

**ბ. გობიჩაიშვილი, ი. სურცილავა,  
მ. ბაჩქილაძე, რ. ღალაქიშვილი**

**თანამედროვე  
ბუნებისმეტყველების  
კონცეფციები**

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია გარემომცველი სამყაროს შეცნობის საკითხები ფილოსოფიური თვალსაზრისით.

წიგნის მიზანია მკითხველს ზოგადი სახით გააცნოს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა მნიშვნელოვანი მონაცემები სამყაროსა და ადამიანის ადგილზე ამ სამყაროში.

წიგნი განკუთვნილია უმაღლესი სასწავლებლების ეკონომიკის, ჰუმანიტარულისა და მონათესავე სპეციალობების სტუდენტებისათვის, მაგისტრებისა და კოლეჯის. მოსწავლეებისათვის, აგრეთვე მკითხველთა ფართო წრისათვის.

**რეცენზენტები: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,**

**პროფ. ლ. ლოღელიანი**

**ფილოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი,**

**პროფ. ღ. ბახტაძე**

**ტექნიკური რედაქტორი ლეილა კვიციანი**

**ISBN 99928-46-33-10**

**© 2004, შსტშ, ბ. გოგინიაშვილი, ი. ხურცილავა, მ. გაჩეჩილაძე რ. დალაქიშვილი**

## შესავალი

უმაღლეს სასწავლებლებში განათლების რეფორმის მიზანია, განათლება გახადოს უფრო მრავალმხრივი და ფუნდამენტური. ამისათვის უმაღლესი სასწავლებლის გეგმებში შეაქვთ ახალი სალექციო დისციპლინები, რომელთა დანიშნულება არის ყველაფერთან ერთად უზრუნველყოს დამოუკიდებელი მსოფლმხედველობითი ორიენტაციის ფორმირება და პიროვნების ჩამოყალიბება.

თანამედროვე განათლების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს სტუდენტების შემოქმედებითი უნარის განვითარება, რაც მათ სასწავლებლის დამთავრების შემდეგ საშუალებას მისცემს სხვადასხვა ფორმით იმოღვაწეონ.

„თანამედროვე ბუნებისმეტყველების კონცეფციები“ კურსის შესწავლა მიზნად ისახავს ეკონომიკური და ჰუმანიტარული სპეციალობის სტუდენტებს გააცნოს ბუნებისმეტყველების ელემენტები, როგორც მსოფლიო კულტურის ჩამოყალიბების ერთიანი მსოფლმხედველობა გარემომცველ სამყაროზე, რამდენადაც რაციონალური საბუნებისმეტყველო-მეცნიერული მეთოდი აღწევს ჰუმანიტარულ სფეროშიც და მონაწილეობს საზოგადოების თვითშეგნების ფორმირებაში.

აღნიშნული კურსის შესწავლის აქტუალობას იხიცი განაპირობებს, რომ უკანასკნელ წლებში დიდი გავრცელება ჰპოვა ცოდნის სხვადასხვა ირაციონალურმა სახეებმა, როგორიც არის ასტროლოგია, მაგია, მისტიკა და სხვა, რომლებიც თანდათანობით და საკმაოდ თანამიმდევრულად საზოგადოების ცნობიერებიდან სდევნიან სამყაროს საბუნებისმეტყველო მეცნიერულ სურათს, რომელიც დაფუძნებულია მისი ახსნის რაციონალურ მეთოდებზე. როდესაც დამსხვრეულია ძველი იდეოლოგია და ახალი მეტნაკლებად მისაღები ჯერ კიდევ არ არის ცნობილი საზოგადოების ფართო ფენებისათვის. ამ დროს გასაქანი ეძლევათ თანამედროვე პარამეცნიერების წარმომადგენლებს, რომლებიც სრულიად ეწინააღმდეგება მეცნიერებაში საიმედოდ დადგენილ დებულებებს.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები კაცობრიობის კულტურის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს. ბუნებისმეტყველების კონცეფციებისა და თანამედროვე ძირითადი თეორიების ცოდნა აყალიბებს მეცნიერულ

აზროვნებას და ადამიანის ადეკვატურ დამოკიდებულებას გარემომცველ სამყაროსთან. ნებიმიერმა ადამიანმა უნდა იცოდეს, რომ სამყარო რაციონალურად შეცნობადია და მას ობიექტური კანონები მართავენ, რომლის შეცვლა არ შეიძლება.

„თანამედროვე ბუნებისმეტყველების კონცეფციები“ – ეს არის კურსი, რომელიც მოწოდებულია მკითხველებს ზოგადი სახით გააცნოს სხვადასხვა მეცნიერების მნიშვნელოვანი მონაცემები სამყაროზე და ადამიანის ადგილზე ამ სამყაროში. თანამედროვე ბუნებისმეტყველების კონცეფციების ცოდნა სტუდენტებს დაეხმარება მიკროსამყაროს გაცნობასა და არამიწიერი სივრცის ჩაწვდომაში, შეიცნოს და წარმოიდგინოს თუ რა მატერიალუ და ინტელექტუალურ დანახარჯების ფასად იქმნება თანამედროვე ტექნიკა, კომპიუტერული სისტემები და სხვა მომხმარების საგნები. რამდენად მნიშვნელოვანია ბუნების შენარჩუნება და რა პრობლემები არსებობს, რაში მდგომარეობს ადამიანის როლი და სხვა.

ნაშრომში ზოგადად არის განხილული ისეთი საკითხები, როგორც არის: მეცნიერების განვითარება და სამეცნიერო რევოლუციები, ქიმიის და ბიოლოგიის სამყაროს სურათი და ეკოლოგიური საკითხები.

მიუხედავად ჩვენს მიერ გაწეული დიდი შრომისა, ნაშრომი არ შეიძლება იყოს სრულყოფილი, ამიტომ დიდი სიამოვნებით მივიღებთ ყოველგვარ შენიშვნებს.

გთხოვთ შენიშვნები და წინადადებები მოგვაწოდოთ მისამართზე 384014 საქართველო, ქუთაისი, კოლუმბია-მისურის გამზირი (ახალგაზრდობის გამზ.) №98. ქუთაისის ნ.მუსხელიშვილის სახელობის სახელმწიფო ტექნიკური უნივერსიტეტი.

# თავი 1. მეცნიერება და მისი როლი საზოგადოების ცხოვრებაში

## 1.1. მეცნიერების განსაზღვრის პრობლემა

მთელი ისტორიის მანძილზე, ადამიანები გამოიმუშავებენ მათი გარემომცველი სამყაროს შეცნობისა და ათვისების საშუალებებს. ამ საშუალებათა ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს მეცნიერება. ჩვენთვის ეს სიტყვა კარგად არის ცნობილი და ხშირად ვიყენებთ ყოველდღიურ ცხოვრებაში, მაგრამ აბსოლუტურად არ დაფიქრებულვართ მის ნამუკვილ მნიშვნელობაზე. ჩვენთვის დღეს სრულიად ცხადია, რომ მეცნიერება საზოგადოების სულიერი კულტურის ნაწილია. შთამომავლობიდან შთამომავლობაზე გადაცემულია ცოდნის საგანძურით გროვდება უნიკალური სულიერი მასალა, რომლებიც სულ უფრო მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ სინამდვილის შეცნებაში.

კაცობრიობის ისტორიის განსაზღვრულ ეტაპზე მეცნიერება საზოგადოების ცნობიერებაში ადრე წარმოქმნილ კულტურის ელემენტების მსგავსად დამოუკიდებელი ფორმით ვითარდება. ეს იმით არის განპირობებული, რომ მთელი რიგი პრობლემები, რომლებიც საზოგადოების წინაშე წარმოიქმნება შეიძლება გადაწყდეს მეცნიერების დახმარებით.

მეცნიერების როლისა და ადგილის მნიშვნელობა ადამიანთა ცხოვრებაში რთული პროცესია, ის მუშავდება ხანგრძლივად, იდეათა სიძნელების დაძლევის გზით, აზრთა სხვადასხვაობით, ეჭვით, ახალი და ახალი საკითხების გაჩენით. გასული საუკუნის 20-იან წლებში გაჩნდა ახალი სამეცნიერო დისციპლინა რომელმაც "მეცნიერებათა ცოდნის" სახელწოდება მიიღო და რომელიც მოწოდებულია ახსნას მეცნიერების განსაკუთრებულობის არსი, მისი მექანიზმი და გამოყენება, ასევე განვითარების კანონზომიერებანი.

პირველი რასაც მეცნიერებათა ცოდნის ფუძემდებელმა ყურადღება მიაქციეს ეს არის „ეტიმოლოგია“ – ლათინური სიტყვაა და ცოდნას ნიშნავს, ეს სიტყვა შევიდა ევროპულ ენაშიც. გარკვეული დროის განმავლობაში ეს სიტყვა მეცნიერებას ნიშნავდა. მაგრამ გაჩნდა სიძნელე, რადგან ყოველგვარი ცოდნა მენიერება არ არის. ადამიანი თავის მოღვაწოებისას ცოდნას იღებს სხვადასხვა სფეროებიდან, მაგრამ ეს არ არის მეცნიერების ძირითადი მიზანი.

ხელოვნება მხატვრული შემოქმედებით ქმნის ესთეტიკურ ღირებულებებს, გამოხატავს მხატვრის დამოკიდებულებას რეალურ სამყაროსთან. ეკონომისტმა საზოგადოების შემოქმედება რომ უზრუნველყოს, საფუძვლად უნდა დაუდოს ჭეშმარიტი ცოდნა სინამდვილისადმი, მაგრამ შეფასება უნდა მიეცეს ეფექტურობისა და პრაქტიკული შედეგების კრიტერიუმებით. რელიგია ქმნის ცოდნას სამყაროზე, რომელშიც განიხილება ადამიანის ურთიერთობა ღმერთთან. ფილოსოფია ახდენს ადამიანის ყოფიერების ცოდნის ფორმირებას, განსაზღვრავს მის ადგილს სამყაროსა და საკუთარ შინაგან სამყაროში.

მეცნიერება წარმოადგენს ერთიანი კულტურის ნაწილს. სწორედ მასთან შედარებით და ურთიერთქმედებით ვლინდება მისი სპეციფიკა. რელიგიაც, ფილოსოფიაც, ხელოვნებაც, მეცნიერებაც – თავისებურად გამოხატავენ სინამდვილეს და ამავე დროს ქმნიან თავის საკუთარ სამყაროს, თავის ხელოვნურ რეალობას. მეცნიერება ქმნის ცოდნის სამყაროს, რომელიც შედგება ამ სამყაროზე ექსპერიმენტებით დამტკიცებული მონაცემებით და დასკვნებით, რომელიც მიღებულია ლოგიკის კანონების საფუძველზე.

## 1.2. მეცნიერების დამოკიდებულება ფილოსოფიასთან და რელიგიასთან

ისტორიაში არის ისეთი მაგალითები, როცა კულტურის ერთი სფეროს დაუფლება ხდება სხვა სფეროების დაზარალების საფუძველზე. უპირველესყოვლისა ეს ეხება მეცნიერების დამოუკიდებლობას შუა საუკუნეების და ახალი დროის ფილოსოფიასთან და რელიგიასთან. რადგან შუასაუკუნეების მეცნიერება რელიგიის ძალაუფლების ქვეშ იმყოფებოდა, მეცნიერების განვითარება შეფერხდა სულ მცირე ათასი წლით და შემდგომში აღორძინების ეპოქაში ამას მოჰყვა ანტიკური ხანის მეცნიერების მიღწევების განახლება. რელიგიისაგან განთავისუფლებულმა მეცნიერებამ მთელი ძალით დაიწყო განვითარება, მაგრამ განათლებულ ადამიანში ფილოსოფიის ძირითად ელემენტად დარჩა. (გაუნათლებელ უმრავლესობაში წამყვან როლს ძველებურად რელიგია თამაშობდა). მე-19 საუკუნეში ბუნებისმეტყველების წარმატებამ განაპირობა მეცნიერების გაბატონებული პოზიცია კულტურასა და ადამიანთა საზოგადოების მსოფლმხედველობაში. ამავე დროს ფილოსოფიასა და მეცნიერებას შო-

რის გაჩნდა დავა, რომელიც დღევანდლამდე გრძელდება. არსი ამისა არის ბრძოლა უფლებისათვის თუ ვინ ფლობს ჭეშმარიტებას.

მეცნიერებას, რომელსაც საზღვრები არა აქვს, სურს გასცეს პასუხი ყველა კითხვას, ტექნიკისა და მეცნიერების მიღწევების საფუძველზე კაცობრიობას ჰპირდება, რომ წაიყვანს უკეთესი მომავლისაკენ, მატერიალური უზრუნველყოფისაკენ. ცენტრიზმული იდეოლოგიური რწმენა, რწმენა მეცნიერებაზე როგორც ერთადერთ ძალაზე დღევანდლამდეა შემორჩენილი; ჩვენი ასწლეულის მეორე ნახევარში ფილოსოფიაში განვითარდა პოზიტივიზმი, რამაც ტრანსფორმაცია ჰპოვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა უზომო ქებაში.

სწორედ ასეთმა რწმენამ მიიყვანა პლანეტა ასეთ ეკოლოგიურ მდგომარეობამდე, თერმოატომურბირთვული ომის საშიშროებამდე, მაგრამ ყველაზე მთავარია ის, რომ ასეთმა მდგომარეობამ გამოიწვია ეთიკური და ესთეტიკური კულტურის მაჩვენებლების მკვეთრი დაცემა, ტექნიკური ფსიქოლოგიის გავლენის გაზრდა, სტიმულირებული მომხმარებლური განწყობით თანამედროვე საზოგადოების მიღება.

ასეთ სამყაროში ცალკეული ადამიანები თავს უძლურად და დაკარგულად გრძნობენ. მეცნიერებამ ის მიაჩვია სულიერ ღირებულებებში დაეჭვრებას, გახვია მატერიალიზმის კომფორტში, მიაჩვია ყველაფერში უპირველეს ყოვლისა რაციონალური მისაღწევი მიზანი. ცხადია, რომ ასეთი ადამიანები უცილოდ ხდებიან ცივნი, ანგარიშიანი, პრაგმატულნი, რომლებიც სხვა ადამიანებს განიხილავენ როგორც საკუთარი მიზნის მიღწევის საშუალებას. ადამიანი კარგავს იმ დანიშულებას, რისთვისაც ადამიანმა უნდა იცოცხლოს; ირღვევა ადამიანის მთლიანობა, მისი მსოფლმხედველობა. სამრეწველო რევოლუციის მომენტიდან ახალმა მეცნიერულმა აზროვნებამ მოშალა სამყაროს რელიგიური სურათი, რომელიც ათასწლეულობით ფუნქციონირებდა და რომელშიც ადამიანს ეკუთვნოდა უნივერსალური ადგილი და ურყევი რწმენა იმისა თუ როგორი პრინციპებით ეცხოვრა, პრინციპი რომელსაც საფუძვლად ედო სამყაროს წყობა: ამავე დროს მეცნიერული აზროვნების პარადოქსი იმაში მდგომარეობს, რომ არღვევს რა გულუბრყვილო – მთლიან ცოდნას სამყაროს შესახებ, რომელსაც რელიგია ან რელიგიური ფილოსოფია იძლევა, ეჭვის ქვეშ აყენებს რა ყოველ პოსტულატს, რომელიც ადრე რწმენად იყო მიჩნეული, მეცნიერება ამის სანაცვლოდ ვერ აძლევს ასეთივე მთლიან დამაჯერებელ თეორიას სამყაროს შესახებ. მეცნიერების კონკრეტული ცალკე-

ული სინამდვილე მოიცავს მხოლოდ საკმაოდ ვიწრო წრეს მოვლენებისას. მეცნიერებამ ადამიანი მიაჩნია ეჭვის ქვეშ დააყენოს ყველაფერი და ამით სწრაფად წარმოქმნას თავის ირგვლივ მსოფლმხედველობის დეფიციტი, რომლის შეესება მას არ შეუძლია, რადგან ეს ფილოსოფიის ან რელიგიის საქმეა.

ეჭვს არ იწვევს ის, რომ თავისთავად მეცნიერება კაცობრიობის კულტურის უდიდეს მიღწევას წარმოადგენს. ის ადამიანის ცხოვრებას უფრო იოლს, მოხერხებულს ხდის, უქმნის პერსპექტივას მატერიალური და სულიერი სიკეთის შესახებ, მაგრამ უღმერთო მეცნიერება – ეს ისეთი მოვლენაა, რომელიც სრულიად საწინააღმდეგო შედეგებს წარმოშობს. ობიექტურად – ეს მხოლოდ ერთი სფეროთაგანია ადამიანის კულტურისა, რომელსაც თავისი სპეციფიკა და თავისი ამოცანები აქვს და არ არის საჭირო ამ დებულებების შეცვლა. მეცნიერება თავისთავად არ უნდა ჩაითვალოს კაცობრიობის ცივილიზაციის უმაღლეს ღირებულებად, ის მხოლოდ საშუალებაა კაცობრიობის არსებობისა, სხვადასხვა პრობლემების გადასაჭრელად. ნორმალურ ჰარმონიურ საზოგადოებაში ერთდროულად უნდა იყვეს ადგილი, როგორც მეცნიერებისათვის ასევე ხელოვნებისათვის, ფილოსოფიისათვის, რელიგიისათვის და კაცობრიობის კულტურის სხვა დარგებისათვის.

ამგვარად ზემოთ განხილული მეცნიერების არსისა და როლის შესახებ კულტურისა და საზოგადოებაში, ჩვენ შეგვიძლია მას მივცეთ უფრო ზუსტი განმარტება: მეცნიერება კულტურის ნაწილია, რომელიც თავის მხრივ ყოფიერების ობიექტური ცოდნის ერთობლიობას წარმოადგენს. შინაარსობრივად ეს ცნება მოიცავს ცოდნისსხვადასხვა ფორმით მიღების პროცესს და ადამიანთა პრაქტიკულ ცხოვრებაში მისი გამოყენების მექანიზმს.

### 1.3. მეცნიერების სტრუქტურა და მისი კრიტერიუმები

ობიექტური ყოფიერების ფილოსოფიური გაგება მოიცავს ბუნებას, საზოგადოებას და ადამიანს. ობიექტური ყოფიერების ამ სამი ელემენტის შესაბამისად მეცნიერებაში ზუსტად გამოიყოფა ცოდნის სამი სფერო, რომელიც ყოფიერების შემადგენელი ნაწილია. ეს არის მეცნიერების შინაარსიანი ასპექტი.



ყოფიერების სფეროზე დამოკიდებულებით და შესაბამისად შესასწავლი სინამდვილის სახიდან გამომდინარე, ანსხვავებენ სამეცნიერო ცოდნის სამ მიმართულებას: 1. ბუნებისმეტყველება – მეცნიერება ბუნების შესახებ; 2. საზოგადოებათმცოდნეობა – მეცნიერება სხვადასხვა სახეობებისა და ფორმების საზოგადოებრივი ცხოვრების შესახებ; 3. მეცნიერება ადამიანზე, როგორც მოაზროვნე არსებაზე. ცხადია, ეს სამი სფერო არ წარმოადგენს და არ უნდა იყვეს განხილული როგორც სამი ნაწილი ერთიანი მთლიანისა, რომლებიც მხოლოდ ერთმანეთის გვერდიგვერდ არიან განლაგებული და ერთმანეთს შეესაბამებიან. ამ სფეროებს შორის საზღვრები პირობითია.

მეცნიერული ცოდნის მთელი ერთობლიობა ბუნებაზე თავმოყრილია ბუნებისმეტყველებაში. მისი სტრუქტურა წარმოადგენს ბუნების ლოგიკის უშუალო ანარეკლს. საერთო მოცულობა და სტრუქტურა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ცოდნისა ძალიან დიდი და მრავალფეროვანია. მათში შედის ცოდნა ნივთიერებაზე, ქიმიურ ელემენტებზე და შენაერთებზე, ცოცხალ მატერიაზე და სიცოცხლეზე, დედამიწაზე და კოსმოსზე. ბუნებისმეტყველების ამ ობიექტებიდან იღებენ სათავეს ფუნდამენტური საბუნებისმეტყველო მეცნიერული მიმართულებანი: 1) სხეულები, მათი მოძრაობა, გარდაქმნები და გამოსხივების ფორმები სხვადასხვა დონეზე წარმოადგენენ ფიზიკურ სამეცნიერო ცოდნათა ობიექტებს, თავიანთი ფუნდამენტური ხასიათის გამო ისინი წარმოადგენენ ბუნებისმეტყველების საფუძველს და განაპირობებენ ბუნებისმეტყველების სხვა დარგების არსებობას; 2) ქიმიური ელემენტები, მათი თვისებები, გარდაქმნები და შენაერთები აისახებიან ქიმიურ მეცნიერებებში, მათ გააჩნიათ შეხების წერტილები ფიზიკურ მეცნიერებებთან, რის საფუძველზეც წარმოიქმნება მთელი რიგი მოსაზღვრე დისციპლინები – ფიზიკური ქიმია, ქიმიური ფიზიკა და სხვა; 3) ბიოლოგიური მეცნიერებები აერთიანებენ მეცნიერებათა ჯგუფს სიცოცხლეზე, რმოდეთა შესწავლის საგანია უჯრედი და ყველაფერი მისგან წარმოებული, ბიოლოგიური მეცნიერებებს საფუძვლად უდევს ცოდნა ნივთიერებაზე, ქიმიურ ელემენტებზე. ამის გამო მეცნიერებათა საზღვარზე იქმნება ისეთი მეცნიერებები, როგორიცაა ბიოფიზიკა, ბიოქიმია და სხვა.; 4) დედამიწა, როგორც პლანეტა წარმოადგენს გეოლოგიურ მეცნიერებათა შესწავლის საგანს. ისინი განიხილავენ ჩვენი პლანეტის აგებულებას და განვითარებას. სხვა მეცნიერებათა საზღვარზე იქმნება გეოქიმია, გეოფიზიკა, პალეონტოლოგია

და სხვა;5) მეცნიერებაში ყველაზე უძველესი და ამავე დროს ყველაზე თანამედროვე მიმართულებაა კოსმოლოგია, რომლის საგანს წარმოადგენს სამყარო, როგორც მთლიანი. კოსმოლოგია შეისწავლის კოსმოლოგიური ობიექტების მდგომარეობებს და ცვლილებებს.

მეცნიერული ცოდნის მეორე ფუნდამენტურ მიმართულებას წარმოადგენს საზოგადოებათმცოდნეობა. მისი საგანია საზოგადოებრივი მოვლენები და სისტემები, სტრუქტურები, მდგომარეობები, პროცესები. საზოგადოებრივი მეცნიერებები იძლევიან ცოდნას საზოგადოებრივი კავშირების და ურთიერთობების ცალკეულ სახეობებზე და მთელ ერთობლიობაზე. თავისი ხასიათით მეცნიერული ცოდნა საზოგადოებაზე მრავალფეროვანია, მაგრამ ისინი შეიძლება დაჯგუფდნენ სამი მიმართულებით: 1) სოციოლოგიური, რომელთა საგანია საზოგადოება როგორც მთლიანი; 2) ეკონომიკური – ასახავს ადამიანთა შრომით საქმიანობას, საკუთრებასთან დამოკიდებულებას, საზოგადოებრივ წარმოებას, გაცვლას, განაწილებას და მათზე დაფუძნებულ ურთიერთობებს საზოგადოებაში; და 3) სახელმწიფოებრივ-სამართლებრივი, რომლის საგანია სახელმწიფოებრივ სამართლებრივი სტრუქტურები და ურთიერთობები საზოგადოებრივ სისტემაში, მათ განიხილავენ მეცნიერებები სახელმწიფოზე და პოლიტიკური მეცნიერებები.

სამეცნიერო ცოდნის მესამე ფუნდამენტურ მიმართულებას შეადგენს მეცნიერებანი ადამიანზე და მის აზროვნებაზე. ადამიანი წარმოადგენს მრავალრიცხოვან მეცნიერებათა შესწავლის საგანს: ჰუმანიტარული მეცნიერებები, რომლებიც ორიენტირებულია ადამიანის ინტერესებზე, ფსიქოლოგია-მეცნიერება ადამიანის ცნობიერებაზე, ლოგიკა-მეცნიერება სწორი აზროვნების ფორმებზე.

მათემატიკა წარმოადგენს მეცნიერებას სინამდვილის რაოდენობრივ ურთიერთობებზე. იგი დისციპლინათაშორისი მეცნიერებაა. მისი შედეგები გამოიყენება როგორც საბუნებისმეტყველო, ისე საზოგადოებრივ მეცნიერებებში.

მთითებულ ძირითად სამეცნიერო მიმართულებებთან ერთად არსებობს მეცნიერება თავის თავზე – მეცნიერებთმცოდნეობა. ცოდნის ეს დარგი გაჩნდა XX საუკუნის 20-იან წლებში და ეს ნიშნავს, რომ მეცნიერება თავისგანვითარებაში ამაღლდა ადამიანთა ცხოვრებაში თავისი როლისა და მნიშვნელობის გაგებამდე. მეცნიერებთმცოდნეობა დღეს ითვლება დამოუკიდებელ, სწრაფად განვითარებად დარგად.

ცოდნის მეცნიერულობის ერთ-ერთ ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენს ცოდნის სისტემურობა. ამ სისტემებში შედის საწყისი პრინციპები, ფუნდამენტური ცნებები და ცოდნა, გამოყვანილი ამ პრინციპებიდან და ცნებებიდან. ამასთან სისტემა შეიცავს მოცემული მეცნიერებისათვის ცდისეულ ფაქტებს, ექსპერიმენტებს, მათემატიკურ აპარატს, პრაქტიკულ დასკვნებს და რეკომენდაციებს.

მაგრამ მეცნიერება — ცოდნათა არა უბრალო სისტემა და ერთობლიობაა, არამედ მოღვაწეობაა ახალი ცოდნის მოსაპოვებლად, რაც გულისხმობს ადამიანების არსებობას, რომლებიც სპეციალიზებულია მასზე, შესაბამისი ორგანიზაციის არსებობას, რომელიც კოორდინაციას უკეთებს გამოკვლევებს; ასევე საჭირო მასალების, ტექნოლოგიების და ინფორმაციის დაფიქსირების საშუალებების არსებობას.

ესაუბრობთ რა მეცნიერებასა და სამეცნიერო ცოდნაზე, ჩვენ მათ ვიხილავთ, როგორც უკვე რეალურად არსებულ გამოსაკვლევ ობიექტს, რომელიც გავაანალიზებთ ფორმალური თვალსაზრისით.

კაცობრიობამ თავის არსებობის ისტორიის მანძილზე დააგროვა თავისი ხასიათით საკმაოდ განსხვავებული ცოდნა, სამეცნიერო ცოდნა ამ ცოდნის მხოლოდ ერთ-ერთ სახეობას წარმოადგენს. ამიტომ დგება საკითხი სამეცნიერო ცოდნის კრიტერიუმების შესახებ, რაც შესაბამისად შესაძლებლობას იძლევა ისინი მივაკუთვნოთ სამეცნიერო კატეგორიას ან რომელიმე სხვას.

მეცნიერების უმნიშვნელოვანეს კრიტერიუმს წარმოადგენს არსებობა მეცნიერული შემეცნების მიზნისა, რომელიც განისაზღვრება როგორც ჭეშმარიტების ჩაწვდომა თვით ჭეშმარიტებისათვის, ანუ თეორიულობა. თუ მეცნიერება მიმართულია მხოლოდ პრაქტიკული ამოცანების გადაჭრისაკენ, იგი აღრ არის მეცნიერება ამ სიტყვის მნიშვნელობით. ასე მაგალითად, ძველ აღმოსავლეთში არსებული მეცნიერული ცოდნა გამოიყენებოდა მხოლოდ როგორც დამხმარე საშუალება რელიგიურ-მაგიურ ცერემონიებში და რიიტუალებში. ამიტომ ჩვენ არ შეგვიძლია ვილაპარაკოთ იქ მეცნიერების, როგორც დამოუკიდებელი კულტურული ფენომენის არსებობაზე.

მეცნიერული ცოდნის დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს მისი რაციონალური ხასიათი. გონების შესაძლებლობისადმი რწმენა გაჩნდა არა უცებ და არა ყველგან. აღმოსავლურმა ცივილიზაციამ არ მიიღო ეს დებულება და პრიორიტეტს ანიჭებს ინტუიციას და ზეგრძნობად აღქმას.

ეს კრიტერიუმში მჭრიდროდაა დაკავშირებული მეცნიერული ცოდნის ინტერსუბიექტურ თვისებებთან, რომელიც გაგებულია როგორც ცოდნის საყოველთაო მნიშვნელობა და სავალდებულობა, მისი ინვარიანტულობა, სხვადასხვა მკვლევარისაგან ერთი და იგივე შედეგის მიღების შესაძლებლობა.

მეცნიერების განმსაზღვრელ ნიშანს წარმოადგენს აგრეთვე კვლევის ექსპერიმენტული მეთოდის არსებობა და მეცნიერების მათემატიზაცია. ეს ნიშნები გაჩნდნენ ახალ დროში, რითაც მეცნიერებას მიაინტეს თანამედროვე სახე, ამასთან დააკავშირეს იგი პრაქტიკასთან.

#### 1.4. მეცნიერული ცოდნის განვითარება

მეცნიერული შეშეცნების მიზანია სინამდვილის ადეკვატური ამსახველი კანონების დადგენა. მიღებულია, რომ ბუნებაში მოქმედებენ ობიექტური კანონზომიერებები – მდგრადი კავშირები საგნებისა და მოვლენებს შორის. ჩვენ კი ვიცით ჩვენს ცხოვრებაში ამ ობიექტური კანონზომიერებების ამსახველი კანონები. კანონები ყოველთვის ატარებენ ობიექტურ ხასიათს და გამოხატავენ რეალურ პროცესებს, რომლებიც ერთმანეთთან აკავშირებენ ობიექტური სამყაროს მოვლენებს. კანონები წარმოადგენენ შეშეცნების საფუძვრებს. კანონები უნდა შეეხონ ნებისმიერ ობიექტს, რომელსაც მოცემული მეცნიერება შეისწავლის, ასევე ადეკვატურად ასახოს საგნები და მოვლენები და მათი თვისებები, რომელსაც შეისწავლის თეორია. მეცნიერების განვითარების ზოგადი სელა შეიცავს ბუნებისა და საერთოდ სამყაროს შეცნობის შემდეგ ძირითად საფუძვრს:

1. ბუნების, რომგორც განუყოფელი მთლიანობის, უშუალო ჭკრეტა – მიმდინარეობს ბუნების საერო სურათში უტყუარი ჩაწვდომა წერილმანების უგულებელყოფით. იგი დამახასიათებელია ბერძნული ნატურფილოსოფიისათვის.

2. ბუნების ანალიზი, მისი დაყოფა ნაწილებად, ცალკეული საგნებისა და მოვლენების გამოყოფა, ცალკეული მიზეზებისა და შედეგების ძიება, ამ დროს კერძო შემთხვევების იქით იკარგება მოვლენათა უნივერსალური კავშირის ზოგადი სურათი – დამახასიათებელია ნებისმიერი კონკრეტული მეცნიერების განვითარების საწყისიეტაპისათვის, მაგალითად გვიანი შუა საუკუნეებისა და ახალი დროის დასაწყისისათვის.

3. ერთიანი სურათის ჩამოყალიბება უკვე შეცნობილი კერძო შემთხვევების, ანუ ანალიზის სინთეზთან შეერთების საფუძველზე. დამახასიათებელია კონკრეტულ მეცნიერებათა განვითარების მომწიფებული პერიოდისათვის და თანამედროვე მეცნიერებისათვის საერთოდ.

ამრიგად, ცხადია, რომ მეცნიერული ცოდნა არ წარმოადგენს ერთხელ და სამუდამოდ მოცემულ ფენომენს, მის მოცულობა და შინაარსი განუწყვეტლივ იცვლება, მიმდინარეობს ახალი ჰიპოთეზებისა და თეორიების გაჩენა და ძველის უარყოფა. ცოდნის განვითარების მექანიზმი მოიცავს რამდენიმე მოდელს.

დღესდღეობით ყველაზე მკვეთრადაა გამოხატული მეცნიერების განვითარების სამი მოდელი: 1. მეცნიერების ისტორია, როგორც კუმულაციური, წინსვლითი, პროგრესული პროცესი; 2. მეცნიერების ისტორია, როგორც განვითარება მეცნიერული რევოლუციებით; 3. მეცნიერების ისტორია, როგორც ერთობლიობა ინდივიდუალური, კერძო სიტუაციების (კეის სტადის).

სამივე მოდელი არსებობს თანამედროვე საზოგადოებათმცოდნეობაში, მაგრამ ისინი სხვადასხვა დროს გაჩნდნენ და ამასთანაა დაკავშირებული ცალკეული მოდელის დომინირება მეცნიერების განვითარების კონკრეტულ პერიოდებში.

მეცნიერებაში სულ უფრო მეტად, ვიდრე ადამიანის მოღვაწეობის ნებისმიერ სხვა სფეროში., ხდება ცოდნის დაგროვება. ეს მდგომარეობა საფუძველად დაედო მეცნიერების კუმულაციური განვითარების მოდელის ფორმირებას. იგი აგებულია იმ იდეაზე, რომ ყოველი შემდგომი ნაბიჯი მეცნიერებაში შეიძლება გაკეთდეს მხოლოდ წინანდელ მიღწევაზე დაყრდნობით, ამიტომ ახალი ცოდნა ყოველთვის უკეთესი და სრულყოფილია ძველზე, უფრო ზუსტად ასახავს სინამდვილეს. ამიტომ მეცნიერების ადრინდელი განვითარება წარმოადგენს მხოლოდ მისი თანამედროვე მდგომარეობის მომზადებას.

პოზიტივიზმის – კუმულაციური მოდელის მეთოდოლოგიური ბაზის საერთო კრიზისთან დაკავშირებით, XX საუკუნის შუა წლებში მეცნიერებაში გაჩნდა იდეები განვითარების წყვეტილობის, მეცნიერული ცოდნის განვითარების ცალკეული პერიოდების განსაკუთრებულობისა და უნიკალურობის. ისინი მკაფიოდ აარის ფორმულირებული მეცნიერული რევოლუციის მოდელში.

არასწორი იქნებოდა ჩაკვეთვალა, რომ ამ მოდელის გამოჩენამდე მეცნიერების ისტორიაში არ არსებობდა წარმოდგენა მეცნიერულ რევოლუციებზე. ევოლუციონიზმის წარმომადგენლები აღიარებდნენ მათ არსებობას, მაგრამ ძირითადად ესმოდათ როგორც აჩქარებული ევოლუციური განვითარება, რომელიც მიმდინარებს იმავე მიმართულებით, როგორც არის ცოდნის განვითარების საერთო სვლა. რევოლუციის ახალი განმარტება კი დამყარებული იყო მეცნიერული ცოდნის განვითარების აბსოლუტური წყვეტილობის იდეალზე. ითვლებოდა, რომ ახალი თეორია, რომელიც ჩნდება მეცნიერული რევოლუციის დროს, განსხვავებულია ძველისაგან. პრინციპულად რევოლუციის შემდეგ მეცნიერების განვითარება იწყება თავიდან და მიდის სრულიად სხვა მიმართულებით.

სწორედ ასეთი თვალსაზრისია წარმოდგენილი ტომას კუნის ცნობილ ნაშრომში „მეცნიერული რევოლუციები“. ამ ნაშრომში ავტორმა შემოიტანა დღეს ხშირად გამოყენებული ცნება – „პარადიგმა“ ყველას მიერ აღიარებული სამეცნიერო მიღწევები, რომლებიც გარკვეული დროის განმავლობაში მეცნიერულ საზოგადოებას აძლევს პრობლემის დასმის და მისი გადაწყვეტის მოდელს. კუნმა წამოაყენა სრულიად ნაყოფიერი იდეა იმაზე, რომ მეცნიერება უბრალოდ ცოდნათა ნამატი კი არ არის, არამედ ეპოქის შესაბამისი ცოდნათა კომპლექსია. მეცნიერება, რომლის მეცნიერული მოღვაწეობა აგებულია ერთი პარადიგმის საფუძველზე, ეყრდნობა სამეცნიერო პრაქტიკის ერთი და იგივე წესებს და სტანდარტებს. ეს მეცნიერების ნორმალური წინაპირობაა.

ერთი პარადიგმიდან მეორეზე გადასვლა ხდება რევოლუციის გზით. ეს მოწიფული მეცნიერების განვითარების ჩვეულებრივი მოდელია. კუნი თვლის, რომ მეცნიერება მოწიფულად შეიძლება ჩაითვალოს ნიუტონის დროიდან. მანამდე მეცნიერება წარმოდგენდა წვრილმან სკოლათა ერთობლიობას, რომელთაც გააჩნდათ სხვადასხვა თეორიული და მეთოდოლოგიური მიდგომები. ერთ-ერთი მათგანის გამოყოფამ დასაბამი მისცა პარადიგმის შექმნას და მეცნიერების წინა ისტორიიდან ისტორიაზე გადასვლას.

მეცნიერების შემსწავლელი ისტორიკოსები, შეეცადნენ გაეერთინებინათ მეცნიერების ევოლუციური და რევოლუციური განვითარების მოდელები. მეცნიერულ შემეცნებაში მოქმედებს კანონზომიერება შემეცნების ერთი საფეხურიდან მეორეზე ევოლუციური და რევოლუციური გადასვლების ერთიანობისა. შემეცნების ევოლუციური განვითარების პერი-

ოღში მიმიდინარეობს ცოდნის სრულყოფის პროცესი ახალი ფაქტების დაგროვების საფუძველზე, მისი სისტემატიზაცია, კანონების, თეორიების, შემეცნების ახალი პრინციპების შემუშავების, მისი მეთოდებისა და საშუალებების ფორმირება. ასეთი ევოლუციური პროცესი შეიძლება წინააღმდეგობაში მოვიდეს მეცნიერებაში გაბატონებულ თეორიასთან, გამოიწვიოს ამ თეორიის ახლით შეცვლა, პრინციპულად ახალი კანონების აღმოჩენა, ახალი მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენება, ე.ი. მომზადდეს მენიერული რევოლუციის განვითარების პირობები.

დღეს მეცნიერების ისტორიასა და მეთოდოლოგიაში პირველ ეტაპზე გამოდის „კეის სტადისი“, რომელსაც უწოდებენ სიტუაციურ გამოკვლევებს. ამ მიმართულებით ფორმირება მოხდა XX საუკუნის 70-იან წლებში. აღნიშნული მიმართულების შრომებში ხაზგასმულია იმის აუცილებლობა, რომ ყურადღება გამახვილდეს მეცნიერების ისტორიის ცალკეულ მოვლენებზე, რომლებიც მოხდა გარკვეულ ადგილზე და გარკვეულ დროს. ეს პიდაპირი ანტიპოლია მეცნიერების განვითარების კუმულაციური, სწორხაზოვანი მოდელისა. იგი უფრო დამახასიათებელია ჰუმანიტარული მეცნიერებებისათვის.

„კეის სტადიაში“ წარსულის მოვლენას განიხილავენ არა როგორც ერთიან განვითარების რიგში ჩაწერილს, არა როგორც სხვა მოვლენებთან საერთო ნიშნის მქონეს, არამედ როგორც განუმეორებელ, სხვა პირობებში განუხორციელებელს. წინანდელი ტიპის შრომებში მკვლევარი ცდილობდა შეესწავლა რაც შეიძლება ბევრი ფაქტი, რომ მათში აღმოეჩინა რაიმე საერთო და ამით დაედგინა ზოგადი კანონზომიერება. ახლა იგი შეისწავლის ფაქტს, როგორც მოვლენას, მეცნიერების განვითარების მრავალ თავისებურებათა შედეგს და გამოარჩევს მას სხვებისაგან.

## 1.5. მეცნიერების დესაწყისი მეცნიერული ცოდნა კვილ აღმოსავლეთისა და საბერძნეთში

თანამედროვე მეცნიერებათმცოდნეობა ვერ იძლევა ცალსახა პასუხს კითხვაზე როდის და რატომ გაჩნდა მეცნიერება, რადგან მეცნიერებას განიხილავენ მრავალ ასპექტში. ძირითადად გავრცელებულია თვალსაზრისი, რომ მეცნიერება არის ცოდნათა ერთობლიობა და მოღ-

ვაწეობა ამ ცოდნის მოსაპოვებლად; საზოგადოებრივი შემეცნების ფორმა; სოციალური ინსტიტუტი; საზოგადოების უშუალო მწარმოებლური ძალა; კადრების პროფესიული მომზადებისა და კვლავწარმოების სისტემა. იმისგან დამოკიდებულებით თუ რა ასპექტს მივიღებთ მხედველობაში, ჩვენ გვექნება მეცნიერების განვითარების სხვადასხვა ათვლის წერტილი; 1 მეცნიერება, როგორც კადრების მომზადების სისტემა, არსებობს XIX საუკუნის შუახანებიდან; 2. მეცნიერება, როგორც უშუალო მწარმოებლური ძალა – XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან; 3. მეცნიერება, როგორც სოციალური ინსტიტუტი – XX საუკუნის ბოლო წლებში; 4. მეცნიერება, როგორც ცოდნათა ერთობლიობა და ამ ცოდნათა მოპოვებისათვის მოღვაწეობა-კაცობრიობის კულტურის დასაწყისიდან; 5. მეცნიერება-საზოგადოების ცნობიერების ფორმა - ძველს საბერძნეთში.

სხვადასხვა კონკრეტულ მეცნიერებებს დაბადების სხვადასხვა დრო გააჩნიათ. მაგალითად ანტიკურობამ მსოფლიოს მისცა მათემატიკა, ახალმა დრომ თანამედროვე ბუნებათმცოდნეობა.

მეცნიერება რთული მრავალწახნაგა მოვლენაა: საზოგადოების გარეშე მეცნიერება არც შეიძლება წარმოიშვას და არც შეიძლება განვითარდეს. მაგრამ მეცნიერება მაშინ ჩნდება, როცა ამისათვის იქმნება განსაკუთრებული ობიექტური პირობები: მეტნაკლებად გამოკვეთილი სოციალური მოთხოვნილება ობიექტურ ცოდნაზე; სოციალური შესაძლებლობა ადამიანთა განსაკუთრებული ჯგუფის გამოყოფისა, რომელთა მთავარი ამოცანა იქნება პასუხი ვასცეს ამ მოთხოვნას; ამ ჯგუფის შიგნით შრომის განაწილების დაწყება; ცოდნის, ჩვევების, შემეცნებითი ხერხების, სიმბოლური გამოსახვისა და ინფორმაციის გადაცემის საშუალებების (დამწერლობის არსებობა) დაგროვება, რომლებიც ამზადებენ ცოდნის ახალი სახის (ობიექტურ მეცნიერულ ჭეშმარიტებების) გაჩენისა და გავრცელების რევოლუციურ პროცესს.

ამ პირობათა ერთობლიობის, ასევე ადამიანთა საზოგადოების კულტურაში მეცნიერულობის კრიტერიუმების შესაბამისი დამოუკიდებელი სფეროს გაჩენის შესაძლებლობებით შეიქმნა ძველ საბერძნეთში VII-VI საუკუნეებში ჩვენს წელთ აღრიცხვამდე. გავიხსენოთ მეცნიერული კრიტერიუმები. მეცნიერება არა უბრალო ცოდნათა ერთობლიობაა, არამედ მოღვაწეობა ამ ცოდნათა მოსაპოვებლად, რაც გულისხმობს განსაკუთრებული ჯგუფის არსებობას, შესაბამის ორგანიზაციებს, რომლებიც გამოკვლევების კოორდინაციას აწარმოებენ; ასევე საჭირო მასა-



ლების ტექნოლოგიების, ინფორმაციის დაფიქსირების (1) საშუალებების არსებობას; თეორიულობას (2) ჭეშმარიტების მიღწევას თვით ჭეშმარიტებისათვის, რაციონალურობას (3), სისტემურობას (4).

სანამ ვილაპარაკებთ საზოგადოების სულიერ ცხოვრებაში უდიდეს გადატრიალებასზე – მეცნიერების წარმოქმნასზე ძველ საბერძნეთში, აუცილებელია განვიხილოთ სიტუაცია ძველ აღმოსავლეთში, რომელიც ტრადიციულად ითვლება ცივილიზაციის და კულტურის დაბადების ისტორიულ ცენტრად.

თუ შემეცნებას განვიხილავთ (1) კრიტერიუმით, დაეინახავთ რომ ტრადიციული ცივილიზაციები (ეგვიპტური, შუმერული), რომელთაც გააჩნიათ გამართული მექანიზმები ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის, არ გააჩნიათ ასეთივე კარგი მექანიზმი ახალი ცოდნის შექმნის. ეს ცივილიზაციები გამოიმუშავებდნენ კონკრეტულ ცოდნას მათემატიკაში, ასტრონომიაში გარკვეული პრაქტიკული გამოცდილების ბაზაზე და ეს ცოდნა გადაეცემოდა მემკვიდრეობითი პროფესიონალიზმის პრინციპით, უფროსიდან უმცროსს ქურუმთა კასტის შიგნით. ამასთან ცოდნა კვალიფიცირდებოდა როგორც ღმერთისაგან ბოძებული, რომელიც ამ კასტას შფარველობდა. აქედან გამომდინარეობდა ასეთი ცოდნის სტიქიურობა, კრიტიკული პოზიციის არ არსებობა, მისი მიღება პრაქტიკულად მტკიცების გარეშე, მისი არსებითი ცვლილების შეუძლებლობა, ასეთი ცოდნა ფუნქციონირებს როგორც მზა რეცეპტების კრებული. შესწავლის პროცესი დაიყვანება ამ რეცეპტების პასიურ ათვისებაზე და არ ისმებოდა საკითხი თუ როგორ იყვნენ ისინი მიღებული და შეიძლებოდა თუ არა მათი შეცვლა უფრო სრულყოფილით. ეს არის პროფესიულ-სახელობითი მეთოდი ცოდნის ტრანსლაციისა და მას ახასიათებს ცოდნის გადაცემა ერთი ასოციაციის წევრებზე და ინდივიდის ადგილზე გამოდის კოლექტიური შემნახველი, დამგროვებელი და ტრანსლიატორი ჯგუფური ცოდნისა. ასეთი ტრანსლაციის მეთოდი და ცოდნის ტიპი შუალედურია პირად-სახელობით და უნივერსალურ-ცნებით ინფორმაციის ტრანსლაციის მეთოდებს შორის. ცოდნის გადაცემის პირად-სახელობითი ტიპი დაკავშირებულია კაცობრიობის ისტორიის ადრეულ ეტაპთან, როცა სიცოცხლისათვის აუცილებელი ცნობები (წეს-ჩვეულებები, მითითებები) ყველა ადამიანს გადაეცემოდა. უნივერსალურ-ცნებითი ტიპი ცოდნის ტრანსლაციისა რეგლამენტს არ უკეთებს შემეცნების სუბიექტს წარმო-

მავლობითი, პროფესიული და სხვა ჩარჩოების მიხედვით, ცოდნას მისაწვდომს ზღის ნებისმიერი ადამიანისათვის.

ცოდნის ტრანსლაციის პროფესიულ-სახელობითი ტიპი დამახასიათებელი იყო ძველი ეგვიპტის ცივილიზაციისათვის, რომელმაც 4 ათასი წელი იარსება თითქმის უცვლელად. იქ თუ გროვდებოდა ცოდნა ძალიან ნელა და სტიქიურად.

ამ თვალსაზრისით უფრო დინამიური იყო ბაბილონის ცივილიზაცია. ბაბილონის ქურუმები ბეჯითად იკვლევდნენ ვარსკვლავიან ცას და დიდ წარმატებასაც მიაღწიეს, მაგრამ ეს იყო არა მეცნიერული, არამედ პრაქტიკული ინტერესი და მათ მიერ შექმნილი ასტროლოგიაც საკმაოდ პრაქტიკულ საქმიანობად ითვლებოდა. იგივე შეიძლება ითქვას ცოდნის განვითარების შესახებ ინდოეთში და ჩინეთში. ამ ცივილიზაციებმა მსოფლიოს მისცეს მრავალი კონკრეტული ცოდნა, მაგრამ ეს ყველაფერი აუცილებელი იყო პრაქტიკული ცხოვრებისათვის, რელიგიური რიტუალებისათვის.

ძველი აღმოსავლეთის ცივილიზაციის ცოდნათა მეცნიერულობის მეორე კრიტერიუმთან შესაბამისობის ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ მათ არ ახასიათებთ არც ფუნდამენტურობა, არც თეორიულობა. იგივე ასტროლოგია გაჩნდა არა სამყაროს აგებულების შესწავლის ინტერესის გამო, არამედ იმიტომ, რომ საჭირო იყო დაედგინათ მდინარეების ადიდების დრო, ჰოროსკოპების შედგენა. ციური სხეულები ბაბილონის ქურუმთა აზრით, ღმერთების სახეს წარმოადგენენ, რომლებიც აკვირდებოდნენ ყველა მოვლენას დედამიწაზე და არსებით გავლენას ახდენდნენ ადამიანის ცხოვრების ყველა შემთხვევაზე. იგივე ითქმის ეგვიპტეზე, ჩინეთსა და ინდოეთზე.

მათემატიკაშიც კი ბაბილონელები და ეგვიპტელები განსხვავებას არ აკეთებდნენ მათემატიკური ამოცანების ზუსტ და მიახლოებით ამოხსნებს შორის, ამასთან მათ შეეძლოთ საკმაოდ რთული ამოცანების ამოხსნა. ნებისმიერი ამოხსნა პრაქტიკულად მისაღები შედეგით ითვლებოდა კარგ ამოხსნად. ბერძნებისაგან განსხვავებით ისინი ამოცანას მკაცრ ამოხსნას და მტკიცებულებებს ყურადღებას არ აქცევდნენ. ამიტომ იყო, რომ აღმოსავლეთის მათემატიკაში, თავიანთ უმაღლეს მიღწევებშიაც კი, რმლებიც ბერძნებისათვის მიუწვდომელი იყო, ვერ მივიდნენ დედუქციის მეთოდამდე.

მეცნიერულობის მესამე კრიტერიუმია რაციონალობა. აღმოსავლეთის ცივილიზაციას ეს დებულება არ მიუღია, რადგან უპირატესობას ანიჭებდა ინტუიციას და ზეგრძნობიერ აღქმას.

ძველი აღმოსავლეთის მეცნიერული ცოდნა არ შეესაბამებოდა სისტემურობის კრიტერიუმსაც. ეს იყო მხოლოდ ალგორითმებისა და წესების კრებული ცალკეული ამოცანების ამოხსნისათვის, მნიშვნელობა არ ჰქონდა იმას, რომ ზოგიერთი მათგანი საკმაოდ რთული იყო (მაგალითად ბაბილონელები ხსნიდნენ კვადრატულ და კუბურ ალგებრულ განტოლებებს). კერძო ამოცანების ამოხსნები აღმოსავლეთის მეცნიერებას არ დაჰყავდათ ზოგად კანონამდე, გააჩნდათ მტკიცებათა სისტემა (ბერძნული მათემატიკა კი თავიდანვე წავიდა მათემატიკშიკური თეორემების მკაცრი მტკიცებათა გზით), რაც მათი ამოხსნის ხერხებს პროფესიულ საიდუმლოებად ხდიდა, რაც საბოლოოდ დაიყვანებოდა მაგიაზე და მისტიკაზე.

ამრიგად შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ძველ აღმოსავლეთში ნამდვილი მეცნიერება არ არსებობდა.

ჩვენს წელთ აღრიცხვამდე VI და IV საუკუნეებს შორის ბერძნების მიერ დაგროვილ ცოდნაში აღინიშნებოდა ის მახასიათებლები და თვისებები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევდნენ ვილაპარაკოთ ბუნების შესახებ ბენძნების ცოდნათა კომპლექსზე, როგორც მეცნიერებაზე. ამ მახასიათებლებს შორისაა მიზანსწრაფული მოღვაწეობა ახალ მონაცემთა (ცოდნათ) მოსაპოვებლად, სპეციალური ადამიანებისა და ორგანიზაციის არსებობა ამისათვის, შესაბამისი მასალებისა და ტექნოლოგიების არსებობა ამ ცოდნის მისაღებად. ბერძნული მეცნიერების მიზანი იყო ჭეშმარიტებით ჩაწვდომა ჭეშმარიტებისადმი წმინდა იტერესის გამო. ეს მეცნიერება სისტემური და რაციონალურია.

ყველა მეცნიერება და მეცნიერული თეორიები წარმოიქმნებიან გარკვეული სამეცნიერო პროგრამების (პარადიგმების) ბაზაზე. სწორედ საბერძნეთში წარმოიშვა პირველი მეცნიერული პროგრამები, რომლებიც არსებითად დაკავშირებულია ძველ-ბერძნული ცივილიზაციისა და კულტურის სპეციფიკასთან.

იმის მიზეზი, რომ მეცნიერება გაჩნდა სწორედ ძველ საბერძნეთში, იყო თავისებურად ერთადერთი რეეოლუცია, რომელიც იქ მოხდა არქაულ ეპოქაში და მგომარეობდა კერძო საკუთრების გაჩენაში. მთელი დანარჩენი სამყარო, აღმოსავლეთის უძველესი ცივილიზაციები, დემონ-

სტერირებას ახდენდნენ წარმოების ე.წ. „აზიური მეთოდის“ და შესაბამისი სახელმწიფოს ტიპის- აღმოსავლური დესპოტიზმისა. მბრძანებლურ-ადმინისტრაციული სისტემა აბსოლუტურად ანშობდა კერძო საკუთრებას და აღმოსავლური ბაზარი, რომელსაც არავითარი გარანტია არ გააჩნდა, მთლიანად დამოკიდებული იყო სახელმწიფოზე და მას ემსახურებოდა. სახელისუფლებო ურთიერთობები ასეთ საზოგადოებაში პირველადია, ხოლო საკუთრებითი ურთიერთობები მეორადი. საკუთრებას ასეთ საზოგადოებაში განაგებს ის, რომლის ხელშიც არის ძალაუფლება. ამას მიეყვარათ ფაქტალიზმამდე, რაც დამახასიათებელია აღმოსავლეთის ცივილიზაციისათვის, რომელთათვის დამახასიათებელი ნიშნებია ასევე პიროვნების პრიორიტეტის არ არსებობა, სამყაროს შეცნობის რაციონალური მეთოდის უარყოფა, მისტიზმისა და ეზოცენტრიზმისაკენ მიდრეკილება.

სრულიად სხვაგვარი ურთიერთობები აღმოჩნდა საბერძნეთში ჩვენ წელთ აღრიცხვამდე პირველ ათასწლეულის პირველ მესამედში. იქ გაჩნდა კერძო საკუთრება, სასაქონლო მეურნეობა, რომელიც ორიენტირებული იყო ბაზარზე, ცენტრალური ხელისუფლების არ არსებობით და საზოგადოებრივი თვითმმართველობით იქ პირველად ჩაისახა მონობა, რომელიც გახდა საზოგადოების ეკონომიკური საფუძველი. დამკვიდრდა საყოველთაო მნიშვნელობის სამოქალაქო სამართალი (რა თქმა უნდა თავისუფალი მოქალაქეებისათვის), რაც ნიშნავდა საზოგადოებრივი ცხოვრების სეკულარიზაციას, მის განთავისუფლებას რელიგიური და მისტიკური წარმოდგენებისაგან. დამოკიდებულება კანონთან, არა როგორც ბრმა ძალასთან, რომელიც ზემოდან იყო ნაკარნახევი, არამედ როგორც დემოკრატიულ ნორმასთან, რომელიც მიღებული იყო უმრავლესობის მიერ საერთო სახალხო განხილვის პროცესში, რომელიც ემყარებოდა რიტორიკას, დარწმუნებისა და არგუმენტაციის ხელოვნებას. ყველაფერი რაც შედიოდა ინტელექტუალურ სფეროში, უნდა დასაბუთებულიყო, ყველას გააჩნდა უფლება ჰქონოდა განსაკუთრებული აზრი. აქედან გამომდინარეობდა იმ ფაქტის შეგნება, რომ ჭეშმარიტება დოგმატური რწმენის პროდუქტი კი არ არის, რომელსაც ავტორიტეტების გავლენით იღებენ, არამედ შედეგია რაციონალური მტკიცების, რომელიც დაფუძნებულია არგუმენტებზე და გაგებაზე. შემეცნების საკითხებში ამ ხაზს მკვეთრად ატარებდნენ (თუმცა ყოველდღიურ ცხოვრებაში სწამდათ ბედის) და განხილვიდან გამოირიცხებოდა ყველაფერი ირაციონალური.

ასე ხდებოდა ლოგიკური რაციონალური დასაბუთების აპარატის ფორმირება, რომელმაც ცოდნის მოპოვება მთლიანად გარდაქმნა უნივერსალურ ალგორითმად, ინდივიდიდან საზოგადოებამდე ცოდნის გადაცემის ინსტრუმენტად. ასე გაჩნდა მეცნიერება როგორც მტკიცებადი ცოდნა. ამასთან ერთად მონათმფლობელობის განვითარება განაპირობებდა ბერძნების მიერ ყველაფრის უგულებელყოფას, რაც დაკავშირებული იყო იარაღით პრაქტიკულ მოღვაწეობასთან (თავისუფალი ადამიანის შესაფერის მოღვაწეობად ითვლებოდა პოლიტიკა, ომი, ფილოსოფია და ხელოვნება), რამაც გამოიწვია ჭკრეტიით, სინამდვილისადმი აბსტრაქტულ-გონებისმიერი დამოკიდებულების იდეოლოგიის ფორმირება. მეცნიერება-თავისუფალი ადამიანის საქმიანობა-მკვეთრად ემიჯნებოდა ხელობას-მონობის საქმიანობას. ეს იყო მნიშვნელოვანი ნაბიჯი მეცნიერების შექმნისა, რადგან სწორედ მატერიალურ-პრაქტიკული მიზნების უარყოფა ბადებდა იდეალიზაციას მეცნიერების აუცილებელ პირობას. მაგრამ პრაქტიკული საქმის კატეგორიულ უარყოფას გააჩნდა მეორე მხარე ექსპერიმენტის, როგორც მეოთხის უკუგდება, რაც ექსპერიმენტული ბუნებისმეტყველების განვითარების გზას ახშობდა.

ბერძნული აზროვნება გაომიჩჩეოდა სინამდვილის ზუსტი შეცნობისადმი, მტკიცებებისადმი, კრიტიკული სულის და გაბედული დასვენებისადმი მიდრეკილებით. ყველაფერი ეს მნიშვნელოვანწილად ხსნის ბერძნული მეცნიერებისა და ფილოსოფიის დამოუკიდებლობას მითოლოგიისაგან, რომლს წიაღიდანაც ისინი წარმოიშვნენ. პომეროსის პერიოდიდან, როცა მითოლოგია წარმოადგენდა შემეცნების გაბატონებულ ფორმას, თუმცა არა თავისი თავდაპირველი სახით, სწარმოებდა პროცესი სამყაროზე ემპირიული ცოდნის გამოყოფისა მისი მითოლოგიური გარსიდან. ამ პროცესს დიდი ხანია მეცნიერები უწოდებენ „მითიდან ლოგოსისაკენ“, ანუ უფრო გაშლილად „მითოლოგიური წარმოდგენებიდან თეორიულ აზროვნებამდე“

ამრიგად, სრული საფუძველი გვაქვს ვილაპარაკოთ მეცნიერების წარმოშობაზე სწორედ ძველ საბერძნეთში და ეს ხდებოდა სამეცნიერო პროგრამების ფორმით.

## 1.6. ანტიკური ხანის პირველი სამეცნიერო პროგრამები

პირველი სამეცნიერო პროგრამა გახდა პითაგორას მიერ წარმოდგენილი და მოგვიანებით პლატონის მიერ განვითარებული მათემატიკური პროგრამა. მას, ისევე როგორც სხვა ანტიკურ პროგრამებს, საფუძვლად უდევს წარმოდგენა იმის შესახებ, რომ კოსმოსი – ეს არის რიგ პირველად არსთა მოწესრიგებული გამოხატულება, რომელთა ჩაწვდომა შეიძლება სხვადასხვაგვარად. პითაგორამ ეს რაობები იპოვა ციფრებში და წარმოადგინა სამყაროს პირველსაწყისად. ამასთან რიცხვები სრულებითაც არ წარმოადგენენ სამყაროს იმ „აგურებს“, რომლებისგანაც შედგებიან სამყაროს ყველა საგნები. საგნები არ არიან რიცხვების ტოლი, არამედ მათი მსგავსია, საფუძვლად უდევთ სინამდვილის რაოდენობრივი ურთიერთობები, რომლებიც ჭეშმარიტად ფუნდამენტურია. პითაგორელების მიერ წარმოდგენილი სამყაროს სურათი გასაოცარი იყო თავისი ჰარმონიით – ეს იყო სამყარო განფენილ სხეულთა, რომლებიც ემორჩილებიან გეომეტრიის კანონებს, მათემატიკური კანონებით მოძრავი ციური სხეულები, ბრწყინვალედ აგებული ადამიანის სხეული, რომლის კანონზომიერება დაადგინა პოლიკლიტმა.

ამ პროგრამის ფორმირების შემდგომი ნაბიჯი გააკეთეს სოფისტებმა, რომლებმაც პირველად დასვეს ადამიანის შემეცნების პრობლემები, ასევე შეიმუშავეს მტკიცებათა თეორია. მათ განაცხადეს, რომ ადამიანის ჭკუა – ეს უბრალო სარკე კი არ არის, რომელიც პასიურად აირეკლას ბუნებას, არამედ იგი თავის დაღს ასვამს სამყაროს, აქტიურად ახდენს მისი სურათის ფორმირებას.

მათემატიკურმა პროგრამამ თავისი სრულყოფა ჰპოვა პლატონის ფილოსოფიაში, რომელმაც დახატა გრანდიოზული სურათი ჭეშმარიტი სამყაროსი, იდეების სამყარო, რომელიც წარმოადგენს იერარქიულად მოწესრიგებულ სტოუქტურას. საგანთა სამყარო, რომელშიაც ჩვენ ვცხოვრობთ, ჩნდება იდეათა სამყაროს მიბაძვით მკედარი, დახავსებული მატერიისაგან, ყველაფრის შემოქმედს წარმოადგენს ღმერთი-დემიურგი (შემოქმედი). ამასთან მის მიერ სამყაროს შექმნა ხდება მათემატიკურ კანონზომიერებათა საფუძველზე. ამ კანონზომიერებების დადგენას ცდილობდა პლატონი, რითაც ფაქტიურად ფიზიკის მათემატიზირებას ახდენდა. ახალ დროში სწორედ ამ გზით ივლის მეცნიერება. მაგრამ ეს განხორციელდება უკვე ახალ, ბუნების ცოდნის უფრო მაღალ დონეზე.

მანამდე კი პლატონის ფიზიკა და ქიმია წარმოადგენს გონების ჭკრეტით მიღებულ მსჯელობებს გეომეტრიული ფიგურებით ნივთიერების აგებულებაზე (ცეცხლი, როგორც ყველაზე მოძრავი და „მახვილი“ შედგება პირამიდებისაგან, ჰაერი – რვაწახნაგებისაგან, წყალი – ოცწახნაგებისაგან და ა.შ.).

შეიძლება გამოვეყნოთ ამ სამეცნიერო პროგრამის ძირითადი პოზიციები, რადგან ეს პროგრამა მნიშვნელოვანი გახდა ახალ დროშიც მათემატიზირებული მეცნიერების გაჩენის შემდეგ. ამ პროგრამამ საფუძველი ჩაუყარა ბუნებისმეტყველების განვითარებას, ეყრდნობოდა რა არა ნივთიერების მატერიალურ სტრუქტურებს, არამედ რიცხობრივ კანონზომიერებებს, ყოფიერების კანონებს. ამ პროგრამის თანახმად:

1. სამყარო ეს არის მოწესრიგებული კოსმოსი, რომლის წესრიგიც მსგავსია წესრიგისა ადამიანის გონების შიგნით. შესაბამისად, შესაძლებელია ემპირიული სამყაროს რაციონალური ანალიზი.

2. კოსმოსის მოწესრიგებულობა წარმოადგენს შედეგს რაღაც ყველგანშეღწევადი გონების არსებობისა, რომელიც ბუნებას ანიჭებს დანიშნულებას და მიზანს. გონებათა ნათესაობის გამო იგი მისაწდომია ადამიანის უშუალო აღქმისათვის. ადამიანმა უნდა მოიკრიბოს ძალა, რომ განავითაროს ამის უნარი.

3. გონებრივი ანალიზი ხილული სამყაროს იქით აღმოაჩენს რაღაც დროის გარეშე წესრიგს. ჩვენი სამყაროს არსი სინამდვილის რაოდენობრივი ურთიერთობებია.

4. სამყაროს არსის შეცნობა ადამიანისაგან მოითხოვს მისი შემეცნებითი უნარის შეგნებულ განვითარებას – გონების, ინტუიციის, გამოცდილების, შეფასების, მეხსიერების, ზნეობის (რადგან ყოფიერების საბოლოო მიზეზის შეცნობა ღრმა მოთხოვნილებაა არა გონების, არამედ სულისაც). შეცნობის შედეგია ადამიანის სულიერი განთავისუფლება.

ანტიკურობის მეორე მეცნიერული პროგრამა, რომელმაც უდიდესი გავლენა მოახდინა მეცნიერების შემდგომ განვითარებაზე, იყო ატომიზმი. იგი შედეგია ბერძნული ფილოსოფიური ტრადიციის განვითარებისა, სინთეზი მთელი რიგი ტენდენციებისა და იდეური მიზანდასახულობისა, თავისი ფესვებით იგი აღწევს იონის ფიზიკამდე (იონია – ბერძენთა მცირეაზიის კოლონია მილეტის სკოლა), პითაგორიზმამდე, სოფისტების ფილოსოფიამდე. პრობლემები ყოფიერების და არაყოფიერების, არსებობისა და აღმოცენების, სიმრავლისა და რიცხვის, გაყოფადობისა და თვი-

სობრიობის – ყველა ამ პრობლემებმა, რომელთაც შეეხნენ წინა სკოლები, თავიანთი ასახვა ჰპოვეს ატომიზმის სისტემაში. მისი დამფუძნებლები იყვნენ ლეეკიპი და დემოკრიტი.

პირველი შეხედვით, ატომიზმის მოძღვრება უკიდურესად უბრალოა. ყოველგვარი არსებულის საწყისი ეს არის განუყოფადი ნაწილაკები – ატომები და სიცარიელე; არაფერი არ ჩნდება არარსებულისაგან და არ გადადის არარსებულში; საგანთა წარმოქმნა არის ატომის შეერთება, ხოლო განადგურება ნაწილაკებად დაშლა, ზღვარში ატომებად დაშლა. შექმნის მიზეზია გრიგალი, რომელიც ატომებს ერთად კრებს.

ატომიზმი წარმოადგენს ფიზიკურ პროგრამას, რადგან მეცნიერებამ, დემოკრიტეს მიხედვით, უნდა ახსნას ფიზიკური სამყაროს მოვლენები. ახსნა გაგებულნი როგორც მითითება ბუნებაში ყველა შესაძლო ცვლილებების მექანიკური მიზეზებზე – ატომების მოძრაობაზე. უფრო ღრმა მიზეზი, რომლებიც მიეკუთვნება რაიმე რეალობას და ჩვეულებრივ აღქმისათვის მისაწვდომი არ არის, უბრალოდ არ არსებობს. ბუნების მოვლენების მიზეზები უამრავია და გააჩნიათ ფიზიკური ბუნება. ისინი უნდა ვეძიოთ მიწიერ სამყაროში. სამყაროს შეცნობა ხდება გრძნობადი გამოცდილებისა და მისი რაციონალური გარდასახვის შეთავსების გზით.

ეს იყო აზროვნების ისტორიაში პირველი პროგრამა, დამყარებული მეთოდოლოგიურ მოთხოვნილებაზე მთელის ასახსნელად როგორც მისი შემადგენელი ცალკეული ნაწილების ჯამისა. სწორედ ასე იყო აგებული ახალი ღრობის არა მარტო ფიზიკური, არამედ მრავალი ფსიქოლოგიური და სოციოლოგიური თეორიები. ფაქტიურად ეს ნიშნავდა მექანიკური მეთოდის გამოჩენას, რომელიც მოთიხვდა ბუნების პროცესების არსის ახსნას ინდივიდუუმების მექანიკური შეერთებით.

არისტოტელეს პროგრამა გახდა ანტიკური მესამე სამეცნიერო პროგრამა. იგი გაჩნდა ეპოქათა გასაყარზე. ერთი მხრივ, იგი ჯერ კიდევ ახლოა ანტიკურ კლასიკასთან მისი სწრაფვით სინამდვილის ერთიანი ფსიქოლოგიური გააზრებისაკერ. მეორე მხრივ მასში ნათლად ვლინდება ელინისტური ტრადიციები კვლევის ცალკეული მიმართულებების გამოყოფისადმი შედარებით დამოუკიდებელ მეცნიერებებად, თავიანთი საგნებით და მეთოდებით.

არისტოტელე შეეცადა ეპოვა მესამე გზა, არ ეთანხმებოდა რა არც დემოკრიტეს, არც პლატონს პითაგორთან ერთად. იგი უარყოფდა ელიარებინა იდეების ან მათემატიკური ობიექტების საგნებისაგან დამოუკი-



დებლად არსებობა. მას არ აწყობდა ასევე დემოკრიტიკული საგნების ატომებისაგან წარმოქმნა. შეეცადა რა მოეხსნა ეს წინააღმდეგობა, არისტოტელემ შემოგეთავაზა ყოფიერების ოთხი მიზეზი: ფორმალური, მატერიალური, მოქმედი და მიზნობრივი. მის „მეტაფიზიკაში“ აღწერილია სამყარო როგორც ერთიანი, ბუნებრივად გაჩენილი წარმონაქმნი, რომელსაც გააჩნია მიზეზი თავის თავში. ეს წარმონაქმნი ჩვენს წინაშე წარმოსდგება გაორებული სამყაროს სახით, რომელსაც გააჩნია უცვლელი საფუძველი, მაგრამ მჟღავნდება მოძრავი ემპირიული გარეგნობით. მეცნიერების საგანი უნდა გახდეს გონების მისაწვდომი რამ, რაც არ ექვემდებარება ამ წუთიერ ცვლილებებს. არისტოტელეს დამსახურებას წარმოადგენს მისი ცნობილი „ორგანონი“ ტრაქტატი ლოგიკაზე, რომელმაც მეცნიერება დააყენა ლოგიკურად დასაბუთებული აზროვნების მყარ ფუნდამენტზე ცნებებისა და კატეგორიების აპარატის გამოყენებით. გარდა ამისა არისტოტელემ სისტემაში მოიყვანა მანამდე დაგროვილი ცოდნა.

ასეთია ანტიკური სამყაროს სამი ძირითადი მეცნიერული პროგრამა, რომლებმაც საფუძველი დაუდეს მეცნიერებას. საერთოდ. მეცნიერების შემდგომი განვითარება ფაქტობრივად წარმოადგენდა ამ სამეცნიერო პროგრამების განვითარებას და გარდაქმნას. მაგრამ ეს ჯერ კიდევ არაა მეცნიერება თანამედროვე აზრით. ჯერ კიდევ არ არის უნივერსალური ბუნების კანონის ცნება; ჯერ კიდევ შეუძლებელია ბუნებათმცოდნეობის ჩარჩოებში მათემატიკის გამოყენება, ისინი სხვადასხვა მეცნიერებები და მათ შორის არ არის შეხების წერტილები; ჯერ კიდევ არ არის ექსპერიმენტი, როგორც ბუნების მოვლენის ხელოვნური განმეორება, რომლის დროსაც ჩამოშორებულია გვერდითი და არარსებითი ეფექტები და რომლის მიზანია დაადასტუროს ან უარყოს ესა თუ ის თეორიული ვარაუდი. ბერძნების ბუნებათმცოდნეობა იყო აბსტრაქტულ განმარტებითი, რმელსაც არ გააჩნია შემოქმედებითი კომპონენტი.

მიუხედავად ამისა, მხოლოდ ისეთ სოციოკულტურულ გარემოებათა დამთხვევას, როგორც რეალიზებული იყო ანტიკურ საბერძნეთში, შეეძლო შეექმნა პირობები მეცნიერების წარმოსაქმნელად.

## 1.7. ბუნებისმეტყველების საფუძვლების წარმოქმნა შუა საუკუნეებში

ანტიკურობისაგან განსხვავებით შუასაუკუნეების მეცნიერებას არ შემოუთავაზებია ახალი ფუნდამენტური პროგრამები, მაგრამ ამასთან იგი არ შემოფარგლულა ანტიკურიმეცნიერების მიღწევების პასიური ათვისებით. მისი წვლილი მეცნიერების ცოდნის განვითარებაში ის იყო, რომ შემოთავაზებული იქნა ანტიკური მეცნიერების მთელი რიგი ახალი ინტერპრეტაციები და დაზუსტებები, კვლევის რიგი ახალი მეთოდები და ცნებები, რმლებიც ანგრევდნენ ანტიკურ სამეცნიერო პროგრამებს, ამზადებდნენ ნიადაგს ახალი დროის მექანიკისათვის. ამიტომ თუ გავაანალიზებთ თანამედროვე ბუნებისმეტყველების განვითარების ისტორიას, არ შეგვიძლია გვერდი ავუაროთ საკითხს შუასაუკუნეების მეცნიერების ხასიათზე.

ანტიკურ და შუა საუკუნეების მოაზროვნეებს განსხვავებული დამოკიდებულება გააჩნიათ სამყაროს სასწაულებრივ, უჩვეულო მოვლენებისადმი. თუ არისტოტელეს განაცვიფრებდა ბუნების რაიმე ფენომენი, იგი იწყებდა მისი ახსნის ძიებას, რადგან დარწმუნებული იყო იმის შესაძლებლობაში, რომ რაიმეს გაიგებდა ნებისმიერ საგანზე სრული გარკვეულობით. ნეტარი ავგუსტინი კი, თვლიდა რა, რომ ჩვენი ცოდნა ყოველთვის შეზღუდული იქნება, აღიარებდა სასწაულს შემოქმედების ნებას, რომელიც არ ეწინააღმდეგება ბუნებას, რადგან ყველაზე დიდი სასწაული სასწაულთა შორის ეს არის სამყარო ღმერთის მიერ შექმნილი.

შუასაუკუნეების აზროვნებისათვის ძალიან მნიშვნელოვანი დოგმატი იყო ღმერთის მიერ არაფრისაგან სამყაროს შექმნა, რაც პირდაპირ ეწინააღმდეგებოდა სამყაროს ანტიკურ გაგებას. ამ დოგმატიდან გამომდინარეობს აზროვნების ისეთი მახასიათებელი, როგორცაა თეოლოგიზმი სინამდვილის მოვლენების განმარტება, როგორც ღმერთის ნებით არსებული წინასწარ მოფიქრებული მიზნებისათვის. მთელი სამყარო ემსახურება ადამიანს, რომელიც შექმნილია ღმერთის ხატად და მსგავსად, რომ იგი იყოს ამ სამყაროს ბატონპატრონი. ასე, რომ ადამიანის აზროვნებაში შეიჭრა ძალიან მნიშვნელოვანი იდეა, რომელიც არასოდეს გაჩნდებოდა ანტიკურ ეპოქაში, რადგან ადამიანი წარმოადგენს ამ ქვეყნის მბრძანებელს, მას აქვს უფლება გადააკეთოს იგი, როგორც მას მოესურ-

ვება. ამრიგად, სწორედ ქრისტიანულმა მსოფლმხედველობამ დაამკვიდრა ბუნების ახლებური გაგება, რომლის თანახმადაც უარი ეთქვა ბუნებისადმი ანტიკურ განჭვრეტით დამოკიდებულებას და დასაბამი მისცა ახალი დროის ექსპერიმენტულ მეცნიერებას, რომელმაც მიზნად დაისახა სამყაროს გარდაქმნა. თუმცა ბუნებისადმი ეს ახალი დამოკიდებულება ბუნებისმეტყველების განვითარებას დაეტყო XIX საუკუნეში. საჭირო გახდა ათასწლეული, იმისათვის, რომ ადამიანთა გონებაში გაჩენილი იდეა მომწიფებულიყო და პრაქტიკული ნაყოფი გამოეღო. აღრეულ შუასაუკუნეებში მეცნიერებამ ბუნებაზე დაკარგა ის მნიშვნელობა რაც მას გააჩნდა ანტიკურ ეპოქაში. რადგან ბუნებამ დაკარგა თავისი სტატუსი უდავო რეალობისა, მეცნიერებაც ბუნებაზე განიხილებოდა ან სიმბოლურად ან პრაქტიკული გამოყენების ასპექტში. ვინაიდან ქრისტიანისათვის უდავო რეალობას წარმოადგენდა მხოლოდ ღმერთი, ხოლო შინა ქმნილების შესწავლას აზრი ჰქონდა მხოლოდ ღმერთის უძლეველობისა და სიბრძნის ჩაწველობის თვალსაზრისით. ეს, რა თქმა უნდა, ხელს უწყობდა მეცნიერების განვითარებას.

სამყაროს აღქმის ასეთი სპეციფიკური ფორმის გამო საბუნებისმეტყველო მეცნიერულ ლიტერატურას მიაკუთვნებენ პირველყოვლისა ბიბლიას და იმ ნაწარმოებებს, რომელთა მიზანია არა იმდენად ბუების მოვლენის აღწერა და მათი ახსნა საბუნებისმეტყველო მეცნიერების ჭრილში, არამედ მხოლოდ მათი სიმბოლური განმარტება.

შუასაუკუნეების მეცნიერება არ შეესაბამება მეცნიერულობის კრიტერიუმებს. ეს კი ნიშნავდა ანტიკურ მეცნიერებასთან შედარებით ნაბიჯის უკან გადადგმას. ამ სიტუაციაში მეცნიერება მხოლოდ საშუალება იყო პრაქტიკული ამოცანების გადასაჭრელად. კერძოდ არითმეტიკა და ასტრონომია აუცილებელი იყო რელიგიური დაწესებულებების თარიღების დასადგენად. ამიტომ ასეთი წმინდა პრაგმატული დამოკიდებულების გამო შუა საუკუნეების მეცნიერებამ დაკარგა ანტიკური მეცნიერების ერთ-ერთი საუკეთესო თვისება, რომლის თანახმადაც მეცნიერული ცოდნა იყო თვითმიზანი – ჭეშმარიტების ცოდნა თვით ჭეშმარიტებისათვის და არა პრაქტიკული შედეგებისათვის. ამიტომ შეუძლებელია ვილაპარაკოთ მეცნიერების განვითარებაზე აღრეულ შუასაუკუნეებში, ეს პერიოდი იყო მხოლოდ მეცნიერების დაცემის პერიოდი.

მიუხედავად ამისა შუასაუკუნეების კულტურის წიაღში წარმატებით ვითარდებოდა ცოდნის ისეთი სპეციფიკური სფერო, როგორცაა ას-

ტროლოგია, ალქიმიკა, იატროქიმიკა, ნატურალური მაგია, რომელიც ამზადებდნენ ნიადაგს თანამედროვე მეცნიერებისათვის. ეს დისციპლინები წარმოადგენდნენ საშუალებად რგოლს ტექნიკურ საქმიანობასა და ნატურფილოსოფიას შორის და პრაქტიკული მიმართულების გამო შეიცავდნენ თავიანთ თავში მომავალი ექსპერიმენტული მეცნიერების ჩანასახს. ისინი თანდათან ანგრევდნენ განჭვრეტით იდეოლოგიას და განახორციელებდნენ ექსპერიმენტულ მეცნიერებაზე გადასვლას.

შუასაუკუნეებში დადებითი მიმართულებით სიტუაციის ცვლილება დაიწყო XII საუკუნეში, როცა მეცნიერებაში დაიწყო არისტოტელეს სამეცნიერო მემკვიდრეობის გამოყენება. მაშინ ბუნებრივია მეცნიერება შეეჯახა თეოლოგიას და წინააღმდეგობაში მოვიდა მასთან. ამ წინააღმდეგობის დაძლევის საშუალება გახდა ორმაგი ჭეშმარიტების კონცეფცია. ანუ აღიარება „ბუნებრივი გონის“ არსებობის უფლებისა იმ რწმენასთან ერთად, რომელიც დამყარებულია ზეშთაგონებაზე. მაგრამ ამ პირობებშია ცი, ჯერ კიდევ ღიღნანს, ცდისეული ცოდნა და დასკვნები, მისგან მიღებული დედუქციური მეთოდით, მიიჩნეოდნენ მხოლოდ მოსალოდნელად ფარდობითად და არა აბსოლუტურად სარწმუნოდ. ამ პირობებში სამყაროს რელიგიური სურათი უფრო ნათელი ხდება, ვიდრე ფსიქოლოგიურ-მეცნიერული. მაგრამ თანდათანობით შუასაუკუნეების მეცნიერებაში პოზიტიური ცვლილებები ძალას იკრებდნენ და წარმოდგენები რწმენისა და გონების თანაფარდობაზე სამყაროს სურათში იცვლებოდა. ჯერ ისინი აღიარეს თანაბარუფლებიანად, შემდეგ კი, აღორძინების ეპოქაში, გონება დააყენეს ზეშთაგონებაზე მაღლა.

ამ დროს გადადგმული იქნა პირველი ნაბიჯები სამყაროს მექანიკური გაგების თვალსაზრისით, რომელსაც ანტიკურ ხანაში ჰქონდა გამოყენებითი მეცნიერების ხასიათი. გაჩნდა სიცარიელის, უსასრულო სივრცისა და სწორ ხაზზე მოძრაობის ცნება, მოვლენის ახსნის დროს თეოლოგიური პრინციპების თავიდან აცილების მოთხოვნა და მოქმედი მიზეზებით შემოფარგვლა. რა თქმა უნდა, ეს ცნებები ჯერ კიდევ არ იყვნენ ნათლად ფორმულირებული და შეცნობილი. ეს იყო მხოლოდ პრობლემისადმი ახლებურად მიდგომის დასაწყისი, რომელსაც თავისი ნაყოფი მოგვცა სამასი წლის შემდეგ.

ღიღი მნიშვნელობა ჰქონდა ზუსტი გაზომვებისათვის პირობების შექმნას. აღორძინების ეპოქამდე მეცნიერებაში ბუნების პროცესების ზუსტიგაზომვა ითვლებოდა შეუძლებლად. ასეთი წარმოდგენა სათავეს

იღებდა ანტიკურობიდან როდესაც სიზუსტე განიხილებოდა მხოლოდ იდეალური ობიექტების მახასიათებლად. განხილულ ეპოქაში დაუცხრომლად ვითარდებოდა ასტროლოგია, რომელიც შეიცავდა მომავალი ასტრონომიის ჩანასახს და მოითხოვდა საკმაოდ ზუსტ გაზომვებს. ასე დაიწყო ფიზიკის მათემატიზაცია და მათემატიკის ფიზიკალიზაცია, რომელიც ახალ დროში მათემატიკური ფიზიკის შექმნით დასრულდა. შემთხვევითი არ არის, რომ ამ მეცნიერების სათავეებთან იღვწენ ასტრონომები - კოპერნიკი, კეპლერი, გალილეი.

აღსანიშნავია ასევე XIII საუკუნის სქოლასტთა წრეში ანტიკური მათემატიკისადმი ინტერესის ზრდა, თუმცა ეს გამოწვეული იყო ფილოსოფიურ-თეოლოგიური ხასიათის მიზეზებით. ამ დროისათვის ადრე ქრისტიანულმა გაგებამ ღმერთის, როგორც შეუცნობი მისტიკური არსებისა, რომელიც შეუძლებელი იყო მიმსგავსებელიყო რაიმე რეალურს, თანდათან დაკარგა თავის პოზიცია და ადგილი დაუთმო რაციონალურ-თეოლოგიურ დოქტრინებს, რომლებითაც ცდილობდნენ ლოგიკურად დაემტკიცებინათ ღმერთის არსებობა და ამისათვის იშველიებდნენ ეკკლიდეს გეომეტრიას, პტოლემეის გეოცენტრულ სისტემას, არისტოტელეს კოსმოლოგიასა და ფიზიკას. განსაკუთრებულ როლს თამაშობდნენ შუასაუკუნეების სკოლა და უნივერსიტეტი, რომლებიც არა მარტო წაახალისებდნენ წიგნიერ მეცნიერებას და ანტიკურ მეცნიერების ელემენტების შეთვისებას, არამედ ასწლევულობით ნერგავდნენ ლოგიკურ-დისკუსიური აზროვნებისა და არგუმენტაციის ხელოვნების ნორმებს. ამან გამოიწვია გონებრივი დისციპლინის უაღრესად მაღალი დონე გვიანი შუასაუკუნეების ეპოქაში, ურომლისოდაც შეუძლებელი იქნებოდა მეცნიერული შემეცნების ინტელექტუალური საშუალებების შემდგომი პროგრესი. ინგლისელმა ფიზიკოსმა იუნგმა შუასაუკუნეების სქოლასტიკა განმარტა როგორც უპრეცედენტო ინტელექტუალური ტრენინგი, რომლის შედეგი იყო აბსოლუტური ნდობის გრძნობის ფორმირება ლოგიკურ-მათემატიკური მტკიცებულებისადმი და მისი პროდუქტებისადმი და საერთოდ შემეცნების ნებისმიერი ინსტრუმენტისადმი (თეორიები, ჰიპოთეზები და შემდეგ სამეცნიერო ხელსაწყოები და ექსპერიმენტები). ასე გაჩნდა რწმენა მათი ჭეშმარიტებისა, რეალობის ადეკვატურობისა, ცოდნაზე დამყარებული ინტელექტუალური ძალის შეგრძნებისა.

ეს მიმართულება იგრძნობოდა როჯერ ბეკონის მოღვაწეობაში, მაგრამ მხოლოდ გალილეიმ გააერთიანა პირველად ექსპერიმენტი მათე-

მატიკასთან, განიხილავდა რა მათემატიკურ აბსტრაქციებს როგორც კანონებს, რომლებიც მართავენ ფიზიკურ პროცესებს ცდის სამყაროში. ეს დაბრუნებაა ანტიკურ მათემატიკურ სამეცნიერო პროგრამაზე, რომელიც გულუბრყვილო-რეალისტურად აიგივებს თეორიის ელემენტებს და ფიზიკურ რეალობას. გრძნობის ოგანობის ჩვენებებისადმი სიმბოლური სახეებისადმი, საკრალური (ღვთიური) ნიშნულებისადმი ნდობა გადატანილია მტკიცებულებათა შედეგებზე, ინტელექტუალური მოღვაწეობის პროდუქტებზე. სწორედ აქ არის ფესვები რწმენისა მათემატიკური მეთოდების უსაზღვრო შესაძლებლობებზე, რწმენა იმისა, რომ სამყარო შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც მექანიზმი.

შუასაუკუნეების გაწაფულობა ლოგიკაში მჭიდროდ არის დაკავშირებული ადამიანის ტვინის შემდგომ განვითარებასთან, მისი მარცხენა ნახევარსფეროსი, რომელიც პასუხისმგებელია ჩვენი აზროვნების რაციონალობაზე, რაც არანაკლებმნიშვნელოვანი იყო თანამედროვე მეცნიერების შემდგომი განვითარებისათვის.

მაგრამ შუასაუკუნეების მსოფლმხედველობა თანდათანობით იწყებს მეცნიერების განვითარების შეზღუდვასა და დამუხრუჭებას. ამიტომ სანამ გამოჩნდა ახალი დროის მეცნიერება, საჭირო იყო მსოფლმხედველობის შეცვლა, რომელიც განხორციელდა აღორძინების ეპოქაში.

აღორძინების ეპოქამ უზარმაზარი წვლილი შეიტანა მეცნიერული აზრის განვითარების, ობიექტურ სამყაროში ადამიანის როლისა და ადგილის ცოდნაში ახლებური გაგების წყალობით. ამიერიდან ადამიანი გაგებული იქნა არა როგორც ბუნების არსება, არამედ როგორც თავისი თავის შემოქმედი, ბუნების მბრძანებელი. ეს აზრი უცხო იყო წარმართული საბერძნეთისათვის, რადგან მისთვის ბუნება ეს არის ის, რაც თავისთავად არსებობს, რომელიც არავისგან არაა შექმნილი. უფრო მეტი ანტიკური მეცნიერებისათვის ციური სხეულები რაღაც პრინციპულად განსხვავებულნი არიან ღედამიწის სამყაროსაგან, ეს არის ღვთიური არსებანი და მათი შექმნა იარაღით და ციური მასალებით ტოლფასია ღმერთების შექმნისა, მკრეხელურია ანტიკური აზროვნებისათვის. ქრისტიანობა ხსნის ბუნებრივი საწყისისაგან საკრალურ ხასიათს და მნათობები ითვლება ქმნილებებად, მაგრამ შექმნის არა ადამიანისაგან, არამედ ღმერთისაგან.

ანტიკურობა უპირატესობას ანიჭებდა განჭვრეტას, რადგან თელიდა, რომ ეს ადამიანს აერთიანებს ბუნების არსთან, მარადიულთან. შუასაუკუნეებში განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევდნენ მოღვაწეობას ზნეობრივ-რელიგიურ სფეროში, რომელიც თავისი არსით განჭვრეტის ტოლფასი იყო. აღორძინება ადამიანის მოღვაწეობას ანიჭებს საკრალურობის ელფერს, ადამიანი უბრალოდ კი არ იკმაყოფილებს თავის მიწიერ მოთხოვნილებებს, არამედ იგი ქმნის სამყაროს, სილამაზეს, თავის თავს.

ამიტომ აღორძინების ეპოქაში პირველად იხსნება საზღვარი არსებულის ჩაწვდომის მეცნიერებასა და პრაქტიკულ-ტექნიკურ მოღვაწეობას შორის, მეცნიერ-თეორეტიკოსსა და პრაქტიკის ინჟინერს შორის. მხატვარი და მეცნიერი ბაძავენ არა მარტო ღმერთის ქმნილებებს, არამედ მის შემოქმედებასაც. როცა ქმნიან საგნებს, ისევე როგორც ღმერთმა შექმნა სამყარო, ისინი ამას აკეთებენ არა დაუფიქრებლად, არამედ ცდილობენ დაინახონ ამ საგნების აგებულების კანონები.

ახალმა შეხედულებებმა სამყაროზე და ადამიანზე შესაძლებელი გახადა გაკეთებულიყო უდიდესი აღმოჩენები და შექმნილიყო ახალი თეორიები, რომლებიც ასრულებდნენ მეცნიერული რევოლუციის პროლოგის როლს. სწორედ ამ მეცნიერული რევოლუციის დროს მოხდა კლასიკური ბუნებისმეტყველების ფორმირება, გაკეთდა ნიკოლოზ კოპერნიკისა და ჯორდანო ბრუნოს აღმოჩენები, რომლებმაც მსოფლიოს მისცეს პელიოცენტრიზმი და სამყაროს უსასრულობის იდეა. ეს ჯერ კიდევ უფრო გენიალური მიხვედრებია, რომლებიც საჭიროებენ შემდგომ როგორც საბუნებისმეტყველო მეცნიერულ, ისე ფილოსოფიურ დამუშავებას. სწორედ ეს პრობლემა გახდა საკვანძო XVI-XVII საუკუნეების სამეცნიერო რევოლუციისა, რომელმაც შექმნა თანამედროვე მეცნიერება.

ახალი მეცნიერული პროგრამა, რომელმაც დაასრულა რენესანსი და აღმოაჩინა ახალი დროის ევროპული ექსპერიმენტული და მათემატიკური ბუნებისმეტყველება, შექმნილიყო გალილეო გალილელის მიერ. მანვე გააკეთა ფორმულირება პირველხარისხოვანი მეთოდოლოგიური და ფილოსოფიური პრინციპებისა, რომლებიც საფუძველი გახდა მთელი ევროპული მსოფლმხედველობის ად ახალი დროის მეცნიერების.

## თავი 2. სამეცნიერო რევოლუცია XVI-XVII საუკუნეებში და კლასიკური მეცნიერების ჩამოყალიბება

სამეცნიერო რევოლუციის საწყის წერტილად იქცა 1543 წელს გამოსული წიგნი „ციური სფეროების ბრუნვის შესახებ“, მაგრამ მასში გამოთქმული ჰელიოცენტრული იდეები ჯერ კიდევ ჰიპოტეზას წარმოადგენდნენ და მოთხოვნიდნენ დამტკიცებას. ამ ჰიპოთეზის სასარგებლოდ არგუმენტების ძიება გახდა XVI-XVII საუკუნეების სამეცნიერო რევოლუციის ძირითადი ამოცანა. ამ სამეცნიერო რევოლუციის შედეგად გაჩნდა კლასიკური მეცნიერება და თანამედროვე ბუნებისმეტყველება. იგი დაიწყო გალილეო გალილეის შრომებიდან.

გალილეიმ საფუძველი ჩაუყარა ახალი ტიპის მსოფლმხედველობას და ახალ მეცნიერებას.

### 2.1. გალილეი და მისი როლი თანამედროვე მეცნიერების შექმნაში

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გალილეის აღმოჩენებს მექანიკაში, რადგან მან ახალი კატეგორიებით და ახალი მეთოდოლოგიით დაარღვია მანამდე გაბატონებული არისტოტელისეული ოგმანტური სქოლასტური ფიზიკური წარმოდგენები. ეს წარმოდგენები ეფუძნებოდნენ ზედაპირულ დაკვირვებებს და გონებისეულ განჭვრეტას და გადატვირთული იყვნენ თეოლოგიური დოგმებით ბუნებრივ და იძულებით მოძრაობაზე, სხეულთა ბუნებრივ სიმძიმეზე და სიმსუბუქეზე, წრიული მოძრაობის სრულყოფილებაზე წრფივთან შედარებით და სხვა. სწორედ არისტოტელისეული ფიზიკის კრიტიკის საფუძველზე შექმნა გალილეიმ ბუნებისმეტყველების აგების თავისი პროგრამა.

არისტოტელეს მოძღვრება მოძრაობაზე შეუძლებელია გავიგოთ სივრცის პრობლემის გადაჭრის გარეშე. სივრცე, არისტოტელის მიხედვით ეს არის ადგილი, რომელიც წარმოადგენს საზღვარს გარემომცველსა და გარემოცულს შორის. სხეული, რომლის გარეთ იმყოფება მისი გარემომცველი სხეული, იმყოფება განსაზღვრულ ადგილზე. ამ მოძღვრების შესაბამისად დედამიწა იმყოფება წყალში, წყალი - ჰაერში, ჰაერი - ეთერში, ეთერი არაფერში. რადგან სივრცე განაპირობებულია ობიექ-



ტსა და მისი გარემომცველ გარემოს შორის საზღვრად, იგი არაერთგვაროვანია. მოძრაობაც ასევე განისაზღვრება მისი მატარებლის თვისობრივი ბუნებით. ასე მაგალითად: ცეცხლი ბუნებრივად, მისი თვისების შესაფერისად, მოძრაობს ზემოთ, ხოლ ქვემოთ – თავისი ბუნების საწინააღმდეგოდ. ამ წესის შესაბამისად მძიმე სხეულები მოძრაობენ ცენტრისაკენ, ხოლ მსბუქები პერიფერიისაკენ.

გალილეიმ უარყო არისტოტელისეული მოძღვრება ბუნებრივ და ძალდატანებით მოძრაობაზე. მან უჩვენა, რომ თუ გარემოს წარმოადგენს არა ჰაერი, არამედ წყალი, ზოგიერთი მძიმე სხეული (ეთქვას ხის მორი) ხდება მსუბუქი, რადგან მოძრაობს ზევით. შესაბამისად, სხეულის მოძრაობა ზევით და ქვევით დამოკიდებულია მისი სიმკვრივის განსხვავებაზე გარემოსთან შედარებით და არა მის დანიშნულებაზე ან ხვედრზე.

არისტოტელე თვლიდა, რომ მძიმე სხეული ეცემა უფრო მეტი სიჩქარით. ვიდრე მსუბუქი დედამიწის ცენტრისაკენ მისი სტიქიური მიდრეკილების გამო. რაც უფრო მძიმეა სხეული. მით უფრო ძლიერია ეს სწრაფვა მისი ბუნებრივი ადგილსამყოფელისაკენ, დედამიწის ცენტრისაკენ. გალილეი მთავარ მნიშვნელობას ანიჭებდა მხოლოდ იმ თვისებებს, რომლებიც ზუსტ გაზომვებს ექვემდებარებოდა ზომა, ფორმა, რაოდენობა, წონა, მოძრაობა, ხოლო თვისებებს, რომლებიც აღქმით მიიღება – ფერი, ბგერა, გემო-უარყოფდა როგორც სუბიექტურს. გამოიყენა რა მათემატიკური მიდგომა თავის ფიზიკურ ცდებში, გალილეიმ ჯერ უარყო არისტოტელეს ხსენებულიაქსიომა, შემდეგ კი ჩამოაყალიბა ვარდნილ სხეულთა მოძრაობის მუდმივი აჩქარების კანონი და დაამტკიცა, რომ მათი აჩქარება სრულად არ არის დამოკიდებული სხეულთა წონაზე და შემადგენლობაზე.

გალილეიმ ასევე შეისწავლა და გაანალიზა გარტყორცნილი სხეულის მოძრაობა და მივიდა ინერციის იდეამდე, რომელიც ჯერ კიდევ ზუსტად არ იყო ფორმულირებული მაგრამ მან, შემდგომში დიდი როლი ითამაშა ფიზიკის და საერთოდ ბუნებისმეტყველების განვითარებაში. არისტოტელისაგან განსხვავებით რომლის მოსაზრება იყო, რომ თითქოს ყველა სხეული ცდილობს მიაღწიოს ადგილამდე, რომელიც მისთვისაა წინასწარ განსაზღვრული ბუნებით და თითქოს ყოველგვარი სხვა მოძრაობა შეწყდება, თუ არ არსებობს რაღაც მუდმივად განახლებადი გარეშე იმპულსი, გალილეის აზრით მოძრავი სხეული ყოველთვის ცდილობს

მუდმივად იყოს მოძრაობაში სანამ რაიმე გარეშე მიზეზი არ გააჩერებს მას, ან არ გადახრის თვისი პირვანდელი მოძრაობის მიმართულებიდან. ასე იქნა უარყოფილი არისტოტელეს მიმდევართა პლანეტარული დედამიწის თეორიის წინააღმდეგ მიაპრთული ერთ-ერთი მთავარი აზრი. ისინი ამტკიცებდნენ, რომ თუ დედამიწა ბრუნავს, მაშინ სხეულები, რომლებიც დედამიწის ზედაპირზეა, უნდა გადავარდნენ დედამიწიდან და ნებისმიერი ვერტიკალური ზევით ასროლილი სხეული დედამიწაზე დაეცემა ასროლის ადგილდან რაღაც მანძილზე. რადგან არ ხდება არც ერთი და არც მეორე, ისინი თვლიდნენ, რომ დედამიწა უძრავია. გალილეი, შეიარაღდა რა ინერციის ცნებით, ამტკიცებდა, რომ მოძრაობაში მყოფი დედამიწა ავტომატურად გადასცემს თავის მოძრაობას მასზე მყოფ ყველა საგანს ან გასროლილ სხეულებს და შესაბამისად საერთო ინერციული მოძრაობა შეუმჩნეველი რჩება დამკვირვებლისათვის, რომელიც ასევე დედამიწაზე იმყოფება.

გალილეის დროს ასე თუ ისე შემუშავებული იყო ფიზიკის ნაწილი – სტატიკა, მეცნიერება მოდებული ძალების გავლენის ქვეშ მყოფი სხეულთა წონასწორობის შესახებ. მისი დამაარსებელი იყო არქიმედი, რომელსაც გალილეი თავის მასწავლებლად თვლიდა. თვით გალილეიმ დაამუშავა დინამიკა – მეცნიერება სხეულთა მოძრაობაზე მათზე მოდებული ძალების გავლენით. მან ჩამოაყალიბა პირველი კანონი თავისუფალ ვარდნაზე, მოგვცა სიჩქარისა და აჩქარების მკაცრი ფორმულირება, მან პირველად შეიცნო გადამწყვეტი მნიშვნელობა სხეულთა მოძრაობის იმ თვისებისა, რომელსაც შემდგომ ინერცია უწოდეს. ძალიან მნიშვნელოვანი იყო ასევე მისი იდეა მოძრაობის ფარდობითობის შესახებ. გალილეის მიერ აღმოჩენილი მექანიკის კანონების ფილოსოფიური და მეთოდოლოგიური მნიშვნელობა იყო უდიდესი, რადგან პირველად ადამიანის აზრით ისტორიაში ფორმულირებული იქნა ფიზიკის კანონის ცნება თანამედროვე გაგებით.

გალილეის მექანიკის კანონები მის ასტრონომიულ აღმოჩენებთან ერთად (მან პირველმა შექმნა ტელესკოპი, მიკროსკოპი) ქმნიდნენ კოპერნიკის თეორიის ფიზიკურ ბაზას, რმეელიც თვით მის შემქმნელს არ გააჩნდა. პელიოცენტრული დოქტრინა ამის შემდეგ ჰიპოთეზიდან გადაიქცა თეორიად. გალილეიმ ბევრს მიაღწია, ქმედითად დაუჭირა მხარი კოპერნიკის თეორიას, მოახდინა პოსტულირება ბუნების სრული მორჩილებისა მათემატიკური კანონებისადმი, შემოიტანა იდეა ძალაზე რო-

გორც მექანიკურ ფაქტორზე, ჩამოაყალიბა თანამედროვე მექანიკის და ექსპერიმენტული ფიზიკის საფუძვლები, შექმნა თანამედროვე მეცნიერული მეთოდის მუშა პრინციპები. ამიტომ შემთხვევითი არ არის, რომ სწორედ ეს პიროვნება აღნიშნავს ჭეშმარიტი მეცნიერული ბუნებისმეტყველების დაბადებას. გალილეიმ დაიწყო მეცნიერული რევოლუცია რამაც განაპირობა თანამედროვე მეცნიერების შექმნა. მაგრამ გადაუწყვეტელი იყო კიდევ საკითხი დედამიწისა და ციური სხეულების მოძრაობის შესახებ. კოპერნიკის პელიოცენტრული ჰიპოთეზა პლანეტათა მოძრაობის შესახებ მცირედ შეესაბამებოდა სინამდვილეს და სხვა პასუხს ამ კითხვებზე გასცემდა სამეცნიერო რევოლუცია, რომელიც საბოლოოდ დაამსხვრევდა ძველ მსოფლმხედველობას და შექმნიდა კლასიკურ მეცნიერებას.

## 2.2. მეცნიერული რევოლუციის ძირითადი ასაქტები

ამავე პერიოდში გაძლიერდა ინტერესი ძველ ბერძნულ ფილოსოფიისადმი, კერძოდ ლევკიპისა და დემოკრიტის ატომიზმისადმი. სწორედ ამ კონცეფციამ უკარნახა სწორი პასუხი გაეცა კითხვაზე ციური მოძრაობის შესახებ და ძირითადში განსაზღვრა მეცნიერული აზრის შემდგომი განვითარება. ბერძნული ატომიზმის ძირითადი არსი იყო პოსტულატი იმის შესახებ, რომ სამყარო შესდგება თვალისათვის უხილავი ძალიან მცირე ზომის განუყოფელი ნაწილაკებისაგან, რომლებიც თავისუფლად გადაადგილდებიან უსასრულო, რაიმე თვისების არმქონე სიცარიელეში და ეჯახებიან რა ერთმანეთს და წარმოშობენ რა სხვადასხვა თანაფარდობის შენაერთებს, კმნიან სხვადასხვა სხეულებს და ხილულ სამყაროს მოვლენებს. ამ სიცარიელეში არ არის არც ზედა, არც ქვედა და არც ცენტრი. სივრცის ყველა წერტილი ნეიტრალურია და ტოლფასია სხვა ნებისმიერი წერტილის. რადგან სამყარო მთლიანად შესდგება ერთი და იგივე მატერიალური ნაწილაკებისაგან. დედამიწაც წარმოადგენს ამ ნაწილაკების შემცველ შემთხვევით დაჯგუფებქას. ამასთან იგი წარმოადგენს არც უძრავ სხეულს, არც სამყაროს ცენტრს. შესაბამისად, არ არსებობს პრინციპული განსხვავება ციურსა და მიწიერს შორის, რადგან როგორც ერთი, ისე მეორე შესდგება ერთი და იგივე ნაწი-

ლაკებისაგან. რადგან ამ სიცარიელის განფენილობა და ნაწილაკების რაოდენობა უსასრულოა, სავსებით დასაშვებია სამყაროში დედამიწისა და მზის „ორეულების“ არსებობა, რომლებიც ასევე შეიქმნებოდნენ ატომების სტიქიური მოძრაობით.

ასეთი მიდგომა პრინციპულად მნიშვნელოვანი იყო მიწიერი და ციური მოვლენების თანაფარდობის პრობლემების გადასაწყვეტად. ანტიკურ ხანაში და შუა საუკუნეებში ცასა და მიწას სრულიად განსხვავებულ სამყაროებად მიიჩნევდნენ. ციური სფერო ღმერთების სამყოფელი იყო და შეუძლებელი იყო მასზე მიწიერი კანონების გავრცელება.

დედამიწის პლანეტად გადაქცევა ნიადაგს აცლიდა სივრცის არისტოტელისეულ კონცეფციას, სივრცისა, რომელიც გარემო იცავდა უძრავ დედამიწას. თუ დედამიწა პლანეტაა და არა სამყაროს ცენტრი, იხსნება იმის აუცილებლობა, რომ სამყარო ჩაითვალოს სასრულოდ, უსასრულო სივრცეს კი ცენტრი არ გააჩნია.

ყოველი დასკვნა, რომლებიც გამომდინარეობენ სამყაროს აგებულების კოპერნიკისეული კონცეფციიდან: მოძრავი და უპირატესობის არ მქონე დედამიწა, უსასრულო სივრცე, რომელსაც არ გააჩნია ცენტრი და შეიცავს უამრავ ციურ სხეულს, ციურისა და მიწიერს შორის განსხვავების მოსპობა. ყოველივე ეს ემთხვეოდა ატომისტიკის შეხედულებას კოსმოსზე. ატომისტიკისა და კოპერნიკის პელიოცენტრული კონცეფციების დამთხვევა პირველად დააფიქსირა ჯორდანო ბრუნომ, რომლის დამსახურება გახლდათ უსასრულო სამყაროსა და მსოფლიოების სიმრავლის იდეის წამოყენება.

ატომისტიკური სამყარო პრინციპში ემორჩილება მათემატიკურ ანალიზს. მას არ გააჩნია არც მიზანი, არც გონება, მისი მოძრაობა ემორჩილება მხოლოდ მექანიკურ კანონებს.

ამგვარად, ანტიკური ატომიზმისაგან წარმოქმნილი კოსმოლოგიური და ფიზიკური მოდელები ქმნიდნენ შესაძლებლობებს ახალი კვლევის მეთოდების მექანიკური და მათემატიკურის დამკვიდრებას. ატომიზმმა გავლენა მოახდინა ბუნებაზე, როგორც მოძრავ მატერიაზე გალილეის წარმოდგენებზე. მას დიდი პოპულარობა ქონდა ევროპული მეცნიერების წრეებში. მაგრამ ყველაზე მთავარი ამოცანის ამოხსნა ატომიზმის ელემენტების სისტემური ჩართვა კოპერნიკისეული სამყაროს ფიზიკურ ახსნაში თავის თავზე აიღო რენე დეკარტმა.

ანტიკური ატომიზმის ძირითად პრინციპებში შეიძლება მოიძებნოს ბევრი პარალელები დეკარტის წარმოდგენებთან ბუნებაზე, როგორც ურთულეს მექანიზმზე, რომლებიც იმართება მკაცრი მათემატიკური კანონებით. დემოკრიტეს მსგავსად დეკარტი თვლიდა, რომ ფიზიკური სამყარო შესდგება უსასრულო რაოდენობის ნაწილაკებისაგან, ანუ „კორპუსკულებისაგან“, რომლებიც მექანიკურად ეჯახებიან ერთმანეთს, ეწებებიან და ქმნიან დაჯგუფებებს. როგორც ქრისტიანი, იგი თვლიდა, რომ ეს კორპუსკულები მოძრაობენ არა მთლად ქაოსურად, არამედ ემორჩილებიან გარკვეულ კანონებს, რომელიც მათ განუწყესა ღმერთმა სამყაროს შექმნისას. დეკარტმა გაბედა აღმოეჩინა ეს კანონები, რისთვისაც თავდაპირველად მიზნად დაისახა შემდეგი საკითხის გადაჭრა: როგორ შეეძლო ცალკეულ კორპუსკულას თავისუფლად გადაადგილებულიყო უსასრულო სამყაროს სივრცეში, თუ მას არ გააჩნდა აბსოლუტური მიზანდასახულობა, ან არისტოტელისეული სტიქიური სწრაფვა მოძრაობისადმი? გამოიყენა რა ატომისტური სივრცისათვის გარეშე ძალის სქოლასტური თეორია, დეკარტე მივიდა დასკვნამდე, რომ უძრავი კორპუსკულა ცდილობს შეინარჩუნოს თავის უძრაობის მდგომარეობა თუ არ არსებობს გარეშე იმპულსი, მაშინ როცა მოძრავი კორპუსკულა ცდილობს გააგრძელოს თავისი მოძრაობა წრფეზე ძველი სიჩქარით, თუ არაფერი გადახრის მას პირვანდელი გზიდან. ასე იქნა პირველად ფორმულირებული ცალსახად ინერციის კანონი ინერციული სწორხაზოვნების კრიტიკული შესწორების გათვალისწინებით. დეკარტი ასევე ამტკიცებდა, რომ ნებისმიერი გადახვევა ინერციული სწრაფვიდან სწარმოებს კორპუსკულების ერთმანეთთან შეჯახების შედეგად. ყოველივე ეს სამყაროს კორპუსკულურ სურათს კმატებდა წარმოდგენას მასში მოძრაობის მხოლოდ და მხოლოდ მექანიკურ ხასიათზე.

ატომისტული თეორია, რომლის თანახმადაც ნაწილაკები თავისუფლად მოძრაობენ ნეიტრალურ სივრცეში, საშუალებას იძლეოდა ახლებურად შეეხებათ მოძრაობაზე. დეკარტეს წარმოდგენებმა კორპუსკულურ დაჯახებებზე მის მიმდევრებს შესაძლებლობა მისცა განვეითარებინათ გალილეის იდეა ძალისა და მექანიკური ინერციის ბუნებაზე. მაგრამ კორპუსკულური თეორიის დაფუძნებისათვის მთავარი მნიშვნელობა ჰქონდა იმას, რომ დეკარტმა თავისი წრფივი ინერციისა და კორპუსკულური დაჯახებათა თეორია გამოიყენე პლანეტარული მოძრაობის პრობლემაში, რითაც „ცა გაწმინდა“ არისტოტელისეული ფიზიკის ნარ-

ჩენებისაგან. ციური სხეულების ავტომატური წრიული მოძრაობები, რომელთაც ჯერ კიდევ იცავდნენ კოპერნიკი და გალილეი, შეუძლებელი იყო ატომურ სამყაროში, სადაც ნაწილაკებს შეეძლოთ გადაადგილებულიყვნენ მხოლოდ წრფივად ან ყოფილიყვნენ უძრაობის მდგომარეობაში. გამოიყენა რა თავისი ორი თეორია ციურ მოვლენებში – ინერციული და კორპუსკულური – დეკარტმა აღმოაჩინა ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორი, საჭირო რგოლი, რომელიც აკლდა პლანეტარული მოძრაობის ასახსნელად. რაიმე შემაკავებელი ძალის არ არსებობის შემთხვევაში, პლანეტის ინერციული მოძრაობა, მათ შორის დედამიწისაც, ეცდებოდა გაეტყორცნა იგი მზის გარეშმო ხვეული ორბიტიდან მხები წრფის გასწვრივ. მაგრამ რადგან პლანეტების ორბიტები რჩებიან მთლიანი ჩაკეტილი მრუდები და მსგავსი ცენტრიდანული მოძრაობა არ ხდება, აშკარაა, რომ რაღაც ძალა იზიდავს პლანეტებს მზისაკენ, ან როგორც ეს უფრო ნათლად ბრძანა დეკარტმა, რომ რაღაც ძალა აიძულებს პლანეტებს განუწყვეტილად „ეცემოდნენ“ მზის მიმართულებით. და ახალი კოსმოლოგიის უმნიშვნელოვანეს პრობლემას წარმოადგენდა დაედგინა ამ ძალის ბუნება და ხასიათი.

ამრიგად, იმ ფაქტს, რომ პლანეტები საერთოდ იმყოფებიან მოძრაობაში, ამის შემდეგ ხსნიდნენ ინერციით. მაგრამ ამ ახსნიდან გამომდინარეობდა, რომ პლანეტებს უნდა ემოძრავათ წესიერ კონცენტრულ ორბიტებზე. ეს პრობლემა ჯერ კიდევ ელოდა თავის გადაწყვეტას, რომელიც მოიძებნა კეპლერის ელიფსების მიმართ დეკარტის ინერციის ცნების გამოყენების შემდეგ (კეპლერის კანონები აღწერენ პლანეტების მოძრაობას).

დეკარტის ბევრი ჰიპოთეზას კორპუსკულური სამყაროს შესახებ მხარს არ უჭერდნენ მისი მიმდევრები. მაგრამ მისი უმთავრესი კონცეფცია – ფიზიკური სამყარო, როგორც ატომისტური სქემა, რომელსაც მექანიკის კანონები მართავს – გახდა წამყვანი მოდელი XVIII საუკუნის მეცნიერებისათვის. ძალიან მნიშვნელოვანი იყო ასევე დეკარტის მიერ „დაცემის“ ფაქტორის გამოყოფა, რომელსაც დასაბამი მიეცა დამოუკიდებელი კოსმოლოგიური პოსტკოპერნიკული მეცნიერების შექმნის მცდელობას.

მაგრამ კოსმოლოგია არ შეიძლება აგებულყოფ, თუ არ გაეცემოდა პასუხი ორ ძირითად კითხვას: 1) თუ არსებობს ინერცია, მაშინ დედამიწა და სხვა პლანეტები გამუდმებით რატომ „ეცემიან“ მზის მიმართულე-

ბით? და 2) თუ დედამიწა მოძრაობს და იგი არ წარმოადგენს სამყაროს ცენტრს, მაშინ მიწიერი საგნები რატომ „ეცემიან“ მასზე?

რაც უფრო წინ მიიწვედნენ თავიანთ გამოკვლევებში კეპლერი, გალილეი და დეკარტი, მით უფრო ნათელი ხდებოდა, რომ ამ კითხვების ურთიერთკავშირი და მასზე პასუხი ერთნაირი იყო. მუშავდებოდა ასევე იდეაც, რომ ყველა მატერიალურ სხეულს შორის მოქმედებს რაღაც მიზიდულობის ძალა. XVII საუკუნის მესამე მეოთხედში რობორტ ჰუკმა ღიად გამოთქვა იდეა იმის შესახებ, რომ პლანეტების მოძრაობასაც და ვარდნილ სხეულებსაც მართავს ერთი და იგივე მიზიდულობის ძალა.

### 2.3. ისააკ ნიუტონი და მეცნიერული რევოლუციის დასრულება

კოპერნიკის მიერ დაწყებული რევოლუციის დამთავრება წილად ხვდა ისააკ ნიუტონს (1648-1727). მან დაამტკიცა მიზიდულობის, როგორც უნივერსალური ძალის არსებობა. ძალისა, რომელიც ერთდროულად აიძულებს ქვას დაეცეს დედამიწაზე და იყოს მიზეზი ჩაკეტილი ორბიტებისა, რომლებზედაც პლანეტები ბრუნავენ მზის გარშემო. ნიუტონის დამსახურება ის იყო, რომ მან შეაერთა ერთმანეთთან დეკარტეს მექანიკური ფილოსოფია, კეპლერის კანონები პლანეტების მოძრაობაზე და გალილეის კანონები მიწიერ მოძრაობაზე. შექმნა რა მათგან ერთიანი ყოვლისმომცველი თეორია. მთელი რიგი მათემატიკური აღმოჩენების შემდეგ ნიუტონმა დაადგინა: იმისათვის, რომ პლანეტებმა შეინარჩუნონ მდგრადი ორბიტები შესაბამისი სიჩქარეებით და შესაბამის მანძილებზე, რმლებიც განსაზღვრულია კეპლერის მესამე კანონით, ისინი უნდა მიიზიდებოდნენ მზის მხრიდან ძალით, რომელიც უკუპროპორციულია მზემდე მანძილის კვადრატის. ამავე კანონს ემორჩილებიან სხეულებიც, რომლებიც ეცემიან დედამიწაზე (ესახებოდა არა მარტო ქვებს, არამედ მთვარესაც, როგორც მიწიერ, ისე ციურ სხეულებს). ამასთან ერთად ნიუტონმა მათემატიკურად, ამ კანონის გამოყენებით, გამოიყვანა პლანეტების ორბიტების ელიფსური ფორმა და მათი სიჩქარეების ცვლილება, ისარგებლა რა კეპლერის პირველი და მეორე კანონების განსაზღვრებებით. ასე ბოლოს და ბოლოს მიღებულ იქნა პასუხი უმნიშვნელოვანეს კოსმოლოგიურ კითხვებზე, რომლებიც იდგა კოპერნიკის მომხრეე-

ბის წინაშე – რა იწვევს პლანეტების მოძრაობას, როგორ ახერხებენ ისინი შეინარჩუნონ მდებარეობა თავიანთ ორბიტების საზღვრებში, რატომ ეცემიან დედამიწაზე მძიმე სხეულები – და გადაწყდა დავა სამყაროს აგებულების, მიწიერისა და ციურის თანაფარდობაზე. კოპერნიკის ჰიპოთეზამ წარმოშვა საჭიროება ახალ, ყოველისმომცველ და დამოუკიდებელ კოსმოლოგიაზე და მიიღო კიდევ.

წარმოადგინა რა სანიმუშო შეხამებას ემპირიული დასაბუთებულობის და დედუქციური სიმკაცრის, ნიუტონმა ჩამოაყალიბა მცირე რაოდენობის, მაგრამ ყველა კანონზე მალა მდგომი კანონები, რომლებიც, როგორც აღმოჩნდა, მართავენ მთელ კოსმოსს. მოძრაობის სამი კანონის (ინერციის კანონი, აჩქარების კანონი და თანაბარი უკუქმედების კანონი) და მსოფლიო მიზიდულობის კანონის მეშვეობით, ნიუტონმა არა მარტო შეუქმნა მეცნიერული ფუნდამენტი კეპლერის კანონებს, არამედ ახსნა ზღვის მოქცევა, კომეტების მოძრაობის ორბიტები, ზარბაზნის ჭურვებისა და სხვა გასროლილი სხეულების ტრაექტორიები. ყველა ცნობილი ციური და მიწიერი მექანიკის მოვლენები ახლა მოექცნენ „ერთი სახურავის ქვეშ“ ფიზიკური კანონების გარეთიანებული თალის ქვეშ. მატერიის ყოველი ნაწილაკი სამყაროში მიიზიდავს ყოველ სხვა ნაწილაკს ძალით, რომელიც მათი მასების ნამრავლის პროპორციულია და მათ შორის მანძილს კვადრატის უკუპროპორციული:

$$F = G \left( \frac{m_1 m_2}{r^2} \right).$$

ნიუტონი

ნი შეეჭიდა სამყაროს უდიდესი საიდუმლოს ამოხსნას და მიაღწია კიდევ. ასე მოიძებნა დადასტურება დეკარტეს შეხედულებებისა, რომელიც თვლიდა, რომ ბუნება წარმოადგენს სრულყოფილ მოწესრიგებულ მექანიზმს, რომელიც ემორჩილება მათემატიკურ კანონებს და მეცნიერებას ძალუძს მისი დადგენა.

თუმცა ნიუტონის მიერ მიზიდულობის ცნების შემოტანა, როგორც რაღაც ძალის, რომელიც მოქმედებს მანძილზე (შეხებაში არ მყოფ სხეულებს შორის) არჩეულ იქნა მის მიერ ჰერმეტიული ფილოსოფიის და ალქიმიის გავლენით, სადაც ლაპარაკი იყო სიმპატიებისა და ანტიპატიების კატეგორიებით და ფილოსოფიის მექანიციკისტებს ეჩვენებოდათ მექანიკისათვის გადაჭარბებით ეზოტერულად (რომელიც თვით ნიუტონსაც უხერხულ მდგომარეობაში აყენებდა), მაინც მათემატიკური დასკვნები ისეთი თვალსაჩინო და გასაგები იყო, რომ არ შეიძლებოდა მათ სისწო-



რეში ეჭვი შეეტანათ. რაოდენობრივად გამოხატული მიზიდულობის ძალი ცნებაში შეერწყა XVII საუკუნის მეცნიერებისათვის ყველაზე მნიშვნელოვანი იყო თემა მექანიკური ფილოსოფია და პითაგორული ტრადიცია, მექანიკა და მათემატიკა. ძალიან მალე ნიუტონის მეთოდის და მის მიერ მიღებული დასკვნები იქცნენ ცნობილ მეცნიერულ პარადიგმებად. შემდეგი ათწლეულების განმავლობაში მეცნიერები, აღიღებდნენ რა მის მიღწევებს, დღესასწაულობდნენ ახალი აზრის გამარჯვებას ანტიკურ და შუასაუკუნეების უმეცრეებზე. ვოლტერი ნიუტონს თვლიდა ყველა დროის უდიდეს ადამიანად: მან ზომ სინამდვილის ჭეშმარიტიბუნება აღმოაჩინა.

თუმცა ნიუტონმა ხმამაღლა განაცხადა: „პიპოთეზებს არ ვთხზავთ“, მაინც პიპოთეზების გარკვეული რაოდენობა მის მიერ იქნა შემოთავაზებული და მათ მნიშვნელოვანი როლი ითამაშეს ბუნებისმეტყველების განვითარებაში. მთავარი მათ შორის იყო შორსქმედების პრინციპი (მყისეული ურთიერთქმედება სხეულისა სხვადასხვა მანძილზე სიციარიელეში ყოველგვარი შუამავალი რგოლის გარეშე), რომელიც, როგორც მაშინ მიიჩნევდნენ, დასტურდებოდა უამრავი ფაქტებით. შორსქმედების პრინციპი შეუძლებელია აბსოლუტური სივრცისა და აბსოლუტური დროის ცნების გარეშე, რომლებიც ასევე ნიუტონის მიერ იქნა შემოტანილი.

ამ ცნებებისაკენ მიმართვა განპირობებული იყო მატერიის მექანიკური გაგებით. მექანიზმი, როგორც ფართე დეკარტისეული, ისე ვიწრო ნიუტონისეული აზრით განმარტავს მატერიას, როგორც უძრავ მასას, რომელსაც შეუძლია მოძრაობა მხოლოდ გარეშე ფაქტორების ზემოქმედებით, რომლის როლში ნიუტონთან გამოდის იდუმალი მიზიდულობის ძალა. ამასთან კონკრეტული მოძრაობა ადგილიდან ადგილზე გადაადგილება, რომელიც ცდის დროს ფიქსირდება, ყოველთვის ფარდობითია. შესაბამისად ფარდობითია როგორც სივრცე, რომელსაც მოძრავე სხეული გაირბენს, ისე დრო რომლითაც ეს მოძრაობა იზომება, ისე ჩანს, რომ სივრცე და დრო – ეს არის თვისებები, რომლებიც წარმოადგენენ მატერიის ატრიბუტებს. მაგრამ ფარდობითი სივრცე და დრო არ გამოდგება შორსქმედების კონცეფციისათვის, რომელიც უარყოფდა ამ ურთიერთქმედების გადამტანის აუცილებლობას (თუ არ არის მატერიალური სხეული არ არის სივრცეც ამ სხეულთან დაკავშირებული), ამიტომ ფარდობით სივრცესა და დროსთან ერთად აუცილებელი გახდა აბსოლუ-

ტური სივრცე, როგორც მსოფლიო მატერიის სამყოფი (დიდი შავი ყუთი, რომელშიც შეიძლება მოვათავსოთ მატერიალური სხეულები, მაგრამ შეიძლება ამოვიღოთ კიდეც, თვით სივრცე კი დარჩება) და აბსოლუტური დრო უწყვეტი მსოფლიო ნაკადი, როგორც რაღაც კოსმოსური სკალა, რომელიც საჭიროა ყველა ურიცხვ კონკრეტულ მოძრაობათა გასაზომად (ეს დრო შეიძლება მიედინებოდეს მატერიალური სხეულების მონაწილეობის გარეშე). არც ერთი, არც მეორე არ აღიქმება გრძნობით ექსპერიმენტზე.

ნიუტონისეულ კარტეზიანული (ანუ დეკარტისტული) კოსმოლოგია დამკვიდრდა როგორც ახალი მსოფლმხედველობის საფუძველი. XVIII საუკუნის დასაწყისში ევროპაში ყველა განათლებულმა კაცმა იცოდა, რომ ღმერთმა სამყარო შექმნა როგორც რთული მექანიკური სისტემა, რომელიც შედგება მატერიალური ნაწილაკებისაგან, რომლებიც მოძრაობენ უსასრულო ნეიტრალურ სივრცეში მათემატიკური ანალიზისადმი დაქვემდებარებული რამდენიმე ძირითადი პრინციპის, როგორცაა ინერცია და გრავიტაცია, შესაბამისად. ამ სამყაროში დედამიწა ბრუნავს მზის გარშემო, ხოლო მზე წარმოადგენს ერთ-ერთ ვარსკვლავთაგანს, რომელთა რაოდენობა უამრავია, დედამიწა კი ერთ-ერთ პალნეტათაგანია. არც მზე, არც დედამიწა არ წარმოადგენს სამყაროს ცენტრს და როგორც მიწიერი, ისე ციური სამყარო ემორჩილება ერთი და იგივე ფიზიკურ კანონებს, ასე რომ მათ შორის გაქრა ადრინდელი ზღვარი. ამიტომ, რადგან ცაც მიჩნეული იქნა როგორც მატერიალური სუბსტანციებისაგან შემდგარი, ციური მოძრაობაც ითვლებოდა როგორც გამოწვეული ბუნებრივი მექანიკური ძალებით.

ასეთი მსოფლიო სურათისაგან გამომდინარეობდა, რომ შექმნა რა ღმერთმა ასეთ რთული და მკაცრი წესრიგის დაქვემდებარებული სამყარო, მან შეწყვიტა შემდგომი ქმედითი მონაწილეობა ანუ ჩარევა ბუნებაში და მიანდო იგი თავის თავს, რომ მას განეგრძო არსებობა იმ სრულყოფილი და უცვლელი კანონების საფუძველზე, რომელიც მასში იყო ჩადებული სამყაროს შექმნისას. ადამიანი კი ამ სურათში წარმოადგენდა ქმნილების გვირგვინს – მან ზომ თავისი გონების წყალობით შესძლო შეეღწია და გაეგო ღვთიური ჩანაფიქრი და სამყაროს წესრიგი.

## 2.4. კლასიკური მეცნიერების თავისებურებანი

ცნება „კლასიკური მეცნიერება“ მოიცავს მეცნიერების განვითარების პერიოდს XVIII საუკუნიდან XX საუკუნის 20-იან წელამდე. რა თქმა უნდა XIX საუკუნის მეცნიერება დიდად განსხვავდებოდა XVIII საუკუნის მეცნიერებისაგან, რომელიც სინამდვილეში უნდა ჩაითვალოს კლასიკურად, მაგრამ რადგან XX საუკუნის მეცნიერების გნოსეოლოგიური წარმოდგენები, მათ აერთიანებენ ერთ ცნებაში – კლასიკური მეცნიერება. მეცნიერების ეს ეტაპი ხასიათდება მთელი რიგი სპეციფიკური თავისებურებებით.

1. სწრაფვა დასრულებული ცოდნის სისტემისაკენ, რომელიც ჭეშმარიტებას აფიქსირებს საბოლოო სახით. ეს დაკავშირებულია კლასიკურ მექანიკაზე ორიენტაციასთან, რომელიც სამყაროს განიხილავს როგორც გიგანტულ მექანიზმს, რომელიც გამართულად ფუნქციონირებს მექანიკის მარადიული და უცვლელი კანონების საფუძველზე. ამიტომ მექანიკა განიხილებოდა როგორც უნივერსალური მეთოდი გარემომცველი მოვლენების შესაცნობად და საერთოდ როგორც ყოველგვარი მეცნიერების ეტალონი.

ასეთ ორიენტაციას მექანიკაზე მექანიკურობასა და მეტაფიზიკურობისაკენ მიჰყავდა არა მარტო კლასიკური მეცნიერებები, არამედ კლასიკური მსოფლმხედველობაც, ასევე მთელ რიგ კერძო შეხედულებებში მჟღავნდებოდა ცალსახობა მოვლენათა შეფასებაში, შემეცნების შედეგებიდან გამორიცხვა შემთხვევითობის და ალბათობის, რომლებიც ფასდებიან ცოდნის არასრულყოფილების მაჩვენებლად; სამყაროს საფუძველთა საფუძვლის ძიება (სუბსტანციონალობა); არსებული სამეცნიერო ცოდნის შეფასება როგორც აბსოლუტურად უტყუარის და ჭეშმარიტის; შემეცნებითი მოღვაწეობის ბუნების გააზრება როგორც სინამდვილის სარკული ანარეკლის.

2. ბუნების განხილვა როგორც მარადიულად უცვლელის, განუვითარებელი მთლიანის. ასეთმა მეთოდოლოგიურმა მიდგომამ წარმოშვა კლასიკური მეცნიერებისათვის სპეციფიური ისეთი კვლევითი სტანდარტები, როგორცაა სტატიზმი, ელემენტარიზმი და ანტიევოლუციონიზმი. მეცნიერთა ძალისხმევა ძირითადად მიმართული იყო რთული სტრუქტურების მარტივი ელემენტების გამოყოფისა და განსაზღვრისაკენ (ელემენტარიზმი) ამ სტრუქტურების როგორც დინამიკურად ერთიან-

ბის დამახასიათებელი კავშირებისა და ურთიერთობების შეგნებული იგნორირების ფონზე (სტატიზმი). ამიტომ რეალური მოვლენის ახსნა იყო სრულიად მეტაფიზიკური, რომელიც მოკლებული იყო მათი ცვლილებების, განვითარების, ისტორიულობის წარმოდგენებს (ანტიევოლუციონიზმი).

3. სიცოცხლისა და მარად ცოცხალის დაყვანა კოსმოსის უმნიშვნელო წვრილმანის მდგომარეობაზე; სამყარო მექანიზმში, რომელიც მწყობრში ფუნქციონირებს ნიუტონის მიერ აღმოჩენილი კანონებით, მათი თვისობრივი სპეციფიკის აღიარების უარყოფა. ამ აბსოლუტურად წინასწარმეტყველებად სამყაროში (საყოველთაო და სრული დეტერმინიზმის იდეა ყველაზე ზუსტად გამოთქვა ლაპლასმა: თუ ცნობილი იქნება სამყაროს ყველა ნაწილების მდებარეობა და ძალები, რომლებიც მათზე მოქმედებენ, და თუ მოიძებნება ისეთი გონება, რომელიც გააერთიანებს ამ მონაცემებს ერთ ფორმულაში. არ დარჩება არაფერი გაუგებარი ბუნებაში, ცნობილი გახდებოდა არა მარტო წარსული, არამედ მომავალიც) აღვილი არ იყო სიცოცხლის, ორგანიზმი გაგებული იყო როგორც მექანიზმი. რაც უფრო შორს მიდიოდა ადამიანის აზროვნება, თითქოსდა მით უფრო მკვეთრად და ნათლად გამოდიოდა წინა პლანზე ასეთი უცხო ყოველგვარი ცოცხალისათვის, ადამიანის პიროვნებისა და მისი სიცოცხლისათვის, ადამიანისათვის სტიქიურად გაუგებარი კოსმოსი. სიცოცხლის წარმავლობა და არარაობა, კოსმოსში მისი შემთხვევეითობა, თითქოსდა სულ უფრო და უფრო დასტურდებოდა ზუსტი მეცნიერების მიღწევებით.

მხოლოდ რელიგია აგრძელებდა ადამიანისათვის სამყაროში ადვილის გამოყოფას. ქრისტიანული დაპირისპირება სულისა და მატერიისა თანაფარდობის გარდაიქმნებოდა აზროვნებისათვის დამახასიათებელ გონებასა და მატერიის, ადამიანისა და კოსმოსის დაპირისპირებაში. ქრისტიანობისათვის დამახასიათებელი მკვეთრი გამოყოფა სულიერისა და მატერიალურის და განსაკუთრებული ხაზგასმა სულიერის უპირატესობაზე, ახლა იღებს საპირისპირო შეფასებას: ფიზიკური სამყარო სულ უფრო წარმოდგენდა ადამიანის მოღვაწეობის ძირითად ასპარეზს.

4. მეცნიერებამ განდევნა რელიგია როგორც ინტელექტუალურმა ავტორიტეტმა. ადამიანის გონებამ და ბუნების პრაქტიკულმა გარდაქმნამ, როგორც მისი მოღვაწეობის შედეგმა, სრულად გამოდევნა თეოლოგიური დოქტრინა და წმინდა წერილი როგორც სამყაროს შემეცნების

მთვარი წყარო. რწმენა და გონება საბოლოოდ გაიყო ერთმანეთისაგან. რელიგიური შეხედულებების ადგილი დაიკავა რაციონალიზმა, რომელმაც წარმოაყენა კონცეფცია ადამიანისა, როგორც გონების უმაღლესი, ანუ საბოლოო ფორმა, რითაც დასაბამი მისცა საერთო ჰუმანიზმს და ემპირიზმმა, რომელმაც წამოაყენა მატერიალური სამყაროს კონცეფცია, როგორც უმნიშვნელვანესი და ერთადერთი რეალობა, რითაც საფუძველი ჩაუყარა მეცნიერულ მატერიალიზმს.

მიუხედავად იმისა, რომ პრეტენზიას აცხადებდა მსოფლმხედველობაში წამყვან ადგილზე, მეცნიერებამ ადგილი დაუტოვა რელიგიას და ფილოსოფიას. მოდერნიზირებული საზოგადოების მსოფლმხედველობა ადამიანს უტოვებს რწმენის, მრწამსის და ცხოვრებისეული გზის არჩევის უფლებას. მაგრამ რაც უფრო მეტ პრაქტიკულ შედეგს იძლეოდა მეცნიერება, მით უფრო მტკიცდებოდა მისი პოზიცია და რელიგია და მეტაფიზიკური ფილოსოფია ნელ-ნელა კარგავდა თავის მნიშვნელობას. ამი ნიშანი გახდა კანტის ცნობილი პოზიტივისტური პოზიცია ცოდნის განვითარების სამ პერიოდზე – რელიგიურ, მეტაფიზიკურ და მეცნიერულზე.

## 2.5. XIX საუკუნის მიცნობა

რჩებოდა რა მთლიანობაში მეტაფიზიკური და მექანიკური. კლასიკური მეცნიერება და განსაკუთრებით ბუნებისმეტყველება ხელს უწყობდა ბუნებაზე მეტაფიზიკური შეხედულებების თანდათანობით აღმოფხვრას. XVII-XVIII საუკუნეებში მათემატიკაში დამუშავდა უსასრულო ცმირე სიდიდეების თეორია (ნიუტონი, ლეიბნიცი), დეკარტემ შექმნა ანალიზური გეომეტრია, ლომონოსოვმა – ატომურ-კვანტური მოძღვრება, ფართო პოპულარობა მოიპოვა კანტ-ლაპლასის კოსმოლოგიურმა ჰიპოთეზამ, რამაც განაპირობა ბუნებისმეტყველებაში და შემდეგ საზოგადოებათმცოდნეობაში განვითარების იდეის დანერგვა.

ასე, რომ ბუნებისმეტყველებაში თანდათანობით იქმნებოდა წინაპირობები ახალი დიდი მეცნიერული რევოლუციისათვის, რომელიც დაიწყო XVIII საუკუნის ბოლოს XIX საუკუნის პირველ ნახევარში და მოიცვა ერთდროულად ცოდნის რამდენიმე სფერო. ეს იყო ე.წ. კომპლექსური მეცნიერული რევოლუციები, რომლებიც მიმდინარეობდნენ კლასი-

კური მეცნიერების და მსოფლმხედველობის ჩარჩოებში. ამ რევოლუციებისათვის საერთო გახდა საყოველთაო კავშირებისა და ბუნებისმეტყველებაში ევოლუციური განვითარების იდეების დამკვიდრება, დიალექტიკის სტიქიური შეღწევა მეცნიერებაში საერთოდ და კერძოდ ბუნებისმეტყველებაში. პირველ პლანზე გამოდის ფიზიკა და ქიმია, რომლებიც შეისწავლიან ენერგიებისა და ნივთიერებათა სახეებს (ქიმიური ატომისტიკა). გეოლოგიაში გაჩნდა დედამიწის განვითარების თეორია (ჩ. ლაიელი), ბიოლოგიაში იბადება ჟ.ბ. ლამარკის ევოლუციური თეორია, ვითარდება ისეთი მეცნიერებები, როგორიცაა პალეონტოლოგია (ჟ. კიუვე), ემბროლოგია (კ.მ. ბერი).

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქონდა რევოლუციებს, რომლებიც დაკავშირებული იყო XIX საუკუნის მეორე ნახევარში სამ უდიდეს აღმოჩენასთან – შლეიდერნის და შვანის მიერ უჯრედების თეორიის, მაიერის და ჯოულიის მიერ ენერგიის გარდაქმნისა და შენახვის კანონის, ღარვინის მიერ ევოლუციური მოძვრების შექმნა. შემდეგ მათ მოჰყვა აღმოჩენები, რომლებმაც გააკეთეს ბუნების დიალექტიკის უფრო სრული დემონსტრირება: ოგანული შენაერთების ქიმიური აგებულების თეორია (ა.მ. ბუტლეროვი 1861), ელემენტების პერიოდული სისტემა (დ.ი. მენდელეევი 1863), ქიმიური თერმოდინამიკა (ი.ხ. ვან-ჰოფი, ჯ. ჰიბსი), მეცნიერული ფიზიოლოგიის საფუძვლები (სეჩენოვი 1863), სინათლის ელექტრომაგნიტური თეორია (ჯ.კ. მაქსველი 1873).

ამ აღმოჩენების შემდეგ ბუნებისმეტყველება ავიდა თვისობრივად მაღალ საფეხურზე. თუ XVIII საუკუნეში იგი იყო ფაქტორების შემგროვებელი, მეცნიერება დასრულებულ საგნებზე, XIX საუკუნეში იგი გახდა სისტემატიზირებული მეცნიერება, ანუ მეცნიერება საგნებზე და პროცესებზე, მათ წარმოშობაზე და განვითარებაზე.

მეცნიერების ცენტრალური პრობლემა გახდა ცოდნის სინთეზი, მეცნიერებათა ერთიანობის გზების ძიება, შემეცნების სხვადასხვა მეთოდების თანაფარდობის პრობლემა, მეცნიერების დიდი დარგების დაყოფა უფრო მცირე დარგებად (მაგალითად, ფიზიკაში თერმოდინამიკის, მყარი სხეულის ფიზიკის, ელექტრომაგნიტიზმის და ა.შ., ან ისეთი დამოუკიდებელი დისციპლინების გაჩენა, როგორიცაა ციტოლოგია, ემბრიოლოგია, გენეტიკა და სხვა). XIX საუკუნის ბოლოს წარმოიქმნა პირველი ნიშნები მეცნიერებათა ინტეგრაციის პროცესისა, რომელიც დამახასიათებელი გახდა XX საუკუნის მეცნიერებისათვის. ესაა ახალი სამეცნიერო დის-

ციპლინების წარმოქმნა მეცნიერებათა გასაყარზე, რომლებიც მოიცავენ დისციპლინათაშორის გამოკვლევებს (მაგალითად, ბიოქიმია, გეოქიმია, ბიოგეოქიმია, ფიზიკური ქიმია და სხვა).

XIX საუკუნის კომპლექსური მეცნიერული რევოლუციის შედეგები, რომლებმაც მეცნიერული ცოდნა ასწიეს ახალ სიმაღლეებზე, მაინც განიხილებოდა კლასიკური მეცნიერების ჩარჩოებში, რმოდელიც ემყარებოდა მეტაფიზიკურ ფილოსოფიურ წინაპირობას. ამიტომ კლასიკური მეცნიერება ატარებდა თავის თავში მომავალი კრიზისის მარცვლებს, რომელიც უნდა გადაეჭრა XIX საუკუნის ბოლოს და XX საუკუნის პირველი ნახევრის გლობალურ მეცნიერულ რევოლუციას.

გალილეის, დეკარტის და ნიუტონის წყალობით ჩამოყალიბდა ახალი მეცნიერება, გამოისახა ახალი კოსმოლოგია და კაცობრიობის წინაშე გადაიშალა ახალი სამყარო, რომელშიც მისი ძლევამოსილი გონება გამომჟღავნდებოდა მთელი თავის სისრულით. მაგრამ, სწორედ ამ სამყარომ, რომელშიაც ოდესღაც ადამიანი ამაყობდა თავისი განსაკუთრებული დანიშნულებით კოსმოსში, აიძულა იგი უარი ეთქვა თავის უფლებებზე. სამყაროს ახალი სურათი გაიგივებული იყო მანქანასთან - მექანიზმთან, რომელშიც მოქმედებდნენ ძალები და ნივთიერებები, რომელსაც არ გააჩნდა მიზანი, რომელსაც არ გააჩნდა გონება და შეგნება და თავისი შინაარსით იყო სავსებით უცხო ადამიანისათვის. იმ სამყაროს, რომელიც არსებობდა ახალ დრომდე და გამსჭვალული იყო მითოლოგიური, თეისტური და მყარი სულიერი კატეგორიებით. ადამიანისათვის გაჩნდა აზრი, მაგრამ მეცნიერებამ იგი უარყო. ამიტომ მეცნიერების შემდგომ განვითარებას და სამყაროს მეცნიერული სურათის ჩამოყალიბებას თან სდევდა სამყაროსაგან გაუცხოება, რომელიც აღარ პასუხობდა ადამიანურ ფასეულობებს. ასევე მეცნიერული შემეცნების მეთოდოლოგიის განვითარებამ ადამიანი აიძულა განთავისუფლებულიყო ყოველგვარი სუბიექტური დამახინჯებისაგან, რომელსაც თან სდევდა ადამიანური გამოცდილების ემოციური, ესთეტიკური და ეთიკური მხარეების, ან რიგი იგივე გრძნობებისა და წარმოსახვის დამდაბლება. სამყარო, მეცნიერების აღმოჩენილი, ცივი და გულგრილი იყო. ეს იყო ერთადერთი ჭეშმარიტი სამყარო და მისგან სამყაროს ძველ სურათზე დაბრუნება შეუძლებელი იყო.

დარვინის მიერ ევოლუციური თეორიის შექმნამ საქმის ვითარება კიდევ უფრო გაამძაფრა. დაკარგა რა ღვთიური ქმნილების შარავანდეთი,

გამოეცალა რა ღვთიური სული, ადამიანმა დაკარგა ბუნების მბრძანებლის გვირგვინი. თუ ქრისტიანული თეოლოგიის თანახმად ბუნება არსებობს ადამიანისათვის, როგორც მისი სახლი და გარემო მისი სულიერი შესაძლებლობების გაშლისათვის, ევოლუციის თეორიამ უარყო ეს პრეტენზიები, როგორც ანტროპოცენტრული დაბნეულობა. ყველაფერი მიედინება, ყველაფერი იცვლება; ადამიანი არაა აბსოლუტური და ყველა მის ფასეულობას არა აქვს ობიექტური მნიშვნელობა. მაშასადამე, გაანთავისუფლა რა ადამიანი ღმერთის უღლისაგან, დაამდაბლა იგი ცხოველის ღონეზე. ახლა ადამიანს შეუძლია აღიქვას თავისი თავი როგორც ევოლუციის ბუნების განვითარების გრანდიოზული ცვლის უმაღლესი მიღწევა; მაგრამ ამასთან იგი რჩება, არა უმეტეს, ცხოველთა სამყაროს უმაღლეს მიღწევად. თანამედროვე მეცნიერება ახლა ოპერირებდა გიგანტური მასშტაბებით, დროის წარმოუდგენლად უზარმაზარი პერიოდებით და სიცოცხლის შემთხვევითობის შეგრძნება ამ პროცესების ფონზე კიდევ უფრო მძაფრდებოდა.

ეს პესიმიზტური შეხედულება კიდევ უფრო დასტურდებოდა თერმოდინამიკის მეორე კანონის წყალობით, რომლის თანახმადაც სამყარო სტიქიურად და გარდაუვლად მიემართება წესრიგიდან უწესრიგობისაკენ, რომ ბოლოს და ბოლოს მიაღწევს უდიდესი ენტროპიის მდგომარეობას, ანუ „სითბურ სიკვდილს“ სრულიად შემთხვევით ამ დრომდე კაცობრიობის ისტორია მიმდინარეობდა ხელსაყრელ ბიოფიზიკურ პირობებში, რმოელიც უზრუნველყოფდა ადამიანის სიცოცხლეს, მაგრამ ამ შემთხვევითობაში არ იყო არავითარი ნიშანწყალი ღვთიური ჩანაფიქრის გამოვლენის ადა მით უმეტეს კოსმოსური მდგომარეობის საიმედოობის ზეციური მოწმობისა.

ეს სიტუაცია XIX საუკუნის ბოლოს შეიცნო მხოლოდ ზოგიერთმა მოაზროვნემ. ძირითდად ისინი იყვნენ ფილოსოფოსები, რომლებმაც შექმნეს ახალი მიმართულებები ფილოსოფიაში ახალი სკოლები, რომლებიც უკვე არ ინტერესდებოდნენ სამყაროს მოწყობის საკითხებით, მათი საზრუნავი იყო ადამიანის რაობისა და სამყაროში მისი ადგილის პრობლემის განსაზღვრა.

მიუხედავად ამისა, XIX საუკუნის ბოლოს და XX საუკუნის დასაწყისში მეცნიერება შევიდა თავის ოქროს ხააში. მთელი მის უმნიშვნელოვანეს სფეროებში მოხდა განსაკვიფრებელი აღმოჩენები, ფარდოდ გავრცელდა ინსტიტუტებისა და აკადემიების ქსელი, რომლებიც ორგა-



ნიზებულად ატარებდნენ სხვადასხვა სახის სპეციალიზირებულ გამოკვლევებს, მეცნიერების ტექნიკასთან შეერთების ბაზაზე სწრაფად განვითარდა გამოყენების სფეროები.

მეცნიერებაში და მსოფლმხედველობაში ჩამოყალიბებული სიტუაცია მოითხოვდა თავის გადაჭრას. იგი გაჩნდა ბუნებისმეტყველებაში უახლესი რევოლუციის სვლის დროს, რომელიც დაიწყო XIX საუკუნის 90-იან წლებში და გაგრძელდა XX საუკუნის შუახანებამდე. ეს იყო გლობალური მეცნიერული რევოლუცია, თავისი მნიშვნელობით XVI-XVII საუკუნეების რევოლუციის შესადარი. იგი დაიწყო ფიზიკაში, შემდეგ შეაღწია სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაში, კარდინალურად შეცვალა მთლიანად მეცნიერების ფილოსოფიური, მეთოდოლოგიური, გნესეოლოგიური, ლოგიკური საფუძვლები და შექმნა თანამედროვე მეცნიერების ფენომენი.

## 2.6. უახლესი რევოლუცია მეცნიერებაში

ბუნებისმეტყველებაში უახლესი რევოლუციის დასაწყისად, რომელმაც ხელი შეუწყო თანამედროვე მეცნიერების წარმოქმნას, იქცა ფიზიკაში რიგი განსაკვიფრებელი აღმოჩენები, რომლებმაც დაანგრის მთელი კარტეზიანულ-ნიუტონისეული კოსმოლოგია. ამ აღმოჩენებს მიეკუთვნება ჰერცის მიერ ელექტრომაგნიტური ტალღების, რენტგენის მიერ მოკლეტალღოვანი გამოსხივების, ბეკერელის მიერ რადიაქტივობის, ტომსონის ელექტრონის, ლეზეღვის მიერ სინათლის წნევის აღმოჩენებმა, პლანკის მიერ ქვანტის იდეის შემოტანა, ეინშტეინის მიერ ფარდობითობის თეორიის შექმნა, რადიაქტური დაშლის პროცესის აღწერა რეზერფორდის მიერ. 1913-1921 წლებში ატომურ ბირთვზე, ელექტრონებზე და ქვანტებზე წარმოდგენის საფუძველზე ბორმა შექმნა ატომის მოდელი, რომლის შემუშავება ხდება მენდელეევის ელემენტების პერიოდული სისტემის შესაბამისად. ეს იყო პირველი ეტაპი უახლესი რევოლუციისა ფიზიკაში და მთელ ბუნებისმეტყველებაში. მას თან ახლდა მატერიაზე და მის აგებულებაზე, თვისებებზე, მოძრაობის ფორმებსა და კანონზომიერებათა ტიპებზე. სივრცეზე და დროზე ადრინდელ შეხედულებათა ნგრევა. ამან მიიყვანა ფიზიკა და მთელი ბუნებისმეტყველება კრიზისამ-

დე, რომელიც წარმოადგენს კლასიკური მეცნიერების მეტაფიზიკური ფილოსოფიური საფუძვლების უფრო ღრმა კრიზისის სიმპტომს.

რევოლუციის მეორე ეტაპი დაიწყო XX საუკუნის 20-იან წლებში და დაკავშირებულია ქვანტური მექანიკის შექმნასთან, მის შეერთებასთან ფარდობითობის თეორიასთან ახალ ქვანტურ-რელატივისტურ სამყაროს ფიზიკურ სურათში.

XX საუკუნის მე-3 ათასწლეულის ბოლოს მეცნიერების მიერ აღწერილი შემოთავაზებული, პრაქტიკულად თითქმის ყველა პოსტულატი უკუგდებულ იქნა. მათ რიცხვში შევიდნენ წარმოდგენები ატომზე, როგორც მყარ მატერიის „აგურზე“, დროზე და სივრცეზე, როგორც დამოუკიდებელ აბსოლუტებზე, ყველა მოვლენათა მკაცრ მიზნობრივ განპირობებულობაზე, ბუნების ობიექტური დაკვირვების შესაძლებლობებზე.

არსებული მეცნიერული წარმოდგენები თითქმის ყოველ ნაბიჯზე გახდა დავის საგანი. როგორც ახლა აღმოჩნდა, ნიუტონისეული მყარი ატომები, თითქმის მთლიანად გავსებულია სიცარიელით. მყარი ნივთიერება უკვე აღარ წარმოადგენს უმნიშვნელოვანეს ბუნებრივ სუბსტანციას; სამგანზომილებიანი სივრცე და ერთგანზომილებიანი დრო გადაიქცა ოთხგანზომილებიან სივრცით - დროითი კონტინუუმის ფარდობით გამოვლინებად. დრო სხვადასხვანაირად მიედინება იმათვის, რომლებიც სხვადასხვა სიჩქარით მოძრაობენ. მძიმე საგნების მანქანობრივად დრო ნელდება, განსაკუთრებულ შემთხვევებში იგი შეიძლება სრულიად გაჩერდეს. ევკლიდეს გეომეტრიის კანონები უკვე აღარ წარმოადგენ აუცილებლობას ბუნების მოწყობისათვის სამყაროს მასშტაბებში; პლანეტები თავის ორბიტებზე მოძრაობენ არა იმიტომ, რომ მათ მზისკენ იზიდავს რაღაც ძალა, რომელიც მოქმედებს დიდ მანძილზე, არამედ იმიტომ, რომ თვით სივრცე რომელშიც ისინი მოძრაობენ გამრუდებულია; სუბატომური ფენომენები თავიანთ თავს ავლენენ როგორც ნაწილაკები, ისე ტალღები, რითაც ორმაგი ბუნების დემონსტრირებას აკეთებენ; შეუძლებელი გახდა ერთდროულად ნაწილაკის ადგილმდებარეობის დადგენა და მისი სიჩქარის გაზომვა. განუზღვრელობის პრინციპი საფუძველს ურღვევდა და აძევებდა ლაპლასისეულ დეტერმინიზმს. მეცნიერული დაკვირვებები და თეორიები ვეღარ მიიწევდნენ წინ დასაკვირვებელი ობიექტების ბუნების გაუთვალისწინებლად. ფიზიკური სამყარო, რომელიც XX საუკუნის ფიზიკოსის თვალითაა დანახული, გვაგონებდა არა იმდენად უზარმაზარ მანქანას, არამედ უფრო უსაზღვრო აზრს.

რევოლუციის მესამე ეტაპის დასაწყისი იყო XX საუკუნის 40-იან წლებში – ატომური ენერჯის დაუფლება და შემდგომი გამოკვლევები, რომლებთანაც დაკავშირებულია ელექტრონულ-გამოთვლითი მანქანებისა და კიბერნეტიკის დაბადება. ამ პერიოდში ფიზიკასთან ერთად ასევე ლიდერობა დაიწყო ქიმიამ, ბიოლოგიამ და მენიერებათა ციკლმა დედამიწაზე. უნდა შევნიშნოთ ასევე, რომ XX საუკუნის შუახანიდან მეცნიერება საბოლოოდ შეერწა ტექნიკას, რამაც მიგვიყვანა თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკურ რევოლუციამდე.

სამყაროს ქვანტურ-რელატივისტური მეცნიერული სურათი გახდა პირველი შედეგი უახლესი რევოლუციისა ბუნებისმეტყველებაში.

სამეცნიერო რევოლუციის მეორე შედეგია აზროვნების არაკლსიკური სტილის დამკვიდრება. მეცნიერული აზროვნების სტილი მიღებული სამეცნიერო წრეებში – ეს არის სამეცნიერო პრობლემის დასმის, არგუმენტირების, მეცნიერული შედეგების გადმოცემის, მეცნიერული დისკუსიების გამართვის წესი და ა.შ. იგი ახდენს საყოველთაო ცოდნის არსენალში ახალი იდეების შემოტანის რეგულირებას, შესაბამისი ტიპის მკვლევარის ფორმირებას. მეცნიერებაში უახლესმა რევოლუციამ აზროვნების განმჭვრეტილი სტილი შეცვალა აზროვნების შემოქმედებითი სტილით. ამ სტილისათვის დამახასიათებელია შემდეგი თვისებები:

1. შეიცვალა ცოდნის საგნის გაგება: იგი გახდა არა რეალობა სუფთა სახით, რომელიც ფიქსირდებოდა ცოცხალი განჭვრეტი, არამედ მისი რომელიღაც ჭრილი, რომელიც მიიღება ამ რეალიზაციის ათვისების გარკვეული თეორიული და ემპირიული ხერხების შედეგად.

2. მეცნიერება გადავიდა იმ პირობების შესწავლაზე, რომლებშიც მოხვედრილი საგანი არა მარტო იქცევა გარკვეულად, არამედ მხოლოდ ამ პირობებში შეუძლია იყოს ან არ იყოს საერთოდ. ამიტომ თანამედროვე მეცნიერული თეორია იწყება ობიექტის კვლევის ხერხების და პირობების გამოვლინებით.

3. ობიექტზე ცოდნის დამოკიდებულება შემეცნების საშუალებებზე და მათ შესაბამის ცოდნის ორგანიზაციაზე განსაზღვრავს ხელსაწყოს, ექსპერიმენტული დანადგარის როლს თანამედროვე სამეცნიერო შემეცნებაში. ხელსაწყოს გარეშე ხშირად არ არსებობს შესაძლებლობა გამოიყოს მეცნიერების საგანი, რადგან იგი ჩნდება ობიექტის ხელსაწყოსთან ურთიერთქმედების შედეგად.

4. რადგან ობიექტის თვისებები დამოკიდებულია ხელსაწყოსთან მის ურთიერთქმედებაზე, აქედან გამომდინარეობს ობიექტის სხვადასხვა სახის აღწერის მართლზომიერება და თანასწორუფლებიანობა. თუ კლასიკურ მეცნიერებას საქმე ჰქონდა ერთიან ობიექტთან, რომელიც აისახებოდა ერთდროული შესაძლო ჭეშმარიტი ხერხით, თანამედროვე მეცნიერებას საქმე აქვს ამ ობიექტის პროექციების სიმრავლესთან, მაგრამ პროექციებს არა აქვთ ობიექტის ყოველმხრივი დასრულებული აღწერის პრეტენზია.

5. კლასიკური მეცნიერების განჭვრეტითი და გულუბრყვილო რეალისტური დებულებების უარყოფამ გამოიწვია თანამედროვე მეცნიერების მათემატიზაციის გაძლიერება, ფუნდამენტურ და გამოყენებით გამოკვევათა შეზრდა.

და ბოლოს, მეცნიერებაში რევოლუციის კიდევ ერთი შედეგია მეცნიერებათა ბიოსფერული კლასის განვითარება და ახალი დამოკიდებულება სიცოცხლის ფენომენისადმი. სიცოცხლე აღარ ჩანს სამყაროში შემთხვევით მოვლენად და განიხილება როგორც მატერიის თვითგანვითარების კანონზომიერი შედეგი, რომელიც ასევე გამოიხატება გონების გაჩენაში. ბიოსფერული კლასის მეცნიერებები, რომლებსაც მიეკუთვნებიან ნიადაგმცოდნეობა, ბიოქიმია, ბიოცენოლოგია, ბიოგეოგრაფია, შეისწავლიან ბუნებრივ სისტემებს, სადაც ხდება ურთიერთშელწევა ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნებისა, ანუ ხდება ურთიერთკავშირი სხვადასხვა თვისებების მქონე ბუნების მოვლენებს შორის. ბიოსფეროს საფუძვლებში დევს ბუნებრივისტორიული კონცეფციები. მათში სიცოცხლე და ცოცხალი გაგებულია როგორც სამყაროს არსებითი ელემენტი ამ სამყაროს აქტიური ფორმირებისა მისი შემქმნელი რასახითაც ის დღეს არის

## თავი 3. მსოფლიო ქიმიური სურათის ჩამოყალიბება და განვითარება

### 3.1. ქიმიის წარმოქმნა

ქიმიის, როგორც მეცნიერების წარმოქმნისა და ფორმირების პროცესი თავისი შინაარსით იყო რთული და წინააღმდეგობრივი. ქიმიის ცოდნის წყარო უძველესი დროის სიღრმეში ძევს. ამას საფუძვლად უდევს ადამიანის სასიცოცხლო შემოქმედებითი მოთხოვნილება ერთი ნივთიერებიდან მეორე ნივთიერების მიღებისა, თვისობრივი გარდაქმნების განხორციელებისა.

სახელწოდება „ქიმია“ წარმოშობა დღემდე გაურკვეველია, თუმცა ამის შესახებ რამდენიმე ვერსია არსებობს. ერთ-ერთი მათგანის თანახმად ეს სახელწოდება წარმოიქმნა ეგვიპტური სიტყვისაგან „ქემი“ მეცნიერების შემსწავლელი ისტორიკოსები ამ ტერმინს თარგმნიან, როგორც „ეგვიპტური ხელოვნება“ ამგვარად ამ ვერსიებით სიტყვა ქიმია საჭირო ნივთიერებების მიღების ხელოვნებას, მათ შორის ჩვეულებრივი მეტალიდან ოქროს და ვერცხლის ან მათი შენადნობების გარდაქმნის ხელოვნებას ნიშნავდა.

ამჟამად უფრო პოპულარულია სხვა ახსნა. მეცნიერთა ერთი ჯგუფი ფიქრობს, რომ სიტყვა „ქიმია“ წარმოიქმნა ბერძნული ტერმინიდან „ქემო“, რმელიც ითარგმნება „მცენარეთა წვენი“ ამის მიხედვით „ქიმია“ უნდა ნიშნავდეს „წვენების მიღების ხელოვნებას“, მაგრამ წვენი, რომლის შესახებაცაა ლაპარაკი შეიძლება გამდნარი მეტალიც იყოს. ასევე შეიძლება, რომ ქიმია მეტალურგიის ხელოვნებასაც ნიშნავდეს.

ქიმიის ისტორია გვიჩვენებს, რომ მისი განვითარება მიმდინარეობდა არაერთგვაროვნად. ექსპერიმენტული ცდებით და დაკვირვებით დაროვილი მონაცემების პერიოდებს სცვლიდა აღმოჩენების, ფუნდამენტური კანონების და თეორიების მძაფრი მსჯელობის პერიოდები. ასეთი პერიოდების მონაცვლეობის თანამიმდევრობა საშუალებას იძლევა ქიმიის მეცნიერების ისტორია რამოდენიმე ეტაპად დაიყოს:

1. ალქიმიის პერიოდი, რომელიც გრძელდება უძველესი დროიდან ჩ.ე. მე-16 საუკუნემდე. ის ხასიათდება ფილოსოფიური ქვის, სიცოცხლის გამახანგრძლივებელი ელექსირის, უნივერსალური გამხსნელის ძიების პერიოდად. ამ პერიოდში ყველა კულტურა პრაქტიკულად დაკავებულია

არაკეთილშობილი ლითონების „გარდაქმნით“ კეთილშობილ ლითონებად ოქროდ ან ვერცხლად. ყველა ეს „გარდაქმნები“ სხვადასხვა ხალხში სხვადასხვა ხერხებით ხორციელდებოდა.

2. სამეცნიერო ქიმიის ჩასახვის პერიოდში, რომელიც გრძელდება XVI-XVIII საუკუნეებში. ამ ეტაპზე შეიქმნა პარაცელსის თეორიები, ბოილის, კავენდიშის გაზთა თეორიები, გ. შტალის ფლოგისტონის თეორია და ბოლოს ლავეუაზიეს ქიმიური ელემენტების თეორია. ამ პერიოდში სრულყოფილი გახდა გამოყენებითი ქიმია, რომელიც დაკავშირებული იყო მეტალურგიის განვითარებასთან, ფაიფურის და მინის წარმოებასთან, სითხეების გამოხდის ხელოვნებასთან. XVIII საუკუნის ბოლოს მოხდა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებიდან ქიმიის დამოუკიდებელ მეცნიერებად დამკვიდრება.

3. ქიმიის ძირითადი კანონების აღმოჩენის პერიოდი, მოიცავს XIX საუკუნის 60-იან წლებს და ხასიათდება დალტონის ატომური თეორიის წარმოქმნით და განვითარებით, ავოგადროს თეორიებით, ბერცელიუსის ელემენტთა ატომური მასების დადგენით და ქიმიის ძირითადი ცნებების: ატომი, მოლეკულა და სხვათა ფორმულირებით.

4. თანამედროვე პერიოდი. გრძელდება XIX საუკუნის 60-იანი წლებიდან დღემდე. ეს პერიოდი ქიმიის განვითარების ყველაზე ნაყოფიერ პერიოდს ითვლება, რადგანაც ამ პერიოდში შემუშავებული იქნა ელემენტთა პერიოდული კლასიფიკაცია, ვალენტობის თეორია, არომატული ნაერთების თეორია და სტერეოქიმია, ს. არენიუსის ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია, მატერიის ელექტრული თეორია და სხვა.

ამავე დროს ამ პერიოდში მნიშვნელოვნად გაფართოვდა ქიმიური კვლევის დიაპაზონი. ქიმიის ნაწილებმა როგორც არის არაორგანული ქიმია, ფიზიკური ქიმია, ფარმაცევტული ქიმია, კვების პროდუქტების ქიმია, აგროქიმია, გეოქიმია, ბიოქიმია და სხვა შეიძინა დამოუკიდებელი მეცნიერების სტატუსი და საკუთარი თეორიული ბაზა.

### 3.2. ალქიმია

ტრადიციული ალქიმია ფსევდომეცნიერებად, ან ეზოტერულ ცოდნად ითვლება, რომელიც სავსეა მისტიკით და საიდუმლოებებით. ალქიმიის მიზანი იყო ფილოსოფიური ქვის ძიება, სიცოცხლის გამახანგრძლივე

ბელი ელექსირის შექმნა და ლითონების ოქროდ ან ვერცხლად გარდაქმნის მეთოდების აღმოჩენა.

მიუხედავად იმისა, რომ ალქიმიის შესწავლა სამეცნიერო ისტორიის კურსში მეტად საეჭვოა, მის მიმართ ცალმხრივი მიდგომაც არ არის გამართლებული.

საქმე იმაშია, რომ ალქიმიის მრავალწლიან ისტორიაში, მის მიერ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა, მთელი რიგი ამოცანების გადაწყვეტა მოახერხა. ალქიმიის პერიოდში მიღებული იქნა ცნობები მრავალ პროცესზე, პროდუქტების წარმოების სხვადასხვა მეთოდების აღმოჩენის შესახებ. მართალია ალქიმიკოსებმა ვერ მოახერხეს ფილოსოფიური ქვის პოვნა, მაგრამ იმდენი დაკვირვება ჩაატარეს და იმდენი აღმოჩენები მოახდინეს, რომ ყველაფერმა ამან საფუძველი ჩაუყარა ახალი მეცნიერების ჩამოყალიბებას. სახელდობრ ალქიმიკოსებმა ფილოსოფიური ქვის ძიებაში საფუძველი ჩაუყარეს ქიმიის შექმნას.

ალქიმიამ უმაღლეს განვითარებას სამ ძირითად ტიპებში: ბერძნულ-ეგვიპტურ, არაბულ და დასავლურ-ევროპულში მიაღწია.

ალქიმიის სამშობლოდ ეგვიპტე ითვლება. ჯერ კიდევ უძველეს დროში იქ ფლობდნენ ლითონთა წარმოებას, რომელიც საჭირო იყო ფულადი ნიშნების და ძვირფასი სამკაულების წარმოებისათვის. შენადნობების წარმოება გასაიდუმლოებული იყო და მხოლოდ გარკვეული წრეების საკუთრებას წარმოადგენდა. მოსახლეობის ზრდამ, კეთილშობილ ლითონებზე გამუდმებულმა მოთხოვნილებამ, სავაჭრო ურთიერთობების განვითარებამ და ძველი ოქროს საბადოების მწარმოებლობის შემცირებამ, პრაქტიკულ მეტალურგიის მწარმოებლებს უბიძგა ერთი ლითონის მეორე ლითონად გარდაქმნის შესაძლებლობათა ძიებისა და რეალიზაციისაკენ. სახელდობრ ტყვიის ან რკინის ოქროდ გარდაქმნა. თვლიდნენ, რომ პრაქტიკულ მწარმოებლებს დაუგროვდათ საკმარისი ცოდნა, არაკეთილშობილი ლითონების კეთილშობილ ლითონებად გარდაქმნის შესაძლებლობის შესახებ.

ალქიმიის დამკვიდრებაში დიდი როლი ითამაშა ემპირიკულ ფილოსოფიურმა თეორიამ დედამიწის ოთხი ელემენტის შესახებ (ეს ელემენტებია: წყალი, ჰაერი, მიწა, ცეცხლი). ამ თეორიის თანახმად სხვადასხვა ნივთიერებები დედამიწაზე განსხვავებიან მხოლოდ ამ ელემენტთა თანაფარდობის ხასიათით. თვითონ იმის ალბათობა, რომ ეს ელემენტები ურთიერთშემცვლელია, საფუძველს არ იყო მოკლებული. სავისებით

შესაძლებელია იმის დაშვება, რომ წყალი აორთქლებისას „ჰაერად“ გარდაიქმნება, რომელიც თავის მხრივ გარდაიქმნება წყლად წვიმის სახით. ამგვარად თელიდნენ, რომ რატომ არ შეიძლება დაეუშვათ სხვა ცვლილებათა შესაძლებლობა? ეგება ყველაფერი დამოკიდებულია მხოლოდ მეთოდის შერჩევაზე? გამოკვლევის ასეთმა აზროვნებრივმა სვლამ გააჩინა ის, რომ ასწლეულის განმავლობაში მრავალრიცხოვანმა წარუმატებლობამ ზოგიერთი ალქიმიკოსი იმ დასკვნამდე მიიყვანა, რომ უფრო მომგებიანი და ადვილი იყო თავი ფილოსოფიური ქვის მფლობელად გამოეცხადებინათ, რითაც ისინი ძალაუფლებასა და შეუღლებას რეპუტაციას შეინარჩუნებდნენ. ბუნებრივია, რომ ალქიმიამ მეტალურგია საკმაოდ სწრაფად დაუკავშირა ასტროლოგიას და მაგიას. უძველესი დროიდან რიცხვი შვიდი მიჩნეული იყო წმინდა რიცხვად, ცნობილ მეტალთა რიცხვი იყო შვიდი, ასევე იმ დროს აღმოჩენილ პლანეტთა რიცხვიც შვიდი იყო. ასეთ დამთხვევები გახდა საფუძველი წინასწარმეტყველებისა, რომ თვითეულ ლითონს ასტროლოგიური კავშირი აქვს შესაბამის პლანეტასთან. ოქრო და კავშირებული იყო მზესთან, ვერცხლი-მთვარესთან, სპილენძი-ვენერასთან, რკინა-მარსთან, ტყვია-სატურნთან, კალა-იუპიტერთან, ვერცხლის-წყალი-მერკურთან. შესაბამისად წარმოიქმნა ლითონთა სიმბოლოები.

ალქიმიის მნიშვნელოვან პრობლემად ითვლება ფილოსოფიური ქმის ძიება. მის გულმოდგინე ძიებაში ალქიმიკოსები უღრმავდებოდნენ და აფართოებდნენ ქიმიური პროცესების ცოდნას. იმ დროს ბერძენმა და ეგვიპტელმა ალქიმიკოსებმა გააუმჯობესეს ოქროს გასუფთავების პროცესი კუპელირების გზით (ოქროთი მდიდარი მადნის გახურება ტყვიისა და გვარჯილის თანაობისას). ვერცხლისწყალი ფართოდ გამოიყენებოდა ოქროსა და ვერცხლის გამოსაწვლილვად.

უძველეს რომში მხოლოდ იმპერატორ დიოკლიტიანეს მმართველობის პერიოდში დაიწყო ალქიმიკოსთა დევნა. დიოკლიტიანეს ეშინოდა, რომ იაფი გზით ოქროს მიღება შეარყევდა იმ პერიოდისათვის ისედაც შერყეულ ეკონომიკას. მან ბრძანა ალქიმიკოსების მიერ შექმნილი ყველა ნაშრომი გაენადგურებინათ.

ალქიმიის აკრძალვაში არანაკლები როლი შეასრულა ქრისტიანობამაც. ჩვენი წელთაღრიცხვის პირველ საუკუნეში ალქიმიკოსები „ჯადოქრებად გამოაცხადეს“ და აიკრძალა ალქიმიური პრაქტიკა, რამაც განაპირობა მათი გადასვლა არალეგალურ მდგომარეობაში.



### 3.3. არაბული ალქიმია

მსოფლიო არენაზე VII საუკუნეში არაბები გამოვიდნენ. ჩ. ერამდე 641 წელს არაბები ეგვიპტეში შეიჭრნენ და მალე მთელი ტერიტორია დაიკავეს. არაბმა ხალიფებმა ძველი ეგვიპტელი ფარაონების მსგავსად მეცნიერების მფარველობა განიზრახეს. VII საუკუნის არაბულ სამყაროში გაჩნდნენ ქიმიკოსები. არაბებმა ეგვიპტური სიტყვა ქემი გადააკეთეს ალქიმიად. მოგვიანებით ევროპელები ამ სიტყვას არაბებს დაესუსხნენ და ევროპულ ენაში გაჩნდა ტერმინები: „ალქიმია“ და „ალქიმიაკოსი“.

არაბ ალქიმიაკოსებში ყველაზე ნიჭიერ და გამორჩენილ პიროვნებად გვევლინება ჯაბირ იბნ ხაიმი, რომელიც მოგვიანებით ევროპაში გებერის სახელით არის ცნობილი. მან თავისი სიკვდილის შემდეგ მრავალი შრომები დატოვა, რომლებშიც აღწერილი იყო ნიშადურის სპირტი, ტყვიის საღებავის ტექნოლოგიური დამზადება, ძმრიდან ძმარმეყავას მიღების მეთოდი და სხვა. ამ გამოკვლევებმა დიდი გავლენა მოახდინა არაბ ალქიმიაკოსთა შემდგომ შთამომავლობაზე. ჯაბირი ფიქრობდა, რომ ყველა ლითონებიდან შედარებით ვერცხლისწყალი მეტი სისუფთავის გამოირჩევა, რასაც განაპირობებს მისი თხევადი მდგომარეობა და ამიტომაც მცირე მინარევებს შეიცავს. მისი აზრით არაჩვეულებრივი თვისებები გააჩნია გოგირდსაც. მას აქვს თვითაალების უნარი. ამავე დროს ის თვლიდა, რომ უფრო სუფთაა ის ლითონი, რომელიც მეტ ვერცხლისწყალს შეიცავს. არაბ ალქიმიაკოსებს ღრმად სწამდათ, რომ უფრო მტკიცე, ბზინვარე და ჭედალი ლითონები შეიცავენ მეტ ვერცხლისწყალს, ხოლო ლითონები, რომლებიც ადვილად ემორჩილებიან ცვლილებას, შეიცავენ მეტ გოგირდს. ჯაბირის თეორიის ფუძემდებელი იდეა იმისაგან შედგებოდა, რომ შვიდი ძირითადი ლითონი წარმოიქმნება ვერცხლისწყლისა და გოგირდის ნარევისაგან. ყველაზე ძნელად წარმოიქმნება უფრო სრულყოფილი ლითონი ოქრო. მისი მოსაზრებით იმისათვის, რომ განვახორციელოთ ერთი ლითონის მეორედ გარდაქმნა, აუცილებელია რაღაც „წამალი“, რომელიც გამოიწვევდა არაკეთილშობილ ლითონების კეთილშობილ ლითონებად გარდაქმნას და დააჩქარებდა ოქროს „მომწიფებას“

ძველ ხელნაწერებში ნათქვამი იყო, რომ ეს ნივთიერება მშრალ ფხვნილს, ქვას წარმოადგენს, ის დიდებული მაგიური ელექსირია. ევროპაში ამ ნივთიერებას ფილოსოფიური ქვა უწოდეს. ამ ნივთიერებას ჰქონდა არაჩვეულებრივი თვისებები: ყველა ავაღმყოფობისაგან განკურნების

უნარი, იძლეოდა უკედეგობას და რაც მთავარია ხელს უწყობდა არაკეთილშობილი ლითონების გარდაქმნას ოქროდ და ვერცხლად.

შემდგომში არაბული ალქიმიის განვითარება მიმდინარეობდა ორი პარალელური გზით: ერთნი დაკავებულნი იყვნენ ოქროს ტრანზფორმაციით, მეორენი ეძებდნენ სიცოცხლის ელექსირს.

### 3.4. დასავლურ-მეზოკალიბრული ალქიმია

დასავლეთში ალქიმიის გაჩენა უპირველეს ყოვლისა განაპირობა ჯვაროსნულმა მსვლელობამ. იმ დროს ევროპელები არაბებს მრავალ სამეცნიერო-პრაქტიკულ ცოდნას დაესესხნენ, მათ შორის ალქიმიასაც. იმ დროის ალქიმია მედიცინაში საჭირო პრეპარატების შესახებ ფართო ცოდნას ფლობდა, რამაც მისი სწრაფი გავრცელება განაპირობა. იმ დროს ევროპული ალქიმია ასტროლოგიის მფარველობის ქვეშ იმყოფებოდა და ამიტომაც საიდუმლო მეცნიერების ხასიათი ჰქონდა მიღებული. ევროპის შუა საუკუნეების ეპოქა საესეა მძაფრი ურთიერთდაპირისპირებით, სასახლეებში მეფის მეტოქეთა მრავალრიცხოვნება ნოყიერ ნიადაგს ქმნიდა ალქიმიის განვითარებისათვის. XI საუკუნიდან XVI საუკუნემდე პერიოდმა დასავლეთს ბევრი მოაზროვნე ალქიმიკოსი მისცა, რომლებმაც ღრმა კვალი დატოვეს ქიმიის განვითარებაში.

1200 წლის დასაწყისიდან ევროპელ სწავლულებს საშუალება მიეცათ კარგად გასცნობოდნენ უძველესი დროის მემკვიდრეობას და შემდგომში განეხილათ. უცნობი დარჩა შუა საუკუნეების გამოჩენილი ალქიმიკოსის სახელი, მაგრამ სავარაუდოა, რომ ის ესპანელი იყო და XIV საუკუნეში ცხოვრობდა. მისი დამსახურება ქიმიის წინაშე იმაში მდგომარეობდა, რომ თანამედროვე ქიმიაში მან პირველმა აღწერა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაერთი გოგირდმჟავა. მან ასევე აღწერა როგორ წარმოიქმნება აზოტმჟავა. მისი აღმოჩენები ასევე დაკავშირებულია ოქროს მიღების ცდებთან. მის ნაშრომებში აღწერილია სამეფო წყლის მნიშვნელოვანი თვისება იმოქმედოს ოქროსთან, რომელიც მანამდე ითვლებოდა, რომ ცვლილებას არ ექვემდებარება. ამ პერიოდში ძლიერი მინერალური მჟავების აღმოჩენა ქიმიის ყველაზე მნიშვნელოვანი მიღწევა იყო. იმ დრომდე 3000 წლის წინათ ვერცხლისწყლის გამოყენებით რკინის წარმატებით მიღების შემდეგ ევროპელმა ქიმიკოსებმა მრავალი ქიმიური

რეაქციის განხორციელება შესძლეს. კერძოდ, მოახერხეს გაეხსნათ ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც უძველესი დროის ბერძნები და არაბები უხსნადად თელიდნენ.

მინიმალური მჟავების აღმოჩენამ კაცობრიობას გაცილებით მეტი მისცა, ვიდრე შეეძლო მიეცა ოქროს, რომ მოხერხებულიყო მისი ტრანსმუტაციით მიღება. ოქროს, რომ შეეწყვიტა იშვიათ მეტალად არსებობა, ის მომენტალურად გაუფასურდებოდა, მინერალური მჟავების ღირებულება კი მით უფრო მაღალია, რაც უფრო იაფადაა მისაღწევი მათი მიღება. XIV საუკუნეში ფილოსოფიური ქვის მიღების ცდაში გაწბილებული დასავლეთის ალქიმიკოსები დაუბრუნდნენ თეორიას, რომელიც ვერცხლისწყალსა და გოგირდს განიხილავენ ლითონის ძირითად შემადგენელ ნაწილად. მაგრამ ამავე დროს მოხდა მესამე შემადგენელი ნაწილის „მარილის“ შემოტანა. მარილში გულისხმობდნენ ლითონთა ფუძოვან მარილებს, რომლებსაც უნდა შეეკვსოთ ორი სხვა შემადგენელი ნაწილი და ვერცხლისწყლისათვის მიეცა გამაგრების და ცეცხლგამძლეობის უნარი. ამგვარად შესწავლილი მარილების რიცხვი მნიშვნელოვნად გაიზარდა. მათ ანსხვავებდნენ წარმოშობის შესაბამისად. ნატრიუმის ქლორიდს უწოდებენ ზღვის მარილს, გვარჯილას ქვამარილს და ა.შ.

ევროპელ ალქიმიკოსებს მეტალურგიის განვითარებაში მნიშვნელოვანი სრულყოფა არ შეუტანიათ. მათ გამოიყენეს მხოლოდ ის, რაც არაბი ალქიმიკოსებისათვის იყო ცნობილი და რაც ევროპული ქვეყნის პირობებისათვის მადნების გადასამუშავებლად მისაღები იყო.

ევროპელი ალქიმიკოსების დამსახურებად უნდა ჩაითვალოს პროდუქტთა დუღილის პროცესების შესწავლა. დასავლეთის ალქიმიიდან იღებს სათავეს სუფთა სპირტის მიღება მაგარი ღვინოების ან არაყის გამოხდით. იტალიაში გამოსახდელ აპარატს XI საუკუნიდან იყენებდნენ, რომელიც სწრაფად გავრცელდა ევროპის ქვეყნებში. დასავლეთელი ალქიმიკოსების დამსახურებად უნდა ჩაითვალოს პრაქტიკულ დარგში გამოყენებითი ქიმიის ცოდნის გაფართოება. ამ პერიოდში შეიქმნა ისეთი აპარატები, რომლებიც ცეცხლზე უშუალოდ გასახურებლად გამოიყენებოდა. ასეთებია: ქვიშის აბაზანა, წყლის აბაზანა, რომლებსაც გამოხდის, აორთქლების, ფილტრაციის კრისტალიზაციისათვის იყენებდნენ. ამგვარად მომზადებული იქნა შესაბამისი პირობები ქიმიური ნაერთების გამოსაკვლევად, რომლებიც გამოიყენებოდა მედიცინაში და პრაქტიკულ მეცნიერებაში. ოქროს მოპოვება მრავალი ყალბაბანდის საქმედ იქცა, თუმცა ზოგიერთი დიდი მეცნიერიც (ბოილი, ნიუტონი) ვერ აღუდგნენ ამ ცდუნე-

ბას, ოქრო უშუალოდ ტრანსმუტაციით მიეღოთ. ალქიმიის შესწავლა კვლავ აკრძალული გახდა. აკრძალვა ორ მიზანს ისახავდა: არ უნდა დაეშვათ ოქროს გაუფასურება და აუცილებელი იყო ყალთაბანდთა წინააღმდეგ ბრძოლა.

### 3.5. სამეცნიერო ქიმიის წარმოქმნა

სამეცნიერო ქიმიის წარმოქმნის პერიოდი სამ ასწლეულს მოიცავს. ამ ხნის განმავლობაში აღინიშნება მტკვლობა ქიმიისათვის მიეცათ ერთიანი თეორიული შინაარსი. ეს ჩანს პარაცელსის, შტალის და ლაუუაზიეს შრომებიდანაც. თვითოეული მეცნიერება თავის ღრობის მონაპოვარია. იმისათვის, რომ ისინი გაჩნდნენ აუცილებელია სათანადო პირობები და მდგომარეობა. ქიმიის წარმოქმნა გახდა ევროპული კულტურის განახლების, ახალი სახის სამრეწველო წარმოების მოთხოვნილება. ქიმიამ თავის თავზე განიცადა ცხოვრების ახალი პირობების გავლენა და გამოეყო ძველ ალქიმიას, მოიპოვა გამოკვლევების საკმაოდ დიდი თავისუფლება. ამ თავისუფლების წყალობით ქიმიამ, როგორც დამოუკიდებელმა მეცნიერებამ გადადგა პირველი ნაბიჯები და ჩამოაყალიბა თანამედროვე შეხედულებები, მიზნები და ამოცანები. დამკვიდრდა როგორც მთლიანი და დამოუკიდებელი მეცნიერება.

XVI საუკუნეში ევროპულ ქვეყნებში ალქიმიამ ამოწურა ყველა თავისი შესაძლებლობა, რომელიც მას წინა საუკუნეში ჰქონდა. ალქიმიის სანაცვლოდ მოვიდა სრულიად ახალი ქიმია, რომლის ამოცანები გაიზარდა და მისი მიზანი გახდა არა მარტო ოქროს მიღება, არამედ წამლების დამზადებაც. ამ მიმართულებამ ქიმიურ მეცნიერებაში მიიღო „იატროქიმიის“ სახელწოდება, რომლის ფუძემდებელი იყო შვეიცარიელი ტეოფრასტ ბომბასტ ფონ გოგენვეიმი, რომელიც მეცნიერების ისტორიაში თავისივე შერქმეული პარაცელსის სახელითაა ცნობილი (ცელსი იყო ძველი რომის სწავლული, რომელიც წერდა შრომების მედიცინაზე). პარაცელსის მისწრაფება იყო მედიცინის ქიმიასთან გააერთიანებინა. მან ზედმეტად შეაფასა ქიმიური გარდაქმნების როლი ორგანიზმში და ორგანიზმში წონასწორობის აღდგენა გარკვეულ ქიმიურ ნაერთებს მიაწერა. პარაცელსის ღრმად სწამდა, რომ თუ ადამიანის სხეული შედგება განსაკუთრებული ნივთიერებებისაგან, მაშინ მათში მიმიდინარე ცვლილებებმა უნდა გა-

მოიწვიოს დაავადება, რომელთა განკურნებაც იმ წამლის მიღებით მოხდება, რომლებიც აღადგენენ ქიმიურ წონასწორობას. პარაცელსამდე წამლების სახით ძირითადად გამოიყენებოდა მცენარეული პრეპარატები. პარაცელსი ყველაზე ეფექტურ წამლებად მინერალებისაგან დამზადებულს თვლიდა.

ადამიანის ჯანმრთელობის შენარჩუნებაში პარაცელსი დიდ მნიშვნელობას ქიმიას ანიჭებდა. მისი აზრით მედიცინა დაფუძნებულია ფილოსოფიაზე, ასტროლოგიაზე, ქიმიაზე და მათ კეთილმოქმედებაზე. ქიმიანდა განვითარდეს მედიცინასთან თანხვედრილად, რადგანაც ამ კავშირს ორივე მეცნიერება პროგრესისაკენ მიჰყავს.

იატროქიმიამ ქიმიას მნიშვნელოვანი წარმატება მოუტანა. მისი ხელშეწყობით მოხდა ქიმიის განთავისუფლება ალქიმიისაგან. არსებითად გაფართოვდა ცოდნა სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ნაერთების შესახებ, რამაც სასიკეთო გავლენა მოახდინა ფარმაციაზე. მაგრამ ამავე დროს შემაფერხებელიც აღმოჩნდა, რადგან ვიწროვდებოდა მისი განვითარების სფეროები და გამოკვლევის არე. ამ მიზეზთა გამო მთელი რიგი მკვლევარები XVII და XVIII საუკუნეებში უარს ამბობენ იატროქიმიის პრინციპებზე და თავიანთ გამოკვლევებში სხვა გზას ირჩევენ. ქიმიას ნერგავენ ცხოვრებაში და კაცობრიობის სამსახურში აყენებენ.

### 3.6. ფლობისტონის თეორია

XVII საუკუნეში გრიგალისებური სისწრაფით დაიწყო განვითარება მექანიკამ, რომელიც ქიმიისათვის ნაყოფიერი გამოდგა.

მექანიკის განვითარებამ კაცობრიობა ორთქლის მანქანის შექმნამდე მიიყვანა. ცეცხლისა და ორთქლის მანქანის გამოყენებამ ქიმიკოსებს წვის პროცესებისადამი დიდი ინტერესი გაუჩინა. რატომ იწვის ერთი სხეული, ხოლო მეორე არა? და თავის მხრივ რას წარმოადგენს წვა?

XVIII საუკუნემდე, ჯერ კიდევ ადრეული პერიოდის ბერძენი და ევროპელი ალქიმიკოსები ცდილობდნენ ამ კითხვაზე პასუხის გაეცათ. მათი წარმოდგენით ყველაფერი ის რაც შეიძლება დაიწვას წვის ელემენტებს შეიცავს, რომლებიც პირობების შესაბამისად თავისუფლდებიან. ალქიმიკოსები თვლიდნენ, რომ წვის უნარის მქონე ნივთიერებები თვითონ შეიცავენ ელემენტ „სულფურს“

1669 წელს გერმანელი ქიმიკოსი იოჰან ბეხერი შეეცადა წვის მოვლენისათვის რაციონალური ახსნა მიეცა. მან დაუშვა, რომ მყარი ნივთიერებები შედგება სამი სახის „მიწისაგან“ და ამათგან ერთ-ერთი სახეობა, რომელსაც მან „ცხიმიანი მიწა“ უწოდა, წარმოადგენს საწვავ ნივთიერებას. რათქმუნდა ეს ახსნა არ იძლეოდა პასუხს წვის არსზე, მაგრამ ყველაფერი ეს მიმართული იყო ერთი თეორიისაკენ, რომელიც ფლოგისტონის თეორიად არის ცნობილი.

ფლოგისტონის თეორიის ფუძემდებლად ითვლება გერმანელი ექიმი და ქიმიკოსი გეორგი შტალი, რომელიც შეეცადა თანმიმდევრულად განევითარებინა ბეხერის იდეა „ცხიმიანი მიწის“ შესახებ, მაგრამ ბეხერისაგან განსხვავებით შტალმა „ცხიმიანი მიწის“ ნაცვლად გამოიყენება ცნება „ფლოგისტონი“, რაც ბერძნული სიტყვაა და „ფლოგისტო“ საწვავს, აალებას ნიშნავს. ტერმინმა „ფლოგისტონი“ ფართო გავრცელება ჰპოვა, რასაც თვითონ შტალის ნაშრომებიც დაედო საფუძვლად. ამ თეორიამ გააერთიანა იმ დროისათვის ცნობილი მრავალრიცხოვანი ცნებები წვისა და გამოწვის შესახებ.

ფლოგისტონის თეორია დაფუძნებულია რწმენაზე, რომ ყველა წვის უნარის მქონე ნივთიერებები შეიცავენ საწვავ ნივთიერებას – ფლოგისტონს და რაც უფრო მეტ ფლოგისტონს შეიცავს მოცემული სხეული, იმდენად მეტი წვის უნარი აქვთ მათ. ის რაც მიიღება წვის პროცესის შემდეგ, ფლოგისტონს არ შეიცავს წვაც არ შეუძლია. შტალი ამტკიცებდა, რომ ლითონების დნობა ხის წვის მსგავსია. მისი აზრით ლითონებიც ფლოგისტონს შეიცავენ და მისი დაკარგვის შემდეგ ხენჯად გარდაიქმნებიან. თუ ამ ნარჩენებს კვლავ ფლოგისტონს დაეუმატებთ ხელახლა ლითონს მივიღებთ. ამ ნივთიერებათა გახურებით ნახშირთან მეტალი „აღორძინდება“

შტალის განმარტებით მადანი, რომელიც მცირე რაოდენობით ფლოგისტონს შეიცავს უნდა გახურდეს ხის ნახშირზე, რომელიც საკმაოდ მდიდარია ფლოგისტონით. ამ დროს ფლოგისტონი ხის ნახშირიდან გადადის მადანში და შედეგად ხის ნახშირი გარდაიქმნება ფლოგისტონით ღარიბ ნაცრად, ხოლო ფლოგისტონით მდიდარი მადნები გარდაიქმნება ლითონებად.

პირველ ხანებში შტალის ფლოგისტონის თეორია მძაფრ კრიტიკას შეხვდა, მაგრამ ამ თეორიამ სწრაფი განვითარება დაიწყო და XVII საუკუნის მეორე ნახევარში ყველა მხარის ქიმიკოსების მიერ იყო მიღებული

ლი. ამ თეორიამ მთელ რიგ კითხვებს სრულყოფილი პასუხი გასცა, მაგრამ რჩებოდა კითხვები, რომლებსაც ვერც შტალმა და ვერც მისმა მიმდევრებმა პასუხი ვერ მოუძებნეს. საქმე იმაშია, რომ წვის დროს საწვავი ნივთიერებების (ხე, ქაღალდი, ცხიმი) მნიშვნელოვანი ნაწილი ქრებოდა. დარჩენილი ნაცარი მნიშვნელოვნად მსუბუქი იყო ვიდრე საწყისი ნივთიერება. XVIII საუკუნის ქიმიკოსები ამ პრობლემას არ მიიჩნევდნენ მნიშვნელოვან პრობლემად. ისინი ვერ ხვდებოდნენ ზუსტი გაზომვების მნიშვნელობას. მათი აზრით ფლოგისტონის თეორიამ ახსნა შინაგანი ცვლილებების მიზეზები და ნივთიერებათა თვისებები, ხოლო მასის შემცირება მათთვის მნიშვნელოვანს არ წარმოადგენდა.

### 3.7. ლავუაზიეს მასის მუდმივობის კანონი

XVIII საუკუნის ბოლოს ქიმიაში დიდი რაოდენობის ექსპერიმენტალური მასალა დაგროვდა, რაც ერთიან თეორიულ ჩარჩოებში მოქცევას მოითხოვდა. ასეთი თეორიის შემქმნელად მოგვევლინა ფრანგი ქიმიკოსი ანტუან-ლორან ლავუაზიე (1743-1794). მან ზუსტი ცდებით დაამტკიცა (1789), რომ გახურებისას მეტალიდან ხენჯის წარმოქმნის დროს ხდება ჟანგბადის შთანთქმა. მან მოახერხა ეპოვნა პასუხი კითხვაზე, რომ ხენჯისა და მეტალის მასათა სხვაობა უდრის ჰაერიდან შთანთქმული ჟანგბადის მასას. ლავუაზიეს მიერ ჩამოყალიბებულმა წვიმის მოვლენების მეცნიერულმა ახსნამ მთელი რევოლუცია მოახდინა ქიმიაში. ლავუაზიე თავისი მოღვაწეობის დასაწყისიდანვე მიხვდა ქიმიურ პროცესებში მონაწილე ნივთიერებათა ზომა-წონის მნიშვნელობას. ქიმიური რეაქციის შესწავლის დროს გაზომვების გამოყენებამ მას საშუალება მისცა დაემტკიცებინა, რომ ძველი თეორიები ბევრ შემთხვევაში ხელს უშლიან ქიმიის განვითარებას. ანალიზის შედეგად ლავუაზიემ ექსპერიმენტულად დაამტკიცა, რომ ქიმიური რეაქციების დროს მორეაგირე ნივთიერებათა მასა უცვლელი რჩება.

ლავუაზიეს მიერ ქიმიური გარდაქმნებისას ნივთიერების მასის მუდმივობის კანონის დადგენას უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა ქიმიის განვითარებისათვის. ლავუაზიემ ნათელყო, რომ ქიმიური რეაქციების დროს არ ხდება ელემენტების ურთიერთგარდაქმნა. ამგვარად, მატერიის მარადისობის კანონი მან ელემენტების მუდმივობის პრინციპს დაუმატა.

ამან ლაევუაზიეს საუშალება მისცა, წამოეყენებინა ახალი თეორია, ლითონების წარმოქმნისა მადნიდან. ამ თეორიის თანახმად ლითონები შეერთებულია აირებთან. როდესაც მადანს ახურებენ ხის ნახშირთან, ნახშირი აღსრობიერებს აირს მადნიდან და ამის გამო წარმოიქმნება ნახშირმჟავა გაზი და ლითონი.

ამგვარად შტალისაგან განსხვავებით, რომელიც თვლიდა, რომ მეტალის გამოღობა მოიცავს ფლოგისტონის გადასვლას ხის ნახშირიდან მადანში, ლაევუაზიემ ეს პროცესი წარმოადგინა როგორც გაზის გადასვლა მადნიდან ნახშირში. ლაევუაზიეს იდეამ შესაძლებელი გახადა ახსნილიყო ნივთიერებათა მასის ცვლილება წვის შედეგად. გაიზარდა რა მის მიერ ჩატარებული ცდების რაოდენობა, მიღებული შედეგების დასკვნების საფუძველზე ჩამოაყალიბა მასის მუდმივობის კანონი.

მრავალრიცხოვანი ცდებისა და ექსპერიმენტების საფუძველზე ლაევუაზიე კვლავ მივიდა დასკვნამდე, რომ ჰაერი არ არის მარტივი ნივთიერება. ის წარმოადგენს ორი გაზის ნარევს. ჰაერის ერთი მეხუთედი წარმოადგენს გაზს, რომელიც უერთდება წვად და ჟანგვად საგნებს, გადადის მადნიდან ხის ნახშირში და აუცილებელია სიცოცხლისათვის. ლაევუაზიემ ამ გაზს ჟანგბადი უწოდა. მეორე გაზს, რომელიც ჰაერის 4/5 ნაწილს შეადგენს წარმოადგენილი იქნა სრულიად დამოუკიდებელ ნივთიერებად. ეს გაზი წვას ხელს არ უწყობს და მას ლაევუაზიემ აზოტი – უსიცოცხლო უწოდა.

ლაევუაზიეს გამოკვლევებში დიდი როლი შეასრულა ინგლისელი ფიზიკოსის კავენდიშის ცდებმა. კავენდიშმა დაამტკიცა, რომ წვის დროს წარმოქმნილი გაზები კონდენსირდება სითხედ, რომელიც როგორც ანალიზმა გვიჩვენა მხოლოდ და მხოლოდ წყალია. ამ აღმოჩენას უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა, რადგანაც აღმოჩნდა, რომ წყალი მარტივი ნივთიერება კი არ არის, არამედ ორი გაზის ნაერთია.

ლაევუაზიემ გახურების შედეგად გამოყოფილ გაზს წყალბადი უწოდა (წყლის წარმომქმნელი) და აღნიშნა, რომ წყალბადი იწვის, უერთდება ჟანგბადს და ცხადია წყალი წარმოადგენს წყალბადისა და ჟანგბადის ნაერთს.

ლაევუაზიეს ახალმა თეორიამ ქიმიის მთლიანი რაციონალიზაცია მოახდინა. საბოლოოდ დამთავრდა წარმოდგენები საიდუმლო ელემენტების შესახებ. ამ დროს ქიმიკოსები დაინტერესდნენ მხოლოდ იმ ნივთიერებებით, რომლებიც შეიძლებოდა აეწონათ ან გაეზომათ რომელიმე სხვა მეთოდებით.



ლაეუაზიეს დიდი დამსახურება ის არის, რომ მარადისობის კანონებიდან გამომდინარე ქიმიური რეაქციები მან ალგებრული განტოლებებით გამოსახა. ის ქიმიური განტოლებები, რომლებითაც ჩვენ დღეს ქიმიური რეაქციებს გამოვსახავთ პირველად ლაეუაზიმ შემოიღო მეცნიერებაში. მისი შრომების შედეგად ქიმია ზუსტი მეცნიერება გახდა.

### 3.8. ქიმიის ძირითადი კანონების აღმოჩენა

XIX საუკუნის 30-40-იან წლებამდე ქიმიაში მთავარი პრობლემა იყო ნივთიერებათა ქიმიური შედგენილობა. მანუფაქტურული წარმოება ამ დროს შეიცვალა მანქანური წარმოებით. ამისათვის საჭირო გახდა ფართო ნედლეულის ბაზა. სამრეწველო წარმოებაში დაიწყო მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებათა უდიდესი რაოდენობის გადამუშავება. წარმოებაში მონაწილეობას იღებდნენ ისეთი ნივთიერებები, რომელთა თვისებები და ხარისხი არაერთგვაროვნებით ხასიათდებოდა, რომლებიც ორგანული წარმოშობის მხოლოდ რამდენიმე ელემენტს: ნახშირბადს, წყალბადს, გოგირდს და ფოსფორს შეიცავდნენ. ორგანული ნაერთების განსხვავების მიზეზის ძებნა ქიმიკოსებმა დაიწყო არა მარტო მის შემადგენლობაში, არამედ ამ ელემენტების შეერთების თანამიმდევრობაში. ე.ი. მის სტრუქტურაში.

მრავალმხრივი ლაბორატორიული ექსპერიმენტები დაბეჯითებით ირწმუნებოდნენ, რომ იმ ნივთიერებათა თვისებები, რომლებიც ქიმიური რეაქციის შედეგად მიიღებოდნენ დამოკიდებული იყო არა მხოლოდ იმ ელემენტებისაგან, რომლისგანაც ისინი შედგებოდა, არამედ ქიმიური რეაქციების დროს მათი ურთიერთკავშირისაგან და ურთიერთქმედებისაგან. ამის გამო ქიმიკოსები სულ უფრო დაინტერესდნენ ნივთიერებათა სტრუქტურის პრობლემით.

პირველი სწავლული, რომელმაც მნიშვნელოვან წარმატებას მიაღწია ქიმიის ახალი მიმართულების განვითარებაში იყო ინგლისური ქიმიკოსი ჯონ დალტონი, რომელიც ქიმიის ისტორიაში შევიდა როგორც ჯერად ფარდობათა კანონის პირველი აღმოჩენი და ატომური თეორიის ფუძემდებელი. ყველა თეორიული დასკვნები მან მიიღო თავისი საკუთარი აღმოჩენების საფუძველზე. დალტონმა დაადგინა, რომ ორ ელემენტს შეუძლია ერთმანეთს შეუერთდეს სხვადასხვა თანაფარდობით, მაგრამ ყოველი ახალი კომბინაცია თავისთავად წარმოადგენს ახალ ნაერთებს.

უძველესი დროის ატომისტების მსგავსად, დალტონი გამოდიოდა მატერიის კორპუსკულური აგებულების მდგომარეობიდან, მაგრამ ეფუძნებოდა ლავუაზიეს მიერ ფორმულირებულ ქიმიური ელემენტების ცნებას. ფიქრობდა, რომ ცალკეული ელემენტების ყველა ატომები ერთნაირია და ხასიათდებიან იმით, რომ ფლობენ თავის ატომურ წონას. მაგრამ ეს წონა ფარდობითია, რადგანაც ატომის აბსოლუტური წონის განსაზღვრა შეუძლებელია. ჯერად ფარდობითი კანონიდან მან გამოიყვანა ცნება ატომური მასის შესახებ, რასაც დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ატომისტიკის შემდგომი განვითარებისათვის.

ატომისტიკის თვალსაზრისით, რეაქციის დროს ელემენტის წონითი თანაფარდობის გარკვევის აუცილებლობამ მოითხოვა ატომური მასების შემოტანა. ვინაიდან თითოეული ატომური მასა მეტად მცირეა, ამიტომ შემოიღეს ფარდობითი ატომური მასები. მათ განსასაზღვრავად საკმარისი იყო რაიმე ელემენტის გამოსახვა პირობითი ერთეულებით, ვინაიდან ყველაზე მსუბუქი ელემენტი წყალბადია, ამიტომ თავდაპირველად ატომური მასის ერთეულად მიიღეს წყალბადის ატომური მასა. მაგრამ ატომური მასების განსაზღვრა მეტად რთული აღმოჩნდა, რადგან მხოლოდ შესაერთებელი ელემენტების მასების ცოდნა არ იყო საკმარისი. დალტონის იდეის ექსპერიმენტულად დასამტკიცებლად აუცილებელია, რომ ელემენტი შეუერთდეს წყალბადს და წარმოქმნას ნაერთები. თუ ეს არ ხდება, მაშინ აუცილებელია ეს ელემენტი შეუერთდეს სხვა რომელიმე ელემენტს, რომელსაც უნარი აქვს ნაერთები წარმოქმნას წყალბადთან, მაშინ ყოველთვის შეიძლება განისაზღვროს მისი ატომური მასის დამოკიდებულება წყალბადერთეულთან.

ასეთი მსჯელობის საფუძველზე დალტონმა შეადგინა ატომური მასების პირველი ცხრილი, მაგრამ მთელ რიგ ასპექტში ეს ცხრილი იყო მცდარი.

დალტონის ძირითადი შეცდომა იყო მოსაზრება, რომ მოლეკულების წარმოქმნის დროს ერთი ელემენტის ატომები მეორე ელემენტის ატომებს უკავშირდებიან წყვილწყვილად. თუმცა იმ პერიოდში საკმარისი მონაცემები არსებობდა, რომლებიც მოწმობდნენ, რომ ამგვარი თანაფარდობა „ერთ-ერთან“ არ წარმოადგენდა საერთო წესს.

იმისათვის, რომ ქიმიაში დალტონის ატომურ თეორიას მეცნიერული სტატუსი დაემკვიდრებინა, საჭირო იყო მისი გაერთიანება მოლეკულურ თეორიასთან, რომელიც მოიაზრებდა ისეთი ნაწილაკის არსებობას,

რომელიც შედგებოდა ორი ან მეტი ატომისაგან და რომელსაც უნარი ჰქონდა რეაქციების დროს დაშლილიყო შემადგენელ ნაწილებად.

ქიმიური ატომისტიკის შემობრუნების ეტაპი დაკავშირებულია შვედი ქიმიკოსის იენის იაკობ ბერცელიუსის სახელთან, რომელმაც დალტონის კვალდაკვალ განსაკუთრებით დიდი წვლილი შეიტანა ატომური თეორიის შექმნაში.

როცა დალტონმა დაუშვა თავისი ატომური თეორია და დაადგინა ჯერად ფარდობათა კანონი, ახალგაზრდა შვედმა ქიმიკოსმა მიზნად დაისახა ეპოვა ქიმიური ნაერთის წარმოქმნის კანონი, ძირფესვიანად შეისწავლა მათი შემადგენლობის საკითხები. ჩაატარა რა ასობით ანალიზი, მან შედგენილობის მუდმივობის დამამტკიცებელი უამრავი მტკიცებულება წარმოადგინა, რამაც ქიმიკოსები იძულებული გახადა ეცნოთ ამ კანონის სამართლიანობა და მიეღოთ ატომისტიკური თეორია, რომელიც უშუალოდ გამომდინარეობდა შედგენილობის მუდმივობის კანონიდან.

ამის შემდეგ ბერცელიუსი შეუდგა ელემენტთა ატომური მასების განსაზღვრის პრობლემის გადაწყვეტას. შეიმუშავა უფრო რთული და ზუსტი ექსპერიმენტული მეთოდები, ვიდრე დალტონისათვის იყო ცნობილი. ხანგრძლივი და დაუღალავი ანალიზური სამუშაოების შესრულების შედეგად ბერცელიუსი მივიდა დასკვნამდე, რომ მარილებში არსებობს მარტივი და მუდმივი დამოკიდებულება ფუძის ჟანგბადისა და მჟაეას ჟანგბადის ატომებს შორის. ამ წესს ატომური პრობლემის შესწავლის დროს ის ყოველთვის იცავდა.

თავის გამოკვლევებისა და გაანგარიშებების საფუძველზე 1826 წელს ბერცელიუსმა გამოაქვეყნა ატომური მასების პირველი ცხრილი, რომელიც გამოირჩეოდა მაღალი სიზუსტით. ამ ცხრილში ელემენტთა ატომური მასები შედარებულია ჟანგბადის ატომურ მასასთან, რომლის მასა მიჩნეულია ასის ტოლად. ამ ცხრილში მოყვანილი ელემენტთა მასები (ორი-სამი ელემენტის გარდა) ძირითადად ემთხვევა დღეისათვის მიღებულს. დალტონისა და ბერცელიუსის ცხრილების განსხვავება არსებითად მდგომარეობს იმაში, რომ ბერცელიუსის მიერ მიღებული ატომური მასები უმრავლეს შემთხვევაში არ არის მთელი რიცხვები. ეს გაანგარიშებები შემდგომში სხვა მეცნიერების მიერ დაზუსტდა და დამტკიცდა.

ბერცელიუსის ატომისტიკურ შრომებთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული სიმბოლიკების გამოყენება, რომელიც მას 1814 წელს მოგვცა არა მარტო ელემენტებით აღნიშვნისათვის, არამედ ქიმიური რეაქციების

ფორმულებით ჩაწერისათვისაც. მისმა ქიმიური სიმბოლიკის გამოყენებამ მკვეთრად იმოქმედა ქიმიის განვითარებაზე. ქიმიური ელემენტების სიმბოლოებად გამოყენებული იქნა მათი ლათინური ან ბერძნული სახელწოდებების პირველი ან პირველი და მეორე ასოები. ასე გაჩნდა ქიმიურ ელემენტთა სიმბოლიკა, რომელიც დღესდღეობით მთელ მსოფლიოში გამოიყენება.

ძალიან დიდია ბერცელიუსის აღმოჩენის როლი ქიმიის განვითარებაში, მაგრამ იმის გახსენება აუცილებელია, რომ ბერცელიუსმა ჯერ კიდევ თავისი მოღვაწეობის დასაწყისში წამოაყენა იდეა ყველა ნივთიერებების ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებად დაყოფის შესახებ.

უძველეს დროში ცეცხლის აღმოჩენის ეპოქიდან ადამიანმა ყველა ნივთიერება ორ ჯგუფად დაყო: წვად და არაწვად ნივთიერებებად. წვადს მიეკუთვნებოდა ხე და ცხიმი, რომლებსაც ძირითადად საწვავად გამოიყენებდნენ. ხე მცენარეული წარმოშობის პროდუქტია, ხოლო ცხიმი როგორც მცენარეული ისე ცხოველური წარმოშობის. მათგან განსხვავებით წყალი, ქვიშა, მთის ქანები და სხვა ბევრი ნივთიერება მინერალური წარმოშობისაა. არ იწვიან და ცეცხლსაც კი აქრობენ. იმ ნივთიერებათა შორის, რომლებსაც უნარი აქვთ დაიწვან და მათ შორის რომლებსაც ისინი მიეკუთვნებიან, ცოცხალს და არაცოცხალს, მათ შორის არსებობს განსაზღვრული კავშირი.

თერამპტი საუკუნის განმავლობაში ნივთიერებათა ბუნებაზე დაგროვილმა ცოდნამ ქიმიკოსებს საშუალება მისცა გაეკეთებინათ დასკვნები არა მარტო იმაზე წვადია თუ არა ნივთიერება, არამედ ბერცელიუსმა არაცოცხალი ბუნებიდან მიღებულ ნივთიერებებს, რომლებსაც უნარი ჰქონდათ გაეძლოთ უხეში დამუშავებისათვის არაორგანული უწოდა, ხოლო ცოცხალი ან ოდესღაც ცოცხალი ორგანიზმებიდან მიღებულ ნივთიერებებს, რომლებიც ამგვარ დამუშავებას ვერ უძლებენ ორგანული უწოდა. ნივთიერებათა ეს ორი ჯგუფი პრინციპულად განსხვავდებიან. ქიმიკოსების გაკვირვებას იწვევდა ის, რომ ორგანული ნივთიერებები გახურების დროს ან რომელიმე ზემოქმედების დროს ადვილად გარდაიქმნებიან არაორგანულად (შებრუნებითი გადასვლა გაცილებით მოგვიანებით დადგინდა). იმ დროს მეცნიერებაში ბატონობდა ვიტალიზმი: სწავლება, რომელიც სიცოცხლეს განიხილავდა განსაკუთრებულ მოვლენად, რომელიც მსოფლიოს კანონებს კი არ ემორჩილება, არამედ მასზე გავლენას ახდენენ განსაკუთრებული სასიცოცხლო ძალები, რომლებიც მხოლოდ ცოცხა-

ლი ქსოვილების შიგნით ვლინდებოდა. ამ მიზეზთა გამო არაორგანული ნაერთები მაგალითად წყალი შეიძლებოდა გვეპოვნა ყველგან, მაშინ როცა ორგანული ნაერთები სასიცოცხლო ძალების ზემოქმედებით შეიძლება ვიპოვოთ მხოლოდ ცოცხალ ქსოვილებში. იმ დროის ქიმიკოსებს, რომლებსაც საკმე ჰქონდათ სრულიად ჩვეულებრივ ნაერთებთან და ასევე იყენებდნენ იმ დროისათვის ცნობილ ჩსვეულებრივ მეთოდებს, განეხორციელე-ბინათ ისეთი გარდაქმნები, რომლებიც მოითხოვდნენ სასიცოცხლო ძალების მოქმედებას, ბუნებრივია არ შეეძლოთ.

ქიმიის ისტორია ამტკიცებს, რომ XIX საუკუნის პირველ ნახევარში ქიმიის განვითარება მიმდინარეობდა უწესრიგოდ და ქაოსურად. ქიმიკოსები ახდენდნენ სულ ახალი და ახალი ელემენტების აღმოჩენას. აღწერდნენ მათ თვისებებსა და უნარს მონაწილეობა მიეღოთ სხვადასხვა გარდაქმნებში, რამაც განაპირობა უამრავი მასალის დაგროვება. აუცილებელი გახდა დაგროვილი მასალა მოეყვანათ სისტემაში. ქიმიის მრავალსაუკუნოვანი წარმოქმნის და განვითარების ლოგიკური დასასრული გახდა ქიმიკოსთან პირველი საერთაშორისო კონგრესი, რომელიც შედგა 1860 წლის სექტემბერში გერმანიის ქალაქ კარლსრუეში. კონგრესის მუშაობაში მონაწილეობას იღებდა იმ დროის ყველა გამოჩენილი ქიმიკოსი.

კარლსრუეში ჩატარებულ კონგრესს ძალიან დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ქიმიის განვითარებაში. ამ კონგრესსზე ფაქტობრივად ფორმულირებული და მიღებული იქნა ქიმიის ძირითადი თეორიებისა და კანონების პრინციპები, რომლებსაც დამსწრეთა არაერთარი ეჭვი არ გამოუწვევია. ამით ქიმიამ თავისი თავი გამოაცხადა დეფაქტო, როგორც დამოუკიდებელმა მეცნიერებამ.

უფრო დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა კონგრესის სამეცნიერო შედეგებს. გასული საუკუნის 60-იანი წლების ქიმიაში ისევ შემორჩა არეულობა ატომურ და მოლეკულურ მასებში. არ იყო საშუალება ზუსტად განსაზღვრულიყო ელემენტთა სისტემების საკითხები, რაც უარყოფითად მოქმედებდა თვითონ ქიმიის განვითარებაზეც. მოცემულ მოლეკულაში შემაჯავალი ელემენტების ატომთა სხვადასხვა რიცხვი ქმნიდა გარკვეულ პრობლემებს. სწავლულების მრავალგზის მცდელობა ამ პრობლემისათვის მიეცათ სისტემატური სახე მარცხით მთავრდებოდა, რადგან მათი წინადადებები იყო არასრულყოფილი, რადგან სისტემის შესაქმნელად ფაქტიურად ხშირად იღებდნენ არარსებითს, მეორე ხარისხოვანს და ძალიან ხშირად ელემენტის გარეგან ნიშან-თვისებას.

ამ პრობლემის გადაწყვეტის და განხილვის ინიციატორი გახდა იტალიელი ქიმიკოსი სტანისლავ კანიცარო, რომელმაც წამოაყენა იდეა განეცალკავებინათ ცნებები „ატომური მასა“, „მოლეკულური მასა“ და „ექვივალენტური მასა“. კონგრესზე კანიცარო მხურვალე სიტყვით გამოვიდა და მან მოახერხა მონაწილენი დაერწმუნა მის მიერ წამოყენებული იდეის სისწორეში. სათანადოდ იქნა შეფასებული ბერცელიუსის მიერ შედგენილი ატომური მასების ცხრილი. ამ ამოცანის გადაწყვეტა ქიმიკოსი ნიშნავდა შეთანხმების მიღწევის შესაძლებლობას ნაერთთა ემპირიული ფორმულირების შედგენის შესახებ და ამავე დროს იმას, რომ გაგრძელებულიყო მოლეკულათა აგებულების შესწავლა, ატომთა განლაგების დაზუსტება. ამის გარდა საქმიდან გამომდინარე კონგრესმა გადაწყვიტა მოემზადებინა პირობები ელემენტთა პერიოდული სისტემის შესაქმნელად.

### 3.9. დ.ი. მენდელეევის პერიოდული სისტემა

ქიმიისადმი სისტემური მიდგომის ფუძემდებლად გვევლინება რუსი ქიმიკოსი დიმიტრი ივანეს ძე მენდელეევი. კონგრესის მუშაობის დროს ის იმყოფებოდა გერმანიაში და დისერტაციაზე მუშაობდა. რათქმუნდა ის მონაწილე იყო კონგრესის და უსმენდა კანიცაროს გამოსვლას, რომელმაც ნათლად ჩამოაყალიბა თავისი მოსაზრება ატომური მასის პრობლემის შესახებ. რუსეთში დაბრუნებული მენდელეევი შეუდგა ელემენტთა შესწავლას და განსაკუთრებული ყურადღება მიაქცია ვალენტობის ცვლილების პერიოდულობას ატომური მასის ზრდასთან შესაბამისად.

მენდელეევი თვლიდა, რომ ნებისმიერი ზუსტი ცოდნა შეადგენს სისტემას, რომლის საფუძველი ერთიანი სისტემატიზირების ფაქტორი უნდა გახდეს. ასეთ ფაქტორად მან მიიჩნია ატომური მასა. თვლიდა, რომ ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ყველა ქიმიური ელემენტის ძირითად მახასიათებელს. ელემენტთა ვალენტობის ზრდასა და შემცირებასთან შესაბამისობაში, მათ ატომურ მასაზე დაყრდნობით, მენდელეევემა ელემენტები დაჰყო პერიოდებად. პირველი პერიოდი მოიცავს მხოლოდ ერთ ელემენტ წყალბადს, შემდეგ მოჰყვება ორი პერიოდი შვიდ-შვიდი ელემენტით თითოეულში და შემდეგ პერიოდები, რომლებიც შვიდ ელემენტზე მეტისაგან შედგებიან. ასეთი პერიოდული სისტემა უფრო ნათელი და თვალსაჩინო იყო.

სისტემის ფორმის წყალობით მსოფლიოს სწავლულთა საზოგადოებამ პრიორიტეტი მხოლოდ მენდლეევის პერიოდულ სისტემას მიანიჭა და არა იმ დროინდელი სწავლულების მიერ წარმოდგენილ ელემენტთა სისტემებს, რომლებიც სხვა ფორმით იყო წარმოდგენილი.

მენდლეევის მოღვაწეობის პერიოდში ცნობილი იყო მხოლოდ 62 ქიმიური ელემენტი, ამიტომ სისტემაში აღმოჩნდა ბევრი თავისუფალი უჯრები. ეს მან ახსნა არა სისტემის არასრულყოფილებით, არამედ იმით, რომ შესაბამისი ელემენტები ჯერ არ იყო აღმოჩენილი. შემდგომში, როდესაც აღმოჩენილი იქნა ეს ელემენტები, ამ ელემენტთა თვისებები დაემთხვა იმ თვისებებს რომელიც მენდლეევა იწინასწარმეტყველა.

თუმცა მენდლეევის ელემენტთა კლასიფიკაცია წამყვანი სამეცნიერო მიღწევა იყო, ფართო გავრცელება ჰპოვა და ნამდვილი სამეცნიერო სისტემა გახდა ქიმიური ცოდნისა, მაგრამ მაინც არ იყო იდეალური და სრულყოფილი ცხრილი. პირველი ნაკლი იმაში მდგომარეობდა, რომ წყალბადი, როგორც ერთვალენტიანი ელემენტი მოთავსებული იყო დასაწყისში პირველ უჯრაში. იმდროინდელი ქიმიკოსები ჯერ კიდევ არ მისულიყვნენ ერთიან მოსაზრებამდე, შეიძლებოდა თუ არა წყალბადის მოთავსება ამ ჯგუფში, რადგან წყალბადი არ ჰგავს ამ ჯგუფის სხვა ელემენტებს. ამისა და მასში სხვა ნაკლის გამო რამდენიმე მეცნიერმა თავს ნება მისცა ეს ცხრილი უფრო სრულყოფილი გაეხადათ. ამის შემდეგ პერიოდულმა სისტემამ ქიმიკოსთა საერთაშორისო ავტორიტეტი მოიპოვა, რამდენადაც ის ხსნიდა მრავალ ფაქტს და ყველაზე მთავარს მიუთითებდა არსებით ღრმა დამოკიდებულებას ელემენტთა შორის. გამოჰყავდა ქიმიურ ელემენტთა თვისებები პერიოდული სისტემის რიგობრივ ნომერთან შესაბამისობაში. იმის შემდეგ რაც დადგენილი იქნა ატომის აღნაგობა, სისტემამ უფრო ღრმა ფიზიკური არსი შეიძინა.

### 3.10. ელემენტარული ნაწილაკები: ატომები და მოლეკულები

ატომები ელემენტარული ნაწილაკებია, რომელიც წარმოადგენს მოცემული ელემენტის უმცირეს ნაწილაკს. ატომი არის ინდივიდი, რომელსაც ელემენტის ყველა ძირითადი ნიშანთვისება აქვს.

მეოცე საუკუნემდე ატომი განუყოფელ ნაწილაკად ითვლებოდა. ატომები წარმოდგენილი ჰქონდათ, როგორც უსტრუქტურო უწყვეტი ერ-

თვეაროვანი სფერული ნაწილაკები, რომლებიც სამყაროს ელემენტარულ ნაწილაკებს წარმოადგენდნენ.

ატომები მეტად მცირე ზომის ნაწილაკებია, მათი დიამეტრი დამოკიდებულია ელემენტის გვარობაზე. ატომის დიამეტრი დაახლოების  $10^8$  სმ-ის რიგისაა.

ატომი თანამედროვე წარმოდგენების მიხედვით რთული სისტემაა. ატომი შედგება უაღრესად მცირე ზომის დადებითად დამუხტული ატომბირთვისაგან, რომლის ველში მოძრაობენ ელექტრონები. ატომბირთვის გარშემო ელექტრონები ქმნიან ატომის ელექტრონულ გარსს, რომლის დიამეტრი  $10^{10}$  მ-ის რიგისაა. სხვადასხვა ელემენტის ატომბირთვის მასა და მუხტი განისაზღვრება პროტონის მასის და მუხტის ერთეულებით. პროტონის მასას ემატება ნეიტრონების მასა.

ელექტრონების მუხტი სი ერთეულების  $e=1,6 \cdot 10^{19}$  კლ. (აბსოლუტურით  $e=4,8 \cdot 10^{10}$  ელ. სტ. ერთ) ელექტრონული მუხტის ერთეულია. რადგან მასზე ნაკლები მუხტი არ არსებობს მას ელემენტალური მუხტი ეწოდება.

პროტონების მუხტის აბსოლუტური მნიშვნელობა ელექტრონების მუხტის ტოლია, ნიშნით კი – საპირისპირო. ელექტრონის მუხტი უარყოფითია, პროტონის კი – დადებითი. ვინაიდან ატომბირთვის დადებითი მუხტი პროტონებით არის განპირობებული, ამიტომ ატომბირთვის მუხტი ელემენტალური მუხტის ერთეულებით გამოსახული მთელი რიცხვია, რომელსაც  $Z$  სიმბოლოთი აღნიშნავენ. ატომბირთვის მუხტი  $Z$  მისი მახასიათებელი სიდიდეა. იგი განსაზღვრავს მოცემული ელემენტის ინდივიდუალობას.

ატომბირთვის მხოლოდ მძიმე ნაწილაკებისაგან პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება. ნეიტრონები უმუხტო ნაწილაკებია. პროტონების რიცხვს ატომში განსაზღვრავს მისი დადებითი მუხტი  $Z$ , ხოლო პროტონებისა და ნეიტრონების ჯამი განსაზღვრავს მის მასურ რიცხვს  $M$ -ს.

ატომს ადვილად შეუძლია ქიმიური რეაქციების დროს დაკარგოს ან შეიძინოს ერთი ან რამოდენიმე ელექტრონი, ან შეიძლება მისი ელექტრონები სხვა ატომის ელექტრონებთან ურთიერთქმედებაში შევიდეს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ამა თუ იმ ტიპის ქიმიური ბმა. ქიმიური ძალებით შემზულ ატომთა ერთობლიობას მოლეკულას ვუწოდებთ.

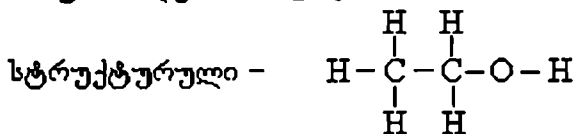
მოლეკულა არის დამოუკიდებელი არსებობის უნარის მქონე ქიმიური ძალებით შეკავშირებული ატომების ერთობლიობა, რომელიც წარმო-



ადგენს მოცემული ნივთიერების უმცირეს ნაწილს და ამ ნივთიერებათა ძირითად ქიმიურ თვისებებს ატარებს. ქიმიური ნაერთების მოლეკულაში ატომთა რიცხვი შეიძლება იყოს სხვადასხვა დაწყებული ორიდან რამდენიმე ათასამდეც კი (მაგალითად ცილების მოლეკულები). პოლიმერის მოლეკულებს მაკრომოლეკულებს უწოდებენ.

მოლეკულების თვისობრივი და რაოდენობრივი შედგენილობა გამოისახება ქიმიური ფორმულებით. ამ ფორმულათა ჩასაწერად გამოიყენება შესაბამისი ქიმიური ნიშნები. ერთი ატომი კალციუმის ნაერთი ერთ ატომ ჟანგბადთან – კალციუმის ოქსიდი – გამოისახება  $\text{CaO}$ . თუ რომელიმე ნაერთის მოლეკულა შეიცავს რომელიმე ელემენტის ორ ერთნაირ ატომს, მაშინ ამ სიმბოლოს შემდეგ იწერება ინდექსი, მაგალითად  $\text{CO}_2$  ან  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

ანსხეავენ ემპირიულ, ან ბრუტო-ფორმულებს, რაციონალურს და სტრუქტურულ ფორმულებს. ემპირიული ფორმულები გვიჩვენებს ატომთა საერთო რიცხვს მოლეკულაში. რაციონალურ ფორმულებში გამოყოფენ ატომთა ჯგუფს, რომელიც დამახასიათებელია ნაერთების კლასისათვის. სტრუქტურული ფორმულები ხასიათდება ატომების განლაგებით მოლეკულაში. მაგალითად ეთილის სპირტის ფორმულებს აქვს შემდეგი სახე:



ნივთიერებათა აგებულების თანამედროვე სწავლების საფუძვლებში დევს პერიოდულობის კანონი და ელემენტთა პერიოდული სისტემა. ისინი თამაშობენ უპირველეს როლს ნივთიერებათა მრავალფეროვნების და ახალი ელემენტების სინთეზის შესწავლაში.

### 3.11. ქიმიკ როგორც მეცნიერება

ერთ-ერთი მიზანი ჩვენი ექსკურსიისა ქიმიის ისტორიაში იყო, მისი როგორც მეცნიერების სპეციფიკის ჩვენება. დ.ი. მენდელეევიმ ყურადღება მიაპყრო, რომ მრავალი სხვა მეცნიერებისაგან განსხვავებით (მაგალითად ბიოლოგია), ქიმია გამოკვლევების საფუძველზე თავის საგანს თვითონ ქმნის. ის ერთდროულად წარმოადგენს მეცნიერებასაც და წარმოებასაც. ქიმია კაცობრიობას ძირითადად სჭირდებოდა იმისათვის, რომ ბუნებრივი ნივთიერებებისაგან მიეღოთ ლითონები და კერამიკა, კირი და ცემენტი, მიწა და ბეტონი, საღებავები და ფარმაცევტული პრეპარატები, ასაფეთქებელი ნივთიერებები, საწვავ-საპოხი მასალები, კაუჩუკი და პლასტმასები, ქიმიური ბოჭკო და ელექტროფიზიკური თვისებების მქონე მასალები. ამიტომაც ყველა ცოდნა ქიმიაში, რომელიც ასწლელეებით იქნა შექმნილი და წარმოდგენილი თეორიების, კანონების მეთოდების, ტექნოლოგიების სახით, გარდაუვლად აერთიანებს ერთადერთ მთავარს ქიმიის ამოცანას. ეს ამოცანა საჭიროა თვისებების მქონე ნივთიერებათა მიღებისას. ეს კი საწარმოო ამოცანაა, და რომ მოხდეს მისი რეალიზაცია, უნდა ვიცოდეთ ერთი ნივთიერებიდან მეორის წარმოება. ასე ვთქვათ განვახორციელოთ ნივთიერებების თვისობრივი გარდაქმნები. დასახელებული საწარმოო ამოცანა რო გადავწყვიტოთ, ქიმიამ უნდა ამოხსნას ნივთიერებათა თვისებების გენეზისის თეორიული ამოცანა.

ამგვარად, ქიმიის ძირთად ამოცანას წარმოადგენს ორი მთლიანი პრობლემის გადაწყვეტა: საჭირო თვისებების მქონე ნივთიერებების მიღება (რომლის მისაღწევად მიმართულია ადამიანის მწარმოებლური შემოქმედება) და ნივთიერებათა თვისებების მართვის ხერხების გამოვლენა (რეალიზაცია, რისთვისაც მიმართულია საკვლე-სამეცნიერო შემოქმედება).

ეს პრობლემა უძველეს დროიდან მოდის და თავისი მნიშვნელობა დღევანდლამდე არ დაუკარგავს. ბუნებრივია, რომ სხვადასხვა ისტორიულ ეპოქაში ის სხვადასხვაგვარად წყდებოდა. მისი გადაწყვეტის ხერხები დამოკიდებულია საზოგადოების მატერიალურ და სულიერ კულტურაზე, ასევე შინაგან კანონზომიერებებზე, სამეცნიერო შემეცნების ჩვეულ მიმდინარეობაზე. საკმარისია ითქვას, რომ ისეთი მასალების დამზადება, როგორც არის მინა და კერამიკა, საღებავები და სურნელოვანი ნივთიერებები უძველეს დროში სრულიად სხვაგვარად ხორციელდებოდა, ვიდრე XVIII საუკუნეში და უფრო მოგვიანებით.

ქიმიის მთელი ისტორია, მთელი მისი განვითარება წარმოადგენს ხერხების ცვლის კანონზომიერ პროცესს. ქიმიის ძირითადი პრობლემების მნიშვნელოვან თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ მას გადასაწყვეტად მხოლოდ ოთხი საშუალება აქვს. ამავე დროს საუბარი ეხება არა ნივთიერებების შესწავლის და გარდაქმნის კერძო მეთოდებს, რომლებიც უამრავია, არამედ თვითონ საკითხის გადაწყვეტის ზოგად ხერხებს, რომელთა ფაქტორებიც განსაზღვრავენ ნივთიერებათა თვისებებს. ყველაფერი ეს დამოკიდებულია ოთხ ფაქტორზე:

1. რა ელემენტებისა და მოლეკულებისაგან შედგება;
2. როგორია მისი მოლეკულური სტრუქტურა;
3. მისი თერმოდინამიკური და კინეტიკური (კატალიზატორების, მასალის ზემოქმედება ჭურჭლის კედლებზე და ა.შ.) პირობები, რომლებშიც ნივთიერება იმყოფება ქიმიური რეაქციის პროცესის დროს;
4. ნივთიერების ქიმიური ორგანიზაციის სიძალდე.

*პირველი* პრობლემის გადამწყვეტი ნამდვილად მოქმედი მეთოდი წარმოიშვა XVII საუკუნის მეორე ნახევარში, ინგლისელი მეცნიერის რობერტ ბოილის შრომებში. მისმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ სხეულის ხარისხს და თვისებას არა აქვს აბსოლუტური ხასიათი და დამოკიდებულია იმაზე, რომელი ქიმიური ელემენტებისაგან შედგებიან ეს სხეულები. ამ მომენტიდან ჩათვალეს, რომ მარტივი სხეულის უმცირეს ნაწილაკს წარმოადგენს მოლეკულა. XIX საუკუნის პირველ ნახევარამდე, ნივთიერების შედგენილობის პრობლემის გადაწყვეტით დაკავებული იყო მთელი ქიმია. ეს პრობლემა არსებობს დღესაც, მაგრამ არსებობს როგორც ქიმიის რაღაც ნაწილი.

ნივთიერებათა შედგენილობის სწავლების მონოპოლიური მდგომარეობა გაგრძელდა 1830 წლამდე. ამ დროს მანუფაქტურული წარმოება იცვლება ფაბრიკულით, რომელიც მანქანურ ტექნიკასა და ნედლეულის ფართო ბაზას ეყრდნობა და ქიმიურ წარმოებაში შესაძლებელი ხდება მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებების უდიდესი მასის გადამუშავება. მათი შედგენილობა უკიდურესად ერთგვაროვანია, მათი თვისობრივი მრავალფეროვნება კი არაერთგვაროვნად დიდი. ასობით ათასი ქიმიური ნაერთები – მხოლოდ რამდენიმე ორგანოგენური ელემენტით (ნახშირბადი, წყალბადი, ჟანგბადი, გოგირდი, აზოტი, ფოსფორი), რომლებისგანაც ეს ნაერთები შედგება. არაჩვეულებრივად ფართო მრავალფეროვნება, ესოდენ ღარიბი შედგენილობით, ნაპოვნი და ახსნილი

იქნა მოვლენაში, რომელმაც „იზომერიის“ და „პოლიმერიზაციის“ სახელწოდება მიიღო. სრულიად ნათელი გახდა, რომ ნივთიერებათა თვისებები განპირობებულია არა მარტო შედგენილობით, არამედ მოლეკულათა სტრუქტურით. გაჩნდა ახლებური გადაწყვეტა თვისების გენეზისის პრობლემისა.

ასე ჩაეყარა საფუძველი ქიმიური ცოდნის განვითარების მეორე დონის დასაწყისს, რომელმაც სტრუქტურული ქიმიის სახელწოდება მიიღო. თავის განვითარების მეორე დონეზე უპირატესი ანალიზური მეცნიერებიდან, ქიმია ძირითადად სინთეზურ მეცნიერებად გადაიქცა. ქიმიაში ეს პერიოდი დაკავშირებულია ორგანული სინთეზის განვითარებასთან. ამ დროს საფეიქრო მრეწველობისათვის გაჩნდა ყოვლისშემძლე აზოსაღებავები, ფარმაციაში სხვადასხვა პრეპარატები, ხელოვნური აბრეშუმი და ა.შ. ამისათვის ყველა მასალებს ადრეულ პერიოდში მოიპოვებდნენ შეზღუდულ მაშტაბებში და დაბალმწარმოებლურად უდიდესი დანახარჯებით, უპირატესად სოფლისმეურნეობითი შრომით.

სტრუქტურული ქიმიის განსაკვიფრებელი მიღწევები ხანმოკლე აღმოჩნდა. აეტომშენებლობის, ავიაციის, ენერგეტიკის, ხელსაწყოთმშენებლობის ინტენსიურმა განვითარებამ XX საუკუნის პირველ ნახევარში წინ წამოსწია მასალათა წარმოების ახალი მოთხოვნები, აუცილებელი იყო ძრავის მაღალოქტანური საწვავი, სპეციალური სინთეზური კაუჩუკი, პლასტმასები, მაღალი მდგრადობის მქონე საღებავები, ცეცხლგამძლე ორგანული და არაორგანული პოლიმერები, ნახევარგამტარები. ამ მასალების მიღების ამოცანის გადასაჭრელად, ქიმიის ძირითადი პრობლემად იქცა ის როს, დაფუძნებული შედგენილობისა და სტრუქტურის თეორიული საფუძვლები არ აღმოჩნდა საკმარისი. ის არ ითვალისწინებდა ნივთიერებათა მკვეთრ ცვლილებას ტემპერატურის, წნევის, გამხსნელების და სხვა მრავალი ფაქტორების ცვლილებების შესაბამისად, რომლებიც მოქმედებდნენ ქიმიური პროცესების სიჩქარესა და მიმართულებაზე.

წარმოების ახალი მოთხოვნილებების ზემოქმედებით წარმოიქმნა თვისებათა გენეზისის პრობლემების გადაწყვეტის მესამე ეტაპი, რომელშიც გათვალისწინებულია ქიმიური რეაქციების პროცესების მთელი სირთულე, რომელიც უზრუნველყოფს მისაღებ ეკონომიკურ მწარმოებლობას. ამის შემდეგ ქიმია უკვე ხდება მეცნიერება არა მარტო და არა მხოლოდ ნივთიერებათა შესახებ, არამედ მეცნიერება პროცესებისა და

ნივთიერებათა ცვლილებების მექანიზმის შესახებ. ამის წყალობით ქიმი-  
ამ უზრუნველყო მრავალტონაჟიანი წარმოება სინთეზური მასალებით,  
რომელმაც სამშენებლო საქმეში შეცვალა ხე და ლითონები კვების ნედ-  
ლეულის ნაცვლად. ლაქსაღებავების, სარეცხი საშუალებების, საპოხი  
მასალების, ხელოვნური ბოჭკოს, კაუჩუკის, ეთილის სპირტის და მრავალი სხვა გამხსნელის წარმოებამ ბაზირება დაიწყო ნავთობის ნედლე-  
ულზე, ხოლო აზოტოვანი სასუქების წარმოებამ ჰაერიდან მიღებული  
აზოტის საფუძველზე. გაჩნდა ნავთობქიმიური წარმოების ტექნოლოგიე-  
ბი თავისი სისტემებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ მაღალმწარმოებ-  
ლურ პროცესებს.

XX საუკუნის 60-70-იან წლებში გაჩნდა ქიმიის ძირითადი პრობ-  
ლემების გადაჭრის *მეოთხე* ფაქტორი, რომელიც გზას უხსნის წარმოე-  
ბაში ყველაზე მაღალორგანიზებული ქიმიურ სისტემებს. ამ მეთოდის სა-  
ფუძვლებში არის პრინციპი, მიზნობრივი პროდუქტების მიღება ისეთ პი-  
რობებში, რომლებსაც ქიმიურ რეაქციებში გამოყენებული კატალიზატო-  
რების თვითსრულყოფისაკენ მივყავართ. ე.ი. ქიმიური სისტემების თვი-  
თორგანიზაციისაკენ. არსებითად საქმე ეხება ცოცხალი ბუნების ქიმიუ-  
რი გამოცდილების გამოყენება. ეს თავისებურად ქიმიის ბიოლოგიზაცია-  
აა. ქიმიური რეაქტორი წარმოდგეიდეგება როგორც რაღაც ცოცხალი  
სისტემის მაგვარი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია თვითორგანიზა-  
ცია და ქცევის განსაზღვრული ნიშანი.

ამგვარად ჩვენ ვხედავთ ქიმიური ცოდნის განვითარების ოთხ დო-  
ნეს, ან როგორც არის მიღებული გამოთქმა იერარქიულ დამოკიდებულე-  
ბაში მყოფი ოთხი კონცეპტუალური სისტემა.

სისტემების საფუძველზე ქიმიურ მეცნიერებაში ყალიბდება მსოფ-  
ლიოს ქიმიური სურათი — ბუნების ხედვა ქიმიური თვალსაზრისით, რო-  
მელიც ამავე დროს განსაზღვრავს ქიმიური ობიექტების და პროცესების  
ადგილსა და როლს ყველა რეალურ ბუნებრივ მრავალფეროვნებაში. მის  
შინაარსს წარმოადგენს:

1. მოცემული ეპოქის ცოდნის განზოგადება იმ მხრივ, თუ რას  
წარმოადგენს თვითონ ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების ობიექტი, ქი-  
მიური შემადგენლობის თვალსაზრისით. ამაში შედის სწავლება ნივთიე-  
რებების ნაწილაკთა მრავალფეროვნების შესახებ, მისი ქიმიური ორგანი-  
ზაციის შესახებ;

2. წარმოდგენები ბუნებრივი ობიექტების ყველა ძირითადი ტიპის  
წარმოშობის შესახებ, მათი ბუნებრივი ევოლუციის შესახებ;

3. ბუნებრივი ობიექტების ქიმიური თვისებების დამოკიდებულება მათსავე სტრუქტურაზე;

4. ბუნებრივი პროცესების ზოგადი კანონზომიერებანი, როგორც პროცესები ქიმიური მოძრაობისა (მორეაგირე ნივთიერებათა ურთიერთქმედება ერთმანეთთან და გარემომცველ გარემოსთან);

5. ცოდნა სპეციფიკური ობიექტების შესახებ, სინთეზირებული ქიმიკოსთა პრაქტიკული შემოქმედებით.

## თავი 4. ქიმიის თანამედროვე კონცეფციები

### 4.1. ქიმიის სტრუქტურა

XX საუკუნის ბოლოს ქიმია ძირითადად ერთიანი მთლიანი მეცნიერება იყო. შინაგანად მისი დაყოფა ორგანულ და არაორგანულად არ არღვევს მის მთლიანობას. შემდგომში მრავალრიცხოვანმა აღმოჩენებმა როგორც თვითონ ქიმიაში, ასევე ბიოლოგიაში, ფიზიკაში, საფუძველი ჩაუყარა მის სწრაფ დიფერენცირებას.

თანამედროვე ქიმიური მეცნიერება, ეყრდნობა რა მტკიცე თეორიულ საფუძველს განუწყვეტლივ ვითარდება. სახელდობრ მიმდინარეობს აღმოჩენა და შესწავლა თვისობრივად ახალი სხვადასხვა დისკრეტული ქიმიური ნაწილაკებისა. ჯერ კიდევ XX საუკუნის პირველ ნახევარში ელექტროლიზის შესწავლის დროს აღმოჩენილი იყო იონები, განსხვავებული ნაწილაკები, რომლებიც წარმოიქმნება ატომებისა და მოლეკულებისაგან, მაგრამ ელექტრულად დამუხტულნი. იონები წარმოადგენენ მრავალი კრისტალის, მეტალთა კრისტალური შეხების სტრუქტურულ ერთეულებს. ისინი არსებობენ ატმოსფეროში, ხსნარებში და ა.შ.

XX საუკუნის დასაწყისში ქიმიკოსებმა აღმოაჩინეს რადიკალები, როგორც ნივთიერების ერთი აქტიური ფორმათაგანი. ისინი წარმოიქმნება მოლეკულებისაგან ცალკეული ატომებისგან ჯგუფების დაშლის გზით და შეიცავენ ელემენტთა ატომებს მათთვის უჩვეულო ვალენტურ მდგომარეობაში. რაც დაკავშირებულია გაუწყვილებელი ელექტრონების არსებობასთან და იგი განაპირობებს მათ განსაკუთრებულ ქიმიურ აქტიურობას.

ქიმიურ ნივთიერებათა განსაკუთრებულ ფორმას ეკუთვნის ასევე მაკრომოლეკულები. ისინი შედგებიან ასობით და ათასობით ატომებისა-

გან და ამის შედეგად ჩვეულებრივი მოლეკულებისაგან განსხვავებით იძენენ თვისობრივად ახალ თვისებებს.

უახლესი ქიმიისათვის, როგორც XX საუკუნის ყველა მეცნიერებისათვის, დამახასიათებელია ღრმა შინაგანი დიფერენცირების პროცესი, რომელიც მნიშვნელოვნად დაკავშირებულია თვისობრივად მრავალგვარ ქიმიურ ნივთიერებების აღმოჩენასთან. მათი აგებულება, გარდაქმნა და თვისებები გახდნენ ქიმიის სპეციალური ნაწილების შესწავლის საგანი ელექტროქიმიის, ქიმიური კინეტიკის, პოლიმერების ქიმიის. კომპლექსურ ნაერთთა ქიმიის, კოლოიდური ქიმიის, მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმიის.

XX საუკუნის დასაწყისში უკვე თვითონ ქიმიის შიგნით გარკვევით ანსხვავებდნენ ზოგად და არაორგანულ ქიმიას, ორგანულ ქიმიას. ზოგადი და მასთან მჭიდროდ დაკავშირებული არაორგანული ქიმიის შესწავლის საგანი გახდა ქიმიური ელემენტები, მათ მიერ წარმოქმნილი უმარტივესი არაორგანული ნაერთები და მათი ზოგადი კანონები (უპირველესად დ.ი. მენდელეევის პერიოდულობის კანონი).

არაორგანული ქიმიის განვითარებას ძლიერი ბიძგი მისცა თეორიამ ატომის წარმოშობის შესახებ და ატომბირთვული პროცესების შესწავლამ. ბირთვულ რეაქციებში დაშლისათვის მეტნაკლებად გამოსადეგი ელემენტების ძიებამ, ხელი შეუწყო მცირედ შესწავლილი ელემენტების კვლევას რეაქტორებში და ბირთვული რეაქციების დახმარებით ახალი ელემენტების სინთეზს. მათი თვისებების შესწავლით, ასევე რადიოაქტიური იზოტოპების ფიზიკო-ქიმიური საფუძვლებით და ქიმიური თვისებებით, მათი გამოყოფის და კონცენტრაციის მეთოდით დასაქმდა რადიოქიმია, რომელიც XX საუკუნის დასაწყისში წარმოიქმნა.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ორგანული ქიმია საბოლოოდ ჩამოყალიბდა როგორც დამოუკიდებელი მეცნიერება. ამას ხელი შეუწყო ნახშირბადისა და მის წარმოებულზე მიღებულმა უდიდესმა ემპირიულმა და თეორიულმა მასალამ. ყველა ორგანული ნაერთების განსაზღვრულ ფაქტორს წარმოადგენს ნახშირბადის განსაკუთრებული ვალენტური მდგომარეობა — უნარი მისი ატომები დაუკავშირდნენ ერთმანეთს როგორც ერთმანეთს, ასევე ორმანეთს, სამმანეთს ბმებით სწორხაზობრივად და განშტოებული ჯგუფით. ნახშირბადის ატომების უსასრულოდ მრავალრიცხოვანი ბმების ფორმების არსებობა, იზომერიისა და თითქმის ყველა ორგანული კლასის ნაერთებში ჰომოლოგიური ჯგუფების წყალობით, ნაერთთა მიღების შესაძლებლობა პრაქტიკულად უსასრულოა.

XX საუკუნეში ორგანული ქიმიის ბევრი ნაწილი თანდათან გარდაიქმნა შედარებით დამოუკიდებელ შტოდ თავისი შესასწავლი ობიექტებით. ასე გაჩნდა ელექტროორგანულ ნაერთთა ქიმია, პოლიმერების ქიმია, მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმია, ანტიბიოტიკების ქიმია, საღებავების სურნელოვანი ნაერთების, ფარმაცოქიმია და ა.შ.

გასული საუკუნის ბოლოს აღმოცენდა მეტალოორგანული ნაერთების ქიმია, ე.ი. ნაერთებისა, შემცველი ერთი (ან მეტი) პირდაპირი კავშირი მეტალისა ნახშირბადთან. საუკუნის ბოლომდე აღმოჩენილ იქნა ვერცხლისწყლის, კადმიუმის, თუთიის, ტყვიის და სხვათა ნაერთები. ამჟამად მიღებულია ნახშირბადური ნაერთები არა მარტო მეტალების დიდ ნაწილთან, არამედ არამეტალთანაც (ფოსფორთან, ბორთან, სილიციუმთან, დარიშხანთან და სხვა). ამჟამად ქიმიის ამ დარგს ელემენტოორგანული ნაერთების ქიმია უწოდეს.

ქიმიის დამოუკიდებელ დარგს წარმოადგენს მეცნიერება ნივთიერებათა შეგენილობის განსაზღვრის მეთოდების შესახებ, როგორც არის ანალიზური ქიმია. მისი ძირითადი ამოცანაა საკვლევი ნივთიერებების შედგენილობაში ქიმიური ელემენტების ან მათი ნაერთების განსაზღვრა, რომელიც ხორციელდება ანალიზის გზით. თანამედროვე ანალიზური მეთოდების გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა ახალი ქიმიური ნაერთების სინთეზი, მუდმივი ეფექტური კონტროლი ტექნოლოგიურ პროცესების მიმდინარეობაზე და მიღებული პროდუქტების ხასიათზე.

## 4.2. ქიმიისა და ფიზიკის ურთიერთკავშირი

ქიმიური მეცნიერების<sup>1</sup> ლიფერენციაციის პროცესების გარდა, დღესდღეობით ბუნებისმეტყველების სხვა დარგებთან ქიმიის ინტეგრაციის პროცესებიც მიმდინარეობს. განსაკუთრებით ინტენსიურად ვითარდება ქიმიისა და ფიზიკის ურთიერთკავშირი. ამ პროცესებს ფიზიკო-ქიმიურ დარგში თანსდევს სულ ახალი და ახალი ურთიერთშერწყმული ცოდნის გაჩენა.

ქიმიისა და ფიზიკის ურთიერთქმედების ისტორია, სავსეა იდეათა გაცვლის მაგალთებით, ობიექტებით და კვლევის მეთოდებით. ფიზიკა თავისი განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე ქიმიას ამარაგებდა ცნებებით და თეორული კონცეფციებით, რომლებმაც გარკვეული გავლენა მოახდინა



ნა ქიმიის განვითარებაზე. ამავე დროს რაც უფრო გართულდა ქიმიური გამოკვლევები იმდენად უფრო მეტად შემოიჭრა აპარატურა ქიმიასში და ასევე ფიზიკის გაანგარიშებათა მეთოდები. რეაქციათა სითბური ეფექტის გაზომვის აუცილებლობა, სპექტრალურ და რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის განვითარებამ, იზოტოპების და რადიოაქტიური ქიმიური ელემენტების შესწავლამ, ნივთიერებათა კრისტალური მესერის, მოლეკულურმა სტრუქტურამ მოითხოვა და მიიყვანა ურთულეს ფიზიკური აპარატურის სპექტროსკოპების, მას-სპექტროგრაფების, დიფრაქციული მესერის, ელექტრონული მიკროსკოპების და სხვათა შექმნასა და გამოყენებამდე.

თანამედროვე მეცნიერების განვითარებამ დაამტკიცა ღრმა კავშირი ფიზიკასა და ქიმიას შორის. ეს კავშირი ატარებს გენეტიკურ ხასიათს, ასე ვთქვათ ქიმიური ელემენტების ატომების წარმოქმნა, მათი შეერთება ნივთიერებათა მოლეკულებად მოხდა არაორგანულ სამყაროს განვითარების განსაზღვრულ ეტაპზე. ასევე ეს კავშირები ეფუძნება მატერიის კონკრეტული სახის განზოგადოებულ აგებულებას, მათ რიცხვში ნივთიერებათა მოლეკულებს, რომლებიც საბოლოოდ შედგებიან ერთიადიმავე ქიმიური ელემენტებისაგან და ელემენტალური ნაწილაკებისაგან. პერიოდული კანონის საფუძველზე დღევანდლამდე ხორციელდება პროგრესი არამარტო ქიმიასში, არამედ ბირთვულ ფიზიკაში, რომლის ზღვრებში წარმოიშვა ისეთი შერეული ფიზიკო-ქიმიური თეორიები, როგორიცაა იზოტოპების ქიმია, რადიაციული ქიმია.

ფიზიკა და ქიმია პრაქტიკულად ერთსა და იმავე ობიექტს სწავლობენ, მაგრამ თითოეული მათგანი ამ ობიექტებს თავისი კუთხით სწავლობს და შესწავლის თავისი ინტერესები გააჩნია. მაგალითად მოლეკულა როგორც მოლეკულური ფიზიკის ისე ქიმიის შესწავლის საგანია. თუ ქიმია სწავლობს მის წარმოშობას, შედგენილობას, ქიმიურ თვისებებს, კავშირების კანონზომიერებების პირობებს, მისი დისოციაციას შემადგენელ ატომებად, ფიზიკა მას სტატისტიკურად სწავლობს, მოლეკულათა მასების მოქმედებას განპირობებულს სითბური მოვლენებით, მის სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობას, გადასვლას აირადიდან თხევად და მყარ ფაზაში და შებრუნებით. ფიზიკა სწავლობს მოვლენებს, რომლებიც არ არიან დაკავშირებული მოლეკულათა შედგენილობის და შინაგან ქიმიურ აგებულების ცვლილებასთან. თითოეული ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობა, რომელსაც თან ახლავს მოლეკულურ რეაგენტის მასის

მექანიკური გადაადგილება, სითბოს გამოყოფა ან შთანთქმა, ახალი მოლეკულების კავშირების გაწყვეტის ან წარმოქმნის ხარჯზე. დამაჯერებლად ასაბუთებს ქიმიური და ფიზიკური მოვლენების მჭიდრო კავშირს. ასე მაგალითად ქიმიური პროცესების ენერგეტიკა მჭიდროდ არის დაკავშირებული თერმოდინამიკის კანონებთან. ქიმიურ რეაქციებს, რომლებიც მიმდინარეობენ ენერჯიის გამოყოფით სითბოს ან სინათლის სახით, უწოდებენ ეგზოთერმულს. ასევე არსებობს ენდოთერმული რეაქციები, რომლებიც ენერჯიის შთანთქმით მიმდინარეობენ. ყველა შემთხვევაში ალბათ არ ეწინააღმდეგება თერმოდინამიკის კანონებს: წვის ღრის ენერჯია ერთდროულად თავისუფლდება სისტემის შინაგანი ენერჯიის შემცირებით. ენდოთერმული რეაქციები მიმდინარეობენ სისტემის შინაგანი ენერჯიის გაზრდით სითბოს დინების ანგარიშზე. გამოყოფილი ენერჯიის რაოდენობის განსაზღვრით, შეიძლება ვიმსჯელოთ სისტემის შინაგანი ენერჯიის ცვლილებების შესახებ. (ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი). ის იზომება კილოჯოულებით მოლზე (კჯოლ/მოლ). თერმოდინამიკაში კერძო შემთხვევის პირველ საწყის წარმოადგენს ჰესის კანონი: რეაქციის სითბური ეფექტი დამოკიდებულია ნივთიერების მხოლოდ საწყის და საბოლოო მდგომარეობაზე და არ არის დამოკიდებული სტადიის შუალედურ პროცესზე. ჰესის კანონი სითბური ეფექტის გამოთვლის საშუალებას იმ შემთხვევაში იძლევა, როცა მისი უშუალო გაზომვა რაიმეს გამო განუხორციელებელია.

ფარდობითობის თეორიის წარმოქმნამ, კვანტური მექანიკისა და ელემენტარულ ნაწილაკთა სწავლებაში, უფრო ღრმა კავშირები აღმოაჩინა ფიზიკასა და ქიმიას შორის. აღმოჩნდა, რომ ქიმიური ნაერთების თვისებების, თვითონ ნივთიერებათა გარდაქმნის მექანიზმის ახსნის გასაღები ატომის აღნაგობაში, მისი ელემენტალური ნაწილაკების ქვანტო-მექანიკურ პროცესებში და განსაკუთრებით გარე ელექტრონული შრეების აღნაგობაში ძეგს. სწორედ უახლესმა ფიზიკამ ბრწყინვალედ ახსნა ქიმიის ისეთი საკითხები, როგორცაა ქიმიური ბმის ბუნება, ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებათა მოლეკულების ქიმიური აგებულების თავისებურებანი და ა.შ.

ფიზიკისა და ქიმიის შეხების დარგში ქიმიურ ნივთიერებათა და ნარევების ფიზიკური თვისებების რაოდენობრივი შესწავლის წარმატებული ცდის შედეგად, მოლეკულური სტრუქტურის თეორიული ახსნით, გაჩნდა და ვითარდება ძირითადი ქიმიის ნაწილებთან შედარებით ახალ-

გაზრდა ფიზიკური ქიმიის, რომელიც XIX საუკუნის ბოლოს ჩამოყალიბდება. ამის თეორიულ და ექსპერიმენტულ ბაზად გამოდგა დ.ი. მენდელეევის (პერიოდულობის კანონის აღმოჩენა). ვანტ-ჰოფის (ქიმიური პროცესების თერმოდინამიკა), ს. არენიუსის (ელექტროლიტური დისოციაციის თეორია) და სხვათა ნაშრომები. ფიზიკური ქიმიის შესწავლის საგანი გახდა ზოგად თეორიული საკითხები, რომლებიც ეხებიან ქიმიური ნაერთების მოლეკულების აღნაგობასა და თვისებებს, ნივთიერებათა გარდაქმნის პროცესებს, რომლებიც განპირობებულია მათი ფიზიკური თვისებებით, ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობის პირობების შესწავლით და ამ დროს ფიზიკური მოვლენების დასრულებით. შემდგომში მრავალმხრივი განშტოებული ეს მეცნიერება მჭიდროდ აკავშირებს ფიზიკას და ქიმიას.

ფიზიკური ქიმიის შიგნით ამჟამად გამოეყო და სრულიად დამოუკიდებელ ნაწილებად ჩამოყალიბდნენ: ელექტროქიმია, რომელიც ფლობს თავის განსაკუთრებულ თვისებებს და კვლევის ობიექტებს, ფოტოქიმია, კრისტალოქიმია. XX საუკუნის დასაწყისში ფიზიკურ ქიმიას ასევე გამოეყო დამოუკიდებელი მეცნიერება კოლოიდური ქიმია. XX საუკუნის მეორე ნახევარში ბირთვული ენერჯის პრობლემებთან დაკავშირებით აღმოცენდა და დიდი განვითარება ჰპოვა ფიზიკური ქიმიის უახლესმა დარგმა – მაღალი ენერჯის ქიმიამ, რადიაციულმა ქიმიამ.

ფიზიკური ქიმია საერთოდ ამჟამად მეტნაკლებად განიხილება, როგორც ყველა ქიმიური მეცნიერების ზოგადთეორიული საფუძვლები. მის ბევრ თეორიას და სწავლებას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს არაორგანული ქიმიის განვითარებაში, განსაკუთრებით კი ორგანულ ქიმიაში. ნივთიერების შესწავლისას ფიზიკური ქიმიის შეჭრა ხორციელდება არამარტო ტრადიციული კვლევის მეთოდებით, არამარტო მისი შედგენილობის და თვისებების თვალსაზრისით, არამედ მისი სტრუქტურის, ქიმიური პროცესების თერმოდინამიკის და კინეტიკის, ასევე კავშირების მხრიდანაც და უკანასკრელის დამოკიდებულება მოძრაობის სხვა ფორმების დამახასიათებელი მოვლენის ზემოქმედებასთან. (სინათლე და რადიაციული დასხივება, სინათლე და სითბური ზემოქმედება და ა.შ.).

XX საუკუნის მეორე ნახევარში ჩნდება საზღვრები ქიმიასა და ფიზიკის ახალ დარგებს შორის (ქვანტური მექანიკა, მოლეკულათა და ატომთა ელექტრონული თეორია), რაც განაპირობებს ახალი მეცნიერების წარმოქმნას, რომელსაც მოგვიანებით ქიმიური ფიზიკა უწოდეს. მან

ფართოდ გამოიყენა უახლესი ფიზიკის თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდები, განსაკუთრებით რეაქციათა მექანიზმი. ქიმიური ფიზიკა სწავლობს მატერიის მოძრაობის ქიმიურ და სუბატომის ფორმების ურთიერთკავშირს და ურთიერთგავლენას.

ქიმიასა და ფიზიკას შორის კავშირების მუდმივმა გაფართოებამ, მთელი რიგი მეცნიერები მიიყვანა ამ მეცნიერებათა კოორდინაციისა და სუბორდინაციამდე.

ამგვარად, XX საუკუნის ქიმია ჩვენს წინაშე წარმოდგება როგორც მეტად მრავალმხრივი და განშტოებული ცოდნის სისტემა, რომელიც იმყოფება ინტენსიური განვითარების პროცესში. ძირითადად თავის მასაში ქიმიის განვითარება მიდის ვიწროორიენტირებული გამოყენებითი გამოკვლევების სახით, მაგრამ მასთან ერთად ვითარდება ფუნდამენტური ხასიათის კონცეფტუალური მიმართულება, რომელიც კიდევაც განსაზღვრავს ამ მეცნიერების სტატუსს თანამედროვე ბუნებისმეტყველების სისტემაში. თანამედროვე ქიმიაში განვითარების ასეთ კონცეპტუალურ მიმართულებას უნდა მივაკუთვნოთ: ქიმიური ელემენტების პრობლემა, ქიმიური ნაერთების სტრუქტურის გამოკვლევები, ქიმიური პროცესების შესახებ სწავლება და ევოლუციურიქიმია.

### 4.3. ქიმიური ელემენტების პრობლემა

ადამიანის მისწრაფებამ აღმოეჩინა ბუნების პირველელემენტი, ქიმიურ მეცნიერებაში გააჩინა ქიმიური ელემენტთა კონცეფცია. ამან ორ ათასწლეულზე მეტი იარსება. მიუხედავად ამისა XVII საუკუნეში მხოლოდ რ. ბიოლმა ჩაუყარა საფუძველი თანამედროვე წარმოდგენებს ქიმიურ ელემენტებზე როგორც მარტივ სხეულზე, რომელიც ნივთიერებათა დაშლის ზღვარს წარმოადგენს და რომელიც უცვლელად გადადის ერთი რთული სხეულის შედგენილობიდან მეორეში. მიუხედავად ამისა ქიმიკოსები მთელი საუკუნის განმავლობაში მაინც უშვებდნენ შეცდომებს ქიმიური ელემენტის გამოყოფისას. საქმე იმაშია, რომ ქიმიური ელემენტის ცნების ფორმულირების პერიოდში, ქიმიკოსები არ იცნობდნენ არცერთ იმათგანს სუფთა სახით. მისწრაფება მიეღოთ ელემენტები სუფთა სახით, იყენებდნენ იმ დროისათვის უნივერსალურ მეთოდად ცნობილ გამოწვა-წრთობის მეთოდს. მაშინ ცნობილი მეტალები რკინა, სპილენძი,

ტყვია, ითვლებოდა რთულ სხეულებად, რომლებიც შესაბამისი ელემენტებისაგან და უნივერსალური სხეულისაგან ფლოგისტონისაგან შედგებოდა. მიუხედავად ამისა სწორედ თავისი არსით მცდარი ფლოგისტონის თეორია გახდა ძრავა მრავალი გამოკვლევებისა, რომლებმაც მეცნიერება გარკვეულ წილად სწორ დასკვნამდე მიიყვანა.

ასეთი დასკვნა გაკეთდა დ.ი. მენდელეევის მიერ, როდესაც დაამტკიცა, რომ ქიმიური ელემენტის თვისებები დამოკიდებულია პერიოდულ სისტემაში ამ ელემენტების მდებარეობაზე, რომელც განისაზღვრება დამუხტული ატომგულის მუხტის სიდიდით. XX საუკუნეში, ფიზიკა დაეხმარა ქიმიას დაედგინა ნებისმიერი ელემენტის ატომის რთული სტრუქტურა. ატომები თავის მხრივ წარმოადგენენ ერთიან ქვანტო-მექანიკურ სისტემას, რომელიც შედგება დადებითად დამუხტული ატომგულისა და უარყოფითად დამუხტული ელექტრონული შრეებისაგან. ახსნილია ყველა ელემენტის ატომის ელექტრონული ორბიტალების აგებულებათა თავისებურება და ატომის გარე ელექტრონული შრის განსაკუთრებული როლი იმ ელექტრონთა რაოდენობაზე, რომელზედაც დამოკიდებულია ელემენტის რეაქციის უნარიანობა. ჯგუფების ქვეჯგუფებად დაყოფა პერიოდული სისტემის ჩამოყალიბების დროს ემპირიულ ხასიათს ატარებდა. ამჟამად კი ნათელია, რომ ამ დაყოფას ატომის ელექტრონული სტრუქტურა უდევს საფუძვლად.

ქიმიური თვალსაზრისით უფრო მეტად აქტიურნი არიან ელემენტები, რომლებსაც მინიმალური ატომური მასა და გარე ელექტრონულ გარსზე 6-7 ელექტრონი აქვთ ( ფტორი, ქლორი, ჟანგბადი). ისინი ისწრაფიან არასაკმარისი ელექტრონების მიერთებით შეიქმნან გაჯერებული (დამთავრებული) ელექტრონული გარსი. ასევე მეტალები, რომლებიც დიდ ატომურ მასას ფლობენ და აქვთ 1-2 ელექტრონი გარე ელექტრონულ გარსზე (ბარიუმი, ცეზიუმი), ისწრაფიან რა გარე გარსიდან გასცენ ელექტრონები გაჯერებული ელექტრონულ გარსის წარმოქმნის მიზნით. ამაზეა დაფუძნებული ცნება – ვალენტობისა, ატომის შესაძლებლობა წარმოქმნას ქიმიური ბმები.

დღეისათვის მეცნიერებაში ცნობილია 114 ქიმიური ელემენტი მათი მასური წილი ბუნებაში მეტისმეტად არათანაბარია. დედამიწის ფიზიკურად მისაღწევი ფენის მასა 98,6%-ს შეადგენს, სულ რვა ქიმიურ ელემენტს: ჟანგბადი (47%), სილიციუმი (27,5%), ალუმინი (8,8%), რკინა (4,6%), კალციუმი (3,6%), ნატრიუმი (2,6%), კალიუმი (2,8%), მაგ-

ნიუმი (2,1%). მაგრამ ეს ელემენტები არაპროპორციულად გამოიყენება. მაგალითად დედამიწა რკინას ორჯერ უფრო ნაკლებს შეიცავს ვიდრე ალუმინს, მაგრამ დღეს 95%-ზე მეტი მეტალური ნაკეთობები გაკეთებულია რკინის მადნების ნედლეულისაგან. ამიტომაც ქიმიური ელემენტების თანამედროვე ქიმიური კონცეფცია გამოდის როგორც პრობლემა ქიმიური ელემენტების რაციონალური გამოყენებისა.

უპირველეს ყოვლისა ამ დარგის გამოკვლევები მიმართულია სილიკატების შესწავლასა და გამოყენებაზე, რომლებიც დედამიწის ქერძის 97%-ს შეადგენენ. აქედან გამომდინარე სრულიად ბუნებრივია სწავლულთა რწმენა, რომ სილიკატები უნდა გახდეს ძირითადი ნედლეული კერამიკის დამზადების საქმეში, რომელსაც უნარი აქვს კონკურენცია გაუწიოს მეტალებს.

ქიმიკოსების ყურადღება ამ ორი სახის მასალების მიმართ შემთხვევითი არ არის. მეტალი და კერამიკა თანამედროვე წარმოების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის 90%-ს შეადგენენ. მსოფლიოში ყოველწლიურად დაახლოებით 600 მილიონი ტონა ლითონი იწარმოება, დაახლოებით ამდენივე კერამიკა აგურთან ერთად, მაგრამ საქმე იმაშია, რომ ლითონის წარმოება კერამიკასთან შედარებით ასობით და ათასობით უფრო ძვირი ჯდება. დღეს ქიმიის წყალობით სულ უფრო შესაძლებელი გახდა ლითონის შეცვლა კერამიკით. აქ არსებითს წარმოადგენს ორი გარემოება: კერამიკის წარმოება ტექნიკური თვალსაზრისით გაცილებით ადვილია და რაც მთავარია, კერამიკა თავისი მაჩვენებლებით უფრო კონსტრუქციული მასალაა მეტალთან შედარებით. ალბათ კერამიკის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ მისი სიმკვრივე 40%-ით დაბალია მეტალის სიმკვრივეზე, რაც საშუალებას იძლევა შესაბამისად შემცირდეს კერამიკისაგან დამზადებული ნაკეთობების მასა. კერამიკულ წამროებაში ქიმიური ელემენტების: ცირკონიუმის, ტიტანის, ბორის, გერმანიუმის, ქრომის, მოლიბდენის, ვოლფრამის და სხვათა გამოყენებით შესაძლებელია მივიღოთ გამიზნული თვისებების მქონე კერამიკული ნაკეთობები. ბოლო დროს სინთეზირებულია ცეცხლგამძლე, თერმიულადმდგრადი, მაღალი სიმაგრის მქონე კერამიკა.

XX საუკუნის 60-იან წლებში, პირველად მსოფლიოში რუსეთში, მიღებული იყო ზესიმაგრის მქონე კერამიკული მასალა ჰექსანიტ-პ, რომელიც წარმოადგენს ბორის ნიტრიდის ერთ-ერთ სახესხვაობას, რომლის დნობის ტემპერატურა 3200°C და სიმაგრით ალმასის სიმაგრესთან

არის ახლოს. მას არა აქვს კერამიკისათვის დამახასიათებელი მსხვრევა-დობის უნარი. ასეთი კერამიკის წარმოება ხდება ფხვნილის დაპრესით, რომელიც საშუალებას იძლევა ნაკეთობას მიეცეს შესაბამისი ფორმა და ზომა, რაც აღარ საჭიროებს მის მექანიკურ დამუშავებას. კერამიკას მეტალებთან შედარებით კიდევ ერთი უპირატესობა აქვს, ეს არის მისი ზეგამტარობა. აზოტის დუდილის ტემპერატურის (-198,8°C) დროს პრაქტიკული რეალიზაცია მაღალტემპერატურული ზეგამტარობისა უდიდეს პერსპექტივას ქმნის ზესიმძლავრის ძრავებისა და გენერატორების შესაქმნელად, სატრანსპორტო სისტემებს მაგნიტური ბალიშით, ზესიმძლავრის ელექტრომაგნიტურ დამაჩქარებლების შექმნას და ა.შ.

ქიმიური ელემენტების თეორიაში ნამდვილი გადატრიალება მოახდინა ფტორორგანული ნაერთების ქიმიამ. მან ორგანული ნაერთების სრულიად ახალი სამყარო აღმოაჩინა. საქმე იმაშია, რომ ფტორონახშირბადური ნაერთები მყავების ადა ტუტეების ძლიერ აგრესიულ არეშიც კი განსაკუთრებულ მდგრადობას იჩენენ. მათ ზედაპირის განსაკუთრებული აქტიურობის გამო, უნარი აქვთ შთანთქან ჟანგბადი და პეროქსიდები. ამიტომაც ფტორნახშირბადის ნაკეთობებს იყენებენ ადამიანის შინაგანი ორგანოების დასამზადებლად (მაგალითად, გულის სარქველების, სისხლგამტარების და ა.შ.).

უნიკალური მასალების სინთეზი, მკვლევარებს იძულებულს ხდის ახლებური მიდგომით გამოიკვლიონ ყველა ქიმიური ელემენტი და მოავროვონ მონაცემები ქიმიური ელემენტების ახალი კონცეფციებისათვის.

#### 4.4. ქიმიური ნაერთების სტრუქტურის კონცეფციები

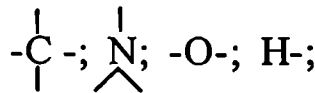
როგორც ცნობილია, ნებისმიერი სისტემის ხასიათი დამოკიდებულია არამარტო ელემენტთა შედგენილობასა და აგებულებაზე, არამედ მათ ურთიერთქმედებაზეც. სწორედ ასეთი ურთიერთმოქმედება განსაზღვრავს თვითონ სისტემის სპეციფიკური თვისებების მთლიანობას. ამიტომ თვითონ ნივთიერებათა რეაქციის უნარის გამოკვევის დროს, ქიმიკოსებს უხდებათ მათი სტრუქტურის შესწავლაც. შესაბამისად იცვლება ცოდნის დონე და წარმოდგენები ნივთიერების ქიმიური სტრუქტურის შესახებ. მიუხედავად იმისა, რომ ამ მიმართულებით ქიმიამ არსე-

ბობდა სხვადასხვა სწავლება და კონცეფციები, რომლებშიც სხვადასხვა-ნაირად იყო საუბარი ქიმიურ სისტემებში ელემენტთა შორის ურთიერთქმედების ხასიათზე, ყველა ისინი ხაზგასმით აღნიშნავდნენ, რომ ამ სისტემების თვისებების მთლიანობას სწორედ ელემენტებს შორის განსაკუთრებული სპეციფიკური ურთიერთქმედება განსაზღვრავს.

თით ტერმინი «სტრუქტურული ქიმიის» – პირობითი ცნებაა. მასში უპირველეს ყოვლისა იგულისხმება ქიმიური ცოდნის ისეთი ღონე, რომლის დროსაც სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების ატომების კომბინირებით, შეიძლება ნებისმიერი ქიმიური ნაერთების სტრუქტურული ფორმულის შექმნა. სტრუქტურული ქიმიის წარმოქმნა ნიშნავდა, რომ გაჩნდა შესაძლებლობა მიზანმიმართული ნივთიერებათა თვისობრივი წარმონაქმნისა, ნებისმიერი ნაერთების სინთეზის სქემის შექმნისა, მათ რიცხვში ადრე უცნობისაც. ამ მიმართულების განვითარება ქიმიისაში, ბევრად არის დამოკიდებული რუსი ქიმიკოსის ალექსანდრე მიხეილის ძე ბუტლეროვის ორგანული ნაერთების ქიმიური აგებულების თეორიაზე. მისმა თეორიამ საშუალება მოგვცა ნებისმიერი ქიმიური ნაერთების სტრუქტურული ფორმულების აგებისა. ასევე გვიჩვენა სტრუქტურულ მოლეკულაში ატომების ურთიერთგავლენა და ამგვარად ახსნა ერთი ნივთიერების ქიმიური აქტიურობა და მეორეს პასიურობა.

ა. ბუტლეროვის ორგანული ნაერთების ქიმიური აგებულების თეორიამ შეძლო ორგანული ნივთიერებების სინთეზში ქიმიკოსებისათვის პრაქტიკული სახელმძღვანელო გამზდარიყო. ამ თეორიის გაჩენამ ქიმიას საშუალება მისცა ანალიზური მეცნიერებიდან, რომელიც მზა ნივთიერებების შედგენილობას სწავლობდა, სინთეზურ უპირატეს მეცნიერებად გადაქცეულიყო, რომელსაც უნარი აქვს შექმნას ახალი ნივთიერებები და ახალი მასალები.

ეს თეორია თვალსაჩინო დემონსტრირებას უკეთებს ქიმიური ელემენტების ვალენტობას.



სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების ატომებს კომბინაციების მეშვეობით, გაუწყვილებელი ელექტრონების სწრაფვით, შესაძლებლობა ეძლევა ნებისმიერი ქიმიური ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები შექმნან. ეს კი ნიშნავს, რომ ქიმიკოს შეუძლია ნებისმიერი ქიმიურ ნაერთ-



ბის სინთეზის გეგმა შექმნას. აქ იგულისხმება, როგორც უკვე ცნობილი, ასევე უცნობი ნაერთების მიღების პროგნოზი და სინთეზის მეშვეობით პროგნოზის შემოწმება.

ყოველივე ამის შემდეგად ორგანული სინთეზის დარგში, ქიმიკოსებს გაუჩნდათ არა მარტო ენთუზიაზმი, არამედ ექსპერიმენტის დადებითი შედეგების მიღების რწმენაც. თვით ტერმინი «ორგანული სინთეზი» წარმოიქმნა XIX საუკუნის 60-80-იან წლებში. ეს პერიოდი ქიმიკოსებში ორგანული სინთეზის ტრიუმფალურ სვლად არის წოდებული. ამ პერიოდში ქიმიკოსები აცხადებდნენ თავიანთი უდიდესი შესაძლებლობების შესახებ, რომ მათ შეუძლიათ ნახშირბადიდან სინთეზირება წყლის, ჰაერის და ყველაზე რთული სხეულების ცილებისა და კი, ჰორმონებისა და ალკანოიდების. ახლად სინთეზირებული ნაერთების ხარჯზე მე-19 საუკუნის მეორე ნახევრიდან ორგანულ ნაერთთა რიცხვი ორ მილიონამდე გაიზარდა, რამაც მართლაც ცხადი გახდა ქიმიკოსთა ამ განცხადების რეალობა. მაგრამ საქმე იმაშია, რომ სტრუქტურული ქიმიკოსები შემოიფარგლება რეაქტივობაში მყოფი მოლეკულების შესახებ ცნობებით. ეს ცნობები არ არის საკმარისი იმისათვის, რომ ამ ნივთიერების გარდაქმნის პროცესი მართოს. სტრუქტურული თეორიის თანახმად, სრულიად შესაძლებელია განხორციელდეს რეაქტივობა უდიდესი რაოდენობა, რომლებიც პრაქტიკულად არ მიმდინარეობენ. ორგანული სინთეზის მრავალი რეაქცია დაფუძნებულია მხოლოდ სტრუქტურული ქიმიის პრინციპებზე, ადგილი აქვს იმდენად მცირე რაოდენობის პროდუქტის გამოსავლიანობას, რომელსაც თან ახლავს დიდი რაოდენობის თანაპროდუქტების მიღება, რომ წარმოებაში მისი განხორციელება სრულიად შეუძლებელი ხდება. ამავე დროს ასეთი სინთეზი საწყის ნედლეულად მოითხოვდა დეფიციტურ აქტიურ რეაგენტებს და სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებს, მათ რიცხვში კვების პროდუქტებსაც, რაც ეკონომიკური თვალსაზრისით მეტისმეტად არახელსაყრელი იყო.

მიუხედავად ამისა, თანამედროვე სტრუქტურულმა ქიმიკოსებმა დიდ შედეგებს მიაღწია. სამკურნალო პრეპარატების უდიდესი ნაწილი ორგანული სინთეზის პროდუქტებია. სრულიად ახალი კლასის მეტალოორგანული ნაერთების აღმოჩენაც მის ბოლო მიღწევად უნდა ჩაითვალოს. ამ ნაერთების მოლეკულა წყალბადისა და ნახშირბადის ნაერთების ორ ფირფიტას წარმოადგენს, რომელთა შორის რომელიმე მეტალის ატომია მოთავსებული.

თანამედროვე სტრუქტურული ქიმიის დარგის გამოკვლევები ორი პერსპერქიული მიმართულებით მიდის: ერთი – ისეთი კრისტალების სინთეზი, რომლებიც მაქსიმალურად უახლოვდებიან იდეალურ მესერს იმისათვის, რომ მივიღოთ მასალები მაღალი ტექნიკური მაჩვენებლით: მაქსიმალურად გამძლე, თერმულად მდგრადი, ხანგრძლივი ექსპლუატაციის უნარის მქონე და სხვა საჭირო თვისებები. მეორე – აღრევე დეფექტებით დაპროგრამებული კრისტალების შექმნა მოცემული ელექტრული, მაგნიტური და სხვა თვისებების მქონე მასალათა საწარმოებლად.

თვითოეულ ამ პრობლემის გადაჭრას თავისი სირთულეები ახლავს: პირველ შემთხვევაში აუცილებელია დავიცვათ კრისტალების მიღების ისეთი პირობები, რომლებიც გამორიცხავენ პროცესებზე გარე ფაქტორებს, მათ შორის გრავიტაციის ველსაც (დედამიწის მიზიდულობას). ამიტომ ასეთი კრისტალების მიღება ხდება კოსმოსში ორბიტალურ სადგურებზე. მეორე პრობლემის გადაწყვეტა იმით არის გართულებული, რომ მთელი რიგი დაპროგრამებული დეფექტები პრაქტიკულად ყოველთვის წარმოიქმნება, რაც არასასურველია.

#### 4.5. სწავლება ქიმიური პროცესების უმსახებ

სხვადასხვა რეაგენტების ურთიერთქმედების უნარი გარდა ყველაფრისა, იმ პირობებითაც განისაზღვრება, რომლებშიც ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობენ. ამ პირობებს შეუძლიათ ზეგავლენა მოახდინონ ქიმიური რეაქციის შედეგებზე. ყველაზე მეტად ქიმიურ რეაქციის მიმდინარეობის პირობებზე დამოკიდებულია ცვლადი შედეგნილობის ნაერთები, რომელთა კომპონენტებს შორის შესუსტებულია ქიმიური ბმები. პირველ რიგში სწორედ მათკენაა მიმართული სხვადასხვა კატალიზატორების მოქმედება, რომლებიც მნიშვნელოვნად ცვლიან ქიმიური რეაქციის მსვლელობას.

ქიმიაში ამ მიმართულების ერთი ფუძემდებელთაგანი გახდა რუსი ქიმიკოსი ნ.ნ. სემიონოვი – ნობელის პრემიის ლაურიატი, ქიმიური ფიზიკის ფუძემდებელი. 1965 წელს თავის ნობელის ლექციაზე მან განაცხადა, რომ ქიმიური პროცესი ძირითადი მოვლენაა, რომელიც განახლებებს ქიმიას ფიზიკისაგან და მას უფრო რთულ მეცნიერებად ხდის.

ქიმიური პროცესი ხდება განმასხვავებელი პირველი საფეხური მარტივ ფიზიკურ ობიექტებთან შედარებით, როგორც არის ელექტრონი, პროტონი, ატომი, მოლეკულა ცოცხალ სისტემაში. იმიტომ, რომ ნებისმიერი ცოცხალი ორგანიზმის უჯრედი არსებითად თავისთვის წაროდგენს თავისუბრად რთულ რეაქტორს. ეს არის ხიდი ფიზიკის ობიექტებიდან ბიოლოგიის ობიექტებისაკენ.

ქიმიური რეაქციების უდიდესი უმრავლესობა სტიქიის გავლენის ქვეშ იმყოფება. ისინი ძნელადკონტროლირებადნი არიან: ერთ შემთხვევაში მათ არა აქვთ უნარი განხორციელების, თუმცა პრინციპში ისინი განხორციელებადნი არიან. სხვა შემთხვევაში ძნელია შეჩერება, მაგალითად წვა და აფეთქებები. მესამე შემთხვევაში მათი ჩატარება ძნელია ერთ სასურველ მიმართულებით, რადგანაც ისინი თავისებურად ქმნიან ათობით გაუთვალისწინებელ განშტოებებს ასობით თანმხლები პროდუქტებით. ზოგადი სახით თვითონ ქიმიური პროცესების მართვის მეთოდები შეიძლება დაიყოს თერმოდინამიკურად და კინეტიკურად. ამ უკანასკნელში წამყვან როლს თამაშობს კატალიზური მეთოდები. ქიმიური პროცესების სწავლების შესახებ თერმოდინამიკის დამოუკიდებელ მიმართულებად გამოყოფას უკავშირებენ 1884 წელს ჰოლანდიელი ქიმიკოსის ი. ვანტ-ჰოფის წიგნს „ნარკვევები ქიმიური თერმოდინამიკის შესახებ“. მასში ჩამოყალიბებულია კანონები, რომლებიც ადგენენ ქიმიური რეაქციების დამოკიდებულებას ტემპერატურის ცვლილებასთან და რეაქციის სითბურ ეფექტთან. ლე-შატელიემ მაშინვე ჩამოაყალიბა თავის „მოდრავი წონასწორობი პრინციპი“, რითაც ქიმიკოსები შეაიარაღა მიზნობრივი პროდუქტის წარმოქმნის მიმართულებით წონასწორობის გადანაცვლების მეთოდით. რეაქციის მართვის ძირითად ბერკეტად გამოდიან: ტემპერატურა, წნევა (თუ რეაქცია აირად ფაზაში მიმდინარეობს) და მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაცია (თუ რეაქცია თხევად ფაზაში მიმდინარეობს).

თვითოეული ქიმიური რეაქცია პრინციპში შექცევადია, მაგრამ პრაქტიკაში წონასწორობა გადაინაცვლებს ხან ერთ, ხან მეორე მხარეზე, რაც დამოკიდებულია როგორც რეაგენტების ბუნებაზე, ასევე პროცესის პირობებზე. არის რეაქციები, რომლებიც არ საჭიროებენ მართვის განსაკუთრებულ საშუალებებს: მყავარ-ფუძოვანი ურთიერთქმედების (ნეიტრალიზაცია) რეაქციები, რომლებსაც თან ახლავს მზა პროდუქტების მოცილება ან აირადი სახით, ან ნალექის სახით. მაგრამ არსებობს

მრავალი რეაქცია, რომელთა წონასწორობა გადანაცვლებულია მარცხნივ, საწყის ნივთიერებისაკენ. ისინი რომ განვახორციელოთ, მოითხოვს განსაკუთრებულ ბერკეტებს - ტემპერატურის, წნევის და მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციის გაზრდას.

თერმოდინამიკური ზეგავლენა უპირატესად ქიმიური პროცესების მიმართულებაზე მოქმედებს და არა მათ სიჩქარეზე. ქიმიური პროცესების სიჩქარის მართვით დაკავებულია ქიმიური კინეტიკა, რომლითაც შეისწავლება ქიმიური პროცესების მიმდინარეობის დამოკიდებულების სხვადასხვა სტრუქტურულ-კინეტიკურ ფაქტორებთან: საწყის რეაგენტების აგებულებასთან, მათ კონცენტრაციასთან, რეაგენტების გადანაცვლების მეთოდებთან, რეაქტორის მასალასა და კონსტრუქციასთან და ა.შ.

ქიმიური რეაქციის კვლევის ამოცანა განსაკუთრებულად რთულია. მის გადასაწყვეტად აუცილებელია გავარკვიოთ არა უბრალოდ ორი რეაგენტის ურთიერთქმედების მექანიზმი, არამედ კიდევ „მესამე სხეულიც“, რომლებიც შეიძლება იყოს რამდენიმე. ამ შემთხვევაში აუცილებელია უფრო მიზანმიმართული ეტაპური გადაწყვეტა, რომლის დროსაც დასაწყისში გამოიყოფა უფრო მეტად ძლიერი მოქმედება რომელიმე ერთი „მესამე სხეულიდან“ უფრო ხშირად კატალიზატორისა.

აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ პრაქტიკულად ყველა ქიმიური რეაქცია თავისთავად სრულიადაც არ წარმოადგენს საწყისი რეაგენტების უბრალო ურთიერთქმედებას, არამედ ის თანამიმდევრული სტადიების რთული ჯაჭვია, სადაც რეაგენტები ურთიერთქმედებენ არა მარტო ერთმანეთთან, არამედ რეაქტორის კედლებთანაც, რომლებსაც შეუძლიათ როგორც დადებით კატალიზის (დაჩქარების), ასევე უარყოფითი კატალიზის (ინჰიბირების, შენელების) პროცესი. ცდები გვიჩვენებენ, რომ ქიმიური პროცესების ინტენსიურობაზე ასევე გავლენას ახდენენ მინარევები. სხვადასხვა ხარისხის სისუფთავის მქონე ნივთიერებები ერთ შემთხვევაში თავს ავლენენ როგორც უფრო აქტიური რეაგენტები, მეორეში - როგორც ინერტული. მინარევებს შეუძლიათ შეასრულონ, როგორც დადებითი კატალიზის, ასევე ინჰიბიტორის როლი. ამიტომ ქიმიური პროცესების მართვისას მორეაგირე ნივთიერებებში შეაქვთ სხვადასხვა დანამატები.

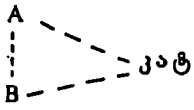
ამგვარად „მესამე სხეულის“ ზემოქმედება ქიმიური რეაქციების მსვლელობაზე შეიძლება დაყვანილი იქნეს კატალიზამდე, ასე ვთქვათ

დადებითი ზემოქმედება ქიმიურ პროცესებზე და ინჰიბიტორიზაცია რომელიც ამუხრუჭებს პროცესს.

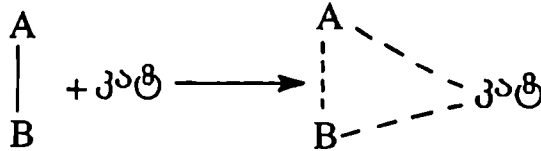
ქიმიასი კატალიზი ნამდვილად საოცრებაა. მაგალითად ამიაკის სინთეზის რეაქცია. 1913 წლამდე ამ რეაქციის განხორციელება სრულიად შეუძლებელი იყო. მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ნაპოვნი იქნა კატალიზატორი, მაღალ ტემპერატურასა და წნევის პირობებში შესაძლებელი გახდა ამ რეაქციის განხორციელება. ეს იყო ტექნოლოგიურად ძალიან რთული და საშიში. დღეისათვის შემუშავებულია პირობები, რომელიც საშუალებას იძლევა ნორმალურ წნევასა და ოთახის ტემპერატურაზე მეტალოორგანული კატალიზატორების გამოყენებით მისი ჩატარება. კატალიზატორების გამოყენება მთელი ქიმიური მრეწველობის ძირფესვიანი გარდატეხის საფუძველი გახდა. მისი წყალობით შესაძლებელი გახდა მადნის სახით ორგანული სინთეზისათვის მოქმედებაში მოეყვანა პარაფინები და ციკლოპარაფინები, რომლებიც მანამდე „ქიმიურად მიცვალებულად“ ითვლებოდა. კატალიზი მარგანეცის წარმოების, მრავალი საკვები პროდუქტების და ასევე მცენარეთა დაცვის საფუძველს წარმოადგენს. ქიმიის თითქმის მთელი ძირითადი წარმოება (არაორგანული მჟავების, ფუძეების, მარილების) და „მძიმე ორგანული სინთეზი“, საპოხ-საწვავ მასალების მიღების ჩათვლით კატალიზს ეფუძნება. ბოლო წლებში სულ უფრო და უფრო კატალიზური ხდება ორგანული სინთეზი. მთელი ქიმიის 60-80 პროცენტით დაფუძნებულია კატალიზური პროცესებზე. ქიმიკოსები უსაფუძვლოდ არ ამბობდნენ, რომ არაკატალიზური პროცესები საერთოდ არ არსებობენ, რადგან ყველა ისინი მიმდინარეობენ რეაქტორებში, რომელთა კედლის მასალა თავისმხრივ კატალიზატორებად გვექვლინება. ხანგრძლივი დროის განმავლობაში კატალიზი ბუნების გამოცანად რჩებოდა, იწვევდა რა ცხოვრებაში სრულიად განსხვავებულ თეორიებს როგორც სუფთა ქიმიური, ასევე ფიზიკური თვალსაზრისით, შემდგომშიც კი მცდარი ეს თეორიები, სასარგებლო ხდებოდა თუნდაც იმიტომ, რომ მკვლევარებს უბიძგებდა ახალი ექსპერიმენტებისაკენ. რადგანაც უძრავლეს შემთხვევაში ქიმიური პროცესების წარმოებისათვის კატალიზატორების შერჩევა ხდებოდა, აურაცხელი სინჯების და შეცდომების გზით. ასე, მაგალითად: 1913-1914 წლებში გერმანელი ქიმიკოსები თვალყურს ადევნებდნენ რა დ. მენდელეევის პერიოდული სისტემის ელემენტებს და მათ შესაბამის შესაძლებლობებს, ამიაკის სინთეზირებისათვის კატალიზატორების სახით მათ 20 ათასზე მეტი ქიმიური ნაერთები გამოსცადეს.

კატალიზის არსის შესახებ დღეს შეიძლება შემდეგი დასკვნები გაკეთდეს:

1. მორეაგირე ნივთიერებები კატალიზატორთან შედინან კონტაქტში

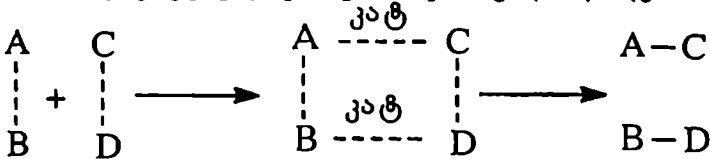


, ურთიერთქმედებენ მასთან, რის შედეგადაც ხდება ქიმიური ბმების შესუსტება.



თუ რეაქციებს კატალიზატორის გარეშე ატარებენ, მაშინ მორეაგირე ნივთიერებათა მოლეკულების აქტივაცია უნდა მოხდეს რეაქტორში, გარედან მიწოდებული ენერჯიის ხარჯზე.

2. ზოგადად ნებისმიერი კატალიზური რეაქცია შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც შუალედური კომპლექსის მეშვეობით მიმდინარე, რომელშიც ხდება შესუსტებული ქიმიური ბმების გადანაწილება.



3. უმეტეს შემთხვევაში კატალიზატორებად გვევლინება ბერტოლიდური ტიპის ცვლადი შედგენილობის ნაერთები. მათში შესუსტებული ქიმიური ბმების ან თუნდაც თავისუფალი ვალენტობის არსებობა მაღალ ქიმიურ აქტივობის უნარს აძლევს. მათი მოლეკულები ენერგეტიკულად არაერთგვაროვან ბმებს ან თუნდაც ზედაპირზე თავისუფალი ატომების ფართო ნაკრებს შეიცავენ.

კატალიზატორის რეაგენტებთან ურთიერთქმედების შედეგს წარმოადგენს რეაქციის სვლა მოცემული მიმართულებით, რეაქციის სიჩქარის გაზრდა, რადგანაც კატალიზატორის ზედაპირზე იზრდება შემხვედრი მოლეკულების რიცხვი. კატალიზატორი იჭერს რა ეგზოთერმული რეაქციის ენერჯიის გარკვეულ ნაწილს, ზრდის რეაქციის ახალი აქტუბის მცდელობის შესაძლებლობას და მას საერთოდ აჩქარებს.

სწავლება ქიმიური პროცესების შესახებ თავისი განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ეწევა ისეთი პრობლემების დამუშავებას, როგორც არის პლაზმური ქიმია, რადიაციული ქიმია, მაღალი წნევისა და ტემპერატურის ქიმია.

პლაზმური ქიმია სწავლობს დაბალტემპერატურულ პლაზმაში ქიმიურ პროცესებს. (პლაზმა – იონიზირებული გაზია). ის იკვლევს ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურაზე 10000-დან 100000°C-მდე. ასეთი პროცესები ხასიათდებიან ნაწილაკთა აგზნებული მდგომარეობით, მოლეკულების შეჯახებით დამუხტული ნაწილაკებთან და ქიმიური რეაქციების ძალიან დიდი სისწრაფით. პლაზმოქიმიურ პროცესებში ძალიან მაღალია ქიმიური ბმების გადანაწილების აქტების სიჩქარე. ქიმიურმა გარდაქმნებმა ელემენტარული აქტების ხანგრძლივობა შეადგინეს  $10^{-13}$  წამს, როდესაც თითქმის მთლიანად გამორიცხულია რეაქტიის შექცევადობა. ამ ქიმიური პროცესების სიჩქარე ჩვეულებრივ რეაქტორში შექცევადობის გამო მცირდება ათასჯერ. ამიტომ პლაზმოქიმიური პროცესების ძალიან მწარმოებლურია. პლაზმური ქიმია უკანასკნელ წლებში სულ უფრო მეტად ინერგება სამრეწველო წარმოებაში. მეტალურგიური ფხვნილისათვის უკვე შექმნილია საწარმოო ტექნოლოგიის ნედლეული, შემუშავებულია მთელ რიგი ქიმიური ნაერთების სინთეზის მეთოდები. გასული საუკუნის 70-იან წლებში შექმნეს პლაზმური ფოლადსადნობი ღუმელები, რომლებიც ყველაზე მაღალხარისხოვან ლითონების მიღების საშუალებას იძლევა.

პლაზმოქიმია იძლევა ადრე უცნობი მასალების სინთეზის საშუალებას, ისეთების როგორც არის მეტალობეტონი, რომელშიც დამაკავშირებელი ელემენტების სახით გამოიყენება სხვადასხვა მეტალები. მთის ქანების შეღწობის წყალობით მეტალებთან მტკიცე შეკუმშვით წარმოიქმნება მეტალობეტონი, რომელიც თავისი ხარისხით ჩვეულებრივ ბეტონთან შედარებით 10-ჯერ და 100-ჯერ უკეთესია.

ქიმიური პროცესების გამოკვლევებში ერთ-ერთ ყველაზე ახალგაზრდა მიმართულებას რადიაციული ქიმია წარმოადგენს, რომელიც ჩვენი ასწლეულის მეორე ნახევარში აღმოცენდა. ის სწავლობს მაიონიზირებელი გამოსხივების ზემოქმედებით ნივთიერებათა გარდაქმნას. მაიონიზირებელი გამოსხივების წყაროდ გამოიყენება რენტგენული დანადგარები, დამუხტული ნაწილაკების დამაჩქარებლები, ატომბირთვული რეაქტორები, რადიოაქტიური იზოტოპები.

რადიაციულ-ქიმიურ ტექნოლოგიაში მეტად მნიშვნელოვან პროცესებს წარმოადგენენ: პოლიმერიზაცია, ვულკანიზაცია, კომპოზიციური მასალების წარმოება, მათ რიცხვში პოლიმერბეტონის მიღება. ასეთი ბეტონი მიიღებოდა ჩვეულებრივი ბეტონის რომელიმე პოლიმერით გაჟღენთით და და შემდგომში დასხივებით. ასეთ ბეტონებს აქვთ 4-ჯერ უფრო მაღალი გამძლეობა, ფლობენ წყალგაუმტარობის უნარს და კოროზიისადმი მდგრადნი არიან.

ქიმიურ პროცესებში დღეისათვის პრინციპულად განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ძნელადღებადი და კერამიკული მასალების მაღალტემპერატურული თვითგავერცელებადი სინთეზი. ჩვეულებრივად მათი წარმოება ხორციელდება მეტალურგიული ფხვნილის დამუშავების მეთოდით, რომელთა არსია მეტალური ფხვნილის მაღალ ტემპერატურაზე ( $1200-2000^{\circ}\text{C}$ ) შეკუმშვა და დაწნეხა. თვითგავერცელებადი სინთეზი უფრო უბრალოდ მიმდინარეობს, რადგანაც დაფუძნებულია წვის პროცესზე ერთი მეტალისა მეორეში, ან მეტალისა აზოტში, ნახშირბადში და ა.შ.

დღეისათვის აბსოლუტურად ზუსტად არის ცნობილი, რომ წვის პროცესი თავისთავად წარმოადგენს ჟანგბადის შეერთებას წვად ნივთიერებასთან. ქიმიამი მიღებულია, წვის რეაქცია ჩაითვალოს წვადი ნივთიერების დაჟანგვად, რაც ნიშნავს წვადი სხეულების ატომებიდან ელექტრონების გადანაცვლებას ჟანგბადის ატომებისაკენ. ამ თვალსაზრისით წვა შესაძლებელია არამარტო ჟანგბადში, არამედ სხვა დამჟანგველებშიც. სწორედ ამ დასკვნაზეა დაფუძნებული მაღალტემპერატურული თვითგავერცელებადი სინთეზის მყარი სხეულების წვის სითბური პროცესი. მაგალითად, ტიტანის ფხვნილის წვა ბორის ფხვნილში, ან ცირკონიუმის ფხვნილისა სილიციუმის ფხვნილში. ასეთი სინთეზის შემდეგობით მიიღება მაღალი ხარისხის ძნელადღებადი ნაერთები.

#### 4.6. ნივთიერების გარდაქმნა

სხვადასხვა ნივთიერებების მისაღებად გამოიყენება, როგორც ფიზიკური, ისე ქიმიური მეთოდები. პირველს მიეკუთვნება, მაგალითად, წყალში გახსნა, გაფილტვრა, ხსნარის ამოშრობა, დესტილაცია და სხვა. მეორეს ხსნარების შერჩევა, ნივთიერების გახურება, რეაქციის ჩა-



ტარება ალის გამოყენებით, აფეთქებით. მაგალითად, წყალი შეიძლება მივიღოთ წყალბადისა და ჟანგბადის ნარევის აფეთქებით, ნახშირბადის დიოქსიდი ნახშირის დაწვით, ხოლო გოგირდმჟეაეს მიღება გიგორდის ჰაერზე დაწვით. შემდგომში გოგირდის ტრიოქსიდის მიღებით და შემდეგ მისი გახსნით წყლის ორთქლში. სუფრის მარილის ნაღვლობში ელექტროდენის გატარებით ის შეიძლება დაეშალოთ ელემენტებად. ერთ ელექტროდზე განხდება მომწვანო ფერის მხუთავი გაზი ქლორი, ხოლო მეორეზე მოვერცხლისფერო მორუხო მეტალი ნატრიუმი გამოიყოფა. სწორედ ნატრიუმისა და ქლორისაგან შედგება სუფრის მარილი.

გამოკვეთილი საზღვრის გაღება ფიზიკურ და ქიმიურ მეთოდებს შორის შეუძლებელია: მაგალითად, მინერალის გახურების პროცესი წააგავს ფიზიკურ პროცესს, მაგრამ მას შეუძლია მიგვიყვანოს ქიმიურ ცვლილებამდე.

ქიმია სწავლობს ნივთიერების გარდაქმნას, რომელსაც თან ახლავს მათი შედგენილობის და აგებულების ცვლილება, ქიმიის ძირითადი ამოცანაა ნივთიერების სინთეზი და ანალიზი.

*ქიმიური სინთეზი* თავისთავად უფრო მარტივი ნივთიერებიდან უფრო რთული ნივთიერებების მიზანმიმართულ მიღებას წარმოადგენს. ის დაფუძნებულია მოლეკულების აგებულების და მათი რეაქციის უნარიანობის ცოდნაზე. სინთეზის მეშვეობით იქმნება უამრავი ნივთიერება.

*ქიმიური ანალიზი* სინთეზის შებრუნებულ პროცესს წარმოადგენს და დაკავშირებულია რთულის უფრო მარტივად დაშლასთან. როგორც წესი ანალიზი ტარდება საწყის ნივთიერების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრის მიზნით. ანალიზის დროს ხდება საწყისი ნივთიერების დაშლა ქიმიურ ელემენტებად. მაგალითად, ანალიზის მიზნით სუფრის მარილის დაშლა ელექტროლიზის მეშვეობით საშუალებას იძლევა დავადგინოთ, რომ ნატრიუმი და ქლორი გამოიყოფა ყოველთვის ერთნაირი თანაფარდობით — 46:71. შესაბამისად სუფრის მარილის მოლეკულაში ეს ელემენტები ასეთივე თანაფარდობით შედიან. შესაბამისად თვითოეული მოლეკულა სუფრის მარილი შედგება ერთი ატომი ნატრიუმისა და ერთი ატომი ქლორისაგან.

ელემენტების შერევას მივყავართ ისეთ წარმონაქმნამდე, როგორიც არის ნაერთები და ნარევი. თუ ერთად დავყრით რკინის მტვერს, ხის ნახერხს და ქვიშას ნებისმიერი პროპორციით, ყოველთვის შეიძლება მათი დაყოფა (მაგალითად, ჭურჭლის, წყლის და მაგნიტის გამოყენე-

ბით). ამ შემთხვევაში ჩვენ საქმე გვაქვს ნარევეთან. თუ ქვიშა შედგება კენჭებისაგან. მაშინ ეს უხეში ნარევეა. თუ ქვიშა და სხვა ნაწილაკები ძალიან პატარა ზომისაა, მაშინ ნარევეს უწოდებენ წმინდას. შეიძლება დაეამზადოთ სხვადასხვა ნივთიერებების უფრო წმინდა ნარევეები. მაგალითად, სუფრის მარილის გახსნით წყალში სპირტისა და წყლის ერთად ჩასხმით, შეიძლება უფრო წმინდა ნარევეების (ჭეშმარიტი ხსნარების) დამზადება. გამდნარი თეთიის და სპილენძით მივიღებთ თითბრის შენადნობს. უხეში ნარევეებისაგან განსხვავებით, ეს მოლეკულური ნარევი არ შეიძლება უშუალოდ ხელით დაეაცილოთ ერთმანეთს. თავისთავად ჰაერიც აზოტის, ჟანგბადის, ნახშირმჟავა გაზის, ჰელიუმის და სხვა ქვითილშობილი აირების ნარევეებია. ნარევეების შემადგენელი ნაწილების თანაფარდობა შეიძლება იყვეს ნებისმიერი და მათი დაცილება შეიძლება ყოველთვის. ნარევეებში შემადგენელი ნაწილები ინარჩუნებენ თავის ფიზიკურ თვისებებს (სიმკვრივეს, დნობის ტემპერატურას, კრისტალურობას და ა.შ.). რაც შეეხება ნაერთებს, მასში შემავალი ნაწილები აიღება მხოლოდ მუდმივი თანაფარდობით და ისინი არ ამჟღავნებენ ნარევეების ნიშანთვისებებს.

ნებისმიერი რაოდენობის ნაერთები უკანასკნელ მოლეკულამდეც კი ერთგვაროვანია თავისი შემადგენლობით. მათში ერთი ან რამოდენიმე ელემენტის ატომები ერთმანეთთან შეერთებულია ამა თუ ის სახის ქიმიური ბმებით. უმრავლეს შემთხვევაში ქიმიური ნაერთები ემორჩილება შედგენილობის მუდმივობის და ჯერად შეფარდებათა კანონებს. ამჟამად ცნობილია სამ მილიონზე მეტი ქიმიური ნაერთები.

ქიმიური ნაერთების განსაზღვრა ფაქტიურად ემთხვევა მოლეკულის განსაზღვრებას. მოლეკულა – ნივთიერების უწყრილესი ნაწილაკია, რომელიც ფლობს მის ყველა დამახასიათებელ თვისებებს. მოლეკულა თავისთავად წარმოადგენს ერთსა და იმავე ქიმიური ნაერთების ატომთა ჯგუფს, რომლებიც ერთად კავდებიან ელექტრონული ძალებით. ქიმიური ნაერთების მაგალითებს წარმოადგენენ წყალი ( $H_2O$ ), გოგირდის მჟავა ( $H_2SO_4$ ), სუფრის მარილი ( $NaCl$ ) და სხვა.

თუ შევეცდებით დაეშალოთ, მაგალითად სუფრის მარილი უფრო მარტივ ნივთიერებად, მაშინ ისეთი მეთოდები როგორცაა გახურება ან გაცივება, არსებით შედეგა არ მოგვცემს. მხოლოდ ნაღობის ელექტროლიზით შეიძლება მივიღოთ აირადი ქლორი და მეტალური ნატრიუმი. ელექტროლიზის მეშვეობით წყლიდან შეიძლება მივიღოთ აირადი

წყალბადი და ჟანგბადი. ასეთი გზით დაშლილი ნივთიერების დაშლა კიდევ უფრო მარტივ ნივთიერებებად (უფრო მაღალ ტემპერატურაზე გახურებით, განმეორებითი ელექტროლიზით, აგრესიული ნივთიერებების შემოქმედებით და ა.შ.) შეუძლებელია. სწორედ ამიტომ უწოდებენ მათ ქიმიურ ელემენტებს. რკინა. სპილენძი, ნახშირბადი, ვერცხლისწყალი, ალუმინი, იოდი – ყველა ესენი ელემენტებია, მაგრამ თითბერი და ქაერი ნარევეებს წარმოადგენენ, ხოლო წყალი და სუფრის მარილი ნაერთებს მიეკუთვნებიან. სინთეზის დროს, დაშლის დროს და თვითონ ნივთიერების გარდაქმნის დროს ქიმიური ელემენტები უცვლელია. მთელ ქიმიური პროცესებისას ისინი პირველად აგურაქებად რჩებიან. ქიმიური გარდაქმნებისას რომელიმე ნივთიერების წარმოქმნა სხვა ნივთიერებებიდან შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ამ ნივთიერებებში არის ყველა აუცილებელი ელემენტი.

მრავალი ნივთიერებების აღიარებას ელემენტებად, როგორც წესი წინ უძღოდა მრავალრიცხოვანი ცდები, დაეშალათ ისინი უფრო მარტივ შემადგენლებად ისეთი ნივთიერებები, როგორიც არის ოქრო, ვერცხლი, ტყვია, ელემენტებად ითვლებოდა ჯერ კიდევ ალქიმიკოსებში. უფრო მოგვიანებით დადგენილ იქნა, რომ ქაერის შემადგენლობაში შემავალი ჟანგბადი და აზოტი, დაშლას არ ემორჩილებიან და ასევე ელემენტებს წარმოადგენენ. აღმოჩნდა, რომ ნახშირმჟავა გაზი შეიძლება დაიშალოს აირად, ჟანგბადად და მურად (ალმასადაც კი), და რომ ის ადვილად სინთეზირდება ამათგან. ხანგრძლივი დროის განმავლობაში წყალი ელემენტად ითვლებოდა. პირველად ის ჟანგბადად და წყალბადად დაშალა გ. კავენდიშმა. ამჟამად ნივთიერების დამოკიდებულება ქიმიური ელემენტების რიცხვთან, განისაზღვრება სპექტრალური ხაზების სიხშირის გაზომვის შედეგებით.

*ერთი ნივთიერების მეორე ნივთიერებად გარდაქმნას, თავისი შედგენილობით და აგებულებით ქიმიური რეაქცია ეწოდება.* ქიმიური რეაქცია ხასიათდება მასში შემავალი ნივთიერებების თანაფარდობით, გარდაქმნის ხარისხით, სიჩქარის მუდმივებით და წონასწორობით, აქტივაციის ენერგიით, სითბური ეფექტით. ქიმიური რეაქციის პროცესში ატომებს შორის მიმდინარეობს ელექტრონების გაცვლა, რასაც ბოლოსდაბოლოს მიჰყავს ერთი ნივთიერების მეორე ნივთიერებად გარდაქმნამდე.

ქიმიური რეაქციის კლასიფიცირებას ახდენენ ელემენტარულ აქტივებში მონაწილე მოლეკულათა რიცხვის მიხედვით (მონო ან ბიომო-

ლექულური რეაქციები), კინეტიკური მექანიზმით (თანამიმდევრული, პარალელური, შეუღლებული), მორეაგირე სისტემების ფაზური მდგომარეობა (აირადი, თხევადი და მყარი ფაზით), რეაქციის მიმდინარეობის არე (ჰომოგონური - ფაზის მოცულობაში, ჰეტეროგენური - ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე).

ქიმიური რეაქციის მაგალითად განვიხილოთ ნახშირმჟავა გაზის გარდაქმნა. სახელდობრ ის წარმოიქმნება ნახშირბადის დაწვით ან ცოცხალ ორგანიზმში საკვები პროდუქტების დაჟანგვით ან დაშლით. ნახშირბადის ატომები წვის პროცესში იერთებენ ჟანგბადის ორ-ორ ატომს და წარმოქმნიან  $\text{CO}_2$ -ის მოლეკულას. ჩვეულებრივ პირობებში ნახშირმჟავა გაზი თავის ჟანგბადს არ აძლევს სხვა ნივთიერებებს წვის შესანარჩუნებლად: ჟანგბადის ატომები ნახშირბადთან ძალიან მტკიცედ არიან დაკავშირებული. სწორედ ამიტომ ნახშირმჟავათი შეიძლება არა მარტო მსუბუქი ალის ჩაქრობა, არამედ დიდი ხანძრისაც. ნახშირმჟავა გაზი ოდნავ მომწამლაკია ცოცხალი ორგანიზმისათვის, ის მავნეა იმით, რომ ფილტვებში გაზთა ცვლას ხელს უშლის. იგი იხსნება წყალში და მას აძლევს მომჟავო გემოს (საკმარისია გავიხსენოთ გაზირებული წყალი). მისი გახსნით წყალში მიიღება არამდგრადი ქიმიური ნაერთები ნახშირმჟავა (ჰიდროკარბონატი).

ნახშირმჟავას თუ სუფრის მარილს დავამატებთ, რთული ნარევი წარმოიქმნება. ამგვარ ხსნარებში ელექტროლიზით ნივთიერება დამუხტულ ატომებად ან ატომთა ჯგუფებად იშლება, რომლებსაც იონები ეწოდება. მიღებულ ნარევეში მონაწილეობენ ნატრიუმის დადებითი იონები, ქლორის უარყოფითი იონები, წყალბადის დადებითი იონები და უარყოფითი იონები  $\text{CO}_3$ -ის რადიკალისა. არ შეიძლება ითქვას, რომ იქ არის ნატრიუმის ქლორიდი და ნახშირმჟავა, ან მარილმჟავა და ნატრიუმის კარბონატი ან თუნდაც ყველა ოთხი ნივთიერების ნარევი. ყველა ეს კომბინაციები ხან ერთიანდებიან, ხან ხელახლა იშლებიან. ასე, რომ ყველა მოლეკულა არამდგრად მოძრაობაში იმყოფება. იმისათვის, რომ დავარღვიოთ დამყარებული წონასწორობა, აუცილებელია ხსნარს მოვაცილოთ ნებისმიერი რომელიმე ნივთიერება. მაგრამ ამის გაკეთება არც ისე ადვილია, რამდენადაც ისინი წყალშია გახსნილი.

დავუშვათ გვაქვს ნატრიუმის კარბონატის (სოდის) და კალციუმის ქლორიდის ხსნარის ნარევი. ეს ნარევი ისევე შეიცავს ნატრიუმის, კალციუმის, ქლორის და კარბონატის იონებს, მაგრამ ამ შემთხვევაში არ-

ცერთი მიღებული კომბინაცია არ იხსნება წყალში. ამიტომ შემთხვევითი შეჯახებები იონებს შორის მთავრდება კალციუმის კარბონატის მოლეკულების წარმოქმნით. ისინი როგორც წყალში უხსნადი ხსნარიდან ილექებიან ცარცის უმცირესი თეთრი მარცვლების სახით. ასეთი პროცესი შეუქცევად მიმდინარეობს მანამ, სანამ ხსნარში ნახშირმჟავა კალციუმში არ დარჩება. ამ დროს მიღებული ნალექი შემდგომში გაფილტრული და გამოშრალი, სუფთა ცარცს წარმოადგენს. მაგრამ, თუ ცარცს ავიღებთ საწყის ნედლეულად, შეიძლება დავშალოთ ნახშირმჟავა გაზად და კირად (კალციუმის ოქსიდად). ამისათვის აუცილებელია გამოვიყენოთ გაზურება, რის შედეგადაც ყოველი 100 გრ ცარცი მოგვცემს 5ნ გრ კირს და 44 გრ ნახშირმჟავა გაზს. პრაქტიკულად სწორედ ასე იღებენ კირს, რომელსაც შემდგომ ფართოდ გამოიყენებენ სოფლის მეურნეობასა და ქიმიურ მრეწველობაში.

კირი ნახშირმჟავა გაზთან კვლავ წარმოქმნის ცარცს. მხოლოდ ამ რეაქციის ჩატარება საკმაოდ რთულია მყარ კირთან, რადგანაც ნახშირმჟავა გაზის მასში შეღწევა გართულებულია. უკეთესია თუ კირს გავხსნით წყალში და მიღებულ ხსნარში გავატარებთ ნახშირმჟავა გაზს. ამ დროს კარგად დავინახავთ როგორ ილექებიან ცარცის თეთრი მარცვლეუბი.

ყველა ამ პროცესების გამოსახატავად იყენებენ ქიმიურ ტოლობებს, რომლებიც გვიჩვენებენ როგორ ერთდებიან ან ჩაენაცვლებიან ერთმანეთს ელემენტთა ატომები.

მაგალითად ნახშირის წვის პროცესი:  $C + O_2 = CO_2$

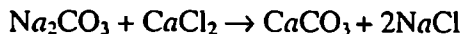
განტოლება გვიჩვენებს, რომ ერთი ატომი ნახშირბადი C უერთდება ჟანგბადის  $O_2$  მოლეკულას და წარმოიქმნება ერთი მოლეკულა  $CO_2$ .

ნახშირმჟავა გაზის გარდაქმნა ნახშირმჟავად გაომისახება განტოლებით:



ნახშირმჟავა არამდგრადი ნაერთია, ამიტომ ის ადვილად იშლება.

ნახშირმჟავა ნატრიუმში  $Na_2CO_3$  ხსნარის და კალციუმის ქლორიდის  $CaCl_2$  ხსნარის შერევით მიმდინარე პროცესი გამოისახება ტოლობით:

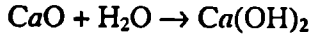


ნალექი გამოიყოფა ცარცის  $\text{CaCO}_3$ -ის სახით. თუ ცარცს გავახურებთ, მაშინ წარმოიქმნება კირი  $\text{CaO}$  და ნახშირმჟავა  $\text{CO}_2$  გაზი, რაც გამოისახება ტოლობით:

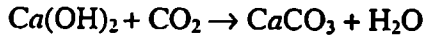


აქ ურთიერთ საწინააღმდეგო ისარი გვიჩვენებს, რომ რეაქცია შეიძლება მიმდინარეობდეს ნებისმიერი მიმართულებით ტემპერატურის შესაბამისად.

კირის გახნით წყალში წარმოიქმნება კალციუმის ჰიდროქსიდი:



წარმოქმნილი კირიანი წყალი ურთიერთქმედებს მასში გატარებულ ნახშირმჟავა გაზთან:



რის შედეგადაც ნალექის სახით გამოიყოფა ისევ ცარცი  $\text{CaCO}_3$ .

ქიმიის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს ნივთიერება და მისი გარდაქმნა. ქიმიის ფუძემდებელ განზოგადოებათა რიცხვს ეკუთვნიან: ატომურ-მოლეკულური თეორიები, მასისა და ენერჯის შენახვის კანონი, პერიოდული სისტემა, ქიმიური აგებულების თეორია.

ატომურ-მოლეკულური თეორიის შემქმნელად და ნივთიერების მასის პირველ აღმოჩენად ითვლება მ.ვ. ლომონოსოვი. ის ზუსტად ანსხვავებდა ნივთიერების აგებულებაში ორ საფეხურს: ელემენტი და კორპუსკულები (ჩვენი აზრით – ატომები და მოლეკულები). ლომონოსოვის მოსაზრების თანახმად, მარტივი ნივთიერება შედგება ერთნაირი ატომებისაგან, ხოლო რთული ნივთიერების მოლეკულები შედგება სხვადასხვა ატომებისაგან.

თანამედროვე ქიმია, არამარტო მაკრონაწილაკების (ატომების, მოლეკულების, იონების, რადიკალების და ა.შ.) ქიმიაა არამედ მაკროსხეულებისაც. ორგანული მაკროსხეულები ხასიათდებიან მოლეკულური სტრუქტურით, რაც არაორგანული მაკროსხეულების უმრავლესობას არ ახასიათებს.

არაორგანული მაკროსხეულები შედგებიან ატომებისაგან ან ერთსა და იმავე ქიმიური ელემენტების ატომებისაგან (მარტივი ნივთიერება) ან სხვადასხვა ელემენტებისაგან (ქიმიური ნაერთები). მყარ ნივთიერებებში არამოლეკულური ფორმების არსებობის აღიარებას მივყავართ ზოგიერთი ქიმიური ატომისტიკური დებულებების გადახედვამდე. ძირითადი ცნებებისა და კანონების მოდერნიზაციამდე, რომელიც ნაწილობრივ სა-

მართლიანია აირებისათვის იმის მიუხედავად, რომ ჯერ კიდევ 1760 წელს მ.ვ. ლომონოსოვმა არსებითად ჩამოაყალიბა მასისა და ენერგიის შენახვის ერთიანი კანონი. მე-20 საუკუნის დასაწყისამდე მასის შენახვის კანონი და ენერგიის შენახვის კანონი განიხილებოდა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად. ქიმიას საქმე ჰქონდა ძირითადად პირველ კანონთან, ხოლო ფიზიკას მეორესთან. 1905 წელს თანამედროვე ფიზიკის ფუძემდებელმა ა. ეინშტაინმა გვიჩვენა, რომ მასასა და ენერგიას შორის არსებობს დამოკიდებულება, რომელიც რაოდენობრივად გამოისახება ტოლობით:

$$E = mc^2$$

სადაც  $E$  – ენერგიაა,

$m$  – მასა,

$c$  – სინათლის სიჩქარეა ვაკუუმში.

შედეგად სინათლის გავრცელების სიჩქარის კვადრატს უკიდურესად დიდ სიდიდეს და მასის მცირე ცვლილებას მივყავართ ენერგიის უდიდეს ცვლილებასთან. ამგვარად უკანასკნელი ფორმულიდან ჩანს, რომ ერთ კჯოულ ენერგიას შეესაბამება  $2 \cdot 10^{13}$  კგ მასის ცვლილება. თუ ჩავთვლით, რომ სითბური ეფექტი შეადგენს რამდენიმე ასეულ კჯოულს, მაშინ შესაბამისად მასის ცვლილება შეადგენს  $10^{-11}$ - $10^{-13}$  კგ. მასის ეს ცვლილება თანამედროვე სასწორების მგრძობიარობის გარე დევს. ამიტომაც შესაბამისად ენერგეტიკულ ეფექტს უარყოფენ, მაგრამ ბირთულ ქიმიასში და ენერგეტიკაში იზომება მილიონი და მილიარდი კჯოული ენერგია. აქ უკვე მასის ცვლილების კავშირი ენერგიის ცვლილებასთან არ უნდა უარყოთ.

მასისა და ენერგიის ურთიერთდამოკიდებულებიდან არ უნდა დავასკვნათ, რომ მასა გარდაიქმნება ენერგიად. მასა და ენერგია მატერიის განუყოფელია, მაგრამ ისინი ერთმანეთის ეკვივალენტურნი არ არიან და არც ერთმანეთში არ გარდაიქმნებიან. მასა მატერიის ერთ-ერთ თვისებას, მის ინერციის საზომს წარმოადგენს, ენერგია კი – მისი მოძრაობის საზომს.

პერიოდული სისტემა მეცნიერული საფუძველია ელემენტთა მნიშვნელოვანი თვისებებისა და მათი ნაერთებისა. ის უდიდეს როლს თამაშობს ბუნებრივ და ხელოვნურ რადიოაქტიურობაში, შინაგანი ენერგიის განთავისუფლებაში. ამჟამად ურანის შემდგომი და პლუტონის შემდგომი ელემენტების სინთეზი პერიოდული სისტემის გარეშე შეუძლებელია. მთლიანად მასზეა აგებული გეო და კოსმოქიმია.

პერიოდულობის კანონი და პერიოდული სისტემა განაგრძობენ განვითარებას. ამჟამად პერიოდულობის კანონს ასეთი ფორმულირება მიეცა: *ელემენტთა თვისებები, ასევე მათი ნაერთების ფორმები და თვისებები, პერიოდულ დაშოკიდებულებაშია ატომის ატომგულის მუხტის სიდიდესთან.*

ამგვარად, ქიმიური ელემენტის და მათი ნაერთების თვისებების ინტეგრალურ მაჩვენებლად უფრო ზუსტი აღმოჩენდა ატომგულის მუხტი, ვიდრე ატომური მასა.

პერიოდული სისტემის განვითარებაში, ბოლო წლებში, მნიშვნელოვანი იყო მასში ნულოვანი ჯგუფის გაუქმება. ის შემოტანილ იქნა ი.მ. მენდელეევის მიერ იმ ელემენტების გასაერთიანებლად, რომლებსაც იმ დროს ინერტული გაზები ეწოდებოდათ. ქსენონისა და მისი ანალოგების ვალენტურ-ქიმიურ ნაერთთა აღმოჩენის შემდეგ მათმა ქიმიური თვისებების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ კეთილშობილი აირები წარმოადგენენ პერიოდული სისტემის VIII ჯგუფის ქვეჯგუფის ელემენტებს.

ქიმიის ფუნდამენტურ ამოცანას წარმოადგენს, ნივთიერებების ქიმიურ აგებულებასა და თვისებებს შორის დამოკიდებულების შესწავლა. ამჟამად ცნობილია, რომ ნივთიერებათა თვისებები დამოკიდებულია მის აგებულებაზე. შედარებით ადრე ითვლებოდა, რომ ნივთიერებათა თვისებები განისაზღვრება მისი თვისობრივი და რაოდენობრივი შედგენილობით. გამოჩენილმა რუსმა სწავლულმა ა.მ. ბუტლეროვმა დაადგინა, რომ „რთული ნაწილაკების ქიმიური ბუნება განისაზღვრება შემადგენელი ელემენტარული ნაწილაკებით, მათი რიცხვით და ქიმიური აგებულებით“, ეს დებულება წარმოადგენს ქიმიის ფუნდამენტურ კანონს. თანამედროვე განმარტებაც ამტკიცებს, რომ მოლეკულათა თვისებები განისაზღვრებიან მათში შემავალი ატომების ბუნებით, რაოდენობით და მოლეკულათა ქიმიური აგებულებით.

თავდაპირველად მოლეკულების აგებულების თეორია, მხოლოდ მოლეკულური სტრუქტურის მქონე ნაერთებს ეხებოდა. ამჟამად კი ის განიხილება როგორც ზოგადქიმიური თეორია.

ქვანტური მექანიკის პრობლემებში ა.მ. ბუტლეროვის ქიმიური აგებულების თეორიის გამოყენებამ, ეს თეორია თანამედროვე ქიმიის საფუძვლად გადააქცია.

1951 წელს მოსკოვის ბიოფიზიკის ინსტიტუტის ერთ-ერთი ლაბორატორიის გამგე ბ.პ. ბელოუსოვი ცდილობდა გამოექვეყნებინა სტატია



სახელწოდებით „პერიოდულად მომქმედი რეაქცია და მისი შექანიზმი“ მასში აღწერილი იყო ლიმონდმუავას დაჟანგვის რეაქცია, ექსპერიმენტულად ნაპოვნი კატალიზატორის მეშვეობით. ავტორმა აღმოაჩინა, რომ „სარეაქციო ნარევი ადგილი აქვს ფარულ, მთელ რიგ განსაზღვრული თანმიმდევრობით მოწესრიგებულ ჟანგვა-აღდგენით პროცესებს, რომელთაგანაც ერთი იმათაგანი პერიოდულად მთელი აღებული სარეაქციო ნარევის გარკვეული დროით ფერის ცვლილებით ვლინდება. ასეთი მორიგეობითი შეფერილობის ცვლილება უფერულიდან ყვითლამდე მოჩანს საკმაოდ დიდხანს (საათს და მეტხანსაც), თუ სარეაქციო ხსნარი აღებულია განსაზღვრული ოდენობით და შესაბამისი განზავებით“ მანამდე ითვლებოდა, რომ ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობენ შეუქცევადად, რომ ერთგვაროვან ხსნარებში არ შეიძლება მიმდინარეობდეს რყევითი პროცესები.

იმ მოენტიისათვის, როდესაც სტატია უარით უკან იქნა დაბრუნებული, მისმა ავტორმა გადაწყვიტა, რომ თავისი აღმოჩენა ჩატარებინა უფრო თვალსაჩინოდ. ის ხსნარს სპეციალური ინდიკატორით „ღებავდა“ კოლბაში უფერო ხსნარს უმატებდა მწიკვ (მცირე რაოდენობა) განსაზღვრულ ნივთიერებას. უფერო ხსნარი უცებ წითელი ხდებოდა, ხოლო რამდენიმე წუთის შემდეგ ფერი იცვლებოდა ლურჯად. შემდგომში ლურჯი კვლავ წითელში გადადიოდა და შებრუნებით. ეს გრძელდებოდა პერიოდულად და მრავალჯერ.

ბ.პ. ბელოუსოვის მიერ ჩატარებული სამუშაოების თითქმის პარალელურად ინგლისელმა მათემატიკოსმა ა. ტიურინგმა ააგო ქიმიური რეაქციის მათემატიკური მოდელი, რომლის დროსაც ხსნარში უნდა წარმოქმნილიყო შუალედური მდგრადი პროდუქტები. ნათელი გახდა, რომ ბელოუსოვი ექსპერიმენტულად სწავლობდა მოვლენას, რომელიც ბუნებაში გვხვდებოდა და რომელიც ჯერ კიდევ შეუსწავლელი იყო.

1959 წელს სპეციალისტებისათვის ნათელი გახდა, რომ ბ.პ. ბელოუსოვის მიერ, უდიდესი მნიშვნელობის აღმოჩენა იყო გაკეთებული და დასანანი იყო, რომ ამის შესახებ პირველი ინფორმაცია გამოქვეყნდა მხოლოდ 1958 წელს „რადიაციული მედიცინის რეფერატულ ჟურნალში“, ამ აღმოჩენის ავტორს წარმოდგენაც კი არ ჰქონდა, რომ მისი აღმოჩენა გახდებოდა ბიძგი პრინციპულად მეცნიერების ახალი დრაგისა — სინერგეტიკისა. პერიოდულად მომქმედი რეაქციების გამოკვლევებში შემდგომში დიდი წვლილი შეიტანა ბიოფიზიკოსმა ა.მ. ჟაბოტინსკიმ.

ამჟამად ამ რეაქციას ხშირად უწოდებენ ბელოუსოვ-ჟაბოტინსკის რეაქციას.

#### 4.7. ევოლუციური ქიმია

მე-20 საუკუნის 50-60 წლებამდე ქიმიაში ევოლუციის შესახებ არაფერი იყო ცნობილი. ბიოლოგისაგან განსხვავებით, რომელიც იძულებული იყო გამოეყენებინა დარვინის ევოლუციური თეორია მრავალრიცხოვანი სახის მცენარეების და ცხოველების წარმოშობის ასახსნელად. ქიმიკოსებს არ აღუვებდათ საკითხი ნივთიერებათა წარმოშობის შესახებ, რადგანაც ნებისმიერი ახალი ქიმიური ინდივიდის მიღება ყოველთვის იყო ადამიანის ხელებსა და აზროვნებაზე დამოკიდებული. ახალი ქიმიური ნაერთების მოლეკულა კონსტრუირდებოდა სტრუქტურული ქიმიის კანონების მიხედვით, ატომებისა და ატომთა ჯგუფებისაგან. ცოცხალი ორგანიზმების აწყობა კი ცილების მეშვეობით არ შეიძლება.

ევოლუციური ქიმიის წარმოქმნამ ხელი შეუწყო ბიოკატალიზატორების მოდელირების დარგის გამოკვლევებს. კატალიზური სტრუქტურის ხელოვნური შერჩევა ორიენტირდებოდა ბუნებრივ, ბუნების მიერ განხორციელებულ ევოლუციაზე არაორგანული ქიმიიდან ცოცხალ ორგანიზმზე. ევოლუციური ქიმიის დარგის გამოკვლევების განვითარების სხვა საფუძველს წარმოადგენს „არასტაციონარული კინეტიკის“ რეალური მიღწევები.

ამ მიღწევების შედეგად ქიმიკოსებს გაუჩნდათ შესაძლებლობა გადაეჭრათ ევოლუციური პრობლემები საკუთარი ობიექტების მიმართ. ეს პრობლემები ახალი ქიმიური ნაერთების თვითნებური სინთეზი, რომლებიც წარმოადგენენ უფრო მაღალორგანიზებულ პროდუქტს საწყის ნივთიერებებთან შედარებით. ამიტომ ევოლუციურ ქიმიას თვლიან წინაბიოლოგიურ მეცნიერებად ქიმიური სისტემების თვითგანვითარების შესახებ.

#### 4.8. ქიმიის ურთიერთკავშირი ბიოლოგიასთან

ქიმია და ბიოლოგია ხანგრძლივი დროის განმავლობაში თავისი საკუთარი გზით ვითარდებოდა, თუმცა ქიმიკოსების დიდიხნის ოცნებას წარმოადგენდა ლაბორატორიულ პირობებში შეექმნათ ცოცხალი ორგანიზმი.

თავისთავად ეს იდეა წარმოიქმნა ჯერ კიდევ ალქიმიის პერიოდში და თითქმის XVI საუკუნემდე იყო ერთ-ერთი მთავარი მიზნობრივი დაღვნილება. მაგრამ XVII საუკუნისათვის სწავლულებს შორის დამკვიდრდა რწმენა ამის განუხორციელებლობის შესახებ და შესაბამისად, მცდარობა ალქიმიის იდეალურობის შესახებ. ასეთ გადაფასებას ხელი შეუწყო იმ დადებითმა ცოდნამ, რომლებიც თვითონ ალქიმიის განვითარების შედეგად დაგროვდა. შედეგად დისკრედიტირებული იქნა ალქიმიის ისეთი მიმართულებები როგორცაა „ფილოსოფიური ქვის“ და უნივერსალური გამხსნელის ძიება. ალქიმიის შესამე იდეალი იყო სიცოცხლის გამახანგრძლივებელი ელექსირი, რომელსაც თავისი პოპულარობა არ დაუკარგავს ჯანმრთელობის შესანარჩუნებლად და დაავადებების სამკურნალოდ გამოყენებული ქიმიური პრეპარატების წყალობით.

ქიმიის და ბიოლოგიის ურთიერთკავშირი მნიშვნელოვნად გაძლიერდა XIX საუკუნის დასაწყისში, როცა ქიმიის შემადგენლობაში წარმოიქმნა ორი დამოუკიდებელი სამეცნიერო დისციპლინა – არაორგანული და ორგანული ქიმია. ქიმიისა და ბიოლოგიის ურთიექმედების საკითხის მიმართ განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ორგანული ქიმია.

მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებების ორგანულმა ბუნებამ ქიმიკოს-ორგანიკოსებს წარმოუდგინა შესანიშნავი ნიმუშები თავისი შემოქმედებისათვის და მსგავსი ნივთიერებების კვლავწარმოებისათვის ქიმიურ ლაბორატორიებში. ასე წარმოიქმნა ქიმიკოსებისათვის „ბიოლოგიური იდეალი“, რომელმაც დაწყებით ეტაპზე დიდი გავლენა მოახდინა ორგანული ქიმიის განვითარებაზე.

ქიმიის ბიოლოგიასთან ურთიერთკავშირის მკვეთრი გაძლიერება მოხდა ა.მ. ბუტლეროვის ორგანული ნაერთების ქიმიური აგებულების თეორიის წარმოქმნის შედეგად. ქიმიკოს-ორგანიკოსები ხელმძღვანელობდნენ რა ამ თეორიით, ჩაებნენ შეჯიბრში თავის „მეტოქესთან“ ბუნებასთან. ქიმიკოსების შემდგომმა შთამომავლობამ დიდი გამოძვინება, შრომა და შემოქმედებითი ძიება განახორციელა ნივთიერებების სინთეზის მიმართულებით. მათი მცდელობა იყო არა მარტო მიებაძათ ბუნებისათვის, არამედ ეჯობნათ კიდევ მისთვის და დღეს ჩვენ შეგვიძლია დარწმუნებით გამოვაცხადოთ, რომ ბევრ შემთხვევაში ამას მიაღწიეს.

მხოლოდ XIX საუკუნის მეცნიერების თანდათანობითმა განვითარებამ, მიიყვანა მეცნიერება ატომის სტრუქტურის აღმოჩენამდე, დეტა-

ლურ აგებულების შესწავლამდე და უჯრედის შედგენილობამდე. ქიმიკოსებს და ბიოლოგებს პრაქტიკული შესაძლებლობა მიეცათ ერთად ემუშავათ უჯრედის სწავლების ქიმიურ პრობლემებზე, მათ შორის ცოცხალი ქსოვილების ქიმიური პროცესების ხასიათის საკითხებზე, ბიოლოგიურ ფუნქციებზე, რომლებსაც ქიმიური რეაქციები განაპირობებს.

მართლაც თუ ორგანიზმში დავაკვირდებით ნივთიერბათა ცვლას სუფთა ქიმიური თვალსაზრისით, როგორც ეს ა.ი. ოპარინგმა გააკეთა, ჩვენ დაინახავთ შედარებით მარტივ და ერთგვაროვან ქიმიური რეაქციების დიდი რიცხვის ერთობლიობას, რომლებიც ერთმანეთს ეხამებიან დროში, მიმდინარეობენ არა შემთხვევით არამედ მკაცრი თანამიმდევრობით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება რეაქციის გრძელი ჯაჭვი. კანონზომიერების ეს რიგი მუდმივ მიმართულია მთელი ცოცხალი სისტემის თვითგადარჩენისა და თვითკვლავმწარმოებისაკენ, მთლიანად გარემომცველ სამყაროსაკენ მოცემულ პირობებში.

ამგვარად, ცოცხლის ისეთი სპეციფიკური თვისება, როგორც არის ზრდა, გამრავლება, მოძრაობა, გამლიზიანებლობა, რეაგირების უნარი გარემოს ცვლილებაზე, რომლებიც დაკავშირებულია ქიმიური გარდაქმნების განმსაზღვრელ კომპლექსებთან. ამიტომ ქიმიას სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა შორის ძირითადი როლი ეკუთვნის. სწორედ ქიმიის მიერ გამოვლინდა ქლოროფილის როლი, როგორც ქიმიური საფუძველი ფოტოსინთეზის, ჰემოგლობინის როგორც სუნთქვის საფუძველი, დადგენილია ნერვული აგზნების გადაცემის ქიმიური ბუნება, განსაზღვრულია ნუკლეინური მჟავების სტრუქტურა და ა.შ. მაგრამ მთავარი იმაში მდგომარეობს, რომ თვითონ ბიოლოგიურ პროცესების საფუძველებში ობიექტურად სიცოცხლის ფუნქციებში ქიმიური მექანიზმი ძევს. ყველა ფუნქციები და პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობენ ცოცხალ ორგანიზმში, თურმე შესაძლებელია გადმოიცეს ქიმიის ენაზე, კონკრეტული ქიმიური პროცესების სახით. რა თქმა უნდა არასწორი იქნებოდა, სიცოცხლის მოვლენის სუფთა ქიმიურ პროცესებამდე დაყვანა. ეს იქნებოდა უხეში მექანიკური გამარტივება. ამის ნათელ მოწმედ გამოდის ცოცხალ სისტემებში ქიმიის პროცესების სპეციფიკა არაცოცხალთან შედარებით. ამ სპეციფიკის შესწავლა საშუალებას იძლევა მატერიის მოძრაობის ქიმიური და ბიოლოგიური ფორმების ერთიანობისა და ურთიერთკავშირის. ამასვე ამბობდა ბიოლოგიასთან შეპირისპირებით წარმოქმნილი სხვა მეცნიერებებიც; ქიმიის და ფიზიკის; ბიოქიმია –

მეცნიერება ცოცხალ ორგანიზმებში ნივთიერებათა ცვლის და ქიმიური პროცესების შესახებ; ბიოორგანული ქიმია – მეცნიერება ცოცხალ ორგანიზმის შემადგენელი ნაერთების სინთეზის გზების და ფუნქციების აგების შესახებ; ფიზიკო-ქიმიური ბიოლოგია, როგორც მეცნიერება რთული სისტემების ფუნქციონირების ინფორმაციის გადაცემის ბიოლოგიური პროცესების მოლეკულურ დონეზე რეგულირების და ასევე ბიოფიზიკა, ბიოფიზიკური ქიმია და რადიაციული ბიოლოგია.

ამ პროცესების მეცნიერული მიღწევებით განისაზღვრა ქიმიური პროდუქტების უჯრედული მეტაბოლიზმი (ნივთიერებათა ცვლა მცენარეებში, ცხოველებში, მიკროორგანიზმებში): ბიოლოგიური გზების და პროდუქტების ბიოსინთეზის ციკლის დადგენა, რეალიზებულია მათი ხელოვნური სინთეზი, რეგულატორულ და მემკვიდრეობითი მოლეკულური მექანიზმის მატერიალური საფუძვლების აღმოჩენა. ასევე მნიშვნელოვან წილად გაირკვა ქიმიური პროცესების მნიშვნელობა უჯრედის პროცესების ენერგეტიკაში და საერთოდ ცოცხალ ორგანიზმში.

ამჟამად ქიმიკოსებისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ხდება ბიოლოგიური პროცესების გამოყენება, რომლებშიც კონცენტრირებულია ცოცხალი ორგანიზმის შეგუების მილიონწლიანი გამოცდილება, ცდა უფრო სრულყოფილი მექანიზმის და პროცესების შექმნისა. საჭიროა ამაზე უფრო დაწვრილებით ვისაუბროთ.

ჯერ კიდევ XIX საუკუნეში მეცნიერები მიხვდნენ, რომ ბიოლოგიურ პროცესების განსაკუთრებული ეფექტურობის საფუძველს წარმოადგენს ბიოკატალიზი. ამიტომ ქიმიკოსები მიზნად ისახავენ შექმნან ახალი ქიმია, რომელიც დაფუძნებული იქნება ცოცხალი ბუნების კატალიზურ გამოცდილებაზე. გაჩნდა ქიმიური პროცესებით მართვა, სადაც გამოიყენებენ თავის მსგავსი მოლეკულების სინთეზის პრინციპებს. ფერმენტების პრინციპების მსგავსად შექმნილი იქნება კატალიზატორები ისეთი სხვადასვა თვისებებით, რომლებიც მნიშვნელოვნად აჯობებენ წარმოებაში არსებულს.

მიუხედავად იმისა, რომ ფერმენტები საერთო თვისებებს ფლობენ, რომლებიც უპირატესნი არიან ყველა კატალიზატორებთან შედარებით, მაინც უკანასკნელის მსგავსნი არიან, რადგანაც ფუნქციონირებენ შესატყვისი სისტემის ჩარჩოებში. ამიტომ ყველა ცდა ცოცხალის ბუნების გამოცდილებისა გამოიყენოთ ქიმიური პროცესების დაჩქარებისა არაორგანულ სამყაროში აწყდება სერიოზულ შეზღუდვებს. ჯერ-ჯერო-

ბით საქმე ეხება მხოლოდ ზოგიერთი ფერმენტების მოდელირების და მოდელების გამოყენებას ცოცხალ სისტემების თეორიულ ანალიზში და ასევე, გამოყოფილი ფერმენტების ნაწილობრივ პრაქტიკულ გამოყენებას ზოგიერთი ქიმიური რეაქციების დასაჩქარებლად.

აქ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებად უნდა ჩაითვალოს გამოკვლევები, ორიენტირებული ბიოკატალიზატორების გამოყენების პრინციპები ქიმიისა და ქიმიურ ტექნოლოგიაში, რისთვისაც საჭიროა ცოცხალი ბუნების ყველა კატალიზური გამოცდილების შესწავლა, მათ რიცხვში თვით ფერმენტის ფორმირების ცდა, უჯრედის და ორგანიზმისა კი. სწორედ აქ წარმოიქმნა ევოლუციური ქიმიის საფუძველები როგორც ახალი მეცნიერება, რომელიც გეთავაზობს პრინციპულად ახალ ქიმიურ ტექნოლოგიების გზებს, რომლებსაც უნარი აქვთ გახდნენ ცოცხალი სისტემის ანალოგები.

ის ფაქტი, რომ კატალიზი გადამწყვეტ როლს თამაშობდა ქიმიური სისტემების ბიოლოგიურში გადასვლის პროცესებთან, ამჟამად მრავალი მონაცემებით მტკიცდება. ასეთი რეაქციები მიმდინარეობენ სპეციფიკური სივრცობრივი და დროებითი სტრუქტურების წარმოქმნით ახლების წარმოქმნის და გამოყენებული რეაგენტების მოცილების ხარჯზე. მხოლოდ ღია ფიზიკური სისტემების თვითორგანიზმციისაგან განსხვავებით, მოცემულ ქიმიურ რეაქციებში საყურადღებო მნიშვნელობას იძენენ კატალიზური პროცესები.

ამ პროცესების როლი ძლიერდება ქიმიური სისტემების შედგენილობის და სტრუქტურის გართულების შესაბამისად. სწორედ ამის საფუძველზე ზოგიერთი სწავლული პირდაპირ უკავშირდება ქიმიურ ევოლუციას კატალიზური სისტემების თვითორგანიზაციას და თვითგანვითარებას. აქ, უთუოდ უნდა გვახსოვდეს, რომ სიცოცხლის უბრალო ფორმების გადასვლა ვარაუდობს ასევე განსაკუთრებულ ღიფერენცირებულ შერჩევას მხოლოდ ისეთი ქიმიური ელემენტებისა და მათი ნაერთებისა, რომლებიც ბიოლოგიური სისტემების წარმოსაქმნელად ძირითად საშენ მასალას წარმოადგენენ. ასეთმა ელემენტებმა ქიმიის ორგანოგენების სახელწოდება მიიღეს.

ასეთი მიდგომის შედეგად გაჩნდა ინფორმაცია ქიმიური ელემენტების და სტრუქტურის შერჩევაზე, რომელიც მსგავსი აღმოჩნდა ბიოლოგიური ევოლუციისა. ამჟამად ქიმიისაში აღმოჩენილია 114-მეტი ქიმიური ელემენტი. ამ ელემენტთა უმრავლესობა გვხვდება ცოცხალ ორგანიზ-

მეზში და მონაწილეობენ ცხოველქმედებაში. მაგრამ ორგანიზმის ცხოველქმედების საფუძველს უზრუნველყოფს ექვსი ქიმიური ელემენტი-ორგანოენი. ეს არის ნახშირბადი, წყალბადი, ჟანგბადი, აზოტი, ფოსფორი და გოგირდი. მათი ჯამური მასური წილი ცოცხალი ორგანიზმის სტრუქტურაში შეადგენს 97,4%. მათ შემდეგ თავისი მნიშვნელობის ხარისხით მოყვება 12 ელემენტი, რომლებიც იღებენ მონაწილეობას ფიზიოლოგიურად მნიშვნელოვან ბიოლოგიური სისტემების მრავალ კომპონენტების აგებაში. ეს არის ნატრიუმი, კალიუმი, მაგნიუმი, ალუმინი, რკინა, სილიციუმი, ქლორი, სპილენძი, თუთია, კობალტი, ნიკელი. ორგანიზმში მათი წონითი წილი 1,6%-ს შეადგენს. ამის გარდა კიდევ 20 ელემენტი, რომლებიც მონაწილეობენ ცალკეული ვიწრო სპეციფიკური ბიოსისტემების აგებასა და ფუნქციონირებაში და რომელთა მასური წილი დაახლოებით 1% შეადგენს. ყველა დანარჩენი ელემენტები ბიოსისტემების აგებაში არ მონაწილეობენ.

ქიმიური სამყაროს ზოგადი სურათი ასევე საკმაოდ დაბეჯითებით ადასტურებს ელემენტთა შერჩევითობას. ამჟამად ქიმიურ მეცნიერებაში ცნობილია დაახლოებით 8 მილიონამდე ქიმიური ნაერთი. ამათგან უდიდესი ნაწილი (96%) ორგანული ნაერთებია, რომლებიც წარმოქმნილია იმ 6-18 ელემენტებისაგან, ხოლო დანარჩენი 95-99 ქიმიური ელემენტისაგან ბუნებამ წარმოქმნა მხოლოდ 300 ათასი არაორგანული ნაერთები. ორგანოგენებიდან დედამიწაზე უფრო მეტად გავრცელებულია ჟანგბადი და წყალბადი. ნახშირბადის, აზოტის, ფოსფორის და გოგირდის გავრცელება დედამიწის ზედა ფენებში ერთნაირია და საერთოდ არ არის დიდი — დაახლოებით 0,24 მასური პროცენტი. კოსმოსში უსაზღვროდ ბატონობს მხოლოდ ორი ელემენტი — წყალბადი და ჰელიუმი, დანარჩენი ელემენტები შეიძლება განვიხილოთ როგორც მათში დანამატი.

ორგანულ და არაორგანულ ნაერთებს შორის ასეთი მკვეთრი დისპროპორცია და ასევე განსაკუთრებული დიფერენცირებული შერჩევა ორგანოგენების მინიმუმი, არ შეიძლება ახსნილი იყოს ქიმიური ელემენტების სხვადასხვა გარცელებით კოსმოსში და დედამიწაზე.

ეს ნიშნავს, რომ განმსაზღვრელ ფაქტორად ქიმიური ელემენტების შერჩევაში ორგანულ სისტემების და მითუმეტეს ბიოსისტემების ფორმირებისას გამოდიან ამ ელემენტების განმსაზღვრელი მოთხოვნების შესაბამისი პირობები:

1. შესაძლებლობა შეიქმნას მტკიცე და შესაბამისად ენერგოტევადი ქიმიური ბმები (კავშირები).

2. ეს ბმები უნდა იყოს ლაბილური (ე.ი. უნარიანი. ახალი სხვადასხვანაირი ბმების წარმოქმნისა).

სწორედ ამით არის ამორჩეული სხვა მრავალი ელემენტებიდან ნახშირბადი როგორც ნომერ პირველი ორგანოგენი. მას როგორც არცერთ სხვა ელემენტს, უნარი აქვს ჩაერიოს და თავის შიგნით შეაკავოს ყველაზე იშვიათი ქიმიური წინააღმდეგობა, რეალიზაცია გაუკეთოს მათ ერთიანობას, გამოვიდეს შინაგან წინააღმდეგობის მატარებლად, იმის შესახებ, როგორ მიმდინარეობს სტრუქტურული შერჩევა, როგორია მისი მექანიზმი, ამის თქმა საკმაოდ რთულია. მაგრამ ამ პროცესმა დაგვიტოვა თავისებური სახის მუზეუმი მსგავსად იმისა, ყველა ქიმიური ელემენტებიდან მხოლოდ 6 ორგანოგენი და 10-15 სხვა ელემენტები როგორ არიან შერჩეულნი ბუნების მიერ, რომ შეადგინონ საფუძველი ბიოსისტემისა, ასევე ევოლუციის შედეგად მიდიოდა გულმოდგინე შერჩევა ქიმიური ნაერთების.

მილიონი ორგანული ნაერთებიდან ცოცხალი ორგანოების აგებაში მხოლოდ რამდენიმე ასეული მონაწილეობს, 100 ცნობილი ამინომჟავებიდან ცილების შედგენილობაში მხოლოდ 20 შედის, ამინომჟავები ორგანული ნივთიერებების, რომლებიც ერთდროულად მჟავისა და ტუტის ჯგუფებს შეიცავენ. ამინომჟავები სხვადასხვა ჯგუფებად უერთდებიან ერთმანეთს და ცილებს წარმოქმნიან. მხოლოდ ოთხ-ოთხი ნუკლეოტიდი დნმ და რნმ (დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა და რიბინუკლეინის მჟავა) უდევს საფუძვლად ყველა რთულ პოლიმერულ ნუკლეინმჟავას, რომლებიც პასუხისმგებელნი არიან ნებისმიერ ცოცხალ ორგანიზმში მემკვიდრეობასა და ცილების სინთეზის რეგულირებაზე.

დღეს ცნობილია, რომ ევოლუციის მსვლელობაში შეირჩევა ის სტრუქტურები, რომლებიც ხელს უწყობენ აქტიურობის მკვეთრ ზრდას და კატალიზური ჯგუფების სელექტიურ მოქმედებას. რის საფუძველზეც კიდევაც არსებობს ზოგიერთი დასკვნები:

1. სამყაროს ქიმიური ევოლუციის ადრეულ ეტაპებზე კატალიზი საეხებით გამოირიცხულია. მაღალი ტემპერატურის (5000K ზევით), ელექტრული განმუხტვების და რადიაციის პირობებში, ერთის მხრივ ხელს უშლიან კონდენსირებულ მდგომარეობის შექმნას, ხოლო მეორეს მხრივ მარჯვედ გადაკეტავენ ენერგიის იმ ულუფებს, რომლებიც აუცილებელია ენერგეტიკული ბარიერების დასაძლევად.



2. კატალიზის პირველი გამოვლენა იწყება პირობების დარბილების, მყარი სხეულების პირველადი წარმოქმნისას.

3. იმის მიხედვით, როგორ უახლოვდებოდა ფიზიკური პირობები მიწიერს, კატალიზის როლი იზრდება. მაგრამ კატალიზის საერთო მნიშვნელობა მეტად ან ნაკლებად რთული ორგანული მოლეკულების წარმოქმნამდე ჯერ კიდევ არ შეიძლებოდა ყოფილიყო მაღალი.

4. კატალიზის როლი ქიმიური სისტემების განვითარებაში სასტარტო მდგომარეობის განვითარების შემდეგ, ასე ვთქვათ ორგანულ და არაორგანულ ნაერთების ცნობილმა რაოდენობრივმა მინიმუმმა ფანტასტიკური სისწრაფით დაიწყო გაზრდა.

ელემენტარულად ღია კატალიზური სისტემების თვითორგანიზაციის თეორია, სრულიად ზოგადი სახით წინწამოწეული 1964 წელს პროფ. ა.პ. რუდენკოს მიერ, წარმოადგენს ქიმიის ევოლუციის და გენეზისის ზოგად თეორიას. ის წყვეტს საკითხებს მამოძრავებელი ძალის და ევოლუციური პროცესების მექანიზმის შესახებ, ე.ი. ქიმიური ევოლუციის კანონების შესახებ, ელემენტების და სტრუქტურის და მათი შეპირობების მიზეზების შესახებ, მაღალ ქიმიურ ორგანიზაციას და ქიმიური სისტემების იერარქიას, როგორც ევოლუციის შედეგს.

ამ თეორიის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ქიმიური ევოლუცია წარმოადგენს კატალიზური სისტემების თვითგანვითარებას და შესაბამისად ევოლუციონერ ნივთიერებებს წარმოადგენენ კატალიზატორები. რეაქციების მიმდინარეობისას მიმდინარეობს ბუნებრივი შერჩევა იმ კატალიზური ცენტრებისა, რომლებიც მეტ აქტიურობას ფლობენ. თვითგანვითარება, თვითორგანიზაცია და თვითგართულება კატალიზური სისტემებისა მიმდინარეობენ ტრანსფორმირებული ენერგიის მუდმივ მოზღვაების შედეგად, რადგან ენერგიის ძირითად წყაროს ბაზისური რეაქცია წარმოადგენს. ამიტომაც მაქსიმალურ ევოლუციურ უპირატესობას ის კატალიზური სისტემები იღებენ, რომლებიც ეგზოთერმულ რეაქციების ბაზაზე ვითარდებიან. აქედან გამომდინარე ბაზისური რეაქცია წარმოადგენს არა მარტო ენერგიის წყაროს. არამედ კატალიზატორების პროგრესული ევოლუციური ცვლილებების შერჩევის იარაღსაც.

ამის საფუძველზე სწორედ ა.პ. რუდენკომ შესძლო ქიმიური ევოლუციის ძირითად კანონების ფორმულირება, რომლის თანახმად უფრო დიდი სიჩქარით და ალბათობით წარმოიქმნებიან კატალიზატორის ევოლუციური ცვლილებების ის გზები, რომლებზედაც მიმდინარეობენ მისი აბსოლუტური აქტიურობის მაქსიმალური გაზრდა.

ღია კატალიზური სისტემების თვითგანვითარების თეორიის პრაქტიკულ ძიებას წარმოადგენს ე.წ. „არასტაციონარული ტექნოლოგია“ ე.ი. პირობების ცვლილებით მიმდინარე რეაქციების ტექნოლოგია. დღეისათვის მკვლევარები იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ სტაციონარული რეჟიმი, საიმედოდ სტაბილურია, საწარმოო პროცესების მაღალი ეფექტურობის საწინდარია და მხოლოდ არასტაციონარული რეჟიმის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს. ამავე დროს აღმოჩენილია უამრავი არასტაციონარული რეჟიმები, რომლებიც რეაქციის ინტენსიფიკაციას განაპირობებენ.

დღეს უკვე სრულიად ნათელია ახალი ქიმიის შექმნისა და განვითარების პერსპექტივები, რომელთა საფუძველზე შექმნილი იქნება მცირე ნარჩენების, უნარჩუნო და ენერგოდამზოგველი საწარმოო ტექნოლოგიები.

## თავი 5. ქიმიური ბმების ფიზიკური ბუნება

### 5.1. ქიმიური ბმა

*ქიმიური ბმა* – ეს არის ძალა, რომელიც ერთად აკავებს ორ ან მეტ ატომს, მოლეკულას ან მათ ნებისმიერ კომბინაციას. თავისი ბუნებით თავისთვის ის უარყოფითად დამუხტულ ელექტრონებს და დადებითად დამუხტულ ატომგულს შორის მიზიდვის ელექტროსტატიკურ ძალას წარმოადგენს. ამ მიზიდულობის ძალის სიდიდე ძირითადად დამოკიდებულია ატომის გარე გარსის ელექტრონულ კონფიგურაციაზე. მაგალითად კეთილშობილი გაზები ძნელად წარმოქმნიან ქიმიურ ბმებს, იმიტომ, რომ მათ აქვთ მდგრადი ელექტრონული გარე გარსი. ამ ელემენტებისაგან განსხვავებით ატომები, რომლებსაც გარე გარსზე მხოლოდ ერთი ელექტრონი აქვთ, ადვილად წარმოქმნიან ბმას. ამგვარი ელემენტების მაგალითს წარმოადგენს წყალბადი.

როდესაც წყალბადის ორი ატომი ერთმანეთს მცირე მანძილზე უახლოვდებიან, ისინი ერთმანეთს იზიდავენ. თუ ისინი ძალიან დაუახლოვდებიან ერთმანეთს, მათ შორის განზიდვის ძალა გაჩნდება. ოპტიმალური აღმოჩნდა მხოლოდ ისეთი მანძილი, რომლის დროსაც მიზიდვის და განზიდვის ძალები წონასწორობაშია. ასეთ მანძილზე ორი ურთიერთმომქმედი ატომების პოტენციალური ენერგია მინიმალურია. ამ მანძილს ბმის სიგრძე ეწოდება. საჭირო ენერგიას, რომელიც საჭიროა, რომ ორი ერთმანეთთან დაკავშირებული ატომი ერთმანეთს იმ მანძილზე დაეცილოს, რომლის დროსაც ისინი მიზიდულობის ძალის გავლენას არ განიცდიან, ბმის ენერგია ან ბმის დისოციაციის ენერგიას ეწოდებენ.

ატომის უნარს წარმოქმნას ქიმიური ბმა ვალენტობა ეწოდება. ეს განმარტება ამჟამად საკმაოდ მოძველებულად ითვლება, რამდენადაც ხშირად მიღებულია ქიმიური ბმა განიხილონ არა ზოგადად, არამედ მისი კონკრეტული ტიპის გათვალისწინებით. ელექტრონებს, რომლებიც მონაწილეობენ ქიმიურ ბმების წარმოქმნაში, ვალენტურ ელექტრონებს ეწოდებენ. ეს ელექტრონები ატომის ყველაზე მაღალ ენერგეტიკულ ორბიტალებზე იმყოფებიან, ატომის გარე გარსს, რომელიც ამ ორბიტალებს შეიცავს ვალენტური გარსები ეწოდება.

*ვალენტობის ელექტრონული თეორია*. ქიმიური ბმების ბუნების თანამედროვე წარმოდგენები დაფუძნებულია ვალენტობის ელექტრონულ თეორიაზე. ეს თეორია დამოუკიდებლად შეიმუშავეს გ.ნ. ლუისმა და ვ.

კოსელმა 1916 წელს. ვალენტობის ელექტრონული თეორიის თანახმად, ატომები, ორმლებიც ბმებს წარმოქმნიან, უახლოვდებიან უფრო მდგრად მისაღწევ ელექტრონულ კონფიგურაციას. ატომებს ამის მიღწევა შეუძლია ორი ხერხით:

1. მათ შეუძლიათ დაკარგონ ან შეიძინონ ელექტრონები, იონების წარმოქმნით. თუ ატომები იძენენ, ისინი გარდაიქმნებიან ანიონებად, თუ კარგავენ ელექტრონებს, მაშინ გარდაიქმნებიან კათიონებად. ანიონებს და კათიონებს შეესაბუთებული გარე ელექტრონული გარსით, აქვთ მდგრადი ელექტრონული კონფიგურაცია. ანიონებსა და კათიონებს შორის წარმოიქმნება ქიმიური ბმა, რომელიც თავისთავად წარმოადგენს მიზიდვის ელექტროსტატიკურ ძალას. ასეთი ტიპის ქიმიურ ბმას ელექტროვალენტურ ბმას უწოდებენ, თანამედროვე სახელწოდებაა – იონური ბმა.

2. ატომებს შეუძლიათ შეიძინონ გარე ენერგეტიკული კონფიგურაცია ელექტრონების გაზიარების გზით. ამგვარად წარმოქმნილ ელექტრონულ ბმებს უწოდებენ კოვალენტურს. კოვალენტური ბმა წარმოიქმნება გაზიარებული წყვილი ელექტრონების შედეგად, თითოეული ატომიდან თითო მიწოდებული ელექტრონით. ზოგიერთ მოლეკულებში ან მრავალატომიან იონებში ორივე ასეთ ელექტრონი შეიძლება მიწოდებული იყვეს მხოლოდ ერთი ატომის მიერ. კოვალენტური ბმის ასეთ სახეს-ხვაობას კოორდინაციული ან დონორულ-აქცეპტორული კოვალენტური ბმა ეწოდება.

*ოქტეტის წესი.* როცა რომელიმე ელემენტის ატომი წარმოქმნის ქიმიურ ბმას შეძენით, დაკარგვით ან გაზიარებული ვალენტური ელექტრონებით, მისი ელექტრონული კონფიგურაცია ხდება ისეთივე, როგორიც კეთილშობილ გზებს აქვთ, რომლებიც მდებარეობენ იმავე პერიოდის ბოლოს, რომელშიც მოცემული ელემენტი მდებარეობს, ან მის წინა პერიოდში. ყველა კეთილშობილი გაზების ატომებს, გარდა ჰელიუმისა, აქვთ მდგრადი ოქტეტური გარე ელექტრონული გარსი. ამიტომ ქიმიური ბმების წარმოქმნა მდგრადი ელექტრონული კონფიგურაციის გზით, როგორც კეთილშობილი გაზების ატომებშია, წარმოადგენს ე.წ. ოქტეტის წესის არსს. ეს წესი მისაღებია როგორც იონურ, ისე კოვალენტურ ბმებისათვის.

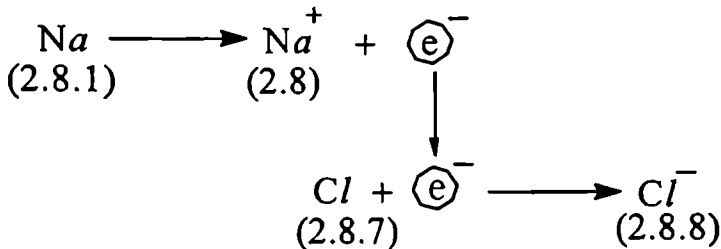
*ქიმიური ბმების სხვა სახეები.* განსაკუთრებულ შემთხვევას წარმოადგენს ქიმიური ბმა მეტალებში. ის არ შეიძლება მივაკუთვნოთ არც იონურს და არც კოვალენტურს. მყარ მდგომარეობაში მეტალს ახასიათებს

კრისტალური მესერი, რომლის კვანძებში განლაგებულია დადებითად დამუხტული იონები. იონებს შორის სივრცეში მოძრაობს ნახევრად თავისუფალი ელექტრონები. მაშასადამე. მეტალური ბმა არის ბმა მეტალის იონებს შორის, რომელსაც განაპირობებს მოძრავი ელექტრონები.

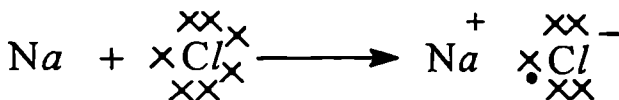
არსებობს ბმის კიდევ ორი ტიპი: ეს არის წყალბადური ბმა და ვანდერვალური ძალების. ამ ორი ტიპის ბმები გაცილებით სუსტია, ვიდრე სხვა ბმები.

## 5.2. იონური ბმა

იონური ბმა წარმოადგენს მიზიდულობის ელექტროსტატიკურ ძალას ურთიერთსაწინააღმდეგოდ დამუხტულ იონებს შორის. 1916 წელს კოსელმა ივარაუდა, რომ იონური ბმა (ან ელექტროვალენტური ბმა, როგორც მან უწოდა) შეიძლება წარმოიქმნას ერთი ან რამდენიმე ელექტრონის გადატანის შედეგად ერთი ატომიდან მეორეზე. მაგალითად, იონური ბმა ნატრიუმის ქლორიდში წარმოიქმნება ელექტრონის გადატანით ნატრიუმის ატომიდან ქლორის ატომზე.

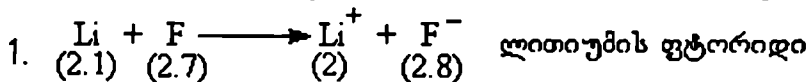


იონებისა და ატომების სიმბოლოების ქვეშ ფრჩხილებში მითითებულია მათი ელექტრონული კონფიგურაცია. ატომებს შორის ელექტრონების გადატანა სქემატურად შეიძლება გამოვსახოთ წერტილებით და ჯვრებით:

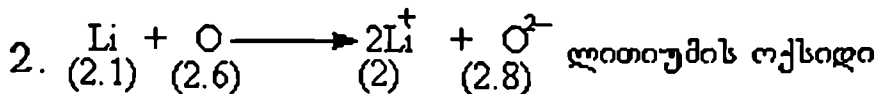


უფრო მეტად ტიპური იონური ნაერთები შედგება მეტალის კათიონებისაგან, რომლებიც ეკუთვნიან პერიოდული სისტემის I და II ჯგუფებს და არამეტალების ანიონებისაგან: ელემენტებისაგან, რომლებიც მი-

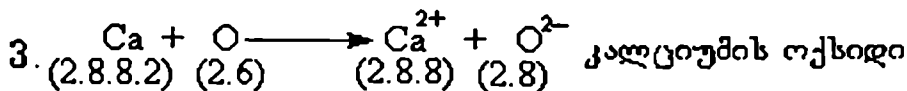
ეკუთვნებიან VI და VII ჯგუფებს. ელექტრონების გადატანის მოდელი, რომელიც კოსელის მიერ იყო შემოთავაზებული, საშუალებას იძლევა ამგვარი ნაერთების წარმოქმნის ახსნისა. მოვიყვანოთ სამი მაგალითი:



ჯგუფი I VII



ჯგუფი I VI



ჯგუფი II VI

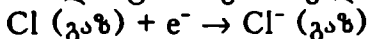
იონებისა და ატომების სიმბოლოების ქვეშ ფრჩხილებში ჩანაწერი გვიჩვენებს, რომ ამგვარი ნაერთების იონებს აქვთ ისეთი ელექტრონული კონფიგურაციები, როგორც კეთილშობილ ატომებს. თუ რომელიმე ელექტრონის ატომს და სხვა ელემენტების იონების ჯგუფს აქვთ ერთნაირი ელექტრონული კონფიგურაცია, მაშინ ისინი წარმოქმნიან ე.წ. იზოელექტრონულ რიგს. ცხრილში 1 მოცემულია ნეონის და არგონის იზოელექტრონული წევრები.

ცხრილი 1.

ნეონი $1S^2 2S^2 2P^6$ (2.8)	არგონი $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^6$ (2.8.8)
Ne	Ar
$O^{2-}$	$S^{2-}$
F	Cl
$Na^+$	$K^+$
$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$

### 5.3. იონური ნაერთების მღვრალობა

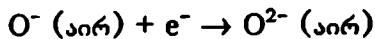
რამდენად ადვილად წარმოიქმნება იონური ნაერთები დამოკიდებულია იმაზე, რამდენად ადვილად წარმოიქმნება მასში შემავალი კათიონები და ანიონები. იმისათვის, რომ წარმოიქმნის პროცესი ენერგეტიკულად ხელსაყრელი იყოს, ატომი, რომელის გასცემს ელექტრონს ან ელექტრონებს (ელექტრონების დონორი), უნდა ფლობდეს იონიზაციის მქონე ენერგიას, ხოლო ატომები, რომელიც იერთებს ელექტრონებს (ელექტრონების აქცეპტორი) უნდა ფლობდეს ელექტრონისადმი დიდ სწრაფვას. ელექტრონისადმი სწრაფვა ენერგეტიკული ცნებაა. ეს არის ატომის უნარი, საზომი მიიერთოს ელექტრონი. მისი რაოდენობის განსაზღვრა შეიძლება ენერგიის ცვლილებით ერთი მთლიანი ერთმუხტიანი ანიონების წარმოქმნისას ერთი მთლიანი ატომისაგან. მაგალითად:



ელექტრონებისადმი სწრაფვა =  $-364$  კჯოულ/მოლი

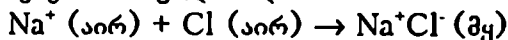
მაკარად რომ ვთქვათ, ზემოთ განსაზღვრული იყო პირველი სწრაფვა ელექტრონისადმი. ეს დაზუსტება აუცილებელია იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ პირველი სწრაფვა ელექტრონისადმი მეორისაგან და შემდგომი მნიშვნელობებისაგან. მეორე სწრაფვა ელექტრონისადმი — ეს ენერგიის ის ცვლილებაა, რომელიც მიმდინარეობს ერთი მთლიანი ერთმუხტიანი ანიონების წარმოქმნისას ერთი მთლიანი ერთმუხტიანი ანიონებისაგან.

აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ იონიზაციის ენერგიის მსგავსად ელექტრონებისადმი სწრაფვა ახასიათებს ატომებს და იონებს აირად მდგომარეობაში (ეს ნაჩვენებია აღნიშვნით გაზ.). ასევე ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმას, რომ ქლორის იონიზაციას თან ახლავს ენერგიის გამოყოფა (დაკარგვა). ასეთი პროცესები წარმოადგენს ეგზოთერმულს, ამიტომ ელექტრონისადმი სწრაფვა განხილულ შემთხვევაში უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს. ელემენტთა უმრავლესობის პირველი ელექტრონისადმი სწრაფვა ხასიათდება უარყოფითი ნიშნით. აბსოლუტურ სიდიდეს რაც უფრო მეტი უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს ელექტრონისადმი სწრაფვის, მით ადვილად ხდება ანიონების წარმოქმნა. ნებისმიერი ელემენტის სწრაფვას მეორე ელექტრონისადმი ყოველთვის აქვს დადებითი მნიშვნელობა. ე.ი. შეესაბამება ენდოთერმულ პროცესს (ენერგიის შთანთქმით). ეს იმით აიხსნება, რომ უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკების განზიდვის ძალების დასაძლევად აუცილებელია ენერგიის დახარჯვა. მაგალითად:



სწრაფვა მეორე ელექტრონისადმი =+791 კჯოულ/მოლი.

ნათქვამი იყო, რომ იონური ნაერთების წარმოქმნა ენერგეტიკულად ხელსაყრელია მაშინ, თუ ერთ ელემენტს აქვს იონიზაციის მცირე ენერგია, ხოლო მეორე ელემენტს აქვს დიდი სწრაფვა ელექტრონისადმი. გარდა ამისა მითითებული იყო, რომ იონიზაციის ენერგია და ელექტრონისადმი სწრაფვა აირად მდგომარეობაში მყოფი იონებისა და ატომებისათვის არის დამახასიათებელი. სავარაუდოდ შეიძლება დასკვნების გაკეთება, რომ იონური ნაერთები იმყოფება მეტნაკლებად მდგრად და ენერგეტიკულად ხელსაყრელ მდგომარეობაში როცა აირადია. მაგრამ ასეთი დასკვნის გაკეთება იქნებოდა სრულიად მცდარი. იონურ ნაერთებთან უმრავლესობა უფრო მდგრადია მყარ მდგომარეობაში. ეს აიხსნება მყარ მდგომარეობაში მათში არსებული კრისტალური მესრით. კრისტალური მესერის სტრუქტურა ხსნის იონური ნაერთების მრავალ ფიზიკურ თვისებას. რატომ არის მაინდამაინც იონური ნაერთები უფრო მდგრადი კრისტალური მესერის სახით და არა აირად მდგომარეობაში? ამ კითხვას რომ უპასუხოთ, უნდა გავითვალისწინოთ კრისტალური მესერის ენერგია. ეს ენერგია აუცილებელია, რომ კრისტალურ მესერში შეერთდეს აირად მდგომარეობაში მყოფი ერთი მოლი კათიონები და ანიონები კრისტალურ მესერში. მაგალითად:



მესრის ენერგია =-787 კჯოული/მოლი

კრისტალური მესერის ენერგია უარყოფითია, რაც ახასიათებს ენდოთერმულ პროცესს (მიმდინარე ენერგიის შემცირებით). ენერგიის შემცირება ნიშნავს მდგრადობის გაზრდას.

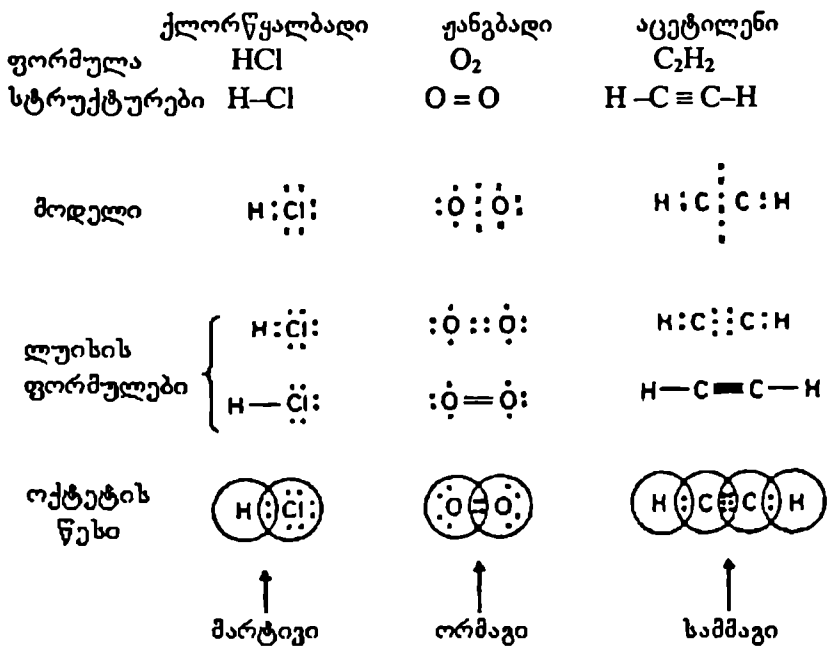
### 5.3. კოვალენტური ბმა

კოვალენტური ბმა ხორციელდება წყვილი ელექტრონებით, რომლებიც ორი მეზობელი ატომის საკუთრება ხდება. თითოეული ამ ატომთანავე აწოდებს თითო ელექტრონს. კოვალენტური ნაერთები არსებობენ მოლეკულების ფორმით, ან კარკასული კრისტალური სტრუქტურების სახით. კოვალენტური ნაერთები ასევე შეიძლება არსებობდეს მრავალატომიან (კომპლექსურ) იონების სახით. თითოეული ქიმიური ბმა მოლე-



კულაში, კარკასულ კრისტალურ სტრუქტურაში ან მრავალატომიან იონში შეიძლება სიმეტრიულად წარმოედგინოთ წერტილების და ჯვრების დახმარებით (სურათი 1). თითოეული წერტილი ან ჯვარი გამოსახავს ელექტრონს ატომის ვალენტურ შრეზე. ორმაგი კოვალენტური ბმის ჩასაწერად გამოიყენებენ ორ წყვილ წერტილს და ჯვრებს, ხოლო სამმაგი ბმები – სამი წყვილი ელექტრონებით და ჯვრებით.

ამის გარდა, მოლეკულებში ან იონებში კოვალენტურ ბმების სქემატურად გამოსახატავად ასევე გამოიყენება ლუისის ფორმულები. ამ ფორმულებში თითოეული ელექტრონი პირობითად გამოისახება წერტილით. უბრალო კოვალენტური ბმების ჩასაწერად გამოიყენებენ წყვილ წერტილს ორ ატომ შორის. ნახ. 1. ნაჩვენებია ლუისი ფორმულები ქლორწყალბადის, ჟანგბადის და აცეტილენისათვის.



სურ.1. წერტილების და ჯვრების მოდელი და ლუისის ფორმულები

ყურადღება აუცილებლად იმას უნდა მივაქციოთ, რომ კოვალენტურ მოლეკულის თითოეულ ატომს აქვს დამთავრებული ელექტრონუ-

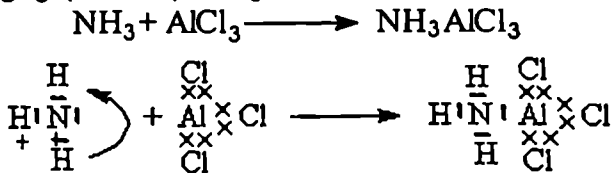
ლი გარსი. წყალბადის ატომებს K გარსზე აქვთ ორ-ორი ელექტრონი, ჟანგბადი და ნახშირბადი L და M გარსზე გარშემორტყმულია რვა-რვა ელექტრონით. ამგვარად ოქტეტის წესი მოცემულ შემთხვევაში სრულდება.

### 5.5. კოორდინაციული ბმა

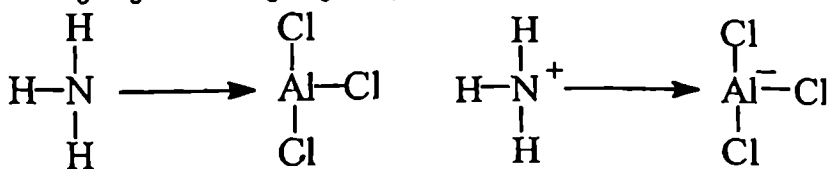
ზოგიერთ მოლეკულასა და მრავალატომიან იონში კოვალენტური ბმა წარმოიქმნება ორი ატომის წყვილი ელექტრონის განზოგადოებით, რომლის მიმწოდებელს წარმოადგენს მხოლოდ ერთი ამ ატომთაგანი. ასეთი წყვილი ელექტრონები თავდაპირველად (ბმის წარმოქმნამდე) წარმოადგენდა ერთი ატომთაგანის გაუყოფელ წყვილს. ატომი, რომელიც ბმის წარმოსაქმნელად გაუყოფელი წყვილი ელექტრონების მიმწოდებელია დონორად იწოდება, ხოლო ატომი რომელიც გაუყოფელ წყვილ ელექტრონებს იძენს – აქცეპტორია. ქიმიურ ბმა, რომელიც ერთ-ერთი ატომის გაუყოფელი წყვილი ელექტრონების ზარჯზე აღიძვრება, დონორულ-აქცეპტორული ანუ კოორდინაციული ბმა ეწოდება.

ამიაკის ( $\text{NH}_3$ ) მოლეკულაში აზოტს აქვს გაუყოფელი წყვილი ელექტონი, ამიტომ ადვილად წარმოქმნის კოორდინაციულ ბმას. მაგალითის სახით შეიძლება მოვიყვანოთ ნაერთები  $\text{NH}_3\text{AlCl}_3$  აზოტსა და ალუმინის ატომებს შორის წარმოქმნილი ქიმიური ბმა.

კოორდინაციული ბმის წარმოქმნა



ორი სხვა ხერხი ამ ნაერთების წარმოქმნისა

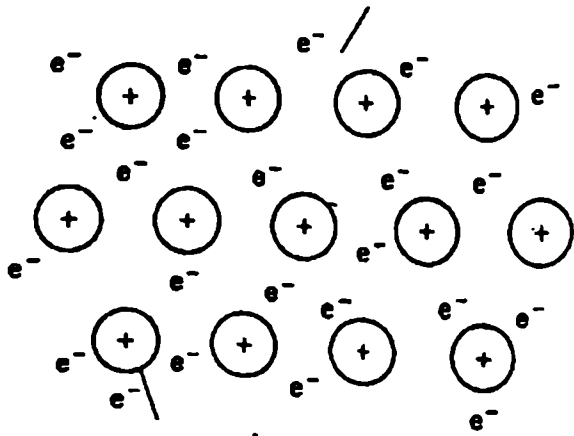


სურ.2.

სურ.2-ზე ნაჩვენებია ნაერთების ამგვარი ბმის გამოსახვის სამი ხერხი. მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ კოორდინაციული ნაერთების წარმოქმნას მიეყვართ იმ ატომების დადებითი მუხტის გაჩენასთან, რომელიც წყვილი ელექტრონების დონორს წარმოადგენს და უარყოფითად მუხტს იმ ატომისა, რომელიც აქცეფტორს წარმოადგენს.

### 5.6. მეტალური ბმა

რუნდგენული სხივებით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ ლითონები მყარ მდგომარეობაში კრისტალების ფორმის სახით არსებობენ. ეს კრისტალები შედგებიან დადებითი იონებისაგან, რომლებიც შეკავებულნი არიან განსაზღვრულ მდგომარეობაში კრისტალურ მესერში ნახევრად თავისუფლად გადაადგილების მქონე „ზღვა“ ელექტრონებით. მაშასადამე, მეტალური ბმა არის ბმა მეტალის იონებს შორის, რომელსაც განაპირობებს მოძრავი ელექტრონები. ელექტრონები, რომლებიც მონაწილეობენ მეტალურ ბმაში, არიან მეტალთა ატომების გარე ან ვალენტური ელექტრონები. ეს ვალენტური ელექტრონები კი აღარ ეკუთვნიან მეტალის განსაზღვრულ ცალკეულ ატომს, არამედ დელოკალიზებულია დადებით იონებს შორის. ამიტომაც მეტალური ბმა მოკლებულია კოვალენტური ბმისათვის დამახასიათებელ გეზურობას და ნაჯეურობას.



სურ. 3

მეტალური ბმა შრავალცენტრიანი ქიმიური ბმა არის, რომელსაც ატომების გარე ელექტრონების განზოგადება განაპირობებს.

## თავი 6. სიცოცხლის წარმოშობა და მისი არსი

### 6.1. სიცოცხლის წარმოქმნის თეორიები

სიცოცხლის ბუნებას, მის წარმოშობას, ცოცხალი არსებების მრავალფეროვნებას და მათ გამაერთიანებელ სტრუქტურულ და ფუნქციონალურ სიახლოვეს ბიოლოგიურ პრობლემატიკაში ერთ-ერთი ცენტრალური ადგილი უკავია.

საკითხები სამყაროს წარმოშობისა და სიცოცხლის არსის შესახებ ძველთაგანვე აინტერესებდათ ადამიანებს, რათა გარკვეულიყვნენ გარე სამყაროში, შეეცნოთ საკუთარი თავი და განესაზღვრათ თავიანთი ადგილი ბუნებაში.

მრავალსაუკუნოვანმა გამოკვლევებმა და ამ საკითხების გადაჭრის მცდელობამ საფუძველი დაუდეს სიცოცხლის წარმოშობის სხვადასხვა კონცეფციების აღმოცენებას. თეორიები დედამიწის და საერთოდ მთელი სამყაროს წარმოქმნის შესახებ მრავალფეროვანი და ნაკლებ სარწმუნოა.

სტაციონალური მდგომარეობის თეორიის თანახმად სამყარო არსებობდა ოდითგანვე. სხვა ჰიპოთეზების მიხედვით სამყარო წარმოიქმნა ნეიტრონების შენადედიდან დიდი აფეთქების შედეგად, დაიბადა ერთ-ერთ შავ ზერელში ან შეიქმნა შემომქმედის მიერ. გავრცელებული წარმოდგენების საწინააღმდეგოდ მეცნიერებს არ ძალუძს უარყოს პირველადი სამყაროს ღვთიური წარმოშობის იდეა, ისევე როგორც თეოლოგიური შეხედულებები ვერ უარყოფენ იმის შესაძლებლობას, რომ სიცოცხლემ თავისი განვითარების პროცესებში შეიძინა თვისებები, რომელთა ახსნა შესაძლებელია ბუნების კანონების საფუძველზე.

დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოქმნის შესახებ არსებულ თეორიებს შორის უნდა გამოვყოთ შემდეგი:

1. სიცოცხლე შეიქმნა ზებუნებრივი არსების მიერ, განსაზღვრულ დროში (კრეაციონიზმი);

2. სიცოცხლე წარმოიქმნა არაერთგზის არაცოცხალი ნივთიერებებისაგან (თვითნებური ჩასახვა);

3. სიცოცხლე არსებობდა ყოველთვის (სტაციონარული მდგომარეობის თეორია);

4. სიცოცხლე შემოვიდა ჩვენს პლანეტაზე გარე სამყაროდან (პანსპერმია);

5. სიცოცხლე წარმოიქმნა ქიმიურ და ფიზიკურ კანონებზე დაქვემდებარებული პროცესების შედეგად (ბიო-ქიმიური ევოლუცია).

## 6.2. პრეპაციონიზმი

ამ თეორიის თანახმად სიცოცხლე წარმოიქმნა წარსულში რაღაც ზებუნებრივი მოვლენის შედეგად. მას ემხრობა თითქმის ყველა. განსაკუთრებით გავრცელებული მოძღვრების მიმდევარი იყო ქ. პირმას (ირლანდია) არქიეპისკოპოსი აშერი. 1650 წელს აშერმა გამოითვალა, რომ სამყარო ღმერთმა შექმნა ჩვენს ერამდე 4004 წლის წინათ ოქტომბერში და დაასრულა თავის შრომა 23 ოქტომბერს დილის 9 სთ-ზე ადამიანის შექმნით. მან ეს თარიღი მიიღო ბიბლიურ თუნეალოგიაში („ვინ ვინ დაბადა“) ადამიდან და ევადან მოხსენებული ყველა ადამიანის ასაკის შეკრებით. ეს გონიერულია, მაგრამ ამასთანავე გამოდის, რომ ადამი ცხოვრობდა იმ დროს, როდესაც ახლო აღმოსავლეთში, არქეოლოგიური გათხრების მონაპოვარის საფუძველზე არსებობდა კარგად განვითარებული ქალაქური ცივილიზაცია. ცხოვრების წიგნში გადმოცემული იუდეურ-ქრისტიანული წარმოდგენები სამყაროს შექმნის შესახებ ისევე როგორც ყველა დროში, დღესაც წარმოადგენს კამათის საგანს. ყველა ქრისტიანი აღიარებს, რომ ბიბლია ეს არის ღმერთის აღთქმა ხალხისადმი. ცხოვრების წიგნში მოხსენებულია „დღის ხანგრძლივობის შესახებ“, მაგრამ მიუხედავად ამისა არსებობს აზრთა სხვადასხვაობა. ზოგი თვლის, რომ სამყარო შეიქმნა 6 დღეში. თითოეული დღის ხანგრძლივობა კი იყო 24 საათი. ისინი უარყოფენ ნებისმიერ სხვა მოსაზრებას და მთლიანად ეფუძნებიან შთაგონებას, განჭვრეტას და ღმერთის ზემთაგონებას. სხვა ქრისტიანები არ მიიჩნევენ ბიბლიას მეცნიერულ წიგნად და თვლიან, რომ ცხოვრების წიგნში ყველა დროის ადამიანისათვის გასაგები ენით არის გადმოცემული თეოლოგიური აღმოჩენება ყოვლისშემძლე შემოქმედის მიერ ყველა ცოცხალი არსების შექმნის შესახებ. მათთვის ცოცხალი არსების შექმნის აღწერა წარმოადგენს პასუხს კითხვაზე „რატომ?“ და „როგორ?“ მაშინ როდესაც მეცნიერება ჭეშმარიტების ძიებისას ფართოდ იყენებს დაკვირვებას და ექსპერიმენტს. ღვთისმეტყველება მთლიანად ეყრდნობა ღმერთის ზემთაგონებას და რწმენას.

რწმენა აღიარებს საგნებს, რომელთაც არ გააჩნიათ მეცნიერული დასაბუთება. ეს ნიშნავს, რომ ლოგიკურად არ შეიძლება იყოს წინააღმდეგობა სამყაროს წარმოშობის მეცნიერულ და ღვთიურ ახსნას შორის, რადგანაც აზროვნების ეს ორი სფერო ერთმანეთს გამორიცხავს. მეცნიერებისათვის მეცნიერული ჭეშმარიტება ყოველთვის შეიცავს ჰიპოთეზისა და წინასწარი ძიების ელემენტებს, როცა მორწმუნეთათვის თეოლოგიუ-

რი ჭეშმარიტება აბსოლუტურია. მიიჩნევა, რომ ღმერთის მიერ სამყაროს შექმნის პროცესს ადგილი ჰქონდა ერთხელ. ამიტომ მისი დაკვირვება და შესწავლა შეუძლებელია. ეს საკმარისია იმისათვის, რომ ღვთიური წარმოშობის მთელი კონცეფცია გამოვიტანოთ მეცნიერული კვლევის ჩარჩოებს მიღმა. მეცნიერება იკვლევს მხოლოდ იმ მოვლენებს, რომლებიც დაკვირვებას ემორჩილებიან, ამიტომ ის ვერასოდეს შეძლებს ამ კონცეფციის ვერც დასაბუთებას და ვერც უარყოფას.

### 6.3. თვითნებური (საონტანური) ჩასახვა

ეს თეორია გავრცელებული იყო უძველეს ჩინეთში, ბაბილონში და ეგვიპტეში როგორც ალტერნატივა კრეაციონიზმისა, რომელთაგანაც ის თანაარსებობდა. არისტოტელე (384-322 წწ. ჩვ. ე-მდე), რომელსაც ხშირად აღიარებენ ბიოლოგიის ფუძემდებლად, ემხრობოდა სიცოცხლის სპონტანური ჩასახვის თეორიას. საკუთარი დაკვირვებების საფუძველზე ის ანვითარებდა ამ თეორიას და ყველა ორგანიზმს აკავშირებდა „ბუნების კიბის“ უწყვეტ რიგთან.

„ვინაიდან ბუნება ახდენს გადასვლას უსიცოცხლო ობიექტებიდან ცხოველებზე მწყობრი თანმიმდევრობით, ათავსებს მათ შორის არსებობს, რომლებიც ცოცხლობენ და ამავე დროს არ არიან ცხოველები, მეზობელ ჯგუფებს შორის არსებობს ძლივს შესამჩნევი განსხვავება“ (არისტოტელე).

ამ მტკიცებით არისტოტელემ განამტკიცა ემპედოკლეს უფრო ადრეული მოსაზრებები ორგანული ევოლუციის შესახებ. თანახმად არისტოტელეს ჰიპოთეზისა სპონტანური ჩასახვის შესახებ, ნივთიერებათა გარკვეული „ნაწილაკები“ შეიცავენ ერთგვარ „აქტიურ საწყისს“, რომელსაც შესაფერის პირობებში შეუძლია ცოცხალი ორგანიზმის წარმოქმნა. არისტოტელე მართალი იყო, როდესაც თვლიდა, რომ აქტიურ საწყისს შეიცავს განაყოფიერებული კვერცხი, მაგრამ მცდარი იყო მოსაზრება, რომ ის იმყოფება მზის სხივში, ყლორტში და ხრწნად ხორცში. „ასეთია ფაქტები – ცოცხალი შეიძლება წარმოიქმნას არა მხოლოდ ცხოველთა შეწყვილების გზით, არამედ ნიადაგის გახრწნის შედეგაც. ასევეა მცენარეებშიც, ზოგიერთი ვითარდება თესლიდან, ზოგიერთი კი თითქოს თვითისახება მთელი ბუნების ზემოქმედებით და წარმოიქმნება ხრწნადი მიწისაგან და მცენარეთა ნაწილებიდან“ (არისტოტელე).

საკმაოდ ცნობილმა და წარმატებულმა მეცნიერმა (1577-1644 წწ), ვან გელმონტმა აღწერა ექსპერიმენტი, რომელთაც მან სამ კვირაში შექმნა თაგვი. ამისათვის მან გამოიყენა ჭუჭყიანი პერანგი, ბნელი კარადა და ერთი პეშვი ხორბალი. თაგვის ჩასახვის პროცესების აქტიურ საწყისად, გელმონტი თვლიდა ადამიანის ოფლს.

1688 წელს ფლორენციაში მცხოვრები იტალიელი ბიოლოგი და ექიმი ფრანჩინსკო რედი სიცოცხლის წარმოქმნის პრობლემას მკაცრად მიუდგა და ეჭვის ქვეშ დააყენა სპონტანური ჩასახვის თეორია. რედიმ დააგინა, რომ პატარა თეთრი მატლები, რომლებიც წარმოიქმნება ზრწნად ხორცზე, წარმოადგენენ ბუზების მატლებს. მრავალი ექსპერიმენტის საფუძველზე მან მიიღო მონაცემები, რომლებიც ამტკიცებენ მოსაზრებას, რომ სიცოცხლე შეიძლება წარმოიქმნას მხოლოდ წინამორბედი სიცოცხლისაგან (ბიოგენეზის კონცეფცია).

მაშინ, როდესაც რედის ექსპერიმენტებმა თითქოს უარყვეს ბუზების სპონტანური ჩასახვა, ანტონ ლევენგუკის მიკროსკოპულმა გამოკვლევებმა გააძლიერეს ეს თეორია მიკროორგანიზმების მიმართ. მიკროსკოპული დაკვირვებები საკვებს აძლევდა ორივე თეორიას. ბოლოსდაბოლოს მეცნიერები დაინტერესდნენ ჩაეთარებინათ ექსპერიმენტები სპონტანური ჩასახვის გზით სიცოცხლის წარმოქმნის საკითხის გადასაწყვეტად.

1765 წ. ლაპარო სპალანცინიმ ჩაატარა შემდეგი ცდა: ხორცისა და ბოსტნეულის ნახარში ადულა რამოდენიმე საათის განმავლობაში, მაშინვე მობეჭდა, შემდეგ კი გადმოდგა ცეცხლიდან. რამდენიმე დღის შემდეგ სპალანცინიმ გამოიკვლია სითხე, მასში არ აღმოჩნდა სიცოცხლის არანაირი ნიშანწყალი. აქედან მან გააკეთა დასკვნა, რომ მაღალმა ტემპერატურამ გაანადგურა ცოცხალ არსებათა ყველა ფორმა, რომელთა გარეშე ნებისმიერი სიცოცხლის წარმოქმნა შეუძლებელია.

1860 წ. სიცოცხლის წარმოქმნის პრობლემით დაინტერესდა ლუი პასტერი. ამ დროისათვის მან ბევრი გააკეთა მიკრობიოლოგიაში, კერძოდ, გადაწყვიტა პრობლემა, რომელიც საფრთხეს უქმნიდა მეაბრეშუმეობას და მელვინეობას. პასტერმა აგრეთვე აჩვენა, რომ ბაქტერიები ყველგან მსუფევია, და რომ არაცოცხალი ქსოვილები ადვილად შეიძლება დასნებოვდნენ ცოცხალი არსებებისაგან, თუკი ისინი არ იქნებიან საკმარისად სტერილური.



მთელი რიგი ექსპერიმენტებით, რომელთაც საფუძვლად ედოთ სპალანტინის მეთოდები, პასტერმა დაამტკიცა ბიოგენეზის თეორიის სპარტლიანობა და საბოლოოდ უარყო სპონტანური ჩასახვის თეორია.

მაგრამ ბიოგენეზის თეორიის დამტკიცებამ წარმოქმნა სხვა პრობლემა. თუკი ცოცხალი ორგანიზმის წარმოქმნისათვის აუცილებელია სხვა ცოცხალი ორგანიზმი, მაშინ საიდან გაჩნდა ყველაზე პირველი ცოცხალი ორგანიზმი? მხოლოდ სტაციონარული მდგომარეობის თეორია არ საჭიროებს პასუხს. ამ კითხვაზე, ყველა დანარჩენ თეორიებში კი იგულისხმება, რომ სიცოცხლის ისტორიის რომელიღაც ეტაპზე მოხდა გადასვლა არაცოცხალიდან ცოცხალზე, იყო კი ეს პირველადი თვითჩასახვა?

#### 6.4. სტაციონარული მდგომარეობის თეორია

ამ თეორიის თანახმად დედამიწა არასოდეს არ წარმოქმნილა. ის არსებობდა მუდამ, მას ყოველთვის შეეძლო სიცოცხლის შენარჩუნება და თუ იცვლებოდა, ძალიან მცირედ, სახეობებიც ყოველთვის არსებობდნენ.

დედამიწის ასაკის შეფასებანი ძლიერ განსხვავებულია. დაახლოებით 6000 წელიწადი არქიებისკოპოს აშერის გამოთვლით, 5000.10<sup>6</sup> წლამდე თანამედროვე შეფასებით, რომელიც ეფუძნება რადიოაქტიური დაშლის სისწრაფეს. უფრო სრულყოფილი მეთოდები იძლევიან დათარიღების სულ უფრო მაღალ შეფასებებს დედამიწის ასაკის შესახებ. ეს სტაციონარული მდგომარეობის მომხრეებს საშუალებას აძლევს ივარაუდონ, რომ დედამიწა არსებობდა ყოველთვის. ამ თეორიის თანახმად სახეობებიც არასოდეს არ წარმოქმნილან, ისინი არსებობდნენ ყოველთვის და ყოველ არსებას აქვს ორი შესაძლებლობა ან რიცხობრივი ცვლილება, ან გადაშენება.

ამ თეორიის მომხრეები არ აღიარებენ, რომ გარკვეული ნამარხი ნარჩენების არსებობამ ან უქონლობამ შეიძლება მიუთითოს ამა თუ იმ სახეობის წარმოქმნის ან გადაშენების დროზე. მათ ამის მაგალითად მოჰყავთ კისტეპერული თევზების წარმომადგენელი - ლათიმერია. პალეონტოლოგიური მონაცემებით ეს სახეობა გადაშენდა ცარცის პერიოდის ბოლოს 70 მლნ წ. წინათ. მაგრამ მიუხედავად ამ დასკვნის გადამოწმე-

ბა, როდესაც მაღაგასკარის რაიონში ნაპოვნი იქნა კისტეპერების ცოცხალი წარმომადგენლები. სტაციონარული მდგომარეობის თეორიის მომხრეები ამტკიცებენ, რომ დღეს მცხოვრები სახეობების შესწავლით და მათი შედარებით ნამარხის ნარჩენებთან, შეიძლება გაეაკეთოს დასკვნა გადაშენების შესახებ, და ისიც შეიძლება აღმოჩნდეს მცდარი. იყენებენ რა პალენტოლოგიურ მონაცემებს სტაციონარული მდგომარეობის თეორიის დასამტკიცებლად, მისი მრავალრიცხოვანი მომხრეები ნამარხი ნარჩენების აღმოჩენას ინტერპრეტაციას აძლევენ ეკოლოგიურა ასპექტებში. ასე მაგალითად, რომელიმე ნამარხი სახეობის უეცარ აღმოჩენას გარკვეულ შრეში ისინი ხსნიან მისი პოპულაციის რაოდენობის გაზრდით ან მისი გადაადგილებით ნარჩენების შენახვისათვის ხელსაყრელ ადგილებში. დასკვნათა დიდი ნაწილი ამ თეორიის სასარგებლოდ დაკავშირებულია ევოლუციის ისეთ ბუნდოვან ასპექტებთან, როგორცაა პალენტოლოგიური მატრიანის გაწყვეტა და ის ყველაზე დაწერილებით სწორედ ამ მიმართულებითაა დამუშავებული.

## 6.5. პანსპერმიის თეორია

ეს თეორია არ გეთავაზობს არავითარ მექანიზმს სიცოცხლის პირველადი წარმოქმნის ასახსნელად, არამედ წინა პლანზე წევს იდეას მისი უეცარი წარმოშობის შესახებ. ამიტოა ის არ შეიძლება ჩავთვალოთ სიცოცხლის წარმოშობის თეორიად. მას უბრალოდ გადააქვს სიცოცხლის გაჩენის პრობლემა სამყაროს რომელიღაც სხვა ადგილას.

1865 წელს გერმანელი მეცნიერის მიერ შემუშავებული იქნა ჰიპოთეზა ცოცხალი არსებების დედამიწაზე კოსმოსიდან შემოტანის შესახებ. ე.წ. პანსპერმიის კონცეფცია. ამ იდეის თანახმად, მარტივი ორგანიზმების ჩანასახები შესაძლოა მოხვედრილიყვნენ დედამიწაზე, მეტეორიტებთან და კოსმოსურ მტვერთან ერთად და საფუძველი შეექმნათ სიცოცხლის ევოლუციისათვის, რომელიც თავის მხრივ წარმოქმნის დედამიწაზე მრავალფეროვნებას. ამ კონცეფციას იზიარებდნენ ს. არენიუსი, გ. ჰელმპოლცი, ვ.ი. ვერნადსკი, რამაც განაპირობა ამ კონცეფციის გავრცელება მეცნიერთა შორის.

1908 წელს შვედმა მეცნიერმა ს. არენიუსმა მხარი დაუჭირა ჰიპოთეზას სიცოცხლის კოსმოსიდან წარმოშობის შესახებ. მისი მოსაზრე-

ბით, სიცოცხლე დედამიწაზე დაიწყო მაშინ, როდესაც ჩვენს პლანეტაზე კოსმოსიდან მოხვდნენ სიცოცხლის ჩანასახები, „სიცოცხლის ნაწილკე-ბი“, რომლებიც დახეტილებდნენ კოსმოსურ უკიდევანო სივრცეში და რომლებიც გადაიტანებოდნენ სინათლის წნევით ვარსკვლავებიდან ილე-ქებოდნენ ხან აქ, ხან იქ.

ვერც ეს ჰიპოთეზა ვერ ხსნიდა სიცოცხლის წარმოშობის პრობ-ლემას. მიუხედავად იმისა, რომ ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის სპექტრი საკმაოდ დიდია, მაინც თვლიან, რომ ისინი უნდა დაღუპულიყ-ვნენ კოსმოსში კოსმოსური და ულტრაიისფერი სხივების ზეგავლენით. ამასთან ერთად ჰიპოთეზა ვერ ხსნის სიცოცხლის წარმოშობის პრობლე-მას, იგი მხოლოდ გამოაქვს დედამიწის საზღვრებიდან. თუკი სიცოცხლე შემოტანილი იქნა კოსმოსიდან დედამიწაზე, მაშინ სად და როგორ წარ-მოიქმნა იგი? არის ჰიპოთეზა, რომელიც ამტკიცებს სამყაროში სიცოცხ-ლის მუდმივობას. თვლიან, რომ დიდი აფეთქების შემდეგ რომლის შედე-გადაც წარმოიშვა ჩვენი სამყარო ნივთიერებათა წარმოქმნის პროცესში ევოლუციის ძალიან ადრეულ ეტაპებზე, სამყაროში მოხდა ამ ნივთიერე-ბათა გაყოფა: ცოცხალ და არაცოცხალ ნივთიერებებად და სიცოცხლე არსებობს დროიდან, რა დროიდანაც არსებობს კოსმოსი.

პანსპერმიის თეორია ამტკიცებს, რომ სიცოცხლე შეიძლებოდა წარმოქმნილიყო ერთხელ ან რამოდენიმეჯერ სხვადასხვა დროს გალაქ-ტიკის ან სამყაროს სხვადასხვა ადგილებში. ამ თეორიის დასამტკიცებ-ლად გამოიყენება ამოუცნობი მფრინავი ობიექტების მრავალჯერ გამოჩე-ნა, რაკეტებისა და კოსმონავტების მზგავსი საგნების გამოხატულებები, აგრეთვე (ჯერ კიდევ ვწერთ - დაუსაბუთებელი) ცნობები უცხოპლანე-ტლებთან შეხვედრის შესახებ. რუსეთისა და ამერიკის გამოკვლევები კოსმოსში საშუალებას გვაძლევენ ვივარაუდოთ, რომ ჩვენი მზის სისტე-მის ფარგლებში სიცოცხლის აღმოჩენის ალბათობა უმნიშვნელოა, თუმ-ცა არ იძლევიან ცნობებს ამ სისტემის მიღმა შესაძლოსიცოცხლის შესა-ხებ. მეტეორიტების და კომეტების მასალის შესწავლისას მათში აღმო-ჩენილი იქნა მრავალი „სიცოცხლის წინამორბედი“ ნივთიერება, როგო-რიცაა ციანოგენები, წყალბადციანმჟავა, ორგანული შენაერთები, რომ-ელთაც შესაძლოა შეასრულოს შიშველ მიწაზე ჩამოცვენილი „თესლის“ როლი. გაჩნდა რიგი ცნობებისა მეტეორიტებში სიცოცხლის პრიმიტი-ული ფორმების მსგავსი ობიექტების არსებობის შესახებ, თუმცა მოსაზ-რებები მათი ბიოლოგიური ბუნების სასარგებლოდ მეცნიერებისათვის ჯერ კიდევ არ არის სარწმუნო.

## 6.6. ბიოქიმიური ევოლუცია

ასტრონომები, გეოლოგები და ბიოლოგები თვლიდნენ, რომ დედამიწის ასაკი შეადგენს დაახლოებით 4,5-5 მილიარდ წელიწადს.

ბევრი ბიოლოგის აზრით ჩვენი პლანეტის მდგომარეობა უძველეს წარსულში მცირედ ჰგავდა დღევანდელს. სავსებით შესაძლებელია, რომ მისი ზედაპირის ტემპერატურა იყო ძალიან მაღალი (4000-8000°C). იმასთან დაკავშირებით, რომ დედამიწა ცივდებოდა, ნახშირბადი და უფრო ძნელადღნობადი ლითონები კონდენსირდებოდა და წარმოიქმნებოდა მიწის ქერქლი, ვარაუდობენ, რომ პლანეტის ზედაპირი იყო შიშველი და უსწორმასწორო, რადგანაც მასზედ ვულკანური აქტიურობის, ქერქლის გაცივებით გამოწვეული უწყვეტი მოძრაობისა და შეკუმშვის შედეგად ხდებოდა ნაოჭებისა და ნაპრალების წარმოქმნა.

თვლიან, რომ ატმოსფერო იმ დროს სრულიადაც არ იყო ისეთი, როგორც დღესაა. მსუბუქი გაზები – წყალბადი, ჰელიუმი, აზოტი ჟანგბადი და არგონი გადიოდნენ ატმოსფეროდან. ჯერ კიდევ არასაკმარისად მჭიდრო პლანეტის გარავიტაციულ ველს არ შეეძლო მათი შეკავება, თუმცა სხვა შენაერთებს თავიან შემადგენლობაში უნდა შეეკავებინათ ისინი. მათ მიეკუთვნება: წყალი, ამიაკი, წყალბადის ორჟანგი და მეთანი. დედამიწის ტემპერატურის 100°C-ის ქვემოთ დაცემამდე მთელი წყალი იყო ორთქლისებრ მდგომარეობაში.

ატმოსფერო, როგორც ჩანს, იყო ალდენითი. ამას ადასტურებს უძველეს ქანებში ლითონების ალდგენითი ფორმებით არსებობა. ასეთი ორვალენტიანი რკინა. უფრო ახალგაზრდა მთის ქანები შეიცავენ ლითონებს დაჟანგული ფორმით. ასეთია სამვალენტიანი რკინა. როგორც ჩანს ატმოსფეროში ჟანგბადის არარსებობა ქმნიდა პირობებს სიცოცხლის წარმოსაქმნელად. რა პარადოქსიც არ უნდა იყოს, ლაბორატორიული ცდები გვიჩვენებდნენ, რომ ორგანული ნივთიერებები (ცოცხალი ორგანიზმების საფუძველი) გაცილებით იოლად წარმოიქმნება ალდგენით გარემოში ვიდრე ჟანგბადით მდიდარ ატმოსფეროში.

ჰანსპერმიის ჰიპოთეზასთან ერთად, თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურაში ინახება ასევე ჰიპოთეზა, დედამიწაზე პირველი ცოცხალი მოლეკულის შემთხვევითი წარმოშობის შესახებ, რომელიც წარმოიშვა მხოლოდ ერთხელ ჩვენი პლანეტის მთელი არსებობის მანძილზე. ამ ჰიპოთეზის ექსპერიმენტული შემოწმება შეუძლებელია. ამ ჰიპოთე-

ზამ დიდი გავრცელება ჰპოვა გენეტიკოსებს შორის ღნმ-ის როლის აღმოჩენის შესახებ მემკვიდრეობისთვის გამოვლენაში გ. მელერი 1929 წ ავითარებდა აზრს, რომ სრულიად შემთხვევით დედამიწაზე აღმოცენდა ერთადერთი „ცოცხალი გენური მოლეკულა“, რომელსაც გააჩნია შიგამოლეკულური სიცოცხლის განმსაზღვრელი სტრუქტურა, ამ უჯრედმა ეს უკანასკნელი უცვლელად მოიტანა სამყაროს მთელი განვითარების მანძილზე. დიდხანს ასეთი „ცოცხალი მოლეკულის“ მოძებნა მიიჩნეოდნენ თამბაქოს მოზაიკას ვირუსის ნუკლეოპროტეიდულ ნაწილს, მაგრამ დღეისათვის უკვე ნათელია, რომ ვირუსები არ შეიძლება განხილული იყვნენ, როგორც შუამდებარე ეტაპი სიცოცხლის წარმოშობის გზაზე. თავდაპირველად უნდა წარმოშობილიყო სიცოცხლე, ხოლო შემდეგ ვირუსი.

მიუხედავად ამისა, იდეა დიდხანს მოულოდნელი წარმოშობის შესახებ დღესაც ფართოდაა გავრცელებული სამეცნიერო ლიტერატურაში. თუმცა ასეთი მოვლენის ჭეშმარიტება ძალიან მცდარია.

ამრიგად, საუკუნეების განმავლობაში იცვლებოდნენ შეხედულებანი ამ პრობლემის შესახებ. მაგრამ მეცნიერება ჯერ კიდევ შორსაა მისი გადაწყვეტილებისაგან. როგორც 100, 200 წლი წინათ, დღესაც გრძელდება კამათი სიცოცხლის არსის შესახებ. წარმოადგენს თუ არა ის ჩვეულებრივი ატომებისა და მოლეკულების ძალზედ მოწესრიგებულ მდგომარეობას, რომლისაგანც შედგება „ცოცხალი ნივთიერება“ ან არსებობენ ჯერ კიდევ აღმოუჩენელი ელემენტარული „სიცოცხლის ნაწილაკები“, რომელთაც გადაჰყავთ ჩვეულებრივი ქიმიური და ფიზიკური ნივთიერებები ცოცხალ მდგომარეობაში. ამა თუ იმ თვალსაზრისის მტკიცებულებანი და არგუმენტები არ არის და პოზიციის არჩევა განაპირობებულია კამათის თითოეული მონაწილის შინაგანი მტკიცებულებებით.

ცხადია სიცოცხლის წარმოშობა ატარებდა შემთხვევით ხასიათს, მაგრამ იგი თავის მხრივ არ იყო შემთხვევითი. არამედ ის იყო აუცილებელი და კანონზომიერი. ჩვენ უკვე ვისაუბრეთ მატერიის თვითორგანიზაციის პროცესებზე. ცხადია, სიცოცხლის წარმოშობა მოხდა ამ პროცესის მიმდევრობისას, როდესაც ქიმიურმა ევოლუციამ შემდგომში ერთ-ერთი წერტილის ბიფურკაციამ მიიყვანა ცოცხალი ორგანიზმის წარმოქმნამდე და ბიოლოგიური ევოლუციის საწყისამდე.

ამიტომ დღეისათვის მეტად პერსპექტიულ მიმართულებად ბუნების მეტყველებაში ითვლება, ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის წარმოშობის გამოკვლევა არაცოცხალი მატერიისაგან თვითორგანიზაციის პროცესების მსვლელობაში.

## 6.7. ა.ი. ოპარინის სიცოცხლის წარმოშობის კონცეფცია

ერთ-ერთი ძირითადი წინააღმდეგობა, რომელიც იდგა ამ საუკუნის დასაწყისში სიცოცხლის წარმოშობის პრობლემის გადაწყვეტის გზაზე, იყო იმ დროინდელ მეცნიერებაში გაბატონებული, ყოველდღიურ გამოცდილებაზე დაფუძნებული მტკიცებულება იმის შესახებ, რომ ბუნებრივ პირობებში ორგანული ნივთიერებანი წარმოიშობიან მხოლოდ ბიოგენურად, ე.ი. ცოცხალ ორგანიზმების მიერ სინთეზის გზით, თვლიდნენ, რომ თვით მარტივი ორგანიზმების წარმოქმნაც კი ბუნებრივი არაორგანული ნივთიერებებიდან (ნახშირწყლები, წყალი, აზოტი და ა.შ.) სრულიად შეუძლებელია, ამიტომ იყო ასე მნიშვნელოვანი ოპარინის კონცეფციის გამოჩენა.

1923 წ. ა.ი. ოპარინმა გამოთქვა აზრი, რომ პირველად დედამიწაზე ატმოსფერო არ იყო ისეთი, როგორც დღესაა. გამომდინარეობდა რა თეორიული მოსაზრებებიდან ის თვლიდა, რომ ორგანული ნივთიერებები, მაგალთიად ნახშირწყალბადი შეიძლება წარმოქმნილიყო ოკეანეში უფრო მარტივი შენაერთებიდან. ხოლო ამ სინთეზის რეაქციებისათვის საჭირო ენერგიას გამოიმუშავებდა ინტენსიური მზის რადიაცია (უძთავრესად ულტრაიისფერი), რომელიც ეცემოდა დედამიწაზე ოზონის ფენის წარმოქმნამდე, ოზონის ფენამ კი შეაკავა მზის რადიაციის დიდი ნაწილი. ოპარინის აზრით ოკეანეში არსებული მარტივი შენაერთების მრავალფეროვნება, დედამიწის ზედაპირის ფართობი, ენერგიის მისაწოდობა და დროის მასშტაბები გვამძლევს საშუალებას ვივარაუდოთ, რომ ოკეანეში თანდათანობით დაგროვდა ორგანული ნივთიერებები და წარმოქმნა „პირველადი ბულიონი“, რომელშიც შეიძლებოდა წარმოქმნილიყო სიცოცხლე. ოპარინის წიგნი „სიცოცხლის წარმოშობა“ გამოქვეყნებული იქნა 1924 წ. თუმცა ოპარინის სკოლის გამოკვლევებმა პიკს მიაღწიეს გასული საუკუნის 50-60-იან წლებში. სიცოცხლის წარმოშობას ის განიხილავდა, როგორც ერთიან ბუნებრივ პროცესს, რომელიც შედგებოდა ადრეულ დედამიწაზე მიმდინარე პირველ დაწყებითი ქიმიური ევოლუციისაგან, რომელიც თანდათანობით გადავიდა თვისობრივად ახალ დონეზე – ბიოქიმიურ ევოლუციაზე. მისი აზრით ეს პროცესი თავიდანვე დაკავშირებული იყო დედამიწის გეოლოგიურ ევოლუციასთან. ამიტომაც ოპარინმა წამოაყენა წინადადება და ექსპერიმენტულადაც დაამტკიცა, რომ ელექტრონული განმუხტვით, თბურ ენერგიისა და ულტრაიისფერი

სხივეების მოქმედებით აიროვან ნაერთებზე, რომლებიც შეიცავენ წყლის ორთქლს, ამიაკს, მეთანს და ა.შ. წარმოიშენენ ამინომჟავები, ნუკლეოტიდები და მათი პოლიმერები, რომლებიც ორგანულ ნივთიერებების კონცენტრაციათა გაზრდით „პირველად ბულიონში“ დედამიწის ჰიდროსფეროში ხელს უწყობდნენ კოლოიდური სისტემების წარმოქმნას ე.წ. კოაცერვატული წვეთების წარმოშობას.

ოპარინის ჰიპოთეზის თანახმად ქიმიური ევოლუცია აღმოცენდა და განხორციელდა პირველად წყლებში გამოსავალ ორგანულ მოლეკულების დაგროვების და წარმოქმნის გზით. მთელი დანარჩენი პროცესი მას ამგვარად წარმოუდგინა: ორგანული ნივთიერებები ეჯახებოდნენ ერთმანეთს შედარებით არაღრმა პირველად წყალსაცავებში, რომლებიც მზით იყო გამთბარი. იმ პერიოდისათვის მზის სხივებს დედამიწის ზედაპირზე ულტრაიისფერი სხივებიც მოჰქონდა, რომლებიც დღეისათვის ოზონის ფენით არიან შეკავებული. თავის მხრივ ულტრაიისფერი სხივები ენერგიით უზრუნველყოფდნენ ორგანული შენაერთების ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობას. ამრიგად, ზოგიერთ პირველად წყალსაცავებში მიმდინარეობდა შემთხვევითი ქიმიური რეაქციები. მათი დიდი ნაწილი სწრაფად მთავრდებოდა ძირითადი ნედლეულის უკმარისობის გამო, მაგრამ ქიმიური რეაქციების ქაოსში უნებურად წარმოიშობოდა და მტკიცდებოდა ციკლური ტიპის რეაქციები, რომლებიც ფლობდნენ თვითშენარჩუნების უნარს. ამ რეაქციების შედეგია კოაცერვატები. მათთვის დამახასიათებელი იყო გარემომცველი არიდან ორგანული ნივთიერებების შთანთქმა, რომელიც უზრუნველყოფდა ბუნებასთან ნივთიერებათა პირველად ცვლას, ხოლო უკვე ფუნქციონირებადი „ბუნებრივი გადარჩევა“ ხელს უწყობდა „გადარჩევა“ უფრო მეტად მდგრადი კოაცერვატული სისტემებისას. სხვა სიტყვებით, პირველადი უჯრედული სტრუქტურა, რომელიც აღწერა ოპარინმა, თავის მხრივ წარმოადგენდა ღია ქიმიურ მიკროსტრუქტურას და უკვე მისთვის დამახასიათებელი იყო პირველადი მეტაბოლიზმი (ნივთიერებათა ცვლა). თუმცა ჯერ კიდევ არ გააჩნდა გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემის სისტემა დაფუძნებული ნუკლეინის მჟავების ფუნქციონირებაზე.

„ბუნებრივი გადარჩევის“ მიმდინარეობის პროცესში წარმოიშენენ სიცოცხლის უმნიშვნელოვანესი თავისებურებანი, რომელიც განასხვავებდა მის განვითარების წინა ეტაპისაგან. წარმოშობილი მთლიანი მრავ-

ვალმოლეკულური სისტემები, ფაზურ განცალკეებულნი გარემომცველ სამყაროსაგან უნარჩუნებენ მასთან ღია სისტემების ტიპის ურთიერთმოქმედებას. მხოლოდ ასეთი სისტემები, რომლებიც იღებენ გარემომცველი არიდან ნივთიერებებსა და ენერგიას, შეუძლიათ დაუპირისპირდნენ ენტროპიას და ასევე ხელი შეუწყონ მის შემცირებას ზრდისა და განვითარების პროცესში, რომელიც ყველა ცოცხალი არსების დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს.

ბუნებრივმა გადარჩევამ შეინარჩუნა ის მთლიანი სისტემები, რომლებიც უფრო სრულყოფილი იყო. ნივთიერებათა ცვლა (სიცოცხლის კიდევ ერთი დამახასიათებელი თვისება), რომელიც ხელს უწყობდა სისტემის სწრაფ ზრდას და მის დინამიურ მდგომარეობას მოცემულ საარსებო პირობებში. სწორედ ამით აიხსნება ცოცხალი ობიექტების მიზანმიმართული შენება.

ბუნებრივი გადარჩევის მსვლელობისას გადარჩეულ სისტემებს გააჩნიათ ცილებისა და ნუკლეინის მჟავების მსგავსი პოლიმერების სპეციფიკური აგებულება, რომლებიც განაპირობებდნენ ცოცხალის მე-3 თვისებას – მემკვიდრეობითობის გაჩენას, რომელიც ყველა ცოცხალისათვის სპეციფიკურია ინფორმაციის გადაცემისას.

ორგანულმა ქიმიამ იცის ასეთი ტიპის რეაქციები. მათი გადარჩევა და გადარჩენა უნდა გვეზიხლოთ, როგორც შესაძლო ხარისხობრივი ნახტომი ქიმიურიდან ბიოლოგიური ევოლუციისაკენ. გადარჩევასა და ციკლური კომპლექსების სრულყოფასთან ერთად მიმდინარეობს ამ რეაქციებში მონაწილე ორგანული მოლეკულების გადარჩევა და სრულყოფა.

მეცნიერულ სამყაროში ოპარინის ჰიპოთეზის პოპულარობა ძალიან მდიდარია. მისი მიმდევრები დღესაც განაგრძობენ გამოკვლევებს ამ მიმართულებით. მიუხედავად ამისა ამ კონცეფციებს აქვს როგორც უარყოფითი, ასეთე დადებითი მხარეები.

ამ კონცეფციის დადებით მხარედ ითვლება საკმაოდ ზუსტი შესაბამისობა ქიმიური ევოლუციის თეორიასთან, რომლის თანახმადაც მატერიის წინა ბიოლოგიური (აბიოგენური) ევოლუციის პროცესში – სიცოცხლის ჩასასახვა კანონზომიერი პროცესია. ამ კონცეფციის დამადასტურებელ არგუმენტად გვეკვლინება აგრეთვე მისი ძირითადი მდგომარეობის ექსპერიმენტული შემოწმება. ეს შეიძლება არა მხოლოდ ლაბორატორიულ პირობებში შექმნილ პირველადი მიწის ფიზიკო-ქიმიურ პირობებს, არამედ კოაცერვატებსაც, რომლებიც იმიტირებენ წინაუჯრედოვან



სიცოცხლის წინამორბედთან და მის ფუნქციონალურ შესაძლებლობებთან.

ოპარინის ჰიპოთეზის სუსტ მხარედ ითვლება კოაცერვატული სტრუქტურების თვითწარმოქმნის შესაძლებლობის დაშვება გენეტიკური კოდის არ არსებობის შემთხვევაში. ამ სისტემების არსებობა აიხსნება, მათში ღია მიკროსისტემების არსებობით, რომლებიც ცოცხლობენ გარემომცველ არეში მზა სახით, არსებული ფერმენტების ჩაბმის ხარჯზე. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ოპარინის ჰიპოთეზის ჩარჩოებში შეუძლებელია მთავარი პრობლემის გადაწყვეტა – ქიმიური სისტემების თვითგანვითარების მომძლავრებული ძალებისა და ქიმიური ევოლუციის ბიოლოგიურისაკენ გადასვლის შესაძლებლობის შესახებ. ასევე ამ ჰიპოთეზით შეუძლებელია ახსნას ნახტომი უსულო მატერიიდან – სიცოცხლისაკენ. შესაძლოა, ეს პრობლემა გადაიჭრას რუდენკოს კონცეფციით ღია კატალიზური სისტემების არსებობის შესახებ.

## 6.8. სიცოცხლის არსისა და წარმოშობის თანაგებრობა კონსერვაციები

მეცნიერ-ბიოლოგები, რომლებიც დღეისათვის დაკავებულნი არიან სიცოცხლის წარმოშობის საკითხებით ყველაზე რთულად მიიჩნევენ პროტობიოლოგიური სისტემების სტრუქტურული და ფუნქციონალური თავისებურებების გადაჭრის სირთულე აიხსნება კარგად ცნობილი ფაქტით: ნუკლეინის მჟავების თვითრეპროდუქციისათვის – გენეტიკური კოდის საფუძვლები – აუცილებელი არიან ფერმენტული ცილები, ხოლო ცილის სინთეზისათვის – ნუკლეინის მჟავები. ამიტომ დისკუსიის საგანი ძველთაგან იყო ორი ურთიერთდაკავშირებული კითხვა: 1) რა იყო პირველად ცილები თუ ნუკლეინის მჟავები? 2) თუკი ეს ორივე ბიოპოლიმერები წარმოიშვნენ არა ერთდროულად, არამედ თანამიმდევრობით, მაშინ რომელ ეტაპზე და როგორ მოხდა მათი გაერთიანება ერთიან სისტემაში, რომელიც განაპირობებს გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემის ფუნქციებს და ცილების ბიოსინთეზის რეგულაციას? განვიხილავთ რა პასუხს კითხვებზე, თუ რომელს ენიჭება პირველობა ცილებს დღე ნუკლეინის მჟავებს. ასევე ყველა არსებული ჰიპოთეზები და კონცეფციები შეიძლება გავყოთ ორ ღიდ ჯგუფად *პოლიბიოზები* და *გენობიოზები*.

ჩვენს მიერ განხილული აკადემიკოს ა.ი. ოპარინის კონცეფცია ეყრდონა თანამედროვე მოლეკულურ ბიოლოგიას, თუმცა ეს საკვებით ბუნებრია, რადგან მეტკვიდრეობითი ნიშნების გადაცემის მექანიზმი, დანაწილობრივ დნმ-ს რომელიც შედარებით ახლახან გახდა რამდენადმე ცნობილი, თავისი კონცეფციით მიეკუთვნება ჰოლობიოზის ჯგუფს – მეთოდოლოგიურ მიდგომას, რომელიც დაფუძნებულია უჯრედული ტიპის პირველად სტრუქტურაზე, რომელიც დაყოფილია ნივთიერებათა ცვლის ელემენტარული უნარით, მასში ფერმენტული მექანიზმის მონაწილეობით. მათში ნუკლეინის მჟავების წარმოქმნა ითვლება ევოლუციის დასასრულად. პროტობიონების კონკურენტის შედეგად ამ თვალსაზრისს კიდევ შეიძლება ვუწოდოთ სუბსტრატული.

ა.ი. ოპარინის ჰიპოთეზა არ ხსნის თუ როგორ მოხდა თვისობრივი ნახტომი არაცოცხალიდან ცოცხალზე. ამ მნიშვნელოვანი პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია. მხოლოდ მოლეკულური ბიოლოგიის, აგრეთვე კიბერნეტიკის ძირითადი მოსაზრებების საფუძველზე. მისი გადაჭრის ზოგიერთი გზა უკვე შეინიშნება. მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს დნმ-ის სინთეზის შესაძლებლობა „პირველყოფილი“ დედამიწის ბუნებრივ პირობებში.

გენობიოზის მომხრეები გამოდიან მოლეკულური სისტემების პირველობიდან, რომელთაც გააჩნიათ პირველადი გენეტიკური კოდის თვისებები. ამ ჯგუფის ჰიპოთეზებსა და კონცეფციებს შეიძლება ვუწოდოთ ინფორმაციული. ამ თვალსაზრისის მაგალითია დ. ზოლდენის კონცეფცია, რომლის მიხედვითაც პირველადი იყო არა სტრუქტურა, რომელსაც გარემომცველ არსესთან აქვს ნივთიერებათა ცვლის უნარი, არამედ მაკრომოლეკულური სისტემა, გენის მაგვარი, რომელსაც თვითრეპროდუქციის უნარი აქვს, რის გამოც მას „შიშველი გენი“ უწოდეს.

1980 წლამდე არსებობდა მკვეთრად გამოხატული წინააღმდეგობა ჰოლობიოზსა და გენობიოზის ჰიპოთეზებს შორის. რომელი უფრო ხნიერია შიშველი გენი თუ ცილოვანი პროტობიონტი? მეცნიერებებს შორის ცხარე დისკუსია გამოიწვია. სხვა ტერმინოლოგიით რომ ვთქვათ გენეტიკური რეპროდუქცია თუ მეტაბოლიზმი.

ძალზე საინტერესო ჰიპოთეზა, რომელიც მიეკუთვნება ჰოლობიოზურ მიმართულებას, იყო ინგლისელი ბიოქიმიკოს პ. დეკერის კონცეფცია, რომლის თანახმად წინაპრის, ბიოდის, სტრუქტურულ საწყისად ითვლებოდნენ სიცოცხლის მსგავსი არათანაბარი დისიპატიური სისტე-

მები ე.ი. ღია მიკროსისტემები, მძლავრი ფერმენტული აპარატით. ეს ნიშნავს, რომ ის დადასტურებული იყო დარვინისეული ევოლუციით. ერთი სტადიის (სახეობის) სხვა სტადიად გარდაქმნის (მუტაციის) წყალობით.

ჰოლობიოზის საფუძველზე შექმნილი ასეთ მოდელების მაგალითები შეიძლება მრავლად მოვიყვანოთ. მათ ორი მთავარი მომენტი აერთიანებს: 1) ცილოვანი სუბსტანციის პირველობის აღიარება, რომელთაც ფერმენტაციულის მსგავსი ავტოკატალიზის უნარი აქვთ, 2) პროტეინოდულ სტრუქტურებში მოლეკულური სისტემების გენეტიკური კოდის ფუნქციების არსებობაც კი უარყოფითია. მატრიცული ტიპის გენეტიკური კოდის გაჩენა ნუკლეინის მჟავების მაკრომოლეკულების საფუძველზე ითვლება პროტონიოდური სტრუქტურის ევოლუციაში მეორად მოვლენად.

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ჰიპოთეზამ ვერ მოიპოვა საყოველთაო აღიარება. ზოგიერთი მკვლევარი აღიარებდა ჰიპოთეზის სისუსტეს წინაუჯრებული წინაპრის ნივთიერებათა ცვლის რეაქციაზე გენეტიკური კონტროლის საკითხში. მხარს უჭერდნენ მოსაზრებას, თითქოს ეს იყო რაღაც შუამდებარე ვარიანტი ჰოლობიოზსა და გენობიოზს შორის. მათ აერთიანებდა საერთო იდეა, რომ ცილოვანი და ნუკლეინის მოლეკულები წარმოიშვნენ ერთდროულად, გაერთიანდნენ ერთიან სისტემაში წინაუჯრებულ წინაპრის სტრუქტურათა ჩარჩოებში და მოექცნენ კოეოლუციის ქვეშ. ე.ი. ერთდროულ და ურთიედაკავშირებულ ევოლუციაში. მაგრამ ამ კომპრომისულმა ვარიანტმაც ვერ ჰპოვა საერთაშორისო აღიარება. ამრიგად დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოქმნის ცენტრალურ პრობლემას წარმოადგენს მემკვიდრეობითობის მექანიზმის ევოლუციის რეკონსტრუქცია. სიცოცხლე წარმოიქმნა მხოლოდ მაშინ, როდესაც მოქმედება დაიწყო რეპლიკაციის მექანიზმა. (რეპლიკაცია – გენეტიკური მასალის კოპირების მექანიზმი). ამინომჟავებისა და სხვა რთული ორგანული ნაერთების ნებისმიერი კომბინაცია, რამდენადაც რთული არ უნდა იყოს, ჯერ კიდევ არ არის ცოცხალი ორგანიზმი. ეს უკანასკნელი თუნდაც უმარტივეს შემთხვევაში წარმოადგენს რეპლიკაციის უნარის მქონე ჩინებულად აწყობილ მექანიზმს. რა თქმა უნდა, შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ განსაკუთრებით ხელსაყრელ პირობებში დედამიწაზე სადღაც წარმოიქმნა რამე „პირველადი დნმ“, რომელიც იქცა დედამიწაზე ყოველივე ცოცხალის საწყისად. საეჭვოა, მაგრამ ეს ასეა იმ შემთხვევაში,

თუ ჰიპოთეზები „პირველადი ღმ“ თანამედროვის სრულიად მსგავსი იყო. საქმე იმაშია, რომ თანამედროვე ღმ თვითონ სრულად უმწეოა. ფუნქციონირებს მხოლოდ ცილა ფერმენტებთან ერთად. მოსაზრება, რომ ისეთი ურთულესი მანქანა, როგორცაა „პირველადი ღმ“ და მისი ფუნქციონირებისათვის საჭირო ცილა-ფერმენტების კომპლექსი წარმოიქმნა სრულიად შემთხვევით, ცალკეული ცილების – მრავალტომიანი მოლეკულების – „დაბერტყვოს“ გზით, ნიშნავს გჯეროდეს საოცრებების.

ინგლისელი ბიოლოგი ფ. კრიკი, რომელმაც ღმ-ის კოდის გაშიფრისათვის მიიღო ნობელის პრემია, თვლის რომ „თუ ეს არ არის ფანტაზია, მაშინ გონიერიარსება (*Homo sapiens*) წარმოადგენს მხოლოდ იარაღს, საფუთავს, რაღაც კოსმობუსს გავრცელებადი ჭეშმარიტი გონებისათვის, რომელიც იმალება რიბონუკლეინის მთავის გონიერ და ძლევამოსილ მარცვალში. ეს ღმ ახდენს ცივილიზაციას! ჩვენი სხეული და გონება ფიზიკურ და სულიერ „გამაძლიერებლებთან“ ერთად, ეს არის მხოლოდ იარაღი იმ (ცხადია, ჩვენს დედამიწაზე რამოდენიმე მილიონი წლის წინათ შემოტანილი) ჩანასახისა, რომლის ამოცანაა დაეუფლოს გალაქტიკას ან სამყაროს ჩვენ ნაწილს, შემდგომ კი შეხვდეს „მათ“, ვინც ის შემოიტანა დედამიწაზე. მაგრამ ეს მხოლოდ „ფანტასტიკური“ ჰიპოთეზაა“ მასში საუბარია არამიწიერ არსებებზე, რომლებიც თესდენ სიცოცხლის მარცვლებს სამყაროს სხვადასხვა ნაწილში, რომ საბოლოოდ ებატონათ მასზე. ამ საკმაოდ ფანტასტიკური ჰიპოთეზის სასარგებლოდ მეტყველებს ცილებში მოლიბდენის არსებობა არაპროპორციულად მეტი რაოდენობით, ვიდრე ის არის დედამიწაზე, რამაც შეიძლება დაადასტუროს ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის და ღმ-ის კოსმიური გენეზისი. ასეთი მიდგომით ადამიანი გარკვეულ წილად წარმოადგენს ზელოვნურ ნიშანს, დაპროგრამებულს კოსმოსური ინფორმაციით, რაც ამტკიცებს სიცოცხლის შესაძლებლობას კოსმოსში.

ერთხელ კიდევ უნდა გაუსვათ ხაზი იმას, რომ დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოქმნის პრობლემა, ე.ი. არაცოცხალიდან ცოცხალზე თვისებრივი ნახტომის ახსნა, ჯერ კიდევ შორსაა ჭეშმარიტებისაგან. თანამედროვე მოლეკულური ბიოლოგიის ერთ-ერთ ფუძემდებლის პროფესორ კრიკს უბრალოდ არ უთქვამს ბიურაკანის სიმპოზიუმზე 1971 წ. სექტემბერში „ჩვენ ვერ ვხედავთ გზებს პირველადი „ბულიონიდან“ ბუნებრივი გადარჩევამდე. შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ სიცოცხლის

წარმოქმნა არის საოცრება. მაგრამ ის მხოლოდ ჩვენს უცოდინარობას ამტკიცებს”.

არაცოცხალიდან ცოცხალი ნივთიერებების სინთეზის შესაძლებლობასთან დაკავშირებით წარმოიქმნება მწვავე პრობლემა. ასე მაგალითად ი.ს. შკლოვსკი წერს, რომ „რადგანაც ბუნებრივ სიცოცხლეს და ხელოვნურ სიცოცხლეს შორის არ არსებობს პრინციპული განსხვავება, არ შეიძლება გამოვრიცხოთ, რომ სიცოცხლეს ზოგიერთ პლანეტაზე შეიძლება ჰქონდეს ხელოვნური წარმოშობა. ინტერესს არა მოკლებული ჰქონთეზა, რომ ცოცხალი სპორები და მიკროორგანიზმები შემოტანილ იქნა უცხო პლანეტელთა არასაკმარისად სტერილიზებული კოსმოსური ხომალდების მიერ, უსიცოცხლო პლანეტის მონახელუბის დროს. შეიძლება გამოითქვას გაცილებით რადიკალური ხასიათის ჰიპოთეზა: სიცოცხლე ზოგიერთ პლანეტაზე შეიძლება წარმოქმნილიყო იმ მაღალორგანიზებული კოსმონავტების ექსპერიმენტების შედეგად, რომლებმაც მონახულეს იმ დროისათვის უსიცოცხლო პლანეტები. აგრეთვე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მსგავსი „სიცოცხლის დანერგვა“ ასე ვთქვათ „გეგმიური წესრიგით“ წარმოადგენს სამყაროს სივრცეში გაბნეული მაღალგანვითარებული ცივილიზაციების ნორმალურ პრაქტიკიას. ნაცვლად იმისა, რომ პასუხად ველოდოთ სიცოცხლის ბუნებრივ, თვითნებურ წარმოქმნას შესაფერის პლანეტაზე, მაღალგანვითარებული გალაქტური ცივილიზაციები თითქოს გეგმაზომიერად თესენ სიცოცხლის მარცვლებს სამყაროში, რაც ნაკლებ სარწმუნოა. თუ ეს ასეა, მაშინ ალბათობა დასახლებული პლანეტური სისტემების არსებობისა გალაქტიკაში შეიძლება ბევრად გაიზარდოს. და ბოლოს ლოგიკური თანამიმდევრობისათვის უნდა გავითვალისწინოთ შესაძლებლობაც გონიერი ხელოვნური თუ ბუნებრივი – არსებებით დასახლებული პლანეტებისა, რომლებზედაც არსებობს შესაფერისი პირობები”

დროის ინტერვალში 4,6-3,8 მლრდ წლის წინათ დედამიწაზე შესაძლებელი იყო ორი მოვლენა: 1) ქიმიურმა ევოლუციამ გამოიწვია სიცოცხლის სპონტანური ჩასახვა; 2) ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლე წარმოიქმნა პანსპერმიის საშუალებით, სიცოცხლის მარცვლები აღმოცენდნენ ხელსაყრელ ფიზიკურ პირობებში. ინგლისელ მეცნიერებს ფ. ხოილსა და ჩ. ვიკრამანსინგზს მოჰყავთ არგუმენტები მეორე მოვლენის სასარგებლოდ, პირველი საწინააღმდეგო უპირველესად ყოვლისა მეტყველებს დიდი რაოდენობით სიცოცხლის ნიშანდობლივი ინფორმაციის წარმოქ-

მნა, რომელიც თვისობრივად სპეციფიკურია და რაოდენობრივად ასტრო-  
ნომიული ციფრებით ხასიათდება. მართლაც ცნობილია, რომ არსებობს  
რიგი 1000-2000 ფერმენტისა, რომლებიც ცენტრალურ როლს თამაშო-  
ბენ ორგანიზმების ცხოველქმედებაში მარტივი ორგანიზმიდან ადამია-  
ნამდე. გამოთვლები გვიჩვენებენ, რომ მაგალითად, 100 ფერმენტის მილე-  
ბის ალბათობა უდრის  $20^{1000}$ , რაც აღმატება სამყაროს ყველა ვარ-  
სკვლავის შემადგენელ ატომთა რიცხვს. ამრიგად, პირველი მოვლენა  
შეუძლებელია, უფრო სარწმუნოა მეორე მოვლენის განხორციელება.

შემდეგ მოსაზრებას წარმოადგენს კომეტების საერთო ელემენტა-  
რული შედგენილობისა და ცოცხალი მატერიების შემადგენელი ელემენ-  
ტების საოცარი შესაბამისობის ფაქტი. ამას გარდა კომეტები შეიცავენ  
წყალსა და ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებიც ქმნიან ჩინებულ მასაზ-  
რდობებელ გარემოს მიკროორგანიზმების ზოგიერთი სახეობისათვის. კო-  
მეტების გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ მათში განუსაზღვრელი დროით  
შეიძლება შეინახოს დღესდღეობით დედამიწაზე ცნობილი მიკროორგა-  
ნიზმების თითქმის ყველა სახეობა. ვ. ზოილისა და ჩ. ვიკრამანსინგზის  
პიპოთეზის მიხედვით ჩვენი პლანეტა ყოველწლიურად იღებს  $10^{18}$  მეტ  
სპორას მზის სისტემაში გაბნეული კომეტური მასალის ნარჩენის სახით.  
ამრიგად სწორედ კომეტებმა მოიტანეს დედამიწაზე სიცოცხლის წარ-  
მოქმნის უნარის მქონე ორგანული მოლეკულები. უფრო მეტიც, დღემდე  
გრძელდება კოსმოსიდან ცოცხალი ორგანიზმების შემოსვლა ვირუსები-  
სა და ბაქტერიების სახით. აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ მოცემული  
პიპოთეზა არ სარგებლობს დიდი პოპულარობით მსოფლიო მეცნიერება-  
ში.

დღესდღეობით ფ. ზოილი და ჩ. ვიკრამანსინგ4ხი გამოდიან უმაღ-  
ლესი გონის ასეობიდან, რომელიც არის კოსმოსის ნაწილი. საყრდენ  
თეზის წარმოადგენს მოსაზრება იმის შესახებ, რომ სიცოცხლე როგორც  
დედამიწაზე, ასევე საერთოდ, სამყაროში სადმე არ შეიძლება წარმოიქ-  
მნას შემთხვევით. კოსმოლოგიიდან ბიოლოგიამდე სხვადასხვა სამეცნიე-  
რო დისციპლინებში დაგროვილი ფაქტების ასახსნელად უნდა გამოვყოთ  
ერთ-ერთი ყველაზე ალტერნატიული ვარიანტი: ან სიცოცხლე წარმოად-  
გენს წინასწარ განზრახული ქმედების აქტს, ან ჩვენი მუდმივი და უსაზ-  
ღვრო სამყაროსათვის დამახასიათებელია ცხოველების სურათების მუდმი-  
ვობა. პირველი ვარიანტის აღიარება თანამედროვე კოსმოლოგიურ წარ-  
მოდგენებს აიგივებს ბიბლიურ ჭეშმარიტებასთან და ემპირიული მეცნიე-

რების სამეფოში შეაქვეს ქმედების აქტი. ვ. ხოილისა და ჩ. ვიკრამასინ-გზისათვის მიუღებელია წარმოდგენა შემოქმედზე, რომელიც არსებობს სამყაროს მიღმა, სადაც ოდესღაც სრულიად ბუნებრივი გზით წარმოიქმნა. უმაღლესი გონი, რომელიც მნიშვნელოვნად აჭარბებს ადამიანს და რომელმაც შექმნა სიცოცხლე.

1980 წლებში, როდესაც პოლიბიოზური ჰიპოთეზა შესუსტდა, გენობიოზური ჰიპოთეზა აღმოჩნდა დომინანტური. გარდა ამისა, გენობიოზის იდეასთან ძალზედ დაკავშირებული აღმოჩნდა დღეისათვის ბუნებისმეტყველებაში არსებული დამოუკიდებელი მიმართულება, რომელიც შეისწავლის ცოცხალი მატერიის კიდევ ფუნდამენტალურ თვისებას, მის სტერეოსპეციფიკური კომპენენტალური რეპროდუქციის უნარს. ეს მიმართულება ჯერ კიდევ ადრე იყო განხილული ჩ. პასტერის შრომებში.

საქმე იმაშია, რომ მანამდე, როგორც კი 1860 წ-ში პასტერმა საბოლოოდ დამტკიცა თანამედროვე მიკროორგანიზმების თვითჩასახვის არ არსებობა, XIX ს-ის 40-50-იან წლებში მისი სამეცნიერო ინტერესების საგანი გახდა მოვლენა, რომელიც შემდგომში მან აღმოაჩინა ბიოლოგიური წარმოშობის ნივთიერებათა კრისტალებს კვლევის მსვლელობისას. საუბარია ასიმეტრიულობის აღმოჩენაზე, მისი ტერმინოლოგიით – ყურძნის მჟავას მარილების კრისტალთა დისიმეტრიულ აგებულებაზე, რომლებსაც გააჩნიათ ბიოლოგიური წარმოშობა ამ დასკვნამდე პასტერი მივიდა, როდესაც აღმოაჩინა პოლარიზებული სხივის გადახრის უნარი ე.ი. ოპტიკური აქტივობა, არა მარტო თვით კრისტალებში, არამედ მათ წყალხსნარებში, რაც მიუთითებდა ამ მოვლენის მოლეკულურ ბუნებაზე. არაბიოლოგიური წარმოშობის ნივთიერებათა წყალხსნარებს ეს თვისება არ გააჩნიათ, მათი მოლეკულის აგებულება სიმეტრიულია.

დღეისათვის პასტერის ეს იდეა დამტკიცებულია და დამტკიცებულად ითვლება, რომ მოლეკულური დისიმეტრია (ასიმეტრია, სტერეოიზომერია), ხოლო თანამედროვე ტერმინოლოგიით, მოლეკულური ქილარობა, დამახასიათებელია მხოლოდ ცოცხალი მატერიისათვის, ხოლო თუ ეს ასეა, მაშინ წარმოიშვა კითხვა, როგორ აღმოცენდა ეს მოვლენა. საჭიროა თუ არა ვეძებთ მასში სიცოცხლის საწყისები?

თვით პასტერიც უსვამდა ამ კითხვას თავისთავს და მისი პასუხი იყო საკმაოდ განსაზღვრული. დიახ, არაცოცხალ ბუნებას ნივთიერებათა მოლეკულურ-სიმეტრიული გარდაქმნა, ნივთიერებათა ცოცხალ მოლეკულურ-დისიმეტრიულად, დაკავშირებულია ცოცხალი მატერიის წარმო-

შობასთან. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ აუცილებელია გავიგოთ, როგორ ხდება ეს გარდაქმნა პასტერის აზრით, ეს შეიძლება მუდმივად მიმდინარეობდა არაცოცხალ მატერიაზე განსაკუთრებული დისიმეტრიული ძალების მოქმედებით, რომლებიც იწვევენ ამ მატერიის მოლეკულების დისიმეტრიზაციას. პასტერის თანახმად, ეს ძალები ატარებდნენ კოსმიურ ხასიათს, ცხოვრება ასეთია, როგორც ჩვენთვისაა ცნობილი, არის სამყაროს დისიმეტრიზაციის ფუნქცია. ასეთი დისიმეტრიული ძალები შეიძლება იყვნენ მძლავრი ელექტრონული განმუხტვა, გეომაგნიტური მერყეობანი, დელამიწის ბრუნვა მზის ირგვლივ, მთავარის წარმოშობა და ა.შ. ცხადია, ლაბორატორიაში ასეთი პირობების შექმნა წარმატებებს ვერ აღწევდა. მიუხედავად ამისა, პასტერს ურყევად სჯეროდა თავისი სისწორის.

პასტერის შეხედულებათა მიკუთვნებას გენობიოზის ჰიპოთეზაზე ემსახურებოდა ის ფაქტი, რომ ცოცხალის ჩასახვის პრობლემა არაცოცხალისაგან. იგი განიხილავდა მოლეკულურ დონეზე, თუმცა არ წამოუჭრია საკითხი დისიმეტრიული მოლეკულური სისტემის თვითწარმოქმნის შესახებ, რომლის წარმოქმნა, მისი აზრით იყო პირველადი და აუცილებელი ეტაპი სიცოცხლის ჩასახვისათვის. ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ პასტერმა პირველმა გამოიტანა სიცოცხლის მოლეკულურ დონეზე წარმოშობის პრობლემა და ამაშია მისი ისტორიული დამსახურება მეცნიერების წინაშე.

დღეისათვის თვლიან, რომ თუკი მოლეკულური ქილარობა – ეს არის საწყისიდა ფუნდამენტალური თვისება ცოცხალი მატერიის, მაშინ ქილარულად სუფთა მოლეკულური ბლოკების წარმოქმნის უნარიც ჩაისახა ასევე ადრე, როგორც გენეტიკურად დეტერმინებული თვითრეპროდუქციის უნარი. სხვა სიტყვებით, ერთდროულად აღმოცენდა გენეტიკურთან ერთად სტერეოქიმიური კოდიც. მისი ფუნქცია გახდა კოდირებული ქილარულად სუფთა მონომერების აგებისა, რომელთა არსებობა აუცილებელია სუბსტრატისა და ფერმენტის მოლეკულათა კომპლემენტარული ურთიერთქმედებისათვის ბიოლოგიური რეაქციების დროს.

მაინც რას წარმოადგენენ თავის მხრივ ეს მონომერები. კერძოდ, როგორებია თავისი ქიმიური ბუნებით. ეს ქირალურად სუფთა მოლეკულური „ბლოკები“, რომლებმაც განაპირობეს ცოცხალის ჩასახვა? უნდა აღვნიშნოთ, რომ ქირალობა შეიძლება იყოს 2 ტიპის – მარცხენა (L კონფიგურაცია), რომელიც გადახრის, სინათლის სხივს მარცხნივ და



რომელიც ახასიათებს ცილოვან მოლეკულებს და მარჯვენა (D კონფიგურაცია), რომელიც გადახრის სინათლის სხივს მარჯვნივ და რომელიც ახასიათებს ნუკლეონის მჟავებებს: დნმ და რნმ მოლეკულებს.

გენობიოზის ჰიპოთეზის ჩარჩოებში საერთო აღიარება ჰქონდა იდეამ, რომლის თანახმადაც ასეთი ბლოკები იყვნენ დნმ-სა და რნმ-ს მაკრომოლეკულები, მაგრამ რომელი ინფორმაციული მოლეკულა წარმოიქმნა პირველად და შეასრულა მატრიცის როლი პირველადი კომპლემენტარული პოლიმერიზაციის დროს?

ეს გარდაუვალი კითხვა მაშინვე ჩაერთო წინააღმდეგობაში მოლეკულური გენეტიკის ცენტრალურ მდგომარეობასთან: გენეტიკური ინფორმაცია მოდის დნმ-დან რნმ-საკენ და ცილებზე. გარდა ამისა, იდგა საკითხი, როგორ შეეძლო ფუნქციონირება პროტობიოტურ პოლინუკლეოტიდურ სისტემებს ფერმენტების გარეშე ე.ი. ცილების გარეშე, თუკი დაეუშვებოდა, რომ ამ უკანასკნელთა წარმოშობა იყო მეორადი?

პასუხი ამ კითხვებზე მიღებულ იქნა მხოლოდ 1980-იანი წლების ბოლოს. ამ დრო აღიარეს, რომ პირველადი იყო არა დნმ, არამედ რნმ.

ამ ფაქტის აღიარება დაკავშირებულია რნმ-ის უნივერსალურ თვისებებთან. აღმოჩნდა, რომ მას გააჩნია ისეთი გენეტიკური მახსოვრობა, როგორც დნმ. მოგვიანებით დადგენილი იქნა ჭეშმარიტად უნიკალური ყველგან არსებობა რნმ-ის: არ არსებობს ორგანიზმები, რომლებიც არ შეიცავდნენ მას, კერძოდ ვირუსების უმრავლესობას გენში შეიცავს რნმ, ვიდრე დნმ. გარდა ამისა, აღმოჩნდა, რომ მდგრადი გენეტიკური დოკუმის საწინააღმდეგოდ შესაძლებელია გენეტიკური ინფორმაციის გადატანა რნმ-დან დნმ-ისაკენ ფერმენტის მონაწილეობით, რომელიც 1970-იან წლებში იქნა აღმოჩენილი.

XX საუკუნის 80-იან წლების დასაწყისში დადგენილი იქნა რნმ-ს თვითრეპროდუქციის უნარი ცილოვანი ფერმენტების არ არსებობისას ე.ი. აღმოჩენილი იქნა მისი ავტოკატალიზური ფუნქცია. ამან გადაჭრა ადრე გადაუწყვეტელი პროლემა 2 ფუნქციისა – კატალიზური (რომელიც ადრე ითვალისწინებდა, რომ ახასიათებს მხოლოდ ცილებს) და ინფორმაციულ-გენეტიკური, რომლებიც აუცილებელი არიან მაკრომოლეკულური სისტემის თვითრეპროდუქციისათვის.

შედეგად ჩამოყალიბდა მკვეთრი წარმოდგენა, რომ უძველესი რნმ ითავსებდა თავის თავში ფენოტიპისა და გენოტიპის ნიშნებს, ე.ი. პასუხობდა დარვინისეული სისტემების მოთხოვნებს, რომელიც მომავალში

ექვემდებარება, როგორც გენეტიკურ გარდაქმნას, ასევე ბუნებრივ გადარჩევას. დღეისათვის უკვე ცხადია, რომ ევოლუციის პროცესი მიმდინარეობდა რნმ-დან ცილისაკენ, შემდეგ კი დნმ-ის მოლეკულას ჩამოყალიბებისაკენ, რომელშიც C-H კავშირები უფრო მტკიცეა, ვიდრე C-OH კავშირები რნმ-ში.

ცხადია, რომ ქირალობის წარმოშობა, აგრეთვე რნმ-ის პირველადი მოლეკულის წარმოქმნა არ შეიძლება მომხდარიყო ევოლუციური განვითარების მსვლელობაში. ყოველივე აქედან გამომდინარე ადგილი ქონდა ნახტომს ნივთიერებათა თვითორგანიზაციას ყველა დამახასიათებელი ნიშნებით.

## 6.9. სიცოცხლის არსი და განსაზღვრა

ზემოთ მოცემული ჰიპოთეზები და თეორიები ჩვენ გვაძლევენ შესაძლებლობას გავიგოთ ბიოლოგიური პროცესების არსი, რომლებიც აუცილებელნი არიან ცოცხალი ორგანიზმების გაჩენისათვის. გაერთიანებულ დონეზე ჩვენ ინტუიციით ეხედებით, თუ რას წარმოადგენს თავის მხრივ ცოცხალი და რას – მკვდარი. თუმცა რომ ვეცადოთ განვსაზვროთ სიცოცხლის არსი, როგორც გაერთიანებული, ასევე მეცნიერულ დონეზე, წარმოიქმნება დიდი სიძნელებები, რადგანაც სიცოცხლის არსი, როგორც ერთ, ასევე სხვა შემთხვევაში განისაზვრება სხვადასხვაგვარად.

მეცნიერთა უმრავლესობა თვლის, რომ სიცოცხლე წარმოადგენს თავის მხრივ მატერიალური სამყაროს არსებობის თავისებურ ფორმას. 50-იანი წლების დასასრულამდე, როგორც სამეცნიერო, ისე ფილოსოფიურ ლიტერატურაში საყოველთაოდ მიღებული იყო ფ. ენგელსის ცნობილი განმარტება სიცოცხლის შესახებ, რომელიც ამტკიცებდა, რომ სიცოცხლე ეს არის ცილოვანი სხეულების არსებობის ფორმა, შემდგარი ამ ცილოვანი სხეულის შემადგენელი მუდმივი, თვითწარმოქმნის უნარის მქონე ქიმიური ნაწილებისაგან. მაგრამ ამ დროისათვის ნათელი გახდა, რომ სიცოცხლის სუბსტრატული საწყისი არ დადის მარტო ცილებამდე, არამედ ფუნქციონალური – მათთვის დამახასიათებელ ნივთიერებათა ცვლამდე.

საინტერესოა აგრეთვე ე. შრედინგერის განმარტება სიცოცხლეზე, როგორც აპერიოდულ კრისტალზე. გ. იუგას, როგორც მატერიის კოს-

მიურ ორგანიზაციაზე, აგრეთვე განსაზღვრება, რომელიც ხაზს უსვამს სიცოცხლის ენერგეტიკულ ასპექტს – რომელიც ეწინააღმდეგება ენტროპიულ პროცესებს.

არსებობს აქსიომატიური განმარტებანი სიცოცხლის შესახებ. ასეთია ა.ი. ოპარინის განსაზღვრება, და ამ ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე ბ.მ. მედნიკოვის განმარტება, რომელიც სიცოცხლეს მიიჩნევს აქტიურ, ენერგიის ხარჯვით მიმდინარე, სპეციფიკურ სტრუქტურებს კელავწარმოქმნით მიმდინარე პროცესებს, რომელთა ფუნქციონირებას აღწერს შემდეგი მდგომარეობანი: 1) ცოცხალი ორგანიზმები ხასიათდებიან გენოტიპისა და ფენოტიპის არსებობით; 2) გენეტიკური პროგრამები არ წარმოიქმნებიან ხელახლა, არამედ რეპლიცირდებიან მატრიციულად; 3) რეპლიკაციისას გარდაუვალია შეცდომები მიკროდონეზე, გენეტიკური პროგრამების (მუტაციება) შემთხვევითი და არანაწინასწარმეტყველური ცვლილებები; 4) ფენოტიპის ფორმირების პროცესში ეს ცვლილებები მრავალჯერ ძლიერდება, რაც შესაძლებელს ხდის მათ სელექციას გარემომცველი არის ფაქტორთა ზეგავლენით.

თანამედროვე ბიოლოგია, სიცოცხლის არსის საკითხის განხილვისას ყველაზე ხშირად მოდის ცოცხალისათვის დამახასიათებელი ძირითადი თვისებების ჩამოთვლისაკენ. ამ დროს აქცენტი კეთდება იმაზე, რომ მხოლოდ მოცემული თვისებების ერთობლიობამ შეიძლება მოგვცეს წარმოდგენა სიცოცხლის სპეციფიკაზე.

ამრიგად, რა არის ცოცხალი და რით განსხვავდება იგი არაცოცხალისაგან? ცოცხალის დამახასიათებელ თვისებებს მიეკუთვნება შემდეგი თვისებები:

– ცოცხალი ორგანიზმები ხასიათდებიან რთულად მოწესრიგებული სტრუქტურებით. მათი ორგანიზაციული დონე მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე არაცოცხალი სისტემები.

– ცოცხალი ორგანიზმები იღებენ ენერგიას გარემომცველი გარემოსაგან, იყენებენ მათ თავიანთი მაღალი მოწესრიგებულობის შესანარჩუნებლად. ორგანიზმების დიდი ნაწილი პირდაპირ ან ირიბად იყენებენ მზის ენერგიას.

– ცოცხალი ორგანიზმები აქტიურად რეაგირებენ გარემოზე. გარე გაღიზიანებაზე რეაგირების უნარი, ეს არის ყველა ცოცხალის უნივერსალური თვისება, როგორც მცენარეებისათვის, ასევე ცხოველებისათვის დამახასიათებელი.

– ცოცხალი ორგანიზმები არა მარტო იცვლებიან, არამედ რთულდებიან კიდევ.

– ყველა ცოცხალი მრავლდება. თვითგანახლების უნარი – ეს არის ცოცხალის ერთ-ერთი მთავარი თვისება იმდენად, რამდენადაც მასში მჟღავნდება მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის მოქმედების მექანიზმი, რომელიც განსაზღვრავს ცოცხალის შენების ყველა სახეობის ევოლუციას.

– ცოცხალი ორგანიზმები გადასცემენ შთამომავლობას მასში ჩადენილ ინფორმაციას, რომელიც აუცილებელია, სიცოცხლისათვის, განვითარებისა და გამრავლებისათვის. ეს ინფორმაცია ინახება გენებში – მემკვიდრეობით ერთეულებში, უმცირეს შიგა უჯრედულ სტრუქტურებში. გენეტიკური მასალა განსაზღვრავს ორგანიზმის მიმართულ განვითარებას. ამიტომა, რომ შთამომავლები გვანან მშობლებს. თუმცა ეს ინფორმაცია გადაცემის პროცესში რამდენადმე იცვლება, მახინჯდება. ამასთან დაკავშირებით შთამომავლები არა მარტო ჰგავენ მშობლებს, არამედ განსხვავდება კიდევ მათგან.

– ცოცხალი ორგანიზმები კარგად ეგუებიან საცხოვრებელ გარემოს და თავისი ცხოვრების წესს.

აქედან დასკვნა, რომ ცოცხალი ორგანიზმები იკვებებიან. სუნთქავენ, იზრდებიან. მრავლდებიან და ვრცელდებიან ბუნებაში, ხოლო არაცოცხალნი არ იკვებებიან, არ სუნთქავენ, არ იზრდებიან და არ მრავლდებიან.

თუმცა მკვეთრი ზღვარის გავლება ცოცხალსა და არაცოცხალს შორის ძნები გასაგებია. არსებობენ თითქოსდა გარდამავალი ფორმები ცოცხალსა და არაცოცხალს შორის. მაგალითად: ვირუსები სხვა ცოცხალი ორგანიზმების გარეშე არ ფლობენ ცოცხალისათვის დამახასიათებელ არც ერთ თვისებას. მათ აქვთ მემკვიდრეობითი აპარატი, მაგრამ არ გააჩნიათ ძირითადი აუცილებელი ნივთიერებათა ცვლის ფერმენტები, ამიტომ ისინი იზრდებიან და მრავლდებიან მხოლოდ მაშინ, როცა შეაღწევენ სხვა ორგანიზმის უჯრედებში და იყენებენ რა მათ ფერმენტულ სისტემებს. ამიტომ, იმისდა მიხედვით თუ რომელ ნიშანს ვთვლით ჩვენ ცოცხალის ძირითად თვისებად, ჩვენ ვაკუთვნებთ ვირუსებს ცოცხალ სისტემებს ან არ ვაკუთვნებთ. ცხადია, სიცოცხლის განსაზღვრებისას უნდა იქნეს დაფიქსირებული ყველა ეს ფუნქციონალური ნიშნები. ამიტომ შეიძლება მივიღოთ შემდეგი განსაზღვრება: სიცოცხლე – მატერიის მოქმედების მაღალი ბუნებრივი ფორმაა, რომელიც ხასიათდება თვით-

განახლების. თვითრეგულირებისა და თვითწარმოქმნის უნარით, რომელთა ნივთიერ საფუძველს შეადგენენ ცილები, ნუკლეინის მჟავები და ფოსფოროგანული შენაერთები. სიცოცხლის ნიშნებს წარმოადგენენ: ენტროპიული პროცესების წინააღმდეგობრიობა, გენეტიკური კოდის საფუძველზე კვლავწარმოქმნა და მოლეკულური ქილარობა.

## 6.10. დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობა

უპირველეს ყოვლისა, დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობისათვის აუცილებელი იყო შემდეგი მატერიალური საფუძველები – ქიმიური ელემენტ-ორანოგენები და მათ შორის უმთავრესი ნახშირბადი, რომელთაც უნარი აქვთ შექმნან სხვადასხვაგვარი (რამოდენიმე ათეული მილიონი), მოძრავი, დაბალექტროგამტარი, წყლით გაჯერებული, გრძელი, დახვეული, ჯაჭვისმაგვარი სტრუქტურები. ნახშირბადის ნაერთები წყალბადთან, ჟანგბადთან, აზოტთან, ფოსფორთან, სპილენძთან, რკინასთან ხასიათდებიან კარგი კატალიზური, სამშენებლო, ენერგეტიკული, ინფორმაციული და სხვა თვისებებით.

ჟანგბადი, წყალბადი და აზოტი, ნახშირბადი ან ერთად შეიძლება მიეკუთვნებოდნენ ცოცხალის, „აგურებს“ უჯრედი შედგება 70% ჟანგბადის, 15% ნახშირბადის, 10% წყალბადის, 3% აზოტისაგან. ყველა ეს ელემენტები მიეკუთვნებიან მეტად გავრცელებულ ქიმიურ ელემენტებს. ისინი ადვილად უერთდებიან ერთმანეთს, შედიან რეაქციაში და გააჩნიათ მცირე ატომური წონა. მათი ნაერთები ადვილად იხსნებიან წყალში.

სიცოცხლის წარმოშობისათვის ასევე აუცილებელია განსაზღვრული ფიზიკური და ქიმიური პირობები (t, წნევა, რადიაცია, წყალი, მარილები და ა.შ.). ეს მაჩვენებლები არ შეიძლება გამოვიდნენ განსაზღვრული დიაპაზონის საზღვრებიდან, რომლის იქითაც სიცოცხლე ხდება შეუძლებელი.

თანამედროვე ბუნებისმეცნიერებებს გააჩნია ზუსტი ცოდნა ჩვენი სამყაროს ყველაზე მთავარ პროცესებსა და მოვლენებზე. თუმცა ეს ცოდნა არასაკმარისია დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის დამაჯერებელი აღწერისათვის. დღეისათვის ჩვენ შეგვიძლია დამაჯერებლად ვამტკიცოთ მხოლოდ ის, რომ ბუნების განვითარება ატარებს მიმართულე-

ბით ხასიათს, რომელიც გამოხატულია სირთულისა და სამყაროში ნივთიერებათა მოწესრიგებულებასა და მისი სტრუქტურის ზრდაში. სიცოცხლე – ადამიანისათვის ცნობილი, ნივთიერებათა მაღალმოწესრიგებულობის ერთ-ერთი ყველაზე მაღალი ფორმაა, რომელიც შეიძლება წარმოიშვას განვითარებად სამყაროში, მხოლოდ განსაზღვრული სტადიის ევოლუციის მიღწევებით და მხოლოდ ასეთ, მის ლოკალურ სისტემებში, სადაც შემდგომში განვითარება ამზადებდა აუცილებელ პირობებს, უფრო მაღალიდონის ნივთიერებათა მოწესრიგებულობისა. პრინციპში ასეთი პირობები შეიძლება აღმოცენდნენ მრავალ ლოკალურ სისტემებში, მრავალ პლანეტაზე, რომლებიც წარმოიქმნენ განსაზღვრული ტიპის ვარსკვლავების ახლოს. მაგრამ ჯერჯერობით ჩვენ ვიცით მხოლოდ ერთი ადგილი სამყაროში, სადაც არის სიცოცხლე – ესაა ჩვენი პლანეტა.

ჩვენი პლანეტა – „ყვითელი შუაგული“ მზის სისტემაში – ყველაზე ხელსაყრელია სიცოცხლის ჩასახვისათვის. დედამიწის ასაკად თელიან 4,6 მილიარდ წელს, ხოლო პირველი დანალექი ქანები, რომლებიც ადასტურებენ მსხვილ წყალსატევების წარმოშობას, რომლებიც სავსეა მჟავე წყლებით, თარიღდებიან 3,8 მილიარდი წლით, თუმცა ზოგიერთები მიეკუთვნებიან მათ უფრო შემდგომში 4 მილიარდ წელს.

დედამიწაზე თანდათანობით წარმოიშვა ატმოსფერო და ჰიდროსფერო – ზღვა, ოკეანეები და ა.შ. ისინი წარმოიქმნენ ლავეების დეგაზაციით, ლავეები კი ამოიფრქვენ ინტენსიური ვულკანიზაციის დროს ზედაპირული მანტიისაგან.

მიუხედავად იმისა, რომ ოკეანეებსა და ატმოსფეროს მოცულობა ყოველთვის იზრდებოდა, ისინი დღესაც შეადგენენ პლანეტის მასის ნაწილს. ოკეანეები ყინულთან ერთად შეადგენენ ერთ მეოთხე ათასედს, ხოლო ატმოსფერო – ერთმილიონედ ნაწილს დედამიწის მასისას. ჩვენ გაგვაჩნია ყველა საფუძველი ჩავთვალოთ, რომ დედამიწის ზედაპირზე, ვულკანური ლავეების დეგაზაციისას, ხვდებოდა უპირველეს ყოვლისა წყლის ორთქლი და ნახშირბადი, აზოტისა და გოგირდის გაზისებური ნაერთები.

თავდაპირველად ატმოსფერო იყო ისეთი თხელი, რომ პარნიკისებური ეფექტი განადგურებული იქნა. ამ შემთხვევაში საშუალო ტემპერატურა დედამიწის ზედაპირზე იყო დაახლოებით 15°C, ხოლო ასეთ

ტემპერატურაზე წყლის ყველა ორთქლი უნდა იქნეს კონდენცირებული. ამის ხარჯზე წარმოიქმნა ოკეანეები.

პიველადი ატმოსფერო არ შეიცავდა თავისუფალ ჟანგბადს, რადგანაც მას არ შეიცავდნენ ის გაზები, რომლებიც ამოიტყორცნებოდნენ ვულკანების ამოფრქვევისას. ამ მოსაზრებას ადასტურებს და ამტკიცებს გაზების ბუშტუკების ანალიზი, რომლებიც აღმოჩენილი იქნენ პროტო-არქაულ ქანებში. ამ გაზების 60%-ს შეადგენდა ნახშირმჟავა, დანარჩენი იყო – გოგირდის, ამიაკის ნაერთები, სხვა C-ის ჟანგეულები. რაც შეეხება პირველადი ოკეანის წყლებს, მკვლევარები ეთანხმებიან იმაში, რომ მისი შემადგენლობა ახლოს იყო თანამედროვე წყლებთან. ამისათვის არსებობს დამამტკიცებელი საშუალებები. მაგრამ, როგორც პირველად ატმოსფეროში, ასევე პირველად ოკეანეში თავისუფალი ჟანგბადი არ იყო.

ამრიგად, თავისუფალი ჟანგბადი, თანამედროვე ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობა და ოკეანის თავისუფალი ჟანგბადი, თავდაპირველად არ იქნენ ჩადებულნი დედამიწის შექმნისას, არამედ ისინი წარმოადგენენ პირველადი ცოცხალი ნივთიერებების ცხოველმოქმედების შედეგს.

ნებისმიერი რთული ორგანული ნაერთების აგებისათვის, რომლებიც შეადგენენ ცოცხალი სხეულის შემადგენელს, საჭიროა ბლოკ-მონომერების კრებული: 29 მონომერი აღწერს ნებისმიერი ცოცხალი ორგანიზმების ბიოქიმიურ აგებულებას. ეს შეადგენლობა შედგება ამინომჟავების, (ყველა ცილა მათგან შედგება), აზოტოვანი შენაერთების (ნუკლეინის მჟავების შემადგენელი ნაწილები) გლუკოზების – ენერჯის წყაროს, ცხიმების – სტრუქტურული მასალის, რომლებიცგანაც შედგება უჯრედის მემბრანა და ინახავს ენერჯიას.

მას შემდეგ, რაც ნახშირბადოვანმა შენაერთებმა წარმოქმნა „პირველადი ბულიონი“, უკვე შესაძლებელი გახდა წარმოქმნილიყო ბიოპოლიმერები – ცილები და ნუკლეინის მჟავები, რომელთაც გააჩნიათ თვითწარმოქმნის უნარი. ნივთიერებათა აუცილებელი კონცენტრაცია ბიოპოლიმერების წარმოქმნისათვის შეიძლება წარმოიქმნას მინერალურ ნაწილებზე ორგანულ ნაერთების დალექვის შედეგად. მაგალითად: თიხაზე ან რკინის ჰიდროქსიდზე, რომლებიც წარმოშობენ წყალსატევებს. გარდა ამისა, ორგანული ნივთიერებებს შეეძლოთ წარმოექმნათ ოკეანის ზედაპირული თხელი ფენა, რომელთაც ქარი და ტალღები რიყავდნენ ნაპირისაკენ, სადაც ისინი გროვდებოდნენ სქელ ფენებში. ქიმიური ცნობი-

ლია აგრეთვე მონათესავე მოლეკულების გაერთიანების პროცესი განხორციელდა ხსნარებში.

ჩვენი პლანეტის წყლის ფორმირების საწყის პერიოდში, რომელიც კვებას დედამიწის გრუნტს, აუცილებლად ურევდნენ მათში გახსნილ ნივთიერებებს მათი წარმოქმნის ადგილებიდან დაგროვების ადგილებში. იქ ფორმირდებოდნენ პროტობიონტები – ორგანული ნივთიერებების სისტემები, რომელთაც გააჩნიათ გარე სამყაროსთან ურთიერთქმედების უნარი ე.ი. ზრდისა და განვითარების უნარი გარემომცველი არიდან სხვადასხვაგვარი ენერგიით მდიდარ ნივთიერებების შთანთქმის ხარჯზე.

შემდეგში წარმოიქმნენ მიკროსფეროები – ბუშტივანი სხეულები, რომლებიც წარმოიქმნენ აბიოგენურად მიღებული ცილისმაგვარი ნივთიერებების გახსნისა და კონდენსაციის შედეგად.

აბიოგენური სინთეზის შესაძლებლობების დასამტკიცებლად ჩატარებული იქნა შემდეგი ცდები: გაზების ნარეველ ელექტრონული მუხტების ზემოქმედებით, რომლებიც ახდენდნენ ელვის იმიტაციას და ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედებით, მკვლევარებმა მიიღეს რთული ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც შედიან ცოცხალი ცილების შემადგენლობაში. ორგანული შენაერთები, რომლებიც დიდ როლს ასრულებდნენ ნივთიერებათა ცვლაში, ხელოვნურად იქნენ მიღებული ნახშირმჟავას წყალხსნარების დასხივებისას. ხელოვნურად იქნენ სინთეზირებული ამინომჟავები და მარტივი ნუკლეინის მჟავები. ამ ექსპერიმენტებით დამტკიცებული იქნა, რომ სამყაროში ორგანული ნაერთების აბიოგენური წარმოქმნა შესაძლო იყო ულტრაიისფერი და იონიზირებული გამოსხივებისა, ელექტრონული მუხტების და სითბური ენერგიის ურთიერთქმედების შედეგად.

დედამიწაზე სიცოცხლის საწყისად მიღებულია ნუკლეინის მჟავების წარმოშობა, რომლებსაც გააჩნიათ ცილების წარმოების უნარი. მეცნიერებაში ჯერჯერობით დადგენილი არ არის გადასვლა, რთული ორგანული ნივთიერებიდან მარტივი ცოცხალი ორგანიზმებისაკენ..

ბიოქიმიური ევოლუციის თეორია გვაძლევს მხოლოდ ზოგად სურათს. კოაცერვატებს შორის შესაძლო იყო ჩამწკრივებულიყო რთული ნახშირწყალბადების მოლეკულები რაც მიგვიყვანდა პრიმიტიული უჯრედული მემბრანის წარმოქმნამდე, რომელიც უზრუნველყოფდა კოაცერვატების სტაბილურობას. კოაცერვატში თვითწარმოქმნის უნარის მქონე მოლეკულის ჩართვის შედეგად, შესაძლო იყო წარმოშობილიყო პრიმიტიული უჯრედი, რომელსაც გააჩნდა ზრდის უნარი.



ცოცხალის ორგანიზაციაში შემდეგი ნაბიჯი უნდა ყოფილიყო, მემბრანის წარმოქმნა, რომლებსაც შემოსაზღვრავდნენ ორგანული ნივთიერებების ნარევი გარემომცველი არისაგან. მათ წარმოშობასთანაა დაკავშირებული უჯრედის გაჩენა – „სიცოცხლის ერთეული“, მთავარი სტრუქტურული განსხვავება ცოცხალსა და არაცოცხალსაგან. ყველა ძირითადი პროცესები, რომლებიც განსაზღვრავენ ცოცხალი ორგანიზმების ქცევებს, მიმდინარეობს უჯრედებში. ათასობით ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობს ერთდროულად იმისათვის, რათა უჯრედმა შეძლოს მიიღოს აუცილებელი საკვები ნივთიერებები, სინთეზისას სპეციალური ბიომოლეკულები და გამოყოს ნარჩენები.

ცილის სინთეზი ხორციელდება უჯრედის ცილოპლაზმაში. ადამიანის თითქმის ყველა უჯრედში სინთეზირდება 10000-ზე მეტი სხვადასხვა ცილა. უჯრედთა სიდიდე მიკრომეტრიდან 1 მეტრზე მეტია. (ნერვული უჯრედებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ გამონაზარდები). უჯრედებს გააჩნიათ სხვადასხვაგვარი მნიშვნელობა (ნერვული, კუნთოვანი და ა.შ.) უმრავლესობა მათგანს გააჩნია განახლების უნარი, მაგრამ ზოგიერთები მაგ: ნერვული – არ განახლდება.

დღეისათვის, უკვე ეჭვს აღარ იწვევს, რომ ვ.ი. ვერნადსკის მოსაზრება, სიცოცხლე მაშინათვე აღმოცენდა პრიმიტიული ბიოსფეროს სახით, სწორი იყო რადგანაც ცოცხალი ორგანიზმების სახეობათა სხვადასხვაგვარობას შეუძლია უზრუნველყოს ბიოსფეროში ცოცხალი ნივთიერებების ყველა ფუნქციათა შესრულება. ცოცხალი ნივთიერება – ესაა ჩვენი პლანეტის ცოცხალ ორგანიზმთა მთელი ერთობლიობა. ბიოსფერო – დედამიწის გარეგნული გეოლოგიური გარსია, რომელიც წარმოქმნის მის ზედაპირზე აფსკისებერ შრეს. ეს სისტემური წარმონაქმნი ჩაირთავს პლანეტის ცოცხალ ნივთიერებს და მისი არსებობის პირობებს, მის მიერ შეცვლილს. სწორედ ასეთი გაგება ბიოსფეროსი იქნა მოწოდებული ვ.ი. ვერნადსკის მიერ. სწორედ მან პირველმა დაგვიხატა ბიოსფეროს ისტორიული განვითარების პანორამა და გვიჩვენა ცოცხალი ნივთიერების როლი დედამიწის ევოლუციის პროცესში, ბიოსფეროს ევოლუციის განუყოფელობა პლანეტის გეოლოგიური ისტორიისაგან.

ვერნადსკიმ დაამტკიცა, რომ სიცოცხლე წარმოადგენს მძლავრ გეოლოგიურ ძალას, მთლიანად ეთანადება როგორც ენერგეტიკულ დანაკარგებს, ასევე გარეგან ეფექტებს ისეთ გეოლოგიურ პროცესებს, როგორცაა მთების წარმოქმნა, ვულკანების ამოფრქვევა, მიწისძვრა და

ა.შ. სიცოცხლე უბრალოდ კი არ არსებობს მის გარემომცველ არეში, არამედ აქტიურად აყალიბებს ამ გარემოს, გარდაქმნის რა მას „თავისავე ქვეშ“ ვერნადსკიმ გამოყო სიცოცხლის ბიოგეოქიმიური ფუნქცია, რმოელიც პასუხობს ამას. მას მიეკუთვნებიან: გაზური ჟანგბადის CO<sub>2</sub>-ის შთანთქმა და გამოყოფა, და სხვა. ჟანგვითი – კარბონატების, სულფიდების, გოგირდის, ფოსფორის, აზოტის შენაერთების წარმოქმნა და ა.შ. აღდგენითი დესულფინირება, დენიტრიფიკაცია და ა.შ. კალციუმის მარილების კონცენტრაცია და გამოყოფა, ფოსფორის, კალიუმის, ბორის, აზოტის, გოგირდის, კალციუმის, ნატრიუმის, თუთიის კონცენტრირება ნიადაგში და დანალექ ფენებში. ორგანული ნივთიერებების სინთეზი და რღვევა. დღეისათვის ჩვენ შეგვიძლია თამამად ვთქვათ, რომ თანამედროვე დედამიწის მთელი მოყვანილობის ყველა მისი ლანდშაფტი, ყველა დანალექი ქანები, მეტამორფული ქანები (გრანიტები, გნეისები, რომლებიც წარმოშობილნი არიან დანალექი ქანებისაგან), სასარგებლო წიაღისეულის მარაგი, თანამედროვე ატმოსფერო წარმოადგენს ცოცხალი ნივთიერებების მოქმედების შედეგს.

უძველესი ორგანიზმების ნაკვალევი ნაპოვნი იქნა დასავლეთ ავსტრალიის კაუოვან ფენებში, რომელთა ასაკი და ამასთან სიცოცხლის ნარჩენის ასაკი შეფასებულია 3,2 - 3,5 მილიარდი წლით. ესაა მინერალიზირებული ათეული სხვადასხვა სახეობა ძაფისებური და მრგვალი მიკროორგანიზმებისა, რომლებიც მოგვაგონებენ მარტივ ბაქტერიებსა და მიკროწყალმცენარეების ორგანიზმებს, ცხადია გააჩნიათ შინაგანი სტრუქტურები, მათში არსებობდნენ ქიმიური ელემენტები, რომელთა შენაერთებსაც გააჩნიათ ფოტოსინთეზის უნარი. აღმოჩენილი უძველესი ორგანიზმები რთულია, არაცოცხალი (აბიოგენური) წარმოშობის ყველაზე რთული, ცნობილ ორგანულ შენაერთებთან შედარებით. ეჭვი არაა, რომ ესენი არ არიან სიცოცხლის ყველაზე ადრეული ფორმები და რომ არსებობდნენ მათზე უფრო უძველესი წინაპრები. სიცოცხლის საწყისი მოდის იმ „ბნელ“ დედამიწის, როგორც პლანეტის არსებობის ერთი მილიარდი წლების ხანგრძლივობასთან, რომელმაც არ დატოვა კვალი გეოლოგიურ ისტორიაში. არსებობს მონაცემები, რომ ნახშირბადის პირველი ბიოქიმიური ციკლი, რომელიც დაკავშირებულია ბიოსფეროში ფოტოსინთეზთან, ასევე სტაბილური იყო 3,8 მილიარდი წლის წინათ. ეს გვაძლევს საფუძველს მივიჩნიოთ, რომ ფოტოავტოტროფული ბიოსფერო არსებობდა ჩვენს პლანეტაზე არა ნაკლებ 4 მილიარდი წლის

უკან, მაგრამ ციტოლოგიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის მონაცემებით ფოტოავტოტროფული ორგანიზმები, ცოცხალ არსებათა ევოლუციის პროცესში იყვნენ მეორადი. ცოცხალი ორგანიზმების კვების ავტოტროფულ უნარს უნდა წინ უძღვოდეს ჰეტეროტროფული (როგორც უფრო მარტივი). ავტოტროფული ორგანიზმები, რომლებიც სხეულს ააგებენ არაორგანული მინერალური ნივთიერებების ხარჯზე გააჩნიათ უფრო გვიანდელი წარმოშობა.

უძველესი სიცოცხლე, ცხადია, არსებობდა ჰეტეროტროფული ბაქტერიების სახით, რომლებიც საკვებსა და ენერგიას ღებულობდნენ აბიოგენური წარმოშობის ორგანული მასალებისაგან, რომლებიც უფრო ადრე წარმოიშვნენ დედამიწის კოსმიური ევოლუციის სტადიაზე. აქედან გამომდინარე ძნელი არაა წარმოვიდგინოთ, რომ სიცოცხლის საწყისი, როგორც ასეთი მიდის უფრო შორს, დედამიწის ქერქის ქვის ხანის საზღვრებს იქით. ე. ი. უფრო შორს, ვიდრე 4 მილიარდი წლის უკან.

ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით ძნელი არაა მივიღეთ საერთო დასკვნამდე, რომ სიცოცხლე დედამიწაზე არსებობს იმ დროიდან, რა დროიდანაც არსებობს თვით პლანეტაც, სწორედ ეს ჰქონდა ვერნადსკის მხედველობაში, როცა აღნიშნავდა დედამიწაზე სიცოცხლის მუდმივობას.

## 6.11. დედამიწის ბიოსფეროს ფორმირება

ყველა ცოცხალი ორგანიზმის არსებობა მთლიანად დაკავშირებულია გარემომცველ სამყაროსთან. თავიანთ ცხოველმოქმედების დროს ცოცხალი ორგანიზმები არა მარტო საჭიროებენ გარემომცველი არის პროდუქტებს, არამედ ძირფესვიანად გარდაქმნიან ბუნებას. ბუნებისმეტყველებაში სიცოცხლის, როგორც სრულყოფილი ფენომენის, მჭიდრო კავშირის შესწავლამ გარე სამყაროსთან მიიღო ბიოსფეროს შესახებ სწავლების სახელწოდება.

ტერმინი „ბიოსფერო“ სამეცნიერო ბრუნვაში შეტანილი იქნა ავსტრიული გეოლოგის უდარდ ზუსობას მიერ, რომელიც გულისხმობდა მის ქვეშ ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლიობას, რომლებიც სახლობენ ჩვენ პლანეტაზე. ამ მნიშვნელობით „ბიოსფეროს“ გაგება ყურადღებას არ ამახვილებდა ბიოსფეროს შებრუნებულ ზემოქმედებაზე.

თანდათანობით, დაკვირვებების, ექსპერიმენტებისა და ცდების საფუძველზე მეცნიერები მიდიან დასკვნამდე, რომ ცოცხალი ორგანიზმები ასევე ახდენენ ზემოქმედებას გარემომცველი სამყაროს ფიზიკურ, ქიმიურ და გეოლოგიურ ფაქტორებზე. მათმა გამოკვლევების შედეგებმა გაეღვნა იქონია აბიოტურ (ფიზიკურ) ფაქტორებზე ბიოტიკური (ცოცხალი) ფაქტორების ზემოქმედების საერთო პრობლემის შესწავლაზე. ასე აღმოჩნდა, მაგალითად, რომ ზღვის წყლების შემადგენლობა ბევრად განისაზღვრება ზღვის ორგანიზმების აქტივობით. მცენარეები, რომლებიც ცხოვრობენ სილნარ ნიადაგებზე, მნიშვნელოვნად ცვლიან მის სტრუქტურას. ცოცხალი ორგანიზმები აკონტროლებენ ასევე ჩვენი ატმოსფეროს შემადგენლობას. ყველა ეს მაგალითი მეტყველებს შებრუნებული კავშირის არსებობაზე ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას შორის, რომლის შედეგადაც ცოცხალი ნივთიერება მნიშვნელოვნად ცვლის ჩვენი პლანეტის მოხაზულობას. ამრიგად, ბიოსფერო არ შეიძლება განვიხილოთ არაცოცხალი ბუნებისაგან მოწყვეტილად, რომლისგანაც ის, ერთის მხრივ, დამოკიდებულია, მეორე მხრივ თვითონ ზემოქმედებს მასზე. ამიტომაც თანამედროვე მეცნიერებაში ბიოსფეროს ქვეშ იგულისხმება ყველა ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლიობა მის საარსებო გარემოსთან ერთად, რომელშიც შედიან: წყალი, ატმოსფეროს ქვედა ნაწილი და დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილი, რომელიც დასახლებულია მიკროორგანიზმებით. ბიოსფეროს 2 მთავარი კომპონენტი – ცოცხალი ორგანიზმები და მათი საარსებო გარემო – უწყვეტად ურთიერთქმედებენ ერთმანეთზე და იმყოფებიან მჭიდრო, ორგანულ ერთიანობაში, რომლებიც წარმოქმნიან ერთიან დინამიურ სისტემას.

დედამიწის ბიოსფეროს განვითარება შეიძლება განვიხილოთ, როგორც 3 ეტაპის თანმიმდევრობით ცვლა. პირველი ეტაპი – აღდგენითი – დაიწყო ჯერ კიდევ კოსმიურ პირობებში და დამთავრდა დედამიწაზე პეტროლოტროფული ბიოსფეროს წარმოშობით.

შეიძლება წარმოვიდგინოთ, რომ აღრეული დედამიწა თავდაპირველად იყო ცივი სხეული, გარემოცული აღდგენითი ატმოსფეროთი – მეთანის, ამიაკის, წყლის ორთქლის ნარევით, 1-10 მმ ვერც. სვეტის საერთო წნევით, ზედაპირის ტემპერატურა აღწევდა დაახლოებით 50-60°C, ასე რომ წყალი ყინულის საფარით გარს ეკრა ლითოსფეროს. მზისა და კოსმიური ნაწილების ზემოქმედებით, რომლებიც აღწევდნენ გაკვეთილი ატმოსფეროდან, ხორციელდებოდა მისი იონიზაცია. ატმოსფერო იმყო-

ფებოდა ცივი პლაზმის მდგომარეობაში. ადრეული დედამიწის ატმოსფერო გაჯერებული იყო ელექტროობით, მასში ენთებოდა ნაწილობრივი მუხტები. ასეთ პირობებში მიმდინარეობდა სწრაფი და ერთდროული სინთეზი სხვადასხვაგვარი ორგანული შენაერთებისა, მათ რიცხვში თითქმის რთული შემადგენლობის. ეს შენაერთები წარმოადგენდნენ შესაფერის ნედლეულს, რომლისგანაც ევოლუციის შემდგომ სტადიაზე შემადგენელი იყო წარმოშობილიყო ცილები და ნუკლეოტიდები.

პლაზმის დაბალი ტემპერატურა და ცივი ატმოსფერო ქმნიდნენ პოლიმერიზაციის წარმატებულად მიმდინარეობის პირობებს. აღმოცენებული ბიოპოლიმერები გახდნენ წინამორბედები იმათი, რომლებიდანაც შემდეგში სიცოცხლე წარმოიშვა. მათი წარმოშობა მიმდინარეობდა ატმოსფეროში, საიდანაც ისინი ცვიოდნენ დედამიწის ყინულოვან საფარზე და გროვდებოდნენ მასში. გიგანტური ბუნებრივი გამყინვარების პირობებში ისინი კარგად ინახებოდნენ საუკეთესო დრომდე.

დედამიწის წიაღის რადიოაქტიულმა გახურებამ გააღვიძა ტექტონიკური მოქმედება, ამოქმედნენ ვულკანები. გაზების გამოყოფამ შეამჭიდროვა ატმოსფერო, გადაადგილა იონიზაციის საზღვრები მის ზედა ფენებში. დნებოდა ყინულოვანი საფარი და წარმოიქმნა მეორადი წყალსატევები. ღლობა ააქტიურებდა დაგროვილი ბიოპოლიმერების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების ქიმიურ მოქმედებას. ისინი განიცდიდნენ თვითგადარჩევას წარმოქმნიდნენ რა სტაბილურ მიკროსფეროებს (კოაცერვატულ წვეთებს), მოხლდა ნახტომი, რომელიც დამახასიათებელია ნივთიერებათა თვითორგანიზაციისათვის, წარმოიქმნა პროტობიონტი - რნმ-ის მოლეკულა, რომელიც პასუხობს მაშინათვე ცოცხალი სისტემის 2 ძირითად ფუნქციას, ამ სისტემათა ნივთიერებათა ცვლასა და მატერიალური საფუძვლის თვითწარმოებას.

ბიოსფეროს განვითარების პირველ ეტაპზე წარმოიშვნენ მცირე, სფერული ფორმის ანაერობები (ორგანიზმები, რომლებიც ცოცხლობენ  $O_2$ -ის არ არსებობის პირობებში) და პროკარიოტები (ორგანიზმები, რომლებსაც არ გააჩნიათ ჩამოყალიბებული ბირთვი), რომელთა ფიზიოლოგიური პროცესები ეფუძნებოდა არა ჟანგბადით დაჟანგვას, არამედ დუღილს. ისინი იწყებენ თავისუფალი ჟანგბადის წარმოებას, რასაც მიუყვართ დედამიწის ზედაპირსა და ოკეანეში დამჟანგავ პროცესებთან. ისინი იყვნენ პეტეროტროფული ორგანიზმები, რომელთა საკვებსაც წარმოადგენდნენ ადრე დაგროვილი ორგანული ნივთიერებები, რომლე-

ბიკ გახსნილი იყო პირველი ოკეანის წყლებში. ამგვარად, ცხადია, პირველი ბიოსფერო შემოსაზღვრული იყო წყლიანი გარემოთი. გეოლოგიურ მასშტაბებში მისი არსებობის 'ხანგრძლივობა არც ისე დიდია, ასე რომ პირველი პეტეროტროფული ორგანიზმები, რომელთაც გააჩნიათ ცოცხალი ნივთიერებების თვისებები, სწრაფად მრავლდებოდნენ და ცხადია, სწრაფად ამოწურავდნენ თავიანთ საკვებ ბაზას. ამიტომ, აღწევდნენ რა ბიომასის მაქსიმუმს, ისინი უნდა მომკვდარიყვნენ ან გადასულიყვნენ კვების ავტოტროფული ფოტოსინთეზურ უნარზე. კვების ეს ახალი ხერხი კეთილად მოქმედებდა ორგანიზმის სწრაფ განსახლებაზე პირველად წყალსატევების ზედაპირზე. მაგრამ დედამიწის პირველი ზედაპირი, რომელიც მოკლებული იყო თავისუფალი  $O_2$ -ს, ექვემდებარებოდა მზის ულტრაიისფერ გამოსხივებას. ამიტომ შესაძლოა, პირველი ფოტოქიმიური ორგანიზმები იყვნებდნენ რადიაციას სპექტრის ულტრაიისფერ ნაწილში. მხოლოდ ოზონის ეკრანის წარმოშობის შემდეგ, რომელიც დაკავშირებულია თავისუფალი ჟანგბადის წარმოშობასთან, როგორც თანმხლები პროდუქტისა იგივე ფოტოსინთეზისა, ავტოტროფულმა ფოტოსინთეზურმა პროცესმა დაიწყო მზის სპექტრის ხილულ ნაწილში გამოსხივების გამოყენება.

პირველადი პეტეროტროფული მიკროორგანიზმები ბინადრობდნენ უძველეს წყალსატევებში მხოლოდ ზოგიერთი პერიოდი. შემდეგ ისინი გამოდევნეს ფოტოატოტროფულმა ორგანიზმებმა, რმლებმაც შექმნეს თავისუფალი ჟანგბადი, რომელიც გახდა მომაკვდინებელი მზამი პეტეროტროფებისათვის. შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ადრეულ ოკეანეში მიმდინარეობდა ბრძოლა პირველად და მეორად ორგანიზმებს შორის, რომელიც დამთავრდა ავტოტროფების გამარჯვებით. ეს იყო ბიოსფეროს ევოლუციის მეორე ეტაპი – რომლის ძირითად შედეგსაც წარმოადგენდა ფოტოსინთეზის წარმოშობა.

ატმოსფეროს ჟანგბადით გამდიდრების პროცესი მიმდინარეობდა ძალიან ნელა. ასე,  $O_2$ -ის შემცველობა  $1/1000$  წილი თანამედროვე კონცენტრაციით მიღწეული იქნა მხოლოდ  $\approx 1,2$  მილიარდი წლის უკან. მაგრამ ეს უკვე აღმოჩნდა საკმარისი, რათა ბიოსფეროს შემადგენლობაში (ჯერ მხოლოდ ოკეანეში) წარმოიშენენ პირველი ეუკარიოტები, რომელთა სიცოცხლის უნარიანობა დაფუძნებული იქნა ჟანგბადით სუნთქვაზე. იწყება ბიოსფეროს ევოლუციის დამუხანგავი ეტაპი.

ბუნებისმეტყველებაში არსებობს „პასტერის წერტილის“ – ისეთი კონცენტრაცია თავისუფალი ჟანგბადის, რომლის დროსაც ჟანგბადოვანი სუნთქვა ხდება უფრო ეფექტური (50-ჯერ) ხერხი მზის გარეგანი ენერჯის გამოყენებისა, ვიდრე ანაერობული დუღილი. პასტერის წერტილის გადასვლის შემდეგ, ცხადია უპირატესობას იღებენ ის ორგანიზმები, რომლებსაც უნარი აქვთ ჟანგბადოვანი სუნთქვის. ეს კრიტიკული დონე ტოლია 0,01-ისა თანამედროვე მნიშვნელობით. ამ ზღვარის დედამიწამ გადააბიჯა 2,5-0,6 მილიარდი წლის უკან. შემდეგ ათეული მილიონი წელი, დედამიწის ატმოსფეროს ჟანგბადით გაჯერებამ მიაღწია თანამედროვე დონეს და მოხდა ნამდვილი ბიოლოგიური აფეთქება – ოკეანეში წარმოიშვნენ არა მხოლოდ ახალი მრავალუჯრედიანი ეკუარიტები, არამედ პრაქტიკულად ცხოველთა ყველა ტიპები დაახლოებით 400 მილიონი წლის წინ, როდესაც თავისუფალი ჟანგბადის კონცენტრაციამ მიაღწია 10% წარმოიშვა ოზონის ეკრანი, რომელიც იცავდა ცოცხალ ნივთიერებას სასტიკი გამოსხივებისაგან და სიცოცხლე გამოვიდა ხმელეთზე, როგორც კი ეს მოხდა, მკვეთრად გაიზარდა ფოტოსინთეზის რეაქციის ინტენსივობა და ცხადია, ატმოსფეროში  $O_2$ -ის მიწოდება. ამის წყალობით, უკვე 100 მილიონ წელიწადში მიღწეული იქნა  $O_2$ -ის თანამედროვე კონცენტრაცია 21%. ამ დროში წარმოიშვნენ გვიძრა, შვიტები, თესლოვანი გვიძრები, დედამიწის ზედაპირული მცენარეების გაჩენამ და ნიადაგის წარმოქმნამ შექმნა წინაპირობა კონტიგენტის ზედაპირზე ცხოველების გამოსვლისათვის. მცენარეული სამყაროს ევოლუციის შედეგად მეზოზოურ ერაში წარმოიშვა წიწვოვანი ტყეები და ყვავილოვანი მცენარეები.

ბიოსფეროს ფორმირების პროცესში დაახლოებით 1 მილიარდი წლის წინათ, მოხდა ცოცხალი არსებების გაყოფა 2 სამეფოდ – მცენარეებად და ცხოველებად, როგორც უმრავლესობა ბიოლოგებისა მიიჩნევს, მათ შორის განსხვავება უნდა გაეკეთოს 3 ძირითად საფუძველზე: 1) უჯრედის სტრუქტურითა და მათი ზრდის უნარით; 2) კვების უნარით; 3) მოძრაობის უნარით.

ამასთან, ცოცხალი არსებების მიკუთვნება საჭიროა ჩავატაროთ, არა თითოეული ცალკეული საფუძველით, არამედ სამივეს ერთობლიობით. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ მცენარეებსა და ცხოველებს შორის არსებობენ გარდამავალი ტიპები, რომელთაც გააჩნიათ ამა თუ იმ ჯგუფის ნიშნები. მაგალითად, მარჯანი, მოლუსკები, მდინარის ღრუბე-

ლი მთელი ცხოვრება უმოძრაოდ არიან, როგორც მცენარეები, მაგრამ სხვა ნიშნებით მათ მიაკუთვნებენ ცხოველებს. არსებობენ მწერიჭამია მცენარეები, რომლებიც კვების ტიპის მიხედვით მიეკუთვნებიან ცხოველებს. ბიოლოგიაში ცნობილია აგრეთვე ცოცხალი ორგანიზმების გარდამავალი ტიპები, რომლებიც იკვებებიან, როგორც მცენარეები, ხოლო მოძრაობენ როგორც ცხოველები. დღეისათვის დედამიწაზე არსებობს 500 ათასი სახეობა მცენარეების, 1,5 მილიონი სახეობა ცხოველების, მათ შორის 70 ათასი ხერხემლიანებია, 16 ათასი – ფრინველები, 12540 სახეობა – ძუძუმწოვრები.

ბიოსფეროს ფორმირება და განვითარება წარმოგვიდგება როგორც ევოლუციის ეტაპების თანმიმდევრობა, რომელიც ხასიათდება წყვეტილი, ნახტომისებური გადასვლებით სორბირდება ახალ მდგომარეობაში. ამის შედეგად წარმოიშენენ ცოცხალი ნივთიერებების ყველაზე უფრო რთული და მოწესრიგებული ფორმები. ბიოსფეროს ისტორიაში იყო დროებითი შესვენებები პროგრესიული განვითარებისა, მაგრამ ისინი არასოდეს არ გადადიოდნენ დეგრადაციის სტადიაში. რომ დარწმუნდეთ ამაში, საკმარისია განვიხილოთ ის ძირითადი მომენტები ბიოსფეროს განვითარების ისტორიაში.

– უმარტივესი უჯრედ-პროკარიოტების წარმოშობა (უჯრედები ბირთვის გარეშე).

– უფრო მეტად ორგანიზებული უჯრედ-ეუკარიოტების წარმოშობა (უჯრედები ბირთვით).

– უჯრედ-ეუკარიოტებს გაერთიანება მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების წარმოშობით, ორგანიზმებში უჯრედების ფუნქციონალური დიფერენციაცია.

– მაგარი ჩონჩხის მქონე ორგანიზმების გაჩენა და უმაღლესი ცხოველების ფორმირება.

– უმაღლეს ცხოველებში განვითარებული ნერვული სისტემის აღმოცენება და ტვინის, როგორც შეკრების, სისტემატიზაციის, ინფორმაციის შენახვისა და მის საფუძველზე ორგანიზმთა ქცევის მართვის ორგანოს ფორმირება.

– აზროვნების, როგორც ტვინის მოქმედების უმაღლესი ფორმის ფორმირება.

– ადამიანთა სოციალური ერთობლიობის წარმოშობა რომლებიც აზროვნებენ.



ბიოსფეროს მიმართულებით განვითარების მწვერვალი გახდა ადამიანის წარმოშობა. დედამიწის ევოლუციის მსვლელობაში, გეოლოგიური ევოლუციის პერიოდი შეიცვალა გეოლოგო-ბიოლოგიური პერიოდით, რომელმაც ადამიანის წარმოშობით, ადგილი დაუთმო სოციალურ ევოლუციას. ბიოსფეროში ყველაზე მსხვილი ცვლილებები დადგა სწორედ ამ პერიოდში. ადამიანის წარმოშობამ და განვითარებამ მოასწავა გადასვლა ბიოსფეროსი ნოოსფეროში – დედამიწის ახალ გარსში კაცობრიობის შეგნებული მოქმედების სფეროში.

## თავი 7

### 7.1. ორგანული სამყაროს ევოლუცია

ცოცხალ ბუნებაში ორგანიზაციის სხვადასხვა დონის სისტემაში არსებობა მათი ისტორიული განვითარების შედეგს წარმოადგენს. ორგანული სამყაროს ევოლუციის ყოველ საფეხურზე წარმოიშობოდნენ მისთვის სპეციფიკური ცოცხალი სისტემები, რომლებიც ჩაირთავენ თავის მხრივ წინა საფეხურების სისტემებს, როგორც შემადგენელ ნაწილებს. „*Homo sapiens*“ (გონიერი ადამიანი) წარმოშობა ასევე გახდა ორგანული სამყაროს განვითარების საფეხური, რადგანაც თვისობრივად შეცვალა ბიოსფერო. ადამიანის წარმოშობით, ევოლუციის ძირითადი პრინციპი, ცოცხალი ორგანიზმების მარტივი ბიოლოგიური შეგუება შევსებული იქნა გონიერი მოქმედებით და გარემომცველი არის მიზანმიმართული ცვლილებებით.

მილიონი წლის წინათ, ადამიანის როგორც გონიერი არსების ფორმირების დასაწყისში. მისი ზემოქმედება ბუნებაზე არაფრით არ განსხვავდებოდა სხვა ცოცხალი ორგანიზმების ზემოქმედებისაგან გარემომცველ სამყაროზე. თუმცა, თანდათანობით ადამიანი ხდება გადამწყვეტი ფაქტორი ორგანული და არაორგანული სამყაროს გარდაქმნაში. სწორედ ამიტომ ენიჭება თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა თანამედროვე ბუნებისმეტყველებაში ევოლუციის პროცესის შესწავლას და მასში ადამიანის როლის გარკვევას.

ერთ-ერთი ძირითადი თავისებურება ბიოლოგიური ობიექტების შეცნობისა მთავრდება მათი წინა ისტორიების შესწავლით, რომლის გარეშეც შეუძლებელია სიღრმისეულად გავიგოთ სიცოცხლის არსი, რო-

გორც მატერიის მოძრაობის სპეციფიკური ფორმისა. ისტორიული მეთოდის საფუძველზე შექმნილი ევოლუციური თეორია, რომლის ამოცანებში შედის ფაქტორთა, მამოძრავებელი ძალისა და ორგანული ევოლუციის კანონზომიერებათა შესწავლა, წესით იკავებს ცენტრალურ ადგილს ცოცხალის მეცნიერებათა სისტემაში. ის წარმოადგენს განზოგადებულ ბიოლოგიურ დისციპლინას. პრაქტიკულად არ არის ბიოლოგიის ისეთი დარგი, რომელთაც ევოლუციური თეორია არ იძლეოდეს გამოკვლევათა მეთოდოლოგიურ პრინციპებს.

ევოლუციური თეორია უცბად არ წარმოშობილა, არამედ გაიარა ხანგრძლივი გზა მეცნიერული იდეის დაწყებიდან მეცნიერულ თეორიამდე. ბიოლოგიაში განვითარების იდეის ისტორია იყოფა ხუთ ძირითად ეტაპად. თითოეული ეს ეტაპი დაკავშირებულია განსაზღვრულ მოსფლმხედველობის ჩამოყალიბების დომინირებასთან, თვით ევოლუციის ფაქტის დამამტკიცებელი ფაქტების დაგროვებასთან, პირველი ევოლუციური წარმოდგენების ფორმირებასთან, შემდეგ კი ევოლუციური კონცეფციების, მსხვილი აღმოჩენებისა და ევოლუციის კანონზომიერებათა და მიზეზების განზოგადებასთან და საბოლოოდ განვითარებული, ევოლუციის თანამედროვე მეცნიერული თეორიის ფორმირებასთან.

## 7.2. ბიოლოგიაში განვითარების იდეის ჩამოყალიბება

პირველი ეტაპი მოიცავს პერიოდს ანტიკური ნატურფილოსოფიიდან პირველი ბიოლოგიური დისციპლინების აღმოცენებამდე ახალი დროის მეცნიერებაში. ის ხასიათდება ორგანული სამყაროს შესახებ ცნობების შეგროვებითა და კრეაციონიზმის ბატონობით და ორგანული ფორმთა მრავალგვარობის წარმოშობის შესახებ უბრალო ტრანსფორმაციული წარმოდგენებით. ეს იყო ევოლუციის იდეის წინა ისტორიული პერიოდი. თვითჩასახული ცოცხალი ორგანიზმების უბრალო ტრანსფორმაციის შესახებ წარმოდგენა, რთული ორგანიზმების წარმოშობა ცალკეული ორგანიზმების შემთხვევითი შერწყმის გზით, რომლის დროსაც სიცოცხლის უნარს მოკლებულნი იღუპებიან, ხოლო გამძლენი გადარჩებიან (ემპედოკლე), სახეობათა მოულოდნელი გარდაქმნა (ანაქსიმენე) არ შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ცოცხალი ბუნების შემეცნებისაკენ ევოლუციური მიდგომის მაგალითი.

ძალზედ საინტერესოა არისტოტელეს კონცეფცია, რმელიც შეისწავლიდა ცხოველთა სისტემატიკას და აღწერა 500-მდე სახეობა. მან განალაგა ისინი განსაზღვრული რიგით: შედარებით მარტივიდან უფრო რთულისაკენ. არისტოტელეს ეს თანმიმდევრობა იწყება არაორგანული სხეულებით და მცენარეების გავლით მიემართება მიმაგრებული ცხოველების ნირის მქონე ცხოველებისაკენ – ღრუბლებისა და ასციდიებისაკენ, შემდეგ კი თავისუფლად მოძრავი ზღვის ორგანიზმებისაკენ. ასე წარმოიშვა პირველი წარმოდგენები ცოცხალი ორგანიზმების კიბის შესახებ.

ყოველ ბუნებრივ სხეულში არისტოტელე განასხვავებდა 2 მხარეს: მატერიას, რომელიც ფლობს სხვადასხვა შესაძლებლობებსა და ფორმებს, რომლის ზეგავლენითაც რეალიზდება მატერიის მოცემული შესაძლებლობანი. ის ასევე განასხვავებდა 3 სახის სულს: მცენარეულს ანუ მკვებავს, რმოელიც ახასიათებს მცენარეებს, ცხოველებსა და ადამიანს. მგრძობიარეს, რომელიც ახასიათებს ცხოველებსა და ადამიანს და გონიერთ, რმოელიც ახასიათებს მხოლოდ ადამიანს.

მთელი ანტიკური პერიოდისა და შუასაუკუნეების განმავლობაში, არისტოტელეს შრომები იყო ძირითადი წარმოდგენები ცოცხალ ბუნებაზე და სარგებლობდნენ დიდი ავტორიტეტით.

ამ პერიოდში მსგავსი შეხედულებები შესანიშნავად ცოცხლობდნენ მითოლოგიურ და რელიგიურ წარმოდგენებთან ერთად იმის შესახებ, რომ ორგანული სამყარო მთლიანად რჩება შეუცვლელი ღრმერთის მიერ მათი შექმნის შემდეგ. სწორედ ასეთი იყო ოფიციალური თვალსაზრისი ქრისტიანული ეკლესიისა შუა საუკუნეების ევროპაში. ამ პერიოდის დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ცხოველთა და მცენარეთა არსებული სახეობების აღწერა, მათი კლასიფიკაციის მცდელობა, რომლებიც უმრავლეს შემთხვევაში ატარებდა ფორმალურ (მაგალითად ალფავიტურ) ანუ გამოყენებით (სასარგებლო-სახიანო) ხასიათს. შექმნილი იქნა ცხოველთა და მცენარეთა კლასიფიკაციის მრავალი სისტემა, რომელშიც საწყისად მიიჩნევდნენ ყველაზე სხვადასხვა ნიშნებს.

ბიოლოგიისადმი ინტერესი შესამჩნევად გაიზარდა უდიდესი გეოგრაფიული აღმოჩენებისა და სავაჭრო წარმოების განვითარების ეპოქაში. ინტენსიური ვაჭრობა და ახალი მიწების აღმოჩენა აფართოებდნენ ცნობებს მცენარეებსა და ცხოველებზე. დაგროვილი ცოდნის მოწესრიგების მოთხოვნილებამ მიგვიყვანა მათი სისტემატიზაციის აუცილებლობისაკენ. ასე დაიწყო მეორე პერიოდი განვითარებისა იდეის ისტორიაში. ის დაკავშირებულია დაგროვილი მასალის სისტემატიზაციასთან და I ტაქ-

სონომიური კლასიფიკაციის აგებასთან. ტრანსფორმაციული წარმოდგენები შეცვალა სახეობათა უცვლელობის მეტაფიზიკურმა კონცეფციამ. უმრავლესი ბიოლოგების გონება ამ პერიოდში დაკავშირებული იყო „ბუნებრივი თეოლოგიით“ და ფილოსოფიური სწავლებით საგანთა არსის უცვლელობის შესახებ.

ამ პერიოდისათვის ბუნებრივი სისტემის შექმნაში დიდი წვლილი შეიტანა გამოჩენილმა შეედმა ბუნებისმეტყვეელმა კარლ ლინემ. მან აღწერა მცენარეთა 8000-ზე მეტი სახეობა; დაადგინა ერთგვაროვანი ტერმინოლოგია და სახეობათა აღწერის რიგი. მან მსგავსი სახეობები გააერთიანა გვარობაში. მსგავსი გვარობა – რაზმში, რაზმები – კლასში. ამრიგად, თავისი კლასიფიკაციის საფუძველში მან საფუძველად ჩადო იერარქიის პრინციპი ე.ი. ტაქსონთა თანადაქვემდებარება. ლინეს სისტემაში ყველაზე მსხვილი ტაქსონი იყო კლასი, ყველაზე მცირე – სახეობა, ეს იყო უაღრესად მნიშვნელოვანი ნაბიჯი ბუნებრივი სისტემების შექმნის გზაზე. ლინემ განამტკიცა მეცნიერებაში ბინალური ნომენკლატურის გამოყენება. სახეობის აღნიშვნისათვის ყოველი სახეობა სახელდობრ 2 სიტყვით: პირველი სიტყვა აღნიშნავს გვარს და წარმოადგენს საერთოს მასში შემავალი ყველა სახეობისათვის, მეორე სიტყვა – საკუთრივ სახეობრივი დასახელებაა.

ლინემ შექმნა იმ დროისათვის ყველაზე სრულყოფილი ორგანული სამყაროს სისტემა, ჩართო მასში იმ დროისათვის ცნობილი ყველა ცხოველი და ყველა ნაცნობი მცენარეები. თუმცა ნიშანთა თავისუფალმა არჩევამ იგი მიიყვანა მთელ რიგ შეცდომებამდე.

### 7.3. შ.ბ. ლამარკის განვითარების კონცეფცია

ორგანული სამყაროს განვითარების მთლიანი კონცეფციის შექმნის პირველი მცდელობა ეკუთვნის ფრანგ ბუნებისმეტყვეელს შ.ბ. ლამარკს. თავისი წინამორბედებისაგან განსხვავებით ლამარკის ევოლუციური თეორია ემყარებოდა ფაქტებს. სახეობების ცვალებადობის შესახებ აზრი, მას გაუჩნდა მცენარეებისა და ცხოველების აგებულების ღრმად შესწავლის შედეგად. მისი ევოლუციური თეორიის საფუძველში დევს წარმოდგენები განვითარებაზე მარტივიდან რთულისაკენ და გარემოს როლის შესახებ ორგანიზმთა გარდაქმნაში.

ლამარკი თვლიდა, რომ პირველი თვითჩასახულმა ორგანიზმებმა საწყისი მისცეს შემდგომ არსებული ორგანული ფორმების ყველა მრავალგვარობას. ამ დროისათვის მეცნიერებაში უკვე საკმაოდ განმტკიცდა წარმოდგენები „არსებათა კიბეზე“, როგორც დამოუკიდებელ, უცვლელი, შემქმნელის მიერ შექმნილი ფორმების თანმიმდევრულ რიგზე. ამ ფორმათა გრადაციაში ლამარკი ხედავდა სიცოცხლის ისტორიულ ანარეკლს, სხვა ფორმებიდან ფორმების განვითარების რეალურ პროცესს. განვითარება უმარტივესიდან სრულყოფილი ორგანიზმების განვითარებისაკენ არის ძირითადი შინაარსი ორგანული სამყაროს სიტორიისა. ადამიანი ასევე ნაწილია ამ ისტორიისა, ის განვითარდა მაიმუნისმაგვარი წინაპრისაგან. ეს იყო იმ დროისათვის ჭეშმარიტად რევოლუციური წარმოდგენა (ლამარკის წიგნი „ზოოლოგიის ფილოსოფია“ გამოვიდა 1809 წელს).

ცხოველთა სხვადასხვა კლასების აღწერით, ლამარკი ეძებდა მათ შორის გარდამავალ ფორმებს, თუმცა ასევე უშვებდა გარდაუვალ შეცდომებს, რაც იმ დროისათვის გამოწვეული იყო შედარებით ანატომიის არსაკმარისი განვითარებით. ასეთი შუამდებარე სახეობების არსებობა უნდა ყოვილიყო ორგანული სამყაროს ევოლუციის მთავარი დამამტკიცებელი. სახეობათა ცვალებადობაში მას არწმუნებდა მრავალრიცხოვანი მაგალითები ცხოველთა და მცენარეთა ცვლილებების შესახებ, რაც მოხდა მოშინაურებით და გაკულტურებით, სხვა ადგილსამყოფელ ორგანიზმების გადასვლით, არსებობის ახალმა პირობებმა და აგრეთვე სახეობათა შორისი ჰიბრიდიზაციის ფაქტებმა.

აქედან მან გააკეთა დასკვნა, რომ რადგანაც სახეობები იცვლებიან, მაშინ რეალური საზღვარი მათ შორის ბუნებაში არაა და სახეობები, როგორც ასეთი არ არიან. ბუნება წარმოადგენს თავის მხრივ ცვალებადი ინდივიდების უწყვეტ ჯაჭვს, რმლებიც გამოიყოფიან ცალკეულ ჯგუფებში – სახეობები.

ლამარკი, ევოლუციის მთავარ მიზეზად მიიჩნევდა ცოცხალი ბუნების დამახასიათებელ მისწრაფებას გართულებისაკენ და თავისი ორგანიზაციის სრულყოფისაკენ, ის გამოვლინდება ყველა ინდივიდში, როგორც თანდაყოლილი უნარი. მას ევოლუციის მეორე ფაქტორად მიაჩნდა გარე სამყაროს ზეგავლენა, სანამ იგი უცვლელია, სახეობები მუდმივია, როგორც კი იგი შეიცვლება, სახეობებიც იცვლებიან. ასეთი გზით შექმნილი ნიშან-თვისებები მემკვიდრეობითია.

ცოცხალი ორგანიზმების ორგანიზაციისაგან დამოუკიდებლად არის 2 ფორმა სახეობათა შეგუებლობითი ცვალებადობის. მცენარეები და უმდაბლესი ცხოველები პირდაპირ ექვემდებარებიან მის ზემოქმედებას. მას შეუძლია ძალიან ადვილად გამოძერწონ ორგანიზმიდან საჭირო ფორმა. უმაღლეს ცხოველებზე გარემო მოქმედებს არაპირდაპირ: გარემოს პირობების შეცვლა იწვევს თავის მხრივ ცხოველთა მოთხოვნილებების შეცვლას და მიმართულია ამ მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებისაკენ. თ ავის მხრივ, ამას მივყავართ ამა თუ იმ ორგანოს აქტიური ან პასიური ფუნქციონირებისაკენ. შესაბამისი ორგანოს უფრო აქტიური მოქმედება იწვევს მის ინტენსიურ განვითარებას, ხოლო პასიური მდგომარეობა – კვდომას. სწორედ, ასეთი ვარჯიშის შედეგად ჟირაფს გაუჩნდა გრძელი კისერი. ამრიგად, წარმოქმნილი ცვლილებები გადაიცემა მემკვიდრეობით, შთამომავლები აგრძელებენ განვითარებას იმავე მიმართულებით და ერთი სახეობა გარდაიქმნება სხვად.

ამგვარად, ლამარკიზმისათვის დამახასიათებელია 2 ძირითადი მეტოლოგიური ნიშანი: თელეოლოგიზმი – როგორც ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი მისწრაფება სრულყოფისაკენ და ორგანიზმის ცენტრიზმი – ევოლუციის ელემენტალური ერთეულის – ორგანიზმის აღიარება, რომელიც პირდაპირ შეგუებულია შინაგანი გარემოს ცვლილებასთან და გადაეცემა მემკვიდრეობით ეს ცვლილება.

ასევე მნიშვნელოვანია აღინიშნოს ის, რომ ლამარკი განსაკუთრებით გამოყოფდა ფსიქიური ფაქტორის მნიშვნელობას უმაღლესი ორგანიზმების შეგუების პროცესებში, რომელთაც სურთ და მიისწრაფვიან თავიანთი ცვლილებებისაკენ.

ლამარკის თეორიამ ვერ ჰპოვა აღიარება თანამედროვეებში, იმ დროისათვის მეცნიერება ჯერ კიდევ არ იყო მზად ევოლუციური გარდაქმნის იდეის მიღებისათვის. ასევე სახეობათა ცვალებადობის მიზეზთა მტკიცებულება მოყვანილი ლამარკის მიერ არ იყო საკმარისად დამაჯერებელი.

## 7.4. შორეული კვივიუს კატასტროფების თეორია

XIX საუკუნის პირველ მეოთხედში ბიოლოგიური მეცნიერების ისეთ სფეროებში იქნა მიღწეული დიდი წარმატებები, როგორიცაა შედარებითი ანატომია და პალეონტოლოგია. ბიოლოგიის ამ სფეროების გან-

ეთიარებაში დიდი წვლილი მიეკუთვნება ფრანგ სწაველულს ჟორჟ ლეოპოლდ კიუვიეს, რომელმაც უპირველეს ყოვლისა თავი გამოიჩინა თავისი გამოკვლევებით შედარებით ანატომიაში. ის სისტემატიურად ატარებდა ერთი და იგივე ორგანოს ან ორგანოთა მთლიანი სისტემების აგებულებისა და ფუნქციების შედარებას. შეისწავლა რა ხერხემლიან ცხოველთა ორგანოების აგებულება, მან დაადგინა, რომ ცხოველთა ყველა ორგანოები წარმოადგენენ თავის მხრივ ერთიანი მთლიანი სისტემის ნაწილს. ამის შედეგად თითოეული ორგანოს აგებულება კანონზომიერად შეესაბამება ყველა დანარჩენის აგებულებას. სხეულის არც ერთი ნაწილი არ შეიძლება შეიცვალოს სხივების შესაბამისი ცვლილებების გარეშე. ეს ნიშნავს, რომ სხეულის ყოველი ნაწილი გამოხატავს მთლიანი ორგანიზმის აგებულების პრინციპს. მაგალითად: თუკი ცხოველს აქვს ჩლიქები, მთელი მისი ორგანიზაცია გამოხატავს ბალახისმჭამელთა ცხოვრების წესს: კბილები მომარჯვებულია, უხეში მცენარეული საკვების ცოხნისათვის, ყბებს აქვს განსაზღვრული ფორმა, კუჭი მრავალგანყოფილებიანი, ნაწლავები ძალიან გრძელია და ა.შ. ცხოველებში ორგანოთა აგებულების შესაბამისობას ერთმანეთთან კიუვიემ უწოდა კორელაციის პრინციპი (შესაბამისობა). ხელმძღვანელობდა რა კორელაციის პრინციპით, კიუვიემ წარმატებით გამოიყენა პალეონტოლოგიაში მიღებული ცოდნა. მას შეეძლო აღედგინა უკვე გადაშენებული ორგანიზმების მთლიანი იერსახე, რომლებიც დღემდე შემორჩა მისი ცალკეული ფრაგმენტების სახით.

თავისი გამოკვლევების პროცესში კიუვიე დაინტერესდა დედამიწის ისტორიით. მან ამისათვის დახარჯა წლები და ამასთან გააკეთა მრავალი აღმოჩენა. მის მიერ ჩატარებული უდიდესი სამუშაოების შედეგად, იგი მივიდა 3 აუცილებელ დასკვნამდე:

- დედამიწა, თავისი ისტორიის მანძილზე იცვლიდა თავის იერსახეს;
- დედამიწის ცვალებადობასთან ერთად მოხდა მის ბინადართა შეცვლა;
- დედამიწის ქერქის ცვლილებები ხორციელდებოდა ცოცხალი ორგანიზმების წარმოქმნამდე.

კიუვესათვის სრულიად უდაო იყო მტკიცებულება სიცოცხლის ახალი ფორმების წარმოშობის შეუძლებლობის შესახებ. მან დაამტკიცა, რომ ცოცხალი ორგანიზმების თანამედროვე სახეები არ შეცვლილა,

ევოლუციის თეორიის წინააღმდეგ ყველაზე არსებით მოსაზრებად კიუ-ვიე თვლიდა გარდამავალი ფორმების არ არსებობის თანამედროვე ცოცხალ ფორმებსა და იმათ შორის, რომლებსაც ის ნახულობდა გათხრებისას ნარჩენების სახით.

თუმცა მრავალრიცხოვანი პალეონტოლოგიური მონაცემები უცილობლად მოწმობდნენ დედამიწაზე ცოცხალი ფორმების ცვლილებებს. რეალური ფაქტები ეწინააღმდეგებოდნენ ბიბლიურ ლეგენდებს. თავდაპირველად ცოცხალი ბუნების უცვლელობის მომხმარებელი ხსნიდნენ ასეთ წინააღმდეგობას ძალიან მარტივად: დაიხოცნენ ის ცხოველები, რომლებიც ნოემ არ აიყვანა თავის კიდობანში მსოფლიო წარღვნის დროს, მაგრამ არამეცნიერული დაყრდნობა ბიბლიურ წარმოდგენებზე ნათელი გახდა, როდესაც დადგენილი იქნა გადაშენებული ცხოველების სიძველის სხვადასხვა ხარისხი, მაშინ კიუვიემ წამოაყენა კატასტროფების თეორია. ამ თეორიის თანახმად გადაშენების მიზეზი იყო პერიოდულად მიმდინარე მსხვილი გეოლოგიური კატასტროფები, რომელიც ანადგურებდა დიდ ტერიტორიებზე მცენარეებსა და ცხოველებს, შემდეგ ტერიტორიაზე სახლდებოდნენ სახეობები რომლებიც იჭრებოდნენ აქ მეზობელი ოლქებიდან. კიუვიეს მიმდევრები და მოსწავლეები, რომლებიც ავითარებდნენ მის სწავლებას, წავიდნენ უფრო წინ, ამტკიცებდნენ რომ კატასტროფები მოიცავდნენ მთელ დედამიწას. ყოველი კატასტროფის შემდეგ სრულდებოდა ახალი ლეთიური წარმოშობის აქტი. ასეთი კატასტროფებისა და შესაბამისად ლეთიურ ქმნილებათა შექმნის რიცხვად ისინი ასახელებდნენ 27.

კატასტროფების თეორიამ ჰპოვა ფართო გავრცელება. თუმცა მთელი რიგი მეცნიერები გამოხატავდნენ თავიანთ კრიტიკულ დამოკიდებულებას მასთან მძაფრ დავას სახეობის უცვლელობის მომხრეებსა და სტიქიური ევოლუციის მომხრეთა შორის ბოლო მოუღო ღრმად გააზრებულმა და ფუნდამენტალურად დაფუძნებულმა თეორიამ სახეობათა წარმოქმნის შესახებ, რომელიც შეიქმნა ჩ. დარვინისა და ა. უოლესის მიერ.

## 7.5. ჩ. დარვინის ევოლუციური თეორია

წინამდებარე თემების განხილვისას ჩვენ ძალიან ხშირად ვიყენებდით „ევოლუციის ცნებას“, რომელიც ძალიან ხშირად გაიგივებულია განვითარებასთან. თანამედროვე მეცნიერებაში ამ გაგებამ ჰპოვა ძალიან



ფართო გავრცელება მაგრამ ყველა შემთხვევაში ევოლუციის ცნების ქვეშ იგულისხმება ხანგრძლივი, თანდათანობითი, ნელი ცვლილებების პროცესი, რომელიც მთავრდება ძირეული, თვისობრივად ახალი ორგანიზმების, სტრუქტურების, ფორმებისა და სახეობების წარმოშობით. სწორედ ასეთი გაგება მოგვცა ტერმინის „ევოლუცია“ ინგლისელმა ბიოლოგმა ჩ. დარვინმა თავის ევოლუციურ თეორიაში.

დარვინამდე ბევრმა მეცნიერმა გამოთქვა მოსაზრება მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების თანდათანობით და უწყვეტი ცვლილებების შესახებ. მაგრამ დარვინის შრომის „სახეობების წარმოშობა ბუნებრივი გადარჩევის გზით“ 1859 წელს გამოქვეყნებით დაიწყო ბიოლოგიაში განვითარების იდეის ისტორიის მესამე პერიოდი. ეს იყო ბიოლოგიაში რევოლუციური გარდატეხა, რომელმაც საბოლოოდ დაამკვიდრა მასში განვითარების იდეა და გარდაქმნა იგი მეცნიერული ცოდნის მმართველ მეთოდად. ეს იყო მკვეთრი იდეური ბრძოლის პერიოდი და სხვადასხვა ევოლუციურ მიმდინარეობებს შორის.

ევოლუციური იდეის აღიარებისა და დარვინიზმის დამტკიცებისათვის საჭირო იყო დამტკიცება, თუ როგორ ხორციელდება ევოლუცია და რაში მდგომარეობს ცოცხალის ობიექტური მიზანსწრაფულობის მიზეზი. ეს პრობლემები გადაჭრილი იქნა დარვინის მიერ ბუნებრივი გადარჩევის სწავლებით.

ეყრდნობოდა რა უდიდეს ფაქტობრივ მასალას და სელექციური მუშაობის პრაქტიკას, რომლის საფუძველზეც მიღებული იქნა ახალი მცენერეებისა და ცხოველების ჯიშები, დარვინი მივიდა დასკვნამდე, რომ ბუნებაში მცენარეთა და ცხოველთა ნებისმიერი სახეობა მიისწრაფვის გეომეტრიული პროგრესიით გამრავლებისაკენ. ამავე დროს თითოეული სახეობის ზრდასრული არსებების რიცხვი რჩება მუდმივი. ცხადია, ბუნებაში ხდება არსებობისათვის ბრძოლა, რომლის შედეგადაც გროვდება ნიშნები, რომლებიც სასარგებლოა სახეობისა და ორგანიზმისათვის მთლიანად, აგერთვე წარმოიქმნება ახალი სახეობები და სახესხვაობები. დანარჩენი ორგანიზმები იღუპებიან ბუნების არახელსაყრელ პირობებში. ამრიგად, არსებობისათვის ბრძოლა – ესაა რთული და მრავალფეროვანი ურთიერთქმედებათა ერთობლიობა, რომელიც არსებობს ორგანიზმებს შორის და გარემო პირობებთან. ის არის 3 ტიპის: სახეობათაშორისი, რომლის დროსაც ერთი სახეობის გამარჯვება აღნიშნავს მეორეს დამარცხებას. შიგასახეობრივი, რომელიც მეტად მძაფრია იმის გამო, რომ ერ-

თი სახეობის ინდივიდებს აქეთ ერთნაირი მოთხოვნები და ბრძოლა გარემოს არახელსაყრელ პირობებთან. არსებობისათვის ბრძოლაში გადარჩებიან და შთამომავლობას ტოვებენ ის ინდივიდები და არსებები, რომელთაც გააჩნიათ ისეთი ნიშნებისა და თვისებების კომპლექსი, რომელიც საუშალებას იძლევა უფრო წარმატებით ეებრძოლოთ სხვებს. ამრიგად ბუნებაში მიმდინარეობს ერთი სახის არსებების არჩევითი განადგურება და შესაბამისად სხვების გამრავლება – ბუნებრივი გადარჩევა ანუ უკეთ შეგუებულობათა გადარჩევა. გარემო პირობების შეცვლისას გადარჩენისათვის სასარგებლონი აღმოჩნდებიან სხვა ნიშნები, ვიდრე ადრე არსებულნი. შედეგად იცვლება გადარჩევის მიმართულება, გარდაიქმნება სახეობების სტრუქტურა, გამრავლებით კი ახალი ნიშნები ფართოდ ვრცელდება – წარმოიშობა ახალი სახეობა. სასარგებლო ნიშნები ინახება და გადაეცემა მომდევნო თაობებს, რადგანაც ცოცხალ ბუნებაში მოქმედებს მემკვიდრეობითობის ფაქტორი, რომელიც უზრუნველყოფს სახეობათა მდგრადობას.

ბუნებაში არ შეიძლება აღმოვაჩინოთ 2 ერთნაირი, მთლიანად მსგავსი ორგანიზმი. ცოცხალი ბუნების მთელი მრავალგვარობა არის ცვალებადობის პროცესის შედეგი. ე.ი. ორგანიზმების გარდაქმნა გარემოს ზეგავლენით. დარვინი ახალი სახეობების წარმოშობას თვლიდა სასარგებლო ინდივიდუალური ცვლილებების დაგროვების პროცესად, რომელიც იზრდებოდა თაობიდან თაობაში. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ სასიცოცხლო რესურსები (საკვები, გამრავლების ადგილი და ა.შ.) ყოველთვის განსაზღვრულია. ამიტომ ყველაზე მძაფრი არსებობისათვის ბრძოლა მიმდინარეობს უფრო მეტად მსგავს არსებებს შორის. პირიქით, ერთი სახეობის შიგნით განსხვავებულ არსებებს შორის მოთხოვნებიები მცირეა, ხოლო კონკურენცია სუსტი. ამიტომ არა მსგავს არსებებს გააჩნიათ უპირატესობა შთამომავლობის დატოვებაში, ხოლო შუამდებარე ფორმები ერთმანეთის მსგავსი იღუპებიან. ასე, რომ ერთი სახეობიდან ყალიბდება რამოდენიმე ახალი. მოლენას, როდესაც ხდება ნიშნების დაცილება, რომელსაც მივეყვართ ახალი სახეობის წარმოქმნისაკენ იწოდება დარვინის მიერ დივერგენაციად. ადრე მსგავსი ფორმების მზარდი დივერგენცია განაპირობებს ცოცხალის მრავალგვარობის თანდათანობით გადიდებას შიგასახეობრივი ფორმების სახეობებში. სახეობებს – რიგებში გარდაქმნის გზით და ა.შ.

დარვინი განასხვავებდა ცვალებადობის 2 ტიპს: პირველს მან უწოდა „ინდივიდუალური“ ანუ „განუსაზღვრელი“ ცვალებადობა. ის გადაეცემა მემკვიდრეობით. მეორე ტიპს ის ახასიათებს, როგორც „განსაზღვრულს“ ანუ „ჯგუფურს“ მას ექვემდებარებიან ორგანიზმთა ის ჯგუფები, რომლებიც აღმოჩნდებიან გარემოს განსაზღვრული ფაქტორის ზემოქმედების ქვეშ. მოგვიანებით, ბიოლოგიაში განუსაზღვრელ ცვალებადობას უწოდეს მუტაცია, ხოლო „განსაზღვრულს“ – მოდიფიკაცია.

ევოლუციის თეორიის თვალსაზრისით, ცოცხალი ბუნების მთელი მრავალგვარობა წარმოადგენს 3 ურთიელაკავშირებული ფაქტორის მოქმედების შედეგს. ესენია: მემკვიდრეობა, ცვალებადობა და ბუნებრივი გადარჩევა. ეს დასკვნები ემყარება მოცემული თეორიის 3 ძირითად პრინციპს:

– ნებისმიერ პოპულაციაში ცოცხალი ორგანიზმების სახით შეინიშნება მისი შემადგენელი არსებების ცვალებადობა.

– ზოგიერთი ამ ცვლილებებიდან მემკვიდრეობით გადაეცათ მშობლებიდან, ხოლო სხვები წარმოადგენენ გარემოსთან შეგუების შედეგს, რომლებიც მათ შეიძინეს სიცოცხლის მანძილზე.

– იბადება, როგორც წესი, ორგანიზმების დიდი რიცხვი, ვიდრე აღწევს გამრავლებამდე. ზოგიერთები იღუპებიან თესლის, ჩანასახის და ა.შ. სტადიებზე. გადარჩებიან მხოლოდ ის ორგანიზმები, რომლებმაც მემკვიდრეობით მიიღეს მოცემულ პირობებში სასარგებლო ნიშნები.

ამრიგად, დარვინმა თანმიმდევრულად გადაჭრა მთლიანად ორგანული ევოლუციის დეტერმინაციის პრობლემა, ახსნა ცოცხალი ორგანიზმების მიზანმიმართული აგებულება, როგორც ბუნებრივი გადარჩევის შედეგი მან უჩვენა, რომ ეს მიზანმიმართულება ყოველთვის ატარებს შეფარდებით ხასიათს, რადგან ნებისმიერი შეგუება აღმოჩნდება სასარგებლო მხოლოდ არსებობის კონკრეტულ პირობებში. ამით მან სერიოზული დარტყმა მიაყენა ბუნებისმეტყველებაში თეოლოგიის იდეებს.

დარვინის დამსახურებაა აგრეთვე იმ ფაქტის აღიარება, რომ ბუნებრივი გადარჩევის ზემოქმედების ქვეშ შეიძლება მოპყვნენ, როგორც ცალკეული არსებები, ასევე მთლიანი ჯგუფები. მაშინ გადარჩევა ინახავს ნიშნებსა და თვისებებს, რომლებიც უსარგებლოა ცალკეული არსებებისათვის, მაგრამ სასარგებლოა არსებათა ჯგუფებისათვის ან სახეობისათვის მთლიანად. ასეთი შეგუებულობის მაგალითია ფუტკრის ნექტარი

ნექტარგაყლილი ფუტკარი, რმელიც ტოვებს ნექტარს სხეულში, თვი-  
თონ იღუპება, მაგრამ ინდივიდის დაღუპვა განაპირობებს ფუტკრის ოჯა-  
ხის შენარჩუნებას. ამან მიგვიყვანა ბიოლოგიაში პოპულაციური აზროვ-  
ნების წარმოქმნისაკენ, რომლებიც წარმოადგენენ თანამედროვე წარმოდ-  
გენათა საფუძველს.

დარვინის თეორიის სუსტი ნაწილია წარმოდგენები მემკვიდრეობა-  
ზე, რომლებიც ექცეოდნენ მისი მოწინააღმდეგეების სერიოზული კრი-  
ტიკის ქვეშ. ნამდვილად, თუკი ევოლუცია დაკავშირებულია ცვალება-  
დობების შემთხვევის წარმოშობასთან და შექნილი ნიშნების მემკვიდრე-  
ობით გადაცემასთან, მაშინ როგორ შეიძლება მათი შენახვა და ასევე  
გაძლიერება შემდეგში. სასარგებლო ნიშნების მქონე არსებთა შეჯვარე-  
ბით სხვა არსებებთან, რომელთაც ისინი არ გააჩნიათ, ისინი გადასცემენ  
ამ ნიშნებს შესუსტებული სახით. საბოლოოდ, რიგი თაობების განმავ-  
ლობაში შემთხვევით წარმოშობილი ცვლილებები უნდა შესუსტდნენ,  
შემდეგ კი მთლიანად გაქრნენ. თვითონ დარვინი იძულებული გახდა ელი-  
არებინა ეს დასკვნები დამაჯერებლად, მაშინდელი წარმოდგენებით მემ-  
კვიდრეობაზე ისინი შეუძლებელი იყო უკუგვეგლო. სწორედ ამიტომ, სი-  
ცოცხლის უკანასკნელ წლებში ეს სულ უფრო მეტად ხაზგასმით აღნიშ-  
ნავდა ევოლუციის პროცესზე მიმართულებითი ცვლილებების ზემოქმე-  
დებას, რომლებიც მიმდინარეობდა გარემოს განსაზღვრული ფაქტორე-  
ბის ზემოქმედებით.

შემდეგში ასევე გამოვლენილი იქნა ზოგიერთი სხვა უარყოფითი  
მხარეები, რომლებიც შეეხებოდა ორგანული ევოლუციის ძირითად მიზე-  
ზებს და ფაქტორებს. ეს თეორია შემდეგში საჭიროებდა გადამუშავებას  
და დასაბუთებას.

დარვინის თეორიით დამთავრდა ბუნებისმკვლევართა ხანგრძლივი  
ძიებანი, რომლებიც ცდილობდნენ ეპოვნათ ახსნა მსგავსების მრავალი  
ნიშნისა, რომლებიც აღენიშნებოდა ორგანიზმებს, რომლებიც მიეკუთვნე-  
ბოდნენ სხვადასხვა სახეობებს. დარვინმა ეს მსგავსება ახსნა ნათესაო-  
ბით და უჩვენა როგორ მიმდინარეობს ახალი სახეობების წარმოშობა,  
როგორ მიმდინარეობს ევოლუცია – მიმართული პროცესი, რომელიც  
დაკავშირებულია მცენარეებისა და ცხოველების ფუნქციათა და აგებუ-  
ლების პროგრესული გართულების შეგუებულობის გამომუშავებასთან.

დარვინიზმის აღმოცენებით ბიოლოგიურ გამოკვლევებში წარმოიშ-  
ვა 4 ამოცანა: 1) ევოლუციის ფაქტის მტკიცებულებათა ნაკრები; 2)

ევოლუციის ადაპტაციური ხასიათის მონაცემთა დაგროვება და ორგანიზაციული და შეგუებითი ნიშნების ერთიანობა; 3) მემკვიდრეობითი ცვალებადობის, არსებობისათვის ბრძოლისა და ბუნებრივი გარადრჩევის, როგორც ევოლუციის მამოძრავებელი ძალების ურთიერთქმედებათა ექსპერიმენტული შესწავლა; 4) სახეობათა წარმოქმნისა და მაკროევოლუციის კანონზომიერებათა შესწავლა.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ევოლუციური თეორიის განვითარებაში ძირითადი წარმატებანი მიღწეული იქნა 2 სფეროში. საბოლოოდ დამტკიცებული იქნა ევოლუციის პრინციპი ფაქტიურ მასალაზე, რომლებიც ჩამოყალიბდნენ კლასიკური მეცნიერებების (პალეონტოლოგია, მორფოლოგია, ფიზიოლოგია, ემბრიოლოგია, სისტემატიკა) დარვინიზმთან გაერთიანების საფუძველზე. ნაჩვენები იქნა, რომ ევოლუციას გააჩნია ადაპტაციური ხასიათი და საფუძველი ჩაეყარა გადარჩევის შესწავლას, როგორც ადაპტაციის ფორმირების მიზეზს. შედეგად, დარვინიზმის წინაშე არსებული ორივე ამოცანა მთლიანობაში აღმოჩნდა შესრულებული.

მაგრამ როგორი დიდიც არ უნდა იყოს ამ გამოკვლევათა მნიშვნელობა ევოლუციური თეორიის განმტკიცებისათვის, ისინი მხოლოდ არაპირდაპირ ამტკიცებდნენ ევოლუციის მიზეზის დარვინისეული კონცეფციის სისწორეს, საჭიროა აღინიშნოს, რომ საკმაოდ დიდხანს სუსტი იყო დარვინიზმის ექსპერიმენტული ბაზა, რომელიც შესაძლებლობას მოგვცემდა დაგვემტკიცებინა, რომ გადარჩევა ნამდვილად წარმოადგენს ადაპტაციოგენეზისა და სახეობათა წარმოქმნის ძირითად მამოძრავებელ ძალას. ეს გარემოება განაპიობებდა ანტიდარვინიზმის ფართო ფრონტის ფორმირებას, რომელიც უარყოფდა გადარჩევის შემოქმედებით როლს. ყველა ანტიდარვინისეული კონცეფციების ფილოსოფიურ საფუძველს შეადგენდა სხვადასხვა მიმართულებანი მექანიკური მატერიალიზმიდან იდეალიზმამდე. XIX საუკუნის მეორე ნახევარსა და XX საუკუნის დასაწყისში ანტიდარვინიზმი წარმოდგენილია 2 ძირითადი მიმართულებით – ნეოლამარკიზმითა და თელეოგენეზის კონცეფციით. მათთან ბრძოლა, ასევე ბუნებრივი გადარჩევის ცალკეულ ფაქტორთა ექსპერიმენტული მტკიცებულებების ძებნა შედგენდა განვითარების ისტორიის მე-4 ეტაპის შინაარსს. ის გაგრძელდა XX საუკუნის 30 წლებამდე.

## 7.6. ანტიდარვინიზმი XIX საუკუნის დასარულსა და XX საუკუნის დასაწყისში

დარვინიზმის კრიტიკა მიმდინარეობდა მისი აღმოცენების დღიდან. ბევრს არ მოსწონდა, რომ ცვლილებები დარვინის მიხედვით შესაძლოა წაყვებულა ყველა შესაძლო მიმართულებით და შემთხვევით. ერთ-ერთი კრიტიკული თვალსაზრისი ამტკიცებდა, რომ ცვლილებები მიმდინარეობს არა შემთხვევით, არამედ ფორმათა კანონით. სხვები მხარს უჭერდნენ იდეას, რომლის მიხედვითაც ურთიერთდახმარება ევოლუციის უფრო მთავარ ფაქტორს წარმოადგენდა, ვიდრე ბრძოლა.

ანტიდარვინული განწყობის ზრდას გააჩნდა ობიექტური მიზეზები – დარვინიზმის მომხრეებს თვალთახედვიდან გამორჩა რიგი ფუნდამენტალური, ევოლუციური თეორიისათვის მთავარი საკითხები, რის გამოც ის იქმნებოდა. ესენია: ისტორიულ განვითარებაში გადარჩენის მიზეზები, ევოლუციურ პროცესებში ონტოგენეტიკური გარდაქმნების ჩართვის მექანიზმები, ევოლუციის ტემპების არათანასწორობა, მაკრო და პროგრესული ევოლუციის მიზეზები, ბიოტიკური კრიზისების ეპოქაში მსხვილმაშტაბური მოვლენები.

ნეოლამარკიზმი პირველი მსხვილი ანტიდარვინისეული სწავლებაა, რომელიც წარმოიშვა XIX საუკუნის დასარულში. იგი ეფუძნებოდა ადეკვატური ცვალებადობის აღიარებას, რომელიც აღმოცენდა გარემო ფაქტორების უშუალო ან არაპირდაპირი ზეგავლენით და რომელიც უზრუნველყოფს ორგანიზმის პირდაპირ შეგუებას მათთან, ნეოლამარკიზმი არ იყო ერთადერთი მიმართულება, არამედ იგი აერთიანებდა რამოდენიმე მიმართულებას, რომლიდანაც თითოეული ცდილობდა განეხილათარებინა ლამარკის სწავლების ესა თუ ის მხარე.

მექანოლამარკიზმი (გ. სპენსერი, ტ. ეიმერი) – ევოლუციის კონცეფციაა, რომლის თანახმადაც მიზანმიმართული ორგანიზაცია იქმნება პირდაპირ ანუ „ფუნქციონალური“ შეგუების გზით. (ორგანოთა ვარჯიში ლამარკის მიხედვით). ამრიგად, ევოლუციური პროცესის მთელ სირთულეს მიყვავართ წონასწორობის ძალების მარტივი თეორიისაკენ, რომელიც ნასესხებია ნიუტონისეული მექანიკიდან.

ფსიქოლამარკიზმი (ა. პაული, ა. ვაგნერი) – ამ მიმართულების საფუძველი ლამარკის იდეა, ცხოველთა ევოლუციაში ისეთი ფაქტორების მნიშვნელობა, როგორცაა ქცევა, სურვილის გაძლიერება, შემეცნე-

ბა, რომლებიც ახასიათებს არა მხოლოდ ცხოველებს, არამედ მის შემადგენელ უჯრედებს. ამრიგად, ევოლუცია წარმოადგენდა შემეცნების როლის თანდათანობით გაძლიერების პრიმიტიული არსებებიდან სიცოცხლის განვითარებული ფორმების განვითარებაში, რამაც განავითარა სწავლება პანფსიქიზმზე.

ორტოლამარკიზმი (კ. ნეველი, ე. კოპი, გ. ოსბორნი) – ჰიპოთეზათა ერთობლიობაა, რომლებიც ავითარებდნენ ლამარკის იდეას ორგანიზმთა მისწრაფებას სრულყოფისაკენ. სწორედ ეს განსაზღვრავდა ევოლუციის პირდაპირობას.

ნეოლამარკისეულმა კონცეფციებმა დაკარგეს თავისი გავლენა ჩვენი ასწლეულის 30-იან წლებისათვის, თუმცა მათი ცალკეულ იდეებს მხარს უჭერდნენ ჯერ კიდევ 70-იანი წლების დასაწყისში. ნეოლამარკიზმის უმსხვილესი გამოვლენა ბუნებისმეტყველებაში იყო ტ.დ. ლისენკოს კონცეფცია შემკვიდრეობითობაზე, როგორც მთელი ორგანიზმის თვისებაზე.

ევოლუციის თეოლოგიური კონცეფცია დაკავშირებული იყო ორტოლამარკიზმთან, რადგან გამომდინარეობდა ლამარკის იგივე იდეისაგან, რომ ყველა ცოცხალი ორგანიზმი მიისწრაფვის შინაგანი პროგრესისაკენ. მეტად შესამჩნევი თეოლოგიური მიმართულებების წარმომადგენელი იყო რუსი ბუნებისმეტყველი, ემბრიოლოგიის ფუძემდებელი კ. ბერი.

ამ კონცეფციის თავისებურ მოდიფიკაციას გვიჩვენებდნენ სალტაციონიზმის მომხრეთა შეხედულებანი, რომლებიც ჩაისახა 1860-1870-იან წლებში ა. ზუსუმისა და ა. კელიკესის მიერ. მათი აზრით, სიცოცხლის წარმოშობის ზღურბლზე წარმოიშვა მომავალი განვითარების მთელი გეგმა, ხოლო გარემოს ზემოქმედება განსაზღვრავდა მხოლოდ ევოლუციის კერძო მომენტებს. ყველა მსხვილი ევოლუციური მოვლენები – ახალი სახეობების წარმოშობიდან ბიოტების შეცვლამდე დედამიწის გეოლოგიურ ისტორიაში – ხორციელდებიან ნახტომისებური ცვლილებების შედეგად. უპირველესად, გარდაქმნილი ემბრიოგენეზი. ეს იყო კატასტროფა გაძლიერებული დამატებითი არგუმენტებით. ეს შეხედულებანი არსებობენ დღევანდლამდე.

ამ მიმართულების ღირებულება იმაშია, რომ ის ამახვილებს ყურადღებას მაკროევოლუციის სპეციფიკურობაზე, ორგანიზმების შინაგანი კონსტიტუციის, როგორც ფაქტორების მნიშვნელობაზე, რომლებიც შემოსაზღვრავენ შემდგომი ევოლუციური განვითარების შესაძლო გზებს, აგრეთვე ევოლუციის ტემპების არათანაბრობას.

XX საუკუნის დასაწყისში წარმოიშვა გენეტიკა – სწავლება მემკვიდრეობაზე. მის ფუძემდებლად ითვლება ავსტრიელი ბუნებისმკვლევარი გ. მენდელი, რმელმაც თავისი ცდები ჩაატარა ჯერ კიდევ 1860-იან წლებში, მაგრამ გენეტიკის დაბადების წლად ითვლება 1900 წ. ამ დროს ბ. ლეფერიზმა, კ. კორენსმა, ე ჩერმაკმა მეორედ დაადგინეს ნიშანთა მემკვიდრეობის სისწორე ჰიბრიდულ ფორმათა შთამომავლობაში, რომელიც 1865 წელს აღმოაჩინა მენდელმა.

პირველად გენეტიკოსებმა დაუპირისპირეს თავისი გამოკვლევების მონაცემები დარვინიზმს, რის შედეგადაც ევოლუციურ თეორიაში აღმოცენდა ღრმა კრიზისი. გენეტიკოსების გამოსვლა დარვინის სწავლების წინააღმდეგ გადაიზარდა ფართო ომში, რომელმაც გააერთიანა რამოდენიმე მიმართულება – მეტაციონიზმი, ჰიბრიდომენეზი, პრედაპტაციონიზმი და სხვა – საერთო სახელწოდებით გენეტიკური ანტიდარვინიზმი. გენთა სიმტკიცის აღმოჩენა გამარტივდა, როგორც მათ უცვლელობის, რაც განაპირობებდა ანტიევოლუციონიზმის გავრცელებას (უ. ბეტსონი) მუტაციური ცვალებადობა გაიგივდა ევოლუციურ გარდაქმებთან, რაც გამოირიცხავდა პროცესში აუცილებლობას გადარჩევის, როგორც ევოლუციის მთავარ პრინციპს.

ამ ანაწყობთა გვირგვინი იყო ლ.ს. ბერგის ნომოგენეზის თეორია, რომელიც შეიქმნა 1922 წელს. მისი ძირითადი იდეა ისაა, რომ ევოლუცია არის დაპროგრამებული შინაგანი პროცესი, იმანენტური კანონზომიერებების რეალიზაციისა. ბერგი თვლიდა, რომ ორგანიზმს ახასიათებს უცნობი ბუნების შინაგანი ძალა, რომელიც მოქმედებს მიზანმიმართულად, გარე სამყაროსგან დამოუკიდებლად, ორგანიზაციის გართულების მიმართულებით. ამის დამამტკიცებლად ბერგას მოჰყავდა მცენარეთა და ცხოველთა სხვადასხვა ჯგუფების კონვერგენტული და პარალელური ევოლუციის მონაცემები. ყველა ამ კამათიდან ნათელი ხდებოდა, რომ გენეტიკამ და დარვინმა უნდა იპოვოს საერთო ენა.



## თავი 8.

### 8.1. ევოლუციის თანამედროვე თეორიები

ორგანული ევოლუციის თანამედროვე თეორიები მნიშვნელოვნად განსხვავდება დარვინისეულისაგან მთელი რიგი მნიშვნელოვანი მეცნიერული დებულებებით:

– მასში მკაფიოდ გამოიყოფა ელემენტარული სტრუქტურა, რომლითაც იწყება ევოლუცია. დღეისათვის ასეთ ელემენტარულ სტრუქტურად მიჩნეულია პოპულაცია, და არა ცალკეული ინდივიდები ან სახეობები, რომელიც ჩაირთავს რამოდენიმე პოპულაციას;

– თანამედროვე თეორია ევოლუციის პროცესის ელემენტარული გამოვლინების სახით განიხილავს პოპულაციის გენოტიპის ცვალებადობას;

– ის უფრო მეტად არგუმენტირებულად და დასაბუთებულად განმარტავს ევოლუციის მამოძრავებელ ძალებსა და ფაქტორებს, გამოყოფს რა მათ შორის ძირითად და არაძირითად ფაქტორებს.

დარვინი და მომდევნო თეორეტიკოსები ევოლუციის ძირითად ფაქტორებს აკუთვნებდნენ ცვალებადობას მემკვიდრეობასა და არსებობისათვის ბრძოლას. დღეისათვის მათ უმეტევენ მრავალ სხვა დამატებით, არაძირითად ფაქტორებს, რმლებიც გავლენას ახდენენ ევოლუციის პროცესზე. გარდა ამისა, თვით ძირითადი ფაქტორები ახლა გაიგება ახლებურად და ამიტომ წამყვან ფაქტორებს დღეისათვის მიეკუთვნება მუტაციური პროცესები, რიცხობრიობის პოპულარული ტალღები და იზოლაცია.

თანამედროვე ევოლუციური სწავლების მთავარი ამოცანაა ის, რომ ევოლუციური პროცესების მექანიზმის ღრმა შესწავლის საფუძველზე იწინასწარმეტყველოს ევოლუციურ გარდაქმნათა შესაძლებლობანი, ხოლო თავის მხრივ, ამის საფუძველზე მართოს ევოლუციური პროცესები. ამ ამოცანების გადაჭრაში ყველაზე მთავარ როლს ასრულებს ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური მეცნიერების განყოფილება – გენეტიკა.

### 8.2. გენეტიკის საფუძვლები

გენეტიკის ცენტრალური გაგებაა „გენი“ ესაა მემკვიდრეობის ელემენტარული ერთეული, რომელიც ხასიათდება ნიშანთა მთელი რი-

გით. გენი თავის მხრივ არის შიგაუჯრებული მოლექულური სტრუქტურა. ქიმიური შემადგენლობით ნუკლეინის მჟავებია, რომელთა შემადგენლობაში ძირითად როლს ასრულებს აზოტი და ფოსფორი. გენები მოთავსებულნი არიან უჯრედების ბირთვში. ისინი გეხვდებიან ყოველ უჯრედში და ამიტომ მათი საერთო რაოდენობა მსხვილ ორგანიზმში შეიძლება აღწევდეს მრავალ მილიარდს. თავიანთი როლის მიხედვით გენები ორგანიზმში წარმოადგენენ უჯრედის „ტვინოვან ცენტრს“.

გენეტიკა შეისწავლის ცოცხალი სისტემების 2 ფუნდამენტალურ თვისებას – ცვალებადობასა და მემკვიდრეობას. ე.ი. ცოცხალი ორგანიზმების უნარს გადასცეს თავისი ნიშნები და თვისებები თაობიდან თაობას, აგრეთვე განიცადოს და მიიღოს ახალი თვისებები. მემკვიდრეობა იწვევს მემკვიდრეობითი თვისებების, ნიშნებისა და განვითარების თავისებურებების უწყვეტობას თაობიდან თაობაში. ცვალებადობა უზრუნველყოფს მასალით ბუნებრივ გადარჩევას, ქმნის რა ნიშანთა ახალ ვარიანტებს, ასევე ადრე არსებული კომბინაციების ურიცხვ შესაძლებლობებს და ცოცხალი ორგანიზმების ახალ თვისებებს.

ორგანიზმების ნიშნები და თვისებები, რომლებიც გადაეცემიან მემკვიდრეობით, ფიქსირდებიან გენებში – დნმ-ს მოლექულების მონაკვეთებში (ანუ ქრომოსომებში), რომელიც განსაზღვრავს ერთი ელემენტარული ნიშნის განვითარების შესაძლებლობას ან ერთი ცილოვანი მოლექულის სინთეზს. ორგანიზმის ყველა ნიშან-თვისებების ერთობლიობას ეწოდება ფენოტიპი. ერთი ორგანიზმის გენების ერთობლიობას ეწოდება გენოტიპი. ფენოტიპი წარმოადგენს გენოტიპისა და გარემომცველი არის ურთიერთქმედების შედეგს. ეს აღმოჩენები, ტერმინები და მათი განსაზღვრებანი დაკავშირებული გენეტიკის ერთ-ერთი ფუძემდებლის სახელთან ვ. იოჰანსენთან.

გენეტიკის საფუძვლებში ჩადებული იქნა მემკვიდრეობის კანონზომიერებანი, რომელიც აღმოჩენილი იქნა ავსტრიელი მეცნიერის გრეგორ მენდელის მიერ, მის მიერ ჩატარებული ცდებით სხვადასხვა სახის ბარდის შეჯვარების დროს. ორი ორგანიზმის შეჯვარებას ეწოდება ჰიბრიდიზაცია, ხოლო ორი არსების შეჯვარებით მიღებულ შთამომავლობას, რომელთაც აქვთ სხვადასხვა მემკვიდრეობა ეწოდება ჰიბრიდული, ხოლო ცალკეულ ინდივიდებს – ჰიბრიდები. ამ გამოკვლევათა მსვლელობისას მენდელმა აღმოაჩინა ნიშანთა მემკვიდრეობის მრავალრიცხოვანი კანონზომიერებანი.

გენეტიკის სფეროში მენდელის დამსახურება იმაშია, რომ მკაფიოდ გადმოგვცა და აღწერა გენეტიკის კანონები, რომლებსაც მათი აღმოჩენის საპატივცემულოდ წოდებული არიან მენდელის კანონებად.

ორი ორგანიზმის შეჯვარებისას, რომლებიც მიეკუთვნებიან სხვადასხვა წმინდა ხაზებს (2 ჰომოზიგოტური ორგანიზმები – მათი გენოტიპში არის 2 ერთნაირი ალელური გენი, ე.ი. 2 აბსოლუტურად იდენტური ნუკლეოტიდურ თანმიმდევრობის გენი), რომლებიც განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ერთი წყვილი ალტერნატიული ნიშნებით. ჰიბრიდების (F). პირველი თაობა აღმოჩნდება ერთგვაროვანი და ატარებს ერთი მშობლის ნიშნებს, ესაა მენდელის პირველი კანონი. ამ ნიშნის არჩევა დამოკიდებულია იმაზე, რომელია ამ გენებიდან დომინანტური, და რომელი რეცესიული. საჭიროა ასევე აღინიშნოს, რომ მუტაცია (დნმ-ს მოლეკულაში ნუკლეოტიდების შეცვლა ან დაკარგვა) შეიძლება წარმოიშვას ერთი და იგივე გენის სხვადასხვა ნაწილებში. ეს შეიძლება მიმდინარეობდეს, როგორც ერთი ორგანიზმის სხვადასხვა სასქესო უჯრედებში, ასევე სხვადასხვა ორგანოების უჯრედებში. ამ გზით წარმოიქმნება ერთი გენის რამოდენიმე ადგილი და შესაბამისად ერთი ნიშნის რამოდენიმე ვარიანტი (მაგალითად, ბუზ დროზოფილას გააჩნია თვალის შეფერილობის ალგლური გენების სერია, რომელიც შედგება 12 წევრისაგან: წითელი, ალუბლისფერი, ატმისფერი და ა.შ. თეთრის ჩათვლით, რომელიც განისაზღვრება რეცესიული გენით). თითოეული გენიდან ყველა ვარიანტთა ერთობლიობა, რომელიც შედის ინდივიდთა განსაზღვრული ჯგუფის ან მთლიანად სახეობის გენეტიკის შემადგენლობაში იწოდება გენოფონად. ესაა სახეობრივი და არა ინდივიდუალური ნიშანი.

მენდელის მეორე კანონი მდგომარეობს იმაში, რომ  $F_1$  თაობის 2 შთამომავლის ერთმანეთთან შეჯვარებით (2 ჰეტეროზიგოტური არსება – ნიშანი ამ შემთხვევაში ჩაიწერება ასე  $Aa$ ) მეორე თაობაში აღინიშნება დანაწევრება ფენოტიპურად 3:1, გენოტიპურად 1:2:1

$$(Aa + Aa = AA + 2Aa + aa)$$

ორი ჰომოზიგოტური ფორმის შეჯვარებისას, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან 2 ან მეტი ალტერნატიული ნიშანთა წყვილით, გენები და მათთან ერთად თანმხლები ნიშნები მემკვიდრეობენ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად და კომბინირებენ ყველა შესაძლო შეთანხმებისას. ესაა მენდელის მეორე კანონი.

გენეტიკაში მნიშვნელოვანი ეტაპი იყო მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორიის შექმნა, რომელიც დაკავშირებულია გ. მორგანის სახელთან. მან დაადგინა ნიშანთა მემკვიდრეობის კანონზომიერებანი, რომელთა გენებიც იმყოფებიან ერთ ქრომოსომაში – ისინი ერთად მემკვიდრეობენ. ამას ეწოდა გენთა შეჭიდულობა (მორგანის კანონი). ეს აღმოჩენა დაკავშირებული იყო იმასთან, რომ მენდელის მე-3 კანონი მოქმედებდა არა ყველა შემთხვევაში. მორგანმა ლოგიკურად დაამთავრა, რომ ნებისმიერ ორგანიზმს მრავალი ნიშნები აქვს, ხოლო ქრომოსომების რიცხვი არც თუ ისე დიდი. ცხადია, თითოეულ ქრომოსომაში უნდა იმყოფებოდეს მრავალი გენი. სწორედ მან ამ გენების მემკვიდრეობითი კანონზომიერებანი აღმოაჩინა.

გენეტიკამ უპასუხა კითხვაზე სქესობრივი განსხვავების წარმოშობაზე. ასე, ადამიანის 23 წყვილი ქრომოსომიდან 22 წყვილი ერთნაირია მამაკაცებში და ქალებში, ხოლო ერთი წყვილი – სხვადასხვაა. სწორედ ამ ერთი წყვილის წყალობით განასხვავებენ 2 სქესს, მათ უწოდებენ სასქესო ქრომოსომას (განსხვავებით აუტოსომებისაგან – ერთნაირი ქრომოსომები). ქალებში სასქესო ქრომოსომა ერთნაირია და მათ უწოდებენ X ქრომოსომას, მამაკაცებში ასევე არის X ქრომოსომა და კიდევ ერთი y ქრომოსომა. თითოეული ადამიანისათვის სქესის განსაზღვრისათვის გადამწყვეტ როლს ასრულებს y ქრომოსომა. თუკი კვერცხუჯრედი განაყოფიერდა სპერმატოზოიდით, რომელიც X ქრომოსომას ატარებს, ვითარდება ქალი, ხოლო თუკი კვერცხუჯრედში აღწევს სპერმატოზოიდი, რომელიც შეიცავს y ქრომოსომას, მაშინ ვითარდება მამაკაცის ორგანიზმი.

შემდეგი მნიშვნელოვანი ეტაპი გენეტიკის განვითარებაში იყო ღნმ-ის როლის აღმოჩენა მემკვიდრეობითი ინფორმაციის გადაცემაში. დაიწყო გენეტიკური კანონზომიერებების აღმოჩენა მოლეკულურ დონეზე, ჩაისახა დისციპლინა – მოეკულური გენეტიკა. გამოკვლევების მსვლელობაში დადგენილი იქნა, რომ გენის ძირითადი ფუნქციაა – ცილების სინთეზის კოდირება. ამ გამოკვლევებისათვის 1952 წლებში ჯ. ბილლი, ე. ტაიტუმ და ჯ. ლედერბერგი წარდგენილი იქნენ ნობელის პრემიაზე.

მოგვიანებით დადგენილ იქნა გენების ვიწრო სტრუქტურა (1950 წ. ს. ბენზერი), გენეტიკური კოდის ფუნქციონირების მოლეკულური მექანიზმი, გაგებული იქნა ენა, რომელზედაც ჩაწერილი იქნა გენეტიკური

ინფორმაცია (აზოტოვანი ფუძეები: ადენინი (ა), თიმინი (თ), ციტოზინი (ც), გუანინი (გ), ხუთატომიანი გლუკოზა და ფოსფორმჟავას ნაშთი. ამასთან ა – ყოველთვის უერთდება დნმ-ს სხვა ჯაჭვის თ-ს, ხოლო გ – ც). გაშიფრულია დნმ რეპლიკაციის მექანიზმი (მემკვიდრეობითი ინფორმაციის გადაცემა). ცნობილია, რომ ერთი ჯაჭვის თანმიმდევრობა ზუსტად განსაზღვრავს მეორე ჯაჭვის თანმიმდევრობას (კომპლემენტარობის პრინციპი), რომელიც ასრულებს თავისებური მატრიცის ფუნქციას. გამრავლებისას დნმ-ს ძველი მოლეკულის 2 სპირალი იყოფა და თითოეული ხდება მატრიცა დნმ-ის ახალი ჯაჭვის კვლავწარმოქმნისათვის. თითოეული ორი შვილეული მოლეკულიდან აუცილებლად თავის მხრივ ჩაირთავს ერთ ძველ პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვს და ერთ ახალს. დნმ-ის მოლეკულას გაორმაგება მიმდინარეობს გასაოცარი სიზუსტით, რის გამოც ახალი მოლეკულა ძველის აბსოლუტურად იდენტურია. ამაშია ღრმა აზრი იმისა, რომ დნმ-ს სტრუქტურის რღვევა, რომელსაც მიეყვართ გენეტიკური კოდის დამახინჯებისაკენ, შეუძლებელს ხდის გენეტიკური ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემისას, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი ნიშნების განვითარებას. რეპლიკაციის დაწყება დამოკიდებულია განსაკუთრებული ფერმენტის – დნმ პოლიმერიზაციის არსებობასთან.

მემკვიდრეობითობის გენეტიკური მექანიზმების განხილვისას აუცილებელია გადავიდეთ ცვალებადობის გენეტიკურ კანონზომიერებებზე, რომელიც წარმოადგენს ძირითადს ბუნებრივი გადარჩევისა და ორგანიზმთა ევოლუციისათვის.

ცოცხალი ორგანიზმების უნარს, შეიძინოს ახალი ნიშან-თვისებები, რომელიც გამოხატავს ურთიეკავშირს ცოცხალ ორგანიზმსა და გარემომცველ არეს შორის ეწოდება ცვალებადობა. განასხვავებენ მემკვიდრეობით ანუ გენოტიკურ ცვალებადობას და არამემკვიდრეობითი ანუ მოდიფიკაციურ ცვალებადობას.

მოდიფიკაციური ცვალებადობის საზღვრები იწოდება რეაქციის ნორმად. ისინი განპირობებულნი არიან გენოტიპით. ეს ცვალებადობა დამოკიდებულია გარემოს კონკრეტულ პირობებზე, რომელშიც იმყოფება ცალკეული ორგანიზმი და იძლევა ამ პირობებთან შეგუების შესაძლებლობებს (რეაქციის ნორმის საზღვრებში). ასეთი ცვლილებები არ მემკვიდრეობენ.

გენტა გარდაქმნის უნარის აღმოჩენა წარმოადგენს თანამედროვე გენეტიკის უდიდეს აღმოჩენას. გენეტიკაში მემკვიდრეობითმა ცვალებადობამ მიიღო მუტაციის სახელწოდება. (ლათ: *mutatio* – ცვალებადობას). ის წარმოიშობა გენის ან ქრომოსომის სტრუქტურის ცვლილები-სას და ემსახურება სახეობის შიგნით მრავალფეროვნების წარმოშობას. მუტაციის მიზეზებია, ყველა შესაძლო ფიზიკური (კოსმოსური გამოსხი-ვებები, რადიოაქტიუობა და ა.შ.) და ქიმიური (ტოქსიკური შენაერთების სხვადასხვაგვარობა) პირობები – მუტაგენები. მუდმივი მუტაციური პროცესების წყალობით აღმოცენდებიან გენების სხვადასხვა ვარიანტე-ბი, რომლებიც შეადგენენ მემკვიდრეობითი ცვალებადობის რეზერვს. მუ-ტაციების დიდი ნაწილი რეცესიულია და არ ვლინდება პეტეროზიგოტა-ში. ეს ძალიან მნიშვნელოვანია სახეობის არსებობისათვის. თუმცა მუ-ტაციები, როგორც წესი, აღმოჩნდებიან საზიანონი, რადგანც შეაქვთ დარღვევა ბიოქიმიურ გარდაქმნათა ბალანსირებულ სისტემაში. საზიანო ღომინანტური მუტაციის მატარებელი მაშინათვე ვლინდებიან ჰომო და პეტეროზიგოტურ ორგანიზმებში ხშირად აღმოჩნდებიან უსიცოცხლონი და ილუპებიან სიცოცხლის ძალიან ადრეულ ეტაპებზე.

გარემომცველი არის პირობების შეცვლისას, ახალ სიტუაციაში, ზოგიერთი ადრე საზიანო რეცესიული მუტაციები, რადგანაც შეადგენენ მემკვიდრეობითი ცვალებადობის რეზერვს, შეიძლება აღმოჩნდნენ სასარ-გებლონი და ასეთი მუტაციების მატარებელი იღებენ უპირატესობას ბუნებრივი გადარჩევის პროცესში.

ცვალებადობა შეიძლება დაფუძნებული იყოს არა მარტო მუტაცი-ებზე, არამედ ცალკეულ გენტა და ქრომოსომთა შეთანხმებაზე. მაგალი-თად: სქესობრივი გამრავლებისას – გენეტიკური რეკომბინაცია. ეს უკა-ნასკნელი ასევე შეიძლება წარიმართოს უჯრებში ახალი, გარედან მო-ტანილი, გენეტიკური ელემენტის გენომას ჩართვით – მიგრირებული გენეტიკური ელემენტებით. უკანასკნელ წლებში დადგენილი იქნა, რომ მათი დანერგვა უჯრედში იძლევა ძლიერ ბიძგს მრავალრიცხოვანი მუ-ტაციისაკენ.

მუტაგენების ერთ-ერთ ყველაზე საშიშ სახეს წარმოადგენს ვირუ-სები (ლათ: *virus* – მხამი). ვირუსები – ესაა უმცირესი ცოცხალი არსე-ბები. მათ არ გააჩნიათ უჯრედოვანი აგებულება, არ გააჩნიათ ცილების სინთეზის უნარი, ამიტომ იღებენ სიცოცხლისათვის აუცილებელ ნივთი-

ერებებს, აღწევენ რა ცოცხალ უჯრედში და იყენებენ უცხო ორგანულ ნივთიერებებსა და ენერგიას, ადამიანში ვირუსები იწვევენ მრავალ დაავადებებს.

თუმცა მუტაცია – მთავარი დამკვეთი ევოლუციური მატერიისა, ისინი მიეკუთვნებიან შემთხვევით ცვლილებებს, რომლებიც ექვემდებარებიან ჭეშმარიტ ან სტატისტიკურ კანონებს. ამიტომ ისინი ვერ წარმოადგენენ ევოლუციის პროცესის განმსაზღვრელ ფაქტორებს. ზოგიერთი მეცნიერი განიხილავს მუტაციურ პროცესს ისეთი ფაქტორის სახით, ივიწყებენ ამასთან, რომ ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია ვალიართ აბსოლუტურად ყველა წარმოშობილი შემთხვევითი ცვლილების საწყისი სარგებლობა და გამოყენება, რაც ეწინააღმდეგება დაკვირვებებსა და სელექციაში ექსპერიმენტებს. სინამდვილეში, გარდა გადარჩევისა – ბუნებრივი ან ხელოვნური – არ არსებობს არავითარი სხვა საშუალება მემკვიდრეობითი ცვალებადობის რეგულირებისათვის. მხოლოდ შემთხვევითი ცვალებადობა, რომელიც აღმოჩნდება სასარგებლო გარემოს განსაზღვრულ პირობებში, გადაირჩევიან ბუნებაში ან ხელოვნურად ადამიანის მიერ შემდგომი ევოლუციისათვის.

ამ გამოკვლევათა საფუძველზე შეიქმნა ნეიტრალური მუტაციების თეორია. ამ თეორიის თანახმად ცილის მასინთეზირებული აპარატის ფუნქციებში ცვლილებების წარმოადგენენ შემთხვევითი, ნეიტრალური მუტაციების შედეგს. მათი როლია 1940 წლებში უკვე ცნობილი გენეტიკური დრეიფის პროვოცირება – პოპულაციებში გენების სიხშირის ცვლილება სრულიად შემთხვევითი ფაქტორების მოქმედებით. ამის საფუძველზე შეიქმნა არადარვინისეული ევოლუციის ნეიტრალური კონცეფცია, რომლის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გენეტიკურ-მოლეკულურ დონეზე ბუნებრივი გადარჩევა არ მუშაობს. ეს კი ნიშნავს, რომ ცვალებადობა ამ დონეზე არ წარმოადგენს ევოლუციის ფაქტორს. თუმცა ეს წარმოადგენები არ წარმოადგენენ აღიარებულს ბიოლოგებს შორის. ცხადია, რომ ბუნებრივი გადარჩევის მოქმედების უშუალო არენას წარმოადგენს ფენოტიპი ე.ი. ცოცხალი ორგანიზმი, ცოცხალის ორგანიზაციის ონტოგენეტიკური დონე.

ამ მონაცემთა დიდი ნაწილი მიღებულ იქნა უკანასკნელ ათწლეულში, მაგრამ გენეტიკის საფუძვლებმა უჩვენა მათი დამატებების აუცილებლობა დარვინის ევოლუციის ახსნისათვის დარვინისზმის გაერთიანება გენეტიკასთან დაიწყო ამ ათასწლეულის 20-იან წლებში და საფუძვე-

ლი დაედო ბიოლოგიაში განვითარების იდეის დაყენების მე-5 ეტაპს. ამ მიმართულებათა გაერთიანება გახდა საფუძველი თანამედროვე დარვინიზმისა, ან ევოლუციის სინთეზური თეორიის.

### 8.3. ევოლუციის სინთეზური თეორია

ევოლუციის ძირითადი ფაქტორების განხილვისას, დავრწმუნდით, რომ დარვინის პირველდაწყებითი ევოლუციის თეორიამ შემდეგში განიცადა მნიშვნელოვანი დაზუსტება, დამატება და შესწორება. გენეტიკამ მიგვიყვანა ევოლუციის ახალ წარმოდგენებამდე, რომელმაც მიიღო ნეოდარვინიზმის სახელწოდება, რომელიც შეიძლება განესაზღვროთ, როგორც ორგანული ევოლუციის თეორია გენეტიკურად დეტერმინირებულ ნიშან-თვისებათა ბუნებრივი გადარჩევის გზით. სხვა საყოველთაოდ აღიარებული სახელწოდება ნეოდარვინიზმისა არის სინთეტიკური ანუ ევოლუციის ზოგადი თეორია. მასში ევოლუციის ელემენტარულ ერთეულს წარმოადგენს პოპულაცია, რადგანაც სწორედ მის საზღვრებში მიმდინარეობს გენოფონდის მემკვიდრეობითი ცვლილებები. გარდა ამისა, ევოლუციის მექანიზმი განიხილება, როგორც ორი ნაწილისაგან შემდგარი შემთხვევითი მუტაციები გენეტიკურ ღონეზე და გარემოსთან უკეთ შეგუებული მუტაციების მემკვიდრეობა, რადგანაც მათი მატარებელნი გადარჩებიან და ტოვებენ შთამომავლობას.

1926 წ. ს.ს. ჩეტვერნიკოვის მიერ შექმნილი პოპულაციათა გენეტიკა საფუძვლად დაედო ამ თეორიის შექმნას. მისი მუშაობიდან ნათელი გახდა, რომ გადარჩევას ექვემდებარება არა ცალკეული ნიშნები და ცალკეული არსებები, არამედ მთელი პოპულაციის გენოტიპი. ცალკეულ არსებათა ფენოტიპურ ნიშანთა გადარჩევით ხორციელდება პოპულაციის გენოტიპების გადარჩევა, რომელსაც მივყავართ სასარგებლო ცვლილებების გავრცელებისაკენ. შემდეგში, ახალი თეორიის შექმნაში ჩაერთო ≈ 50 მეცნიერი 8 ქვეყნიდან და სწორედ მათი ერთობლივი შრომით შეიქმნა ევოლუციის სინთეზური თეორია.

ევოლუციის სინთეზური თეორია სტრუქტურულად შედგება მაკრო და მიკროევოლუციათა თეორიებისაგან. მიკროევოლუციის თეორია შეისწავლის პოპულაციის გენეტიკურ-ეკოლოგიურ სტრუქტურათა შეუქცევად გარდაქმნას, რომელთაც შეიძლება მიგვიყვანოს ახალი სახეობის



ფორმირებისაკენ. რეალურად სახეობა არსებობს პოპულაციის სახით. სწორედ პოპულაცია არის ევოლუციის ელემენტალური ერთეული.

მიკროევოლუციის თეორია შეისწავლის ზესახეობრივი ტაქსონების წარმოშობას (ოჯახი, რიგი, კლასი, და ა.შ.), დედამიწაზე მთლიანად სიცოცხლისგანვითარების მიმართულებებსა და კანონზომიერებებს, რომელიც ჩაირთავს სიცოცხლის წარმოშობასა და ადამიანის, როგორც ბიოლოგიური სახის წარმოშობას.

ცვლილებები, რომლებიც შეისწავლება მიკროევოლუციის ჩარჩოებში, მისაწვდომია დაკვირვებისათვის, მაშინ როდესაც მაკროევოლუცია მიმდინარეობს ხანგრძლივი ისტორიული პერიოდის განმავლობაში, მაგრამ საბოლოოდ მაკრო და მიკროევოლუცია მიმდინარეობენ გარემოში ცვლილებების ზემოქმედებით.

დღეისათვის ბიოლოგების მიერ, რომლებიც შეისწავლიან მიკრო და მაკროევოლუციას, დაგროვდა საკმარისი მასალები, რომლებიც შეიძლება სისტემაში მოვიყვანოთ, როგორც ევოლუციის სინთეზური თეორიის ძირითადი დებულებების სახით:

1) ევოლუციის მთავარი მამოძრავებელი ფაქტორია ბუნებრივი გადარჩევა, როგორც არსებობისათვის ბრძოლის კონკრეტული დამოკიდებულების შედეგი, არსებობისათვის ბრძოლა ყველაზე მძაფრია სახეობის ან პოპულაციის შიგნით. სახეობათა წარმოქმნის ფაქტორებია აგრეთვე მუტაციური პროცესი (სხვადასხვა ტიპის მუტაცია) ბუნების დრეიფი (გენეტიკურ-ავტომატიური პროცესები) და იზოლაციის სხვადასხვა ფორმები;

2) ევოლუცია მიმდინარეობს დივერგენტულად, მუდმივად პატარა შემთხვევითი მუტაციების გადარჩევით ახალი ფორმები შეიძლება წარმოიშვან მსხვილი მემკვიდრეობითი ცვალებადობის შედეგად. მასი სიცოცხლისუნარიანობა ასევე განისაზღვრება გადარჩევით.

3) ევოლუციური ცვლილებები შემთხვევითია და არამიმართული. ევოლუციის გამოსავალი მასალა არის სხვადასხვა ტიპის მუტაციები. პოპულაციის გამოსავალი ორგანიზაცია და გარემოს პირობების თანდათანობითი ცვლილებები შეზღუდავენ მემკვიდრეობით ცვალებადობას არაორგანული პროგრესის მიმართულებით.

4) მაკროევოლუცია, რომელსაც მიყვავართ ზესახეობრივი ჯგუფების ორგანიზაციისაკენ, ზორციელდება მიკროევოლუციის პროცესების შედეგად და სიცოცხლის რაიმე ახალი ფორმების აღმოცენებისათვის განსაკუთრებული მექანიზმები არ გააჩნიათ.

ნ.ვ. ტიმოფეევ – რესოვსკიმ ევოლუციის ელემენტარულ მოვლენათა და ფაქტორთა მდგომარეობა ასე დაახასიათა:

- 1) პოპულაცია – ელემენტარული ევოლუციის სტრუქტურა;
- 2) პოპულაციის გენოტიპური შემადგენლობის ცვლილება – ელემენტარული ევოლუციური მოვლენა;
- 3) პოპულაციის ბენოფონდი – ელემენტარული ევოლუციური მასალა;

4) ელემენტარული ევოლუციური ფაქტორები – მუტაციური პროცესი, „სიცოცხლის ტალღები“, იზოლაცია, ბუნებრივი გადარჩევა.

აღმოჩნდა, რომ პოპულაციას ელემენტარული სტრუქტურის სახით უნდა ჰქონდეს უნარი იცვლებოდეს დროის მიხედვით და ბუნებრივ პირობებში რეალურად უნდა არსებობდეს. მაშინ მისი განსაზღვრება ასეთია: პოპულაცია – ეს არის მოცემული სახეობის ინდივიდთა ერთობლიობა, რომელსაც სახეობის შიგნით უკავია განსაზღვრული ტერიტორია, თავისუფლად ეჯვარებიან ერთმანეთს და ნაწილობრივ მთლიანად იზოლირებულნი არიან სხვა პოპულაციებისაგან.

თავის მხრივ, ელემენტარულ ევოლუციურ მოვლენად თვლიან პოპულაციათა მემკვიდრეობით ცვლილებებს, სპონტანური მუტაციების შედეგად, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა გენოტიპებს ჰეტეროგენურ ნარევს. ეს ცვლილებები იმითაა საყურადღებო, რაც უფრო ინტენსიური და ხანგრძლივია ფაქტორთა ზემოქმედება, რომლებიც მათ იწვევენ. შედეგად ხდება გენოფონდის ცვლილება, ან პოპულაციის გენოტიპური შემადგენლობის შეცვლა.

კიდევ ერთი მოთხოვნა პოპულაციებისადმი, რმლებიც გამოდიან ევოლუციის ერთეულის სახით – ტრანსფორმირების უნარი ელემენტარულ ევოლუციურ მასალაში. ეს ზორციელდება შემდეგი პირობების დროს: 1) ყველა არსებას, რომლებიც შეადგენენ პოპულაციას, უნდა ახასიათებლეთ მატერიალური ერთეულების მემკვიდრეობითი ცვლილებები; 2) ეს ცვლილებების უნდა შეეზოს არსებათა ყველა თვისებას და გამოიწვიოს მათი გადახრა ამოსავალიდან; 3) ისინი უნდა შეეზონ არსებათა ბიოლოგიურად მნიშვნელოვან თვისებებს; 4) ეს ცვლილებები პოპულაციებისათვის უნდა იყოს მკვეთრად გამოხატული, რომლებიც არსებობენ ბუნებრივ პირობებში; 5) ასეთი ცვლილებების ნაწილი უნდა „გამოდიოდეს“ ევოლუციის ისტორიულ არენაზე და მონაწილეობდეს დაბალი რანგის ტაქსონების წარმოქმნაში; 6) შეეჯარებადი ტაქსონები

უნდა განსხვავდებოდნენ მემკვიდრეობითი ცვალებადობის ელემენტარული ერთეულების ნაკრებითა და კომბინაციებით.

ევოლუციის სინთეზური თეორიის პოსტულატის თანახმად, ელემენტარული ევოლუციური მასალის მოთხოვნილებას აკმაყოფილებს განსხვავებული სახის მუტაციების. მათ რიცხვს მიეკუთვნებიან: გენური, ქრომოსომული, გენომუტიციები. იმისათვის, რომ მუტაციები ემსახურებიან ევოლუციას, ამისათვის საჭიროა: მუტაციათა აღმოცენების საკმაო სიხშირე, სიმკვრივე მუტაციური ნიშნების გამოვლენაში და ამ ნიშნების მკვეთრად გამოხატულ ბიოლოგიური მნიშვნელობა, გენეტიკური განსხვავება ბუნებრივ ტაქსონთა შორის.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია ე.წ. ელემენტარულ ევოლუციური ფაქტორები, რომლებიც ზემოქმედებენ კონკრეტული პოპულაციის გენთა რაოდენობრივ თანაფარდობაზე. ასეთი ფაქტორები უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნილებებს: 1) უნდა იყოს ელემენტარული ევოლუციური მასალის მიმწოდებელი, რომელიც აუცილებელია ელემენტარული ევოლუციური მოვლენის მართვისათვის – პოპულაციის გენოტიპური შემადგენლობის ცვლილება; 2) გამოსავალი პოპულაციის დაყოფა 2 ან რამოდენიმე ნაწილად, რომლებიც გაყოფილნი არიან სხვადასხვა იზოლაციური ბარიერით; 3) შიგაპოპულაციური ბარიერის შექმნა; 4) ადაპტაციური ცვლილებების გამოწვევა.

პირველი ფაქტორი, რომელიც აკმაყოფილებს ზემოთ დასახელებულ მოთხოვნილებებს ესაა მუტაციური პროცესი, რომელიც ერთდროულად არის ელემენტარული ევოლუციური მასალის მიმწოდებელიც. მაგრამ თვითონ ეს ფაქტორი ვერ ახდენს მიმართულ ზემოქმედების ევოლუციურ პროცესზე. ამისათვის საჭიროა მეორე ფაქტორი – პოპულაციური ტალღები ანუ „სიცოცხლის ტალღები“ – რაოდენობრივი მერყეობა პოპულაციათა რიცხობრიობაში, სხვადასხვა მიზეზების ზემოქმედების – სეზონური პერიოდულობა, კლიმატური, ბუნებრივი კატასტროფულიდა სხვა.

„სიცოცხლის ტალღების“ ევოლუციური როლი გამოვლინდა 2 სახით. პირველ რიგში, პოპულაციებში გენების სიხშირის ცვლილებამ, რომლებსაც მიყვავართ მემკვიდრეობითი ცვალებადობის შემცირებისაკენ. ამ პროცესს, ამერიკელმა გენეტიკოსმა ს. რაიტმა უწოდა „ბენდა დრეიფი“, ხოლო ნ.პ. დუბინინმა „გენეტიკურ-ავტომატური პროცესი“, რომელსაც ყოველთვის ადგილი აქვს პოპულაციის რიცხობრივობის

მკვეთრი შემცირებისას. გენოტიპურად მას თან ახლავს ჰომოზიგოტურობის გაზრდა, რაც დაკავშირებულია ახლონათესაური შეჯვარების რიცხვის გაზრდასთან. „სიცოცხლის ტალღის“ სხვა გამოვლინება ემთხვევა სხვადასხვა მუტაციათა კონცენტრაციაში ცვლილებას. ასევე გენოტიპთა სხვადასხვა გვარობის შმცირებას, რმელსაც შეიცავს პოპულაცია. ამან კი თავის მხრივ შეიძლება მიგვიყვანოს გადარჩევის მიმართულებისა და ინტენსივობის შეცვლასთან.

მესამე ელემენტარული ევოლუციური ფაქტორი – ესაა იზოლაცია თავისუფალი შეჯვარების დარღვევისას, იზოლაცია ამაგრებს როგორც შემთხვევით, ასევე გადარჩევის ზემოქმედებით მიღებულ განსხვავებას ნაკრებში და პოპულაციას იზოლირებულ ნაწილში გენოტიპთა რიცხვს. ანასხვავებენ იზოლაციის ორ ტიპს: ტერიტორიულ-მექანიკურს, ანუ სივრცობრივ-გეოგრაფიულს და ბიოლოგიურ ანუ რეპროდუქციულს. პირველის არსი ნათელია სახელწოდებიდან, ბიოლოგიურ იზოლაციას გააჩნიათ ფორმა ეთიოლოგიური (განსხვავება ინდივიდთა ქცევაში), ეკოლოგიური (განსხვავება საარსებო გარემოში), სეზუნური (განსხვავება გამრავლების ვადებში), მორფოლოგიური (განსხვავება ზომაში, სტრუქტურაში, როგორც მთლიანი ორგანიზმის სხეულის, ასევე მის ცალკეულ ორგანოებში), გენეტიკური (განსხვავება მემკვიდრეობით აპარატში, რომელიც იწვევს სასქესო უჯრებედის შეუთავსებლობას). იზოლაციის საერთო შედეგია 2 პოპულაციის დამოუკიდებელი გენოფონდების აღმოცენება, რომლებიც ჯამში შეიძლება ტრანფორმირდნენ დამოუკიდებელ სახეობებში.

მეოთხე ელემენტარული ევოლუციური ფაქტორია – ბუნებრივი გადარჩევა. მისი გენეტიკური არსი – პოპულაციუში განსაზღვრული გენოტიპების დიფერენცირებული (არაშემთხვევითი) შენახვა და მათი არჩევითი მონაწილეობა მომდევნო თაობაში გენების გადაცემაში. ამ მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ბუნებრივი გადარჩევა ზემოქმედება არა მარტო ცალკეულ ფენოტიპურ ნიშნებზე, არა ცალკეულ გენზე, ე.ი. მოლეკულურ-გენეტიკურ სისტემაზე. მისი როლი დიდია ფენოტიპურ დონეზე ე.ი. მთლიანი ცოცხალი სისტემის ორგანიზმის დონეზე, რომელიც ფორმირებულია გენოტიპთან ურთიერთქმედების შედეგად, რომელსაც გააჩნია რეაქციის განსაზღვრული ნორმა.

დღეისათვის ცნობილია გადარჩევის სამი ფორმა. ესაა მამოძრავებელი გადარჩევა, რომლის დროსაც ახალი მუტაციების ან უკვე არსებუ-

ლი გენოტიპების რეკომბინაციების შედეგად ან პოპულაციაში საარსებო გარემოს შეცვლისას წარმოიშობიან ახალი გენოტიპები. მაშინ შეიძლება წარმოიშვას გადარჩევის ახალი ვექტორი ან მიმართულება. ასეთი გადარჩევის კონტროლის ქვეშ პოპულაციის გენოფონდი იცვლება, როგორც ერთი მთლიანი ე.ი. არ არის შეიღვეული ფორმების დივერგენცია.

გადარჩევის მეორე სახემ მიიღო მასტაბილიზირებელი გადარჩევის სახელწოდება. მისი როლი იმაშია, რომ კონკრეტულ პირობებში, სხვადასხვა გენოტიპთა საფუძველზე პოპულაციაში დგება ამ პირობებისათვის ოპტიმალური ფენოტიპი. ასეთი პირობების ხანგრძლივი შეუთცვლელობისას მასტაბილიზირებელი გადარჩევა თითქოსდა იცავს არსებულ მდგარად ფენოტიპს ნებისმიერი ფენოტიპური ცვალებადობის ზეგავლენისას.

გადარჩევის მესამე ფორმაა დიზრუპტიული გადარჩევა. მისი როლი იმაშია, რომ პოპულაციის შიგნით შეიძლება წარმოიქმნას მკვეთრად განსხვავებული ფორმები. ასეთ პოპულაციებს შორის შეჯვარების შესაძლებლობათა შემცირებისას. მაგალითად: იზოლაციის პირობებში შეიძლება წარმოიქმნას მათი შემდგომი დაცილება ახალი სახეობების წარმოქმნამდე.

ევოლუციის სინთეზური თეორია არ წარმოადგენს გაყინულ კონცეფციას. მას გააჩნია მრავალი სიმნელები, რომელსაც ეფუძნება არადარვინისეული ევოლუციური კონცეფციები, როგორც უკვე ზემოთ ხსენებულნი და ასევე არც თუ დიდი ხნის წინათ აღმოცენებული მაგალითად პუნქტუალიზმი. ამ კონცეფციის მომხრეები თვლიან, რომ ევოლუციის პროცესი მიდის იშვიათი და სწრაფი ნახტომით, ხოლო 99%-ში სახეობათა არსებობის სტაბილურ მდგომარეობაში (სტაზისში). ზოგჯერ ახალი სახეობისაკენ ნახტომი შეიძლება დამთავრდეს ერთი ან რამოდენიმე თაობის განმავლობაში და პოპულაციაში, რომელიც შედგება მხოლოდ ათეული არსებისაგან.

ეს ჰიპოთეზა ემყარება ფართო გენტიკურ ბაზას, რომელსაც საფუძვლად უდევს რიგი ფუნდამენტალური აღმოჩენები მოლეკულურ გენეტიკაში და ბიოქიმიაში.

პუნქტუალიზმა უარყო სახეობათა წარმოქმნის გენეტიკურ-პოპულაციური მოდელი, დარვინის იდეა იმაშია, რომ სახესხვაობა და ქვესახეობები წარმოადგენენ აღმოცენებად სახეობებს, მან შეაჩერა, თავისი ყურადღება არსების მოლეკულურ გენეტიკაზე, როგორც სახეობის ყველა თვისების მატარებელზე.

ამ კონცეფციის ღირსება მიკრო და მაკროევოლუციის იდეის განზოგადებაშია.

შესაძლებელია, მომავალში ევოლუციის სინთეზური თეორია და არადარვინისეული ევოლუციის კონცეფციები ავსებენ ერთმანეთს, ერთიანდებიან ახალ ერთიან სიცოცხლის თეორიაში.

## თავი 9.

### 9.1. ადამიანი, ბიოსფერო და კოსმოსი

დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის საკითხის განხილვისას, ჩვენ მოკლედ შევეხეთ ბიოსფეროს, ცოცხალ ნივთიერებებს და მის ბიოგეოქიმიურ ფუნქციებს, რომლებიც აღმოაჩინა ვ.ი. ვერნადსკის. ეს თავი ვარაუდობს ამ საკითხების უფრო დეტალურ შესწავლას.

მრავალი ასეული წლის განმავლობაში ადამიანის ზემოქმედება გარემოსთან, ბიოსფეროში არ იწყებდა შესამჩნევ ცვლილებებს, მაგრამ მთელი ამ დროის განმავლობაში მიმდინარეობდა ცოდნისა და ძალის დაგროვება. თანდათანობით, იყენებდა რა თავის ინტელექტუალურ უპირატესობას ცოცხალის სამყაროს დანარჩენ წარმომადგენლებზე, ადამიანმა მოიცივა თავისი მოღვაწეობით პლანეტის მთელი უმაღლესი გარსი — მთელი ბიოსფერო. ამ საქმიანობამ მიგვიყვანა ცხოველთა მოშინაურებისაკენ და კულტურულ მცენარეთა გამოყვანისაკენ. ადამიანმა დაიწყო თავისი გარემომცველი სამყაროს შეცვლა და შექმნა თავისთვის ახალი, არასოდეს არ არსებული ცოცხალი ბუნება.

ადამიანის შრომის ზემოქმედებით, კაცობრიობის წარმოშობის მომენტიდან დაიწყო და მზარდი ტემპით გრძელდება ბიოსფეროს სახეობათა ცვლილების პროცესი და მისი გადასვლა ახალ ხარისხობრივ მდგომარეობაში. ბუნებისმეტყველებაში ცნობილია უფრო ადრეული გადასვლები ბიოსფეროსი ახალ ხარისხობრივ მდგომარეობაში, რომელსაც თან ახლავს თითქმის მთლიანად მისი გარდაქმნა. მაგრამ მოცემული გადასვლა წარმოადგენს თავის მხრივ რაღაც განსაკუთრებულს, არაფერთან არ შედარებულ მოვლენას.

თანამედროვე მეცნიერული მსოფლმხედველობაში, ბიოსფეროს გაგება იკავებს მნიშვნელოვან ადგილს მრავალ მეცნიერებაში. ბიოსფეროს შესახებ სწავლების შემუშავება დაკავშირებულია ვ.ი. ვერნადსკის სახელთან. თუმცა გააჩნია ძალიან ხანგრძლივი წინა ისტორია, რომელიც იწყება ე.ბ. ლამარკის წიგნით „ჰიდროგეოლოგია“ (1802), რომელშიც არის ერთ-ერთი პირველი დამკვიდრება იდეისა ცოცხალი ორგანიზმების გეოლოგიურ პროცესებზე ზემოქმედების შესახებ. შემდეგ იყო გრანდიოზული მრავალტომიანი შრომა ა. გუმბოლტის „კოსმოსი“ (I წიგნი გამოვიდა 1845 წელს), რომელშიც თავმოყრილი იქნა მრავალი ფაქტი, რომლებიც ამტკიცებდნენ თეზისს ცოცხალი ორგანიზმების ზემოქმედე-

ბისა იმ დედამიწის გარემოსთან, რომლებშიც ისინი შეიჭრებიან. თვითონ ტერმინი „ბიოსფერო“ პირველად მეცნიერებაში შემოტანილი იქნა გერმანელი გეოლოგისა და პალეონტოლოგის ედუარდ ზუსეს მიერ, რომელმაც მის ქვეშ გულისხმობდა დამოუკიდებელ სფეროს, რომელშიც დედამიწაზე არსებობს სიცოცხლე. მან მოგვცა ბიოსფეროს განსაზღვრება, როგორც ორგანიზმთა ერთობლიობა, რომელიც შემოსაზღვრულია სივრცეში და დროში და დასაზღვრულია დედამიწის ზედაპირზე.

მაგრამ ბიოსფეროს გეოლოგიურ როლზე, მის დამოკიდებულებაზე დედამიწის პლანეტარულ ფაქტორებთან ჯერ არაფერი იყო ნათქვამი. პირველი იდეა ცოცხალი ნივთიერებების გეოლოგიურ ფუნქციებზე, წარმოდგენები მთელი ორგანული სამყაროს ერთიანობაზე, როგორც განუყოფელ მთლიანზე გამოთქვა ვ.ი. ვერნადსკიმ. მისი კონცეფცია ეწყობოდა თანდათანობით, პირველი სტუდენტური სამუშაოდან „სტეპის ნიადაგის შეცვლა მღრღნელების მიერ“ (1884) „ცოცხალი ნივთიერებებისაკენ“, „ბიოსფეროსაკენ“ (1926), „ბიოგეოქიმიური ანარელისაკენ“ (1940) აგრეთვე „დედამიწის ბიოსფეროს ქიმიური აგებულება“ და „ნატურალისტის ფილოსოფიური აზრი“, რომლებზეც ის მუშაობდა თავისი სიცოცხლის უკანასკნელ ათწლეულებში.

ცოცხალ ნივთიერებას, როგორც პლანეტის ყველა ცოცხალ ორგანიზმების ერთიანობის ცნების შემოტანით, ვერნადსკი გამოვიდა სიცოცხლისა და ცოცხალის ბიოსფერულის ანალიზის ახალ ხარისხობრივ დონეზე. ამან შესაძლებლობა მოგვცა გავიგოთ სიცოცხლე, როგორც ჩვენი პლანეტის მაგიური გეოლოგიური ძალა, რომელიც აყალიბებს დედამიწის იერსახეს. ცოცხალი ნივთიერება ფუნქციონალურ ასპექტში იყო ის რგოლი, რომელიც აერთიანებდა ქიმიური ელემენტების ისტორიას ბიოსფეროს ევოლუციასთან. ამ გაგების შემოტანა ასევე საშუალებას იძლეოდა დაგვეყენებინა და გადაგვეწყვიტა საკითხი ცოცხალი ნივთიერების გეოლოგიური აქტივობის მექანიზმების შესახებ.

ცოცხალი ნივთიერებების გეოლოგიური როლი ეფუძნება მის გეოქიმიურ ფუნქციებს, რომელთაც თანამედროვე მეცნიერება ყოფს 5 კატეგორიად: ენერგეტიკული, კონცენტრაციული, დესტრუქციული, გარემოს წარმომქნელი, ტრანსპორტული. ისინი ეფუძნებიან იმას, რომ ცოცხალი ორგანიზმები თავისი სუნთქვით, თავისი კვებით, მეტაბოლიზმით, შთამომავლობის უწყვეტი ცვლით წარმოშობს გრანდიოზულ პლანეტალურ მოვლენას – ქიმიური ელემენტების მიგრაციას ბიოსფეროში. ამან განა-



პირობა ცოცხალი ნივთიერებისა და ბიოსფეროს გადამწყვეტი როლი, დედამიწის თანამედროვე იერსახის – მისი ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ლითოსფეროს მიღებაში.

*გეოსფეროს* ასეთი გრანდიოზული გარდაქმნები საჭიროებენ ენერჯის უდიდეს ხარჯვას. მის წყაროდ ითვლება ბიოსფეროს ცოცხალი ნივთიერების ბიოგეოქიმიური ენერგია, აღმოჩენილი ვერნადსკის მიერ.

*ბიოსფერო* – ესაა პლანეტის ცოცხალი ნივთიერება, ამრიგად, ესაა არა ბიოლოგიური, გეოლოგიური ან გეოგრაფიული გაგება. ესაა ბიოგეოქიმიის ფუნდამენტალური გაგება, ჩვენი პლანეტის ორგანიზმების ერთ-ერთი ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტი და დედამიწის ახლო კოსმოსური სივრცე, სფერო, რომელშიც ხორციელდება ბიოენერგეტიკული პროცესები და ნივთიერებათა ცვლა.

ბიოსფეროს ფენა, რომელიც გარს აკრავს დედამიწას, ძალიან თხელია. დღეისათვის თვლიან, რომ ატმოსფეროში მიკრობული სიცოცხლე არის დედამიწის ზედაპირიდან 20-22 კმ-ის სიმაღლემდე, ხოლო სიცოცხლე ღრმა ოკეანეების ღრმულებში სწევს ამ საღზერის ზღვის დონეზე 8-11 კმ-მდე დაბლა. დედამიწის ქერქში სიცოცხლის გარმაკება ბევრად მცირეა და მიკროორგანიზმები ნაპოვნია ღრმა წყლების ფენებში 2-3 კმ-ზე. ამგვარად, თხელი ფენა ფარავს მთელს დედამიწას, არ ტოვებს ჩვენს პლანეტაზე არც ერთ ადგილს (უდაბნოებისა და არქტიკის და ანტარქტიკის ყინულოვან სივრცეებს), სადაც კი არ იყოს სიცოცხლე. ცხადია, ცოცხალი ნივთიერებების რაოდენობა განლაგებულია ლითოსფეროს ზედა შრეებში (ნიადაგი) ჰიდროსფეროსა და ატმოსფეროს ქვედა შრეებში – დედამიწის ქერქში, ოკეანეში. მაღლა ატმოსფეროში ცოცხალი ორგანიზმების რაოდენობა მცირდება, მაგრამ არ არის მკვეთრი საზღვარი ბიოსფეროსა და მის გარემომცველ დედამიწის გარსებს შორის. უპირველეს ყოვლისა არ არის ასეთი საზღვარი ატმოსფეროში, რომელიც შექმნიდა ბიოსფეროს დახურულს ყველა კოსმოსური გამოსხივებისათვის, ასევე მზის ენერჯიისათვის. ამრიგად, ბიოსფერო ღიაა კოსმოსისათვის, ცურავს კოსმიური ენერჯიის ნაკადში. გადაამუშავებს რა ამ ენერჯიას, ცოცხალი ნივთიერება გარდაქმნის ჩვენს პლანეტას. თვით ბიოსფეროს წარმოქმნა, მათ რიცხვში დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობა, არის ამ კოსმოსური ძალების მოქმედების შედეგი, ბიოსფეროს ფუნქციონირების უმთავრესი ფაქტორი.

კოსმოსური გამოხივება და უპირველეს ყოვლისა, მზის ენერგია ახდენენ ზემოქმედებას დედამიწის ყველა მოვლენაზე. პელიობიოლოგიის

ფუძემდებელი ა.ლ. ჩიქევსკი განსაკუთრებით შეისწავლიდა დედამიწა-მზის კავშირებს. ის აღნიშნავდა, რომ ყველაზე სხვადასხვაგვარი და სხვადასხვა თვისებების მქონე მოვლენები დედამიწაზე, დედამიწის ქერქის ქიმიური გარდაქმნები, თვით პლანეტის ღინამიკა და მისი შემადგენელი ნაწილები: ატმოსფერო და ლითოსფერო – მიმდინარეობენ მზის უშუალო ზემოქმედებით. მზე არის ენერჯის ძირითადი წყარო (კოსმოსური გამოხივებისა და რადიოაქტიური გამოსხივების გვერდით), აგრეთვე დედამიწაზე ყველაფრის მიზეზი არის მზე – მსუბუქი სიოდან ქარიშხალამდე და ადამიანის გონიერ მოქმედებამდე.

მზის აქტივობის ციკლებს და პროცესებს შორის კავშირი ბიოსფეროში შენიშნული იყო ჯერ კიდევ XVIII საუკუნეში. მაშინ ინგლისელმა ასტრონომმა ვ. გერშელმა ყურადღება გაამახვილა კავშირზე ხორბლის მოსავალსა და მზის ლაქათა რიცხვს შორის. XIX საუკუნის ბოლოს ოდესის უნივერსიტეტის პროფესორმა ფ.ნ. შვედოვმა, რომელმაც შეისწავლა ასწლიანი აკაციის ვარჯის ჭრილი, აღმოაჩინა, რომ წლიური რგოლების სისქე იცვლება ყოველ 11 წელს, თითქოსდა იმეორებს მზის აქტივობას ციკლურობას.

წინამორბედების გამოცდილებათა განზოგადებით, ა.ლ. ჩიქევსკიმ გამოიყვანა ამ ემპირიული მონაცემებით მტკიცე სამეცნიერო ბაზა. ის თვლიდა, რომ მზე კარნახობს დედამიწაზე უმრავლესობა ბიოლოგიური პროცესების რიტმს. როდესაც მასზე წარმოიქმნება ლაქები, წარმოიშობიან ქრომოსფერული აფეთქებები და ძლიერდება გვირგვინის სიკაშკაშე, ჩვენს პლანეტაზე ჩნდება ეპიდემიები, ძლიერდება ხეების ზრდა, განსაკუთრებით ძლიერ მრავლდებიან სოფლის მეურნეობის მავნებლები და მიკროორგანიზმები სხვადასხვა დაავადებათა აღმძვრელები.

განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ჩიქევსკის მტკიცება, რომ მზე არსებითად ზემოქმედებს არა მარტო ბიოლოგიურ, დედამიწის სოციალურ პროცესებზე. სოციალური კონფლიქტები (ომები, ბუნტი, რევოლუცია), ჩიქევსკის მტკიცებით, ბევრი განისაზღვრება ჩვენი ნათელი ქცევითა და აქტივობით. მინიმალური მზის აქტივობისას მიმდინარეობს საზოგადოებაში მასიური სოციალური აქტივობის გამოვლენის მინიმუმი (დაახლოებით 5%). მზის აქტივობის პიკისას მისი რიცხვი აღწევს 60%. ჩიქევსკის ეს დასკვნები მხოლოდ ამტკიცებენ კოსმოსისა და ადამიანის უწყვეტ ერთიანობას, მიუთითებენ მათ მჭიდრო ურთიერთქმედებაზე.

## 9.2. ადამიანი და კოსმოსი

ბიოსფეროს არსებობის გამოსავალი საფუძველი და მასში მიმდინარე ბიოგეოქიმიური პროცესები წარმოადგენს ჩვენი პლანეტის ასტრონომიულ მდგომარეობას, პირველ რიგში მის მანძილს მზიდან და დედამიწის ღერძის დახრიდან დედამიწის ორბიტის სიბრტყისაკენ. დედამიწის ასეთი სივრცობრივი განლაგება ძირითადად განსაზღვრავს კლიმატს პლანეტაზე, ხოლო უკანასკნელი თავის მხრივ – მასზე არსებული ორგანიზმების სასიცოცხლო ციკლებს. მზე წარმოადგენს ჩვენს პლანეტაზე ძირითად წყაროს ყველა გეოლოგიური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესებისას.

დღეისათვის მეცნიერთა ძირითადი ნაწილი ერთიანია იმ მოსაზრებაში, რომ ადამიანი და კაცობრიობა შეადგენენ ჩვენი პლანეტის ცოცხალი ნივთიერებების ნაწილს. ეს ნიშნავს, რომ ხალხი ითვისებს კოსმიური ენერჯიისა და მზის რადიაციის მომქედებას. ადამიანის ორგანიზმი, როგორც სხვა ცხოველების ორგანიზმები, ეგუებიან ბიოგეოსფეროს სისტემებს, უპირველესად დღე-ღამურსა და სეზონურს, რომლებიც დაკავშირებული არიან წელიწადის დროების ცვლასთან.

ადამიანში ნივთიერებათა ცვლა მიმდინარეობს მემკვიდრეობით, თაობიდან თაობაში ცირკადული (დღე-ღამური) რიტმით. დღეისათვის თვლიან, რომ დაახლოებით ორმოცი პროცენტი ადამიანის ორგანიზმში ექვემდებარება მკაცრ ცირკადულ რიტმებს. მაგალითად, ჯერ კიდევ 1931 წელს დადგენილი იქნა ადამიანის ღვიძლის ფუნქციონირების ციკლურობა. ადამიანებს, რომლებიც ეწევიან ნორმალურ ცხოვრების წესს და იკვებებიან დღეში 3-ჯერ, დღის პირველ ნახევარში ღვიძლი გამოყოფს მცირე რაოდენობით ნაღველს, რომელიც აუცილებელია ცილებისა და ცხიმების მონელებისათვის, მასში შენახული გლიკოგენის დახარჯვისათვის და მისი გარდაქმნისათვის მარტივ შაქრებად. ის გასცემს წყალს, წარმოქმნის მრავალ შარდოვანას და აგროვებს ცხიმებს. დღის მეორე ნახევარში ღვიძლი იწყებს შაქრის შეთვისებას, აგროვებს გლიკოგენსა და წყალს. მისი უჯრედების მოცულობა დიდდება 3-ჯერ.

დღე-ღამის განმავლობაში ციკლურად მერყეობს სისხლში ჰემოგლობინის შემცველობა. მისი მაქსიმუმია 11-13 საათი, ხოლო მინიმუმი – 16-18 საათს. დღე-ღამურ მერყეობას ექვემდებარება ასევე სისხლში კალიუმის, მაგნიუმის, ნატრიუმის, კალციუმის და რკინის შემცველობა.

ლამით მაღლდება მაგნიუმის მარილების რაოდენობა, ხოლო ტვინოვან სითხეში – კალიუმის მარილების რაოდენობა. ორივე ეს შენაერთი აქრობს ნერვ-კუნთოვან აგზნებულებას. დღე-ღამური გრაფიკით მუშაობს ასევე ვეგეტატიური ნერვული სისტემა. სტატისტიკა ამტკიცებს, რომ ასევე დაბადება და სიკვდილი უფრო ხშირად ხორციელდება დღეღამის ბნელ ნაწილში, შუაღამისას.

მთელი ცოცალი ბუნება მკვეთრად რეაგირებს გარემოს სეზონურ მერყეობაზე. ასევე მზის გამოსხივების ინტენსივობაზე – გაზაფხულზე ხეები იფოთლებიან, შემოდგომაზე ფოთლები ცვივა, ქრება ცვლის პროცესები, ბევრი ცხოველი მიეცემა ძილს და ა.შ. ადამიანიც არ არის გამონაკლისი. წლის განმავლობაში მას ეცვლება ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობა, ქსოვილების უჯრედული შემადგენლობა, ამასთან ეს მერყეობანი განსხვავდებიან სხვადასხვა კლიმატურ სარტყელში. ასე, სამხრეთ რაიონებში კემოგლობინის შემცველობა და ერითროციტების რაოდენობა, ასევე სისხლის მაქსიმალური და მინიმალური წნევა ცივ პერიოდში იზრდება 20 %-ით თბილ პერიოდთან შედარებით.

ჩრდილოეთის პირობები კემოგლობინის მაღალი პროცენტულობა ნაპოვნი იქნა ზაფხულის თვეებში, ხოლო მცირე – ზამთრისა და გაზაფხულის დასაწყისში.

მზის აქტივობის ციკლურობა ასევე ახდენს თავის ზემოქმედებას ადამიანის სიცოცხლის უნარიანობაზე. ასე, მაგალთიად, დამუშავებული იქნა მასალა ფეთქებადი შემობრუნებული ტიფის შესახებ. ევროპულ რუსეთში 1883 წლიდან 1917 წლამდე, ასევე ქოლერის შესახებ 1823-დან 1923 წლამდე და ჩიქეესკი მივიდა დასკვნამდე, რომ ეს მიწიერი მოვლენები დგება სინქრონულად ცვლილებებისა, რომლებიც ხორციელდებიან სხვადასხვა მზიურ სფეროებში. მათ მიერ შექმნილ გრაფიკზე დაყრდნობით, ის ჯერ კიდევ 1930 წლებში აღნიშნავდა, რომ 1960-1962 წლებში განხორციელდებოდა ქოლერის აფეთქება, რაც სინამდვილეში მოხდა სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიის ქვეყნებში.

ის, რომ მზის აქტივობის მდგომარეობა სულერთი არ არის დედამიწაზე სიცოცხლისათვის, გვიჩვენებს 1968 წელში ჭლეკით დაავადების რიცხვისა და 1957 უცაბედად წარმოშობილი დაავადებათა ტულებერიისა და მარწუხისებური ენცეფალიტის რიცხვის გაზრდის შესახებ (მიუხედავად იმისა, რომ ჩატარებული იყო და მიმიდინარეობდა მოსახლეობის ვაკცინაცია). აქ ჩვენ აღმოვაჩინეთ ნათელი ურთიერთკავშირი ადამიანი-

სა მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროსთან, რომელშიც ყველა სასიცოცხლო ციკლები: დაავადება, მასიური გადაადგილება, ტუპუმწოვართა ვირუსების და ა.შ. პერიოდული მშფოთვარე გამრავლება – მიმდინარეობს სინქრონულად მზის აქტივობის თერთმეტწლიანი ციკლებით, როგორც მონაცველობა ჭექა-ქუხილიანი და მშვიდი საზაფხულო ამინდის, მცენარეული მასის დიდი და მცირე წარმოება და ა.შ.

ჰემატოლოგები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ მზის მაქსიმალური აქტივობის წლებში, ზრდასრულ ადამიანებში სისხლის შედედება მატულობს 2-ჯერ და ისე როგორც კომპენსაციური მოქმედება, კერძოდ სისხლის უნარი არ შედედდეს გულ-სისხლძარღვთა დაავადებებში დათრგუნულია, ხოლო მზის ლაქების გაღივებისას ხშირდება ინფექტები, ინსულდები.

მოყვანილი ფაქტები საშუალებას გვაძლევენ, ვისაუბროთ კოსმოსის გავლენაზე ცალკეული ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ პროცესებზე. მაგრამ ერთდროულად ადამიანი წარმოადგენს კაცობრიობის ნაწილს, საზოგადოებრივ ორგანიზმს, რომელიც ასევე ექვემდებარება მზის აქტივობის გავლენას. ჩიქევესკი შეეცადა დაედგინა ურთიერთკავშირი II წლიანი მზის ციკლებისა კაცობრიობის ისტორიის სხვადასხვა პერიოდების ისტორიულ მოვლენებთან. თავისი ანალიზის საფუძველზე მან გააკეთა დასკვნა, რომ საზოგადოების აქტივობის მაქსიმუმი ემთხვევა მზის აქტივობის მაქსიმუმს. ციკლის მიმდინარეობის საშუალო წერტილები იძლევიან კაცობრიობის მასიურ მოქმედების მაქსიმუმს, რომლებიც გამოიხატება რევოლუციებში, ომებში, აჯანყებებში, გამოსვლებში, გადასახლებებში, წარმოადგენენ კაცობრიობის ისტორიაში ახალი ისტორიული ეპოქის საწყისს. უკიდურეს წერტილებში დაძაბულობა მცირდება მინიმუმამდე, რომელიც ადგილს უთმობს შემოქმედების მოღვაწეობას და მიმდინარეობს პოლიტიკური და სამხედრო ენთუზიაზმის დაკემით, მშვიდობიანად და წყნარად შემოქმედებითი მუშაობით სახელმწიფოს მშენებლობას მეცნიერებისა და ხელოვნების სფეროებში.

ეს იდეები კოსმოსის, ადამიანისა და ბიოსფეროს კავშირზე, რომლებიც წარმოგვიდგინა ვერნადსკიმ და ჩიქევესკიმ კონცეფციებით საფუძველად დაუდო, დღეისათვის ლ.ნ. გუმბილევის პოპულარულ ჰიპოთეზებს პასიონალურ ბიძგზე, რომლებიც აჩვენებენ ახალ ეთნოსებს. გუმბილევის ეთნოგენეზის კონცეფციის გასაღებია პასიონარობის ბიძგისა, რომელსაც ის განსაზღვრავს, როგორც მომატებულ მისწრაფებას მოქმედებისაკენ.

ცალკეულ ადამიანში ამ ნიშნის გაჩენა არის მუტაცია, რომელიც ხარჯავს ადამიანის სხეულის ენერგეტიკულ მექანიზმებს. პასიონარი (პასიონარობის მატარებელი) ხდება უნარიანი მიიღოს გარემოსაგან უფრო მეტი ენერგია, ვიდრე საჭიროა მისი ნომრალური ცხოველმოქმედებისათვის. მიღებული ენერგიის ნარჩენი მიემართება ადამიანის მოქმედების ნებისმიერ სფეროში, რომლის არჩევა განისაზღვრება კონკრეტული ისტორიული მოვლენებით და თვით ადამიანის მისწრაფებებით. პასიონარი შეიძლება გახდეს უდიდესი დამპყრობელი (ა. მაკედონელი, ნაპოლეონი და ა.შ.) ან მოგზაური (მარკო პოლო, ა. ჰევეარსკი), ან სწავლული (ა. ეინშტეინი, ი. გეტე და ა.შ.), ან რელიგიური მოღვაწე (ქრისტე, ბუდა). პასიონარობის თვისების გაჩენა ინიცირდება იშვიათი სპეციფიკური კოსმოსური გამოსხივებით (პასიონარული ბიძგები ხორციელდება ათასწლეულში 2-3-ჯერ). პასიონარები ჩნდებიან მისი გამოსხივების ზონებში 900-300 კმ-ის სიგანის ფართობზე, ხოლო სიგრძით პლანეტის გარშემოწერილობის ნახევარზე. თუკი ამ გამოსხივების ზონაში აღმოჩნდება ხალხი, რომლებიც ცხოვრობდნენ სხვადასხვა ლანდშაფტში, ისინი შეიძლება გახდნენ ახალი ეთნოსის ჩანასახები. ეთნოსების ცვლა არის მსოფლიო ისტორიის პროცესი, მასში პროგრესული ცვლილებების მიზეზი.

### 9.3. პლანეტა დედამიწის ბიომასა

თანამედროვე მონაცემების მიხედვით დედამიწის ბიომასა შეადგენს  $2,4 \cdot 10^{12}$  ტონას. ამასთან ხმელეთის მწვანე მცენარეული 97%, ხოლო ცხოველები და მიკროორგანიზმები - 3%.

დედამიწის ხმელეთზე, პოლუსებიდან დაწყებული ეკვატორისაკენ ბიომასა თანდათან მატულობს. ამასთან ერთად იზრდება სახეობების რიცხვიც. მდიერებითა და ხავსებით მდიდარი ტუნდრა (500-მდე მცენარეთა სახეობა) იცვლება წიწვიანი და ფართოფოთლიანი ტყეებით, სტეპებით (2000-მდე სახეობა) და სუქტროპიკული მცენარეებით (3000-ზე მეტი სახეობა) მცენარეთა ყველაზე მეტი სიმჭიდროვე და მრავალფეროვნება ტენიან ტროპიკულ ტყეშია (8000-ზე მეტი სახეობა).

სიცოცხლე უდიდეს სიმჭიდროვეს აღწევს ორგანიზმთა აგებულების დიდი მრავალგვარობის დროს ანუ ერთობლივი თანაარსებობის პირობებთან შეგუებულობის დიდი მრავალფეროვნების დროს. ამიტომ სი-

ცოცხლეს ყველზე მეტი სიმჭიდროვე ბიოგეოცენიზია, სადაც სახეობები კვებითი ჯაჭვებით არიან დაკავშირებული. კვებითი ჯაჭვები გადახლართულია და ქიმიური ელემენტებისა და ენერჯიის ერთი უბნიდან მეორეზე გადაცემის რთულ ქსელს ქმნიან. ორგანიზმებს შორის მიმდინარეობს სასტიკი შეჯიბრება სივრცის, საკვების, სინათლისა და ჟანგბადის მოსაპოვებლად.

ხმელეთის ბიომასაზე დიდ გავლენას ახდენს ადამიანი, მისი უშუალო ზემოქმედებით მცირდება ბიომასის მწარმოებელი ფართობები. ამიტომ საჭიროა მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობისათვის რაციონალურად გამოვიყენოთ მიწა და წყალსატევები.

ნიადაგების თავისებური ბიოგეოცენოზები ფარავენ ხმელეთის ზედაპირის თითქმის მთელ ფართობს. ნიადაგი მცენარისათვის არა მხოლოდ აუცილებელი გარემოა, არამედ ის ბიოგეოცენოზია მრავალგვარი უმცირესი ცოცხალი ორგანიზმით. ნიადაგი წარმოიქმნა ორგანიზმებისა და ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორების მოქმედების შედეგად.

ნიადაგი მჭიდროდაა დასახლებული ცოცხალი ორგანიზმებით. წვიმისა და დამდნარი თოვლის წყალი ამდიდრებს ნიადაგს ჟანგბადით და ხსნის მინერალურ მარილებს, ხსნარების ნაწილი ნიადაგში კავდება, ნაწილი კი მდინარეებსა და ოკეანეებში ჩაედინება. ნიადაგი აორთქლებს კაპილარების გზით ამოსულ გრუნტის წყალს, ხდება ხსნარების მოძრაობა და მარილების გამოყოფა ნიადაგის სხვადასხვა პორიზონტში.

ნიადაგში მიმდინარეობს აირთა ცვლა. ღამით აირების გაცივებისა და შეკუმშვის გამო ნიადაგში გარკვეული რაოდენობით შედის ჰაერი. ჰაერის ჟანგბადს შთანთქავენ ცხოველები და მცენარეები.

ადამიანის ზოგიერთი სახით სამეურნეო მოღვაწეობა ბიოსფეროში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, რაც ნიადაგის ორგანიზმების მასობრივად განადგურებას იწვევს.

დედამიწის ჰიდროსფეროს ანუ მსოფლიო ოკეანეს უჭირავს პლანეტის ზედაპირის 2/3 ნაწილზე მეტი. მსოფლიო ოკეანეში წყლის მოცულობა 15-ჯერ მეტია ზღვის დონეზე მაღლა მდებარე ხმელეთის მოცულობაზე.

წყალი კარგი გამხსნელია. ოკეანის წყლის შედგენილობაში შედის მინერალური მარილები, რომლებიც დაახლოებით 60 ქიმიურ ელემენტს შეიცავს. მასში გახსნილია ჰაერიდან შერეული ჟანგბადი და ნახშირორ-

ჟანგი, რასაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მცენარეებისა და ცხოველების სიცოცხლისათვის. წყლის ცხოველები სუნთქვის დროს გამოყოფენ ნახშირორჟანგს, ხოლო წყალმცენარეები ფოტოსინთეზის დროს წყალს ამდიდრებენ ჟანგბადით.

#### 9.4. თანამედროვე მეცნიერებისა და ფილოსოფიის კოსმიზაცია

წარმოდგენები ბიოსფეროსა და კოსმოსის, ადამიანსა და კოსმოსის, საზოგადოების და კოსმოსის კავშირის შესახებ თანდათანობით შევიდა სამეცნიერო ბრუნვაში, გახდა თანამედროვე მეცნიერული მსოფლიომხედველობის მთავარი ნაწილი, თანამედროვე კულტურის დამახასიათებელი ნიშანი. ეს შეხედულებანი იწოდება კოსმიზმად, ხოლო პროცესი, რომელიც იწვევს ასეთი მსოფლიომხედველობის ფორმირებას – ფილოსოფიისა და მეცნიერების კოსმიზაციად. კოსმიური მსოფლმხედველობის ნიშნად ითვლება მასიურ შემეცნებაში ზემოთ აღნიშნული იდეების დანერგვა. ამ დამოკიდებულების გაცნობიერება და გადასვლა ანტროპოცენტრიზმიდან ბიოსფეროცენტრიზმისაკენ, რომელიც აყენებს ადამიანისა და კაცობრიობის ინტერესებს მთელი პლანეტის მოთხოვნილებებთან დამოკიდებულებაში.

დღეისათვის აღარ ხდება დედამიწის შესწავლა ცალკეული მეცნიერების, რომლებიც არაფრით არ არიან დაკავშირებულნი ერთმანეთთან, ეს მიდგომა იცვლება ჩვენი პლანეტის გლობალური პოზიციის შესწავლით, რომელიც იძლევა შესაძლებლობას გაეიზიაროთ დედამიწა, როგორც მთლიანი, როგორც კოსმოსის ნაწილი, რომელიც იმყოფება ურთიერთკავშირში ერთ მთლიან კოსმოსურ სივრცესთან.

ახალი კოსმოსური მსოფლიომხედველობის ნაწილად ითვლება მრავალი ძველი კლასიკური მეცნიერების საგანთა გაფართოება, მათი გამოვლა და სუფთა მიწიერი მოვლენებისა და პროცესების შესწავლის საზღვრებიდან, მათ გამოკვლევებში კოსმოსური ასპექტების წარმოშობა (ასტროქიმიკა, ეკოზოციოლოგია, რადიაციული გენეტიკა და ა.შ.) ადამიანის კოსმოსში გასვლასთან დაკავშირებით, როგორც პასუხი ამ ნაბიჯის თეორიულ და პრაქტიკულ პრობლემებზე, წარმოიშვა კოსმონავტიკა. ამასთან ერთად ხალხი სულ უფრო და უფრო აყენებენ თავის წინაშე



კოსმოსური რიგის ბუნებრივ ძალებს (მაგალითად, ბირთვული იარაღის გამოყენება).

ახალი მსოფლმხედველობა საჭიროებს ახალი სისტემების შემოტანას, ახალ გადაჭრას „მუდმივი“ ადამიანური კითხვების სიცოცხლის არსზე, სიკვდილსა და უკვდავებაზე, სიკეთესა და ბოროტებაზე, რომლებიც უნდა იქნენ ორიენტირებულნი ადამიანის მიერ მის შემოქმედებაში კოსმოსის მნიშვნელობაზე.

განსაკუთრებული აქტიურად მიდის ახალი მსოფლმხედველობის ფორმირება უკანასკნელ ათწლეულებში, თუმცა პირველი იდეები კოსმიზმისა წარმოიშვა კაცობრიობის ისტორიის ზღურბლზე. კოსმიზმი არასოდეს არ იყო მხოლოდ ფილოსოფიური ან ბუნებისმეტყველების სკოლა. არ შეიძლება იგი ჩაითვალოს მხატვრულ მიმართულებადაც. ის შეიძლება განისაზღვროს, როგორც თავისებური მიმართულება აზროვნების, რომლის ატმოსფეროში წარმოიშვნენ ახალი მიდგომები სამყაროს შექმნის მთლიანი კონცეფციის გამომუშავებაში, წარმოდგენენ მთელი სამყაროს ორგანული ერთიანობის შესახებ, წარმოდგენები მისი მჭიდრო კავშირზე სამყაროსთან, კოსმოსთან. ამგვარად გაგებული კოსმიზმი თავდაპირველად გაგებული იყო კაცობრიობის კულტურული თვითშემეცნების – ჩვენი წინაპრების მორფოლოგიური ცნობიერება მთლიანად ეფუძნებოდა კოსმიზმის პარადიგმას. ამას ამტკიცებს მათი ინტუიციური წარმოდგენები მჭიდრო კავშირსა ადამიანსა და მსოფლიოს, მსოფლიოს გაცოცხლების შესახებ, აგრეთვე მცდელობა აღმოაჩინონ მრისხანე ბუნებრივ სტიქიებში ზოგიერთი საყოველთაო კანონები, რომლებიც პარმონიულს ხდიან ამ დამოკიდებულებებს, რმლებიც აირეკლა სხვადასხვა ხალხის კოსმოლოგიურ მითებში. შემდეგ იყო მსოფლიოს პლატონისეული სურათი სამყაროს პირველობის იდეის აღიარების საფუძველზე, პერიოდულად ასევე კოსმიზმი ცოცხლდებოდა ქრისტიანულ პლატონიზმში, აღორძინების ნატურფილოსოფიურ დამუშავებაში.

კოსმიზმა სერიოზული კრიზისი განიცადა ახალ დროში, მეცნიერების განვითარებასთან კავშირში, ბუნებისმეტყველებაში პერიოდულად აღორძინდებოდნენ სამყაროს, ადამიანის, კოსმოსის ერთიანობის იდეები, ისინი ვერ ახდენდნენ განვითარებულ გაბატონებული ტენდენციების გადატეხას, მის მისწრაფებას მკაცრი რაციონალიზმისა და ანალიტიზმისაკენ.

მხოლოდ XIX საუკუნის მე-2 ნახევარში ევროპული მეცნიერება და ფილოსოფია ადმინისტრირებენ ცოდნის სინთეზის ტენდენციებს, რომელიც მიიღება ევროპული კულტურის მიერ დიდი შრომით.

სრულიად სხვა სიტუაციაში იყო რუსეთი XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ეს ქვეყანა გადარჩა იდეებით, რომლებიც გაბატონდნენ ევროპაში. თუმცა რუსული მეცნიერება, რომელიც ჩაისახა XVIII საუკუნეში და რუსული ფილოსოფია, რომელიც არსებობდა XI საუკუნიდან ეფუძნებოდნენ რუსული შემეცნების ღრმა არქეტიპებს, რომელთა შორისაც იყო კოსმიზმი ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ რუსეთში ენობრივი სამყაროს შეგრძნება არ იყო განადგურებული ქრისტიანობის მიერ. უფრო მეტიც, რუსულ მართლმადიდებლობა ისევე წარმოიდგენდა კოსმოსს, როგორც ცოცხალ ორგანიზმს, რომელიც იმყოფებოდა განუწყვეტლივ ურთიერთქმედებაში შემოქმედთან, მეტყველებდა ადამიანის მთავარ როლზე ამ ურთიერთქმედებაში.

ის იდეები, რომლებიც ინახება რუსულ შემეცნებაში, გაერთიანდნენ მეცნიერული მსოფლმხედველობის კრიზისის შემეცნებასთან XIX საუკუნის ბოლოსა და XX საუკუნის დასაწყისში და მსოფლიოს მისცეს რუსული კოსმიზმის ფენომენი, XIX საუკუნის პირველ ნახევარის რუსული კულტურის დამახასიათებელი ნიშანი. ჩვენ არ შეგვიძლია კოსმოსზე ვისაუბროთ ისე, როგორც სუფთა რუსულ მოვლენაზე, მაგრამ თუკი ევროპაში ის იყო დაკავშირებული ცალკეული ნათელი მოაზროვნეებით აზრის განვითარებაში ოდნავ შესამჩნევი ტენდენციებით, მაშინ რუსეთში ის გახდა კულტურის მთლიანი ფენა, რომელიც წარმოდგენილი იქნა შემოქმედებაში მეცნიერების, ფილოსოფოსებისა და მხატვრების შესანიშნავი პლეადა.

კოსმიზმის იდეამ, რუსეთში თავისი გამოხატულება ჰპოვა ვ.ვ. დოკუჩევას, ვ.ი. ვერნადსკის, კ.ე. ციოლკოვსკის, ა.ლ. ჩიჟევისკის, ლ.ნ. გუმლევას, ნ.ი. ხოლოდნოვას, ს.პ. კოროლოვის, ნ.ა. მოროზოვის, ნ.ფ. ფედოროვის, ვ.ს. სოლოვიევის. ა. ბელოვის, ა.ვ. სუხოვო-კობილინის და სხვათა შემოქმედებაში.

განსაკუთრებულ ინტერესს დღეისათვის იწვევს ნ.ფ. ფედოროვის იდეა, რომელმაც ერთ-ერთმა პირველმა შექმნა თავისი კოსმიზმის კონცეფცია. ის თვლიდა, რომ ხალხის დასახლების ზრდა დედამიწაზე, რომელთაც ის აკავშირებდა ყველა ადრე არსებული ხალხის აუცილებელ აღდგომასთან, მიყვავართ სხვა პლანეტების ათვისებისაკენ, რომელზე-

დაც ისინი განსახლებიან. ამასთან კავშირში ის გეთავაზობდა თავის ვარიანტს ხალხის გადაადგილებისა კოსმოსურ სივრცეში. ამასთან, მისი აზრით, აუცილებელია ვულობდეთ დედამიწის ელექტრომაგნიტურ ენერგიას, რაც შესაძლებლობას მოგვცემს ვარეგულიროთ მისი მოძრაობა მსოფლიო სივრცეში და გარდაექმნათ დედამიწა კოსმოსური ხომალდის-ნაირად. ადამიანი პერსპექტივაში, ფედოროვის მიხედვით გააერთიანებს ყველა სამყაროს და გახდება „პლანეტათა მმართველი“

ფედოროვის ამ იდეას მხარს უჭერდა მისი მოსწავლე ერთ-ერთი ფუძემდებელი რაკეტათა მშენებლობისა და კოსმოსური ფრენის თეორიის შემქმნელ კ.ე. ციოლკოვსკი. სიცოცხლის საყოველთაობას იღებზე დაყრდნობით, ციკლოვსკიმ ააგო თავისი „კოსმოსური ფილოსოფია“

ის თვლიდა, რომ სიცოცხლე და გონება დედამიწაზე არ წარმოადგენენ ერთადერთს სამყაროში. პლანეტათა მთელი რიგი ასევე ფლობს გონიერ, ორგანულ, მგრძნობიარე სამყაროს. მაგრამ ჩვენი პლანეტა მნიშვნელოვნად ახალგაზრდაა სხვა პლანეტებთან შედარებით. ცხადია, კოსმოსური სივრცე დასახლებულია გონიერი არსებებით განვითარების სხვადასხვა დონით. სამყაროში არის პლანეტები, რომლებიც გონების განვითარების მიხედვით მიაღწიეს უმაღლეს საფეხურს და განსაზღვრეს სხვები.

ციოლკოვსკი თვლიდა, რომ სამყაროში ჩვენს პლანეტას ენიჭება განსაკუთრებული როლი. დედამიწა მიეკუთვნება ახალგაზრდა პლანეტების კატეგორიას. მხოლოდ მცირე რიცხვს ასეთი პლანეტებისა ექნება უფლება განვითარდეს დამოუკიდებლად. მათ რიცხვს მიეკუთვნება დედამიწა. პლანეტების ევოლუციაში თანდათან იქნება წარმოქმნილი კავშირი ყველა გონიერ უმაღლესს კოსმოსურ არსებებს შორის. დედამიწის ამოცანაა – შეიტანოს თავისი წვლილი კოსმოსის სრულყოფილებაში. ამასთან დედამიწელებს ესაჭიროებათ შეუდგნენ კოსმოსურ ფრენებს და დაიწყონ განსახლება სამყაროს სხვა პლანეტებზე. სწორედ ამაშია ძირითადი იდეა მისი „კოსმოსური ფილოსოფიისა“ დედამიწიდან გადასახლება და კოსმოსის დასახლება.

ამ შრომებსა და სხვა მოაზროვნეთა შრომებში დაფუძნდა დამოკიდებულებასა კოსმოსსა და გონებას შორის, დამტკიცდა ხალხთა გაერთიანების აუცილებლობა არა სოციალურ-პოლიტიკური ან იდეოლოგიური თეორიის საფუძველზე, არამედ ეკოლოგიური რიგის იდეალთა ბაზაზე. მაგრამ მათი მოქმედების მთავარი შედეგი გახდა ისეთი კულტურული

სიტუაციის შექმნა, რომელშიც შესაძლო გახდება მეცნიერებაში პარადიგმების ცვლა, სამეცნიერო-შემეცნებითი დადგენილების გარდაქმნა, რომელსაც საქმე აქვთ არა ბუნებასთან, მის პირველყოფილ სისუფთავესთან, არამედ ბუნებასთან, რომელიც ადამიანის მიერაა შეცვლილი. ამით მთავრდება ადამიანის როლისა და ადგილის მნიშვნელობა სამყაროში. დღეიდან იგი განიხილება, როგორც განვითარების უმაღლესი მატერია ღელამიწაზე, მზის სისტემაში და შეიძლება მთელს სამყაროში. იგი არის ძალა, რომელსაც ძალუძს პერსპექტივაში აითვისოს და გარდაქმნას ბუნება კოსმიურ მასშტაბებში. ადამიანის როლის მნიშვნელობა ამ აზროვნებაში, არის ანთროპული პრინციპის ფორმულირება თანამედროვე მეცნიერებაში.

## 9.5. ანთროპული პრინციპი

კოსმიზმის იდეამ თანდათანობით დააყენა მეცნიერები კითხვის წინაწე: რატომაა ჩვენი სამყარო ისეთი, როგორიც არის? უფრო სხვაგვარად ეს კითხვა ასე იხმის: რატომ გააჩნიათ ფიზიკურ მუდმივებს (უნივერსალურები: სინათლის სიჩქარე, ასევე ისეთი კონსტანტები, როგორიცაა გრავიტაციული მუდმივა, ელექტრონის მუხტი და პროტონის მუხტი) ასეთი და არა სხვაგვარი მნიშვნელობა და რა მოხდებოდა სამყაროში, თუკი ეს მნიშვნელობა აღმოჩნდებოდა სხვაგვარი? ამ კითხვის სისწორე განისაზღვრება იმით, რომ ფიზიკური მუდმივების რიცხობრივი მნიშვნელობები თეორიულად არასგზით არ არის დასაბუთებული, ისინი მიღებულია ექსპერიმენტულად და ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად.

განუსაზღვრელმა სიტუაციამ ფიზიკური მუდმივებისა გამოიწვია შემოწმების სურვილი, როგორი აღმოჩნდებიან სამყაროსათვის ცალკეული ფიზიკური მუდმივების, ან მათი მთლიანი ჯგუფების მნიშვნელობათა ცვლილებების შედეგები. ჩატარებულმა ანალიზმა მიგვიყვანა განსაკვირვებულ შედეგებამდე. აღმოჩნდა, რომ შეინიშნება მუდმივების მნიშვნელობათა გადახრა 10-30%-ის ფარგლებში ამა თუ იმ მხარეზე და ჩვენი სამყარო აღმოჩნდება იმდენად გამარტივებული სისტემა, რომ არავითარ მის მიმართულ განვითარებაზე არ შეიძლება მიდიოდეს საუბარი ვერ შეძლებენ არსებობას ძირითადი მდგრადი მდგომარეობანი – ბირთვი, ატომები, ვარსკვლავები და გალაქტიკა.

მაგალითად: პლანკის მუდმივას გადიდება 15%-ზე მეტად იწვევს პროტონის შესაძლებლობის დაკარგვას, დაუკავშირდეს ნეიტრონს, ე.ი. შეუძლებელს ხდის ნუკლეოსინთეზის მიმდინარეობას. იგივე შედეგი მიიღება, თუკი გავზრდით პროტონის მასას 30%-ით. ფიზიკური მუდმივების მნიშვნელობათა მცირედი ცვლილება შესაძლებელს გახდიდა ჰელიუმის მტკიცე ბირთვის წარმოქმნისა, რისი შედეგიც იქნებოდა მთელი წყალბადის ამოწვა სამყაროს გაფართოების ადრეულ სტატიებზე. უნდა ვაღიაროთ, რომ არსებობს ძალიან ვიწრო „კარები“ ფიზიკურ მუდმივათა შესაბამისი მნიშვნელობების, რომელთა საზღვრებში შესაძლოა ჩვენთვის ნაცნობი სამყაროს არსებობა.

მაგრამ ამით არ მთავრდება „შემთხვევითი“ დამთხვევები. შეგახსენებთ იმათ, რომელთაც ჩვენ უკვე შეეხვდით, როდესაც ვსაუბრობდით სამყაროს ევოლუციაზე. მცირე ასიმეტრიამ ნივთიერებასა და ანტინივთიერებას შორის განაპირობა წარმოქმნილიყო ბარიერული სამყარო ადრეულ სტადიებზე, რის გარეშეც ის გადაგვარდებოდა ფოტონოლექტრონურ უდაბნოში. პირველადი ნუკლეოსინთეზის გაჩერების წყალობით ჰელიუმის ბირთვის წარმოქმნის სტადიაზე შესაძლო იყო წარმოქმნილიყო წყალბად-ჰელიუმისანი სამყარო. ბირთვში ნახშირბადის აგზნებული ელექტრონული დონის ენერჯიასთან არსებობამ, რომელიც თითქმის ტოლია ჰელიუმის 3 ბირთვის შეჯამებული ენერჯიისა, შესაძლებელი გახადა ვარსკვლავური ნუკლეოსინთეზის მიმდინარეობისა, რომლის მსვლელობაში წარმოიქმნენ მენდელეევის ტაბულის ყველა ელემენტები, უფრო მძიმეები. ვიდრე წყალბადი და ჰელიუმი. ჟანგბადის ბირთვისათვის ენერგეტიკული დონეების განლაგება ისევე შემთხვევით აღმოჩნდა ისეთი, რომ არ იძლევა შესაძლებლობას, რომ ვარსკვლავური ნუკლეოსინთეზის პროცესში ნახშირბადის ყველა ბირთვი გარდაიქმნას წყალბადში, ხოლო ნახშირბადი ხომ ესაა ორგანული ქიმიის საფუძველი და ცხადია, სიცოცხლის. ასეთი სახის მრავალრიცხოვანი შემთხვევების ერთობლიობას ა. დევისმა უწოდა სამყაროს „ფაქიზი შენება“

ამრიგად, მეცნიერება შეეჯახა ფაქტების დიდ ჯგუფს, რომელთა ცალკეული შესწავლა ქმნის აუცილებელი შემთხვევითი დამთხვევების შთაბეჭდილებებს, თითოეული მსგავსი დამთხვევის ჭეშმარიტება ძალიან მცირეა, ხოლო მათი ერთობლივი არსებობა თითქმის დაუჯერებელია. მაშინ თითქმის მთლიანად დასაბუთებულად წარმოგვიდგება საკითხის

დაყენება ჯერ კიდევ შეუნობელი კანონზომიერებების არსებობის შესახებ, რომელთაც უნარი აქვს წარმოქმნან სამყარო განსაზღვრული სახით.

ამრიდაც, „ფაქიზი შენების“ განსაზღვრული ფიზიკური კანონების, ელემენტთა თვისებებისა და მათ შორის ურთიერქმედების არსებობა, განსაზღვრავენ ჩვენი სამყაროს მოწობას. მისი განვითარების მსვლელობაში წარმოიშობიან მზარდი სირთულის სტრუქტურული ელემენტები, ხოლო განვითარების ერთ-ერთ ეტაპზე წარმოიშობიან „დამკვირვებლები“, რომელსაც უნარი აქვს აღმოაჩინოს „ფაქიზი შენების“ არსებობა და დაფიქსირდეს მის ჩანასახოვან მიზეზებზე.

დამკვირვებელს, რომელიც ფლობს ჩვენ სისტემას, სამყაროს აღქმითა და ჩვენი ლოგიკით, უცილებლად გაუჩნდება კითხვა: შემთხვევითია თუ არა, მათ მიერ აღმოჩენილი სამყაროს „ფაქიზი შენება“, ან ის წინასწარ განსაზღვრულია რომელიმე გლობარული პროცესით თვითორგანიზაციისა?

ეს კი ნიშნავს, რომ ქრება ძველი პრობლემა, რომელიც ადელვებდა კაცობრიობას მთელი მისი შემეცნებითი ისტორიის განმავლობაში: ვიკავებთ კი ჩვენ განსაკუთრებულ ადგილს ამ სამყაროში, ან ეს მდგომარეობა წარმოადგენს შემთხვევითი განვითარების შედეგს „ფაქიზი შენები“ აღიარება კანონზომიერი ბუნებრივი მოვლენისა მიგვიყვანს დასკვნასთან, რომ თავიდანვე სამყაროში პოტენციურად ჩადებულია „დამკვირვებლის“ წარმოშობა, მისი განვითარების განსაზღვრულ ეტაპზე. ასეთი დასკვნის აღიარება მიუთითებს, რომ ბუნებას გააჩნია არსებობის გარკვეული მიზანი.

ასეთ სიტუაციაში წამოიჭრა და დღეისათვის ფართოდ განიხილება ანთროპული პრინციპი. 70-იან წლებში 2 ვარიანტად იგი ჩამოაყალიბა ინგლისელმა სწავლულმა კარტერმა. პირველმა მათგანმა მიიღო სუსტი ანთროპული პრინციპის სახელწოდება: „ის რასაც ჩვენ ვაკვირდებით, უდა აკმაყოფილებდეს პირობებს, რომლებიც აუცილებელნი არიან ადამიანის, როგორც დამკვირვებლის სახით არსებობისათვის“ მეორე ვარიანტი იწოდება ძლიერ ანთროპულ პრინციპად: „სამყარო უნდა იყოს ისეთი, მასში ევოლუციის ზოგიერთ სტადიაზე, შესძლოს იარსებობს დამკვირვებელმა“

სუსტი ანთროპული პრინციპი ინტრეპრეტირდება ასე, რომ სამყაროს ევოლუციის გზაზე შესაძლო იყო ეარსება სხვადასხვა პირობებს,

მაგრამ ადამიანი-დამკვირვებელი ხედავს სამყაროს მხოლოდ იმ ეტაპზე, რომელზეც მოხდა პირობების რეალიზება, რომელიც აუცილებელია მისი არსებობისათვის. კერძოდ, ადამიანის წარმოშობისათვის საჭიროა, რათა ნივთიერებათა გაფართოების გზაზე, სამყარომ გაიაროს ყველა ის სტადიები, რომელზეც ზემოდ იყო საუბარი. ნათელია, რომ ადამიანს არ შეეძლება მათზე დაკვირვება, რადგან ფიზიკური პირობები მაშინ არ უზრუნველყოფდნენ მის წარმოშობას. მაგრამ სხვა მხრიდან, ყველა ეს სტადიები შეიძლება წარმართულიყო მხოლოდ სამყაროში, სადაც არსებობდა „ფაქიზი შენება“ ამიტომ, თვით ადამიანის წარმოშობის ფაქტი, უკვე განსაზღვრავს იმას, რომ მან უნდა დაინახოს: თანამედროვე სამყარო და მასში „ფაქიზი შენების“ არსებობა. მოკლედ, რადგანაც ადამიანი არსებობს, მაშინ ის შეხედავს მოწყობილ სამყაროს, რადგანაც სხვა არაფრის დანახვა მას არ უნდა.

უფრო სერიოზული შემცველობაა ჩადებული ძლიერ ანთროპულ პრინციპში. საქმე ეხება, სამყაროში „ფაქიზი შენების“ შემთხვევით ან კანონზომიერ წარმოშობას. სამყაროს კანონიერი მოწყობის აღიარება თავის მხრივ მიიზიდავს პრინციპის აღიარებას, მის მიერ ორგანიზებული სას. თუკი ჩავთვლით „ფაქიზ შენებას“ შემთხვევითად, მაშინ უნდა მივიღეს სამყაროების გაჩენის პოსტულირებამდე, რომლებშიც შემთხვევითი სახით რეალიზდება ფიზიკური მუდმივების შემთხვევითი მნიშვნელობები, ფიზიკური კანონებიდა ა.შ. რომელიც მათგანი შემთხვევით წარმოშობს „ფაქიზ შენებას“, რომელიც უზრუნველყოფს განვითარების გარკვეულ ეტაპზე დამკვირვებლის წარმოშობას და ის დაინახავს თითქმის მთლიანად კეთილმოწყობილ სამყაროს, რომლის შემთხვევი წარმოშობაზე, თავდაპირველად არ შეიტანს ეჭვს. ცხადია, ამის ჭეშმარიტება ძალიან მცირეა.

თუკი ჩვენ ვაღიარებთ „ფაქიზ შენებას“ რომელიც თავიდანვე ჩადებულია სამყაროში, მაშინ მისი შემდგომი განვითარების ხაზი წინასწარ განსაზღვრულია, ხოლო დამკვირვებლის გაჩენა შესაბამის ეტაპზე გარდაუვალია. აქედან ცხადია, რომ ჩასახულ სამყაროში პოტენციურად იყო ჩადებული მისი მომავალი, ხოლო განვითარების პროცესს გააჩნია მიზანმიმართული ხასიათი. გონებას გაჩენა არა მხოლოდ ადრე „დაგეგმილია“, არამედ გააჩნია განსაზღვრული მნიშვნელობა, რომელიც გამოვლინდება განვითარების შემდგომ პროცესში.

ჩვენ ჯერ კიდევ ცოტა ვიცით სამყაროზე, რადგან დედამიწის ცხოვრება – ესაა მხოლოდ გიგანტური მთლიანობის მცირე ნაწილი. სრულია შესაძლებელია, რომ თუკი კაცობრიობა გააგრძელებს თავის არსებობას, თავის შეცნობას და გარემომცველი სამყაროს შენარჩუნდება, მაშინ კაცობრიობის მომავალი მეცნიერული ძალების ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანა გახდება სამყაროში თავისი დანიშნულების შეგნება.



## თავი 10.

### 10.1. ნოსტრუს გზაზე

ანთროპოლოგიისა და პალეონტოლოგიის მონაცემები მოწმობენ, რომ თანამედროვე ადამიანი ჩამოყალიბდა დაახლოებით 30-40 ათასი წლის წინათ. მისი გაჩენა გახდა საკმაოდ უმთავრესი მოვლენა ბიოსფეროს ევოლუციაში, რადგანაც ამ პროცესში დაიწყო მოქმედება ახალმა ფაქტორმა – ანთროპოგენურმა: ადამიანმა დაიწყო ბიოსფეროს გამოყენება, თავისი მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად. ამ მიზნით მათ მიერ შეიქმნა შრომის სხვადასხვა იარაღები და მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფდნენ მის სიცოცხლის უნარიანობას, სხვა სიტყვებით, ადამიანი გახდა კულტურის შემქმნელი.

ადამიანის მიერ შექმნილი პირველი კულტურა არის – პალეოლითი (ქვის ხანა) – არსებობდა დაახლოებით 20-30 ათასი წელი. ის დამთავრდა ხანგრძლივი გამყინვარების პერიოდს. ადამიანური საზოგადოების ცხოვრების ეკონომიკური საფუძველი იყო. ნადირობა მსხვილ ცხოველებზე: ირემზე, ვირზე, ცხენზე, მამონტზე. ქვის ხანის ადამიანის ადგილსამყოფელში მეცნიერები პოულობენ ველური ცხოველების მრავალრიცხოვან ძელებს, რაც წარმატებული ნადირობის დამადასტურებელია. მსხვილი ბალახისმჭამელი ცხოველების ინტენსიურმა გამოხშირვამ მიგვიყვანა მათი რიცხვის შედარებით სწრაფად შემცირებამდე და ბევრი სახეობების გაქრობამდე.

მიუხედავად მძიმე პირობებისა, ადამიანმა მაინც შეძლო ამ დროისათვის განსახლებულიყო ჩვენი პლანეტის მნიშვნელოვნად დიდ ტერიტორიაზე. შექმნა სოციალური ორგანიზმი – საზოგადოება, რომელიც ეფუძნებოდა ერთობლივ შრომას (ნადირობა და შეგროვება) და კოლექტიურ მეხსიერებას. მიუხედავად ამისა, ქვის ხანის ადამიანი ჯერ კიდევ აგრძელებდა დარჩენილიყო ბუნების ნაწილად, რომელიც იყენებდა მისი სიმდიდრეებს და არ ახდენდა მის შეგნებულ გარდაქმნას. ამით ადამიანი სულ უფრო მეტად ეწერებოდა ბუნებრივ ბიოგეოქიმიურ ციკლებში. პალეოლითის ბოლოს, როგორც თვლიან თანამედროვე მეცნიერები, კაცობრიობა შეეჯახა პირველად თავის ისტორიაში დემოგრაფიულ კრიზისს – გადაშენდასახლებულობა.

10-12 ათასი წლის წინათ დაიწყო მკვეთრი დათბობა, გალღვა ყინულები, ტყეები გავრცელდა ევროპაში, გადაშენდა მსხვილი ცხოველები.

შედეგად შაიქმნა სიცოცხლის ახალი პრიობები, რომლებმაც ძირ-  
ფესვიანად შეცვალეს ადამიანთა საზოგადოების ეკოლოგიური ბაზა და  
მიგვიყვანეს პირველ გლობარულ ეკოლოგიურ კრიზისთან – პლანეტის  
ჭარბ დასახლებულობასთან. ეს აღნიშნავდა, რომ დამთავრდა ადამიანის  
მიერ არსებობისათვის მზა საშუალებების გამოყენების პერიოდი. ახალ  
პირობებში აუცილებელია აქტიურად მოვიპოვოთ და გადავამუშაოთ ბუ-  
ნებრივი პროდუქტები.

ღაიწყო ნეოლითის ეპოქა (ახალი ქვის საუკუნე), რომელშიც ნა-  
ღირობასთან თევზის ჭერასთან და შეგროვებასთან ერთად, უფრო დიდი  
მნიშვნელობა მოიპოვა საკვების წარმოების პროცესმა. იწყება ცხოველე-  
ბის მოშინაურება, მცენარეთა მოშენების პირველი მცდელობა, ინერგება  
კერამიკის წარმოება. უკვე 9-10 ათასი წლის წინათ არსებობდა დასახ-  
ლებანი, რომელთა ნანგრევებში პოულობენ ხორბალს, ქერს, შინაური  
ცხოველების ძვლებს – თხის, ცხერის, ღორის. წინა და შუა აზიის  
სხვადასხვა ადგილებში კავკასიაში, სამხრეთ ევროპაში ფორმირდებიან  
მიწათმოქმედებისა და მეცხოველეობის ჩანასახები. იწყება მინერალური  
რესურსების ათვისება, ჩაისახა მეტალურგია. მიმდინარეობს გადასვლა  
სამეურნეო წარმოებაზე – ნეოლითური რევოლუცია, რომელიც გახდა  
ეკოლოგიური კრიზისი დანგრევის ხერხი.

ამის შედეგად მოხდა მოსახლეობის რიცხოზობის შემცირება მ-  
ჯერ. ამ რევოლუციამ დაამთავრა ადამიანის ცხოველური ცხოვრების  
ერა. მისგან იწყება მისი მიზანმიმართული ჩარევა ბუნებრივ პროცესებ-  
ში, ბიოსფეროს ტრანსფორმაცია თავისი მოთხოვნილებების შესაბამი-  
სად.

ადამიანის საზოგადოების კულტურის განვითარება ამ ეტაპზე წა-  
ვიდა შესამჩნევად სწრაფად. წარმოიშვნენ პირველი ცივილიზაციები –  
უძველეს ჩრდილოეთში, შემდეგ ძველ საბერძნეთში. წარმოიშვა კერძო  
მესაკუთრეობა და მეცნიერება, რომლებიც არიან საფუძველნი ჯერ ევ-  
როპული, შემდეგ კი მსოფლიო ცივილიზაციისა. ადამიანი, მისი გონება  
და საქმიანობა გახდა პლანეტარული მასშტაბის ფაქტორები, რომლებიც  
მიმართავენ ძალებს ბიოსფეროს შემდგომი ევოლუციისაკენ. კაცობრიობა  
ხდება ბიოსფეროს ცოცხალ ნივთიერებებს შორის დომინირებად სახეო-  
ბად. დღეისათვის ადამიანმა აითვისა ჩვენი პლანეტის არა მხოლოდ მთე-  
ლი ტერიტორია, არამედ არ დაუტოვებია არც ერთი დაუსახლებელი კუ-  
თხე (ანტრაქტიდაშიც კი არის სამეცნიერო სადგურები), გავიდა კოს-

მოსში (თუმცა ჯერ მხოლოდ დედამიწის გარშემო კოსმოსურ სივრცეში), რომლის ათვისებაც უკვე რეალურია და წარმოადგენს ხვალისდელი დღის საქმეს.

ყოველივე ამან განაპირობა, რომ ვ.ი. ვერნადსკიმ უწოდა არა მხოლოდ პლანეტის ცოცხალი ნივთიერება, არამედ უპირველესად ადამიანი, რომელიც აღჭურვილია სამეცნიერო აზროვნებით, თანამედროვეობის უმაღლესი გეოლოგიური ძალით. თუკი ცოცხალი ნივთიერება ქმნიდა ჩვენი პლანეტის თანამედროვე იერსახეს მილიონი და მილიარდი წლის განმავლობაში, ადამიანი თავისი მოქმედებით ცვლის მას ჩვენს თვალწინ.

ამგვარად, ყველა ეს 12 ათასი წელი, რომელც გავიდა ნეოლითური რევოლუციის შემდეგ, იყო ბუნების დაპყრობის ეპოქა, როდესაც ის თვითონ არ ღებულობდა მონაწილეობას კაცობრიობისათვის აქტიური პარტნიორის სახით. განსაკუთრებულთ ეს დამახასიათებელია ევროპული ცივილიზაციისათვის, რომელმაც მიიღო ქრისტიანული თეზისი ადამიანისათვის სამყაროს შექმნაში, რომელიც ითვლება ამ სამყაროს ბატონად, რომელსაც გააჩნია უფლება გაუკეთოს ამ სამყაროს ყველაფერი, რაც უნდა.

კაცობრიობის მიერ შექმნილი მატერიალური კულტურის მასშტაბები დიდია. მისი განვითარების ტემპები თანდათანობით დიდება და ამასთან ერთად ფართოვდება ადამიანის ზემოქმედება ბიოსფეროზე.

ადამიანის ზემოქმედების ღონე გარემომცველ სამყაროზე დამოკიდებულია პირველ რიგში საზოგადოების ტექნიკურ აღჭურვილობასთან. ის იყო ძალიან მცირე კაცობრიობის განვითარების საწყის ეტაპებზე. თუმცა საზოგადოების განვითარებასთან ტექნიკური პროგრესისი გზაზე სიტუაცია შეიცვალა ძირფესვიანად მე-20 ათასწლეულში, რომელიც აყალიბებს მეცნიერებას თვისობრივად ახალ დამოკიდებულებებს ტექნიკასა და ტექნოლოგიურს შორის, კოლოსალურად გაზარდა საზოგადოების ზემოქმედების მასშტაბები ბუნებაზე და დააყენა კაცობრიობის წინაშე პრობლემათა მთელი რიგი.

დღეისათვის ტექნიკა პლანეტაზე თავის ზემოქმედების ძალით, როგორც მინიმუმის მდგომარეობაში „ეკამათება“ ცოცხალ ნივთიერებას. ტექნიკის საშუალებით გარდაქმნილი გარემოს შედეგებით შეიძლება ვილაპარაკოთ მის ახალ მდგომარეობაზე – ტექნოსფეროზე. „ტექნოსფეროს“ გაგება გამოხატავს ტექნიკურ მოწყობილობათა ერთობლიობას

ადამიანის ტექნიკური საქმიანობის სხვადასხვა სახეებთან ერთად. მისი სტრუქტურა საკმაოდ რთულია, რადგანაც ჩაირთავს ტექნოგენურ ნივთიერებას, ტექნიკურ სისტემებს, ცოცხალ ნივთიერებას, დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილს, ატმოსფეროს, კიდროსფეროს. უფრო მეტიც, კოსმოსური ფრენის ერის დასაწყისში ბიოსფერო გამოვიდა მისი საზღვრებიდან და მოიცავს უკვე დედამიწის გარშემო კოსმოსურ სივრცეს.

ტექნოსფერო სულ უფრო მეტად გარდაქმნის ბუნებას, ცვლის ძველს და ქმნის ახალ ლანდშაფტებს, აქტიურად მოქმედებს დედამიწის სხვა სფეროებსა და გარემოსზე. თუმცა, ჯერ კიდევ მეცნიერება და ტექნიკა მიზანმიმართულია ბუნებრივი რესურსების მაქსიმალურ ექსპლუატაციაზე, ადამიანის მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებაზე ნებისმიერი მიზნით. ბუნებაზე ასეთი ზემოქმედების შედეგები დამჩაგვრელია. წარმოების ტექნიკური ლანდშაფტები, სიცოცხლის განადგურება მთლიან რეგიონებში – ადამიანის ტექნიკური ზემოქმედების უარყოფითი ნაყოფია გარემომცველ სამყაროზე. ამიტომ დღეისათვის, სიცოცხლისათვის აუცილებელი ხდება ადამიანის ბუნებასთან ურთიერთქმედების ხასიათის ცვლილება.

## 10.2. წარმოღვენა ნოსფეროზე

კაცობრიობა – ბიოსფეროს, ბიომასის ნაწილია. ადამიანი, ტვინის განვითარებასთან ერთად, თვითონ გახდა დედამიწაზე, შემდგომი ევოლუციის მძლავრი ფაქტორი. ადამიანის მიერ სხვადასხვა სახის ენერჯის მექანიკური, ელექტრონული და ატამური დაუფლებამ ხელი შეუწყო დედამიწის ქერქისა და ატომთა ბიოგენური მიგრაციის საგრძნობლად შეცვლას. ადამიანის საქმიანობის შედეგად ელემენტების სულ უფრო მეტი რიცხვი შედის ბიოსფეროს ატომთა მიგრაციაში. ადამიანმა უშუალო ზემოქმედება მოახდინა ბუნებაზე, არხების, წყალსაცავების შექმნით, მდინარეთა კალაპოტების შეცვლით და ა.შ. ყოველივე ამ ახალმა წარმოქმნებმა გავლენა მოახდინა პავაზე.

კაცობრიობის საქმიანობა გავლენას ახდენს აგერთვე ატომსფეროს, მდინარეებისა და ოკეანეების შემადგენლობაზე. კაცობრიობა დაეუფლა უდიდეს ენერჯიასა და ტექნიკას, იგი გახდა მთავარი ძალა, რომელიც ცვლის ბიოსფეროში მიმდინარე პროცესებს. აკადემიკოსი ვერნად-

სკი თავის მოძღვრებაში ბიოსფეროს შესახებ აღნიშნავდა, რომ ამჟამად კაცობრიობა ქმნის დედამიწის ახალ გარსს – ნეოსფეროს (დედამიწის „გონიერ განსს“) კაცობრიობა ბიოსფეროში შედარებით მცირე მასას შეადგენს, მაგრამ მისი საქმიანობა გრანდიოზულია. ადამიანი უკვე გასცდა ბიოსფეროს ფარგლებს. მისმა კოსმოსურმა ზომალდმა უკვე მიაღწია მთვარეს, ვენერას და სხვა პლანეტებს.

სიცოცხლის სიდიადე უფრო ნათელი ხდება როცა მას წარმოიდგენ მთლიანობაში ყველა მისი გამოვლინებით ჩვენს პლანეტაზე, ბიოსფეროს კანონების ცოდნა აუცილებელია. ფართო მატერიალისტური მსოფლმხედველობის გამოსამუშავებლად თუ დედამიწაზე ადამიანის როლის გასარკვევად ის საჭიროა კაცობრიობის მთელი საქმიანობის გასაგებად, გლობარული დამლუპველი მოქმედების თავიდან ასაცილებლად. დედამიწაზე ბუნებისა და სიცოცხლის შესანარჩუნებლად. აუცილებელია ადამიანის მზრუნველობით შეიქმნას მაღალპროდუქტიული ეკოლოგიური სისტემები: აგერთვე გამძლე ნაგებობათა (ბიოცენოზის) გაშენება ნათესი ფართობების დასაცავად ქარებისაგან, გვალვებისაგან, ღვართოფებისაგან, ნიადაგის ეროზიისაგან და ა.შ. ამასთან ერთად საჭიროა შეიზღუდოს ბუნებრივი რესურსების მტაცებლური გამოყენება.

ბიოლოგია გაელენას ახდენს ტექნიკაზე: წარმოიშვა მეცნიერება ბიონიკა, რომელიც ცოცხალი ოგანიზმების შესწავლის საფუძველზე გვეხმარება ეკონომიკური და უზმაურო მექანიზმების შექმნაში, რომლებიც არ აღიზიანებენ ადამიანის ნერვულ სისტემას.

ბიოლოგიური ცოდნის გავრცელება და ათვისება არა მარტო გაელენას ახდენს ბუნების დაცვაზე, არამედ გახდება მისი სიმდიდრეთა გეგმიანად გამოყენებისა და მოძრავლების აუცილებელი საფუძველი.

ბიოლოგიის, კერძოდ, ბიოსფეროს შესწავლა ყოველ ადამიანს უნდა დაეხმაროს გარემომცველი ბუნების დაცვის მნიშვნელობის გაგებაში და აქტიური მონაწილეობა მიიღოს მის აღდგენა-განახლებაში. ადამიანი, რომელიც მძლავრ ტექნიკასა და ენერჯიას მართავს, დიდ ცვლილებებს იწვევს ბიოსფეროში და აფართოებს მის საზღვრებს. ბიოლოგიური ცოდნა საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ ეს, გონივრული, გეგმიანი, მოსალოდნელი შედეგების გათვალისწინებით.

### 10.3. მდგრადი განვითარებისა და ნოოსფეროს კონცეფცია

თანამედროვე ბიოსფერო წარმოადგენს ორგანულ სამყაროს ხანგრძლივი ევოლუციის შედეგს. ამ ევოლუციაში მონაწილეობს თვით ადამიანი, რომლის ზემოქმედება ბუნებაზე მუდმივად ძლიერდება და თავისი მამულებით უახლოვდება გეოლოგიური პროცესების მოქმედებას. დედამიწის ბიოსფერო სულ უფრო ხდება ადამიანის გონების მიერ მართვადი, რომელიც თანდათანობით გარდაიქმნება ნოოსფეროში.

ჯერ კიდევ XX საუკუნის 20-30 წლებში ვ.ი. ვერნადსკი ავითარებდა ადამიანის გეოლოგიურ როლს, რომელიც შეიარაღებულია მეცნიერული აზრით (გონებით), მივიდა დასკვნამდე, რომ ადამიანის ბიოქიმიური როლი განისაზღვრება არა მისი წონით, არამედ წარმოებითი საქმიანობით. ეს ნიშნავს, რომ უმთავრეს ფაქტორს, რომელზედაცაა დამოკიდებული სიცოცხლე ჩვენს პლანეტაზე, არის ადამიანის გონიერი კოლექტიური საქმიანობა.

ვერნადსკისათვის ცხადი იყო, რომ ბიოსფერო გონიერი ადამიანური საქმიანობის ზემოქმედებით გადადის ხარისხობრივად ახალ მდგომარეობაში. ბიოსფეროს ეს ახალი მდგომარეობა, რომელიც გარდაქმნილია ადამიანის შრომითა და გონებით, ვერნადსკის მიერ იწოდება ნოოსფეროდ. მისი დამახასიათებელი ნიშანია სისტემათა გლობარული წონასწორობის შენარჩუნება სოციალურ-ისტორიული და ბუნებრივი კანონების ოპტიმალური შეთანწყობის საფუძველზე.

თვით ტერმინი „ნოოსფერო“ პირდაპირი მნიშვნელობით აღნიშნავს „გონიერსფეროს“, იგი შამოიტანეს ფრანგმა სწავლულებმა და ფილოსოფოსებმა ე. ლარუემ და პ. ტეიარ დე შარდენმა, რომლებმაც აღნიშნეს, რომ ის გამოიყენეს პირველად 1922-1926 წლებში ვერნადსკის პარიზული ლექციების შემდეგ. ვერნადსკიმ ასევე დაიწყო ამ ტერმინის გამოყენება, მაგრამ მათგან განსხვავებით, რომელიც ნოოსფეროს ქვეშ გულისხმობდა „მოაზროვნე ფენებს“, ნოოსფეროს უახლოვდებოდა მატერი-ალური პოზიციიდან. ვერნადსკის კონცეფცია ნოოსფეროზე წარმოადგენს მისი მრავალწლიანი მუშაობის ლოგიკურ დასრულებას, რომელიც შეეხებოდა ცოცხალი ნივთიერებებისა და ბიოსფეროს პრობლემებს.

ადამიანის წარმოშობით დედამიწაზე იწყება ნოოსფეროგენეზის პროცესი, მაგრამ თუკი იგი დღემდე მიმდინარეობდა გაუცნობიერებლად, როგორც სტიქიური ბუნებრივი პროცესი, ახლა ჩვენ მივუახლოვდით იმ

ზღვარს, რომელიც ადამიანისაგან მოითხოვს გლობარულ ამოცანების მკვეთრ შეცნობას, ტაქტიკასა და სტრატეგიის გამომუშავებას დასახული მიზნის მისაღწევად.

ავითარებდა რა თავის წარმოდგენებსა და იდეებს, ვერნადსკიმ გამოყო აუცილებელი წინაპირობები ნოსფეროს შექმნისათვის:

1) კაცობრიობა გახდეს ერთი მთლიანი. დღეისათვის მოვლენები, რომლებიც მიმდინარეობს ნებისმიერი წერტილის, ნებისმიერი კონტიგენტისა და ოკეანის მიყრუებულ კუთხეში აირეკლება და გააჩნია დიდი ან მცირე შედეგები სხვა ადგილების რიგში, ყველგან დედამიწის ზედაპირზე;

2) კავშირისა და ინფორმაციათა ცვლის საშუალებების გარდაქმნა, რმლებიც დღეისათვის უზრუნველყოფენ მათ უცაბედ გადაცემას;

3) ხალხის რეალური თანასწორობა, როგორც ნოსფეროს აუცილებელი პირობა;

4) სიცოცხლის საერთო ღონის ამაღლება, როგორც პირობა ხალხის რეალური წონასწორობისა, აგრეთვე ხალხის მასების შესაძლო შემოქმედება სახელმწიფო და საზოგადო საქმის მსვლელობაზე;

5) ენერგეტიკის განვითარება. ენერგიის ახალი სახეების აღმოჩენა და გამოყენება, რომელც აუცილებელია სიცოცხლის ღონის ამაღლებისათვის;

6) საზოგადოების ცხოვრებიდან ომების გამორიცხვა;

ამ წინაპირობათა შექმნა შესაძლებელი ხდება XX საუკუნეში მეცნიერული აზრის აფეთქების შედეგად. ეს მდგომარეობა შესაბამისად მიგვიყვანს ბიოსფეროს ტრანსფორმაციაში ნოსფეროსაკენ, ხოლო ხალხთა ცხოვრებაში განხორციელებიან პოზიტიური ცვლილებები, რომლებიც არაფრით არ ეწინააღმდეგებიან ამ პროცესებს.

ამიტომ ნოსფერო უნდა განვიხილოთ, როგორც ბიოსფეროს განვითარების უმაღლესი სტადია, რომელიც დაკავშირებულია მასში ადამიანთა საზოგადოების აღმოცენებასა და განვითარებასთან, რომელიც შეიცნობს რა ბუნების კანონებს, ხდება მსხვილი პლანეტარული ძალა, რომელიც აჭარბებს თავისი მაშტაბებით ყველა ცნობილ გეოლოგიურ პროცესებს. ნოსფეროს დადგენა მჭიდროდაა დაკავშირებული მატერიის მოძრაობის ყველა ფორმასთან და ახალი ცოცხალი ორგანიზმის შექმნასთან, ბიოტექნოლოგიისა და გენური ინჟინერიის მეთოდებისა და ხერხების საშუალებით.

ვერნადსკის კონცეფციის მნიშვნელობა იმაშია, რომ ის იძლევა მომავლის კონსტრუქციულ მეთოდს, ხოლო ის განიხილავს ადამიანს, როგორც გონიერ არსებას, ვერნადსის იდეა დღეისათვის ხელახლა ფართოდ განიხილება სამეცნიერო წრეებში. ისინი ხდებიან მეთოდოლოგიურ საფუძვლებად მრავალი თანამედროვე კონცეფციებისა და თეორიებისათვის, რომლებიც მიმართული არიან ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრისაკენ და კაცობრიობის შენარჩუნებისაკენ.

ბიოსფერო არსებობდა დედამიწაზე ადამიანის გაჩენამდე და შეიძლება იარსებობს მის გარეშეც. მაგრამ ადამიანს ბიოსფეროს გარეშე არ შეუძლია არსებობა. გლობალურმა ეკოლოგიურმა საშიშროებამ, რომელიც ემუქრება კაცობრიობას სიკვდილით, აიძულა მსოფლიო საზოგადოება იზოვოს გამოსავალი გზები შექმნილი სიტუაციიდან და მიგვიყვანა მტკიცე განვითარების კონცეფციის გამომუშავების აუცილებლობისაკენ.

ეს კონცეფცია მიღებული იქნა ონის კონცეფციაზე გარემომცველ არესა და განვითარებაზე (1992 წ. რიო დე ჟანეირო), სადაც აღნიშნული იქნა, რომ შეუძლებელია განვითარებადი ქვეყნების პროგრესი წავიდეს იმ გზით, რომელიც გაიარეს განვითარებულმა ქვეყნებმა. აღიარებული იქნა, რომ განვითარების ეს მოდელი დამთავრდება კაცობრიობის დაღუპვით, ამიტომაც მიღებული იქნა მსოფლიო საზოგადოების გადასვლის აუცილებლობა მტკიცე განვითარების გზაზე. ე.ი. საზოგადოების განვითარება ეკოლოგიური მიზანმიმართული შენებათგამოყენების ბაზაზე, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალი ხარისხის სიცოცხლეს ხალხისათვის თაობათა მთელ რიგში.

მტკიცე განვითარება წამოჭრილი იქნა, როგორც კაცობრიობის ძირითადი ამოცანა XX საუკუნის დასასრულსა და XXI საუკუნის დასაწყისში. განვითარების ეს მოდელი ვარაუდობს:

1) წარმოების მატერიალური და ენერგო მოცულობის შემცირება, ნარჩენების მაქსიმალური შემცირება, ტოქსიკური ნივთიერებების ცვლის შემცირება და განახლებული რესურსების გამოყენების გაფართოება, ენერჯის წყაროების ჩათვლით;

2) ფასთწარმოქმნისაკენ გადასვლა, რომელიც ითვალისწინებს ეკოლოგიური კრიტერიუმების (გარემოს ზარალის ფასი) და ახალი. ეკონომიურად უსაფრთხო რესურსი და ენერგოშემნახველი ტექნოლოგიების სტიმულირებად გამოყენება-გადასახადებისა და ჯარიმების სისტემასთან შესაბამისობაში;



3) სოფლის მეურნეობის დანერგვას და სასოფლო რაიონების განვითარება სასოფლო სამეურნეო კულტურების პროდუქციულობის მომატებასთან ერთად, მცენარეთა და ცხოველთა პროდუქციის საკვები თვისებების გაუმჯობესება კომპლექსური მეთოდების გამოყენება სოფლის მეურნეობის მავნებლებთან ბრძოლა და ა.შ.;

4) ინდუსტრიულად განვითარებული ქვეყნების მიერ მოწინავე ტექნოლოგიების გადაცემა განვითარებადი ქვეყნებისათვის, კერძოდ, ახალი ტექნოლოგიების, რომლებიც შეიქმნა გენეტიკური მასალის საფუძველზე, რომლებიც მიღებული იქნა განვითარებადი ქვეყნებიდან;

5) საერთაშორისო ინსტიტუტების შექმნა, რომელსაც უნარი აქვს განსაზღვროს ერთიანი გლობალური ხაზი მტკიცე განვითარებისა. ყველა ქვეყნისათვის ერთიანი ეკოლოგიური სტანდარტების დაყენება, აკუმულირება და რესურსების გადანაწილება მთელი თანასაზოგადოების ინტერესებში, ყველა სახელმწიფოს მიერ ყურადღების მოქცევა ეკოლოგიური ქცევის ერთიან წესზე.

დღეისათვის ცხადია, რომ დედამიწის ბიოსფერო — ურთულესი სისტემა — იმყოფება ძლიერ გაუწონასწორებელ მდგომარეობაში. ჩვენ ვიცით აგრეთვე, რომ თვითორგანიზებული სისტემების ასეთი მდგომარეობებიდან, რომელთაც მიეკუთვნება ბიოსფერო, გამოდინან ნახტომით. ჩვენ მივიღვართ ბიოფურკაციის წერტილისაკენ, რომლის იქეთაც დევს რამოდენიმე შესაძლო ვარიანტი მომავლის, მათ შორის ეკოლოგიური კატასტროფების შესაძლებლობა, დედამიწაზე სიცოცხლის მთლიანი გაქრობა ან სიცოცხლის არსებობა, კაცობრიობის გარეშე. მეტად ხელსაყრელი გამოსავალი კაცობრიობისათვის ამ სიტუაციიდან არის ნოოსფეროს წარმოქმნა. სისტემაში გონების არსებობა ცვლის ამ სიტუაციას. ბიოსფეროში მოახდინოს გარდამავალი პროცესი ადამიანი ამისათვის მზად არაა. მაგრამ არის შესაძლებლობა მთლიანად მოვსპოთ ის არასასურველი ფლუქტაციები, რომლებიც უბიძგებენ არამდგრად სისტემებს, ადამიანისათვის არასასურველი გადასვლის ვარიანტებისაკენ. ასე აკრძალვა და მთლიანი განადგურება ბირთვული და ქიმიური იარაღისა მოიცავს ფლუქტაციას, რომელიც უნარიანია გამოიწვიოს ბიოსფეროს განადგურება ომის პირობებში. უფრო კარგია, თუკი მიღწეული იქნება შეთანხმება შეიარაღების ჩვეულებრივი სახეების განადგურებასა და შემცირებაზე. ხოლო გამონთავისუფლებული რეურსები მიმართული იქნება

ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრაზე. ასევე ცხადია, რომ ეკოლოგიური პრობლემები ყოველდღიურად გადაჭრილი უნდა იქნეს ყველა ქვეყნის ერთობლივი ძალებით, ყოველივე აქედან გამომდინარე. კაცობრიობა ვერ აღუდგება ენერჯის მოთხოვნილების გაზრდას. უფრო ეკონომიურ მსვლელობას სამრეწველო წარმოებისა, ამოღების შემცირებასა და უმთავრესი სასარგებლო წიაღისეულის დახარჯვას. აუცილებელია შევიგნოთ დემოგრაფიული პრობლემები, შევეცვალოთ დამოკიდებულება ცხოვლებთან და პლანეტის მცენარეულ სამყაროსთან. ყველაფერი ეს შეუძლებელია შედეგების მეცნიერული განჭვრეტის გარეშე ნებისმიერი ბუნების გარდამქმნელი და სოციალური მოქმედების გარეშე, ასევე მართვის მოწესრიგებული სისტემის შექმნისა და ცხოვრებაში გამომუშავებული ღონისძიებების კონტროლის გატარების გარეშე.

შეიძლება ითქვას, რომ გარდაქმნის პროცესებში კაცობრიობა აბარებს გამოცდას გონიერებაზე. ჩვენზეა დამოკიდებული ჩვენი მომავალი, როგორი იქნება იგი და იქნება კი იგი საერთოდ.

## თავი 11.

### 11.1. ცნებები ეკოლოგიის, გარემოს, გარემოს დაცვისა და გარემოს დაბინძურების შესახებ

ჩვენი გარემომცველი ბუნება სხვადასხვა ცოცხალ არსებათა უწყესრიგო გროვა კი არა, ორგანული სამყაროს ევოლუციის პროცესში ისტორიულად ჩამოყალიბებული, საკმაოდ მყარი და ორგანიზებული სისტემაა. ამ სისტემაში მცენარეთა და ცხოველთა ყოველ სახეობას განსაზღვრული ადგილი უკავია. მცენარეთა და ცხოველთა როგორც ცალკეული ინდივიდების, ასევე პოპულაციებისა და თანასაზოგადოების წევრების გარემოსთან და მის ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ ფაქტორებთან ურთიერთდამოკიდებულებას ეკოლოგია შეისწავლის.

ტერმინი „ეკოლოგია“ პირველად შემოგვთავაზა გერმანელმა მეცნიერმა ბიოლოგმა ერნსტომ ჰეკელმა ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში.

ეკოლოგია სწავლობს ორგანიზმისა და პოპულაციის გარემოსადმი დამოკიდებულებას. იკვლევს გარემოს ზეგავლენას ორგანიზმის აგებულებაზე, ცხოველქმედებასა და ქცევაზე, ადგენს შეფარდებას გარემოსა და პოპულაციათა რაოდენობას შორის.

ეკოლოგია იკვლევს თანასაზოგადოების სახეობრივ შემადგენლობას, თანასაზოგადოებაში სხვადასხვა სახეობის პოპულაციებს შორის დამოკიდებულებას და მათ ზეგავლენას სახეობათა განახლებაზე, თანასაზოგადოების განვითარებასა და ცვლაზე.

ეკოლოგია უშუალოდ დაკავშირებულია ევოლუციურ მოძღვრებასთან. განსაკუთრებით მიკროევოლუციის პრობლემებთან, ვინაიდან ის პოპულაციებში მიმდინარე პროცესებს შეისწავლის. ეკოლოგია შეისწავლის ორგანიზმებს შორის ურთიერთქმედებას და ასევე მისი გარემოს შორის. გარემოში იგულისხმება ცოცხალი და არა ცოცხალი ბუნების ყველა პირობა, რომელშიც არსებობს ორგანიზმი, პოპულაცია. ბუნებრივი თანასაზოგადოება და რომელიც პირდაპირ ან არაპირდაპირ გავლენას ახდენენ მის მდგომარეობასა და თვისებებზე. ბუნებრივი გარემოს კომპონენტებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ ორგანიზმის, პოპულაციის, ბუნებრივი თანასაზოგადოების მდგომარეობასა და თვისებებზე ეკოლოგიური ფაქტორები ეწოდება. მათ შორის არჩევენ თავიანთი ბუნებით განსხვავებულ ფაქტორთა სამ ჯგუფს:

1. აბიოტური ფაქტორები – არაცოცხალი ბუნების ყველა კომპონენტი, რომელთა შორის ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანია სინათლე, ტემპერატურა, ტენიანობა და ჰაერის სხვა კომპონენტები, აგერთვე წყლის, ჰაერის და ნიადაგის შემადგენელი გარემო.

2. ბიოტური ფაქტორები – ურთიერთქმედება პოპულაციებში ინდივიდთა შორის, პოპულაციებსა და ბუნებრივ თანასაზოგადოებათა შორის.

3. ანტროპოგენური ფაქტორები – ადამიანის ყოველგვარი მოქმედება, რომელიც იწვევს ბუნების, როგორც მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების საბინადრო გარემოს შეცვლას ან უშუალოდ გავლენას ახდენს მათ სიცოცხლეზე.

ბუნებაში ყოველი სახეობა ევოლუციის პროცესში ეგუება ეკოლოგიური ფაქტორების გარკვეულ ცვლილებებს და თავის მხრივ ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე.

სხვადასხვა ეკოლოგიური ფაქტორი, ისეთი როგორცაა ტემპერატურა, ტენიანობა, საკვები, მოქმედებს ყოველ ინდივიდზე, ამის საპასუხო ორგანიზმს, ბუნებრივი გადარჩევის მეშვეობით, მათ მიმართ უმუშავდება სხვადასხვა მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური შემგუებულობა. სხვადასხვა სახეობას გარემოს ფაქტორთა მიმართ რეაქციის სხვადასხვა ნორმა ახასიათებს.

## 11.2. ბარემოს გაჭუჭყიანების ძირითადი ფყაროები და მათი გავლენა ალაბიანის ჯანმერთელობაზე

დედამიწის ატმოსფერო ჩვენი პლანეტის გარე გარსია, იგი წარმოადგენს ჰაერის ფენას დედამიწის გარშემო. ტერმინი „ჰაერი“ ზოგადად შეიძლება განისაზღვროს როგორც აირების, ასევე შეწონილ მდგომარეობაში მყოფი მყარი და თხევადი ნაწილების ნარევი. დედამიწის მიზიდულობის ძალის გამკვლენით ეს ნარევი კი არ იფანტება სამყაროში. არამედ ეკერის დედამიწას და ბრუნავს მასთან ერთად.

ატმოსფეროს ზედა ფენებს ყოველ წამში ეცემა მზისა და სხვა კოსმოსური გამოსხივების უდიდესი ნაკადი –  $\alpha$  სხივები, ინფრაწითელი, რენტგენის და ულტრაიისფერი სხივები, ხილული სინათლე, რადიოტალღები. ესენი რომ დედამიწამდე აღწევდნენ ყველაფერი დაიფერფლებოდა და ეს რომ ასე არ ხდება, მხოლოდ ატმოსფეროს დამკველი უნარის შედეგია. ატმოსფეროს გავლით დედამიწაზე აღწევს მხოლოდ ზოგიერთი რადიოტალღა ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სხივების ნაწილი. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ამაში მთავარ როლს ასრულებს იონოსფერო და ოზონის ეკრანი 30-დან 50 კმ-მდე სიმაღლეზე. ოზონის შრეში გავლილი ულტრაიისფერი სხივები საშიშია მხოლოდ ზოგიერთ, მათ შორის დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმებისათვის, ადამიანისათვის კი იგი აუცილებელია.

როგორც ცნობილია, დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობას ხელს უწყობს მზის ენერგია, მაგრამ ამ ენერგიის სასიცოცხლო დოზას სწორედ ატმოსფერო განსაზღვრავს. ატმოსფეროს გარეშე დედამიწაზე ტემპერატურათა სხვაობა დღე-ღამეში  $200^{\circ}\text{C}$ -ს მიაღწევდა  $+100^{\circ}$ -დან  $100^{\circ}\text{C}$ -მდე, რისი ატანაც არ შეუძლია თუ ყველას არა, უმეტეს სასიცოცხლო ფორმებს მაინც.

ამრიგად ატმოსფეროს საშუალებით დედამიწის ზედაპირზე აღწევს მხოლოდ სასიცოცხლო საჭირო სინათლე და სითბო, დანარჩენი კი შეკავდება.

გარდა ტემპერატურის რეგულირებისა, ატმოსფერო განსაზღვრავს კლიმატის სხვა მნიშვნელოვან პარამეტრსაც – ტენიანობას. რადგან ატმოსფერო სასიცოცხლო გარემოს ნაწილია, ამიტომ ცოცხალი ორგანიზმებისათვის მნიშვნელოვანია მისი ფიზიკური თვისებები. ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის აუცილებელი პირობაა ატმოსფერული წნევა.

რადგან ჩვენ პლანეტაზე არ არსებობს წნევის გაქრობის ან მკვეთრი ცვლილებების საშიშროება. ატმოსფეროს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისება ცოცხალი ორგანიზმებისათვის არის მისი გამჭვირვალობა ან უფრო ზუსტად, მზის გამოსხივების, კერძოდ, ხილული ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი არეების გამტარობა.

სინათლის რაოდენობა განსაზღვრავს ფოტოსინთეზის ინტენსიურობას. ფოტოსინთეზი არის დედამიწაზე მზის ენერჯის ფიქსაციის ერთადერთი ბუნებრივი პროცესი.

ბიოსფეროსათვის მეტად მნიშვნელოვანია აირადი ბალანსის საკითხი, ძირითადად აზოტის, ჟანგბადის და ნახშირორჟანგისა. ჰაერის 3/4-ზე მეტს აზოტი შეადგენს. იგი არის პირველადი ნედლეულის გიგანტური რეზერვუარი და შედის სიცოცხლის პირველად წყაროებში – ცილებში, ნუკლეინის მჟავებში.

მეორე ძირითადი კომპონენტია ჟანგბადი. მის გარეშე შეუძლებელია სუნთქვა და შესაბამისად მრავალჯერადიან ცხოველთა არსებობა.

ნახშირორჟანგი დედამიწის ატმოსფეროში შედარებით მცირე რაოდენობითაა (0,003%), ამ კომპონენტთა თანაფარდობის შეცვლა კატასტროფულად მოქმედებს ცოცხალ ბუნებაზე.

ატმოსფეროს აირადი და სითბოს ბალანსი უშუალოდ დაკავშირებულია მის სისუფთავეზე.

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მთავარი და საშიში წყაროებია საწარმოთა, ტრანსპორტისა და საყოფაცხოვრებო გამონაყოფები ე.ი. ადამიანის საქმიანობის სფერო.

*მსუბუქი ატომანქანა* ყოველ 1000 კმ-ის გავლისას წვავს ადამიანის წლიურ ნორმა ჟანგბადს. *საბურავების ცვეთის* შედეგად ავტომანქანა ყოველწლიურად გამოყოფს 10 კგ-მდე რეზინის მტვერს. ქვანახშირის მოპოვებისას გაჭუჭყიანების წყაროა ფუჭი ქანების ტერიკონიკები, რომელთა შიგნითაც მიმდინარეობს თვითწვის ხანგრძლივი პროცესი, რის შედეგად გამოიყოფა გოგირდისა და ნახშირბადის ჟანგეულები და ფისოვან ნივთიერებათა გამოზღვის პროდუქტები.

*ნავობმომპოვებელი, ნავთობგადამამუშავებელი და ნავთობქიმიური* მრეწველობის აირული გამონაყოფი დიდი რაოდენობით შეიცავს ნახშირწყალბადებს, გოგირდწყალბადებს და არასასიამოვნო სუნის მქონე სხვა აირებს. *სინთეზური კაუჩუკის* საწარმოები ატმოსფეროში უშვებენ ისეთ მომწამვლელ ნივთიერებებს, როგორცაა სტიროლი, ლივინილი, ტოლუ-

ოლი, აცეტონი, იზოპრენი და ა.შ. ქიმიური მრეწველობის საწარმოთა ძირითადი მავნე გამონაყოფია ნახშირჟანგი, აზოტის ჟანგეულები, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი, ამიაკი. არაორგანულ ნივთიერებათა საწარმოში მტვერი, გოგირდწყალბადი, ფთორის ნაერთები და ა.შ.

ხშირად საშიში გაჭუჭყიანებები ჰაერში არ შეიგრძნობა, მაგრამ ისინი აზიანებენ ადამიანის ჯანმრთელობას. ადამიანის ასეთი შეუმჩნეველი ზემოქმედებისაგან დასაცავად შემოღებული იქნა მავნე ნივთიერებებისათვის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები და დაწესდა კონტროლი.

### *ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების წყაროები.*

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების წყაროები ორი სახისაა: ბუნებრივი და ხელოვნური. პირველს მიეკუთვნება ვულკანების მიერ ფერფლისა და აირების ამოფრქვევა, ტყისა და ველების ხანძარი, მარილებით გაჯერებული ზღვის მხეფები და ნისლი, ეროზიული ნიადაგის მტვერი, უდაბნოთა წვრილი ქვიშა, მცენარეთა მტვერი, მიკროორგანიზმები, ცხოველთა გამონაყოფი, ასევე კოსმოსური მტვერი. ჩვეულებრივ პირობებში ბუნებრივი წყაროები არ იწვევს მნიშვნელოვან ცვლილებებს ჰაერში. მაგრამ კატასტროფულ შემთხვევაში ატმოსფერო სერიოზულად ჭუჭყიანდება. მაგალითად 1883 წელს კუნძულ იაეას მახლობლად ვულკან კრაკატაუდან ამოიფრქვა იმდენი ფერფლი და მტვერი, რომ შეიქმნა თავისებური სინათლის შემკავებელი ეკრანი, რითაც შემცირდა მზის რადიაციის ინტენსიურობა დედამიწის ზედაპირზე, შეიცვალა პლანეტის სითბოს ბალანსი. ადგილობრივი მაგრამ შესამჩნევი ეფექტი შეიძლება ექნას ტყის დიდსა და ხანგრძლივ ხანძრებს და მტკრის გრიგალებს.

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მთავარი და საშიში წყაროებია საწარმოთა ტრანსპორტისა და საყოფაცხოვრებო გამონაყოფები, ე.ი. ადამიანის საქმიანობის სფერო მანქანების გამონაბოლქვი, საბურავების ცვეთით გამოყოფილი რეზინის მტვერი, თბური ელექტროსადგურები, თბოელექტროცენტრალები, საქვაბე დანადგარები მყარი ან თხევადი სათბობის წვისას, ატმოსფეროში გამოყოფენ ბოლს, გაჭუჭყიანება დამოკიდებულია საწვავის ხარისხსა და სათბობის გამოყენებულ დანადგარზე. ქვანახშირის მოპოვება, ნავთობგადამამუშავებელი და ნავთობქიმიური მრეწველობა, სინთეზური კაუჩუკის საწარმოები, ქიმიური მრეწველობის საწარმოები შავი და ფერადი მეტალურგიის საწარმოები, საშენ მასალათა

მრეწველობიდან ცემენტის ქარხნები, სასოფლო რაიონებში მეცხოველეობის ადა მეფრინველეობის ფერმები და სხვა.

### *წყლისა და ნიადაგის დაბინძურების წყაროები.*

წყალი ჩვენი პლანეტის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი, შეუცვლელი რესურსია. მიუხედავად წყლის მოჩვენებითი გამოუღებელობისა, წყლის აუზის გაჭუჭყიანება ისეთი სწრაფი ტემპით ხდება, რომ კაცობრიობის წინაშე დგას სუფთა წყლის შენარჩუნების მეტად რთული ამოცანა. ამ ამოცანის გადაჭრა მოითხოვს არა მარტო საკითხის ღრმა ცოდნას, არამედ რადიკალურ მეთოდებსაც. წყალი იცვლება ისევე, როგორც მთლიანად ჩვენი საარსებო გარემო. წყალი სიცოცხლის წყარო და ის საშენი მასალაა. რომელსაც იყენებს ყველა ცოცხალი ორგანიზმი, მას ორგანიზმში შეაქვს ყველა საჭირო ნივთიერება და გამოაქვს ყველაფერი ზედმეტი – წყალი უნივერსალური გამხსნელია. მას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ადამიანისათვის ყოველდღიურ ყოფაში.

წყალი ამავე დროს, წარმოადგენს სამრეწველო ნედლეულს, ხშირად დეფიციტურსა და მეტად ძვირფასს.

ჩვენი პლანეტა ჰიდროსფერო მოიცავს მსოფლიო ოკეანებს, ზღვებს, მდინარეებს, ტბებს, მიწისქვეშა წყლებს, მყინვარებს, ატმოსფეროს ტენს. ცხადია, ხმელეთი, ზღვა და ატმოსფერო განუყოფელია. შემოთჩამოთვლილ ნაწილს თავისი გარკვეული ფუნქცია აკისრია. ბუნებაში წყალი სუფთა სახით არ გვხვდება. იგი შეიცავს მრავალ ორგანულ და არაორგანულ ნაერთს. აბსოლუტურად სუფთა წყლის მიღება ჯერჯერობით ვერაჲინ შეძლო. გახსნილ ნივთიერებათა რაოდენობის მიხედვით წყალი იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: მტკნარი, მინერალური და მლაშე (ზღვის წყალი).

ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე მდინარეთა განაწილება მეტად არათანაბარია. წყლის რესურსებით ბევრად უფრო უზრუნველყოფილია ის რაიონები, რომლებსიც მცირედ დასახლებულია და ეკონომიურად ნაკლებადაა განვითარებული.

წყალსაცაეების გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროებია:

1. სხვადასხვა საწარმოთა ჩამდინარე წყლები, რომლებიც ძირითადად შეიცავენ მინერალურ მჟავებს, ფუძეებს, მარილებს;

2. ცელულოზა – ქაღალდის კომბინატების ჩამდინარე წყლები, რომლებიც შეიცავენ ნახერხს, ხის ბოჭკოს. ისინი ლპობისაგან იწვევენ ჟანგბადის ხარჯვას და გამოყოფენ დაშლის მანე პროდუქტებს;

3. ხელოვნური ბოჭკოს საღებავების სამკურნალო ნივთიერებების საწარმოთა ჩამდინარე წყლები;

4. ხის დაცურების ნარჩენები;

5. სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ: აზოტს, ფოსფორს, რაც იწვევს წყალმცენარეების გაძლიერებულ ზრდას და მდგრადი ქაფის წარმოქმნელ დეტერგენტებს;

6. სხვადასხვა სახის ნავთობპროდუქტები;

7. წყალსაცავების თბური გაჭუჭყიანება ხდება ცხელი ჩამდინარე წყლების ჩაშვებისას;

8. რადიოაქტიური გაჭუჭყიანება ძირითადად ხდება ატომური იარაღის წყალქვეშ გამოცდისას და სხვა.

არსებობს კიდევ გაჭუჭყიანების ერთი წყარო, რომელზედაც კონტროლი პრაქტიკულად ვერ ზორციელდება, ეს არის ტყეებიდან სასოფლო-სამეურნეო საბარგულებიდან და სხვა ტერიტორიებიდან ნაჟური თოვლის და წვიმის წყალი.

წყალსაცავების გაჭუჭყიანება ორი სახისაა:

1 მინერალური გაჭუჭყიანება;

2. ორგანული გაჭუჭყიანება, მათ შორის ბიოლოგიური და ბაქტერიული.

მინერალური გაჭუჭყიანების წყაროებია ქიმიური, მეტალურგიული, მანქანათსაშენი ქარხნების ჩამდინარე წყლები, ნავთობისა და სამთომოპოვებითი მრეწველობის ნარჩენები. მათში შედის ქვიშა, თიხისა და მადნის ნარჩენები, წიდა, მინერალური მჟავების, მარილების ხსნარები, მინერალური ცხიმები და ა.შ.

ორგანული გამაჭუჭყიანებელ მიეკუთვნება სამეურნეო ფეკალური ჩამდინარე წყლები, ტყავის, ცელულოზა-ქაღალდის ლუდის ნაწარმები და ა.შ.

მიწა არის ბუნების ერთ-ერთი უმთავრესი სიმდიდრე, მეურნეობის განლაგების და განვითარების სივრცობრივი ბაზისი, მთელი რიგი დარგებისა და პირველყოფლისა, სოფლის მეურნეობის წარმოების საშუალება. ამჟვე დროს, სოფლის მეურნეობაში მიწა არის შრომის საგანიც და შრომის იარაღიც.



წარმოების სხვა საშუალებებისაგან განსხვავებით, მიწა ბუნების პროდუქტია და არა ადამიანის შრომისა. იგი უცვლელია და მას იყენებენ იქ, სადაც არის. მიწა ძნელად განახლებად რესურსებს მიეკუთვნება. საუკუნეობით, ათასწლობით იქმნებოდა ეს უდიდესი ბუნებრივი სიმდიდრე და მას გონივრულად უნდა გამოყენება.

ნიადაგის ძირითად დამაბინძურებლად გვევლინება სოფლის მეურნეობაში არასწორად გამოყენებული შხამ-ქიმიკატები. თანამედროვე მიწათმოქმედებისათვის სერიოზული პრობლემაა ნიადაგის დამლაშება. ძალიან ხშირად ხდება ნიადაგის დაზიანება ტრანსპორტით, მიწისათხრელი მანქანებით და სხვა ტექნიკური საშუალებებით. მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის ინტენსიურ განვითარებასთან ერთად მთელ რიგ პრობლემებს წარმოქმნის. მუდამ უნდა გვახსოვდეს, რომ პესტიციდების მაღალ ეკონომიკურ ეფექტიანობასთან ერთად არასწორი გამოყენების დროს შეიძლება მოგვეცეს არასასიამოვნო შედეგები.

ზოგიერთი მდგრადი ქიმიური ნივთიერება, ძირითადად ქლორორგანული ნარეუები, შედის რა ატომის ორგანიზმში უმნიშვნელო რაოდენობითაც, კი გროვდება მათში და იწვევს ქრონიკულ მოწამვლას. ყველაზე ხშირად ეს დაავადება დაკავშირებულია კვების პროდუქტებთან. დადგენილი, რომ ადამიანის ორგანიზმში პირის ღრუდან მოხვედრილი პესტიციდების საერთო რაოდენობის 90%-ზე მეტი ორგანიზმში შედის კვების პროდუქტებით.

### 11.3. აზოტის ოქსიდებისა და ფოტოქიმიური სეოზის წარმოქმნის მექანიზმი

ჰაერზე წვისას აზოტი და ჟანგბადი უერთდება ერთმანეთს და წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდი, რის შედეგადაც შეიმჩნევა მოყავისფერო ბოლი, იგი დამლუპველად მოქმედებს მცენარეებზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე. აზოტის დიოქსიდი მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით იშლება  $NO_2 \leftarrow NO + O$  გამოყოფილი ატომური ჟანგბადი ჟანგავს ნახშირწყალბადებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მომწამვლელი აირები, მაგალითად ფორმალდეჰიდი  $CH_4 \xrightarrow{O} CH_3OH \xrightarrow{O} CHOH$

ნახშირწყალბადები შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვი აირია. არასრული წვის ქიმიური პროდუქტები 25-35°C-ზე მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით ქარის მცირე ნაწილაკებთან ერთად ქმნიან „თეთრ ფოტოქიმიურ“ სმოგს. მსოფლიოს მრავალი ქალაქისათვის ნამდვილ უბედურებად იქცა ტოკსიკური ნისლი სმოგი, რომელიც მძიმედ აზიანებს თვალებსა და ფილტვებს, იწვევს ძლიერ დაავადებებს და სიკვდილსაც კი.

ამჟამად სმოგების „დედაქალაქი“ ლოს-ანჯელოსია. ლონდონის „შავ“ სმოგთან შედარებით აქ „თეთრი“ სმოგია. ლონდონის სმოგისაგან განსხვავებით იგი პირველ რიგში მოქმედებს თვალბზე – იწვევს მის ანთებას.

სმოგის წარმოქმნის საწინააღრისა ქალაქის თავზე ჰაერის ძლიერი გაჭუჭყიანება, მაგრამ სმოგის წარმოსაქმნელად სხვა ბუნებრივი პირობებია კიდევ საჭირო – სუსტი ქარი, ჰაერის შეკავება, ნისლი, მაღალი ტენიანობა. განსაკუთრებით საშიშია ტემპერატურული ინვერსია. ნორმალურ პირობებში დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს სიმაღლესთან ერთად ტემპერატურა კლებულობს, ამიტომ ჰაერი გადაადგილდება, რითაც უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე ან ჰაერში მავნე ნივთიერებების დაგროვების საშიშროება „არ“ იქნება თუ სიმაღლეზე ტემპერატურა იზრდება. ჰაერი არ გადაადგილდება გაჭუჭყიანებაც უშუალო ზედაპირთან გროვდება. ამ მოვლენას უწოდებენ „ტემპერატურულ ინვერსიას“, რადგან ისინი ნორმალურთან ინვერსირებული (შებრუნებული) არიან. ამ დროს ქალაქების თავზე იქმნება სახურავი, ჰაერი მოქცეულია გარკვეულ მოცულობაში. გამაჭუჭყიანებლების გამოყოფა გრძელდება, რითაც მკვეთრად იზრდება მათი კონცენტრაცია.

მთიანი გარემო ხელს უწყობს ჰაერის შეკავებას ქვაბურებში, ცივი დინებები – სანაპირობებზე და სხვა (ბუნებრივი თავისებურებები ხელს უწყობენ სმოგის წარმოქმნას).

ხშირად საშიში გაჭუჭყიანებები ჰაერში არ შეიგროვდება, მაგრამ ისინი აზიანებენ ადამიანის ჯანმრთელობას.

ადამიანების ასეთი ზემოქმედებისაგან დასაცავად შემოღებული იქნა მავნე ნივთიერებებისათვის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ПДК) და დაწესდა მათზე კონტროლი.

## 11.4. არამორბანული და მორბანული ნივთიერებათა ცვლა

ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლები ყოველთვის შეიცავს გახსნილ გაზებს, რომლებიც სხვადასხვა გზით ხვდება მათში. ყველაზე ფართოდ არის გავრცელებული აზოტი და ჟანგბადი, რომლებიც ჰაერიდან იხსნება წყალში. ჟანგბადი წარმოიქმნება წყალშიც მწვანე წყალმცენარეების ცხოველქმდების შედეგად. წყალში ჟანგბადი ცუდად იხსნება და მისი შემცველობა იცვლება ტემპერატურის მიხედვით.

ჟანგბადის მონაწილეობა წყალში მიმდინარე ბიოქიმიურ რეაქციებში, რის შედეგად ჟანგბადის რაოდენობა მცირდება და წყალი მის მიმართ არა ნაჯერი ხდება. წყლის ზედა ფენაში ჟანგბადი ჰაერიდან ჩადის და მისი დეფიციტი აქ თანდათან კომპენსირდება, ღრმა ფენებში ჰაერი ნაკლებად აღწევს და შეიმჩნევა ჟანგბადის ნაკლებობა. ჟანგბადით წყლის გაჯერება შეიძლება ენერგიულ მორევით.

აზოტი ყოველთვის გვხვდება წყლებში, მაგრამ ის არ იწვევს რაიმე არასასურველ ცვლილებებს. ჟანგბადთან ერთად საყურადღებოა ნახშირბად (IV)-ის ოქსიდი და გოგირდწყალბადი. გოგირდწყალბადი არიმდგრადი მჟავაა და ხსნარში დისოცირდება ორ საფეხურად. ის ლითონებზე მოქმედებს და მათ ზედაპირზე წარმოქმნის შავი ფერის გარსს, რასაც ხელს უწყობს ჟანგბადის არსებობა.

წყალში შეტანილი ქლორი იხარჯება არა მრატო პირდაპირი და ნიშნულებით ე.ი ბაქტერიების მოსასპობად, არამედ ის იხარჯება წყლის შემადგენელ ზოგიერთ ნივთიერებებთან ქიმიურ რეაქციაზე. ქლორის მოქმედებით იშლება წყალში შემავალი ორგანული ნივთიერებები, მათ შორის ჰუმუსიანი ნაერთები, რომლებიც გარდაიქმნებიან  $\text{CO}_2$ -ად.

ქლორი მოქმედებს შეტივტივებულ ნაწილკებზე, ჟანგავს მათ ზედაპირზე აღსორბირებულ ორგანულ ნაერთებს, რომლებიც ზრდის სუსპენზიის მდგრადობას. ე.ი. დამცავ მინარევებს. ქლორის შეტანით სუსპენზია არამდგრადი ხდება და ილექება. ეს მოქმედება სასარგებლოა და ხელს უწყობს წყლის გაწმენდას.

ქლორი ურთიერთქმედებს წყალში არსებულ ფენოლებსა და სხვა არომატულ ნივთიერებებთან და მიიღება მონოქლოროფენილი, რომელსაც არასასიამოვნო სუნი აქვთ. ქლორი რეაქციაში შედის წყალში არსებულ ნიტრიტებთან, ამიაკთან, ამონიუმის მარილებთან, გოგირდწყალბადებთან და სხვა ნაერთებთან.

ბიოლოგიური ჟანგვის მექანიზმი შეიძლება შემდეგი სქემით წარმოვიდგინოთ: ორგანული ნივთიერება  $+O_2 + N + P +$  მიკროორგანიზმები  $=CO_2 + H_2O +$  ბიოლოგიურად დაჟანგული ნივთიერებები.

მთელი რიგი ორგანული ნივთიერებების ამ მეთოდით გადამუშავება შეუძლებელია, რადგან ისინი ძალიან ნელა იჟანგება. ორგანულ ნივთიერებათა ბიოჟანგვითობის დასადგენად ყველაზე მარტივი კრიტერიუმია БПК (ჟანგბადის ბიოლოგიური ხარჯის) დადგენა. თუ შესაძლებელია БПК -ს განსაზღვრა, მაშინ ჩამდინარე წყალი იჟანგება. თუ БПК ნულთან ახლოსაა, მაშინ ჩამდინარე წყალი დაუჟანგავთა კატეგორიას ეკუთვნის.

აქტიური ლამის ბიოცენოზი, რომელთან წყალს წმენდენ, წარმოდგენილია: ბაქტერიებით, რომლებიც ჟანგავენ სხვადასხვა ნივთიერებებს – მეთანს, ნიტრიტებს, მოლეკულურ წყალბადებს, გოგირდის ნაერთებს, სპირტებს, ორგანულ მჟავებს, ალდეჰიდებს, შაქარს, ფენოლებს, ნავთობს, პარაფინებს, ნაფთენებს და ა.შ. უმარტივესი ორგანიზმებით – სარკოლინებით, შოლტოსნებითა და ინფუზორიებით. ისინი დამჟანგავი სისტემის მდგომარეობისა და წყლის გაწმენდის ხარისხის ინდიკატორებია.

## 11.5. ბუნებრივი წყლების, ატმოსფეროს და ნიადაგის დაცვა დაბინძურებისაგან

სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით წყალსაცავების გაჭუჭყიანება სულ უფრო და უფრო მეტ გავლენას ახდენს მილიონობით ადამიანის ყოველდღიურ ყოფაზე.

ნარჩენები თითქმის მთლიანად იხმარენ მდინარეებში ჟანგბადს, ხოლო აზოტისა და ფოსფორის შემცველობა იწვევს წყალმცენარეთა ზრდას, რომლებიც იყენებენ ჟანგბადის უკანასკნელ მარაგს. ჟანგბადის გამოლევის შემდეგ მოქმედებას იწყებენ ანაერობული ბაქტერიები, რის შემდეგაც გამოიყოფა გოგირდწყალბადი.

ყოველივე ამის გამო აუცილებელი ხდება მთელი რიგი ღონისძიებების გატარება, რათა დავიცვათ წყალი გაბინძურებისაგან და ამავე დროს მოვახდინოთ მისი გაწმენდა.

წყალს აქვს მეტად მნიშვნელოვანი თვისება – თვითგაწმენდის და თვითაღდგენის უნარი მზის რადიაციის, ბაქტერიების, წყალმცენარეების, სოკოების მეშვეობით. წყალმა რომ გაწმენდა შეძლოს, გაჭუჭყიანება არ

უნდა აღმატებოდეს განსაზღვრულ კონცენტრაციას, რომელსაც წყალსაცავში მავნე ნივთიერებების დასაშვებ კონცენტრაციას უწოდებენ (ПДК).

დიდი სამუშაოები ტარდება ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების მოსაპოვებლად, რისთვისაც იყენებენ სპეციალურ შხამქიმიკატებს. შერჩეულ ვირუსებს, რმლებიც ამ წყალმცენარეებით იკვებებიან, კოაგულანტებს და სხვა. წყალსაცავებში წყლის გასაწმენდად იყენებენ დაქლორებას, ოზონირებას.

სასმელი წყლის მისაღებად (მტკნარი წყლის მისაღებად) იყენებენ ზოგ შემთხვევაში გამამტკნარებელ დანადგარებს. შემდეგ კი გამტკნარებულ წყალს სპეციალურად ამუშავებენ სუნის მოსაცილებლად, ფილტრავენ ნახშირის ფენით, ბიოლოგიურად ასუფთავებენ და მხოლოდ ამის შემდეგ იყენებენ სასმელად.

მიწა არის ბუნების ერთ-ერთი უმთავრესი სიმდიდრე, მეურნეობის განლაგებისა და განვითარების სივრცობრივი ბაზისი, მთელი რიგი დარგებისა და პირველ ყოვლისა, სოფლის მეურნეობის წარმოების საშულება. ამავე დროს, სოფლის მეურნეობაში მიწა არის შრომის საგანიც და შრომის იარაღიც. წარმოების სხვა საშუალებებისაგან განსხვავებით მიწა ბუნების პროდუქტიცაა და არა ადამიანის შრომისა. იგი უცვლელია და მას იყენებენ ის. სადაც არის.

მიწა ძნელად განახლებად რესურსებს მიეკუთვნება, საუკუნეობით, ათასწლობით იქმნებოდა ეს უდიდესი ბუნებრივი სიმდიდრე და მას გონივრულად უნდა გამოყენება.

ნიადაგის ეროზია წყლის, მდინარეებისა და ქანების მიერ ნიადაგსაფარის რღვევისა და დაშლის მრავალფეროვანი პროცესია, რომლის დროსაც ირღვევა ნიადაგის ყველაზე ნაყოფიერი ზედა ფენა.

წლისმიერ ეროზიას განიცდის მსოფლიოს სახანავი ფართობის დიდი ნაწილი. წყლისმიერი ეროზიის ნაირსახეობაა ირიგაციული ეროზია. მას ადგილი აქვს ძირითადად მორწყვის წესების დარღვევისას. ნიადაგი ბინძურდება დაბინძურებული სხვადასხვა წყლებით. ნიადაგის ეროზიული მოვლენები მრავალი ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორის ერთობლივი მოქმედებით მიმდინარეობს.

ეროზიული მოვლენების თავიდან აღკვეთა ბევრად უფრო იოლია, ვიდრე მის შედეგებთან ბრძოლა.

თანამედროვე მიწათმოქმედებისათვის სერიოზული პრობლემაა ნიადაგის დამლაშება. ნიადაგის ხელმეორედ დამლაშების ძირითადი მიზეზია სარწყავი სისტემის დაბალი მარგიქმედების კოეფიციენტი. ამ მოვ-

ლენის წინააღმდეგ ბრძოლა მიმართული უნდა იქნეს თვით სარწყავი სისტემების ტექნიკური სრულყოფისაკენ.

თანამედროვე სარწყავი სისტემები აღჭურვილი უნდა იყოს საზომი ტექნიკით, საწვინმარი მანქანებით. ავტომატური მოწყობილობებით. ნიადაგში ქიმიური ნივთიერებების ნორმირების დროს არა მარტო ის საფრთხეა გათვალისწინებული, რომელიც ნიადაგში უშუალო კონტაქტის დროს წარმოიშობა, არამედ უმთავრესად ნიადაგთან კონტაქტში მყოფი გარემოს დაბინძურების შედეგებიც. მიმდინარეობს მკაცრი დაცვით შხამ-ქიმიკატების გამოყენება, გარკვეული დოზირებით და პერიოდულობით.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მიწების რეკულტივიზაციას.

ბიომასის ენერჯია განსაკუთრებული ძალით ვლინდება გამრავლებაში – ცოცხალი ნივთიერება ორგანიზმების ერთობლიობა – აირის მასის მსგავსად ეფინება დედამიწის ზედაპირს და გარკვეულ დაწოლას ახდენს გარემოზე. გვერდს უეღის მისი წინსვლის შეფერხებულ დაბრკოლებებს, ან ეფლება. ფარავს მათ. ეს მოძრაობა ხდება ორგანიზმების გამრავლების გზით.

სიცოცხლის სიმჭიდროვე დამოკიდებულია ორგანიზმების ზომისა და მათი არსებობისათვის საჭირო ფართობზე.

გარემოსთან ნივთიერებათა ცვლის მუდმივობა ყოველი ცოცხალი ორგანიზმისა და მთლიანად ბიომასის ძირითადი თავისებურებაა. სხვადასხვა ელემენტი შედის ცოცხალ ორგანიზმებში, მასში გროვდება და შემდეგ გარეთ გამოდის. ნაწილობრივ ეს ხდება ორგანიზმის სიცოცხლეში, ნაწილობრივ კი სიკვდილის შემდეგ. ეს ელემენტები 20-ზე უტია. უმთავრესად ჟანგბადი, წყალბადი, ნახშირბადი, ნატრიუმი, კალციუმი, ფოსფორი, კალიუმი, კაჟი და სხვა. სუნთქვისა და კვების დროს ხდება ენერჯიის დაგროვება და სხვა ორგანიზმებისათვის მისი გადაცემა კვების ჯაჭვებისა და გავრცელების საშუალებით, ბიოსფეროში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მწვანე მცენარეთა მიერ ფოტოსინთეზის დროს ჟანგბადის გამოყოფასა და ნახშირორჟანგის შთანთქმას.

## 11.6. ეპოლოგიის თანამედროვე კონცეფციები

როგორც ჩვენ დავრწმუნდით, დედამიწაზე სიცოცხლე ვითარდება ბუნების მკაცრი კანონით. თანამედროვე ბუნებისმეტყველებამ გახსნა ძი-

რითადი პრინციპები და კანონები, რომლებმაც განსაზღვრა დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობა. ადამიანთა ცივილიზაციამ თავისი მტკიცე განვითარების უზრუნველყოფისათვის იხელმძღვანელა ამ კანონებით და პრინციპებით.

ბუნებასთან შეთანხსებული ცხოვრება – ეს არის დედამიწაზე ადამიანის არებობის ერთი უძირითადესი პრინციპი. ჯერ კიდევ ანტიკური ხანის უდიდესი ფილოსოფოსები გვასწავლიდნენ, რომ ბუნებაზე მბრძანებლობა შეიძლება მხოლოდ მის კანონებზე დამორჩილებით. თუმცა ბევრი ფაქტი იძლევა საფუძველს დავახასიათოთ ადამიანისა და ბუნების თანამედროვე დამოკიდებულება, როგორც ანტროპოგენური ეკოციდი – ადამიანების მიერ ბუნებრივი საარსებო გარემოს, მათ შორის საკუთარი საარსებო პირობების დაშლა. ამაზე დამაჯერებლად მეტყველებს იუნესკოს შემდეგი მონაცემები. ერთი კალენდარულ წელიწადში მსოფლიოში მინდვრების სამშენებლო და სხვა სამუშაოების დროს 400 კუბ.კმ-ზე მეტი ნიადაგი და გრუნტი ამოიღება ნიადაგის წიაღიდან 120 მილიარდი ტონა მადანი, ცხელი წიაღისეული, სამშენებლო მასალა, გამოიღნობა 800 მილიონი ტონა სხვადასხვა ლითონი. ამავე დროს საბოლოო პროდუქტებში არის არა უმეტეს 5-7% ნედლეულის რაოდენობა, რომელიც ჩაშვებულია წარმოებაში, ხოლო 93-95% მოდის ხარჯში, რომელიც აბინძურებს ატმოსფეროს და ბუნებრივ წყალსატევებს. კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე დაბინძურებული და დეგრადირებული ნიადაგისა შეადგენს დაახლოებით 20 მილიონ კვ. კილომეტრს, რაც მეტია ფართობის ერთობლიობაზე, რომელცი დღეს გამოიყენება მსოფლიოში სასოფლო სამეურნეო მიზნით.

ბუნებრივ სისტემებზე შესაძლო დატვირთვების ელემენტალური წარმოდგენების არ არსებობამ წარმოშვა სითბური ეფექტი – ნახშირორჟანგის. მეთანის და ზოგიერთი სხვა გაზების ანთროპოგენური გამოშვება, სხვადასხვა ტიპის აეროზოლები, რომლებიც აკავებენ ჩვენი პლანეტის სითბურ გამოსხივებას, იწვევენ დედამიწის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურის მომატებას. ეს გაზები ხედებიან რა ატმოსფეროში, აძნელებენ სითბოს გაცემას დედამიწის ზედაპირიდან და მოქმედებენ. როგორც მინა სათბურში. როგორც ექსპერტები თვლიან, მომდევნო საუკუნის შუა ნახევარში კლიმატის შეცვლა დათბობის მხრივ, სათბურის ეფექტის შედეგად გახდება მთლიანად შესაგრძნობი. გათვლები უჩვენებენ, რომ ეკვატორულ ზოლში შესამჩნევი დათბობა არ მოხდება, ხოლო

პოლარულ ნაწილებში ტემპერატურა გაიზრდება ძალიან შესამჩნევად. ეს შესამჩნევი გახდება ყინულოვანი საფარის მდგომარეობაზე, განსაკუთრებით არქტიკაში და (ის შეიძლება ასევე გაქრეს), ტუნდრის საზღვრების მდგომარეობაზე.

მაგრამ ყველაზე მთავარია შედეგები ტემპერატურის სხვაობის შემცირებისა პოლარულ და ეკვატორულ ზონებს შორის – ატმოსფერული ცირკულაციას სტრუქტურათა ცვლილება. ეხლა ეკვატორზე გახურებული ჰაერი მიემართება მაღლა, მიემართება იქ პოლარული ზონებისაკენ და გაციებული ეშვება დედამიწის ფენებში. შემდეგ დედამიწის ზედაპირის გასწვრივ ჰაერი ბრუნდება ეკვატორისაკენ. ამის საფუძველზე ხორციელდება ტენის ძირითადი გადატანა, რომელიც ორთქლდება ოკეანიდან, პლანეტის კონტინენტურ ნაწილზე. სითბური ბალანსის ცვლილება მიგვიყვანს ამ გადატანის ინტენსივობის შემცირებისაკენ, ტენის რაოდენობა, რომელიც გადაიტანება კონტინენტის სიღრმეში, შეიძლება შესამჩნევად შემცირდეს, რაც მკვეთრად გააფართოვებს უდაბნოებისა და ნახევრადუდაბნოების ნაწილს. შემცირდება ასევე გვალვიანი მიწების ნაწილი, რომელიც დღეისათვის არიან მარცვლეულების ძირითადი მომწოდებელნი, რაც ამცირებს კონტინენტზე მცენარეული საფარის საერთო პროდუქტიულობას. ასეთი ეფექტი შეიძლება განხორციელდეს ატმოსფეროში CO<sub>2</sub>-ის შემცველობის მნიშვნელოვანი გაზრდით, რომლებიც წარმოადგენს მცენარეების საკვებს.

მაგრამ ეს კიდევ არააფერი. თუკი ატმოსფეროში გაზების მოხვედრის ეფექტი გაიზარდა, მაშინ უახლოეს ათწლეულში პოლარული ყინულების სითბური ღლობის გამო და წყლის სითბური გაფართოების გამო ათეულო სანტიმეტრით მოიმატებს მსოფლიო ოკეანის დონე. ესეც გამოიწვევს პლანეტარული საზოგადოების ცხოვრებაში გართულებას. შეიცვლება საზღვრების მდგომარეობა, რომლებიც აცალკევებენ ბუნებრივ ზონებს „სტეპი-ტაიგა“ და „ტაიგა-ტუნდრა“ საჭირო გახდება სასოფლო სამეურნეო წარმოების მთელი სტრუქტურის შეცვლა.

დღეისათვის მეცნიერები ასახელებენ ასეთი კრიზისის დაწყების სხვადასხვა ვადებს და ახდენენ მისი სხვადასხვა მასშტაბებისა და შედეგების პროგნოზირებას. თუმცა სითბური ეფექტის ძირითადი მსვლელობა არ იწვევს კლიმატოლოგების შორის სერიოზულ უთანხმოებას. ყველანი ერთხმად თვლიან, რომ კლიმატური ცვლვლებები მოხდება პლანეტის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მათლიანად.



გარდა ამისა, კაცობრიობა ასევე შეიწეება კიდევ ერთ საფრთხეს, რომელიც დაემუქრება მის არსებობას. ესაა მეტაგენეზის მზარდი ინტენსივობა და კაცობრიობის გენეტიკური არასრულფასოვნების ზრდა. ამ პროცესთა მაჩვენებლები საშიშად იზრდება, რაღაც რაოდენობა არასრულფასოვანი ბავშვებისა ყოველთვის გეხვდება ახალდაბადებულთა შორის. დღეისათვის ყოველ 500 ან 700 ბავშვი ბუნებრივი მუტაციისა და გენოფონდის სტრუქტურათა ძალით იბადებიან ნორმიდან შესამჩნევი გადახრებით. წარსულ დროში ასეთი ბავშვები უფრო ხშირად იღუპებოდნენ ან ყოველ შემთხვევაში არ შეეძლოთ დაეტოვებინათ შთამომავლობა. თანამედროვე მედიცინის წარმატებების წყალობით არასრულფასოვანი ბავშვები არა მარტო გადარჩებიან. არამედ ბევრი მათგანი იძლევა შთამომავლობას. ასევე არსრულფასოვანს. ამას მივყავართ ისეთი ადამიანების რიცხვის უწყვეტი ზრდისაკენ, რომელთაც გააჩნიათ გენეტიკური გადახრები. მაგრამ ყველაზე უმთავრესი რაც აფუჭებს კაცობრიობის გენოფონდს, სტრუქტურასა და ამდლებს არასრულფასოვანი ბავშვების დაბადების სიხშირეს, არის სოციალური ფაქტორების გავლენა, უპირველეს ყოვლისა ალკოჰოლიზმისა და ნარკომანიის. ამას უნდა დავუმატოთ კიდევ მეტაგენეზის ინტენსივობის ზრდა ურბანიზაციის, გადასახლების და ჰაერის, წყლის, მიწის და ა.შ. სხვადასხვა ტიპის დაბინძურებათა გავლენით. არ შეიძლება არ გვაღელვებდეს კაცობრიობის ინტელექტუალური პოტენციალის დაქვეითება. ომები და სხვადასხვა სახის გენოციდები მოქმედებენ უპირველეს ყოვლისა კაცობრიობის ყველაზე მეტად ტალანტურ და აქტიურ ნაწილზე. განსაკუთრებით საშიშია მიგრაციები, რომლებითაც გამოირჩევა მოსახლეობის ყველაზე მეტად ენერგიულ ნაწილი.

ყოველი პოპულაციისათვის არსებობს ზოგიერთი დასაშვები ზღურბლი გენოფონდის წალეკვისა, რომლის იქეთ არავითარ ბუნებრივ გადარჩევას არ შეუძლია ადადგინოს მისი თვისობრიობა და მოახდინოს პოპულაციის დეგრადაცია. ადამიანია არ წარმოადგენს გამონაკლისს. შეიძლება მსჯელობა კონკრეტულ რიცხობრივ მაჩვენებელზე, მაგრამ რამოდენიმე თაობის შემდეგ შეიძლება უკვე XXII საუკუნის დასაწყისსკენ კაცობრიობა თუკი მოახდენს თავისი არსებობის პირობების შეცვლას, ცხადია წავა ამ საშიში ზღვრისაკენ და მაშინ ევოლუციის პროცესის შებრუნებული სვლა არ მოხდება. ადამიანის ცხოვრების პირობების კარდინალური ცვლილებების გარეშე Homo-sapiens-ის გენეტიკური დეგრადაცია გარდაუვალია.

ცნობილია, აგრეთვე მრავალი სხვა მოვლენები, რომელთა განვითარება უახლოესი თაობების მანძილზე მიგვიყვანს საარსებო პირობების შეუქცევადი ცვლილებებისაკენ ადამიანისა და მის ტრადიციული ეკოლოგიური ნიშის ურთიერთობის ცვლილებამდე გახდის მას თანამედროვე ადამიანის ცხოვრებისათვის უსარგებლოს და ასევე უსარგებლოს ცივილიზაციის განვითარებისათვის.

მსგავსი მოვლენების რიცხვს მიეკუთვნება მსოფლიო ოკეანის დაბინძურება, რომელიც მიმდინარეობს დღეს დიდი მასშტაბებით – პლანეტის მდინარეებში, ტბებში, ზღვებსა და ოკეანეებში ყოველდღიურად ჩაედინება 7000 მლიარდ კუბ. მეტრამდე დაბინძურებული ჩადინარე წყლები, რომლებიც შეიცავენ დაახლოებით 300 მილიონ ტონა რკინას, 6,6 ტ ფოსფორს, 2,3 მილიონ ტონა ტყვიას, 7000 ტ ვერცლისწყალს და მრავალ სხვა ტოქსიკურ ნივთიერებებს. კანონზომიერისა, რომ ამას მივყავართ ოკეანის ბიოტების შემცირებისაკენ და ადამიანის საკვები პროდუქტების შემცირებისაკენ.

ასევე საშიშია ტროპიკული ტყეების ფართობის შემცირება. რომელიც ჩრდილოეთ ტაიგასთან ერთად წარმოადგენს პლანეტის ფილტვებს – ისინი გამოიმუშავენ  $O_2$ -ის ძირითად მასას, რომელიც აუცილებელია ცხოველთა სამყაროს სიცოცხლისათვის.

უკანასკნელ 50 წლის განმავლობაში ადამიანმა გაანადგურა 60% მსოფლიო ტყეებისა. უკანასკნელ 200 წლის განმავლობაში ავსტრალიის მცხოვრებლებმა გაჩეხეს 75% თავიანთი ტროპიკული ტყისა. მხოლოდ უკანასკნელ 40 წლის განმავლობაში აფრიკამ დაკარგა 3% ტყის მასივისა, ლათინურმა ამერიკამ – 38%. დღეს აშშ სუნთქავს უცხო „ფილტვებით“ ტყეების გაჩეხვა წარმოადგენს ერთ-ერთ მიზეზს ვრცელი ფართობების დაცარიელების. დღეისათვის დაცარიელებას განიცდის ტერიტორია, რომელიც ტოლია ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკის ფართობისა.

კლიმატის გლობალური ცვლილებები მიმდინარეობს არა მხოლოდ სითბური ეფექტისა და ტყეების გაჩეხვით. არამედ ასევე ოზონის შრის ზედაპირის შემცირების, რაც პროპორციულად ზრდის ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსივობას, რომლებიც აღწევენ დედამიწის ზედაპირზე.

ყველა მრეწველობა განვითარებულ ქვეყნებში ფართოდ გამოიყენება ცივი აგენტის ხარისხით მაცივრებში ფრეონი და სხვა ქლორფტორნახშირბადი. მოხვდებიან რა ატმოსფეროში, ფოტოქიმიური რეაქციების შედეგად ისინი ანადგურებენ ოზონის მოლეკულებს. ამას კი მივყავართ

მზის რადიაცია გადიდებისაკენ, რომელიც მომაკვდინებელია დიდდრო-  
ზით სიცოცხლისათვის. უკანასკნელ 16 წელიწადის განმავლობაში ჩრდი-  
ლოეთ ნახევარსფეროს სტრატოსფეროში ოზონის შემცველობა შემცირ-  
და საშუალოდ 3%-ით. ჩრდილოეთ ამერიკისა და ევროპის ტერიტორიებ-  
ზე მეცნიერებმა გამოთვალეს, რომ ოზონის შრის ყოველი პროცენტული  
შემცირება იწვევს კიბოს დაავადებათა 5-7%-ით გაზრდას.

ყველა ეს ფაქტორები ატარებენ ბუნებრივ ხასიათს, მაგრამ გამოწ-  
ვეულია ადამიანის აქტივობით, ისინი შესამჩნევი გახდებიან 2-3 თაობის  
შემდეგ. ე.ი. შემდეგი ასწლეულის შუაში. მაგრამ არის 2 ფაქტორი,  
რომელთა უარყოფითი ეფექტი შეიძლება გამოვლინდეს უკვე უახლოეს  
მომავალში XIX საუკუნის დასაწყისში.

პირველი ესაა – მალთუსის ცნობილი პრობლემა – გადიდებული  
კაცობრიობისათვის მზარდი მოთხოვნილებების შეუსაბამობა რესურსე-  
ბის მარაგის შემცირებასთან. თუკი მალთუსს აწუწუნებდა მხოლოდ შე-  
უსაბამობა მოსახლეობის ზრდისა და საკვების წარმოების ზრდას შო-  
რის, ახლა სიტუაცია გახდა უფრო რთული. ამ პრობლემებს, რომელიც  
აღნიშნა მალთუსმა, ემატება მრავალი ახალი. მიმდინარეობს ნახშირბა-  
დოვანი საწვავის მარაგის სწრაფი დაცარიელება. კაცობრიობის წინაშე  
იხატება პერსპექტივა ნახშირის, გაზისა და ნავთის მარაგის გარდაუვა-  
ლი გაქრობის შესახებ. ყოველივე ეს, დემოგრაფიული აფეთქების ფონ-  
ზე, ატარებს მუქარის ხასიათს.

კიდევ უფრო საშიშია – ბიოტების პროლუქტიულობის პირდაპირი  
შემცირება და ნიადაგის ნაყოფიერების დაკარგვა. ამასთან დიდი ნაწილი  
ნაყოფიერი მიწებისა ერთდროულად უბრალოდ გამოდიან ქალაქის განა-  
შენიანებისა და სამრეწველო მშენებლობის მართვიდან. ზოგიერთ რაიონ-  
ებში ბუნებრივი პირობების დეგრადაცია ნათლად ჩანს და ატარებს კა-  
ტასტროფების ხასიათს თავისი ცხოველმომედების ნარჩენები ახრჩობს  
კაცობრიობას.

მე-2 პრობლემა უფრო მრისხანეა, ვიდრე მალთუსის, თითქმის არ  
განიხილება საპეციალისტების მიერ. ესაა ბიოსფეროს, როგორც მთლიან-  
ნი სისტემის შესაძლო სიმტკიცის დაკარგვის პრობლემა, ამჟამინდელი  
წონასწორობის სტაბილურობის დაკარგვა შედეგი იქნება ბიოსფეროს  
გადასვლისა ახალში და ჩვენთვის უხილავ წონასწორულ მდგომარეობა-  
ში, რომელშიც ადამიანს უბრალოდ შეიძლება ადგილი არ ჰქონდეს. ბი-  
ოსფეროს, როგორც თვითმარეგულირებელ სისტემას შეეძლო დაეკომ-

პენსირებინა ცვალებადი გარეგანი დატვირთვები. მილიარდი წლის განმავლობაში ნარჩუნდებოდა ბიოსფეროს პარამეტრები მათი მნიშვნელობის ისეთ ვიწრო ინტერვალში, რომელშიც მხოლოდ შეძლო წარმოშობილიყო ჩვენი ბიოლოგიური სახე. ეს რეგულირება უზრუნველყოფილი იყო მიუხედავად იმისა, რომ პლანეტის არსებობის მანძილზე დედამიწის ბიოსფერო არაერთხელ ექვემდებარებოდა დამატებით გარეგან დატვირთვებს – მზის აქტივობას, მეტეორიტების დაცემას, ინტენსიურ ვულკანიზმებს და ა.შ. მაგრამ დღეისათვის ბიოსფეროს სტაბილურობისათვის ძირითად საშიშროებას წარმოადგენს ადამიანი და არსებობს მოსაზრება, რომ ბიოსფეროს კომპენსაციური შესაძლებლობანი ან უკვე დარღვეულია, ან არ იმყოფება თავისი შესაძლებლობის ზღვარზე.

ბიოსფერო ფლობს კოლოსალურ თვითგანწმენდის უნარს. სამწუხაროდ, ბუნების ეს შესაძლებლობები არ არის განსაზღვრული. ბუნებაზე ანტროპოგენური ზემოქმედებანი აყენებენ საფრთხის წინაშე მათთვის დამახასიათებელ ბიოტური პროცესების ნორმალურ განხორციელებას, არღვევენ ბიოსფეროს მდგომარეობის წონასწორობას გარემომცველ ბუნებრივ გარემოზე ანთროპოგენურმა დატვირთვამ მიაღწია დღეისათვის ისეთ მასშტაბებს, რამაც მიგვიყვანა გლობალურ ეკოლოგიურ კრიზისამდე. ბევრი მეცნიერი თვლის, რომ ჩვენ ვართ ეკოლოგიური კატასტროფის ზღვარზე.

კატასტროფები შეიძლება აღმოცენდეს სრულიად უცაბედად და ისეთი მომაკვდინებელი შეიძლება იქნას, რომ ვერავითარი ჩვენი მოქმედება უკვე ვერაფერს ვერ შეძლებს შესაცვლელად. ამიტომ ბიოსფეროს სტაბილურობის პრობლემის შესწავლა უნდა იქცეს ერთ-ერთი ძირითად მიმართულებად ფუნდამენტალური გამოკვლევებისათვის. ყველაზე მთავარია – წარმოიშვას ცივილიზაციის ახალი სტატეგია, რომელიც ეთანხმება ბუნების სტრატეგიებს. ეს უნდა იყოს გადარჩენის სტრატეგია. ამისათვის ჩვენ უნდა შევისწავლოთ ბიოსფერო, როგორც ერთიანი მთლიანი ორგანიზმი. ანტროპოცენტრიზმა ადგილი უნდა დაუთმოს ბიოსფეროს ცენტრიზმს. ამიტომაც აუცილებელი შეექმნათ გადასვლის კონცეფცია, შემდეგ მომავალი კულტურისა და ცივილიზაციისათვის. ამაში დიდ დახმარებას გაგვიწევს ვ.ი. ვერნადსკის სწავლება ნოოსფეროზე.

## ლიტერატურა

1. Вернадский В.И. Труды историй науки. М.: 1988.
2. Бернал Дж. Наука в истории обидества. М.: 1956
3. Зинченко В.П. Наука неотъемлемая часть культуры. Вопросы философии №1. 1990
4. Рожанский И.Д. Античная наука. М.: 1980
5. Самытина С.И., Басаков М.И. и др. Концепции современного естествознания. Ростов-на-Дону. 1937
6. Ажажа В.Г. Концепции современного естествознания. М.: 1996
7. Фриманта М. Химия вдействие мир. М.: 1991
8. Горелов М. Концепции современного естествознания. М.: 2000
9. Грушевицкая Т.Г., Садохин А.Л. Концепции современного естествознания. М.: 1998
10. კოკჩაშვილი ვ., კოკჩაშვილი თ. ქიმია. 1983
11. კოკჩაშვილი ვ., ცინცაძე გ., ცეცხლაძე თ. ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კურსი. I ნაწილი. თბილისი 1988
12. Карпенков С.Х, Основные концепции естествознания. М.: 1998
13. Карпенков С.Х. Основные концепции естествознания. Практикум. М.: 1998
14. კოსტავა ა. მეტაკრეაციონიზმის შესავალი. ქუთაისი 1999
15. ნიკობაძე გ. თანამედროვე ბუნებისმეტყველების კონცეფციები. თსუ. თბ.: 2000
16. Рузавсен Г.И. Концепции современного естествознания. М.: 1997
17. ჯობაძე დ. მოლეკულური გენეტიკის შესავალი. თბ.: მეცნიერება 1992
18. კომუშკინი. სახალხო ბიოლოგია. თბ.: 1991
19. Елманов В.И. Терновая Г.Г. Охрана атмосферного воздуха. М.: 1984
20. ერისთავი ვ., დანელია დ. და სხვა. გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროები და მათი ლიკვიდაციის ტექნიკური ღონისძიებები. თბ.: 1985
21. Воронов В.К., Грячнева М.В., Согдаев Р.З. Основы современного естествознания. М.: 1999

შესავალი.....	3
<b>თავი 1. მეცნიერება და მისი როლი საზოგადოების ცხოვრებაში</b>	
1.1. მეცნიერების განსაზღვრის პრობლემა.....	5
1.2. მეცნიერების დამოკიდებულება ფილოსოფიასთან და რელიგიასთან..	6
1.3. მეცნიერების სტრუქტურა და მისი კრიტერიუმები .....	8
1.4. მეცნიერული ცოდნის განვითარება.....	12
1.5. მეცნიერების დასაწყისი.....	15
1.6. ანტიკური ხანის პირველი სამეცნიერო პროგრამები .....	22
1.7. ბუნებისმეტყველების საფუძვლების წარმოქმნა შუა საუკუნეებში ..	26
<b>თავი 2. სამეცნიერო რევოლუცია XVI-XVII საუკუნეებში</b>	
და კლასიკური მეცნიერების ჩამოყალიბება	
2.1. გალილეი და მისი როლი თანამედროვე მეცნიერების შექმნაში .....	32
2.2. მეცნიერული რევოლუციის ძირითადი ასპექტები .....	35
2.3. ისააკ ნიუტონი და მეცნიერული რევოლუციის დასრულება.....	39
2.4. კლასიკური მეცნიერების თავისებურებანი .....	43
2.5. XIX საუკუნის მეცნიერება .....	45
2.6. უაზღესი რევოლუცია მეცნიერებაში .....	49
<b>თავი 3. მსოფლიო ქიმიური სურათის ჩამოყალიბება და განვითარება</b>	
3.1. ქიმიის წარმოქმნა .....	53
3.2. ალქიმია .....	54
3.3. არაბული ალქიმია .....	57
3.4. დასავლურ-ევროპული ალქიმია .....	58
3.5. სამეცნიერო ქიმიის წარმოქმნა .....	60
3.6. ფლოგისტონის თეორია .....	61
3.7. ლავუაზიეს მასის მუდმივობის კანონი.....	63
3.8. ქიმიის ძირითადი კანონების აღმოჩენა.....	65
3.9. დ.ი. მენდელეევის პერიოდული სისტემა.....	70
3.10. ელემენტარული ნაწილაკები: ატომები და მოლეკულები.....	71
3.11. ქიმია როგორც მეცნიერება.....	74
<b>თავი 4. ქიმიის თანამედროვე კონცეფციები</b>	
4.1. ქიმიის სტრუქტურა.....	78
4.2. ქიმიისა და ფიზიკის ურთიერთკავშირი .....	80
4.3. ქიმიური ელემენტების პრობლემა .....	84
4.4. ქიმიური ნაერთების სტრუქტურის კონცეფციები .....	87
4.5. სწავლება ქიმიური პროცესების შესახებ .....	90

4.6. ნივთიერების გარდაქმნა.....	96
4.7. ევოლუციური ქიმიკა.....	106
4.8. ქიმიის ურთიერთკავშირი ბიოლოგიასთან.....	106

**თავი 5. ქიმიური ბმების ფიზიკური ბუნება**

5.1. ქიმიური ბმა .....	115
5.2. იონური ბმა .....	117
5.3. იონური ნაერთების მდგრადობა .....	119
5.3. კოვალენტური ბმა .....	120
5.5. კოორდინაციული ბმა .....	122
5.6. მეტალური ბმა .....	123

**თავი 6. სიცოცხლის წარმოშობა და მისი არსი**

6.1. სიცოცხლის წარმოქმნის თეორიები.....	125
6.2. კრეაციონიზმი .....	126
6.3. თვითნებური (საონტანური) ჩასახვა .....	127
6.4. სტაციონარული მდგომარეობის თეორია .....	129
6.5. პანსპერმიის თეორია.....	130
6.6. ბიოქიმიური ევოლუცია.....	132
6.7. ა.ი. ოპარინის სიცოცხლის წარმოშობის კონცეფცია .....	134
6.8. სიცოცხლის არსისა და წარმოშობის თანამედროვე კონცეფციები .....	137
6.9. სიცოცხლის არსი და განსაზღვრა .....	146
6.10. დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობა .....	149
6.11. დედამიწის ბიოსფეროს ფორმირება .....	155

**თავი 7**

7.1. ორგანული სამყაროს ევოლუცია.....	161
7.2. ბიოლოგიაში განვითარების იდეის ჩამოყალიბება.....	162
7.3. ე.ბ. ლამარკის განვითარების კონცეფცია.....	164
7.4. ჟორჟ კიუვეიეს კატასტროფების თეორია.....	166
7.5. ჩ. დარვინის ევოლუციური თეორია .....	168
7.6. ანტიდარვინიზმი XIX საუკუნის დასარულსა და XX საუკუნის დასაწყისში .....	174

**თავი 8**

8.1. ევოლუციის თანამედროვე თეორიები .....	177
8.2. გენეტიკის საფუძვლები.....	177
8.3. ევოლუციის სინთეზური თეორია.....	184

თავი 9

9.1. ადამიანი, ბიოსფერო და კოსმოსი .....191  
9.2. ადამიანი და კოსმოსი.....195  
9.3. პლანეტა დედამიწის ბიომასა ..... 198  
9.4. თანამედროვე მეცნიერებისა და ფილოსოფიის კოსმიზაცია .....200  
9.5. ანთროპული პრინციპი .....204

თავი 10

10.1. ნოოსფეროს გზაზე .....209  
10.2. წარმოდგენა ნოოსფეროზე ..... 212  
10.3. მდგრადი განვითარებისა და ნოოსფეროს კონცეფცია ..... 214

თავი 11

11.1. ცნებები ეკოლოგიის, გარემოს, გარემოს დაცვისა და გარემოს დაბინძურების შესახებ ..... 218  
11.2. გარემოს გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროები და მათი გაელენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე ..... 220  
11.3. აზოტის ოქსიდებისა და ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნის მექანიზმი ..... 225  
11.4. არარეგანული და ორგანული ნივთიერებათა ცვლა ..... 227  
11.5. ბუნებრივი წყლების, ატმოსფეროს და ნიადაგის დაცვა დაბინძურებისაგან ..... 228  
11.6. ეკოლოგიის თანამედროვე კონცეფციები .....230

ლიტერატურა .....237

გადაეცა ნარმოებას 11.05.2004;  
ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.05.2004;  
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 15;  
ტირაჟი 300, შეკვეთა №321

ფასი სახელმეკრულებო

ქუთაისის ს / ს „მანდარიას სტამბა“  
ქუთაისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 33