

რ. კლდიაშვილი, დ. ბიბილეიშვილი

წყალი და მისი ხასიათი

თბილისი

2011

უაკ 541.1; 546.212

განხილულია წყლის გავრცელება ბუნებაში და გავლენა ატმოსფეროს კლიმატზე, წყლის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები, მისი იზოტოპები, სიხისტე და მისი აცილების ხერხები, ცოცხალი და მკვდარი წყლები და, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია, წყლის ანომალური თვისებები.

განკუთვნილია როგორც ქიმიკოსებისათვის, ასევე ჰიდროგეოლოგებისათვის, ეკოლოგებისათვის, ენერგეტიკისა და სამშენებლო ფაკულტეტის სხვადასხვა მიმართულების სტუდენტებისათვის ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კურსის შესწავლის დროს (ბაკალავრების, მაგისტრანტების, დოქტორანტებისათვის) და ამ სფეროში მომუშავე სპეციალისტებისათვის.

### **რეცენზენტები:**

საქ.მეცნ.აკადემიის ჯანელიძის გეოლოგიური  
ინსტიტუტის გარემოს ფიზიკურ-ქიმიური  
მეთოდებით კვლევის განყოფილების  
ხელმძღვანელი, ქ.მ.დ. **ვ.გვახარია,**

სტუ-ის წყალმომარაგების და წყალარინების  
მიმართულების სრ.პროფესორი **ნ.ნაცვლიშვილი**

## შინაარსი

ავტორებისაგან .....	5
1. წყალი, ატმოსფერო და კლიმატი .....	9
2. წყალი ბუნებაში და მისი გაწმენდის ხერხები .....	16
3. წყლის ფიზიკური თვისებები .....	21
4. წყლის მოლეკულის აღნაგობა .....	28
5. წყლის მოლეკულის სიმეტრია, რხევები და ი.წ. სპექტრი .....	33
6. წყალბადური ბმა წყალში .....	42
7. წყალი საუკეთესო გამხსნელია .....	48
8. ხსნარის გაყინვისა და დუდილის ტემპერატურები .....	54
9. წყლის სამმაგი წერტილი .....	57
10. წყლის იონიზაცია, იონური ნამრავლი, pH .....	61
11. ნაწილაკები, რომლებიც სუფთა წყალშია .....	66
12. მძიმე წყალი, D <sub>2</sub> O .....	68
13. კლატრატები .....	75
14. წყლის ქიმიური თვისებები .....	78
15. ჰიდრატები და კრისტალჰიდრატები .....	84
16. წყლის სიხისტე და მისი აცილების ხერხები .....	86
17. ცოცხალი და მკვდარი წყლები .....	90

18. წყლის ანომალიური თვისებები .....	95
19.ლიტერატურა .....	106

## ავტორებისაგან

სიცოცხლე ღვთით ბოძებული სასწაულიაო და ვინ გვიბოძა ეს სასწაული, რასაკვირველია წყალმა. შემთხვევითი არ არის ცხრა თვის განმავლობაში დედის საშობი წყალში რომ ვიმყოფებით და არც ის არის შემთხვევითი სისხლის მარილოვანი შედგენილობა ზღვის წყლის მარილოვანი შედგენილობის მსგავსი რომაა. ჩვენგან წარმოთქმული ყოველი სიტყვა წყლის წვეთივით არის და დიდი ძალა აქვს. წყალი ძლიერია, მაგრამ ამავე დროს ქალწულივით სუფთაა. უნარი აქვს მიიღოს და გადაიტანოს ინფორმაცია, წყლის მოლეკულური სტრუქტურა წყლის ანბანია, აქვს ენერგეტიკა და მასზე ისევე მოქმედებს გამაღიზიანებლები, როგორც ადამიანზე. პატივისცემით მოვექცეთ წყალს. მოგეხსენებათ, გაყინვის დროს ყველაფერი იკუმშება, წყალი კი ფართოვდება - ეს წყლის უნიკალურობაზე მიგვითითებს, უნიკალურია მისი მაღალი ზედაპირული დაჭიმულობა. წყალი ადამიანივითაა, იმახსოვრებს, აღიქვამს, აქვს კომპიუტერული მეხსიერება. ბოლოს და ბოლოს წყალს ჩვენი ორგანიზმის 70–80% უჭირავს. როგორ გგონიათ, რატომ მიდიოდა ნიკოლოზ ბარათაშვილი წყლის პირას

ფიქრთ გასართველად, რატომ მეგობრობდა წყალს და ანდობდა თავის ფიქრებს? პოეტმა ნამდვილად არ იცოდა წყლის ხასიათი, მაგრამ ჰქონდა პოეტური ინტუიცია, რომელიც ჩვენი დესპანია კოსმიური გონის წვდომის საკითხში.

ევროპული ფილოსოფიის და, საზოგადოდ, მეცნიერების ფუძემდებლად აღიარებული ბერძენი თაღესი ოთხ ძირითად სტიქიათაგან (ცეცხლი, ჰაერი, მიწა, წყალი) პირველსაწყისად წყალს მიიჩნევდა. ეს შორეულ წარსულში, ჩვენს წელთაღრიცხვამდე რამდენიმე საუკუნით ადრე იყო. მე-20 საუკუნის ცნობილმა ფრანგმა ფილოსოფოსმა გასტონ ბაშალიარმა წიგნები მიუძღვნა პირველსაწყის სტიქიებს. ერთ-ერთს "წყალი და ზმანებანი" ჰქვია, სადაც იმის დამტკიცებას ცდილობს, რომ ეს სტიქიები და განსაკუთრებით წყალი მხატვრული შემოქმედების პირველსაწყისია.

წყალზე შეიძლება გაუთავებლად ისაუბრო. გადავწყვიტეთ შემოგთავაზოთ დიდი ჩილეელი მწერლის, ნობელის პრემიის ლაურეატის (1945წ.) გაბრიელა მისტრალის (1888-1957წწ.) ესე "ქება წყლისა".

”ჩქარია წყალი და სათავისოდ არაფერი უნდა.

წყალი მუხლმოდრეკილი მიედინება, ალბათ ანგელო-

ზებიც ასევე მოწიწებით მისწრაფვიან, ოღონდ მაღლა, უფლისკენ.

წყალი ბუნების წიაღში მიეჯანება და ზედ ეტყობა ყველაფერი, რასაც ჩაუვლის, თითქოს ემოწმება ყოველივეს. ბუნების ხედებით დახუნძლულს სულაც არ უმძიმს ტვირთი და ისე მიიჩქარის, არაფერს იმჩნევს.

წყალი ერთიანია. მას არ სჭირდება და არცა აქვს სახსრები (ჰაერიც ხომ ასეა). არც მაჯა აქვს, არც მყესები სხვა არსებებივით, გადმოედინება და არც იმტვრევა, არც სტკივა, ასე ალბათ ზეცაში ანგელოზები დაქრიან მხოლოდ.

ჩქარია წყალი და სათავისოდ არაფერი უნდა.

შადრევნების წყალი მაღლა აწვდილი გრძელი მკლავებით - ზემოთ ატყორცნილი ჩქერებით - ბაღებს ამშვენებს, ხვეწს და ათასობით დილიდან დაღამებამდე ისე ეხვევა და ეფერება, რომ ქალი ვერ შეძლებს ვაჟს ასე მიუალერსოს.

წყაროს წყალი თავის თავშია ჩადრმავებული და თავის თავსაა მიყურადებული. ნაკურთხი წყალი ალესილ მახვილის პირზე უფრო ძლიერია. ერთმა წყარომ თვალი მომწყვიტა, სწორედ მან გამაგონა

სიტყვა, რომლითაც სიკვდილი შემოიჭრა ჩემში და აღარ მიმატოვა.

ჩქარია წყალი და სათავისოდ არაფერი უნდა.

არხის წყალი - კაცთა ნახელავ სადინარებში  
ნავალი წყალი - ქალაქის უბნებს ისე შემოირბენს,  
არაფერი გააოცებს. ეს ისეა, კლეოპატრას სიცოცხლე რომ  
არ გაეწირა სიყვარულისთვის და სიბერემდე მიეღწია.

ჩქარია წყალი და სათავისოდ არაფერი უნდა.

ზღვის წყლის ბორგვა არ არის ნაუცბათევი და  
ნაჩქარევი. ზღვა დინჯად მრისხანებს ფსალმუნთა  
ღმერთის რისხვის დარად. ზეციური მეუფის სიყვარუ-  
ლით ზღვას ცასავით ლურჯი მკერდი აქვს. ზღვის  
წყალს სურს ერთიანად მოიცვას მიწის ზურგი, რათა  
დედამიწამ ზეცაში თევზივით ისხმარტალოს.

ზღვის წყალი მიქცევისას ზურგს კი შეგაქცევს,  
მაგრამ თვალი მაინც აქეთ უჭირავს. თვალის უპესავით  
მომრგვალებულ უბეში ტალღებს ადგაფუნებს და  
ლოფორთქინებს ნაპირისკენ ისე ისვრის, თითქოს  
მალიმალ აფახურებდეს წამწამებს.

ზღვის წყლისგან გვაქვს სისხლში მარილი და  
ჩვენივე სისხლით დატკბება ზღვა. ეს ნამდვილად  
მოხდება, მაგრამ არა უადრეს ჟამთა აღსასრულისა.”



# 1. წყალი, ატმოსფერო და კლიმატი

”წყალი განსაკუთრებულია, არ არსებობს გრანდიოზულ გეოლოგიურ პროცესებზე გავლენის მქონე სხვა ბუნებრივი სხეული, რომელიც წყალს შეედრება. ყველა მიწიერი ნივთიერება, მინერალი, მთის ქანი, ცოცხალი ორგანიზმი წყალს შეიცავს. ყველაფერი მიწიერი, წყლით გამსჭვალული და მოცულია” - ასე წერდა წყლის შესახებ ცნობილი მეცნიერი ვ. ვერნადსკი.

ცხოველები და მცენარეები ძირითადად წყლისგან შედგება. ადამიანის მასის 70% წყალია. დედამიწის ~ 3/4 წყალს უკავია - ოკეანეების, ზღვების, ტბებისა და მდინარეების სახით, ხოლო ხმელეთის მეხუთედი დაფარულია ყინულით და თოვლით. ატმოსფეროში არსებული წყლის ორთქლი ანიჭებს მას სინესტეს, წარმოქმნის ღრუბელს და დედამიწას წვიმის სახით უბრუნდება.

ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი საკითხი, რომელიც ადამიანის მიერ კოსმოსის ათვისებას ეხება, არის წყლის ძებნა დედამიწის გარეთ. როდესაც პლანეტებს იკვლევენ, პირველ რიგში ეძებენ წყალს, ვინაიდან პირველი ცოცხალი ორგანიზმი წყალში გაჩნდა. ცნობილია, რომ ზოგიერთი კომეტის

ზედაპირის 50%-ზე მეტი ყინულისაგან შედგება. მარსის პოლუსებზე შეიმჩნევა ყინულოვანი ქუდები, იუპიტერი, სატურნი და პლანეტის სხვა თანამგზავრები მთლიანად ყინულითაა დაფარული.

ჩვენი პლანეტის ატმოსფეროში წყალი მცირე ზომის წვეთების სახით ვრცელდება, კონდენსაციის დროს კი - ატმოსფერული ნალექების (წვიმის, თოვლის, სეტყვის, ნამის) სახით ბრუნდება დედამიწაზე. დედამიწის თხევადწყლიან გარსს ჰიდროსფეროს უწოდებენ, ხოლო მყარს – კრიოსფეროს. ატმოსფეროში წყლის ორთქლის პარციალური წნევა მნიშვნელოვანია დედამიწასთან ახლოს, მაგრამ სწრაფად მცირდება სიმაღლის ზრდასთან ერთად. სტრატოსფეროში 30 კმ-ზე კვალის დონეზეა, ხოლო უფრო მაღლა მისი გაზომვა ვერ ხერხდება.

უძველეს დროში წყალს ელემენტად თვლიდნენ. პლატონი და არისტოტელე წყალს მიწასთან, ჰაერსა და ცეცხლთან ერთად მატერიის პირველსაწყის ელემენტად მიიჩნევდნენ. 1781წ. კავენდიშმა აჩვენა, რომ წყალი წარმოიქმნება ჰაერში წყალბადის წვისას; ლავუაზიე პირველი იყო, ვინც დაასკვნა, რომ წყალი ორი

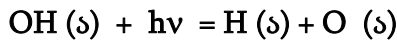
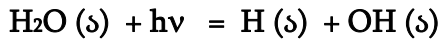
ელემენტისაგან - წყალბადისა და ჟანგბადისაგან შედგება.

დედამიწაზე სიცოცხლე შესაძლებელია ატმოსფეროსა და მასში არსებული წყლის გამო, რომელიც ყველაფერ ცოცხალს მოკლეტალღიანი გამოსხივებისაგან იცავს. ატმო სფერო ასრულებს კიდევ ერთ მნიშვნელოვან ფუნქციას – ხელს უწყობს შედარებით მუდმივი და ზომიერი ტემპერატურის შენარჩუნებას ჩვენს პლანეტაზე. დედამიწაზე ტემპერატურის შენარჩუნებას ძირითადად ორი კომპონენტი უზრუნველყოფს – ნახშირორჟანგი (  $CO_2$  ) და წყალი (  $H_2O$  ). რადგან წყლის ორთქლი ძლიერ შთანთქავს ინფრაწითელ გამოსხივებას, მას მნიშვნელოვანი როლი აკისრია დღის განმავლობაში ატმოსფეროს ტემპერატურის შენარჩუნებაში, როცა დედამიწის ზედაპირი გამოასხივებს ენერგიას კოსმოსურ სივრცეში და არ იღებს მზისგან ენერგიას. ზღვის სანაპიროზე დღე-ღამის განმავლობაში, წლის ნებისმიერ დროს, ზომიერი კლიმატია, ვინაიდან დღის განმავლობაში შთანთქმული ენერგია ღამით ათბობს გარემოს. უდაბნოში, სადაც წყლის ორთქლის კონცენტრაცია ძალზე მცირეა დღის განმავლობაში ძალიან ცხელა,

ხოლო ღამით – ცივა. წყლის ორთქლის მჭიდრო ფენის არარსებობის გამო, რომელსაც უნარი აქვს ჯერ შთანთქას, ხოლო შემდეგ გამოასხივოს ინფრაწითელი გამოსხივების ნაწილი, დედამიწის ზედა პირი კარგავს ენერგიას, გამოასხივებს მას და ღამე საკმაოდ ცივა.

წყალი სითხეა, მაგრამ მისი მოლეკულები იმყოფება არა ქაოსურ მდგომარეობაში, არამედ წარმოქმნის კრისტალებისათვის დამახასიათებელ მოწყობულ სტრუქტურას. ამის გამო აქვს მაღალი სითბოტევადობა, შთანთქავს დიდი რაოდენობით სითბოს (პირველ რიგში, მზის ენერგიას) და სითხედ რჩება. ეს გეოგრაფიის, გეოლოგიის, მინერალოგიის თვალსაზრისით ნიშნავს, რომ წყალი არის ძირითადი კლიმატწარმომქმნელი ფაქტორი პლანეტაზე. ოკეანეების, ზღვების, მდინარეების, ტბების წყალი სითბოს გიგანტური აკუმულატორია, ზოგ შემთხვევაში ეს სითბო ტროპიკული ზონიდან ჩქარა და ეფექტურად მიეწოდება ზომიერ ზონებს. გავიხსენოთ გოლფსტრიმი, დასავლეთ ევროპის ”გამათბობელი ღუმელი”, რომელიც გაცილებით რბილ კლიმატს ქმნის, ვიდრე რუსეთის იგივე განედზეა.

ატმოსფეროში მიმდინარე ერთ-ერთი ყველაზე საინტერესო პროცესი წყლის ფოტოდისოციაციაა. წყლის რაოდენობა, რომელიც გადაინაცვლებს დედამიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროს ზედა ფენებში ძალზე მცირეა, თუმცა ზედა ფენებში მოხვედრისას ფოტოდისოციაციას განიცდის:



ზოგი მეცნიერი თვლის, რომ დედამიწის არსებობის ადრეულ სტადიაზე, როდესაც მას არ გააჩნდა ჟანგბადის ატმოსფერო, წყლის ფოტოდისოციაციამ გარკვეული როლი შეასრულა ჟანგბადის ატმოსფეროს კლიმატის ფორმირებაში.

კაცობრიობამ დიდი ხნის წინ შეაფასა წყლის როლი ადამიანის ძალისა და ჯანმრთელობის შენარჩუნებაში. საკვების გარეშე ადამიანს შეუძლია იცოცხლოს 40–50 დღე, უწყლოდ კი, არა უმეტეს 2–3 დღე-ღამისა. ჩვენი წინაპრების დაკვირვებულობის და სიბრძნის შედეგია ის ფაქტი, რომ, როდესაც ადამიანი ცუდად ხდება, სასწრაფო დახმარების სახით, წყალს ასმევენ. თუ ადამიანი წყლის 10%-ს კარგავს იწყება თვითმოწამვლა, ხოლო 21% -ის დაკარგვა სიკვდილს

იწვევს. ადამიანები ამჯობინებენ წყლის მახლობლად დასახლებას (ზღვის, ტბების და მდინარეების ნაპირებთან). ”წყალი ოქროზე ძვირია” - ამტკიცებდნენ ბედუინები, რომლებიც მთელი ცხოვრება მომთაბარეობდნენ უდაბნოში. წყალს, როგორც სიცოცხლის წყაროს, თაყვანს სცემდნენ მიწათმოქმედები, მონადირეები და მეთევზეები.

წყალი სდევს ჩვენი ცხოვრების ყოველ წამს, იგი სიცოცხლესთან ასოცირდება. დედამიწაზე სიცოცხლე წარმოიშვა ოკეანეში – წყალში. ვარაუდობენ, რომ პირველი ცოცხალი ორგანიზმი წყალში გაჩნდა, შემდეგ ისეთ განვითარებას მიაღწია, რომ წყლის გარეშე შესძლო არსებობა. წყალში იწყებს სიცოცხლეს ნებისმიერი მარცვალი და ემბრიონი. მხოლოდ წყალში შეიძლება წარმოიქმნას ის ფიზიკურ-ქიმიური ძალები, რომლებმაც შექმნეს ცოცხალი მატერიის საწყისი – ცილები და ნუკლეინის მჟავები. წყალი ადამიანის ორგანიზმში წარმოადგენს აზროვნების და მეხსიერების მექანიზმის ერთ-ერთ კომპონენტს, ადამიანის ტვინის ძირითადი მასა წყალია. იგი გადამწყვეტ როლს ასრულებს ცენტრალური ნერვული სისტემის

საქმიანობაში. უწყლოდ ვერ იარსებებს სიცოცხლის ვერც ერთი ფორმა.

წყლის კულტი დამახასიათებელია მსოფლიოს სხვადასხვა ხალხისათვის. შემთხვევითი არ უნდა იყოს ისიც, რომ ყველა რელიგია წყლით კურთხევას იყენებს.

ქართულ ენაში მრავლად გვაქვს წყალთან დაკავშირებული გამოთქმები: უკვდავების წყალი, მოწყალება, ენაწყლიანი, წყალობა, წყალწყალა, წყალმანკი, გულის გაწყალება, წყალივით სუფთა, წყლის ძალა მოგცათ ღმერთმა, წყლის ამღვრევა, წყალში გადაყრა, წყალი არ გაუვა, წყალივით იცის, წყლის ნაცვა, წყალი შეუდგა, წყალსაც წაულია, წყალს ამღვრევს, რა წყალში გადავვარდე და სხვა.

ამრიგად, წყლის როლი განუზომლად დიდია ცოცხალი ორგანიზმის გაჩენა-განვითარებაში, ატმოსფეროს კლიმატის და ამინდის ფორმირებაში, კოსმოსის კვლევის საქმეში, მეცნიერებასა და ტექნიკაში, სოფლის მეურნეობაში, მედიცინაში, ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

## 2. წყალი ბუნებაში და მისი გაწმენდის

### ხერხები

წყალი ერთადერთი ნივთიერებაა, რომელიც ბუნებაში სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში გვხვდება. მზის ენერჯისა და დედამიწის მიზიდულობის გავლენით წყლის უზარმაზარი რაოდენობა მუდმივ მოძრაობაშია. ჰიდროსფეროს, ნიადაგისა და მცენარეების ზედაპირებიდან წყალი ორთქლის სახით ატმოსფეროში გადადის. წყლის ორთქლი ჰაერზე მსუბუქია, ადის ატმოსფეროს მაღალ ფენებში, სადაც, დაბალი ტემპერატურის გამო, კონდენსირდება კონდენსაციის ცენტრების გარშემო, რომელშიც მნიშვნელოვან როლს ხმელეთისა და ზღვის ზედაპირებიდან ქარის მიერ ატაცებული მტვრის და მარილის უმცირესი ნაწილაკები ასრულებს. ასე წარმოიქმნება ღრუბელიც, რომელშიც შემავალი წყალი ისევ უბრუნდება დედამიწას ატმოსფერული ნალექების სახით. წყლის წრებრუნვა ჩაკეტილი ციკლია, მასში დედამიწაზე არსებული წყლის მარაგის 0,005% მონაწილეობს. წყლის წრებრუნვა, მიუხედავად გამოწვეული კატაკლიზმებისა, დადებითად შეიძლება შეფასდეს. მისი საშუალებით



ხდება ნიადაგის მორწყვა, მასში სასარგებლო ნივთიერებების შეტანა, წყლის მარაგის შევსება.

წყალი სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვანაირია. კარგი გამხსნელი უნარის გამო, წყალი ბუნებაში ქიმიურად სუფთა სახით არ გვხვდება. დღეისათვის ბუნებრივ წყალში აღმოჩენილია თითქმის ყველა ელემენტი. ბუნებრივი წყლების კლასიფიკაციას ახდენენ მასში გახსნილი მარილების შედგენილობისა და რაოდენობის მიხედვით. თუ წყალში მარილების რაოდენობა 1 გ/ლ -ზე ნაკლებია – იგი მტკნარია, 1–50 გ/ლ – მინერალიზებული, თუ მარილების რაოდენობა 50 გ/ლ აღემატება – მარილხსნარად ითვლება (ზღვების, ოკეანეების და ზოგიერთი ტბის წყალი).

ბუნებრივი წყლის ქიმიური შედგენილობა განსაზღვრავს მის თვისებებს, აქედან გამომდინარე, შესაძლო გამოყენების სფეროს.

იმის მიხედვით, თუ რა დანიშნულებისაა წყალი (სასმელი, ტექნიკური თუ სხვა), მის სისუფთავეს სხვადასხვანაირი მოთხოვნები წაეყენება.

1-ლ ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი მდინარისა და ზღვის წყლის შედგენილობა.

## ზოგიერთი მდინარისა და ზღვის წყლის შედგენილობა

წყლის აუზი	იონების შემცველობა, მგ/ლ					
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>++</sup> K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
მტკვარი	45,9	14,7	37,9	93,9	61,4	23,8
ვოლგა	48,9	10,1	11,9	63,7	61,9	17,9
ნილოსი	15,8	8,8	11,8	89,6	46,7	3,4
შავი ზღვა	360	730	3270	200	3010	5710
კასპიის ზღვა	250	650	5510	80	1310	9630

სასმელ წყალს ასუფთავებენ წყალსაწმენდ სადგურებში. წყალს ჯერ ატარებენ ცხრილებში, რომლებიც დიდი ზომის მოტივტივე საგნებს აცილებს, შემდეგ აწოდებენ სალექარ აუზში (სადაც წინასწარ ადგენენ წყლის ნიმუშისათვის საჭირო კოაგულანტის ნორმას) და ფილტრავენ ქვიშის ფენაში. გაფილტრულ წყალს ამუშავებენ ქიმიურად (ქლორით ან ოზონით), ასხივებენ ულტრაიისფერი სხივებით ან ბაქტერიოციდული ნათურებით მიკროორგანიზმების გასანადგურებლად.

სასმელი წყლის ქიმიური შედგენილობა უნდა აკმაყოფილებდეს მე-2 ცხრილში მოცემულ მოთხოვნებს. pH უნდა იყოს 6-დან 9-მდე.

ცხრილი 2

**სასმელი წყლის ზღვრული დასაშვები შედგენილობა**

იონები	კონც.მგ/ლ
Ba <sup>2+</sup>	0,7
B(ჯამური)	0,5
Mo(ჯამური)	0,07
As(ჯამური)	0,01
Hg არაორგანული	0,006
Cd(ჯამური)	0,003
Mn(ჯამური)	0,4
Ni(ჯამური)	0,07
Pb (ჯამური)	0,01
Sb	0,02
Cr	0,05
F <sup>-</sup>	0,7-1,5
ნიტრატები	50

მინარეგების შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს დასაშვებ ნორმებს, მგ/ლ.

## მინარეგების შემცველობის დასაშვები ნორმები

მინარეგები	კონც.მგ/ლ
Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	0,3
Mn <sup>2+</sup>	0,1
Cu <sup>2+</sup>	1,0
Zn <sup>2+</sup>	5,0
პოლიფოსფატები PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	3,5
სულფატები SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	500,0
ქლორიდები Cl <sup>-</sup>	350,0

ტექნიკური მიზნებისათვის გამოსაყენებელ წყალს არბილებენ, აცილებენ სიხისტეს, რათა მიღებულ და ორთქლის ქვაბებში არ მოხდეს ჭარბი ნალექის წარმოქმნა (იხ. წყლის სიხისტე).

ქიმიურ ლაბორატორიებში, აფთიაქებსა და ზოგ წარმოებაში წყლის გასუფთავებას გამოხდით (დისტილაციით) ახდენენ. დისტილირებული წყალი თითქმის არ შეიცავს გახსნილ მარილებს. თუ საჭიროა უფრო მაღალი სისუფთავე, მიმართავენ ორჯერად გამოხდას (ბიდისტილაცია).

### 3. წყლის ფიზიკური თვისებები

სუფთა წყალი უგემო, უსუნო, უფერო სითხეა. ერთადერთი ნივთიერებაა, რომელიც ბუნებაში ს ამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში გვხვდება.

მრავალი ფიზიკური ერთეული წყლის თვისებებით განისაზღვრება:

- მასის ერთეულად (გრამი) მიჩნეულია  $1\text{სმ}^3$  წყლის მასა  $4^\circ\text{C}$ -ზე.
- სითბოს ერთეულად მიღებულია სითბოს რაოდენობა (კალორია), რომელიც საჭიროა  $1\text{გ}$  წყლის  $14,5^\circ\text{C}$ -დან  $15,5^\circ\text{C}$ -მდე გასათბობად. **კალორია =  $4,184$  ჯოული =  $4,184 \times 10^7$  ერგი.**
- **C სითბოტევადობა** სითბოს რაოდენობაა, რომელიც საჭიროა  $1\text{გ}$  წყლის  $1^\circ\text{C}$  -ით გასათბობად.

წყალს ის მახასიათებლები აქვს ყველაზე მაღალი, რომლებიც უნდა ყოფილიყო ყველაზე დაბალი: დუდილის და გაყინვის ტემპერატურები, ორთქლადქცევის და ლღობის სითბოები.

წყლის მოლეკულური მასა  $M_r = 18,016$  მ.ა.ე. სითბოსა და ელექტრობის ცუდი გამტარია. სუფთა წყალი კარგი იზოლატორია,  $1$  ატმოსფერული წნევის დროს  $0^\circ\text{C}$ -ზე იყინება,  $100^\circ\text{C}$ -ზე დუღს.

მაქსიმალური სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>

- 0°C-ზე -  $\rho = 0,999841$ ;
- 3,98°C-ზე-  $\rho = 0,999973$ ;
- 20°C-ზე -  $\rho = 0.998203$ .

წყლის კუთრი სითბოტევადობა, ჯ/გ (C)

- 0°C-ზე  $C = 2,025$ ;
- 15 °C-ზე  $C=4,184 - 4,186$ .

წყლის მოლური სითბოტევადობა, ჯ/მოლ

- 3,98°C-ზე = 4,184;
- 0°C -ზე  $C = 36,736$ ;
- 25 °C-ზე  $C=76,023$ .

სითხეებს შორის წყალს ყველაზე მაღალი სითბოტევადობა აქვს, ორჯერ აღემატება ზეთის, აცეტონის, ფენოლის, სპირტის, გლიცერინის, პარაფინის სითბოტევადობებს და 10-ჯერ მეტია, ვიდრე რკინის სითბოტევადობა. წყლის სითბოტევადობა 0°C-დან 37°C-მდე მცირდება, ხოლო 37°C-დან იზრდება. გამოდის, რომ წყალი ყველაზე ადვილად ცხელდება და ჩქარა ცივდება 37°C-ზე. წყალმა აღჭურვა ადამიანი სითბური თვითრეგულირების საუკეთესო რეჟიმით.

წყლის აორთქლების კუთრი სითბო, ჯ/გ

- 0°C-ზე  $\lambda = 2499,103$ ;
- 25°C-ზე  $\lambda = 2439,272$ ;
- 100°C-ზე  $\lambda = 2255,559$ .

წყლის აორთქლების მოლური სითბო

- 44,011 კჯ/მოლ

წყალს მაღალი აორთქლების სითბო რომ არ ჰქონდეს, დედამიწაზე ვერ იარსებებდა ტბები, ზღვები, ოკეანეები, წყალსაცავები და მდინარეები, ხოლო ატმოსფერო შედგებოდა მხოლოდ მკვრივი წყლის ორთქლის ფენისაგან.

წყალი ყველა ტემპერატურაზე ორთქლდება, მათ შორის 0 °C-ზე დაბლაც. 0 °C-ზე წყლისა და ყინულის ორთქლის წნევა ერთნაირია და ვერცხლისწყლის სვეტის 4,6 მმ უდრის. ყინული უფრო ნელა ორთქლდება, ვიდრე წყალი. მიუხედავად ამისა, თოვლის 30% ორთქლდება. ტემპერატურის დაწვევისას ნაჯერი ორთქლის წნევა მცირდება. მე-4 ცხრილში მოყვანილია წყლის ნაჯერი ორთქლის წნევის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება.

წყლის ნაჯერი ორთქლის წნევის ტემპერატურაზე  
დამოკიდებულება

რ°C	P <sub>წნ.</sub> კვ.სვ
-60	0,007
-20	0,08
-10	2,0
-2	3,9
0	4,6
6	7,0
10	9,2
20	17,5
30	31,8
40	55,3
60	149,3
80	355
100	760
120	1489

ყინულის ლღობის კუთრი სითბო - 33,21 ჯ/გ;

ლღობის მოლური სითბო - 6,01 კჯ/მოლ;

წყლის კრიტიკული წნევა -  $P_{კრ}=218,5$ ატმ;

კრიტიკული ტემპერატურა -  $T_{კრ}=374,2$ °C;

კრიტიკული სიმკვრივე -  $\rho_{კრ}=0,324$ ;

სიბლანტე – სანტიპუაზი

- 0°C-ზე  $\eta=1,789$ ;
- 20°C-ზე  $\eta=1,005$ .

წნევის გაზრდით სიბლანტე იზრდება, ტემპერატურის გაზრდით კი – მცირდება.

წყლის წარმოქმნის სითბო - კჯ/მოლი



- $\text{H}_2\text{O}(\text{აირ}) \Delta H^\circ_{298} = - 241,81;$
- $\text{H}_2\text{O}(\text{თხ}) \Delta H^\circ_{298} = - 285,84.$

ენტროპია  $\text{H}_2\text{O}(\text{აირ}) - S_{298} = 188,719$  კჯ/მოლ.გრად;

$\text{H}_2\text{O}(\text{თხ}) - S_{298} = 69,96$  კჯ/მოლ.გრად;

ჯიბსის თავისუფალი ენერჯია  $\text{H}_2\text{O}(\text{აირ}) - \Delta G =$

$245,33$  კჯ/მოლი;  $\text{H}_2\text{O}(\text{თხ}) - \Delta G = 237,183$  კჯ/მოლი;

წყლის დიპოლური მომენტი -  $\mu = 1,84 \times 10^{-18}$  ელექტრო-

სტატიკური ერთეული ან  $\mu = 0,61 \times 10^{-29}$  კულ.მ;

დიელექტრიკული შეღწევადობა,  $\epsilon$

- $0^\circ\text{C}$ -ზე  $D = 87,8;$
- $18^\circ\text{C}$ -ზე  $D = 80,1;$
- $25^\circ\text{C}$ -ზე  $D = 78,3.$

გარდატეხის მაჩვენებელი  $n = 1,333$   $20^\circ\text{C}.$

დისოციაციის ენერჯია:

- $\text{H}_2\text{O} = \text{H} + \text{OH} - E = 492,038$  კჯ/მოლი;
- $\text{OH} = \text{H} + \text{O} - E = 420,910$  კჯ/მოლი.

დისოციაციის ხარისხი -  $\alpha = 10^{-9}.$

წყლის იონური ნამრავლი  $20^\circ\text{C}$ -ზე

- $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,01 \cdot 10^{-14}.$

ზედაპირული დაჭიმულობა - დნ/სმ

- $20^\circ\text{C}$ -ზე -  $\sigma = 72,75.$

ზედაპირული დაჭიმულობის გამო, წყლის წვეთი სფერული ფორმისაა. სითხეებს შორის წყალს, გარდა ვერცხლისწყლისა, ყველაზე მაღალი ზედაპირული დაჭიმულობა აქვს. სუფთა წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა მეტია, ვიდრე ხსნარისა. თუ მოხერხდება აბსოლუტურად სუფთა წყლის მიღება, მისი ზედაპირული დაჭიმულობა ისეთი მაღალი იქნება, რომ მასზე შესაძლებელი იქნება სიარული ან სრიალიც კი.

სითბოგამტარობა,  $\chi$ /სმ.წმ.გრად

- $0^{\circ}\text{C}$ -ზე - 0,00502;
- $20^{\circ}\text{C}$ -ზე - 0,00644.

კუთრი ელექტროგამტარობა,  $\text{ომი}^{-1}\text{სმ}^{-1}$

- $0^{\circ}\text{C}$ -ზე -  $1,5 \cdot 10^{-8}$ ;
- $25^{\circ}\text{C}$ -ზე -  $6,2 \cdot 10^{-8}$ .

ელექტროწინაღობა,  $\text{ომი.მ}$

- $0^{\circ}\text{C}$ -ზე -  $1,47 \cdot 10^{-6}$ ;
- $20^{\circ}\text{C}$ -ზე -  $18,9 \cdot 10^{-6}$ .

სუფთა წყალი ცუდი ელექტროგამტარია. მისი გამჭვირვალობა გამავალი სხივების ტალღის სიგრძეზეა დამოკიდებული. ულტრაიისფერი სხივები წყალში თავისუფლად აღწევს, ინფრაწითელი კი – ძნელად. წყალი შთანთქავს ხილული სინათლის ნარინჯისფერი

და წითელი ზოლების შესაბამისი სიხშირის ტალღების დიდ ნაწილს, რითაც აიხსნება წყლის ცისფერი შეფერილობა. წყლის ელექტროგამტარობის მიხედვით შეიძლება მის სისუფთავეზე ვიმსჯელოთ.

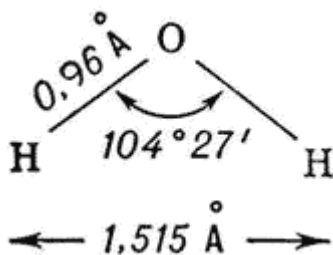
მაგნიტური ამთვისებლობა

- $0^{\circ}\text{C}$  -ზე -  $-12,937 \cdot 10^{-6}$ ;
- $20^{\circ}\text{C}$  -ზე -  $-12,985 \cdot 10^{-6}$ .

წყლის დასველების უნარი – ვლინდება წყლის უნარში "მიეწებოს" ბევრ სხეულს ანუ დაასველოს. ამ მოვლენის შესწავლისას დაადგინეს, რომ ყველა ნივთიერება, რომელიც წყლით ადვილად სველდება (თიხა, ქვიშა, მინა, ქალაღი და სხვა) შეიცავს ჟანგბადის ატომებს. დასველების ბუნების ასახსნელად ეს ფაქტი საკვანძოა. წყლის ზედაპირული შრის ენერგეტიკულად არაგაწონასწორებული მოლეკულები "უცხო" ჟანგბადის ატომებთან დამატებით წყალბადურ ბმებს წარმოქმნის.

#### 4. წყლის მოლეკულის აღნაგობა

წყლის მოლეკულა შედგება ერთი ჟანგბადის და ორი წყალბადის ატომისაგან, ჟანგბადის ატომის სავალენტო ორბიტალები განიცდის  $sp^3$  ჰიბრიდიზაციას. ორი  $sp^3$  ორბიტალი გადაიფარება წყალბადის ატომის  $s$  ორბიტალებით და წარმოქმნის  $\sigma$  ბმას, ხოლო ორი  $sp^3$  ორბიტალი დაკავებულია განუყოფელი ელექტრონული წყვილით, რომელთა განზიდვით ხდება სავალენტო კუთხის ტეტრაედრულიდან გადახრა და  $104^{\circ}27'$ -ია.

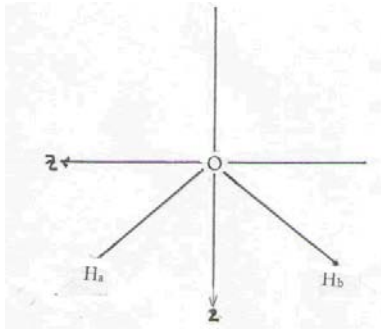


ნახ. 1. წყლის მოლეკულის აღნაგობა

მოლეკულური ორბიტალების თვალსაზრისით, წყლის მოლეკულაში ხდება 8 სავალენტო ელექტრონის (ჟანგბადის-6 და წყალბადის-2) განაწილება ორ

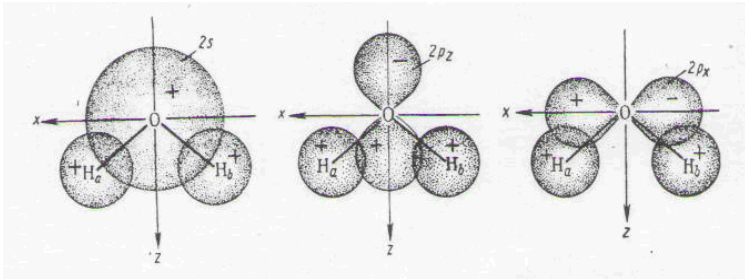
მაკავშირებელ, ორ არამაკავშირებელ და ორ გამთიშველ ორბიტალებზე:  $(\sigma_{\text{მაკ}s})^2(\sigma_{\text{მაკ}x})^2(\sigma_z)^2(\pi_y)^2(\sigma_{\text{გამ}x})^2(\sigma_{\text{გამ}z})$ .

წყალში წყალბადისა და ჟანგბადის ატომების ურთიერთგანლაგება შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი სქემით



## ნახ. 2. წყალში წყალბადისა და ჟანგბადის ატომების ურთიერთგანლაგება

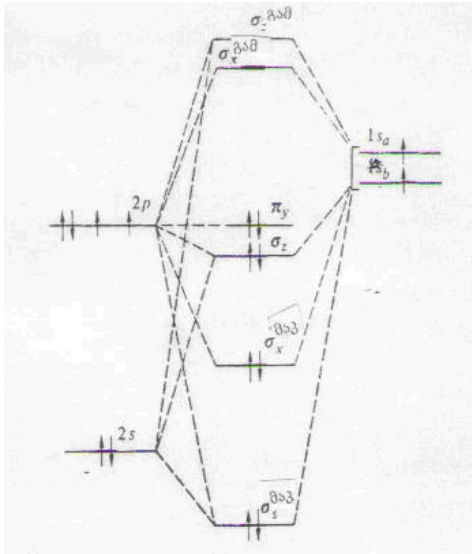
მოლეკულური ორბიტალების თეორიის თვალსაზრისით, წყლის მოლეკულის აღნაგობა შემდეგნაირად შეიძლება ავხსნათ: წყლის მოლეკულური ორბიტალები წარმოიქმნება ჟანგბადის ატომის 2s და 2p და წყალბადის ორი ატომის 1s ორბიტალებით. ამ ორბიტალების გადაფარვის ხასიათი მოცემულია მე-3 ნახაზზე.



**ნახ.3. წყლის მოლეკულაში ჟანგბადის ატომის  $2s$ ,  $2p_z$  და  $2p_x$  ორბიტალების გადაფარვა წყალბადის ორი ატომის  $1s$  ორბიტალით**

ჟანგბადის ატომის  $2p_x$  ორბიტალის და წყალბადის ორი ატომის  $1s$  ორბიტალის გადაფარვით წარმოიქმნება  $\sigma_{2p_x}^{+}$  და  $\sigma_{2p_x}^{-}$  ორბიტალები. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ჟანგბადის  $2s$  და  $2p$  ორბიტალების გადაფარვის ხარისხი ერთნაირია. შედეგად წარმოიქმნება სამი მოლეკულური ორბიტალი: მაკავშირებელი  $\sigma_{2s}$ , თითქმის არამაკავშირებელი  $\sigma_z$  და გამთიშველი; ორბიტალი, რომელიც წყალბადის და ჟანგბადის ატომების განლაგების სიბრტყის პერპენდიკულარულადაა განთავსებული, წყალბადის ატომის  $1s$  ორბიტალით არ გადაიფარება და მოლეკულაში შეასრულებს არამაკავშირებელი  $\pi$  ორბიტალის როლს.

ამრიგად, ჟანგბადის ატომის ორი  $2s$  და ოთხი  $2p$  ორბიტალების და ორი წყალბადის ატომის  $1s$  ორბიტალების კომბინაცია წარმოქმნის ორ მკავშირებელ  $\sigma_{2s}$  და  $\sigma_{2p}$ , ორ არამკავშირებელ  $\sigma_z$  და  $\pi_y$  და ორ  $\sigma_{2p}$  და  $\sigma_{2s}$  გამთიშველ ორბიტალებს.



ნახ.4. წყლის მოლეკულის ენერგეტიკული დიაგრამა

თხევად მდგომარეობაში წყალი ქმნის კლასტერების რთულ და დინამიკურად ცვლად ქსელს. კლასტერების ქცევა წყლის სტრუქტურაზე ახდენს გავლენას.

მიუხედავად მარტივი ქიმიური ფორმულისა, წყალი არაჩვეულებრივად მრავალმხრივი თვისებების მქონე ნივთიერებაა, ბევრ ამოუცნობს შეიცავს, რომელთა ახსნა დღემდე მეცნიერებსაც კი უჭირთ.



## 5. წყლის მოლეკულის სიმეტრია, რხევები და ი.წ. სპექტრი

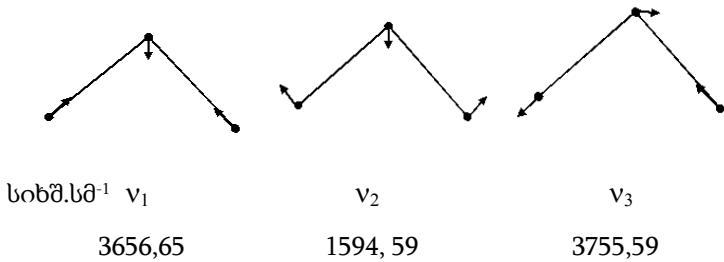
სიმეტრიის შესახებ მოსაზრება ფასეულია არა მხოლოდ კრისტალში ატომებისა და მოლეკულების მოსაძებნად, არამედ მათი რხევის და ელექტრონული მდგომარეობის გასარკვევად. მაგალითად, მოლეკუ - ლურ-ელექტრონული ორბიტალის სიმეტრია უნდა შეესაბამებოდეს შეკავშირებული ატომების სიმეტრიას.

ცნობილია, რომ მოლეკულების ბირთვები, ერთ-მანეთის ფიქსირებული მდგომარეობისაგან დაშორებით, მუდმივ რხევით მდგომარეობაშია. ამ რხევების მნიშვნელოვანი თავისებურებაა ის, რომ აღიწერება ძირითადი რხევების შეზღუდული რიცხვით.

რხევის განმარტება. რხევა მოძრაობაა, რომლის დროსაც მასების ცენტრი უცვლელი რჩება, მაგრამ წარმოიქმნება წანაცვლებაზე დამოკიდებული ძალა. ნებისმიერი არაწრფივი  $n$  - ბირთვიანი მოლეკულის რხევების სრული რიცხვია  $3n - 6$ .

წყალი არაწრფივი სამატომიანი მოლეკულაა, მას უნდა გააჩნდეს  $3 \cdot 3 - 6 = 3$  სახის რხევა. ეს ნიშნავს, რომ წყლის მოლეკულის ნებისმიერი რხევის შესამჩნევი სურათი შეიძლება გავაანალიზოთ სამი მარტივი

ჰარმონიული მოძრაობით, რომელთაც მოძრაობის ნორმალური სახე ეწოდება. რადგან ეს სამი რხევა იწვევს ბმის სხვადასხვანაირ დამახინჯებას, მათ შეესაბამება სხვადასხვა სიხშირე, რომელიც მოცემულია მე-5 ნახაზზე.



**ნახ. 5. წყლის სამატომიანი არაწრფივი მოლეკულის ნორმალური რხევები**

ბირთვების  $v_1$  და  $v_3$  რხევითი მოძრაობა ხდება თითქმის O-H ბმის გასწვრივ. მათ უწოდებენ O-H ბმის გაჭიმვის ან O-H ბმის ვალენტურ რხე ვებს.  $v_3$  არის ასიმეტრიული ვალენტური რხევა, განსხვავებით  $v_1$  სიმეტრიული ვალენტური რხევისაგან.  $v_2$  რხევის დროს H-ის ბირთვი ირხევა O-H ბმის პერპენდიკულარულად და ეწოდება H-O-H ბმის დეფორმაციულ ი

რხევა ან წყალბადური ბმის მოძრაობის რხევა.  $\nu_2$  რხევის საშუალებით აღწერილი წყლის მოლეკულის გადასვლას ძირითადი რხევითი მდგომარეობიდან აგზნებულში, შეესაბამება  $1594,59\text{სმ}^{-1}$  ინფრაწითელი რხევა .

ნებისმიერი ნივთიერების აღნაგობის ან თვისებების შესწავლისას აუცილებელია ვიცოდეთ არა მარტო მისი გეომეტრიული აღნაგობა, არამედ ელექტრონული გარსებიც. ამის შესაძლებლობა მკვლევარს მიეცა მას შემდეგ, რაც ათვისებულ იქნა ანალიზის სპექტრული მეთოდები.

მიუხედავად იმისა, რომ წყლის ი.წ. სპექტრის შესახებ მრავალრიცხოვანი პუბლიკაციებია, წყლის რხევის სიხშირის შესახებ მონაცემები განსხვავებული და ურთიერთსაწინააღმდეგოა. თხევადი წყლის სპექტრში შთანთქმის ზოლები მნიშვნელოვნად გაფართოებული და წანაცვლებულია წყლის ორთქლის შესაბამისი შთანთქმის ზოლებთან შედარებით. მათი მდებარეობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. თხევადი წყლის ცალკეული შთანთქმის ზოლების ტემპერატურული დამოკიდებულება საკმაოდ რთულია. გარდა ამისა, O-H ვალენტური რხევის უბანში სპექტრის გართულება შეიძლება აიხსნას ასოციაციების არსებო-

ბით, ობერტონების წარმოქმნით და O-H ჯგუფის სიხშირეებით, რომელიც წყალბადურ ბმაშია, ასევე პროტონის გვირაბის ეფექტით (ესტაფეტური მექანიზმით). სპექტრის ასეთი გართულება ამნელებს მის ინტერპრეტაციას და ნაწილობრივ ხსნის ამის შესახებ ლიტერატურაში არსებულ წინააღმდეგობებს.

სპექტრის ი.წ. უბანში ჰიდროქსილის ჯგუფს ძლიერი შთანთქმა ახასიათებს, მისი პოლარულობის შედეგად ეს ჯგუფები მოქმედებს ერთმანეთთან ან სხვა პოლარულ ჯგუფებთან, წარმოქმნის რა შიგამოლეკულურ და მოლეკულათშორის წყალბადურ ბმებს. ჰიდროქსილის ჯგუფები, რომლებიც არ მონაწილეობს წყალბადური ბმის წარმოქმნაში, სპექტრში იძლევა შთანთქმის ვიწრო ზოლებს, ხოლო შემაკავშირებელი ჯგუფები – შთანთქმის ინტენსიურ ფართო ზოლებს, უფრო დაბალი სიხშირის უბანში. სიხშირის წანაცვლების სიდიდით განისაზღვრება წყალბადური ბმის სიმტკიცე. შესაბამის ლიტერატურაში მოცემულია მონაცემები შთანთქმის ზოლების მიკუთვნების შესახებ ძირითადი სიხშირეების უბნისათვის ( $4000 - 1600 \text{ სმ}^{-1}$ ), ასევე ახლო ( $14300 - 5000 \text{ სმ}^{-1}$ ) და შორეული ( $50 - 25 \text{ სმ}^{-1}$ )

უბნებისათვის. უფრო ძირითადი სიხშირის უბანია შესწავლილი. მონომერული წყლისათვის  $3725$  და  $3627$   $\text{სმ}^{-1}$  მიეკუთვნება O-H ჯგუფის სიმეტრიულ და ასიმეტრიულ რხევებს, ხოლო  $1600\text{სმ}^{-1}$  – H-O-H დეფორმაციულ რხევებს. უნდა აღინიშნოს, რომ წყლის დიმერებს შეიძლება ჰქონდეს უფრო ციკლური სტრუქტურა 2 წყალბადური ბმით, ვიდრე ღია.

თხევადი წყლისათვის შეიმჩნევა შთანთქმის ზოლები სპექტრის სხვა უბნებშიც. მათ შორის, ყველაზე ინტენსიურია  $2100$ ,  $710$ - $645$   $\text{სმ}^{-1}$ . წყლის მონომერებიდან დიმერებზე ან ტრიმერებზე გადასვლისას O-H ბმის ვალენტური რხევის შთანთქმის მაქსიმუმი წანაცვლებს მცირე სიხშირისკენ. H-O-H ბმე ბის დეფორმაციული რხევისათვის კი შეიმჩნევა წანაცვლება უფრო მაღალი სიხშირეებისაკენ,  $3546$  და  $3691\text{სმ}^{-1}$  შთანთქმის ზოლები მიაკუთვნეს  $(\text{H}_2\text{O})_2$  დიმერების ძირითად ვალენტურ რხევებს. ეს სიხშირეები მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე იზოლირებული წყლის მოლეკულის ვალენტური  $\nu_1$  და  $\nu_3$  ძირითადი სიხშირეები ( $3657$  და  $3756$   $\text{სმ}^{-1}$ , შესაბამისად), ხოლო  $3250$   $\text{სმ}^{-1}$  არის დეფორმაციული რხევის ობერტონები.  $3250$  და  $3420$   $\text{სმ}^{-1}$  სიხშირეებს შორის შესაძლებელია ფერმი-რეზონანსის არსებობა –

ერთი რხევის ინტენსიურობის სესხება მეორისგან, მათი შემთხვევითი გადაფარვისას.

ცხრილი 5

**ი.წ. სპექტრში თხევადი წყლის სიხშირეები**

რხევის სიხშირე	შთანთქმის ზოლის მაქსიმუმი, $\text{სმ}^{-1}$
ბრუნვითი, $\nu_L$	780
დეფორმაციული, $\nu_2$	1645
შედგენილი, $\nu_1 + \nu_2$	2150
სიმეტრიული ვალენტური, $\nu_1$	3450
სიმეტრიული ვალენტური, $\nu_3$	3600
ობერტონები, $2\nu_2$	3290

$1620 \text{ სმ}^{-1}$  შთანთქმის ზოლი მიეკუთვნება დიმერის ძირითად დეფორმაციულ სიხშირეს. ეს სიხშირე რამდენადმე მაღალია, ვიდრე იზოლირებული მოლეკულის ძირითადი დეფორმაციული სიხშირე ( $1596 \text{ სმ}^{-1}$ ). წყლის მოლეკულის დეფორმაციული რხევის სიხშირის მაღალი სიხშირისკენ წანაცვლებას, წყლის თხევადი მდგომარეობიდან მყარში გადასვლისას, მიაწერენ დამატებითი ძალის წარმოქმნას, რომელიც O-H ბმის მოხრას ეწინააღმდეგება.  $1645 \text{ სმ}^{-1}$  დეფორმაციული

შთანთქმის ზოლის სიხშირეა და დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. მცირედ იცვლება თავისუფალ მოლეკულად გარდაქმნისას  $1595 \text{ სმ}^{-1}$  სიხშირეზე. ეს სიხშირე მცირედ იცვლება მარილთა ხსნარებში. იგი საკმაოდ სტაბილურია მაშინ, როდესაც ტემპერატურის ცვლილება, მარილთა ხსნადობა, ფაზური გარდაქმნები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ყველა სხვა სიხშირეზე.

ცხრილი 6

**წყლის შთანთქმის ი.წ. სპექტრი ძირითადი სიხშირის უბანში**

სისტემა	ბმის ტიპი	ტალღური რიცხვი
მონომერი (ორთქლი)	ვალენტური O-H	3756
	დეფორმაციული	3652 3657 1595
მონომერი (მყარი)	ვალენტური O-H	3725
	დეფორმაციული	3627 1600 1615
დიმერი (მყარი)	ვალენტური O-H	3691
	დეფორმაციული	3546 1620 1610-1621
ტრიმერი (მყარი)	ვალენტური O-H	3510
	დეფორმაციული	3355
	H-O-H	1633

უფრო მაღალმოლეკულური ოლიგომერები	ვალენტური O-H	3318
		3360
	დეფორმაციული	3270
		3256
		3240
		3222
		3210
		1644-1645
H-O-H	1635	
	1585	
პოლიმერული წყალი (თხევადი)	ვალენტური O-H	3480 ± 20
	დეფორმაციული	3425 ± 20
	H-O-H	1645 ± 20

ცენდელი (1971) ვარაუდობდა, რომ დეფორმაციული რხევის მუდმივობა დაკავშირებულია მოლეკულათსაშორისი ურთიერთქმედების პროცესთან, კერძოდ, გაპირობებულია წყლის მოლეკულების ერთმანეთთან, ასევე კატიონებსა და ანიონებთან ურთიერთქმედების შედეგად, ვალენტური კუთხის შეცვლით.

ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის საფუძველზე შეიძლება შემუშავებულ იქნეს ქიმიურად სანდო, აღმწერლობითი, სტანდარტიზაციის საშუალების მიმცემი წყლიანი სისტემების ანალიზის მეთოდი. გარკვეული უპირატესობა აქვს დაბალი სიხშირის ინფრაწითელ სპექტროსკოპიას, რომელიც საშუალებას იძლევა, გამტარობის კოეფიციენტების ფუნქციებით,



განსაზღვროს საკვლევ სისტემაში არსებული ნივთიერებების გავლენის ხარისხი წყლით მიღებული ხსნარებისა და ბიოლოგიური სითხეების სტრუქტურული ორგანიზაციით.

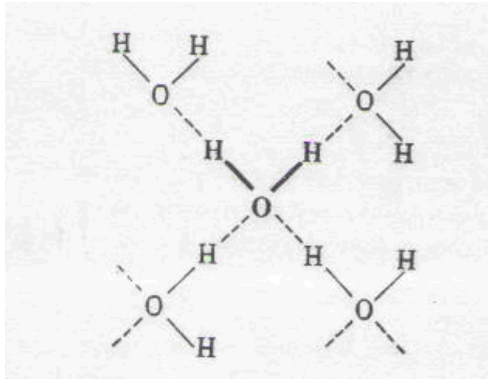
## 6. წყალბადური ბმა წყალში

წყლის მოლეკულას, რომელსაც აქვს ორი პოლარული O-H ბმა და ორი მიმართული არაბმული ელექტრონული წყვილი შეუძლია წარმოქმნას 4 წყალბადური ბმა, რომელიც განაპირობებს წყლის მოლეკულების ასოციაციას. წყალბადური ბმა უფრო სუსტია, ვიდრე ქიმიური ბმა, მაგრამ უფრო ძლიერი, ვიდრე ვან-დერ-ვალსის ძალები. წყალბადური ბმის ენერგია 12,6–33,5 კჯ /მოლ-ის ფარგლებშია, მაშინ, როდესაც კოვალენტური ბმის ენერგია საშუალოდ 418,4 კჯ/მოლს შეადგენს.

წყალბადური ბმა განაპირობებს წყლის აგრეგატულ მდგომარეობას. თუ ერთმანეთს შევადარებთ ჟანგბადის ქვეჯგუფის ელემენტების  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$  წყალბადნაერთებს, მოლეკულური წონის ზრდასთან ერთად, აგრეგატული მდგომარეობა უნდა იცვლებოდეს აირადიდან თხევადისაკენ, როგორც ეს ჰალოგენწყალბადებშია, მაგრამ წყალბადური ბმის გამო, წყალი თხევადია, გოგირდწყალბადი და სელენწყალბადი კი – აირადი.

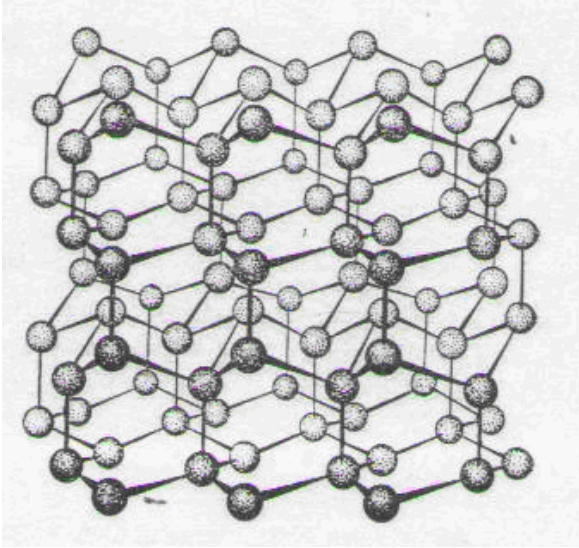
ყინულის კრისტალში წყლის ყოველი მოლეკულა წყალბადური ბმის საშუალებით ტეტრაედრის

ფორმითაა შერთებული მის უახლოეს ოთხ მოლეკულასთან, რაც სიბრტყეზე ასე გამოისახება:



**ნახ. 6. წყალბადური ბმა ყინულის კრისტალში**

წყალბადური ბმის ტეტრაედრული განლაგების გამო ყინულის კრისტალს აქვს ალმასისებრი სტრუქტურა. რადგან წყალბადური ბმის სიგრძე მეტია, ვიდრე კოვალენტურისა, ყინულის სტრუქტურა ძალზე ფაშარია და ბევრი თავისუფალი სივრცე აქვს. ამით აიხსნება ყინულის უჩვეულოდ დაბალი სიმკვრივე წყალთან შედარებით და კლატრატული ნაერთების წარმოქმნის უნარი. ამით განსხვავდება წყალი ბევრი ნივთიერებისაგან, რომელთაც მყარ მდგომარეობაში უფრო მაღალი სიმკვრივე აქვთ, ვიდრე თხევადში.



ნახ. 7. ცინკის სტრუქტურა

წყლისათვის სავარაუდო დუღილის ტემპერატურა უნდა ყოფილიყო  $-70^{\circ}\text{C}$ , ნაცვლად  $+100^{\circ}\text{C}$ -ისა, ხოლო გაყინვის ტემპერატურა  $-90^{\circ}\text{C}$ , ნაცვლად  $0^{\circ}\text{C}$ . წყლის მაღალი დუღილის ტემპერატურა და სუბლიმაციის მაღალი სიძლიერე, ანალოგიურ ნაერთებთან ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$ ) შედარებით, გაპირობებულია წყლის თხევად და მყარ მდგომარეობებში წყალბადური ბმის სიმრავლით და სიმტკიცით, რომლის გაწყვეტაზე დამატებითი ენერჯიაა საჭირო.

წყლის მოლეკულებს თხევად მდგომარეობაში მოუწესრიგებელი განლაგება აქვს, გაყინვისას მოლეკულების განლაგება მოწესრიგებული ხდება და წარმოქმნილი სტრუქტურა ვრცელდება სივრცის ყველა მიმართულებით, უზრუნველყოფს წყალბადური ბმის მაქსიმალურ რიცხვს წყლის მოლეკულებს შორის [4]. რადგან ყინულის სტრუქტურა ხასიათდება ჰექსაგონური სივრცეების არსებობით, იგი ნაკლებად კომპაქტური და ნაკლებად მკვრივია, ვიდრე თხევადი წყალი. ყინულის ლღობის ტემპერატურის შემცირება ატმოსფერული წნევის ზრდასთან ერთად იმით აიხსნება, რომ ყინულის მკვრივ წყლად გარდაქმნისას სისტემის მოცულობა მცირდება. წყლის ანომალიურად მაღალი დიელექტრიკული შეღწევადობა და ზედაპირული დაჭიმულობა გაპირობებულია წყალბადური ბმების არსებობით. ტემპერატურის გაზრდისას წყალბადური ბმები წყდება. სრული გაწყვეტა ხდება ორთქლადქცევის დროს.

წყალბადური ბმით გამოწვეული ანომალიური თვისებები მნიშვნელოვანია. ანომალიურად იცვლება წყლის სიმკვრივე გათბობა-გაცივების დროს. ტემპერატურის დაწვევისას 100°C-დან 3,98°C-მდე წყლის

მოცულობა უწყვეტად მცირდება და მისი სიმკვრივე 1 გ/მლ-ია. მაგრამ, 3,98°C-ის ქვემოთ შებრუნებული პროცესი ხდება. კრისტალიზაციისას სიმკვრივე მკვეთრად მცირდება და ყინულისათვის 0,98 გ/მლ შეადგენს. ამრიგად, წყლის მოცულობითი ერთეული 3,98°C-ზე მეტს იწონის, ვიდრე 0°C-ზე. ეს მოვლენა ყინულს საშუალებას აძლევს იცუროს წყლის ზედაპირზე. სიცივის დადგომისთანავე წყალსაცავების ზედაპირი ყინულით იფარება, იცავს გაყინვისაგან ქვედა ფენებს. ყინულის სიმკვრივე წყლის სიმკვრივეზე მეტი რომ იყოს, ყინული ჩაიძირება ფსკერზე და ეს გამოიწვევს წყალსაცავების სრულ გაყინვას, რაც მომაკვდინებელი იქნება წყალში არსებული სიცოცხლის ყველა ფორმისათვის.

წყალბადური ბმა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ორგანული ნაერთების, პოლიმერების, ცილების ქიმიაში. ვარაუდობენ, რომ წყალბადური ბმა დიდ როლს ასრულებს მემკვიდრეობითობის მექანიზმში. ინფორმაციის შენახვას ისეთ მოლეკულაში, რომლებსაც წყალბადური ბმა გააჩნია უკავშირებენ მეხსიერების მექანიზმს.

წყალბადურ ბმას უარყოფითი მხარეც აქვს: წყალი გაყინვისას ფართოვდება და, ამის გამო, დაბალ ტემპერატურაზე ხეთქავს წყალსადენის მილებსა და საქვაბეებს, რაც დიდ ზარალს აყენებს სახალხო მეურნეობას, იწვევს კლდეში ნაპრალების გადიდებას და თანდათან დაშლას.

## 7. წყალი საუკეთესო გამხსნელია

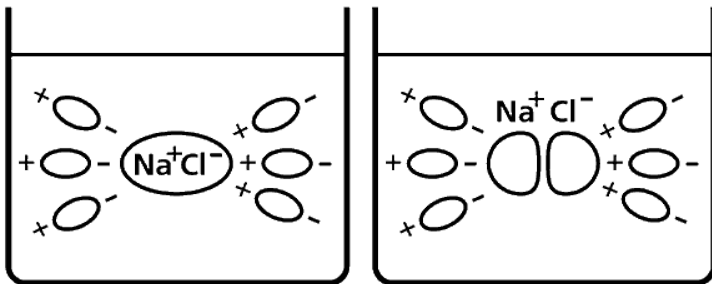
წყალი უნივერსალური გამხსნელია. ამ თვისების გამო ბუნებაში არსებული წყლის შედგენილობა არ ამოიწურება  $H_2O$  ფორმულით. ბუნებრივი წყალი შეიცავს პერიოდული სისტემის პრაქტიკულად ყველა ელემენტს, ასევე აირებს, ფუძეებს, მჟავებს, მარილებს და ორგანულ ნივთიერებებს. ყველა სიტხე, რომელსაც სასმელად ან საკვებად, ყოფაცხოვრებასა და ტექნიკაში იყენებენ, დაწყებული სპირტიანი სასმელებიდან, ღვინიდან, სუნამოსა და მიქსტურიდან და დამთავრებული ელექტროლიტებით, თხევადი ზეთებით და ბენზინით არის ამა თუ იმ კონცენტრაციის წყალხსნარი.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, წყალბადისა და ჟანგბადის ატომებს შორის ბმები კოვალენტურ-პოლარულია. ელექტრონული წყვილი გადანაცვლებულია ჟანგბადის ატომისაკენ; წყალბადის ატომებზე თავმოყრილია ნაწილობრივ დადებითი მუხტი, ხოლო ჟანგბადის ატომზე – ნაწილობრივ უარყოფითი. დადებითი და უარყოფითი მუხტების ცენტრები მოლეკულაში ერთმანეთს არ ემთხვევა და წყლის მოლეკულა დიპოლს წარმოადგენს:  $\mu = 1.84 \times 10^{-18}$



კულონ-მ. მაღალი დიპოლური მომენტის გამო, წყალი შთანთქავს მიკროტალღურ გამოსხივებას, რაზეც დაფუძნებულია მიკროტალღური ღუმლის მოქმედების პრინციპი.

წყალში (მარილის ან ტუტის) პოლარული ნაერთის კრისტალის ჩაძირვისას წყლის მოლეკულები მიიზიდება კრისტალის ზედაპირზე არსებული იონებისაკენ: დადებითი იონისაკენ უარყოფითი პოლუსით, ხოლო უარყოფითი იონისაკენ დადებითი პოლუსით. იონებსა და წყლის დიპოლებს შორის წარმოიქმნება ურთიერთმიზიდვის ძალები, გამოიყოფა ენერგია, რომელიც ხმარდება კათიონისა და ანიონის კავშირის დარღვევას, იონებს შორის ბმები სუსტდება და წყდება.



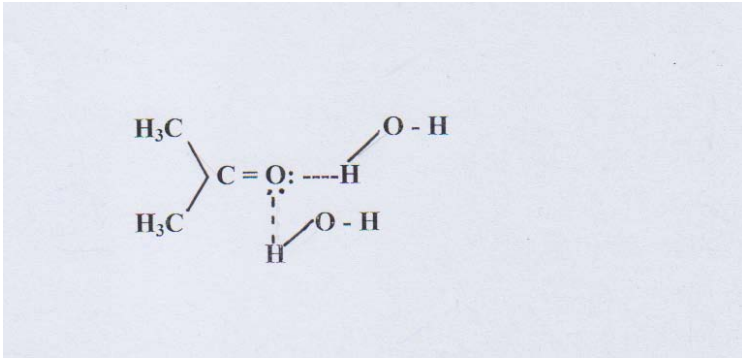
ნახ. 8. პოლარული ნაერთის ჰიდრატირებული იონების წარმოქმნა

წარმოიქმნება ჰიდრატირებული იონები. ჰიდრატირებული გარსის არსებობა ხელს უშლის კრისტალურ გისოსში უკუგადასვლას. კრისტალური გისოსის რღვევასა და ხსნარში იონთა გადასვლაზე ენერგია იხარჯება, იონთა ჰიდრატაციის დროს – ენერგია გამოიყოფა. ამრიგად, იონური კრისტალური მესრის მქონე მყარი ნივთიერებების წყალში გახსნისას სითბო იმ შემთხვევაში გამოიყოფა, როდესაც კრისტალში არსებული ყველა იონის ჰიდრატაციის ენერგია მეტია იმ ენერგიაზე, რომელიც აუცილებელია იონებს შორის ბმების გასაწყვეტად, წინააღმდეგ შემთხვევაში გახსნას ახლავს სითბოს შთანთქმა. ეს მიუთითებს, რომ ტემპერატურის გადიდება იწვევს წყალში ხსნადობის გაზრდას, თუმცა არსებობს ნივთიერებები, რომელთა ხსნადობა ტემპერატურის გაზრდისას მცირდება.

გახსნის სითბური ეფექტი სითბოს ის რაოდენობაა, რომელიც გამოიყოფა ან შთაინთქმება ერთი მოლი ნივთიერების გახსნისას დიდი რაოდენობით გამხსნელში.

შედარებით სუსტი პოლარულობის მქონე ნაერთების წყალში გახსნისას წარმოიქმნება წყალ-

ბადური ბმები, რაც ხელს უწყობს ამ ნივთიერებების შემდგომ გახსნას. მაგალითად, აცეტონის შემთხვევაში.



ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ პოლარული და იონური ნაერთები კარგად იხსნება პოლარულ გამხსნელებში (მაგ., წყალში), ხოლო არაპოლარული – არაპოლარულში. წყალი არ იხსნება არაპოლარულ სითხეში. წყლის მოლეკულების ურთიერთმიზიდვა ხდება წყალბადური ბმის გამო. იმისათვის, რომ წყლის მოლეკულებმა შეძლონ განაწილება არაპოლარული სითხის მოლეკულებს შორის, აუცილებელია დაირღვეს წყალბადური ბმები წყლის მოლეკულაში. წყალსა და არაპოლარულ მოლეკულას შორის არ წარმოიქმნება შესაბამისი სიდიდის მაკომპენსირებელი მიზიდულობის ძალები. მეორე მხრივ, არაპოლარული ნივთიერების მოლეკულებს შორის ადგილი აქვს მოლეკულათშორის

მიზიდულობის დისპერსიულ (ლონდონის) ძალებს, ამიტომ მათი განაწილება წყალში, როგორც გამხსნელში, არ გამოიწვევს ენერგიის შესამჩნევ დანაკარგს და ხსნარის წარმოქმნა შეფერხდება. წყლის დიელექტრიკული შეღწევადობა 80-ია, ეს ძალზე მაღალი სიდიდეა, რითაც აიხსნება მისი უნარი იყოს უნივერსალური გამხსნელი (დიელექტრიკული შეღწევადობა გვიჩვენებს რამდენჯერ მცირდება გახსნილი ნივთიერებების იონებს შორის მიზიდულობა მოცემულ გამხსნელში, ვაკუუმთან შედარებით).

როგორც თერმოდინამიკიდანაა ცნობილი, თავისთავად მიმდინარე პროცესში სისტემის თავისუფალი ენერგია უნდა შემცირდეს ( $\Delta G < 0$ ). გახსნის პროცესში მოლეკულების ურთიერთშერევისას, თუ ხელს არ უშლის ძლიერი მოლეკულათშორისი მიზიდვა ან ფიზიკური ბარიერი, სისტემის თავისთავადი მოუწესრიგებლობა იზრდება, რაც ენტროპიის ზრდით ( $\Delta S > 0$ ) გამოისახება.

აირების გახსნისას:

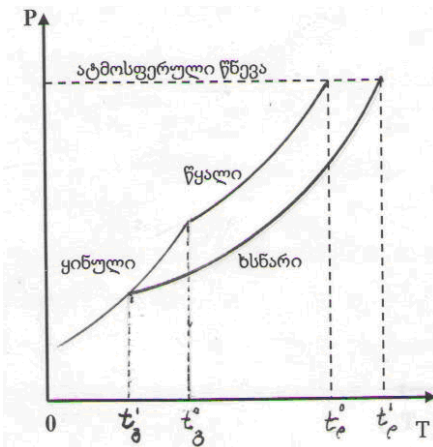
1. აირი იკუმშება - ეს ეგზოთერმული პროცესია და ამ დროს სითბო გამოიყოფა.

2. ხდება აირის მოლეკულების ურთიერთქმედება წყლის მოლეკულებთან, ესეც ეგზოთერმული პროცესია. ამიტომ აირის წყალში გახსნის პროცესი ეგზოთერმულია. ამით არის გამოწვეული აირთა ხსნადობის შემცირება ტემპერატურის გაზრდისას, ხოლო ატომური კრისტალური მესრის მქონე ნივთიერებები (ალმასი, გრაფიტი, სილიციუმი, სილიციუმის ორჟანგი, ფოსფორი და სხვა) წყალში საერთოდ არ იხსნება, რადგან ატომთა შორის არსებული კოვალენტური ბმის ენერგია ბევრად მეტია, ვიდრე ჰიდრატაციის ენერგია.

## 8. ხსნარის გაყინვისა და დუღილის

### ტემპერატურები

განვიხილოთ ნაჯერი ორთქლის წნევის ცვლილების ტემპერატურაზე დამოკიდებულება სუფთა წყლისა და არააქროლადი ნივთიერებების წყალხსნარებისათვის.



ნახ.9. ხსნარისა და წყლის ნაჯერი ორთქლის წნევის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება

როგორც მე-9 ნახაზიდან ჩანს, ხსნარის ნაჯერი ორთქლის წნევის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდი მოთავსებულია სუფთა წყლის ნაჯერი ორთქლის წნევის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდს ქვემოთ.

სუფთა წყალი 1 ატმ. წნევის დროს დუღს 100°C-ზე (373,15 K). იმისათვის, რომ ხსნარი ადუღდეს, მისი ნაჯერი ორთქლის წნევა ატმოსფერულს უნდა გაუტოლდეს, მაგრამ ეს უფრო მაღალ ტემპერატურაზე ხდება.

განზავებული ხსნარის დუღილის ტემპერატურის აწევა  $\Delta T_{\text{დ}}$ , სუფთა გამხსნელის დუღილის ტემპერატურასთან შედარებით, გახსნილი ნივთიერების მოლალური კონცენტრაციის პირდაპირპროპორციულია

$$\Delta T_{\text{დ}} = K_{\text{ფ. M}},$$

$K_{\text{ფ}}$ . ებულოსკოპიური მუდმივა გამოსახავს ისეთი ხსნარის დუღილის ტემპერატურის აწევას, რომელიც 1000გ გამხსნელში 1მოლ გახსნილ ნივთიერებას შეიცავს. წყლისათვის  $K_{\text{ფ.}} = 0,512$ .

წყალი იყინება, როდესაც მისი ნაჯერი ორთქლის წნევა შესაბამისი მყარი ფაზის ნაჯერი ორთქლის წნევის ტოლი ხდება. მე-9 ნა ხაზიდან ჩანს, რომ ყინულის ზედაპირზე ნაჯერი ორთქლის წნევა ხსნარისათვის მიიღწევა უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, ვიდრე სუფთა წყლისთვის. ეს ცვლილება გამოწვეულია გახსნილი ნივთიერების ნაწილაკების რიცხვით და არ არის დამოკიდებული გამხსნელის ბუნებაზე.

$$\Delta T_g = K_{gr} \cdot m$$

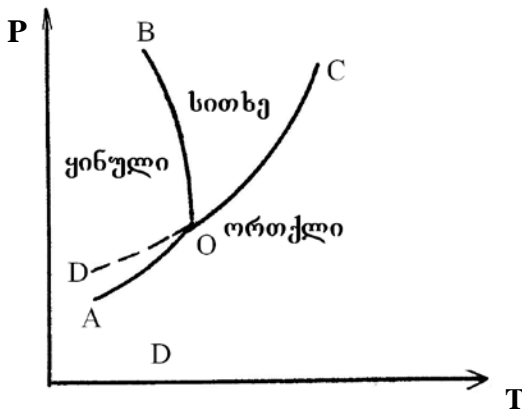
$K_{gr}$ . კრიოსკოპიული მუდმივაა, გამოსახავს ისეთი ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის დაწევას, რომელიც 1000გ გამხსნელში 1მოლ გახსნილ ნივთიერებას შეიცავს. წყლისათვის  $K_{gr} = 1,862$ .

ხსნარის გაყინვისა და დუდილის ტემპერატურების ცვლილება, სუფთა გამხსნელთან შედარებით, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ბუნებასა და ტექნიკაში. ებულიოსკოპ იური და კრიოსკოპიული მუდმივების, გამხსნელისა და ცნობილი კონცენტრაციის ხსნარის დუდილისა და გამყარების ტემპერატურების პირდაპირი გაზომვით შესაძლებელია გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური მასის, ელემენტარული დისოციაციის ხარისხის, აქტიურობის კოეფიციენტის განსაზღვრა.



## 9. წყლის სამმაგი წერტილი

როგორც აღვნიშნეთ, წყალი ბუნებაში სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში გვხვდება (სითხე, მყარი, აირადი). საინტერესოა რა პირობებში შეუძლია თანაარსებობა სამივე ფაზას. ამაზე პასუხს გვაძლევს წყლის მდგომარეობის დიაგრამა.



ნახ.10. წყლის მდგომარეობის დიაგრამა

წირებით შემოსაზღვრული არეები შეესაბამება AOB ყინულის, BOC სითხის, AOC ორთქლის ფაზებს. თითოეულის შიგნით წნევა და ტემპერატურა შეიძლება ისე ვცვალოთ, რომ სისტემა მაინც ერთფაზიანი დარჩეს. აქ თავისუფლების ხარისხთა რიცხვი  $S=3-1=2$

(თავისუფლების ხარისხთა რიცხვი არის იმ დამოუკიდებელი ცვლადების რიცხვი, რომელთა ცვლილება არ იწვევს ფაზათა რიცხვის ცვლილებას).  $AO, CO, BO$  წირებზე ორი მეზობელი ფაზაა, მაგალითად,  $OC$ -ზე სითხე და ორთქლი. აქ თავისუფლების ხარისხთა რიცხვი  $S=3-2=1$ , ე.ი. მხოლოდ ერთი პარამეტრის – წნევის ან ტემპერატურის შეცვლა შეგვიძლია ისე, რომ წონასწორობა არ დაირღვეს.  $O$  წერტილში კი სამივე ფაზა წონასწორულ მდგომარეობაშია; თავისუფლების ხარისხთა რიცხვი  $S=3-3=0$ , ე.ი. წნევის ან ტემპერატურის ნებისმიერი ცვლილებისას წონასწორობა დაირღვევა.  $O$  წერტილში წნევასა და ტემპერატურას განსაზღვრული მნიშვნელობები აქვს და მას წყლის სამმაგი წერტილი ეწოდება, მისი კოორდინატებია:  $P=4,58$  მმ ,  $T=273,16$  K. ვერცხლისწყლის სვეტის წნევისა და ტემპერატურის ( $P=610,48$  კპა,  $T=273,16$  K) არც ერთი სხვა კომბინაციისათვის არ არის შესაძლებელი სამივე ფაზის თანაარსებობა.

ატმოსფერულ წნევაზე წყალი იყინება  $0^{\circ}\text{C}$ -ზე და დუღს  $100^{\circ}\text{C}$ . წნევის შემცირებისას წყლის ლღობის ტემპერატურა ნელა იზრდება, ხოლო დუღილის ტემპერატურა – მცირდება. როცა წნევა  $611,73$  კპა-ია

(0,006ატმ), დუდილისა და ლღობის ტემპერატურები ერთმანეთს ემთხვევა და  $0,01^{\circ}\text{C}$  უტოლდება. ასეთი წნევა და ტემპერატურა იწოდება წყლის სამმაგ წერტილად. უფრო დაბალ წნევაზე წყალი არ გვხვდება თხევად მდგომარეობაში და ყინული პირდაპირ ორთქლად გარდაიქმნება. ყინულის აქროლების ტემპერატურა ეცემა წნევის შემცირებასთან ერთად.

წნევის გაზრდასთან ერთად წყლის დუდილის ტემპერატურა იზრდება, წყლის ორთქლის სიმკვრივე დუდილის წერტილშიც იზრდება, ხოლო თხევადი წყლისა – მცირდება.  $374^{\circ}\text{C}$ -ზე ( $647\text{K}$ ) და  $22,064\text{მპა}$  ( $218\text{ატმ}$ ) წყლის კრიტიკული წერტილია. ამ წერტილში თხევადი და აირადი წყლის სიმკვრივე და სხვა თვისებები ერთმანეთს ემთხვევა. უფრო მაღალ წნევაზე არ არის განსხვავება თხევად წყალსა და ორთქლს შორის, შესაბამისად, არ ხდება დუდილი ან აორთქლება.

ასევე შესაძლებელია მეტასტაბილური მდგომარეობები – გადაჯერებული ორთქლი, გადახურებული და გადაცივებული სითხე. ეს მდგომარეობები შეიძლება არსებობდეს ხანგრძლივი დროით, მაგრამ არამდგრადია და უფრო მდგრად ფაზასთან შეხებისას ხდება გადასვლა. მაგ., ადვილად მისაღებია გადაცივებული

სითხე, იგი წარმოიქმნება, თუ სუფთა წყალს სუფთა ჰურქელში გავაცივებთ 0°C-ზე ქვემოთ, მაგრამ კრისტალიზაციის ცენტრის გაჩენისას თხევადი წყალი სწრაფად გარდაიქმნება ყინულად.

## 10. წყლის იონიზაცია, იონური ნამრავლი,

### pH

წყლის მნიშვნელოვანი თვისებაა ის, რომ იგი არის როგორც პროტონების დონორი, ასევე პროტონების აქცეპტორი. ამ პროცესს ავტოიონიზაცია ან თვითდისოციაცია ეწოდება.  $10^8$  მოლეკულიდან მხოლოდ ერთია დისოცირებული ფორმით



ამ რეაქციის წონასწორობის მუდმივა

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

მოლალურ წყალხსნარებში წყლის კონცენტრაცია დიდია (1ლ-ში - 55 მოლი), ხოლო განზავებულ ხსნარებში პრაქტიკულად მუდმივია, ამიტომ შეიძლება ჩავწეროთ:  $K[\text{H}_2\text{O}] = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ ;  $K_{\text{H}_2\text{O}}$ -ს ეწოდება წყლის იონური ნამრავლი და  $25^\circ\text{C}$ -ზე  $1,008 \cdot 10^{-14}$  ტოლია. თუ ერთ-ერთი იონის კონცენტრაცია იზრდება, მეორის უნდა შემცირდეს, მათი ნამრავლი კი მუდმივი დარჩეს. როგორც მე-7 ცხრილიდან ჩანს, ტემპერატურის ცვლილებისას წყლის იონური ნამრავლი ( $K_{\text{H}_2\text{O}}$ ) უმნიშვნელოდ იცვლება.

წყლის იონური ნამრავლის ცვლილება ტემპერატურის  
გავლენით

T°C	0	10	20	30	40	50	60
K <sub>H2O</sub>	0,115 · 10 <sup>-14</sup>	0,293 10 <sup>-14</sup>	0,681 10 <sup>-14</sup>	1,471 10 <sup>-14</sup>	2,91 10 <sup>-14</sup>	5,46 10 <sup>-14</sup>	9,61 10 <sup>-14</sup>

წყლის ფუძე-მჟავურ თვისებებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ექსპერიმენტული და გამოყენებითი ქიმიის ყველა დარგში, ბუნებრივ პროცესებში, ასევე გარემოს თვისებების დასახასიათებლად, უფრო ხშირად H<sup>+</sup> იონების კონცენტრაციას იყენებენ.

თუ  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ , არე ნეიტრალურია;

როცა  $[OH^-] > 10^{-7}$ , მჟავა არეა ;

როცა  $[H^+] < [OH^-] < 10^{-7}$ , ტუტე არეა.

ასეთი რიცხვებით სარგებლობა მოუხერხებელია, ამიტომ სარგებლობენ H<sup>+</sup> იონების კონცენტრაციის უარყოფითი ათობითი ლოგარითმით  $-lg[H^+] = pH$ . pH- ს წყალბადის მაჩვენებელი ეწოდება.

როდესაც  $pH \approx 7$ , არე ნეიტრალურია;

$pH \leq 7$ , მჟავა არეა;

$pH \geq 7$ , ტუტე არეა.

[H<sup>+</sup>]-ის 10-ჯერადი ცვლილება შეესაბამება pH-ის ერთი ერთეულით ცვლილებას.

pH-ის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე.

პრაქტიკაში გამოიყენება მუდმივი pH-ის მქონე ხსნარები, რომლებსაც ბუფერულ ხსნარებს უწოდებენ.

წყალბადიონთა კონცენტრაცია მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც ბუნებრივი, ასევე ქიმიური მრეწველობის უამრავ პროცესში, როგორცაა მცენარეებისა და ცხოველების (ადამიანების) სასიცოცხლო პროცესები კვების, საფეიქრო, ტყავის დამზადების ტექნოლოგიებში. გავლენას ახდენს ბუნებრივი წყლების თვისებებსა და მათი გამოყენების შესაძლებლობებზე, ქიმიური დამაჭუჭყიანებლების დაშლაზე ჩამდინარ წყლებში, წყალში არსებული ლითონური ნაკეთობების კოროზიაზე, წყალსაცავების ვარგისობაზე თევზებისა და მცენარეებისათვის.

ბიოქიმიური პროცესების ნორმალიზაციისათვის აუცილებელია ორგანიზმის ფუძე-მჟავური წონასწორობის ფაქიზი რეგულირება. pH-ის გადახრა 0,01 ერთეულით ნორმალური მნიშვნელობებიდან ზოგჯერ იწვევს გარკვეულ დაავადებებს და, კონკრეტულ შემთხვევებში, სიკვდილსაც კი.

ორგანიზმის თხევადი სისტემები – სისხლი, ლიმფა, შარდი, კუჭის წვენი, ნაღვლის წვენი, ნერწყვი, ოფლი, ცრემლი – წყალხსნარებია. მათი pH გავლენას ახდენს უჯრედის ქსოვილების და მთელი ორგანიზმის ცხოველმყოფელობაზე. აღსანიშნავია, რომ ორგანიზმის თხევადი სისტემები ხასიათდება pH-ის მუდმივობით და მდგრადობით (ცხრილი 8).

ცხრილი 8

**ორგანიზმის თხევადი სისტემების pH**

სითხე	pH
სისხლი	7,35 – 7,45
ზურგის ტვინის სითხე	7,35 – 7,45
თვალის სინესტე	7,4
ცრემლი	7
ნერწყვი	6,35-6,85
კუჭის წვენი (სუფთა)	0,9
კუჭქვეშა ჯირკვლის წვენი	5,4 - 6,9
ნაღვლის ბუშტის წვენი	5,4 - 6,9
შარდი	4,8 - 7,5

ორგანიზმის ცილოვანი ნივთიერებები მდგრადია pH-ის გარკვეულ ზღვრებში. pH-ის ცვლილებით



ირღვევა პროტოპლაზმის სტრუქტურა, რაც პათოლოგიას იწვევს. ზოგი მიკრობი ვით არდება pH-ის გარკვეულ ფარგლებში, მაგ., ქოლერის ვიბრიონი – ტუტე გარემოში, როცა Ph 7,6 – 9,2-ის ფარგლებშია. კუჭის წვენის მაღალი მჟავიანობის მქონე ადამიანები ქოლერით არ ავადდებიან, თუნდაც ინფექციის კერაში იმყოფებოდნენ.

pH-ის მუდმივი მნიშვნელობის შენარჩუნება ფიზიოლოგიურ მექანიზმთან ერთად ბუფერული სისტემით ხდება. ორგანიზმი მრავალბუფერული სისტემაა. სხვადასხვა სახის ორგანული მჟავები – ლიმონის, რძის და სხვა, ასევე, ამინომჟავები და ცილები, ცხოველმყოფელობის პროდუქტი CO<sub>2</sub>, უჯრედებსა და ქსოვილებში მდებარე Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> იონები წარმოქმნის ბუფერულ სისტემებს. სისხლში, შარდსა და საჭმლის მომნელებელ წვენში გვაქვს ფოსფატური ბუფერები, რომლებიც ხელს უწყობს მათ ნორმალურ ფუნქციონირებას.

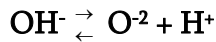
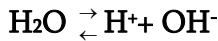
## 11. ნაწილაკები, რომლებიც სუფთა წყალშია

წყალი, ჩვეულებრივ, შედარებით სუფთა ქიმიური ნაერთია, რომელსაც ვხვდებით ბუნებაში, ყოფაცხოვრებასა თუ ქიმიურ ლაბორატორიაში. ხშირად გვხვდება ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობის დროს, რადგან რეაქციების უმეტესობა წყალხსნარებში მიმდინარეობს.

წყალი რთული წონასწორული სისტემაა, მასში წყალბადის ორი სტაბილური იზოტოპია:  ${}^1_1\text{H}$ (98,985%) პროთიუმი და  ${}^2_1\text{H}$  – D (0,0149%) დეიტერიუმი. გარდა ამისა, კოსმოსური სხივების მოქმედებით მიმდინარე რეაქციების შედეგად გვხვდება წყალბადის მესამე არასტაბილური იზოტოპი  ${}^3_1\text{H}$  – T ტრიტიუმი. ი ს რადიოაქტიური იზოტოპია, მაგრამ მისი არსებობა წყალში მუდმივი და საგრძნობია; ასევე ჟანგბადის სამი სტაბილური იზოტოპი:  ${}^{16}_8\text{O}$ (99,759%),  ${}^{17}_{16}\text{O}$ (0,037%),  ${}^{18}\text{O}$ (0,204%); ყველა რადიოაქტიური იზოტოპი მცირე დროის განმავლობაში ცოცხლობს (ნახევარდაშლის პერიოდი არანაკლებ 2 წუთია); ამრიგად, არსებობს წყლის მოლეკულების სხვადასხვა იზოტოპოლოგი:  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{DH}^{17}\text{O}$ ,  $\text{T}_2^{18}\text{O}$  და სხვა. 6 იზოტოპისაგან შეიძლება

წყლის 18 იზოტოპოლოგის შედგენა. თითოეული ამ ნაწილაკის არსებობის ალბათობა არის წყალში არსებული იზოტოპების %-ული გავრცელების ნამრავლი იმის გათვალისწინებით, რომ ყველა ბმა მდგრადია, მიუხედავად მასისა. მაგ.,  $H_2^{16}O$  და  $D_2^{18}O$ -ს შორის თანაფარდობა შემდეგია:  $(0,98985^2 \cdot 0,99757)/(0,000149^2 \cdot 0,204) = 2,16 \cdot 10^{-18}$ .

გარდა ამისა, წყლის მოლეკულები შემდეგნაირად იონიზირდება:



ეს წონასწორობები ასევე ზრდის ნაწილაკების რიცხვს, რომლებიც დინამიკურ წონასწორობაშია.

წყლის იზოტოპოლოგიურ შედგენილობაში განსხვავება იწვევს მათი თვისებების მცირე ცვლილებას.

## 12. მძიმე წყალი, D<sub>2</sub>O

მძიმე წყლის მოლეკულები პირველად ბუნებრივ წყალში აღმოაჩინა ჰაროლდ იურიმ 1932 წელს, რისთვისაც 1934 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია ქიმიის დარგში, ხოლო იგი სუფთა სახით გამოყო ჰილბერგ ლუისმა 1933 წელს.

წყალბადისა და ჟანგბადის 5 სტაბილური იზოტოპი (<sup>1</sup>H, <sup>2</sup>H, <sup>16</sup>O, <sup>17</sup>O, <sup>18</sup>O) იძლევა წყლის 9 სახის მოლეკულას – იზოტოპოლოგს.

D<sub>2</sub>O მძიმე წყალი H<sub>2</sub>O წყლის იზოტოპოლოგიური ნაირსახეობაა, სადაც <sup>1</sup><sub>1</sub>H პროთიუმში შეცვლილია <sup>2</sup><sub>1</sub>H– D დეიტერიუმით. მძიმე წყალი ძალზე ძვირი და დეფიციტურია. მისი წარმოება ენერგოტევადია, ამიტომ მძიმე წყლის ღირებულება საკმაოდ მაღალია (დაახლოებით 200-250\$ 1 ლიტრი).

თუ ონკანს გავხსნით და ჩაიდანს ავავსებთ, მოგროვდება არა ერთგვაროვანი წყალი, არამედ მისი ნარევი. მძიმე წყლის რაოდენობა ძალიან მცირეა საერთაშორისო სტანდარტების თანახმად, შეადგენს 0,0000269გ/კგ-ზე. პრობლემა იმაშია, როგორ გამოვეყოთ იგი. მთელ მსოფლიოში მისი მიღება დაკავშირებულია

ენერგიის უზარმაზარ ხარჯსა და რთულ მოწყობილობასთან. მძიმე წყლის წარმოქმნა მიწიერია, კოსმოსში მისი კვალიც კი არ არის აღმოჩენილი. მსოფლიო ოკეანე, მყინვარები, ატმოსფერული ნალექი – აი, მძიმე წყლის ბუნებრივი "ფაბრიკები". ჩრდილოეთის მდინარეებში შემოდგომაზე იწყება წყლის მასის სწრაფი გაცივება და წარმოიქმნება ფაშარი წყალქვეშა ყინული, რომელსაც, განსხვავებით ჩვეულებრივი ყინულისაგან, სწორი კრისტალური მესრის ნაცვლად, იონური სტრუქტურა აქვს. წყალქვეშა ყინული ამოდის ზედაპირზე, იგი ზოგჯერ ზაფხულშიც წარმოიქმნება. ფსკერის ფაშარი ყინული პირველი წარმოიქმნება და უკანასკნელი ღვდება. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ფაშარი ყინული მძიმე წყლით გამდიდრებული მასაა. თუ ეს ასეა, უნდა გვახსოვდეს, რომ მძიმე წყალი არ გამოირჩევა ჩვეულებრივისგან, თუმცა ორგანიზმში სუფთა სახით მისი მოხვედრა ძლიერ მოწამვლას იწვევს. D<sub>2</sub>O-ის მდინარეში ფაზური გარდაქმნა ძალიან ჰგავს ე.წ. საკრისტალიზაციო სვეტებს, რომლებსაც ქიმიკოსები იყენებენ. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მდინარეში კრისტალიზაციის ცენტრებზე დროის მცირე მონაკვეთში გადის ათასობით კუბური მეტრი წყალი,

რომლისგანაც ყინულად გარდაიქმნება პროცენტის მეათასედი ნაწილი, ესეც საკმარისია, რომ ვთქვათ, მძიმე წყალს აქვს უნარი მოახდინოს კონცენტრირება ანუ წარმოქმნას საბადო. მაღალი განედის მყინვარები და ყინულები უფრო მდიდარია მძიმე იზოტოპებით, ვიდრე მათ გარშემო არსებული წყალი. ე.ი. შეიძლება შეგვხვდეს დიდი ზომის ყინულები, რომლებიც გამდიდრებულია დეიტერიუმით. მათი არსებობით შეიძლება აიხსნას ის დადგენილი ფაქტი, რომ ზამთარში ჩრდილოეთის წყალსაცავებში დეიტერიუმის პროცენტული შემცველობა მნიშვნელოვნად მცირდება. პოლარული წყლებიც, როგორც ნიმუშების კვლევა გვიჩვენებს, ღარიბია დეიტერიუმით.

მძიმე წყალი ფიზიკური თვისებებით მნიშვნელოვნად განსხვავდება ჩვეულებრივი წყლისგან.

მე-9 ცხრილში მოცემულია  $H_2O$  ჩვეულებრივი წყლისა და  $D_2O$  მძიმე წყლის ფიზიკური თვისებების შედარება.

მძიმე წყალი ქიმიური თვისებებით ახლოა ჩვეულებრივთან, მაგრამ მასში შეიმჩნევა ზოგიერთი რეაქციის აჩქარება ან შენელება. კერძოდ, ფუძე-მჟავური

კატალიზით მიმდინარე პროტოლიტური რეაქციების სიჩქარე იცვლება 2-3-ჯერ და მეტჯერ.

ცხრილი 9

**წყლისა (H<sub>2</sub>O) და მძიმე წყლის (D<sub>2</sub>O) ფიზიკური თვისებების შედარება**

თვისება	მდგომარ.	T <sup>o</sup> C	H <sub>2</sub> O	D <sub>2</sub> O
მოლეკ.წონა, M <sub>r</sub>	–	–	18,016	20,029
სიმკვრივე, გ/სმ <sup>3</sup>	თხ	25	0,9968	1,2042
მაქსიმალური სიმკვრივის ტემპ., <sup>o</sup> C			3,98	11,24
ლ.ტემპ., <sup>o</sup> C	1 ატმ	–	0	3,81
დულ.ტემპ., <sup>o</sup> C	1 ატმ	–	100	101,43
კრიტიკული ტემპ., <sup>o</sup> C	–	–	374,2	371,5
კრიტიკული წნევა, ატმ	–	–	218,5	218,6
ორთელის წნევა, მმ.ვწყ.სვ.	–	25	23,75	20,05
ორთელის წნევა, მმ.ვწყ.სვ.	–	100	760	719,6
ფარდ.სიბლ., სან-ტიპუაზი	თხ	25	1,00	1,232
გარდატეხის მაჩვენებელი, %	D-ხაზი	25	1,3323	1,3279
დიელექტრ. შეღწევადობა	თხ	25	78,25	78,54

დიპ.მომ. $x10^{-18}$ ელ. სტ. ერთ x სმ	-	-	1,86	1,87
ზედაპ. დაჭ.,დნ/სმ		20	72,58	67,8
ლღობის სითბო, კჯ/მოლი	1 ატმ	ლლ. T	6,008	6,280
აორთქლ. სითბო, კჯ/მოლი	1 ატმ	25	44,011	45,422
სითბოტევ. ჯ/გ.გრად	თხ.	25	76,023	84,726
წარმოქმნის სითბო - $\Delta H$ , კჯ/მოლი	თხ	298 K	-286,84	-294,61
ენტროპია, ჯ/მოლK	თხ	298 K	69,96	72,36
ჰელმჰოლცის. თავის.ენ. (-A), კჯ/მოლი	აირ.1ატ	-	228,59	234,58
იონური ნამრ., $[H_3O^+][OH^-] \cdot 10^{14}$	თხ	25	1,01	0,20

ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესები მძიმე წყალში შენელებულია, ის ანელებს სასუნთქი ჯაჭვის რეაქციის სიჩქარეს. მძიმე წყალში ხსნადობა მრავალი ნივთიერებისათვის ბევრად მცირეა, ვიდრე ჩვეულებრივში. წყალბადური ბმები დეიტერიუმის მონაწილეობით ჩვეულებრივზე რამდენადმე ძლიერია. მძიმე იზოტოპოლოგების შემცველი წყალი



ითვლება ადამიანის ორგანიზმის გამაჭუჭყიანებლად და იწვევს მრავალ აუხსნელ დაბრკოლებას.

მძიმე წყალი მცირედ ტოქსიკურია. ადამიანს შეუძლია რამდენიმე ჭიქა მძიმე წყლის დალევა შესამჩნევი ზიანის გარეშე. მთელი დეიტერიუმი ორგანიზმიდან გამოდის რამდენიმე დღეში. მძიმე წყალს იყენებენ არტერიული ჰიპერტენზიის სამკურნალოდ. დღელამური ნორმაა 1,7გ დეიტერიუმი პაციენტის წონის 1კგ-ზე. ეს მეთოდი დაპატენტებულია (U.S.patent 5223269 (ინგლ)).

უნდა აღინიშნოს, რომ მაღალი განედის მცხოვრებნი არ ხმარობენ მდინარის ყინულს საკვების მოსამზადებლად - მხოლოდ ტბის ყინულით ან თოვლით სარგებლობენ.

მძიმე წყალი გროვდება წყლის მრავალჯერადი ელექტროლიზის დროს ელექტროლიზერში. ჰაერზე მძიმე წყალი სწრაფად შთანთქავს ჩვეულებრივი წყლის ორთქლს. ამიტომ, შეიძლება ითქვას, რომ ის ჰიგროსკოპიულია.

არსებობს მითი, რომ წყლის ხანგრძლივი დუღებისას მძიმე წყლის კონცენტრაცია იზრდება, რასაც ჯანმრთელობისათვის ზიანი მოაქვს. სინამდვი-

ლეში მძიმე წყლის კონცენტრაციის რეალური ზრდა წყლის დუღებისას უმნიშვნელოა, თან, როგორც უკვე ითქვა, მძიმე წყალი პრაქტიკულად მომწამვლელი არ არის. წყლის დუღებისას შეიმჩნევა მასში გახსნილი მარილების კონცენტრაციის ზრდა, რაც გავლენას ახდენს წყლის გემოსა და თვისებებზე.

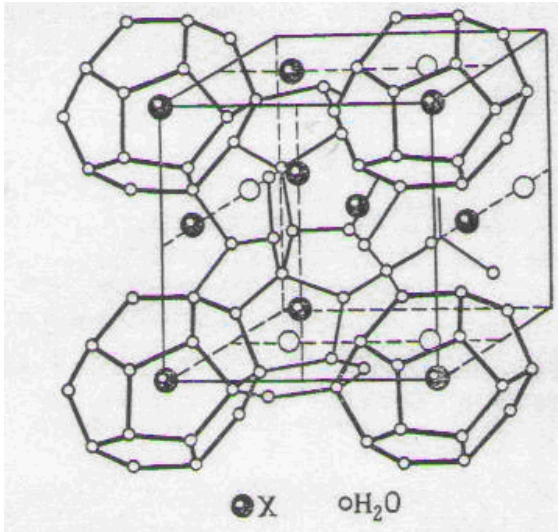
მძიმე წყალს დიდი რაოდენობით იყენებენ ძირითადად შემდეგი მიზნებისათვის: ნეიტრონების ეფექტურ შემნელებლად და ბირთვული რეაქტორებისათვის.  $D^+$  დეიტერიუმის იონებს იყენებენ ბირთვულ და თერმობირთვულ რეაქციებში და სხვადასხვა ხელოვნური რადიოაქტიური იზოტოპების მისაღებად, აგრეთვე ქიმიური, ბიოლოგიური და სხვა სამეცნიერო კვლევებისათვის, როგორც საწყისი ნივთიერება ნიშანდებული წყლის ან ნიშანდებული წყალბადის შემცველი ნაერთების მისაღებად. თუ მოიძებნება მძიმე წყლის მიღების იაფი და პრაქტიკული მეთოდი, მისი გამოყენების სფერო მნიშვნელოვნად გაფართოვდება. შეიძლება გაიხსნას ქიმიისა და ბიოლოგიის ახალი ფურცლები, რომელიც ახალი მასალების, უცნობი ნაერთების მოულოდნელი სიცოცხლის ფორმებიც კი იყოს.

### 13. კლატრატები

მაღალი წნევის დროს არგონით, კრიპტონით ან ქსენონით წყლის გაჯერებისას და შემდგომი გაცივებით თეთრი კრისტალები წარმოიქმნება. მათი ტიპური ფორმულაა:  $X \cdot 5\frac{3}{4}H_2O$ . კრისტა ლური სტრუქტურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კრისტალიზაციისას მასში წარმოიქმნება პოლიენდრული წყლის ზოლები, რომლებშიც ხვდება ინერტული აირის ატომები. წყლის მოლეკულები, რომლებიც ბმულია წყალბადური ბმებით, წარმოქმნის გაჭიმულ სამგანზომილებიან კარკასს, რომლის სიცარიელებში ინერტული აირების ატომები განლაგდება. ასეთი სიცარიე ლეები შეიძლება დაიკავოს სხვა მცირე ზომის მოლეკულებმაც ( $Cl_2$ ,  $SO_2$ ,  $CH_4$ ). ცნობილია, რომ კლატრატულ სტრუქტურებს შეუძლია წყლით შეიკავოს დიდი ზომის მოლეკულები –  $(CH_3Cl, C_3H_8) \cdot 8M \cdot 136H_2O$ .

კლატრატებს დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს: ნავთობმოპოვებას, აირისა და ნავთობქიმიურ წარმოებას ახლავს ნახშირწყალბადების კლატრატების წარმოქმნა, რომელიც ჭედავს მილსადენებს და აპარატურას; ამის

თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია ვიცოდეთ ჰიდრატების წარმოქმნის პირობები (წნევა, ტემპერატურა და სხვა პარამეტრები).



**ნახ. 11. X · 5,75 H<sub>2</sub>O შედგენილობის კლატრატის აღნაგობა**

კლატრატების წარმოქმნა და შემდეგ მათი დაშლა გამოიყენება აირების დასაყოფად (ნახშირწყლების, კეთილშობილი აირების), ზღვის წყლის გასამტკნარებლად. კლატრატებს იყენებენ, როგორც აირების შენახვის მოხერხებულ ფორმას. ერთი მოცულობა კლატრატი შეიძლება შეიცავდეს 200 მოცულობა აირს. ეს გამოიყენება აირების შესანახ ბუნებრივ საწყობად.

ქსენონისა და სხვა მრავალი ნივთიერების მანესთეზირებელი მოქმედება გამოწვეულია წყლის კლატრატების წარმოქმნით ფიზიოლოგიურად აქტიურ ცენტრებში. ნივთიერების მანესთეზირებელი მოქმედების შეწყვეტა გამოწვეულია ამ პროცესის წონასწორობის დარღვევით, კლატრატი იშლება და ნარკოზის ქვეშ მყოფი ადამიანი ფხიზლდება.

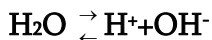
## 14. წყლის ქიმიური თვისებები

წყლის ძირითადი თვისებები გაპირობებულია მისი ელექტრონული სტრუქტურით, მოლეკულის ფორმით, წყალბადისა და ჟანგბადის ელექტროუარყოფითობებს შორის ზომიერი განსხვავებით და, აქედან გამომდინარე, მტკიცე მოლეკულათშორისი წყალბადური ბმით.

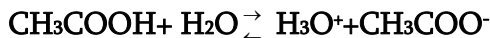
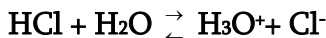
ბევრ ქიმიურ პროცესში წყალი მონაწილეობს, როგორც მორეაგირე ნივთიერება, რეაქციის პროდუქტი და გამხსნელი.

ბევრი ნივთიერება წყალში განიცდის დისოციაციას ანუ იონებად იშლება, რასაც მათი თვისებების შეცვლა მოსდევს, როგორც თვით ხსნარის თვისებებისა. დისოციაცია მკვეთრად ზრდის ნივთიერებების უნარს შევიდეს ქიმიურ და ბიოქიმიურ რეაქციებში. ამ რეაქციების უმეტესობა (სიცოცხლის ჩათვლით) წყლის არეში მიმდინარეობს.

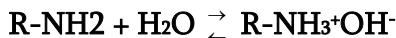
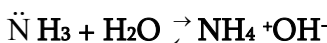
წყლის მაღალი რეაქციის უნარი დაკავშირებულია მის ამფოტერულობასთან, რაც თვითიონიზაციის უნართაა გამოწვეული



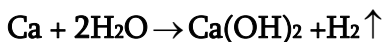
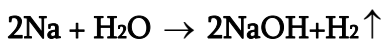
წყლის ფუძიანობა მჟღავნდება მჟავებთან რეაქციაში (წყალი პროტონების აქცეპტორია)



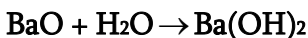
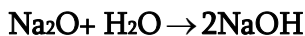
წყლის მჟავიანობა კი – ფუძე ბუნების ნივთიერებებთან რეაქციის დროს (წყალი პროტონების დონორია)



წყალი მოქმედებს ლითონებთან

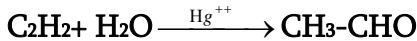
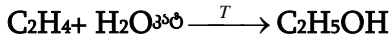


წყალი მოქმედებს უმეტეს ფუძე და მჟავა ოქსიდებთან





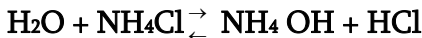
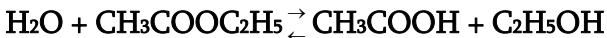
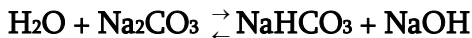
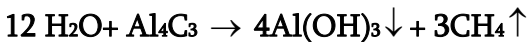
წყალი მოქმედებს ორგანულ ნივთიერებებთან



წყალი მონაწილეობს ჰიდროლიზის რეაქციებში.

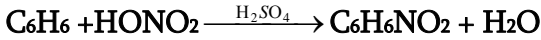
ჰიდროლიზი არის მარილის იონების ურთიერთ-ქმედება წყალთან, რომლის შედეგად სუსტი ელექტროლიტი მიიღება (ჰიდრო – წყალი, ლიზი – დაშლა).

წყლის ამფოტერული თვისებები მკვეთრად ვლინდება შემდეგ რეაქციებში:



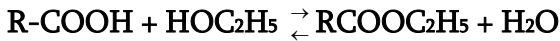
ბევრ ზემოჩამოთვლილ რეაქციას პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. წყალი, როგორც რეაქციის ერთ-ერთი პროდუქტი, ქიმიური რეაქციის გამოსავლიანობაზე დიდ გავლენას ახდენს.





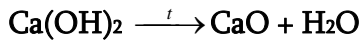
ბენზოლის ნიტრირების დროს წარმოქმნილი წყალი ამცირებს საწყისი მჟავას ( $\text{HNO}_3$ ) კონცენტრაციას და, შესაბამისად, გამოსავლიანობას, ამიტომ აუცილებელია მისი მოცილება.

ეთერიფიკაციის რეაქციის დროს წყალი თანმხლები პროდუქტის სახით გამოიყოფა

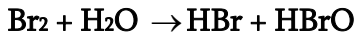
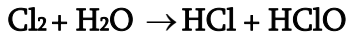


იმისათვის, რომ არ მოხდეს წარმოქმნილი ეთერის ჰიდროლიზი, წყალი უნდა მოვაცილოთ სარეაქციო არეს.

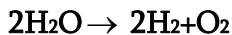
ასევე აუცილებელია წყლის მოშორება ჩაუმქრალი კირის ( $\text{CaO}$ ) მისაღებად



წყალი, როგორც გამხსნელი ხშირად შედის რეაქციაში



$1000^\circ\text{C}$ -ზე მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს წყლის თერმული დაშლა



$\alpha$  თერმული დისოციაციის ხარისხის (1ატმ წნევაზე) და  $K_c$  და  $K_p$  დისოციაციის მუდმივების მნიშვნელობების ტემპერატურაზე დამოკიდებულება მოცემულია მე-10 ცხრილში.

ცხრილი 10

$\alpha$  ,  $K_c$  და  $K_p$  მნიშვნელობების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

T K- ში	1000	1200	1400	1800	2200	2400
$\alpha$ %	0,00003	0,00081	0,00861	0,199	1,42	2,92
$K_c$	5,49 $\cdot 10^{-23}$	2,73 $\cdot 10^{-18}$	2,78 $\cdot 10^{-15}$	2,66 $\cdot 10^{-11}$	8.9 $\cdot 10^{-9}$	6,68 $\cdot 10^{-8}$
$K_p$	4,50 $\cdot 10^{-21}$	2,63 $\cdot 10^{-16}$	3,19 $\cdot 10^{-13}$	3,93 $\cdot 10^{-9}$	1,46 $\cdot 10^{-6}$	1,3 $\cdot 10^{-5}$

**წყლის აღმოჩენა.** წყალთან შეხებისას თეთრი ფერის  $CuSO_4$ -ის კრისტალები ლურჯდება  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$  წარმოქმნის გამო.

შთამბეჭდავად ჟღერს ისეთი სიტყვები, რომლებიც ხსნის წყლის გამორჩეულ როლს ჩვენი პლანეტის არსებობაში – ”მიწის ცოცხალი სისხლი”.

წყლის თვისებებზე საუბრის ბოლოს მნიშვნელოვანია ლეონარდო და ვინჩის (1452–1519) სიტყვები, ნათქვამი ეპოქაში, როცა კაცობრიობა იდგა

წყლის შესწავლის საწყის ეტაპზე, რომელიც ზუსტად და სრულად მოიცავს ყველაფერს, რაშიც ცდების საშუალებით დარწმუნდნენ შემდგომი თაობები: "წყალს მიეცა ჯადოსნური ძალაუფლება გახდეს სიცოცხლის საწყისი დედამიწაზე". რა ზუსტად და ღრმად ჩასწვდა ლეონარდო და ვინჩი წყლის არსს, რომელმაც თითქმის არაფერი იცოდა მის თვისებებზე. რაც მეტად ვეცნობით წყალს, მით მეტად ვრწმუნდებით, რომ მართლაც ჯადოსნური სითხეა.

## 15. ჰიდრატები და კრისტალჰიდრატები

წყლისა და გახსნილი ნივთიერების მოლეკულების ურთიერთქმედების პროდუქტებს ჰიდრატები ეწოდება. ჰიდრატაცია შექცევადი პროცესია. ჰიდრატაციის შებრუნებულ პროცესს დეჰიდრატაცია ეწოდება.

კრისტალურ ნივთიერებებს, რომლებიც შეიცავს წყლის მოლეკულებს – კრისტალჰიდრატები ეწოდება, ხოლო წყალს, რომელიც შედის კრისტალჰიდრატების შედგენილობაში – კრისტალიზაციური წყალი. კრისტალიზაციური წყალი კოორდინირდება მკაცრად განსაზღვრული ერთ-ერთი იონის გარშემო. მაგალითად,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ში  $\text{Cu}^{++}$  იონის გარშემო 4 წყლის მოლეკულაა –  $\text{Cu}^{++}4\text{H}_2\text{O}$ , ერთი წყლის მოლეკულა უკავშირდება  $\text{SO}_4^{2-}$  იონს –  $\text{SO}_4^{2-}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . ჰიდრატირებულ იონთა თვისებები განსხვავდება არაჰიდრატირებულისაგან.  $\text{Cu}^{++}$  უწყლო  $\text{CuSO}_4$ -ში არაჰიდრატირებული და უფეროა, მაგრამ მარილის წყალში გახსნისას ჰიდრატირდება და ცისფერ შეფერილობას იძენს. ზოგი იონი წყლის მოლეკულებს ინარჩუნებს ხსნარის აორთქლების შემდეგაც. კრისტალჰიდრატებია: რკინის აჯასპი  $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; ნატრიუმის სულფატი  $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; სოდა  $\text{Na}_2\text{CO}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; თაბაშირი  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  და სხვა.

ზოგი ნივთიერება სუფთა მდგომარეობაში მხოლოდ კრისტალჰიდრატის სახით მიიღება.

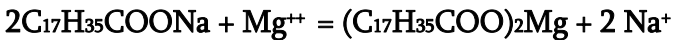
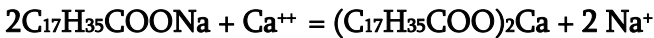
წყალი არა მხოლოდ ჩამორეცხავს და შლის მთის ქანებს, მოწყობილობების და ჭურჭლის კედლებს, არამედ ასრულებს დიდი შემქმნელის როლს, აღწევს რა მიწის სიღრმეში ყოვნდება, უერთდება სილიციუმის ორჟანგს, იღებს ჰიდრატების ფორმას, წარმოქმნის იდუმალ და მშვენიერ მინერალ ოპალს ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), რომელიც მოიცავს ღია ნაცრისფერი ტონების მთელ გამას და მათ უფაქიზეს გადასვლებს.

ქანები ბუნებრივ პირობებში ურთიერთქმედებს რა წყალთან გარდაიქმნება კრისტალჰიდრატებად, ქმნის რთული ქიმიური შედგენილობის მინერალებს, რომლებიც ქიმიკოსებისა და გეოლოგების ინტერესთა სფეროს განეკუთვნება.

## 16. წყლის სიხისტე და მისი აცილების

### ხერხები

ბუნებრივი წყალი შეიცავს Ca და Mg-ის სულფატებსა და ჰიდროკარბონატებს. წყალს, რომელიც  $\text{Ca}^{++}$  და  $\text{Mg}^{++}$  იონებს შეიცავს უმნიშვნელო რაოდენობით რბილი წყალი ეწოდება, ხოლო წყალს, რომელიც ამ იონებს ჭარბი რაოდენობით შეიცავს - ხისტი წყალი. ხისტ წყალში საპონი არ ქაფდება და ვერ იჩენს რეცხვის უნარს. საპონი ცხიმოვანი მჟავას ნატრიუმის მარილია, რეაქციაში შედის  $\text{Ca}^{++}$  და  $\text{Mg}^{++}$  იონებთან, რის შედეგადაც მიიღება წყალში უხსნადი კალციუმისა და მაგნიუმის მარილები



ქაფი წარმოიქმნება ხსნარიდან ამ იონების ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) სრული გამოლექვის შემდეგ.

ხისტ წყალში საკვები პროდუქტები ცუდად იხარშება და ბოსტნეული უგემურია, თუმცა, სანიტარიულ-ჰიგიენური თვალსაზრისით, ეს იონები საშიში არ არის. ხისტი წყალი დუღილისას წარმოქმნის მინადულს ორთქლის ქვაბებსა და მიღების კედლებზე,

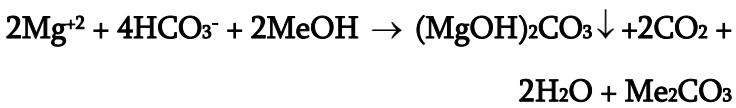
რაც იწვევს სითბოს გატარების შემცირებას, საწვავის დიდ ხარჯს, ქვაბების მწყობრიდან მალე გამოსვლას. ხისტი წყალი მავნებელია ლითონური კონსტრუქციების, მილგაყვანილობის და მანქანებში გამაცივებელი გარსაცმისათვის.

$\text{Ca}^{++}$  და  $\text{Mg}^{++}$  იონთა ჯამური კონცენტრაცია წყლის საერთო სიხისტეს განაპირობებს.

განასხვავებენ კარბონატულ (დროებით) და არაკარბონატულ (მუდმივ) სიხისტეებს. კარბონატული სიხისტე გამოწვეულია წყალში  $\text{Ca}$  და  $\text{Mg}$ -ის ჰიდროკარბონატების არსებობით. დუდილისას ჰიდროკარბონატები კარბონატებად გარდაიქმნება და წყალს სცილდება

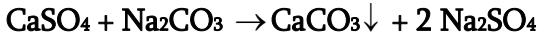


ამ რეაქციაზეა დაფუძნებული სტალაქტიდების წარმოქმნა.  $\text{Mg}^{++}$  ილექება  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$  ან  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  -ის სახით, თუ  $\text{pH} > 10,3$

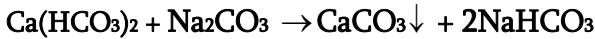


წყლის დუდილით სცილდება დროებითი სიხისტე და წყალში რჩება არაკარბონატული (მუდმივი) სიხისტე, რასაც ძლიერი მჟავების  $\text{Ca}^{++}$  და  $\text{Mg}^{++}$  მარილების

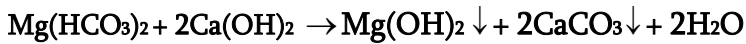
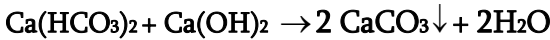
– სულფატების, ქლორიდების არსებობა განაპირობებს. მუდმივი სიხისტის მოცილება ქიმიური მეთოდით ხდება. მაგ., სოდის დამატებით



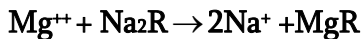
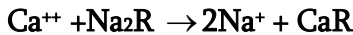
დროებითი სიხისტის აცილება ქიმიურადაც შეიძლება



კარბონატული სიხისტის მოცილება ჩამქრალი კირის დამატებით



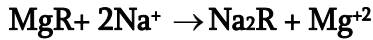
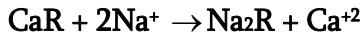
წყლის სიხისტე შეიძლება ავიცილოთ იონიტების (იონგაცვლითი უნარის მქონე ნივთიერებების), კერძოდ, კატიონიტების გამოყენებით. კატიონიტები – კატიონგამცვლელი სინთეზური ფისები ან ალუმინ-სილიკატებია; მათი მოქმედება ასე გამოისახება: კატიონიტის ფენაზე წყლის გატარებთ, ნატრიუმის კატიონები გაიცვლება  $\text{Ca}^{++}$  და  $\text{Mg}^{++}$  კატიონებზე





Ca<sup>++</sup> და Mg<sup>++</sup> იონები ხსნარიდან გადადიან კატიონიტზე, ხოლო Na<sup>+</sup> კატიონიტიდან ხსნარში და ამგვარად სცილდება წყალს სიხისტე.

Na<sup>+</sup>-ის დიდი ნაწილის გამოყოფის შემდეგ ახდენენ კატიონიტის რეგენერაციას, რისთვისაც მას აყოვნებენ NaCl-ის ხსნარში, სადაც შემდეგი პროცესი მიმდინარეობს:



რეგენერირებულ კატიონიტს კვლავ იყენებენ ხისტი წყლის შესარბილებლად.

წყლის სიხისტის ხარისხს გამოსახავენ Ca<sup>++</sup> და Mg<sup>++</sup> იონების მილიეკვივალენტების (მეკვ) ჯამით 1 ლ წყალში. მაშასადამე, წყლის საერთო სიხისტე ტოლია:

$$s = \frac{[\text{Ca}^{+2}]}{20,04} + \frac{[\text{Mg}^{+2}]}{12,0},$$

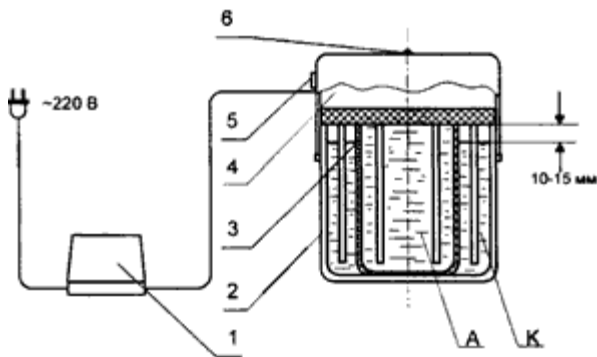
სადაც [Ca<sup>+2</sup>] და [Mg<sup>+2</sup>] კალციუმისა და მაგნიუმის იონთა კონცენტრაციებია, მგ/ლ.

წყალსადენების, სამეურნეო-სასმელი წყლის სიხისტე 7 მეკვ/ლ არ უნდა აღემატებოდეს.

## 17. ცოცხალი და მკვდარი წყლები

1981 წელს, ჟურნალ „გამომგონებელი და რაციონალიზატორის“ («Изобретатель и рационализатор») მეორე ნომერში გამოქვეყნდა ლატიშევის სტატია „მოულოდნელი წყალი“, რომელიც ელექტროაქტივირებული წყლის თვისებებს აღწერდა. დ.კროტოვმა ამ სტატიის მიხედვით შემოგვთავაზა ელექტროაქტივირებული წყლის მისაღები ელექტროლიზერი – ელექტროლიტური აბაზანა, რომელიც გაყოფილია ნახევარგამტარი ტიხარით (უმარტივეს შემთხვევაში ბრეზენტით) კათოდურ და ანოდურ სივრცეებად.

წყლით სავსე აბაზანაში (2) ჩადგმულია კერამიკული ჭიქა, რომელიც დიაფრაგმის როლს ასრულებს კათოდსა და ანოდს შორის, ატარებს მუდმივ ელექტრულ დენს. ელექტროლიზის პროცესში ანოდურ სივრცეში მიიღება „მკვდარი“ წყალი, რომელიც დადებითადაა დამუხტული და კათოდურ სივრცეში „ცოცხალი“ წყალი, უარყოფითი მუხტით.



ნახ. 12. წყლის ელექტროაქტივატორის ზოგადი სახე. 1-  
კვების ბლოკი, 2-ძირითადი ჭურჭელი, 3-კერამიკული  
ჭიქა, 4-სახურავი ელექტროდებით, 5-დამჭერი, 6-  
ინდიკატორი

წყალი გარდაიქმნება ელექტროლიტად, რომელიც სწრაფად ურთიერთქმედებს ორგანიზმში არსებულ სითხეებთან (სისხლთან, ლიმფასთან, კუჭის წვენთან, უჯრედებს შორის არსებულ სითხესთან). ადამიანის ორგანიზმი ენერგეტიკული სისტემაა და სწორედ ამ წყლის დადებითი და უარყოფითი მუხტებით ხდება უჯრედების ენერგეტიკული ბალანსის შენარჩუნება.

ელექტროაქტივირებული წყალი შეიძლება გამოიყენონ საყოფაცხოვრებო, სამეურნეო და სამკურნალო

მიზნებისათვის.

”მკვდარი” წყალი (ანოლიტი, მჟავა წყალი, ბაქტერიოციდი) სითხეა, რომელსაც ოდნავ მოყვითალო ფერი, მჟავე სუნი, მწკლარტე გემო დაკრავს. მისი  $\text{pH}=2,5-3,5$  თავის თვისებებს ინარჩუნებს 1–2 კვირის განმავლობაში დახურულ ჭურჭელში შენახვისას. ამ წყლით შეიძლება პირის, ცხვირისა და ყელის გამოვლება გაცივებისას, გრიპის ეპიდემიის დროს, ინფექციურ საავადმყოფოებში, პოლიკლინიკებსა და ადამიანთა თავშეყრის ადგილებში ყოფნის შემდეგ. ხსნის მაღალ წნევას, ამშვიდებს, აუმჯობესებს ძილს, სახსრებში ტკივილს ამცირებს, სპობს სოკოს, აჩქარებს სურდოსგან განკურნებას, სასარგებლოა ჭამის შემდეგ პირის ღრუს გამოსავლებად - აჩერებს ღრძილებიდან სისხლდენას და აცილებს კბილზე ნადებ ქვებს. ”მკვდარი” წყლით შეიძლება გრუნტის დეზინფიცირება. ”მკვდარი” წყლის ანტიმიკრობული აქტიურობა გაპირობებულია დაბალი მინერალიზაციით და მომატებული ჰიდრატაციის უნარით, რომელიც ხელს უწყობს უჯრედის ბადესა და თვით უჯრედში კარგ შეღწევადობას, ქმნის ოქსიდანტების ინტენსიური

ოსმოსური და ელექტროოსმოსური გადატანის პირობებს უჯრედშიგა არეში.

”ცოცხალი” წყალი (კათოლიტი, ფუძე წყალი, ბიოსტიმულატორი) ძალიან რბილია, უფე როა, ტუტე გემოს მქონე,  $\text{pH}=8,5-10,5$ ; ელექტრო ლიზის შემდეგ მასში გამოიყოფა ნალექი – წყლის ყველა მინარევი, მათ შორის რადიონუკლეინები და წყალი იწმინდება. დახურულ ჭურჭელში ორი კვირა ინარჩუნებს თვისებებს. კარგი სტიმულატორია, აღადგენს ორგანიზმის იმუნურ სისტემას, უზრუნველყოფს ორგანიზმის ანტიოქსიდანტურ დაცვას, განსაკუთრებით ვიტამინების გამოყენებასთან ერთად. წარმოადგენს ენერჯის წყაროს. ტყუილად არ დაარქვეს ”ცოცხალი” წყალი. ააქტიურებს ორგანიზმში მიმდინარე ბიოპროცესებს, ზრდის არტერიულ წნევას, აუმჯობესებს მადას, ნივთიერებათა ცვლას, საერთო შეგრძნებებს; ჩქარა ახორციებს სხვადასხვა სახის ჭრილობებს, მათ შორის კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულს, სიდამწვრეს. ”ცოცხალი” წყალი არბილებს კანს, თანდათან ასწორებს ნაოჭებს, სპობს ქერტლს, თმებს არბილებს და ა.შ. მასში ჩქარა ცოცხლდება და დიდხანს ინახება შემქვანარი ყვავილები და მწვანე ბოსტნეული. ამ

წყალში დასველებისას თესლი უფრო ჩქარა ღვივდება, მორწყვისას უკეთ იზრდება და კარგ მოსავალს იძლევა.

დღეისათვის ცნობილია, რომ ამ წყლის გამოყენება ეკოლოგიურად მავნე არ არის, არ გროვდება გარემოში, ხმარობენ როგორც გარეგანი, ისე შინაგანი დანიშნულებით. ელექტროაქტივირებულ წყალს იყენებენ იაპონიაში, ავსტრიაში, გერმანიაში, პოლონეთში, ინდოეთში, ისრაელსა და სხვა ქვეყნებში. რა თქმა უნდა, ელექტროაქტივირებული წყალი არ არის ყველა ავადმყოფობის პანაცეა, მაგრამ ცნობილია, რომ წყლის ხარისხზეა დამოკიდებული ყველა სასიცოცხლო პროცესი და, საბოლოო ჯამში, თითოეული ჩვენგანის ჯანმრთელობა.

## 18. წყლის ანომალიური თვისებები

ჩამოთვლილი ექსტრაორდინალური თვისებებიდან გამომდინარე, წყალს აქვს მოწესრიგებული სტრუქტურა, რის გამო შეიძლება ინფორმაციის მატარებელი იყოს.

მეცნიერებისათვის ცნობილია წყლის 66 თვისება, რომლებიც დღემდე აუხსნელია, მათ შორისაა დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობა.

წყლის ანომალიური თვისებები, რომლებიც განსაზღვრავენ დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობას, ცვალებად სიმკვრივეს, მაღალ სითბოტევადობასა და ზედაპირულ დაჭიმულობას აიხსნება ორი სტრუქტურით, რომელშიც ხდება სითხის მოლეკულების თვითორგანიზება.

წყლის მოლეკულები ერთიანდება კლასტერებად და ინარჩუნებს განსაკუთრებულ თვისებებს. კლასტერებს მუდმივი აღნაგობა აქვს და პასუხისმგებელია მეხსიერებაზე.

მასარე ემოტოს ლაბორატორიაში ჩატარებული კვლევების შედეგად მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ დადებითი ემოცია წყლის სტაბილიზაციას ახდენს.

ასეთი წყლით მორწყვა აჩქარებს ბოსტნეულის ზრდას, და 20%-ით ნაკლები სჭირდება.

წყალი რბილი და დამყოლია, ამავე დროს ძალზე მაგარი და მტკიცეა.

ვაზური გარდაქმნისას წყლის განახლება ხდება. იგი იცილებს ინფორმაციულ ჭუჭყს (რომელიც აბინძურებს მას), ინარჩუნებს საბაზისო სტრუქტურას.

მაგნიტური ველით დამუშავებული წყალი მნიშვნელოვნად იცვლის ბიოლოგიურ აქტიურობას. ზოგ შემთხვევაში, ხელს უწყობს ბევრი დაავადების მკურნალობას, ჭრილობების შეხორცებას და ა.შ.

წყლის ფიზიკური თვისებების გარკვეული ცვლილებები გარე ველის მოქმედებითაც ხდება. ექსპერიმენტული მონაცემებით, წყალზე ელექტრული ველის მოქმედებით იზრდება მისი აორთქლების სიჩქარე; ულტრაბგერის მოქმედებით მცირდება სიბლანტე. ახლად კონდენსირებული წყლის სიმკვრივე მაღალია. ცნობილია, აგრეთვე, რომ გარე ველის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ წყალი რაღაც დროის განმავლობაში ინარჩუნებს ამ ანომალიურ თვისებებს. ზოგი მეცნიერი ამას წყლის "სტრუქტურულ მეხსიერებას" უწოდებს.



ანომალიურად მაღალი ზედაპირული დაჭიმულობის გამო, მის ზედაპირზე ზოგი მწერი ადვილად დადის.

წყალი 100°C-ზე ორთქლდება, მაგრამ გარეცხილი ქსოვილი, როგორც გარეცხილი ჭურჭელი ან დაღვრილი წყალი შრება გაცილებით დაბალ ტემპერატურაზე. ყინულის ზედაპირზე ყოველთვის არის წყლის ნაჯერი ორთქლი.

ცხელი წყალი იყინება ცივზე უფრო ჩქარა, თუმცა ლოგიკის მიხედვით, ცივი წყალი უფრო ადრე უნდა გაიყინოს. ცხელი წყალი ჯერ უნდა გაცივდეს ცივის ტემპერატურამდე, შემდეგ გარდაიქმნას ყინულად, მაშინ, როდესაც ცივ წყალს ეს დამატებითი გაცივება არ სჭირდება. ამას ეწოდება მკემბას (ამ მოვლენის აღმომჩენის გვარი) ეფექტი. წყლის ეს უნიკალური თვისება ჯერ კიდევ არისტოტელემ, ფრენსის ბეკარმა და რენე დეკარტმა შენიშნეს. მეცნიერებს ბოლომდე არ ესმით ამ მოვლენის არსი. მას ხსნიან გადამეტცივებას, აორთქლებას, ყინულის წარმოქმნას, კონვექციას შორის განსხვავებით ან გათხევადებული აირების მოქმედებით ცხელ და ცივ წყალზე.

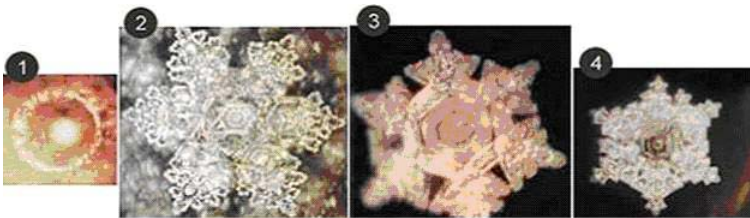
იაპონელმა მეცნიერმა გუოგუამ შეისწავლა წყლის გამოყენება საწვავად. მისი დაკვირვებით, თუ ბენზინს სრულად მოვაცილებთ წყალს, იგი არ იწვის.

განსაკუთრებული თვისებები აქვს წყალს გარდამავალ მდგომარეობაში, მაგ., ყინულის დნობისას. ბევრს უნახავს, რომ თოვლის გროვის ღლობისას გამლღვალ ადგილებში უკვე იზრდება ბალახი, ეს მდნარი წყლის გავლენით ხდება, რომელიც აჩქარებს ბიოლოგიურ პროცესებს მცენარეულ ორგანიზმებში.

წინასწარი გამოკვლევებით, ჰიმალაის მაღალმთიანი ტბების წყალი კურნავს ადამიანებს დიაბეტის, რევმატიზმის, პოლიართრიტის და ავთვისებიანი სიმსივნისგანაც კი. ასევე ჰიმალაიში აღმოჩენილ იქნა სომატის ფენომენი, რომლის მექანიზმი ეფუძნება ორგანიზმში არსებული წყლის გადასვლას, მეცნიერებისათვის ჯერ უცნობ, მეოთხე აგრეგატულ მდგომარეობაში. ამ ფაზის გამო, სხეული გაუხრწნელი რჩება, სისხლი არ დედდება და ვერცხლის ძაფი სხეულსა და სულს შორის არ წყდება.

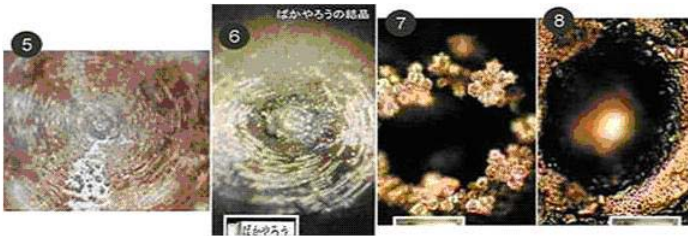
წყალს მეხსიერებაც აქვს. იგი იღებს, აღბეჭდავს ყველაფერს, რაც მის გარშემო ხდება. იძენს ახალ თვისებებს, ინარჩუნებს ქიმიურ შედგენილობას.

იაპონელმა მეცნიერმა მასარუ ემოტომ წყლის ბიოენერგეტიკის გამოკვლევისას ჩაატარა ცდები წყლის სტრუქტურის დასადგენად. იღებდა წყალს სხვადასხვა წყაროდან, გამოხდილ წყალს, წყალსადენიდან და თხევადი აზოტის დახმარებით სწრაფად აცივებდა, შედეგად წარმოიქმნებოდა ყინულის მცირე ზომის კრისტალები, რომლებსაც აკვირდებოდა მაღალსიხშირიანი მიკროსკოპით. შედეგად დაადგინა, რომ მეგაპოლისის წყალსადენიდან მიღებული ყინულის კრისტალები იყო ძლიერ დეფორმირებული და ულამაზო, განსხვავებით მთის წყაროების წყლისგან, რომელთა კრისტალები შთამბეჭდავად სუფთა და ლამაზია.



1. გამოხდილი წყლის კრისტალი; 2. წყაროს წყლის კრისტალი; 3. ანტარქტიდის ყინული; 4. წყლის კრისტალი, რომელსაც მოასმენინეს ბეთჰოვენის პასტორალი;

შემდგომ კვლევებში დოქტორი ემოტუ იღებდა გამოხდილ წყალს და სინჯარებს უკეთებდა წარწერებს დადებითი ემოციური სურვილებით მაგ., გმადლობთ, სიყვარული, კეთილდღეობა და ა.შ.; ნეგატიური სურვილებით – შენ სულელი ხარ, ბოროტება, სიძულვილი და სხვა. გაყინვის შემდეგ წყლის კრისტალები პოზიტიური ემოციური წარწერით იყო ძალიან ლამაზი, კაშკაშა და მრავალწახნაგიანი, ხოლო ნეგატიური წარწერით ნახევრად დაშლილი, უშნო და მუქი შეფერილობის.



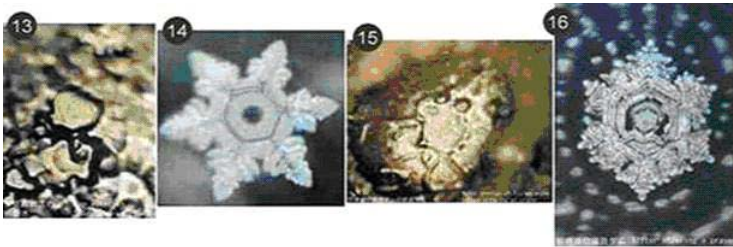
5. წყლის კრისტალი, რომელსაც მოასმენინეს მძიმე როკი; 6. წყლის კრისტალი, რომელსაც უთხრეს ”შენ სულელი ხარ”; 7. წყლის კრისტალი, რომელსაც უთხრეს სიტყვა ”ანგელოზი”; 8. წყლის კრისტალი, რომელსაც უთხრეს სიტყვა ”ემშაკი”;

კვლევებმა აჩვენა, რომ წყალი, რომელსაც ეუბნებოდნენ თბილ და კეთილ სიტყვებს თვეების შემდეგაც

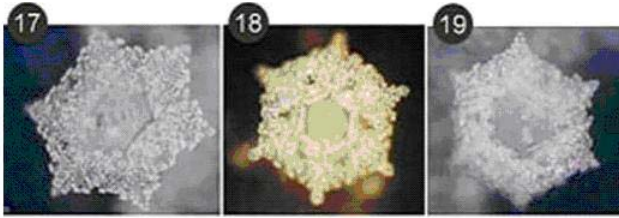
კი არ ძველდება, ხოლო წყალი, რომელსაც ეუბნებიან ნეგატიური ელფერის მქონე სიტყვებს – დათვლილ დღეებში ღვება.



9. წყალმა მიიღო თხოვნა ”გაკეთდეს ეს”; 10. წყალმა მიიღო ბრძანება ”გააკეთე ეს”; 11. სიტყვები ”გამიწყალე გული, მე შენ მოგკლავ”; 12. წყალმა მიიღო სიყვარულის და მადლიერების ელექტრომაგნიტური გამოსხივება;



13. ტოკიოს წყალსადენის წყალი; 14. იგივე წყალი, რომელსაც 500 ინსტრუქტორმა მთელ იაპონიაში ერთდროულად გაუგზავნა კეთილი აზრები; 15. წყალი აღებული (Fujiwara) ფუჟივარას ტბიდან ლოცვის წინ; 16. იგივე ტბიდან აღებული წყალი ლოცვის შემდეგ;



17. სიტყვები ” სიყვარული და კეთილდღეობა ” წარმო-  
 თქმული ინგლისურად; 16. სიტყვები ” სიყვარული და  
 კეთილდღეობა” წარმოთქმული იაპონურად; 18. სიტყ-  
 ვები ” სიყვარული და კეთილდღეობა” წარმოთქმული  
 გერმანულად.

თუ სიტყვებს ასეთი ზეგავლენის მოხდენა  
 შეუძლია წყლის სტრუქტურაზე, ჩვენ კი 70–80%  
 წყლისგან შევდგებით, საინტერესოა ჩვენი ნეგატიური  
 დიალოგი რას გვიზამს ან უკვე გვიქნა? დაფიქრდით, რა  
 ხდება თქვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში? რაზე  
 ფიქრობთ და, რაც მთავარია, როგორ და რა აზრებით,  
 რა სიტყვებით აფორმებთ ყველაფერს?

აქვს თუ არა წყალს მეხსიერება? ჰომეოპათია  
 ამტკიცებს, რომ ჰომეოპათიური პრეპარატის განზავე-  
 ბული ხსნარი სამკურნალო ეფექტს ორგანიზმზე ავლენს  
 მაშინაც, თუ განზავების კოეფიციენტი იმდენად დიდია,

რომ ხსნარში არ დარჩა არაფერი წყლის მოლეკულების გარდა. ჰომეოპათიის მომხრეები ამ პარადოქსს "წყლის მეხსიერებით" ხსნიან, რომლის თანახმად წყალს მოლეკულურ დონეზე გააჩნია "მეხსიერება" ნივთიერების შესახებ, რომელიც ოდესღაც მასში იყო გახსნილი და ინარჩუნებს ხსნარის თვისებებს, რომელიც ჰქონდა საწყისი კონცენტრაციის დროს და შემდეგაც, რაც მასში ინგრედიენტის არც ერთი მოლეკულა არ დარჩა.

წყლის მეხსიერების მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ მკვდარი ზღვა, სადაც სიცოცხლე არ არის, რომელიც წარმოიქმნა ქალაქების – სოდომისა და გომორას ადგილზე.

წყალს აქვს ინფორმაციის გადაცემის უნარიც. უფრო და უფრო ვრცელდება იდეა წყლის წრებრუნვის შესახებ, კაცობრიობის ინფორმაციული ველის გავლით. დროის ნებისმიერ მომენტში წყლის საერთო მარაგის 0,005% მონაწილეობს წყლის წრებრუნვის პროცესში. წყლის წვეთი დაახლოებით 9 დღის განმავლობაში მოძრაობს ჰაერში და აღრიცხავს კაცობრიობის ველის ინფორმაციას. როდესაც იგი ნალექის სახით ბრუნდება, შეიძლება მყინვარში შეჩერდეს 40 წელი, ტბაში 100

წელი, დედამიწაზე 200-დან 1000 წლამდე. წყლის მოლეკულა ოკეანეში რჩება 40 000 წელი, სანამ კვლავ დაიწყებს წრებრუნვას. ბოლოს და ბოლოს დედამიწაზე წყლის ყოველი წვეთი გადის წრებრუნვის სრულ ციკლს, იწერს და ინახავს გარკვეული რაოდენობის ინფორმაციას.

ადამიანის ტვინის ძირითადი მასა წყალია. წყალი ადამიანის ორგანიზმში აზროვნების და მეხსიერების მექანიზმის ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტია, გადმწყვეტ როლს ასრულებს ცენტრალური ნერვული სისტემის საქმიანობაში. თუ ადამიანი კარგავს წყლის 10%-ს, იწყება თვითმოწამვლა, ხოლო 21% - ის დაკარგვა სიკვდილს იწვევს.

ლოცვის რხევის სიხშირე ემთხვევა დედამიწის რხევის სიხშირეს და 8 ჰერცს შეადგენს. წყალი ნებისმიერ აგრეგატულ მდგომარეობაში იძენს ნიადაგის ვიბრაციას. არ არსებობს რელიგია, რომელიც არ იყენებს წყლით რიტუალის ელემენტებს. მრავალი პირველყოფილი რელიგიისათვის დამახასიათებელი იყო რიტუალური განზანვა.



იუდაიზმში წყლით განბანვის რიტუალი სრულდებოდა შაბათის და სხვა რელიგიური დღესასწაულების წინ.

ბუდას გონება უნათდებოდა, როცა უყურებდა მწვანე ფოთლებზე მბრწყინავ ცვრის წვეთებს.

ისლამში ასევე გვხვდება წყლით განბანვის რიტუალი, დადგენილი სხვადასხვა სიტუა ციისა და მომლოცველის განსხვავებული მდგომარეობისათვის.

ქრისტიანულ რელიგიაში მიღებულია ნათლობის რიტუალი, რომელიც მოიცავს ახალშობილის წმინდა წყლით დასხურებასა და განბანვას.

როგორც ბიბლიიდანაა ცნობილი, ქრისტემ სულიერი ძალა შეიძინა 30 წლის ასაკში, მდინარე იორდანეში ბანაობის შემდეგ. ნათლისღების დღესასწაულის დროს ეკლესიებში ახდენენ წყლის კურთხევას. მართლმადიდებელ ქრისტიანებს ეს წყალი მიაქვთ სახლებში და ინახავენ მთელი წლის განმავლობაში, სვამენ, ასხურებენ საცხოვრებელს და სხვ.

ყველაფერი წყალში იღებს საწყისს და წყალშივე თავდება.

## ლიტერატურა

1. Г. Реми. Курс неорганической химии. М.:Мир, 1972г.
2. Л.Полинг. Общая химия. М.: Мир, 1964г.
3. Н.С.Ахметов. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1981г.
4. ვ. კოკოჩაშვილი, ნ. ფირცხალავა. არაორგანული ქიმიის კურსი. თბილისი: განათლება, 1966 წ.
5. Дж.Кемпбел. Современная общая химия, 1,2,3 ч. М.: Мир, 1975г.
6. Ф.Коттон, Дж.Уилкинсон. Современная неорганическая химия, 1,2,3 ч. М.: Мир, 1969г.
7. Р.Л.Глинка. Общая химия. КноРус, 2010г.
8. მ. ნაცვლიშვილი, ლ. კლიშიაშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი. წყლის ეკოლოგია. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009 წ.
9. Н.В.Коровин. Общая химия.: М. Высшая школа, 2008 г.
10. А.Л.Ивчаев, В.И.Малов. Химия воды и микробиология. М.: Инфра, М. 2009г.
11. И.В.Богомолва. Неорганическая химия. Альфа-М, 2009г.
12. რ.კლდიაშვილი. 375 კითხვა-პასუხი ბიოარაორგანულ ქიმიაში. თბილისი: ცოდნა, 2008 წ.

13. რ. კლდიაშვილი. ბუნებისმეტყველის მოგზაურობა ცნობიერების შეცვლის თვალსაწიერში. თბილისი: ცოდნა, 2007წ.
14. გ. ჭირაქაძე, დ. ბიბილეიშვილი. გავიმეორეთ ქიმია, ნაწ. I. თბილისი: ევრიკა, 1992 წ.
15. გ. ჭირაქაძე, დ. ბიბილეიშვილი. გავიმეორეთ ქიმია, ნაწ. III. თბილისი: 1993 წ.
16. დ. ბიბილეიშვილი. ფიზიკური ქიმია. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2006 წ.
17. В.Латышев. Неожиданная вода. Ж.Изобретатель и рационализатор №2, 1981г.
18. О.Романова. Лечение живой и мертвой водой. Минск: Вектор, 2007г.
19. Г.Д.Лысенко. Лечение «Живой» и «Мертвой» водой. Современная школа, 2009г.
20. [Http://www.Knlife.ru/energetika/eshhe-nemnogo-o-vode.html](http://www.Knlife.ru/energetika/eshhe-nemnogo-o-vode.html)
21. Досократики. Минск: Харвест, 1999г.
22. თ. წივწივაძე. ზოგადი ქიმია. თბილისი: განათლება, 1992 წ.
23. გ. მისტრალი. პოემები პროზად მოთხრობილი. თბილისი: საქართველოს მაცნე, 2008 წ.

”შენ არა გაქვს არც ფერი, არც გემო, არც სუნი, შენი აღწერა შეუძლებელია, შენით ტკბებიან, თუმც არ იციან რა ხარ, არ შეიძლება ითქვას, რომ შენ აუცილებელი ხარ ცხოვრებისათვის, შენ თვით ცხოვრება ხარ.”

ანტუან დე სენტ ევზიუპერი

”წარვედ წყალის პირს, სევდიანი ფიქრთ გასართველად

.....  
ვინ იცის, მტკვარო, რას ბუტბუტებ, ვისთვის რას იტყვი?  
მრავალ დროების მოწამე ხარ, მაგრამ ხარ უტყვი.”

ნიკოლოზ ბარათაშვილი

“მორბის არაგვი, არაგვიანი, თან მოსძახიან მთანნი  
ტყიანნი

და შეუპოვრად მოუთამაშებს გარემო თვისსა ატეხილ  
ჭალებს “

ნიკოლოზ ბარათაშვილი

”წყალს მიეცა ჯადოსნური ძალაუფლება გახდეს  
სიცოცხლის საწყისი დედამიწაზე.”

ლეონარდო და ვინჩი