanā ir mazāk enerģijas, nekā ūdeņraža un oglekļa maisījumā. Tātad metana molekulās elektroni atrodas zemākos enerģijas līmeņos, nekā brīvā ogleklī C un ūdeņradī H. Ievērojot to, ka metans ir ķīmiskā ziņā pasīva viela, saskaņā ar Luisa (G. N. Lewis) uzskatiem var pieņemt, ka 4 H atomu valences elektroni un 4 C ārējie elektroni izveido kopīgu 8-elektronu joslu. Pie katras saites dalību ņem ik pa 2 elektroni.

Kā jau minēts, C atomi var savienoties cits ar citu gaļās virknēs. Ja molekulā ir 2 C atomi, tad dabūjam etanu, ja 3, tad propanu.

```
      H   H                H   H   H
      |   |                |   |   |
  H — C — C — H        H — C — C — C — H
      |   |                |   |   |
      H   H                H   H   H
    etans                  propans
```

Visas saites šais savienojumos nepolāras un molekulas ir simmetriskas. Visur C 4-vērtīgs un H 1-vērtīgs. C atomu virknes var būt arī vēl daudz gaļākas, piem.,

```
  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
— C — C — C — C — C — C — C — C — C — C — C —
  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
```

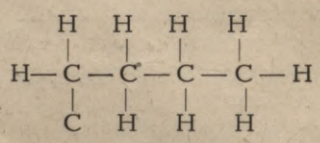
Ja pie visām brīvajām saitēm piesaista H atomus, tad dabūjam ogļūdeņražus, piem., ja ir 6 C, tad var piesaistīt 14 H un dabūjam

C_6H_{14}, ko sauc par heksanu. Tas ir viegli gaistošs šķidrums, no naftas iegūtā benzīna sastāvdaļa. Ja 11 C, tad var piesaistīt, kā no uzrakstītās formulas viegli saprotams, 24 H atomus: vispārīgi, ja molekulā ir n C, tad var piesaistīt $2n + 2$ H atomu. Tā, piem., ir pazīstams ogļūdeņradis $C_{50}H_{102}$ ($n = 50$, $2n + 2 = 102$).

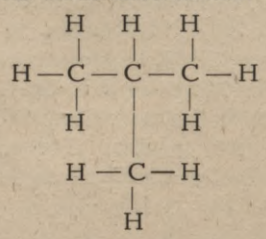
Ja nu salīdzina dažādu ogļūdeņražu īpašības, tad redzam, ka arī te īpašības mainās noteiktā veidā, atkarībā no atomu skaita molekulā. Tā metans, etans un propans ir gāzes, heksans šķidrums, bet pentakontans $C_{50}H_{102}$ ir cieta viela. Jo lielāka molekulā, t. i., jo vairāk tur atomu, jo augstāka ir šo vielu vārīšanās temperātūra. Tāpat rēgulāri mainās citas īpašības.

Tagad no naftas, vai arī mākslīgi, iegūti neskaitāmi ogļūdeņraži un to īpašības un molekulu uzbūve izpētīta visos sīkumos. Piem., pentakontana molekulas ir tievas un gaŗas.

Šie paši pētījumi tomēr tālāk rāda, ka īpašības nav atkarīgas vienīgi no vienu un to pašu vienību (atomu) skaita, bet arī no uzbūves veida, no tās kārtības, kā vienības saistījušās cita ar citu. Ogļūdeņraži, sākot ar tiem, kam 4 un vairāk C atomu molekulā, var būt vairākos veidos (izomerija). Piem., 4 C un 10 H var veidot nevien butanu, bet arī izobutanu, kā to rāda sek. struktūrformulas:



Butans

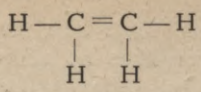


Izobutans

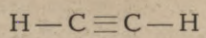
Abās molekulās ir vienāds atomu skaits, bet uzbūve citāda. Pirmā piemērā 4 oglekļa atomi ir vienā virknē, bet otrā virkne ir zarota. Tādēļ arī izobutana īpašības atšķiŗas no butana īpašībām, piem., pirmais vārās pie —10,2°, bet otrais pie 0,6°.

Jo lielāka ir molekula jo dažādīgākas ir uzbūves iespējas. Tā, pazīstami ir 2 butani, 5 heksani, bet ogļūdeņradim $C_{20}H_{42}$ ir ne mazāk kā 21 585 izomeru. Dažādas uzbūves dabūjam C atomu virknes dažādā mērā sazarojot.

Ar to tomēr dažādības iespējas vēl nav izsmeltas, jo vēl pazīstami t. s. nepiesātinātie ogļūdeņraži. Tie ir tādi, kuŗu molekulās mazāk ūdeņraža, nekā varētu būt. Vienkāršākie no tiem ir etilens un acetilens. To molekulām šāda uzbūve:



Etilens

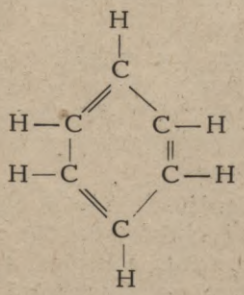


Acetilens

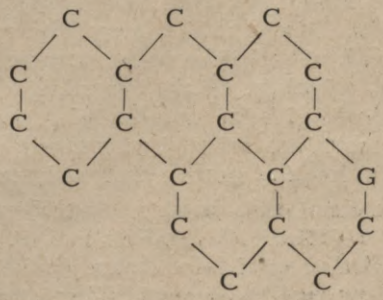
Tiek pieņemts, ka šais gadījumos starp oglekļa atomiem ir vairākkārtīgas saites, jo C atomiem vienmēr jābūt 4-vērtīgiem; nepolāro saišu izveidošanā te piedalās 4 vai 6 elektroni. Šie nepiesātināto saišu elektroni atrodas uz augstākiem enerģijas līmeņiem nekā piesātināto saišu gadījumos, tādēļ arī nepiesātinātie ogļūdeņraži ir ķīmiski aktīvi, nestabili, iedarbīgi, to saitēm ir tendence piesātināties. Tas var notikt, ja, piem., nepiesātinātās saites vietā tiek pievienoti kādi sveši atomi.

Oglekļa atomi var saistīties neviem virknēs un zarainos veidojumos, bet arī g r e d z e n o s. Pēdējie var būt dažāda lieluma un saites starp C atomiem var būt gan piesātinātas, gan nepiesātinātas. Visstabilākie un dabā visbiežāk sastopami ir 6 C atomu gredzeni. Tādi sastopami jau tīrā ogleklī - g r a f ī t ā. Tam ir p l ā k š ņ a i n a u z b ū v e, apm. kā papīra paciņai. Atsevišķās plāksnēs ir C atomu tīklojums, pie kam C atomi veido stabilus 6-locekļu sešstūŗus. Turpretim atsevišķās plāksnes grafītā saistītas diezgan vājām saitēm, tās v i e g l i v a r n o s l ī d ē t nost cita no citas. Tādēļ arī grafīts ir mīksts un ar to var rakstīt uz papīra. Šās pašas slīdēšanas dēļ grafītu izlieto kā piemaisījumu smēreļļās, jo C-atomu plāksnītes samazina berzi starp asi un ģultni.

Gredzenveidīgas C atomu molekulas ir arī akmeņoglēs un akmeņogļu darvas vielās, arī dažās naftas šķirnēs. A k m e ņ o g ļ u d a r v a ir galvenais avots, no kā tagad iegūst simtiem visādu oglekļa savienojumu ar gredzenveida molekulām. Vienkāršākais šā veida ogļūdeņradis ir b e n z o l s C_6H_6.



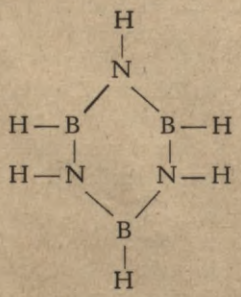
Benzols



C atomu 6-stūŗu plāksnītes grafīta

Bet arī ar to vēl visas iespējamības ne tuvu nav izsmeltas, jo gredzeniem var piekabināt vienu vai vairākas sānu virknes, kas savukārt var būt taisnas vai zarainas, piesātinātas vai nepiesātinātas.

Ar to nu redzam, cik ārkārtīgi liela var būt ogļūdeņražu dažādība. Bet, kā jau minēts, ogleklis nav vienīgais elements, kas var dot sarežģītas molekulas. Pie oglekļa savienojumiem gan redzama vislielākā dažādība, bet nevar apgalvot, ka te parādās kāda specifiska, neatdarināma, brīnumaina spēja. Ļoti interesants un nozīmīgs ir fakts, ka aizstājot oglekli ar citiem, tam līdzīgiem elementiem, var iegūt ogļūdeņražiem līdzīgus savienojumus. Līdzība pavisam liela tad, ja molekulām vienāda uzbūve. Tā, ja C vietā pārmaiņus saista bora (B) un slāpekļa (N) atomus, izdodas izgatavot t. s. borazola molekulas, kas ir arī gredzenveidīgas. Borazolam ir tādas pat molekulas kā benzolam, t. i., B un N atomi sastāda 6-locekļu gredzenu, kam vēl pie katras pamatvienības pa vienam H atomam. Šādu borazolu jeb neorganisko benzolu ieguva un sīki aprakstīja E. Wibergs un Bolzs 1939.—1940. g. Borazols tāpat kā benzols ir bezkrāsains, dzidrs, kustīgs šķidrums, ar aromatisku smaržu. Tāpat kā benzols, arī borazols deg un šķīdina taukus. Abu vielu blīvums ir taisni vienāds (0,81). Tāpat gandrīz vienādi ir virsmas spriegums un iztvaikošanas siltums. Tātad ir iespējamas neorganiskas vielas ar organisku vielu īpašībām. Tas ir tad, ja no ogleklim līdzīgiem elementiem uzbūvē molekulas, kam tāda pat uzbūve kā attiecīgām organiskām vielām. Materiāls nav tik nozīmīgs kā uzbūve, kā struktūra. Šāda veida neorganiskās vielas, kur oglekļa vietā bors, slāpeklis, silicijs, ģermānijs u. c. elementi, sāktas sintezēt tikai pēdējā laikā, un nākotnē te sagaidāmi vēl visādi pārsteigumi. No metalliem šai ziņā interesants ogleklim radniecīgais ģermānijs, kas dod garas atomu virknes un gredzenus.

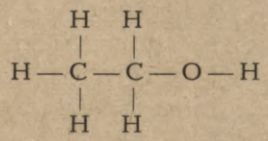


Borazols

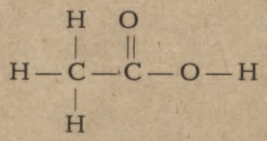
Saņemot visu kopā par ogļūdeņražiem, ievērības cienīgi būtu divi slēdzieni: 1) Īpašības mainās zināmā likumībā, atkarībā no molekulas sastādošo atomu skaita, un 2) Īpašības atkarīgas nevien no molekulas sastādošiem atomiem, bet arī no atomu kārtības, no uzbūves. Īpašības tātad noteic nevien kvantitātīvais

faktors, bet arī forma, t. i., virzieniskais jeb telpiski-vektoriālais faktors. Molekulu uzbūve un forma atkarīga no atomu savstarpējiem stāvokļiem telpā, no to svārstību virzieniem.

Līdz šim apskatījām vienīgi oglekļa savienojumus ar ūdeņradiogļūdeņražus. Bet brīvās saites C atomu virknēs un gredzenos var piesātināt arī ar citu elementu atomiem, piem., ar skābekli (O), slāpekli (N), chloru (Cl), sēru (S) u. t. t. Kā piemēru ņemsim etana skeletu, t. i., 2 C atomu molekulu. Ja pie 1 saites starp C un H ievietosim O atomu, tad dabūsim parastā vīna spirta jeb etilspirta molekulu. Bet ja 2 H atomu vietā līdzās skābeklim ievedīsim vēl otru O-atomu, tad dabūsim etiķskābes molekulu:



Etilspirts



Etiķskābe

Dažādus spirtus un skābes varam atvasināt (un arī iegūt) no it visiem tiem daudzajiem ogļūdeņražiem, ko minējām iepriekš. Bet bez šiem savienojumiem, kur bez C un H ir O, ir vēl t. s. aldehidi, ketoni, esteri... Tā dabūjam tūkstošus un tūkstošus visdažādāko vielu. Dažādība vēl palielinās, ja molekulās ievedīsim slāpekli. Tā dabūjam visādus amīnus, amīdus, imidus, amīnoskābes... Pretēji skābēm, amīniem ir sārmaina, baziska daba. Organiskās skābes un bazes, un tāpat to sālis, ūdens šķīdumos ionizējas un vada elektrību. Tātad arī šai ziņā starp neorganiskām un organiskām vielām nav nekādas principiālas starpības.

Apskatīsim tagad dažus sintežu piemērus. Ņemsim oglekli, piem., koksa veidā un sajauksim ar dedzinātiem kaļķiem (CaO). Maisījumu ievietosim elektriskā krāsnī un ieslēgsim strāvu. Lielajā karstumā starp oglekli un kaļķiem notiek reakcija, pie kam rodas kalcija karbids un tvans ($CaO + 3\ C = CaC_2 + CO$). Kad krāsns saturs būs atdzisis, izņemsim pelēko karbida masu un apliesim ar ūdeni. Apmaiņas reakcijā no karbida un ūdens rodas acetilēns un kalcija oksids ($CaC_2 + H_2O = C_2H_2 + CaO$). Tā no oglekļa un ūdens ar kaļķa starpniecību esam sintezējuši acetilēnu. No šā nepiesātinātā ogļūdeņraža iespējams tālāk uzbūvēt visdažādākos organiskos savienojumus. Piem., katalizātoru klātbūtnē acetilēnam var ķīmiski pievienot ūdeni, pie kam rodas acetaldehids ($C_2H_2 + H_2O = C_2H_4O = CH_3 — CHO$). Aldehidu oksidējot dabū etiķskābi, bet savienojot ar ūdeņradi - alkoholu. Ace-

tilēns var pārvērsties arī par benzolu. Tas notiek 3 acetilēna molekulām apvienojoties.

Benzolam reaģējot ar slāpekļskābi dabū nitrobenzolu, ko reducējot ar ūdeņradi dabū anilīnu, bet no pēdējā viegli tālāk iegūst visādas anilīnkrāsas.

No acetilēna vēl var iegūt acetonu, butadiēnu un mākslīgu kaučuku. Visādas vielas varam tālāk sintezēt no etiķskābes un spirta jeb alkohola. Ja ik no katrām 2 spirta molekulām ar sērskābes palīdzību atšķeļ 1 molekulu ūdens, tad rodas ēteris. Kā spirta un skābes reakcijas produkti rodas dažādi esteri. Ētera un esteru molekulas jau krietni vien komplicētākas par acetilēna molekulām. Bet var iet vēl daudz tālāk, piem., no etiķskābes un chlora dabū t. s. chloretiķskābi, un ja to saved kopā ar amonjaku (NH_3), tad iznāk aminoetiķskābe: $CH_2(NH_2)CO_2H$.

Kādu laiku par specifisku, no dzīvās dabas nākušo organisko vielu īpašību uzskatīja t. s. optisko aktīvitāti. Ja kādā organiskas vielas molekulā ir C atoms, kam pie katras saites savādāks atoms vai atomu grupa, tad tāda viela spēj griezt polarizētas gaismas plāksni tad, ja tā izšķīdināta. Mēdz teikt, ka optiski aktīvās vielas ir asimmetriskas (piemēri: pienskābe, vīnskābe, cukurs). No skāba piena, kāpostiem vai citiem organiskiem materiāliem iegūtā pienskābe vienmēr ir optiski aktīva. Turpretim sintetiska, mākslīgi iegūta pienskābe ir neaktīva, t. i., polarizētu gaismu (kur viļņu svārstības regulāras, vienā plāksnē) neietekmē. Tas pats sakāms par citām vielām, kuru molekulās ir t. s. asimmetriskais C atoms.

Bet drīz vien arī optiskās aktīvitātes problēma tika visā pilnībā atrisināta. Izrādās, ka sintetiskā pienskābe ir aktīvējama ar optiski aktīvu bazu palīdzību. Neaktīvā, sintetiskā pienskābe nav neaktīva tādēļ, ka tai trūktu kāda specifiskā „dzīvības īpašība", bet tādēļ, ka tā sastāv no vienāda skaita molekulām, kam pretējas simmetrijas īpašības. Asimmetrijas būtiskais pamats ir atomu grupu telpiskais stāvoklis. No sintetiskās pienskābes var dabūt kā „labo", tā „kreiso" pienskābi. Sintezes procesā abu telpiski pretējo konfigurāciju rašanās varbūtība ir vienāda; dzīvā šūniņā turpretim rodas tikai aktīvas asimmetriskas molekulas cita no citas. Ļoti nozīmīgi šai sakarībā arī jaunākie atklājumi par neorganiskām optiski aktīvām vielām, piem., ar četrvērtīgo siliciju kā centrālo, asimmetrisko atomu. Tas pierāda, ka optiskā aktīvitāte nav nekāda oglekļa atomu privilēģija.

Līdz pašam pēdējam laikam valdīja doma, ka organisko vielu molekulas ir pilnīgi noteikti, nemainīgi veidojumi, kamēr vien

tie ķīmiski netiek pārvērsti citās vielās. Pēdējos gados šo klasisko uzskatu nācās revidēt. To piespieda jaunie atklājumi par smago ūdeņradi - deitēriju. Ja smagajā ūdenī izšķīdina kādu organisku vielu, piem., spirtu, cukuru vai aminoskābi, tad nekādas ķīmiskas reakcijas nenotiek. Kad pēc tam vielu no ūdens atkal atšķir un rūpīgi izmeklē, izrādās, ka tās ūdeņradis tomēr pa daļai apmainīts pret deitēriju. Tas ir ļoti nozīmīgs fakts. Ar to molekulas stabilitāte un tās substanciālā nemainība kļūst ilūzoriska. Organisko molekulu substance atrodas maiņā: izšķīdinātās molekulas atomi apmainās ar šķīdumā esošo molekulu atomiem. Ja smagais ūdens savu deitēriju var atdot organisko vielu molekulām, tad arī ūdens molekulas ir tādā pat plūsmā. Tas pats sakāms par tādām neorganiskām vielām kā amonjaks, ūdeņraža peroksids u. c. Visur H apmainās pret deitēriju, kaut gan nekādas ķīmiskas reakcijas nenotiek. Tas tādēļ, ka ūdeņraža un deitērija atomi ļoti līdzīgi. Jāpieņem, ka visur pastāvīgi notiek H atomu apmaiņas. Te tātad nākam pie šāda nozīmīga slēdziena: molekulas nav nemainīgas, bet to atomi atrodas nepārtrauktā apmaiņā ar līdzīgiem vides atomiem. Nemainīga ir tikai molekulas forma un uzbūve, kamēr vien kādi spēki neliek arī tai pārveidoties. Šo faktu gaismā molekulas, tāpat kā atomi, mums parādās kā dinamiskas sistēmas, kuru substance mainās, bet struktūra un forma ir relātīvi nemainīga, apmēram tāpat kā tas ir atomā, vai dzīvā šūniņā.

XVI. MILZU MOLEKULAS

Pēdējos gadu desmitos izaugusi pavisam jauna ķīmijas nozare-lielmolekulāro vielu ķīmija. Gan jau labi sen atpakaļ daži zinātnieki izteica domas, ka dažas dabas vielas, piem., ciete un celluloza varētu būt tādas, kam lielas molekulas. Bet tad vēl to nevarēja pierādīt. Tādi pierādījumi rasti tikai pašā pēdējā laikā, pirms 10—20 g. Tikai tagad zinātnei ir drošas metodes kā noteikt molekulu lielumu un formu. Pēdējā laikā izstrādāti arī daudzi mākslīgu lielmolekulāru vielu sintezēšanas paņēmieni. Ķīmija devusi lielu skaitu šādu lielmolekulāru vielu, un daudzas no tām atradušas pielietošanu technikā. Šīs vielas tomēr mūs interesē arī no tīri zinātniskā viedokļa, jo visnozīmīgākās dzīvo būtņu vielas ir ar milzīgām molekulām. Dzīvības problēmas atrisinājums lielā mērā atkarīgs no panākumiem šai nozarē.

Viens no lielmolekulāro vielu izcilākiem pētniekiem H. Staudinger's par milzu molekulām ieteic uzskatīt tādas, kuŗās vairāk kā 1000 atomu. Šīm 1000 vai vairāk atomārām vienībām jābūt saistītām ar īstām ķīmiskām saitēm, tā kā molekula ir viena noteikta vienība. Salīdzinot ar atomiem un mazajām ūdens, metana, chlora u. c. molekulām, šīs milzu molekulas ir tiešām lielas. Tomēr salīdzinot ar redzamiem ķermeņiem, piem., ar smilšu graudu vai putekli, tās mazas. Arī salīdzinot ar organismu šūniņām, vai ar kādu bacili, milzu molekulas samērā mazas. Parastā mikroskopā, arī vislabākā, nekādas milzu molekulas nevar saredzēt. Patiesībā gan jāsaka, ka varētu būt arī tādas milzu molekulas, kas redzamas un taustāmas. 1000 atomu ir apakšējā robeža, bet augšējās robežas vispār nav. Ja 1000 atomi var saistīties kopā vienā vienībā, tad kāpēc gan nevarētu tāpat saistīties miljoni atomu? Tiešām, tādas milzu molekulas arī pastāv. Par milzu molekulām var pat skaitīt visas cietas vielas, kur atomi saistīti ar īstām kīmiskām valenču saitēm, neizveidojot noteiktus nogrupējumus. Tā skatoties, tad par milzu molekulu var uzskatīt, piem., dimanta kristallu. Pareizāk tomēr runāt par molekulām tikai tad, ja lielmolekulāro vielu var kautkur izšķīdināt un tad molekulai noteikt lielumu.

Lielmolekulāro vielu īpašības lielā mērā atkarīgas no molekulu formas. Ir neskaitāmas mazmolekulāras vielas ar garenām molekulām, bet to īpašības tikai niecīgā mērā noteic iegarenā forma, jo mazām molekulām gaŗuma un resnuma starpība nevar būt necik liela. Lielmolekulārās vielas turpretim var klasificēt tieši vadoties no molekulu formas. Pēc H. Staudinger'a tās iedalāmas divi lielās klasēs: 1) šķiedrainās, lineāri būvētās un 2) ložveidīgās. Milzu molekulas parasti ir vai nu tievi gaŗi stiebri un pavedieni, vai lodītes. Tievas un gaŗas molekulas ir cellulozai, kaučukam, zīdam, bet apaļas, piem., asins hemoglobīnam, aknu glikogenam, hormonam insulinam u. c. Protams, pastāv arī vēl daudzas un dažādas pārejas formas, piem., varam iedomāties vidēji iegarenas milzu molekulas. Tādas ir diezgan daudzām vielām, piem., pienā atrodamam kazeīnam. Tālāk milzu molekulas varam iedomāties plāksnīšu vai lapiņu veidā, bet tādas sastopamas diezgan reti (talkam, vizlai, grafītam). Daudz biežāk nāk priekšā irdenas, žuburainas milzu molekulas. Tādas ir, piem., želatīnai un cietei.

Kā šķiedrainām, tā ložveidīgām, kompaktām milzu molekulām ir savi īpatnēji uzdevumi dzīvos organismos. Gaŗās milzu molekulas ir būvmateriāls, bet apaļās ir organisma transportlīdzekļi. No gaŗājām molekulām veidotas augu šūnu sienas un

Ievērojamais lielmolekulāro vielu pētnieks
H. STAUDINGER'S.

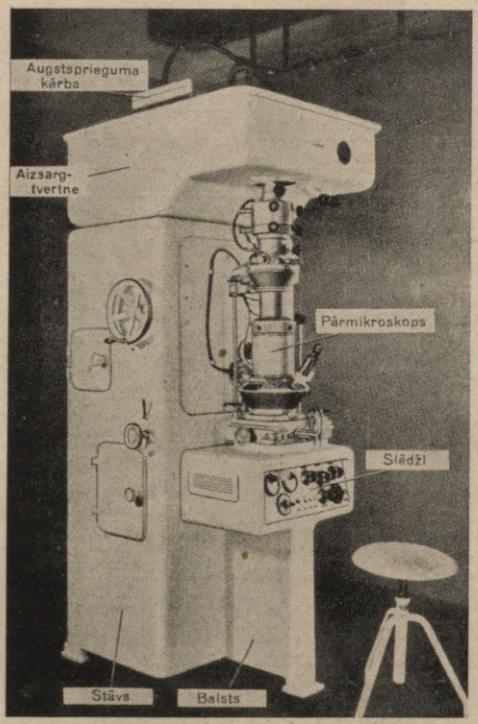
kapillāri, tāpat tādas formas molekulas ir dzīvnieku ādā, cīpslās, skrimšļos, dzīslās, muskuļos. Turpretim ložveidīgās milzu molekulas cirkulē organisma sulās. Kad asinis sarecē - ložveidīgās molekulas pārvēršas šķiedrainās, kas izveido žuburainu tīklojumu.

Arī mākslīgo lielmolekulāro vielu daļiņām var būt visai dažāda forma. Bieži tās ir līneāras vai zarainas, retāk apaļas. Līneārās un žuburainās molekulas viegli var saķerties cita ar citu, tā izveidojot mechaniski izturīgas sistēmas, vai (ar šķidrumiem) recekļainas struktūras. Šādu vielu šķīdumi ir stīgri jeb viskozi, lipīgi, un lēni tek caur kapillāriem. No tādiem viegli dabūt staipīgus pavedienus, kas tālāk tiek izstrādāti par mākslīgām šķiedrvielām un tekstīlmateriāliem. Šķīdinātājam izžūstot līneārās vai žuburainās milzu molekulas dod vairāk vai mazāk caurspīdīgas un plastiskas masas (celluloīds, cellofans, òrganiskais stikls, trolituls u. d. c.). Ložveidīgo molekulu masas turpretim ir drupanas. Starpmolekulārie spēki, kas saista kopā šķiedrainās molekulas resnākos un garākos kūļos, ir samērā lieli, jo diviem vai vairākiem pavedieniem ir liela pieskares virsma; bez tam pastāv tīri mechaniskas savīšanās iespējas. Turpretim ložveidīgās milzu molekulas nevar dot nekādas mechaniski izturīgas struktūras. Lai to vēl labāk saprastu, jāiedomājas kamolu masa (ložveidīgas molekulas) un šo kamolu dziju (līneāro molekulu modelis).

Molekulu formu var noteikt dažādi. Izšķīdināto vielu molekulu formu noteic, piem., ar viskozitātes mērījumu palīdzību. Speciālā aparātā lielmolekulārās vielas šķīdumam liek tecēt caur tievu cauruli un noteic tad iztecēšanas laiku. Jo lielāka viskozitāte, jo ilgāk šķīdums tek. Var arī lodei likt grimt un tad noteikt grimšanas ātrumu: jo lēnāk lode grimst, jo lielāka viskozitāte. Ja pārējie apstākļi (vielas daudzums, temperātūra u. c.) vienādi, tad viskozitātes lielums atkarīgs no molekulu garuma. Vēl drošāks ir sekojošais paņēmiens. Ja kādā šķīdumā ir garenas molekulas, tās atrodas visādos stāvokļos un bez tam vēl pilnīgi chaotiskā Brauna kustībā. Bet ja šādu šķīdumu laiž caur regulāras formas cauruli, tad garās molekulas orientējas straumes virzienā un to kustības vairs nav absolūti chaotiskas. Orientēšanās pakāpe nosakāma ar optiskiem paņēmieniem (orientētas garas molekulas uzrāda t. s. dubultlaušanu), un tā atkarīga starp citu no molekulu garuma. Tātad arī no orientēšanās mērījumiem iespējams noteikt molekulu garumu. Arī ultracentrifuga, difūzijas un osmotiskā spiediena mērījumi atļauj spriest par molekulu formu.

Visdrošākie tomēr ir tiešie novērojumi ar pārmikroskopa jeb elektronu mikroskopa palīdzību. Sasniegumi pār-

mikroskopijas nozarē ir viens no raksturīgākiem piemēriem, kur tiek pārkāptas šķietami nepārkāpjamas robežas zinātnes progresa ceļā. Kamēr vislabākie stikla lēcu mikroskopi var palielināt augstākais 3000 reizes, pie kam vēl izdodas saskatīt ķermenīšus, kuŗu diametrs ir 0,0002 mm, modernie 1937./40. g. pārmikroskopi



10. att. Elektronu mikroskops.

palielina apm. 150 000 reizes. Ar šīs ierīces palīdzību izdodas tieši skatīt daļiņas, kuŗu diametrs vairs ir tikai 0,000001 mm. Pārmikroskopā nav stikla lēcu, bet ar elektromagnētisku spoļu palīdzību tiek koncentrēti un izkliedēti elektronu stari. 1941. g. vācu zinātnieki Ruska un E. Husemane dabūja glikogena molekulu attēlus. Glikogens ir ogļhidrāts, rezerves viela, ko organisms uzkrāj aknās. Jau agrāk H. Staudinger's un Husemane bija paredzējuši (pamatojoties uz viskozitātes un osmotiskā spiediena

mērījumiem), ka glikogena molekulas ir mazas lodītes, kuŗu diametrs var būt dažas miljondaļas mm. Un tiešām - tādas šīs molekulas pārmikroskops arī parādīja. Tā paša 1941. gada beigās M. v. Ardenne's un H. Weber's dabūja arī muskuļu olbaltumvielas, t. s. miozīna molekulu attēlus. Dibinoties uz viskozitātes un tecēšanas dubultlaušanas mērījumiem (orientēšanās efekti straumē) bija paredzēts, ka miozīna daļiņas ir sīki, gaŗi stiebriņi. Un arī šai gadījumā pārmikroskops pilnīgi apstiprināja paredzēto.

Lielākās milzu molekulas cilvēki tātad jau tieši skatījuši, pie kam apstiprinājušies visi netiešie paredzējumi par šo vienību lielumu un formu. Tas nostiprina pārliecību, ka zinātnes slēdzieni paŗ mazākām, vēl tieši nesaskatāmām molekulām, ir pareizi. Protams, visas problēmas arī šeit vēl nav atrisinātas. Daudzu mazo molekulu uzbūves jautājumi labāk noskaidroti nekā lielo. Tas tādēļ, kā lielās molekulas visumā daudz vārīgākas, labilākas, nekā mazās. Milzu molekulas, it īpaši tās, kam komplicēta uzbūve, kā, piem., proteīni, ļoti viegli var pārveidoties, to rēgulārās mikrostruktūras viegli sabrūk. Tievās un gaŗās milzu molekulas savukārt viegli var pārtrūkt vidū pušu. Tas notiek jau intensīvas smalcināšanas procesā. Ja cellulozu intensīvi maļ dzirnavās, tās molekulas kļūst īsākas. Celluloza šķīdumos ir sevišķi jūtīga pret skābekli kas to jo viegli oksidē un saskalda. Līneārās milzu molekulas viegli var salauzt arī ar t. s. ultraskaņas palīdzību. Skaņa ir longitudinālu viļņu process, t. i., materiālas daļiņas svārstās to izplatīšanās virzienā, pie kam izveidojas periodiski mainīgi sablīvējumi un izretinājumi. Skaņas ātrums gaisā ir ap 34 000 cm/sek., bet dzirdamo skaņu frekvence jeb svārstību biežums no 10—20 000 sekundē. Viszemākās skaņas ir ar vismazāko frekvenci un ar vislielāko viļņu gaŗumu - ap 20 metru. Visaugstākās ir ar vislielāko frekvenci un visīsākiem viļņiem - ap 1,7 cm. Tomēr ar īpašiem paņēmieniem izdodas radīt vēl daudz augstākas frekvences longitudinālas svārstības, t. s. ultraskaņu. Auss tādu vairs nedzird, bet tā konstatējama ar dažādām fizikālām metodēm. Piem., ja šķidrumā izplatās tāda ultraskaņa, tur rodas periodiski molekulu sabiezējumi un paretinājumi; ja caur šādu vidi laiž gaismas starus, tie iekļūst it kā režģī un tiek noliekti, pie kam var dabūt spektru (gaišas un tumšas svītras). Tas uzrāda šķidruma molekulu sabiezēšanas joslas, kuŗu attālums tad arī norāda uz ultraskaņas viļņu gaŗumu. Izrādās, ka tas ir ap 0,1—0,0001 cm, un frekvence ap 10^5—10^8 svārstības sekundē. Elektriski ierosināts ultraskaņas raidītājs kvarcs spēj raidīt ultraskaņu, kas ap 10^{10} enerģiskāka par to, ko dod vidējs radioaparāta skaļrunis. Tādēļ

arī ultraskaņas mechaniskā iedarbība ir ļoti spēcīga. Tās ietekmē paceļas temperātūra, baktērijas un mazi dzīvnieciņi tiek nonāvēti, to šūnas stipri bojātas. Lielmolekulāras cietes daļiņas, kas ir it kā irdens pavedienu mudžeklis, tiek sadrupinātas sīkos pavedienos, gabaliņos - dekstrina molekulās.

Vistievākās un gaņākās molekulas ir cellulozai un kaučukam. To resnums ir tikai 5—8 ongstremu, bet gaņums 12 000—15 000 ongstremu jeb 0,0015 mm. Tātad gaņums ir ap 1000 reiz lielāks par resnumu. Ja vien tās nebūtu tik ārkārtīgi tievas, tās varētu saredzēt labā mikroskopā. Niecīgā resnuma dēļ tās tomēr nav saskatāmas pat pārmikroskopā. Varbūt tas izdotos, ja tievajām molekulām sānos piekabinātu kādas masīvas atomu grupas, jo elektronu mikroskops uzrāda masu sadalījumu: jo masīvāka kāda daļiņa jo labāk tā atšķiņama no fona.

Celluloza ir ogļhidrāts, polisacharīds, kas, ja to vāra ar skābēm, pievieno ķīmiski ūdeni un saskaldās, pie kam rodas vīnogu cukurs. Kaučuks ir ķīmiskā ziņa pavisam kas cits - tas ir nepiesātināts ogļūdeņradis.

Sevišķi interesanta ir sintetisko lielmolekulāro vielu nozare, jo šīs vielas ir kaut kas pavisam jauns, dabā nebijis un neesošs. Sintetiskās milzu molekulas izaug no mazām molekulām spontānās apvienošanās reakcijās. Simti vai pat tūkstoši mazu molekulu, ja vien tām piemīt zināma ķīmiska aktīvitāte, apvienojas kopā milzu molekulās. Tādas spontānas apvienošanās reakcijas allaž ietekmējamas arī ar katalizātoru palīdzību, vai ar temperātūru. Parastais apvienošanās veids ir līneāra saistīšanās, pie kam veidojas tievas un gaņas milzu molekulas. Tā apvienojas, piem., butadiēna molekulas, pie kam izveidojas tievi, gaņi diegi, kas sastāda elastīgu, masu - sintetisko kaučuku. Līdzīgi apvienojas (polimerizējas) arī, piem., t. s. vinilchlorida molekulas. (Tās iegūst ja acetilēnu savieno ar chlorūdeņradi.) Iegūtie produkti ir plastiskas masas, ko izlieto pret ķīmikālijam izturīgu tērpu gatavošanai.

Pazīstamie mākslīgie zīdi un vilnas nav sintetiski produkti, bet dabīgās cellulozas un citu dabisku lielmolekulāru vielu pārstrādāšanas rezultāti. Šo materiālu techniskās īpašības ir sliktākas par attiecīgo dabas produktu īpašībām, piem., dabīgā aitu vilna ir labāka par koka vai piena vilnu. No sintetiskiem produktiem izcilas īpašības ir t. s. nailenam (nylon), kas pārspēj dabīgo vilnu un zīdu. Sākvielas nailena fabrikācijā ir akmeņogļu darvas vielas - benzols un fenols. Tās ir mazmolekulāras vielas, kas vispirms jāpārvērš par t. s. diamīniem un dikarbonskābēm. Tas ir

diezgan komplicēts process, kas vēl izmaksā samērā dārgi. Tad seko diamīnu un dikarbonskābju mazo molekulu apvienošana lielās, pie kam iegūst mākslīgas šķiedras. Šai nozarē vislielākie nopelni ir amerikāņu ķīmiķim Keroterам (Carothers), kurš noskaidroja šo apvienošanās mechanismu.

Lai gan nailens pārspēj pat dabīgo zīdu, modernā ķīmija nedz zīdu, nedz vilnu, vai cellulozu mākslīgi izgatavot nespēj. Kā dzīvā šūniņa gatavo cellulozu, vai proteīnus, to arī vēl visā pilnībā nezina. Daudzas lietas baktērija, vai rauga sēnīte spēj paveikt labāk par vislabāko ķīmiķi, kaut arī tas būtu apbruņots ar vispilnīgāko laboratorijas techniku. Te ķīmijas priekšā vēl daudz lielu problēmu. Nemaz nevar droši apgalvot, vai tās visas maz kādreiz izdosies atrisināt, jo dabas vielu dažādība ir neizsmeļama. Jau redzējām, ka ogļūdeņradis, kam molekulā 20 C un 42 H atomi, var būt 21 585 dažādos veidos. Ja pārejam uz vēl lielākām molekulām, tad dažādības strauji aug. Ja molekulā ir 1000 oglekļa atomu, tad izomeru (dažādi uzbūvēto) molekulu skaits ir lielāks par 10^{20}!! No 1000 C atomiem tātad var uzbūvēt simtiem triljonu dažādu molekulu. Dažādība vēl stipri palielinās, ja molekulā ienāk citu elementu atomi, piem., skābeklis, slāpeklis un sērs, kā tas ir proteīnos (olbaltumvielās). Šī ārkārtīgā struktūras dažādība nav aptveŗama. Gan var paredzēt, ka milzu molekulu gadījumā vielas īpašības maz mainīsies, ja lielajā molekulā savu vietu maina tikai daži atomi. Tādām niecīgām maiņām tomēr varētu būt nozīme dažos bioloģiskos procesos, piem., dīgļšūnu genu molekulās, kur katra sīkākā pārmaiņa var radikāli ietekmēt pēcnācēja īpašības.

Pazīstamas nevien mākslīgas organiskas, bet arī mākslīgas neorganiskas lielmolekulāras vielas. Interesants piemērs šeit ir t. s. polifosfornitrilchlorids, ko iegūst no fosfora chlorida un zalmiaka. Polifosfornitrilchlorida molekulas ir tievi, gaŗi stiebri, ko izveido fosfora un slāpekļa atomi, bet virknei sānos piekabināti chlora atomi. Šī jaunviela īpašību ziņā atgādina kaučuku, kam arī šādas gaŗas un tievas molekulas. Tā tad mums te atkal piemērs, kas rāda, ka lielmolekulāru vielu gadījumā jo sevišķi nozīmīga tieši molekulas forma. Gaŗas daļiņas ir arī dažādiem, pēdējā laikā iegūtiem, sintetiskiem silicija savienojumiem, piem., silicija chloridam $S_{25}Cl_{52}$ un t. s. silikoniem. Arī šie produkti atgādina kaučuku: ir labi izolātori, elastīgi, neslapinās ar ūdeni. Te zinātnes un technikas priekšā paveŗas nepārredzamas iespējamības.

Bioloģijas problēmu atrisināšanā vislielākā nozīme tomēr paliek mākslīgām lielmolekulārām organiskām vielām, kas uzbūves ziņā

līdzīgas proteīniem. Tādi ir aminoskābju polimerizāti un arī t. s. polivinilpirrolidons (sk. turpmāk). Te daudz ko jaunu varam gaidīt jau tuvākā nākotnē.

XVII. VIELAS KOLLOIDĀ VEIDĀ

Ja lielmolekulāras vielas izdodas izšķīdināt, šiem šķīdumiem ir visai interesantas īpašības: tie ir kaut kas vidējs starp īstiem šķīdumiem (kādus dod sāls, cukurs, spirts u. d. c. mazmolekulāras vielas) un rupjiem duļķojumiem, kas ar laiku nogulsnējas un ir viegli nofiltrējami. Lielmolekulārās vielas dod t. s. kolloidos šķīdumus.

Pēc Wo. Ostwalda un P. P. v. Weimarna priekšlikuma par kolloidām daļiņām sauc tādas, kuru lielums ir 0,000001 mm — 0,0001 mm. Kādu laiku valdīja uzskats, ka šādas kolloidas daļiņas var būt tikai nedaudzām vielām, galvenā kārtā tām, kas nekristallizējas, ir amorfas. Priekš apm. 40 gadiem P. P. v. Weimarn's tomēr pamatoja domu, ka visas vielas iespējams iegūt kolloidā veidā. Tātad nebūtu pamata runāt par kolloidām vielām, bet tikai par vielu kolloido veidu. Gluži līdzīgi tam, kā vielas var būt gāzes, šķidruma vai cietā veidā, tās var būt arī atomārā vai mazmolekulārā, kolloidā un rupjā sadalījumā. Nodibinājās jauna zinātnes nozare - kolloidķīmija, kas pētīja vielu īpašības atkarībā no sadalījuma pakāpes. Pats Weimarn's eksperimentāli pierādīja, ka daudzas mazmolekulāras vielas, kas parasti dod īstus šķīdumus, piem., sāli, var iegūt kolloidā veidā. Kolloidā veidā var iegūt arī metallus, piem., zeltu, sudrabu u. c., tāpat grafītu, sēru, kvarcu u. t. t. Tādiem kolloidiem šķīdumiem ir visai interesantas īpašības. Tā visas bezkrāsainās vielas, kā cukurs, sāls, ģipsis u. c. kolloidā sadalījumā dod īpatnējus krāsu efektus: pret gaismu skatoties tie izskatās dzelteni vai oranžsarkani, bet no sāniem zilgani. Sudraba kolloidi ir sarkanbrūni, bet kolloidā zelta daļiņas ir, atkarībā no to lieluma, zilas, violetas, vai sarkanas. Parastos mikroskopos šīs mazās daļiņas redzēt nevar, bet to var elektronu mikroskopos. Ultramikroskopā redzamas ir katras mazās vienības atliektās gaismas ripiņas, kas uz tumšā fona mirdz un šaudās visādos virzienos (Brauna kustība).

Viena no kolloidā veida raksturīgākām īpašībām ir lielā virsmas aktīvitāte. Jo stiprāk sasmalcina kādu vielu, jo lielākā tās aktīvā virsma. Iedomāsimies 1 cm^3 lielu sēra kristallu.

Ja tas būs noslīpēts kuba veidā, tā virsma būs 6 cm^2. Ja šo kubu sasmalcināsim līdz kubiņiem ar malas garumu 1 mm, tad dabūsim pavisam 1000 kubiņu, kuru kopīgā virsma nu būs jau 60 cm^2. Ja smalcināsim vēl tālāk, tā kā malas garums tikai 0,1 mm, tad dabūsim 1 miljonu (10^6) kubiņu, ar kopīgo virsmu 600 cm^2. Ar t. s. kolloiddzirnavu palīdzību sēru izdodas samalt pat līdz kolloidiem lielumiem. Ja tā sasmalcina līdz 0,00001 mm lielumam, tad dabūs 10^{18} (triljonu) vienību ar kopīgo virsmu 600 m^2. Tātad 1 cm^3 lielam kristallam, ja to sasmalcina līdz kolloidiem lielumiem, virsma pieaug līdz 600 kvadrātmetriem! Bet jau zinām, ka virsmu atomi ir aktīvāki par tiem, kas iekšienē, jo virsmas atomu spēku lauks var iedarboties arī uz apkārtni. Ar to saprotama smalki sadalīto vielu katalitiskā aktīvitāte un spēja piesaistīt virsmās lielus citu vielu daudzumus (t. s. adsorbcijas parādības).

Interesanti šai sakarībā vēl tas, ka virsma stipri aug, ja ložveidīgas daļiņas tiek izstieptas par līneāram. Kā virsmai tad jāpieaug, to skaidri rāda k a m o l a modelis. Ja kamolu atritina, materiju neesam smalcinājuši, bet virsma pieaug. Tievās kolloidu (līneārkolloidu) daļiņas tātad ar savu lielo virsmu var iedarboties vēl intensīvāk, nekā ložveidīgās, vai kubiskās. Garās līneārkolloidu daļiņas pašas labi saistās kopā un viegli saista klāt arī svešu vielu molekulas.

Kolloidķīmijas kompetenču loks paplašinās ar d i s p e r s a s s i s t ē m a s jēdziena ievešanu. Ja kādā telpā vai homogenā vidē, piem, ūdenī, gaisā, vai stiklā sadalīta kāda cita viela, tad mūsu priekšā ir dispersa sistēma. Atkarībā no vides un tajā izkaisītās vielas agregātstāvokļa varam izšķirt dažādus disperso sistēmu tipus. Tā, parastie kolloidie šķīdumi un suspensijas jeb uzduļķojumi ir sistēmas, kur šķidrā vidē cietas daļiņas. Ja šķidrums sadalīts citā šķidrumā, tad runā par e m u l s i j ā m. Ja gāzē smalki sadalīti pilieni, tad tādu dispersu sistēmu nosauc par m i g l u, bet ja gāzē ir cietas daļiņas, tad dabūjam dūmus. Visiem pazīstamas dispersas sistēmas ar cietu vidi ir dažādi minerāli, metalli un krāsaini stikli. Skaisti sārtajos rubīnstiklos krāsu piešķir kolloidā zelta daļiņas, kas sadalītas stikla masā.

Visos gadījumos disperso sistēmu īpašības lielā mērā atkarīgas no d a ļ i ņ u l i e l u m a. Piem., kad smalkie miglas pilieni saplūst kopā, rodas lieli pilieni, kas vairs nespēj turēties gaisā, bet krīt lejā. Smalkie miglas pilieniņi turpretim noturas gaisā Brauna kustības dēļ, kas gāzēs ļoti intensīva. Tā disperso sistēmu mācība saskaras pat ar m e t e o r o ģ i j u.

Ar ultramikroskopa palīdzību gūtas vērtīgas atziņas par dažādu

dispersu sistēmu īpašībām un pārmaiņām, sevišķi par izpārslošanu jeb koagulāciju. Brauna kustības dēļ kolloidās daļiņas cita citai var uzskriet virsū un abas vienības var sasaistīties un palikt kopā. Tā daļiņu skaits samazinās, bet lielums pieaug. Parasti tas tomēr nenotiek, jo kolloidām daļiņām ir elektrisks lādiņš. To tās dabū vai nu no svešiem, virsmā piesaistītiem ioniem, vai arī tādēļ, ka kolloido daļiņu veidotājas molekulas pašas sašķēlušās ionos. Tā, ziepju kolloidās daļiņas sastāv no taukskābju sāļu molekulām, kas sašķeļas taukskābes anionos un metalla kationos. Taukskābes anioni piešķir ziepju daļiņām negātīvu lādiņu. Tā kā visām daļiņām vienā un tai pašā dispersā sistēmā ir vienādas zīmes lādiņš, tad tās sadursmju gadījumos atstumjas un nevar salipt un izpārslot.

Ar visu to kolloidie šķīdumi un citas dispersās sistēmas ar laiku lēni izpārslo, jeb - kā to bieži mēdz teikt - noveco. Dažādu iemeslu dēļ daļiņas sadursmju gadījumos tomēr saistās, top lielākas un smagākas un pamazām nosēžas, krīt gravitācijas centra virzienā. Jo lielāka ir starpība starp vides un daļiņu blīvumu, jo ātrāk tās krīt, bet ja videi ir lielāks īpatnējais svars kā daļiņām, tad tās uzpeld uz augšu (kreimošanās). - Nogulsnēšanās ātrums ir proporcionāls daļiņu masai un gravitācijas spēkam. Pēdējo var mākslīgi palielināt, ja kolloidu centrifugē. Sevišķi iedarbīgas šai ziņā zviedru ķīmiķa T. Svedberg'a ultracentrifugas, kas spēj dot līdz 150 000 apgriezienu minūtē, pie kam uz daļiņām iedarbīgais spēks miljonreiz pārsniedz zemes gravitācijas spēku. Šādā spēku laukā pārvietojas arī vismazākās daļiņas, pat mazas molekulas nespēj tam pretoties. No daļiņu virzīšanās ātruma, apgriezienu skaita, blīvuma starpībām u. c. lielumiem tad viegli var aplēst daļiņu absolūto masu, lielumu un relātīvo molekulsvaru.

Kolloidu izpārslošanu var sacelt, veicināt vai aizkavēt ar dažādu līdzekļu palīdzību, pie kam dažādi kolloidi šai ziņā izturas visi dažādi. Olbaltums, želatīna, vai ciete viegli izpārslo, ja šķīdumiem pielej alkoholu vai acetonu, bet ar sāls palīdzību tos grūti nogulsnēt. Zelta vai sudraba kolloidšķīdumi savukārt viegli koagulējami ar sāli, bet grūti nogulsnējami ar alkoholu. Izpārslošana allaž panākama arī ar ultraskaņu palīdzību, vai apstarojot ar dažādiem stariem. Tomēr ultraskaņa var iedarboties arī pretēji - kā smalcinātāja un skaldītāja. Siltums visumā veicina izpārslošanu, sevišķi viegli kā zināms karstumā sarec olbaltumi. Sasaldēšana arī visumā veicina koagulāciju. Ja koagulāciju grib panākt ar sāls un alkohola maisījumiem, tad zināmi sāls un alkohola daudzumi izpārslošanu veicina, bet zināmās citās koncentrāciju

robežās alkohols un sāls var kolloidus (sevišķi proteīnus) arī šķīdināt un pilnīgi aizsargāt pret koagulāciju (B. Jirgensona pētījumi laikā starp 1927.—1944. g.).

Apstākļi, kas noteic disperso sistēmu stabilitāti, vēl nav pilnīgi noskaidroti, lai gan šiem jautājumiem liela nozīme, sevišķi dažādu bioloģijas un medicīnas jautājumu noskaidrošanā. Dzīvas būtnes ir kolloidu vielu sistēmas, pie kam te ļoti sarežģītā veidā cita citā iekļautas dažādas dispersas sistēmas. Kauli, muskuļi, āda ir cietas masas, asinis, limfa, piens, siekalas u. c. kolloidi šķīdumi. Neviena problēma te vēl nav pilnīgi atrisināta. Gan zinām, ka te nozīmīgi briešanas un atbriešanas procesi, šūnu caurlaidības maiņas, lādiņu lieluma maiņas, kas sakarā, piem., ar skābuma pakāpes maiņām u. t. t. Bet vēl nav aptveramas šīs parādības visā to organiskā kopsakarībā.

Noteiktas parallēles pastāv starp bioloģisko novecošanos un novecošanos kolloidos šķīdumos un recekļos. Veca organisma kolloidi ir rupjākā sadalījumā un satur mazāk ūdens, nekā jauna organisma kolloidi ar laiku atūdeņojas un izpārslo tāpat kā vienkārši kolloidi. Novecošanās pamats tātad nav nekas mīklains, bet nepārtrauktās molekulu kustības rezultāts.

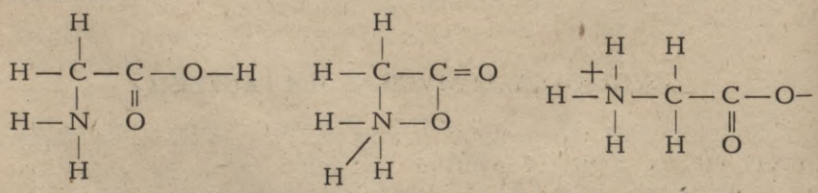
XVIII. OLBALTUMVIELAS JEB PROTEĪNI

Olbaltumvielas jeb proteīni ir vissarežģītākās no visām dabas vielām. Sevišķu ievērību tās pelna tādēļ, ka organismu valstī tās visnozīmīgākās no visām organiskām vielām. Nav nevienas šūniņas, nevienas sīkbūtnes, mikroba vai sēnītes, kur nebūtu šo vielu.

Kas ir proteīni? Pirmkārt, visi proteīni ir lielmolekulāras organiskas vielas, kuru sastāvā ir ogleklis (C), ūdeņradis (H), skābeklis (O), slāpeklis (N) un sērs (S). Dažos proteīnos bez tam vēl ir arī citi elementi, piem., fosfors, jods, dzelzs. Dažādos proteīnos oglekļa ir ap 50—55%, H 6,5—7,3%, O 21—24%, N 14—18%, S 1—2,4%. Elementu analize vien tomēr vēl ļoti maz ko dod, jo izrādās, ka daudziem proteīniem sastāvs tikpat kā vienāds, bet īpašības stipri atšķiras. Tāpat viena un tā paša proteīna elementāranalizes ne katrreiz pilnīgi saskan. Tas tādēļ ka, pirmkārt, ķīmiskās analizes metodes vēl nav tik pilnīgas, ka varētu strādāt bez kļūdām; bez tam proteīnus gruti iegūt vienmēr vienādā mērā tīrus. Dzīvās šūniņās vai organismu sulās tie sajaukti ar tik dau-

dzām citām vielām, un tik cieši saistījušies ar tām, ka gandrīz neiespējami tos iegūt pilnīgi tīrus un reizē nebojātus, nepārveidotus. Nošķiršanas operācijas nav iespējams izdarīt pilnīgi nevainojamā veidā un vienmēr pilnīgi vienādi. Lielās, komplicēti būvētās proteīnu molekulas ir bez tam v ā r ī g a s, labilas.

Par spīti visām šīm grūtībām jaunākā laikā ir izdevies jau daudzus proteīnus iegūt tīru kristallu veidā, sīki noteikt sastāvu un pa daļai arī molekulu uzbūvi. Protams, izšķīrēja nozīme ir m o l e k u l u u z b ū v e i. Laikā starp 1890.—1920. g. E. F i s c h e r's, E. A b d e r h a l d e n's u. c. pierādīja, ka olbaltumvielu molekulas sastāv no daudzām, dažādām a m i n o s k ā b ē m, kas ķīmiski saistījušās kopā milzu molekulās. Ja proteīnus sagremo, vai vāra ar skābēm vai sārmiem, tad tie saskaldās, pie kam dabū daudzu, dažādu aminoskābju maisījumu. Tagad kā proteīnu skaldprodukti iegūtas jau kādas 25 aminoskābes. Tās ir visai interesantas mazmolekulāras vielas. Visvienkāršākā no tām ir aminoetiķskābe jeb glikokols. Tā ir bezkrāsaina, kristalliska viela ar saldu garšu. Tā pilnīgi neitrāla un labi šķīst ūdenī. Tās sastāvā ir ogleklis (C), ūdeņradis (H), skābeklis (O) un slāpeklis (N). Noskaidrota arī uzbūve, kas var būt trejāda, kā to rāda uzbūves formulas:



Mēģināsim mazliet iedziļināties šo vielu ķīmijā, jo varbūt no tās atkarīga visas dzīvības problēmas izpratne. Kā jau no uzrakstītām formulām redzams, aminoskābe var pārveidoties, m a i n ī t s a v u u z b ū v i. Visas aminoskābes bez tam d i v d a b ī g a s, jo vienā un tanī pat molekulā ir apvienotas skābes un bazes īpašības. Skābes īpašības noteic atomu sagrupējums COOH, bet bazes īpašības NH_2-grupa. Rezultātā skābā grupa neitrālizē bazisko, tā kā iznāk gredzens: molekulas viens gals reaģē ar otru. Gredzens tālāk var skaldīties un ionizēties, pie kam molekulas viens gals iegūst p o z i t ī v u, bet otrs n e g ā t ī v u lādiņu. Viegli saprotams, ka šādas polāri ionizētas molekulas ir visai iedarbīgas, pie kam var izveidoties visādas labilas kombinācijas. Aminoetiķskābe ir visvienkāršākā aminoskābe; bet ir arī tādas, kam molekulā 1 skābes un 2 bazes grupas, vai 2 skābās un 1 baziskā atomu grupa, ar ben-

zola gredzeniem, sēru, vai ar slāpekli saturošiem gredzeniem. Viss tas lietu padara vēl komplicētāku.

Proteīnu molekulās aminoskābes saistītas zināmā kārtībā. Tā vienmēr tāda: vienas aminoskābes skābais gals saistās ar otras aminoskābes bazisko galu, pie kam notiek ķīmiska iedarbība, kuŗas rezultātā abas molekulas saistās un atskaldās ūdens. Katra aminoskābe tā var reaģēt abos gaļos, pie kam izveidojas gaŗas aminoskābju virknes. Bet tā kā dažām aminoskābēm ir arī aktīvas vēl citas vietas (piem., otra skābes grupa), tad aminoskābju virknes var saistīties arī savā starpā, tā izveidojot 2 un 3-dimensionālas struktūras. Galu galā tā izaug milzu molekulas, kam var būt visai dažāds lielums un forma.

Visas aminoskābes ir sintezētas jau sen. Jau sen izdarīti arī proteīnu sintezēšanas mēģinājumi, kas visi līdz šim beigušies bez sekmēm. Pakāpeniski un plānveidīgi sakabinot vienu aminoskābes molekulu ar kādu citu (sakabināšana neizdodas ar parastu aminoskābi, bet jāņem iedarbīgāki to atvasinājumi) līdz šim izdevies mākslīgi pagatavot tikai dažādus t. s. polipeptidus, kur sakabinātas tikai pāris desmit aminoskābes molekulas. Īstās proteīnu molekulās turpretim ir vairāki simti vai pat tūkstoši mazo aminoskābju molekulu. Vispārīgi šādas pakāpeniskas sintezes ir ļoti grūtas un īstas olbaltumvielas šādā ceļā iegūt nav nekādu izredžu. Bet ar to nav teikts, ka proteīnu sintezes vispār nebūtu iespējamas. Amerikāņu ķīmiķis K e r o t e r s ir atradis metodi ar kuŗas palīdzību aminoskābes molekulas var piespiest apvienoties apmēram tāpat, kā to dara ar daudzām citām mazmolekulārām vielām (sk. 140. lpp). Tā jau izdevies iegūt šķiedrainas proteīniem līdzīgas lielmolekulāras vielas, ko gan nevar skaitīt par īstiem proteīniem. Ir izredzes gūt labākus panākumus ar katalizātoru palīdzību.

Proteīnu dažādība ļoti liela. Starp piena kazeīnu, asins haimoglobīnu, želatīnu un vilnu vai zīdu ir liela starpība. Ragvielas, vilnas un zīda proteīnus nekur nevar izšķīdināt, bet skābes un sārmi tās saēd un radikāli pārveido (saskalda aminoskābēs). Turpretim haimoglobīna, insulīna, edestīna u. d. c. proteīnus var šķīdināt un atkal nogulsnēt, pat kristallizēt. Var gan šaubīties par to, vai dzīvā šūniņā proteīna molekula ir tāda pat ka kristallā, jo vārīgās proteīnu molekulas viegli var zaudēt savas dabīgās īpašības, jeb, kā mēdz teikt - viegli denaturējas.

Viena no proteīnu galvenām īpašībām ir to m o l e k u l s v a r s, resp d a ļ i ņ u l i e l u m s. To tagad iespējams precīzi noteikt ar dažādiem paņēmieniem, piem., ar osmotiskā spiediena vai difūzi-

jas mērījumu palīdzību; bet visdrošākos skaitļus dod ultracentrifuga. Modernās metodes dod saskanīgus skaitļus, tā kā proteīnu molekulu lieluma jautājums uzskatāms par atrisinātu. Šeit vēl tik jāpiebilst, ka proteīnu molekulu lielums šķīdumos var viegli mainīties. Tas notiek, piem., ja mainās vides skābuma pakāpe. Molekulu lieluma maiņas allaž ir reversiblas, t. i., lielās molekulas var sadrupt mazākās un tās savukārt atkal apvienoties lielās, ja attiecīgi maina skābuma pakāpi. Nav grūti saprast, cik ievērojams šis fakts vispārīgajā dzīvības problēmatikā.

Lielā zviedru zinātnieka T. Svedberg'a un viņa skolas (Pedersen'a, Tiselius'a, Erikson'a, Polson'a u. c.) pētījumi ar ultracentrifugu (1925.—1940. g.) bez tam veduši pie šādām nozīmīgām atziņām: Daudzi dabīgie proteīni ir pilnīgi viendabīgi, t. i., sastāv no vienāda lieluma molekulām. Ja tās skaldās, tās skaldās rēgulāri, pie kam skaldproduktu molekulas ir 2, 4, vai 8 reiz mazākas par pirmatnējām molekulām. Arī dažādo viendabīgo proteīnu molekulsvari attiecas cits pret citu kā mazi veseli skaitļi, kā tas redzams sekojošā tabulā.

Dažādu proteīnu molekulsvari un molekulu lielumi.

Proteīns	Materiāls, no kā iegūts	Molekulsvars (H_2O = 18)	Vienību 17 600 skaits	Molekulas diametrs mm
Laktalbumīns	Piens	17 500	1	
Mioglobīns	Zīdītāju muskuļi	17 350	1	
Insulīns	Pankreasa dziedzeri	38 000	2	0,0000044
Ovalbumīns	Vistas ola	40 500	2	0,0000045
Ceīns	Kukuruza	40 000	2	
Laktoglobulīns	Piens	38 000	2	
Pepsīns	Kuņģa sula	37 300	2	
Haimoglobīns	Zirga asinis	68 000	4	
Haimoglobīns	Cilvēka asinis	63 000	4	
Serumalbumīns	Zirga asinis	69 000	4	
Difterijas toksīns	Asins serums	72 000	4	
Haimocianīns	Limulus asinis	104 000	6	
Serumglobulīns	Asins serums	103 000	6	
Edestīns	Kaņepju sēklas	208 000	12	0,0000080
Ekscelzīns	Para-rieksti	212 000	12	0,0000080
Legumīns	Pākšaugi	208 000	12	
Haimocianīns	Palinurus asinis	446 000	24	
Haimocianīns	Nephrops asinis	820 000	48	
Eritrokruorīns	Planorbis	1 587 000	96	
Haimocianīns	Rossia asinis	3 316 000	192	
Haimocianīns	Helix asinis	6 650 000	384	0,000025

Aplūkojot tabulas datus redzam, ka lielākās un smagākās proteīnu molekulas tiešām it kā sastādās no zināma skaita mazāku vienību, kuŗas relātīvais molekulsvars = 17 600. Šāda vienība ir ap 1000 reiz lielāka par ūdens molekulu, kuŗas relātīvais svars = 18. Pamatvienībā, kas atbilst piena albumīna vai muskuļu globīna molekulas lielumam, tātad ir vairāki tūkstoši atomu. Reizinot 17 600 ar 2 dabūjam 35 200. Insulīna, olu albumīna u. c. molekulsvars tomēr lielāks par šo skaitli, pie kam visā šai grupā molekulsvari svārstās starp 37 000 un 40 500. Tā pamats var būt dažādais dažādo aminoskābju daudzums proteīnos. Tas pats sakāms par citām lieluma klasēm.

Rūpīgus pētījumus par aminoskābju daudzumiem un proteīnu struktūru 1935.—1938. g. izdarījuši Bergmann's un Niemann's. Viņi nāk pie slēdziena, ka dažādās aminoskābes sakārtotas noteiktā, rēgulārā kārtībā. Katras aminoskābes molekulu skaits kādā proteīna molekulā ir skaitļa 2 vai 3 reizinājums. Mazākais aminoskābju molekulu skaits, kas, saskaņā ar viņu apsvērumiem var dot rēgulāri būvētu vienību, ir $288 = 2^5 . 3^2$. Šādas vienības relātīvam svaram jābūt ap 34 500...

Lai arī kā tas būtu, proteīnu molekulām ir rēgulāra, periodiska struktūra, kur zināmā kārtībā cita ar citu saistītas aminoskābes. Tās izveido lielmolekulāras vienības ar molekulsvaru 17 600, vai 35 000, kas, savukārt rēgulāri saistoties, izveido vēl lielākas milzu molekulas. Ka proteīnu molekulām rēgulāra struktūra, to pierāda starp citu arī jaunākie pētījumi ar X-stariem par proteīnu kristallu uzbūvi. Vispilnīgāk šai ziņā izpētīts insulīns. Tomēr arī šai gadījumā aminoskābju kārtība vēl visos sīkumos nav zināma.

Dažādo proteīnu īpašības vēl lielā mērā atkarīgas no molekulu formas. Šai ziņā visi proteīni tagad tiek iedalīti 2 lielās klasēs: sfairoproteīnos un līneārproteīnos. Pirmajiem molekulas ir mazas lodītes, vai arī daudzstūraini kristalliski graudiņi, vai līdzīgi veidojumi. Parasti sfairoproteīnu molekulas ir iegarenas, cilindriskas vai olveidīgas. Visu šo olbaltumu šķīdumi ir ar mazu viskozitāti. Sfairoproteīni šķīst ūdenī, sāļu vai bazisku vielu šķīdumos. Šai grupā pieder visi albumīni, daudzi globulīni, insulīns, pepsīns un haimoglobīns. Visi bioloģiski nozīmīgie proteīni ir ar korpuskulāram daļiņām, kam ļoti rēgulāra struktūra. Citādi tas ir ar šķiedrainajiem līneārproteīniem, piem., vilnu, ādas un saišķaudu kollagenu un želatīnu. Atkārībā no iegūšanas veida tie vairāk vai mazāk labi šķīst, pie kam molekulas nav vienāda lieluma. Ar rentgenografijas palīdzību rēgulāras struktūras konstatējamas arī, piem., dabīgā zīda un vilnas šķiedrās, bet bez šīs

rēgulārās, kristalliskās daļas ir vēl cita, amorfa. Interesanti tas, ka sfairoproteīni, ja tos denaturē, piem., stipri karsē, pārvēršas līneārproteīnos. Augstas temperātūras vai dažu vielu iespaidā rēgulāri būvētās, korpuskulārās proteīnu molekulas izīrst un rodas mazas peptidvirkņu šķiedriņas. Līneārproteīnus vispār mēdz uzskatīt par denaturētiem sfairoproteīniem. Sevišķi lieli nopelni šo jautājumu pētīšanā ir angļu zinātniekam Estberijam (W. T. Astbury).

Sfairoproteīni ir it kā rēgulāri satīti aminoskābju virkņu kamoli, kamēr līneārproteīni sastāv no garām, kūļos saistītām un vairāk vai mazāk savītām virknēm. Kad olu vāra, albumīns sarec un kļūst ciets, pie kam dabūjam elastīgu recekli. Šādas pārvērtības pamats ir albumīna kamoliņu atšķetināšanās karstuma ietekmē, pie kam rodas virknīšu režģis, kas ietveŗ sevī arī šķidruma molekulas.

Sfairoproteīnu molekulas var arī citādi pārveidoties. Ja uz ūdens virsmas uzmanīgi uzpilina albumīna šķīdumu, tas, virsmas spēku ietekmē, pilnīgi nesajaucas ar ūdeni, bet albumīna molekulas paliek uz virsmas. Virsmas spēku ietekmē tās tur īpatnēji denaturējas, šai gadījumā kļūst plakanas: no korpuskulārās albumīna molekulas it kā cits pēc cita noslīd plāni slānīši. Sfairoproteīnu molekulām tātad var būt arī kārtaina struktūra (holandieša Gortera darbi).

Tagad noskaidrots ari fakts, ka t. s. albumīni, globulīni un kazeīni nav kādas stingri norobežojamas proteīnu klases, bet daudzos gadījumos vienā un tai pašā vidē (piem., pienā, asinīs, augu sulās) atrodamie globulīni var pārvērsties albumīnos u. t. t. Globulīnu daļiņas parasti lielākas par albumīnu daļiņām. Kamēr globulīni šķīst tikai sāls vai sārmu šķīdumos, albumīni šķīst tīrā ūdenī. Ja kartupeļu sulu paskābina, tur esošais globulīns pārvēršas pa daļai albumīnā, pa daļai grūti šķīstošā, kazeīnam līdzīgā proteīnā. Tā var iegūt kartupeļu albumīnu, kas ļoti līdzīgs olu baltumvielai. Albumīni ir sfairoproteīni, kas diezgan viegli pārvēršas un maina formu. Ja kartupeļu albumīna šķīdumu silda, arī tā kamolainās molekulas atritinās un kļūst šķiedrainas. Tas pats notiek, ja uz dažādiem sfairoproteīniem iedarbojas ķīmiski, piem., ar slāpekļa paskābi (B. Jirgensona 1942.—1945. g. pētījumi, tagad publicēti arī Journ. of Polymer Science, Amerikā).

Viegli saprotams, cik liela var būt proteīnu dažādība struktūras ziņā, ja iedomājamies daudzās aminoskābju saistīšanās iespējas. Ievērojamais proteīnu pētnieks Abderhalden's šo dažādību iespējas salīdzina šādi. Tāpat kā no 20 alfabēta burtiem varam

sakombinēt neskaitāmus vārdus, tā arī 20 aminoskābēm dažādi saistoties var veidoties neaptveŗami liels proteīnu skaits. Bet cik daudzus proteīnus ķīmiķi jau pazīst kā noteiktas atšķirīgas vielas? Šis skaits nav pārāk liels. Tas pa daļai tādēļ, ka proteīnu nošķiršanas un identificēšanas metodes vēl ļoti nepilnīgas. Tikai pašā pēdējā laikā pierādīts, ka, piem., molekulsvara ziņā viendabīgais serumalbumīns tomēr ir maisījums, ko var sadalīt frakcijās ar elektroforezes palīdzību, t. i., laižot caur albumīna škīdumu līdzstrāvu, pie kam dažādām frakcijām ir dažāds pārvietošanās ātrums un tās noslāņojas. (Elektriskā laukā proteīnu molekulas kustas tādēļ, ka tām ir elektrisks lādiņš, ko piešķiŗ molekulas virskārtā esošās ionogenās COOH un NH_2-grupas. Parasti kādas no tām pārsvarā, tādēļ molekulām ir vai nu pozitīvs vai negātīvs lādiņš). Ja vienādi lielām molekulām ir dažāds elementārlādiņu (ionu) skaits, tad to pārvietošanās ātrums elektriskā laukā ir dažāds. Vēl tomēr iespējams, ka molekulu lielums, forma un arī lādiņš vienāds, bet dažāda ir iekšējā struktūra, aminoskābju saistīšanās kārtība. Šo ieksējo atšķirību tad nosaka ar specifiski bioloģisku, piem., immūnoloģisku reakciju palīdzību, t. i., kad divus šādus varbūtēji dažādas iekšējas struktūras proteīnus injecē asinīs un novēro immūnoloģisko efektu. Adaiŗ'am tomēr ar elektroforezes palīdzību ir izdevies atšķirt aitas embrija un mātes proteīnus. Visai iespējams, ka nākotnē atradīs vēl vairākas līdzīgu proteīnu raksturošanas un atšķiršanas metodes. Līdz ar to var sagaidīt, ka noteikti raksturojamo proteīnu skaits stipri pieaugs. Jau ar ultracentrifugu var pierādīt dažādo haimocianīnu (sk. tabulu) atšķirības, ja tie ņemti no dažādu dzīvnieku asinīm. Nedaudz atšķiŗas arī cilvēka un zirga asins haimoglobīna molekulsvars. Pašā pēdējā laikā (1935.—1945.) T. Svedberg'a institūtā (Upsalā, Zviedrijā) un arī dažos USA institūtos ar ultracentrifugām un citiem līdzekļiem mēģina atrast atšķirības arī starp vesela un slima organisma proteīniem dažādu slimību gadījumos.

Grūta bet ļoti nozīmīga arī problēma par lielo sfairoproteīna molekulu izveidošanos. Kā dzīvajā šūnā sfairoproteīnu molekulas var izaugt? Līneārproteīnu gadījumā lieta vienkārša: aminoskābes virknējas cita citai klāt un virknes kļūst arvien gaŗākas. Vai arī sfairoproteīni radušies šādā pat veidā? Vai arī sfairoproteīna pirmveids ir gaŗa virkne, kas vēlāk salokās? Šādas domas ir izteiktas. Bet var būt arī citādi. Tā, pazīstamais vācu teorētiķis P. Jordans nāk pie slēdziena, ka sfairoproteīni nav radušies no līneārproteīniem, bet gan no jau esošām sfairoproteīnu molekulām, kas skaldās mazākās vienībās, kuŗas tad, saistot dažādus

proteīna skaldproduktus, pieaug. Piem., kāds sfairoproteīns ar molekulsvaru 70 000 skaldās 4 mazākās, tāpat korpuskulāri būvētās vienībās, kas tad tālāk atkal pieaug līdz molekulsvaram 70 000. Kad šo problēmu izdotos vienādi vai otrādi atrisināt, būtu likts pamats bioloģiskās vairošanās izskaidrojumam, kas ir viena no grūtākām un nozīmīgākām zinātnes problēmām vispār.

XIX. DZĪVA BŪTNE VAI MILZU MOLEKULA?

Jau pagājušā gadsimta beigās bija aizdomas, ka varētu būt sīkbūtnes, kas vēl daudz mazākas par baktērijam. Mikrobiologu pētījumi pierādīja, ka daudzas slimības ierosina un izplata nevis noteikta veida baktērijas, bet kādi mikroskopā nesaskatāmi ierosinātāji. Piem., masalu, bērnu triekas, vēja baku, mutes un nagu sērgas dīgļus vislabākos mikroskopos neizdevās saskatīt. Tādēļ arī biologu starpā nebija īstas vienprātības par to, vai šo slimību sacēlēji maz uzskatāmi par sīkbūtnēm. Daudzi izteica šaubas, vai dzīvības funkcijas, kaut arī viselementārākās (vielu maiņa un vairošanās), varētu būt sakopotas tik niecīga lieluma būtnē, kas mazāka par vismazākiem mikroskopā redzamiem objektiem. Tādēļ šos slimību ierosinātājus nosauca par virusiem, kas nozīmē - indes. Slimību tātad izplata indes molekulas, pie kam tomēr jāpieņem, ka tās var pavairoties, jo citādi nav iespējams saprast slimības izplatīšanos. Šīs molekulas tātad būtu īpatnējas vairoties spējīgas molekulas.

Uzlabojot mikroskopijas techniku un atrodot piemērotus krāsošanas līdzekļus, vēlāk izdevās dažu sugu virusus padarīt mikroskopā tieši redzamus. Vispirms atklāja lielākos no virusiem, piem., baku vakcīnu virusus. Baku virusu caurmērs ir ap 0,00015 mm, kamēr tuberkulozes baciļa lielums ir ap 0,002 mm. Daudz mazāki par baku virusiem ir, piem., bērnu triekas dīgļi. To diametrs ir tikai ap 0,000007 mm, t. i., tie ir tik lieli, kā vidēja lieluma proteīnu molekulas. Sākumā šo mazo virusu nošķiršanai un lieluma noteikšanai izlietoja t. s. ultrafiltrus. Parastais filtrpapīrs visas mazās baktērijas un, protams, arī virusus viegli laiž cauri. Ja filtrē caur speciālu blīvāku papīru, tad baktērijas tiek aizturētas, bet virusi ne. Bet ja filtrē caur kollodija vai cellofana plēvi, tad, atkarībā no plēves poru lieluma, tiek aizturēti vai nu visi, vai tikai lielākie virusi. Tā izdodas virusus nošķirt un, zinot poru lielumu, var tiem aptuveni noteikt arī lielumu. Vēl precīzāk

virusu lielumu vēlāk noteica ar ultracentrifugas un pārmikroskopa palīdzību. Pārmikroskops parādīja arī virusu iekšējo uzbūvi. Līdz ar to atklājās virusu valsts ārkārtīgi lielā dažādība. Lielākie no virusiem visai līdzīgi baktērijām, tā kā starp virusiem un baktērijām nav novelkama stingra robeža. No otras puses - mazākie no virusiem nav pat konstatējami ar elektronu mikroskopu.

Virusu un baktēriju galvenā atšķirība tā, ka baktērijas (lai gan ne visas) var kultivēt nedzīvā barības vidē, kamēr virusi vairojas vienīgi dzīvās šūniņās. Domājams, ka tas sakarā ar virusa „organisma" sevišķi elementāro struktūru. Patiesībā nav īsta pamata runāt par virusa organismu, jo viss virusa ķermenītis, vismaz dažos līdz šim labi izpētītos gadījumos, ir viena liela molekula.

Ka tiešām ir pamats runāt par virusiem kā milzu molekulām, to skaidri rāda Stenlija (Stanley), Vikofa (Wykoff) un viņu līdzstrādnieku pētījumi par dažādu augu slimību izplatītājiem virusiem (1935.—1940. g.). Šie zinātnieki strādā USA slavenajā Rokfellera institūtā pie Princetonas universitātes, kur pētnieku rīcībā ir lieli līdzekļi. Minētie zinātnieki izvēlējās t. s. lapu mozaīkslimību radītājus virusus galvenā kārtā tādēļ, ka tie viegli dabūjami lielākos daudzumos. (Lapu virusi nodara lauksaimniecībā un dārzkopībā milzu zaudējumus, tādēļ attiecīgiem pētījumiem ir arī liela praktiska nozīme.) Virusa iegūšanai vienā paņēmienā pārstrādāja 5 tonnas slimu tabakas lapu, un, pēc komplicētiem saudzīgas nošķiršanas un koncentrēšanas paņēmieniem beidzot ieguva meklēto vielu pilnīgi tīrā veidā kā kristallus. Vēlāk līdzīgā veidā ieguva arī citus virusus.

Virusa kristalls ir kristallizētu sīkbūtņu kopa. No vienas puses viruss te izturas kā nedzīva lielmolekulāra viela, un Stenlijs to arī vienkārši nosauc par virusu proteīnu. Ķīmiskā sastāva un arī kolloidķīmisko īpašību ziņā virusi visai līdzīgi parastiem proteīniem. Virusi ir nukleoproteīdi, t. i., t. s. nukleīnskābes saturoši proteīni. (Nukleīnskābei ir vidēji lielas organisku vielu molekulas, kas starp citu satur fosforu.) Interesanti tas, ka pie nukleoproteidiem pieder arī šūnu kodolu olbaltumvielas. Ar X-staru (rentgenografijas) u. c. metožu palīdzību jaunākā laikā gūtas vērtīgas atziņas par šo lielmolekulāro vielu uzbūvi. Tā, pierādīts, ka nukleīnskābes grupas virusu molekulās atkārtojas periodiski, tās cita no citas stāv noteiktos, rēgulāros attālumos.

1937. gadā izdevās kristallu veidā iegūt arī dažus dzīvnieku

slimību virusus, piem., t. s. truša acs papilloma virusu. Tā aktīvitāte tik liela, ka ar 1 mg virusa var inficēt 1 miljonu trušu. Arī tabakas mozaīkvirusu aktīvitāte milzīga. Niecīgs virusa puteklītis uz lapas rada slimību, kas izplatās tālāk uz citiem stādiem un pārņem visu plantāciju. No slimajiem augiem, ja tos pārstrādā, var iegūt biljonreiz lielākus šā paša virusa daudzumus. Tātad virusi vairojas. Bet kā? Vai šī vairošanās salīdzināma ar šūnu dalīšanos, vai arī te notiek kāda autokatalitiskas dabas reakcija? Vai virusa ķermenītis ir dzīva būtne, vai nedzīva molekula?

Tā jautājumi tiek formulēti no stingri zinātniskās loģikas viedokļa. Bet stingrā loģika allaž īstenību „sagraiza" pārāk rupji. Tā nostāda problēmu pārāk rupji starp „ja" un „ne". Liekas, ka tā tas ir arī šeit. Virusu valstī ir liela dažādība. Paši lielākie virusi vairojas līdzīgi baktērijām, bet kā vairojas mazākie un vienkāršāk būvētie virusi? Tabakas mozaīkvirusi ir stiebrveidīgi un tiem nav nekādas histoloģiskas struktūras. Nav nekādas starpības starp šiem stiebriem un kāda parasta „nedzīva" proteīna molekulām. Virusu pētnieku vidū tagad valda doma, ka virusu vairošanās ir autokatalitiska reakcija, tātad kaut kas vienkāršāks nekā šūnu dalīšanās. Varam domāt, ka viruss ir katalizātors, kas veicina citu šūniņās esošo proteīnu pārvēršanos par virusu. It viegli tā varētu pārvērsties šūnu kodolu nukleoproteidi, jo tie virusiem ķīmiskā ziņā tuvi. Virusu slimības izplatīšanās tātad nebūtu nekas cits, kā slimīgs šūnu kodolu substances vairošanās process.

Kā izolēta, cieta viela viruss pilnīgi līdzīgs nukleoproteidiem. Arī tīru virusu šķīdumi ir parasti kolloidi. Molekulas tur nedalās un nevairojas, bet gan, piem., atkarībā no vides skābuma pakāpes, var mainīt savu lielumu. Vai virusa molekulas šķīdumā un kristallā ir dzīvas vai nedzīvas? Šķiet, ka tās nedzīvas, līdzīgas parastām milzu molekulām. Bet viruss it kā atdzīvojas, kad tas nonāk attiecīgā vidē, t. i., piemērotās šūnās. Tad virusa molekulas sāk augt un pavairoties. Bet vai arī parastie proteīni, piem., haimoglobīns vai albumīns zināmos apstākļos nekļūst dzīvi? Olas dīglī ir maz albumīna, bet olai pieaugot tas pavairojas. Tāpat pavairojas insulīna molekulas pankreasa dziedzerī, pepsīna molekulas kuņģa sieniņās u. t. t. Vai tur, organismā šīs molekulas dzīvākas nekā tad, kad tās izolētas? - Jau redzējām, ka pietiekami saudzīgi rīkojoties virusus iespējams iegūt tīru kristallu veidā. Ja nu pieņemam, ka dzīvajā organismā virusa molekulas bija dzīvas, tad izolēšanas procesā tās tomēr nav nonāvētas, jo beigtais vairs atdzīvoties nevar. Bet virusa molekulas, tiklīdz nokļūst piemērotā

vidē, sāk pavairoties, tās atdzīvojas. Tāpat tad būtu pamats teikt, ka asinīs esošais haimoglobīns ir dzīvāks, nekā kristallizētais. Tad būtu arī jāsecina, ka aminoskābes molekula kristallā nedzīva, bet organismā dzīva...

No visa tā nākam pie slēdziena: nav robežu starp dzīvo un nedzīvo. Nebūtu jēdzīgi visas dzīvā organismā esošās molekulas uzskatīt par dzīvām, vai īpatnēju dzīvības spēku apdvestām. Nākošās nodaļās redzēsim, ka mākslīgās, sintetiskās fizioloģiski aktīvās vielas organismā darbojas gluži tāpat kā dabīgās. Visas molekulas, vienalga, vai tās iegūtas no dzīviem organismiem vai mākslīgi, vai tās lielas vai mazas, organiskas vai tīri neorganiskas - šķīdumos ir aktīvākā, labilākā stāvoklī, nekā kristallā. Šķīdumos molekulas intensīvāk kustas un to atomi apmainās ar līdzīgiem vides atomiem. Nav nekāda pamata, piem., cukura molekulu šaī ziņā skatīt citādi kā virusa molekulu. Pastāv „dzīvīguma" nepārtrauktība. Kristallos molekulas visnedzīvākās, jo spēj izdarīt tikai aprobežotas svārstības; jau dzīvākas tās šķīdumos, kur norit atomu apmaiņas ar vidi; visdzīvākās tās dzīvā organismā. Kuŗā stāvoklī molekula top „īsti dzīva"? Nav tādas stāvokļa robežas. Tāpat nav nosakāma tā struktūru komplicētības robeža, kur varētu dzīvu atšķirt no nedzīva.

„Dzīvs" un „nedzīvs" ir tīri konvencionāli apzīmējumi, kas ar relātīvi lielu skaidrību lietojami tikai augsti organizētu dzīvnieku valstī. Virusu un citu līdzīgo objektu pasaulē dzīvā un nedzīvā atšķirības daudz nenoteiktākas. Ja mazos virusus skaita par nedzīvam proteīnu molekulām, apmēram kā cukuru vai aminoskābi, tad nav pamata par nedzīviem neskaitīt arī lielos virusus. Bet starp lielajiem virusiem un baktērijam ir nepārtrauktas pārejas. Vai tad arī baktērijas lai skaita par nedzīvām? - To nevar. Dabā pastāv dažāda lieluma un formas molekulas, kam līdz ar to dažādā mērā komplicēta uzbūve, dažāda aktīvitāte un labilitāte. Atkarībā no visa tā tad arī parādās dažādas pakāpes „dzīvīgums". Tieši jaunākā laikā atklājas arvien vairāk visādu lielmolekulāru kompleksu, ko tikpat labi var pieskaitīt sīkbūtņu kā lielmolekulāro vielu pasaulei.

Viens tāds piemērs ir t. s. baktēriofagi jeb baciļu ēdēji, ko atklāja franču biologs Derells (d' Herelle). Viņš novēroja, ka dažos gadījumos pašas baktērijas it kā saslimst. Mikroskopā var novērot, ka tās lāga nevairojas, to organismā parādās robi, kas ķļūst arvien lielāki, līdz mikrobs pilnīgi izšķīst. To padara baktēriofagi, kas ir daudz mazāki par baktērijām, mikroskopā neredzami, apmēram tik lieli kā mazie virusi. Ar moderno elektronu

mikroskopu palīdzību dažu sugu baktēriofagi ir padarīti redzami. Tiem nav nekādas histoloģiskas struktūras. Tātad baktēriofagi ir milzu molekulas, kas ķīmiski iedarbojas uz baktēriju proteīniem, tos iebūvējot sevī. Baktēriofagi autokatalitiski pavairojas uz baktērijas vielu rēķina. Ja šo nozari izdotos zinātniski pilnīgi pārvaldīt, t. i., likt baktēriofagiem iedarboties uz dažādām kaitīgām baktērijām un virusiem, pie kam tā, lai tie nekaitētu organismam, tad tas būtu milzīgs sasniegums. Nevien zinātne, bet arī praktiskā medicīna nākotnē var cerēt te gūt pavisam jaunas atziņas un slimību apkaļošanas līdzekļus.

11. att. Dizenterijas baktērija

Beidzot vēl īsumā par virusu struktūru. Tā kā virusa molekulām pilnīgi rēgulāra struktūra, tās nevar pieskaitīt denaturētiem proteīniem. Tabakas mozaīkvirusa daļiņas ir gan gaļi stiebri, bet tie nesastāv no dažām aminoskābju virknēm - tie ir relātīvi resni virkņu kūļi, kur daudzi simti aminoskābju ķēžu. Kā liekas, visu stiebru šķērsām saista samērā stipras ķīmiskas saites, jo citādi nevarētu saprast stiebriņa samērā lielo pastāvību. Izrādās, ka stiebri visumā patur savu lielumu un formu arī tad, ja uz tiem iedarbojas ķīmiski ar samērā maigiem līdzekļiem. Ja iedarbojas spēcīgāk - stiebrs saskaldās īsākos gabalos. Uzbūves kārtībā stiebram ir vairākas pakāpes, t. i., ir lielāki un mazāki struktūrelementu atkārtošanās periodi: visā stiebrā atkārtojas lielas atomu kopas, un katrā šādā kopā atkal periodiski atkārtojas mazākas.

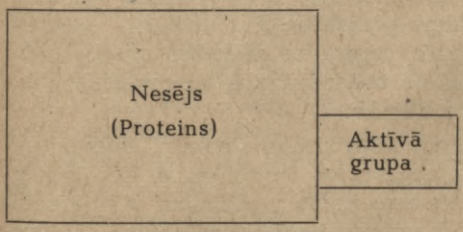
Kāds ir virusu vairošanās mechanisms? Kad virusu iepotē tabakas lapā, tā saslimst, pie kam slimība izplatās uz citām lapām un

tālāk no stāda uz stādu. Bet kā stiebriņi pāriet no šūnas uz šūnu? Kā tie saista klāt šūnkodolu nukleoproteidu molekulas? Tas vēl nav noskaidrots. Pieņemsim, ka iepotētais viruss ir katalizātors, kas darbojas uz kodolu nukleoproteidiem. Lai kāda ķīmiska reakcija vispār varētu notikt, vielām ir jāsaskaņas, un lielmolekulārām vielām jāpāriet no šūnas uz šūnu. Kā tās tiek cauri šūnu apvalkam? - Šādu un līdzīgu neatrisinātu jautājumu vēl daudz.

XX. DZĪVO ŠŪNIŅU KATALIZĀTORI

Bez virusiem, kas ir organismam sveši lielmolekulāri katalizātori, katrā dzīvā šūnā ir vēl vesela rinda citu aktīvu vielu. Dažas no tām ir organisma paša izgatavotas vairāk vai mazāk lielmolekulāras vielas, citas organisms uzņem ar barību. Visas šās fizioloģiski aktīvās vielas var iedalīt 3 lielās grupās: fermentos jeb enzimos, hormonos un vitamīnos.

Fermenti jeb enzimi ir lielmolekulāras vielas. To molekulās vienmēr var izšķirt 2 daļas: mazmolekulāro aktīvo grupu un lielmolekulāro šīs aktīvās grupas nesēju, kā to rāda schēma.



Fermenta molekula

Lielmolekulārais nesējs ir kāds proteīns, bet aktīvās grupas var būt visai dažādas. Fermenti ir organiski katalizātori, kas veicina kādas pilnīgi noteiktas reakcijas, piem., ir tādi, kas veicina ciešu saskaldīšanos par cukuru, vai proteīnu šķelšanos aminoskābēs u. t. t. Šai ziņā fermenti ir pilnīgi specifiski un tos nevar apmainīt un atvietot vienu ar otru. Tā kā organismā norit ļoti daudz visādu ķīmisku reakciju, tad daudz ir arī visādu fermentu, kas tās veicina. Bet kādas reakcijas veicināšanai katalizātora nemaz nevajaga daudz, tādēļ arī dažādie fermenti organisma sulās vienmēr atrodami tikai niecīgās koncentrācijās. Tā kā tie ir vēl arī ļoti labili, viegli inaktīvējas un pārvēršas, tos grūti iegūt tīrā veidā kā dabīgas, nepārveidotas vielas. Laikā starp 1926. līdz 1938. g. amerikāņu bioķīmiķiem, sevišķi Northrop'am un Sumner'am ar visai saudzīgu metožu palīdzību izdevās tīrā

kristalliskā veidā iegūt daudzus fermentus, piem., pepsīnu, tripsīnu, amilazi, katalazi u. c. Fermenti, kā to noskaidroja Northrop's, Kunitz's u. c. rodas no kādām inaktīvām vielām, piem., pepsīns no t. s. pepsinogena, pie kam arī šeit fermenti rodas autokatalitisku procesu ceļā.

Dažos gadījumos jau visā pilnībā pazīstama fermentu aktīvo grupu uzbūve un arī katalitiskās darbības mechanisms. Te vēl interesanti tas, ka fermenti darbojas arī ārpus organisma, pie kam to aktīvitāte atkarīga no daudziem faktoriem, piem., no temperātūras un skābuma pakāpes. Zemās temperātūrās, piem., pie —2° C, vai pie +3° C aktīvitāte niecīga, tad līdz ar temperātūru tā aug, sasniedz pie apm. 40° maksimumu un tad atkal krīt. Liels karstums fermentus pilnīgi inaktivē.

Fermentus organisms izgatavo pats no proteīniem, vitamīniem un minerālvielām, ko organisms uzņem ar uzturu. Arī hormonus organisms izgatavo pats, pie kam izmantotas tiek aminoskābes, proteīni, lipoīdi un vēl citas vielas. Starpība starp fermentiem un hormoniem tāda: kamēr fermenti veicina tikai kādu vienu noteiktu ķīmisku reakciju, hormoni ceļo pa visu organismu un ietekmē veselus organus. Kāds ir hormonu darbības mechanisms, tas vēl nav noskaidrots. Bet liela daļa hormonu ir iegūta kā tīras kristalliskas vielas un to iedarbība uz organismu vai atsevišķiem organiem neapstrīdāmi pierādīta. Pat vairāk - daudzus hormonus jau izdevies sintezēt, izgatavot mākslīgi no pavisam vienkāršām vielām, pie kam šie mākslīgie hormoni darbojas gluži tāpat kā dabīgie.

Viens no pirmiem hormoniem, kuŗa ķīmisko uzbūvi izdevās noskaidrot, ir virsnieŗu adrenalīns jeb suprarenīns. Tas ir benzola atvasinājums, kur benzola molekulas gredzenam vēl piekabināta sānos atomu virkne. Šo hormonu izgatavo virsnieŗu dziedzeris un ielaiž asinīs, pie kam hormonam ir liela nozīme asinsspiediena rēgulēšanā. Pilnīgi noskaidrota arī tiroksīna problēma. Šo hormonu gatavo vairogdziedzeris un ielaiž asinīs. Tiroksīna molekulā ir jods. Tātad, ja organisms nesaņem nemaz joda, tas nevar izgatavot tiroksīnu. Arī šis hormons ir mazmolekulāra viela, ko izdevies iegūt mākslīgi, t. i., sintezēt no vienkāršām vielām (benzola, joda u. c.). Tiroksīnam ir liels iespaids uz vispārīgo vielu maiņu un organisma attīstību. Piem., ar tiroksīna palīdzību var stipri paātrināt un zināmā mērā pat grozīt kāpuru metamorfozi. Un arī te sintetiskais hormons darbojas tāpat kā dabīgais, no vairogdziedzeŗa iegūtais.

Sevišķi plaši un vispusīgi izpētīti dažādie seksuālhormo-

ni, ko producē dzimumdziedzeŗi. Arī seksuālhormoni noteic nevien ķermeņa ārējās pazīmes (gaiļa sekste, bārda u. c.), bet arī vispārējo vielu maiņu un pat rakstūru. Tagad pilnīgi tīrā kristalliskā veidā iegūti kā vīrišķie tā sievišķie seksuālhormoni. Butenandt'am, Ruzicka'm u. c. ķīmiķiem (1928.—1938. g.) izdevās nevien pilnīgi izpētīt šo vielu molekulu uzbūvi, bet tās arī sintezēt. Pat vairāk - sintetiskā ceļā tika iegūtas daudzas dabīgiem seksuālhormoniem līdzīgas vielas, kas dabā nemaz nav sastopamas, un izpētīta arī šo vielu iedarbība organismā. Tā sakrājas interesanti dati par dažādo atomu grupu nozīmi attiecībā uz hormonu aktīvitāti un specifisko iedarbības veidu. Izdevās iegūt pat tādas mākslīgas vielas, kas aktīvitātes ziņā dabīgos hormonus pat pārspēj, vai kam reizē vīrišķo un sievišķo hormonu īpašības. Seksuālhormonu molekulas sastāv no 4 kopā sakusušiem oglekļa atomu gredzeniem, kam vēl saistās klāt skābekļa un ūdeņraža atomi. Seksuālhormoni labi šķīst taukos, bet ūdenī maz. Organisms šos hormonus izgatavo no cholesterīna vai citām tam radniecīgām vielām.

Daudzi iekšējās sekrēcijas dziedzeŗi producē hormonus, kas izplatās visā organismā un regulē vispārīgās norises apmēram tāpat kā nervu sistēma, Arī paši iekšējās sekrēcijas dziedzeŗi ietekmē cits citu. Vai kādam no šiem dziedzeŗiem vadītāja loma, tas nav noskaidrots. Iespējams, ka ietekmēšana nav vienpusīga, bet vienmēr abpusīga, t. i., nevien dzimumdziedzeŗi ietekmē vairogdziedzeri, bet arī otrādi. Tomēr zināma centrālorgana loma ir hipofizei jeb smadzeņu piedēklim. Hipofize producē lielu skaitu hormonu, kas iedarbojas uz visiem citiem iekšējās sekrēcijas dziedzeŗiem. Bet hipofizes darbība savukārt atkarīga no citu dziedzeŗu hormoniem, no smadzeņu darbības un vēl citiem faktoriem. Hipofizes hormoni ir labilas vielas, kuŗu molekulās ir aminoskābes. Pētījumus te apgrūtina tas, ka šo aktīvo vielu organismā ir ļoti maz.

Visai interesants un praktiski nozīmīgs hormons ir pankreasa insulīns, kas ir īsts lielmolekulārs proteīns. Insulīnu lieto cukurslimības dziedināšanai. Ar speciāliem saudzīgiem paņēmieniem insulīnu tagad izdevies iegūt pilnīgi tīru kristallu veidā, pie kam šiem kristalliem ir milzīga aktīvitāte. Lielmolekulāro fermentu un hormonu izolēšanas un kristallizēšanas iespējas pierāda, ka proteīnu molekulas uzbūve kristallā ir tāda pat kā dzīvā šūnā, jo kristalliem ir maksimāla aktīvitāte. Pietiekami uzmanīgi strādājot tātad lielās, labilās aktīvo vielu molekulas to izolēšanas procesā netiek „nonāvētas", vai citādi denaturētas.

Trešā fizioloģiski aktīvo vielu grupa - v i t a m ī n i, ir samērā vienkāršas mazmolekulāras vielas, kas tagad nevien iegūtas tīrā veidā, bet arī sintezētas. Ar to visos sīkumos izzināta to molekulu uzbūve, jo sinteze norisinās pakāpeniski, vairākos paņēmienos, pēc zināma uzbūves formulu plāna. Mērķis ir sasniegts tad, ja sinteze dod gala produktu, kas pilnīgi identisks ar dabas vielu. Un tiešām - sintetiskie B_1, B_2, C u. c. vitamīni ir taisni tādi pat, kā no organismiem iegūtie. Sintetiskiem vitamīniem nevien tāda pat krāsa, kristallu forma, šķīdība, sastāvs u. c. kā dabīgiem, bet arī organismā tie darbojas tāpat kā dabīgie.

Lielāko daļu vitamīnu organisms ar uzturu uzņem gatavā veidā, bet dažus tas izgatavo nedaudz pārvēršot dažas uzturā sastopamās vielas. Tā tas ir ar A vitamīnu, ko var uzņemt gan pilnīgi gatavu, gan arī izgatavot no tam radniecīgā karotīna. A vitamīna sastāvs ir $C_{20}H_{30}O$. Tā molekulas sastāv no viena C atomu gredzena, kam piekabināta gara atomu virkne sānos. A vitamīnam tuvu radniecīga viela ir karotīns, kas piešķir burkāniem un rudens lapām sarkano krāsu. Karotīna molekula ir divreiz lielāka par A vitamīna molekulu. Ja karotīna molekulas vidū ķīmiski iedarbojas ūdens, tā pārskaldās pušu, ūdens pievienojas klāt un iznāk 2 A vitamīna molekulas.

D vitamīni ir taukos šķīstošas vielas, ko organisms arī vai nu uzņem gatavā veidā, vai kas rodas, piem., no ergosterīna, ja to apstaro ar ultravioletiem stariem (kalnu sauli).

Kāds ir A un D vitamīnu darbības mechanisms organismā, to nezinām. Gan zināms, ka šo vielu trūkuma gadījumā rodas visādas kaites. Ja trūkst A vitamīna - gļotādas kļūst sausas un viegli iekaist. Ja organismā par maz D vitamīna, tad izceļas rachits un citas kaulu kaites. Par B-grupas vitamīniem gan zinām, ka tie organismā saistās ar proteīnu molekulām, pie kam rodas fermenti. B vitamīnu molekulas tātad ir dažu fermentu aktīvās grupas.

C vitamīns ir pavišam vienkāršs savienojums $C_6H_8O_6$, skāba viela, kas tuvu radniecīga cukuriem. C vitamīna molekulas ļoti aktīvas, sevišķi kā skābekļa saistītājas. Tām nozīme oksidācijas procesu rēgulēšanā. C vitamīnu jeb askorbinskābi tagad ražo lielos daudzumos un izlieto kā uztura papildvielu.

Dažos gadījumos vitamīnu savienošanās ar proteīniem un fermentu rašanās pilnīgi noskaidrota. Tā B_1 vitamīns ar proteīna molekulu nesavienojas tieši, bet ar fosforskābes starpniecību. To visu var izdarīt arī ārpus organisma.

Nozīmīgi ir arī dažādie augu šūnu un mikrobu augšanas un dalīšanās veicinātāji, t. s. a u k s i n i un b i o s i. Auksini ir fiziolo-

ģiski aktīvas vielas, kas veicina augu šūnu stiepšanos garumā. Labi izpētīta ir auksinu darbība auzu asnos. Arī auksinu molekulu uzbūve zināma. Diezgan daudz ir tādu vielu, kas veicina augšanu, un dažām no tām arī zināma praktiska nozīme. Biosi savukārt veicina šūnu dalīšanos un arī biosu uzdevumus var izpildīt dažādas vielas. Dažas no šīm vielām, kas nepieciešamas lai mikrobi varētu vairoties, ir ļoti vienkāršas. Tāda ir paraaminobenzoskābe, kuras molekula ir benzola gredzens, kam vienā galā aminogrupa NH_2 un otrā skābes grupa COOH. Ja šās vielas nav - mikrobi nevairojas. Kā tā veicina dalīšanos, tas nav pilnīgi skaidrs, bet visai iespējams, ka minētā viela saistās kā aktīvā grupa pie kāda proteīna, tā izveidojot fermentu. Un te nu rodas praktiski ļoti nozīmīgais jautājums: ja šā fermenta darbību izdotos traucēt, vai tā nevarētu aizkavēt kaitīgo mikrobu darbību? Bet kā to panākt?

Aizkavēt kaitīgo mikrobu vairošanos organismā, nonāvēt šo slimību dīgļus, padarīt nekaitīgas to indes, tā ir viena no lielākām medicīnas problēmām. Ģeniālais vācu zinātnieks P. Ehrlich's lika pamatu chemoterapijai, kuras vadmotīvs bija - ar ķīmiskām vielām padarīt nekaitīgas organismā iekļuvušās bīstamās baktērijas. Kā ar ķīmikālijām iznīcināt baktērijas ārpus organisma, tas bija zināms jau sen, bet ka tas varētu būt iespējams arī organismā, tas daudziem šķita pārdrošs sapnis. Bija jāatrod vielas, kas nonāvē vienīgi kaitīgos mikrobus, bet organisma šūnas nebojā. Ērlicham diezgan viegli izdevās atrast vielas, kas nonāvē sifilisa spirochetas, bet šīs vielas bija arī organismam kaitīgas. Tikai pēc ilgiem, sistēmatiskiem pētījumiem atrada kādu organisku arsēna preparātu - diamino-dioksi-arsinobenzolchlorhidrātu - kas spirochetas nonāvēja, bet nervu un citām šūnām bija nekaitīgs.

No modernajiem chemoterapeitiskajiem līdzekļiem izcilu ievērību pelna dažādie sintetiskie para-sulfonamidi, kas paralizē daudzu un dažādu kaitīgu mikrobu, piem., strutu baciļu darbību organismā. Interesanti šeit tas, ka visu šo dažādo mākslīgo vielu uzbūve līdzīga jau minētās para-amino-benzoskābes uzbūvei. Tādēļ arī sulfonamidu (prontosila, sulfopiridiņa, eleidrona u. c.) chemoterapeitisko iedarbību mēģina izskaidrot šādi. Kā līdzīgas struktūras vielas, šie sulfonamidi spēj izspiest un apmainīt paraaminobenzoskābi no fermentu molekulām, kas veicina mikrobu vairošanos (gluži tāpat, kā metalls izspiež un apmaina skābes ūdeņradi). Bet jaunais sulfonamida-proteīna komplekss kā ferments nedarbojas un mikrobi vairs nevar dalīties un vairoties.

Vai šī teorija pareiza, to vēl nevar droši apgalvot. Mikrokinēmatografiskie uzņēmumi rāda it kā kaut ko citu. Tur redzam, ka pēc sulfonamida ievadīšanas audos nevien apstājas mikrobu vairošanās, bet baltie asins ķermenīši (leikociti) kļūst aktīvāki - tie droši klūp virsū svešajiem mikrobiem, tos ietveŗ sevī un iznīcina. Iespaids ir tāds, ka sulfonamids nevis kavē mikrobu vairošanos, bet aktīvē leikocitus. Līdz šim vienmēr valdījusi doma, ka organismā ievestās svešās vielas, kas to atbrīvo no slimību dīgļiem, darbojas uz pēdējiem kā indes, nekaitējot paša organisma šūniņām. Šai hipotezei tomēr ir viena vājā puse: grūti saprast, kā niecīgais ievestā medikamenta daudzums, kas izplatās visā organismā, tomēr iespēj mikrobus nonāvēt. - Varētu tātad domāt, ka svešās vielas spēj ierosināt leikocitus, kā to apstiprina arī mikrokinēmatografiskie uzņēmumi. Bet arī šādai hipotezei ir grūtības. Tad atkal nav saprotams, kapēc dažādie chemoterapeitiskie līdzekļi darbojas tik specifiski.

Lai arī kāds būtu svešo vielu iedarbības mechanisms (ķīmisms), pats iedarbības fakts nav noliedzams. Daudzas svešas vielas, piem., smago metallu savienojumi, tvans, zilskābe, sulfonamidi u. c. spēj organisma norises vai nu veicināt, vai traucēt. Dažos gadījumos saindēšanās ķīmisms pilnīgi noskaidrots. Tā tvana (CO) molekulas cieši savienojas ar tām haimoglobīna molekulas aktīvām atomu grupām, kas saista skābekli, pie kam haimoglobīns savus uzdevumus tad izpildīt vairs nespēj. Šai gadījumā svešā viela tātad n o b l o ķ ē a k t ī v o v i e l u a k t ī v ā s a ţ o m u g r u p a s. Ne katrreiz tomēr ķīmisms tāds. Sevišķi interesanti tie gadījumi, kur kādas vielas iedarbība krasi mainās atkarībā no koncentrācijas. Parasti ir tā, ka m a z ā s koncentrācijās svešā viela darbojas kā i e r o s i n ā t ā j a, bet l i e l ā s kā i n d e (piem., arsena savienojumi, strichnīns u. d. c.). Pat organismam radniecīgas vielas, piem., D vitamīns, ja to ievada organismā lielā daudzumā, darbojas kā inde. Viss tas tikai apstiprina mūsu agrākos slēdzienus par organisko un neorganisko vielu, par dzīvai dabai piemītošo un tai svešo, mākslīgo savienojumu piederību p i e v i e n a u n t ā p a š a c i l t s k o k a. Organismam tik nepieciešamais D vitamīns, ja tas lielā koncentrācijā, v a r d a r b o t i e s k ā i n d e, bet organismam p i l n ī g i s v e š i e s u l f o n a m ī d i to var g l ā b t n o b o j ā e j a s. Ne vienmēr un visur dzīvās dabas vielas darbojas labvēlīgi un svešās nelabvēlīgi. Sintetisko vielu iedarbība uz organismu ir neaptveŗami plaša n ā k o t n e s p r o b l ē m a. Sintežu iespējamības ir neaprobežotas un tikpat neaprobežotas ir šo vielu iedarbības iespējas organismos.

XXI. ORGANISMU PASAULE

Dzīvo organismu valsts parādās savā neaptveramā dažādībā tikai tad, kad to sāk iepazīt un pētīt. Jo vairāk tajā iedziļinās, jo arvien vairāk un vairāk nāk klāt jaunu dzīvās vielas formu. Atveras pilnīgi jaunas perspektīvas, kas liek kritiski vērtēt visas vecās sastingušās schēmas un principus. Dzīvās dabas noslēpumi - tā viena no vislielākām zinātnes problēmu grupām, kas gaida uz atrisinājumu nākotnē. Bioloģijas attīstības gaitā spilgti parādījies jau šad un tad minētais fakts par mūsu rupjo klasifikācijas schēmu šaurību, tikai aptuveno atbilstamību īstenībai. Jau iespriekšējās nodaļās redzējām, ka nav velkama stingra robeža starp dzīvo un nedzīvo. Virusi un baktēriofagi ir tilts starp dzīvo un nedzīvo. Mūsu priekšā atveras nepārtraukta pakāpenība, un jo tālāk pētam, jo arvien vairāk un vairāk atklājas starppakāpju. Redzam elektronus, protonus, neitronus, mezonus, tad vienkāršus un komplicētus atomus, mazas un lielas molekulas. Jau te neorganiskais saplūst ar organisko, un vēl nepiepildītas ir iespējamās, brīnumainās jauktu neorganiski-organisku lielmolekulāru vielu starppakāpes. Milzu molekulu pasaulē diezgan īpatnēju vietu ieņem proteīni ar savām atkal visai dažādīgām pārejas pakāpēm no vienkāršākā uz komplicēto. Proteīnu valstība sakļaujas ar fermentu, hormonu un virusu pasauli. Te, virusu un baktēriofagu joslā pa dažādām pakāpēm nonākam līdz mikroorganismiem ar histoloģisku struktūru.

Viegli pārliecināties, cik mākslīgs un apstrīdams būs katrs robežas novilkšanas mēģinājums starp dzīvo un nedzīvo. Un tas pats ir, ja tagad ejam organismu pasaulē tālāk, meklējot arvien komplicētākus un augstāk organizētus veidus. Te nu tradicionāls ir klasiskais iedalījums augos un dzīvniekos, vai arī vienšūnniekos un daudzšūnniekos. Bet arī šīs klasifikācijas tikai visai rupjā mērogā atbilst īstenībai. Tuvāk iedziļinoties dzīvās dabas paradībās, parādās visādas starppakāpes starp augiem un dzīviekiem, vienšūnniekiem un daudzšūnniekiem. Vaī arī: pazīstamas ir daudzas un dažādas organismu formas, kam reizē augu un dzīvnieku īpašības, vai arī, kas var būt kā vien- tā vairākšūnu organismi. Sevišķi zemāko vienšūnnieku pasaulē augus no dzīvniekiem nekādā veidā neizdodas norobežot. Raksturīgākā augu īpašība būtu pasīvitāte un spēja iztikt vienīgi no neorganiskām vielām. Augi tiek uzskatīti par nekustīgiem, tie nereaģē uz kairinājumiem, nejūt, un spēj iztikt no ūdens, neorganiskiem sāļiem, un gaisa gāzēm. Dzīvnieki turpretim ir kustīgi, reaģē uz kairinā-

jumiem, jūt un to iztikai nepieciešamas jau gatavas organiskas vielas, ko sintezējuši augi. Bet nu izrādās, ka zemākie vienšūnu augi (baktērijas) kustīguma ziņā pilnīgi sacenšas ar vienšūnu dzīvniekiem, piem., ar infuzorijām. Tieši šai infuzoriju klasē ir visādas starpsugas, kas, spriežot pēc barības, tikpat labi pieskaitāmas pie augiem, kā dzīvniekiem. Tas pats sakāms par kairināmību. Daudzi vienšūnnieki, kas, spriežot pēc uztura būtu pieskaitāmi augiem, tomēr uz kairinājumu reaģē. Pat vairāk - uz kairinājumu redzami reaģē daži augstākie augi, piem., mimozas, un jaunākā laikā ar jūtīgām metodēm pierādīts, ka uz kairinājumu reaģē visi izmēģinātie augi. Tāpat pierādīts, ka daudz ir tādu augu sugu, kuŗu uzturam noteikti nepieciešamas gatavas organiskas vielas. Spilgtākie šo augu sugu pārstāvji ir dažādas parazītiskas sēnes un gaļēži augi, kas ar sevišķiem orgāniem spēj dzīvniekus satvert, nonāvēt un sagremot. Ja nu kāds organisms reaģē uz kairinājumu, tad iespējams, ka tam ir arī kādas elementāras sajūtas. To gan vienmēr var apstrīdēt, bet tāpat var apstrīdēt arī zemāko dzīvnieku sajūtas.

Allaž mēģināts dot dzīvā organisma definīciju, kur būtu izteikta dzīvās būtnes īpatnība, parādīta starpība starp nedzīvu vielu sistēmu un īstu organismu. Šais definīcijās pasvītro organisma veselumu, daļu atkarību no veselā, īpatnējo vielisko sastāvu, īpatnējo vielu maiņu un augšanu, struktūras īpatnības, vairošanās spēju, reaģēšanu uz kairinājumu. Vēl visai ievērojams būtu norādījums uz dzīvības norišu neatgriezenību, nāves nenovēršamību. Katram organismam tātad savs mūžs, kas beidzas līdz ar nāves iestāšanos, kad dzīvības norišu harmoniskā vienība pārtrūkst un iesākas sadalīšanās procesi. Dzīvs organisms tātad ir kaut kas viens vesels, kas organizēti izveidojas, zināmu laiku harmoniski funkcionē, pēc tam kaut kādu iemeslu dēļ, pamazām vai pēkšņi harmonija pajūk un sākas iziršanas norises.

Bet vai daļu atkarība no veselā un sistēmas vienība redzama vienīgi dzīvo organismu valstī? Ņemsim kā piemērus kādu „īsti nedzīvu" un dzīvu sistēmu, piem., atomu un cilvēku. Katra mūsu organa, pat katras šūnas darbība ir atkarīga no veselā, no nervusmadzeņu, iekšējās sekrēcijas, elpošanas-asinsrinķošanas un visa tā kopdarbības. Šo organismisko vienību it labi raksturo iekšējās sekrēcijas dziedzeŗu savstarpējā ietekmēšanās. Bet kā tas ir atomā? Vai tā atsevišķās vienības neatkarīgas? - Katra materiāla sistēma, piem., skābekļa atoms, vai aminoskābes molekula, ir elektromagnētisko lauku savijums, kur visas daļas ir sakarā ar visām, tā kā vienas vietas ietekmēšana rada kādas pārmaiņas

visā sistēmā. Bet vai atsevišķie elektroni mainās, ja skābekļa atomā elektroni pārlec no vienas orbitas uz citu? Vai tie mainās, ja mainās kodols? Elektronu nemaiņa nav pierādāma, kaut gan arī kādas iekšējas pārmaiņas tajos ar tagadējām metodēm konstatēt nevaram. Bet tādas maiņas ir domājamas. - Tas pats sakāms par atsevišķiem atomiem molekulās. Ja no kādas molekulas izņem dažus atomus, tad lielākā vai mazākā mērā mainās visas paliekas jeb radikāla struktūra, mainās arī saites un valences elektronu stāvokļi, un līdz ar to nedaudz mainās arī citi šās molekulas atomi. Molekulu vai atomu tāpat var uzskatīt par veselu vienību kā cilvēka organismu. Atomu īpašības atkarīgas no ārējiem elektroniem, bet to stāvokļi atkarīgi no visas molekulas struktūras, t. i. no veselā. Tātad arī atsevišķie atomi molekulā, tāpat kā šūnas vai organi organismā, atkarīgi no veselā. Atomu īpašības, piem., aktīvitāte, atkarīga no molekulas struktūras, kā to vislabāk redzam, ja salīdzinām dažādas izomeras molekulas, piem., vienāda sastāva aldehidus un ketonus. Vieni un tie paši atomi dažādas uzbūves molekulās reaģē pavisam citādi. Struktūra un forma, kā redzējām, var būt pat nozīmīgāka par atomāro sastāvu (sk. 132. lpp). Šķīdumos, kā redzējām, molekulas spontāni apmaina arī savus atomus pret vides atomiem, bet molekulas forma un struktūra paliek tā pati (pētījumi ar smago ūdeni, sk. 135. lpp).

Tātad ar lielu paticamību pieņemams, ka organismu harmonisko veselumu un citas raksturīgās īpašības nenoteic kādi mistiski dzīvības spēki, bet struktūras un vielisķā sastāva īpatnības, glūži tāpat kā molekulās. Liekas, ka organismiem īpatnējās vairošanās un reģenerācijas spējas ir tikai struktūras komplicētības un sastāva īpatnības rezultāts, bet ne kāda no ārpuses ienākuša augstākas pakāpes spēka vai substances darbības sekas.

Organismu visraksturīgākā īpatnība ir sarežģītais ķīmiskais sastāvs un sistēmas komplicētā struktūra. Liekas, ka tas arī noteic visu pārējo: vielu maiņu, veselumu, daļu atkarību no veselā, nāves iestāšanos, kairināmību u. t. t. Visos dzīvos organismos ir viskomplicētākās no visām dabas vielām - proteīni un nukleoproteīdi. Bet bez tam tur vienmēr ir ūdens, minerālvielas un lipoīdi. Proteīni ņem dalību kā protoplazmas, tā šūnas sieniņu uzbūvē, bet kodolā tie ir nukleoproteīdu veidā. Lipoīdu molekulām savukārt nozīme sienu, apvalku uzbūvē. Kā jau zinām, nukleoproteīdi ir kodolos un to molekulas spēj autokatalitiski pavairoties. Šīs molekulas sastāda arī lielākus, mikroskopā redzamus kompleksus, t. s. chromosomas,

kas daļās un aug. Pie daudzām zemāko organismu sugām, piem., amēbām, atsevišķas chromosomas tomēr nevar izšķirt, bet redz viengabalainu ķermenīti, kas stiepjas un pārdalās. Pēc tam stiepjas un pārdalās arī pati šūna. Šos kodolu nukleoproteīdus varam salīdzināt ar virusiem, kas autokatalitiski pavairojas. Kodols aug, tā viela rodas klāt, pie kam par nukleoproteīdiem pārveidojas dažas plazmas vielas. Kā un kapēc tas notiek, to nezinām. Nezinām, nevaram pat droši apgalvot, ka te visu varēs izskaidrot tīri ķī-

12. att. Amēba. K - tās kodols.

miski. Tāpat nezinām kāpēc nukleoproteīda stiebrs, ja tas pieaudzis līdz zināmam lielumam, pārdalās uz pusēm. Varbūt tas vienkārši pārlūzt tādēļ, ka audzis tikai no galiem, un pēc zināma lieluma sasniegšanas pārlūzt Brauna kustības dēļ.

Protoplazma jeb plazma ir šķidra vai puscieta un te notiek dažādas ķīmiskas reakcijas ap proteīnu molekulām. Liela nozīme arī šūnas apvalkam, sienai jeb membrānai, jo no tās atkarīga ārpus šūnas esošo vielu ielaišana vai neielaišana šūnā. Pateicoties Overtona, Traubes, Rulanda, Hoeber'a, Klausa (Cloves) u. c. zinātnieku sistēmatiskiem pētījumiem tagad zinām, ka šūnu membrānu caurlaidība ir selektīva un mainīga. Pa daļai izdevies noskaidrot arī membrānu uzbūvi. Izrādās, ka tā ir mozaikāla, tajā ir ūdens-proteīnu un lipoīdu rajoni. Tās vietas,

kur ir proteīni un ūdens, laiž cauri ūdenī šķīstošās vielas, bet lipoīdu rajoni laiž cauri tikai lipoīdus. Klauss ar saviem ūdens eļļas modeļiem pierādīja, ka sāļu ietekmētas membrānas var mainīt savu caurlaidību. Sieniņa var vienā gadījumā laist cauri tikai sāļus un proteīnus vai aminoskābes; sāļu ietekmē šī mozaīkālā membrāna var pārvērsties tādā, kas laiž cauri tikai lipoīdus un taukus, bet sālis, aminoskābes un proteīnus aiztur. Arī pie sāls-proteīna-ūdens caurlaidības iespējama selektīvitāte, atkarībā no membrānas poru elektriskā lādiņa, kas savukārt atkarīgs no skābuma pakāpes. Ja pārsvarā ir ionizācija pie sieniņas proteīnu molekulu skābām grupām COOH, tad porām ir negātīvs lādiņš, un tādas negātīvas poras labi izlaiž cauri pretēji lādētos ionus - kationus, bet negātīvie anioni paliek ārpusē. Tā sekas ir elektriskā potenciāla starpības, kas saceļ bioelektriskās strāvas. Dažādu iemeslu dēļ var mainīties arī poru lielums, tā kā vienreiz šūna ielaiž tikai mazmolekulārās aminoskābes, ūdeni un sālis, bet lielās proteīnu molekulas iekšā netiek, bet citreiz tiek ielaistas arī lielās molekulas.

Nervu un muskuļu procesi vienmēr saistīti ar caurlaidības maiņu, pie kam liela nozīme te ionu caurlaidībai (Na, K, Ca, Cl u. c. ioniem) un vides skābuma pakāpei. Normālos nosacījumos ir līdzsvars, bet tikko kāds iemesls, piem., nerva kairinājums, caurlaidības līdzsvaru maina - tūlīt seko kādi procesi, piem., muskuļu fibrillu saraušanās.

Organisma mikrostruktūras visai interesantas taī ziņā, ka nozīmīgākos organos un šūnu daļās proteīni, lipoīdi un ūdens, līdz ar tajā esošiem ioniem izveido īpatnējas mainīgas struktūras. To pamats ir proteīnu, lipoīdu u. c. vielu ķīmiskās uzbūves īpatnības. Tā, proteīnu molekulās ir kā negātīvi, tā pozitīvi lādētas daļas (ioni no brīvajām aminoskābju aktīvajām grupām). Proteīna molekulas dažas vietas spēj saistīt ūdeni, bet citas spēj vāji saistīties ar lipoīdiem. Dažiem lipoīdiem arī ir polāras molekulas (piem., lecitīnam), kaut gan molekulas lielākā daļa ir nepolāra, lipofila, t. i., „taukus mīlošā". Tā izveidojas noteiktas, bet labilas, mainīties spējīgas struktūras.

Šai sakarībā plaši pētīta arī narkotisko vielu iedarbība. Narkozes problēma gan vēl nav galīgi atrisināta, bet dibinoties uz iespriekš teikto, to var izprast sekojošā veidā. Narkotiskās vielas, piem., chloroforms un ēteris ir tādas, kas šķīdina lipoīdus, pie kam ievērojamā mērā var mainīties membrānu un citu struktūru uzbūve, kam seko citas norises, piem., caurlaidības maiņa. Ēteris,

alkohols un citas uz organismu iedarbīgas vielas bez tam kolloidķīmiski iedarbojas uz proteīniem, veicinot to izpārslošanu.

Dzīvības problēmas grūtākā daļa nav mikrostruktūru izpratne, vai norišu saskaņotība un vienība, vai nervu kairināmība, bet viss, kas saistās ar šūnu dalīšanos un proteīnu sintezēšanu no neorganiskām vielām. Ja vēl šūnu dalīšanos būtu izredzes izprast rēķinoties ar nukleoproteīdu autokatalitiskām reakcijām, tad tieši proteīnu sinteze no ogļskābes, amonjaka un ūdens (ar minerālvielu piedalīšanos), kas notiek augu šūnās, ir visai grūti aptveŗams process. Jāpieņem, ka augu šūnās kā katalizātori darbojas daudzās un dažādas vielas, kuŗu ietekmē vispirms tiek uzbūvētas dažādas aminoskābes un no tām tālāk proteīni.

Dzīva būtne ir komplicēta, labila un harmoniska sistēma. Savas samērā labilās un komplicētās struktūras dēļ dzīva būtne var eksistēt tikai zināmās visai šaurās temperātūras robežās. Tāpat tā neiztur pārāk lielu spiedienu, augsta sprieguma strāvu, vai ķīmikāliju iedarbību. Šai ziņā ir tomēr arī izņēmumi. Kamēr dzīvnieki vispār neiztur karstumu virs 55—60° C, jo pie šīs temperātūras izpārslo albumīni, pazīstami ir karsto avotu tārpi (Anguillulidi), kas spēj dzīvot pie 80° C. Lēni un pakāpeniski (gadu laikā) paaugstinot temperātūru izdodas infuzorijas pieradināt pie 70° karstuma. Lielos dziļumos jūŗās un okeānos ir zivis un citi organismi, kas iztur lielo ūdens masu milzīgo spiedienu. Ja šūna sasalst, nāve no aukstuma ceļas ledus kristallu spiediena dēļ, kas saposta mikrostruktūras. Šai ziņā apbrīnojami izņēmumi ir dažu augu sugu sēklas, sporas un baktēriĵas, kas iztur viszemākās temperātūras (piem., —270° C). Arī dzīvnieki, piem., zivis, vardes, simtkāji un gliemeži iztur sasaldēšanu līdz —15, vai pat —30°, dažos gadījumos pat —120°, t. i., pēc atkušanas tie atkal atdzīvojas. Tāpat apbrīnojama ir dažu sīkbūtņu izturība pret ultravioletiem stariem, pret niecīgo gaisa spiedienu un citiem nenormāliem apstākļiem stratosfairā. Jaunākā laikā izdarītos balonu lidojumos gondolas ārpusē piestiprināja kvarca caurules ar dažādu sēnīšu sporām. Vaļējās caurules bija aizbāztas ar cellulozas vīkšķiem, tā kā sporām viegli varēja piekļūt stari, aukstums, ozons un niecīgais gaisa spiediens. Kad sporas vēlāk nonāca zemē, izrādījās, ka tās lieliski pārcietušas viņus nelabvēlīgos apstākļus un dīga tikpat labi kā parasti. Ar īpašu gaisa tveŗamo ierīci bez tam izdevās pierādīt, ka stratosfairā ir dažu aerobu baktēriju un pelējumu sēnīšu sporas, kas izdevīgos apstākļos atdzīvojas un vairojas. Visi šie fakti norāda uz dzīvo būtņu ārkār-

tīgām piemērošanās spējām, pie kam daudz kas šeit vēl nenoskaidrots un nesaprasts.

Organismu dažādība liela jau vienšūnnieku valstī un starp vien- un daudzšūnniekiem ir pārejas pakāpes. Tā infuzorijas un flagelates dažreiz izveido kolonijas, pie kam atseviškās vienības sakārtojas zināmā noteiktā veidā. Daudzreiz grūti atšķirt, vai tāda kolonija ir viens individs, vai daudzu individu cieša apvienība. Ir vienšūnnieku apvienības, kur visi dalībnieki izpilda visus uzdevumus, un atkal tādas, (piem., Volvox globator), kur jau manāma diferenciācija, darba jeb funkciju sadalīšana. Vēl tālākas diferenciācijas procesos, kas vērojami pie citām zemāko organismu sugām, parādās jau atsevišķas šūnu grupas, kam viens un tas pats uzdevums. Nākošais solis ir atsevišķi, ļoti elementāras uzbūves organi, piem., augiem saknes, ziedi un lapas.

Daudzšūnu organisms ir kā dzīvnieku vai cilvēku sabiedrība, kur katram individam vai to grupām savs noteikts uzdevums. Tur individi gan fiziski vienoti, bet šī vienība nav tik cieša, kā to dažreiz pasvītro. Dažādus zemākos daudzšūnniekus var sagraizīt sīkos gabalos - piemērotā barības vidē tie tomēr dzīvo tālāk. Tātad zināmos gadījumos daļas nemaz nav tik cieši atkarīgas no veselā, kā to varētu domāt. Pat augstāko daudzšūnnieku, nevien augu, bet arī dzīvnieku audi, kā to pierādīja Karella skaistie eksperimenti, piemērotā barības vidē var ilgi dzīvot.

Katrs daudzšūnu organisms, tātad arī cilvēka ķermenis, sastāv no milzīga skaita mazu dzīvu vienību. Mūsu organisms ir milzu sabiedrība, kuras atsevišķie individi atkarīgi no šīs sabiedrības gluži tāpat, kā cilvēks no sabiedrības. Tāda dzīva vienība ir sabiedrība, tāda vienība ir daudzšūnu organisms, un arī šūniņa ir tāda molekulu apvienība. Proteīnu un citu vielu molekulām šūnā arī ir zināma „dzīvīguma" pakāpe. Un tā varam iet vēl tālāk atomu pasaulē... Liekas gan, ka nav īpatnējas fizikālās substances par sevi un dzīvības substances jeb entelechijas par sevi, bet viss ir vienas fizikālās substances dažādo izveidojumu izpausmes, kur tad, atkarībā no sastāva struktūras un norisēm, parādās jaunas kvalitātes.

Lielie panākumi medicīnā un fizioloģijā gūti pateicoties skaidram, vienkāršam ieskatam organismiskās norisēs. To apstiprina arī paši jaunākie, lielie atklājumi, kas veikti pedējos gados. Visvairāk paveikts Z. A. Savienotās Valstīs. Kamēr Pirmajā pasaules karā no visiem smagi ievainotiem mira ap 20%, pēdējā pasaules karā šis skaitlis noslīdējis uz apm. 8%. Dažās USA armijas daļās, kur lietoja vismodernākos ārstēšanas paņēmienus, mi-

rušo procents bijis pat zem 1! Tā kādā USA lazaretes kuģī, kas 1942. g. peldēja Klusajā okeānā, no 4000 ievainotiem miruši tikai 7! Tas panākts galvenokārt ar jaunām asins pārliešanas metodēm un jauniem chemoterapeitiskiem līdzekļiem. Amerikāņi asiņu pārlējumiem izlietoja saŭsu asins plazmu, t. i., tās šķīdumu ūdenī. Sauso plazmu viegli transportēt un te nav svarīgas asins grupas. Sauso plazmu ieguva no asinīm, kam nošķirti ķermenīši; pēc tam plazmu sasaldē un ar sevišķu vakuumierīci no sasalušās plazmas „izdestillē" visu ūdeni. Vēl sensacionālāks ir fakts, ka plazmas vietā var ņemt pat mākslīgas lielmolekulāras vielas, piem., t. s. kollidonu jeb polivinilpirrolidonu. Ķīmiskās uzbūves ziņā šī viela pa daļai līdzīga proteīniem; tā labi šķīst ūdenī, dod vajadzīgo osmotisko efektu un adsorbē fizioloģiski aktīvas vielas, bet citādi ir pilnīgi indiferenta. Noasiņošanas gadījumos var pārliet 3,5% kollidona ūdens šķīdumu, kas cirkulējot pa vadiem izpilda mechanisko darbu tik ilgi, līdz organisms uzbūvē nepieciešamo haimoglobīnu un citas asins vielas. Pēc dažām nedēļām tad kollidons caur nierēm izdalās ar urīnu. Asinīs tā tad nav nekā mistiska.

Jauni fundamentāli panākumi gūti arī aktīvo vielu nozarē. Medicīnā tagad tik nozīmīgais penicillīns nav cilvēka organismam radnieciska viela, bet to dabīgi producē pelējumu sēnītes. Tomēr 1946. gadā amerikāņu ķīmiķa du Vigneaud'a vadībā mākslīgi izgatavoja, sintezēja veselu rindu penicillīnu un tagad tos ar attiecīgu ķīmisku pārvērtību palīdzību vēl mēģina uzlabot. Tā ir izredzes iegūt jaunus penicillīnus, ar ko apkarot arī tās slimības, kuru dīgļi pret līdzšinējiem chemoterapeitiskiem līdzekļiem nejūtīgi.

Veselu jaunu nodaļu šinī nozarē atver t. s. folinskābe, ko atklāja īsi pirms kara, un ko 1945.—1946. g. amerikāņu ķīmiķiem izdevies sintezēt. Folinskābe ie viena no B-vitamīnu grupas dabas vielām ar ļoti komplicētu sastāvu. Tā atrodama zaļās augu lapās, sēnēs, aknās. Tā veicina mikrobu vairošanos un dzīvnieku kaulu smadzeņu šūniņu darbību, kas producē asinsķermenīšus. Folinskābe tagad ir lielisks līdzeklis pret anaimiju. Interesanti arī tas, ka pastāv antagonisms starp folinskābi un sulfonamidiem. Ja organismā trūkst folinskābes, tad sulfonamidi var sekmīgāk iedarboties uz organismā iekļuvušiem mikrobiem. Bet līdz ar to tad sulfonamidi var veicināt anaimiju. Visievērojamākais tomēr tas, ka folinskābe ar labām sekmēm lietota audzēju (vēža) dziedināšanai.

Dažu slimību dziedināšanai, resp. apkarošanai, pēdējā kara

laikā izlietoti arī baktēriofagi, sevišķi pret dizenteriju. Tas ir pavisam jauns virziens, kas sola lieļus panākumus. Tāds pat jauns virziens ir dziedniecība ar jauniem mākslīgiem radioaktīviem elementiem, piem., lietojot preparātus ar radioaktīvu kalciju, natriju, fosforu, bromu, jodu u. t. t. Tagad USA ķīmiķu rīcībā esot arī smagais oglekļa izotops C 14 jau lielos daudzumos, tā kā sāks sintezēt visādas organiskas vielas ar smago oglekli (smagais ūdeņradis šais vielās ievests jau agrāk). Te aug pilnīgi jauna vielu pasaule, kas dod cilvēka rokās jaunus ieročus dzīvās dabas ietekmēšanai un pilnīgākai izprašanai.

Jauna plaša pētījumu nozare šai sakarībā ir - dīgļšūnu ietekmēšana ar dažādiem stariem, sevišķi ar mākslīgo radioaktīvo elementu palīdzību, pie kam ievērojami var palielināt t. s. mutāciju skaitu (sk. turpmāk). Tas ir ļoti nozīmīgs jautājums tīri praktiski, sevišķi tagad, kad jaunos, mākslīgos elementus arvien plašāk sāk izlietot dažādās nozarēs. Staru ietekme var būt gan negātīva, gan pozitīva. Šeit nu tad pētniecība cenšas noskaidrot, cik lielā mērā jaunās vielas un ierīces cilvēkiem un dzīvām būtnēm vispār var kaitēt, kas darāms, lai kaitīgo ietekmi novērstu, un ar kādiem līdzekļiem sasniedzama pozitīva ietekme uz iedzimtības faktoriem.

Visjaunākais un varūt arī visnozīmīgākais ir jaunā amerikāņu ķīmiķa R. Woodward'a sasniegums sintetisko lielmolekulāro vielu nozarē. Kā 1947. g. jūnijā no Ņujorkas ziņoja, minētam ķīmiķim izdevies no aminskābēm iegūt dažādas proteīniem līdzīgas lielmolekulāras vielas. Tās daudz tuvākas proteīniem, nekā visi līdz šim pazīstamie polimerizācijas un polikondensācijas produkti.

XXII. ORGANISMU DZĪVES GAITA

Zemākie organismi vairojas daloties un teorētiski tie ir nemirstīgi. Par tāda vienšūnnieka „dzīves" sākumu varētu uzlūkot vai nu to brīdi, kad kodols sāk uzrādīt stiepšanās un pārdalīšanās pazīmes, vai arī visas šūnas pārdalīšanās momentu, kas līdz ar to būtu „mātes šūnas" nāve. Faktiski tomēr par nāvi te nav pamata runāt, jo nāve ir sabrukums, piem., kad baktēriofags iznīcina kādu baktēriju. Dalīšanās procesā turpretim nekas nesabrūk. Vienšūnnieku dalīšanās tātad uzlūkojama par augšanas procesu, kur veidojas vienšūnnieku kopas. Šīs vairošanās jeb kopas augšanas potenciālās iespējas ir ārkārtīgi lielas, jo augšanas ātrums

aug līdz ar pievairojušos vienību skaitu, ja vien nepietrūkst barības vielu, vai arī neparādās kādi citi traucējumi. Aplēsts, ka 1 baktērija vislabvēlīgākos nosacījumos 4 līdz 5 dienās var dot 10^{36} pēcnācējus, kas ieņem apmēram Atlantijas okeāna tilpumu. Viena baktērija, kuras svars ir 0,00000001 mg, šai īsajā laikā spētu dot dzīvas vielas masu, kas sveŗ ap 10^{17} tonnas, t. i., vairāk nekā sveŗ visi zemes lodes augi un dzīvnieki kopā. Jūrās dzīvojošās diatomejas, kuru organismu paliekas veido dažās vietās veselus slāņus, labvēlīgos apstākļos spētu 8 dienās savairoties līdz tādiem apmēriem, kas līdzinātos zemes lodes tilpumam.

Vienkāršākie daudzšūnnieki nedalās, bet atdala no sevis šūnu grupas, kas spēj bez kādu citu šūnu iedarbības izveidoties par jauniem individiem. Šis vairošanās veids visai tuvs iepriekšējam, t. i., vienkāršai šūnu dalīšanai. Gandrīz visiem tādiem zemākiem organismiem ir ļoti liela reģenerācijas spēja, t. i., ja tos sagraiza, atsevišķās daļas atjaunojas par veselu organismu. Dalīties un veselo izveidot tātad spēj visas šādu organismu šūnu grupas. Jo augstāk attīstīts un komplicētāki izveidots kāds organisms, jo mazāka tā reģenerācijas spēja. Piem., ja amfibiju sagriež, tās daļas neizveidojas par veselu, bet nogriezto daļu vietā var ataugt jauna (piem., aste). Cilvēkam nogriezto locekļu vietā jauni neataug, bet brūces tomēr dzīst, t. i., aizaug ar jauniem audiem.

Augstāk attīstītiem organismiem ir speciāli vairošanās organi, kas atdala t. s. dīgļšūnas, pie kam tās ir divejādas: sievišķā olšūna un vīrišķais dīglis, kas olšūnu apaugļo. Te pazīstamas arī visādas starppakāpes, piem., daudzi zemākie organismi vairojas vai nu daloties, vai atdalot dīgļšūnas. Tālāk ir tādi, kas vairojas vai nu atdalot dīgļšūnu grupas, kam nav vajadzīga apaugļošana, vai arī ar apaugļošanos. Daudzu zemāko organismu, piem., jūras eža olas var apaugļot arī mākslīgi, ar vielu palīdzību un citādi. Interesanti ir arī jaunākie pētījumi par šūnu dalīšanu un apaugļošanas ierosināšanu ar dabīgām aktīvām vielām, ko atdala pašas šūnas. Šo vielu aktīvitāte ir ārkārtīgi liela: vienas šūnas ierosināšanai var pietikt pat ar vienu vienīgu aktīvās vielas molekulu. Tas norāda, ka šūnā ir kādas ļoti labilas struktūras, kas var pārveidoties no pavisam niecīga ierosinājuma. Šūnu varam salīdzināt ar komplicētu atslēgas mechanismu, kur niecīga slēdzene var sacelt lielas kustības. Slēdzenei tomēr jābūt piemērotai atslēgas caurumam, t. i., aktīvas var būt tikai tās molekulas, kam attiecīga struktūra. Šai sakarībā nāk prātā chemoterapeitisko vielu iedarbība, ko arī tādā veidā mēģina izskaidrot.

Varbūt tiešām pietiek ar dažām struktūrāli piemērotām iedarbīgo vielu molekulām, lai spētu nonāvēt veselu bacili.

Milzīga praktiska nozīme ir problēmai par šūnu n e n o r m ā l u augšanu un vairošanos augsti organizētos dzīvniekos. Tā, arī cilvēka organisma dažādās vietās kādu nezināmu iemeslu dēļ šūnas var sākt ātri augt un dalīties, pie kam rodas t. s. a u d z ē j i. Tie var būt vai nu labdabīgi (piem., ateromi jeb tauku dziedzeru izaugumi galvas ādā), vai ļaundabīgi. Pēdējie ir bīstami, jo atdala visam organismam kaitīgas vielas. Bez tam no tāda audzēja, piem., v ē ž a, var atdalīties nost šūnu grupas, kas pa asins vadiem nokļūst citās vietās, piem., kādos organismam nozīmīgos organos (plaušās, sirdī, smadzenēs), kur vairojas uz derīgo šūnu rēķina, sabojā un saindē organus un beidzot noved līdz nāvei. Vēža šūnās vielu maiņa norit nenormāli, jo nedarbojas daži fermenti. Ogļhidrāti netiek normāli oksidēti, bet sarūgst par pienskābi. Liekas arī, kā to mēģina pamatot pazīstamais auksinu pētnieks, holandietis K o e g l's, ka vēža šūnās dažām aminoskābēm ir nedabīga atomu konfigurācija. Praktiski visnozīmīgākais tomēr ir jautājums par v ē ž a c ē l o ņ i e m.

Līdz šim šai ziņā izdevies noskaidrot sekojošo: Vēzim var būt d a ž ā d i cēloņi. Tas var celties no ilgstošiem, sistēmatiskiem mechaniskiem kairinājumiem (spiediena, berzēšanas), no temperātūras kairinājumiem, no zināmu vielu (dažu darvas ogļūdeņražu), staru u. c. veida iedarbības. Dažos gadījumos ļaundabīgo audzēju var ierosināt arī virusi. Iespējams, ka virusi ir visu ļaundabīgo audzēju īstie ierosinātāji, bet to darbība var parādīties tikai attiecīgi disponētos organismos, pie kam dažos gadījumos nepieciešama ilgstoša iepriekšēja kairināšana. O r g a n i s m a d i s p o z i c i j a i te bez šaubām izšķirēja nozīme, jo vieni un tie paši kairinājumi vienā organismā rada vēzi, bet citā ne. Bet kāda ir šīs dispozicijas būtība, to neziņām. Tāpēc arī ļoti bezspēcīgi esam vēža ārstēšanā. Varbūt reiz izdosies vēža šūnu vairošanos apturēt ar zināmiem chemoterapeitiskiem līdzekļiem tāpat, kā tagad streptokoku vairošanos izbeidz ar prontosilu vai penicillīnu. Vielai būs jābūt specifiski aktīvai, iznīcinoši iedarbīgai tikai uz audzēja šūniņām, bet pārējo šūnu norises nedrikst tikt ievērojami traucētas.

Bet atgriezīsimies tagād pie attīstības jautājuma. Zemāko organismu gadījumā, kur diferenciācija niecīga, no organisma atdalītās šūnu grupas tikai nedaudz pārveidojas. Dažas no tām vienkārši pārdalās līdzīgās daļās, bet citas dalās nevienlīdzīgi, pie kam jaunajā šūnu savienībā iznāk šūnas ar dažādiem uzdevu-

miem. Bet kāpēc dažas dalās savādāk? - Jāpieņem, ka to struktūrā ir kādas savādības, kas to noteic. To cēlonis varbūt meklējams šūnu sabiedrības (vai daudzšūnnieka) atsevišķo šūnu ietekmēšanā no pārējām, atkarībā no to stāvokļa pret pārējām vienībām. Tā, virspuses šūnas ir citādā atkarībā no pārējām, nekā kolonijas centrālās vienības.

Visos tais gadījumos, kur jauns organisms attīstās no apaugļotas olšūnas, gaita daudz komplicētāka. Kā piemēru ņemsim jūŗas eža (Echinus microtuberculatus) olu. Pirmajās attīstības stadijās notiek tikai vienkārša dalīšanās. Ola sadalās 2, 4, 8, 16 u. t. t. ieapaļās dalījumu šūniņās, kas visas kopā izveido ložveidīgu čaulu - blastulu jeb pūslīti. Pēc kāda laika blastulas iekšējā telpā izvirzās šūnas, no kuŗām vēlāk attīstās embriona skelets. Mazliet vēlāk turpat attīstās elementārs gremošanas kanālis. Embrionu šādā stadijā sauc par gastrulu. Tās ārējo apvalku (blastulas atlikumu) sauc par ektodermu, bet gremošanas kanāļa sienas par endodermu. No tām tālāk attīstās vēl dažādi citi organi. Līdzīgi norisinās arī dažādu augstāku dzīvnieku attīstība no apaugļotas olas.

Jūŗas ežu un citu samērā zemu organismu blastulas, ja tās sagriež, spēj attīstīties tālāk, pie kam izveidojas pilnīgi attīstīti, bet tikai mazāki organismi. Tas norāda, ka daudzām blastulas šūnām vēl ir dīgļšūnu īpašības. Mechanistiski to izprast, lāga nav iespējams, bet lieta nav arī tik brīnumaina, ka nebūtu nekādu izredžu to saprast kā chromosomu nukleoproteīdu īpatnējās mikrostruktūras un šūnu vielu savstarpējās iedarbības rezultātu. Kā to it sevišķi pamatoti norādījuši O. Hertvig's un H. Spemann's, attīstībai ir epiģenezes raksturs. Dīglī nav mazs materiāls pirmmets, bet vieliskas mikrostruktūras, kuŗas slēpj zināmas potenciālas vairošanās un pārveidošanās iespējamības. Tāpat kā oglekļa un ūdeņraža atomi var savienoties par zināmas uzbūves ogļūdeņražu molekulām, kas tālāk var izaugt par noteiktas struktūras milzu molekulām, tā arī jūŗas eža dīgļšūnu chromosomas var augt un vairoties, izveidojot galu galā jūŗas eža organismu. Butadiēna molekulas struktūra noteic to, kādas kaučuka milzu molekulas var no tām veidoties. Tāpat jūŗas eža chromosomu struktūra noteic to, kāds organisms izveidosies. No jūŗas eža olas var izveidoties tikai jūŗas ezis, tāpat kā C atomi var dot zināmās reakcijās tikai noteiktus savienojumus. Vardes chromosomas savukārt var dot vardi, tāpat kā silicija un skābekļa atomi var zināmās reakcijās dot attiecīgus silikātus. Šie salīdzinājumi, protams, ilustrē tikai epiģenezes jēgu. Patiesībā atomos slēpjas

daudz vairāk potenciālo iespējamību, nekā kādā chromosomā. Atkarībā no reakcijas veidiem atomi var dot dažādus savienojumus, piem., C un H dažādus ogļūdeņražus, kamēr chromosomu vairošanās norit tikai vienā virzienā, vai nemaz. Tomēr arī dīgļšūnu attīstība ir grozāma un ne katrreiz te manāma mērķtiecība. Ar dažādu vielu palīdzību attīstību var palēināt, vai paātrināt. To var pat kvalitātīvi nedaudz ietekmēt. Tas izdevies, piem., J. Spek'am. Viņš šūnu dalīšanos mēģina izskaidrot no fizikoķīmiskā viedokļa, pie kam galvenokārt ievēro virsmas spriegumu dažādās šūnas daļās, membrānu caurlaidību un briešanas procesus. Šūnu dalīšanos var veicināt ar vielām, kas pazemina virsmas spriegumu. Ložveida šūna tad izstiepjas tāpat kā ložveida piliens, ja to tā apstrādā. Spek's savos pētījumos ar jūras eža blastulām pierādīja, ka tālāko diferenciācijas procesu pa daļai nosaka vides ķīmiskais sastāvs. To mainot var panākt nenormālu blastulas sienu izliekšanos, kas sakarā ar sāļu saceltiem briešanas procesiem.

Vitālisti allaž aizrāda, ka attīstība un reģenerācijas vienmēr norit mērķtiecīgi, jo materiālās reakcijas vienmēr vada metafiziski spēki, kas darbojas organisma labā. Tomēr ne vienmēr tas tā ir. Daudzos gadījumos organisms, ja tam atgriež kādu daļu, nereģenerē to, bet kaut ko citu, kas organismam nekādā veidā nenāk par labu. Tā, eksperimentos ar jūras rozēm, planārijām u. c. ar attiecīgām operācijām var panākt to, ka netiek reģenerēta nogrieztā daļa, bet otra aste, vai otra galva. Arī ārējiem apstākļiem reģenerācijās diezgan liela loma, piem., vielas, kas pazemina virsmas spriegumu, veicina reģenerācijas. Polipu galviņas gaismā reģenerējas ātri, bet tumsā nemaz.

Interesanti ir arī jaunākie H. Spemann'a eksperimenti ar amfibiju embrijiem. Šeit mums darīšana ar augstāk organizētām būtnēm, nekā jūras eži, tādēļ arī reģenerācijas spējas te mazākas. Bet Spemann'i neinteresēja tik daudz pati reģenerācijas problēma, kā jautājums par embrija dažādo daļu nozīmi attīstībā. Viņš atrod, ka dažādās daļas nav vienādi nozīmīgas, bet attīstības veidu noteic t. s. organizācijas centrs, kas atrodas t. s. pirmmutes augšlūpas šūnās. Attīstība norisinās normāli, ja pārējās embrija daļas pārstādīšanas ceļā atvieto ar citām daļām no citiem dīgļiem, pie kam tie var būt pat citās attīstības stadijās. Turpretim organizācijas centru atvietot nevar. Tas nosaka attīstību, nosaka nākamā organisma individuālās īpašības. Tālāk Spemann's dažādi eksperimentē ar šiem centriem, tos pārgriež un dažādi saaudzē, pārstāda uz citu vietu, vai pat uz cita dzīvnieka

embriju indiferentā vietā. Visi šie eksperimenti pierāda, ka organizācijas centrs patiešām ir šāds centrs vārda pilnā nozīmē, bet pārējās daļas ir tikai materiāls. Ja vienas sugas tritona centru pārstāda uz citas sugas embrija ektodermu, tad dabū jauktu embriju. Zināmā veidā saaudzējot divus centrus, var dabūt t. s. „chimeras", piem., divgalvainu vai divastainu tritonu. Radītas pat kombinētas krupja-tritona chimeras.

1933.—1935. g. Spemann's savos pētījumos par organizācijas centru nāca pie jauniem, negaidītiem atklājumiem. Izrādījās, ka centra aktīvitāte nav atkarīga ne no tā mikrostruktūras, ne kādu spēku darbības, bet no vielām, kas izplūst no tā. Organizācijas centru var saspiest, nonāvēt, pilnīgi izjaukt tā struktūru, tomēr atlikušās vielas spēj determinēt attīstību. Dažas no šīm vielām ir diezgan vienkārša sastāva ogļhidrāti, bet tie nav vienīgie, kas izplūst no centra. Kā liekas, tad iedarbīga ir dažādu vielu plūsma, tās saskarsme ar citu šūnu vielām un mikrostruktūrām. Atkarībā no nelielām pārmaiņām šo aktīvo vielu molekulu uzbūvē un daudzumu attiecībās, tās var iedarboties uz pārējām šūnām ļoti dažādi. Šīs vielas tātad darbojas kā hormoni, kā veselas norišu virknes ierosinātāji. Tie iedarbojas uz vairoties spējīgām nukleoproteīdu molekulām, apmēram tāpat, kā to dara šūnu dalīšanās ierosinātāji. Kustīgās hormonu molekulas, kas nāk no organizācijas centra, ir it kā noteiktas atslēdziņas, kas der tikai zināma mechanisma iedarbināšanai.

Apaugļošanas procesā notiek vairoties spējīgo nukleoproteīdu un citu proteīnu aktivēšana, pie kam sākās ķīmiskas reakcijas, kur autokatalitiskos procesos proteīni un citas vielas tiek pārvērstas nukleoproteīdos un citos vairoties spējīgos proteīnos. Kā nukleoproteīdiem tā šiem vairoties spējīgiem olbaltumiem ir fermentu īpašības, tie ir katalizātori, kas veicina tālākās norises, pie kam, struktūrālo īpašību dēļ, sākas arī diferenciācija. Diferenciācijas procesā tad dažas šūnas ir pasīvākas, bet dažas sevišķi aktīvas, pie kam aktīvajās šūnās kā blakus produkti rodas hormonāli iedarbīgas vielas. Aktīvās šūnas ir tās, kas tad izveido t. s. organizācijas centru, no kura izplūst hormonāli iedarbīgās molekulas. To plūsma pastāvīgi diriģē visu pārējo šūnu dalīšanās gaitu. Pārējo, pasīvāko šūnu attīstības gaita, kā redzams, var būt dažāda. Lielmolekulārie šo relātīvi pasīvo šūnu nukleoproteīdu un fermentu kompleksi ir dažādīgi iedarbināmi „mechanismi". Lielajam relātīvi pasīvās šūnas nukleoproteīdu-fermentu mechanismam ir daudzi atslēgu caurumi, kur der dažādas slēdzenes, pie kam katra slēdz savādāk.

Kad nu dīgļa attīstību nekas netraucē un tam pietiek barības vielu, tas pēc zināma laika izveidojas par gatavu pilnīgu organismu un sāk savu dzīves gaitu. Tās laikā zināmā saskaņotībā norisinās vielu maiņa. Neskaitāmās katalitiskās reakcijās nu nepārtraukti tiek ārdītas un būvētas dažādas molekulas, pie kam dzīvnieka organismā pārsvarā ir ārdīšanas, bet augos uzbūves reakcijas. Kamēr nervu sistēma un hormoni darbojas saskanīgi, arī visi vielu maiņas procesi rit zināmā kārtībā. Gan tiek noārdītas arī pašu šūnu molekulas, bet to vietā nāk atkal jaunas. Organisma materiālais sastāvs, kā tas pierādīts, it īpaši jaunākā laikā, izlietojot vielu maiņas pētīšanā deitēriju un mākslīgos radioaktīvos elementus, kas var tikt iebūvēti šūnās - nepārtraukti mainās. Iedzertais ūdens vienkārši neizskalojas cauri, bet tiek iebūvēts šūnās, kamēr daļa agrākā ūdens atstāj ķermeni. Tāpat dažādi organismā atrodamie metalli tikai zināmu laiku paliek organismā, kamēr tos neapmaina citi, tā paša metalla atomi. Tā harmoniskā plūsma turpinās tik ilgi, līdz kāda ārēja katastrofa, vai iekšējs sabrukums noved pie nāves. Līdz ar to saskanīgums izbeidzas un sākas citādi vielu maiņas procesi, kas noved pie materiālo struktūru pilnīgas ķīmiskas sadalīšanas.

Dzīves gaitas zīņā organismi ļoti dažādi. Vienšūnnieki, kas vairojas ar dalīšanos, faktiski var būt nemirstīgi. Patiesībā noteikts, precīzi raksturojams sākums nav nevienai dzīvai būtnei, jo tā potenciāli eksistē jau dīglī. Vai par sākumu uzlūkot apaugļošanās momentu? Vai sākums ir spermatozoida pieskāršanās momentā olšūnai? Jeb tas meklējams abu šūnu chromosomu apvienošanās brīdī. Vai arī tad, kad embrijs pilnīgi izaudzis? Dzimšanas akts arī notiek laikā. Nav eksakti nosakāma sākuma. Un tāpat nav precīzi nosakāma gala. To sevišķi grūti noteikt zemākiem dzīvniekiem un augiem. Patiesībā neviena dzīva būtne, kas radījusi dzīvus pēcnācējus, īsti nemaz nav mirstīga, jo pēcnācēji ir tās dzīvā daļa.

Viena no zinātnes lielākām problēmām ir - par novecošanās un organisma dabīgās sabrukšanas cēloņiem. Kāpēc organisms noveco? Un kā novecošanu aizkavēt un novērst? Vai iespējams atjaunot vecu organismu, un kā būtu izredzes to panākt? - Skatoties no kolloidķīmijas viedokļa novecošanās ir dabīga parādība, Brauna kustības sekas, kas nenovēršamas. Kolloidķīmija arī māca, ka alkohols un citas līdzīgas vielas veicina kolloidu izpārslošanu, atūdeņošanos un sarecēšanu, un tātad arī novecošanos. Tāpat pazīstamas vielas, kas darbojas pretēji, t. i., kolloidus stabilizē. Bet šo vielu ievadīšana organismā saistīta ar dažā-

dām grūtībām. Bez tam dažādie kolloidi var tikt ietekmēti dažādi. - Tikpat maz izredžu novecošanās problēmu atrisināt no hormonu mācības viedokļa. Tā, priekš dažiem gadu desmitiem plaši rakstīja par atjaunošanas mēģinājumiem, kur gūti zināmi panākumi ar seksuālhormonu pastiprinātu ievadīšanu asinīs. Vēlāk tomēr izrādījās, ka atjaunošanas bijušas samērā īslaicīgas. Jau tīri teorētiski var paredzēt, ka seksuālhormonu pastiprināta ievadīšana vien nevar dot izšķīrējus panākumus, jo organisma norišu harmonisko līdzsvaru noteic vēl daudzi citi faktori.

Zinātne te stāv liela noslēpuma priekšā, ko nezin vai kādreiz izdosies atrisināt. Minēsim vēl tikai dažas varbūtības, dažus virzienus, kādos varētu turpināties novecošanās cēloņu meklēšana. Viens no tādiem varētu būt kaitīgu vielu uzkrāšanās organismā, sevišķi dažos organos un nozīmīgās šūniņās. Varbūt arī te zinātne varētu daudz līdzēt. - Pieredze bez tam rāda, ka novecošanās atkarīga no tīri psīchiskiem faktoriem. Bēdas veicina novecošanu, bet prieks ilgi uztur jaunu. Jāpieņem, ka nepatīkamie pārdzīvojumi saistīti ar zināmām pārmaiņām nervu-smadzeņu procesos, kas noteiktā veidā (negātīvi) ietekmē dažādus citus procesus visā organismā.

XXIII. SUGU ATTĪSTĪBAS UN IEDZIMTĪBAS PROBLĒMA

Doma, ka tagad pastāvošās augu un dzīvnieku sugas ir attīstījušās no vienkāršākām pirmsugām, nav veca. Tikai ap pagājušā gadsimta vidu, pēc Č. Darvina rakstu parādīšanās, šī doma sāka nostiprināties zinātnē. Agrāk valdījušie uzskati bija pavisam citādi un tagad var izlikties smieklīgi. Tā, piem., viduslaikos domāja, ka dažādi kukaiņi, kas dzīvo uz augu stumbriem un lapām - radušies no auga, uz kā tie dzīvo. Orchidejas esot cēlušās no mājlopiem iztecējušās spermas. Mazi pīlēni rodoties no ziedu pumpuriem, kas no kokiem iebirst ūdenī. Vēlāk kāds pazīstams zinātnieks kādā no angļu karaliskās biedrības sēdēm paziņo, ka pilnīgi dzīvu pīlēnu rašanās no pumpuriem gan neesot apgalvojama, bet esot novērots, ka no ziedu pumpura rodoties ola, kuŗā sēž pīlēns. Kā parastu kuriozu vienmēr min slavenā van Helmonta domas (17. gadsimtā), kas gluži nopietni rakstīja, ka no netīra krekla un miltiem varot rasties peles. Čemberss vēl 1844. g. raksta, ka rudzus varot pārvērst par kviešiem, kviešus par miežiem u. t. t. Slavenais augu sistēmatiķis Linnej's domāja, ka sugas esot radītas. Kivjē (Cuvier, 1769.—1832.) mācīja, ka iz-

rakumos atrodamās sugas nav tagadējo pirmsugas, starp sugām neesot ģenetisku sakaru.

Domu, ka tagad sastopamās sugas attīstījušās no vienkāršākām, un ka visas sugas atrodas ģenetiskos sakaros, pirmie izteica pag. gadsimta sākumā Sent-Ilērs (E. G. St. Hilaire) un Lamarks (B. de Monet de Lamarck). Sugu evolūcijas ideja par valdošu teoriju kļuva tomēr tikai pēc Darvina rakstu publicēšanas.

Ka patiešām notikusi sugu evolūcija, par to tagad vairs nav šaubu. Galvenie pierādījumi šādi: 1) Izrādās, ka dažādas sugas ģintis u. c. mūsu sistēmatikas grupas nav dabiski norobežotas, bet starp sugām ir pārējas pakāpes. Piem., vilku suns vilkam (cita suga) ir vairāk līdzīgs, nekā savas sugas āpšu sunim. Šādu piemēru ir daudz un visi tie ved pie slēdziena, ka sistēmatiķu sadalījumi sugās, ģintīs, varietātēs u. c. ir vairāk vai mazāk mākslīgi sadalījumi. To pierāda nevien ārējais izskats, bet arī krustošanas iespējas. Krustot var nevien maz atšķirīgās varietātes, bet arī daudzas radniecīgas sugas, piem., suns -vilks, suns-šakalis, lasis-forele, karpa-karūsa u. d. c.. Tālāk izrādās, ka vienas un tās pašas sugas priekšstāvjiem var būt nevien dažāds izskats, bet pavisam citādi organizēts ķermenis. Šādas parādības sauc par polimorfismu. Tas parādās jau dažādās attīstības stadijās, piem., tauriņš iepriekš parādās kāpura veidā. Kāpuri ir tārpveidīgi, viņu mute piemērota graušanai, jo tie dzīvo uz lapām, ko izlieto par barību. Tauriņam turpretim nav šādas mutes, bet sūkšanai piemērots snuķītis. - Vēl interesantāks polimorfisms parādās pie dažādiem jūras polipiem. Tie pieder pie zemākiem dzīvniekiem, kam liela līdzība ar augiem. Tie sastāv no zaraina cauruļveidīga stumbra, kura apakšējais gals piestiprināts pie jūras dibena, kamēr augšējie gali ir vaļā. Pa šiem galiem polipi uzņem barību. Katrs zars ir uzskatāms par individu, pie kam vairošanās var notikt divējādi: 1) rodas jauni „asni" un no tiem jauni zari un 2) rodas stipri zarains stumbriņš, kas atraujas no mātes organisma un nokrīt nost (pumpurošanās). Bet nu interesanti tas, ka pumpurošanās procesā var rasties nevien jauni polipi, bet arī pavisam kaut kas cits: var rasties medūzas! Tās ir zvanveida organismi, kas brīvi peld ūdenī un vairojas dzimumvairošanās ceļā. Taču no medūzas olām savukārt var atkal rasties polipi. - Šis ir visraksturīgākais polimorfisma piemērs, kas norāda uz sugu relātīvitāti.

Sistēmatika un morfoloģija dod arī vēl citādus evolūcijas pierādījumus. Piem., apskatot bruņu rupuču rindu, tās dažādās ģintis un sugas atšķiras īpaši ar kājas apakšējās daļas uzbūvi. Kājas piemērotas vai nu sauszemes dzīvei vai peldēšanai. Bet pazīsta-

mas arī pārejas piem., Trionyx ģints rupuči, kuŗu kājas piemērotas kā peldēšanai, tā sauszemes dzīvei. Tāpat tālāk ir rupuči, kam kājas jau ļoti līdzīgas spurām, un kam bruņu vairs nemaz nav, kas jau norāda uz sakariem un pārejām uz citām klasēm. Analoģisku piemēru ir daudz.

Arī embrioloģijas jeb individuālās evolūcijas pētīšana apstiprina sugu attīstības teoriju. Dīgļšūnu dalīšanās visiem organismiem ļoti līdzīga. Jūŗas eža, zivs, vardes, u. c. dzīvnieku blastulas un gastrulas gandrīz vienādas. Arī tālākās attīstības stadijās, piem., vistas, vardes un cilvēka embrioni līdzīgi cits citam. Bet jo tālāk iet attīstība, jo lielākas kļūst atšķirības. Viss tas liek domāt, ka attītības gaita, kādu pārdzīvo katrs individs (ontoģeneze) no vienšūnu dīgļa līdz pilnīgam organismam, ir pārdzīvota visā sugu attīstības laikā. To apstiprina arī polimorfisms kukaiņu attīstībā. Komplicētā tauriņa kāpurs ir pavisam citādi un daudz vienkāršāk būvēts „tārps". Individuālās attīstības laikā tātad var notikt dažādu organu pilnīga uzbūves un funkciju pārmaiņa. Zīdītāju embrioni zināmā attīstības stadijā stipri līdzīgi zivīm: tiem ir žaunu spraugas, zivīm līdzīga asinscirkulācijas un izvadorganu sistēma. Varētu tātad domāt, ka zīdītāji ir cēlušies no zivīm.

Vispārliecinošākos evolūcijas pierādījumus tomēr dod paleontoloģija, t. i., zinātne par izmirušiem dzīvniekiem un augiem. Tā pa daļai pieder pie ģeoloģijas, jo par tādu organismu eksistenci spriežam tikai no izrakumiem. Tajos atrodami, visbiežāk jau pārakmeņojumu veidā, vai kā nospiedumi, dažādu organismu skeleti un citas daļas. Sevišķi nozīmīgs nu ir fakts, ka virsējos, jaunākos slāņos atrodami augi un dzīvnieki, kas maz atšķiŗas no tagadējiem. Turpretim vecāko kārtu flora un fauna jau stipri atšķirīga. Vecajos slāņos, kuŗu veidošanās laiku, kā jau zinām, ar dažādiem paņēmieniem aptuveni var noteikt, vairs zīdītāju nav, bet atrodamas dažādu milzīgu rāpuļu, putnu un zivju paliekas. Vēl vecākos slāņos arī mugurkaulnieku paliekas nav atrodamas, bet tikai zemāku vēžveidīgu dzīvnieku, radiolāriju u. c. organismu nospiedumi.

Viss tas pierāda, ka sugu attīstība tiešām ir notikusi. Šo slēdzienu nebūt neapgāž vispārpazīstamais fakts, ka vēl tagad, līdzās augsti organizētiem zīdītājiem, dzīvo dažādas baktērijas, amēbas u. t. t., jo pilnīgi iespējams, ka attīstība dažos gadījumos gājusi „uz leju", vai arī - ka daži tagad atrodamie zemāko organismu veidi radušies un attīstījušies vēlak. Deģenerācija allaž novērojama arī tagad.

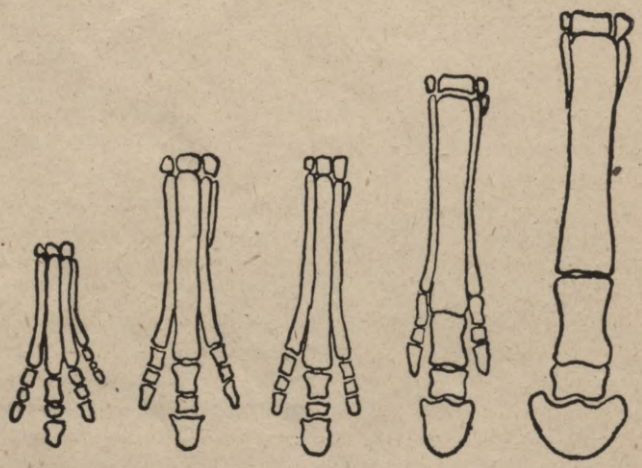
Evolūcija ir notikusi. Bet kāpēc sugas attīstās un pārveidojas? Kas ir tās virzītāji faktori? - Evolūcijas pirmatnējais pamats pēc Darvina domām ir dabiskā dažādība. Absolūti vienādu individu nav. Šo nevienādību noteic gadījuma apstākļi, varbūtīgums. Daži vienas un tās pašas cilts individi ir stiprāki, citi vājāki, pie kam stiprākie ir tie, kas labāk piemēroti apstākļiem. Dabā, kā zināms, ne vienmēr ir uztura vielu pārpilnība, tādēļ dabiski izceļas cīņa uztura dēļ. Tur uzvar tie, kas, sakarā ar dažādību, labāk piemēroti apstākļiem. Jēdziens „cīņa uztura dēļ" jāsaprot

13. att. Šiferī atrasts aizvēsturiska putna nospiedums. Putnam ir spalvota ķirzakas aste un zobains knābis.

plašā nozīmē: uztura dēļ cīnas nevien divi plēsīgi zvēri ap laupījumu, bet arī divi augi meža biezoknī, sniedzoties ar saknēm pēc barības un ar lapām pēc saules. No šīs cīņas paliek pāri kā uzvarētāji tikai spēcīgākie, bet pārējie iet bojā. No šo, apstākļiem labi piemēroto, spēcīgo individu krustojumiem rodas pēcnācēji, kas vēl labāk piemēroti apstākļiem, nekā iepriekšējās ģeneracijas individi. Tā pakāpeniski notiek t. s. dabiskā izlase. Ar to notiek to dažādību pilnīgāka izveidošana, kas organismiem pašuzturas cīņā visvajadzīgākās. Tā, no plēsējiem izlasās tie, kam labāk attīstīti žokļi, nagi un muskulatūra, bet no plēsēju barībai derīgiem tie, kas labāk aizsargāti no saviem ienaidniekiem. Ja,

piem., uz kokiem dzīvojošie kukaiņi agrāk varbūt bija dažādās krāsās, tad tie, kuŗu krāsa vairāk līdzinās koka lapu un mizas krāsai, no viņu ienaidniekiem ir palikuši neievēroti. No šādas krāsas kukaiņu pastāvīgiem krustojumiem tad beidzot ir radusies tikai vienas krāsas (lapu vai mizas) suga, kas labi aizsargāta pret ienaidniekiem.

Bet vai dabiskā izlase var būt pamats jaunu organu radīšanai? Visos piemēros, kas minēti darvinismā, tiek runāts par jau esošu organu pilnīgāku izveidošanos, vai nelielu pārveidošanos. Par jaunu organu, piem., acs izveidošanos, vai kāda aizmetņa rašanos



14. att. Pakāpeniska zirga kājas kaulu attīstība dažādās sugās.

šādas pašuzturēšanās cīņas ietekmē, nav iespējams runāt. Bez šī vispārīgā iebilduma pret darvinismu tiek celti vēl citi, speciālāki. Tā, daudzu kukaiņu „piemērotā" apkārtnes krāsa, kā tas dažos gadījumos noskaidrots, nav kādas izlases rezultāts, bet gan koka mizu un lapu atstarotās gaismas iedarbības sekas.

Darvina mācībai līdzīgas ir Lamarka un dažu citu zinātnieku hipotezes, kam apmēram tādi pat trūkumi. Tā, arī Lamarks pieņem, ka evolūcijas galvenais pamats ir ārējie apstākļi. Tie rada noteikumus, sakarā ar kuŗiem dzīvnieks zināmus organus lieto vai nelieto. Tā, pateicoties organu vingrināšanai, tie attīstās un izveidojas. Pašu organu izcelšanos viņš domā izskaidrot ar organisma īpatnējām spējām tos attīstīt, jūtot viņu nepieciešamību.

Kamēr Darvina, Lamarka un citas tām radniecīgas hipotezes

uzsveŗ ārējo apstākļu pakāpenisko iedarbību un pārveidības nepārtrauktību, de Frīza (de Vries) mutācijas teorija skatās uz šo lietu savādāk. Šī teorija ir visjaunākā un tā izaugusi uz zināma eksperimentāla materiāla pamata. Sistēmatiski novērojot dažādu augu sugas arvien tālākās un tālākās paaudzēs, de Frīzs novēroja, ka dažreiz pēcnācējiem ir pavisam neparastas, pie agrāko paaudžu individiem nenovērotas īpašības. Tās parādās gluži pēkšņi pie dažiem vienas paaudzes individiem. Tādas negaidītas pārmaiņas tika nosauktas par mutācijām. Tās pa retam parādās kā pie augiem, tā arī dažās dzīvnieku sugās.

Dibinoties uz šādiem novērojumiem, de Frīzs radīja savu mutācijas teoriju. Tās izpratnē jaunu organu izcelšanās un pārmaiņas pēcnācēju organisma uzbūvē izskaidrojamas ar mutācijām. Pa daļai ārējo apstākļu ietekmē, bet galvenā kārtā atkarībā no organisma iekšējiem nosacījumiem, dīgļšūnu vielās var rasties pārmaiņas. Ja tās sasniedz zināmu pakāpi, tad sekojošās paaudzēs mutāciju veidā rodas jaunas iezīmes, kas jau ir paliekošas, t. i., tālākās ģenerācijās iedzimtas. Protams, komplicēti organi nevar rasties vienas mutācijas veidā, bet jāpieņem, ka mutācijam var būt zināms „virziens", un organi izveidojas daudzās pakāpeniskās mutācijās.

Evolūcijas īstos cēloņus neviena teorija nav noskaidrojusi. Tādēļ arī nevar runāt par evolūcijas teorijām, bet hipotezēm. Dažādās hipotezes eksperimentāli tikpat kā nav pārbaudāmas, jo organu izveidošanās, kā to vismaz var domāt, var norisināties tikai daudzās paaudzes, kur novērojumi un eksperimenti būtu jāturpina tūkstošiem gadu ilgi. Bet eksperimentālā bioloģija ir tikai kādus simts gadus veca.

Ja nu salīdzina dažādās hipotezes, tad priekšroka neapšaubāmi jādod mutācijas hipotezei. Tā sevišķi ievēro arī iekšējās struktūrālās pārmaiņas, kas ar laiku var notikt dīgļšūnu proteīnos un nukleoproteīdos, viens no šo iekšējo struktūrālo pārmaiņu cēloņiem var būt Brauna kustība. Gadījuma dēļ dažas dīgļšūnu molekulas var tā sadurties, ka rodas zināmas rēgulāras pārmaiņas to struktūrā. Bet šīs pārmaiņas nevar būt neierobežoti patvaļīgas, neierobežoti dažādīgas. Evolūcijas iespējas nenoteic tikai gadījuma apstākļi, bet arī dīgļšūnu proteīnu un nukleoproteīdu struktūrālo pārmaiņu iespējas, ko noteic šo vielu īpatnējā molekulārā uzbūve. Šīs pārmaiņas nākošās paaudzēs var izpausties spilgtu ārēju pārmaiņu veidā. Fundamentālu pārmaiņu cēloņi, droši vien, meklējami šādās iekšējās dīgļšūnu vielu struktūrālās pārvērtībās, kuŗām savukārt var būt

dažādi cēloņi. Bez jau pieminētās Brauna molekulārās kustības, varētu domāt, piem., par svešu mazmolekulāru vielu iedarbi, kas kaut kā iekļuvušas dīglī, par kosmisko radiāciju, radioaktīvo vielu izstarojumiem, vai par apkārtējo šūnu iedarbi uz dīgli. Kad nu šo dažādo cēloņu dēļ dīgļšūnu vielās notikušās struktūrālās pārmaiņas, kas parādās arī dažādu ārēju pazīmju veidā pie tālāko paaudžu pārstāvjiem, tad vienas vai otras jaunas iezīmes vai organa tālākā izveidošanās var būt atkarīga no cīņas uztura dēļ, vai organu vingrināšanas.

Evolūcijas norisē tātad nozīme kā iekšējiem nosacījumiem, struktūrālām īpatnībām un molekulu savstarpējai saskarsmei, tā arī ārējiem apstākļiem. Sevišķi instruktīvi šai ziņā apskatīt viselementārākos daudzšūnniekus - šūnu asociācijas, grupas. Tajās uz grupu iedarbojas ārējie apstākļi, un arī iekšēji katra šūna iedarbojas uz kaimiņšūnām. Kā šo iekšējo, tā ārējo nosacījumu dēļ visā sistēmā ar laiku ir jānotiek struktūrālām pārmaiņām. Kāpēc? Tāpēc ka grupas dažādās šūnas dažādi reaģē un ir dažādos stāvokļos. Kolonijas virsmā atrodošās šūnas ir pavisam citādos apstākļos, nekā centrālās. Tā ar laiku, pakāpeniskās un vienmērīgās iedarbībās, ārējās šūnas kļūst stipri atšķirīgas no iekšējām. Bet arī visas ārējās un visas iekšējās šūnas nav vienādas. Šīs dažādības dēļ tad arī jānotiek tālākai diferenciācijai. Struktūru diferenciācijai seko arī funkciju diferenciācija: katra šūnu sabiedrības daļa sāk izpildīt savus īpatnējus uzdevumus. Līdz ar augošu diferenciāciju tātad iet arī augoša speciālizācija, darba dalīšana. Bet līdz ar to katra atsevišķa šūniņa kļūst arvien nevarīgāka, individuāli pastāvēt nespējīgāka. Ar augošu evolūciju un diferenciāciju katra atsevišķa šūna top arvien vairāk un vairāk atkarīga no veselā. Ar to arī saprotams, ka vislielākā reģenerācijas spēja ir zemākiem organismiem. Nespēja restaurēt zaudētos organus ir viens no augstāko organismu lielākiem trūkumiem. Evolūcija tātad nes sev līdz arī daudz negātīva.

Ja visu evolūcijas procesu vienmēr un viscaur vadītu kāda uz pilnības ideālu vedoša mērķtiecīga tendence, tad evolūcijai vajadzētu būt daudz gludākai un tiešāk uz augšu vērstai, nekā to patiesībā redzam. Lieta tā, ka daudzas, augsti attīstītas augu un dzīvnieku sugas nav attīstījušās tālāk, bet gājušas savā attīstībā atpakaļ. Tagad sastopamās papardes ir nožēlojamas seno akmeņogļu laikmeta paparžu atliekas. Tas pats sakāms par tagadējām ķirzakām. Pirmcilvēks arī nav attīstījies no gorillas vai šimpanzes, bet no brūnogļu laikmetā dzīvojošās cilvēkpērtiķu sugas.

Pirmcilvēks ir šās izmirušās sugas attīstības zars „uz augšu", bet tagadējās gorillas un šimpanzes ir cilvēkpērtiķa deģenerāti. No pirmcilvēka sugas savukārt izveidojās vairāki zari. Dažas atvases tikai vāji progresējušas, vai pārveidojušās, citas gājušas strauji uz augšu. - Gadu tūkstošos varēja rasties visdažādākās mutācijas, kas veda pie lielās dažādības. Bet ne katra mutācija ir pozitīva, uz augšu vedoša.

Sugu evolūcija nav domājama bez iedzimtības. Visas sugas un arī individuālās pazīmes nes dīgļšūnu kodolu chromosomas. Šīs viegli krāsojamās, mikroskopā redzamās daļiņas nav

15. att. Dažādas plūmju šķirnes un to dīgļu chromosomas (apakšā).

nekas cits kā nukleoproteīdu molekulu kompleksi. Katra chromosoma ir garens ķermenītis, kas sastāv no atsevišķām vienībām, t. s. geniem, kas ir nukleoproteīdu milzu molekulas, sastāvošas no simttūkstošiem vai miljoniem atomu.

Vieliskie individuālo un sugas pazīmju nesēji nav jādomā tā, kā to māca preformācijas hipoteze, t. i., ka dīglī ir jau gatavs organisms miniatūrā. Šāda mācība viegli novedama līdz absurdam. Ja teiksim, spermatozoidā ir jau gatavs mazs cilvēciņš, tad tā dīgļšūnās atkal jābūt vēl mazākam cilvēciņam u. t. t. līdz bezgalībai... Attīstību, kā jau minēts iepriekš, var saprast vienīgi kā epigenezi: organizācija rodas pakāpeniski, pie kam viss izveidojas balstoties uz chromosomu nukleoproteīdu pirmstruktūrām.

Katra nākošā attīstības pakāpe ir iepriekšējās noteikta, iezīmēta. Protams, katras sugas individu chromosomas ar kaut ko atšķiras; bet šīs atšķirības nav tas pats, kas gatava individa atšķirības. B. Bavinks salīdzina šās chromosomu vielu molekulās slēptās iezīmes ar gramafona plates rievām. Katrai rieviņai atbilst zināms tonis tāpat kā katrai chromosomu struktūras īpatnībai atbilst zināmas īpatnības attīstībā, sugas un individa īpašībās.

16. att. Drosofila mušas chromosomas daļa (ļoti stipri palielināta) (pēc Bridges)

Iedzimtības materiālais pamats ir chromosomu struktūra dīglī. To tagad apstiprina plaši sistēmatiski pētījumi. Pirmos pamatus, dibinoties uz ilggadīgiem eksperimentāliem pētījumiem, te lika G. Mendelis. Viņš krustoja sarp citu dažādas zirņu sugas un novēroja kā mainās dažādas īpašības tālākās paaudzēs. Pēc tam, kad sevišķi R. un O. Hertvigi pierādīja, ka iedzimtības ņesēji ir chromosomas, radās jautājumi par dažādo iedzimto pazīmju sakaru ar atsevišķām chromosomas daļām. Bridža (Bridge), Setena (Sutton), Morgana un Goldtschmidt'a darbi deva tālāku ieskatu par dažādu iedzimtības faktoru lokālizāciju dažādās chromosomu daļās. Šajā virzienā tika gūti lieli panākumi.

Jau Mendela un vēlāk Korensa (Correns), de Frīza un Čermaka (Tschermak) pētījumos tika pierādīts, ka dažādās īpašības no paaudzes uz paaudzi pāriet tā, it kā tās būtu patstāvīgas, neatkarīgas vienības. Tādas būtu, piem., dzīvnieka spalvas krāsa, acu krāsa, spārnu garums u. c. Dažreiz kāda īpašība kādā paaudzē paliek it kā apslēpta un, parādās tikai nākošā (dēlam parādās vectēva īpāšības). Tas norāda, ka īpašības saistītas ar kādām materiālām daļiņām šūnās, kas arī pilnīgi apstiprinājās. Tā kā chromosomas labi krāsojas, tad ar labu mikroskopu viegli bija izsekot to dažādām pārmaiņām. Katras sugas šūnās ir noteikts chromosomu skaits; pie kam chromosomas var atšķirties cita no citas ar lielumu, formu un citādi. Bez tam katrai

chromosomai ir sava īpatnēja struktūra, kur noteiktā kārtībā novietoti iedzimto īpašību nesēji, t. s. geni. Plašos pētījumos nu novēro chromosomas cauri daudzām paaudzēm, un saistot šos novērojumus ar ārējo pazīmju maiņām, gūst ieskatu par pastāvošām sakarībām. (Savienojoties abu dzimumu dīgļšūnām chromosomas saistās noteiktā kārtībā un tālākā dalīšanās procesā pēc zināmas pārgrupēšanās atkal sadalās un vairojas. Tā pēcnācēju šūnās tiek uzņemtas abu vecāku pazīmes.)

Sevišķi ievērojami atklājumi gūti pētījumos ar Drosophila sugas mušām, kas bieži uzrāda mutācijas. Katrai mutācijai atbilst zināmas pārmaiņas chromosomu kartē. Plaši eksperimentāli pētījumi par krustošanās rezultātiem un mutācijām ir pat matēmatiski apstrādāti, pie kam teorētiskie slēdzieni par iedzimto īpašību lokālizāciju labi saskan ar faktiem. Atliek tikai vēl noskaidrot, kādas ir dažādo chromosomu vienību ķīmiskās atšķirības.

Pašā pēdējā laikā šeit gūti vēl citi ievērojami panākumi, piem., par mutāciju skaita palielināšanu ar X staru palīdzību. Arī šo pētījumu rezultāti ir matēmatiski apstrādāti, un teorija rāda, ka mutācijas pamatā jābūt kādam vienkāršam ķīmiskam procesam, kas saistīts ar viena enerģijas kvanta uztveršanu molekulā.

Eksperimentālā ceļā izdodas uz chromosomām iedarboties nevien ar X staru palīdzību, bet arī citādi, piem., ar dažādām mazmolekulārām vielām. 1937. g. zinātnieki atrada metodi, kā mākslīgi radīt t. s. poliploidās augu rases, kuru šūnās ir vairāk chromosomu nekā normāli. Šiem pētījumiem ir arī liela praktiska nozīme, jo līdz ar chromosomu skaitu mainās arī dažas īpašības. Tā, izdevies iegūt poliploidas ābolu šķirnes ar augstu C vitamīna saturu. Teorētiski šie atklājumi noteikti balsta vienkāršo, zinātnisko dzīvības un attīstības izpratnes viedokli.

Pēdējā laikā chromosomu un genu vairošanās reakcijas mēģināts diskutēt arī no kvantu teorijas viedokļa, pie kam zināmi panākumi te P. Jordan'am (1938.—1944.). Pamatojoties uz t. s. rezonances pievilkšanos, kas pastāv starp līdzīgām atomu grupām, arī genu nukleoproteīdu vairošanos var apskatīt no šāda viedokļa. Pievilkšanās spēks, kas darbojas starp divu organisku molekulu līdzīgām atomu grupām, ir pretēji proporcionāls parallēli orientēto molekulu daļu attālumam trešā pakāpē. Ja ar R apzīmēsim attālumu starp divām līdzīgas struktūras atomu grupām, tad pievilkšanās ir proporcionāla $1/R^3$, vai pretēji proporcionāla R^3. Atomu grupas tātad pievelkas tikai tad, kad tās

nonāk ļoti tuvu. Tādas ir kvantu teorijas prasības un tā pievelkas parastu „nedzīvu" organisku vielu molekulas. Kā nu ir ar genu pievilkšanos? Izrādās, ka līdzīgas struktūras geni tiešām pievelkas, sekojot šim likumam. Tātad starp tiem darbojas tie paši spēki, kas pievelk divas līdzīgas vienkāršu organisku vielu molekulas, ja vien izpildīti zināmi molekulārās struktūras noteikumi. Jordans pārliecināts, ka uz rezonances pievilkšanos dibinās nukleoproteīdu vairošanās, kas ir autokatalitisks process. Resonances pievilkšanās dēļ ap nukleoproteīdu molekulām sakopojas līdzās esošo proteīnu un citu vielu molekulas, kas nukleoproteīda ietekmē pārvēršas par nukleoproteīdu. Norisinās it kā kopēšana pēc pirmatnējā nukleoproteīda parauga. Citi zinātnieki šo kopēšanos mēģina izskaidrot pamatojoties uz ionogeno, polāro atomgrupu savstarpējo pievilkšanos, pie kam lādiņu sadalījums būtu tas, kas noteic sagrupēšanās kārtību.

Noslēdzot šo nodaļu, vēl jāaizrāda, ka visi minētie ķīmiskie izskaidrojumi ir vēl tālu no pilnības. Tomēr šai virzienā daudz kas ar panākumiem tiek darīts. Nebūtu nekāds brīnums, ja jau tuvākā nākotnē izdotos noskaidrot, no kādām atomu grupām dīgļšūnu nukleoproteīdos atkarīgas zināmas individuālas īpašības. Varbūt atradīs pat līdzekļus kā šīs atomu grupas pēc patikas pārveidot un līdz ar to vērst attīstību zināmā virzienā. Vai visi dzīvības noslēpumi mums atklāsies pilnīgi, tas gan maz ticams.

Liela problēma šai sakarībā ir dzīvības izcelšanās jautājums, ko arī nezin vai kādreiz izdosies pilnīgi noskaidrot. Kā varēja rasties komplicētās sfairoproteīnu un nukleoproteīdu molekulas, virusi, sēnītes, baktērijas? - Pastāv trīs pamatuzskati. Vecākais no tiem aizstāv domu, ka dzīvība ir radīta, iejaucoties kādiem augstākas pakāpes spēkiem. Otrs uzskats cenšas pamatot domu par dzīvas protoplazmas un mikrobu rašanos no organisko vielu, ūdens, amonjaka, sēra u. c. daļiņām, kādos īpatnējos apstākļos Zemes jaunības laikā. Varbūt vispirms parādījās kādas tagad vairs nepazīstamas starpformas, kādas lielmolekulāras vielas, kas radās no organisku un neorganisku vielu molekulām īpatnējos temperātūras, spiediena u. c. nosacījumos. To nezinām, nekad arī nezināsim. Bet ilgajā Zemes vēsturē bijis daudz kas iespējams. Trešais uzskats pauž dzīvības mūžīguma domu. Iespējams, ka dzīvības dīgļi tik pat mūžīgi kā materijas atomi. Tie varbūt klejo līdz ar meteoriem pat pasaules telpā. Jau redzējām, ka dīgļi ir pat stratosfairā. Protams, visas grūtības šaī problēmatikā at-

krīt, ja laiku, subjektīvo laiku, maiņu un radīšanu uzskata par šķitumu. Evolūcija tad nav kāda būtiska veidošanās, bet it kā stāvokļu kārtība zināmā (laika) dimensijā (sk. 88. lpp.).

XXIV. PSĪCHISKĀS NORISES DZĪVAJĀ DABĀ

Spēja apzināti skatīt pasauli, domāt, to izpētīt un, vadoties no šiem pētījumiem, to tālejoši pārveidot, bez šaubām ir kaut kas sevišķs. Kas no tā ir skudrai, medūzai, amēbai? - Ar savu gara spēju un to izpausmēm zinātnē un mākslā stāvam tālu pāri visam. Un redzam arī divpusību, pareizāk - „vairākpusību" - pirmkārt, ir elektroni, elektromagnētiskie lauki, kvanti, otrkārt ir norises nervos un smadzenēs, ko šie ārējie faktori ierosina, un, beidzot, vēl mums ir sajūtas, domas. Te stāvam problēmu priekšā, kuru dažas puses daudziem šķiet pašsaprotamas un skaidras: cilvēkā psīchiskās parādības un gara darbība ir viens, un materiālais pavisam kas cits. Vēl mēdz ieslēgt arī trešo specifiski bioloģisko. Tātad dabā būtu trīs īpatnējas substances: fizikālā, tad bioloģiskā entelechija, ap ko saistās organismu mērķtiecīgās tendences un instinkti, un - psīchiskā, t. i., cilvēkam vien piemītošā dvēseles un gara substance. - Bet vai tāda pieeja būtu vispareizākā?

Pirmkārt, jau redzējām, ka nav pamata runāt par kādu specifiski organismisku entelechiju, vai dzīvības spēku. Starp „nedzīvajiem" atomiem un molekulām no vienas puses un dzīviem organismiem no otras ir p ā r e j a s p a k ā p e s.

Bet kā ar psīchisko? Gaismas kvanti, vai to ierosinātie procesi acī, nervos un smadzenēs taču ir viena lieta, un sarkanās krāsas sajūta kaut kas pavisam cits! Droši vien, smadzenēs kādi ķīmiski procesi notiek, kad domājam; bet šīs ķīmiskās norises ir viena lieta, un mūsu domas atkal kaut kas kvalitātīvi pavisam kas cits. Tāda divpusība pastāv. Daudziem ir izlicies, ka te nekad nekādas pārejas, nekādu tiltu nebūs iespējams atrast. Tā vismaz tas likās pirms apm. simts gadiem, kad neko nezināja par atomu dziļāko būtību, un par tiltiem no dzīvā uz nedzīvo. Psīchiskās norises mechanistiski nevarēja izskaidrot, un arī materiju nevarēja „nofilozofēt". Objektīvākie un kritiskākie domātāji tā arī palika pie duālisma. Bet šis duālisms kaut kā neapmierina.

Varbūt kādas jaunas perspektīvas varētu dot ekskursijas organismu pasaulē, t. i., pētījumi par dzīvnieku psīchiskām norisēm. Tomēr te jau pašā sākumā paredzamas tīri principiālas dabas grū-

tības, jo psīchiskās norises var būt vienīgi subjektīvas, t. i., īsti pazīstam tikai savas sajūtas, domas, dziņas. Vismaz kvalitātīvi tās pazīstam, jo tās tieši pārdzīvojam, lai gan ir vēl zemapziņas norises, kas pat mums pašiem svešas. Par cita cilvēka psīchiskām norisēm varam spriest tikai pēc analoģijas, vērojot izturēšanos, klausoties teiktos vārdus, lasot viņa pārdzīvojumu tēlojumus. Bet pilnīgi evidenti zināt, ko otrs jūt, domā, pārdzīvo - nevaram. Starp cilvēku un cilvēku, arī vistuvāko, stāv nepārejams bezdibens. Vēl lielāks tas starp cilvēku un dzīvnieku...

Tomēr arī spriedumiem pēc analoģijas ir zināma vērtība. Ar lielu paticamību varam pieņemt, ka otrs cilvēks saules gaismu, vai cukura saldumu sajūt tāpat kā mēs, ka tas pārdzīvo bailes, dusmas, prieku tāpat kā mēs. Bet iespējamas arī lielas dažādības: nemūzikālam un nejūtīgam cilvēkam Bethovena simfonija aizšalc gar ausīm kā ielas troksnis... Tātad - ja jau starp cilvēku un cilvēku pārdzīvojumu var būt tik liela dažādība, kādas gan var būt izredzes izprast dzīvnieku psīchiku?... Tiešām pavisam nav iespējams iedomāties, ar kādiem līdzekļiem mēs reiz varētu uzzināt - ko sajūt un domā skudra, zivs, vai infuzorija. Izdarot dažādus novērojumus un eksperimentus ar dzīvniekiem, gan varam noteikt viņu izturēšanos, orientēšanās spējas, atmiņu, vērot patikas vai nepatikas izteiksmes veidus, bet ko viņi pārdzīvo sevī, to zināt nevaram. Tā, skudrām noliek dažādas vielas, kas mums šķiet saldas, piem., cukuru, sacharīnu, glicerīnu, un novēro, kā skudras pret šīm vielām izturēsies. Redzam, ka cukuru tās apēd, bet sacharīnu neaiztiek. Vai no tā var secināt, ka skudrai cukurs izliekas salds, tāpat kā mums? - Nekādā ziņā! Tā būtu pavisam antropomorfiska pieeja. Varbūt skudra garšu izjūt pavisam citādi, nekā cilvēks. Tāpat mēs neko nevaram saprast, piem., par suņa bagātīgo ožas pasauli.

Par augstāko dzīvnieku pārdzīvojumiem vēl ir zināms pamats spriest uz analoģijas pamata, vismaz cik tas attiecas uz patiku un nepatiku, priecīgām izjūtām un sāpēm. Var domāt, ka augstākie dzīvnieki sāpes pārdzīvo apmēram tāpat, kā cilvēki. Tāpat nevar noliegt, ka augstākiem dzīvniekiem ir zināms saprāts, elementāra domātspēja, interese, savaldīšanās u. t. t. Jo zemāk kāpjam lejā pa filoģenetisko rindu kāpnēm, jo nedrošāki kļūst šie slēdzieni uz analoģijas pamata. Ja liekas, ka suns sāpes pārdzīvo apmēram tāpat kā mēs, tad par zivs vai sliekas sāpēm spriest jau grūtāk, bet par infuzorijas vai baktērijas sāpēm nav nekādas jēgas spriest.

Plaši eksperimentāli pētītas un pārrunātas ir dzīvnieku saprāta

spējas. Te nu neapšaubāmi pastāv daudzi apbrīnošanas cienīgi paraugi, piem., putni kā architekti un ceļotāji, skudras, bites, bebri. Sevišķi komplicētu dzīves veidu ved dažādi sabiedriski dzīvnieki, piem., t. s. lapgriezes skudras. Komplicētā darba dalīšanas organizācijā dažas griezēju grupas kāpj kokos un nogriež lapas, nesēji tās sanes apakšzemes mājokļos, kur „dārznieku" grupas uz sanestām lapām pilnīgi noteiktā veidā audzina īpatnējas sēnītes, ko lapgriezes izlieto barībai. Tā skudras nodarbojas ar zem- un dārzkopību. Kā zināms, tās nodarbojas arī ar lopkopību, slaucot lapu utis un dažādi gādājot par viņu labklājību. Komplicētus darbus skudras veic arī savu mājokļu izveidošanā, olu un kāpuru kopšanā.

Ļoti interesantus lakstošanās piemērus apraksta Heksli (J. Huxley). Dažās zirnekļu sugās tēviņš mātītes priekšā izpilda savādas dejas. Tīklu zirnekļi, kas gandrīz pilnīgi neredzīgi, sazinās īpatnēji, drebinot tīkla stīgas. Pie zirnekļiem novēroti arī ievērības cienīgi „dāvināšanas" piemēri. Ja zirnekli - tēviņu ievieto kastītē kopā ar mušu - tas pēdējo apēd, bet ja tur būs arī vēl mātīte - viņš mušu ietiņ - piedāvā tai. Vēl komplicētāki „prezentēšanas" piemēri konstatēti pie dažu mušu sugu pārstāvjiem. Tēviņš pasniedz savai izredzētai nevis kailu ēsmas gabaliņu, bet to apvelk ar spožu burbuli, ko izveido no sava ķermeņa izplūstošās viskozās vielas. Dažu mušu sugu pārstāvji „pasniedz" kā uzmanības zīmi arī skaistas, neēdamas lietas, piem., spožo burbuli, ar pie tā pielipinātu ziedlapiņu. Vēl daudz komplicētāki lakstošanās un augstsirdības piemēri novēroti augstākās mugurkaulnieku sugās, sevišķi pie putniem, kur dažādās izdarības allaž tik komplicētas un nogurdinošas, ka to ar aklu instinktu, kas tieši kalpotu sugas uzturēšanai, nevar izskaidrot. Pašaizliedzīga draudzība dzīvnieku valstī nav retums.

Kā uz visu to skatās dzīvnieku psīcholoģija? Te pastāv divi novirzieni: viens no tiem noteikti runā par dzīvnieku prāta spējām, bet otrs skatās uz dzīvniekiem ka uz mechanismiem, mēģinot rīcību izskaidrot ar reflekšu palīdzību. Pirmā novirziena pārstāvji tātad saskata dzīvniekos kaut ko līdzīgu cilvēka apziņai un prātam, kamēr otrais novirziens psīchisko uzskata par cilvēka privilēģiju, bet dzīvniekos neko īsti psīchisku nesaskata. Kā pierādījumus šā otrā virziena aizstāvji min daudzus eksperimentus, kur dzīvnieki nespēj atrisināt šķietami pavisam vienkāršus uzdevumus. Piem., kāds pētnieks skudru ceļā noliek medu (kas skudrām ļoti garšo), bet tā, ka tās to nevar aizsniegt. Skudras ilgi nopūlas to panākt, bet velti. Tas būtu bijis iespējams, ja kāda skudra būtu

iedomājusies izgatavot zemes uzbērumu, un zemes būvdarbus šie dzīvnieki taču labi prot. - Vēl šā novirziena aizstāvji norāda uz šķietami mērķtiecīgu norišu esamību arī ņedzīvā dabā. Sevišķi pregnanti te pazīstamie Rumblera eksperimenti ar chloroforma pilienu. Tas lien zem šellakas plēvītes, ievelk sevī ar šellaku pārvilktu stikla diedziņu, pie kam tas tiek salocīts un salauzts, šellaka tad tiek nošķīdināta („sagremota") un stikla paliekas atkal izstumtas ārā. Nezinot lietas patiesos apstākļus, tādu chloroforma pilienu varētu uzlūkot par dzīvu, diezgan „saprātīgu" organismu, kas prot meklēt barību un to racionāli izmanto. Tātad būtu arī zināms pamats zemāko dzīvnieku šķietami saprātīgo rīcību uzskatīt par mechanisku, reflektorisku procesu, kur nav nekā no prāta un apziņas.

Kāda nu būtu pareizākā pieeja? Skaidrs, ka viszemāko organismu gadījumā pārsvarā ir reflektoriskais, bet augstākiem ir kaut kas līdzīgs mūsu saprātam. Dzīvnieku saprāts, kā liekas, vienmēr ir mazāk elastīgs, tas ir elementārāks par cilvēka saprātu.

Vēl ir gan viena konstitūcionālas dabas pazīme, kuŗas pētīšana varbūt kaut ko varētu dot mūsu problēmai. Tie ir dzīvnieku maņu organi, nervu sistēma un smadzenes. Psīchiskās norises neapšaubāmi saistītas ar šiem organiem. Ja nu salīdzina dažādo sugu pārstāvju nervu sistēmu un smadzenes, tad arī šeit redzam neapstrīdāmu dažādību un pakāpenību. Vislielākās un attīstītākās smadzenes un viskomplicētākā nervu sistēma ir cilvēkam. Jo zemāk kāpjam pa filoģenezes kāpnēm, jo mazāka un vienkāršāka ir nervu sistēma. No tā arī varam spriest, ka apmēram tādā pat veidā arvien elementārāki, mazāk apzināti, tumšāki kļūst psīchiskie akti. Kur lai būtu meklējams to sākums? Tur, kur var runāt par noteiktu nervu sistēmu, vai nervu centriem? Varbūt pavisam elementāra nervu sistēma darbojas tīri reflektoriski, līdzīgi strāvas vadam un kādam uz elektromagnētisma principa dibinātam ieslēgšanas-izslēgšanas mechanismam.

Kad amēba sastop aļģi, kairinājums acumirklī izplatās no amēbas taustekļveidīgā protoplazmas izvirzījuma pa visu tās ķermeni, kas aptveŗ aļģi un sāk to sagremot. Vai amēba jūt aļģi? Ārēji ņemot aina ir tāda pat, kā chloroforma piliena un šellakas piemērā. Droši var teikt, ka chloroforma piliens neko nejūt. Tāpat droši var teikt, ka neko nejūt sfairoproteīna molekula, kas skābes ietekmē sadalās uz pusēm, vai virusa molekula, kas autokatalitiski vairojas. Bet par amēbu to tik droši apgalvot nevar. Kur sākas sajūtas? Kur uzmirdz apzinātības gaisma?

Jau redzējām, ka individuālo, ontoģenetisko attīstību ir pamats

uzlūkot par filoģenezes atkārtojumu. Tātad pirmatnējās, elementārākās psīchiskās norises varētu būt līdzīgas tām, kādas ir mums, kad uzaust pirmā apziņas gaisma. Kā tā uzaust? Diemžēl, arī šis ceļš tikpat kā neko nedod, jo šie dvēseles dzīves pirmsākumi neiespiežas atmiņā. Savādi arī tas, ka jaunpiedzimušam gan attīstīta nervu sistēma un smadzenes, bet vāji izteikta psīchika. Tā ir tāda miglaina krēslainība, kuŗā dzīvo jaunpiedzimušais un zīdainis. Tā vēl ir miega valsts. Un tālāk uz leju? Embrijs ir dzīvs un samērā augstu organizēts, bet ko varam teikt par tā psīchiku? Droši to, ka tur nav nekā no apziņas gaismas, gluži tāpat kā tādas nav kādai atsevišķai mūsu ķermeņa šūnai.

Katrs uzmanīgs pašnovērotājs pazīst dažādus pārejas stāvokļus no miega uz nomodu, no pilnīgas apziņas gaismas uz zemapziņas tumsu. Apziņas gaisma caur pakāpeniski pastiprinātām pusēnām ieslīd bezapziņas tumsā. Starp bezapziņu un apziņu pastāv nepārtrauktas pārejas. Gluži tāpat dažādas nomoda pakāpes var domāt dažādi attīstītu dzīvnieku gadījumā. Augstākie dzīvnieki pasauli skata nomoda acīm, kaut arī tās rāda tikai šauru konkreto lietu loku. Jo zemāk kāpjam pa sugu kāpnēm uz leju, jo šaurāks un tumšāks kļūst apzinātības loks. Zemākie dzīvnieki dzīvo miega dzīvi, kur valda refleksi, mechaniska reaģēšana uz kairinājumiem.

Dzīvnieku psīcholoģijā mēdz runāt par refleksiem, instinktiem un saprātīgumu. Bet šie jēdzieni neatbilst kādām noteiktām reālitātēm. Nav stingri novelkamas robežas starp automatisku refleksu un instinktu un starp instinktu un saprātu. Tā instinktus mēdz uzskatīt par komplicētiem refleksu savirknējumiem, bet vai ar refleksu savirknējumiem var izskaidrot, piem., lapgriežu darbus, tas visai apšaubāms. Dzīvniekos ir daudz reflektoriska, automatiska, bet kaut kur neapšaubāmi atmirdz arī saprāta gaisma. Kur tā parādās? Un kā? Kapēc? - Uz to zinātne neatbild. Grūti arī saprast, kā to kādreiz varētu noskaidrot. Varbūt dzīvnieku valstī ir kādas mums neaptveŗamas psīchiskas kvalitātes, kas ir kaut kas vidējs starp fizioloģisko un mums pazīstamo psīchisko.

Nevaram izskaidrot psīchikas un apziņas rašanos komplicētajos organismos. Tomēr iespējams pieļaut šo kvalitāšu parādīšanos kā sevišķi komplicētas organismiskās struktūras rezultātu. Ka tas tiešām tā varētu būt, to starp citu apstiprina psīchisko parādību atkarība no iedarbībām uz maņu organiem, no nervu procesiem, no smadzenēm. Noteiktas gara spējas un psīchiskās funkcijas ir saistītas ar zināmām vietām jeb centriem smadzenēs. Ja šie centri bojāti, parādās zināmi psīchiski traucējumi. Daudzas

vielas pilnīgi noteiktā veidā ietekmē psīchiku, piem., iemidzina, uzbudina. Gan arī ar gribas spēku var iedarboties uz fizioloģisko, piem., ar pašiedvesmi var veicināt fizisku atveseļošanos. Suģestija un hipnoze ir neapstrīdami fakti.

Pēdējā laikā zināmi panākumi smadzeņu funkciju pētījumos gūti ar H. Bergera „smadzeņu viļņu rakstītāju", ko amerikāņu zinātnieki vēl uzlabojuši un plaši izlietojuši praksē. Ar šo komplicēto aparātu, kas jūtīgi uzrāda un raksturo smadzeņu norises, piem., labi var noteikt dažas gara slimības. Bet nekādi fundamentāli atklājumi ar to arī nav gūti. Lielāki ir panākumi, ko devušas tiešas smadzeņu operācijas un smadzeņu ievainojumi. Sevišķi daudz faktu sakrājās no abiem pasaules kaŗiem. Pa daļai dibinoties uz I pasaules kaŗa datiem, amerikāņu mediķi W. Freman's un J. W. Watt's, sākot ar 1936. g., plašos apmēros sāka operatīvā ceļā ārstēt gara slimības. Dibinoties uz plaša faktu materiāla, viņi vispirms izveidoja skaidru teoriju par smadzeņu uzbūvi un funkcijām. Esam paraduši domāt, ka smadzenes ir viens organs ar atsevišķām neaizstājamām daļām. Patiesībā tomēr mums ir daudzas smadzenes. Sevišķi ievērojamas ir divas: t. s. talamus un cerebrums. Talamus ir bioloģiski daudz vecāks par cerebrumu. Talamus, kas atrodas paura centrālā daļā, ir pirmātnējās smadzenes, kuŗu pirmsākumu atrodam jau nevien zivīs, bet pat tārpos. Ap talamusu saistās zemākas emocijas - dziņas, naids, ēstgriba, bailes. Talamus nedomā, bet to dara cerebrums, virssmadzenes, sevišķi to pelēkā „miza", kas guļ tieši aiz pieres kaula. Talamusu ar cerebrumu saista asociāciju ceļi, no kuŗu izveidošanās lielā mērā atkarīga mūsu rīcība. Dažādu gara slimību pamats ir īpatnēja šo abu smadzeņu saistītāju vadu izveidošanās, un Freeman'a-Watts'a operātīvā iedarbība ļoti vienkārša: viņi pārgriež šos vadus. Tā kā smadzeņu un nervu audi ātri reģenerējas, jau dažu dienu laikā izveidojas jauni asociāciju vadi. Pēc dažu kritisku dienu starplaika operētais parasti pilnīgi atveseļojas kā persona ar vecām spējām, bet bez iespriekšējiem defektiem (vajāšanas manijām, grūtām depresijām u. t. l.). Z. A. Sav. Valstīs tā jau operēti daudzi simti cilvēku, pie kam 65% gadījumos panākti ļoti labi rezultāti, bet ap 20% ir vidēju. - Ja ievainota virssmadzeņu viena daļa, tās funkcijas pārņem otra, veselā.

Mūsu priekšā ir lielas, neatrisinātas problēmas. Varbūt tagadējās metodes un principi šo problēmu atrisināšanā daudz nevar dot, un nākotnes zinātne to visu pētīs pavisam citādi. Stingri kritiski skatoties pagaidām varam konstatēt šai jautājumu kompleksā tikai nenoskaidrotas problēmas.

XXV. CILVĒKS UN KULTŪRAS ATTĪSTĪBA

Dibinoties uz iepriekšējo nodaļu slēdzieniem par sugu attīstību, esam spiesti arī cilvēka sugu skaitīt kā piederīgu lielajai organiskās valsts vienībai. To vēl apstiprina arī salīdzinošās anatomijas pētījumi un embrioloģija. Salīdzinošās anatomijas pētījumi rāda, ka cilvēka organisma uzbūve visai līdzīga citu augstāko zīdītāju, sevišķi dažādu pērtiķu un orangutangu uzbūvei. Cilvēka embriji to dažādās attīstības stadijās līdzīgi dažādu citu dzīvnieku embrijiem. Cilvēka radniecību ar augstākām cilvēkveidīgo pērtiķu sugām apstiprina arī dažādas fizioloģiskas reakcijas, audu pārstādīšanas iespējas u. t. t. Beidzot cilvēka piederību augstāko sugu saimei apstiprina dažādu anatomisku starppakāpju esamība. Tādas jāpieņem, vadoties no izrakumos atrastām ļoti vecām kaulu paliekām, no kuŗām var aptuveni rekonstruēt reiz eksistējušos to īpašniekus. Tie bijuši kaut kas vidējs starp tagad pastāvošām zemākām cilvēku rasēm un cilvēkveidīgiem pērtiķiem. Protams, uz evolūciju norāda arī tagadējo, dažādā mērā attīstīto rašu dažādība. Jāpieņem, ka kādreiz, varbūt pirms 100 000 vai arī miljonu gadiem dzīvoja „puscilvēki". Tagadējie pērtiķi un orangutangi ir šo puscilvēku deģenerāti, bet tagad sastopamās cilvēku rases ir dažādā mērā „uz augšu" attīstījušies ciltskoka zari. Iespējams arī ka ciltskoki ir pat vairāki.

Mēs neko nezinām par pirmatnējo puscilvēku dzīves veidu, valodu un citām gara spējām. Bet vienu gan var droši apgalvot: šie pirmatnējie puscilvēki varbūt bija fiziski spēcīgāki par mums, bet gara spēju ziņā par tiem esam daudz tālāk. To varam domāt spriežot pēc analoģijas, salīdzinot tagadējās primitīvās mežoņu ciltis ar kultūrtautām. Šo puscilvēku valodā varbūt bija tikai daži desmit vārdi, varbūt tās bija tikai zināmā veidā modulētas, dažāda augstuma un stipruma balss skaņas. Puscilvēka ieroči varēja būt neapstrādāti akmeņi un nolauzti koku zari.

Pagāja daudzi desmittūkstoši gadu, līdz pirmatnējais cilvēks sāka papildināt savus ieročus un plašāks kļuva arī viņa garīgais aploks. Cilvēks sāka apstrādāt akmeņus, kaulu un koku. Viņš sāka izmantot zvēru ādas apģērbam un mitekļa iekārtojumam. Kas šeit virzīja evolūciju? Varbūt tiešām te lielā mērā bija nozīmīga cīņa uztura dēļ un dabiskā izlase, vai organu vingrināšana. Šeit sugas pazīmes bija jau iezīmētas un visas konstitūcionālās dotības jau pastāvēja, tā kā tās vajadzēja tikai tālāk attīstīt. Pastāvēja un izlasījās nevien fiziski izturīgākie, bet kā jauns faktors te parādījās pirmcilvēka i e r o č i un to lietošanas māka,

kas sakarā ar pirmcilvēka atjautību, uzmanību, saprāta spēju un veiklību. Pastāvēja garīgi attīstītākas ciltis, kam bija labāk attīstītas smadzenes. No šo, šai virzienā attīstītāko individu pēcnācējiem radās garīgā ziņā vēl spējīgākas paaudzes.

Pagāja vēl daži desmittūstoši gadu. Šajā laikā cilvēks atrada uguni, kam bija milzīga nozīme cilvēces tālākā attīstībā. Var diezgan droši pieņemt, ka aizvēsturiskais cilvēks uguni nevis iemācījās iegūt, bet to vispirms atrada. Cilvēks redzēja, kā no vulkāna nākošā karstā lava aizdedzina sausu zāli un kokus, vai kā deg zibens ķertais koks. Cilvēks sajuta bailes, redzot uguns iznīcinošo darbību. Bet reiz radās drošsirdīgie, kas ar degošu zaru pārskrēja mājās. Tas bija viens no lielākiem senātnes cilvēka varoņdarbiem. Mēs nezinām, kā tas viss bijis. Bet reiz cilvēks sāka uguni lietot. Pamazām uguns kļuva cilvēka sabiedrotais. Uguns deva siltumu un gaismu, uguns deva iespēju labāk sagatavot uzturu. Ar uguns palīdzību cilvēks iemācījās iegūt metallus un tos apstrādāt. Cilvēka ieroči kļuva arvien pilnīgāki. Uguns nozīme cilvēka dzīvē bija tik liela, ka cilvēks sāka uguni pielūgt, to skaitīja par svētu. Svēto uguni sargāja un kopa, jo uguni cilvēks neprata iegūt. Jāpieņem, ka cilvēks iemācījās uguni iegūt, piem., ar berzēšanu tikai daudz vēlākos laikos. Droši vien cilvēku pie jauniem atradumiem noveda nevien pakāpeniskā gara spēju attīstība, bet arī daudzi gadījuma apstākļi. Pamazām cilvēka kopās jeb sabiedrībās sākās arī darba dalīšana, speciālizācija. Bija strādnieki, karavīri, vadoņi un vecākie, reliģisko kultu kopēji, padomdevēji un gudrie. Garīgi izcilākie sāka domāt nevien par pārtikas sagādes un ieroču metodisku uzlabošanu, bet arī par arvien abstraktākiem un vispārīgākiem jautājumiem. Cilvēka valoda kļuva pilnīgāka, komplicētāka.

Esam šeit īsumā pieskārušies tiem aizvēstures laikmetiem, ko apzīmē par akmens un bronzas laikmetiem. No tiem diezgan daudz kas palicis pāri, piem., dažādi ieroči, trauki, rotas lietas. Droši vien, šajos ļoti senos laikos cilvēks jau izjuta daiļuma jūtas un domāja arī par dabas spēkiem, dzīvību un nāvi un cītām lietām. Varbūt tad plauka jau diezgan augsta kultūra, varbūt morālais līmenis bija augsts, varbūt pat tā laika cilvēki bija laimīgāki nekā tagadējie. Par šiem ļoti senajiem laikiem maz ko varam īsti izzināt. Un ko jutis un kā domājis tā laika cilvēks, tas paliks noslēpums uz visiem laikiem. Bet vienu gan varam pieņemt ar lielu paticamību: šais senos laikos nebija tik pilnīgas zinātnes un technikas, kā tagad, un cilvēka redzeslauks bija šaurāks, nekā mums tagad. Var saskatīt šādu pakāpenību: 1) zemā-

kie mugurkaulnieki ar visai šauru pusapziņas-pusnomoda skatu, 2) augstākie mugurkaulnieki-zīdītāji ar šauru uztveri un primitīvu saprātu, 3) pirmatnējais puscilvēks ar konkrētu domāšanu un vājām kombinēšanas spējām un 4) aizvēsturiskais cilvēks, kuŗš jau domā arī abstrakti, bet viņa domāšanas saturi nabadzīgāki nekā mums.

Mēs šeit nepētīsim cilvēces kultūras vēsturi. Tomēr viens principsjāatzīmē: cilvēces garīgās spējas, un līdz ar to viņa garīgo spēju produkti - kultūras vērtības - attīstījušās un augušas pakāpeniski. Droši vien, tas noticis parallēli ar smadzeņu attīstību.

Tāpat kā katra šūniņa ir organisms, ko sastāda miljoni vairāk vai mazāk dzīvu molekulu, tāpat kā cilvēka organisms ir šūnu organiska vienība, tā arī cilvēka sabiedrības ir organismi, ko sastāda daudzas individuālas vienības. Un te, vērojot šo sabiedrības organismu attīstību, konstatējams tas pats likums, kas daudzšūnnieku attīstībā: sabiedrības organismi savā attīstības gaitā arvien vairāk un vairāk diferencējas. Pirmatnējo cilvēku kopās visi bija vairāk vai mazāk līdzvērtīgi, ar līdzīgiem uzdevumiem. Tie visi prata sagādāt sev uzturu, izgatavot mītnes, visi puslīdz vienādi pazina draudošās briesmas un zināja, kā no tām izvairīties. Tie visi bija reizē medinieki, augļu vācēji, namdaŗi, kaŗavīri. Tie labi varēja eksistēt arī ārpus sabiedrības, gluži kā dažas no elementāra daudzšūnnieka atšķeltas šūnas. - Tālākā cilvēces attīstības gaitā sabiedrības organismā sākās diferenciācija, uzdevumi top sadalīti. Izveidojās dažādas strādniecības, amatnieku, kaŗavīru, zemkopju, garīdznieku u. c. šķiras. Speciālizācija un diferenciācija vēlākos laikos top vēl pilnīgāka, un tagad, piem., strādniecībā ir nozares, kur speciālists vairāk neko neprot, kā urbt caurumus metalla plāksnēs, vai piemontēt kādu mašīnas daļu uz slīdošās lentas. Tāpat ir šauras speciālitātes tirdzniecības darbinieki, mākslinieki, konstruktori, žurnālisti u. t. t., kas var eksistēt tikai sabiedrībā un ārpus tās ir gluži nevarīgi. Tāpat kā atsevišķas augsti organizētu dzīvnieku šūnas vairs nespēj individuāli pastāvēt, tā to nespēj augsti diferencētas sabiedrības locekļi.

Pēc ievērojamā kultūrfilozofa O. Spengler'a teorijas, kas visumā atbilst nupat izteiktām domām, cilvēku sabiedrība, līdz ar tās veidoto kultūru, ir organisms, kas izaug, sasniedz savus ziedu laikus, pēc tam noveco un reiz iet bojā. Cilvēces pastāvēšanas laikā jau daudz ir bijis šādu lielu kultūras organismu. Par daudziem no tiem vairs neko nezinām, par tiem, kas iesniedzas rakstītās vēstures laikā, zinām vairāk. Tādi atsevišķi kultūras

organismi ir, piem., Amerikas maju kultūra, Ķīnas, Indijas, arabu un antīkā kultūra. Šo kultūras organismu vecums caurmērā sasniedz ap 1000 gadu. Atsevišķie kultūras organismi, pēc Špenglera, ir neatkarīgi un īpatnēji.

Mēs tagad dzīvojam rietumu jeb faustiskās kultūras beigu posmā. Šīs kultūras raksturīgās iezīmes ir faustiskā dziņa arvien uz augšu, uz priekšu. Viens no spilgtākiem šās īpatnības izteiksmes veidiem ir gotiskās smailes. Faustiskais cilvēks cenšas atbrīvoties no zemes smaguma, viņš tiecas pēc zvaigznēm, grib būt brīvs, pilnīgs un varens. Faustiskais cilvēks spilgti izjūt savu „es" un nostāda to kā pretmetu pārējai pasaulei. Viņš grib šo savu es atbrīvot, padarīt neatkarīgu un suverēnu, brīvu. Līdz ar to viņš tiecas pēc nemirstības un grib tai ticēt. Faustiskais cilvēks ir aktīvitātes iemiesojums, viņš ir nepiepildāms un nāk kā pasaules parveidotājs. Viņš negrib pakļauties liktenim, bet cīnās ar to...

Ievērojams ir Špenglera norādījums par kultūras organismu īpatnību. Gluži līdzīgi tam, kā neesam spējīgi pārdzīvot un pilnīgi izprast citas dzīvas būtnes dvēseles norises, tāpat nevaram aptvert seno eģiptiešu vai arabu kultūras garu. Mums gan palikuši daži šo kultūru pieminekļi, bet tā laika cilvēku pārdzīvojumus un pasaules uzskatu saprast nevaram. Vēsturi skatām ar sava laika gara acīm, tādēļ nevar runāt par objektīvu vēstures skatījumu.

Kādas kultūras bojā eja, pēc Špenglera, nenozīmē tās pilnīgu fizisku iznīcību. Var palikt daudzi materiāli veidojumi un pat bioloģiskais materiāls. Bet tas tad vairs būs arī tikai materiāls jaunai kultūras audzei. Ar ko tad nu raksturojas kādas kultūras un tātad arī mūsu faustiskās kultūras lejupeja? Tas ir lielu radošu ideju un garīgā spēkā trūkums, pārsmalcinātība, diletantisms, paviršība, šaura praktiska materiālisma un materiālo vērtību cildināšanas pieaugums. Faustiskās kultūras vecuma galvenās pazīmes ir reliģijas trūkums un jaunu lielu ideju trūkums mākslā un zinātnē.

Pamatvilcienos piekrītot Špenglera domai par kultūrām kā organismiem, atļaušos piezīmēt sekojošo. Gluži līdzīgi tam, kā organismi vai sugas atrodas ģenetiskos sakaros cita ar citu, tādas pat saites pastāv starp kultūrām. Atsevišķas kultūras nevar būt tik neatkarīgas, kā to attēlo Špenglers. Ir gan zināmi daži piemēri, kur kāda bojā gājusi kultūra tikpat kā nekādu mantojumu nav atstājusi, un savas pastāvēšanas laikā, šķiet, nav apauglojusi nevienu no citām kultūrām, vai cilvēku kopām, kas varētu būt jaunu kultūru materiālais pamats. Tāds piemērs ir Amerikas maju kul-

tūra. Turpretim faustiskās kultūras neatkarība no antīkās vai arabu kultūras grūti pierādāma.

Patiesībā par visu to, kā un no kā izaugušas senēģiptiešu vai maju kultūras, neko drošu nezinām. Bet, dibinoties atkal uz analoģijām ar sugu attīstību, varam spriest šādā veidā. Līdzīgi tam, kā no zemākām sugām pakāpeniskā evolūcijā attīstās augstākas, tāpat no zemāk attīstītām kultūrām, ko zināmos laikmetos izveido kāda tautu grupa, pakāpeniski attīstās augstākas un pilnīgākas kultūras. Šo kultūru attīstība atbilst tās veidotāju - cilvēku sabiedrisko kopu, resp. tautu un tautu grupu arvien pilnīgākai bioloģiskai attīstībai. Tās pamats ir smadzeņu attīstība uz ko dibinās cilvēka garīgo spēju pieaugums.

Ar lielu paticamību pieņemamas divas šādas patiesības: 1) pirmatnējā puscilvēka vai akmens laikmeta cilvēka smadzenes bija vājāk attīstītas nekā tagadnes kultūrtautu individiem, un 2) mūsu faustiskā kultūra, vismaz no dažādības un garīgo vērtību bagātības viedokļa stāv augstāk par tā laika primitīvās kultūras vērtībām. Ja ceļa stabus liekam tik reti, tad ceļš uz augšu skaidri saskatāms. Protams, lielajā ceļā ir arī daudz leju. Ir zināms, ka sabrukušas augsti attīstītās kultūras, ne lai tūlīt dotu vietu kādai vēl pilnīgākai, jaunai, bet ilgiem tukšas veģetēšanas laikmetiem. Varbūt bojā gājušas tādas vērtības, par kuŗām mums nav pat ne jausmas. Varbūt kaut kur kādreiz dzīvojušas laimīgas tautas, kas pratušas cīnīties ar naidu, kas bijušas garīgi un miesīgi veselas, izjutušas skaisto un labo pilnīgāk nekā mēs. Bet nav ticams, ka tām bijušas tās atziņu neaptveŗamās bagātības un tā vara pār dabas spēkiem, kas mums tagad ir.

Kā attīstās cilvēka psīchiskās kvalitātes, to nezinām. Nav iespējams apgalvot, ka tagadnes cilvēka maņas būtu izmalcinātākas, nekā antīkam cilvēkam, ka tagadnes cilvēks skaistumu izjustu dziļāk, vai ka viņa gribas spēks būtu stiprāks, intuīcija dziļāka un domu skaidrība asāka. Bet vienu gan var apgalvot: cilvēka domāšanas spēja top arvien elastīgāka, daudzpusīgāka un saturā bagātāka. Šās attīstības tiešais rezultāts ir garīgo vērtību pieaugums, zinātnes progress. Ja psīchiskās kvalitātes ir tīri subjektīvs piederums, tad garīgās kultūras vērtības noteikti ir pārpersonīgas. Dvēseles parādības un norises ir tīri subjektīvas, vienreizīgas, citiem nepieejamas. Turpretim garīgais ir visiem pieejams. Bethovena jūtas mēs izjust nevaram, bet viņa kompozicijas ir visiem pieejams garīgās radīšanas produkts, garīga vērtība. Ņutona domas neviens nevar domāt, bet viņa

atziņas, viņa domu saturi ir visu piederums, kas vien vēlas tos tvert. Protams, šīs garīgās vērtības nav kāda mistiska substance, kas plūst no viena uz otru un ieplūstu arī kādā jaunā cilvēcē, ja tagadējā ietu bojā. Visas garīgās vērtības saistās ar noteiktām norisēm mūsu smadzenēs vai psīchikā, ja to ierosina ar zināmu līdzekļu palīdzību. Kas ir šie līdzekļi? Tie ir: dzīvais vārds, valoda, rakstu zīmes, skaitļi, formulas, nošu zīmes u. c. materiāli simboli un veidojumi. Tie visi tomēr ir garīgo vērtību nesēji un zināmu psīchisku norišu un darbību ierosinātāji tikai tad, ja ir būtnes, kas tos prot atšifrēt, kas tos saprot. Ja šīs augsti attīstītās būtnes pēkšņi ietu bojā, tad visi materālie garīgās izteiksmes līdzekļi zaudē savu jēgu un nozīmi. Bet kamēr vien cilvēce pastāvēs, garīgās vērtības neiznīks, kaut arī veselas valstis, tautas un kultūras centri ietu bojā. Lai arī cik lielā mērā antīkā cilvēka izjūtas un pasaules uzskats atšķiras no tā, kā tas dominē tagad, ir atziņas un patiesības, kas nemainās. Tās, pirmkārt, ir matēmatiskas atziņas. Cilvēks var izvēlēties dažādas mēru vienības, bet skaitlisko attiecību likumi un patiesības, tāpat kā telpisko attiecību un formu likumības ir vienas un tās pašas. Arī eksaktās zinātnes atziņas par dabas pamatīpašībām un likumiem nemainās. Archimeda likums par ķermeņa svara mazināšanos materiālā vidē, ir atklāts senos laikos un šī garīgā, zinātniskā vērtība nav gājusi bojā līdz ar antīko kultūru. - Vai tad faustiskai kultūrai iekšēji izvirstot un sabrūkot ies bojā tās garīgas vērtības? Tam nebūtu jānotiek, ja vien netiktu iznīcināta visa kultūrālā cilvēce.

Viena no modernās kultūras raksturīgākām pazīmēm ir tās ārkārtīgā izplatība. Kultūras radītāji, nesēji un tās zīmju sapratēji ir visās pasaules malās. Nevien dzīvais kultūras cilvēks, bet arī viņa veidojumi, simboli un izteiksmes līdzekļi un iemiesojumi izplatījušies tāpat. Visās pasaules malās ir bibliotēkas, kur guļ vienu un to pašu garīgo vērtību iemiesojumu - grāmatu - krājumi. Kompozicijas, filmas, fotografijas, gleznu un skulptūru reprodukcijas u. t. t. ir neskaitāmos eksemplāros gan Eiropā, gan Amerikā un Āzijā. Tāpat visur izplatītas gan vienkāršākas gan komplicētākas pētīšanas iekārtas. Ja arī vesela pasaules daļa ietu pilnīgi bojā, kultūras vērtības vēl atliktu citās vietās.

Ja ievērojam sabiedrisko kopu un kultūru evolūciju, tad varam saskatīt trīs lielus laikmetus, trīs pakāpes. Pirmā pakāpe tā, uz kuras stāvēja pirmatnējo laiku puscilvēks. (Šai salīdzinājumā apskatīsim cilvēka, kā augsti attīstītas būtnes attiecības ar dabu, ar pārējo pasauli.) Pirmatnējais cilvēks, no šāda viedokļa skatoties, tikpat kā nestāv pāri citiem bioloģiskiem objektiem. Bet viņā

slēpjas potenciālas iespējamības, un tālākā attīstības gaitā viņš pakāpeniski uzkundzējas pārējām sugām. Ar saviem ieročiem, kas kļūst arvien pilnīgāki, ar savu atjautību un saprātu viņš tos pievēic. Tomēr šīs pirmcilvēka iedarbības spējas uz dabu vēl visai niecīgas. Dabas spēkus viņš vēl nespēj aptvert un izprast.

Otrā pakāpe sākas kaut kur aizvēsturē, varbūt bronzas laikmetā. Pie šā laikmeta skaitāmi visi rakstītās vēstures laiki līdzpat pašiem jaunākiem laikiem. Šai laikmetā cilvēks sasniedz tādu garīgās attīstības pakāpi, ka spēj jau abstrakti domāt. Viņš arvien pilnīgāk iepazīstas ar dabas spēkiem un likumiem. Pasauli viņš sāk aptvert savās domās. Viņš allaž maldas pa tumšiem atziņu labirintiem, bet reizēm arī ko īstu atrod. Viņš tēlo, kombinē un konstruē. Pamazām no spekulātīvās pieejas izveidojās eksaktā zinātne, kur atziņas tiek kritiski un vispusīgi pārbaudītas. Bet ar visu to cilvēka iedarbība uz pārējo pasauli vēl visai niecīga. Cilvēks gan kopj augus un dzīvniekus, taisa ceļus un tiltus, rok kanāļus un urbjas kalnos pēc izrakteņiem, bet visumā šī iedarbība uz dabu diezgan primitīva. Šā laikmeta cilvēks spēj pasauli aptvert savā apziņā, bet nespēj to pārveidot.

Trešā pakāpe sākas ar modernās technikas laikmetu, kad cilvēks nāk kā pasaules pārveidotājs. Cilvēks jau tik pilnīgi izpratis dabas spēkus un tā rokās tik pilnīgi ieroči, ka viņš dabu var pārveidot ar pašu dabas spēku palīdzību. Raksturīgs piemērs te ir tekoša ūdens spēka savaldīšana un izmantošana spēkstacijas, kur iegūtā elektriskā enerģija tiek izlietota klinšu urbjiem, cēlējiem un vagonetēm, kas nolīdzina un pārceļ veselus kalnus, izceļ rūdas un ogles, atbrīvo metallus no rūdām u. t. t. Sagaidāms, ka šai laikmetā cilvēks ar ķīmiskās iedarbības palīdzību vēl daudz lielākos apmēros nekā līdz šim pārveidos augu un dzīvnieku valsti, varbūt pat pašu cilvēku. Tā ir milzīga vara, ko tagadnes cilvēkam rokās dod zinātne, kas tagad turpina augt vēl racionālāk un mērķtiecīgāk nekā agrāk. Pavisam jauns faktors, kuŗa varas nozīmi vēl īsti nevar noteikt, ir atomu iekšējā enerģija. Ja ar līdzšinējās technikas palīdzību cilvēks nolīdzināja kalnus un nosusināja jūŗas līčus vairāku gadu laikā, tad ar jauniem līdzekļiem to pašu veiks dažās dienās. Varbūt ar jauno techniku reiz izdosies atstāt mūsu planētu, iekaŗot pasaules telpu. No zemes lielajiem dziļumiem izcels neaptveŗamas bagātības... Kodolu enerģijas un katalizātoru mašīnas no zemes vielām, ūdens un gaisa veidos brīnišķus jaunus savienojumus, kas skaistuma, dažādības un pozitīvi praktisko īpašību ziņā tālu pārspēs visu līdz šim pazīstamo... Varbūt

cilvēks pat pilnīgi pārvaldīs dzīvības norises, pēc patikas atbrīvosies no slimībām, apslāpēs un veicinās mikrobu attīstību, varbūt pat spēs radīt jaunas, elementāras sīkbūtnes, kas apkaļos kaitīgās sīkbūtnes...

Jau tagad ar modernās zinātnes un technikas palīdzību cilvēks var daudz ko iespēt un tā skats daudz plašāks kā seno laiku cilvēkam. Aptveļam zvaigznes un atomu mikropasaules, spējam redzēt zemes, kur neesam bijuši, dzirdēt ko runā aiz jūļām un kalniem. Visievērojamākais tomēr te tas, ka šīs brīnišķās spējas aug, un to attīstībai nav saskatāmas robežas.

Tā ir gaišā puse. Bet tagadējā laikmetā līdzās gaismai ir arī dziļas, tumšas ēnas. Pastāv draudi, kas tiešo augšupeju padara problēmatisku. Atstājot pie malas dažādus kosmiskus faktorus, kas visai maz varbūtīgi (piem., Saules saraušanos par pundurzvaigzni, vai uzliesmošanu par novu u. c.) visbīstamākais drauds ir pašu cilvēku rīcība. Varbūt milzīgi intensīva kodolu sabrukšanas lavīna var pārsviesties uz visu zemes materiju. Tad Zeme kļūtu par novu, uzmirdzētu pasaules telpā kā jauna zvaigzne. Bet ja arī tāda varbūtība izrādītos par neiespējamu, nākotnes atombumbu kaļi var bīstami apdraudēt cilvēci. Tomēr pilnīgi iznīcināt kultūru un cilvēci, jau minēto iemeslu dēļ tie nespēs. Varbūt pēc nākotnes atombumbu kaļiem, kas būs neiedomājami iznīcinoši, visa zinātniskās un techniskās kultūras attīstība tiks spēcīgi nobremzēta, un būs jāpaiet ilgam laikam, līdz atkal sāksies lielā augšupeja.

XXVI. TAGADNES KULTŪRAS CILVĒKA GĀRĪGĀ NOSTĀJA

Viena no tagadnes kultūras cilvēka garīgās nostājas raksturīgākām iezīmēm ir - ticībā zinātnei, ticība tās augšupejai, ticība cilvēka gara spējām. Tagadnes kultūras cilvēks grib skatīties uz pasauli ar zinātnieka acīm. Viņš gan stipri stāv uz zemes, drošs par šīs dzīves vienreizīgo vērtību, bet tā skats sniedzas arī tālu nākotnē. Viņš grib sevi iemūžināt nemirstīgos darbos un pēcnācējos. Lai gan viņš savu „es" apzinās un izjūt varbūt spilgtāk nekā kāda agrāka laikmeta cilvēks, viņš apzinās sevi kā lielās tagadnes saimes locekli, kam pret to pienākumi un līdzatbildība. Šo nākotni viņš grib veidot, tai uzlikt savas personības zīmogu un tā gūt nemirstību.

Tagadnes kultūras gara cilvēks traucas uz nākotni, uz bez-

galību, uz nezināmo, uz šķietami pilnīgāko. Viņš meklē jaunas perspektīvas, jaunus viedokļus, jaunu dažādību. Viņš netiecas pēc pilnības, pēc sastingušas miera valsts, bet grib iet tai pāri. Viņš negrib apstāties neviena neizdibināma noslēpuma priekšā. Nekāda dabas vara viņam nešķiet par spēcīgu, lai ar zinātnes un technikas ieročiem to nesavaldītu.

Tagadnes kultūras cilvēks nav vienpusīgāks un bezjūtīgāks par kāda cita laikmeta, piem., viduslaiku cilvēku. Ja tagadnes cilvēks caurmērā vairs nav tik reliģiozs, nespēj akli ticēt pārdabīgiem spēkiem un viņpasaulēi, tad tā pamats nav intuicijas un jūtu trūkums, bet kritiskā prāta spēju pieaugums. Viņš grib lai pasaule būtu dievišķīga, lai valdītu taisnība, bet allaž to nespēj saskatīt. Pozitīvais tagadnes cilvēks novēršas no morālās pagrimšanas, netaisnības un iznīcināšanas šausmām, un ir pārliecināts, ka tās pārvaramas tikai ar paša cilvēka pozitīvo spēku palīdzību.

Tagadnes domātājs ir kritisks, pārāk kritisks, un tāpēc viņam tik grūti ticēt. Viņš neredz visur harmoniju, bet līdzās tai konstatē arī chaosu. Šajā pasaulē neesam ne absolūti bezspēcīgi, nedz arī pilnīgi brīvi. Katru aktīvitāti un nodomu reālizēšanu vairāk vai mazāk kavē apstakļi, gadījumi, likumi.

Ir divas lielas pakāpes: iekšējā un ārējā brīvība. Iekšēji brīvs tas, ko garīgi nesagrauj šķēršļi un nelaimes, kas spēj bez tam kritiski domāt un vērtēt, kas nav svešas dogmas vai uzskatu vergs, ko garīgi neievaino nepatiesi uzbrukumi, kas nav naida jūtu vergs. Jo mūsu fantazijas un domu spārnus nekas nespēj saistīt, un mūsu sirds bagātības neviens mums nespēj atņemt.

Bet vēl var domāt arī otru pakāpi - pilnīgu brīvību, arī no ārējiem šķēršļiem, no materiālām dabas un sabiedriskām važām, materiālām rūpēm, verdzības, slimībām, fiziskām sāpēm un pat no nāves. Varbūt reiz sasniegs tādu stāvokli, kad gars pilnīgi valdīs pār materiju.

Tagadnes kultūras cilvēks pilnīgi apzinās tās briesmas, ko nes sev līdzi viņa veidotā technika un zinātne, ja tās ieročus, kuŗu varenība tālu pārspēj visu līdz šim pazīstamo, izlietos iznīcināšanai. Tagadnes cilvēks redz arī nesamērību, kāda pastāv starp technikas attīstību no vienas puses un morālā līmeņa stāvokli no otras. Tas ir mūsu laikmeta sāpīgākais vilciens. Nevien kaŗa šausmas, bet arī pret neaizsargātiem, nevarīgiem cilvēkiem vērstās masu akcijas bijušas tik drausmīgas, ka lepnais 20. gadsimts ar to tālu „pārspēj" visus līdzšinējos. Tas liek par daudz ko padomāt. Un pirmkārt rodas jautājums: vai par šiem kauna

darbiem nav kādā veidā atbildīga arī zinātne, t. i., tie, kas zinātni kopj. Atbilde, protams, var būt tikai noliedzoša. Bet tas gan ir tiesa, ka zinātne un technika dod ieročus, ko var izlietot arī iznīcināšanai. Senatnē, kad zinātnes un technikas nebija, morālais līmenis nebija augstāks kā tagad, bet technisko līdzekļu trūkuma dēļ, nevarēja iznīcināt tik daudz. Nebūtu jābēdājas par zinātnes un technikas progresu, bet par cilvēka nespēju morāli progresēt.

Bet vienā ziņā tomēr var meklēt sakarību starp morālo līmeni un zinātnes-technikas attīstību. Vai morālo līmeni nevarētu pacelt, ja cilvēces labākie radošie spēki koncentrētos nevis uz zinātni un techniku, bet uz morālā līmeņa celšanu? Varbūt, ka tas tā varētu notikt, bet tas tā nenotiek un nenotiks. Acīmredzot, cilvēces liktenim ir sava gaita, kas nav atkarīga no mūsu labiem nodomiem. Tāpat kā nav iespējams iemidzināt cilvēka kritisko prātu un interesi, tāpat nebūs iespējams zinātnieku interesi novirzīt uz morāli.

Arī starp tagadnes kultūras cilvēkiem ir varoņi. Tie ziedo savas dzīvības tautas, valsts vai zinātnes labā. Bet cik vairs ir svēto, kuŗu augstākais mērķis būtu ziedošanās cilvēces morālā līmeņa celšanā? Tagadnes kultūras cilvēks saprot šā mērķa nozīmību, bet nespēj tam tuvoties. Kā iznīdēt ļaunumu, to viņš īsti nemaz arī nezina. Vai tas būtu panākams ar nepretošanos ļaunumam? To bīstami apgalvot, jo vienmēr būs varas, kas šo cēlo aicinājumu neklausīs. Bet tikpat nesekmīgs var būt otrs ceļš - iznīdēt ļaunumu ar ļaunumu. Tāpat kā nav atrisinātas tautsaimnieciskās un sociālās problēmas, tā zinātne nevar dot arī nevienu ļaunuma iznīcināšanas recepti. Varbūt pagrieziens uz labo nāktu tad, ja visur plašos apmēros uzliesmotu spēcīga kustība, kas darbos reālizētu kristietības idejas. Bet tā nerodas un to nevar piespiest rasties. Cilvēkiem trūkst morālā spēka.

Kultūras vērtību jaunradītājs tagad tik pilns faustiskās trauksmes gara, ka viņš nav spējīgs ieņemt citādu nostāju. Te O. Špengleram daudz taisnības. Esam lielā faustiskās kultūras organisma šūniņas un veltīga ir katra cenšanās izrauties no tā. Vairs nespējam atmest mūsu kritisko zinātni, kas starp citu sēj arī šaubas, lai arī kā to gribētu. Špenglers pat apgalvo, ka vairums tagadnes garīdznieku, kas tāpat auguši tagadnes kritiskās zinātnes garā, vairs nemaz nav īsti ticīgi. Tas sevišķi sakāms par tiem, kas grib reliģiju saskaņot ar zinātni. Dieva eksistenci tad allaž mēģina loģiski pamatot. Bet Dievs tad vairs nav personāla būtne, bet kaut kas līdzīgs visuma fizikālai substancei. Tā tas ir arī pan-

teismā un modernā ideālistiskā filozofijā. Šai ziņā visa modernā doma ir materiālistiska, lai gan ta dažreiz nes ideālisma izkārtni.

Tagadnes trauksmainais cilvēks ar savu rafinēto, kritisko prātu īsti nespēj saprast svēto, kuŗa vienīgais mērķis ir dvēseles glābšana. Reliģijai nevar pieiet ar zinātniskā analitiķa skatu. Atklātākie viduslaiku baznīcas pārstāvji ir skaidri pateikuši, ka zinātne ir baznīcas pretiniece, tādēļ baznīca to apkaŗos ar visiem tās rīcībā esošiem līdzekļiem. Jo reliģija prasa visas cilvēka garīgās būtnes pilnīgu, aklu nodošanos.

Tagadnes faustiskais cilvēks pieder šai dzīvei. Viņpasaule viņam sveša. Bet vai tieši te neslēpjas tagadnes cilvēka traģika? Vai viduslaiku cilvēks, kuŗš nekritiski spēja ticēt savas dvēseles mūžīgai labklājībai, nebija laimīgāks? Varbūt, to nezinām. Tikai vienu gan zinām - arī viduslaikos cilvēkus apspieda, nokāva, spīdzināja ar rafinētiem paņēmieniem un dedzināja sārtos, pie tam vēl reliģijas vārdā.

Modernais cilvēks diezgan reti ir pilnīgs ateists. Vairums ir šaubīgo, kas nespēj īsti ticēt, bet kuŗus tomēr moca doma par varbūtējo pēcnāves atmaksu, vai vismaz par grēku izpirkšanu šai dzīvē. I. Kants pēcnāves atmaksas nepieciešamību mēģināja pamatot ar evidentu prāta slēdzienu palīdzību. Cik lielā mērā tas viņam izdevies, par to neņemos spriest.

Kas zin, varbūt nākotnē tiešām izdodas atrast arī kādu sintezi starp zinātni un relīģiju. Kritiskākie tagadnes zinātnieki un lielie domātāji pieļauj, ka bez tās fizikālās īstenības, ko uztveŗam ar tagadnes fizikas instrumentiem un mūsu maņu organiem, var būt arī kāda cita, dziļāka, mums nepieejama pasaule. Līdzīgi tam kā kādas 2-izmērījumu būtnes, kas dzīvo uz plāksnes un nevar nekādus iespaidus uztvert no 3. dimensijas, pasauli skatītu ļoti vienpusīgi un nepilnīgi, arī mēs savā 3 dimensiju telpā varbūt skatām īstenību nepilnīgi, tikai zināmā šķērsgriezumā. Varbūt īstenība nav 3 vai 4 dimensionāla (ja kā 4. dimensiju uzskata laiku), bet n-dimensionāla. Varbūt nākotnē cilvēkam atklāsies pavisam jaunas īstenības puses, kuŗas viņš atklās un skatīs ar pavisam jauniem zinātniskās pētīšanas un intuicijas veidiem.

Cilvēcei stāv priekšā vēl tāls ceļš. Kur tam varētu būt gals, to nezinām. Tīri principiāli ņemot varētu runāt par trim galvenām iespējamībām: 1) ceļam nav noteikta virziena un mērķa un tā gals ir vispārīga katastrofa un iznīcība; 2) cilvēcei ir sava dievišķā sūtība, tās ceļš ir dievišķās gribas predestinēts un iezīmēts un tuvojas kādam pilnības ideālam; 3) cilvēces evolūcijas līkne, lai gan tā viļņaina vai vārpstveidīga, tomēr visumā virzās uz

augšu, bet tās mērķis un gals nav saskatāms. - Pirmā iespējamība ir pilnīgi pesimistiska. No visa līdz šim teiktā redzējām, ka tā nav pietiekoši pamatota. Tāpat zinātniska pamatojuma trūks otrai varbūtībai. Vismaz neesam spējīgi saprast, kāda jēga cilvēces evolūcijā varētu būt tam neaptveramajam ciešanu un mocību lāstam, ko vēl tagad, 20. gadsimta vidū nesuši un nes miljoni nevainīgo. To ne mūsu kritiskais prāts ne intuicija nespēj aptvert kā dievišķu taisnību, bet redz kā chaosu, kā stichiskās evolūcijas berzes rezultātu. Atliek tātad trešā iespējamība. Ja attīstība visumā tomēr virzās uz augšu, tad vienmēr ir vērts dzīvot un cīnīties par labāku nākotni, par savas personības garīgo pilnību, par savu ģimeni, cilti, tautu, par visas cilvēces neatkarību, brīvību, gara bagātību, skaistumu un morālo pilnību.

XXVII. SLĒDZIENI

Mēs redzējām, ka nevar runāt par absolūti objektīvām atziņām. Vispārīgās atziņas nevien nes īpatnējo cilvēciskuma zīmogu, bet tās vienmēr saistītas ar zināmu izvēli. Lai gūtu kādu pārskatu, ieskatu, lai visu savestu zināmā sistēmā vai kārtībā, jāizvēlas pamatprincipi.

Viens no mūsu pamatprincipiem bija: iespējami kritiska, zinātniska un vispusīga pieeja faktiem. Mēs rēķināmies ar objektīvu reālitāti un cenšamies to izprast ar visiem iespējamiem līdzekļiem: pieredzes faktiem, intuiciju un domāšanu.

Objektīvi un reāli, neatkarīgi no tā, vai to uztveram un apzinām vai ne, pastāv f i z i k ā l ā s u b s t a n c e tās visdažādākos veidos. Tā nav nedz absolūti homogēna, nedz pilnīgi nenoteikti sadalīta, bet veido vienības: enerģijas kvantus, elektronus, mezonus, protonus, neitronus, tie savukārt atomus, bet atomi molekulas un to grupas. Fizikālās substances īsto dziļāko būtību nepazīstam, bet daudz ko zinām par tās īpašībām. Fizikālā substance nav nedz garīga, nedz materiāla (klasiskā nozīmē). Fizikālās substances dažiem veidiem, piem., t. s. elektromagnētisko spēku laukiem, nav materiālās nesatilpības, bet tie iedarbojas cits šķērsojot citu.

Fizikālā substance ir dažādīgāka un dziļāka, nekā mūsu loģiski-matēmatiskie režģi, kuros gribam to ietvert. Mēdz teikt, ka šī substance ir dinamiska, t. i., mainīga un kustīga. Tomēr iespējams, ka maiņa un kustība ir tikai subjektīvi, cilvēcīgi aspekti, tāpat kā krāsas un skaņas. Īstā būtība var būt n e m a i n ī g a, kā to izteic arī zinātnes loģiski-matēmatiskie formulējumi, kas ietver sevī kā

pagātni, tā nākotni. Var pieņemt, ka fizikālā reālitāte vai īstenība ir n-dimensionāla būtība, kuru pilnībā aptvert un izprast nevaram, jo to spējam skatīt tikai nedaudz dimensijās. Var pieņemt, ka „pareizi" dotas mums tikai 3 dimensijas, bet laiks kā 4. dimensija mums parādās jau pilnīgi subjektīvā veidā, kā šķietama plūsma, maiņa. Varbūt īstenībā ir vēl 5., 6., u. t. t. dimensijas, ko pilnīgi nespējam uztvert. Zīmīgi tas, ka daudzas fizikālas norises un faktus, piem., optikā, varam gan matēmatiski aprakstīt un paredzēt, bet nespējam tām dot uzskatāmus modeļus t. i., šos faktus uzskatāmi izprast.

Nav nekāda pamata apgalvojumiem, ka tagadnes zinātne jau teikusi pēdējo vārdu un galvenos vilcienos viss noskaidrots. Zinātne ir tikai savas attīstības sākumā, un var sagaidīt, ka nākotnē tā kļūs bagātāka ar pavisam jaunām metodēm. Modernā zinātne nav nedz pierādījusi ideālisma vai pozitīvisma pareizību, nedz atmetusi kauzālitāti, nedz ievedusi indeterminismu. Bez šaubām, reālitāte ir iekārtota pēc zināmiem likumiem, kuŗus pazīt ir zinātnes uzdevums. Daudzām zinātniskām metodēm ir savas robežas (nenosakamības relācija atomu pasaulēs), un kur tās izbeidzas, tur izbeidzas arī cēloniskās izpratnes iespējas. Bet ar to nav pateikts, ka šeit zinātne vispār nespēs iet tālāk. Varbūt nākotnē tā ar pavisam jaunām metodēm arī šeit atklās jaunus likumus, pavisam jaunas pasaules.

Gluži tāpat kā riskanti runāt par atziņas robežām atomu mikropasaulēs, nevar runāt par universa galējību. Relātīvitātes teorijas fizikālais universs ir gan galīgs, bet varbūt tas ir tikai viena vienība kādā vēl lielākā, augstākas pakāpes sistēmā, līdzīgi tam kā kāda galaktika mūsu universā.

Visi prātojumi un vairāk vai mazāk „zinātniski pamatoti" slēdzieni par galīgām robežām atomu mikropasaulēs un universā, par sākumu un galu ir noraidāmi. Zinātnes vēsture dod daudzus piemērus, kur visādas robežas tiek pārkāptas. Robežas ir cilvēcīgas šaurības, antropomorfisma iestādījums. Nav robežu! Īstenība ir bezgalīga, nenorobežota. Robeža parādās tikai tur, kur mēs ar savām nepilnīgām metodēm netiekam vairs tālāk. Bet kad atrod jaunas metodes, pilnīgākas par vecām, tad redzam atkal jaunas perspektīvas, tālu pāri vecajām robežām.

Nav robežu arī starp „nedzīvo" un dzīvo dabu. Organizētas sistēmas īpašības piemīt nevien stādam, dzīvniekam vai baktērijai, bet arī katrai molekulai un, mazākā mērā, pat katram atomam. Sevišķi interesantas „pusdzīvas" organizētas sistēmas ir dažādas proteīnu molekulas. Lielākās virusu molekulas tikpat labi var

pieskaitīt sīkbūtnēm, kā nedzīvām molekulām. Katra šķīdumā esoša organiskas vielas molekula apmaina savus atomus ar līdzīgiem vides atomiem (piem., ūdeņradi pret deitēriju), t. i., arī molekula maina savu vielu, bet uztur formu un funkcijas, gluži kā organisms.

Zinātne, protams, nevar pierādīt, ka dzīvas būtnes radušās no „nedzīvas" vielas, bet ievērojot „nedzīvo" molekulu organizētību, tas nebūtu nekas neiespējams. Vai organismiskās jeb dzīvības īpašības ir atomu un molekulu dabīgas apvienošanās un sarežģītu sistēmu dabīgas, spontānas izveidošanās sekas? Vai arī tās piešķiŗ kādi augstākas pakāpes nefizikāli spēki? Kur sākums psīchikai un domātspējai? Vai arī tas viss ir proteīnu un citu vielu molekulu kopspēles rezultāts, vai kāda būtība par sevi? Galīgas atbildes zinātne te vēl nespēj dot, lai gan visur tā cenšas tikt tālāk ar iespējami vienkāršu, dabīgu, zinātnisku izskaidrošanas līdzekļu palīdzību.

Daudzi ķeŗas pie zinātnes problēmu studēšanas ar vienu galveno nolūku: gūt drošas atbildes uz dzīves pamatjautājumiem. Vai pasaulē valda dievišķā taisnība? Vai mūsu dzīvei ir kāds augstāks uzdevums? Kāda tai jēga? Vai mūsu personiskā, garīgā būtne izbeidzas līdz ar nāvi? Vai cilvēcei ir kāds uzdevums? Vai to sagaida spoža nākotne, vai katastrofa? Vai ar savu labo gribu varam veidot pasauli, vai arī gribas brīvība ir tikai šķitums? Vai nākotne negrozāma un pilnīgi paredzama, vai arī tā padota nenosakāmiem gadījumiem un brīvi veidojama? Vai vispār ir jēga meklēt atbildes uz šiem lieliem jautājumiem? Vai vispār esam spējīgi gūt kādas drošas atziņas? Varbūt nebūtu jāmeklē iespējami pareizas, bet iespējami labas atbildes, t. i., tādas, kas dod iespēju izveidot etiski pozitīvu, morālisku pasaules uzskatu...

Mūsu vadošā zvaigzne visos šais meklējumos bija p a t i e s ī b a. Mēs meklējām patiesas, pareizas atbildes. Mēs redzējām, ka zinātne ļoti daudzos jautājumos tādas arī spēj sniegt. Ja arī pareizība nav absolūta, tad vismaz pareizības pakāpe jau ir augsta. Bet visos jautājumos zinātne nav visspēcīga. Daudz kas vēl neskaidrs. Tomēr viscaur varējām pārliecināties, ka zinātnes attīstības iespējas ir n e a p r o b e ž o t a s. Aprobežotas gan ir daudzas patreiz pazīstamas metodes, bet ar lielu pareizības varbūtību var apgalvot, ka šīs metodes nākotnē tiks tālu pārspētas. Zinātnē nāks pavisam j a u n a s m e t o d e s. Varbūt tās mūs kādreiz ievedīs arī īstenības tālākās dimensijās, ja tādas būtu. Varbūt nākotnē tiks radīta arī sen ilgotā reliģijas un zinātnes sinteze.

Jau tagad cilvēks pārveido pasauli ar pašu dabas spēku palīdzību. Technika ir radīta un vadīta vairāk no gara, kā materiāliem ieročiem. Zinātne, tīrā zinātne un tās burvju formulas deva iespēju atvērt atomu kodolos slēptās milzu enerģijas slūžas. Ar zinātnes burvju atslēgām tā atbrīvojama un vadāma. Vai te jau būtu gals un robeža? Grūti ticams. Zinātne ies vēl daudz, daudz tālāk. Nākotnē cilvēks valdīs par materiju vēl daudz pilnīgāk, nekā tagad. Varbūt tad labāk būs saprotama arī pasaules iekšējā kārtība un cilvēka uzdevums un stāvoklis tajā. Varbūt reiz nāks arī cilvēka morālās stājas lielais pagrieziens uz pozitīvo. Varbūt līdz ar gara skaidrības uzvaru par stichisko chaosu nāks arī tikumiskā skaidrība, kad naidu, mantkārību, skaudību un visas rupjās kaislības cilvēks sajutīs kā tumšus spēkus, kuŗu kaitīgumu viņš pilnīgi apzinās, pazīst to cēloņus, redz to būtību un tad arī zina, kā tos novērst. Bet kamēr tas nav sasniegts, divi droši balsti mums būs vienmēr visos meklējumos: zinātnes atziņumi un evanģelija mācība. Tikai balstoties uz tiem iespējams gūt iespējami lielāko skaidrību un mieru.

Lielajā pasaulē reti redz uzmirdzam dievišķās dzirkstis. Jau dzīvība telpas milzu plašumos ir retums. Bet vēl lielāks retums ir apziņas gaisma, pašaizliedzīga mīlestība, morālais cēlums un augstsirdība. Mums šeit ir tikai viens optimistisks mierinājums - tā ir cerība, ka šis pozitīvais attīstās un pieņemas. Zinātnes progress ir gara progress, un par tā esamību, kā redzējām, nav ne mazāko šaubu. Te slēpjas neaptveŗamas iespējamības.

Saturā:

		Lpp.
I.	Dažādi viedokļi	5
II.	Pamatviedokļa izvēle	11
III.	Zinātnes lielās problēmas	19
IV.	Vieliskās pasaules dažādība. Pamatvielas	22
V.	Dabas pamatlikumi	27
VI.	Atomu un molekulu pasaules	36
VII.	Atomu uzbūve	47
VIII.	Atomu kodoli un to iekšējā enerģija	60
IX.	Elektroni un gaismas kvanti	75
X.	Fizikālās substances būtība	84
XI.	Materija pasaules telpā	88
XII.	Universa problēmas	101
XIII.	Zeme un dzīvība	108
XIV.	Ķīmisko pārvēršanu iespējas un katalizes problēma	117
XV.	Organiskas vielas	127
XVI.	Milzu molekulas	135
XVII.	Vielas kolloidā veidā	142
XVIII.	Olbaltumvielas jeb proteīni	145
XIX.	Dzīva būtne vai milzu molekula?	152
XX.	Dzīvo šūniņu katalizatori	157
XXI.	Organismu pasaule	163
XXII.	Organismu dzīves gaita	171
XXIII.	Sugu attīstības un iedzimtības problēma	178
XXIV.	Psīchiskās norises dzīvajā dabā	189
XXV.	Cilvēks un kultūras attīstība	195
XXVI.	Tagadnes kultūras cilvēka garīgā nostāja	202
XXVII.	Slēdzieni	206

LATVIJAS NACIONALA BIBLIOTEKA
0306119954

10