



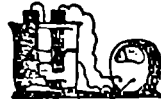
9 პროგრესის
საფუძველი



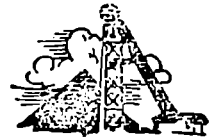
8 გვწანე
ღამორატორია



7 უხილავი მტრები
და ეპოზრები



6 უცეცხლოდ
და უალოდ



4 მინიშევეზა
სიღრმეებიდან



5 ავტიური მოღვაწულათა
ქივის



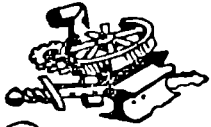
3 გზის ენეკგის
გვეკვილრანი

გ ა მ მ ტ ე მ ლ ბ ა

« ტ ი ლ ნ ე »

1964

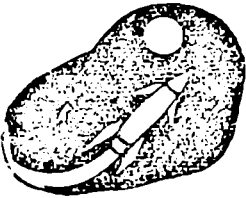
ბ. ი. როზენი



10 ლითონის
მტკბეი



11 ქიმიკოსებთან
კამსახურთ



12 ხაყუაროს
სივრტეში



2 ხილული ტეტხლის
ხაილუმლომეგანი

ხილული და
ვაჟული
ცეცხლის
ქიმიკა



1 დამოკრძილებული
სტიქია



541
541.11/12
6752

თ ა რ ბ მ ა ნ ი
ზ. ლა ვ. ურუშაძეებისა

წინასიტყვაობა

უსოფარი დროიდან ადამიანმა მიაკვლია ცეცხლს და ისწავლა მისი მოპოვება, მაგრამ ცეცხლის ბუნების გამოცნობას და წვის პროცესის გაგებას მრავალი ათასი წელიწადი დასჭირდა. მე-18 საუკუნის გამოჩენილი ქიმიკოსების — ლომონოსოვისა და ლავუაზიეს შრომებით დადასტურდა, რომ წვა არის საწვავი ნივთიერების შეერთება ჟანგბადთან, ე. ი. დაჟანგვის ქიმიური რეაქცია.

მეცნიერების შემდგომმა წარმატებებმა გამოავლინა, რომ ჟანგვისა და აღდგენის რეაქციები საფუძვლად უდევს მოვლენათა თითქმის უსასრულო წრეს. ამ მოვლენებს ჩვეულებრივი წვის გარეშეც ვხვდებით ჩვენს გარემომცველ სამყაროში.

უალო წვა და სუნთქვა, ხრწნა და ლპობა, ლითონის ჟანგვა და კოროზია განუყრელადაა დაკავშირებული ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების მიმდინარეობასთან.

იგივე რეაქციები იწვევს ერთიმეორისაგან ისეთი მკვეთრად განსხვავებული მოვლენების წარმოქმნას, როგორცაა ნახშირისა და ტორფის თვითააღება, ზეთის საღებავების გამოშრობა, რძის ამჟავება, დამბალი ხისა და აფეთქებების თვითნათება და კაუჩუკის „დაბერება“.

ჩვენი პლანეტის ველებსა და ტყეებში ასე უხვად გავრცელებული მცენარეთა მრავალი ასეული სახეობის არსებობას სწორედ ეს რეაქციები განაპირობებს.

დაჯანგვისა და აღდგენის რეაქციები მეტწილად იმ ენერჯის წყაროა, რომელსაც ადამიანი მრეწველობასა და ტრანსპორტზე იყენებს. ამ რეაქციების გამოყენების გარეშე წარმოუდგენელია მეტალურგიული ქარხნებისა და მრავალი სახის ქიმიურ საწარმოთა (პლასტიკური მასის, სასუქების, მოტორული სათბობის, მედიკამენტების) წარმატებითი მუშაობა.

წინამდებარე წიგნში მოთხრობილია თუ საუკუნეთა მანძილზე სხვადასხვა ქვეყნის სწავლულები და ბუნებისმკვლევარნი, ინჟინრები და გამომგონებლები როგორ აწარმოებდნენ ცეცხლის ხილული და ფარული ქიმიის საიდუმლოებათა თანდათანობით ამოხსნას.

აქვე გადმოცემულია, თუ როგორ შეისწავლეს ადამიანებმა დაჯანგვისა და აღდგენის რეაქციები და როგორ ჩააყენეს იგი მრეწველობის, პროგრესისა და უკეთესი, ბედნიერი ცხოვრების შექმნის საშუალებაში.

თხეტი ვიღვანტი



ქვემოთხედი

სახსლის მოგვატყუალნი

სიკაბო მთის თხემზე გულაღმა წევს დევკაცი. იგი მიღურსმულია კლდეზე ფოლადის უწველებელი მახვილით, რომლითაც განგმირულია მისი მძლავრი გულმკერდი. ხელფეხი შებოკილი აქვს რკინის ჯაჭვით. ეს პრომეთეოსია. წვავს პრომეთეოსის ტანს მცხუნვარე მზის სხივები, ჰკრის ზის თავზე ქარიწხალი, დასდის კოკისპირული წვიმა. ზამთარში კი თოვლის ფანტელი მოსავს დევკაცს თეთრი სუდარით, ყინვა თოშავს მის სხეულს. მაგრამ ეს ტანჯვა კიდევ არათერია. ყოველ ცისმარე დღეს, ერთსა და იმავე დროს, ისმის ძლიერი ფრინველის ფრთების წხუილი. უზარმაზარი არწივი აჯდება პრომეთეოსის მკერდს და ბასრი ბრჭყალებით სერავს მას ნისკარტით, ჰკორტნის დევკაცის ღვიძლს. სისხლი მოედინება ნაკადად და წითლად ღებავს კლდეს. არწივი ამთავრებს სისხლიან ტრაპეზს და გაფრინდება. ღამის განმავლობაში მთელდება ღვიძლი, დილით კვლავ მოფრინდება უზარმაზარი ფრინველი და თავიდან იწყება პრომეთეოსის წამება. ასე,

წლების, საუკუნეების მანძილზე გრძელდება ეს აუტანელი სატანჯველი.



რატომ დასაჯა ასე სასტიკად ზეგს-მა პრომეთეოსი? ძლევამოსილმა დევკაცმა, ყოვლისშემძლე მეხთგამგებლის ნების წინააღმდეგ, მოიპარა ცეცხლი ღმერთ ჰეფესტის სამჭედლოდან და გადასცა იგი ადამიანებს. პრომეთეოსმა არა მარტო მოიტანა იგი დედამიწაზე, არამედ ასწავლა ადამიანებს მისი გამოყენება. ზეგს კი უნდოდა სამუდამოდ დაემალა ცეცხლი ადამიანისაგან.

ამ პოეტურ მითში მეთამბოხე ტიტანის შესახებ, რომელმაც ადამიანთა ბედნიერებისათვის მოიტაცა „ციური ცეცხლი“, მოცემულია უძველესი ბერძნების შეხედულება ცეცხლის წარმოშობაზე.

ცეცხლმა გაჰფანტა ლამის წყვილი, გაათბო ადამიანი ყინვაში. ცეცხლმა დაიცვა იგი გარეული ნადირისაგან, მისცა გემრიელი, ცხელი საჭმლის დამზადების საშუალება, თიხის უფორმო ნატეხებისაგან დაამზადებინა მაგარი, გამომწვარი აგური, ქვისმსგავსი მალნიდან გამოაღწობინა მბრწყინავი და წკრიალა ლითონი.

კაშკაშა ელვარებას, სინათლეს, სითბოს, განცვიფრებაში მოჰყავდა ადამიანი და აფიქრებინებდა, რომ ცეცხლი ციური საჩუქარია. მარტო ბერძნებმა როდი შექმნეს მითი პრომეთეოსის შესახებ. მრავალმა ხალხმა შემოინახა ლეგენდები, რომელთა გმირებს ხალხისთვის მოაქვთ ცეცხლი ციდან.

აფრიკელ ტომებში, რომლებიც უძველესი დროიდან ვიქტორიის ტბის რაიონში ბინადრობენ, შემონახულია გადმოცემა მეომარზე, რომელიც მეტად დახელოვნებული იყო შუბის ტყორცნაში. ერთხელ მან ისე ძლიერად ისროლა შუბი, რომ ღრუბელი გახია და მიწაზე დაცემისას თან მოიტანა მზის ნაქერი — „მზის ცეცხლის“ ნაწილი.



აფრიკის ზოგიერთ სხვა რაიონში არსებობს სხვა ლეგენდა დედამიწაზე ცეცხლის გაჩენის შესახებ. ადამიანებმა ცეცხლის ძებნაში — მოთხრობილია მასში — გადაწყვიტეს მიაღწიონ მზემდე და მოიტანონ მისგან ცეცხლი. ისინი გაემგზავრნენ დილით ადრე დასავლეთის მიმართუ-

ლებით და იარეს მთელი დღე, სანამ ბოლოს და ბოლოს არ წააწყდნენ ჩამავალ მზეს და არ მოამტვრიეს მას ნატეხი. მაგრამ თქმულეზებში, ლეგენდებსა და მითებში, რომლებიც შექმნილია სხვადასხვა ხალხის მიერ მსოფლიოს სხვადასხვა ნაწილში, ცეცხლის მომტაცებლად ყოველთვის ტიტანები, გმირები, ან უბრალო მოკვდავნი როდი გამოდინან. ხშირად ადამიანებისათვის ცეცხლის გადაცემის შუამავლად გამოდის ფრინველი, მხეცი, ცხოველი. გადმოცემის მიხედვით, ძველი რომის მეფემ ნუმა პომპილიუსმა ეგერია ფერიის წაქეზებით ძლიერ დაათრო შავი კოდალა, რომელსაც თავზე წითელი ლაქა ჰქონდა (წითელი ნიშანი იყო ცეცხლის ანუ ელვის სიმბოლო), რათა გაეგო მისგან, თუ როგორ უნდა ემოვნა ციდან ცეცხლი. ინდიელებში, ალიასკაზე მობინადრე ტლინკიტების ტომებში, გადმოსცემენ ლამაზ ლეგენდას ყვავზე, რომელმაც თავისი ნისკარტით შორი მანძილიდან მზუტავი მუგუზალი მოიტანა.

თქმულებებისა და მითების უმეტესობაში ცეცხლის წარმოშობა დაკავშირებულია ცასთან, საიდანაც ელვა ეცემა და მზე აგზავნის თავის მცხუნვარე სხივებს. მაგრამ ზოგიერთ ლეგენდაში მოთხრობილია, რომ ცეცხლი მოპოვებულ იქნა მიწისქვეშეთიდან, ქვესკნელიდან.

ასეთი თქმულებები იბადებოდა მხოლოდ იმ ადგილებში, სადაც ვულკანები იყო. ვულკანის ყელიდან ამოვარდნილი ცეცხლის სვეტი და გავარვარებული ლავის ნიაღვრები, ყველაფერს სწვავდა თავის გზაზე და აფრთხობდა ხალხს.

ნაკრძალი და ალი

სინამდვილეში მაინც როგორ გაეცნო ადამიანი ცეცხლს და როგორ ისწავლა მისი მადლიანი სითბოს გამოყენება? სად და როდის აინთო ადამიანის ნებით პირველი კოცონი?

ადამიანის მიერ ცეცხლის აღმოჩენის საიდუმლოებას რამდენადმე შეუქსა ჰფენს ძველი გადმოცემები და ლეგენდები.

ასე, მაგალითად, მითში პრომეთეოსის შესახებ ნათქვამია, რომ მან მოიტაცა ცეცხლი კუნძულ ლემნოსის ვულკანიდან. კიდევ მეტი, მან თითქოს მოიტანა ცეცხლი მცენარის ღეროთი, რომელიც ცნობილია მყრალას სახელწოდებით, და რომელსაც ბალკანეთის ზოგიერთი სოფლის მცხოვრებნი დღესაც იყენებენ ცეცხლის დასაკვებს აბედად.

წყნარი ოკეანის მრავალი კუნძულის მობინადრეთა თქმულებებში ხშირად ნახსენებია ძაღლი, რომელსაც თავისი პატრონისათვის მოაქვს მუგუზალი ტყის ხანძრიდან, რომელიც თითქოს გაჩნდა ბამბუკის ტოტების ურთიერთ ხახუნით. მალაის არქიპელაგზე კუნძულ ბურუს მცხოვ-



რებნი ამტკიცებენ, რომ მათს ტყვეებში არის ხე-მცენარე კინო, რომელიც გვალვიან ზაფხულში თვითააღდება საკუთარი ტოტების ურთიერთხახუნის გამო.

მაგრამ უფრო ხშირად ტყვეში ხანძარი ჩნდებოდა ელვისაგან ცეცხლმოდებული ხის მეშვეობით. ელვით გაკვეთილი პირქუში ცა, შიშის ზარს სცემდა ადამიანებს უძველეს დროში. სმელი ხე, რომელსაც ელვა ეცემოდა

და ანთებდა, ხშირად დიდხანს იწვოდა, როგორც კაშკაშა ჩირაღდანი. უდაოა, რომ ასეთ ანთებულ ხეს უნდა მიეპყრო ტყვეში მცხოვრები ადამიანების ყურადღება. მათ არა მარტო მოსწონდათ ხის ტანზე და ტოტებზე მოელვარე ცეცხლის ენები, არამედ უთუოდ იღებდნენ კიდევ ანთებული ხიდან ჩამოცვენილ ნაწილებსა და ტოტებს, რომლის საშუალებითაც ცდილობდნენ ტყვეში ბლომად არსებული ხმელი ფიჩხის ანთებას. ასე წარმოიშვა, ალბათ, პირველი კოცონი, რომლის გარშემო ადამიანებს შეეძლოთ გათბობა.

ხოლო იმ ადგილებში, სადაც ხდებოდა ვულკანის ამოფრქვევა, ცეცხლის წყარო უნდა ყოფილიყო ცხელი ლავა. ამოფრქვევის პირველ მომენტებში, როდესაც დედამიწა ცისკენ ამოისროდა თავის წიაღიდან ცეცხლის უშველებელ სვეტს, გამდნარი ლავა განუწყვეტელ ნაკადად მიედინებოდა ვულკანის ფერდობზე, და ნაცარტუტად აქცევდა ყველაფერს, რაც კი გზაზე ხვდებოდა, ვერავინ ვერ ბედავდა აელო მისგან ცეცხლი.

მაგრამ, აი დამთავრდა ამოფრქვევა, ლავა თანდათან გაცივდა და დაიფარა მაგარი ქერქით, მაგრამ მის ქვეშ კიდევ თვლემს ცხელი ნალღერდალი. ახლა უკვე შეიძლება ვულკანთან უშიშრად მიახლოება. სწორედ ამ დროს უთუოდ გამოჩნდებოდა ვინმე გულადი, რომელიც პირველი ანთებდა მუგუზალს გამდნარი ლავისაგან. ან შესაძლებელია ვინმეს წამოელო ანთებული ტოტიც ლავისაგან ცეცხლმოკიდებული ტყიდან.

სავსებით ბუნებრივია, რომ ადამიანები, რომელთაც ასე ეშინოდათ ცეცხლის, ხედავდნენ რა კვირაობით მის დამანგრეველ ძალას ტყეში ხანძრის დროს, გმირებად ან ნახევარღმერთებად თვლიდნენ იმ მამაც ადამიანებს, რომლებსაც მოჰქონდათ მათთვის ცეცხლი და ასწავლიდნენ მის გამოყენებას.

თუმცა ყველა ლეგენდასა და თქმულებებში ცეცხლის აღმოჩენა დაკავშირებულია მამაცი გმირის სახელთან, რომელიც ჩასწვდა ცეცხლის სასარგებლოთვის, ან გონიერ ცხოველთან, რომელმაც იცოდა ცეცხლის კეთილმოყვითელი თვისებები, მაინც ცეცხლის აღმოჩენის ნამდვილი ისტორია, ისევე როგორც ბუნების მრავალი საიდუმლოების ამოხსნა, დაკავშირებულია ადამიანთა დიდ კოლექტივთან.

უდაოა, რომ ყველა მიღწევას, რომლითაც ამაყობს თანამედროვე კულტურა, უპირველეს ყოვლისა საფუძვლად უდევს ყოველდღიური შრომა. მხოლოდ შრომა დაეხმარა ადამიანს გაემარჯვა სტიქიასთან ბრძოლაში, ბუნების ძალთა დაძლევაში, ცეცხლის დამორჩილებაში.

უძველესი ადამიანის — სინანტროპის სადგომთა გათხრებისას ნაპოვნი იქნა ნაცრის გროვები. უფრო მოგვიანებით, ნეანდერტალელთა სადგომებში კი წააწყდნენ ხისა და ძვლის ნახშირს, მიწაში ამოთხრილ კერებს.

ქვის ხანაში ასეთი კერების რაოდენობა მნიშვნელოვნად მატულობს, უფრო სრულყოფილი ხდება მათი მოწყობილობა, ჩნდება ორნო-ლუმელები, ქვის სანათურები.

თუმცა არქეოლოგებმა დღემდე ვერ მიაკვლიეს ქვის ხანის დასახლებათა გათხრების დროს ცეცხლის მოსაპოვებელ საშუალებათა ვერავითარ ნაშთებს, მაგრამ უნდა ვივარაუდოთ, რომ მის მოპოვებას საფუძვლად ედო ხახუნი.

ქვის ხანის ადამიანებმა კარგად იცოდნენ ხის გათლა და ბურღვა, ქვის ტეხა და ჩარხვა. ამის დამამტკიცებელია გათხრების დროს ნაპოვნი კაჟის სახვრეტები, სხვადასხვა ზომის საჭრისი და სატეხელი, ძვლისა და რქის სადგისები.

ქვის ჩაქუჩის ან კაჟის ფირფიტის გამოთლისას ხშირად ცვიოდა ცეცხლის ნაპერწკლები. გამოქვაბულში ან სადგომში, სადაც ადამიან-

ნები ცხოვრობდნენ, ყოველთვის შეიძლებოდა ყოფილიყო ხმელი ხავსი, შშრალი ზალახი. ისინი ადვილად შეიძლება აალებულიყო ნაპერწყლის მოხვედრით. ასეთი ალის შემჩნევისას ადამიანი კი არ დაფრთხა, არამედ ისარგებლა ცეცხლის მოულოდნელი გაჩენით და შეინახა იგი.

ადამიანმა შეამჩნია თუ არა, რომ ნაპერწყალმა გამოიწვია ცეცხლის გაჩენა, შემდეგში უკვე შეგნებულად გამოიყენა ეს ხერხი ცეცხლის მოსაპოვებლად. ეს ხერხი ცნობილი იყო ხალხებისათვის მსოფლიოს ყველა ნაწილში და ფართოდ იყო გავრცელებული აზიასა და აფრიკაში, ამერიკასა და ავსტრალიაში. ცეცხლის მოპოვება ბურღვით ცნობილი იყო ევროპელებისათვისაც. იღებდნენ გამხმარი ხის ორ ჯოხს. ერთ-ერთ მათგანს ჰქონდა პატარა ჩაღრმავებული. ამ ჯოხს (ხანდახან მას ცვლიდნენ პატარა ფიცრით) დებდნენ მიწაზე, ჩაღრმავებულში ათავსებდნენ მეორე ჯოხს, რომელსაც ორივე ხელის გულეებს შორის მოიქცევდნენ, სწრაფად ატრიალებდნენ და თან აწვებოდნენ ქვევით, რომ ჯოხი მჭიდროდ შეხებოდა ორმოს. რამდენიმე ხნის შემდეგ სწრაფი ჰრუნვის შედეგად ხის ორმოში ჩნდებოდა კვამლიანი ნახეობი. მას დააყრიდნენ აბედზე და უბერავდნენ სულს ალის გაჩენამდე.

ზოგიერთი ტომი ცეცხლს მოიპოვებდა არა „ბურღვით“, არამედ „ამოხერხვით“. „ცეცხლის ხერხი“ ფართოდ იყო გავრცელებული ავსტრალიაში, ახალ გვინეაში, ფილიპინის კუნძულებზე, ინდონეზიაში.



ცეცხლის მოპოვების ეს წესი ცნობილი იყო ინდოეთისა და დასავლეთ აფრიკის მრავალი მაცხოვრებლისათვის. ბამბუკის ხის ნაჭრისაგან აკეთებდნენ ფირფიტას, რომელიც დანას წააგავდა. მას იმარჯვებდნენ ხერხად, რომლითაც ხერხავდნენ, ან უფრო სწორად — ფხეკდნენ ხის ფიცარს ბოქოების განივად. ხის მოფხეკილი ნაწილაკები ხახუნისაგან იწყებდა ბეჭუტვას. ხანდახან ხის „ხერხის“ ნაცვლად იყენებდნენ მცენარეულ ზონარს.

ბამბუკით მდიდარ რაიონებში ფიცრად უფრო ხშირად იყენებდნენ ბამბუკის ორად გაპობილ ღეროს. მისი მერქანი მდიდარია კაჟნარით, მეტად მკვრივია და ამიტომ ხახუნისაგან სწრაფად ხურდება.

მოსკოვის ისტორიული მუზეუმის ერთ-ერთი დარბაზის ფრესკაზე გამოსახულია საყოფაცხოვრებო ხასიათის სურათი ქვის ხანის ადამიანის ცხოვრებიდან. იგი ეკუთვნის ცნობილი რუსი მხატვრის ვასნეცოვის ყალამს. მასზე ვხედავთ ჩვენს ერთ-ერთ შორეულ წინაპარს, რომელიც მუხლებით ამაგრებს ჩიწაზე დადებულ ხის ნაჭერს და ჩაურქვია მის ნასვრეტში წაწვეტებული ჯოხი ცეცხლის მოსაპოვებლად. ცეცხლის მოპოვების ამ ხერხს უწოდებენ „გამოფხეკას“ ან „გამოხვნას“, ვინაიდან ჩხირი მოძრაობს ხის ღარში, როგორც მინდვრის კვალში სახნისი.

ადამიანის მიერ ცეცხლის მოპოვების ისტორიაში მნიშვნელოვანი როლი, ხის გარდა, ქვამ და რკინამ შეასრულა.

არა ერთი ტომი და ხალხი ცეცხლის დაკვესებას აწარმოებდა კაჯისა და ლითონის დახმარებით. ხანდახან რკინის ნაცვლად იყენებდნენ რკინის მადანს; უმთავრესად გოჯირდის ალმადანს ანუ პირიტს. ძველი სამარხების გათხრისას ევროპაში საკმაოდ ხშირად პოულობდნენ ბურთულაების მსგავსი ჩინური ვაშლისოდენა პირიტის ნაჭრებს.

ესკიმოსები, აინები, ჩრდილოეთ-ამერიკის ინდიელების ზოგიერთი ტომი, ცეცხლოვანი მიწის მცხოვრებნი ნაპერწკალს იღებდნენ კაჯის გოჯირდის ალმადანის ნაჭერზე დარტყმით. ესკიმოსები ტყუილუმბრალოდ კი არ უწოდებენ პირიტს „ცეცხლოვან ქვას“. დაკვესებით მიღებული ნაპერწკალი ეცემოდა აბედს, რომელიც აალვებას იწყებდა. ცეცხლის მიღების ასეთი ხერხი კარგად იყო ცნობილი ძველი ბერძნებისა და რომაელებისათვის.

ტექნიკის განვითარებასთან ერთად სხვადასხვა ხალხში ჩნდება რკინის კვესები,¹ რომელშიც ნაპერწკალი წარმოიქმნება რკინაზე ან ფოლადზე კაჟის დარტყმით. ცეცხლის მოპოვების მსგავსი მოწყობი-

¹ ევროპაში თამბაქოს მწვევლთა შორის გავრცელებული იყო ქისა, რომელშიც ინახავდნენ რკალის ან აბზინდის მოყვანილობის ფოლადის კვესს, კაჯის პატარა ნაჭერს, აბედს, მამურას და ყალიონის გასაწმენდ წვრილ სადგისს.

ლობა ასანთის გამოგონებამდე დიდად იყო გავრცელებული აზიისა და ევროპის ბევრ ქვეყანაში.

ასანთის გამოჩენამ უფრო ადვილი და სწრაფი გახადა ცეცხლის მოპოვება და განდევნა ევროპისა და აზიის ხალხთა ცხოვრებიდან კვესი.

ქვისა და ლითონის დახმარებით ცეცხლის დაკვესება, რომელიც აქა-იქ შემონახულა ავსტრალიაში და მალაელთა ზოგიერთ ტომში, ოცდაათიოდე წლის წინათ მოულოდნელად განახლდა ევროპაში ბენ-ზინის სანთებელას სახით.

სხვადასხვა ხალხების მიერ ცეცხლის მოპოვების ხერხების შესწავლისას, სწავლულნი დიდხანს ვერ დაადგენენ ერთ თვალსაზრისს, თუ რომელია მათ შორის უძველესი, ერთნი ფიქრობდნენ, რომ ადამიანებმა უფრო ადრე ისწავლეს ცეცხლის მოპოვება ხის ნაჭრების ურთიერთ ხახუნით, სხვები ვარაუდობდნენ, რომ უძველესია კაეით ნაპერწკლის დაკვესების ხერხი. იმის დასამტკიცებლად, რომ დაკვესებით ცეცხლის მოპოვება უფრო გვიან იყო ცნობილი კაცობრიობისათვის, ვიდრე ხახუნით, ბევრ ხალხში მოჰყავთ შემდგომ ეპოქებშიც გავრცელებული ჩვეულება — რელიგიური მიზნებისათვის „საღმრთო ცეცხლის“ მიღება „ცეცხლოვანი ბურღის“ დახმარებით.

ხახუნით მოპოვებული ეს ცეცხლი გერმანიაში, შოტლანდიასა და ინგლისში იწოდებოდა „ველურად“ და ზოგიერთ სოფელში ეპიდემიისა და საქონლის ჭირის დროს გამოიყენებოდა. ბნელი და უვიცი გლეხობა ფიქრობდა, რომ ამ ცეცხლს სასწაულებრივი ძალა გააჩნია. რუსეთის სხვადასხვა კუთხეში ასეთი ცეცხლი იწოდებოდა სხვადასხვაგვარად, როგორც მაგალითად, „ცოცხალი“, „ახალი“, „ზაფხულის“. დამსწრეთა მოთხრობის მიხედვით ზოგიერთ ვოლგისპირა სოფელში „ცოცხალი“ ცეცხლის მოპოვების წეს-ჩვეულებას ძველ დროში თან სდევდა სოფლის შემოხვნა, ხოლო ხანდახან მთელ მცხოვრებთა და საქონლის გატარება მიწის ჭიშკრის ქვეშ.

მაგრამ სხვადასხვა ხალხის მიერ „ველური“ ან „ღვთაებრივი“ ცეცხლის მოპოვება ხის გაბურღვით ან „ამოხერხვით“, როგორც ეს საბჭოთა მეცნიერების ახალმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, არ გამოდგა იმის სარწმუნო საბუთად, რომ ცეცხლის მოპოვება ხახუნით უფრო ადრინდელია, ვიდრე დაკვესებით.

საბჭოთა ეთნოგრაფმა მ. ს. ანდრეევმა თითქმის 30 წელი მოანდომა ირანსა და შუა აზიაში ცეცხლის მოპოვების ხალხური საშუალებების შესახებ ცნობების შეკრებას. გამოირკვა, რომ იქ ყველგან ცეცხლის დაკვესება იცოდნენ ორი ქვით.

მეორე საბჭოთა სწავლულ-არქეოლოგის, პროფესორ ბ. ფ. პორ-

შნევის უკანასკნელი გამოკვლევებიც ასევე ადასტურებს მოსაზრებას, რომ ცეცხლის დაკვესება როგორც ჩანს, წარმოადგენს მისი მოპოვების უძველეს ხერხს.

„პარალიული“ მახსელი

ყველა ხალხმა და ტომმა იცოდა ცეცხლით სარგებლობა, მაგრამ ზოგიერთი მათგანი კი არ მოიპოვებდა ცეცხლს, არამედ მიიღებდა რა ერთხელ, ფრთხილად ინახავდა მას, არ აქრობდა.

სწავლულნი და მოგზაურები მსოფლიოს სხვადასხვა ნაწილში შეხვედრიან ისეთ ტომებს, რომელთა სადგომებში მუდმივად ერთოჩაუქრობელი ცეცხლი. თუ ალი მინელდებოდა, კერას მაშინვე უმატებდნენ ხმელ ფოთლებს, ტოტებს, ფიჩხს და ცეცხლს მთლიანად გაქრობის საშუალებას არ აძლევდნენ.

ცეცხლის მუდმივად შენახვის ჩვეულებაზე მოგვითხრობენ ადამიანები, რომლებმაც გასულ საუკუნეში მოიარეს მეღანეზიისა და პოლინეზიის მრავალი კუნძული წყნარ ოკეანეში; აღმოსავლეთ აფრიკისა და ავსტრალიის ზოგიერთი მხარე.

როგორღაც ცხელ ტროპიკულ დილას, 1870 წლის სექტემბერში ასტროლიაბიის ყურეში, კუნძულ ახალი გვინეის ჩრდილოეთ აღმოსავლეთის სანაპიროზე შევიდა რუსული სამხედრო ხომალდი „ვიტიანი“. ხომალდიდან ნაპირზე გადმოვიდა ცნობილი მოგზაური ნ. ნ. მიკლუხო-მაკლაი. თითქმის 4 წელიწადი დაჰყო მან აქ ხელუხლებელი, დიდებული ბუნების წიაღში და სწავლობდა პაპუასების ყოფაცხოვრებას.

პაპუასები მაშინ ჯერ კიდევ ქვის ხანაში ცხოვრობდნენ. ისინი არ იცნობდნენ რკინას, სპილენძს, ოქროს. სხვადასხვა იარაღსა და საოჯახო ნივთებს აკეთებდნენ ქვისგან, ძვლისა და ხისგან. პაპუასებმა იცოდნენ მიწის დამუშავება, ჰყავდათ შინაური ცხოველები — ძაღლები და ღორები, იჭერდნენ თევზს, ნადირობდნენ.

პაპუასების სოფლებში ყოფნისას მიკლუხო-მაკლაი ეცნობოდა მოსახლეობის ზნე-ჩვეულებებს, საცხოვრებელი ადგილის მოწყობილობას, სწავლობდა ენას.

ერთხელ იგი მივიდა თავის მეგობარ პაპუასთან—ტუისთან, რომელიც ავად იყო. ტუის უნდოდა პატივი ეცა მაკლაისათვის მისი მონახულების გამო და მოისურვა მისი გამასპინძლება მოხარული ტარათი. მან გაგზავნა შვილი მეზობლებში ცეცხლისათვის, მაგრამ იგი ხელცარიელი დაბრუნდა. არ იყო ცეცხლი სოფლის სხვა შორეულ სახლებშიც. „არა უშავს“ — თქვა ტუიმ, — მალე ყველანი პლანტაციიდან დაბრუნდებიან და ცეცხლსაც მოიტანენ“.

ამან აფიქრებინა მაკლასი, რომ პაპუასები კი არ მოიპოვებენ ცეცხლს, არამედ ინახავენ მას და გადააქვთ ერთი ადგილიდან მეორეზე.

ეს მოსაზრება მას კიდევ უფრო განუმტკიცდა, როდესაც მასთან სტუმრად მოვიდნენ სხვადასხვა სოფლის მცხოვრებნი. ყოველმა მათგანმა მოიტანა მუგუზალი ან ანთებული ლერწმის შეკვრა, რომლითაც დაანთეს ერთი კოცონი. სათევზაოდ ან პლანტაციებში და ტყეში იამსის, ბატატის და სხვა საკვები მცენარის დასამუშავებლად გამგზავრებისას პაპუასებს თან მიჰქონდათ ანთებული ფიჩხი ან მუგუზალი. ცეცხლი იყო მათი თანამგზავრი ხმელეთზე, ზღვაზე მოგზაურობისას, მეზობელ სოფლებში გადასვლისას. ცეცხლი პაპუასებთან არასოდეს არ ჰქრებოდა, ხოლო თუ ჩაჰქრებოდა, მაშინვე მოჰქონდათ მეზობლისგან.

მაკლასის სანაპიროს პაპუასებმა შეიძლება კიდევაც იცოდნენ ცეცხლის მოპოვება, მაგრამ არასოდეს არ სარგებლობდნენ ცეცხლის მოპოვების მათთვის ცნობილი ხერხებით, ამჯობინებდნენ ერთხელ მოპოვებულის შენახვას.

მრავალი პირველყოფილი ტომი თაყვანს სცემდა ცეცხლს, როგორც წმინდანს. მას უფრთხილდებოდნენ თვალის ჩინივით. მომთაბარე ხალხებს ადგილის გამოცვლისას ნაკვერცხლები გადაჰქონდათ სპეციალურ კალათით. ცეცხლისადმი პატივისცემა გავრცელებული იყო უფრო კულტურულ ხალხებშიც—ძველ ბერძნებში, რომაელებში, შუასაუკუნეების გერმანელებში, სლავებში. საბერძნეთის ისტორიკოსი ქსენოფონტე მოგვითხრობს, რომ სპარტის მეფეთა ჯარებში დაწესებული იყო სპეციალური თანამდებობა ცეცხლმტარებლისა, რომელიც ვალდებული იყო გულმოდგინედ შეენახა ცეცხლი მთელი ლაშქრობის განმავლობაში. ვისაც ცეცხლი დასჭირდებოდა, მისთვის უნდა მიემართა.

ბერძნული ტაძრების სამსხვერპლოზე დღე-ღამის განმავლობაში ერთო უქრობი წმინდა ცეცხლი. რომში ქალღმერთ ვესტას ტაძარში მუდმივად ინახავდნენ „მარადიულ ცეცხლს“. მისი თვალყურის დევნება და შენახვა დავალებული ჰქონდა ქალიშვილებს საუკეთესო დიდგვაროვანი ოჯახებიდან. მათ სიკვდილით სჯიდნენ, თუ ცეცხლი ჩაქრებოდა. ქალღმერთ ვესტას ტაძარში წელიწადში ერთხელ — 1 მარტს ქურუმები კვლავ ანთებდნენ ცეცხლს ხის გაბურღვით.

წმინდა ცეცხლის გაუქრობელი ალი ერთო ძველი პერჯს ტაძრებში. პერუელი ქურუმები აკეთებდნენ ოქროს ჩაზნეკილ სარკეს, მისი საშუალებით მზის სხივებს ფოკუსში აგროვებდნენ და ანთებდნენ წმინდა ცეცხლს ტაძრის სამსხვერპლოში.

ამ გზით ცეცხლს უფრო ხშირად მრევლის თანდასწრებით მოიპოვებდნენ. „იციდან ჩამოსული ცეცხლის“ სანახაობა წარუხოცელ შთა-

ბეჭდილებას ახდენდა უფიც და გაუნათლებელ მლოცველებზე და ხელს უწყობდა ქურუმთა ავტორიტეტის განმტკიცებას.

ასეთსავე „სასწაულს“ აწყობდნენ ეგვიპტელი ქურუმებიც. ისინი სამსხვერპლო ცეცხლს ანთებდნენ გრძელი ლითონის ლატანის დახმარებით, როზლითაც ელვას იჭერდნენ.

პირველყოფილ ადამიანებს, უხდებოდათ რა ბუნების მრი' ხანე ძალებთან 'ხეხლა, თვლიდნენ მათ გონიერ ცოცხალ არსებებად. დამანგრეველი და შემოქმედი ძალის მქონე ცეცხლი, ადამიანის მეგობრად და მტრად მოვლენილი ცეცხლი, უძველეს ადამიანებს ძლევაშოსილ ღვთაებად შიაჩნდათ.

რელიგიურ წარმოდგენათა განვითარებასთან ერთად სხვადასხვა ხალხებში ღვთაებათა შორის ჩნდება ცეცხლის ღმერთებიც: ძველ ინდუსებში — აგნი, ეგვიპტელებში — პოპა, ბერძნებში — ჰეფესტი, რომაელებში — ვულკანი, სკანდინავიის ხალხებში — ლოკი, მექსიკაში — კენტეპუტლი.

მათ. უძველეს რელიგიურ კულტებში, სხვა ღმერთების მსგავსად თაყუანს სცენენ. მათ წინაშე ლოცულობენ, მოაქვთ მსხვერპლი, მათ ხვლიან ძლევაშოსილებად და კეთილსწყოფებად. ყველა დროისა და ხალხის კულტში გავრცელებული იყო ჩვეულება — სამსხვერპლოს ცეცხლში ხორცის ნაჭრის ჩაგდება, ზეთის და ღვინის ჩასხმა.

ჯერ კიდევ 80 ოდე წლის წინათ, ბაქოს მახლობლად, სოფელ სურახანთან შეიძლებოდა ქვის არაჩვეულებრივი შენობის ნახვა. მომცრო ეზოს შუაგულში აღმართული იყო ოთხკუთხა კოშკი ოთხი სვეტით. ყოველი სვეტის თავზე მიმაგრებული იყო ლამპარი. დღისით და ღამით, ზამთარ-ზაფხულს, მზიან კაშკაშა დღესა თუ წვიმიან ამინდში ლამპარიდან ელავდა ცეცხლის ენები.

ეზოს ქვის მჭიდრო გალავენად გარს ერტყა დაბალი, ოთხკუთხა ნაგებობანი. ეს იყო ანტიკადები მომცრო სენაკეისა, რომელთა კარები იღებოდა ეზოში მარადიული



ცეცხლით განათებული კოშკისაკენ. მრავალი ასეული წლის წინ გაჩნდა ეს წუნობები აფშერონის ნახევარკუნძულზე. ისინი ააშენეს ცეცხლის თაყვანისმცემლებმა. საუკუნეთა მანძილზე მლოცველები აქ მოდიოდნენ ფეხით, მოემგზავებოდნენ ცხენებითა და აქლემებით მეზობელი სპარსეთიდან და შორეული ინდოეთიდან, რათა თაყვანი ეცათ გაუქრობელი ცეცხლისათვის.

მრავალ ტომსა და ხალხში ცეცხლი ითვლებოდა კეთილისმყოფელ, ძლევამოსილი, განწმენდავი ძალის მქონე სტიქიად, რომელიც იცავდა ადამიანებს ბოროტი სულეებისაგან.

ზოგჯერ ცეცხლის ღვთაებრივ რელიგიურ ხასიათს უკავშირებდნენ ელვას ან მზეს.

ზაფხულის ან ზამთრის მზის ბრუნვას აღნიშნავდნენ დღესასწაულებით. დღესასწაულზე ანთებდნენ კოცონს, ურბენდნენ გარშემო და ახტებოდნენ ცეცხლს. ძველ რუსეთში იოანე ნათლისმცემლის დღესასწაულის დღეს (7 ივლისს) ახალგაზრდობა ახტებოდა ხოლმე კოცონს, ხოლო გერმანიაში ასეთ დღესასწაულებს აწყობდნენ შობის დღეებში, ყველიერში, აღდგომას. ცეცხლს თაყვანს სცემდნენ როგორც მზის „ვაჟს“ ან „ასულს“, რომელიც მას დედამიწაზე განასახიერებდა¹.

ჯერ კიდევ შორეულ წარსულში ბევრ ტომსა და ხალხში ცეცხლის რელიგიურ კულტთან ერთად გაჩნდა ცეცხლის „ოჯახური“ კულტი. კერაზე ჩაუქრობელი მუდმივი ცეცხლი წარმოადგენდა ოჯახის ერთიანობის სიმბოლოს.

ცეცხლის საყოველთაო პატივისცემა, მისი რელიგიური კულტი, გავრცელებული მრავალ ტომსა და ხალხში, დამადასტურებელია იმ განუზომლად დიდი როლისა, რაც შეასრულა ამ მრისხანე და კეთილმყოფელმა სტიქიამ ადამიანთა საზოგადოების ცხოვრებაში ათასეული წლების მანძილზე, მის ეკლიანსა და ამავე დროს ნათელ გზაზე პროგრესისაკენ.

¹ საქართველოში ცეცხლის კულტის ნაშთები ჰიაკოკონობის სახით იყო შემორჩენილი. გაზაფხულზე, ყველიერის დროს ანთებდნენ კოცონს, რომელიც უწინ ხალხის რწმენით ბოროტ ძალებს, ავ სულებს, მოსავლის მავნებლებს სდევნიდა. შემდეგ ამ ანბანმა დაკარგა პირვანდელი შინაარსი და ჰიაკოკონა მხოლოდ ახალგაზრდობის გართობის სახედ იქცა. (მ თ ა რ გ მ ნ ე ლ ე ბ ი ს ა გ ა ნ).





ს ი ე ნ ე ი ს ა ს ხ ლ ი ს
შ ა ბ რ შ ე მ ი ა ნ ი

ს ა ს ხ ლ ი ა ლ ა მ ი ა ნ ი ს ს მ ო ვ რ ა ბ ა უ ი

ქ დამიანის მიერ ცეცხლის დამორჩილება—ბუნების ძალებზე პირველი დიდი გამარჯვებაა. ცეცხლის აღმოჩენა, მისი მოპოვების სხვადასხვა ხერხის დაუფლება, უმნიშვნელოვანესი ნაბიჯია ჩვენი შორეული წინაპრების „გაადამიანების“ გზაზე.

მატერიალური კულტურის დასაბამისა და განვითარების მთელი ისტორია ათასეული წლების მანძილზე განუყრელად დაკავშირებულია ცეცხლთან. ცეცხლის ათვისებამ ბიძგი მისცა ძველი ტექნიკის მნიშვნელოვანი დარგების — მეთუნეობისა და მეტალურგიის განვითარებას. ცეცხლი დაეხმარა უცნობ ძველ მექოთნეს თიხის პლასტიკური მასა გადაექცია თიხის პირველ ქოთნად, ხოლო საუკუნეთა გავლის შემდეგ მან მისცა საშუალება რუს ტექნიკოსს პოლზუნოვს შეექმნა ორთქლის პირველი მანქანა.

ორთქლის მანქანამ კაცობრიობის სამსახურში ჩააყენა ორთქლის ენერჯია, რამაც ხელი შეუწყო საწარმოო ძალთა მძლავრ განვითარე-

ბას მომდევნო საუკუნეში. მანვე მისცა ბიძგი მრეწველობის რევოლუციას. ცეცხლის დახმარებით შესაძლებელი გახდა წყლისა და ქარის ენერჯის შეცვლა, ლოკომოტივის ბორბლების ბრუნვა, ხომალდების სანიბზე ხრახნილების ტრიალი, დაზგებისა და მანქანების ამუშავება. რა არის ცეცხლი? როგორია მისი ბუნება?

ბერძენ ფილოსოფოსთა მსჯელობანი

ამ კითხვას არა ერთხელ აძლევდნენ თავიანთ თავს ქვის ხანის ადამიანები, ანტიკური საბერძნეთისა და შუა საუკუნეების ევროპის მცხოვრებნი. იგი ერთნაირად აღელვებდა მოაზროვნეთა გონებას ძველ ეგვიპტეში, ჩინეთში, ინდოეთში, ევროპელ და ამერიკელ სწავლულებს — უფრო მოგვიანო ეპოქებში.

ადამიანის მიერ ცეცხლის ბუნების შეცნობის გზა მეტად მიხვეულ-მოხვეული და რთულია, წინააღმდეგობებით სავსე და დაბურდული. ათასეული წლების მანძილზე ცეცხლზე წარმოდგენის განვითარების ისტორიას რამდენადმე შუქს ჰფენს ნახატები — გამოქვაბულების კედლებზე, სადაც ოდესღაც პირველყოფილი ადამიანეაი ბინადრობდნენ, ძველი ლეგენდები და ხალხური თქმულებები, თიხისა და ქვის „წიგნები“, ძველ ხელნაწერთა ფურცლები.

ცეცხლის ბუნების ახსნის პირველი ცდები სწარმოებდა ჯერ კიდევ შორეულ წარსულში. მას ვხვდებით ჯამთა ვითარებისაგან გაყვითლებულ ჩინურ მანუსკრიპტებში, ნახევრადღამილ ძველ ინდურ გრაფიკებში.

საფუძვლიან მსჯელობებს ცეცხლისა და მისი როლის შესახებ ჩვენ ვხვდებით ძველ ბერძენ ფილოსოფოსთა შემოქმედებაში. ანტიკურმა საბერძნეთმა — ევროპული მეცნიერების აკანმა — მისცა მსოფლიოს გამოჩენილი მოაზროვნენი, რომლებმაც საფუძველი ჩაუყარეს სტიქიურ მატერიალიზმს.

ძველი სამყაროს გამოჩენილი ფილოსოფოსი ჰერაკლიტე ეფესიდან იყო ერთ-ერთი პირველი სწავლულთაგანი, რომელიც ქვყნის გაჩენასა და განვითარებას ბუნებრივი ძალების მონაწილეობის გარეშე განიხილავდა.

მას სამყარო ეჩვენებოდა მარადიულ, გაუქრობელ ცეცხლად. „სამყარო ერთიანია ყოველისაგან, არ არის შექმნილი არც ღმერთისგან და არც კაცისაგან, არამედ იყო, არის და იარსებებს მარადიულ ცოცხალ ცეცხლად“ — ამბობდა ის.

ცეცხლი, ჰერაკლიტეს აზრით, ყოველი მოვლენის საფუძველია ბუნებაში, დასაბამია ყოველი არსისა. მოვლენათა მიმოქცევა ბუნება-

ში, ცვლილებანი, რომლებიც განუწყვეტლივ მიმდინარეობს ჩვენს გარემომცველ სამყაროში, ყველაფერი ეს მჭიდროდ არის დაკავშირებული ცეცხლის ცვლილებებთან.

ის სთვლიდა, რომ „ყველაფერი იცვლება ცეცხლზე და ცეცხლი—ყველაფერზე, ისევე როგორც ოქროზე საქონელი, ხოლო საქონელზე—ოქრო“.

ჰერაკლიტეს წარმოდგენით ცეცხლი „სქელდებოდა“ ჰაერად, ჰაერი თავის მხრივ გადაიქცეოდა წყლად, წყალი—მიწად, ხოლო მიწიდან კვლავ ჩნდებოდა ცეცხლი.

არსებობს ლეგენდა, რომ ჰერაკლიტე ატარებდა ცდებს ცეცხლ-გამჩენი მიწებით, იმ მიზნით, რომ დაემტკიცებინა ჰაერის ცეცხლად გარდაქმნის შესაძლებლობა.

გამოდიოდა რა ჰაერიდან ცეცხლის „დაბადების“ მოსაზრებიდან, ციურ მნათობებს — მზეს და ვარსკვლავებს იგი თვლიდა უშველებელ ლინზებად, რომლებიც ააღებენ ჰაერს.

ჰერაკლიტეს თანამედროვე, ძველ საბერძნეთში ცნობილი მოაზროვნე ემპედოკლე ცეცხლში იმ ოთხი „ფესვის“ ანუ ელემენტის (ცეცხლის, ჰაერის, წყლის, მიწის) მხოლოდ ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილს ხედავდა, რომლისგანაც შექმნილია ყოველი არსებული. მისი აზრით მათგან შედგება ქვა და მცენარე, ცხოველი და ადამიანი, ხოლო საგანთა მრავალფეროვნება ჩვენს გარემომცველ სამყაროში დამოკიდებულია საგნებში ამ ელემენტების სხვადასხვა შემცველობაზე. ემპედოკლე თვლიდა, რომ სისხლი შეიცავს ოთხივე ელემენტს ტოლი პროპორციით, ხოლო ძვალში ნახევარი ცეცხლია, ერთი მეოთხედი მიწა და ერთი მეოთხედი წყალი.

ცეცხლი, როგორც ერთ-ერთი ოთხ საწყისთაგანი, რომლისგანაც შედგება ყოველი სხეული სამყაროში, ყოველთვის გვხვდება უფრო გვიანი ეპოქის ბერძენი ფილოსოფოსების პლატონისა და მცხი მოწაფის არისტოტელეს მოძღვრებაში.

პლატონი, თავისი მსოფლმხედველობით ემპედოკლეს მიმდევარი, ოთხი ელემენტის ცნებაში სხვა შინაარსს სდებს. ის გამოდის იმ მოსაზრებიდან, რომ ბუნება ისწრაფვის ყოველივე მშვენიერის შექმნისაკენ. ანვითარებს რა მსგავსი კონცეპციის საფუძველზე თავის შეხედულებას სამყაროს აგებულების შესახებ, პლატონი ცეცხლს მეტად მნიშვნელოვან როლს აკუთვნებს.

პლატონის აზრით, ცეცხლი და მიწა ეს არის საფუძველთა საფუძველი, ხოლო წყალი და ჰაერი მხოლოდ შემთავსირებელი რგოლია მიწასა და ცეცხლს შორის. ამავე დროს პლატონს მიაჩნია, რომ ერთი



არისტოტელე
(384 — 322 წწ. ჩვ. წ. აღრიცხვამდე)

ელემენტი შეიძლება გარდაიქმნას მეორე ელემენტად.

პლატონი ერთი ელემენტის მეორედ გადაქცევას უკავშირებდა, ალბათ, ნივთიერების სამ მდგომარეობას — მყარს, თხევადს და გაზისებრს.

ავითარებდა რა პლატონის შეხედულებებს, ძველი საბერძნეთის გამოჩენილი ბუნებისმეტყველი არისტოტელე ოთხი ელემენტის შესახებ მოძღვრებაში სხვა შინაარსს სდებდა.

არისტოტელეს თვალსაზრისით ცეცხლი, ჰაერი, წყალი და მიწა ასევე მატერიის ძირითადი ფორმებია, რომლებსაც გააჩნია ერთი მეორეში გა-

დასვლის უნარი. ესენი აგრეთვე შედის სხვადასხვა სხეულის შემადგენლობაში სხვადასხვა პროპორციით და ანიჭებს მათ ამა თუ იმ თვისებას მაგალითად, ცეცხლი არისტოტელეს მიხედვით, ისეთი რამ არის, რომელიც შედის ყოველი საწვავი სხეულის შემადგენლობაში — ხეში, ნახშირში, ზეთში, და მათ წვის უნარს აძლევს. ამ ნივთიერებების წვისას ცეცხლი გამოიყოფა ალის სახით, რომელიც სხვადასხვა შემთხვევაში და ვითარებაში სხვადასხვაგვარია.

ცეცხლის ბუნების სხვაგვარ ახსნას შეეცადა ძველი საბერძნეთის დიდი მოაზროვნე — ატომური მოძღვრების მამამთავარი — დემოკრიტე. მისი აზრით, ყოველი ნივთიერება შედგება უმცირესი მკვრივი, შეუღწევი და განუყოფელი ნაწილაკებისაგან — ატომებისაგან.

ყველაზე უფრო მკირე და ყველაზე უფრო გლუვ ატომებად დემოკრიტე ცეცხლის ნაწილაკებს სთვლიდა. ისინი, ისევე როგორც სხვა ატომები, იმყოფება განუწყვეტელ მოძრაობაში. შეერთებისას ცეცხლის ნაწილაკები წარმოქმნის ალს. როდესაც ისინი შეერთება ცოცხალი თუ მკვდარი სხეულის სხვა ატომებს, იწვევს მათ გახურებას.

დემოკრიტეს აზრით ცეცხლის ატომები შეადგენს ადამიანთა და ცხოველთა „სულს“. მაგრამ „სულს“, მისი მოძღვრების მიხედვით, არ გააჩნია არავითარი ზებუნებრივი თვისებები, იგი ისევე მატერიალურია;

როგორც სხეული, ოღონდ ' შექმნილია სხვა ფორმისა და ზომის ატომებისაგან.

ვერც დემოკრიტემ და ვერც მისმა მოწაფეებმა ცდით ვერ დაამტკიცეს თავიანთი შეხედულებანი ატომზე; ამის საწუალებას არ იძლეოდა მაშინდელი მეცნიერებისა და ტექნიკის დონე.

ძველი ფილოსოფოს-ატომისტების სწავლება ნივთიერების აგებულებისა და ცეცხლის ბუნების შესახებ დიდი ხნით იქნა დავიწყებული.

ბუნების სტიქიისა და გარემომცველი სამყაროს ახსნას საფუძვლად დაედო არისტოტელეს მოძღვრება,

რომელიც უარყოფდა ატომების არსებობას. ამან შესაძლებელი გახადა ყოველი მოვლენა, რომელთანაც კი ადამიანს უხდებოდა შეხლა, გაგებულყო იდეალისტურად. არისტოტელეს მოძღვრება უფრო მოგვიანოდ მიიღო ეკლესიამ. მას მხარს უჭერდნენ სხვადასხვა ქვეყნის საერო ხელისუფალნიც, ვინაიდან თავის მოძღვრებაში არისტოტელე გამოდიოდა მონობის დამცველად.

ამ მოძღვრების მრავალსაუკუნოვანმა გაბატონებამ მეცნიერებაში და არისტოტელეს ავტორიტეტის ბრმა თაყვანისცემამ დიდად შეუშალა ხელი ცეცხლის ბუნებაზე სწორ შეხედულებათა განვითარებას და დიდი ხნით შეაფერხა უტყუარი ცდებით დადასტურებულ სხვა მოსაზრებათა დამკვიდრება.



დემოკრიტე
(დაახლ. 460 — 370 წწ. ჩვ. წ. აღრიცხვამდე)

ანთიგუელი კავშილი

პირველ საუკუნეებში ჩვენი წელთაღრიცხვით ნილოსის ნაპირებზე, ალექსანდრიის აყვავების ეპოქაში, ჩაისახა ახალი მეცნიერება — ალქიმია. მასში ბერძენ ფილოსოფოსთა სწავლება შერწყმული იყო ეგვიპტელთა მიერ საუკუნეების მანძილზე მოპოვებულ პრაქტიკულ ცოდნასა და ხერხებთან.

ალქიმიკოსების აზრით ბუნება ყოველთვის ისწრაფვის შექმნას სრულყოფილი ნივთები, მაგალითად ოქრო, მაგრამ ამ პროცესს არახელსაყრელი გარემოება უშლის ხელს, და ოქროს ნაცვლად წარმოიქმნება არასრულფასოვანი ლითონები — სპილენძი, ტყვია, თუთია.

ამ ტყვიის ან სპილენძის ოქროდ გადაქცევისათვის საჭიროა „ფილოსოფიური ქვის“ ანუ ელიქსირის დამზადება.

ალქიმიკოსებმა გაიზიარეს რა არისტოტელეს სწავლება ოთხი ელემენტის შესახებ, თვით შექმნეს საკუთარი მოძღვრება სამ არსებით სუბსტანციაზე. ლითონი, მადანი, ხე და სხვადასხვა სხეული შედგება სამი სუბსტანციისაგან. პირველი არის ვერცხლისწყალი-დნობადობისა და აქროლადობის განსახიერება, მეორე — გოგირდი, წვადობის (წვის) სიმბოლო, და მესამე — მარილი, არაქროლადობისა და სიმავრის სიმბოლო.

წვა, ალქიმიკოსების აზრით, შეუძლებელია სხეულში გოგირდის გარეშე. ამ თვალსაზრისს იზიარებდა XVI საუკუნის ცნობილი ექიმი და ბუნების მკვლევარი თეოფრასტე პარაცელსიუსიც, ახალი პროგრესული მიმართულების ფუძემდებელი ქიმიკი. მაგრამ ამასთანავე იგი გამოდიოდა იმ „ოქროს მკეთებელი“ ალქიმიკოსების წინააღმდეგ, რომლებიც დატინებით ეძიებდნენ არარსებულ სამუალებას არაკეთილშობილი ლითონების ოქროდ გადასაქცევად.

პარაცელსიუსი ქიმიის ძირითად ამოცანად სთვლიდა წამლების შექმნას. ამიტომ ამ მიმართულებას უწოდებდნენ იატროქიმიურს, ე. ი. სამკურნალოს. მართალია, იგი აკრიტიკებდა ალქიმიკოსებს „ფილოსოფიური ქვის“ უნაყოფო ძეგნისათვის, მაგრამ ამასთანავე იზიარებდა მათ თვალსაზრისს სამი სუბსტანციის შესახებ.

„თუ შენ აიღებ ხელში სხეულს, მაშინ შენ გაქვს სამი უხილავი სუბსტანცია... — ამბობდა იგი — ... რომ გამოსცადო ეს, აიღე ჯერ ხე, ეს იქნება სხეული. დაწვი, მაშინ ის, რაც დაიწვება — გოგირდია, რაც აბოლდება — მერკური (ე. ი. ვერცხლისწყალი), ხოლო რაც დარჩება ნაცრად — მარილი“.

პარაცელსიუსი მისთვის ჩვეული ენერგიითა და დატინებით ფართოდ ეწევა თავის შეხედულებათა პროპაგანდას და ცდას აღიარებს უცილობელ ავტორიტეტად. აყენებს რა ეკვის ქვეშ არისტოტელეს მოძღვრების ზოგიერთ დებულებას, ხოლო ყველაზე უწინარეს — ხელოვნურად ოქროს მიღების შესაძლებლობას, პარაცელსიუსი ცეცხლს მაინც განიხილავს იმავე პოზიციიდან — როგორც ოთხი საწყისიდან ერთ-ერთს.

ასი წლის შემდეგ ბრწყინვალე პოლანდიელი ბუნების მკვლევარის ვან ჰელმონტის შრომებში ჩვენ ვხვდებით ცეცხლის ბუნების სხვაგვარ

განმარტებას. დაკვირვებული მკვლევარი და ფაქიზი ექსპერიმენტატორი აწარმოებს ბევრ სხვადასხვა ცდას. უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ქიმიის შემდგომი განვითარებისათვის მის გამოკვლევებს გაზეზის დარგში.

ვან-ჰელმონტს პირველად შემოაქვს ქიმიაში ცნება-- „გაზი“. იგი აწარმოებს მას ბერძნული სიტყვიდან — „ქაოსი“. მასვე ეკუთვნის აგრეთვე იმ დროისათვის ჯერ კიდევ უცნობი ორი გაზის აღმოჩენა — ნახშირორბანგის, რომელსაც ის უწოდებს „ტყის გაზს“ და მეთანისა, რომელსაც „ცხიმ ივან“ ან „საწვავ“ გაზს უწოდებს.

თავის შრომებში ის მიუთითებს, რომ „ტყის გაზი“ შხამიანია და ჩასუნთქვისას იწვევს მოწამვლას. მისთვის ცნობილია ამ გაზის დაგროვება ზოგიერთ გამოქვაბულში, მისი წარმოქმნა ყურძნისა და ლუდის ტკბილის დუღილის დროს, მისი გამოყოფა ნახშირის წვისას.

ვან ჰელმონტის გამოკვლევებმა ბიძგი მისცა მრავალ აღმოჩენას, ხელი შეუწყო მეცნიერებიდან ძველი ცრუ რწმენის განდევნას და ქიმიის შემდგომ წინსვლას.

მაგრამ ამასთანავე იგი შიინც იმყოფებოდა ალქიმიკოსების შეხედულებათა ტყვეობაში და გაზეზის წარმოემნას თავის ცდებში განიხილავდა, როგორც რთულ პროცესს, რომელშიაც უდაოდ მონაწილეობს ალქიმიკოსების სამი საფუძველი — ვერცხლისწყალი, გოგირდი, მარილი.

ვან-ჰელმონტის ცდებით განმტკიცებული სწორი და ზუსტი დასკვნები შეთავსებულია მისტიურ წარმოდგენებთან, მცდარ შეხედულებებთან და დაბნეულობასთან. იგი უარყოფს ცეცხლის პირველსაწყისობას და ამას ასაბუთებს იმით, რომ ბიბლიაში არაფერია ნათქვამი ცეცხლის ბუნების შესახებ. ვან-ჰელმონტისათვის ცეცხლი—ეს არის „ანთებული კვამლი“.

სამხლის მაგარიჩი

მეცნიერებაში აქტიური ბრძოლა მოძველებულ შეხედულებათა წინააღმდეგ მე-17 საუკუნიდან დაიწყო. იგი აღინიშნა ბუნების გამოსაკვლევად წარმოებული ცდების შემდგომი გაფართოებით, პრაქტიკული ცოდნის სულ უფრო დიდი დაგროვებით.

არისტოტელეს სწავლება რთხი ელემენტ-საწყისის შესახებ უფრო და უფრო სთმობს თავის პოზიციებს ახალი, ცდებით განმტკიცებული საწინააღმდეგო მონაცემების წინაშე.

სხვაგვარად დაისვა საკითხი ცეცხლის ბუნების შესახებაც.

1661 წელს გამოქვეყნდა ცნობილი ინგლისელი ქიმიკოსის რო-

ბერტ ბოილის საზეცნიერო შრომა „სეპტიკოსი ქიმიკოსი“. ნიჭიერი ავტორი მძაფრად და გონებამახვილურად აკრიტიკებს არისტოტელეს სქოლასტიკურ შეხედულებებს.

„შეუძლებელია იმის უარყოფა, — წერდა ბოილი — რომ რთულ ნივთიერებათა უმეტესობა შედგება სამი ან ოთხზე მეტი ელემენტისაგან“. რთულ ნივთიერებათა აგებულებას ბოილი ადარებდა რამდენიმე ასოსაგან შემდგარ სიტყვებს. მისი აზრით, ელემენტები არის „რაიმე პირველადი ან მარტივი სხეულები, ან სხვაგვარად რომ ვთქვათ, არა-შერეული სხეულები, რომლებსაც არ გააჩნია სხვა სხეულიდან ან ერთი-მეორისაგან წარმოქმნის უნარი. ეს სხეულები წარმოადგენს შემადგენელ ნაწილებს, რომლებისგანაც უშუალოდ შეიკვრება, ან რომლებმაც საბოლოოდ იშლება სრულყოფილად შერეული სხეულები“.

რობერტ ბოილი აკრიტიკებს ძველ შეხედულებებს პირველსაწყისების შესახებ და შეაქვს ელემენტის ახალი გაგება, ნაგრამ ამასთანავე არასწორად განმარტავს ცეცხლის ბუნებას. მისი აზრით, ცეცხლი რომელიც მატერიალური ნაწილაკების ნაკადია, ან უფრო სწორად, წონადი სხეულის შექმნილი კორპუსკულების მოძრაობაა.

ამ დასკვნამდე იგი მიჰყავს მის მიერ ჩატარებულ საინტერესო ცდებს, რომლის დროსაც ლითონი გახურებისას წონის ცვალებადობას ამჟღავნებს.

რატომ მატულობს წონაში ლითონი, თუ მას მალალ ტემპერატურაზე გავახურებთ და რატომ გადაიქცევა იგი მუქ, რუხ მასად — ხენჯად? ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა დღეს შეუძლია ყოველ მოსწავლეს. იბიტომ, რომ, იტყვიან ეს — ლითონი ძლიერი გახურების დროს აღვივლად იფანგება — უერთდება ჰაერის ფანგბადს.

მაგრამ იმ ხანებში ამ კითხვაზე სწორი პასუხის გაცემა არ შეეძლოთ ყველაზე გამოჩენილ მეცნიერებსაც კი.

იმისათვის, რომ გაეგოთ, თუ რატომ მატულობს ლითონის წონა მისი ხენჯად გადაქცევისას, ქიმიკოსები ორი საუკუნის მანძილზე მრავალჯერ იმეორებდნენ ერთსა და იმავე ცდას.

ტყვიის ან კალას ნაჭრებს დებდნენ ქოთანში ან რეტორტაში და ახურებდნენ ცეცხლზე.

1673 წელს ასეთი ცდა ჩაატარა რობერტ ბოილმაც.

მინის მოძცრო რეტორტაში მან ჩადო ტყვიის ნაჭერი და გარედან ჰაერი რომ არ შესულიყო, ყელი მიურჩილა. შემდეგ მეცნიერმა აწონა რეტორტა და დადგა იგი ცეცხლზე. ორი საათის შემდეგ ბოილმა შეწყვიტა გახურება, დაუცადა რეტორტის გაცივებას, შემდეგ გახსნა იგი და აწონა. გამოიჩვენა, რომ იგი იწონიდა მეტს, ვიდრე ცდამდე. როდესაც ბოილი ხსნიდა რეტორტას, მასში სტვენით შეიქ-

რა ჰაერი. ეს მოვლენა მეცნიერმა ახსნა მხოლოდ იმით, რომ რეტორტა კარგად იყო მიჩილული.

მაგრამ რამ გაადიდა ლითონის წონა, როდესაც რეტორტა ასე მკიდროდ იყო მიჩილული? — ფიქრობდა ბოილი. როგორც ეტყობა, გადაწყვიტა მეცნიერმა, რეტორტის კედლებში შეაღწია „ცეცხლოვანმა მატერიამ“, რომელიც უერთდება ლითონს და წარმოიქმნება ხენჯი.

„საიდანაა წარმოიქმნება ლითონებში ჩვენს მიერ შემჩნეული აბსოლუტური (მე კუთარზე უკვე არაფერს ვამბობ) წონის ზრდა ლითონებზე სუფთა ალის ზემოქმედებისას, თუ არა თვით ალის რაღაც წონადი ნაწილაკებისაგან! ამ ცეცხლოვან მოღვეულათა რიცხვი მეტად დიდია უნდა იყოს, რათა შეგვეძლოს მათი სასწორზე აწონა“ — წერდა ბოილი.

შეიძლება უცნაურად მოგვეჩვენოს, რომ ისეთმა დახელოვნებულმა ექსპერიმენტატორმა როგორც ბოილი იყო. ასეთი უხეში შეცდომა დაუშვა ლითონის გამოწვის პროცესის განმარტებაში. როგორც ჩანს, აქ საბედისწერო როლი ითამაშა ცეცხლის წონადობაში ბოილის რწმენამ და იმან, რომ მან ყურადღება არ მიაქცია გახურების შემდეგ გახსნილ რეტორტაში ჰაერის სტვენით შექრას. ბოილს რომ ყურადღებით განეხილა ეს მოვლენა, იგი აუცილებლად სწორად ახსნიდა მას. მაშინ მას არ გამოეპარებოდა, რომ რეტორტაში ჰაერის შექრა გამოწვეული იყო ლითონის გამოწვის შემდეგ მასში ჰაერის წნევის ცვლილებით.

XVII საუკუნის მეცნიერთა შორის ბოილი პირველი არ იყო მათ შორის, რომლებიც ცდილობდნენ ლითონის გამოწვის დროს შემჩნეული მოვლენები აეხსნათ. მიჩილულ რეტორტაში ლითონის გამოწვაზე ბოილის მიერ ჩატარებულ ცდებამდე თითქმის ორმოცდახუთი წლით ადრე გამოქვეყნდა ფრანგი ექიმისა და ქიმიკოსის ჯან რეის წიგნი „ნარკვევები იმ მიზეზთა ძიებაზე, რომელთა გამო კალა და ტყვია იმატებს წონაში, როცა მათ სწვავენ“.

შეხედულებები, რომლებიც ჯან რემ გამოსთქვა თავის წიგნში, მკვეთრად ეწინააღმდეგება ცეცხლისა და წვის პროცესებზე იმდროინდელ ფილოსოფოსთა შეხედულებებს.

რეის აზრით, გავარჯარებისას ლითონი წონაში მატულობს იმიტომ, რომ ქურქელში არსებული ჰაერი გასქელდა და დაძძიმდა. ამასთანავე ეს ჰაერი რამდენადმე წებოვანდება, შეერევა ხენჯს და მის უმცირეს ნაწილაკებს მიეკრობა.

ამგვარი ახსნა, უმართებულო თანამედროვე შეხედულების თვალთახედვით. იმ დროისათვის უდავოდ პროგრესული იყო: წვისას ლითონის წონაში მატებას რეი განიხილავს, როგორც ორ განსხვავებულ მოვლენას. იგი სთვლის, რომ თავდაპირველად, რომელიღაც უწონადი.

სუბსტანციის ზემოქმედების ხარჯზე წარმოიქმნება ხენჯი, ხოლო შემდეგ ხენჯს უკავშირდება ჰაერი, რომელიც, როგორც წონადი ნივთიერება ხენჯს დამატებით წონას აძლევს.

ეს რეი ერთადერთი არ იყო, ვინც წვის პროცესებში ჰაერის მონაწილეობის აზრს იზიარებდა. მსგავსი შეხედულებისა იყო გამოჩენილი ინგლისელი ფიზიკოსი რობერტ ჰუკი. 1655 წელს გამოქვეყნდა მისი შესანიშნავი ნაშრომი „მიკროგრაფია“, რომელიც მიკროსკოპის ქვეშ დანახულ სხვადასხვა სხეულთა აღწერასა და გამოსახვას მიეძღვნა. ამავე ნაშრომში მოყვანილი იყო ჰაერის შემადგენლობის დახასიათება და წვაში ჰაერის მონაწილეობის ახსნის ცდა.

ჰუკი ჰაერს იხილავდა, როგორც წვის უნარის მქონე სხვადასხვა სუბსტანციის თავისებურ გამხსნელს. განხსნელის ეს თვისება შეიძლება ახასიათებდეს არა მთლიანად მთელ ჰაერს, არამედ მის მხოლოდ რომელიღაც გარკვეულ ნაწილს. ამ ნაწილს იგი აიგივებდა გაზთან, რომელიც გვარჯილის გახურებისას წარმოიქმნება.

ჰუკი აგრეთვე თვლიდა, რომ გვარჯილა ამ სუბსტანციას გაცილებით უფრო დიდი რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე ჰაერი. ამიტომ, — აღნიშნავდა იგი — საწვავი მასალის დიდი რაოდენობის წვისათვის გვარჯილის მცირე რაოდენობაა საკმარისი, ჰაერი კი გაცილებით მეტი იქნეოდა საჭირო.

წვის პროცესებზე თავისი შეხედულებებით ახლოს იდგა ჰუკთან მისი თანამემამულე, ექიმი ჯონ მეიოუ.

1674 წ. ოქსფორდში გამოქვეყნებული იყო მისი ნაშრომი „ხუთი ფიზიკურ-სამედიცინო ტრაქტატი“. ჰუკის ნსგავსად იგი ვარაუდობდა, რომ ჰაერი შეიცავს „რალაც უნივერსალურ სუბსტანციას“, რომელიც გვარჯილის შემადგენლობაშიც შედის. იგი მას „მაკოცხლებელ ჰაერს“ ან „გვარჯილურ-ცეცხლოვან ჰაერს“ უწოდებდა.

„გვარჯილურ-ცეცხლოვან ჰაერს“, მეიოუს აზრით, შეიცავს არა მარტო ჩვეულებრივი ჰაერი და გვარჯილა, არამედ აზოტის მცავეც, რომლის მიღება გვარჯილისაგან შეიძლება. მან ჩაატარა ბევრი გონებამახვილური და ზუსტი ცდა, რომლითაც თავისი დებულებები დაადასტურა.

რადგანაც წვის დროს ქრება ჰაერის ის აქტიური საწყისი, რომელიც წვას უწყობს ხელს, ხოლო ჰაერის დარჩენილი ნაწილი აფერხებს წვას, ამიტომ მეიოუ აკეთებს შეტად მნიშვნელოვან დასკვნას: ჰაერი, რომელიც ჯერ კიდევ არისტოტელეს დროიდან ითვლებოდა ელემენტად, სინამდვილეში რთულ სხეულს წარმოადგენს.

მეიოუმ სცადა კიდევ ჩაეტარებინა ჰაერის ანალიზი და რაოდენ

ნობრივად განესაზღვრა მასში აქტიური და არააქტიური ნ.წილები-
შემცველობა.

ასე, ცეცხლგამჩენი მინის დახმარებით გამომწვარი სურმა ზუს-
ტად ისეთივე სურმის ხენჯს იძლევა, როგორც გვარჯილის (ე. ი. აზო-
ტის) მკვას სურმაზე მოქმედებით მიღებული ხენჯი. ამა თუ იმ წესით
დამუშავებული სურმა დაახლოებით ერთნაირად იმატებს წონაში. ძნე-
ლად რომ ვინმემ ახსნას ამ მატების მიზეზი, თუ არა გვარჯილურ-
ჰაეროვანი ცეცხლოვანი ნაწილაკებით, რომლებიც გამოწვის დროს
უერთდება — წერდა მეიოუ.

გამოწვის დროს სურმა და რკინა „გვარჯილურ-ცეცხლოვან“
ჰაერთან ურთიერთმოქმედების დროს ხენჯს იძლევა, ხოლო წყალთან
შეხებისას — ჯანგს. მსგავსი ნოვლენები უდევს საფუძვლად, მეიოუს
აზრით, გოგირდიდან გოგირდმკვას წარმოქმნასაც.

მეიოუმ პირველმა აღმოაჩინა მსგავსება წვასა და სუნთქვას შო-
რის. ის ამტკიცებს, რომ, როგორც წვას, ისევე ცხოველის და ადა-
მიანის ფილტვეში სუნთქვას, ერთი და იგივე მატერია უწყობს ხელს.
მეიოუმ ცდებით ბრწყინვალედ დაადასტურა ეს მოსაზრება.

მინის ხუფის ქვეშ, რომელიც წყლითაა ატმოსფეროსაგან განცალ-
კეებული, იგი ათავსებს ანთესულ სანთელს. რამდენიმე ხნის შემდეგ
სანთელი ჩაქრა, ხოლო ხუფის ქვეშ ჰაერმა მკვე ირად „შეიცვალა თა-
ვისი თვისებები. წვის უნარის მქონე სხეულებს იქ უკვე აღარ შეეძლო
წვა, ხოლო ცხოველებს — სუნთქვა.

თავისი ჰიპოთეზის სისწორის დამატებითი შემოწმებისათვის,
მეიოუ მეორე ცდასაც ატარებს. ხუფის ქვეშ ერთდროულად ათავსებს
ანთებულ სანთელსა და თავს. რამდენიმე ხნის შემდეგ სანთელი ჩაქრა
და თავიც მალე მოკვდა. აღმოჩნდა, რომ მეორე ცდაში სანთელი
თითქმის ორჯერ უფრო სწრაფად ჩაქრა, ვიდრე პირველ ცდაში.

მაშასადამე, მსჯელობს მეცნიერი, ჰაერი, რომელსაც ჰოშორდა
აქტიური ნაწილი, უსარგებლოა როგორც წვისთვის, ასევე სუნთქვი-
სათვისაც.

თვლიდა რა „გვარჯილურ-ცეცხლოვან ჰაერს“ წვისა და სუნთქ-
ვის პროცესებისათვის აუცილებელ საწყისად, მეიოუ თავის დასკვნებში
ქიდევ უფრო შორს მიდის. მან მთელი საუკუნით გაუსწრო თავის
თანამედროვეთა შეხედულებებს; გამოთქვა მოსაზრება, რომ ღვინის
დაძმარება და ლუდის ამკვება ისეთივე რიგის მოვლენებია, როგორც
ჯანგის წარმოქმნა ან გოგირდიდან გოგირდმკვას მიღება.

ექვს გარეშეა, რომ იმ ეპოქის მეცნიერთა შორის მეიოუ ყველაზე
უფრო მიუახლოვდა წვის საიდუმლოს ამოცნობას, მისი ჰენზმარტი
მიზეზის ახსნას. მაგრამ წვის პროცესებზე იმ დროისათვის ასეთი მო-

წინავე და ღირსშესანიშნავი შეხედულება დიდი ხნით მიეცა დავიწყებას. თითქმის ასი წელიწადი გავიდა, ვიდრე მას მოიგონებდნენ.

მეიოუს ნაშრომი მისი ყველა თანამედროვესათვის არ დარჩენილა შეუმჩნეველი. ზოგიერთი გამოჩენილი მეცნიერი, მაგალითად, რობერტ ბოილი, მეტად სკეპტიკურად შეხვდა მას. ახალგაზრდა მეცნიერის ცდები მათ ნაკლებად სარწმუნოდ მიაჩნდათ, ხოლო თეორიული შეხედულებები, რომელსაც მეიოუ ავითარებდა — ბუნდოვნად და უთავბოლოდ.

მაგრამ, როგორც ჩანს, ჯონ მეიოუს ნაშრომის უგულვებელყოფას სხვა საფუძველიც ჰქონდა. ამ დროს უკვე იწყებდა ვანვითარებას ფლოგისტონის თეორია, რომელიც წვის პროცესების ახსნას განსხვავებული პოზიციებიდან ცდილობდა. ეს პოზიციები გაცილებით უფრო ახლოს იყო არისტოტელეს იმ ხანებშიც კი გაბატონებულ მოძღვრებასთან და ალქიმიკოსების შეხედულებებთან. მეიოუს მოსაზრებები კი აშკარად ეწინააღმდეგებოდა ძველ და შუასაუკუნეების მეცნიერთა დახვსებულ სქოლასტიკურ შეხედულებებს.

„ენონალი“ მაგარიკი

XVII საუკუნის 50-იან წლებში გერმანელმა მეცნიერმა ბეხერმა გამოთქვა აზრი, რომ წვის დროს სხეულს მისი რაღაც შემადგენელი ნაწილი სცილდება. მან ამას „წვალი“, ანუ ცხიმოვანი მიწა უწოდა. ეს მიწა წვადობის მატარებელია.

ბეხერის იდეები განავითარა მისმა თანამემამულემ, ექიმმა შტალმა, რომელმაც დაახლოებით 1700 წელს შექმნა წვის შესახებ მწყობრი თეორია, მეცნიერებაში ფლოგისტონის თეორიის სახელწოდებით ცნობილი. შტალი აღნიშნავდა, რომ წვის უნარის მქონე ყველა ნივთიერება — ნახშირი, ხე — შედგება განსაკუთრებული „უწონადი მატერიის“ — ფლოგისტონისაგან (წარმოსდგეა ბერძნული სიტყვისგან: ფლოგისტოს — წვა) და ნაცრისაგან. როდესაც ხე ან ნახშირი იწვის, ცეცხლი თითქოს შთანთქავს მათ და თან მიაქვს მათი შემადგენელი ნივთიერების უძეტესი ნაწილი. დაწვის შემდეგ მხოლოდ ნაცრის მცირე რაოდენობა რჩება, ხოლო ფლოგისტონი აქროლდება. სწორედ ასევე, ცეცხლზე ლითონის გამოწვის დროს, ფლოგისტონი ქრება და რჩება „ნაცარი“ — ხენჯი.

ხენჯი კვლავ ლითონად შეიძლება გარდაიქმნას, თუ მას ისეთ ნივთიერებასთან ერთად გავაცხელებთ, რომელიც ბევრ ფლოგისტონს შეიცავს. ამგვარ ნივთიერებად ნახშირი ითვლებოდა. ხენჯთან ერთად გამოწვისას ნახშირი გასცემს თავისი ფლოგისტონის ნაწილს, ხოლო თვითონ იკლებს წონაში, აღნიშნავდა შტალი.

ახლა, როდესაც ჩვენ დანამდვილებით ვიცით წვის პროცესების არსი, ამგვარი ახსნა არა მარტო ფანტასტიურად, არამედ უგუნურადაც გვეჩვენება. იმ დროისათვის კი ფლოგისტონის თეორია პროგრესულ მოვლენას წარმოადგენდა და მან შესაძლებელი გახადა ბევრი ქიმიური მოვლენისათვის, თუმცა არასწორი, მაგრამ მკაფიო და გარკვეული ახსნა მოძებნილიყო.

სწორედ ამიტომ, ფლოგისტონის თეორია სწრაფად გავრცელდა ევროპელ სწავლულთა შორის და მეცნიერებაში ას წელზე უფრო მეტ ხანს ბატონობდა.

შტალის მეცნიერულმა მოწინააღმდეგემ — გამოჩენილმა ფრანგმა ქიმიკოსმა ლავუაზიემაც კი, რომელმაც წვის საიდუმლოება ამოხსნა, მეტად მალალი და საპატიო შეფასება მისცა შტალის დამსახურებას.

ჩვენ შტალს უნდა ვუმაღლოდეთ, — წერდა ის, — ორ მნიშვნელოვან აღმოჩენას, რომელიც მარადიულ ჭეშმარიტებად დარჩება: ჯერ ერთი, რომ ლითონები წვის უნარის მქონე სხეულებია და კალცინაცია (ე. ი. გამოწვა) ნამდვილ წვას წარმოადგენს. მეორე აღმოჩენა, რომელიც აგრეთვე შტალს ეკუთვნის და კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია, მდგომარეობს იმაში, რომ წვის, აალების უნარი შეიძლება ერთი სხეულიდან მეორეს გადაეცეს: თუ, მაგალითად, წვად ნახშირს არაწვად შაიამანის (გოგირდის) მკაფივს შეეჯერებ, ეს უკანასკნელი გოგირდად გარდაიქმნება და წვის უნარს შეიძენს, ხოლო ნახშირი ამ უნარს დაკარგავს“.

ფლოგისტონის თეორია თავისი დროისათვის უდავოდ წინგადადგმული ნაბიჯი იყო, მაგრამ ამავე დროს იგი ზოგიერთი ძველი შეხედულების ტყვეობაში იმყოფებოდა. იგი ჯერ კიდევ შეიცავდა ძველი სქოლასტიკური მოძღვრებების და, პირველ რიგში, არისტოტელეს მოძღვრების გადმონაშთებს.

შტალი ცეცხლს გარკვეულ ნივთიერებად არ თვლიდა. ცეცხლი მხოლოდ დაგროვებაა განუწყვეტელ ძლიერ, გრიგალისებრ მოძრაობაში მყოფი რაღაც ნაწილაკებისა. შტალის აზრით ფლოგისტონს, გარკვეულ შემთხვევებში, ცეცხლის ფორმის მიღება შეუძლია. მაგრამ იმისათვის აუცილებელია არსებობდეს რაღაც მატერიალური გარემო, რომელშიც ფლოგისტონს გახსნის საშუალება ექნება.

რომელი ნივთიერება შეიძლებოდა ყოფილიყო ასეთი გამხსნელი? ეს ჰაერია — აღნიშნავს შტალი, რომელმაც კარგად იცოდა, რომ ჰაერი წვას უწყობს ხელს. წყალში ამა თუ იმ მარილის მხოლოდ გარკვეულ ნაწილს შეუძლია გახსნა. სწორედ ასევეა ჰაერშიც, ფლოგისტონის მხოლოდ რაღაც, მაქსიმალური რაოდენობა შეიძლება გაიხსნას.



მიხეილ ვასილის ძე ლომონოსოვი
(1711—1765 წწ.)

მოწვის შემდეგ ხენჯი უფრო მეტ იწონის, ვიდრე გამოსაწვავი ლითონი.

ამ შეუსაბამობისაგან თავის დასაღწევად ფლოგისტონის თეორიის მიმდევრებმა ასეთი ახსნა მოიფიქრეს.

ფლოგისტონი, — ამტკიცებდნენ ისინი, — უწონადი მატერიაა, მას უარყოფითი წონა აქვს და ყოველთვის ზევით მიისწრაფვის. ლითონის შემადგენლობაში შესვლისას ფლოგისტონი თითქოსდა ამცირებს მის ქენზარიტ წონას, ამსუიუქებს მას. როდესაც მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად ფლოგისტონი აქროლდება, ხოლო ლითონი ხენჯად გარდაიქმნება, მაშინ ხენჯი იძენს თავის ნამდვილ წონას, რომელიც სუფთა ლითონის წონაზე მეტია.

ამგვარი ახსნის სისწორის დასადასტურებლად ზოგიერთს ერთი, არასწორად ახსნილი ცდის შედეგები მოჰყავდა.

ბერკეტიანი სასწორის ერთ მხარეზე ჯამის ნაცვლად მინის ბურთი ჩამოჰკიდეს, ხოლო მეორე ჯამზე დასდეს საწონები და სასწორი გააწონასწორეს.

შემდეგ ბურთი ქვევიდან გაათბეს ანთებული სანთლით, როდესაც ბურთი გათბა, წონასწორობა დაირღვა და სასწორის ბურთიანი მხარე ზევით აიწია.

ფლოგისტონის თეორიის მიმდევრები ამ მოვლენას ასე ხსნიდნენ:

სწორედ ამიტომ, ასკენის შტალი, მინის ხუფის ქვეშ შეტანილი ანთებული კვარი მალე ქრება.

ბოლოს და ბოლოს თითქოს მოიძებნა ცეცხლის ბუნებისა და წვის პროცესის საბოლოო ახსნა, მაგრამ ფლოგისტონის თეორიის გამოჩენის თითქმის პირველი დღეებიდანვე გამოძვლავნდა წინააღმდეგობები.

ფლოგისტონის თეორიის მიმდევრების — შტალისა და მის თანამოაზრეთა შეხედულებით გამოწვის შედეგად ლითონის წონა უნდა მცირდებოდეს. რადგან ფლოგისტონი აქროლდება. სინამდვილეში კი ლითონის გა-

ბურთის გათბობისას მასში „სახლდება“ ფლოგისტონი, რომელიც აღის შემადგენლობაშია. ფლოგისტონის უარყოფითი წონა ბურთს ამსუბუქებს. სინამდვილეში ბურთი ზემოთ აღის არა იმიტომ, რომ მსუბუქდება, არამედ იმის გამო. რომ მას ამოძრავებს ქვევიდან ზევით მიმართული გაიტბარი ჰაერის ნაკადი.

დროთა განმავლობაში სულ უფრო და უფრო იზრდებოდა შტალის თეორიასთან შეუთავსებელი, ცდით მოპოვებული ფაქტები. ამის მიუხედავად ფლოგისტონის თეორიის ნესეურები ცდილობდნენ თავისი შეხედულებების დაცვას, იგონებდნენ სავსებით ნებისმიერ, თითვენი ფანტასტიურ ახსნას. ზოგიერთი გამოთქვამდა მოსაზრებას, რომ წვის დროს სხეულიდან გამოსული ფლოგისტონი ჩანაცვლდება „ცეცხლის ნაწილაკებით“. რომლებიც შედის სხეულში და მის წონას ზრდის.

მაგრამ ასეთ ახსნასაც არ შეეძლო გადაერჩინა ფლოგისტონის თეორია, რომელიც თვის აღს.სრულს უახლოვდებოდა. მალე დადგენილი იქნა, რომ განთბარი ლითონი იმდენსავე იწონის, რამდენსაც ცივი. ფლოგისტონის თეორიის მიჰდევრებას სულ უფრო და უფრო ეცლებოდა ფეხქვეშ ნიადაგი. ფლოგისტონის თეორია ნნიშვნელოვნად შეარყია დიდი რუსი მეცნიერის მიხეილ ვასილის ძე ლომონოსოვის ცდებმა.

რობეკო ბოილის შეხედვა

ძველი დროის ყველა გამოჩენილი ბუნებისმკვლევარი და ქიმიკოსი ცდილობდა ამოეცნო წვის პროცესების საიდუმლოება და ესა თუ ის ახსნა ნიეცა მისთვის. ამ ამაღლევეელი პრობლემისათვის არ შეეძლო გიერდი აეელო მ. ვ. ლომონოსოვისაც. ფლოგისტონის თეორიის მომხრეებისა და ბოილის მიმდევართა ახსნა მას უაზროდ მიაჩნდა. მისი აზრით, წვის საიდუმლოს ამოცნობისათვის სრულიადაც არ იყო საჭირო „უწონადი მატერიის“ მოშველიება.

ჯერ კიდევ 1748 წელს ლომონოსოვი თავისი მეგობრის, ნიჰიერი მათემატიკოსის ლეონარდ ეილერისადმი მიწერილ წერილში წერდა: „ექვევარეა, რომ გამოწვის დროს სხეულთან განუწყვეტელ შეხებაში მყოფი ჰაერის ნაწილაკები მას უერთდება და მის წონას ზრდის“.

იმავე წელს მეცნიერებათა აკადემიამ დასაბეჭდად მოიწონა ლომონოსოვის დისერტაცია „მოსაზრებები სითბოსა და სიცივის მიზეზებზე“. ნაშრომში ავტორი საექვოდ მიიჩნევდა ბოილის შეხედულებას იმის შესახებ, თითქოს გამოწვისას ლითონის წონა „ცეცხლის მატერიის“ მიერთების გამო იმატებს.

ავითარებს რა ამ აზრს, ლომონოსოვი მიუთითებს, რომ ლითონი

ნად აღდგენილი ხენჯი კარგავს ნამატ წონას. რადგან გამოწვა, ისევე როგორც აღდგენა ცეცხლის საშუალებით მიმდინარეობს, არავითარი საფუძველი არ გაგვაჩნია ვიფიქროთ, რომ ერთი და იგივე ცეცხლი ხან შედის და ხან გამოდის სხეულიდან.

თავის მსჯელობაში ლომონოსოვი ეყრდნობა გერმანელი ქიმიკოსის გ. ბურგავეს ცდებსაც, რომლითაც დადგინდა, რომ რკინის გამოწვის შემდეგ გავა-ვარებული ლითონის გაციებისას წონაში არავითარი მატება არ შეიმჩნეოდა.

ჩატარებული ცდების შედეგად ბურგავე მივიდა მთელ რიგ მნიშვნელოვან დასკვნებამდე წვის პროცესებთან დაკავშირებით. უპირველეს ყოვლისა ის თვლიდა, რომ ცეცხლი არ შედის გამოსაწვავე სხეულის შემადგენლობაში, არც ამძიმებს მას და აოც ამსუბუქეებს.

ლომონოსოვის მოსაზრებებზე შესაძლოა გავლენა მოახდინა ფრანგი ქიმიკოსის დიუკლოს ცდებმაც. დიუკლო, რომელიც გამოწვის შედეგად მინერალების წონის ზრდას ამჩნევდა, ამ მოვლენას გოგირდის ნაწილაკებსა და ჰაერს მიაწერდა. ის თვლიდა, რომ გამოწვის დროს ეს ნაწილაკები განუწყვეტლივ გარს აკრავს მინერალს და მისი ცეცხლზე დაშლის დროს შიგ ჩააღწევს.

თავისი შეხედულების გამოკვეყნებიდან რვა წლის შემდეგ ლომონოსოვი ლაბორატორიაში აყენებს ცდებს, რათა შეამოწმოს ეს მოსაზრებები წვის პროცესზე. მას უნდოდა გაეგო „მატულობს თუ არა ლითონის წონა სიმბურვალის გავლენით“.

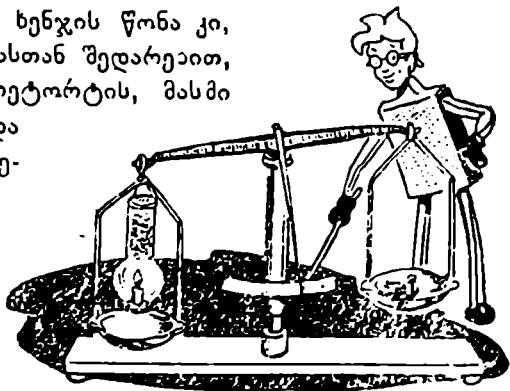
თავდაპირველად მან ბოილის ცდის განმეორება გადაწყვიტა. ინგლისელი მეცნიერის ნაშრომში ის გაეცნო ცდის აღწერას, შემდეგ მოათავსა ტყვიის ნაქერი რეტორტაში, მიაჩნია რეტორტის ნასვრეტი და აწონა. შემდეგ რეტორტა ანთბულ ნახშირზე მოათავსა და როდესაც მთელი ტყვია ხენჯად გადაიქცა, რეტორტა გაუხსნელად აწონა.

როგორც ლომონოსოვი ადრევე ვარაუდობდა, რეტორტის წონა არ შეცვლილა. ის ისეთივე დარჩა, როგორც გამოწვამდის იყო. აორთქლეაული ფლოჯისტონის არავითარი ნიშანქვალი, რასაკვირველია, არ აღმოჩნდა. სწორედ ასევე, არავითარი „ცეცხლოვანი მატერია“ არ იყო ლითონთან შეერთებული.

„ამ ცდებით გაირკვა, — წერდა მაშინ ლომონოსოვი ლაბორატორიულ ჟურნალში, — რომ სახელოვან რობერტ ბოილის შეხედულება ყალბია, რადგან გარემო ჰაერის შეშვების გარეშე დამწვარი ლითონის წონა ერთ ზომაზე რჩება“.

როდესაც ბოილი რეტორტას ხსნიდა, ჰაერი შიგ სტენით იქრებოდა. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ რეტორტის გახურებისას მასში ჰაე-

რის რაოდენობა მცირდება, ხენჯის წონა კი, ლითონის თავდაპირველ წონასთან შედარებით, გაიზარდა. ამავე დროს, რეტორტის, მასში მოთავსებული ლითონისა და ჰაერის საერთო წონა უცვლელი რჩებოდა.



მაშასადამე, რამდენიც მოაკლდა ჰაერს, მსჯელობდა ლომონოსოვი, — იმდენი მიემატა ხენჯს. ერთი შემცირდა. მეორე — გაიზარდა. მაშასადამე, გამოწვის დროს, ლითონის წონის ზრდა განპირობებულია ჰაერთან მისი შეერთებით და არა „ცეცხლოვანი მატერიით“.

ცუა სასწოროთ, მინის სფეროთი და ანთებელი სანთელით

ეს ცდები არა მარტო ბრწყინვალედ ადასტურებს ლომონოსოვის მიერ ჯერ კიდევ 1748 წელს გამოთქმულ შეხედულებას წვის პროცესის ბუნებაზე. არამედ წარმოადგენს მის მიერ ფორმულირებული მატერიისა და მოძრაობის შენახვის კანონის უტყუარ დადასტურებას.

„ბუნებაში მიმდინარე ყველა ცვლილება ისეთი ხასიათისაა, რომ რაც ერთ სხეულს წაერთვა ის მეორეს ემატება: ასე, თუ სადმე შემცირდა მატერიის რაოდენობა, ის გაიზარდება მეორე ადგილას“, — ამგვარად ჩამოაყალიბა მან ეს მნიშვნელოვანი კანონი, რომელიც ბუნების შექმნების ძღაფერ იარაღად გადაიქცა.

ლომონოსოვის ცდებმა შეარყია ფლოგისტონის თეორიის მიმდევართა პოზიცია და ამავე დროს საფუძველი ჩაუყარა წვის ახალ თეორიას, რომელმაც ფლოგისტონის თეორია შეცვალა. ფლოგისტონის თეორიის საბოლოო განადგურება წილად ხვდა ფრანგ ქიმიკოსს ანტუან ლორან ლავუაზიეს.

ერთი აღმოჩენის ისტორია

პარიზი — მშვენიერი ქალაქია. დედამიწის ყველა კუთხიდან მოედინებიან აქ უცხოელები, რომ დასტკბენ მისი სილამაზით. ლამის წყვილიაღში გიგანტური ჩირაღდანავით ანათებს ეიფელის კოშკი, ელექტრული სინათლის ზღვაშია ჩაძირული მისი ყველა ქუჩა.

ამგვარი როდი იყო პარიზი ორასი წლის წინათ. ქალაქი ნათლებოდა ქონის სანთლებით, რომელიც აქა-იქ ჩამოკიდებულ ფარნებში ბეუტავდა. სანთლებს მეფარნეები ანთებდნენ საღამო ხანს. მაგრამ

ერთი თუ ორი საათის შემდეგ სანთელი ილღენტებოდა და ქრებოდა შემონახვერი ქართ. უკვე ღამით პარიზი იძირებოდა სრულ წყვდიადში, როგელსაც იშვიათად კვეთდა ფანჯრიდან გამოსული სანთლის შუქი ან არღვევდა მთვარის მკრთალი სინათლე.

1763 წელს პარიზს მოეწვინა პოლიციის ახალი უფროსი გენერალ-ლეიტენანტი დე-სარტინი. მან ენერგიულად მოჰქიდა ხელი ქალაქში წესრიგის დამყარებას. უწინარეს ყოვლისა მან გადასწყვიტა პარიზის განათება გაეუმჯობესებინა. დე-სარტინმა თხოვნით მიმართა პარიზის მეცნიერებათა აკადემიას — გამოეცხადებინათ კონკურსი „დიდი ქალაქის ქუჩების განათების საუკეთესო საშუალებაზე. რომელიც უზრუნველყოფდა კაშკაშა სინათლეს, მოხერხებულ, ადვილ ექსპლოატაციას და ეკონომიურობას“. საუკეთესო წინადადების პრემირებისათვის პოლიცია კისრულობდა ორიათას ლივრს, რომელიც იმ დროისათვის საკმაოდ დიდ თანხას შეადგენდა.

კონკურსში მონაწილეობა მიიღო ფაბრიკანტებისა და გამომგონებლების დიდმა რიცხვმა. კონკურსის მონაწილეთა შორის იყო ოცდაორი წლის ანტუან ლორან ლავუაზიე, რომელმაც მეცნიერებათა აკადემიას წარუდგინა სქელტანინი შრომა დევიზით — „თავის გზას იგი შუქით აღნიშნავს“.

მეცნიერებათა აკადემიამ მაღალი შეფასება მისცა ახალგაზრდა მკვლევარის სამეცნიერო შრომას და 1765 წლის 9 აპრილს სახეიმო სხდომაზე მას ოქროს მედალი გადასცა.

ასე დაიწყო XVIII საუკუნის გაპოჩენილი ფრანგი ქიმიკოსის სახელოვანი გზა.

ლავუაზიეს პირველ ნაშრომებში ყურადღებას იპყრობს მისი მეტად საინტერესო გამოკვლევა წყლის მიწად გარდაქმნის შესახებ. იმ ხანებში ინგლისის, ჰოლანდიის, გერმანიის მეცნიერთა ფართო წრეებში ამ საკითხის ირგვლივ გაკუთარებული დისკუსია გაიშალა. ამ ძველმა პრობლემამ, რომელიც დაკავშირებული იყო ოთხი ელემენტის შესახებ ძველი ფილოსოფოსების სწავლებაასთან, მიიქცია გამოჩენილი ფიზიკოსებისა და ქიმიკოსების ყურადღება. ისინი ცდილობდნენ ამ პრობლემის ახსნა მოეძებნათ არა ფილოსოფიური, არამედ სუფთა ქიმიური პოზიციებიდან.

რობერტ ბოილი, მარკგრაფი, ჟოფრუა და სხვ. ავტორიტეტული მეცნიერები არაერთხელ შენიშნავდნენ, რომ წყლის მრავალჯერადი გამოხდისას მიწისმაგარი ნალექი რჩება. ამ მოვლენას მიიჩნევდნენ წყლის მიწისებრ (მიწის) სხეულებად გარდაქმნის დამადასტურებლად. ზოგი მეცნიერი თვლიდა, რომ წყლის მიწად გარდაქმნა ხდება „ცეცხლოვანი მატერიის“ ზეგავლენით, ე. ი. აუცილებელია წყლის წი-

ნასწარი გათბობა. მაგრამ მეცნიერთა შორის იყვნენ ისეთებიც, რომელნიც თვლიდნენ, რომ წყალში მიწა უკვე არსებობს რაღაც განსაკუთრებული ფორმით, რომელიც ძნელად ვლინდება, გამოიყოფა.

და ბოლოს, ზოგი მეცნიერის მტკიცებით, მიწა იმდენად ძლიერადაა დაკავშირებული წყალთან, რომ გაცხელებისას წყლის ორთქლთან ერთად აქროლდება, მისი მეტად უმნიშვნელო ნაწილი გამოიყოფა ნალექის სახით, თითქოსდა იმისათვის, რომ ადამიანს ეჭვი აღუძრას წყლის მიწად გარდაქმნის შესაძლებლობაში.

ლავუაზიე, მისთვის ჩვეული მეთოდური დაწვრილებით განიხილავს თავისი ყველა წინამორბედის ცდებს და ასახულებს მათ მიერ წამოყენებული დებულებების მკდარობას. იმისათვის, რომ გამოერიცხოს ცდის შედეგებზე მიწის იმ ნაწილაკების გავლენა, რომელიც შესაძლებელია წყალში არსებობდეს. იგი გამოკვლევებისათვის იღებს წვიმის სუფთა წყალს, რომელსაც თვითონ აკროვებდა წვიმის დროს მიწის დიდ და მოჭიქულ ქანანურის ქურკელში.

წვიმის წყლის გამოხდამდე, ლავუაზიე საზღვრავდა მის ხეცდრით წონას. გამოხდის შემდეგ წონა თითქმის არ იცვლებოდა.

წვიმის წყლის მთლიანად აორთქლების შემდეგ ლავუაზიემ ქურკელში ნახა „მონაცრისფრო რუხი, ძალიან მსუბუქი მიწის“ მცირეოდენი ნალექი და სუფრის მარილის წვრილი კრისტალების უმნიშვნელო რაოდენობა.

„ზე შესაძლებლად მივიჩნე — წერდა თავის მემუარებში ლავუაზიე — ამ ცდიდან დაშესვენა, რომ ორიდან ერთ-ერთს აქვს ადგილი: მიწა. გამოხდის დროს გამოყოფილი, შესაძლებელია თავისი ტუნეის გამო წყალში ხსნად მდგომარეობაშია, იგი ამასთანავე არ ზრდის წყლის სიმკვრივეს, ყოველ შემთხვევაში იმდენად არ აღიღებს, როგორც სხვა ნივთიერებები; ანდა ამ მიწას ჯერ კიდევ არ შეიცავდა წყალი, როცა მე მის ხეცდრით წონას ვსაზღვრავდი, იგი წარმოიქმნა გამოხდის დროს, რომ დარწმუნებით გადამეწყვიტა საკითხი — ორი მოსაზრებიდან თუ



ანტუან ლორან ლავუაზიე
(1743—1794 წწ).

„ზე შესაძლებლად მივიჩნე — წერდა თავის მემუარებში ლავუაზიე — ამ ცდიდან დაშესვენა, რომ ორიდან ერთ-ერთს აქვს ადგილი: მიწა. გამოხდის დროს გამოყოფილი, შესაძლებელია თავისი ტუნეის გამო წყალში ხსნად მდგომარეობაშია, იგი ამასთანავე არ ზრდის წყლის სიმკვრივეს, ყოველ შემთხვევაში იმდენად არ აღიღებს, როგორც სხვა ნივთიერებები; ანდა ამ მიწას ჯერ კიდევ არ შეიცავდა წყალი, როცა მე მის ხეცდრით წონას ვსაზღვრავდი, იგი წარმოიქმნა გამოხდის დროს, რომ დარწმუნებით გადამეწყვიტა საკითხი — ორი მოსაზრებიდან თუ

რომელზე უნდა შევქერებულყავი, არც ერთი საშუალება არ მეჩვენა უფრო სარწმუნოდ და საკმარისად, ვიდრე ცდის განმეორება ჰერმეტიკულად მიჩრილულ ქურქელში. ამ დროს მხედველობაში ვიღებდი ცდისათვის აღებული ქურქლისა და წყლის ზუსტ წონას. თუ ცდის დროს მინაში აღწევს ცეცხლს მატერია და წყალს უერთდება, მაშინ მრავალჯერადი გამოხდის დროს მოსალოდნელია, რომ მოიმატოს მარილის წონამ ე. ი. მოიმატოს წყლის, მიწის და ქურქლის საერთო წონამ.

შემდეგ ლავუაზე ხაზს უსვამდა, რომ თუ მიწის ნალექი ნამდვილად წყლის ან ქურქლის ხარჯზე წარმოიქმნა, მაშინ აუცილებლად უნდა ქონოდა ადვილი წყლის ან ქურქლის წონის დაკლებას, ამასთანავე წონის ეს დანაკლისი უნდა ყოფილიყო ზუსტად ნალექის წონის ტოლი.

და აი ლავუაზე ატარებს ახალ ცდას. იგი აღარ ახდენს წყლის მრავალჯერად გამოხდას, უბრალოდ აცხელებს მას მინის გერმეტულ ქურქელში, ეგრეთწოდებულ „პელიკანში“. ეს ცდა არა ერთ დღეს გრძელდებოდა. პელიკანი გააცივა და აწონა. იგი იწონიდა მხოლოდ 0,25 ნაწილით ნაკლებს, ვიდრე ცდამდე. წონაში ამგვარი უმნიშვნელო დანაკარგი შეიძლებოდა აწონისას დაშვებული შეცდომის შედეგიც ყოფილიყო.

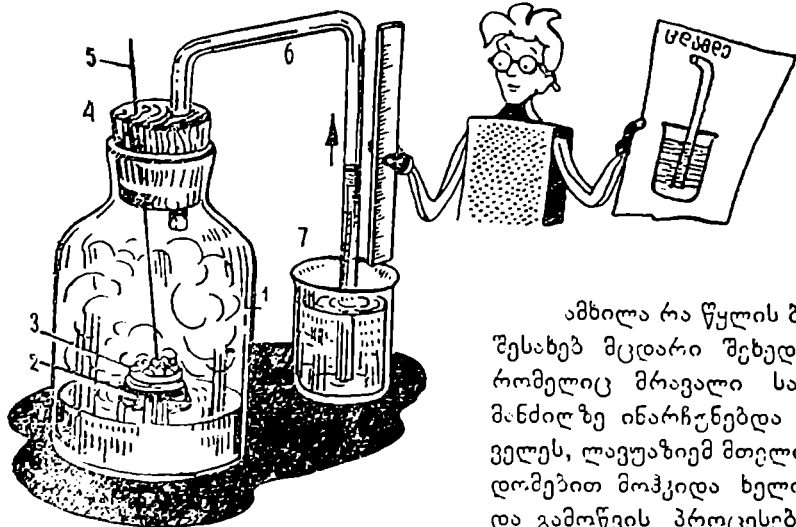
მაშასადამე, ასკენის ლავუაზე „ცეცხლოვანი მატერია“ აქ აბსოლუტურად არაფერ შუაშია.

ძალაუნებურად იბადებოდა მოსაზრება, რომ ნალექი წარმოიქმნება იმ ნივთიერების გახსნის ხარჯზე, რომლისგანაც ქურქელია დამზადებული, ე. ი. მინისაგან.

ამაზე პასუხის გაცემა მხოლოდ ცდას შეეძლო. ლავუაზემ პელიკანი წყლისაგან გაანთავისუფლა, გულმოდგინედ გაამშრალა და აწონა. აღმოჩნდა, რომ ქურქლის წონა 17,4 გრამით შემცირდა. მაგრამ ეს მონაცემებიც არასაკმარისად მიიჩნია ლავუაზემ. მან ჩაატარა მიღებული ნალექის ქიმიური ანალიზი.

ანალიზის შედეგები ექვიმუტანელი დამაჯერებლობით ადასტურებს მეცნიერის ვარაუდს. ნალექი არ იხსნება არც გოგირდმჟავაში, არც მარილმჟავაში და ცეცხლზეც არ დნება. ამგვარად იქცევა, ჩვეულებრივ, კაჟმიწა. ახლა უკვე ყველა მოსწავლემ იცის, რომ საუკეთესო ხარისხის მიწაც კი, წყალთან ერთად გახურებისას თანდათან ჰიდროლიზს განიცდის. წინა გამოიჭმება და ხსნარში გადადის მისი შემადგენელი ნაწილები, უმთავრესად კაჟმიწა.

ლავუაზეის ცდებმა ბოლო მოუღო დისკუსიას წყლის მიწად გარდაქმნის შესაძლებლობის შესახებ.



ჰაერის შემადგენლობის განსაზღვრა ფოსფორის დაწვით: 1—წყლიანი ჭილა; 2—საცობი, მასზე დამაგრებული ფაიფურის ფინჯანით; 3—ანოებული ფოსფორი; 4—საცობი; 5—როკინის მათეთლი; 6—მიწის მილი; 7—წყლიანი კიჭა.

ამხილა რა წყლის ბუნების შესახებ მცდარი შეხედულება, რომელიც მრავალი საუკუნის მანძილზე ინარჩუნებდა სიცხოველეს, ლავუაზიემ მთელის მონდობებით მოჰკიდა ხელი წვისა და გამოწვის პროცესების არსის გამოკვლევას.

ლავუაზიემ მისთვის ჩვეულებრივ პედანტობით შეიმუშავა თავისი მომავალი გამოკვლევების ნათელი და დეტალური გეგმა.

1772 წლის 20 თებერვალს იგი დღიურში აღნიშნავს:

„ვიდრე დავიწყებდე ცდების დიდ სერიას, რომლის ჩატარებაც განზრახული მაქვს მოქნილ ფლუიდზე. რომელიც გამოიყოფა სხეულებიდან ან დღლილის, ან გამობჯის და ბოლოს ყოველგვარი რეაქციის დროს და აგრეთვე ჰაერზე, რომელიც სხეულთა უწყეტესობის წვისას შთაინთქმება, მე აუცილებლად მიმაჩნია აქ წერილობითი ფორმით ჩამოვყალიბო ზოგიერთი მოსახრება, რათა ჩემთვის შევიდგინო გეგმა. რომელსაც მე უნდა მივსდიო“.

ლავუაზიემ ამოცანად ისახავს სრულიად სხვადასხვა კომბინაციებსა და ვარიანტებში თვალყური ადევნოს ჰაერის როლს წვის, დღლილის და სხვა რეაქციების ნიშნინარეობისას.

1772 წლის 20 ოქტომბერს პარიზის მეცნიერებათა აკადემიაში ლავუაზიემ წარადგინა თავისი გამოკვლევა ფოსფორის წვაზე.

იმავე წლის სექტემბრის დასაწყისში გერმანიიდან ჩამოსულმა ფარმაცევტ ჭინიკოსმა ნიტურამ ლავუაზიეს მიჰკიდა ერთი უნცია ფოსფორი. ლავუაზიემ ფოსფორს ნოამტვრია პატარა ნატეხი და ბოთლში ჩაადგო. ფოსფორმა დაიწყო ნათეხა, გაჩნდა მოთეთრო ბოლი.

ფოსტორზე ცეცხლის გაღვინის შესამოწმებლად ლაეუაზიემ ბოთლი ცეცხლს მიუახლოვა. ფოსტორი მაშინვე ააღდა, ხოლო ბოთლი გასკდა. მაშინ ლაეუაზიემ გადასწყვიტა შეემოწმებინა, შთანთქავს თუ არა ფოსტორი ჰაერს წვის დროს. მან აიღო ხარის ბუშტი, გაუკეთა მას ნასვრეტი და გაანთავისუფლა იგი ჰაერისაგან. შემდეგ აიღო ბოთლი, მოათავსა შიგ ფოსტორის 15 გრანი და ჩამოაცვა ბუშტი. ბუშტი ბოთლის ყელზე ძაფით დაამაგრა. ლაეუაზიემ ფოსტორიანი ბოთლი დადგა მაგიდაზე და ფოსტორისკენ მიმართა ცეცხლკამჩენი მინის ფოკუსი. ბოთლში გაჩნდა ლამაზი ალი, რომელსაც თან სდევდა სქელი თეთრი ბოლის გამოყოფა.

აღმოჩნდა, რომ ფოსტორის წვისას მისი წონა თითქმის ორნახევარჯერ ვაიზარდა, ხოლო ჰაერის მოცულობა ერთი მეხუთედით შექცირდა.

ნეცნაერებათა აკადემიაში ფოსტორის წვის შესახებ თავის მემუარის წარდგენიდან უკვე ცხრა დღის შემდეგ ლაეუაზიემ მდივანს გადასცა დაბეჭდილი კონვერტი ახალი პატარა შენიშვნით: „რვა დღის წინათ მე აღმოვაჩინე, რომ გოგირდი წვის დროს სრულებითაც არ იკლებს წონაში. პირიქით — მატულობს. წონის ეს მატება მიმდინარეობს ჰაერის იმ უზარმაზარი რაოდენობის წყალობით, რომელიც შეკავშირდება და უერთდება ორთქლს.“

ცდებით დადგენილი ეს აღმოჩენა, რომელიც მე გადამწვევებად მრმ.ჩნია, მაფიქრეაინებს, რომ იმას, რაც შეინიშნება გოგირდისა და ფოსტორის წვისას, შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ყველა სხეულში, რიჩელთა წონაც იზრდება წვისა და გამოვარვარებისას. და მე დაერწუნდი, რომ ლითონთა წონის მატება, მათი ლითონურ მიწად გარდაქმნის დროს ამავე მიზეზებითაა გამოწვეული“.

ამ სტრიქონების დაწერადან ორი წლის შემდეგ 1774 წელს ლაეუაზიემ დააყენა ცდები მორჩილულ ქურქელში კალისა და ტყვიის გამოწვაზე. იგი წენიშნავს წონის გაზრდას ჰაერის ხარჯზე და ამ ცდებით უარყოფს ბოილის შეხედულებას „ცეცხლოვანი მატერიის“ შესახებ, რომელიც თითქოს რეტორტის კედელში შეღწევის უნარით ხასიათდება.

წვის ბუნებაზე თავისი შეხედულებების სისწორის კიდევ უფრო მეტად დასადასტურებლად ლაეუაზიემ ატარებს ცდებს ლითონთა ჭანგეულების ნახშირთან ერთად გამოწვაზე და შენიშნავს გაზის ბუშტუკების გამოყოფას. ამ ბუშტუკებს იგი „ჰაერად“ თვლის (ეს იყო ნახშირორჯანგა გაზი).

იმ დროის მეცნიერები ჰაერს განიხილავდნენ როგორც ელემენტს და ლაეუაზიეც თავის ცდებში ჯერ კიდევ სარგებლობს ამ ტერმინო-

ლოგით. მაგრამ უკვე რამდენიმე თვის შემდეგ იგი მიდის დასკვნამდის, რომ ჰაერი რთული შედგენილობისაა.

„ჰაერი, განთავისუფლებული თავისი იმ ნაწილისაგან, რომელსაც შეკავშირების უნარი გააჩნია, თითქოსდა დაშლილ წარმოადგენს... მე მგონია, მაქვს უფლება ვამტკიცო, — წერდა ლაეუაზიე. — რომ შესაძლებლობისდაგვიარად გასუფთავებული და ყოველგვარი, გარეშე ნივთიერებისაგან განთავისუფლებული ჰაერი სრულიადაც არ წარმოადგენს მარტივ სხეულს, როგორც ჩვეულებრივ ფიქრობენ, არამედ, — პირიქით, ის უნდა მიეკუთვნოს ნარევეთა რიცხვს ან, შესაძლებელია, შენაერთებსაც კი“.

რალას წარმოადგენს ჰაერის ის ნაწილი, რომელიც წვის დროს ლითონებთან და სხვა სხეულებთან შეკავშირების უნარით ხასიათდება და რომელიც აუცილებელია ცხოველთა და მცენარეთა სუნთქვისათვის? რით განსხვავდება ის ჰაერის დანარჩენი მასისაგან?

ბასუხი ამ შეკითხვებზე ყველაზე ადრე მოვიდა შვედეთიდან და ინგლისიდან.

„სამსახური ჰაერი“

პირველ ბუნდოვან წარმოდგენას ჰაერის რთულ შედგენილობაზე და წვის პროცესებში მის როლზე, ჩვენ ვხვდებით ჩინელი მეცნიერების „შო-მე-ში“. ჩინელი ფილოსოფოსი მაო ხოა, რომელიც ჩვენს წელთაღრიცხვით VIII საუკუნეში ცხოვრობდა, გამოსთქვამდა აზრს, რომ ჩვენი გარემომცველი სამყაროს ყველა სხეული ორი საწყისისაგან შედგება. ერთი მათგანი „იანგ“-ად წოდებული — უფრო ძლიერი და გაბატონებულია, მეორე — „ინ“-ი შედარებით სუსტი და დაქვემდებარებული მნიშვნელობისაა. რაც უფრო მეტ „იანგ“-ს შეიცავს ნივთიერება, მით უფრო უკეთესი და სრულყოფილია ის.

ჰაერი წვეტილია უფრო სრულყოფილი გავხადოთ, თუ მასში გავზრდით „იანგ“-ს და შევამცირებთ „ინ“-ს რაოდენობას. ამისათვის საკმარისია ჰაერზე გავახუროთ ლითონები, ნახშირი, გოგირდი. „ინ“-ის სუფთა სახით მიღება კი შეუძლებელია, თუმცა მისი წარმოქმნა შეინიშნება ზოგიერთი ქვიანის ქანის გამოწვისას.

იმ ნივთიერებათა სახელწოდების გაზიფერა, რომელიც მხედველობაში ჰქონდა ჩინელ მეცნიერს, დღემდეც ვერ მოხერხდა. საფიქრებელია, რომ ეს იყო გვარჯილა, რომელიც გახურებისას განგაბადის გამოყოფით იშლება. გვარჯილას კი ჩინეთში დიდი ხნიდან იცნობდნენ, რადგან სწორედ აქ იქნა გამოგონილი თოფის წამალი.

ჰაერის რთულ შემადგენლობაზე პირველი მოსაზრება ევროპაში

გამოთქმული იყო მხოლოდ შეიდასი წლის შემდეგ, აღორძინების ეპოქაში, დიდი იტალიელი მხატვრის, ნიქიერი ინჯინრისა და მეცნიერის ლეონარდო და ვინჩის მიერ.

იგი თვლიდა, რომ ჰაერი ორ შემადგენელ ნაწილს შეიცავს და რომ წვის და სუნთქვის დროს ის მხოლოდ ნაწილობრივ გაიხარჯება.

- ცეცხლი, — წერდა ლეონარდო და ვინჩი, — განუწყვეტლივ შლის ჰაერს, რომელიც მას კვებავს; სიცარიელე წარმოიქმნება, რომ არ მოედინებოდეს ახალი ჰაერი მის შესავსებად. როცა ჰაერს არ გააჩნია ის მდგომარეობა, რომელიც აუცილებელია აღისათვის. აპგვარ ჰაერში არ შეუძლია იარსებოს არც ცეცხლმა და არც რაიმე სულიერმა მიწისამ თუ ცისამ.

ლეონარდო და ვინჩი სულ ახლოს მივიდა წვის პროცესების და და მათში ჰაერის ჰენზმარტი როლის ახსნასთან. მაგრამ ამ შესანიშნავმა აზრებმა მაშინ შემდგომი განვითარება ვერ ჰპოვა. კიდევ ორას წელზე მეტი დასჭირდა, რომ წვის პროცესი ბოლოსდაბოლოს საბოლოოდ და სწორად ახსნილიყო.

1774 წლის აგვისტოში ინგლისელმა მღვდელმა და ფილოსოფოსმა ჯოზეფ პრისტლიმ, რომელიც იმდროინდელი ფილოსოფოსების უმეტესობის მსგავსად ფილოსოფიასთან ერთად გატაცებული იყო საბუნებისმეტყველო დარგებით, პირველად მიიღო ჟანგბადი.

მან მცირეოდენი ვერცხლისწყლის წითელი ჟანგი მოათავსა მინის ქილის ქვეშ მეტალური ვერცხლისწყლის სვეტზე. შემდეგ ცეცხლგამჩენი მინით მზის სხივები მიმართა ვერცხლისწყლის წითელ ჟანგზე, რომლისგანაც მზის სხივებით გახურების შემდეგ გაზმა დაიწყო გამოყოფა. გამოყოფილმა გაზმა ქილიდან ვერცხლის წყალი განდევნა.

პრისტლი ამ გაზს ჯერ კიდევ არ უწოდებს ჟანგბადს. თავდაპირველად იგი ფიქრობდა, რომ ეს გაზი უბრალოდ ჰაერია. იგი თავის ლაბორატორიულ ჟურნალში წერს: „მე ხელი მოვკიდე ამ ჰაერის შესწავლას. და მე გამოაცა, ამალეღვა კიდევ, რომ ამ ჰაერში სანთელი უფრო უკეთ და კაშკაშად ანთია. ვიდრე ჩვეულებრივ ატმოსფეროში“.

იგი კიდევ უფრო მეტად გააოცა იმ გარემოებამ, რომ მის მიერ აღმოჩენილი „ჰაერით“ სავე მინის ხუფის ქვეშ მოთავსებული თავი გაცილებით უფრო მეტ ხანს სძლებდა, ვიდრე ჩვეულებრივი ჰაერით სავე ხუფის ქვეშ.

თავდაპირველად პრისტლი ვარაუდობდა, რომ მის მიერ მიღებული „ჰაერი“ აზოტური ნივთიერების რაღაც მინარევს შეიცავს. იგი ასე ფიქრობდა იმიტომ, რომ ვერცხლისწყლის ჟანგი მის მიერ მიღებული იყო აზოტზეა ვერცხლისწყლისაგან. მაგრამ, ბოლოს და ბოლოს, როდესაც მან ჟანგბადი გამოჰყო სურინჯის, გვარჯილისა და

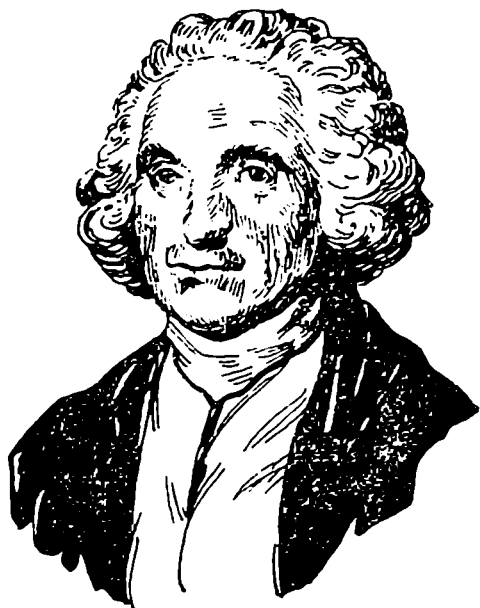
სხვა ნივთიერებებისაგან და როცა დარწმუნდა, რომ აზოტის ქიეჟანგის ჟანგად გარდასაქმნელად მისი „ჰაერი“ 4—5-ჯერ ნაკლებია საჭირო, ვიდრე ჩვეულებრივი, პრისტლი საბოლოოდ მივიდა დასკვნამდე, რომ მის მიერ მიღებული გაზი სუფთა ნივთიერებას წარმოადგენს.

როგორც ბერი მისი თანამედროვე, პრისტლიც ფლოგისტონის შეხედულებების ტყვეობაში იმყოფებოდა. ამიტომ მის მიერ აღმოჩენილ ჟანგბადს მან „დეფლოგისტირებული ჰაერი“ უწოდა.

პრისტლიმ, მართალია, სწორი სახელწოდება ვერ მისცა მის მიერ აღმოჩენილ ნივთიერებას, მაგრამ მან შეიგრძნო თავისი აღმოჩენის დიდი მნიშვნელობა. იგი გულდასმით შეისწავლის ჟანგბადის თვისებებს, პოულობს მის კუთრ წონას (რომელიც ჰაერის და აზოტის კუთრ წონაზე უფრო მაღალი აღმოჩნდა), წინადადებას იძლევა გამოყენებულ იქნას ის მედიცინაში სუნთქვისათვის, მეტალურგიაში — ძალიან მაღალი ტემპერატურის მისაღებად.

პრისტლისთან თითქმის ერთდროულად ჟანგბადი მიიღო შვედმა ქიმიკოსმა შველემ. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ იგი პრისტლისაგან განსხვავებული გზით მიდიოდა. შეელამ ჟანგბადი გამოჰყო აზოტმჯავა მაგნესიის გახურებით, ნახშირმჯავა ვერცხლის დაშლით და გვარჯილის გამოწვით. ნველემ ჟანგბადს „ცეცხლოვანი ჰაერი“ უწოდა. იგი აგრეთვე ფლოგისტონის თეორიის მომხრე იყო და ამიტომ ვერ შესძლო მის მიერ აღმოჩენილი გაზისთვის სწორი სახელწოდება მიეცა.

ამ დასლართულ პრობლემაში სრული სიცხადის შეტანა წილად ხვდა ლავუაზიეს. 1774 წ. ოქტომბერში პრისტლი ჩამოვიდა პარიზში. აქ იგი შეხვდა ლავუაზიეს და სხვა ზოგიერთ გამოჩენილ ფიზიკოსებს. პრისტლიმ მათ უამბო „დეფლოგისტირებულ ჰაერის“ გასაოცარ თვისებებზე.



ჯოზეფ პრისტლი
(1733—1804 წწ.)

ლავეუაზიემ სასწრაფოდ გაიმეორა პრისტლის ცდები ვერცხლის წყლის გახურებაზე და რეაქციის პროდუქტები რაოდენობრივად განსახლვრა.

წეელესა და პრისტლისაგან განსხვავებით ლავეუაზიემ სწორად გაიგო ჯანგბადის აღმოჩენის არსი.

პრისტლისათვის ჰაერი ერთგვაროვან ნივთიერებას წარმოადგენდა. იგი თვლიდა, რომ ატმოსფერული ჰაერი მხოლოდ „დანაგვიანებულია ფლოგისტონით“. ე. ი. „ცეცხლოვანი მატერიით“, ხოლო მის შიერ მიღებული „დეფლოგისტირებული ჰაერი“ გაწმენდილია ფლოგისტონისაგან.

შეელესათვისაც „ცეცხლოვანი ჰაერი“ — წარმოადგენდა მხოლოდ ატმოსფერულ ჰაერს, რომელიც განთავისუფლებულია მინარევებისაგან.

ლავეუაზიეს კი სავსებით მკაფიოდ ჰქონდა წარმოდგენილი, რომ ჰაერი ორი სხვადასხვა გაზისაგან შედგება.

1777 წ. 5 სექტემბერს ზეცნიერებათა აკადემიაში წარდგენილ თავის მოხსენებაში ლავეუაზიე აღნიშნავდა: „ამიერიდან დეფლოგისტირებულ ჰაერს, ანუ იოლად სასუნთქ ჰაერს, რომელიც ნაერთის ან ფიქსირებულ მდგომარეობაშია, მე აღვნიშნავ ჯანგწარმოქმნელ საწყისის სახელით, ანდა იგივე აღვნიშვნა ბერძნული სიტყვით უფრო მონათქვამი, მე მას ოქსიგენ საწყისს ვუწოდებ“.

ამგვარად დაიბადა სახელწოდება ჯანგბადი¹.

1777--1778 წლებში ლავეუაზიემ გამოაქვეყნა თავისი შრომები ცხოველთა სუნთქვაზე, ზეჟავათა ბუნებაზე, წვაზე. ამ შრომებში გარკვეული იყო წვისა და დაჟანგვის ქიმიური არსი და ჯანგბადის როლი ამ პროცესებში.

ლავეუაზიეს აზრით წვას თან ახლავს სითბოსა და სინათლის გამოყოფა. იგი მხოლოდ „სუფთა“ ანუ „დეფლოგისტირებულ“ ჰაერში (ე. ი. ჯანგბადში) მიმდინარეობს. წვის უნარის მქონე ნივთიერებებს არ შეუძლია წვა არც სიცარიელეში, არც რომელიმე სხვა სახის ჰაერში (ე. ი. გაზში) გარდა „სუფთა“ ჰაერისა. წვის დროს „სუფთა“ ჰაერი იშლება შემადგენელ ნაწილებად, ხოლო დამწვარი ნივთიერება მატულობს წონაში იმდენს, რამდენი „სუფთა“ ჰაერიც გაქრა.

„მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტი მე დღეს შესაძლებლობას მძლევს განვაზოგადო შედეგი და ვამტკიცო, რომ ყველაზე უფრო „სუფთა“, იოლად სასუნთქი ჰაერი წარმოადგენს მცაეიანობის შემქმნელ საწყისს, რომ ეს საწყისი საერთოა ყველა მტავასათვის“ — წერდა ლავეუაზიე.

¹ ბერძნულად: ოქსი — მჟავა, გენ — ვბადებ.

ღ:წვისას სხელი გარდაიქმნება მჟავად, მაგალითად, გოგირდი — გოგირდმჟავად, ფოსფორი — ფოსფორმჟავად, „ნახშირწარმოქმნელი“ სხეულები — ტარცის მჟავად (ე. ი. ნახშირის მჟავად). ლითონები კი გამოწვისას წარმოქმნის განსაკუთრებულ ნივთიერებებს „ლითონურ კირებს“.

ტდების ამგვარი ახსნა დიდი ფრანგი მეცნიერის უხეში შეკდომა იყო. ყველა მჟავა ხომ არ შეიცავს თავის შემადგენლობაში ენგბადს. მაგალითად, ენგბადი არ არის არც ციანწყალბად — და არც მარილის მჟავებში. ლავუაზიეს მიერ შექმნილმა მჟავების თეორიამ მკირე ხანს იარსება. XIX საოკუნის დასაწყისში ფრანგმა ქიმიკოსმა გეი-ლუსაკმა და ინგლისელმა ქიმიკოსმა დევიმ მას საბოლოო ლახვარი ჩასცეს. მათ ცხადჰყვეს ამ თეორიის სრული მცდარობა. ამ თეორიისგან მემკვიდრეობით მხოლოდ სახელწოდება ენგბადი დარჩა.

ლავუაზიეს წვის ენგბადურ თეორიას კი ხანგრძლივი სიცოცხლე ჰქონდა. იგი წვაზე თანამედროვე შეხედულებებს დაედო საფუძვლად. ამ თეორიამ ხელი შეუწყო არა მარტო ცეცხლის ბუნების ამოხსნას, არაჲედ ბიძგი მისცა ტექნიკაში ენგბადის გამოყენებას — ლითონთა დნობის დასაჩქარებლად, ცხელაღიანი სანთურების დასანზადებლად.

წვის ახალმა თეორიამ ფლოგისტონის თეორიის მომხრეთა შეხედულებების განადგურება ბოლომდე მიიყვანა. იგი მკვიდრად შემოვიდა ჩვენს ყოველდღიურობაში.





**მზის ენაღვიძ
მემაკვირე მნი**

ბნელაშუა გამგარჯვებულნი

ქდამიანი უხსოვარი დროიდან გაეცნო ცეცხლს და მისი საშუალებით ისწავლა თავისთვის მრავალფეროვანი საკვლის გაკეთება, პურის გამოცხობა, სადგომის გათბობა. დროთა მანძილზე ადამიანმა ცეცხლი გაიხადა თავის „მსახურად“ არა მარტო ყოფაცხოვრებაში, არამედ მრეწველობის სხვადასხვა დარგშიც. ცეცხლმა მოუტანა ადამიანს სითბო, მანვე მოუტანა ადამიანს სინათლეც. აღმოდებული ტოტი ან პირველყოფილი კოცონის მუგუზალი სინათლის პირველი წყაროც იყო.

ადამიანმა შენიშნა, რომ ფისიანი ტოტი უკეთ და უფრო დიდხანს იწვის და დაიწყო ტოტის ერთ ბოლოზე ფისის სპეკიალურად წასპა. ამრიგად, გაჩნდა სინათლის უფრო გაუმჯობესებული წყარო — ჩირალდანი. მოგვიანებით ფისს ათავსებდნენ ჯოხის ზედა ბოლოზე საგანგეოდ გაკეთებულ ჩაღრმავებაში. ჯოხი ჩირალდნის სახელურის დანიშნულებას ასრულებდა. ამგვარი ჩირალდნებით ნათდებოდა დასავლეთ ევროპის ბევრი ქალაქი ჯერ კიდევ შუა საუკუნეებში. ჩი-

რადღანმა საწყისი მისცა სხვა უფრო სრულყოფილ ლამპარს: ზეთის ლამპას, სანთელა. სინათლის ამ წყაროეს, ჩირალდნისაგან განსხვავებით, ჰქონდა პატრუქი.

პატრუქი ერთბაშად არ გაჩენილა. პირველად მას ბევრი ნაკლი გააჩნდა. ჩირალდნის ანთებისას ხის სახელურში ჩასხმული ფისი თანდათანობით ილეოდა. ფისთან ერთად სახელურიც იწვოდა. ჩირალდანი ფუჭდებოდა. რადგან ხის სახელურმა არ იეარგა, ფისის ჩასხმა დაიწყეს ნიჟარაში ან თიხის ჯამში. დროთა განმავლობაში ჩირალდანში, გარდა ფისისა, ათავსებდნენ მცენარეულ ზეთსა და ცხოველურ ცხიმს.

არ არის ცნობილი ვინ და როდის ჩადო ზეთში პირველად ხავსის ნაქერი ან მცენარეული ბოჭკოს კონა. ისტორიამ ასევე არ შემოინახა იმ ადამიანის სახელი, ვინც ქსოვილისაგან პირველად გააქეთა პატრუქი.

პატრუქიან ლამპარს ბევრი ნაკლი ჰქონდა: ძლიერ ბოლაედა, იძლეოდა სუსტ ალს, ხშირად ქრებოდა. მაგრამ ეს, ჩირალდანთან შედარებით სინათლის უკეთესი წყარო იყო და შემოქმედებითი აზრი შემდგომ საუკუნეებში აგრძელებდა მის სრულყოფას.

თავდაპირველად ზეთს ასხამდნენ თიხის ჯამში, პატრუქს უშვებდნენ ზეთში და ანთებდნენ მის ზედა, ჯანის კიდეზე მოთავსებულ ბოლოს. მოგვიანებით დაიწყეს თიხის დახურული ჯამების დამზადება. ჯამს უკეთებდნენ ჩაიდნის მსგავს ტუჩს. პატრუქს ამგვარ „ჩაიდანში“ ტუჩიდან უშვებდნენ.

ჩირალდანი გადაიქცა ზეთის ლამპად. იგი მრავალი ასი წლის მანძილზე ერთგულად ემსახურებოდა ადამიანებს. მას შეეხვდებოდით მეფისა და დიდებულების სასახლეებში, თეატრებისა და ბიბლიოთეკების დარბაზებში, მაღაზიებსა და დუქნებში. საუკუნეების მანძილზე იგი სინათლის საუკეთესო წყაროდ ითვლებოდა.

XV საუკუნის ბოლოს განთქმულმა იტალიელმა მეცნიერმა და მხატვარმა ლეონარდო და ვინჩიმ გამოიგონა ზეთის ლამპის მოწყობილობა -- ლამპის შუშის წინამორბედი. მან შეამცირა ქვარტლი, გაზარდა ალის სიკაშკაშე. ეს იყო თუნუქის მომცრო მილი, რომელიც ზეთის ლამპის ალზე თავსდებოდა. მილი, ფარავდა რა ალის ზედა ნაწილს, კმნიდა უკეთეს წვევას და აძლიერებდა ჰაერის ნაკადის მიწოდებას.

ლეონარდო და ვინჩის გამოგონება დიდად არ გავრცელებულა. ათქმის სამი საუკუნე დასჭირდა იმას, რომ ლამპა გაენთავისუფლებინათ ქვარტლისაგან, რომ მისი ალი თანაბარი და უფრო კაშკაშა გამხდარიყო. XVIII საუკუნის მეორე ნახევარში გაჩნდა ლამპის შუშა, რო-

მელმაც სავესებით განდევნა თუნუქის მილი და ყველა ქვეყანაში სწრაფად გავრცელდა.

ჩირალდნიდან „ღაიბადა“ სინათლის მეორე წყაროც—სანთელი, რომელმაც დიდი როლი შეასრულა განათების ისტორიაში.

მაგრამ არც ქონის, არც ცვილის, არც სტეარინის საუკეთესო სანთელი არ იძლეოდა ისეთ კაშკაშა სინათლეს, რომ ერთ სანთელს შეძლებოდა ოთახისა და მით უმეტეს დიდი დარბაზების განათება. ამიტომ იყენებდნენ კანდელებს და ერთდროულად ბევრ სანთელს ანთებდნენ.

მართალია ზეთის ლამპას უფრო ძლიერი შუქი ჰქონდა და შეედლო რაჰდენიზე სანთელი წვეცვალა, მაგრამ იგი ძვირი ჯდებოდა.

სინათლის ახალი წყაროს გაჩენამდე, ზეთის ლამპა, სანთელთან ერთად, საყოველთაოდ იყო გავრცელებული.

ზეთის ლამპას შეენაცვლა ნავთის ლამპა. ნავთის ლამპას უფრო კარგი შუქი ჰქონდა და ბევრად იაფი ღირდა. ნავთობმა შესანიშნავი მასალა მისცა ადამიანს გასანათებლად.

XIX საუკუნემ ადამიანებს სინათლის კიდევ ერთი ძვირფასი წყარო—გაზის ლამპარი მოუტანა.

ჯერ კიდევ ალქიმიკოსებმა, არარსებული ფილოსოფიური ქვის ძებნისას, როცა ნახშირს უჰაეროდ ახურებდნენ (ე. ი. ნახშირის მშრალი გამოხდისას) შეამჩნიეს, რომ ამ დროს საწვავი გაზი გამოიყოფა.

მაგრამ ალქიმიკოსები იმდენად იყვნენ გატაცებულნი არაკეთილშობილი ლითონების ოქროდ გადაქცევის იდეით, რომ ამ გაზის პრაქტიკულად გამოყენებაზე არც კი ფიქრობდნენ.

გაზი პირველად მხოლოდ 1792 წელს იქნა გამოყენებული: გერმანელმა მეათთიანემ პიკელმა გაზით გაანათა თავისი აფთიაქი.

XIX საუკუნის დასაწყისში ინგლისელმა ფრედერიკ ვინზორმა დაამუშავა ქვანახშირიდან გაზის მისაღები სხვადასხვა აპარატის კონსტრუქცია და ააწყო გაზით გასანათებელი ხელსაწყოები.

მის წინადადებას — ლონდონში შემოეღოთ გაზით განათება, აცერმა კონსერვატულად გაწყობილმა სახელმწიფო და საზოგადო მოღვაწემ სასტიკი წინააღმდეგობა გაუწია. ამ სიახლეს განსაკუთრებით შეებრძოლნენ სანთლის ქარხნის მებატრონეები, რომელთაც მოგების დაკარგვის ეშინოდათ.

გამომგონებელი ჯიუტი აღმოჩნდა და 1807 წელს ლონდონის ერთ-ერთი რაიონის ქუჩებში აელვარდა გაზის ფარანის სინათლე.

გაზით განათებამ, ტემზის ნაპირებთან შობილმა, ტრიუმფალური სვლა დაიწყო ევროპის ქვეყნებში.

1816 წელს ბალტიმორში ამუშავდა გაზის პირველი ამერიკული ქარხანა, ხოლო ოთხი წლის შემდეგ აირმაშუქები პარიზის მოედნებსა და ქუჩებში აენთო.

გასული საუკუნის ოცდაათიან წლებში სანათი გაზით (ასე უწოდეს ქვანახშირის საწვავ გაზს) განათდა პეტერბურგის შენობები და ქუჩები.

სიკამათის სიღრმეობა

რატომ არის ნავთის ლამაზ ზეთის ლამაზზე უფრო შექიანი, ზეთის ლამაზ რატომ ანათებს სანთელზე უფრო ძლიერ? რით განსხვავდება გაზის და სანთლის ალი ურთიერთისაგან? როგორი უნდა იყოს ალი, რომ მან უფრო კაშკაშა სინათლე მოგვცეს?

ეს კითხვები დიდხანს იყო უპასუხოვ. ავითარებდა რა შეცნობებს. შეიძნობდა რა ფიზიკისა და ქიმიის კანონებს. ადამიანმა იპოვა წვასთან დაკავშირებული მოვლენების სწორი ახსნა.

აღმოჩნდა, რომ კაშკაშა, მნათი ალი ყოველთვის შეიცავს ნახშირის ნაწილაკებს. პირველი შეხედვით შეიძლება გვეჩუროს, რომ მური და მკარტი კაშკაშა ალის აუცილებელი თანამგზავრია. მაგრამ ამაში დარწმუნება აღვილია. ანთეთ ნავთის ლამაზი. იგი ანთია თანაბარი მნათი ალით, ყოველგვარი კვარტლის გარეშე. აიღეთ ჩაის ლამაზი და რამდენიმე წუთი დაიკავეთ ლამაზის შუშის ზევით. ლამაზის ზედაპირი დაიფარება შავი თხელი ნაფიფქით. ეს მურია, ნახშირის უწყვილესი ნაწილაკებისაგან შექმნილი. რატომაა კაშკაშა სინათლის წყარო შავი ნახშირი?

ამ შეკითხვაზე გვიპასუხებს ფიზიკა და ქიმია.

წვის პროცესი ჟანგბადის მონაწილეობით სწრაფად მიმდინარე ქიმიური რეაქციაა, რომლის დროსაც გამოიყოფა სითბო და სინათლე. ჩვენს მიერ ყოფაცხოვრებაში და ტექნიკაში გამოყენებული ყველა სახის სათბობი — ზემა, ტორფი, ნახშირი — ნახშირბადსა და წყალბადს შეიცავს. იგივე ელემენტებია სხვადასხვა საწვავის — ნავთობის, ბენზინის. ნავთის, საწვავი გაზის შემადგენლობაში.

წვისას წყალბადი და ნახშირბადი უერთდება ჰაერის ჟანგბადის მოლეკულებს და წარმოქმნის წყალსა და ნახშირორჟანგს.

როცა ნავთის ლამაზ ანთია, პატრუქი ნავთს შეიწოვს რეზერვუარიდან. შემდეგ ნავთი თანდათანობით ორთქლდება პატრუქის ზედაპირიდან. ორთქლებისას ნავთი შეერევა ჰაერს და იწვის. მაგრამ ალის შიგნით არ არის ჰაერის იმდენი რაოდენობა, რომ ნავთში არსე-

ბული ნახშირბადის ყველა ატომი ჟანგბადს შეუერთდეს. მიმდინარეობს არასრული წვა ე. ი. არასრული ჟანგვა. ალში ნახშირბადის უწყრილესი ნაწილაკები რჩება. ეს მყარი ნაწილაკები გავარვარდება და ალის ნათებასა და სიკაშკაშეს იწვევს.

ასევე არასრული წვა ახასიათებს სანთელს, ჩირაღდანს, ზეთის ლამპას. ამიტომ აქვს სინათლის ამ წყაროებს კაშკაშა და ქვარტლიანი ალი.

თუ წვა მიმდინარეობს სრული წვისათვის საჭირო ჰაერის რაოდენობით, მაშინ ყვითელი და კაშკაშა ალის ნაცვლად მიიღება ცისფერი ან იისფერი არაკაშკაშა ალი.

შეადარეთ პრიმუსისა და ნავთქურის ალი. ნავთქურის ალი არაფრით არ განსხვავდება ლამპის ალისაგან. ნავთქურის პატრუქი აგრეთვე იცლინება ნავთით, ნავთი ორთქლდება, ერევა ჰაერს და არასრულად იწვის. ამიტომ ნავთქურა ბოლავს, თუ პატრუქს ოდნავ აუწვეთ.

პრიმუსის სანთურაში ნავთი ალის წნევის ზემოქმედებით. გახურებული სანთურიდან ორთქლადქცეული ნავთი გარეთ გამოდის ფრქვევანას გზით. კარგად ხდება ნავთის ორთქლის ჰაერთან შერევა. აქ უკვე საკმარისი ჰაერისა და ნავთის სრული წვა მიმდინარეობს. ამიტომ, რომ პრიმუსი არ ბოლავს და მისი ალი ყვითელი არ არის.

აირმაშუქის კაშკაშა ალსიც, სანთლისა და ნავთის ლამპის მსგავსად, გამოწვეულია ნახშირის უწყრილესი ნაწილაკებით.

სხვადასხვა ნივთიერების წვის პროცესის შესწავლისას მკვლევარებმა შენიშნეს, რომ ალის სიკაშკაშეს იწვევს არა მარტო ნახშირის ნაწილაკები, არამედ სხვა მყარ ნივთიერებათა გავარვარებული ნაწილაკებიც.

მაგალითად, თუ ფოსფორს ცეცხლს მოუყუდიდებთ, იგი იწვის კაშკაშა ალით. ფოსფორის ნაქრის დაწვისას წარმოიქმნება თეთრი კვანძი, რომელიც უწყრილესი მყარი ნაწილაკებისაგან შედგება.

ზუსტად ასევე, თუ ავიღებთ ბერთოლეს მარილს, შევუვრებთ მას წვრილად დაფხვნილ შაქარს და ამ ნარევეზე დავაწვეთებთ გოგირდმგავას ერთ წვეთს, იგი აინთება კაშკაშა ალით. კაშკაშა ალი მიუთითებს იმაზე, რომ ალი შეიცავს მყარ გავარვარებულ ნაწილაკებს.

მყარი ნაწილაკების გავარვარებით ალის სიკაშკაშის გაზრდას გამომგოწმებლები იყენებდნენ გაზის გაუმჯობესებული სანთურების დასაზღაურებლად. გაჩნდა აირსაგარვარო სანთურა.

გაზის სანთურაში ათავსებდნენ იშვიათი ძნელდნობადი ლითონების წყნადნობის უწყრილესი ნავთუ ლესისაგან დამზადებულ ბადისებრ

ხუფს (ჩაჩს). მაღალ ტემპერატურამდე გახურებისას ხუფი ასხივებდა კაშკაშა თეთრ ან მომწვანო სინათლეს.

იყო სხვა კონსტრუქციის აირსაგარეგარო სანთურებიც. ანთებულნი გაზის ალკი მექანიკით რომელიმე ძნელდნობადი ლითონის (ვოლფრამის, ოსმიუმის, მოლიბდენის) ნაწილაკები. გაგარკარებისას ისინი ინთებოდნენ კაშკაშა ალით. მაშასადამე მათ შესცვალეს სანთლისა და ლამპის ალში წარმოქმნილი კვარტლის ნაწილაკები.

სინათლის წყაროს წვისას კაშკაშა ნათების მიზეზის შენობამ მკვლევარებს საკუალება მისცა აეხსნათ ის პროცესებიც, რომელიც ძიმდინარეობს ალში მყარი ნაწილაკების გახურებისა და მათ მიერ კაშკაშა სინათლის გამოსხივების დროს.

ამაში მათ დიდი დახმარება გაუწია მოძღვრებამ ატომეზე და ატომის შინაგანი აგებულების საიდუმლოების აღმოჩენამ.

ატომურ-მოლეკულური მოძღვრების განვითარებაში უდიდესი წვლილი შეიტანეს პირველმა რუმე ქიმიკოსმა ლომონოსოვმა, გამოჩენილმა ინგლისელმა ფიზიკოსებმა დ. დალტონმა და კ. მაქსველმა, გერმანელმა მეცნიერმა რ. კლაუზიუსმა, პოლონელმა ფიზიკოსმა მ. სმოლუხოვსკიმ და ფრანგმა მეცნიერმა ჯ. პერენმა.

რეზერფორდის, ბორის, ჩედევიკის გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ატომში შედგება ბირთვისა და მის გარშემო ორბიტებზე მოძრავი უფრო წვრილი ნაწილაკების — ელექტრონებისაგან.

თანამედროვე ფიზიკისა და ქიმიის მიღწევებმა შესაძლებელი გახადა ატომების და მოლეკულების წონისა და ზომის დადგენა. მათი მოძრაობის სიჩქარის გაზომვა. ასე მაგალითად, ოთახის ტემპერატურაზე ნახშირორგანვა გაზის მოლეკულები მოძრაობს 372 მეტრი წამში სიჩქარით. ხოლო წყალბადისა კი — უფრო სწრაფია — 1740 მეტრს გადის წამში.

თუ სხეულს გავახურებთ, მისი ნაწილაკების მოძრაობა ჩქარდება. ნაწილაკები სულ უფრო ხშირად და ძლიერად ეჯახება ერთმან-



ანთებული სანთელი:
ა) სწორად; ბ) არასწორად.

ნეთს. სანამ სხეულის ტემპერატურა დაბალია, ნაწილაკების ურთიერთ დაჯახება არ არღვევს ატომებში ელექტრონების განლაგებას. მაგრამ როცა სხეული ძალიან ხურდება და ნაწილაკების ურთიერთქმედება სულ უფრო და უფრო ხშირი და ძლიერი ხდება, ელექტრონები ამ დარტყმებისაგან შეიძენს მნიშვნელოვან ენერგიას. გარედან მიღებული ენერგიის ხარჯზე გარეთა ელექტრონები გადახტება სხვა ორბიტაზე. წამის ძალიან მცირე მონაკვეთში ეს ელექტრონები ისევ უბრუნდება თავის ორბიტას. ასე მეორდება მრავალჯერ. ელექტრონები ამ დროს ქარბ ენერგიას გამოყოფს გამოსხივების სახით. ამგვარად ხდება სინათლის დაბადება.

ელექტრონების ამგვარ მოქმედებას აქვს ადგილი ელექტრონათურის გაკარვარებულ მავთულში, ნავთის ლამპის პატრუქში, ცვილის ან სტეარინის სანთლის წვისას.

ალის ლაბალები

ავანთოთ ჩვეულებრივი სტეარინის სანთელი. იმისათვის, რომ ჰაერის მოძრაობამ (ჰაერი მოძრაობს ყველა ოთახში, ყველა სადგომში) ხელი არ შეუშალოს წვას, სანთელი მოვითავსოთ ლამპის შუშის ქვეშ. ძველად, სანთლისაგან თანაბარი ალის მისაღებად, ასე იტყეოდნენ ქუჩის ვაჭრები.

სანთელი შუშის ქვეშ ანთია თანაბარი, მშვიდი ალით. ალს აქვს ელვარე, რამდენადმე წაგრძელებული კონუსის ფორმა.

კონუსზე ყურადღებით დაკვირვებისას შევნიშნავთ, რომ მისი ზედა ნაწილი ქვედაზე კაშკაშაა. კონუსის შუაში, პატრუქთან ახლოს, ალში აშკარად გამოიყოფა ბნელი ზოლი.

ალის ქვედა კიდე ეხება სანთლის ზედა კიდეს, რომელიც პატარა „ფინჯანის“ მოყვანილობისაა. ეს ჩაღრმავება ჩნდება იმის გამო, რომ სტეარინი უფრო სწრაფად დნება სანთლის შუა ნაწილში, ვიდრე კიდეებზე.

როცა სანთელი იწვის ალში ჰაერი თბება და სანთლის გასწვრივ ზევით მავპარტება. სანთლის ზედა კიდე ფინჯანისებურ ჩაღრმავებულია იმიტომ, რომ ჩაღრმავების კიდეები უფრო მეტად განიცდის ცივი ჰაერის გავლენას, ვიდრე ცენტრალური ნაწილი.

ჩაღრმავება ინარჩუნებს თავის ფორმას და მისი კიდეები სწორია იმ შემთხვევაში, თუ სანთლის ირგვლივ ჰაერის ნაკადი თანაბარია. თუ ჰაერის ნაკადი მარჯვნივ ან მარცხნივ მეტია, ფინჯანის კიდე უთანაბრო ხდება. ასევე არა-თანაბარი ხდება სანთლის ალი. ასე მაგალითად. ანთია საახალწლო ნაძვის ხის ხეული სანთლები. ამ სანთლების გარეთა ზედაპირზე არსებული ხეულები და ღარები არღვევს

ჰაერის ნაკადის თანაბარ მიწოდებას და ალის ნორმალურ ფორმას. არასწორი წვისას სანთელს უჩნდება ჩამონალენები, რომელიც სწრაფად ცივდება ჰაერის ცივი ნაკადით.

ალის ფორმას არღვევს როგორც ჩამონალენით, ასევე ჰაერის ნაკადის ხასიათი. ჰაერის დაღმავალი ნაკადი ადაბლებს ალს, აღმავალად — ამაღლებს.

ცნობილი ინგლისელი მეცნიერი ფარადეი, რომელმაც დიდი ყურადღება დაუთმო ალის აგებულების შესწავლას, ატარებდა ცდებს, რაც ნათელჰყოფდა ალის ფორმასა და აგებულებაზე ჰაერის მოძრაობის გავლენას.

შტატივზე მაგრდებოდა მინის მომკრო მოღუნული მილი. მილის, ქვედა მუხლში ისმებოდა სპირტი. სპირტი ინთებოდა. ალი რომ უფრო შესამჩნევი ყოფილიყო ფარადეი ღებავდა სპირტს (სპირტში ერთი მწიკვი ქლორიანი სპილენძის გახსნა სპირტის ალს მწვანე ფერს აძლევს).

სპირტის ალი ჰაერის აღმავალი ნაკადის ზეგავლენით აღიოდა ზევით. ფარადეი ალს ზევიდან უბერავდა და ცვლიდა ჰაერის ნაკადის მამართულებას, იცვლებოდა ალის ფორმაც: იგი დაბლა იწვედა.

გრძელი ალის შესწავლისას ფარადეიმ შენიშნა, რომ მას არა აქვს მუდმივი ფორმა, იგი ყოველთვის იტოტება. მან აიღო ბამბის დიდი ქულა, კარგად დაასველა სპირტში და ცეცხლი წაუკიდა. ბამბა ერთბაშად აენთო. ალის გრძელი, ელვარე ენეი აიშართა ზევით. ეს ალი სანთლის ალს არ წააგავს. მართალია, ალის საერთო მიმართულება ერთნაირია, მაგრამ აქ ალის ბევრი ენაა, რასაც სანთლის ალი მოკლებულია.

ბამბის წვისას ცეცხლის ენები ჩნდება იმიტომ, რომ ჰაერის ძლიერი ნაკადი და უთანაბრო წვა ხელს უშლის ერთიანი თანაბარი ალის წარმოქმნას.

თუ სანთელი ან ლამპა დატულია ჰაერის შემთხვევითი მოძრაობისაგან, ალის ფორმა თანაბარი იქნება.

რა ხდება წვისას სანთლის ალში?

თხიერი საწვავი ნივთიერებების — სპირტის, ნავთის, ბენზინის ან გაზისებრი სათბობის — წყალბადის, აცეტილენის, სანათი გაზის წვისას ალი წარმოადგენს გაზის გარსს, რომელშიც წვა მიმდინარეობს. წვის დროს გამოყოფილი აირები ხურდება ძალიან მაღალ ტემპერატურამდე საწვავი ნივთიერებების წვისას გამოყოფილი ათბობს ხარჯზე.

თუ საწვავი მყარი სხეულებია — ხე, ტორფი, სტეარინი, ქონი, მაშინ ეს სხეულები ჯერ ორთქლად უნდა იქცეს ან უნდა დაიშალოს საწვავი გაზის გამოყოფით.

სანთელი დამზადებულია მყარი სხეულისაგან (ქონი, ცვილი, სტეარინი) ანთებული სანთელის ალზე დაკვირვებისას, ადვილად შეენიწნავეთ, მის სამ გარსს ან ზ.ონას. ალის შუაშია ბნელი გარსი (ზონა). თუ სანთლის ალის ამ ბნელ ნაწილში შეეიტანთ მინის პატარა მოღუნული მილის ბოლოს, შეენიწნავეთ, რომ მინის მეორე ბოლოდან რაღაც ორთქლი გამოიყოფა.

ეს ორთქლი სტეარინია, სანთლის ალის ბნელ ზონაში მაღალი ტემპერატურის ზეგავლენით გაზისმაგვარ პროდუქტებად გადაქცეული, ჰაერის უკმარისობის გამო აქ წვა არ ხდება. წარმოქმნილი გაზისმაგვარი პროდუქტების წვა ხდება ალის ცენტრალურ მნათ ზონაში. მართალია აქ ტემპერატურა ბნელი ზონის ტემპერატურას აღემატება, მაგრამ წვა აქ მაინც ნაწილობრივია. ამ ზონაში ხდება გაზების დაშლაც.

გაზების დაშლისას ნახშირის უწყვრილესი ნაწილაკების სახით გამოიყოფა ნახშირბადი. გავარვარებული ნაწილაკები ანათებს და ალს სიკაშკაშეს აძლევს.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია სინთლის ალის უკანასკნელი, გარეთა ზონა. ეს ალის ყველაზე ცხელი ზონაა. ალის ტემპერატურა აქ თითქმის ათას გრადუსს აღწევს. ამ ზონაში ხდება საწვავი გაზებისა და ორთქლების საბოლოო ქიმიური ურთიერთქმედება ჰაერთან. აქ ხორციელდება იმ ნივთიერების სრული წვა, რომლისგანაც სანთელია დამზადებული.

უ ა ლ ი დ ...

სანთლის წვისას წარმოიქმნება ალი. ახსიათებს თუ არა ალი ყოველგვარ წვას? იწვის თუ არა უალოდ რომელიმე ნივთიერება?

თუ დენთს ცეცხლს წავუკიდებთ იგი კაშკაშა ალით იფეთქებს. ავიღოთ კოტაოდენი რკინის ფხვნილი ან რკინის წვრილი ნახერხი, დენთთან ერთად ავუროთ, ჩავყაროთ ფაიფურის ჯამში და ცეცხლი მოვუკიდოთ. დენთი აფეთქდება, ხოლო რკინის გავარვარებული ნაწილაკები მხოლოდ ანათებს და იწვის უალოდ.

ერთხელ ზაფხულის ცხელ დღეს, როცა იტალიური მზე განსაკუთრებით აცხუნებდა, ფლორენციის მცხოვრებნი თავისებური „სასწაულის“ მოწმენი გახდნენ. ქალაქის მოედანზე გამოვიდა რამდენიმე ცნობილი მეცნიერი, ფლორენციის განთქმული მეცნიერებათა აკადემიის წევრი. მეცნიერებმა პატარა ყუთიდან შეარჩიეს მომცრო ალმასი და დაეწყეს დაკვირვება სამხრეთის კაშკაშა მზის სხივებში მოელვარე ქვის თამაზზე.

ერთ-ერთმა მეცნიერმა ბრილიანტის წახნაგების ნათების უკეთ-

დანახვის მიზნით აღმასს ლუბით გახედა. უცბად აღმასი აენთო და . . . გადნა ჰაერში. ქვა უალოდ იწვოდა, უშვებდა მხოლოდ ნაცრისფერი კვანძის წვრილ ქაელებს.

უალოდ იწვის ანტრაციტი და ხის ნახშირი, მური და კოქსი. უალო წვა ახასიათებს ყველა ძნელდნობად ლითონს — ვოლფრამს, ვანადიუმს, კრომს.

რატომ იწვის ქვანახშირი ალით, ხის ნახშირი კი უალოდ?

ამ კითხვაზე. ისევე როგორც წვასთან დაკავშირებულ ბევრ სხვა კითხვაზე, პასუხს ჰიზია იძლევა.

მკვლევარებმა დაადგინეს, რომ თუ მყარი სხეული აალების ტემპერატურაზე არ გამოჰყოფს აქროლადი ნივთიერებების საკმარის რაოდენობას, მაშინ წვა უალოდ მიმდინარეობს.

ქვანახშირი წარმოადგენს ნახშირბადით მდიდარი რთული ნივთიერებების ნარევეს. ქვანახშირის შემადგენლობაში შედის აკრეთვე ეანგბადი, წყალბადი, გოგირდი. ხის ნახშირი, რომელიც მიიღება ხის უჰაეროდ წვის დროს, თითქმის სუფთა ნახშირბადითაა წარმოდგენილი, მასში ნაცრის წარმომემნელი მინერალური მარილების მხოლოდ მცირე მინარჯია.

ქვანახშირის წვისას რთული ნივთიერებები იშლება მარტივ ნივთიერებებად, წარმოიქმნება საწვავი გაზი და ორთქლი, რომელშიც ალით იწვის.

ხის ნახშირის წვისას გაზები და ორთქლი არ გამოიყოფა, იწვის სუფთა ნახშირბადი, რის გამოც ალი აო წარმოიქმნება.

იგივენაირად იწვის კოქსი, რომელიც სუფთა ნახშირბადისაგან შედგება.

რატომ იწვის უალოდ ძნელდნობადი ლითონები და ზოგიერთი ადვილდნობადი ლითონი, როგორიცაა მაგალითად კალა? ისინი ხომ ნახშირბადის ატომებისაგან არ შედგება?

ქიმიკოსებმა სხვადასხვა ნივთიერების წვის შესწავლისას შენიშნეს, რომ ალი წარმოიქმნება მხოლოდ მაშინ, როცა საწვავი გაზი და ორთქლი გამოიყოფა. ვოლფრამის (დნობის ტემპერატურაა 2625 გრადუსი) და მოლიბდენის (დნობის ტემპერატურაა 3370 გრადუსი) წვისას გამოყოფილი სითბო არასაკმარისია ამ ლითონების ორთქლად საქცევად.

იგივე მიზეზით უალოდ იწვის კალა, თუმცა მისი დნობის ტემპერატურა არ არის მაღალი — 231,8 გრადუსია.

შეიძლება თუ არა გამოვიწვიოთ იმ ნივთიერებათა უალოდ წვა, რომელნიც ჩვეულებრივ ალით იწვის? აღმოჩნდა, რომ შეიძლება. მკითხველი დაინტერესდება — რისთვის არის ეს საჭირო? თუ კი გაზი

ან საწვავი სითხე — ბენზინი, ნავთი — ალით იწვის, რა საჭიროა გამოიწვიოთ მათი უალოდ წვა?

გამოთვლებმა ცხადჰყო, რომ ბევრ შემთხვევაში ჩვეულებრივი საწვავი გაზებისა და სითხეების უალოდ წვა სათბობის უკეთ გამოყენების საშუალებას იძლევა. ამ დროს უფრო მეტი სითბო გამოიყოფა.

ფაბრიკისა და ქარხნის ღუმელების საცეცხლურში მცირე წნევის ქვეშ (ერთ ატმოსფეროზე ცოტა უფრო მეტი) უშვებენ საწვავი გაზისა და ჰაერის, ანდა საწვავი სითხის ორთქლისა და ჰაერის ნარევს. საცეცხლურს ავსებენ ცეცხლგამძლე თიხის, კარბორუნდის, ალუნდის ან ცეცხლგამძლე სხვა ნივთიერებათა ნაქრებით.

ღიღი ხანია შეჩინებულია, რომ ამგვარი ნივთიერებები გავარვარებისას აჩქარებს სხვადასხვა საწვავ ნივთიერებათა წვას. ისინი წვის პროცესის კატალიზატორებია.

საცეცხლურში მოხვედრილი საწვავი ნარევი ცეცხლგამძლე მასის ზედაპირთან სრულიად უალოდ იწვის. გამოცდილ ცეცხლთარეშს საცეცხლურში ცეცხლგამძლე მასის ნათების მიხედვით შეუძლია შეუცდომლად განსაზღვროს ტემპერატურა და ამის მიხედვით მოაწესრიგოს საწვავი ნარევის მიწოდება.

საწვავი ნარევის უალოდ წვისას ცეცხლგამძლე მასის ზედაპირი ძლიერ ხუთდება და სითბოს გამოჰყოფს. გამოთვლილია, რომ სათბობის უცეცხლოდ წვისას, სითბოს უსარგებლო დანაკარგი 10 — 15 პროცენტით მცირდება.

შეკალი ალი

ფიზიკისა და ქიმიის კანონების გამოყენებით შეიძლება ჩვეულებრივ უალოდ წვადი ნივთიერებანი ვაიძულოთ დაიწვას ალით. შეიძლება პირიქით, მყარი ნივთიერება, რომელიც უალოდ წვით ხასიათდება, ვაიძულოთ დაიწვას კაშკაშა ცეცხლით.

სკოლებში ქიმიის გაკვეთილებზე ხშირად უჩვენებდნენ ასეთ ცდას: ფოლადის წვრილ ნენსს ამაგრებენ რკინის მავთულის ნაქერზე. ნემსის ბოლოს უკეთებენ ასანთის ნამტვრეკს ან საცობის პატარა ნაჭერს. შემდეგ ნენსიანი მავთული შეაქვთ სანთურის ალში. როცა ასანთს ან საცობს ცეცხლი მოეკიდება, ნენსს უშვებენ ჟანგადიან ქილაში. ნემსი აელვარდება კაშკაშა თეთრი დამაბრმავებელი ალით და ისერის ნაპერწყმებს.

ამგვარადვე, ხის ნახშირი, რომელშიც ჰაერზე უალოდ იწვის, ეანგბადში კაშკაშა ალით აინთება.

გავიხსენოთ მეორე სასკოლო ცდა. რკინის კოვზზე ათავსებენ ცოტაოდენ დაფხვნილ გოგირდს და ცეცხლს უკიდებენ. კოვზზე წარ-

მოიქმნება კვამლი გოგირდოვანი ვაზის, შძაფრი, არასასიამოვნო სუნით და მოკიანე მოლურჯო ალის ენები. თუ ანთებულ გოგირდს შეეიტანთ ჯანგბადიან ქილაში, ლურჯი ენები გაიისფერდება. ალმა ფერი შეიცვალა.

აღმოჩნდა, რომ სხვადასხვა ნივთიერება სხვადასხვაგვარი ალით იწვის. ალის სიკაჟაშე დამოკიდებულია ძირითადად იმაზე, თუ რა რაოდენობის ჯანგბადს შეიცავს ნივთიერება, რომელიც იწვის.

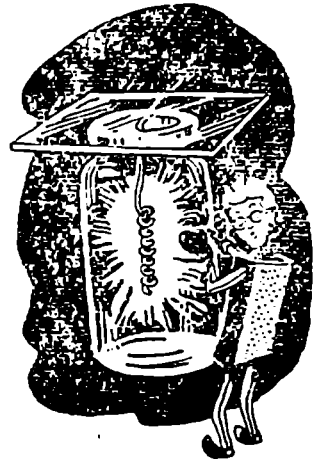
ჰაერი შედგება ჯანგბადის, აზოტის და ინერტული გაზების ნარევისაგან. მაგრამ ჯანგბადი ცოტაა, მას ჰაერის მხოლოდ $\frac{1}{5}$ უკავია (21% მოცულობით). აზოტი და ინერტული გაზები ხელს უშლის წვას. ეს გაზები ითვისებს წვის ქიმიური რეაქციის დროს წარმოქმნილ სითბოს.

სანთელი ჰაერზე იწვის ყვითელი ალით. მაგრამ თუ ანთებულ სანთელს ჩაუშვებთ სავსე ქილაში, იგი, ფოლადის ნენსის მსგავსად, წვას იწყებს კაშკაშა თეთრი ალით. ნახშირბადის ნაწილაკები, რომელიც განაპირობებს სანთლის ალის ნათებას, ჯანგბადში ძლიერ ვარვარდება. ამიტომაც რომ ყვითელი ალი თეთრდება.

სინათლის ალი შეიძლება წითლად და ლურჯადაც შეიფეროს. ეს გასაოცარი მეტამორფოზა ძალიან უბრალოდ ხორციელდება. სანთლის ალის შეფერილობის შეცვლა ყველა მოსწავლეს შეუძლია. აიღეთ შინის ქილა, მოათავსეთ შივ ანთებული სანთელი და ბალონიდან ქილაში ჩაუშვით ქლორი. კაშკაშა ყვითელი ალი გადაიქცევა მკრთალ, მბოლავ, წითელ ალად.

ხოლო ალი რომ გავალურჯოთ არ არის საჭირო არც ქლორი და არც ჯანგბადი, საკმარისია ჩვეულებრივი სარჩილავი მილი. თუ სანთლის ალს ჰაერს მივაწოდებთ ამ მილიდან, ალი გახდება არამნათი, გაჰყვრივალე, არ იბოლებს. მისი ფერი, გაზის ქურის ალის მსგავსად, ლურჯი იქნება.

ლურჯი არამნათი ალით იწვის ჰაერზე ბევრი ნივთიერება, რომელიც არანაკლებ 50% ჯანგბადს შეიცავს. ასეთია ხის (შეთილის) სპირტი, ძმარმჟავა, ფორმალინი და გლიცერინი. თუ შაქრის ნატეხს ცეცხლს მოეუქიდებთ (ამის გაკეთება შეიძლება, თუ შაქრის ნატეხის კიდეს დავაყრით მცირეოდენ ნაქარს), იგი დაიწყებს წვას თანა-



გავრვარებული რკინის მეთულის წვა ჯანგბადში

ბარი ლურჯი ალით. როცა ლუმელში შეშა ჩაიწვება, ოქროსფერ — წითელ ნახშირზე ლურჯი ალი მოსჩანს. ეს ნახშირის ჟანგი იწვის. თუ ამ დროს ღუნელს დავეტავთ, შეიძლება დავიხუთოთ, რადგან მხუთავი გაზი დაუწყავი დარჩება.



ქლორში სანთელი იწვის მკარალი, კვარტლიანი წითელი ალით

გავარაგებული ნახშირის ფერი ყოველთვის ერთნაირი არ არის. ეს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული. ვოლტას რკალში ნახშირი თვალის მომკრულად კაშკაშებს და იწვის თეთრი ალით. მაგრამ დენის გამორთვისთანავე, ნახშირი ხდება ჯერ ნარინჯისფერი, შემდეგ მუქი — ალუბლისფერი და ბოლოს მუქი წითელი. ხანძრის ალი გვეჩვენება მეწამულისფერი იმიტომ, რომ დამწვარი ხის ნახშირი უმეტესად ალუბლისფერი წითელია. ნაკვერცხალი გამოსცემს წითელ სხივებს, რაც ალსა და გარემოცველ საგნებს წითლად ღებავს.

მკითხველთაგან რომელი არ მოხიბლულა სადღესასწაულო სალუტის დროს ცაში აფრენილი ფერადი შუქურებით. ვის არ უდევნებია თვალი ალტაცებით თუ რო-

გორი უცნაურია შუშხუნას ცეცხლოვანი ფიგურები, თუ როგორი ფერადი ნაპერწკლების მტევნებს ფანტავს იგი საღამოს ცაზე.

დიდი ხალისი მოაქვს ბავშვებისათვის ბენგალიურ ცეცხლს. ასე ეწოდება პიროტექნიკაში ნივთიერებათა ნარევის რომელიც წვისას სხვადასხვა შეფერილობის ალს იძლევა. „ფერად“ ალში ამა თუ იმ ნივთიერების ორთქლია, რომელიც გარკვეული ტალღის სიგრძის მქონე სხივებს გამოიცემს. ალს სწორედ ეს სხივები ღებავს.

ბენგალური ცეცხლის ძირითადი საწვავია გოგირდი ან ნახშირი. წვრილად დაფხვნილ ნახშირს ან დანაყილ გოგირდს უმატებენ ბერთოლეს მარილს და ალის გამაფრადებელ ნივთიერებას. ბერთოლეს მარილი დაზეანველია. იგი წვისას იშლება და ათავისუფლებს ჟანგბადს, რომელიც ნარევის წვას უწყობს ხელს.

ყვითელი ბენგალიური ცეცხლი მიიღება, თუ ნარევის მიევშატებთ უწყლო სოდანს, მწვანე — ნახშირბადაცა ბარიუმს ან ბორის მცავეს, წითელი — კალციუმისან სტრონციუმის კარბონატებს. იისფერი ბენგალიური ცეცხლის მისაღებად სარგებლობენ ალუმო კალიუმის შაბითა და პოტაშით.

ანათიას, მაგრამ არ ათბობს

როცა ჩვენ „ალს“ ვახსენებთ. წარმოგიდგება ცეცხლი, რ.ჩენ-ლიც არა მარტო ანათებს, არამედ წვავს კიდევაც. ალი — ეს სინათლე და სითბოა. მაგრამ ირკვევა, რომ ყოველთვის ასე არ არის. ალი შეიძლება იყოს არამნათი (გაზის სანთურის ალი), მაგრამ სწვავდეს და ათბობდეს. ცეცხლს შეიძლება არ ჰქონდეს ალი (მბეჭტავი ნაკვერცხალი). მაგრამ ის მაინც გამოსცემდეს სითბოს.

ბუნებაში ხდება ისეც, რომ წვისას გამოიყოფა სითბოს ისეთი უმნიშვნელო რაოდენობა, რომ ალი ანათებს, მაგრამ არ ათბობს.

თუ გავახურებთ პლატინის მათეულს და ჰაერზე მოვათავსებთ ეთილის ეთერის ორთქლში, მათეულს ირგვლივ მოლურჯო ნათებას შევნიშნავთ. ეს არის ცივი და იმდენად სუსტი ალი, რომ მისი დანახვა მხოლოდ სიბნელეში შეიძლება.

როგორც ცნობილია, ეთერი აქროლადი და ადვილად აალებადი ნივთიერებაა. მიუხედავად ამისა, ეთერის ორთქლის თვითალები-სათვის, რომელიც მიმდინარეობს ცხელი ალით, სამას გრადუსზე მაღალი ტემპერატურაა საჭირო. ეთერის ორთქლს წვისათვის, რ.ჩენლსაც თან ახლავს ცივი ალის წარმოქმნა, საკმარისია ორას გრადუსამდე ტემპერატურა.

გარკვეულ პირობებში ცივი ალით შეიძლება იწვოდეს სხვა ორგანული ნივთიერებაც — ნახშირწყალბადები, სპირტები.

წვის ნებისმიერი პროცესი — ხორციელდება ის უალოდ, თუ ცხელი ან ცივი ალით, წარმოადგენს დაჯანგვას, რომელიც სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობს. ცივი ალის დროს, ცხელი ალის მსგავსად, გამოიყოფა წყალი, ნახშირბადი ჟერთდება ჟანგბადს, მაგრამ დაჯანგვას პროცესი ბოლომდე არ მიდის.

როცა ეთერის ორთქლი იწვის ასსამოცდაათ გრადუსზე, ფორმალდეჰიდის სუნი შეიგრძნობა, ხოლო ეთერის სამას ოც გრადუსამდე გაცხელებისას წარმოიქმნება ჟანგვის საბოლოო პროდუქტები — ნახშირორჟანგი და წყალი.

ცეცხლი უხსოვარი დროიდან ერთგულად ემსახურება ადამიანებს. ცხელი ალის საშუალებით ვაცხობთ პურს, ვადნობთ მინას და მადნიდან ლითონს. ვის ესაჭიროება ცივი ალი? გამოირკვა, რომ მას, ცხელი ალის მსგავსად, ადამიანებისათვის სარკვენლობის მოტანა შეუძლია.

ასე მაგალითად, ძრავის საწვავის ორთქლი — სინთეზური კაუჩუკის ქარხნეაში მიღებული თანაზრი პროდუქტი, ვერ პოულობდა გამოყენებას. რამდინიე წლის წინათ მოსკოველმა პროფესორმა ნეიშანმა შეიმუშავა ამ ნარჩენების გამოყენების ეფექტური ხერხი.

იყო აგებული საცდელი დანადგარი, რომელშიც გამოსაკვლევი

ნარჩენები 400-415 გრადუსზე იწვოდა. ძრავას საწვავის ორთქლის ცივი ალით წვისას გამოიყო აღდებების ნარევი, რომელიც შესანიშნავ ნედლეულს იძლევა ხელოვნური ფისების დასამზადებლად. ეს ნარევი გამოსადეგი აღმოჩნდა თესლების შესაწამლადაც, რაც ჩვეულებრივ ფორმალინით ხორციელდება. ნეიმანის წესით მიღებული პროდუქტები სხვა შემთხვევებშიც გამოიყენება ფორმალინის ნაცვლად.

ცივი ალით წვის მეთოდის გამოყენება შესაძლებლობას მოგვცემს ნნიშენლოვანი სახსრები დაეზოგოთ და ნარჩენებს სასარგებლო დანიშნულება მოეუძენოთ.

თუ ფოსფორის შემცველ რომელიმე ნაერთს წავუსვამთ საათის ციფერბლატს, რიცხვები სიბნელეში ნათებას იწვევს. ორგანული ნივთიერებების ცივი ალით წვის მსგავსად, აქაც დაეანგვა ნაკლებ ინტენსიურად მიმდინარეობს.

ვინ არ ყოფილა ტყეში ზაფხულის თბილ ღამეს. ზღაპრულ დევებს წააგავს დატოტვილი ნაძვები, გაუნძრევლად რომ თვლემენ. თითქოს თმაჩამოშლილი პატარძლები შეკრებილანო, ძლივს გასაგონად ჩურჩულებენ ახალგაზრდა არყის ხეები. არაფერი არ არღვევს ტყის ბინადართა მყუდროებას. სიჩუქეა. ყველაფერი ძილში ჩაძირულა. ნხოლოდ მოუსვენარი ციციანათლები, საგუშაგოს მზვერავებივით, ხან აქ, ხან იქ მწვანედ კიაფობენ. ეს პაწაწკინტელა ცოცხალი ფარნები ანათებენ ყველგან — ბალახში, ხავსში, ხეთა ფოთლებზე.

ადამიანებმა დიდხანს არ იცოდნენ რატომ ინთებიან ციციანათლები ცივი ცეცხლით. ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეებში ბევრი მეცნიერი თავის შრომებში აღნიშნავდა, რომ ზოგიერთი სხვა ცოცხალი ორგანიზმიც — მატლები, ხოჭოები, თევზები ასხივებენ ცივ სინათლეს. ზღვებისა და ოკეანეების სიღრმეში ცხოვრობენ მარჯნები, მეღუზები, რომელთაც სხეულზე ცივი სინათლის „ნათურები“ აქვთ. არის მნათი ბაქტერიებიც.

დამპალი ხის, მწერების, თევზების ნათების საიდუმლოება ამოხსნა ქიმიამ. აღმოჩნდა, რომ მათი ნათება წარმოიქმნება გათბობის გარეშე. სინათლე გამოწვეულია არა სითბური, არამედ ქიმიური ენერგიით, რომელიც დაეანგვის დროს გამოიყოფა. ქიმიური ენერგიის სინათლედ გადაქცევას ქემილუმინესცენცია ეწოდება.

ციციანათელას სხეულის გულდასმით შესწავლისას მკვლევარებმა მის ზურგზე იპოვეს პატარა ლაქა. სწორედ ეს ლაქა წარმოადგენს „ფარანს“, რომელიც ტყის წ-ვლიადში კიაფობს. ქიმიური ანალიზის დროს „ლაქაში“ აღმოჩნდა ნივთიერება — ეგრეთწოდებული ლუციფერინი. იგი იტანება ჰაერის ეანგბადით. ეანგვისას გამოიყოფა ქიმიური ენერგია, რომელიც სინათლის ენერგიად გადაიქცევა.

მართალია, ქიმიკოსებმა დღემდე ვერ შეძლეს ლაბორატორიაში ლუციფერინის ხელოვნურად მიღება, მაგრამ მათ ზოგიერთი ნივთიერებიდან ისეთი ნარევეების დანზადებას მიაღწიეს, რომელიც ცივი სინათლით ანათებს. ქიმიკოსებმა იციან ბევრი ისეთი რეაქცია, როცა ქიმიური ენერგია სინათლის ენერგიად გადაიქცევა.

მაგალითად, ჭიქაში ასხამენ პიროგალოლის ცოტაოდენ ათპროცენტთან ხსნარს (პიროგალოლი გამოიყენება ფოტოგრაფიაში გამომმკლავებლის დასაწადებლად). შემდეგ ამ ხსნარს თანმიმდევრობით უმატებენ ფორმალინის იმდენივე ორმოცპროცენტთან ხსნარს, პოტაშის სამჯერ მეტ ოცდაათპროცენტთან ხსნარს და რაიმე დამჯანგველს, მაგალითად წყალბადის ზეჟანგს (ორჯერ უფრო მეტი, ვიდრე პიროგალოლი). მიღებულ ხსნარს კარგად ურევენ მინის წკირით. იგი იწყებს ძლიერ აქაჯუნას. ვარდისფერ-წითელი ბუშტები ავსებს ჭიქას და გადმოდის ნაპირებზე. სიბნელეში ეს ბუშტები რამდენიმე წუთის მანძილზე ნაზი ვარდისფერი სინათლით ანათებს.

წყალბადის ზეჟანგი ჯანგავს ფორმალდეჰიდსა და პიროგალოლს. ამ ნივთიერებათა წყალბადის ზეჟანგთან ურთიერთმოქმედებისას წარმოიქმნება ჭიანჭველმგავა, ნახშირის ჯანგი და ორჯანგი. აქაც წითელი ცივი სინათლე, ცივინათელას ნწვანე ცივი სინათლის მსგავსად, წარმოიქმნა დაჯანგვის რეაქციის შედეგად.

უკანასკნელ წლებში საბჭოთა ქიმიკოსებმა აღმოაჩინეს ისეთი ქიმიური ჯანგვითი რეაქციები, რომლის დროს ნათება გრძელდება არა წუთობით, არამედ საათობით და დღეობითაც კი.

ზოგიერთი რთული ორჯანული ნივთიერების წყალბადის ზეჟანგით დაჯანგვისას, წეიდლება ეს ნივთიერებები ვაიძულოთ ძალიან დიდხანს გამოაშუქონ ცისფერი ან კაშკაშა მწვანე სინათლე.

მნათი ქიმიური ნაერთები ახლა ხშირად გამოიყენება ტექნიკაში მრავალგვარი საჭიროებისათვის. მნათი წარწერები გზებზე ხელს უწყობს ღამე ავტომანქანების ავარიის თავიდან აცილებას; საათის ისრები და რიცხვები, დაფარული მნათი ნივთიერებით ღამის წყვილიაღში ზუსტი დროის გაგების საშუალებას იძლევა; თეატრალური დეკორაციები მნათი საღებავების გამოყენებით, შესაძლებელს ხდის წარმატებით განხორციელდეს დადგმა ეფექტური ბალებების და პიესებისა ზღაპრის თემებზე.

ახლა სულ უფრო და უფრო ფართოვდება საფეიქრო მრეწველობაში მნათი საღებავების გამოყენება ქსოვილების შესაღებად. რამდენიმე წლის წინათ საბჭოთა ინჟინერმა პ. ვორონცოვმა შეიმუშავა მნათი ქსოვილების დანზადების წესი. ამგვარი ქსოვილები დაფარუ-

ლია ჩამოურეცხავი საღებავებით. საოცრად ლამაზია ამგვარი ქსოვილისაგან შეკერილი კაბა. განსაკუთრებით სიბნელეში. მნათი საღებავები ძალიან განძლეა. ამ საღებავებით შეღებილი საფეიქრო ნაწარმი შეიძლება გაირეცხოს და გაუთოვდეს; ქსოვილი არ კარგავს ნათების უნარს.

არაჩვეულებრივ ნაზად გამოიყურება ოთახები და დარბაზები, რომლის კედლესზე მნათი საღებავებით მოხატული ქსოვილის შპალერია გაკრული. ღამე მნათი კედლები გამჭვირვალე მინისას წააგავს. იქნება შთაბეჭდილება, თითქოს სინათლე შეგნიდან, სადღაც ოთახის სიღრმეში დაფარული ადგილიდან იღვრება.

მნათი შემადგენლობა ეხმარება არქეოლოგებს და პალეონტოლოგებს უფრო წარმატებით შეისწავლონ გათხრების დროს ნაპოვნი, ძველი ხალხების საოჯახო და საომარი ნივთები, გაწყვეტილი ცხოველების ძვლები და გადაშენებულ მცენარეთა ნაშთები.

გამოსაკვლევ ნივთებს ფარავენ მნათი საღებავებით; რის შემდეგ დაასხივებენ რენტგენის ან ულტრაიისფერ სხივებს. დასხივების ზეკავლენით ვლინდება საკვლევი საგნის აგებულების ის დეტალები, რაც ჩვეულებრივ სინათლეზე უხილავია.

მნათი საღებავები გამოადგა მიკრობიოლოგებსაც. მიკროსკოპის ქვეშ მნათი საღებავით შეღებილი პრეპარატის შესწავლისას აგრეთვე ვლინდება მცენარული და ცხოველური ქსოვილების აღნაგობის ისეთი ელემენტები, რაც ჩვეულებრივ უხილავია. ზოგჯერ ვერ ხერხდება ზოგიერთი ავადმყოფობის გამომწვევი ბაქტერიის მიკროსკოპის ქვეშ დანახვა. საკმარისია გამოვიყენოთ მნათი საღებავები და სურათი მკვეთრად იცვლება: შეიძლება აღმოვაჩინოთ ერთი ცალკეული ბაქტერიაც კი, იმის გამო, რომ იგი ანათებს.

მნათი შემადგენლობა საშუალებას იძლევა დროულად გამოვამქლავნოთ მანქანის ყველაზე რთულ და დიდ დეტალებშიც კი წუნი ან დეფექტი და თავიდან ავიცილოთ მძლავრი ტურბინებისა და ბლუმინგების ავარია, დავიცვათ ამ აგრეგატების მომსახურე მუშა-პერსონალი დასახიჩრებისა და დაღუპვისაგან.

დამკვეთისათვის დეტალის ჩაბარებამდე მას წინასწარ ამოწმებენ მნათი საღებავებით. დეტალის ზედაპირს ფარავენ მნათი შედგენილობის მქონე ხსნარით, შექდეგ ამ ხსნარს გულმოდგინედ სწმენდენ რბილი ჩვრით. დეტალის კარგად და მთლიანად გაწმენდის შემდეგ, მას ანათებენ ულტრაიისფერი სხივებით. ზხარებში ჩარჩენილი ხსნარი იწყევას ნათებას. ამ წესით ყველა ბზარი მტლავნდება.

მეცნიერებამ მოგვცა საშუალება, დაგვედგინა ცივი სინათლისა და ცივი ალის წარმოქმნის მიზეზები.

ცხელი ალი წვეს, ცივი კი — მხოლოდ ანათებს და არ ათბობს. შეიძლება თუ არა ცივი ალი ვაქციოთ ცხლად? თურმე შეიძლება და რამდენიმე ხერხითაც კი.

ეთერის ორთქლი ჰაერის ნარევეთან იწვის ცივი ალით, თუ ნარევი 200 — 400 გრადუსამდე ხურდება. ამ ალის ლურჯი ენები, დღე უხილავი, კარგად ჩანს სიბნელეში. თუ ნარევის ტემპერატურას 700 გრადუსამდე გავზრდით, მაშინ ლურჯი ალი ყვითლდება, სწრაფად ვითარდება წვის პროცესი, რომელიც ძლიერი აფეთქებით მთავრდება. იგივე შედეგი მიიღება, თუ ცივი ალის მბეუტავ ლურჯ ენას ანთებულ ასანთს მივუახლოვებთ.

ალის ტემპერატურა ან სხვაგვარად წვის ტემპერატურა დამოკიდებულია ბევრი პირობებისაგან: ცეცხლის გავრცელების სისწრაფისაგან, წვის სისრულისაგან, ჰაერის სიჭაბიხისაგან. ალის ტემპერატურაზე გავლენას ახდენს საწვავი ნივთიერებებისა და ჰაერის ტემპერატურაც.

სტეარინის სანთლის ალის ტემპერატურა 940 გრადუსს არ აღემატება, პარაფინის სანთლისა კი — თითქმის ათას ხუთას გრადუსს აღწევს. ხის წვის ტემპერატურა ათასი — ათასორასი გრადუსია, სანათი გაზის — ათას სამასი — ათას ოთხასი გრადუსი, გოგირდის — ათას რვაასი გრადუსი.

აცეტილენის ალი კიდევ უფრო მაღალი ტემპერატურისაა — 2127 გრადუსი. მაგრამ ეს ალიც კი არ არის ყველაზე „ცხელი“.

ალის ტემპერატურა მით უფრო მაღალია, რაც უფრო მეტი სითბო გამოიყოფა წვის პროცესში.

სხვადასხვა საწვავი ნივთიერება-ქვანახშირი, ხე, ბენზინი-წვისას სითბოს სხვადასხვა რაოდენობას გამოიყოფს. მაგალითად, ერთი კილოგრამი ქვანახშირის წვისას გამოიყოფა ექვსი ათასი-რვა ათასი კალორია, ხის წვისას — არა უმეტეს ოთხი ათასი კალორისა. როცა ბენზინი იწვის, გაცილებით უფრო მეტი სითბო გამოიყოფა — თერთმეტი ათას ორასი კალორია.

სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა ერთი კილოგრამი საწვავი ნივთიერების სრული წვისას, თბოუნარიანობა ეწოდება. რაც უფრო მეტია თბოუნარიანობა, მით მეტი სითბო გამოიყოფა საწვავი ნივთიერების წვისას. განსაკუთრებით მაღალია ზოგიერთი გაზის (პროპანი, ბუტანი) თბოუნარიანობა. მათი თბოუნარიანობა ორსამ ჯერ აღემატება ბენზინისას.

გაზების წვისას შეიძლება ძალიან მაღალი ტემპერატურის მქონე ალის მიღება: მეთანისათვის — ათას რვაას ოთხმოცი გრადუსი. ეთილენისათვის — ათას ცხრას სამოცდათხუთმეტი გრადუსი, ბუტანისა და პროპანისათვის — კიდევ უფრო მაღალი.

ალის ტემპერატურა შეიძლება ხელოვნურად გავზარდოთ. ამ მიზნისათვის სანთურის სხვადასხვა ტიპი გამოიყენება. მთელი მსოფლიოს ლაბორატორიებში ფართოდაა გავრცელებული ცნობილი გერმანელი ქიმიკოსის ბუნზენის სანთური, რომელშიც სანათი გაზი ჰაერთან ერთად იწვის. სანთურის ქვედა ნაწილში გაკეთებულია ნასვრეტები, აქედან სანთურში შესული ჰაერი შეერევა სანათ გაზს.

თუ გაზს დაეწვავთ სუფთა ჟანგბადში, მისი ალის ტემპერატურა გაიზრდება. საწვავი გაზის სუფთა ჟანგბადში წვისას ხშირად სახიფათო აფეთქებები ხდება. აფეთქების თავიდან ასაცილებლად, აგებული იქნა სპეციალური სანთური, რომელსაც ერთიმეორეში ჩადგმული ორი მილი აქვს. ჟანგბადის მიწოდება ხდება შიგნითა მილით, ხოლო საწვავი გაზისა — შიგნითა და გარეთა მილებს შორის არსებული სივრცით. ორავე გაზის შერევა მხოლოდ სანთურის გამოსასვლელ ხერეტილში ხდება.

ამგვარი სანთურების შემწვობით შესაძლებელია მაღალი ტემპერატურის მქონე ალის მიღება. თუ საწვავ გაზად გამოიყენება აცეტილენი ან წყალბადი, მაშინ ალის ტემპერატურა სამი ათას გრადუსს აღწევს.

ასეთი მაღალი ტემპერატურის ალში დნება თითქმის ყველა ლითონი, ყველაზე ცნელდნობადი მოლიბდენი, ოსმიუმი და ირიდიუმიც კი. რკინის ან ფოლადის მავთულის ნაჭერი ამგვარ ალში იწვის სუფთა ჟანგბადში წვის მსგავსად, ყოველნაირი ფანავის მილიარდობით ელვარე ნაპერწკლებს. თუ წყალბად ჟანგბადის ალში შეეიტანთ ჩაუმქრალი კირის ნაჭერს, იგი გავარვარდება გათეთრებამდე და დაიწყებს თვალისმომკრელი კაშკაშა სინათლის ნათებას.

კიდევ უფრო ცხელი ალი მიიღება, თუ სანთურში ამ გაზების ნაცვლად შეეიტანთ დიციანს. დიციან — ჟანგბადის ალის ტემპერატურა ოთხიათას ხუთას გრადუსს აღწევს, მცირე წნევის ზემოქმედებით კი იგი შეიძლება ხუთიათას გრადუსამდე გაიზარდოს. ჟანგბადის ოზონით შეკვლისას ალის ტემპერატურა ექვსიათასი გრადუსია.

ექვსი ათასი გრადუსი! ეს მზის ზედაპირის ტემპერატურაა. ამგვარ სიცხეს ვერ გაუძლებს ვერც ერთი ლუმელი, რადგან ნებისმიერი მასალა, რისგანაც ლუმელი შეიძლება იყოს დამზადებული, არა მარტო გადნება, არამედ აორთქლდება ამგვარ ტემპერატურაზე.

და მაინც ასეთი მაღალი ტემპერატურა არ არის ზღვრული.

ჩვენ ჯერჯერობით არ ვიცით როგორ მივიღოთ უფრო მაღალი ტემპერატურა, მაგრამ ამას ახლო მომავალში შეეძლება. ამისათვის აუცილებელია შესაფერისი საწვავი ნივთიერებების პოვნა და წვისათვის უფრო ეფექტური პირობების შექმნა.

გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ მგრავინავი გაზის ალის ტემპერატურა ათი ათასი გრადუსია, თუმცა ჩვენს სანთურებში, რომელიც ლითონების შედუღებისა და ქრისათვის გამოიყენება, წყალბად-ჟანგბადის ტემპერატურა სამიათას გრადუსს არ აღემატება.

როცა წვისას წყალბადი ჟანგბადს უერთდება და წარმოიქმნება წყალი, ყოველ თერამეტ გრამ (ერთი გრამ-მოლეკულა) წყალზე გამოიყოფა 57,8 კილო კალორია სითბო. წყლის ორთქლი ამ დროს ძლიერ ხურდება. კარგადაა ცნობილი, რომ ბევრი ქიმიური რეაქცია გარკვეულ პირობებში შექცევადია.

მაგალითად, თუ სუფრის მარილს შევურევთ გოგირდმჟავას, მათი ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოიქმნება გოგირდმჟავა ნატრიუმი და ქლორწყალბადი. მაგრამ ეს რეაქცია არ მიდის ბოლომდე. რომელიღაც მომენტში ქლორწყალბადი და გოგირდმჟავა ნატრიუმი ერთმანეთთან შედის რეაქციაში და ისევ წარმოიქმნება სუფრის მარილი და გოგირდმჟავა.

ასეთივე სურათი შეინიშნება მგრავინავი გაზის წვისას. წყლის წვეთები, ჟანგბადის წყალბადთან შეერთებით წარმოიქმნილი ვერ უძლებს დიდ სიციხეს და ისევ იშლება ჟანგბადად და წყალბადად. ამ დაშლისას იგი შთანთქავს სითბოს. ერთ გრამ-მოლეკულა წყლის დასაშლელად საჭიროა 57,8 დიდი კალორია სითბო, ე. ი. ზუსტად იმდენი, რამდენიც მისი წარმოქმნის დროს გამოიყოფა.

რაც უფრო მაღალია მგრავინავი გაზის ალის ტემპერატურა, მით ძლიერია შექცევადი რეაქცია ე. ი. წყლის მით უფრო მეტი მოლეკულა იშლება წყალბადად და ჟანგბადად.

რადგან შებრუნებული რეაქცია მიმდინარეობს სითბოს შთანთქმით, ამიტომ მგრავინავი გაზის ალის ტემპერატურა რამდენადმე ეცემა.

ორიათას ორას გრადუსზე წყლის წარმომქმნელი მოლეკულების ექვსი პროცენტი იშლება, ორიათას ხუთას გრადუსზე იშლება ორჯერ მეტი. როცა ალის ტემპერატურა ორიათას შეიდას გრადუსს აღწევს, წყლის დაშლილი მოლეკულების რაოდენობა ოცდასაზი პროცენტია.

თუ ალის ტემპერატურა სამიათას გრადუსს აღემატება, წყლის ისე ბევრი მოლეკულა დაიშლება და ამ დროს იმდენი სითბო შთანთქმება, რომ ალის ტემპერატურა მკვეთრად დაეცემა.

სწორედ ამ მოვლენაში იმალება მგრგვინავე გაზის ალის ტემპერატურის თეორიულ შესაძლებლობებსა და პრაქტიკულ მონაცემებს შორის დიდი განსხვავების მიზეზი.

შექცევადი რეაქციის მიმდინარეობა ბევრი საწვავი ნივთიერების წვისას შეინიშნება. ამ ნივთიერებათა წვისას პრაქტიკულად მაღალი ტემპერატურის მიღებას სწორედ ეს გარემოება უშლის ხელს.

რამდენადმე უკეთესი მდგომარეობაა აცეტილენის ჟანგბადში წვის დროს. აცეტილენი თავდაპირველად იშლება ნახშირბადად და წყალბადად. შემდეგ ნახშირბადი და წყალბადი უერთდება ჟანგბადს და წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი და წყალი.

აცეტილენის შემადგენელ ელემენტებად დაშლის რეაქცია შეუქცევადია. ამიტომ აცეტილენის სანთურების ეფექტურობა უფრო მაღალია. აცეტილენი იძლევა უფრო „ცხელ“ ალს, ვიდრე სხვა რომელიმე საწვავი გაზი — მეთანი, კოქსისა და წყლის გაზი.

ამდენად, ძალიან მაღალი ტემპერატურის მქონე ალის მიღების ძირითად პირობას წარმოადგენს რეაქციის ისეთი პროდუქტების გამოყოფა, რომელიც ურთიერთთან რეაქციაში არ შედის. ე. ი. შექცევადი რეაქციის თავიდან აცილება.

რეაქციის ყველაზე უფრო მედეგ პროდუქტთა რიცხვს მიეკუთვნება აზოტი და ნახშირბადის ჟანგი. ამ ელემენტებს ერთმანეთი „არ უყვარს“, ერთმანეთს არ უერთდება.

მაშასადამე, თუ დაეწვავთ რომელიმე ისეთ ნივთიერებას, მსჯელობდნენ მკვლევარები, რომელიც თავის მოლეკულაში შეიცავს მხოლოდ ნახშირბადსა და აზოტს, ამით შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს წყალბად-ჟანგბადისა და აცეტილენ-ჟანგბადის ალის ტემპერატურა. გამოთვლები სწორი აღმოჩნდა, მან მთლიანად გაამართლა მოლოდინი.

ჯერ კიდევ 1815 წელს ცნობილმა ფრანგმა ფიზიკოსმა და ქიმიკოსმა გეი-ლუსაკმა სინდიყის ციანიდის გახურებით მიიღო უფერო შხამიანი გაზი — ციანი ან დიციანი, რომლის მოლეკულა შედგება ნახშირბადისა და აზოტის ორ-ორი ატომისაგან.

დიციანი იწვის ლამაზი ლურჯარმიანი ნარინჯისფერი ალით და იძლევა ერთნახევარჯერ უფრო მაღალ ტემპერატურას ვიდრე აცეტილენისა და წყალბადის წვის დროს გამოიყოფა.

ამჟამად ცხელი ალი ფართოდ გამოიყენება ტექნიკაში: მისი დახმარებით ხდება ლითონების შედუღება საარჩილის გამოყენებლად, კრიან ლითონის სქელ ფურცლებს, ბურღავენ ნახვრეტებს რკინის დეტალებსა და ზოდებში.

ყინული და ალი ყინვის და სიცხის სიმბოლოებია. ძნელი წარმო-სადგენია ამაზე უფრო მეტად ურთიერთ საწინააღმდეგო ცნებები. თითქოს სრულიად წარმოუდგენელია მათი გაერთიანება.

მაგრამ ჩვენ ვცხოვრობთ შეუძლებლის გადალახვის საუკუნეში, როცა ყველაზე უფრო ფანტასტიური წამოწყებანი სინამდვილედ იქცევა, როცა იმსხვრევა ბევრი თაობის გამოცდილებით დამკვირვებელი ძველი შეხედულებანი, იცვლება საუკუნეთა მანძილზე ფესვგამდგარი ცნებები.

მყოფე მინა გახდა ფოლადით მტკიცე და რეზინასავით პლასტიური. ნახერხი გადაიქცა ეთილის სპირტად, ხოლო რძე — რქასავით მყარ პლასტმასად — გალალიტად.

თანამედროვე ტექნიკა გადალახავს შეუძლებელს: ნივთიერებებს ართმევს საწყის თვისებებს და აძლევს მათ ახალ უჩვეულო თვისებურებებს, უკარგავს საგნებს პირვანდელ სახეს. ბევრი ისეთი რამ, რაზეც აღამიანები ათასი წლის მანძილზე მხოლოდ ზღაპრებში ოცნებობდნენ, ჩვენს დღეებში აცხადდა. ამაში უდიდესი წვლილი შეაქვს მეცნიერებას. მკვლევარებმა გამოიხატეს ასევე ცეცხლისა და ყინულის შეერთების საშუალება.

დიდი მდინარეების ნაპირებზე გაშენებული ქალაქებისა და სოფლების მცხოვრებნი მალე დასტკბებიან ზამთარში ყინულის წვის ეფექტური სანახაობით.

ზოგჯერ, ყინულის მოძრაობისას მდინარეებზე ჩნდება ყინულის დიდი მასები, გზა იხერგება, რაც აფერხებს გემების მიმოსვლას. ყინულის ამგვარი მასები შეიძლება დაეშალოს ყინულმჭრელით, მაგრამ ეს ძალზე ხანგრძლივი პროცესია და ძვირიც ჯდება. გაცილებით უფრო მარტივია ყინულის დაწვა.

განა შესაძლებელია ყინულის დაწვა? წყალი ხომ ცეცხლს აქრობს. აი სწორედ აქ მოვიდა დასახმარებლად თანამედროვე „ჯადოქარი“.

ქალაქის ქუჩებში ღამით, ტრამვაის ხაზზე, ხშირად შეინიშნება გამდნარი ლითონის დამაბრმავებელი ნათება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მუშები შეკეთებისას რელსებს, ადულებენ. ამ შედუღებისას ისინი არ იყენებენ აცეტილენს ან წყალბადს. საწვავის წყაროდ მათ ემსახურება არა გაზი, რომელიც ჟანგბადში იწვის, არამედ — თერმიტი — ალუმინის ფხვნილისა და დაქუცმაცებული რკინის ჟანგის ნარევი (რკინის ნაცვლად შეიძლება ავილოთ სხვა ლითონის ჟანგეულებიც).

თუ თერმიტის ნარევის ძლიერ გავახურებთ ან ცეცხლს მოვუკი-

დებთ, დაიწყება ძლიერი ქიმიური რეაქცია; ალუმინი ართმევს რკინის (ან სხვა ლითონის) ჟანგს ჟანგბადს და თვითონ იჟანგება, ხოლო რკინა გამოიყოფა თავისუფალი სახით. ალუმინის ატომები ჟანგის მოლეკულებიდან აძევენ რკინის ატომებს ე. ი. იკავენ მათ ადგილს.

ალუმინი ისეთი „სინარბით“ იერთებს ჟანგბადს, რომ რეაქცია სწრაფად მიმდინარეობს. ამ დროს გამოიყოფა იმდენი სითბო, რომ თერმიტის მთელი მასა ერთბაშად ლღვება. იგი იმდენად ძლიერ ვარვარდება, რომ იწყებს კაშკაშა დამაბრმავებელი თეთრი ალით ნათებას, გამდნარი ლითონის ტემპერატურა სამი ათას გრადუსს აღწევს.

ალუმინის ჟანგი წილის სახით ამოტივტივდება ზევით, ხოლო გამდნარი ლითონი შეიძლება გადავასხათ ციცხვში ან ყალიბში, სადაც იგი რამდენიმე ხანში ცივდება. ეს რეაქცია, გასულ საუკუნეში გამოჩენილი რუსი ქიმიკოსის ნ. ბეკეტოვის მიერ აღმოჩენილი, შესაძლებლობას იძლევა მადნიდან სუფთა სახით გამოვადნოთ ძნელდნობადი ლითონები. ამჟამად მეტალურგიულ ქარხნებში ამ წესით იღებენ ბევრ ძნელდნობად ლითონს — ქრომს, მანგანუმს.

რამდენიმე წლის წინათ ორმა ახალგაზრდა საბჭოთა ფიზიკოსმა თერმიტს მოუძებნა ახალი, ფრიალ ორიგინალური გამოყენება. მათ შემოიტანეს წინადადება თერმიტი გამოყენებულ იქნეს სწრაფად შეკეთებისათვის — მანქანებისა და დაზგების გაცვეთილი დეტალების ადგილზევე შესაცვლელად.

დეტალის გატეხვის ან გაცვეთის დროს საამქროს უფროსი ან ოსტატი გამოიძახებს ჩამომსხმელს. ჩამომსხმელი მოდის და თან მოაქვს მომცრო ტიგელი და თერმიტის ფხვნილი პატარა ტომსიკით. იგი იღებს დეტალის ზომებს და მიწისგან აკეთებს ამ დეტალის ყალიბს. ყალიბში ტიგელიდან ასხამს თერმიტის მიერ გამდნარ ლითონს. რამდენიმე წუთში, ლითონის გაცივების შემდეგ, დეტალი მზად არის.

ამგვარი „მოდრავი სამსხმელო“, რომელიც „მომენტალური“ ფოტოგრაფიის პრინციპებით მუშაობს, დიდ სამსახურს გაუწევს წარმოებას და ხელს შეუწყობს მანქანის გაცდენასა და მარცხის თავიდან აცილებას.

სწორედ ეს თერმიტი მოგვეხმარება ავანთოთ ყინული და მოვსპოთ ყინულით გზების ჩახერგვა.

როგორც კი აანთებენ ყინულზე დაბნეულ თერმიტის ფხვნილს, და როგორც კი გამდნარი რკინა, ალუმინის მიერ რკინის ჟანგიდან გამოდენილი, ცეცხლოვან ნაკადულეზად დაიღვრება ყინულზე, მოხდება ახალი ქიმიური რეაქცია. რკინა გაყინულ წყალს დაშლის შემადგენელ ელემენტებად — ჟანგბადად და წყალბადად. ჟანგბადი მაშინვე შეუერთდება რკინას და წარმოქმნის ჟანგს, ხოლო წყალბადი აინთე-

ბა. ყინული გადნება, გაფაშარდება და „დაიწვეება“. თუ ყინულში ღრმად ჩავდებთ თერმიტის ნაღმს და ცეცხლს წავუქვიდებთ, ნაღმი თვალისმომკრელი თეთრი ალით იფეთქებს. შორიდან გეჩვენება, თითქოს ყინულის მთელი ლოდი გათეთრებამდე გავარვარდა.

თერმიტით ყინულის „წვა“ თითქმის უხმაუროდ მიმდინარეობს, თერმიტის საშუალებით ყინულით ჩახერგვის თავიდან აცილება არ არის საზიანო ხიდის საყრდენებისათვის ან სხვა რაიმე ნაგებობისთვის, იგი არ ვნებს თევზებს, არ მოაქვს სამდინარო მეურნეებისათვის არავითარი უსიამოვნება.

სხედასხვა სახის ცხელი ალის თავისებურებათა გამოყენებით თანამედროვე ტექნიკა წარმატებით სწყვეტს მრავალფეროვან და რთულ ამოცანებს, რომელსაც დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს.





მინერალური სილიკატიანი

„ანათიას მისუარი სინათლე“

მითქმის ერთნახევარი საუკუნე გავიდა მას შემდეგ, რაც ადამიანებმა ქვანახშირის კოქსად გარდაქმნის დროს გამოყოფილი საწვავი გაზით სარგებლობა ისწავლეს. გაზის მისაღებად ცეცხლგამძლე აგურისაგან აგებულ დიდ და მაღალ ღუმელში ქვანახშირის ახურებენ 1000—1100 გრადუსზე ჰაერის მიუწოდებლად. ერთი ტონა ქვანახშირისაგან მიიღება 300—325 კუბომეტრი სანათი ან კოქსის გაზი (ასე ეწოდება კოქსოქიმიურ ქარხანაში მიღებულ გაზს), ოთხი ხუთი კილოგრამი ქვანახშირის ფისი, ორნახევარი-სამი კილოგრამი ამონიაკი.

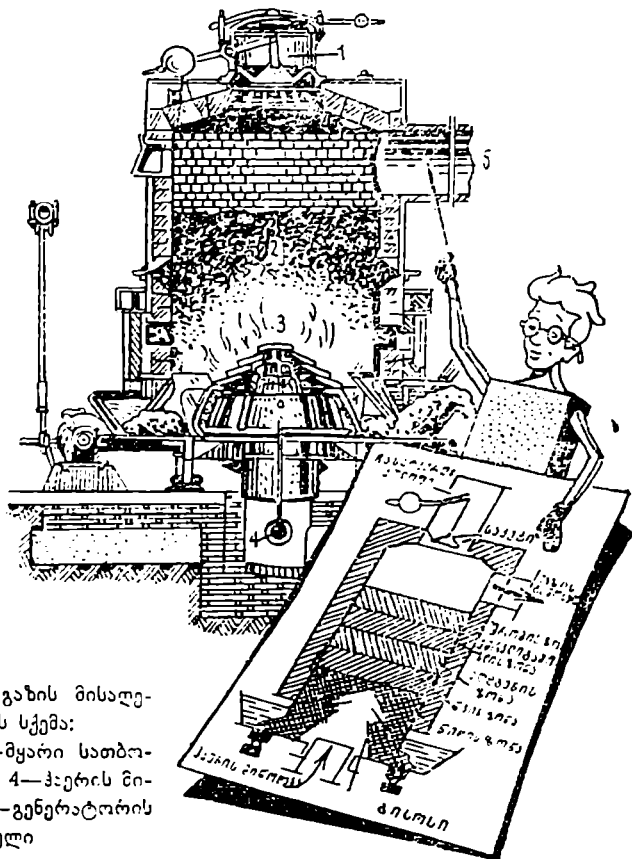
ქვანახშირის შედგენილობაში, ნახშირბადისა, წყალბადისა და აზოტის გარდა, შედის აგრეთვე მცირე რაოდენობით გოგირდი და წყალბადი. გახურებისას ნახშირბადის ნაწილი უერთდება ჟანგბადს და წარმოქმნის საწვავ გაზს — ნახშირჟანგს, ხოლო წყალბადი ნაწილობრივ უერთდება ჟანგბადს და წარმოქმნის წყალს. წყალბადის ნაწილი შედის ურთიერთმოქმედებაში ნახშირბადთან და წარმოქმნის აქროლად ორგანულ ნივთიერებას. ამ ნივთიერებათა ორთქლის გა-

ცივებისას მიიღება მუქი მურათურის არასასიამოვნო სუნის მქონე სითხე -- ქვანახშირის ფისი. მისგან ქიმიკოსები იღებენ ასზე მეტ ჰეირფას ორგანულ შენაერთს -- ნაფტალინს, კარბოლის მჟავას, ანტრაცენს.

სანათი ან კოქსის გაზი -- სხვადასხვა გაზების ნარევეს წარმოადგენს, მასში ნახევარზე მეტი წყალბადია, მესამედზე ცოტა მეტი -- მეთანი, დანარჩენი -- ნახშირჯანგი და გაზის მდგომარეობაში არსებული ნახშირწყალბადები.

საწვავი გაზის მიღება შეიძლება ქვანახშირის არა მარტო მშრალად გამოხდით, არამედ ქვანახშირის მაღალ ცილინდრულ ღუმელში -- გენერატორში გამოწვით.

როცა ქვანახშირი იწვის ორთქლმავლის საცეცხლეში ან ქარხნის ღუმელის რიკულში, მაშინ ნახშირის საწვავი ნითიე-



ჰყარი სათბობიდან საწვავი გაზის მისაღებად გენერატორის სქემა:
 1--ჩასატეხიტი ხერელი; 2--მყარი სათბობი; 3--ღუმელის ცხაურა; 4--ჰაერის ნისაწოდებელი ნასერეტი; 5--გენერატორის გაზის გამოსასეღელი

რება -- ნახშირბადი უერთდება ჰაერის ჟანგბადს და წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი.

სხვაგვარად მიმდინარეობს ნახშირის წვა გაზოგენერატორში. ნახშირის ფენის სისქე აქ ჩვეულებრივ მეტრნახევარს აღწევს. ღუმელში შერეული ჰაერი არ არის საკმარისი ნახშირის მთელი ფენის ნახშირორჟანგად დაჟანგვისათვის. იწვის ნახშირის მხოლოდ ქვე-

და ფენა. გავარვარებული ნახშირორქანგი აღის ზევით და გაზოგენერატორის მილში თითქმის ათას გრადუსამდე ახურებს ნახშირს. გახურებული ნახშირი ხარბად ურთიერთმოქმედებს ნახშირორქანგისათვის წართმეულ ეანგბადთან. წარმოიქმნება ახალი ნივთიერება — ნახშირქანგი, რომელსაც სხვაგვარად მხუთავი გაზი ეწოდება.

ამგვარი სახელწოდება ამ გაზმა მიიღო იმ მომწამლაი, შემხუთველი ზემოქმედების გამო, რომელსაც იგი ჩვენს ორგანიზმზე ახდენს, როცა ლუმელიდან შენობაში ვრცელდება. ასეთ შენობაში მყოფ ადამიანს ჯერ თავის ტკივილი და თავბრუსხვევა ეწყება, შემდეგ კარგავს გონებას და იგუდება. ეს ხდება იმის გამო, რომ ნახშირქანგი ქიმიურ რეაქციაში შედის სისხლის წითელი ბურთულების ჰემოგლობინთან, რომლის მეშვეობითაც ფილტვებიდან ქსოვილებში ეანგბადის გადატანა ხდება.

თუ მხუთავი გაზით გაგუდული ადამიანი სუფთა ჰაერს შეისუნთქავს, ჰემოგლობინს ისევ უბრუნდება ეანგბადის შთანთქმის უნარი.

მხუთავი გაზი ძლიერ სახიფათოა იმის გამოც, რომ ძნელია მისი ჰაერში აღმოჩენა. მას არა აქვს არც ფერი და არც სუნი. მაგრამ რატომ არის მაინც მხუთავი გაზის დროს სუნი? — იკითხავს მკითხველი. ამ შეკითხვაზე პასუხს ქიმიური ანალიზი იძლევა. ირკვევა, რომ მხუთავ გაზში ზოგიერთი ორგანული ნივთიერების მინარევია. სწორედ ეს მინარევი აძლევს მას სუნს.

შუშის წვისას, ისევე როგორც ნახშირის კოქსად გარდაქმნისას, ხეში არსებული წყალბადის ნაწილი უერთდება ნახშირბადს და წარმოქმნის ორგანულ ნივთიერებებს.

ზოგჯერ საქვაბეში, მალაროებში, გარაეებში გროვდება მხუთავი გაზი. ქვანახშირის მალაროებში, გემის ტრიუმში და სხვა ცუდად განიავებულ ადგილებში ხშირია ნახშირის ეანგით მოწამვლის შემთხვევები, ძლიერი მოწამვლის გამოსაწვევად საკმარისია ამ შხამიანი გაზის არსებობა ჰაერში პროცენტის მეათედი ნაწილებით. მხუთავი გაზი განსაკუთრებით სახიფათოა წყალქვეშა ნაგებზე. ეკიპაჟის მოწამვლა ნავს აუცილებელ დალუპვას უქადის.

როგორ შეიძლება უვნებელი გავხადოთ მხუთავი გაზი, წავართვათ მას მომწამლაი თვისებები? ამისათვის საკმარისია იგი გადავქციოთ ნახშირორქანგად. ჩვეულებრივ ტემპერატურასა და ატმოსფერულ წნევაზე იგი ხომ იჯანგება ჰაერის ეანგბადით. მაგრამ ნახშირორქანგის ურთიერთმოქმედებას ჰაერის ეანგბადთან მოვახერხებთ, თუ გამოვძებნით ისეთ კატალიზატორს, რომელიც აიძულებს მხუთავ გაზს დაიჯანგოს. მკვლევარების მიერ ამგვარი კატალიზატორი გამო-

იძებნა. ეს არის ჰოპკალიტი — მანგანუმისა და სპილენძის ჟანგულთა ნარევი. ჰოპკალიტის ფენაში ატარებენ ჰაერს მხუთავი გაზის მინარევით. მხუთავი გაზი მორჩილად გადაიქცევა არაშხამიან ნახშირორქანად.

გაზოგენერატორში ჰაერის ჩაბერვისას ჟანგბადთან ერთად შედის აზოტიც, რომლის შემცველობაც ჰაერში ოთხჯერ აღემატება ჟანგბადის შემცველობას.

ეს გაზი ხელს არ უწყობს წვას და არც თავად იწვის. ლუმელში იგი შეერევა ნახშირორქანს. ამ ნარევს უწოდებენ გენერატორის ანუ საჰაერო გაზს. მის ერთ მესამედს შეადგენს მხუთავი გაზი, ხოლო დანარჩენს — აზოტი.

გენერატორის გაზი არ იწვის ისეთი კაშკაშა ალით, როგორც სანათი ან კოქსის გაზი, სიტბოსაც ოთხჯერ უფრო ნაკლებს გამოსცემს. ამიტომ მას ხშირად „ლარიბ“ გაზს უწოდებენ. მიუხედავად ამისა ამ გაზს ფართოდ იყენებენ მეტალურგიულ და მინის ქარხნებში სადნობი ლუმელების გასახურებლად.

გაზოგენერატორებში შეიძლება უფრო „მდიდარი“ გაზის მიღებაც. თუ ჰაერის ნაცვლად გავარვარებული ნახშირის ფენაში წყლის ორთქლს გავატარებთ. მაშინ ნახშირბადი წყალს წაართმევს ჟანგბადის ატომს. მიიღება ნახშირქანგისა და წყალბადის ორი საწვავი გაზის ნარევი. ამ ნარევს „წყლის გაზი“ ეწოდება. მისი წვისას, გენერატორის გაზთან შედარებით, თითქმის სამჯერ უფრო მეტი სითბო გამოიყოფა.

წყლის გაზი, სანათი და კოქსის გაზის მსგავსად, კაშკაშა ცისფერი ალით იწვის. საბჭოთა კავშირის ბევრ ქალაქებში იგი, წარმოადგენს რა გაზის ქურებისათვის საწვავ წყაროს, მნიშვნელოვნად ამსუბუქებს დინასახლისების შრომას.

თუ გაზოგენერატორის რიკულში შევუშვებთ ჰაერისა და წყლის ორთქლის ნარევს, აგრეთვე გამოიყოფა საწვავი გაზი, მაგრამ უფრო „ლარიბი“ ვიდრე წყლის გაზია. ამ გაზს ეწოდება ორთქლ-ჰაერის გაზი. იგი შეიცავს დიდი რაოდენობით არასაწვავ მასალას — აზოტსა და ნახშირორქანს. ამ გაზს ხშირად იყენებენ უფრო მდიდარი ბუნებრივი გაზის განსაზღვებლად. ამგვარი ნარევი საფეხებით გამოსადეგია ბინების გაზიფიცირებისათვის და იაფი ჯდება, რადგან ორთქლ-ჰაერის გაზის მიღება შეიძლება მურა და სხვა დაბალი ხარისხის ნახშირისაგან.

დიდი ქიმიკოსის წინასწარმავწყელება

იმისათვის, რომ გაზოგენერატორებში ნახშირი საწვავ გაზად გადავაქციოთ, დიდი შრომის დახარჯვაა საჭირო. პირველ რიგში ნახშირი უნდა მოვიპოვოთ წილიდან და ამოვიტანოთ ზევით მიწის ზედაპირზე. დატვირთოთ მატარებლის რონოდები და ნახშირი გადავიტანოთ იმ ადგილას, სადაც გაზოგენერატორია. აქ ნახშირი უნდა ვაქციოთ ერთნაირი ზომის ნაჭრებად. გავანთავისუფლოთ მტვრისა და ნაფხვენებისაგან. ჩავეყაროთ გაზოგენერატორის მილში.

ნახშირის მოსაპოვებლად აუცილებელია ძვირადღირებული მალარო, რომელიც ბევრ ადამიანსა, და მანქანას მოითხოვს, სკირდება რთული მიწისქვეშა მეურნეობა.

ხომ არ შეიძლება მივიღოთ საწვავი გაზი ნახშირის მიწის ზედაპირზე ამოტანის გარეშე? როგორ გამარტივდებოდა მაშინ ქვანახშირში დაფარული მზის ენერჯის გამოყენება, ძალისა და სახსრების რა უზარმაზარ დანაზოგს მივიღებდით!

ეს შესანიშნავი აზრი პირველად დიდ რუს ქიმიკოსს დ. მენდელეევს დაებადა დაახლოვებით სამოცდაათი წლის წინათ.

დ. მენდელეევი დიდად იყო დაინტერესებული სამამულო მრეწველობით. იგი განსაკუთრებული ყურადღებით ეკიდებოდა რუსეთში ქვანახშირის აუზებისა და ნავთობის საქმის განვითარების საკითხებს, იგი მოგზაურობდა კავკასიასა და ღონბასში, ეცნობოდა ნავთობისა და ქვანახშირის მოპოვების ტექნიკას.

ღონეცის მალაროებში ყოფნისას მენდელეევს საბოლოოდ განუმტკიცდა იდეა — ქვანახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის შესახებ.

თავის წიგნებსა და სტატიებში იგი ამტკიცებდა, რომ ქვანახშირის სათბობი რამდენჯერმე გაიაფდება, თუ ქვანახშირს მიწისქვეშე გადავაქცევთ საწვავ გაზებად. გარდა ამისა, ამ გზით შესაძლებელი იქნება ნახშირის ისეთი თხელი ფენების გამოყენება, რომლის ჩვეულებრივი საშუალებით მოპოვება არახელსაყრელია. ამგვარი ფენები კი ძალზე ბევრია ჩვენს ქვეყანაში.

კიდევ უფრო ნათლად და მკაფიოდ ჩამოუყალიბდა მენდელეევს მოსაზრება ქვანახშირიდან საწვავი გაზის სამრეწველო მიღებაზე მიწისქვეშ, როცა მან გაიგო იმ გრანდიოზული მიწისქვეშა ხანძრების შესახებ, რომელიც ასე ხშირად ჩნდებოდა მალაროებში. გენიალურმა მეცნიერმა ამ უბედურებაში დაინახა გზა, რომლითაც განვითარდება მომავალში ქვანახშირის მრეწველობა.

მენდელეევმა პირველმა წამოაყენა შესანიშნავი იდეა — ნახშირის მიწისქვეშე გაზად გადაქცევა. მან შეიმუშავა უბრალო ტექნიკური ხერხი ამ იდეის ცხოვრებაში განსახორციელებლად.

„ფენაში იბურღება რამდენიმე ნასვრეტი — ამბობდა იგი — ერთ-ერთი მათგანი უნდა ემსახურებოდეს ჰაერის ჩაბერვას, სხვანი — საწვავი გაზების ამოქაჩვას (მაგალითად ინჟექტორით). შემდეგ შორ მანძილებზეც კი ამ გაზის მიყვანა ღუმელებთან სიძნელეს არ წარმოადგენს“.

დიდი მეცნიერი თორმეტი წლის განმავლობაში არა ერთხელ მიმართავდა მალაროს მფლობელებსა და ქვანახშირის მრეწველებს წინადადებით — დაეყენებინათ თუნდაც საწყისი ცდები ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიცირებისათვის.

მაგრამ მისი ყველა ცდა უშედეგო აღმოჩნდა. მენდელეევის მოწინავე წამოწყებებმა ვერ ჰპოვა მხარდაჭერა.

ოცდახუთი წლის შემდეგ მეორე გამოჩენილი ქიმიკოსი, ამჯერად ინგლისელი, ვილიამ რამსეი (ეს ის რამსეია, ვინც აღმოაჩინა ინერტული გაზები — არგონი, ნეონი, კრიპტონი, ქსენონი) აგრეთვე გამოვიდა ნახშირის მიწისქვეშე გაზად გარდაქმნის იდეით.

მან მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ტექნიკური პროექტიც კი შეიმუშავა.

ნახშირის ფენაში აკეთებენ ფენის გასწვრივ ორ ან უფრო მეტ რიგად განწყობილ ქაბურღილებს. მათში უშვებენ ფართო მილს, რომელშიც ათავსებენ ორ ერთიმეორეში ჩადგმულ უფრო ვიწრო მილებს. ნახშირის წინასწარ ცეცხლმოკიდებულ ფენაში ერთი მილით შეაქვთ შეკუმშული ჰაერი, ხოლო მეორით — წყლის ორთქლი.

ნახშირის ფენაში წარმოქმნილი საწვავი გაზი ზევით გამოდის ფართო მილით და გროვდება ამ მილთან მიერთებულ გაზ-ჰოლდერში. აქედან გაცივებული და მტერისაგან გასუფთავებული გაზი ათეულ და ასეულ კილომეტრებზე გაზის მილებით მიდის მომხმარებლებთან. ნახშირის ცეცხლმოკიდებული ფენის დასაწყისში ან როგორც ტექნიკაში უწოდებენ ცეცხლოვან სანგოვეში ჰაერის ჟანგბადი შედის რეაქციაში ფენის ნახშირბადთან და ჟანგავს მას ნახშირორჟანგად.

ამ დროს გამოიყოფა დიდი სითბო, რაც ახურებს ნახშირის ფენას და ნახშირორჟანგს.

გახურებული ნახშირორჟანგი მოძრაობს ცეცხლოვანი სანგოვეის გასწვრივ და ახლა თვითონ შედის რეაქციაში ქვანახშირის ფენის ნახშირბადთან.

წარმოიქმნება საწვავი გაზი — ნახშირის ჟანგი. წყლის ორთქლი, ქვანახშირის ფენის სისქეში გამავალი, აგრეთვე ურთიერთმოქმედებს ნახშირბადთან. გენერატორის მსგავსად აქაც წარმოიქმნება წყლის გაზი — წყალბადისა და ნახშირორჟანგის ნარევი.

ამ რეაქციების მიმდინარეობისას იხარჯება ნახშირის წვის დროს გამოყოფილი სითბოს ნაწილი.

სითბოს მეორე ნაწილი კი ხმარდება ნახშირის ფენის გახურებას.

ცეცხლოვან სანგრევეში განვითარებული მაღალი ტემპერატურის



ზეგავლენით მიმდინარეობს ნახშირის მშრალად გამოხდა. როგორც ქვანახშირის მშრალად გამოხდის დროს, ისე კოქსის ან სანათი გაზის მიღებისას, წარმოიქმნება აქროლადი ორგანული ნივთიერებები, რომელსაც ნახ-

შირორეანგი წარიტაცებს ცეცხლოვან სანგრევიდან.

ნიქიერი ინგლისელი ქიმიკოსის წინადადებას მისი რუსი კოლეგის წამოწყებათა ბედი ეწია.

მას მრეწველები აგრეთვე გულგრილად შეხვდნენ. თუმცა რამსეიმ მოახერხა ქვანახშირის ერთ-ერთ მრეწველთან მოლაპარაკება თავისი გამოცდის მომზადების შესახებ და უკვე ყველაფერი მზად იყო ცდის დასაწყებად. მაგრამ მაღაროს მეპატრონეს მალე დაეკარგა ინტერესი ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციისადმი და ცდა შეჩერებული იყო.

შენდლევეის წესით ქვანახშირის გაზიფიკაციის სქემა; ზემოთ—მიწისქვეშა გაზიფიკაციის სადგურის გარეგანი სახე; ქვემოთ — მიწისქვეშა გაზის გენერატორის სქემა

ორი უდიდესი ქიმიკოსის თამამმა აზრმა ე. ლენინის ყურადღება მიიპყრო. იგი ამ დროს საზღვარგარეთ ემიგრაციაში იმყოფებოდა და ცხოველი ინტერესით ადევნებდა თვალყურს არა მარტო ყველა პოლიტიკურ მოვლენას, არამედ ტექნიკის განვითარებასაც.

1913 წლის 4 მაისს გაზეთმა „პრავდამ“ დაბეჭდა ვლადიმერ ილიას-ძის სტატია — „ტექნიკის ერთ-ერთი უდიდესი გამარჯვება“.

იგი დაწვრილებით იხილავდა მიწისქვეშე უშუალოდ ნახშირიდან საწვავი გაზის მიღების ყველა მოგებასა და უპირატესობას და მიუთითებდა:

„ადამიანური შრომის უზარმაზარი რაოდენობა, რაც ახლა ხმარდება ქვანახშირის მოპოვებასა და გადაზიდვას, იქნებოდა და-

ზოგილი. 'შესაძლებელი იქნებოდა ქვანახშირის შედარებით უფრო ლარიბი და ამჟამად დაუმუშავებელი საბადოების გამოყენება. ბინების განათების და გათბობის დანახარჯები მნიშვნელოვნად შემცირდებოდა. ამ აღმოჩენით წარმოებაში მომხდარი გადატრიალება უზარმაზარი იქნებოდა“.

ლენინის მიერ ასე დიდად შეჟასებული მენდელეევი-რამსეის იდეის განხორციელება ჩვენს ქვეყანაში შესაძლებელი გახდა მხოლოდ დიდი ოქტომბრის რევოლუციის შემდეგ.

საბჭოთა ადამიანებმა პირველად მსოფლიო ტექნიკის ისტორიაში წარმატებით გადაჭრეს ეს ამოცანა და შეიმუშავეს მიწისქვეშა იაფი გაზის წარმოების ხერხი.

მიწისქვეშ, მალაროს გარეშე გაზის მიღების ხერხი საშუალებას იძლევა კიდევ უფრო გავაიფოთ იგი და ფართოდ ვაწარმოოთ ნახშირის დაწალხარისხოვანი ოხელი ფენების ექსპლოატაცია.

ფენაში ბურღავენ რიგ ვერტიკალურ ნასვრეტებს. ნაწილში აწარმოებენ ჰაერის ან ჟანგბადის ჩაბერვას, მეორე ნაწილიდან კი გამოაქვთ გაზი. პორების საშუალებით ნახშირის სისქეში ჰაერი აღწევს ქაბურღილიდან ქაბურღილამდე.

თუ ქაბურღილში ჩავბერავთ სუფთა ჟანგბადს, მაშინ მიიღება გაზი, გამოსადეგი ძვირფასი ქიმიური პროდუქტების (სპირტი, ამონიაკი, ზენზინი და სხვა) მისაღებად. ამგვარი გაზი სჭირდება ქიმიკოსებს, მას გამოიყენებენ მეტალურგებიც. ამ გაზით კოქსის შეცვლა შეიძლება მადნიდან რკინის გამოდნობის დროს.

დიდი ხანი არ არის, რაც მწყობრში ჩაღვა კიდევ ერთი მიწისქვეშა გაზიფიკაციის სადგური. ეს სრულიად უჩვეულო სადგურია. მიწისქვეშ ნახშირის ფენის წვის დროს მიღებული გაზი მოხვდა არა ორთქლის ქვაბების საცეცხლეში, არამედ გაზის ტურბინებში. იგი აამოძრავებს ელექტრული დენის გენერატორს.

გამოთვლილია, რომ ნახშირის ან ტორფის მიწისქვეშა გაზით შეცვლისას, სათბობის ღირებულება შემცირდება ორნახევარჯერ. თითქმის ხუთნახევარჯერ იზრდება მუშების შრომის ნაყოფიერება.

ელექტროსადგური, რომელიც მყარი სათბობის ნაცვლად მიწისქვეშა გაზით სარგებლობს, იძლევა ეკონომიას, რომელიც ათეულ მილიონ მანეთებში გამოითვლება.

უახლოეს ხუთ-ათ წელიწადში აიგება ახალი მიწისქვეშა გაზის სადგურები კუზბასში, მოსკოვის მახლობელ ნახშირის აუზზე. ეს ახალი სადგურები ყოველწლიურად ათეულ მილიარდზე მეტ კუბომეტრ გაზს გამოიმუშავენ.

ქვანახშირი — ძვირფასი სათბობია. მაგრამ უფრო ძვირფასი სათბობია — ნავთობი. 10500 კალორია სითბოს მიღება შეიძლება, თუ დავწვავთ ერთ კილოგრამ ნავთობს. ერთი კილოგრამი ნახშირის წვისას კი მხოლოდ 7000 კალორია სითბო მიიღება.

ჩვენი ეპოქაში ნავთობი არა მარტო მაღალკალორიული სათბობია, არამედ იგი ძვირფასი ქიმიური ნედლეულის მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენს. არასასიამოვნო სუნის მქონე მურა-შავი სითბისაგან იღებენ არომატულ სუნამოებსა და ესენციებს, კაშკაშა საღებავებსა და გამძლე, პლასტმასას, მოქნილ რეზინსა და სასწაულმოქმედ სამკურნალო წამლებს.

მაგრამ მოპოვებული ნავთობის უმეტესი ნაწილი მაინც ბენზინის წარმოებაზე იხარჯება.

თუ სწორ ხაზზე ჩავამწკრივებდით ჩვენი ქვეყნის ნავთობ გამოსახდელ ქარხნებში ყოველწლიურად მიღებულ ბენზინთან ცისტერნებს, მანძილს მოსკოვიდან ვლადივოსტოკამდე.

მსოფლიოში ყოველწლიურად იზრდება თვითმფრინავების, ავტომანქანების, ტრაქტორების, თბომავლების რიცხვი, იზრდება ნავთობისა და ბენზინის დანახარჯები.

თუმცა მსოფლიოში ნავთობის მარაგი ძლიერ დიდია, მაგრამ იგი დედამიწაში ქვანახშირის რაოდენობას თითქმის ათასჯერ ჩამორჩება.

ყოველწლიურად კი მთელს მსოფლიოში, ქვანახშირთან შედარებით დაახლოებით ოთხჯერ ნაკლები ნავთობი იხარჯება. თუ ნავთობის ხარჯი დღევანდელ დონეზე შეჩერდება, მაინც ნავთობის მარაგი, ქვანახშირის მარაგზე ბევრად უფრო მაღე ამოიწურება.

ნავთობის მარაგი კაცობრიობას ეყოფა კიდევ ასობით წელს, რადგან განუწყვეტლივ ხდება ახალ-ახალი საბადოების აღმოჩენა. მაგრამ მეცნიერები უკვე დიდი ხანია ფიქრობენ იმაზე, თუ როგორ იპოვნონ, მიიღონ ნავთობის შემცველი.

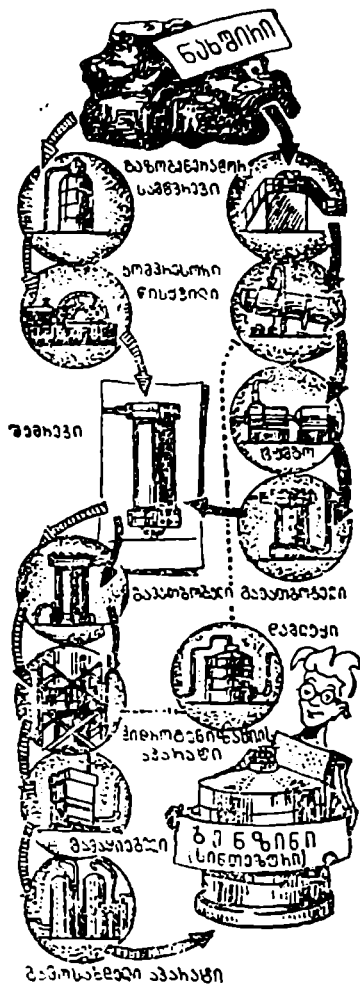
ხელოვნური თხიერი სათბობის შექმნაზე განსაკუთრებით ენერგიულად ნუშაობენ იმ ქვეყნის მეცნიერები და ინჟინრები, სადაც ნავთობი საერთოდ არ მოიპოვება. ხელოვნური ნავთობის მისაღებ მასალად მეცნიერებსა ქვანახშირის გამოყენება გადასწყვეტეს. ერთი შეხედვით შეიძლება გვეჩვენოს, რომ არაფერია საერთო ქვანახშირის შავ ნაჭერსა და ბენზინის გამკვირვალე წვეთებს შორის. მაგრამ ნავთობისა და ქვანახშირის ქიმიური შემადგენლობის შესწავლამ ცხად-ჰყო მათი „ნათესაურობა“.

ორივე ნიეთიერება შეიცავს ოთხ ძირითად ელემენტს: ნახშირბადს, წყალბადს, ჟანგბადსა და აზოტს. ამ ოთხი ელემენტიდან სჭარბობს ნახშირბადი და წყალბადი, თუმცა მათი პროცენტული შემცველობა ნახშირსა და ნავთობში განსხვავებულია. მაგალითად, ქვანახშირში წყალბადის ერთ ნაწილზე მოდის 15-დან — 20-მდე ნაწილი ნახშირბადი; ნედლ ნავთობში ნახშირბადი ორ-სამჯერ ნაკლებია. იგი მხოლოდ 6,5 ნაწილს აღწევს, ხოლო ბენზინში კიდევ უფრო ცოტაა — ერთ ნაწილ წყალბადზე ნახშირბადის მხოლოდ 5.7 ნაწილი მოდის.

მამასადამე, მსჯელობდნენ მეცნიერები, იმისათვის, რომ ნახშირი გათხევადდეს, საჭიროა პირველ რიგში შევცვალოთ ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებს შორის თანაფარდობა ისე, რომ იგი არ აღემატებოდეს 6,5:1, ანდა იყოს უფრო ნაკლებიც ე. ი. საჭიროა ნახშირბადის წყალბადით გაჯერება.

აღმოჩნდა, რომ ნახშირბადის ატომებს შეიძლება მიეფერთოთ წყალბადის საჭირო რაოდენობა, თუ ვისარგებლებთ ქიმიკოსების ერთგული თანაწინაწილების — მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის სამსახურით.

ნახშირის თხევად სათბობად გარდაქმნის ამგვარ საშუალებას ტექნიკაში უწოდებენ ჰიდროგენიზაციას (ლათინური სიტყვიდან ჰიდროგენიუმ — წყალბადი). ნახშირს ფქვავენ. შემდეგ ამ ფხვნილს ურევენ მძიმე ზეთებში (ამ ზეთებს აგრეთვე ნახშირიდან იღებენ, მისი მშრალად გამოხდის დროს) სქელი პასტის მიღებამდე. მძლავრი, დიდი წნევის ქვეშ მომუშავე ტუმბოებით აღნიშნულ ნარევეს აწვდიან აპარატს —



ქვანახშირისაგან სინთეზური ბენზინის მიღების სქემა

ეგრეთწოდებულ თბოგამცველს. აქ პასტას, წყალბადის დამატების შემდეგ, ახურებენ.

გახურებული ნარევი გადადის ფოლადის მალალ კოშკში — სარეაქციო მილში. ხუთსართულიანი შენობის სიმაღლის ამ კოშკში, რომლის წონა თითქმის 100 ტონაა, პასტა სითხედ გარდაიქმნება.

ქვანახშირის შემქმნელი ნივთიერებების რთული მოლეკულები მალალი ტემპერატურის (500 გრადუსი) და უზარმაზარი წნევის (700 ატმოსფერო) ზეგავლენით იშლება ცალკეულ ნაწილებად. ამ „ნამსხვრევებს“ უერთდება წყალბადის ატომები და ახალი მოლეკულები წარმოიქმნება.

ნახშირის გათხევადებისათვის არაა საკმარისი დიდი წნევა და რეაქტორში მალალი ტემპერატურის შექმნა, საჭიროა ნახშირის პასტაში უზარუნველყოთ ნახშირბადსა და წყალბადს შორის სწორი შეფარდება.

მაგრამ ესეც არაა საკმარისი. დიდი მნიშვნელობა აქვს ახლად წარმოქმნილი მოლეკულების ზომასა და „კონსტრუქციას“. ამ მოლეკულებში არ უნდა იყოს ნახშირბადის ხუთ ატომზე მეტი.

სასურველი აღნაგობის მქონე მოლეკულების მიღებაში კატალიზატორები გვეხმარება. კატალიზატორად ყველაზე უფრო ხშირად გამოიყენება რკნის ჟანგი, რომელსაც წვრილი ფხენილის სახით ურევენ ნახშირის პასტაში.

რეაქტორში გრძელდება ნახშირის პასტიდან მიღებული სითხის შემდგომი გადამუშავება. მას აგზავნიან გამყოფში, ამ აპარატში სითხის ის ნაწილი, რომელსაც დუდილის უფრო მალალი ტემპერატურა აქვს, გამოეყოფა უფრო მსუბუქი ფრაქციების — წყლისა და კატალიზატორის ორთქლს.

სითხის უფრო მსუბუქი ნაწილების ორთქლი გადააქვთ მაცივარში, სადაც მათ ათავისუფლებენ გაზებისაგან და ასქელებენ. მაცივარში მიღებულ სითხეს მშრალად გამოხდიან, ამ დროს უკვე მიიღება მცირე რაოდენობით ბენზინი. ამ სითხის უმეტესი ნაწილი — საშუალო და მძიმე ზეთები გადაიტანება მეორე რეაქტორში. აქ მას უმატებენ ცოტაოდენ წყალბადს და ახურებენ, მაგრამ უფრო ნაკლები წნევისა და დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედებით. საშუალო ზეთი მეორადი ჰიდროგენიზაციის დროს (ასე უწოდებენ ამ ოპერაციას წარმოების მუშაკები) გარდაიქმნება ბენზინად. მძიმე ზეთი, რომელიც ნარჩენშია, ისევ ბრუნდება შემრევ მოწყობილობაში, სადაც ნახშირის პასტა მზადდება.

მეორადი ჰიდროგენიზაციის დროს მიღებული ბენზინი ჯერ კიდევ შეიცავს გაზებსა და იმ მინარევებს, რომელიც მიიღება საშუა-

ლო ზეთის წყალბადთან არასრული ურთიერთმოქმედების გამო. ამიტომ რეაქტორიდან ორთქლს თავდაპირველად ატარებენ მაცივარში, სადაც იგი სითხედ იქცევა და სეპარატორში, სადაც თავისუფლდება გაზებისაგან — პროპანისა და ბუტანისაგან. ეს გაზები შემდგომ გამოიყენება ბევრი ძვარფასი ქიმიური პროდუქტის მისაღებად. საჭიროა კიდევ ბენზინს საშუალო ზეთის მინარევები ჩამოსცილდეს. მიღებულ სითხეს ერთხელ კიდევ მძრალად გამოხდინან, გამოიყოფა სუფთა ბენზინი, ხოლო ნარჩენებს აგზავნიან ხელმეორედ ჰიდროგენიზაციისათვის.

ქვანახშირის ან წესით დამუშავებისას შესაძლებელი ხდება ქვანახშირში არსებული ნახშირბადის 85 პროცენტი გადავაქციოთ თხევად სათბობად ე. ი. ერთი ტონა ქვანახშირიდან მივიღოთ 800—850 კილოგრამი ხელოვნური ბენზინი და ძრავას სხვადასხვა სახის სათბობი.

ერთი ტონა ქვანახშირის ჰიდროგენიზაციისათვის საჭიროა დაახლოებით ასი კილოგრამი წყალბადი.

ქიმიკოსებმა ისწავლეს ბენზინისა და სხვა სახის თხევადი სათბობის მიღება არამარტო უშუალოდ მაგარი, მყარი ნახშირიდან, არამედ ქვანახშირის ფისისაგან.

ნახშირს ყრიან სპეციალურ ლუმელში და აქ ჰაერის მიუწოდებლად ახურებენ 500—600 გრადუსამდე. სითბოს ზემოქმედებით გამოიყოფა ქვანახშირის ფისი და საწვავი გაზი. ნარჩენებში გროვდება მყარი შავი ნივთიერება — ნახევრად კოქსი. ქვანახშირის მძრალად გამოხდის ამგვარ პროცესს, ქვანახშირის დაკოქსვისაგან განსხვავებით, ნახევრად დაკოქსევა ეწოდება. დაკოქსვის დროს ქვანახშირი შვიდას-ორმოცდაათზე უფრო მაღალი ტემპერატურით ხურდება.

ქვანახშირის ჩვეულებრივი ფისი სქელი ზეთისებრი, თითქმის შავი ფერის სითხეა, ხოლო ნახევრად დაკოქსვის დროს მიღებული ფისი მუქიყავისფერი ან ოქროსფერ-წითელია, უფრო მსუბუქია და სუნითაც განსხვავებული.

თავისი შემადგენლობით იგი გაცილებით უფრო ახლოს დგას ნავთობთან, ვიდრე მყარ ქვანახშირთან. ამ ფისში წყალბადის ერთ ნაწილზე მოდის ნახშირბადის რვა ნაწილი.

ამ ფისიდან ბენზინის, ნავთის, დიზელის ზეთის და სხვა სახის ხელოვნური თხიერი სათბობის მისაღებად აწარმოებენ მის ჩვეულებრივ მძრალად გამოხდას. მაგრამ გამოხდამდე საჭიროა ფისის განთავისუფლება ფენოლების — იმ ორგანული ნივთიერებებისაგან, რომელთა შემადგენლობაშიც ქანგბადი შედის. ეს ჩამოცილებული ნაერ-
6. ბ. როზენი

თები წარმოადგენს ქიმიურ ნედლეულს პლასტმასის, საღებავების, ფეთქებადი ნივთიერებების დასამზადებლად.

ფისის მშრალად გამოხდისას შესაძლებელი ხდება ფისის წონიდან 50—60 პროცენტი თხევადი სათბობის მიღება. რეტორტაში რჩება ცომის მსგავსი სქელი მასა — პეკი. ეს მასაც არ იკარგება ტყუილუბრალოდ. მისგან აკეთებენ გზების საფარს, იყენებენ ტოლის დასამზადებლად. ფისისაგან კიდევ უფრო მეტი თხევადი სათბობის მიღება შეიძლება, თუ ვაწარმოებთ მის ჰიდროგენიზაციას. ამ დროს თითქმის მთელი ფისი გარდაიქმნება ძვირფას სითხედ.

საბჭოთა კავშირში ნავთობის უზარმაზარი რესურსებია. მსოფლიო ნავთობის მარაგის თითქმის ნახევარი თავმოყრილია კავკასიასა და შუა აზიაში, ბაშკირეთსა და ვოლგისპირეთში, კამისა და პეჩორის წიღამოებში. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენი ქვეყანა მდიდარია ნავთობით, „თხევადი“ ნახშირის წარმოებას ჩვენთვისაც დიდი მნიშვნელობა აქვს. საბჭოთა კავშირის ბევრი ოლქი ძალიან დაზოგებულია ნავთობის წარმოების ადგილებს. ამ ოლქებში ბენზინისა და ნავთობის პროდუქტები რამდენჯერმე უფრო ძვირი ეღირება, ვიდრე ნავთობის მოპოვების ადგილებში.

ქვანახშირის საბადოები, ნავთობისაზე უფრო ხშირად გვხვდება. იგი თითქმის ჩვენს ყველა რესპუბლიკაში და ყველა მხარეშია თავმოყრილი — სამხრეთში და ჩრდილოეთში, დასავლეთში და აღმოსავლეთში.

მაშასადამე ქვანახშირის თხევად ხელოვნურ სათბობად გარდაქმნით შეიძლება გავათავისუფლოთ ტრანსპორტი არასაჭირო გადაზიდვისაგან, შევამციროთ საწვავის გადასატანად საჭირო ხარჯები.

თხევად სათბობად შეგვიძლია გადავაქციოთ ნებისმიერი, თუნდაც ყველაზე დაბალი ხარისხის ქვანახშირიც, რომლის გამოყენებაც მეტალურგიულ ქარხნებს არ შეუძლია. ამგვარი ნახშირი კი ჩვენ მოგვეპოვება თითქმის ყველა ოლქსა და რაიონში.

ამიტომ აქცევს ესოდენ დიდ ყურადღებას კომუნისტური პარტია და საბჭოთა მთავრობა ჩვენს ქვეყანაში თხევადი ხელოვნური სათბობის წარმოების განვითარებას.



თქვი ანუ თქ



საქართველოს მ ი მ ი კ

შეიქმედილი აუთოქაბა

მთის მასივებისა და წიაღისეული საბადოების სანგრევად ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენებას სამთო საქმეში დიდი ხნის ისტორია აქვს. ჯერ კიდევ XVII საუკუნეში — 1627 წელს — ტიროლელმა მეზახტემ ვეინდლმა, თოფის შავი წამლით ისარგებლა მალაროში მადნის ფენის მოსანგრევად. ორი წლის შემდეგ სამთო საქმეში ასაფეთქებელი სამუშაოებისათვის კვამლიანი დენთის გამოყენება დაიწყო ჩეხეთში, ხოლო მოგვიანებით სხვა ქვეყნებშიც.

XIX საუკუნეში შავი დენთი შეცვალა დინამიტმა, ამონალმა და სხვა ფეთქებადმა ნივთიერებამ.

მაგრამ ასაფეთქებელი ნივთიერება ერთბაშად ასეთი დიდი რაოდენობით არასოდეს არ უზარიათ. და არც ქვის ამგვარი უზარმაზარი რაოდენობა არასოდეს არ აუფეთქებიათ, როგორც ლანჩ-ჟოუში, (ჩინეთი), 1956 წ.

აფეთქების ადგილზე სამმა ათასმა სატვირთო ავტომანქანამ მიზილა ასაფეთქებელი ნივთიერება. აფეთქებამ ჰაერში აიტაცა და გადაისროლა ორ მილიონამდე ტონა მთის ქანი.

აფეთქების ძალამ რვა მილიონამდე კუბომეტრი მთის ქანი დაანგრია. აფეთქების შედეგად 100 მეტრი სიღრმისა და ნახევარი კილომეტრი დიამეტრის მქონე ღრმული წარმოიქმნა.

დიდი აფეთქებების დროს, რომელსაც აწარმოებენ კლდეების დასანგრევად, ქვაბულის მისაღებად ან არხის გასაყვანად, ზოგჯერ სასურველია, რომ ჰაერში ატანილი მთის ქანი ან ნიადაგი ერთი რომელიმე გარკვეული მიმართულებით იქნეს გადასროლილი. ასეთ აფეთქებას ტექნიკაში „მიმართულს“ უწოდებენ.

მიმართული აფეთქების მომხადებისას ნიადაგში ან მთის ქანში მუხტების ორ რიგს ათავსებენ. პირველი რიგი სუსტი მუხტისაგან შედგება, მეორე რიგი კი — უფრო ძლიერისაგან. პირველად აფეთქებენ უფრო სუსტ მუხტებს, რომელიც აფხვიერებს და ზევით ყრის ნიადაგს. 2-3 წამის შემდეგ აფეთქებენ მუხტების მეორე რიგს.

აფეთქების მძლავრი ტალღა მაღლა ატყორცნილი ქანის მასას სასურველი მიმართულებით გადაისვრის.

მიმართული აფეთქებით უკანასკნელ წლებში ჰიდროტექნიკაში იწყეს სარგებლობა — ჯებირების, მიწაყრილების, სანავსადგურო ნაგებობების მშენებლობაში. ის მდინარეთა წყალდიდობასთან საბრძოლველადაც გამოიყენეს. უზბეკეთში რამდენიმე წლის წინათ, გაზაფხულზე მთაში თოვლის სწრაფად გადნობის გამო აღიღდა მდინარე ანგარენი. წყალი გადნოვიდა ნაპირებიდან და წალეკა ახლომდებარე არხები და ხეები. ზოგიერთ არხს ნაპირები ჩამოენგრა და მდინარის კალაპოტის ჩახერგა გამოიწვია. ამის გამო მდინარის ზოგიერთ უბანზე წყლის დონემ მნიშვნელოვნად იმატა. მდინარე მახლოსეულ სოფლებსა და ნათესებს წალეკვით ეტუქრებოდა. კატასტროფა მხოლოდ მიმართული აფეთქების დახმარებით იქნა თავიდან აცილებული. აფეთქება გვეხმარება უფრო სწრაფად მოვიპოვოთ ქვანახშირი, დედამიწის წიაღიდან ამოვიღოთ ძვირფასი ლითონები. ქვაპარილი, საშენი მასალა. გაპოთვლილია, რომ ქვანახშირის მრეწველობა ყოველწლიურად მთელს მსოფლიოში ასიათას ტონაზე მეტ ასაფეთქებელ ნივთიერებებს ხარჯავს.

ხუთწლეულების განმავლობაში ჩვენი სამშობლოს დიდ მდინარეებზე — ვოლგაზე კამაზე, დნეპრზე აშენდა მძლავრი ჰიდროელექტროსადგურები, რომლებიც მილიარდობით კილოვატ ელექტროენერგიას აძლევს ფაბრიკებსა და ქარხნებს, კოლმეურნეობებსა და საცქოთა მეურნეობებს.

მიმდინარე შეიღწეულში საბჭოთა კავშირის აღმოსავლეთ რაიონებში რიგში ჩადგება გიგანტური ჰიდროელექტროსადგურები: ირკუტსკისა და ბრატსკის — ანგარაზე, კრასნოიარსკისა — ენისეისზე.

საბჭოთა კავშირის რუკაზე გაჩნდა ახალი ზღვები და არხები. ვ. ი. ლენინის სახელობის ვოლგა-დონის არხმა ჩვენი სამშობლოს დედაქალაქი — მოსკოვი ხუთი ზღვის (თეთრი, ბალტიის, შავი, აზოვისა და კასპიის) ნავსადგურად გადააქცია.

ათას კილომეტრზე მეტი სიგრძის თურქმენეთის მთავარი არხი უდაბნოს შავ ქვიშას ნაყოფიერ მიწადრებად და აყვავებულ ბღებად გადააქცევს.

და ყოველ მშენებლობაზე, რომელიც განხორციელდა ან ხორციელდება ჩვენს ქვეყანაში, აფეთქება ჰიდროტექნიკოსებისა და მშენებლების შეუცვლელი და ერთგული დამხმარეა.

აფეთქება, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა მცირე ფართობზე დარტყმის უზარმაზარი ძალა შექმნას, პატარა მონაკვეთზე გრანდიოზული სიმძლავრე განაფითაროს, თანამედროვე ტექნიკის მიერ ფართოდ გამოიყენება საცხოვრებელი სახლებისა და საზოგადოებრივი ნაგებობების მშენებლობაში, გზების გაყვანისა და ლიანდაგის დაგების დროს.

აფეთქების მეთოდები გამოყენებას პოპულობს ნავთობის, მეტალურგიულ და მანქანათმშენებელ მრეწველობაშიც.

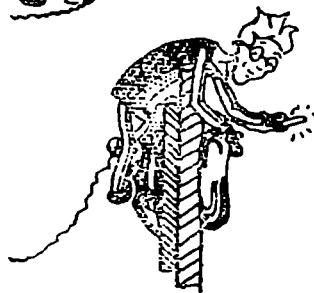
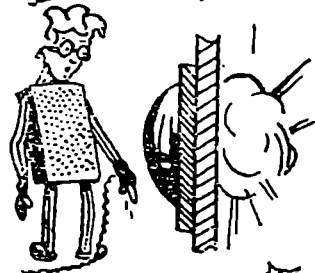
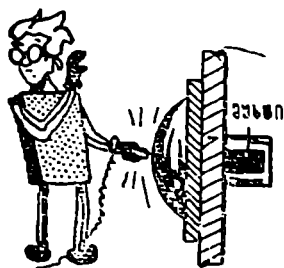
დღეს, ნავთობის ჰაბურლილს თავს კი არ ანებებენ. როდესაც ის შეწყვეტს ნავთობის მოცემას, არამედ მას „აცოცხლებენ“ აფეთქების საიუალბით. ჰაბურლილის ფსკერზე ფეთქებად ნივთიერებას აფეთქებენ და აქ ჩნდება ნავთობი. აფეთქებამ შესაძლებელი გახადა მრავალი თავმინებებული ჰაბურლილი ისევე მწყობრში ჩამდგარიყო.

ბრძმედში, მადნიდან თუჯის გამოდნობისას, ზოგჯერ წარმოიქმნება გაცივებული ლითონის დიდი მასები, რაც ღუმელის ნორმალურ მუშაობას აფერხებს და ზოგჯერ კატასტროფითაც კი მთავრდება. როგორ შეიძლება ამ მასების დაგროვების თავიდან აცილება? შეიძლება შევაჩეროთ ღუმელის მუშაობა და გამოვიტანოთ ლითონის მასა, მაგრამ ეს ძლიერ რთულია და ძვირიც ჯდება. გაცილებით მარტივი და სწრაფია თუ ლითონის ამგვარ მასაში გვაკეთებთ პატარა ნახვრეტებს, ჩავდებთ შიგ ასაფეთქებელ პატრონებს და ავაფეთქებთ. აფეთქება ლითონის მასას დაშლის პატარა ნატეხებად ღუმელის დაუზიანებლად.

გემებისა და თვითმფრინავების აგებისას ხშირად დასაყენებელია მოქლონების დიდი რაოდენობა, რომელთა რიცხვი ასეულ ათასებს და ზოგჯერ მილიონებსაც კი აღემატება. დამოქლონების ჩვეულებრივი წესი დიდ დროს მოითხოვს და მეტად შრომატევადია.

გამომგონებლებმა დიდი ხანია მიზნად დაისახეს ამ ხანგრძლივი და შრომატევადი სამუშაოს შემსუბუქება. აქ მათ დაეხმარა აფეთქება,

საქმე იმაშია, რომ შესაძლებელია აფეთქების ძალის რეგულირება. შეგვიძლია გიგანტური აფეთქების მოწყობა, როდესაც საჭიროა მთის ჩამონგრევა, ქვაბულის შექმნა, არხის გაყვანა. შესაძლებელია მინიატურული აფეთქების მიღებაც.



დამოქლონება აფეთქების საშუალებით

აფეთქების წესით დამოქლონებისას მოქლონის ცილინდრულ ბოლოზე გაკეთებულ ღრმულში ათავსებენ ასაფეთქებელი ნივთიერების მცირე რაოდენობას. მოქლონს ათავსებენ ლითონის ფურცლებზე გაკეთებულ ნახერცში. მუშა აცხელებს ლითონის ნაჭერს და რიგ-რიგობით ადებს მოქლონის თავს. სითბოს გავლენით ასაფეთქებელი ნივთიერება ფეთქდება. აფეთქება ცილინდრულ ნაწილს აფართოებს და მოქლონი მკიდროდ ჯდება თავის ფოსოში.

აფეთქება ფასდაუდებელ სამსახურს უწევს გეოლოგიის სასარგებლო წიაღისეულის ძიებაში, ნავთობის, ქვანახშირის, ლითონის არაერთი საბადო იქნა აღმოჩენილი აფეთქების დახმარებით. სავარაუდო საბადოს რაიონში მიწაში თხრიან პატარა ორმოებს. შიგ ცოტაოდენ ასაფეთქებელ ნივთიერებას ათავსებენ. აფეთქებისას ისეთივე ტალღები წარმოიქმნება, როგორც მიწისძვრისას. აფეთქების ტალღა გავრცელებ

ბის დროს ხვდება მთის ქანებს, ქვანახშირის ან ქვანარჩის ფენებს, აირეკლება მათგან და დედამიწის ზედაპირზე ბრუნდება. მაგრამ ტალღა, ქანის სიმკვრივის შესაბამისად, სხვადასხვაგვარად აირეკლება. აფეთქების ტალღის გავრცელებისა და მისი არეკლების რეგისტრაციას სპეციალური მგრძნობიარე ხელსაწყოებით ახდენენ. ამ ხელსაწყოების საშუალებით მიღებული მრუდის ხასიათის მიხედვით სპეციალისტის გამოკდილი თვალი იოლად არკვევს, არის თუ არა მოცემულ რაიონში სასარგებლო წიაღისეული საბადო.

სახალხო მეურნეობას დიდ ზარალს აყენებს ტყის ხანძარი.

ზოგჯერ პაპიროსის გადაგდებული ნამწვავის ან ჩაუმქრალი ნაკვერცხ-
ლებისაგან ტყის უზარმაზარი მასივები იღუპება. ტყეში გაჩენილი
ხანძრის სწრაფად ჩაქრობა და ისიც ზაფხულის ცხელსა და მშრალ
ამინდში, ძნელია.

ცეცხლთან ბრძოლის საუკეთესო საშუალებაა აფეთქება. აფეთ-
ქებით სწრაფად შეიძლება ფართო განაკაფის გაყვანა, რომელიც გზას
გადაუღობავს ტყის ტევრში გამძვინვარებულ ცეცხლს. აფეთქება
გვეხმარება მოვსპოთ ცეცხლი, ვმართოთ წყლის სტიქია, ვაწარმოოთ
ქაობის ამოშრობა, მინდვრის მორწყვა, მდინარის კალაპოტის და-
ხელოვნური წყალსატევების შექმნა.

ჯერ კიდევ რამდენიმე ათეული წლის წინათ, როდესაც ყინულთ-
სელის დროს მდინარის სათავეში დაგროვილი ყინული ხე-ტყის და-
ცურებას უშლიდა ხელს, ყინულს ხერხით ხერხავენდნენ. ადვილი წარ-
მოსადგენია, თუ რამდენი დრო და შრომა იხარჯებოდა ასეთ
შრომატევად სამუშაოზე. ახლა კი საკმარისია მხოლოდ რამდენიმე
საათი და ასაფეთქებელი ნივთიერების გარკვეული რაოდენობა, რათა
ყინულხერგილი გაიწმინდოს.

გარდუვალი დაღუპვა ემუქრება გემს. რომელიც მკაცრი არქ-
ტიკის ყინულებშია ჩაქედილი. უზარმაზარი ყინული ყოველმხრივ
უდიდესი ძალით აწევბა გემის ტანს და გასრესით ემუქრება. მაგრამ
მამაცი ნეზღაურები, გამოწრთობილნი ბუნების მრისხანე სტიქიასთან
ბრძოლაში, ყინულს ომს უცხადებენ. გემის ირგვლივ ყინულში ისინი
ასაფეთქებელ ნივთიერებას ათავსებენ და მალე ჰაერს შესძრავს
აფეთქების ხმა, რომელიც საარტილერიო ქვევებების სროლას წააგავს.
ათასნოვანი გრიალი ეხოს ყინულოვან სივრცეებზე გადააქვს. აფეთ-
ქება გზას უხსნის გემს, რომელიც თამამად მიემართება გზაკაწმენდი-
ლი წყლებისაკენ.

მაგრამ აფეთქება, ადამიანის ეს ერთგული დამხმარე და მეგო-
ბარი, ზოგჯერ მის უბოროტეს მტრად იქცევა.

სიკვდილისა და ნგრევის მომხანი

ივლისის მცხუნვარე შუადღე იდგა. მწველი მზის სხივები ულ-
მობლად სწვავდა სახეს, კისერს, ხელებს. სამხრეთის სხვა ქალაქების
მოსახლეობის მსგავსად, ესპანეთის საპორტო ქალაქ სანტანდერის
მცხოვრებანიც თეთრი სახლების გრილ კედლებს იქით და ბალის
ჩრდილში ეძებდნენ სიგრილეს.

უეცრად ზღვის მხრიდან გამოჩნდა ალის უზარმაზარი ენა, გა-
ხეული სქელ შავ კვამლში.

ხალხი სანაპიროსაკენ გაიქცა, რათა საქმის ვითარება შეეტყუა. შეჯგუფდა დიდი ბრბო.

მიწაყრილთან შორიახლო რკინითა და დინამიტით დატვირთული გემი იწვოდა. როდესაც ხანძარი დაიწყო, ნაპირზე საჩქაროდ გადმოტვირთეს დინამიტისანი ყუთები. გემის წარმომადგენელმა, რომელიც გადმოტვირთვას თვალყურს ადევნებდა, პორტის ხელმძღვანელობას განუცხადა, რომ დინამიტი მთლიანად გადმოტანილია ნაპირზე. გემი იწვოდა. სანაპიროზე უსაქმურთა ჯგუფი განუწყვეტილად მატულობდა.

უეცრად, ხანძრის დაწყებიდან ორი საათის შემდეგ აფეთქების გამაყრუებელი ხმა გაისმა. გემის ნახევარი ჰაერში აიჭრა და უამრავი ნამსხვრევი მიმოისროლა. ხუთასი მოკლული და ორჯერ უფრო მეტი მძიმედ დაჭრილი — ასეთი იყო ამ კატასტროფის შედეგი.

წარმოებულნი გამოძიებით დადასტურდა, რომ აფეთქება გამოიწვია აგენტის უყურადღებობამ, რომელსაც რამდენიმე დინამიტისანი ყუთის გადმოტვირთვა დაავიწყდა.

კიდევ უფრო საზარელი აფეთქება მოხდა გერმანიის ქიმიურ ქარხანაში ოპაუში 1921 წლის სექტემბერს. ამჯერად კატასტროფის მიზეზი იყო არა ასაფეთქებელი ნივთიერება, არამედ ჩვეულებრივი სასუქი, რომელიც უწყინარი ნაერთებისაგან — ამონიუმის გვარჯილისა და გოგირდმჟავა ამონიუმისაგან შედგებოდა.

ქარხანაში ნარევის მთელი წლის განმავლობაში ამზადებდნენ, მომხმარებელს კი ის მხოლოდ შემოდგომით ეგზავნებოდა. ამიტომ მზა პროდუქციას დიდი ხნით ინახავდნენ ქარხნის საწყობებში. ამონიუმის გვარჯილას, რომელიც მეტად ძვირფასი სასუქია, ერთი დიდი ნაკლი აქვს — ის იტკეპნება და მკვრივ მონოლითურ მასად გადაიქცევა.

როცა შემოდგომა დადგა და მომხმარებლისათვის სასუქის გაგზავნა შეიქნა საჭირო, აღმოჩნდა, რომ ის ერთ დიდ ლოდად გადაიქცა. თავდაპირველად ძალაყინით და წერაქვით ცდილობდნენ ნატეხების მომტვრევას. მაგრამ მეტად დიდი დრო დასჭირდა საწყობის განტვირთვას. მაშინ გადაწყვიტეს დატკეპნილი ნარევი აფეთქებინათ. ამ მიზნით, წინასწარ შეამოწმეს თვით ნარევი ფეთქდება თუ არა. აღმოჩნდა, რომ ნარევის არ ჰქონდა აფეთქების უნარი. ამფეთქებელთა ბრიგადა მაშინვე შეუდგა საქმეს.

21 სექტემბრის დილას, ამფეთქებლებმა ჩვეულებისამებრ სასუქის მასაში მოათავსეს ასაფეთქებელი პატრონები და ბიკფორდის ზონარს ცეცხლი წაუკიდეს. უეცრად გაისმა აფეთქების გამაყრუებელი ხმა. ჰაერში ავარდა საწყობი და მთელი ქარხანაც. აფეთქებამ თვით ქალაქშიც კი დიდი ნგრევა გამოიწვია. ქარხნისაგან მხოლოდ ნანგრე-

ვები-ლა დარჩა, ხოლო საწყობის ადგილას 100 მეტრი სიგანისა და თითქმის 20 მეტრი სიღრმის ტბა წარმოიშვა. აფეთქებისაგან 500-ზე მეტი ადამიანი დაიღუპა.

ჩატარებულმა გამოკვლევამ აფეთქების მიზეზს ვერ მიაკვლია. მხოლოდ რამდენიმე წლის შემდეგ გამოიჩინა, რომ სასუქის ეს ნარევი ზოგიერთი პირობების — ჰაერის გარკვეული ტენიანობისა და ტემპერატურის დროს თავისით შეიძლება აფეთქდეს.

უდიდესი აფეთქება მოხდა გერმანიაში 1935 წელს რეინსდორფში ერთ-ერთ სამხედრო ქარხანაში. წარმოების ნარჩენების გადაამუშავებელ სახელოსნოში ტროტილს უეცრად ცეცხლი წაეკიდა. მუშები მაშინვე ეცადნენ ხანძრის ჩაქრობას, მაგრამ ცეცხლმქრობი ვერ იპოვნეს. სანამ ცეცხლმქრობს ეძებდნენ და სახანძრო რაზმი გაჩნდა, ტროტილი აფეთქდა. მანქანებისა და დაზვების ნაწილმა, რომლებიც ყოველმხრივ გაჰფანტა აფეთქებამ, ახალი აფეთქებები და ხანძრები გამოიწვია.

მალე მთელი ქარხანა ცეცხლის ბობოქარ ზღვად გადაიქცა. ხან აქ, ხან იქ. თითქოს ვულკანის ყელიდან, აფეთქებას ზეცაში აჰქონდა ქვისა და რკინის გროვები.

დილით ქარხნისაგან თითქმის არაფერი არ იყო დარჩენილი. კატასტროფამ 800 ადამიანი დააზიანა, აქედან დაიღუპა და უკვალოდ დიკარგა — 80. მსგავს კატასტროფებს ადგილი ჰქონდა სხვა ქვეყნებშიც: ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ინგლისში, საფრანგეთში.

ომის ქიმიკა

აფეთქების ნგრევითი ძალა ადამიანებმა გაცილებით უფრო ადრე გამოიყენეს ომისათვის, ვიდრე მშვიდობიანი საქმიანობისათვის.

ისტორიამ არ შემოინახა ზუსტი ცნობა იმის შესახებ, თუ ვინ და როდის მოისაზრა პირველად ღენთის გამოყენება ბრძოლის დროს. მაგრამ ევროპელები უკვე XII საუკუნეში გაეცნენ ამ ასაფეთქებელი ნივთიერების ნგრევით ძალას. შესაძლებელია ამის შესახებ ევროპელებმა გაიგეს არაბებისაგან, რომლებიც XII საუკუნეში პირენეის ნახევარკუნძულზე ესპანელებს ეომებოდნენ, ან მონღოლებისაგან, დასავლეთ ევროპაზე მათი შემოსივის დროს.

ევროპაში საბრძოლო მიზნებისათვის ღენთის გამოყენების იდეას მიაწერენ ფრანცისკოელ ბერს ბერტოლდ შვარცს, რომელმაც ზარბაზნიდან ყუმბარის გასროლის წინადადება წამოაყენა. ერთი მხრიდან თავდაცულ მილში — ზარბაზანში იწვოდა ღენთი. მისი წვის დროს გამოყოფილი გაზი დიდი ძალით გამოისროდა ყუმბარას.

დენტის წარმოებას¹, რომელმაც ევროპაში XIV საუკუნის 30-იან წლებში მოიკიდა ფეხი, ფართო გავრცელება ჰპოვა. დენტის საბრძოლო თვისებები სამხედრო პირებმა ჯეროვნად შეაფასეს. XIV საუკუნის ბოლოსათვის ცეცხლმსროლელი იარაღი თითქმის ყველა ევროპულ არმიაში გაჩნდა.

თოფისა და ზარბაზნის მომაკვდინებელმა გასროლებმა მკვეთრად შეცვალა ბრძოლის წარმოების წესი.

„ცეცხლმსროლი იარაღის გავრცელებამ რევოლუციურად იმოქმედა არა მარტო თვით ომის ხასიათზე, არამედ ბატონობისა და ჩაგვრის პოლიტიკურ ურთიერთობაზეც“—წერდა ფრიდრიხ ენგელსი.

ფეოდალური ზედა ფენა დაუფარავი სიძულვილითა და მტრობით შეხვდა ევროპაში დენტის გამოჩენას. ფეოდალები თითქოს გრძნობდნენ, რომ დენტი მათი კლასის მესაფლავედ იქცეოდა.

ბიურგერთა თოფის ტყვიებმა ცხენოსან აზნაურთა ჯავშანი გახვრიტეს, ხოლო მოქალაქეთა ზარბაზნებმა რაინდთა მიუვალი ციხე-კოშკები დაანგრიეს. ახალი კლასის—ბურჟუაზიის დარტყმების ქვეშ აზნაურ-ფეოდალთა ბატონობა დაემხო. ამაში დენტსაც დიდი დამსახურება მიუძღვის.

ევროპაში პირველი ზარბაზნის გამოჩენას ისტორიკოსები 1376 წელს მიაწერენ. დაახლოებით ამავე ხანებში გაჩნდა საარტილერიო ქვემეხები რუსეთშიც. 1382 წელს მოსკოვს გარს შემოერტყა თათართა ლაშქარი ხან ტოხტამიშის წინამძღოლობით. მოსკოველები თათრებს სიათების სროლით დახვდნენ. რუსმა ოსტატებმა წარმატებით აითვისეს „ცეცხლოვანი ბრძოლის“ ტექნიკა. მათ იცოდნენ არა მარტო სიათებისა და ზარბაზნების ლულის ჩამოსხმა, თოფებისა და დამზალების დამზადება, არამედ „წამლის“ (დენტის) დამზადებაც.

რუსეთში დენტის დამზადება შემდგომ საუკუნეებში კიდევ უფრო განვითარდა. ამ საქმეს განსაკუთრებით დიდ ყურადღებას აქცევდა პეტრე პირველი. რუსეთი იმ დროს ხანგრძლივ ომების აწარმოებდა თურქეთთან და შვედებთან. არმიასა და ფლოტს უკიდურესად ესაჭიროებოდა საომარი საჭურველი არქივებში შემონახულია პეტრე დიდის პირადი ჩანაწერები დენტის დამზადების დაწვრილებითი აღწერილობით.

დენტის დამზადების საქმეში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა

¹ კვამლიანი დენტის დამზადების პირველი, ჩვენს დრომდე მოღწეული რეცეპტი მოყვანილია ალქიმისტის მაქსიმე გრეკის 1250 წელს გამოცემულ „ცეცხლოვან წიგნში“. რეცეპტში სწერია: „აიღე ერთი ფუნტი ცოცხალი გოგირდი, ორი ფუნტი ცაცხვის ან ტირიფის ნახშირი, ექვსი ფუნტი გვარჯილა. ეს სამი ნივთიერება წვრილად დაფხვნი მარმარილოს დაფაზე და აურიე“.

მ. ლომონოსოვმა. 1749 წლის დასაწყისში მან დაწერა დისერტაცია „გვარჯილის ბუნებისა და წარმოქმნის შესახებ“. ლომონოსოვი არა მარტო აღწერს გვარჯილის თვისებებსა და მისი მიღების წესებს, არამედ დიდ ყურადღებას უთმობს მის გამოყენებას დენტის დასამზადებლად.

კვამლიანი დენთი სამხედრო საქმეში შემთხვევით როდი დამკვიდრდა მრავალი საუკუნის განმავლობაში. შემთხვევითი არ იყო ის ამბავიც, რომ კვამლიანი დენთი პირველი ასაფეთქებელი ნივთიერებაა, რომელმაც ასეთი ფართო გამოყენება ჰპოვა, თუმცა ალქიმიკოსებმა სხვა ასაფეთქებელი ნივთიერებებიც აღმოაჩინეს (მაგალითად, მგრგვინავი ვერცხლისწყალი).

დენტის წინამორბედს წარმოადგენდა სხვადასხვა ცეცხლგამჩენი ნარევი, რომელიც ამა თუ იმ საწვავ ნივთიერებას — ფისს, გოგირდს, ნავთობს შეიცავდა. ჩვენს ერამდე უკვე 5 წლით ადრე ძველი ბერძნები ომის დროს ამგვარი ნარევებით სარგებლობდნენ. მოგვიანებით მათ რომაელები და არაბებიც იყენებდნენ.

ჩვენი წელთაღრიცხვით VII საუკუნეში ბიზანტიაში გამოიგონეს ცეცხლგამჩენი ნარევი, რომელსაც გამომგონებლის — ბერძენი კალინიკოსის პატივსაცემად „ბერძნული ცეცხლი“ ეწოდა. მსგავსი სხვა ნარევებისაგან განსხვავებით ის წყალშიც იწვოდა. წყალი არა თუ აქრობდა, არამედ კიდევ უფრო აძლიერებდა ალს. ეს აიხსნება იმით, რომ „ბერძნული ცეცხლის“ შემადგენლობაში ფისის, გოგირდის და ასფალტის გარდა, ჩაუმქრალი კირიც შედიოდა. წყალთან შეხებისას ჩაუმქრალი კირი ჩამქრალ კირად (ე. ი. კალციუმის ჟანგის ჰიდრატად) გარდაიქმნება. როგორც ცნობილია ეს რეაქცია სითბოს დიდი რაოდენობის გამოყოფით ხასიათდება.

კალინიკოსის გამოგონებას ბიზანტიელები წარმატებით იყენებდნენ მტრებთან საზღვაო შეტაკებაში, სწავდნენ მოწინააღმდეგის გემებს. „ბერძნული ცეცხლის“ საიდუმლოებას ბიზანტიელები დიდი ხნის მანძილზე გულმოდგინედ ინახავდნენ. მაგრამ ბოლოს და ბოლოს საიდუმლოება გაიხსნა. „ბერძნული ცეცხლით“ ბიზანტიელების მტრებმაც იწყეს სარგებლობა, თვით ბიზანტიის გეუბთან საბრძოლველად.

დენტის ყველა „წინაპარს“ — ცეცხლგამჩენ ნარევს მხოლოდ ჰაერში შეეძლო წვა. უჰაეროდ წვაც წყდებოდა. ნარევი მზადდებოდა სხვადასხვა საწვავი ნივთიერებებისაგან. იგი არ შეიცავდა გვარჯილას, რომელიც წვას აძლიერებს მის მოლექულაში შემავალი ჟანგბადის ხარჯზე.

დენტის შემადგენლობაში კი გვარჯილა შედის, რის გამოც მას ჰაერის გარეშეც შეუძლია წვა.

პრაქტიკამ ცხადყო, რომ ღენთი, თანამედროვე მრავალი უფრო ეფექტური ასაფეთქებელი ნივთიერებებისაგან განსხვავებით, იოლად იწვის და ფეთქდება უბრალო ცეცხლის წაკიდებით. ეს კვამლიანი ღენთის მეორე უპირატესობაა.

კვამლიანი ღენთის წვა მშვიდად მიმდინარეობს და იშვიათად გადადის ძლიერ აფეთქებაში, რაც ახასიათებს თანამედროვე ფეთქებად ნივთიერებათა უმრავლესობას. ეს კვამლიანი ღენთის კიდევ ერთი უპირატესობაა.

და ბოლოს თოფის შავი წამლის წარმატებით გავრცელებას დიდად შეუწყო ხელი მისთვის საჭირო საწყისი ნედლეულის ადვილმა მოპოვებამ: ხის ნახშირს მთელს ევროპაში სწვავდნენ, გოგირდის საბადოები ძველთაგანვე იყო სიცილიაში ცნობილი, ხოლო გვარჯილას, რომელიც თავდაპირველად ინდოეთიდან შემოჰქონდათ, შემდეგ ადგილზევე ამზადებდნენ სპეციალურ ორმოებში. ორმოს ავსებდნენ წუნწუხით, ცხოველთა სისხლით, ფოთლებით, ნახევრადდამპალი ხის ნ.კრებით, სხვადასხვა მცენარეული ნარჩენით.

აზოტის შემცველი ორგანული ნაერთები თანდათან ლპებოდა და ზედაპირზე გვარჯილის თეთრი ფუნა წარმოიქმნებოდა. ამ თეთრ ქერქს აგროვებდნენ და ასუფთავებდნენ:

გვარჯილის წარმოების ამგვარი წესი ფართოდ იყო ცნობილი რუსეთში. ამას ეგრედ წოდებული „ორმოს ოსტატები“ მისდევდნენ. უკრაინული და რუსული სოფლების მისადგომებთან დღემდე შემონახული გვარჯილის ორმოების ნაშთები.

თუმცა კვამლიან ღენთს აქვს ზემოაღნიშნული უპირატესობები, რამაც მას მრავალი წლის მანძილზე მონოპოლიური მდგომარეობა მოუპოვა სხვა ასაფეთქებელ ნივთიერებათა შორის, მაგრამ მას ახასიათებს ისეთი უარყოფითი თვისებებიც, რომელმაც ბოლოს და ბოლოს სამხედრო საქმიდან მისი განდევნა განაპირობა.

კვამლიანი ღენთით სროლის დროს წარმოიქმნება სქელი თეთრი კვამლი, რომელიც ირგვლივ ყველაფერს ფარავს. კვამლი ძლიერ უშლის ხელს სროლას; განსაკუთრებით მაშინ, როცა სროლა ერთმანეთს სწრაფად მისდევს. გარდა ამისა, თოფის ან ქვემეხის ლულაში ღენთის წვისას წარმოიქმნება შავი ნამწვის მკვრივი ფენა, რომლის პერიოდული ამოღებაა საჭირო.

ამიტომ უკვე აღრიდანვე ღენთის დასამზადებლად ისეთ ნივთიერებებს ეძებდნენ, რომელიც მას ამ ნაკლისაგან გაათავისუფლებდა. ქიმიის მძლავრმა განვითარებამ ხელი შეუწყო ამ ამოცანის წარმატებით გადაჭრას.

გასულ საუკუნეში ქიმიკოსებმა უკვამლო დენთი შექმნეს. შეიძლება დაუჯერებლად მოგვეჩვენოს, რომ ახალი ასაფეთქებელი ნივთიერებების საფუძვლად ბამბის უწყინარი, თხელი, ბუმბულა ბოკკო გამოიყენეს.

ბამბის ბოკკო აზოტის და გოგირდის მქავეებით დაამუშავეს, გულდასმით გარეცხეს და გააშრეს. მიიღეს ახალი ნივთიერება — ნიტროცელულოზა ანუ ნიტროუჯრედისი¹, რომელიც დარტყმით ან გაცხელებით იოლად ფეთქდება. რაშია ამ მოულოდნელი გარდაქმნის მიზეზი? ამაზე პასუხს ქიმიკოსები იძლევა.

ბამბა თითქმის სუფთა უჯრედის ანუ ცელულოზას წარმოადგენს. ცელულოზის მოლეკულაში ნახშირბადის და წყალბადის ბევრი ატომია, ხოლო აზოტმქავეაში ბევრია ჟანგბადის ატომი. როდესაც ცელულოზას აზოტმქავეათი ამუშავებენ, ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს — ცელულოზის მოლეკულაში აზოტის და ჟანგბადის ატომები თავსდება. ჟანგბადის ატომების რიცხვი იზრდება. მაგრამ ეს ატომები აზოტის ჟანგის შემადგენლობაში შემავალი ჟანგბადის ატომები, რომლებიც ნიტროცელულოზის მოლეკულის ნახშირბადის ატომებს არაპირდაპირ — აზოტის ატომის მეშვეობით უერთდება. ეს შეერთება არამკვიდრია. დარტყმის ან ვახურების დროს კავშირი ადვილად წყდება, ჟანგბადის ატომები აზოტის ატომებს სკილდება და უერთდება წყალბადისა და ნახშირბადის ატომებს. წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი და წყალი (რომლებიც უფრო მკვიდრ შენაერთებს წარმოადგენს). აფეთქების დროს გამოიყოფა სითბოს დიდი რაოდენობა — ტემპერატურა 3500 გრადუსს აღწევს. ნიტროუჯრედისის დაშლისას გამოიყოფილი გაზი და ორთქლი ასი ათასამდე ატმოსფერულ წნევას ქმნის.

უკვამლო დენთის საწარმოებლად გამოიყენებენ პიროქსილინს, ნიტროუჯრედისს, რომელიც 12,5 — 13,5 პროცენტ აზოტს შეიცავს². პიროქსილინის წვის დროს წარმოქმნილ უზარმაზარ წნევას შეუძლია გახეთქოს თოფის ან ქვემეხის ლულა, თუ კი მას სროლისათვის გამოვიყენებთ. ამიტომ ნიტროუჯრედის სპირტის და ეთერის ხსნარში ხსნიან. მიღებულ სქელ ცომს წნეხავენ მაკარონის მსგავს გრძელ ღერობად, რომლის წვისა და აფეთქების დროს წარმოქმნილი გაზის წნევა გაკილებით დაბალია და იარაღის დაზიანება უკვე აღარ შეუძლია.

¹ ნიტროციის დროს, როგორც ტექნიკაში უწოდებენ ამგვარ დამუშაებას, ნიტროუჯრედისთან ერთად გამოიყოფა წყალიც, რომელიც პოოცეს ანელებს, ამიტომ ხვარობენ გოგირდმქავეს, რადგან მას წკლის შთანქმის უნარი აქვს.

² 11 — 12% აზოტის შემცველი ნიტროუჯრედისი კოლოქსილინი ეწოდება. ის გამოიყენება ხელოვნური აბრეშუმის, პლასტმასების წარმოების დროს.

დიდმა რუსმა ქიმიკოსმა დ. მენდელეევმა შექმნა კიდევ უფრო სარულყოფილი უკვამლო დენთი, რომელსაც პიროკოლოიდური დენთი უწოდა. როგორც ეს ხშირად ემართებოდა რუს მეცნიერთა აღმოჩენებს მეფის რუსეთში, დ. მენდელეევის აღმოჩენამ სამშობლოში არ ჰპოვა არც არ იარება და არც გამოყენება. სამაგიეროდ ის წარმატებით გამოიყენეს ამერიკელებმა. მათ ამერიკის შეერთებული შტატების სამხედრო ქარხნებში პიროკოლოიდური დენთის მსხვილი წარმოება შექმნეს.

უკვამლო დენთმა, რომელმაც თოფის შავი წამალი შესცვალა, შესაძლებელი გახადა არა მარტო უკეთ ესროლათ და დაეზიანებინათ სამიზნეობიექტი, არამედ ესროლათ უფრო სწრაფად და შორს. საარტილერიო ჭურვის სიჩქარე ზოგ შემთხვევაში 3-4-ჯერ გაიზარდა, თუმცა მუხტი ორჯერ შემცირდა. ეს გამოწვეულია იმით, რომ უკვამლო დენთის წვისას თითქმის ორჯერ მეტი გაზი წარმოიქმნება და მაშასადამე წნევაც იზრდება. კვამლიანი დენთისაგან განსხვავებით პიროქსილინის დენთი უფრო მეტი სიმტკიცით გამოირჩევა. მისი ნაწილაკები ქვემეხის ან თოფის ლულაში წვისას ფორმას ინარჩუნებს. წნევა არ ეცემა ისე მკვეთრად, როგორც კვამლიანი დენთის შემთხვევაში და ჭურვი უფრო შორს მიფრინავს.

უკვამლო დენთის წვის დროს ბევრი სითბო გამოიყოფა. ტემპერატურა 5000 გრადუსამდე აღწევს, ასაფეთქებელი ნივთიერების შემადგენლობაში არსებული ნახშირბადის ატომები უფრო სწრაფად უერთდება სუფთა ჟანგბადს.

აუთიქსის „გეჰანიკა“

ჩვენს საუკუნეში მძლავრი ასაფეთქებელი ნივთიერებების მისაღებად უჯრედისის გარდა, იხმარება მრავალი ორგანული სითხე: ტოლუოლი, ნიტრობენზოლი, აზოტისა და მგრგვინავი მკავების¹ მარილები. ნედლეულად ხმარობენ აგრეთვე დაფხვნილ სხვადასხვა საწვავ ნივთიერებას: ქვანახშირს, ტორფს, ხის ნახერხს. თუ მათ თხევადი ჟანგბადით გაფლენთავთ, ისინი აფეთქების უნარს იძენენ დარტყმის ან გახურების დროს. მათ ოქსილიკვიტებს უწოდებენ და ფართოდ იყენებენ ასაფეთქებელი სამუშაოებისათვის.

ძლიერ ფეთქებად ნივთიერებათა საფუძვლად გამოიყენება უფერული, შაქრის სიროფის მსგავსი, მოტკბო სითხე — გლიცერინი. მას

¹ ნუშის ზეთის სუნის მქონე ორგანული მკავეა. მისი მოლეკულის შემადგენლობაში შედის წყ:ლბადი, ენობადი, ნახშირბადი და აზოტი. ამ მკავეს მარილები იოლად იშლება და ფეთქდება. სწოთედ ამიტომ უწოდეს მას „მგრგვინავი მკავე“.

კარგად იცნობენ ფეიქრები და მეტყავეები, საპნის მხარშავები და მესტამბენი. გლიცერინს ადრიდანვე იყენებდნენ სხვადასხვა კოსმეტიკურ საშუალებათა დასამზადებლად, რადგან მას კანის დარბილების უნარი აქვს.

110 წლის წინათ იტალიელმა ქიმიკოსმა ასკანियो სობრერომ გლიცერინი აზოტმჟავასა და გოგირდმჟავასთან აურია და მცენარეული ზეთს მსგავსი სქელი სითხე მიიღო. მას ნიტროგლიცერინი უწოდეს, რადგან მისი მოლეკულები ნიტროჯგუფებს შეიცავს. სუსტი დარტყმა ან ოდნავი შეთბობა საკმარისია, რომ სითხემ საშინელი ძალით იფეთქოს.

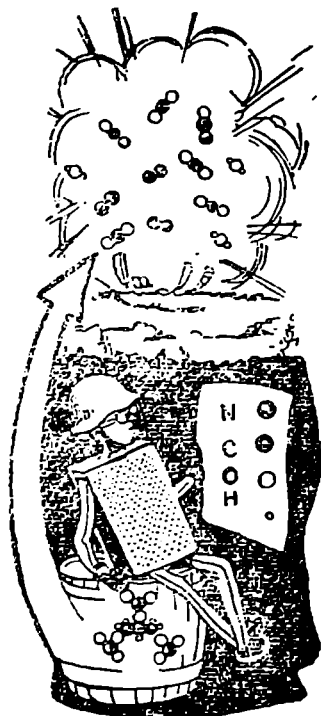
ნიტროგლიცერინის ფეთქებადი თვისებები, ნიტროუჯრედისის მსგავსად, განპირობებულია მის მოლეკულასთან არამყარად მიერთებული ჯანგბადის ატომით, რომელიც ნახშირბადთან და წყალბადთან მიერთებას ცდილობს.

ნიტროგლიცერინით დაინტერესდნენ არტილერისტები და სამთოელები. მაგრამ თხევადი სახით მისი გამოყენება მოუხერხებელია. დაიწყეს ნიტროგლიცერინის შერევა სხვადასხვა მყარ ნივთიერებასთან.

დაახლოებით ასი წლის წინათ რუსმა არტილერისტებმა ვ. პეტროუშევსკიმ დაამზადა დინამიტი, რომელიც 75% ნიტროგლიცერინისა და 25% მანგანიისაგან შედგებოდა.

დაახლოებით იმავე წლებში ცნობილმა შვედმა ინჟინერ-გამომგონებელმა ა. ნობელმა წინადადება შემოიტანა მანგნია შეცვლილყო უფრო მოსახერხებელი და იაფი მასალით — ინფუზორული მიწით. ეს მუქი-ნაცრისფერი ფხვნილია, რომელიც უმდაბლეს წყალმცენარეთა ნიჟარის ნაშთებისაგან შედგება. ის ნიტროგლიცერინს მშვენივრად შთანთქავს და აკავებს.

მოგვიანებით სხვადასხვაგვარი დინამიტი შეიქმნა. აზოტის გარ-



ნიტროგლიცერინის აფეთქების პროდუქტების წარმოქმნა (სქემა)

კვეული რაოდენობის შემცველ ნიტროჟურედისის ზოგიერთ სახეს ნიტროგლიცერინით ჯღენტავდნენ.

მიიღებოდა ელათინის მსგავსი პლასტიკური მასა. მას უმატებდნენ გვარჯილას, ხის ფქვილს და სხვა ნარევეს. მინარევეები დინამიტს აიაფეს და მის მეტად ძლიერ ფეთქებად ძალას ამცირებს.

დინამიტი, მისი ძლიერი ნგრევეთი თავისებურებების გამო, საომარი საჭურველის — ჭურვის, ვაზნის, ნაღმის დასატენად არ გამოდგება. გამოუსადეგარია ნიტროგლიცერინიც. მაგრამ თუ ნიტროჟურედის ნიტროგლიცერინში გავხსნით, მიიღება უკვამლო დენთი. ნიტროგლიცერინიდან დენთი მზადდება გაცილებით უფრო მარტივად და რამდენჯერმე უფრო სწრაფად, ვიდრე პიროკსილინის დენთი.

ძლიერ ფეთქებად საშუალებას წარმოადგენს ტროტილიც. ტროტილს ანუ ტრინიტროტოლუოლს მიიღებენ, თუ აზოტისა და გოგირდის მჯავებით იმოქმედებენ ტოლუოლზე — ქვანახშირის მშრალად გამოხდის შედეგად მიღებულ უჯრედულ ორგანულ სითხეზე. ათასობით ტონა ტოლუოლი მიიღება მეტალურგიული ქარხნებისათვის კოქსის წარმოების დროს.

კოქსქიმიურ ქარხნებში ქვანახშირის ფისის გამოხდის დროს ტოლუოლთან ერთად მიიღება ფენოლიც — თეთრი კრისტალური ნივთიერება, რომელსაც მკითხველი კარგად იცნობს კარბოლის მქავას სახელწოდებით.

კარბოლის მქავას თეთრი კრისტალები მრავალი წამლის დამზადებისა და პლასტმასის წარმოების საფუძველს წარმოადგენს. აზოტ-მქავასთან ურთიერთმოქმედებისას ის გარდაიქმნება პიკრინის მქავას დია ყვითეი ფერის კრისტალებად, რომელიც აფეთქების ძალით ტროტილს აღემატება.

არსებობს მრავალი ორგანული სითხე და მყარი ნივთიერება. რომლებიც შეიძლება ასაფეთქებელ ნივთიერებად გადაიქცეს, თუ მათ აზოტ-მქავათი დავამუშავებთ. მაგრამ მათი უმეტესობა ქიმიურად არამდგრადია, სწრაფად იშლება, მათთან მუშაობა სახიფათოა და ამიტომ ჯერჯერობით პრაქტიკულად ვერ გამოიყენება.

ტროტილი, პიკრინის მქავა, ტრინიტრობენზოლი და სხვა მათი მსგავსი ასაფეთქებელი ნივთიერება მოლეკულაში შეიცავს ჟანგბადის ბევრად ნაკლებ ატომს, ვიდრე ეს მოლეკულაში შემავალი ნახშირბადისა და წყალბადის სრულ დაჟანგვას ესაჭიროება. ასე მაგალითად, ტრინიტროტოლუოლი შეიცავს ჟანგბადის სულ 6 ატომს, საჭიროა კი — თექვსმეტნახევარი ატომი. ნახშირბადის ყოველ ატომს ხომ ჟანგბადის ორი ატომი ესაჭიროება, რათა ნახშირორჟანგად გარდა-

იქმნას, ხოლო წყალბადის წყლად გარდასაქმნელად წყალბადის ყოველ ატომზე ნახევარი ჟანგბად-ატომია საჭირო. მაშასადამე, ამგვარ ფეთქებად ნივთიერებებში ჟანგბადის ატომებისა და ნიტროჯგუფების რიცხვის გადიდებით შეგვიძლია მათი ფეთქებადი თვისებები გაეზარდოს.

რა გზით შეიძლება ამის მიღწევა? აღნიშნულ ფეთქებად ნივთიერებათა მოლეკულებში შეიძლება კიდევ ერთი, მეოთხე ნიტროჯგუფის შეყვანა, რაც არც თუ ისე იოლია. აღმოჩნდა, რომ აზოტისა და გოგირდის კონცენტრიული მზავებით ჩვეულებრივი დამუშავების დროს მოლეკულას მეოთხე ნიტროჯგუფი არ უერთდება. თუ კი მას სხვა საშუალებით მივუერთებთ, მაშინ ის მოლეკულაში არამყარად „ზის“ და ადვილად წყდება, განსაკუთრებით მაშინ, როცა ფეთქებადი ნივთიერება სველდება.

მაგრამ ქიმიკოსებმა ხელი არ აიღეს ცდაზე ნიტროჯგუფის დიდი რაოდენობა შეეყვანათ იმ ნახშირწყალბადებში, რომელიც ნიტრაციის შედეგად აფეთქების უნარს შეიძენს. მათი ცდა ბოლოს და ბოლოს წარმატებით დაგვირგვინდა. ამის მისაღწევად ქიმიკოსებს თავისებური ენჯამკა დასჭირდათ. მათ მოახერხეს ნიტროჯგუფის იმგვარად შეყვანა, რომ ეს ჯგუფი ნახშირბადის ატომთან დაკავშირებული ყოფილიყო არა უნულოდ, არამედ აზოტს ატომის საშუალებით. ამგვარად მიერთებული ნიტროჯგუფი მკვიდრად „იჯდა“ ნახშირწყალბადის მოლეკულაში.

ასე შეიქმნა ტროტილზე უფრო მძლავრი ასაფეთქებელი ნივთიერება გრძელი ქიმიური სახელწოდებით — ტრინიტროფენილმეთილ-ნიტრამინი, სხვაგვარად ტეტრილად წოდებული. ტეტრილს საბრძოლო ტექნიკაში ნაკლებად იყენებენ. ამ ნივთიერებით სარგებლობენ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც დიდი ნგრევითი ძალაა საჭირო.

ქიმიკოსები დიდხანია იცნობენ ზოგიერთ ორგანულ ნიტროშენაერთს, რომელთა მოლეკულაც ჟანგბადის გაცილებით უფრო მეტ ატომს შეიცავს, ვიდრე საჭიროა მისი სრული დაჟანგვისათვის. მათ რიცხვს ეკუთვნის ჰექსანიტროეთანი, ტრინიტროეთანი. აქ ტრანიტრომეთანი ბენზოლთან ან ტოლუოლთან არეული აღნიშნული ნაერთები ძლიერ ფეთქებად ნივთიერებებს წარმოადგენს, მაგრამ მეტის-მეტად მგრძობიარეა დარტყმისა და ხახუნის მიმართ, იოლად იშლება შენახვის დროს, ამიტომ მათი ხმარება სახიფათოა.

ნიკრისის ქართი დაავადებულებს ეკიმედი უროტროპინით მკურნალობენ. აზოტმზავასთან ურთიერთმოქმედებისას ეს წამალი გარდაიქმნება მდგრად ფეთქებად ნივთიერებად. რომელსაც დიდი ნგრევითი ძალა აქვს. მას შემოკლებით ჰექსაგენს უწოდებენ, სრული

სახელწოდება კი მისი „ნათესაეების“ სახელწოდებაზე უფრო გრძელია — „ციკლოტრიმეთილენტრინიტრამინი“.

ახალ ფეთქებად ნივთიერებათა ძებნისას ქიმიკოსები ყურადღებას ამახვილებენ არა მარტო მათი მდგრადობის გაზრდაზე, ფეთქებადი ძალის გადიდებაზე, დარტყმისა ან გაცხელების მიმართ მგრადობის შემცირებაზე, არამედ იმაზეც, რომ მისაღები ნივთიერებისათვის საჭირო ნედლეული უფრო მისაწვდომი და იაფი იყოს.

ნავთობის გადამუშავების დროს გამოყოფილი გაზები უკანასკნელ წლებში ქიმიკოსებისათვის დაუშრეტელ „საკუქნაოდ“ იქცა. მრეწველობაში განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება აცეტილენი და ეთილენი.

აღმოჩნდა, რომ აზოტმჟავათი დამუშავებული ეთილენისაგან მიიღება ძლიერი ასაფეთქებელი ნივთიერებები, რომელთაც საკმაო ქიმიური მდგრადობა ახასიათებს.

მეორე მსოფლიო ომის წლებში ამერიკელმა ქიმიკოსებმა ეთილენისაგან მიიღეს ტროტილზე უფრო ძლიერი ორი ფეთქებადი ნივთიერება — ეთილენდინატრამინი და დინიტრატდიეტანოლნიტრამინი, რომელთაც შემოკლებით „ედნა“ და „დინა“ უწოდეს.

თანამედროვე ტექნიკა სხვადასხვა ფეთქებად ნივთიერებას ხმარობს, როგორც ომის, ისე მშვიდობის დღეებში. სხვადასხვაა მათი ნედლეულის წყარო და წარმოების წესი, სხვადასხვაა მათი მოქმედება.

ერთნი — სასროლი ფეთქებადი ნივთიერებებია — შავი და უკვამლო დენთი. მათ იყენებენ ჭურვებისა და ვაზნების დასამზადებლად ცეცხლმსროლი იარაღისათვის.

მეორენი — ძლიერ ბრიზანტული ან მსხვრევადი თვისებების მატარებელია — ტროტილი, პიკრინის მჟავა, დინამიტი. მათ იყენებენ ფეთქებადი სამუშაოებისათვის, მსხვრევადი და სასკლომი ჭურვების დასამზადებლად.

მესამენი — ინიცირებული (წარმოსდგება ლათინური სიტყვისაგან — ინიცირებ — დაწყება) ფეთქებადი ნივთიერებებია — მკრავინავი ვერცხლისწყალი, ტყვიის აზიდი (აზოტის ნაერთი ტყვიასთან). ისინი იოლად ფეთქდება ცეცხლის წაკიდებისას, ნაპერწკლის მოხვედრისას. ამართლებს რა თავის სახელწოდებას, ამ ნივთიერებებს ტროტილის. პიკრინის მჟავასა და მსგავსი ასაფეთქებელ ნაერთთა ასაფეთქებლად იყენებენ.

ყველა ასაფეთქებელი ნივთიერება, მისი წარმოქმნისა და ტიპის მიუხედავად, აფეთქების დროს გაზად გადაიქცევა. ამგვარ გარდაქმნას სათბობის წვის რეაქციების მსგავსად სითბოს დიდი რაოდენობით გამოყოფა ახასიათებს.

წვის მსგავსად, აფეთქების დროსაც ნახშირბადის და წყალბადის ატომები ჟანგბადის ატომებს უერთდება და ნახშირორჟანგს და წყალს წარმოქმნის. მსგავსების გარდა აფეთქებისა და წვის პროცესებს შორის არსებითი განსხვავებაც არის. წვა ნელა მიმდინარეობს, აფეთქების დროს კი ქიმიური რეაქცია უსწრაფესად, თითქმის მყისიერად მიმდინარეობს. ზოგჯერ წამის მეათასედი ნაწილია საჭირო, ტონა ასაფეთქებელი ნივთიერების ასაფეთქებლად.

რით არის გამოწვეული აფეთქების დროს რეაქციის ასეთი სწრაფი მიმდინარეობა? ეს რეაქცია ხომ თითქმის სხვადასხვა საწვავი ნივთიერების — ნავთობის, ტორფის, ხის წვის დროს მიმდინარე რეაქციების მსგავსია? ამ კითხვაზე ამომწურავი პასუხი გამოჩენილმა უცხოელმა და საბჭოთა ქიმიკოსებმა გასცეს.

გასული საუკუნის ბოლოს ჰოლანდიელი ქიმიკოსი ვანტ-ჰოფი თვითწვისა და თვითაალების მოვლენებით დაინტერესდა. ქარხნის ეზოებში ნახშირის გროვებს, ტორფის ნაყარს, ტენიან ნახერხს ხშირად თავისით უჩნდებოდა ცეცხლი. ზოგჯერ მცენარეული ზეთის საწყობში რაიმე თვალსაჩინო მიზეზის გარეშე ხანძარი იწყებოდა. მინდორში თივისა და ჩალის ზეინები იწვოდა.

მეცნიერმა ამგვარი თვითაალების მიზეზი გაარკვია. აღმოჩნდა, რომ დაჟანგვის ქიმიური რეაქცია გაცილებით უფრო დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, ვიდრე ჩვეულებრივი წვა. მაგალითად, ნახშირის დაჟანგვა 15-20 გრადუსზე იწყება.



იაკობ ჰენდრიკ ვანტ-ჰოფი
(1852—1911 წწ)

ნახშირის გროვაში ნახშირის გათბობას

იწვევს. ტემპერატურა თანდათან მატულობს, მასთან ერთად იზრდება დაჯანჯვის რეაქციის სიჩქარეც. და ბოლოს დაჯანჯვის სიჩქარე იმდენად დიდი ხდება, რომ ცეცხლი ჩნდება¹.

ტორფის, თივის, ჩალის თვითაალებებისა გათბობას ძლიერ აჩქარებენ ბაქტერიები და მიკროორგანიზმები. ისინი სწრაფად მრავლდებიან, ქმნიან მოზრდილ კოლონიებს და სუნთქვის დროს დიდ სითბოს გამოჰყოფენ. როგორც ტორფი, ისევე თივა, ჩალა და სხვა მცენარეული პროდუქტები სითბოს ცუდი გამტარია. ამიტომ სითბო გროვის შიგნით რჩება და მას აალების ტემპერატურამდე ახურებს.

თვითაალების უნარის მქონე ნივთიერებების შესწავლის საჯუძველზე ვანტ-ჰოფმა მეტად მნიშვნელოვანი აღმოჩენა გააკეთა.

მან შენიშნა, რომ ტემპერატურის ყოველი ათი გრადუსით მატებისას რეაქციის სიჩქარე ორ-სამჯერ იზრდება. თუ ტემპერატურა კიდევ ათი გრადუსით აიწვეს, რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება $2 \times 2 = 4$ -ჯერ. ტემპერატურის 30 გრადუსზე აწვევისას — $2 \times 2 \times 2 = 8$ -ჯერ, ხოლო 40 გრადუსზე აწვევისას — 16-ჯერ.

ხოლო როცა ტემპერატურა წყლის დუღილის წერტილს ე. ი. 100° -ს აღწევს, რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებების გარდაქმნის სიჩქარე 2^{10} -ჯერ, ე. ი. 1024-ჯერ იზრდება.

ვანტ-ჰოფის აღმოჩენამ ფართო გამოხმაურება ჰპოვა სხვადასხვა ქვეყნისა და სპეციალისის მეცნიერთა შორის. გამოჩენილი ფიზიკოსები თავის შრომებში აღნიშნავენ, რომ ბუნებაში არ არსებობს სხვა ისეთი პროცესი, რომელსაც ტემპერატურის აწვევისას ისეთი სწრაფი ცვლა ახასიათებდეს, როგორც ქიმიურ რეაქციას.

ქიმიკოსთა მრავალრიცხოვან შრომებში ვანტ-ჰოფის აღმოჩენას მრავალი კუთხიდან განიხილავდნენ და მისი სულ ახალი და ახალი დადასტურება მოჰყავდათ.

პოლანდიელი ქიმიკოსის აღმოჩენით ბიოლოგები და მედიცინის მუშაკებიც დაინტერესდნენ. ახლა უკვე ცხადი გახდა, წერდნენ ბიოლოგები, თუ რატომ დაამარცხეს თბილისისხლიანმა ცხოველებმა ცივისისხლიანები არსებობისათვის ბრძოლაში. მათ სხეულში ხომ ქიმიური რეაქციები გაცილებით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს. ხოლო ექიმებმა სწორად ახსნეს ავადმყოფებზე მაღალი ტემპერატურის ხევაველენა.

¹ ქვანახშირისა და ხრს ნახშირის. ისევე როგორც ზოგიერთ სხვა მყარ ნივთიერებას, დიდი ზედაპირი აქვს და შეუძლია იმ ორთქლისა და გაზის შთანთქმა, რომელიც მათ ფორებში იხვევადდება ამ დროს გამოიყოფა სითბო, რომელიც აგრეთვე ხელს უწყობს გათბობას.

მაგრამ ვერც ფიზიკოსებმა, ვერც ბიოლოგებმა, ვერც ექიმებმა. და ვერც ქიმიკოსებმა ვერ გაარკვიეს თუ რატომ იზრდება რეაქციის სიჩქარე ბევრად უფრო სწრაფად, ვიდრე თვით ტემპერატურა. მაგალითად, როდესაც ტემპერატურა იზრდება ათჯერ 10-დან 100 გრადუსამდე, რეაქციის სიჩქარე 500-ზე უფრო მეტჯერ იზრდება, ხოლო 200-დან 1000 გრადუსამდე ზრდისას — მილიარდჯერ. როგორ უნდა აიხსნას ეს, ერთი შეხედვით, უცნაური კანონზომიერება?

„სამყარო ჩვენს გარშემო — ყვავილები და ხეები, ქვიშა და ქვები, წყალი და ჰაერი — უმცირესი და გაუყოფელი ნაწილებისაგან ატომებისაგან შედგება“, ამბობდა ბერძენი მეცნიერი დემოკრიტე, რომელიც ჩვენს ერამდე მეხუთე საუკუნეში ცხოვრობდა.

სხვადასხვა ნივთიერებაში ატომები უფრო მსხვილ ნაწილაკებად — მოლეკულებად ერთიანდება.

ატომები და მოლეკულები იმდენად მცირე ზომისაა, რომ მათი დანახვა არა თუ თვალთ, არამედ ყველაზე დიდი გადიდების მქონე მიკროსკოპითაც კი არ შეიძლება.

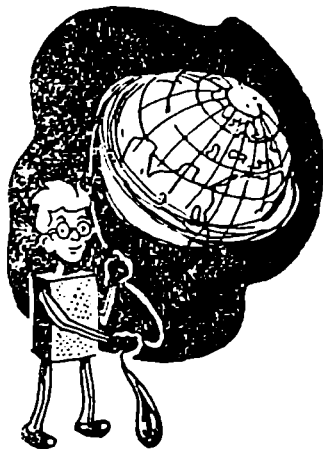
თუ წყლის წვეთში არსებულ ყველა მოლეკულას ერთ ხაზზე დავალაგებთ, მაშინ ასეთი ხაზი რამოდენიმე ათასჯერ შემოსწვებოდა დედამიწას გარშემო.

1 სმ-ის სიგრძის ძაფზე წყალბადის ასი მილიონი ატომი შევკიდლია დავატიოთ.

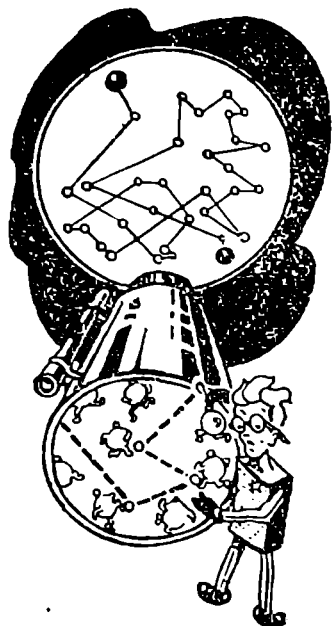
მეტად მცირე ზომის მიუხედავად ატომს ზედმიწევნით რთული მოწყობილობა აქვს.

1897 წელს ინგლისელმა ბოტანიკოსმა ბროუნმა მიკროსკოპში. რომელიც მცენარის ღეროზე დაკვირვებისას შეამჩნია, რომ მის წვეთში განუწყვეტლივ და უწყისოდ მოძრაობს უმცირესი ნაწილაკები. მეცნიერი დაინტერესა ამ მოვლენამ. მას სურვილი დაებადა გაეგო, თუ რა იწვევს ამ ნაწილაკების „ცეკვას“, რა ძალები აიძულებს მათ უწყისოდ იმოძრაოს სხვადასხვა მიმართულებით.

მან მინახე მოათავსა მყარი „არაცოცხალი“ ნივთიერების — თიხის ნაწილაკებით ამღვრეული წყლის წვეთი. აღმოჩნდა, რომ ეს „არაცოცხალი“ ნაწილაკებიც გამუდმებით მოძრაობს, განუწყვეტლივ ეჯახება ერთიმეორეს, იფანტება სხვადასხვა მიმართულებით და კვლავ



ერთმანეთს ეხლება მოუწესრიგებელ ცეკვაში. მეცნიერი მთელ დღეებს ატარებდა მიკროსკოპთან, მაგრამ ნაწილაკების უთავბოლო მოძრაობის შეწყვეტა არ შეუნიშნავს.



ბროუნის მოძრაობა

ბროუნის გარდაიცვალა ისე, რომ ამ მოვლენის ასსნა ვერ შესძლო. მხოლოდ ნახევარი საუკუნის შემდეგ მიხედნენ მეცნიერები, რომ სითხის წვეთში ნაწილაკების ქაოტურ მოძრაობას იწვევს სითხის მოლეკულებისამ ნაწილაკებთან დაჯახება.

მოლეკულები არასოდეს არ არის „დამშვიდებული“, განუწყვეტლივ მოძრაობს სხვადასხვა მიმართულებით და თანაც უდიდესი სიჩქარით.

სხეულის გათბობისას მისი ნაწილაკების მოძრაობა უფრო სწრაფი ხდება, ნაწილაკები სულ უფრო და უფრო ხშირად და ძლიერ ეჯახება ერთმანეთს.

ქიმიკოსებისათვის აღრიხნადე იყო ცნობილი, რომ ნივთიერებანი მით უფრო მალე ურთიერთმოქმედებენ, რაც უფრო ხშირად შეეჯახება ერთმანეთს მათი მოლეკულები. გაზების და სითხე-

ების მოლეკულები კი მით უფრო ხშირად შეეჯახება ერთმანეთს, რაც უფრო სწრაფად მოძრაობს. ამავე დროს ტემპერატურის მატებისას რეაქციის სიჩქარე გაცილებით უფრო მეტად ჩქარდება, ვიდრე თვით მოლეკულათა მოძრაობის სიჩქარე.

ცნობილია, რომ მოლეკულათა მოძრაობის სიჩქარე ძალზე დიდია. ოთახის ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ნახშირეანგის მოლეკულები წამში 372 მეტრს გადის. წყლის ორთქლის მოლეკულების სიჩქარე კიდევ უფრო მაღალია — 582 მეტრი წამში, ხოლო წყალბადის მოლეკულებისა — 1740 მეტრი წამში. მაგრამ ეს მათი საშუალო სიჩქარეა.

ინგლისელმა მეცნიერმა მაქსველმა გამოარკვია, რომ მოლეკულები ერთნაირი სიჩქარით არ მოძრაობს. მათ შორის არის ზოგიერთი ცალკეული ზესწრაფი მოლეკულა, რომელიც ისეთ სიჩქარით მოძრაობს თითქოს ნივთიერება 10—20 გრადუსამდე კი არა, არამედ რამოდენიმე ათას გრადუსამდეა გახურებული. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ასეთი ზესწრაფი მოლეკულების რიცხვი იზრდება. სხვა

მეცნიერმა, არენიუსმა, რომელსაც მთელი რიგი მნიშვნელოვანი აღმოჩენები ეკუთვნის ქიმიაში, დაამტკიცა, რომ რეაქციაში მონაწილეობს არა ყველა მოლეკულა, არამედ უმეტესად „ზესწრაფი“ მოლეკულები¹.

აი რატომ იზრდება ქიმიური რეაქციის სიჩქარე ტემპერატურის ზრდაზე უფრო მეტად.

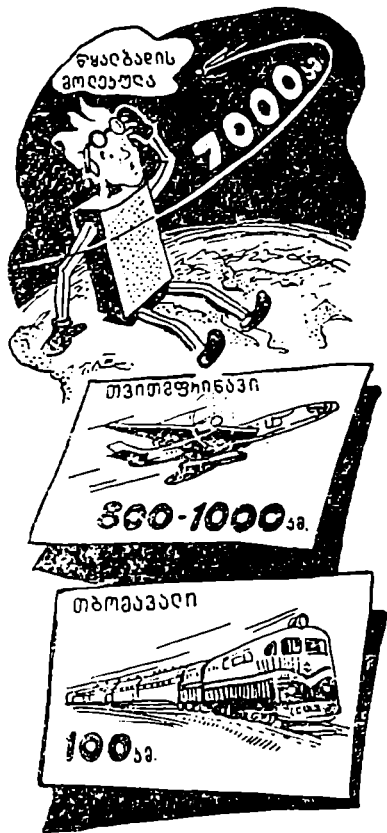
ასეთი მოლეკულები იმ წერტილებად, ანუ ცენტრებად გადაიქცევა, რომელთა გარშემოც ლევიდება ქიმიური რეაქცია. მათ აქტიური მოლეკულები უწოდეს. რაც უფრო დიდია მათი რიცხვი, მით უფრო მალე გარდაიქმნება ნივთიერებები.

თუ ათასი აქტიური მოლეკულა ათას სხვა მოლეკულას შეეჯახება, ახალი ნივთიერების ათასი მოლეკულა მიიღება, ხოლო თუ ორი ათასი აქტიური მოლეკულა შეეჯახება ორ ათას სხვა მოლეკულას, მაშინ ახალი ნივთიერების ორი ათასი მოლეკულა მიიღება.

თითქოსდა ეს ურყევი კანონია, რომელშიც ყველაფერი ისევე ცხადია, როგორც გამრავლების ტაბულაში.

1913 წელს გერმანელი ქიმიკოსი ბოდენშტეინი სინათლეზე ქლორისა და წყალბადის ურთიერთმოქმედებას სწავლობდა. გათბობის მსგავსად, ამ შემთხვევაში აქტიური მოლეკულები მზის სინათლის ულუფების ანუ ქვანტების შთანთქმის დროს წარმოიქმნება.

ჩვენი დროის გამოჩენილი ფიზიკოსი ალბერტ ეინშტეინი, რომელმაც პირველად აღმოაჩინა, რომ სინათლეზე ქიმიური რეაქციების



წყალბადის მოლეკულის მოძრაობის სიჩქარე

¹ ამგვარი მოლეკულები შეკავების მომენტში გამოყოფს დიდ ენერგიას (აქვს რა შინაგანი ენერგიის დიდი მარაგი), რადგან აგზნებულ მდგომარეობაშია.

მიმდინარეობისას სინათლის შთანთქმა ქვანტებით სწარმოებს, თვლიდა, რომ ყოველი მოლეკულა მხოლოდ ერთ ქვანტს შთანთქავს.

მაშასადამე, ნივთიერებების შეერთების ან დაშლის შედეგად იმდენი ახალი მოლეკულა წარმოიქმნება, რამდენი სინათლის ქვანტიც იქნება შთანთქმული.

შთანთქმული სინათლის ქვანტების რაოდენობის გამოანგარიშება არ წარმოადგენს სიძნელეს, თუ კი ცნობილია სინათლის სიხშირე და განათების ხანგრძლივობა.

სწორედ ასე მოიქცა ბოდენშტეინიც, როდესაც წარმოქმნილი ქლორწყალბადის მოლეკულების რიცხვი უნდოდა დაედგინა.

მაგრამ რეაქციის შედეგების შეჯამებისას, გამოთვლამ უცნაური მოვლენა გამოავლინა. ენერგიის თითო ქვანტის შთანთქმის შედეგად ზოგჯერ ათასი მოლეკულა „იბადებოდა“, ზოგჯერ კი — ათი ათასი.

ქიმიკოსებმა, რომლებმაც ბოდენშტეინის შემდეგ სინათლეზე მიმდინარე სხვა რეაქციების შესწავლა დაიწყეს, აღნიშნეს, რომ ცალკეულ შემთხვევებში სინათლის ქვანტის შთანთქმის შედეგად მოსალოდნელი ერთი მოლეკულის ნაცვლად ორმოცდაათი და ზოგჯერ ათასი მოლეკულა წარმოიქმნება.

არენიუსის თეორია ამ საოცარ მოვლენას ვერ ხსნიდა.

ჯაჭვური რეაქციები

ბოდენშტეინმა ახალი თეორია შექმნა. ის მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ მოლეკულებს ერთმანეთისათვის თავისი ენერგიის გადაცემა შეუძლია და ამიტომ ენერგიის ერთ ქვანტს შეუძლია გაააქტიუროს ასობით და ათასობით მოლეკულა.

სწორედ ასევე, გათბობის ზეგავლენით ქიმიური რეაქციების აჩქარებისას ერთი აღგზნებული მოლეკულის ენერგია მეორეს გადაეცემა. აქტიური მოლეკულა თავის მსგავს მრავალ მოლეკულას წარმოქმნის.

სინათლეზე ქლორისა და წყალბადის შეერთების რეაქციის შესწავლის დროს მეცნიერებმა ყურადღება მიაქციეს იმ ფაქტს, რომ სინათლის ქვანტის შთანთქმის შედეგად ქლორის მოლეკულა ჯერ თავისუფლად ატომებად იშლება (ქლორის მოლეკულა ორი ატომისაგან შედგება), ამგვარი ატომები კი რეაქციაში უფრო ენერგიულად შედის. ვიდრე დაუშლელი მოლეკულები. ეს იმის გამო ხდება, რომ ატომებს თავისუფალი ვალენტობა გააჩნია ე. ი. გაუჯერებელია.

ქლორის თავისუფალი ატომი რეაქციაში შედის წყალბადის მოლეკულასთან (რომელიც ასევე ორი ატომისაგან შედგება) და

ართმევს მას ერთ ატომს. წარმოიქმნება ქლორწყალბადი. წყალბადის განთავისუფლებული ატომი ქლორის მოლეკულას ეჯახება, შლის მას და ქლორის ატომს იერთებს. ქლორის მეორე გაუჯერებელი ატომი ისევ წყალბადის მოლეკულას ეჯახება და ა. შ.

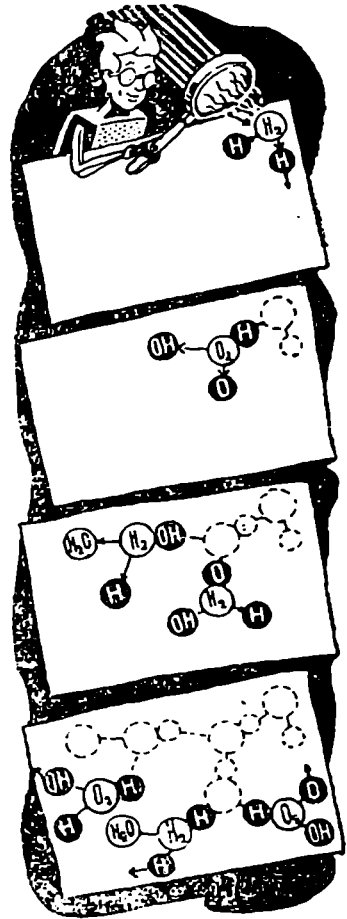
ასე წარმოიქმნა ქიმიური ახალი ცნება — ჯაქვური რეაქციები. ბოდენშტეინის თეორია მალე ახალი დაკვირვებებით შეივსო. ინგლისელმა ქიმიკოსმა ნერნსტმა შენიშნა, რომ ჯაქვურ რეაქციებს ადგილი აქვს არა მარტო მოლეკულებს შორის ენერჯიის გადაცემის დროს (ასეთ ჯაქვებს ენერჯეტიული ეწოდება), არამედ იმ შუალედური ნივთიერების წარმოქმნის დროსაც, რომელიც მოლეკულათა ურთიერთდაკავშირებას აადვილებს (ასეთ ჯაქვებს წუთიერი ეწოდება).

მაგალითად, დენტის ნელი დაშლის დროს აზოტის ჟანგეულები გამოიყოფა. ჟანგეულები დაშლის რეაქციას აჩქარებს. ამიტომ დენტის აზოტის ჟანგეულების მშთანთქმელ ნივთიერებას ურევენ, წინააღმდეგ შემთხვევაში დენტის დიდი ხნით შენახვა არ შეიძლება.

ბოდენშტეინ-ნერნსტის ჯაქვური რეაქციების თეორიას თითქოს უნდა გაერკვია იმ მოვლენების არსი, რომელსაც სხვადასხვა ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობისას აქვს ადგილი. თითქოსდა უკვე ნაპოვნი იყო იმ მრავალრიცხოვან გამოცანათა ასხნა, რომელსაც ქიმიკოსები თავიანთ მუშაობაში ხვდებოდნენ.

აფეთქებისა და წვის რეაქციების შესწავლის დროს მეცნიერები ახალ, მათთვის გაუგებარ მოვლენებს წააწყდნენ.

ბოდენშტეინ-ნერნსტის თეორია არ გამოდგა ამ მოვლენათა ასახსნელად. შემჩნეული იყო, რომ ასაფეთქებელ ნივთიერებათა უმეტესობა გაცხელებისას იშლება არა ერთბაშად, არა მაშინვე, არამედ მხოლოდ



ვანტოტვილი ჯაქვური რეაქციის სქემა (წყალბადის დაჯანგვის მაგალითზე)

რამოდენიმე ხნის შემდეგ, ე. ი. აფეთქების რეაქციაში რაღაც ფარული პერიოდი არსებობს. მსგავს მოვლენებს აქვს ადგილი წვის ყველარეაქციის დროს.

მაგალითად, თუ ოდნავ გაცხელებულ ლუმენში მოვათავსებთ ამჟულას ტროტილის მცირე რაოდენობით, აფეთქება მხოლოდ რამოდენიმე საათის შემდეგ მოხდება.

ბერნშტეინ-ნერნსტის თეორიის მიხედვით ქიმიური რეაქციების სიჩქარე უნდა იზრდებოდეს გარკვეულ ზღვარამდე, შემდეგ კი თანდათანობით უნდა იკლებდეს, რადგან აქტიურ ცენტრთა რაოდენობა თანდათან მცირდება.

ამიტომ ბევრ მეცნიერს მიაჩნდა, რომ ამ თეორიით არ შეიძლება წვისა და აფეთქების რეაქციების ახსნა.

გამოჩენილმა საბჭოთა მეცნიერებმა აკადემიკოსებმა ნ. ნ. სემიონოვმა, ი. ბ. ხარიტონმა და ი. ბ. ზელდოვიჩმა და აგრეთვე ზოგიერთმა უცხოელმა მეცნიერმა — ინგლისელმა ფიზიკო-ქიმიკოსმა ს. პინშელვუდმა, ამერიკელმა ქიმიკოსმა ბ. ლუისმა, გერმანელმა ფიზიკოსმა გ. ფონელბემ არ გაიზიარეს ეს შეხედულება.

ყველა წვა ან აფეთქება ხომ ქიმიური რეაქციაა, რომელიც მიმდინარეობს საწვავი ან ფეთქებადი ნივთიერების შემადგენელ ნაწილებს შორის. მას თან სდევს სითბოს გამოყოფა, რაც არენიუსის კანონის მიხედვით, თავის მხრივ, ზრდის რეაქციის სიჩქარეს. მაშასადამე, მსჯელობდნენ მეცნიერები, ქიმიური რეაქციის გათბობით გამოწვეული აჩქარების შედეგად წარმოიქმნება სითბური თვითამაჩქარებელი ზეავი, ტალღა, რომელიც განიხილება როგორც თვითაღება. ამ დროს აქტიურ მოლეკულათა რიცხვი განუწყვეტლივ უნდა იზრდებოდეს.

„აქტიურ მოლეკულათა ჯაჭვებს განტოტვა შეუძლია, — წერდა აკადემიკოსი ნ. ნ. სემიონოვი, ერთი აქტიური მოლეკულა ზოგჯერ ერთდროულად რამოდენიმეს წარმოქმნის“.

სემიონოვის შეხედულებები ბრწყინვალედ დადასტურდა პრაქტიკულად.

1926 წ. ნ. სემიონოვის მოწაფეები — ი. ხარიტონი და ზ. ვალტა ჟანგბადის არეში დაბალი წნევის დროს ფოსფორის ორთქლის ნათებას იკვლევდნენ.

ცდების დროს მათ საინტერესო მოვლენა გამოავლინეს. ნათება მხოლოდ გარკვეული წნევის პირობებში შეინიშნებოდა. უფრო დაბალ წნევაზე ჟანგვის პროცესი ძალზე ნელა, პრაქტიკულად არ მიმდინარეობდა. უფრო მაღალ წნევაზე კი — რეაქცია ვითარდებოდა მძაფრად.

აღმოჩნდა, რომ დაბალი წნევის დროს კოლბის კედლებზე აქტიურ მოლეკულათა დეზაქტივაცია წარმოებს და რეაქციის სიჩქარე მეტისმეტად ეცემა. წნევის მატებისას კი — აქტიური ნაწილაკები სწრაფად „მრავლდება“, წარმოიქმნება ახალი ჯაჭვები. რეაქციის სიჩქარე სწრაფად იზრდება, თვით ფოსფორის თვითაალებამდე.

შემჩნეულ იქნა, რომ ფოსფორის მიღება ჩქარდება, თუ ჟანგბადს ცოტა ინერტული გაზი — აზოტი ან აზოტი, ნეონი ან კრიპტონი მივუმატეთ. ეს გამოწვეულია იმით, რომ აქტიური ნაწილაკი ეჯახება რა ინერტიული გაზის მოლეკულებს, უფრო გვიან აღწევს კოლბის კედლებამდე, სადაც იგი „კედება“. კედელთან მოხვედრამდე იგი ასწრებს განტოტვილი ჯაჭვის შექმნას.

როგორც მთაში ზევის წარმოქმნისას თოვლის პატარა გუნდა, მთის კალთიდან დაქანებული, მრისხანე ზევადად იქცევა, ასევე აქტიური ცენტრებიც წარმოქმნის სულ ახალ და ახალ აქტიურ მოლეკულებს და იმდენად აჩქარებს რეაქციას, რომ ჩნდება კაშკაშა სინათლე ანდა გამაყრუებელი აფეთქება გაისმის.

საფუძვლად მიიღეს რა გაუტოტავი ჯაჭვური რეაქციების თეორია, სემიონოვმა და მისმა მოწაფეებმა შეავსეს იგი რეაქციების განტოტვილი ჯაჭვების ცნებით. მათ შეადგინეს ფორმულები, რაც საშუალებას იძლევა მათემატიკური სიზუსტით იქნეს გამოთვლილი, თუ როგორ წარიმართება ახალ აქტიურ ცენტრთა წარმოქმნა ტემპერატურის, წნევის, სარეაქციო კუროტის ზომის მიხედვით.

ჯაჭვური თეორიის საშუალებით შესაძლებელი გახდა ცეცხლის მრავალი საიდუმლოს, წვის და აფეთქების რეაქციების ახსნა.

აღრე მიაჩნდათ, რომ ალის გავრცელება გამოწვეულია მეზობელ ცივ ფენებზე იმ ფენის ზემოქმედებით, რომელიც იწვის: სითბოგამტარობის გამო ხდება ცივი ფენების გახურება აალების ტემპერატურამდე, რის დროსაც იწყება ამ ფენების წვა. ამგვარი წარმოდგენა საგნებით უგულვებელყოფდა წვის პროცესის ქიმიურ ბუნებას.

ამჟამად დადასტურებულია, რომ წვის პროცესს საფუძვლად ჯაჭვური ქიმიური რეაქციები უდევს.

დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს წყალბადის წვას ჟანგბადში. წყალბად-ჟანგბადოვანი ალის ტემპერატურა სამიათას გრადუსამდე აღწევს. მას ლითონის შრისა და შედუღებისათვის იყენებენ. ფოსფორის ჟანგბადით დაჟანგვის მსგავსად, ჟანგბადში წყალბადის წვის დროსაც განტოტვილი ჯაჭვები წარმოიქმნება.

აქტიური თვისებები შეიძლება გააჩნდეს არა მარტო ატომს, არამედ ატომთა ჯგუფსაც — რადიკალსაც. მაგალითად, ჟანგბადით წყალბადის დაჟანგვისას წარმოიქმნება თავისუფალი რადიკალი OH.

ამ რეაქციის დროს განტოტვილი ჯაქვების „დაბადებაში“ სამი აქტიური ნაწილაკი მონაწილეობს — წყალბადისა და ჟანგბადის თავისუფალი რადიკალი OH.

წყალბადის მოლეკულა თავდაპირველად სითბოს გავლენით თავისუფალ ატომებად იშლება. ეს ატომები ჟანგბადის მოლეკულებს ეჯახება, შლისმათ და ჟანგბადის ერთ-ერთ ატომს უერთდება. წარმოიქმნება აქტიური ნაწილაკები ჟანგბადის თავისუფალი ატომები და რადიკალი (OH).

ეს აქტიური ნაწილაკები წყალბადის მოლეკულებს ეჯახება და მიიღება წვის საბოლოო პროდუქტი — წყლის მოლეკულები და წყალბადის თავისუფალი ატომები. ერთდროულად ჟანგბადის თავისუფალი ატომები წყალბადის მოლეკულებს ეჯახება და ახალი (OH) რადიკალები და წყალბადის ატომები წარმოიქმნება და ა. შ.

ჯაქვური რეაქციების თეორიის საფუძველზე შექმნილი ფორმულები საშუალებას იძლევა ზუსტად გამოვიანგარიშოთ თვითაალების ტემპერატურა ნებისმიერ წნევაზე, თუ კი ცნობილია ქიმიური რეაქციის სიჩქარის მუდმივა. ეს საშუალებას იძლევა ღუმელებისა და ქვაბების საცეცხლურში, შიდაწვის ძრავებში რეაქტიულ ძრავებში სწორად გამოვითვალოთ სითბოს რეჟიმი და დავზოგოთ საწვავი.

„ქიმიური მიკრობები“

ჯაქვური რეაქციების თეორიის დახმარებით შესაძლებელი გახდა აფეთქების რეაქციის მსვლელობის გამოთვლა, ბევრ შემთხვევაში მათი მართვა¹.

აეაგსოთ კურტელი საწვავი გაზების ნარევით და ერთი ბოლოდან მოფუკილოთ ცეცხლი. ალი ჯერ თანდათანობით, ხოლო შემდეგ სულ უფრო და უფრო სწრაფად ვრცელდება.

დასაწყისში ალის გავრცელების სიჩქარე წამში რამდენიმე მეტრს არ აღემატება, ბოლოს და ბოლოს კი წამში რამდენიმე ათას მეტრს მიაღწევს. მოხდება აფეთქება.

შეიძლება თუ არა აფეთქების რეაქციის აჩქარება ან შენელება? ჯაქვურ რეაქციათა თეორია ამ კითხვას დადებითად უპასუხებს.

¹ აფეთქების რეაქციები ყველა შემთხვევაში არ ატარებს ჯაქვურ ხასიათს. ზოგჯერ აფეთქების მიზეზია ქიმიური რეაქციების ხარჯზე წარმოქმნილი სითბო, რომლის რაოდენობა სწრაფად იზრდება. ეს სითბო სისტემიდან არ გაიცემა, ან გაიცემა ბევრად უფრო ნაკლები, ვიდრე წარმოიქმნება. იგი ასაფეთქებელი ნივთიერებების ან საწვავი ნარევის გაცხელებას იწვევს და ქიმიური რეაქციის სწრაფ მიმდინარეობას უწყობს ხელს.

თუ გაზის ცხელ ნარევს, რომელიც უკვე მზადაა აფეთქებისათვის და რომელშიც სწრაფად იზრდება და იტოტება აქტიურ მოლეკულათა ჯაჭვები, გაზის მცირეოდენ რაოდენობას მოვაკლებთ, მაშინ აფეთქება შეყოვნდება.

ხოლო თუ გაზის ამ ნარევის გარკვეულ რაოდენობას შევიტანთ მეორე კუთრებში, რომელშიც გაზის გაცხელებული ნარევი, მაშინ აფეთქება ვადაზე ადრე მოხდება.

„ფარული პერიოდის მქონე ქიმიური რეაქციები ძლიერ მოვავგონებს ადამიანს, რომელიც მიკრობებითაა დაავადებული“ — აღნიშნავდა ხოლმე აკადემიკოსი ნ. სემიონოვი თავის თანამშრომლებთან.

ისივე როგორც მიკრობები, რომლებიც მრავლდებიან რა ადამიანის ორგანიზმში იწვევენ და აძლიერებენ ავადმყოფობას, აქტიური ცენტრებიც ასალი ჯაჭვების საწყისს წარმოადგენს და აჩქარებს რეაქციას.

მაშასადამე, თუ აქტიური ცენტრების შემცველ ნარევს — „საფეთქელას“ შევიტანთ გაზის ცხელ ნარევში, ამით ჩვენ დავაჩქარებთ რეაქციას და აფეთქებას ჩვეულებრივზე უფრო ადრე გამოვიწვევთ.

ავტომაქანისა და ტრაქტორის მძლოლებს, მფრინავებსა და მოტორისტებს დიდ უსიამოვნებას აყენებს დეტონაცია — შიდაწვის ძრავაში საწვავი ნარევის აფეთქება. ეს მოტორების მრისხანე მტერია: დეტონაცია ძრავის სიმძლავრეს ამცირებს, ზრდის საწვავის ხარჯს და მოტორის სწრაფ გაცვეთას იწვევს.

შიდაწვის ყოველ ძრავაშია მუხლა ლილვი, რომელიც ბრუნვის დროს ამოძრავებს დგუშს ცილინდრში, სადაც საწვავი ნარევი იწვის. როდესაც დგუში ჩადის ქვევით, ცილინდრის სარკველი იდება და საწვავი ნარევი შიგ ჩაიწოვება. შემდეგ სარკველი იკეტება, დგუში ადის ზევით და გაზის ნარევს წნეხავს. ცილინდრში წნევა იზრდება. როდესაც დგუში თითქმის ზემო ნაწილამდე აღწევს, მაგნეტოს-ელექტრონაპერწყალი საწვავ ნარევს ანთებს. წნევა მკვეთრად იზრდება და დგუში ისევ ქვევით იწევს. ამ დროს სრულდება მუშაობა და ცილინდრში წნევა ეცემა. შემდეგ დგუში ისევ ზევით ადის, იდება. ცილინდრის სარკველი და საწვავი ნარევის წვის პროდუქტები ატმოსფეროში გამოიღვინება.

ზოგჯერ საწვავი ნარევი, რომელიც შიდაწვის ძრავას ცილინდრში ნორმალურად იწვის, უცბად უზარმაზარი სიჩქარით იწყებს წვას. წვის კამერაში წარმოიქმნება აფეთქების ძლიერი ტალღა, რომელიც ეხეთქება ცილინდრის კედლებს, აირეკლება მათგან და ასე-ბორგავს აღმოღებულ გაზში. მოტორის კედლების ტემპერატურა

შვეთრად იზრდება და მოტორი, როგორც მძლოლები ამბობენ, „ციებ-ცხელებაშია“.

დეტონაციის სწორედ ამ სურათის ზუსტი აღბეჭდვა შესძლეს ფოტოფიზიკურ აკადემიკოს ს. სემიონოვის თანამშრომლებმა — ა. ვოინოვმა და ა. სოკოლიკმა.

მეცნიერებმა ჩაატარეს აგრეთვე ძრავადან გამოტანილი გაზის ნარევის ნიმუშების ანალიზი. ანალიზით გაირკვა, რომ დეტონაციის გამომწვევი ქიმიური რეაქციების დროს წარმოიქმნება არამდგრადი შუალედი ნაერთები — ზეჟანგები. მეცნიერებმა სხვადასხვა ჯაჭვური რეაქციის შესწავლის საფუძველზე დაადგინეს, რომ ზეჟანგი წვას აძლიერებს, ხოლო თუ ზეჟანგების კონცენტრაცია გარკვეულ ზღვარს აღემატება, მაშინ გაზის დაუწვავი ნაწილი მძაფრად ააღდება და დეტონაცია წარმოიქმნება.

დეტონაციის თავიდან ასაცილებლად ძრავის საწვავს ზოგიერთ ნივთიერებას, მაგალითად, ტეტრაეთილტყვიას¹ უმატებენ. ამგვარ ნივთიერებებს ანტიდეტონატორს უწოდებენ, რადგან ისინი ზეჟანგების დაგროვებას უშლის ხელს.

შიდაწვის ძრავაში დეტონაციასთან ბრძოლის მეორე საშუალებაა ისეთი სპეციალური საწვავის დამზადება, რომელიც წვის დროს ზეჟანგს არ წარმოქმნის.

ჯაჭვური რეაქციები ბევრ ტექნოლოგიურ პროცესს უდევს საფუძვლად სხვადასხვა ქიმიურ (სინთეზური კაუჩუკის, ხელოვნური ბოქსოს, პლასტიკური მასების) წარმოებაში.

¹ ტეტრაეთილტყვია — ყველაზე კარგი ანტიდეტონატორია, მაგრამ მთელი რიგი მნიშვნელოვანი ნაკლი აქვს. თუ მას მეტი რაოდენობით დაემატებთ საწვავს, მაშინ ძრავაში მეტალური ნალექი წარმოიქმნება, რომელიც ძრავას მუშაობას აფერხებს და მის ნაადრევ გაცემას იწვევს. გარდა ამისა ეს შხამიანი ნივთიერებაა. არა მარტო ორგანიზმის შიგნით — კანზე მოხვედრის დროსაც კი იგი ცენტრალური ნერვული სისტემის ძლიერ დაზიანებას და ზოგჯერ სიკვდილსაც კი იწვევს. რამდენიმე წლის წინათ ერთერთ ქარხანაში, სადაც ტეტრაეთილტყვიას აწარმოებდნენ, მუშა ჩავარდა არხში, სადაც წყალი ანტიდეტონატორით იყო გაკუჭკუანიებული. იგი რამოდენიმე საათის შემდეგ გარდაიცვალა.

დიდი ხნის განმავლობაში არავის ეგონა, რომ ტეტრაეთილტყვია ასეთი „საიმედო“ წამალი იქნებოდა დეტონაციის საწინააღმდეგოდ. ამერიკელმა ინჟინრებმა — მიჯდემ და ბოიდმა შესაფერისი ანტიდეტონატორის ძებნისას 30 ათასზე მეტი ნივთიერება გამოსცადეს. მათი გულმოდგინე შრომა წარმატებით დამთავრდა: ტეტრაეთილტყვიამ გაამართლა მათი იმედები.

რამდენიმე წლის წინათ აღმოაჩინეს ახალი შესანიშნავი ანტიდეტონატორი — ფეროცენი, რომელიც არ არის შხამიანი. ეს მეტად თავისებური ორგანული ნივთიერებაა, რომლის მოლეკულის ცენტრში რკინის ატომია.

პატარა მოლეკულების გიგანტურ მოლეკულებად გარდაქმნა ე. ი. მონომერის მოლეკულების პოლიმერიზაცია აგრეთვე ზეჟანგის თავისუფალი რადიკალების მონაწილეობით მიმდინარეობს. ზოგიერთ შემთხვევაში პოლიმერიზაცია მხოლოდ ჟანგბადის თანაპოვნიერებით მიმდინარეობს. მაგალითად, ქლორფინილის მოლეკულების „შეკერვა“ პოლიფინილქლორიდის მოლეკულათა ჯაჭვად (მისგან წყალგაუმტარ საწვინარ ტანსაცმელს ამზადებენ) ჟანგბადის ატომების მეშვეობით ხერხდება. ჟანგბადის მოლეკულა ქლორფინილის მოლეკულებთან შეჯახებისას წარმოქმნის ზეჟანგს, რომელიც რეაქციის ინიცირებას, ე. ი. ჯაჭვური რეაქციის დაწყებას იწვევს. არანაკლებ როლს ასრულებს ჟანგბადის ატომი სტიროლის პოლიმერიზაციის დროს, რომელიც სინთეზური კაუჩუკის დასამზადებელ ნედლეულად გამოიყენება.

უკანასკნელ წლებში საბჭოთა მეცნიერმა ბ. დოლგოპლოსკიმ დაადანტურა ჟანგბადის მონაწილეობა სინთეზური კაუჩუკის პოლიმერიზაციის ბევრ რეაქციაში. ამ გამოკვლევებმა ხელი შეუწყო სხვადასხვა სახის ხელოვნური კაუჩუკის წარმოების უფრო ხელსაყრელი ხერხის დადგენას. ჯაჭვური რეაქციების თეორია ქიმიკოსებს ეხმარება მრეწველობის სამსახურში ჩააყენოს მრავალი ჟანგვითი პროცესი ძვირფასი ქიმიური პროდუქტების — სპირტების, ალდეჰიდების, ეთერების მისაღებად.

განსაკუთრებით დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ჯაჭვურ რეაქციებს ნავთობის გახლეჩის (კრეკინგის) დროს წარმოქმნილი სხვადასხვა ნახშირწყალბადის დასაჟანგავად. ისინი აქტიურად მონაწილეობს მრავალი ორგანული გამხსნელის დამზადების პროცესში, სოფლის მეურნეობის მავნებლებთან საბრძოლველად შხამიანი ნივთიერებების წარმოებაში, ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებების დამზადებაში. ჯაჭვური რეაქციებით მიმდინარე ნახშირწყალბადების დაჟანგვის პროდუქტებია ცხიმოვანი მჟავები. ცხიმოვანი მჟავები საკვები ცხიმების ნაცვლად იხმარება საპნის, სარეცხი საშუალებების, საცხის წარმოებაში.

მეცნიერებმა დიდი ყურადღებით შესწავლეს ჯაჭვური რეაქციების მიმდინარეობისას ის პირობები, რომლის დროსაც თავისუფალი რადიკალები და ატომები „იზადება“.

აღმოჩნდა, რომ მრავალ შემთხვევაში სინათლე, ელექტროგანმუხტვა, თავისუფალი რადიკალების იოლად წარმოქმნილი ნივთიერების მცირე რაოდენობით დამატება, ბიძგს აძლევს რეაქციის დაწყებას.

სულ ახლახანს სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ემანუელმა გამოიკვლია, რომ აზოტის ჟანგეულები ნახშირწყალბადების დაჟანგვის ინიცირებას იწვევს დაბალ ტემპერატურაზეც კი. მაღალ ტემპერატურაზე ნახშირწყალბადების დაჟანგვისას აზოტის ჟანგეულობის მცირე რაოდენობით დამატებაც კი აჩქარებს თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნას.

საკმარისია თხევად პარაფინში ჩაბეროთ აზოტის ჟანგეულების უმნიშვნელო რაოდენობის შემცველი ჰაერი, რომ დაიწყოს რეაქცია— დაწყებული რეაქცია უკვე დამოუკიდებლად გრძელდება წარმოქმნილი ზეჟანგების ხარჯზე და შემდეგ უკვე შეიძლება სუფთა ჰაერის ჩაბერვა.

უკანასკნელ წლებში დიდი წარმატებები მოპოვებული ჯაქვური რეაქციების მსვლელობის ხასიათის კვ - ევაში. თავისუფალი რადიკალების აღმოსაჩენად დამუშავებულია ე. წ. ლითონური სარკეების გონებამახვილური მეთოდი.

თავისუფალი რადიკალების შემცველ გაზს ატარებენ მინის მილში, რომლის შიგნითა ზედაპირი სარკის მსგავსად დაფარულია რაიმე ლითონის (ტყვია, ბისმუტი, სურმა) თხელი ფენით. თავისუფალი რადიკალები ლითონის ზედაპირთან შეხებისას ჯრთიერთმოქმედებენ ლითონთან და სარკე იშლება. მიღებული ლითონურორგანული ნაერთის ანალიზით შესაძლებელია რადიკალის ბუნების გარკვევა.

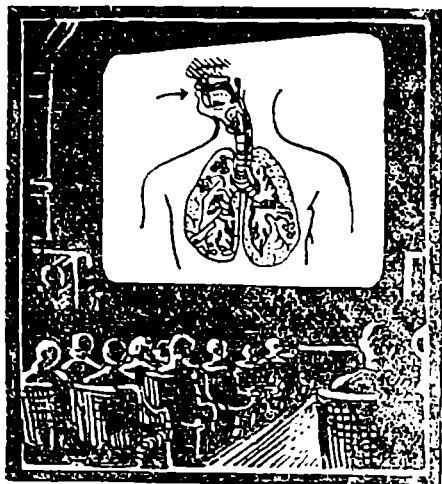
ზოგიერთ რეაქციაში თავისუფალ რადიკალთა და ატომთა მნიშვნელოვანი რაოდენობა წარმოიქმნება. წყალბადის დაჟანგვის დროს თავისუფალი ჰიდროქსილების (OH) და წყალბადის ატომების რაოდენობა 30 პროცენტს აღწევს. გოგირდწყალბადის დაჟანგვის რეაქციებში დიდი რაოდენობით გამოიყოფა გოგირდის მონოჟანგის რადიკალი.

ჯაქვური რეაქციის მექანიზმის და რადიკალების „დაბადების“ პირობების გარკვევაში მეცნიერებს დიდ დახმარებას უწევს ნიშანდებული ატომების — სხვადასხვა ელემენტის რადიოაქტიული იზოტოპების გამოყენება. ყველაზე უფრო ხშირად იყენებენ წყალბადის, ენგბადის, ფოსფორის, გოგირდის, ბრომისა და იოდის იზოტოპებს.

აქტიური მოლეკულები და შუალედური ნივთიერებები — ზეჟანგები, თავისუფალი რადიკალები და ატომები არც რეაქციის დაწყებამდე და არც მისი დამთავრების შემდეგ არ შეინიშნება. ისინი მხოლოდ რეაქციის მსვლელობაში ჩნდება წამის რაღაც უმნიშვნელო მონაკვეთის განმავლობაში და თავისი ხანმოკლე არსებობის მანძილზე ტიტანურ სამუშაოს ასრულებს.

აღნიშნული ზეჯანგები, თავისუფალი რადიკალები და ატომები აჯახებს ურთიერთთან მილიარდობით მოლეკულას, რომელიც ხან წარმოუდგენელი სიჩქარით მოძრაობს და იწვევს ნივთიერებათა დაშლას ალითა და აფეთქებით, ხან კი დინჯად მოძრაობს და განაპირობებს ნივთიერებების შემაღგენელ ნაწილებად დაშლას ნელი ჟანგვის პროცესში.





საქვეთი — ჩვენი „საქვეთი“
 უ კ რ ტ ლ

საქვეთი — ჩვენი „საქვეთი“

ქ დანიანისა და ცხოველების არსებობისათვის საჭიროა საკვები, წყალი, ჯანგბადი. ჩვენი ორგანიზმი იზრდება, ქსოვილები თანდათან ცვდება და ისინი ახალით უნდა შეიცვალოს. საკვებისაგან წარმოიქმნება ის „საშენი მასალა“, რომელიც საჭიროა გაცვეთილი ქსოვილების შესაკეთებლად, ორგანიზმის ზრდის დროს ახალი უჯრედების შესაქმნელად. ჩვენი მრავალფეროვანი საკვების — ბურის, ხორცის, რძის, ბოსტნეულის, ხილის შემადგენლობაში შედის ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები, ვიტამინები.

გამოთვლილია, რომ მოზრდილ ადამიანს დღეში საშუალოდ ესაჭიროება ცილები — 100 — 110 გრამი, ცხიმები — 90 — 100 გრამი, ნახშირწყლები — 420 — 450 გრამი. ამ რაციონის მნიშვნელოვნად შეპყირებისას, ორგანიზმი თავისი სამარჯათო ნივთიერებების ხარჯვას იწყებს და ადამიანი ხდება.

ცილოვანი ნივთიერებანი, რომელსაც ჩვენ საკვებიდან ვიღებთ, წარმოადგენს „შესაკეთებელ“ და „საშენ“ მასალას კუნთებისათვის,

წერვებისათვის, კანისა და სხვა ქსოვილებისათვის. მაგრამ საკვები რო-
დი წარმოადგენს მხოლოდ „საშენ“ მასალას, რომლის გარეშეც წარ-
მოუდგენელია ადამიანთა და ცხოველთა სიცოცხლე და ზრდა. იგი
აგრეთვე ორგანიზმის არსებობისათვის აუცილებელი ენერჯის წყაროა.
კვების პროდუქტებით დაგროვილი ენერჯის გარდაქმნას ჩვენი ორ-
განიზმიც აწარმოებს. ჩვენ ენერჯია გვესაჭიროება არა მარტო იმისა-
თვის, რომ სხეულის სათანადო სითბო შევინარჩუნოთ, არამედ იმი-
სათვისაც რომ სუნთქვა, ლაპარაკი, მუშაობა, აზროვნება შეგ-
ვეძლოს.

ადამიანები და ცხოველები ბევრ ენერჯიას ხარჯავენ ისეთი მნიშ-
ვნელოვანი ორგანოების მუშაობისათვის, როგორცაა გული, ტვინი,
ჟილტვები.

მეცნიერებმა გამოიანგარიშეს, რომ ადამიანის ორგანიზმის ნორ-
მალური მუშაობისათვის დღეღამეში საშუალოდ სამ ათასამდე კილო-
კალორიაა საჭირო. ეს სითბო საკმარისია იმისათვის, რომ ნული
გრადუსიდან დუღილის ტემპერატურამდე მივიყვანოთ ოცდაათი ლიტ-
რი წყალი. „საწვავად“ ძირითადად ცხიმები და ნახშირწყლები გამო-
იყენება. ორგანიზმში ერთი გრამი ნახშირწყლის დაწვით ოთხი დიდი
კალორია სითბო მიიღება, ხოლო ერთი გრამი ცხიმის დაწვისას —
ცხრა დიდი კალორია.

ერთი ნატეხი შაქრის „დაწვისას“ გამოყოფილი ენერჯია საკმა-
რისია სამი კაცის ასატანად ორსართულიანი სახლის სახურავზე. ხო-
ლო ერთ გრამ ცხიმში დაფარული ენერჯია საკმარისია ორმოცედი-
რიანი კასრის ასატანად მაღალ პლატფორმაზე.

ნახშირწყლების რთული მოლეკულები საქმლის მონელების სხვა-
დასხვა პროცესში შედარებით უფრო მარტივ მოლეკულებად იშლება.
მათ წვრილი ნაწლავები შეიწოვს. ეს შეწოვილი ნივთიერება ნაწლა-
ვიდან გადადის პირდაპირ ღვიძლში. სადაც ცხოველური სახანებლის
— გლიკოგენის სახით გროვდება. საჭიროებისდა მიხედვით, გლიკოგენი
გარდაიქმნება მარტივ ნახშირწყლებად — გლუკოზად ანუ ყურძნის
შაქრად, რომელსაც სისხლი ჩვენი სხეულის ყოველ ნაწილში გადა-
იტანს.

მუშაობის დროს ყველაზე მეტ ენერჯიას ჩვენი კუნთები მოი-
თხოვს, მამასადამე მათ მეტი საწვავი ესაჭიროება. ამიტომაა, რომ
ნახშირწყლების გარდაქმნა ყველაზე მეტად კუნთებში მიმდინარეობს.

ნახშირწყლები კუნთებში მრავალ საოცარ გარდაქმნას განიცდის,
ვიდრე მათი მოლეკულები წყლისა და ნახშირორჟანგის მოლეკულებად
გადაიქცევა. თავდაპირველად გლუკოზა კვლავ გლიკოგენს წარმოქმნის.

ეს გლიკოგენი არაფრით არ განსხვავდება ღვიძლის გლიკოგენისაგან. ვიდრე კუნთი მშვიდ მდგომარეობაშია, გლიკოგენი არ იცვლება. მაგრამ, აი, კუნთი შეიკუმშა და ენერგიაშიც დაიწყო ხარჯვა. იწყება გლიკოგენის „წვა“ — მისი მოლეკულები თანდათანობით იშლება. წარმოიქმნება ახალი ორგანული ნივთიერებები, ჩნდება რძის მჟავა. მაგრამ რძის მჟავა დიდხანს არ შეინარჩუნება, ჟანგბადი მის მოლეკულებს ჟანგავს და საბოლოო პროდუქტებად — ნახშირორჟანგად და წყლად გარდაქმნის.

შარული სხსლის ქიმიი

ყოველი ცოცხალი ორგანიზმი თითქოს დიდი „ქიმიური ლაბორატორიაა“, სადაც სრულიად სხვადასხვაგვარი გარდაქმნები ხორციელდება. ზოგი ნივთიერება შემადგენელ ნაწილებად იშლება, ზოგი კი ხელახლა წარმოიქმნება.

დაშლისა და აღდგენის რეაქციები მჭიდროდაა ურთიერთგადახლართული. ეს რეაქციები იმდენად მჭიდროდაა დაკავშირებული ერთმანეთთან, რომ მათ ცალ-ცალკე უერთმანეთოდ მიმდინარეობა არ შეუძლია. აღნიშნული რეაქციები არ შეიძლება დამოუკიდებლად განვიხილოთ — ეს ერთი პროცესის — ეგზოთერმული ნივთიერებათა ცვლის — ორი მხარეა.

ნივთიერებათა ცვლაში განუზომლად დიდ როლს ასრულებს ჟანგვითი პროცესები. ცოცხალ ორგანიზმთა სიცოცხლე ჟანგბადის გარეშე წარმოუდგენელია (თუ არ ჩავთვლით ბაქტერიათა ზოგიერთ სახეს). ენერჯის ის დიდი რაოდენობა, რომელიც აუცილებელია ცხოველებისა და ადამიანის ზრდისა და განვითარებისათვის, მუშაობისა და მოძრაობისათვის, ძირითადად, სუნთქვის დროს მიიღება.

ადამიანს ოთხი კვირა შეუძლია იზიმშილოს, სამი დღე გაძლოს უწყლოდ, მაგრამ უპაეროდ სამი წუთიც კი არ შეუძლია დაჰყოს.

სუნთქვის არსი მდგომარეობს ჩვენს საკვებში შემავალი, ენერჯით მდიდარი ნახშირბადოვანი ნაერთების — ცხიმების — ცილების, შაქრების — ენერჯით უფრო ღარიბ ქიმიურ ნაერთებად გარდაქმნაში.

ჩვენი ორგანიზმი არა მარტო დღისით, სიფხიზლისა და მუშაობის დროს შთანთქავს ენერჯიას, არამედ ღამეც — ძილის დროსაც. ეს იმას ნიშნავს, რომ ორგანიზმი განუწყვეტლად სუნთქავს. სწორედ ამიტომაც, რომ ადამიანსა და ცხოველებს რამოდენიმე ხნის განმავლობაში შეუძლიათ საკვების და წყლის გარეშე ყოფნა, მაგრამ მხოლოდ რამოდენიმე წუთს ძლებენ უპაეროდ. სხეულში ხომ ყოველთვი-

საა საკვები ნივთიერებისა და წყლის მარაგი, ჟანგბადის მარაგი კი არ არის.

მაშ როგორ მიმდინარეობს საკვების დაჯანგვა ცხოველურ ორგანიზმში? ამ საკითხით მეცნიერები უკვე სამოცდათხუთმეტი წლის წინათ დაინტერესდნენ.

სწავლულათვის კარგად იყო ცნობილი, რომ ორგანიზმში საკვების წვის შედეგად ნახშირორჟანგი და წყალი წარმოიქმნება. მაგრამ ჟანგბადის ატომების დაკავშირება ცილების, ცხიმების და ნახშირწყლების მოლეკულებში შემავალ ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებთან ძლიერ ნელა მიმდინარეობს. ამიტომ ასეთ წვას მეცნიერებაში ნელი ჯანგვა ეწოდა.

ამ პროცესის მექანიზმი გაუგებარი რჩებოდა. ამოუხსნელი იყო ჟანგბადის მონაწილეობა. მოქმედებს იგი ისევე, როგორც ჩვეულებრივი წვის დროს, როდესაც ჟანგვა სწრაფად, ცეცხლისა და ალის გამოყოფით მიმდინარეობს თუ სხვაგვარად?

ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად ჩატარდა ცდები ნელი წვის შესასწავლად სხვადასხვა იოლად დაჯანგვის უნარის მქონე ნივთიერებებზე: ტერპენტინის ზეთზე, ფოსფორზე. ასეთ ნივთიერებებს დაჯანგვა შეუძლია გარეშე ენერჯის, მაგ., სინათლის, სითბოს, ელექტრონის გარეშე. ნელი წვა არ საჭიროებს გარეშე ენერჯიას, ეს თავისთავადი ჟანგვაა.

გერმანელმა მეცნიერმა შენბეინმა, როდესაც ამ ცდებს ატარებდა, შენიშნა, რომ ჟანგბადი ამ დროს უფრო მძლავრ დამეანგველად გადაიქცევა, ვიდრე ჩვეულებრივ პირობებში. იგი რაღაც არაჩვეულებრივ აქტივობას იჩენს და ისეთი ნივთიერებების დაჯანგვაც კი შეუძლია, რომლებიც არა თუ ჰაერით, არამედ თავისუფალი ჟანგბადითაც კი არ იჯანგება. მაგალითად, თუ ქილაში, რომელშიც ლურჯი საღებავია (ინდიგო), ჩაებერაეთ ჰაერს, საღებავის ფერი არ შეიცვლება, რა რაოდენობის ჰაერიც არ უნდა ჩაებეროთ. მაგრამ საკმარისია ქილაში ჩაუშვათ ცოტაოდენი ტერპენტინის ზეთი, რომ რამოდენიმე ხნის შემდეგ ინდიგოს საღებავის ფერი ლურჯიდან მონარინჯისფერო—ყვითლად გადაიქცეს.

რა მიზეზით შეიცვალა ფერი? რა არის ის გასაოცარი ძალა, რომელიც ფოსფორსა და ტერპენტინის ზეთშია ჩამალული? რატომ მიმდინარეობს მათი თანდასწრებით ერთი შეხედვით ასეთი უცნაური გარდაქმნა.

აღმოჩნდა, რომ ფერის შეცვლის მიზეზს წარმოადგენს ჟანგბადი, რომელაც ჟანგავს ინდიგოს და სხვა ორგანულ ნაერთად — ყვითელ ნარინჯისფერ იზატინად გარდაქმნის. მაგრამ მას ხომ არ შეეძლო

ინდიგოს იზატინად გარდაქმნა, ვიდრე ხსნარს ფოსფორი ან ტერპენტი-
ტინის ზეთი არ დაუმატეს! როგორღა შეძლო ამ ნაერთებმა, რომ-
ლებიც თვითონ იოლად იყენებდა ჰაერზე. ასეთ აქტიურ დამყანგვე-
ლად გარდაექმნა ჰაერის ჩვეულებრივ საკმაოდ „ზარმაცი“ ჟანგბადი?

ამ დროს ქიმიკოსებმა იცოდნენ, რომ ჟანგბადში უნაპერწყლო
ელექტროგანმუხტვისას (ანუ სხვაგვარად ნელი განმუხტვისას), წარმო-
იქმნება გაზი, რომლის მოლეკულა ჟანგბადის სამი ატომისაგან შედგე-
ბა. დამახასიათებელი სუნის გამო ამ გაზს ოზონი (ბერძნული სიტყვი-
საგან ოზონ — სუნიანი ¹) უწოდეს. ოზონი გათბობისას იოლად იშლება
და ჟანგბადის ერთ ატომს გამოჰყოფს. ოზონის მოლეკულის დაშლისას
სითბოს დიდი რაოდენობა გამოიყოფა. ის მეტად ძლიერი დამყანგვე-
ლია. თუ ვერცხლის ფირფიტას ოზონის ქავლში დაეკავებთ, ის მყისვე
გაშავდება — მისი პრიალა ზედაპირი ვერცხლის ზეყანგით დაიფარება.
ოზონის ზეგავლენით გოგირდოვან მტავას მარილები გოგირდმტავას
მარილებად გარდაიქმნება, ხოლო ამონიაკი — აზოტოვან და აზოტის
მტავებად. სკიპიდარში დასველებულ ქალაღდს ოზონში ცეცხლი ეკი-
დება, ხოლო ძალზე მკვეთრი ფერის საღებავები — უფერულდება.
ოზონი ბაქტერიებსა და მიკრობებს კლავს და სწორედ ამიტომ წიწ-
ვიანი ტყის და ზღვისპირეთის ჰაერი, რომელიც ჩვეულებრივზე მეტი
რაოდენობით ოზონს შეიცავს, მეტად სასარგებლოა ჯანმრთელობი-
სათვის.

ოზონის შესანიშნავი თვისებები შენბენისათვისაც კარგად იყო
ცნობილი. გარდა ამისა, მან დაადგინა, რომ ოზონი წარმოიქმნება არა
მარტო ჩუმი ელექტრული განმუხტვის დროს, არამედ მრავალი იო-
ლად დაყანგვის უნარის მქონე ნივთიერებების, მაგალითად, ფოსფო-
რის, ტერპენტინის ზეთის ნელი წვის დროსაც. ამიტომ შენბენის
პირველი აზრი იყო, რომ სწორედ ოზონია ის აქტიური ჟანგბადი,
რომელიც ასე ენერგიულად ჟანგავს ინდიგოს იზატინად და იწვევს
საღებავის ფერის ცვაღებაღობას.

ეს ჰიპოთეზა თითქოს საეღებით მართებული იყო და პირველ
ხანებში, მას არც არავინ ეწინაღღმდეგებოღა. ექვს არ იწვევღა, რომ
სხვადღასხვა ორგანული ნაერთის ნელი წვისას, მართღაც წარმოიქმნე-
ბა ოზონი, და რომ ის მართღაც ძღიერ დამყანგვეღს წარმოადგენს,
ჩვეულებრივი ჟანგბადისაგან განსხვავებით.

მაგრამ შენბენი მღინც არ იყო კმაყოფიღი, მას ექვები აწუ-

¹ გაზისებრი ოზონი — მოღურჯო ფერისაღ, წყალში გაციღებით უკეთ იხს-
ნეღა, ვიდრე ჟანგბადი. დარტყმისაგან იოლად ფეთღდება. ლაბორატორიღში მღს
სპეციღლერ ხელსაწყოებში — ოზონატორებში იღებენ.

ხებდა. ფოსფორის ნელი წვის პროდუქტების შესწავლისას, მან ოზონთან ერთად წყალბადის ზეჟანგიც აღმოაჩინა.

თავდაპირველად მან ეს გარემოება უმნიშვნელოდ ჩათვალა, მაგრამ ყველა ცდაში სხვადასხვა ნივთიერების ნელი წვის დროს წყალბადის ზეჟანგი მუდამ თან სდევდა ოზონს.

ერთხელ შენბენინი ჰაერზე ანჯღრევდა კურკელს, რომელშიც ტყვიის ნაქლიბი იყო გოგირდმეგავითი ოდნავ შემყავებულ წყალში. ისევე როგორც ნელი წვის სხვა პროცესების დროს, აქაც წარმოიქმნება წყალბადის ზეჟანგი. რეაქციის მეორე პროდუქტს გოგირდმეგავ ტყვია წარმოადგენდა.

რეაქციის პროდუქტების აწონვის შემდეგ შენბენინმა აღმოაჩინა, რომ გოგირდმეგავ ტყვია და წყალბადის ზეჟანგი ზუსტად განსაზღვრული რაოდენობრივი შეფარდებითაა მოცემული. ეს მეტად მნიშვნელოვანი აღმოჩენა იყო, მან ხელი შეუწყო ნელი წვის დროს ჯანგბადის გასაოცარ გარდაქმნათა გაგებას, აქტიური ჯანგბადის როლის სწორ ახსნას.

სხვაგვარად რომ ვთქვათ, რეაქციაში მონაწილე ჯანგბადის ნახევარმა დაჟანგა ტყვია და მკვიდრად ჩაჯდა გოგირდმეგავ ტყვიის მოლეკულაში, ჯანგბადის მეორე ნახევარი კი აღმოჩნდა წყალბადის ზეჟანგის მოლეკულაში აქტიური ჯანგბადის სახით, რადგან ამ ნაერთში ჯანგბადი არამტკიცედაა დაკავშირებული წყლის მოლეკულასთან.

შენბენინს ახსოვდა, რომ ნელი წვის ზოგიერთ ცდაში, რომელსაც ის წყალბადის ზეჟანგთან ერთად ატარებდა, ოზონიც მონაწილეობდა. ამასთან დაკავშირებით გადაწყვიტა, რომ წყალბადის ზეჟანგი წყალზე ოზონის ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება.

მაგრამ ყველა მეცნიერი საბოლოოდ დასკვნას აკეთებს მხოლოდ იმის შემდეგ, როცა მას მრავალრიცხოვანი ცდით დაადასტურებს.

წყალზე ოზონის ზემოქმედების შესამოწმებლად ჩატარებულმა ცდებმა შენბენინს უარყოფითი შედეგი მისცა. ოზონის წყალში გატარების ან წყალთან შენჯღრევის დროს წყალბადის ზეჟანგი არ წარმოიქმნა.

მაგრამ, თუ ტყვიის ნაქლიბზე ცდის დროს ოზონი არ ჯანგავს წყალს წყალბადის ზეჟანგად, — მსჯელობდა შენბენინი, — მაშასადამე, უნდა არსებობდეს აქტიური ჯანგბადის რაღაცა სხვა ფორმა, რომელიც წყალბადის ზეჟანგის წარმოქმნას უწყობს ხელს. წყალბადის ზეჟანგი ხომ ყოველთვის წარმოიქმნება იოლად დაჟანგვის უნარის მქონე ორგანულ ნივთიერებათა ნელი ჯანგვის დროს.

მაშასადამე, მივიდა შენბენინი დასკვნამდე, ჰაერის „ზარმაცა“ ჯანგბადი ნელი წვის დროს განიცდის რაღაც ცვლილებებს, რომლის

დროსაც მისი ერთი ნახევარი დადებით-აქტიურ ფორმად გადაიქცევა, ხოლო მეორე-უარყოფით-აქტიურ ფორმად.

უარყოფითად — აქტიურ ჟანგბადს შენბეინი ოზონთან აიგივებდა, ხოლო დადებით-აქტიურს კი-ანტიოზონს უწოდებდა. ოზონს იგი უფრო ენერგიულ დამჟანგველად თვლიდა, ვიდრე ანტიოზონს. შენბეინი ოზონს აკუთვნებდა ძირითად როლს იოლად დაჟანგვის უნარის მქონე ნივთიერებათა დაჟანგვაში, ხოლო ანტიოზონს — წყლის, წყალბადის ზეჟანგად გარდაქმნაში.

ავითარებდა რა თავის შეხედულებებს ნელი წვის პროცესებში ჟანგბადის მონაწილეობაზე, შენბეინი თვლიდა, რომ ოზონი და ანტიოზონი თავის აქტიურ თვისებებს ინარჩუნებს იმ შემთხვევაშიც, როდესაც სხვადასხვა ისეთი ქიმიური შენაერთების შემადგენლობაში შედის, რომელთაც შეუძლია დამჟანგველად იყოს. ასეთ ნაერთებს მან ოზონიდები და ანტიოზონიდები უწოდა. პარველებს ის აკუთვნებდა მანგანუმისა და ტყვიის ორჟანგს, ვერცხლის ჟანგს, აზოტმჟავას, ხოლო მეორეებს — ნატრიუმის და ბარიუმის ზეჟანგს, წყალბადის ზეჟანგს.

დიდი ხანია ცნობილი იყო, რომ თუ მანგანუმის ორჟანგს ან ვერცხლის ჟანგს შეეჯერებოდა წყალბადის ზეჟანგს — გამოიყოფა წყალი და თავისუფალი არააქტიური ჟანგბადი.

წყალბადის ზეჟანგის დაშლის მიზნს ამ შემთხვევაში შენბეინი ხედავდა ჟანგბადის ორივე აქტიური ფორმის — ოზონიდის (მანგანუმის ორჟანგის, ან როგორც მას წინათ უწოდებდნენ — მანგანუმის ზეჟანგის) და ანტიოზონიდის (წყალბადის ზეჟანგის) ნეიტრალიზაციაში.

მისი აზრით, ყოველთვის ამ მოვლენას აქვს ადგილი, როდესაც ოზონიდი ანტიოზონიდს ხვდება.

აქოში თუ მოლაქულა?

ჰაერის ჟანგბადის აქტიურ ენერგიულ დამჟანგველად გარდაქმნას სხვაგვარად ხსნიდა მეორე გერმანელი მეცნიერი კლაუზიუსი.

სხვადასხვა გაზის-წყალბადის, ქლორის, აზოტის, მოლეკულა, - ამბობდა კლაუზიუსი, - ორი საწინააღმდეგო ნიშნის ელექტრობით დამუხტული ატომისაგან შედგება. სწორედ ასევე ჟანგბადის მოლეკულაც შედგება ორი ატომისაგან, რომელთაც ურთიერთსაწინააღმდეგო ნიშნის მუხტები აქვს.

როგორც სუფრის მარილის მოლეკულა წარმოქმნის მყარ მოლეკულურ „ნაგებობას“ უარყოფითად დამუხტული ქლორის და დად-

ბითად დამუხტული ნატრიუმის ატომის ურთიერთმიზიდვის ხარჯზე, ასევე ჟანგბადის მოლეკულაც, ჩვეულებრივ, მეტად მდგრადია. აქაც ურთიერთსაწინააღმდეგოდ დამუხტული ატომები იზიდავს ერთმანეთს.

მაგრამ გარკვეულ პირობებში შესაძლებელია ამ მტკიცე მოლეკულური „ნაგებობის“ დაშლა. მაშინ ჟანგბადის მოლეკულა დადებით და უარყოფით ატომებად იშლება. კლაუზიუსის აზრით, სწორედ ეს ატომები ქმნის ოზონს. როგორც ფოსფორის, ისევე სხვა იოლად და-ჟანგვის უნარის მქონე ნივთიერებების ნელი წვის დროს ჟანგვას, უმეტეს შემთხვევებში, ჟანგბადის უარყოფითად დამუხტული ატომი აწარმოებს. ჟანგბადის დადებითად დამუხტული ატომი არ უერთდება დასაქანგ ნივთიერებას და თავისუფლად მოძრაობს სხვა მოლეკულებს შორის.

კლაუზიუსის ჰიპოთეზის გამოკვეყნებიდან ცოტა ხნის შემდეგ მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ოზონი სრულიადაც არ წარმოადგენს ატომურ ჟანგბადს. ქიმიურმა ანალიზმა ცხადპყო, რომ ოზონის მოლეკულა ჟანგბადის სამი ატომისაგან შედგება.

ექსპერიმენტული ფაქტების ზეგავლენით კლაუზიუსმა შეიცვალა პირვანდელი შეხედულება და გადააკეთა თავისი ჰიპოთეზა. კლაუზიუსი ახლა უკვე ფიქრობდა, რომ ჟანგბადის ნეიტრალური მოლეკულის ატომებად დაშლის მომენტში ჟანგბადის უარყოფითი ატომი უერთდება ჟანგბადის მოლეკულას და წარმოქმნის ოზონს, ხოლო მეორე ატომი — მეორე მოლეკულას და წარმოქმნის ანტიოზონს.

1887 წელს სვანტე არენიუსმა ქიმიის განვითარებისათვის მეტად მნიშვნელოვანი აღმოჩენა გააკეთა. სხვადასხვა ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებათა ხსნარის მიერ ელექტროდენის გატარების უნარის შესწავლისას მან აღმოაჩინა, რომ ხსნარებში მგაგების, ფუძეების, მარილების მოლეკულები იონებად¹ — დადებითად და უარყოფითად დამუხტულ ნაწილებად იშლება.

თუ ხსნარში ელექტრულ დენს გავატარებთ, იონები ელექტროდებისაკენ ამოძრავდებიან. დადებითი იონები უარყოფითი ელექტროდისაკენ - კათოდისაკენ გადაადგილდება (ამიტომ მათ კათიონებს უწოდებენ), ხოლო უარყოფითი იონები კი დადებით ელექტროდისაკენ-ანოდისაკენ მიემართება (აქედან წარმოსდგება მათი სახელწოდებაც-ანიონები).

¹ ხსნარში დადებითი და უარყოფითი იონების წარსებობა იოლად შეიძლება დავადგინოთ შემდეგი ცდით: კალიუმის იოდიდის ხსნარს მინის მილში ასხამენ. მილის ბოლოები მიჩაჩილულია და შიგ პლატინის მავთულია დატენებული, ამ მავთულს ვოლტმეტრს უერთებენ, ხოლო მინის მილს კი მბრუნავ დისკოზე ათავსებენ. დისკოს ბრუნვის დროს ვოლტმეტრის ისარი გადაიხრება, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ელექტროდებთან საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტები ჩნდება.

ქიმიაში ხსნარის მოლეკულების იონებად დაშლას ელექტროლიტური დისოციაცია, ანუ იონიზაცია ეწოდება.

სწორედ ელექტროლიტური დისოციაციის ეს თეორია იქნა გამოყენებული კიდევ ერთი ჰიპოთეზის შესაქმნელად, რომელიც იოლად დაქანგვის უნარის მქონე ნივთიერებების ნელი წვის დროს ქანგბადის უცნაური მონაწილეობის ახსნას ცდილობდა.

ამჯერად ახალი თეორიის ავტორი იყო ცნობილი ჰოლანდიელი ქიმიკოსი ვანტ-ჰოფი. თავისი წინამორბედების — შენბეინისა და კლაუზიუსის მსგავსად, ის სცნობდა აქტიური ქანგბადის ორი ფორმის არსებობას. მაგრამ თუ შენბეინი და კლაუზიუსი აქტიური ქანგბადის ამ ორივე ფორმას დამოუკიდებელ, თვისობრივად განსხვავებულ ცალკე „ცხოვრების“ უნარის მქონე ნივთიერებებად (ოზონი და ანტიოზონი) თვლიდნენ, ვინტ-ჰოფი საწინააღმდეგო აზრისა იყო. იგი ვარაუდობდა, რომ ჩვეულებრივ პირობებშიც კი, ქანგბადის მოლეკულები მცირე რაოდენობით თავისთავად იშლება დადებით და უარყოფით იონებად, რომლებსაც ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი „ცხოვრების“ უნარი არ გააჩნია.

დაქანგვის უნარის მქონე ყოველი ნივთიერება ჰაერთან შეხებისას ამ იონებს შთანთქავს, რადგანაც, ვანტ-ჰოფის აზრით, ქანგბადის იონებად დაშლილი მოლეკულები წონასწორობაშია ქანგბადის დაუშლელ მოლეკულებთან, ამიტომ ქანგვის დროს ეს წონასწორობა დაირღვევა. რაც უფრო მეტი იონი შეუერთდება დასაქანგავი ნივთიერების მოლეკულებს, ქანგბადის მით უფრო მეტი მოლეკულა დაიშლება კვლავ იონებად.

იოლად დაქანგვის უნარის მქონე ნივთიერებები ჰაერზე დაქანგვის დროს მხოლოდ გარკვეული ნიშნის იონებს უერთდება, მაშინ როდესაც საწინააღმდეგო მუხტის იონები ან ძნელად დაქანგვის უნარის მქონე მოლეკულებს, მაგალითად, ინდიგოს მოლეკულებს უერთდება, ან ჰაერის ქანგბადის მოლეკულებთან ოზონს წარმოქმნის. მაშასადამე, აქტიური ქანგბადი დასაქანგ ნივთიერებათა გავლენით კი არ წარმოიქმნება, არამედ ადრევე არსებობს ჩვეულებრივ ქანგბადში, თუმცა კი მცირე რაოდენობით.

შემდგომ აღმოჩნდა, რომ აქტიური ქანგბადის არაერთარი დამოუკიდებლად არსებული, ურთიერთსაწინააღმდეგოდ დამუხტული ფორმები არ არსებობს. ასევე არ არსებობს ოზონიდები და ანტიოზონიდებიც, წყალბადის ზეჟანგი, რომელსაც შენბეინი ოზონიდად თვლიდა ისევე, როგორც ბარიუმის ზეჟანგი, რომელსაც ის ანტიოზონიდებს აკუთვნებდა, თურმე მიიღება გოგირდმჟავას და ბარიუმის ქანგის მოქმედებით ჩვეულებრივ ოზონზე და არა მითიურ ანტიოზონზე.

ხოლო დაქანგვის პროცესში ევრცხლის ქანგის ან მანგანუმის

ორჯანგის ზემოქმედებასა და ბარიუმის ზეჯანგის ან წყალბადის ზეჯანგის ზემოქმედებას შორის განსხვავება აიხსნება არა ჟანგბადის ბუნებით. არამედ იმით, თუ როგორაა მისი ატომები მოლეკულებში დაკავშირებული.

დიდმა რუსმა ქიმიკოსმა ა. ბუტლეროვმა, რომელმაც ორჯანულ ნაერთთა აგებულების ქიმიური თეორია შექმნა, ნათელი გახადა, რომ მოლეკულაში ერთიდაიგივე ატომების სხვადასხვაგვარი განლაგების დროს ნივთიერებათა თვისებები იცვლება.

მეთილის ეთერისა და ღვინის (ეთილის) სპირტის მოლეკულები ცხრა ატომისაგან შედგება — ნახშირბადის ორი, წყალბადის ექვსი და ჟანგბადის თითო ატომისგან.

მაგრამ ეს მოლეკულები სხვადასხვაგვარადაა აგებული. პირველ შემთხვევაში მოლეკულა სიმეტრიულ ჯაჭვს წარმოადგენს, ჟანგბადი შუაშია მოთავსებული და ნახშირბადის ორივე ატომს უკავშირდება. მეორე შემთხვევაში კი ჟანგბადი ჯაჭვის ბოლოშია, იგი ერთი ვალენტობით დაკავშირებულია კიდურთა ნახშირბადთან, ხოლო მეორეი წყალბადთან.

სწორედ ასევე სხვადასხვანაირადაა დაკავშირებული ჟანგბადის ატომები მანგანუმის ორჯანგსა და ბარიუმის ზეჯანგში. პირველ შემთხვევაში მათი ვალენტობა მეტალითაა გაჯერებული, ხოლო მეორეში — ჟანგბადის ატომები — ერთი ვალენტობით მეტალს უკავშირდება, ხოლო მეორეი — ურთიერთს.

არ დადასტურდა არც შენბეინის მოსაზრება, თითქოს ანტიოზონი წყალს წყალბადის ზეჯანგით ჟანგავს. მრავალი მეცნიერის დაკვირვებამ დაადასტურა, რომ არც ჟანგბადი და არც ოზონი არავითარ პირობებში არ გარდაქმნის წყალს წყალბადის ზეჯანგად. ის მხოლოდ წყალბადის პირდაპირი დაქანგვით და ბარიუმის ან ნატრიუმის ზეჯანგის ჰიდროლიზით¹ მიიღება.

უმართებულო აღმოჩნდა შენბეინის შეხედულება აქტიური ჟანგბადის ორი ფორმის ურთიერთ ნეიტრალიზაციის შესახებაც. სინამდევლეში საწინააღმდეგოდ დამუხტული ოზონიდების და ანტიოზონიდების ურთიერთშთანთქმას კი არა აქვს ადგილი, არამედ წყალბადის

¹ ჰიდროლიზი (ე. ი. წყლით დაშლა) წყალთან ნივთიერებების ურთიერთმოქმედება, რომლის დროსაც მისი შემადგენელი ნაწილები რეაგირებს წყალბადისა და ჰიდროქსიდის იონებთან. მარილთა ჰიდროლიზის დროს მჟავები და ფუძეები წარმოიქმნება, ლითონთა ზეჯანგების ჰიდროლიზის დროს — წყალბადის ზეჯანგი.

უმაღლესი, საკმაოდ არამდგრადი, ჟანგბადის სამი ატომის შემცველი ჟანგეულების (H_2O_3) წარმოქმნას¹.

ნივთიერებათა ნელი დაჟანგვის თეორიამ, რომელიც ამ მოვლენას ნეიტრალური ჟანგბადის მოლეკულის დაშლით მიღებული აქტიური ჟანგბადის ორი ნაწილაკის ანუ თავისუფალი ატომების მოქმედებით ხსნიდა, მარცხი განიცადა. ამან განაპირობა მეცნიერთა ახალი ცდა აეხსნათ ნელი წვის პროცესები და ფარდა აეხადათ საიდუმლოებისათვის, რომელიც დიდი ხანია აღელვებდა ქიმიკოსებისა და ბიოლოგების გონებას.

თუ ნელი წვის დროს ჟანგბადის მოლეკულის ორ აქტიურ ნაწილად დაშლის ჰიპოთეზა არ შეესაბამება სინამდვილეს, მაშინ მხოლოდ ერთი შესაძლებლობა რჩება ვივარაუდოთ, რომ ჟანგბადის მოლეკულა მთლიანობაში მოქმედებს, — აღნიშნავს გერმანელი მეცნიერი ტრაუბე. მაშინ როგორღა უერთდება ის დასაჟანგ ნივთიერებას?

ცნობილია, რომ მშრალ ჟანგბადში ისეთი აქტიური ლითონები, როგორცაა კალიუმი, ნატრიუმი, ლითიუმი არ კარგავს ლითონურ ბზინვას, ნახშირჟანგი არ იწვის, ე. ი. დაჟანგვა არ მიმდინარეობს. მაშასადამე, ასკენის ტრაუბე, დაჟანგვის პროცესი არ მიმდინარეობს, აუ კი რეაქციაში ჟანგბადთან ერთად წყალიც არ მონაწილეობს.

ნელი წვის პროცესებში წყლის მოლეკულა ჰაერის ჟანგბადის და თვით დასაჟანგი ნივთიერების ზეგავლენით შემადგენელ ელემენტებად — ჟანგბადად და წყალბადად იშლება.

წყლიდან „შობილი“ ჟანგბადი მყისვე უერთდება დასაჟანგ ნივთიერებას, ხოლო წყალბადი — ჰაერის ჟანგბადს, რომლის დროსაც წყალბადის ზეჟანგი წარმოიქმნება. ჟანგბადის ნახევარი, რომელმაც წყალბადის ზეჟანგი წარმოქმნა — სუსტად არის დაკავშირებული წყალბადის ზეჟანგის მოლეკულასთან, ამიტომ ჟანგბადის ამ ატომს იოლად შეუძლია მოწყვეტა და დასაჟანგი ნივთიერების მოლეკულასთან შეერთება. წყალბადის ზეჟანგი ჟანგბადის ატომის დაკარგვის შემდეგ წყლად გარდაიქმნება.

ტრაუბეს თეორია, ექვსგარეშეა, წინადადებულ ნაბიჯს წარმოადგენდა ნელი ჟანგვის პროცესში ჟანგბადის როლის გარკვევაში, მაგრამ არც ის იძლეოდა ამომწურავ ახსნას.

ტრაუბეს მიხედვით ხომ დასაჟანგი ნივთიერება იჟანგება წყლის, ე. ი. არა თავისუფალი, არამედ დაკავშირებული ჟანგბადით. ასეთი

¹ მაგალითად, მანგანუმის ზეჟანგის და წყალბადის ურთიერთმოქმედებისას გამოიყოფა მანგანუმის ჟანგი და წყალბადის უმაღლესი ჟანგეული (H_2O_3), რომელიც წყლად და ჟანგბადად იშლება.

ნივთიერება მართლაც არსებობს. მაგალითად, ტყვია წყალთან ერთად შენჯღღრევის დროს იქანგება. მაგრამ იოლად დაქანგვის უნარის მქონე ყველა ნივთიერება, მათი აღნაგობის მიუხედავად, რატომ უნდა ამჟღავნებდეს უფრო მეტ თვისებას (ე. ი. სწრაფვას შეერთებისაკენ) წყლის დაკავშირებულ ჟანგბადთან, ვიდრე ჰაერის თავისუფალ ჟანგბადთან?

შემდგომში ნელი დაქანგვის საიდუმლოების გახსნას კიდევ უფრო მიუახლოვდნენ რუსი მეცნიერი აკადემიკოსი ა. ნ. ბახი და გერმანელი მეცნიერი კ. ენგლერი.

ჯალმონური გლამგანი

როდესაც კიევის გიმნაზიის მოწაფე ალექსი ბახი არდადეგებზე ჩამოდიოდა მშობლიურ ზოლოტონოშაში, იგი ხშირად დადიოდა არყის სახდელ ქარხანაში, სადაც წლების მანძილზე მამამისი მუშაობდა. ბიჭუნას მოსწონდა ჩახედვა ხის უზარმაზარ კასრებში, სადაც კართოფილი საიდუმლო გარდაქმნას განიცდიდა ჯერ შაქრად, ხოლო შემდეგ კი სპირტად.

გასაოცარი გარდაქმნები ანცვიფრებდა ალექსის და ის უამრავ კითხვებს აძლევდა მამას. რატომ მიიღება ჯერ შაქარი, ხოლო შემდეგ სპირტი? როგორ მიმდინარეობს ეს გარდაქმნა? რა ძალა უწყობს ხელს ამ პროცესის განხორციელებას?

ბახის მამა გამოცდილი მეღვინე იყო, მასთან რჩევა-დარიგებისათვის ხშირად ჩამოდიოდნენ იმ ოლქის მცხოვრებნი, მაგრამ შვილის შეკითხვებზე პასუხის გაცემას ყოველთვის ვერ ახერხებდა. ალექსის ცნობისმოყვარეობის დაკმაყოფილებას ვერ შეძლებდნენ იმდროინდელი გამოჩენილი ქიმიკოსებიც კი.

ის ხშირად ეკითხებოდა მამას დუღილის შესახებ, რადგან სხვებისგანაც გაეგონა, რომ სწორედ დუღილია „დამნაშავე“ კართოფილის გასაოცარ გარდაქმნაში სპირტად. მას არ აკმაყოფილებდა ამგვარი ახსნა და თვით სურდა ჩასწვდომოდა გაუგებარი პროცესის არსს, ამოეხსნა მისი მექანიზმი.

ალექსი ბახმა მიმართა წიგნებს, მაგრამ სასურველი პასუხი ვერც იქ მოძებნა. დუღილის ქიმიის სავსე იყო წინააღმდეგობებითა და გაურკვევლობით. მან გადასწყვიტა თვითონ მოეძებნა, პირდაპირ ბუნებისაგან მიეღო პასუხი.

ბავშვობის ოცნება მხოლოდ მრავალი წლის შემდეგ განხორციელდა.



ალექსი ნიკოლოზის ძე ბახი
(1857 — 1946 წწ)

1875 წ. კიევის გიმნაზიის დამთავრების შემდეგ ბახი კიევის უნივერსიტეტის ფიზიკო-მათემატიკურ ფაკულტეტზე შევიდა, რათა ხელი მოეკიდა საყვარელი მეცნიერებისათვის. ნორჩ სტუდენტს არა მარტო მეცნიერების სარბიელზე სურს ემსახუროს ხალხს, ის აქტიურად მონაწილეობს რევოლუციურ მოძრაობაშიც. უკვე გიმნაზიის ბოლო კლასებში კითხულობდა ალექსი ბახი არალეგალურ ლიტერატურას, სწავლობდა მარქსის „კაპიტალს“. თექვსმეტი წლიდან ის უკვე თავის თავს რწმენით სოციალისტად სთვლიდა.

1878 წ. კიევის უნივერსიტეტში დაიწყო სტუდენტთა რევოლუციური გამოსვლები, რომელთაც მეფის მთავრობა „სტუდენტურ არეულებას“ უწოდებდა. მისი აქტიური მონაწილე იყო სტუდენტი ბახი.

მეფის მთავრობა სასტიკად გაუსწორდა „ჩემობხებებს“. ბევრი მათგანი გადაასახლეს, მათ შორის ბახიც. მხოლოდ 4 წლის შემდეგ შეძლო მან კიევი დაბრუნება.

ის კვლავ შეღის უნივერსიტეტში და ამავე დროს პარტია „ნაროდნია ვოლიას“ კიევის ორგანიზაციაშიც.

დიდმა ნიჭმა, მეცნიერების სიყვარულმა მას პროფესორების უდიდესი პატივისცემა მოუპოვა. ისინი ბახს დიდ მომავალს უწინასწარმეტყველებდნენ და მასში თავის შემცვლელს ხედავდნენ. ამავე დროს ბახი იატაკქვეშა ორგანიზაციის წევრია და ამ ორგანიზაციის დავალებები უნდა შეასრულოს.

„და დადგა მომენტი, — იგონებდა შემდგომში ა. ბახი — როდესაც უნდა გამეკეთებინა არჩევანი, და მე გულის ტკივილით დავთმე მეცნიერული მუშაობა“.

ალექსი ბახი სამი წლის განმავლობაში ასრულებდა „ნაროდნია ვოლიას“ ურთულეს დავალებებს. ის მოგზაურობდა რუსეთის ქალაქებში, აყალიბებდა იატაკქვეშა სტამაეის, გამოსცემდა ფურცლებისა

და ბროშურებს, გადასცემდა შიფრებს, ხელმძღვანელობდა პროპაგანდისტულ წრეებს.

1885 წელს „ნაროდნაია ვოლიას“ განდგურების შემდეგ ის მიემგზავრება პარიზში იმ განზრახვით, რათა დაუბრუნდეს საყვარელ მეცნიერებას.

პირქუშად შეხვდა საფრანგეთის დედაქალაქი ახალგაზრდა ემიგრანტს. ლაბორატორიაში სამუშაოდ მოწყობა ერთბაშად ვერ მოხერხდა. იგი იძულებული იყო სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალის რედაქციაში დაეწყო მუშაობა.

კათხულობდა რა ანაწყობს, ასწობდა რა ავტორების მიერ მოტანილი სტატიების კორექტურას, ბახი განუწყვეტლევ ოცნებობდა ლაბორატორიაში აქტიურ, ექსპერიმენტულ მუშაობაზე. ის აღსავსე იყო დიდი ჩანაფიქრებით, მღელვარე სამეცნიერო იდეებითა და გრანდიოზული გეგმებით.

ნუთუ ის ვერ შესძლებს თავისი ოცნებების განხორციელებას? ის მზად იყო უფასოდ ემუშავა ლაბორატორიაში, ოღონდ ხელი მოეკიდა საყვარელი საქმისათვის. მას დაეხმარა ბედნიერი შემთხვევა. როგორღაც რედაქციაში ცნობილმა ფრანგმა პროფესორმა — ქიმიკოსმა შიუტცენბერგემ შემოიარა.

ბახმა, რომელიც რედაქტორმა პროფესორს წარუდგინა, სთხოვა მას აეყვანა ლაბორატორიაში სამუშაოდ, ამასთან დასძინა, რომ მუშაობისათვის არავითარ საზღაურს არ ითხოვდა.

შიუტცენბერგეს მოეწონა გულლია, ვაჟკაცური გამომეტყველების მქონე ახალგაზრდა. მისი თანაბარი, დინჯი ხმა და კვიციანი თვალების მტკიცე გამოხედვა მეტყველებდა მის ნებისყოფასა და მიზანდასახულობაზე.

„თუ თქვენ გულმოდგინედ იმუშავებთ და თავს გამოიჩინთ, როგორც ნიჭიერი ქიმიკოსი, მე ვიზრუნებ თქვენი ჯამაგირისათვის“ — უთხრა პროფესორმა გამომმვიდობებისას.

ბახმა არა თუ გაამართლა შიუტცენბერგეს ნდობა, არამედ მისი მგობრობაც დაიმსახურა. ოთხი წელი ნაყოფიერად იმუშავა ბახმა ფრანგ აკადემიკოსთან დუდილის პროცესების შესწავლაზე. შიუტცენბერგეს მიერ ბახის ქებას არა ქონდა დასასრული — „ეს ნამდვილი ქიმიკოსია“ — ამბობდა იგი.

ავადმყოფობამ ბახი აიძულა მოშორებოდა შიუტცენბერგეს და დაეტოვებინა პარიზი. ექიმები შვეიცარიაში ურჩევდნენ წასვლას. იქ მთის სუფთა ჰაერი მალე დაგაყენებთ ფეხზეო, — ეუბნებოდნენ ისინი.

ა. ბახი ენეწვაში გადასახლდა. ქალაქის განაპირას მან დაიქირავა პატარა სახლი და სამზარეულოში ლაბორატორია მოაწყო. აქ

დილიდან საღამომდე ერთო გაზის სანთურის ლურჯი ალი, კოლბებში თუხთუხებდა სხვადსხვა ქიმიური ნარევი. ამ „საკუთარ ლაბორატორიაში“, რომლის ფანჯრები ულამაზეს მთებს გასცქეროდა, ბახი პოულობდა იმ იღუმალი პროცესების ამოხსნას, რომელიც არა მარტო ღვინის სარდაფების სიჩუმესა და ბნელეთში მიმდინარეობს, აოამედ მცენარეების, ცხოველებისა და ადამიანების უჯრედებშიც.

ქენევის ამ სადა ლაბორატორიაში დაიბადა მისი განთქმული ნელი დაქანგვის თეორია, რომელმაც, როგორც იქნა, სწორი ახსნა მისცა ნელი წვის პროცესებს, რომლის ამოხსნაზეც ამდენი წლის განმავლობაში თავს იმტვრევდნენ სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები.

მრავალრიცხოვანი ცდების საფუძველზე ბახი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ჯანგბადის მოლეკულა არ იშლება ორ ატომად, როგორც ზოგიერთი უცხოელი მეცნიერი ვარაუდობდა. ჯანგბადის მოლეკულის დაშლას შეტად ბევრი ენერგია ესაჭიროება. მისი აზრით მოლეკულის მთლიანობა არ ირღვევა, ხდება მხოლოდ ერთი კავშირის გაწყვეტა. დარჩენილი მეორე კავშირით შეერთებული ჯანგბადის ორი ატომი უერთდება დასაქანგ ნივთიერებას და ქმნის ზეჟანგს.

„ყველგან, — სწერდა ბახი — სადაც კი თავისუფალი ჯანგბადი შეეხება დაქანგვის უნარის მქონე ნივთიერებებს, დაქანგვის პირველად პროდუქტს წარმოადგენს ზეჟანგი, რომელიც ბევრ შემთხვევაში წყალთან შესაბამის ჯანგეულებს და წყალბადის ზეჟანგს იძლევა“.

ზეჟანგის თვისება კარგადაა ცნობილი. საკმარისია წყალბადის ზეჟანგით საესე ბოთლი რამოდენიმე ხნით თავლია დავტოვოთ, რომ მას სიმაგრე ეკარგება, ე. ი. იშლება.

ეს არამდგრადი ნივთიერება გამოყოფს ჯანგბადს და წყლად გარდაიქმნება. იოლად დაქანგვის უნარის მქონე ნივთიერებების ნელი დაქანგვის პროცესებშიც ის გამოყოფს ჯანგბადს. ზეჟანგის მოლეკულას ჯანგბადის ატომი სცილდება.

ამგვარი ატომური ჯანგბადი ძლიერი დამჟანგველია.

ამრიგად, იოლად დაქანგვის უნარის მქონე ნივთიერებების დაქანგვის დროს ატმოსფერული ჯანგბადის „ზარმაცი“ მოლეკულები აქტიურდება. თავისთავადი დაქანგვის პროცესი რამოდენიმე სტადიად მიმდინარეობს, ამასთან ჯანგბადი ზეჟანგის წარმოქმნის ხარჯზე აქტიურდება. ის თავის მხრივ სხვადასხვა გარდაქმნას განიცდის. მისი ჯანგვითი უნარი სხვადასხვა კატალიზატორის ზეგავლენით ძლიერდება.

მეცნიერების მიერ სხვადასხვა არაორგანული და ორგანული ნივთიერებების დაქანგვაზე ჩატარებულმა ცდებმა დაადასტურა, რომ ამ დროს მართლაც წარმოიქმნება ზეჟანგი, რომელიც შემდგომ და-

თანგვას უწყობს ხელს. ენგბადის მონაწილეობას სწორედ ასე ვარაუდობდა ბახი.

ბახის ჰიპოთეზის საფუძველზე განვითარდა ცივი აღის თეორია, ახსნილი იქნა დეტონაცია და სხვა ქიმიური რეაქციებიც.

ბახის მიერ შექმნილი ნელი დაენგვის ზეენგური თეორია დაგვეხმარა უფრო ღრმად ჩავწვდომოდით ორგანიზმში მიმდინარე უმნიშვნელოვანესი სასიცოცხლო პროცესების და, პირველ ყოვლისა, სუნთქვის არსს.

იმ ეპოქაში, როდესაც ბახი თავის თეორიას ქმნიდა, მეცნიერებს ჯერ კიდევ არ ჰქონდათ ნათელი წარმოდგენა არც იმ ნივთიერებებზე, რომლებიც ცოცხალ უჯრედებში წარმოიქმნება, არც იმ გარდაქმნებზე, რომელსაც ეს ნივთიერებები ცხოველებისა და ადამიანის ორგანიზმში განიცდის.

ბევრი მეცნიერი ებლაუჭებოდა „ვიტალისტების“ ძველ, დახავსებულ თეორიას. ისინი ფიქრობდნენ, რომ არსებობს რაღაც განსაკუთრებული სასიცოცხლო ძალა („ვის ვიტალის“), რომელიც მხოლოდ ცოცხალი ორგანიზმისთვისაა დამახასიათებელი. ვიტალისტებს ეგონათ, რომ ცოცხალი ორგანიზმების — მცენარეებისა და ცხოველების უჯრედებში წარმოქმნილი ნივთიერებანი განსხვავდება „მკვდარი“ ნივთიერებებისაგან, რომლებიც ჩვენს გარემომცველ სამყაროს ქმნის.

სიცოცხლის საიდუმლოების ასახსნელად საჭიროა ცოცხალი უჯრედების შემადგენლობაში არსებული ორგანული ნივთიერებების შესწავლა.

„უხეშ და მარტივ ძალებს, რომლებიც ცოცხალი ორგანიზმების გარეშე სხვადასხვა რეაქციას განაპირობებს, არ ძალუძს ორგანულ ნაერთთა შექმნა, მათი სინთეზი შესაძლებელია მხოლოდ ცოცხალ ორგანიზმებში, სადაც მოქმედებს განსაკუთრებული „სასიცოცხლო ძალა“ — ამბობდნენ ისინი.

ბახმა სასაცილოდ აიგდო მსგავსი შეხედულებანი. ის ღრმად იყო დარწმუნებული, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში არავითარი განსაკუთრებული ნივთიერებები არ არსებობს, რომ ცოცხალი ორგანიზმი ისეთივე ქიმიური პროცესებისგანაა შექმნილი, როგორც არაცოცხალი ბუნება.

მაგრამ ბახი თვლიდა, რომ სიცოცხლის საიდუმლოების ამოხსნა სხვა გზით უნდა ვეძებოთ. საჭიროა იმ ქიმიურ გარდაქმნათა შესწავლა, რომლებიც ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარეობს, საჭიროა იმ ქიმიურ მოვლენათა გამოკვლევა, რომლებსაც ადგილი აქვს მცენარეთა და ცხოველთა უჯრედებში.

მეცნიერი ახდენდა ცოცხალი უჯრედიდან გამოყოფილი, ქიმი-
9. ბ. როზენი

ურად სუფთა რამდენიმე ნივთიერების შერევას სინჯარებში. მაგრამ არაერთი რეაქცია არ მოხდა. იგივე ნივთიერებები სწრაფად და ენერგიულად ურთიერთმოქმედებენ ცოცხალ უჯრედში. რა მიზეზითაა ეს ნივთიერებები უმოქმედოდ სინჯარაში? რატომ არ უერთდებიან ასინი ერთმანეთს ცოცხალი ორგანიზმის გარეშე?

მაშასადამე, ცოცხალ უჯრედში არის კიდევ რაღაც, რაც აიძულებს ორგანულ ნივთიერებებს შევიდეს ერთმანეთთან ურთიერთმოქმედებაში. მაგრამ ეს რაღაც არ არის „საიდუმლო სასიცოცხლო ძალა“, როგორც ვიტალისტები ამტკიცებდნენ, არამედ ეს არის ცოცხალი ორგანიზმების მიერ გამოიმუშავებული განსაკუთრებული ნივთიერებები — ფერმენტები.

ქიმიკოსებმა დიდი ხანია შეამჩნიეს, რომ ბევრი ნივთიერება ურთიერთშორის რეაგირებს სხვადასხვა სიჩქარით, რაც რეაქციის მიმდინარეობის პირობებთანაა დაკავშირებული.

წყალი, როგორც ცნობილია, შედგება წყალბადისა და ჟანგბადისაგან. თუ ამ ორ გაზს ერთმანეთში ავურევთ, შეიძლება წლობით ლოდინი დაგვკვირდეს, ვიდრე წყლის რამოდენიმე წვეთს მივიღებდეთ. მაგრამ საკმარისია გაზების ნარევით სავსე კოლბაში პლატინის მიკროსკოპული ნამცეცის ჩაგდება, რომ მოხდეს მძაფრი რეაქცია — აფეთქება და წარმოიქმნას წყალი.

სწორედ ასევე არ შეიძლება დაეწვათ ასანთით შაქრის ნატეხი. ის ხმაურით გადნება, მაგრამ არ აინთება. თუ შაქრის ნატეხის კიდეს დავყრით სულ მცირეოდენ ნაცარს, შაქარი მორჩილად დაიწყებს წვას თანაბარი, ლურჯი ალით. პლატინა არ შედის წყლის შემადგენლობაში, ხოლო ნაცარი არ არის საწვავი ნივთიერება. მიუხედავად ამისა, ერთმა აიძულა „ურჩი“ გაზები ურთიერთთან რეაქციაში შესულიყო, ხოლო მეორემ — შაქარი დამწვარიყო.

ამგვარ ნივთიერებას, რომელიც რეაქციის დასრულების შემდეგ უცვლელია, მაგრამ აჩქარებს ან ანელებს მას, კატალიზატორი ეწოდება. მსგავსი ნივთიერებანი, ამჟამად გამოიყენება სხვადასხვა ქიმიურ წარმოებაში — საღებავების და წამლების, მყავებისა და ამონიაკის, სასუქისა და კაუჩუკის დასამზადებლად.

მეცნიერებმა გამოიკვლიეს საკმლის მომნელებელი ორგანოების მუშაობა და შენიშნეს, რომ საკმლის შემადგენლობაში შემავალი ცილების, ცხიმებისა, და ნახშირწყლების რთული მოლეკულების გახლეჩა მიმდინარეობს განსაკუთრებული ნივთიერებების — ფერმენტებისა და ენზიმების ზეგავლენით.

ფერმენტები — იგივე კატალიზატორებია, ურომლისოდაც ჩვენს

ორგანიზმში მიმდინარე ყველა გარდაქმნა განხორციელდებოდა იმდენად ხანდაზმულად, რომ სიცოცხლე შეუძლებელი იქნებოდა.

ფერმენტები — სასიცოცხლო პროცესების მამოძრავებელია, ისინი გვეხმარება შევითვისოთ საკვები, ავავთ ჩვენი უჯრედები და ქსოვილები. თუ ორგანიზმს არა აქვს ფერმენტები, იგი ილუპება გამოფიტვისაგან მაშინაც კი, როცა ჭარბად იღებს ყველაზე საუკეთესო, ნოყიერ საკვებს. ეს ხდება იმიტომ, რომ უფერმენტოდ არავითარი საკვები არ შეითვისება. მაგრამ აღამიანს, ცხოველსა და მცენარეს ნორმალური სიცოცხლისათვის ესაჭიროება არა მარტო საკვები, არამედ ჰაერიც, სუნთქვისათვის, ისევე როგორც საკვების შეთვისებისათვის, საჭიროა ფერმენტები.

მეცნიერებმა დიდხანს არ იცოდნენ, როგორ მართავს ფერმენტები სუნთქვის პროცესებს, როგორია სასუნთქი ფერმენტების ბუნება.

ამ საიდუმლოების ამოცნობა ა. ბახის გამოკვლევებმა განაპირობა. ბახმა თავისი გამოკვლევებით ცხადჰყო, რომ ცოცხალ უჯრედში მიმდინარე ნელი ჟანგვის ყველა პროცესი მრავალჯერ ჩქარდება იმიტომ, რომ ორგანიზმში მოქმედებს დამეანგველი ფერმენტები — ოქსიდაზები. ოქსიდაზები აჩქარებს სუნთქვის პროცესსაც.

ამ ფერმენტზე ადრე არსებული შეხედულების საწინააღმდეგოდ (აღნიშნული ფერმენტი მიაჩნდათ დამოუკიდებელ ნივთიერებად) ბახმა შეძლო დაემტკიცებინა, რომ ოქსიდაზები შესდგება ორი საწყისისაგან — პეროქსიდაზისა და ოქსიგენაზისაგან. თუ მათ განვაცალკევებთ, მაშინ ოქსიგენაზა არ დაქანგავს, ხოლო პეროქსიდაზა შეინარჩუნებს თავის დამეანგველ უნარს მხოლოდ წყალბადის ზეჟანგის თანაარსებობისას. მაგრამ საკმარისია მათი შეერთება, რომ მაშინვე აღდგეს ოქსიდაზების ჯადოსნური ძალა.

დასაწყისში ბახი თვლიდა, რომ ოქსიგენაზა, პეროქსიდაზის მსგავსად, ფერმენტს წარმოადგენს. მაგრამ შემდეგში მან უარყო ეს შეხედულება. ა. ოპარინმა, ონსლოუმ და ზოგიერთმა სხვა მკვლევარმა დაამტკიცეს, რომ ოქსიგენაზა არ არის ფერმენტი, რომ იგი დაქანგვის უნარის მქონე ორგანული ნივთიერებაა, რომელიც იქანგება ატმოსფერული ჟანგბადით და გადაიქცევა ზეჟანგად.

ეს ზეჟანგი აქტიურდება პეროქსიდაზით და ხელს უწყობს ცოცხალ უჯრედში ჟანგვის პროცესების დაჩქარებას.

როცა აღამიანი ან ცხოველი სუნთქავს, ჰაერის ჟანგბადი ჟანგავს თვითდაქანგვის უნარის მქონე ნივთიერებებს. წარმოიქმნება ზეჟანგები და პეროქსიდაზით გააქტიურებული ჟანგბადი ჟანგავს იმ ნივთიერებას, რომელიც უშუალოდ არ იქანგება მოლეკულური ჟანგბადით.

პეროქსიდაზას, როგორც „მტვირთავს“, გადააქვს ზეჟანგის მო-

ლეკულისაგან მოწყვეტილი ჟანგბადის ატომი იმ ნივთიერებაში, რომლის დაჟანგვაა საჭირო.

ბახმა საფუძველი ჩაუყარა სუნთქვის დროს მიმდინარე პროცესების სწორ გაგებას. შემდგომში სხვა მეცნიერთა გამოკვლევებმა შესაძლებლობა მოგვცა საბოლოოდ ჩაგვეხედა სუნთქვის მექანიზმის საიდუმლოებაში.

გამოცანა, რომელიც საუკუნეთა განმავლობაში აღელვებდა ექიმებსა და მეცნიერებს მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში, ამოცნობილ იქნა! და ამაში კეშმარიტად დიდი დამსახურება მიუძღვის ქიმიასა და ბიოქიმიას.

სუნთქვის გაშრობა

როდესაც ჩვენ ვსუნთქავთ, ფილტვები ჰაერიდან ითვისებს ჟანგბადს (რომელიც ჰაერის ერთ მეხუთედზე ცოტა მეტ ნაწილს შეადგენს).

იმ დროს, როდესაც ბაყაყის ფილტვები უბრალოდ ორი, პარკის მსგავსი ღრუა, რომელსაც შიგნითა და გარეთა ზედაპირები თითქმის ერთნაირი აქვს, ადამიანის ჰაერით სავსე ფილტვების ზედაპირი ას კვადრატულ მეტრს აღწევს. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ფილტვების შიგნითა ზედაპირი ორმოცდაათჯერ აღემატება ჩვენი სხეულის მთელ ფართობს.

ფილტვების შიგნითა ზედაპირი იმიტომ არის ასეთი დიდი, რომ ის უწყვილესი მილებით — ბრონქებით შეერთებული პაწაწინა პარკებისაგან შედგება. ამ პარკების რაოდენობა უზარმაზარია — სამას მილიონამდე აღწევს.

უწინ ფიქრობდნენ, რომ ჟანგვითი პროცესები, რომლის დროსაც წარმოიქმნება წყალი და ნახშირორჟანგი, ფილტვებში მიმდინარეობს. ახლა კი კარგად არის ცნობილი, რომ ჟანგვა ორგანიზმის შიგნით — მის ყველა ქსოვილსა და უჯრედში სწარმოებს.

ჰაერი, რომელიც ცხვირში იწმინდება და თბება, ფილტვებში ჩადის. ფილტვებიდან სისხლს ქსოვილებისკენ გადააქვს ჟანგბადი, ხოლო უკან კი ნახშირორჟანგით დატვირთული ბრუნდება.

ფილტვების მიერ ჰაერიდან ჟანგბადის შთანთქმას გარეგანი სუნთქვა ეწოდება, ხოლო უჯრედებში ჟანგბადის ხარჯვას ჟანგვის პროცესებზე — შინაგანი სუნთქვა.

ფილტვებში ბეწვისებრივი სისხლძარღვების უზარმაზარი რაოდენობაა. ეს კაპილარები იმდენად ბევრია, რომ მათში ერთბაშად შეუძლია გაიაროს ჩვენს ორგანიზმში არსებულმა სისხლს მთელმა რაოდენობამ.

ფილტვების პარკებისა და სისხლგამტარი ძარღვების კედლები ძალზე თხელია. ნახშირორქანგს და ჟანგბადს ადვილად შეუძლია ამ უთხელეს ტიხრებში შეღწევა.

სისხლიდან ფილტვებში და პირიქით, გაზების მოძრაობას ხელს უწყობს კონცენტრაციებს შორის სხვაობა. ჰაერში, რომელიც ფილტვების მიერ შეისუნთქება, უფრო მეტია ჟანგბადი, ვიდრე სისხლის ბეწვისებრ ძარღვებში. სამაგიეროდ სისხლი ჰაერზე უფრო მეტ ნახშირორქანგს შეიცავს. ამიტომაც მიდის დიფუზია, ე. ი. კონცენტრაციათა გათანაბრება — ჟანგბადი ცდილობს სისხლში შეღწევას, ხოლო ნახშირორქანგი სისხლიდან ფილტვებში გადასვლას.

როგორც ცნობილია, სისხლი შედგება სითხისაგან-სისხლის პლაზმისაგან და მასში მოცურავე სხეულაკებისაგან-სისხლის წითელი ბურთულებისაგან. ჟანგბადი ცუდად იხსნება სითხეებში. ამიტომაც, რომ პლაზმა ჟანგბადს მცირე რაოდენობით შთანთქავს, ჟანგბადის უმეტესი ნაწილი სისხლის წითელ ბურთულაკებს უკავშირდება.

სისხლი შეიცავს ორგანულ ნივთიერებას, რომელსაც ჰემოგლობინი ეწოდება. სწორედ ჰემოგლობინითაა გამოწვეული სისხლის წითელი ბურთულაკების წითლად შეფერვა. ჰემოგლობინი რთული ცილაა, რომელიც თავის შემადგენლობაში რკინას შეიცავს.

ფილტვის ბეწვისებრ კაპილარებში ჰემოგლობინი ჟანგბადთან წარმოიქმნის ახალ ნივთიერებას — ოქსიჰემოგლობინს. ამ შენაერთში ჰემოგლობინი მეტად არამტკიცედაა შეკავშირებული ჟანგბადთან. ოქსიჰემოგლობინი ადვილად იშლება და უჯრედებს ჟანგბადს აძლევს.

რაც უფრო მეტი ჟანგბადია სისხლში, მით უფრო მეტი ოქსიჰემოგლობინი წარმოიქმნება. სისხლში ჟანგბადის რაოდენობის კლებასთან ერთად მატულობს ოქსიჰემოგლობინის დაშლა. სისხლიდან ჟანგბადის გამოყოფისა და ორგანიზმის ქსოვილებსა და უჯრედებში მისი გადასვლის კვალდაკვალ, ოქსიჰემოგლობინის რაოდენობა სულ უფრო და უფრო მცირდება.

ჟანგბადით გაჯერებული და ოქსიჰემოგლობინით მდიდარი სისხლი ალისფერია. ეს არტერიული სისხლია. ფილტვებიდან ის გადადის გულში, ხოლო აქედან სისხლძარღვებით — არტერიებით ედება მთელს სხეულს.

ოქსიჰემოგლობინის დაშლასა და ჟანგბადის გამოყოფასთან ერთად, სისხლის ფერი სულ უფრო და უფრო მუქდება. ჟანგბადით გაღარიბებული — ვენური სისხლი გულს უბრუნდება და აქედან ფილტვებს გადაეცემა.

ვენური სისხლი არა მარტო ჟანგბადითაა გაღარიბებული, ის

გაჯერებულია ნახშირორქანგითაც, რომელიც შინაგანი სუნთქვის, ე. ი. ქსოვილებში საკვების და ჟანგვის შედეგად წარმოიქმნა.

ფილტვებში ნახშირორქანგი სისხლიდან ჰაერს გადაეცემა კონცენტრაციის სხვაობის გამო, ე. ი. იმავე მიზეზით, რომლითაც ჟანგბადი ჰაერიდან გადადის სისხლში.

სუნთქვის პროცესების საიდუმლოებაში უფრო ღრმად ჩაწვდომისას მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ბახის მიერ აღმოჩენილი ფერმენტი პეროქსიდაზა არ ჟანგავს ნახშირწყლებს, ცხიმებსა და ცილებს. აღმოჩნდა, რომ სუნთქვის დროს მათ უერთდება არა უშუალოდ ჰაერის, არამედ წყლის ჟანგბადი. ამ პროცესს სუნთქვის განსაკუთრებული ფერმენტები მართავს.

სუნთქვის ფერმენტები, რომელთაც დეჰიდრაზები ეწოდება, წყალბადს ართმევენ წყლის მოლეკულას და იმ ორგანულ ნივთიერებათა მოლეკულებს, რომლებიც ჩვენს საკვებს წარმოადგეს და რომელთა ხარჯზეც მიმდინარეობს უჯრედში ჟანგვითი პროცესები. ჩვენს ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის პროცესში ნახშირორქანგთან ერთად წყალიც ხომ წარმოიქმნება.

სუნთქვის ფერმენტი, რომლის ქიმიური შედგენილობა ახლა უკვე კარგადაა ცნობილი, თავის მოლეკულაში რკინის ატომებს შეიცავს. რკინას, როგორც ცნობილია, ჟანგვისა და აღდგენის მაღალი უნარი აქვს, ე. ი. იოლად იერთებს და გასცემს ჟანგბადს.

სისხლის მიერ ქსოვილთან მიტანილი ჟანგბადი ურთიერთმოკმედებს სუნთქვის ფერმენტის რკინასთან და აქტიურდება. მაგრამ მისი აქტიურობა ჯერ კიდევ არასაკმარისია, რათა შეუერთდეს წყალბადს და წარმოქმნას წყალი—ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტი.

ქსოვილში, სუნთქვის ფერმენტის გარდა, კიდევ სამი სხვადასხვა ნივთიერებაა, რომელიც აგებულებით ძლიერ წააგავს სუნთქვის ფერმენტს. ისინი აგრეთვე შეიცავს რკინას. მათ ციტოქრომები, ანუ უჯრედის საღებავები ეწოდება.

სუნთქვის ფერმენტი, რომელსაც ჰაერის ჟანგბადი მოაქვს, ჟანგბადს პირველ ციტოქრომს გადასცემს. პირველი ციტოქრომი მიიღებს და გადასცემს მას მეორე ციტოქრომს. პირველ ციტოქრომს არ შეუძლია ჟანგბადის მიერთება, მას მხოლოდ მისი გადაცემისა და ოდნავ გააქტიურების უნარი აქვს. მეორე ციტოქრომიც ჟანგბადის მხოლოდ გადამცემია. მხოლოდ მესამე ციტოქრომი ანიჭებს ჟანგბადს საჭირო აქტივობას.

ამჯერად ჟანგბადი მთლიანად მზადყოფნაშია და შეუძლია წყალბადს შეუერთდეს. მაგრამ ჯერ კიდევ საჭიროა წყალბადის ატომების

მოწყვეტა იმ ნივთიერებებისაგან, რომელიც ქსოვილებში იქანგება. ამ სამუშაოს ფერმენტები — დეჰიდრაზები ასრულებს. მაგრამ ეს კიდეც არაა საკმარისი. წყალბადსაც ესაჭიროება სათანადოდ გააქტიურება, რათა შეუერთდეს ენგზადს და წყალი წარმოქმნას. წყალბადის ატომი პირველად ხვდება ყვითელ ფერმენტს, რომლის შეფერვა გამოწვეულია რიბოფლავინით — ვიტამინ B₂-ით. ენგზადის გადამტანი ციტოქრომების მსგავსად, ის წყალბადის ენერგიული გადამტანია. მას შეუძლია წყალბადი წაართვას კიდეც ზოგიერთ სხვა ნივთიერებას, რომელსაც წყალბადის გადატანის უნარი აქვს, მაგალითად, ვიტამინ C-ს.

აი მხოლოდ ახლა, როდესაც ენგზადისა და წყალბადის გადამტანებმა კარგად იმუშავეს, შეიძლება მოხდეს, ბოლოს და ბოლოს ამ გაზების შეერთება.

შესაძლებელია, თქვენ აზრადაც არ მოგდიოდათ, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში წყლის წარმოქმნა ასე რთულად მიმდინარეობს, მოითხოვს ამდენ სხვადასხვა ქიმიურ რეაქციას, ამდენ დახმარებას.

მაგრამ, როდესაც ჩვენ ქილაში ენგზადს და წყალბადს ვურევთ ერთმანეთში, ნარევის ცეცხლს ვუკიდებთ, წყლის წვეთები ხომ აფეთქებით „იბადება“. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ამ გაზების ურთიერთმოქმედების დროს ენერგიის უზარმაზარი რაოდენობა გამოიყოფა.

ქილაში რეაქცია თვალისდახამხამებაში ჩატარდა. რა მოხდება თუ ჩვენს ორგანიზმში ეს გაზები ასეთივე სიჩქარით შეუერთდება ერთმანეთს?

მაშინ რომელიმე ადგილას გამოიყოფა დიდი ენერგია, ადგილი ექნება ძლიერ ადგილობრივ გათბობას. გამოყოფილი ენერგიის უმეტესი ნაწილი ორგანიზმისათვის უსარგებლო იქნება. ორგანიზმში ვერ შეიძლება მის სწორად გამოყენებას. სწორედ ამიტომაც, რომ ორგანიზმში წყალი წარმოიქმნება არა ერთბაშად, არამედ თანდათანობით. ყოველ სტადიაზე გამოიყოფა ენერგიის მცირე რაოდენობა, რომელსაც ორგანიზმი საჭიროებისდა მიხედვით იყენებს.

არა ნაკლებად რთული აღმოჩნდა ნივთიერებათა ცვლის მეორე საბოლოო პროდუქტის — ნახშირორჟანგის წარმოქმნა.

ხანგრძლივი, თანდათანობითი დაეანგვის შედეგად ქსოვილებში ნახშირორჟანგის შემცველობა მეტია, ვიდრე სისხლში. ამიტომ ნახშირორჟანგი უჯრედის კედლიდან გადადის სისხლში და სისხლის პლაზმის წყალთან ნახშირის მგავას წარმოქმნის. ნახშირის მგავას მცირე რაოდენობა პლაზმაში რჩება, მეტი ნაწილი კი ბიკარბონატად გარდაიქმნება, უერთდება ჰემოგლობინს და ახალ ნივთიერებას — კარბოჰემოგლობინს წარმოქმნის.

ჯერ კიდეც გასულ საუკუნეში გერმანელმა მეცნიერმა პუუნტცმა-

მარტივი, გონებამახვილური ცდებით დაამტკიცა, რომ სისხლში ბიკარბონატი სამჯერ უფრო მეტი რაოდენობითაა, ვიდრე ნახშირორჟანგი.

ამ ცდების საფუძველზე პუნტცმა დაასკვნა, რომ წითელი ბურთულაქები სისხლში ბიკარბონატის შემცველობას ზრდის.

შემდგომი ცდებით შესაძლებელი გახდა დადგენილიყო, თუ როგორ მიმდინარეობს ეს პროცესი.

ნახშირის მჟავა იშლება ბიკარბონატისა და წყალბადის იონებად, რომელთაც ჰემოგლობინთან შეერთების უნარი აქვს. ჰემოგლობინის მოლეკულა წყალბად-იონის შეერთების შემდეგ ნახშირის მჟავას კარგი გადამტანი ხდება. ნახშირის მჟავას ნაწილი კი ჰემოგლობინს უერთდება და კარბოჰემოგლობინს წარმოქმნის.

მეცნიერები დიდი ხნის განმავლობაში ფიქრობდნენ, რომ სწორედ ამით აიხსნება სისხლის საშუალებით ნახშირორჟანგის გადატანა.

მაგრამ, ამ რამოდენიმე ხნის წინათ დანიელმა მეცნიერმა ჰენრიქსმა მიუთითა, რომ ამ პროცესებს არ შეუძლია ახსნას ორგანიზმში ნახშირორჟანგა გაზის ასეთი დიდი სისწრაფით გადატანა.

მან დაწვრილებით გამოიკვლია სისხლი და სისხლის წითელ ბურთულაქებში აღმოაჩინა ფერმენტი, რომელიც ნახშირორჟანგისა და წყლისაგან ნახშირის მჟავას წარმოქმნას და აგრეთვე მის ამავე ნივთიერებებად დაშლას ათასჯერ აჩქარებს.

ამ ფერმენტს მან კარბოანჰიდრაზა (ლათინური სიტყვიდან კარბონ-ნახშირი) უწოდა, ყველა სხვა ფერმენტის მსგავსად, ისიც ცილას წარმოადგენს.

ამ აღმოჩენის წყალობით შესაძლებელი გახდა გარკვეულიყო, სინამდვილეში როგორ მიმდინარეობს ნახშირორჟანგის გადატანა ორგანიზმში.

როგორღა მიმდინარეობს ნახშირორჟანგის გამოყოფა სისხლიდან, როდესაც ვენური სისხლი შედის ფილტვებში?

პირველ რიგში ნახშირის მჟავა კვლავ განიცდის ქიმიურ გარდაქმნას-იშლება ნახშირორჟანგად და წყლად. სწორედ აქ მეღავენდება ჰემოგლობინის მნიშვნელოვანი როლი. როგორც კი ფილტვებში ჰემოგლობინი ოქსიჰემოგლობინად დაიქანგება, ის მაშინვე კარგავს ნახშირის მჟავასთან ურთიერთმოქმედების უნარს. ამიტომ იწყება საწინააღმდეგო პროცესი—ბიკარბონატიდან კვლავ წარმოიქმნება ნახშირის მჟავა.

ფერმენტ კარბოანჰიდრაზის დახმარებით ის მაშინვე იშლება წყლად და ნახშირორჟანგად, რომელიც სისხლსა და ჩასუნთქულ ჰაერში განსხვავებული კონცენტრაციის გამო იმწამსვე იწყებს დიფუზი-

ას ფილტვებში. ერთდროულად თავისუფლდება ის ნახშირორჟანგიც, რომელიც მოაქვს სისხლს კარბოჰემოგლობინის შემადგენლობაში.

გაზის მთელი ეს ცვლა — ფილტვებში ახალი ჟანგბადის შთანთქმა და ნახშირორჟანგის გამოყოფა, მხოლოდ ნახევარი წამის განმავლობაში გრძელდება. სისხლში არსებული ნახშირის მკაფა მნიშვნელოვნად აწესრიგებს სუნთქვას: გულისა და სისხლძარღვების მუშაობას.

ნახშირის მკაფას დაგროვება იწვევს გულის მუშაობის აჩქარებას და სისხლძარღვების გაფართოებას, რასთან დაკავშირებითაც ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტების გადატანა ჩქარდება.

გარდა ამისა, სისხლში ნახშირის მკაფასა და ბიკარბონატის შემცველობა ორგანიზმში განაპირობებს მკაფიანობისა და ტუტიანობის ნორმალურ თანაფარდობას.

სხვადასხვა დამჟანგველი და აღმდგენელი ფერმენტის აღმოჩენამ ხელი შეუწყო სუნთქვის საიდუმლოების ახსნას და სხვადასხვა ცხოველის სუნთქვის განსხვავებული მექანიზმის ამოცნობას.

აღმოჩნდა, რომ დამჟანგველ ფერმენტებს — პეროქსიდაზებს, ოქსიდაზებს, კატალაზებს, ტიროზინაზებს — მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია მცენარის ცხოვრებაში.

ფერმენტების შესწავლამ კვების მრეწველობაში წარმოების ტექნოლოგიის სრულყოფას შეუწყო ხელი.

ფერმენტები გვებმარება მივიღოთ არომატული თამბაქო და მაღალხარისხოვანი ჩაი, ტკბილი ღვინო და გემრიელი პური.

საქიჩველ ბარლქმნათა მესაქანი

პურის ზოგიერთ ქარხანაში უცნაური მოვლენა შეინიშნებოდა. პურის გული არ ცხებოდა. ხაბაზები ამაოდ ცდილობდნენ წუნის მიზეზის დადგენას. ამ პურს სალი ფქვილისაგან აცხობდნენ, წყალს სტანდარტული რაოდენობით ხმარობდნენ, ლუმელში საქირო ტემპერატურას იცავდნენ, მაგრამ პური მაინც უხარისხო გამოდიოდა.

ხაბაზებმა რჩევისათვის ბიოქიმიკოსებს მიმართეს. მეცნიერებმა ფქვილის ანალიზი ჩაატარეს. აღმოჩნდა, რომ ფქვილი მიღებული იყო ოდნავ გაღივებული მარცვლებისაგან. ამგვარ მარცვლებში კი განსაკუთრებული ფერმენტი წარმოიქმნება.

მეცნიერებმა არა მარტო გამოიცნეს გამომცხვარი პურის წუნის მიზეზი, არამედ დაეხმარნენ კიდევ ხაბაზებს გამოესწორებინათ ის. მეცნიერებათა აკადემიის ბიოქიმიის ინსტიტუტმა დაამუშავა მეთოდი, რომლის მიხედვითაც შეიძლება ხარისხიანი პურის გამოცხობა გაღივებული მარცვლებისაგან მიღებული ფქვილისაგან.

ბიოქიმიკოსებმა ხორბლის მარცვალის შენახვის პირობებშიც შეისწავლეს. აღმოჩნდა, რომ ახლადაღებული მარცვალის დათესვისას ცუდად აღმოცენდება, რადგან მისი გარსი კარგად არ ატარებს წყალს და მასში გახსნილ ქანგბადს. ამგვარი მარცვალისაგან ცუდი ფქვილი მიიღება.

მაგრამ თუ ალენის შემდეგ მარცვალს რამოდენიმე ხანი მშრალ და გრილ ადგილას შევინახავთ, ის დამწიფებას დაამთავრებს. ამ დროს მთავრდება ცილის სინთეზი, რასაც თან სდევს დამჟინგველი ფერმენტების აქტივობის შემცირება.

შაქრის ქარხნებში შაქარს ქარხლის ფესვიდან იღებენ. თითქოსდა აქ ფერმენტები არაფერ შუაში არ უნდა იყოს, მაგრამ ქარხლის ფესვი ხომ ცოცხალი ორგანიზმია. როგორც ყოველი მცენარე, ისიც სუნთქავს. სუნთქვის დროს შაქარი იკარგება. რაც უფრო დიდხანს ინახავენ ქარხალს, მით უფრო მეტი შაქარი იკარგება. წარმოების გამოცდილმა მუშაკებმა იციან, რომ ქარხალი არ შეიძლება სამ თვეზე მეტ ხანს შეინახონ. ქარხალი მუქდება და ბევრ შაქარს კარგავს. ამიტომ უწინ შაქრის ქარხნები წელიწადში მხოლოდ 100 დღემდე მუშაობდნენ.

საბჭოთა მეცნიერებმა განიზრახეს გაეზარდათ შაქრის ქარხნების მუშაობის ხანგრძლიობა. თუ შაქრის ქარხანა მთელი წლის განმავლობაში იმუშავებს, ეს ხომ სამი შაქრის ქარხნის მუშაობის ტოლფასი იქნება. ეს კი ნიშნავს, რომ ქარხნების რაოდენობის უმნიშვნელო გაზრდით შეიძლება მათი პროდუქციის მრავალჯერ გადიდება — მოსახლეობისათვის მეტი შაქრის მიწოდება.

ბიოქიმიკოსებმა ყურადღებით შეისწავლეს ყველა ცვლილება, რომელსაც ადგილი აქვს ქარხლის ფესვის შენახვის დროს. დაკვირვებას აწარმოებდნენ როგორც ნორმალურ, ისე დაზიანებულ ფესვებზე სხვადასხვა ტემპერატურისა და ტენიანობის პირობებში.

შაქრის ქარხლის შენახვა ახლა გაცილებით უფრო ხანგრძლივად შეიძლება, ვიდრე უწინ. მისი შენახვა მთელი წლის განმავლობაშიც შეგვიძლია თუ კი შევქმნით ისეთ პირობებს, როდესაც დამჟინგავი ფერმენტების აქტივობა დაქვეითებულია.

დამჟინგავი ფერმენტების მოქმედების შესწავლის საფუძველზე შემუშავდა შაქრის ქარხლის ამოღებისა და გადატანის ისეთი წესი, რომელიც შაქრის მინიმალურ დანაკარგს უზრუნველყოფს.

დამჟინგველი ფერმენტების „ხასიათის ცოდნა“ მეთამბაქოებსაც გამოადგათ. იმ დროიდან, რაც აღამიანმა დაიწყო თამბაქოს მოყვანა, თამბაქოს გამომშრალ ფოთლებს აწყობდნენ შეკვრებად და ინახავდნენ საწყობში მთელ წელიწადს, ან უფრო მეტ ხანს. არავინ იცოდა თუ

რა მოსდეს თამბაქოს შენახვის დროს, მაგრამ დიდი ხანია შეამჩნიეს, რომ მისი ხარისხი უმჯობესდება.

მეცნიერები ფიქრობდნენ, რომ თამბაქოს ხარისხის გაუმჯობესება რალაც ფერმენტების მოქმედებასთანაა დაკავშირებული. ზოგნი კი თვლიდნენ, რომ თამბაქოს ფოთლებში შემავალი ნივთიერებები იცვლება იმ ბაქტერიების ზეგავლენით, რომელიც ფოთოლზე სახლდება.

არც თუ ისე დიდი ხნის წინათ, კრასნოდარის მეთამბაქოეობის ინსტიტუტის პროფესორმა ა. სმირნოვმა ფერმენტების შესახებ ბაზის მოძღვრებაზე დაყრდნობით დაადგინა, რომ თამბაქოს მოწყვეტილ ფოთოლში დამუხრანველი ფერმენტები ცხოველმყოფელობას ინარჩუნებს. სწორედ ისინი წარმოადგენს იმ ცვლილებების მიზეზს, რომელიც შენახვის დროს ფოთოლში მიმდინარეობს. სწორედ ფერმენტების მუშაობის წყალობით იძენს თამბაქო არომატსა და სურნელებას.

ამიტომ თამბაქოს ფოთლების შენახვის დროს, მისი თვისებების შეცვლას ფერმენტაცია უწოდეს. როდესაც გაირკვა, რომ თამბაქოს ხარისხი ფერმენტების გავლენით უმჯობესდება. დაიწყეს ფერმენტაციის ხანგრძლიობის შემცირების საშუალებათა ძიება. ეს მუშაობა წარმატებით დამთავრდა. ფოთოლში ფერმენტების მოქმედების შესწავლისას შესაძლებელი გახდა ისეთი ტემპერატურისა და ტენიანობის შერჩევა, რომლის დროსაც ფერმენტაცია უმოკლეს ვადაში მთავრდება. ამჟამად თამბაქოს ფოთლის ფერმენტაციას სპეციალურ კამერებში ატარებენ. ახლა შესაძლებელია ფერმენტაციის მართვა ხელოვნურად და ჩვენი სურვილის მიხედვით მისი ვადის გაგრძელება ან შემოკლება. საუკეთესო ხარისხის თამბაქოს დამზადება სულ რამოდენიმე კვირაშია შესაძლებელი.

ფერმენტები იმ საკვირველ გარდაქმნათა დახელოვნებული მესაქე აღმოჩნდა, რასაც ადგილი აქვს ჩაის ფოთოლშიც. ჩვენ სწორედ მათ უნდა ვუმადლოდეთ ჩაის სასმელის ფერსა და არომატს.

ჩ ა ი

ჩაი დადებითად მოქმედებს ნერვულ სისტემაზე, მხნეობას მატებს დაქანცულს, ფანტავს ძილის განწყობილებას.

ყოველ ჩვენთაგანს საკუთარ თავზე გამოუცდია მაგარი, არომატული ჭიქა ჩაის შესანიშნავი ზემოქმედება. მაგრამ მალაზიაში ჩაის უიდეისას არავინ ფიქრობს იმაზე, თუ რაოდენ გრძელი და რთულია მისი „სასიცოცხლო“ გზა.

ჩაის პლანტაციებში ხელით ან ჩაის საკრეფი მანქანით კრეფენ-

ჩაის ბუჩქის მწვანე ფოთოლს. ჩაის მოკრეფილ ნორჩ ფოთოლს ქსოვილით გადაკეცილ ხის ჩარჩოებზე ათავსებენ და ჰაერზე აშრობენ. წარმოებაში ამგვარ გაშრობას გამოყვანა ეწოდება. ჩაის გამოყვანილი ფოთოლი მტვერევალი აღარაა და მასში ფერმენტების აქტივობა იზრდება.

გამოყვანის შემდეგ ფოთოლს გრეხენ, რაც განსაკუთრებული მანქანით — როლერით ხორციელდება, გრეხვის დროს ფოთლის ცოცხალი უჯრედები ისრისება, სუნთქვა ირღვევა, იცვლება დამეანგველ და აღმდგენელ ფერმენტთა მოქმედების თანმიმდევრობა.

მაგრამ ფერმენტები, რომლებიც ჩაის არომატს, გემოს, სიმაგრეს და ფერს აძლევს, თავის ჯადოსნურ ძალას ინარჩუნებს.

დასრესილი ფოთლების ტენიანი მასა ხის ყუთებით გადააქვთ სპეციალურ სათავსოში. აქ ჩაის წარმოებაში ყველაზე მნიშვნელოვანი პროცესი — ფერმენტაცია მიმდინარეობს.

ჩაის ფოთოლი ბევრ სხვადასხვა ორგანულ ნაერთს — ცილებს, ვიტამინებს, მთრიმლავ ნივთიერებებს შეიცავს. რამოდენიმე საათში ფოთოლი მუქდება, თითქმის ყავისფერდება. დამეანგველი ფერმენტები ენერგიულად „მუშაობს“. ზოგი — მთრიმლავ ნივთიერებებს ეანგავს, ზოგი კი — წყალბადის ზეიანგს შლის წყალად და ეანგებადად. დღემდე გაურკვეველი იყო ჩაისთვის არომატის, ფერის, სიმაგრის, სიმწკლარტის მიმცემი სხვადასხვა ფერმენტის როლი.

საბჭოთა მეცნიერებმა — ა. ოპარინმა, ა. კურსანოვმა მ. ბოკუჩავამ შეისწავლეს დამეანგველი ფერმენტების მოქმედება. აღმოჩნდა, რომ ჩაის ნაყენის დამახასიათებელი ფერი და არომატი გამოწვეულია ოქსიდაზის მოქმედებით, ხოლო გემო კი — მეორე ფერმენტით — პეროქსიდაზით.

ჩაის ფოთლის გადამუშავების ბოლო ეტაპია შრობა. ფერმენტებმა კარგად „იმუშავეს“. ჩაის მწვანე ფოთოლი გადააქციეს არომატულ ღია-ყავისფერ მასად, რომელსაც მზა ჩაის ყველა თვისება ახასიათებს. მაგრამ თუ ამ მასას არ გამოვაშრობთ, ფერმენტები გააგრძელებს „მუშაობას“, ეანგვა გაგრძელდება და მალე დაიკარგება ჩაის ფერიცა და არომატიც. შრობის დროს კი ფერმენტები იშლება და ჩაი ინარჩუნებს თავის ჯადოსნურ თვისებებს.

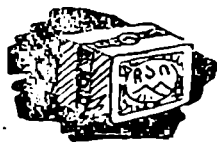
გამომშრალი ჩაი ხის დიდ ყუთებში იყრება და ჩაის საწონ ფაბრიკაში იგზავნება. ყუთებს ჩაის ამრეგ დანიდგარში ცლიან. ჩაის კარგად ურევენ, რათა სასურველი ხარისხის მზაპროდუქტი მიიღონ. აქედან ჩაი კონვეიერის ლენტზე იყრება და ავტომატური სასწორისაკენ მიემართება. სასწორი სწრაფად და ზუსტად წონის ჩაის 25,5 და 100 გრამიან ულუფებს.

აწონილი ჩაის ულუფა მილის საშუალებით იყრება ქალაქის პაკეტში, რომელსაც მეორე მანქანა — ავტომატი აწვდის. წამი და ჩაის შეკვრა მზადაა. პირველი პაკეტის ადგილს მაშინვე იკავებს მეორე, მერე მესამე და ა. შ. სწრაფად მუშაობს ავტომატის მექანიკური „ხელები“, რომელიც ჩაის შეკვრებს ისერის. აი, შეკვრაზე გაჩნდა ეტიკეტი. ჩაის შეფუთვა დამთავრებულია, ავტომატიდან ყოველ წამში თითო შეკვრა ჩაი გადმოდის.

საბჭოთა ბიოქიმიკოსებმა ჩაის გადამუშავების დროს ეანგვითი ფერმენტების მოქმედების შესწავლის საფუძველზე დაამუშავეს ჩაის წარმოების კონტროლის ზუსტი მეთოდები, რამაც ხელი შეუწყო ჩაის ფოთლის გადამუშავების ტექნოლოგიის მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებას და მზა ჩაის ხარისხის ამაღლებას.

აი, ასეთნაირად ჩააყენეს მეცნიერებმა ეანგვითი ფერმენტები ადამიანისათვის სასარგებლო სამსახურში. ფერმენტების აგებულების შესწავლის საფუძველზე ჩვენ მომავალში შევძლებთ ლაბორატორიაში მათ დამზადებას. ჯერ დავამზადებთ ისეთებს, რომლებიც მცენარეებში და ცხოველებში გვხვდება, ხოლო შემდეგ კი — ისეთებსაც, რომელიც ჯერ კიდევ არ არსებობს ბუნებაში.

ეს ჩვენ საშუალებას მოგვცემს ვმართოთ ბიოლოგიური და ქიმიური პროცესები, რომლებიც განუწყვეტლად მიმდინარეობს ჩვენს გარემომცველ სამყაროში.



თქვენი მემკვიდრე



ახილვის მსახური და მემკვიდრე

მედი ს.

590 წელს რომს დიდი უბედურება დაატყდა თავს. ქალაქი ვიკინების ეპიდემიამ იფეთქა. ადამიანები ათასობით კვდნენ. რომიდან ეპიდემიამ გადავიდა ეგვიპტეში, ბიზანტიაში, როპაში. რამდენიმე ათეულ წელს ბობოქრობდა „შავი სიკვდილი“ როგორც შავ ვირუსს უწოდებდნენ მაშინ და მიჰქონდა ათასობა მსხვერპლი, ზოგიერთი ქალაქი სავსებით გაუქვადრიელდა, ხოლო ბევრი ქვეყანა უდაბნოდ გადაიქცა.

რვა საუკუნის შემდეგ — XIV საუკუნეში — „შავმა სიკვდილმა“ კიდევ უფრო იმძლავრა, გაჩნდა ჩინეთში, და ევროპასაც მოედო. ჩინეთში ოცდათხუთმეტი მილიონი ადამიანი იმსხვერპლა, ხოლო ევროპაში ოცდახუთი მილიონი. საფრანგეთსა და ინგლისში, მოსახლეობის მხოლოდ ათი პროცენტი-და გადაჩა. პოლონეთში რამდენიმე თვის განმავლობაში მოსახლეობის ნახევარზე მეტი დაიხოცა, ხოლო რუსეთის ზოგიერთ ქალაქში — გლეხობში და ბელო-ოზერსკში ერთი სულიერიც კი არ გადაჩენილა.

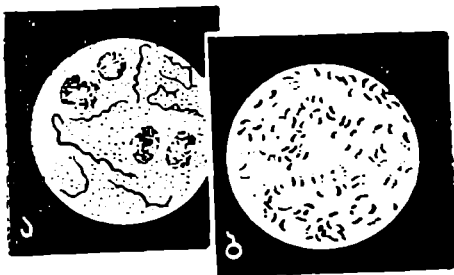
შემონახულია „შავი სიკვდილის“ მომსწრეთა ბევრი მოგონება. „დეკამერონში“, — ჯოვანი ბოკაჩიოს ცნობილ ლიტერატურულ ნაწარმოებში, მკვეთრი ფერებითაა აღწერილი საშინელი უბედურება, რომელიც თავს დაატყდა მის მშობლიურ ქალაქს — ფლორენციას.

„უბედურებამ კაცთა და ქალთა გულში ისეთი შემადრწუნებელი შიში დაამკვიდრა, რომ ძმა სტოვებდა ძმას, ხოლო ხშირად ცოლი — ქმარს. დედები და მამები თავს არიდებდნენ ავადმყოფი შვილების მოვლა-პატრონობას. დაბალი ფენის და, შესაძლებელია, საშუალო ფენის უმეტესი ნაწილი, ყოველდღიურად ათასობით ვარდებოდა ლოგინად, მოვლისა და ყოველგვარი დახმარების გარეშე თითქმის უკლებლივ იხოცებოდა. საქმე იქამდე მივიდა, რომ გარდაცვლილ ადამიანებზე იმდენსვე ფიქრობდნენ, როგორც ახლა — მკვდარ თხაზე“.

ბევრი ქვეყნის მცხოვრებთა საკმაოდ ხშირი სტუმარი იყო მეორე ვადამდეები ავადმყოფობა — ტიფი, ჩვენს ერამდე ათასი წლის წინათ ტიფს უკვე იცნობდნენ ეგვიპტესა და ეთიოპიაში. მოგვიანებით ის გაჩნდა საბერძნეთსა და თურქეთში. XVII საუკუნეში — ოცდაათწლიანი ომის დროს — ტიფი მძვინვარებდა გერმანიასა და საფრანგეთში. ტიფის ეპიდემია, ჩვეულებრივ, ომისა და შიმშილის დროს ვრცელდებოდა. 1812 წლის სამამულო ომის დროს ტიფის ეპიდემია ორივე ქვეყნის — რუსეთისა და საფრანგეთის არმიებს მოეღო.

უძველესი დროიდან მოყოლებული შორეული აზიის ტყიანი ტევრებიდან და ვრცელი სტეპებიდან არაერთხელ გამოსულა ევროპასა და რუსეთში საშინელი ავადმყოფობა — ხოლერა, ხოლერით დაავადებამ რუსეთში განსაკუთრებით მასიური ხასიათი მიიღო XIX საუკუნეში. არ გავიღოდა ორი-სამი წელიწადი, რომ რუსეთის რომელიმე ქალაქში არ გამოჩენილიყო ხოლერით დაავადებული ადამიანი. ხოლერის ეპიდემიამ განსაკუთრებით მძაფრად იფეთქა პეტერბურგში 1848 წელს. ყოველდღე იმდენად ბევრი ადამიანი იღუპებოდა, რომ კუბოები არ ჰყოფნიდათ მათ დასამარხავად.

უხსოვარი დროიდან ადამიანს კიდევ ერთი ვადამ-



შებრუნებითი ტიფის და ხოლერის აღმგზნებები

ყოფობა სდევნიდა — ყვავილი. არავინ იცის ზუსტად თუ სად წარმოიშვა ის პირველად. ამის შემდეგ ყვავილი თაობიდან თაობამდე ახსენებდა თავს ადამიანებს. XVI—XVII საუკუნეში ევროპაში ძნელად ნახავდით ადამიანს, რომელსაც ნაყვავილარი არ ეტყობოდა სახეზე. ძალიან ბევრი ხომ იღუპებოდა კიდევაც ყვავილისაგან. ისტორიკოსებმა გამოთვალეს, რომ XVIII საუკუნეში გერმანიასა და საფრანგეთში ყვავილი ყოველწლიურად ასი ათას კაცს იწირავდა.

ევროპიდან ყვავილი ამერიკასა და ავსტრალიაში შევიდა და თან შეიტანა სიკვდილი. ცნობილია ზოგ რაიონში ადგილობრივი მოსახლეობის საყოველთაო ამოწყვეტის მაგალითები.

მაგრამ არსებობს კიდევ სხვა, ადამიანისათვის არა ნაკლებად მომაკვდინებელი დაავადებანი. მათ არ მოუწყვია ადამიანებზე ისეთი საშინელი, საყოველთაო თავდასხმა, როგორც შავ კირს, ხოლერას, ტიფს. მათ ჩუმი, მაგრამ განუწყვეტელი და არანაკლები უღმობელი მოქმედება ახასიათებს. ეს დაავადებები თანდათანობით შლის ავადმყოფის ორგანიზმს, განუწყვეტლივ ართმევს მას ძალას. ასეთია, მაგალითად, ტუბერკულოზი.

რამდენი უბედურება მოაქვს ადამიანისათვის აგრეთვე ტრაქომას, დიფტერიტს, ენცეფალიტს, დიზენტერიას.

საუკუნეების მანძილზე ადამიანმა არ იცოდა საიდან ჩნდებოდა ეს საშინელი მტრები. არ იცოდა თუ რატომ, ყოველგვარი ხილული მიზეზის გარეშე ესხმის მას თავს დაავადებები. ამიტომ, ეპიდემიას ცოდვების გამო მოვლენილ „ღვთის რისხვად“ თვლიდნენ ან ავი სულების ბოროტებას მიაწერდნენ. ეპიდემიას ებრძოდნენ ჯვაროსნული მსვლელობით, რელიგიური პროცესიებით, მისანთა შელოცვით, ლოცვა-ვედრებით. გადამდებ სნეულებებს სიკვდილი მოაქვს ადამიანის ერთგული მეგობრებისათვის — შინაური ცხოველებისათვისაც. სამხრეთ ამერიკის მცხუნვარე პრერიებში, ჩუკოტკის ყინულოვან სივრცეებზე, იტალიისა და საფრანგეთის მინდვრებზე არა ერთხელ გავრცელებულა საქონლის დამღუპველი ეპიდემია. ათასობით თავი წვრილფეხა და მსხვილი რქოსანი საქონელი დაუხოცია ციმბირის წყლულს, ქოთაოს, გაშეშებას (ტეტანუსი), ტუბერკულოზს.

ეპიდემია ხშირად ფრინველებსაც მუსრავს. „ქათმის ხოლერა“ ანადგურებდა ქათამსა და იხვს, ბატსა და გედს.

გადიოდა საუკუნეები. ადამიანის ცნობისმოყვარე გონება ჯიუტად სწვდებოდა ბუნების საიდუმლოებას. ადამიანმა ამოიცნო კანონები, რომლებიც სამყაროს მართავს. მან დაიმორჩილა ბუნების მძლავრი ძალები და ისწავლა მათი მართვა. მეცნიერების ძლევამოსილი იარაღი დაეხმარა მას გამოეაშკარავენინა ფარული მტრები და გაე-

ნადგურებინა ისინი, მაგრამ ეკლიანი და ძნელი იყო მომბებზრებელ და ბოროტ „ავსულებთან“ მებრძოლ მეცნიერთა გზა. და ეს სახელოვანი გზა, რომელმაც ადამიანის გენია ახალ ტრიუმფებამდე მიიყვანა, დაიწყო თავმდაბალი ჰოლანდიელი მოსამსახურის—ანტონი ლევენჰუკის აღმოჩენით.

შხილავ სამყაროში

ანტონი ლევენჰუკი მუშაობდა პატარა ქალაქ დელფტის სასამართლო პალატაში დარაჯად. საწინააღმდეგოდა თავისუფალ დროს ის გამადიდებელი მინების დამზადებით იყო გართული. და იმდენად დახელოვდა ლინზების დახვეწაში, რომ მისი ქინძისთავისოდენა მინები 200-ჯერ ადიდებდა.

ამ მინებისაგან ლევენჰუკმა შექმნა თანამედროვე მიკროსკოპის მსგავსი ხელსაწყო, რომელიც უხილავი სამყაროს საიდუმლოებაში ჩახედვის საშუალებას იძლეოდა.

ბუნებისაგან გამჭრიახი და ცნობისმოყვარე გონებით დაჯილდოებული ლევენჰუკი თავისი მინებით სხვადასხვა პატარა არსებებს—ბალლინჯოს, კოლოს ათვალთვალავდა.

ერთხელ მან წვიმის წყლით სავსე კასრიდან ამოიღო წყლის წვეთი, მოათავსა პატარა მინაზე და დააკვირდა თავისი „მიკროსკოპით“.

მის გაოცებას არ ჰქონდა საზღვარი, როდესაც წყლის წვეთში ურიცხვი სხვადასხვა მიმართულებით მოძრავე უწყვილესი არსებანი დაინახა. ამ „ანიმაკულების“ (ასე უწოდა ლევენჰუკმა გამადიდებელი მინის ქვეშ დანახულ არსებებს) უთვალავი რაოდენობა აღმოაჩინა თივის ნაყენის წვეთშიც.

ერთხელ ლევენჰუკმა მიკროსკოპის ქვეშ გასინჯა კბილის ანაფხეკი. „მე ამ მასალაში უდიდესი გაოცებით—წერდა ის.—ვაკვირდებოდი უამრავ პაწაწინა, გაცხოველებით მოძრავ არსებებს“. მათი რიცხვი იმდენად დიდი იყო, რომ მან ჩაწერა: ჩემს პირში ისინი უფრო მეტია, ვიდრე ადამიანები გაერთიანებულ სამეფოში“ (ასე უწოდებდნენ მაშინ ჰოლანდიას).

ლევენჰუკი მრავალი წლის განმავლობაში დაუშრეტელი მონღოლებით სწავლობდა მიკროსკოპის ქვეშ „მხეცუნებს“. თავისი აღმოჩენების წესებზე მან მისწერა ლონდონის სამეფო საზოგადოებას, რომელიც იმხანად მსოფლიოში ყველაზე ცნობილი სამეცნიერო დაწესებულება იყო.

1695 წელს მან ლათინურ ენაზე გამოაქვეყნა „მხეცუნებზე“ თა-
10. ბ. როხენი

ვისი დაკვირვებების შესახებ დაწერილი წიგნი — „მიკროსკოპის დახმარებით აღმოჩენილი ბუნების საიდუმლოებანი“. წიგნში მოყვანილი იყო ჩანახატები, რომელთა მიხედვით იოლად შეიძლება უხილავ არსებათა სამყაროს გოლიათებისა და ჯუჯების გამოცნობა. იყო აქ ჯოხებიც, ბუშტუკებიც და მარყუქებიც. ზოგიერთი დახვეული იყო კორპსაძრობის მსგავსად, სხვები კი რალაც ზღვის ზღაპრულ საცეცებიან ურჩხულს ჰგავდა.



ანტონი ლევენჰუკი (1632—1723 წწ)

„მხეცუნებზე“ დაკვირვებისა და მათი აღწერის დროს ლევენჰუკს ჯერ კიდევ არ ესმოდა თავისი აღმოჩენის მნიშვნელობა. ის უზომოდ ბედნიერი იყო იმით, რომ რალაც ახალი აღმოაჩინა და აგრძელებდა მიკროსკოპის ქვეშ დაკვირვებას თავის „მხეცუნებზე“,

რომელთაც პოულობდა ყველგან — სისხლის ალისფერ წვეთში და ქაობის შლამში, ღრძილის ლორწოში და დამპალ კბილში.

ლევენჰუკის აღმოჩენამ მთელი მეცნიერული სამყაროს ყურადღება მიიპყრო. მან მეცნიერება გაამდიდრა ახალი იარაღით, რომელმაც უხილავ არსებათა სამყაროში ჩახედვის საშუალება მოგვცა.¹

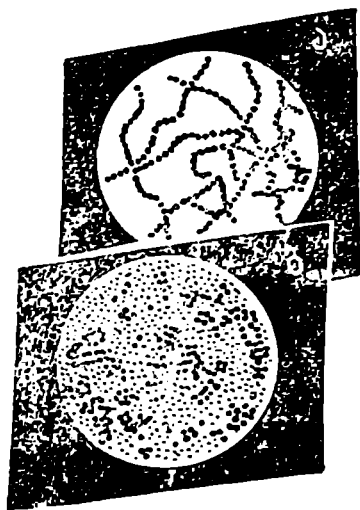
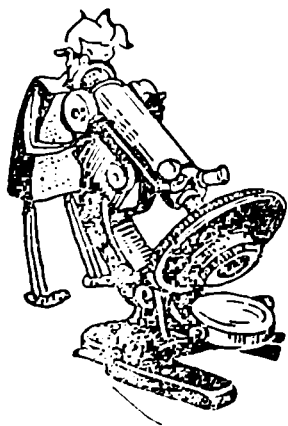
მან მეცნიერებს სურვილი აღუძრა უკეთ გაეცნოთ ჩვენი პლანეტის უმცირესი ბინადარნი. სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები სწავლობდნენ და აღწერდნენ მიკროსკოპის ქვეშ დანახულ მიკროორგანიზმებს.

¹ ლევენჰუკის აღმოჩენა იმ დროს არა მარტო მეცნიერებს, არამედ ყველა განათლებულ და ცოდნისმოყვარე ადამიანს აინტერესებდა. პეიჯე პირველმა 1698 წლის გახაფხულზე ჰოლანდიაში მოგზაურობისას გზად დელფტში გაიარა. აქ მან გააჩერა თხამლდი ქალაქთან ახლოს და სთხოვა მოეწვიათ ლევენჰუკი, რომლის შესანიშნავ აღმოჩენაზე მას ჯერ კიდევ სამშობლოში გაეგონა.

ლევენჰუკი რუსეთის მეფის თავისი გამადიდებელი მინებით ეახლა და აჩვენა მას წყლის წვეთისა და კბილის ანაფხეკის უხილავი მობინადრენი. დამსწრეთა ცნობით, პეტრემ მიკროსკოპთან ორი საათი დაჰყო. გამოთხოვებისას მან ლევენჰუკს ხელი ჩამოარაუა და დიდი მადლობა გადაუხადა იმისათვის, რომ შესაძლებლობა მიეცა გაეცნობოდა პაწაწინა ცოცხალ არსებებს.

მაგრამ მათ ისევე, როგორც ლევენჰუკს, არ ესმოდათ ამ პატარა შეუიარაღებელი თვალთ უხილავი არსებების მნიშვნელობა და არ შეეძლოთ წარმოედგინათ თუ რაში მდგომარეობს მათი საქმიანობა.

კოდნის დაგროვებასთან ერთად გამადიდებელი მიწები და მიკროსკოპიც უმჯობესდებოდა. ლევენჰუკის მიკროსკოპი ისევე განსხვავდება თანამედროვე მიკროსკოპისაგან, როგორც კოლუმბის კარაველა თანამედროვე საოკეანო ხომალდისაგან.



ა) სტრეპტოკოკები და ბ) სტაფილოკოკები მიკროსკოპის ქვეშ

წარსული საუკუნის თითქმის შუა წლებამდე მეცნიერებაში გაბატონებული იყო არასწორი შეხედულება უხილავ არსებათა წარმოშობასა, აგებულებასა და სიცოცხლეზე. ერთნი ფიქრობდნენ, რომ ისინი ყველანი ერთ გვარს მიეკუთვნება, სხვანი კი მათ თითქმის ფანტასტიკურ თვისებებს ანიჭებდნენ.

მრავალი რუსი და უცხოელი მეცნიერის — ტერეხოვსკის, ცენკოვსკის, მიულერის, ერენბერგის, კოხის მოღვაწეობით შეიქმნა ახალი მეცნიერება — მიკრობიოლოგია. ახალი მეცნიერების წარმომადგენლები მიკრობებს სწავლობდნენ ყველგან, სადაც კი პოულობდნენ. მიკრობები კი ყველგანაა: წყალში და ჰაერში, ნიადაგში და მთის ქანებში, ცხოველებისა და ადამიანის კანსა და სხეულში.

გასული საუკუნის მიწურულისათვის აღმოჩენილ იქნა ბევრი გადამდები სნეულების — ციმბირის წყლულის, ხოლერის, ტუბერკულოზის აღმძვრელი. კოხის, პასტერის, მეჩნიკოვის შესანიშნავმა აღმოჩენებმა უხილავ არსებათა სიცოცხლის მრავალი საიდუმლოება ახსნა. ადამიანის საშინელი მტრები შეიცნეს და ისწავლეს მათთან

ბრძოლა. აღმოჩენილ იქნა მცენარეთა და ცხოველთა დაავადების ბაქტერიები.

მათ შორის აღმოჩნდნენ ისეთებიც, რომელთა დანახვა უძლიერეს ოპტიკურ მიკროსკოპშიც კი არ შეიძლება. ეს სულ პაწაწინა არსებებია, რომელთა დიამეტრი სანტიმეტრის მეასიათასედს და

მემილიონედსაც კი უდრის. მათ—ფილტრში გამავალი ვირუსები უწოდეს, რადგან ისინი ისეთ ფილტრშიც კი გადიან, რომლებიც ყველაზე პატარა ბაქტერიებსაც აკაევენს.

მეცხიერებამ დაამტკიცა, რომ ადანიანის, ცხოველისა და მცენარის დაავადებათა უმეტესობა ვირუსებითაა გამოწვეული. ვირუსები ნწერსაც კი აავადებს. ფილტრში გამავალი ვირუსები იწვევენ ყვავილს, ენცეფალიტს, გრიპს, წითელას, ცოფს. ვირუსებთან დაკავშირებული საიდუმლოების ამოხსნაში უდიდესი როლი შეასრულეს გამოჩენილმა რუსმა მეცნიერებმა — დ. ივანოვსკიმ და ნ. გამალეამ. ¹



ილია ილიას ძე ივანოვი
(1845—1916 წწ)

¹. 1886 წელს ნ. გამალეა ცდილობდა აღმოეჩინა რქოსანი საქონლის შავი ჭირის გამომწვევი. ის აედემყოფი ხბოს სისხლს ცტარებდა ისეთ ბქიდრო ფილტრში, რომელიც ყველაზე წვრილ ბაქტერიებსაც კი აკაევენდა. გაფილტრული სისხლი მან ჯანმრთელ ცხოველს შეუშნააუნა ვენაში. მეცნიერის გაცოცხლას არ ჰქონდა საზღვარი, როცა ჯ. ნმოთელი ხბო დაავადდა. მაშ.სადამე—დაასკვნა მან— შავი ჭირის გამომწვევი იმდენად მცირეა, რომ ფილტრის უწვრილეს პორებშიც კი ატანს. მაგრამ შემდგომი გამოკვლევა გამალეას არ უწარმოებია.

ვირუსების არსებობა დაადასტურა დ. ივანოვსკის გამოკვლევებმა. იმ წლებში ყირიში თაშპაქოს ფოთლის. მოზაიკის მსგავსი, უცნაური ლაქები გაუჩნდა. ივანოვსკიმ ფოთლების ანათალი გასინჯა მიკროსკოპის ქვეშ, მაგრამ ავ. დემოფობის განოწვევი მიზეზი ვერ იპოვნა. მაშინ მან და. ც. დებული მცენარისაგან გამოწურული წვევი ფილტრში გაატარა. გაფილტრული წვევი ჯანსაღი მცენარის ფოთლებს წაუკვა. ნალე ფოთლებზე დამახასიათებელი მოზაიკის მსგ. ესი ლაქები გაჩნდა. ივანოვსკიმ იფიქრა, რომ დაავადება გამოიწვია არა თვით აღმგზნებმა, არამედ მისმა შხამმა, ამიტომ მან ე. წვენი გაახეა და სხვა ჯანმოთელ მცენარეებს წაუსვა. მაგრამ მია მოახრება არ გაძარკაღდა. ეს მცენარეებიც დაავადდა და ფოთოლზე მოზაიკის მსგავსი ლაქები უფრო მევე რაოდ გამოჩნდა, ვიდრე უწინ. მაშასადამე, — დაასკვნა მეცნიერმა— ჰვენში დაავადების გამომწვევი ცოცხალი არსება ვირუსია, რომელიც ავადაყოფ მეცნარეში მოაველდება.

უხილავ, მიკროსკოპულ სამყაროს უფრო ღრმად გაცნობის შემდეგ მეცნიერებმა აღმოაჩინეს, რომ გარდა მანევ მიკროორგანიზმებისა, უამრავი სასარგებლო მიკროორგანიზმებიც არსებობენ. ერთნი — მცენარეს ეხმარებიან ზრდაში, მეორენი — ცხოველებს იცავენ დაავადებისაგან, მესამენი — ლუდის ხარშვას, კომბოსტოს დამწნილებას, ყველის ამოყვანას უწყობენ ხელს, მეოთხენი — წამლების დამზადებაში მონაწილეობენ.

აურაცხელია ჩვენს პლანეტაზე მობინადრე მიკრობთა რიცხვი, გასაოცარია მათი მრავალფეროვნება და გამრავლების სისწრაფე.

მაგრამ ძლევამოსილია ბუნების მეცნიერული შესწავლის შეთოდებიც, განუზომელია მეცნიერთა თავდადება. ახალგაზრდა მეცნიერების — მიკრობიოლოგიის წარმატებებმა ხელი შეუწყო ბოტანიკოსებისა და ფიზიოლოგების, ბიოლოგებისა და ქიმიკოსების მიერ მიკროსამყაროს შესწავლისას დაგროვილი უზარმაზარი მასალის წესრიგში მოყვანას.

მიკროორგანიზმების მრავალრიცხოვანი არმია შედგება რამოდენიმე ძირითადი ქვედანაყოფებისაგან: ბაქტერიებისაგან, მიკროსკოპული სოკოებისაგან (ობი, სხივისებრი სოკო), საფუფრებისაგან, ფილტრში გამავალი ვირუსებისაგან და უმარტივესი ერთუჯრედიანი ცხოველებისაგან (ინფუზორები, ამებები).

ბაქტერიებს, რომელიც ნიკროსკოპის ქვეშ პატარა ბურთულეების სახით მოჩანს, კოკები ეწოდება. ზოგჯერ ისინი ერთმანეთში გადახლართულ ჯაჭვებს ქმნიან. ეს — სტრეპტოკოკებია (ბერძნული სიტყვისაგან სტრეპტოს — ჯაჭვი). არის შემთხვევა, როცა ისინი ყურძნის მტევნის მსგავს გროვებს ქმნიან. მაშინ მათ სტაფილოკოკებს უწოდებენ (ბერძნული სიტყვისაგან სტაფილი — ყურძენი).

ნიკროსკოპის ქვეშ შეიძლება დავინახოთ სხვადასხვა ფორმისა და ზომის ჯოხებიც. ერთნი — მსხვილი და მოკლეა, მეორენი — გრძელია და წვრილი. ეს გადამდები ავადმყოფობების — მუცლის ტიფის, დიზენტერიის, შავი ქირის გამომწვევი მიკრობებია. ბევრი მათგანი მცენარესა და ცხოველს აავადებს. ამიტომ მათ ხშირად ბაცილებს უწოდებენ.

თუ ჯოხები სპირალისებურადაა დახვეული — მას ვიბრიონი ანუ სპირილი ეწოდება. ზოგიერთი მათგანი სავსებით უვნებელია, ზოგი კი საშიში მტერია, როგორცაა, მაგალითად, ხოლერის ვიბრიონი.

სხვაგვარად გამოიყურება მიკროსკოპის ქვეშ ობის სოკო. ვის არ უნახავს გაფუჭებულ პურზე თეთრი ღინღი, ან შავი ნაფიფქი დამპალ ხილზე. გადიდებისას ეს ღინღი გაუვალ ტევრს წააგავს. სოკო მცენარეული ორგანიზმია, უმეტეს შემთხვევაში — მრავალუჯრედიანი.

ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული სხვა სოკოებიც — აქტინომიცეტები. ობის სოკოს მსგავსად, მათი სხეული უწვრილეს ბოჭკოების ხლართს წარმოადგენს, მაგრამ ეს ბოჭკო გაცილებით უფრო წვრილია, ვიდრე ობის სოკოსი.

სხივისებრი სოკოები — ანტიმინიცეტები ხშირად იწვევენ ცხოველის სხვადასხვა დაავადებას. მაგრამ ისევე, როგორც ობის სოკოებს შორის, აქაც არის სასარგებლო სოკოები, რომლებიც განაც ძვირფას წამლებს — ანტიბიოტიკებს ამზადებენ.

აიღეთ პურის საფუერის პატარა ნაჭერი, წვრილად დაფხვენით და წყალში აზიღეთ. თხელი ფაფის წვეთი მოათავსეთ მინაზე და მიკროსკოპის ქვეშ გასინჯეთ. თქვენ დაინახავთ ოვალურ და მრავალ უჯრედს. პურის საფუერის გარდა არსებობს საფუარა სოკოების მრავალი სხვა სახეობაც — ლენის, ლუდის. მათ მსგავსი ფორმა, მაგრამ განსხვავებული თვისებები ახასიათებთ.

გასული საუკუნის ბოლოს ინგლისელმა რიკეტსმა მიკრობების ახალი სახეობა აღმოაჩინა. მკვლევარის სახელის მიხედვით მას რიკეტსიები ეწოდა. ბაქტერიების მსგავსად, ისინი უჯრედებისაგან შედგება, მაგრამ ზომით ვირუსებს უახლოვდებიან. მათი უჯრედი მილიმეტრის მეთათსედზე ნაკლებია, მაგრამ ფილტრში ვერ გადიან, ფორმით ჯობებს, ბურთულებს ან დახვეულ ძაფებს მოგვაგონებენ. მათი უმრავლესობა ადამიანისათვის უვნებელია, მაგრამ ზოგიერთი საშიშ დაავადებას, მაგალითად, პარტახტიან ტიფს იწვევს.

მიკროორგანიზმები, სხვა ცოცხალი არსებების მსგავსად, იბადებიან, მრავლდებიან, კვდებიან. ხოლო გამრავლებისა და ზრდისათვის მათ, როგორც ყველა ცოცხალ ორგანიზმს, ესაჭიროებათ კვება და სუნთქვა. მიკროორგანიზმების მოძრაობა, ზრდა, გამრავლება ენერჯის განუწყვეტელ ხარჯვას მოითხოვს.

როგორც ორთქლმავლის ან გემის საცეცხლეში ცეცხლის შესანარჩუნებლად დროდადრო აუცილებელია სათბობის მომატება, ასევე სასიცოცხლო პროცესების ნორმალური მსვლელობისათვის საჭიროა ენერჯის მარაგის განუწყვეტელი განახლება.

საიდან იღებენ მიკროსკოპული ცოცხალი არსებანი მათთვის საჭირო ენერჯიას? უმაღლესი ცხოველების მსგავსად, მათი ენერჯის წყაროს წარმოადგენს ის ქიმიური რეაქციები, რომლის დროსაც ცილების დაშლა, ცხიმებისა და ნახშირწყლების დაეანგვა მიმდინარეობს. ამ რეაქციებს კი სითბოს გამოყოფა ახლავს თან. ბევრი მიკროორგანიზმი თავისი უჯრედების აშენებისათვის საჭირო აზოტსა და ნახშირბადს არაორგანული ნაერთებისაგან იღებს.

ადამიანის, ცხოველისა და მცენარის სუნთქვის პროცესი დაიყვანება ჰაერის თავისუფალი ჟანგბადით ნახშირწყლების დაჯანგვაზე. ნახშირწყლები წყლად და ნახშირორჟანგად გარდაიქმნება, რომლის დროსაც სითბური ენერგიის გამოყოფა ხდება.

მიკროორგანიზმებს არა მარტო ნახშირწყლების, არამედ მრავალი ორგანული ნაერთის — სპირტების, ამინომჟავების დაჯანგვა შეუძლიათ. იმ მიკრობებს, რომლებიც დაჯანგვისათვის ჰაერის ჟანგბადს იყენებენ, აერობული ეწოდებათ (ლათინური სიტყვისაგან — ჰაერი).

ბევრი მეცნიერი, ბახ-ენგლერის ნელი ჟანგვის თეორიაზე დაყრდნობით თვლის, რომ მიკროორგანიზმებში ენერგიის მოპოვების დროს ყველა პროცესი ისევე მიმდინარეობს, როგორც უმაღლეს ცხოველებსა და მცენარეებში. მოლეკულური ჟანგბადი ჯერ იოლად დაჯანგვის უნარის მქონე ნივთიერებას ჟანგავს და თვითონ აქტიურდება. ამ დროს წარმოქმნილი ორგანული ზეიანები კიდევ უფრო ზრდის ჟანგბადის ატომების აქტივობას და ხელს უწყობს ძნელად დასაჯანგი შენაერთების დაჯანგვას.

ამჟამად მეცნიერებაში სხვა შეხედულებაც არსებობს მიკრობებში ჟანგვითი პროცესების მიმდინარეობაზე.

ზოგიერთი მეცნიერი ფიქრობს, რომ დაჯანგვის პროცესში აქტიურდება არა ჟანგბადის, არამედ წყალბადის ატომები.

თავისთავად იგულისხმება, რომ დასაჯანგი ნივთიერება წყალბადს შეიცავს. ასე მაგალითად, როდესაც ბაქტერიები ახდენენ სპირტის დაჯანგვას ძმარმჟავად, წყალი წარმოიქმნება ჟანგბადის მიერ წყალბადის შთანთქმის შედეგად.

სწორედ ასევე გამოიყოფა წყალი გლუკოზის დაჯანგვისას ნახშირორჟანგად.

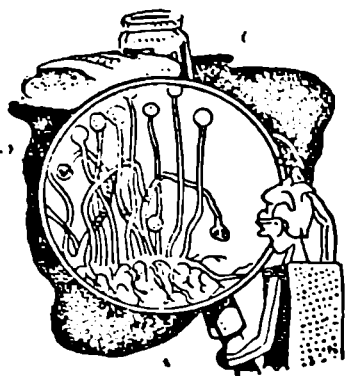
ჟანგბადის ატომები გლუკოზის მოლეკულებს წყალბადის ატომებს ართმევენ და წყლის მოლეკულებს წარმოქმნიან. (ამიტომ მათ აქცეპტორებს უწოდებენ, წარმოსდგება ლათინური სიტყვისაგან acceptor — მიმღები).

დაჯანგვის „წყალბადური“ თეორიის ზონტრენი მიკრობების მიერ არაორგანული ნაერთების — ამონიაკის, გოგირდწყალბადის, აზოტოვანი მჟავის დაჯანგვის სწორედ ასევე ხსნიან.

აერობულ მიკროორგანიზმებს შორის ადამიანის მეგობრებიც და მტრებიც არიან. ერთნი გვეხმარებიან ძმრის დამზადებაში, წამლების მიღებაში, მეორენი იწვევენ თევზის, ხორცის, ლპობას, მესამენი — სხვადასხვა ავადმყოფობის მიზეზს წარმოადგენენ.

არსებობს მრავალი მიკროორგანიზმი, რომელსაც სუნთქვისთვის სრულიად არ ესაჭიროება თავისუფალი ჟანგბადი.

პირიქით, ჟანგბადი მათი საწამლავეია. ამ გაზის გარემოცვაში ისინი ილუბებიან. მაშ საიდან იღებს ასეთი მიკროორგანიზმები სიცოცხლისათვის სიჭირო ენერჯიას? ის რთული ორგანული ნაერთების მოლეკულებს შლის. დაჟანგვა და ენერჯიის გამოყოფა წყალბადის იმ ატომების ხარჯზე ხდება, რომელიც ამ მოლეკულათა შემადგენლობაშია. ამგვარ მიკრობებს ანაერობული ეწოდება. მათ შორის ბევრია როგორც სასარგებლო, ისე მავნე ბაქტერია.



ობის სოკო მუკორი

არსებობენ ისეთი აერობული მიკრობებიც, რომელთაც სიცოცხლე და გამრავლება ჟანგბადის გარეშეც შეუძლიათ. ასეთია, მაგალითად, მუცლის ტიფის ბაქტერია.

საფუარის ზოგიერთი სოკო სხვა-დასხვა თვისებებს ამჟღავნებს ჰაერზე და უჰაეროდ. ყურძნის შაქრის დაჟანგვა ჟანგბადიან არეში ბოლომდე მიდის. წარმოიქმნება წყალი და ნახშირორჟანგი. ღვინის კასრში კი, სადაც ღვინო დულს თავისუფალი ჟანგბადის მიწოდების გარეშე — ჟანგვა ბოლომდე არ მიდის — წარმოიქმნება სპირტი და ნახშირორჟანგი.

ზოგიერთ ანაერობს, მაგალითად, ძმარმეავა ბაქტერიას, ჰაერზეც კი არ მიჰყავს ბოლომდე ჟანგვის პროცესი. სპირტს ის ჟანგავს ძმარმეავამდე, ნაცვლად ნახშირორჟანგისა. ზუსტად ასევე, ობის ზოგიერთი სოკო შაქარს მეთუნმეავამდე და ლიმონის მეთევამდე — ჟანგავს.

მიკრობების მიერ უჰაეროდ ორგანულ ნივთიერებათა დაშლა დიდი ხნის განმავლობაში გამოცანად რჩებოდა.

მელვინათა და ლულის გზარეულია მოკავშირანი

ჯერ კიდევ უძველეს დროში აღამინმა იცოდა ყურძნის წვენი-საგან ღვინის დაყენება. ეგვიპტის ზოგიერთ პირამიდაზე დღემდეა შეპონახული მეღვინეობასთან დაკავშირებული სურათები. ძველი მეღვინეები მოკრეფილ ყურძენს ფეხით ქულებდნენ, ტომარაში წურავდნენ და მიღებულ ტკბილს დასადულებლად ტოვებდნენ.

დუღილის დროს ყურძნის წვენი სიტკბოს კარგავდა. სითხე მათრობელ თვისებებს იძენდა. ყურძნის ტკბილ ზედაპირზე ქუქყიან ქაფს იღებდა, ხოლო ქურჭლის ფსკერზე კი ნალექი გროვდებოდა.

მეღვინეებმა დიდი ხანია შეამჩნიეს, რომ ამ ნალექის შაქრიან

სითხეში შეტანა დუღილს იწვევს. შაქარი სპირტად გარდაიქმნება.

ძველი დროიდან მოყოლებული ადამიანმა ისწავლა სპირტის მიღება არა მარტო ღვინიდან, არამედ კარტოფილიდან, მარცვლეულებიდან, შაქრის ბადაგიდან. სპირტის კარგად შესწავლის შემდეგ ადამიანმა შეამჩნია, რომ მას ბევრი შესანიშნავი თვისება აქვს. აღმოჩნდა, რომ ის არა მარტო ძლიერი მათრობელია სითხეა, რომლისაგანაც სხვადასხვა მაგარი სასმელის მიღებაა შესაძლებელი. ბევრ შემთხვევაში ის ძვირფასი წამალია და შეუძლია ავადმყოფის განკურნება.

როგორც ჩანს, თავდაპირველად სპირტს ღვინის გამოხდით იღებდნენ. ამიტომ უწოდებდნენ მას ლათინურად „სპირიტუს ვინის“, ანუ ღვინის სულს. ალქიმიკოსები სპირტს ჯადოსნურ სითხედ სთვლიდნენ. მათ მიაჩნდათ, რომ სპირტი არა მარტო კურნავს ყველა ავადმყოფობას, არამედ მოხუცებს ახალგაზრდობას უბრუნებს და ახანგრძლივეის სიცოცხლეს.

ჩვენს ეპოქაში სპირტის გამოყენების სფერო მნიშვნელოვნად გაფართოვდა. ქიმიკოსებს ის ლაქის, სინთეზური კაუჩუკის, ორგანული საღებავების დასამზადებლად სჭირდებათ, ფარმაცევტებს — სამკურნალო პრეპარატებისა და ნაყენის მისაღებად. ზოგიერთ ქვეყანაში სპირტი შიდაწვის ძრავების საწვავად გამოიყენება.

სახალხო მეურნეობის მოთხოვნილება სპირტზე წლიდან წლამდე იზრდება. ამიტომ ამჟამად მას იღებენ აგრეთვე ტორფისაგან, ბზისაგან, ნახერხისაგან. ბოლო წლებში ისწავლეს სპირტის მიღება ქალაღდის წარმოების ნარჩენისაგან, — სულფიტური თუთქისაგან, რომელიც მცირეოდენ შაქარს შეიცავს.

შაქრის სპირტად დადუღებაზეა დაფუძნებული ლუდის წარმოებაც. ლუდი შეიცავს 4 — 5 პროცენტ სპირტს, რომელიც ალაოს და შაქრების დროს მიიღება.

ლუდს, ისევე, როგორც ღვინოს, ადამიანი უხსოვარი დროიდან იცნობს. ძველ ეგვიპტურ პაპიროსებში იხსენიება გაგი და ციტოსი — ქერის ლუდის სხვადასხვა სახე. ანტიკური სამყაროს ყველა ქვეყანაში — იბერიაში (ახლანდელი ესპანეთი), ფრაკიაში, ილირიაში, გალიაში, (ახლანდელი საფრანგეთი) ხარშავდნენ ლუდს.

შუა საუკუნეებში დასავლეთ ევროპაში ლუდს გლეხებიც, მოქალაქენიც და ბერებიც ამზადებდნენ.

ძველი დროიდან ხარშავდნენ ლუდს რუსეთში და პოლონეთშიც. თუმცა ადამიანმა ძველთაგანვე ისწავლა ღვინის მიღება ყურძნისაგან, სპირტის მიღება კარტოფილიდან, ლუდის ხარშვა მარცვლეულ-

ლიდან, მაგრამ გარეგნულად ამდენად განსხვავებულ ნივთიერებათა ასეთი გასაოცარი გარდაქმნის მიზეზი მისთვის უცნობი რჩებოდა. დიდი ხანია შემჩნეულია, რომ შაქრიანი სითხეების დუღილის



ლუღის საფუარი

დროს წარმოიქმნება ქაფი, გამოიყოფა გაზი. ხშირად, როდესაც სითხე ქაფდება, ის საგრძნობლად თბება.

შესაძლოა ზოგიერთ უმეცარ მეღვინეს ან ლუღის მხარშავს არც კი აინტერესებდა თუ რატომ მიიღება სპირტი შაქრიანი სითხეების დუღილის დროს. ოღონდ კი სპირტი გამოვიდეს და თანაც მეტი, — ლაპარაკობდნენ ისინი, — და რა ჩვენი საქმეა, თუ რა ხდება ამ დროს. სხვაგვარად მსჯელობდნენ მეცნიერები.

ბუნების მკვლევარნი და ფილოსოფოსები ჯერ კიდევ უძველეს დროში ცდილობდნენ დუღილის ბუნების

გარკვევას. აშემჩნეული იყო, რომ შაქრიანი სითხეების დუღილი ძლიერდება საფუარის დამატების დროს. დუღილის დამთავრების შემდეგ კი სითხეში უხვად წარმოიქმნება საფუარი მკვრივი ქაფის ან ნალექის სახით.

როდესაც ლევენჰუკი XVII საუკუნეში მიკროსკოპის ქვეშ ათვალიერებდა ყურძნის ტკბილის წვეთს, მან ოვალური ფორმის რაღაც მარცვლები შეამჩნია. ეს მარცვლები ანიმალულებზე გაცილებით დიდი იყო. XIX საუკუნის დასაწყისში გამოარკვიეს, რომ საფუარი პატარა, კვერცხის მსგავსი მარცვლებისაგან შედგება. უკვე მაშინ ბევრი მეცნიერი ფიქრობდა, რომ საფუარი ცოცხალი ორგანიზმია. ეს მოსაზრება მალე ცდით დადასტურდა.

რა როლს ასრულებს საფუარი დუღილის დროს? ჩვენთვის ხომ ჯერაც არაა ცნობილი ქიმიური ხერხი, რომლის საშუალებითაც შაქარი სპირტად გადაიქცევა. ჩვენს დროშიც, ისევე, როგორც ათასი წლების წინათ, სპირტს იღებენ დუღილის საშუალებით განურჩევლად იმისა, თუ რას წარმოადგენს ნედლეული — კარტოფილს თუ პურის მარცვალს, მერქანს თუ ბზეს.

საფუარი — ამბობდნენ მაშინ მეცნიერები, იმიტომ მრავლდება ასე კარგად შაქრიან სითხეებში, რომ შაქარი მისი საუკეთესო საკვებია. გამრავლების შემდეგ საფუარი თანდათან კვდება, ის ცილოვანი ნივთიერებები, რომელიც მის სხეულშია — სითხეს შეეკრევა. ცი-

ლის მოლექულა იშლება. დაშლილი ნაწილები განუწყვეტლივ ირხევა. ეს რხევა შაქრის მოლექულას შლის სპირტად და ნახშირორთქანგად. საფუარზე ამგვარ შეხედულებას იმ დროს გამოჩენილი ქიმიკოსებიც იზიარებდნენ. მაგრამ, როგორც ეს არაერთხელ მომხდარა მეცნიერების ისტორიაში, მცდარი თეორიები ადრე თუ გვიან კარგავს ძალას ზუსტი ცდებისა და ცხოვრებიდან აღებული სარწმუნო დაკვირვებების ზეგავლენით.

ასეთივე ბედი ხვდა დუდილის თეორიასაც, რომელიც გამოჩენილმა გერმანელმა ქიმიკოსმა ლიბიხმა შექმნა.

დუდილის საილუმოვა

1854 წელს ახალგაზრდა ფრანგი ქიმიკოსი, შემდეგში მსოფლიოში სახელგანთქმული ლუი პასტერი სამხრეთ საფრანგეთში ლილის უნივერსიტეტში ახლად გახსნილი საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის დეკანად დანიშნეს.

უძველესი დროიდან სამხრეთ საფრანგეთში მელვინეობისათვის უმაღლესი ხარისხის ვაჟს აშენებდნენ. საფრანგეთის ღვინო თავისი ხარისხით საქვეყნოდაა ცნობილი.

მელვინეობა ასეული წლების განმავლობაში უდიდესი პრაქტიკული გამოცდილება დააგროვეს. მათ შესანიშნავად იცოდნენ თუ რა ჯიშის ყურძენი სჭირდება მადერის ან ხერესის დამზადებას, როგორ უნდა სუფრის ან სადესერტო ღვინის მიღება.

მათ აგრეთვე იცოდნენ, რომ ყურძნის ტკბილი უკეთესად და უფრო სწრაფად დულს საფუფრის დამატებისას; მაგრამ დუდილის პროცესის მართვამათ არ შეეძლოთ. ხშირი იყო შემთხვევა, როცა ქასრში გემრიელი და არომატული ღვინის ნაცვლად მკავე, არასასიამოვნო სუნის მქონე სითხეს იღებდნენ. მელვინეობა დახმარებისათვის მიმართეს ლილის უნივერსიტეტს.

რექტორმა დაიბარა პასტერი და წინადადება მისცა ღვინის დუდილი გამოეკვლია. პასტერი დიდი მონდომებით მოეკიდა საქმეს. მას სურდა არა მარტო დახმარებოდა სამხრეთ საფრანგეთის ისეთ მნიშვნელოვან წარმოებას, როგორიც იყო მელვინეობა, არამედ თვით აინტერესებდა — დუდილის პროცესის ახსნა. მას ესმოდა, რომ მეცნიერების მიერ იმხანად აღიარებული დუდილის თეორია არ ასახავს მოვლენის ჭეშმარიტ მხარეს.

პასტერის ერთ-ერთი პირველი სამეცნიერო შრომა ეხებოდა ორი, შემადგენლობით ახლომდგომი ორგანიული ნაერთის — ღვინის მკავეს ორი სახესხვაობის შესწავლას.

ამ მჯავათა შესწავლის დროს პასტერმა საინტერესო მოვლენა შენიშნა: ერთი მჯავა რამდენიმე ხნის შემდეგ იმღვრეოდა და იზღებოდა, ხოლო მეორე—თვეობით და წლობითაც კი უცვლელად ინახებოდა თავდია ქურქელში.

რითაა გამოწვეული ამ ქიმიურად მეტად მსგავს ნივთიერებებს შორის ასეთი უცნაური განსხვავება?

აღმოჩნდა, რომ ამაში მიკრობებია დამნაშავე. კოლბაში, სადაც ღვინის მჯავას ერთ-ერთი სახესხვაობა იყო მოთავსებული მიკრობები გასაოცარი სისწრაფით მრავლდებოდნენ, რაც მჯავას ამღვრევას და დაშლას იწვევდა.

მეორე კოლბაში კი, სადაც მჯავას მეორე სახესხვაობა ესხა, არ იყო მიკრობების ზრდა-განვითარებისათვის ხელსაყრელი პირობები. იგი მათთვის საწამლავი აღმოჩნდა. ამიტომ არ იცვლიდა ეს მჯავა გარეგან სახეს და თვისებებს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

ამასთან დაკავშირებით პასტერმა დაასკვნა, რომ არსებობს გარკვეული კავშირი მიკრობების გაჩენასა და ქიმიური რეაქციის მსვლელობას შორის. გამოდის, რომ მიკრობებს ისევე, როგორც ზოგ ქიმიკატებს, შეუძლია რთული მოლეკულების დაშლა მარტივ ნივთიერებებად.

მაგრამ, თუ მიკრობებს ღვინის მჯავას დაშლა შეუძლია, მაშინ რატომ არ უნდა შეეძლოს სხვა ნივთიერებათა შორის ქიმიურ რეაქციებში მონაწილეობის მიღება?

დაიწყა რა ყურძნის წვენი დუღილის შესწავლა, პასტერმა გაიხსენა თავისი ეს ადრინდელი დაკვირვებები და მოსაზრებები.

ყველაზე უწინ მან მიკრობებს დაუწყა ძებნა დასადუღებელ კასრებში. მისი ცდა შედეგიანი აღმოჩნდა.

ყურძნის არომატულ ტებილში პასტერი მხოლოდ საფუერის სოკოს მომრგვალებულ მიკროსკოპულ უჯრედებს პულობდა. მაგრამ ამჟავებულ ღვინიან კასრებში, სადაც სპირტის გარდა დიდი რაოდენობით ძმარიც გროვდება, საფუართან ერთად ყოველთვის იყო სხვა მიკრობებიც.

ახლა პასტერი უკვე ღრმად იყო დარწმუნებული, რომ დუღილის დროს ნივთიერებათა მძაფრი გარდაქმნა მიკრობებით და არა ცილის ან სხვა მოლეკულების რხევით იყო გამოწვეული. ამ მოსაზრებამ ლახვარი ჩასცა დუღილზე მანამდე არსებულ შეხედულებებს. ამიტომ როგორც კი გამოქვეყნდა პასტერის შრომა, მის წინააღმდეგ დაუყოვნებლივ გაილაშქრეს გერმანელმა ქიმიკოსმა ლიბიხმა და ფრანგმა ქიმიკოსმა პუშემ.

ლიბიხი ნიქიერი ექსპერიმენტატორი, შესანიშნავი პედაგოგი და გაბედული ნოვატორი იყო. მან ერთ-ერთმა პირველმა დაამტკიცა მინერალურ სასუქთა გამოყენების აუცილებლობა ნიადაგის ნაყოფიერების გასაზრდელად. მაგრამ პასტერის აღმოჩენის შეფასება მან ვერ შეძლო.

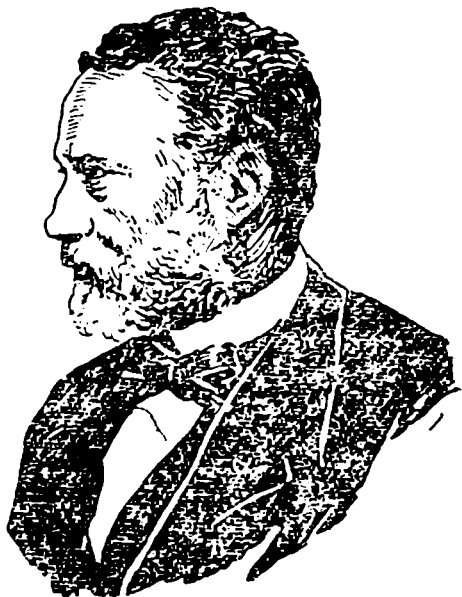
ლიბიხი დაბეჯითებით უარყოფდა, რომ მიკრობები ყურძნის ტკბილის დუღილს იწვევენ. მისი აზრით, ეს მიკროსკოპული ცოცხალი არსებანი ყურძნის წვენში თვითნებურად წარმოიქმნება სწორედ ისევე, როგორც დუღილის უნარის მქონე სხვა სითხეში.

მიკრობების თვითჩასახვის იდეას მხარი დაუჭირა აგრეთვე პუშევი. 1895 წელს გამოცემულ სკელ წიგნში ის ასახელებდა მრავალ ცდას, რომელიც თითქოს-და ადასტურებდა მიკრობების თვითჩასახვის შესაძლებლობას.

პუშე დასცინოდა პასტერს, რომელიც სამართლიანად მიუთითებდა რომ, ყოველი სახის მიკრობს აქვს გარკვეული ქიმიური რეაქციის გამოწვევის უნარი. მაგალითად, ღვინის საფუარი იწვევს ღვინის დუღილს, ხოლო ძმარმჟავაბაქტერიებს შეუძლიათ ღვინის დაძმარება.

პუშე დარწმუნებული იყო ამ შეხედულების მცდარობაში და ამტკიცებდა, რომ ნებისმიერ კოლბაში ნებისმიერი ბაქტერია შეიძლება გაჩნდეს.

თვითჩასახვის თეორიის მომხრენი ერთხმად იმეორებდნენ, რომ მიკრობებს არა თუ შეუძლიათ დუღილის დროს წარმოიქმნან არა-ცოცხალი მასალისაგან, არამედ იოლად გადადიან ერთი ფორმიდან მეორეში. მაგალითად, საფუარი თავისთავად იქცევა ობად, ხოლო ობი — საფურად.



ლუი პასტერი (1822—1895 წწ)

პასტერი პასუხს კოვლოვს

პასტერის მოწინააღმდეგენი თავის დებულებებს ადასტურებდნენ მრავალი, მაგრამ სრულიად არაზუსტი ცდით. თავის მოწინააღმდეგეთა მოსაზრებების უგულვებელსაყოფად პასტერმა მთელი რიგი გო-

ნებასახვილური ცდა ჩაატარა. პირველ რიგში მან განიზრახა დაემტკიცებინა, რომ გარკვეული სახის მიკრობი ისევე, როგორც ვიწრო სპეციალობის ქიმიკოსი, მხოლოდ გარკვეულ ნივთიერებათა გარდაქმნას აწარმოებს. მიკრობებს შრომის თავისებური განაწილება აქვთ. ერთნი აწარმოებენ ერთ ოპერაციას, მეორენი — მას აგრძელებენ, ხოლო მესამენი — ამთავრებენ.

საფუარი დუღილის დროს შაქარს გარდაქმნის სპირტად, მაგრამ მისი შემდგომი დაშლა არ შეუძლია. სპირტი მისთვის ნივთიერებათა ცვლის შედეგად გამოყოფილი უვარგისი პროდუქტია და ამიტომ, თუ ქურქელში სპირტი დიდი რაოდენობით დაგროვდა — დუღილი წყდება. მაგრამ საკმარისია კასრში ცოტაოდენი ძმარმჭავა ბაქტერიები შევიტანოთ, რომ მაშინვე დაიწყოს სპირტის ძმარმჭავად გარდაქმნა.

იმისათვის, რომ უარყო თავისი მოწინააღმდეგების შეხედულება, თითქოს დუღილის პროცესი მხოლოდ ცილის თანაპოვნეობის დროსაა შესაძლებელი, პასტერმა ცდები ცილის გარეშე ჩაატარა. ცილა მან აზოტმჭავას მარილებით შეცვალა. აღმოჩნდა, რომ საფუარი არა თუ დაიშალა, არამედ განსაკუთრებული სიჩქარით დაიწყო გამრავლება. ანრივად, დადასტურებულ იქნა, რომ სპირტულ დუღილს მხოლოდ საფუარი აწარმოებს და არავითარ ცილოვან ნივთიერებას არ შეუძლია მისი გამოწვევა.

იმ დროიდან, როცა ადამიანმა ისწავლა ყურძნის წვენისაგან ღვინის მიღება, ის გაეცნო ძმარსაც. სუსტი ღვინო ხომ იოლად ძმარდება. ამიტომ უწოდეს ფრანკებმა ძმარს ვინგერ — ამჯავებული ღვინო, სხვადასხვა ქვეყანაში მელღინეები ოდითგანვე ძმარის მისაღებად ღვინოს ან განზავებულ სპირტს ასხამდნენ ბურბუშელით სავსე კასრში, რომელშიც ჰაერი კარგად მოძრაობდა. ამ დროს სპირტი ძმარმჭავად გარდაიქმნება. ერთდროულად წარმოიქმნება ზოგიერთი არომატული ნივთიერება, რომელიც ძმარს სასიამოვნო გემოს აძლევს. პასტერის მოწინააღმდეგეებს მიაჩნდათ, რომ დუღილის მიზეზს ბაქტერიები კი არა — ბურბუშელა წარმოადგენს. პასტერმა კვლავ დაამტკიცა, რომ როგორც სპირტული დუღილის დროს ცილები არაფერ შუაშია, ასევე აქაც ბურბუშელა არაა „დამნაშავე“ — დუღილს ძმარმჭავა ბაქტერიები აწარმოებენ. საკმე იმაშია, რომ ისინი სიამოვნებით სახლდებიან ბურბუშელაზე. ამიტომ შეექმნათ მელღინეებს შეხედულება, თითქოს ღვინის ან სპირტის ძმარად გადაცევისათვის აუცილებელია ბურბუშელა.

პასტერი არ შემოიზღუდა მხოლოდ სპირტული და ძმარმჭავა

დუღილის შესწავლით. მან გადაწყვიტა ამასთან ერთად რძემჟავა დუღილი შეესწავლა და დაემტკიცებინა, რომ აქაც პროცესის მიზეზი არა ცილა, არამედ ბაქტერიებია.

მან მოამზადა შაქრის სუფთა წყალხსნარი, დაუმატა ცოტა-ოდენი ამონიაკი და მინერალური მარილები, რაც საჭიროა ბაქტერიების განვითარებისა და სიცოცხლისათვის. ბაქტერიების მოსპობის მიზნით, ნარევი კარგად აადუღა. შემდეგ კოლბაში შეიტანა სითხის წვეთი, სადაც უკვე დაწყებული იყო რძემჟავა დუღილი. შაქრის ხსნარმა სწრაფად დაიწყო რძემჟავად გარდაქმნა, ხოლო კოლბის ფსკერზე რაღაც ნალექი დაგროვდა.

პასტერმა მიკროსკოპის ქვეშ შეისწავლა ნალექი და აღმოაჩინა მანამდე უცნობი რძემჟავა ბაქტერიები. სწორედ ისინი არიან შაქრის რძემჟავად გარდაქმნელნი. მათ გარეშე რძისაგან შეუძლებელია მაწვნის, კეფირის, ხოლო ცხენის რძისაგან — კუმისის მიღება. რძემჟავა ბაქტერიები მონაწილეობენ ყველის ამოყვანის, კომბოსტოს, კიტრის დაწნილების და სხვა პროცესებში.

რძემჟავა ბაქტერია შაქრის დაშლას თავისუფალი ჟანგბადის მონაწილეობის გარეშე აწარმოებს.

პასტერის ზუსტმა ცდებმა საბოლოოდ დათრგუნა ძველი შეხედულებები დუღილზე. ამ ცდებმა დამაჯერებლად ცხადჰყო, რომ დუღილი მოლეკულათა რხევა კი არა, არამედ უხილავ მიკროსკოპულ ცოცხალ არსებათა სასიცოცხლო პროცესების გამოვლინებაა.

რისთვის ესაჭიროებათ დუღილი თვით მიკროორგანიზმებს? ამ კითხვაზე პასტერმა გასცა თავისი განთქმული პასუხი: „დუღილი — ეს არის სუნთქვა ჟანგბადის გარეშე“.

სუნთქვის დროს ცოცხალი არსება ჟანგბადს ჰაერიდან შთანთქავს და მისი საშუალებით გარდაქმნის საკვებს ნახშირორჟანგად და წყლად. ამასთან ერთად გამოჰყოფს სითბოს. სუნთქვა სწორედ იმიტომ ესაჭიროება ცოცხალ ორგანიზმებს, რომ ეს პროცესი სითბოს გამოყოფით მიმდინარეობს. თუ ცხოველმყოფელობისათვის საჭირო ენერჯიას ორგანიზმი რაიმე სხვა საშუალებით მიიღებს, მაშინ სუნთ-



ძმარმჟავა ბაქტერიები

ქვის აუცილებლობაც მოიხსენებოდა. დუღილის დროს კი ყოველთვის გამოიყოფა სითბო და ამიტომ ბაქტერიებში ის სუნთქვას ცვლის.

ექვმიუტანელი მონაცემების წინაშე პასტერის მოწინააღმდეგენი იძულებულნი გახდნენ მისი შეხედულებები ეცნოთ.

დუღილის ძველი თეორია დაემხო, მაგრამ მისი მესვეურები ბოლომდე არ ნებდებოდნენ. ისინი აღნიშნავდნენ: დუღილს მიკრობები იწვევენ. მაგრამ საიდან ჩნდება მიკრობი რძეში, ღვინოში, ლუღში?— ისინი თვით ჩაისახებიან.

იმისათვის, რომ ეს დებულებაც უკუეგდო და საბოლოოდ განემტკიცებინა დუღილის მის მიერ შექმნილი თეორია, პასტერმა ახალი ცდები ჩაატარა. მას ეკვი არ ეპარებოდა. რომ ბუნება მისცემს გარკვეულ და ნათელ პასუხს, თუ კი ის შეძლებს საკითხის სწორად დასმას. პასტერი კი ბრწყინვალე ექსპერიმენტატორი იყო. ის ცდებს ზედმიწევნით ზუსტად ატარებდა.

პირველ რიგში პასტერმა დაამტკიცა, რომ მიკრობების ჩანასახები არის ჰაერში, წყალში, ნიადაგში. იმისათვის კი, რომ ეს ჩანასახი არ მოხვდეს იქ, სადაც ეს სასურველი არაა, მაგალითად, ცდის დროს სითხიან კურკლებში, საჭიროა მათი გაცხელება ან გაუვნებელყოფა.

პასტერმა ვიწროყელიანი მრგვალი კოლბა აავსო სითხით, რომელიც იოლად ფუჭდება და გააცხელა. კოლბის ყელს მან მიუერთა გრძელი მილი. მილის ბოლო გაზის ქურაში მოათავსა, სითხის გაცხელებისას წარმოქმნილი ორთქლი ამ მილით გამოდის გარეთ. სითხის გაცხელების შეწყვეტის შემდეგ ორთქლი წვეთეადა ჯდება კოლბის კედლებზე, ხოლო კოლბაში მილის საშუალებით შედის ჰაერი. რადგანაც ჰაერი მილის იმ ნაწილს გაივლის, რომელიც გაზის ქურაშია მოთავსებული, ამიტომ ჰაერში არსებული ყველა ბაქტერიის ჩანასახი იხოცება.

შემდეგ მეცნიერი აციებდა კოლბას, ურჩილავდა თავს და თბილად გილას ათავსებდა. ჩვეულებრივად ასეთ პირობებში მიკრობები მალე მრავლდება. მაგრამ პასტერმა ყველაზე გულდასმითი ანალიზის შედეგადაც კი კოლბაში ვერავითარი ცოცხალი რსება ვერ აღმოაჩინა. ამავ დროს, საკმარისი იყო კოლბაში ბაქტერიებია შემცველი ერთი წვეთიც კი შეეტანათ, რომ აქ სიცოცხლე მძაფრად იწყებდა განვითარებას. მიკრობები ჩნდებოდა კოლბაში, თუ მას ჰაერზე უბრალოდ თავლიად ტოვებდნენ რამოდენიმე ხნის განმავლობაში.

კიდევ უფრო მარტივი და თვალნათლად იყო პასტერის სხვა ცდა. ამ დროს სითხე ცხელდებოდა კოლბაში, რომელსაც ლათინური „ს“ (S) ასოს მსგავსად მოღუნული მილი ჰქონდა მიერთებული.

დუდილის დროს ორთქლი კოლბიდან განდევნის ჰაერს და გამოდის რა მოლუნული მილით, გზაზე კლავს ყველა მიკრობს. დუდილის შეწყვეტისა და კოლბის გაცივების შემდეგ ჰაერი ისევ გადადის კოლბაში. ჰაერში არსებული მტვერი და ყველა მიკრობი ილექება მოლუნული მილის ნოტიო კედლებთან შეხებისას. კოლბაში სითხე სავესებით გამჟკირვალე რჩება და მასში სიცოცხლის ნატამალიც კი არ არის.

პასტერმა დაადგინა, რომ სითხე ყოველგვარი გაცხელების გარეშე შეიძლება დავიცვათ მიკრობებისაგან, თუ კი კოლბას ბამბის საცობს გავუკეთებთ. ჰაერი გაივლის ბამბას, რომელიც ფილტრს წარმოადგენს, ყველა მიკრობი ბამბაში რჩება. არ ყოფილა შემთხვევა, რომ ბამბის საცობით თავდახურულ კოლბაში ბაქტერიები განვითარებულიყოს.

პასტერმა ცდები მრავალჯერ გაიმეორა და ყოველთვის ერთნაირი შედეგი მიიღო.

დაეცა დუდილის ძველი თეორიის დამცველთა უკანასკნელი ბურჯი. თვითჩასახვეს ბუნებაში არ აქვს ადგილი. იგი არ ახასიათებს უმალეს და უმდაბლეს ცხოველებს, არ ახასიათებს არც მიკრობებს. ბაქტერიები ყოველი ცოცხალი არსების მსგავსად, ჩანასახისაგან ვითარდებიან. პასტერმა ბრწყინვალე გამარჯვება მოიპოვა თვითჩასახვის შესახებ აღძრულ დავაში.¹⁾

პასტერის აღმოჩენებმა სწორი შეხედულებები დაამკვიდრა ბაქტერიების წარმოქმნასა და განვითარებაზე, გადატრიალება მოახდინა სუნთქვის შესახებ აღრე არსებულ წარმოდგენაზე.

ადრე ეგონათ, რომ ყოველი ცოცხლის ცხოველმყოფელობა განუყოფლად და დაკავშირებული ჰაერის ჭანგბადის მონაწილეობით მიმდინარე დაეანგვასთან. სწორედ ამიტომ XVIII საუკუნეში ჯანგბადს „სასიცოცხლო გაზს“ ანუ „ჯანმრთელ ჰაერს“ უწოდებდნენ, ხოლო სიცოცხლეს განიხილავდნენ როგორც ნელ წვას.

¹. პასტერის დამაჯერებელი ცდები, რომლებმაც უარყო თვითჩასახვის შესაძლებლობა ბუნებაში, ამავე დროს არ ეწინააღმდეგება მეცნიერებაში არსებულ შეხედულებას შორეულ გეოლოგიურ ეპოქებში არაცოცხალი მატერიიდან სიცოცხლის წარმოქმნის შესახებ. შეაძლებელია, დროთა განმავლობაში ჩვენ შევძლებთ ლაბორატორიაში შევქმნათ ისეთივე პირობები, როგორიც იყო ოდესღაც დედამიწაზე. ექვს გარეშეა, რომ სიცოცხლის პიონერები წარმოადგენენ რალაც მიკროსკოპულ ცოცხალ არსებებს, რომელთაც შეეძლოთ არაორგანული ნივთიერებებისაგან—ჰაერის ნახშირორჟანგისაგან, ჟანგბადისა და აზოტისაგან აეშენებინათ თავისი უჯრედები.

პასტერის ცდების შედეგებმა აიძულა მეცნიერები გადაესინჯათ შეხედულებები სიცოცხლის შესახებ. ფორმულა: „არ არსებობს სიცოცხლე თავისუფალი ჟანგბადის გარეშე“ უსაფუძვლო აღმოჩნდა. საპირო გახდა სუნთქვის ცდების გადასინჯვა. პასტერის ცდებმა აიძულა ყველა დათანხმებოდა იმ აზრს, რომ სუნთქვა შესაძლებელია ნებისმიერი ქიმიური რეაქციის დროს, რომელიც სითბოს გამოყოფით მიმდინარეობს, მიუხედავად იმისა ეს დაჟანგვის რეაქციაა თუ აღდგენისა.

დუღილის საიდუმლოება საბოლოოდ იქნა ამოცნობილი და ადამიანმა მისი მართვა ისწავლა.

მრანეალოზის სამსახურში

ახლა მეცნიერებამ შეძლო ჩვენი შემთხვევითი დამზარენი — სასარგებლო მიკრობები, ადამიანის ერთგულ და შორჩილ მსახურად ექცია. ანცი ონავრები, რომლებიც ჭარხლის ტკბილ წვეს სქელ წებოვან ფაფად გარდაქმნიან, არომატულ ღვინოს ძმრად, გემრიელ კარაქს — მწარე, საზიზლარი სუნის მქონე მასად, — ადამიანის სამსახურში ჩადგნენ.

უწინ, როდესაც არ იცოდნენ, რომ ძმარმევა დუღილს განსაკუთრებული ბაქტერიები იწვევენ, ძმრის წარმოება ბევრ შემთხვევითობასთან იყო დაკავშირებული. ჩვეულებრივად, ამეაგებულ ღვინოს, ან სპირტის შემცველ რაიმე სხვა სითხეს დიდ კასრში ასხამდნენ და ელოდებოდნენ როდის წარმოიქმნება აფსკი. ძმრის მწარმოებლებმა გამოცდილებით იცოდნენ, რომ აფსკი ხელს უწყობს კარგი ხარისხის ძმრის მიღებას.

იყო შემთხვევები, როდესაც მცირდებოდა ძმარზე მოთხოვნილება. მეპატრონეს ამ დროს უნდა შეემცირობინა კასრების რაოდენობა. მაგრამ მოთხოვნილების გაზრდისას კასრების რაოდენობაც უნდა გაზრდილიყო. ამიტომ, ჩვეულებრივ, ძმარზე მოთხოვნილების დროებითი შემცირების დროსაც კი მეპატრონე არ ამცირებდა ძმრის წარმოებას და ხშირად იძულებული იყო დიდი, უნაყოფო ხარჯი გაეწია.

ამავე დროს, ზოგჯერ მაღალხარისხოვანი, არომატული ძმრის ნაცვლად სახმარად უვარგისი, ცუდი სუნის მქონე პროდუქტი მიიღებოდა.

პასტერის აღმოჩენებმა შესაძლებელი გახდა ძმარი ყოველგვარი რისკის გარეშე აწარმოონ. ახლა ძმრის მწარმოებლებს მთელი რიგი სხედასხვა სახის ძმარმევა ბაქტერია ემსახურება და მათ შეუძლიათ გამოიყენონ ესა თუ ის ბაქტერია სურვილისამებრ. მათ მშვენივრად

იციან, თუ რომელი ბაქტერია რა პირობებში ვითარდება უკეთ და უზრუნველყოფს ძმრის მეტ გამოსავალს.

ფართო გასაქანი მიეცა დუღილზე დაფუძნებულ სხვა წარმოებებსაც. ღვინის, სპირტის, ლუღის დასამზადებლად ხელოვნური გზით მიიღეს სხვადასხვა სახის საფუარი, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა ჩვენი მოთხოვნილების მიხედვით სხვადასხვა ხარისხის სასმელი მივიღოთ.

ახალგაზრდა მეცნიერებამ — მიკრობიოლოგიამ ფასდაუდებელი სამსახური გაუწია პურის ცხობის საქმესაც. აღამიანმა პურის ცხობა ჯერ კიდევ რამოდენიმე ათასი წლის წინათ ისწავლა. უკვე უძველესი აღმოსავლეთის სახელმწიფოებში — ეგვიპტეში, საბერძნეთში, პალესტინაში იცოდნენ, რომ პურის ცომი კარგად ფუფუნდება, თუ კი მას ცოტაოდენ ადუღებულ ყურძნის წვეს ან ძველ ცომს დაუმატებთ, მაგრამ აღამიანმა მაშინ არ იცოდა, რომ დუღილი, რომელიც ცომს ფორიანს ხდის და ნამატს იძლევა, მიკრობებითაა გამოწვეული.

პურის გამოცხობის დროს დუღილის პროცესში საფუერის გარდა რძემჟავა ბაქტერიებიც მონაწილეობენ. საფუარი შლის შაქარს, რომელიც ფქვილშია ან ფქვილის სახამებლიდან მიიღება და გარდაქმნის მას სპირტად და ნახშირორჟანგად, გამოყოფილი გაზი ცომს აფუფებს.

რძემჟავა ბაქტერიებიც აგრეთვე შლის ცომის შაქარს, მაგრამ მას რძემჟავად გარდაქმნის.

ეს მჟავა პურის მცხობელთა ერთგული მოკავშირეა. ის აძლიერებს საფუერის სოკოს მოქმედებას, კლავს მანვე ბაქტერიებს, რომელიც პურს გემოს უფუჭებს. საფუერის ქარხნებში ეხლა სხვადასხვა სახის საფუარს აწარმოებენ, რაც პურის ქარხნებს საშუალებას აძლევს სხვადასხვა სახის გემრიელი ფუნთუშა და პური გამოაცხოს.

რძემჟავა არა მარტო კვების მრეწველობის ბევრ დარგს ემსახურება, ის ესაპირობა მეტყავევისაც — ტყავისაგან კირის მოსაცილებლად, ფეიქრებს — ქსოვილის შესაღებად (სადაც ის ფერმკერად გამოიყენება), ფარმაცევტებს — ზოგიერთი წამლის დასამზადებლად.

საზღვარგარეთ ჯერ კიდევ პირველ მსოფლიო ომამდე იყო მოგვარებული ფართო მასშტაბებში მეურნეობისათვის ამ მეტად საჭირო მჟავას წარმოება. რძემჟავას მთავარი მიწოდებელი მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყნისთვის, მათ შორის რუსეთისთვისაც, იყო გერმანია.

დიდი ოქტომბრის რევოლუციის შემდეგ ჩვენს ქვეყანაში ბევრი ისეთი წარმოება დაარსდა, რომელსაც მეფის რუსეთი არ იცნობდა. გადაწყვეტილი იქნა რძემჟავას წარმოების ათვისებაც.

1920 წელს სახალხო მეურნეობის უმაღლესმა საბჭომ ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორ ვ. ნ. შაპოშნიკოვს დაავალა რძემეყავას მიღების ყველაზე უფრო მარტივი წესი შეემუშავებინა.

პირველ რიგში საჭირო იყო შესაფერისი რძემეყავა ბაქტერიის მოძებნა. ბუნებაში ხომ ამ მიკრობის ასეული სახეობა არსებობს. ყოველ მათგანს თავისი საყვარელი საკვები აქვს, ვითარდება განსაკუთრებულ ტემპერატურაზე, შაქრის რძემეყავად გარდაქმნის სხვადასხვა უნარი გააჩნია.

რომელი ბაქტერია უნდა ამოერჩიათ? სად უნდა ეძებნათ ის? ამ კითხვებზე პასუხი მხოლოდ ცდას შეეძლო მიეცა.

თავდაპირველად შესაფერისი ბაქტერიის მოძებნა რძის პროდუქტებში გადაწყვიტეს. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ რძეში, არაქანში, მაწონში არსებული ბაქტერიები უვარგისია სამრეწველო მასშტაბში რძემეყავას საწარმოებლად. ისინი მეტად ცოტა რძემეყავას იძლევიან.

მაშინ გადაწყვიტეს საჭირო ბაქტერია ფქვილში მოეძებნათ. ლაბორატორიაში სხვადასხვა ფქვილს — ხორბლის, ქვავის, სიმინდის ასეული ნიმუში გამოსცადეს. ამჯერად შრომა უქმად არ დახარჯულა. მაგრამ საჭირო იყო არა მარტო ბაქტერიის მოძებნა, არამედ მისი გამოყოფა სუფთა სახით, მისი გამრავლება. რაც მთავარია, საჭირო იყო გამორკვევა, როგორი იქნება მყავას გამოსავალი შაქრის დადუღებისას.

ცდებისათვის აიღეს დელბრუკის ბაქტერია. ეს საკმაოდ მსხვილი ბაქტერიაა, რომელიც დაახლოებით შვიდჯერ უფრო გრძელია, ვიდრე მისი „ნათესაები.“ ამავე დროს ის მშვენივრად უძლებს 50 გრადუს ტემპერატურას მაშინ, როდესაც სხვა ბაქტერიები უკვე 36 — 38 გრადუსზე იხოცებიან.

ახლა გამოსარკვევი დარჩა, თუ რით უნდა ეკვებათ ეს ბაქტერია, რა ტემპერატურაზე ვითარდება ის ყველაზე უკეთესად და როდის იძლევა რძემეყავას ყველაზე მეტ რაოდენობას.

კვლავ ჩატარდა აუარაცხელი ცდა სხვადასხვა საკვები ხსნარის გამოსაცდელად. დაბოლოს, ლაბორატორიაში შეიქმნა რძემეყავას მრეწველობისათვის საჭირო ტექნოლოგიური პროცესი.

დასადუღებელ კასრში, სადაც სასურველ ტემპერატურას ინარჩუნებენ, ასხამენ ცილებით მდიდარ ცერცველას ფქვილისა და სუფთა შაქრის ექსტრაქტს. ამის შემდეგ საკმარისია კასრში ცოტაოდენი რძემეყავა ბაქტერიების შეყვანა, რათა დაიწყოს რძემეყავას წარმოქმნა.

რძემეყავა ბაქტერიებს თავისი „მუშაობისათვის“, — შაქრის რძე-

მეყვად გარდაქმნისათვის, ჟანგბადი არ ესაქიროებათ. დუღილი მათ სუნთქვის პროცესის მაგიერობას უწევს.

ცერცველას ფქვილი შეიძლება შეიცვალოს მელასით (შავი ბადაგით), მზესუმზირისა და კანაფის კოპტონით.

უძველესი დროიდან ეს ბაქტერია დაუფასებელ სამსახურს უწევს მიწათმოქმედებს და მესაქონლეებს. ჯერ კიდევ შორეულ წარსულში ბევრ ქვეყანაში შინაური ცხოველებისათვის საკვებად არა მარტო თივას იმარაგებდნენ, არამედ ახლად მომკილ დამწნილებულ მწვანე მასასაც.

ქარხლის, კართოფლის, კომბოსტოს ფოთლებს ან მზესუმზირას და სიმინდის ღეროებს აქუცმაცებენ და ორმოებში ყრიან ხშირად კონსერვირებისათვის განკუთვნილ მცენარეებს სპეციალურ ხის ან ქვის კოშკებში ათავსებენ.

ნოტიო მცენარეულ მასაში იწყება დუღილი. ამ პროცესს დასილოსება ეწოდება, ხოლო დამცავებულ საკვებს — სილოსი. საკვების დასილოსებაში სხვადასხვა მიკრობი მონაწილეობს, მაგრამ ყველაზე მეტად რძენევა ბაქტერიები ვითარდებიან. ისინი დასასილოსებელ მასას მეყვე გემოს აძლევენ და კლავენ ლპობის გამომწვევ ბაქტერიებს, რომლებიც მცენარის მწვანე მასაში ბინადრობენ. ზოგჯერ სილოსის ორმოში მცირეოდენ სუფრის მარილს ყრიან. ამ დროს მცენარე უფრო სწრაფად გამოჰყოფს წვეს. მარილის დამატება რძემეყვა ბაქტერიების განვითარებას აჩქარებს, რადგან წვენთან ერთად გამოიყოფა მცენარის უჯრედებში არსებული შაქარი.

თუ დასასილოსებელი მასა ძალიან მკიდროდ არის ჩადებული, მაშინ დუღილი ნელა, შესამჩნევი გათბობის გარეშე მიმდინარეობს. ფაშარად ჩადებისას კი დაქუცმაცებული მცენარის მასა კარგად თბება, ტემპერატურა 60 — 70 გრადუსს აღწევს. ეს აიხსნება ჟანგბადის მცირე რაოდენობით რაც მნიშვნელოვნად აჩქარებს დუღილს. ამ დროს გამოყოფილი სითბო საგრძნობლად აცხელებს მწვანე მასას.

სილოსში მრავლდება ცხიმმეყვა ბაქტერიებიც. სწორედ ისინი იწვევენ კარაქის და ქონის ამძალებას. მაგრამ მათ რძემეყვა ბაქტერიები თრგუნავს. თუ დასილოსება სწორად მიმდინარეობს, რამოდენიმე თვეში მიიღება წვნიანი საკვები, რომელსაც საქონელი სიამოვნებით შეეჭყევა. სილოსი, ჩვეულებრივ, თივაზე უფრო ნოყიერი საკვებია.

ცხიმმეყვა ბაქტერიები ფართოდაა ბუნებაში გავრცელებული. მათ ხედებიან ნიადაგში, ნაკელში, ქუჩყიან წყალში და მტვერში. ისინი სახლდებიან რძეში და ყველში, პურეულის მარცვალზე, ცერცვზე და ბარდაზე.

ეს ბაქტერიები ცხიმმჟავა დუღილს იწვევენ. ისინი შაქარს, ნახშირწყლებს და ზოგიერთ უმაღლეს სპირტს შლიან.

მათი „მუშაობის“ საბოლოო პროდუქტია ცხიმმჟავა, მაგრამ ამასთან ერთად გამოიყოფა ნახშირორჟანგი და წყალბადი (ზოგჯერ მეთანიც). ცხიმმჟავა დუღილი ჟანგბადის მონაწილეობის გარეშე მიმდინარეობს. მისთვის ოპტიმალურია 35 გრადუსი ტემპერატურა.

დუღილის დროს ცხიმმჟავას გარდა წარმოიქმნება სხვადასხვა ორგანული ნაერთიც: აცეტონი, ბუთილის სპირტი, პროპიონმჟავა. ცხიმმჟავა ბაქტერიების შესწავლის შედეგად მეცნიერებმა შეამჩნიეს, რომ შესაძლებელია ჩვენი სურვილის მიხედვით დუღილის რეგულირება და მისი წარმართვა ამა თუ იმ მიმართულებით. მაგალითად, თუ კასრში ცარცს დაუმატებთ — მიიღება მეტი ცხიმმჟავა და ბევრად ნაკლები — აცეტონი და ბუთილის სპირტი. ხოლო ცარცის გარეშე — პირიქით. აცეტონი და ბუთილის სპირტი მრეწველობაში ფართოდ გამოიყენება ლაქის, საღებავის, პლასტმასების დამზადებისას როგორც გამხსნელი. ბუთილის სპირტიდან ამჟამად სინთეზურ კაუჩუკსაც ამზადებენ.

უწინ აცეტონს და სპირტს მხოლოდ ქიმიური გზით იღებდნენ, ახლა კი ქიმიკოსები ცხიმმჟავა ბაქტერიებმა შეცვალეს. ამ ოჯახის ერთი წარმომადგენელი — აცეტობუთილის ბაქტერია კართოფილის ნაფტქვენს, ქატოს, ჩალას გარდაქმნის აცეტონად და სპირტად.

უხსოვარი დროიდან სხვადასხვა ქვეყანაში ადამიანი სელს, კანაფს, ჯუტს მინდორში, ღია ცის ქვეშ ფენდა. ღეროს ასველებდა ცვარი და წვიმა, აშრობდა მზე. როგორც ტექნიკაში უწოდებენ ამ პროცესს — ცვართ დალბობა — ხელს უწყობდა ცემენტის მტკიცე პექტინური ნივთიერებებით შეწებებული ბოჭკოების დაშორიშორებას. ლაფანის კონა დასველების დროს თავისუფლდებოდა კანისა და ღეროს გახევებული ნაწილებისაგან.

ღია ცის ქვეშ, დასველების დროს სელის ან კანაფის ღეროზე მრავალი აერობული მიკრობი სახლდება. ჰაერის ჟანგბადის გავლენით მიკრობები ენერგიულად მრავლდებიან, იწვევენ პექტინურ ნივთიერებათა დუღილს და მის დაშლას. დუღილის დროს გამოიყოფა ცხიმმჟავა და ძმარმჟავა, წყალბადი და ნახშირორჟანგი.

პექტინური ნივთიერება გაცილებით უფრო სწრაფად იშლება თუ სელის დასველება გუბურაში ან რაიმე სხვა დამდგარ წყალში მიმდინარეობს. ამ პრობლემაში დუღილის დროს ძირითადად მონაწილეობენ ცხიმმჟავა ბაქტერიები, რომლებიც არ საპირობებენ ჟანგბადს.

უწინ ლიმონმჟავას მხოლოდ და მხოლოდ ლიმონისა და სხვა ციტრუსებისაგან იღებდნენ. ამიტომ ის ძალიან ძვირად ფასობდა.

ახლა კი შაქრის ხსნარს ზოგიერთი ობის სოკოთი შეამეავებენ. ლიმონმეავე მიიღება გაცილებით უფრო სწრაფად და იაფიც ჯდება.

მიკრობები მარტო მრეწველობის სხვადასხვა დარგს როდი ემსახურება. ისინი გამოადგათ აგრეთვე ენერგეტიკოსებსაც.

უსნაური ასობი

რამოდენიმე წლის წინათ ტექნიკურ ჟურნალებში და გაზეთებში ნახავდით სტატიებს, რომლებიც ბეს-ის აღწერას ეხებოდა.

ეს რა უცნაური ასობია — იკითხავთ თქვენ. თურმე ის ძალიან უბრალოდ იმიფრება. აეს — ატომური ელექტროსადგურია, ხოლო ბეს — ბიოენერგეტიკული სადგური.

ფართოდაა ცნობილი იგავი წიწქანას შესახებ, რომელიც იმუქრებოდა ზღვას. ცეცხლს წაუუკიდებო. როგორც თქვენ გახსოვთ, ის მხოლოდ ბაქიობდა. წიწქანამ ვერ შეძლო ზღვის დაწვა, მთავრად ყოველ თქვენთაგანს იოლად შეუძლია წაუკიდოს ცეცხლი წყალს, ოღონდ ზღვაში კი არა, ქაობში.‡

აირჩიეთ ქაობში ნებისმიერი მწვანე ქანჭრობიანი გუბე, აიღეთ გრძელი წკნელი და ჩაუშვით გუბეში. რამოდენიმე ხნის შემდეგ წკნელი წკრილი ბუშტულებით დაიფარება. აანთეთ ასანთი, მიიტანეთ წკნელთან ახლოს და... უცებ წყალი „აინთება“. აღის ნზის თინათინების მსგავსი ცისფერი ენები აკიაფდება წკნელის ირგვლივ.

რა არის ამ შთამბეჭდავი სანახაობის მიზეზი? აღმოჩნდა, რომ იწვის გაზი — მეთანი. ქაობის შლამში ბინადრობს და სწრაფად მრავლდება მეთანის ბაქტერია, რომელიც 1902 წელს აღმოაჩინა რუსმა მეცნიერმა ვ. ლ. ომელიანსკიმ. ამ ბაქტერიას ნახავთ ნაგვის ყუთშიც, დამპალ ჩალაშიც და ნოტიო ნახერხის გროვაშიც. სიცოცხლისათვის მას ცოტა რამ ესაქიროება — სითბო, სინესტე, უჯრედისი და უჰაერო გარემო.

ქაობის წყალში არსებული მეთანის ბუშტულები წარმოადგენს უხილავი სამყაროს ამ წარმომადგენლების სუნთქვის პროდუქტებს.

აღამიანმა უკვე მრავალი სხვადასხვა ბაქტერია „მოათვინიერა“ და აიძულა იმუშაოს მის სასარგებლოდ. ერთნი — ხაბაზებს ეხმარებიან გემრიელი ფუნთუშების ცხობაში, მეორენი — ყველის მწარმოებლებს ყველის ამოყვანაში, მესამენი — დიასახლისებს კომპოსტოს, კიტრის და სხვა მწნილის დამზადებაში.

ხომ არ შეიძლება მეთანის ბაქტერიაც შევიყვანოთ „ჯუჯა მუშაკთა“ რიცხვში?

აი ასეთი ამოცანის გადაჭრა დაისახა მიზნად საბჭოთა მეცნიერმა გ. დ. ანანიაშვილმა.

თუ კი მეთანის ბაქტერია ჭაობის ფსკერზე წარმოქმნის საწვავ გაზს, მაშ რატომ არ შეიძლება, ამ ბაქტერიამ ხელოვნურ ჭაობში მოგვეცეს ძვირფასი გაზი — ფიქრობდა მეცნიერი.

და აი, ის აგებს დასადუღებელ კამერას, ავსებს მას ძველი ჩალით, ნახერხით, დამპალი ფოთლებით, უმატებს წყალს და ჰაერის მიწოდების გარეშე ათბობს 30 — 35 გრადუსამდე. ხელოვნური ჭაობი მზად არის... რამდენიმე ხნის შემდეგ დასადუღებელ კამერაში ისევე, როგორც ნამდვილ ჭაობში საწვავი გაზის — მეთანის ბუშტულები ჩნდება.

კამერაში ჩადგით მილი, მიიტანეთ ანთებული ასანთი და თითქოს გაზქურა არისო — ცისფერი ალი აინთება.

ხელოვნურ „ჭაობში“ მიღებული გაზის გამოყენება კი იოლია.

საქართველოში, კრწანისის საბჭოთა მეურნეობაში თქვენ შეგიძლიათ არაჩვეულებრივი დანადგარი ნახოთ. რკინაბეტონის კამერა — ფოლადის ცისტერნისაგან გაკეთებული გაზჰოლდერი და რამოდენიმე წვრილი მილი — სწორედ ეს არის ბეს ი. ბიოენერგეტიკული სადგური. იქ გამომუშავებული გაზი მიდის საძროხეში, სადაც ნახავთ წყლის გამაცხელებელ ავზს, გაზის ქურას. საბჭოთა მეურნეობის მწველაეებს ახლა ყოველთვის შეუძლიათ სამუშაოს შემდეგ მიიღონ ცხელი მზაპი. საკმარისია წყლის გამახურებლის ონკანის გადაწევა და რამდენიმე წამის შემდეგ ცხელი წყალი გადმოიღვრება.

უკვე რამდენიმე წელია, რაც წარმატებით მუშაობს ბეს-ი კრწანისის მეურნეობაში. მისი გამოცდილება გვიჩვენებს, თუ რა ფასდაუდებელი სამსახური შეუძლია გაუწიოს კოლმეურნეობას და საბჭოთა მეურნეობას უხილავმა „მუშაკმა“, რომელიც მცენარეულ ნარჩენს შლის.

ნებისმიერ კოლმეურნეობაში და საბჭოთა მეურნეობაში, მსხვილ ფერმაში ხომ საკმაო სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენი გროვდება — კარტოფილის ფოთლები და გამოთოხნილი სარეველა, მშრალი ფოთლები და ნახერხი, ყველაფერი ეს — მეთანის მისაღები ნედლეულია.

ბაქტერიის მიერ გადამუშავებული ნარჩენიც არ იკარგება — ის საუკეთესო სასუქია.

აგრონომებმა კარგად იციან, რომ ნიადაგში მინერალური სასუქის შეტანა ხორბლის მოსავალს ათ პროცენტამდე ადიდებს. იმ ნარჩენის დამატება კი, რომელმაც მეთანური დუღილი განიცადა, ხორბლის მოსავალს ორჯერ და კიდევ უფრო მეტად ზრდის.

ბიოენერგეტიული სადგურის აშენება ნებისმიერ სოფელს უზრუნველყოფს ცხელი წყლით და ელექტრობით. ამისათვის არ იქნება საჭირო მაგისტრალური გაზსადენების გაყვანა, მძლავრი გაზპოლდერების, გამანაწილებელი ქსელის აშენება. აგრეთვე დიდ მანძილზე გაზის ტრანსპორტირებაც.

ბეს-ის აშენებისთვის საჭირო თანხა მეტად მცირეა. დღეღამეში 220 კუბური მეტრი გაზის წარმადობის მქონე დანადგარი უკვე ორ წელიწადში ინაზღაურებს თავს.

უკანასკნელ წლებში მძლავრი ბიოენერგეტიკული სადგურები აშენდა საქართველოს საბჭოთა მეურნეობებში, მოსკოვის და ტულის ოლქებში. პატარა, ინდივიდუალური სადგურები აქვს ალტაის მხარის ბევრ კოლმეურნესა და საბჭოთა მეურნეობის მუშაკს.

უმოკლეს ვადაში ბიოენერგეტიკული სადგურები აშენდება საბჭოთა კავშირის ყველაზე დაშორებულ ადგილებში და დროთა განმავლობაში სოფლის ჰიდროელექტროცენტრალის ადგილს დაიკავებს.

ბეს-ის მიერ გამომუშავებული გაზი არა მარტო გაათბობს, არამედ გაანათებს კიდევ, მოძრაობაში მოიყვანს ადგილობრივი ელექტროსადგურის ძრავას ან პატარა ტურბინას.

ამრიგად, უხილავ მუშაკებს და მცენარეულ ნარჩენს შეუძლია უზრუნველჰყოს სოფელი სითბოთი და ელექტრობით.

მოსავლის უხილავი ღამხმარანი

მიკრობი სოფლის მეურნეობას მრავალ სხვა დახმარებასაც ღწევს. მინდორსა და მდელოზე, ტყესა და ბაღში მიკრობები გულმოდგინეთ საქმიანობენ. ნიადაგის ნაყოფიერება დიდადაა მათგან დამოკიდებული. მიკრობები ხრწნიან მკვდარ ცხოველს, ფრინველს, მწერს, მცენარეულ ნარჩენს, გარდაქმნიან მათ ნიადაგის ძვირფას შემადგენელ ნაწილად მშალად.

მიკრობის ზომა უმნიშვნელოდ მცირეა, მაგრამ ის ისეთი დიდი რაოდენობითაა ნიადაგში, რომ გოლიათური მუშაობის ჩატარება შეუძლია. შავი მიწის ერთ გრამში რამდენიმე მილიარდი მიკრობია.

მცენარის ნარჩენი, რომელიც ნიადაგში იყრის თავს, ძირითადად უჯრედისის ანუ ცელულოზისაგან შედგება. ბაქტერიები სხვადასხვაგვარად უსწორდება უჯრედისს: ზოგი მას შლის მეთანისა და ნახშირორჟანგის გამოყოფით, ზოგი კი — წყალბადისა და ნახშირორ-

ჯანგის გამოყოფით. ¹ ეს პროცესები ცხიმზეა და დუღილის მსგავსად, უჭაეროდ მიმდინარეობს.

არსებობს მრავალი ბაქტერია, სოკო და ობი, რომელიც ნიადაგში ჟანგბადის მონაწილეობითაა შლის უჯრედს. ცელულოზის და შლის პროდუქტებისაგან წარმოიქმნება ჰუმუსი — ნიადაგის შავი ნივთიერება, რომელიც მას ნაყოფიერებას ანიჭებს.

მცენარის კვების რაციონში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია აზოტს. მისი მონაწილეობის გარეშე შეუძლებელია აშენდეს მცენარის შემადგენლობაში არსებული ცილა. ჩვენი პლანეტის გარემომცველი ჰაერის ოკეანეში მილიარდობით ტონა აზოტია. მაგრამ მცენარეს არა აქვს უნარი პირდაპირ ჰაერიდან შეითვისოს აზოტი. ასევე არ შეუძლია მას აზოტი მიიღოს ნიადაგში მოხვედრილი ცხოველური ლეშისაგან ან მცენარეული ნარჩენისაგან და აი, სწორედ ამ დროს შევლის მას მოსავლის უხილავი დამხმარე — მიკრობი. ლპობის ბაქტერიები თავს ესხმიან ცილოვან ნივთიერებებს და სწრაფად უსწორდებიან მათ. მიკრობების მიერ დაშლილი ცილიდინ აზოტი ამონიუმის ზარილების სახით თავისუფლდება. ამ მარილებიდან კი მცენარე იოლად ითვისებს აზოტს. კიდევ უფრო კარგად ითვისებს მცენარე აზოტზეა მარილებს. ბუნება თითქოს ითვალისწინებს მცენარის სურვილს, ნიადაგში არსებულ ამონიუმის მარილებს ბაქტერიების საშუალებით გარდაქმნის აზოტზეა მარილებად.

იმ მიკრობებს, რომლებიც ამონიუმის მარილებს გვარჯილებად ჯანგავენ, ნიტროფიკაციის მიკრობები ეწოდება. ზოგიერთ ქვეყანაში ეს ჯანგვითი პროცესი იმდენად ინტენსიურად მიმდინარეობს, რომ მიწის ზედაპირს ალაგ-ალაგ კრისტალური გვარჯილის ნაფიფქი გადაეკვრება ხოლმე.

დიდი ხნის განმავლობაში ეგონათ, რომ ნიადაგში ამონიუმის და ჯანგვა ჰაერის ჟანგბადით ან ოზონით წარმოებს, ე. ი. ქიმიური გზით მიმდინარეობს.

1862 წელს პასტერმა გამოსთქვა მოსაზრება, რომ ამგვარ და ჯანგვას რალაც მიკრობები უნდა აწარმოებდეს. 16 წლის შემდეგ გამოჩენილი მეცნიერის მეხედულება ცდით იქნა დადასტურებული.

ორმა ფრანგმა მეცნიერმა შლეზინგმა და მიუნცმა კვარცის ქვი-

¹ ცელულოზის ბაცილები ზოგჯერ წიგნთსაცავებს აყენებს დიდ ხიანს. ერთ-ერთ მსხვილ ბიბლიოთეკაში მათ ბევრი წიგნი დაახიანეს. წიგნის ფურცლებზე სავადასხვა ფერის ლაქა და ნაფიფქი გაჩნდა, ფურცლები გააყენდა და მტვრევი გახდა. განსაკუთრებით ხშირად ეს ბაქტერიები ნითრდება არქივებისა და ბიბლიოთეკების ნესტიან შენობებში. სადაც არასაკმარისი გათბობაა.

შითა და ცარციტ სავესე მინის ფილტრში გაატარეს გამდინარე წყალი. გამდინარე წყალში ყოველთვისაა ამონიუმის მარილები. ფილტრატში მეცნიერებმა ამონიუმის მარილების ნაცვლად გვარჯილა აღმოაჩინეს.

გამდინარე წყლის ას გრადუსამდე გაცხელებისა და ქლოროფორმის დამატების შემდეგ კი გვარჯილა არ მიიღება.

მაშ რა იყო ამ გარდაქმნის მიზეზი?

პასუხი მხოლოდ ერთი შეიძლებაოდა ყოფილიყო — ნიკოტინი. შლეზინგი და მიუნცი ამაოდ ცდილობდნენ მათი სუფთა სახით მიღებას. ნიტრიფიკაციის ბაქტერიები სუფთა სახით ბევრმა სხვა მეცნიერმაც ვერ მიიღო.

სხვაგვარად მიუღვა ამ საკითხის გადაჭრას რუსი მიკრობიოლოგი ს. ვინოგრადსკი, რომელმაც 1899 წელს სრული სიცხადე შეიტანა ნიტრიფიკაციის არსში და მონახა მისი გამომწვევი მიზეზი.

მან არ გააძრავლა მიკრობები სუფთა ბულიონზე, როგორც ამას მისი წინამორბედები აკეთებდნენ. ნიადაგის პატარა გაროხები, სადაც შესაძლებელი იყო ამ მიკრობების არსებობა, მან შეიტანა ამონიუმისა და მცენარის სიცოცხლისათვის საჭირო სხვა მარილების ხსნარში. ცდა წარმატებით დაგვირგვინდა. ამ ხსნარებში ნიტრიფიკაცია შეუფერხებლად მიმდინარეობდა. ვინოგრადსკიმ გამოჰყო ნიტრიფიკაციის ბაქტერია და დაადგინა, რომ ამონიუმის მარილების გარდაქმნა მიმდინარეობს არა ერთბაშად, არამედ ორ სტადიად. დასაწყისში ამონიაკი გარდაიქმნება აზო-



აგრგი ნიკოლოზის ძე ვინოგრადსკი
(1856-1953 წწ)

ტოვან მკვავად, რომელიც შემდეგ აზოტმკვავად იფანგება, ხოლო ამ საქმეს კი ორი სხვადასხვა მიკრობი აწარმოებს. ერთს ეწოდება ნიტროზია, ხოლო მეორეს — აზოტობაქტერი.

ეს მიკრობები არა მარტო განუწყვეტლივ ანოყიერებენ ნიადაგს და ეხმარებიან მცენარეს მისი კვებისთვის აუცილებელი აზოტის მოპოვებაში, არამედ აზოტოვან სასუქს სამარქაფოლაც იმარაგებენ.

ეგვიპტეში, ინდოეთში, ჩილში არსებული გვარჯილის დიდი საბადოები მათი მოქმედების შედეგია. ნიტრიფიკაციის მიკრობებმა ჩაატარეს ტიტანური სანუშაო, რომელიც ჯერ კიდევ შორეულ გეოლოგიურ ეპოქებში დაიწყო. ეს შრომა მიწათმოქმედებს გამოადგათ მოსავლის გასაძლიერებლად.

უკანასკნელმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ ამ ბაქტერიებს კიდევ ერთი თვისება აქვთ. მწვანე მცენარის მსგავსად, მათ ნახშირორჟანგისაგან ნახშირბადის მიღება შეუძლიათ. ბაქტერიას ნახშირორჟანგის დასაშლელად არ შეუძლია მცენარის მსგავსად მზის ენერჯით ისარგებლოს. მას ხომ ქლოროფილის მარცვლები არ გააჩნია. მაშ საიდან იღებს ბაქტერია ამისთვის საჭირო ენერჯიას?

აღმოჩნდა, რომ ამონიაკის და აზოტოვანი მკვას დაჯანგვისას გამოიყოფა სითბო.

ნიადაგში ისეთი ბაქტერიებიც არსებობენ, რომლებიც უშუალოდ ჰაერიდან ითვისებენ აზოტს და მას აზოტოვან — ამონიუმის მარილებად ვარდაქმნიან. ეს მიკრობები რომ არ იყოს — მინდორში ბალახი არ გაიზრდებოდა და სასუქის გარეშე, ტყე არ ისარებდა ერთსა და იმავე ნაკვეთზე მრავალი წლის განმავლობაში.

ვანტქმული ფრანგი ქიმიკოსი ბერტლოჯერ კიდევ გასული საუკუნის შუა წლებში წერდა, რომ ტყისა და მდელოს ნიადაგოვანი საფარი დიდი ხნის წინათ გაღარიბდებოდა აზოტისაგან, რომ უხილავი „მუშები“ არ ავსებდნენ ამ მარაგს. 1893 წ. ეს მიკრობები აღმოაჩინა რუსმა მეცნიერმა ს. ვინოგრადსკიმ. გამოიკვია, რომ მათი მოქმედებით შაქარი იშლება ცხიმშავად, ძმარმჟავად, ბუთილის სპირტად, წყალბადად და ნახშირორჟანგად.

მეცნიერთა შორის ჯერ კიდევ არ არის დამკვიდრებული ერთიანი შეხედულება მიკრობების მიერ ატმოსფერული აზოტის შეთვისების პროცესზე. ერთნი ფიქრობენ, რომ წყლისა და აზოტისაგან აზოტოვან-ამონიუმის მარილი მიიღება, სხვანი — რომ აზოტისა და წყლის ურთიერთმოქმედებისას მიიღება ამონიაკი და გამოიყოფა თავისუფალი ჟანგბადი.

1901 წ. გერმანელმა მეცნიერმა ბეიერინგმა ბალის მიწაში აზოტის შემთვისებელი მეორე მიკრობი იპოვნა. მას აზოტობაქტერი უწოდეს.

ეს აერობული მიკრობია. ამიტომ ის ყველაზე ხშირად გვხვდება ისეთ ნიადაგში, რომელიც კარგად ნიაველება. ისევე როგორც

ნიტროფიკაციის სხვა მიკრობებს, მასაც აზოტის შეთვისება მხოლოდ ორგანული ნაერთების — ნახშირწყლების, სპირტების, მჟავების თანაპოვნირებისას შეუძლია. წყლად და ნახშირორჟანგად მათი დაშლის



პარკოსან მცენარეთა უესებზე არსებული ბოლქვები

შედგად ის იძენს თავის ცხოველმყოფელობისათვის აუცილებელ ენერჯიას. აზოტი, რომელსაც აზოტობაქტერი ჰაერიდან იღებს, მისი სხეულის საშენი მასალაა. როდესაც მიკრობი იღუპება — მისი უჯრედები იწყებს გასრწნას. აზოტი გარდაიქმნება აზოტოვან მარილებად და მცენარისათვის მისაწვდომი ხდება.

მიწათმოქმედნი და მეცნიერები დიდი ხნის წინათ დააკვირდნენ, რომ პარკოსან მცენარეებს — სამყურას, ცერცველას, ლობიოს ფესვებზე რაღაც პატარა კოჟრები აქვს. მაგრამ მათ არაფერ აქცევდა ყურადღებას.

მხოლოდ გასული საუკუნის სამოციან წლებში რამდენიმე უცხოელი და რუსი მეცნიერი — ვრონინი, გელრიგელი, ვილფარტი დაინტერესდა ამ საკითხით. მათ მიკროსკოპის ქვეშ ყურადღებით შეისწავლეს კოჟრები და აღმოაჩინეს იქ მოზინადრე მიკრობები, რომლებიც აზოტს ჰაერიდან ითვისებენ. დასაწყისში მიკრობი სწრაფად მრავლდება და მცენარეს საკირო ორგანულ ნივთიერებებს ართმევს. თანდათანობით, მცენარის მომაგრებასთან ერთად, როლები იცვლება. „სახლის პატრონი“ თავისი წვენიტ „მოზინადრეს“ კლავს და მიკრობების მიერ დაგროვილ აზოტს ითვისებს.

კოჟრის ბაქტერიები იმდენად სასარგებლოა მიწათმოქმედებისათვის, რომ ზოგიერთ ქვეყანაში აშენებულია სპეციალური ფაბრიკები, სადაც უზარმაზარი რაოდენობით ამხადებენ მათ სპეციალურ გასამრავლებელს — ნიტრაგინს. საქმარისია პარკოსანი მცენარის

ფესვი დავასველოთ ნიტრაგინიანი სითხით, რომ მცენარე უზრუნველ-
ვყოთ აზოტური საკვებით მთელი სიცოცხლის განმავლობაში.

საბჭოთა კავშირში „ცოცხალი“ სასუქის წარმოება უკანასკნელ
წლებში მნიშვნელოვნად გაიზარდა. მოსკოვში, ლენინგრადში, სვერდ-
ლოვსკში, კუზნეცკსკში და ბევრ სხვა ქალაქში კოლმეურნეობებისა და
საბჭოთა მეურნეობებისათვის ამზადებენ ნიტროგინს და აზოტოგენს—
წვრილად დაფხვნილ ტორფიან აზოტობაქტერიის პრეპარატს. ჩვენში
ახლა მილიონობით ჰექტარ მიწას „ცოცხალი“ სასუქით ანოჟიე-
რებენ.

მცენარეების მიერ შეთვისებული ყოველი კილოგრამი აზოტი
კი ჰექტარზე დამატებით 5—10 კილო-
გრამ მარცვალს, 50 კილოგრამამდე
კარტოფილსა და შაქრის ქარხალს,
3—4 კილოგრამამდე ბამბას იძლევა.



ჩარკოს მცენარეთა ფეს-
ვებზე არსებული ბოლ-
ქვაკები

ანგრეპს და აპენეპს

ნიადაგის აზოტის მარაგი განუწყ-
ვეტლივ იფიტება მცენარეების გამო,
მას გამორეცხს წყალი, ანადგურებს
ბაქტერიები. თურმე ნიადაგში ბინად-
რობს, არა მარტო მიწათმოქმედების
მეგობარი ბაქტერიები, რომელიც ატ-
მოსფერულ აზოტს მცენარისათვის
იოლად წესათვისებელ აზოტურ მარი-
ლებად გარდაქმნის, არამედ მოსავლის
მატლებიც. მათ დენიტრიფიკაციის ბაქ-
ტერიები ეწოდება. მათი უმეტესობა

ანაერობულია. არ გააჩნიათ რა თავისუფალი ჟანგბადი, ისინი მას
აზოტისა და აზოტოვანი მკავეს მარილებს ართმევენ. ამ მარილებს
თავისუფალ აზოტად გარდაემნიან. ერთდროულად ისინი სხვადასხვა
ორგანულ ნაერთსაც ჟანგავენ და ავ დროს საკირო ენერჯიას იძენენ.

მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ აზოტური მარილების დაშლა
არა ერთბაშად, არამედ სამ სტადიად მიმდინარეობს. თავდაპირვე-
ლად აზოტმკავეს მარილი კარგავს ჟანგბადს და აზოტოვანი მკავეს
მარილად გადაიქცევა. შემდეგ ეს მარილიც კარგავს ჟანგბადის მო-
ლეკულას. მიიღება შუალედური პროდუქტი, რომელიც კიდევ შეი-
ცავს აზოტსა და ჟანგბადს. ბოლოს ისიც იშლება წყლად და აზოტად.

მცენარის კვების რაციონში დიდი ადგილი უკავია ფოსფორის
და კალიუმის მარილებს. ფოსფორის გარეშე არც ერთ მცენარეს

არ შეუძლია არსებობა. მის გარეშე მინდორში არ წამოიზრდება ჯეჯილი, არ დამწიფდება სელი, თავთავს არ გაიკეთებს ქვაფი. მაგრამ საქმარისია ნიადაგში შევიტანოთ ფოსფორის მარილები, რომ მოსავალი გაიზარდოს.

თუ ნიადაგში კალიუმის მარილები ცოტაა—მცენარე ავადმყოფობს და უძლურდება. მისი ფოთოლი ქცნება, ღერო სიმტკიცეს კარგავს. ხოლო ბოლქვი ცოტა სახამებელს აგროვებს.

კალიუმისანი სასუქი არა მარტო კურნავს მცენარეს, არამედ ხელს უწყობს მის სწრაფ და უკეთეს განვითარებას. ნიადაგში შეტანილი კალიუმის მარილის ყოველ კილოგრამზე შაქრის ქარხლის და კართოფილის მოსავალი 40 — 50 კილოგრამით იზრდება, ხორბლისა — 3 4 კილოგრამით.

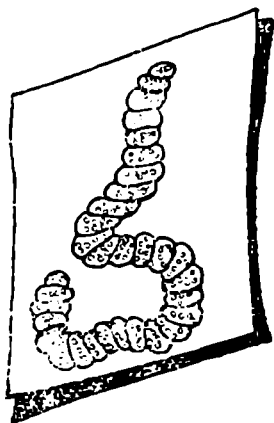
რამოდენიმე წლის წინათ საბჭოთა ზეცნიერმა რ. გენკინამ ნიადაგში აღმოაჩინა ბაქტერია, რომელიც ფოსფორის შემცველ ნივთიერებებს შლის. ის აგროვებს ფოსფორის მგავას, რომელიც აუცილებელია მცენარის ნორმალური კვებისათვის. მისი მოქმედება სოფლის მეურნეობას ფასდაუდებელ სამსახურს უწყევს, ზრდის მოსავალს.

ჩვენს ქარხნებში ამ ბაქტერიებისაგან მზადდება ახალი პრეპარატი—ფოსფორობაქტერი. ნიადაგში ამ პრეპარატის შეტანის შედეგად ხორბლის, ქვაფის, ქერის მოსავალი 15 — 30 პროცენტით იზრდება.

მოსავლის უხილავ დაზიანება შაქრის უნაბილია სილიკატური ბაქტერიებიც. მათ შეუძლიათ დაშალონ მთის ქანები — ალუმოსილიკატები — ოთხი ნაერთები, რომელიც კაფის, ალუმინის და ჟანგადის გარდა კალიუმსაც შეიცავს. თუ თესვის წინ ამ ბაქტერიას შევიტანთ ნიადაგში, მოსავალი საგრძნობლად იზრდება.

ცილის ხრწნის დროს ამონიაკის გარდა აუცილებლად გამოიყოფა გოგირდწყალბადიც — გაფუშებული კვერცხის სუნის მქონე გაზი. ოდესის მახლოვლად სამკურნალო ტალახი გაქლენთილია გოგირდწყალბადით, რომელსაც ქმნიან ლპობის მიკრობები ამ დახურულ წყალსაცავებში მოხვედრილი ცხოველური და მცენარეული ნარჩენების გახრწნის შედეგად. ბევრია გოგირდწყალბადი მლაშე ტბებისა და გაუმდინარ გუაშურებაში.

შავი ზღვის ტალღები ფერით ცის კამარას ეჯიბრება, მაგრამ



მის სიღრმეში არ შეუძლია იცოცხლოს არც მცენარეს და არც ცხოველს. ზედაპირიდან 200 მეტრის სიღრმეზე წყალი გოგირდწყალბადით არის მოწამლული. იგი მომაკვდინებელია ყოველი ცოცხალი არსებისათვის.

მაშ რატომღა არის ზღვის ზედაპირი ასეთი სუფთა და კამკამა, ხოლო წყალი გოგირდწყალბადის სუნს მოკლებული?

ეს ისევ და ისევ ბაქტერიების ცხოველმოქმედების შედეგია. დღე და ღამე, წლიდან წლამდე შრომობენ უხილავი ქიმიკოსები — სერობაქტერიები, ზოგი მათგანი უფერულია — ეს აერობული ბაქტერიებია, სხვანი — სხვადასხვა ფერად არიან შეღებილი — აგურისფერიდან ღია ვარდისფერამდე. მათ შორის არის მეწამული და მწვანე ფერის¹ ბაქტერიებიც — ეს ანაერობებია.

გოგირდწყალბადს ისინი ჯერ გოგირდამდე წანგავენ. ამ დროს გამოიყოფა წყალბადი. თხევადი გოგირდის წვეთები კი სამარქაფოდ ინახება მათ სხეულში. შეძლებენ მიღის გოგირდის დაჟანგვა გოგირდმჟავამდე. ეს პროცესი სერობაქტერიებს სუნთქვის მაგივრობას უწევს. ამ რეაქციის დროს ბაქტერია ენერგიას იღებს.

აზოტბაქტერიის მსგავსად, სერობაქტერიაც მცენარის მოკავშირეა. შხამიან გაზს — გოგირდწყალბადს იგი გარდაქმნის გოგირდმჟავად, რომელსაც მცენარე იოლად ითვისებს.

მათი ნახვა შეიძლება ყველა გუბურასა და ქაობში, გოგირდოვან წყაროებში. მცირე სიღრმეზე ზღვის ყურეებში და მლაშე ტბებში.

მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ ჩვენს პლანეტაზე გოგირდის ზოგიერთი დიდი საბადო, მაგალითად, კავკასიაში, შუა აზიაში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში გაჩნდა სერობაქტერიების მოქმედების შედეგად. გოგირდის და აზოტის გარდა ცილოვანი მოლეკულების ასაგე-

¹). ბუნებაში გვხვდება ბაქტერიები, რომელთაც სრულიად სხვადასხვა ფერი აქვთ: ლურჯი, იისფერი, წარინჯისფერი, ყვითელი, ყავისფერი. მებღავურებს გრელანდიის დაახალი მიწის სანაპიროებზე არა ერთხელ უნახავთ ზღაპრული სურათი — სისხლივით წითელი და მწვანე ფერის თოვლით დაფარული კლდეები.

სისხლივით წითელი ფერის უვნებელი მიკრობის ჩიბრები, რომელსაც „სასწაულმებრივი სისალი“ უწოდებს, სამწუხარო ისტორიულ ფაქტებთანაა დაკავშირებული. მის გამო XIV საუკუნეში გეომანიასი ათასობით უდანაშაულო ადამიანი დაიღუპა. 1329 წ. ქ. ფრანკფურტის ერთ-ერთ ეკლესიაში კვეთზე (კვერი, რომელიც კათოლიკურ ეკლესიაში ზიარებისთვის იხმარება) სისხლიანი ლაქები გაჩნდა. სამღვდლოებამ ეს „ღვთის რისხვის“ ნიშნად მიიჩნია, რომელიც მხოლოდ მსხვერპლით უნდა გამოისყიდოს. გერმანიის ქალაქებში — ფრანკფურტში, ვიურტემბერგში, ნიურნბერგში ათი ათასზე მეტ ადამიანს დასწაბეს მაშინ კუდიანობა და დაწვეს ცეცხლში ან მოკლეს.

ბად მცენარეს ფოსფორიც ესაჭიროება. მცენარის გახმობის შემდეგ ფესვებიდან და ლეროდან ნიადაგში სხვადასხვა ორგანულ ნაერთებთან ერთად ფოსფორიც გადადის. მცენარისათვის საჭირო ფოსფორის ნაწილი ნიადაგში გროვდება ლპობის ბაქტერიების მიერ ცილების დაშლის შედეგად. იმისათვის, რომ მცენარემ ნიადაგიდან ფოსფორი შეითვისოს, საჭიროა, რომ ფოსფორი ფოსფორისა და ფოსფოროვანი მჟავას მარილების სახით არსებობდეს. ბაქტერიები სწორედ აქ ეხმარება მწვანე სამეფოს. ნიადაგში მოხვედრილი ფოსფორის შენაერთები ბაქტერიებს ისეთ ნივთიერებებად გადაჰყავთ, რომელსაც მცენარე იოლად ითვისებს.

მეცნიერებამ უკვე დაამტკიცა, რომ მცენარის ნორმალური განვითარებისათვის რამდენიმე ათეული სხვადასხვა ელემენტი საჭიროა. მათ შორის: სპილენძი, ბორი, მანგანუმი, რკინა.

რკინა და მისი შენაერთები ყველგან გვხვდება — მთის ქანებში, თიხაში, ქვიშაში. რკინის მარილებია გუბურებში და ქაობებში, ტბებში და წყაროებში.

წყალსაცავებში ხშირად შეიძლება ვნახოთ ჟანგი. ეს რკინაბაქტერიების მასებია, რომლებსაც შუა საუკუნეების რაინდთა მსგავსად შემოხვეული აქვთ ჯავშანი — რკინის ჟანგის ჰიდრატის თხელი აფსკი. ეს მიკრობები რკინის ნამსცეცებს პოულობენ და იკრებენ. ისინი წყალში გახსნილ ნახშირბად-რკინის ქვეეზანგის მარილს გარდაქმნიან რკინის ჟანგის ჰიდრატად.

ეს რეაქცია რკინაბაქტერიებს სუნთქვის მაგიერობას უწევს და სიცოცხლისათვის საჭირო ენერგიას აწვდის.

რკინის ამ დაუღალავი შემგროვებლების შრომის შედეგად ყოველწლიურად ტბებისა და ქაობების, მდინარეებისა და ზღვების ფსკერზე მილიონობით ტონა რკინის მადანი გროვდება.

რკინის მარილებთან ერთად წყალი ზოგჯერ მანგანუმის ორნახშირმგავა მარილსაც შეიცავს.



რკინაბაქტერიები

რკინაბაქტერიები ამ მარილსაც ჟანგავენ. ასე წარმოიქმნება მანგანუმის ზოგიერთი საბადო. საბჭოთა მეცნიერებმა რკინაბაქტერიების მიერ შექმნილი რკინამანგანუმის „კვერი“ — კონკრეციები აღმოაჩინეს შავი, ბალტიის, ბარენცის და სხვა ზღვებში. ასეთი კონ-

კრეციები განსაკუთრებით ბევრია. კარის ზღვის ცენტრალურ ნაწილში. ზოგი მათგანი მუხუდოს მარცვალს მოგვაგონებს, ზოგი ხაჭაპურს. ათასი წლების განმავლობაში ისინი გროვდება და რკინამანგანუმის მადნის დიდ საბადოებს ქმნიან.

დიდი და მრავალფეროვანია მემკვიდრეობა, რომელიც ბაქტერიებმა ადამიანს გადასცეს.

ნავთობი, ქვანახშირი, ტორფი, საწვავი ფიქალი, კირქვა და ცარციც კი დაუღალავი, უხილავი მუშების ცხოველმოქმედების შედეგია.

თუ ქვანახშირის თხელ ანათალს მიკროსკოპის ქვეშ დავაკვირდებით, წვრილ მარცვლებს შევნიშნავთ. ეს კოკებია, რომლებიც მილიონი წლების წინათ მცენარეულ ნარჩენს შლიდნენ და მასთან ერთად გაქვავდნენ.

ტორფის პატარა ნამცეცებში ასეულ ათასობით ცოცხალ ბაქტერიას აღმოვაჩინო.

მეცნიერებს შორის დიდი დავა გამოიწვია ნავთობის წარმოშობის საკითხმა.

დღეისათვის ექვმიუტანლადაა დადასტურებული, რომ ნავთობი შორეულ გეოლოგიურ ეპოქებში წარმოიქმნა მცენარეული და ცხოველური ნარჩენისაგან. მის დაშლაში აქტიური როლი შეასრულა სხვადასხვა მიკრობმა. მიწის წიაღში, დიდი წნევის ქვეშ, უპირობდ წარმოიქმნა ნახშირწყალბადები, რომელთა ნარევისაც წარმოადგენს ნავთობი.

არსებობს ბაქტერიები, რომელთაც ნავთობის შემადგენლობაში არსებული ნახშირწყალბადების — მეთანის, ეთანის, პროპანის დაჯანგვა შეუძლიათ. ორმოციან წლებში საბჭოთა გეოლოგმა გ. მოგილეფსკიმ მსგავსი ბაქტერიები ჩრდილოეთ კავკასიის ზოგიერთ რაიონში აღმოაჩინა. ამ აღმოჩენამ მას აფიქრებინა, რომ შესაძლებელია შემუშავდეს გაზის საბადოების კვლევის მიკრობიოლოგიური მეთოდი. მართლაც, ნიადაგში ამგვარი ბაქტერიების პოვნა ცხადყოფს ამ რაიონში გაზის ან ნავთობის საბადოს არსებობას.

მეცნიერის ვარაუდი პრაქტიკით დადასტურდა. ამ მეთოდის გამოყენებით ჩატარებული ბურღვა უმეტეს შემთხვევაში შედეგიანია.

ცხელ წყალში, მტკნარ და მლაშე ტბებში ბინადრობს მიკრობი, რომელიც ნახშირმთავა კალციუმს გამოჰყოფს. ამ ბაქტერიის გამოწყობიდან წარმოიქმნება კირქვის და ცარცის საბადოები.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში ფლორიდის სანაპიროსთან არის კუნძულები, რომელიც მიკრობებმა შექმნეს მრავალი მილიონი წლის განმავლობაში.

მიკრობები არა მარტო ქმნიან, არამედ ანგრევენ კიდევ შთის ქანებს. აზოტისა და აზოტოვანი მჟავები, რომელიც მიკრობების მიერ ამონიაკის დაენგვით გამოიყოფა ნახშირმჟავა კალციუმის გახსნის შედეგად, კირქვას შლის.

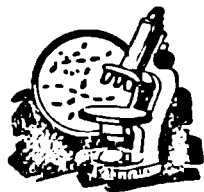
ქანების გამოფიტვას ხელს უწყობს გოგირდმჟავა, რომელიც სერობაქტერიების მიერ გოგირდწყალბადის დაენგვით წარმოიქმნება.

ბუნებაში გვხვდება მიკრობები, რომელთაც საპროფიტები ეწოდება. მათთვის დამახასიათებელი თავისებურებაა ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გამოყოფის უნარი. მტვერთან ერთად გრანიტის ან ბაზალტის კლდეებზე მოხვედრისას ეს მიკრობი განაპირობებს მათ გამოფიტვას, რადგან ნახშირორჟანგისაგან წარმოქმნილი ნახშირის მჟავას ყველაზე მტკიცე შთის ქანების გახსნა შეუძლია.

მიკრობები ქვანახშირს და ნავთობსაც შლიან.

ამგვარი ნგრევიტა და შენებით ჩვენი პლანეტის უხილავ მოზონდრეებს თავისი წვლილი შეაქვთ დედამიწაზე სიცოცხლის წრებრუნვაში ¹.

ჩვენ ყველგან ვხვდებით მათი აქტიური მოქმედების შედეგებს, რომლებიც განუყრელადაა დაკავშირებული თანგვა-აღდგენით პროცესებთან.



¹ ატმოსფეროს ზედა ფენებისა და კოსმოსის შესწავლაში მეცნიერების უკანასკნელმა მიღწევებმა საშუალება მოგვცა მიუხაზლოდნით სამყაროში სიცოცხლის არსებობის საკითხს. მეცნიერებს შორის არ არის ერთიანი შეხედულება რთული ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის შესახებ, მაგრამ ყველა მათგანი ცნობს უმარტივესი ორგანიზმების წარმოქმნის შესაძლებლობას. გამოთქმულია შეხედულება რომ შორეულ წარსულში მთვარეზე არსებობდა პირველადი ატმოსფერო და წყალი, დედამიწასთან ანალოგიის მიხედვით, შესაძლებელია იქ წარმოიქმნა მიკრობები და ბაქტერიები, რომლებიც შექდევ მთვარის ზედაპირის სიღრმეში ჩაიმალა.

შესაძლებელია, რომ მარსზეც სიცოცხლე წარმოდგენილია მიკრობებით, რომელიც სუნთქვისათვის ენგებადს არ საჭიროებს. აკადემიკოს ა. ოპარინის აზრით წყლის ორთქლი, რომელიც ამ პლანეტის ატმოსფეროში მეტად ცოტაა, ღამე წყლის მდგომარეობაში გადადის, ამრიგად ხდება ამ პლანეტის ზედაპირის დანესტიანება და იქმნება უმარტივეს არსებათა სიცოცხლისათვის საჭირო გარემო.



მ ნ ვ კ ნ ე
 ა ზ ო რ ა ს ო რ ი

ამოხსნილი საილუმინაცია

მეჩვიდმეტე საუკუნის შუა წლებში ფლანდრიაში თავისი ხელოვნებით განთქმული იყო ექიმი იოჰან ვან-ჰელმონტი. მას თავდავიწყებით უყვარდა მედიცინა, მაგრამ ამავე დროს ქიმიითაც იყო გატაცებული. სახლში მოწყობილ პატარა ლაბორატორიაში ის ხშირად ღამეებს ათენებდა სხვადასხვა ცდის ჩატარებაში. მისი გონება ცდილობდა ჩასწვდომოდა ქიმიურ გარდაქმნებს, გამოერკვია ის კანონები, რომლებიც წარმართავს ქიმიურ რეაქციებს.

ერთხელ მან ვერცხლის რამდენიმე ნაპერი აწონა, ჩააგდო რეტორტაში და გააცხელა. გახურების შემდეგ ვერცხლი ხენჯად—მიწის მსგავს მუქ მასად გარდაიქმნა. ვან-ჰელმონტმა ხენჯი გოგირდმჟავიან კოლბაში ჩაუშვა. რამდენიმე ხნის შემდეგ ხსნარი წყალივით გამჭვირვალე გახდა, როდესაც მეცნიერმა მიღებული ხსნარი გამოხადა, ქურქლის ფსკერზე იგივე წონის ვერცხლი მიიღო.

იგივე მოვლენა მეორდებოდა, როდესაც მან გოგირდმჟავა აზოტმგავათი შეცვალა.

„ვერცხლი არ კარგავს თავის არსს, მიუხედავად იმისა, რომ გახსნილი იყო მეფის არაყში,—წერდა ვან-ჰელმონტი ლაბორატორიულ ჟურნალში—თუმცა კი ის მაშინვე გაქრა და სავსებით გამჟვირვალე შეიქნა.“

სხვადასხვა მინერალების, ლითონებისა და მარილების შემადგენლობის შესწავლის დროს ვან-ჰელმონტი მცენარეებითაც დაინტერესდა.

რომელი „აგურებისაგან“ აშენებს მცენარე თავის სხეულს, რით აკვებება, პატარა მარცვლისაგან როგორ იზრდება მაღალი და მსხვილი ხე?

ის ცდილობდა მოეძებნა ამ საიდუმლოების ახსნა ძველ და თანამედროვე ბუნების მკვლევართა წიგნებში, მაგრამ ამაოდ — მცენარის ზრდას აქ „ღვთაებრივ ძალას“ აწერდნენ.

ვან-ჰელმონტმა გადასწყვიტა ასეთი ცდა ჩაეტარებინა. მან აიღო თიხის დიდი ქოთანის და შიგ 91 კილოგრამი მშრალი ზიწა ჩაყარა. შემდეგ მიწა ოდნავ მორწყა სუფთა წვიმის წყლით და ქოთანში ტირიფის ტოტი ჩარგო. ქოთანს მკიდროდ დაახურა რკინის ხუფი, რომელსაც ტოტისთვის ნახვრეტი ჰქონდა გაკეთებული. ტირიფის ტოტი მან წინასწარ ზუსტ სასწორზე აწონა. ის იწონიდა 2,25 კილოგრამს. მეცნიერი ყოველდღე რწყავდა ტირიფის ტოტს. გავიდა პუთი წელიწადი, ტოტი მოხდენილ პატარა ხედ გადაიქცა.

ვან-ჰელმონტმა ამოიღო ქოთნიდან ტირიფიც და მიწაც და ცალცალკე აწონა. აღმოჩნდა, რომ ტირიფი 77 კილოგრამს იწონიდა, ე. ი. წონაში მოიმატა თითქმის 75 კილოგრამი, მიწამ კი მხოლოდ 57 გრამი დაჰკარგა წონაში.

ძალიან უცნაურია,—ფიქრობდა ვან-ჰელმონტი,—ტირიფის წონა თითქმის ორმოცჯერ გაიზარდა, მიწის წონა კი არ შეცვლილა. 57 გრამი მიწა, რომელიც ქოთნიდან გაქრა, ეს ხომ ცდისათვის აღებული მიწის უზნიშვნელო ნაწილია. გამოდის, რომ ხის ლერო, ტოტები, ფესვი გაიზარდა მხოლოდ სუფთა წყლით კვების შედეგად.

ამ დროს ასეთი დასკვნა არც ერთ მეცნიერს არ მოეჩვენებოდა უცნაურად, რადგან ყველა დარწმუნებული იყო, რომ მცენარეში ღმერთის მიერ მინიჭებული სასიცოცხლო ძალაა. ამიტომ მცენარის ზრდისათვის სუფთა წყალიც საკმარისია.

მხოლოდ ორასი წლის შემდეგ მიხვდნენ მეცნიერები, თუ რით აკვებება სინამდვილეში მცენარე, რისგან აშენებს ის თავის ლეროს და ფოთოლს, ტოტს და ფესვს.

ჯერ კიდევ მე-18 საუკუნეში პირველმა რუსმა ქიმიკოსმა მ. ვ. ლომონოსოვმა გამოთქვა მოსაზრება, რომ მცენარე ჰაერიდან იღებს

საკვებს. მაგრამ იმ დროს ამ მოსაზრებას არავინ მიაქცია ყურადღება. მცენარის ცხოვრება ბევრ სხვა მეცნიერს და ბუნების მკვლევარსაც აინტერესებდა.

მცენარეული სამყაროს საიდუმლოებამ ცნობილი ინგლისელი მეცნიერის—პრისტლის (სწორედ იმის, რომელმაც ჟანგბადი აღმოაჩინა) ყურადღება მიიპყრო.

ტყეში სეირნობისას ის არაერთხელ დაფიქრებულა, თუ რატომ სუნთქავს ადამიანი აქ უფრო თავისუფლად, ვიდრე ქალაქში. ჰაერის შემადგენლობის შესწავლის საფუძველზე მან იცოდა, რომ ქალაქში ჰაერი ქუჩყიანდება ადამიანთა სუნთქვით, ფაბრიკა-ქარხნების კვამლით.

მაგრამ ჰაერი, ხომ რალაცნაირად იწმინდება, — ფიქრობდა პრისტლი, წინააღმდეგ შემთხვევაში ქალაქის ყველა მაცხოვრებელი დაიღუპებოდა. შესაძლებელია, სწორედ მცენარე წმენდს ჰაერს. მაგრამ ეს მხოლოდ ვარაუდი იყო. რით შეიძლებოდა ამის დამტკიცება? მხოლოდ ცდით.

1771 წლის აგვისტოს დასაწყისში პრისტლიმ ასეთი ცდა ჩაატარა: მინის დიდი ხუფის ქვეშ, რომელშიც ჰაერის ახალი ნაკადი არ შედიოდა, ჩასვა თავი. თავი ჯერ ჩვეულებრივად იქცეოდა, მაგრამ რამდენიმე ხნის შემდეგ ფართოდ დაიწყო პირის გაღება, მოძრაობა სულ უფრო და უფრო მოუღუნდა. ბოლოს თავს კრუნჩხვა დაემართა, გაიჭიმა და მოკვდა. თავი ხუფის ქვეშ არსებული ჰაერიდან იღებდა ჟანგბადს და გამოყოფდა ნახშირორჟანგს, რომელიც სუნთქვისათვის გამოუსადეგარია. როგორც კი გამოილია ჟანგბადი, თავი დაიღუპა.

რა მოხდება, — იფიქრა მეცნიერმა, — თუ მინის ხუფის ქვეშ ისევ ჩავსვამ ცოცხალ თავს და პიტნის ყლორტსაც მოვათავსებ. ადამიანი ტყესა და მინდორში ხომ გაცილებით უფრო იოლად სუნთქავს. ვიდრე ფაბრიკა-ქარხნების გაკვამლულ შენობებში. მაშასადამე, მცენარე რალაცნაირად ჰაერს ასუფთავებს.

ცდა განმეორდა. ამჯერად თავი სხვანაირად იქცეოდა. ის თანაბრად და თავისუფლად სუნთქავდა, განუწყვეტლივ დარბოდა, ზოგჯერ კი ბასრი კლანჭებით ხუფის კედლებს კაწრავდა. თავის ქცევაზე დაკვირვების დროს პრისტლიმ დღიურში ჩაწერა:

„ . . . მე ვნახე, რომ თავს შესანიშნავად შეუძლია იცხოვროს ხუფის ქვეშ, სადაც პიტნის ტოტია . . . ტოტი კი იმ დროის განმავლობაში სამი დღემით გაიზარდა და, გარდა ამისა, რამდენიმე ახალი ყლორტიც ამოიყარა“ . მაშასადამე, დაასკნა პრისტლიმ, მცენარე ზრდის დროს ჰაერს ასუფთავებს.

პრისტლის აღმოჩენამ დიდი შთაბეჭდილება მოახდინა მთელი ევროპის მეცნიერეზე. ერთი წლის შემდეგ ლონდონის სამეფო სა-

ზოგადობამ (ინგლისის მეცნიერებათა აკადემია), რომლის წევრადაც პრისტლი ჯერ კიდევ 1765 წელს იყო არჩეული, იგი დიდი ოქროს მდლით დააჯილდოვა. მოგვიანებით, 1781 წელს ინგლისელი მეცნიერის აღმოჩენის მნიშვნელობა პეტერბურგის მეცნიერებათა აკადემიამაც აღნიშნა და იგი საპატიო წევრად აირჩია.

ლონდონის სამეფო საზოგადოების პრეზიდენტმა პრინგლიმ პრისტლისათვის საპატიო ჯილდოს გადაცემის დროს ხაზი გაუსვა მცენარის მნიშვნელობას ჰაერის გასუფთავებაში. „ყველა მცენარეს— თქვა მან— დაწყებული მუხიდან ტყეში და დამთავრებული ბალახით მინდორში, თავისი წვლილი შეაქვს მთელი ცხოველური სამყაროსათვის აუცილებელი ჰაერის გასუფთავებაში“.

პრისტლიმ შესანიშნავი აღმოჩენა გააკეთა, მაგრამ მისი სწორი ასხნა ვერ შეძლო.

პირველ ხანებში მან მზის სინათლის გავლენაც კი ვერ შენიშნა. მართალია, მოგვიანებით პრისტლიმ ყურადღება მიაქცია სინათლის მნიშვნელობას მცენარის ზრდისათვის. მაგრამ შემდგომ ცდებში ის ჩვეულებრივ მცენარეს კი არ იკვლევდა, არამედ მწვანე ნადებს, რომელიც წყლიანი ჭურჭლის კედლებზე ჩნდება.

მცენარის ქემნარიტი როლის შეფასებისას მის შეცდომას წარმოადგენდა აკრეთვე შეხედულება, რომ მცენარე ჰაერს თითქოს მხოლოდ ზრდის დროს ასუფთავებს.

ცხოველის სუნთქვით „გაფუჭებული“ ჰაერის მცენარის მიერ გასუფთავებაზე დაკვირვებისას, პრისტლიმ განოთქვა მოსაზრება, რომ მცენარე „გაფუჭებული“ ჰაერით იკვებება.

გამოჩენილი ქიმიკოსი, ნიქიერი ფიზიკოსი და დიდად განათლებული მეცნიერი (ის ფილოსოფოსიც იყო)—პრისტლი უდავოდ ჩასწვდებოდა „მწვანე ლაბორატორიის“ საიდუმლოებას, რომ მისთვის გაუთვალისწინებელ გარემოებას არ შეეშალა ხელი. პრისტლის ბევრი მტერი ჰყავდა არისტოკრატისა და სამღვდელოებას შორის. მათ სძულდათ ნიქიერი მეცნიერი მისი დამოუკიდებელი აზროვნებისათვის. შეურიგებელი ანტიკლერიკალური სტატიებისათვის. მათ გადასწყვიტეს თავიდან მოემორებინათ პრისტლი.

საფრანგეთის დიდი რევოლუციის შემდეგ პარიზში ყოველ წელიწადს 14 ივლისს ზეიმით აღნიშნავდნენ ბასტილიის აღების წლისთავს. 1792 წელს პრისტლის მეგობრებმა, რომლებიც თანაუგრძნობდნენ ფრანგ რევოლუციონერებს, გადასწყვიტეს ეს მნიშვნელოვანი მოვლენა ეზვიმათ. რეაქციონერებმა გაიგეს თუ არა ამის შესახებ, პრისტლის წინააღმდეგ ბრბო აამხედრეს. რამდენიმე ათეული ბნელი, გაბრიყვებული ადამიანი თავს დაესხა მეცნიერის სახლს ქალაქარეთ

ყვირილით „ეკლესიისა და მეფისათვის“. ისინი ველური გაბოროტებით ამტვრევდნენ ავეჯს, ფხრეწდნენ, ხევდნენ წიგნებს, ანადგურებდნენ ძვირფას ხელსაწყოებს. ლაბორატორიისა და ბიბლიოთეკის დარბევის შემდეგ, ხულიგნებმა ცეცხლი წაუკიდეს სახლს.

პრისტლი მეგობრებმა დროულად გააფრთხილეს და ის ოჯახთან ერთად მეზობელ სახლში გადავიდა. სტუმართმოყვარე სახლის ფანჯრებიდან პრისტლი გულისტკივილით უყურებდა თუ როგორ იღუპებოდა ცეცხლში მისი მრავალი წლის ნაშრომი.

დაკარგა რა მთელი თავისი ქონება, პრისტლი იძულებული იყო ცოლთან და ორ შვილთან ერთად დაეტოვებინა ინგლისი და ამერიკაში გადასახლებულიყო. აქ უკვე მას ველარ მისწვდებოდნენ მტრები, რომელთა გაბოროტება იზრდებოდა იმის გამო, რომ მათ კანონიერი საბაზი არ გააჩნდათ მას გასწორებოდნენ.

სიცოცხლის ბოლომდე პრისტლი ამხილებდა არისტოკრატისა და ეკლესიის მსახურთა ფარისევლობას და უმეცრებას, მაგრამ მეცნიერებისათვის ის უკვე დაკარგული იყო, რადგან ამერიკაში მან ველარ შეძლო თავისი ცდების გაგრძელება.

მცენარის გუზი კეპლერს

ჰაერის გაწმენდაზე მცენარის გავლენის შესწავლისათვის პრისტლის მიერ ჩატარებულ ცდებს მრავალი განმგრძობი გამოუჩნდა, როგორც მეცნიერის სიცოცხლეში, ისე მისი გარდაცვალების შემდეგაც.

ჰოლანდიელი ექიმი ინგენჰაუზი, რომელიც ვენაში ავსტრიის იმპერატორის კარზე მსახურობდა, 1775 წელს გაეცნო ლონდონი სამეფო საზოგადოების პრეზიდენტის სიტყვას, წარმოთქმულს პრისტლის დაჯილდოების გამო. ის განიმსქვეალა სურვილით ჩასწვდომოდა მცენარის მიერ ჰაერის გაწმენდის საიდუმლოებას. მაგრამ ექვსი წლის განმავლობაში სხვადასხვა მიზეზის გამო, მას არ მიეცა საშუალება განეხორციელებინა თავისი განზრახვა.

მხოლოდ 1779 წელს, როდესაც ინგენჰაუზი ლონდონში გადასახლდა, მან შეძლო სასურველი ცდებისათვის მოეკიდა ხელი. იმავე წლის გაზაფხულში დასახლდა სოფლად და ქალაქის ალიაქოთს მოშორებული, ენერგიულად შეუდგა საქმეს. ზაფხულის განმავლობაში დილიდან საღამომდე განუწყვეტლივ მუშაობდა და ხუთასამდე ცდა ჩაატარა.

ცდის შედეგები მან გამოაქვეყნა დიდ წიგნში, რომელიც ასე

დაასათაურა: „ცდები მცენარეებზე, რომლებიც ამელავნებს ძლიერ უნარს გაასუფთაოს ჰაერი მზის სინათლეზე და გააფუქოს ღამითა და ჩრდილში; ზუსტი მეთოდი—თუ როგორ უნდა გამოიციადოს ატმოსფერული ჰაერი მისი სასარგებლო თვისებების დასადგენად“.

ინგენჰაუზის წიგნმა მთელი სამეცნიერო სამყაროს ყურადღება მიიპყრო. გამოქვეყნებიდან უკვე ერთი თვის შემდეგ ის გადაითარგმნა ფრანგულ, გერმანულ და ჰოლანდიურ ენებზე.

ჰოლანდიელმა მეცნიერმა თავისი ცდებით დაამტკიცა, რომ მცენარეები ჰაერს წმენდს მზის სინათლის გავლენით და არა ზრდის დროს, როგორც ეს პრისტლის ეგონა. მაგრამ მზის სხივები თავისთავად არაავითარ მოქმედებას არ ახდენს. მან შეამჩნია, რომ ჰაერის გაწმენდა მცენარის მხოლოდ მწვანე ნაწილს შეუძლია. მცენარის არამწვანე ნაწილი კი: ფესვი, ყვავილი, ნაყოფი—სინათლეზეც და სიბნელეშიც, ცხოველების მსგავსად ჰაერიდან მხოლოდ ჟანგბადს ხარჯავს.

ინგენჰაუზმა აზრი გამოთქვა, რომ მცენარე ჟანგბადით სუნთქავს.

ეს უდავოდ პროგრესული აზრი იყო, რომელიც შემდგომში დადასტურდა მრავალა მეცნიერის გამოკვლევით.

მაგრამ ამავე დროს ინგენჰაუზმა თავისი ცდებიდან მცდარი დასკვნაც გააკეთა. მას მიაჩნდა, რომ მცენარე სუნთქვის დროს გამოყოფს რა ნახშირორჟანგს, თვითონ იზრდება თავისთვის საკვებს, ე. ი. ისევე გადაამუშავებს მას თავის უჯრედებში. აქედან კი გამომდინარეობს, რომ მცენარე უფრო სწრაფად სიბნელეში უნდა იზრდებოდეს, როდესაც ის ყველაზე მეტად გამოჰყოფს ნახშირორჟანგს.

მცენარეებზე ცდების ჩატარებისას ინგენჰაუზმა მოახდინა ბევრი საგულისხმო დაკვირვება, რომელიც დღესაც კი საინტერესოა მეცნიერებისათვის. მან შეამჩნია, რომ მცენარის მიერ ჰაერის გაწმენდის უნარი განსხვავებულია წლის სხვადასხვა დროს და დღე-ღამის სხვადასხვა საათზეც კი. ეს პროცესი სინათლის ძალაზეც არის დამოკიდებული.

ცდების შედარებით სწორი ახსნა, არა მარტო ინგენჰაუზის გამკრიახობას მიეწერება, არამედ იმასაც, რომ მან ენეველი მეცნიერის ბონეს მეთვრამეტე საუკუნის შუა წლებში გამოქვეყნებული გამოკვლევებით ისარგებლა. ეს გამოკვლევები, როგორც ჩანს, უცნობი იყო პრისტლისათვის.

როგორღაც მზიან დღეს ბონე გუბურის ნაპირას იჯდა და შეამჩნია, რომ მცენარის წყალში ჩაშვებული და მზით განათებული ფოთლები ჰაერის წვრილი ბუშტუკებითაა დაფარული.

საიდან არის ეს ჰაერი ფოთლებზე—გაიფიქრა მეცნიერმა,—მცენარიდან თუ წყლიდან?

ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად მან ჩაატარა ცდა: მინის ქილაში ჩაასხა აღუღებული წყალი (იგი არ შეიცავს ჰაერს) და შიგ ხის რამდენიმე მოჭრილი ტოტი ჩაუშვა. ქილა დადგა მზეზე, მაგრამ ფოთლებზე ბუშტუკები არ გაჩნდა არც მაშინვე და არც რამდენიმე საათის შემდეგ. მაშასადამე,—დაასვენა მეცნიერმა,—ბუშტუკები ფოთლიდან კი არ გამოიყოფა, არამედ წყლიდან გადადის ფოთლის ზედაპირზე.

თავისი დასკვნის სისწორეში დასარწმუნებლად, ის რამდენიმე წუთის განმავლობაში მილის საშუალებით წყალში უშვებდა ამოსუნთქულ ჰაერს. ფოთოლზე კვლავ გაჩნდა ბუშტუკები.

მაშასადამე,—მსჯელობდა ბონე,—ბუშტუკების წარმოქმნა ფოთლის სიცოცხლესთან დაკავშირებული არ არის. ეს წმინდა ფიზიკური მოვლენაა.

საკუთარი გამოკვლევის დაწყებამდე ინგენჰაუზმა გულდასმით გაიმეორა ბონეს ცდები, მაგრამ ჰაერის შემადგენლობის გასარკვევად მან ისარგებლა უფრო სრულყოფილი საშუალებებით, რომელიც პრისტლის მიერ გაზებისათვის იყო დამუშავებული.

შედეგი მართლაც გასაოცარი მიიღო. აღმოჩნდა, რომ სინათლეზე გამოყოფილი ბუშტუკები ეკუთვნის ჟანგბადს, რომელსაც მაშინ დეფლოგისტირებულ ჰაერს უწოდებდნენ. ინგენჰაუზმა ამ „ჰაერის“ მოცულობა გაზომა და დაადგინა, რომ ის ფოთლის მოცულობას ბევრად აღემატებოდა.

ეს იყოს ბონეს შეხედულების მცდარობის კიდევ ერთი დადასტურება. ჟანგბადის ბუშტუკები წყლიდან უბრალოდ კი არ წარმოიქმნებოდა, არამედ წარმოიქმნებოდა მხოლოდ სინათლეზე და მკვეთრად განსხვავდებოდა წყალში გახსნილი ჰაერისაგან.

ახლა უკვე არავითარ ექვს არ იწვევდა ის გარემოება, რომ სინათლეზე გამოყოფილი გაზის ბუშტუკები მკიდროდაა დაკავშირებული მცენარის ცხოველყოფილობასთან.

წარმატებებმა ჰოლანდიელ მეცნიერს ბევრი მტერი გაუჩინა. ერთნი მისი აღმოჩენის გაუფასურებას ცდილობდნენ, სხვანი აბრალებდნენ, თითქოს მან პრისტლისაგან გადმოიღო ყველაფერი, მიუხედავად იმისა, რომ ის საკუთარი მეთოდიკით მუშაობდა და სულ სხვაგვარად ატარებდა ცდებს.

თვითონ პრისტლიც კი მეტად არაკეთილად იყო განწყობილი ინგენჰაუზისადმი. მან ვერ აპატია ჰოლანდიელ ექიმს ის, რომ ინგენჰაუზმა მოკლე დროში მიაღწია ამდენად მნიშვნელოვან წარმატებებს, მაშინ

როდესაც თვითონ მრავალი წელი მუშაობდა ამ პრობლემაზე და ბოლოსდაბოლოს ძნელად სარწმუნო, საკმაოდ ბუნდოვან დასკვნებამდე მივიდა.

ინგენჰაუზი სრულიად არ აპირებდა შეცილებოდა პრისტლის მცენარის მიერ ჰაერის გაწმენდის უნარის აღმოჩენაში. პირიქით, თავისი სახელგანთქმული წიგნის შესავალში მან მეტად თავაზიანად დაქებით აღიარა გამოჩენილი ინგლისელი ქიმიკოსის პრიორიტეტი. მიუხედავად ამისა, პრისტლი მაინც შეურაცყოფილად თვლიდა თავს.

პრისტლის და ინგენჰაუზის ცდებმა მხოლოდ ნაწილობრივ გაარკვია ის საიდუმლო პროცესი, რომელსაც ჩვენ დღეს ვუწოდებთ ფოტოსინთეზს (ბერძნული სიტყვებიდან: ფოტო — სინათლე, სინთეზი — შეერთება), ჯერ კიდევ ბევრი იყო გაურკვეველი. უპირველეს ყოვლისა, იბადებოდა კითხვა, — თვით მცენარეს რისთვის ესაჭიროება ჰაერის გაწმენდა? თუ კი მცენარე ნახშირორჟანგს საკვებად იყენებს, როგორ ანხორციელებს ის ამას.

1782 წ. ინგენჰაუზის წიგნის გამოქვეყნებიდან სამი წლის შემდეგ, მეცნიერთა ყურადღება მიიპყრო ჟენეველი აბატის სენაბიეს სამტომიანმა ტრაქტატმა — „ფიზიკურ-ქიმიური მემუარები მზის სინათლის გავლენის შესახებ ბუნების სამი სამეფოს სხეულთა ცვლილებაზე, განსაკუთრებით მცენარეთა სამეფოში“.

დაინტერესდა რა მცენარის სიცოცხლით, სენაბიემ ინგენჰაუზის მსგავსად საკუთარი გამოკვლევები, აგრეთვე ბონეს ცდები განმეორებით დაიწყო, მაგრამ მან ჰაერის ბუშტუკების სრული ქიმიური ანალიზი ჩაატარა. აღმოჩნდა, რომ ფოთლის ზედაპირიდან შეგროვილი გაზი სრულიადაც არ ჰგავს წყალში გახსნილ გაზს.

მაშასადამე, მსჯელობდა სენაბიე, ეს ბუშტუკები წყლიდან არ გამოიყოფა, მისი გამოყოფა არც ფოთლებიდანაა შესაძლებელი, რადგან გამოყოფილი გაზის მოცულობა ფოთლების მოცულობას აღემატება.

მაშ საიდან გაჩნდა ბუშტუკები ფოთლების ზედაპირზე?

იმისათვის, რომ ამ კითხვაზე ეპასუხა, მეცნიერმა მრავალი სხვადასხვა ცდა ჩაატარა. მისი შრომა წყალში არ ჩაყრილა. ბუშტუკების წარმოქმნის საიდუმლო ამოხსნილი იქნა.

აღმოჩნდა, რომ ფოთოლზე „სუფთა“ ჰაერის (ე. ი. ჟანგბადის) წარმოსაქმნელად აუცილებელია წყალში ნახშირორჟანგის შემცველი ჰაერის არსებობა. რაც უფრო მეტია წყალში ნახშირორჟანგი, მით უფრო მეტი ჟანგბადის ბუშტუკი გამოიყოფა ფოთოლზე. კიდევ მეტი, მან შეძლო ეჩვენებინა, რომ ბუშტუკები ფოთლის ზედაპირთან კი არ გამოიყოფა, არამედ მისი სიღრმიდან, რბილობიდან.

ეს კი ნიშნავს, რომ ფოთოლი ითვისებს წყალში გახსნილ ნახშირორჟანგს, გადაამუშავებს მას თავის ქსოვილებში და გამოჰყოფს ჟანგბადს.

კვებისათვის კი მცენარე ნახშირბადს იყენებს.

მიუხედავად იმისა, რომ ადრეც იყო გამოთქმული მოსაზრება მცენარის მიერ საკვების ჰაერიდან მიღების შესახებ, სენაბიეს აზრი მაინც მეტად თამამი იყო იმ დროისათვის. მაშინ ხომ, და არა მარტო მაშინ, გასული საუკუნის ორმოცდაათიან წლებამდეც კი, ბევრი მეცნიერი ამ პროცესს უწოდებდა სუნთქვას—„ღლის სუნთქვას“, განსხვავებით ნამდვილი სუნთქვისაგან, რომელიც მცენარეში სიბნელეში მიმდინარეობს და რომელსაც ამიტომ „ღამის სუნთქვას“ უწოდებდნენ.

ბუნდოვანი იყო აგრეთვე წარმოდგენა ნახშირორჟანგის წყაროზეც. ერთნი ფიქრობდნენ, რომ მცენარე მას წყლიდან იღებს, ხოლო მეორენი, ფიქრობდნენ—ჰაერიდან.

მალე ეს საკითხი საბოლოოდ გადაიჭრა. 1804 წელს წიგნის მალაზიების თაროებზე გაჩნდა პატარა წიგნი „მცენარეებზე ჩატარებული ქიმიური გამოკვლევები“, რომლის ავტორი იყო ჟენეველი ბოტანიკოსი სოსიურა.

იმის დასამტკიცებლად, რომ მცენარე ატმოსფეროში არსებული ნახშირორჟანგის დაშლას აწარმოებს, მან რამდენიმე მცენარე მოათესა ისეთ გარემოში, სადაც გადიდებული იყო ნახშირორჟანგის შემცველობა.

რამდენიმე დღის შემდეგ სოსიურამ გაზების ზუსტი ანალიზი ჩაატარა. აღმოჩნდა, რომ ნახშირორჟანგის რაოდენობა შემცირდა, ხოლო ჟანგბადისა კი გაიზარდა. მაგრამ ის არ შემოიზღუდა მარტო გაზების ანალიზით. მან მცენარეში ნახშირბადის შემცველობა გაზომა ცდამდე და ცდის შემდეგ: ცდის შემდეგ ნახშირბადი მეტი აღმოჩნდა.

მაგრამ სოსიურამ ვერ შეძლო გადაეღახა ეკვი, რომელიც გამოთქმული იყო მისი წინამორბედის და თანამემამულის—ჟენეველი აბატის სენაბიეს მიმართაც.

შეუძლია თუ არა მცენარეს შეითვისოს ნახშირორჟანგი ჩვეულებრივი ატმოსფერული ჰაერიდან, რომელშიც ის უმნიშვნელო რაოდენობითაა გაბნეული?

ამ კითხვაზე სარწმუნო საბუთებით განმტკიცებული მკაფიო პასუხის გაცემა ყველა სკეპტიკოსს და მოცლილ კრიტიკოსს იძულებულს გახდიდა შეეწყვიტათ თავდასხმა ფოტოსინთეზზე. მაშინ ისინი ველარ შეძლებდნენ ემტკიცებინათ, რომ მკვლევართა ცდებში აღწერილი მცენარის მიერ ნახშირორჟანგის შთანთქმის სურათი განსხვავ-

დება იმ პროცესისაგან, რომელიც სინამდვილეში მიმდინარეობს ბუნებაში. სწორედ ასეთი იყო 1840 წელს ბუსენგოს მიერ გაცემული პასუხი. ცნობილ ფრანგ ქიმიკოს დიუმასთან¹ ერთად ის ატარებდა ცდებს ვაზის მიერ ჰაერიდან ნახშირორჟანგის შთანთქმაზე. გაზომვის განსაკუთრებულმა სიზუსტემ და შთანთქმული ნახშირორჟანგის აღმრიცხველი სპეციალური ხელსაწყოთა გამოყენებამ საშუალება მისცა მათ დაემტკიცებინათ, რომ მცენარე მთლიანად შლის შთანთქმულ ნახშირორჟანგს.

მეცნიერებს შორის თითქმის სამოცდაათ წელს გრძელდებოდა კამათი იმ საკითხის გამო, წარმოადგენს ნახშირორჟანგი მცენარის „საკვებს“ თუ არა.

ბუსენგოს ცდებმა ამ კამათს ბოლო მოუღო. ეს იყო წინგადადგმული მნიშვნელოვანი ნაბიჯი ფოტოსინთეზზე მოძღვრების განვითარებაში. მაგრამ კიდევ რჩებოდა ბევრი გაურკვეველი საკითხი, რომლის გადაწყვეტაზეც ბოტანიკოსებისა და ფიზიოლოგების, ფიზიკოსებისა და ქიმიკოსების დიდი შრომა დაიხარჯა.

მეხრძოლი და მოაზროვნე

მოსკოვში ტვერის ბულვარზე გრანიტის კვარცხლბეკზე მალალი კაცის ფიგურა დგას, ამაყად აწეული თავით, ბეჭებზე მანტია ასხია.

¹ კ. ა. ტიმირიაზევის თავის წიგნში „ზხე, სიცოცხლე და ქლოროფილი“ საინტერესო ანეკდოტი მოჰყავს, რომელიც მან თვით ბუსენგოსაგან მოისმინა ამ ცდის თაობაზე. „ჩვენ ვატარებდით გამოკვლევას,—მოუთარობდა ბუსენგო,— ბატონ დიუმასთან ერთად, მაგრამ ისე რომ ყოველ აწონვას, და ცდის შედეგის ჟურნალში ჩაწერას ცალ-ცალკე. ერთმანეთისათვის ცნობების გაუზიარებლად ვაწარმოებდით, რათა უყეთესად გაგვეანტროლებინა მიღებული შედეგები. თავდაპირველად ყველაფერი კარგად იყო; მცენარე, როგორც მოსალოდნელი იყო, ნახშირორჟანგს შლიდა. უეცრად სურათი შეიცვალა. მოწინდელია, მზიანი დღეების მიუხედავად, ის გაჯიშტდა და ნაცვლად იმისა, რომ დაეშალა ნახშირორჟანგი, მისი გამოყოფა დაიწყო. ჩვენც ვაცბუნებულვით ვაჯამებდით საღამოობით შედეგებს და უსიტყვოდ, გაკვირვებული ვუყურებდით ერთმანეთს. უნებლიედ. ორივეს გვახსენდებოდა მარცხი, რომელიც განიცადა პრისტლიმ, როდესაც ის შეეცადა გაემჯობებინა თავისი სახელგანთქმული ცდა. ასე გაგრძელდა რამდენიმე დღე. ბოლოს, ერთ მშვენიერ დილას, რენისა—განთქმულ ფიზიკოსს, რომელიც ჩვენს მუშაობას გულდასმით ადევნებდა თვალყურს. შეუკავებელი სიცილი აუვარდა და გამოავიტყდა, რომ ჩვენი მწუხარების მიზეზი თვითონ ის გახლდათ. თურმე ყოველ დღე. როდესაც ჩვენ სასაუბროდ მივიდოდით, რენიო მივპარებოდა ჩვენს ხელსაწყოს და შიგ ცოტაოდენ ამოსუნთქულ ჰაერს უშვებდა, რათა, როგორც მან თქვა, დარწმუნებულიყო, რომ ჩვენ კი არ ვთაღლითობთ არამედ ნამდვილად შეგვიძლია აღვრიცხოთ ნახშირორჟანგის ასეთი მცირე რაოდენობა“.

ჩაფიქრებული თვალები შორს იცქირება. ძეგლზე ლაკონიური წარწერაა „კ. ა. ტიმირიაზევის — მებრძოლსა და მოაზოოენეს“.

ამ მოკლე წარწერაში, როგორც სარკეში, ასახულია გამოჩენილი მეცნიერის და საზოგადო მოღვაწის ხანგრძლივი მოღვაწეობა. კ. ა. ტიმირიაზევის ბავშვობიდანვე უყვარდა ბუნება. მას ღრმად აინტერესებდა მოვლენები გარემომცველ სამყაროში. მას სურდა ნივთიერებათა გარდაქმნის საიდუმლოსაც ჩაწვდომოდა. დიდი გატაცებით ეხმარებოდა ის თავის უფროს ძმას მარილების და ხსნარების შეყვანაში, სხვადასხვა ნივთიერების გამოხდაში, აორთქლებაში და კრისტალიზებაში, რასაც ისინი სახლში მოწყობილ პატარა ლაბორატორიაში ატარებდნენ.

თერამეტი წლის ყმაწვილი შედის პეტერბურგის უნივერსიტეტში, ჯერ კამერალურ (იურიდიულ) ფაკულტეტზე, ხოლო შემდეგ საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტზე გადადის. იმ წელს უნივერსიტეტში სტუდენტების დიდი გამოსვლები დაიწყო. თავისუფალი აზროვნებისა და რევოლუციურად განწყობილ ოჯახში აღზრდილ ტიმირიაზევის არ შეეძლო მონაწილეობა არ მიეღო ამ მღელვარებაში. ხალხისადმი სიყვარული და თვითმპყრობელობისადმი სიძულვილი საშუალებას არ აძლევდა მას გვერდზე დარჩენილიყო.

უნივერსიტეტის ხელმძღვანელობამ სტუდენტების მღელვარებაში მონაწილეობისათვის ტიმირიაზევი უნივერსიტეტიდან გარიცხა. მაგრამ მან არ შიატოვა საყვარელი მეცნიერება და უნივერსიტეტში თავისუფალ მსმენელად დარჩა.

უნივერსიტეტის დამთავრების შემდეგ ტიმირიაზევემ თავის სპეციალობად მცენარეთა ფიზიოლოგია აირჩია. მოღვაწეობა მან ცნობილი რუსი ბოტანიკოსის ა. ნ. ბეკეტოვის ხელმძღვანელობით დაიწყო. 1868 წ. ის საზღვარგარეთ მიავლინეს. ტიმირიაზევემ ორი წლის განმავლობაში გერმანიისა და საფრანგეთის გამოჩენილი მეცნიერების ლაბორატორიებში იმუშავა. 1870 წ. ტიმირიაზევეს ბოტანიკის კათედრა ჩააბარეს პეტროვსკო-რაზუმიოვსკის (ეხლა ტიმირიაზევის სახელობის) სასოფლო სამეურნეო აკადემიაში, ხოლო ექვსი წლის შემდეგ აირჩიეს მოსკოვის უნივერსიტეტის მცენარეთა ანატომიისა და ფიზიოლოგიის კათედრაზე.

ტიმირიაზევი სტუდენტთა შორის უდიდესი პოპულარობით და და სიყვარულით სარგებლობდა. მის ლექციებზე აუდიტორია ყოველთვის გადატვირთული იყო. ახალგაზრდობა აფასებდა მის ცოდნას, მის უნარს, მის მხურვალე რწმენას მეცნიერებისადმი.

თავისი სამშობლოს მგზნებარე პატრიოტი ტიმირიაზევი მეფის თვითმპყრობელობის მრისხანე მამხილებელი იყო. ლექციებსა და სტა-

ტიებში ის შეურიგებლად ილაშქრებდა ბურჟუაზიული საზოგადოებისა და სიკრუსის წინააღმდეგ.

მთელი სიცოცხლის განმავლობაში ის მუშაობდა საყვარელი მეცნიერების სფეროში. მაგრამ, ამავე დროს, ცდილობდა ხალხში ცოდნა გაეცრელებინა.

„მეცნიერებას უფლება არა აქვს — ამბობდა ტიმირიაზევი — გაიხიზნოს თავის საკურთხეველში, ემალოს ხალხს და მოითხოვოს, რომ სიტყვაზე ერწმუნონ მის სარგებლიანობას“.

მას მიაჩნდა, რომ ყოველი მეცნიერი უნდა მეცნიერებისათვის მუშაობდეს და ხალხისათვის წერდეს. თვითონ ის შეუდარებლად აკეთებდა ამას. მის მიერ დაწერილი მეცნიერულ-პოპულარული წიგნები: „მცენარის ცხოვრება“, „ჩარლზ დარვინი და მისი მოძღვრება“ და სხვ. უკვე მრავალჯერ გამოქვეყნდა ბევრ უცხოურ ენაზე და დღემდე შეუწელებელი ინტერესით იკითხება.

დიდი ოქტომბრის სოციალისტურ რევოლუციას ტიმირიაზევი უდიდესი სიხარულით შეხვდა. ამ დროს ის უკვე მოხუცი და ავადმყოფი იყო. მიუხედავად ამისა, იგი ახალგაზრდული ენერგიით ჩადგა საბჭოთა ქვეყნის მშენებელთა რიგებში. საბჭოთა წყობილებაში იგი თავისი ოცნებების განხორციელებას, მეცნიერებისა და დემოკრატია ორის საფუძველზე თანასწორუფლებიანი საზოგადო წყობილების შექმნას ხედავდა.

ის კითხულობდა ლექციებს მუშებთან და წითელარმიელებთან, წერდა სტატიებს, რომელშიც გატაცებით და მარტივად მოუთხრობდა თავის მეცნიერებაზე. პრესაში ის გამოდიოდა აგრეთვე როგორც პუბლიცისტი — საბჭოთა ხელისუფლებისათვის მებრძოლი.

ვ. ი. ლენინმა, როდესაც წაიკითხა მისი სტატიების კრებული „მეცნიერება და დემოკრატია“, 1920 წლის აპრილში გულთბილი წერილი მისწერა მას:

„დიდად მადლობელი ვარ თქვენი წიგნისათვის და თბილი სიტყვებისათვის. მე პირდაპირ აღფრთოვანებული ვიყავი, როდესაც ვკითხულობდი თქვენს შენიშვნებს, მიმართულს ბურჟუაზიის წინააღმდეგ და საბჭოთა კავშირის სასარგებლოდ.“

ტიმირიაზევის პუბლიცისტური სტატიები დღესაც ინარჩუნებს თავის აქტუალობას. ისინი შესანიშნავი იარაღია მშვიდობისა და დემოკრატიის მტრების წინააღმდეგ საბრძოლველად“.

მიუძღვნა რა თავისი სიცოცხლე ბოტანიკას, ტიმირიაზევი ფოტოსინთეზის პრობლემას მოჰკიდა ხელი.

მეცნიერებაში იშვიათად ხდება, რომ სწავლულმა მთელი თავისი სიცოცხლე ერთი საკითხის შესწავლას მოახმაროს. სწორედ ასეთი მეცნიერი იყო კ. ა. ტიმირიაზევი და ეს შემთხვევით როდია. ფოტოსინთეზის მცენარის საჭაერო ქვების პრობლემას იმდენად დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მარტო მცენარის, არამედ მთელი ცხოველური სამყაროსათვის, რომ მისი საიდუმლოს გაგება ღირდა მთელი სიცოცხლის ფასი, მით უმეტეს, რომ ის ამოღო არ იქნა დახარჯული.

ტიმირიაზევმა მეცნიერებას შესძინა მცენარეში მწვანე ფერის წარმოქმნის საიდუმლოს ახსნა, მცენარის მწვანე შეფერვასა და მზის სინათლის შორის კავშირის დადგენა.



კლიმენტი არკადის ძე ტიმირიაზევი
(1843—1920 წ.წ.)

ტიმირიაზევის ყველა წინამორბედი, რომელიც ფოტოსინთეზს იკვლევდა — პრისტლი, ინგენჰაუზი, სენაბიე, ბუსენგო — თავის ცდებში ამჩნევდა, რომ მზის სინათლე მცენარეს ხელს უწყობს ნახშირორჟანგის დაშლაში, მაგრამ არცერთმა თვანს არ ესმოდა და არ შეეძლო აეხსნა მზის ენერჯიის როლი ამ პროცესში.

გასული საუკუნის ორმოციან წლებში ორმა გამოჩენილმა მეცნიერმა — ენერჯიის შენახვის¹ კანონის შემქმნელებმა — რობერტ მაიერი და ჰელმჰოლცმა, აზრი გამოთქვეს, რომ ცოცხალ მცენარეზე დაცემული სინათლე სხვაგვარად გამოიყენება.

ვიდრე უსულო საგანზე დაცემული.

რობერტ მაიერი ამ დასკვნამდე მიიყვანა ვენური სისხლის ფერზე დაკვირვებამ. კუნძულ იავაზე ექიმად მუშაობის დროს მან შენიშნა,

¹ ენერჯიის შენახვის კანონის თანახმად ენერჯია არ წარმოიქმნება არაფრისაგან და არ კრება უკვლოდ, მაგრამ ენერჯიის ცალკეულ სახეებს ურთიერთში გადასვლა შეუძლია ხუთი ექვივალენტური თანაფარდობის შესაბამისად.

რომ მისი პაციენტების ვენური სისხლი უფრო ღია ფერის იყო, ვიდრე ევროპელებისა, რომლებიც ცივ ჰავაში ცხოვრობენ.

ცხელ ჰავაში,—მსჯელობდა რობერტ მაიერი,—ორგანიზმი ცოტა სითბოს კარგავს, მაშასადამე, ის სხეულის ტემპერატურის შესანარჩუნებლად ნაკლებ ენერგიას ხარჯავს. როგორც ირკვევა, სითბო ნაკლებად თავისუფლდება და ის ორგანიზმის სიღრმეში უნდა იყოს ჩამალული. მაშასადამე, არ არსებობს არავითარი სასიცოცხლო ძალა, არამედ ისეობს ძალა, რომელიც ნივთიერებათა გარდაქმნის ხარჯზე მიიღება.

როდესაც ჩვენ ლუმელში შევას ვწვათ —სიზბო გამოიყოფა. მაგრამ საიდან მიიღება ეს სითბო? შეუძლებელია, რომ ის არაფრისაგან წარმოიშვას, მცენარეს სითბო საიდანმე უნდა მიეღო. იმ დროისათვის უკვე ცნობილი იყო, რომ მცენარის არსებობისათვის მარტო სითბო არაა საკმარისი, საჭიროა კიდევ მზის სინათლე. მაშასადამე, —ლაპარაკობს რობერტ მაიერი, — მზის სხივები, რომელსაც მცენარე შთანთქავს ნახშირორჟანგის დაშლის დროს, სამარქაფოდ ინახება, მყარ ფორმას იღებს. ხოლო როდესაც მცენარე იწვის—მზისაგან მიტაცებული სითბო გამოიყოფა.

ნახშირბადის რაოდენობა, რომელსაც მცენარე თავის უჯრედებში აგროვებს არ შეიძლება ნახშირბადის იმ რაოდენობას აღემატებოდეს, რომელსაც იგი ნახშირორჟანგის დაშლის დროს ითვისებს. სწორედ ასევე სითბოს ის რაოდენობა, რომელსაც თავის ქსოვილებში იმარაგებს მცენარე, არ შეიძლება სითბოს იმ რაოდენობას აღემატებოდეს, რომელსაც მცენარეზე დაცემული მზის სხივი შეიცავს.

ამას კი უნებლიედ მივყავართ დასკვნამდე, რომ მცენარის მიერ დაგროვებული ნახშირბადის რაოდენობა ზუსტად განისაზღვრება მცენარეზე დაცემული მზის სინათლის რაოდენობით. ამრიგად, ცხადია, რომ არსებობს უწყვეტი კავშირი მზის ენერგიასა და მცენარის სხეულის შემემწელ ნივთიერებებს შორის.

ასეთივე აზრი მზის ენერგიასა და მცენარის მიერ დაგროვებული ნახშირბადის რაოდენობას შორის კავშირზე მოგვიანებით გამოსთქვა ჰელმჰოლცმაც.

მაგრამ ეს მხოლოდ გენიალური განჭკურება იყო. ხომ არც პირველს და არც მეორეს არ ჰქონდა არავითარი ცდა ჩატარებული. ამ დასკვნის ცდით შემოწმება კი საკმაოდ ძნელი იყო.

ამ საინტერესო და ძნელი ამოცანის გადაჭრას დიდი მონდობებით მოჰკიდა ხელი კ. ტიმირიაზემა, რომელმაც თავისი სიცოცხლის ნახევარზე მეტი მოანდომა, რათა ორი დიდი მეცნიერის ბრწყინვალე

აზრი „გარდაეკმნა“ უღაო კემმარიტებად, დაემტკიცებინა სიცოცხლის მზიური წყარო.

მზის სხივი მხოლოდ გვეჩვენება თეთრი, სინამდვილეში კი ის რამდენიმე ფერადი სხივისაგან შედგება. თუ მინის პრიზმით მზის სხივს შემადგენელ ნაწილებად დავშლით, მაშინ სპექტრში მივიღებთ წითელ, ნარინჯისფერ, ყვითელ, მწვანე, ცისფერ, ლურჯ და იისფერ სხივებს.

სპექტრის ნაწილებს არაერთნაირი სითბური ენერგია აქვს. ყველაზე უფრო მეტად წითელი სხივები ათბობს. მზის სინათლეს არაერთნაირად შთანთქავს სხვადასხვაგვარად შეღებილი საგნებიც. ზაფხულში თეთრ ტანსაცმელში ყოველთვის უფრო გრილა, ვიდრე შავში, იმიტომ რომ თეთრი ფერი სპექტრის ყველა სხივებს აირეკლავს.

ყვითელი სხეულები მხოლოდ იისფერ, ლურჯ, ცისფერ ნაწილობრივად მწვანე სხივებს იკავებს, ხოლო მწვანე სხეულები წითელს, ნარინჯისფერს და ყვითელს.

სწორედ ამიტომაც მცენარე მწვანე ფერის. მცენარის ფოთლებში გაბნეული ქლოროფილის მარცვლები მზის სხივს ენერგიის უმეტეს ნაწილს ართმევს. მცენარეული სამყაროს მწვანე შეფერვა განაპირობებს მზის ენერგიის სრულფასოვნად გამოყენებას.

ყოველივე ეს ტიპირიაზევმა მეტად მარტივი ცდებით დაამტკიცა.

მან აიღო მცენარე, რამდენიმე საათით მოათავსა ბნელ ოთახში, მოაქრა ფოთოლი და მიკროსკოპის ქვეშ დააკვირდა. მხედველობის არეში ჩხირისა და ზონარის მსგავსი ქლოროფილის მარცვლები იყო გაბნეული. შემდეგ მცენარე სინათლეზე გაიტანა. რამდენიმე წუთის შემდეგ კვლავ მოაქრა ფოთოლი და მიკროსკოპში გასინჯა. ქლოროფილის მარცვლების ირგვლივ წარმოქმნილი იყო რაღაც წერტილები, რომლებიც თანდათან იზრდებოდა.

ეს სახამებლის მარცვლები იყო. ამაში აღვილად შეიძლებოდა დარწმუნება იოდის ნაყენის დაწვეთებით. სახამებელი მუქ ლურჯ ფერად შეიღებდა.

ტიპირიაზევმა ცდა გააგრძელა. მცენარე ისევ ბნელ ოთახში მოათავსა. ორი დღის შემდეგ ფოთოლში სახამებელი გაქრა. ის მცენარის სხვა ნაწილებში გადავიდა.

ახლა ფოთლის მოუშორებლად მეცნიერმა მისი ერთი ნაწილი წითელი სხივებით გაანათა; მეორე—ლურჯად, მესამე—მწვანით და ა. შ.

სამი საათის შემდეგ ფოთოლი მოქრა და იოდის ნაყენი დააწვეთა. სახამებლის შეღებილმა მარცვლებმა მუქი ზოლები წარმოქმნა. ყველაზე მუქად ფოთლის ის ნაწილი შეიღებდა, რომელიც წითელი სხივებით იყო განათებული.

ამგვარად, წითელი ფერის სხივები, ქლოროფილს ეხმარება ატმოსფეროდან შთანთქას ნახშირორჟანგი, მისგან გაანთავისუფლოს ნახშირბადი და ააშენოს ნახშირწყლები-სახამებელი, უჯრედისი, შაქარი.

ეს იყო უდიდესი მნიშვნელობის აღმოჩენა. კიდევ უფრო აეხადა ფარდა საიდუმლოებას, რომელიც მწვანე ლაბორატორიის ნაწილში მიმდინარე უცნობ მოვლენებს მალავდა. ტიმირიაზევის ცდებამდე ხომ ყველა მეცნიერს ეგონა, რომ ნახშირორჟანგს შლის არა წითელი, არამედ ლურჯი, იისფერი, ყვითელი, ნარინჯისფერი სხივები.

გასული საუკუნის გამოჩენილი ფიზიკოსი ჰელმპოლცი ამტკიცებდა, რომ ფოტოსინთეზში წამყვან როლს „ფოტოგრაფიული“ ლურჯ—იისფერი სხივები ასრულებს. ეს რწმენა ემყარებოდა ამ სხივების უნარს დაშალოს ვერცხლის ბრომ—და იოდნაერთი მარილები, რომელიც ფოტოფირის სინათლისადმი მგრძობიარე ფენას ქმნის. ამიტომაც, რომ ფოტოგრაფი ფოტოფირფიტის გამქლავების და ფიქსირების ოპერაციებს წითელ შუქზე აწარმოებს, ე. ი. ხმარობს ფარანს, რომელშიც წითელი მინაა ჩასმული.

ჰელმპოლცის აზრს ფოტოსინთეზში ლურჯი და იისფერი სხივების როლის შესახებ იზიარებდა ბევრი ქიმიკოსი და ბოტანიკოსი — დიუმა, ბუსენგო.

რამდენადმე მოგვიანებით ინგლისელი დობენი, ამერიკელი დრაპერი და გერმანელი პფეფერი გამოვიდნენ განცხადებით, რომ მცენარეში ნახშირორჟანგის დაშლას „ფოტოგრაფიული“ სხივები კი არ იწვევს, არამედ პირიქით — სხივები, რომელიც ფოტოგრაფირებისას ფირზე ზეგაეღენას არ ახდენს—ყვითელი სხივები.

სინათლის სიკაშკაშე,—აღნიშნავდა დრაპერი,—სპექტრის წითელი საზღვრიდან იზრდება და უმაღლეს სიდიდეს სპექტრის ყვითელ-მწვანე უბანში აღწევს. მაშასადამე, ყველაზე კაშკაშა ყვითელი სხივებია და სწორედ ისინი უნდა შლიდეს ნახშირორჟანგს.

ამასთანავე, სხივის სიკაშკაშეს მხოლოდ ადამიანის თვალი აღიქვამს, ბუნებაში კი ის არ არსებობს. მცენარისათვის სინათლე, როგორც ასეთი, არ არსებობს. არ არსებობს მისთვის, აგრეთვე, განსხვავებაც სხივთა სიკაშკაშეში. მცენარე სინათლეს აღიქვამს მხოლოდ როგორც სინათლის ენერჯიას.

ტიმირიაზევა თავისი ცდებით დაამტკიცა მისი წინამორბედების შეხედულების მცდარობა. ამიერიდან არავის აეჭვებდა, რომ მცენარე ქლოროფილის მარცვლების საშუალებით შთანთქავს მზის სპექტრის წითელი სხივების ენერჯიას.

საკმარისი არ იყო იმის დადგენა, თუ მზის სპექტრის რომელი სხივები ეხმარება ქლოროფილს უხილავი შემოქმედებითი მუშაობა

აწარმოოს. საკირო იყო აგრეთვე იმის ჩვენება, თუ როგორ გადააქვს ნხის ენერგია ქლოროფილის მარცვლებს უხილავ ნივთიერებებზე— ნახშირორჟანგზე.

პასუხს მიპროსკოპი იძლევა

ბოტანიკოსები დიდი ხნის განმავლობაში ფიქრობდნენ, რომ მცენარის მწვანე ფერი ორი—ლურჯი და ყვითელი ფერის შერევით წარმოიქმნება. ასე ეგონათ იმიტომ, რომ მხატვრები მწვანე საღებავს ყოველთვის ასე ამზადებდნენ.

ტიმირიაზევმა ეს შეცდომაც უკუაგდო თავისი შესანიშნავი ცდებით. ბუნებაში არავითარი ლურჯი პიგმენტი არ არსებობს. ქლოროფილის მწვანე ფერი წარმოადგენს მწვანე და ზოგჯერ მისი თანამხლები ყვითელი საღებავის¹ ნარევს.

გასული საუკუნის პირველ ნახევარში ბევრ მეცნიერს, რომელიც ვიტალისტური შეხედულების ტყვეობაში იმყოფებოდა, მტკიცედ სწამდა, რომ ლაბორატორიაში შესაძლებელია ქლოროფილის დაშლა შემადგენელ ნაწილებად, მაგრამ შეუძლებელია მისი სინთეზი. მხოლოდ მცენარეს გააჩნია უნარი რაღაც საიდუმლო ძალის ზეგავლენით შექმნას ის თავის უჯრედებში.

ეს შეცდომაც იქნა ტიმირიაზევის მიერ უარყოფილი.

პირველ რიგში მან შეისწავლა ის პირობები, რომლის დროსაც მცენარეში ქლოროფილი წარმოიქმნება. აღმოჩნდა, რომ მცენარეს ესაჭიროება უხვი აზოტოვანი საკვები, რკინის მარილები და ჟანგბადი.

თუ ნიადაგში არ არის რკინის მარილები, მცენარე მიტკალივით თეთრი იზრდება, საკმარისია მცენარე ამ მარილთა ხსნარით დავასველოთ, რომ იგი მაშინვე გამწვანდეს.

ქლოროფილის წარმოქმნისათვის ჟანგბადის აუცილებლობის დასადასტურებლად ტიმირიაზევმა ამგვარი ცდა ჩაატარა.

მინის ქილებში იგი ასხამდა საკვებ ხსნარებს და ათავსებდა რომელიმე მცენარის თესლებს. ქილებს ბნელ ოთახში დგამდა. რამდენიმე ხნის შემდეგ განვითარებული ღივები იყო არა მწვანე, არამედ ყვითელი. მათ ტიმირიაზევი ორ ნაწილად ჰყოფდა, ერთ ნაწილს სინათლეზე ათავსებდა, ხოლო მეორეს—ხუფის ქვეშ, უჟანგბადო არეში. ჰაერზე მოთავსებული მცენარეები რამდენიმე წუთის შემდეგ გამწვანდა, ხოლო ხუფის ქვეშ მცენარეები ისევ ისე ყვითელი დარჩა.

¹ ქლოროფილის მწვანე პიგმენტს ტიმირიაზევმა ქლოროფილინი უწოდა, ხოლო ყვითელ შემადგენელ ნაწილს—ქსანტოფილი. ქლოროფილინი იოლად იშლება, ხოლო ქსანტოფილი—არა. ამით აიხსნება ფოთლის გაყვითლება შემოდგომაზე.

მაგრამ ხუფის ქვეშ ჟანგბადის შეტანისას, ყვითელი მცენარე მწვანდებოდა.

ცდებმა ცხადჰყო, რომ ქლოროფილის წარმოსაქმნელად, გარდა კვებისა და ჟანგბადისა, საჭიროა სითბო და სინათლე. მცენარე მხოლოდ იმ შემთხვევაში მწვანდება, თუ ტემპერატურა პლუს ხუთ გრადუსზე ნაკლები არაა. მაგრამ სითბო არ შევლის საქმეს, თუ მცენარე სიბნელეში გაიზრდება. სინათლე კი სულ მცირეოდენიც საკმარისია. ქლოროფილი „იბადება“ გაზქურის ან ნავთის ლამფის სინათლეზეც.

ქლოროფილის მარცვალი მწვანედაა შეფერილი. სწორედ ის აძლევს მცენარეს მწვანე ფერს. მაგრამ ხომ არსებობს წითელ, შავ და ქრელფოთოლა მცენარეებიც. ზღვის ფსკერზე მურა და წითელი წყალმცენარეები ხარობს. ყველა ისინი ნახშირორჟანგს შლის. როგორღა ხერხდება ეს? პასუხს მიკროსკოპი იძლევა. აღმოჩნდა, რომ ამგვარ მცენარეთა ფოთოლში ისევე გაბნეულია ქლოროფილის მარცვლები, როგორც მწვანე მცენარეში. მხოლოდ ქლოროფილი აქ შენიღბულია უჯრედის შეფერილი წვენით. ამის გარკვევა მიკროსკოპის გარეშეც—ქიმიური გზით შეიძლება. თუ რომელიმე ქრელფოთოლა მცენარეს წითელ ან შავ ფოთოლს მოვაცლით და გოგირდოვანი მჟავას სუსტ ხსნარში ჩავდებთ, ის მაშინვე გამწვანდება. ამ უცნაურ მოვლენას უბრალო ახსნა აქვს. გოგირდოვანი მჟავა შეფერილ წვენს აუფერულებს, მაგრამ ქლოროფილის მწვანე მარცვლებზე კი არ მოქმედებს.

მიკროსკოპი დაეხმარა ტიმირიაზევის დაკვირვებოდა ნახშიროწყლების „დაბადებას“—ფოტოსინთეზის დროს სახამებლის უწყვილესი მარცვლების წარმოქმნის პროცესებს.

„მარტივი, არაორგანული ნივთიერებების, ნახშირორჟანგის და წყლის ორგანულ ნივთიერებად,—სახამებლად გარდაქმნის ეს პროცესი წარმოადგენს ჩვენს პლანეტაზე არსებულ ორგანულ ნაერთთა სინთეზის ერთადერთ ბუნებრივ პროცესს, წერდა ტიმირიაზევი, ორგანული ნივთიერებები, მათი მრავალგვარობის მიუხედავად, დამოუკიდებლად იმისა, თუ სად გვხვდება ისინი—მცენარეში, ცხოველში თუ ადამიანში, იმ ნივთიერებებისაგან წარმოიქმნება, რომელიც ფოთოლმა გამოიმუშავა“.

ფოთოლი სწორედ ის „მწვანე ლაბორატორიაა“, რომელშიც ორგანული ნივთიერება წარმოიქმნება. მცენარის ყველა სხვა ორგანოში ის მხოლოდ გარდაიქმნება. ფოთოლში წარმოქმნილი სახამებლის უხსნადი მარცვლები ხსნადი შაქრის სახეს იღებს. მისგან შენდება უჯრედი—მცენარის მტკიცე საყრდენი, მისი შეერთებით არაორგანულ ნაერთთან—ამონიაკთან წარმოიქმნება კიდევ უფრო რთული ორგანული ნივთიერებები—ცილები.

როგორღა მოწყობილი ეს შესანიშნავი ბუნებრივი „ლაბორატორია“ ურომლისოდაც შეუძლებელია მთელი ორგანული სამყაროს არსებობა?

ყველაზე უფრო ხშირად ეს ლაბორატორია ვიწროყუნწიან ბრტყელ ფირფიტას წარმოადგენს. თუ ფოთოლს დავაკვირდებით, შევნიშნავთ, რომ ის ორი განსხვავებული ნაწილისაგან—ძარღვებისა და მათ შორის მოთავსებული ფოთლის რბილობისაგან შედგება. ფოთლის ზედა და ქვედა მხარე დაფარულია თხელი კანით, რომელიც ფოთოლს იოლად სცილდება მისი წყალში დასველებისას. ფოთლის ზედა კანი სავესებით უფერული და გამჭვირვალეა, ხოლო ქვედა დაფარულია ნახი ბუსუსით.

მიკროსკოპის ქვეშ ფოთოლი წააგავს უზარმაზარ ბადეს, რომელიც ურიცხვი მრავალგვარი ფორმის უჯრედისგანაა მოქსოვილი. აქ არის მოგრძო, კვადრატული, მომრგვალო, რკალისებური უჯრედები. ხოლო ქვედა კანის ბუსუსი მიკროსკოპის ქვეშ მოგვაგონებს ნამდვილ ლაბირინთს, რომელიც უამრავი რაოდენობის წვრილ-წვრილი ნასვრეტისაგან შედგება. ეს საპაერობოა, რომელიც ფოთლის სიღრმეში შედის. მათ ბაგეებს უწოდებენ. მეცნიერებმა დაითვალეს რამდენ ამგვარ ბაგეს შეიცავს ფოთოლი. აღმოჩნდა, რომ — მილიონებს. ცაცხვის ფოთოლზე — ერთ მილიონზე მეტია, ხოლო მზესუმზირას ფოთოლზე — რამდენიმე მილიონიც. ბაგეების საშუალებით ფოთოლი ატმოსფეროდან შთანთქავს ნახშირორჟანგს და ბადეებიდანვე გამოყოფს ჟანგბადს. მცენარეში ბაგეების გზით ხდება გაზთა ცვლა, იმ წყლის აორთქლება, რომელიც ღეროდან ფოთოლში გადადის.

ბაგე იმ საოცარ გარდაქმნათა რეგულატორს წარმოადგენს რომელიც ნახშირორჟანგთან ან წყალთან დაკავშირებით მიმდინარეობს. თითოეული ბაგე ორი ე. წ. მკეტავი უჯრედისაგან შედგება. როცა მცენარის შიგნით სახამებელი ხსნად შაქრად გარდაიქმნება (ამ დროს შაქრის რაოდენობა მატულობს), მკეტავი უჯრედი მოქნილი ხდება. იგი, დაჭიმული ზამბარის მსგავსად, ბაგის გახსნას უწყობს ხელს. როდესაც ხსნადი შაქარი ისევ სახამებლად გარდაიქმნება, მკეტავი უჯრედი კარგავს მოქნილობას და ბაგეც იხურება.

ტიმირიაზევის ცდებმა შესაძლებელი გახდა უფრო ღრმად ჩავწვდომოდით მწვანე ლაბორატორიას, გავცნობოდით მის მოწყობილობას, უკეთ გაგვეგო მისი მუშაობის პრინციპები. მაგრამ სინათლეზე ქლოროფილის მარცვლებში სახამებლის წარმოქმნის დამტკიცება არ იყო საკმარისი. საჭირო იყო იმის ახსნა თუ როგორ ხდება ეს „დაბადება“, ნახშირორჟანგი და წყალი როგორ გარდაიქმნება ნახშირწყლებად.

ნახშირწყალი ნახშირბადის, წყალბადისა და ჟანგბადისაგან შედგება. მაშასადამე, მსჯელობდა, ტიმირიაზევი, ნახშირორქანვისგან და წყლისაგან მის მისაღებად საჭიროა ნახშირორქანგს მთლიანად წაერთვას ჟანგბადი.

თავდაპირველად ნახშირორქანგი სინათლის გავლენით ერთ ჟანგბადს კარგავს და ნახშირორქანგი წარმოიქმნება: ნახშირორქანგი + სინათლე → მხუთავი გაზი + ჟანგბადი.

შემდეგ ნახშირორქანგი უერთდება დაქანგულ ქლოროფილს, ე. ი. ქლოროფილის იმ მოლეკულებს, რომელთაც ჟანგბადის ატომი აქვს მიერთებული: (დაქანგული ქლოროფილი + ნახშირქანგი + სინათლე) → (ქლოროფილი + ნახშირქანგი) + ჟანგბადი.

შემდეგ, კ. ტიმირიაზევის აზრით, ნახშირქანგთან შეერთებული ქლოროფილი წყალთან ურთიერთმოქმედებს; წარმოიქმნება უმარტივესი ორგანული ნივთიერება ფორმალდეჰიდი (ქიანქველმეფავა აღდეჰიდი) და კვლავ თავისუფლდება დაქანგული ქლოროფილი: (ქლოროფილი + ნახშირქანგი) + წყალი → ფორმალდეჰიდი + დაქანგული ქლოროფილი.

ფორმალდეჰიდისაგან, მისი ექვსი მოლეკულის შემკიდროებით, მიიღება გლუკოზა.

ფოტოსინთეზის დროს მიღებულ შუალედურ ნივთიერებათა ბუნებაზე ამ შეხედულებას მაშინ ბევრი გამოჩენილი ბოტანიკოსი და ქიმიკოსი იზიარებდა.

გასული საუკუნის ბოლოს ფოტოსინთეზის პრობლემით დაინტერესდა ა. ბახი. მწვანე მცენარის მიერ ნახშირორქანგის შთანთქმას, ორგანულ ნაერთთა წარმოქმნის გარდა, თან სდევს ჟანგბადის გამოყოფაც. როგორ მიიღება ეს თავისუფალი ჟანგბადი? რომელ შუალედურ ნივთიერების ხარჯზე მიმდინარეობს ამ გაზის გამოყოფა? დღეს კარგადაა ცნობილი, რომ ჰაერში არსებული მთელი ჟანგბადი მცენარის ფოტოსინთეზის დროსაა წარმოქმნილი. გამოთვლილია, რომ მცენარეები დღე-ღამეში მილიარდ ტონაზე მეტ ჟანგბადს გამოყოფს. ხოლო ატმოსფეროში მთელი ჟანგბადის რაოდენობა დაახლოებით 1500000 მილიარდ ტონას აღწევს. მართლაც რომ ასტრონომიული ციფრია.

ამ პრობლემით დაინტერესებული ა. ბახი ჯერ ყურადღებით გაეცნო ფოტოსინთეზის მაშინ არსებულ თეორიებს, მაგრამ ამ თეორიებმა ის არ დააკმაყოფილა.

დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად ის გულმოდგინედ და მუყაითად შეუდგა მუშაობას — და მთელი რიგი გონებამახვილური ცდა

ჩატარა. მან შეძლო მცენარის უჯრედში მიმდინარე რთული ბიოლოგიური პროცესი ცალკეულ ქიმიურ რეაქციებად დაეშალა და ყოველი მათგანი ცალ-ცალკე სინჯარაში ჩაეტარებინა. ამ ცდებმა ცხადჰყო, რომ მწვანე ლაზორატორიის სიღრმეში ჟანგბადის წარმოქმნა სრულიად სხვაგვარად მიმდინარეობს, ვიდრე ეს ზოგ მეცნიერს ეგონა.

როდესაც მცენარე ნახშირორჟანგს შთანთქმავს, ჟანგბადის ატომის მოწყვეტა და ნახშირჟანგის წარმოქმნა კი არ ხდება, არამედ ნახშირორჟანგის ერთი მოლეკულა უერთდება წყალბადის ორ ატომს, ხოლო, ორი სხვა კი—წყლის ჰიდროქსილს. მიიღება ფორმალდეჰიდი და ზეჟანგები.

ზეჟანგები კი არამდგრად ნაერთებს წარმოადგენს, მალე იშლება და მოლეკულურ ჟანგბადს გამოჰყოფს. მაშასადამე მცენარის მიერ ატმოსფეროში გადაცემული ჟანგბადი ნახშირორჟანგისგან კი არა, წყლისაგან მიიღება.

ბახის მიერ გამოთქმულ მოსაზრებას დიდხანს არ იზიარებდნენ. არც ქიმიკოსები და არც ბოტანიკოსები არ თვლიდნენ ამ მოსაზრებას მართებულად. მხოლოდ სულ უკანასკნელ ხანს საბჭოთა მეცნიერებმა ა. ვინოგრადოვმა და რ. ტეისმა ნიშანდებულ ატომთა მეთოდის გამოყენებით დაადასტურეს ა. ბახის ჰიპოთეზის სისწორე.

ნახშირორჟანგით გამდიდრებულ წყლიან მალალ ჭიქებში მოათავსეს წყლის მცენარის—ელოდეას ყლორტები. ყლორტები გადმოპირქვევებული მინის ძაბრით ჩაძირეს წყალში, ხოლო ძაბრის ბოლოზე სინჯარა წამოაცვეს. ჭიქა დადგეს მზეზე. მცენარის მიერ ამ დროს გამოყოფილი გაზის ბუშტულები სინჯარაში გროვდებოდა.

მიღებული გაზი ნიშანდებული ატომების—ჟანგბადის იზოტოპის (O^{18}) საშუალებით გამოიკვლიეს. ნორმალური ჟანგბადის (O^{16}) ატომებსა და ჟანგბადის იზოტოპს (O^{18}) შორის თანაფარდობის საფუძველზე დაადგინეს, რომ დაგროვილი გაზი უფრო ემსგავსება წყლის, ვიდრე ნახშირორჟანგის ჟანგბადს.

ასეთივე შედეგი მიიღეს თავის ცდებში უცხოელმა მეცნიერებმაც ვან-ნილმა და სხვებმა.

ამგვარად, ფოტოსინთეზის დროს სინათლის გავლენით ჯერ იშლება წყალი და არა ნახშირორჟანგი. რეაქცია მიმდინარეობს ასე:

სინათლე

წყალი — წყალბადი + ჟანგბადი.

შემდეგ წყალბადის მოლეკულები უერთდება ნახშირორჟანგს და მიიღება ფორმალდეჰიდი და წყალი.

ნახშირორჟანგი + წყალბადი → ფორმალდეჰიდი + წყალი.

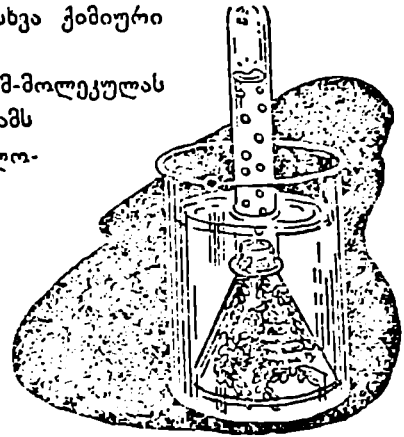
თუ ადრე მეცნიერები ფოტოსინთეზის არსს ქლოროფილის მიერ

ნახშირორქანგის დაშლაში ხედავენ, ახლა ამ პროცესის დამახასიათებელ თავისებურებად წყლიდან ნახშირორქანგისაკენ წყალბადის გადატანას თვლიან. ამ ახალი მოსაზრების თანახმად ქლოროფილიც ნახშირორქანგისაგან მოწყვეტილი ქანგბადის გადამტანი აღარაა. თანამედროვე შეხედულებით მას წყლისაგან მიღებული წყალბადი გადააქვს. წყლისაგან ნახშირორქანგისაკენ წყალბადის გადატანა ენერჯის დიდ ხარჯვასთანაა დაკავშირებული. ფოტოსინთეზის რეაქციის დროს მიმდინარეობს ნახშირორქანგის აღდგენა და ქანგბადის გამოყოფით წყლის დაჯანგვა.

მცენიერებმა ზუსტად გამოითვალეს ქლოროფილის მიერ შთანთქმული სინათლის ენერჯის რა რაოდენობა იხარჯება ფოტოსინთეზის დროს სხვადასხვა ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობაზე.

თუ ფორმალდეჰიდის ერთ გრამ-მოლეკულას ე. ი. ამ ნივთიერების ოცდაათ გრამს დაეწვავთ, გამოიყოფა 112 კილოკალორია სითბო. ამდენივე სითბოა საჭირო მცენარის ფოთლებში ფორმალდეჰიდის ამავე რაოდენობის სინთეზისათვის.

ამჟამად სპეციალურ ხელსაწყოთა დახმარებით ზუსტად შეიძლება გამოითვალოს მზის ენერჯის ის რაოდენობა, რომელიც მცენარის ფართობის ყოველ კვადრატულ სანტიმეტრს ეცემა ყოველ წუთში ან საათში. შეიძლება აგრეთვე ნახშირორქანგის იმ რაოდენობის გაგებაც, რომელსაც მცენარე ყოველ წამში, წუთში ან საათში შთანთქავს. იოლია დროის ერთეულში წარმოქმნილ ორგანულ ნივთიერებათა რაოდენობის გამოთვლაც.



ბუნებრივების გამოყოფა წყალმცენარის მიერ

თანამედროვე შეხედულებების მიხედვით, სინათლე უწყვეტ ნაკადად კი არ გამოსხივდება, არამედ ცალკეულ ულუფებით—ქვანტებით. ერთი ქვანტის ენერჯია მეტად მცირეა. მიუხედავად ამისა 3—4 ქვანტის ენერჯია საკმარისია, რათა მცენარეში ნახშირორქანგის ერთი მოლეკულა ფორმალდეჰიდად გარდაიქმნას.

თანამედროვე შეხედულებების მიხედვით, სინათლე უწყვეტ ნაკადად კი არ გამოსხივდება, არამედ ცალკეულ ულუფებით—ქვანტებით. ერთი ქვანტის ენერჯია მეტად მცირეა. მიუხედავად ამისა 3—4 ქვანტის ენერჯია საკმარისია, რათა მცენარეში ნახშირორქანგის ერთი მოლეკულა ფორმალდეჰიდად გარდაიქმნას.

იმისათვის კი, რომ ნახშირორქანგის ერთი გრამ მოლეკულა (რომელშიც 6,06—10²³ მოლეკულაა) აღდგეს, საშუალო უფრო მეტი ქვანტია საჭირო.

გამოთვლა ცხადჰყოფს, რომ ნახშირორქანგის ერთ გრამ მოლეკულაზე მცენარე შთანთქავს არა 112 კილოკალორიას, არამედ 600-დე კილოკალორიას. როგორც ჩანს, ენერჯის დანარჩენ ნაწილს მცენარე რომელიღაც არამდგრად ორგანულ ნერთთა წარმოქმნისათვის იყენებს.

ამრიგად, სინათლის მარაგის გამოყენების კოეფიციენტი შეადგენს დაახლოებით ოც პროცენტს, ანუ მცენარის ფოთლებზე დაცემული მზის მთელი ენერჯის რვა-ათ პროცენტს. ახლა უკვე იოლია დღე-ღამეში მცენარის მწვანე მასის ნამატის გამოთვლა. მაშასადამე, შესაძლებელია პურის, კარტოფილის, შაქრის ქარხლის ან ნებისმიერი სხვა მცენარის მოსავლის გამოთვლა.

ზაფხულის დღეებში ნიადაგის ერთ ჰექტარზე მზის ენერჯის 25 მილიონი კილოკალორია ეცემა. მცენარე კი ამ რაოდენობის დაახლოებით ოც პროცენტს ითვისებს მხოლოდ. ენერჯის ეს რაოდენობა საკმარისია ჰექტარზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების 50—60 ტონა მშრალი მასის მისაღებად.

ეს გამოთვლა რეალურ შესაძლებლობაზე დაყრდნობით არის მიღებული. მას ადასტურებს ჩვენი სოფლის მეურნეობის მოწინავეთა სარეკორდო მოსავალი. ზოგიერთ საბჭოთა მეურნეობაში ჰექტარზე-ორიათას ცენტნერამდე შაქრის ქარხალი, ათას სამას ცენტნერამდე კართოფილი, ასორმოცდაათ ცენტნერამდე სიმინდი მიუღიათ. ასეთი უზარმაზარი მოსავალი შეესაბამება ჰექტარზე რამდენიმე ათეული ტონა ორგანული მასის დაგროვებას.

უკვე ას წელზე მეტია რაც მთელი მსოფლიოს მეცნიერები დაუღალავად იღწვიან ფოტოსინთეზის საიდუმლოს ამოსაცნობად. სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერთა დიდი კოლექტივის შრომა ამაოდ არ არის დაკარგული. ბევრი რამ, რაც აუხსნელად ეჩვენებოდა გამოჩენილ მეცნიერებს, ახლა მოწაფისთვისაც გასაგებია. მაგრამ ჯერ კიდევ ბევრი შრომა ელით ბოტანიკოსებს და ფიზიოლოგებს, ფიზიკოსებს და ქიმიკოსებს, ვიდრე საბოლოოდ გახსნიან ფოტოსინთეზის ყველა საიდუმლოს.

თუ ჩავწვდებით ამ პროცესს, რომელიც ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის საფუძველს შეადგენს, ამით შევძლებთ ვმართოთ მცენარეთა მოსავალი. მოსავლის გაზრდა შეგვეძლება ორ-სამჯერ, ხოლო ზოგიერთ რაიონში, სადაც ტენი ბევრია—ხუთჯერაც კი.

ამგვარი მოსავალი არა თუ სავსებით დააკმაყოფილებს კვების პროდუქტებით დედაიწის მზარდი მოსახლეობის მოთხოვნილებას, არამედ უზრუნველყოფს საკვებით შინაურ ცხოველებსაც. ის საშუალებას მოგვცემს ფართოდ გამოვიყენოთ მცენარეულ პროდუქტთა 202

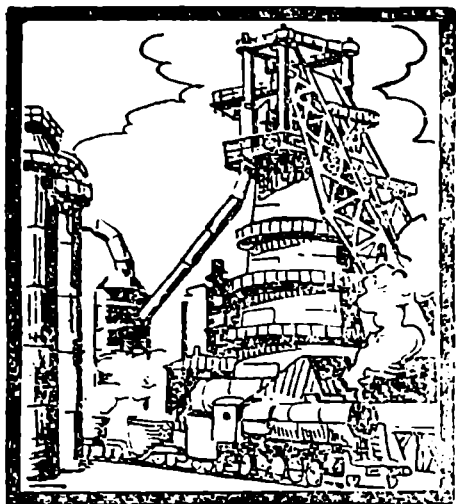
ნარჩენი, რომელიც პლასტიკური მასების, სინთეზური ბოჭკოს და ხელოვნური კაუჩუკის ნედლეულს წარმოადგენს.

დროთა განმავლობაში ჩვენ შევძლებთ მცენარის გარეშე ხელოვნური გზით განვახორციელოთ ფოტოსინთეზი.

მაშინ მზის მუქთი ენერჯიის დახმარებით ნახშირორქანგისაგან, კირქვისაგან, წყლისაგან და აზოტისაგან ათასობით მრავალნაირ ორგანულ ნივთიერებას შევქმნით. მზის სხივების საშუალებით სპეციალურ დანადგარებში წყალი დაიშლება წყალბადად და ჟანგბადად. გაზის სავესე ბალონებს მიიღებს სხვადასხვა ქიმიური საწარმო, რომელიც ჩვენი მრეწველობისა და სახალხო მეურნეობისათვის საჭირო მრავალნივთიერებას გამოუშვებს და ეს იქნება მეცნიერების კიდევ ერთი გამარჯვება.



თ ა ვ თ მ ა დ ა ც რ ე მ



მ რ მ მ რ ე ს ი მ
ლ ე ზ ე მ ვ ე მ ი

ქ რ ი ლ ა ნ ბ რ ა მ ე ლ ი ს ა კ ე ნ

ი ნ დ რ ე თ ი ს ე რ თ - ე რ თ პ რ ო ვ ი ნ ც ი ა შ ი ღ ვ ა ს რ კ ი ნ ი ს ბ ო ძ ი , ღ ა მ -
ზ ა დ ე ბ უ ლ ი ა თ ა ს ხ უ თ ა ს ი წ ლ ი ს წ ი ნ ა თ . ე გ ე ი მ ტ ი ს პ ი რ ა მ ი დ ე ბ შ ი
მ კ ვ ლ ე ვ ა რ ე ბ ი ს მ ი ე რ ნ ა პ ო ვ ნ ი ი ყ ო ნ ა მ გ ლ ი ს ნ ა ტ ე ხ ი , რ ო მ ე ლ ს ა ც ს ა მ ი
ა თ ა ს ი წ ლ ი ს ხ ნ ო გ ა ნ ე ბ ა ს მ ი ა წ ე რ ე ნ , ღ ე დ ა მ ი წ ა ზ ე ა რ ი ს რ კ ი ნ ი ს კ ი ღ ე ვ
უ ფ რ ო უ ძ ე ვ ლ ე ს ი ნ ა კ ე თ ო ბ ა ნ ი .

უ ხ ს ო ვ ა რ ი ღ რ ო ი დ ა ნ ა დ ა მ ი ა ნ ე ბ ი ა გ რ ო ვ ე ბ დ ნ ე ნ ც ი დ ა ნ ჩ ა მ ო ვ ა რ დ -
ნ ი ლ მ ე ტ ე ო რ ი ტ ე ბ ს . „ ც ი უ რ ი “ რ კ ი ნ ი ს ა გ ა ნ ა მ ზ ა დ ე ბ დ ნ ე ნ ი ს ი ნ ი ს ა კ ი რ ო
ს ა გ ნ ე ბ ს .

მ ა გ რ ა მ ო რ ი ა თ ა ს ხ ე მ ე ტ ი წ ლ ი ს წ ი ნ ა თ ა დ ა მ ი ა ნ ე ბ ზ ა თ ვ ი თ ო ნ
ი ს წ ა ვ ლ ე ს მ ა დ ნ ი დ ა ნ რ კ ი ნ ი ს გ ა მ ო დ ნ ო ბ ა . გ ო რ ა კ ი ს ფ ე რ დ ო ბ ზ ე ა მ ო თ -
ხ რ ი ლ მ ო მ ც რ ო ო რ მ ო ვ ე ბ შ ი (უ ძ ე ვ ლ ე ს ი ქ უ რ ა) ა წ ყ ო ბ დ ნ ე ნ შ ე შ ი ს ნ ა ჭ -
რ ე ბ ს დ ა ც ე ც ხ ლ ს უ კ ი დ ე ბ დ ნ ე ნ . რ ო ც ა შ ე შ ა ი ნ თ ე ბ ო ღ ა , მ ა ს ზ ე ა თ ა ე -
ს ე ბ დ ნ ე ნ მ ო წ ი თ ა ლ ო - ყ ა ვ ი ს ფ ე რ ქ ე ვ ე ბ ს — რ კ ი ნ ი ს მ ა დ ა ნ ს . მ ა დ ა ნ ს ზ ე ვ ი -
დ ა ნ ხ ი ს ნ ა ხ შ ი რ ი თ ფ ა რ ა ვ დ ნ ე ნ . ც ე ც ხ ლ ს ი უ კ ე თ გ ა ჩ ა ლ ე ბ ი ს მ ი ზ ნ ი თ ,
ა კ ე თ ე ბ დ ნ ე ნ . გ ა რ ე თ ა მ ო შ ე ვ რ ი ლ თ ი ხ ი ს მ ი ლ ე ბ ს , ა ქ ე დ ა ნ ქ უ რ ა ჰ ა ე რ ი თ
მ ა რ ა გ დ ე ბ ო ღ ა . ძ ე ვ ლ ი ღ რ ო ი ს მ ე ტ ა ლ უ რ გ ე ბ ი ს ე რ თ გ უ ლ ი ღ ა მ მ ხ მ ა რ ე

იყო ქარი. იგი აჩაღებდა და აძლიერებდა ცეცხლს. მაგრამ ალის ტემპერატურა მაინც არ იყო საკმარისი რკინის გასადნობად. ქურაში ბუნებრივი წვევის დროს ჟანგბადი ძალიან მცირე რაოდენობით ჩადიოდა. რკინის გამდნარი მასის მისაღებად საჭიროა მადნის ათასხუთას გრადუსამდე გახურება. უძველესი მეტალურგები იღებდნენ არა სუფთა რკინას, არამედ წილითა და ნაცრით დანაგვიანებულ ფოროვან მასას.

დიდი დრო გავიდა, ვიდრე ჩვენმა წინაპრებმა ხელოვნური ქარის შექმნა ისწავლეს.

ცხოველთა ტყავისაგან დაიწყეს საბერველის გაკეთება და საბერველის საშუალებით ქურაში ჰაერის ჩაბერვა.

პირველ ხანებში საბერველის გამოგონებამ დიდად ვერ გააუმჯობესა ლითონის ხარისხი. ქურაში უწინდებურად იღებდნენ ფოროვან, ღრუბელის მსგავს ლავაშივით მასას.

კიდევ ბევრი საუკუნე გავიდა ვიდრე ადამიანები გადადგამდნენ ახალ ნაბიჯს რკინის გამოდნობის საქმეში.

XIII საუკუნის დასაწყისში საბერველი მოძრაობაში მოჰყავდა არა ადამიანის და ცხოველის კუნთოვან ძალას, როგორც ეს ძველ დროში იყო, არამედ ვარდნილი წყლის ენერჯიას.

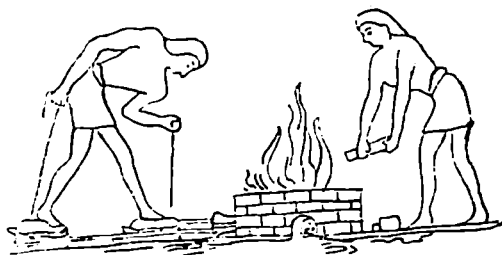
ახლა სადნობ ღუმელებში უკვე შედიოდა რკინის გასადნობად საკმარისი ჰაერის რაოდენობა.

უძველესმა პრიმიტიულმა ქურამ ადგილი დაუთმო უფრო სრულყოფილ სადნობ ღუმელებს, პატარა ბრძმელებს.

ქვისაგან აგებულ ამ ღუმელებს უფრო ხშირად წაკვეთილი კონუსის ფორმა ჰქონდა.

იგებოდა სხვადასხვა ზომის სადნობი ღუმელები. მათ შორის იყო დიდები და პატარები. ზოგიერთი მათგანის სიმაღლე ხუთ მეტრს აღწევდა. ამგვარ ღუმელში მიღებულ ღრუბლებსებრ, ფოროვან მასას უწოდებდნენ გუნდას.

მრავალი საუკუნის მანძილზე სხვადასხვა ქვეყნის მეტალურგები და მკვლევები რკინის მადანს ადნობდნენ ქურაში და პატარა ბრძმელებში.



ძველი ეგვიპტური ქურის სქემატური გამოსახულება

საუკუნეების მანძილზე დაგროვილი გამოცდილება თაობიდან თაობაში, მამიდან შვილზე გადადიოდა. მაგრამ მადანის გამოდნობისას მიმდინარე ქიმიური პროცესების არსი გამოუცნობი რჩებოდა.

მხოლოდ ჩვენს ეპოქაში მკვლევარებმა შეისწავლეს რკინის მიღების უძველესი წესები და გამოარკვიეს თუ რა ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობდა ძველ სადნობ ღუმელებში.

მადანი — რკინისა და ჟანგბადის ქიმიური შენაერთი — გახურებისას ათავისუფლებდა თავის ჟანგბადს. ეს ჟანგბადი უერთდებოდა სათბობის ნახშირბადს და წარმოიქმნებოდა ნახშირორჟანგი. მადნის ნაქერი თანდათანობით გარდაიქმნებოდა ფოროვან ლავაშად — ნახშირბადით გაჯერებულ რკინის მასად. ცივადბერვის ქურაში ყოველთვის რჩებოდა ცოტაოდენი მადანი, რომელმაც ვერ მოასწრო აღდგენა ე. ი. რკინად გადაქცევა. ეს რკინიანი წილა გუნდა რკინასთან შეხებისას, თავისი ჟანგბადით ჯანგაჟდა მასში არსებულ ნახშირბადს.

გავარჯერებულ გუნდას მკედელი ქედავდა მძიმე უროთი. უროს დარტყმებით გუნდა თავისუფლდებოდა ზედმეტი მინარევისაგან — წილისა და ფუჭი ქანისაგან.

მრწველობის განვითარება სულ უფრო და უფრო მეტ რკინას მოითხოვდა. ცივადბერვის ქურები და პატარა ბრძმელები ველარ აკმაყოფილებდა მზარდ მოთხოვნილებას ლითონზე. უფრო მეტი ლითონის გამოსადნობად დაიწყეს ფართო და მაღალი გამოსადნობი ღუმელების — აგება.

მაგრამ ამ დროს უცნაური მოვლენა გამომქლავნდა. გუნდა რკინასთან ერთად ღუმელში მიიღებოდა აქამდე უცნობი რაღაც ნივთიერება. იგი რკინას წააგავდა, მაგრამ არ იქედებოდა. ცეცხლში ისეთი მყიფე ხდებოდა, რომ სუსტი დარტყმისაგანაც კი იმსხვრეოდა. მეტალურგები რაც უფრო მაღალ ღუმელებს აგებდნენ, მით უფრო მეტი მიიღებოდა ეს უჩვეულო ნივთიერება და მადნიდან მით უფრო ნაკლები გუნდა რკინის გამოდნობა ხდებოდა. ამ უცნაურ ლითონს, რომელმაც მკედლებსა და მეტალურგებს ამდენი უსიამოვნება მოუტანა, უწოდებდნენ „ლორს“, „ველურ ქვას“, „ბატს“ და მას, როგორც უვარგისს, აგდებდნენ. მას რუსეთში „ჩუშკას“ უწოდებდნენ, სწორედ აქედან წარმოსდგა შემდგომ ამ ლითონის რუსული სახელწოდება „ჩუგუნი“ (თუჯი).

ახალ ღუმელებში ტემპერატურა, ცივადბერვის ქურებთან შედარებით, ბევრად უფრო მაღალი იყო. ამიტომ აქ წარმოიქმნებოდა ნაკლები წილა, რომელიც გუნდა რკინის ნახშირბადის დაჟანგვას ახდენდა. მადანში დარჩენილი ლითონის ნაწილი ნახშირბადით გაჯე-

რებული რჩებოდა, სწორედ ეს ნახშირბადით გაჯერებული ლითონი წარმოადგენდა თუჯს.

ძნელია იმის თქმა, თუ რამდენ ხანს ითვლებოდა თუჯი უსარგებლო ნარჩენად. მაგრამ აი ვილაყამ შენიშნა, რომ ამ „ლორ“ რკინას შესანიშნავი თვისებები ახასიათებს. თუ გამდნარ თუჯს ჩავახამთ რაიმე ყალიბში, გაცივებული ლითონი ზუსტად იმეორებს ყალიბის ფორმას.

საზრიანმა მკვლელებმა აღარ დააყოვნეს ამ აღმოჩენის გამოყენება. თუჯიდან დაიწყეს ქოთნების, ტათების და სხვა ნივთების ჩამოსხმა.

ახალი ლითონის ღირსებები სწრაფად გამოიყენეს მრეწველობისა და სამხედრო საქმისთვისაც. თუჯისგან დაიწყეს ქვეშების ლუსისა და ყუმბარის ჩამოსხმა.



პრიმიტიული ბრძმელი

XVI საუკუნეში თავისი რკინის ნაკეთობებით რუსეთში განთქმული იყო უსტიუჟნა. აქ ასობით სამშედლო ქურა და სადნობი ღუმელი მუშაობდა. რკინასა და თუჯს იღებდნენ რუსეთის ბევრ სხვა ქალაქშიც: სეროპუხოვში, კოლომნაში, ტულაში, მოჟაისკსა და ყაზანში.

თუჯის უფრო ახლოს გაცნობისას მეტალურგებმა გამოამყვანეს მისი კიდევ ერთი შესანიშნავი თვისება. აღმოჩნდა, რომ შეიძლება თუჯის რკინად გადაამუშავება. და ეს გაცილებით უფრო სარფიანია, ვიდრე მადნიდან გუნდა რკინის მიღება.

ერთი შეხედვით შეიძლება უცნაური გვეჩვენოს, რომ ორმავე დნობა ერთჯერ დნობაზე უფრო სარფიანია. მაგრამ თუ ღრმად ჩავწვდებით ამ დროს მიმდინარე ქიმიური რეაქციების არსს, ყველაფერი გასაგები გახდება. სამკვდლო ქურებში ან ბრძმელებში კარგი გუნდის მისაღებად, საჭირო იყო რკინიანი წილა ნახშირბადის დასაჟანგად. წილა შეიცავდა რკინის ჟანგეულების დაახლოებით ორმოცდაათ პროცენტს, მაშასადამე წიდასთან ერთად იკარგებოდა მადანში არსებული რკინის მნიშვნელოვანი ნაწილიც.

მადნიდან თუჯის გამოღობისას კი რკინის დანაკარგი თითქმის არ იყო. გარდა ამისა, ერთი ტონა თუჯის გამოსაღობად იხარჯე-

ბოლა გაცილებით უფრო ცოტა ნახშირი, რადგან დიდი რაოდენობით ლითონი და ცოტაოდენი წილა მიიღებოდა.

ზოგიერთი საზღვარგარეთელი მეტალურგის გამოთვლით თუჯიდან ზოლოვანი რკინის მიღებისას სათბობის დანახარჯი ორჯერ უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე გუნდა რკინისაგან მისი გამოღობის დროს.

დაიწყო თუჯის წარმოების სწრაფი ზრდა. თუ XVIII საუკუნის დასაწყისში რუსეთში აღნობდნენ მხოლოდ ასორმოცდაათათას ფუთ თუჯს, ამ საუკუნის ბოლოსათვის კი ამ „გამოუსადეგარი რკინის“ წარმოებამ თითქმის ცხრა მილიონ ფუთს მიაღწია. ლითონის გამოღობის მიხედვით რუსეთმა მაშინ პირველი ადგილი დაიკავა, მსოფლიოში. ასობით ათასი ფუთი რუსული რკინა იგზავნებოდა საზღვარგარეთ. მარტო ინგლისს XVIII საუკუნის ოცდაათიან წლებში რუსეთიდან შეჰქონდა ორასი ათასი ფუთი რკინა.

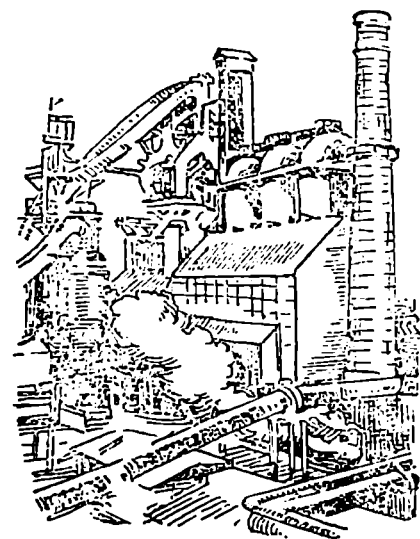
ციმბირის რკინამ, მთელს მსოფლიოში „ხნიერი სიასამურის“ სახელწოდებით ცნობილმა, დაჩრდილა შვედური რკინის დიდება, რომელიც იმ დროს მსოფლიოში საუკეთესოდ ითვლებოდა.

იმის შემდეგ, რაც შეამჩნიეს რკინის თუჯიდან მიღების სარფიანობა, მეტალურგებმა მადნიდან თუჯის გამოღობა დაიწყეს პატარა

ბრძმედებში, ხოლო თუჯიდან-რკინისა — განსაკუთრებით გამოსაღობ ღუმელში — კრიცულ ქურაში, რომელიც უძველესი ცივად ბერვის ქურისაგან მცირეოდენად განსხვავდებოდა.

ნახშირბადი, რომლითაც იქლენებოდა თუჯი, იგზავებოდა ჰაერის ჟანგბადით და, ნაწილობრივ, რკინიანი წიდის შემადგენლობაში შემავალი რკინის ჟანგულების ჟანგბადით.

ახლა უკვე, რკინის „დაბადებასთან“ დაკავშირებული ძირითადი მეტალურგიული პროცესები, მიმდინარეობდა განცალკევებულად — ორ სხვადასხვა საღობ ღუმელში: პატარა ბრძმედში ხდებ



თანამედროვე ბრძმედის საერთო ხედი

ბოლა მადნიდან ლითონის აღდგენა, ხოლო ქურაში — თუჯის ნახშირბადის დაჟანგვა.

ლითონზე მოთხოვნილების ზრდასთან ერთად იზრდებოდა ბრძმედის ზომაც. თანდათანობით იგი გადაიქცა თანამედროვე ბრძმედად — უზარმაზარ ნაგებობად, რომლის სიმაღლე ათ, თხუთმეტსართულიან სახლს უტოლდება.

ბრძმედი სახეს იცვლის

პირველი ბრძმედები რუსეთში 1632 წელს გაჩნდა ტულის რაიონში. ისინი ააგეს ჰოლანდიელმა მეწარმეებმა, რომელთაც მიიღეს მეფის სიგელი რკინის მწარმოებელი ქარხნების მოწყობის შესახებ.

პეტრეს ეპოქა რკინისმწარმოებელი ქარხნებისა და საბრძმედე ღუმელების გაძლიერებული მშენებლობით აღინიშნა. პეტრესეული ქარხნების აშენებას საფუძვლად ედო არმიისა და ფლოტის იარაღებით მომარაგებაზე ზრუნვა. პეტრე — თადარიგიანი ხელმძღვანელი და შორსმჭვრეტელი პოლიტიკოსი, თავისი ქვეყნის სამეურნეო საქიროებასაც არ ივიწყებდა.

1701 წლის 15 ოქტომბერს ურალში ამუშავდა კანენსკის პირველი პეტრესეული ქარხანა. ორი წლის შემდეგ მწყობრში ჩადგა ალაპავესკის და უქტუსის ქარხნები. მას მოჰყვა ურალში მაშუევესკის, კუნგურსკის, ეკატერინბურგის და სხვა მრავალი ქარხანა. პეტრეს სიცოცხლეში ორ ათეულზე მეტი საბრძმედე ღუმელი იყო აგებული.

რუსული ლითონი, რომელმაც მსოფლიო აღიარება მოიპოვა XVIII საუკუნის ბოლოს, ყველაზე კარგი და ყველაზე იაფი იყო. ურალის მეტალურგია სახელგანთქმული იყო მაშინ არა მარტო თუჯისა და რკინის საუკეთესო ხარისხით, არამედ საბრძმედე ღუმელების სრულყოფითა და სიმძლავრითაც.

თვითნასწავლმა მექანიკოსმა ივანე პოლუხნოვმა გამოიგონა ცილინდრული საბერველი, რომლითაც ხდებოდა გაცილებით უფრო მეტი ჰაერის ჩაბერვა, ვიდრე წინამდებარეებული სხვადასხვა კონსტრუქციის საბერველებით.

ციმბირის ბრძმედები განსხვავდებოდა იმდროინდელი საზღვარგარეთული ბრძმედებისაგან ბევრი სხვა სიახლითაც — სიმაღლით, ქურის სიგანით.

საზღვარგარეთელები აღიარებდნენ რუსული ბრძმედების უღაო ღირსებებს და დიდხანს თვლიდნენ მათ მისაბაძად.

გასული საუკუნის მეორე ნახევარი აღინიშნა ბრძმედების სიმაღლისა და ზომების განუზრეელი ზრდით. გაჩნდა 20 მეტრის, შემდეგ კი 25, 26 და 27 მეტრის სიმაღლის საბრძმედე ღუმელები. მეტალურგებს ეგონათ, რომ ღუმელის მოცულობის ზრდასთან ერთად გაიზრდებოდა გამოდნობილი ლითონის რაოდენობაც. მაგრამ პრაქ-

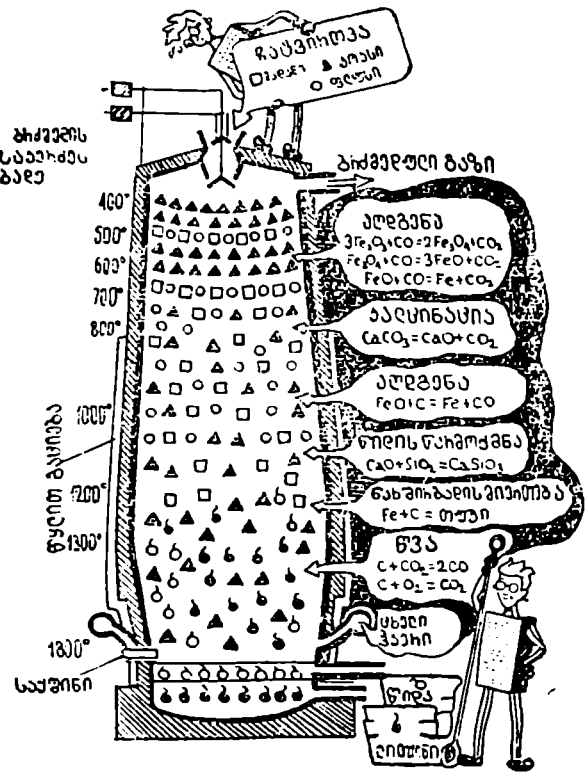
ტიკამ თავდაყირა დააყენა მებრძმედების გამოთვლები. 20 ათასი კუბიკური ფუტი მოცულობის მქონე ლუმელს არ ჰქონდა ორჯერ უფრო მეტი ნაყოფიერება, ვიდრე ორჯერ უფრო ნაკლები მოცულობის მქონე ლუმელს.

რა მიზეზები იწვევს ამგვარ შეუსაბამობას? ამ საკითხზე ბევრი მეტალურგი იმტვრევედა თავს, მაგრამ პასუხს ვერ პოულობდა. მოგვიანებით ამ მოვლენის ახსნა შეძლო ფრანგმა მეცნიერმა ლუი გრიუნერმა. იგი დაწვრილებით შეისწავლიდა მადნის გამოღობისას საბრძმედე ლუმელში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენით პროცესებს.

ბრძმედი წააგავს ორ გიგანტურ წაკვეთილ კონუსს, რომელიც ერთიმეორეზე ფუძეებითაა მოთავსებული. ლუმელის ზედა ნახევარს ქაშვი ეწოდება. ქაშვის თავზე ხვრელია. საიდანაც ბრძმედში იტვირთება მადანი, ნახშირი და სხვადასხვა გამოღობის ხელშემწყობი დანამატები — ფლიუსები.

ამ ხვრელს რუსულად „კოლოშნიკს“ უწოდებენ. იგი წარმოსდგა სიტყვისაგან „კოლოშა“ — მოწნული კალათა, რომლითაც ოდესღაც ურალზე ბრძმედთან ხის ნახშირი მიჰქონდათ.

საბრძმედე ლუმელის ყველაზე ფართო ნაწილს, რომელიც ქვე-



ბრძმედის სქემატური კრილი

და წაკვეთილი კონუსის ფუძეს წარმოადგენს, გვიზი ეწოდება. ბრძმედის ქვედა ცილინდრული ნაწილია ქურა. ქურას აქვს ხვრელები: ჰაერის მისაწოდებლად — საქვენი ანუ ფურმა, ხოლო თუჯისა და წილის გამოსატანად — კრიკები.

ბრძმედის გვერდით აზიდულია ფოლადის უზარმაზარე კოშკები—
ჰაერის გამახურებლები. მძლავრი ჰაერსაბერველებით ცივი ჰაერი გა-
დაიდევნება კოშკებში. აქ ჰაერი ხურდება 500—800 გრადუსამდე.
ცხელი ჰაერი ფურმის საშუალებით შედის ბრძმედში. ცხელი ჰაერი
ხელს უწყობს წვასა და თუჯის გამოსაღობად აუცილებელი ტემპე-
რატურის შენარჩუნებას. ჰაერის ჯანგბადი ეანგავს კოქსს და წარმოქმ-
ნის ნახშირორჯანგს. კოქსის წვის დროს ფურმების მახლობლად ტემ-
პერატურა 1600—1800 გრადუსს აღწევს.

ნახშირორჯანგი აღის ზევით, გაივლის გავარვარებული ნახში-
რის ფენაში და გადაიქცევა ნახშირორჯანგად. ღუმელის ზედა ნაწი-
ლში იგი მადნის რკინის ეანგეულს აღადგენს რკინის ქვეეანგად. თვი-
თონ კი ისევე ნახშირორჯანგა გაზად გარდაიქმნება. აქ ტემპერატუ-
რა 500 გრადუსს არ აღემატება.

კოქსის წვასთან ერთად ქურაში სულ უფრო და უფრო დაბლა
ეშვება კახში — მადნის, კოქსისა და გამდნარი მასის ნარევი. ღუმე-
ლის შუა ნაწილში, სადაც ტემპერატურა 700—800 გრადუსს აღწევს,
ხდება რკინის ქვეეანგის ლითონად აღდგენა.

მადნის ნატეხების ნაწილი ჯერ კიდევ ვერ ასწრებს რკინად
გარდაქმნას. გვიზში ნახშირჯანგი ამ ნაწილს ართმევს ეანგბადს. აღდ-
გენა მთავრდება დაახლოებით 1100 გრადუსზე და რკინა გადაიქცევა
წყარ ღრუბლოვან მასად. გვიზის ქვედა ნაწილში რკინა რეაქციაში შე-
დის ნახშირჯანგთან და წარმოქმნის რკინანახშირბადიან შენადნობს—
თუჯს.

თუჯი ეშვება კიდევ უფრო დაბლა, სადაც ტემპერატურა
1200—1250 გრადუსია. აქის საბოლოოდ დნება და პატარა ნაკადე-
ბად ჩაედინება ქურის ქვედა ნაწილში.

ბრძმედის მუშაობის პროცესში მადანში არსებული ფუჭი ქანი
ურთიერთმოქმედებს მდნობებთან. წარმოიქმნება თხევადი წილა. წილა
გროვდება გამდნარი თუჯის ზედაპირზე და იცავს მას დაეანგვისაგან.

როცა ქურაში თუჯი დიდი რაოდენობით გროვდება, მექურე
ელექტრული საბურღი ჩაქუჩით ანგრევს კრიქას, რომელიც თიხითაა
შელესილი.

ქვამლის ღრუბელით გარემოცული ცეცხლოვანი ნაკადი ხმაუ-
რით და გრუხუნით გადმოიფრქვევა ბრძმელიდან. გამდნარი ლითონი
ღარით იღვრება თუჯსაზიდის ციცხვეზში.

როგორც კი ღუმელიდან გამდნარი თუჯის უმეტესი ნაწილი
გადმოვა, ჩნდება წიდის პატარა ნაკადები. წილა ღუმელიდან გამოაქვთ
მეორე ხერელით -- წიდის კრიჭით. წილა სწრაფად ავსებს საწიდე
ციცხვეზს.

ძველად მეტალურგები წიდას „ბრძმედის წვენს“ უწოდებდნენ. ოდესღაც წილისგან ასხამდნენ ქვემების ყუმბარებს. ახლა მას უპოვეს ახალი გამოყენება — წილის ბლოკებით აგებენ სახლებს, მას იყენებენ გზების მოსაკირწყულადაც.

საბრძმედე ლუმელის მუშაობის შესწავლისას ლუი გრიუნერმა მეტად მნიშვნელოვანი დაკვირვებები ჩაატარა.

კაზმი მაღალ ლუმელში, დაბალ ლუმელთან შედარებით, გაცილებით უფრო ნელა მოძრაობს ქვევითა მიმართულებით. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ გაზები, პირველ რიგში ნახშირყანგი, რომელიც ქვევიდან ზევით მიემართება და აღადგენს მადანში არსებულ რკინას, უფრო ხანგრძლივად იქნება მადანთან ურთიერთმოქმედებაში.

გაზების მადანთან უფრო ხანგრძლივი ურთიერთმოქმედებისას მადანი უკეთ ხურდება და რკინის აღდგენა უფრო სრულია.

საბრძმედე ლუმელი მით უფრო ეკონომიურია, რაც უფრო მეტი რაოდენობის თუჯს გამოადნობს იგი და რაც ნაკლებია საწვავის დანახარჯი.

თუ ბრძმედი ძალიან მაღალია, ლუმელში კაზმის დაბლა დაშვება მეტისმეტად ნელა მიმდინარეობს. სათბობის დანახარჯი ამ დროს საგრძნობლად იზრდება, რადგან ადგილი აქვს ნახშირორჟანგის კოქსთან დიდი ხნით ურთიერთმოქმედებას და კოქსი დიდი რაოდენობით იწვის.

როცა ბრძმედი დაბალია, მაშინ ნახშირორჟანგი ვერ ასწრებს ლუმელის ზედა ნაწილში მადნიდან ჟანგბადის საკმარისად სრულად გამოტანას.

მაშასადამე, საჭიროა ბრძმედის ზომების იმგვარად შერჩევა, რომ ლუმელში სადნობი მასალის მოძრაობის სიჩქარე კოქსის უმციურეს ხარჯვას წვესაბამებოდეს.

გრიუნერის გამოკვლევებმა ნათელი მოჰქინა ბრძმედში თუჯის გამოდნობის რთული პროცესის ბევრ გაურკვეველ, ერთმანეთში გადახლართულ მოვლენას.

ახლა მეტრძმედებრძმედისთვის გასაგები გახდა თუ რატომ არ იწვევს ბრძმედის სიმაღლის გაზრდა მისი ნაყოფიერების პროპორციულად გადიდებას.

სხვადასხვა ზომის საბრძმედე ლუმელის მუშაობის შესწავლისას გრიუნერი მივიდა დასკვნამდე, რომ ყველაზე საუკეთესო შედეგი მიიღება, თუ თუჯის გამოდნობას ვაწარმოებთ ისეთ ბრძმედებში, რომლის სიმაღლისა და ყველაზე განიერი ნაწილის (გვიზის) შეფარდება იქნება — 4 : 5.

ბრძმედებში თუჯის გამოდნობის შემდგომმა პრაქტიკამ სავსე

ბით დაადასტურა ფრანგი მეცნიერის დასკვნა. მისი გამოთვლების საფუძველზე შესაძლებელი გახდა სარფიანი მაღალი ბრძმელების აგება. ბრძმედში მიმდინარე პროცესების გამოკვლევას მრავალი წელი დაუთმო გამოჩენილმა რუსმა მეტალურგმა მ. პავლოვმა, რომელიც საბჭოთა წყობილების დროს აკადემიკოსად იქნა არჩეული.

მან დაწვრილებით შეისწავლა ლუმელის სხვადასხვა ნაწილში მიმდინარე დაჟანგვისა და აღდგენის ყველა რეაქცია. აღმოჩნდა, რომ ბრძმედში უფრო მეტი თუჯი გამოიდნობა, თუ მადნის აღდგენა ძირითადად ხდება ლუმელის ზედა ნაწილში, სადაც ტემპერატურა არც თუ ისე მაღალია. რკინის ჟანგის მხოლოდ მცირე რაოდენობა გასცემს თავის ჟანგბადს ბრძმედის იმ ნაწილში, სადაც მაღალი ტემპერატურა ბატონობს.

მაგრამ დნობის ამგვარი რეჟიმის შესაქმნელად აუცილებელია, რომ კოქსის, მადნის და მდნობის ნაქრები დაახლოვებით ერთნაირი, თანაბარი ზომის იყოს. საჭიროა აგრეთვე, რომ ეს ნაქრები იყოს საკმაოდ ფოროვანი. მაშინ გაზები თანაბრად აღადგენს მადანს მთელს მის სისქეზე.

სხვადასხვა პროფილის მქონე ბრძმედების მუშაობის გაცნობისას მ. პავლოვმა შეადგინა გამოსათვლელი ფორმულა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ლუმელის სიმაღლის მიხედვით გამოვიანგარიშოთ მისი მოცულობა ან პირიქით, მოცემული მოცულობის მიხედვით განვსაზღვროთ სიმაღლე.

მ. პავლოვის ფორმულა დაეხმარა ჩვენს მებრძმედებებს აეგოთ ისეთი მძლავრი ლუმელები, რომელიც საზღვარგარეთულზე უფრო უკეთ მუშაობს და უფრო მეტ თუჯსაც გამოაღწობს. საბჭოთა ხელისუფლების წლებში ჩვენს ქვეყანას ბევრი ახალი ბრძმედი შეემატა. მათ შორის არის ბრძმედი — გიგანტები, მაგალითად ურალში — მაგნიტო-



მიხეილ ალექსანდრეს ძე პავლოვი
(1863—1958 წწ)

გორსკში და ციმბირში — კუზნეცკში. თუჯიდან ახლა მარტოოდენ სამზარეულო ქურქელს როდი ამზადებენ, იგი ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა დაზგებისა და მანქანების ნაწილების ჩამოსასხმელად. მაგრამ თუჯის უმეტესი ნაწილი — დაახლოებით ოთხმოცდახუთი პროცენტი — მაინც რკინისა და ფოლადის მიღებას ხმარდება.

დამასკოს მახვილის საიღუმლოება

ძველი აღმოსავლეთის სხვადასხვა ქვეყნებში — ჩინეთში, ინდოეთში, იაპონიაში, ირანში — სამიათასზე მეტი წლის წინათ ადამიანებმა იცოდნენ ფოლადის ხარშვა. ძველი ოსტატები ფოლადისაგან ამზადებდნენ ხმლებსა და ხანჯლებს¹.

შუა საუკუნეებში განსაკუთრებით განთქმული იყო დამასკოს ფოლადის მახვილი. იგი იყო ქვასავით მტკიცე, რეზინასავით მოქნილი, სამართებელივით ბასრი. დამასკოს მახვილით შეიძლებოდა ძვლისა და ლურსნის ჩეხვა, აბრეშუმის უნახესი ქსოვილის გაჭრა.

შესაძლებელი იყო დამასკური მახვილის მოღუნვა, გატეხა კი არა, იგი წკრიალით სწორდებოდა.

როგორ შეძლეს უძველესმა მეიარაღეებმა და მეტალურგებმა ამგვარი სრულყოფილი ფოლადის შექმნა, თუ მათ არ ესმოდათ და არ იცოდნენ რა ხდება ქურბსა და ტიგელებში, რა ქიმიური რეაქციები გადააქცევს მადანს ლითონად?

ძველი მეტალურგებისათვის ძნელი იყო ისეთი მაღალი — ათასხუთასზე უფრო მეტი გრადუსი ტემპერატურის მიღებაც, რაც აუცილებელია ფოლადის გამოსადნობად.

¹ მსოფლიოში მეტალურგიის ერთერთი უძველესი კერა კავკასიაში, კერძოდ, ქართულ მიწაზე იყო. ჯერ კიდევ „დაბადებაში“ და აგრეთვე ძველ შუგრალობა ნაშრომებში გვხვდება ცნობები მეტალურგი ტომების შესახებ, რომლებიც ქართველთა წინაპრებადაა მიჩნეული. ძველი აღმოსავლეთის განოჩენილი გველევა-რები (ფ. ლენორმანი, ე. ტელიორი) ვარაუდობენ, რომ ბრინჯაო პირველად საქართველოში იქნა მიღებული. ზოგიერთი მეცნიერი (აკ. დ. კ. ბერი) თვლის, რომ კავკასიის ბრინჯაოს მეტალურგიამ სწინააღმდეგობა რომელიმე შესრულა ევროპის ბრინჯაოს კულტურის ჩამოყალიბების საქმე ი.

დიდი ტრადიციები აქვს ქართველ ხალხს რკინის და ფოლადის მეტალურგიაშიც. ცნობილი რუსი მეტალურგი პ. პ. ანოსოვი საქართველოს მაღალხარისხოვანი ფოლადის წარმოების ერთ-ერთ კლასიკურ ქვეყნად თვლიდა. ამ ფოლადიდან ანზადებდნენ საუკეთესო ცივ იარაღს. ამასთან დაკავშირებით საგულისხმოა გავიხსენოთ ა. ს. პუშკინის სიტყვებიც: „ტფილისში დანახადებული იაბალი ძვირად ფასობს მთელ აღმოსავლეთში“.

ძველი ქართული ფოლადის საუკეთესო თვისებები დღემდე შეადგენს მეცნიერული კვლევა-ძიებისა და ინტერესის საგანს.

(მთარგმნელი ს. ა. ნ.)

დაულალავი შრომისა და ათასობით ცდის შედეგად მათ დააგროვეს საკმარისი პრაქტიკული ცოდნა, მტკიცე და გამძლე ფოლადის მისაღებად.

ოსტატები საიდუმლოდ ინახავდნენ ფოლადის წარმოების თავეიანთ ხერხებს, საკუთარ გამოცდილებას მემკვიდრეობით გადასცემდნენ მხოლოდ შვილებს.

XIV საუკუნეში სირიაში გაუმაძღარი მონღოლი დამპყრობლის თემურლენგის ურდოები შეიჭრნენ. ცეცხლითა და წახვილით აღინიშნა თემურლენგის გზა. მტრისაგან თავის დასაცავად ბევრი ოსტატი სხვა ქვეყნებს წეიხიზნა. გავიდა მცირეოდენი ხანი და დამასკოელთა მახვილის წარმოება დაიწყო მხეცა. ოსტატთა შთამომავლობამ საესეებით დაჰკარგა დამასკოს ფოლადის წრთობის საიდუმლოება.

სამი საუკუნის შემდეგ დამასკოს ფოლადის წარმოება ცოტახნით აღორძინდა რუსეთში. XVII საუკუნეში მოსკოვში განთქმული იყო ნეიარადე ოსტატი ბოგდან იპატიევი, რომელიც დამასკურ დაწნებს ამზადებდა.

მაგრამ XVIII საუკუნეში დამასკური იარაღის წარმოების ხერხები ისევ დაიწყო მხეცა.

XIX საუკუნემ ბევრი ახალი აღმოჩენები მოუტანა მსოფლიოს ტექნიკასა და ქიმიაში. მეტალურგები ჩასწვდნენ ლითონის გამოდნობის დროს მიმდინარე ბევრი ქიმიური რეაქციის არსს და ისწავლეს ამ რეაქციების მართვა.

საჭურველის პალატაში (მოსკოვში) და ბრიტანეთის მუზეუმში დაცულმა დამასკოს მახვილებმა ინჟინერთა და ჩეცნიერთა ყურადღება მიიქცია.

დამასკოს ფოლადს წეისწავლიდნენ გერმანელები, ფრანგები, ინგლისელები, შვედები, რუსები.

1820 წელს ინგლისელმა მოგზაურმა სკოტმა ცნობილ ფიზიკოსსა და ქიმიკოსს ფარადეის ინდოეთიდან ჩამოუტანა ინდური ფოლადისაგან (ინდოეთში მას ვუტცს უწოდებდნენ) დამზადებული რამდენიმე მახვილი. მათზე რალაც მოხატულობა იყო.

ფარადეიმ ჩაატარა ინდური დამასკოს ქიმიური ანალიზი და იქ რკინის გარდა, ალუმინიც აღმოაჩინა. როგორც ჩანს — მსჯელობდა მეცნიერი — სწორედ ალუმინი, რკინასთან შედნობილი უნდა აძლევდეს დამასკოს ფოლადს მის განთქმულ თვისებებს.

თავისი მოსაზრების სისწორეში დასარწმუნებლად ფარადეიმ დაამზადა ალუმინისა და რკინის ნარევი და ეს ნარევი შეადნო იმ ფოლადთან, რომელსაც მაშინ ინგლისი აწარმოებდა. მეცნიერის მოლოდინი გამართლდა. მან მართლაც მიიღო ლითონი, რომლის ზედაპირის მოხატულობაც ინდური დამასკოს მოხატულობას ემსგავსე-

ბოდა. მაგრამ, როგორც შემდგომ გამოირკვა, მეცნიერი მოტყუვდა. მან არ ჩაატარა მის მიერ მიღებული ლითონის თვისებათა ანალიზი. ეს ლითონი მხოლოდ და მხოლოდ გარეგნულად ემსგავსებოდა და ნასკოს ფოლადს.

შედეგი ვერ მიიღო ვერც ფრანგმა მეცნიერმა ბრენმა, რომელიც ცდილობდა დამასკოს ფოლადის საიდუმლოება ამოეხსნა.

მაგრამ სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები მაინც დაჟინებით და შეუპოვრად განაგრძობდნენ უძველესი დამასკოს მახვილების გამოკვლევას. მათ იმედი ჰქონდათ, რომ ბოლოს ამოხსნიდნენ ამ მახვილის დამზადების საიდუმლოებას. ბედმა რუს მეტალურგ პავლე პეტრეს ძე ანოსოვს გაუღიმა. ანოსოვმა, საზღვარგარეთელი მკვლევარების მსგავსად, მრავალი უძველესი დამასკოს მახვილის გამოკვლევისას, ყურადღება გაამახვილა ფოლადის ზედაპირის მოხატულობაზე. მან ნახა, რომ ეს გამოსახულება ხერხვის, პოლირების და გალესვის დროს არც იშლება და არც ქრება.

ფარადის ცდებიდან ანოსოვმა იცოდა, რომ ალუმინთან ნაღობი ფოლადი იძლევა ზედაპირმოხატულ ლითონს. რუსი მეცნიერი ტიგელში ადნობდა ინგლისურ ფოლადს კაჟის, მაგნიუმის, პლატინის, მანგანუმის და ქრომის ნიმატებით.

ტიგელიდან ამოღებულ ზოდები მოხატული იყო, მაგრამ გულდასმითი ანალიზით გამოირკვა, რომ მათი მოხატულობა თავისი ხასიათით განსხვავდება ნამდვილი დამასკოს ფოლადის მოხატულობისაგან. მიღებული შენაღობები კიდევ უფრო მეტად განსხვავდებოდა დამასკოს ფოლადისაგან ხარისხით.

ცდებმა ანოსოვი მიიყვანა დასკვნამდე, რომ მოხატულობის ხასიათი მჭიდროდაა დაკავშირებული და-

პავლე პეტრეს ძე ანოსოვი (1797—1851 წწ)

დამასკოს ფოლადის ქიმიურ შედგენილობასა და შინაგან აღნაგობასთან. თავისი დაკვირვებების საფუძველზე მან გააკეთა მეორე მნიშვნე-

ლოვანი დასკვნაც: მინარევი, რომელსაც რკინა ყოველთვის შეიცავს, გავლენას ახდენს ამ რკინისაგან მიღებული ფოლადის თვისებებზე.

იმისათვის, რომ ფოლადი იყოს მაღალხარისხოვანი, იგი უნდა მივიღოთ სუფთა რკინისაგან და არა რკინის მადნისაგან. მეცნიერმა ტიგელში გადაადნო რკინა და მიღებული ფოლადი ნელა, თანდათანობით გააცივა. მეტალის ზედაპირზე მოხატულობა არ ჩანდა.

შესაძლებელია მე შეეცდი — გაიფიქრა ანოსოვმა. იმისათვის, რომ თავისი პირველი დასკვნის სისწორე შეემოწმებინა, მან მიღებული ლითონის ზოდს მოაცილა თხელი ნარანდი და მიკროსკოპში გასინჯა. მიკროსკოპის ოკულარის ქვეშ ლითონზე მკვეთრად გამოიხატა წვრილი მოხატულობა, რომელიც დამასკოს მოხატულობას ძლიერ ემსგავსებოდა.

მაშასადამე — გამოიტანა ახალი დასკვნა მკვლევარმა — ფოლადის მოხატულობა გამოწვეულია რკინასთან არა მარტო სხვა ლითონის მიმატებით, არამედ უპირველეს ყოვლისა ნახშირბადის არსებობით.

დამასკოს ფოლადი რკინისა და ნახშირის ისეთივე შენადნობია, როგორც ჩვეულებრივი ფოლადი, მაგრამ ის მიიღება რომელიღაც განსაკუთრებულ პირობებში. მაშასადამე, დამასკოს მახვილის დამზადების საიდუმლოების ამოსაცნობად, საჭიროა ამ პირობების გამორკვევა.

და აი, ტარდება ახალი ცდა. პატარა ტიგელში თავსდება რამდენიმე ფუნტი სუფთა რკინა, რომელსაც ემატება ნახევარი ფუნტი გრაფიტი. გამოდნობის შემდეგ ტიგელს ტეხენ. ლითონის ზოდი გამოაქვთ და კედავენ. ფოლადის ზოდის ბოლოში აშკარად მოჩანს ხუსტად ისეთივე მოხატულობა, რომლითაც ძველი დამასკოს ფოლადი იყო განთქმული.

საიდუმლოება, რომლის ამოხსნაზეც ამდენ წელს თავს იმტვრევდნენ სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები, საბოლოოდ გარკვეულია. მრავალი წლის შრომამ და ძიებამ დიდებული ნაყოფი გამოიღო და რაც ყველაზე მთავარია, ნაპოვნია მაღალხარისხოვანი ფოლადის მიღების ხერხი.

დამასკოს ფოლადის საიდუმლოების გახსნისას, ანოსოვმა რკინისაგან ფოლადის მიღების დროს მიმდინარე ბევრი ქიმიური და ფიზიკური გარდაქმნის არსი გაარკვია. მან შენიშნა, რომ ფოლადის სიმტკიცე დამოკიდებულია იმ ნახშირბადის რაოდენობაზე, რომლითაც რკინაა გაჯერებული. ფოლადი, რომელიც ნაკლები რაოდენობით ნახშირბადს შეიცავს, უფრო მაღალ ტემპერატურაზე დნება. ნახშირ-

ბადის შემცველობის გაზრდისას ფოლადი ნაკლებად ძნელდნობადი ხდება.

გამოირკვა, რომ რკინა განმეორებით გამოდნობისას ქიმიურ რეაქციაში შედის წიდასთან, როჩელიც რკინანახშირბადიან შენადნობს მანე მინარეგებისაგან ასუფთავებს.

გასული საუკუნის ოცდაათიან წლებში ანოსოვმა ურალის ზლატოუსტოვსკის ქარხანაში შექმნა თავისი წესით ფოლადის წარმოება. ამ ქარხნის ფოლადი მაშინ უმაღლესი ხარისხის ინგლისურ ფოლადზე უფრო უკეთესად ითვლებოდა. ამ ფოლადის ნაკეთობანი — ცელი, ხმალი, მახვილი — არაჩვეულებრივი სიმტკიცითა და მოქნილობით გამოირჩეოდა.

ანოსოვის გამოკვლევებმა საფუძველი ჩაუყარა რუსეთში მაღალხარისხოვანი ფოლადის წარმოებას. ამ გამოკვლევებმა ბიძგი მისცა აგრეთვე ფოლადის იმ ასალი ხერხებით დნობის განვითარებას, რომელიც გასული საუკუნის მეორე ნახევარში შეიმუშავეს ფრანგმა ინჟინერმა ემილ და პოლ მარტენებმა და ინგლისელმა გამომგონებელმა ჰენრი ბესემერმა.

მრავალი წლის მანძილზე ეძიებდნენ მეტალურგები ხარისხიანი და იაფი ფოლადის მიღების ხერხებს. დიდი ხანია იცოდნენ, რომ თუჯიდან ფოლადი მიიღება, თუ თუჯს მოვაცილებთ ნახშირბადის ნაწილსა და ზოგიერთ მინარევს. ზედმეტი ნახშირბადის მოცილებას აწარმოებდნენ ჰაერის ჟანგბადისა და წიდის საშუალებით. ამგვარად იღებდნენ ფოლადს XIX საუკუნის დასაწყისში ეგრეთწოდებულ პულნინგის ღუნელებში.

მთხოვნილება ფოლადზე სულ უფრო და უფრო იზრდებოდა, საჭირო იყო მისი დნობის პროცესების დაჩქარება. ბევრმა გამოგონებელმა შეიმუშავა თუჯის ჰაერის ჟანგბადით დაჯანგვის სხვადასხვა ხერხი, მაგრამ პრაქტიკულად ყველა გამოუსადეგარი აღმოჩნდა.

1854 წელს ყირიმში ინგლის-საფრანგეთის ჯარებმა დაიწყეს საომარი მოქმედება რუსეთის ჯარების წინააღმდეგ. მოკავშირეებს საარტილერიო ქვემეხეცი დიდი რაოდენობით ესაჭიროებოდათ. მაშინ უკვე დაიწყეს ქვემეხის ლულების ფოლადისაგან ჩამოსხმა.

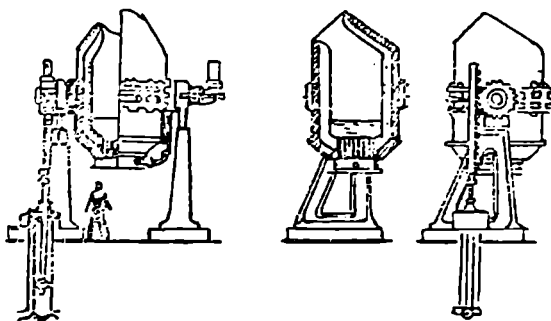
მიკალურგებს ქიმიო ქსამარება

ინგლისისა და საფრანგეთის მეტალურგიული ქარხნები ჩაეფლო სამხედრო დაკვეთებში. ამ წლებში ფოლადის გამოდნობით დაინტერესდა ჰენრი ბესემერი. მან გადასწყვიტა თუჯის ფოლადად გადამუშავების სწრაფი და იაფი საშუალების პოვნა. მისი ძიება წარმატებით დაგვირგვინდა.

ბესემერმა ააგო საგანგებო სადნობი ღუმელი. იგი არ წააგავს არც ქურას და არც პუდლინგის ღუმელს. ეს რკინის დიდი მსხალია. შიგნიდან ამოშენებული ცეცხლგამძლე აგურით, რომელიც კვარცის ქვიშითა და თიხითაა შეღესილი. მას, გამოგონებლის სახელის მიხედვით, ბესემერის კონვერტორს უწოდებენ. მას შეუძლია ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში ავტომატურად დაიხაროს და ნოტრიალდეს. კონვერტორი 50—60 ტონა თუჯს იტევს.

კონვერტორის პატარა ნახევრეტებით მოფენილ ძირთან, მიმაგრებულია ჰაერის კამერა, რომლიდან დიდი წნევით ხდება ჰაერის ჩაბერვა. ჰაერის ჯანგბადი გამდნარი თუჯის ფენაში ვაელისას ჯანგავს მინარევებს. პირველ რიგში კაჟი და მანგანუმი გარდაიქმნება წიდად, უკვე შემდგომ, ნახშირბადი იჯანგება ნახშირორჯანგად.

ათ - თხუთმეტოდე წუთში ფოლადი მზადაა. კონვერტორს აბრუნებენ ნახევრეტით ქვევით და ფოლადს ყალბში გადნობასხამენ.



ბესემერის კონვერტორი (სქემა)

ბესემერის გამოგონებას მთელი მსოფლიოს მეტალურგები აღფრთოვანებით შეხვდნენ. ახალი ხერხით ფოლადის დამზადება სწარმოებდა საოცარი სისწრაფით, სათბობისა და შრომის უმნიშვნელო დანახარჯით.

მაგრამ აღფრთოვანებას მალე იმედის გაცრუება მოჰყვა. ყოველგვარი თუჯი არ იძლეოდა კარგ ფოლადს. თუ თუჯი დიდი რაოდენობით ფოსფორს შეიცავდა, ვერ ხერხდებოდა მისი მოცილება და მიიღებოდა მყიფე ფოლადი. ჰაერის გამოჭრევისას სწრაფი დაჯანგვის გამო მიიღებოდა ლითონის დიდი ნაწივი. მცირდებოდა გამოდნობილი ფოლადის რაოდენობა. შენიშნული იყო, რომ ჰაერის ძლიერი გამოჭრევისას რკინაში ხვდება წიდის ნაწილი, რომელიც გაცივების შემდეგ ფოლადში რჩება და მის ხარისხს აუარესებს. და ბოლოს, კონვერტორიდან ჩამოსხმული ფოლადი ისე ცოტა ნახშირბადს შეიცავს, რომ ძნელად ემორჩილება წრთობას.

საქირო რაოდენობით ნახშირბადის შემცველი ფოლადის მისაღებად, ბესემერის კონვერტორში დაიწყეს თუჯის ჩამატება. თუჯი

ლითონს ნახშირბადით ამდიდრებდა. როცა უნდოდათ უფრო მტკიცე ფოლადის მიღება, მეტ თუჯს უმატებდნენ.

გასული საუკუნის სამოცდაათიანი წლების ბოლოს ინგლისის, შვეციის, საფრანგეთისა და გერმანიის ბევრ ქარხანაში ათობით კონვერტორი ასხამდა ფოლადს. და მიუხედავად ამისა, მეტალურგები არც მაინცა და მაინც კმაყოფილები იყვნენ ფოლადის ბესემერის წესით მიღებით. ხშირად მიიღებოდა ცუდი ფოლადი და საჭირო იყო მისი ხელმეორედ გამოდნობა, ამას კი დიდი ზარალი მოჰქონდა.

გამომგონებლებმა ისევ მოჰკიდეს ხელი საქმეს. საჭირო იყო ფოლადის დნობის ისეთი ხერხის პოვნა, რომელიც შეინარჩუნებდა ბესემერის წესის უპირატესობას და გათავისუფლებოდა მისთვის დამახასიათებელი ნაკლოვანებებისაგან.

საფრანგეთში მარტენებმა — მამამ და შვილმა, მიზნად დაისახეს შეემუშაებინათ მეტალურგიული ჯართისა და თუჯისაგან ფოლადის მიღების ხერხი. იმ დროს მეტალურგიულ ქარხნებში გორაკებად ზვინდებოდა რკინისა და ფოლადის სხვადასხვა ზომის ნარჩენები. ეს ანაგვიანებდა საამქროებს, ქარხნის ეზოებს, აფერხებდა მუშაობას. ქარხნის მებატრონეებს საკმაოდ ძვირი უჯდებოდათ ქარხნის ტერიტორიიდან ამ ნარჩენების გატანა. მარტენებმა გადასწყვიტეს ლითონის ჯართი თუჯთან ერთად გამოედნოთ ალქმედანარეკლ ლუმელებში ე. ი. ისეთ ლუმელებში, რომლებშიც სათბობის წვის დროს მიღებული სითბო თავდაპირველად ცეცხლგამძლე აგურით ამოშენებული ქველისა და კედლებისაგან აირეკლება.

გამომგონებლებმა პირველად მარცხი განიცადეს. ამ ლუმელში ტემპერატურა მაშინ 1100 გრადუსს არ აღემატებოდა. ფოლადის გამოსადნობად საჭირო რეაქციების მიმდინარეობისათვის კი აუცილებელი იყო არა ნაკლებ 1800 გრადუსისა.

მარტენების ცდა გადაედნოთ რკინის ჯართი თუჯთან ერთად, თითქოს და განწირული იყო დასალუპავად. მაგრამ გამომგონებლები განაგრძობდნენ ტემპერატურის გაზრდის საშუალებების ძიებას. შემჩნეული იყო, რომ საცეცხლეში ჟანგბადის ჭარბად ჩაბერვისას ჩქარდება წვის რეაქცია და ლუმელში ტემპერატურა იზრდება. მაგრამ ამ გზითაც ვერ მოხერხდა 1400-ზე უფრო მეტი გრადუსის მიღება.

ტემპერატურის გაზრდაზე მუშაობა გრძელდებოდა და თითქოს ამ სამუშაოს ბოლო არ უჩანდა. მაგრამ აი, გერმანიიდან პარიზში მოვიდა ცნობა, რომ იქ გაჩნდა რალაც ახალი, არაჩვეულებრივი ლუმელი, რომელშიც ისეთი ტემპერატურა იქმნება, რომ დნება ფოლადის ქლიბი, იწვის ყველაზე ძნელდნობადი ტიგელები.

ეს რეგენერაციული სადნობი ლუმელი გერმანელი ინჟინრის

ფ. სიმენსის მიერ იყო აგებული. ლუმელში მაღალი ტემპერატურა მიიღებოდა იმის გამო, რომ საცეცხლეში ხვდებოდა წინასწარ გახურებული ჰაერი. ამ ჰაერის მიერ მოტანილი სითბო ემატებოდა სათბობის წვის დროს წარმოქმნილ სითბოს, და უზრუნველყოფდა ლუმელში მაღალი ტემპერატურის შექმნას.

ახალმა ლუმელმა წარმატება მოუტანა მარტენებს. მათი ცდები ახლა შედეგიანი გამოდგა. რკინის ჯართისაგან შესანიშნავი ფოლადი მიიღებოდა. ქიმიკი დაეხმარა მეფოლადეებს ესწავლათ დნობის პროცესების მართვა.

რა ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობს მარტენის ლუმელში ლითონის დნობის დროს? თავდაპირველად ლითონის ჯართი ჰაერის ჟანგბადით იჟანგება და დნება — რკინა გადაიქცევა რკინის ქვეყანგად. ერთდროულად იჟანგება ლითონში არსებული მინარევები — კაჟი, მანგანუმი და ნახშირბადი. ამ მინარევების ჟანგეულები წილის სახით ამოტივტივდება გამდნარი რკინის ზედაპირზე, საბანივით ფარავს გამდნარ ლითონს და იცავს მას ჰაერის ზემოქმედებისაგან.

ლითონის მინარევების დაჟანგვა წილის „საბნის“ ქვეშაც გრძელდება, საიდან ხვდება აქ ჟანგბადი? ჰაერის ბუშტუკებს ხომ არ შეუძლია წილის გარსი გაარღვიოს?

თვით წილა შეიცავს კაჟის, მანგანუმის და რკინის ჟანგეულებს. მათ შორის არის უმაღლესი ჟანგეულებიც, ე. ი. ისეთი, რომელიც ზედმეტ ჟანგბადს შეიცავს. სწორედ ეს უმაღლესი ჟანგეულები, გამდნარ ლითონთა შეხებისას, გადასცემს მას თავისი ჟანგბადის ნაწილს. რკინა იჟანგება რკინის ქვეყანგად. რკინის ქვეყანგი, თავის მხრივ რეაქციაში შედის გამდნარ ლითონში ჯერ კიდევ შემორჩენილ მინარევებთან — გადასცემს ჟანგბადის მოლეკულებს მანგანუმის, კაჟის, ფოსფორის, გოგირდისა და ნახშირბადის ატომებს.

ლითონებისა და არალითონების ჟანგეულები ადის ზევით და თავზე მოექცევა წილას. აქ ლუმელში არსებული ჰაერიდან იერთებს ჟანგბადის ახალ ულუფას. წარმოქმნილი ნახშირმჟავას ბუშტუკების მეშვეობით ხდება წილისა და ლითონის შრთიერთშერევა, ეს კი ხელს უწყობს ჟანგბადის გადამტანების ნუშაობის დაჩქარებას და რკინის ქვეყანგის გამდნარი ლითონის მასაში სწრაფ გადაადგილებას. ლითონში არსებული მინარევები ამ დროს უკეთ და სრულად დაიჟანგება, ხოლო მიღებული ფოლადი უფრო ხარისხოვანი იქნება.

უწინ მეფოლადეები ხშირად ამჩნევდნენ, რომ ლითონის ცუდად გახურებულ მასაში დიდი რაოდენობით გროვდება რკინის ქვეყანგის მავნე მინარევები, მაგრამ არ იცოდნენ ამ მოვლენის გამომწვევი მიზეზები. დნობის დროს მიმდინარე ქიმიური რეაქციების შესწავლამ

შესაძლებელი გახდა ამ მიზეზების გამოვლენა და მათი თავიდან აცილება. თურმე გამდნარი ლითონის წილის ჟანგეულებთან ურთიერთმოქმედებისას, რკინის ქვეყანგების წარმოქმნა მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით. ლე-შატელიეს კანონის თანახმად კი სითბოს გამოყოფი რეაქციები უკეთ მიმდინარეობს იმ პირობებში, რომელიც სითბოს მოითხოვს, ესე იგი ლითონის გაცივების დროს.

ნახშირბადის დაქანგვის რეაქცია მიმდინარეობს სითბოს შთანთქმით. მაშასადამე, მარტენის ლუმელში იგი უკეთ წარმართება გახურებულ მეტალში.

ამგვარად, ხარისხიანი ფოლადის მისაღებად, დნობის დროს საჭიროა ტემპერატურის რეგულირება ქიმიური რეაქციების უკეთ წარმართვის შესაბამისად.

ახლა მარტენებში ფოლადის დნობისას რკინის ჯართს ხშირად უმატებენ მადანს. მადნის ჟანგბადი შესაძლებელს ხდის უფრო სწრაფად დაქანგოს თუჯის მინარეგები და ამით დააჩქაროს დნობა.

მარტენის ლუმელში ფოლადის გამოდნობის კიდევ უფრო დაჩქარების მიზნით საბჭოთა ინჟინერმა ნ. მოზგოვოიმ შემოიტანა წინადადება გამდნარ მეტალში სუფთა ჟანგბადის ნაკადის გატარების შესახებ. მოსკოვის ქარხანაში „სერპ ი მოლოტში“, კიევის ქარხანაში „ბოლშევიკი“ და სხვა ქარხნებში საწარმოო მასშტაბებით ჩატარებული ცდები წარმატებით დაგვირგვინდა. უკრაინულ ქარხანაში „ზაპოროჟსკალი“ მარტენის ლუმელმა № 10 წლის მანძილზე 32 ათასი ტონით მეტი ფოლადი გამოაღწია. ჟანგბადის გატარებამ ორი საათით დააჩქარა დნობა.

ამერიკელები გაეცნენ ფოლადის გამოდნობის ახალ საბჭოურ მეთოდს და თავის ქვეყანაში გამოიყენეს იგი. ამერიკის შეერთებული შტატების ბევრ ქარხნებში მარტენის ლუმელებში ატარებენ სუფთა ჟანგბადს.

საბჭოთა კავშირის ზოგიერთ მანქანათმშენებელ ქარხანაში მოქმედებაშია ბესემერის კონვერტორიც, რომელშიც თუჯის გამოქრევისას ჰაერის ნაცვლად სუფთა ჟანგბადს ხმარობენ.

მარტენის ხერხით ფოლადის გამოდნობა ბესემერის ხერხზე უფრო კარგი აღმოჩნდა. მარტენის ხერხი საშუალებას იძლევა უკეთ ვმართოთ დნობის მსვლელობა, რადგან იგი რამდენადმე უფრო ხანგრძლივად მიმდინარეობს — რამდენიმე საათს ნაცვლად 15—20 წუთისა და მივიღოთ ხარისხოვანი ფოლადი.

მაგრამ კიდევ უფრო უკეთესი ხარისხის ფოლადის მოხარშვა შეიძლება ელექტრულ ლუმელში. ელექტრო ფოლადი (ასე უწოდებენ ტექნიკაში ელექტრული დენის დახმარებით მიღებულ ფოლადს) გა-

მოიჩევა განსაკუთრებული სიმტკიცითა და გამძლეობით. მისგან აშხადებენ რეაქტიული თვითმფრინავის ძრავას, მძლავრი ელექტრომანქანებისა და გენერატორების დეტალებს, ატომურ ქვაბებსა და საკრელ ინსტრუმენტებს.

ელექტრო ლუმელში ფოლადის გამოდნობა ძალიან მოგვაგონებს მარტენის ლუმელში მისი ხარშვის პროცესს. მეტალი დნება, მინარევეები ჟანგბადით იჟანგება, მეტალისათვის მავნე შავი რკინის ქვეყანგი და გოგირდი განიღვევება, მაგრამ არის არსებითი განსხვავებაც, რაც უმაღლესი ხარისხის ფოლადის მიღების საშუალებას იძლევა.

ელექტროლუმელში მეტალის გახურება სწარმოებს არა დამყანგველი (დიდი რაოდენობით ჟანგბადის შემცველი) ალით, რომელიც თხევადი ან მყარი სათბობის წვისას წარმოიქმნება, არამედ ელექტრული რკალით. რკალის ელექტროდებად ჩვეულებრივ გამოიყენება ნახშირის ან გრაფიტის ღერო. ზოგჯერ ერთი ელექტროდი მზადდება ნახშირისაგან, ხოლო მეორე წარმოადგენს მეტალის ნაზავს, რომელიც ლუმელში თავსდება. ელექტრული რკალის ატმოსფეროში დიდი რაოდენობითაა ნახშირბადი, იგი აღადგენს რკინის ქვეყანგს, რომლის შემცველობაც აფუჭებს მზა ფოლადს, მყიფეს ხდის მას.

ელექტროლუმელის მაღალი ტემპერატურა საშუალებას იძლევა უფრო სრულად გავანთავისუფლოთ ფოლადი გოგირდის, ფოსფორის და სხვა მავნე ნივთიერებათა მინარევეებისაგან. გარდა ამისა, ელექტროლუმელში გაცილებით უფრო ადვილია დნობის პროცესების რეგულირება, რაც ყოველთვის ერთგვაროვანი ფოლადის მიღების საშუალებას იძლევა.

ჩვენს ქვეყანაში ყოველწლიურად მწყობრში დგება ახალი და ახალი ელექტროლუმელები, რომელიც სულ უფრო მაღალხარისხოვან, სხვადასხვა სახის ფოლადს იძლევა. ერთი სახის ფოლადი მაგნიტური თვისებით ხასიათდება, მეორე — პირიქით, მოკლებულია ამ თვისებებს, მესამე — არაჩვეულებრივად მტკიცეა, მეოთხე — განუზომლად დიდ დატვირთვებს უძლებს.

ხუთწლედების მანძილზე ჩვენში ფოლადის გამოდნობა მრავალჯერ გაიზარდა რევოლუციამდელ დონესთან შედარებით. საბჭოთა კავშირმა ფოლადის გამოდნობის მიხედვით გაუსწრო მოწინავე კაპიტალისტურ ქვეყნებს — ინგლისს, საფრანგეთს, ბელგიას და პირველი ადგილი დაიკავა ევროპაში.

საბჭოთა მეფოლადეებმა თავიანთ საზღვარგარეთელ ამხანაგებს გაუსწრეს ფოლადსადნობი ლუმელების ნაყოფიერებით. ამერიკის საუკეთესო მეტალურგიულ ქარხნებში მარტენის ლუმელის ქვედის ყოვე-

ლი კვადრატული მეტრიდან იღებენ 5,3 ტონა ფოლადს, საბჭოთა ქარხნებში კი — 7—10 ტონას.

1958 წელს საბჭოთა კავშირში გამოდნობილი იყო 55 მილიონი ტონა ფოლადი. 1965 წელს კიდევ უფრო მეტი — 86 - 91 მილიონი ტონა ფოლადი უნდა მისცენ მეფოლადეებმა ჩვენი ქვეყანას.

ქიმია დაეხმარა მეტალურგებს დაეუფლონ მადნიდან მეტალის გამოდნობის პროცესებს და მართონ ისინი. ქიმიას შეუძლია მადნის რკინად და ფოლადად გარდაქმნის კიდევ უფრო სრულყოფილი ხერხები შექმნას.

ფრთოსანი ლითონი

რკინა და ფოლადი ჩვენი ეპოქის ტექნიკის საფუძველია. მაგრამ თანამედროვე ტექნიკას არ შეუძლია გვერდი აუაროს ბევრ სხვა ლითონს — სპილენძს, თუთიას, კალას, ტყვიას, ნიკელს, ალუმინს. მათი მონაწილეობის გარეშე ახლა შეუძლებელია ავტომანქანების და თვითმფრინავების, ტურბინებისა და თბომავლების, ორთქლის ქვაბებისა და ატომური რეაქტორების აგება.

სპილენძი ბუნებაში იშვიათად გვხვდება თვითნაბად მდგომარეობაში. უფრო ხშირად იგი ჟანგბადთან, რკინასთან და გოგირდთან შენაერთის სახითაა. საბჭოთა კავშირი მიიღარია სპილენძის სხვადასხვაგვარი მადნით. სპილენძის მადნის საბადოები აღმოჩენილია ურალზე, ყაზახეთის, სასომხეთის, უზბეკეთის მოკავშირე რესპუბლიკებში. სპილენძის მადნის საბადო — კოუნდარსკოე — მდებარეობს ყაზახეთში ბალახაშის ტბასთან, შორს ჩვენი ქვეყნის საზღვრებს გარეთ გაითქვა სახელი ბალხაშის სპილენძსადნობმა კომბინატმა.

მადანს, რომელიც სპილენძს შეიცავს ჟანგულების სახით, ნახშირთან ერთად აფარვარებენ. ნახშირი ართმევს ჟანგბადს და აღადგენს ლითონს. გოგირდოვანი მადნიდან სპილენძის მიღება გაცილებით უფრო რთულია. თავდაპირველად მადანს გამოსწავვენ. გოგირდის ნაწილი გადაიქცევა გოგირდოვან გაზად, რომელსაც შემდგომ გოგირდმჟავას წარმოებისათვის იყენებენ. თუ მადანი შეიცავს გოგირდოვან რკინას, იგი გამოწვისას რკინის ქვეყანგად ვარდაიქმნება.

გამომწვარ მადანს ტვირთავენ ალქმედანარეკლ ლუმელში, მადანს უმატებენ ცოტაოდენ კაემიწასა და კოქსს. ნაზავი გახურებისას დნება. ლუმელის ძირზე გროვდება სპილენძი გოგირდოვანი სპილენძის სახით და გოგირდოვანი რკინა, რომელიც კიდევაა მადანში შემორჩენილი. „შტეინ“-ზე, როგორც საწარმოს მუშაკები უწოდებენ ამგვარ ლითონს, ამოტივტივდება წიდა, რომელშიც მადნიდან გადადის რკინის უმეტესი ნაწილი.

რკინის მოცილებისა და გოგირდოვანი სპილენძის ლითონად აღდგენის მიზნით შტეინს ათავსებენ კონვერტორში (ეს კონვერტორი წააგავს მეფოლადების მიერ გამოყენებულს). გამდნარ შტეინს უმატებენ მცირეოდენ ქვიშას და კონვერტორში ჭირხინიან ჰაერს.

ქანგბადი ჯანგავს გოგირდს გოგირდოვან ვაზად, ხოლო სპილენძს, ქვეყანგად. მაგრამ რეაქცია ამით არ მთავრდება, სპილენძის ქვეყანგი რეაქციაში შედის გოგირდოვან სპილენძთან, რომელმაც ჰაერის ჯანგბადით დაჯანგვა ჯერ კიდევ ვერ მოასწრო, ახლა გოგირდის ატომები ქანგბადს ართმევს სპილენძის ქვეყანგს და სპილენძს აღადგენს. ერთდროულად, პარალელურად, გოგირდოვანი რკინა იჯანგება ჰაერის ქანგბადით რკინის ქვეყანგად, რომელიც ქვიშასთან ურთიერთმოქმედებისას წარმოქმნის წიდას — რკინის სილიკატს.

ყველა ეს რეაქცია მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით. გამოყოფილი სითბო ხელს უწყობს იმას, რომ მთელმა მასამ შეინარჩუნოს გავარყავებული მდგომარეობა. ამის წყალობით კონვერტორში ტემპერატურა 1100 — 1200 გრადუსს აღწევს და ადარ არის საჭირო სათბობის ხარჯვა.

გამდნარ სპილენძს კონვერტორიდან ქვიშის ფორმებში ვადმოასხავენ. ამ ფორმებშივე ცივდება სპილენძი. მაგრამ ეს სპილენძი არ არის სუფთა. იგი შეიცავს 2—3 პროცენტამდე სხვადასხვა ლითონის — თუთიის, ნიკელის, ტყვიის მინარევს, მას უწოდებენ ნედლ ანუ შავ სპილენძს. სპილენძის გასათავისუფლებლად მინარევებისაგან, მას ჰაერის ნაკადში აღნობენ. სპილენძის ნაწილი იჯანგება ქვეყანგად, რომელიც გამდნარი ლითონის მასაში იხსნება. სპილენძის ქვეყანგი თავის ქანგბადს გადასცემს ლითონებს, რომელიც ანაგვიანებს სპილენძს, ქანგავს მათ ქანგად. ჰარბ სპილენძის ქვეყანგს აღადგენენ გამდნარი ლითონისათვის ცოტაოდენი ნახშირის მიმატებით.

ამგვარი გადამუშავების შედეგად სპილენძი მინარევების მხოლოდ პროცენტახევარს ან უფრო ნაკლებს შეიცავს.

მრეწველობის ზოგიერთი საჭიროებისათვის, მაგალითად, ელექტრული მავთულების დასამზადებლად, აუცილებელია აბსოლუტურად სუფთა სპილენძი. მაშინ შავი სპილენძის გაწმენდას ან როგორც ტექნიკაში უწოდებენ, რაფინირებას ელექტრული დენის დახმარებით ახდენენ.

თუთია და ტყვია, სპილენძის მსგავსად, ყველაზე ხშირად მიიღება გოგირდოვანი მადნისაგან. მას თავდაპირველად გამოწვავენ აღქმედანარეკლ ღუპელებში. წარმოქმნილ ჯანგებს აღადგენენ ნახშირით მაღალ ტემპერატურაზე და ლითონს სწმენდენ მინარევებისაგან.

ნიკელისა და კალას წარმოება, სხვა მრავალი ლითონის მსგავ-

სად, დამყარებულია ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების გამოყენებაზე. დამჟანგველად ჩვეულებრივ ხმარობენ ჟანგბადს, ხოლო აღმდგენლად ნახშირს.

1855 წელს პარიზის მსოფლიო გამოფენაზე, ვიტრინაში, სევრის ფაიფურისაგან ნაკეთები სერვიზისა და ფინჯნების გვერდით გამოტანილი იყო ვერცხლისფერი ლითონის — ალუმინის რამდენიმე პატარა ზოდი. იმ დროს ერთი კილოგრამი ალუმინი ათას მანეთზე მეტი ღირდა, ახლა კი იგი მანეთზე ნაკლებად ფასობს. ასი წლის მანძილზე ალუმინის წარმოება რამდენიმე ასეულჯერ გაიზარდა.

ალუმინი დამკვიდრდა ჩვენს ყოველდღიურებაში. მას ზოგჯერ „ფრთოსან ლითონს“ უწოდებენ და ეს შემთხვევითი როდია. ალუმინი და მისი შენადნობები დაეხმარა ადამიანს ჰაერის სტიქიის დამორჩილებაში, საჰაერო სივრცეების დაპყრობაში. თანამედროვე თვითმფრინავები უმთავრესად ალუმინისა და მისი შენადნობებისაგან აიგება. უალუმინოდ ფონს ვერ გადის ახლა ვერც სარკინიგზო ვაგონებისა და საზღვაო ხომალდების მშენებლობა, ვერც ავტომანქანებისა და სტანდარტული სახლების კარკასის დამზადება.

ალუმინი შეუცვლელია ყოფაცხოვრებაშიც. მისგან ამზადებენ ქვაბებსა და ჩაიდნებს, ტოლჩებსა და კოვჩებს, სავარძლებსა და საწოლებს.

ალუმინი — ბუნებაში ყველაზე უფრო გავრცელებული ლითონთაგანია. მიწის ქერქში მისი შემცველობა შვიდ პროცენტზე მეტს აღწევს. ამ ქიმიური ელემენტის პოვნა შეიძლება ყველგან, მაგრამ იგი არასოდეს არ არის ხოლმე „მარტოხელა“. ალუმინი ძალზე აქტიურია და ადვილად შედის რეაქციაში სხვადასხვა ელემენტებთან — ჟანგბადთან, კაეთან, კალიუმთან, ნატრიუმთან, ფტორთან. ითვლიან დაახლოებით ორასორმოცდაათამდე სხვადასხვა მინერალს, რომელიც თავის შემადგენლობაში ამ შესანიშნავი ელემენტის ატომებს შეიცავს. მისი აღმოჩენა შეიძლება ჩვეულებრივ თიხაში, ცინულის ქვაში — კრიოლიტში, ძვირფას ფერად ქვებში — წითელ ლალში, ლურჯ საფირონში, აღმასივით მაგარ კორუნდში.

საბჭოთა კავშირში ალუმინის პირველი ქარხანა აიგო 1932 წელს, ამჟამად კი ჩვენი ქვეყანა ალუმინის წარმოების მიხედვით ევროპაში ერთ-ერთ პირველ ადგილს იკავებს. 1958 წელთან შედარებით 1965 წელს ალუმინის წარმოება თითქმის სამჯერ გაიზარდება,

ჩვენს ქარხნებში ალუმინს უმეტესად ბოქსიტებისაგან იღებენ. ბოქსიტის მდიდარი საბადოებია ურალზე, ბაშკირეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში და ჩვენი ქვეყნის სხვა რაიონებში.

ბოქსიტები, რომელიც თავის შემადგენლობაში ალუმინის, კაჟის,

რკინის ჯანგეულებსა და წყალს შეიცავს, გარეგნულად ჩვეულებრივი თიხის მსგავსია. მაგრამ მათ შორის არის არსებითი განსხვავება. თუ თიხას წყალს შევურევთ მივიღებთ მოქნილ რბილ ცომს, ბოქსიტი კი წყალთან არ ქმნის ამგვარ პლასტიკურ მასას.

ბოქსიტებიდან ალუმინის ჯანგის გამოსაყოფად (შემდგომ ალუმინის ჯანგიდან ქარხნებში იღებენ ალუმინს) პირველ რიგში საჭიროა ალუმინის ჯანგის გამოცალკეება „მეზობლებისაგან“ — რკინისა და კაეის ჯანგეულებისაგან. ამის გაკეთება კი არც თუ ისე იოლია.

ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში ბევრი მეცნიერი ცდილობდა ბოქსიტების მადანში არსებული ჯანგეულების განცალკეების ხერხი მოეძებნა, მაგრამ უშედეგოდ.

მხოლოდ XIX საუკუნის ბოლოს, ქიმიკოსმა კ. ბაიერმა, რომელიც პეტერბურგის ტენტელევსკის ქიმიურ ქარხანაში მუშაობდა, მოახერხა ამ ამოცანის გადაჭრა.

მრავალი ცდის საფუძველზე მან შეიმუშავა ბოქსიტებიდან ალუმინის ჯანგის გამოყოფის საწარმოო ხერხი.

თუ დახურულ ქურქელში, გაზრდილი წნევის ქვეშ მადანს გავახურებთ ნატრიუმის ტუტის ხსნარში, ბოქსიტში არსებული თითქმის მთელი თიხნარი ხსნარში გადადის.

მაგრამ საკმარისი არაა სხვა ჯანგეულებისაგან თიხნარის განცალკეება. საჭიროა მისი ტუტის ხსნარიდან გამოყოფა. ბაიერმა აქაც გამოძებნა მარტივი და გონებამახვილური საშუალება.

ქიმიკოსებისათვის დიდი ხანია ცნობილია, რომ მაძლარ ხსნარში მარილის კრისტალის ჩადებისას სწრაფად იწყება ხსნარიდან მყარი ნივთიერებების გამოყოფა, ანდა სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ხსნარში გახსნილი მარილის კრისტალიზაცია იწყება.

მაშასადამე, თუ ნატრიუმის ტუტეში თიხნარის ხსნარს დაუმატებთ „საფეთქელას“ — სუფთა ალუმინის ჯანგის რამდენიმე კრისტალს, ხსნარიდან ნალექის სახით გამოიყოფა თიხნარის კრისტალები, მაგრამ ეს ჯერ კიდევ არ არის ალუმინის სუფთა ჯანგი. დალექილ კრისტალებთან შეკავშირებულია წყლის მოლეკულები (ამგვარ წყალს ქიმიკოსები კრისტალიზაციურ წყალს უწოდებენ). მისგან გასათავისუფლებლად თიხნარის კრისტალებს ავარგარებენ.

XX საუკუნეში ბოქსიტების გადამუშავების სხვა ხერხებიც მოიტანა. ალუმინით მდიდარი მადანი შეიცავს ალუმინის ჯანგეულების 60—70 პროცენტს, მაგრამ ამგვარი მადანი ცოტაა. უფრო ხშირად გვხვდება ბოქსიტური მადნის ისეთი საბადოები, რომელშიც თიხნარის შემცველობა მხოლოდ 35—50 პროცენტს შეადგენს.

ჯერ კიდევ 1915 წელს პროფესორმა ა. კუზნეცოვმა და ე. ჟუკოვსკიმ შეიმუშავეს თიხნარის მიღების ხერხი არა მარტო ამგვარი მადნებიდან, არამედ უბრალო თიხიდანაც კი, რომელიც 20 — 30 მდე პროცენტ ალუმინის ჟანგულებს შეიცავს. ბოქსიტს ან თიხას შეურევენ სუფთა კირსა და ნახშირს. ამ ნარევეს აღნობენ ელექტრულ ან საბრძმედ ღუმელში. თიხნარი, მაღალი ტემპერატურის ზეგავლენით რეაქციაში შედის კალკიუმის ჟანგთან. წარმოიქმნება წილა, რომელიც გამდნარი მასის ზედაპირზე ამოტივტივდება. მიღებულ წილას ხსნიან სოდის წყალხსნარში. ამ ხსნარიდან გამოყოფენ თიხნარის კრისტალებს. კრისტალებისაგან კრისტალიზაციური წყლის გამოდევნას ბაიერის წესის მიხედვით გავარვარებით ახდენენ.

ბოქსიტის მადნიდან თიხნარის გამოყოფა შესაძლებელია, თუ მადანს კირქვასთან და სოდასთან ერთად გავახურებთ დიდ მბრუნავ ღუმელში. ალუმინის ჟანგი შედის რეაქციაში სოდასთან და წარმოქმნის წყალში კარგად ხსნად ნივთიერებას — ნატრიუმის ალუმინატს. ნარევის ღუმელში მოთავსებული სხვა შემადგენელი ნაწილეი რჩება გაუხსნელი. ეს საშუალებას იძლევა ნატრიუმის ალუმინატის წყალში გახსნით ალუმინის ჟანგი გამოვაცალკევოთ მინარევეებისაგან. ალუმინატის ხსნარისაგან შემდეგ გამოყოფენ წყლიან თიხნარის კრისტალებს, კრისტალიზურ წყალს აცილებენ გავარვარებით.

ამასწინათ საბჭოთა მეტალურგებმა უდიდეს გამარჯვებას მიაღწიეს. ვოლხლოვის ალუმინის ქარხანაში მსოფლიოში პირველად დაიწყეს ალუმინის წარმოება ნეფელინებისაგან. ნეფელინი წარმოადგენს ნარჩენს, რომელიც მიიღება აპატიტის მინერალებისაგან ფოსფორის სასუქების დამზადებისას.

ამ ნარჩენებისაგან, რომელსაც წარმოებაში „კულებს“ უწოდებენ, თავდაპირველად იღებენ კონცენტრატს. იგი დაახლოებით 30 პროცენტ თიხნარს შეიცავს.

საბჭოთა მეკნიერებმა და ინჟინრებმა დიდძალი შრომა და ენერგია დახარჯეს. ვიდრე შეძლებდნენ შეემუშავებინათ „კულების“ ალუმინად გადამშუშების მიზანმეწონილი და ეკონომიურად ხელსაყრელი პროცესი.

საქმე იმაშია, რომ ალუმინის ერთი და იგივე რაოდენობის მისაღებად, ბოქსიტებთან შედარებით, ნეფელინის კონცენტრატის ორჯერ უფრო მეტი რაოდენობაა საჭირო. ამასთანავე, ალუმინის გამოყოფა ნეფელინიდან გაცილებით უფრო ძნელია, ვიდრე ბოქსიტიდან. მეტად ძნელია ნეფელინის მოლეკულის „დანგრევა“ და მისგან ალუმინის ჟანგის მოლეკულის „გამოქაჩვა“.

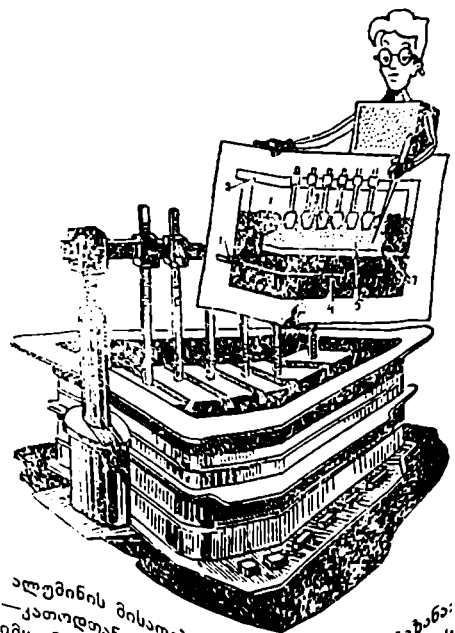
მეტალურგებს მიეშველა მათი მუდმივი მოკავშირეები — მაღალ ტემპერატურა და ქიმიური რეაქციები.

ნეფელინის კონცენტრატს პატარა ნაწილებად აქუსმაცებენ და დაფხვნილ კირქვას ურევენ. ნარევს წყლის გარკვეულ რაოდენობასთან ერთად წისკვილზე ფქვავენ. მიღებულ ფაფას, რომელსაც ტენიკაში პულპას უწოდებენ, ტვირთავენ დიდ მბრუნავ ლუმელში — რკინის გრძელ დოლში. პულპა დოლში ცივი ბოლოდან შედის, საწინააღმდეგო ბოლოდან კი მოძრაობს წვრილად დაქუსმაცებული გავარვარებული ნახშირის ნაკადი. ამ ნახშირის ტემპერატურა 1500 გრადუსს აღწევს.

თავდაპირველად ორთქლდება წყალი. შემდეგ იშლება კირქვა — კალციუმის ღანგად და ნახშირორგანოდ. ნახშირორგანვი ლუმელიდან გამოიწოვება.

კირის მოლეკულები ლებთან და წლის მათ. მელიც უმთავრესად შედგება კალციუმის სილიკატისა და ნატრიუმისა და კალიუმის ალუმინატებისაგან. ისინი ხარბად უერთდება კაჟმინის მოლეკულებს. ერთდროულად ალუმინის ღანგი, რომელსაც პულპა შეიცავს, ურთიერთმოქმედებს კალციუმისა და ნატრიუმის ღანგთან და გარკვეულწილად ამ ლიონების ალუმინატებად. სპექს აცივებენ 100 გრადუსამდე და ფქვავენ წისკვილზე. ათავსებენ დიდ ქასრებში და უმატებენ სოდის ხსნარს. ნატრიუმის და კალიუმის ალუმინატები სოდამი იხსნება, ხოლო კალციუმის სილიკატი ქასრის ძირზე რჩება.

ახლა რეაქციაში შედის ნეფელინის ზოლგუ წარმოიქმნება სპეკი — მკიდრო მასა, რომელიც



ალუმინის მისაღები ელემენტოლოგიური აბაზანი:
 1—კათოდთან დენის მიმყვანი; 2—ანოდთან დენის მიმყვანი; 3—ანოდები; 4—კათოდები; 5—გამდნარი ელემენტოლიტი; 6—გამდნარი ალუმინი

ნალექისაგან ალუმინატების ხსნარის განცალკევება სპეციალურ აპარატში მიმდინარეობს. ნალექი არ იკარგება. მას რეცხავენ და სხვა საამქროში აგზავნიან. მისგან აქ ცემენტს ამზადებენ.

ალუმინატების გასუფთავებული ხსნარები გადააქვთ აპარატში, რომელსაც კარბონიზატორი ეწოდება. ალუმინატები აქ ურთიერთ-მოქმედებს ნახშირორჟანგთან. ახლა უკვე გამოილექება ალუმინის ჟანგის ჰიდრატი — თეთრი ფაფუკი ფხვნილი, ხოლო ხსნარში რჩება პოტაში და სოდა. ალუმინის ჟანგის ჰიდრატს გამოავარდარებენ მბრუნავ ლუმელში, სადაც იგი წყალს კარგავს და თიხნარად გადაიქცევა, სოდა და პოტაში ხელახლა გამოიყენება ნეფელინში არსებულ ალუმინის შენაერთების გასახსნელად.

ნეფელინის „კულებისაგან“ ალუმინის ჟანგის მიღება არაჩვეულებრივად აფართოებს ნედლეულის ბაზას ფრთოსანი ლითონის წარმოებისათვის. ბოქსიტების მადნის მარაგი ჩვენთან განსაზღვრულია, მაშინ როცა აპატიტის მადნის მარაგი თითქმის ამოუწურავია. განსაკუთრებით დიდი საბადოებია კოლის ნახევარკუნძულზე, კრასნოიარსკის მხარეში, სასომხეთში.

ალუმინის ქარხანა სრულებითაც არ წააგავს მეტალურგიულ საწარმოებს, სადაც რკინის მადნიდან მოიპოვებენ თუჯსა და შემდეგ გადაადნობენ ფოლადად. აქ არ მოსჩანს ცეცხლოვანი ბრძმედები, არც მარტენის გახურებული ლუმელები. არ არის აქ არც ფოლადის ციკაბოკედლებიანი კოშკები — ჰაერის გამახურებლები, არც ბესემერის კონვერტორები.

ალუმინის ქარხნის გულია — ელექტროლიზური საამქრო. აქ, ქვის საძირკველზე, რამოდენიმე რიგად ჩამწყრივებულია რკინის დიდი ყუთები — ელექტროლიზური აბაზანები. აბაზანა შიგნიდან დაფარულია გრაფიტის ან ნახშირის ფილებით, რომელიც კათოდებს წარმოადგენს. აბაზანაში ზევიდან ჩაშვებულია ნახშირის მასიური ფირფიტები — ანოდები. ელექტროლიზურ აბაზანას ავსებენ ალუმინის ჟანგით. მას უმატებენ მცირეოდენ კრიოლიტს, რომელიც დნობის ტემპერატურას აქვეითებს. როცა დენს ჩართავენ, კრიოლიტი დნება და ხსნის ალუმინის ჟანგს. ელექტროლიზი მიმდინარეობს დაახლოებით ათას გრადუსს ტემპერატურაზე.

აბაზანაში ელექტრული დენის გატარებისას ანოდზე გამოიყოფა ჟანგბადი, რომელიც ნახშირს ნახშირის ჟანგად ჟანგავს. აბაზანის ფსკერზე კათოდზე გროვდება გამდნარი ალუმინი. თითოეული აბაზანა რამდენიმე ასეულ კილოგრამ ფრთოსან ლითონს იძლევა დღელამეში.

მადნიდან ლითონის გამოყოფა ელექტრული დენის საშუალებით

ბით, ისევე როგორც ბრძმდელებში და სადნობ ღუმელებში მისი გამოდნობა მაღალ ტემპერატურაზე, განუყოფლადაა დაკავშირებული ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებთან. უწინ დაჟანგვისა და აღდგენის ქვეშ ესმოდათ მხოლოდ — ნივთიერებებთან ჟანგბადის მიერთება ან მათგან ჟანგბადის წართმევა. რამდენადმე მოგვიანოდ დაჟანგვა უწოდეს აგრეთვე ნივთიერებიდან წყალბადის წართმევას, ხოლო აღდგენა — წყალბადის მიერთებას.

თუ ალუმინის წვრილ ნაქერს ქლორით ავსებულ ქილაში ჩავუშვებთ, ალუმინი აინთება კაშკაშა ალით. კიდევ უფრო კაშკაშად ააღდება ქლორში სტიბიუმი. ბევრი ლითონი შესანიშნავად ანთია გოგირდის ორთქლში, თხევად ბრომში ამ დროს ალი ისე ლაპლაპებს, როგორც ჟანგბადის გარემოში ნივთიერებათა წვის დროს.

წვისას მეტალი მეტალოიდს უერთდება და წარმოიქმნება მარილი. ამ პროცესს, ჟანგბადში წვის პროცესთან მსგავსების გამო, ქიმიკოსებმა დაჟანგვა უწოდეს, ხოლო ლითონის გამოყოფას — აღდგენა.

მაგრამ როცა ფიზიკოსებმა დაადგინეს, რომ ატომი შედგება დადებითად დამუხტული ატომგულისა და მის ირგვლივ მოძრავი უარყოფითად დამუხტული ელექტრონებისაგან, ქიმიკოსებმა გადაათვალიერეს ჟანგვისა და აღდგენის მათ მიერ შემოღებული გაგება.

ახლა უკვე დაიწყეს ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების დაკავშირება ელექტრონების გადაადგილებასთან. როცა რომელიმე ნივთიერება იჟანგება, მისი ატომები გადასცემს ელექტრონებს იმ ნივთიერების ატომებს, რომელიც აღდგება. მაგალითად, როცა რკინა მადნიდან აღდგება ნახშირის შემწეობით, ეს იმას ნიშნავს, რომ ნახშირბადის ატომებმა თავისი ელექტრონები გადასცეს რკინის იონებს, რომელიც რკინაჟანგის მოლეკულებში დაკავშირებული იყო ჟანგბადთან.

ზუსტად ასევე, ნატრიუმის ქლორში წვისას ნატრიუმის ატომები თავის ელექტრონებს გადასცემს ქლორის ატომებს. ლითონი იჟანგება, ხოლო ქლორი აღდგება.

ჯერ კიდევ 1887 წელს ცნობილმა შვედმა მეცნიერმა სვანტე არენიუსმა შენიშნა, რომ თუ რომელიმე მარილს — ქლოროვან მაგნიუმს, გოგირდმჟავა ნატრიუმს ან აზოტმჟავა კალიუმს — ვავხსნით წყალში, ამ მარილის მოლეკულები დაიშლება მეტალის დადებითად დამუხტულ იონებად და არამეტალის უარყოფითად დამუხტულ იონებად. ამ მოვლენას ელექტრული დისოციაცია ეწოდა.

თუ ელექტროლიტის ხსნარში (ელექტროლიტები ეწოდება ნივთიერებებს, რომელიც ხსნარებში იონებად იშლება) ჩავუშვებთ ელექტროდებს და ელექტრულ დენს გავატარებთ, მაშინ დადებითად დამუხტული იონები იმოდრავებს უარყოფითად დამუხტული ელექ-

ტროდისაკენ — კათოდისაკენ, ხოლო უარყოფითი იონები მიიზიდება დადებითი ელექტროდის — ანოდის მიერ.

როცა კათიონი (დადებითი იონი) მოხვდება უარყოფითი ელექტროდის ფირფიტაზე, იგი მიიერთებს ელექტრონებს, და გადაიქცევა ნეიტრალურ ატომად. ლითონის იონები აღდგება და კათოდზე სუფთა ლითონი გამოიყვება. ანოდზე მიმდინარეობს შებრუნებული პროცესი — არამეტალის იონები დაიჟანგება, გასცემს თავის ქარბ ელექტრონებს და აგრეთვე გარდაიქმნება ნეიტრალურ ატომებად.

სწორედ ამიტომაც სარგებლობენ ელექტროლიზით გამდნარი მარილებისა და ჟანგეულებისაგან ლითონის გამოსაყოფად.

ელექტრული დენი ახლა გვეხმარება მივიღოთ მაგნიუმი, სპილენძი და ზოგიერთი სხვა ლითონი მადნებიდან.

ელექტრომეტალურგია ჯერ კიდევ ძალიან ახალგაზრდა მეცნიერებაა. მას დაახლოებით ორმოცდაათიოდე წლის ისტორია აქვს. მაგრამ მრეწველობა მას უნდა უმადლოდეს, რომ ალუმინი გახდა იაფი და გავრცელებული ლითონი.

ახალი მეცნიერების განვითარებაში დიდი წვლილი შეიტანეს რუსმა მეცნიერებმა, რომელთა შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია პავლე ფედოტიევი. ჯერ კიდევ 1912 წელს გამოაქვეყნა მან თავისი გამოკვლევის შედეგები, რაც საფუძვლად დაედო ალუმინის ელექტრომეტალურგიას. რუსი მეცნიერების კაპიტალური ნაშრომი — „ელექტრომეტალურგია“, რომელიც 1921 წელს გამოქვეყნდა, მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში დღემდე იხმარება, როგორც მეცნიერული სახელმძღვანელო მეთალურგებისათვის.

ელექტროლიზის გზით ალუმინის წარმოების სრულსაყოფად დიდი ზრომა გასწიეს სხვა რუსმა და საბჭოთა მეცნიერებმა: ა. პუშინმა, ა. კუზნეცოვმა, ე. ყუკოვსკიმ და ა. იაკოვკინმა. მათი გამოკვლევებით მრეწველმა მონაცემებმა მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა საბჭოთა კავშირში ალუმინის მრეწველობის განვითარებაში.

ელექტრომეტალურგიის წარმატებულმა განაპირობა ბევრი სხვა ფერადი ლითონის — მაგნიუმის, თუთიის, ნიკელის გამოდნობის გაზრდაც.

1958 წელთან შედარებით მიმდინარე მედიწლედის ბოლოს საბჭოთა კავშირში სპილენძის წარმოება გაიზრდება 1,9-ჯერ, ალუმინისა — 2,8-ჯერ. 1965 წელს ჩვენს მეთალურგიულ ქარხნებში მნიშვნელოვნად გაიზრდება ტყვიის, ნიკელის, მაგნიუმის, მოლიბდენის წარმოებაც.



თ ა ვ თ მ ე ა თ ე



ქ თ მ ო ნ ი ს
მ ლ რ ა ზ ი

მაგალის უპროფესიო მგარი

ერთ-ერთი უძველესი რუსული ქალაქის გათხრისას არქეოლოგებმა აღმოაჩინეს ბევრი ძველესური იარაღი, რა არ იყო აქ: ფოლადის აბჯარი, ჩუგლუგი, მახვილი, ეს იარაღები ერთგულად მოემსახურა ჩვენს წინაპრებს; ეხმარებოდა მათ პაქანიეებისა და ყივჩალების შემოსევებისაგან თავდაცვაში.

ეს იარაღი, ოდესღაც მზის სხივებზე მოელვარე, ვერცხლისფრად მუხინავი, ახლა ჯანგის სქელი ფენით იყო დაფარული. როცა არქეოლოგებმა დაიწყეს იარაღიდან მურა ფერის ქერქის შოცილება, იგი წვრილ ნაწილებად დაიფშენა.

ვინ გადააქცია ძველი რუსი დახელოვნებული ოსტატების ნაკეთობანი ნაგვის გროვად? ეს მოიმოქმედა რკინისა და ფოლადის უბოროტესმა მტერმა — ჟანგბადმა. ჟანგბადი არის ჰაერში, წყალში, მიწის ქერქში და ყველგან მძიმედ აავადებს ლითონებს. ამ ავადმყოფობას ტექნიკაში კოროზიას უწოდებენ. მისი ერთ-ერთი გამოვლინებაა ჟანგის წარმოქმნა.

იმ დროიდან, როცა ადამიანებმა რკინისა და ფოლადისაგან ისწავლეს სხვადასხვა ნაკეთობის დამზადება, დაეანგვა ფეხდაფეხ მისდევს მათ და ხელსაყრელ მომენტს არჩევს თავდასხმისათვის. დატოვებულ დანა ან ცული რამდენიმე დღით ნესტიან ადგილას, ლითონის ზედაპირზე აუცილებლად გაჩნდება ენაგის მურა ლაქები. სინეტეში უფრო მეტ ხანს გაჩერებისას ლითონი ამოიკმება და შეიძლება ორმხრივი ხვრელებიც კი გაუჩნდეს.

ენაგბადი არ ინდობს არც ფერად ლითონებს — სპილენძს, თითბერს, ბრინჯაოს, ალუმინს. სპილენძის ქვაბები მწვანდება, ხოლო ალუმინის ნაკეთობები მკრქალდება კოროზიის დროს.

ბევრი უსიამოვნება და ზარალი მოაქვს კოროზიას როგორც ყოფაცხოვრებაში, ისე ტექნიკაში. დაიენკა სახურავი, წვიმის წვეთები ჩამოდის სხვენზე, იქიდან ქერში იჟონება და ასველებს საცხოვრებელს. წყლის მილი გაფუქდა და წყალს უშვებს, წყალი შედის ბინებში. ამაში დამნაშავე ისევ ენაგია. თუ დაიენკა ქალაქის წყალგაყვანილობის ქსელის რომელიმე ტოტი, საზრუნავი კიდევ უფრო მეტი იქნება. დაზიანების ადგილის საპოვნელად უნდა აიყაროს ასფალტი ან ქვაფენილი, გაითხაროს ტრანშე, გულდასმით შემოწმდეს წყალგაყვანილობის მთელი ქსელი იმ უბანზე. „დაავადებული“ მილის „ჯანსაღი“ მილით შეცვლა მოითხოვს დიდ შრომას, დროსა და დანახარჯებს.

კიდევ უფრო მეტი ზარალი მოაქვს კოროზიას, როცა იგი იწვევს ხიდების, ორთქლის ქვაბების და ტურბინების ცალკეული ნაწილების დაენგვას. რამდენი შრომა და ენერგია სჭირდება ადამიანს დიდ და რთულ მანქანაში დაენგული დეტალის შესაცვლელად.

თუ ელექტროსადგურის გენერატორში გაფუქდა რომელიმე დეტალი, მთელი რაიონის ფაბრიკები და ქარხნები რამდენსამე ხანს მოკლებული იქნება ელექტრულ დენს. კიდევ უფრო სახიფათოა კოროზია ქიმიურ ქარხანაში. მას შეუძლია მწყობრიდან გამოიყვანოს არა მარტო რომელიმე მნიშვნელოვანი აგრეგატი, არამედ გამოიწვიოს პროდუქციის ხარისხის გაუარესებაც, კოროზიის პროდუქტებით მისი დანაგვიანების გამო.

გამოთვლილია, რომ კოროზიით ყოველწლიურად იშლება მთელი მოპოვებული რკინის მეოთხედზე მეტი. მწყობრიდან გამოდის სხვა ყველა ლითონის და შენადნობის დაახლოებით ერთი მესამედი. ათობით მილიონი ტონა ლითონი იღუპება.

ლითონის ცბიერი მტერი — კოროზია — თავის მსხვერპლს უთვალთვალებს ყოველი ფეხის ნაბიჯზე. სწორედ ამიტომაც, რომ მთელი მსოფლიოს მეცნიერები უკვე რამდენიმე ათეული წელია იკვლევენ

ლითონთა კოროზიის გამომწვევ მიზეზებს და ეძიებენ ამ დაავადებისაგან დაცვის გზებს.

საბჭოთა კავშირში კოროზიის შესწავლისა და მასთან ბრძოლის დამწყებნი არიან აკადემიკოსი ფ. კისტიაკოვსკი, საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტები გ. აკიმოვი და ნ. იზგარიშევი.

1927 წელს მუშაობა დაიწყო კოროზიის შემსწავლელმა პირველმა კვლევითმა ლაბორატორიამ, რომელიც გ. აკიმოვის მიერ იყო ორგანიზებული.

ოცდაათი წლის მანძილზე გამოიზარდა ნიქიერი და გულმოდგინე მკვლევარების მრავალრიცხოვანი თაობა, რომელიც წარმატებით ებრძვის ლითონთა მძიმე დაავადებას.

მკვლევარებმა შეისწავლეს ლითონთა დაავადების არა მარტო გარეგნული ნიშნები, არამედ ღრმად ჩასწვდნენ კოროზიის დროს მიმდინარე ქიმიური რეაქციების არსსაც. ექიმების მსგავსად, კოროზიის მკვლევარები თავდაპირველად აღგენენ „დიავნოზს“ თვითეული ცალკეული შემთხვევისათვის, შემდეგ კი „გამოწერენ წამალს“.

ჩაგრა ივანეშვილი ლითონი

ოქროს, ვერცხლისა და პლატინის გამოკლებით ყველა ლითონი, რომელსაც კი მოიპოვებენ მიწის წიაღიდან, ყოველთვის შეკავშირებულია რომელიმე არამეტალთან: ჟანგბადთან, გოგირდთან, ქლორთან. შენაერთებისაგან (ჟანგეულები, მარილები) სუფთა ლითონის მოცილება სხვადასხვა სახის ენერჯიის (ელექტრული, სითბური, ქიმიური) ხარჯვას მოითხოვს.

მაგრამ განთავისუფლებული ლითონი მიისწრაფვის ისევ დაუბრუნდეს საწყის მდგომარეობას. ამიტომ შეიძლება კოროზია განვიხილოთ, როგორც ლითონის იმ ბუნებრივ მდგომარეობაში გადასვლის პროცესი, როგორშიც იგი თავიდან გვხვდება.

ლითონის ნაკეთობანი — დანა, ჩანგალი, კოვზი — მშრალ პირობებშიც კი თანდათან კარგავს თავის ბზინვას და მქრქალდება. ლითონის ზედაპირზე წარმოიქმნება ჟანგის უთხელესი პრწყალი, რომელიც წარმოადგენს ლითონის ატომებთან ჟანგბადის ატომების ქიმიურ ნაერთს. ჟანგბადის ატომთან ურთიერთმოქმედების დასაწყისში ეს პრწყალი არ ჩანს მიკროსკოპის ქვეშაც კი. მისი სისქე სანტიმეტრის რამდენიმე ასეულ მემილიონედ ნაწილს არ აღემატება. უკვე შემდგომ პრწყალი სწრაფად ვითარდება. ჟანგბადის ატომები გადის პრწყალში და მოძრაობს ლითონის ატომებისაკენ, ლითონის ატომებიც თავის მხრივ, მიისწრაფვის ჟანგბადისაკენ.

საბოლოოდ მიიღება იმდენად სქელი აფსკი, რომ ჟანგბადით ლითონის შემდგომი დაქანგვა წყდება.

განსაკუთრებით მკვიდრი პრწყალი წარმოიქმნება ალუმინის და თუთიის ზედაპირზე.

ეს პრწყალი ჯავშანის მსგავსად იცავს ლითონს მისი მტრების— ჟანგბადის, გოგირდწყალბადის, ნახშირორჟანგისა და სხვა გაზების შემოტევისაგან. ამიტომ ამგვარ, პრწყალს დამცველს უწოდებენ.

დამცველი პრწყალი სხვადასხვა სისქისაა. უთხელესი უხილავი აფსკები — 400 ანგესტრემს (ანგესტრები — მილიმეტრის ერთი მეათ-მილიონედი ნაწილია) არ აღემატება, პრწყალი, რომელიც წარმოიქმ-ნება „ქალაქი ფერის“¹ მქონე ლითონის ზედაპირზე — 400-დან 500-მდე ანგესტრემია; ხოლო უფრო სქელი, ხილული აფსკები — 5000 ანგესტრემზე მეტია.

კიდევ უფრო სქელი პრწყალი მიიღება ფოლადის ან რკინის ზედაპირზე მათი მალალ ტემპერატურაზე, — 1200—1300 გრადუსზე გახურებისას. ხენჯი, როგორც ამგვარ პრწყალს უწოდებენ, შეიძლება იყოს რამდენიმე მილიმეტრის, ზოგჯერ კი ერთი სანტიმეტრის სის-ქისაჲ კი.

თუ ხენჯის ქიმიურ ანალიზს ჩავატარებთ, გამოირკვევა, რომ იგი რკინის სხვადასხვა ჟანგეულებისაგან შედგება. დამცველ ფუნქციას ასრულებს მხოლოდ რკინის ქვეყანგი, რომელიც მკიდროდ ეკვრის ლითონის ზედაპირს. რკინის სამყანგი და ორყანგი ძალიან ფორია-ნია, დასერილი ზედაპირი აქვს და ჰაერიდან ადვილად ატარებს ლი-თონთან ჯანგბადს.

მაგრამ ჟანგისაგან შექმნილი ყველა პრწყალი ერთნაირად კარ-გად არ იცავს ლითონს დაშლისაგან. პრწყალის გამძლეობა და და-ცვითი უნარიანობა დამოკიდებულია ლითონის ქიმიურ აქტიურობასა და მის შინაგან აგებულებაზე.

¹ თუ ფოლადის ზოდს 250—300 გრადუსამდე გავახურებთ, მისი ზედაპირი ცისარტყელას ყველა ფერით აფერადდება. „ქალაქი ფერის“ გ ჩენა, როგორც ამ მოვლენას უწოდებენ, არ არის დაკავშირებული პრწყალის შეფერვაზე. იგი დამო-კიდებულა სინათლის სხივის გარდატეხასთან. ლითონზე დაცემული სინათლის სხივების ნაწილი პრწყალის ზედაპირიდან აირეკლება, ნაწილი კი გ-დის პრწყალში და ლითონის ზედაპირიდან აირეკლება. პრწყალის სისქე სინათლის დაცემული სხივის ტალღის სიგრძესთან გარკვეულ თანაფარდობაშია. ამ სისქის მიხედვით, როელიც პრწყალის სხვადასხვა ადგილას განსხვავებულია, ორივე არეკლილი სხი-ვი ერთი მეორეს ასუსტებს ან აძლიერებს. ამიტომ „ფოთრი“ ფერის სინათლის კო-ნდან გარკვეული ფერის მქონე სხივების ნაწილი ძლიერ შესუსტებული იქნება, ხოლო პრწყალი არეკლილ სხივში გვეჩვენება კაშკაშად შეფერილი ამა თუ იმ და-მ-ატებით ფერად. რაც უფრო სქელია პრწყალი, მით უფრო მკვეთრად შეიცვლება ფერები — ყვითლიდან ნაცრისფერ — მწვანემდე.

ისეთი ლითონები, როგორცაა კალიუმი, ნატრიუმი, ლითიუმი. ძალიან სწრაფად იენაგება ჰაერზე. პირდაპირ თვალწინ მქრქალდება. ლითონის მზნინავი ზედაპირი. ლითონის ზედაპირული პრწყალის შემადგენლობაში ლითონის ეანგის გარდა ლითონის ნახშირორჟანგთან ურთიერთქმედების პროდუქტებიც შედის. ნახშირორჟანგი მცირე რაოდენობით ყოველთვის მოიპოვება ჰაერში.

ეს პრწყალი ლითუმს, კალიუმს და ნატრიუმს დაშლისაგან ვერ იცავს. ამიტომ, რომ ამ ლითონებს ჩვეულებრივ ნავთში ინახავენ.

დამცველი პრწყალები ლითონის ზედაპირზე შეიძლება შეიქმნას ჰაერის ეანგბადის მონაწილეობის გარეშეც. თუ ფოლადის ან რკინის ფირფიტას ჩავუშვებთ კონცენტრიულ აზოტმეაგაში, ლითონის ზედაპირზე ჩნდება ეანგის პრწყალი და ლითონი არ დაიშლება. აზოტის მეაგა — ძლიერი დამეანგველია, იმიტომ ქმნის იგი ლითონზე ძალიან თხელ, მაგრამ მტკიცე პრწყალს.

ძლიერი დამეანგველები, თუმცა ლითონს მძიმე დავადებით — კოროზიით აზიანებს, მაგრამ ამასთანავე მის საწინააღმდეგო წამალს — ეანგის მტკიცე პრწყალს ქმნის.

ლითონის დამცველი პრწყალები საიმედოდ იცავს მას დაბალი ტემპერატურის დროს. ტემპერატურის აწევისას ლითონთა უმეტესობის ეანგვა ჩქარდება. 800-გრადუსზე უფრო მაღალი ტემპერატურისას, კოროზიის პროცესი მკვეთრად იზრდება. ეანგაადი, ნახშირორჟანგა გაზი ენერგიულად „უტევენ“ ლითონის ზედაპირს. ამ პირობებში ლითონებს განსაკუთრებით ძლიერ აზიანებს გოგირდოვანი გაზი.

ჩვენს საუკუნეში ტექნიკის სხვადასხვა უბანზე ბევრი ისეთი მანქანა გაჩნდა, რომელიც 500 — 1500 გრადუსზე მუშაობს.

ასე, მაგალითად, ავტომანქანებისა და საავიაციო ძრავების სარქველები 800 — 900 გრადუსზე მუშაობს. გამოსაბოლქვე გაზები ამ პირობებში ენერგიულად ეანგავს ლითონს. ქიმიური აპარატების ზოგიერთი დეტალი განიცილის ათასი ატმოსფეროს წნევისა და ასეული გრადუსი ტემპერატურის გავლენას.

მაღალი ტემპერატურისას (1300 გრადუსი) ჩვეულებრივ ტარდება ლითონის ცხლად დამუშავება — ქედვა, გლინვა, ტვიფრა. ლითონის ზედაპირი ჰაერის ან სათბობის წვისას წარმოქმნილი გაზთან შეხებისას სწრაფად იშლება გაზური კოროზიის ზემოქმედებით.

ლითონის ვერაგო მტრები — ქიმიური და გაზის კოროზია — სახალხო მეურნეობის და პირველ რიგში მანქანათმშენებელ მრეწველობას უდიდეს ზარალს აყენებს.

მაგრამ ლითონის კიდევ უფრო მრისხანე მტერს წარმოადგენს ეგრეთწოდებული ელექტროქიმიური კოროზია.

თუ გოგირდმჟავიან კიქაში ჩავუშვებთ თუთიის ან სპილენძის ფირფიტას და მათ ერთმანეთთან მავთულით შევავერთებთ, მივიღებთ ელექტრული დენის წყაროს — გალვანულ ელემენტს. თუთია რეაქციაში შედის გოგირდმჟავასთან და აძეგებს წყალბადის დადებით იონებს, რომელიც სპილენძის ფირფიტაზე ილექება. სპილენძის ფირფიტა იმუხტება დადებითად. თუ ორ ამგვარ ელექტროდს მავთულით შევავერთებთ, მათში გაივლის დენი.

1800 წელს იტალიელმა ფიზიკოსმა და ქიმიკოსმა ალესანდრო ვოლტამ პირველმა შექმნა ხელსაწყო, რომელშიც ჟანგვა-აღდგენის რეაქციის ენერგია ელექტროენერგიად გარდაიქმნებოდა. ამ ხელსაწყოს, გამომგონებლის სახელის მიხედვით, ვოლტას სვეტი უწოდეს. იგი შედგებოდა თუთიისა და სპილენძის მრავალი დისკოსაგან. ამ ორი ლითონის დისკოები ურთიერთისაგან განცალკევებული იყო ელექტროლიტის ხსნარში გაჟღენთილი ქსოვილით.

ორი წლის შემდეგ რუსმა მეცნიერმა პეტროვმა ააგო ვოლტას სვეტი თუთიისა და სპილენძის 2100 წყვილი დისკოსაგან. ამ ხელსაწყოს დახმარებით მან აღმოაჩინა ელექტრული რკალი და პირველად დაშალა წყალი ჟანგბადად და წყალბადად.

ვოლტას სვეტი მალე შეცვალა ელექტროდენის სხვა წყაროებმა — გალვანურმა ელემენტებმა. პირველი ამგვარი ხელსაწყო, რომელიც ქიმიურ ენერგიას ელექტრულად გარდაქმნიდა, შედგებოდა გოგირდმჟავას ხსნარში ჩაძირული თუთიისა და სპილენძის ფირფიტებისაგან. მოგვიანებით გაჩნდა სპილენძ-თუთიის სხვა ელემენტი, რომელშიც თუთიის ელექტროდი ჩაძირულია გოგირდმჟავა თუთიის ხსნარში, ხოლო სპილენძის ელექტროდი — გოგირდმჟავა სპილენძის ხსნარში. ეს ელემენტი ერთდროულად ააგეს რუსმა მეცნიერმა ბ. იაკობიმ და ფრანგმა ფიზიკოსმა დანიელმა.

საერთოდ, გალვანურ ელემენტში ელექტროდებად შეიძლება გამოყენებული იყოს სხვადასხვა სახის ლითონის ფირფიტები.

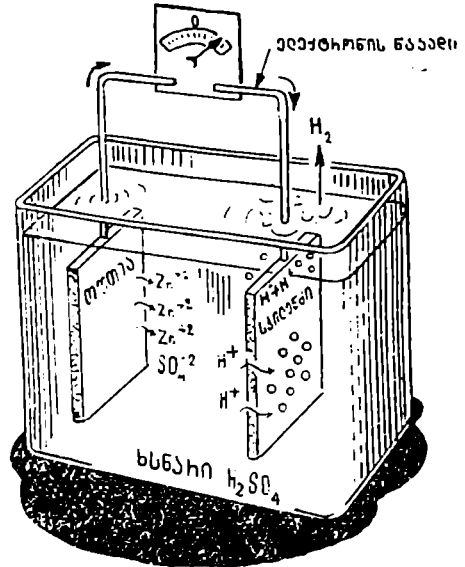
თუ გალვანურ ელემენტში გავატარებთ ელექტრულ დენს, რეაქციები საწინააღმდეგო მიმართულებით წარიმართება, ე. ი. ელექტრული ენერგია ქიმიურ ენერგიად გარდაიქმნება.

ამ დაკვირვებამ შესაძლებელი გახადა შექმნილიყო ისეთი ხელსაწყოები, რომელიც აგროვებს ელექტრულ ენერგიას და შეუძლია შემდეგ საჭიროების მიხედვით მისი ხარჯვა. მათ აკუმულატორებს უწოდებენ (იგი წარმოსდგება ლათინური სიტყვისაგან — აკუმულა-
238

ტორი, რაც შემგროვებელს ნიშნავს). ამჟამად ტექნიკაში ყველაზე ფართო გამოყენება აქვს ტყვიის აკუმულატორს.

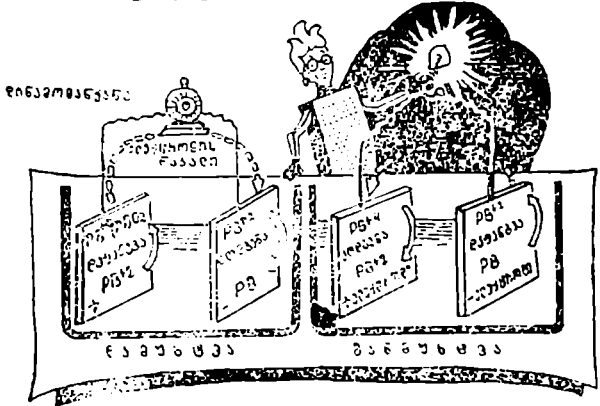
იგი შედგება ტყვიის ორი ან რამოდენიმე ბადისებრი ფირფიტისაგან, რომელიც ამოვსებულია ტყვიის ჭანგის ცომით. ფირფიტები ჩაძირულია გოგირდმჟავას 25—30 —პროცენტთან ხსნარში. ტყვიის ჭანგი თანდათანობით იხსნება მჟავაში და გოგირდმჟავა ტყვიად გარდაიქმნება.

როცა აკუმულატორს რთავენ მუდმივი დენის ქსელში, გოგირდმჟავა ტყვია ანოდზე გადაიქცევა ტყვიის ორჟანგად, კათოდი ტყვიის იონებს გადასცემს ორ ელექტრონს და თვითონ იჟანგება. კათოდზე ტყვიის იონები იერთებს ამ ორ ელექტრონს და აღდგება ლითონურ ტყვიად. ახლა აკუმულატორი დატვირთულია.



გალვანური ელემენტის მოქმედების სქემა

თუ დატვირთული აკუმულატორის წრედს შევკრავთ, იგი მოგვცემს დენს და განიტვირთება. განტვირთვისას აკუმულატორის ჭანგვა-აღდგენითი რეაქციები წარიმართება საწინააღმდეგო მიმართულებით. კათოდზე, რომელიც ახლა უარყოფითი ელექტროდია, ტყვია გასცემს ელექტრონებს და იჟანგება, ხოლო ანოდზე, რომელიც დადებით ელექტროდად გა-



ტყვიის აკუმულატორი (სქემა)

დაიქცა: ტყვია მიერთებს ელექტრონებს და აღდგება.

ტყვიის აკუმულატორის ძაბვა დაახლოებით ორი ვოლტია. ტყვიის ორჯანგის გოგირდმჟავა ტყვიად გარდაქმნასთან ერთად ძაბვა ეცემა. როცა აღდგენის პროცესი მთავრდება, აკუმულატორი განტვირთულია და ხელახლა დატვირთვას საჭიროებს.

უკანასკნელი წლების მანძილზე სახალხო მეურნეობაში დიდი გავრცელება მოიპოვა რკინა ნიკელის აკუმულატორმაც. ამ აკუმულატორში ერთი ელექტროდის მოვალეობას ასრულებს რკინის ფირფიტა, ხოლო მეორისას — ნიკელის სამეანგის ფენით დაფარული ლითონის ფირფიტა. ელექტროლიტად გამოიყენება ნწყვავე კალიუმის 23 პროცენტ ჭიანი ხსნარი ან ლითიუმის ჟანგის ჰიდრატი. ამ აკუმულატორის ელექტრომომძრავებელი ძალა 1,35 ვოლტს არ აღემატება.

ომის შემდგომ წლებში ტექნიკაში აკუმულატორების გამოყენება მნიშვნელოვნად გაიზარდა. აკუმულატორს შეხვედებით თვითმფრინავებსა და თბომავლებზე, საარკინიგზო ვაგონებსა და წყალქვეშა ნავებზე. აკუმულატორი ესაჭიროებათ აგრეთვე მცირე რადიოსადგურების დამონტაჟებისას, სატელეგრაფო აპარატების დაყენებისას, შიდაწვის ძრავების ასამუშავებლად.

ამგუჯველი მეზობლობა

ლითონის ნაკეთობათა უმეტესობა ექსპლოატაციისას მეტ-ნაკლებად ეხება მჟავების, მარილების და ტუტეების წყალხსნარებს. როგორც ცნობილია, ელექტროლიტად წოდებულ ამ ხსნარებს, ელექტრული დენის გატარების უნარი აქვს.

ამგვარი მეზობლობა ლითონს არაფერს კარგს არ უქადის, ზოგჯერ კი იგი ტრაგიკულად მთავრდება. გაზისა და წყალგამყვანი ლითონის მიღებს ტრანშეაში ჩაწყობამდე გულდასმით მთლიანად ფარავენ სპეციალური ფისით და ირგვლივ ქალაღდს აკრავენ. წინააღმდეგ შემთხვევაში ტენიან ნიადაგში მიღები მალე გახდება უფარგისი. ბევრი ლითონი შედარებით სწრაფად იშლება ტენიან გაჟღენთილ ჰაერზეც კი. ლითონის კოროზია კიდევ უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, თუ ჰაერში არის გოგირდის და ნახშირბადის მინარევიანი მტვერი.

ელექტროლიტებში ლითონის კოროზიის შესწავლისას მკვლევარებმა შენიშნეს, რომ იგი ჩვეულებრივ ქიმიურ დაქანგვას არ წააგავს. ელექტროქიმიური კოროზია უფრო გაღვანური ელემენტის მუშაობას მოგვაგონებს.

ასზე მეტი წლის წინათ შვეიცარიელმა ქიმიკოსმა დე-ლა რივმა, რომელიც სხვადასხვა გაღვანურ ელემენტს შეისწავლიდა, ყურადღება მიაქცია იმას, რომ სხვადასხვა ხარისხის თუთია გოგირდმჟავაში

ერთნაირი სისწრაფით არ იხსნება. სხვა ლითონების (სპილენძის, რკინის, ტყვიის) რაც უფრო მეტ მინარევს შეიცავს თუთია, მით უფრო სწრაფად მიჰდინარეობს მისი გახსნა. სუფთა თუთია შეიძლება საკმაოდ დიდხანს იყოს კონცენტრირულ გოგირდმეყავაში და არ გაიხსნას.

ამავე დროს მეცნიერმა მეორე მნიშვნელოვანი დაკვირვებაც მოახდინა. ცინკის ფირკიტის ზედაპირზე წყალბადის ბუშტები არათანაბრად გამოიყოფა. ზოგ ადგილას იგი მეტია, ზოგან კი — ნაკლები. დე-ლა-რივმა გამოსთქვა მოსაზრება, რომ თუთიის ზედაპირი უამრავი უწყვილესი გალვანური ელემენტებისაგან შედგება და ეს გალვანური ელემენტები მოკლელაა ჩართული ლითონის მეჰვეობით. კათოდს წარმოადგენს მინარევი, ხოლო ანოდს — თვით თუთია.

შვეიცარიელი მეცნიერი მხოლოდ ჰიპოთეზის გამოთქმით არ შემოიფარგლა. როგორც ყველა ნაძღველმა მკვლევარმა, მანაც შესანიშნავად იცოდა, რომ ცდით დაუდასტურებელი თეორია უნაყოფოა. თავისი დასკვნების სამართლიანობაში დასარწმუნებლად, მან მოამზადა სუფთა და სხვადასხვა მინარევით (კალით, ტყვიით, სპილენძით, რკინით) დანაგვიანებული თუთიიდან გამოჭრილი ზი.ლები და ჩაუშვა გოგირდმეყავიან კურკელში. გამოირკვა, რომ მინარევები არა მარტო აჩქარებს კოროზიას, არამედ სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ლითონზე: ზოგი მათგანი მეტად უწყობს ხელს კოროზიას, ზოგი კი — შედარებით ნაკლებად.

დე-ლა-რივის იდეებმა იმ დროს ვერ ჰპოვა აღიარება. გავიდა ათეული წლები, წარმოიშვა და განვითარდა მეცნიერება ლითონემაზე. ელექტროქიმიამ ღირსეული ადგილი დაიმკვიდრა მეცნიერებასა და ტექნიკაში. აი სწორედ მაშინ გაიხსენეს შვეიცარიელი ქიმიკოსის ცდები და მონაცემები.

ელექტროქიმიური კოროზიის თეორიამ ფართო აღიარება მოიპოვა. მან შესაძლებელი გახადა ახსნილიყო ელექტროლიტებში ლითონების მოქმედება და გარკვეულიყო მათი დაშლის მიზეზები.

ამჟამად საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ელექტროლიტებში ლითონების კოროზია წარმოიქმნება უამრავი მიკროსკოპული გალვანური ელემენტის მუშაობის შედეგად.

რაც უფრო მეტი მინარევი აქვს ლითონს, მით მეტი უწყვილესი გალვანური ელემენტი წარმოიქმნება. ამიტომ იხსნება სუფთა თუთია მეყავაში უფრო ნელა და ძნელად, ვიდრე მინარევებით გაჰუჰყიანებული ლითონი.

შემჩნეულია, რომ გაჰუჰყიანებული თუთიაც თავდაპირველად ნელა იხსნება, უკვე შემდგომ, გახსნის სისწრაფე თანდათან იზრდება.

ამ მოვლენის ახსნას ელექტროქიმიური კოროზიის თეორია იძლევა.

როცა თუთია გახსნას იწყებს, მის ზედაპირზე უცხო ლითონების შედარებით მცირე ნაწილაკებია, რადგან მინარევის ნაწილი თუთიის ფირფიტის სისქეშია მოთავსებული და მეავას ჯერ არ ეხება. მეავა თანდათანობით სულ უფრო და უფრო ჰამს თუთიას და ლითონის სისქიდან მინარევის ახალ-ახალი ნაწილაკები ამოდის. იზრდება მიკროკათოდების რიცხვი, სულ უფრო და უფრო მეტი გალვანური ელემენტი წარმოიქმნება და ჩქარდება თუთიის გახსნის პროცესი (თუთია ანოდს წარმოადგენს).

რამდენიმე ხნის შემდეგ ლითონის ზედაპირზე ჩნდება მინარევების საკმაოდ სქელი და ფაშარი ფენა. ლითონმცოდნეები მას — „ლრუბელს“ უწოდებენ. ამ მომენტისთვის გახსნის სიჩქარე თავის უმაღლეს საზღვარს აღწევს და შემდეგში უკვე აღარ იცვლება. ავილოთ მინის წკირი და ლითონის ზედაპირს ფრთხილად მოვაცილოთ „ლრუბელი“. დაუყოვნებლივ შემცირდება თუთიის ზედაპირზე წყალბადის გამოყოფა. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ კოროზია შემცირდა.

თუ მინის წკირით მოცილებული „ლრუბელის“ ნაჭერს მეავაში ჩაძირული ლითონის ზედაპირზე მოვათავსებთ, კოროზიის სისწრაფე ისევ გაიზრდება. „ლრუბელზე“ ჰარბად გამოიყოფა წყალბადი.

„ლრუბელი“ ამ შემთხვევაში კათოდის როლს ასრულებს. იგი შედგება მინარევის ათასი უწვრილესი ნაწილაკისაგან, რომელიც მიკროკათოდს წარმოადგენს.

დე-ლა რივის მიკროკათოდების ჰიპოთეზა მშვენივრად ხსნის არა მარტო თუთიის, არამედ სხვა ლითონების გახსნასაც მეავაში.

ელექტროქიმიური კოროზია დიდადაა დამოკიდებული თვით ლითონის სტრუქტურაზეც.

თუ ალუმინის ან ფოლადის ღეროს ორ ნაწილად გადავტეხავთ, გადატეხის ადგილზე აშკარად გამოჩნდება უწვრილესი მარცვლები. ლითონი მყარ მდგომარეობაში კრისტალებისაგან შედგება. კრისტალური აღნაგობის მქონე მრავალი ნივთიერების (გოგირდი, ნახშირბადი, ფოსფორი) ატომების მსგავსად, ლითონის ატომებიც გარკვეული წესრიგითაა განლაგებული სივრცულ მესერში. ლითონი შედგება უდიდესი რაოდენობის უწვრილესი კრისტალისაგან, რომელსაც კრისტალიტებს უწოდებენ.

მაგრამ კრისტალები, რომელიც ლითონის გამოდნობისას წარმოიქმნება, „იდეალური“ კრისტალისაგან განსხვავდება. სივრცული მესერის ცალკეული უბნები შეიძლება იყოს დეფორმირებული, დამახინჯებული. კრისტალური მესერის ზოგიერთი კვანძი ცარიელდება,

ეგი ლითონის ატომებს აღარ შეიცავს. მესერში შეიძლება ბზარების, გაზის ჩანართების სხვა ლითონებისა და არალითონების მინარევების წარმოქმნა.

ლითონის ზედაპირიდან აღებული თხელი ანათალის მიკროსკოპში გასინჯვისას შეიძლება შევნიშნოთ, რომ კრისტალის წახნაგები დამახინჯებულია, ხოლო კრისტალებს შორის საზღვარი — უსწორო, დარღვეულია. კრისტალებს შორის საზღვართან სივრცული მესერი კარგავს თავის ნორმალურ აღნაგობას. ყველაზე ხშირად აქ გროვდება ლითონში არსებული მინარევები. ეს მინარევები მიკროკათოდებს წარმოადგენს. კრისტალის წახნაგსა და წიბოს შორის წარმოიქმნება გაღვანური ელემენტი და კრისტალებს შორის მოსაზღვრე უბნებში წყალბადის ბუშტები გამოიყოფა.

ამის დამტკიცება შეიძლება სრულიად უბრალო ცდით. ავიღოთ ფოლადის ფირფიტა, კარგად გაეხეხოთ და გაეპარიალოთ იგი. შემდეგ, ჯანგიანი ბრწყალის მოსაცილებლად, გაეწმინდოთ აზოტის მქაფასა და სპირტის ნარევით. ამგვარად გამზადებული ფირფიტა ჩვეუშვით გოგირდმქაფიან ქიქაში. თუ გოგირდმქაფით დაფარულ ფირფიტას მიკროსკოპის ქვეშ გავსინჯავთ, მასზე მუქი წრით შემოფარგულულ ლაქებს შევნიშნავთ. ეს წყალბადის ბუშტებია.

ელექტროქიმიურ კოროზიას ყოველთვის ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნილი უმცირესი გაღვანური ელემენტები როდი იწვევს. ბევრ შემთხვევაში ლითონი იშლება საკმაოდ დიდი გაღვანური ელემენტების მუშაობის შედეგადაც. ამგვარი გაღვანური ელემენტები ლითონის სხვადასხვა ნაკეთობებში წარმოიქმნება.

ზოგჯერ, ლითონის კონსტრუქციის აწყობისას, ფურცლებს ამარებენ სხვა ლითონისაგან დამზადებული მოქლონით ან ქანჭიკით. ერთ-ერთ ქარხანაში სასადილოსათვის სასმელი წყლის რამოდენიმე ალუმინის ავზი დაამზადეს. ავზებში გამოიყენეს სპილენძის მოქლონები. როგორც ცნობილია, ალუმინი წყალთან შეხებისას არ იეანგება და მისგან ნაკეთები ქურჭელი ძალიან დიდხანს ძლევს. ამ ავზებში კი ალუმინმა სწრაფად იწყო დაშლა. აქ ალუმინის ფურცლები გადაიქცა ანოდად, ხოლო სპილენძის მოქლონები — კათოდად.

საზღვაო და სამდინარო გეჰების დაპროექტებისას, ხიდებისა და ლითონის დიდი ნაგებობების აშენებისას კონსტრუქტორებმა და ინჟინრებმა ყოველთვის უნდა გაუწიონ ანგარიში იმის, რომ ზოგიერთი ლითონებისაგან შეიძლება წარმოიქმნას გაღვანური წყვილები. არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება დავუშვათ, რომ ალუმინი ეხებოდეს სპილენძის შენადნობებს, ანდა უჭანგავ და სპეციალურ ფოლადს, რომელიც ქრომის, ვანადიუმის, მოლიბდენის მინარევს შეიცავს. არა-

სასურველია ფოლადის ნაკეთობებისა და დეტალების მეზობლობა სპილენძის ან ნიკელის შენადნობებთან, ვერცხლთან, ოქროსთან, პლატინასთან.

ამ პირობათა შეუსრულებლობა შეიძლება ზოგჯერ საბედისწერო იყოს. პირველ მსოფლიო ომამდე ცოტა ხნით ადრე პეტერბურგის მცხოვრებნი, ნევის სანაპიროზე სეირნობისას, არაერთხელ მოხიბლულან ულამაზესი იახტით. მისი წყლისზედა მოოქროვილი ნაწილი თვალისმომკრელად ელავდა. იახტის ქიმზე ოქროს ასოებით იყო გამოყვანილი ასოები „შტანდარტ“-ი. იახტას სილამაზისათვის სპილენძის მოოქროვილი ფურცლები ჰქონდა შემოკრული, ხოლო კორპუსის გაძღვობისა და სიმტკიცისათვის წყალქვეშა ნაწილი ფოლადისაგან დაანზადეს.

მალე „შტანდარტი“ საზღვარგარეთ გაემგზავრა. მშენიერმა იახტამ ბევრი ზღვა და ოკეანე გადასერა. პეტერბურგში მობრუნების შემდეგ ჩაატარეს მისი დათვალიერება და დიდი დაზიანებანი აღმოაჩინეს. რკინისა და სპილენძის ფურცლებმა მძლავრი გაღვანური ელემენტი შექმნა. ელექტროლიტს ზღვის წყალი წარმოადგენდა.

როცა სპილენძი ალუმინთან ერთადაა წყალში მოთავსებული, ალუმინის ატომები იხსნება, თავის ელექტრონებს წყალბადის იონებს გადასცემს (წყლის უმნიშვნელო ნაწილი იშლება წყალბადისა და ჰიდროქსილის იონებად) და აღადგენს მათ თავისუფალ წყალბადად. ალუმინის დადებითად დამუხტული იონები კი უერთდება ჰიდროქსილის უარყოფითად დამუხტულ იონებს. ასე წარმოიქმნება ალუმინის ჰიდროქსანგის მოლეკულები.

გაცილებით უფრო რთულად მიმდინარეობს რკინის კოროზია სპილენძის ან სხვა ნაკლებად აქტიური ლითონის მეზობლად.

რკინა ხსნარს გადასცემს ორვალენტოვან იონებს, რომლებიც ჰიდროქსილის იონებს უერთდება. წარმოიქმნება რკინის ქვეყანგის ჰიდროქსანგი (მწვანე ფერის), რომელიც წყალთან და ჰაერის ეანგბადთან წარმოქმნის ეანგს — სამვალენტოვან რკინის ჰიდროქსანგს (მურაფერის).

როცა ლითონის დაშლისას წყალბადის ბუშტები გამოიყოფა, ამ მოვლენას უწოდებენ კოროზიას წყალბადის გამოყოფით. იგი ყველაზე ხშირად შეინიშნება ლითონის მყავაში გახსნისას.

თუ ლითონის ელექტროლიტთან ურთიერთმოკმედებისას ეანგბადი შთაინთქმება, ამ მოვლენას უწოდებენ კოროზიას ეანგბადის შთაინთქმით. ამგვარი კოროზია ყველაზე ხშირია ლითონის მოთავსებისას ეანგბადით მადლარ წყალში.

პირველ შემთხვევაში კოროზიის სისწრაფე დამოკიდებულია

მიკროკათოდზე წყალბადის იონების განმუხტვის სიჩქარესა და გაზის ბუშტების გამოყოფაზე. ხოლო მეორე შემთხვევაში ჰაერის ჟანგბადის მიერ ელექტროლიტის ფენაში შეღწევის და ლითონის კათოდურ უბნებამდე მისვლის სიჩქარეზე.

ღენი შლის მიღგაყვანილოგას

ლითონი და ლითონის ნაკეთობები, რომელიც ყოფაცხოვრებასა და ტექნიკაში გამოიყენება, უფრო ხშირად „მუშაობს“ არა წყალში ან ელექტროლიტების ხსნარებში, არამედ ჰაერზე. ორთქლმავლები, სარკინიგზო ვაგონები, ხიდები, რელსები, სახლისა და საზოგადოებრივი ნაგებობების სა ურავები განუწყვეტლივ ეხება ჰაერს. ბევრი დაზვისა და მანქანის, სატელეფონო და სატელეგრაფო ხაზის, მაღალი ძაბვის გადასცემ სადენის ექსპლოატაცია ატმოსფერულ პირობებში სწარმოებს.

ჰაერი მეტ-ნაკლებად ყოველთვისაა წყლის ორთქლით გაჯღენთილი. მძრალი ჰავისას იგი ნაკლებია, ტენიანში კი გაცილებით მეტი. განსაკუთრებით მაღალი ტენიანობაა ზღვებისა და ოკეანეების ნაპირებზე.

როცა ჰაერის ტემპერატურა ეცემა, გამოიყოფა ტენის უწყვილესი წვეთები, რაც ნისლს წარმოქმნის.

ნისლი, თავისი ტენიანი საბნით ფარავს ხეებს, შენობის კედლებს, ელექტროგაყვანილობის სადენებს. ტენის წვეთები ხვდება სხვადასხვა ლითონის ნაკეთობების ზედაპირს. ლითონი წყლის თხელი აფსკით იფარება, რომელიც წარმოადგენს ელექტროლიტს. მისი თანხლებით მიკროგალვანური ელემენტები ენერგიულად იწყეას მოქმედებას. ლითონის ზედაპირზე ჯერ ლაქები, ხოლო შემდეგ ამონაჰამები ჩნდება. ელექტროქიმიური კოროზია თანდათანობით შლის ლითონს.

ატმოსფერული კოროზია უფრო სწრაფად ანადგურებს ლითონს დიდ ქალაქებსა და საწარმოო რაიონებში, სადაც ჰაერი სხვადასხვა მავნე გაზების — ნახშირორჟანგის, აზოტის ჟანგეულების, გოგირდის ორჟანგის მინარევებს შეიცავს. ამ გაზების მოლეკულები იხსნება ტენის წვეთებში და წარმოქმნის მტავებს, რომელიც ლითონის ზედაპირზე მოხვედრისას კოროზიას აძლიერებს.

ლითონის განსაკუთრებით უღმოიელ მტერს წარმოადგენს გოგირდოვანი გაზი. მისი აღმოჩენა ყოველთვის შეიძლება ქარხნის კვამლში, თუ საწვავად ქვანახშირია გამოყენებული. გოგირდი, რომელიც ქვანახშირს ანაგვიანებს, წვიცას იფანგება ჟანგბადით და წარ-

მოქმნის გოგირდოვან გაზს. გოგირდოვანი გაზი ჰაერზე იეთანგება და წყალში გახსნისას გოგირდმჟავას იძლევა.

თუ ჰაერი მტვრითაა გაბინძურებული, მტვრის ნაწილაკები ილექება ლითონის ზედაპირზე, ხარბად იზიდავს ტენს და წარმოქმნის ელექტროლიტის თხელ ფენას. წვიმა, თოვლი, ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება, კოროზიის მოკავშირეებია, ძლიერ წვიმას შეუძლია გახსნას ან ლითონის ზედაპირიდან ჩამორეცხოს დამცველი ეანგის პრწკალი. თუ ყინვას სითბო ცვლის, მაშინ დამცველი პრწკალი შეიძლება დასკდეს და ძირს ჩამოცვივდეს.

გამოთვლილია, რომ ლითონები ყველაზე მეტად ატმოსფერული კოროზიის გამო გამოდის მწყობრიდან. ამ კოროზიას იერში მიაქვს ლითონზე ნებისმიერ მდგომარეობაში და ნებისმიერ ადგილას — ღია ჰაერზე, დახურულ შენობებში, მანქანისა და დაზგების დეტალებში.

თანამედროვე ტექნიკა ლითონის კონსტრუქციებითა და ნაკეთობებით სარგებლობს არა მარტო მიწაზე, წყალზე, ჰაერში, არამედ ხშირად მიწის ქვეშაც.

წყალგამყვანი და საკანალიზაციო მილები, ნავთობისა და გაზის მილსადენები, ელექტროლი კაბელები და სატელეგრაფო სატელეფონო ხაზები ლითონისგანაა დამზადებული და ექსპლოატაციისას მიწაში ღრმად თავსდება.

ნიადაგი — არაერთგვაროვანი ნივთიერებაა. მას აქვს რთული ქიმიური შედგენილობა. მასში არის მინერალები და მარილები, სხვადასხვა ორგანული შენაერთები. ნიადაგის წყლები ყოველთვის შეიცავს მარილების მინარევეებს, გახსნილ მჟავებსა და გაზებს. ლითონის სიახლოვე ნიადაგის წყალთან, რომელიც ელექტროლიტს წარმოადგენს, ელექტროქიმიურ კოროზიას იწვევს.

მიწაში მოთავსებული ლითონის მილებსა და კაბელებს დაზიანებისაგან დასაცავად ფარავენ ფისის ან ასფალტის საკმაოდ სქელი ფენით, რომელიც ტენს გზას უღობავს ლითონის ზედაპირისაკენ.

მაგრამ ამგვარი იზოლაცია ყოველთვის საიმედოდ ვერ იცავს დაზიანებისაგან ლითონის ნაკეთობებს. დიდ ქალაქებში მიწისქვეშა კაბელებსა და მილგაყვანილობას ხშირად შლის მოხეტიალე დენი, რომელიც ნიადაგში ხვდება.

მაგრამ როგორ ხვდება ელექტროლი დენი მიწის ქვეშე მოხეტიალე დენის წყაროს წარმოადგენს სხვადასხვა დანადგარი, რომელიც მუდმივი დენით სარგებლობს, — ტრამვაი, ელექტროლიზური აბაზანები, ელექტროშემდუღებელი აპარატები.

როცა ტრამვაი რელსებზე მოძრაობს, მუდმივი დენი საჰაერო სადენით შედის ვაგონის ძრავაში და ბორბლებით გადაეცემა რელ-

სებს, რომელიც თავის მხრივ მეორე სადენს სცვლის. ტრამვაის რელსი, ჩვეულებრივ არასაკმარისადაა მიწისაგან იზოლირებული. ამიტომ დენის ნაწილი ნიადაგში ხვდება და იწყებს „ხეტიალს“. თავის გზაზე ლითონის საგნების შეხვედრისას ელექტრული დენი როგორც სადენებში, ისე გადის მათზე. თუ ტრამვაის რელსის მახლობლად წყალგამყვანი ან საკანალიზაციო მილებია მოთავსებული; მოხეტიალე დენი მიიმართება ამ მილებსაკენ. მიღზე ჩნდება კათოდური და ანოდური ზონები. პირველი ელექტრულ დენს ატარებს ნიადაგიდან მიღზე. მას არ ემუქრება კოროზია. სამაგიეროდ მეორე სწრაფად იშლება. მიღზე ღრმა ამოკმულები და ბზარები ჩნდება. გამოთვლილია, რომ 1 ამპერი ძალის დენს წლის მანძილზე შეუძლია ცხრა კილოგრამი რკინა, თერთმეტი კილოგრამი სპილენძი, ოცდაათზე მეტი კილოგრამი ტყვია დააზიანოს, დაშალოს.

თუ ვიცით მოხეტიალე დენის ძალა, ფარადეის კანონის მიხედვით ადვილად გამოვთვლით დროის ნებისმიერ მონაკვეთში ელექტროქიმიური კოროზიის შედეგად დაზიანებული ლითონის რაოდენობას.

ზიანი, რომელსაც კოროზია ლითონს აყენებს, მით მეტი იქნება, რაც უფრო მაღალია მოხეტიალე დენის ძალა. დიდ ქალაქებში იგი ზოგჯერ რამდენიმე ასეულ ამპერს აღწევს. მოხეტიალე დენი ზოგჯერ ნიადაგიდან ტრამვაის ან რკინიგზის რელსებს უბრუნდება და აზიანებს მათ.

მოხეტიალე დენები ხშირად დიდ ზარალს აყენებს ქალაქის მეურნეობას და იწვევს მძიმე კატასტროფას. იყო შემთხვევები, როცა კოროზიით დაზიანებული გაზსადენიდან ამოხეთქილი გაზის ნაკადი ააღდა და გაჩნდა დიდი ხანძარი. ამიტომ აქვს უდიდესი მნიშვნელობა ლითონის ამ მტერთან ბრძოლას.

ლითონის მეზობრები

იმისათვის, რომ მოხეტიალე დენი რელსიდან ნიადაგში არ გადავიდეს, შპალების ქვეშ ლორღის ან რომელიმე სხვა ელექტრული დენის ცუდად გამტარი მასალის ფენას ათავსებენ.

ელექტრული რკინიგზის რელსებს ახლა ჭრთმანეთთან ადულებენ. ეს აუმჯობესებს მათ გამტარობას და ხელს უშლის დენის განშტოებას.

მოხეტიალე დენისაგან დასაცავად მიწაში ჩაწყობილ მილგაყვანილობას ბიტუმიტ ფარავენ. ამასთანავე გულდასმით ადევნებენ თვალყურს, რომ მილი საიმედოდ დაიფაროს დამცველი ფენით. ფორებიდან და ბზარებიდან შეპარული დენი განსაკუთრებით ძლიერად ამ

ადგილებში დააზიანებს ლითონს და მილი მალე გამოვა შწყობრიდან.

მიწის ქვეშ მოხეტიალე დენის შეტევებისაგან ლითონის დაცვის საიმედო საშუალებას წარმოადგენს ეგრეთწოდებული ელექტროლრენაჟი. მილებს, კაბელებს, ლითონის კონსტრუქციებს ერთმანეთთან აერთებენ გამტარებით და დენი სპეციალური სადენით მიჰყავთ ელექტროსადგურის უარყოფით პოლუსთან.

როდესაც ადამიანი გაეცნო ლითონს, მის წინ მაშინვე დადგა კოროზიის თავიდან აცილების ამოცანა.

ჯერ კიდევ უძველეს დროში ადამიანებმა ისწავლეს ლითონის ზედაპირზე ოქროსა და ვერცხლის თხელი ფენის გადაკვრა, ლითონის ნაკეთობების ლაქითა და საღებავებით დაფარვა, რაც ლითონს დაშლისაგან იცავდა.

ჩვენს ერამდე სამასი წლის წინათ ეგვიპტეში სარგებლობდნენ სპირტსა და მცენარეულ ზეთებში გახსნილი ფისით, რათა სპილენძი და ბრინჯაო დაეცვათ ჰაერისა და ტენის „შეტევებისაგან“.

ჩვენს ეპოქაში ლითონის ფართო გამოყენებამ მოითხოვა ლითონის მტრებთან ბრძოლის ახალი მეთოდების შემუშავება. ხშირად დაზგები და მანქანები, ქვაბები და სხვადასხვა აპარატები მუშაობენ გაზრდილი ტენიანობის და მაღალი ტემპერატურის პირობებში მავნე გაზებისა და სითხეების მეზობლად.

რამდენიმე ათეული წლის წინათ ერთ-ერთ ქარხანაში ორთქლის ქვაბის კედლების დათვალიერებისას აღმოჩენილი იყო პატარა ამოკმული ადგილები. ქვაბის კედლის დაზიანების მიზეზის გამოსარკვევად, უპირველეს ყოვლისა, ჩაატარეს წყლის ანალიზი. მასში გახსნილი ქანგბადი აღმოჩნდა. კოროზიის გამომწვევეი ნაპოვნი იყო. წყლის უვნებელსაყოფად გადაწყვიტეს ქვაბში შესვლამდე ის რკინის ბურბუშელას ფენაში გაეტარებინათ. მართლაც, ქანგბადი ქანგავდა რკინის ბურბუშელას და ქვაბებიც გაცილებით უფრო დიდხანს ძლებდა.

მიუხედავად ამისა, წყალში შანც რჩებოდა ცოტაოდენი ქანგბადი. ლითონის ამ უბოროტესი მტრის საბოლოოდ მოსაშორებლად, გამოიგონეს სპეციალური აპარატი—დეაერატორი. აპარატის შიგნით მრავალი მილია, რომელშიც ორთქლი გადის. დეაერატორში გატარებულ წყალი, მილებში გავლისას, ხურდება. როგორც ცნობილია, ტემპერატურის მატებისას წყალში გაზების ხსნადობა კლებულობს. ამიტომ წყლის გახურებისას მასში გახსნილი ქანგბადი გამოიყოფა. აპარატიდან ქანგბადი გამოიწოვება სპეციალური მოწყობილობის საშუალებით.

რკინა და რკინის ნაკეთობები კარგად იხსნება გოგირდმჟავასა და მარილმჟავას ხსნარებში. იმ ქიმიური აპარატების დასაცავად,

რომლებიც შეაგებთან შეხებაშია, იყენებენ ტყვიის საფარველს. რკინაზე წარმოიქმნება გოგირდმეაფა ტყვიის მტკიცე პრწკალი, რომელიც იცავს ლითონს შემდგომი დაზიანებისაგან. ლითონის დაცვა შეაგების მავნე გავლენისაგან შეიძლება სხვა გზითაც. სხვადასხვა შეაგაში ლითონთა თვისებების შესწავლისას მეცნიერებმა შენიშნეს, რომ თუ შეაგაში მოხვდება ზოგიერთი განსაკუთრებული ნივთიერების — ეგრეთწოდებული ინგიბიტორის (ლათინურად ინგიბირე — დამუხრუჭებას ნიშნავს) უმნიშვნელო რაოდენობაც კი, ლითონების ხსნადობა შეაგაში რამდენიმე ასეულჯერ მცირდება. ინგიბიტორებს ამზადებენ იმ ნივთიერებებისაგან, რომლებიც ბევრი მცენარის (ქრისტისისხლა, ფარსმანდუკი, ყაყაჩო) შედგენილობაში შედის. ინგიბიტორად შეიძლება აგრეთვე გამოყენებულ იქნეს კარტოფილის ფოთლების, არყისა და ფიჭვის ლერო-ფოთლების გამონაწერი.

მაგრამ პრაქტიკამ ცხადჰყო, რომ მცენარეულ ინგიბიტორს ბევრი ნაკლი აქვს — ნაკლებად ეფექტურია, მოუხერხებელია გამოყენებისას. ამიტომ საბჭოთა და საზღვარგარეთელმა მეცნიერებმა შექმნეს მთელი რიგი ხელოვნური ძლიერმოქმედი ინგიბიტორი.

მარილმეაფა ჩვეულებრივ გადააქეთ მინის ბოთლებით, რომლებიც მოწნულ კალათაშია ჩადებული. დამკვეთ ორგანიზაციებში დიდი რაოდენობით მარილმეაფას გადატანისას კი ქარხანა ზოგჯერ სარგებლობს ფოლადის ცისტერნით, რომელიც შიგნიდან ამოფენილია ნატურალური კაუჩუკის თხელი ფურცლებით.

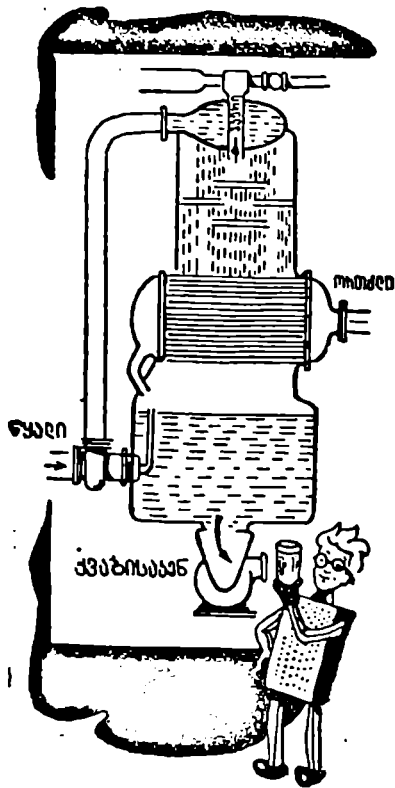
ერთხელ 1942 წელს საქირო შეიქმნა მოსკოვის ოლქიდან იშმბაევოში ერთი ცისტერნა მარილმეაფას სასწრაფოდ გაგზავნა.

ქარხანას იმ მომენტში არ აღნოაჩნდა კაუჩუკით ამოფენილი ცისტერნა. ქარხნის ინჟინრებმა გადაწყვიტეს მარილმეაფა გაეგზავნათ ჩვეულებრივი რკინის ცისტერნით, რომლითაც სარგებლობენ ნავთობის, ნავთის, ბენზინის გადატანისას. ამ მარილმეაფიან ცისტერნას დაუმატეს ცოტაოდენი „უნიკოლა“ — ახალი საბჭოთა ინგიბიტორი.

ადგილობრივი სადგურის რკინიგზელები შეაშფოთა ქარხნის მუშაკების გადაწყვეტილებამ. მარილმეაფა ხომ ლითონის ნაკეთობათა უბოროტესი მტერია. თუ შეაფა მოხვდება რელსს, ეს აუცილებლად გამოიწვევს მარცხს. ცნობილი იყო შემთხვევები, როცა მარილმეაფას გაუფრთხილებელი გადატანისას ზიანდებოდა სარკინიგზო რელსები და მატარებლების კატასტროფა ხდებოდა.

ქარხნის დირექცია არწმუნებდა რკინიგზელებს, რომ ინგიბიტორიანი მეაფას გაგზავნა სრულიად უსაფრთხოა, უხიფათოა, მაგრამ ისინი მაინც არ კისრულობდნენ გაეგზავნათ ცისტერნა. ბოლოს და ბოლოს შეიქმნა კომისია, რომლის მეთვალყურეობის ქვეშაც ფათე-

რაკიანი ცისტერნა გაუდგა თავის გრძელ გზას. რკინიგზელთა შიში არ გამართლდა. არც ხანგრძლივმა ნჯღრევამ, არც ძლიერმა დარ-



დეარატორის — წყლიდან გახსნილი ჟანგბადის მოსაშორებელი აპარატის სქემა

ტყმებმა, არც მცხუნვარე მზეზე დიდი ხნით გაჩერებამ, არ იმოქმედა უჩვეულო მოგზაურობაზე. მარილმთავეიანმა ცისტერნამ დანიშნულების ადგილს უვნებლად მიაღწია. ინგიბიტორმა წარმატებით ჩააბარა გამოცდა. იმ დროიდან მთავას გადატანა ჩვეულებრივი სარკინიგზო ცისტერნებით დაიწყო.

ინგიბიტორი აყოვნებს, ამცირებს ლითონზე მთავას ზემოქმედებას და ცვლის მის თვისებებს. დღემდე ჯერ კიდევ არაა ზუსტად დადგენილი რაში მდგომარეობს ინგიბიტორის სასწაულმოქმედი ძალა. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ ინგიბიტორი შედის ლითონთან ქიმიურ რეაქციაში და მის ზედაპირზე წარმოქმნის დამცველ პრჭკალს.

ლითონის ზედაპირიდან ჟანგის ან ხენჯის მოსაცილებლად დიდი ხანია იყენებენ მთავებს — უფრო ხშირად გოგირდმთავას, იშვიათად მარილმთავას. ამ დროს მიმდინარე პროცესების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ლითონის ჟანგეულები მთავებში იხსნება. ლითონის ანგვარ გაწმენდას შეწამლვას უწოდებენ. ამ

დროს ხენჯთან და ჟანგთან ერთად იხსნება ლითონიც.

თუ მთავას ხსნარს მცირეოდენ ინგიბიტორს მივუმატებთ, ლითონის დანაკარგი არ იქნება, რადგან მთავაში მხოლოდ ლითონის ჟანგეულები გაიხსნება.

1942 წელს საბჭოთა მეცნიერების ჯგუფმა შექმნა ახალი, ფრიალ ეფექტური ინგიბიტორი, რომელიც აფერხებს მთავებში არა მარტო რკინისა და ფოლადის, არამედ სხვა ფერადი ლითონების (თუთია, კალა, ტყვია) გახსნასაც.

ჩვენი წარმოების მუშაკებში დამსახურებული წარმატებით სარ-

ებლობს ინგიბიტორი „ჩმ“ (ЧМ), როცა შესაწამლად იყენებენ გოგირდმეფავს და „პა“ (ПБ), როცა შესაწამლად იყენებენ მარილმეფავს. შესაწამლად განკუთვნილი მეფავსთვის „ჩმ“-ის მიმატება თითქმის ორჯერ ამცირებს მეფავს დანახარჯს და აქვეითებს ლითონის დანაკარგებს.

ამ ინგიბიტორების გამოყენება შეწამვისას საშუალებას იძლევა თითქმის ოთხჯერ შევამციროთ ხენჯის მოკილების საფასური.

თანამედროვე ტექნიკაში, ინგიბიტორებს იყენებენ აგრეთვე ჰაერში დაჟანგვისაგან ლითონის დასაცავად. ამგვარ ინგიბიტორებს ატმოსფერულ ანდა აქროლად ინგიბიტორებს უწოდებენ. უფრო ხშირად ეს რთული ორგანული ნივთიერებაა, რომლის მოლეკულაც ამიდურ ჯგუფს შეიცავს (აღნიშნული ჯგუფი შედგება აზოტის ერთი და წყალბადის ორი ატომისაგან.)

აქროლად ინგიბიტორებს ერთი თავისებურება ახასიათებს. მათი ნაწილი კოროზიისაგან იცავს მხოლოდ შავ ლითონებს, ხოლო მეორე ნაწილი — მხოლოდ ფერად ლითონებს. ყველა აქროლადი ინგიბიტორი კარგად იხსნება წყალში. წინააღმდეგ შემთხვევაში — წყალში უხსნადი ინგიბიტორი ვერ დაიცავდა ლითონის ზედაპირს კოროზიისაგან. ინგიბიტორი იხსნება ტენის თხელ აფსკში, რომლითაც ყოველთვისაა დაფარული ლითონის ზედაპირი და წარმოქმნის დამცველ ფენას, რომელიც ჯავშანივით ეკვრის ლითონის ზედაპირს.

მაგრამ აქროლადი ინგიბიტორით შექმნილი ჯავშანი ლითონს მხოლოდ მანამდე იცავს, ვიდრე მისი ზედაპირი ინგიბიტორს ეხება.

თუ ფოლადის ნივთებს — მაკრატელს, დანას, ნემსს — დავამუშავებთ ინგიბიტორებით, ხოლო შემდეგ მაღალი ტენის მქონე ატმოსფეროში მოვათავსებთ, ეს ნივთები თანდათანობით დაიწყებს დაჟანგვას. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ამ დროს კოროზია უფრო ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე დაუმუშავებულ ლითონზე.

ლითონი იხავს ლითონს

თანამედროვე ტექნიკა ბევრ სხვადასხვა საშუალებას გვთავაზობს ლითონის კოროზიისაგან დასაცავად. ზუსტი ხელსაწყოების დეტალებს, ზოგიერთი მანქანისა და დაზვის ნაწილებს, თოფების ლულას დაჟანგვისაგან ხშირად იცავენ ოქსიდირებით, ხელოვნურად ჟანგის პრწყალის დაფარვით. ფოლადის დამცველი პრწყალი უმეტესად რკინის ჟანგისაგან შედგება და ნაკეთობას შავ ან მოლურჯო ელფერს აძლევს. პრწყალის ყორნის (რუსულად — ვორონ) ფრთასავით შავი ფერის გამო ამგვარ ოქსიდირებას რუსულად „ვორონენიე“ უწოდეს. ქართულად მას მოსევალება ქვია.

ალუმინზე ან მანგანუმზე მიიღება ხელოვნური ჟანგის მოვერცხ-
ლისფრო პრწყალები, რომელიც განსაკუთრებული სიმტკიცით ხასი-
ათდება.

ფოლადის ნაკეთობათა მოსევალებისათვის მათ სპეციალურ
ხსნარში ათავსებენ. ამ ხსნარს ჩვეულებრივ ამზადებენ მწვანე ნატრი-
უმისა და აზოტმჟავა კალიუმის ან ნატრიუმის ჰარილების ნარევისა-
გან. ოქსიდირებულ ფოლადს იღებენ სხვაგვარადაც — 10 — 20 წუთით
ათავსებენ 300 — 400 გრადუსამდე გახურებულ ლუმელში.

ალუმინის ლეტალებს 10 — 30 წუთით ათავსებენ ცხელ ხსნარში,
რომელიც სოდის, ნატრიუმის ან კალიუმის ბიკრომატისა და მწვანე
ტუტის ნარევისაგან შედგება. უფრო ხშირად ალუმინის და მისი შე-
ნადნობების ოქსიდირებისათვის სარგებლობენ გოგირდმჟავას 10 პრო-
ცენტიანი ხსნარით, რომელშიც ელექტრულ დენს ატარებენ. ალუმი-
ნის ზედაპირზე, რომელიც ანოდს წარმოადგენს, გამოიყოფა ჟანგბადი.
იგი ურთიერთმოქმედებს ლითონთან და წარმოქმნის ჟანგის დამცველ
პრწყალს.

კიდევ უფრო საიმედოდ იცავს ლითონს დამცველი პრწყალი,
რომელიც რკინისა და მანგანუმის ფოსფორმჟავა მარილებისაგან წარ-
მოიქმნება. ფოსფატები უფრო ხშირად გამოიყენება ფოლადისა და
თუჯის ნაკეთობათა დასაცავად. ფოსფატის პრწყალი კოროზიის მი-
მართ უფრო მდგრადი და გამძლე ხდება, თუ მას ზეთს ან ლაქს წა-
ფუსვამთ. ფოსფატირება არაა რთული პროცესი, ჯდება იაფი, ამი-
ტომაც მოიპოვა ფართო გავრცელება მრეწველობის სხვადასხვა
დარგში.

რკინის, სპილენძის, ფოლადის დაზიანებისაგან დასაცავად ფარ-
თოდ იყენებენ ლითონის საფარველს. მრავალი ასეული წლის წინათ
უკვე ცნობილი იყო ჭურჭლის მოკალვა — რკინისა და სპილენძის ქვა-
ბების კალის თხელი ფენით დაფარვა. დღემდე მსოფლიოში მოპოვე-
ბული კალას მთელი რაოდენობის ნახევარი იხარჯება თეთრი თუნუ-
ქის — მოკალული რკინის ფურცლების დასამზადებლად.

ბევრი იხარჯება თუთიაც სახურავისათვის საჭირო რკინის
ფურცლების დასაფარავად და საოჯახო მოხმარების სხვადასხვა საგ-
ნის თასების, აბაზანების, ვარცლების მოთუთიებაზე.

მოკალვისა და მოთუთიების დროს ნივთიას ათავსებენ აბაზანაში,
რომელიც გამდნარი ლითონითაა ავსებული. ზოგჯერ სარგებლობენ მო-
საკალი და მოსათუთიებელი სპეციალური აპარატებით. ცხელი მეთო-
დით ლითონის დაფარვა არაეკონომიურია და ამასთანავე ვერ ხერხ-
დება თხელი და თანაბარი ფენის მიღება.

ამიტომ, ამჟამად ლითონის დამცველ ფენას უფრო ხშირად

გალვანური გზით იღებენ. ნაკეთობებს ათავსებენ ელექტროლიზურ აბაზანაში. ელექტროლიტად იყენებენ იმ ლითონის მარილის ხსნარს, რომლითაც ნაკეთობის დაფარვა სურთ. ანოდი — დამფარავი ლითონის ფირფიტაა, კათოდი — დასაფარავი ნაკეთობა. როდესაც აბაზანაში გაივლის დენი, კათოდზე ილექება ლითონის უთხელესი ფენა. იგი მჭიდროდ და მტკიცედ უკავშირდება ლითონს, არა აქვს ფორები და დიდხანს ძლებს.

გალვანური წესით ნაკეთობის დასაფარავად გამოიყენება სხვადასხვა ლითონი: ქრომი, ნიკელი, კადიუმი, თუთია, კალა. გალვანური წესით დაფარვა ამცირებს ლითონის დანახარჯს, ხოლო დასაფარ ნაკეთობას ლამაზ გარეგნულ იერს აძლევს. ზოგჯერ დამკველ საფარველს აკეთებენ ნაკეთობაზე გამდნარი ლითონის შეურქვევით. ამ მეთოდით უფრო ხშირად სარგებლობენ მაშინ, როცა ალუმინის, თუთიის ან სპილენძისაგან საჭარველს აკეთებენ.

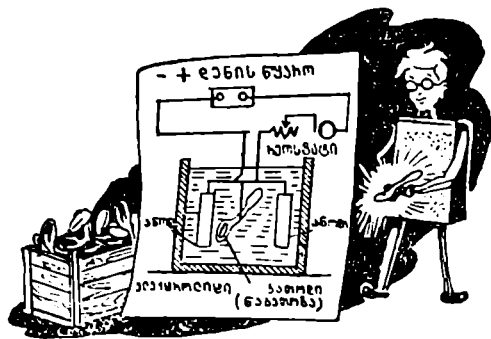
ზოგიერთ შემთხვევაში კოროზიასთან საბრძოლველად იყენებენ პროტექტორებს ლათინური სიტყვისაგან პროტექტორე — (დაცვა) — რომელიმე აქტიური ლითონის — უფრო ხშირად თუთიის ფურცლებს ან ფირფიტებს. მაგალითად, ორთქლის ქვაბში ათავსებენ თუთიის ფირფიტებს, რომლებიც ქვაბის კედელთან გალვანურ წყვილს ქმნის. სანამ თუთია, რომელიც აქ ანოდს წარმოადგენს, სულ არ გაიხსნება, ქვაბის სპილენძის კედლები დაშლას არ დაიწყებს. ზუსტად ასევე იცავენ კოროზიისაგან საზღვაო გემების მხოფავ ხრახნს. როგორც მრავალი ასეული წლის წინათ, დღესაც ლითონის კოროზიისაგან დასაცავი საიმედო მეთოდია სხვადასხვა ლაქისა და საღებავის გამოყენება. ლითონის ზედაპირის ლაქსაღებავებით დაფარვა გაცილებით უფრო მარტივი და იაფია, ვიდრე — მეორე ლითონის ფენით დაფარვა. ამიტომაც, რომ დღეისათვის ლითონის ნაკეთობათა თითქმის ოთხმოცი პროცენტი იფარება ლაქითა და საღებავით. არსებობს რამდენიმე ათასი სხვადასხვა ლაქი და საღებავი, რომლითაც სარგებლობენ ლითონის კოროზიისაგან დასაცავად. ყველაზე უფრო ხშირად გამოიყენება ზეთის საღებავები. მათ ამზადებენ ოლიფაზე, ოლიფას კი სელის ზეთის გამობარძვით იღებენ.

სელის ახალი ზეთი წარმოადგენს ქარვისფერ სითხეს, რომლის შემადგენლობაშიც შედის სხვადასხვა ნივთიერების — ცხიმების, მცავების, ცილების მოლეკულები.

ამ ნარევის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია ლინოლის მჟავა. ამ მჟავას მოლეკულაში წყალბადის 31 და ნახშირბადის 17 ატომია. მაგრამ ნახშირბადის ყველა მეზობელი ატომი არ არის ერთმავი კავშირით შეერთებული ერთმანეთთან.

ლინოლის მგავას, ბევრი სხვა უნაჯგრო ორგანული შენაერთის მსგავსად. აქვს ორი ორმაგი კავშირი. ამიტომ იგი პოლიმერიზაციის უნარით ხასიათდება.

თუ სელის ზეთს ჰაერზე დავტოვებთ, იგი სინათლისა და სითბოს ზეგავლენით თანდათანობით გასქელებას დაიწყებს.

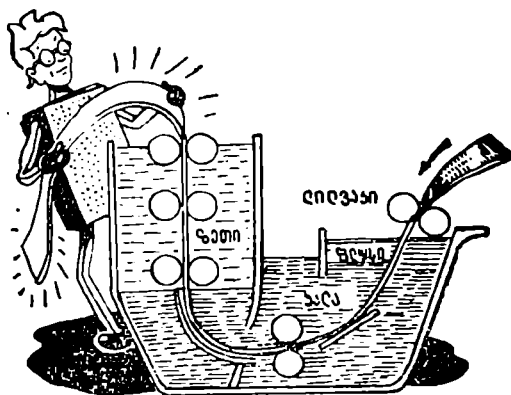


ჰალვანური საფარის მისაღები დანადგარის სქემა

იგი იფანგება ჰაერის ჟანგბადით და მატულობს წონაში. ჟანგბადის ატომების შეერთება ხდება ორმაგი კავშირების ადგილას. წარმოიქმნება ახალი ქიმიური ნაერთი. განთავისუფლებული ვალენტობა მგავას პატარა მოლეკულებისაგან „ქერაეს“ პოლიმერის დიდ

მოლეკულას. აპკი ხდება მყარი და გამძლე, იგი არ იხსნება არც წყალში და არც გამხსნელებში. ოლიფას გაშრობისას იგივე პროცესს აქვს ადგილი, მაგრამ იგი რამდენჯერმე უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, ამიტომაც რომ ოლიფას ხარშავენ.

უკანასკნელ წლებში კოროზიისაგან ლითონის დასაცავად სულ უფრო და უფრო მეტ გავრცელებას პოულობს სილიციუმ-ორგანულ პოლიმერებზე დამზადებული ლაქები და საღებავები. ეს პოლიმერები იხსნება ბენზოლში, ტოლუოლში, აცეტონში და საიმედოდ იცავს ლითონს ვერაგი მტრისაგან მაღალი ტემპერატურის პირობებშიც კი. ამგვარი სითბოგამძლე ლაქები, რომელიც 500 გრადუსზე მეტ ტემპერატურას უძლებს, მზადდება აგრეთვე, თუ პოლიმერის მივუმატებთ ალუმინისა და თუთიის ფხვნილს და ტიტანის



მოსაკლავი აპარატის მოწყობილობის სქემა.

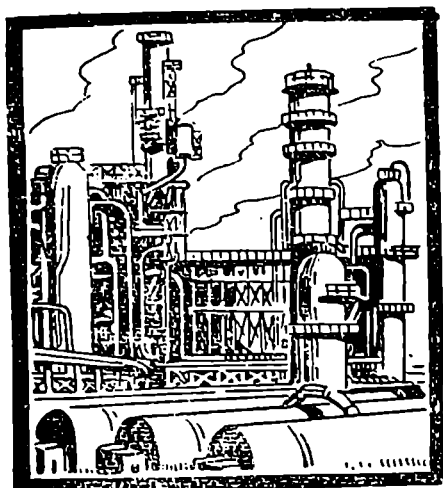
ეანგს. ამგვარი ლაქები გამოიყენება საკვამლე მილების შესადებად, გამახურებლების დასაფარავად, მაღალ ტემპერატურაზე მოქმედი ფოლადის ნაკეთობების დასაცავად.

ზოგჯერ ფოლადისა და ლითონის ნაკეთობებს, ჯანგისაგან დასაცავად ფარავენ ვაზელინის, ვაზელინის ზეთის, საზარბაზნე ცხიმისა და სხვა საცხის თხელი ფენით.

ამრიგად, კოროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის მრავალგვარი საშუალებების გამოყენებით იცავენ ლითონის ნაკეთობებს დაზიანება-დაშლისაგან და ახანგრძლივებენ დაზგებისა და მანქანების გამძლეობას.



თავი მეთექვსმეტი



აქაზის ზეთის ცხდვების წესი

„აქაზის ზეთი“

როდესაც ახსენებენ სიტყვა „ზეთს“ უნებლიედ წარმოვიდგენთ სქელ, ღია—ყვითელ ან ქარვისფერ სითხეს. ამ სითხის ქსოვილზე ან ქალღღზე წასმისას ცხიმის ლაქები ჩნდება. მაგრამ აქაზის ზეთის წიგნზე ან კოსტუმზე მოხვედრისას ცხიმოვანი ლაქების ნაცვლად ქალღღი და ქსოვილი იხვრიტება. ამის მიზეზი ისაა, რომ ეს სითხე ზეთი კი არა-გოგირდმჭავაა. სახელი კი ასეთი უწოდეს, რადგან გარეგნულად ის ზეთს წააგავს.

აქაზის ზეთი პირველად XIII საუკუნეში მიიღეს ალქიმიკოსებმა, რკინის აქაზის გამოწვით. გოგირდ რკინის მარილი გახურებისას რკინის ენგად და გოგირდის ანჰიდრიდად იშლებოდა. უკანასკნელი წყალში გახსნისას იძლეოდა გოგირდმჭავას. აქაზის ზეთს შაბის გამოწვითაც იღებდნენ.

შუა საუკუნეებში და შემდგომაც, თვით XVIII საუკუნის შუაწლებამდე გოგირდმჭავას ძირითადად მეაფთაიიქენი აწარმოებდნენ. აქაზის ზეთს იმ დროს უმთავრესად მედიცინაში გამოიყენებდნენ. უძვე-

ლესი დროიდან მღებავები შალეულის წედებვის დროს საფეთქელად შაბს იყენებდნენ. შაბის ხსნარით დასველებული შალის ნაჭერი იღებებოდა უფრო თანაბრად და სწრაფად. ამასთან, ზოგჯერ მეტად მკვიდრ, მზეზე გაუხუნარ საღებავს მაუდი არ იღებდა, თუ ის წინასწარ არ იყო შაბით დასველებული.

XVIII საუკუნის ორმოცდაათიან წლებში რომელიღაც მემაუდემ ლურჯი საღებავით—ინდიგოთი შალის შეღებვის დროს შეამჩნია, რომ აჯასპის ზეთით ამ საღებავის დამუშავებისას, შეღებვა ბევრად ჩქარდება.

მალე კიდევ ერთი აღმოჩენა გააკეთეს. გაირკვა, რომ გოგირდ-მგაეა წაშატებით ცვლის მგაეე რძეს, რომელსაც იმ დროს სელის და ბამბის ქსოვილების გამოთეთრებისას შემგაეებისათვის იყენებდნენ.

აჯასპის ზეთის გამოყენებამ ქსოვილთა გამოთეთრების პროცესის სამი კვირიდან 12 საათამდე შეაძვირა. ამის შემდეგ დეიქრები ფართოდ იყენებენ გოგირდმგაეას. გავიდა კიდევ ნახეკარი საუკუნე და გოგირდმგაეათი ქიმიკოსები დაინტერესდნენ.

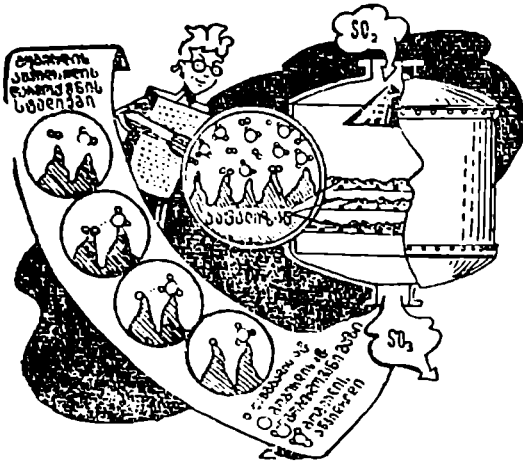
1791 წლის 25 სექტემბერს ფრანგ გამომგონებელს ნიკოლა ლებლანს მისცეს პატენტი გლაუბერის მარილიდან სოდის მიღების წესზე. უკვე ერთი წლის შემდეგ კი პარიზის მახლობლად სან-დენისში აშუშავდა სოდის პირველი ქარხანა.

თვით ლებლანის ბედი ტრალიკული იყო (ის გარდაიცვალა სილატაკეში 1806 წელს), მაგრამ მისმა გამოგონებამ დროთა განმავლობაში ხელი შეუწყო სხვადასხვა ქვეყანაში სოდის მსხვილი წარმოების შექმნას.

ლებლანის წესით სოდის მისაღებად დიდი რაოდენობით გოგირდ-მგაეაა საჭირო, რათა სუფრის მარილიდან ნატრიუმის სულფატი მომზადდეს. საფეიქრო ფაბრიკების და სოდის ქარხნების განუწყვეტლივ მზარდი მოთხოვნილება გოგირდმგაეაზე აჯასპის ზეთის წარმოების გამსხვილებას მოიხოვდა. ევროპის სხვადასხვა ქვეყანაში აშენდა გოგირდმგაეას ქარხნები.

გასულმა საუკუნემ მნიშვნელოვნად გაზარდა გოგირდმგაეას გამოყენების სფერო. მისი გამოყენება დაიწყეს ნავთისა და ნავთობის გამოხდის შემდეგ მიღებული სხვადასხვა პროდუქტის გასაწმენდად, სხვადასხვა (მარილის, ძმრის, ფოსფორის) მგაეეის წარმოებაში. ის დასჭირდა ფეთქებად ნივთიერებათა წარმოებას, საღებავების, ეთერისა და გამხსნელების დამზადებას. გოგირდმგაეას ფართოდ იყენებენ მეტალურგები მაგნიუმის, ალუმინის, ვერცხლისწყლის წარმოებისათვის. ეს მგაეა დიდი რაოდენობით ხმარდება სასუქეის წარმოებასაც.

ამჟამად გოგირდმგაეას მისაღებ ნედლეულად იყენებენ არა რკი-



გოგირდის ანჰიდრიდის მიღება გოგირდოვანი გაზისაგან და ქანგბადისაგან (სქემა).

რომელიც შიგნიდან ცეცხლგამძლე აგურითაა ამოშენებული, გამოწვა გრძელდება რამოდენიმე საათს 700—800 გრადუს ტემპერატურაზე.

ჰაერის ჟანგბადი რკინას ჟანგად აქცევს, ხოლო გოგირდს — ორ-ჟანგად — გოგირდოვან გაზად. რკინის ჟანგი, რომელსაც გოგირდმჟავას ქარხნებში „ნაწვეს“ უწოდებენ, ლუმელის ქვედა ნასვრეტიდან ვაგონეტებში იყრება, ხოლო გოგირდოვანი გაზი კი მტვერისაგან გასაწმენდად სპეციალურ აპარატებში-ციკლონებში მიემართება. გაწმენდილი გაზი ჰაერის ჟანგბადით გოგირდის ანჰიდრიდად იჟანგება კონტაქტურ აპარატში — ბადის მსგავს თაროებიან დიდ რკინის ცილინდრში. თაროებზე დაყრილია კატალიზატორი გამომშრალ კაემჟავაზე (სილიკატულზე) დაფენილი ვანადიუმის ხუოჟანგი.

კატალიზატორის ზედაპირზე მთელი რიგი ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს. კატალიზატორის ნაწილაკები გოგირდოვანი გაზის და ჟანგბადის მოლეკულებს იზიდავს.

თავდაპიროველად ვანადიუმის ხუთჟანგი საკუთარი ჟანგბადის ერთ ატომს გოგირდოვანი ანჰიდრიდის მოლეკულას აძლევს და მას გოგირდის ანჰიდრიდად გადააქცევს. ჟანგბადით გაღარიბებული მოლეკულა გოგირდის ორჯანგის მეორე მოლეკულას უერთდება და დროებით ახალ შენაერთს ქმნის. მალე ის იშლება გოგირდის ანჰიდრიდის გამოყოფით. ეს პროცესი განუწყვეტლივ მიმდინარეობს, ვიდრე კონტაქტურ აპარატში გოგირდოვანი გაზი მიედინება. კატალიზატორს განუწყვეტლივ გადააქვს ჟანგბადი ჰაერიდან გოგირდოვან გაზთან.

ნის აჯასპს ან შაბს, არამედ გოგირდის კოლჩედანს, რომელიც შეიცავს მინერალ პირიტს და სხვადასხვა გოგირდოვან ლითონს — სპილენძს, ცინკს, ტყვიას, დარიშხანს, სურმას.

გოგირდის კოლჩედანს აქუცმაცებენ და სპეციალურ გამოსაწვავ ლუმელში ათავსებენ. ლუმელი უზარმაზარი, ორსართულიანი სახლის სიმაღლის ფოლადის ცილინდრია,

კონტაქტური აპარატიდან გამოსული გოგირდოვანი ანჰიდრიდი კონცენტრირებული გოგირდმჟავათი შთაინთქმება. ამ მიზნისათვის 96—97 პროცენტიან გოგირდმჟავას იყენებენ. მიიღება ოლეუმი, ე. ი. გოგირდმჟავა, რომელშიც ქარბი გოგირდის ანჰიდრიდია (დაახლოებით 20 პროცენტი) გახსნილი. ოლეუმის დამზადება უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე გოგირდმჟავასი, რადგან ნაკლებია გადაზიდვის ხარჯები და ნაკლები ადგილია საპირო შენახვისას. ოლეუმში წყლის დაჰატებით ადგილზე იღებენ ნებისმიერი კონცენტრაციის გოგირდმჟავას.

ამჟამად ფართოდაა გავრცელებული გოგირდის კოლჩედანიდან გოგირდმჟავას მიღების მეორე — ნიტროზული, ანუ კოშკური წესი. გოგირდოვანი გაზის დაქანგვა მიმდინარეობს აზოტის ქანგეულებით. აქ ეს ქანგეულები წარმოადგენს ჰაერის ქანგზადის გადამტანს.

გოგირდოვანი გაზი გადადის მჟავაგამძლე კერამიკული რგოლებით სავსე მალალ კოშკში. მთელი დანადგარი, უმეტეს შემთხვევებში, ხუთი კოშკისაგან შედგება. პირველ სამ კოშკში, რომელთაც საპროდუქციოს უწოდებენ, გაზის დაქანგვა მიმდინარეობს, ხოლო დანარჩენ კოშკებში — ადსორბერებში, აზოტის ქანგეულები შთაინთქმება.

გოგირდოვანი გაზი კოშკებში გაგლისას ეხება ნიტროზას — კონცენტრულ გოგირდმჟავაში გახსნილ აზოტის ქანგეულესს. აზოტის ქანგეულები არა მარტო იხსნება მჟავაში, არამედ ურთიერთმოქმედებს კიდევ მასთან და ქმნის რთულ ქიმიურ ნაერთებს — ნიტროზილს, გოგირდის და აზოტოვან მჟავეებს.

აზოტოვანი მჟავა ძლიერი დამქანგველია. ის თავისი ქანგზადის ნაწილს გოგირდოვან გაზს გადასცემს. გაზი გოგირდის ანჰიდრიდად გარდაიქმნება, რომელიც წყალთან ურთიერთმოქმედებისას გოგირდმჟავას წარმოქმნის. ქანგზადდაკარგული აზოტოვანი მჟავასაგან კი აზოტის ქანგი მიიღება. ეს ნივთიერება ჰაერთან შეხებისას მამინეე იქანგება და აზოტის ორქანგად გადაიქცევა. აზოტის ქანგეულები ჩხნება გოგირდმჟავაში და კვლავ წარმოქმნის ნიტროზას. აზოტის ქანგეულები ამგვარად ასრულებს თავის წრებრუნვას — ართმევს ჰაერს ქანგზადს და გადასცემს მას გოგირდოვან გაზს.

აზოტის ქანგეულების — კატალიზატორის დანაკარგი უმნიშვნელოა. კოშკური წესით გოგირდმჟავას მისაღები პირველი დანადგარი საბჭოთა კავშირში 1927 წელს აშენდა ურალზე. ხუთწლელების პერიოდში ჩვენი ქვეყნის მრავალ ოლქში აღიმართა საპროდუქციო და ადსორბციული კოშკები.

გოგირდმჟავას მიღება არა მარტო გოგირდის კოლჩედანისაგან შეიძლება. ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში გამოჩენილმა რუსმა ქიმიკოსმა ნ. ნ. ბეკეტოვმა დაამუშავა თაბამირისაგან გოგირდმჟავას მიღების

წესი. თაბაშირი ნახშირიან ლუმელში ცხელდება, გამოიყოფა გოგირდოვანი გაზი, რომლის გარდაქმნა გოგირდის ანჰიდრიდად და გოგირდმეფად უკვე ძნელი არ არის.

მცირე რაოდენობით გოგირდმეფა ბუნებრივ პირობებში, გოგირდის საბადოებშიც წარმოიქმნება.

ოცდაათიან წლებში აკადემიკოს ა. ე. ფერსმანის გეოლოგიური ექსპედიცია ყარაყუმის უდაბნოში (თურქმენეთში) გოგირდიან ბორცვის იკვლევდა. გეოლოგებმა გოგირდის მრავალი სხვადასხვა ნიმუში შეაგროვეს ნიმუშები გაახვიეს ქალაქში, რომელზეც ეწერა ნიმუშის აღების ადგილი და დრო. შემდეგ ყველა ნიმუში ხის დიდ ყუთებში ჩააწყვეს და ლენინგრადში გააგზავნეს.

როდესაც ტვირთი ლენინგრადში ჩავიდა, გეოლოგებმა ნახეს, რომ ნიმუშების უმეტესობა შემოხვეული ქალაქი დაქმული ჰქონდა, ხოლო ზოგიერთი ყუთის ფიცრები გამომწვარი იყო. ყურადღებით დათვალიერების შემდეგ დადგინდა, რომ ქალაქისა და ხის დაზიანების მიზეზი გოგირდმეფაა.

აღმოჩნდა, რომ გოგირდის ბორცვებში გოგირდმეფა განუწყვეტლად წარმოიქმნება. კარგად ცნობილია, რომ გოგირდი იოლად იფანგება, მაგრამ გოგირდოვანი გაზი უდაბნოში როგორ გარდაიქმნება გოგირდის ანჰიდრიდად? გამოიკვია, რომ გოგირდოვანი გაზის მოლექულას ენგბადი გადაეცემა ქვიშის წვრილი მარცვლების საშუალებით, რომელიც აქ კატალიზატორის როლს ასრულებს. რეაქციის სვლას ტემპერატურაც უწყობს ხელს—ზაფხულობით ყარა-ყუმში ქვიშა მზეზე 80°-მდე ვარვარდება.

საზღვარგარეთის ქვეყნებთან შედარებით მეფის რუსეთში გოგირდმეფას უმნიშვნელოდ მცირე რაოდენობით ამზადებდნენ. 1913 წელს მისი წარმოება მხოლოდ 120 ათას ტონას შეადგენდა. ამჟამად ჩვენში აწარმოებენ რამდენიმე მილიონ ტონა გოგირდმეფას. ის გადაიქცა ქიმიური წარმოების მთავარ პროდუქტად. მეორე, არანაკლებად მნიშვნელოვანი პროდუქტი, რომელსაც ქიმიურ ქარხნებში ამზადებენ—აზოტმეფაა.

„გვარჯილის სპირტი“

ჩვენი ერის დასაწყისში ნილოსის ნაპირებზე ალექსანდრიაში იშვა მოძღვრება არაკეთილშობილი ლითონების ოქროდ გადაქცევის შესახებ. ამ მოძღვრების მიმდევარნი — ალქიმიკოსები — მრავალი საუკუნის განმავლობაში ევროპაში უშედევოდ ცდილობდნენ მიეღოთ ძვირფასი ლითონი ტყუილსაგან, კალასაგან, სპილენძისაგან.

„ალქიმიია არის მეცნიერება, — წერდა XIII საუკუნეში. ცნობილი ინგლისელი ალქიმიკოსი როჯერ ბეკონი, — რომელიც მიუთითებს, თუ როგორ უნდა შეშხადდეს და შემდეგ მიღებულ იქნეს რაიმე საშუალება, ელიქსირი, რომელიც ლითონზე ან არასრულყოფილ ნივთიერებაზე მოხვედრისას. მას სრულყოფილად გარდაქმნის შეხების მომენტში“.

ბნელ სენაკებში და პირქუშ სარდაფებში ჩაკეტილი ალქიმიკოსები საიდუმლოდ ატარებდნენ თავის ცდებს, თავაუღებლად მუშაობდნენ, რათა ეპოვნათ სანუკვარი ელიქსირი ანუ „ფილოსოფიური ქვა“. მაგრამ მათი ყოველი ცდა ამაო იყო. „ფილოსოფიური ქვა“ მათ ვერ იპოვნეს და ვერ შეძლეს ოქროდ ექციათ არაკეთილშობილი ლითონები.

მიუხედავად მათი მოძღვრების სიყალბისა, ალქიმიკოსებმა მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს ქიმიის განვითარებაში. მათ ეკუთვნით მრავალი მარილისა და ქიმიური შენაერთის აღმოჩენა. ალქიმიკოსების აღმოჩენილია აზოტმეცავაც.

ამ მეცვას ისინი გვარჯილისაგან იღებდნენ. გვარჯილას რკინის აჯასპთან და შაბთან ერთად ახურებდნენ თიხის მომცრო ქოთანში, რომელსაც თავსახურზე ჰაერის გამომყვანი მილი ჰქონდა გაკეთებული, მეაფე ორთქლს თიხის მიმღებში აგროვებდნენ. აქ ის „გვარჯილის სპირტის“ (ლათინურად სპირიტუს ნიტრი) წვეთებად იქცეოდა. უძველესი დროიდან იგონათ, რომ გვარჯილას „სული“ აქვს. ალქიმიკოსების აზრით გვარჯილის გახურებისას მას „სული“ ორთქლის სახით შორდება. დახურულ ქურქელში გვარჯილის გახურებით და გამოყოფილი ორთქლის მიმღებში კონდენსირებით ალქიმიკოსები იპერდნენ „გვარჯილის სულს“. ამიტომ უწოდებდნენ აზოტმეცვას „გვარჯილის სპირტს“. მხოლოდ XVIII საუკუნეში გაირკვა „გვარჯილის სულის“ საიდუმლო. წვის პროცესის შესწავლისას მეცნიერებმა შეამჩნიეს, რომ ჰაერი თანგბადის გარდა კიდევ რაღაც სხვა გაზს შეიცავს. ის ხელს არ უწყობს წვას, მის გარემოცვაში ცოცხალი ცხოველები კვდებიან. მას უწოდეს აზოტი, ბერძნული სიტყვიდან „აზოს“ — უსიცოცხლო.

აზოტის აღმომჩენ მეცნიერებს აზრადაც კი არ მოსვლიათ, რომ აზოტი დაკავშირებულია აზოტმეცვასთან ან გვარჯილასთან. მაგრამ მეცნიერება ხომ ერთ ადგილას არ გაჩერდება, ის შეუწყვეტლივ ვითარდება, წინ მიდის და თანდათან ხდის ფარდას ბუნეის საიდუმლოებებს.

ინგლისელმა მეცნიერმა კავენდიშმა ჰაერის შედგენილობის გაკვლევა მოინდომა. მას თავისი ცდები სხვა მეცნიერების მსგავსად არ ჩაუტარებია — ის მინის ზარხუფის ქვეშ არ ათავსებდა თავებს, ჰაერზე არ სწვავდა ფოსფორს, გოგირდს, სურმას. კავენდიშმა მილში, სადაც ჰაერი იყო, ელექტროდენი გაატარა. მალე მილში რაღაც მურა

ფერის ორთქლი გაჩნდა, ეს ორთქლი ძლიერ ჰგავდა აზოტმეავეაში სპილენძის გახსნის დროს მიღებულ ორთქლს. ორთქლი იოლად იხსნებოდა წყალში და ისეთივე მეთვე სუნით ხასიათდებოდა.

მეცნიერმა მიღებული სითხის შემადგენლობა გამოიკვლია და გაკვირვებით აღმოაჩინა, რომ ის ისეთივე მეთვეა, როგორც გვარჯილიდან მიღებული მეთვეა. კავენდიშის აღმოჩენამ საბოლოოდ გამოაშკარავა გვარჯილის „სულის“ საიდუმლო. უკვე არავის ეპარებოდა ეჭვი, რომ ეს გვარჯილაშიც და აზოტმეავეაშიც არსებული აზოტია. ამ დროიდან აზოტმეავეს „გვარჯილის მეთვე“ უწოდეს. რუსეთში XVIII საუკუნეში მას „მაგარ არაყსაც“ ეძახდნენ. აზოტმეავეს სამრეწველო წარმოება ჩვენს სამშობლოში 1720 წელს დაიწყო.

XVIII საუკუნის ბოლოს აზოტმეავეს იღებდნენ თუჯის რეტორტში გვარჯილისა და გოგირდმეთვეს ნარევის გახურებით.

იმ დროს „მაგარი არაყი“ გამოიყენებოდა ვერცხლისა და ოქროს დასაშორებლად, ქსოვილთა შესაღებად საჭირო კალას საფეთქელას დასამზადებლად. აზოტმეავეთი ფართოდ სარგებლობდნენ ფარმაცეპტული პრეპარატებისა და წამლების დასამზადებლად, იარაღის წარმოებაში.

ჩვენს ეპოქაში აზოტმეავეს გამოყენების სფერო მნიშვნელოვნად გაფართოვდა. დიდი რაოდენობით ესაჭიროება ის ხელოვნური საღებავების, ცელულოზური ლაქების, უკვამლო ღენტის, კინოფირის წარმოებას.

„მაგარი არაყი“ დიდი რაოდენობითაა აუცილებელი სხვადასხვა მარილისა და შენაერთის დასამზადებლად. აზოტმეავეს გარეშე ვერ იარსებებს სასუქების წარმოებაც. ხელოვნური აზოტური სასუქი მიწადმოქმედთა ერთგული დამზარება.

XX საუკუნემ გააფართოვა იმ წარმოებათა რიცხვი, რომელიც აზოტმეავეს იყენებს და მოიტანა მისი მიღების ახალი წესები.

უკვე არაა საჭირო გვარჯილა, რკინის აჯასპი, გოგირდის მეთვე. ნედლეული ის გაზებია, რომელიც ჰაერიდან მიიღება. ჰაერზე იაფი კი რა უნდა იყოს? პირველი ქარხანა, სადაც აზოტმეავეს იღებენ ჰერის ჯანგბადით ამონიაკის დაქანავით, ჩვენში 1917 წელს აშენდა. მეთვეს ახალი წესით მიღების ავტორი რუსი ინჟინერი ი. ი. ანდრეევი იყო.

ვენტილატორებით მტვრისაგან გაწმენდილი ჰაერი ხვდება დიდ რკინის ცილინდრში — ამრევეში, სადაც ამონიაკსაც უშვებენ. ამრევიდან გაზები შედის კონტაქტურ აპარატში, რომელიც ფუძეებით შეერთებული ლითონის ორ კონუსს წარმოადგენს. აპარატის გაფართოებულ ნაწილში კატალიზატორის — პლატინის და როდიუმის მავთულისაგან დაწინილი ბაღის თაროებია გაკეთებული. თვალისდახამხამებაში, წამის

მეთათათასედებში, აზოტი აზოტის ჟანგად, ხოლო ამონიაკის მოლეკულას მოწყვეტილი წყალბადი—წყლად იჟანგება. კონტაქტური აპარატიდან აზოტის ჟანგი შედის შეავაგამძლე ფილებით სახვე ფოლადის ან გრანიტის მმთანქმელ კოშკებში. კოშკებში აზოტის ჟანგი იჟანგება აზოტის ორჟანგად, რომელზეც მოქმედებს წყალი და მიიღება აზოტმეავა.

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ქიმიური ქარხნები ყოველწლიურად მილიონობით ტონა აზოტმეავას უშვებს.

ნახშირისა და ნავთობისაგან

აზოტმეავა ძლიერი დამჟანგველია და ამიტომ მრავალ ქიმიურ წარმოებაში მას ჟანგვის რეაქციებში იყენებენ. მბუტავი ნაკვერცხალი რომ აზოტმეავიან ქიქაში ჩაუშვათ ის ნათელი ალით აქაშკაშდება და ნაცრისფერი კვამლის ნაცვლად მურა ორთქლი გამოიყოფა. ნახშირი მეავას მოლეკულაში არსებული ჟანგბადით დაიჟანგება და დაიწვება. ამავე დროს ნახშირი მეავას ალადგენს და აზოტის ჟანგეულები გამოიყოფა. აზოტმეავათი დაჟანგვისას რეაქცია ზოგჯერ იმდენად მძაფრად მიმდინარეობს და ისეთი დიდი რაოდენობით სითბო გამოიყოფა, რომ ნივთიერებას წინასწარი გახურების გარეშე ეკიდება ცეცხლი.

ფაიფურის ფინჯანში ცოტაოდენი აზოტმეავა ჩაასხით, ფინჯანი ღრმა ჯამში ჩადგით. შემდეგ პიპეტით ამოიღეთ სკიპიდარი და ფრთხილად, წვეთობით ჩაუშვით აზოტმეავაში. სკიპიდარი ნათელი ალით დაიწვება, ხოლო ფინჯანიდან, ორთქმავლის მილის მსგავსად, სქელი შავი კვამლი ამოვა.

აზოტმეავას ჟანგბადი ჟანგავს სკიპიდარის შემადგენლობაში არსებულ ნახშირწყალბადების ნახშირბადს.

1834 წელს ქიმიკოსებმა მნიშვნელოვანი აღმოჩენა გააკეთეს. შემჩნეული იქნა, რომ ბენზოლი აზოტმეავასთან რეაქციაში შედის. აღმოჩნდა, რომ ბენზოლის მოლეკულაში არსებული წყალბადის ერთ-ერთი ატომი ჩანაცვლდება ნიტროჯგუფით, ე. ი. ჯგუფით, რომელშიც აზოტის ერთი და ჟანგბადის ორი ატომი შედის.

შემდეგ გაირკვა, რომ აზოტმეავასთან ურთიერთმოქმედებისას ბევრი სხვა ნახშირწყალბადიცი სიამოვნებით ცვლის თავისი წყალბადის ატომებს ნიტროჯგუფებზე, ამგვარ რეაქციას ნიტრირება ეწოდება.

გასული საუკუნის ორმოციან წლებში ნიტროშენ ერთებით დაინტერესდა დიდი რუსი ქიმიკოსი ნ. ნ. ზინინი. რამოდენიმე წლის განმავლობაში ის სისტემატურად სწავლობდა მათ თვისებებს. სხვადასხვა



ნიკოლოზ ნიკოლოზის ძე ზინინი
(1812—1880 წწ)

ნივთიერებაზე მათი მოქმედების გასარკვევად ზინინმა ნიტროშენაერთები დაამუშავა ტუტეებით, ამონიაკით, გოგირდწყალბადით. მან ბევრჯერ გაიმეორა ასეთი ცდა: მინის რეტორტაში ასხამდა ნიტრობენზოლს და სითხეში მილით უშვებდა გოგირდწყალბადს. რეტორტას აცხელებდა, სითხე დუღილს იწყებდა, მაგრამ არავითარი ახალი ნივთიერება არ წარმოიქმნებოდა.

მაგრამ ერთხელ მეცნიერმა გადაწყვიტა ნიტრობენზოლი წინასწარ ამონიაკით გაეჯერებინა. მაშინ სითხის წამოდუღებისთანავე დაიწყო რალაც ნივთიერების გამოლექვა. სითხის ორთქლი კი მაცივარში დაკონ-

დენსირდა და რალაც უცნობი სითხე დაგროვდა. ის იყო უფერული, უფრო დაბალ ტემპერატურაზე დუღდა და ხვედრითი წონაც ნაკლები ჰქონდა, ვიდრე ნიტრობენზოლს. ეს სითხე ნიტრობენზოლისაგან სხვა თვისებებითაც განსხვავდებოდა.

სინათლეზე დიდი ხნის გაჩერების შემდეგ სითხე მწვანდებოდა, შემდეგ იისფერი ხდებოდა და ბოლოს — შავი.

მეცნიერმა მის მიერ მიღებულ ახალ ნივთიერებას ბენზიდამი უწოდა. აღმოჩნდა, რომ ის წარმოადგენს იმ ორგანულ ნაერთს, რომელიც აკადემიკოსმა ფრიტცშემ გამოჰყო ინდიგოსაგან და ანილინი უწოდა (ესპანური სიტყვიდან ანილ, რაც ინდიგოს ნიშნავს). ამიტომ შემდეგში ზინინის ბენზიდამს ანილინს უწოდებენ.

1842 წელს ნ. ნ. ზინინის აღმოჩენამ — ნიტრობენზოლის წყალბადით აღდგენის გზით ნიტროშენაერთების ანილინად გარდაქმნის რეაქციამ საუფუძველი ჩაუყარა ხელოვნური საღებავების მრეწველობას.

14 წლის შემდეგ ტემზის ნაპირებზე, ინგლისის დედაქალაქში, ანილინის პირველი საღებავი გაჩნდა.

იმ წლებში ლონდონის კიმიურ კოლეჯში უილიამ პერკინი სწავლობდა. როგორღაც პროფესორმა ჰოფმანმა, რომელიც პერკინს ლექციებს უკითხავდა, მას ხელოვნური ქინაქინის მიღება დაავალა. იმ დროს ქინაქინს იღებდნენ ქინის ხის ქერქიდან, რომელიც პერქუდან, ჩილიდან, ბრაზილიიდან ჩამოჰქონდათ.

ამ დავალების შესრულების დროს პერკინმა ცდისათვის ანილინი აიღო. მან გადაწყვიტა ეს უფერული სითხე სხვადასხვა მცავათი, მარილით და ტუტით დაემუშაებინა. ერთხელ ის ანილინს გოგირდმტავასთან და ქრომკალიუმის მარილთან ერთად აცხელებდა იმ იმედით, რომ ამჯერად ნამდვილად მიიღებდა სასურველ პროდუქტს.

მის გაკვირვებას საზღვარი არ ჰქონდა, როდესაც კოლების ფსკერზე ქინაქინის კრისტალების ნაცვლად მინაზე მიკრული სქელი, ფისოვანი მასა წარმოიქმნა.

ნორჩმა კიმიკოსმა — ის ამ დროს მხოლოდ თერამეტი წლისა იყო — სპირტით დაიწყო ამ მასის ამორეცხვა და უცრად სპირტი მეწამულისფრად შეიღება. ასეთივე ფერი მიიღო შალის ძაფმაც, როდესაც ის ხსნარში ჩაუშვეს.

პერკინის მიერ მიღებულ ახალ საღებავს მოვეინი უწოდეს. აღმოჩნდა, რომ ის შესანიშნავად ღებავს შალსაც და აბრეშუმსაც. მოვეინით შეღებილი ქსოვილი რეცხვის დროს ფერს არ იცვლის და არც მზეზე ხუნდება.

მაღალი ღირსებების გამო მოვეინზე მოთხოვნილება დიდად გაიზარდა, მიუხედავად იმისა, რომ მაშინ ის მეტად ძვირი, თითქმის ოქროს ფასი ღირდა.

პერკინის ბრწყინვალე წარმატებამ კიმიკოსები აიძულა ანილინიდან სხვა საღებავების მიღების წესები მოეძებნათ. მათი შრომა უშედეგოდ არ დარჩენილა. 1858 წ. გაუწმენდავი ანილინის ქლოროვანი კალით დაჯანგვით მიიღეს კაშკაშა წითელი ფერის საღებავი — ფუქსინი.

ამგვარი სახელი მას უწოდეს იმიტომ, რომ მისი ფერი ყვავილის ფუქსიის ფერს მოგვაგონებს. მასთან შედარებით ბუნებრივი კარმინი ბევრად უფრო მკრქალად გამოიყურება.

ისფერი მოვეინის და წითელი ფუქსინის შემდეგ გაჩნდა მალაკიტის ნწვანე და მეთილ-ვიოლეტი, რომლისგანაც ჩვეულებრივ მელანს ამზადებენ.

გასული საუკუნის ბოლოს კი უკვე მრავალი სხვადასხვა ფერის ხელოვნური საღებავი იქნა შექმნილი. მათი წარმოებისათვის ნედლეულად იყენებდნენ აგრეთვე ანტრაცენს, ნაფტალინს, ფენოლს, ტოლუოლს.

ორგანული შენაერთების ჟანგვა და აღდგენა სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობს: ზოგჯერ იოლად, ჩვეულებრივ ტემპერატურასა და ატმოსფერულ წნევაზე, სხვა შემთხვევებში კი ძნელად — კატალიზატორის თანაპოვნეობისას, მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის პირობებში.

სხვადასხვა ქვეყნის ქიმიკოსები უკვე რამდენიმე ათეული წელია შეუპოვრად და ჯიუტად შეისწავლიან, თუ როგორ მიმდინარეობს ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები ისეთ ნახშირწყალბადებში და სხვა ორგანულ ნივთიერებებში, სადაც ნახშირბადის და წყალბადის გარდა ჟანგბადის, აზოტის, გოგირდის ატომებია.

ამ გამოკვლევების საფუძველზე შესაძლებელი გახდა პლასტმასების, ხელოვნური ბოქვოს, სინთეზური ცხიმის წარმოების შექმნა. ბევრ შემთხვევაში შესაძლებელი გახდა იაფი ნედლეულისაგან ძვირფასი ქიმიური პროდუქტების მიღება.

თუ მეთილის ანუ ხის სპირტს პირდაპირ ჰაერზე დაეწვავთ — ნახშირორჟანგა გაზს და წყალს მივიღებთ. მაგრამ, მეთილის სპირტიდან, როგორც ეს ჯერ კიდევ ორმოცდაათი წლის წინათ რუსმა ქიმიკოსმა ე. ოროლოვმა ცხადჰყო, ძვირფასი ქიმიური პროდუქტის, ფორმალდეჰიდის მიღება შეიძლება. ამისათვის საჭიროა სპირტის ორთქლისა და ჰაერის ნარევი 400—500 გრადუსამდე გახურებულ სპილენძის ბადეში გავატაროთ.

მეთილის სპირტს ახლა ძირითადად ხის მშრალად გამოხდის პროდუქტებისაგან კი არ იღებენ, არამედ ნახშირის ჟანგის წყალბადით აღდგენით. რამდენიმე ასეული ატმოსფეროს წნევის ქვეშ გაზეზის ნარევის ატარებენ 220—300 გრადუსამდე გახურებულ ცინკის ჟანგზე ან სხვა კატალიზატორზე.

ფორმალდეჰიდის 40 პროცენტიან წყალხსნარს ფორმალინი ეწოდება. მას დეზინფექციის ძლიერი უნარი აქვს: ჰკლავს ლბობის ბაქტერიებსა და მიკროორგანიზმებს.

ფორმალდეჰიდს ფართოდ იყენებენ მედიცინაში მედიკამენტების დასამზადებლად, ხოლო სოფლის მეურნეობაში — თესვის წინ სათესლე მასალის დასამზუშავებლად. მაგრამ ყველაზე დიდი რაოდენობით ის პლასტმასების მრეწველობას ესაჭიროება. სახალხო მეურნეობაში ფართოდაა გავრცელებული ფენოპლასტები და აპინოპლასტები.

ძმარმეავას უწინ ხისგან იღებდნენ, ახლა კი გაზი — აცეტილენია მისი ძირითადი ნედლეული.

სამოცდაათი წლის წინათ რუსმა მეცნიერმა მ. კუჩეროვმა აცე-

ტილენი გარდაქმნა მკვეთრი სუნის მქონე აქროლად სითხედ — აცეტალდეჰიდად. კატალიზატორის თანაპონიერებისას აცეტალდეჰიდის დაქანგვის დროს მიიღება ძმარმეცავა.

მყარი ცხიმი (ცხვრის ქონი, ქათმისა და ბატის ქონი და სხვ.) და თხიერი მცენარეული ზეთები (მზესუმზირის, ბამბის), რომელიც ჩვენი კვების რაციონში შედის, წარმოადგენს ორგანიზმისათვის ენერჯის მიმწოდებელ აუცილებელ „საწვავს“.

მაგრამ ცხიმი და ზეთი მარტოოდენ კვების პროდუქტებს როდეს წარმოადგენს. ისინი ესაჭიროება ტყავის მწარმოებლებს, ფეიქრებს, მღებავებს. მათ გარეშე არ შეიძლება საპნის მოხარშვა, ლინოლეუმის, მუშამბის დამზადება. დაზგებცსა და მანქანების უმეტესობა დაზეთვის გარეშე ვერ იმუშავებს.

ცხიმების შედგენილობის შესწავლისას ქიმიკოსებმა დაადგინეს, რომ ისინი რთული ნივთიერებებია. მათ შემადგენლობაში ძირითადად გლიცერინი და სხვადასხვა ორგანული, ე. წ. ცხიმოვანი მჟავებია. მყარ ცხიმებში უმეტეს ადგილს იკავებს პალმიტინისა და სტეარინის მჟავები, თხიერში კი — ოლეინის მჟავა.

ცხიმოვანი მჟავას მოლეკულა ნახშირბადის ატომებისაგან შედგენილ გრძელ ჯაჭვს წარმოადგენს. პალმიტინის და სტეარინის მჟავები ნაჯერი ნახშირწყალბადების კლასს მიეკუთვნება, ამ მჟავების მოლეკულაში შემავალი ყველა ატომი მთლიანად გააჯერებულია. ოლეინის მჟავა კი ერთ ორმაგ კავშირს შეიცავს, ე. ი. უჯერი ნაერთია. მეცნიერებმა შეამჩნიეს, რომ თუ ოლეინის მჟავა წყალბადის ერთ ატომს შეიერთებს ის სტეარინის მჟავად გადაიქცევა და თხიერი ცხიმი გამოყარდება.

თხიერი ცხიმების გამყარების ამგვარ წესს ჰიდროგენიზაცია ეწოდება (ლათინური სიტყვიდან ჰიდროგენიუმ — წყალბადი). თუ კატალიზატორის — პლატინის შავას ან წვრილად დაფხვნილი ნიკელის თანხლებით წყალბადის ნაკადს გავატარებთ ვეშაპის ან ზღვის სხვა ცხოველების ქონში, მიიღება სალოლინი, სალომ. სი და ა. შ. სხვადასხვა მცენარეული ზეთისა და ცხოველური ცხიმის შერევით ამზადებენ მარგარინს.

ხომ არ შეიძლება ბუნებრივი ცხიმისა და ზეთის ხელოვნური შეცვლა? — ეს საშუალებას მოგვცემდა საკვები ცხიმი მხოლოდ კვებას მოვახმაროთ და გავაუმჯობესოთ მოსახლეობის მომარაგება.

საბჭოთა მეცნიერებმა ენერგიულად მოჰკიდეს ხელი ბუნებრივი ცხიმისა და ზეთის შემცვლელების ძებნას და წარმატებით გადაკრეს ეს ამოცანა.

ჯერ კიდევ ამ რამდენიმე ათეული წლის წინათ აკადემიკოსმა



ნიკოლოზ დიმიტრის ძე ზელინსკი
(1861—1953 წწ)

ნ. ზელინსკიმ ყურადღება მიაქცია ბუნებრივი ცხიმებისაგან გამოყოფილი ნახშირ-რი ცხიმოვანი მჟავებისა და ნავთობის შემადგენლობაში არსებული, ევრეთწოდებული, პარაფინული ნახშირ-წყალბადების აღნაგობის სა-ოცარ მსგავსებას. ამ ნაერ-თებს ნახშირბადის ატომების ერთნაირი ჯაჭვები და წყალ-ბადის ატომების თანაბარი რიცხვი გააჩნია. ცხიმოვანი მჟავების მოლეკულაში მხო-ლოდ ჟანგბადის ორი ატო-მით მეტია. მაშასადამე, ნა-ვთობის ნახშირწყალბადიდან ცხიმოვანი მჟავას მისაღე-ბად, საჭიროა მის მოლეკუ-ლებში ჟანგბადის ორი და-მატებითი ატომი შეყვანა.

ნ. ზელინსკიმ გულდასმით შეისწავლა ჟანგბადის მიერთების პირობები და პარაფინული ნახშირწყალბადებიდან არა მარტო ცხიმოვანი მჟა-ვეების, არამედ ცხიმების მიღების წესიც დაამუშავა.

მაგრამ საბჭოთა ქიმიკოსებმა კიდევ ბევრი იშრომეს, ვიდრე ნა-ვთობიდან ქარხნული წესით ცხიმოვან მჟავებს მიიღებდნენ.

თავდაპირველად გადაწყვიტეს ნახშირწყალბადის მოლეკულაში შეეყვანათ სუფთა ჟანგბადი მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის პირობებში. ცდის შედეგი არადამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა. ხელოვ-ნური მჟავების გამოსავალი იყო მეტად მცირე.

მაშინ სხვა გზა გამოძებნეს. გაიხსენეს ქიმიკოსთა ერთგული თა-ნაშემწე-კატალიზატორები. კატალიზატორის დახმარებით დაჟანგვას პირდაპირ ჰაერის ჟანგბადით ახორციელებდნენ ჩვეულებრივი ატმოს-ფერული წნევის პირობებში. ამჯერად ნახშირწყალბადების თითქმის ოთხმოცდახუთი პროცენტი გარდაიქმნა ცხიმოვან მჟავებად.

ალუმინის უზარმაზარ რეაქტორებში,—მაღალ ცილინდრებში,— გამდნარ პარაფინს ასხამენ. მძლავრი კომპრესორი რეაქტორში ჰერ-ხის ჰაერს.

ჰაერის ბუშტულები პარაფინის გამდნარ მასას შერევა და ნახ-

შირწყალბადებს ცხიმოვან მჟავებად ქანგავს. დაქანებული პარაფინი გადაინაცვლებს დიდ კასრებში, სადაც მას ტუტის ხსნარს უმატებენ. ტუტე ცხიმოვან მჟავებს უერთდება და „საპნის“ ხსნარი მიიღება. მას გამოაკლავებენ პარაფინის იმ ნაწილისაგან, რომელიც არ შესულა რეაქციაში და სხვა აპარატში გადააქვთ. აქ გოგირდმჟავით ამუშავებენ. მჟავას მოლეკულები ტუტეს უკავშირდება და ცხიმოვანი მჟავა თავისუფალი სახით გამოიყოფა.

მაგრამ ცხიმოვანმა მჟავამ კიდევ ბევრი სხვადასხვა ოპერაცია უნდა გაიაროს, ვიდრე ის საკვებად გამოსადეგი გახდება და ბუნებრივ ცხიმსა და ზეთს შესცვლის.

მას ათავისუფლებენ მინარეგებისაგან, ჰყოფენ ფრაქციებად — ცალკეულ შემადგენელ ნაწილებად, რომლებიც ამა თუ იმ წარმოებაში წარმატებით ცვლის ცხიმს. მაგალითად, ხელის საპნის დასამზადებლად უწინ სარგებლოდნენ ცხელი ქვეყნებიდან ჩამოტანილი ქოქოსის ზეთით, ხოლო ტყავის დასამუშავებლად — ყინულოვანი ოკეანის სანაპიროებთან მოპოვებული ზღვის ცხოველების ქონით. ახლა კი ისინი სინთეზურმა ცხიმოვანმა მჟავებმა შესცვალა.

ხელოვნური ცხიმოვანი მჟავებისაგან დამზადებული საპონი ზეთები წარმატებით გამოიყენება სახარატო და სახეხ ჩარხებში, სალორდ და ამწე მექანიზმებში, ავტობუსებსა და ტროლეიბუსებში, მატარებლებსა და თბომავლებში.

აბრეშუმზე მკიხეა. მკითხვე მკბარე

ცხიმოვან მჟავებს ნავთობის ჩვეულებრივი გამოხდისას მიღებულ საპონ ზეთებსაც უმატებენ. ეს ზრდის ზეთის ხაოისხს, აუმჯობესებს მის მდგრადობას.

უკანასკნელ ხანებში საპონ ზეთებს ემატება სხვადასხვა უმაღლესი სპირტიც, ე. ი. ისეთი სპირტი, რომლის მოლეკულაც ნახშირბადის 10—12 ატომს შეიცავს. მათ სარეცხ საშუალებათა წარმოებაში იყენებენ.

ეს სპირტები ცეცხლმქრობების დასამზადებლადაც გამოდგა. ისინი ხელს უწყობს ცეცხლმქრობი სითხის აქაფებას, ხოლო რაც უფრო უხვადაა ქაფი, მით უფრო სწრაფად ქრება ცეცხლი.

ხშირად ძვირფასი ლითონების — სპილენძის, ტყვიის, ცინკის მადანი ბევრ გამოუსაფეგარ მინარეგს შეიცავს. მაგალითად, ერთ ტონა ღარიბ მადანში 20—30 კილოგრამი სპილენძია. დანარჩენი ფუჭი ქანია, ქვიშა, თიხა, კირქვა. ერთი ტონა სუფთა სპილენძის მისაღებად ორმოცდაათ ტონაზე მეტი მადანი უნდა გადაამუშავდეს.

ამემაღ ლარიბ მადანს ამლიდრებენ. მადნის გამლიდრების დროს მეტალურგებს დიდ დახმარებას უწევს წყლის ამაქაფებელი სხვადასხვა ნივთიერება. უწინ ამ მიზნით კანიფოლისგან დამზადებულ ფიჭვის ზეთს იყენებდნენ. ახლა კი სულ უფრო და უფრო მეტად იხმარება ნავთობის ნახშირწყალბადებისაგან მიღებული უმაღლესი სპირტები.

ვინ არ იცნობს ამემაღ კაპრონსა და ნაილონს. ეს ახალი სინთეზური ბოქკოები უკვე დამკვიდრდა ჩვენს ყოფაცხოვრებაში. მისგან ამზადებენ წინდებს, პერანგებს, მსუბუქ და მტკიცე ქსოვილებს. კაპრონისაგან დამზადებული სათევზაო ბადე შეიძლება თვეობით იყოს წყალში უვნებლად. ის გაცილებით უფრო მტკიცეა, ვიდრე მცენარეული ბოქკოსაგან დამზადებული ბადე, რომელიც სიმტკიცის თითქმის 60 პროცენტს კარგავს, თუ კი ოთხ ხუთ კვირას იქნება წყალში.

ჩვენი ქვეყნის მდინარეებსა და არხებზე შეიძლება ვნახოთ ბუქსირები, რომელთაც სხვადასხვა საქონლით დატვირთული კარკაპები მიჰყავს. ბუქსირებისათვის უწინ მსხვილ ბაგირებს ან ფოლადის ტროსებს იყენებდნენ, ახლა კი მათ კაპრონი ცვლის. ის ორჯერ უფრო წვრილი და მსუბუქია.

კაპრონის ან ნაილონის ტროსებს მიწის ქვეშაც იყენებენ მძიმე საგნების ამოსატანად.

კაპრონის ძაფი, რომლისაგანაც ამემაღ ამზადებენ ბაგირებს, სიმტკიცით ლითონის მავთულს შეედრება მხოლოდ. მილიმეტრნახევარი სისქის მქონე კაპრონის ძაფი მოზრდილი ადამიანის წონას უძლებს. ის 3,5-ჯერ უფრო მტკიცეა, ვიდრე მისივე განივკვეთის მქონე ალუმინის მავთული, ერთნახევარჯერ მტკიცეა, ვიდრე სპილენძის მავთული და ცივადგაჭიმული რკინის მავთულის სიმტკიცეს უტოლდება.

კაპრონის მისაღებ საწყის ნივთიერებას წარმოადგენს კარბოლის მებავა (ფენოლი). ამავე დროს ის არის ძვირფასი პლასტიკური მასის—ფენოპლასტის მისაღები ნედლეულიც. არც თუ ისე დიდა ხნის წინათ ფენოლს საკმაოდ რთული გზით იღებდნენ ბენზოლისაგან და ამ პროცესებისათვის დიდი რაოდენობით გოგირდმებავასა და კაუსტიკურ სოდას ხარჯავდნენ. მსოფლიოში პირველად საბჭოთა მეცნიერებმა დაამუშავეს ამ მნიშვნელოვანი და ძვირფასი პროდუქტის მიღების წესი ნავთობის ნახშირწყალბადიდან—იზოპროპილბენზოლისაგან, კატალიზატორის თანაპოვნიერებისას ამ ნივთიერების ჰაერის ეანგბადით დაეანგვის საშუალებით.

კაპრონის მიღება ახლა ციკლოჰექსანისაგან, ნავთობის მეორე ნახშირწყალბადისაგანაც შეიძლება. ამ ნახშირწყალბადის დაეანგვით ეხლა იღებენ ადიპინის მებავას, ნაილონის სინთეზის საწყის პროდუქტს, რომელსაც ჩვენში ანიდს უწოდებენ. ნავთობის ნახშირწყალბადების

დაეანგვის გზით დამუშავებულია მეორე ძვირფასი ორგანული მეა-
ვას—სებაციინის მეავას წარმოების წესიც.

ეს მეავეები პლასტიკური მასების წარმოებისათვისაც არის საჭი-
რო. ეს ნაერთები კარგი პლასტიკატორებია, ზრდის პლასტმასების
ელასტიურობას.

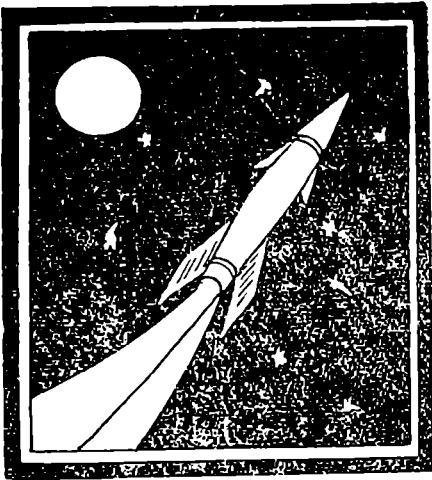
ჩვენს ქვეყანაში ყოველწლიურად სულ უფრო და უფრო მეტ ნავ-
თობს იღებენ. 1958 წელს მისმა მოპოვებამ ასცამეტ მილიონ ტონას
გადააჭარბა. 1965 წელს კი სკკპ XXII ყრილობის გადაწყვეტილებით
240 მილიონ ტონას გადააჭარბებს. თუ ამ რაოდენობის მხოლოდ ორი
პროცენტი გადამუშავდება, მაშინაც კი ასეულობით ათას ტონა კაპ-
რონს და ანიდს მივიღებთ.

სკკპ XXI და XXII ყრილობებმა აბრეშუმის და შალის ქსოვი-
ლების გამოშვების მნიშვნელოვანი ზრდა გაითვალისწინა. 1965 წელს
ჩვენი მომხმარებელი ორჯერ მეტ ქსოვილს მიიღებს, ვიდრე 1958 წელს.
ამ რაოდენობის თითქმის ცხრა მეათედი ქიმიური ბოჭკოსაგან იქნება
დამზადებული.

ქიმიკოსების არსენალში ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს მნიშვნე-
ლოვანი ადგილი უკავია. მისი დახმარებით იზრდება ადამიანის ნება-
სურვილით შექმნილ ნივთიერებათა ასორტიმენტი.



თავი მეთორმედი



ს კ ვ ე ე მ ლ ო ს
ს ი ვ ლ ს ე შ ი

შვიდი წლის წინათ — 1957 წლის ოქტომბერში — ჩვენი უძველესი პლანეტის ცაზე ახალი პატარა ვარსკვლავი აინთო. ჩვეულებრივისაგან განსხვავებით, მისი დაბადება შორეულ ვარსკვლავეთში კი არა — ჩვენს მშობლიურ დედამიწაზე, საბჭოთა კვეყანაში მოხდა. საბჭოთა მეცნიერების, ინჟინრების და მუშების გონებითა და შრომით შექმნილმა სამყაროს პირველმა მკვლევარმა, ხელოვნურმა თანამგზავრმა მსოფლიოს აუწყა ახალი კოსმიური ერის დასაწყისი, ყველა ხალხს ამცნო ადამიანის გენიის ახალი გამარჯვება.

პრგილუარისგზის ღამხმარანი

ვეროპელებმა რაკეტის არსებობა შუა საუკუნეებში გაიგეს. შუა საუკუნეების ალქიმიკოსთა თხზულებებში რაკეტისათვის საწვავი ნარევის დამზადების რეცეპტებია მოყვანილი.

რუსეთში რაკეტების წარმოება, როგორც ჩანს, დაიწყო XV საუკუნეში, როდესაც ისწავლეს დენთის დამზადება, ორი საუკუნის შემდეგ კი სამხედრო პირები მას კარგად იცნობდნენ.

XVIII საუკუნეში ინდოელები ინგლისელთა კოლონიალური ჯარების წინააღმდეგ წარმატებით იყენებდნენ რაკეტას. ეს იყო დენთით დატენილი ბამბუკის მილი, რომელსაც გრძელი ხის კუდი ჰქონდა მორგებული. ინგლისელებმა კარგად შეაფასეს საბრძოლო რაკეტის ღირსება და შემოიტანეს ის თავისი ჯარის აღჭურვილობაში. ინგლისის მაგალითს მალე სხვა სახელმწიფოებმაც—საფრანგეთმა, ავსტრიამ, პრუსიამ მიბაძა. ევროპულ არმიებში სხვადასხვა ტიპის რაკეტა გაჩნდა.

პირველ ხანებში ასეთი საბრძოლო რაკეტები მეტად არასრულყოფილი იყო და ნხოლოდ ოდნავ განსხვავდებოდა თავისი წინაპრებისაგან—ინდური და ჩინური რაკეტებისაგან. ნხოლოდ ბამბუკის მილი იყო შეცვლილი ლითონის გილზით. მიუხედავად ამისა, საბრძოლო რაკეტები ხშირად საკმაოდ აზარალებდა მოწინააღმდეგეს. ესპანელებმა 1814 წელს ნაპოლეონის ჯარის ერთ-ერთ რაზმს რაკეტები დაუშინეს. ფრანგი ჯარისკაცები არ იცნობდნენ მათ და ისე დაფრთხნენ, რომ გაუხდელად გადაცივდნენ მდინარეში, სადაც ბევრი მათგანი დაიხრჩო.

საბრძოლო რაკეტული ტექნიკის კიდევ უფრო მძლავრი განვითარებით აღინიშნა XIX საუკუნე.

ზოგიერთ უცხოურ არმიაში სპეციალური რაკეტული ნაწილები დაარსდა, სამხედრო გემები რაკეტებით აღიჭურვა, ამენდა ქარხნები რაკეტების დასამზადებლად.

წარსული საუკუნის ოციან წლებში რუსეთშიც არსებობდა სახელოსნოები, სადაც ამზადებდნენ რაკეტებს, მაგრამ მხოლოდ სანიშნო და გამანათებელი მიზნებისათვის.

იმ დროს რაკეტული იარაღით დაინტერესდა პეტერბურგის დენთის ქარხნისა და არსენალის მმართველი გენერალი ა. დ. ზასიადკო. მოკმედ არპიაში თხუთმეტი წლის განმავლობაში ნამსახურმა, 1812 წლის სამამულო ომის აქტიურმა მონაწილემ, ღირსეულად შეაფასა რაკეტის საბრძოლო თვისებები.

ზასიადკომ შექმნა ფუგასური და მსხკრევადი რაკეტები, რომლებიც წარმატებით იქნა გამოყენებული რუსეთ-თურქეთის ომის დროს 1828-29 წლებში და სხვა ომეაშიც. რუსული რაკეტული იარაღის შემდგომი განვითარება განუწყურელადაა დაკავშირებული გენერლების კ. კონსტანტინოვის და ა. შილდერის სახელებთან. გამანათიელი და საბრძოლო რაკეტებს იყენებდნენ რუსეთ-იაპონიის და პირველ მსოფლიო ომებშიც.

რაკეტული საბრძოლო ტექნიკის ახალი აღმავლობა დაიწყო ჩვენს დროში. რაკეტულმა იარაღმა მიიღო ახალი „მიგთავსი“-მავი თოფის წამალი უკვამლო დენთმა შეცვალა. საბჭოთა ინჟინრებმა—ნ. ი. ტი-

ხომიროვმა და ვ. ა. არტემიევიმა 1925 წ. შექმნეს პირველი რაკეტული ქურავი (ნაღმი) უკვამლო დენთზე.

მოგვიანებით, ამ გამოგონების საფუძველზე დამზადდა რაკეტული ქურავები „კატუშებისათვის“, რომლებიც წარმატებით ავლებდა მუსრს გერმანელ-ფაშისტ დამპყრობლებს მეორე მსოფლიო ომის დროს.

ორივე მეომარი მხარე ფართოდ იყენებდა რაკეტულ არტილერიას. ბრძოლის ველზე გაჩნდა რაკეტული ნაღმბრტყორცნი, ტანკი რაკეტული დანადგარით. მეტროლოთა შორის დიდი წარმატებით სარგებლობდა ტანკსაწინააღმდეგო რაკეტული თოფი—მცირე ზომის ღია მილი, რომელიც ქურავის მიმმართველს წარმოადგენდა.

1943-44 წწ გერმანიაში შექმნეს ტანკსაწინააღმდეგო რაკეტული ქურავი, რომელსაც შეეძლო 200 მმ სისქის ჯავშანის გახვრეტა, ხოლო სროლის სიშორე კი 1 კილომეტრამდე აღწევდა.

დენტის წვის შედეგად რაკეტის ფრენამ გამომგონებლები მიიყვანა იმ აზრამდე, რომ შესაძლებელია რაკეტის საფრენ აპარატად გამოყენება.

1881 წ. 1 მარტს ნაროდოვოლელებმა მოკლეს ალექსანდრე II. რუს მეფეზე თავდასხმის მონაწილეთა შორის იყო პეტერბურგელი სტუდენტი ნ. კიბალჩიჩი. ყუზმბარა, რომელიც ნაროდოვოლელმა გრინივეცკიმ შეფეს დაუგდო ფეხებთან მის მიერ იყო დამზადებული.

კიბალჩიჩი გულდასმით სწავლობდა ასაფეთქებელ ნივთიერებებს. მან დაისახა მიზნად შეექმნა რაკეტული ჰაერსანაოსნო აპარატი, რომელსაც დენტის სანთლების (დაწნხილი თოფის წამლის პატარა ცილინდრული ნაჭრები) წვის შედეგად გამოყოფილი გაზები ამოძრავებდა.

მეფეზე თავდასხმაში მონაწილეობისათვის ის დააპატიმრეს, მაგრამ სიკვდილით დასჯის წინაც კი განაგრძობდა მუშაობას თავის პროექტზე.

კიბალჩიჩის წამოწყებას ბევრი მიმბაძველი გაუჩნდა. წარსული საუკუნის ბოლომდე მჭრინავი რაკეტის მრავალი სხვადასხვა პროექტი შეიქმნა. გამომგონებლები დენტის მიერ წარმოქმნილ გაზებთან ერთად მამოძრავებელ ძალად წყლის ორთქლს, წყალს და ჰაერსაც კი თავაზობდნენ. ზოგიერთი პროექტი დენტის ნაცელად ითვალისწინებდა სპირტის ორთქლს, წყალბადს, ეანგბადს.

პრაქტიკულად ყველა ეს პროექტი განუხორციელებელი იყო. რაკეტის ფრენა შეეძლო მხოლოდ დენტის მუხტით. მაგრამ ასეთი გაფრენა საშიში იყო და უმეტეს შემთხვევაში აფეთქებით მთავრდებოდა. ოცდაათი წლის წინათ ზფრინავი შტაბბერი შემთხვევით გადაარჩა

დაწვას, როდესაც აფრინდა დენთიანი რაკეტით შეიარაღებულ პლანერით.

რაკეტული დენთის ძრავების მოთავსებას ცდილობდნენ ავტომობილზე და ღრეზინაზე, მაგრამ ყველა ცდა მარცხით დამთავრდა. აფეთქება სპობდა ავტომანქანებს და ღრეზინებს ძრავებთან ერთად.

მრავალმა მარცხმა და უბედურმა შემთხვევამ დააჩწმუნა ინჟინრები და მეცნიერები, რომ ხანგრძლივი ფრენისათვის დენთიანი რაკეტის გამოყენება შეუძლებელია.

საკუთარი მზების დაკვირვება

დენთიანი რაკეტის შესწავლამ მისი მრავალი ღირსება გამოაშკარავა. რაკეტას შეუძლია მეტად დიდი სიჩქარის განვითარება, ფრენის დროს შესაძლებელია მისი მართვა. რაკეტის მასა თანდათანობით მცირდება დენთის წვის ხარჯზე.

უნებლიედ იბადებოდა აზრი, რომ რაკეტა შესანიშნავი საფრენი აპარატი გახდება, თუ კი თავიდან იქნება აცილებული დენთის ძირითადი ნაკლი—ფეთქებადობა.

როდესაც სახლს აშენებენ, ჯერ გეგმას ადგენენ და აკეთებენ საძირკვლის, კედლების გადახურვის ზუსტ მათემატიკურ გამოთვლას. მათემატიკა ისევე აუცილებელია ხიდებისა და რკინიგზის მშენიანებისათვის, დაზგებისა და მანქანების კონსტრუქციისათვის.

წარსული საუკუნის ოთხმოციან წლებში მეცნიერებმა რაკეტის ფრენის მათემატიკური გამოკვლევა დაიწყეს. ზუსტი ფორმულების საფუძველზე კონსტანტინე ედუარდის-დე ციოლკოვსკიმ რაკეტული მოძრაობის თეორია შექმნა და ამით საფუძველი ჩაუყარა ახალ რაკეტულ ტექნიკას¹.

1 რაკეტის მოძრაობის პრინციპები ნათლად აქვს აღწერილი კიბალჩინა, — დენთზე მომუშავე რაკეტული ძრავის პირველი პროექტის ავტორს.

წარმოიგინეთ ჰერმეტიკულად დახურული ცილინდრი, — წერდა ის, რომელსაც მხოლოდ ფსკერი აქვს გახვრეტილი.

ამ ცილინდრში დაწნობილი დენთის ნაკერი მოვითავსოთ და ცეცხლი წავუკიდოთ. წვის დროს წარმოიქმნება გაზი, რომელიც კედლებს მიაწეობს. გვერდით ხედაპირებზე მოქმედი წნევის ძალები ურთიერთს აწონასწორებს და მხოლოდ ზედა, დახურულ კედელზე მოქმედი წნევა არ იქნება გაწონასწორებული, რადგან მის მოპირდაპირე მხარეზე გაზს თავისუფალი გასასვლელი აქვს. სწორედ ის, ზევით მიმართული წნევის ძალაა რეაქტული ძალა. თუ მისი სიდიდე აღემატება ცილინდრის წონას, მაშინ ცილინდრი უნდა აფრინდეს².

რეაქტული ძალა მხოლოდ გაზის გამოდენის დროს როდი წარმოიქმნება, ის არის ყველგან, სადაცაა უკუქმედი ძალა. ის ათორავებს ავტომანქანას და თვითმფრინავს. ეგვი და უბრალო ნავს. ავტომანქანის ბორბლები უკუგდება დედამიწიდან, გემის ხრახნი—წყლისგან, პროპელერი—ჰაერისგან. ესეც რეაქტული ძალებია, უკუცემის ძალები.

ციოლკოვსკის სპეციალური ტექნიკური განათლება არ მიუღია, მაგრამ ბავშვობიდანვე ბევრს კითხულობდა, სხვადასხვა ფიზიკურ და ქიმიურ ცდებს ატარებდა, გულდასმით სწავლობდა საწყის და უმაღლეს მათემატიკას.

გამომგონებლობით გატაცება მას მამისაგან გამოჰყვა. ციოლკოვსკიმ გადაწყვიტა ლითონის, მართვის უნარის მქონე დირიჟაბლის შექმნა. ორი წლის განმავლობაში ის დაუღალავად მუშაობდა და საკვლევი მუშაობის გარდა, არითმეტიკას ასწავლიდა ბოროვსკის სასწავლებელში.

„მე ყოველთვის გატაცებით ვასწავლიდი — წერდა ციოლკოვსკი თავის მოგონებაში — და სასწავლებლიდან ძლიერ დაღლილი ვბრუნდებოდი, რადგან იქ ვტოვებდი ჩემი ძალის მეტ ნაწილს. მხოლოდ საღამოსთვის შემეძლო კვლავ ხელი მომეკიდა ჩემი გამოთვლებისათვის და ცდებისათვის. დრო ცოტა იყო, ასევე ძალაც. ამიტომ მე გადავწყვიტე დილაუთენია ადგომა და ჩემს ჩანაფიქრზე მუშაობის შემდეგ წასვლა სასწავლებელში. ასე დაძაბულად ვიმუშავე ორი წლის განმავლობაში. ამის შემდეგ მთელი წელიწადი ვგრძნობდი თავში სიმძიმეს“.

სამუშაოს შედეგები მან გამოაქვეყნა ვრცელ ნაშრომში „აეროსტატის თეორია და ცდა“. წიგნს ერთვოდა მრავალრიცხოვანი სქემები და ნახაზები.

ციოლკოვსკი ჯერ კიდევ სიკაბუკეში ოცნებობდა მთვარეზე და სხვა პლანეტებზე გაფრენაზე. სწორედ, ჰაერნაოსნობის შესწავლის დროს მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ მხოლოდ რაკეტას შეუძლია საპლანეტათშორისო გაფრენის განხორციელება. იმ დროს უკვე იყო ცნობილი, რომ რაკეტას უპაერო სივრცეში უფრო მეტი სიჩქარის განვითარება შეუძლია, ვიდრე ჰაერში.

ციოლკოვსკი გატაცებით შეუდგა კოსმოსში რაკეტის ფრენის პირობების შესწავლას. ის იკვლევს რაკეტის მოძრაობას სივრცეში სიმძიმის ძალის გარეშე, იკვლევს მისი ფრენის პირობებს სიმძიმის გავლენით, როგორც ვერტიკალური მიმართულებით, ასევე გარკვეული კუთხის ქვეშ, ითვლის ჰაერის წინააღმდეგობას ფრენის დროს, ანგარიშობს თუ რა რაოდენობით დასკირდება რაკეტას საწვავი, რათა გაარღვიოს დედამიწის მიზიდულობა.

გამოკვლევის შედეგები მეცნიერმა მათემატიკის ზუსტი და ძუნწი ენით გამოხატა. ციოლკოვსკის მიერ შესრულებულმა გამოთვლებმა ცხადჰყო, რომ რაკეტა მით უფრო სწრაფად იმოძრავეს, რაც უფრო დიდი იქნება გაზის გამოდენის სიჩქარე. ეს უკანასკნელი კი თავის მხრივ საწვავის თბოუნარიანობაზე დამოკიდებული.

ყველაზე მაღალი თბოუნარიანობა გააჩნია თხევად საწვავს ნავთობს, ნავთს, ბენზინს, ზოგიერთი ორგანული შენაერთისა და სითხის ნარევის. დენტს კი თბოუნარიანობის მხრივ ერთ-ერთი ბოლო ადგილთაგანი უკირავს. მაშასადამე, — ასკენის ციოლკოვსკი — რაკეტამ თხევადი საწვავით უნდა იმოდროს.

რაკეტაზე მრავალწლიანი მუშაობის შედეგები ციოლკოვსკიმ 1903 წ. გამოაქვეყნა სტატიაში „სამყაროს სივრცის გამოკვლევა რაკეტით ხელსაწყოების საშუალებით“, რომელიც დაიბეჭდა ჟურნალში „მეცნიერული მიმოხილვა“. მეცნიერი მხოლოდ თეორიული გაანგარიშებით არ შემოიზღუდა. სტატიაში ინჟინერ-კონსტრუქტორიც ნახავს მრავალ საგულისხმო პრაქტიკულ მითითებას, თუ როგორი საწვავი უნდა შეირჩეს, როგორი ფორმა უნდა ჰქონდეს რაკეტის ძირითად ნაწილებს და სხვა.

ციოლკოვსკიმ აგრეთვე თხევად საწვავზე მომუშავე პირველი სამგზავრო რაკეტის სქემა შეიმუშავა. ფორმით ის დირიგებლს ან გადამლობ აეროსტატს მოგვაგონებს. მტკიცე ლითონის გარსის წინა ნაწილი განკუთვნილია მგზავრებისათვის. იქვეა კაბინა სამართავი ხელსაწყოებით, თხევადი ჟანგბადით სავსე აუზები. რაკეტის უდიდესი ნაწილი თხევად საწვავს უკავია.

საწვავის წვის დროს წარმოქმნილი რაკეტითი ძალის გავლენით რაკეტას შეუძლია მაღლა ასვლა და ფრენა. რაც უფრო დიდია გაზის გამოდენის სიჩქარე, მით უფრო მეტია უკუცემის ძალა და მით უფრო სწრაფად მოძრაობს რაკეტა.

როდესაც რაკეტაში კვამლიანი დენტთი იწვის, მაშინ წვისთვის საჭირო ჟანგბადი დენტის შემადგენლობაში არსებული გვარჯილისაგან მიიღება. უკვამლო დენტის წვის დროსაც დამენგველია ჟანგბადი, რომელსაც დენტის შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებები შეიცავს. უკვამლო დენტს კვამლიანი დენტისაგან განსხვავებით მაოცვლოვანი სტრუქტურა არა აქვს. ის მკვრივ ერთგვაროვან მასას წარმოადგენს. ამის გამო უკვამლო დენტთი თანაბრად იწვის და მთლიანად გარდაიქმნება გაზად. წვის შემდეგ ის არ ტოვებს არც კვამლის დაუმწვარ მყარ ნაწილაკებს და არც ნაშვსს. რაკეტაში კვამლიანი დენტის უკვამლო დენტით შეცვლამ გაზის გამოდენის სიჩქარე თითქმის სამჯერ გაზარდა და შესაბამისად გაზარდა მისი ფრენის სიჩქარეც

თხევადი საწვავით მომუშავე რაკეტაში დამენგველად იყენებენ თხევად ჟანგბადს ან ზოგიერთ სხვა, ჟანგბადით მდიდარ სითხეს, რომელიც იოლად გამოყოფს ჟანგბადის ატომებს, მაგალითად, წყალბადის ზეჟანგს, აზოტმჟავას, ტეტრანიტრომეთანს (აზოტის შენაერთი ჟანგბადთან და ხახპირბადთან).

თხევადი საწვავი და დამენჯველი საწვავ კამერაში ტუმბოს საშუალებით ფრქვევანებიდან შეჰყავთ. რაც უფრო მეტი ფრქვევანაა საწვავ კამერაში, მით უფრო კარგად ხდება საწვავის შერევა. საწვავის გაბნეული წვეთები ორთქლდება და შემდეგ იწვის. თხევად საწვავზე მომუშავე რაკეტების კამერებში წნევა არ აღემატება 50 ატმოსფეროს: წვის გაზისმიერი პროდუქტები კამერიდან გადადის საქშენში და საათში 8-10 კილომეტრი სიჩქარით გამოიღინება იქიდან. რაც უფრო სწრაფად გამოიღინება საქშენიდან გაზი, მით უფრო დიდ წვეთს ძალას აწვითარებს რაკეტა ან რეაქტიული ძრავა.

უფრო მალე და უფრო ჩქარი ფრენისათვის მალალბარისხოვანი საწვავია საჭირო. რაც უფრო მალალია თხევადი საწვავის თბოუნარიანობა, მით უფრო მცირეა მისი ხარჯვა და მით უფრო დიდია რაკეტის ან რეაქტიული თვითმფრინავის სიჩქარე.

რეაქტიული ძრავას საწვავ კამერაში ვითარდება მეტად მალალი ტემპერატურა, 3000 გრადუსამდე. ასეთ ტემპერატურაზე კაპერის კედლები არა თუ გადნეს, შეიძლება აორთქლდეს კიდეც. ამიტომ მათ აცივებენ. ჩვეულებრივად ამ მიზნით სარგებლობენ თხევადი საწვავითვე, რომელსაც დაწვის წინ კამერის ორმაგ კედლებს შორის ატარებენ.

იმისათვის, რომ თხევად საწვავს კარგი გამაციებელი თვისებებიც გააჩნდეს, საჭიროა, მისი სითბოტევადობა დიდი იყოს. რეაქტიული ძრავას უტყუარი და ზუსტი მუშაობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს საწვავის იოლად აალების თვისებას. საწვავის აალების ოდნავ დაგვიანებასაც კი შეუძლია აფეთქების გაპოწვევა, რადგან საწვავი ნარევი ე. ი. დამენჯველის და თხევადი საწვავის ნარევი ძლიერ ასაფეთქებელ ნივთიერებას წარმოადგენს. ამიტომ ქიმიკოსები თვითაალებადი საწვავის შექმნას ცდილობენ. ხშირად, ჩვეულებრივ თხევად საწვავს უმატებენ განსაკუთრებულ შენაერთებს, რომლებიც საწვავ ნარევის თვითაალების თვისებას ძენს.

სამსლოვანი ჩანჩქარის მგრძანებელი

ციოლოკოსკის მიერ შექმნილმა თხევად საწვავზე მომუშავე ახალმა რაკეტამ ბიძგი მისცა რაკეტული ტექნიკის წმლაერ განვითარებას. რაკეტა არა მარტო იარალი, არამედ ბუნების დაპყრობაში ადამიანის ერთგული თანაშემწე გახდა.

სხვდასხვა ქვეყანაში დაიწყეს ატმოსფეროს ზედაფენების შესწავლა რაკეტის დახმარებით ატანილი საკვლევი ხელსაწყოების საშუალებით. ამგვარ რაკეტებს მართავდნენ გრაფიტის საკვებით, რომელ-

თა რეგულირება ან ავტომატური იყო ან წარმოებდა რადიოთი დედამიწის ზედაპირიდან.

საბჭოთა და უცხოელმა კონსტრუქტორებმა და ინჟინრებმა განავითარეს ცილოკოფსკის იდეები და შექმნეს რაკეტები, რომელთაც შეუძლია სტრატოსფეროში ფრენა ასეულ და ათასეულ კილომეტრებზე.

უკვე უახლოეს ხანებში იქნება შესაძლებელი ამგვარი რაკეტებით შორეულ მანძილზე გაუგონრად მოკლე ვადაში ფოსტისა და ტვირთის გადატანა. არხანგელსკიდან ვლადივოსტოკამდე წერილი მატარებლით ორ კვირაში მიდის, თვითმფრინავით—ნეორე დღეს. რაკეტით გადატანის შემთხვევაში კი ადრესატი წერილს ორი-სამი საათის შემდეგ მიიღებს.

ცხრა მთას იქით არ არის ის დროც, როდესაც სარაკეტო ტრანსპორტი წარმატებით გაუწევს მეტოქეობას ავტომანქანასა და თვითმფრინავს, მატარებელსა და თბომავალს. სტრატოსფეროს მომავალში მრავალი შორი მოქმედების რაკეტა დაკვალავს.

წარსული საუკუნის სამოცდაათიან წლებში ფანტასტიკურად ითვლებოდა ეიულ ვერნის რომანი, რომლის გმირებმა 80 დღეში იმოგზაურეს დედამიწის გარშემო. მართლაც, იმ დროს მრავალი თვე იყო საჭირო ამგვარი მოგზაურობისათვის. ჩვენს საკვირველ დროში კი მკვეთრად შემცირდა პლანეტის ზომა. ჩქაროსნული თვითმფრინავით დედამიწის ერთ დღე-ღამეში შეიძლება შემოუფრინო, ხოლო კოსმიური რაკეტით კი—საათნახევარში.

სარაკეტო ტრანსპორტი ჩვენი პლანეტის სხვადასხვა კუთხეს ისევე იოლად დაუკავშირებს ურთიერთს, როგორც დღეს დიდი ქალაქის განაპირა ქუჩებია ერთმანეთთან დაკავშირებული. მოსკოვიდან ან ვარშაიდან ავსტრალიაში, სამხრეთ ამერიკაში ან აფრიკაში მგზავრობას დასჭირდება არა დღეები, კვირები ან თვეები, როგორც უწინ, არამედ მხოლოდ ათეული წუთები. ადამიანმა შეიძლება პარისში ან ლონდონში ისაუზმოს და ნიუ-იორკში ისადილოს, ივანჰმოს დღეში და დაღანეისას სახლში დაბრუნდეს.

როგორც ხედავთ პერსპექტივა საკმაოდ მომხიბლავი და სრულიად არაფანტასტიკურია. მაგრამ რაკეტის შემკმენლელის მრავალი სიძნელის გადალახვა დასჭირდებათ, ვიდრე უზრუნველყოფენ მგზავრობის უსაფრთხოებას.

დიდ სიმაღლეზე ადამიანს მრავალი, ხშირად მოულოდნელი საშიშროება ელის. ჰაერის გაიშვიათება ნორმალურ სუნთქვას აფერხებს, ამიტომ ჰაერს რა ეტაში აუცილებლად ისეთივე შედგენილობა უნდა ჰქონდეს და ისეთივე წნევის ქვეშ უნდა იმყოფებოდეს, როგორც ეს დედამიწის ზედაპირზეა.

სტრატოსფეროში მგზავრების ჯანმრთელობისა და სიცოცხლისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს კოსმიური სხივები და ულტრა-ისფერი გამოსხივება. აუცილებელია ამისგან დაცვის უზრუნველყოფა.

უდიდესი სისწრაფით მოძრავი რაკეტისათვის მეტად სახიფათოა მეტეორიტთან შეხვედრა. კოსმიური ხომალდის ლითონის საფარველს პატარა თხილის გულის ოდენა მეტეორიტიც კი გახვრეტს. მაშინ პაერი გამოვა გარეთ და ადამიანები დაიღუპებიან.

ექვს გარეშეა, რომ თანამედროვე მეცნიერების მიღწევებით შეიარაღებული ადამიანი წარმატებით დაძლევს ყველა ამ სიძნელეს, ამის საწინდარია საბჭოთა კოსმონავტების—ი. გაგარინის, გ. ტიტოვის, ა. ნიკოლაევის, პ. პოპოვიჩის ვ. ტერეშკოვასა და ვ. ბიკოვსკის ბრწყინვალე გაფრენები დედამიწის გარშემო და აგრეთვე. ამერიკელი კოსმონავტების—გლენის, შირას, კარპენტერის გაფრენები.

შორეული მოქმედების რაკეტის კონსტრუქტორების დიდ დახმარებას გაუწევენ ქიმიკოსები: უჯანსკნელ წლებში შეიქმნა ფოლადივით მტკიცე და პლატინასა და ოქროსავით მდგრადი პლასტმასები. რაკეტის მთელ რიგ საპასუხისმგებლო ნაწილებს—გარსმდენს, ძრავის კომპარესორის დეტალეს ახლა უკვე ამზადებენ მინაპლასტისაგან. როგორც ჩანს, მომავალში სტრატოსფეროში საფრენ რაკეტებს მთლიანად დაამზადებენ სპეციალური შემადგენლოაის პლასტმასისაგან, რა მელთაც ფრენისათვის საჭირო თვი ებეიი ექნება.

მოსალოდნელია, რომ სტრატოსფეროში საურეხად ორ ან სამდენი მუხლისაგან შემდგარ რაკეტებს გამოიყენებენ. რაკეტული „მატარებელი“ მრავალჯერ უფრო შორს იფრენს, ვიდრე ერთი რაკეტა. თუ ერთი რაკეტის ფრენის სიშორე ხუთასი კილომეტრია, მაშინ მეორე რაკეტის დამატებისას ფრენის სიშორე თითქმის ათჯერ—4800 კილომეტრამდე გაიზრდება.

მეორე მსოფლიო ოპის დროს გერმანელებმა ევროპიდან ამერიკაში შედგენილი რაკეტით გადაფრენის პროექტი დაამუშავეს. პროექტის ავტოლების ჩანაფიქრით მგზავრებიანი რაკეტა საწყის სიჩქარეს—10 ათას კილომეტრს საათში რაკეტა-ამაჩქარებლისაგან მიიღებდა. როდესაც რაკეტა 300 კილომეტრ სიმაღლეს მიაღწევდა, ამაჩქარებელი რაკეტა შას ავტომატურად მოცილდებოდა და დაბრუნდებოდა დედამიწაზე. მგზავრებიანი რაკეტა კი გააგრძელებდა გზას.

ჩქაროსნული რაკეტებით მგზავრების შორ მანძილზე გადაყვანა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჩვენი სამშობლოსათვის, რომელსაც დედამიწის მეექვსედი უჭირავს. ამიტომ შემთხვევითი როდია, რომ საბჭოთა რეაქტიული ავიაცია მსოფლიოში პირველ ადგილზე დგას¹.

¹ საბჭოთა კავშირში ჯერ კიდევ 1957 წელს შეიქმნა უზარმაზარი სამგზავრო რეაქტიული თვითმფრინავი ტუ-114, რომელიც 207 მგზავრამდის იტევს, მას შემდეგ 10-12 საათში ძირდაუშვებლად დაფაროს 8-9 ათასი კილომეტრი.

უკვე ათ წელზე მეტია, რაც დედამიწის სხვადასხვა კუთხეში აეროდრომებიდან სტარტს იღებენ უცნაური, ვერცხლისფერი ლითონის ფრინველები, ვიწრო, უკან გადახრილი ფრთებით ისინი გიგანტურ ისრებს მოგვაგონებს. მათ ელვისებურად სწრაფ ფრენას გამაყრუებელი ხმაური სდევს თან. ამ საფრენ აპარატებს არა აქვს ხრახნი, როგორც დღეშიანი ძრავის მქონე თვითმფრინავებს.

მათ ამოძრავებს რეაქტიული ძრავა, რომელიც ბგერის სიჩქარეზე უფრო სწრაფი ფრენის საშუალებას იძლევა.

თხევად საწვავზე—ბენზინზე, სპირტზე, ნავთზე, გიდრაზინზე მომუშავე რეაქტიულ ძრავებს (შემოკლებით მათ თსძ, ანუ თხევად საწვავიანი ძრავება ეწოდება) კიდევ უფრო დიდი სიჩქარის განვითარება შეუძლია. ასი კილოგრამი წონის მქონე ძრავას ხუთი ათასი კილომეტრი საათში სიჩქარით შეუძლია ამოძრავოს საფრენი აპარატი და განავითაროს ორასი ათასი ცხენის ძალის ტოლი სიმძლავრე. რაც უფრო დიდია ფრენის სიჩქარე, მით უფრო მეტია საწვავის და დამუხანგველის ხარჯი. თხევადი ენგბადით სავსე ავზები საპაერო ხომალდისათვის დიდ ზედმეტ ტვირთს წარმოადგენს, რაც ამცირებს ფრენის სიშორეს და ხანგრძლივობას. გამოთვლილია, რომ ერთი კილოგრამი სპირტის დასაწვავად 1,5 კილოგრამი თხევადი ენგბადია საჭირო.

მეცნიერებმა და კონსტრუქტორებმა მიზნად დაისახეს თხევადი დამუხანგველი ჰაერის ენგბადით შეეცვალათ. ეს ამოცანა წარმატებით იქნა გადაჭრილი.

უმარტივესი საპაერო-რეაქტიული ძრავა დიდ სიგარას მოგვაგონებს. სიგარის ტანში გადის მილი, რომელშიც ჰაერის ძლიერი ჰაველი მოძრაობს. ძრავის მუშაობისათვის აუცილებელია, რომ წვის კამერაში ჰაერის წნევა ატმოსფერულს აღემატებოდეს. ამისათვის ჰაერს წინასწარ კირხნიან.

ორი ათეული წელიც არ გასულა იმ ხანიდან, როდესაც პირველი რეაქტიული თვითმფრინავი აფრინდა და ეხლა კი რეაქტიული ავიაციის ბატონია.

შორს არ არის ის დრო, როდესაც რეაქტიული თვითმფრინავი დედამიწის სფეროს 6—8 საათში შემოუფრენს.

რეაქტიული ძრავების გაუმჯობესებასთან ერთად მნიშვნელოვანი წარმატებები მოპოვებული მაღალი თბოუნარიანობის მქონე საწვავის დამზადებაშიც.

საწვავი ნარევის, ბენზინი-აზოტმქავას თბოუნარიანობა 1400 დიდ კალორიას შეადგენს, ხოლო ბენზინი-თხევადი ენგბადის 2190 კილო-კალორიას. ყველაზე უკეთესი ქიმიური თხევადი საწვავის—თხე-

ვადი წყალბადისა და თხევადი ენგბადის ნარევი წვის დროს კილოგრამზე 4000 კილოკალორიაზე მეტს ვერ გამოყოფს.

რეაქტიული ძრავებისათვის უფრო ეფექტური საწვავის გამოსანახავად ქიმიკოსებმა ნახშირწყალბადის რადიკალებს მიმართეს. შემჩნეული იქნა, რომ საწვავის თბოუნარიანობა დამოკიდებულია მის მოლეკულაში არსებული ნახშირბადისა და წყალბადის ატომების შეფარდებაზე. აღმოჩნდა, რომ, როდესაც ეს შეფარდება 5,7—6,7 ტოლია, მაშინ ნახშირწყალბადის თბოუნარიანობა 10—11 ათას ლიდ კალორიას აღწევს კილოგრამზე.

ზოგიერთი ქიმიური რეაქციის დროს გამა სხივების ან სხვა რადიაციული გამოსხივების გავლენით მოლეკულები ხშირად „იხლიჩება“. მოლეკულის „ნახლეჩებს — ანუ თავისუფალ რადიკალებს ჰარბი ენერგია გააჩნია, ეს რადიკალები შესანიშნავი სარაკეტო საწვავი იქნებოდა, რომ შეგვეძლოს მათი შენახვა. ჯერჯერობით ამის მხოლოდ ერთი საშუალებაა ცნობილი—რადიკალების მოთავსება აბსოლუტური ნულის ახლო ტემპერატურაზე. უფრო მაღალ ტემპერატურაზე რადიკალები კვლავ მდგრად მოლეკულებად ერთიანდება.

ზოგიერთი საზღვარგარეთელი მეცნიერი წინადადებას იძლევა საწვავად გამოიყენოთ ის თავისუფალი რადიკალები და მოლეკულათა „ნამსხვრევები“, რომლებიც ატმოსფეროს ზედა ფენებში წარმოიქმნება მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების ზეგავლენით. რეაქტიულ ძრავაში ჰაერთან ერთად მოხვედრისას ისინი კატალიზატორის—აზოტის ჟანგის გავლენით კვლავ შეერთდება მოლეკულებად და საწვავი გაზების ტემპერატურას მკვეთრად გაზრდის. გაზები მეტი სისწრაფით გამოიტყორცნება რაკეტიდან და ასწევს მის წვევის ძალასა და სიჩქარეს.

უკანასკნელ წლებში ქიმიკოსებმა რაკეტებისა და რეაქტიული ძრავებისათვის მონახეს მეტად ღიდი თბოუნარიანობის მქონე საწვავის ახალი სახეები. ამ ტიპის საწვავის დასამზადებლად არც ბენზინი, არც ნახშირწყალბადების ნარევი, თვით ნახშირწყალბადის რადიკალებიც კი არ არის გამოყენებული, არამედ წყალბადი, ბორი, ბერილიუმი, ლითიუმი, ნატრიუმი და ზოგიერთი მათი შენაერთი. ამგვარი საწვავი თითქმის 60 პროცენტით მეტ სითბოს გამოჰყოფს, ვიდრე ბენზინი. ამ საწვავით ნავთობის შეცვლა ფრენის სიშორეს 40 პროცენტით ზრდის.

შემჩნეული იქნა, რომ რაკეტული ძრავებისათვის შესანიშნავი საწვავია დაფხენილი ალუმინის ან მაგნიუმის სუსპენზია ნავთში ან ბენზოლში. ლითონის ფხენილი რომ არ დაილექოს, თხევად საწვავში ხსნიან ნატურალურ ან სინთეზურ კაუჩუქს. სითხე უფრო სქელი, ბლანტი ხდება და ლითონის ნაწილაკები შეტივინარებული რჩება.

სარაკეტო საწვავის თბოუნარიანობის გასადიდებლად მას ლითონ-თა ნაერთების გარდა უმატებენ რაიმე მყარ პლასტმასასაც, რომლის მოლექულები შეიცავს ფტორს. ამჟამად არსებობს ამგვარი პლასტმასა — ფტოროპლასტი (ტეფლონი), მაგრამ მისი ენერგეტიული თვისებები არ არის მაღალი.

რაც უფრო „ნოყიერია“ საწვავი, მით უფრო მცირე ადგილი უკავია მას. ეს კი მეტად მნიშვნელოვანია რაკეტების გაუმჯობესებისა და სარაკეტო ტრანსპორტის განვითარებისათვის. ამგვარი ღირსება შეიძლება მყარ საწვავს გააჩნდეს. თხევად საწვავთან შედარებით მისი ძირითადი უპირატესობა მაღალი ხვედრითი წონაა. მყარ საწვავზე მომუშავე რაკეტას არ ესაჭიროება არც დიდი ავზები და არც წვის კამერაში საწვავის მიმწოდებელი რთული კომუნიკაციები¹.

ასეთი სახას საწვავის ნაკლია წვის პროცესის რეგულირების სიძნელე, მაგრამ ამ ნაკლს მისი მრავალი სხვა უპირატესობა აბათილებს.

შეერთებულ შტატებში არსებობს მყარ საწვავზე მომუშავე საკონტინენტთაშორისო რაკეტა, რომლის სიჩქარე 800 კილომეტრია საათში. ამჟამად მყარ საწვავად ჯერ კიდევ იხმარება სხვადასხვა სახის დენთი რომელსაც წვის ერექტურობის აშუალო ნივთიერებებს ან გვარჯილის, მურისა და კაუჩუკის ნარევის უმატებენ. არის სხვა მყარი საწვავიც — კაუჩუკის მსგავსი ნივთიერებები ან ფისები, რომელთა დამუშავებად განგებდის ბევრი ატომის შემცველ სხვადასხვა არაორგანულ ნაერთს იყენებენ და დამუშავებულია მყარი საწვავი ასფალტის, ალუმინის, ბორის საფუძველზე. ამგვარი საწვავებისათვის დამუშავებლებად რეკომენდირებულია ამონიუმის პერქლორატი, ფტოროპლასტიები. ყველაზე უფრო ხელსაყრელ მყარ საწვავებს ნატრიუმის, ლითიუმის, ბორის ჰიდრიდები წარმოადგენს.

თუ წყალბადის ჰაერს ვოლტას რკალის ალში გავატარებთ, მაშინ მისი მოლეკულები ატომებად დაიშლება. წყალბადის ატომების კვლავ მოლეკულებად შეერთების დროს დიდი რაოდენობით გამოიყოფა სითბო. თითქოს და ეს რაკეტებისათვის იდეალური საწვავია, მაგრამ ატომური წყალბადი არ არის მდგრადი და ჯერ ვერ მონახა საშუალება მისი დიდი ხნით შენარჩუნებისათვის.

ჩვენ ატომის ეპოქაში ვცხოვრობთ. ატომური ტექნიკის განვითარება რეაქტიული ძრავების გაუმჯობესების უნახავ შესაძლებლო-

¹ შესაძლებელია რაკეტისათვის მეტად პერსპექტიული საწვავი ყოფილიყო განგებდისა და წყალბადის ნარევი, რადგან ამ ნივთიერებათა მოლეკულები ურთიერთმოქმედების დროს ბევრ სითბოს გამოყოფს. მაგრამ წყალბადს თხევად მდგომარეობაშიც კი იხდნად უნაშვებლო ხვედრითი წონა აქვს, რომ თხვედრი წყალბადი ათჯერ უფრო ხერ მოცულობას დაიცავებს, ვიდრე იგივე წონის მქონე ნავთი.

ბებს ქმნის. ატომურ ძრავას მუშაობისათვის რამდენიმე ასეულჯერ ნაკლები „საწვავი“ ესაჭიროება, ვიდრე თხევად საწვავზე; მაგალითად, ხპირტზე და ბენზინზე მომუშავე რეაქტიულ ძრავას, ან თუნდაც მყარ საწვავზე მომუშავე რეაქტიულ ძრავას.

ერთი კილოგრამი ურანი საკმარისია, რათა დიდი სიმძლავრის მქონე ძრავამ განუწყვეტლივ იმუშაოს რამოდენიმე წლის განმავლობაში. ერთი კილოგრამი ურანი ხომ ორი მილიონი ლიტრი ბენზინის ტოლფასია.

ატომური ძრავას გამოყენება მნიშვნელოვნად შეამცირებს რაკეტის წონას და შესაძლებელს გახდის ფრენის არნახულ სიჩქარეებს — ათეულ და ასეულ ათას კილომეტრს საათში.¹

კონსტრუქტორებსა და ინჟინრებს კიდევ მრავალი სიძნელის გადალახვა დასჭირდებათ, ვიდრე შეიქმნება ატომური ძრავით აღჭურვილი კოსმიური ხომალდები. საჭიროა შეირჩეს ცეცხლგამძლე მასალა, რომელიც გაუძლებს რაკეტის ძრავაში არსებულ მაღალ ტემპერატურას, 5-6 ათას გრადუსს. საჭიროა მოინახოს მანე რადიოაქტიური გამოსხივებისაგან თავდაცვის საშუალება, რომელიც უზრუნველყოფს ეკიპაჟის უშიშროებას და ამავე დროს მცირე წონის იქნება.

ექვს გარეშეა, რომ თანამედროვე ტექნიკა შეძლებს გადალახოს სამყაროს დაპყრობის გზაზე აღმართული ყველა წინააღმდეგობა. ატომურძრავიანი კოსმიური ხომალდი ახლო მომავალში აიგება და წავა თავის პირველ პლანეტათაშორისო მოგზაურობაში.

დედამიწის მიზიდულობის ძალის დასაძლევად კოსნიური ხომალდის სიჩქარე უნდა იყოს 11 კილომეტრი წამში, ე. ი. თითქმის 40000 კილომეტრი საათში. საპლანეტათაშორისო მოგზაურობისათვის სასაჭიროა უფრო დიდი საწყისი სიჩქარე — დაახლოებით 16 კილომეტრი წამში.

საპლანეტათაშორისო რაკეტის კონსტრუქციის დამუშავებისას ციოლკოვსკი წერდა: „კოსმიური სიჩქარის მისაღებად ერთეულ რაკეტას საწვავის დიდი მარაგი დასჭირდება. შედგენილ რაკეტას კი უფრო მაღალი კოსმიური სიჩქარის მიღების უნარი ექნება“. ამიტომ მან ხუთი რაკეტისაგან შემდგარი რაკეტული მატარებლის იდეა წამოაყენა.

¹ სახლარგარეთ განსაკუთრებით ამერიკის შეერთებულ შტატებში, მრავალი სხვადასხვა პროექტია დამუშავებული კოსმიურ რაკეტებში ბირთვული დანადგარების გაქოსაყენებლად. 1961 წლის ივნისში, რადიოიზოტოპური გენერატორის გამოყენებით იქ გაუშვეს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი „ტრანზიტ IV-A“ მისი ენერჯის წყაროა პლუტონიუმის იზოტოპი 238. გენერატორის მუშაობა 5 წლითაა გათვალისწინებული.

ერთეული რაკეტა საჭირო სიჩქარეს ვერ განავითარებს, რადგან ძრავას სიმძლავრე დაიხარჯება მხოლოდ რაკეტის სრავალ ასეულ ტონიანი მასის ასაჩქარებლად.

სულ სხვაა შედგენილი რაკეტა. მისი ცალკეული ნაწილები თანდათან დახარჯავს საწვავს, შემდეგ მოეხსნება „მატარებელს“ და დედამიწაზე დაბრუნდება. პირველი, სათავეში მყოფი რაკეტა კი შეიძენს კოსმიურ სიჩქარეს და საპლანეტაშორისო სივრცეში გაფრინდება.

დღეს ციოლოგისკის იდეებმა შემდგომი განვითარება ჰპოვა. დიდი რუსი მეცნიერის საქმის პირდაპირი გამაგრძელებელი გახდა ნიკიერი საბჭოთა ინჟინერი ფ. ცანდერი. ის იყო საპლანეტაშორისო მოგზაურობის ენთუზიასტი და მთელი სიცოხლე მოახმარა იმ სიძნელეების გადალახვას, რომელიც კოსმიური სივრცის დაპყრობის გზაზე უდგას ადამიანს. მან ბევრი თეორიული გამოთვლა გააკეთა და მრავალი ცდა ჩაატარა რეაქტიული ტექნიკის დარგში. საბჭოთა კავშირში მან¹ ერთ-ერთმა პირველთაგანმა (1932 წ) შექმნა რეაქტიული ძრავა. რომელიც მუშაობდა ბენზინზე და ჰაერის ჯანგბადზე. ამ ძრავაში საწვავის მიწოდება იწერტული გაზის-აზოტის წნევის საშუალებით ხდებოდა. ხოლო გაცივება კი ჯანგბადით. ძრავას მართვას საწვავის მიწოდებით აწარმოებდნენ. შემდგომ წლებში საბჭოთა ინჟინრებმა შექმნეს სხვადასხვა ტიპის რაკეტები, როგორც თხევად, ისე მყარ საწვავზე.

რაკეტული ტექნიკის დარგში თეორიულმა და ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა დიდი გასაქანი ჰპოვა საზღვარგარეთაც—ინგლისში, საფრანგეთში, გერმანიაში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში.

ჯერ კიდევ 1929 წ. ამერიკაში გაუშვეს მსოფლიოში პირველი რაკეტა, რომელიც პროფესორ რ. გოდდარდის მიერ იყო აგებული. გერმანიაში დამუშავებულ სხვადასხვა ტიპის რაკეტებიდან ყველაზე

¹ გამოთვლა აჩვენებს, რომ საპლანეტაშორისო მოგზაურობისათვის განკუთვნილ ერთეულს რა ეტაში საწვავი წონის 90 პროცენტს დაიკავებს, შედგენილ რაკეტაში—80 პროცენტს ცხდია, რომ კოსმოსური ხომალდი რამდენიმე ასეულ ტონას აიწონის და უხარზხარი ზონები ეცნება. ამიტომ, მისი წონისა და საწვავის რაოდენობის შესამციკრებლად ცანდერმა ფრთიანი რაკეტის პროექტი წამოაყენა. რაკეტის ცალკეული ნაწილები მზადდება მაგნიუმისაგან, ალუმინისაგან და ზოგჯერ თი სახის პლ სტმასის გან. რომელიც წვის დროს თხევად საწვავზე უფრო მეტ სითბოს გამოჰყოფს. ფრენის დროს რაკეტის ეს ნაწილები საგანგებო მოწყობილობაში შედის იქ რთვდება და ამ ფეხილს განსაკუთრებული მექანიზმი აწვდის რაკეტულ ძრავას. ფრენის ბოლოს რჩება მხოლოდ რაკეტის კორპუსი, ატმოსფეროში უსაფრთხო დაშვებისთვის საჭირო ფრთებითა და საკეებით.

უფრო ცნობილი გახდა ფაუ-2 (A-41). ამ რაკეტების სიჩქარე აღე
მატებოდა 5000 კილომეტრს საათში, მაგრამ ფრენის სიშორე მხო-
ლოდ 280-300 კილომეტრი იყო. მეორე მსოფლიო ომის დროს ფა-
შისტები ამ რაკეტებს იყენებდნენ ინგლისის ქალაქების დასაბომბად.
ომის ბოლოს ისინი დღე-ღამეში 25-30 რაკეტას უშვებდნენ. ამ რა-
კეტის კონსტრუირების დროს გამოყენებულმა იდეებმა შემდგომი
განვითარება პპოვა ამერიკულ რაკეტებში — „იუპიტერი“, „ატლასი“,
„რედსტაუნი“, რომელთა ფრენის სიჩქარე 6-დან 15 ათას კილომეტ-
რამდეა საათში.

ამჟამად საბჭოთა კავშირში და სხვა ქვეყნებში შექმნილია მრავალგვარი შორი მოქმედების ბალისტიკური რაკეტა.

მხოლოდ ოცდაათი წელია გასული პირველი საბჭოთა თხევადსა-
წვავიანი რეაქტიული ძრავის გაშვებიდან. ასეთ მოკლე დროში რეაქ-
ტიული ტექნიკის განვითარება პირდაპირ საზღაპროა. პირ-
ველი ძრავის წვეის ძალა მხოლოდ 20 კილოგრამი იყო. მას საკუთა-
რი გადალახვაც კი არ შეეძლო. კოსმიურ ხომალდ „აღმოსავლეთზე“
კი, რომელმაც პირველმა შემოუფრინა დედამიწას, დადგმული იყო 20
მილიონი ცხენის ძალის სიმძლავრის მქონე ძრავა. ეს არის ათობით
დიდი ელექტროსადგურის სიმძლავრე.

კოსმიური რაკეტის ძრავა მუშაობს გამაყრუებელი გუგუნით,
რომელიც მრავალტონიანი ბომბის აფეთქების ხვას ჰგავს. ეს მარ-
თლაც აფეთქებაა, რომელიც თან ახლავს ძრავიდან გამოტყორცნილი
ნაწილის ცეცხლოვან ჩანჩქერს, მაგრამ ჩვეულებრივი აფეთქებისაგან
განსხვავებით, ეს არის არა ელვისებური აფეთქება, რომელიც წამის
მეთათსედში გრძელდება, არამედ კონტროლის ქვეშ მყოფი, დროში
გაჭიმული აფეთქება. ადამიანი, მართავს რა რაკეტაში საწვავის წვის
დროს მიმდინარე ენაგვა-აღდგენით რეაქციებს და გახდა ციკლოვანი
ჩანჩქერის მბრძანებელი. მან აიძულა შეასრულოს ადამიანის სანუ-
კვარი ოცნება — გაწყვიტოს მიზიდულობის ბორკილები და მიმართოს
რაკეტა კოსმიურ შორეთში.

რაკეტები უკვე ხანს

საბჭოთა რაკეტებმა ზეცის იერიში 1933 წლიდან დაიწყეს, რო-
დესაც გაშვებულ იქნა პირველი საბჭოთა რაკეტა, შემდეგ, 1949
წლიდან დაწყებული, მთელი რიგი ასეთი რაკეტა იქნა გაშვებული.
პირველი რაკეტების მიერ ატანილი სამეცნიერო ხელსაწყოების წონა
არ აღემატებოდა 120—130 კილოგრამს, ხოლო ასვლის სიმაღლე მხო-
ლოდ 110—120 კილომეტრი იყო. გადიოდა წლები და რაკეტები სულ
უფრო და უფრო მეტ სიმაღლეზე ადიოდა. ..

1957 წ. საბჭოთა კონსტრუქტორებმა ახალი გამარჯვება მოიპოვეს. შეიქმნა რაკეტა, რომელმაც 2200 კილოგრამი წონის სამეცნიერო აპარატურა აიტანა 212 კილომეტრ სიმაღლეზე. 1958 წლის მარტის ბოლოს მსოფლიო გეოფიზიკური წლის ჩამტარებელმა საბჭოთა კომიტეტმა მნიშვნელოვანი ცნობა გამოაქვეყნა:

„1958 წლის 21 თებერვალს 11 საათსა და 42 წუთზე, მოსკოვის დროით, საბჭოთა კავშირის ევროპული ნაწილის ტერიტორიიდან (საშუალო განედში) გაშვებული იქნა ერთსაფეხურიანი გეოფიზიკური რაკეტა, რომელმაც მიადწია სარეკორდო სიმაღლეს—473 კილომეტრს. რაკეტის გაფრენა მიმდინარეობდა მცირე კუთხით ვერტიკალთან, მოცემული მიმართულებით, რის შემდეგაც რაკეტა ზუსტად განსაზღვრულ ადგილას დაეშვა“.

რაკეტამ აიტანა სხვადასხვა ხელსაწყო—ჰაერის წნევის მზომი, იონოსფეროს შემადგენლობის განმსაზღვრელი, ტემპერატურის რეგისტრატორი და სხვა. სამეცნიერო აპარატურის საერთო წონა 1520 კილოგრამს შეადგენდა.

„1958 წლის 21 თებერვალს გეოფიზიკური რაკეტის ასვლის შედეგად, —წერდა გაზეთი „პრავდა“—პირველად იქნა მიღებული დედამიწიდან 473 კილომეტრის სიმაღლეზე იონოსფეროში თავისუფალი ელექტრონების განაწილების სურათი. რეგისტრირებულია ჰაერის წნევის განაწილება 260 კილომეტრ სიმაღლემდე. აღნიშნულია რაკეტის შეჯახება მიკრომეტეორიტებთან და ჩატარებულია მთელი რიგი სხვა გაზომვა“.

გეოფიზიკური რაკეტების და დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების წარმატებითმა გაშვებამ მნიშვნელოვნად მიგვაახლოვა კოსმოსურ სამყაროში ადამიანის ფრენის ამოცანასთან¹.

1958 წლის 27 აგვისტოს საბჭოთა კავშირში გაუშვეს გეოფიზიკური რაკეტა, რომელმაც 450 კილომეტრის სიმაღლეზე აიყვანა ორი „მგზავრი“—განსაკუთრებულ ჰერმეტიულ კამერაში მოთავსებული ძალ-

¹ დედამიწის პირველი საბჭოთა თანამგზავრი გაშვებული იქნა 1957 წლის 4 ოქტომბერს და იწონიდა 83,6 კილოგრამს, მეორე—ერთი თვის შემდეგ გაუშვეს და უკვე ექვსჯერ მეტს—508,3 კილოგრამს იწონიდა. მესამე „აღიბადა“ 1958 წ. 15 მაისს. შემდგომ წლებში ჩნდებოდა სულ ახალი და ახალი თანამგზავრები—მეტი მოცულობის და წონის.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში, პირველი მარცხიანი ცდების შემდეგ, გაუშვეს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები, მაგრამ წონით და მოცულობით ბევრად უფრო ნაკლები, ვიდრე საბჭოთა თანამგზავრებია. პირველი ამერიკული თანამგზავრი 4 საფეხურიანი რაკეტის, „იუპიტერ-C“-ს საშუალებით იქნა გაშვებული.

ლები — „ბელიანკა“ და „პიოსტრაია.“ დედამიწაზე დაშვების შემდეგ ცხოველები თავს კარგად გრძნობდნენ. შემდგომ წლებში საბჭოთა კავშირში და ამერიკის შეერთებულ შტატებში გაუშვეს რამდენიმე რაკეტა და დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი, სადაც სხვადასხვა საცდელი ცხოველები — კურდღლები, თეთრი თაგვები, მაიმუნები იყო.

ამემაღ დამუშავებულია აპარატურა, რომელიც ფრენის დროს საზღვრავს ცხოველების სისხლის წნევას, გულის მოქმედებას და პულსს. ამ გაფრენების დროს განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო საცდელი ცხოველების კვლავ დედამიწაზე დაბრუნებას. ძაღლები და სხვა ცხოველები რაკეტას პრაქტიკულ-პერმეტულ კაბინიდან ან სკაფანდრებით შორდებიან. ცნობილია შემთხვევები, როცა ძაღლები საპარაშუტო სპორტის ჩემპიონებზე არანაკლები ოსტატობით ასრულებდნენ ხტომას.

ოთხუხეხა „კოსმიურ მოგზაურებზე“ ჩატარებულმა მრავალწლიანმა დაკვირვებამ აჩვენა, რომ ისინი შესანიშნავად იტანენ ზეცის იერიშთან დაკავშირებულ სიძნელეებს. ფრენის შემდეგ მათ ზღვომარეობაში არ აღნიშნულა რაიმე არასასურველი ცვლილება. ზოგი ცხოველი ხელმეორედ გაუშვეს კოსმოსში.

1959 წელი აღამიანის მიერ კოსმოსის დაპყრობაში მოსაბრუნებელი პუნქტი შეიქნა. 1959 წლის 2 იანვარს საბჭოთა კონსტრუქტორები და მუშების მიერ შექმნილმა კოსმიურმა რაკეტამ გაარღვია დედამიწის მიზიდულობის ზონა, გვერდი აუარა მთვარეს და მზის მიზიდულობის ზონაში შევიდა. აღამიანის გენითა და ხელით შექმნილმა ახალმა პლანეტამ სვლა დაიწყო მზის გარშემო. 1959 წლის შემოდგომამ კოსმოსის მკვლევარებს კვლავ ახალი გამარჯვებები მოუტანა. 12 სექტემბერს მეორე კოსმიურმა რაკეტამ მთვარის ზედაპირზე ჩამოაგდო ალამი, რომელზედაც საბჭოთა კავშირის ღერბი იყო ამოტვიფრული, ხოლო 4 ოქტომბერს საპლანეტაშორისო სადგურმა კაცობრიობის ისტორიაში პირველად შეასრულა მანამდის უხილავი, მთვარის საწინააღმდეგო მხარის ფოტოგრაფირება.

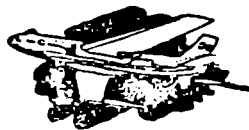
სულ რაღაც წლინახევრის შემდეგ — 1961 წლის 12 აპრილს მსოფლიო ტამს უკრავდა თავმდაბალ რუს მფრინავს, იური გაგარინს, რომელმაც კოსმოსში 108 წუთი დაჰყო და კოსმიური ხომალდით, „აღოსაველეთი-1“ ერთნახევარჯერ შემოუარა დედამიწას. ოთხი თვის შემდეგ მისმა „ციურმა ძმამ“ — გერმანე ტიტოვმა უკვე 17-ჯერ შემოუარა „ბურთულას“.

მსოფლიო ალტაცებით შეეგება 1962 წლის ახალ კოსმიურ გამარჯვებას — ამერიკელი კოსმონავტის შირას დედამიწის გარშემო ფრენას და საბჭოთა კოსმონავტების ანდრიან ნიკოლაევისა და პავლე

პოპოვიჩის სამ დღეღამიან ჯგუფურ გაფრენას ხომალდებით „აღმოსავლეთი—3“ და „აღმოსავლეთი—4“.

1963 წელს მსოფლიო კვლავ მოწამე გახდა საბჭოთა კოსმონავტიების ახალი მიღწევისა. 14 ივნისს სტარტი აიღო კოსმიურმა ხომალდმა „აღმოსავლეთი—5“, რომელსაც კოსმონავტი-მფრინავი ვალერი ბიკოვსკი მართავდა, ხოლო 16 ივნისს კი ორბიტაზე გავიდა მეორე ხომალდი „აღმოსავლეთი—6“, რომლის მფრინავი იყო მსოფლიოში პირველი კოსმონავტი ქალი ვალენტინა ტერეშკოვა. გმირი კოსმონავტების ჯგუფური ფრენა დედამიწის გარშემო 19 ივნისამდე გაგრძელდა.

კოსმიური ერის აისი დაიწყო და შორს არ არის ის დღე, როდესაც კოსმიური ხომალდები ვარსკვლავებისაკენ აიღებენ გეზს. დროთა განმავლობაში ისინი გალაქტიკის შორეულ კუთხეებსაც მოინახულებენ. კოსმონავტების დახმარებით ბუნების მრავალი საიდუმლო ამოიხსნება და ადამიანის სამსახურში იქნება ჩაყენებული. ამ გმირობაში თავის მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს ხილული და ფარული ცეცხლის ქიმიაც.



ბოლოსიტყვაობა

ქიმიური ენერგიის ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნას ელექტრონების გადასვლა სდევს თან. იგივე ხდება საწვავის წვის დროს. ნახშირბადის ატომები, რომლისგანაც შედგება ნავთობი, ქვანახშირი, ტორფი, ხე, საწვავი გაზები, დაჟანგვისას თავის ელექტრონებს გადასცემს ჟანგბადის ატომებს. მაგრამ ელექტრული დენი ამ დროს არ აღიძვრება, რადგან „მოკლე ჩართვას“ აქვს ადგილი,—ელექტრონების გადატანა ხორციელდება საწვავისა და ჟანგბადის მჭიდრო ურთიერთშეხების დროს.

მაგრამ, წვის დროს ელექტრონების მოძრაობის წარმართვა რომ შეგვეძლოს, რომ შეიძლებოდეს მავთულში ელექტრონების იძულებით შეყვანა, მაშინ შეეძლებდით წვის ქიმიური ენერგიის უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნას, მისი წინასწარ სითბოდ და მუშაობად გადაქცევის გარეშე.

ეს კი სახალხო შეუბრუნებას უზარმაზარ მოგებას მოუტანდა. თანამედროვე მანქანაში საწვავის წვის დროს გამოყოფილი სითბური ენერგიის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი გადადის მუშაობაში. ორთქლ-

მავლის მარგი ქმედების კოეფიციენტი 6 8 პროცენტს არ აღემატება, ორთქლის მანქანისა-20 პროცენტს, თბოელექტროცენტრალის - 20-25 პროცენტს. მხოლოდ საუკეთესო საწვავზე მომუშავე შიდაწვის ძრავებს აქვს იგი 40 პროცენტამდე.

ხოლო თბურ ჰალვანურ ელემენტს, რომელშიც წვის ქიმიური ენერგია უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად გადაიქცევა, მარგი ქმედების კოეფიციენტი თითქმის ასი პროცენტი ექნება.

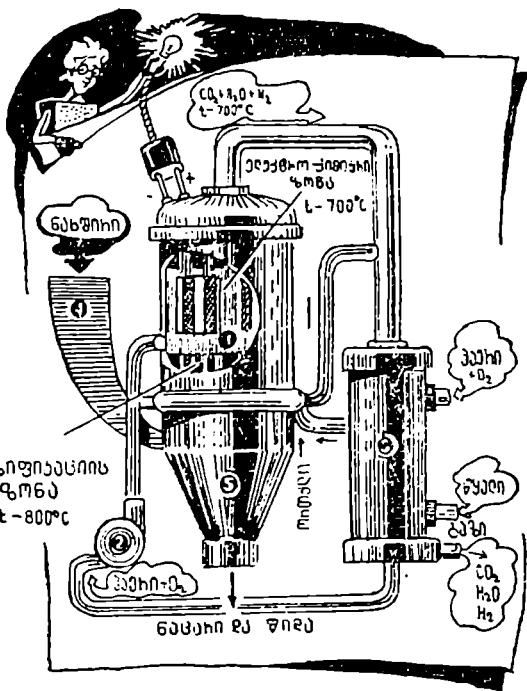
ასეთი აპარატი საშუალებას მოგვცემდა მიგველო იაფი ელექტროენერგია დამატებითი ხარჯების გარეშე, ორჯერ-სამჯერ გაგვეზარდა ქვანახშირის მოპოვება.

ეს სახარბიელო და მნიშვნელოვანი პრობლემა უკვე ას წელზე მეტია რაც იპყრობს გამოჩენილ რუს და უცხოელ მეცნიერთა ყურადღებას. ამ საკითხზე მუშაობდნენ ინგლასელი ქიმიკოსი და ფიზიკოსი პ. დევი, ფრანგი ფიზიკოსი ა. ბეკერელი, რუსი მეცნიერი პ. იაბლოჩკოვი.

მაგრამ დღემდე ასეთი სრულყოფილი თბური ელემენტი ჯერ კიდევ არ არის შექმნილი. გამომგონებლებისა და კონსტრუქტორების გზაზე ჯერ კიდევ ბევრი სიძნელეა.

უკანასკნელ წლებში ჩვენშიც და საზღვარგარეთაც ასეთი აპარატის სხვადასხვა პროექტი გამოჩნდა.

საბჭოთა მეცნიერმა ს. კ. დავთიანმა ააგო ელემენტი, რომელშიც წყალბადის წვის ენერგია გარდაიქმნება ელექტროენერგიად. ამ



ფ. გორინის თბური ელემენტის სქემა:
 1—თბური ელემენტი; 2—კომპარსორი; 3—თბოგამცელებელი; 4—ბუნკერი; 5—გაზის გენერატორი.

თბური ელემენტების ერთი ელექტროდი (წყალბადისა) ნახშირის და ფერცხლის ნარევისაგან შედგება, ხოლო მეორე (ქანგბადისა) — ნახშირისა და ნიკელისაგან. დავითიანის ელემენტის მარჯი კმედების კოეფიციენტი 60 პროცენტია. ჩვენს ერთ-ერთ კვლევით ინსტიტუტში მთავრდება თბური ელემენტის შექმნა, რომელშიც ელექტრული ენერგია ნახშირის დაქანგვის ხარჯზე მიმდინარეობს. ბორაქსის და მანგანუმის ორქანვის გაღობილ ნარევიში ჩაშვებულია კოქსის ნაჭრებით გარს შემორტყმული გრაფიტის ფირფიტა, რომელიც ერთ ელექტროდს წარმოადგენს.

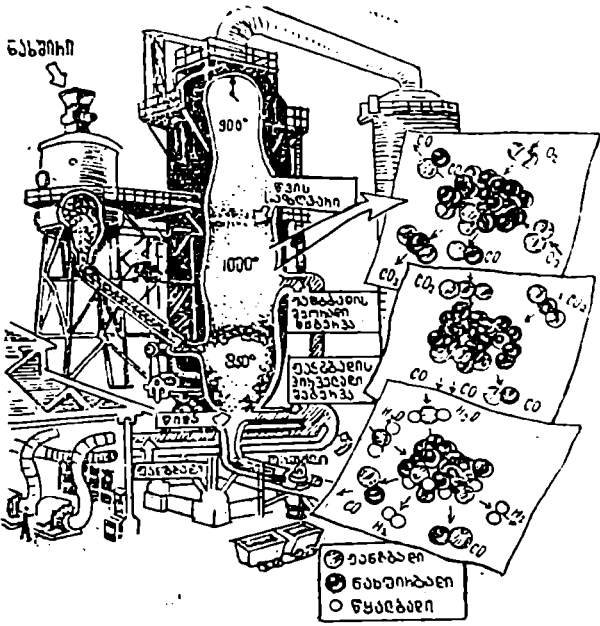
მეორე, ოქროს თხელი ფირფიტებისაგან დამზადებული ელექტროდი ნაღობის ზედაპირზეა მოთავსებული და ჰაერს ეხება. ქანგბადი კოქსს ნახშირორქანგად ქანგავს, გრაფიტის ელექტროდი უარყოფითად იმუხტება, ხოლო ოქროსი კი — დადებითად.

თბური ელემენტის საკმაოდ მარტივი და გონებამახვილური კონსტრუქცია დასახა ამერიკელმა გამომგონებელმა ე. გორინმა.

აპარატის ქვედა ნაწილში წერილად დაფხენილი ნახშირი იყრება და ნახშირის ფენაში ჩაიბერება წყლის ორთქლის და ჰაერის ან ქანგ-

ბადის ნარევი. საწვავის ნაწილი ამ დროს იწვის ნახშირორქანგის წარმოქმნამდე. ნახშირის წვის დროს იმდენად ბევრი სითბო გამოიყოფა, რომ ის ვარდდება და წყლის ორთქლთან შედის რეაქციაში. წარმოიქმნება წყლის გაზი, ე. ი. წყალბადის და ნახშირის ქანგის ნარევი.

საწვავი გაზები აღის აპარატის ზედა ნაწილში, სადაც მოთავსებულია ელექტროდები და მყარი ელექტროლიტი — ტუტით გაჯერებული მაგნიუმის ქანგი. ერთი ელექტროდი (გაზისა) რკი-



დენადგარი „მოდულარე“ ფენაში ქვანახშირის გაზი-ფიკაციისათვის (სქემა).

ნის ეანგის, რკინის ნახერხისა და შამოტის (ცეცხლგამძლე) თიხისაგანაა დამზადებული. მეორე—ქანგბადის ელექტროდია. ის შამოტის თიხაში შერეული რკინის ხუთი სხვადასხვა ქანგეულისაგან შედგება. გამთბარი საწვავი გაზები ურთიერთქმედებენ წინასწარ გამთბარ (საწვავი გაზების სითბოთი) ქანგბადთან. მიიღება წყალი და ნახშირორქანგა გაზი. ამ რეაქციის დროს გამოყოფილი ენერგია გადადის ელექტროენერგიაში.

გავა რამდენიმე ხანი და თბური ჰალვანური ელემენტები ელექტროსადგურების რთულ მოწყობილობას შევვლის. ელექტროდენსორთქლის ქვაბების, გენერატორების, ტურბინების გარეშე მივიღებთ. ეს იქნება ჰემარიტი რევოლუცია ენერგეტიკაში.

არც თუ ისე დიდი ხნის წინათ გაზოგენერატორში საწვავი გაზის მისაღებად ნახშირის ან ტორფის მხოლოდ საკმაოდ დიდი ნაჭრებთ გამოიყენებოდა. წვრილად დაფხვნილი ნახშირისა და ტორფის გამოყენება გადაულახავ წინააღმდეგობას აწყდებოდა. ამავე დროს ამ სახის საწვავის გამოყენება საკმაოდ მნიშვნელოვანია სახალხო მეურნეობისათვის.

საბჭოთა მეცნიერებმა მიზნად დაისახეს ისეთი გაზოგენერატორების შექმნა, სადაც შესაძლებელი იქნებოდა ამგვარი სათბობის გაზიფიცირება. ამიტომ მათ ყურადღებით შეისწავლეს გაზოგენერატორში ნახშირის წვის პროცესი.

გაზოგენერატორში ნახშირის წვა რამდენიმედ განსხვავდება მისი ლუმელში წვისაგან. ეს წვა ქანგბადის უქმარისობის პირობებში მიმდინარეობს, რადგან აქ წვის უნარს მოკლებული ნახშირორქანგის ნაცვლად საწვავი ნახშირის ქანგი წარმოიქმნება. წვის დროს ნახშირბადის დაქანგვა საწვავის ზედაპირზე ხდება. მაშასადამე, რაც უფრო დიდია ნახშირის ზედაპირი, მით უფრო სწრაფად წვა გაზიფიციაცია. მაგრამ ეს არ არის საკმარისი. წვის რეაქციის აჩქარებისათვის ქანგბადის სიჭარბეა საჭირო.

თითქოსდა ყველაფერი მარტივია, საჭიროა ნახშირის მსხვილი ნაჭრები შევცვალოთ ფხვნილით, გავაძლიეროთ დამქანგველის—ჰაერის ან სუფთა ქანგბადის შებერვა და საწვავი გაზი, სწრაფად წარმოიქმნება.

მაგრამ როდესაც გაზოგენერატორის ქაშვში წვრილად დაფხვნილი ნახშირი შეყარეს, მაშინ შებერილი ჰაერის ჰაელი დიდ წინააღმდეგობას წააწყდა. სცადეს ჰაელის გაძლიერება, მაგრამ ჰაერმა საწვავის ფენა აშალა და ამის გამო წვის სითანაბრე დაირღვა.

მაშ როგორ უნდა გაიზარდოს გაზოგენერატორის წარმადობა? ხაჭირაა მსხვილად დატეხილი საწვავის უძრავი ფენა შეიცვალოს

წვრილად დაფხვნილი ნახშირის მოძრავი ფენით: ამ სიახლემ გაზოგენერატორების წარმადობა თითქმის ათჯერ გაზარდა.

ლითონის მაღალი ცილინდრის ქვედა ნაწილში, რომელიც ძირისკენ ვიწროვდება, შნეკით შეაქვთ დაფხვნილი საწვავი.

ნახშირის მოძრაობის დაკვალად ქვედა სარქველიდან ჩაიბერება ჯანგბადით გაზდიდრებული ჰაერი ან ორთქლისა და ჯანგბადის ნარევი. ორთქლში გახვეული საწვავის მოძრავი ფენა გარეგნულად სითხის დუღილს მოგვაგონებს. საწვავის სწორედ იმ ნაწილში, სადაც „დუღილია“, მიმდინარეობს მისი დაქანგვა საწვავ გაზად.

„მდულარე“ ფენის მეთოდით გაზიფიკაცია გაზოგენერატორების წარმადობას ზრდის არა მარტო საწვავის ზედაპირის გადიდების გამო. არანაკლებად მნიშვნელოვანია წვის დროს წარმოქმნილი ნაცრის თხელი ფენის განუწყვეტელი მოშორება. ეს ხელს უწყობს დამანგველის მოლეკულების შეხვედრას ნახშირბადის ატომებთან.

გაეა რამდენიმე ხანი და ახალი გაზოგენერატორები ყველგან შევა მწყობრში, მეტ გაზს მისცემს ქიმიურ და მეტალურგიულ ქარხნებს. ეს, თავის მხრივ, დაეხმარება ქიმიკოსებს და მეტალურგებს პროდუქციის გაზრდაში.

„მდულარე“ ფენაში მუშაობის პრინციპი წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული ტექნიკის სხვადასხვა უბანზე, სადაც წვის რეაქციაა გამოყენებული: კირისა და თაბაშირის გამოწვისას, მადნეულების აღდგენისას, აქტივირებული ნახშირის წარმოებაში, ნავთობის ქიმიური გადამუშავების პროცესებში.

ქანგვა-აღდგენითი რეაქციები ბევრი წარმოებისა და ტექნოლოგიური პროცესის საფუძველია. ზოგი მათგანი ასეული წლებია რაც არსებობს, სხვების ასაკი ათეული წლებით განისაზღვრება, ხოლო მესამენი კი მხოლოდ ახლო მომავალში ჩადგებიან ადამიანის სამსახურში.

სკკ ცენტრალური კომიტეტის მაისის პლენუმის (1958 წ.), პარტიის XXI და XXII ყრილობებისა და ცენტრალური კომიტეტის 1963 წლის დეკემბრის პლენუმის გადაწყვეტილებებმა დასახეს ჩვენი ქიმიური მრეწველობის უახლოეს წლებში გრანდიოზული ზრდის პროგრამა.

საბჭოთა მეცნიერების მიღწევები, რომლითაც ბევრი სხვადასხვა ჯანგვა-აღდგენითი რეაქციის კანონზომიერება დადგინდა, შესაძლებლობას იძლევა უფრო ფართოდ და უკეთესად გამოვიყენოთ ისინი მრეწველობაში.

ამით ბევრ შემთხვევაში გაეზრდით შრომის ნაყოფიერებას. შევამცირობთ საწარმოო ხარჯებს და პროდუქციის თვითღირებულებას.

ქიმიის განვითარება პირველ რიგში დიდ სამსახურს გაუწევს სოფლის მეურნეობას მოსაველის გაზრდის საქმეში.

თანგვა-აღდგენითი რეაქციების შემდგომი შესწავლა შესაძლებლობას მოგვცემს სულ უფრო ახალი და ახალი ნივთიერებები მივიღოთ, შევქმნათ მეტი ახალი სინთეზური მასალები. ეს მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს პარტიისა და საბჭოთა მთავრობის გადაწყვეტილებათა შესრულების საქმეში, ხელს შეუწყობს ფართო მოხმარების საქონლის სიუხვის შექმნას, უზრუნველყოფს საბჭოთა ქიმიის არნახულ წარმატებებს. ეს ახალი ნაბიჯი იქნება ჩვენი სამშობლოს ინდუსტრიული სიძლიერის განვითარებაში სოციალიზმიდან კომუნიზმში გადასვლის გზაზე.



ს ა რ ა ჩ ე ვ ი

წინასიტყვაობა	5
---------------	---

თ ა ვ ი პ ი რ ე ე ლ ე

დამორჩილებული სტიქია

ცეცხლის მომტაცებელნი	7
ნაპერწყალი და ალი	9
„მარადიული“ ცეცხლი	15

თ ა ვ ი მ ე ო რ ე

ხილული ცეცხლის საიდუმლოებანი

ცეცხლი ადამიანის ცხოვრებაში	19
ბერძენ ფილოსოფოსთა მსჯელობანი	20
ანთებული კვამლი	23
ცეცხლის მატერია	25
„უწონადი“ მატერია	30
რობერტ ბოილის შეცდომა	33
ერთი აღმოჩენის ისტორია	35
„ცეცხლოვანი ჰაერი“	41

თ ა ვ ი მ ე ს ა მ ე

მზის ენერჯიის მემკვიდრენი

ზნელეთზე გამარჯვებულნი	46
სიკაშკაშის საიდუმლოება	49
ალის დაბადება	52
უალოდ	54
ფერადი ალი	56
ანათებს, მაგრამ არ ათბობს	59
მზის მეტოქენი	63
ყინული, რომელიც იწვის	67

თ ა ვ ი მ ე ო თ ხ ე

ზიწისქვეშა ხილრმეებიდან

„ანათებს ცისფერი სინათლე“	70
დიდი ქიმიკოსის წინასწარმეტყველება	74
თხვეადი ნახშირი	78

თ ა ვ ი მ ე ხ უ თ ე

აქტიურ მოლეკულათა ქიმია

შემოქმედი აფეთქება	83
ნგრევისა და სიკვდილის მომტანი	87
ომის ქიმია	89
აფეთქების „მექანია“	94
პოლანდიელი ქიმიკოსის აღმოჩენა	99
ჩაქვეური რეაქციები	104
„ქიმიური მიკრობები“	108

თ ა ვ ი მ ე ე ქ ე ს ე

უცეცხლოდ და უალოდ

საკვები — ჩვენი „საწვავია“	114
ფარული ცეცხლის ქიმია	116
ატომი თუ მოლეკულა	120
ჯადოსნური გადამტანი	125
სუნთქვის გამოცანა	132
საკვირველ გარდაქმნათა მესაქენი	137
ჩაი	139

თ ა ვ ი მ ე შ ე ო დ ე

უხილავი მტრები და მეგობრები

შავი სიკვდილი	142
უხილავ სამყაროში	145
მელენინთა და ლუდის მხარშავთა მოკავშირენი	152
დუღილის საიდუმლოება	155
პასტერი პასუხს პოულობს	157
მრეწველობის სამსახურში	162
უცნაური ასოები	167
მოსაყლის უხილავი დამხმარენი	169
ანგრეეს და აშენებს	174

თ ა ვ ი მ ე რ ვ ე
მწვანე ლაბორატორია

ამოხსნილი საიდუმლოება	180
მცენარეს გაზი კვებავს	184
მებრძოლი და მოაზროვნე	189
რატომ არის ფოთოლი მწვანე	192
პასუხს მიკროსკოპი იძლევა	196
მოწინავე თეორიის ზეიმი	199

თ ა ვ ი მ ე ტ ხ რ ე
პროგრესის საფუძველი

ჭურვიდან ბრძმედისაკენ	204
ბრძმედი სახეს იცვლის	209
დამასკოს მახვილის საიდუმლოება	214
მეტალურგებს ქიშია ეხმარება	218
ფრთოსანი ლითონი	224

თ ა ვ ი მ ე ა თ ე
ლითონის მტრები

მეტალის უბოროტესი მტერი	233
რატომ ივანგება ლითონი	235
ენერჯის გარდაქმნა	238
დამლუპველი მეზობლობა	240
დენი შლის მილგაყვანილობას	245
ლითონის მეგობრები	247
ლითონი იცავს ლითონს	251

თ ა ვ ი მ ე თ ე რ თ მ ე ტ ე
ქიმიკოსებთან სამსახურში

„აქსაპის ზეთი“	256
„გვარჯილის სპირტი“	260
ნახშირისა და ნავთობისაგან	263
როცა ახალი ნივთიერებები იქმნება	266
აბრეშუმზე მტკიცე, ფოლადზე მაგარი	269

თ ა ვ ი მ ე თ ო რ მ ე ტ ე
სამყაროს სივრცეში

არტილერისტების დამხმარენი	272
საჰაერო გზების დაპყრობა	275
ცეცხლოვანი ჩანჩქერის მბრძანებელი	278
რაკეტები უტევენ ზეცას	286
ბოლოსიტყვაობა	290

რედაქტორი ნ. მეტრეველ
ტექნოლოგიური გ. ხანდაძეშვილი
კორექტორი მ. კაკაბიძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 14/XII-64 წ.
ქალაქის ზომა 60X90/18. ნაბეჭდი თაბახი
18.75. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 17,32.
ტირაჟი 2.000. შეკვ. № 973.

ფასი 1 მან. 15 კაპ.

გამომცემლობა „ცოდნა“, თბილისი, კამოს ქ. 18
Издательство «Цодна», ул. Камо, 18
1964.