

გეცნიერება და ტექნოლოგიები



განათლების
და მეცნიერების
მინისტრო



პროფესიული
უნივერსიტეტის
სამსახური

პროექტული დავალებების კრებული

სარჩევი

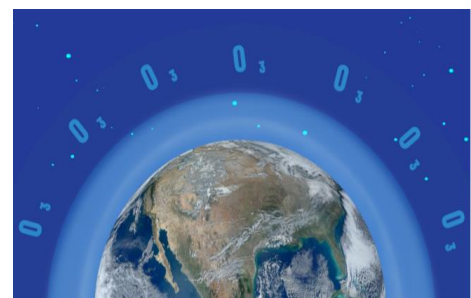
თემა 1: ჩვენი სამყარო	3
„კარგი და ცუდი“ ოზონი	3
თერმოდინამიკის კანონები ბიოლოგიურ სისტემებში	22
კატალიზური რეაქციები.....	36
ვსუნთქავთ ბოილ-მარიოტის კანონზე დაყრდნობით	45
თემა 2: მრეწველობა და ყოფა-ცხოვრება.....	53
მწვანე სოფლის მეურნეობა.....	53
ელექტროლიზი.....	74
მიკროორგანიზმები კვების მრეწველობაში	83
ელექტროენერგიის მიღების ტრადიციული და არატრადიციული მეთოდები...	94
თემა 3: ტექნოლოგიები და მედიცინა.....	119
სიჩუმის ექო.....	119
თვალი - ოპტიკური სისტემა.....	133
რადიოლოგია და სხივური თერაპია	159
კარსტული მღვიმე - სპელეოთერაპიის განვითარების შესაძლებლობა	168
თემა 4: საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია	184
მარჯნის რიფების გაუფერულება.....	184
მინამატას დაავადება - ტექნოგენური კატასტროფის შედეგი, თუ უბრალოდ ავადმყოფობა	197
ნამარხების დათარიღება რადიონახშირბადის მეთოდით	210
ტემპერატურული ჰომეოსტაზი.....	218

თემა 1: ჩვენი სამყარო

„კარგი და ცუდი“ ოზონი

ოზონის შრე	გაკვეთილი 1	გეოგრაფია	მასწავლებელი სტუდენტებს აცნობს ქეისსა და პროექტულ დავალებას. საუბრობს ზოგადად ატმოსფეროზე (რაობა, მნიშვნელობა, ფენები), შემდგომ კი ოზონის ფენაზე (მდებარეობა, მნიშვნელობა დედამიწისთვის).
	გაკვეთილი 2	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ჰაერს, როგორც ნარევს, მის შემადგენელ მუდმივ და ცვლად კომპონენტებს, სხვადასხვა გრაფიკული მაორგანიზებული წარმოაჩენს ჰაერის შემადგენელი კომპონენტების მასურ და მოცულობით წილებს.
	გაკვეთილი 3	გეოგრაფია	მასწავლებელი განიხილავს საკითხს, თუ რატომ შეთხელდა ოზონის შრე ანტარქტიდის/ არქტიკის თავზე.
	გაკვეთილი 4	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ალოტროპიის მოვლენას, ჟანგბადიდან ოზონის მიღებას, განიხილავს სხვა ელემენტების ალოტროპიულ სახეცვლილებებს, მათ გამოყენებას ყოფა-ცხოვრებაში.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ფაქტორებს, რომლებიც განაპირობებენ ოზონის შრის დაზიანებასა და იმსჯელებს ოზონის შრის დასაცავად გასატარებელ ღონისძიებებზე.
	გაკვეთილი 6	გეოგრაფია	მასწავლებელი განიხილავს კავშირს ოზონის შრის შეთხელებასა და კლიმატის ცვლილებას შორის.
	გაკვეთილი 7	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს კავშირს ოზონის შრის გათხელებას და გენეტიკურ დაავადებებს შორის; მუტაგენურ ფაქტორებს; მუტაციის ტიპებს.
	გაკვეთილი 8	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს მუტაციის როლს ბიომრავალფეროვნების წარმოქმნაში და გარემოს დაცვითი ღონისძიებების მნიშვნელობას გენეტიკური დაავადებების პრევენციისთვის.
	გაკვეთილი 9	გეოგრაფია	მასწავლებელი განიხილავს მონრეალის ოქმს, სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს

სამიზნე ცნება: მატერია, ენერგია და ურთიერთქმედება, მდგრადობა და ცვლილება



„კარგი და ცუდი“ ოზონი

მე-19 საუკუნის 40-იან წლებში, მეცნიერმა ქრისტიან ფრიდრიხ შონბეინმა (Christian Friedrich Schönbein) სხვადასხვა ტიპის ექსპერიმენტის დროს აღმოაჩინა აირი, რომელსაც ლურჯი ფერი და მძაფრი სუნი ჰქონდა. აირს ბერძნული სიტყვა „ozein“ უწოდა, რაც „სუნის“ ნიშნავს. დადგინდა, რომ ოზონს დეზინფექციის უნარიც აქვს. მცირე დოზებით არამარტო უვნებელია, არამედ სასარგებლოც. პირველ მსოფლიო ომში ოზონი განგრენის სამკურნალოდ და ჭრილობების სადეზინფექციოდ გამოიყენებოდა.

ოზონი ბუნებრივად ატმოსფეროში წარმოიქმნება ჩვენი პლანეტის გარშემო თხელ შრეს ქმნის, რომელსაც დედამიწის ბუნებრივ დამცავ „ფარად“ მოიხსენებენ. ოზონი მზის ულტრაიისფერი მავნე გამოსხივებისაგან გვიცავს, მაგრამ სამწუხაროდ ადვილად იშლება ჟანგბადის მოლეკულისაგან გასხვავებით.

პროექტული დავალება

1974 წელს, Nature Magazine-ში საგანგაშო სტატია გამოქვეყნდა, რომელიც საზოგადოებას ატმოსფეროში ოზონის შრის გათხელებას ამცნობდა. ონკოლოგებმა მსოფლიოს მასშტაბით კანის სიმსივნეების სწრაფად ზრდას მიაქციეს ყურადღება, რომელიც მანამდე სტანდარტულ სტატისტიკას წარმოადგენდა.

წარმოიდგინე რომ ხარ ჟურნალისტი, მიგავლინეს NASA- ში მეცნიერებთან შესახვედრად. მოამზადეთ **სტატია** ოზონის შრის პრობლემის გამომწვევი მიზეზების, არსებული სიტუაციისა და მოსალოდნელი შედეგების შესახებ.

ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- რა მნიშვნელობა აქვს სტრატოსფეროში არსებულ ოზონის შრეს და რომელი ბუნებრივი ფაქტორები განაპირობებენ ატმოსფეროში ოზონის წარმოქმნას?
- რა მსგავსება - განსხვავებაა ელემენტი ჟანგბადის ალოტროპიულ სახეცვლილებებს (ჟანგბადსა და ოზონს) შორის?
- რა ფაქტორები განაპირობებენ ოზონის შრის შეთხელებას ანტარქტიდის თავზე?
- რა გავლენას ახდენს ორგანიზმებსა და კლიმატზე ოზონის შრის ცვლილება ატმოსფეროში?
- რა პრევენციული ღონისძიებების გატარებაა აუცილებელი ოზონის შრის აღსადგენად?

კრიტერიუმი I - რა მნიშვნელობა აქვს სტრატოსფეროში არსებულ ოზონის შრეს და რომელი ბუნებრივი ფაქტორები განაპირობებენ ატმოსფეროში ოზონის წარმოქმნას?

- ✓ რატომ არის ატმოსფერო მნიშვნელოვანი დედამიწისთვის?
- ✓ როგორია ატმოსფეროს ფენების განაწილება?
- ✓ როგორია ატმოსფეროს შემადგენლობა?
- ✓ სად მდებარეობს და რა მნიშვნელობა აქვს ოზონის შრეს/ეკრანს?
- ✓ როგორ წარმოიქმნება ტროპოსფერული ოზონი?
- ✓ რას იწვევს დედამიწისპირა ოზონის მატება ცოცხალი ორგანიზმებისათვის? გარემოსათვის?
- ✓ რატომ მოიხსენიებენ ტროპოსფერულ ოზონს „ცუდ ოზონად“?

დედამიწის ატმოსფერო (ბერძ. „ἀτμός–ატმოს“- ორთქლი, ჰაერი, „σφαῖρα–სფერა“-სფერო) — დედამიწის ჰაერის გარსი. შედგება აზოტის (78 %), ჟანგბადის (21 %), ნახშირორჟანგის (0,03 %), ინერტული აირების, წყლის ორთქლის, მტვრისა და მიკროორგანიზმებისაგან. ატმოსფეროს სისქე 3000 კილომეტრია. აქ გამოიყოფა 5 ფენა: ტროპოსფერო – 7-18 კმ; სტრატოსფერო – 50 კმ-მდე; მეზოსფერო – 85 კმ-მდე; თერმოსფერო – 300 კმ; 600-1000კმ-ის

ზემოთ კი ეგზოსფეროა. 50 კმ სიმაღლეზე, ოზონის კონცენტრაცია შეინიშნება (ოზონსფერო).

ატმოსფერო დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობის უმთავრესი პირობაა. მისი ქვედა საზღვარი დედამიწის ზედაპირია, ხოლო ზედა პირობითად 2000-3000 კილომეტრამდე ვრცელდება. ასეთ სიმაღლეზე ჰაერი ძალზე გაიშვიათებულია. ატმოსფეროს ჰაერი ძირითადად ორი აირისგან - აზოტისა (78%) და ჟანგბადისაგან (21%) შედგება. გარდა ამისა, ჰაერში გაბნეულია ნახშიროჟანგი (1%-ზე ნაკლები, არგონი და სხვა). როგორც ცნობილია, ჟანგბადის გარეშე სუნთქვა, წვა, ლპობა; ნახშიროჟანგის გარეშე კი - ორგანულ ნივთიერებათა წარმოქმნა. ატმოსფერო შეიცავს აგრეთვე წყლის ორთქლს, მტვერს, ყინულის კრისტლებს.

სიმაღლეზე ტემპერატურის ცვალებადობის, სიმკვრივისა და სხვა თვისებების მიხედვით დედამიწის ჰაერის გარსი რამდენიმე ნაწილად იყოფა. ატმოსფეროს ქვედა ნაწილის - ტროფოსფეროს სიმაღლე, საშუალოდ, 10-12 კილომეტრია. ატმოსფეროში არსებული აირების 80% ტროფოსფეროზე მოდის. ამიტომ ის ყველაზე მკვირი ფენაა. სწორედ აქაა მოყრილია ატმოსფეროს მთელი წყლის ორთქლი, აქ წარმოიქმნება ღრუბლები, მოდის წვიმა და თოვლი, ადდგილი აქვს ჭექა-ქუხილს, ყალიბდება ამინდი და სხვა. სიმაღლის მატებასთან ერთად ტროპოსფეროში ჰაერის ტემპერატურა კლებულობს.

ტროპოსფეროს ზევით სტრატოსფეროა (ლათინურად „სტრატუმ“ - ფენა), რომლითაც დაახლოებით 40-50 კილომეტრის სიმაღლემდე ვრცელდება. მასში თავმოყრილია ატმოსფერული აირების მხოლოდ 20%. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ოზონის შრე (20-25 კილომეტრზე), რომელიც შთანთქავს სიცოცხლისათვის ძალზე საშიშ ულტრაიისფერ სხივებს. ბოლო დროს შეინიშნება ოზონის შრის რღვევა, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის ცოცხალ ორგანიზმებს. მათი წარმოქმნა ძირითადად დაკავშირებულია ატმოსფეროს ძლიერ გაჭუჭყიანებასთან. კიდევ უფრო ზევით გრძელდება მეზოსფერო.

ატმოსფეროს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობისათვის. აირის ფენები დედამიწის ზედაპირზე არ უშვებს მეტეორიტებს, ოზონის ეკრანი იცავს გამოსხივებისაგან, ჟანგბადის გარეშე წარმოუდგენელია სუნთქვა და წვა. ნახშიროჟანგი სითბური ეკრანია, ის იკავებს დედამიწისგან გამოსხივებულ სითბოს და გამოიყენება მცენარეების მიერ ფოტოსინთეზისათვის. წყლის ორთქლი უზრუნველყოფს ნალექების წარმოშობას, მტვრის ნაწილაკები კი წარმოადგენს წყლის ორთქლის კონდენსაციის უმცირეს ბირთვებს.

დედამიწისპირა ოზონი

ოზონის აირი დედამიწის ზედაპირზე გვხვდება. აქ წარმოქმნილ ოზონს ტროპოსფერულ ოზონად მოიხსენიებენ. თუკი ოზონის შრე სტრატოსფეროში დამცავ ფუნქციას ასრულებს, ტროპოსფერული ოზონი ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მავნეა. მისი კონცენტრაციის მატება დედამიწის ზედაპირზე ჰაერის დაბინძურებაზე მიუთითებს. ოზონის მატებამ შეიძლება გამოიწვიოს რესპირატორული დაავადებების (ასთმა, ბრონქიტი, ა.შ.) გამწვავება, სასუნთქი გზების ანთება და გაღიზიანება, გულსისხლძარღვთა სისტემის დაზიანება, სუნთქვის გართულება და ფილტვის ფუნქციების შესუსტება. ტროფოსფერული ოზონი წარმოიქმნება მზის სხივების, ტრანსპორტიდან და ზოგიერთი საწარმოდან გაფრქვეული აქროლადი ორგანული ნივთიერებების და აზოტის ოქსიდის ურთიერთქმედების

შედეგად. ტროპოსფერული ოზონით დაბინძურება განსაკუთრებით პრობლემურია დიდ ქალაქებში. ტროპოსფერულ ოზონს ხშირად „ცუდ ოზონად“ მოიხსენიებენ.

კრიტერიუმი II - რა მსგავსება - განსხვავებაა ელემენტი ჟანგბადის ალოტროპიულ სახეცვლილებებს (ჟანგბადსა და ოზონს) შორის?

- ✓ როგორია ჰაერის შემადგენელი კომპონენტების მასური და მოცულობითი წილი?
- ✓ რომელია ჰაერის შედგენილობაში შემავალი ნივთიერებებიდან მუდმივი, ცვლადი და შემთხვევითი კომპონენტები? დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.
- ✓ როგორ გამოიყენებთ სხვადასხვა გრაფიკულ მაორგანიზებელს ჰაერის შემადგენელი მუდმივი, ცვლადი და შემთხვევითი კომპონენტების საჩვენებლად?
- ✓ რას ეწოდება ალოტროპია?
- ✓ როგორია ჟანგბადის ალოტროპიული სახეცვლილების გავრცელებისა და გამოყენების არეალი ჩვენ გარშემო?

განვიხილოთ, რას წარმოადგენს ჰაერი. ეს არის აირთა ბუნებრივი ნარევი, რომელიც დედამიწის ატმოსფერულ შრეს წარმოქმნის. ჰაერი აუცილებელია დედამიწის ზედაპირზე მცხოვრები ცოცხალი ორგანიზმების არსებობისათვის, რამდენადაც ჰაერში არსებულ ჟანგბადს ისინი სუნთქვის პროცესში იყენებენ.

ჰაერი ატმოსფეროში არათანაბრადაა განაწილებული, თუმცა მისი კომპონენტების თანაფარდობა ყველგან ერთნაირია. რაც უფრო ზევით ავდივართ, ჰაერი მით უფრო გაუხშობულია (მისი სიმკვრივე შემცირებულია). ამიტომ, რომ მაღალმთიან რეგიონებში უფრო გამწვანებულია სუნთქვა. ალპინისტები ძალიან მაღალ მთებზე ასვლისას ჟანგბადის ბალონებს იყენებენ.

ცხრილი 1. ჰაერის მოცულობითი და მასური შედგენილობა

ნივთიერება	შემცველობა მოცულობის მიხედვით	შემცველობა მასის მიხედვით
აზოტი	78%	75.5%
ჟანგბადი	21%	23.1%
არგონი	0.93%	1.3%
ნახშირორჟანგი	0.03%	0.05%
სხვა კომპონენტები (წყლის ორთქლი, ოზონი, წყალბადი, ნეონი, ჰელიუმი, მეთანი, კრიპტონი, აზოტის ოქსიდები და სხვ.)	0.04%	0.05%

ჰაერში არსებული ჟანგბადი და ოზონი ერთმანეთის ალოტროპიული სახესხვაობებია. ალოტროპია არის ქიმიური ელემენტის უნარი, წარმოქმნას რამდენიმე მარტივი ნივთიერება, ხოლო ერთი და იგივე ელემენტისაგან წარმოქმნილ სხვადასხვა მარტივ

ნივთიერებას ალოტროპებს უწოდებენ. ალოტროპიის უნარით ხასითდება ნახშირბადი, გოგირდი, ფოსფორი, ჟანგბადი და სხვ. მაგ: ელემენტი ნახშირბადი რამდენიმე მარტივ ნივთიერებას წარმოქმნის, მათ შორისაა საყოველთაოდ ცნობილი ორი ნივთიერება - ალმასი და გრაფიტი.

ალმასი ძალიან მტკიცეა და ნებისმიერ მინერალს კაწრავს. იგი განსაკუთრებული ოპტიკური თვისებებით გამოირჩევა, ამიტომ ბრწყინავს და მისი დამუშავებით ძვირფასი ქვა - ბრილიანტი მიიღება. ალმასისგან ასევე ამზადებენ მინის საჭრელ იარაღს, ბურღებს და სხვ. გრაფიტი გაუმჭირვალე, მონაცრისფრო შავი, ძალიან რბილი მინერალია, რომელსაც ელექტროგამტარობა ახასიათებს. მისგან მზადდება ფანქრის გულები, ელექტროდები და სხვ.

რა თვისებებით განსხვავდებიან ერთმანეთისგან ჟანგბადი და ოზონი?

მარტივი ნივთიერება ჟანგბადი, ნორმალურ პირობებში უფერო, უგემო და უსუნო აირია, რომლის მოლეკულაც შედგება ჟანგბადის ორი ატომისაგან (ფორმულა O_2). თხევადი ჟანგბადი არის ღია ცისფერი შეფერილობის, ხოლო გამყარებული ჟანგბადი წარმოადგენს ღია ლურჯი ფერის კრისტალებს. სამყაროში მასის მიხედვით ყველაზე გავრცელებული ელემენტია წყალბადისა და ჰელიუმის შემდეგ, ხოლო დედამიწის ქერქში ყველაზე გავრცელებულია მასის მიხედვით.

საინტერესოა, როგორ წარმოიქმნება ოზონი სტრატოსფეროში. ეს მაშინ ხდება, რომ მზის მაღალენერგიული ფოტონები, ანუ სინათლის ნაწილაკები ჟანგბადის მოლეკულების ქიმიურ ბმას არღვევს. ამ პროცესის შედეგად, ჟანგბადის ცალკეული ატომები გამოიყოფა და იმავე ელემენტის ხელუხლებელ მოლეკულებს უერთდება. ასეთი რეაქციების მეშვეობით O_3 -ს ვიღებთ, რომელიც ჩვენი პლანეტის ბიოსფეროს ფარივით აკრავს გარს.



ჟანგბადის ალოტროპი - ოზონი, ნორმალურ პირობებში ცისფერი ფერის აირია სპეციფიკური სუნით, O_3). ოზონის ფენა იცავს ბიოსფეროს ულტრაიისფერი რადიაციისაგან. ძალიან მაღალ სიმაღლეზე ჟანგბადი მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა ატომური სახით და იგი იწვევს საფრენი საშუალებების ეროზიას.

თუმცა, ოზონის გარდა სტრატოსფეროში აზოტისა და წყალბადის შემცველ აირებსაც ვხვდებით, რომლებიც მას შლის და ისევ ჟანგბადად აქცევს. ამის მიუხედავად, წარმოქმნასა და განადგურებას შორის ბუნებრივი ბალანსი არსებობს, რომელიც ოზონის მუდმივი კონცენტრაციის შენარჩუნებას უწყობს ხელს.

1980-იან წლებში მეცნიერებმა ანტარქტიდის თავზე ოზონის ფენის შეთხელება შენიშნეს. ასეთი ადგილი ანტარქტიდის თავზეა, რამდენადაც აქ არსებული განსაკუთრებული მეტეოროლოგიური პირობები და გეოგრაფიული მდებარეობა ხელს უწყობს ოზონდამშლელი ნივთიერებებსა და ოზონს შორის ქიმიურ რეაქციას, რაც იწვევს ოზონის დაშლას და შრის შეთხელებას. ეს პროცესი განსაკუთრებით აქტიურდება ავვისტო-ოქტომბერში.

კრიტერიუმი III - რა ფაქტორები განაპირობებენ ოზონის შრის შეთხელებას ანტარქტიდის თავზე?

- ✓ რა ანთროპოგენული ფაქტორები განაპირობებს ოზონის წარმოქმნა-დაშლის პროცესის რღვევას?
- ✓ რა ბუნებრივი ფაქტორები განაპირობებს ოზონის წარმოქმნა-დაშლის პროცესის რღვევას?
- ✓ რატომ ხდება ოზონის შრის დაზიანება პოლუსებთან?
- ✓ რა როლი აქვს ანტარქტიდის პოლარულ გრიგალს ოზონის ხვრელის წარმოქმნაში?
- ✓ ფართოვდება თუ არა ოზონის ხვრელის არე და რა აკეთებენ ქვეყნები მოსახლეობის დასაცავად?

ოზონის ხვრელი ტერმინია, რომელიც პირდაპირი მნიშვნელობით არ უნდა გავიგოთ. ტერმინი გამოიყენება იმ ადგილის აღსანიშნავად, სადაც ოზონის ფენა შეთხელებულია. ეს ის უბნებია, სადაც ხდება ოზონის წარმოქმნა-დაშლის პროცესის ბალანსის რღვევა, მცირდება ოზონის კონცენტრაცია, რაც ოზონის შრის შეთხელებას იწვევს. ოზონის შრის რღვევას „ოზონის ხვრელის“ წარმოქმნა მოყვება. ხვრელის წარმოქმნა დაკავშირებულია ადამიანის ისეთ საქმიანობებთან როგორიც არის: კოსმოსური რაკეტების გაშვება, დედამიწის ზედაპირიდან 12-15 კმ სიმაღლეზე მფრინავი თვითფრინავების გამოტყორცნილი ორთქლი, ბირთვული იარაღის გამოცდა, პლანეტაზე ტყის სავარგულების შემცირება, აზოტის ოქსიდები, რომელსაც თვითფრინავებიც გამოტყორცნიან და დიდი რაოდენობით ატმოსფეროში ნიადაგის ზედაპირიდან ხვდება, ასევე ოზონის შრის სისქის შემცირებას ატმოსფეროში ტემპერატურის ცვალებადობაც იწვევს, თუმცა არ უნდა დაგვაწყვიდეს, რომ ბუნებრივი ფაქტორებიც ვულკანების ამოფრქვევა, ოკეანეები, რომლებიც დიდი რაოდენობით ქლორს გამოყოფენ, რომელსაც შეუძლია ოზონი დაშალონ. ოზონის დაშლის რეაქციებში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ ჯაჭვურ პროცესებს მრავალი რადიკალის მონაწილეობით რომელთა წინამორბედებს წარმოადგენენ როგორც ბუნებრივი კომპონენტები, ისე ატმოსფეროს ანთროპოგენური დამაბინძურებელი ნივთიერებები.

ბუნებრივი წყაროებიდან მომავალი ქლორი (ვულკანები, ოკეანეები და ა.შ.) ადვილად იხსნება წყალში და ატმოსფეროდან წვიმის საშუალებით გამოირეცხება. ამის საპირისპიროდ, ქვენ-ები არ იშლება ატმოსფეროს ქვედა ფენებში და არ იხსნება წყალში. NASA-ს მონაცემები აჩვენებს, რომ, 1985 წლიდან, სტრატოსფეროში ქლორის მატება გასაოცარი სიზუსტით ემთხვევა ადამიანის საქმიანობით გამოწვეული ქვენ-ების და ოზონის ფენის გამათხელებელი სხვა ნივთიერებების გამოყოფილ რაოდენობას. ამიტომ, არგუმენტი იმის შესახებ, რომ ქლორის მატება შესაძლოა ბუნებრივი პროცესის შედეგი იყოს, 80-იანების შუაშიც კი აღარ განიხილებოდა სერიოზულად. ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად და გასული საუკუნის 30-იანი წლებიდან იწყება მაცივრებისა და აეროზოლების წარმოების მსოფლიო „ბუმი“. ამ დანადგარების გამართული მუშაობისათვის კი სპეციალური ნივთიერებები – ქლორ-ფტორ-ნახშირწყალბადები (ე. წ. ქვენ) იყო საჭირო. მზარდი მოთხოვნის საფუძველზე, ქვენ-ების წარმოებამაც არ დაახანა და წარმოიდგინეთ, 30-იანი წლებიდან წარმოებული მაცივრების (სახლისა თუ ინდუსტრიისთვის საჭირო), აეროზოლებისა თუ ქიმიური წმენდის დანადგარების და მათთვის საჭირო ქვენ-ების რაოდენობა რამდენად წარმოუდგენელი ციფრი შეიძლება იყოს. ოზონს, ჟანგბადისგან განსხვავებით, აქვს ერთი თვისება – ის ძალიან არამდგრადია და მალე იშლება. ქვენ-ებს კი აღმოაჩნდათ ოზონის სწრაფი დაშლის უნარი. ამიტომ, ქვენ-

ებს, ასევე ოზონის დამშლელ ქიმიურ ნივთიერებებსაც (Ozone Depleting Substances, ODSs) უწოდებენ. ამ კოლოსალური რაოდენობის ODS-ებმა კი 30-იანი წლებიდან დაიწყეს სტრატოსფეროში კონცენტრირება. სწორედ იქ, სადაც ოზონის შრეა! და დაიწყო ჩვენი დამცავი ფენის აგრესიული დაშლის პროცესი. აქ მნიშვნელოვანი ისაა, რომ ODS-ებმა ოზონის შრე ბუნებრივი დაშლა-შეცვლების დინამიკური წონასწორობიდან გამოიყვანეს, რადგან შლიდნენ (და შლიან) უფრო მეტ ოზონს, ვიდრე ბუნება მას წარმოქმნის ატმოსფეროში.

როგორ მიაღწიეს ODS-ებმა სტრატოსფეროს და რატომ დაზიანდა ოზონის შრე ყველაზე მეტად მაინცდამაინც პოლუსების თავზე და არა ყველგან? ასეთი ადგილი ანტარქტიდის თავზეა, რამდენადაც აქ არსებული განსაკუთრებული მეტეოროლოგიური პირობები და გეოგრაფიული მდებარეობა ხელს უწყობს ოზონდამშლელი ნივთიერებებსა (Ozone Depleting Substances, ODSs ოდნ-ებს) და ოზონს შორის ქიმიურ რეაქციას, რაც იწვევს ოზონის დაშლას და შრის შეთხელებას. ეს პროცესი განსაკუთრებით აქტიურდება აგვისტო-ოქტომბერში.

დიდი ბრიტანეთის ანტარქტიკის მართვის პროგრამის ჩარჩოებში შეგროვებული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ ოზონის უმცირესი კონცენტრაციის მნიშვნელობა, ჩვეულებრივ შემჩნეული სტრატოსფეროში ანტარქტიკის თავზე ოქტომბრის შუა რიცხვებში, 1975 წლიდან 1984 წლამდე პერიოდში 40%-ით შემცირდა. 1987 წლის გაზაფხულზეც შეიმჩნეოდა ოზონის შემცველობის შემცირება. ოზონის ხვრელები არა მარტო ანტარქტიკის თავზე წარმოიქმნება, ზამთარში ისინი მუდმივად არსებობენ ევროპის დიდი ნაწილის – აღმოსავლეთ ციმბირის თავზე. მნიშვნელოვანი წვლილი ოზონის საერთო შემცველობის ცვლილებების ფორმირებაში ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ბუნებრივ გეოფიზიკურ პროცესებს შეაქვთ. ოზონის საერთო შემცველობის ანომალიურად დაბალი მნიშვნელობები 1992-1993 წწ.-ში გამოწვეული იყო 1991 წელს ფილიპინებზე ვულკან პინატუბოს მძლავრი ამოფრქვევით. თანამედროვე გამოკვლევები აჩვენებს, რომ ვულკანების ამოფრქვევას ახლავს ფტორშემცველი ნივთიერებების მნიშვნელოვანი ამონატყორცნი. ადრე მიიჩნეოდა, რომ ამგვარი ნივთიერებები შეიძლება ყოფილიყო მხოლოდ ანთროპოგენური წარმოშობის. გეოლოგები მიუთითებენ ოზონის შრეზე მოქმედების კიდევ ერთი შესაძლო ბუნებრივი მექანიზმის შესახებ. დედამიწის ბირთვში გახსნილია წყალბადის მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელიც ხვდება ატმოსფეროში. ატმოსფეროში წყალბადი მოქმედებს ოზონთან და შლის მას. ოზონის დაშლას იწვევს ასევე ატმოსფეროში წყალბადთან ერთად მოხვედრილი მეთანი.

„ოზონის ხვრელების“ არემ უკვე მიაღწია ავსტრალიისა და ჩილეს ტერიტორიებს. ამ ქვეყნების მთავრობა და მოსახლეობა იძულებული იყო შესაძლო შედეგებთან საბრძოლველად საგანგებო ღონისძიებებისათვის მიემართა. მაგალითად, დამატებითი დასხივების თავიდან ასაცილებლად, ულტრაიისფერი სხივებისაგან დასაცავად, რომლებსაც ოზონის შემცირებისას შეეძლოთ დედამიწის ზედაპირამდე მოედწიათ, ავსტრალიაში ბავშვებს დახურულ საბანაო კოსტიუმებს აცმევდნენ, ხოლო ჩილეში გამოჩნდა სპეციალური რეკომენდაციები, თუ როგორ უნდა მოქცეულიყო მოსახლეობა დღის საათებში გარეთ, ღია ჰაერზე გასვლისას.

თანდათანობით დადგინდა ამ მოვლენის ზოგიერთი კანონზომიერება. პრაქტიკულად დადასტურდა წლების წინ გამოთქმული ჰიპოთეზა, რომ სამხრეთ ნახევარსფეროში სექტემბერსა და ოქტომბერში – გაზაფხულის პირველ თვეებში, როცა მზე ხანგრძლივი

პოლარული ზამთრის შემდეგ პორიზონტზე ჩნდება, უამრავი ფოტოქიმიური რეაქციის ინიცირებას ახდენს ოზონის მოლეკულებსა და სტრატოსფეროში მოხვედრილი ბუნებრივი და ანთროპოგენური წარმოშობის ორგანული ნაერთებიდან გამოყოფილი ქლორისა და ბრომის ატომებს შორის.

რატომ ანტარქტიდაზე? ანტარქტიდა ყველაზე ცივი ადგილია დედამიწაზე. მის თავზე ტემპერატურა ხშირად – 80 გრადუსამდეც ეცემა. ამავე დროს ანტარქტიდა ყველაზე ქარიანი ადგილია დედამიწაზე. ეს პირობები ქმნის განსაკუთრებულ ატმოსფერულ მოვლენას – მაისსა და ივნისში კონტინენტის თავზე საათის ისრის მიმართულების უძლიერესი ქარები წარმოიქმნება და აყალიბებს უზარმაზარ მოძრავ წრეს, რომელსაც ანტარქტიკის პოლარული გრიგალი ქვია. შეგვძლია ვთქვათ, რომ „ოზონის ხვრელის“ წარმოქმნა კომპლექსურად მიმდინარეობს და მოიცავს როგორც ბუნებრივ მოვლენებს ასევე ანთროპოგენურს. ატმოსფეროში გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ქლორფტორნახშირბადების სისტემატურმა მოხვედრამ და ჰაერის მასების მოძრაობის სპეციფიკამ მაღალი განედების ატმოსფეროში ჰაერში ოზონდამშლელი ნივთიერებების კონცენტრაციას შეუწყეს ხელი. პოლარული გრიგალი სხვა ფაქტორებთან ერთად), „მტვერსასრუტის“ ეფექტით ითრევს დედამიწის ატმოსფერულ ჰაერს თავისკენ. მის თავზე ხდება დედამიწაზე გამოტყორცნილი ოზონდამშლელი ნივთიერებების მუდმივი გადანაცვლება და გრიგალი თითქმის „იწოვს“ ამ ნივთიერებებს, რომლებიც მასში კონცენტრირდებიან და ოზონის შრეზე აგრესიულ შეტევას იწყებენ, რომელიც წლების განმავლობაში სულ უფრო და უფრო თხელდება. მდგრადი ანტიციკლონი, ე.წ. პოლარული გრიგალი, რომელიც ყოველ ზამთარს ანტარქტიკის თავზე წარმოქმნება, იწვევს ჰაერით მიმოცვლის დროებით შეწყვეტას სტრატოსფეროს სხვა არეებთან და ოზონის ჩამოდენას ტროპოსფეროში. სტრატოსფეროს ტროპიკულ ან საშუალოგანედურ ზონებში წარმოქმნილი ოზონის მოხვედრა ამ პერიოდში წყდება. მაგრამ ოზონის წარმოშობილი დეფიციტი პოლარული ღამეების პირობებში არ წარმოადგენს საშიშროებას ბიოტისათვის.

ჰაერის ტემპერატურა გრიგალის შიგნით მკვეთრად ეცემა -70° ან -80°C -მდე. სტრატოსფეროში ჩნდება მდგრადი აეროზოლური წარმონაქმნები – „ვერცხლისებრი“ ღრუბლები, რომლებიც შედგება ყინულის კრისტალებისა და გადამეტცივებული სითხის წვეთებისაგან. ამ აეროზოლების შემადგენლობაში შედის ქლორის ოქსიდის დიმერი (ClO_2), ქლოროვანი ნიტროზილი (ClONO_2) და აზოტის სხვა ნაერთები (HNO_3 , HNO_2). ზამთრის პერიოდში ეს ნაერთები არ ურთიერთქმედებენ ოზონთან. გაზაფხულზე პოლარული გრიგალი იშლება და ტემპერატურის გაზრდისას ყინულის კრისტალების ზედაპირზე ქიმიური პროცესები იწყებენ მიმდინარეობას.

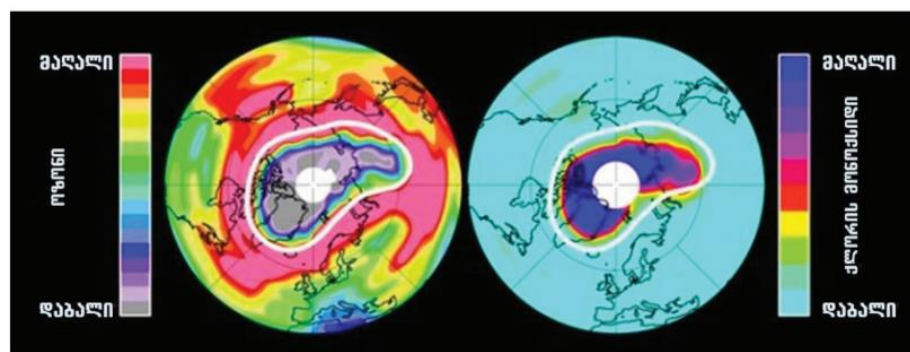
გაზაფხულის დადგომასთან ერთად სტრატოსფეროში ანტარქტიდის თავზე ჩნდება რიგი ოზონდამშლელი ნივთიერებისა და იწყება ოზონის რღვევის ჯაჭვური პროცესები ოზონის ბუნებრივი დეფიციტის ფონზე, რომლის შემცველობა ვერ ასწრებს აღდგენას პოლარული ღამეების დამთავრების და პოლარული გრიგალის დარღვევის შემდეგ.

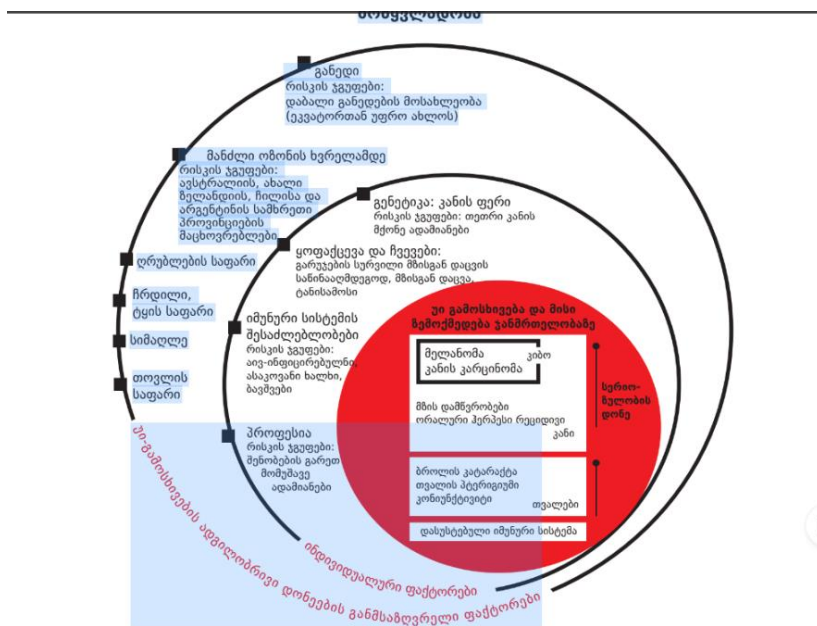
საინტერესოა შემდეგი ფაქტი, რომ 2010-2011 წლის ზამთარსა და გაზაფხულზე არქტიკაში პირველად შენიშნეს პროცესი, რომელსაც შეიძლება ეწოდოს ოზონის ხვრელის ფორმირება. აპრილის დასაწყისში მსოფლიო მეტეოროლოგიურმა ორგანიზაციამ განაცხადა, რომ ოზონის რაოდენობა ატმოსფეროში, არქტიკულ რეგიონში, რეკორდულ სიდიდემდე – 40%-მდე შემცირდა. მეცნიერთა ჯგუფმა NASA-ს რეაქტიული მოძრაობის

ლაბორატორიიდან დაწვრილებით გაანალიზა (2011წ) ოზონის ხვრელის ფორმირების პროცესი და მივიდა დასკვნამდე, რომ ეს შემთხვევა იყო უპრეცედენტო თავისი მასშტაბებით და იმ შემთხვევაში, თუ ზამთარი არქტიკაში იქნება ცოტა უფრო მკაცრი, ოზონის კონცენტრაციის ვარდნა უფრო მკვეთრი იქნება. „ეს ჩვენთან, ჩრდილოეთში, პირველად ხდება. ოზონის რაოდენობის შემცირება არქტიკაში ყოველთვის იყო მნიშვნელოვნად ნაკლებად გამოსახული, ვიდრე ანტარქტიკაში. 1994-1995 წელს იყო 30%-ით ვარდნა, მაგრამ ასეთი აქამდე არასოდეს ყოფილა. ახლა დაცემა იყო 40%-ით, ეს უკვე ედარება ანტარქტიკულს, იქ ოზონის ხვრელი 50-60%, რიგი უკვე ერთნაირია“, – აღნიშნა კვლევის ერთ-ერთმა ავტორმა ვ. დოროხოვმა. 2010-2011 წლის ზამთარში არქტიკაში უჩვეულოდ დიდხანს შენარჩუნდა ცირკუმპოლარული გრიგალი – ძლიერი სტრატოსფერული ჰაერის დინების ზოლები პოლარული ზონის ირგვლივ, თბილ ჰაერს პოლუსისაკენ არ უშვებდნენ. შედეგად გაზაფხულის დასაწყისისათვის ოზონის კონცენტრაცია მკვეთრად დაეცა.

სამწუხაროდ, ოზონის შრემ შეთხელება ჩრდილოეთის და სამხრეთის ზომიერი სარტყლების თავზეც დაიწყო. ზუსტად იქ, სადაც დედამიწის მოსახლეობის დიდი ნაწილი ცხოვრობს. სწორედ ამ დროს დაიწყო სხვადასხვა სახის უარყოფითი გავლენის სტატისტიკა ადამიანებისა და ცხოველების ჯანმრთელობასა და მცენარეების მდგომარეობაზე.

სურ. 2





სურ. 3 ოზონის ხერელების საშიშროება. ადამიანის მოწყვლადობა ულტრაიისფერი გამოსხივების მიმართ

კრიტერიუმი IV - რა გავლენას ახდენს ორგანიზმებსა და კლიმატზე ოზონის შრის ცვლილება ატმოსფეროში?

- ✓ რა არის მუტაგენები და რა როლს ასრულებენ ისინი მუტაციის წარმოქმნაში?
- ✓ მუტაციის რომელ ფორმებს განასხვავებენ?
- ✓ რა შედეგი შეიძლება მოჰყვეს გენის/ქრომოსომის სტრუქტურის, ქრომოსომის რაოდენობის ცვლილებას?
- ✓ რა კავშირია მეიოზის პროცესის დარღვევასა და გენომურ მუტაციებს შორის?
- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს მუტაციას ბიომრავალფეროვნების წარმოქმნისთვის?
- ✓ რა ტიპის დარღვევები და დაავადებები შეიძლება გამოიწვიოს ულტრაიისფერი სხივების ჭარბმა ზემოქმედებამ?
- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს გარემოს დაცვით ღონისძიებებს გენეტიკური დარღვევების პრევენციისთვის?
- ✓ რას იწვევს CO₂ კონცენტრაციის საგრძნობი მატება ატმოსფეროში?
- ✓ როგორ იცვლება ოზონის შემცველობა ატმოსფეროში სიმაღლის მატებასთან ერთად?
- ✓ რა ჰიპოთეზები არსებობს ატმოსფეროში ოზონის შემცირებასთან დაკავშირებით?
- ✓ როგორ ზემოქმედებს ოზონის კონცენტრაციის ცვლილება კლიმატზე?
- ✓ რა საერთო ფაქტორები განაპირობებენ როგორც ოზონის რაოდენობის, ისე კლიმატის ცვლილებას?

სტრატოსფერული ოზონის შრე საშუალოდ 3 მმ სისქისაა და გარს აკრავს დედამიწას. ის მზის ულტრაიისფერი C (UV-C) ტიპის გამოსხივებას, რომელიც განსაკუთრებით საშიშია ცოცხალი ორგანიზმებისთვის, სრულად შთანთქავს. ულტრაიისფერი B (UV-B) ტიპიც ასევე საშიშია ცოცხალი ორგანიზმებისთვის და ადამიანისთვის. UV-B გამოსხივების შემთხვევაში ოზონის შრე მათ უდიდეს ნაწილს აკავებს და დედამიწამდე ამ გამოსხივების მხოლოდ მცირედი ნაწილი აღწევს, თუ ოზონის შრე შეთხელდა, დამაზიანებელი

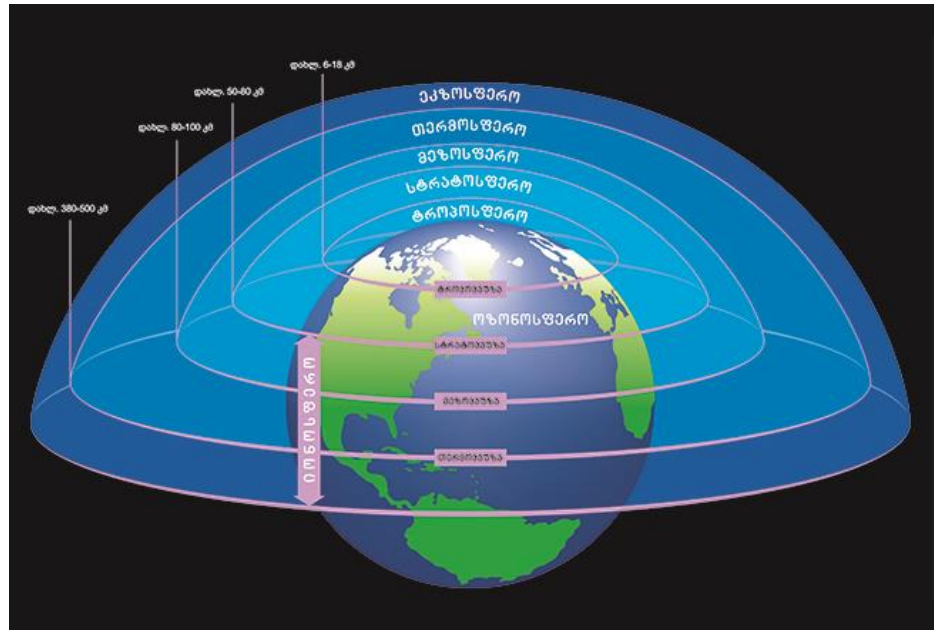
ულტრაიისფერი სხივების მეტი წილი ტროპოსფეროში შემოდგევს. რაც უფრო თხელია ოზონის შრე, მით მეტი იქნება ამ სხივების შემოდგევადობა. UV-B გამოსხივება იწვევს დამწვრობას, კატარაქტას, კანის სიმსივნეებს, აზიანებს მცენარეების გენეტიკურ მასალას, იწვევს მუტაციებს და ა.შ.

მუტაცია ნიშან-თვისების მკვეთრი, უცაბედი ცვლილებაა, რომელიც მემკვიდრეობით გადაეცემა. არსებობს სამი სახის მუტაცია- გენური, ქრომოსომული და გენომური. სამივე შესაძლოა გამოწვეული იყოს ისეთი მუტაგენური ფაქტორით როგორიცაა ჭარბი ულტრაიისფერი გამოსხივება და გამოიწვიოს სხვადასხვა სახის დაავადება. მუტაცია ჰგავს თოფის გასროლას სიბნელეში. შეუძლებელია განვსაზღვროთ როგორ შეცვლის ის დნმ-ს და რა იქნება ამ ცვლილების შედეგი. ის ყოველთვის არ არის საზიანო, ბუნებრივი გადარჩევა შეაფასებას ამას იმისდა მიხედვით თუ რამდენად ეფექტურია ის მოცემულ გარემო პირობებში ამ ორგანიზმის გადასარჩენად და გასამრავლებლად. მუტაციები შემთხვევითია და არა მიმართული, ანუ არ არსებობს მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფდა ორგანიზმისთვის სასრგებლო მუტაციის მიზანმიმართულ წარმოქმნას. ის ასევე წარმოადგენს მემკვიდრული ცვალებადობის მთავარ წყაროს. მათი უმეტესობა სომატურ (არასასქესო) უჯრედებში წარმოიქმნება. ინდივიდის სიკვდილთან ერთად ეს მუტაციები იკარგებიან. მხოლოდ ის მუტაციები, რომლებიც გამეტების წარმოქმნელ სასქესო უჯრედებში ინდუცირდება, შეიძლება გადაეცეს შთამომავლობას. ამავე დროს მათი მხოლოდ მცირე ნაწილი ვრცელდება პოპულაციაში. მუტაცია უნარჩუნებს პოპულაციას გენეტიკურ მრავალფეროვნებას და ქმნის საფუძველს ბუნებრივი გადარჩევისთვის. მუტაციის გარეშე ევოლუცია შეუძლებელი იქნებოდა. პოპულაციაში ცვლილებები მუდმივად მიმდინარეობს, მაგრამ მათი შედეგი განსხვავებულია. ერთ შემთხვევაში პოპულაციამ შეიძლება შეინარჩუნოს სტაბილურობა, სხვა შემთხვევაში კი ერთი სახეობა შეიძლება მეორეთი შეიცვალოს. შესაძლებელია სახეობა საერთოდ გაქრეს. ყველა ევოლუციურ ცვლილებას, რომელიც სახეობის შიგნით მიმდინარეობს მიკროევოლუცია ეწოდება.

UV-B გამოსხივება ასევე, იწვევს ხელოვნური მასალების (მაგ., სამშენებლო) დაზიანებას. ამდენად, ოზონის შრის მნიშვნელობა განუზომლად დიდია და პირდაპირ არის კავშირში ადამიანისა და ცოცხალი ორგანიზმების უსაფრთხო არსებობასთან. სტრატოსფერულ ოზონს ხშირად „კარგ ოზონად“ მოიხსენიებენ.

სურ. 4 სხვადასხვა
შრე დედამიწის
გარშემო
სხვადასხვა
სიმაღლეზე

უკანასკნელ
პერიოდში
ნახშირორჟანგის
რაოდენობა
გაიზარდა 12-25% -
ით. გლობალური
მასშტაბით CO2



კონცენტრაციის საგრძნობი მატება ატმოსფეროში გამოიწვევს დედამიწაზე კლიმატური პირობების ცვლილებას, განსაკუთრებით კი ჰაერის ქვედა ფენების ტემპერატურის მატებას. CO₂ -ის ძირითადი თვისება ის არის, რომ იგი სითბოს (გრძელტალღოვანი რადიაციის) კარგი მშთანთქმელი და გამომსხივებელია. ამიტომ ჰაერში მისი გადამეტებული კონცენტრაცია იწვევს ე.წ. “სათბურის ეფექტის” გაძლიერებას.

მნიშვნელოვანია ოზონის O₃ ფაქტორი. დედამიწისპირა ატმოსფეროში ოზონი ძალზე მცირე რაოდენობითაა და ძლიერ რყევადობას განიცდის. იგი 1 მ3 ჰაერში საშუალოდ 3.10-5 გ.-ს შეადგენს, მაგრამ, ზოგჯერ მისი კონცენტრაცია შეიძლება ნულამდეც შემცირდეს. 10კმ. სიმაღლემდე ოზონის რაოდენობა არაკანონზომიერად იცვლება, ხოლო უფრო ზევით იმატებს და 20-30 კმ. სიმაღლეზე შეიძლება ოზონის შემცველობის მაქსიმუმი. ამის შემდგომ მისი რაოდენობა შედარებით მცირდება და 55-60 კმ. სიმაღლეზე ძალზე უმნიშვნელო ხდება.

ოზონის რაოდენობა ატმოსფეროში დღე-ღამისა და წელიწადის დროების განმავლობაში არაერთგვაროვანია. მაქსიმალურია გაზაფხულზე, ხოლო მინიმალურია შემოდგომაზე. ჩრდილოეთ განედებში უფრო მეტია, ვიდრე სამხრეთში.

ატმოსფეროში ოზონის კონცენტრაციის ზრდა გამოიწვევს სხვადასხვა დაავადებების რიცხვის ზრდას და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის დაქვეითებას. განვიხილოთ არსებობს რამოდენიმე ჰიპოთეზა, რომლებიც სხვადასხვანაირად ხსნიან ოზონის დაშლის და „ხვრელი“ წარმოშობის მიზეზს.

კოსმოგენური ჰიპოთეზა, რომელიც უკავშირდება მზის აქტიობის 11 წლიან ციკლს, რომლის პროცესშიც იზრდება აზოტის ოქსიდის რაოდენობა და ამავე დროს ქრება ჟანგბადის ატომები, რომლებიც საჭიროა ოზონის მოლეკულის წარმოსაქმნელად.

ტექტონიკური ჰიპოთეზა ოზონის შემცირებას ხსნის ატმოსფეროში ისეთი გაზების შემადგენლობის მომატებით, როგორიცაა წყალბადი და მეთანი. შესაბამის სიმაღლეზე ასვლისას ისინი ურთიერთქმედებენ ოზონთან და შლიან მას. მაგ: 1991 წელს ფილიპინებსა და ჩილეში ვულკანების ამოფრქვევის შემდეგ დაფიქსირდა ოზონის 50%-იანი შემცირება.

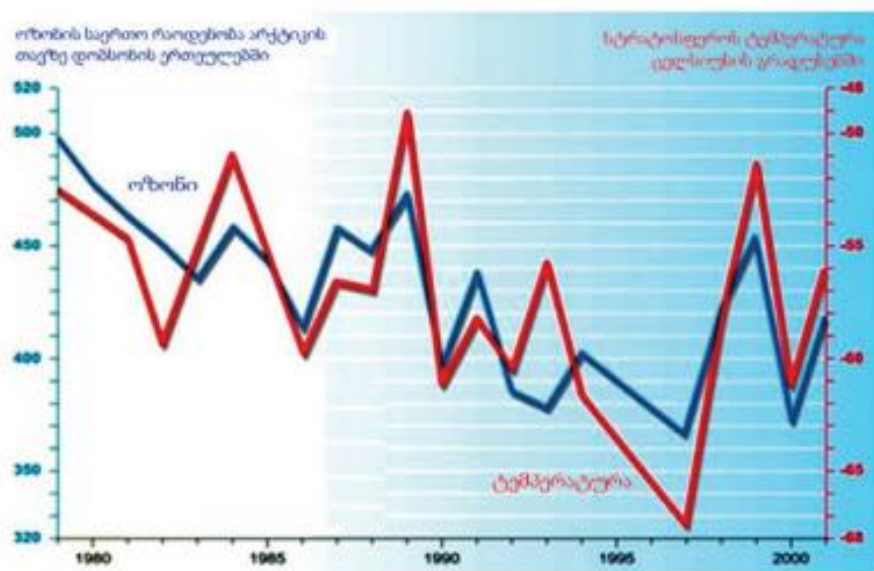
ყველაზე მეტი ყურადღება მიიპყრო ატმოსფეროში ოზონის შემცირების **ანთროპოგენურმა ჰიპოთეზამ**, რომელიც, როგორც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ფაქტორი, გახდა

მრავალი საერთაშორისო კვლევისა და შეთანხმების საგანი. ატმოსფეროში თხევადი ნაწილაკები, ე.ი. აეროზოლური მინარევებიც გვხვდება. დაახლოებით 30-70 მლნ. ტონა აეროზოლია. ატმოსფერული აეროზოლების ძირითადი წყაროა უდაბნოები, სტეპები და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა. დიდი რაოდენობით მტვერი ხვდება ატმოსფეროში ხანძრებისა და ვულკანური ამოფრქვევების დროს. მაგალითად, 1883 წელს ვულკან კრაკატაუს (ინდონეზია) ამოფრქვევის დროს ჰაერში ავიდა 18000 კმ³ ფერფლი და ორთქლი (36 მილიარდი კგ.), ხოლო 1912 წელს ვულკან კატმაის (ალასკა) ამოფრქვევისას - 20 მილიარდი მ³ ფერფლი. ვულკანური ფერფლი ჰაერში რჩება რამოდენიმე წელიწადს. ატმოსფეროს ზედა ფენებში მტვერი ხვდება საპლანეტათაშორისო სივრციდანაც, ე.ი. კოსმოსური მტვერი, რომლებიც მეტეორების ატმოსფეროში წვის შედეგად ჩნდება. გარდა ამისა, ატმოსფეროში არის მარილის ნაწილაკები და ბაქტერიები. ატმოსფერო ბინძურდება აგრეთვე სამრეწველო და ავტომანქანების გამონაბოლქვი აირებით. ამიტომ, ჰაერი ყველაზე მეტად გაქუჩყიანებულია დიდი სამრეწველო ქალაქების თავზე. ზომიერი განედებისათვის, ლანსბერგის მონაცემებით ქალაქში - სოფელთან შედარებით 10-ჯერ მეტი მტვერია, ხოლო ნახშირმჟავა გაზი - 20-ჯერ მეტი. აეროზოლები მცირეა ოკეანის თავზე. მათი დიდი ნაწილი ტროპოსფეროშია, ხოლო შედარებით მცირე - სტრატოსფეროში, სადაც აეროზოლების ნაწილაკები უფრო დიდხანს ჩერდებიან, კერძოდ, რამოდენიმე თვიდან რამოდენიმე წლამდე. ამის მიზეზია ჰაერის შედარებით სუსტი ტურბულენტური მოძრაობა და აგრეთვე ის გარემოება, რომ აქ ნალექი არ წარმოიქმნება. აეროზოლების რაოდენობასა და თვისებებზეა დამოკიდებული ატმოსფეროში სხივების გაბნევა და შთანთქმა, ჰაერის გამჭვირვალობა, ცის ფერი და მრავალი ოპტიკური მოვლენა.

ჰაერის დამაბინძურებლებიდან განსაკუთრებით ე.წ. სათბურის აირები“ დიდ როლს თამაშობენ გლობალური კლიმატის ცვლილებაში. დაჩქარებულმა ინდუსტრიამ, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობამ ბუნებრივ პროცესებთან ერთად, ბოლო ორასი წლის განმავლობაში დააჩქარა კლიმატის ცვლილების პროცესი, რაც ძალიან სწრაფად და შედარებით მოკლე დროში ვლინდება ვიდრე ეს კლიმატის ცვლილების ბუნებრივ ციკლს ახასიათებს. ამიტომ თამამდ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ატმოსფეროში გამოფრქვეული ე.წ. „სათბურის აირების“ კონცენტრაციის მატება, მათი რაოდენობრივი ზრდა, გამოწვეულია ნამარხი ნახშირწყალბადების (ნავთობი, ნახშირი, გაზი) წვით. ამის შედეგად ძლიერდება სათბურის ეფექტი, რაც, თავის მხრივ, მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს დედამიწის კლიმატზე. სათბურის ეფექტის წარმოქმნაში ძირითადად მონაწილეობს CO₂ -ი (ნახშირორჟანგი), წყლის ორთქლი, აზოტის ოქსიდი, მეთანი, რაც მეტია ამ აირების კონცენტრაცია ატმოსფეროში მით უფრო მეტი მზის ენერგია გადაიქცევა სითბოდ. წარსულშიც ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის მატება შემცირებას ემთხვეოდა დათბობისა და აცივების პერიოდები.

ოზონის ზემოქმედება კლიმატზე უმთავრესად ტემპერატურის ცვლილებით აისახება ტემპერატურა, გარდა სხვა ფაქტორებისა, ასევე დამოკიდებულია ოზონის შემცველობაზე. რაც მეტია ოზონის შემცველობა ატმოსფეროს რომელიმე შრეში, მით მეტ სითბოს აკუმულირებს იგი. ოზონი გამოიმუშავებს სითბოს სტრატოსფეროში, როგორც მზის ულტრაიისფერი რადიაციის შთანთქმისას, ისე დედამიწის ზედაპირიდან და ატმოსფეროს ქვედა შრეებიდან (ტროპოსფერო) ინფრაწითელი გამოსხივების შთანთქმის ხარჯზე. შესაბამისად, ოზონის შემცველობის შემცირება სტრატოსფეროში იწვევს მისი ტემპერატურის შემცირებას. დაკვირვებები აჩვენებს, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში სტრატოსფეროს შუა და ზედა შრეები (30-დან 50 კმ. სიმაღლემდე დედამიწის ზედაპირიდან) გაცივდა 10-18° C-ით, სტრატოსფეროში ოზონის შემცველობის შემცირების

გამო. სტრატოსფერო გაცივდა ატმოსფეროს ქვედა შრეებში - ტროპოსფეროში გამოტყორცნილი სათბურის აირების მოცულობის გაზრდასთან ერთად. შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ოზონის შრის სისქის შემცირებით სტრატოსფეროში ტემპერატურა იკლებს, მაგრამ თავად ტემპერატურის შემცირება ოზონის შემცველობას ამცირებს სტრატოსფეროში კონკრეტულად კი დაჩქარებული დაშლის გამო პოლარულ რეგიონებში. როგორც უკვე ვიცით ოზონის შრე ყველაზე მეტად ატარქტიდასა და არქტიკაში მცირდება იქ არსებული გარემო პირობების შედეგად, როდესაც ზამთარსა და ადრეულ გაზაფხულზე ტემპერატურა -78°C -ზე დაბლა ეცემა, წარმოიქმნება თხელი პოლარული სტრატოსფერული ღრუბლები თოვლის, აზოტმჟავის და გოგირდმჟავის, ასევე სხვა მრავალნაირი ქიმიური ნივთიერებების ნარევის სახით. გაზაფხულის დათბობასთან ერთად ქიმიური რეაქციები ღრუბლებში იწვევენ იქ არსებული საწყისი ფორმებიდან ოზონდამშლელი ნივთიერებების აქტიური ფორმების წარმოქმნას. იწყება ოზონის შრის რღვევის აქტიური პროცესი ე.წ „ოზონის ხვრელების“ წარმოქმნით. ტემპერატურის გაზრდას ახლავს ყინულის აორთქლება და ოზონის შრე იწყებს აღდგენას. სურათზე წარმოდგენილია სტრატოსფეროს ტემპერატურისა და ოზონის შრის სისქის კავშირი არქტიკის თავზე 1979 წლიდან.



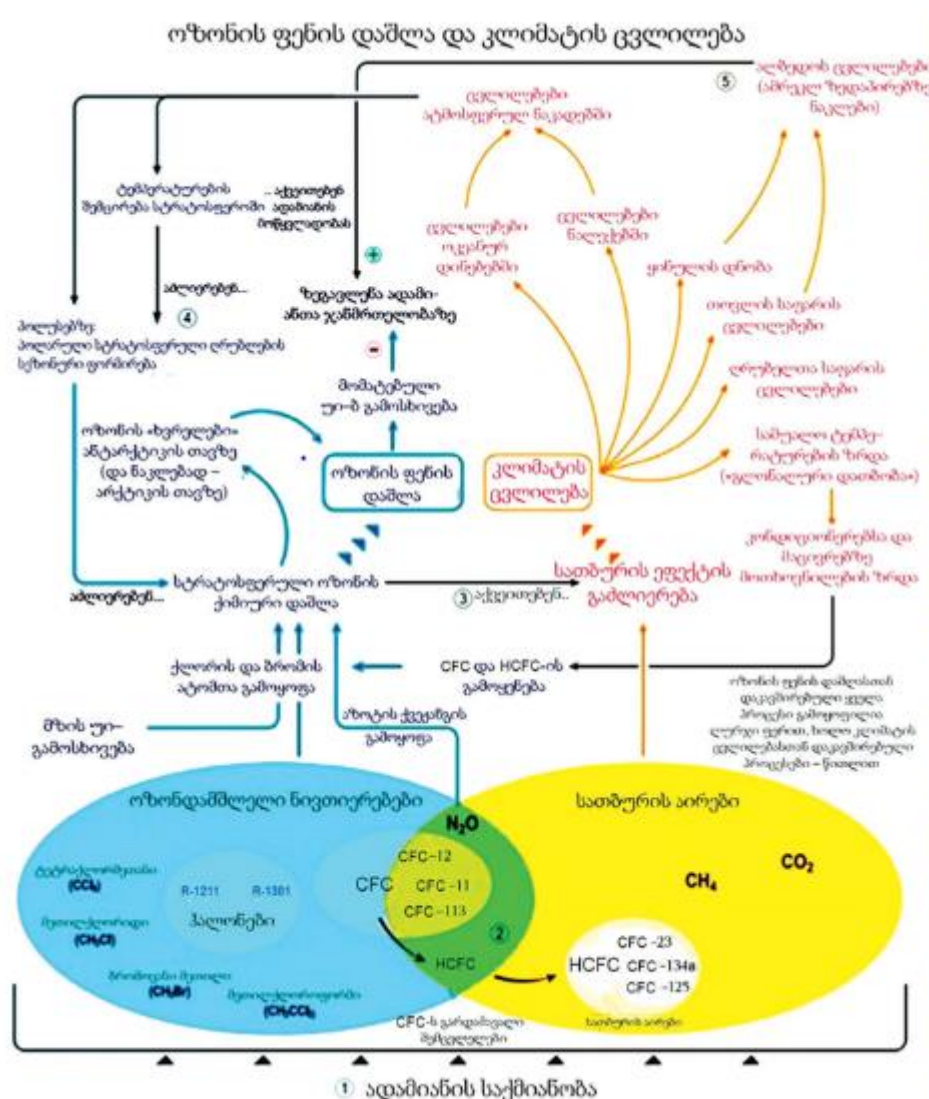
სურ. 5 სტრატოსფეროს ტემპერატურისა და ოზონის შრის სისქის კავშირი არქტიკის თავზე.

ტემპერატურის შემცირებით რეგულარულად წარმოიქმნება პოლარული სტრატოსფერული ღრუბლები ნარევთან ოზონდამშლელ ნივთიერებებთან აქტიურ ფორმაში და მცირდება ოზონის შრის სისქე როგორც პოლუსებზე, ისე გლობალური მასშტაბით. ატმოსფერული ცირკულაცია- ჰაერის მასების მოძრაობა იწვევს ტემპერატურის ცვლილებას წლიდან წლამდე. ზოგიერთი მკვლევარი ემხრობა იდეას- რომ სტრატოსფეროს გაცივებამ ოზონის დაკარგვის შედეგად შეიძლება გამოიწვიოს შეფერხება ოზონის შრის აღდგენაში. სხვადასხვა გლობალურ კლიმატურ მოდელთან დაკავშირებული ექსპერიმენტები ანალოგიურ შედეგებამდე მივიდა, რაც ამტკიცებს ატმოსფეროში მიმდინარე კლიმატური პროცესების სარწმუნოებას. უნდა ითქვას, რომ სტრატოსფეროს გაცივება უკანასკნელ ათწლეულში სხვა მიზეზებითაც აიხსნება. სტრატოსფეროს გაცივების მეორე მიზეზია სათბურის აირების რაოდენობის გაზრდა ატმოსფეროს ქვედა შრეებში (ტროპოსფეროში) და სითბოს აკუმულაცია დედამიწის

ზედაპირის თბური გამოსხივებიდან, რომელიც ჩვეულებრივ აღწევდა სტრატოსფეროს და ათბობდა მას.

ანტარქტიდული პოლარულ გრიგალი, რომელიც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ნარჩუნდება, რეგიონში სტრატოსფერული ჰაერის ტემპერატურას სტაბილურს ხდიან. სწორედ ეს სტაბილურობა იძლევა საშუალებას, რომ უფრო კარგად განისაზღვროს ანტარქტიკის მდგომარეობა წინასწარ, ვიდრე არქტიკის. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში რელიეფი- მთები და კონტრასტი ხმელეთის ვრცელ ტერიტორიებსა და ღია ოკეანეს შორის, ოკეანური დინებები ჰაერის მასების მოძრაობაზე არქტიკის თავზე გავლენას ახდენს. ატმოსფეროს ცირკულაციის მდგრადობა, სტაბილურობა ირლევა, შეაბამისად ანტარქტიდის მსგავსი დაბალი ტემპერატურა ვერ ფორმირდება, თუმცა უკანასკნელი წლების მანძილზე არქტიკაშიც ოზონის შრის რღვევა მნიშვნელოვნად შეიმჩნევა. გასათვალისიწინებელია ისიც, რომ გრიგალების რაოდენობა ჩრდილოეთ პოლუსის მიმდებარე რეგიონებში უკანასკნელი 35 წლის მანძილზე გაორმაგდა.

კლიმატსა და ოზონს შორის ურთიერთქმედება, არა მარტო სტრატოსფეროში მიმდინარეობს არამედ დედამიწის ზედაპირთანაც ვხდებით. ეს გახლავთ მიწისპირა ოზონი, რომელიც ფიზიკურ-ქიმიური ასპექტებით ფორმირდება, როგორც კლიმატური ცვლილების ნაწილი



სურ. 6 ოზონის ფენის დაშლა კლიმატის ცვლილება

ოზონის შემცველობის გაზრდა ტროპოსფეროში განაპირობებს სათბურის ეფექტის გაძლიერებას და როგორც შედეგი სტრატოსფეროს შემდგომ გაციებას, ასევე ბევრ სხვა უარყოფით ეკოლოგიურ შედეგს, როგორიცაა, მაგალითად, სმოგის წარმოქმნა. გლობალური ეკოლოგიური პრობლემები ოზონის შრის დაშლა და კლიმატის ცვლილება განიხილებოდა ცალკეულ პრობლემებად, თავისი სპეციფიკურობის გამო, ამ პრობლემების გადაწყვეტა არაკოორდინირებული იყო. ოზონის შრის რღვევა და კლიმატის ცვლილება ორი სხვადასხვა პრობლემაა, მაგრამ მათი მთლიანად გამიჯვნა არ იქნება პლანეტის სიცოცხლისუნარიანობისთვის კარგი, რადგან ორივე ცვლის გლობალურ ბუნებრივ ციკლებს. საერთაშორისო საზოგადოების ერთობლივი მიდგომა და კოორდინირება იქნება ეფექტური გზა პრობლემების შესარბილებლად.

განვიხილოთ რამდენიმე კავშირი ამ ორ პრობლემას შორის:

- ორივე პროცესი გამოწვეულია ძირითადად ანთროპოგენური გამონატყორცნებით;
- ოზონი სათბურის აირია, ამიტომ მისი დაშლა სტრატოსფეროში არაპირდაპირ ეხმარება კლიმატის გაციებას, მაგრამ ეს გაციება მინიმალურია;
- ატმოსფერულ ჰაერის ნაკადებში ცვლილებები შეიძლება იყოს მიზეზი ცოტა ხნის წინ დაკვირვებული სტრატოსფეროს გაციებისა. ზამთარში დედამიწის პოლარულ წრეებს ზემოთ არსებული დაბალი ტემპერატურები განაპირობებს პოლარული სტრატოსფერული ღრუბლების წარმოქმნას, რომლებიც უფრო მეტად აძლიერებენ ოზონის დაშლას და ოზონის ხვრელების წარმოქმნას;
- ადამიანის მოწყვლადობა ულტრაიისფერი სხივებისადმი ნაწილობრივ დამოკიდებულია ალბედოზე.
- გლობალური კლიმატის ცვლილება ამცირებს მუდმივი თოვლისა და მყინვარების ფართობს, რომლებიც პოტენციურად უფრო საშიშია ადამიანისათვის.

კრიტერიუმი V - რა პრევენციული ღონისძიებების გატარებაა აუცილებელი ოზონის შრის აღსადგენად?

- ✓ რამ განაპირობა მონრეალის ოქმის შექმნა?
- ✓ რა შედეგები მოჰყვა მონრეალის შეთანხმება?
- ✓ რა უნდა გავაკეთოთ ოზონდამშლელი ნივთიერებების შესამცირებლად?

მონრეალის ოქმი

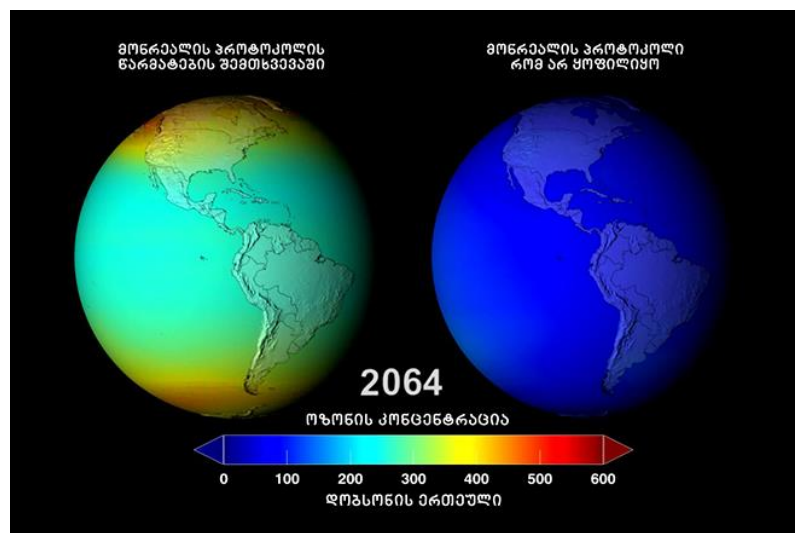
წლების განმავლობაში პრობლემა ცხადი გახდა, ბევრი ადამიანი დაავადდა კანის სიმსივნის სხვადასხვა ფორმით, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები განადგურდა, ყველა გრძნობდა, რომ რადიკალური ზომების მიღება იყო საჭირო, წინააღმდეგ შემთხვევაში პლანეტას შეუქცევადი ცვლილებები ემუქრებოდა. არადა, ოზონდამშლელი ნივთიერებების მწარმოებელი და მომხმარებელი კომპანიების გადარწმუნება ერთობ მნელი საქმე იყო. დღის წესრიგში დადგა არა რომელიმე ერთი ქვეყნის მყარი გადაწყვეტილება ODS-ების წარმოების შეწყვეტის შესახებ, არამედ პლანეტის უმეტესი მწარმოებელი და გამომყენებელი ქვეყნის კეთილი ნება. ამის მიღწევა მსოფლიოს დომინანტი ინდუსტრიული ქვეყნების მხარდაჭერის გარეშე კი, შეუძლებელი იქნებოდა. პრობლემის რეალური გადაჭრა დაიწყო მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ბრიტანეთის იმდროინდელმა პრემიერ მინისტრმა მარგარეტ თეტჩერმა მოითხოვა სრული სამეცნიერო

ანგარიში. უცნაურობა იმაშია, რომ მემარჯვენე პოლიტიკოსები, ტრადიციულად, გარემოს დაცვითი რეგულაციების მგზნებარე მხარდამჭერებად არ მოიაზრებიან. არავინ ელოდა მხარდაჭერას იმდროინდელი სუპერ-სახელმწიფოების მემარჯვენე მმართველი ადმინისტრაციებისგან. მიუხედავად ამისა, თეტჩერმა, განათლებით ქიმიკოსმა, მისთვის ჩვეული სკრუპულოზურობით შეისწავლა საკითხი და სრულად გააცნობიერა საფრთხე. საჭირო გახდა აშშ-ის ადმინისტრაციის დარწმუნება. თეტჩერსა და რონალდ რეიგანს შორის რამდენიმე შეხვედრა საკმარისი გახდა იმისთვის, რომ აშშ-ი ODS-ების წარმოების შეწყვეტის აქტიური მხარდამჭერი გამხდარიყო. დიდი გვალენა იქონია საზოგადოების, მედიისა და მეცნიერების როლმა, რომლებიც მრავალი წლის განმავლობაში მეთოდურად უტევდნენ პოლიტიკოსებს, რის გამოც სამყაროში ის იშვიათი შეთანხმება შედგა, მონრეალის ოქმი. რომელსაც მემარცხენე და მემარჯვენე პოლიტიკოსების უმრავლესობა ეთანხმებოდა. ეს იყო საღი აზრის პოლიტიკურ შეხედულებებზე გამარჯვების საყოველთაო ტრიუმფი, რომელმაც პლანეტა გადაარჩინა.

1987 წლის 16 სექტემბერს ხელი მოეწერა ე.წ. „მონრეალის ოქმს“ – შეთანხმებას, რომლის მიხედვითაც ხელმოწერი ქვეყნები თავიანთ ტერიტორიაზე კრძალავდნენ ან შეამცირებდნენ ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების წარმოებას. ამ ოქმს საქართველოც (1996 წ) შეუერთდა. ჩვენ ოზონდამშლელი ნივთიერებების მწარმოებლები არ ვართ, მაგრამ მათ მოვიხმარდით და ახლაც კი მოვიხმართ ცოტას. ინდუსტრიულმა ქვეყნებმა პირნათლად დაიცვეს შეთანხმება და წლების განმავლობაში მართლაც შემცირდა ამ ნივთიერებების წარმოება. შედეგი ოზონის შრის ნელ-ნელა, წლიდან წლამდე აღდგენა იყო. ამჟამად მონრეალის პროტოკოლის და უკანასკნელ წლებში ხელმოწერილი დამატებითი რიგი საერთაშორისო პროტოკოლების შესაბამისად, ოზონ საშიში მაცივარაგენტების წარმოება აკრძალულია. მათ ნაცვლად მრეწველობის სხვადასხვა დარგში ხშირად გამოიყენება ნაკლებად ეფექტური, მაგრამ უფრო უსაფრთხო ორგანული ნაერთები. ასე, მაგალითად, ქლორფტორნახშირბადის მოლეკულაში წყალბადის ატომების შეყვანა ნაერთს უფრო რეაქციის უნარიანს ხდის, მისი სიცოცხლის დრო ტროპოსფეროში მნიშვნელოვნად მცირდება, ასეთი ნაერთები უკვე ვეღარ აღწევენ სტრატოსფეროში და ვერ ახდენენ გავლენას მასში ოზონის შემცველობაზე. სხვა გზა დაკავშირებულია მაცივარაგენტის მოლეკულაში ქლორის ატომის სრულ ან ნაწილობრივ შეცვლასთან. ამ შემთხვევაში მოლეკულა ან უფრო რეაქციის უნარიანი ხდება (არსებობის დროის შემცირებით), ან არ წარმოადგენს საშიშროებას ოზონის შრისათვის, რამდენადაც ქლორის ციკლი შეუძლებელია ქლორის არარსებობისას.

სურ. 7 სქემატური ილუსტრაცია ასახავს რა მოხდებოდა მონრეალის ოქმის ხელმოწერა რომ არ შემდგარიყო.

„მონრეალის ოქმის“ წყალობით, დღეისათვის ოზონის დამშლელი ქიმიური ნივთიერებების წარმოება უკვე 90%-ით არის შემცირებული მსოფლიოში. სხვა ოზონდამშლელი ნივთიერებების წარმოების ეტაპობრივი შეწყვეტა კი 2030 წლისთვის არის



დაგეგმილი. 2014 წელს, NASA-ს მონაცემებმა გვაუწყა, რომ ოზონის შრემ ნელ-ნელა აღდგენა დაიწყო. თუ დამცავი ღონისძიებები იმავე ინტენსივობით გაგრძელდა, პრობლემა მეტნაკლებად მოგვარდება 2050 წლისთვის. მეტნაკლებად, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ სასიხარულო დადებითი ტენდენცია პრინციპში სახეზეა, ოზონის შრის სრული აღდგენა დროს მოითხოვს სულ ცოტა, 22-ე საუკუნემდე. ეს გამოწვეულია ოზონის დამშლელი სხვადასხვა ნივთიერების ხანგრძლივმოქმედი ეფექტით. მაგალითად, როდესაც ქვანახშირის სტრატოსფეროში ხვდებიან, ისინი აქტივობას დაახლოებით 100 წელი ინარჩუნებენ და პერიოდულად მაინც იჩენენ ხოლმე თავს.

ამიტომ, მაინც გრძელდება უარყოფითი გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ბიომრავალფეროვნებასა თუ სოფლის მეურნეობაზე. ჯერ ისევ რჩება პასუხისმგებელი მნიშვნელოვანი კითხვები – არ ვიცით, მოხდა თუ არა სასიცოცხლოდ კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ეკოსისტემის დაზიანება, რომელიც მომავალში იჩენს თავს? არ ვიცით, რა გავლენას იქონიებს ის სხვა სფეროებზე, როგორც კლიმატის ცვლილება? არ ვიცით, კიდევ რამდენი ხანი გაგრძელდება კანის კიბოს, კატარაქტისა თუ იმუნური დაავადებების დინამიკის ზრდის ხელშეწყობა?

როგორ ხვდებიან ოზონდამშლელი ნივთიერებები ატმოსფეროში

სტრატოსფეროში მათი გაბნევა სხვადასხვა გზით ხდება, კერძოდ:

- საწმენდი ხსნარების, საღებავების, ცეცხლმაქრობი მოწყობილობების და აეროზოლების ბალონების გამოყენებისას
- სამაცივრო და ჰაერის კონდიციონერების სისტემის მომსახურების დროს გაბნევით
- მეთილბრომიდის გამოყენებით ნიადაგის ფუმიგაციაში და საკარანტინო და გადაზიდვის წინარე მოხმარებისას
- ოზონდამშლელი ნივთიერებების შემცველი პროდუქტების და მოწყობილობების, როგორცაა ქაფები ან მაცივრები, გაუვნებელყოფის დროს
- მაცივრებიდან გაჟონვისას.

წყარო: ოზონის შრე და მისი დაცვა, 2017

ოზონის ხერელის გაჩენაში "დამნაშავე" აირები საყოფაცხოვრებო ტექნიკაში, მოწყობილობებში, დანადგარებსა თუ უბრალოდ საწარმოო პროცესისთვის განკუთვნილ მასალაში აქტიურად გამოიყენებოდა. ფაქტობრივად, ისინი, პირდაპირი მნიშვნელობით, ყოველ ფეხის ნაბიჯზე გვხვდებოდა. მათ შორისაა: ქლორფთორნახშირბადები, ნახშირბადის ტეტრაქლორიდი, მეთილქლოროფორმი, ჰიდრობრომოფთოროკარბონები, ჰიდროქრომოფთოროკარბონები, მეთილის ბრომიდი, ბრომოქლორომეთანი და სხვა.

მაცივრები, ჰაერის კონდიციონერების მოწყობილობები, წყლის სადუზინფექციო ხსნარები, სახლის დასასუფთავებლად გამოყენებადი აეროზოლები, თმის სპრეები, ქაფები, კვერცხის ჩასადები მუყაოს ყუთები, კომპიუტერის ნაწილების, ელექტროსქემებისა თუ საათების საწმენდი საშუალებები, ცეცხლსაქრობები, ქიმიკატები — ეს მხოლოდ იმ ნივთებისა და დანადგარების მცირერიცხოვანი სიაა, რომელიც ზემოხსენებული მანერა ნაერთების გამოყოფასთანაა დაკავშირებული, თითქმის ყველა ოჯახშია და ოზონის შრის დათხელებაზე პირდაპირ მოქმედებს.

დღესდღეობით კონდიციონერების სისტემებსა თუ მაცივრებში ალტერნატიული ნივთიერებები გამოიყენება. ასევე, ხელმისაწვდომია საიზოლაციო მასალების, საკვების შესანახი კონტეინერების, შესაფუთი მატერიისა და სხვა მსგავსი პროდუქტების უსაფრთხო შემცვლელები.

იმისათვის, რომ ოზონდამშლელი ნივთიერებების დონე შეამციროთ:

- ეცადეთ, ბენზინზე მომუშავე ავტომობილებისა და ავტობუსების ნაცვლად, ელექტრომობილებით, სკუტერებით, ველოსიპედებით გადაადგილდეთ ან ფეხით იაროთ, რადგან ასეთი ტრანსპორტი ჰაერში აზოტის ოქსიდებსა და ჰიდროკარბონებს გამოყოფს;
- არ გამოიყენოთ სპრეები, საწმენდი აეროზოლები, ქაფები და ა.შ. არჩევანი მათ ეკომეგობრულ შემცვლელებზე შეაჩერეთ;
- იყიდეთ ადგილობრივად წარმოებული პროდუქტები, რადგან იმპორტირებული საქონელი თქვენამდე მოსასვლელად დიდ გზას გადის, რითაც გარემოს ირიბად აბინძურებთ;
- სათანადოდ მოუარეთ კონდიციონერებსა და მაცივრებს, რადგან ნებისმიერი ხარვეზის შედეგად შესაძლოა, მავნე ნივთიერებები გამოთავისუფლდეს;
- იყიდეთ ენერგიის დამზოგავი მოწყობილობები და ნათურები, რითაც ნაკლები თანხა დაგეხარჯებათ და გარემოსაც გაუფრთხილდებით;
- გამოიყენეთ ისეთი საყოფაცხოვრებო დანადგარები, რომლებიც ქლოროფთორნაზშირბადებს არ შეიცავს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

ამონარიდები სტატიიდან: <https://nationalgeographic.ge/story/ozoni-ar-wamikitkhavs-magram-ar-mjera/>

ზოგადი დედამიწისმცოდნეობა, ავტორები: რამინ გობეჯიშვილი, ემილ წერეთელი, ცეცილია დონაძე, ვაჟა ტრაპაიძე გიორგი დვალაშვილი, ლამზირა ლალიძე, თინათინ ნანობაშვილი, თეონა თიგიშვილი

ოზონის შრე და მისი დაცვა, ავტორები: ნ. მუმლაძე; თ. მეგრელიძე. გამოცემულია მონრეალის ოქმის მრავალმხრივი ფონდისა (MLF) და გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) ფინანსური მხარდაჭერით.

თერმოდინამიკის კანონები ბიოლოგიურ სისტემებში

თემა 1 - ჩვენი სამყარო			
თერმოდინამიკის კანონები ბიოლოგიურ სისტემებში	გაკვეთილი 1	ფიზიკა	მასწავლებელი სტუდენტებს ახსენებს ბუნებაში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნებს და მათთან დაკავშირებულ ზოგად კანონზომიერებებს. LMS პლატფორმაზე მოცემული აქტივობების მიხედვით გაკვეთილზე მუშავდება თერმოდინამიკის პირველი კანონი.
	გაკვეთილი 2	ფიზიკა	მასწავლებელი და სტუდენტები განიხილავენ თერმოდინამიკის პირველ კანონთან დაკავშირებულ აქტივობებსა და შედეგებს.
	გაკვეთილი 3	ბიოლოგია	მასწავლებელი ფოტოსინთეზის მაგალითზე განიხილავს როგორ რეალიზდება თერმოდინამიკის პირველი კანონი ღია სისტემებში.
	გაკვეთილი 4	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს თერმოდინამიკის მეორე კანონს. მოჰყავს მასთან დაკავშირებული მაგალითები ყოველდღიური ცხოვრებიდან. სტუდენტები პარალელურად ასრულებენ პროექტულ დავალებას.
	გაკვეთილი 5	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ფოტოსინთეზის ეტაპებს და მის კავშირს თერმოდინამიკის პირველ კანონთან.
	გაკვეთილი 6	ბიოლოგია	მასწავლებელი უჯრედული სუნთქვის მაგალითზე განიხილავს როგორ რეალიზდება თერმოდინამიკის მეორე კანონი ღია სისტემებში.
	გაკვეთილი 7	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს თერმოდინამიკის მეორე კანონთან დაკავშირებულ დავალებებსა და აქტივობებს. გაკვეთილზე განიხილება შექცევადი და შეუქცევადი პროცესები.
	გაკვეთილი 8	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს უჯრედული სუნთქვის ეტაპებს და მის კავშირს თერმოდინამიკის მეორე კანონთან.
	გაკვეთილი 9	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე.
	გაკვეთილი 10	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს სინერგეტიკას და სტუდენტებთან საუბრობს რთული ღია სისტემების თვითორგანიზების თვისებაზე. სტუდენტები ასრულებენ პროექტულ დავალებას.
	გაკვეთილი 11	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ უჯრედულ სუნთქვაზე.
	გაკვეთილი 12	ფიზიკა	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება:

პროექტული დავალება

კონდიციონერის შეძენის დროს, ჩვენ ძირითადად გვაინტერესებს ოთახის ფართობი, თუმცა მნიშვნელოვანია სხვა ფაქტორების, მაგალითად, ოთახში ადამიანების რაოდენობის და ელექტრონული მოწყობილობების გათვალისწინებაც. ამ დამატებითი პირობების გათვალისწინება აუცილებელია, რომ კონდიციონერმა მაქსიმალურად ეფექტურად შეძლოს სივრცის გაგრილება.



წარმოიდგინე, რომ ხარ კომპანიის თანამშრომელი, რომელიც კონდიციონერების შექმნაზე მუშაობს. შექმენი პოსტერი, რომლის საშუალებით აუხსნი მომხმარებელს რა ფიზიკურ კანონზომიერებებს ემორჩილება ბიოლოგიური სისტემები, რატომაც მნიშვნელოვანი ადამიანების რაოდენობის და ელექტრონული მოწყობილობების არსებობის გათვალისწინება კონდიციონერის შერჩევისას.

პოსტერის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- როგორ რეალიზდება თერმოდინამიკის კანონები (პირველი და მეორე) ცოცხალ სისტემაში (მაგ., უჯრედულ/ორგანიზმულ დონეზე)?
- როგორ გარდაიქმნება ენერგია ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში, რა მსგავსება-განსხვავებაა ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნებს შორის?
- რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემოს პირობების (მაგ., t , ph) ცვლილებამ უჯრედის მეტებოლიზმზე?

კრიტერიუმი I, II - როგორ ხდება ენერგიის გარდაქმნა ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში, რა მსგავსება-განსხვავებაა ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნებს შორის? როგორ რეალიზდება თერმოდინამიკის კანონები (პირველი და მეორე) ცოცხალ სისტემაში (მაგ., უჯრედულ/ორგანიზმულ დონეზე)?

- ✓ როგორ ხდება ენერგიის გარდაქმნა ცოცხალ სისტემებში, მაგალითად, უჯრედული სუნთქვის დროს?
- ✓ როგორია ენერგიის შენახვისა და ტრანსფორმაციის გზები უჯრედულ სუნთქვაში?
- ✓ როგორ ხდება ენერგიის გარდაქმნა არაცოცხალ სისტემებში, მაგალითად, მანქანის ძრავში ან მზის პანელებში (ახსენით ზოგადი პრინციპების დონეზე)?
- ✓ რა მსგავსებაა ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში ენერგიის გარდაქმნის პროცესებს შორის?
- ✓ როგორ ახორციელებს ფოტოსინთეზი სინათლის ენერგიის ქიმიურ ენერგიად გარდაქმნას თერმოდინამიკის კანონების შესაბამისად
- ✓ როგორ ხდება ეკოსისტემაში ენერგიის გარდაქმნა და გადაცემა?

- ✓ ადამიანი ენერგიას საკვებისგან იღებს. ჩამოთვალეთ, რომელი სახის ენერგიებად შეიძლება გარდაიქმნას ეს ენერგია დღის განმავლობაში ადამიანის სხვადასხვა ფიზიკური აქტივობის ფარგლებში?
- ✓ რატომ მოგვდის ოფლი მაღალი ტემპერატურის დროს და ენერგიის რომელ გარდაქმნას ემსახურება ადამიანის მიერ ოფლის გამოყოფის პროცესი?
- ✓ ადამიანის ორგანიზმში ქიმიური ენერგია მექანიკურ ენერგიად გარდაიქმნება, რის შედეგადაც ადამიანი მექანიკურ მუშაობას ასრულებს (კიბეზე ადის, ტვირთი მიაქვს, ცეკვავს, დარბის და ა.შ.). შეიძლება თუ არა პრიქით - ადამიანმა მექანიკური ენერგია გარდაქმნას ქიმიურ ენერგიად?
- ✓ თუ თბილი სხეულებიდან ცივ სხეულებს სითბო თავისით გადაეცემათ, რატომ არ შეიძლება რომ იგივე მოხდეს შებრუნებული მიმართულებით (სითბო ცივმა სხეულმა თავისთავად გადასცეს ცხელ სხეულს) და რატომ გვჭირდება ამისთვის მაცივარი?

სანამ უშუალოდ თერმოდინამიკის კანონებზე ვისაუბრებთ, გავიხსენოთ გასულ წლებში ნასწავლი ენერგიის სხვადასხვა სახეები და მათი ურთიერთგარდაქმნის მაგალითები.

თქვენ უკვე იცნობთ ენერგიის რამდენიმე სახეს:

1. მექანიკური ენერგია (კინეტიკური და პოტენციალური ენერგია);
2. კინეტიკური ენერგია - ენერგია, რომელიც სხეულს მოძრაობის შედეგად აქვს;
3. პოტენციალური ენერგია - ენერგია, რომელიც ახასიათებთ ურთიერთმოქმედ სხეულებს, ან ერთი და იგივე სხეულის ნაწილების ურთიერთქმედებას;
4. შინაგანი ენერგია (სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობის კინეტიკური ენერგიისა და ერთმანეთთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიების ჯამი), რომელიც ყველა სხეულს გააჩნია - იგი შესაძლებელია შეიცვალოს სხეულზე სითბოს რაოდენობის გადაცემით და ამ სხეულზე მუშაობის შესრულების შედეგად;
5. ელექტრული ენერგია (ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედების ენერგია ან ელექტრული ველის ენერგია);



ყოველდღიურად მათი ურთიერთგარდაქმნის უამრავ მაგალითს ვხვდებით. მაგალითად, როდესაც მიკროტალღურ ღუმელში საჭმელს ვაცხელებთ, საჭმლის ტემპერატურა მასზე ელექტრომაგნიტური ტალღების (მიკროტალღების) ზემოქმედებით იმატებს. ამ დროს ელექტრომაგნიტური ველის ენერგია (რომელსაც მიკროტალღური ღუმელი გამოსხივებით გამოყოფს) საჭმლის შინაგან ენერგიად გარდაიქმნება. ღუმელი ელექტრულ ქსელშია ჩართული, შესაბამისად, მიკროტალღური გამოსხივება ელექტრულ ქსელში არსებულმა ელექტრული ველის მუშაობამ გამოიწვია - ესე იგი ღუმელის მუშაობას განაპირობებს ელექტრული ველის ენერგიის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ენერგიად გარდაქმნა. წავიდეთ კიდევ უფრო შორს... ელექტრულ ქსელს, რომელსაც სახლებში ელექტროენერგიის მომარაგებისთვის ვიყენებთ ენერგია ელექტროსადგურიდან მიეწოდება.

ეს შეიძლება იყოს ჰიდროელექტროსადგური, ქარის ელექტროსადგური, მზის ელექტროსადგური, ატომური ან თბოელექტროსადგური და სხვა. მაგალითისათვის განვიხილოთ ჰიდროელექტროსადგური, რომელიც ელექტროენერგიას კაშხალში

დაგუბებული წყლის პოტენციური ენერგიიდან გამოიმუშავენ. ვიდრე წყალი დაგუბდებოდა მას კინეტიკური ენერგია ჰქონდა - იგი მდინარეში მოძრაობდა. ვიდრე მდინარეში წყლად მოგვევლინებოდა, რომელიმე მთაზე წვიმად, ან თოვლის სახით მოვიდა, რომელიც თავის დროზე ზღვებისა და ოკეანეების მზის სხივების ზემოქმედებით (მზის ენერგიით გათბობის შედეგად) აორთქლებამ გამოიწვია. შეიძლება თუ არა გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ ოდესღაც წყნარ ოკეანეში მზის სხივებმა წყალი გაათბო, შემდეგ კი ამის წყალობით ჩვენ მიკროტალღურ ღუმელში საჭმელი გავაცხელეთ? რათქმაუნდა შეიძლება ასეთი დასკვნის გამოტანა - უბრალოდ არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ ჩვენი სამყარო ერთი დიდი სისტემაა, რომელშიც სხვადასხვა სახის ენერგია მუდმივად გარდაიქმნება, ასე, რომ ვინ იცის, ახლა ჩვენი მიკროტალღური ღუმელი შესაძლოა მართლაც იყენებს იმ ენერგიის "შთამომავალ ენერგიას" რომელიც მზემ წყნარ ოკეანეს გადასცა.

თერმოდინამიკის პირველი კანონი

ბუნებაში ენერგიის სხვადასხვა სახე არსებობს. ბუნებაში მიმდინარე ფიზიკური მოვლენებისა და პროცესების დროს ერთი სახის ენერგია გარდაიქმნება სხვა სახის ენერგიად, თუმცა აღნიშნულ მოვლენას ბუნების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი კანონზომიერება ახლავს თან - ბუნებაში არსებული სრული ენერგია მუდმივი სიდიდეა! შესაძლოა რომელიმე ფიზიკური მოვლენის დროს ერთი სახის ენერგია ორი, სამი ან რამდენიმე სახის ენერგიად გარდაიქმნას, მაგრამ გარდაქმნამდე და გარდაქმნის შემდეგ ამ ენერგიათა ჯამი ერთმანეთის ტოლია! - ბუნების ამ ფენომენს ენერგიის შენახვის კანონი ეწოდება.

მაგალითი 1. ბილიარდის ბურთი ეჯახება უძრავ ბილიარდის ბურთს. ვთქვათ, პირველი ნელდება, მეორე ჩქარდება და ორივე რამდენადმე თბება. ამ შემთხვევაში პირველი ბურთის კინეტიკური ენერგია იკლებს, მისი ნაწილი იქცევა სითბურ ენერგიად, რაღაც ნაწილი კი გადაეცემა უძრავ ბურთს და ის ამოძრავდება. ბურთულების დაჯახებამდე და დაჯახების შემდეგ სითბური და მექანიკური ენერგიების ჯამი კი მუდმივი რჩება.



მაგალითი 2. ქვა კლდიდან წყდება და მიწაზე ვარდება. ვარდნის პროცესში ქვის და დედამიწის ურთიერთმიზიდვის პოტენციური ენერგია იკლებს, ხოლო ქვის კინეტიკური ენერგია იზრდება. როდესაც ქვა მიწაზე ეცემა, ქვაც და მიწაც თბება, რადგან ქვის კინეტიკური ენერგია ამ სხეულების სითბურ ენერგიად იქცევა. ეს ქვა ადამიანმა შეიძლება ისევ კლდეზე აიტანოს; ამ დროს ადამიანის ქიმიური ენერგია იხარჯება (ადამიანის ორგანიზმში ორგანული ნაერთები იჟანგება და იშლება), ხოლო ქვისა და დედამიწის ურთიერთმიზიდვის პოტენციური ენერგია იზრდება. აღნიშნულ პროცესებში მონაწილე ყველა სახის ენერგიათა ჯამი მუდმივი სიდიდე რჩება!

ჩამოთვლილი მაგალითები ცხადყოფს, რომ ენერგია არც არსაიდან წამოიქმნება და არც არსად ქრება. იგი ვერც შეიქმნება და ვერც განადგურდება. ენერგია მხოლოდ სახეს იცვლის ან ერთი ობიექტიდან მეორეზე გადაიტანება. ეს კანონი თითქოსდა აბსტრაქტულია, მაგრამ თუ მაგალითებს გავიაზრებთ, აღმოვაჩენთ, რომ ენერგია მუდმივად გადაიტანება და გარდაიქმნება ჩვენ გარშემო.

ენერგიის შენახვის კანონს, პროცესებში, რომლებიც სითბური ენერგიის მონაწილეობით მიმდინარეობს თერმოდინამიკის პირველ კანონს უწოდებენ. იგი შემდეგნაირად შეიძლება ჩამოვყალიბო:

სისტემაზე გადაცემული სითბოს რაოდენობა ამ სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილებისა და მის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობის ჯამის ტოლია. თერმოდინამიკის პირველი კანონის შესაბამისი ფორმულაა: $Q = \Delta u + A$, რომელშიც: Q - არის სისტემაზე (მაგალითად ცილინდრში მოთავსებულ აირზე) გადაცემული სითბოს რაოდენობა;

Δu - არის ამავე სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილება;
 A - არის სისტემის მიერ შესრულებული მუშაობა (გაიხსენეთ, ვირტუალურ ლაბორატორიაში აირზე გადაცემული სითბოს რაოდენობის ნაწილმა აირი გააცხელა (Q -ს ნაწილი გარდაიქმნა შინაგანი ენერგიის ცვლილებად (Δu)), მეორე ნაწილის ხარჯზე აირმა მუშაობა შესრულა (A) - ცილინდრის სარქველი გახეთქა.

მოცემულ ფორმულაში შემავალი სამივე წევრი ენერგიის განზომილებისაა, შესაბამისად ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში მათი ერთეული 1 ჯოულია (შემოკლებით 1ჯ).

ენერგიის გარდაქმნები ორგანიზმსა და გარემოს შორის

როგორი სისტემა ხართ თქვენ? ღია თუ დახურული? როგორც აღმოჩნდა, ეს კითხვა ფილო სოფიაზე მეტად ფიზიკის სფეროს მიეკუთვნება. თქვენ, ისევე, როგორც ყველა ცოცხალი ორგანიზმი, ღია სისტემა ხართ, ანუ თქვენს ენერგიასა და ნივთიერებას მიმოცვლით თქვენს გარემოსთან. ასე მაგალითად, თქვენ ქიმიურ ენერგიას საკვების სახით იღებთ და მუშაობას ასრულებთ თქვენს გარემოში მოძრაობის, ლაპარაკის, სიარულისა და სუნთქვისას.

ენერგიის მიმოცვლის ყველა რეაქცია, რომელიც ხდება თქვენში (მაგალითად, მრავალი მეტაბოლური რეაქცია) და თქვენსა და გარემოს შორის, ფიზიკის იმავე კანონებით აიხსნება, რომლებითაც ენერგიის გაცვლა თბილ და ცივ ობიექტებს ან აირის მოლეკულებს შორის.

იმის მიუხედავად, იაზრებთ ამას თუ არა, თქვენ მაინც მუდმივად ცვლით გარემოსთან ენერგიასა და ნივთიერებას. მაგალითად, ვთქვათ, სტაფილო შეჭამეთ, სარეცხის ჩანთა მაგიდ აზე დადეთ ან, უბრალოდ, ამოისუნთქეთ და ნახშირორჟანგი ატმოსფეროში გამოყავით. თითოეულ შემთხვევაში თქვენ ენერგიასა და ნივთიერებას მიმოცვლით გარემოსთან.

ენერგიის მიმოცვლა, რომელიც ცოცხალ ორგანიზმებში ხდება, ფიზიკის კანონებს უნდა ემორჩილებოდეს. ამ თვალსაზრისით, ეს კანონები იგივეა, რაც, ვთქვათ, ელექტრულ წრე დში მოქმედი კანონები. მოდით, უფრო კარგად გავეცნოთ, როგორ რეალიზდება თერმოდინამიკის კანონები ცოცხალ ორგანიზმებში, მაგალითად, თქვენში.

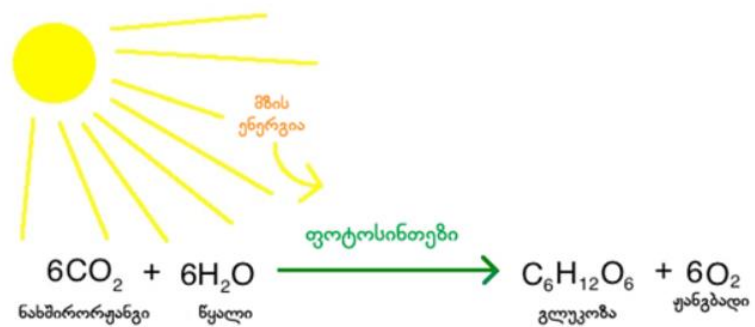
ფოტოსინთეზი

შენ უკვე იცი

რომ თერმოდინამიკის პირველი კანონის მიხედვით, ენერგია ვერც შეიქმნება და ვერც განადგურდება. იგი მხოლოდ სახეს იცვლის ან ერთი ობიექტიდან მეორეზე გადაიტანება. ეს კანონი თითქოსდა აბსტრაქტულია, მაგრამ თუ მაგალითებს გავიაზრებთ, აღმოვაჩენთ, რომ ენერგია მუდმივად გადაიტანება და გარდაიქმნება ჩვენ გარშემო.

თერმოდინამიკის პირველი კანონი და ფოტოსინთეზი

განვიხილოთ როგორ მოქმედებს თერმოდინამიკის პირველი კანონი ღია სისტემებში ფოტოსინთეზის მაგალითზე. როგორ ახერხებს მცენარის უჯრედი სინათლის ენერგია გარდაქმნას ქიმიური ბმების ენერგიად?

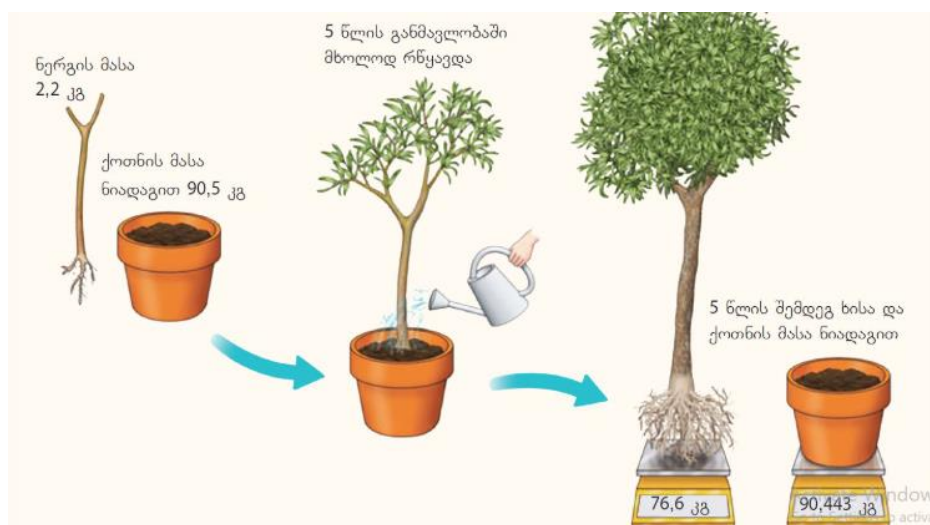


ფოტოსინთეზი

პროცესი სინათლის ენერგიის ხარჯზე მიმდინარეობს და მისი წყალობით წყლისა და ნახშირორჟანგისგან წარმოიქმნება გლუკოზა.

ჰელმონტის ექსპერიმენტი

ფოტოსინთეზი აღმოჩინეს მე-18 საუკუნის ბოლოს. მისი კვლევა ნაბიჯ-ნაბიჯ მიმდინარეობდა. აღმოჩენას ბევრი მეცნიერის შრომა და საინტერესო ექსპერიმენტები დაედო საფუძვლად. აღმოჩენისკენ პირველი ნაბიჯი გადადგა ბელგიელმა მკვლევარმა



იან ვან გელმონტმა.

1600 წელს მან ჩაატარა ექსპერიმენტი, იმის დასადგენად, თუ რით იკვებება მცენარე.

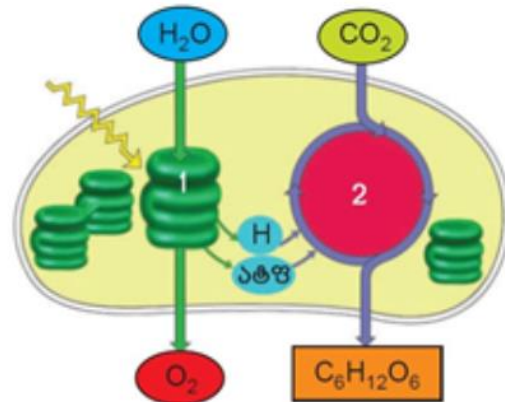
ვან გელმონტმა დიდ ქოთანში დარგო ტირიფის ნერგი, რომელიც მხოლოდ 2 კილოგრამს იწონიდა. მეცნიერმა წინასწარ აწონა ქოთანში ჩასაყრელი მიწაც. ნიადაგის წონა 90 კილოგრამს შეადგენდა. მცენარის დარგვის შემდეგ მკვლევარი მხოლოდ რწყავდა მას. ნიადაგის გასამდიდრებლად არც მიწა დაუმატებია და არც სასუქი.

5 წლის შემდეგ ვან გელმონტმა ისევ აწონა ხე და მიწა. აღმოჩნდა, რომ ტირიფი 30-ჯერ უფრო მძიმე გამხდარიყო. მისმა წონამ 76 კილოგრამს მიაღწია, მიწის წონა კი იგივე დარჩა, მხოლოდ 56 გრამი დააკლდა. ამ ცდის საფუძველზე მეცნიერმა დაასკვნა, რომ მცენარეების ზრდისთვის უმნიშვნელოვანესი პირობაა წყალი. ვან გელმონტის დასკვნა არ იყო ბოლომდე სწორი. მან აღმოაჩინა მხოლოდ ერთი აუცილებელი კომპონენტი მცენარის ზრდისთვის – წყალი. მკვლევარმა არ გაითვალისწინა, რომ მცენარის ზრდა მხოლოდ ფესვებიდან მიღებულ საკვებზე არ იყო დამოკიდებული. გავიდა კიდევ 150 წელზე მეტი, სანამ აღმოაჩინეს ფოტოსინთეზი.

თერმოდინამიკის პირველი კანონი და ფოტოსინთეზი

ფოტოსინთეზი ქლოროპლასტებში ორ ეტაპად მიმდინარეობს. პირველ ეტაპს სინათლის რეაქციების ეტაპი უწოდეს, მეორეს კი – კალვინის ციკლი, ანუ სიბნელის რეაქციების ეტაპი.

სინათლის ფაზის მთავარი მონაწილე ქლოროფილის მოლეკულაა, რომელიც ძალიან მგრძნობიარეა მზის სხივების მიმართ. როდესაც ქლოროფილის მოლეკულებს სინათლის სხივი ეცემა, ქლოროფილის ელექტრონები ატომის ბირთვიდან დაცილებული უფრო მაღალი ორბიტებისკენ გადაინაცვლებს და ამიტომ მის მოლეკულას ადვილად სწყდება. ქლოროფილის ამ მდგომარეობას აგზნებული მდგომარეობა დაარქვეს. ის ასეთ



1. სინათლის რეაქციები; 2. სიბნელის რეაქციები.

მდგომარეობაში დიდხანს არ ჩერდება და საკუთარი ელექტრონების დანაკარგს წყლის ელექტრონებით ინაზღაურებს, ელექტრონებს წყალს ართმევს. ამას წყლის მოლეკულის დაშლა მოჰყვება და წყალი წყალბადის იონად და მოლეკულურ ჟანგბადად იშლება. ჟანგბადი ტოვებს მცენარის უჯრედს და გარემოში გამოიყოფა.

ქლოროფილის მიერ დაკარგული ელექტრონი, თილაკოიდის მემბრანაში არსებული ელექტრონების გადამტანი მოლეკულების ჯაჭვის გასწვრივ იწყებს გადაადგილებას და თადათან კარგავს ენერგიას, რომლის დიდი ნაწილი ატფ-ის სინთეზს ხმარდება. ამით ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა მთავრდება.

სიბნელის ფაზა სტრომაში მიმდინარეობს. კალვინის ციკლის ფერმენტები ატფ-ის ენერგიას CO_2 -ისა და წყალბადის ატომებიდან გლუკოზის მოლეკულის სინთეზს ახმარენ. როგორც ხედავ, სწორედ აქ, ამ ეტაპზე იქმნება პირველი ორგანული ნივთიერება, რომელიც შემდგომ სხვა ორგანულ ნაერთებს წარმოქმნის.

სწორედ გლუკოზაში არსებული ენერგიის ხარჯზე შეუძლია ორგანიზმს მექანიკური მუშაობის (სირბილი, ტვირთის აწევა და ა.შ.) შესრულება ან სითბოს გამოყოფა.

თერმოდინამიკის მეორე კანონი და უჯრედული სუნთქვა

როგორ რეალიზდება თერმოდინამიკის მეორე კანონი ღია სისტემებში?

ერთი შეხედვით, თერმოდინამიკის პირველი კანონი საკმაოდ კარგი ამბავია. ენერგია ვერც შეიქმნება და ვერც განადგურდება, ესე იგი, შეგვიძლია ის ხელახლა და ხელახლა გადავამუშავოთ?

დიახ...და არა. ენერგია ვერც შეიქმნება და ვერც განადგურდება, მაგრამ იგი შეიძლება, უფრო გამოსადეგ და ნაკლებად გამოსადეგ სახეებში გადავიდეს. როგორც აღმოჩნდა, რეალურ სამყაროში ენერგიის ნებისმიერ გადატანას ან გარდაქმნას თან ახლავს მისი ნაწილის გამოუსადეგარ სახედ (სახე, რომელიც მუშაობის შესასრულებად არგამოდგება) დაკარგვა. შემთხვევათა უმრავლესობაში ენერგიის ეს სახე სითბოა.

სითბო შესაბამის პირობებში მუშაობის შესასრულებლად გამოდგება, მაგრამ იგი მაინც ვერასდროს გარდაიქმნება სხვა (მუშაობის შემსრულებელ) ენერგიად 100%-იანი ეფექტურობით. შესაბამისად, ყოველთვის, როცა ენერგია ერთი ობიექტიდან მეორეზე გადაიტანება, მისი ნაწილი გამოსადეგიდან გამოუსადეგად სახედ გარდაიქმნება. ამის ასახსნელად გავეცნოთ რამდენიმე მაგალითს.

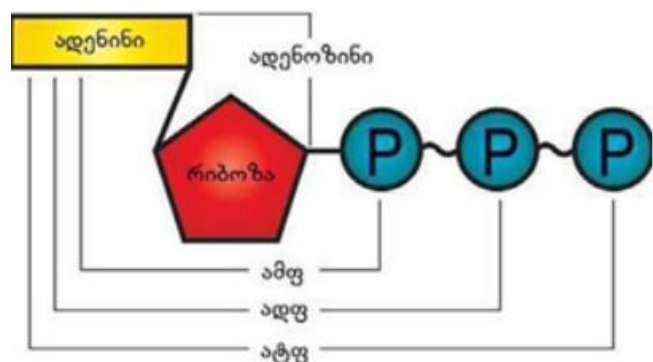
მაგალითი 1. გავეცნოთ ენერგიის მიმოცვლის პროცესებს, რომლებიც ადამიანის ორგანიზმში ხდებასეირნობისას. წინ გადასადგილებლად თქვენ ფეხის კუნთებს კუმშავთ, რისთვისაც რთული მოლეკულების, მაგალითად, გლუკოზას, ქიმიური ენერგია გამოიყენება და კინეტიკურ ენერგიად გარდაიქმნება (თუ აღმართზე ადიხართ, პოტენციურ ენერგიადაც). მიუხედავად ამისა, ამ პროცესის ხარჯეფექტურობა საკმაოდ დაბალია: თქვენი საწვავის ენერგიის დიდი ნაწილი, უბრალოდ, სითბოდ გარდაიქმნება. ამ სითბოს ნაწილი თქვენი სხეულის ტემპერატურას ინარჩუნებს, მაგრამ უფრო დიდი ნაწილი გარემოში იკარგება. სიარულისას გლუკოზის წვის დროს თქვენს ორგანიზმში დიდი, რთული ბიომოლეკულები პატარა, მარტივ ნაერთებად იშლება, მაგალითად, ნახშირორჟანგად და წყლად. ეს რექცია ენერგეტიკული ცვლის (დაშლის რეაქციების ერთობლიობა, რომელიც უჯრედს ენერგიით ამარაგებს) რექციებს მიეკუთვნება და მას უჯრედული სუნთქვის რეაქცია ეწოდება. ძალიან მარტივად და სქემატურად ეს პროცესი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



ამრიგად, უჯრედული სუნთქვა აერობული პროცესია, რომლის დროს გლუკოზა იწვება. წვის პროდუქტებია CO_2 და H_2O , მაგრამ ამ რეაქციის წარმართვისას უჯრედი არა წვის პროდუქტებით, არამედ ენერგიით არის „დაინტერესებული“. წვისას გამოყოფილ ენერგიას ისინი უმნიშვნელოვანესი ქიმიური ნაერთის – ატგ-ის წარმოქმნას ახმარენ და მასში ინახავენ, ხოლო სითბოდ ენერგიის მხოლოდ ნაწილი გარდაიქმნება.

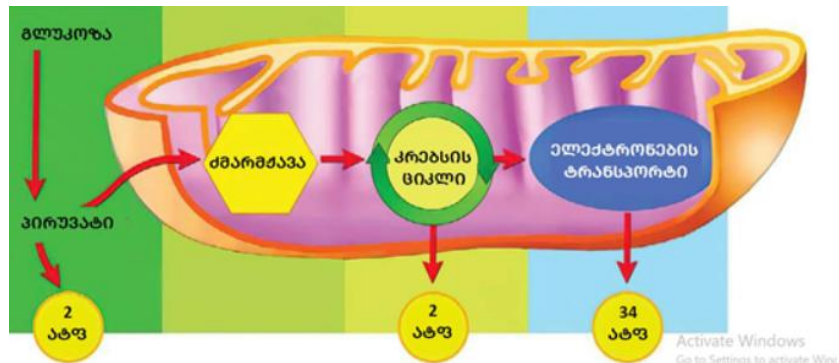
როგორ შეიძლება ერთმა მოლეკულამ გლუკოზამ, რომელიც საერთოდ არ შეიცავს მაკროერგულ ბმას, წარმოქმნას 38 მოლეკულა ატგ, რომელიც შეიცავს ორ მაკროერგულ ბმას?

როგორ ხდება ასეთი „ენერგეტიკული სასწაული“? უჯრედული სუნთქვა ურთულესი პროცესია, რომელშიც სხვადასხვა უჯრედული სტრუქტურა და მრავალი ფერმენტი ჩართული. ამ პროცესს სამ ძირითად სტადიად ყოფენ, ესენია: გლიკოლიზი, კრებსის



ყოფენ, ესენია: გლიკოლიზი, კრებსის

გლიკოლიზი უჯრედული სუნთქვის პირველი ეტაპია. ის უქანგზადოდ მიმდინარეობს და ამიტომ მას ანაერობულ სუნთქვასაც უწოდებენ. ამ პროცესში გლუკოზა ციტოზოლური 10 ფერმენტის საშუალებით სამნახშირბადიან პიროყურძნის მჟავად – პირუვატად გარდაიქმნება. თუ უჯრედში საკმარისი ჟანგბადია, ის ციტოზოლიდან, მიტოქონდრიის მემბრანების გავლით, მატრიქსში გადადის. იქ მას ერთი ნახშირბადი ჩამოსცილდება და ორნახშირბადიან



ძმარმჟავად გარდაიქმნება. ძმარმჟავა კრებსის ციკლში ერთვება. ეს ნაერთი იქ 8 ფერმენტის ხელში აღმოჩნდება, რომლებიც რიგ-რიგობით, თანდათან შლიან მას ნახშირორჟანგად და წყალბადებად. კრებსის ციკლში წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი უჯრედიდან გარეთ გამოდის.

უჯრედული სუნთქვის მესამე-ელექტრონების ტრანსპორტის ეტაპი მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე გრძელდება. მემბრანაში ერთმანეთის თანმიმდევრობით ჩაშენებულია ცილები, რომლებსაც ელექტრონების გადამტან ჯაჭვს უწოდებენ. ამ ჯაჭვის გავლით კრებსის ციკლში წარმოქმნილი წყალბადის ატომები მოლეკულურ ჟანგბადს გადაეცემა და წარმოიქმნება წყლის მოლეკულა. წყალბადების მოძრაობის კინეტიკური ენერგია ადფ-ისა და ფოსფატის ერთმანეთზე გადაკერებას, ანუ მაკროერგული ქიმიური ბმის წარმოქმნას ხმარდება. ამ ეტაპზე 34 მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება. ელექტრონების გადაადგილებისას გამოყოფილი ენერგიის დაახლოებით 60% სითბოს სახით იფანტება. 40% ატფ-ის მოლეკულაში მაკროერგული ბმის სახით აკუმულირდება. ეს ენერგია ორგანული ნაერთების სინთეზის, ნივთიერებების დაბალი კონცენტრაციიდან მაღალი კონცენტრაციისკენ გადასატანად, ნერვული იმპულსის გატარებისთვის, ფიზიკური მუშაობის შესასრულებლად და სხვა პროცესების განსახორციელებლად გამოიყენება.

თერმოდინამიკის მეორე კანონი

უჯრედული სუნთქვის მაგალითზე თქვენ უკვე განიხილეთ, როგორ გარდაიქმნება გლუკოზის წვის დროს გამომუშავებული ენერგიის ნაწილი სითბოდ (შეიძლება ითქვას, ეს ენერგია არასასარგებლო ენერგიად გარდაიქმნება) დანარჩენი ნაწილი მოხმარდა რაიმე სამუშაოს შესრულებას (მაგალითად, ადამიანი ავიდა გორაკზე, კიბეზე და ა.შ.).

უკვე დავრწმუნდით, რომ ენერგიის გარდაქმნები ყოველთვის ისე არ მიმდინარეობს, როგორც ეს ჩვენ გვინდა - ენერგიის გარდაქმნებს ყოველთვის თან ახლავს ენერგიის ნაწილის "გამოუსადეგარ" ენერგიად გარდაქმნა - სითბოს სახით ენერგიის გარემოში გაფანტვა, რისი გამოყენებაც აღარ შეგვიძლია. სწორედ ასეთ მოვლენებს ეხება თერმოდინამიკის მეორე კანონი.

მოვიყვანოთ კიდევ რამდენიმე მაგალითი.

მაგალითი 2. სახლში გამათბობელში ელექტრული ენერგია ადვილად გადადის სითბურში, მაგრამ იმისთვის, რომ, ვთქვათ, ნახშირის დაწვით მიღებული სითბური ენერგია იქცეს ელექტრულ ენერგიად, საჭიროა რთული მექანიზმი - თბოელექტროსადგური. საქმე იმაშია, რომ გამათბობელში ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობის (ელექტრული დენის) ენერგია თავისთავად გადადის ქაოსური მოძრაობის (სითბურ) ენერგიაში, ხოლო საპირისპირო პროცესი თავისით არ განხორციელდება.

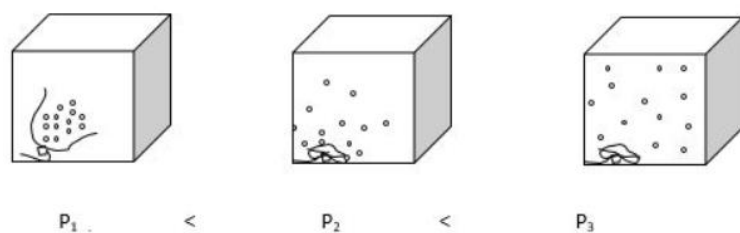
სითბური მანქანისთვის მიწოდებული სითბოს მხოლოდ ნაწილი შეიძლება გამოვიყენოთ მუშაობის შესასრულებლად (ვთქვათ, ვაქციოთ ელექტრულ ენერგიად), სითბოს დარჩენილი „უსარგებლო“ ნაწილი კი უნდა მოვაშოროთ სითბურ მანქანას, რათა ის არ გადახურდეს მუშაობის პროცესში. აქედან გამომდინარეობს მეორე კანონის კიდევ ერთი ფორმულირება:

თერმოდინამიკის მეორე კანონი (ა). სითბური მანქანის მ. ქ. კ. ვერ გახდება 100%-ის ტოლი, ანუ სითბურ მანქანას არ შეუძლია მთელი მიწოდებული სითბოს ხარჯზე შეასრულოს მუშაობა, ამიტომ მას აუცილებლად სჭირდება „უსარგებლო“ სითბოს მოცილება (ისევე როგორც გლუკოზაში არსებული ენერგია სრულად ვერ გარდაიქმნება ატფ-ის ენერგიად. ამ გარდაქმნას აუცილებლად მოჰყვება სითბოს გამოყოფა რასაც შეიძლება ენერგიის უსარგებლოდ კარგვა ვუწოდოთ).

მეორე კანონის თანახმად, წესრიგი (უმეტესად) გადადის ქაოსში ანუ პროცესებს გარკვეული მიმართულება გააჩნიათ. მართლაც, ვთქვათ, დროთა განმავლობაში სახლი შეიძლება თავისით დაინგრეს, მაგრამ დაანგრეული სახლი თავისით არ აშენდება. აი, ასეთი მარტივი შინაარსი აქვს თერმოდინამიკის მეორე კანონს.

თერმოდინამიკის მეორე კანონის საშუალებით შესაძლებელია უფრო მეტი ვიმსჯელოთ სისტემათა თვისებებზე:

მაგალითი 3. განვიხილოთ ჰერმეტიკულად დახურული ოთახი, რომლიდანაც ამოტუმბულია ჰაერი ანუ ამ ოთახში ვაკუუმი.



ნახატი 1. P_1, P_2, P_3 - ით აღნიშნულია შესაბამისი მდგომარეობების ალბათობები

დავუშვათ, ოთახის კუთხეში მოვათავსეთ ჰაერით სავსე ბუშტი, ცხადია, ის გასკდება და დროთა განმავლობაში ჰაერი ოთახს გაავსებს (ნახატი1). (ნახატზე მოცემული მდგომარეობებიდან რომელია უფრო ალბათური?)

შეიძლება ჰაერის მოლეკულები დაუბრუნდნენ I ან II მდგომარეობას? შეიძლება, მაგრამ ამის ალბათობა ძალიან, ძალიან მცირეა. დასკვნა: თუ ჰაერის მოლეკულების მოძრაობაში გარედან არ ვერევი, ისინი ნაკლებად ალბათური მდგომარეობიდან (P_1) გადავლენ უფრო ალბათურ (P_2) მდგომარეობაში და ბოლოს - ყველაზე ალბათურში (P_3). ყველაზე ალბათურ მდგომარეობას, როდესაც ჰაერის მოლეკულები თანაბრად არის განაწილებული სივრცეში, წონასწორობის მდგომარეობას უწოდებენ.

თერმოდინამიკის მეორე კანონი (ბ). ჩაკეტილი სისტემა (უმეტესად (!)) გადადის ნაკლებად ალბათური მდგომარეობიდან მეტად ალბათურში.

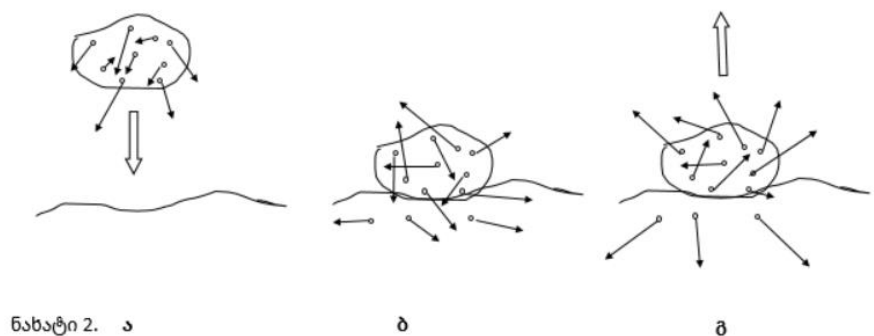
ეს ნიშნავს, რომ წონასწორობის მდგომარეობიდან გადახრებია შესაძლებელი. მართლაც, მოლეკულების განაწილება შეიძლება არ იყოს აბსოლუტურად თანაბარი. წონასწორობიდან თავისთავად გადახრას ფლუქტუაციას უწოდებენ. ამბობენ, რომ მეორე კანონს სტატისტიკური ხასიათი აქვს, ანუ ის უმეტესად სრულდება. ეს განასხვავებს მას, ვთქვათ, ნიუტონის მეორე კანონისგან, რომელიც ყოველთვის სამართლიანია (ნიუტონის მექანიკის მოქმედების არეში - საკმარისად დიდი და საკმარისად ნელი სხეულებისთვის).

შექცევადი და შეუქცევადი პროცესები

ალბათ ბევრს გინახავთ ოლიმპიური მოცურავე როგორ ხტება წყალში და ცურავს რამდენიმე ასეულს (ზოგ შემთხვევაში რამდენიმე კილომეტრ) დისტანციაზე. წარმოიდგინეთ, რომ წყალში ხტომის მომენტი გადავიღეთ ვიდეოკამერით და კადრი უკულმა დავატრიალეთ. ვიდეოჩანაწერში გამოჩნდება როგორ ამოხტა უკუსვლით მოცურავე წყლიდან, ან როგორ ცურავს მოცურავე უკუსვლით წყალში. რათქმაუნდა ეს თქვენ უჩვეულოდ მოგეჩვენებათ და მიხვდებით, რომ ვიდეოჩანაწერი საპირისპირო მიმართულებით არის ჩართული. როგორ ფიქრობთ, ბუნების მოვლენები (მათი ნაწილი მაინც), რომ საპირისპირო მიმართულებით მიმდინარეობდეს, უჩვეულოდ მოგეჩვენებოდათ? შესაძლებელია მსგავსი რამ?

მაგალითი: ქვა დავარდა მიწაზე და მისი კინეტიკური ენერგია სითბურში გადავიდა. თავიდან ქვის მოლეკულები დედამიწისკენ მოძრაობდნენ, ხოლო მას შემდეგ, რაც მათი კინეტიკური ენერგია სითბურში გადავიდა, მათი მოძრაობა გახდა მოუწესრიგებელი ანუ ქაოსური. ნახატი 2. ა, ბ.

დავუშვათ, ქვა დევს მიწაზე, გავათბოთ იგი, შედეგად მისი მოლეკულები უწესრიგოდ ამოძრავდება. შესაძლებელია, რომ ქვის უმეტესი მოლეკულები შემთხვევით ზევით



ამოძრავდეს და ქვა აფრინდეს (გაიხსენეთ ვიდეოკადრის საპირისპირო მიმართულებით ყურების პროცესი)? **ნახატი 2. გ.** ენერგიის შენახვის კანონი ამას ხელს არ უშლის (ხომ არ ირღვევა იმპულსის მუდმივობის კანონი?), მაგრამ ამის ალბათობა იმდენად მცირეა, რომ მსგავს მოვლენას ჩვენ სასწაულად ჩავთვლით. მაშასადამე, რომელი მდგომარეობაა უფრო ალბათური, მოწესრიგებული თუ ქაოსური?

თერმოდინამიკის მეორე კანონი (გ). ჩაკეტილი სისტემა დროთა განმავლობაში მოუწესრიგებელ - ქაოსურ - მდგომარეობაში გადავა (რადგან ქაოსი უფრო ალბათურია, ვიდრე წესრიგი). ამას სისტემის სითბურ სიკვდილს უწოდებენ.

თუ ქვის ვარდნას ვიდუკამერით გადავიღებდით და ჩანაწერს უკუმიმართულებით ჩავრთავდით, დავინახავდით დავარდნილი ქვა როგორ იღებს სითბოს მიწისაგან (დაცემისას ხომ ქვამ გადასცა სითბო მიწას) როგორ აისროლა მიწამ ქვა ზევით, როგორ გადადის ქვისა და მიწის სითბური ენერგია ქვის მექანიკურ (პოტენციალურ) ენერგიაში. ასეთი რამ მართლაც რომ ხდებოდა, ვიტყვით, რომ ქვის ქვემოთ ვარდნის, მისი დედამიწაზე დაცემისა და შემდგომ უკუმიმართულებით (ქვის დედამიწიდან ასროლა და ზემოთ მისი მოძრაობა) პროცესები შექცევადია. ასე ნამდვილად არ ხდება. სტატისტიკა გვაჩვენებს, რომ ბუნებაში მიმდინარე ყველა პროცესი უდიდესი ალბათობით შეუქცევადია.

რთული ღია სისტემების თვითორგანიზება. სინერგეტიკა

1) თერმოდინამიკის მეორე კანონის თანახმად, ჩაკეტილ სისტემაში უნდა ისპობოდეს ყოველგვარი წესრიგი, ანუ დროთა განმავლობაში სისტემა უნდა გადადიოდეს მოუწესრიგებელ - ქაოსურ - მდგომარეობაში. ამასთან დაკავშირებით ისმის კითხვა: როგორ გაჩნდა სიცოცხლე? არაცოცხალ ბუნებასთან შედარებით ცოცხალი ორგანიზმები ხომ ბევრად უფრო მოწესრიგებულ ობიექტებს წარმოადგენენ.

2) მე-20 საუკუნის 70-იან წლებში ჩამოყალიბდა მეცნიერების ახალი დარგი - სინერგეტიკა, რომლის თანახმად, რთული ღია სისტემების განვითარება დროში მკვეთრად განსხვავდება ჩაკეტილი სისტემების განვითარებისგან. როგორც ითქვა, ჩაკეტილი სისტემა დროთა განმავლობაში გადადის სულ უფრო მოუწესრიგებელ მდგომარეობაში (გაიხსენეთ ბუშტის გასკდომისა და ჭურჭელში აირის განაწილების მაგალითი). რაც შეეხება რთულ ღია (ენერგიას და ნივთიერებას იღებენ და გაცემენ) სისტემებს, ამ სისტემებში შეიძლება(!) განხორციელდეს თვითორგანიზება - დროთა განმავლობაში წარმოიქმნას წესრიგი.

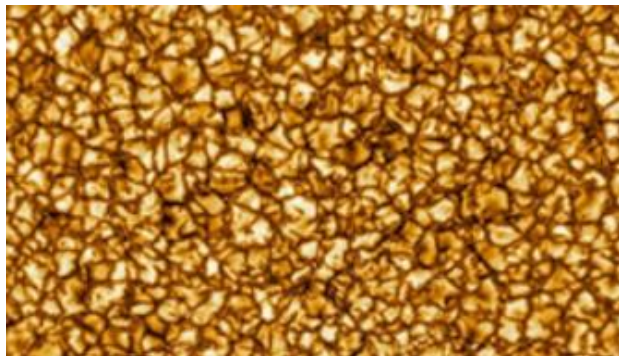
აღსანიშნავია, რომ ეს თეორია აღწერს სხვადასხვა ტიპის პროცესებს: ქიმიურს, ფიზიკურს, ბიოლოგიურს, სოციალურს და სხვა.

განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი:

მაგალითი 1. ფოტოზე თქვენ ხედავთ საკმარისად ბლანტ სითხეს, რომლის თხელ ფენას ქვემოდან ათბობენ. შედეგად გამთბარი სითხე ამოდის ზევით, ხოლო შედარებით ცივი სითხე ზედა ფენიდან ქვევით ჩადის. კერძოდ, ზედაპირის რომელი წერტილებიდან უნდა ჩადიოდეს ცივი სითხე ქვევით და ზედაპირის რომელ წერტილებში უნდა ამოდიოდეს შემთბარი სითხე? ცხადია, რომ ამ წერტილების განაწილება სითხის ზედაპირზე შემთხვევითი უნდა ყოფილიყო. ფოტოზე ჩანს, რომ ეს განაწილება შემთხვევითი არ არის. კერძოდ, სითხის ზედაპირი თითქოს „უჯრედებად“ არის დაყოფილი, მათ შუა წერტილებში სითხე ამოდის, ხოლო უჯრედის გვერდების გასწვრივ სითხე ჩადის.



მაგალითი 2. ფოტოზე თქვენ ხედავთ მზის ზედაპირს, სადაც მსგავს „უჯრედებს“ ქმნის პლაზმის ნაკადები. გადაღებულია ტელესკოპ „ინოუეს“ საშუალებით (ჰავაის კუნძულები) 2020 წელს. შეგახსენებთ, რომ მზე შედგება პლაზმისგან, რომელიც წარმოადგენს ნივთიერების მეოთხე აგრეგატულ მდგომარეობას (რომელია დანარჩენი სამი?). ამ



მდგომარეობაში მზეზე არსებული უდიდესი ტემპერატურის გავლენით ნივთიერება იშლება შემადგენელ ნაწილაკებად: ელექტრონებად, პროტონებად და სხვა. პლაზმის ნაკადების გაჩენის მიზეზი იგივეა, რაც პირველ მაგალითში: მზის შუაგულში ტემპერატურა 15 მილიონი გრადუსია, ხოლო მის ზედაპირზე - 6 000 გრადუსი.

გამოცდილი დიასახლისი გეტყვით, რომ მსგავსი უჯრედები ჩნდება თაფლის ზედაპირზე გოზინაყის ხარშვისას.

ცხოველის ჩანასახი ერთი განაყოფიერებული უჯრედიდან, ანუ ზიგოტიდან, ვითარდება. ეს უჯრედი მიტოზურად იყოფა და წარმოქმნის იდენტურ უჯრედებს - ბლასტომერებს. შემდეგ ეს ერთნაირი უჯრედები სხვადასხვა ფუნქციის მქონე უჯრედებად გარდაიქმნება, მაგალითად, ღვიძლის, ფრჩხილის, თმის და კანის უჯრედებად.

კრიტერიუმი III – რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემოს პირობების (მაგ: t , ph) ცვლილებამ უჯრედის მეტაბოლიზმზე?

- ✓ რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემოს პირობების (მაგ: t , ph) ცვლილებამ უჯრედის მეტაბოლიზმზე?
- ✓ რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს ტემპერატურის ცვლილებამ ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე?
- ✓ რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს ტემპერატურის ცვლილებამ უჯრედული სუნთქვის ინტენსივობაზე?
- ✓ როგორ არის დამოკიდებული ფოტოსინთეზის ინტენსივობა განათებაზე?

წარმოიდგინე, რომ სამეცნიერო ლაბორატორიაში აკვირდებოდნენ გაღვივებული თესლების სუნთქვის პროცესს. სპეციალური აპარატურა აღრიცხავდა თესლის მიერ ჟანგბადის შთანთქმას სხვადასხვა ტემპერატურაზე. დაკვირვების შედეგები მოცემულია ცხრილში.

ტემპერატურა ($^{\circ}C$)	ჟანგბადის მოხმარება (მლ/წმ)
10	0.5
20	1.0
30	2.0
40	1.5
50	0.3
60	0.0

იმსჯელე:

1. რატომ მცირდება ჟანგბადის შთანთქმა 50 გრადუსზე?
2. რატომ იზრდება ჟანგბადის შთანთქმა 30 გრადუსამდე ტემპერატურის გაზრდისას?
3. რატომ აირჩიეს საკვლევად გაღვივებული თესლები?

იმუშავე ვირტუალურ ლაბორატორიაში განსაზღვრე ცვლადები და დაადგინე რა გავლენას ახდენს გარემო პირობების ცვლილება ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე:
<https://leosiiman.neocities.org/lab-rate-of-photosynthesis/photolab-individual>

კატალიზური რეაქციები

თემა 1 - ჩვენი სამყარო			
კატალიზური რეაქციები	გაკვეთილი 1	ბიოლოგია	მასწავლებელი აცნობს სტუდენტებს პროექტული დავალების პირობას. სთავაზობს სტუდენტებს აქტივობას, რომლიც დავალების პროდუქტის- კვლევის ანგარიშის შექმნას უკავშირდება. მაგ: ფერმერის მიერ ჩატარებული კვლევის მიხედვით ანგარიშის შექმნა.
	გაკვეთილი 2	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს რეაქციის სიჩქარეს და მარტივ ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით გააცნობს სტუდენტებს რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედ ფაქტორებს.
	გაკვეთილი 3	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს როგორია ფერმენტების სტრუქტურა და მოქმედების მექანიზმი.
	გაკვეთილი 4	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს კატალიზატორს და მის გავლენას რეაქციის სიჩქარეზე.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ბიოლოგიურ კატალიზატორს - კატალაზას (ექსპერიმენტი).
	გაკვეთილი 6	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ ფერმენტის აქტივობაზე. სტუდენტები მუშაობენ ვირტუალური ლაბორატორიაში.
	გაკვეთილი 7	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ფერმენტების მნიშვნელობას ორგანიზმისთვის. მსგავსება-განსხვავებას კატალიზატორსა და ფერმენტს შორის.
	გაკვეთილი 8	ქიმია	მასწავლებელი შეაჯამებს შესწავლილ საკითხს. სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: მატერია, მდგრადობა და ცვლილება, ენერგია და ურთიერთქმედება

პროექტული დავალება

წყალბადის ზეჟანგი H_2O_2 გამოიყენება როგორც წარმოებაში, ისე ყოველდღიურ ცხოვრებაში. კოსმეტოლოგიაში, ჰიგიენის საშუალებად და ა.შ. ის წარმოიქმნება ორგანიზმებში ნივთიერებათა ცვლის პროცესში და ძლიერი ტოქსიკურობის გამო საჭიროა მისი დაუყოვნებლივ გარდაქმნა ორგანიზმისთვის ნაკლებად საშიშ ნივთიერებებად. ამ პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფერმენტი კატალაზა.

მოცემული ინსტრუქციის მიხედვით (იხ. დანართი 1) ჩაატარე ექსპერიმენტი, რომლის საშუალებითაც დაადგენ თუ როგორი სარეაქციო არე (მჟავა, ტუტე თუ ნეიტრალური) სჭირდება ფერმენტ კატალაზას თავისი ფუნქციის შესასრულებლად ორგანიზმში. მიღებული შედეგები წარმოადგინე კვლევის ანგარიშის სახით.

ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- როგორია ფერმენტების სტრუქტურა და მოქმედების მექანიზმი?
- როგორ მოქმედებს კატალიზატორი რეაქციის სიჩქარეზე?

- რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ ფერმენტის აქტივობაზე?
- რა მნიშვნელობა აქვს ფერმენტს ორგანიზმისთვის?
- რა მსგავსება-განსხვავებაა კატალიზატორსა და ფერმენტს შორის?

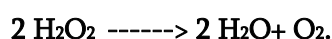
კრიტერიუმი I - როგორია ფერმენტების სტრუქტურა და მოქმედების მექანიზმი?

- ✓ რა არის კატალაზას სუბსტრატი და პროდუქტი?
- ✓ რატომ არის აუცილებელი წყალბადის ზეჟანგის (H_2O_2) დაშლა უჯრედში?
- ✓ რა გავლენას ახდენს კატალაზა ქიმიური რეაქციის აქტივაციის ენერგიაზე?
- ✓ როგორ იქმნება ცილის პირველადი, მეორეული, მესამეული სტრუქტურა და რა ტიპის ბმები ფიქსირდება მასში?
- ✓ სად ხდება ფერმენტების საბოლოო სტრუქტურების ჩამოყალიბება უჯრედში?
- ✓ როგორ განსაზღვრავს ამინომჟავების რადიკალების ბუნება ფერმენტის თვისებებს?
- ✓ როგორ ხდება სუბსტრატის დაკავშირება ფერმენტის აქტიურ ცენტრთან?
- ✓ როგორ მუშაობენ კონკურენტული და არაკონკურენტული ინჰიბიტორები?
- ✓ როგორ არეგულირებენ ინჰიბიტორები ორგანიზმში ქიმიური რეაქციების სიჩქარეს?
- ✓ რა ხდება, როდესაც ფერმენტი ინჰიბირებულია მძიმე მეტალებით, როგორიცაა ვერცხლისწყალი?

კატალაზა და ფერმენტების მოქმედების მექანიზმი

ქიმიური რეაქციები ორგანიზმში ფერმენტების კონტროლის ქვეშ ხორციელდება. ფერმენტები აკატალიზებენ როგორც ანაბოლურ, ასე კატაბოლურ რეაქციებს და ამით მონაწილეობას ღებულობენ ნივთიერებათა ცვლის რეგულაციაში. ფერმენტების ნორმალური მოქმედებისათვის საჭიროა გარემოს გარკვეული პირობები: ტემპერატურა ($^{\circ}C$), გარემოს რეაქცია (pH), ქიმიური შემადგენლობა და სხვ. ბაქტერიებს, რომლებიც ცხოვრობენ $55^{\circ}C$ -ის საშუალო ტემპერატურის პირობებში, მაგალითად, ვულკანის სიახლოვეს, გააჩნიათ ფერმენტები, რომელთა მუშაობისთვის ოპტიმალური ტემპერატურაა $55^{\circ}C$. ადამიანის ორგანიზმში მოქმედებენ კუჭის პროტეაზები, რომელთაც მჟავა გარემო სჭირდებათ, ნერწყვის ფერმენტები კი მხოლოდ ტუტე არეში მოქმედებენ.

კატალაზა წარმოადგენს ფერმენტს, რომელიც მრავალი ცხოველისა და მცენარის უჯრედებში მოიპოვება. კატალაზას ძირითადი სუბსტრატი, ანუ ნივთიერება რომელზეც ის მოქმედებს, წყალბადის ზეჟანგია (H_2O_2). H_2O_2 ნივთიერებათა ცვლის პროცესში ჟანგვითი რეაქციების დროს წარმოქმნილი ნივთიერებაა, ის ძლიერ ტოქსიურია უჯრედისათვის, ამიტომ საჭიროა მისი სწრაფი გარდაქმნა ნაკლებად საშიშ ნივთიერებად. კატალაზა შლის H_2O_2 -ს ჟანგბადად და წყლად შემდეგი რეაქციის მიხედვით:

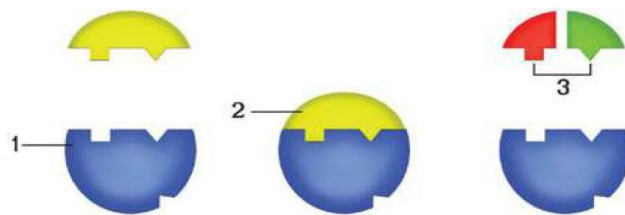


კატალაზა მხოლოდ ერთ-ერთი ფერმენტია ორგანიზმში მრავალ სხვას შორის, რომელიც მსგავს პროცესებში მონაწილეობს.

ფერმენტები ცილებია, რომლებიც უზრუნველყოფენ მილიონობით სუბსტრატის გარდაქმნას სხვა ნივთიერებებად – პროდუქტებად, ისე რომ თვითონ არ იცვლებიან. ფერმენტები ქიმიურ რეაქციებს ასეულ მილიონჯერ აჩქარებენ და უზრუნველყოფენ მათ ეფექტურ მიმდინარეობას.

ფერმენტის მოქმედებისას, სუბსტრატი უკავშირდება ფერმენტის აქტიურ ცენტრს, რომელიც ფორმითა და ზომით ზუსტად შეესაბამება მას. ამის შემდეგ ფერმენტი იწყებს სუბსტრატის გარდაქმნას და საბოლოოდ, წარმოქმნის ახალ პროდუქტს.

მაგალითად, კატალაზას შემთხვევაში, წყალბადის პეროქსიდი სუბსტრატია, ხოლო პროდუქტი არის წყალი და ჟანგბადი.



ზოგიერთ ფერმენტს რეაქციის დასაჩქარებლად კოფაქტორები სჭირდება, რომლებიც შეიძლება იყოს თუთიის, მაგნიუმის ან სპილენძის იონები.

1 – ფერმენტი;
2 – სუბსტრატი;
3 – პროდუქტი.

არსებობს ნივთიერებები, რომლებიც ფერმენტებს ბლოკავენ. მათ "ინჰიბიტორები" ეწოდებათ. ზოგი ინჰიბიტორი სუბსტრატს ჰგავს და აქტიურ ცენტრში მის ნაცვლად ჯდება, რის შედეგადაც ფერმენტი ვეღარ ასრულებს თავის ფუნქციას. ასეთ ინჰიბიტორებს "კონკურენტული ინჰიბიტორები" ეწოდებათ, რადგან ისინი სუბსტრატს კონკურენციას უწევენ.

გარდა კონკურენტული ინჰიბიტორებისა, არსებობს არაკონკურენტული ინჰიბიტორები, რომლებიც სხვანაირად მოქმედებენ. ისინი ფერმენტთან დაკავშირებისას ცვლიან მის აქტიურ ცენტრს ისე, რომ სუბსტრატი ვერ უკავშირდება მას.

ინჰიბიტორებს ორგანიზმში მნიშვნელოვანი როლი აქვთ – ისინი არეგულირებენ ქიმიურ რეაქციების სიჩქარეს. მაგალითად, თუ ფერმენტის მოქმედებით ზედმეტი რაოდენობის პროდუქტი იწარმოება, ინჰიბიტორები ამ პროცესს აჩერებენ. პროდუქტის შემცირებისას, ინჰიბიტორი ფერმენტს შორდება და ის კვლავ აქტიურდება.



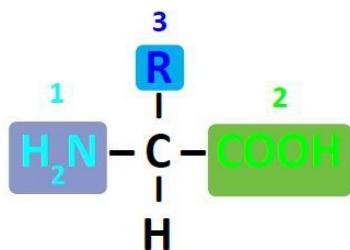
1 – ფერმენტი;
2 – კონკურენტული ინჰიბიტორი;
3 – არაკონკურენტული ინჰიბიტორი.

ზოგი ინჰიბიტორი მუდმივად უკავშირდება ფერმენტს და საბოლოოდ გამოჰყავს მწყობრიდან ასეთ ნივთიერებებს შორისაა მძიმე მეტალები, როგორიცაა ვერცხლისწყალი და ტყვია.

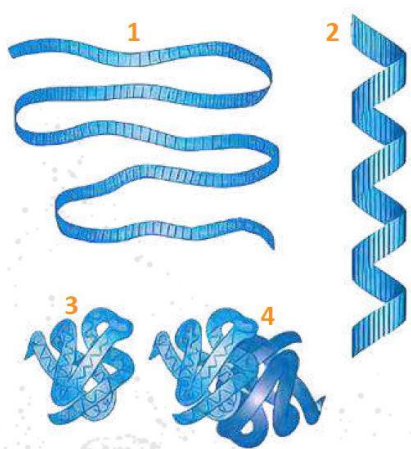
ინჰიბიტორებს ხშირად იყენებენ სამკურნალოდ. მაგალითად, ფერმენტ ტრიფსინის ინჰიბიტორი გამოიყენება პანკრეატიტის (კუჭქვეშა ჯირკვლის ანთება) სამკურნალოდ. ინჰიბიტორი ბლოკავს ტრიფსინის კუჭქვეშა ჯირკვალში, რათა მან ცილების დაშლა მხოლოდ ნაწლავებში დაიწყოს და არ დააზიანოს ჯირკვალი.

ფერმენტის აგებულება

ფერმენტების ფუნქციები მათი აგებულების სპეციფიკურობაზეა დამოკიდებული.



ამინომჟავას თვისებებს: ზოგი მათგანი ჰიდროფობურია, ზოგი – ჰიდროფილური, ზოგი დადებითად დამუხტული, ზოგიც უარყოფითად.



ქმნის. ცილები თავიანთ ფუნქციებს ძირითადად მესამეულ და მეოთხეულ სტრუქტურებში ასრულებენ.

ინფორმაცია ფერმენტების, ისევე როგორც სხვა ცილების ამინომჟავური თანმიმდევრობის შესახებ ჩაწერილია დნმ - ში, ხოლო ამ ინფორმაციის რეალიზება, ანუ ცილის სინთეზი ხდება ციტოპლაზმაში არსებულ თავისუფალ რიბოსომებზე და/ან გრანულარულ ენდოპლაზმურ ბადეზე. ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ცილა პირველად სტრუქტურაშია. ხოლო მისი მესამეულ ან მეოთხეულ სტრუქტურამდე ჩამოყალიბება ხდება გოლჯის აპარატში.

კრიტერიუმი II - როგორ მოქმედებს კატალიზატორი რეაქციის სიჩქარეზე?

- ✓ რას ეწოდება რეაქციის სიჩქარე?
- ✓ რომელი ფაქტორები ახდენენ გავლენას რეაქციის სიჩქარეზე?
- ✓ რას ეწოდება კატალიზატორი?
- ✓ რა არის აქტივაციის ენერგია?
- ✓ რა გავლენას ახდენს კატალიზატორი ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე და როგორ მოქმედებს ის?

ქიმიური რეაქციის სიჩქარე, ჩვეულებრივ, დროის ერთეულში რეაგენტების ან პროდუქტების კონცენტრაციის (მასის, მოცულობის) ცვლილებით იზომება. რეაქციის

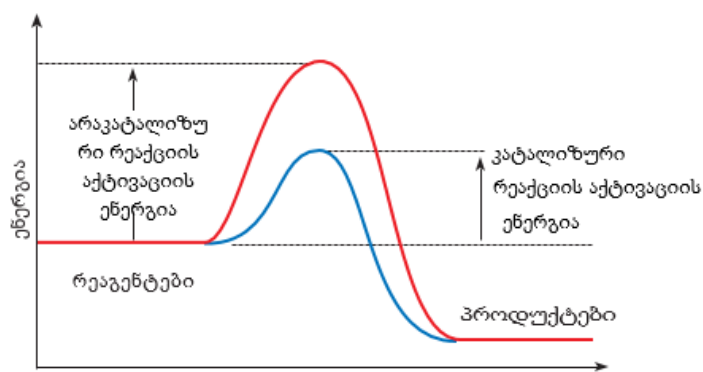
სიჩქარეზე რამდენიმე ფაქტორი მოქმედებს: მორიაგირე ნივთიერების ბუნება. კონცენტრაცია, ტემპერატურა, შეხების ზედაპირის ფართობი, წნევა, კატალიზატორი.

კატალიზატორის მეშვეობით მიმდინარე პროცესს კატალიზი ეწოდება. კატალაზას, ისევე, როგორც ნებისმიერი კატალიზატორის მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს მოცემული რეაქციის მიმდინარეობის გზის ცვლილებაში, რასაც ახლავს მოცემულ ტემპერატურაზე აქტივაციის ენერგიის შემცირება.

კატალიზატორის როლი მნიშვნელოვანია ბუნებასა და თანამედროვე ტექნოლოგიაში. ქიმიური მრეწველობის უმნიშვნელოვანესი დარგები კატალიზურ პროცესებს ეფუძნება: ატმოსფეროს აზოტის ფიქსაცია, აზოტმჟავასა და გოგირდმჟავას წარმოება, სინთეზური საწვავის, სინთეზური კაუჩუკისა და პლასტიკური მასების წარმოება, ცხიმების ჰიდროგენიზაცია. ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედებში მიმდინარე ბევრი სასიცოცხლო პროცესი თავისი ბუნებით კატალიზურია, ისინი ხორციელდება ბიოკატალიზატორების - ფერმენტების (ანუ ენზიმების) უშუალო მონაწილეობით.

კატალიზატორი არის ნივთიერება, რომელიც მონაწილეობს ქიმიურ რეაქციაში, ცვლის მის სიჩქარეს, მაგრამ პროცესის დამთავრებისას რაოდენობრივად უცვლელი რჩება. კატალიზატორის მონაწილეობით მიმდინარე რეაქციის სტექიომეტრული განტოლება ისეთივეა, როგორიც კატალიზატორის გარეშე.

კატალიზატორის მონაწილეობა ცვლის ქიმიური რეაქციის კინეტიკურ მექანიზმს და პროცესი მიმართულია აქტივაციის ენერგიის დაწვეისკენ. დაბალი აქტივაციის ენერგია ნიშნავს, რომ მოლეკულათა შორის დაჯახებისას, უფრო მეტი მოლეკულა წარმოქმნის პროდუქტს. ე. ი. კატალიზატორი აქტივაციის ენერგიის შემცირებით ზრდის რეაქციის საშუალო სიჩქარეს.

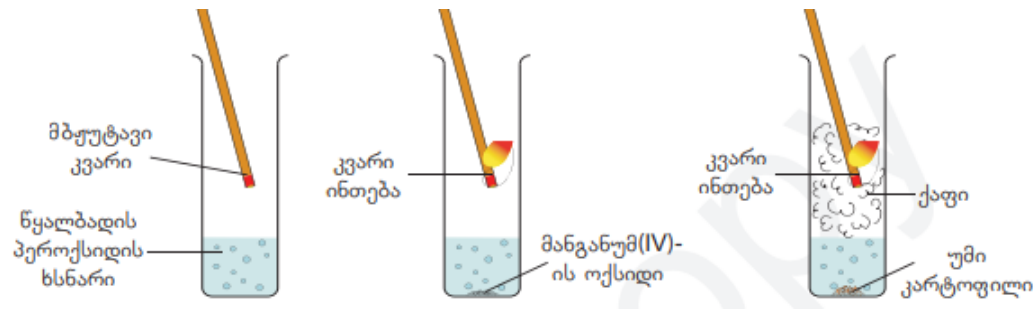


განვიხილოთ ექსპერიმენტი:

სამ ერთნაირ სინჯარაში ჩაასხეს ერთი და იმავე მოცულობის წყალბადის პეროქსიდის ხსნარი. პირველი სინჯარა დატოვეს უცვლელად, მეორე სინჯარაში ჩააგდეს მცირე ზომის მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის ნატეხი, ხოლო მესამე სინჯარაში - ფერმენტ კატალაზას შემცველი იმავე ზომის პრეპარატი, მაგალითად, უმი კარტოფილის ნაჭერი .

გარკვეული დროის შემდეგ სამივე სინჯარაში შეიტანეს მბჟუტავი კვარი. პირველ სინჯარაში კვარი არ აინთო, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ გამოყოფილი ჟანგბადი არ არის საკმარისი კვარის ასანთებად, მეორე და მესამე სინჯარაში კვარი აინთო, ამასთან, მესამეში აქაფებაც შეინიშნება, რაც ჟანგბადის ინტენსიურ გამოყოფაზე მიუთითებს. ამ

ექსპერიმენტიდან ჩანს, რომ ფერმენტი ყველაზე მეტად აჩქარებს წყალბადის პეროქსიდის დაშლის რეაქციას, რაც ამ რეაქციის აქტივაციის ენერგიის შემცირების გამო ხდება.



სხვადასხვა კატალიზატორი განსხვავებულად ცვლის აქტივაციის ენერგიას.

კრიტერიუმი III - რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ ფერმენტის აქტივობაზე?

- ✓ რა გავლენას ახდენს ფერმენტის აქტივობაზე pH , ტემპერატურა, სუბსტრატის კონცენტრაცია?
- ✓ ახსენი რატომ მცირდება ფერმენტის აქტივობა მაღალ ტემპერატურაზე?
- ✓ რატომ არის მნიშვნელოვანი სიცხის დამწვევი პრეპარატების მიღება, როდესაც სხეულის ტემპერატურა $38,5$ გრადუსს გადააჭარბებს?

ფერმენტების აქტივობაზე მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას, მათ შორის ტემპერატურა, pH და კონცენტრაცია. ფერმენტები ყველაზე კარგად განსაზღვრულ ტემპერატურასა და pH -ზე მუშაობენ, არახელსაყრელ პირობებში კი მათ შეიძლება სუბსტრატთან დაკავშირების უნარი დაკარგონ.

- ტემპერატურის გაზრდა, როგორც წესი, აჩქარებს რეაქციას, შემცირება კი - ანელებს, თუმცა ძალიან მაღალი ტემპერატურის პირობებში ფერმენტმა შესაძლოა, ფორმა დაკარგოს (დენატურაცია) და ფუნქციონირება შეწყვიტოს.
- თითოეულ ფერმენტს აქვს pH -ის ოპტიმალური დიაპაზონი. ნორმაზე მაღალი ან დაბალი მჟავიანობა ამცირებს მათ აქტივობას. ძალიან მაღალ ან დაბალ pH -ზე ფერმენტები შესაძლოა, დენატურიდეს.
- ფერმენტის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად რეაქციის სიჩქარეც იზრდება, თუკი სუბსტრატის რაოდენობა შეზღუდული არაა. სუბსტრატის ყველა მოლეკულის დაკავშირების შემდეგ რეაქცია აღარ აჩქარდება, რადგან დანარჩენი ფერმენტებისთვის რეაგენტი მოლეკულები აღარ დარჩება.

- სუბსტრატის კონცენტრაცია ასევე ზრდის რეაქციის სიჩქარეს განსაზღვრულ მაჩვენებლამდე. რაღაც ეტაპზე ყველა ფერმენტი დაკავებული იქნება და ამის შემდეგ სუბსტრატის კონცენტრაციის ზრდა რეაქციის სიჩქარეს აღარ შეცვლის, რადგან მაქსიმალურად გაჯერებული ფერმენტები ისედაც მაქსიმალური სიჩქარით მუშაობენ.

გამოიყენე ვირტუალური ლაბორატორია და დაადგინე:

1. რა გავლენას ახდენს ფერმენტის აქტივობაზე ტემპერატურის ცვლილება?
2. რა გავლენას ახდენს PH-ის ცვლილება ფერმენტის აქტივობაზე?

<https://exchange.iseesystems.com/public/jon-darkow/lactase-enzyme-simulation-with-data-analysis/index.html#page4>

კრიტერიუმი IV - რა მნიშვნელობა აქვს ფერმენტს ორგანიზმისთვის?

- ✓ რატომ არის მნიშვნელოვანი სიცხის დამწვევი პრეპარატების მიღება, როდესაც სხეულის ტემპერატურა 38,5 გრადუსს გადააჭარბებს?
- ✓ რა როლი აქვს ფერმენტებს მრეწველობაში?
- ✓ რა განაპირობებს ლაქტოზის აუტანლობას?
- ✓ რა როლი აქვს ფერმენტებს ალკოჰოლის მონელებაში?
- ✓ რა საერთო აქვთ ლაქტაზას და ალკოჰოლდეჰიდროგენაზას ფუნქციებში?

ფერმენტების როლი ორგანიზმისთვის

ფერმენტები მონაწილეობენ მრავალ ბიოქიმიურ პროცესში, მათ შორის: საკვები ნივთიერებების დაშლაში და ენერგიის გამომუშავებაში, დნმ-ის სინთეზა და რეპარაციაში, მეტაბოლური პროცესების წარმართვაში, ბიომოლეკულების სინთეზში და სხვა.

საინტერესოა, როგორ უმკლავდებიან ფერმენტები ღვიძლში დაგროვილ ალკოჰოლს. სხვადასხვა ქვეყანაში ერთი სტანდარტული სასმელი სხვადასხვა რაოდენობის სუფთა ალკოჰოლს შეიცავს. მაგალითად, აშშ-ის სტანდარტულ სასმელში 14 გრამი სუფთა ალკოჰოლია (355 მლ ლუდი ან 150 მლ ღვინო). რეკომენდებული კი არის, რომ ასეთი სტანდარტის პირობებში, ქალმა მაქსიმუმ 1, კაცმა კი მაქსიმუმ 2 ჭიქა სასმელი მიიღოს დღეში. რა განაპირობებს ამგვარ დოზირებას?

განსხვავებული დოზა ქალებისა და კაცების შემთხვევაში ფერმენტების აქტივობითაა განპირობებული. ალკოჰოლის გადამუშავებას ორი ფერმენტი (ალკოჰოლდეჰიდროგენაზა და ალდეჰიდდეჰიდროგენაზა) უზრუნველყოფს. ზოგადად, ქალებს ამ ფერმენტების უფრო დაბალი აქტივობა აქვთ, ვიდრე კაცებს. ამის გამო, ქალის ორგანიზმი უფრო ნელა გადამუშავებს ალკოჰოლს. კვლევის მიხედვით (<https://arcr.niaaa.nih.gov/volume/39/1/drinking-patterns-and-their-definitions>), აღნიშნული რაოდენობით სასმელის მიღების დროს, ადამიანთა მხოლოდ 2%-ს ექმნება ალკოჰოლით

გამოწვეული პრობლემები. ამ დოზაზე მეტი კი ზოგადად მავნეა. ზოგიერთ ადამიანს აქვს ამ ფერმენტების დეფიციტი ან არასაკმარისი აქტივობა, რაც იწვევს ალკოჰოლის მიუღებლობას და მიღების შემთხვევაში სხეულში მავნე ნივთიერებების დაგროვებას.

ფერმენტების მნიშვნელობაზე მეტყველებს ადამიანებში ლაქტოზის აუტანლობა. რომელიც განსაკუთრებით არის გამოხატული ახალშობილებში. დამახასიათებელი სიმპტომებია: მუცელის შებერილობა და ტკივილი, დიარეა ცხელების გარეშე, ზოგიერთ შემთხვევაში წონაში კლება.

გავარკვიოთ, რა არის ლაქტოზის აუტანლობა და როგორ მოვიქცეთ ამ დროს.

ნებისმიერი რძის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია ლაქტოზა, რძის შაქარი, რომლისგანაც იღებს ბავშვი საჭირო ენერგიის 40%-ს. ლაქტოზა მონაწილეობს კალციუმის, თუთიის, მაგნიუმისა და რკინის შეწოვაში, ორგანიზმისთვის აუცილებელი ნაწლავის მიკროფლორის ჩამოყალიბებაში. თუმცა თავადაც სჭირდება გადამუშავება და მონელება. ლაქტოზის გადამუშავებას ფერმენტი ლაქტაზა უზრუნველყოფს, რომელიც წვრილი ნაწლავის ლორწოვანში სინთეზდება. ლაქტოზა ლაქტაზის ზემოქმედებით გლუკოზად და გალაქტოზად იშლება.

სწორედ ლაქტაზის უკმარისობა ან არარსებობა იწვევს ლაქტოზის, შესაბამისად, რძისა და მისი ნაწარმის აუტანლობას. ლაქტოზის თანდაყოლილი აუტანლობა შედარებით იშვიათია. მისი გადაცემა ავტოსომურ-რეცესიული გზით ხდება (ეს ნიშნავს, რომ ბავშვში ვლინდება იმ შემთხვევაში, თუ დეფექტური გენი მას ორივე მშობლისგან გადაეცემა). დაავადება მთელ მსოფლიოშია გავრცელებული, თუმცა უმთავრესად ფინეთის მოსახლეობის წილად მოდის. XX საუკუნემდე ამ დარღვევის მქონე ბავშვები გართულებებით იღუპებოდნენ, სანამ არ გაირკვა მიზეზი და არ შეიქმნა ულაქტოზო (lactose free) რძის ფორმულა. კვლევების მიხედვით, დედამიწის მოსახლეობის დაახლოებით 65% ლაქტოზის მონელებასთან დაკავშირებულ პრობლემებს უჩივის.

ფერმენტების უნიკალური თვისებები შეუცვლელს ხდის მათ მრავალი მეცნიერული და ინდუსტრიული პროცესისათვის. ფერმენტები ფართოდ გამოიყენება მრავალ დარგში, მათ შორის მედიკამენტების წარმოებასა და დიაგნოსტიკაში, საკვები პროდუქტების წარმოებაში, როგორიცაა რძის პროდუქტები, პური, ღვინო და სხვა, გენეტიკურ ინჟინერიაში, ფარმაცოლოგიაში და სხვა ტექნოლოგიებში.

კრიტერიუმი V - რა მსგავსება-განსხვავებაა კატალიზატორსა და ფერმენტს შორის?

- ✓ რატომ იწვევს გარკვეულ სიდიდემდე ტემპერატურის მატება რეაქციის სიჩქარის ზრდას ცოცხალ ორგანიზმებში?
- ✓ როგორი დამოკიდებულებაა რეაქციის სიჩქარესა და ტემპერატურას შორის არაცოცხალ ბუნებაში და რითაა ეს გამოწვეული?
- ✓ რატომ იწყება გარკვეული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ რეაქციის სიჩქარის კლება ცოცხალ ბუნებაში?

პირველ და მეორე კრიტერიუმზე მუშაობის ფარგლებში მიღებული ცოდნის საფუძველზე დაადგინეთ მსგავსება- განსხვავება ფერმენტის და კატალიზატორის მოქმედების მექანიზმს შორის.

დანართი 1. ექსპერიმენტის აღწერა

1. აიღე სამი სინჯარა, მონიშნე სათითაოდ, წარწერით: მჟავა, ტუტე, ნეიტრალური. აიღე კარტოფილის კანგაცლილი ნაჭრები, თითოეული 1 სმ³ მოცულობით, ცალ-ცალკე დააქუცმაცე 2-2 ნაჭერი როდინში (სულ 6)
2. და მოათავსე სამივე სინჯარაში ცალ-ცალკე.
3. სინჯარას წარწერით „მჟავა“ დაამატე 1მლ 0.1 M HCl. სინჯარას წარწერით „ტუტე“ – 1მლ 0.1M NaOH, ხოლო სინჯარას წარწერით „ნეიტრალური“ – 1მლ ჩვეულებრივი წყალი.
4. ძალიან ფრთხილად (!!!), მოურიე თითოეული სინჯარის შიგთავსს მინის სხვადასხვა წკირით.
5. შეამოწმე pH თითოეულ სინჯარაში ქაღალდის ინდიკატორის გამოყენებით. ჩაინიშნე სამივე მონაცემი ცხრილში.
6. ჩაამატე თითოეულ სინჯარაში H₂O₂-ის 3%-იანი ხსნარის 5-5 მლ.
7. დაელოდე რეაქციის შედეგს სამი წუთი. შემდეგ გაზომე გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტების მიერ წარმოქმნილი სვეტის სიმაღლე თითოეულ სინჯარაში. მონაცემები ჩაინიშნე ცხრილში.
8. გაზომე სინჯარ(ებ)ის რადიუსი, მონაცემები ჩაინიშნე ცხრილში.
9. გამოთვალე რეაქციის მოცულობა (მოცულობა, რომელსაც იკავებს გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტები) ფორმულის საშუალებით, მონაცემები ჩაინიშნე ცხრილში.

კატალაზას მოქმედების ეფექტურობას აფასებენ იმ მოცულობის მიხედვით, რომელსაც იკავებენ გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკები სინჯარაში. მოცულობის გამოსათვლელად იყენებენ ფორმულას:

$$V = \pi R^2 H$$

სადაც:

π (მუდმივა) = 3,14;

V - მოცულობა, რომელიც დაიკავებს გამოყოფილმა ჟანგბადის ბუშტებმა (სმ³);

R - სინჯარის რადიუსი (სმ);

H - სვეტის სიმაღლე, რომელიც წარმოქმნეს გამოყოფილმა ბუშტუკებმა (სმ).

ხსნარის რეაქცია	pH-ის მაჩვენებელი	სინჯარის რადიუსი (R, სმ)	ჟანგბადის ბუშტების მიერ წარმოქმნილი სვეტის სიმაღლე (სმ)	რეაქციის მოცულობა (V, სმ ³)
მჟავა				
ტუტე				
ნეიტრალური				

ვსუნთქავთ ბოილ-მარიოტის კანონზე დაყრდნობით

თემა 1 - ჩვენი სამყარო			
აირთა ცვლა ფილტვებსა და ქსოვილებში	გაკვეთილი 1	ბიოლოგია	მასწავლებელი აცნობს სტუდენტებს პროექტული დავალების პირობას. სთავაზობს სტუდენტებს აქტივობას, რომლიც დავალების პროდუქტის-ფილტვის მოდელი შექმნას უკავშირდება.
	გაკვეთილი 2	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს აგებულების რა თავისებურებით ხასიათდება ადამიანის ფილტვები და როგორ შეესაბამება ფილტვის სტრუქტურა მის ფუნქციას?
	გაკვეთილი 3	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს სუნთქვის დროს მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებს - პლევრის ღრუს მოქმედებით ფილტვებში აირის შეშვება - გამოშვების პროცესს. მასწავლებელი ხსნის აირის კანონებს და მათთან დაკავშირებით ზოგადად მიმოიხილავს იზოთერმულ, იზობარულ და იზოქორულ პროცესებს.
	გაკვეთილი 4	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ნიკოტინის გავლენას სასუნთქი სისტემის ორგანოების აგებულებასა და ფუნქციაზე.
	გაკვეთილი 5	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს აირის კანონებთან დაკავშირებით არსებულ (მათ შორის LMS პლატფორმაზე) დავალებებსა და აქტივობებს. განიხილავს დიფუზიის და დიფუზიის როლს როგორც ალვეოლებიდან სისხლში ჟანგბადის მოხვედრაში, ასევე პირიქით - სისხლიდან ნახშირორჟანგის გამოდევნაში.
	გაკვეთილი 6	ფიზიკა	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: მატერია, ენერგია და ურთიერთქმედება

ზოგჯერ ავტოკატასტროფის ან ცივი იარაღით მიყენებული ჭრილობის დროს ადამიანი შეიძლება გარდაიცვალოს სუნთქვის შეჩერების გამო, მიუხედავად იმისა, რომ ფილტვები და სასუნთქი გზები შეიძლება დაზიანებული არც კი იყოს. სუნთქვის პროცესი მხოლოდ ფილტვებზე ან სასუნთქ გზებზე არ არის დამოკიდებული, რადგან ფილტვებს კუნთები არ გააჩნია და "თავისით" სუნთქვა არ შეუძლიათ. ფილტვების გაფართოება და შეკუმშვა სასუნთქ კუნთებთანაა დაკავშირებული. სუნთქვის სისტემის რიტმი რეგულირდება სუნთქვის ცენტრის მიერ, რომელიც მოგრძო ტვინში მდებარეობს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს პლევრის ღრუს მდგომარეობას, რადგან მისი დაზიანება ან პნევმოთორაქსი (ჰაერის შეღწევა პლევრის ღრუში) არღვევს ფილტვების ფუნქციონირებას და სუნთქვის პროცესს. მაგალითად, ღია პნევმოთორაქსის დროს პლევრის ღრუ დაკავშირებულია გარემოსთან, რის გამოც პლევრაში წნევა ატმოსფერულს უტოლდება, რაც იწვევს ფილტვის შეკუმშვას (ჩაფუშვას). შედეგად, ფილტვში აირთა ცვლა აღარ ხდება და სისხლი ჟანგბადით ვეღარ მდიდრდება, რაც შეიძლება ლეტალური აღმოჩნდეს.

პროექტული დავალება

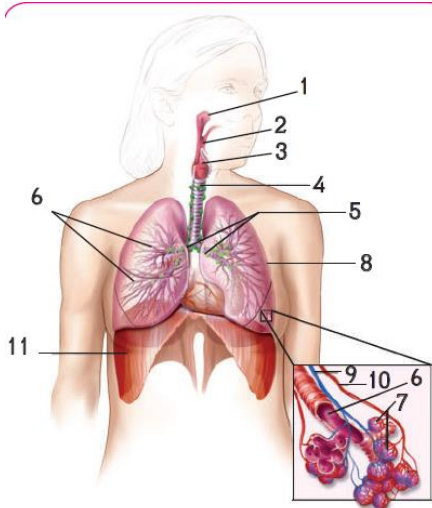
კოვიდ პანდემიის დროს ექიმები ხშირად აღნიშნავდნენ, რომ ვირუსულმა ინფექციამ ფილტვის დიდი ნაწილი დააზიანა. ამის გამო ორგანიზმში ფერხდება გაზთა ცვლის პროცესი, რაც სიცოცხლისთვის დიდ საფრთხეს ქმნის. ექსპერიმენტის (იხ.დანართი1) მიხედვით შექმენით ფილტვის ვენტილაციის მოდელი, მოახდინეთ ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვის დემონსტრირება და ახსენით მისი მოქმედების მექანიზმი.

მოდელის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- აგებულების რა თავისებურებით ხასიათდება ადამიანის ფილტვები და როგორ შეესაბამება ფილტვის სტრუქტურა მის ფუნქციას?
- როგორ უკავშირდება სუნთქვის პროცესი ფიზიკურ კანონზომიერებებს?
- რატომ ითვლება სუნთქვა სასიცოცხლო თვისებად და როგორ არის დაკავშირებული სხვა სასიცოცხლო თვისებებთან?
- რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ სასუნთქი სისტემის ორგანოების აგებულებასა და ფუნქციაზე და როგორ არის ადაპტირებული გარემო პირობებთან ადამიანის სუნთქვა?

კრიტერიუმი I, III - აგებულების რა თავისებურებით ხასიათდება ადამიანის ფილტვები და როგორ შეესაბამება ფილტვის სტრუქტურა მის ფუნქციას? რატომ ითვლება სუნთქვა სასიცოცხლო თვისებად და როგორ არის დაკავშირებული სხვა სასიცოცხლო თვისებებთან?

- ✓ რომელია სასუნთქი სისტემის ორგანოები და რა ფუნქციები აქვთ მათ?
- ✓ რა როლი აქვს ფილტვებს სუნთქვის პროცესში?
- ✓ რა არის ჰაერგამტარი გზები და როგორია მათი ფუნქცია?
- ✓ რა ფუნქციას ასრულებს დიაფრაგმა სუნთქვის დროს?
- ✓ რომელი კუნთები მონაწილეობენ ფილტვების ვენტილაციაში?
- ✓ როგორ აკონტროლებს ცენტრალური ნერვული სისტემა სასუნთქი კუნთების მუშაობას?
- ✓ რა პროცესები მიმდინარეობს უჯრედულ სუნთქვაში?
- ✓ რატომ ითვლება სუნთქვა აუცილებელ პროცესად ორგანიზმისთვის?
- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს სუნთქვას ენერგიის მიღებისთვის?
- ✓ რა როლი აქვს სუნთქვას მავნე ნივთიერებების (მაგ., ნახშირორჟანგის) გამოყოფაში?
- ✓ როგორ გავლენას ახდენს სუნთქვა ორგანიზმის ზრდასა და განვითარების პროცესებზე?
- ✓ როგორ უზრუნველყოფს სუნთქვა ორგანიზმის თერმორეგულაციას?



ადამიანის სასუნთქი სისტემა

ადამიანს შეუძლია საკვების გარეშე რამდენიმე დღე გაძლოს, შედარებით რთულია წყურვილის ატანა, მაგრამ უპაეროდ მხოლოდ რამდენიმე წუთი ვძლებთ, რაც სუნთქვის ფასდაუდებელ ღირებულებაზე მეტყველებს. ჯანსაღი სუნთქვა ზრდის ჩვენს სასიცოცხლო ძალებს და ორგანიზმის დაავადებებისადმი წინააღმდეგობის უნარს. ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით, ის მთელი რიგი პროცესების ერთობლიობაა, რომელთა მიზანიც ორგანიზმის ჟანგბადით მომარაგება და მისგან ნახშირორჟანგის გამოდევნაა. მიღებული ჟანგბადი უჯრედებში გამოიყენება ორგანული ნაერთების დაშლისთვის. ამ პროცესს უჯრედული სუნთქვა

ეწოდება და მის შედეგად გამოიყოფა ენერგია. ეს ენერგია აუცილებელია ისეთი სასიცოცხლო თვისებებისთვის, როგორიცაა მოძრაობა, რადგან კუნთების მუშაობა სწორედ ენერგიაზეა დამოკიდებული.

სუნთქვა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს სხეულის ტემპერატურის შენარჩუნებაში. უჯრედული სუნთქვის დროს ნაწარმოები ენერგიის ნაწილი სითბოს სახით გამოიყოფა, რაც ეხმარება ორგანიზმს გარემოს ტემპერატურასთან შეგუებაში. სუნთქვა ზრდასა და განვითარებაშიც მონაწილეობს. მისი შედეგად მიღებული ენერგიას ორგანიზმი იყენებს ახალი უჯრედების წარმოქმნისა და ქსოვილების განახლებისთვის.

სასუნთქი სისტემის ორგანოებია: ფილტვები და ჰაერგამტარი გზები. მათ გარდა, სუნთქვის პროცესში მონაწილეობენ კუნთოვანი და ნერვული სისტემები. დიაფრაგმის, ნეკნთაშორისი და ზოგიერთი სხვა ტიპის სასუნთქი კუნთების დახმარებით იცვლება გულმკერდის ღრუს მოცულობა, რაც აუცილებელია ფილტვების ვენტილაციის - ჩასუნთქვისა და ამოსუნთქვისთვის. ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში, კონკრეტულად კი მოგრო ტვინში, მოთავსებულია სუნთქვის ცენტრი, რომელიც ავტომატურად აგზავნის საჭირო სტრუქტურებამდე იმპულსებს და ადამიანი დაუფიქრებლად ჩაისუნთქავს და ამოსუნთქავს, ამავე დროს სასუნთქი ცენტრის აქტივობა ითრგუნება თავის ტვინის ქერქის მიერ, რა დროსაც ადამიანს შეუძლია სურვილისამებრ გააჩეროს სუნთქვა, მაგალითად, წყალქვეშ ჩაყვინთვისას.

სწორედ სასუნთქი ცენტრის დამსახურებაა სუნთქვის საჭირო რიტმის შენარჩუნება, რაც, საბოლოოდ, ორგანიზმის თითოეული უჯრედისთვის სასიცოცხლო მნიშვნელობას იძენს.

სუნთქვა ციფრებში

- სიმშვიდის დროს, მწოლიარე ადამიანი დღე-ღამის განმავლობაში მოიხმარს 400-500ლ ჰაერს;
- ნორმალური სუნთქვისას ადამიანი წუთში საშუალოდ 12-20 სუნთქვით მოძრაობას აკეთებს: ჩაისუნთქავს და ამოსუნთქავს, შედარებისთვის: წუთში ცხენის სუნთქვის სიხშირე 12-ია, ვირთაგვის - 60, მომღერალი ფრინველის, კანარის ჩიტის კი - 108;
- თითოეული ჩვენგანი დღე-ღამეში დაახლოებით 20 ათას სუნთქვით მოძრაობას აკეთებს, წელიწადში კი - დაახლოებით 8 მილიონს.

ჰაერში ნახშირორჟანგის გაზრდისა და ჟანგბადის შემცირებისას ტვინი სასუნთქ კუნთებს გაცილებით ხშირ და ძლიერ შეტყობინებას უგზავნის, რათა მათ ფილტვები კიდევ უფრო ძლიერად, გაზრდილი სიხშირით ამოძრაონ.

კრიტერიუმი II - როგორ უკავშირდება სუნთქვის პროცესი ფიზიკურ კანონზომიერებებს?

- ✓ რატომ არ შეუძლია ფილტვებს დამოუკიდებლად ზომის გაზრდა ან შემცირება?
- ✓ რა ფუნქცია აქვს პლევრის ღრუს სუნთქვის პროცესში?
- ✓ რა გავლენას ახდენს ნეკნთაშუა კუნთები და დიაფრაგმა ფილტვებში ჰაერის მოძრაობაზე?
- ✓ როგორ ხსნის ბოილ-მარიოტის კანონი ფილტვებში წნევის ცვლილებას ჩასუნთქვისას?
- ✓ რატომ მცირდება აირის წნევა პლევრის ღრუში, როცა მისი მოცულობა იზრდება?
- ✓ როგორ აიხსნება ნახშირორჟანგის ალვეოლებში გადასვლა ვენური სისხლიდან?
- ✓ როგორ ხდება ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ცვლა ქსოვილებში?
- ✓ როგორ შეგიძლიათ გაავლოთ პარალელები ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვასა და შპრიცის ფუნქციონირების მექანიზმს შორის?

ავხსნათ, როგორ ხდება ფილტვებში ჰაერის ჩასუნთქვა და ამოსუნთქვის პროცესი. ფილტვი პასიური ორგანოა. იგი არ წარმოადგენს კუნთს. შესაბამისად, იგი თავისით ზომაში ვერ გაიზრდება და ვერ შემცირდება. თავად ფილტვებს ჰაერის ჩასუნთქვა - ამოსუნთქვა არ შეუძლიათ. ფილტვები მოთავსებულია პლევრის ღრუში. ეს არის ჰერმეტიულად დახურული არე, რომელსაც ატმოსფეროსთან კავშირი არ აქვს. მასში ვერ შეაღწევს ატმოსფერული ჰაერი. პლევრის ღრუს მოცულობა დიაფრაგმისა და ნეკნთაშუა კუნთების საშუალებით იზრდება და მცირდება, რაც ფიზიკური კანონზომიერებების მიხედვით ხდება.

ჩავატაროთ ცდა: ავიღოთ სამედიცინო შპრიცი. ამოვწიოთ დგუში შპრიცის დაახლოებით მეათედ მოცულობამდე. ამ დროს შპრიცში შევა მცირე მოცულობის ჰაერი. შემდეგ მის ვიწრო ნახვრეტს დავაფაროთ თითი და შევეცადოთ დგუშის კვლავ ამოწევას (დგუში ვამოძრაოთ ნელა). თუ დგუშის ნახვრეტი თითით კარგად გაქვთ დახშული, შეამჩნევთ, რომ დგუშის ამოწევა უფრო და უფრო ძნელი ხდება (ამ პროცესმა შესაძლოს ის თითიც გატკინოთ, რომელიც შპრიცის ვიწრო ნახვრეტზე გაქვთ დაფარებული). ავხსნათ შემჩნეული მოვლენა: როდესაც ნახვრეტი თითით დაახშეთ, შპრიცი გახდა ჰერმეტიულად დახურული. ასეთ დროს მასში არსებულ ჰაერს ატმოსფეროსთან კავშირი აღარ აქვს (როგორც პლევრის ღრუში არსებულ აირს არ აქვს კავშირი ატმოსფეროსთან). როდესაც დახშული შპრიცის დგუშის ამოწევას ცდილობდით და მცირედით ეს გამოგივიდათ კიდევ, შპრიცში არსებული ჰაერი გაფართოვდა, მისი წნევა შემცირდა. ავხსნათ აირის ეს თვისება დეტალურად:



ხშირად, აირის დასახასიათებლად ოთხი ფიზიკური სიდიდე გვჭირდება: აირის წნევა (P), ტემპერატურა (T), მოცულობა (V) და მისი ნივთიერების რაოდენობა (n , იზომება მოლეკულა, გაიხსენეთ ქიმიის კურსში ნასწავლი ნივთიერების რაოდენობა). ეს ოთხი სიდიდე

მჭიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული. თუ აირი მოთავსებულია დახშულ ჭურჭელში, მაშინ მისი ნივთიერების რაოდენობა არ იცვლება. ასეთ დროს ადგილი აქვს შემდეგ თანაფარდობას:

(აირის წნევის და მოცულობის ნამრავლის შეფარდება მის ტემპერატურასთან მუდმივი სიდიდეა). დავუბრუნდეთ ჩვენს ექსპერიმენტს. ვინაიდან ჩვენს შემთხვევაში შპრიცში (პლევრის ღრუშიც) აირი ჰერმეტიკულადაა დახშული, ადგილი ექნება იგივე თანაფარდობას. ვინაიდან შპრიცის ექსპერიმენტიც და ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვის პროცესი ნელა მიმდინარეობს, აირი შპრიცში თითქმის იგივე ტემპერატურის იქნება რა ტემპერატურისაცაა აირის შპრიცი (ასეა პლევრის ღრუშიც, მასში მოთავსებული აირის ტემპერატურა ორგანიზმის ტემპერატურის ტოლია). ესე იგი ამ პროცესებში აირის ტემპერატურაც მუდმივია და ზემოთ მოყვანილ ტოლობას თუ შევხედავთ, მივხვდებით, რომ წილადის სიდიდის უცვლელობასთან ერთად მისი მნიშვნელიც არ იცვლება. **ესე იგი $PV=const$** (აირის წნევის და მოცულობის ნამრავლი მუდმივი სიდიდეა). **აირის წნევისა და მოცულობის ამგვარ დამოკიდებულებას ბოილ-მარიოტის კანონი ეწოდება.**

საბოლოოდ მივიღეთ: თუ დახშულ ჭურჭელში მოთავსებულია აირი, რომლის ნივთიერების რაოდენობა და ტემპერატურა არ იცვლება, მისი წნევის და მოცულობის ნამრავლიც არ იცვლება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ რამდენჯერაც აირის მოცულობა გაიზრდება, იმდენჯერ უნდა შემცირდეს მისი წნევა (სხვანაირად ორი ფიზიკური სიდიდის ნამრავლი მუდმივი ვერ დარჩება). ან პირიქით - რამდენჯერაც შემცირდება აირის მოცულობა, იმდენჯერ უნდა გაიზარდოს მისი წნევა.

ამ კანონზომიერებას ექვემდებარება ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვის პროცესიც: პლევრის ღრუში ყოველთვის „უარყოფითი“ წნევაა, ანუ მცირეა ატმოსფერულ წნევასთან შედარებით (ჩასუნთქვის დროს უფრო მცირეა, ვიდრე ამოსუნთქვისას). ფილტვები სასუნთქი მილით დაკავშირებულია ატმოსფეროსთან, შესაბამისად ფილტვებში აირის წნევა ატმოსფერული წნევის ტოლია. ნეკნთაშუა კუნთების და დიაფრაგმის შეკუმშვა იწვევს გულმკერდის ღრუს, პლევრის ღრუს და ფილტვის მოცულობის მომატებას, რასაც მოჰყვება ფილტვში წნევის შემცირება. წარმოიქმნება წნევათა სხვაობა ატმოსფერულ წნევასა და ფილტვში წნევას შორის და ხდება ჩასუნთქვა. ამოსუნთქვისას კი ჩასუნთქვის საპირისპირო პროცესებია.

გაზთა ცვლა ალვეოლებსა და სისხლს შორის მათში არსებული ჟანგბადის/ნახშირორჟანგის პარციალურ წნევაზეა დამოკიდებული.

ავხსნათ რას ეწოდება პარციალური წნევა: მაგალითად, ჰაერი სხვადასხვა ნივთიერების ნარევია. ვთქვათ, ჰაერი რაიმე ჭურჭლის კედელზე წნევას ქმნის. ამ წნევის შექმნაში თავისი წვლილი აქვს ჰაერის შემადგენელ ყველა ნივთიერებას (ყველა აირს). ჰაერის მიერ შექმნილი წნევის რა ნაწილიც მოდის ჟანგბადზე, სწორედ ეს არის ჟანგბადის პარციალური წნევა.

ატმოსფერული ჰაერის წნევა ნორმალურ პირობებში 760 მმ.ვწყ.სვ. (10^5 პასკალი) ტოლია. ჟანგბადის შემცველობა ატმოსფერულ ჰაერში 20,94 %ს შეადგენს. მისი პარციალური წნევა ჰაერში გამოითვლება პროპორციით:

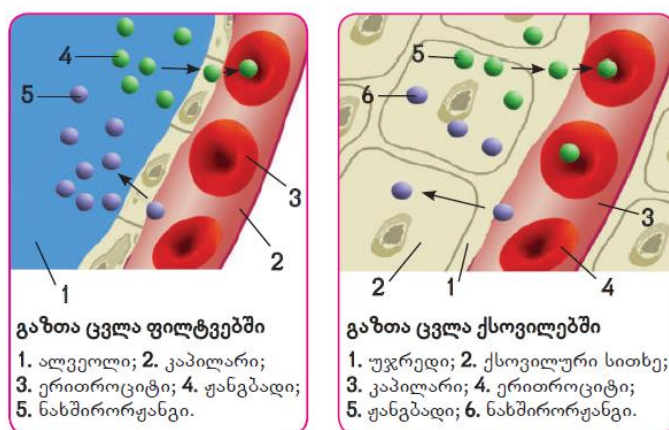
100% აირების ნარევი - 760 მმ.ვწყ.სვ.

20,94 % ჟანგბადი - X მმ.ვწყ.სვ.

$$X = \frac{20,94 \times 760}{100} = 159,1 \text{ მმ/ვწყ.სვ.}$$

ვნახოთ, როგორ ხდება ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ცვლა ალვეოლებსა და სისხლს შორის მათი პარციალური წნევების შესაბამისად.

სისხლის მიმოქცევის მცირე წრით ალვეოლების კაპილარებში გულიდან ვენური სისხლი მიდის. ალვეოლებისა და კაპილარების კედლები ძალიან თხელია და წარმოადგენს ერთშირიან ეპითელიუმს. ალვეოლებში შესულ ჰაერში ჟანგბადის პარციალური წნევა კაპილარების ვენურ სისხლში არსებულ ჟანგბადის პარციალურ წნევაზე მეტია, ამიტომ ჟანგბადი ალვეოლური ჰაერიდან სისხლში გადადის. ნახშირორჟანგის პარციალური წნევა კაპილარების ვენურ სისხლში მეტია, ვიდრე ფილტვებში არსებულ ჰაერში და ამიტომ ის დიფუნდირებს ვენური სისხლიდან ალვეოლებში.



ფილტვებში გაზთა ცვლის შემდეგ ჟანგბადით გამდიდრებული სისხლი ორგანოებსა და ქსოვილებში მიდის. გაზთა ცვლა ქსოვილებში იგივე პრინციპით ხდება, როგორც ფილტვებში. კაპილარებიდან ჟანგბადი გადადის ჯერ ქსოვილურ სითხეში, შემდეგ უჯრედებში და ჩაერთვება ჟანგვაში. ამავე კანონებით, ნახშირორჟანგი უჯრედებიდან, ქსოვილური სითხის გავლით, შედის კაპილარებში და შემდეგ ვენებში.

გაზთა ცვლა ორგანიზმში შესაძლებელია მხოლოდ ფილტვებში ჰაერის მუდმივი შეცვლის პირობებში. ამიტომ სუნთქვა მუდმივად მიმდინარეობს- დაბადებისას პირველი ჩასუნთქვის შემდეგ ადამიანი მთელი სიცოცხლე სუნთქავს.

აირის კანონი

ჩვენს გარშემო უამრავი მოვლენა და პროცესია, რომლებშიც აირები სხვადასხვა ფორმით მონაწილეობენ. სასუნთქ სისტემას და სუნთქვის პროცესს რომ თავი დავანებოთ, სხვა უამრავი მაგალითია, რომლითაც დავრწმუნდებით, რომ აირების შესახებ ცოდნა მნიშვნელოვანია. მაგ.: საჰაერო ბუმტის მოძრაობა, ვინტილაციის სისტემების გამართული მუშაობა, ოთახში გამათბობელისა და კონდინციონერის ეფექტური მუშაობა, პირველი

სითბური ძრავას მუშაობის პრინციპი და სხვა. ყოველივე ჩამოთვლილი გვარწმუნებს იმაში, თუ რამდენად საჭიროა აირის კანონების შესწავლა.

დედამიწაზე აირთა მრავალფეროვნებას ვხვდებით. მათგან უმეტესი აზოტია (ატმოსფეროს შემადგენლობის 78%). აირი, ისევე როგორც სხვა ნივთიერებები შესაძლებელია შედგებოდნენ მოლეკულებისგან, რომლებიც სხვადასხვა რაოდენობის ატომისგან შედგება. მაგალითად, ჰელიუმი, არგონი, ქსენონი, რადონი ერთატომიანი აირებია (მათი შემადგენელი მოლეკულები თავადვე წარმოადგენენ ამ ნივთიერებათა ატომებს). ჟანგბადი და აზოტი ორატომიანი მოლეკულებისგან შედგება - ჟანგბადის ერთი მოლეკულა ორი ჟანგბადის ატომისგან შედგება, ხოლო აზოტის ერთი მოლეკულა - ორი აზოტის ატომისგან შედგება. არსებობს სამ ატომიანი და სამზე მეტ ატომიანი აირებიც (აირები, რომელთა შემადგენელ მოლეკულებში სამი ან სამზე მეტი ატომია).

ისევე როგორც სხვა აგრეგატულ მდგომარეობებში მყოფ ნივთიერებებში, აირის მოლეკულებიც განუწყვეტლივ ქაოსურად მოძრაობენ და ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ, თუმცა, ვინაიდან აირის მოლეკულები მყარი სხეულის ან სითხის მოლეკულებთან შედარებით ერთმანეთისაგან გაცილებით დიდი მანძილითაა დაშორებული, გარკვეულ შემთხვევებში აირთა მოლეკულების ერთმანეთთან ურთიერთქმედება შეგვიძლია არ გავითვალისწინოთ. ეს უკანასკნელი კი ძალიან მნიშვნელოვანია აირთა კანონების შესწავლისთვის.

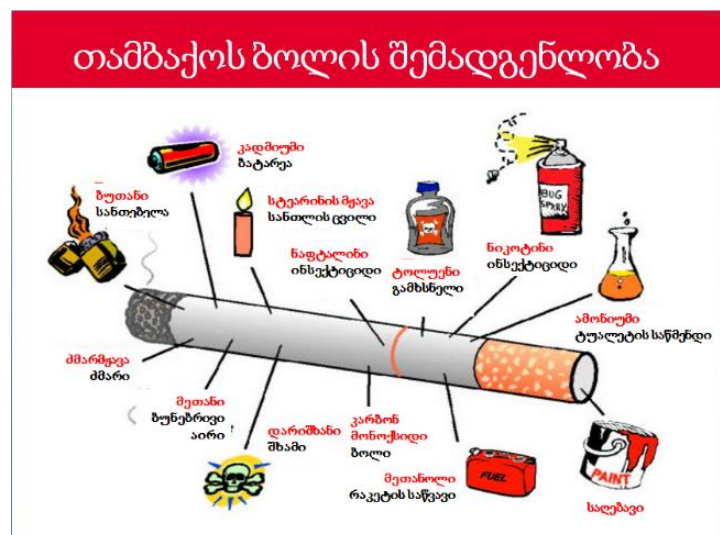
ისეთ აირს, რომელთა მოლეკულების ერთმანეთთან ურთიერთქმედების უგულებელყოფა შეგვიძლია, იდეალური აირი ვუწოდოთ.

კრიტერიუმი IV - რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ სასუნთქი სისტემის ორგანოების აგებულებასა და ფუნქციაზე და როგორ არის ადაპტირებული გარემო პირობებთან ადამიანის სუნთქვა?

- ✓ რა ნივთიერებები შედის სიგარეტის კვამლში და რა გავლენას ახდენენ ისინი ადამიანის ორგანიზმზე?
- ✓ რომელი დაავადებები შეიძლება გამოიწვიოს სიგარეტის მოხმარებამ?
- ✓ რა სიმპტომები ახასიათებს ქრონიკულ ბრონქიტს ან ფილტვის ემფიზემას?

როგორ მოქმედებს ნიკოტინი სასუნთქ სისტემაზე?

სიგარეტი 600-მდე ნივთიერებას, ხოლო მისი კვამლი 7,000-ზე მეტ საშიშ ქიმიურ ნაერთსა თუ ელემენტს შეიცავს. ასეთია, მაგალითად, ბენზოლი, ამიაკი, ტყვია, წყალბადის ციანიდი, ფორმალდეჰიდი და სხვა. მათი უდიდესი ნაწილი მომწამვლელია და ჯანმრთელობისთვის საზიანოა.



ფილტვებში ჩაღწევისას ისინი ამ ორგანოზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ და მის ნორმალურ ფუნქციონირებას უშლიან ხელს. დროთა განმავლობაში საპაერო ღრუები, ალვეოლები ნადგურდება, ბრონქები ძნელად იკუმშება და ფართოვდება, ჰაერგამტარი გზების გამყოფი კედლები სივდება, ლორწოს რაოდენობა კი იზრდება, რაც აირის ნაკადის თავისუფალ გადაადგილებას აფერხებს.



ეს სხვადასხვა ინფექციისა და ფილტვის ქრონიკული დაავადების გაჩენის რისკს ზრდის, რომელიც ბრონქების შეუქცევადი ან ნაწილობრივ შეუქცევადი სპაზმისა და შევიწროვების გამო ყალიბდება. ის ქრონიკული ბრონქიტის, ფილტვის ემფიზემის და ზოგჯერ ასთმის სახითაც ვლინდება. ამ დიაგნოზის მქონე

პაციენტებს ჰაერის უკამრისობა აწუხებთ, მკერდის არეში დაჭიმულობას გრძნობენ, სუნთქვისას სტვენის ხმას გამოსცემენ, ტერფები უსივდებათ და წონაში იკლებენ.

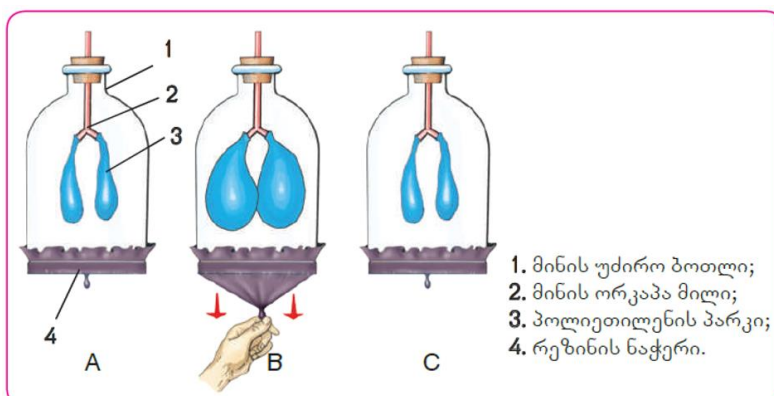
გაეცანი ვიდეოს-ნიკოტინი, ფაქტები, ეფექტები, დამოკიდებულება:
<https://www.youtube.com/watch?v=5cmYAhBB0tw>

დანართი 1. ექსპერიმენტი

საჭირო მასალა:

- პოლიეთილენის ბოთლი (1,5-2ლ)
- გასაბერი, რეზინის ბუშტი
- კოქტეილის ჩხირი
- რეზინის ხელთათმანი
- ძაფი
- პლასტელინი

აიღეთ პოლიეთილენის ბოთლი, გადაჭერით ისე რომ ძირი არ ქონდეს. მოათავსეთ მასში კოქტეილის ჩხირი და ჩაამაგრეთ პლასტელინის დახმარებით. ჩხირს ბოლოში პატარა ბუშტი დაუმაგრეთ, შეგიძლიათ ძაფის გამოყენებით დააფიქსიროთ. ბოთლის თავისუფალი ბოლო დაფარეთ სამედიცინო ხელთათმანიდან გამოჭრილი აპკით (დახურული, ჰერმეტიკული სივრცის მისაღებად) თქვენ შექმენით გულმკერდის ღრუს და ფილტვის მოდელი. შეეცადეთ მოიყვანოთ მოდელი მოქმედებაში, ამას შეძლებთ თუ ბოთლის ბოლოზე დამაგრებულ აპკს, რომელიც დიაფრაგმის ანალოგია ქვემოთ მოქაჩავთ.



თემა 2: მრეწველობა და ყოფა-ცხოვრება

მწვანე სოფლის მეურნეობა

თემა 2 - მრეწველობა და ყოფა-ცხოვრება			
მწვანე სოფლის მეურნეობა	გაკვეთილი 1	გეოგრაფია	მასწავლებელი სტუდენტებს აცნობს ქეისსა და პროექტულ დავალებას. საუბრობს მიწის ფონდზე, შეახსენებს ნიადაგწარმოქმნის პროცესს, ნიადაგის სტრუქტურასა და შემადგენლობას.
	გაკვეთილი 2	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს სხვადასხვა ტიპის ნიადაგში ქიმიური ელემენტების შემცველობას.
	გაკვეთილი 3	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ორგანულ და არაორგანულ სასუქებს და მათ როლს ნიადაგის ხარისხის გაუმჯობესებისა და მოსავლიანობის გაზრდის კუთხით.
	გაკვეთილი 4	გეოგრაფია	მასწავლებელი განიხილავს ნიადაგის გეოსფერულ - ატმოსფერულ, ბიოსფერულ, ლითოსფერულ და ჰიდროსფერულ ფუნქციებს. მასწავლებელი განიხილავს ნიადაგის დეგრადაციის ფორმებსა და მიზეზებს.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს პესტიციდებს, მათ სახეებს, როგორც მცენარეთა დაცვის საშუალებებს.
	გაკვეთილი 6	გეოგრაფია	მასწავლებელი განიხილავს ორგანული სოფლის მეურნეობის რაობასა და მნიშვნელობას
	გაკვეთილი 7	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს მწვანე ქიმიის კონცეფციასა და მის 12 პრინციპს.
	გაკვეთილი 8	გეოგრაფია	მასწავლებელი განიხილავს ორგანული სოფლის მეურნეობის ამოცანებსა და მეთოდებს. სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: მატერია, ენერგია და ურთიერთქმედება, მდგრადობა და ცვლილება

პროექტული დავალება

რესურსების არარაციონალური გამოყენებისა და ადამიანის გადაჭარბებული ეკონომიკური საქმიანობის შედეგად სულ უფრო სწრაფი ტემპით იზრდება ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების უარყოფითი შედეგები. განსაკუთრებით დეგრადირდა დედამიწაზე არსებული ნიადაგები, „მიწის ფონდი“, რომლის გარეშეც ადამიანის ცხოვრება წარმოუდგენელი.

ნიადაგის წარმოქმნა ათასწლეულების განმავლობაში მიმდინარეობს, ხოლო მის განადგურებას და უნაყოფოდ გადაქცევას, ადამიანის არაგონივრული საქმიანობის შედეგად, სულ რამდენიმე წელი სჭირდება. 1 სმ სისქის ნიადაგის დეგრადირებული აღსადგენად ასეულობით წელია საჭირო, მაშინ როცა დედამიწაზე ყოველ წუთს 50 ტ. ნაყოფიერი ნიადაგი ნადგურდება.

თანამედროვე სოფლის მეურნეობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსაყვანად ინდუსტრიულ ტექნოლოგიებს იყენებს, რომელიც თავის მხრივ, პესტიციდებისა და სასუქების ინტენსიურ მოხმარებას ითვალისწინებს. პესტიციდების და მცენარეთა დაცვის

სხვა საშუალებებისა და არაორგანულ/მინერალური და ორგანული სასუქების არასწორმა გამოყენებამ მნიშვნელოვნად დააბინძურა გარემო, რამაც, საბოლოო ჯამში, ნიადაგის და ატმოსფეროს, მცენარეული და ცხოველური პროდუქტების, სასმელი და სარწყავი წყლების დაბინძურება და დეგრადაცია გამოიწვია, რაც ხშირად ადამიანისა და ცხოველების არა მარტო მოწამვლის და მძიმე დაავადებების, არამედ სიკვდილის გამომწვევი მიზეზიც გამხდარა.

ამიტომაც, დღის წესრიგში დგას ისეთი კონცეფციები, როგორებიცაა: „მწვანე ეკონომიკა“, „მწვანე ქიმია“, „მწვანე ტურიზმი (მდგრადი, ეკოტურიზმი)“ და რა თქმა უნდა, „მწვანე სოფლის მეურნეობა“. სულ უფრო მეტი ქვეყანა ცდილობს მოიხმაროს ნაკლები რესურსი, იქნება ეს მიწის, წყლის, თუ ადამიანური რესურსი, ნაკლებად დააბინძუროს გარემო პესტიციდებისა და სასუქების გამოყენებით, ნახშირორჟანგის ემისიებით, რომლის ერთ-ერთი წყარო, სწორედაც, რომ სოფლის მეურნეობაა.

წარმოიდგინე, რომ ხარ აგრონომი და დაგეგვალა, საჯარო სიტყვით მიმართო შენს კოლეგებს სხვადასხვა ქვეყნიდან მწვანე სოფლის მეურნეობის მნიშვნელობის შესახებ.

საჯარო სიტყვაში ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- რა მნიშვნელობა აქვს ნიადაგს ბიოსფეროსთვის?
- რომელი ფაქტორები განაპირობებენ მიწის ფონდის დეგრადაციას და რა გავლენას ახდენს სასუქებისა და პესტიციდების გამოყენება ნიადაგის სტრუქტურაზე?
- რატომ არის მნიშვნელობა მწვანე სოფლის მეურნეობა მიწის ფონდის შენარჩუნებისათვის?

კრიტერიუმი I - რა მნიშვნელობა აქვს ნიადაგს ბიოსფეროსთვის?

- ✓ რა არის ნიადაგი? როგორ წარმოიქმნება იგი?
- ✓ როგორია ნიადაგის სტრუქტურა?
- ✓ როგორაა განაწილებული მიწის ფონდი დედამიწაზე?
- ✓ რა ფაქტორებზეა დამოკიდებული ნიადაგების ნაყოფიერება?
- ✓ რა ფუნქცია აქვს ნიადაგს გეოსფეროსათვის?

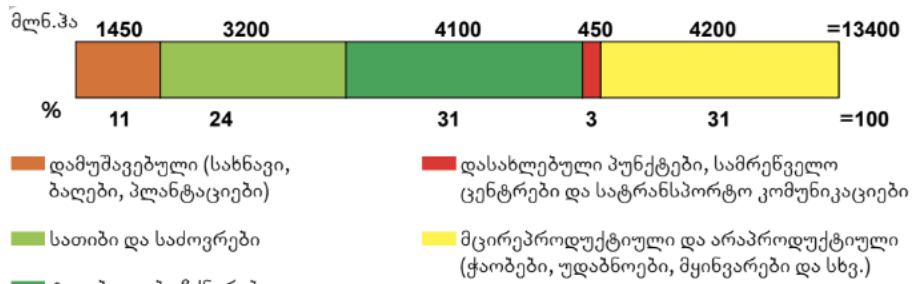
მსოფლიო მიწის ფონდი

მიწის რესურსების გარეშე წარმოუდგენელია ადამიანის არსებობა. მიწის ფონდი დედამიწის ხმელეთის ფართობის ტოლია, თუმცა მისი მხოლოდ 30%-ია ვარგისი სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობისთვის, ხოლო დანარჩენი მთებს, უდაბნოებს, მყინვარებს, ჭაობებს და ა.შ. უკავია.

მსოფლიო მიწის ფონდი 13,4 მილიარდ ჰექტარს შეადგენს, ხოლო ნაყოფიერი და გამოსადეგი მიწები, დაახლოებით, 1,5 მლრდ ჰა-ია. აგროლანდშაფტების უმთავრესი მასივები, ძირითადად, კონტინენტების ზომიერი სარტყლების ტყესტეპისა და სტეპის ზონებსა და თბილი და ცხელი სითბური სარტყლების ტენიან ოლქებშია თავმოყრილი.

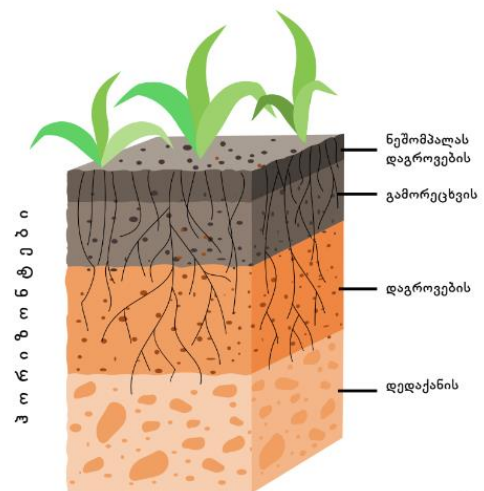
დედამიწაზე დამუშავებული მიწების თითქმის ნახევარი ექვს ქვეყანაშია თავმოყრილი. ამასთან, პლანეტის ერთ სულ მოსახლეზე, საშუალოდ, 0,28 ჰა მიწის რესურსი მოდის.

ბოლო დროს, ნიადაგი — დედამიწის ქერქის ზედა, ფხვიერი ნაწილი, რომელიც შექმნილია ქანების ბიოსფეროს, ჰავის, რელიეფის და ხნოვანების ერთობლივი მოქმედების შედეგად.



დედამიწის ნიადაგური საფარი - პედოსფერი - ხმელეთის ეკოლოგიური სისტემის და, მთლიანად, ბიოსფეროს უმთავრესი კომპონენტია. მას მნიშვნელოვანი ფუნქცია აკისრია ცოცხალს და არაცოცხალ ბუნებას შორის მიმდინარე ნივთიერებათა ცვლის პროცესში.

ნიადაგი სამი ძირითადი კომპონენტისგან შედგება: მინერალები - დაშლილი ქანების ნარჩენები, ორგანული ნივთიერებები - მცენარეთა და ცხოველთა ნარჩენები, რომლებიც ერთგვარად „წების“ ფუნქციას ასრულებენ და დანაწევრებულ ქანებს ერთმანეთთან აკავშირებენ, და ცოცხალი ორგანიზმები.



ნიადაგი ფხვიერია და მისი 2/5 წყლითა და ჰაერითაა სავსე. ნიადაგის სისქე რამდენიმე სანტიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდე მერყეობს. ნიადაგში არსებული წყლისა და სასიცოცხლო პროდუქტების რაოდენობა სხვადასხვაგვარია, რაც მის ნაყოფიერებას - ჰუმუსის შემცველობას განსაზღვრავს.

დედამიწის ნიადაგური საფარი მეტად მრავალფეროვანია, რაც ბუნებრივი პირობების ცვლილებით აიხსნება. თითოეულ ბუნებრივ ზონაში, კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე, გარკვეული ტიპის ნიადაგი ყალიბდება. ნიადაგების განედურ განლაგებაზე ასევე გავლენას ახდენს რელიეფი, ნიადაგწარმოქმნელი ქანები, სიახლოვე ოკეანეებთან.

ნიადაგის ნაყოფიერება ნიადაგის არა მყარი, არამედ მუდმივად ცვალებადი თვისებაა. ნაყოფიერება ორი სახისაა:

1. ბუნებრივი, რომელიც წარმოიქმნება და ვითარდება ბუნებრივ ფაქტორთა ერთობლივი ზემოქმედებით, ადამიანის მონაწილეობის გარეშე.
2. ხელოვნური, რომელიც იქმნება ადამიანის შრომით და დამოკიდებულია, ერთი მხრივ, ნიადაგზე ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედების ხასიათზე და, მეორე მხრივ, მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების თანამედროვე დონეზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანის ჩარევით, პესტიციდებისა და ქიმიკატების გამოყენების შედეგად, საკმაოდ ცუდ შედეგებსაც ვიღებთ.

ნიადაგის წარმოქმნა ათასწლეულების განმავლობაში მიმდინარეობს, ხოლო მის განადგურებას და უნაყოფოდ გადაქცევას, ადამიანის არაგონივრული საქმიანობის შედეგად, სულ რამდენიმე წელი სჭირდება. როცა მიწა ნაყოფიერებას კარგავს, მოსავლიანობა მცირდება, მიწათმოქმედება უშედეგო ხდება და მისი გამოყენება მხოლოდ საძოვრად, ან სატყეო-სამეურნეო მიზნითაა შესაძლებელი.

ნიადაგის გეოსფერული ფუნქციები:

ლიტოსფერული ფუნქციები	ლიტოსფეროს ზედა ფენების ბიოქიმიური გარდაქმნა ნიადაგწარმოქმნელი პროცესის შედეგად. ნიადაგი, როგორც მინერალების, ქანებისა და სასარგებლო წიაღისეულის წარმოქმნისათვის აუცილებელი ნივთიერებების წყარო. ნიადაგი, როგორც ლიტოსფეროს ეროზიისაგან დამცავი.
ატმოსფერული ფუნქციები	ნიადაგის მიერ მზის რადიაციის შთანთქმა და არეკვლა. ატმოსფეროს ტენზიონის რეგულირება. ატმოსფეროსათვის მყარი ნაწილაკებისა და მიკროორგანიზმების მიწოდება. ზოგიერთი აირის შთანთქმა და კოსმოსურ სივრცეში გაზნებისაგან „დაჭერა“. ატმოსფეროს აიროვანი რეჟიმის რეგულირება.
ჰიდროსფერული ფუნქციები	ნიადაგის მიერ ზედაპირული წყლების გრუნტის წყლებად ტრანსფორმაცია. ნიადაგის მონაწილეობა მდინარის ნაკადის ფორმირებაში და მისი გავლენა წყალსატევების ბიოპროდუქტიულობაზე. ნიადაგი - აკვატორიის დაბინძურებისაგან დამცავი ბუნებრივი ბარიერი.
ბიოსფერული ფუნქციები	ნიადაგი, როგორც საარსებო გარემო, ხმელეთის ორგანიზმებისათვის ენერგიისა და ნივთიერებების წყარო და აკუმულატორი. გეოლოგიური და ბიოლოგიური წრებრუნვის დამაკავშირებელი რგოლი. დამცავი ბარიერი და ბიოსფეროს ნორმალურად ფუნქციონირების პირობა.

კრიტერიუმი II - რომელი ფაქტორები განაპირობებენ მიწის ფონდის დეგრადაციას და რა გავლენას ახდენს სასუქებისა და პესტიციდების გამოყენება ნიადაგის სტრუქტურაზე?

- ✓ რა იწვევს ნიადაგის წყლისმიერ ეროზიას?
- ✓ რა იწვევს ნიადაგის ქარისმიერ ეროზიას?
- ✓ რა იწვევს ნიადაგის დამლაშებას?
- ✓ რა იწვევს ნიადაგში მჟავიანობის გაზრდას?
- ✓ როგორია ორგანული და არაორგანული სასუქების როლი ნიადაგის ხარისხის გაუმჯობესებასა და მოსავლიანობის გაზრდის პროცესში?
- ✓ რას იწვევს პესტიციდების გამოყენება და რატომ არის მნიშვნელოვანი სოფლის მეურნეობის განვითარებისთვის?

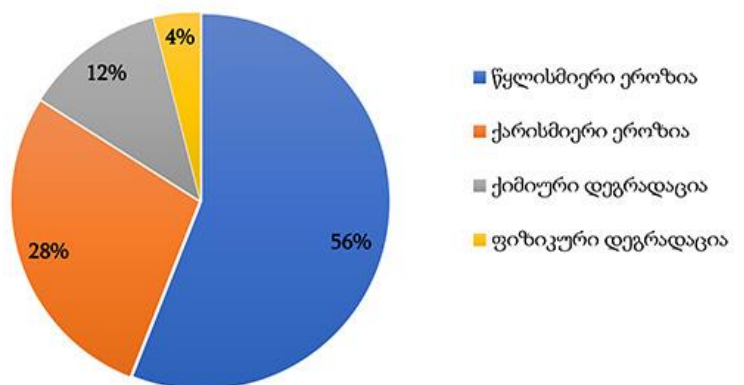
მიწის დეგრადაცია ძალიან სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს. დღეს მსოფლიოში მთლიანი ტერიტორიის 25% უკვე დეგრადირებულია და, თუკი ამ პროცესის შესანებლად შესაბამისი ღონისძიებები არ განხორციელდება, 2050 წლისათვის, შესაძლოა, დეამიწის სახმელეთო ტერიტორიის 95%-მა ნაყოფიერება დაკარგოს. მეცნიერთა კვლევებით, მსოფლიოში, ყოველწლიურად 24 მლრდ ტონა ნაყოფიერი ნიადაგი იკარგება. დღევანდელი

მონაცემებით, მსოფლიოში 3,2 მილიარდი ადამიანი (მოსახლეობის თითქმის ნახევარი) მიწის დეგრადაციის უარყოფით გავლენას განიცდის. ეს გავლენა განსაკუთრებით სოფლად მცხოვრებ თემებზე, მცირე ფერმერებსა და სოციალურად დაუცველ მოსახლეობაზე აისახება.

ნიადაგის დეგრადაცია წარმოშობს ისეთ პრობლემებს, როგორებიცაა: წყლისა და საკვები პროდუქტების შემცირება, საკვებზე ფასების მატება, ატმოსფერულ ჰაერში მტვის ნაწილაკების გამრავლება და მასთან დაკავშირებული რესპირატორული დაავადებების ზრდა, მოსახლეობის მიგრაცია, კლიმატის ცვლილება (მიწის დეგრადაცია კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი მთავარი მაპროვოცირებელია, რადგანაც ნიადაგიდან ჰაერში ნახშირბადი და აზოტის ოქსიდი გამოიყოფა), ბიომრავალფეროვნებისა და ეკოსისტემური სერვისების დაკარგვა.

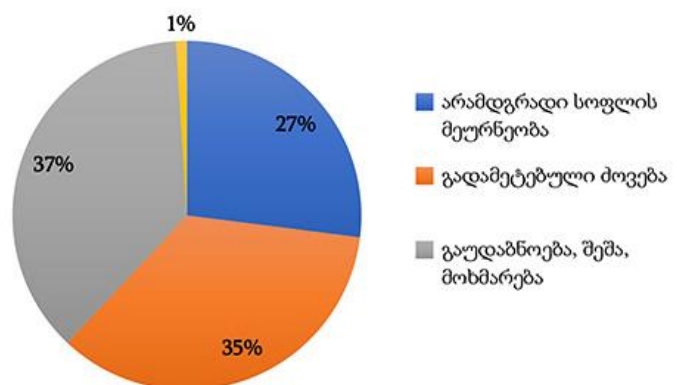
ეროზია. ნიადაგის მთავარი „მტერია“ ეროზია, რომელიც მიწების არასწორი დამუშავების შედეგია. იგი გამოფიტულ და გადამოვებულ მიწაზეც მიმდინარეობს. გამოფიტვის შედეგად მცირდება ნიადაგის ნაყოფიერება, რაც მოსავლიანობის შემცირებას იწვევს. გამოფიტულ ნიადაგში მცირდება შეჭიდულობის უნარი და ადვილად ემორჩილება ეროზიას, გადამოვებისას კი ნიადაგი მცენარეებისა და ბალახებისაგან შიშვლდება და მიწა ცარიელი რჩება.

ნიადაგის დეგრადაცია



ნიადაგის ძლიერი ზედაპირული ეროზია ხელს უწყობს ზედაპირული წყლების ჩამონადენის გაზრდას, ფერნობების დახრამვას და ხშირ შემთხვევაში ძლიერი წყალდიდობებისა და ღვარცული ნაკადების წარმოქმნას.

ნიადაგის დეგრადაციის მიზეზები



ქარისმიერი ეროზია განსაკუთრებით ძლიერად ვლინდება მაშინ, როდესაც ქარის სიჩქარე 12-15 მ/წმ-ს აღემატება. ძლიერი ქარები ნიადაგის ზედა ფენების ახვევით ანადგურებს სახნავ-სათესი ფართობების დიდ მასივებსა და ნიადაგის ყვლაზე ნაყოფიერ ფენას. ნიადაგის ნაწილაკებთან ერთად, ქარს მიაქვს ახლად დათესილი თესლი, აშიშვლებს, დაუცველს ხდის მცენარეთა ფესვებს და მექანიკურად აზიანებს როგორც ერთწლიან, ისე მრავალწლიან მცენარეებს, რაც უფრო მეტად უწყობს ხელს მიწის დეგრადაციას. ქარისმიერი ეროზიის გაძლიერება ასევე განაპირობა ნიადაგის დამუშავებისა და აგროტექნოლოგიების გამოყენების არასწორმა მეთოდებმა.

ნიადაგის დამლაშებას დედამიწის ზედაპირზე ამოსული მარილი იწვევს, რომელიც გრუნტის წყლის აორთქლების შედეგად წარმოიქმნება. მართალია, ნიადაგი ბუნებრივად შეიცავს სხვადასხვა ადვილად ხსნად მარილს, მაგრამ ნიადაგის ინტენსიურ, მეორეულ

დამლაშებას ხელი ანთროპოგენურმა საქმიანობამაც შეუწყო, კერძოდ, მოსახლეობის მიერ ნიადაგების არასწორმა მელიორაციამ და ექსპლუატაციამ.

ნიადაგის ათვისებისას საყურადღებოა ირიგაციული საკითხებიც: მიწა გონივრულად უნდა მოირწყოს, რათა თავიდან ავიცილოთ მოსალოდნელი დამლაშება. ზედმეტი მორწყვით მიწა წყლით გაჯერებული ხდება.

მიწის დეგრადაცია ნიადაგის ბიოლოგიური და ეკონომიკური პროდუქტიულობის შემცირება და კარგვაა, რაც, ძირითადად, არასწორად წარმართული სამეურნეო საქმიანობის შედეგია. მიწის რესურსის სასიცოცხლო მნიშვნელობიდან გამომდინარე, ამ პრობლემის მოგვარება თანამედროვეობის უდიდესი გლობალური გამოწვევაა.

ნიადაგების დეგრადაციას ადამიანის მიერ არასწორად წარმართული სამეურნეო საქმიანობა იწვევს. სამოვრებისა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გადაწვის, უკონტროლო ძოვების, გზებისა და სხვა ინფრასტრუქტურის არასწორი მშენებლობის, დასახლებების ქაოსური მშენებლობებისა და სხვა ფაქტორების შედეგად, ყოველწლიურად, ნიადაგების უზარმაზარი ტერიტორიები ეროზიასა და დეგრადაციას განიცდის. აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიწის სწორად მართვას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან იგი საზოგადოების გრძელვადიანი სოციალური და ეკონომიკური განვითარების საფუძველს წარმოადგენს.

რატომ არ არის სასურველი მჟავა ნიადაგები?

ნიადაგისთვის გადამწყვეტ როლს ასრულებს მჟავიანობა – **pH**. მისი ნაყოფიერების საფრთხე შეიძლება იქცეს პროგრესირებადი მჟავიანობის პროცესები. რა იწვევს ნიადაგში მჟავიანობის გაზრდას? წვიმა, მცენარეები, მიკროგრანიზმები და სხვა. რაც მეტია ნიადაგის მჟავიანობა, მით უფრო მეტია ეროზიის სიჩქარე.

ალუმინის იონები არის ნიადაგში სხვადასხვა ფორმით. მაღალ pH-ზე ალუმინის ფორმაა უხსნადი ალუმინის ჰიდროქსიდი. როდესაც **pH** მცირდება მჟავა წვიმების შედეგად, ალუმინის იონები გადადის ხსნარში. მაგ., თუ წვიმა შეიცავს გოგირდმჟავას, მაშინ რეაქციის შედეგად გამოიყოფა წყალში ხსნადი ალუმინის სულფატი: $2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$

მაგნიუმისა და კალციუმის იონები, რომლებიც ძალზედ მნიშვნელოვანია მცენარის ზრდისთვის, აგრეთვე გამოირეცხება ნიადაგიდან ანალოგიური გზით. ამიტომ მცენარის ფესვები ვეღარ მიიღებს ამ იონებს. დაბალი **pH** ასევე ხელს უწყობს რკინისა და მანგანუმის იონების გადასვლას წყალში, რაც ტოქსიკურია მცენარისთვის.



ცხრილი. pH მნიშვნელობები, რომელთა ქვევითაც მცენარეთა ზრდა ფერხდება

მცენარე	pH
პარკოსნები (ლობიო)	6,0
კარტოფილი	4,9
ხორბალი	5,5
კომბოსტო	5,4
ვაშლი	5,0

ექსპერიმენტის ბმული: <https://chemistry.ge/stem/view.php?id=11>

როგორ შევამციროთ ნიადაგის მჟავიანობა? - რა არის გამოსავალი?

ჩვენთვის ცნობილი ნეიტრალიზაციის რეაქცია. ამისათვის ნიადაგში შეაქვთ ბუნებრივი კირქვა, ცარცი, მეტალურგიული საწარმოს ტუტოვანი შლაკები. კირქვა აუმჯობესებს ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს, მის სტრუქტურას და საკვები ნივთიერებების ხელმისაწვდომობას. ეს მარტივი პროცედურაა და ამავდროულად ერთ-ერთი მთავარი პრაქტიკაა. ნივთიერებების რაოდენობა დამოკიდებულია ნიადაგის გვარობაზე – ანუ ბუფერულ ტევადობაზე.

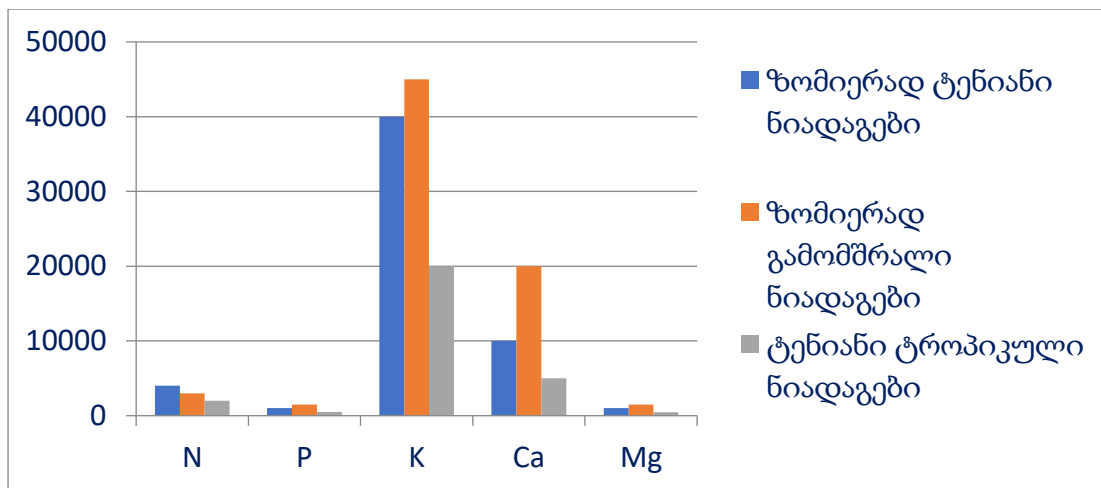
თანამედროვე სოფლის მეურნეობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსაყვანად ინდუსტრიულ ტექნოლოგიებს იყენებს, რომელიც თავის მხრივ, სასუქებისა და პესტიციდების ინტენსიურ მოხმარებას ითვალისწინებს. ნიადაგის დაბინძურების ერთ-ერთ ძირითად



წყაროს სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობა წარმოადგენს, რომლის დროსაც ქიმიზაციის საშუალებები, მინერალური და ორგანული სასუქები, პესტიციდები, მცენარეთა ზრდის სტიმულატორები, ინდუსტრიული ნარჩენები ხვდებიან ნიადაგში.

ჰუმუსი, ნეშომპალა (ლათინურად *humus* - მიწა, ნიადაგი) - ნიადაგის ორგანული, ჩვეულებრივ, მუქად შეფერილი ნაწილი, რომელიც წარმოქმნილია მცენარეული და ცხოველური ნარჩენების ბიოქიმიური გარდაქმნების შედეგად. ჰუმუსი შეიცავს მცენარის კვებისათვის საჭირო ყველა ელემენტს, რომლებიც მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელი ხდება.

როგორია ქიმიური ელემენტების შემცველობა სხვადასხვა ტიპის ნიადაგში?



<https://www.facebook.com/Baraka.Georgia/videos/1037945437298065/>

სასუქების გამოყენებას სოფლის მეურნეობაში რამდენიმე უპირატესობა აქვს, მათ შორის ნიადაგის ხარისხის გაუმჯობესება და მოსავლიანობის გაზრდა. სწორად გამოყენების შემთხვევაში, სასუქებს შეუძლიათ მცენარეებს მიაწოდონ აუცილებელი საკვები ნივთიერებები, რომლებსაც ისინი შესაძლოა მხოლოდ ნიადაგიდან ვერ იღებენ. ამან შეიძლება უზრუნველყოს უფრო ჯანსაღი და ძლიერი მცენარეების განვითარება, რომლებიც აწარმოებენ დიდ მოსავალს.

სასუქების გამოყენების ერთ-ერთი მთავარი უპირატესობა ის არის, რომ მათ შეუძლიათ გააუმჯობესონ ნიადაგის ხარისხი. დროთა განმავლობაში, ნიადაგში საკვები ნივთიერებები შეიძლება ამოიწუროს მეურნეობის პრაქტიკის, ეროზიის ან სხვა ფაქტორების გამო. სასუქებს შეუძლიათ ამ საკვები ნივთიერებების შევსება და ნიადაგის სიჯანსაღისა და პროდუქტიულობის შენარჩუნება. სასუქები ასევე ხელს უწყობს ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს წყლის უკეთ შეკავება და აერაცია. ამან, თავის მხრივ, შეუძლია გააუმჯობესოს მცენარეთა საერთო ჯანმრთელობა და გამოიწვიოს უფრო მაღალი მოსავლიანობა.

ნიადაგის ხარისხის გაუმჯობესების გარდა, სასუქების გამოყენებამ ასევე შეიძლება გაზარდოს მოსავლიანობა. მცენარეებს სხვადასხვა საკვები ნივთიერებები ესაჭიროებათ, რათა გაიზარდოს და წარმოქმნას ხილი ან ბოსტნეული. სასუქებს შეუძლიათ მიაწოდონ ეს საკვები ნივთიერებები კონცენტრირებული ფორმით, რაც დაეხმარება მცენარეებს უფრო სწრაფად ზრდაში და მეტის გამომუშავებაში. ეს შეიძლება იყოს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იმ ადგილებში, სადაც ნიადაგი ბუნებრივად ღარიბია საკვები ნივთიერებებით ან იმ სიტუაციებში, როდესაც ნიადაგი ამოწურავს რესურსს. მნიშვნელოვანია ნივთიერებების შემცველობის განსაზღვრა. მაგალითად, ფოსფორი ხელს უწყობს ფესვების განვითარებასა და ზრდას. კალიუმი კი აძლიერებს მცენარის უნარს, წინააღმდეგობა გაუწიოს მავნებლებსა და დაავადებებს. რაც შეეხება აზოტს, ეს უკანასკნელი უნდა გამოიყენოთ მაშინ, როცა მცენარე მნიშვნელოვნად გაიზარდა ან დაიწყო ყვავილობა. წინააღმდეგ შემთხვევაში აზოტის ჭარბი რაოდენობა შეამცირებს ნაყოფიერებას.

ნიადაგები	შემცველობა, კგ/ჰა (ნორმის ფარგლებში)		
	N	K	P
ღარიბი	40	0-150	0-23
საშუალო	90	150-600	23-63
მდიდარი	140	600–ზე მეტი	63–ზე მეტი

ნიადაგში მიკროელემენტების ნორმა

ამის შემდეგ ისეთი სასუქი უნდა შეიტანონ, რომელიც გაჯერებულია იმ კონკრეტული ნივთიერებებით - ფოსფორი, აზოტი, კალიუმი და ა.შ. - რომლის ნაკლებობასაც ნიადაგი განიცდის.

არსებობს სხვადასხვა ტიპის სასუქები, რომელთაგან თითოეულს აქვს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ზოგიერთი სასუქი შექმნილია იმისთვის, რომ დროთა განმავლობაში ნელა გამოათავისუფლოს საკვები ნივთიერებები, ზოგი კი უზრუნველყოფს საკვები ნივთიერებების მყისიერ გაძლიერებას. მნიშვნელოვანია აირჩიოთ სწორი ტიპის სასუქი თქვენი კონკრეტული საჭიროებისთვის. აუცილებელია მისი სწორად გამოყენება საუკეთესო შედეგის მისაღწევად.

მთლიანობაში, სოფლის მეურნეობაში სასუქების გამოყენების სარგებელი აშკარაა. მათ შეუძლიათ ხელი შეუწყონ ნიადაგის ხარისხის გაუმჯობესებას, გაზარდონ მოსავლიანობა და უზრუნველყონ მცენარეები საჭირო საკვები ნივთიერებებით. თუმცა, მნიშვნელოვანია სასუქების პასუხისმგებლობით გამოყენება და უსაფრთხოების ყველა რეკომენდაციის დაცვა, რათა თავიდან იქნას აცილებული უარყოფითი ზემოქმედება გარემოზე.

სასუქის სწორი ტიპის შერჩევა კონკრეტული კულტურისა და ნიადაგის პირობებისთვის გადამწყვეტია სასურველი შედეგის მისაღწევად. სხვადასხვა კულტურებს აქვთ სხვადასხვა მოთხოვნილება საკვებ ნივთიერებებზე და ნიადაგის პირობები ასევე შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს. ამიტომ, სასუქის სწორი ტიპის არჩევისთვის აუცილებელია ნიადაგის შემადგენლობისა და მოსავლის კვების საჭიროებების გაგება.

მაგალითად, ნიადაგის ტესტი შეიძლება ჩატარდეს ნიადაგის საკვები ნივთიერებების შემადგენლობის გასაანალიზებლად და შედეგების გამოყენება შესაძლებელია იმის დასადგენად, თუ რომელი საკვები ნივთიერებები აკლია ნიადაგს. ეს ინფორმაცია ფერმერებს დაეხმარება შეარჩიონ სასუქი, რომელიც უზრუნველყოფს დეფიციტურ საკვებ ნივთიერებებს სწორი რაოდენობით.

გარდა ამისა, სხვადასხვა ტიპის სასუქები ათავისუფლებენ საკვებ ნივთიერებებს სხვადასხვა სიჩქარით და ზოგიერთი შეიძლება უფრო შესაფერისი იყოს კონკრეტული ნიადაგის პირობებისთვის, ვიდრე სხვები. მაგალითად, ნელი გამოყოფის სასუქები უკეთესია ქვიშიანი ნიადაგებისთვის, ხოლო სწრაფგამომყოფი სასუქები უფრო მძიმე ნიადაგებისთვის.

განასხვავებენ ორგანულ და არაორგანულ სასუქებს:

ორგანული სასუქები მზადდება ბუნებრივი ნივთიერებებისგან, როგორიცაა ცხოველური ნაკელი, კომპოსტი, ძვლის ფქვილი და თევზის ემულსია. ეს სასუქები ეკოლოგიურად

სუფთაა და აქვთ ხანგრძლივი გავლენა ნიადაგის ნაყოფიერებაზე. ორგანული სასუქები ასევე აძლიერებს ნიადაგის სტრუქტურას, ზრდის ნიადაგის წყლის შეკავებას და ხელს უწყობს მიკრობული აქტივობის განვითარებას, რაც სასარგებლოა მცენარეთა ზრდისთვის.

ნიადაგის ორგანული კომპონენტები

ნაკელი ერთ-ერთი საუკეთესო ბუნებრივი სასუქია, ის შედგება 5-10% მკვებავი ნივთიერებისგან და 90-95 % წყლისგან.



მკვებავი ნივთიერებების შემცველობა ნაკელში

ცხოველი	წარმოქმნა, ტ/წელიწადი	ქიმიური ელემენტები		
		N	P	K
1 ძროხა	23	4,7	0,6	4,4
10 ღორი	21	6.3	1.5	2.9

არაორგანული /მინერალური სასუქები სინთეზური ან ბუნებრივად წარმოქმნილი ქიმიური ნივთიერებებია, რომლებიც მცენარეებს აუცილებელი საკვები ნივთიერებებით უზრუნველყოფენ და მოიცავს ისეთ ნუტრიენტებს, როგორიცაა აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი და სხვა. როგორც წესი, მინერალური სასუქები არაორგანული წყაროებიდან მიიღება. ჰაერიდან, ბუნებრივი აირიდან, ფოსფორშემცველი საბადოებიდან (კალციუმის ფოსფატი), კალიუმის ქლორიდის შემცველი მინერალებისგან.

ეს სასუქები ხსნადია და მცენარეებს მყისიერად აწვდის საკვებ ნივთიერებებს. ისინი ასევე შედარებით იაფია და ფართოდ ხელმისაწვდომია ბაზარზე. თუმცა, არაორგანულ სასუქებს შეიძლება ჰქონდეს უარყოფითი გავლენა ნიადაგის სტრუქტურასა და მიკრობულ აქტივობაზე, რაც გამოიწვევს ნიადაგის ნაყოფიერების ხანგრძლივ დაზიანებას.

სწორი ტიპის სასუქის არჩევა არა მხოლოდ ზრდის მოსავლიანობას, არამედ ხელს უწყობს გარემოსდაცვითი პრობლემების თავიდან აცილებას. სასუქების გადაჭარბებულმა გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს საკვები ნივთიერებების ჩამონადენი და ახლომდებარე

წყლის ობიექტების დაბინძურება, ამიტომ სასუქის სწორი რაოდენობისა და ტიპის გამოყენება გადამწყვეტია.

სასუქები და მათი მნიშვნელობა

ნუტრიენტების დონის ამაღლება: სასუქები შეიცავენ ისეთ აუცილებელ საკვებ ნივთიერებებს, როგორიცაა აზოტი, ფოსფორი და კალიუმი (NPK), რომლებიც სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია მცენარის ზრდისთვის. ეს ნუტრიენტები დიდ როლს თამაშობენ სხვადასხვა ბიოლოგიურ პროცესებში, მათ შორისაა ფოტოსინთეზი, უჯრედების გაყოფა და ენერგიის გადაცემა.

ნიადაგის ჯანმრთელობის დაბალანსება: დროთა განმავლობაში, ნიადაგში შეიძლება ამოიწუროს აუცილებელი საკვები ნივთიერებები. მინერალური სასუქები ავსებენ ნიადაგს ამ საკვები ნივთიერებებით და უბრუნებენ მას ნაყოფიერებას.

მოსავლის ხარისხის გაუმჯობესება: მინერალური სასუქი არა მხოლოდ ზრდის მოსავლიანობას, არამედ აუმჯობესებს მოსავლის ხარისხს. ის ხელს უწყობს უფრო ჯანსაღი, უფრო ძლიერი მცენარეების წარმოქმნას, რომლებიც უკეთესად არიან დაცულები დაავადებებისა და მავნებლების მიმართ.

სურსათზე გლობალური მოთხოვნის დაკმაყოფილება: იმის გამო, რომ გლობალური მოსახლეობა 2050 წლისთვის 9 მილიარდს მიაღწევს, სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობის გაზრდა აუცილებლობაა. სასუქები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ამ პროცესში.

პესტიციდების და მცენარეთა დაცვის სხვა საშუალებებისა და არაორგანულ/მინერალური და ორგანული სასუქების არასწორმა გამოყენებამ მნიშვნელოვნად დააბინძურა გარემო, რამაც, საბოლოო ჯამში, ნიადაგის და ატმოსფეროს, მცენარეული და ცხოველური პროდუქტების, სასმელი და სარწყავი წყლების დაბინძურება და დეგრადაცია გამოიწვია, რაც ხშირად ადამიანისა და ცხოველების არა მარტო მოწამვლის და მძიმე დაავადებების, არამედ სიკვდილის გამომწვევი მიზეზიც გამხდარა.

პესტიციდი არის ქიმიური ან ბიოლოგიური საშუალება, რომლებიც გამოიყენება მცენარეთა დაავადებებისა და მათი გადამტანების, მავნებლებისა და სარეველა მცენარეების წინააღმდეგ, ასევე მცენარეთა ზრდის რეგულირებისათვის. ქიმიური შედეგნილობის მიხედვით პესტიციდები იყოფიან – ორგანულ, არაორგანულ და ბიოლოგიურ პრეპარატებად.

ტერმინი პესტიციდი მოიცავს ნივთიერებათა ფართო სპექტრს, მათ შორის ინსექტიციდებს, ჰერბიციდებს, ფუნგიციდებსა და ა.შ. თითოეული მათგანი მავნებლების სპეციფიკური ტიპებისა და ჯგუფებისთვის გამოიყენება.

ჰერბიციდები- მათ არასასურველი სარეველების საწინააღმდეგოდ მოიხმარენ, რომლებიც, როგორც წესი, მცენარეს საკვები ნივთიერებების ათვისებაში უშლის ხელს.

ინსექტიციდები- ქიმიკატების ეს სახეობა მწერების გასაკონტროლებლად ან მათ გასანადგურებლად გამოიყენება.

ფუნგიციდები - ნივთიერებათა ეს ნარევი გადამწყვეტია ხილის, ბოსტნეულისა და სხვა მცენარეების სოკოვან დაავადებებთან საბრძოლველად.

პესტიციდების უპირველესი დანიშნულება სოფლის მეურნეობის ხელშეწყობადაა მისი პროდუქტიულობის ზრდაა, რაც მცენარეების მავნებლებისაგან დაცვაში გამოიხატება ამასთანავე, ხარისხიანი პესტიციდის სწორად გამოყენების შემთხვევაში, ის არანაირ საფრთხეს არ უქმნის ადამიანთა ჯანმრთელობას.

ბუნებრივი პესტიციდი- პირეტრინი



https://drive.google.com/file/d/1Z94ZTP8QoGqVQsKmgg0q4X7UCg_YpxtI/view

https://environment.cenn.org/app/uploads/2020/12/micis_mdgradimartva_Digital_1.pdf

კრიტერიუმი III - რატომ არის მნიშვნელოვანი მწვანე სოფლის მეურნეობა მიწის ფონდის შენარჩუნებისათვის?

- ✓ რას გულისხმობს ორგანული სოფლის მეურნეობა?
- ✓ რისკენაა მიმართული ორგანული წარმოების სისტემა?
- ✓ რა მეთოდებს იყენებს ორგანული სოფლის მეურნეობა?
- ✓ როგორ ზემოქმედებს მწვანე სოფლის მეურნეობა გარემოზე?
- ✓ რას ნიშნავს ტერმინი „მწვანე ქიმი“ და რამდენად მნიშვნელოვანია მასში გაერთიანებული 12 პრინციპის დაცვა?

ორგანული სოფლის მეურნეობა

განსაკუთრებული მნიშვნელობა შეიძინა “მწვანე სოფლის მეურნეობამ”, სხვაგვარად, რომ ვთვათ, ორგანულმა სოფლის მეურნეობამ.

ტერმინ „ორგანულ სოფლის მეურნეობას“ მრავალგვარი განმარტება და განსაზღვრება აქვს, მაგრამ ყველა ისინი ერთმანეთს ემსგავსება იმაში, რომ ეს არის ისეთი სისტემა, რომელიც მიმართულია ეკოსისტემის მართვისაკენ და არა შიდა სასოფლო-სამეურნეო რესურსების გამოყენებისაკენ.

ეს არის სისტემა, რომელიც ითვალისწინებს პოტენციურ მომავალდინებელ გავლენას ეკოლოგიაზე და ადამიანზე ისეთი სინთეტიკური დანამატების, როგორიცაა სინთეზური სასუქები და პესტიციდები, ვეტერინალური სამკურნალო პრეპარატები, გენეტიკურად მოდიფიცირებული თესლები და შინაური საქონლის სახეობები, კონსერვანტები, დანამატები და რადიაციული გამოსხივება.

ორგანულ სოფლის მეურნეობაში ყველა ეს მეთოდი იცვლება განსაკუთრებული ხერხებით და პრაქტიკით, რომელიც ინარჩუნებს და ზრდის ნიადაგის ნაყოფიერების ხანგრძლივობას, აფერხებს მავნებლების გამრავლებასა და დაავადებების რიცხვის ზრდას.

ორგანული სოფლის მეურნეობა – არის წარმოების მართვის მთლიანი, სრულყოფილი სისტემა, რომელიც ხელს უწყობს აგროეკოსისტემების შენარჩუნებას და უზრუნველყოფს მათ სიჯანსაღეს, მოიცავს ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებას, ბიოლოგიურ ციკლებს და ნიადაგის ბიოლოგიურ აქტიურობას.

ეს სისტემა ეყრდნობა პრაქტიკით მიღებულ მართვის პრინციპებს. ყურადღებას ამახვილებს იმაზე, რომ კონკრეტული რეგიონალური პირობები მოითხოვენ განსაკუთრებულ, ადაპტირებულ სისტემებს თითოეული რეგიონისათვის. ყველა ეს პროცესი მიმდინარეობს, სადაც კი შეიძლება აგრონომიული, ბიოლოგიური და მექანიკური მეთოდების გამოყენებით, სინთეზური მასალების გამოყენების გარეშე შიგა სისტემების ფუნქციონირება და უზრუნველყოფა.

ორგანული სასოფლო-სამეურნეო წარმოება არის მართვის ერთიანი სისტემა, რომელიც ზრდის და აძლიერებს აგროეკოსისტემების განვითარებას, ბიომრავალფეროვნების, ბიოლოგიური ციკლის და ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის ჩათვლით ფერმერულ რესურსთან შედარებით.

ის უპირატესობას ანიჭებს მართვის პრაქტიკის გამოყენებას და ითვალისწინებს ფაქტორს, რომ რეგიონალური პირობები მოითხოვს ადგილობრივად ადაპტირებულ სისტემებს, რაც მიიღწევა შესაძლო კულტურული, ბიოლოგიური და მექანიკური მეთოდებით ხელოვნური ნივთიერებების გამოყენების გარეშე.

ორგანული სასოფლო-სამეურნეო წარმოება იმ მეთოდოლოგიების ფართო სპექტრის ნაწილია, რომლებიც გარემოს დაცვას უჭერს მხარს. ორგანული გზით მიღებული პროდუქციის სისტემები ეყრდნობა პროდუქციის სპეციფიურ და განსაზღვრულ სტანდარტებს, რომლებიც გამიზნულია ოპტიმალური აგროეკოსისტემების მისაღწევად და მისაღებია სოციალურად, ეკოლოგიურად და ეკონომიურად.

ორგანული სასოფლო-სამეურნეო წარმოება დაფუძნებულია გარეშე დანამატების მინიმალურ გამოყენებაზე და ერიდება ხელოვნური სასუქებისა და პესტიციდების მოხმარებას. ორგანული სასოფლო-სამეურნეო წარმოება ვერ უზრუნველყოფს, რომ პროდუქცია მთლიანად თავისუფალი იყოს ნარჩენებისაგან, რაც გარემოს დაბინძურებითაა გამოწვეული. მიუხედავად ამისა, სხვადასხვა ზომებია მიღებული ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის დაბინძურების შესამცირებლად.

ორგანული სურსათის მიმწოდებლები, დამამუშავებლები, გამყიდველები იცავენ არსებულ სტანდარტებს, რათა შეინარჩუნონ ორგანულად მიღებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მთლიანობა. ორგანული სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ძირითადი მიზანია უზრუნველყოს ურთიერთდამოკიდებული ერთობის: ნიადაგის, მცენარეების, ცხოველებისა და ადამიანების ჯანმრთელობა და პროდუქტიულობა.

ორგანული სოფლის მეურნეობის სისტემა და მის მიერ წარმოებული პროდუქტები ყოველთვის არაა სერთიფიცირებული. ამ შემთხვევაში მას უწოდებენ

„არასერთიფიცირებულ ორგანულ მეურნეობას ან პროდუქტებს“. აქ არ ერთიანდება სისტემები, რომლებიც არ იყენებენ სინთეზურ დანამატებს, მაგრამ არ გააჩნიათ ნიადაგის რეკონსტრუქციის გამოცდილება.

ორგანულ სოფლის მეურნეობაზე მოქმედებს სამი განსხვავებული მამოძრავებელი ძალა:

- **მოთხოვნილებაზე და ბაზარზე ორიენტირებული ორგანული სოფლის მეურნეობა.** აქ წარმოებული პროდუქტები გამოკვეთილად იდენტიფიცირდებიან, როგორც ორგანული, ექვემდებარება შესაბამის სერთიფიცირებას და შეფუთვას. მომხმარებელი ამ შემთხვევაში თავად ახდენს გავლენას ორგანულ წარმოებაზე.
- **მომსახურებაზე ორიენტირებული ორგანული სოფლის მეურნეობა.** ევროკავშირის ბევრ ქვეყანაში შექმნილია ფონდები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ორგანულ სოფლის მეურნეობას სუბსიდიებით, რომელიც აწარმოებს ეკოლოგიურ პროდუქციას და მომსახურებას. მაგალითად როგორიცაა ბრძოლა გრუნტის წყლების გაჭუჭყიანების წინააღმდეგ, ანდა შედარებით მდიდარი და ბიოლოგიურად მრავალფეროვანი ბუნებრივი ლანდშაფტის შექმნა.
- **ფერმერებზე ორიენტირებული ორგანული სოფლის მეურნეობა.** ზოგიერთი ფერმერი თვლის, რომ სოფლის მეურნეობის ტრადიციული მეთოდები არარაციონალური და ძვირია, შესაბამისად თავად ამუშავებენ საკუთარ ალტერნატიულ მეთოდებს, რათა გაამყარონ ოჯახის ჯანმთელობა, ფერმის ეკონომიკური სიცოცხლისუნარიანობა, ან კიდევ საკუთარ ძალაში მოიპოვონ დამაჯერებლობა.

ბევრ განვითარებად ქვეყანაში ორგანული სოფლის მეურნეობის მეთოდები გამოიყენება საკვებ პროდუქტთა უსაფრთხოების შენარჩუნებისათვის, რომელიც მოჰყავთ მეურნეობაში, ასევე შიგა რესურსების შესყიდვაზე დანახარჯების შემცირებისათვის. ასეთი მეურნეობების პროდუქცია არაა აუცილებელი მოხვდეს ბაზარზე, ანდა შეიძლება გაიყიდოს ნებისმიერ ფასად, რადგან ის არ არის სერტიფიცირებული.

განვითარებულ ქვეყნებში წვრილი ფერმერები ცდილობენ თავიანთი ორგანულად წარმოებული, მაგრამ არასერტიფიცირებული პროდუქტები გაიტანონ პირდაპირ მომხმარებელზე. აშშ-ში წვრილი ფერმერების პროდუქტები, რომლებიც ყიდიან მცირე რაოდენობის ორგანულ პროდუქციას, სერტიფიცირებას არ ექვემდებარება.

ორგანული წარმოების სისტემა მიმართულია:

- ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის გაზრდისაკენ;
- ნიადაგის ნაყოფიერების ხანგრძლივობის შენარჩუნებისაკენ;
- მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნარჩენების რეცირკულაციისა და საკვები ნივთიერებების აღდგენისაკენ, რაც აღუდგენელი რესურსების გამოყენებას შეამცირებს;
- ადგილობრივ სასოფლო-სამეურნეო სისტემებში აღდგენად რესურსებზე დაყრდნობისაკენ;
- ნიადაგის, წყლის და ჰაერის ჯანსაღი გამოყენებისაკენ. ამასთან სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის შედეგად გამოწვეული დაბინძურების მინიმუმამდე დაყვანისაკენ;
- სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტთან შეხებისას ისეთი მეთოდების გამოყენების დამუშავებისაკენ, რომლებიც უზრუნველყოფენ ორგანულ ერთიანობას და პროდუქტის სასიცოცხლო თვისებების ყველა საფეხურზე შენარჩუნებას;

- ყველა არსებულ ფერმაში, კონვერსიის პერიოდის მეშვეობით, ხანგრძლივობის განსაზღვრული სპეციფიური ფაქტორების დაფუძნებისავენ, როგორცაა მიწის ისტორია და მარცვლეულისა და პირუტყვის სახეობა.

ორგანული წარმოების მეთოდები მიისწრაფის ეკოსისტემების ზრდისავენ, პროდუქტიულობის ამაღლებისავენ, უზრუნველყოფს სარეველების, მავნებლების და დაავადებების კონტროლს, მცენარეული და ცხოველური ნარჩენების კვლავწარმოებას, თესლბრუნვას და შერჩევას, წყლის რეგულირებას, ნიადაგის დამუშავებას.

ამ სისტემების გამოყენებით იზრდება ნიადაგის ნაყოფიერება, რომელიც მიიჩნევა, რომ ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობა, ფიზიკური და მინერალური ბუნება მცენარისა და ცხოველისათვის უზრუნველყოფს ბალანსირებულ საკვებს და ხელს უწყობს მიწის რესურსების შენახვას.

წარმოება უნდა ხასიათდებოდეს მდგრადობით მცენარეებისათვის აუცილებელი კვების პროდუქტების კვლავწარმოების ზრდის მეშვეობით, რაც სასუქების მოხმარების სტრატეგიის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს. მავნებლებისა და დაავადებების კონტროლის მენეჯმენტი მიიღწევა გადამტანის, მავნებლის ბალანსირებული ურთიერთობის, სასარგებლო მწერების პოპულაციის ზრდის, ბიოლოგიური კონტროლის, მავნებლებისა და მცენარეების დაზიანებული ნაწილების მექანიკური ლიკვიდაციის მეშვეობით.

ორგანული მესაქონლეობის განვითარება ეფუძნება მიწას, მცენარისა და პირუტყვის შორის ურთიერთობის ჰარმონიზაციას, პირუტყვის ფიზიოლოგიურ საჭიროებებს, რაც მიიღწევა ცხოველის შესაბამისი ხარისხის ორგანულად მიღებული საკვებით უზრუნველყოფით, მეცხოველეობის პრაქტიკის ცოდნით, რომელიც მინიმუმამდე ამცირებს ცხოველთა შორის სტრესსა და დაავადებებს, უზრუნველყოფს ცხოველთა ჯანმრთელობას, თავიდან იცილებს დაავადებებს და ერიდება ალოპათიური ვეტერინალური წამლების გამოყენებას ანტიბიოტიკების ჩათვლით.

ორგანული სოფლის მეურნეობის საგანი, ამოცანები და მნიშვნელობა

მე-19 საუკუნის ბოლოს და მე-20 საუკუნის დასაწყისში ქიმიური და მძიმე მრეწველობის განვითარებას მოჰყვა სოფლის მეურნეობაში ქიმიური სასუქებისა და პესტიციდების, სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკისა და ტექნოლოგიების აქტიური დანერგვა, რამაც ერთგვარი რევოლუცია მოახდინა აგრარულ დარგში, კერძოდ, გაიზარდა მოსავლიანობა, შემცირდა ხელით შრომა და შესაბამისად შემცირდა პროდუქციის თვითღირებულებაც, მზარდი მოსახლეობა უზრუნველყოფილი გახდა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციით.

სურსათით მოსახლეობის უზრუნველყოფა ერთგვარად წყვეტდა შიმშილის პრობლემას, მაგრამ დროთა განმავლობაში მეცნიერებისა და პრაქტიკოსი გლეხების მიერ დადგენილ იქნა, რომ მოსავლიანობის ზრდასთან ერთად იმატა მცენარეთა მავნებელ-დაავადებათა რიცხვმა, ამაღლდა მათი გამძლეობა ქიმიური პრეპარატების მიმართ. მავნებელ-დაავადებების წინააღმდეგ საბრძოლველად საჭირო გახდა ახალი ქიმიური საშუალებების შექმნა, მათი ასორტიმენტისა და დოზების გაზრდა.

ქიმიური სასუქების ინტენსიური გამოყენება ერთის მხრივ ზრდიდა მოსავლის რაოდენობას, მაგრამ მეორეს მხრივ აბინძურებდა გარემოს, აუარესებდა ნიადაგის

ნაყოფიერებას. ამავე დროულად ნიადაგის ნაყოფიერების აღდგენა-გაზრდა ქიმიური სასუქების გაზრდილი დოზებით გამოყენება ჯამში საბოლოოდ ხდიდა სოფლის მეურნეობას სულ უფრო დამოკიდებულს ქიმიურ ინდუსტრიაზე.

ქიმიური საშუალებების მზარდი დოზებით გამოყენება კი მავნე ზეგავლენას ახდენდა, როგორც ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ასევე გარემოზე, თავი იჩინა ადამიანის ათვისაირმა დაავადებებმა, დაირღვა ბუნებაში ეკოლოგიური წონასწორობა, და რაც მთავარია, ასეთნაირად მოყვანილი პროდუქცია ნაკლები საყუათო ღირებულებებით ხასიათდება.

მე-19 საუკუნის დასაწყისში შვეიცარიელმა მეცნიერმა ჰანს მიულერმა საფუძველი ჩაუყარა ორგანული სოფლის მეურნეობის კონცეფციას. 1921 წელს შვეიცარიაში მან დააფუძნა გლეხთა მოძრაობა, რომელიც მიზნად ისახავდა გლეხთა ცნობიერების ამაღლებას, რათა შემდგომად საზოგადოებაში თავისი ადგილი ეპოვათ. ჰანს მიულერმა მეუღლესთან მარია მიულერთან და ექიმ ჰ.პ. რუმთან ერთად შეიმუშავეს ბიოორგანული მიწათმოქმედების საფუძვლები, რაც გულისხმობდა:

- განთავისუფლებას ქიმიურ მრეწველობაზე დამოკიდებულებისაგან, კერძოდ, ქიმიური სასუქებისა და სხვა საშუალებების გამოყენების შეზღუდვას, მცენარეთა დაცვისა და ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებისათვის საკუთარი მეურნეობის რესურსების მაქსიმალურ გამოყენებას.
- დამოუკიდებლობის მიღწევას პროდუქციის გასაღებაში, პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესებით საკუთარი ბაზრის მოპოვებას, იმ მომხმარებელზე გათვლით, რომელიც დაინტერესებულია საღი საკვებითა და სუფთა გარემოთი. 1946 წელს, გაკეთებული დასკვნების საფუძველზე, ჰ. მიულერმა დაარსა საწარმო-სავაჭრო კოოპერატივი AVG, რომელიც შვეიცარიაში დღესაც ასაღებს ბიოორგანულ ნაწარმს და ცნობილია „AVG ბიობოსტნეულის“ სახელწოდებით. ჰ. მიულერის იდეები გამოიყენეს დასავლეთ გერმანიის ფერმერებმა და 1971 წელს შექმნეს გაერთიანება, რომელიც მიზნად ისახავდა ხელის შეწყობას ბიოორგანული მიწათმოქმედების და მეზღეობის განვითარებისათვის. მოგვიანებით გაერთიანებას „ბიოლანდი“ უწოდეს. 1991 წელს გაერთიანებამ გამოსცა დირექტივები და რეგისტრაციაში გაატარა სავაჭრო ნიშანი „Bioland“.

მე-20 საუკუნის ოციანი წლების დასაწყისში ცნობილმა ავსტრიელმა მეცნიერმა რუდოლფ შტაინერმა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის, მათი საყუათო ღირებულებების, მავნებელ-დაავადებათა საგრძნობლად მატების და სხვა საკითხების საფუძვლიანად შესწავლის შემდეგ გააკეთა მნიშვნელოვანი დასკვნა, რომ ყოველივე ზემოთ აღნიშნული ხელოვნური სასუქებისა და მზამქიმიკატების გამოყენების შედეგია, ქიმიური სასუქები მცენარისათვის არ არის სრულყოფილი საკვები, რადგანაც შეიცავენ მხოლოდ ცალკეულ ელემენტებს ხსნადი მარილების სახით.

მის მიერ ჩამოყალიბებული ბიოდინამიური მეთოდი გულისხმობს სოფლის მეურნეობაში სპეციალური წესით დამზადებული პრეპარატების გამოყენებას, რომლებიც აძლიერებენ მცენარის სასიცოცხლო ძალას. ბიოდინამიური მეთოდის მიხედვით მეტად მნიშვნელოვანია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებისას გათვალისწინებული იქნას მცენარეებზე კოსმიური ფაქტორების გავლენა, რომელიც გულისხმობს აგროღონისმიებების ჩატარებას მთვარისა და სხვა პლანეტების განლაგების მიხედვით.

ბუნება მეტად რთული და გაწონასწორებული სისტემაა, რომელიც უამრავ ურთიერთდამოკიდებულ ელემენტებს შეიცავს. მცენარის სრულყოფილი ზრდა-განვითარება მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მათ შორის მის ირგვლივ არსებულ ცოცხალ ორგანიზმებზე, რომელთაგან თუნდაც ერთიც რომ გამოვირიცხოთ, შესაძლოა შეუქცევადი შედეგი მივიღოთ.

ცოცხალ ორგანიზმებს შორის არსებობენ სასარგებლო ორგანიზმები, რომლებზეც ქიმიური საშუალებები დამღუპველად მოქმედებენ, კერძოდ შხამქიმიკატები სპობენ არამართო მავნებელ არამედ სასარგებლო ორგანიზმებსაც, რაც არღვევს ბუნებაში არსებულ წონასწორობას, ეს კი იწვევს გარემოს „დაავადებას“. სწორედ დაავადებული გარემოს შედეგია ნიადაგის გამოფიტვა, ეროზია, მავნებლების „აფეთქებები“ და დაავადებების ეპიდემიები.

ყოველივე აღნიშნულიდან გამომდინარე ორგანული მეურნეობის ამოცანას წარმოადგენს:

- ბუნების კანონზომიერებების შესწავლა და მათი გამოყენება მეურნეობრიობაში;
- ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლება და შენარჩუნება;
- ბუნებრივი რესურსებისადმი ფრთხილი დამოკიდებულება და მათი შენარჩუნება მომავალი თაობებისათვის;
- შინაური ცხოველების მოვლა-პატრონობა მათი ბუნებრივი ინსტიქტების გათვალისწინებით;
- მეურნეობაში ჩაკეტილი წრებრუნვის მიღწევა;
- მაღალი საყუათო ღირებულების პროდუქციის შექმნა.

ორგანული მეურნეობის ძირითადი მეთოდებია:

- თესლბრუნვის ინტენსიური გამოყენება;
- სიდერაცია; – შეთესვა; – მულჩირება;
- შერეული კულტურების გამოყენება;
- ნიადაგის მექანიკური გაფხვიერება;
- ნიადაგში ორგანული სასუქების შეტანა;
- ნიადაგში ბუნებრივი მინერალური სასუქების შეტანა;
- ცოცხალი ღობეების მოწყობა;
- მცენარეთა დაცვის ბიოლოგიური მეთოდების გამოყენება;
- სარეველა მცენარეთა გავრცელების კონტროლი მექანიკური საშუალებებით;
- აგროვადების ზუსტი დაცვა;
- შინაური ცხოველების ბუნებრივ ქცევაზე ორიენტირებული მოვლა;
- შინაურ ცხოველთა კვება საკუთარ მეურნეობაში მოწეული საკვებით.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ორგანულ მეურნეობაში იქმნება ერთგვარი წრებრუნვა-ადამიანი, ცხოველი, მცენარე, ადამიანი.

წყარო: ნ. ნაკაშიძე, დ. ჯაში

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, აგროეკოლოგიისა და სატყეო საქმის დეპარტამენტი. <http://old.bioagro.ge/blog/ra-aris-organuli-sophlis-meurneoba.html>

მწვანე ქიმია

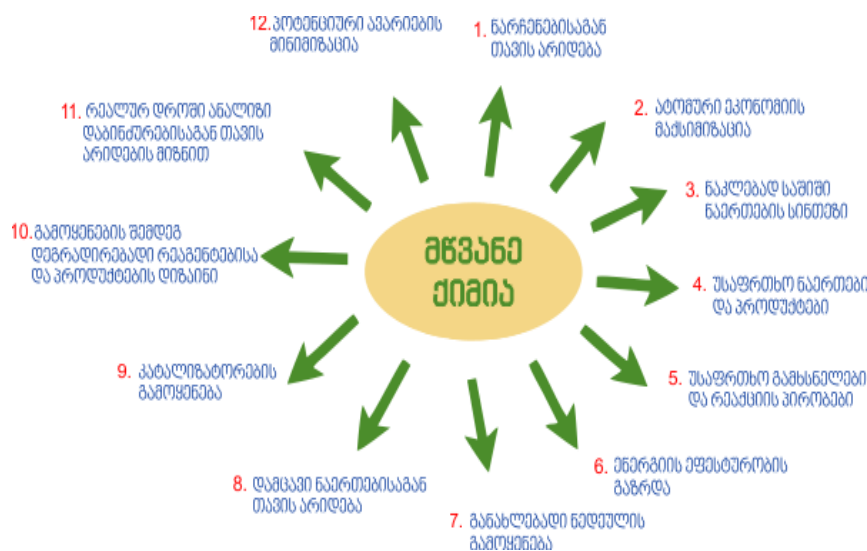
ამერიკის შეერთებული შტატების გარემოს დაცვის სააგენტოს განმარტების მიხედვით (United States Environmental Protection Agency (US EPA)), მწვანე ქიმია არის ქიმია, რომლის დროსაც ქიმიური პროცესები და ნივთიერებების წარმოება ხდება გარემოზე ზიანის გარეშე, ანუ, დაბინძურებისაგან თავის არიდებით. ქიმიური პროდუქტები უნდა იქნას მიღებული გარემოში დარჩენის გარეშე და გარემოსათვის უსაფრთხო კომპონენტებად დაშლით.

მწვანე ქიმია არ არის გამოყოფილი ცალკეულ მეცნიერულ მიმართულებად, მაგრამ ის ინტერდისციპლინური მეცნიერული მიღწევაა, რომელსაც საფუძვლად უდევს ქიმიური, ეკოლოგიური და სოციალური პასუხისმგებლობა.

ადამიანის მოღვაწეობამ, ინდუსტრიალიზაციისა და ურბანიზაციის განვითარებამ გლობალური ეკოლოგიური პრობლემები წარმოშვა, რომელთა მასშტაბურობა კაცობრიობის მომავალს რისკის ქვეშ აყენებს. აქედან გამომდინარე, ადამიანმა აწმყოს მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად ეკონომიკის განვითარებისა და ბუნებრივი რესურსების ათვისების ისეთ გზებს უნდა მიმართოს, რომ ამით მომავალი თაობები არ დააზარალოს. ამ თვალსაზრისს მდგრადი განვითარების კონცეფცია ეწოდება.

მწვანე ქიმიის კონცეფცია - მომავალ თაობებს შემოვუნახოთ ისეთი პლანეტა, სადაც შესაძლებელი იქნება ჯანსაღად ცხოვრება და ისეთი ქიმიური ნივთიერებების გამოყენება, რომლებიც საფრთხეს არ შეუქმნის ადამიანსა და გარემოს, რაც განაპირობებს ეკონომიკურ განვითარებასა და სტაბილურობას.

მწვანე ქიმიის კონცეფცია 12 ძირითად პრინციპს მოიცავს:



- **უნარჩენო წარმოება** - წარმოების ისეთი სისტემის შექმნა, რომელსაც ნარჩენების წარმოქმნა არ ახლავს თან. ამ პრინციპის მიხედვით, ნარჩენების მართვის ყველაზე ეფექტური მეთოდი მათი წარმოქმნის თავიდან აცილებაა. მაგალითად, ყოველწლიურად ამერიკაში 14 მილიარდი ტონა მავნე ნარჩენი წარმოიქმნება. ნარჩენების დიდი ნაწილი გამოიყოფა ჰალოგენირების, ალკინირების ჟანგვის, სულფონირების, ნიტრირების რეაქციების დროს, რომლებიც გამოიყენება სხვადასხვა ინდუსტრიულ პროცესში. რასაკვირველია, ქიმიური რეაქციების განხორციელება შეუძლებელია ნარჩენი პროდუქტების წარმოქმნის გარეშე, თუმცა, აუცილებელია, ვიფიქროთ იმაზეც, თუ როგორ არის შესაძლებელი დაბინძურების

თავიდან აცილება; აგრეთვე, ხომ არ არის შესაძლებელი ისეთი მეთოდის შექმნა, რომლითაც შესაძლებელი გახდება ნარჩენი პროდუქტების უტილიზაცია. ასეთ მიდგომას უკვე მოჰყვა დადებითი შედეგები, კერძოდ, ლაქებისა და საღებავების მწარმოებელი კომპანიები ამზადებენ გამხსნელისაგან თავისუფალ ლაქებსა და საღებავებს, აღარ გამოიყენებენ აზბესტს. ფარმაცევტული კომპანიების მიზანი გახდა პრეპარატების წარმოება იმგვარად, რომ გამხსნელის კონცენტრაცია შემცირდეს. შემუშავებულ იქნა ისეთი მეთოდი, სადაც ქიმიურ რეაქციაში ტოლუოლის, ტეტრაჰიდროფურანის და სხვა გამხსნელების ნაცვლად გამოიყენება ეკოლოგიურად უსაფრთხო ეთილის სპირტი;

- **რაციონალური სინთეზი** - სინთეზის პროცესის იმგვარად დაგეგმვა, რომ აღებული რეაგენტები მაქსიმალურად სრულად გარდაიქმნას სამიზნე პროდუქტად. ამ პრინციპს ატომთა ეკონომიურ გამოყენებასაც უწოდებენ. მაგალითად, დღეისათვის იზუპროფენის სინთეზი პროგრესირებადია, ძველი სინთეზის მთავარი ნაკლი გახლდათ დაბალი ეკონომიკური ღირებულება, ხოლო „მწვანე მეთოდმა“, რომელიც შემუშავებულ იქნა 1990 წელს, შესაძლებლობა მოგვცა, გარდამავალი ნივთიერებების პროდუქტში გარდაქმნისა, ან მათი რეგენერირებისა, რაც ამცირებდა ნარჩენების გამოყოფას 99%-მდე. აღნიშნულ მეთოდს გააჩნია საკმაოდ მაღალი ეფექტურობა, რადგან წარმოქმნილი ნარჩენები გადამუშავდება წარმოების პროცესშივე. ზოგადად, ატომური ეკონომიურობა განისაზღვრება, როგორც სასურველი ნივთიერების ფარდობითი მოლეკულური მასის შეფარდებით მორეაგირე ნივთიერებების ფარდობით მოლეკულურ მასათა ჯამთან, გამოსახული პროცენტით;
- **უსაფრთხო წარმოება** - ქიმიური სინთეზის ისეთი პროცედურის შემუშავება, რომლის დროსაც არ გამოიყოფა ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის მავნე ნივთიერებები. მაგალითად, პოლიკარბონატების სინთეზი მიმდინარეობს, მომწამლავი ნივთიერების, ფოსგენის თანხლებით. ასახი კასეიმ (იაპონური კომპანია) შეიმუშავა პოლიკარბონატების სინთეზის მეთოდი. ამ მეთოდის უპირატესობა არის ის, რომ ფოსგენს არ იყენებენ და ამოვდროულად, ხდება ნახშირორჟანგის უტილიზაცია რეაქციის დროს.

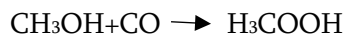
პირველ საფეხურზე ადგილი აქვს, ნახშირორჟანგის ურთიერთქმედებას ეთილენის ოქსიდთან, რის შედეგადაც მიიღება ეთილენკარბონატი, რომელიც ურთიერთქმედებს სპირტთან და შედეგად მიიღება დიოლური ნაერთი და დიმეთილკარბონატი, რომელსაც გარდაქმნიან დიფენილკარბონატში, ფენოლთან ურთიერთქმედების გზით, რადგან დიმეთილკარბონატი არ გამოდგება პოლიმერიზაციის პროცესში, მაღალ მოლეკულური პოლიმერის მისაღებად, ხოლო დიფენილკარბონატისა და ბისფენოლ A-ს პოლიმერიზაციით ვღებულობთ პოლიკარბონატს;

- **უსაფრთხო ნაერთები** - გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საზიანო პროდუქტების ჩანაცვლება შედარებით უსაფრთხო ნივთიერებებით, რომლებიც იმავე ფუნქციას შეითავსებს. მაგალითად, ეს პრინციპი გამოიყენება სხვადასხვა პესტიციდისა თუ ინსექტიციდის წარმოებაში, რომელიც ტოქსიკურია მხოლოდ კონკრეტული ორგანიზმის მიმართ. მაგალითად, კალა-ორგანული ნაერთების გამოყენება ხდება გემების საღებავების წარმოებაში, რომლებიც საკმაოდ ტოქსიკურობით გამოირჩევა და მისი შთანთქმა ხდება წყალმცენარეებისა და პლანქტონების მიერ, აღნიშნული ნივთიერება ჩანაცვლებულ იქნა 4,5-დიქლორო-2-

ოქტილ-3-იზოთიაზოლინით (Sea nine, DCOI), ის დეგრადირებადი და, ამავდროულად, არატოქსიკურია;

- **უსაფრთხო გამხსნელები** - სადღეისოდ ქიმიურ სინთეზში გამოყენებული გამხსნელები გარემოს საშიშ დამაბინძურებლებს მიეკუთვნება, ამიტომ საჭიროა მაქსიმალურად შემცირდეს მათი გამოყენება, ან ჩანაცვლდეს შედარებით უსაფრთხო, ე.წ. „მწვანე“ გამხსნელებით; გამხსნელების, უდიდესი ნაწილი გამოიყენებოდა რეაქციის განხორციელებისათვის და ქრომატოგრაფიულ პროცესებში; ეს ნივთიერებებია: ბენზოლი, ტოლუოლი, ჰექსანი, ქლოროფორმი, აცეტონიტრილი და ა.შ. ისინი საკმაოდ საზიანოა. უსაფრთხო გამხსნელების პრინციპის თანახმად, უნდა შევამციროთ მათი მოხმარება და გამოყენებული გამხსნელები გადავამუშავოთ. ამასთან, უნდა მოვიძიოთ ახალი, უსაფრთხო გამხსნელები, რომლებიც იქნება არააქროლადი და სტაბილური;
- **ენერგოეფექტურობა** - ზოგიერთი რეაქციის განხორციელებას ესაჭიროება მაღალი წნევა და ტემპერატურა, რაც დიდი რაოდენობით ენერგიის ხარჯვას მოითხოვს. ამიტომ შეძლებისდაგვარად უნდა შემცირდეს მსგავსი პროცესების საჭიროება. ეს, თავის მხრივ, შეამცირებს როგორც ენერგიის ხარჯებს, ასევე ნახშირორჟანგისა და წვის სხვა პროდუქტების გარემოში გამოყოფას;
- **განახლებადი რესურსები** - წარმოების პროცესში გამოყენებული რესურსები სასურველია იყოს განახლებადი, პროდუქტები და ნარჩენები კი გადამუშავებადი. ამრიგად, თუ რაიმე სახის ნარჩენი წარმოიქმნება, მისი სხვა სახის წარმოებაში ჩართვა იქნება შესაძლებელი;
- **ნაკლები თანაპროდუქტები** - **ორგანული ნივთიერებების სინთეზის** პროცესში, ხშირად სამიზნე პროდუქტთან ერთად წარმოიქმნება სხვა ნივთიერებებიც, რომლებსაც თანაპროდუქტებს ვუწოდებთ. მწვანე ქიმიის პრინციპია, პროცესი ისე დაიგეგმოს, რომ მაქსიმალურად ავირიდოთ თავიდან თანაპროდუქტების წარმოქმნა. ეს, თავის მხრივ, ნარჩენების წარმოქმნასაც შეამცირებს;
- **ეფექტური კატალიზატორები** - როგორც ვიცით, კატალიზატორები ისეთი ნივთიერებებია, რომლებიც ცვლის ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის სიჩქარეს, თუმცა, თავად არ იხარჯება. ყოველთვის უმჯობესია, რომ რეაქცია მიმდინარეობდეს კატალიზატორის გამოყენებით. ამ შემთხვევაში პროცესი ენერგოეფექტური იქნება. როგორც ცნობილია, კატალიზური რეაქციები მიმდინარეობს დიდი სიჩქარით. შეიძლება რეაქციის სიჩქარე მილიონჯერაც კი გაიზარდოს, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია ქიმიური მრეწველობისათვის. თუმცა, უნდა ვთქვათ ისიც, რომ ასეთი ნივთიერებები, ხშირად არასტაბილური და სითბოს მიმართ მგრძნობიარეა. შედეგად ვიღებთ ნარჩენ პროდუქტს, რომლის გადამუშავებაც რთული ან საერთოდ შეუძლებელია. ამიტომ კარგი იქნება, თუ ქიმიურ კატალიზატორებს (არა-ბიოლოგიურ) ჩავანაცვლებთ ბიოკატალიზატორებით;
- **ბიოდეგრადირებადი ნაერთები** - მწვანე ქიმიის პრინციპია ისეთი ნაერთების მიღება, რომლებიც თავისი ფუნქციის შესრულების შემდეგ დაიშლება გარემოსა და ადამიანისათვის უვნებელ ნივთიერებებად;
- **დაბინძურების კონტროლი** - უნდა შემუშავდეს კონტროლის ისეთი სისტემა, რომელიც მომენტალურად დააფიქსირებს დაბინძურებას, ვიდრე სავალალო შედეგს მივიღებდეთ;
- **ავარიების შემცირება** - უნდა შემუშავდეს წარმოების ისეთი მეთოდები, რომლებიც მაქსიმალურად ამცირებს პოტენციური ხანძრების, აფეთქებების და, ზოგადად,

მწვანე ქიმიის პრინციპების რეალიზაციის ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია ძმარმუკვას სინთეზის ახალი ტექნოლოგია, რომელიც დაფუძნებულია მეთანოლსა და ნახშირბად(II)-ის ოქსიდს შორის მიმდინარე რეაქციზე:



ამ რეაქციისათვის შერჩეულია ისეთი კატალიზატორი, რომელიც, გარდა იმისა, რომ პროდუქტის უდანაკარგოდ მიღებას უზრუნველყოფს, საერთოდ არ წარმოქმნის ნარჩენებს და ენერგიის მინიმალურ ხარჯებს მოითხოვს.

ამჟამად მწვანე ქიმიის განვითარება ხორციელდება ენერგიის განახლებადი წყაროების მოძიების, ტრადიციულად გამოყენებული ორგანული გამხსნელების ჩანაცვლების, ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების შექმნისა და სხვა მიმართულებებით. ძალიან პერსპექტიულია ასევე ბიოტექნოლოგიური მიდგომების შემუშავება, რომელთა პრინციპია ქიმიური რეაქციის განსახორციელებლად მიკროორგანიზმებისა და მათი ფერმენტების გამოყენება.

მწვანე ქიმიის სასარგებლო თვისებებთან ერთად, შეიძლება ვახსენოთ მისი ნაკლიც: ის მოითხოვს დიდ დროს, მატერიალურ შესაძლებლობასა და ინფორმაციის დიდი ბაზის არსებობას. მწვანე ქიმიის ნაკლია: ალტერნატიული უსაფრთხო ქიმიური ნივთიერებებისა და პროდუქტის მისაღებად საჭირო ტექნოლოგიის არცოდნა. აგრეთვე, ადამიანური რესურსებისა და უნარების ნაკლებობა. მაგრამ, ის ქიმიაში ითვლება მომავლის პერსპექტიულ დარგად. ვიმედოვნებთ, რომ მწვანე ქიმია დაეხმარება ჩვენს პლანეტას, რომ გახდეს უკეთესი საცხოვრებელი ადგილი, სადაც ადამიანებს არ შეაწუხებს სუფთა წყლის, ჯანსაღი ჰაერით სუნთქვის პრობლემა, ღვარცოფები და მეწყრები, რომლებიც, სამწუხაროდ, ისევ ადამიანის ქცევით არის გამოწვეული.

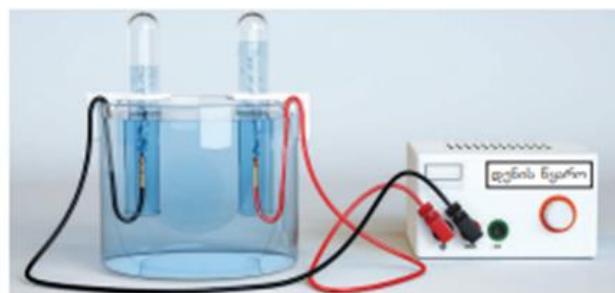
ელექტროლიზი

თემა 2- მრეწველობა და ყოფა-ცხოვრება			
ელექტროლიზი	გაკვეთილი 1	ქიმია	მასწავლებელი აცნობს სტუდენტებს დავალების პირობას და პროდუქტს, (ელექტროლიტური აბაზანა) რომელიც უნდა შექმნან სტუდენტებმა. საუბრობს ელექტროლიტებზე და არაელექტროლიტებზე.
	გაკვეთილი 2	ფიზიკა	მასწავლებელი და სტუდენტები ერთად ქმნიან ელექტროლიტური აბაზანის მოდელს. დეტალურად განიხილავენ აბაზანისთვის საჭირო ნივთებს და მათ დანიშნულებას.
	გაკვეთილი 3	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ჟანგვა-აღდგენით პროცესებს, ჟანგვის რიცხვს, კათოდზე და ანოდზე მიმდინარე პროცესებს.
	გაკვეთილი 4	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ელექტროლიზის პროცესს მარილების წყალხსნარებში.
	გაკვეთილი 5	ფიზიკა	მასწავლებელი და სტუდენტები ატარებენ ექსპერიმენტს ელექტროლიტური აბაზანის საშუალებით ნატრიუმის ქლორიდის ელექტროლიზის მაგალითზე. მსჯელობენ და ხსნიან მიღებულ შედეგებს.
	გაკვეთილი 6	ფიზიკა	მასწავლებელი სტუდენტებს წარუდგენს ვირტუალურ ლაბორატორიას ელექტროლიზთან დაკავშირებით. სტუდენტები მსჯელობენ ლაბორატორიაში შემჩნეული მოვლენების შესახებ.
	გაკვეთილი 7	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ელექტროლიზის პროცესში კათოდზე და ანოდზე მიმდინარე პროცესებს, სუფრის მარილის წყალხსნარის მაგალითზე.
	გაკვეთილი 8	ფიზიკა	მასწავლებელი ხსნის ფარადეის კანონს და სტუდენტებთან ერთად განიხილავს მარტივ ამოცანებს, რომლებიც იხსნება ფარადეის კანონის გამოყენებით.
	გაკვეთილი 9	ფიზიკა	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: მატერია, მდგრადობა და ცვლილება

პროექტული დავალება

ელექტროლიზის მოვლენას დიდი მნიშვნელობა აქვს სამრეწველო პროცესებისთვის. უძველეს დროში ალუმინს ოქროს ფასი ჰქონდა, რადგან მისი მიღება თავისუფალი სახით დიდ სირთულეებთან ყოფილა დაკავშირებული. ალუმინის მასიური წარმოება ელექტროლიზის გზით 1889 წელს დაწყებულა.



მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ საიუველირო ნაწარმის შერჩევისას შეიძლება მოტყუვდეთ და ვერცხლის ნაკეთობის ნაცვლად მოვერცხლილი ნივთი შეგრჩეთ.

შეისწავლე მარილების წყალხსნარების ელექტროლიზი, შექმენი ელექტროლიტური აბაზანის მოდელი, გამოიკვლიე სითხეში დენის გავლის პროცესი და წარმოადგინე ელექტროლიზის პრაქტიკაში გამოყენების მაგალითები.

შესრულებული დავალება წარმოადგინე პრეზენტაციის სახით.

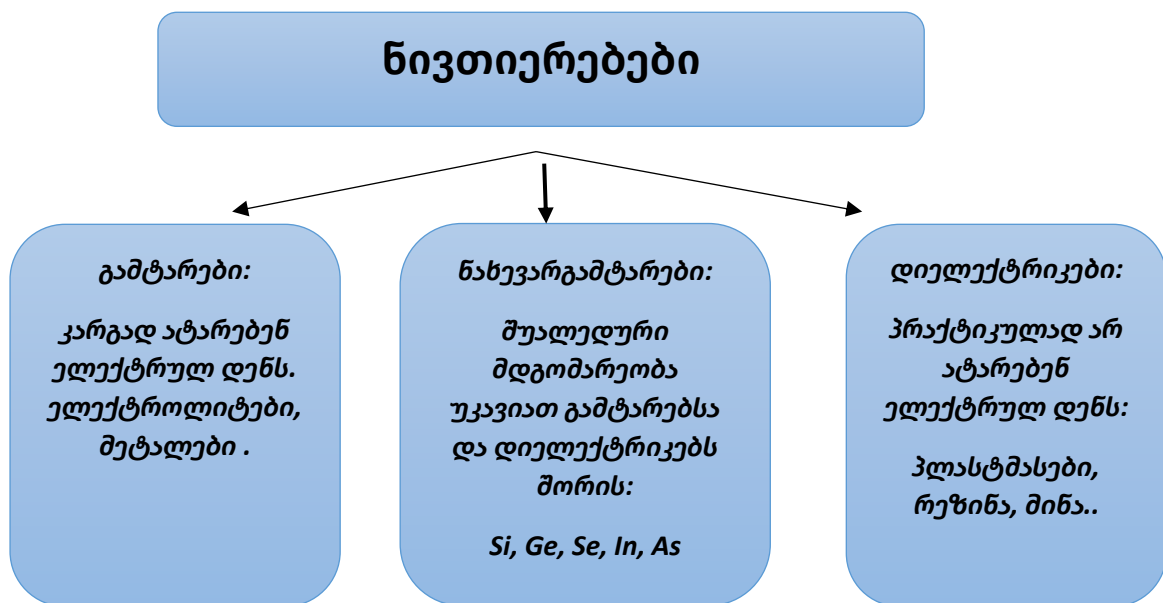
ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- რა კავშირია ელექტროლიტების შედგენილობასა და მათ გამოყენებას შორის ელექტროლიზის პროცესში?
- როგორ არის შესაძლებელი ელექტროლიტების გამტარებლობის ცვლილება და რომელი ფიზიკური სიდიდეებით/კანონებით ხასიათდება ელექტროლიზის პროცესი ?
- რა მნიშვნელობა აქვს ელექტროლიზურ პროცესებს წარმოებასა და ყოფაცხოვრებაში?

კრიტერიუმი I - რა კავშირია ელექტროლიტების შედგენილობასა და მათ გამოყენებას შორის ელექტროლიზის პროცესში?

- ✓ როგორ კლასიფიცირდებიან ნივთიერებები ელექტროგამტარობის მიხედვით?
- ✓ რას ეწოდება ელექტროლიტი?
- ✓ როგორის სახის ელექტროლიტები არსებობს?
- ✓ როგორ წარმოიქმნება წყალხსნარში იონები?
- ✓ რას ეწოდება ჟანგვა/აღდგენა?
- ✓ რა არის ელექტროდი?
- ✓ რა განსხვავებაა კათოდსა და ანოდს შორის?
- ✓ რა პროცესები მიმდინარეობს კათოდზე/ანოდზე?

ნივთიერებების კლასიფიკაცია სხვადასხვა ნიშნითაა შესაძლებელი, მაგ: აგრეგატული მდგომარეობის, შედგენილობის, ქიმიური ბმის ბუნების, ელექტროგამტარობის მიხედვით.



ელექტროგამტარობის მიხედვით, ნივთიერებები შეიძლება დავეყოთ ელექტროლიტებად და არაელექტროლიტებად. ელექტროლიტი წყალში იხსნება, ის იშლება იონებად და წარმოქმნის ხსნარს, რომელსაც შეუძლია ელექტრული დენის გატარება. როდესაც არაელექტროლიტი იხსნება წყალში, ის ნაწილდება მოლეკულების სახით და არ იშლება იონებად. წარმოქმნილი ხსნარი არ შეიცავს იონებს, იგი არ გაატარებს ელექტრულ დენს.

ელექტროლიტები, თავის მხრივ, იყოფა ძლიერ და სუსტ ელექტროლიტებად.

ძლიერი ელექტროლიტები – ძლიერი მჟავები, ტუტეები, ხსნადი იონური ნაერთები (მარილები)

HCl, HBr, HNO₃, HClO₄, H₂SO₄(განზ)

LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂

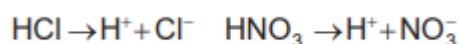
NaCl, KCl, MgSO₄, KClO₃, CaCl₂

სუსტი ელექტროლიტები – სუსტი მჟავა, უხსნადი იონური ნაერთები (უხსნადი ფუძეები, მარილები), ორგანული ნაერთები(გლუკოზა, საქაროზა).

ელექტროლიტის დაშლას იონებას წყალში გახსნისას ან გაღვობისას ელექტროლიტური დისოციაცია ეწოდება.

ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის თანახმად:

მჟავა - ელექტროლიტია, რომლის წყალხსნარში დისოციაციის შედეგად წარმოქმნილ იონებს შორის კატიონია მხოლოდ წყალბადის იონი H⁺;



ტუტე -ელექტროლიტია, რომლის წყალხსნარში დისოციაციის დროს წარმოქმნილ იონებს შორის ანიონია მხოლოდ ჰიდროქსიდის იონი OH⁻;



წყალში ხსნადი მარილები დისოცირდებიან მეტალის კატიონად და მჟავას ნაშთის ანიონად.



როგორ ფიქრობ, რა კავშირია ჟანგვა-აღდგენის პროცესში ელექტრონების გაცემა-შემენასა და ენერგიის წარმოქმნას შორის?

ჟანგვა-ელექტრონების გაცემის პროცესია, ხოლო აღდგენა-ელექტრონების მიერთების.

ელემენტი, რომელიც გაცემს ელექტრონებს და იჟანგება, **აღმდგენია**.

ელემენტი, რომელიც მიიერთებს ელექტრონებს და აღდგება, **მჟანგავია**.

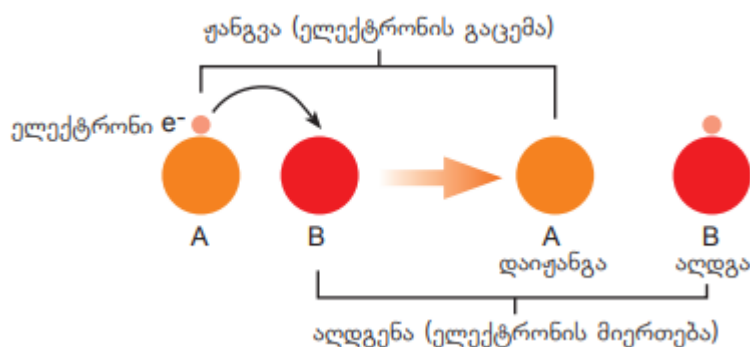
ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების უკეთ გასააზრებლად განვიხილოთ **ჟანგვის რიცხვი**.

იონურ ნაერთებში ჟანგვის რიცხვს განსაზღვრავს იონის მუხტი. ჟანგვის რიცხვს იონის მუხტის მსგავსად აღნიშნავენ არაბული ციფრებით, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ჟანგვის რიცხვში ჯერ იწერება ნიშანი და შემდეგ ციფრი, ხოლო მუხტის შემთხვევაში ჯერ ციფრს წერენ და შემდეგ - ნიშანს. რაც შეეხება კოვალენტურ ნაერთებს, ამ შემთხვევაში ჟანგვის რიცხვი ეწოდება ელემენტის ატომის პირობით მუხტს მოლეკულაში იმ დაშვებით, რომ მოლეკულა მხოლოდ იონებისაგან შედგება.

ჟანგვის რიცხვის განსაზღვრისთვის უნდა გავითვალისწინოთ რამდენიმე წესი:

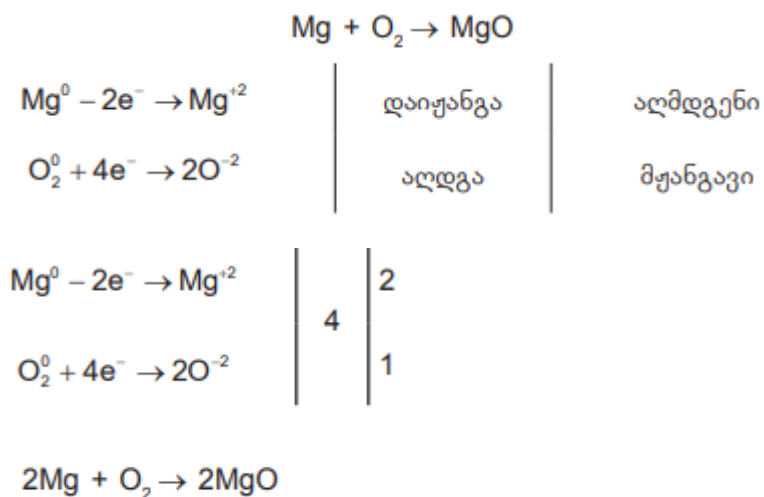
1. მარტივი ნივთიერებების შემადგენელი ატომების ჟანგვის რიცხვი ნულის ტოლია; Mg^0 , Cl_2^0 , H_2^0
2. ჟანგბადნაერთებში ჟანგბადის ჟანგვის რიცხვი ყოველთვის - „-2“ , გამონაკლისია წყალბადის პეროქსიდსა (H_2O_2 - „-1“) და ფტორთან ნაერთში (OF_2 - „+2“).
3. წყალბადნაერთებში წყალბადის ჟანგვის რიცხვია „+1“, გარდა მეტალთა ჰიდრიდებისა (MeH „-1“) NaH^{-1} .
4. ნაერთში ატომების ჟანგვის რიცხვების ალგებრული ჯამი ნულის ტოლია. $\text{H}^{+1}\text{S}^{+4}\text{O}^{-2}_3$ $2*1+4+3*(-2)=0$
5. რთულ იონში ელემენტების ჟანგვის რიცხვების ალგებრული ჯამი იონის მუხტის ტოლია.
6. მარტივ (ერთატომიან იონებში) ატომის ჟანგვის რიცხვი იგივეა , რაც იონის მუხტი. Mg^{+2} - „+2“
7. ნაერთებში მეტალების ჟანგვის რიცხვი დადებითია.
8. 1- ლი და მე-2 ჯგუფის მეტალებისა და ალუმინის ჟანგვის რიცხვი დადებითი და სავალენტო ელექტრონების რაოდენობის ტოლია.

სურათზე წარმოდგენილია ჟანგვა-აღდგენის პროცესი:



ქიმიურ რეაქციებს, რომლებიც მიმდინარეობენ ჟანგვის რიცხვის ცვლილებით, ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები ეწოდება.

განვიხილოთ მაგნიუმის წვის რეაქცია და გავათანაბროთ.

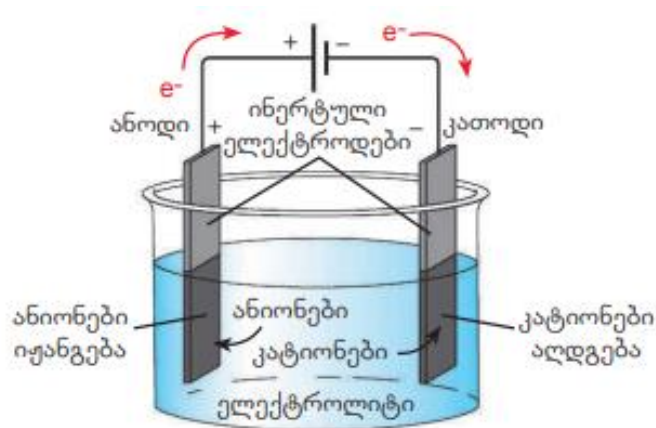


ჟანგვა-აღდგენის პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს ელექტროდებზე ელექტროლიტის ნალღობში ან წყალხსნარში ელექტრული დენის გატარებისას ელექტროლიზი ეწოდება. მოწყობილობას, რომელშიც ელექტროლიზი მიმდინარეობს, ელექტროლიზერს უწოდებენ.

ელექტროლიზის დროს ელექტრული ენერგია გარდაიქმნება ქიმიურ ენერგიად. ნალღობში ან წყალხსნარში ელექტროლიტები დისოცირებულია კატიონებად და ანიონებად, რომლებიც ქაოსურად მოძრაობენ. ნალღობში თუ ჩავუშვებთ ელექტროდებს და გავატარებთ მუდმივ ელექტრულ დენს, მაშინ იონები დაიწყებენ მოწესრიგებულ მოძრაობას: კატიონები გადაადგილდებიან უარყოფითად დამუხტული ელექტროდისაკენ (კათოდი), ხოლო ანიონები-დადებითად დამუხტული ელექტროდისაკენ (ანოდი).

იონები ელექტროდებზე განიმუხტება

კატიონები იერთებენ ელექტრონებს და აღდებიან (აღდგენა მიმდინარეობს კათოდზე), ხოლო ანიონები გასცემენ ელექტრონებს და იჟანგებიან (ჟანგვა მიმდინარეობს ანოდზე)



წყალხსნარში ელექტროლიზი უფრო რთულად მიმდინარეობს, ვიდრე ნალღობში.

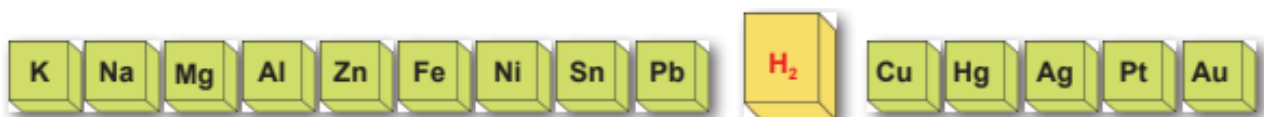
მიუხედავად იმისა, რომ წყალი არაელექტროლიტია, იგი უმნიშვნელოდ, მაგრამ მაინც დისოცირდება, ამიტომ ელექტროლიტის წყალხსნარში გარდა ელექტროლიტის იონებისა, არსებობს წყლის დისოციაციის შედეგად წარმოქმნილი იონებიც. მარტივად წყლის დისოციაცია შეიძლება ასე გამოვსახოთ:



ნალღობისგან განსხვავებით, ხსნარში დენის გატარებისას კათოდზე, მეტალის გარდა, თავს იყრის წყლის დისოციაციით წარმოქმნილი წყალბადის იონები, ხოლო ანოდზე – მჟავას ნაშთისა და ჰიდროქსიდის ანიონები.

კათოდზე კატიონების განმუხტვა დამოკიდებულია მეტალთა აქტივობაზე.

(იხ. მეტალების ელექტროქიმიური აქტიურობის მწკრივი)

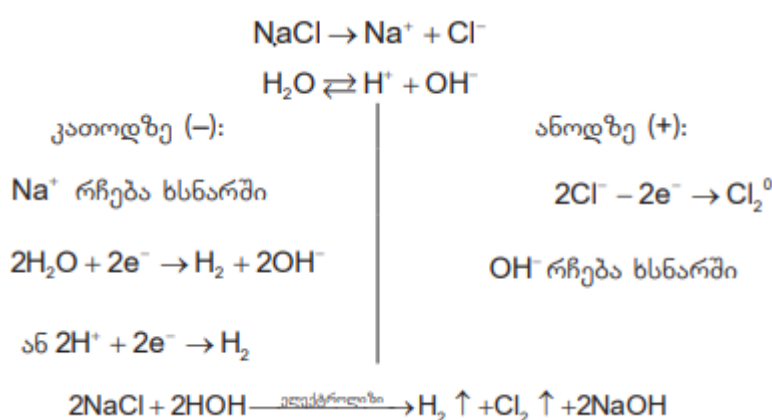


- წყალბადის მარჯვნივ მდგომი მეტალების შემთხვევაში განიმუხტება პასიური მეტალის იონი და წყალბადის იონი დარჩება ხსნარში.
- წყალბადის მარცხნივ მდგომი მეტალების შემთხვევაში განიმუხტება წყალბადის იონი, ხოლო მეტალის იონი დარჩება ხსნარში.

ანოდზე განმუხტვისას:

- ჟანგბადიანი მჟავას ნაშთის ანიონსა და ჰიდროქსიდის ანიონს შორის განიმუხტება ჰიდროქსიდის იონი, ხოლო მჟავას ნაშთის ანიონი დარჩება ხსნარში.
- უჟანგბადო მჟავის შემთხვევაში ანოდზე განიმუხტება უჟანგბადო მჟავას ანიონი (F⁻ იონის გარდა) და ხსნარში დარჩება ჰიდროქსიდის ანიონები.

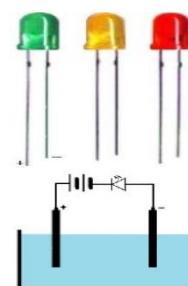
როგორ მიმდინარეობს ნატრიუმის ქლორიდის (NaCl) წყალხსნარის ელექტროლიზი? კათოდზე, მეტალის გარდა, თავს იყრის წყლის დისოციაციით წარმოქმნილი წყალბადის იონები. ვინაიდან ნატრიუმი ძლიერ აქტიური მეტალია, მისი იონები დარჩება ხსნარში, კათოდზე წყლის მოლეკულები მიიღებს ელექტრონებს და წყალბადი აღდგება. ანოდზე დაიჟანგება ქლორიდ-იონი, რადგანაც ის უჟანგბადო მჟავას ნაშთია, ხოლო ჰიდროქსიდ-იონი დარჩება ხსნარში. სქემატურად ეს პროცესები შეიძლება ასე გამოვსახოთ:



კრიტერიუმი II - როგორ არის შესაძლებელი ელექტროლიტების გამტარებლობის ცვლილება და რომელი ფიზიკური სიდიდეებით/კანონებით ხასიათდება ელექტროლიზის პროცესი?

- ✓ როგორ განვსაზღვროთ ელექტროლიზში გამავალი დენის ძალა?
- ✓ რა გავლენას ახდენს ელექტროლიტურ აბაზანაში არსებული ხსნარის ნაჯერობა მასში გამავალი დენის ძალაზე? თავისუფალი მუხტების კონცენტრაციაზე?
- ✓ რა განაპირობებს ელექტროლიტურ აბაზანაში სუფრის მარილის ატომების ელექტროლიტურ დისოციაციას?
- ✓ რაში იყენებელ ელექტროლიზის მოვლენას?

ექსპერიმენტი: აიღე რაიმე განიერი ჭურჭელი, რომელშიც ჩაასხავ დისტილირებულ (გამოხდილ) წყალს. დაგჭირდება ორი ზოლოვანი მეტალის ფირფიტა (ელექტროდი), რომელიც შეიძლება გამოიჭრას კონსერვის ქილისაგან; ერთი ან ორი 1,5 ვოლტიანი ელემენტი (არ გამოიყენოთ სახლის ელექტროფაყვანილობის ძაბვის წყარო!!!); შუქდიოდი ან ფარანის ნათურა. დიოდის წრედში ჩართვისას გაითვალისწინე, რომ მისი გრძელი ფეხი შეერთებული უნდა იყოს დენის წყაროს დადებით პოლუსთან, მოკლე კი - უარყოფითთან. ააწყე ელექტრული წრედი მითითებული სქემის მიხედვით, რომელშიც დენის წყარო, ელექტროდები და შუქდიოდი მიერთებულია



მიმდევრობით. ექსპერიმენტის მსვლელობისას უნდა თანდათან გაზარდო წყალში მარილის კონცენტრაცია (ყოველ ჯერზე ამატებ ერთ ჩაის კოვზ მარილს) და დააკვირდე ნათურის ნათებას (თავდაპირველად აკვირდები ნათურის ნათებას მარილის წყალში ჩაყრამდე). მონაცემები შეიტანე ცხრილში. გამოიტანე დასკვნები.

ცხრილი:

ცდის #	მარილის რაოდენობა	ნათურის ნათების სიძლიერე
1		
2		
3		
4		

- რა კომპონენტებისგან შედგება შენს მიერ შექმნილი ელექტროლიტური აბაზანა?
- რა რესურსი გამოიყენე მოდელის შესაქმნელად?
- რატომ არ გაატარა დენი გამოხდილმა წყალმა?
- რა ნივთიერება გამოიყენე იმისათვის, რომ მიგელო ელექტროლიტი?
- რა იონები მიიღე ელექტროლიტური დისოციაციის შედეგად?
- როგორ და რატომ იცვლებოდა ნათურის ნათების სიკაშკაშე?
- რომელი ნაწილაკების გადაადგილებით მიიღება დენი ელექტროლიტში?
- რაზეა დამოკიდებული დენის გავლის ხანგრძლივობა, შენს აბაზანაში?
- როგორ მოახერხებ, რომ აბაზანაში უფრო დიდმა დენმა გაიაროს?

რესურსები:

- https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=elkap_akumulato&l=en
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Electrotyping> ინფორმაცია გალვანოპლასტიკის შესახებ
- <https://www.youtube.com/watch?v=iTytvWs5nV8> როგორ ქმნიან ხელოვნების ნიმუშის ზუსტ ასლს ფარადეის I კანონი <https://www.youtube.com/watch?v=JC8xhZF0daw>
- ფარადეის II კანონი <https://www.youtube.com/watch?v=ZXQGmQw7Lsk>

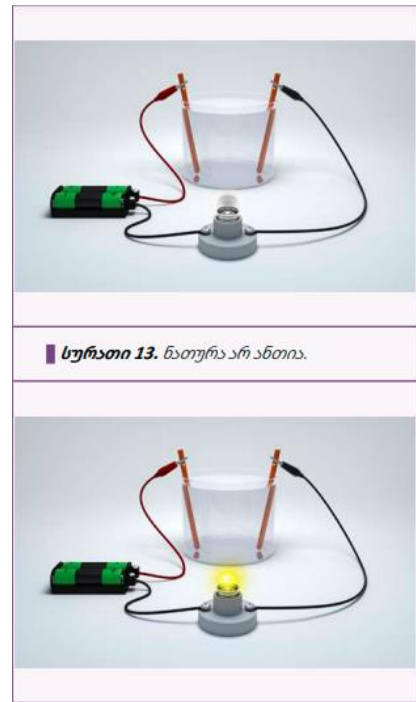
გავარკვიოთ როგორია ელექტროდენის ბუნება სითხეებში ანუ თხევად გამტარებში. ამისათვის შეგვიძლია ასეთი მარტივი ცდა ჩავატაროთ: ავიღოთ გამოხდილი წყალი, ჩავუშვათ მასში ორი გამტარის ბოლო, ხოლო მეორე ბოლოები კი შევაერთოთ ნათურასა და დენის წყაროსთან. (იხ. სურათი) ვნახავთ, რომ ნათურა არ აინთება. ახლა ავიღოთ ერთი კოვზი სუფრის მარილი და ჩავყაროთ ამ ჭურჭელში. ჩვენ დავინახავთ, რომ ამის შემდეგ ნათურა აინთება. რატომ არ აინთო პირველ შემთხვევაში ნათურა და რა როლი ითამაშა სუფრის მარილმა მეორე შემთხვევაში? იმისათვის, რომ წრედში დენმა გაიაროს, საჭიროა, გვექონდეს მუხტის გადამტანი თავისუფალი ნაწილაკები. გამოხდილ წყალში ასეთი ნაწილაკი ძალიან ცოტაა და მასში ელექტრულმა დენმა ამიტომ ვერ გაიარა. სუფრის მარილის დამატებით ჩვენ მასში NaCl-ის მოლეკულები შევიტანეთ, რომლებიც წყალში დაიშალნენ დადებით Na⁺ და უარყოფით Cl⁻ იონებად. ეს იონები საკმარისი იყო იმისთვის, რომ ასეთ სითხეში, რომელსაც უკვე ელექტროლიტი ეწოდება, დენის გავლა მომხდარიყო. გამოხდილი წყალი არის იზოლატორი, ხოლო მასში სუფრის მარილის ან სხვა მარილის, ტუტის, მჟავას დამატებით ვღებულობთ გამტარ გარემოს ან თხევად გამტარს. ელექტროლიტებში დისოციაციის პარალელურად მიმდინარეობს მისი შებრუნებული

პროცესი – მოლიზაცია ანუ ასოციაცია. თუ წყლიან ჭურჭელში ჩავუშვებთ ნახშირის ჩხირებს, რომლებიც მიერთებულია ბატარიის დადებით და უარყოფით პოლუსებთან,

სუფრის მარილის ნაცვლად წყალში ჩავყრით შაბიამანს – CuSO_4 , და გავხსნით მას, ცოტა ხანში შევამჩნევთ, რომ უარყოფით პოლუსთან შეერთებულ ნახშირის ელექტროდზე დაილექება სუფთა სპილენძი. ამ მოვლენას, როდესაც ელექტროდებზე გამოიყოფა ელექტროლიტში შემავალი ნივთიერებები, ელექტროლიზი ეწოდება. შაბიამანის ანუ სპილენძის სულფატის წყალში გახსნის შემდეგ მისმა მოლეკულებმა განიცადეს დისოციაცია, დაიშალნენ Cu^{+2} და $(\text{SO}_4)^{-2}$ იონებად, რომლებიც ამოძრავდნენ ელექტროდებისკენ. სპილენძის იონი მიემართება კათოდისკენ, სადაც ის გადაიქცევა ნეიტრალურ ატომად და დაილექება მასზე. ელექტროდზე გამოყოფილი ნივთიერების მასა პირდაპირპროპორციულია ელექტროლიტში გამავალი მუხტისა:

$$m=kq=kIt$$

სადაც m არის გამოყოფილი ნივთიერების მასა, q – მუხტი. k სიდიდეს ნივთიერების ელექტროქიმიური ეკვივალენტი ეწოდება. სხვადასხვა ნივთიერებისთვის იგი განსაზღვრულია და მოცემულია ცნობარებში. თუ $q=1$ კ, მაშინ რიცხობრივად $m=k$ ანუ ელექტროქიმიური ეკვივალენტი ტოლია ნივთიერების იმ მასის, რომელიც გამოიყოფა ელექტროდზე, როდესაც ელექტროლიტში გაივლის 1 კ მუხტი. (36) ფორმულით მოცემული დამოკიდებულება დაადგინა ინგლისელმა ფიზიკოსმა მაიკლ ფარადეიმ, ამიტომ მას ფარადეის კანონი ეწოდება.



სურათი 13. ნათურა არ ანთია.

კრიტერიუმი III - რა მნიშვნელობა აქვს ელექტროლიზურ პროცესებს წარმოებასა და ყოფაცხოვრებაში?

- ✓ როგორ შეცვალა ალუმინის წარმოება ელექტროლიზის მეთოდის გამოყენებამ?
- ✓ როგორ იყენებენ ელექტროლიზის მოვლენას ნივთების მოოქროვებისთვის? მოვერცხლისთვის?
- ✓ როგორ იყენებენ ელექტროლიზის მოვლენას ნივთების კოროზიისგან დასაცავად?

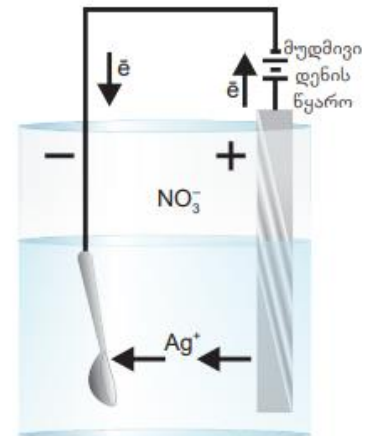
ელექტროლიზის პროცესი ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში. ელექტროლიზის საშუალებით ხდება სხვადასხვა მეტალების მირება მადნებიდან და ხდება მათი გადამუშავება.

ალუმინის მიღება ალუმინის ოქსიდიდან: <https://www.youtube.com/watch?v=mvDHeYI-a00>

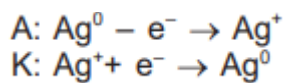
ელექტროლიზით მეტალის ზედაპირის სხვა მეტალის თხელი ფენით დაფარვას გალვანური დაფარვა, ანუ გალვანოსტეგია ეწოდება. გალვანოსტეგიის საშუალებით

შესაძლებელია არა მხოლოდ ნაკეთობის იერსახის შეცვლა, არამედ მისი დაცვა კოროზიისაგან.

ელექტროლიზი ხსნადი ანოდით ელექტროლიზერში ვერცხლის ნიტრატია (AgNO_3) ჩასხმული და ჩაშვებულია კოვზი, რომელიც ვერცხლის ფენით უნდა დაიფაროს. კოვზი ამ შემთხვევაში კათოდია, ვერცხლის ფირფიტა კი – ანოდი.



სურათზე გამოსახულ ელექტროლიზის პროცესში ანოდსა და კათოდზე მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციები:



ვინაიდან კათოდის როლს კოვზი ასრულებს, თავისუფალი ვერცხლი მის ზედაპირზე გამოიყოფა და კოვზი თანდათან ვერცხლის ფენით იფარება.

გალვანოსტეგიის გარდა, მრეწველობაში გამოიყენება **გალვანოპლასტიკა**. გალვანოპლასტიკა არის ნაკეთობის ზედაპირის მეტალის სქელი ფენით დაფარვა, რომელიც ადვილად სცილდება ნაკეთობას და ზუსტად გადმოსცემს მის რელიეფს. გალვანოპლასტიკა გამოიყენება სხვადასხვა ასლის დასამზადებლად. ამ მეთოდით ამზადებენ ხელოვნების ნიმუშების ასლებს, წვრილ მეტალურ ბადეებს, ფოლგებს.

ელექტროლიზური პროცესი გამოიყენება **რაფინირების** მიზნითაც. რაფინირების გზით შესაძლებელია მეტალური სპილენძის გასუფთავება. მრეწველობაში სპილენძის

ნაერთებს აღადგენენ ქიმიური აღმდგენების საშუალებით. ამ გზით მიღებული სპილენძის სისუფთავის ხარისხი, დაახლოებით, 99%-ია და შეიცავს რკინის, თუთიის, ოქროსა და ვერცხლის, ასევე – სხვა ნივთიერებების მინარევებს.

სურათზე გამოსახულია მოვერცხლილი ჭურჭელი.



მიკროორგანიზმები კვების მრეწველობაში

თემა 2 - მრეწველობა და ყოფა-ცხოვრება			
მიკროორგანიზმები კვების მრეწველობაში	გაკვეთილი 1	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს როგორ მიმდინარეობს დუდილის პროცესი საფუარა სოკოებისა და რძემჟავა ბაქტერიების საშუალებით.
	გაკვეთილი 2	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ნახშირწყლებს, მათ შედგენილობას, დუდილის პროცესს.
	გაკვეთილი 3	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს მონოსაქარიდის- გლუკოზას შედგენილობას, აღნაგობას და მიღებას.
	გაკვეთილი 4	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს აერობული და ანერობული სუნთქვის თავისებურებებს.
	გაკვეთილი 5	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს რა გავლენას ახდენს გარემო პირობების ცვლილება საფუარა სოკოებზე
	გაკვეთილი 6	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს გლუკოზასთვის დამახასიათებელ სპირტულ, რძემჟავურ, ერბომჟავურ დუდილს და შესაბამის ქიმიურ რეაქციებს.
	გაკვეთილი 7	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ამ პროცესების როლს ადამიანის ყოფა-ცხოვრებაში. მასწავლებელი განიხილავს რა მსგავსება-განსხვავებაა ფერმენტსა და კატალიზატორს შორის.
	გაკვეთილი 8	ბიოლოგია	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: მდგრადობა და ცვლილება, ენერგია და ურთიერთქმედება

პროექტული დავალება

მიკროორგანიზმების

მოქმედებით

მარტივი

ნახშირწყლები

სხვადასხვა

ქიმიურ გარდაქმნებს განიცდიან,

ეს პროცესი ფართოდ

გამოიყენება კვების

ტექნოლოგიაში. წარმოიდგინე,

რომ ხარ კვების ტექნოლოგი და

გიწევს სტუდენტების წინაშე

წარსდგე მოხსენებით:

მიკროორგანიზმების მნიშვნელობა კვებით მრეწველობაში“. შექმენი მოხსენება მოცემულ თემაზე.



ნაშრომში/ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- როგორ მიმდინარეობს დუდილის პროცესი საფუარა სოკოებისა და რძემჟავა ბაქტერიების საშუალებით და რომელი ქიმიური გარდაქმნები უდევს საფუძვლად ღვინისა და რძის პროდუქტების წარმოებას?
- ყურძნის წვენის დაღვინების პროცესში, მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, აღწერეთ ის სასიცოცხლო პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს საფუარა სოკოებში.
- როდესაც ღვინოს შესამჩნევად ტკბილი გემო აქვს თქვენი აზრით რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

კრიტერიუმი I - როგორ მიმდინარეობს დუდილის პროცესი საფუარა სოკოებისა და რძემჟავა ბაქტერიების საშუალებით და რომელი ქიმიური გარდაქმნები უდევს საფუძვლად ღვინისა და რძის პროდუქტების წარმოებას?

- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს საფუარას პურის, ღვინისა და სხვა პროდუქტების წარმოებაში?
- ✓ როგორია ნახშირწყლების კლასიფიკაცია?
- ✓ რა გავლენას ახდენს გლუკოზას აღნაგობა მის ქიმიურ თვისებებზე? რომელი პროდუქტები წარმოიქმნება სპირტული დუდილის შედეგად და როგორ გამოსახავ ამ პროცესს ქიმიური რეაქციის ტოლობით?
- ✓ რატომ არის მნიშვნელოვანი ნახშირორჟანგის გამოყოფა პურის ცხობის დროს? როგორი პროცესია რძემჟავური დუდილი და როგორ გამოსახავ ქიმიური რეაქციის ტოლობით?
- რატომ წარმოიქმნება რძემჟავა კუნთებში დაძაბული ვარჯიშის დროს? როგორ იყენებენ რძემჟავურ დუდილს ყველისა და მაწვნის წარმოებაში?
- ✓ რა მსგავსება და განსხვავებაა სპირტული და რძემჟავური დუდილის პროცესებს შორის?
- ✓ რა მსგავსება-განსხვავებაა ბაქტერიის და სოკოს უჯრედის აგებულებაში? როგორ გარდაიქმნება ყურძნის შაქარი ღვინოში და რა პროდუქტები წარმოიქმნება?

მიკროორგანიზმები კვების მრეწველობაში

პურის ცხობისას ფქვილსა და წყალს ერთმანეთში ურევენ, საფუარს უმატებენ, ცომს ზეღენ და გარკვეული ხნით სითბოში ათავსებენ. სოკოს ფერმენტების მიერ წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი ცომში ნასვრეტებს აჩენს, ცომი მოცულობაში იმატებს-ფუფუნდება. ცომს პატარა გუნდებად ანაწილებენ და ღუმელში 180°C -ზე ათავსებენ. ცხობისას სოკოები ილუპებიან და სპირტული დუდილის პროცესი წყდება, სპირტი კი ორთქლდება.

- რა მნიშვნელობა აქვს სოკოსთვის სპირტულ დუდილს?
- ცომს ზოგჯერ ასაფუებლად შაქარს უმატებენ. ახსენი რატომ?

ადამიანი მიკროორგანიზმებს მაგ, ბაქტერიებს, საფუარ სოკოებს წარმატებით იყენებს კვების მრეწველობაში. სხვადასხვა სახეობის რძემჟავა ბაქტერიების მოქმედებით აწარმოებენ მაწონს, იოგურტს, ხაჭოს, ყველს, ამწნილებენ ბოსტნეულს; ძმარმჟავა ბაქტერიები გამოიყენება ძმრის წარმოებაში. მაგ, განვიხილოთ როგორ ხდება ყველასათვის საყვარელი პროდუქტის იოგურტის წარმოება:

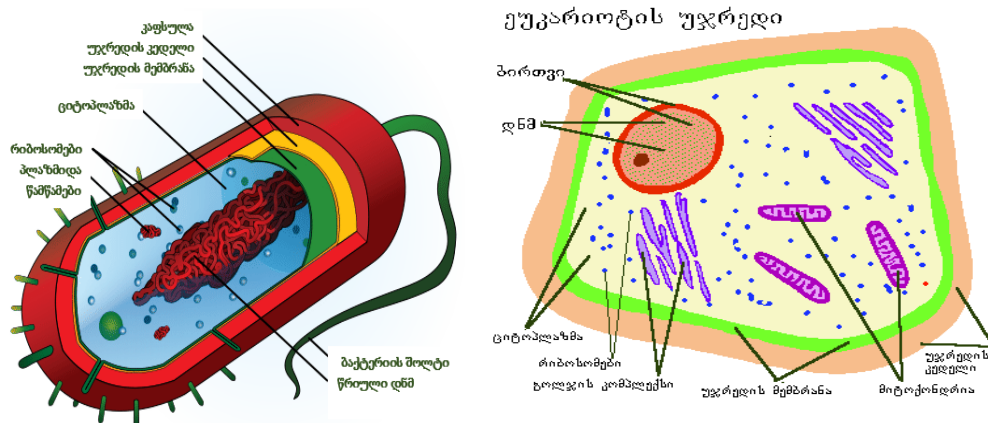
- რძის პასტერიზაცია- რძეს აცხლებენ 90°C -ზე 15-30 წუთის განმავლობაში, შემდეგ აცივებენ 45°C -მდე.
- რძეს ამატებენ რძემჟავა ბაქტერიებს და ათავსებენ კონტეინერებში. მას აჩერებენ 45°C ტემპერატურაზე
- აცივებენ 4°C -მდე, რომ შეწყდეს ბაქტერიების მოქმედება
- მზა იოგურტი, რომელიც მზადაა რეალიზაციისთვის

თანამდეროვე კვების მრეწველობა წარმოუდგენელია საფუარა სოკოების გარეშე. ყველი, ღვინო ბაქტერიებთან ერთად სოკოების „შემოქმედებაა“.

საფუარა სოკოები საპროფიტი ორგანიზმებია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი საკვებისა და ენერგიის წყაროდ არაცოცხალ ორგანულ ნარჩენებს იყენებენ. საფუარას ცალკეული უჯრედები ხშირად ერთდება და დატოტვილ ჯაჭვებს წარმოქმნიან.

ღვინის წარმოება ეფუძნება ყურძნის კანზე არსებული ველური საფუარი სოკოების, საქარომიცეტების მოქმედებას. იგი ყურძნის წვენიში არსებულ შაქრებს სპირტად გარდქმნის. ყურძნის კანზე ასევე ბინადროს ბაქტერია აცეტი, რომელიც საფუარა სოკოებთან ერთად იწვევს ღვინის დუღილს. გამოყოფილი ბუშტუკები ნახშირორჟანგია, რომელიც მიკროორგანიზმების სუნთქვისას გამოიყოფა. როდესაც ღვინოში გამოყოფილი სპირტის კონცენტრაცია 10-15 %-ს აღწევს, იგი ანადგურებს სოკოებსა და ბაქტერიებს. ამის შემდეგ ღვინოს ფილტრავენ და ინახავენ. ღვინოში რჩება გამოუყენებელი შაქარი, ორგანული მჟავები, ნივთიერება ტანინი და სხვა ნაერთები, რაც ღვინის გემოს განაპირობებს. ასეთი წესით მზადდება სიდრი ვაშლის წვენისგან, იაპონური საკე- ბრინჯისგან, ხორბლის არაყი და სხვ.

პურის ცხობისას იყენებენ სპეციალურად გამოყვანილ საფუარის სოკოს, რომელიც ნახშირწყლების დაშლის დროს დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგს გამოყოფს და იწვევს ცომის გაფუებას. ამ დროს გამოყოფილი მცირე რაოდენობის სპირტი კი ცხობისას ორთქლდება.



ილუსტრაციის გამოყენებით გაიხსენე როგორია ბაქტერიის და სოკოს უჯრედის აგებულების თავისებურება.

სპირტული დუღილი - ფერმენტაცია

ზოგჯერ ორგანიზმს სჭირდება ენერგიის მიღება შაქრიდან ისე, რო არ აქვს ჟანგბადი. ამიტომ არ შეუძლია ეს ენერგია მიიღოს უჯრედული სუნთქვის გზით. ასეთ სიტუაციაში უჯრედი ენერგიას იღებს **ანაერობულ** გარემოში ანუ უჟანგბადო არეში. ამ პროცესს **დუღილი** ეწოდება. ეს კი უჯრედული სუნთქვის მხოლოდ პირველი, **გლიკოლიზის** ეტაპია. ამ დროს წარმოიქმნება მხოლოდ ორი მოლეკულა ატფ. არსებობს სპირტული და რძემჟავური დუღილი. მათი სახელწოდება გამომდინარეობს მიღებული პროდუქტიდან.

საფუარი (ერთუჯრედიანი ეუკარიოტი) უჟანგბადო არეში აწარმოებს **სპირტულ დუღილს**. სპირტული დუღილის პროდუქტია ეთილის სპირტი და ნახშირორჟანგი. ეთანოლი გამოიყენება საკვების და ალკოჰოლური სასმელების

დასამზადებლად. მაგალითად, სპირტული დუდილის საფუძველზე ხდება პურის ცხოზა. ამ დროს გამოყოფილი ნახშირორჟანგი ზრდის ცომის მოცულობას ე.ი. ცომი ფუჭდება. სპირტი-ორთქლდება. ღვინის წარმოქმნის პროცესში ყურძნის შაქარი გარდაიქმნება სპირტად. ეს შაქარი გლიკოლიზის საწყისი პროდუქტია.

ცხოველები და ზოგიერთი ბაქტერია აწარმოებს **რძემჟავურ დუდილს**. რძემჟავა ამ პროცესითვის ნარჩენი პროდუქტია. რძემჟავური დუდილი მიმდინარეობს ადამიანის კუნთებში დამაბული ფიზიკური ვარჯიშის დროს. რადგან კუნთების სწრაფი შეკუმშვის დროს ვერ ხდება მათი დაუყოვნებლივ მომარაგება ჟანგბადით. წარმოქმნილი რძემჟავა გარდაქმნას განაგრძობს ვარჯიშის შეწყვეტის შემდეგ. რძემჟავური ბაქტერიები გამოიყენება ყველის და მაწვნის წარმოებაში. რძემჟავა იწვევს რძის ცილების გასქელებას. რძემჟავა იწვევს ასევე კარიესის განვითარებას, რადგან ბაქტერია ენერგიისთვის იყენებს პირის ღრუში არსებულ შაქარს.

სურათზე გამოსახულია დუდილის შედეგად წარმოქმნილი რამდენიმე პროდუქტი.



ზემოთ აღწერილ პროცესებს საფუძვლად უდევს **დუდილი**, ასე უწოდებენ ბაქტერიებისა და საფუარა სოკოების მიერ საკვები ნივთიერებების, ძირითადად ნახშირწყლების დაშლის პროცესს, რომლის შედეგად ნახშირორჟანგი გამოიყოფა ბუმტუკების სახით და სპირტი (სპირტული დუდილის დროს), რაც შეეხება რძემჟავა დუდილს, გლუკოზის დაშლის შედეგად მიიღება რძემჟავა.

დუდილის პროცესები შესწავლილია ფრანგი მეცნიერის ლუი პასტერის მიერ. პასტერის სიტყვით: დუდილი- “სიცოცხლეა უჟანგბადოდ“. დუდილის გამოძვევე მიკროორგანიზმები არ საჭიროებს ჟანგბადს. მიკროორგანიზმები ენერგიას დაშლის პროცესებიდან ღებულობენ და არა წვის რეაქციებიდან. ცოცხალ უჯრედებში დუდილი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების სიცოცხლისუნარიანობაზე, უჯრედში ნივთიერებათა ცვლის პროცესებზე. დუდილი უაზოტო ორგანული ნაერთების დაშლის პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს მიკროორგანიზმების მიერ გამოყოფილი ფერმენტების საშუალებით.

ადამიანის ორგანიზმში ნახშირწყლებს ძალზე მნიშვნელოვანი (ენერგეტიკული, სტრუქტურული, დაცვითი) ფუნქციები აკისრია. ისინი ბუნებაში ფართოდ არიან გავრცელებული (ცხოველურ პროდუქტებში – მშრალი მასის 20%, მცენარეულ პროდუქტებში – მშრალი მასის 80%). ნახშირწყლების ძირითადი წყაროა მცენარეები, სადაც ხდება მათი სინთეზი ფოტოსინთეზით და წყლისგან მზის სხივური ენერგიის ზემოქმედებით.

ნახშირწყლები ორგანული ნაერთებია, რომლის შემადგენლობაში შედის C-ის, H-ისა და O-ს ატომები. მათ მოლეკულებში H და O ისეთი პროპორციით შედის, როგორც წყლის მოლეკულაში(2:1), აქედან წარმოიშვა მათი სახელწოდებაც. ნახშირწყალბადების ზოგადი ფორმულაა $C_n(H_2O)_m$. არსებობს ნახშირწყალბადები, რომლებიც ამ ზოგად ფორმულას და შესაბამისად, სახელწოდებას არ აკმაყოფილებს. მაგრამ მათ დღემდე შემორჩათ ეს ისტორიული სახელი. მათ საქარიდებსაც უწოდებენ.

ნახშირწყალბადების მოლეკულაში ერთდროულად არის კარბონილისა და ჰიდროქსილის ჯგუფები.

ნახშირწყლები შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად:

მონოსაქარიდები - გლუკოზა, ფრუქტოზა;

დისაქარიდები - საქაროზა, ლაქტოზა, მალტოზა;

პოლისაქარიდები - სახამებელი, ცელულოზა.

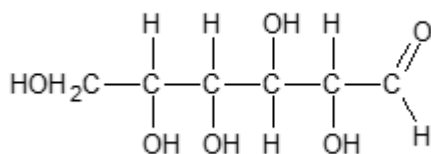


გლუკოზა - მონოსაქარიდია, წყალში კარგად ხსნადი, ტკბილი გემოს მქონე თეთრი კრისტალური ნივთიერებაა. დიდი რაოდენობითაა ყურძნის წვენსა და მწიფე ხილში, აგრეთვე თაფლში. გლუკოზას შეიცავს მცენარეთა ფესვები, ფოთლები, ყვავილები და ნაყოფი. ამიტომ გლუკოზას ყურძნის შაქარს უწოდებენ. ადამიანის სისხლი 0.1% გლუკოზას შეიცავს.

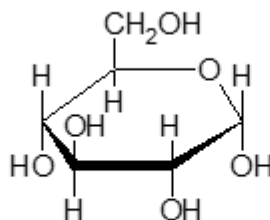


გლუკოზა - $C_6H_{12}O_6$ – მოლეკულაში შეიცავს ჰიდროქსილის 5 ჯგუფსა და კარბონილის ერთ ჯგუფს. ე.ი. იგი ერთდროულად არის სპირტიცა და ალდეჰიდიც. გლუკოზა ალდეჰიდოსპირტია. არსებობს გლუკოზის ხაზოვანი მოლეკულური და ციკლური მოლეკულური ფორმა. ჰიდროქსილის ჯგუფების მდებარეობის მიხედვით ანსხვავებენ α და β გლუკოზას:

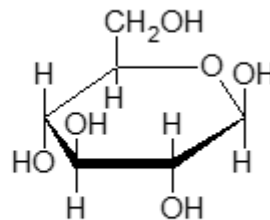
ხაზოვანი გლუკოზის მოლეკულები ასე გამოიყურება:



ციკლური ფორმებია:



α - გლუკოზა

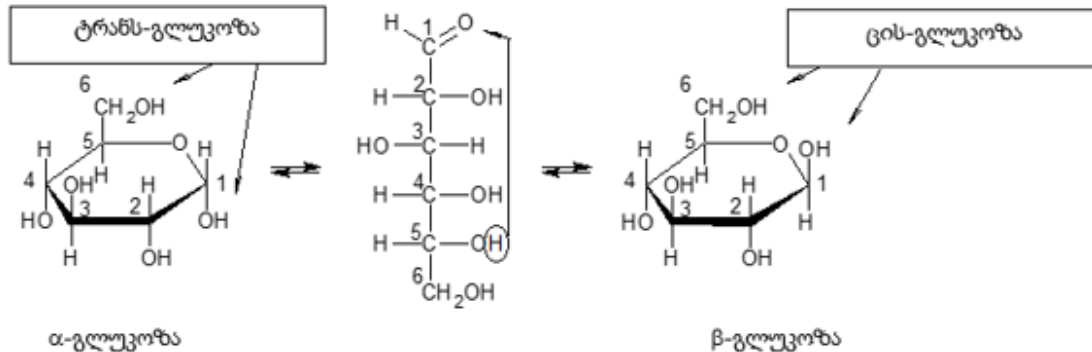


β - გლუკოზა

როგორც ხედავთ, α და β გლუკოზა იმით განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რომ პირველ ნახშირბადთან მდგარი წყალბადისა და ჰიდროქსილის ჯგუფები განლაგებული არიან მოლეკულის სიბრტყის სხვადასხვა მხარეს, ანუ ისინი ერთმანეთის სივრცითი იზომერები არიან. α -ფორმაში ჰიდროქსილის ჯგუფი იმყოფება $-CH_2OH$ ჯგუფის მიმართ ტრანს მდგომარეობაში, ხოლო β -ფორმაში – ცის მდგომარეობაში.

გლუკოზის ციკლური ფორმა წარმოიქმნისას ღია ჯაჭვიან ფორმაში მეხუთე ნახშირბადის ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადის ატომი გადადის კარბონილის ჯგუფის

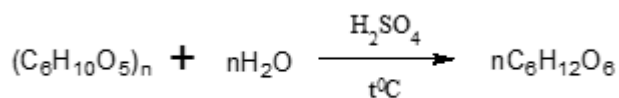
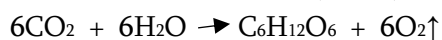
ჟანგბადატომთან, რის გამოც კარბოქსილის ჯგუფის ნახშირბადისა და ჰიდროქსილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომებს რჩებათ თითო გაუწყვილებელი ელექტრონი, რომელთა ხარჯზე ისინი ერთმანეთთან წარმოქმნიან ელექტრონულ წყვილს, ანუ ერთ კოვალენტურ ბმას. მოლეკულა კი “იკვრება”. წყალხსნარებში არსებობს სამივე ფორმა, რომლებიც ერთმანეთთან წონასწორობაში არიან:



გლუკოზის აღნაგობის შესწავლისას აღმოჩნდა, რომ ხაზოვანი სტრუქტურის ფორმით იგი არსებობს მხოლოდ ხსნარებში და ისიც ძალზე მცირე რაოდენობით. მყარ მდგომარეობაში გლუკოზა არსებობს ციკლური α- ან β-ფორმით, რომლებიც განსხვავებული ნივთიერებებია.

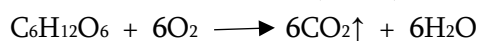
მიღება:

1. გლუკოზა წარმოიქმნება ფოტოსინთეზის დროს მწვანე მცენარეების ფოთლებში ნახშირორჟანგისა და წყლისაგან:



ქიმიური თვისებები

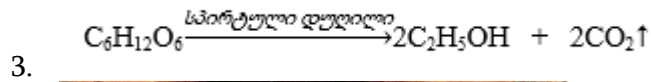
1. გლუკოზა სუნთქვის პროცესში შედის რეაქციაში ჟანგბადთან და იშლება ნახშირორჟანგისა და წყლის წარმოქმნით:



როგორც ხედავთ სუნთქვა და ფოტოსინთეზი ერთმანეთის შებრუნებული რეაქციებია. სუნთქვის დროს ორგანიზმებში გამოიყოფა დიდი რაოდენობის ენერგია.

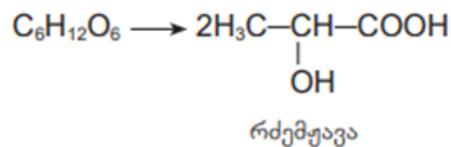
სხვადასხვა მიკროორგანიზმების მოქმედებით ხდება გლუკოზის ფერმენტული დაშლა. ამ პროცესს დუღილს უწოდებენ. დუღილის გამომწვევი ბაქტერიების მიხედვით ანსხვავებენ გლუკოზის სპირტულ, რძემჟავურ და ეროზმჟავურ დუღილს.

2. **სპირტულ დუღილს** იწვევს საფუარის ბაქტერიები და შედეგად გლუკოზისაგან მიიღება ეთანოლი (ეთილის სპირტი) და ნახშირორჟანგი:



ეს რეაქცია უდევს საფუძვლად ღვინისა და ალკოჰოლური სასმელების წარმოებას.

4. **რძემჟავურ დუღილს** იწვევს რძემჟავა ბაქტერიები. ამ დროს გლუკოზისაგან მიიღება ორი მოლეკულა რძემჟავა :



ეს რეაქცია უდევს საფუძვლად რძისგან ხაჭოს, მაწვნის, კარაქის, ყველის მიღებას. აგრეთვე ბოსტნეულის დამჟავების პროცესს.

5. გლუკოზას ახასიათებს ერბომჟავური დუღილიც, რომელსაც იწვევს ერბომჟავა ბაქტერიები.

კრიტერიუმი II - ყურძნის წვენის დაღვინების პროცესში, მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, აღწერეთ ის სასიცოცხლო პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს საფუარა სოკოებში?

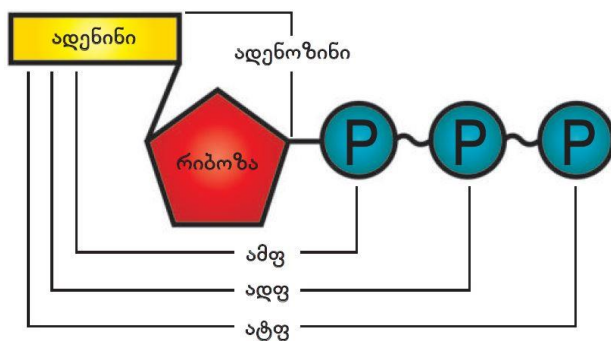
- ✓ როგორ ხდება გლუკოზის მოლეკულაში აკუმულირებული ენერგიის გარდაქმნა ატფ-ის ენერგიად?
- ✓ როგორ მიმდინარეობს ანაერობული სუნთქვა და რა ტიპის პროდუქტები წარმოიქმნება ამ პროცესში?
- ✓ რა განსხვავებაა სპირტულ და რძემჟავურ დუღილს შორის?
- ✓ როგორია სპირტული დუღილის შედეგი და როგორ გამოიყენება ის ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაში?
- ✓ როგორ ზეგავლენას ახდენს ჟანგბადის დეფიციტი უჯრედის ენერგიის წარმოებაზე?
- ✓ რა პროცესები მიმდინარეობს მიტოქონდრიაში აერობული სუნთქვის დროს?
- ✓ რა განსხვავებაა აერობულ და ანაერობულ სუნთქვებს შორის ენერგიის გამომუშავების კუთხით ?
- ✓ რით არის განპირობებული პურის ცხობისას ცომის აფუება?

- ✓ რომელი ორგანიზმებისთვის იქნება გლიკოლიზი ენერგიის მიღების ერთადერთი საშუალება?
- ✓ როგორ „ხვდება“ ენერგია გლუკოზის მოლეკულაში?

ნახშირწყლების დაშლა უჯრედში

აერობული და ანაერობული სუნთქვის თავისებურებები

ნახშირწყლები უჯრედში სამ ძირითად ფუნქციას ასრულებენ: ენერგეტიკულს, სამარაგოსა და სტრუქტურულს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნახშირწყლები, როგორც ენერგეტიკული საწვავი. ამ როლს უჯრედში უპირატესად გლუკოზა ასრულებს. ნახშირწყლების სამარაგო როლიც თავისთავად, ენერგეტიკულ ფუნქციას უკავშირდება, რადგან საჭიროების შემთხვევაში სამარაგო ნახშირწყლები გლუკოზამდე იშლება და ორგანიზმს საჭირო „საწვავს“ აწვდის. ენერგია უჯრედში გლუკოზის დაშლის შედეგად გამოიყოფა. გამოყოფილი ენერგია ენერგომატარებელი მოლეკულის, ადენოზინტრიფოსფორმჟავას (ატფ) სინთეზს ხმარდება და ამავე მოლეკულის სახით ინახება იქამდე, სანამ მისი საჭიროებისამებრ გამოყენება არ მოხდება.

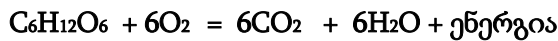


ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ატფ რნმ-ის ნუკლეოტიდია, მაგრამ სხვა ნუკლეოტიდებისაგან განსხვავებით ის ფოსფორმჟავას სამ ნაშთს შეიცავს. ბმა, რომლითაც ატფ-ის მოლეკულაში ფოსფორმჟავას ნაშთები ერთმანეთთან არიან დაკავშირებული, განსაკუთრებულია. მისი გახლეჩის შედეგად ენერგიის საკმაოდ დიდი რაოდენობა – 40კჯ გამოიყოფა, ამიტომ ასეთ ბმას მაკროერგულს უწოდებენ. ფოსფორმჟავას ერთი ნაშთის მოხლეჩის შედეგად მოლეკულაში ორი ნაშთი რჩება და ადენოზინდიფოსფორმჟავა (ადფ) მიიღება. ორი ფოსფორმჟავას მოხლეჩის შედეგად წარმოიქმნება მონოფოსფორმჟავა (ამფუ). უჯრედი არ ქმნის ატფ-ის მარაგს. ის განუწყვეტლივ ასინთეზირებს და ხარჯავს მას საკუთარი საჭიროებების დასაკმაყოფილებლად. ატფ ყველა ტიპის უჯრედში გვხვდება. მის მიერ მოწოდებული ენერგია საჭიროა ანაბოლური ცვლის რეაქციების აბსოლუტური უმრავლესობისათვის: ატფ მონაწილეობს ბიოსინთეზის რეაქციებში, სატრანსპორტო პროცესებში, სხვადასხვა მექანიკური სამუშაოს შესრულებაში, როგორიცაა წამწამების მოძრაობა, კუნთების შეკუმშვა და სხვ.

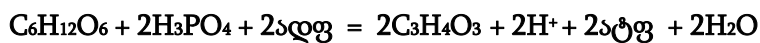
როგორ ხორციელდება გლუკოზის მოლეკულაში აკუმულირებული ენერგიის გარდაქმნა ატფ-ის ენერგიად? ეს პროცესი გლუკოზის დაშლის შედეგად ხორციელდება. დაშლის პროცესში გამონთავისუფლებული ენერგიის ნაწილი სითბოს სახით იფანტება, ხოლო ნაწილი – ატფ-ის მოლეკულის სინთეზს ხმარდება.

გლუკოზის დაშლა რთული და ეტაპობრივად მიმდინარე რეაქციების ერთობლიობაა, რომელთაგანაც თითოეულს საკუთარი ფერმენტი აკატალიზებს. ენერგიის გარდა,

გლუკოზის სრული დაშლის შედეგად გამოიყოფა ენერგიით „ღარიბი“ არაორგანული ნივთიერებები – წყალი და ნახშირორჟანგი.



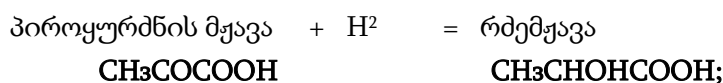
გლუკოზის დაშლის პირველი ეტაპს **გლიკოლიზი ეწოდება**. ეს ტერმინი "შაქრის გახლეჩას" ნიშნავს. გლიკოლიზის დროს გლუკოზის ექვსნახშირბადიანი მოლეკულა ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) პიროყურძნის მჟავას ორ სამნახშირბადიან მოლეკულად ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$) იშლება. პროცესს თან ახლავს ატფ-ის ორი მოლეკულის წარმოქმნა, რაც ნიშნავს, რომ გლიკოლიზის დროს გამოყოფილი ენერგია ორ მოლეკულა ატფ-ში მარაგდება. გლიკოლიზი ციტოპლაზმაში მიმდინარეობს და ჟანგბადის თანაობას არ მოითხოვს. სწორედ ამიტომ უჯრედული სუნთქვის ეს ეტაპი **ანაერობული სუნთქვის**, ან **ანაერობული დაშლის** სახელით არის ცნობილი.



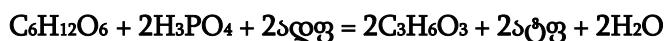
გლიკოლიზის შედეგად მიღებულ პიროყურძნის მჟავას მოლეკულაში ენერგიის კიდევ საკმაო ნაწილი რჩება გამოუყენებელი. პიროყურძნის მჟავას შემდგომი ბედი დამოკიდებულია გარემოში ჟანგბადის არსებობაზე. ანაერობულ პირობებში პიროყურძნის მჟავას შემდგომი გარდაქმნა შესაძლებელია დუდილის გზით წარიმართოს, რაც ძირითადად, მიკროორგანიზმებისათვის არის დამახასიათებელი, თუმცა ჟანგბადის დეფიციტის პირობებში დუდილი შეიძლება მრავალუჯრედიანთა უჯრედებშიც განხორციელდეს.

განარჩევნ სპირტულ და რძემჟავურ დუდილს.

რძემჟავური დუდილის დროს პიროყურძნის მჟავა იკავშირებს წყალბადს და აღდგება რძემჟავამდე.



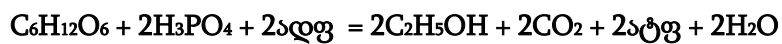
ასეთ შემთხვევაში ანაერობული სუნთქვის შედეგად საბოლოოდ წარმოიქმნება რძემჟავა.



რძემჟავური დუდილი მიმდინარეობს ზოგიერთ ბაქტერიაში, ასევე ეუკარიოტულ უჯრედებშიც ჟანგბადის დეფიციტის პირობებში. რძემჟავა ბაქტერიები საკვებად იყენებენ რძის შაქარს, დისაქარიდ ლაქტოზას და შლიან მას რძემჟავამდე. რძის პროდუქტების- მაწვნის, კეფირის, იოგურტის სპეციფიური მომჟავო გემო სწორედ ბაქტერიების მიერ გამოყოფილი რძის მჟავას დამსახურებაა.

სპირტული დუდილის დროს, რომელიც მიმდინარეობს ზოგიერთ ბაქტერიასა და საფუარა სოკოებში, პიროყურძნის მჟავა იხლიჩება ორ მოლეკულა ეთილის სპირტად ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) და ნახშირორჟანგად. საერთო ჯამში, ერთი მოლეკულა გლუკოზის სპირტული დუდილის შედეგად წარმოიქმნება ეთილის სპირტი, ნახშირორჟანგი, წყალი და 2 მოლეკულა ატფ.

დუდილის ამ ტიპს ადამიანები ოდითგანვე იყენებდნენ პურის, ღვინისა და ლუდის წარმოებაში.



ჟანგბადის ნაკლებობის დროს, ატგ-ზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილება ანაერობული გზით ხორციელდება. ასე ხდება, მაგალითად, ინტენსიური ფიზიკური დატვირთვის ადრეულ საფეხურზე, როდესაც ატგ-ის წარმოსაქმნელად უჯრედი სასწრაფოდ იწყებს გლუკოზის დაშლას და ეს პროცესი წინ უსწრებს ჟანგბადით კუნთების მომარაგებას. ჟანგბადის დეფიციტის პირობებში გლუკოზის დაშლის შედეგად წარმოიქმნება რძემჟავა, რომელიც გროვდება კუნთებში და იწვევს ტკივილს. მოგვიანებით რძემჟავა სისხლის საშუალებით ღვიძლში გადაიტანება, სადაც ის კვლავ პიროყურძნის მჟავად გარდაიქმნება.

აერობულ პირობებში უჯრედს საშუალება აქვს დაშალოს გლუკოზა ბოლომდე და მიიღოს მისგან უფრო მეტი ენერგია. გლუკოზის დაშლის მომდევნო ეტაპს, რომელიც მხოლოდ აერობულ პირობებში ხორციელდება, **აერობული სუნთქვა (აერობული დაშლა)** ეწოდება. ეს პროცესი მიტოქონდრიაში მიმდინარეობს.

უჯრედული სუნთქვა	საირრტული ღულილი	რძემჟავა ღულილი
გლუკოზა ↓ პიროყურძნის მჟავა ↓ +O₂ CO₂ + H₂O + 38 ატგ	გლუკოზა ↓ პიროყურძნის მჟავა ↓ CO₂ + სპირტი + 2ატგ	გლუკოზა ↓ პიროყურძნის მჟავა ↓ რძემჟავა + 2ატგ

კრიტერიუმი III - როდესაც ღვინოს შესამჩნევად ტკბილი გემო აქვს თქვენი აზრით რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

გაეცანი ექსპერიმენტის მსვლელობას, ჩაატარე ექსპერიმენტი და დაადგინე რა გავლენას ახდენს საფუარა სოკოს სასიცოცხლო თვისებებზე გარემო პირობების ცვლილება.

მომზადება:

მომზადეთ სამი მინის ბოთლი. თითოეული ბოთლი გამოიყენება განსხვავებული ტემპერატურის წყლისთვის.

წყალს უნდა ჰქონდეს სამი განსხვავებული ტემპერატურა:

- ცივი წყალი (დაახლოებით 10-15°C).
- ოთახის ტემპერატურის წყალი (დაახლოებით 20-25°C).
- ცხელი წყალი (დაახლოებით -40-60°C).



დარწმუნდით, რომ წყლის ტემპერატურა გაზომილი იქნება თერმომეტრით, რათა ზუსტი მონაცემები მიიღოთ.

2. საფუარის ხსნარის მომზადება:

- თითოეულ ბოთლში დაამატეთ:
 - 1 ჩაის კოვზი საფუარი.
 - 1 სუფრის კოვზი შაქარი.
- შემდეგ ჩაასხით შესაბამისი ტემპერატურის წყალი თითოეულ ბოთლში.

3. ბუშტების დამაგრება:

- თითოეული ბოთლის თავზე დააფარეთ ბუშტი ისე, რომ ჰაერის არ გაიპაროს.

4. ექსპერიმენტის მიმდინარეობა:

- შეინახეთ ბოთლები იმავე პირობებში (მაგალითად, ერთ ოთახში, რათა სხვა ფაქტორები არ იმოქმედოს ექსპერიმენტზე).
- დააკვირდით, როგორ ივსება ბუშტები გაზით (CO_2), რომელიც წარმოიქმნება საფუარის მეტაბოლიზმის შედეგად.
- დროის ყოველ 5 წუთში მონიშნეთ, რომელი ბუშტი რამდენად გაიზარდა.
- ექსპერიმენტი შეაჩერეთ 30-40 წუთის შემდეგ.

5. შედეგების ჩაწერა:

- ჩაიწერეთ თითოეული ტემპერატურის შემთხვევაში ბუშტის გაფართოების ინტენსივობა და მოცულობა.
- დააფიქსირეთ, რომელ ტემპერატურაზე იყო საფუარის აქტივობა ყველაზე მაღალი და დაბალი.

6. დასკვნა:

- შეადარეთ მიღებული მონაცემები და განსაზღვრეთ, რა ტემპერატურაზე მუშაობს საფუარი ყველაზე ეფექტურად.
- დააფიქსირეთ, იყო თუ არა რაიმე მოულოდნელი შედეგი.

ელექტროენერგიის მიღების ტრადიციული და არატრადიციული მეთოდები

თემა 2 - მრეწველობა და ყოფა-ცხოვრება			
<i>ელექტროენერგიის მიღების ტრადიციული და არატრადიციული მეთოდები</i>	გაკვეთილი 1	გეოგრაფია	მასწავლებელი სტუდენტებს აცნობს ქეისსა და პროექტულ დავალებას. მსჯელობს ენერგეტიკის მნიშვნელობაზე თანამედროვე სამყაროსთვის.
	გაკვეთილი 2	ფიზიკა	მასწავლებელი სტუდენტებს აცნობს ჰიდროელექტროსადგურის მუშაობის ზოგად პრინციპებს და ჰესებით გამოწვეულ შესაძლო ეკოლოგიურ საფრთხეებს. სტუდენტები განიხილავენ ჰესებში ენერგიის გარდაქმნებს.
	გაკვეთილი 3	ფიზიკა	მასწავლებელი სტუდენტებს აცნობს ატომური ელექტროსადგურის მუშაობის ზოგად პრინციპებს და მასში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნებს.
	გაკვეთილი 4	გეოგრაფია	მასწავლებელი სტუდენტებთან განიხილავს თუ რატომ გვჭირდება განახლებადი ენერგია.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს თბოელექტროსადგურის მუშაობისათვის სასარგებლო წიაღისეულის გამოყენების მნიშვნელობას.
	გაკვეთილი 6	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს თბოელექტროსადგურის მუშაობის ზოგად პრინციპებს და მასში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნებს.
	გაკვეთილი 7	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს ქარის და მზის ელექტროსადგურების მუშაობის ზოგად პრინციპებსა და მასში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნებს.
	გაკვეთილი 8	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს თბოელექტროსადგურში გამოყენებული საწვავს: ბუნებრივი აირს, ნავთობს, ქვანახშირს- ნახშირწყალბადების უმნიშვნელოვანეს წყაროებს.
	გაკვეთილი 9	გეოგრაფია	მასწავლებელი სტუდენტებთან განიხილავს საკითხს თუ რა არის მწვანე ენერგეტიკა.
	გაკვეთილი 10	გეოგრაფია	მასწავლებელი სტუდენტებთან განიხილავს განახლებადი წყაროების გეოგრაფიას.
	გაკვეთილი 11	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ბუნებრივი აირის შედგენილობას, მიღებას და აკავშირებს წვის დროს გამოყოფილ სითბოს რაოდენობასთან.
	გაკვეთილი 12	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს გეოთერმულ ელექტროსადგურსა და გალვანურ ელემენტს. ასევე, შესაბამის ენერგიის გარდაქმნებს.
	გაკვეთილი 13	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ნავთობის შედგენილობას, მოპოვებასა და წვის დროს გამოყოფილი სითბოს გამოყენებას თბოელექტროსადგურებში.
	გაკვეთილი 14	ფიზიკა	მასწავლებელი სტუდენტებთან ერთად აჯამებს დავალების ფრაგლებში განხილული ელექტროსადგურების მუშაობის პრინციპებსა და მათ შორის მსგავსება განსხვავებებს ეკოლოგიაზე ზემოქმედების კუთხით.
	გაკვეთილი 15	ფიზიკა	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს და აკეთებენ პრეზენტაციას.

სამიზნე ცნება: მატერია, ენერგია და ურთიერთქმედება, მდგრადობა და ცვლილება

პროექტული დავალება

ენერგიის მიღების და გამოყენების ისტორიული ასპექტები

უმძველესი დროიდან ადამიანები თაყვანს სცემდნენ ენერგიას და ცდილობდნენ მის მოთვინიერებას (ნახ.1). ენერგიის მიღების, მისი მართვის წყურვილი და საბოლოოდ, კაცობრიობის ენერგიით მომარაგების სრულყოფის ისტორია წარმოდგენს ცივილიზაციის



სურ.1. ცეცხლის მოთვინიერება.

ისტორიას. ქვის ხანაში ადამიანის საკუთარ კუნთებში დაგროვილ ენერგიის გამოყენება მოგვიანებით, შინაური ცხოველების კუნთების ენერგიის გამოყენებით შეიცვალა. ამის შემდგომ, ადამიანმა ქარის (იალქიანი გემების, ქარის წისქვილების) და წყლის (წყლის წისქვილები, ტუმბოები) ენერგიის გამოყენება დაიწყო. თუმცა სამრეწველო რევოლუცია სითბური ძრავის შექმნასთან იყო დაკავშირებული. ეს კი მაშინ მოხდა, როცა ადამიანმა საწვავში დაგროვილი ქიმიური ენერგიის სითბურ და მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნა მოახერხა. ამის მიუხედავად, წარმოებაში სითბურ ძრავებზე მომუშავე დანადგარების დანერგვამ ვერ გადაჭრა ერთ-ერთი

მთავარი პრობლემა, კერძოდ, ენერგიის გადაცემა დიდ დისტანციებზე.

სიტუაცია რადიკალურად შეიცვალა ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის აღმოჩენის შემდეგ. ახლა უკვე შესაძლებელი იყო სპილენძის მავთულის გამოყენებით ენერგიის გადაცემა დიდ მანძილებზე. ელექტროენერგიის განვითარებამ შეცვალა არა მხოლოდ მეოცე საუკუნის დასაწყისის ქარხნების მუშაობის ხასიათი, არამედ გავლენა მოახდინა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაზე, ელექტროენერგიამ ცხენები და ორთქლზე მომუშავე ეტლები ტროლეიბუსებით ჩაანაცვლა. ელექტროენერგიამ ასევე შეცვალა გაზი გარე განათებისთვის, ნავთი - სახლის განათებისთვის, ხე და ქვანახშირი - ღუმელებში და გამათბობლებში.

აღწერილი მოვლენების განვითარებაში მთავარი როლი ითამაშა ამერიკელმა თომას ედისონმა (სურ.2). 1879 წელს მის მიერ შექმნილმა ვარვარების ნათურამ ნამდვილი ინდუსტრიული რევოლუცია მოახდინა. ედისონის მანჰეტენის ელექტროსადგური გახდა სტანდარტი მსგავსი საწარმოებისთვის მრავალი წლის განმავლობაში. ასევე უნდა აღინიშნოს ისეთი პიროვნებების ღვაწლი, როგორიცაა ნიკოლა ტესლა, ალტერნატიული დენის გენერატორის გამომგონებელი და ფრენკ სპარგა. ეს უკანასკნელი იყო მეწარმე, რომელმაც 1887 წელს რიჩმონდში პირველი კომერციულად წარმატებული ელექტროტრამვაი გაუშვა.



სურ.2. ტომას ედისონი ლაბორატორიაში.

პირველი კომერციულად წარმატებული

აღნიშნული წარმატების მიუხედავად, ედისონის სისტემას ერთი მნიშვნელოვანი ნაკლი ჰქონდა. მისი მოქმედება დაფუძნებული იყო მუდმივ დენზე, რაც იმას ნიშნავს, რომ შეუძლებელი იყო ელექტროენერგიის გადაცემა მართლაც დიდ მანძილებზე. ამ მხრივ კომპანია Edison-ს კონკურენციას უწევდა კომპანია Westinghouse, რომელიც ცვლად დენს იყენებდა. აღნიშნული კომპანიის ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი პროექტი იყო ნიაგარას ჩანჩქერზე გენერატორის სადგურის დაყენება, რომელშიც მთავარი როლი ტესლას მრავალფაზიანმა სისტემამ ითამაშა. სწორედ Westinghouse იყო პირველი, რომელმაც ელექტროენერგია მიიტანა კალიფორნიის გენერატორიდან ისეთ შორეულ ქალაქებამდე, როგორებიცაა ლოს-ანჯელესი და სან-ფრანცისკო.

ძალიან მალე ელექტრული ენერგია გახდა ყველაზე პოპულარული და მოთხოვნადი, როგორც დიდ სამრეწველო ობიექტებში, ასევე ყოველდღიურ ცხოვრებაში. ელექტრული ინდუსტრიის წამყვანმა კომპანიებმა და კერძოდ, General Electric-მა უზარმაზარი რესურსი დახარჯა ელექტროენერგიის გამომუშავების ახალი მეთოდების, ასევე მისი გადაცემისა და შენახვის მეთოდების განვითარებაზე. ამან კი, თავის მხრივ, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების სწრაფ განვითარებას შეუწყო ხელი.

წარმოიდგინე, რომ ხარ ენერგეტიკის დარგის მკვლევარი და მოამზადე სტატია, რომელშიც აღწერილი იქნება ენერგიის მიღების ტრადიციული და არატრადიციული მეთოდები.

ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- რა მნიშვნელობა აქვს ენერგეტიკას კაცობრიობისთვის?
- სად და როგორ მიიღება ელექტროენერგია და რა პროცესები უდევს საფუძვლად მის მიღებას?
- რატომ გვჭირდება განახლებადი ენერგია და რა უპირატესობები აქვს მას არაგანახლებად ენერგიასთან შედარებით?
- რა როლი აქვს მწვანე ენერგეტიკას დედამიწისთვის?

კრიტერიუმი I - რა მნიშვნელობა აქვს ენერგეტიკას კაცობრიობისთვის?

- ✓ ენერგიის რომელ წყაროებს იყენებდნენ ჩვენი წინაპრები?
- ✓ რა დანიშნულება აქვს ენერგეტიკას?
- ✓ რა საფეხურებისაგან შედგება ენერგეტიკა?
- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს თანამედროვე ენერგეტიკას კლიმატული გამოწვევების საპასუხოდ?

ენერგიის როლი ცივილიზაციის ადრეული, დღევანდელი და შემდგომი განვითარების პროცესში უდავოდ მნიშვნელოვანია. კაცობრიობამ დასაბამიდანვე დაიწყო ენერგიის სხვადასხვა წყაროს ძიება და გამოყენება. პირველყოფილი საზოგადოებისათვის ენერგიის მთავარი წყარო შეშით ცეცხლის დანთება იყო, დაახლოებით, 300 წლის წინ ადამიანები ინტენსიურად მოიხმარდნენ ქვანახშირს, ხოლო 100 წლის წინ კი ნავთობს, რამაც სრულიად შეცვალა მსოფლიო.

თანამედროვე ენერგეტიკა, როგორც სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის შემადგენელი ნაწილი, ეკონომიკის საბაზისო დარგია. მისი არსებობა აუცილებელი პირობაა ეკონომიკის

ყველა სხვა სფეროს მუშაობისათვის. ენერგეტიკის დანიშნულება საკუთარი რესურსების გამოყენებისა და მეზობელ ქვეყნებთან სამეურნეო კავშირების დამყარების საფუძველზე მოსახლეობისა და სამეურნეო კომპლექსის ენერგიით უზრუნველყოფა, მისი რაციონალური წარმოება და მოხმარებაა.

ენერგეტიკის განვითარება პრიორიტეტულია და საბაზრო ურთიერთობების პრინციპებს ემყარება. თანამედროვე მსოფლიოს მზარდი ეკონომიკა ენერგეტიკის სულ უფრო სწრაფ განვითარებას მოითხოვს. ამასთან, ის უნდა იყოს საიმედო და მდგრადი.

მაშასადამე, ენერგეტიკა ადამიანის ეკონომიკური საქმიანობის ის სფეროა, რომლის დანიშნულებაც ენერგიის პირველადი წყაროების გადამუშავება და ისეთი მეორადი ენერგიის მიღებაა, როგორიცაა, მაგალითად, ელექტროენერგია, ან თბოენერგია.

ენერგეტიკა რამდენიმე საფეხურს მოიცავს:

- ენერგეტიკული რესურსების მოპოვება
- ენერგეტიკული რესურსების ენერგეტიკული დანადგარებისთვის მიწოდება.
- პირველადი ენერგიის მეორადად გარდაქმნა.
- მეორადი ენერგიის მომხმარებლისთვის მიწოდება.

ცივილიზაციის განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე ენერგიის ტრადიციულ წყაროებს ახალი, უფრო სრულყოფილი რესურსებით ცვლიდნენ, რაც მხოლოდ ენერგიის ძველი, ტრადიციული წყაროების ამოწურვას არ განუპირობებია.

დედამიწაზე მოსახლეობის მატებასთან ერთად განუწყვეტლივ იზრდება მოთხოვნა ენერგიაზე. ჩვენი ყოველდღიურობა უკვე წარმოდგენილია ელექტრონული მოწყობილობების, სატრანსპორტო საშუალებების, ინტერნეტისა თუ კომფორტულად მოწყობილი საცხოვრებელი სახლების გარეშე. ამ ყველაფრისთვის უზარმაზარი ენერგიაა საჭირო, რომელსაც სხვადასხვა ენერგეტიკული რესურსიდან ვიღებთ.

ამჟამად ენერგეტიკას ყველაზე დიდი წვლილი შეაქვს კლიმატის ცვლილების პროცესში და სათბურის აირების, დაახლოებით, 60%-ს გამოყოფს. თანამედროვე სამყაროში 3 მილიარდი ადამიანი ჯერ კიდევ იყენებს შეშას, ქვანახშირს, ხის ნახშირს და ცხოველურ ნარჩენს საკვების მომზადების ან გათბობისთვის. ამიტომ კვლავ რევოლუციური გარდაქმნების მოწმენი ვხდებით - ქვანახშირისა და ნავთობის მოხმარებიდან კაცობრიობა განახლებადი ენერგიის წყაროების - მზის, ქარის, წყლის, გეოთერმულისა და ბიომასის გამოყენებაზე გადასვლას ცდილობს. ასევე, იწყებს ფიქრს უფრო ეფექტური ტექნოლოგიების შექმნისა და განვითარების აუცილებლობაზე.

XXI საუკუნის დასაწყისში მსოფლიო ენერგეტიკაში ახალი ეტაპი დაიწყო, გაჩნდა „ენერგოდამზოგველი“ ენერგეტიკა, რომელიც გამიზნულია უკვე დაზიანებული გეოსფეროების შენარჩუნებაზე.

ენერგეტიკას უმთავრესი მნიშვნელობა აქვს ყველა იმ პრობლემის გადაჭრისა თუ შესაძლებლობის გამოყენებისათვის, რომლებიც დღევანდელ სამყაროში არსებობს: სამუშაო ადგილები, უსაფრთხოება, კლიმატის ცვლილება, საკვები პროდუქციის წარმოება ან შემოსავლების გაზრდა - ყოველივე ამის განმსაზღვრელი ფაქტორი ენერგიის წყაროებზე წვდომაა, ამიტომაც ენერგიის ალტერნატიული შესაძლებლობების გამოყენება მეტად მნიშვნელოვანია. მდგრადი განვითარების მე-7 მიზანიც სწორედ საიმედო, სტაბილურ და სუფთა ენერგიაზე საყოველთაო ხელმისაწვდომობაა.

კრიტერიუმი II - სად და როგორ მიიღება ელექტროენერგია და რა პროცესები უდევს საფუძვლად მის მიღებას?

- ✓ რომელია განახლებადი/არაგანახლებადი ენერგეტიკული რესურსები?
- ✓ რას ეწოდება ელექტროსადგური?
- ✓ როგორი ტიპის ელექტროსადგურები არსებობს?
- ✓ როგორია ჰიდროელექტროსადგურის, ატომური ელექტროსადგურის, თბოელექტროსადგურის, ქარის ელექტროსადგურის, მზის ელექტროსადგურის, გეოთერმული ელექტროსადგურის მუშაობის პრინციპი?
- ✓ როგორია ამ ელექტროსადგურების მუშაობის დადებითი და უარყოფითი მხარეები?

ელექტრული ენერგიის მიღების თანამედროვე მეთოდები

დღეს, თანამედროვე ეპოქაში ელექტრული ენერგიის მიღების სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. ყველა მათგანს სათანადო ენერგეტიკული რესურსი სჭირდება. ენერგეტიკული რესურსები შეიძლება ორ კატეგორიად დავეყოთ - განახლებადი და არაგანახლებადი. პირველს მიეკუთვნება წყალი, მზე, ქარი, ხოლო მეორეს - ქვანახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი გაზი. გამოყენების მიხედვით არსებობს ე.წ. ტრადიციული და არატრადიციული (ალტერნატიული) ენერგეტიკა. ტრადიციულს მიეკუთვნება: ჰიდრო, თბო და ატომური ენერგეტიკა, არატრადიციულს - ჰელიო (მზის), ეოლო (ქარის), გეოთერმული წყლების, ბიომასის ენერგეტიკა.

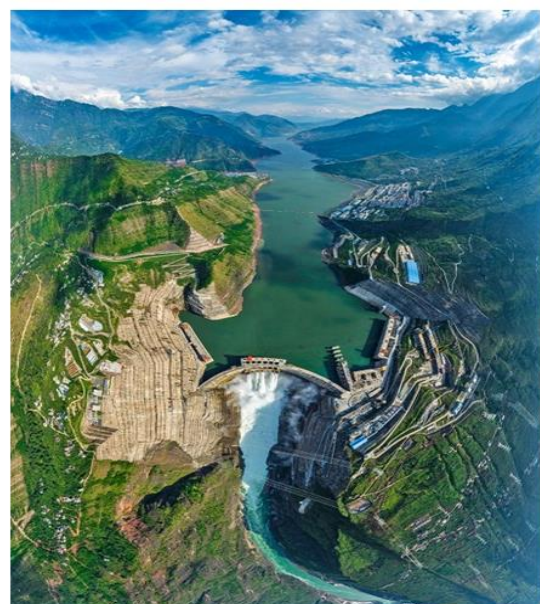
საწარმო, სადაც ხდება ელექტრული ენერგიის გენერირება, ელექტროსადგურს უწოდებენ. იმისდა მიხედვით, რომელი ენერგია წარმოადგენს პირველადი რესურსის ენერგიას, ანუ რომელი ენერგიის გარდაქმნით მიიღება ელექტროენერგია, არსებობს: ჰიდროელექტროსადგური, ატომური ელექტროსადგური; თბოელექტროსადგური, ქარის ელექტროსადგური, მზის ელექტროსადგური, გეოთერმული ელექტროსადგური.

ჰიდროელექტროსადგური (ჰესი)

<https://sanroquepower.ph/plant-features/>

ჰესი არის ნაგებობების და ელექტრომექანიკური აღჭურვილობის კომპლექსი, რომელიც დაგროვილი წყლის საშუალებით ელექტროენერგიას გამოიმუშავებს (ნახ.3).

როგორ მუშაობს ჰიდროელექტროსადგური? უზარმაზარი ნაგებობის - კაშხლის საშუალებით ხდება წყლის დაგუბება (ნახ.4). როდესაც დაგუბებული წყლის მოცულობა მიაღწევს სათანადო ზღვარს, ხდება კაშხლის კარიბჭეების ანუ წყალმიმღების გახსნა და წლის უზარმაზარი ნაკადის დიდი სიჩქარით დაშვება ტურბინებამდე. მაღალი წნევით



ნახ.3. ბაიჰეტანის ჰიდროელექტროსადგური. ჩინეთი.

ვარდნილი წყლის საშუალებით ხდება ტურბინების ბრუნვა. ტურბინები კი მიმაგრებულია გენერატორებზე, რომელიც მექანიკურ ენერგიას ელექტროენერგიად გარდაქმნის.

ამგვარად ჰიდროელექტროსადგურში ხდება წყლის პოტენციური ენერგიის ელექტროენერგიად გარდაქმნა. ჰიდროელექტროსადგურში გამომუშავებული ელექტროენერგია კი პროპორციულია ტურბინებზე დაცემული დინების სიჩქარისა და წყლის დონეთა სხვაობისა. ჰესის მქვ საშუალოდ 90-94% - ია.

დადებითი მხარეების გარდა ჰიდროელექტროსადგურების გამოყენებას გააჩნია უარყოფითი მხარეებიც. იგი გავლენას ახდენს გარემოზე, რამაც შეუქცევადი პროცესები შეიძლება გამოიწვიოს. ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა მოითხოვს წყალსაცავის შექმნას, რაც დაკავშირებულია მიწის დიდი ფართობის დატბორვასთან. ამან კი შეიძლება გამოიწვიოს მცენარეების და ცხოველების სიკვდილი, ასევე ეკოსისტემების მოშლა.

ჰესების დადებითი მხარეები:

- ჰიდროელექტროსადგურები სუფთა და იაფი ენერგიის წყაროა.
- წყალსაცავიანი ჰესები ელექტროენერგიის გამომუშავების მანევრულობით გამოირჩევიან, რაც უზრუნველყოფს სისტემის სტაბილურობას და საიმედოობას, მოთხოვნა-მიწოდების დაბალანსებას დროის მცირე მონაკვეთშიც კი (ელექტროენერგია განსხვავებით სხვა პროდუქტისგან საჭიროებს მოთხოვნისა და მიწოდების წამიერ დაბალანსებას, რათა მისი მიწოდების ხარისხის მაჩვენებლები არ გაუარესდეს);
- წყალსაცავიანი ჰესები გამომუშავების მანევრულობით აადვილებენ და უფრო ეკონომიურს ხდიან განახლებადი ენერგიის ცვალებადი წყაროების (ქარი, მზე) ქსელში ინტეგრირებას.
- ჰესები უზრუნველყოფენ გარანტირებულ ენერგიასა და ფასების სტაბილურობას. მდინარის წყალი არის შიდა რესურსი, რომელიც საწვავის ან ბუნებრივი აირისგან განსხვავებით, არ ექვემდებარება ბაზრის რყევებს.
- ჰესებს მნიშვნელოვანი როლი შეაქვთ კლიმატის ცვლილების შერბილების პროცესში და მისგან გამოწვეული საფრთხეების ადაპტაციაში. მთელი სიცოცხლის მანძილზე ჰესები გაცილებით ნაკლებ სათბურის აირებს აფრქვევენ ატმოსფეროში ვიდრე გაზზე, ნავთობზე და ქვანახშირზე მომუშავე ელექტროსადგურები. დღეს არსებული ჰესები ყოველწლიურად დაახლოებით 4.4 მილიონი ბარელი ნავთობის წვის შედეგად გაფრქვეული სათბურის აირების ექვივალენტ ჰაერის დამაბინძურებლებს გვაცილებს თავიდან.
- წყალსაცავიანი ჰესები კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის გამოცდილ და წარმატებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენენ. ჰესების რეზერვუარი შესაძლოა გამოყენებულ იქნას მყინვარის ნადნობი წყლის შესანახად და ამ წყლის სასოფლო სამეურნეო ან საყოფაცხოვრებო დანიშნულებით გამოყენებისთვისაც. ამასთან სწორად დაგეგმილი რეზერვუარიანი ჰესები ამცირებენ კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ბუნებრივი კატასტროფების (წყალდიდობა, ღვარცოფი) რისკებს.
- ჰიდროელექტროსადგურები არ გამოყოფენ დამაბინძურებლებს ჰაერში, შედეგად მცირდება მჟავა წვიმები და სმოგი.
- ჰესებს მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ განვითარებაში — ჰესების მშენებლობას თან სდევს ინფრასტრუქტურის განვითარება, რაც ასტიმულირებს მრეწველობისა და კომერციული სექტორების ცალკეულ

ქვედარგებს, ამით ხელს უწყობს ეკონომიკის განვითარებას, განათლების და ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებას.

- ჰიდროელექტროსადგური ფუნდამენტური ინსტრუმენტია მდგრადი განვითარებისათვის. ჰესები, რომლებიც განვითარებულია და ფუნქციონირებს გარემოსდაცვითი პრინციპების დაცვით, არის ეკონომიკურად მომგებიანი და სოციალურად სასარგებლო, წარმოადგენს მდგრადი განვითარების კარგ კონცეფციას.
- წყალსაცავიანი ჰესები ხშირ შემთხვევაში ტურისტულ-რეკრეაციული დანიშნულებითაც გამოიყენება, რაც ეკონომიკური და სოციალური სარგებლის მომტანია ადგილობრივი მოსახლეობისთვის.

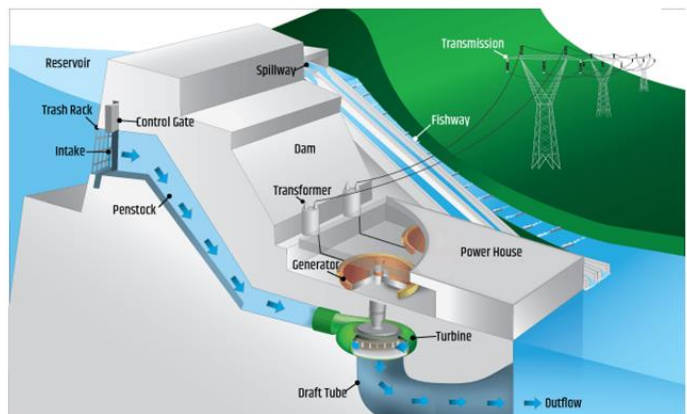
ჰიდროელექტროსადგურის უარყოფითი მხარეები:

- ჰესებს ახასიათებთ გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება. ჰიდროენერგეტიკულმა ობიექტებმა შეიძლება მოიცვას მიწის დიდი ფართობები, დასახლებებით, ბუნებრივი და კულტურულ-ისტორიული ძეგლებით, სასოფლო სამეურნეო და ეკოსისტემებით მდიდარი მიწები.
- კაშხლისა და წყალსაცავის მშენებლობა კაპიტალიზმისიურია, მნიშვნელოვანი ფინანსური რესურსები და დრო სჭირდება მშენებლობას.
- ჰიდროელექტროენერგიის წარმოება დამოკიდებულია მდინარეების ჰიდროლოგიაზე. კლიმატის ცვლილების პროცესში კი მდინარეების ჰიდროლოგია შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს წლების განმავლობაში.
- კაშხლები ამცირებენ მდინარის ქვედა დინებაში ინერტული ნატანის რაოდენობას, რაც მოწყვლადს ხდის ზღვის სანაპირო ზოლს.

რა პრობლემები შეიძლება შექმნას არასწორად დაგეგმილმა ჰესმა?

ჰიდროელექტროსადგურების არასწორმა დაგეგმვა-განვითარებამ შესაძლოა დამატებით მნიშვნელოვანი უარყოფითი შედეგები გამოიწვიოს:

- წყალსაცავიანი ჰესები შეიძლება დაპირისპირების მიზეზი გახდეს ქვეყნებს შორის, რომლებიც საერთო მდინარით სარგებლობენ. მნიშვნელოვანი დისკომფორტი შეიძლება შექმნას წყლის არარეგულარულმა მიწოდებამ მდინარის ქვედა წელში არსებული დასახლებებისთვის.
- ახალი ჰიდროენერგეტიკული პროექტების განვითარებას ხშირად ხანგრძლივი დრო სჭირდებათ ნებართვის მიღების ხანგრძლივი პროცესის და გარემოსდაცვითი შეფასებების გამო, ხშირია ადგილობრივი თემების მხრიდან წინააღმდეგობაც. აღნიშნულის გამო იზრდება საინვესტიციო რისკები და დაფინანსების



ნახ.4. ჰიდროელექტროსადგურის მუშაობის სქემატური სურათი.

ხარჯები ენერგიის გამომუშავებისა და შენახვის სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით, რაც ინვესტორებისთვის მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს. განვითარებადი ეკონომიკის ქვეყნებში კიდევ უფრო მაღალია ეკონომიკური რისკები, ენერგეტიკის სექტორის არაჯანსაღი ფინანსური გარემოსა და პოლიტიკის გაურკვევლობის გამო. განვითარებულ ქვეყნებში ენერგობაზრის არსებული მოდელები ვერ ასტიმულირებს მომველელული ჰესების მოდერნიზაციას.

- ზოგიერთ შემთხვევაში, ჰესების მშენებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს ველური ბუნების ჰაბიტატის დარღვევა, თევზის ჰაბიტატის დაკარგვა ან შეცვლა.
- არასწორად განვითარებულმა ჰიდროელექტროსადგურმა შეიძლება გამოიწვიოს წყალსაცავისა და წყლის ნაკადის ხარისხის ცვლილებები, შეცვალოს წყლის ტემპერატურა და მდინარის დინება.

(წყარო: <https://on.ge/story/95920>)

ატომური ელექტროსადგური (აეს)

<https://www.youtube.com/watch?v=UwexvaCMWA>

აესში ენერგიის გარდაქმნის სამ პროცესს აქვს ადგილი: თავდაპირველად

ბირთვული ენერგია გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად (ნახ.5), შემდგომ სითბური ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად, საბოლოოდ, მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება ელექტრულ ენერგიად.



ნახ.5. კაკრაპარის ატომური ელექტროსადგური. ინდოეთი.

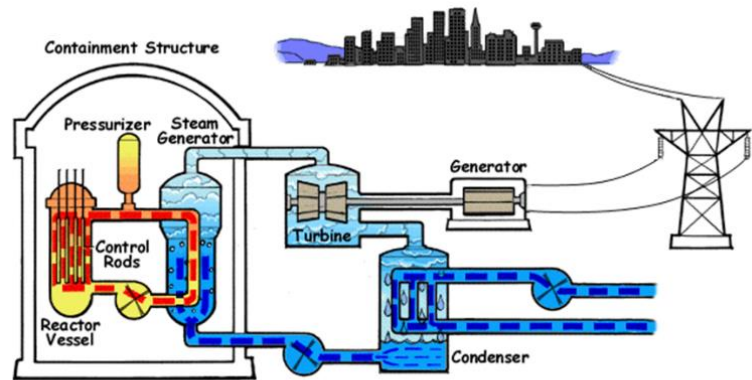
ატომური ელექტროსადგურის რეაქტორში განთავსებულია ბირთვული სათბობი (ნახ.6.), რომელიც ხშირ შემთხვევაში ურანის ოქსიდს წარმოადგენს. რეაქტორის გაშვებისას ადგილი აქვს ურანის ბირთვებიდან ნეიტრონების გამოყოფას. ისინი დიდი სიჩქარით ახდენენ მეზობელი ატომების

ბომბარდირებას, რასაც თან ახლავს ბირთვებიდან ახალი ნეიტრონების ამოფრქვევა. ისინი თავის მხრივ ახალი ატომების ბომბარდირებას ახდენენ. აღნიშნული პროცესი მეორდება და ჯაჭვური რეაქციის სახით მიმდინარეობს. აღწერილი პროცესის შედეგად დაშლის ფრაგმენტების მაღალი კინეტიკური ენერგია რეაქტორში სითბურ ენერგიად გარდაიქმნება, რომელიც თავის მხრივ წყლის გაცხელებას ხმარდება. მიიღება მაღალი წნევის მქონე ნაჯერი ორთქლი, რომელიც ამუშავებს ორთქლის ტურბინას. ეს უკანასკნელი კი - გენერატორს, რომელიც ელექტროენერგიას გამოიმუშავებს.

ტიპური ატომური ელექტროსადგურების მქვ დაახლოებით 33-37%-ს აღწევს. თუმცა უფრო თანამედროვე, IV თაობის ბირთვულ რეაქტორებზე მომუშავე აეს-ს 45%-ზე მაღალი მქვ-ის პოტენციალი გააჩნია.

უსაფრთხოების სისტემები

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ატომურ ელექტროსადგურებში უსაფრთხოების სისტემების გამართული მუშაობა. ამიტომ ინჟინრები ითვალისწინებენ და იყენებენ თავიანთ გამოთვლებში სხვადასხვა ქვეყნების ატომურ ელექტროსადგურებში



ნახ.6. ატომური ელექტროსადგურის მუშაობის სქემატური ნახაზი.

არსებულ საგანგებო სიტუაციებს. დღეს რეაქტორული დანადგარებს აგებენ ექსკლუზიურ კონტეინერებში - მასიურ ჰერმეტიკულად დალუქული ჭურვებში, რაც ავარიის შემთხვევაში ხელს შეუშლის რადიოაქტიური ნივთიერებების ატმოსფეროში გამოყოფას. ეს კონსტრუქციები იმდენად ძლიერია, რომ მათ შეუძლიათ გაუძლონ 20 ტონიანი თვითმფრინავის ჩამოვარდნას, ქარბორბალას (სიჩქარე 56 მ/წმ-მდე) და 30 კვა წნევის მქონე აფეთქების დარტყმის ტალღასაც კი.

დავალება - იმსჯელეთ აეს-ების დადებით და უარყოფით მხარეებზე.

თბოელექტროსადგური (თესი)

<https://www.youtube.com/watch?v=IdPTuwKEfmA>

თბოელექტროსადგური არის სისტემა, რომელიც წიაღისეული საწვავის წვით და სითბოს გამოყოფით წარმოქმნის ელექტროენერგიას. თბოელექტროსადგურს გააჩნია სპეციფიკური ინფრასტრუქტურა და მახასიათებლები



ნახ.7. გარდაბნის თბოელექტროსადგური.

იმისთვის, რომ გარემოზე მაქსიმალურად შემცირებული ზემოქმედებით გამოიმუშავოს ელექტროენერგია. მისი ინფრასტრუქტურა მოიცავს საწვავის შენახვის სისტემებს, ქვაბებს, ტურბინებს, გენერატორებს, გაგრილებისა და ელექტროენერგიის გადამცემ სისტემებს.

თეს-ში გამოყენებული საწვავი შეიძლება იყოს ბუნებრივი აირი, ნავთობი, ქვანახშირი, მაზუთი, ტორფი და სხვა. ბუნებრივი აირი, ნავთობი, ქვანახშირი- ნახშირწყალბადების უმნიშვნელოვანესი წყაროებია.

ბუნებრივი აირი წარმოადგენს ნარევს, რომლის ძირითადი კომპონენტია მეთანი. მისი შემცველობა დამოკიდებულია საბადოს ადგილმდებარეობაზე და 80-97% ფარგლებში მერყეობს. მეთანთან ერთად ბუნებრივი აირის შედგენილობაში ძირითადად გვხვდება ეთანი, პროპანი და ბუტანი; მცირე ნაწილი მოდის შედარებით მაღალმოლეკულურ ალკანებზე, აზოტზე, ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდსა და სხვა ნივთიერებებზე. რაც უფრო მეტია ნახშირწყალბადის მოლეკულური მასა, მით ნაკლებია მისი შემცველობა ბუნებრივ აირში. ბუნებრივი აირი მიწის ქვეშ არსებულ ცარიელ ადგილებში – ქვაბულებში გვხვდება. მისი მოპოვება და გამოყენება პირველად ჩინელებმა დაიწყეს დაახლოებით ათი საუკუნის წინ და ამისათვის ბამბუკისაგან დამზადებულ მილსადენებს იყენებდნენ. სადღეისოდ ბუნებრივი აირი მოიპოვება სპეციალური ტექნიკური საშუალებებით, რომელთა გამოყენებითაც ხდება აირის შეგროვება, პირველადი გასუფთავება და ტრანსპორტირება.

ბუნებრივი აირი ძირითადად საწვავად გამოიყენება. იგი, მყარ და თხევად საწვავთან შედარებით, უფრო იაფია და, რაც მთავარია, მისი წვის პროდუქტები ეკოლოგიურად შედარებით სუფთაა. ბუნებრივ აირს, აგრეთვე, ქიმიური მრეწველობის მრავალ დარგში ნედლეულის მნიშვნელოვან წყაროდ იყენებენ.



ნახ. 1 ბუნებრივი აირის მოპოვება.

რატომ გამოიყენება ნახშირწყალბადების ბუნებრივი წყაროები საწვავად? მათი წვის რეაქციები ეგზოთერმულია და გამოიყოფა დიდი როდენობით სითბო.

სათბობი	თბოშემცველობა (კჯ/კგ)
შეშა	11 300
ტორფი	9 600
ქვანახშირი	21 000
ნავთობი	44 000
მაზუთი	12 000
ბუნებრივი აირი	55 000

ნავთობის თანმხლები აირი ნავთობის საბადოებში, ნავთობის თავზეა დაგროვებული, ზოგჯერ კი მაღალი წნევის მოქმედებით მასშია გახსნილი. ადრე ამ აირს იქვე წვავდნენ, მაგრამ ამჟამად აგროვებენ და როგორც საწვავად, ისე ქიმიურ ნედლეულად იყენებენ. ნავთობის თანმხლებ აირში მეთანი შედარებით მცირე რაოდენობითაა, მეტია მისი ჰომოლოგები, რის გამოც ამ აირისგან მეტი ნივთიერების მიღებაა შესაძლებელი. რაციონალური გამოყენების მიზნით, ნავთობის თანმხლებ აირს ფრაქციებად ყოფენ. თხევადი ნახშირწყალბადები (პენტანი, ჰექსანი და სხვ.) წარმოქმნის ე. წ. `აირის ბენზინს`, რომელსაც ბენზინში ამატებენ მისი უკეთ აალებისათვის. შემდეგ გამოყოფენ პროპან-ბუტანის ნარევს, რომელიც გათხევადებული აირის სახით საწვავად გამოიყენება. ბოლოს რჩება ე. წ. `მშრალი აირი` – მეთანისა და ეთანის ნარევი, რომელიც როგორც საწვავად, ისე

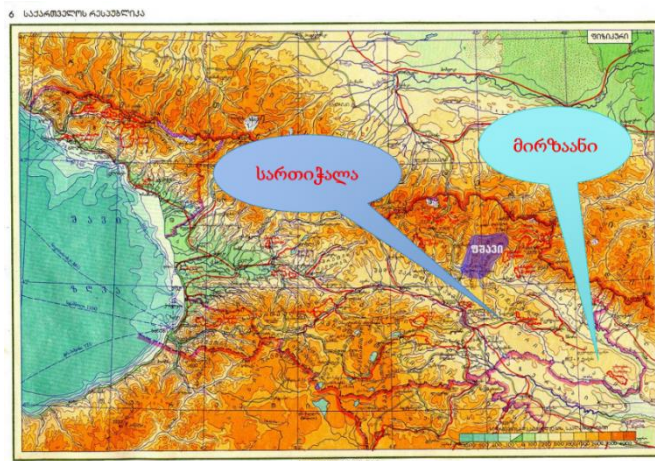
აცეტილენის, წყალბადისა და ზოგიერთი სხვა ნაერთის მისაღებად გამოიყენება. ზოგჯერ ნავთობის თანმხლები აირიდან გამოყოფენ ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადებს და მათ საფუძველზე მთელ რიგ ნაერთთა სინთეზს ახორციელებენ. ქვანახშირი ნახშირწყალბადების კიდევ ერთი ბუნებრივი წყაროა. იგი შავი ფერის მასაა, რომელიც წარმოქმნილია დედამიწის წიაღში მცენარეულ ნარჩენებზე მიკროორგანიზმების მოქმედებით. უჰაერო სივრცეში მცენარეული ბიომასის ბიოქიმიური დაშლის პროცესი შემდეგ საფეხურებს მოიცავს: ბიომასა → ტორფი → მურა ნახშირი → ქვანახშირი → ანთრაციტი (მაღალი სისუფთავის ქვანახშირი). ამ პროდუქტებში ნახშირბადის შემცველობა 65-92%-ს შეადგენს. სითბოს მაქსიმალური რაოდენობა გამოიყოფა ანთრაციტის წვისას, მინიმალური – მურა ნახშირის წვისას, ხოლო ქვანახშირს, სითბოს წარმოქმნის უნარის მიხედვით, შუალედური ადგილი უკავია. ქვანახშირი სპეციალურ შახტებში მოიპოვება.

ნახშირწყალბადების მიღება შეიძლება ქვანახშირის კოქსიტ, ე. ი. მაღალ ტემპერატურაზე უჰაეროდ გახურებით. ქვანახშირის დაკოქსვის პროცესს წარმოებაში ატარებენ სპეციალურ საკოქსავ ღუმელებში 1000°C ტემპერატურაზე. ამ დროს ქვანახშირის შედგენილობაში შემავალი რთული ნივთიერებები თანდათანობით იშლება. საბოლოოდ წარმოიქმნება ოთხი ძირითადი კომპონენტი: კოქსი, ქვანახშირის ფისი, ამიაკიანი წყალი და კოქსის აირი. კოქსი ნახშირის მსგავსი ნივთიერებაა, იყენებენ როგორც საწვავად, ასევე მეტალურგიაში ფოლადის წარმოების პროცესში. დაკოქსვის შედეგად წარმოქმნილი აქროლადი პროდუქტების გაცივებით მიიღება ქვანახშირის ფისი და ამიაკიანი წყალი. ქვანახშირის ფისის ფრაქციული გამოხდით იღებენ სხვადასხვა ნახშირწყალბადსა და მათ ნაწარმებს.

ნავთობი თხევადი ნახშირწყალბადების ნარევი, რომელიც მასში გახსნილ მყარ და აირად ნახშირწყალბადებსაც შეიცავს. იგი მუქი ფერის, ზეთისებური, სპეციფიკური სუნის მქონე სითხეა (ნახ. 2), წყალზე ოდნავ მსუბუქი და მასში პრაქტიკულად უხსნადია. სხვადასხვა საბადოდან მოპოვებული ნავთობის თვისებითი და რაოდენობრივი შედგენილობა განსხვავებულია, მაგრამ ყველა მათგანი შეიცავს ალკანებს (ძირითადად არაგანშტოებული ალნაგობის), ციკლოალკანებსა და არენებს. ნახშირწყალბადების გარდა, ნავთობის შედგენილობაში შედის დაახლოებით 10% ჟანგბად-, გოგირდ- და აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები. ნავთობის მოპოვება და გადამუშავება უმნიშვნელოვანესი პროცესია (ნახ. 3). მთელი მსოფლიოს ენერგეტიკა და ეკონომიკა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ნავთობის ფასზე. ნავთობი მუდმივად წარმოიქმნება ოკეანის ფსკერზე, მაგრამ მსოფლიოში მისი მოხმარება გაცილებით მეტია, ამიტომ მას მიღევად რესურსებს მიაკუთვნებენ, ისევე როგორც ბუნებრივი აირი და ქვანახშირი.



ნახ. 2. ნედლი ნავთობი



ნავთობის საბადოები საქართველოში



ნახ. 3. ნავთობის მოპოვება

ნავთობის გადამუშავება არის პროცესი, რომლის დროსაც ნახშირწყალბადთა ცალკეული ფრაქციები მიიღება. ამისათვის გამოხდის ანუ დისტილაციის მეთოდს მიმართავენ. საწარმოო მასშტაბით ნავთობს ხდია სპეციალურ დანადგარში (ნახ. 2.30), რომელსაც სარექტიფიკაციო სვეტი ეწოდება სარექტიფიკაციო სვეტში ქვედა მხრიდან შედის დაახლოებით 350°C -მდე გაცხელებული ნავთობის ორთქლი, რომელიც სვეტში ზევით ასვლისას თანდათან ცივდება. ამ დროს, რაც უფრო მსუბუქია ნახშირწყალბადი, მით უფრო მაღლა კონდენსირდება და სითხის სახით გამოიყოფა. სვეტის სხვადასხვა სიმაღლეზე გაკეთებულია შემკრები მოწყობილობა, რომელშიც ნავთობის ცალკეული ფრაქციები გროვდება და სვეტიდან გამოდის. ნახ. 4 -ზე მოცემულია ნავთობის გამოხდის ერთ-ერთი ტექნოლოგიური სქემა. ამგვარად მიიღება ფრაქციები, რომლებიც განსაზღვრულ ტემპერატურულ ინტერვალში გამოიხდება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა ქვეყანაში ნავთობის ფრაქციების ტემპერატურული ინტერვალი განსხვავებულია. ზოგიერთ შემთხვევაში განსხვავებაა ფრაქციების სახელწოდებებს შორისაც.

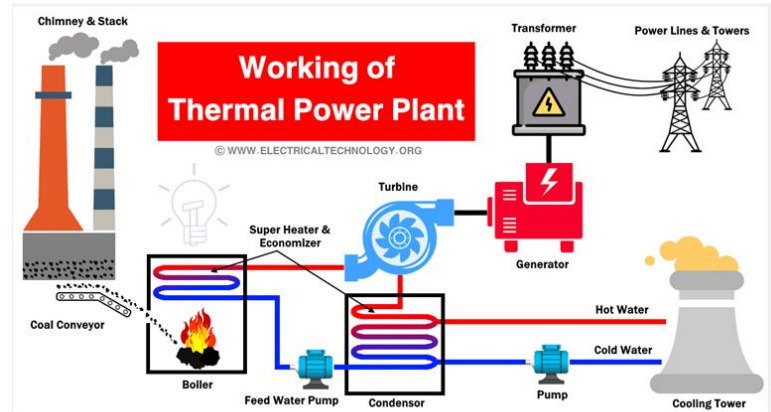
ნახ. 4. ნავთობის გამოხდის საწარმოო დანადგარები



ნავთობის გამოხდისას, პირველ რიგში, გამოიყოფა ნარევი აირადი ნახშირწყალბადებისა ($\text{C}_1\text{--C}_4$), რომელთა დუღილის ტემპერატურა 40°F -ს არ აღემატება. ეს ნარევი საწვავად გამოიყენება. ამის შემდეგ, $40\text{--}200^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურულ ინტერვალში მიიღება ყველაზე დაბალმდულარე ფრაქცია – ბენზინი, რომელიც $\text{C}_5\text{--C}_{11}$ ნახშირწყალბადებს შეიცავს. ამ ფრაქციის შემდგომი გამოხდით გამოყოფენ პეტროლეინის ეთერისა ($40\text{--}70^{\circ}\text{C}$) და ბენზინის ($70\text{--}200^{\circ}\text{C}$) ქვეფრაქციებს. პეტროლეინის ეთერი გამოიყენება გამსხნელად ლაქ-საღებავების წარმოებაში, ქიმიწმენდაში (ლაქების ამოსაყვანად) და ა. შ. ბენზინის კი საავტომობილო და საავიაციო საწვავად იყენებენ. შემდეგი ფრაქციაა ლიგროინი, რომელსაც ნავთასაც უწოდებენ. ეს ფრაქცია $\text{C}_8\text{--C}_{14}$ ნახშირწყალბადებს შეიცავს და $150\text{--}250^{\circ}\text{F}$ ტემპერატურულ ინტერვალში დუღს. ლიგროინი ტრაქტორების საწვავად გამოიყენება. ფრაქციას, რომელიც $\text{C}_{12}\text{--C}_{18}$ ნახშირწყალბადებს შეიცავს, ნავთს უწოდებენ. ნავთის ფრაქცია $180\text{--}300^{\circ}\text{C}$ დიაპაზონში დუღს. ნავთი დიდი ხნის განმავლობაში ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოიყენებოდა, მაგალითად, საჭმლის მოსამზადებელ და გამათბობელ ნავთქურებში, ასევე ნავთის ლამფებში – გასანათებლად. ამჟამად ის ძირითადად რეაქტიული ძრავების საწვავად გამოიყენება. 275°C -ზე და უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იხდება გაზოილის ფრაქცია,

რომელიც $C_{14}-C_{25}$ ნახშირწყალბადებისაგან შედგება. ამ ფრაქციისაგან მზადდება დიზელის ძრავების საწვავი. ნავთობის გამოხდის შემდეგ რჩება მაზუთი – შავი ფერის ბლანტი სითხე, რომელსაც საქვებზე დანადგარებში საწვავად იყენებენ. ასევე შესაძლებელია მაზუთის გამოხდა შემცირებულ წნევაზე, რომლის დროსაც მიიღება ალკანების სხვადასხვა ნარევი, მაგალითად, საცხებ-საპოხი საშუალებები, სამანქანო ზეთი, ვაზელინი, პარაფინი და სხვ. მაზუთის გამოხდის შემდეგ რჩება გუდრონი, რომელსაც გადამუშავების შემდეგ საგზაო მშენებლობაში იყენებენ.

საწვავის წვის შედეგად გამოყოფილი სითბო ხმარდება ორთქლგენერატორში მაღალი წნევის წყლის ორთქლის მიღებას. წყლის ორთქლი აბრუნებს ორთქლის ტურბინას, რომელიც თავის მხრივ დაკავშირებულია გენერატორთან. გენერატორის მქვ 42%-მდეა.



ნახ.8. თბოელექტროსადგურის მუშაობის სქემატური ნახაზი.

დავალება - იმსჯელეთ თეს-ების დადებით და უარყოფით მხარეებზე.

ქარის ელექტროსადგური

https://www.youtube.com/watch?v=qSWm_nprfqE

ქარის ელექტროსადგურის მუშაობის პრინციპი საკმაოდ მარტივ ლოგიკას ეფუძნება - ქარის კინეტიკური ენერგია გამოიყენება ტურბინის პროპელერის ბრუნვით მოძრაობაში მოსაყვანად. ტურბინის პროპელერს, ძირითადად, სამი ფრთა აქვს, რაც ქარის ზემოქმედების ქვეშ ოპტიმალურ აჩქარებას უზრუნველყოფს. ქარის ტურბინა დაკავშირებულია გენერატორთან, რომელიც მექანიკურ ენერგიას ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის.



ნახ.9. გორის ქარის ელექტროსადგური.

ქარის ენერგია მსოფლიოს ყველაზე სწრაფად მზარდი განახლებადი ენერგიის წყაროა, რომელიც წლიურად, საშუალოდ 100 გიგავატის სიმძლავრით იზრდება. ზოგადად, ქარის ელექტროსადგურების ეფექტიანობა პირდაპირ არის დამოკიდებული ობიექტის გეოგრაფიულ მდებარეობასა და ლანდშაფტზე.

საქართველოში გორისა და ქარელის მუნიციპალიტეტების საზღვარზე მდებარეობს ქარის ელექტროსადგური, რომელიც ქარის ტურბინებისაგან შედგება (ნახ.9).

მზის ელექტროსადგური

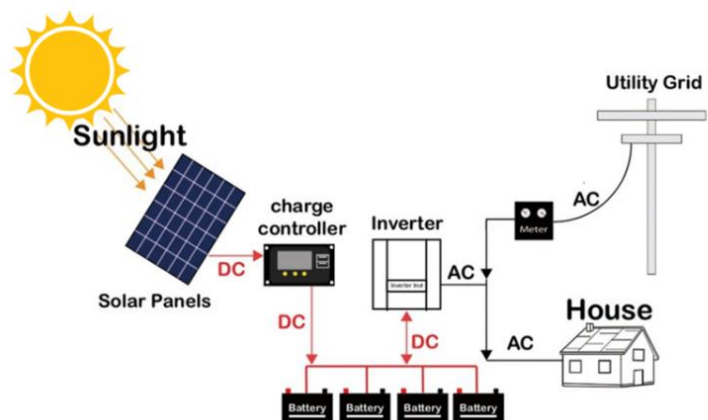
<https://www.youtube.com/watch?v=UJ8XW9AgUrw&t=62s>



ნახ.10. მზის ელექტროსადგური.

ელექტროენერგიად გარდაქმნელ მოწყობილობას.

მზის ელექტროსადგური (ნახ.10) მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ნახევარგამტარულ მასალებზე დამზადებულ ფოტოელემენტებზე მზის სინათლის დაცემა იწვევს ნახევარგამტარის ატომის სტრუქტურის ცვლილებას, რაც საბოლოოდ უზრუნველყოფს წრედში ელექტროენერგიის წარმოქმნას. აკუმულატორში (ნახ.11.) ხდება ამ ენერგიის დაგროვება. აკუმულატორის დამუხტვის დონე მუდმივად კონტროლირდება.



ნახ.11. მზის ენერგიის ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის სქემატური სურათი.

ფოტოელემენტებში მიიღება მუდმივი ელექტრული დენი, რომელიც სპეციალური მოწყობილობის საშუალებით გარდაიქმნება ცვლად ელექტრულ დენად. ამის შემდგომ კი ხდება მომხმარებლის მიერ აღნიშნული დენის საჭიროებისამებრ გამოყენება. მზის ელექტროსადგურის მქვ 7-10% -ია.

მზის ელექტროსადგურის დადებითი მხარეები:

- **CO ემისიის შემცირება.** ამით შეუძლია თითოეულ ჩვენთაგანს თავისი წვლილი შეიტანოს გარემოს დაცვაში. თავად ის პირები, რომლებმაც თავის დროზე მზის ელექტროსადგური მხოლოდ ეკონომიკური თვალსაზრისით შეიძინეს, დროთა განმავლობაში უფრო მეტად შეაფასეს და სიამაყით განიმსჭვალნენ თავისი წვლილით, რომელიც არამხოლოდ ეკონომიკური ფაქტორით არის განპირობებული. მზის ელექტროსადგურის დაყენებასთან ერთად, ადამიანს უყალიბდება აბსოლუტურად სხვა მიდგომა ენერგიის გამოყენებასთან მიმართებით. ელექტროენერგიის გამომუშავება გვაიძულებს დავფიქრდეთ, რომ ზედმეტად არ მოვიხმაროთ ის. ელექტროენერგიის მშთანთქავი ძველი აპარატურა იცვლება ახალი ეკონომიურით და ა.შ.
- მზის ენერგია უფასოა ყველასთვის და ამოუწურავია.

- 2016 წლის მაისიდან უკვე შესაძლებელია მზის ელექტროსადგურის **ცენტრალურ ქსელზე დაერთება**, რაც უზრუნველყოფს ჭარბად გამომუშავებული ელექტროენერგიის ქსელში ჩაშვებას. ამით მნიშვნელოვნად იაფდება მზის საშუალებით მიღებული ელექტროსადგურის ფასი, ვინაიდან აღარ არის საჭირო აკუმულატორები და დაგროვებისთვის საჭირო ხელსაწყოები. არ არსებობს **ინვესტიციის ფინანსური რისკი**, როგორც ეს არის მაგალითად აქციების ან სხვა ინვესტიციის შემთხვევაში. ამასთანავე უნდა გავითვალისწინოთ ისიც, რომ ელექტროენერგიის მოხმარების ოდენობა იმატებს, მოიმატებს ასევე მისი ფასიც. დღეის მდგომარეობით საქართველო ჯერ კიდევ ახდენს ელექტროენერგიის იმპორტს (განსაკუთრებით ზამთარში), შესაბამისად ქვეყანას სჭირდება მეტი ელექტროენერგია.
- მზის ელექტროსადგურებს არ სჭირდებათ რაიმე განსაკუთრებული **მოვლა**, არც რაიმე სახის ცვეთას განიცდიან, ვინაიდან ის არ შედგება მოძრავი ნაწილებისგან. მზის პანელებს აქვს მუშაობის 20-25 წლიანი გარანტია. ეს მაჩვენებელი ბევრი საცდელი პროექტებით და ასევე დროთა განმავლობაში დამტკიცდა. არსებობს მზის სადგურები, რომლებიც 25 წელზე მეტი ხანიც არიან ექსპლუატაციაში. აქ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ პანელებისგან განსხვავებით, გარდამქმნელი განიცდის უფრო ამაღლებულ ცვეთას. შესაბამისად, ეს ფაქტორი დათვლისას გათვალისწინებულ უნდა იქნეს.
- მზის ელექტროსადგურს **არ აქვს ხმა**, გამონაბოლქვი, იგი ყველანაირი ემისიისგან თავისუფალია. ის არ შეიცავს საზიანო ნივთიერებებს.
- მზის ელექტროსადგურის გათიშვის შემთხვევაშიც კი თქვენ **არ რჩებით ელექტროენერგიის გარეშე**, ვინაიდან ქსელიდან მაინც მოგეწოდებათ ელექტროენერგია.
25 წლის შემდგომ მზის პანელების **დემონტაჟი საკმაოდ მარტივია**. სხვა ელექტროსადგურების დემონტაჟთან (მაგ. ჰიდროელექტროსადგური, ატომური ელექტროსადგური, ქვანახშირის და ა.შ.) შედარებაც კი არ შეიძლება. ასევე მარტივია მზის პანელების შემადგენელი ნაწილების გადამუშავება, ვინაიდან ალუმინის ჩარჩო, შუშა, ელემენტები გადამუშავებას ექვემდებარება. ის წარმოადგენს გადამუშავებაუნარიან ნარჩენს.
- საკუთარი ელექტროსადგურით ადამიანი **დამოუკიდებელი** ხდება. არ არსებობს გამომუშავების ლიმიტი, თქვენ შეგიძლიათ ნებისმიერ დროს გაზარდოთ სადგურის სიმძლავრე, თუ ამისი საჭიროება დადგა. ამასთანავე, ქსელის ოპერატორი ვალდებულია მიიღოს თქვენს მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია, იმისგან დამოუკიდებლად თუ რა რაოდენობა იქნება ის. ზედმეტად მიწოდებული ელექტროენერგია ან გაიქვითება ან ანაზღაურდება ქსელის ოპერატორის მიერ.
- თქვენზე არ მოქმედებს **ტარიფის** მატების ფაქტორი.
- გამოყენებული ტექნოლოგია **არ არის საშიში**, არ არის ფეთქებადი და არ წარმოადგენს რაიმე სახის საფრთხეს იმ შენობისთვის, სადაც ის მონტაჟდება.
- მზის ელექტროსადგურის **მოქნილი კონფიგურაცია**, რაც გულისხმობს იმას, რომ შესაძლებელია მისი მორგება მომხმარებლის კონკრეტულ საჭიროებაზე. შესაძლებელია მინიმალური 50 ვატიდან 100 კილოვატამდე და მეტი სიმძლავრის ნებისმიერი სადგურის დაყენება.
- **ქსელისგან დამოუკიდებელი** სისტემების არსებობა; გამოიყენება განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, სადაც ცენტრალური ქსელი არ არსებობს, ან ქსელის მიყვანა დიდ

ხარჯებთანაა დაკავშირებული. მნიშვნელოვანია განსაკუთრებით მთის დასახლებებში და ა.შ.

- ინვესტიციის **უკუგების** მცირე პერიოდი. სადგურის სიდიდის გათვალისწინებით ინვესტიციის მოცულობის უკუგება ხდება 5-დან 6 წლამდე პერიოდში. რაც უფრო დიდი სადგური ყენდება, უფრო ნაკლებია ინვესტიციის ხარჯი ერთ კილოვატზე.
- **ელექტროენერგიის დეცენტრალიზებული მიწოდება.** ელექტროენერგიის მოხმარება ხდება იქ, სადაც ხდება მისი გამომუშავება. ამით ხდება ცენტრალური ქსელის განტვირთვა და ასევე ელექტროენერგიის გადაცემისგან გამოწვეული დანაკარგის თავიდან აცილება.

მზის ელექტროსადგურის უარყოფითი მხარეები:

- მზის პანელებში ჩამონტაჟებული ელემენტის უჯრედები დროთა განმავლობაში **განიცდის ცვეთას**, ეს კი ნიშნავს იმას, რომ ისინი კარგავენ წარმადობას. პანელებზე გარანტია შეადგენს 10 წელს 90%-იანი წარმადობით, 25 წელს – 80%-იანი წარმადობით. ეს უარყოფითი მხარე გათვალისწინებულია საინვესტიციო დაანგარიშებაში, შესაბამისად, ეს უფრო ტექნიკური მხარეა საკითხის, ვიდრე მზის სადგურის უარყოფითი მხარე.
- **გარდამქმნელი** ექვემდებარება განსაკუთრებულ ცვეთას, შესაბამისად, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ავარჯიოთ ხარისხიანი გარდამქმნელი. სასურველია ისეთი გარდამქმნელის ყიდვა, რომელსაც აქვს გრძელი საგარანტიო პერიოდი.
- მონტაჟის **შესაბამისი ადგილი**. სადგური უფრო მეტად ეფექტიანია, როდესაც ის სამხრეთისკენაა დახრილი და დაახლოებით 45 გრადუსით. გარდა ამისა, სახურავი არ უნდა იზრდილებოდეს, მაგალითად ხეებით ან სხვა შენობებით. მზის პანელების დაყენება შესაძლებელია მაშინაც, როდესაც დახრა არ არის სამხრეთისკენ, თუმცა, სადგური გაცილებით ნაკლებს გამოიმუშავებს, ვიდრე სამხრეთისკენ დახრის შემთხვევაში.
- ზოგს არ მოსწონს მზის პანელების **დიზაინი** და არაესთეტიურად მიაჩნია. თუმცა, დამერწმუნებით, რომ თბოსადგურები ან ქვანახშირის სადგურები უფრო ლამაზად არ გამოიყურება.
- ელექტროსადგური არ გამოიმუშავებს სტაბილურად ელექტროენერგიას. **ამინდის და დღის პერიოდის** მიხედვით გამომუშავება სხვადასხვანაირია. შესაბამისად, განსაკუთრებით ქსელისგან დამოუკიდებელი სისტემების შემთხვევაში, საჭიროა დაგროვების (აკუმულატორების) საშუალებების სწორი შერჩევა და სათანადო მარაგის ქონა. დღეის მდგომარეობით მზის პანელებისთვის გამოსადეგი აკუმულატორების (რომლებიც დიდი ხანი ძლებენ) ფასი საკმაოდ მაღალია. თუმცა, ვითარდება ლითიუმ იონის აკუმულატორების ტექნოლოგია, რაც იმედის მომცემია.
- ქსელური სადგურის შემთხვევაში **ქსელის გათიშვისას**, ითიშება ასევე მზის ელ-სადგურიც, მიუხედავად იმისა, რომ შეიძლება მზე ანათებდეს. ამ პრობლემის მოგვარება შესაძლებელია ჰიბრიდული სისტემით, სადაც აკუმულატორების დამატება არის საჭირო.
- **მონტაჟის რისკი**. პანელების სწორი მონტაჟი საკმაოდ მნიშვნელოვანია. არასწორი დაგეგმა, დილექტანტური მონტაჟი, უხარისხო კომპონენტები, კაბელები და ა.შ. შესაძლოა პროექტის მარცხის მიზეზი გახდეს. ამ რისკის მატარებელი დამკვეთია და იმ შემთხვევაში, თუ სადგური ვერ გამოიმუშავებს საკმარისს, შესაძლოა აღმოვჩნდეთ ცუდ ფინანსურ მდგომარეობაში. ამიტომ ძალიან მნიშვნელოვანია,

რომ მონტაჟი განხორციელდეს პროფესიონალების მიერ. (წყარო: <https://helios.ge/solar-energy-pros-and-cons>).

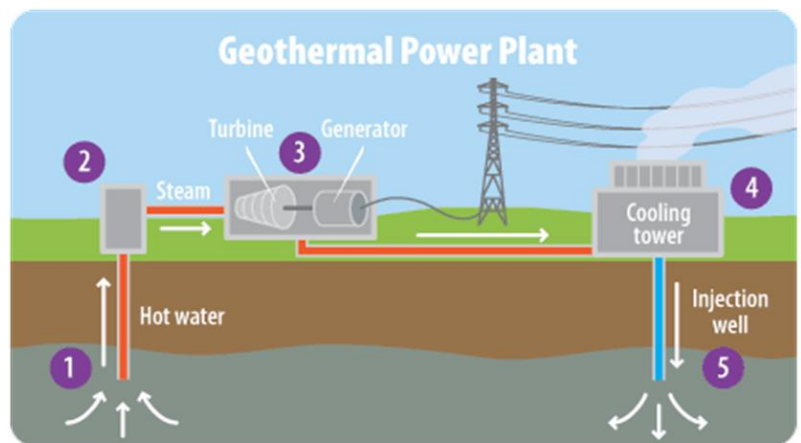
გეოთერმული ელექტროსადგური

<https://www.youtube.com/watch?v=ajeeEr5jG9M>

გეოთერმული ელექტროსადგურების მუშაობის პრინციპი ემყარება დედამიწის სიღრმიდან თერმული ენერგიის ეფექტურ მოპოვებას და გამოყენებას. ამ ენერგიის წყაროა ბუნებრივი თერმული რეზერვუარები - მიწისქვეშა წყლები, რომლებსაც დედამიწის გეოთერმული გრადიენტის გამო მაღალი ტემპერატურა გააჩნია. დედამიწიდან სიღრმიდან მისი ბუნებრივი სითბოს გამოყენება შესაძლებელია ჭაბურღილების საშუალებით. ცნობილია, რომ ტემპერატურა ჭაბურღილში ყოველ 36 მეტრში საშუალოდ 1°C -ით იმატებს. ეს სითბო ზედაპირზე ამოდის ორთქლის ან ცხელი წყლის სახით. საინტერესოა ის ფაქტი, რომ დედამიწაზე გეოთერმული ენერგიის პოტენციალი 10000-ჯერ აღემატება წიაღისეული საწვავის პოტენციალს. დედამიწის ზედაპირზე გადის სითბოს ნაკადი, რომელიც ექვივალენტურია 46 მილიარდი ტონა ნახშირის წვის ენერგიის. თუ უახლოეს მომავალში ამ ენერგიის 1%-ს მაინც გამოვიყენებთ, მაშინ აღარ იქნება საჭირო არაგანახლებად რესურსზე მომუშავე ასობით ელექტროსადგურის აშენება.

როგორ მუშაობს გეოთერმული ელექტროსადგური?

ჭაბურღილის მეშვეობით მაღალი წნევის ქვეშ ხდება დედამიწის სიღრმიდან ცხელი წყლის ამოქაჩვა (ნახ.12) წყლის წნევა ზედაპირზე ამოსვლის ეცემა და წყალი ორთქლად გადაქცევა. ორთქლის ნაკადით ხდება ტურბინების მოძრაობაში მოყვანა. ტურბინები დაკავშირებულია გენერატორთან, რომელიც გამოიმუშავებს ელექტროენერგიას.



ნახ.12. გეოთერმული ელექტროსადგური.

ნამუშევარი ორთქლი ცივდება გამაგრილებელ კოშკში და კონდენსირდება ისევ წყლად. ამის შემდგომ გაცივებული წყალი ისევ მიწისკენ მიემართება პროცესის ხელახლა დასაწყებად. გეოთერმული ელექტროსადგურის მქვ 7-10% -ია.

უსაფრთხოება

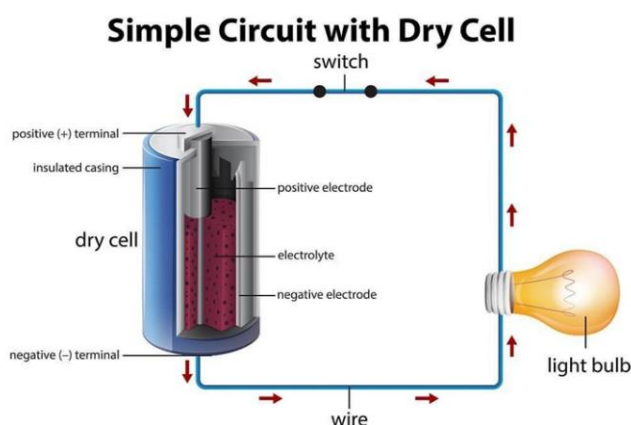
ჭაბურღილიდან ამოსულ წყალთან ერთად შეიძლება გამოიყოს მავნებელი აირები და მინერალები, რომელთა ნაკადების მართვა შეიძლება გაძნელდეს.

დავალება- *იმსჯელეთ გეოთერმული ელექტროსადგურის დადებით და უარყოფით მხარეებზე.*

საყოფაცხოვრებო დონეზე ელექტროენერგიის მიღების და გამოყენების თვალსაზრისით, განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს გალვანურ ელემენტებს და ბატარეებს. სხვანაირად მათ დენის წყაროსაც უწოდებენ.

გალვანური ელემენტი (ნახ.14) წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელი ქიმიურ ენერგიას გარდაქმნის ელექტრულ ენერგიად. მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე, განასხვავებენ პირველად (ერთჯერად) და მეორად (ბატარეები) ქიმიურ ენერგიაზე მომუშავე მოწყობილობებს. გალვანურ ელემენტის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია ელექტროლიტში ორი ლითონის ან მათი ოქსიდების ურთიერთქმედებაზე. სახელწოდება კი მას ლუიჯი გალვანის საპატივსაცემოდ ეწოდა.

აკუმულატორი წარმოადგენს მეორადი გამოყენების დენის წყაროს, რომელიც შეიძლება დაიმუხტოს განმუხტვის შემდეგ. აკუმულატორის დასამუხტად საჭიროა ელექტრული დენმა განმუხტვის დენის მიმართულების საპირისპიროდ გაიაროს. აკუმულატორი გამოიყენება სხვადასხვა ელექტრო მოწყობილობებისა და აღჭურვილობის ავტონომიური

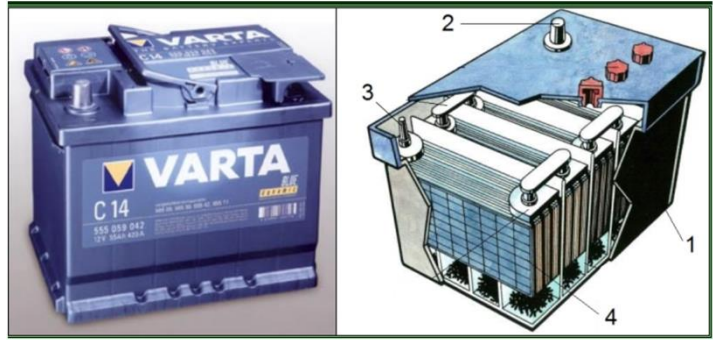


ნახ. 14. გალვანური ელემენტი ელექტრულ წრედში.

ელექტრომომარაგებისთვის, ასევე სარეზერვო ენერგიის წყაროების უზრუნველსაყოფად მედიცინაში, წარმოებაში, ტრანსპორტში და სხვა სფეროებში. ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ტყვიის და ტუტე (რკინა-ნიკელის და კადმიუმ-ნიკელის) ბატარეები, ასევე გამოიყენება თუთია-ვერცხლი, თუთია-ჰაერი და მანგანუმი.

აკუმულატორთა ბატარეა (აკუმულატორთა ნაკრები) გამოიყენება ავტომობილში დენის წყაროდ, რომელიც კვებავს ელექტროხელსაწყოებს. იგი დენს გვაძლევს მაშინ, როდესაც ავტომობილის ძრავი არ მუშაობს. ავტომობილებში გამოიყენება ტყვიის სასტარტერო ბატარეები(ნახ.14.) ასეთ ბატარეას შეუძლია დროის მცირე შუალედში გასცეს დიდი ამპერაჟის დენი, რაც აუცილებელია სტარტერის მუშაობისათვის. აკუმულატორთა ბატარეის კორპუსში (1) მოთავსებულია ტყვიის დადებითი და უარყოფითი ფირფიტები (4). აკუმულატორთა ბატარეის კლემებს (2 და 3) უერთდება ელექტროხელსაწყოები. აკუმულატორთა ბატარეის კორპუსი შევსებულია ელექტროლიტით, რომელიც

წარმოადგენს გოგირდმჟავას და გამოხდილი წყლის ნარევს. ფირფიტებსა და ელექტროლიტს შორის მიმდინარეობს ქიმიური რეაქცია, რის შედეგადაც კლემებზე მიიღება 12 ვოლტი ძაბვა.



ნახ.14. აკუმულატორთა ბატარეა

ლითიუმ-იონური აკუმულატორები (Li-ion)

ლითიუმ-იონური აკუმულატორი (Li-ion) არის აკუმულატორის ტიპი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება მობილურ ტელეფონებში, ლეპტოპებში, ციფრული კამერებში, ვიდეოკამერებში და ელექტრომანქანებში. 2019 წელს უიტინგიმმა, გუდენაუმ და იოშინომ მიიღეს ნობელის პრემია ქიმიაში ლითიუმ-იონური ბატარეების განვითარებისთვის.

ლითიუმ-იონური ბატარეა(ნახ.15) ტექნიკაში ფართოდ გამოიყენება განპირობებულია მათი ენერგიის მაღალი სიმკვრივით, თვითგანმუხტვის დაბალი სიჩქარით, მეხსიერების ეფექტის ნაკლებობით. ლითიუმ-იონური ბატარეების მოწყობილობა საკმაოდ რთულია და მოიცავს რამდენიმე ძირითად კომპონენტს: კათოდს, ანოდს, ელექტროლიტს და ე.წ. გამყოფს. კათოდი ჩვეულებრივ, მზადდება ლითიუმის ოქსიდისგან, ანოდი დამზადებულია გრაფიტის ან სილიკონისგან.

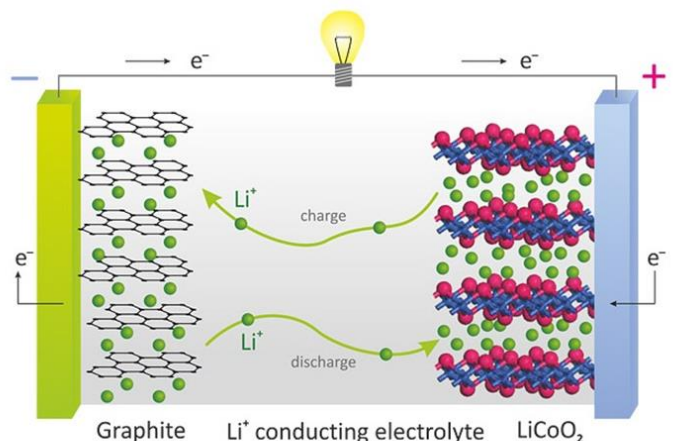


ნახ.15. ლითიუმ-იონური ბატარეა.

ელექტროლიტად კი შეიძლება გამოიყენებულ იქნას სხვადასხვა ნივთიერებები, როგორიცაა ლითიუმის მარილები ორგანულ გამხსნელებში ან პოლიმერულ

მასალებში. გამყოფი არის თხელი მემბრანა, რომელიც ჰყოფს კათოდსა და ანოდს, ხელს უშლის მოკლე ჩართვას და უზრუნველყოფს ბატარეის უსაფრთხოებასა და საიმედოობას.

ლითიუმ-იონური ბატარეების მუშაობის პრინციპი(ნახ.16) ემყარება ლითიუმის ატომის მოძრაობას ელექტროდებს შორის დამუხტვისა და განმუხტვის პროცესში.



ნახ.16. ლითიუმ-იონური აკუმულატორის მოქმედების პრინციპი.

ლითიუმ-იონური ბატარეის წარმოება მოითხოვს მნიშვნელოვან რესურსებს, როგორიცაა იშვიათი ლითონები (მაგ. ლითიუმი, კობალტი) და ენერგია. ამ მასალების მოპოვებამ და გადამამუშავებამ შეიძლება გამოიწვიოს გარემოსდაცვითი პრობლემები, მათ შორის წყლისა და ნიადაგის დაბინძურება და ადგილობრივი თემების დაზიანება.

რა უარყოფით მხარეებთან არის დაკავშირებული აკუმულატორების წარმოება-გამოყენება?

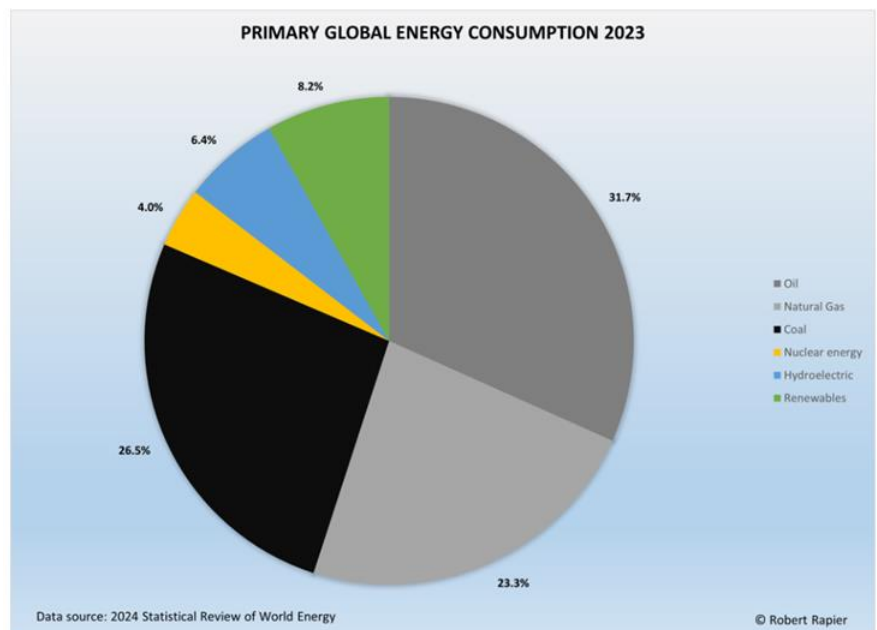
ბატარეის წარმოება მოითხოვს მნიშვნელოვან რესურსებს, როგორიცაა იშვიათი ლითონები (მაგ. ლითიუმი, კობალტი). ამ მასალების მოპოვებამ და გადამუშავებამ შეიძლება გამოიწვიოს გარემოსდაცვითი პრობლემები, მათ შორის წყლისა და ნიადაგის დაბინძურება. ბატარეის წარმოების პროცესში შეიძლება გამოიყოს ისეთი ტოქსიკური აირები, როგორიცაა წყალბადის სულფიდი და ამიაკი. ამ გამონაბოლქვმა შეიძლება უარყოფითი გავლენა მოახდინოს ჰაერის ხარისხზე, გარემოზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

ბატარეებს აქვთ შეზღუდული გამოყენების ხანგრძლივობა და ძველი ან დაზიანებული ბატარეები უნდა გადამუშავდეს. არასწორი უტილიზაციისას შეიძლება გამოიყოს ისეთი საშიში ნივთიერებები, როგორიცაა ტყვია, კადმიუმი ნიადაგსა და წყალში, რაც სერიოზულ საფრთხეს უქმნის გარემოს და ადამიანის ჯანმრთელობას.

არაგანახლებადი ენერგიის მოხმარების ტენდენციები თანამედროვე მსოფლიოში და ეკოლოგიური საფრთხეები

<https://www.forbes.com/sites/rpapier/2024/06/22/breaking-records-2024-statistical-review-of-world-energy-highlights/>

თანამედროვე კვლევები უჩვენებს, რომ მსოფლიო რეკორდულად მზარდი ენერგეტიკული მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად გარკვეულწილად ჯერ კიდევ დამოკიდებულია არაგანახლებად რესურსებზე, მიუხედავად იმისა, რომ მზის და ქარის ენერგიის გამოყენების ტემპები მსოფლიოში იზრდება, ეს დამოკიდებულება ეკოლოგიური საფრთხის შემცველია და არაგანახლებად რესურსებზე მომუშავე ენერგიის წარმოების საჭიროებას მნიშვნელოვნად ზრდის.



ნახ.17. არაგანახლებადი რესურსების მოხმარება მსოფლიოში. 2023 წელი.

კრიტერიუმი III - რატომ გვჭირდება განახლებადი ენერგია და რა უპირატესობები აქვს მას არაგანახლებად ენერგიასთან შედარებით?

- ✓ რამ გამოიწვია ენერგიის განახლებად წყაროებზე ფიქრი?
- ✓ რომელია ენერგიის განახლებადი წყარო?

- ✓ რა როლი აქვს ენერგიის განახლებად წყაროებს კლიმატის ცვლილების შემცირების საქმეში?
- ✓ როგორია განახლებადი ენერგიის წყაროების გეოგრაფია?

განახლებადი ენერგია

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემების მიხედვით, XXI საუკუნის ბოლოს მსოფლიო მოსახლეობის რაოდენობა 10-12 მილიარდს აღწევს. ბუნებრივია, მოსახლეობის რაოდენობის მატება ენერგიაზე მოთხოვნის ზრდას გამოიწვევს, რომლის დაკმაყოფილების წყაროც **განახლებადი ენერგია** უნდა იყოს.

დროთა განმავლობაში ადამიანმა ენერგიის არა მარტო ეფექტიანად გამოყენება ისწავლა, არამედ მისი განახლებადი წყაროებიც აითვისა. **განახლებადია ის ბუნებრივი რესურსი, რომელიც არ შემცირდება.** ენერგიის განახლებადი წყაროები ბუნებაში მუდმივად არსებული ან პერიოდულად შევსებადი ენერგიის ნაკადებს ეფუძნება. მაგ. მზე, ქარი და წყალი განახლებადი ენერგიის წყაროებია, რადგან ისინი ამოუწურავია.

ტრადიციული არაგანახლებადი ენერგორესურსების ჩანაცვლება სხვა საშუალებებით რამდენიმე მიზეზის გამოა აქტუალური:

- სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მარაგების ამოწურვა;
- წიაღისეული საწვავის მოხმარების შედეგად დიდი რაოდენობით ნარჩენების წარმოქმნა;
- კლიმატის ცვლილება.

ეკონომიკის ყველა სექტორს შორის ენერგეტიკა ლიდერია სათბურის აირების გაფრქვევაში მონაწილეობის თვალსაზრისით. გლობალური სათბურის აირების 65%-ს სწორედ ენერგეტიკა წარმოქმნის. ამიტომ **ენერგეტიკა და კლიმატის ცვლილება** - ეს ორი პროცესი-ერთმანეთთანაა გადაჯაჭვული: ენერგეტიკის განვითარება ზრდის სათბურის აირების ემისიებს, რაც იწვევს კლიმატის ცვლილებას, ხოლო კლიმატის ცვლილებით განპირობებული პროცესები ზრდის ენერგიის მოხმარებას და ამით გარკვეულ სირთულეებს უქმნის ენერგეტიკას, რადგან უფრო და უფრო მეტ რესურსს იყენებს.

ამგვარად, კლიმატის ცვლილებისა და ენერგეტიკის ურთიერთმიმართულება შეიძლება ორი ასპექტით განვიხილოთ:

- ენერგეტიკის მიერ კლიმატური სისტემისთვის შექმნილი პრობლემები;
- კლიმატის ცვლილების მიერ ენერგეტიკისათვის შექმნილი სირთულეები.

განხილული პრობლემების თავიდან აცილებისა და ენერგიაზე გაზრდილი მოთხოვნების დაკმაყოფილებისთვის მსოფლიოს ქვეყნების დღის წესრიგში სხვა, ალტერნატიული, განახლებადი რესურსების ძიებისა და გამოყენების საკითხი დადგა. მზის, ქარის, წყლის, ზღვის ტალღების, ბიომასის, გეოთერმული ენერგია ბუნებრივი ენერგიის წყაროებს წარმოადგენს; სანამ დედამიწა და მზე არსებობს, ისინი არ ამოიწურება და მუდმივად განახლდება. თითოეულ მათგანს ჭარბად მოიხმარდნენ წარსულში. თუმცა, ტექნიკური რევოლუციის პერიოდში, რომელიც ენერგეტიკის, როგორც მრეწველობის ერთ-ერთი

დარგის ჩამოყალიბების განმაპირობებელ ფაქტორს წარმოადგენდა, ძირითადად, წიაღისეულ ენერგეტიკულ რესურსებს იყენებდნენ. ამიტომაც მათ არატრადიციულს უწოდებენ. ამავე დროს, ტრადიციული, არაგანახლებადი წყაროებისგან განსხვავებით, ენერგიის განახლებადი ფორმები არ შემოიფარგლება გეოლოგიურად შექმნილი მარაგით და მათი გამოყენება არ გამოიწვევს რესურსების ამოწურვას.

მსოფლიოში ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში უფრო და უფრო ხშირად იყენებენ ენერგიის განახლებად, ანუ მწვანე წყაროებს, რომლებიც ნაკლებად ან საერთოდ არ აბინძურებს გარემოს და, რაც მთავარია, აგვარებს ენერგეტიკულ პრობლემას. არატრადიციული, კვლავწარმოებადი ენერგიის წყაროების გამოყენების მიზანშეწონილობას, ტრადიციულთან შედარებით, მათ მიერ წარმოებული ენერგიის ღირებულებაც განსაზღვრავს. ამ წყაროების გამოყენების დროს განსაკუთრებით მნიშვნელობა ენიჭება ენერგიის ლოკალური მოხმარების დაკმაყოფილებას და დასაქმებას.

ჩვენს პლანეტაზე ენერგიის შენახვასა და გადაცემაში მთავარ როლს წყალი ასრულებს, რაც მისი ფართო გავრცელებითა და მაღალი სითბოტევადობით, აგრეთვე, წყლის ცვლილების ციკლურობით გამოიხატება. დედამიწაზე წყლის ციკლისთვის საჭირო ენერგიას მზე უზრუნველყოფს. წყლის ანუ ჰიდროენერგორესურსები განახლებად ენერგორესურსებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია.

წყლის ენერგიის გამოყენება გამოყენება კაცობრიობამ უხსოვარი დროიდან დაიწყო. ადამიანი წყლის ბორბლების მეშვეობით მოიხმარდა ჰიდროენერგიას, ჯერ კიდევ 2000-2500 წლის წინ ძველი ბერძნები და რომაელები წყლის ენერგიას დოლაბების ასამოძრავებლად და მარცვლეული დასაფრქვავად იყენებდნენ. ინდუსტრიულ რევოლუციამდე წყალი იყო სხვადასხვა დანადგარის ამოძრავების უმთავრესი წყარო. დაახლოებით, 100 წლის წინ წყლის ენერგიის გამოყენებით, ელექტროენერგიის მიღება გახდა შესაძლებელი, რაც უდიდესი წინ გადადგმული ნაბიჯი იყო იმდროინდელ მსოფლიოში. მანუფაქტურული წარმოების ენერგეტიკულ ბაზას სწორედ წყლის ენერგია წარმოადგენდა. XIX ს-ის დასაწყისში ორთქლის მანქანებმა შეავიწროვეს წყლის ბორბალი, მაგრამ ელექტროენერგიის შორ მანძილზე გადაცემის შესაძლებლობის აღმოჩენის შემდეგ, ჰიდროტურბინების გამოგონების შედეგად, წყლის ძრავებმა კვლავ დაიბრუნა დაკარგული მნიშვნელობა.

წყლისგან ელექტროენერგია პირველად 1878 წელს ინგლისში, ნორსამბერლენდში , უილიამ არმსტრონგის მიერ შექმნილი ჰიდროელექტროსადგურის საშუალებით მიიღეს და ამას ხელოვნების მუზეუმში ერთი ნათურის გასანათებლად იყენებდნენ. 1881 წელს ნიაგარას ჩანჩქერზე აიგო ჰიდროელექტროსადგური, რამაც საფუძველი ჩაუყარა ჰიდროელექტროსადგურების მასობრივ მშენებლობას. 1889 წელს მარტო ამერიკის შეერთებულ შტატებში 200-მდე ჰიდროელექტროსადგური იყო, 1920 წლისათვის ქვეყნის მიერ მოხმარებული ელექტროენერგიის 40%-ს ჰიდროენერგიისგან იღებდნენ.

ჰიდროენერგიის გამოყენების მიხედვით, მსოფლიოში ჩინეთი, ბრაზილია, აშშ, კანადა და რუსეთი ლიდერობენ, ხოლო თანამედროვე უმსხვილესი ჰიდროელექტროსადგურებია:

- სამი ხეობა (ჩინეთი, მდინარე იანძი),
- იტაიპუ (ბრაზილია/პარაგვაი, მდინარე პარანა),
- სილოდუ (ჩინეთი, მდ. იანძი),
- გური (ვენესუელა, მდ. კარონი)

- ჩერჩილფოსი (კანადა, მდ. ჩერჩილი)

თანამედროვე მსოფლიოში სულ უფრო მეტ ყურადღებას აქცევენ განახლებადი ენერგიის ისეთი წყაროების ათვისებას, როგორებიცაა ზღვებისა და ოკეანეების ტალღებისა და მოქცევების ენერგია.

ბოლო პერიოდში ზღვების მოქცევების ძალის გამოყენებით ელექტროენერგიის ინტენსიურად აწარმოებენ. ექსპერტთა გამოთვლებით, მოქცევის ენერგია 3 მლრდ. კვტ-ს შეადგენს. ჰიდროელექტროსადგურებისგან განსხვავებით, რომელთა მუშაობაც მდინარის რეჟიმზეა დამოკიდებული, ის მუდმივია.

ზღვებისა და ოკეანეების ტალღების ენერგიის საშუალო სიმძლავრე 15 კვტ/მ-ს აღემატება. მომავალში ოკეანის ზედაპირის ინტენსიური ათვისების შედეგად ენერგიის დეფიციტი აღარ შეიქმნება.

მოქცევის ტალღების გამოყენებით ენერგიის წარმოების კარგი პოტენციალი აქვს საფრანგეთს, ინგლისს, კანადასა და რუსეთს. რადგანაც ენერგიის მიღების ეს საშუალება ჯერ კიდევ განვითარების საწყის ეტაპზეა, მსოფლიოში 2 კომერციული ელექტროსადგურია საფრანგეთსა და კანადაში. ასევე, ერთი ექსპერიმენტული ობიექტი მოქმედებს რუსეთში.

მზის ენერგია ყველაზე ამოუწურავი ენერგიის წყაროა დედამიწაზე, რომლის სიმძლავრე 1, 1023 კვტ-ს შეადგენს. დედამიწას მისი მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი - 1014 კვტ ხვდება.

მზის ენერგია ყველაზე გრანდიოზული და იაფია. ამასთან, ადამიანი მას ყველაზე ნაკლებად მოიხმარს. თუმცა, ბოლო დროს მზის ენერგიის გამოყენებისადმი ინტერესი მკვეთრად გაიზარდა, რადგანაც მისი შესაძლებლობები უსაზღვროდ დიდია.

მზის წლიური გამოსხივება 20 000-ჯერ აღემატება ენერგიის ამჟამინდელ გლობალურ მოხმარებას, მაგრამ პრაქტიკული მიზნებისათვის მისი მხოლოდ ძალიან მცირე ნაწილის გამოყენებაა შესაძლებელი.

მზის ენერგოდანადგარების საშუალებით შესაძლებელია მზის ენერგიის თბურ ან ელექტროენერგიად გარდაქმნა. შესაბამისად, ასხვავებენ მზის თერმულ დანადგარებსა და მზის ფოტოელემენტებს (მზის პანელებს). ამ დანადგარებიდან მიღებული თბური და ელექტროენერგიის გამოყენება შესაძლებელია როგორც საყოფაცხოვრებო, ისე ენერგეტიკული მიზნებისათვის.

მზის ენერგიის გამოყენების მიხედვით, მსოფლიოში ლიდერობენ გერმანია, იტალია, აშშ, ჩინეთი და იაპონია, ხოლო მზის (ჰელიო) სადგურების რაოდენობის მიხედვით - ესპანეთი, აშშ, ალჟირი, ეგვიპტე, მაროკო და ავსტრალია. მსოფლიოს 80-ზე მეტ ქვეყანაში უკვე მოქმედებს მზის ფოტოელექტროსადგურები.

XIX ს-ის მიწურულიდან ქარის ენერგიისგან ელექტროენერგიის წარმოება დაიწყო. თანამედროვე მსოფლიოში უამრავი ქარის ელექტროსადგური დგას, რომელთა სიმძლავრე უფრო და უფრო იზრდება.

ქარის ენერგია ყველაზე სწრაფად მზარდი წყაროა ბოლო 30 წლის განმავლობაში. დედამიწის ქარის ენერგია წელიწადში, დაახლოებით, 300 მლრდ კვტ-ს შეადგენს, თუმცა ათვისებისა და გამოყენებისათვის მხოლოდ 2%-ია ვარგისი. მეცნიერთა შეფასებით, ქარის ელექტროსადგურების წილი მსოფლიო ენერგეტიკაში 2025 წლისათვის 10%-ს მიაღწევს.

ქარის ენერგიის გამოყენებისას ყველაზე სერიოზულ სირთულეს ქმნის მისი არამდგრადობა, ანუ ელექტროენერგიის ჭარბი გამომუშავება ქარიანი ამინდის დროს და ნაკლებობა ქარის არარსებობისას. ასევე მნიშვნელოვანი პრობლემაა ის, რომ ქარის ენერგოსადგურს 5-ჯერ მეტი ფართობი სჭირდება, ვიდრე იმავე სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურებს, თუმცა ეს ფართობები, ამასთანავე, შესაძლებელია სოფლის მეურნეობაშიც გამოვიყენოთ.

ქარის ენერგიის მოხმარების მხრივ მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე წარმატებული ქვეყანაა დანია, ასევე ლიდერობენ: ჩინეთი, აშშ, გერმანია, ესპანეთი და ინდოეთი.

გეოთერმული წყლების გამოყენება დედამიწის წიაღიდან ამოფრქვეული ცხელი წყლის მოხმარებას გულისხმობს. ამჟამად მსოფლიოში ენერგიის 10%-ს გეოთერმული ენერგიისგან იღებენ. გეოთერმულ ენერგიას დღეისათვის მსოფლიოს 25-მდე ქვეყანაში იყენებენ. მათ შორისაა: ისლანდია, აშშ, ფილიპინები, ინდონეზია, მექსიკა, იტალია, ახალი ზელანდია, ჩინეთი, იაპონია, რუსეთი, ისრაელი და ა.შ. ამ მხრივ გამორჩეულია ისლანდია, სადაც რამდენიმე ათეული გეიზერია. თბური ენერგიის 87%-სა და ელექტროენერგიის 25%-ს ქვეყანა გეოთერმული წყაროებიდან იღებს.

დღეს გეოთერმული ენერგიის წარმოებაში ლიდერის პოზიციებს აშშ ინარჩუნებს. ინდონეზიამ ფილიპინებს გადაუსწრო და მეორე ადგილი დაიკავა.

ადამიანმა პირველად სწორედ ბიომასის ენერგიის გამოყენება დაიწყო. ბიომასა ბიოლოგიური წარმოშობის ორგანული მასალაა და ცხოველურ დან მცენარეულ ნივთიერებებს ან მათი გადამუშავების შედეგად მიღებულ ნარჩენებს წარმოადგენს.

ბიომასის ენერგიას ბიოლოგიური ორგანიზმებისგან, მცენარეებისა და ცხოველებისგან ვიღებთ. მაგალითად, უჟანგბადო გარემოში ორგანული ნივთიერებების დაშლით წარმოიქმნება ბიოგაზი, რომლის საწვავად გამოყენებაც თავისუფლად შესაძლებელია. ბუნებაში ეს აირები აქტიურად გამოიყოფა დაჭაობებულ ადგილებში.

ბიომასა უკვე უზრუნველყოფს მსოფლიოს პირველადი ენერგიის მოხმარების 14%-ს. ბიომასის ენერგიის მოხმარება განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული განვითარებად ქვეყნებში. ბიომასის ენერგიის გამოყენების მიხედვით, მსოფლიოში აშშ, ბრაზილია, ჩინეთი, გერმანია, დანია, შვედეთი და სხვა ქვეყნები ლიდერობენ. მაგ. აშშ-ის ენერგომოხმარების 4%-ს სწორედ ბიომასა წარმოადგენს.

ბიოგაზის წარმოებისა და გამოყენების მხრივ დანიას უჭირავს წამყვანი ადგილი. ამ ქვეყნის მთლიან ენერგობალანსში ბიოგაზი 18%-ს შეადგენს. აღსანიშნავია ისიც, რომ დასავლეთ ევროპის მეფრინველეობის ფაბრიკების ნახევარზე მეტი სათბობად ბიოგაზს იყენებს. წამყვანი ავტომწარმოებლები, მაგ. „ვოლვო“ და „სკანია“, აწარმოებს ავტობუსებს, რომელთა ძრავებიც ბიოგაზის საწვავზე მუშაობს. ასეთ ავტობუსებს აქტიურად იყენებენ შვეიცარიის ქალაქებში.

IV კრიტერიუმი - რა როლი აქვს მწვანე ენერგეტიკას დედამიწისთვის?

- ✓ რა არის მწვანე ენერგეტიკა?
- ✓ რა უპირატესობები აქვს მწვანე ენერგეტიკას?
- ✓ რა ტენდენციებია მსოფლიოში მწვანე ენერგეტიკის დანერგვის კუთხით?

მწვანე, ანუ მდგრადი ენერგეტიკა, მწვანე ეკონომიკის შემადგენელი ნაწილია, რომელსაც თანამედროვე ენერგეტიკაში ახალ სიტყვად მიიჩნევენ. მწვანე ენერგეტიკა არსებული ენერგორესურსების დაზოგვას, განახლებადი ენერგიის წყაროების ათვისებას, ენერგოეფექტიანი ტექნოლოგიების დანერგვასა და ფართოდ გამოყენებას მოიცავს. ამდენად ისეთი ენერგეტიკული სისტემაა, რომელშიც გარემოზე უარყოფითად ზემოქმედების ინდექსი მინიმუმამდეა შემცირებული.

მწვანე ენერგეტიკა ენერგიას განახლებადი წყაროებიდან იღებს. ამ წყაროებს, მაგალითად, წყლისა და ქარის წისქვილებს, ადამიანები საუკუნეების განმავლობაში იყენებდნენ და მათი რაოდენობა ამა თუ იმ ქვეყნის წარმატებული ეკონომიკური და პოლიტიკური განვითარების ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენდა.

განახლებადი რესურსების, როგორც ენერგეტიკული წყაროების, გამოყენების მცდელობა XIX ს-იდან იწყება. 1973 წლის ნავთობის კრიზისმა განახლებადი ენერგიის განვითარება ხელახლა წახალისა, ხოლო XX-XXI საუკუნეების მიჯნაზე სხვადასხვა ელექტროსადგურზე მომხდარმა რამდენიმე ავარიამ მწვანე ენერგეტიკის მიმართ ინტერესი გაამძაფრა.

XXI ს-ში მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარება არაგანახლებადი რესურსების გამოყენებიდან თანდათან არატრადიციულ, განახლებად და, ფაქტობრივად, ულევ მწვანე ენერგეტიკაზე გადადის. დღეისათვის განახლებადი წყაროების სახეები და მათი მოხმარება იზრდება და მწვანე ენერგეტიკაც ინტენსიურად ვითარდება.

თანამედროვე პირობებში არსებული ტენდენციები ცხადყოფს, რომ მსოფლიოს არაერთი ქვეყანა აქტიურად ნერგავს მწვანე ეკონომიკას და განსაკუთრებით ყურადღებას აქცევს მწვანე ენერგეტიკას, როგორც XXI ს-ის ინიციატივასა და ბიზნესშესაძლებლობას.

მწვანე ენერგეტიკის უპირატესობები:

- ეკოლოგიურობა
- განახლება
- გეოგრაფიული ხელმისაწვდომობა
- ენერგო-დამოუკიდებლობა
- ახალი სამუშაო ადგილების შექმნა

დღეს მსოფლიოში მომხმარებული ენერგიის მხოლოდ 5% მიიღება ენერგიის განახლებადი წყაროებიდან. თუმცა, გარემოს დაბინძურების შემცირების, ენერგომიწოდების უსაფრთხოებისა და კლიმატის ცვლილების შერბილების მიზნით, ენერგიის განახლებადი წყაროების გამოყენებასა და მწვანე ენერგეტიკის დანერგვა-განვითარებას მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში თანადათანობით უფრო მეტად ანიჭებენ უპირატესობას.

თემა 3: ტექნოლოგიები და მედიცინა

სიჩუმის ექო

თემა 3 - ტექნოლოგიები და მედიცინა			
სიჩუმის ექო	გაკვეთილი 1	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს სმენის ორგანოს აგებულების თავისებურებას.
	გაკვეთილი 2	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს სმენის ანალიზატორის აგებულების თავისებურებას.
	გაკვეთილი 3	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს რხევით მოძრაობას. მათემატიკურ ქანქარასა და ზამზარაზე მიმაგრებული ტვირთის რხევას.
	გაკვეთილი 4	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს ტალღურ მოვლენებს. ვირტუალური ლაბორატორიის საშუალებით სტუდენტები გაეცნობიან მექანიკური ტალღების მახასიათებლებსა და მათი წარმოქმნის პრინციპებს.
	გაკვეთილი 5	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ხმაურის გავლენას ადამიანის სმენაზე.
	გაკვეთილი 6	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს სასმენი აპარატების დასამზადებლად გამოყენებული პოლიმერების შედგენილობას.
	გაკვეთილი 7	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს პოლიმერიზაციის რეაქციას, რომლის დროსაც მონომერებიდან მიიღება პოლიმერი.
	გაკვეთილი 8	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს პოლიმერების გამოყენებას ყოფა-ცხოვრებაში.
	გაკვეთილი 9	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს გრძელ და განივ ტალღებს, ბგერას, ბგერის გავრცელებას.
	გაკვეთილი 10	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს ბგერის მახასიათებლებს, ხმამაღლობას, ტონის სიმაღლეს.
	გაკვეთილი 11	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ტინიტუსის გამომწვევ მიზეზებს, სიმპტომებს და პრევენციის გზებს.
	გაკვეთილი 12	ფიზიკა	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს და აკეთებენ პრეზენტაციას.

სამიზნე ცნება: მატერია, მდგრადობა და ცვლილება

პროექტული დავალება

აშშ-ში, მინესოტას შტატში, ორფილდის ლაბორატორიაში მსოფლიოში ყველაზე ჩუმი ოთახი მდებარეობს. მას "უაკუსტიკო ოთახს" უწოდებენ, ის ხმების 99.9%-ს შთანთქავს.

უაკუსტიკო ოთახი გინესის რეკორდების წიგნში შევიდა, როგორც დედამიწის ზურგზე ყველაზე ჩუმი ადგილი. მისი ორმაგად იზოლირებული კედლები ფოლადისა და ბეტონისგან არის შექმნილი, მათ შიგნით კი სქელი შუშაა დატანილი. აქ ამოწმებენ საკუთარი პროდუქტის ხმოვანების სიმძლავრეს ისეთი კომპანიები, როგორიც არიან Harley-Davidson და Whirlpool.

ადამიანებს ჰგონიათ, რომ ეს ჩუმი ოთახისი განტვირთვისა და რელაქსაციისთვის საუკეთესო საშუალებაა. თუმცა, სინამდვილეში უაკუსტიკო ოთახში ადამიანი თითქმის ვერ ძლებს.

კვლევა NASA-ს მეცნიერებმა ჩაატარეს და დაადგინეს, რომ ადამიანს, რომელიც ამ ოთახში ცოტა ხანს რჩება, ნელ-ნელა საკუთარი ორგანიზმის ხმა ესმის, ესმის საკუთარი გულისცემა და სისხლის მოძრაობა, ხშირ შემთხვევაში კი მას ჰალუცინაციები ეწყება და არარსებული ხმები ჩაესმის.

NASA საკუთარი კვლევით იმის დადგენას ცდილობდა, რა რეაქცია ექნება ადამიანს კოსმიურ სიჩუმეში, რომლის იმიტირებასაც სწორედ უაკუსტიკო ოთახი ახდენს. უაკუსტიკო ოთახში ადამიანს გაჩერება მხოლოდ 45 წუთით შეუძლია.

ბგერა ადამიანისთვის და ცხოველისთვის ერთ - ერთი უმნიშვნელოვანესი საკომუნიკაციო საშუალებაა. ჩვენ წარმოვქმნით და აღვიქვამთ ბგერით ტალღებს. მაგ., ღამურა სიბნელეში კარგად ორიენტირებს, გვერდს უვლის დაბრკოლებებს. მას გააჩნია ორგანო რომელიც გამოცემს და იჭერს ულტრაბერებს, ტექნოლოგიების განვითარებამ ადამიანს საშუალება მისცა ულტრაბგერა გამოეყენებინა სხვადასხვა მიზნებისთვის. ბგერის გავრცელებისათვის აუცილებელია გარემო, შესაბამისად იგი კოსმოსში (სადაც ვაკუუმი) არ ვრცელდება.

შექმენი პოსტერი, სადაც ასახავთ ბგერის წარმოქმნისა და გავრცელების მექანიზმს. აღწერ და იმსჯელებ მექანიკურ ტალღურ მოვლენებზე და ბგერითი ტალღების გამოყენების შესახებ ყოფა-ცხოვრებაში.

პოსტერის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- საზოგადოდ, როგორ გარემოში ვრცელდება ბგერა და გარემოს რომელი მახასიათებლები განსაზღვრავს იმ ტალღის ტიპს, რომელიც მოცემულ გარემოში ვრცელდება?
- როგორ არის დამოკიდებული ბგერის გავრცელების სიჩქარე გარემოს მახასიათებლებზე (სიმკვრივე და ტემპერატურა) და აგრეგატულ მდგომარეობაზე?
- რა კავშირია ტალღის წარმომქმნელი ობიექტისა და მოცემული ტალღის მახასიათებლებს შორის და რა ცვლილებები ხდება გარემოში ტალღის გავრცელებისას?
- როგორ შეესაბამება სმენის ორგანოს სტრუქტურა შესასრულებელ ფუნქციას?
- რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ ადამიანის სმენაზე?
- როგორ აუმჯობესებს გარეშე სიგნალებისა და ბგერების აღქმას სასმენი აპარატი და რა მასალისგან ამზადებენ მას?

კრიტერიუმი I, II - საზოგადოდ, როგორ გარემოში ვრცელდება ბგერა და გარემოს რომელი მახასიათებლები განსაზღვრავს იმ ტალღის ტიპს, რომელიც მოცემულ გარემოში ვრცელდება? როგორ არის დამოკიდებული ბგერის გავრცელების სიჩქარე გარემოს მახასიათებლებზე (სიმკვრივე და ტემპერატურა) და აგრეგატულ მდგომარეობაზე?

- ✓ როგორი სიხშირის ბგერები ესმის ადამიანს?
- ✓ რას ეწოდება ინფრაბგერა? ულტრაბგერა? როგორ იყენებენ ადამიანები ბგერებს და მათ თვისებებს?
- ✓ როგორ ფიქრობთ, რატომ არის სახიფათო მაღალ ხმაზე ჩართული მუსიკის მოსმენა ყურსასმენებით?
- ✓ მოიძიეთ ინფორმაცია ზეზგერითი სიჩქარით მოძრავ თვითმფრინავზე. რას ნიშნავს ზეზგერითი სიჩქარე? რა სიჩქარით ვრცელდება ბგერა ჰაერში (ჩვეულებრივ პირობებში)?
- ✓ რა პროცესები ხდება ადამიანის ორგანიზმში ბგერის წარმოქმნისას.
- ✓ როგორ ფიქრობთ, როგორ შეიძლება ადამიანის ხმოვან აპარატში რომელიმე კომპონენტის დაზიანებამ გავლენა მოახდინოს ბგერის ხარისხზე?

რა არის რხევა და როგორ ვრცელდება იგი?

პირველ რიგში განვმარტოთ, თუ რა არის მექანიკური რხევა.

რხევითი მოძრაობა არის მოძრაობა, რომლის დროსაც სხეული წონასწორობის მდებარეობის ხან ერთ - ხან მეორე მხარეს გადაიხრება და ეს მოძრაობა სრულდება პერიოდულად.

რხევითი მოძრაობის მაგალითებია ძაფზე ჩამოკიდებული ბურთულას რხევა (თუ ბურთულას ერთ - ერთ მხარეს გადავხრით ისე, რომ ძაფი დაჭიმული დარჩეს და ხელს გავუშვებთ, ბურთულა შეასრულებს რხევით მოძრაობას), ზამბარაზე მიმაგრებული ტვირთის რხევა, საქანელას რხევა და ა.შ.

რხევა შეიძლება გავრცელდეს გარკვეულ გარემოში (წყალში, ჰაერში, მყარ ნივთიერებაში, მაგალითად, მიწაში - ამის მაგალითია მიწისძვრის დროს სეისმური ტალღების გავრცელება). როდესაც რხევა ვრცელდება რაიმე გარემოში, ვამბობთ, რომ გვაქვს ტალღა.

განივი და გრძივი ტალღა

წინა ქვეთავში ჩვენ უკვე გავეცანით განივ ტალღას. ეს იყო მძივის რხევა. ახლა უფრო დეტალურად ვახსენოთ, თუ როგორ გარემოში შეიძლება გავრცელდეს განივი ტალღა.

როგორც უკვე ვახსენეთ, განივი ტალღის გავრცელების დროს ნაწილაკები ირხევიან ტალღის გავრცელების მართობულად. როდესაც, მაგალითად ტალღა ჰორიზონტალურად ვრცელდება (როგორც ეს იყო მძივის შემთხვევაში) ნაწილაკები ვერტიკალური მიმართულებით ირხეოდნენ. პირველი ნაწილაკის ვერტიკალური მიმართულებით მოძრაობამ გამოიწვია მეორე ნაწილაკის ვერტიკალური გადაადგილება. ეს გამოწვეულია ამ ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედებით. მძივის შემთხვევაში ბურთულებს შორის ურთიერთქმედებას მათი დამაკავშირებელი ძაფი უზრუნველყოფს, ხოლო, მაგალითად, რეალური თოკის შემთხვევაში თოკის ნაწილების (მოლეკულების) ურთიერთქმედებას მათ შორის არსებული მიზიდვის ძალები განაპირობებს.

იგივე შეუძლებელია მომხდარიყო სითხეში ან აირში. მაგალითად, თუ თქვენ სითხის სიღრმეში წყლის რაიმე ნაწილს ვერტიკალურად ამოძრავებთ, ეს ვერ გამოიწვევს სითხის მეზობელი ნაწილის ვერტიკალურად ამოძრავებას (იგივე ითქმის აირზეც).

ამრიგად, განივი ტალღა შეიძლება გავრცელდეს მხოლოდ მყარ გარემოში.

ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ გვაქვს გრძელი ზამბარა, მოთავსებული გლუვ ჰორიზონტალურ მაგიდაზე. ზამბარას ერთ ბოლოს ზამბარის გასწვრივ ვუბიძგოთ (მივარტყათ ხელი). დავინახავთ, რომ ზამბარის პირველი ხვია მეორეს მიუახლოვდება. მათ შორის აღიძვრება დრეკადობის ძალა, რომელიც ცდილობს ეს ხვები ერთმანეთს დააშოროს. ამის გამო პირველი ხვია გაჩერდება და უკან (რომელი მხრიდანაც ხელი მივარტყით) დაიწყებს მოძრაობას, ხოლო მეორე ხვია გააგრძელებს ზამბარის მიმართულებით გადაადგილებას, იგი მიუახლოვდება მესამე ხვიას, შემდეგ მესამე ხვია მიუახლოვდება მეოთხეს და ასე გავრცელდება რხევა ზამბარაში.

როგორც უკვე ვთქვით, რხევის გავრცელებას სივრცეში ტალღა ეწოდება. ამრიგად, ამ შემთხვევაშიც საქმე გვაქვს ტალღასთან.

როგორი ტალღა გავრცელდა ზამბარაში? განივი თუ გრძივი?

ვინაიდან ზამბარის ხეები ირხევიან იმავე მიმართულებით, რა მიმართულებითაც ვრცელდება ზამბარაში ტალღა (ზამბარის გასწვრივ), ამგვარ ტალღას ვუწოდოთ გრძივი.

გრძივი ტალღა შეიძლება გავრცელდეს მყარ გარემოშიც, სითხეშიც და აირშიც - მაგალითად, თუ თქვენ ოთახში ტაშს დაუკრავთ, ამით ჰაერის მოლეკულების გარკვეულ ნაწილს ხელებს შორის სივრციდან გამოდევნით, ხელების გარშემო ეს შეკუმშავს აირის ფენებს (მოიმატებს ხელების გარშემო მოკელულებების კონცენტრაცია), მათ შორის ურთიერთქმედების გამო მოლეკულები ეცდებიან კვლავ დაშორდნენ ერთმანეთს, შესაბამისად, განდევნიან ისინი ერთმანეთს და ამჯერად შეიკუმშება "მეორე ფენა", შემდეგ მესამე, მეოთხე და ასე გავრცელდება ტალღა ჰაერში. ამ დროს ვამბობთ, რომ გავრცელდა ბგერა!

ბგერა - ბგერის თავისებურებები

ბგერა არის გარემოს ნაწილაკების რხევითი მოძრაობა, რომელიც ვრცელდება გრძივი მექანიკური ტალღების სახით და რომელთაც ადამიანის სმენა აღიქვამს. ბგერა ვრცელდება ნებისმიერ ნივთიერ გარემოში, მისი აგრეგატული მდგომარეობის მიუხედავად. ბგერა ვერ ვრცელდება ვაკუუმში, რადგან სიცარიელეში არ არის ნაწილაკები, რომლებიც რხევით მოძრაობას შეასრულებენ. ადამიანებსა და სხვა ცოცხალ არსებებს გვაქვს უნარი, სხვადასხვა ბგერა ერთმანეთისგან გავარჩიოთ ანუ სხვადასხვა სიხშირის ბგერები განვასხვაოთ. ადამიანის ყური აღიქვამს ბგერებს 16 ჰც-დან 20000 ჰც-მდე დიაპაზონში. 16 ჰც-ზე დაბალი სიხშირის ბგერას ინფრაბგერა ეწოდება, ხოლო 20000 ჰც-ზე მაღალს – ულტრაბგერა.

ადამიანის ყურს არ შეუძლია ინფრაბგერისა და ულტრაბგერის აღქმა, მაგრამ ადამიანს შეუძლია, ისინი სხვადასხვა დანიშნულებით გამოიყენოს. ინფრაბგერის მეშვეობით შესაძლებელია მიწისძვრების მონიტორინგი, ასევე დედამიწის შიდა ფენებში ნავთობის მარაგის ძიება. ულტრაბგერა გამოიყენება მედიცინაში, ადამიანის შინაგანი ორგანოების შესასწავლად. ორსულ ქალებს ხშირად უტარებენ ულტრაბგერით სკანირებას, რისი მეშვეობით ეკრანზე ბავშვის მოძრაობისა და თვით მისი გულისცემის დანახვაც კი შეგვიძლია. სხვა ტიპის სკანერების ნაცვლად, ულტრაბგერითი სკანერი იმიტომ გამოიყენება, რომ ის ყველაზე უსაფრთხოა და ნაყოფს არანაირ ზიანს არ აყენებს. ულტრაბგერებს ზოგიერთი დაავადების მკურნალობისთვისაც იყენებენ. მაგალითად, ულტრაბგერის საშუალებით შესაძლებელია თირკმელში კენჭის დაშლა. ულტრაბგერის გამოყენებით შეგვიძლია ლითონის ნაკეთობებში წუნის აღმოჩენა.

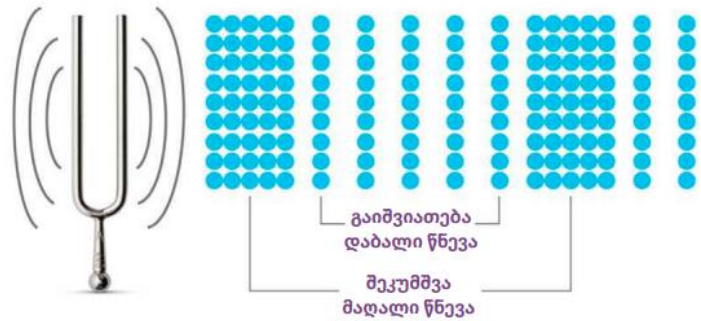
ბგერის წარმოქმნა ადამიანის ორგანიზმში

განვიხილოთ, თუ როგორ წარმოიქმნება ბგერა ადამიანის ორგანიზმში. ამოსუნთქვის დროს დიაფრაგმისა და ნეკნთაშორისი კუნთების მოდუნება იწვევს გულმკერდის ღრუს მოცულობის შემცირებას და მასში წნევის გაზრდას. შესაბამისად, ფილტვებიდან ჰაერი გამოიდევნება, რაც განაპირობებს ხორხში, ხმოვან აპარატზე ზეწოლას. ხორხში მდებარე ხმის იოგები დახურული ან ნახევრად დახურული მდგომარეობით არიან. ჰაერის ნაკადის ზეწოლა ხმის იოგებზე იწვევს მათ რხევას და ბგერის წარმოქმნას. ხმის იოგების დაჭიმულობა და ფორმა განსაზღვრავს ბგერის სიმაღლესა და ტონს. ბგერის სიმაღლე და ტონი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული სახმო იოგების ფორმაზე, სისქეზე, დაჭიმულობასა და სიგრძეზე. აღნიშნული გავლენას ახდენს ბგერის ტალღის წარმოქმნაზე. გრძელი და უფრო ნაკლებად დაჭიმული იოგები წარმოქმნის

დაბალი ტონის (დაბალი სიხშირის) ბგერას. მოკლე და უფრო დაჭიმული იოგები წარმოქმნის მაღალი ტონის (მაღალი სიხშირის) ბგერას. ტონი (ტემბრი არის ბგერის ხასიათი, რომელიც განასხვავებს სხვადასხვა ბგერას ერთი და იგივე სიმაღლის მიუხედავად. სახმო იოგების ფორმა, სიგრძე, მათი ვიბრაციის ხასიათი, სახმო ღრუების ფორმა და ბგერის ფორმირების გზების კონფიგურაცია განსაზღვრავს ტემბრს. ამიტომ, სახმო იოგების სტრუქტურის ცვლილებებმა შეიძლება გავლენა მოახდინოს როგორც ბგერის სიმაღლეზე, ასევე ტემბრზე. ხორხში წარმოქმნილი ბგერა ფორმირდება სხვადასხვა ორგანოს საშუალებით, როგორცაა ენა, კბილები, ტუჩები და ცხვირის ღრუ და წარმოიქმნება სხვადასხვა ბგერები და სიტყვები.

ბგერის გავრცელება - ბგერის მახასიათებლები

ბგერის გავრცელება თვალსაჩინოდ წარმოდგენილია ქვემოთ მოყვანილ სურათზე. კამერტონიდან წამოსული რხევა გადაეცემა ჰაერს და იწვევს ჰაერის ფენების შეკუმშვა-გაფართოებას. სწორედ ამ შეკუმშვა-გაფართოების გავრცელება გარემოში წარმოადგენს ბგერას



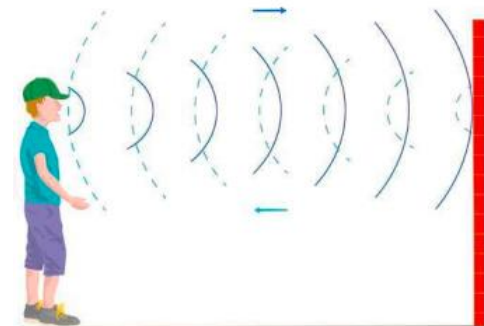
ერთ გარემოში გავრცელებული ბგერა

შეიძლება გადავიდეს სხვა გარემოში, მაგალითად, ჰაერიდან წყალში ან მყარ გარემოში. გარემოს ცვლილებისას იცვლება ბგერითი ტალღის გავრცელების სიჩქარე, რადგან იგი დამოკიდებულია გარემოზე. მაგალითად, ბგერა წყალში უფრო სწრაფად ვრცელდება, ვიდრე ჰაერში, ხოლო რკინაში – უფრო სწრაფად, ვიდრე წყალში. სიჩქარის ცვლილების მიზეზია ტალღის სიგრძის შეცვლა და არა სიხშირის. ტალღის სიხშირე ტალღის ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლისას უცვლელი რჩება.

ბგერის გავრცელება - ბგერის მახასიათებლები

ბგერა ხასიათდება როგორც ბგერის ხმამაღლობით, ასევე ბგერის ტონის სიმაღლით. მაღალი ბგერა და ხმამაღალი ბგერა შინაარსობრივად განსხვავდებიან ერთმანეთისგან. ბგერის ხმამაღლობას განსაზღვრავს ბგერის ამპლიტუდა, რაც მეტია რხევის ამპლიტუდა, მით უფრო ხმამაღალია ბგერა; ხოლო ბგერის ტონის სიმაღლეს განსაზღვრავს ბგერის რხევის სიხშირე; რაც უფრო მაღალი სიხშირის რხევაა, მით უფრო მაღალია ბგერის ტონალობა.

ზოგიერთ მასალას ან ზედაპირს ახასიათებს ბგერითი ტალღების ცუდი არეკვლა ან,



სხვაგვარად, ბგერების კარგად შთანთქმა. ასეთ მასალებს იყენებენ, მაგალითად, ხმის ჩამწერ სტუდიებში. ვიცით, რომ ბგერითი ტალღა შეიძლება აირეკლოს რაიმე ზედაპირიდან ან შთაინთქას მის მიერ. თუ ბგერა შეეჯახება ისეთ გარემოს, საიდანაც კარგად აირეკლება, გარკვეული დროის მერე ჩვენ ამ ბგერას ისევ გავიგონებთ. ამ მოვლენას ეწოდება ექო. სურათზე ნაჩვენებია, თუ როგორ ხდება ექოს მიღება.

რადიოგადაცემების წამყვან სტუდიებში, აგრეთვე საკონცერტო დარბაზებში. ბგერით ტალღებს ასევე ახასიათებთ დიფრაქცია და ინტერფერენცია.

დოპლერის ეფექტი

შეიძლება შეგიძნელიყო, რომ ბგერითი წყაროს მოძრაობისას იცვლება ბგერის ჟღერადობა. ამის მიხედვით ზოგჯერ შესაძლებელია გავარჩიოთ, ბგერის წყარო გვიახლოვდება თუ გვშორდება. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ წყაროს ამოძრავებისას იცვლება ბგერის სიხშირე. როდესაც ბგერის წყარო გვიახლოვდება, ბგერის გავრცელების სიჩქარეს ემატება წყაროს მოძრაობის სიჩქარე და ბგერითი ტალღები უფრო მაღალი

დოპლერის ეფექტი



ბგერის უძრავი წყარო



წყარო უახლოვდება დამკვირვებელს



წყარო შორდება დამკვირვებელს



სიხშირით აღწევნ ჩვენს ყურამდე, ვიდრე უძრავი წყაროდან მომავალი ბგერა. დაშორების შემთხვევაში კი პირიქით, წყაროს სიჩქარე აკლდება ბგერის სიჩქარეს და უფრო დაბალი სიხშირით მოდის ბგერითი ტალღები. ამიტომ მიახლოებისა და დაშორების შემთხვევაში გვემის სხვადასხვა ტონალობის ბგერა. ეს მოვლენა თეორიულად დაასაბუთა ავსტრიელმა მეცნიერმა ჰანს ქრისტიან დოპლერმა, და მის პატივსაცემად ეწოდა დოპლერის ეფექტი. (იხ. სურათი)

III კრიტერიუმი - რა კავშირია ტალღის წარმომქმნელი ობიექტისა და მოცემული ტალღის მახასიათებლებს შორის და რა ცვლილებები ხდება გარემოში ტალღის გავრცელებისას?

- ✓ მექანიკური ტალღის რომელ მახასიათებელ სიდიდეებს იცნობთ?
- ✓ არის თუ არა დამოკიდებული ტალღის მახასიათებელი სიდიდეები ამ ტალღის გამომწვევი წყაროს რხევის მახასიათებლებზე? მაგალითად, თუ ტალღის გამომწვევი წყარო სწრაფად ირჩევა, როგორი იქნება გავრცელებული ტალღის სიხშირე?
- ✓ როგორ ფიქრობთ, იცვლება თუ არა ტალღა (ან მისი რომელიმე მახასიათებელი) მისი ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლისას?
- ✓ ერთი და იგივე ტალღა ჰაერში უფრო შორ მანძილზე გავრცელდება თუ მყარ გარემოში? რომელ გარემოში უფრო მეტად სწრაფად ხდება შთანთქმა?

მექანიკური ტალღების წარმომქმნელი ობიექტი და ტალღის მახასიათებლები

მექანიკური ტალღა წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც რაიმე ობიექტი ენერგიას გადასცემს გარემოს და იწვევს მის ნაწილაკების რხევას. ამ ტალღის მახასიათებლები უშუალოდ დამოკიდებულია წარმომქმნელ ობიექტზე (რხევის წარმომქმნელ ობიექტს ხშირად ოსცილატორს ვეძახით):

- სიხშირე (Hz) – დამოკიდებულია რხევის წყაროს მოძრაობის სიჩქარეზე. მაგალითად, ბგერის წყაროს ვიბრაციის სიხშირე განსაზღვრავს ბგერის სიხშირეს, შესაბამისად განსაზღვრავს მის ტონალობას. მაღალის სიხშირის ბგერებს მაღალი ტონალობის ბგერებს ვუწოდებთ. მაგალითად, კოლოს გაფრენის ხმა კოლოს ფრთების მაღალი სიხშირით რხევით არის გამოწვეული, ამიტომაც კოლოს ხმა მაღალი ტონალობისაა. შედარებით მოზრდილი ბუზი ფრთებს

უფრო ნაკლები სიხშირით არხევს, შესაბამისად ბუზის ფრენის დროს გამოცემული ბგერა შედარებით დაბალი ტონალობისაა.

- ამპლიტუდა – დამოკიდებულია წარმომქმნელი ობიექტის მიერ გადაცემულ ენერგიაზე. რაც უფრო მეტი ენერგია გადაეცემა მერხევი სხულისგან გარემოს, მით უფრო მაღალია ამპლიტუდა, რაც, მაგალითად, ბგერის ხმამაღლობაში აისახება.
- ტალღის სიგრძე (λ) – უკუპროპორციულია ტალღის სიხშირის. ტალღის გავრცელების სიხშირე კი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დამოკიდებულია ტალღის წყაროს (მერხევი სხეულის, რომელმაც გარემოში ტალღა წარმოქმნა) სიხშირეზე. ზოგადად ტალღის სიხშირე გვიჩვენებს, თუ რამდენ რხევას ასრულებენ ტალღის შემადგენელი ნაწილაკები ერთი რხევის პერიოდის განმავლობაში. რხევის პერიოდი არის დრო, რომლის განმავლობაშიც მერხევი სხეული ერთ სრულ რხევას ასრულებს. ტალღა ერთი პერიოდის განმავლობაში გადის მანძილს, რომელსაც ტალღის სიგრძე ეწოდება. ტალღის სიგრძე, მისი სიხშირე და ტალღის გავრცელების სიჩქარე ერთმანეთს უკავშირდება ფორმულით: $\lambda = v/f$, რომელშიც λ ტალღის სიგრძეს აღნიშნავს, v - ტალღის გავრცელების სიჩქარეს, ხოლო f - ტალღის სიხშირე.

შეასრულეთ დავალებები:

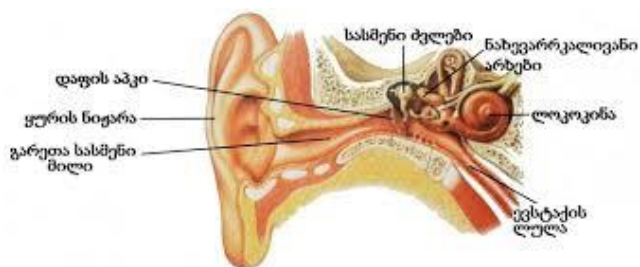
- ერთი და იმავე სიხშირის ტალღა ვრცელდება გარემოში. პირველი ტალღის სიგრძე ორჯერ მეტია მეორისაზე. რომელი ტალღის გავრცელების სიჩქარეა მეტი და რამდენჯერ?
- ჰაერიდან წყალში გადასვლისას (ზოგადად, ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლისას) არ იცვლება ტალღის სიხშირე. როგორ იცვლება ამ დროს ტალღის სიგრძე, თუ ტალღის გავრცელების სიჩქარე n ჯერ მცირდება?

IV კრიტერიუმი - როგორ შეესაბამება სმენის ორგანოს სტრუქტურა შესასრულებელ ფუნქციას?

- ✓ როგორია სმენის ანალიზატორის აგებულების თავისებურება?
- ✓ რა ფაქტორები განსაზღვრავს ბგერის სიმაღლესა და ტონს?
- ✓ როგორ ვრცელდება რხევა დაფის აკვიდან ლოკოკინამდე?
- ✓ რა ფუნქციას ასრულებს შუა ყურში მოთავსებული ძვლები?
- ✓ რა ფუნქცია აქვს ლოკოკინას სმენის პროცესში?

სმენის ორგანო

როდესაც ვუსმენთ ბგერებს, ვიბრაციები იკრიბება ყურის ნიჟარის მეშვეობით. გაივლის გარეთა სასმენ მილს და აღწევს დაფის აკვს. ეს ვიბრაციები შემდეგ გადაეცემა შუა



ყურის სამ პატარა ძვალს (ჩაქუჩი, გრდემლი, უზანგი). შუა ყურიდან კი ბგერა გაივლის ოვალურ სარკმელს და შეაღწევს შიგნითა ყურში. სითხით სავსე შიგნითა ყური, ლაბირინთი, საკმაოდ რთული სტრუქტურაა. ის ორი ძირითადი ნაწილისგან შედგება:

სმენის ორგანოსგან – კოხლესგან, რომელსაც ლოკოკინასაც უწოდებენ და წონასწორობის ორგანოსგან – ვესტიბულური სისტემისგან. კოხლეა და ვესტიბულური სისტემა ნერვების მერვე წყვილით – ვესტიბულოკოხლეარული ნერვებით – უკავშირდება თავის ქალას. კოხლეა ლოკოკინას ნიჟარასავით დახვეული სითხით სავსე ღრუ ორგანოა, რომელიც სპეციალური მემბრანებით სიგრძეზე სამ არხად არის გაყოფილი. ერთ-ერთი მემბრანის მთელ სიგრძეზე მოთავსებულია კორტის ორგანო, რომელიც ოცი ათასამდე წამწამოვანი უჯრედისგან შედგება. კოხლეს სხვადასხვა ნაწილის წამწამოვანი უჯრედები სხვადასხვა სიხშირეზე ვიბრირებენ. ისინი თან ირხევიან და ამავდროულად გარდაქმნიან ამ რხევას ნერვულ იმპულსებად. კოხლეარული ნერვით იმპულსები თავის ტვინს გადაეცემა, რომელიც მათ ბგერებად აღიქვამს. აკუსტიკური რეფლექსის დამცავი ეფექტის მიუხედავად, ძლიერმა ხმაურმა შესაძლოა დააზიანოს და გაანადგუროს წამწამოვანი უჯრედები. ისინი აღარ აღდგება, ამიტომ ძლიერი ხმაურის მუდმივი ზემოქმედება იწვევს წამწამოვანი უჯრედების პროგრესულ დაზიანებას, რასაც სმენის დაქვეითებამდე და ზოგჯერ ტინიტუსამდე მივყავართ.

V კრიტერიუმი - რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს გარემო პირობების ცვლილებამ ადამიანის სმენაზე?

- ✓ როგორია ტინიტუსის გამომწვევი მიზეზები, სიმპტომები და პრევენციის გზები
- ✓ რა მოხდება, თუ სმენის ანალიზატორის სამი კომპონენტიდან – ყური, სმენის ნერვი, სმენის ზონა- ერთი რომელიმე დაზიანდა? არგუმენტირებული მსჯელობით ახსენი შენი პასუხი.
- ✓ რამდენად საშიშია დაფის აკვის სხვადასხვა მხარეს არათანაბარი წნევა და რა როლი აქვს ევსტაქის ლულას?

ტინიტუსი – როცა სიჩუმესაც ხმა აქვს

ხმაურიანი ქალაქის ცენტრში ახალგაზრდა მუსიკალური პროდიუსერი გიორგი ცხოვრობდა. მისი სტუდია სავსე იყო უახლესი ტექნიკით, მაგრამ ყველაზე მნიშვნელოვანი მისთვის მაღალი ხარისხის ყურსასმენები იყო, რომლებიც თითქმის ყოველთვის ეკეთა – მუშაობისას, მგზავრობისას და ძილის დროსაც კი.

გიორგი საათობით უსმენდა მუსიკას ხმამაღლა, თუმცა ერთ დღეს ყურებში სუსტი ზუზუნის შენიშნა. თავდაპირველად, უგულვებელყო ეს სიმპტომი, მაგრამ დროთა განმავლობაში დისკომფორტი არ გაქრა – ის ხშირად ითხოვდა ნათქვამის გამეორებას. შემფოთებულმა ექიმს მიმართა.

დიაგნოზი: ხმაურით გამოწვეული სმენის დაქვეითება

აუდიოლოგმა, ნინო ექიმმა, აუდიომეტრიის ტესტის საფუძველზე დაადგინა, რომ გიორგის სმენა სერიოზულად დაზიანდა.

მიზეზი: ყურსასმენებით ხანგრძლივი და ხმამაღალი მოსმენა (85 დბ-ზე მაღალი ხმები ზიანს აყენებს შიდა ყურის უჯრედებს).

სიმპტომი: ტინიტუსი – ყურებში მუდმივი ზუზუნის.

გადაწყვეტილება: ექიმის რეკომენდაციით, გიორგიმ შეცვალა მოსმენის ჩვევები და დაიწყო სმენის დაცვის გზების მოძიება.

ინოვაციური გადაწყვეტა – სმენის დამცავი სტარტაპი

გიორგიმ შეიმუშავა ხმაურის შემამცირებელი ყურსასმენები, რომლებიც დაბალი ხმით მოსმენის საშუალებას იძლეოდა. გარდა ამისა, იგი გახდა სმენის დაცვის აქტიური მხარდამჭერი, რაც დაეხმარა მუსიკოსებს და მუსიკის მოყვარულებს სმენის ჯანმრთელობის მნიშვნელობის გააზრებაში.

დროთა განმავლობაში, გიორგიმ სწორი ჩვევები შეიმუშავა. მისი ტინიტუსი შემცირდა, სმენამ სტაბილიზაცია განიცადა.

ტინიტუსი არ არის დაავადება, არამედ სიმპტომია, რომელიც გამოწვეულია სმენის დაზიანებით, სტრესით, ინფექციებით ან სხვა ფაქტორებით. ის შეიძლება გამოვლინდეს ზუზუნის, სტვენის ან მონოტონური ხმის სახით.

VI კრიტერიუმი - როგორ აუმჯობესებს გარეშე სიგნალებისა და ზგერების აღქმას სასმენი აპარატი და რა მასალისგან ამზადდებიან მას?

- ✓ რა კავშირია მონომერის აღნაგობასა და პოლიმერის სტრუქტურას შორის?
- ✓ რა კავშირია პოლიმერიზაციის ხარისხსა და პოლიმერის საშუალო მოლეკულურ მასას შორის?

სასმენი აპარატები

დაავადებათა კონტროლისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ეროვნული ცენტრის 2021 წლის მონაცემებით, მსოფლიო მოსახლეობის 5%-ზე მეტს, (360 მილიონი ადამიანი) სმენის სრული დაკარგვით ან ნაწილობრივი დაზიანებით, შეზღუდული შესაძლებლობა აქვს. სმენის შეზღუდვის მქონე პირი საზოგადოებრივ ცხოვრებაში სრულფასოვანი მონაწილეობისთვის სმენის აპარატს საჭიროებს. ამ დროს ბუნებრივად ჩნდება კითხვები, როგორ და რა მასალისგან მზადდება სასმენი აპარატები.

სასმენი ჩანართები შესაძლოა დამზადდეს სხვადასხვა მასალისგან. დღესდღეობით არსებობს დაახლოებით 15 სახეობის მაგარი და რბილი მასალა (დაწყებული სტანდარტული გამჭვირვალე მასალისგან, დამთავრებული ფერადი მოდელორებადი პლასტმასებით), რომლებსაც აქვთ განსხვავებული დანიშნულებები. ამჟამად, ძირითადად გამოიყენება ანტიალერგიული მასალები, რომლებიც არ იწვევენ კანის გაღიზიანებას. მედიცინაში პოლიმერების გამოყენების არეალი საკმაოდ ფართოა, რომელიც დღითიდღე კიდევ უფრო იზრდება. მათ შორის უნდა აღინიშნოს:

- ქირურგიული ძაფები;
- იმპლანტანტები;
- კავსულირებული წამლები და ა.შ.

თანამედროვე სამედიცინო მასალები:



რა არის პოლიმერი?

პოლიმერი ეწოდება მაკრომოლეკულურ ნაერთს, რომელიც მიიღება დაბალმოლეკულური ნაერთების (მონომერების) პოლიმერიზაციის ან პოლიკონდენსაციის რეაქციით. მონო (Mono) - ნიშნავს ერთს, მეროს (μέρος) - ნიშნავს ნაწილს;

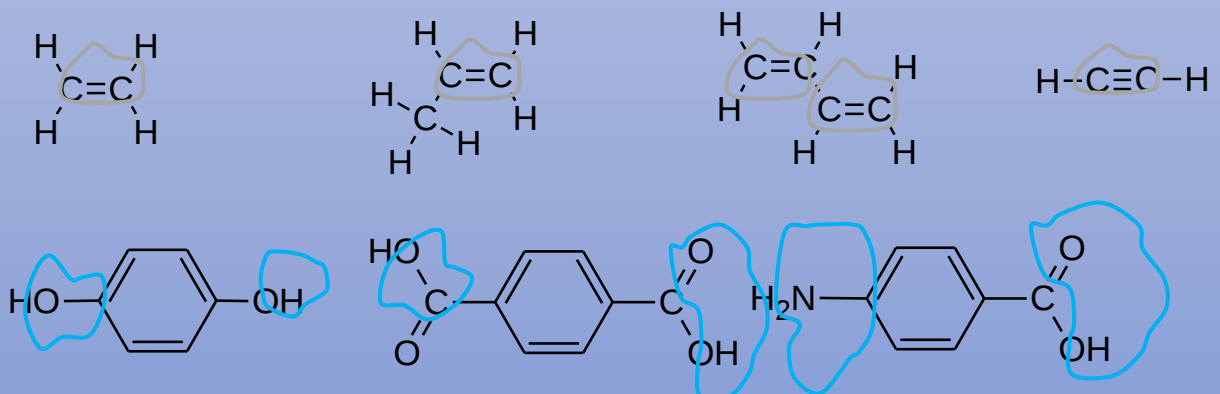
მონომერი არის დაბალმოლეკულური ნაერთი, რომელსაც შესწევს უნარი რეაქციაში შევიდეს საკუთარ თავთან ან მსგავს მოლეკულასთან.



ამდენად, მონომერი შეიძლება შევადაროთ ჯაჭვის ერთ რგოლს.

ნაერთი რომ იყოს მონომერი, იგი აუცილებლად უნდა მოიცავდეს: ჯერად (ორმაგ ან სამმაგ) ბმას, ორ ფუნქციურ ჯგუფს.

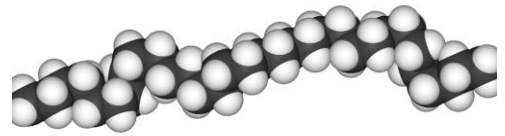
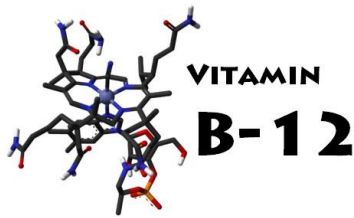
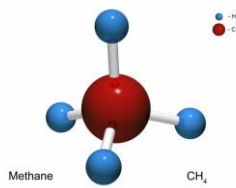
მონომერებია:



პოლიმერი არის მაღალმოლეკულური ნაერთი. პოლი (Poli) - ნიშნავს მრავალს, მეროს (μέρος) - ნიშნავს ნაწილს. ამდენად, პოლიმერი შეიძლება შევადაროთ ჯაჭვს, რომელის მიღებულია მონომერების ერთმანეთზე გადაბმით.



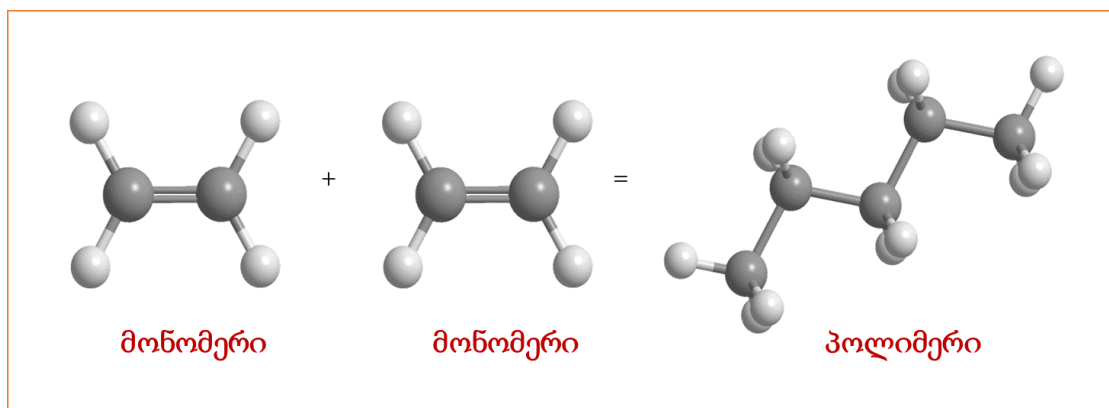
მაღალმოლეკულური ნაერთი ეწოდება ისეთ ნაერთებს, რომელთა მოლეკულური მასა არის 10000-ზე მეტი, მაშასადამე, მაღალმოლეკულური ნაერთი არის პოლიმერი.



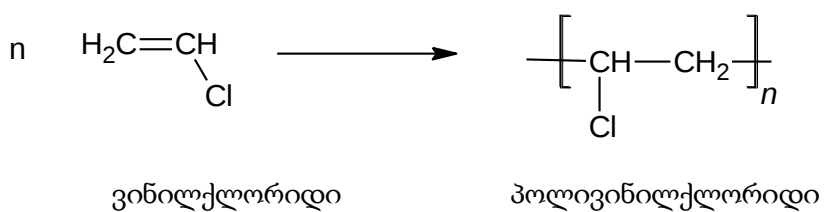
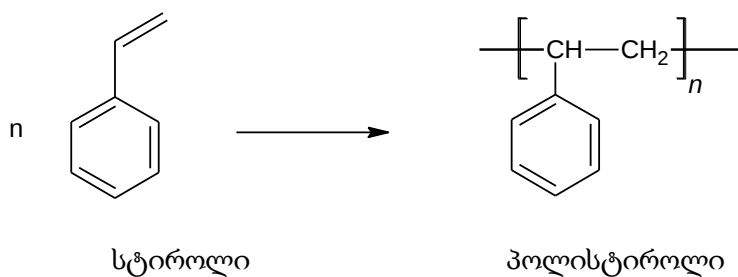
პოლიმერიზაცია არის რეაქცია, რომლის დროსაც პოლიმერი.

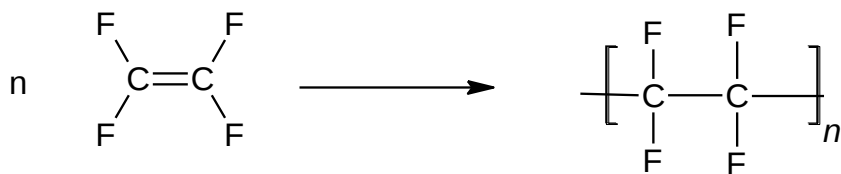
მონომერებიდან

მიიღება



პოლიმერიზაციის რეაქციის მაგალითები:

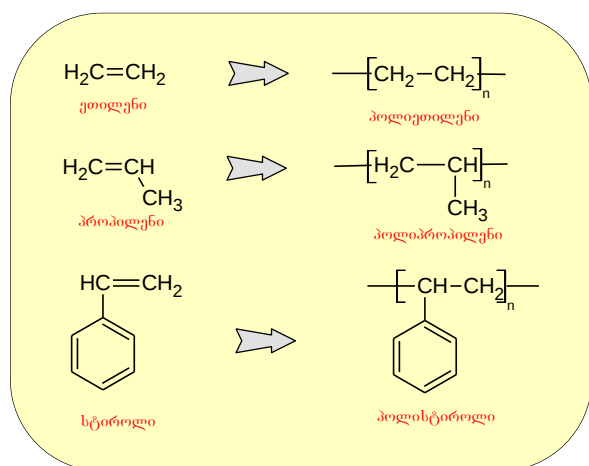




ტეტრაფტორეთილენი

ტეფლონი

პოლიმერების დასახელებისათვის მონომერის დასახელებას ვამატებთ წინსართს “პოლი”:



პოლემერები გამოიყენება:

- მშენებლობა
- მანქანათმშენებლობა
- კოსმონავტიკა
- მედიცინა
- კომპიუტერული ტექნოლოგიები
- კვების მრეწველობა
- სოფლის მეურნეობა
- სამხედრო ტექნიკა და მასალები

- საყოფაცხოვრებო მასალების ტექნოლოგია და ა.შ.

ყოველდღიური პლასტიკები

პლასტიკების წარმოადგენენ ნივთიერებებს – სახელად პოლიმერებს – გრძელ, ტაჭვისმაგვარ მოლეკულებს, რომლებიც ბევრი პასარა მოლეკულასგან წარმოიქმნა. ჩვენ ამ ნაერთებს ყოველდღიურად ვიყენებთ. ეს ინფოგრაფიკა მიმოიხილავს ყველაზე ხშირად შეხვედრით პოლიმერებს.

PE პოლიეთილენი <chem>[*]C(C)C[*]</chem> პოლიეთილენი ყველაზე დიდი რაოდენობით მასობრივი და ხელმძღვრეო პლასტიკია. იგი გამოიყენება საკვების შეფუთვაში, სახლის საწარმოებში, სატრანსპორტო საშუალებებში, სასაწყობო საშუალებებში და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.	PP პოლიპროპილენი <chem>[*]C(C)C[*]</chem> პოლიპროპილენი გამოიყენება მრავალ სახის დანამატის დაფარვის, სახლის საწარმოების, სატრანსპორტო საშუალებების, სასაწყობო საშუალებების და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.	PVC პოლივინილქლორიდი <chem>[*]C(Cl)C[*]</chem> PVC-ს ხსოვს და უმეტესად იყენებენ სახლის საწარმოების, სატრანსპორტო საშუალებების, სასაწყობო საშუალებების და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.	PET პოლიეთილენი ტერეფთალატი <chem>[*]C(=O)c1ccc(cc1)C(=O)O[*]</chem> PET-ს ხსოვს და უმეტესად იყენებენ სასაწყობო საშუალებების, სასაწყობო საშუალებების და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.
PS პოლისტიროლი <chem>[*]C(C1=CC=CC=C1)C[*]</chem> პოლისტიროლი გამოიყენება სასაწყობო საშუალებების, სასაწყობო საშუალებების და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.	PTFE პოლიტetraფთორეთილენი <chem>[*]C(F)(F)C(F)(F)C(F)(F)[*]</chem> PTFE-ს ხსოვს და უმეტესად იყენებენ სასაწყობო საშუალებების, სასაწყობო საშუალებების და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.	PA ნაილონი (პოლიამიდი) <chem>[*]C(=O)N(R)C(=O)N(R)C(=O)[*]</chem> ნაილონი პოლიამიდის ოჯახის აქ წარმოადგენს უმეტესად სასაწყობო საშუალებების, სასაწყობო საშუალებების და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.	PU პოლიურეთანი <chem>[*]C(=O)N(R)C(=O)N(R)C(=O)[*]</chem> პოლიურეთანი გამოიყენება სასაწყობო საშუალებების, სასაწყობო საშუალებების და სხვა. იგი წარმოადგენს უმეტეს შემთხვევაში უსუნო, უგემოვნო და უსაფრთხო მასალას.

© COMPOUND INTEREST 2015 - WWW.COMPOUNDINTEREST.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
CC Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence. Photo: CC-BY licence, Pump Aid: https://www.flickr.com/photos/worldwaterday/8534578744
Permission to translate the content was granted by Andy Brunning. Translated by © Lasha Khutishvili

პლასტიკებს ყოველდღიურ ცხოვრებაში მუდმივად ვაწყდებით. სიტყვა „პლასტიკი“ მოიცავს სხვადასხვა ქიმიური ნაერთის ვრცელ სპექტრს. ამ ინფოგრაფიკის საშუალებით, გავცნოთ მათ ქიმიურ სტრუქტურებსა და გამოყენებას.

თითოეული პლასტიკი ერთიანდება ნაერთთა ოჯახში სახელად „პოლიმერები“. პოლიმერები მოლეკულური ერთეულების - მონომერებისგან წარმოიქმნებიან. მონომერები სხვადასხვა სახის ნაერთები შეძლება იყოს, თუმცა კონკრეტული პოლიმერი როგორც წესი, ერთი ან ორი ტიპის მონომერებისგან წარმოიქმნება ხოლმე. პოლიმერების წარმოქმნა ხდება მონომერების ერთმანეთთან შეერთებით. ეს შეიძლება შევადაროთ ქაღალდის სამაგრებისგან აწყობილ ჯაჭვს: ქაღალდის თითოეული სამაგრი წარმოადგენს მონომერს, ხოლო აწყობილი ჯაჭვი - პოლიმერს.

სიცხადისთვის მოვიყვანოთ მარტივი მაგალითი. პოლიეთენი არის პილიმერი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება „საშოპინგე“ ნაერთების, პლასტიკის გადასაკვრელების და ზოგიერთი სათამაშოს დასამზადებლად. მისი წარმოქმნა ხდება ბევრი მცირე მონომერებისგან, რომლებიც ეთენის (ტრივიალურად: ეთილენი) მოლეკულას წარმოადგენენ. მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში ჟანგბადის, როგორც კატალიზატორის, თანაობისა ეთენში შემავალ ნახშირბადებს შორის არსებული ერთ-ერთი ბმა წყდება, რაც საშუალებას აძლევს მოლეკულას სხვა ეთენის მოლეკულებს დაუკავშირდეს. ქვემოთ მოცემულ დიაგრამაში n 20 000-საც შეიძლება უდრიდეს, რაც იმას ნიშნავს, რომ შესაძლებელია, პოლიმერი 20 000 ეთენის მოლეკულისგან წარმოიქმნას.

პირობების ცვლილებით შესაძლებელია ერთი და იმავე პოლიმერის სხვადასხვა ვერსიის, წარმოქმნა შესაძლებელი, რომლებსაც განსხვავებული თვისებები ექნებათ. მაგალითად, პოლიეთენის ძირითადად ორი სახე არსებობს: მაღალი სიმკვრივის პოლიეთენი (HDPE) და დაბალი სიმკვრივის პოლიეთენი (LDPE). როგორც აღვნიშნე, მონომერის ცვლილებაც ახალი პოლიმერის წარმოქმნის საშუალებას მოგვცემს, მაგალითად, თუ მონომერად პროპენს (ტრივიალური: პროპილენი) გამოვიყენებთ, ნაცვლად ეთენისა, მივიღებთ პოლიპროპენს.

ზოგიერთი პოლიმერი მხოლოდ აბრევიატურებით ან საბაზრო/სავაჭრო სახელითაა უფრო ცნობილი, ვიდრე სრული ქიმიური სახელებით. მაგალითად, არაქიმიკოსი ადამიანი ალბათ სახელს: პოლიტეტრაფთორეთენი, ვერ ამოიცნობს, თუმცა დიდი შანსია, რომ საბაზრო სახელი - ტეფლონი გაუგია. ანალოგიურად, პლასტმასი სახელად პოლიეთილენის ტერეფტალატი, რომელსაც ძირითადად იყენებენ წყლის ბოთლების დასამზადებლად, აბრევიატურა PET-ითაა ცნობილი. მას, აგრეთვე, იყენებენ ზოგიერთი ტანსაცმლის დასამზადებლადაც. ამ სფეროში აღნიშნულ პოლიმერს უბრალოდ „პოლიესტერის“ სახელით მოიხსენიებენ ხოლმე (აღსანიშნავია, რომ პოლიესტერები სინამდვილეში პოლიმერების ერთ-ერთი ოჯახია და არა კონკრეტული პოლიმერი).

მაშ, პლასტმასების შედგენილობა გავარკვეით... მაგრამ რა არის იმ მოლეკულის წარმომავლობა, რომლისგანაც ეს პოლიმერები მზადდება? პასუხია: ნედლი ნავთობი. მსოფლიოში არსებული ნავთობის 5% მიდის პლასტმასების წარმოებაში. ნედლ ნავთობში დაახლოებით 40 სხვადასხვა ძირითადი ნაერთია, რომლებიც სხვა ნივთიერებების, მათ შორის პოლიმერების, სინთეზში მონაწილეობენ.

შეიძლება გაგიგიათ სიტყვა პიკის ზეთი/ნავთობი. ესაა დრო, როდესაც ხდება გლობალური ნავთობის მოპოვების პიკი. იმ შემთხვევაში თუ ნავთობის რესურსი ამოიწურება, რა თქმა უნდა, პლასტმასის წარმოებასაც ვერ შევძლებთ. შესაბამისად, იმ ყოველდღიური ნივთების, რომლებიც ინფოგრაფიკაზეა მოცემული, ახალი პროდუქტით ჩანაცვლება მოგვიწევს.

კიდევ ერთი პრობლემა, რომელიც პლასტმასებს აქვთ, მათი დაგროვება და გადამუშავებაა. უმეტესი პლასტმასი არაა ბიოდეგრადირებადი, რაც იმას ნიშნავს, მხოლოდ მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით მათ დაშლას ათასობით წელი დასჭირდება. რასაკვირველია, ეს რიცხვი დაახლოებითი შეფასებაა, რამდენადაც პლასტმასს არც ისე დიდი ხანია იყენებს კაცობრიობა. მაშასადამე, მათი გადამუშავება პრობლემას წარმოადგენს, ხოლო ზოგიერთი მეთოდი, მაგალითად, პლასტმასების დაწვა, ზოგიერთ შემთხვევაში, წარმოქმნის ტოქსიკურ აირებს. სწორედ ამის გამოა, რომ პლასტმასების რეციკლირება აუცილებელია.

საბოლოოდ, აღსანიშნავია, რომ პოლიმერებს მხოლოდ ადამიანები არ ამზადებენ. დნმ ბუნებრივი პოლიმერია, ცელულოზასთან და ლიგნინთან ერთად...

იხ. როგორ მზადდება სმენის აპარატი: <https://fb.watch/ucrJ74JPoS/>

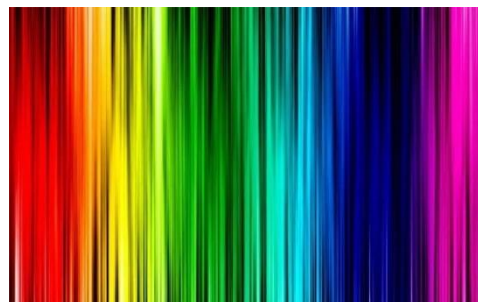
თვალი - ოპტიკური სისტემა

თემა 3 - ტექნოლოგიები და მედიცინა			
თვალი - ოპტიკური სისტემა	გაკვეთილი 1	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს მხედველობის ორგანოს აგებულების თავისებურებას
	გაკვეთილი 2	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს სინათლის წრფივი გავრცელების კანონებს. ჩრდილს, ნახევარჩრდილს. სინათლის არეკვლას ბრტყელი სარკიდან. გამოსახულებას ბრტყელ სარკეში
	გაკვეთილი 3	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს სინათლის გარდატეხის კანონებს. გარდატეხის კანონს.
	გაკვეთილი 4	ბიოლოგია	მასწავლებლის ფასილიტაციით მარტივი ექსპერიმენტების(თვალის ბროლი, როგორც ლინზა, ბრმა ხალის აღმოჩენა) ჩატარება.
	გაკვეთილი 5	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ვირტუალური ლაბორატორიის საშუალებით ბროლის ფუნქციას, ფერების აღქმას.
	გაკვეთილი 6	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს სინათლის სვლას თხელ ლინზაში; ლინზების სხვადასხვა სახეს.
	გაკვეთილი 7	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს გამოსახულების აგებას თხელ ლინზაში. ლინზას აკავშირებს თვალთან და შესაბამისად, თვალის ბადურაზე გამოსახულების მიღებასთან.
	გაკვეთილი 8	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს, ვირტუალური ლაბორატორიის საშუალებით, მხედველობის დარღვევებს - ახლომხედველობას და შორს მხედველობას.
	გაკვეთილი 9	ბიოლოგია	თვალის მოდელის შექმნა.
	გაკვეთილი 10	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს მხედველობის დარღვევების დროს სათვალის (სხვადასხვა ტიპის ლინზის როლს).
	გაკვეთილი 11	ბიოლოგია	თვალის მოდელის შექმნა.
	გაკვეთილი 12	ფიზიკა	სტუდენტების ნამუშევრების პრეზენტაცია

სამიზნე ცნება: მატერია, მდგარდობა და ცვლილება

პროექტული დავალება

თვალის მიერ ფერების აღქმა



ალბათ ცოტა თუ დაიჯერებს, მოცემული სურათის შესახებ თუ ვეტყვით, რომ სურათზე თეთრი ფერია წარმოდგენილი. თუმცა სინამდვილეში ეს ნამდვილად თეთრი ფერია! ასე გამოიყურება თეთრი ფერი ციფრულ ეკრანზე მიკროსკოპით თუ შევხედავთ. თუ დავაკვირდებით სურათზე სამი ფერის, წითელი, ლურჯი და მწვანე ფერის პატარა მართკუთხედებს დავინახავთ, მათი ერთობლიობა ქმნის პიქსელს. პიქსელი (Pixel) არის გამოსახულების ყველაზე პატარა ერთეული. ციფრულ გამოსახულებებში, პიქსელები არის მცირე წერტილები, რომლებიც იკრიბებიან და ქმნიან მთელ სურათს. თითოეული პიქსელი შეიძლება შეიცავდეს ფერის და სიკაშკაშის ინფორმაციას, რაც ეხმარება გამ

ოსახულების ფორმირებას და დეტალების გადმოცემას. გამოსახულების ხარისხი და ფერი დამოკიდებულია პიქსელების რაოდენობაზე და მათში სამი ფერის გადანაწილებაზე.

წარმოიდგინეთ, რომ ეწვიეთ თვალის ექიმს და შეიძლება დაგჭირდეთ სათვალე. ექიმის კაბინეტში ყოფნისას კედლებზე დაგხვდათ მხედველობის დარღვევების ამსახველი რამდენიმე პლაკატი. შექმენით ბროშურა, რომელიც აღწერს, თუ რა ტიპის ლინზები იქნება საჭირო სათვალეებში ახლომხედველობის (მიოპია) და შორსმხედველობის (ჰიპერმეტროპია) გამოსასწორებლად.

ბროშურის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინე:

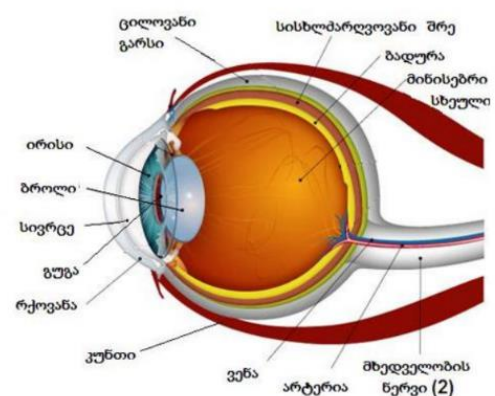
- როგორია თვალის აგებულების თავისებურება და როგორ შეესაბამება თვალის სტრუქტურები მის ფუნქციებს?
- როგორ უკავშირდება სინათლის არეკვლისა და გარდატეხის მოვლენა მხედველობის მექანიზმის მუშაობის პრინციპს?
- როგორია სათვალის, როგორც ოპტიკური ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი და როგორ შეიძლება გამოსწორდეს ახლო და შორსმხედველობა სათვალის საშუალებით?

კრიტერიუმი I – როგორია თვალის აგებულების თავისებურება და როგორ შეესაბამება თვალის სტრუქტურები მის ფუნქციებს?

- ✓ რა ნაწილებისგან შედგება თვალი? (ისაუბრეთ რა არის გუგა, რქოვანა, ფერადი გარსი-ირისი, ბროლი, სკლერა, ბადურა, მინისებური სხეული.)
- ✓ როგორ აღიქვამს თვალი სხვადასხვა სხეულის გამოსახულებას?
- ✓ როგორი გამოსახულება მიიღება ბადურაზე?
- ✓ როგორ უჩნდება ადამიანს მხედველობის შეგრძნება?

როგორ ხედავს ადამიანი სხეულს და რა ფუნქცია აქვს ამ დროს ტვინს?

გამოსახულების აღქმა მხოლოდ მაშინაა შესაძლებელი თუ არეკლილი სხივი თვალში მოხვდება. თვალები მოთავსებულია ქალას თვალბუდეებში და კუნთებით ემაგრება მას.



კუნთები თვალს ამოძრავებს ყველა მიმართულებით. თვალის კაკლის კედელი სამი შრისგან შედგება.

გარეთა-ცილოვანი გარსი, სკლერა, იცავს თვალს დაზიანებისგან. ის თეთრი, მკვრივი და დრეკადი გარსია, რომელიც ძირითადად ცილების-კოლეგენის და ელასტინისგან შედგება. ცილოვანი გარსი თვალის წინა ნაწილში გამჭვირვალეა და მას რქოვანა ეწოდება. რქოვანა ატარებს და გარდატეხს სინათლის სხივს, ის არ შეიცავს სისხლძარღვებს. უშუალოდ რქოვანას უკან სითხით სავსე წინა საკანია მოთავსებული.

შუა სისხლძარღვოვანი შრე კვებავს და ათბობს თვალს. თვალის წინა ნაწილში სისხლძარღვოვანი გარსი წარმოქმნის ფერად გარსს, მის ფერს განაპირობებს პიგმენტები, რომლებიც იცავენ თვალს მავნე სხივებისგან. ფერადი გარსის შუაში გუგის ხვრელია. გუგის დიამეტრი, ფერად გარსში არსებული ირგვლივი და განივი კუნთების საშუალებით, იცვლება განათების მიხედვით. გუგის შევიწროვება-გაფართოება რეფლექსურად ხდება, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ჭარბი სინათლისგან ფოტორეცეპტორების დაცვისთვის.

ფერადი გარსისი უკან მოთავსებულის ბროლი, მკვრივი, გამჭვირვალე, ორმხრივამოხსნეილი სტრუქტურა. ბროლი ისე გარდატეხს სხივს, რომ მისი ფოკუსირება ხდება ბადურაზე. თვალის კაკალი შიგნიდან ამოვსებულია გამჭვირვალე, ბლანტი სითხით, რომელსაც მინისებრი სხეული ეწოდება. ის გარდატეხს სხივს და ფორმას უნარჩუნებს თვალს.

თვალის შიგნითა შრე ანუ ბადურა შეიცავს სინათლისადმი მგრძნობიარე რეცეპტორებს-კოლბებსა და ჩხირებს. ბადურაზე არის უბანი, რომელსაც ყვითელ ხალს ეწოდებენ. ეს უბანი გუგის პირდაპირაა მოთავსებული და მხოლოდ კოლბებს შიცავს. ის უზრუნველყოფს მახვილ მხედველობას ძლიერი განათებისას. ბადურაზე, არის უბანი, რომელიც მხედველობის რეცეპტორებს არ შეიცავს, ამას ბრმა ხალი ეწოდება. ამ უბნიდან გამოდის მხედველობის ნერვი.

სინათლის სხივით გაღიზიანების შედეგად რეცეპტორებში წარმოიქმება აგზნება, რომელიც მხედველობის ნერვით თავის ტვინის ქერქის მხედველობის ზონაში მიემართება. აქ ხდება მიღებული ინფორმაციის გარჩევა და ანალიზი.

ჩხირები და კოლბები. ჩხირები მგრძნობიარე არიან სინათლის ინტენსივობის მიმართ, ჩხირების მეშვეობით კი ადამიანი გამოსახულებას დაბალი განათების ფონზეც არჩევს და აღიქვამს შავ-თეთრად. მას **ღამის მხედველობას** უწოდებენ ადამიანის თვალში დაახლოებით 6-7 მილიონი კოლბაა და 110-125 მილიონი ჩხირი. კოლბები დაყოფილია

მათი სპექტრული მგრძნობიარობის მიხედვით, ტალღის სიგრძეზე დაყრდნობით: მოკლე (S), საშუალო (M), და გრძელი (L). ეს სამი ტიპი კარგად არ შეესაბამება კონკრეტულ ფერს, რომელიც ჩვენ ვიცი. რეალურად ფერის აღქმა მიიღწევა რთული პროცესის შედეგად, რომელიც იწყება ფოტორეცეპტორების აგზნებით და სრულდება თავის ტვინის ქერქის მხდევლობის ზონაში.

ექსპერიმენტი N1 - “ თვალის გუგის რეაქცია სინათლეზე ”

ექსპერიმენტის არსი: დაკვირვება თვალის გუგის რეაქციაზე სინათლის ინტენსივობის ცვლილებისას.

საკვანძო სიტყვები: ადამიანის ფიზიოლოგია, თვალი, გუგა, მხედველობა, სინათლის შეგრძნება, ფერადი გარსი.

საჭირო მასალა: პატარა სარკე; ნათურა ან ნათელი ფანჯარა.

ყურადღება! უსაფრთხოება

ექსპერიმენტი უსაფრთხოა, დაუშვებელია ზედმეტად ძლიერი ნათურის გამოყენება.

განსაკუთრებული პირობები: საჭიროა სინათლე

ცდისპირი მოთავსებულია ბუნებრივად ნათელ, ან ნათურით განათებულ ოთახში. ერთი თვალი გახელილი აქვს, ხოლო მეორე – დახუჭული, ან მასზე ხელი აქვს აფარებული. თავისუფალ ხელში ცდისპირს პატარა სარკე უკავია და, დაახლოებით, 30 წამის განმავლობაში უყურებს გახელილი თვალის გუგას. შემდეგ ახელს მეორე თვალს და ახლა მისი გუგის ცვლილებას აკვირდება.

განმარტება

თუ განათების პირობები არ იცვლება, თვალში მოხვედრილი სინათლის რაოდენობა გუგის ფართობის პროპორციულია. განათების მომატებაზე ან დაკლებაზე გუგა შესაბამისად შევიწროვებით ან გაფართოვებით რეაგირებს.

ეს უაღრესად მნიშვნელოვანი რეფლექტორული მექანიზმი თვალის ბადურაზე (სინათლისადმი მგრძნობიარე თვალის ნაწილი) გუგიდან მოხვედრილი სინათლის რაოდენობის რეგულირებას ახორციელებს. ფაქტიურად გუგა არის ხვრელი, რომელიც გარემოცულია ფერადი გარსით, რომლის კუნთების შეკუმშვით ან მოდუნებით ხდება გუგის შევიწროება ან გაფართოება.



ადაპტაციის ამ რეფლექტორული მექანიზმის არსი გამარტივებულად შემდეგში მდგომარეობს: (1) გუგის დიამეტრის მექანიკური ცვლილება და (2) სინათლის ნაკადის რეგულირებით მხედველობის რეცეპტორებში (ჩხირები და კოლბები) არსებული ქიმიური შენაერთების, პიგმენტების ცვლილება (სინათლის მოქმედების შედეგად პიგმენტები იცვლება, ხოლო სიბნელეში აღდგება მათი საწყისი მდგომარეობა). თვალის ადაპტაციის აღწერილ მექანიზმს დამცავი ფუნქციაც გააჩნია - სინათლის ძლიერი ნაკადის ზემოქმედებისგან იცავს თვალს, ხოლო სინათლის უაღრესი სიჭარბის დროს დამატებით ირთვება თვალის დახუჭვის რეაქციაც. თვალის ბადურაში ორი ტიპის რეცეპტორია განთავსებული - ჩხირები და კოლბები. ჩხირების რაოდენობა ბევრად სჭარბობს კოლბებისას და მათი სინათლისადმი მგრძნობელობა უფრო მაღალია, მაგრამ ჩხირები ახორციელებს მხოლოდ შავ-თეთრ ხედვას. ამიტომ არის, რომ შებინდებისას ყველა ფერი “ქრება” - სინათლის ინტენსივობა ძალიან დაბალია და ადამიანის თვალი მოქმედებს მხოლოდ იმ სიგნალების მიხედვით, რომლებიც გადაიცემა სუპერმგრძნობიარე ჩხირების მიერ. ვინაიდან თვალის ფერადი გარსის კუნთების შეკუმშვა ან მოდუნება საკმარისად ნელა ხდება, თვალის გუგის დიამეტრის ცვლილების დაკვირვება შესაძლებელია სარკეში. ეს პროცესი არ ხორციელდება ფოტოაპარატის ნათურის გაელვების სისწრაფით და სწორედ ამიტომ არის, რომ ფოტოსურათებზე ხშირად ვიღებთ “წითელი თვალების ეფექტს”, რაც განპირობებულია თვალის ძირზე არსებული სისხლძარღვებიდან შუქის არეკვლით. თვალის გუგის შევიწროება არის ერთ-ერთი ძირითადი უპირობო რეფლექსი, ამიტომ, უგონოდ მყოფ ადამიანს სწორედ ამ რეფლექსს უმოწმებენ (ბევრ კინოფილმში გვინახავს, რომ გონებაწასულ ადამიანს თვალებში ჯიბის ფანარს ანათებენ. ეს ექსპერიმენტი კარგი შესავალია ადამიანის თვალის აგებულების და ფუნქციონირების ასახსნელად

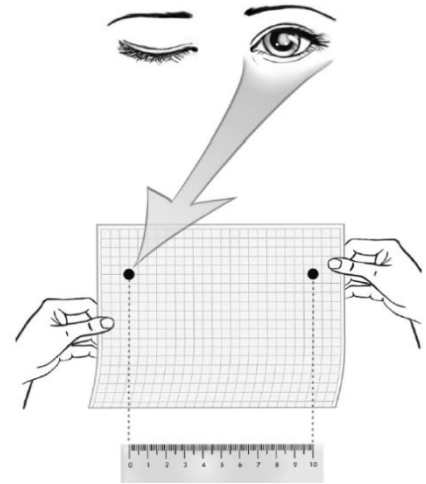
ექსპერიმენტი N2 - “როგორ ვიპოვოთ ბრმა ლაქა”

ექსპერიმენტის არსი: ექსპერიმენტი გვიჩვენებს იმ ადგილს თვალის ბადურაზე სადაც არ არის რეცეპტორები და ის “ბრმაა”. ეს ის ადგილია თვალში საიდანაც გამოდის

მხედველობის ნერვი საკვანძო სიტყვები შეგრძნება, თვალი, მხედველობა, ბრმა ლაქა, მხედველობის ნერვი, ბადურა, სინათლემგრძნობიარე რეცეპტორები.

საჭირო მასალა: უჯრედებიანი ქაღალდის ფურცელი; ფანქარი, სახაზავი.

უჯრედებიან ქაღალდზე ერთმანეთისგან 10 სმ დაცილებით (ჰორიზონტალურად) დასვით ორი წერტილი. აიფარეთ ხელი მარცხენა თვალზე, მარჯვენათი კი დააკვირდით მარცხენა წერტილს. (ცდა სათვალეების გარეშე ჩაატარეთ). ქაღალდი ნელნელა უკან გაწიეთ. გარკვეულ მანძილზე დაცილებისას თქვენ შეამჩნევთ, რომ მარჯვენა წერტილს ვეღარ ხედავთ.



გააკეთეთ იგივე მარჯვენა თვალისთვის. ქაღალდის რა მანძილზე დაცილებისას აღარ ხედავთ მეორე წერტილს? ეს იგივე მანძილია, რაც იყო მარცხენა თვალის შემთხვევაში? შეამოწმეთ როგორ წარიმართება ეს ცდა სათვალეებიანი ცდის პირის შემთხვევაში.

თვალის ის ნაწილი რომელიც იღებს გამოსახულებას (ბადურა) დაფარულია სინათლემგრძნობიარე რეცეპტორებით – ჩხირებით და კოლბებით. თითოეულ მათგანზე განთავსებულია ნერვული დაბოლოება, რომლის აქტივაციას იწვევს რეცეპტორის აგზნება. ყველა ჩხირიდან და კოლბიდან ნერვული “მავთულები” თავს იყრის ბადურის ერთ უბანში სადაც იქმნება ერთი მსხვილი ნერვული “მავთული” – მხედველობის ნერვი. ბადურიდან ამ ნერვის გამოსვლის ადგილი თავისუფალია სინათლემგრძნობიარე რეცეპტორებისგან – ამიტომ არის “ბრმა”. მაგრამ ადამიანი ვერ აღიქვამს ბრმა ლაქის არსებობას მანამ, სანამ არ გამოიყენებს აღწერილ მეთოდს, ეს იმიტომ არის შესაძლებელი, რომ ადამიანის თვალი მუდამ მოძრაობაშია (გარემოცვის გამუდმებული სკანირება ხდება), უმთავრესი კი ის არის, რომ თავის ტვინში წარმოქმნილი გამოსახულების დეფექტების კორექცია ხდება მეორე თვალიდან შემოსული სიგნალების მეშვეობით. მხედველობის ნერვის გამოსვლის უბანი ოდესღაც თვალის ყველაზე მგრძნობიარე წერტილად მიიჩნეოდა. პირველი მითითებები ბრმა ლაქის თაობაზე უკვე 1660 წელს გააკეთა ფრანგმა ფიზიკოსმა (და მღვდელმა) ედმე მარიოტმა.

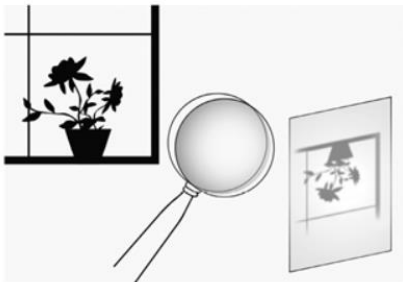
ექსპერიმენტი N3 - როგორ ხდება გამოსახულების ფოკუსირება ბადურაზე?

ექსპერიმენტის მიზანი: თვალის მოქმედების პრინციპების შესწავლა.

საჭირო მასალა: ლუპა, თეთრი თაბახის ფურცელი, ნათელი ფანჯარა ან ნათურა, დაკვირვების ობიექტი (მაგ: მცენარე ქოთანში).

რეკომენდაცია: ექსპერიმენტის ჩატარებაში მონაწილეობს ორი სტუდენტი. სასურველია, სტუდენტების დაწყვილება, რათა ყველა დამოუკიდებლად გახდეს ექსპერიმენტის მონაწილე.

ცდის მსვლელობა:



1. ჩააბნელეთ ოთახი და ერთი ფანჯარა ღია დატოვეთ.

2. ფანჯრიდან გარკვეულ მანძილზე მოათავსეთ ლუპა (ის შეიძლება სტუდენტს ეკავოს ხელში).

3. ლუპის უკან დადეთ თეთრი ქაღალდი. ლუ-

პა ისე დაიკავეთ, რომ დაკვირვების ობიექტის (მაგ: მცენარე ქოთანში) გამოსახულება ქაღალდზე ნათელი იყოს, ამ მიზნით ცვა-
ლეთ მანძილი ლუპასა და ქაღალდს შორის იმ მომენტამდე, სანამ ქა-
ღალდზე არ მიიღებთ მცენარის გამოსახულებას. ნუ გაგიკვირ-
დებათ, რომ გამოსახულება გადაბრუნებული იქნე ბა.

ცდის განმარტება: თვალში არის ბროლი (ლინზა), რომელიც ფუნქციონირებს როგორც ლუპა. სინათლის სხივები მინაში გავლისას გარდატყდება და ერთმანეთსაც გადაკვეთენ ლინზის უკან, იმ ადგილში, რომელსაც ჩვენ ლინზის ფოკუსს ვეძებთ. შემდეგ სხივები მიემართება ბადურასკენ (ჩვენს შემთხვევაში - ქაღალდი) და იქმნება გადაბრუნებული ე.წ. რეალური გამოსახულება. გამოსახულება იკითხება თვალის მგრძნობიარე რეცეპტორებით, რომელთა სიგნალები მხედველობის ნერვის მეშვეობით გადაიცემა თავის ტვინში. საყურადღებოა, რომ ადამიანი გამოსახულებას ხედავს ნორმალურ მდგომარეობაში (არა გადაბრუნებულს და ნატურალურ ზომებში), კორექციის პროცესი თავის ტვინში მიმდინარეობს, რომელიც ამუშავებს მიღებულ ინფორმაციას და აბრუნებს გამოსახულებას ნორმალურ მდგომარეობაში (ზომა და ორიენტაცია). გამოსახულების აღქმა რეალურად თავის ტვინში ხდება, ხოლო თვალი – მხოლოდ შესაბამისი ინსტრუმენტია.

კითხვები:

- თვალის აგებულების რომელი ნაწილის ფუნქციას ასრულებს ლუპა?

- თვალის აგებულების რა ნაწილს შეიძლება შეადარო თეთრი ქაღალდი, რომელზეც გამოსახულება აისახება?

ექსპერიმენტი N4 - “რისთვის არის საჭირო ორი თვალი”?

ექსპერიმენტის არსი: მანძილის სწორად განსაზღვრის უნარს ვაფასებთ იმის მიხედვით ერთი თვალით იყურება ადამიანი, თუ ორით.

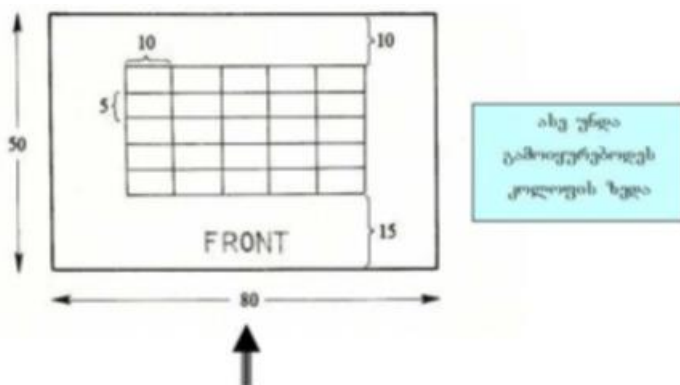
საკვანძო სიტყვები: შეგრძნება, თვალი, მხედველობა, მანძილი, სივრცითი მხედველობა

საჭირო მასალა:

- ქაღალდის უჯრედებიანი ფურცელი
- წებო
- ფერადთავიანი ქინძისთავები, ან ჩვეულებრივი ქინძისთავები და ფერადი
- პლასტილინი
- სახაზავი
- ფანქარი
- მკრატელი

განსაკუთრებული პირობები: საჭიროა ერთი წამყვანი და ერთი ცდის პირი

თანდართული სქემის მიხედვით ქაღალდისგან გააკეთეთ კოლოფი, და მის ზედა გვერდზე დახატეთ ურთიერთგადამკვეთი ხაზების ბადე. დაამაგრეთ ქინძისთავები განათავსეთ ხაზების გადაკვეთის წერტილებში ისე, რომ წინიდან შეხედვისას ისინი არ იყოს განთავსებული ერთ ხაზზე. შეეცადეთ ქინძისთავები განათავსოთ შემთხვევითობის

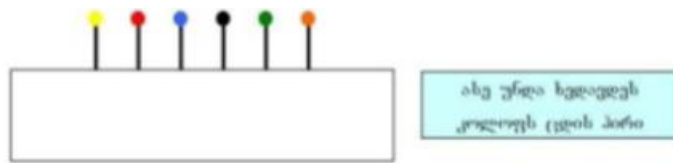


პრინციპით – ყოველგვარი ლოგიკური სქემის გარეშე. ცდის პირს კოლოფი არ აჩვენოთ, სთხოვეთ მას, რომ დახუჭოს ერთი თვალი და მხოლოდ ამის შემდეგ კოლოფი აჩვენეთ ისე, რომ მან ვერ დაინახოს გადაკვეთილი ხაზები.

კოლოფი ცდის პირისგან დაახლოებით 30 სმ დაშორებით დადეთ და სთხოვეთ, რომ ჩამოთვალოს სხვადასხვა ფერის ქინძისთავები რიგრიგობით – ყველაზე ახლო მდებარედან ყველაზე დაშორებულამდე. ჩაიწერეთ შედეგები.

აქედან იყურება ცდის პირი ახლა სთხოვეთ ცდის პირს გაახილოს მეორე თვალიც და კვლავ შეასრულოს იგივე ტესტი. ისევ ჩაიწერეთ შედეგები და ორივე შემთხვევაში გვერდით

მიუწერეთ სწორი პასუხები. ამის შემდეგ ორჯერ შეცვალეთ ქინძისთავების განლაგება და ორივე შემთხვევაში გაიმეორეთ ექსპერიმენტი. შემდეგ შეიცვალეთ როლები.



შეადარეთ, ქინძისთავების განთავსების რომელი წესის შემთხვევაში იყო რეალურთან ყველაზე მიახლოებული შედეგი. შედეგი - ცალი თვალით შეუძლებელია მანძილის ზუსტი განსაზღვრა.

განმარტება

როდესაც ცდის პირის ერთი თვალი დახუჭულია, მისთვის ერთადერთი ორიენტირი არის ქინძისთავების შედარებითი ზომა. ჩვენს ცდაში საქმე გვაქვს ისეთი ზომის და ფორმის საგნებთან და მათ შორის ისე მცირე მანძილებთან, რომ ეს კრიტერიუმი არ შეიძლება საიმედო იყოს და დამკვირვებელი ხშირად ცდება. როდესაც საგანს ორივე თვალთა ვაკვირდებით, ყველაზე მნიშვნელოვანი სიგნალი, რომელიც თვალებიდან თავის ტვინში მიდის არის თვალების ხედვის ღერძთაშორისი კუთხე, რაც უაღრესად კონკრეტული მაჩვენებელია. სიგნალი მიდის რეცეპტორებიდან, რომლებიც აღიქვამენ თვალის კაკლის მამოძრავებელი კუნთების დამაბულობის ცვლილებას. საგნების შედარებითი ზომა ამ შემთხვევაში მხოლოდ დამატებითი ინფორმაციაა, რომლის შედეგად თავის ტვინში იქმნება რეალობის მოცულობითი წარმოსახვა. მანძილის განსაზღვრის ამ მეთოდის მოქმედების რადიუსი დაახლოებით 10 მეტრს უდრის. უფრო მეტად დაშორებულ საგნებს თავის ტვინი განსაზღვრავს პერსპექტივის კანონების საფუძველზე (დაშორებული საგნები უფრო მცირე ზომისაა).

ალტერნატიული ვარიანტები

ქაღალდის კოლოფის ნაცვლად შეიძლება გამოვიყენოთ პენოპოლისტიროლი, გადაკვეთილი ხაზების დაწებებული ან დახატული ბადით. თუ ფერადთავიანი ქინძისთავები არ გაგვაჩნია, მაშინ შესაძლებელია ჩვეულებრივი ქინძისთავების გამოყენება და მათზე სხვადასხვა ფერის პლასტილინის ბურთულების წამოცმა. საინტერესოა აგრეთვე თუ რა გავლენას მოახდენს ცდის შედეგებზე ცდის პირსა და კოლოფს შორის მანძილის ცვლილება.

გასათვალისწინებელია, რომ

- აუცილებელია კარგი განათების უზრუნველყოფა. სინათლე გაფანტული უნდა იყოს (სასურველია ცდის ჩატარება დღისით).
- კოლოფი არ უნდა დავდოთ სინათლის წყაროს ქვეშ ან მის გვერდით).

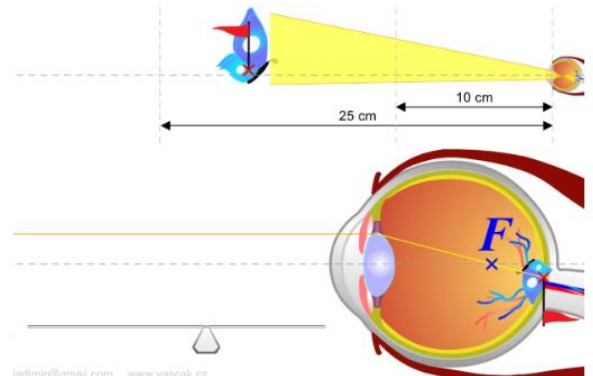
- არათანაბარი განათების შემთხვევაში თვალი დამატებით ინფორმაციას იღებს ჩრდილების სახით და ექსპერიმენტის სისუფთავე ირღვევა.
- ქინძისთავის თავუკების ზომა არ უნდა აღემატებოდეს 3 მმ-ს.

კითხვები:

- რას ეწოდება ბინოკულარული მხედველობა?
- რა უპირატესობა აქვს ბინოკულარულ მხედველობას?

ბროლის აკომოდაციის უნარი

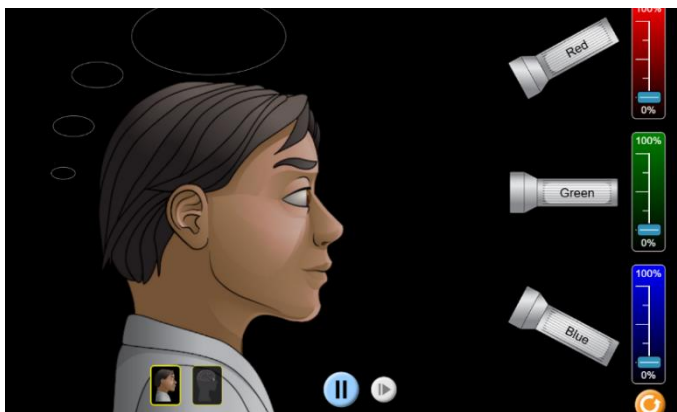
იმუშავე ვირტუალურ ლაბორატორიაში. დააკვირდი როგორ იცვლება ბროლის სიმრუდე ახლოს და შორს მყოფი საგნის აღქმისას და სად ფოკუსირდება გარდატეხილი სხივი:



https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_akomodace&l=en

- რა უზრუნველყოფს ბადურაზე მკაფიო გამოსახულების მიღებას სხეულის ნებისმიერი მდებარეობის დროს?
- რა ხდება როცა ძალიან შორს მყოფ სხეულებს ვუყურებთ?
- რა ხდება როცა ძალიან ახლოს მყოფ სხეულებს ვუყურებთ?
- აქვს თუ არა აკომოდაციის ზღვარი?
- რას ეწოდება ხედვის საუკეთესო მანძილი?
- წარმოიდგინეთ, რომ თვალს არ აქვს აკომოდაციის უნარი. რა მოხდება, თუ მას სხეულს დავაშორებთ ან მივუახლოვებთ?

ფერების აღქმა



ნებისმიერი ფერი წარმოქმნილია სამი ძირითადი ფერის კომბინაციით: წითელი (Red), მწვანე (Green) და ლურჯი (Blue), რასაც ხშირად RGB სისტემად მოიხსენიებენ.

გამოიყენე ვირტუალური ლაბორატორია და დააკვირდი როგორ ხდება ფერების აღქმა:

https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html

კრიტერიუმი II - როგორ უკავშირდება სინათლის არეკვლისა და გარდატეხის მოვლენა მხედველობის მექანიზმის მუშაობის პრინციპს?

- ✓ *თვალის რომელ ნაწილში ხდება სინათლის სხივების გარდატეხა?*
- ✓ *თვალის რომელ ნაწილზე ხდება გამოსახულების მიღება?*
- ✓ *რა არის საჭირო სინათლის გარდატეხისთვის? როგორ უნდა განსხვავდებოდნენ გარემოები (ნივთიერებები, რომლებშიც სინათლე ვრცელდება) იმისათვის, რომ ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლისას სინათლის სხივმა მიმართულება შეიცვალოს?*

მზე დედამიწის ძირითადი ენერგეტიკული წყაროა. ენერგიით მომარაგების გარდა, მზე გვეხმარება ჩვენ გარშემო არსებული სხეულებისა და საგნების დანახვაში. კერძოდ, მზისგან წამოსული სინათლე ეცემა საგნებს, აირეკლება მათგან და, ამ არეკლილი სინათლის საშუალებით, თვალით აღვიქვამთ მათ. სხვადასხვა საგანი სხვადასხვა რაოდენობისა და სიხშირის სხივებს აირეკლავს; ამის გამო ვხედავთ მუქ და ნათელ სხეულებს, ასევე სხვადასხვა ფერის სხეულებს. თუ სხეული აირეკლავს მასზე დაცემული სინათლის დიდ ნაწილს, იგი აღიქმება როგორც ნათელი სხეული, თუ აირეკლავს დაცემული სინათლის მცირე ნაწილს, მაშინ იგი აღიქმება როგორც ბნელი სხეული. თქვენ ალბათ იცით, რომ ხილული სპექტრი ანუ თეთრი სინათლე, რომელსაც ადამიანი ხედავს, შედგება 7 ძირითადი ფერისგან. ესენია: წითელი, ნარინჯისფერი, ყვითელი, მწვანე, ცისფერი, ლურჯი, იისფერი. ეს იგივე ცისარტყელას ფერებია.

უნდა დავიმახსოვროთ, რომ აბსოლუტური ბუნებაში არაფერია, ასევე არ არსებობს სხეული, რომელიც აირეკლავს მთელ სინათლეს და არ არსებობს სხეული, რომელიც მთლიანად შთანთქმავს დაცემულ სინათლეს. ცნობილია, რომ სინათლე ერთგვაროვან გარემოში სწორხაზოვნად ვრცელდება. სწორხაზოვანი ანუ წრფივი გავრცელება გრძელდება მანამ, სანამ გარემო არ შეიცვლება, უფრო სწორად, სანამ არ შეიცვლება გარემოს ოპტიკური მახასიათებელი. ახალ გარემოში გადასვლისას სინათლე:

- შეიძლება აირეკლოს ორი გარემოს გამყოფი საზღვრიდან და დაბრუნდეს პირველ გარემოში;

- შთაინთქას მეორე გარემოს მიერ;
- გადავიდეს მეორე გარემოში და შეცვლილი მიმართულებით გააგრძელოს გზა.

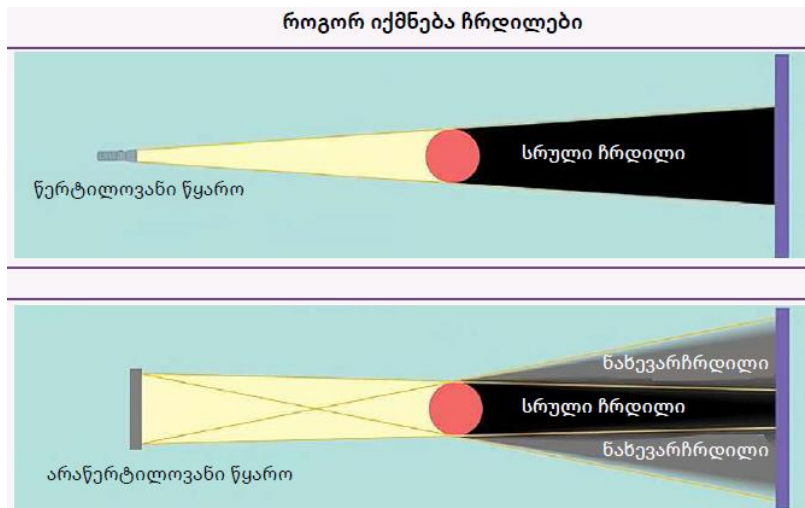
ქვემოთ შევეცდებით გავყვეთ სინათლის სხივს, დავაკვირდეთ მის ქცევას და აღმოვაჩინოთ ის კანონზომიერებები, რომლებსაც იგი ემორჩილება. ახლა შევეცადოთ, დავასაბუთოთ სინათლის სწორხაზოვანი გავრცელება. ამისი ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია დედამიწაზე დღისა და ღამის მონაცვლეობა. მიუხედავად იმისა, რომ დედამიწა მზის სხივების გავრცელების არეში ხვდება, განათებულია დედამიწის მხოლოდ ის ნაწილი, რომელსაც პირდაპირ ეცემა წრფივად გავრცელებული სხივები ისინი დედამიწას არ შემოუვლიან და მის მეორე მხარეს არ ეცემიან



სინათლის წრფივი გავრცელების მეორე თვალსაჩინო მაგალითია ჩრდილების არსებობა. ყველას ნანახი გვაქვს მზიან ამინდში სხვადასხვა საგნების ან ადამიანების ჩრდილები. თუ სინათლის წყაროსა და რაიმე ზედაპირს შორის, რომელსაც ეცემა სინათლე ეცემა, მოვათავსებთ გაუმჭირვალე საგანს, ზედაპირზე მივიღებთ ამ საგნის ჩრდილს. ამ საგანმა არ გაატარა მისკენ მიმართული სინათლის სხივები და ამიტომ ზედაპირზე მივიღეთ ბნელი უბანი ანუ ამ საგნის ჩრდილი.

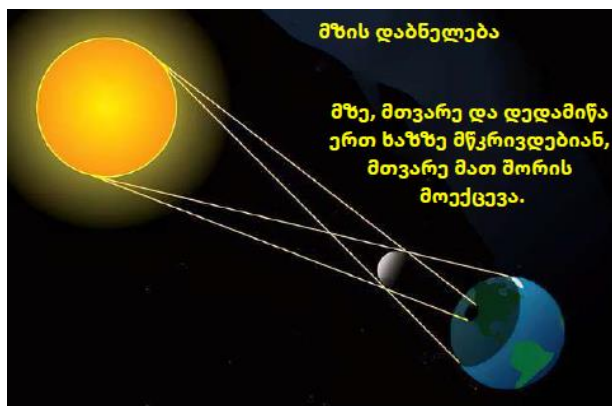
მომდევნო სურათზე გვაქვს ერთი საგნის ორი სხვადასხვა ჩრდილი, ესეც სინათლის წრფივი გავრცელებით აიხსნება, თუმცა აქ ასევე უნდა გავითვალისწინოთ სინათლის წყაროს ზომები. პირველ შემთხვევაში მცირე ზომის წყაროდან წამოსული სხივი ვერ აღწევს ეკრანის ბნელ უბანამდე და გვაქვს მკვეთრი ჩრდილი, ხოლო მეორე შემთხვევაში სინათლის წყარო არის შედარებით დიდი ზომის, ამიტომ ვხედავთ, რომ ეკრანის ცენტრში ბნელ უბანზე არ ეცემა წყაროს არცერთი უბნიდან წამოსული სხივი, ხოლო ნაწილობრივ დაბნელებულ უბანზე წყაროს ზოგიერთი უბნიდან წამოსული სხივი აღწევს, ზოგიერთიდან კი – არა.

პირველ შემთხვევაში სინათლის წყაროს ზომა გაცილებით ნაკლებია იმ მანძილზე, რომელზეც მისგან გამოსხივებული სინათლე ვრცელდება. ამიტომ ასეთ წყაროს წერტილოვანი წყარო ეწოდება. წერტილოვანი წყაროს შემთხვევაში



გვაქვს მხოლოდ მკვეთრი ჩრდილი და კარგად განათებული არე. სასრული ზომის სინათლის წყაროს შემთხვევაში კი ვღებულობთ ნახევარჩრდილებსაც.

სინათლის წრფივი გავრცელებით აიხსნება მზისა და მთვარის დაბნელება, როდესაც მთვარე მოექცევა დედამიწასა და მზეს შორის, მაშინ დედამიწის გარკვეულ ადგილას დაეცემა მთვარის ჩრდილი და ვიღებთ დაბნელებულ უბანს. ამ უბნიდან მზე აღარ ჩანს და ამას ეწოდება მზის დაბნელება.



როდესაც დედამიწა მოექცევა მზესა და მთვარეს შორის, მაშინ მთვარე მოხვდება დედამიწის ჩრდილში. ამას ეწოდება მთვარის დაბნელება. არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ მთვარე არ არის სინათლის წყარო, იგი აირეკლავს მზიდან დაცემულ სხივებს და ჩვენ ამ სხივებს ვხედავთ.



უპასუხეთ კითხვებს:

- როგორ ვხედავთ საგნებს?
- რა განსხვავებაა ნათელსა და მუქ საგნებს შორის არეკვლისა და შთანთქმის თვალსაზრისით?
- როგორ ვრცელდება სინათლე გარემოში?
- რომელი მაგალითებით დასტურდება სინათლის წრფივი გავრცელება?
- ზოგჯერ საფეხბურთო მოედანზე ერთი და იგივე ფეხბურთელის ერთდროულად ოთხი ჩრდილი ჩანს. რატომ შეიძლება ასე მოხდეს?

სინათლის არეკვლა

ჩვენ უკვე ვთქვით, რომ სინათლე ერთგვაროვან გარემოში სწორხაზოვნად ვრცელდება და იქვე ჩამოვთვალეთ ის შესაძლო ვარიანტები, რაც შეიძლება სინათლის სხივს დაემართოს, თუ გარემო შეიცვლება. ერთ-ერთი შესაძლო ვარიანტი სინათლის სხივის შემდგომი მოქმედებისა არის მისი არეკვლა. წარმოვიდგინოთ, რა დაგვემართება, თუ მზიან ამინდში შევხედავთ პრიალა ზედაპირის მქონე საგანს. ამ საგნის დატრიალებისას შეიძლება რაღაც მომენტში ზედაპირმა თვალი მოგვჭრას. რატომ ხდება ასე? იმიტომ, რომ ზედაპირი ირეკლავს მასზე დაცემულ სხივებს და ეს სხივები ამ დროს ჩვენი თვალებისკენ მოემართებიან. თუ ამრეკლი ზედაპირი პრიალა და გლუვი არ არის, მაშინ სხივები სხვადასხვა მიმართულებით ირეკლებიან და მისი ყურება უფრო ადვილია; ხოლო თუ ის პრიალაა, მაშინ ამ ზედაპირიდან ბევრი სინათლე აირეკლება ერთი მიმართულებით, ჩვენი თვალებისკენ გამოემართება და ამდენი სინათლე თვალს გვჭრის. არეკვლის ამ ორ განსხვავებულ შემთხვევას სარკული და დიფუზური არეკვლა ეწოდება. კერძოდ, პრიალა ზედაპირიდან არეკვლა გახლავთ სარკული არეკვლა, ხოლო ნაკლებად გლუვი, მქისე ზედაპირიდან არეკვლას კი დიფუზური ან გაბნეული არეკვლა ეწოდება.

ახლა გავარკვიოთ, რა კანონით ხდება საგნის ზედაპირიდან სინათლის სხივის არეკვლა. აღმოჩნდა, რომ, როდესაც სინათლის სხივი დაეცემა რაიმე ამრეკლ ზედაპირს, იგი აირეკლება მისგან იმავე კუთხით, რა კუთხითაც დაეცა. სურათზე მოცემულია დაცემული და არეკლილი სხივის სვლა. კუთხეს დაცემის წერტილში აღმართულ მართობსა და დაცემულ სხივს შორის დაცემის კუთხე ეწოდება, ხოლო დაცემის წერტილში აღმართულ მართობსა და არეკლილ სხივს შორის კუთხეს არეკვლის კუთხე ეწოდება. სურათზე α -კუთხე დაცემის კუთხეა, ხოლო β -კუთხე – არეკვლის კუთხე.

-სინათლის სხივის დაცემის კუთხე არეკვლის კუთხის ტოლია: $\alpha = \beta$;
-დაცემული სხივი, არეკლილი სხივი და დაცემის წერტილში აღმართული მართობი ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. ეს გახლავთ არეკვლის კანონი. ამ კანონით ადვილად აიხსნება სარკული და დიფუზური არეკვლა. გლუვ ანუ სარკულ ზედაპირზე პარალელურად დაცემული სხივები ასევე პარალელურად აირეკლებიან, ხოლო უსწორმასწორო ზედაპირზე დაცემული პარალელური სხივები გაიბნევიან, რადგან განსხვავებული კუთხეებით დაეცემიან ზედაპირს და შესაბამისად, განსხვავებული კუთხეებით აირეკლებიან, ამიტომ პარალელური სხივები სხვადასხვა მიმართულებით გაიფანტებიან.

ბრტყელი სარკე - გამოსახულება ბრტყელ სარკეში

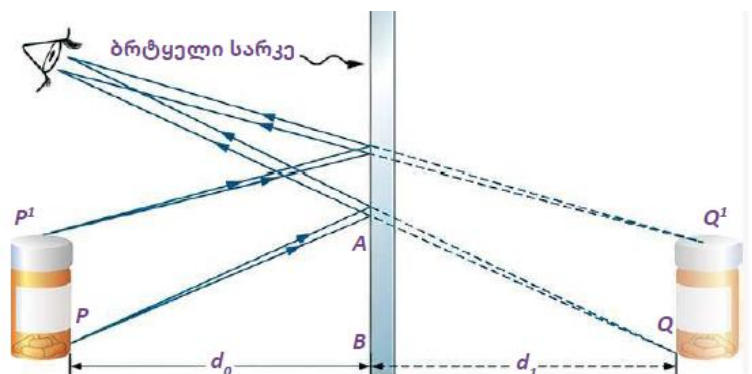
როგორც უკვე ითქვა, ნებისმიერი საგანი, რომელსაც ვხედავთ, ირეკლავს სინათლეს და ჩვენ მისგან არეკლილ სინათლეს ვხედავთ. საგანი მით უფრო ნათელია, რაც უფრო მეტ სინათლეს ირეკლავს იგი ანუ რაც უფრო მეტია არეკლილი სინათლის ინტენსივობა. თუ სარკულ ზედაპირს დიდი ინტენსივობის სინათლით არ დავანათებთ, მაშინ მისგან არეკლილი სინათლე თვალს აღარ მოგვჭრის. ასეთ შემთხვევაში სარკულ ზედაპირზე შეიძლება დავინახოთ რაიმე საგნის გამოსახულება. ამ გამოსახულებას წარმოქმნის სარკული ზედაპირი ან, უბრალოდ, სარკე.

აუცილებლად გავითვალისწინოთ, რომ გამოსახულების მიღება დამოკიდებულია იმაზე, არეკვლა სარკულია თუ დიფუზური, ამას კი განსაზღვრავს ზედაპირის დამუშავების ხარისხი; გამოსახულების მიღება არ არის დამოკიდებული იმაზე, დაცემული სხივის რა ნაწილს ირეკლავს ზედაპირი. მაგალითად, თეთრი ქაღალდი ირეკლავს მასზე დაცემული სინათლის დიდ ნაწილს, მაგრამ ქაღალდის ზედაპირი მქისეა და გვაქვს დიფუზური არეკვლა; ხოლო გამორთული ტელევიზორის მონიტორი არის მუქი ფერის, თითქმის შავი. იგი ირეკლავს მასზე დაცემული სინათლის გაცილებით ნაკლებ ნაწილს, ვიდრე თეთრი ქაღალდი, მაგრამ ეკრანს აქვს სარკული ზედაპირი და რასაც ირეკლავს, ირეკლავს სარკულად. ამიტომ მონიტორში დავინახავთ იმ სხეულებს, რომელთაგან არეკლილი სხივებიც დაეცა მის ზედაპირს, მაგრამ დავინახავთ უფრო ჩაბნელებულად, ვიდრე სინამდვილეშია, რადგან დაცემული სინათლის მცირე ნაწილი აირეკლა.

განათებულ ადგილას ხშირად არ შემოდის სინათლე უშუალოდ სინათლის წყაროდან, მაგრამ ადგილი განათებულია. მაგალითად, შენობის ოთახი, რომელიც არ

არის მზის მხარეს, განათებულია გარემოდან არეკლილი სხივების საშუალებით. მთვარიან ნათელ ღამეში გარკვევით ვარჩევთ საგნებს, მაგრამ მთვარე თვითონ არ არის სინათლის წყარო, ის ანათებს დედამიწას მზისგან არეკლილი სინათლით. სარკეში შეგვიძლია დავინახოთ სხეულები, რომელთაგან არეკლილი სხივი ეცემა სარკის ზედაპირს. როგორ დავინახავთ სარკეში საგნის გამოსახულებას, დამოკიდებულია სარკის გვარობაზე. როდესაც სარკეში ვხედავთ გამოსახულებას, იგი ჩანს სარკის სიღრმეში და არა სარკის ზედაპირზე. რასაც სარკეში ვხედავთ, ის საგნები იმ ადგილზე ფიზიკურად არ არსებობენ. ჩვენ ვხედავთ რეალური სხეულებისა და საგნების ანარეკლს, ამიტომ სარკეში დანახულ სხეულს დაარქვეს რეალური სხეულის წარმოსახვითი გამოსახულება.

განვიხილოთ რეალური სხეული და მისი წარმოსახვითი გამოსახულება ბრტყელ სარკეში, რომელიც მოცემულია სურათზე ზედა სურათზე. მამაკაცის გამოსახულება სარკეში აღიქმება ზუსტად იმ მანძილზე სარკის ზედაპირიდან, რა მანძილზეც დგას მამაკაცი სარკის ზედაპირისგან. თუ დავაკვირდებით, დავინახავთ, რომ მამაკაცის მარჯვენა ხელი სარკეში აღიქმება მარცხენად, ანუ სარკეში ვხედავთ სხეულის წარმოსახვით, შებრუნებულ გამოსახულებას. საგანი და გამოსახულება სარკულად სიმეტრიულები არიან სარკის სიბრტყის მიმართ. შევეცადოთ, გავიგოთ, თუ როგორ დავინახავთ სხეულს მის წინ მოთავსებულ სარკეში. განვიხილოთ ქვედა სურათი.



კოლოფიდან (P და P') არეკლილი სინათლის სხივები ვრცელდება ყველა მიმართულებით. ვიცით, რომ არეკვლის კუთხე და დაცემის კუთხე ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს, ამიტომ თვალზე დაეცემა კოლოფიდან წამოსული და შემდეგ სარკიდან არეკლილი სხივები, რომელთა გაგრძელებები გადაიკვეთება სარკის მეორე მხარეს (Q და Q'). ამიტომ ადამიანს მოეჩვენება, რომ ეს კოლოფი მდებარეობს ამ სხივების გაგრძელებაზე ანუ სარკის მეორე მხარეს. სარკე უამრავ ხელსაწყოსა თუ დანადგარში გამოიყენება.

მაგალითად, სტომატოლოგები სარკეს პირის ღრუს დასათვალიერებლად იყენებენ; ავტომობილებზე დამაგრებული უკანა და გვერდითი ხედვის სარკეები ეხმარება მძღოლს, დაინახოს სხვა მანქანები და საგნები;

ზოგიერთ ქვეყანაში გიგანტურ სარკეებს იყენებენ, რათა არეკლილი მზის სინათლით დღის განმავლობაში გაანათონ ისეთი დასახლებები, სადაც მზის სხივები ვერ აღწევენ.

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics-basics/latest/geometric-optics-basics_all.html

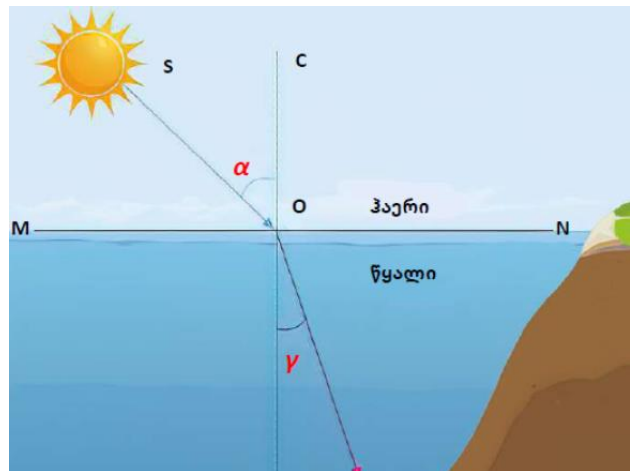
უპასუხეთ კითხვებს:

- 1) კედელზე დაკიდებული ბრტყელი სარკიდან 10 სმ მანძილის დაშორებით დაფრინავს ბუზი. რისი ტოლია მანძილი ბუზის გამოსახულებასა და სარკეს შორის? ბუზსა და ბუზის გამოსახულებას შორის?
- 2) ფანქარი ბრტყელი სარკის მიმართ დახრილია 30 გრადუსიანი კუთხით. რა კუთხით იქნება დახრილი ფანქრის გამოსახულება ამავე სარკის მიმართ? რა კუთხე იქნება ფანქარსა და მის გამოსახულებას შორის?
- 3) ბრტყელი სარკის წინ, მის მართობულად, სარკის მიმართულებით მიფრინავს ბუზი 5 მ/წმ სიჩქარით. რა სიჩქარით უახლოვდება ბუზის გამოსახულება ვრტყელ სარკეს? რა სიჩქარით უახლოვდებიან ერთმანეთს ბუზი და მისი გამოსახულება?
- 4) მინიმუმ რა სიმაღლის სარკე დასჭირდება 1,8 მ სიმაღლის ადამიანს, რომ მან თავისი თავი მთლიანად დაინახოს? (ადამიანი დგას ვერტიკალურ კედელთან, რომელზეც უნდა ჩამოვკიდოთ ეს სარკე.)

სინათლის გარდატეხა

ჩვენ ვისაუბრეთ სინათლის არეკლაზე. ასევე აღვნიშნეთ, რომ სხეულები სინათლის ნაწილს აირეკლავენ, ნაწილს შთანთქავენ, ამით არის განპირობებული მათი ფერი. ბუნებაში არის ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც სინათლის სხივს ატარებენ. ასეთი ნივთიერებისგან დამზადებულ სხეულებს გამჭვირვალე სხეულებს უწოდებენ. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ბუნებაში აბსოლუტური არაფერი არსებობს. ამიტომ ნებისმიერი გამჭვირვალე სხეული სინათლის ნაწილს მაინც ირეკლავს, ნაწილს – შთანთქავს და ნაწილს – ატარებს. ახლა გავარკვიოთ, როგორ იცვლება სინათლე ერთი გამჭვირვალე გარემოდან მეორე გამჭვირვალე გარემოში გადასვლისას. გავიგოთ, რა დაემართება სინათლის სხივის მიმართულებას ამ დროს?

სინათლის სხივი ვაკუუმში ვრცელდება ძალიან დიდი – 300 000 კმ/წმ სიჩქარით. ვაკუუმიდან ნებისმიერ გარემოში გადასვლისას მისი გავრცელების სიჩქარე იკლებს. სიჩქარის ცვლება დამოკიდებულია იმ გარემოზე, რომელშიც სინათლე გადადის. სიჩქარის დაკლებასთან ერთად, სხივი იცვლის გავრცელების მიმართულებას ანუ გარდატეხდება. დადგენილია, რომ რაც



უფრო მეტად იცვლება სიჩქარე, მით მეტად გარდატეხდება სინათლის სხივი. გავიხსენოთ! ზედაპირზე დაცემის α კუთხე დავარქვით კუთხეს სინათლის დაცემის წერტილში ზედაპირისადმი აღმართულ მართობსა და სხივს შორის, ხოლო კუთხეს ამ მართობსა და გარდატეხილ ანუ მიმართულებაშეცვლილ სხივს შორის დავარქვათ გარდატეხის γ კუთხე.

ამ ნახაზზე α არის დაცემის კუთხე, ხოლო γ – გარდატეხის კუთხე. ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ ვაკუუმიდან რაიმე გარემოში გადასვლისას, დაცემისა და გარდატეხის კუთხეების სინუსების შეფარდება ტოლია ვაკუუმში სინათლის სხივის გავრცელების სიჩქარის შეფარდებისა ამ გარემოში სინათლის სხივის გავრცელების სიჩქარესთან. ამ სიდიდეს დაარქვეს გარემოს გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი – n

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{c}{v} = n$$

c არის სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში, ხოლო v – სინათლის სიჩქარე გარემოში. გარდა გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებლისა, არსებობს კიდევ გარდატეხის ფარდობითი მაჩვენებელი. როდესაც სინათლე ერთი გარემოდან გადადის მეორეში, იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ, როგორ გარდატეხდება სხივი, უნდა ვიცოდეთ ერთი გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელი მეორეს მიმართ. მისი გამოთვლა ხდება აბსოლუტური გარდატეხის მაჩვენებლის ანალოგიურად. მეორე გარემოს გარდატეხის ფარდობითი მაჩვენებელი პირველი გარემოს მიმართ ტოლია პირველ გარემოში სინათლის სხივის გავრცელების სიჩქარის სიდიდის შეფარდებისა მეორე გარემოში სინათლის სიჩქარესთან.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}$$

სადაც α არის ორი გარემოს საზღვარზე სხივის დაცემის კუთხე, ხოლო γ – მეორე გარემოში გარდატეხის კუთხე; შესაბამისად, v_1 არის სინათლის სიჩქარე პირველ და v_2 სინათლის სიჩქარე მეორე გარემოში.

ვაკუუმიდან გარემოში გადასვლისას გარდატეხის ფარდობითი მაჩვენებელი ყოველთვის ერთზე მეტია, რადგან ვაკუუმში სინათლის სიჩქარე ყოველთვის მეტია გარემოში სიჩქარეზე და დაცემის კუთხე მეტია გარდატეხის კუთხეზე. იმ შემთხვევაში, თუ სხივი გადადის ერთი გარემოდან მეორეში, მაშინ გარდატეხის კუთხისა და დაცემის კუთხის სინუსების ფარდობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი ოპტიკური გარემოდან როგორ ოპტიკურ გარემოში გადადის სხივი. გარემოს, რომელსაც მეტი გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი გააჩნია ოპტიკურად მეტად მკვრივ გარემოს უწოდებენ და პირიქით. როდესაც სხივი გადადის ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივი გარემოდან ოპტიკურად მეტად მკვრივ გარემოში, მაშინ გარდატეხის კუთხე ნაკლებია დაცემის კუთხეზე; ხოლო როდესაც პირიქით – მეტად მკვრივი გარემოდან ნაკლებად მკვრივ გარემოში, მაშინ გარდატეხის კუთხე მეტია დაცემის კუთხეზე. საბოლოოდ, გარდატეხის კანონი შეგვიძლია ასე ჩამოვაყალიბოთ:

- დაცემული სინათლის სხივი, გარდატეხილი სხივი და დაცემის წერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთსა და იმავე სიბრტყეში მდებარეობს;
- დაცემის კუთხის სინუსი და გარდატეხის კუთხის სინუსი ისე შეეფარდება ერთმანეთს, როგორც მეორე გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელი პირველი გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელს:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

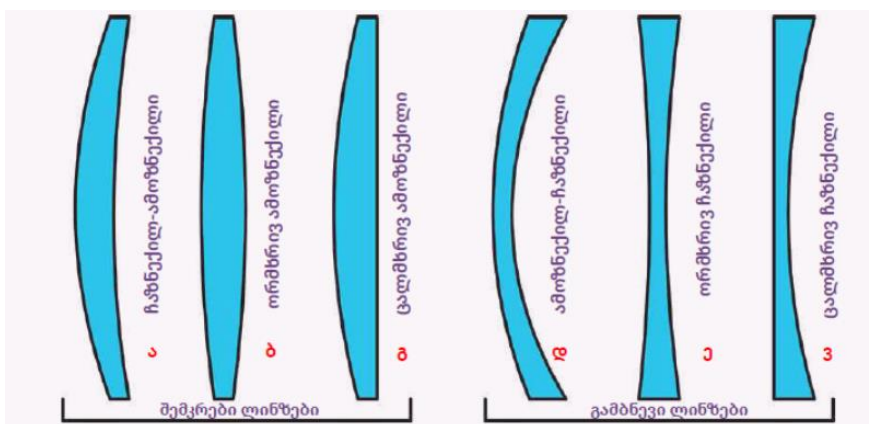
მაგალითისთვის განვიხილოთ მინის თხელ ფირფიტაში სხივის გავლა. თუ სინათლე ეცემა ჰაერიდან მინაზე α კუთხით, იგი გარდატეხდება და გავრცელდება მინაში β კუთხით. მინიდან მეორე მხარეს გამოსვლისას იგი კიდევ გარდატეხდება და გამოვა მინიდან იმავე α კუთხით, რა კუთხითაც დაეცა მინას. ამრიგად, პარალელურზედაპირიანი გამჭვირვალე ფირფიტის გავლისას სინათლის სხივი საბოლოოდ მიმართულებას არ შეიცვლის, მხოლოდ წანაცვლდება l მანძილით პარალელურად, რაც დამოკიდებულია ფირფიტის h სისქეზე.

გარდატეხის შედეგია ის, რომ, როდესაც ერთი გარემოდან ვუყურებთ საგანს, რომელიც მდებარეობს სხვა გარემოში, გვეჩვენება სხვაგან და არა იქ, სადაც იგი რეალურად არის. მაგალითად, წყალში ჩადირული საგნები გვეჩვენება უფრო ახლოს ანუ ნაკლებ სიღრმეზე, ვიდრე ფიზიკურად მდებარეობენ.

ლინზა - თვალი როგორც ოპტიკური სისტემა

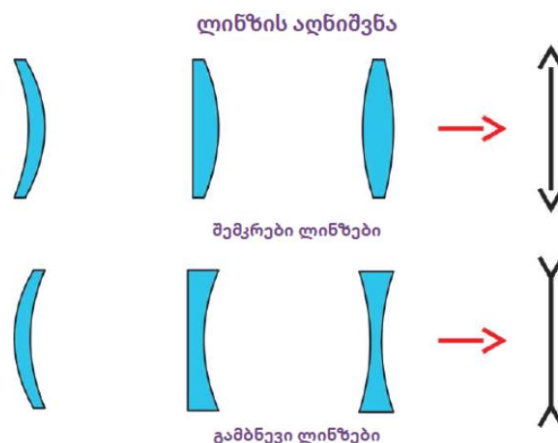
ჩვენ შევისწავლეთ სინათლის სხივის ქცევა მისი გარემოში გავრცელებისას, სხვა გარემოში გადასვლის ან ამ გარემოს საზღვრიდან არეკვლისას. ახლა განვიხილოთ ახალი ოპტიკური ხელსაწყო – ლინზა. გავიგოთ, რა ემართება სინათლის სხივს ლინზაზე დაცემისას. სანამ სხივის ქცევას შევისწავლით, მანამდე განვიხილოთ და აღვწეროთ თავად ლინზა.

ლინზა ეწოდება ორი სფერული ზედაპირით შემოსაზღვრულ გამჭვირვალე გარემოს. ჩვეულებრივი მინის ბურთი წარმოადგენს ლინზას. თუმცა ჩვენ განვიხილავთ ისეთ ლინზებს, რომლებსაც სისქე გაცილებით ნაკლები ექნებათ, ვიდრე დიამეტრი: $d \ll h$. ასეთ ლინზებს თხელი ლინზები ეწოდებათ.



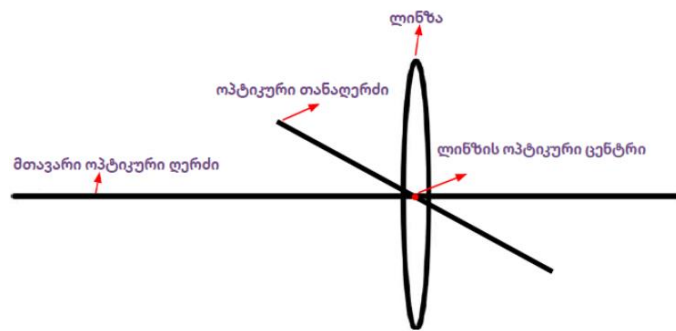
ლინზა შეიძლება იყოს მასზე დაცემული სხივების შემკრები ან გამბნევი. თუ ლინზის შუაგული უფრო სქელია, ვიდრე ნაპირები, ეს ამოზნექილი, იგივე შემკრები ლინზაა (ა,ბ,გ სურათი 33-ზე) და ის სხივების შემკრებია. ხოლო თუ ლინზის შუაგული მის ნაპირებზე თხელია, მაშინ ეს ჩაზნექილი ანუ გამბნევი ლინზაა (დ,ე,ვ სურათი 33-ზე). შემკრებ და გამბნევ ლინზებს ნახაზებზე პირობითი ნიშნებით აღნიშნავენ. სურათი 34-ზე წითელი ისრებით მითითებულია ეს პირობითი აღნიშვნები, ზემოთ – შემკრები ლინზის, ქვემოთ კი – გამბნევი.

წრფეს, რომელიც ლინზის შემოსაზღვრელი სფერული ზედაპირების ცენტრებზე გადის, ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძი ეწოდება.



თუ შემკრებ ლინზას მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები ეცემა, ისინი ლინზის გავლისას გარდატყდებიან

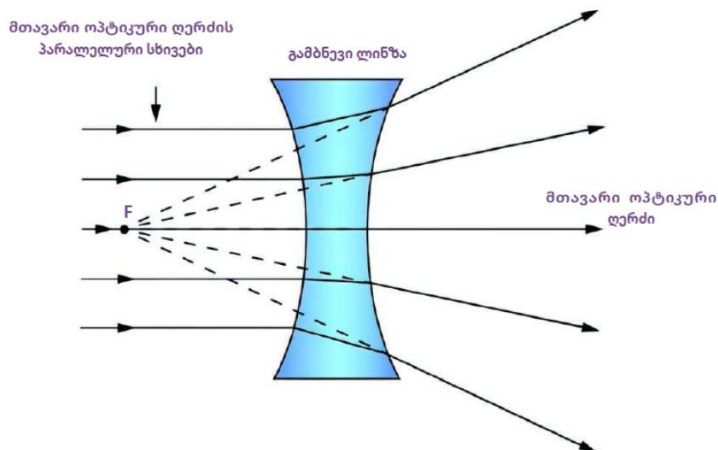
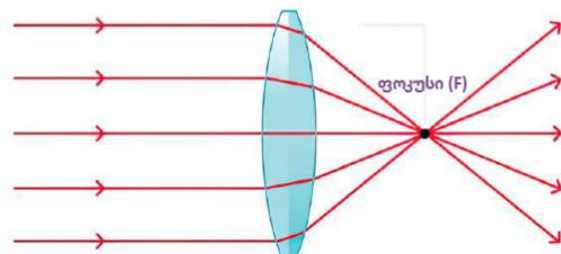
და გადაიკვეთებიან მთავარ ოპტიკურ ღერძზე მდებარე წერტილში, რომელსაც ლინზის მთავარი ფოკუსი ეწოდება და აღინიშნება F ასოთი;



სიბრტყეს, რომელზეც მდებარეობს ფოკუსი და არის მთავარი ოპტიკური ღერძის მართობული, ფოკალური სიბრტყე ეწოდება.

თუ მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები ეცემა გამზნევ ლინზას, მაშინ ლინზის გავლისას გარდატეხილი და გაბნეული სხივების გაგრძელებები გადაიკვეთებიან ფოკუსში.

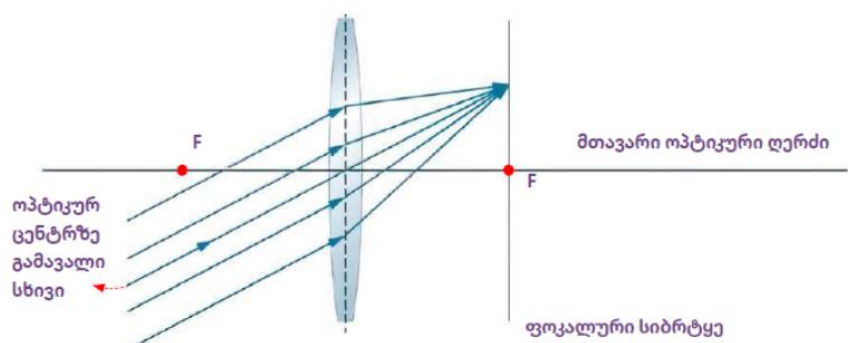
სინათლის სხივების გარდატეხა შემკრებ ლინზაში



თუ შემკრებ ლინზას პარალელური სხივები ეცემა ირიბად, მაშინ ისინი ფოკალურ სიბრტყეში გადაიკვეთებიან. გამზნევი ლინზის შემთხვევაში, ირიბად დაცემული სხივები გარდატყდებიან და განიბნევიან,

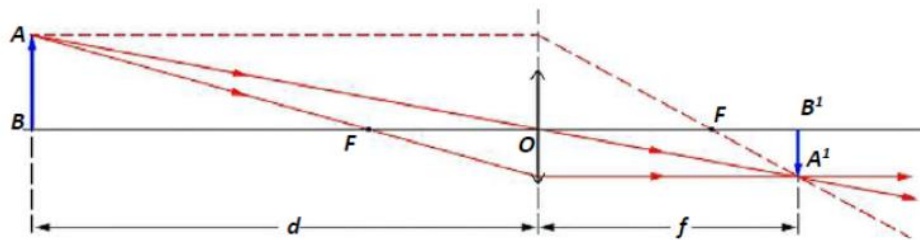
ხოლო მათი საპირისპირო მხარის გაგრძელებები გადაიკვეთებიან ასევე ფოკალურ სიბრტყეში.

როგორც სურათებიდან ვხედავთ, შემკრებ ლინზაში პარალელური სხივები ერთად იკრიბება და ყველა სხივი თავს იყრის ზოგადად,



ფოკალურ სიბრტყეში, ხოლო თუ ისინი პარალელურია მთავარი ოპტიკური ღერძის, მაშინ –ლინზის ფოკუსში. ცხოვრებაში ზოგიერთ თქვენგანს შეიძლება გიცდიათ ქაღალდის ან რაიმე ზედაპირის ამოწვა ლუპით და გამოგვლიათ კიდეც. აქ სწორედ ფოკუსის წერტილის თანხვედრა ხდება ქაღალდთან ან ზედაპირთან.

ახლა ვნახოთ, როგორ ვიღებთ AB საგნის გამოსახულებას შემკრებ ლინზაში. A წერტილის გამოსახულების მისაღებად შეგვიძლია გამოვიყენოთ სამი სხივი,



პირველი – მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივი, რომელიც ლინზაში გარდატეცდება და გაივლის ლინზის ფოკუსს; მეორე სხივი გაივლის ლინზის ოპტიკურ ცენტრს მიმართულების შეუცვლელად, რადგან ლინზის ცენტრში გამავალი სხივები არ გარდატეცდება; ხოლო მესამე გაივლის ლინზის მარცხენა ფოკუსს და ლინზაში გარდატეხის შემდეგ გააგრძელებს სვლას მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად.

ამ სამი სხივის გადაკვეთა გვიჩვენებს A' წერტილს, რომელიც A წერტილის გამოსახულებაა ლინზაში. რადგან B წერტილი მდებარეობს მთავარ ოპტიკურ ღერძზე და AB მართობულია მთავარი ოპტიკური ღერძის, ამიტომ B' ასევე ოპტიკურ ღერძზე იქნება და A'B' ასევე მთავარი ოპტიკური ღერძის მართობი დარჩება. უნდა შევნიშნოთ, რომ გამოსახულების ასაგებად სამივე სხივის გამოყენება არ არის აუცილებელი, ორი მათგანიც საკმარისია!

როგორც ვთქვით, F წერტილი არის ლინზის ფოკუსი. მანძილს ლინზის ცენტრიდან ფოკუსამდე ეწოდება ფოკუსური მანძილი და აღინიშნება იმავე F ასოთი, მანძილი საგნიდან ლინზამდე აღინიშნება d ასოთი, ხოლო მანძილი გამოსახულებიდან ლინზამდე – f ასოთი.

ნახაზებზე გამოსახულების აგებისას მთავარ ოპტიკურ ღერძზე, ფოკუსის გარდა, აღინიშნება ასევე ორმაგი ფოკუსის წერტილი – $2F$, რომელიც ლინზიდან დაშორებულია, შესაბამისად, $2F$ მანძილით. როგორც ფოკუსი, ასევე ორმაგი ფოკუსი ლინზის ორივე მხარეს აღინიშნება.

ფოკუსური მანძილის შებრუნებულ სიდიდეს ლინზის ოპტიკური ძალა ეწოდება და აღნიშნება D ასოთი. ლინზის ოპტიკური ძალა იზომება დიოპტრებში. ერთი დიოპტრი – ისეთი ლინზის ოპტიკური ძალაა, რომლის ფოკუსური მანძილი 1 მეტრია.

შემკრები ლინზის ოპტიკური ძალა დადებითი სიდიდეა, გამბნევი ლინზის კი – უარყოფითი. სიდიდეს, რომელიც ტოლია გამოსახულების ზომის შეფარდებისა საგნის ზომასთან, ლინზის წრფივი გადიდება – Γ ეწოდება. გადიდება ასევე ტოლია გამოსახულებიდან ლინზამდე მანძილის შეფარდებისა ლინზიდან საგნამდე მანძილთან.

საერთოდ, ლინზაში მიღებული გამოსახულების ზომები და მდებარეობა დამოკიდებულია ლინზისა და საგნის ურთიერთმდებარეობაზე.

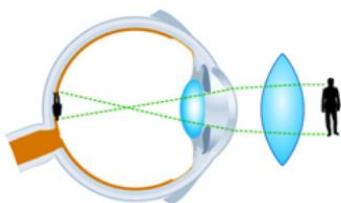
აღნიშნული განვიხილოთ ვირტუალურ ლაბორატორიაში:
https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics-basics/latest/geometric-optics-basics_all.html

კრიტერიუმი III - როგორია სათვალის, როგორც ოპტიკური ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი და როგორ შეიძლება გამოსწორდეს ახლო და შორსმხედველობა სათვალის საშუალებით?

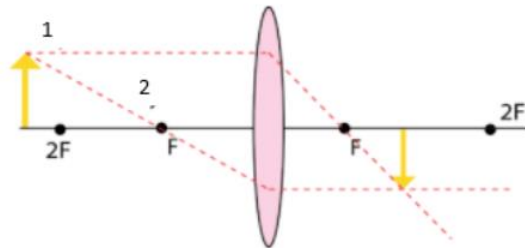
- ✓ მხედველობის რომელი დარღვევების შესახებ გსმენიათ?
- ✓ როდის ამბობენ, რომ ადამიანი არის შორსმხედველი/შორსმხედველი?
- ✓ როგორაა შესაძლებელი, რომ შორსმხედველმა ადამიანმა ჩვეულებრივ შეძლოს ნივთების დანახვა?
- ✓ როგორაა შესაძლებელი, რომ ახლოსმხედველმა ადამიანმა ჩვეულებრივ შეძლოს ნივთების დანახვა?
- ✓ რა გსმენიათ ოპტიკური ლინზების შესახებ?

მხედველობის დარღვევები როგორც ამბობენ,

„თვალი სამყაროს თავდაყირა აღიქვამს, მაგრამ ტვინმა ისწავლა მისი ნორმალურად დანახვა“.



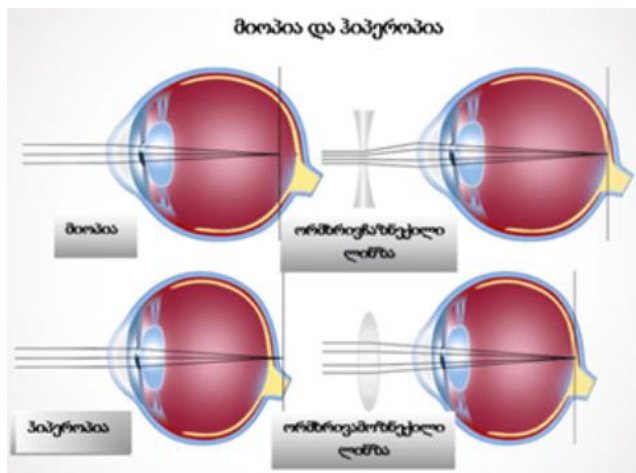
საგნიდან არეკლილი სინათლის სხივი მიმართულებას იცვლის რეოვანაში, ბროლში გალისას გარდატეება და ბადურაზე 1800ით ამობრუნებული და შემცირებული გამოსახულება ფოკუსირდება.



აკომოდაცია არის თვალის უნარი შეცვალოს ბროლის სიმრუდის (ლინზის) ფორმა, რათა ფოკუსირდეს სხვადასხვა მანძილზე მდებარე ობიექტებზე. ეს პროცესი საშუალებას აძლევს ადამიანს მკაფიოდ დაინახოს ობიექტები, რომლებიც ახლოს ან შორს მდებარეობს.

ასაკის მატებასთან ერთად, ბროლი ხდება ნაკლებად მოქნილი და კუნთები სუსტდებიან, ხდება აკომოდაციის უნარის დაქვეითება, რაც იწვევს მიოპიას და ჰიპეროპიას.

მიოპია: აკომოდაციის დარღვევები იწვევს მკვეთრად ახლო ობიექტების ხილვას, მაგრამ შორს მდებარე ობიექტები რჩება ბუნდოვანი. ამ დროს გამოსახულების მიღება ხდება ბადურის წინ. კორექციისთვის იყენებენ ორმხრივანექილ ლინზას.

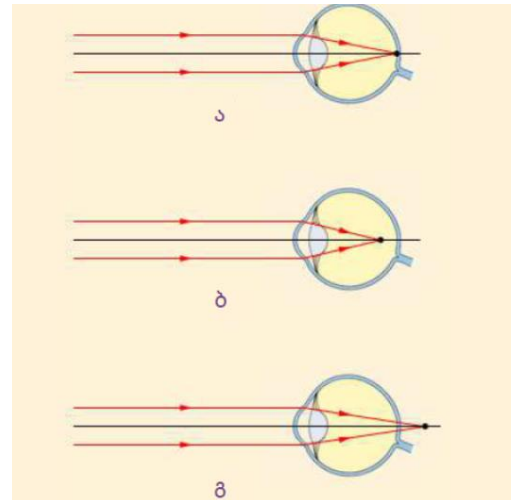


ჰიპეროპია: აკომოდაციის დარღვევები იწვევს მკვეთრად შორს ობიექტების ხილვას, მაგრამ ახლო ობიექტები რჩება ბუნდოვანი.

ამ დროს გამოსახულების მიღება ხდება ბადურის უკან. კორექციისთვის იყენებენ ორმხრივანექილ ლინზას.

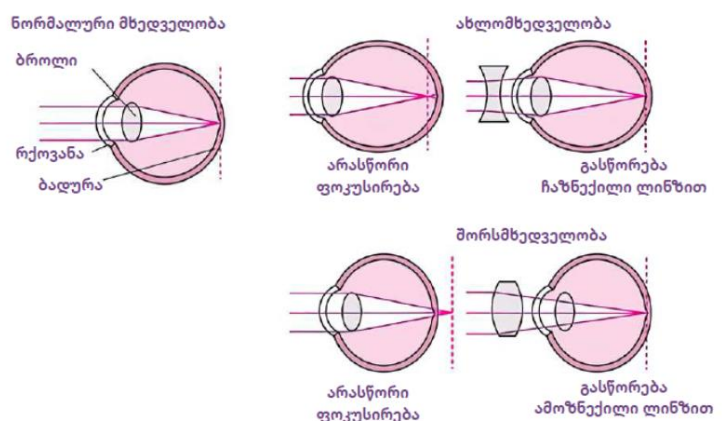
მხედველობის დარღვევების დროს სათვალის გამოყენება

ამ სურათზე ნაჩვენებია სამი შემთხვევა: ა – ნორმალური მხედველობისას, ბ – ახლომხედველობისას და გ – შორსმხედველობისას. როდესაც ბროლში გარდატეხილი სხივები იკრიბება ბადურაზე, ეს არის ნორმალური მხედველობა; თუ გარდატეხილი სხივები იკრიბება ბადურის წინ – ეს არის ახლომხედველობა, და როდესაც ბადურის უკან – ეს არის შორსმხედველობა.



ახლომხედველი მხედველობის გასაუმჯობესებლად იყენებს სათვალეს გამზნევი ლინზით, რომელიც ოდნავ გაშლის თვალში შემავალ სხივებს; შორსმხედველი კი ხმარობს სათვალეს შემკრები ლინზით, რითიც ოდნავ შეავიწროებს სხივების ნაკადს და სხივების შეკრების წერტილს გადმოწევს უფრო წინ – ბადურაზე.

ამ სურათზე სწორედ ეს შემთხვევებია გამოსახული, სადაც ჩანს, თუ როგორ ხდება სინათლის სხივების გავრცელება ჩვეულებრივ შემთხვევებში და როგორ სწორდება მხედველობა სხვადასხვა სახის სათვალის გამოყენებისას.



ვირტუალური ლაბორატორია - ახლო და შორსმხედველობა

ვირტუალური ლაბორატორიის საშუალებით დააკვირდი, სად ფოკუსირდება გარდატეხილი სხივი ნორმალურ/ახლომხედველ/ შორსმხედველ თვალში. შეარჩიე შესაბამისი ლინზა მხედველობის კორექციისთვის. გამოიტანე დასკვნა, როგორ ლინზებიანი სათვალე უნდა გამოიყენო ახლო და შორსმხედველობის დროს:

https://javalab.org/en/correction_of_near_sightedness_en/.

მხედველობის კორექცია



მხედველობის კორექციის თანამედროვე მეთოდები მრავალფეროვანია და მოიცავს როგორც ქირურგიულ, ასევე არაქირურგიულ მიდგომებს. ტექნოლოგიურმა განვითარებამ საშუალება მისცა მედიცინას მხედველობის კორექცია მოახდინოს ლაზერული ულტრათანამედროვე ტექნოლოგიით - კარლ ცაისის ფემტოექსიმერული ლაზერი გამოიყენებით (Zeiss Visumax Femtosecond / Excimer Laser Mel-90), რომელიც წარმოადგენს ზუსტ და უსაფრთხო ტექნოლოგიას რეფრაქციულ ქირურგიაში. ფემტოლაზერი უმცირესი ლაზერული იმპულსისა და საუკეთესო ოპტიკის გამოყენებით, საშუალებას აძლევს ქირურგს აქამდე არნახული სიზუსტით გააკეთოს რქოვანას სასურველი სიღრმის განაკვეთი ქირურგიული დანის გამოყენების გარეშე.

პროცედურის დროს რქოვანას განაკვეთი კეთდება ფემტოლაზერით, რომელიც წამის მეკვადრილიონედი სისწრაფით სინათლის იმპულსებს მიმართავს რქოვანაში წინასწარ შერჩეული და დაპროგრამებული სიღრმითა და მდებარეობით. ფემტო ტექნოლოგიის საშუალებით ხდება კვეთის სიღრმის არჩევა და ულტრამოკლე ლაზერული იმპულსებით რქოვანას ქსოვილს გაჭრა.

<https://www.youtube.com/watch?v=ID9QDMJ0xzo&t=2s>

რადიოლოგია და სხივური თერაპია

თემა 3 - ტექნოლოგიები და მედიცინა			
რადიოლოგია და სხივური თერაპია	გაკვეთილი 1	ფიზიკა	მასწავლებელი სტუდენტებს აცნობს პროექტული დავალების პირობას - საუბრობენ რადიაციის აღმოჩენაზე და მარია სკლოდოვსკაია კიურის მიგნებებზე
	გაკვეთილი 2	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს რადიაციის სასარგებლო და არასასარგებლო მხარეებს - მის გამოყენებას მედიცინაში (თერაპიისა და დიაგნოსტიკის მიმართულებით)
	გაკვეთილი 3	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს რადიაციის უაროფით ზემოქმედებას ადამიანის ორგანიზმზე
	გაკვეთილი 4	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს დიაგნოსტიკის აპარატურების (რენტგენის სხივები, კომპიუტერული ტომოგრაფია, მაგნიტურ რეზონანსული ტომოგრაფია, პოზიტრონ - ემისიური ტომოგრაფია) მუშაობის პრინციპებს, სტუდენტები მიღებულ შედეგებს გადაიტანენ პოსტერზე
	გაკვეთილი 5	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს სხივური თერაპიის (სწრიფი ამაჩქარებელი, ბრაქიტერაპია) მუშაობის პრინციპებს. სტუდენტებს მიღებული შედეგები გადააქვთ პოსტერზე
	გაკვეთილი 6	ბიოლოგია	სტუდენტების ნამუშევრების პრეზენტაცია

სამიზნე ცნება: მდგრადობა და ცვლილება

პროექტული დავალება

რადიოაქტიული ნივთიერებების აღმოჩენის მნიშვნელობა მედიცინაში

მარია სკლოდოვსკა კიურის სამეცნიერო მოღვაწეობა უნიკალურია თავისი სიღრმითა და მნიშვნელობით. მისმა კვლევებმა ფუნდამენტური გავლენა მოახდინა რადიოაქტიურობისა და ბირთვული ფიზიკის განვითარებაზე. მისი მიღწევები მრავალმხრივია და მოიცავს ახალ ელემენტთა აღმოჩენას, რადიოაქტიურობის ბუნების შესწავლას და მისი პრაქტიკული გამოყენების საფუძვლების ჩამოყალიბებას.

1894 წელს, მარიამ გაიცნო პიერ კიური, ფრანგი ფიზიკოსი, რომელიც მომავალში მისი მეუღლე და თანამოაზრე გახდა. მათ ერთად დაიწყეს რადიოაქტიურობის შესწავლა, რომელიც მაშინ ახალი და ნაკლებად შესწავლილი სფერო იყო. მარია და პიერ კიურებმა 1898 წელს აღმოაჩინეს ორი ახალი ელემენტი: პოლონიუმი (ივლისში) და რადიუმი (დეკემბერში). ეს აღმოჩენები ფუნდამენტური იყო მეცნიერებისთვის და რადიოაქტიურობის კვლევის საფუძველი გახდა.

ამასთანავე, კიურებმა დაადგინეს, რომ რადიოაქტიურობა არის ატომის შიდა თვისება და არა ქიმიური რეაქციის შედეგი. ეს აღმოჩენა მნიშვნელოვანი იყო, რადგან მან შეცვალა მეცნიერების წარმოდგენა ატომების სტრუქტურაზე და მიანიშნა, რომ ატომები, რომლებიც მანამდე განიხილებოდნენ როგორც განუყოფელი ნაწილაკები, შეიძლება შეიცავდნენ უფრო მცირე კომპონენტებს.

პიერ კიური 1906 წელს გარდაიცვალა, თუმცა მარიამ შექმნა რადიუმის ინსტიტუტი პარიზში, რომელიც რადიოაქტიურობის კვლევას ეძღვნებოდა და გააგრძელა რადიუმის კვლევა და შეძლო მისგან წმინდა ელემენტის გამოყოფა. ის სწავლობდა მის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს, აღმოაჩინა მისი თვითგანათების უნარი და შეისწავლა მისი ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე. ეს კვლევები საფუძველი გახდა რადიოლოგიის

განვითარებისათვის, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა როგორც სამეცნიერო, ისე სამედიცინო სფეროში.

პირველი მსოფლიო ომის დროს, მარიამ შეიმუშავა და დააარსა მობილური რენტგენის სადგურები, რომლებსაც "პატარა კიური" ეწოდებოდა. ისინი გამოიყენებოდა ფრონტის ხაზზე დაშავებული ჯარისკაცების დიაგნოსტიკისთვის და მნიშვნელოვანი როლი ითამაშეს ექიმების მუშაობაში. კიური პირადად მონაწილეობდა ამ სადგურების ორგანიზებაში და მედპერსონალს ასწავლიდა მათი გამოყენების ტექნიკას.

მარიამ შეიტანა მნიშვნელოვანი წვლილი რადიოაქტიურობის სამედიცინო გამოყენებაში. მისი აღმოჩენები საფუძველი გახდა კიბოს მკურნალობის ახალი მეთოდების შექმნისთვის, რაც გულისხმობდა რადიუმის გამოყენებას სიმსივნური უჯრედების დასაცხრობად. ეს მეთოდი, რომელიც "რადიოთერაპიის" სახელით გახდა ცნობილი, დღემდე ფართოდ გამოიყენება ონკოლოგიაში.

მარიამს სამეცნიერო კარიერა რადიოაქტიურ მასალებთან მუდმივი კონტაქტის პირობებში მიმდინარეობდა, რაც იმ პერიოდში სრულიად უსაფრთხოდ ითვლებოდა. კვლევის პროცესში მარიამ და მისმა მეუღლემ, პიერ კიურიმ, მრავალი საათი გაატარეს რადიუმისა და პოლონიუმის თვისებების შესწავლაზე, ხშირად დაცვის გარეშე. ისინი ხშირად ატარებდნენ რადიოაქტიურ ნიმუშებს ჯიბეში, მუშაობდნენ მათთან უშუალო კონტაქტში და უგულვებელყოფდნენ რადიაციის მავნე ეფექტებს, რადგან იმ დროს ჯერ კიდევ არ იყო საკმარისი ინფორმაცია რადიაციის რისკების შესახებ. მიუხედავად დიდი წარმატებისა, 1930-იან წლებში მარიამს ჯანმრთელობა რადიაციასთან ხანგრძლივი კონტაქტის გამო გაუარესდა. 1934 წლის დასაწყისში, მისი მდგომარეობა მკვეთრად დამძიმდა და მას დაუდგინდა აპლასტიკური ანემია. აპლასტიკური ანემია არის სისხლის დაავადება, რომლის დროსაც ძვლის ტვინი არ წარმოქმნის საკმარის რაოდენობას სისხლის უჯრედების: ერითროციტების, ლეიკოციტების და თრომბოციტების. ეს იწვევს სხვადასხვა სიმპტომს, მათ შორის სისუსტეს, დაღლილობას, ინფექციებისადმი მგრძნობელობას და სისხლდენას. სამედიცინო მკურნალობა ამ მდგომარეობაში იმ დროს საკმაოდ შეზღუდული იყო, და, სამწუხაროდ, 1934 წლის 4 ივლისს, მარია კიური გარდაიცვალა.

მარიამს გარდაცვალებამ დაადასტურა რადიოაქტიურობის სერიოზული რისკები. მისი კვლევები და ცხოვრება გახდა მნიშვნელოვანი გაკვეთილი მეცნიერებისთვის, რამაც ხელი შეუწყო რადიოაქტიურ მასალებთან მუშაობისას უსაფრთხოების ზომების გაუმჯობესებას. დღესდღეობით, რადიოლოგები და ბირთვული მეცნიერები იყენებენ მკაცრ უსაფრთხოების პროტოკოლებს და დამცავ საშუალებებს, რათა თავიდან აიცილონ რადიაციის ზემოქმედების მავნე შედეგები.

წარმოიდგინე, რომ ხარ ექსპერტი, რომელმაც უნდა შეისწავლოს რადიაციის დადებითი და უარყოფითი მხარეები სხივური თერაპიისა და დიაგნოსტიკის პროცედურების დროს. მოამზადე პოსტერი, რომელშიც ხაზგასმით წარმოაჩენ:

- როგორ იყენებენ სხვადასხვა სახის გამოსხივებას პაციენტის დაავადების დიაგნოსტიკისთვის ?
- როგორ იყენებენ გამოსხივებას რადიაციული თერაპიისთვის და რა რისკებთან არის დაკავშირებული მისი გამოყენება?
- როგორია გამოსხივების ადამიანის ქსოვილთან/უჯრედთან ურთიერთქმედების მექანიზმი?

კრიტერიუმი I და II - როგორ იყენებენ სხვადასხვა სახის გამოსხივებას პაციენტის დაავადების დიაგნოსტიკისთვის ? როგორ იყენებენ გამოსხივებას რადიაციული თერაპიისთვის და რა რისკებთან არის დაკავშირებული მისი გამოყენება?

- ✓ რა გსმენიათ დიაგნოსტიკის შესახებ?
- ✓ როგორ ხდება მოტეხილობების, სხვა შინაგანი დაზიანებების გამოკვლევა?
- ✓ ალბათ ყველას გადაგვიღია „რენტგენის სურათი“ - როგორ მუშაობს რენტგენის აპარატი?
- ✓ რა გსმენიათ დასხივებით მკურნალობის (იგივე სხივური თერაპიის) შესახებ?
- ✓ სამედიცინო დაწესებულებებში, ზოგიერთ ოთახში არის გამაფრთხილებელი ნიშნები „ფრთხილად, რადიაციაა“ - რას ნიშნავს სიტყვა რადიაცია?
- ✓ გამოსხივება საზიანოა თუ სასარგებლო?
- ✓ როგორ იყენებენ ადამიანები რადიაციას სარგებელის მისაღებად?
- ✓ რადიაცია მაინდამაინც რადიოაქტიურ გამოსხივებასთან არის კავშირში?

რადიოაქტიული ნივთიერებების აღმოჩენამ მედიცინაში რევოლუცია მოახდინა, მათი გამოყენების მრავალმხრივმა შესაძლებლობებმა მკურნალობის ეფექტურობის გაზრდას შეუწყო ხელი. ამ ნივთიერებების გამოყენება საშუალებას იძლევა, რომ დიაგნოსტიკური და თერაპიული პროცედურები გაცილებით ზუსტი და ეფექტური იყოს.

რადიაციის დადებითი მხარეები მედიცინაში

გარდა რადიოაქტიური გამოსხივებისა, დიაგნოსტიკისთვის თუ სხივური თერაპიისთვის დღეს ფართოდ გამოიყენება მრავალი ტექნოლოგიური მიღწევა, რომლებიც დასხივების სხვადასხვა საშუალებებს იყენებენ. ზოგადად რადიაცია გამოსხივებას ნიშნავს და არ არის აუცილებელი, მისი ხსენებისას ყოველთვის ტერმინი “რადიოაქტიური გამოსხივება” გამოვიყენოთ.

დიაგნოსტიკასა და თერაპიაში დასხივების წყაროდ შეიძლება იყოს გამოყენებული ელექტრომაგნიტური გამოსხივება (რენტგენის სხივები, გამა გამოსხივება, რადიოტალღები), რადიოაქტიური გამოსხივება (ალფა, ბეტა და გამა გამოსხივება) ან ულტრაბერითი გამოსხივება (ულტრაბერა. გამოიყენება ულტრაბერით დოპლეროსკოპში (სისხლძარღვების დიამეტრის და სისხლის ნაკადის პარამეტრების გამოკვლევა), ულტრასონოგრაფიაში (ხდება რბილი ქსოვილების და ორგანოების ვიზუალური დიაგნოსტიკა, ორსულთათვის ნაყოფის მდგომარეობის შეფასება, ლითოტრიფსიაში (თირკმელში კენჭის დაშლა) და ა.შ.). ამჯერად ჩვენ ვისაუბრებთ ისეთ მოწყობილობებზე და მეთოდებზე, რომლებშიც ან რადიოაქტიური გამოსხივება, ან ელექტრომაგნიტური გამოსხივება გამოიყენება.

დიაგნოსტიკა - რადიოლოგია

ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად დაიხვეწა დიაგნოსტიკის თანამედროვე მეთოდები. ეს საშუალებას იძლევა, რომ აღმოჩენილი პრობლემები დროულად და სწორად იყოს დიაგნოზირებული და მკურნალობა დაწყებული. დაკარგული დროის შემცირება - რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს პაციენტის დაკარგულ დროსა და შესაძლო გართულებებს.

თანამედროვე რადიოლოგიაში დიაგნოსტიკისთვის უამრავი ტექნიკა გამოიყენება, თუმცა უფრო ფართოდ გავრცელებულია რენტგენოგრაფია, კომპიუტერული ტომოგრაფია (CT), მაგნიტურ-რეზონანსული ტომოგრაფია (MRT/MRI), პოზიტრონ-ემისიური ტომოგრაფია (PET). დღეისათვის აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა პროტონული სკანერის შექმნაზე,

რომელიც ტომოგრაფიის უახლეს მეთოდებს წინასწარმეტყველებს. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანის ძირითადი პრინციპები:

რენტგენოგრაფია (რენტგენის სხივები, აღმოაჩინა ვილჰელმ კონრად რენტგენმა 1895 წელს და უწოდა მას X სხივები) ერთ-ერთი პირველი და ყველაზე ფართოდ გამოყენებული დიაგნოსტიკური მეთოდია. მისი ძირითადი დადებითი მხარეებია: დიაგნოსტიკა - რენტგენოგრაფია საშუალებას იძლევა, რომ შინაგანი ორგანოების, ძვლებისა და რბილი ქსოვილების მდგომარეობა სწრაფად და ზუსტად გამოვლინდეს.

რენტგენის სხივები ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ერთ - ერთი სახეა. იგი მაღალი სიხშირის გამოსხივებას მიეკუთვნება. მის მოქმედებას ადამიანის ორგანიზმზე, ორგანიზმის შემადგენელი ატომების იონიზაცია შეუძლია (ასეთ დროს ამბობენ, რომ გამოსხივება მაიონებელია), რაც საკმაოდ სახიფათოა. ამიტომაცაა, რომ რენტგენოგრაფია ხშირად არ შეიძლება. რენტგენის სხივებს წარმატებით შეუძლია განჭოლოს ადამიანის ქსოვილები. იგი ნაკლებად განჭოლავს ძვალს, საშუალო წარმატებით შეუძლია განჭოლოს ხრტილოვანი ფენა და ა.შ. - რენტგენის სხივების შთანთქმა ორგანიზმის მიერ ხდება იმისდა მიხედვით, თუ რა სიმკვრივის ფენაში გადის იგი. ყოველივე ეს გვაძლევს საშუალებას სპეციალურ ფირზე (დეტექტორზე) აღვრიცხოთ ორგანიზმიდან გამოსული სხივები და მიღებული სურათი გვიჩვენებს ორგანიზმში სიმკვრივის განაწილებას (ორგანიზმის იმ ადგილებში, რომლებშიც რენტგენის სხივების შთანთქმა მაღალი იყო, იქნება ძვალი.



სადაც შთანთქმა დაბალი დოზით გვექონდა, ან თითქმის არ შთაინთქა - იქნება რბილი ქსოვილი). ასე მიიღება, მაგალითად, გულმკერდის რენტგენოგრაფიისას ნეკნებისა და ფილტვების გამოსახულება (ანატომიური სურათი).

კომპიუტერული ტომოგრაფია (CT)

კომპიუტერული ტომოგრაფია არის მოწყობილობა, რომელიც გამოსხივების წყაროდ რენტგენის სხივებს იყენებს, შესაბამისად, შეიძლება ითქვას, რომ კომპიუტერული ტომოგრაფია იგივე რენტგენოგრაფიაა, ერთი მნიშვნელოვანი განსხვავებით - CT კვლევის დროს ხდება მთლიანად ადამიანის (ან ადამიანის სხეულის კონკრეტული ნაწილის) 3D ანატომიური გამოსახულების მიღება. CT კვლევის დროს ადამიანი დაწოლილ მდგომარეობაში თავსდება სპეციალურ



მაგიდაზე. ამ დროს ხდება ადამიანის დასხივება მრავალი მხრიდან და, შესაბამისად, ყველა ამ სხივის დეტექტორზე აღრიცხვა, ადამიანის ორგანიზმის განჭოლვის შემდეგ.

ხშირად, გამოსახულების მეტი სიმკვეთრისთვის, CT კვლევამდე ორგანიზმში ინექციის გზით იოდის კონტრასტი შეჰყავთ. CT კვლევა განსაკუთრებით ინფორმატიულია ძვლების, შინაგანი ორგანოების და სისხლძარღვების (როგორც მაგისტრალური, ასევე მცირე კალიბრის) შეფასებისთვის. კვლევის მოკლე დროის გამო, კომპიუტერული ტომოგრაფია შეუცვლელი კვლევაა გადაუდებელი სამედიცინო დახმარების ცენტრებში და გამოიყენება თითქმის ყველა შინაგანი ორგანოს შესაფასებლად. როგორც რენტგენოგრაფია, CT კვლევაც ნიშნავს ორგანიზმზე მაიონებელი გამოსხივების ზემოქმედებას ამიტომ იგი მხოლოდ ექიმის ნებართვის შემთხვევაში, წელიწადში შეზღუდული რაოდენობით შეიძლება.

მაგნიტურ-რეზონანსული ტომოგრაფია (MRT/MRI)

MRT კვლევა გამოიყენება ადამიანის სხვადასხვა ორგანოს სტრუქტურისა და ქსოვილების ვიზუალიზაციისთვის. მაგნიტურ - რეზონანსული ტომოგრაფია განსხვავებით რენტგენოგრაფიისა და კომპიუტერული ტომოგრაფიისა მაიონებელ გამოსხივებას არ შეიცავს. MRT კვლევის დროს ადამიანი ძლიერი მაგნიტური ველითა და რადიოტალღებით სხივდება (ცნობისათვის, რადიოტალღებს ასხივებს მობილური ტელეფონი), რომელთაგან არცერთია მაიონებელი გამოსხივება, ამიტომ, ამ თვალსაზრისით MRI გაცილებით უსაფრთხოა.

MRT კვლევა ეფუძნება ძლიერი მაგნიტური ველისა და შემდგომ რადიოტალღების მოქმედებას ადამიანში არსებულ წყალბადზე. წყალბადის ატომების ბირთვების სუსტი სიგნალების საფუძველზე წარმოიქმნება სტრუქტურის გამოსახულება. მოქმედების შეწყვეტის შემდგომ დეტექტორზე მიიღება სხეულის შიდა სტრუქტურები დეტალურად, რაც ექიმებს აძლევთ საშუალებას დაინახონ ანომალიები, მაგალითად, სიმსივნეები, ანთება, მოტეხილობა და ა.შ.

პოზიტრონ-ემისიური ტომოგრაფიით კვლევის ჩატარების დროს ადამიანის ორგანიზმში

ინექციის საშუალებით გლუკოზასთან ერთად შეჰყავთ სპეციალური რადიოაქტიური პრეპარატი (ფტორის იზოტოპი). გარკვეული დროის შემდეგ, როდესაც გლუკოზა და, შესაბამისად, ფტორის რადიოაქტიური იზოტოპი ორგანიზმში განაწილდება (ხშირად, მათი დიდი დოზით დაგროვება ხდება პათოლოგიურ კერებში, როგორებიცაა სიმსივნე)



ტომოგრაფი იწყებს ფტორის გამოსხივების აღრიცხვას/დეტექტირებას (სინამდვილეში, აღნიშნული პროცესი წარმოადგენს ფტორისგან გამოსხივებული პოზიტრონების ურთიერთქმედებას ორგანიზმის ელექტრონებთან, რა დროსაც ორივე მათგანი გარდაიქმნება სინათლედ (იბადება

ფოტონები) - შემდეგ ხდება ამ ფოტონების აღრიცხვა/დეტექტირება. ეს პროცესი საკმაოდ რთულია და დაინტერესებულ მკითხველს დამატებით შეუძლია გაეცნოს). ეს კი საშუალებას იძლევა მივიღოთ ორგანიზმის დეტალური 3D სურათი მასში ნივთიერებათა განაწილებისა და ორგანოთა ფუნქციონირების შესახებ (სურათებს, რომლებიც ორგანიზმში ნივთიერებათა განაწილებასა გვიჩვენებს, **მეტაბოლურს** უწოდებენ. ცნობისათვის რენტგენოგრაფია და CT ანატომიურ სურათებს გვაძლევს). როდესაც ერთდროულადაა საჭირო როგორც მეტაბოლური ასევე ანატომიური სურათების მიღება, გამოიყენება PET/CT (ერთდროული პოზიტრონ ემისიური და კომპიუტერული ტომოგრაფია) კვლევა.

რადიაციული თერაპია სიმსივნეების მკურნალობაში ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდია. რადიაციული თერაპია მიზნად ისახავს სიმსივნის უჯრედების განადგურებას ან მათი რაოდენობის ზრდის შეჩერებას.

თქვენთვის ცნობილია, რომ ნებისმიერი უჯრედის გაყოფას (მიტოზს) წინ უსწრებს, დნმ-ის ჯაჭვების გაორმაგების/დუბლირების პროცესი. რადიაციული თერაპიის მოქმედების პრინციპი ემყარება მის მავნე მოქმედებას დნმ-ის ჯაჭვებზე, დნმ-ის ფუძეებს შორის ბმების პირდაპირი განადგურების ან დამუხტული ნაწილაკების (თავისუფალი რადიკალების) წარმოქმნის გამო. ქესაბამისად, დაზიანებული დნმ-ის მქონე უჯრედები ვერ მრავლდებიან. მნიშვნელოვანია, რომ რადიაციული თერაპია ისე ჩატარდეს, რომ ჯანმრთელი ქსოვილები მინიმალურად დაზიანდეს, რაც მკურნალობის პროცესს უფრო ეფექტურს და უსაფრთხოს ხდის.

სიმსივნეების განადგურებისთვის რადიაციული თერაპიისას სხვადასხვა დანადგარებს იყენებენ. ერთ-ერთი ხშირად გამოყენებადია დასხივება წრფივი ამაჩქარებლებით და ბრაქიტერაპია.

დასხივება ამაჩქარებელით - სხივური თერაპიის დროს გამოიყენება მაიონებელი გამოსხივება, რომლის მიზანიც სიმსივნური უჯრედების განადგურებაა. მკურნალობის კურსის შედეგად, შესაძლოა, სრულად განადგურდეს უჯრედები, შემცირდეს სიმსივნე ზომაში, შეჩერდეს ან/და შენეღდეს სიმსივნური წარმონაქმნის ზომაში ზრდა. მიღებული შედეგი დამოკიდებულია პაციენტის ინდივიდუალურ ფაქტორებზე, დაავადების ბუნებაზე, თერაპიის მიზანსა და ხანგრძლივობაზე.



სხივური თერაპია შეიძლება იყოს რადიკალური, რის მიზანსაც პაციენტის განკურნება წარმოადგენს და არა უბრალოდ სიმპტომების შემსუბუქება. რადიკალურ სხივურ თერაპიას ძირითადად მიმართავენ მაშინ, როდესაც კიბო ლოკალიზებულია ერთ კონკრეტულ არეალში და არ არის გავრცელებული შორეულ ორგანოებსა ან ქსოვილებზე. ასეთ დროს დასხივების დოზები, როგორც წესი, შედარებით დიდია, მკურნალობა კი გახანგრძლივებული.

ამაჩქარებელის მუშაობის ძირითად პრინციპს წარმოადგენს ფიზიკური მოვლენა - დამუხტული ნაწილაკების აჩქარებულად (ცვლადი სიჩქარით) მოძრაობის დროს მათ მიერ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წარმოქმნა. ამაჩქარებელში ელექტრონები საკმაოდ დიდ ენერგიამდე ჩქარდებიან, შემდეგ კი მომენტალურად მუხრუჭდებიან, რა დროსაც ასხივებენ დიდი ენერგიის მქონე ფოტონებს (ელექტრომაგნიტური გამოსხივება). მოგორც ზემოთ აღნიშნა, ხსენებულ გამოსხივებას შეუძლია სიმსივნური წარმონაქმნების განადგურება, თუმცა იგი საზიანოა ადამიანის ჯანმრთელი ქსოვილებისთვის და ორგანოებისთვისაც. ამიტომ, დასხივებამდე შესაბამისი პროფესიის სპეციალისტი (სამედიცინო ფიზიკოსი) ადგენს დასხივების გეგმას, რის მიხედვითაც (წინასწარი პროტოკოლის მიხედვით) მინიმალურ ზიანს მიიღებს ადამიანის ჯანსაღი ქსოვილი და ორგანო, ხოლო დასხივების მაქსიმალური დოზა მივა იმ ადგილას სადაც პათოლოგიური



წარმონაქმნია. სურათზე გამოსახულია ერთ - ერთი ასეთი ამაჩქარებელი, რომელსაც შეუძლია ადამიანის გარშემო ბრუნვა და დასხივებისას, წინასწარ გაწერილი, სიმსივნის ლოკაციის შესაბამისი პროგრამული კოდის მიხედვით დასხივების კუთხეებისა და დოზების შერჩევა.

სურათზე გამოსახულია **ბრაქითერაპიის** აპარატურა. აღნიშნული მოწყობილობის საშუალებით შესაძლებელია დასხივების წყარო (ბრაქითერაპიაში დასხივების წყარო არის რადიოაქტიური პრეპარატი) მოვათავსოთ უშუალოდ სიმსივნურ კერაში ან მასთან რაც შეიძლება ახლოს. ყოველივე ეს მოსახერხებელია სპეციალური აპლიკატორების საშუალებით, რომელიც სურათზე დანადგარიდან გამოდის და ძაფებს მოგაგონებთ.

პაციენტის ორგანიზმში სიმსივნური კერის ზუსტი ლოკაციის დადგენის შემდეგ აპლიკატორებით უშუალოდ სიმსივნურ კერასთან მიდის რადიოაქტიური პრეპარატი. ყოველივე ეს ამცირებს ჯანსაღი ქსოვილებისა და ორგანოების დასხივების რისკს და დასხივების მაქსიმალური დოზა მიდის პათოლოგიურ წარმონაქმნთან.

ბრაქითერაპიაში ძირითადად გამოიყენება რადიოაქტიური პრეპარატები: იოდი - 125, პალადიუმ 103, სეზიუმ 137 და სხვა.

დღეისათვის, საქართველოს რამდენიმე კლინიკაში ხელმისაწვდომია როგორც წრფივი ამაჩქარებელი, ასევე ბრაქითერაპიის აპარატურა.

კრიტერიუმი III - როგორია გამოსხივების ადამიანის ქსოვილთან/უჯრედთან ურთიერთქმედების მექანიზმი

- ✓ როგორ მოქმედებს რადიაცია ადამიანის უჯრედზე და რა პროცესები შეიძლება მოჰყვეს დნმ-ის დაზიანებას?

- ✓ როგორ უნდა გამოიყენოს ადამიანმა რადიაცია ისე, რომ მინიმალური იყოს ზიანი და მაქსიმალური — სარგებელი?

რადიაციის უარყოფითი ზემოქმედების მექანიზმები

რადიაციას შეუძლია ადამიანის ორგანიზმში მუტაციების გამოწვევა, რაც ჯანმრთელობაზე შეიძლება უარყოფითად აისახეოს. მუტაციები შეიძლება სხვადასხვა ფორმით გამოვლინდეს.

რადიაციის მაღალი დოზა უჯრედის დნმ-ის დაზიანებას იწვევს, რაც მუტაციების წარმოშობას, გენეტიკურ ცვლილებებს იწვევს და უჯრედის ფუნქციაზე უარყოფითად აისახება.

რადიაციის შედეგად მიღებულმა მუტაციებმა შესაძლოა კიბოს განვითარება გამოიწვიოს. განსაკუთრებით მაღალი რისკის ზონაში იმყოფებიან რენტგენოლოგები და პაციენტები, რომლებიც რეგულარულად მონაწილეობენ რადიაციულ პროცედურებში.

მუტაციები, რომლებიც რადიაციის შედეგად წარმოიქმნება, შესაძლოა მომავალ თაობებზე გავრცელდეს. ეს მუტაციები შეიძლება სხვადასხვა ფორმით გამოვლინდეს, მათ შორის მორფოლოგიური ანომალიებით, ჯანმრთელობის პრობლემებითა და სხვა გენეტიკური დარღვევებით.

ჩერნობილის ატომური ელექტროსადგურის ერთ-ერთი რეაქტორის აფეთქების შემდეგ ეს ზონა მკაცრად კონტროლდება და ადამიანები იქ მხოლოდ მთავრობის ნებართვის საფუძველზე დაიშვებიან. გარემოში დაღეძილი რადიოაქტიური მასალები ორგანიზმებზე მაიონიზებელი რადიაციის მაღალი დონით ზემოქმედებს და დიდად ზრდის მუტაციების, კიბოსა და სიკვდილის რისკს. აკრძალულ რეგიონში ბინადარ ცხოველებზე ჩატარებულმა ტესტებმა აშკარა გენეტიკური სხვაობები აჩვენა სხვა ტერიტორიაზე მცხოვრებ ცხოველებთან შედარებით.

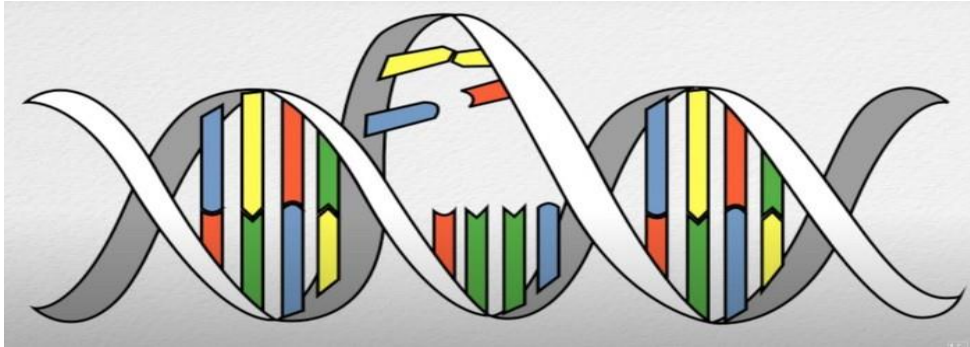
საინტერესოა, რომ ამ ზონაში შეგროვებულ ნემატოდებს (პაწაწინა ჭიები მარტივი გენომით და სწრაფი გამრავლებით), გენომში დაზიანების არანაირი კვალი არ აღენიშნებათ, რაც ნამდვილად არ უნდა იყოს ასე ასეთ სახიფათო ადგილას ბინადარი ორგანიზმების შემთხვევაში. მკვლევართა განცხადებით, აღმოჩენა იმას კი არ ნიშნავს, რომ ჩერნობილის აკრძალული ზონა უსაფრთხოა, არამედ მიუთითებს, რომ ეს ჭიები მდგრადები არიან და ოსტატურად მოერგნენ პირობებს, რომელიც შეიძლება არახელსაყრელი იყოს სხვა სახეობებისთვის.

რადიოაქტიული ნივთიერებების აღმოჩენამ მედიცინაში მნიშვნელოვანი წინსვლა უზრუნველყო, რითაც რენტგენოგრაფია და სიმსივნეების თერაპია შესაძლებელი გახდა. მიუხედავად ამისა, აუცილებელია ყურადღების მიქცევა რადიაციის მავნე ზემოქმედებაზე და მისი გამოყენების დროს შესაბამისი სიფრთხილის დაცვა. მხოლოდ ამ გზით შეგვიძლია მივაღწიოთ მაქსიმალურ სარგებლიანობას, მინიმალური რისკებით.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მაიონიზირებელი რადიაციის დასაშვებზე მეტმა რაოდენობამ შესაძლოა გამოიწვიოს უჯრედის დაზიანება და წარმოშვას სიმსივნური უჯრედები.

ზოგჯერ რადიაცია აზიანებს დნმ-ის მოლეკულას და იწვევს ზოგიერთი გენის მუტაციას. მართალია, ყოველდღიურად ჩვენს უჯრედებში ისედაც მრავალი მუტაცია ხდება, თუმცა, ამაზე პასუხისმგებელი p53 გენი მათთან პროტეინებს გზავნის, რომლებიც მომხდარ დაზიანებებს ასწორებენ, ხოლო თუ დაზიანება გამოსწორებას არ ექვემდებარება, უჯრედი თავს იკლავს (ამას აპოპტოზი ეწოდება). ზოგიერთ შემთხვევაში ძლიერმა რადიაციამ შეიძლება მრავალი გენი გამოუსწორებლად დააზიანოს და პროტეინებმა მათი შეკეთება საერთოდ ვერ ან არასწორად შეძლონ. თუ უჯრედის გამრავლების

მარეგულირებელი ონკოგენებიც დაზიანდა და "ჩართული" დარჩა (ჩართულია, როდესაც უჯრედს ნებას რთავს გამრავლდეს), იწყება დაზიანებული დნმ-ის მექანე უჯრედის გამრავლება, რის შემდეგაც მუტირებული გენები კიდევ უფრო მეტ მუტაციას განიცდიან და ისევ მრავლდებიან. სიმსივნურ უჯრედებს არ აღეღვებთ, რომ მათი გამრავლებისათვის ადგილი აღარაა, გამრავლებას განაგრძობენ, გარშემო არსებულ ორგანოებს აწევიან და აზიანებენ.



სურ. რადიაციული გამოსხივების მიერ დნმ-ს დაზიანების ერთ-ერთი ვარიანტი

კიბოს სამკურნალოდ ხშირად ისევ რადიაციას მიმართავენ ([რადიოთერაპია](#)). უპირველეს ყოვლისა მაქსიმალური სიზუსტით ადგენენ კიბოს ადგილმდებარეობას და ცდილობენ რადიაციის ლოკალურად, სიმსივნურ უჯრედებზე დასხივებას და მძიმე ზიანის მიყენებით მათ განადგურებას, თუმცა, ეს ყოველთვის ვერ ხერხდება, რადგან რადიაციის მხოლოდ ერთ წერტილში დასხივება რთულია, რის გამოც იგი ხშირად კიბოს უჯრედებთან ერთად მის გარშემო არსებულ ჯანმრთელ უჯრედებსაც ანადგურებს.

სასარგებლოა რადიაცია თუ საზიანო? პასუხი მარტივია — ყველანი ვიცენებთ დანას და მის გარეშე ცხოვრება თითქმის წარმოუდგენელია, თუმცა, თუ მისი გამოყენების წესი არ ვიცით, შესაძლოა, მძიმე ზიანიც მოგვაყენოს. ასეა რადიაციაც, თუმცა თუ მას კარგად შევისწავლით და დავიმორჩილებთ, ალბათ, კიდევ უფრო გავაფართოებთ მისი გამოყენების არეალს მრავალი მიმართულებით და ზიანსაც სარგებელი გადაწონის.

კარსტული მღვიმე - სპელეოთერაპიის განვითარების შესაძლებლობა

თემა 3 - ტექნოლოგიები და მედიცინა			
კარსტული მღვიმე	გაკვეთილი 1	გეოგრაფია	მასწავლებელი სტუდენტებს აცნობს ქეისსა და პროექტულ დავალებას. განიხილავს თუ რა არის კარსტი.
	გაკვეთილი 2	გეოგრაფია	მასწავლებელი საუბრობს თუ რა არის კარსტული მღვიმე, როგორ წამოიქმნება ის.
	გაკვეთილი 3	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს კარბონატებისა და ბიკარბონატების წარმოქმნისა და დაშლის პროცესს.
	გაკვეთილი 4	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ქიმიური წონასწორობას.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ქიმიურ წონასწორობაზე მოქმედ ფაქტორებს.
	გაკვეთილი 6	გეოგრაფია	მასწავლებელი განიხილავს და ახასიათებს რამდენიმე მღვიმეს.
	გაკვეთილი 7	გეოგრაფია	მასწავლებელი საუბრობს მღვიმეთა მრავალფეროვან დანიშნულებაზე.
	გაკვეთილი 8	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ქიმიური წონასწორობის მაგალითებს და ლე შატელიეს პრინციპს.
	გაკვეთილი 9	გეოგრაფია	როგორ მოქმედებს მღვიმეების ჰაერის ქიმიური შემადგენლობა ადამიანის გაჯანსაღებაზე.
	გაკვეთილი 10	ქიმია	მასწავლებელი შეაჯამებს შესწავლილ საკითხს, სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს

სამიზნე ცნება: მატერი, ენერგია და ურთიერთქმედება.

კარსტული მღვიმეები - სპელეოთერაპიის განვითარების შესაძლებლობა

პროექტული დავალება

აეროპორტში, თათიას გერმანიიდან დაბრუნებას, თითქმის მთელი კლასი ელოდებოდა. გიგის მაინც განსაკუთრებულად უმგერდა გული. უკვე გარკვეული იყო, რომ „ფილტვის სიმსივნე“, რაც ყველაზე მეტად აშფოთებდათ, გერმანიაში ჩატარებული კვლევებით, გამოირიცხა. „ნეტავ, რა დასჭრდება, თათიას სრულ გამოჯანმრთელებას?“ „ხომ გამოჯანმრთელდება? - კითხვები არ ასვენებდა გიგის.



თათია, ისევ ფერმკრთალი ჩანდა. თეთრით გაწყობილი ცისფერი კაბა, ისე უხდებოდა მის დიდრონ, ცისფერ თვალებს და მხრებზე დაყრილ, ოქროს კულულებს, რომ მის ყურებას არაფერი ჯობდა. კლასელების დანახვამ მეტად გაამხიარულა. თათიას დედამ ახალი ამბავიც გააჟღერა, რომ თათიას, მედიკამენტოზურ მკურნალობასთან ერთად, აუცილებლად ესაჭიროებოდა „სპელეოთერაპია“.

აეროპორტში ყიჟინა, სიცილი, ხმაური და ემოციები, ერთმანეთს ენაცვლებოდა. „ხომ წამოხვალ, ჩემთან ერთად მღვიმეში?“ ნაზად ჩასჩურჩულა თათიამ გიგის. სიხარულის ჟრუანტელმა დაუარა გიგის.

მანქანებში ჩასხდნენ, სახლებისკენ დაიძრნენ. „ნეტავ, რომელ მღვიმეში გაყოლა მოხვდა?“ – ფიქრობდა გიგი. უცებ ამოუტივტივდა, გეოგრაფიის გაკვეთილზე ნასწავლი, რომ კარსტული მღვიმეები, ბრონქეალური ასთმის მკურნალობისთვის გამოიყენებოდა. ბევრიც არაფერი ახსოვდა. „ნეტავ, რამდენი მღვიმე გვაქვს?“ „ყველა ერთნაირია?“ ზოგი რამ ახსენდებოდა სტალაქტიტების და სტალაგმიტების შესახებ. აქამდე დიდად არც უფიქრია, მათ წარმოშობაზე; ახლა კი, ყველაფერი უფრო დაწვრილებით აინტერესებდა. „ნეტა, რა ქიმიური პროცესები მიმდინარეობს?“ – გაიფიქრა და თან იქვე საკუთარი თავი დაამშვიდა – ამას, ქიმიის მასწავლებელს ვკითხავო.

გიგი ოცნებებში ჩაიძირა, თათიასთან ერთდ მღვიმეში ხედავდა საკუთარ თავს. „ალბათ, ბევრი ღამურა იქნება“ – გაიფიქრა უცებ. „ნეტა, თათიას თუ ეშინია?“ „ნეტავ, კიდეც რა ბინადრობს მღვიმეში?“ და იგრძნო, რომ მგონი, თვითონაც შეეშინდა. გული გაიმავრა და მიხვდა, რომ ბევრი უპასუხო კითხვა იყო მის გარშემო. აინტერესებდა, როგორი ტემპერატურა დახვდებოდათ, წნევის გავლენას თუ იგრძნობდნენ და აქ, მშველელად ფიზიკის მასწავლებელი მოიაზრა.

დაეხმარე გიგის კვლევასა და ანგარიშის მომზადებაში, რათა შეძლოს კარსტულ მღვიმეებზე ყველა კითხვას უპასუხოს. შეგიძლია ზოგი მასალა ტექსტებთან ერთად, ფოტოს, ცხრილის ან გრაფიკის სახითაც მიაწოდო.

თქვენ მიერ შექმნილ კვლევის ანგარიშში ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- რა როლს თამაშობს გეოლოგიური აგებულება და მიწისქვეშა წყლები კარსტის განვითარებაში;
- როგორ ხდება კარსტულ მღვიმეებში სტალაქტიტების და სტალაგმიტების წარმოქმნა?
- რა თავისებურებებით ხასიათდება მღვიმური ეკოსისტემები და როგორ ნარჩუნდება მუდმივი ტემპერატურა კარსტულ მღვიმეებში;
- რა მნიშვნელობა აქვს სპელეოთერაპიას ადამიანის ჯანმრთელობისთვის?

კრიტერიუმი I - რა როლს თამაშობს გეოლოგიური აგებულება და მიწისქვეშა წყლები კარსტის განვითარებაში?

- ✓ როგორ ქანებში წარმოიქმნება რელიეფის კარსტული ფორმა?
- ✓ რა იგულისხმება რელიეფის კარსტულ ფორმებში?
- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს რელიეფის ტოპოგრაფიულ თავისებურებას კარსტის ამა თუ იმ ფორმის წარმოსაქმნელად?
- ✓ რა როლი აქვს მიწისქვეშა წყალს კარსტული რელიეფის ფორმირებისთვის?
- ✓ რა როლი აქვს ზედაპირულ წყლებს კარსტული რელიეფის ფორმირებისთვის?
- ✓ როგორ წარმოიქმნება “ქრობადი მდინარეები”?

კარსტი და კარსტული მღვიმეები

„კარსტი“ იმ კირქვიანი პლატოს სახელწოდებაა, რომელიც ადრიატიკის ზღვის მახლობლად, თანამედროვე სლოვენიის აღმოსავლეთ ტერიტორიაზე მდებარეობს. აქ შეინიშნა პირველად მეტად თავისებური, ორიგინალური ნიშნების მქონე რელიეფი, სხვადასხვა ფორმის და სიდიდის ზედაპირული და მიწისქვეშა სიღრუვეებისა, რომლებიც

ადგილის ამგებელ კარბონატულ ქანებზე მდინარი წყლების ქიმიური მოქმედების შედეგადაა მიღებული. შემდეგ იგი განზოგადდა და ამჟამად კარსტის სახელწოდებით აღინიშნება ზემოხსენებული გზით მიღებული გენეტურად მსგავსი ფორმები და წარმონაქმნები, განურჩევლად მათი ადგილმდებარეობისა.

კარსტული რელიეფის განვითარების განმსაზღვრელ პირობას წყალში ხსნადი ქანების: კირქვის, დოლომიტის, თაბაშირის, ან ქვამარილის არსებობა წარმოადგენს. თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ ზემოაღნიშნულ ქანებს დედამიწაზე 40 მლნ. კვ. კმ-მდე ფართობი უკავიათ, მაშინ ადვილი წარმოსადგენია კარსტული რელიეფის გავრცელების მასშტაბი.



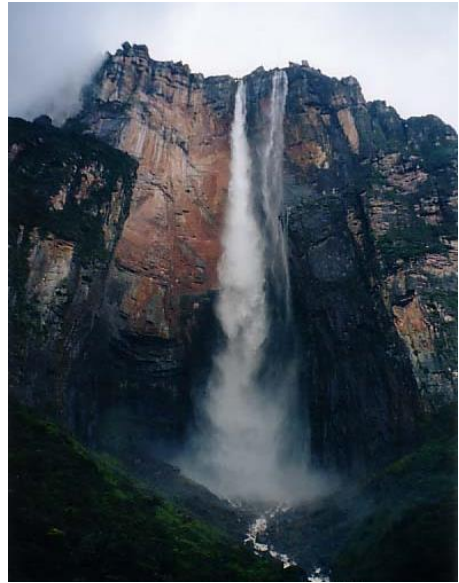
სურ. 1. სლოვენიის კარსტი

აღნიშნული პროცესის შედეგად მიღებულ რელიეფის ფორმათა მრავალფეროვნებასა და მასშტაბურობაში პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე კირქვების წყებათა სიმძლავრეს (სისქეს) და მათ დანაპრალებას. ასეთ პირობებში ზედაპირულ წყლებს საშუალება აქვთ გახსნითი პროცესის წარმართვისა არა მარტო ზედაპირზე დინებისას, არამედ ნაპრალებში მოძრაობისას ვერტიკალური თუ სხვა მიმართულებით. ამას კი შედეგად მოსდევს რელიეფის ზედაპირული და მიწისქვეშა (სიღრმული) ფორმების განვითარება.

იმავე შეიძლება ითქვას ხსნადი ქანებით აგებულ რეგიონის ჰიფსომეტრიულ მდებარეობაზე. საქმე ისაა, რომ ვინაიდან სიმაღლის მატებასთან ერთად ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა ჯერ მატულობს, შემდეგ კი მცირდება, ამიტომ მთაგორიან კირქვულ მასივებში კარსტული რელიეფი, სხვა თანაბარ პირობებში, განსაკუთრებული სიცხადით ნალექების მაქსიმალური მოსვლის ზოლს შეესაბამება, ეს ითქმის პირველ რიგში ზედაპირულ ფორმებზე.

ბოლოს არ შეიძლება არ აღინიშნოს კარსტული ლანდშაფტის ფორმირების საქმეში ადგილის ტოპოგრაფიული თავისებურების და ქანების სისუფთავის მნიშვნელობა. სუსტად დახრილ ან პლატოსებრ მარტივი ტოპოგრაფიის მქონე ადგილებზე კარსტის ზედაპირული ფორმების განვითარებისათვის უფრო ხელსაყრელი პირობებია, ვიდრე დიდი ვერტიკალური დანაწევრების ტერიტორიაზე. უკანასკნელზე ზედაპირული წყლის ჩამოდენა იმდენად სწრაფად ხდება, რომ მისი გამხსნელი მოქმედება უმნიშვნელოა.

კარსტული მხარეები საერთოდ ზედაპირული წყლების სიღარიბით გამოირჩევიან, რის მიზეზიც ატმოსფერული ნალექების და მდნარი თოვლის ნაპრალებში ჩადენაა. ეს უკანასკნელნი ალაგ-ალაგ წყლის ზემოქმედებით იმდენად ფართოვდებიან, რომ შემდგომში მათ ზედაპირული ნაკადების შთანთქმაც კი შეუძლიათ. ამგვარად, დაკარგული ე. წ. „ქრობადი მდინარეები“ რაღაც მანძილის გავლის შემდეგ შესაძლოა ისევ ზედაპირზე გამოედინოს. მდინარეთა ამგვარი ზედაპირული და სიღრმული დინების მქონე ნაწილთა მონაცვლეობა კირქვიანი მხარის ჰიდროგრაფიის

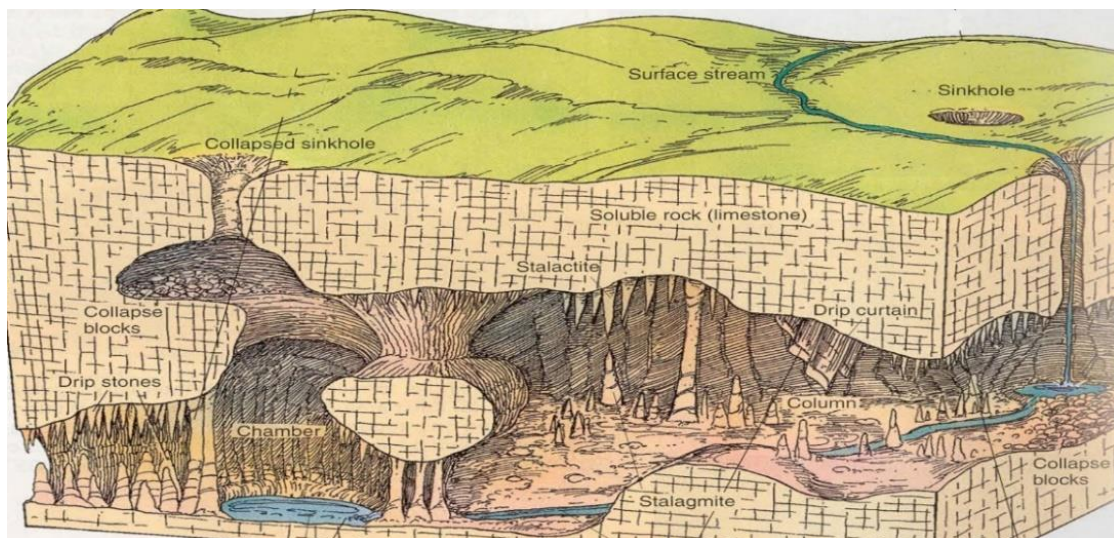


არსებითი დამახასიათებელი ნიშანია. ის ადგილები, სადაც ნაკადები იკარგება, რაჭაში „სასულეებად“ არის ცნობილი.

სურ. 2. ჩანჩქერი „სანტო-ანხელი“

საერთოდ კი მათ „პონორების“ სახელწოდებით აღნიშნავენ. პონორები კარსტული მხარის რელიეფის ზედაპირულ ფორმებს წარმოადგენს. „ქრობადი მდინარეები“-ს მაგალითად, ჩვენი მდინარე ამტყელიც შეგვეძლო დავგვსახელებინა, რომელიც დაახლოებით 10 კმ-ზე მიწისქვეშეთში იკარგება და შემდგომ ისევ ჩნდება დედამიწის ზედაპირზე. მსოფლიოს უმაღლესი ჩანჩქერი „სანტო-ანხელიც“ ვენესუელაში, ასეთივე მდინარეზე მდებარეობს და მას ადგილობრივები ამიტომაც მოიხსენიებენ „ეშმაკის მდინარედ“- „ჩურუნ-ნერუმ“.

ქანების გახსნასთან ერთად ხდება მათი მექანიკური გადარეცხვა და წარმოიქმნება კარსტის ზედაპირული და მიწისქვეშა ფორმების კომპლექსი (კარები, ძაბრები, აბაზანები, ქვაბულები, ბრმა ხეობები, პოლიები, ჭები, შახტები, უფსკრულები და სხვ.). კარსტული პროცესების შედეგად ხშირად ჩნდება ოვალური ფორმის ქვაბულები, რომელიც წყლით ივსება. იქმნება კარსტული ტბები.



სურ. 3. კირქვულ მასივში კარსტის ფორმირება

კრიტერიუმი II - როგორ წარმოიქმნება სტალაქტიტები და სტალაგმიტები? რომელი წონასწორული პროცესები უდევს საფუძვლად?

- ✓ რა მსგავსება და განსხვავებაა კალციუმის კარბონატსა და ჰიდროკარბონატს შორის?
- ✓ რომელი ქიმიური რეაქცია უდევს საფუძვლად სტალაგმიტებისა და სტალაქტიტების წარმოქმნას და რეაქციების რომელ ტიპს მიეკუთვნება?
- ✓ რა არის ქიმიური წონასწორობა?
- ✓ რა ფაქტორები ახდენენ გავლენას ქიმიურ წონასწორობაზე?
- ✓ შესაძლებელია თუ არა ლე შატელიეს პრინციპის გათვალისწინებით პროცესების მართვა სასურველი მიმართულებით?

კარსტულ პროცესში წამყვანი როლი ენიჭება ქანების ხსნადობას. ბუნებაში სტალაქტიტებისა და სტალაგმიტების უმეტესობა, რომლებსაც მღვიმეში ვხვდებით, წარმოქმნილია კალციუმის კარბონატისაგან და მათ ჩამოყალიბებას მილიონობით წელი სჭირდება.

წვიმის წყალში გახსნილ ნახშირორჟანგს კარბონატულ ქანებში არსებული კალციუმის კარბონატი ხსნად ჰიდროკარბონატში გადაჰყავს: ისინი შემდეგნაირად წარმოიქმნება:



ბუნებაში ეს რეაქცია შექცევადია. წარმოქმნილი კალციუმის ჰიდროკარბონატი მიწისქვეშა წყლებში ხვდება და როდესაც ასეთი წყალი მღვიმის ჭერიდან წვეთავს, კალციუმის ჰიდროკარბონატი იშლება და ისევ წარმოიქმნება კალციუმის კარბონატი სტალაქტიტებისა და სტალაგმიტების სახით:



ქიმიური წონასწორობა

როცა საუბარია ხოლმე ქიმიურ რეაქციებზე, შეიძლება იფიქროთ, რომ ისინი შეუქცევადები არიან, ერთი ნივთიერება მუდმივად მეორე ნივთიერებად გარდაიქმნება. მართლაც, ზოგჯერ ასეცაა, თუმცა ზოგიერთი ქიმიური რეაქცია შექცევადია, შესაბამისად, ამ რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტები შეიძლება შევიდნენ რეაქციაში ერთმანეთთან და წარმოქმნან საწყისი რეაგენტები. ეს შექცევადი რეაქციები გარკვეულ პირობებში აღწევს ე. წ. „წონასწორობას“.

პირველ რიგში, დავაზუსტოთ, რა არის წონასწორობა. ჩაკეტილ სისტემაში (ე. ი. სისტემაში, რომელშიც არ ხდება ნივთიერებების გარემოსთან მიმოცვლა), რეაქციის საწყის მდგომარეობაში იქნება მხოლოდ რეაგენტები. როდესაც რეაქცია დაიწყება, რეაგენტების რაოდენობები დაიწყებს კლებას და პროდუქტების რაოდენობები დაიწყებს მატებას. შეუქცევადი რეაქციის შემთხვევაში რეაგენტები პროდუქტებად გარდაიქმნებიან და რეაქცია აქ რჩება, მაგრამ როდესაც რეაქცია შექცევადია, წარმოქმნილ პროდუქტებს შეუძლიათ ერთმანეთთან შევიდნენ რეაქციაში და წარმოქმნან ისევ საწყისი რეაგენტები.

გარკვეული დორის შემდეგ შექცევადი რეაქციები ჩაკეტილ სისტემაში მიაღწევს ე. წ. „დინამიკურ წონასწორობას“. ამ დროს პირდაპირი (რეაგენტების ერთმანეთთან რეაქციაში შესვლა და პროდუქტების წარმოქმნა) და საპირისპირო (პროდუქტების ერთმანეთთან რეაქცია და საწყისი რეაგენტების ხელახლა წარმოქმნა) რეაქციების სიჩქარეები თანაბარია. ეს იმას ნიშნავს, რეაგენტებისა და პროდუქტების რაოდენობა მუდმივი რჩება, მიუხედავად იმისა, რომ ორივე რეაქცია მაინც მიმდინარეობს.

იმისათვის, რომ კარგად გაიგოთ, წარმოიდგინეთ, რომ ორი ადამიანი. ერთი ადამიანი თხრის ორმოს, ანუ ამოაქვს მიწა, ხოლო მეორე ადამიანი ამ ორმოში ყრის მიწას. თუ მათი მუშაობის სიჩქარეები ერთნაირი დარჩება, ორმოს ზომა და ამოღებული/ჩაყრილი მიწის რაოდენობა ერთი და იგივე იქნება, მიუხედავად იმისა, რომ ორივე მუშაობს. ზუსტად ესაა დინამიკური წონასწორობის არსიც.

იმის მიუხედავად, რომ რეაგენტების და პროდუქტების კონცენტრაცია თანაბარი იქნება სისტემაში, როდესაც სისტემა მიაღწევს დინამიკურ წონასწორობას, ჩვენ შეგვიძლია ისე ვაკონტროლოთ ამ სისტემის პარამეტრები, რომ რეაქცია ჩვენთვის სასურველ მხარეს გადავხაროთ, ანუ რეაგენტთა და პროდუქტთა პროპორციები შევცვალოთ ნარევეში. ამ ცვლილებების შედეგების წინასწარმეტყველება შესაძლებელია „ლე შატელიეს პრინციპის“ საშუალებით.

ლე შატელიეს პრინციპის მიხედვით, თუ დინამიკურ წონასწორობაში მყოფ სისტემას შევუცვლით პირობებს, სისტემა ამ ცვლილების გაბათილებისკენ მიისწრაფის, რაც გამოიხატება რეაგენტებისა და პროდუქტების რაოდენობათა შეცვლით. მაგ., თუ გავზრდით რეაქციის ჩატარების ტემპერატურას, სისტემა ამ ცვლილებას უპასუხებს იმგვარად, რომ ტემპერატურა შეამციროს. თუ გავზრდით რეაგენტების კონცენტრაციას, სისტემა ამის პასუხად ამ რეაგენტების კონცენტრაციას შეამცირებს. როგორც ხედავთ, არც ისე რთული პრინციპია, თუმცა ბევრს უჭირს ხოლმე ამ ცოდნის სიტუაციაზე მორგება და გამოყენება.

კონცენტრაცია

დავიწყოთ კონცენტრაციით. კონცენტრაცია მარტივად რომ ვთქვათ, არის იმის საზომი თუ რა რაოდენობის ნივთიერება გვაქვს გარკვეულ მოცულობაში. თუ გავზრდით ერთ-ერთი ნივთიერების კონცენტრაციას რეაქციაში, ლე შატელიეს პრინციპის მიხედვით, სისტემა იმგვარად იმოქმედებს, რომ შეამციროს ამ ნივთიერების კონცენტრაცია.

დავუშვათ, გავზარდეთ ერთ-ერთი რეაგენტის კონცენტრაცია. წონასწორობას შეუძლია ამ რეაგენტის კონცენტრაციის შემცირება, თუ გაიზრდება პირდაპირი რეაქციის სიჩქარე, ანუ წონასწორობა მარჯვნივ გადავა, რაც გამოიწვევს სისტემაში რეაგენტების რაოდენობის შემცირებას და პროდუქტების რაოდენობის გაზრდას.

ტემპერატურა

ტემპერატურის ცვლილებასაც შეუძლია წონასწორობაზე მოახდინოს გავლენა. თუ გავზრდით ტემპერატურას, ლე შატელიეს პრინციპის მიხედვით, სისტემა მოიქცევა ისე, რომ ტემპერატურა შემცირდეს. ის თუ ამას როგორ ახერხებს და რომელ მხარეს გადაიხრება წონასწორობა, დამოკიდებულია რეაქციაზე.

ქიმიური რეაქციები შეიძლება იყოს ეგზოთერმული („სითბო გარეთ“) და ენდოთერმული („სითბოს შიგნით [შთანთქმა]“). თუ იმ ენერგიის სიდიდე, რომელიც საჭიროა რეაგენტებში არსებული ქიმიური ბმების გასაწყვეტად, ნაკლებია ახალი ბმების წარმოქმნის შედეგად გამოყოფილ ენერგიაზე, მაშინ რეაქცია ეგზოთერმულია, ხოლო თუ რეაგენტების ბმების გასაწყვეტად საჭირო ენერგია მეტია ახალი ბმების შედეგად წარმოქმნილ ენერგიაზე, მაშინ რეაქცია ენდოთერმულია. აღსანიშნავია, რომ თუ პირდაპირი რეაქცია ეგზოთერმულია, მაშინ შებრუნებული იქნება ეგზოთერმული და პირიქით.

როდესაც წონასწორულ სისტემაში ვზრდით ტემპერატურას, რეაქციის წონასწორობა გადაიხრება იმ მხარეს, რომელ მხარესაც სითბო შთანთქმება ანუ ენდოთერმული რეაქციის მხარეს. მეორე მხრივ, თუ ტემპერატურას შევამცირებთ, მაშინ ეგზოთერმული რეაქციისკენ გადაიხრება წონასწორობა, რაც ტემპერატურას აწევს.

წნევა

იმ ტიპის რეაქციების წნევის შეცვლა, რომელშიც მონაწილეობს აირები, წონასწორობაზე გავლენას მოახდენს. წნევა წარმოიქმნება ჰურჭელზე აირის ნაწილაკების დაჯახებით. მაშასადამე, რაც უფრო მეტია აირების ნაწილაკთა რიცხვი, მით მეტი იქნება წნევა - ეს ინფორმაცია საშუალებას მოგვცემს, გავარკვიოთ, რა მოუვა წონასწორობას, როდესაც სისტემაში წნევა შეიცვლება.

თუ გავზრდით წნევას, ლე შატელიეს პრინციპის თანახმად, წონასწორობა გადაიხრება იმ მხარეს, საითაც წნევა შემცირდება. შესაბამისად, წონასწორობა გადაიხრება იმ მხარეს, საითაც ნაკლები გაზის მოლეკულაა ჩართული. ის თუ კონკრეტულად რომელ მხარეს გადაიხრება წონასწორობა, რა თქმა უნდა, დამოკიდებულია რეაქციაზე. მაშასადამე, თუ სისტემაში წნევას შევამცირებთ, წონასწორობა გადაიხრება იმგვარად, რომ წნევა გაიზარდოს, ანუ გადაიხრება იმ მხარეს, საითაც მეტი აირის მოლეკულაა.

გაითვალისწინეთ აუცილებლად, რომ ყველა რეაქციაში აირები არ მონაწილეობენ. გარდა ამისა, ზოგიერთ რეაქციის გათანაბრებულ ტოლობაში მარცხენა და მარჯვენა მხარეს აირების მოლეკულები თანაბარია ხოლმე. ასეთ შემთხვევაში წნევის ცვლილება წონასწორობაზე გავლენას არ მოახდენს.

კატალიზატორი

კატალიზატორებს ხშირად ქიმიკოსები იყენებენ ხოლმე ქიმიური რეაქციის სიჩქარის გასაზრდელად, თუმცა მის გამოყენებას წონასწორობის შეცვლის მიზნით არ აქვს აზრი, რადგან იგი, როგორც პირდაპირ, ისე საპირისპირო რეაქციას აჩქარებს ერთი და იგივე ხარისხით, რის გამოც ჯამურად წონასწორობა არცერთ მხარეს არ გადაიხრება.

რაც შეეხება კარსტული რელიეფის მიწისქვეშა ფორმებს, მათ შორის უნდა აღინიშნოს მღვიმეები და მათში არსებული ბუნებრივი სამკაულები, რომლებიც წარმოდგენილია სტალაქტიტების, სტალაგმიტების სტალაგნატების, ფარდების, ჰელიქტიტების, კოლონადების და მღვიმური მარგალიტების სახით.

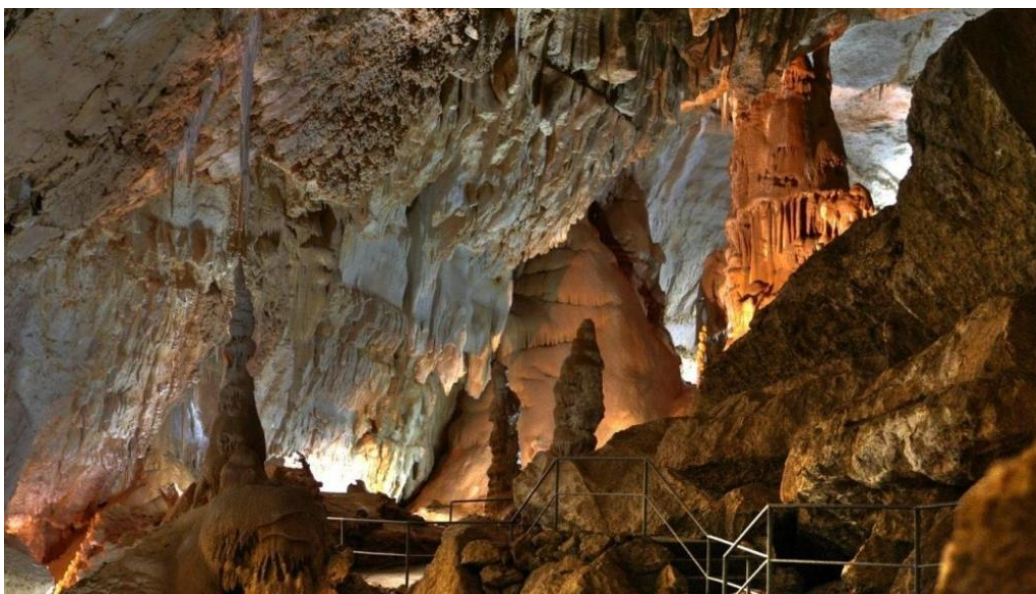
კრიტერიუმი III - რა თავისებურებებით ხასიათდება მღვიმური ეკოსისტემები და როგორ ნარჩუნდება მუდმივი ტემპერატურა კარსტულ მღვიმეებში?

- ✓ რა არის მღვიმე?
- ✓ როგორ ფორმირდება მღვიმე?
- ✓ მღვიმის რა ნაირსახეობები გვხვდება?
- ✓ რა იგულისხმება ცივ და თბილ მღვიმეებში?
- ✓ როგორი შეიძლება იყოს თერმული რეჟიმი სხვადასხვა ტიპის მღვიმეში?
- ✓ რას უწოდებენ საყინულეებს და რისთვის გამოიყენებოდა?
- ✓ როგორია მღვიმის მიკრო რელიეფი?

მღვიმეები - ამ სახელწოდებით აღინიშნება ბუნებრივი პროცესებით შრეებში, უმეტესწილად, ნაპრალების გასწვრივ გამომუშავებული სიღრუეები, ან მათი მიწისქვეშა კომპლექსები, რითაც ისინი ძირეულად განსხვავდება, ადამიანის მოქმედებით მიღებული სიღრუეებისაგან, რომელთაც გამოქვაბულები ეწოდება.

მღვიმეების ფორმირების ნაირგვარი გზებია, ერთ შემთხვევაში მათი გენეზისი შეიძლება დაკავშირებული იყოს მყინვარის მასასთან და მის კიდეზე გამომავალ წყლის თერმულ მოქმედებასთან, სხვა შემთხვევაში მღვიმის ფორმირება შეიძლება განხორციელდეს ლავის ღვარის ბოლოზე, ანდა წარიმართოს კლდოვან ზედაპირზე ქარის მიერ ატაცებული ფხვიერი მასალის კორაზიული მოქმედებით, ზღვის აბრაზიით, სუფოზიით და სხვ. ამჯერად ვსაუბრობთ მღვიმეთა იმ გენეტურ კატეგორიაზე, რომელიც კარბონატულ ქანებში, უმთავრესად კი კირქვებში წარმოიქმნება.

მღვიმე შესაძლოა ერთი მცირე სიღრუით იყოს წარმოდგენილი როგორც, მაგალითად, ხარაგაულის მახლობლად ჩხერიმელას ხეობაში არსებული დევისხვრელი, რომლის სიდიდე ათეული მეტრი სიგრძისა და ორიოდ მეტრი სიგანისაა, მაგრამ დედამიწაზე, მათ შორის საქართველოს ტერიტორიაზე არაერთი მღვიმური სისტემაა, რომლებიც დარბაზების და მათ შორის მდებარე დერეფნების, ხვრელების, მათი განტოტებებისა და სხვადასხვა სახის გეომორფოლოგიური ობიექტებისაგან შედგება. საქართველოს ტერიტორიაზე ამის კარგი მაგალითია ის მღვიმური კომპლექსი, რომელიც ქართველმა სპელეოლოგებმა 1962 წელს აღმოაჩინეს ახალი ათონის მიდამოში მდებარე ივერიის მთაზე



სურ. 4. "ახალი ათონის" მღვიმე

გარდა აღნიშნულისა, საინტერესო მღვიმეებს მიეკუთვნება კოდორის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, ოჩამჩირის რაიონის ტერიტორიაზე არსებული აბრსკილის, წყალტუბოს, ქუთაისის მახლობლად მდებარე სათაფლიას, საკაჟიას და სხვა მღვიმეები.

მღვიმურ კომპლექსში არსებული დარბაზების ფორმირება, როგორც წესი, ნაპრალთა თავმოყრისა და მათი ურთიერთგადაკვეთის ადგილებში მიმდინარეობს, ხვრელებისა კი ისეთ მონაკვეთებში, რომლებიც უხსნად ნივთიერებათა ჭარბი რაოდენობის მქონეა.

იმ შემთხვევაში, როცა მღვიმეს ერთი მხრიდან აქვს შესასვლელი მეტნაკლები სიდიდის ხვრელის სახით, ხოლო მეორე ბოლოზე ყრუდ ბოლოვდება, მას **ბრმა ან ტომარისებრი** ეწოდება, ხოლო თუ იგი ორივე ბოლოზე ღიაა - **გამავალი**.

მღვიმეთა დაჯგუფება სხვა ნიშნების მიხედვითაც ხდება. ასე მაგალითად, მათში არსებული ჰაერის ტემპერატურული ნიშნის მიხედვით შეიძლება გვქონდეს **ცივი ან თბილი მღვიმეები**. ცივი მღვიმის შესასვლელი ხვრელი, როგორც წესი, უფრო მაღლა უნდა მდებარეობდეს მღვიმესთან შედარებით, თბილის კი, პირიქით, - უფრო დაბლა. პირველ მათგანში ზამთარში დაგროვილი ცივი ჰაერი ვეღარ იდევნება ზაფხულის თბილი ჰაერის მიერ, რომელიც მხოლოდ ხვრელის მიდამოებშია მასთან კონტაქტში და ამიტომ წლის ცხელ პერიოდშიც მასში შესაძლოა ყინული გვქონდეს. საქართველოში ასეთი მღვიმის კლასიკურ მაგალითს სოფ. ნიკორწმინდის მახლობლად მდებარე მღვიმე „**საყინულე**“ წარმოადგენს.



სურ. 5. რაჭა, "საყინულეს მღვიმე"

ასეთივეა ხვამლის მასივზე არსებული **ბოგის საყინულე**, რომელშიც გვხვდება ყინულის კრისტალები. რაც შეეხება თბილ მღვიმეებს მათ ვხვდებით უფრო ცივ ადგილებში, მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ, სიხოტე-ალინის ქედზე, ზოგიერთი მღვიმე, სადაც ზამთრის ყინვების დროსაც კი ჰაერის ტემპერატურა $+20^{\circ}$ -ს აღწევს.

ტემპერატურული რეჟიმი იცვლება იმ მღვიმეებში, რომლებიც დედამიწის ზედაპირთან ახლოს არის, რადგან მიწისქვეშეთში, სადაც მზის სხივი აღარ აღწევს, სითბო თანდათანობით იკარგება და ამიტომ სარდაფში ჩასვლისას სიგრილეს შევიგრძნობთ ხოლმე. დედამიწის ზედაპირიდან დაახლოებით 40 მეტრის სიღრმეზე და უფრო ღმა სიღრუვეებში, კი რომლებიც დაახლოებით 40 – 100 მ-ის სიღრმეზე მდებარეობს, ე.წ. „**გეოიზოთერმული ზედაპირი**“ ყალიბდება, სადაც მთელი წლის განმავლობაში

ტემპერატურა არ იცვლება და შეესაბამება ადგილის საშუალო მრავალწლიურ ტემპერატურას. ასე მაგალითად, „პრომეთეს მღვიმეში“, რომელიც წყალტუბოს მუნიციპალიტეტის სოფელ ყუმისთავში მდებარეობს, ტემპერატურა მუდმივად 13-14°C-ია, რაც ამ სოფლის საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურაა. ზაფხულში, როდესაც გარეთ ჰაერის ტემპერატურა 30-35°C-ს აღწევს, „პრომეთეს მღვიმეში“ შესულს სიცივის შეგრძნება დაგეუფლებათ, ხოლო ზამთარში, როდესაც გარეთ 3-4°C-ია მღვიმეში შესული აშკარა სითბოს იგრძნობთ. **სპელეოთერაპიის** დროს პაციენტებისთვის მნიშვნელოვანია რომ მღვიმეში ტემპერატურა წლის ნებისმიერ სეზონზე უცვლელია. დედამიწის შიგნეთში, კიდევ უფრო ქვევით ჩასვლისას, ტემპერატურა თანდათან მატულობს, რასაც პლანეტის შინაგანი სითბური ენერგია განაპირობებს.

ზღვის წყლის ქიმიური და მექანიკური მოქმედებით მიღებული კარსტული მღვიმეები შეიძლება სანაპირო ზოლშიც იყოს. ამის კარგი მაგალითია კუნძულ კაპრზე არსებული „ლაჟვარდოვანი მღვიმე“. აღსანიშნავია აგრეთვე ზღვის წყლით დაფარული, ერთგვარად წალეკილი მღვიმეებიც, რომლებიც სხვათა შორის, ახალი ათონისა და გუდაუთის მიდამოებშიც შეიმჩნევა.

მღვიმეები და მღვიმური სისტემები სხვადასხვა განლაგებისაა. ერთ შემთხვევაში ისინი ვერტიკალურად არიან ორიენტირებული, სხვა შემთხვევაში მათ შეიძლება ჰორიზონტალური ან სართულებრივი განლაგება ჰქონდეთ. მიწისქვეშა წყლების ცირკულაციის ჰორიზონტულში გადასვლა და ამასთან დაკავშირებით ჰორიზონტული განლაგების მღვიმეთა გამომუშავება შეიძლება განაპირობოს ჩადენილი წყლების მოძრაობის გზაზე წყალგაუვალი ფენის შეხვედრამ, წარსულის ტექტონიკური მოძრაობის ხასიათმა, კარსტული მასივის მიმდებარე მდინარეთა ადგილობრივმა ეროზიულმა ბაზისმა, ზღვის დონემ და სხვ.

კარსტული მხარეების რელიეფის მიწისქვეშე ფორმებიდან ასევე აღსანიშნავია მიკრო ფორმები. სტალაქტიტები, მღვიმის ჭერიდან ჩამონახარდი ყინულის ლოლუების მსგავსი ფორმებია, რომელთა სიგრძე ზოგ შემთხვევაში რამდენიმე მეტრს აღწევს, დიამეტრი კი - ათეულობით სანტიმეტრს. მათი ფორმირება შემდეგნაირად მიმდინარეობს: კარბონატული ხსნარით გაჯერებული წყლის წვეთები გამოჟონვის შედეგად მოხვდება განსხვავებული ტემპერატურისა და წნევის პირობებში, ორთქლდება და ნახშირორჟანგის საგრძნობ ნაწილს კარგავს. ამას კი შედეგად მოსდევს გამოჟონვის ადგილზე მოჭარბებული კირის გამოლექვა და მისი თავდაპირველი ცომისებრი მასის თანდათანობით გამაგრება-დაკრისტალება.



სურ. 6. ნაღვენთი ფორმები მღვიმეში

თუ წვეთის გამოდენა იმდენად ინტენსიურია, რომ იგი გამოჟონვის ადგილზე ვერ ასწრებს აორთქლებას და მღვიმის ფსკერზე ვარდება, მაშინ ხსნარის ნაწილი აქაც ილექება და იწყება სტალაგმიტის განვითარება, რომელიც უმეტესად კონუსური ფორმით და ხვრელის უქონლობით ხასიათდება. ამ პროცესის შედეგად, რომელიც საუკუნეები და ათასეული წლები შეიძლება გაგრძელდეს, სტალაქტიტები თანდათან მატულობენ სიგრძით, ხოლო

სტალაგმიტები სიმაღლით და შეიძლება ერთმანეთსაც შეეზარდონ და წარმოქმნან სვეტები, ანუ კოლონადები.



სურ. 7. კოლონადები და მღვიმური ფარდები

სტალაქტიტის ნორმალური ზრდა მანამდე გრძელდება, ვიდრე მის შიგნით არსებული მილისებრი სადინარი ამა თუ იმ მიზეზით არ დაიხშობა. უკანასკნელ შემთხვევაში წყალი სტალაქტიტის კედელზე ან მის სიახლოვეს იწყებს გამოჟონვას და ნაპრალის გასწვრივ ვითარდება ერთმანეთთან დაკავშირებული სტალაქტიტები, რომლებიც განლაგების ხასიათისა და ფორმის მიხედვით ფარდებსა და თაიგულებს მოგვაგონებენ.

მღვიმეთა საინტერესო წარმონაქმნებს წარმოადგენს მცირე განვითარებისა და უცნაურად დატოტვილი ფორმის სტალაქტიტები - ჰელიქტიტები, რომელთა ზრდის კანონზომიერება ჯერჯერობით აუხსნელია. მათ აქვთ ჭერის მიმართ ვერტიკალური, დიაგონალური ან ჰორიზონტალური განლაგება და სპირალისებრი, ტეხილი ან სხვა რაიმე სახის ფორმა. ზოგიერთი მკვლევარი ჰელიქტიტების ფორმირებას კრისტალიზაციის პროცესს უკავშირებს.



სურ. 8. ჰელიქტიტი

მიკრო ფორმების სხვადასხვაობა და მათი განლაგების ნაირგვარი კომბინაცია არის იმის მიზეზი, რომ მღვიმეები კარსტის სხვა ფორმათა შორის განუმეორებელი სილამაზით და მიმზიდველობით გამოირჩევა. მათი წარმოქმნის აუცილებელი პირობა მღვიმის ჭერზე არსებულ ხვრელებში კალციტით გაჯერებული წყლის გამონადენთა არსებობაა. ისეთ მღვიმეებში კი, სადაც ასეთი გამონადენები არც წარსულში ყოფილა და არც ამჟამადაა, მათ ვერ ვხვდებით, თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ როგორც ლ. მარუაშვილის მიერ ქუთაისის მახლობლად მდებარე „ნაგარევისგვირაბის“ მღვიმეში ჩატარებული დაკვირვებებიდან ჩანს, ზემოაღნიშნული მიკრო ფორმების წარმოქმნას შეიძლება ხელი შეუშალოს აგრეთვე დროდადრო გვირაბის წყლით ამოვსებამ.

კრიტერიუმი IV - რა მნიშვნელობა აქვს სპელეოთერაპიას ადამიანის ჯანმრთელობისთვის?

- ✓ როგორ იყენებდა ადამიანი მღვიმეებს?
- ✓ რატომ ითვლება მღვიმის ჰაერი მაკურნებლად?

სპელეოთერაპიის ისტორია

როგორც ეს ხშირად ხდება მეცნიერებაში, გამოქვაბულების უნიკალური თვისებები სრულიად შემთხვევით აღმოაჩინეს. როგორც ჩანს, ჯერ კიდევ ნეოლითის ეპოქაში ჩადიოდა ხალხი მიწისქვეშ, რათა თავი დაეცვა უამინდობისა და ველური ცხოველებისაგან - და გრძნობდნენ, ზოგიერთ მღვიმეში როგორ გადადიოდა დაღლილობა და აღარ სტკიოდათ ძველი იარები. არქეოლოგები არაერთხელ გადააწყდნენ მიწისქვეშ ამოჩიჩქნილ აუზებს (მაგალითად, თერმები კრონიოს მთაში, სიცილია, ძვ.წ. მე-6-5 ს.). იქ უნდა დაგროვებულიყო ქანებს შორის გამოვლილი წყალი. ეს პირველი აუზები დროთა განმავლობაში გადაიქცნენ სახელგანთქმულ სამკურნალო ადგილებად.

ძველ საბერძნეთში ხანგრძლივი ლაშქრობით დაღლილი მეზრძოლები ძალების აღსადგენად მიწისქვეშ ჩადიოდნენ. არა მხოლოდ ელინებმა იცოდნენ გამოქვაბულებისა და მღვიმეების შესახებ და ხშირად იყენებდნენ სამედიცინო მიზნებში.

მოულოდნელი აღმოჩენები ხდებოდა სპელეოთერაპიაში მე-20 საუკუნეში. გერმანიაში, ომის დროს, როცა ხალხი კლიუტერტის გამოქვაბულში დაბობმევს ეძებოდა, შეამჩნიეს, რომ მიწისქვეშ ასთმით დაავადებულებს გადადიოდათ ხუთვა და უქრებოდათ ხველა.

პირველად გამოქვაბულის მიკროკლიმატით მკურნალობა თავის თავზე გამოსცადეს იმათ, ვისაც ოცნებაც კი არ შეეძლოთ საზღვარგარეთ კურორტებზე წასასვლელად ან ძვირადღირებული ექიმების კონსულტაციის მისაღებად. უბრალო მუშები, რომლებიც მიწისქვეშ მარილს მოიპოვებდნენ, წლიდან წლამდე განიცდიდნენ მთის ქანების კეთილისმყოფელ გავლენას. მათ შორის არ იყვნენ ასთმით ან სხვა სუნთქვის ორგანოების დაავადებების მქონე ადამიანები.

თუ სპელეოთერაპიის პირველი პაციენტები უბრალო მუშები იყვნენ, მათ შემდეგ, პროცედურების კურსი, ნაღები საზოგადოების წარმომადგენლებმა გაიარეს.

სპელეოთერაპია ანუ მიწისქვეშა კლიმატოთერაპია (speleos-ბერძნულად მღვიმე) - გულისხმობს მღვიმეებში არსებული კლიმატის გამოყენებას ამა თუ იმ დაავადებათა სამკურნალო მიზნით. მკურნალობა კარსტული მღვიმის პირობებში ახდენს მადესენსიბილიზებელ და ანთების საწინააღმდეგო მოქმედებას, რასაც ფილტვის ქრონიკული არასპეციფიკური დაავადების დროს თან ახლავს გარეგანი სუნთქვის, კარდიოჰემოდინამიკის, სიმპატო-ადრენალური სისტემის ფუნქციისა და ცვლადი პროცესების გაუმჯობესება, ორგანიზმის არასპეციფიკური რეზისტენტობისა და უჯრედოვანი იმუნიტეტის გაძლიერება. ჰუმორული იმუნიტეტისა და კლინიკური მდგომარეობის ნორმალიზაცია.

კარსტული მღვიმის სახელწოდებით აღინიშნება ბუნებრივი პროცესებით შრეებში, უმეტესწილად ნაპრალების გასწვრივ გამომუშავებული სიღრუეები ან მათი მიწისქვეშა კომპლექსები. მათი წარმოქმნისთვის დანაპრალებული კირქვის წყებათა არსებობა და მათში აგრესიული წყლების ცირკულაციაა საჭირო.

იტალიური ძეგლებით დასტურდება, რომ მკურნალობის ეს მეთოდი სამ ათას წელს ითვლის, იტალიაში თერმული წყლებით აჯანსაღებდნენ ადამიანებს. ანტიკურ ხანაში კრონიოს მთის მღვიმეებში არსებობდა კრუარას თერმები, ეს აბანოები ორთქლის აბანოების სახელითაა ცნობილი.

სპელეოთერაპიას რუსეთშიც იყენებდნენ. პიატიგორსკის ჩანაქცევებში ჩაკიდული კალათით ჩადიოდნენ ტბაში და სამკურნალო წყალში ბანაობდნენ.

კარსტული მღვიმეების გარდა მიწისქვეშა მკურნალობა ქვამარილის მაღაროებშიც წარმოებს (ჰალოთერაპია). მარილის ნაწილაკებით გაჟღენთილი, ბაქტერიებს მოკლებული, მუდმივი ტემპერატურის მქონე ჰაერი და ზოგ შემთხვევაში მაღალი ატმოსფერული წნევა კურნავს სასუნთქი გზების, კანის, ბრონქული ასთმის, ყივანახველას და სხვა დაავადებებს. მარილი ეხმარება დაავადებულებს სინუსიტის პრობლემების მოგვარებაში, ამსუბუქებს ალერგიის სიმპტომებს, ამცირებს ლორწოს და ასუფთავებს სასუნთქ გზებს.

პირველად ევროპელმა ბერებმა შენიშნეს, რომ რესპირატორულ დაავადებებიანი მათი პაციენტები მღვიმიდან ამოღებული მარილის შესუნთქვის შემდეგ კარგად ხდებოდნენ. პოლონელმა ექიმმა ფელიქს ბოხოვსკიმ 1843 წ. გამოსცა წიგნი მარილის სასარგებლო მტვერის შესახებ. მან შეამჩნია, რომ მეშახტეები ნაკლებად ავადდებოდნენ სასუნთქი გზების დაავადებებით. მის სახელს უკავშირდება ვეილიცკა (Weiliczka)-ს სარეაბილიტაციო ცენტრის გახსნა. მღვიმის საერთო სიგრძე 200კმ-ია; სიღრმე 327მ; მღვიმეთა დარბაზების რაოდენობა 2000; იგი 9 დონეზეა განლაგებული.

დღეს Weiliczka Salz Mine ფუნქციონირებს, როგორც უდიდესი სარეაბილიტაციო და სამკურნალო ცენტრი. მღვიმის მარილი შეიცავს შემდეგ მინერალებს: იოდი, კალციუმი, კალიუმი, ნატრიუმი, რკინა, სელენი და სპილენძი. ეს არის ის რამდენიმე მიკრო ელემენტი, რომელთა დეფიციტი იწვევს ფიზიკურ და ფსიქიკურ პრობლემებს. მაგ: სელენი, რომელსაც შეიცავს მარილი, აჩერებს დაბერების პროცესს. აღნიშნულ მღვიმეში მარილით მკურნალობენ სიმსუქნეს, ასთმას, ალერგიას, რესპირატორულ დაავადებებს, კანის დაავადებებსა და მეტაბოლურ პრობლემებს. გარდა ამისა, კომპლექსში სუფთა ჰაერის ჭავლითა და ორიგინალური პეიზაჟებით, წყნარი მუსიკითა და მუდმივი ტემპერატურით მკურნალობენ ფსიქიკურ პრობლემებს.

მკურნალობა მიმდინარეობს დღეში 6,5 საათით მიწის ქვეშ 135 კმ-ზე. მასაჟი, სტომატოლოგიური, კოსმეტოლოგიური და ფიტნეს მომსახურება, ასევე აუდიო-ვიდეოტექნიკა, ჩოგბურთისა და ბილიარდის მაგიდები სასიამოვნოს ხდის აქ გატარებულ დროს. 1978 წელს ეს მღვიმე იუნესკოს მსოფლიო მემკვიდრეობის ძეგლების სიაში შეიტანეს.

წყალი ადვილად ხსნის კარბონატულ ქანებს იმ შემთხვევაში, თუ იგი დიდი რაოდენობით შეიცავს ნახშირორჟანგს (CO_2). კალციუმის ან მაგნიუმის კარბონატები (CaCO_3 და MgCO_3) ნახშირორჟანგის შემცველი წყლის მოქმედებით გადადიან ადვილად ხსნად ბიკარბონატში $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, რომელიც შემდეგ წნევის ან ტემპერატურის შეცვლის კვალობაზე კარგავს CO_2 -ს და ჭარბი კალციუმის გამოყოფა ხდება.

სამკურნალოდ გამოყენებულ კარსტულ მღვიმეებში ტენიანობა 40-50%-ია, ტემპერატურა საშუალოდ 18-24°C; ჰაერის სტერილურობა 90-200 საპროფიტული მიკროორგანიზმი/მ3.

კირქვულ სიღრუეებში ატმოსფერულ წყალთან ერთად შედის რადიაქტიური ნახშირბადის (C14)-ის შემცველი ნახშირორჟანგი (CO₂). რადიაქტიური ნახშირბადი გროვდება სტალაქტიტებში, სტალაგმიტებსა და სხვა ნალვანთ ფორმებში, რაც ხელს უწყობს ჰაერის იონიზაციას. ბეტა გამოსხივება, მაღალი სინესტე, ჰაერის სისუფთავე და სხვადასხვა სახეობის ობის სოკო, რომლებიც ძლიერ ანტიბიოტიკს წარმოადგენს, ხელს უწყობს ბრონქული ასთმის, რევმატისზმის, გულის სნეულებების, ასთმის, ყივანახველას და ქრონიკული ბრონქიტის მკურნალობას.

თბილ მღვიმეებში განასხვავებენ ორ ქვეტიპს: ორთქლიანსა და წყლიანს. ორთქლიანში 410 ტემპერატურის მქონე ნესტიან ჰაერში ჩათბუნებით მკურნალობენ რევმატიზმს, ნევრალგიებს, სასუნთქი გზებისა და ლიმფატური სისტემების დაავადებებს, ქრონიკულ ოტიტს, გინეკოლოგიურ სნეულებებს, კანისა და სისხლის მიმოქცევის დაავადებებს. მღვიმეებში, სადაც ტემპერატურა 44-500 უდრის, ავადმყოფებს უკეთებენ ორთქლის აბაზანებს, მკურნალობენ ართრიტს, სახსრებისა და კუნთების დაავადებებს, იშიაზს, მარილოვან პოლიართრიტს და სისხლის მიმოქცევის დაავადებებს.

ტაპოლცას ბალნეოლოგიური კურორტი ბალატონის ტბიდან 180 კმ-ში, ბუდაპეშტთან (უნგრეთი) მდებარეობს. მღვიმის საშუალო ტემპერატურა +13+160-ია, ჰაერის ტენიანობა 95-99%, ჰაერი გაჯერებულია ნახშირბადის დიოქსიდით (CO₂), კალციუმის (Ca²⁺), მაგნიუმისა (Mg²⁺), და ნატრიუმის (Na⁺) იონით, ასევე რკინითა და სხვა ქიმიური მიკროელემენტებით.

1978-79 წლებში 101 ქრონიკული ბრონქიტითა და 50 ბრონქული ასთმით დაავადებულ ადამიანზე აწარმოებდნენ დაკვირვებას ამ მღვიმეში, ხოლო 1980-82 წლებში 141 ბრონქიტითა და 89 ბრონქული ასთმით დაავადებულს აკვირდებოდნენ. მღვიმეში 8 თვიანი თერაპიის შემდეგ აღნიშნულ ადამიანებს ჰოსპიტალიზაციისა და მედიკამენტოზური მკურნალობის საჭიროება შეუმცირდათ.

რადონის სამკურნალო გალერეა ავსტრიაში ყოველწლიურად 75 ათას ადამიანს მასპინძლობს. აქ მკურნალობენ ართრიტს, ქრონიკულ პოლიართრიტს, ოსტეოპორიზს, ქრონიკულ ბრონქიტს, ფსორიაზს, ნევრალგიას, ჭრილობის დაგვიანებულ შეხორცებას და სხვა დაავადებებს.

უნგრელი ექიმები აგლეტიკის მღვიმეს დიდი ხანია იყენებენ სასუნთქი გზების დაავადებათა სამკურნალოდ. ხოლო კლუტერის მღვიმის სტაციონარში (გერმანია) მკურნალობენ ისეთ მძიმე დაავადებას, როგორიცაა ბრონქული ასთმა.

უნგრეთში თავას მღვიმეში თერმული ტბებია, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს რკინას, სპილენძსა და მძიმე ლიტონების იონებს. ამ წყლებით მკურნალობენ სისხლის მიმოქცევის პრობლემების მქონე ადამიანებს. მაგდებურგის (გერმანია) მარილის მღვიმეებში, უბაქტერიო მარილით, მუდმივი ტემპერატურითა და ჰაერის მაღალი ატმოსფერული წნევით მკურნალობენ სასუნთქი გზების სხვადასხვა დაავადებებს. მსოფლიოში დიდი სპელეო-ჰალოთერაპიული ცენტრებია: ავსტრია-Solzbach-Salzmann, რუმინეთი-Preid, პოლონეთი-Weiliczka, აზერბაიჯანი-Nakhichevan, ყირგიზეთი-Chon-Tous, უკრაინა-Solotvino საქართველოში სპელეოთერაპიის შესახებ კვლევები 1973 წლიდან იღებს სათავეს,

რომელიც მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორს, აკადემიკოს იორამ თარხან-მოურავს ეკუთნის. მან ჩაატარა კვლევები ახალ ათონსა (სოხუმი) და თეთრის მღვიმეში (წყალტუბო). გამოიკვლიეს ფილტვის ქრონიკული სპეციფიკური დაავადების მქონე 694 ადამიანი. მათგან 515 გაიარა სპელეოთერაპიის კურსი კარსტულ „თეთრი მღვიმის“ პირობებში, ხოლო 179-მა „ახალი ათონის“ პირობებში.

ფილტვის ქრონიკული სპეციფიკური დაავადებები მოიცავს ბრონქულ ასთმას, ქრონიკულ პნევმონიას და ქრონიკულ ბრონქიტს. დადგინდა, რომ სისხლში კორტიზოლის მომატებული გადმოსროლა ახდენდა მადესენსიბილიზებენ და ანთების საწინააღმდეგო მოქმედებას, რაც გამოიხატებოდა სისხლის შრატში საერთო არასპეციფიკური იმუნოგლობულინ E-ს, სიალის მჟავების, a1 და a2 გლობულინების რაოდენობის შემცირებით და ალბუმინების შემცველობის მომატებით „ც“-რეაქტიულ ცილაზე პრეციპიტაციის რეაქციის შესუსტებით (გაქრობამდე).

ბრონქო-პულმონურ აპარატში ანთებითი პროცესისა და ორგანიზმის სენსიბილიზაციის შემცირება (გაქრობამდე) იწვევდა გარეგანი სინთქის, კარდიოჰემოდინამიკის, სიმპატიკ-ადრენალური სისტემის ფუნქციისა და ცვლადი პროცესის გაუმჯობესებას; ორგანიზმის არასპეციფიკური რეზისტენტობისა და უჯრედოვანი იმუნიტეტის გაძლიერებას; ჰუმორული იმუნიტეტისა და კლინიკური მდგომარეობის ნორმალიზაციას.

გამოკვლევებით დადგინდა, რომ კარსტული მღვიმის პირობებში მკურნალობა სუნთქვის, გულ-სისხარღვთა და ნერვული სისტემის ზოგიერთი დაავადებების დროს იწვევს რიგი სიმპტომების, რომლებიც დამახასიათებელია არა მარტო აღნიშნული პათოლოგიისათვის, არამედ დიფუზური ტოქსიკური ჩიყვისთვისაც, შემცირებას.

სპელეოთერაპიით მკურნალობა ახდენს დადებით გავლენას I ხარისხის ჩიყვით დაავადებულ ადამიანებზე, ასევე ჩიყვით დაავადებულთათვის თანმხლები ფიპერტენზიის მქონე ავადმყოფებზე.

საქართველოს მღვიმეები შეიძლება გამოვიყენოთ სპელეოთერაპიისთვის, შესაბამისი ინფრასტრუქტურის შექმნის შემდეგ. მას აქვს შემდეგი დადებითი მხარეები:

- ბუნებრივი, უსაფრთხო, არაინვაზიური მკურნალობის მეთოდია;
- მკურნალობის ეფექტურობა ნარჩუნდება დაახლოებით 1 წელი, ზოგჯერ უფრო მეტიც;
- დიდი წარმატებით გამოიყენება ბავშვებში.

როცა ჩადიხართ გამოქვაბულში, სადაც სპელეოთერაპიის კურსი ტარდება - ორგანიზმზე კეთილისმყოფელი გავლენის მოხდენას თითქმის ყველაფერი იწყებს. მიწისქვეშა მიკროკლიმატი ძლიერ განსხვავდება ჩვენთვის ნაჩვევი გარემოს ატმოსფეროსაგან. იქ ყოველთვის ნარჩუნდება მუდმივი ტემპერატურა, ნესტი და ბარომეტრული წნევა. გამოქვაბულის ჰაერსაც კი სამკურნალო თვისებები აქვს. ის გაჯერებულია ნაწილაკებით, რომლებიც მაღალი იონიზაციითა და ორგანიზმისათვის სასარგებლო მიკროელემენტებით ხასიათდება. სუნთქვისას ისინი ხვდება ადამიანის სისხლში და დადებითად ზემოქმედებს მის შემადგენლებზე: ნორმაში ექცევა სისხლში ჰისტამინის დონე, ნახშირწყლების და ცილების ცვლა. ქანებში არსებული მიკროელემენტები უფრო სწრაფად ერთვება ორგანიზმის ბიოქიმიურ პროცესებში, ვიდრე სამკურნალო პრეპარატები. ამასთან ისინი

უვნებელია ადამიანისათვის და გაცილებით სწრაფად მივყავართ დარღვეული პროცესების ნორმალიზაციამდე.

ამასთან, მიწისქვეშა აეროიონების მაღალი კონცენტრაციის წყალობით, ჰაერში თითქმის არ რჩება მტვერი, ბაქტერიები და ალერგენები. მღვიმეში, ავადმყოფები დაცული არიან გარემოს არაკეთილსმოყველი ფაქტორების ზემოქმედებისაგან, როგორებიცაა: მავნე მინარევები, აირები, ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედება. მიკრობების რიცხვი ჰაერის ერთ კუბურ მეტრში შეადგენს მხოლოდ 150-500, თანაც, მიწის ზედაპირზე საცხოვრებელი ნაგებობების ჰაერი, სუფთად ითვლება, თუ იგივე მოცულობაში მიკრობების რიცხვი არ აღემატება 1500.

რადონისა და მისი დაშლის პროდუქტების (რომლებსაც გამოქვაბულების ჰაერი შეიცავს) მოქმედების წყალობით უჯრედები ტრანსფორმირდება და ხდება მათი გაახალგაზრდავება, ნორმაში ექცევა გულ-სისხლძარღვთა სისტემის მოქმედება, მცირდება ანთებითი პროცესების ინტენსივობა, იზრდება იმუნიტეტი.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. სახელმძღვანელო „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ გვ. 678-686
2. <http://80.241.254.2:5013/saqartvelos%20flora%20da%20fauna/saqartvelos%20buneba/mRvime/damatebiti%20informacia/karsti.html>
3. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/caves>
4. <https://chemistry.ge/publication/compoundchem/view.php?id=56>
5. <https://www.tskaltuboresort.ge/geo/static/76/>

თემა 4: საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია

მარჯნის რიფების გაუფერულება

თემა 4 - საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია			
მარჯნის რიფების გაუფერულება	გაკვეთილი 1	ბიოლოგია	მასწავლებელი წარადგენს დავალების პირობას და განიხილავს ქეისს „მარჯნის რიფების გაუფერულება“.
	გაკვეთილი 2	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ზრდის გამოშვებს მიზეზებს.
	გაკვეთილი 3	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ატმოსფეროში ნახშირორჟანგით გამოწვეულ „სათბურის ეფექტს“.
	გაკვეთილი 4	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს აბიოტურ და ბიოტურ ფაქტორებს.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ნახშირმჟავას წარმოქმნას და pH მაჩვენებელს ოკეანეებში.
	გაკვეთილი 6	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს მარჯნის რიფების გაუფერულების თანამდევ პროცესს.
	გაკვეთილი 7	ქიმია	მასწავლებელი საუბრობს შესაძლო პრევენციულ ღონისძიებებზე.
	გაკვეთილი 8	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ანთროპოგენული ფაქტორის ზემოქმედებას ეკოსისტემაზე.
	გაკვეთილი 9	ბიოლოგია	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: მატერია, მდგრადობა და ცვლილება

პროექტული დავალება

მარჯნის რიფების გაუფერულება



ყველას, ვისაც უნახავს მარილიანი წყლის აკვარიუმის მდიდარი და ცოცხალი ფერები, შეუძლია დააფასოს დედამიწის ოკეანეებში არსებული ბიომრავალფეროვნების სილამაზე და საოცარი სპექტრი. სხვაგან ვერსად ნახავ სიცოცხლის ისეთ ფორმას, რომელიც გაგაოცებთ ერთდროულად სილამაზით, მასში გაერთიანებული ცოცხალი სამყაროს მრავალფეროვნებით, თუმცა მყიფე ბუნებით, რაც იმაში გამოიხატება, რომ არასასურველი გარემო ფაქტორების გავლენით რიფები განიცდიან რღვევას, გარდაქმნას. მარჯნის რიფის ბიომები მნიშვნელოვანი ეკოსისტემებია, რომლებიც ფარავს ოკეანის ფსკერის 1%-ზე ნაკლებს, თუმცა ჰაბიტატს უქმნის ოკეანის თევზის მეოთხედს. საზღვაო მეცნიერებმა იციან, რომ პლანეტის მარჯნის რიფების ჯანმრთელობა ჩვენი ოკეანეების და ჩვენი პლანეტის ჯანმრთელობის კარგი მაჩვენებელია. ცოტა ხნის წინ, მარჯნის რიფებზე გამოვლინდა ჯანმრთელობის გაუარესების ნიშნები, რაც გამაფრთხილებელი ნიშანია. მარჯნის რიფების ჯანმრთელობის დაქვეითების მიზეზების შესწავლა და გაგება დაგვებმარება წარმოადგენს ვიქონიოთ მთელი პლანეტის ჯანმრთელობაზე.

გაეცანით ვიდეოს [მარჯნის რიფები: ბრძოლა ოკეანის ბიომრავალფეროვნების გადასარჩენად](#), რომელიც მოგიტხრობს კუნძულ ბონეირზე მარჯნის რიფების გაქრობის მიზეზებზე და გადარჩენის გზებზე. წარმოიდგინე, რომ ხარ ახალგაზრდა მკვლევარი, რომელიც სწავლობს გლობალური კლიმატური ცვლილების გავლენას ეკოსისტემებზე. შენი ამოცანაა შექმნა **საინფორმაციო ბუკლეტი/პოსტერი**, სადაც მარჯნის რიფების მაგალითზე დაანახებ საზოგადოებას, თუ რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს კლიმატურმა ცვლილებამ ეკოსისტემაზე და რა შეიძლება გაკეთდეს ამ საფრთხის შესამცირებლად.

ბუკლეტის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- რა კავშირია ატმოსფერულ CO₂-ს, ზღვის წყლის CO₂-სა და ოკეანეების pH-ს შორის და როგორ აისახება ეს კავშირები მარჯნის რიფებზე?
- როგორია ეკოსისტემის აგებულების თავისებურება და რა გავლენას ახდენს ეკოლოგიური ფაქტორების (ანთროპოგენული, აბიოტური) ცვლილება მის მდგრადობაზე?
- რა პრევენციული და ინტერვენციული ღონისძიებები შესაძლოა გატარდეს გლობალური კლიმატური ცვლილების შესამცირებლად და მარჯნის რიფების გადასარჩენად?

კრიტერიუმი I - რა კავშირია ატმოსფერულ CO₂-ს, ზღვის წყლის CO₂-სა და ოკეანეების pH-ს შორის და როგორ აისახება ეს კავშირები მარჯნის რიფებზე? რა პრევენციული და ინტერვენციული ღონისძიებები შესაძლოა გატარდეს გლობალური კლიმატური ცვლილების შესამცირებლად და მარჯნის რიფების გადასარჩენად?

- ✓ რა იწვევს „სათბურის ეფექტს“?
- ✓ რას წარმოქმნის ნახშირორჟანგი წყალში გახსნისას?
- ✓ რას იწვევს ნახშირმჟავას წარმოქმნა ოკეანეებში?
- ✓ რა არის pH და როგორ იცვლება მისი მნიშვნელობა?



ა)



ბ)

სურათი 1. ჯანსაღი და გათეთრებული მარჯნის ნიმუშების სურათები.

ა) ჯანმრთელი მარჯნის პოლიპები, რომლებიც იზრდება გამოყოფილ CaCO₃ -ზე;

ბ) გათეთრებული მარჯანი CaCO₃ -ის ჯანსაღი პოლიპების გარეშე.

მარჯანი არის ხორცისმჭამელი უხერხემლო ცხოველი, რომელიც დაკავშირებულია ზღვის ანემონებთან და მედუზებთან რბილი სხეულებით, რომლებსაც პოლიპები ეწოდება. მარჯნის პოლიპებს შეუძლიათ დაკბინონ და შეჭამონ პატარა ცოცხალი ორგანიზმები, როგორც საკვების წყარო. მათ ასევე აქვთ სიმბიოზური ურთიერთობა ერთუჯრედიან წყალმცენარესთან (Symbiodinium), ეს წყალმცენარე პოლიპის უჯრედებში ცხოვრობს და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მის კვებაში – ზოგიერთი მონაცემით, მარჯნების საკვების 90%-ს სწორედ ის ორგანული ნივთიერება შეადგენს, რომელიც სიმბიონანტი წყალმცენარის ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოიქმნება. პოლიპი, თავის მხრივ, თავშესაფარს აძლევს წყალმცენარეს და ამარაგებს მას დეფიციტური ბიოგენური ელემენტებით (აზოტით, ფოსფორით, ნახშირორჟანგით). მარჯანი აგროვებს კალციუმის კარბონატს (კირქვა) და დროთა განმავლობაში უფრო დიდი მარჯნის რიფების აგებას ახერხებს, რითაც უზრუნველყოფს წყალმცენარეების სტაბილურ მხარდაჭერას, რიფები იზიდავს თევზებს და ვითარდება მნიშვნელოვან ბიომად ოკეანის კომპლექსურ ეკოსისტემაში.

წყალმცენარეები, რომლებიც ცხოვრობენ მარჯნის პოლიპების ქსოვილებში, განსაზღვრავენ მარჯნის ფერს. როდესაც მარჯანი სტრესს განიცდის, ის გამოდევნის წყალმცენარეებს, რჩება ჩონჩხი, რომელიც ძირითადად შედგება კალციუმის კარბონატისაგან (CaCO_3), ამ პროცესს მარჯნის გაუფერულება ეწოდება. მარჯანი თეთრი ჩანს კალციუმის კარბონატის - CaCO_3 -ის გამო. სტრესის ორი ძირითადი წყარო, რომელიც ამჟამად გავლენას ახდენს მარჯნებზე, არის წყლის ტემპერატურის ზრდა და ოკეანის წყლის pH-ის ცვლილება.

ჯანსაღი მარჯანი აუცილებელია რიფის სიცოცხლისათვის და ყველა იმ სახეობისთვის, რომელიც დამოკიდებულია ამ ეკოსისტემის დელიკატურ წონასწორობაზე. მარჯნის რიფები ნელა იზრდება, ზოგიერთის ასაკი 50 მილიონ წელზე მეტია. გაუფერულება მეცნიერთა შეშფოთებას იწვევს, რადგან მარჯნები ის სახეობებია, რომლებსაც არ შეუძლიათ სწრაფად გადალახონ სტრესი. მარჯნების უმეტესობა მრავლდება მხოლოდ წელიწადში ერთხელ რეპროდუქციული მასალის მასიური განდევნისას. ეს ტოვებს მათ დაუცველებს გრძელვადიანი დაზიანების მიმართ, ხოლო მათი აღდგენა ხდება ძალიან ნელი ტემპით.

1998 წლამდე, მარჯნის რიფების გაუფერულების მოვლენები ხდებოდა დაახლოებით ყოველ ექვს წელიწადში ერთხელ. თუმცა, მასიური გაუფერულება მოხდა 36 თვის განმავლობაში 2014-2017 წლებში. დიდი ბარიერული რიფი, მარჯნის რიფებისა და კუნძულების უზარმაზარი ჯაჭვია ავსტრალიის ჩრდილო აღმოსავლეთით, წყნარ ოკეანეში და ჩვენს პლანეტაზე ყველაზე დიდი ობიექტია, რომელიც ათასობით წელია არსებობს, შექმნილია ცოცხალი ორგანიზმებისგან და მისი დანახვა კოსმოსიდან იოლად შეიძლება. დიდი ბარიერული რიფი ახლა რეალური საფრთხის წინაშეა. დიდმა ბარიერულმა რიფმა დაკარგა მარჯნის 30% 2016 წელს. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ რიფს 10 წელზე მეტი დასჭირდება სრულად აღდგენისთვის, თუ გარემო პირობები ხელსაყრელი იქნება.

ინდუსტრიული რევოლუციიდან მოყოლებული, დედამიწის მოსახლეობის ზრდამ და ეკონომიკურმა აღმავლობამ, გამოიწვია ნახშირორჟანგის რაოდენობის სტაბილურად ზრდა ატმოსფეროში და ისეთ ნიშნულს მიაღწია, რომელიც აქამდე არასოდეს ყოფილა კაცობრიობის ისტორიაში.

ადამიანების უმეტესობას სმენია ნახშირორჟანგის შესახებ, როგორც „სათბურის ეფექტის“ გამომწვევ აირზე, მის როლზე გლობალურ დათბობაში. ატმოსფეროში CO₂-ის კონცენტრაციის მატებასთან ერთად, მისი მეტი ნაწილი იხსნება ოკეანეებში და წარმოქმნის ნახშირმჟავას. ნახშირმჟავა (H₂CO₃) სუსტი მჟავაა, წყალში მცირედ დისოცირდება, წარმოქმნილი წყალბად იონები წყლის მოლეკულებთან წარმოქმნის ჰიდროქსონიუმის იონს - H₃O⁺, რომელსაც მჟავა ბუნება აქვს, რის გამოც ოკეანის წყლის მჟავიანობას იზრდება ანუ ზღვის წყლის pH მცირდება.

1800 წლიდან ზღვის წყლის pH დაეცა 0,1 pH ერთეულით, რაც ოკეანეებში წყლის მოცულობის გათვალისწინებით უზარმაზარი ცვლილებაა (pH-ის ერთი ერთეულის ცვლილება არის მჟავის რაოდენობის ათჯერ გაზრდა). დაბალი pH იწვევს მარჯნის პოლიპების სტრესს და გაუფერულებას.

მჟავა არეში წყალში უხსნადი კარბონატები გარდაიქმნებიან წყალში ხსნად ჰიდროკარბონატებად, რასაც მოყვება მარჯნის რიფების სტრუქტურის რღვევა და გაუფერულება. ქვემოთ მოცემული ქიმიური რეაქციის ტოლობები ასახავს ნახშირორჟანგის წყალში გახსნის მიმდინარე პროცესებს.

1. ნახშირორჟანგის წყალში გახსნა



2. ოკეანის წყლის მჟავიანობის გაზრდა (H₃O⁺ იონის წარმოქმნის გამო)



3. მარჯნის რიფების გაუფერულების თანმდევი პროცესია



წყლის მჟავიანობის გასაზომად გამოიყენება pH - ინდიკატორი. ნებისმიერი წყალხსნარის pH განისაზღვრება H⁺ იონების კონცენტრაციით, როგორც ეს ნაჩვენებია შემდეგი ტოლობით:

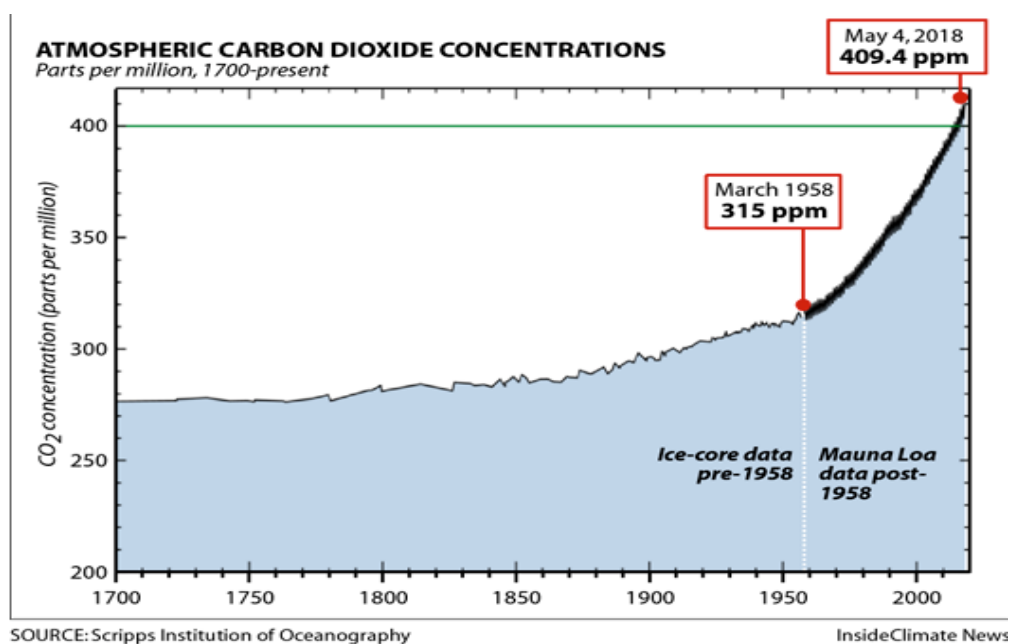
$$\text{pH} = - \lg \text{H}^+$$

ვინაიდან pH H⁺- იონების ლოგარითმის უარყოფითი მნიშვნელობის ტოლია, ამიტომ H⁺- იონების კონცენტრაციის მატებასთან ერთად, ოკეანის წყლის pH მცირდება.

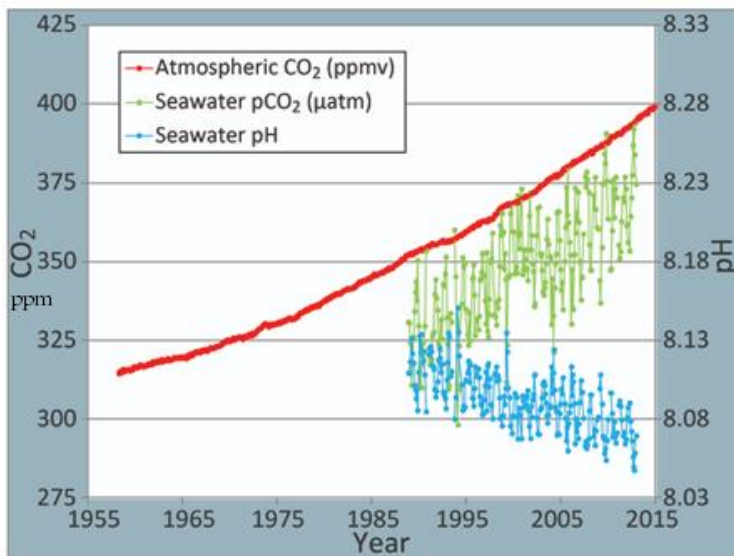
ქვემოთ მოცემულია დედმიწის კლიმატის შემსწავლელი მეცნიერების მიერ შეგროვებული რეალური მონაცემები და გრაფიკები, რომლებიც ატმოსფერული და წყალში გახსნილი ნახშირორჟანგის, ოკეანის წყლის pH - ის ცვლილებას დროთა განმავლობაში.

ცხრილი N1 შეიცავს დედამიწის კლიმატის შემსწავლელი მეცნიერების მიერ შეგროვებულ რეალურ მონაცემებს.

Year	Atmospheric [CO ₂] (ppm)	Date	Atmospheric pressure of CO ₂ (μ atm)	Oceanic pH
1800	280.83	8-Jan-89	324.3	8.1113
1810	281.65	5-Jan-90	310.8	8.1183
1820	282.35	3-Feb-91	317.4	8.1006
1830	282.82	5-Jan-92	324.1	8.1063
1840	283.38	20-Jan-93	309.6	8.1071
1850	284.32	20-Jan-94	298.3	8.1173
1860	285.74	6-Feb-95	326.9	8.0858
1870	287.35	17-Jan-96	331.8	8.1042
1880	289.47	8-Jan-97	330.4	8.0878
1890	292.46	11-Jan-98	332.5	8.0877
1900	295.67	13-Jan-99	352.7	8.0669
1910	299.38	3-Feb-00	346.3	8.0667
1920	304.25	17-Jan-01	348.1	8.0843
1930	306.62	16-Jan-02	347	8.0768
1940	311.36	17-Jan-03	340.6	8.0832
1950	312.82	22-Jan-04	344.7	8.0837
1960	316.62	2-Feb-05	343.5	8.0825
1970	324.78	25-Jan-06	330.3	8.0921
1980	338.70	7-Feb-07	338	8.0868
1990	354.07	30-Jan-08	347.4	8.0675
2000	369.12	21-Jan-09	344.1	8.0761
2010	388.72	10-Mar-10	347.4	8.0734
2020	410.00	29-Jan-11	355.4	8.07
		19-Jan-12	356.3	8.0673
		13-Feb-13	362.7	8.0547
		16-Jan-14	363.4	8.0695
		25-Feb-15	365.4	8.0636
		13-Jan-16	358.8	8.0817
		24-Jan-17	371.8	8.0498
		2-Jan-18	361.3	8.0673



სურათი 2. CO₂-ის ატმოსფერული კონცენტრაციების გრაფიკი დროთა განმავლობაში.



სურათი 3. ატმოსფერული CO₂-ის დონის გრაფიკი, ოკეანეში გახსნილი CO₂ დონეები და pH დროთა განმავლობაში.

კრიტერიუმი II და III - როგორია ეკოსისტემის აგებულების თავისებურება და რა გავლენას ახდენს ეკოლოგიური ფაქტორების (ანთროპოგენული და აბიოტური) ცვლილება მის მდგრადობაზე? რა პრევენციული და ინტერვენციული ღონისძიებები შესაძლოა გატარდეს გლობალური კლიმატური ცვლილების შესამცირებლად და მარჯნის რიფების ეკოსისტემის გადასარჩენად?

- ✓ რა პროცესს უწოდებენ მარჯნის რიფების გაუფერულებას და რა მექანიზმით მიმდინარეობს ის?
- ✓ როგორ შეიძლება კლიმატური ცვლილებების გავლენის შემცირება მარჯნის რიფებზე? დაასაბუთეთ შენი მოსაზრება.
- ✓ დაასახელო მინიმუმ ორი აბიოტური ფაქტორი, რომლებიც იწვევს მარჯნის გაუფერულებას და ახსენი, როგორ მოქმედებენ ისინი მარჯანზე.
- ✓ როგორი ბიოტური ურთიერთობაა მარჯანსა და პოლიპს შორის? ახსენი რა შედეგი მოჰყვება ამ ურთიერთობის დარღვევას.
- ✓ როგორ მოქმედებს ბიოტური ურთიერთობების დარღვევა ეკოსისტემაზე, რომელშიც მარჯნის რიფები არიან გავრცელებული?
- ✓ რას ნიშნავს ეკოლოგიური ფაქტორის ოპტიმალური სიდიდე, გამძლეობის საზღვრები?
- ✓ რა შემთხვევაში იქცევა ფაქტორი ორგანიზმისათვის სიცოცხლის შემზღუდველად?
- ✓ როგორ ფიქრობ, მტაცებლისგან განსხვავებით, პარაზიტი სწრაფად რატომ არ კლავს თავის მასპინძელს?
- ✓ რა მოხდება ეკოსისტემაში, თუ ამოვარდა კვებითი ქსელიდან ყველა მტაცებელი? ყველა პროდუცენტი?
- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს ეკოსისტემის მდგრადობისთვის სახეობათა მრავალფეროვნებას?
- ✓ რატომ არის მნიშვნელოვანი ბიოტური ურთიერთობები ეკოსისტემის მდგრადობისთვის?

ეკოსისტემა, როგორც ბიოლოგიური სისტემა

ეკოსისტემა არის ბიოლოგიური სისტემა, რომელიც შეიცავს ორგანიზმების თანასაზოგადოებას (ბიოცენოზი) და მათ საარსებო გარემოს. ეკოსისტემის საარსებო პირობები გულისხმობს, როგორც აბიოტური ფაქტორების (ფიზიკური, ქიმიური, გეოგრაფიული) ერთობლიობას, აგრეთვე ბიოტურ ფაქტორებს (მაგ., მტაცებლობა, სიმბიოზი) - ორგანიზმების ურთიერთგავლენას. ცალკე უნდა გამოიყოს ადამიანის ფაქტორი (ანტროპოგენური ფაქტორი), რაც გამოიხატება ადამიანის გავლენით ეკოსისტემის საარსებო პირობებზე, ეკოსისტემის აბიოტურ ან/და ბიოტურ კომპონენტებზე. თავის მხრივ ეკოლოგიურმა ფაქტორებმა (მაგ., სინათლე, ტენიანობა, ტემპერატურა, აგრეთვე მტაცებლები, ბაქტერიები) შეიძლება იმოქმედონ ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

ეკოსისტემაში მუდმივად მიმდინარეობს ენერგიისა და ნივთიერებების მიმოცვლა თანასაზოგადოებასა და საარსებო გარემოს შორის. ნივთიერებებისა და ენერგიის მიმოცვლა წარმოადგენს ეკოსისტემის არსებობის აუცილებელ პირობას. ნებისმიერი ბიოცენოზის ეკოლოგიური სტრუქტურა განისაზღვრება სხვადასხვა ეკოლოგიური ჯგუფის (პროდუცენტები, კონსუმენტები, რედუცენტები) თანაფარდობით. რომელიმე ეკოლოგიური ჯგუფის გაქრობა უმაღლეს აისახება მთელ თანასაზოგადოებაზე.

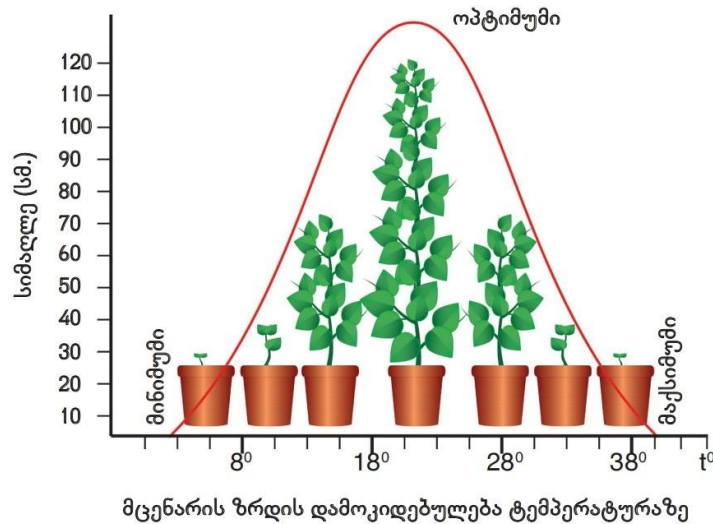
ეკოსისტემების მაგალითებია: ტუნდრა, წიწვოვანი ტყე, ფოთლოვანი ტყე, სტეპი, სავანა, უდაბნო, ტროპიკული ტყე, მდინარე, ტბა, ზღვა. ეკოსისტემა შეიძლება იყოს ძალიან მცირე მასშტაბის, მაგალითად, გუბე. გლობალურ ეკოსისტემას ბიოსფერო ეწოდება, რომელიც აერთიანებს ყველა სახის ეკოსისტემას.

ეკოლოგიური ფაქტორები

აბიოტური	ბიოტური	ანტროპოგენური
1. ფიზიკური, მაგ., სინათლე, ტემპერატურა, ტენიანობა, ატმოსფერული წნევა. 2. ქიმიური, მაგ., ჰაერის, წყლის, ნიადაგის ქიმიური შემადგენლობა, მარილიანობა და მჟავიანობა. 3. გეოგრაფიული, მაგ., რელიეფი, სიმაღლე ზღვის დონიდან, დღის ხანგრძლივობა.	1.ფიტოგენური: მცენარეების ზეგავლენა; 2.ზოოგენური: ცხოველების ზეგავლენა; 3.მიკრობიოგენური: მიკრობების ზეგავლენა.	1. პირდაპირი, მაგ., ინტროდუქცია, განადგურება. 2. არაპირდაპირი (ირიბი) გავლენა, მაგ., ტყის გაჩეხვა, ჭაობის ამოშრობა.

ნებისმიერი სახეობა ევოლუციის პროცესში ეგუება ეკოლოგიური ფაქტორების გარკვეულ ცვლილებებს და თავის მხრივ ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე. მაგალითად, მცენარეული საფარი გავლენას ახდენს გარემოს ტემპერატურაზე, ცვლის ნიადაგის სტრუქტურასა და მის ქიმიურ შემადგენლობას. ორგანიზმები გარემოსთან შეგუებულობის განსხვავებულ ტოლერანტობას ამჟღავნებენ, ტერმინი „ტოლერანტობა“ ლათინურია და ქართულად-მოთმინებას, ამტანობას ნიშნავს. ეკოლოგიური ფაქტორის იმ ინტენსივობის ფარგლებს, რომელიც ყველაზე ხელსაყრელია ორგანიზმის ცხოველქმედებისთვის ოპტიმალური ინტენსივობა ანუ **ოპტიმუმი** ეწოდება.

ეკოლოგიური ფაქტორის გადახრა ოპტიუმის ფარგლებიდან (ორივე მიმართულებით) იწვევს ორგანიზმის ცხოველქმედების დათრგუნვას და ამცირებს მისი გადარჩენის ალბათობას. საზღვრებს, რომლის იქით ორგანიზმის არსებობა შეუძლებელია, **გამძლეობის ქვედა და ზედა ზღვარი** ეწოდება. ყოველი სახეობისთვის ამა თუ იმ ფაქტორის ოპტიმალური მნიშვნელობა განსხვავებულია.



აბიოტური ფაქტორები

სინათლე - სინათლის სხივის ტალღის სიგრძის მიხედვით არჩევენ ულტრაიისფერ, ხილულ და ინფრაწითელ სხივებს. ულტრაიისფერ სხივებს მხოლოდ მცირე დოზით შეიძლება ჰქონდეთ დადებითი მნიშვნელობა (მაგ., ვიტამინი D-ს წარმოქმნის გაძლიერება), ხილული სხივები წარმოადგენენ ძირითად ენერგეტიკულ წყაროს (ფოტოსინთეზი), ხოლო ინფრაწითელი - ახდენენ სითბურ გავლენას.

სინათლის ინტენსივობის მიმართ მცენარეებს სხვადასხვა მოთხოვნილება აქვთ. არსებობს სინათლის მოყვარული მცენარეები (მაგალითად, მთის, მდელოს, სტეპის, უდაბნოს, აგრეთვე ტყის ზედა იარუსის მობინადრეები) და ჩრდილის ამტანი მცენარეები (მაგალითად, ტყის ქვედა იარუსის ბინადარი). განათებაზე დამოკიდებულების მიხედვით ცხოველებსაც ყოფენ ჯგუფებად. ესენია სინათლის მოყვარულები (მაგალითად, გაშლილ ადგილებზე - მდელოზე, სტეპებში, უდაბნოებში მობინადრე ცხოველები) და სინათლის მოძულეები (მაგალითად, ტყის ქვედა იარუსში, მღვიმეებში, ოკეანეთა სიღრმეში მობინადრე ცხოველები).

ტემპერატურა - ერთ-ერთი ძირითადი ეკოლოგიური ფაქტორია. იგი გავლენას ახდენს ორგანიზმთა ზრდაზე, განვითარებასა და ცხოველქმედებაზე. სითბოს მთავარი წყაროს მზის ენერგიაა, გარემოს ტემპერატურაზე მთლიანად არიან დამოკიდებული ორგანიზმები, ე.წ. „ცივისისხლიანი“ ცხოველები (ყველა ცხოველი, ძუძუმწოვრებისა და ფრინველების გარდა), რომელთაც ვერ ინარჩუნებენ სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნება. თბილისისხლიანი ცხოველების (ძუძუმწოვრები და ფრინველები) სხეულის ტემპერატურა მუდმივია და არ არის დამოკიდებული გარემოს ტემპერატურაზე. განსაკუთრებით მკაცრი ტემპერატურის პირობებში უხდებათ არსებობა უდაბნოს და ცივ სარტყელში გავრცელებულ მცენარეებსა და ცხოველებს. ტემპერატურასთან დამოკიდებულების მიხედვით არჩევენ სიცივის ამტან და სითბოს მოყვარულ ორგანიზმებს. სახეობებს გარემოს ტემპერატურისადმი შეგუებულობის ნაირგვარი მექანიზმი ჩამოუყალიბდათ. მაგალითად, ცხელ ტენიან გარემოში გავრცელებულ მცენარეებს დიდი პრიალა ფოთლები აქვთ.

ფოთოლი სარკესავით ირეკლავს მზის სხივებს და დიდი რაოდენობით აორთქლებს წყალს; ზომიერ და ცივ სარტყლებში ცხოველები ზამთრის ძილს ეძლევიან, უდაბნოში ბინადარნი კი- ზაფხულის ძილს.

ტენიანობა - წყალს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ორგანიზმების ცხოველქმედებისთვის. ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესები მხოლოდ წყლიან გარემოშია შესაძლებელი. წყლის შემცველობა მცენარეთა და ცხოველთა ორგანიზმში, მათ ორგანოებში სხვადასხვაა. მაგალითად, ხე-მცენარეთა ღეროში წყალი შეადგენს წონის 40-55%-ს, ფოთლებში - 79-82%-ს, მოლუსკებში - 80-92%-ს. წყლის მნიშვნელოვანი შემცირება ორგანიზმის დაღუპვას იწვევს.

ხმელეთის ორგანიზმები მუდმივად კარგავენ წყალს, ამიტომ მათ მარაგის რეგულარული შევსება სჭირდებათ. ამასთან დაკავშირებით ხმელეთის მცენარეებსა და ცხოველებს ევოლუციის პროცესში გამოუმუშავდათ მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ქცევითი შეგუებულობები, რითაც არეგულირებენ წყლის ეკონომიურ ხარჯვას.

მშრალ პირობებთან შეგუების კარგი მაგალითია კაქტუსები. ისინი ცენტრალურ და ჩრდ. ამერიკის უდაბნოებში ბინადრობენ, სადაც ზოგჯერ უზარმაზარ ზომებს აღწევენ. მაგალითად, მექსიკაში, გიგანტური კორნეგია ზოგჯერ 15 მ-მდე იზრდება და 40-45 კგ-ს იწონის, აქედან 95% წყალია. კაქტუსები წყალს ძალზე ყაირათიანად ხარჯავენ, ამიტომ დიდხანს ძლებენ წყლის გარეშე. უდაბნოს ცხოველებს სხვადასხვა შეგუებულობა გამოუმუშავდათ წყლის ეკონომიურად დასახარჯად და მის მოსაპოვებლად. მაგალითად, შავტანა ხოჭოებს აღმოაჩნდათ წყლის გამოყენების ჩაკეტილი ციკლი. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნივთიერებათა ცვლის პროცესში წყლის გამოყოფა ამ ცხოველებში პრაქტიკულად არ ხდება. უდაბნოს ბევრი ბინადარისთვის დამახასიათებელია ცხიმის ჭარბი მარაგი, რომელიც მათ ორგანიზმში წყლის თავისებური რეზერვია. ასეთია, მაგალითად, აქლემის კუზი, მღრნელების კაქვეშ ცხიმის დაგროვება.

ბიოტური ფაქტორები

ბუნებრივ პირობებში ორგანიზმები იზოლირებულად კი არ ცხოვრობენ, არამედ ერთმანეთთან ურთიერთობენ. ბიოტური ფაქტორები გულისხმობს ორგანიზმთა ურთიერთობას და მათ გავლენას საარსებო გარემოზე. ბიოტური ფაქტორი მკვეთრად გამოხატულია კვებით ჯაჭვებსა და საარსებო ტერიტორიის დაკავების შემთხვევაში. ორი ან რამდენიმე სახეობის ურთიერთქმედება დამოკიდებულია მრავალ პირობაზე. სახეობათა ურთიერთობის კლასიფიკაციაში ეკოლოგებს შორის სრული თანხმობა არ არსებობს. ერთ-ერთი კლასიფიკაციის მიხედვით ორგანიზმთა ურთიერთობის ძირითადი ფორმებია: **ნეიტრალიზმი, სიმბიოზი (მუტუალიზმი, კომენსალიზმი, კოოპერაცია, მდგმურობა), მტაცებლობა, კონკურენცია.**

ნეიტრალიზმი ურთიერთობის ისეთი ფორმაა, როდესაც ერთ ტერიტორიაზე არსებული ორგანიზმები არავითარ გავლენას არ ახდენენ ერთმანეთზე. ნეიტრალიზმის შემთხვევაში სხვადასხვა სახეობის ინდივიდები უშუალოდ არ მოქმედებენ ერთმანეთზე, მაგრამ დამოკიდებულები არიან თანასაზოგადოების მთლიან მდგომარეობაზე. მაგალითად, ციყვი და ირემი ერთად ცხოვრობენ ტყეში, მაგრამ ერთმანეთზე გავლენას არ ახდენენ. ტყის აბიოტურ ფაქტორთა ცვლილება კი გავლენას ახდენს ორივეზე სხვადასხვა ხარისხით.

სიმბიოზი - ორი სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმების თანაცხოვრებაა, რომელიც შეიძლება იყოს სასარგებლო ორივე პარტნიორისთვის ან ერთი მათგანისთვის. სიმბიოზის სახეებია: მუტუალიზმი, კომენსალიზმი, კოოპერაცია და მდგმურობა.



მუტუალიზმი ორმხრივ სასარგებლო თანაცხოვრების ფორმაა, რომლის დროსაც არც ერთ მათგანს დამოუკიდებლად არსებობა არ შეუძლია. მუტუალიზმის მაგალითებია: მწერების და ყვავილოვანი მცენარეების ურთიერთობა, ერთუჯრედიანი წყალმცენარისა და სოკოს თანაარსებობა მდიერებში.

მდიერი

კომენსალიზმი - როცა თანაცხოვრება ხელსაყრელია მხოლოდ ერთ-ერთი ორგანიზმისთვის, ხოლო მეორესთვის განურჩეველია. მაგალითად, ფრინველების ბუდეებში და მღრნელების სოროებში უამრავი ფეხსახსრიანი ცხოვრობს, რომლებიც მღრნელებისა და ფრინველების საკვების ნარჩენებით და ექსკრემენტებით იკვებებიან.

მდგმურობა ორი ორგანიზმის ურთიერთობის ისეთი ფორმაა, რომლის დროსაც ერთი ორგანიზმი მეორეს თავშესაფარს ან საცხოვრებელს წარმოადგენს. მაგალითად, ეპიფიტები, რომლებიც ხე-მცენარის ქერქზე ცხოვრობენ.



ხავსი ხე-მცენარის მდგმურია

კოოპერაცია ორი ორგანიზმის ურთიერთობის ისეთი ფორმაა, რომლის დროსაც ორივე სარგებელს იღებს, თუმცა, ამ ურთიერთობას შესაძლოა რეგულარული ხასიათი არ ჰქონდეს. მაგალითად, ნიაგის და ჩიტის, კიბოს და მარჯნის პოლიპის-აქტინიას ურთიერთობა.



პარაზიტიზმი ფართოდ არის გავრცელებული როგორც ცხოველთა სხვადასხვა სისტემატიკურ ჯგუფებში, ასევე მცენარეებში. განსაკუთრებით ფართოდაა

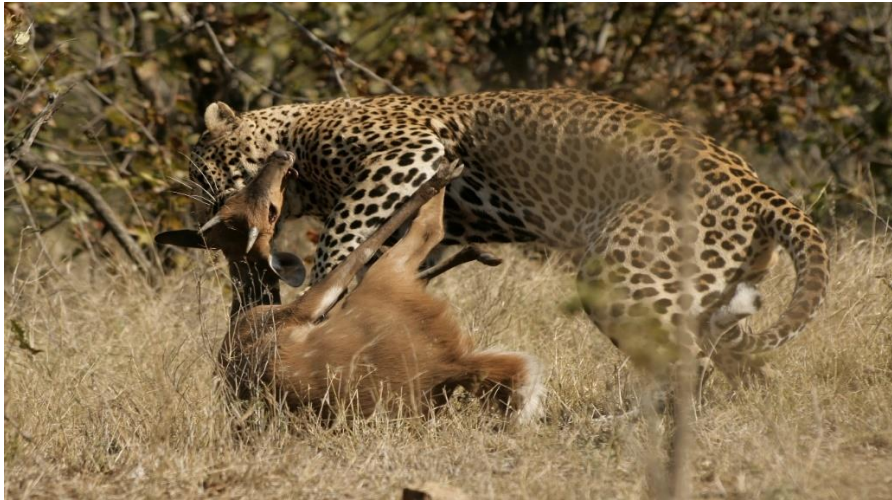


გავრცელებული უმარტივესებში, ჭიებისა და ფეხსახსრიანებში. მასპინძელი ორგანიზმი პარაზიტისათვის საარსებო გარემოა. იგი გამოიყენებს მას, როგორც საკვების წყაროს, იკვებება მასპინძლის ორგანიზმის ქსოვილებით ანდა მის მიერ გადამუშავებული საკვებით. ნათელია, რომ პარაზიტიზმი ისეთი თანაარსებობაა, რომელიც სასარგებლოს წარმოადგენს ერთი ორგანიზმისათვის -პარაზიტისათვის და საზიანოა მეორე ორგანიზმისათვის -მასპინძლისათვის. პარაზიტიზმის მაგალითებია: ტილი, რწყილი (ექტოპარაზიტი), ზოგიერთი უმარტივესი

(მაღარიის პლაზმოდიუმი), ჰელმინთები - სოლიტერი (ენდოპარაზიტები). ისინი ზიანს აყენებენ ორგანიზმს, რომელზეც ბინადრობენ ან/და იკვებებიან მის ხარჯზე.

ყვითელი აბედა

მტაცებლობა ნეგატიური ურთიერთობის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ფორმაა. მტაცებელს უწოდებენ ცხოველს, რომლის საკვებს ნანადირევი წარმოადგენს, ანუ ის იჭერს და კლავს მსხვერპლს.



კონკურენცია მყარდება ერთსა და იმავე გარემოში ბინადარ სახეობებს შორის, როდესაც ინდივიდებს ესაჭიროებათ ერთი და იგივე საარსებო პირობები. ისინი ერთმანეთის კონკურენტები არიან საკვების და/ან თავშესაფრის მოპოვებაში, გამრავლების ადგილის შერჩევაში და სხვ. კონკურენცია ერთადერთი ბიოტური ურთიერთობის ფორმაა, რომელიც ორივე სახეობისთვის საზიანოა. კონკურენცია ასევე მიმდინარეობს ერთსა და იმავე სახეობის ინდივიდებს შორის, ვინაიდან მათ ერთნაირი საარსებო მოთხოვნილებები აქვთ. ხშირ შემთხვევაში ტერმინებს „ბრძოლა არსებობისათვის“ და „კონკურენციას“ სინონიმებად განიხილავენ, რაც არ არის სწორი. დარვინი კონკურენციას თვლიდა ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორად ბუნებრივ გადარჩევაში, მაგრამ არ აიგივებდა მას არსებობისათვის ბრძოლასთან. დარვინის მიხედვით, კონკურენცია უფრო ძლიერად ვლინდება შიდასახეობრივ ბრძოლაში, ვიდრე სახეობათაშორის. მაშასადამე, ორგანიზმთა კონკურენტული ურთიერთობა ვლინდება ისეთ პირობებში, როდესაც მათ საარსებოდ

ესაჭიროებათ ერთი და იგივე საარსებო რესურსი. ამიტომ კონკურენცია უარყოფით გავლენას ახდენს მათ ზრდასა და განვითარებაზე.

ანთროპოგენური ფაქტორები

ბიოსფერომ ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი ცვლილებები მაშინ განიცადა, როდესაც დედამიწაზე ადამიანი გაჩნდა. გეოლოგიური თვალსაზრისით, დროის სულ მცირე მონაკვეთში მრეწველობის, მეცნიერებისა და ტექნიკის მძლავრად განვითარებამ საგრძნობლად შეუწყო ხელი ბიოსფეროში ელემენტთა ბიოლოგიური მიგრაციის დაჩქარებას. ადამიანმა ათეულ ათასობით ხეხილისა და ცხოველის ახალი ჯიშით გამოიყვანა. იგი თავისი მოღვაწეობით აჩქარებს ბუნებაში სახეობათა ევოლუციას, ცვლის ორგანულ სამყაროსა და ბუნებრივ გარემოს. ანთროპოგენული ფაქტორის ზემოქმედება ბუნებაზე შეიძლება იყოს **პირდაპირი** და **ირიბი**. პირდაპირი მოქმედების მაგალითია ინტროდუქცია, ამოწყვეტა, დაცვა და სხვა. ინვაზიური სახეობების მიერ ბიომრავალფეროვნებაზე უარყოფითი მოქმედების კლასიკურ მაგალითად ითვლება საბჭოთა პერიოდში რუსეთიდან საქართველოში ტელეუტური ციყვის შემოყვანა. მისი ინვაზირების მიზეზი გახლდათ სარეწაო ღირებულება, რაც განპირობებული იყო მისი მაღალი ხარისხის ბეწვით. თუმცა თბილი კლიმატის გამო შემოყვანილმა ციყვმა ბეწვის ხარისხი დაკარგა და სარეწაოდ აღარ გამოდგა, სამაგიეროდ, მან ადგილობრივი სახეობის კავკასიური ციყვი მნიშვნელოვნად შეავიწროვა და ზოგან საერთოდ განდევნა კიდეც ჰაბიტატიდან. ტელეუტური ციყვი სპობდა ტყის სხვადასხვა წვრილი ბინადრის ბუდეებს, იკვებებოდა რა მათი კვერცხებით, მათ შორის – კოდალებისაც, რომლებიც გარკვეულწილად არეგულირებდნენ ლაფანჭამიას რიცხოვნობას. კოდალების შემცირებამ ლაფანჭამია გაამრავლა, რამაც დიდ ფართობზე ტყის გახმობა გამოიწვია.

ანთროპოგენული ფაქტორის ბუნებაზე ირიბი ზემოქმედების მაგალითია ტყის გაჩეხვა, ჭაობის ამოშრობა, ნიადაგის დეგრადაცია და სხვა. დაახლოებით 10000 წლის წინ დედამიწა უზარმაზარი ტყეების მასივებით იყო დაფარული. ათასწლეულის მანძილზე ჩეხდა და ანადგურებდა ტყეს ადამიანი საწვავისთვის, სამშენებლო მასალისთვის, სახნავ-სათესისა და საძოვრების ფართობების გამოსათავისუფლებლად.

რატომ უფერულდება მარჯნის რიფები

მარჯნის რიფების გადაშენების პირველი სიგნალია მარჯნების გაუფერულება (ინგლ. bleaching), რაც გამოწვეულია პოლიპის მიერ მისი სიმბიონტი ერთუჯრედიანი წყალმცენარის (Symbiodinium) "განდევნით". ეს წყალმცენარე პოლიპის უჯრედებში ცხოვრობს და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მის კვებაში. ზოგიერთი მონაცემით, მარჯნების საკვების 90%-ს სწორედ ის ორგანული ნივთიერება შეადგენს, რომელიც სიმბიონტი წყალმცენარის ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოიქმნება. პოლიპი, თავის მხრივ, თავშესაფარს აძლევს წყალმცენარეს და ამარაგებს მას დეფიციტური ბიოგენური ელემენტებით (აზოტით, ფოსფორით, ნახშირორჟანგით).

თუ მარჯნების გაუფერულების მთავარი მიზეზი სანაპირო წყლების დათბობაა, მაშინ, მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე, 25-50 წლის შემდეგ მარჯნის რიფები, სავარაუდოდ, აღარ იარსებებს. მეცნიერების აზრით, გაუფერულების მიზეზი შეიძლება იყოს წყალმცენარის მაფოტოსინთეზებელი სისტემის, ულტრაიისფერი სხივებით ინჰიბირება. განათების კრიტიკული ზღვარი, რომელმაც შეიძლება ფოტოსინთეზის ინჰიბირება გამოიწვიოს, სხვადასხვა წყალმცენარეს სხვადასხვა აქვს, სტრესულ მდგომარეობაში კი ეცვლება. სტრესული მდგომარეობა გულისხმობს ორგანიზმის

არასპეციფიკურ საპასუხო რეაქციას გარეგან გამდიზიანებელზე, მათ შორის – ტემპერატურის მომატებაზეც. შესაძლოა მარჯნის პოლიპი სტრესის დროს ვეღარ აკონტროლებს სიმბიონანტი წყალმცენარის რაოდენობას. ნორმალურ პირობებში წყალმცენარის პოპულაცია პოლიპის შიგნით სტაბილურია და არც ისე დიდი, თუმცა მისი უჯრედების დაყოფა უფრო სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს, ვიდრე პოლიპისა. ცნობილია, რომ ნორმალურ პირობებში პოლიპის მიერ გამოძევებული წყალმცენარის უჯრედები დაშლილია, ე. ი. ფოტოსინთეზის წარმოება აღარ ძალუძს, მაშინ როდესაც მაღალი ტემპერატურით გამოწვეული გაუფერულების დროს გამოძევებული წყალმცენარის უჯრედები დაუზიანებელია და ფოტოსინთეზის წარმოების უნარი შესწევს. ამის კვალობაზე, ჩნდება მოსაზრება, რომ სტრესის პირობებში მარჯნის პოლიპები კარგავენ სიმბიონანტის ჯანმრთელი და დაზიანებული უჯრედების გარჩევის უნარს. ამრიგად, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მარჯნები უფერულდება, რადგან წყალმცენარისა “აღარ ესმის”.

მიუხედავად იმისა, რომ მარჯნის პოლიპების გაუფერულების მიზეზთა შესწავლაში პროგრესია, ჯერ კიდევ ბევრი საკითხია გაურკვეველი, რაც არ გვაძლევს საშუალებას, ცვალებადი კლიმატის პირობებში მარჯნების პოპულაციური დინამიკა ვივარაუდოთ.

აქ შეგიძლიათ მეტი გაიგოთ მარჯნის რიფებზე: [დიდი ბარიერული რიფი: შესაძლოა, სრულად გაუფერულდეს](#)

მინამატას დაავადება - ტექნოგენური კატასტროფის შედეგი, თუ უბრალოდ ავადმყოფობა

თემა 4 - საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია			
მინამატას ტექნოგენური კატასტროფა	გაკვეთილი 1	გეოგრაფია	მასწავლებელი აცნობს ქეისსა და პროექტულ დავალებას, ასევე, რა არის საჯარო სიტყვა და რას უნდა მიაქციონ ყურადღება დავალების პროდუქტის შექმნისას.
	გაკვეთილი 2	გეოგრაფია	განიხილავს ტექნოგენურ კატასტროფას, მის კლასიფიკაციას და ამსჯელებს სტუდენტებს, თუ რატომ არის მინამატას კატასტროფა ტექნოგენური.
	გაკვეთილი 3	ბიოლოგია	განიხილავს ეკოსისტემის აგებულების თავისებურებას.
	გაკვეთილი 4	ბიოლოგია	ეკოსისტემაში ენერგიის და ნივთიერებების მიმოცვლას; განიხილავს კვებით კავშირებს.
	გაკვეთილი 5	გეოგრაფია	აცნობს მინამატას კონვენციას, მსჯელობს მინამატას კატასტროფის გლობალურ მნიშვნელობაზე.
	გაკვეთილი 6	ბიოლოგია	ეკოსისტემის ეკოსისტემის თვითრეგულაციასა და მდგრადობას.
	გაკვეთილი 7	ბიოლოგია	განიხილავს როგორ აღმოჩნდა ვერცხლისწყალი ადამიანის ორგანიზმში და რა გავლენა მოახდინა მის ჯანმრთელობაზე ვერცხლის წყლით მოწამვლამ.
	გაკვეთილი 8	გეოგრაფია	სტუდენტები გამოდიან საჯარო სიტყვით.

სამიზნე ცნება: მდგრადობა და ცვლილება.

ქეისი - მინამატას დაავადება - ტექნოგენური კატასტროფის შედეგი, თუ უბრალოდ ავადმყოფობა (<https://www.youtube.com/watch?v=ihFkyPv1jtU>)

ადამიანის ჯანმრთელობასა და სხვა ცოცხალ ორგანიზმებზე ვერცხლისწყლისა და მისი შენაერთების ტოქსიკური ზემოქმედების შესახებ დიდი ხანია ცნობილია. ვერცხლისწყლის შემცველი ნაერთებით გარემოს დაბინძურების წყაროებს სხვადასხვა სამრეწველო ობიექტები, კერძოდ, ცემენტის წარმოება, მეტალურგია, სასუქები, სამრეწველო და მუნიციპალური ნარჩენები და საყოფაცხოვრებო ნივთები (ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრი და წნევის აპარატი; ვერცხლისწყლისშემცველი ლუმინესცენციური ნათურები; სხვადასხვა სახის აკუმულატორები და ელემენტები) წარმოადგენს. ვერცხლისწყლით მოწამვლასთან დაკავშირებულმა მასშტაბურმა კრიზისებმა, როგორებიცაა მინამატას კატასტროფა, მოწამვლა ერაყში და სხვა, აღნიშნული პრობლემისადმი საერთაშორისო ყურადღება მიიპყრო.

1908 წელს, ქალაქ მინამატაში კომპანია "ჩისოს" ქიმიური ქარხანა აშენდა, რომელიც თავდაპირველად მხოლოდ მინერალურ სასუქებს აწარმოებდა. დროთა განმავლობაში კომპანია გაფართოვდა და ახალი, მათ შორის აცეტილენის, აცეტალდეჰიდის, ძმარმჟავისა და ქლორეთილენის წარმოებები დაემატა. წარმოების ნარჩენების ჩაშვება პირდაპირ მინამატას ყურეში ხდებოდა. უარყოფითმა ეკოლოგიურმა შედეგებმა თავი, ჯერ კიდევ, 20-40-იან წლებში იჩინა, რაც თევზის რესურსების შემცირებაში გამოიხატებოდა. პრობლემის დარეგულირების მიზნით, ადგილობრივმა მეთევზეებმა არაერთხელ უჩივლეს კომპანიას და რამდენჯერმე კომპენსაციაც მიიღეს.

საყურადღებოა, რომ აცეტალდეჰიდის წარმოებაში კატალიზატორად ვერცხლისწყლის სულფატი გამოიყენებოდა. რეაქციების შედეგად მცირე რაოდენობის მეთილის ვერცხლისწყალი წარმოიქმნებოდა, რომელიც წარმოების დაწყებიდან 30 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში პირდაპირ მინამატას ყურეში ჩედინებოდა.

1956 წლის აპრილში ადგილობრივი საავადმყოფოს ექიმები უცნაურ დაავადებას წააწყდნენ, რომელიც ხუთი წლის გოგონას აღმოაჩნდა. არსებული სიმპტომები: გაძნელებული მოძრაობა, მოდუნებული მეტყველება, შეტევები, ახალ უცნობ ნერვულ დაავადებაზე მიაჩნებოდა. ორი დღის შემდეგ ანალოგიური სიმპტომებით საავადმყოფოში მოხვდა გოგონას დაც. მოგვიანებით, ქალაქში ჩატარებულმა გამოკითხვამ რამდენიმე მსგავსი შემთხვევა გამოავლინა.

1 მაისს საავადმყოფოს მთავარმა ექიმმა ახალი ნერვული დაავადების აღმოჩენის თაობაზე ოფიციალური განცხადება გააკეთა. ამ მომენტიდან ხელისუფლებამ ეპიდემიის შესწავლა დაიწყო. შეიქმნა სპეციალური "უცნაურ დაავადებასთან ბრძოლის კომიტეტი". თავდაპირველად ის ინფექციურ დაავადებად მიიჩნეოდა. თანდათან გამოვლინდა ცხოველების უცნაური ქცევის მაგალითებიც: კატები ძლიერ კრუნჩხვაში ვარდებოდნენ და ხშირ შემთხვევაში იხოცებოდნენ, რასაც "კატების ცეკვის ავადმყოფობა" უწოდეს. ციდან ცვიოდა მკვდარი ფრინველები, გაქრა წყალმცენარეები, ნადგურდებოდა თევზი. კუმამოტოს უნივერსიტეტის სპეციალისტების ჩართულობით, საკითხის შემსწავლელი სპეციალური კომისია შეიქმნა.

დაავადების მიზეზის დადგენას გარკვეული დრო დასჭირდა. დაიწყო ახალი გარემოებების გამოვლენა. დაავადება იწყებოდა მოულოდნელად, ავადმყოფები უჩიოდნენ მხოლოდ კიდურებში მგრძნობელობის შემცირებას, მხედველობისა და სმენის დაქვეითებას, მათ აღნიშნებოდათ კოორდინაციის დარღვევა, რის გამოც ვერ იღებდნენ მცირე ზომის საგნებს, ვერ იკრავდნენ ღილებს, უჭირდათ სიარული, ეცვლებოდათ ხმა. ამის შემდეგ კი, ეწყებოდათ შეტევები და კარგავდნენ გონებას. სიკვდილიანობის მაჩვენებელმა 35%-ს მიაღწია (მაგ: 1956 წლის დეკემბრისთვის გამოვლენილი 40 პაციენტიდან 14 გარდაიცვალა).

დაზარალებულების შესახებ ინფორმაციის გაანალიზების საფუძველზე მეცნიერები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ძირითადად ავადდებოდნენ მინამატას ყურის სანაპიროზე მდებარე მეთევზეთა დასახლებების მცხოვრებნი. მათ ძირითად საკვებს ამავე ყურეში დაჭერილი ზღვის პროდუქტები წარმოადგენდა. გარდა ამისა, სოფლებთან ახლოს ვეშაპებშიც მსგავსი სიმპტომები ვლინდებოდა. მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ზღვის პროდუქტები დაბინძურებული იყო მძიმე ლითონებით. აღნიშნული მოსაზრება 1956 წლის 4 ნოემბერს გახდა ცნობილი.

მიზეზის დადგენის შემდეგ მკვლევარების ყურადღების ცენტრში მაშინვე მოექცა ქარხანა "ჩისო". თავად კომპანიის მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა დაადგინა ჩაშვებულ წყლებში ტყვიის, ვერცხლისწყლის, მანგანუმის, დარიშხანის, სელენისა და თალიუმის მაღალი შემცველობა. თუ რომელი მეტალი გახდა მოწამვლის მიზეზი, 987მის დადგენაში დიდი წვლილი მიუძღვის ბრიტანელ ნევროლოგს დუგლას მაკ-ოლპაინს. სწორედ, მან აღნიშნა ვერცხლისწყლის ორგანული ნაერთებით მოწამვლასა და მინამატას ავადმყოფობის სიმპტომების მსგავსებაზე.

1972 წელს სტოკჰოლმის კონფერენციის დელეგატების წინაშე წარსდგა სტუდენტი შინობუ საკამოტო, რომელიც დაინვალიდდა, ვერცხლისწყლით დედის მოწამვლით ორსულობის დროს. 2009 წლის 20 თებერვალს გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამის (UNEP) საბჭოს 25-ე სესიაზე მიღებული იქნა გადაწყვეტილება 25/5 "ეფექტური, მოქმედი და თანმიმდევრული გზით ვერცხლისწყლის რეგულირების საერთაშორისო ღონისძიებების ინიცირების შესახებ".

მინამატას კონვენცია "ვერცხლისწყლის შესახებ" წარმოადგენს მნიშვნელოვან სახელმწიფოთაშორის ხელშეკრულებას, რომლის მიზანია ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოს დაცვა ვერცხლისწყლისა და მისი ნაერთების ანთროპოგენული გაფრქვევებისგან, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს ვერცხლისწყლით მოწამვლა.

კონვენციის ტექსტი შეთანხმდა შვეიცარიაში 2013 წლის 13 იანვარს, ქალაქ ჟენევაში, ვერცხლისწყალზე მთავრობათაშორისი მოლაპარაკებების კომიტეტის მეხუთე სესიაზე (INC5), რომელიც ხელმოსაწერად გაიხსნა 2013 წლის 10-11 ოქტომბერს, იაპონიაში ქალაქ კუამოტოში დიპლომატიურ კონფერენციაზე. ოფიციალური გახსნის ცერემონიალი გაიმართა 2013 წლის 9 ოქტომბერს ქალაქ მინამატაში. 10 ოქტომბერს, იაპონიაში 100-მდე ქვეყნის მთავრობებთან ერთად საქართველომ ხელი მოაწერა მინამატას კონვენციას "ვერცხლისწყლის შესახებ".

მნიშვნელოვანია, რომ მინამატას კონვენცია ექვემდებარება რატიფიკაციას, შეერთებას და მიღებას სახელმწიფოების მიერ და ღია იქნება შეერთებისთვის იმ თარიღის შემდგომ, როდესაც კონვენცია ხელმოწერისთვის დაიხურება. ამ ეტაპზე, მინამატას კონვენციას ხელი მოაწერა 128 ქვეყანამ, ხოლო მისი რატიფიცირება 42-მა ქვეყანამ მოახდინა.

მინამატას კონვენცია ითვალისწინებს ვერცხლისწყლის გამოყენების ეტაპობრივად შეზღუდვასა და აკრძალვას. კერძოდ, 2018 წლიდან შეწყდეს აცეტალდეჰიდის წარმოება ვერცხლისწყლის კატალიზატორით, 2020 წლისთვის შემცირდეს მთელი რიგი ვერცხლისწყლისშემცველი პროდუქტის ექსპორტი, იმპორტი და წარმოება, მათ შორის, ბარომეტრების, ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრების, წნევის აპარატებისა და სხვა გამზომი ხელსაწყოების, ელექტრონული ბატარეების, ელექტრონული ჩამრთველებისა და რელეების, ლუმინესცენციური ნათურების, კონვენცია ადგენს შეზღუდვებს ზოგიერთ სამრეწველო პროცესსა და წარმოების დარგებზე, რომლებშიც გამოიყენება ან გარემოში გაიფრქვევა ვერცხლისწყალი.

პროექტული დავალება

გაეცანით ქეისს „მინამატას დაავადება - ტექნოგენური კატასტროფის შედეგი, თუ უბრალოდ ავადმყოფობა“. მოამზადეთ სიტყვა, რომლითაც გამოხვალთ გარემოსდაცვით აქტივისტთა მიერ დაგეგმილ ახალგაზრდულ კონფერენციაზე და თქვენს თანატოლებს დააფიქრებთ სამყაროში მიმდინარე გლობალურ ეკოლოგიურ პროცესებში ადამიანის როლზე.

თქვენ მიერ შექმნილ დავალებაში ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- რატომ არის მინამატას კატასტროფა ტექნოგენური?
- როგორ აისახება ტექნოგენური კატასტროფა ეკოსისტემის მდგრადობაზე?
- როგორ აღმოჩნდა ვერცხლისწყალი ადამიანის ორგანიზმში და რა გავლენა მოახდინა მის ჯანმრთელობაზე ვერცხლის წყლით მოწამლვამ?
- რა ნაბიჯები უნდა გადადგას ადამიანმა ტექნოგენური კატასტროფების თავიდან ასაცილებლად და რა გლობალური შედეგები მოჰყვა ქალაქ მინამატაში მომხდარ კატასტროფას?

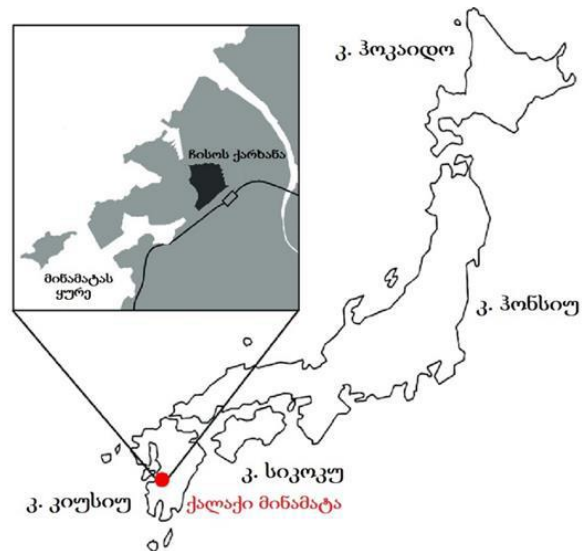
კრიტერიუმი I - რატომ არის მინამატას კატასტროფა ტექნოგენური?

- რას ეწოდება ტექნოგენური კატასტროფა?
- ტექნოგენური კატასტროფის რა მაგალითებია ცნობილი?
- რომელია ყველაზე საშიში ტექნოგენური კატასტროფა?
- რატომ არის მინამატას კატასტროფა ტექნოგენური?

ტექნოგენური კატასტროფა

ტექნოგენური კატასტროფები არის ადამიანის საქმიანობის შედეგად მომხდარი კატასტროფები. ტექნოგენურ კატასტროფებად ითვლება: რადიოაქტიური გამოსხივება, ოკეანესა და ხმელეთზე ნავთობის დაღვრა, ქიმიური ნივთიერებების ატმოსფეროში გამოფრქვევა, სმოგი, მჟავური წვიმები, ტყის ჩეხვა, გაუდაბნოება და ა.შ. ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად, მსგავსი ტიპის კატასტროფები სულ უფრო დამანგრეველი ხდება, რო-გორც ადამიანური მსხვერპლის, ასევე ეკოლოგიისთვის მიყენებული ზიანის კუთხით.

ადამიანის ჯანმრთელობასა და სხვა ცოცხალ ორგანიზმებზე ვერცხლისწყლისა და მისი შენაერთების ტოქსიკური ზემოქმედების შესახებ დიდი ხანია ცნობილია. ვერცხლისწყლის შემცველი ნაერთებით გარემოს დაბინძურების წყაროებს სხვადასხვა სამრეწველო ობიექტები წარმოადგენს, კერძოდ: ცემენტის წარმოება, მეტალურგია, სასუქები, სამრეწველო და მუნიციპალური ნარჩენები და საყოფაცხოვრებო ნივთები (ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრი და წნევის აპარატი, ვერცხლისწყლის შემცველი ლუმინესცენციური ნათურები, სხვადასხვა სახის აკუმულატორები, ელემენტები და სხვა)



ვერცხლისწყლით მოწამვლასთან დაკავშირებულმა მასშტაბურმა კრიზისებმა, როგორებიცაა მინამატას კატასტროფა, მოწამვლა ერაყში და სხვა, აღნიშნული პრობლემისადმი საერთაშორისო ყურადღება მიიპყრო.

იაპონიის ქალაქ მინამატაში ქიმიური ქარხანა გაიხსნა, ნედლეული კი, რისი დამუშავებაც ხდებოდა მინერალი „კინოვარი“, იგივე „სინგური“ გახლდათ. ქარხნის მეპატრონეები დიდ მოგებაზე მუშაობდნენ, რაც პროდუქციაზე მაღალი მოთხოვნილებით იყო გამოწვეული. რა თქმა უნდა, დამსაქმებლებმა მინერალ კინოვარის ქიმიური შემადგენლობა და მისი უარყოფითი თვისებების შესახებ ყველაფერი კარგად იცოდნენ, დამუშავების ტექნოლოგიასაც საუკეთესოდ ფლობდნენ; ამიტომ, არც თვითონ და არც იქ დასაქმებულები არ იწამლებოდნენ. თუმცა... ნარჩენებად დარჩენილი ვერცხლისწყლის გაუვნებელყოფას ცალკე სახსრები სჭირდებოდა, ამიტომ მათ იოლი გზა მოძებნეს და იქვე ახლოს, წყნარ ოკეანეში, კერძოდ მინამატას ყურეში ღვრიდნენ ქიმიური ნარჩენებით დაბინძურებულ წყალს.

ყველაფერი კი ასე დაიწყო... 1908 წელს, იაპონიის ქალაქ მინამატაში კომპანია „ჩისოს“ ქიმიური ქარხანა აშენდა, რომელიც თავდაპირველად მხოლოდ მინერალურ სასუქებს აწარმოებდა. დროთა განმავლობაში კომპანია გაფართოვდა და ახალი, მათ შორის აცეტილენის, აცეტალდეჰიდის, ძმარმჟავისა და ქლორეთილენის წარმოებები დაემატა. წარმოების ნარჩენების ჩაშვება პირდაპირ მინამატას ყურეში ხდებოდა. აცეტალდეჰიდის წარმოებაში რეაქციის დასაჩქარებლად ანუ კატალიზატორად ვერცხლისწყლის სულფატი გამოიყენებოდა. რეაქციების შედეგად მცირე რაოდენობის მეთილის ვერცხლისწყალი წარმოიქმნებოდა, რომელიც წარმოების დაწყებიდან 30 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში მინამატას ყურეში ჩედინებოდა. შედეგად ჯერ მოიწამლა წყალი, შემდეგ წყალმცენარეები და შემდეგ უკვე თევზებიც. აღსანიშნავია ის ფაქტი რომ, ქალაქ მინამატას მოსახლეობა თავს მეთევზეობით ირჩენდა და მათი კვების რაციონში ძირითად საკვებს თევზი და ზღვის პროდუქტები წარმოადგენდა.

1956 წლის 21 აპრილს ქალაქ მინამატას საბავშვო კლინიკაში პატარა გოგონა მიიყვანეს. გოგონას ცენტრალური ნერვული სისტემის აშლილობის ნიშნები ჰქონდა. დიაგნოზის დასმა გაძნელდა. გარკვეული ხნის შემდეგ, იმავე კლინიკაში მოხვდა გოგონას სამი წლის და. პირველ მაისს მინამატას საქალაქო კლინიკაში იმავე სიმპტომებით კიდევ ორი ახალი პაციენტი მიიღეს. ეს დღე ითვლება ახალი დაავადების აღმოჩენის დღეთ, რომელსაც მოგვიანებით „მინამატას დაავადება“ ეწოდა. მალე გაირკვა, რომ მინამატას მცხოვრებთა უმეტესობას იგივე დაავადება ჰქონდათ. დაავადების ძირითადი სიმპტომები იყო მოძრაობის კოორდინაციის დარღვევა, მხედველობის, სმენის და მგრძნობელობის დაქვეითება. უმრავლესობა ფსიქიურ აშლილობას განიცდიდა. ავადმყოფობა არ იყო ინფექციური ხასიათის. ერთი და იგივე ოჯახის წევრები ავადდებოდნენ ზოგჯერ რამდენიმე დღის, კვირის ან წლის ინტერვალით. გამოირიცხა აგრეთვე დაავადების მემკვიდრეობით გადაცემის გზა. გარდაცვლილებს აღენიშნებოდათ თავის ტვინის ტოქსიკური დაზიანება ანთების კერის გარეშე. ექიმებმა შენიშნეს, რომ დაავადებულთა უმრავლესობა ზღვასთან, მინამატას სრუტესთან ახლოს ცხოვრობდა. უფრო ხშირად ავადდებოდნენ მეთევზეები და მათი ოჯახის წევრები, აგრეთვე ის ხალხი, ვინც საკვებად მუდმივად იყენებდა თევზს და ზღვის პროდუქტებს. ექიმებმა ისიც შენიშნეს, რომ დაავადებული ადამიანებივით იქცეოდნენ კატები და თოლიები (დარღვეული ჰქონდათ მოძრაობა და ა.შ.), რადგანაც საკვებად ისინიც თევზს იყენებდნენ. კატები კრუნჩხვებში ვარდებოდნენ და შემდეგ იხოცებოდნენ. რასაც „კატების ცეკვის ავადმყოფობა“ უწოდეს. ციდან მკვდარი ფრინველები ცვიოდა, გაქრა წყალმცენარეები და განადგურდა თევზიც. გარდა ამისა, სოფლებთან ახლოს ვეშაპებშიც მსგავსი სიმპტომები ვლინდებოდა. მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ზღვის პროდუქტები დაბინძურებული იყო მძიმე ლითონებით. აღნიშნული მოსაზრება 1956 წლის 4 ნოემბერს გახდა ცნობილი.

1956 წლის 1 მაისს საავადმყოფოს მთავარმა ექიმმა ახალი ნერვული დაავადების აღმოჩენის თაობაზე ოფიციალური განცხადება გააკეთა. ამ მომენტიდან ხელისუფლებამ ეპიდემიის შესწავლა დაიწყო. შეიქმნა სპეციალური "უცნაურ დაავადებასთან ბრძოლის კომიტეტი". თავდაპირველად ის ინფექციურ დაავადებად მიიჩნეოდა. კუმამოტოს უნივერსიტეტის სპეციალისტების ჩართულობით, საკითხის შემსწავლელი სპეციალური კომისია შეიქმნა. დაავადების მიზეზის დადგენას გარკვეული დრო დასჭირდა. დაიწყო ახალი გარემოებების გამოვლენა. დაავადება იწყებოდა მოულოდნელად, ავადმყოფები უჩიოდნენ მხოლოდ კიდურებში მგრძნობელობის შემცირებას, მხედველობისა და სმენის დაქვეითებას, მათ აღენიშნებოდათ კოორდინაციის დარღვევა, რის გამოც ვერ იღებდნენ

მცირე ზომის საგნებს, ვერ იკრავდნენ ღილებს, უჭირდათ სიარული, ეცვლებოდათ ხმა. ამის შემდეგ კი, ეწყებოდათ შეტევები და კარგავდნენ გონებას. სიკვდილიანობის მაჩვენებელმა 35%-ს მიაღწია (მაგ., 1956 წლის დეკემბრისთვის გამოვლენილი 40 პაციენტიდან 14 გარდაიცვალა).

მსხვერპლთა რაოდენობამ ჯამში 2000 ადამიანს მიაღწია. მიზეზის დადგენის შემდეგ მკვლევარების ყურადღების ცენტრში მაშინვე მოექცა ქარხანა "ჩისო". თავად კომპანიის მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა დაადგინა ოკეანეში ჩაშვებულ წყლებში ტყვიის, ვერცხლისწყლის, მანგანუმის, დარიშხანის, სელენისა და თალიუმის მაღალი შემცველობა. თუ რომელი მეტალი გახდა მოწამვლის მიზეზი, მის დადგენაში დიდი წვლილი მიუძღვის ბრიტანელ ნევროლოგს დუგლას მაკ-ოლპაინს. სწორედ, მან აღნიშნა ვერცხლისწყლის ორგანული ნაერთებით მოწამვლასა და მინამატას ავადმყოფობის სიმპტომების მსგავსებაზე.

1972 წელს სტოკჰოლმის კონფერენციის დელეგატების წინაშე წარსდგა სტუდენტი შინობუ საკამოტო, რომელიც დაინვალიდა ჯერ კიდევ მუცლად ყოფნის დროს, როდესაც მისი დედა შინობუზე ორსულობის დროს ვერცხლისწყლით მოიწამლა. 2009 წლის 20 თებერვალს გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამის (UNEP) საბჭოს 25-ე სესიაზე მიღებული იქნა კონვენცია "ეფექტური, მოქმედი და თანმიმდევრული გზით ვერცხლისწყლის რეგულირების საერთაშორისო ღონისძიებების ინიცირების ხელშეკრულება", რომლის მიზანიც იყო ვერცხლისწყლის შემცველი ნაერთებით გარემოს დაბინძურების წყაროებს შემცირება.

გაგაცნობთ მსოფლიოში მომხდარი უდიდესი ტექნოგენური კატასტროფების რამდენიმე ფაქტს.

1. აფეთქება ფუკუშიმას ატომურ სადგურზე

ჩერნობილის შემდეგ ყველაზე მასშტაბური ტექნოგენური კატასტროფა 2011 წელს, იაპონიაში მოხდა. 11 მარტს ქვეყნის ჩრდილოაღმოსავლეთში 9-ბალიანი მიწისძვრა მოხდა, რომელსაც ძლიერი ცუნამი მოჰყვა. სტიქიამ ფუკუშიმა 1-ის ატომურ სადგურზე ავარია გამოიწვია. წყალმა სადგურის 6-დან 4 რეაქტორი დატბორა და გაგრილების სისტემა დააზიანა. შედეგად, ფუკუშიმა 1-ზე აფეთქებების სერია და რადიოაქტიური ნივთიერებების გაჟონვა მოხდა. იაპონიის მთავრობამ ფუკუშიმას ირგვლივ ოცკილომეტრიან რადიუსში მყოფი დასახლებები რისკის ზონად გამოაცხადა და მოსახლეობის სასწრაფო ევაკუაცია დაიწყო. თითქმის ნახევარ მილიონ ადამიანს მოუხდა სახლის დატოვება და დროებით თავშესაფარში გადასვლა. ზონის გარეთაც მოიმატა რადიაციის დონემ. რადიოაქტიური ნივთიერებების მაღალი შემცველობა საკვებში და წყალში ტოკიოშიც დაფიქსირდა და სამხრეთ კორეის სანაპიროებზეც. რადიაციის გაჟონვა ცვალებადი რაოდენობით იაპონიაში დღესაც გრძელდება. ტრაგედიის შდეგად გარდაიცვალა 600 ადამიანი.

გაწმენდითი სამუშაოების დროს 300-მა ადამიანმა დახივება მიიღო. ავარიის შედეგად იაპონია 74 მილიარდი აშშ დოლარით დაზარალდა. ექპერტების განცხადებით, კატასტროფის შედეგების აღმოსაფხვრლად სულ მცირე 40 წელიწადია საჭირო.

2. ჩერნობილი

1986 წლის 26 აპრილს ჩერნობილის მეოთხე რეაქტორი გადახურდა. მისმა აფეთქებამ იმ შენობასაც ახადა სახურავი, რომელშიც რეაქტორი იყო მოთავსებული. რაციაციამ უზარმაზარი რაოდენობით გაჟონა და სანამ მიმდებარა ქალაქს პრიპიატს ღრმა ძილით ეძინა, მთელ დასახლებულ ტერიტორიას დაუბრკოლებლად მოედო.

მეოთხე რეაქტორზე ხანძარი რამდენიმე დღე მძვინვარებდა, იწვოდა გრაფიტი და ბირთვული საწვავი. ქარმა რადიოაქტიური ნივთიერებები ევროპისა და აზიის კონტინენტების ფართო რადიუსზე გაშალა. უკრაინის შემდეგ მისი მაღალი დონე დაფიქსირდა ბელარუსში, რუსეთში, სკანდინავიის ქვეყნებში, დიდ ბრიტანეთში, თურქეთში და მრავალ სხვა ქვეყანაში. ჩერნობილის ირგვლივ 30 კილომეტრიანი რისკის ზონა გამოცხადდა, სადაც ცხოვრება განუსაზღვრელი ვადით აიკრძალა.

პრიპიატი დღეს მკვდარი ქალაქია. 50 ათასმა მოსახლემ სამუდამოდ დატოვა იგი. პრიპიატის სახლები, ეზოები, სკოლები და პარკები მოჩვენებათა სამკვიდროს ჰგავს.

საბჭოთა ხელისუფლების ცნობით პირველ დღეებში ჩერნობილში მხოლოდ 31 ადამიანი დაიღუპა. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის ვარაუდით მათი რიცხვი საშუალოდ 2 200-იდან 4 000-მდე შეიძლება იყოს.

ამჟამად რეაქტორში 200 ტონა რადიოაქტიური მასალაა დარჩენილი. სადგურის უსაფრთხოდ გამოცხადება დაახლოებით 100 წლის შემდეგ იქნება შესაძლებელი.

3. ნავთობის ჩაღვრა მექსიკის ყურეში

2010 წლის 20 აპრილს მექსიკის ყურეში, ლუიზიანას შტატის სანაპიროებთან, კომპანია BP-ის კუთვნილ წყალქვეშა ჭაბურღულის პლატფორმა Deepwater Horizon-ზე აფეთქება მოხდა, რამაც მისი ჩაძირვა გამოიწვია.

მეხანძრეებმა ცეცხლის ჩაქრობა მომხდარიდან 36 საათის შემდეგ შეძლეს. მაშინ კატასტროფის შედეგად 11 ადამიანი დაიღუპა, ოკეანეში კი ნავთობის 5 მილიონამდე ბარელი ჩაიღვრა. ნავთობის გადინების შეჩერება მხოლოდ 4 აგვისტოს შეძლეს. ავარიის შედეგების აღმოსაფხვრელად რამდენიმე თვე გახდა საჭირო. ოკეანის ეკოსისტემა მნიშვნელოვნად დაზიანდა. ეს იყო კაცობრიობის ისტორიაში ნავთობის ჩაღვრის ყველაზე მასშტაბური შემთხვევა.

მეცნიერებმა ჭაბურღილის პლატფორმაზე მომხდარი აფეთქება აშშ-ის ისტორიაში ყველაზე დიდ ტექნოგენურ ავარიად შეაფასეს.

4. ქიმიური ნივთიერებების გაჟონვა საფრანგეთში

2001 წლის 21 სექტემბერს საფრანგეთის ქალაქ ტულუზაში, ქიმიურ კომბინატ AZF-ზე 300 ტონა ამონიუმის ნიტრატი აფეთქდა. კატასტროფა დამანგრეველი იყო - დაიღუპა 30, დაშავდა 3 000-ზე მეტი ადამიანი, ათასობით საცხოვრებელი სახლი და შენობა დაინგრა ან დაზიანდა, მათ შორის თითქმის, 80 სკოლა, 2 უნივერსიტეტი და 185 საბავშვო ბაღი, 40 000 ადამიანი უსახლკაროდ დარჩა. ზარალის ოდენობამ 3 მილიარდი ევრო შეადგინა.

პასუხისმგებლობა ავარიისთვის AZF-ის კომბინატის ხელმძღვანელობას დაეკისრა, რომელმაც ფეთქებადი ნივთიერების უსაფრთხო შენახვა ვერ უზრუნველყო.

ტულუზაში მომხდარ ტრაგედიას 21-ე საუკუნის ერთ-ერთ ყველაზე მასშტაბურ ტექნოგენურ კატასტროფად მიიჩნევენ.

5. აფეთქება რუსეთის ჰიდროელექტროსადგურზე

2009 წლის 17 აგვისტოს რუსეთში, მდინარე ენისეიზე მდებარე საიანო-შუმენსკაიას ჰიდროელექტროსადგურზე რუსეთის თანამედროვე ისტორიაში ყველაზე მასშტაბური ტექნოგენური კატასტროფა მოხდა, რომელსაც 75 ადამიანი ემსხვერპლა.

17 აგვისტოს ჰიდროელექტროსადგურზე ერთ-ერთი ჰიდროაგრეგატი მწყობრიდან გამოვიდა, რამაც სადგურისა და მიმდებარე ტერიტორიის დატბორვა გამოიწვია.

კატასტროფის შედეგად ენისეის წყლებში 40 ტონაზე მეტი ძრავის ზეთი ჩაიღვარა. ავარიის შედეგების აღმოსაფხვრელად 2 700-მდე ადამიანის მობილიზება გახდა საჭირო.

ეს გახდა მსოფლიო ჰიდროენერგეტიკის ისტორიაში ერთ-ერთი ყველაზე მასშტაბური კატასტროფა.

6. ტიანძინის აფეთქება

2015 წლის 12 აგვისტოს ჩინეთის ქალაქ ტიანძინის პორტში, ერთ-ერთი ლოგისტიკური კომპანიის საწყობში, სადაც ქიმიური ნივთიერებები ინახებოდა, 30-წამიანი ინტერვალით 2 აფეთქება მოხდა. აფეთქებები იმდენად ძლიერი იყო, რომ კოსმოსიდანაც კი ჩანდა. ადგილობრივი სეისმოლოგიური სამსახურის ინფორმაციით, დაფიქსირდა მიწისქვეშა ბიძგებიც. აფეთქების შემდეგ ძლიერი ხანძარი გაჩნდა, რომელმაც 20 000 კვადრატული მეტრის ფართობი მოიცვა და ერთ-ერთი საცხოვრებელი რაიონი მთლიანად გაანადგურა.

კატასტროფის შედეგად 170-ზე მეტი ადამიანი დაიღუპა, 800-მდე კი დაშავდა, დაზიანდა 17 000 საცხოვრებელი სახლი. მომხდარის გამო, 6 000-ზე მეტი ადამიანის ევაკუაცია განხორციელდა.

ტიანძინში მომხდარი ტექნოგენური კატასტროფა ჩინეთის თანამედროვე ისტორიაში ყველაზე შემზარავ მოვლენად სახელდება.

7. ბჰოპალის კატასტროფა (1984 წლის 2 დეკემბერი)

ქარხნიდან ტოქსიკური მეთანის იზოცინატის გაჟონვა Union Carbide-ის პესტიციდების წარმოებისას ბჰოპალში. ამ ფაქტის გამო ინდოეთი მიიჩნევა ერთ-ერთ ყველაზე მასშტაბურ ტექნოგენურ კატასტროფათა ეპიცენტრად დედამიწაზე. 27 ტონა ტოქსიკური გაზის გაჟონვა მოხდა ღამით, იმ რაიონში, სადაც ცხოვრობდა 900000 ადამიანი. მათ აღვიძებდათ ხველა და სუნთქვის გართულება. დაიღუპა დაახლოებით 23000 ადამიანი.

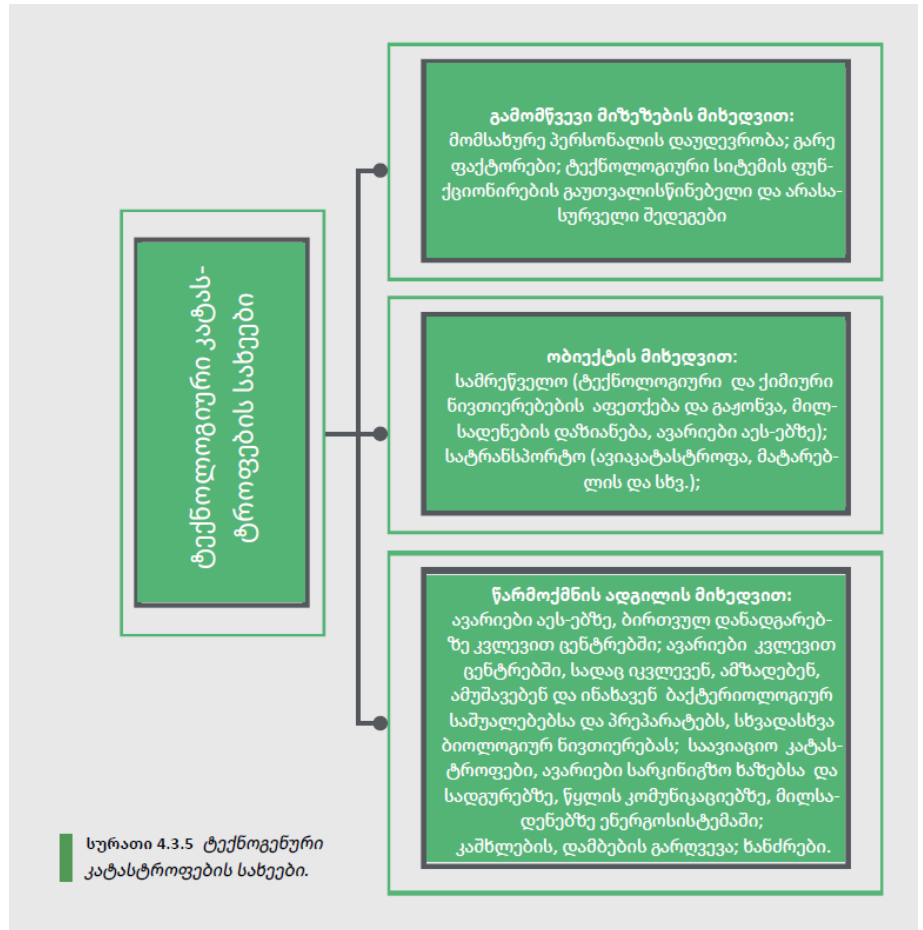
როგორ აისახება კაცობრიობაზე ესა თუ ის კატასტროფა, ამის ზუსტი პროგნოზირება მეცნიერებსაც უჭირთ. მათი განმარტებით, კატასტროფა, რომელსაც შეუძლია ადამიანის სიცოცხლის მოსპობა, ჩვენს ცივილიზაციასაც გაანადგურებს. ადამიანთა გარკვეული კატეგორია რომც გადარჩეს, კაცობრიობა იმ ცივილიზაციას, რომელიც დღეს გვაქვს, ვეღარ დაიბრუნებს.

რომელი საფრთხეა ყველაზე საშიში?

გლობალური კატასტროფის რისკის ინსტიტუტის მეცნიერთა განმარტებით, საკითხის ასე დასმა სწორი არ არის, რადგან ყველა მოვლენა ერთმანეთთან მჭიდროდ ან გაკვრით მაინც არის დაკავშირებული. ბირთვული ომი, მხოლოდ ბირთვული ომი არ არის, ეს ასევე ნიშნავს სულ ცოტა, ეკონომიკურ კრიზისსა და სოფლის მეურნეობის განადგურებას, რომ აღარაფერი ვთქვათ ისეთ უმნიშვნელოვანეს ფენომენზე, როგორიც არის ადამიანის სიცოცხლე და ჯანმრთელობა.

ბირთვულ ომს შეუძლია დამატებითი კატასტროფების გამოწვევა, ისეთის, როგორიცაა პანდემია. მსგავს

კავშირს მეცნიერები „ორმაგ კატასტროფას“ უწოდებენ. სწორედ ამ მიზეზშედეგობრივი კავშირის გამო კატასტროფები უნდა განიხილებოდეს საერთო კონტექსტში და არა ცალ-ცალკე.



გამოყენებული ლიტერატურა:

- https://www.ge.emb-japan.go.jp/files/japan_fact_sheet/Environmental%20issues.pdf
- <https://www.kvirispalitra.ge/mnishvnelovani-informacia/35133-minamatas-incidenti-da-minamatas-konvencia-qverckhlistsylis-shesakheb.html?device=xhtml>
- <https://www.allnews.ge/msoplio/145149-xxi-saukunis-5-qvelaze-masshtaburi-teknogenuri-katastropa/>
- <https://palitraneews.ge/video/102331-bhopalis-tragediis-koshmaruli-game-roca-mxolod-1-saatshi-15-milioni-adamiani-moicamla-shxamian-grubels-gakceulebi-umocqalod-telavdnen-ertmanets/>
- სახელმძღვანელო გვ. 888-897 (მეოთხე თემა)

კრიტერიუმი II-III - როგორ აისახება ტექნოგენური კატასტროფა ეკოსისტემის მდგრადობაზე? როგორ აღმოჩნდა ვერცხლისწყალი ადამიანის ორგანიზმში და რა გავლენა მოახდინა მის ჯანმრთელობაზე ვერცხლის წყლით მოწამლვამ?

- ✓ რა კომპონენტებისგან შედგება ეკოსისტემა?
- ✓ როგორ ხდება ენერგიის და ნივთიერების მიმოცვლა ეკოსისტემაში?
- ✓ როგორ მიიღწევა ეკოსისტემის მდგრადობა?
- ✓ რა მნიშვნელობა აქვს ბიომრავალფეროვნებას ეკოსისტემის მდგრადობისთვის?
- ✓ როგორ შეიძლება ეკოსისტემის მდგრადობა დაირღვეს?
- ✓ როგორ დაირღვა მდინარის ეკოსისტემა წყლის ვერცხლისწყლით დაბინძურების პირობებში?
- ✓ რატომ არის მნიშვნელოვანი ეკოსისტემის მდგრადობის შენარჩუნება?
- ✓ როგორ შეიძლება იმოქმედოს ადამიანმა ეკოსისტემის მდგრადობაზე?

ენერგიის გადაცემა და ნივთიერებების წრებრუნვა ეკოსისტემაში

კვებით ურთიერთობებს ეკოლოგიურ ფაქტორთა შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. კვების ხასიათის მიხედვით დედამიწაზე არსებული ორგანიზმების სამი ჯგუფი არსებობს **ავტოტროფები, ჰეტეროტროფები და მიქსოტროფები**.

● გაიხსენეთ თითოეული ჯგუფის ძირითადი მახასიათებლები

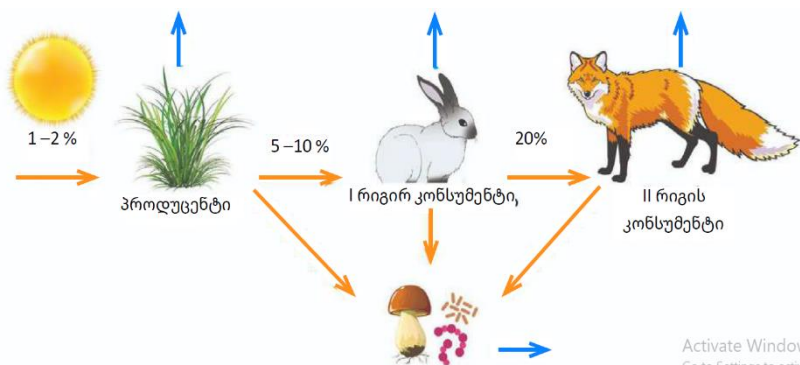
ეკოსისტემაში ენერგიის გადაცემა და ნივთიერების მიმოცვლა ხორციელდება კვებითი/ტროფიკული დონეების საშუალებით. ნებისმიერ ეკოსისტემაში გაერთიანებული ორგანიზმები კვების მიხედვით შეიძლება დაიყოს სამ ფუნქციურ ჯგუფად:

პროდუცენტები - ამ ჯგუფში გაერთიანებულია ავტოტროფები. მათ **მწარმოებლებს** უწოდებენ. ისინი ქმნიან პირველ ტროფიკულ დონეს.

კონსუმენტები - ამ ჯგუფში გაერთიანებულია ჰეტეროტროფული ორგანიზმები. მათ **მომხმარებლებს** უწოდებენ. პირველი რიგის კონსუმენტები ქმნიან მეორე ტროფიკულ დონეს, მესამეს - მეორე რიგის კონსუმენტები და ა. შ.

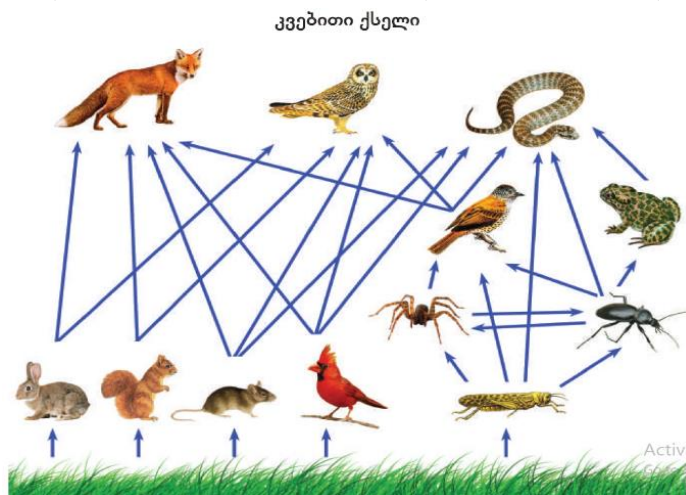
რედუცენტები - ამ ჯგუფში გაერთიანებულია ჰეტეროტროფული ბაქტერიები და სოკოები. ისინი ითვლებიან **დამშლელებად**, რადგან მონაწილეობენ ორგანულ ნაერთთა დაშლაში.

ნებისმიერ ბიოცენოზის საფუძველს წარმოადგენს მწვანე მცენარეები, ორგანული ნივთიერებების მწარმოებლები - პროდუცენტები. ბიოცენოზში არსებობენ მცენარისა და ხორცის



მჭამელი ცხოველები, რომლებიც არიან ორგანული ნივთიერებების მომხმარებლები - კონსუმენტები. ორგანული ნარჩენების დამშლელები ძირითადად მიკროორგანიზმებია, რომლებიც ორგანულ ნივთიერებებს შლიან მარტივ მინერალურ ნივთიერებამდე.

ბიოცენოზის ფუნქციონირებას განაპირობებს **კვებითი კავშირები**. ორგანიზმებს შორის კვებითი კავშირები წარმოქმნის კვებით ჯაჭვს. კვებით ჯაჭვს უწოდებენ სახეობათა რიგს, რომლის ყოველი წინა რგოლი მომდევნოს საკვებს წარმოადგენს. კვების ჯაჭვში გაერთიანებული ყველა სახეობა არსებობს მწვანე მცენარეების მიერ შექმნილ ორგანულ ნივთიერებათა ხარჯზე. თითქმის არც ერთ ჯაჭვში არ არის შვიდ კავშირზე/რგოლზე მეტი. რატომ არის კვებითი ჯაჭვები მოკლე? კვებითი ჯაჭვის სიგრძეს ზღუდავს ჯაჭვის გასწვრივ ენერგიის გადაცემის არაეფექტურობა. კვებითი ჯაჭვები შედარებით გრძელი უნდა იყოს ისეთ გარემოში, სადაც უფრო მაღალია ფოტოსინთეზის პროდუქტიულობა, რადგან ენერგიის საწყისი რაოდენობა აქ უფრო დიდია.



კვებითი ჯაჭვები არ არიან იზოლირებული ერთეულები, ისინი ერთმანეთთან არიან დაკავშირებული და წარმოქმნიან **კვებით ქსელს**.

განვიხილოთ კვებითი ჯაჭვი, რომლის ძირითადი რგოლი კომბოსტია. მისი მომხმარებელი მომდევნო რგოლში შეიძლება იყოს: კომბოსტოს თეთრულა, კომბოსტოს ჩრჩილი, კომბოსტოს ხვატარი, კურდღელი და სხვა ცხოველი,

რომელიც კომბოსტოთი იკვებება. ამგვარად, კომბოსტო რამდენიმე ჯაჭვის ძირითად რგოლს წარმოადგენს. ამავე დროს კომბოსტოთი მკვებავი თითოეული სახეობა შეიძლება იყოს არაერთი, არამედ რამდენიმე ჯაჭვის შემადგენელი ნაწილი. ამრიგად, ეკოსისტემაში კვების ჯაჭვები სწორხაზოვანი არ არის. სხვადასხვა სახეობა თითქმის ყოველთვის რამდენიმე სხვადასხვა ობიექტით იკვებება და, ამასთანავე, თვითონ არის საკვები ეკოსისტემის სხვა წევრებისათვის. ამის შედეგად ვღებულობთ კვებითი **ჯაჭვის რთულ ქსელს - კვებით ქსელს**.

მაშასადამე, ენერგიის წყარო დედამიწაზე არის მზე. მზის ენერგიას ქლოროფილის შემცველი ორგანიზმები გარდაქმნიან ქიმიურ ენერგიად, ქიმიური ენერგია საკვები ნივთიერებებით კვებით ჯაჭვში ერთი ორგანიზმიდან მეორეში გადადის, ენერგიის ნაწილი ხმარდება სასიცოცხლო პროცესებს, ნაწილი კი იკარგება სითბოს სახით. **ე. ი. მზის ენერგიას ბიოსფეროში აქვს ცალმხრივ მიმართული ხასიათი.**

ეკოსისტემის მდგრადობა, თვითრეგულაცია

არსებობს განსხვავებული შემადგენლობის სირთულისა და განსხვავებული სიდიდის ეკოსისტემები. აბიოტური ფაქტორები არეგულირებს პოპულაციების სიცოცხლისუნარიანობას. ამავე დროს აბიოტური ფაქტორები იმყოფებიან ცოცხალ ორგანიზმთა მუდმივი ზემოქმედების ქვეშ. სიცოცხლისათვის საჭირო ქიმიური ელემენტები და ორგანული ნაერთები მუდმივად მიმოიცვლება არაცოცხალ ბუნებასა და ორგანიზმებს შორის.

ბუნებრივ ეკოსისტემები ხასიათდება ერთგვარი მდგრადობით, ანუ ეკოსისტემის ძირითადი სტრუქტურის შენარჩუნებით. ეკოსისტემის მდგრადობა შეიძლება დაირღვეს სხვადასხვა კლიმატური ცვლილების გამო, ეკოსისტემის წონასწორობის დარღვევას იწვევს

მაგალითად, წყალდიდობა, ხანძარი და სხვა სტიქიური მოვლენები. აღსანიშნავია, რომ ასეთ შემთხვევაში ეკოსისტემის აღდგენა მიმდინარეობს ძალიან ნელა, მაგრამ სრულიად გარკვეული თანმიმდევრობით: ჯერ გამოჩნდება „პიონერი“ მცენარეები (რომლებსაც არ სჭირდებათ საკვებით მდიდარი ნიადაგი (მაგ., ლიქენები), შემდეგ კი, უკვე საკვებით გამდიდრებულ პირობებში სახლდებიან სხვა სახეობებიც.

ეკოსისტემის მდგრადობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებულია ბიომრავალფეროვნებაზე. ეკოსისტემის სახეობრივი მრავალფეროვნება უზრუნველყოფს ნივთიერების და ენერგიის მიმოცვლას, სახეობებს შორის ტროფიკული კავშირები წარმოქმნიან კვებით ქსელებს. ამ ქსელიდან რომელიმე რგოლის ამოვარდნა ვერ გამოიწვევს ეკოსისტემის მდგრადობის დარღვევას. მაგალითად, თუ რომელიმე სახეობის (კონსუმენტის) პირველადი, ძირითადი საკვები შემცირდება, იგი გადაერთვება სხვა სახეობაზე, ამასობაში პირველადი, შემცირებული სახეობის რიცხოვნობა იწყებს მატებას. ამრიგად, ეკოსისტემის მდგრადობა მიიღწევა მისი თვითრეგულაციით. ეკოსისტემის თვითრეგულაციის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ერთი სახეობა არ იწვევს თავისი საკვები რესურსის სრულ განადგურებას (მაგ., „მტაცებელი-მსხვერპლის“). ამ გზით ხორციელდება ეკოსისტემის სახეობრივი მრავალფეროვნების შენარჩუნება, მიიღწევა დინამიური წონასწორობა (ეკოსისტემის ჰომეოსტაზი) საკვებ რესურსსა და მის მომხმარებელს შორის, ანუ ეკოსისტემის მდგრადობა.

კრიტერიუმი IV - რა ნაბიჯები უნდა გადადგას ადამიანმა ტექნოგენური კატასტროფების თავიდან ასაცილებლად და რა გლობალური შედეგები მოჰყვა ქალაქ მინამატაში მომხდარ კატასტროფას?

- ✓ რა არის „მინამატას კონვენცია“?
- ✓ როდის შეიქმნა „მინამატას კონვენცია“?
- ✓ რატომ შეიქმნა „მინამატას კონვენცია“?
- ✓ რა არის მისი ძირითადი მიზნები?
- ✓ როგორ ფიქრობთ, იქონია თუ არა გავლენა „მინამატას კონვენციამ“ ადამიანთა ცხოვრების ამაღლებაზე?
- ✓ კიდევ არის თუ არა საჭირო სხვა ღონისძიებების და ქმედითი ნაბიჯების გადადგმის აუცილებლობა ტექნოგენური კატასტროფების შემცირების მიზნით?

„მინამატას კონვენცია ვერცხლისწყლის შესახებ“

„მინამატას კონვენცია ვერცხლისწყლის შესახებ“ წარმოადგენს მნიშვნელოვან სახელმწიფოთაშორის ხელშეკრულებას, რომლის მიზანია ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოს დაცვა ვერცხლისწყლისა და მისი ნაერთების ანთროპოგენული გაფრქვევებისგან, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს ვერცხლისწყლით მოწამვლა. კონვენციის ტექსტი შეთანხმდა შვეიცარიაში 2013 წლის 13 იანვარს, ქალაქ ჟენევაში. ოფიციალური გახსნის ცერემონიალი გაიმართა 2013 წლის 9 ოქტომბერს ქალაქ მინამატაში. 10 ოქტომბერს, იაპონიაში 100-მდე ქვეყნის მთავრობებთან ერთად საქართველომ ხელი მოაწერა „მინამატას კონვენციას ვერცხლისწყლის შესახებ“.

მნიშვნელოვანია, რომ მინამატას კონვენცია ექვემდებარება რატიფიკაციას, შეერთებას და მიღებას სახელმწიფოების მიერ და ღია იქნება შეერთებისთვის იმ თარიღის შემდგომ, როდესაც კონვენცია ხელმოწერისთვის დაიხურება. ამ ეტაპზე, მინამატას კონვენციას ხელი

მოაწერა 128 ქვეყანამ, ხოლო მისი რატიფიცირება 42-მა ქვეყანამ მოახდინა. მართალია 2013 წლის ოქტომბერში საქართველომ ხელი მოაწერა მინამატას კონვენციას, თუმცა, მისი რატიფიცირება ჯერ არ მოუხდენია. პოლიტიკისა და მარეგულირებელი და ინსტიტუციური ჩარჩოს შეფასებამ გამოავლინა სისტემური ხარვეზები, რამაც შეიძლება ხელი შეუშალოს ქვეყნის მასშტაბით კონვენციის წარმატებით განხორციელებას. რეგულაციებს, გაზრდილ ინსტიტუციურ შესაძლებლობებსა და დაინტერესებულ მხარეებს შორის გაუმჯობესებულ კოორდინაციას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს კონვენციის წარმატებით განხორციელებისთვის.

კონვენციის მიზანია ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოს დაცვა ანთროპოგენული ემისიების, ვერცხლისწყლისა და მისი ნაერთების გარემოში გაფრქვევისაგან. ამ მიზნის მისაღწევად კონვენცია შესაბამის მხარეებს სთხოვს/მოუწოდებს მიიღონ და განახორციელონ მთელი რიგი მარეგულირებელი და პოლიტიკური ზომებისა, რაც ითვალისწინებს კონტროლს ვერცხლისწყლით და/ან მისი ნაერთებით ვაჭრობასა და მათ მიწოდებაზე. ეს მოიცავს ვერცხლისწყლის გაფრქვევის მთელ რიგ პირველად წყაროებს, როგორიცაა: პირველადი მოპოვება; ვერცხლისწყლის შემცველი პროდუქტები, მაგალითად, კბილის ამალგამები, სხვადასხვა საზომი ხელსაწყოები, ფლუორესცენციული ნათურები და სხვა; წარმოების პროცესები, სადაც ვერცხლისწყალი ან მისი ნაერთები გამოიყენება; ოქროს კუსტარული, მცირემასშტაბიანი მოპოვება. ამასთან, კონვენცია მხარეებს სთხოვს/მოუწოდებს, რომ გააკონტროლონ ვერცხლისწყლის და/ან მისი ნაერთების ჰაერში გაფრქვევა, ნიადაგსა და წყალში მათი მოხვედრა ვერცხლისწყლის გაფრქვევის ზღვრული მნიშვნელობების დადგენის გზით მრეწველობის ისეთ დარგებში, როგორიცაა: ქვანახშირის საწვავზე მომუშავე ელექტროსადგურები და ინდუსტრიული ბოილერები; ფერადი ლითონების წარმოებაში გამოყენებული დნობისა და გამოწვის პროცესები; ნარჩენების ინსინერატორები; ცემენტის კლინკერის საწარმოები; BAT-ის და არსებული საწარმოებისთვის გაფრქვევის/ჩაშვების კონტროლის დადგენილი ღონისძიებების ჩატარების საფუძველზე. ის ასევე მოიცავს დებულებებს ეკოლოგიურად მისაღები გზით ვერცხლისწყლის და ვერცხლისწყლის ნარჩენების შუალედური შენახვის, დაბინძურებული ობიექტების, საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის და ინფორმაციის გავრცელების ასპექტების შესახებ.

ნამარხების დათარიღება რადიონახშირბადის მეთოდით

თემა 4 - საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია			
ნამარხების დათარიღება რადიონახშირბადის მეთოდით	გაკვეთილი 1	ფიზიკა	მასწავლებელი აცნობს ქეისსა და პროექტულ დავალებას, ასევე პროდუქტის - ბუკლეტის შექმნის ინსტრუქციას.
	გაკვეთილი 2	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ატომის შედგენილობას, სუბატომურ ნაწილაკებს.
	გაკვეთილი 3	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს ბირთვის აგებულებას, სვამს ბირთვის სტაბილურობის პრობლემას (როგორ შეიძლება არ იშლებოდეს ბირთვი, როდესაც მასში პროტონები ერთმანეთს განიზიდავენ).
	გაკვეთილი 4	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს მექანიზმს, თუ როგორ შეიძლება კოსმოსური ნაწილაკებით დედამიწაზე ქიმიური ელემენტების ცვლილება.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს იზოტოპებს, მათ შორის ნახშირბადის იზოტოპებს.
	გაკვეთილი 6	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს რადიოქტივობას, ელემენტის სტაბილურ და არასტაბილურ ბირთვებს.
	გაკვეთილი 7	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს ალფა, ბეტა და გამა გამოსხივებას. განიხილავს რადიოაქტიური გამოსხივების დროს ბირთვში მიმდინარე გარდაქმნებს.
	გაკვეთილი 8	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ატმოსფეროში რადიოაქტიური ნახშირბადის წარმოქმნის სქემას.
	გაკვეთილი 9	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს იმ კანონზომიერებებს, რომელზე დაყრდნობითაც ხდება ნიმუშების ასაკის დადგენა.
	გაკვეთილი 10	ფიზიკა	მასწავლებელი განიხილავს ნახევარდაშლის კანონს, საბოლოოდ აჯამებს რადიონახშირბადით ნამარხების დათარიღების მექანიზმს.
	გაკვეთილი 11	ფიზიკა	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: მატერია, მდგრადობა და ცვლილება

Mira, papa bueyes” („მამა, აქ ძროხებია“)

– ეს ცნობილი რეპლიკაა, რომელიც ალტამირას გამოქვაბულის და საერთოდ, პრეისტორიული მხატვრობის პირველ აღმოჩენას უკავშირდება. მაშინ, როდესაც 1879 წელს ესპანეთში, კანტაბრიას პროვინციაში თვითნასწავლი არქეოლოგი მარსელინო სან დე



საუტუოლა თავის 9 წლის გოგონასთან ერთად შევიდა მღვიმეში, ამ უკანასკნელმა გამოქვაბულის მოხატული ჭერი დაინახა: ბიზონების ჯოგი, ორი ცხენი, გარეული ღორი, ირემი – მთელი კოლექცია, რომლის ფუნქციაზე თუ ტექნიკური შესრულების სირთულეზე დღემდე ბევრს ფიქრობენ. ნახატები სამ ფერშია შესრულებული. გამოყენებულია: ოხრა, ხის ნახშირი და რკინის ოქსიდის ჟანგი. მეცნიერებმა მას „სიქსტის კაპელა“ კი შეარქვეს.

ამ ნახატების ასაკთან დაკავშირებული საიდუმლო ათწლეულების განმავლობაში აინტერესებდა მკვლევარებს.წარსულში მნიშვნელოვანი კამათი იყო ნახატების ასაკის შესახებ. ადრეული შეფასებით ვარაუდობენ, რომ ნახატები შედარებით

უახლესი იყო, შესაძლოა, დაახლოებით 10,000-დან 12,000 წლამდე. თუმცა, ზოგიერთი მკვლევარი ვარაუდობდა, რომ ნახატები შეიძლება ბევრად უფრო ძველი ყოფილიყო.

წყარო: https://www.youtube.com/watch?v=E_YK8mfD5hI&t=81s

პროექტული დავალება

არქეოლოგიური აღმოჩენების, მათ შორის ადამიანისა თუ ცხოველის/ფრინველის ჩონჩხის დათარიღება მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენდა რადიოაქტივობის მოვლენის შესწავლამდე. დღეს კი შესაძლებელია რამდენიმე ათეული ათასი და კიდევ უფრო მეტი ასაკის ნიმუშების დათარიღება.

წარმოიდგინე, რომ ხარ პალეონტოლოგი, შექმენი **ბუკლეტი**, დამწყები არქეოლოგებისათვის, რომელიც დაეხმარება მათ ნამარხების დათარიღებაში.

- როგორია ნახშირბადის იზოტოპების აგებულება და მათი განაწილება ატმოსფეროსა და ორგანიზმებში?
- რა ფაქტორები განაპირობებს დედამიწაზე ნახშირბადის რადიოაქტიური იზოტოპის წარმოქმნას და როგორ ხდება იგი ორგანიზმებსა და მცენარეებში?
- როგორ ხდება ნამარხის ნიმუშების ასაკის დადგენა რადიონახშირბადული მეთოდით?

რადიონახშირბადული დათარიღება იყო ალტამირას გამოქვაბულის ნახატების ასაკის დასადგენად ერთ-ერთი მთავარი მეთოდი.

რადიონახშირბადული დათარიღების მეთოდი - გამოიყენება ორგანული ნივთიერებების დათარიღებისთვის - ანუ ყველაფერის დათარიღება და ასაკის განსაზღვრა შეიძლება, რაც ოდესღაც ბიოსფეროს ნაწილი იყო და ნახშირბადს ცვლიდა გარემოსთან. ეს არის ფიზიკური მეთოდი ბიოლოგიური ნარჩენების, საგნების ან რაიმე ბიოლოგიური მასალის წარმოშობის დადგენისა, მასში რადიოაქტიური ნახშირბადის (^{14}C) რაოდენობის დადგენით. ასაკის დასადგენად, საკვლევი ნიმუშიდან ხდება ნახშირბადის გამოყოფა (დაწვის გზით), ამ ნახშირბადის რადიოაქტიურობის მიმდინარე ინტენსივობის გაზომვით კი ასაკის დადგენა.

ზღვრული წლოვანება, რომელიც ამ მეთოდით შესაძლებელია დადგინდეს, არის 60 000 წელი, ანუ ნახშირბადი- ^{14}C -ს ნახევრად დაშლის 10 პერიოდი. ამ დროში ნახშირბადი- ^{14}C -ს რაოდენობა ნიმუშში 1000-ჯერ მცირდება (ანუ 1 დაშლა საათში გრამ ნახშირბადზე). ეს ინფორმაცია მეცნიერებმა წიაღისეული საწვავის კვლევისგან მიიღეს, როგორცაა ნახშირი და ნავთობი. მათზე ნახშირბადის რადიოაქტიური იზოტოპის აღმოჩენი ტესტები ჩატარდა 1950-1960-იან წლებში. იმის გამო, რომ ბიოლოგიური მასალის წიაღისეულ საწვავად გადაქცევა გაცილებით მეტი დრო სჭირდება, ვიდრე ნახშირბად ^{14}C -ის დაშლას, ამიტომაც წიაღისეული საწვავი თითქმის არ შეიცავს ნახშირბადის ამ იზოტოპს.

კრიტერიუმი I - როგორია ნახშირბადის იზოტოპების აგებულება და მათი განაწილება ატმოსფეროსა და ორგანიზმებში?

- ✓ რომელი ნაწილაკებისაგან შედგება ატომი?
- ✓ როგორია ატომის სტრუქტურა?
- ✓ რა მსგავსება-განსხვავებაა სუბატომურ ნაწილაკებს შორის?
- ✓ რა ინფორმაციის მიღება შეიძლება ელემენტის შესახებ პერიოდულობის ცხრილიდან, სუბატომური ნაწილაკების თვალსაზრისით?
- ✓ რას ეწოდება იზოტოპი?
- ✓ რა განაპირობებს იზოტოპებს შორის მასების სხვაობას?
- ✓ როგორ გამოთვლით იზოტოპებში სუბატომური ნაწილაკების რაოდენობას?
- ✓ რა არის რადიოაქტივობა?
- ✓ შეიძლება თუ არა რადიოაქტიური იზოტოპები ჰქონდეს მსუბუქ ბირთვებს?
- ✓ რა მსგავსება და განსხვავებაა სტაბილურ და არასტაბილურ ბირთვებს შორის?

ბუნებაში არსებული ნივთიერებები შედგებიან მოლეკულებისგან. მოლეკულები - ატომებისგან. ატომები ატომბირთვისა და ელექტრონული „ღრუბლისაგან“ შედგება (ხშირად მოიხსენიებენ, რომ ელექტრონები ატომბირთვის ირგვლივ მოძრაობენ. სინამდვილეში ელექტრონთა განაწილება ატომის ბირთვის გარშემო უფრო რთული ხასიათისაა, ელექტრონები ატომში ავლენენ ტალღურ ბუნებას, ამიტომ ამბობენ, რომ ატომბირთვის გარშემო გვაქვს ელექტრონული ღრუბელი). ატომბირთვი პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება. საერთო ჯამში ატომში ვხვდებით ელექტრონებს, პროტონებს და ნეიტრონებს. ელექტრონი უარყოფითი მუხტის მატარებელია, პროტონი - დადებითი მუხტის. ნეიტრონი კი ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკია (მუხტი, ანუ ელექტრული ურთიერთქმედების უნარი არ აქვს). ნეიტრონებს და პროტონებს საერთო სახელითაც (ნუკლონები) მოიხსენიებენ ხოლმე.

ქიმიური ელემენტის თვისებებს მის ატომბირთვში პროტონების რიცხვი განსაზღვრავს. ეს რიცხვი Z სიმბოლოთი აღინიშნება და მას ატომური, ანუ რიგობრივი ნომერი ეწოდება. რადგან ატომი ელექტრონეიტრალურია, მასში პროტონების რიცხვი ელექტრონების რიცხვის ტოლია, ამიტომ ატომური ნომერი ელექტრონების რაოდენობასაც გვიჩვენებს. ელექტრონის მასა სხვა ნაწილაკთა მასასთან შედარებით ძალიან მცირეა. ამიტომ ატომის მასა მხოლოდ პროტონებისა და ნეიტრონების რაოდენობაზეა დამოკიდებული. შესაბამისად, ატომის მასური რიცხვი (A) პროტონებისა (Np) და ნეიტრონების (Nn) რიცხვთა ჯამის ტოლია:

$$A = Np + Nn$$

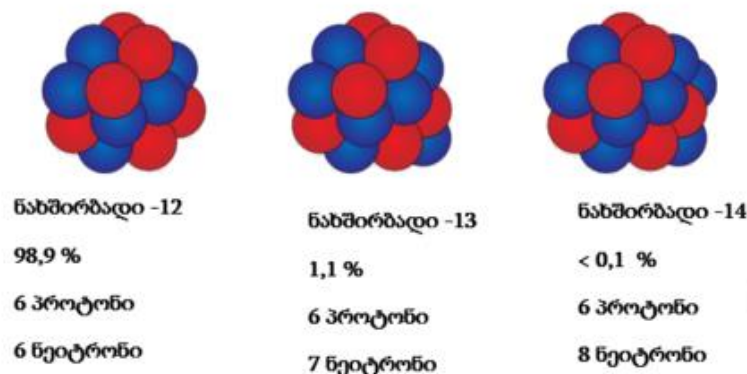
პროტონსა და ნეიტრონს საერთო სახელწოდება აქვს – ნუკლონი („ნუკლეუს“ ლათინურად „ბირთვს“ ნიშნავს). ატომბირთვში მათი ერთობლიობის გამოსახვისთვის იყენებენ ტერმინს – ნუკლიდი.

ბუნებაში არსებული ატომების უმრავლესობა სტაბილურია. ეს ნიშნავს, რომ ატომები არ იშლებიან და ინარჩუნებენ საკუთარ თვისებებს, თუმცა ისეთი ატომები, რომლებშიც ნუკლონების რაოდენობა დიდია იწყებენ დაშლას თავისთავად (ყოველგვარი გარემოზემოქმედების გარეშე). ასეთ დაშლას რადიოაქტიურ დაშლას უწოდებენ, ამ მოვლენას კი რადიოაქტივობას.

ატომი რადიოაქტიური შეიძლება იყოს მაშინაც კი, როდესაც მასში ნუკლონების რაოდენობა დიდი არ არის (მაგალითად, ზემოთხსენებული რადიონახშირბადი. მას მხოლოდ 14 ნუკლონი აქვს).

ამრიგად, ელემენტი წარმოადგენს პროტონების ერთნაირი რიცხვის მქონე ნუკლიდების სახესხვაობას, რომელშიც ელექტრონთა რაოდენობა ატომური ნომრის ტოლია.

იზოტოპები ეწოდება ატომებს, რომლებსაც პროტონების ერთნაირი რაოდენობა, მაგრამ განსხვავებული მასური რიცხვი აქვს. სხვანაირად რომ ვთქვათ, იზოტოპები ისეთი ნუკლიდებია, რომელთა შედგენილობაშიც პროტონთა რაოდენობა ერთნაირია, ნეიტრონებისა კი – განსხვავებული.



ზოგიერთი ელემენტის იზოტოპი რადიოაქტიურია, რაც ნიშნავს, რომ ატომს შეუძლია თავისთავად გამოსახივოს უხილავი ნაწილაკები. ეს მოვლენა 1896 წელს აღმოაჩინა ა. ბეკერელმა და მას რადიოაქტიურობა ეწოდა. რადიოაქტიური დაშლის პროცესი შემდგომში შეისწავლა მ. სკლადოვსკა-კიურიმ, რომელმაც ახალი ელემენტები – პოლონიუმი და რადიუმი აღმოაჩინა. რადიოაქტიურ იზოტოპებს რადიოიზოტოპები ეწოდება. ნახშირბადის ერთ-ერთი იზოტოპი C -14, რადიოაქტიურია და ადვილად იშლება. ნახშირბადი ცოცხალი ორგანიზმის ერთერთი ძირითადი ელემენტია. ის ასევე დედამიწის ატმოსფეროს შემადგენლობაში წარმოდგენილია სამი იზოტოპის სახით: სტაბილური ^{12}C , ^{13}C და რადიოაქტიური ^{14}C . რადიოაქტიური და სტაბილური ნახშირბადის თანაფარდობა თითქმის უცვლელია. ნახშირბადის იზოტოპები ასეთივე თანაფარდობით შედის იმ ორგანულ ნაერთებში, რომლებიც გვხვდება ცოცხალ ორგანიზმებში. როდესაც ისინი კვდებიან, ორგანიზმსა და გარემოს შორის ნახშირბადის ამ კონკრეტული იზოტოპების ცვლა წყდება, რის შედეგადაც ნახშირბადის იზოტოპების საწყისი თანაფარდობა ირღვევა ^{14}C -ის რადიოაქტიური დაშლის გამო.

ნახშირბადის იზოტოპი ჩვეულებრივი ნახშირბადისგან, ატომში ნეიტრონების რაოდენობით განსხვავდება (მეტი ან ნაკლები). იმისათვის, რომ ატომი იყოს სტაბილური, მასში პროტონებისა და ნეიტრონების გარკვეული რაოდენობა უნდა იყოს. თუ ეს პროპორცია დაირღვა, ატომი რადიოაქტიური ხდება .

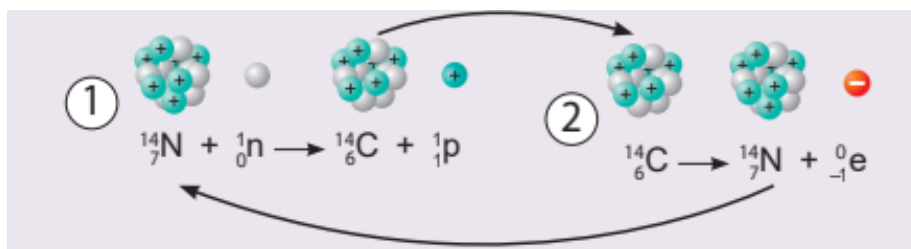
როდესაც მეცნიერები აღმოაჩენენ ძველი მცენარის ნაშთს ან ცხოველის ძვალს, მათ შეუძლიათ დაადგინონ მათი დაახლოებითი ასაკი, იმის მიხედვით, თუ რა რაოდენობის ^{14}C დაიშალა მისი გარდაცვალებიდან დღემდე.

კრიტერიუმი II - რა ფაქტორები განაპირობებს დედამიწაზე ნახშირბადის რადიოაქტიური იზოტოპის წარმოქმნას და როგორ ხვდება იგი ორგანიზმებსა და მცენარეებში?

- ✓ როგორ წარმოიქმნება ატმოსფეროში ნახშირბადის რადიოაქტიური იზოტოპი?
- ✓ როგორ განისაზღვრება ნახშირბადის რადიოაქტიური იზოტოპების სიცოცხლისუნარიანობა?

რადიოიზოტოპით ასაკის დადგენის რადიონახშირბადული მეთოდი აღმოაჩინა ამერიკელმა მეცნიერმა უილარდ ლიბიმ. ამ აღმოჩენამ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა არქეოლოგიასა და პალეონტოლოგიაში, რის გამოც მას 1960 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია ქიმიის დარგში

ატმოსფეროში კოსმოსური სხივების მოქმედებით აზოტის იზოტოპი ${}^{14}_7\text{N}$ გარდაიქმნება ნახშირბადის რადიოაქტიურ იზოტოპად ${}^{14}_6\text{C}$, ამიტომ ატმოსფეროში არსებული ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი შეიცავს ნუკლიდ ${}^{14}_6\text{C}$ -ს. მცენარეები მას ითვისებენ ფოტოსინთეზის პროცესში, საიდანაც ცხოველურ ორგანიზმებშიც ხვდება. ცოცხალ ქსოვილებს აქვს რადიოაქტიურობის მუდმივი დონე, რადგან დაშლა კომპენსირდება ატმოსფეროდან მისი შემოდინებით. მაგრამ სიკვდილის შემდეგ, როდესაც ${}^{14}_6\text{C}$ -ის ათვისება წყდება, რადიოაქტიურობის დონე თანდათან მცირდება.



რადიოიზოტოპები სხვადასხვა სიჩქარით იშლება. მათი სიცოცხლისუნარიანობა განისაზღვრება ე. წ. ნახევრად დაშლის პერიოდით. ნახევრად დაშლის პერიოდი დროის ის მონაკვეთია, რომლის განმავლობაშიც რადიოიზოტოპის რაოდენობა ორჯერ მცირდება. ნახევრად დაშლის პერიოდი შეიძლება მერყეობდეს რამდენიმე წამიდან მილიონობით წლამდე, მაგალითად, ნახშირბად-14-ის ნახევრად დაშლის პერიოდია 5730 წელი, რაც იმას ნიშნავს, რომ თუ გვაქვს ნახშირბად-14-ის 1000 ცალი ატომი, 5730 წლის შემდეგ დარჩება 500 ატომი, 11460 წლის შემდეგ – 250 და ა. შ.

კრიტერიუმი III - როგორ ხდება ნამარხის ნიმუშების ასაკის დადგენა რადიონახშირბადული მეთოდით?

- ✓ როგორ იცვლება რადიოაქტიური ნივთიერების რაოდენობა, დროის განმავლობაში?
- ✓ როგორ ფიქრობთ, თუ გვეცოდინება რაიმე გარემოში რადიოაქტიური ნივთიერების რაოდენობა და მოგვიანებით დავადგინეთ, რომ ამ რაოდენობის ნახევარი დაიშალა, როგორ შევძლებთ, დავადგინოთ, თუ რა დრო დასჭირდა ამ ნივთიერების განახევრებას?
- ✓ როგორ შეიძლება გამოვიკვლიოთ სხვადასხვა ნიმუშის (ნამარხებში აღმოჩენილი ნარჩენების) ასაკი, თუ გვეცოდინება, რომ ეს ნიმუშები თავდაპირველად შეიცავდნენ რადიოაქტიური ნივთიერების კონკრეტულ კონცენტრაციას?

თუ ცნობილია ნივთიერების ბუნებრივი რადიოაქტიური დაშლის პერიოდი და ის, თუ რა რაოდენობით ხვდება ეს ნივთიერება ცოცხალი ორგანიზმის სხეულში, საწარმო ის ცოცხალი იყო, მაშინ შესაძლებელი იქნება მისი ასაკის დადგენა გარდაცვალების შემდეგ, რადგან მკვდარ ორგანიზმში ნახშირბადის იზოტოპი აღარ ხვდება. მკვდარი ორგანიზმი აღარც სუნთქავს და აღარც იკვებება, ანუ სხეულში ნახშირბადის მოხვედრა წყდება. პირიქით, რადიოაქტიური დაშლის გამო ამ იზოტოპის რაოდენობა მცირდება. თუ ნახშირბადი ბევრია, მაშინ ნიმუში მცირე ასაკისაა და პირიქით.

ნიმუშის ასაკის დასადგენად ისაზღვრება ბირთვის დაშლის აქტივობა – დაშლის რიცხვი 1 წთ ში მასში შემავალ 1 გ ნახშირბადზე გადაანგარიშებით.

ნიმუშების ასაკი შეიძლება განისაზღვროს 60000 წლამდე, დაახლოებით 300 წლის სიზუსტით. უკეთესი შედეგები მიიღება ორგანული წარმოშობის – თესლის, თმის, ძვლის ნიმუშების ასაკის განსაზღვრის დროს.

ნახევარად დაშლის პერიოდის რიცხვი	დრო, წელი	აქტივობა დაშლა/(წთ · გ ნახშირბადი)
0	0	15,3
1	5730	7,6
2	11460	3,8
3	17190	1,9
4	22920	1,0
5	28650	0,5

რადიოაქტიური ბირთვის ერთ - ერთ ძირითად დამახასიათებელად მიღებულია ნახევარად დაშლის პერიოდი T - დროის განსაზღვრული ინტერვალი, რომლის განმავლობაშიც აქტიურობა ორჯერ მცირდება. ან, ეს არის დრო, რომლის განმავლობაშიც არსებული რადიონუკლიდების რაოდენობის ნახევარი იშლება. თუ გვაქვს ერთი და იგივე რადიოაქტიური იზოტოპის ატომები, ეს ნიშნავს იმას, რომ თანამედროვე ფიზიკის თვალსაზრისით მათ ყველა ძირითადი პარამეტრი ერთნაირი აქვთ. ამიტომ, თითქოს ლოგიკურია დავუშვათ, რომ ისინი ყველა ერთი და იგივე დროს დაიშლება. სინამდვილეში გვაქვს სრულიად საწინააღმდეგო სურათი.

ზოგიერთი ბირთვი იშლება სწრაფად, ზოგიერთი უფრო გვიან, არიან ისეთებიც, რომლებიც ცოცხლობენ დიდი დროის განმავლობაში. რატომ ხდება ასე ცნობილი არ არის, რადგან არ არსებობს ბირთვში მიმდინარე პროცესებზე უშუალო დაკვირვების მეთოდები. აქედან გამომდინარე, შეუძლებელია ვთქვათ ესა თუ ის ბირთვი როდის დაიშლება. მაგრამ შესაძლებელია ცალსახად დავადგინოთ, რომ მილიონი ატომიდან რა დროის განმავლობაშიც დაიშლება ნახევარი, დარჩენილი 500 000 განახევრდება იგივე დროში და ა. შ. გამომდინარე აქედან, ნახევარად დაშლის პერიოდის გავლის შემდეგ საწყისი ბირთვების N_0 რაოდენობიდან დარჩება $N = N_0/2$ დაუშლელი ბირთვი.

$t=nT$ დროის შემდეგ დარჩება:

$$N = N_0 \cdot 1/2^n$$

$$\text{რადგანაც } n=t/T$$

ამიტომ საბოლოოდ შეგვიძლია ჩავწეროთ რადიოაქტიური დაშლის ძირითადი კანონი.

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

სადაც: N_0 - რადიოაქტიური ატომების რაოდენობაა საწყის მომენტში, N - დროის t ინტერვალის შემდეგ დარჩენილი ბირთვების რაოდენობა, T - რადიონუკლიდის ნახევარად დაშლის პერიოდი, რომელიც მოცემული რადიოაქტიური ბირთვებისათვის არის მუდმივი და მოყვანილია ცხრილში.

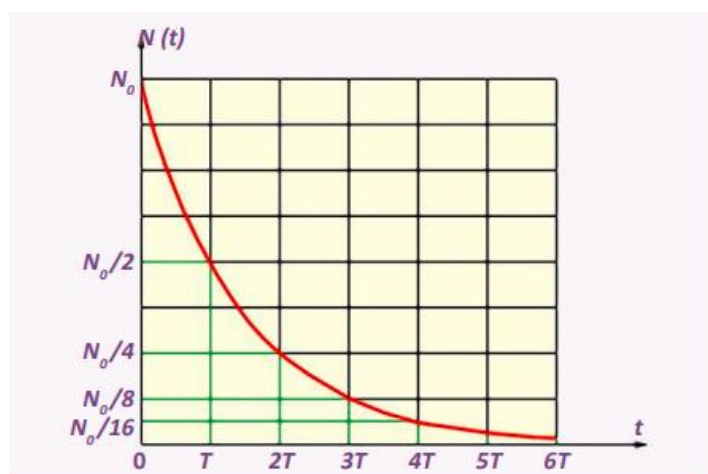
ბირთვი	გამოსხივებული ნაწილაკი	T- ნახევარდაშლის პერიოდი
^{238}U	α	4.50×10^9 წელი
^{234}Th	β	24.1 დღე
^{234}Pa	β	1.18 წუთი
^{234}U	α	2.5×10^5 წელი
^{230}Th	α	8.0×10^4 წელი
^{226}Ra	α	1620 წელი
^{222}Rn	α	3.82 დღე
^{218}Po	α	3.05 წუთი
^{214}Pb	β	26.8 წუთი
^{214}Bi	β	19.7 წუთი
^{214}Po	α	1.64×10^{-4} წამი
^{210}Pb	β	22.3 წელი
^{210}Bi	β	6.0 დღე
^{210}Po	α	138.3 დღე
^{206}Pb	-----	სტაბილური

ნახევარდაშლის პერიოდს აქვს სხვადასხვა დროითი შუალედები, რაც კარგად ჩანს ცხრილებიდან. ყველაზე დიდი ნახევარდაშლის პერიოდი აქვს ურანს.

რადიონახშირბადული მეთოდით ნიმუშების ასაკი შეიძლება განისაზღვროს 60 000 წლამდე, დაახლოებით 300 წლის სიზუსტით. უკეთესი შედეგები მიიღება ორგანული წარმოშობის – თესლის, თმის, ძვლის ნიმუშების ასაკის განსაზღვრის დროს. ასაკის დადგენის რადიონახშირბადულ მეთოდს ფართოდ იყენებენ არქეოლოგები, ანთროპოლოგები. 2014 წელს საქართველოში, სოფელ შულავერში, არქეოლოგიური გათხრების დროს აღმოაჩინეს ყურძნის წიპწები. მათი კვლევა ისრაელის ვეისმანის ინსტიტუტის რადიონახშირბადული დათარიღების ლაბორატორიაში 2017 წელს ჩატარდა. დადგინდა მათი ასაკი – 8000 წელი. ამის საფუძველზე საქართველო ღვინის სამშობლოდ აღიარეს.

რადიოაქტივობას სწავლობდა ერთ – ერთი გამოჩენილი

ექსპერიმენტატორი, ერნესტ რეზერფორდი. რეზერფორდმა დაკვირვებებისას შეამჩნია, რომ რადიოაქტიური ნივთიერების აქტივობა დროის მიხედვით მცირდებოდა. შემცირება ხდებოდა საინტერესო კანონზომიერებით: რა დროც იხარჯებოდა ნივთიერების აქტივობის 2-ჯერ შესამცირებლად, ზუსტად იგივე დრო იყო საჭირო



დარჩენილი ნახევრის კიდევ 2-ჯერ შესამცირებლად, მეოთხედი აქტივობის გასანახევრებლად იგივე დრო იყო საჭირო და ა.შ. ანუ რა დროშიც იშლებოდა ნივთიერების ნახევარი, დარჩენილი ნახევარი იმავე დროში არ დაიშლებოდა, დაიშლებოდა დარჩენილი ნახევრის ნახევარი. დროს, რომლის განმავლობაში ნახევრდება

რადიოაქტიური ნივთიერება, ნახევარდაშლის პერიოდი უწოდეს. სხვადასხვა რადიოაქტიურ ნივთიერებას სხვადასხვა ნახევარდაშლის პერიოდი გააჩნია. იგი ზოგი ნივთიერებისთვის წამის მემილიონედია, ზოგისთვის – მილიარდი წელი. ქვემოთ გრაფიკზე ნაჩვენებია, თუ როგორ მცირდება რადიოაქტიური ნივთიერების ატომების რაოდენობა დროის მიხედვით. აქ N – ატომების რიცხვია, ხოლო T – ნახევარდაშლის პერიოდი.

რადიოაქტიური იზოტოპების ნახევარდაშლის პერიოდის ცოდნა საშუალებას გვაძლევს, დავადგინოთ არქეოლოგიური გათხრებისას ნაპოვნი ნივთებისა და ძვლების ასაკი. სწორედ ამისთვის გამოიყენება ყველაზე ხშირად რადიონახშირბადი.

ასეთი მეთოდის გამოყენება მხოლოდ მაშინაა შესაძლებელი, როცა იზოტოპების თანაფარდობა ნიმუშში, მისი არსებობის მანძილზე არ დარღვეულა, არ მომხდარა ნიმუშის დანაგვიანება უფრო ადრეული ან გვიანი ნახშირბადით, ან არ მომხდარა ძლიერი რადიოაქტიური დასხივება. ასეთ შემთხვევაში ცდომილება ძალიან დიდი იქნება. ათწლეულების მანძილზე მეცნიერებმა დიდი გამოცდილება მიიღეს დანაგვიანების წყაროს აღმოჩენისა და ნიმუშების გაწმენდის საქმეში. დღეისათვის, ამ მეთოდით დათარიღების ცდომილება 70–300 წელს არ აღემატება.

<https://www.youtube.com/watch?v=osA8TX0cwYI>

<https://news.uchicago.edu/explainer/what-is-carbon-14-dating>

ნახშირბად 14-ის ნახევარდაშლის პერიოდია (ამ დროის განმავლობაში ატომების რაოდენობა ნახევარდება) 5 730 წელი, ამის გამო, სხვადასხვა პერიოდში მცხოვრები არსებების ორგანიზმში, რომლებიც ნამარხებში აღმოაჩინეს, განსხვავებული კონცენტრაციითაა ^{14}C . კვლევების შედეგად ჩამოყალიბდა რადიონახშირბადული დათარიღების თეორია, რომელიც ვიღარდ ლიბიმ და ჯეიმზ არნოლდმა შეამოწმეს ისეთ ნიმუშებზე, რომელთა ასაკიც ცნობილი იყო. პირველად მათ ცდა ჩაატარეს ორ ეგვიპტის მეფეზე, რომლებიც იყვნენ: ჯოსერი და სნეფერუ. ისინი თარიღდებოდნენ ძვ. წ. 2625 წ. პლულ მინუს 75 წლით და რადიონახშირბადით გაზომვამ, დაათარიღა საშუალოდ ძვ. წ. 2800 წ. პლუს მინუს 250 წლით. ეს შედეგები გამოქვეყნდა ჟურნალ „Science“-ში, 1949 წელს.

დავალება - გაეცანით ქვემოთ მოცემულ ვიდეოებს და შეეცადეთ ახსნათ, როგორ იყენებენ რადიოაქტიურობის დაშლის კანონს არტეფაქტების ასაკის განსაზღვრისათვის.

https://www.youtube.com/watch?v=phZeE7Att_s

<https://youtu.be/2io5opwhQMQ>

<https://youtu.be/zAICb0FODzU>

ტემპერატურული ჰომეოსტაზი

თემა 4. საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია			
სითბური ჰომეოსტაზი	გაკვეთილი 1	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს ორგანიზმისთვის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნების მნიშვნელობას, ჰიპოთალამუსის როლს ტემპერატურის შენარჩუნებაში.
	გაკვეთილი 2	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს კანის, ღვიძლისა და საოფლე ჯირკვლების როლის სხეულის ტემპერატურის შენარჩუნებაში?
	გაკვეთილი 3	ბიოლოგია	მასწავლებელი განიხილავს როგორ არის სხვადასხვა ორგანიზმი ადაპტირებული გარემოს ტემპერატურის ცვლილებებთან.
	გაკვეთილი 4	ფიზიკა	მასწავლებელი ხსნის აორთქლების მოვლენას. მტუდენტებთან ერთად განიხილავს აორთქლების სიჩქარის დამოკიდებულებას სითხის ტემპერატურასა და ზედაპირის ფართობზე. ავლებს კავშირს აორთქლებასა და დარჩენილი სითხის ტემპერატურის ცვლილებას შორის.
	გაკვეთილი 5	ქიმია	მასწავლებელი განიხილავს ეგზოთერმულ და ენდოთერმულ რეაქციებს, რეაქციის სითბურ ეფექტს.
	გაკვეთილი 6	ქიმია	მასწავლებელი აკავშირებს ეგზოთერმულ და ენდოთერმულ რეაქციებს ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე პროცესებთან.
	გაკვეთილი 7	ბიოლოგია	სტუდენტები წარმოადგენენ ნამუშევრებს.

სამიზნე ცნება: ენერგია და ურთიერთქმედება

პროექტული დავალება

ტროპიკებშიც კი, სადაც ოკეანის ტემპერატურა შედარებით მაღალია (22°C), წყალში ხანგრძლივი ყოფნა იწვევს ადამიანის ორგანიზმის ტემპერატურის დაქვეითებას (ჰიპოთერმიას), რაც შეიძლება ლეტალურ შედეგამდეც მივიდეს. თუმცა სხვა ძუძუმწოვრები, მაგალითად, ვეშაპი ასეთ პირობებში თავს ძალიან კომფორტულად გრძნობს. ზოგადად, ორგანიზმის ტემპერატურის მუდმივობის შენარჩუნება წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან სასიცოცხლო თვისებას. შეადგინე კოგნიტური სქემა, რომელიც ასახავს ტემპერატურული ჰომეოსტაზის მექანიზმს და მის მნიშვნელობას ორგანიზმისთვის.

კოგნიტური სქემის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- როგორ ხდება ორგანიზმის მუდმივი ტემპერატურის ტემპერატურის შენარჩუნება?
- რა მსგავსება-განსხვავებაა ენდოთერმულ და ეგზოთერმულ რეაქციებს შორის და რა როლს ასრულებს ისინი ადამიანის ცხოვრებაში?
- როგორ არის სხვადასხვა ორგანიზმი ადაპტირებული გარემოს ტემპერატურის ცვლილებებთან?

კრიტერიუმი I - როგორ ხდება ორგანიზმის მუდმივი ტემპერატურის ტემპერატურის შენარჩუნება?

- ✓ რომელი ორგანოები მონაწილეობენ ჩვენი ორგანიზმის ტემპერატურის შენარჩუნებაში?
- ✓ როგორ მონაწილეობენ თქვენ მიერ დასახელებული ორგანოები ტემპერატურულ ჰომეოსტაზში?

- ✓ როგორ იცვლება ორგანიზმის შინაგანი ენერგია დაბალი ტემპერატურის პირობებში?
- ✓ რა მექანიზმი უდევს საფუძვლად სხეულის ტემპერატურის თვითრეგულაციას?
- ✓ რა განსხვავებაა დადებით და უარყოფით უკუკავშირის შორის თვითრეგულაციის პროცესში?
- ✓ როგორ დაირღვევა ორგანიზმის ფუნქციონირება ტემპერატურული ჰომეოსტაზის მოშლის პირობებში?
- ✓ როგორ გარდაიქმნება ენერგია სიცხეში, როცა ადამიანი კანკალებს?
- ✓ რა ფიზიკური პროცესი უწყობს ხელს სიცხეში სხეულის ტემპერატურის შენარჩუნებას?

როგორ ნარჩუნდება სხეულის მუდმივი ტემპერატურა

ნებისმიერი ორგანიზმის უჯრედებს ნორმალური ფუნქციონირება მხოლოდ განსაზღვრულ, მათთვის ოპტიმალურ, სტაბილურ პირობებში შეუძლიათ. გარემო კი, რომელიც ორგანიზმი არსებობს, მუდმივად ცვალებადია. მაგალითად, ჩვენი უჯრედების ფერმენტების მუშაობისთვის ოპტიმალური ტემპერატურა 37°C-ის ფარგლებშია, გარემოში კი, რომელშიც ჩვენ ვიმყოფებით, შეიძლება ძალიან ცხელოდეს ან ციოდეს. ჩვენი უჯრედების უშუალო გარემოს, ანუ გარემოს, რომელსაც ეს უჯრედები უშუალოდ ეხება და რომელშიც ფუნქციონირებს, ქსოვილური სითხე, სისხლი და ლიმფა წარმოადგენს. ამ სითხეებს ორგანიზმის შინაგან გარემოს უწოდებენ. ჩვენი ორგანიზმი აღჭურვილია მექანიზმებით, რომლებიც, მიუხედავად გარემოს მუდმივი ცვლილებისა, შინაგან გარემოს მუდმივობას უნარჩუნებს. შინაგანი გარემოს მუდმივობაში იგულისხმება მასში წყლის, აირების, იონების, საკვები ნივთიერებების მეტაბოლიზმის პროდუქტების, ჰორმონების, ტემპერატურის, pH-ის ნორმალური დონის შენარჩუნება. შინაგანი გარემოს მუდმივობის შენარჩუნებას ჰომეოსტაზი ჰქვია. ბერძნულად ჰომეოსტაზი იმავე მდგომარეობის შენარჩუნებას ნიშნავს. ჰომეოსტაზის მისაღწევად მრავალი ორგანო შეთანხმებულად მოქმედებს. ეს სტაბილურობა მნიშვნელოვანია ჯანმრთელობისა და სიცოცხლის შესანარჩუნებლად. ჰომეოსტაზის მექანიზმი მუშაობს სამი ძირითადი კომპონენტის მეშვეობით:

რეცეპტორი - რომელიც აღიქვამს გარემოს ცვლილებებს და ამ ინფორმაციას კონტროლის ცენტს გადასცემს.

კონტროლის ცენტრი - ეს არის „მმართველი“, რომელიც იღებს ინფორმაციას რეცეპტორიდან და წყვეტს, რა ნაბიჯი უნდა გადაიდგას ცვლილების შესასწორებლად.

ეფექტორი - კომპონენტი, რომელიც ბრძანებას ასრულებს და უზრუნველყოფს პარამეტრის საწყისი მნიშვნელობის დაბრუნებას. მაგალითად, თუ კონტროლის ცენტრი გადაწყვეტს, რომ სხეულის ტემპერატურა უნდა გაიზარდოს, ეფექტორი გამოიმუშავებს სითბოს.

მაგალითად, წარმოდგინეთ ოთახის ტემპერატურის რეგულაცია: თერმოსტატი არის კონტროლის ცენტრი, რომელიც ასევე შეიცავს თერმომეტრს (რეცეპტორს). როდესაც ოთახის ტემპერატურა 20 გრადუსზე ქვემოთ ეცემა, თერმოსტატი რთავს გამათბობელს (ეფექტორს), რომელიც იწყებს სითბოს მიწოდებას. როდესაც ტემპერატურა კვლავ 20 გრადუსს მიაღწევს, თერმოსტატი გამათბობელს გამორთავს.

აღწერილი მექანიზმი უარყოფით უკუკავშირს წარმოადგენს, ის აბრუნებს ამა თუ იმ პარამეტრს საწყის მდგომარეობაში და ამით სისტემას სტაბილურობას უნარჩუნებს. **დადებითი უკუკავშირი** მუშაობს განსხვავებულად. ის იწვევს ცვლილების გაძლიერებას, მაგალითად მშობიარობის დროს, ბავშვის თავის დაწოლა საშვილოსნოს ყელზე იწვევს საშვილოსნოს კედლების შეკუმშვას. ეს კიდევ უფრო აძლიერებს დაწოლას, რაც საბოლოოდ ბავშვის დაბადებას იწვევს. მათასადამე, დადებითი უკუკავშირი ხელს უწყობს ცვლილების გაძლიერებას.

ზოგჯერ ნორმიდან გადახრა მნიშვნელოვანია ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის. მაგალითად, ინფექციისას სხეულის ტემპერატურა შეიძლება გაიზარდოს.

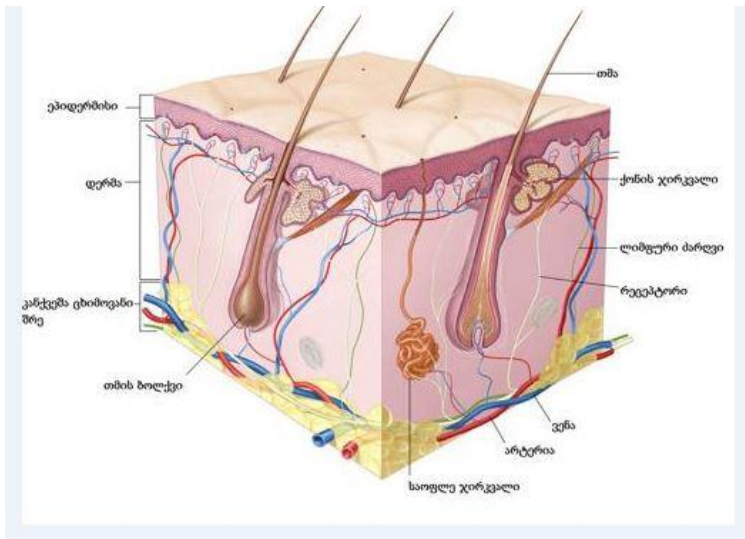
- რა დადებითი ან/და უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს ტემპერატურის მომატებას ინფექციური დაავადების დროს?
- რატომ არის კანკალი სხეულის ტემპერატურის მომატების ნიშანი, ხოლო ძლიერი ოფლიანობა - ტემპერატურის დაწევის?

ჰომეოსტაზი ძალიან „ძვირი უჯდება“ ორგანიზმს. ის იყენებს საკვების ენერგიის მნიშვნელოვან ნაწილს, რათა შეინარჩუნოს სტაბილური შიდა გარემო. მაგალითად, როგორც სახლში ტემპერატურის შენარჩუნება იყენებს ენერგიას და ზრდის კომუნალურ გადასახადებს, ასევე ორგანიზმიც იყენებს ენერგიას ტემპერატურის, pH-ის და სხვა პარამეტრების სტაბილურად შესანარჩუნებლად.

ტემპერატურული ჰომეოსტაზი გულისხმობს სხეულის შიდა ტემპერატურის სტაბილური დონის შენარჩუნებას, რაც მნიშვნელოვანია ფიზიოლოგიური პროცესების ნორმალურად ფუნქციონირებისთვის. ეს პროცესი რეგულირდება რამდენიმე ორგანოსა და სისტემის კოორდინირებული მოქმედებით:

ჰიპოთალამუსი: ჰიპოთალამუსი შეიცავს ნერვული უჯრედების ჯგუფებს, რომლებიც თერმოსტატივით მოქმედებს, რეაგირებს ტემპერატურის ცვლილებაზე და მის გადახრაზე ოპტიმალური წერტილიდან. აღნიშნული უჯრედები ააქტივებენ მექანიზმს, რომელიც უზრუნველყოფს სითბოს შენარჩუნებას ან გაცემას. ტემპერატურის გაზრდის ან შემცირებისას ჰიპოთალამუსი იღებს შესაბამის ზომებს სხეულის ნორმალური ტემპერატურის დასაბრუნებლად.

ენდოკრინული სისტემა: ჰორმონები, რომლებიც გამომუშავდება ენდოკრინული ჯირკვლების მიერ (მაგალითად: თიროქსინი, ადრენალინი), მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მეტაბოლიზმის რეგულირებაში. მეტაბოლური აქტივობის მომატება ზრდის სითბოს წარმოქმნას სხეულში, რომლითაც ორგანიზმი ზრდის ტემპერატურას.



კანი. კანი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სითბოს გაცვლაში გარემოსთან. როდესაც სხეულის ტემპერატურა იზრდება, ჰიპოთალამუსი აგზავნის ბრძანებას კანის სისხლძარღვების გაფართოების შესახებ. სისხლის ნაკადის გადანაწილება კანის სისხლძარღვებისკენ (ანუ სხეულის ზედაპირისკენ) იწვევს სითბოს გაცემას გარემოში (რადგან გარემოში უფრო დაბალი

ტემპერატურაა). ამასთან, იწყება ოფლის გამომუშავება საოფლე ჯირკვლების მიერ, რაც ასევე ეხმარება სხეულის გაგრილებას. რადგან ზედაპირიდან ნებისმიერი სითბის აორთქლება იწვევს ამ ზედაპირის ტემპერატურის დაქვეითებას.

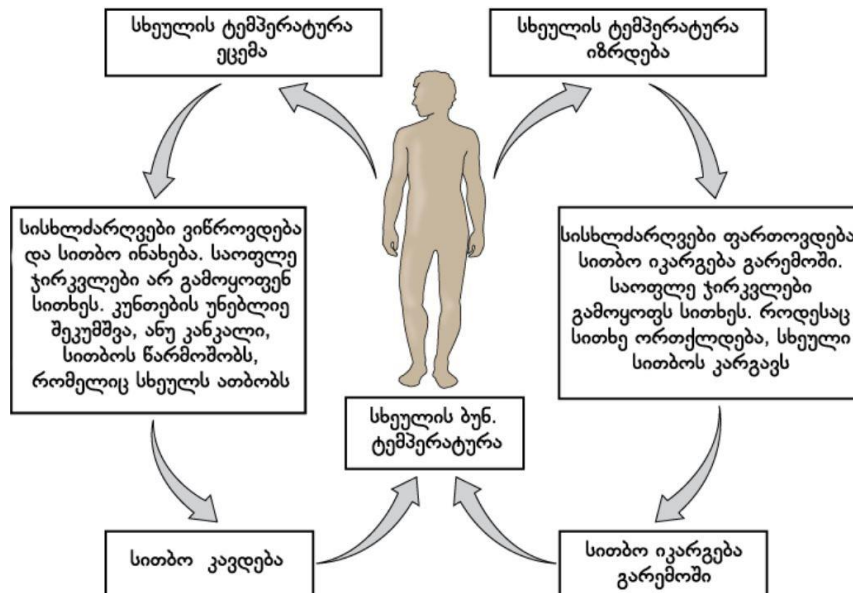
სისხლძარღვები - სხეულის ტემპერატურის რეგულაციაში დიდ როლს ასრულებენ სისხლძარღვებიც. როდესაც სიცხევა, სისხლძარღვები ვიწროვდება (ვაზოკონსტრიქცია), რაც ამცირებს სითბოს დაკარგვას. როცა ორგანიზმში ზედმეტი სითბოა, ისინი ფართოვდება (ვაზოდილატაცია), რათა მეტი სითბო გასცეს კანის მეშვეობით.

გაიხსანე კანის აგებულების თავისებურება. დააკავშირე მისი აგებულება შესასრულებელ ფუნქციებთან.

საოფლე ჯირკვლები - ეს ჯირკვლები პასუხისმგებელი არიან ოფლის გამომუშავებაზე, რომელიც აორთქლების პროცესის შედეგად ორგანიზმის გაციებას იწვევს, რაც ეხმარება სხეულს გადახურებისგან დაცვაში. უფრო დეტალურად რომ ავხსნათ, გავიხსენოთ სითბის თვისება - იგი აორთქლდება ღია ზედაპირიდან (ზედაპირიდან, რომელსაც ატმოსფეროსთან აქვს კავშირი) ნებისმიერ ტემპერატურაზე. რაც უფრო დიდია ამ ზედაპირის ფართობი, მით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს აორთქლება.

ნებისმიერი სხეული მაშინ არის ცხელი, როდესაც მისი შემადგენელი მოლეკულების ქაოსურად მოძრაობის სიჩქარეები და, შესაბამისად, ქაოსურად მოძრაობის ენერგიები მაღალია. ტემპერატურა სწორედ სხეულის სითბური მდგომარეობის მახასიათებელია და ის მით მეტია, რაც უფრო დიდია სხეულის შემადგენელი მოლეკულების ქაოსურად მოძრაობის სიჩქარეების საშუალო მნიშვნელობა. დავუბრუნდეთ სითბის (თუნდაც ოფლის) აორთქლებას. აორთქლება პროცესია, როდესაც სითბის მოლეკულები ტოვებენ სითხეს და გადადიან აირში, რისთვისაც სითბის მეზობელი მოლეკულების მიზიდულობის ძალების დამლევა სჭირდებათ. ლოგიკურია, რომ ამას ახერხებს (ძირითადად) მაღალი სიჩქარის (მაღალი ენერგიის) მქონე მოლეკულები. შესაბამისად, აორთქლებისას სითხეში დარჩენილი მოლეკულების ქაოსურად მოძრაობის საშუალო სიჩქარეები უფრო ნაკლებია, ვიდრე უკვე აორთქლში გადასული მოლეკულების. ამიტომ, აორთქლებისას, სითბის დარჩენილი ნაწილის მოლეკულების ქაოსურად მოძრაობის საშუალო ენერგიები უფრო მცირეა ვიდრე აორთქლებამდე - სითბის ტემპერატურა მცირდება! ასე გრილდება ადამიანი საოფლე ჯირკვლებიდან ოფლის გამოყოფისა და შემდგომში ამ ოფლის აორთქლების წყალობით.

ღვიძლი: ღვიძლი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ენერგიის „მენეჯმენტში“. მის უჯრედები მიტოქონდრიების დიდ რაოდენობითაა. იგი ახორციელებს გლიკოგენის გლუკოზად გარდაქმნას, რაც ენერგიის წყაროა და მასთან ერთად სითბოსაც წარმოქმნის. ღვიძლი ასევე პასუხისმგებელია სხეულის ტემპერატურის ზრდაზე მეტაბოლური აქტივობის მეშვეობით.



თუ სხეული ვერ შეძლებს ტემპერატურული ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას, ეს მნიშვნელოვან პრობლემებს **ჰიპოთერმიას** (შიდა ტემპერატურის გადაჭარბებული შემცირება) ან **ჰიპერთერმიას** (ტემპერატურის გადაჭარბებული მომატება) გამოიწვევს, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს გონების დაკარგვა, ორგანოების დაზიანება ან სერიოზული ჯანმრთელობის პრობლემები.

ტემპერატურული ჰომეოსტაზი გულისხმობს სხეულის ტემპერატურის ნორმალური დონის შენარჩუნებას. ორგანიზმში ტემპერატურული ჰომეოსტაზი ძირითადად ეყრდნობა უარყოფით უკუკავშირს. უარყოფითი უკუკავშირი არის მექანიზმი, რომელიც ირთვება, როდესაც ორგანიზმის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი მახასიათებლები/პარამეტრები გადახრილია ნორმიდან და საჭიროა ამ გადახრის გასწორება. (გაიხსენეთ სისხლში გლუკოზის კონცენტრაციის მუდმივობის შენარჩუნების მექანიზმი) დადებით უკუკავშირს კი ადგილი აქვს სხვადასხვა პათოლოგიის პირობებში, როგორცაა, მაგალითად, პერიფერიული სისხლძარღვების შევიწროვება იწვევს არტერიული წნევის მომატებას, რის შედეგად სისხლძარღვები კიდევ უფრო ვიწროვდება.

ტემპერატურული ჰომეოსტაზი შეიძლება დაირღვეს, სითბოს წარმოქმნელ და სითბოს გამცემ ორგანოების პათოლოგიის დროს, (ცვლილებები ჰიპოთალამუსის თერმორეგულაციის ცენტრში, ენდოკრინული და იმუნური პასუხის დარღვევა, ღვიძლის პათოლოგია და სხვ.).

სხეულის ტემპერატურის შენარჩუნება ჩვენი ორგანიზმისთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია, რადგან ყველა ბიოქიმიური რეაქცია დამოკიდებულია ფერმენტების აქტივობაზე, ფერმენტები კი მხოლოდ გარკვეული ტემპერატურის პირობებში აქტიურდებიან.

იმუშავე ვირტუალურ ლაბორატორიაში და დაადგინე რა გავლენას ახდენს ტემპერატურის ცვლილება ფერმენტების აქტივობაზე: <https://exchange.iseesystems.com/public/jon-darkow/lactase-enzyme-simulation-with-data-analysis/index.html#page4>

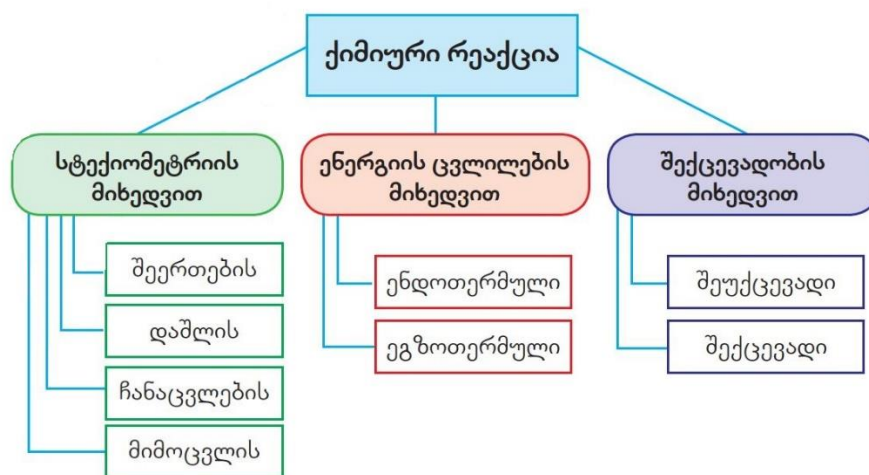
კრიტერიუმი II - რა მსგავსება -განსხვავებაა ენდოთერმულ და ეგზოთერმულ რეაქციებს შორის და რა როლს ასრულებს ისინი ადამიანის ცხოვრებაში?

- ✓ რას ეწოდება ეგზოთერმული რეაქცია?
- ✓ რას ეწოდება ენდოთერმული რეაქცია?
- ✓ როგორ აღნიშნავენ ქიმიურ რეაქციებში შთანთქმულ ან გამოყოფილ სითბოს რაოდენობას?
- ✓ რას ეწოდება თერმოქიმიური განტოლება?

მეტაბოლიზმი: ტემპერატურული ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში ენდოთერმული და ეგზოთერმული რეაქციები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ, რადგან ეს რეაქციები ენერგიისა და სითბოს ბალანსს არეგულირებენ ორგანიზმში.

ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობს არა მხოლოდ ლაბორატორიაში, არამედ ჩვენ გარშემოც. ყოველ ჯერზე, როცა ვიკვებებით ან ვვარჯიშობთ, ჩვენს სხეულში მილიონობით ქიმიური გარდაქმნა მიმდინარეობს.

ქიმიური რეაქციები სხვადასხვა ნიშნით შეიძლება დაჯგუფდეს. შევისწავლოთ მათი დაყოფა ენერგიის ცვლილების მიხედვით.



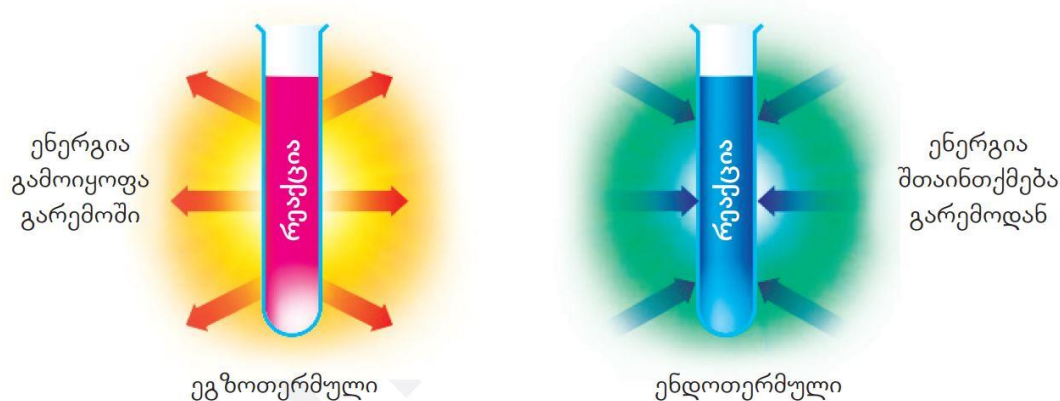
პოტენციური ენერგია აქვს ქიმიურ ნივთიერებებსაც მათში არსებული ბმების სახით. რეაქციის დროს ეს ბმები წყდება და ახალი ქიმიური ბმები წარმოიქმნება, რაც განაპირობებს ენერგიის ცვლილებას.

თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ წვის რეაქციების შედეგად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო, რაც ენერგიის გადაცემის ფორმას წარმოადგენს. ის გამოწვეულია ტემპერატურათა სხვაობით. მაღალი ტემპერატურის მქონე გარემოში ნაწილაკები უფრო სწრაფად მოძრაობს და ისინი გადასცემს თავიანთ კინეტიკურ ენერგიას დაბალი ტემპერატურის ნაწილაკებს.

ჩვენთვის უკვე ცნობილია, რომ ქიმიური რეაქციების დროს იცვლება ენერგია, რაც გამოიხატება სითბოს გამოყოფით ან შთანთქმით. ქიმიურ პროცესებში ენერგიის გადაცემის აღწერისთვის ხშირად იყენებენ ტერმინებს: სისტემა და გარემო, სადაც სისტემა არის

მიმდინარე ქიმიური პროცესი, ხოლო გარემო - ყველაფერი, რაც მის ირგვლივა ან მას უშუალოდ ეხება.

როგორც კლასიფიკაციის ნახაზიდან ჩანს, ენერგიის ცვლილების მიხედვით რეაქციები შეიძლება იყოს ეგზოთერმული და ენდოთერმული. ეგზოთერმულ რეაქციებში სითბო გამოიყოფა და სისტემიდან (ქიმიური რეაქტიდან) გადაეცემა გარემოს, შესაბამისად გარემოს ტემპერატურა იმატებს; ხოლო ენდოთერმულ რეაქციებში სითბო შთაინთქმება სისტემის მიერ და გარემოს ტემპერატურა იკლებს.



ზოგადად, ქიმიურ რეაქციებში შთაინთქმულ ან გამოყოფილ სითბოს Q ასოთი აღნიშნავენ. ეგზოთერმული რეაქციების მაგალითებია წვისა და ნეიტრალიზაციის რეაქციები. ენდოთერმული რეაქციების მაგალითებია კირქვის დაშლა, წყლის ელექტროლიზი და სხვ.

რეაქციის სითბური ეფექტი

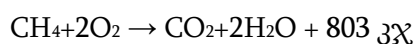
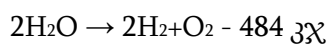
ყველა ქიმიური პროცესი მიმდინარეობს ენერგიის გამოყოფით ან შთაინთქმით. ამის შემჩნევა ზოგჯერ ადვილია (სხვადასხვა ნივთიერების წვა), ზოგჯერ კი ვერ ვამჩნევთ. სითბური პროცესების დასახასიათებლად გამოიყენება ორი სიდიდე: სითბოს რაოდენობა - Q , რომელიც გამოიყოფა ან შთაინთქმება და სარეაქციო არის (სისტემის) შინაგანი ენერგია, რომელიც სისტემის საბოლოო და საწყისი ენერგიების ცვლილებას წარმოადგენს:

$$\Delta H = H_2 \text{ (პროდუქტების)} - H_1 \text{ (რეაგენტების)}.$$

სითბოს რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა ან შთაინთქმება რეაქციის დროს, ეწოდება რეაქციის სითბური ეფექტი.

სითბოს რაოდენობაც და შინაგანი ენერგიაც იზომება კალორიებით (ან კილოკალორიებით) ან ჯოულებით (ან კილოჯოულებით). რეაქციის სითბური ეფექტი იწერება რეაქციის ტოლობაში.

რეაქციის ტოლობას, რომელშიც მითითებულია სითბური ეფექტი, რეაქციის თერმოქიმიური განტოლება ეწოდება. მაგალითად,



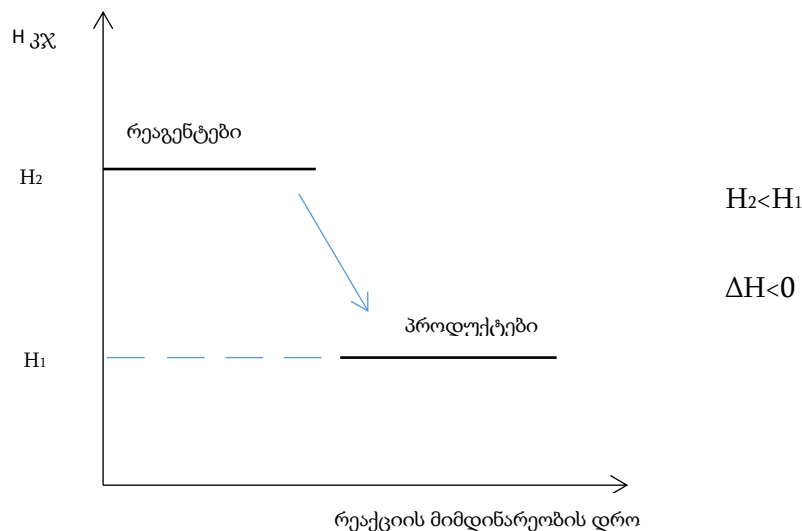
განასხვავებენ ორი ტიპის სითბურ რეაქციას: ეგზოთერმული და ენდოთერმული.

რეაქციას, რომლის დროს სითბო გამოიყოფა, ეწოდება ეგზოთერმული რეაქცია.

ეგზოთერმულია ნებისმიერი წვის რეაქცია. ამ დროს სითბო გამოიყოფა გარე სივრცეში, ამიტომ სისტემის ენერგია მცირდება, ანუ პროდუქტების შინაგანი ენერგია დაბალია, ვიდრე რეაგენტების, ამიტომ სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილება არის უარყოფითი, ხოლო სითბოს რაოდენობა - დადებითი.

მაგალითად: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + Q_{კჯ} \Delta H < 0$

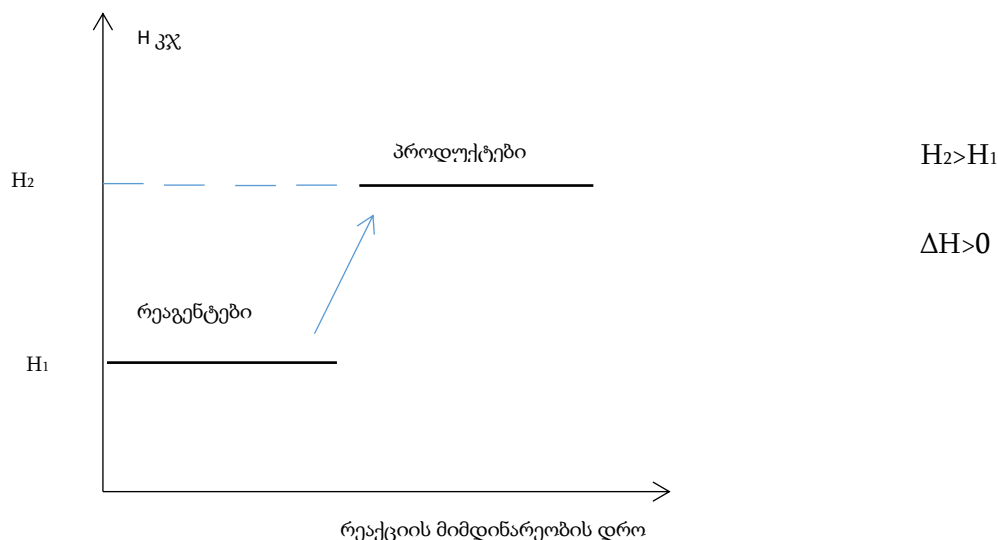
სქემატურად:



რეაქციას, რომლის დროს სითბო შთაინთქმება, ეწოდება ენდოთერმული რეაქცია. ენდოთერმული რეაქციის დროს სითბო შთაინთქმება გარე სივრციდან, ამიტომ სისტემის ენერგია იზრდება, ანუ პროდუქტების შინაგანი ენერგია მაღალია, ვიდრე რეაგენტების, ამიტომ სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილება არის დადებითი, ხოლო სითბოს რაოდენობა - უარყოფითი.

მაგალითად: $C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - Q_{კჯ}$

სქემატურად:



კრიტერიუმი III - როგორ არის სხვადასხვა ორგანიზმი ადაპტირებული გარემოს ტემპერატურის ცვლილებებთან?

- ✓ რატომ ახდენს გავლენას გარემოს ტემპერატურა მცენარეში მიმდინარე პროცესებზე?
- ✓ როტომ იცავს კანქვეშა ცხიმოვანი შრე ცხოველებს გარემოს დაბალი ტემპერატურისგან?
- ✓ როგორია ცხოველებში ქცევითი ადაპტაციები ტემპერატურის ცვლილებაზე?
- ✓ როგორ იცავს ფრინველებს და ცხოველებს ბეწვი/ზუმბული სითბოს დაკარგვისგან?
- ✓ რატომ იბუზებიან ზამთარში ბელურები?
- ✓ რატომ იზრდიან ზამთარში ბეწვს ცხოველები და რატომ სცვივით იგი გაზაფხულზე?
- ✓ რატომ აქვს თეთრი ბეწვი პოლარულ დათვს?
- ✓ რატომ ვამჯობინებთ ზაფხულობით ღია ფერის ტანსაცმლის ტარებას?

მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას ყველა ცხოველი ვერ ახერხებს. ცხოველებს, რომლებსაც ტემპერატურის კონტროლი შეუძლიათ, **ენდოთერმულ** ცხოველებს უწოდებენ. **ექტოთერმული** ცხოველები კი სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას ვერ ახერხებენ და მათი ტემპერატურა გარემოს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული. ტემპერატურის ცვლილებასთან გასამკლავებლად მათ მნიშვნელოვანი ადაპტაციები განუვითარდათ.

განვიხილოთ ზოგიერთ ქცევითი, ფიზიოლოგიური და მორფოლოგიური ადაპტაცია, რომელიც ცხოველებს სხეულის ტემპერატურის რეგულაციაში ეხმარება.

თქვენ როგორ არეგულირებთ სხეულის ტემპერატურას ქცევის გამოყენებით? ცხელ დღეს,

ალბათ, საცუროდ წახვალთ, ცივ წყალს დალევთ ან ჩრდილში ჩამოჯდებით. როცა ცივა, შესაძლოა, ქურთუკი ჩაიცვათ, მყუდრო კუთხეში შეიყუჩოთ ან მთელი ჯამი ცხელი სუპი მოხვრიპოთ.



ცხოველებსაც მსგავსი ქცევა ახასიათებთ. მაგალითად, სპილოები ცივ წყალს ისხამენ სიცხეში და ბევრი ცხოველი ჩრდილს ეძებს, როცა ძალიან დაცხებათ. ხვლიკები ხშირად ცხელ კლდეზე თბებიან, პინგვინების ბარტყები კი ჯგუფდებიან, რომ სითბო შეინარჩუნონ.

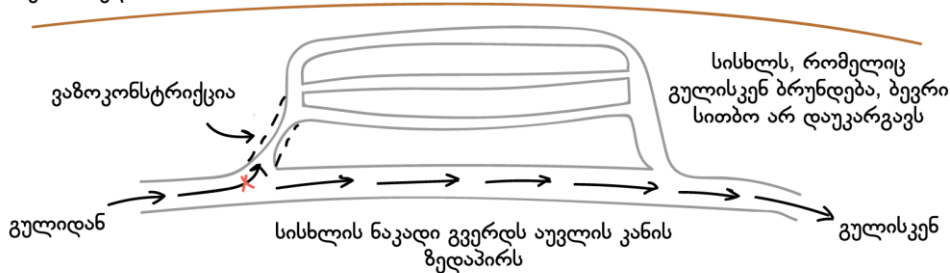


გარდა ზემოთქმულისა, ცხოველებს აგრეთვე აქვთ სხეულის სტრუქტურები და ფიზიოლოგიური პასუხები, რომლებიც აკონტროლებს სითბოს მიმოცვლას გარემოსთან.

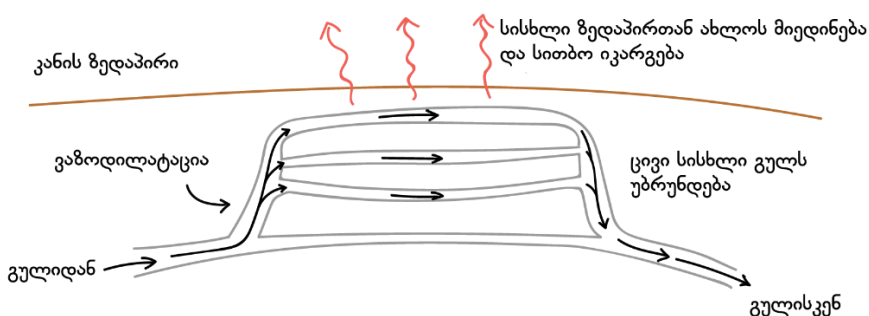
სხეულის ზედაპირი გარემოსთან სითბოს მიმოცვლის მთავარი უზანია. კანში არსებული სისხლძარღვების გაფართოვებით და შევიწროვებით რეგულირდება გარემოსთან სითბოს მიმოცვლა .

ენდოთერმულ ორგანიზმებში კანის სისხლძარღვების დიამეტრის შევიწროება, ანუ **ვაზოკონსტრიქცია**, ამცირებს სისხლის დინებას და ხელს უწყობს სითბოს შენარჩუნებას.

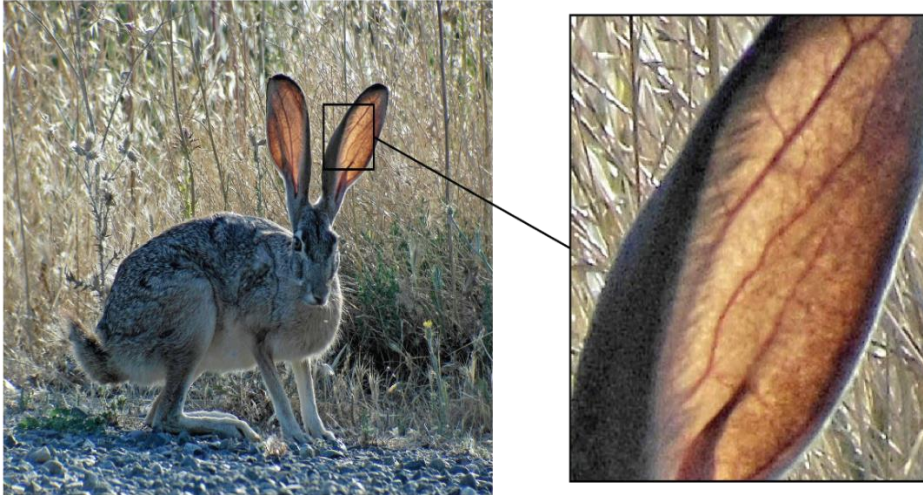
კანის ზედაპირი



მეორე მხრივ, როდესაც ენდოთერმულ ცხოველებს სითბოს დაკარგვა სჭირდებათ, მაგალითად, როდესაც ცხოველმა მტაცებლისგან თავის დასაღწევად ბევრი ირბინა სისხლძარღვები ფართოვდება. ამ პროცესს **ვაზოდილატაცია** ეწოდება. ვაზოდილატაცია ზრდის კანისკენ სისხლის მიდინებას და ცხოველს ზედმეტი სითბოს დაკარგვაში ეხმარება.



ბეწვიან ძუძუმწოვრებს სითბოს მიმოცვლისთვის ხშირად აქვთ სისხლძარღვების სპეციალური ქსელები, რომლებიც უბეწვო კანის უბნებშია ლოკალიზებული. მაგალითად, ამერიკულ კურდღლებს აქვთ დიდი ყურები სისხლძარღვების ფართო ქსელით, რაც სითბოს სწრაფად დაკარგვის საშუალებას იძლევა. ეს ადაპტაცია მათ ცხელი უდაბნოს პირობებში ცხოვრებაში ეხმარება.



სითბოს შესანახად კანისკენ სისხლის მიდინების რეგულაციას ზოგიერთი ექტოთერმული ცხოველიც ახერხებს. მაგალითად, იგუანები ამცირებენ კანისკენ სისხლის მიდინებას, როდესაც ისინი ცივ წყალში საცურაოდ შედიან, რათა მოახერხონ ხმელეთზე ყოფნის დროს დაგროვებული სითბოს შენარჩუნება.

კანთან მდებარე ჰაერის ფენის „დასაჭერად“ და გარემოში სითბოს გადაცემის შესამცირებლად ფრინველებს აქვთ ბუმბულები, ძუძუმწოვართა უმეტესობას კი -ბეწვი. ზღვის ძუძუმწოვრები, მაგალითად, ვეშაპები, იყენებენ ქონის სქელ ფენას, როგორც იზოლაციის ფორმას.ცივი ამინდის დროს ფრინველები შლიან თავიანთ ბუმბულებს, ცხოველები კი ყალყზე იყენებენ ბეწვს, რათა მაიზოლირებელი შრე გასქელდეს.

ხმელეთის ცხოველები ხშირად კარგავენ წყალს კანიდან, პირიდან და ცხვირიდან მისი ჰაერში აორთქლების გზით. აორთქლება გაგრილების მექანიზმის როლს ასრულებს და ამ დროს სითბო იკარგება.მაგალითად, მრავალ ძუძუმწოვარს შეუძლია ისეთი მექანიზმების გააქტიურება, როგორებიცაა ოფლიანობა და ქოშინი, რათა სხეულის მაღალი ტემპერატურის საპასუხოდ გაიზარდოს აორთქლების გზით გაგრილება.