

ფიზიკა
ბიოლოგია
გეოგრაფია
ქიმია



მეცნიერება და
ტექნოლოგიები

ჩვენი სამყარო



სახელმძღვანელო მომზადებულია გაეროს განვითარების პროგრამისა (UNDP) და შვეიცარიის განვითარებისა და თანამშრომლობის სააგენტოს (SDC) მხარდაჭერით.

საქართველოს განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნულ ცენტრის და გაეროს განვითარების პროგრამის საგრანტო პროექტის „საქართველოში სოფლის მეურნეობასთან დაკავშირებული სისტემების გაფართოება და პროფესიული განათლების მოდერნიზაცია, ფაზა - II“ ფარგლებში.

წინამდებარე გამოცემაში გამოთქმული მოსაზრებები ავტორისეულია და შეიძლება არ ასახავდეს გაეროს განვითარების პროგრამის, შვეიცარიის განვითარებისა და თანამშრომლობის სააგენტოს და სსიპ განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნული ცენტრის თვალსაზრისს.

სახელმძღვანელო წარმოადგენს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს საკუთრებას და განკუთვნილია პროფესიული განათლების სტუდენტებისთვის, რომლებიც პროფესიული საგანმანათლებლო პროგრამის ფარგლებში გაივლიან საშუალო განათლების კომპონენტსაც.

სახელმძღვანელოზე მუშაობდა ავტორთა ჯგუფი:

- ზურაბ ბერია;
- ნანა ზაალიშვილი;
- მაია ბლიაძე;
- ნათია არაბული

მადლობას ვუხდით ქალბატონებს დინა ქიმერიძეს, ნათელა ჩაჩავას და ბატონებს მალხაზ შატერაშვილს, გიორგი ლომიძეს, ოლეგ გაბრიაძეს და ლევან აბაშიძეს სახელმძღვანელოს ფიზიკის ნაწილის შექმნაში შეტანილი წვლილისთვის.

რედაქტორი: **ლია თოფურია**

გრაფიკული დიზაინერები: **ვერა პაპასკირი, ირინა ქიტუაშვილი**

საავტორო უფლებები დაცულია



საქართველო, თბილისი, 2021

სარჩევი

1. შესავალი 5

1. ფიზიკა. თემა

1. კოსმოლოგიის თანამედროვე მიდრეკილებები და გამოწვევები	9
2.1. ელემენტარული ნაწილაკები	15
2.2. ელემენტარული ნაწილაკების კლასიფიკაცია	20
2.3. სტანდარტული მოდელი	21
3.1. გრავიტაციული ურთიერთქმედება	24
3.2. გრავიტაციული ველი და მისი მახასიათებლები	26
4. სამყაროს ობიექტები	29
5. ელექტრული ურთიერთქმედება	36
6.1. კულონის კანონი	39
6. 2. ელექტრული ველის დაძაბულობა	40
7.1. ელექტრული დენი	43
7.2. ელექტრული დენის ძალა	44
8.1. მაგნიტური ველი	45
8.2. მაგნიტური ველის ინდუქცია	46
9.1. ძლიერი ურთიერთქმედება	48
9.2. ატომბირთვის აღნაგობა. ბირთვული ძალები და ბმის ენერგია	50
10. სუსტი ურთიერთქმედება	52
11. სინათლე	54
12.1. აბსოლუტური ტემპერატურა	57
12.2. აბსოლუტური ნული	59
13. ბუნებაში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნები	62

1. ბიოლოგია. თემა

1. ცოცხალი ორგანიზმების თვისებები	71
2. არაორგანული ნივთიერებები. წყალი და მინერალური მარილები	75
3. ორგანული ნივთიერებები ცილები. ცილების სტრუქტურა. ცილების ფუნქციები	79
4. ორგანული ნივთიერებები. ნახშირწყლები, ნახშირწყლების ფუნქციები	84
5. ორგანული ნივთიერებები – ლიპიდები. ლიპიდების ფუნქციები	87
6. ორგანული ნივთიერებები. დნმ. დნმ-ის ქიმიური შედგენილობა	90
7. უჯრედული თეორია	92



8. პლაზმური მემბრანა – აგებულება და ფუნქციები	98
9. უჯრედის ორგანოიდები	102
10. პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლა. უჯრედული სუნთქვა	106
11. პლასტიკური ცვლა მცენარეებში. ფოტოსინთეზი	110
12. მცენარის სუნთქვა და კვება. ფოთლის აგებულება	113
13. მცენარე და მინერალები. სასუქები	115
14. მცენარის სატრანსპორტო სისტემა, ფესვური წნევა, ტრანსპირაცია	118
15. მცენარეული ჰორმონები აუქსინები, გიბერელინები, ეთილენი, აბსციზინი	123

1. გეობრაფია. თემა

1.1. სითბოსა და სინათლის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე	131
1.2. მსოფლიო ოკეანე	140
1.3. ბუნებრივი ლანდშაფტი	151
1.4. ამაზონის ჰილდა	157
1.5. მანგროს ტყეები	171
1.6. ბორეალური ტყეები (ტაიგა)	178
1.7. მთის ტყეები	187
1.8. სავანა და საჰელი	196
1.9. პრერიები	207
1.10. შირაქის ველი	216
1.11. არქტიკის ყინულოვანი უდაბნო	222
1.12. გობის უდაბნო	233
1.13. უდაბნო საჰარა	242

1. ქიმია. თემა

1.1. ატომის მოდელები	259
1.2. პერიოდული სისტემა, მეტალებისა და არამეტალების ზოგადი დახასიათება	273
1.3. ქიმიური ბმა	313

მეცნიერება და ტექნოლოგიები



თემა I ჩვენი სამყარო

რა არის მეცნიერება?

მეცნიერება არის ადამიანის საქმიანობის სფერო, რომლის მიზანი გარემომცველი სამყაროს შესახებ ობიექტური ცოდნის მიღება, დამუშავება, მოწესრიგება და დაგროვებაა. მეცნიერული ცოდნის დაგროვება ხდება სამეცნიერო მეთოდის საშუალებით ბუნების, საზოგადოების ან სხვა ობიექტის შესწავლის შედეგად. ამავე დროს, მეცნიერება საზოგადოებრივი ცნობიერების ერთ-ერთ ფორმას წარმოადგენს, რადგან იგი ცდილობს შექმნას სამყაროს მეცნიერული სურათი.

არსებობს მეცნიერების სხვადასხვა დარგი, როგორებიცაა ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია, გეოგრაფია, ისტორია და ა.შ. ისინი განსხვავებულ საგნებს, სხეულებსა თუ მოვლენებს შეისწავლიან, თუმცა, ამავედროულად, ბევრი საერთოც აქვთ. მეცნიერებათა კლასიფიკაციას უამრავი გამოკვლევა და ნაშრომი მიეძღვნა, თუმცა სინამდვილეში ამ მხრივ რაიმე ერთი თვალთახედვა არ არსებობს. ესა თუ ის მეცნიერება შესაძლებელია განხილულ იქნას, როგორც ცოდნის განცალკევებული სფერო ან როგორც სხვა მეცნიერების დარგი, შტო. უკანასკნელ ათწლეულებში მრავალი ახალი სამეცნიერო დარგი ჩამოყალიბდა, როგორებიცაა, მაგალითად: მათემატიკური ლინგვისტიკა, სოფლის მეურნეობის გეოგრაფია, ბიოქიმია, გეოფიზიკა და ა.შ., რომელთა ადგილის განსაზღვრა მეცნიერებათა სისტემაში არ არის ადვილი საქმე.

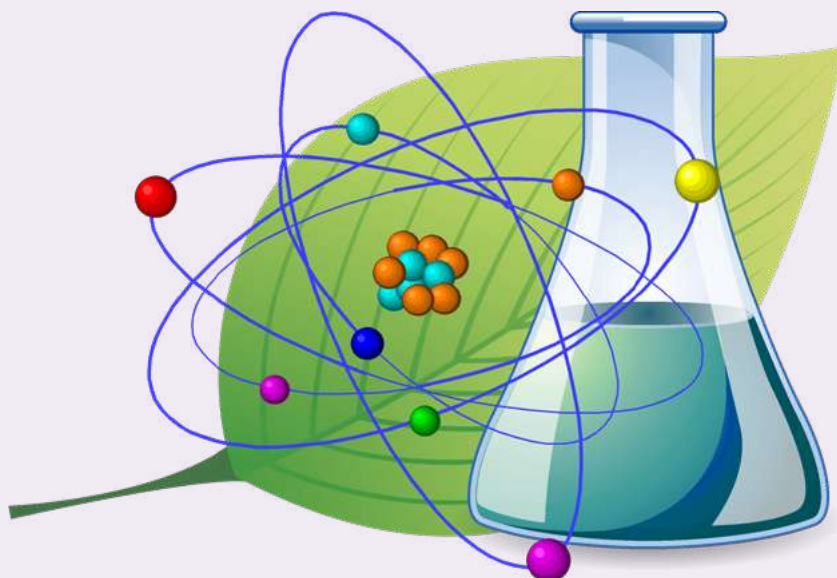
უფრო ხშირად მეცნიერებათა სისტემას შემდეგ ჯგუფებად იყოფა:

- ფორმალური მეცნიერებები;
- საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები;
- საზოგადოებრივი მეცნიერებები;
- კულტურული მეცნიერებები;
- გამოყენებითი მეცნიერებები;
- მეცნიერებათაშორისი დარგები.

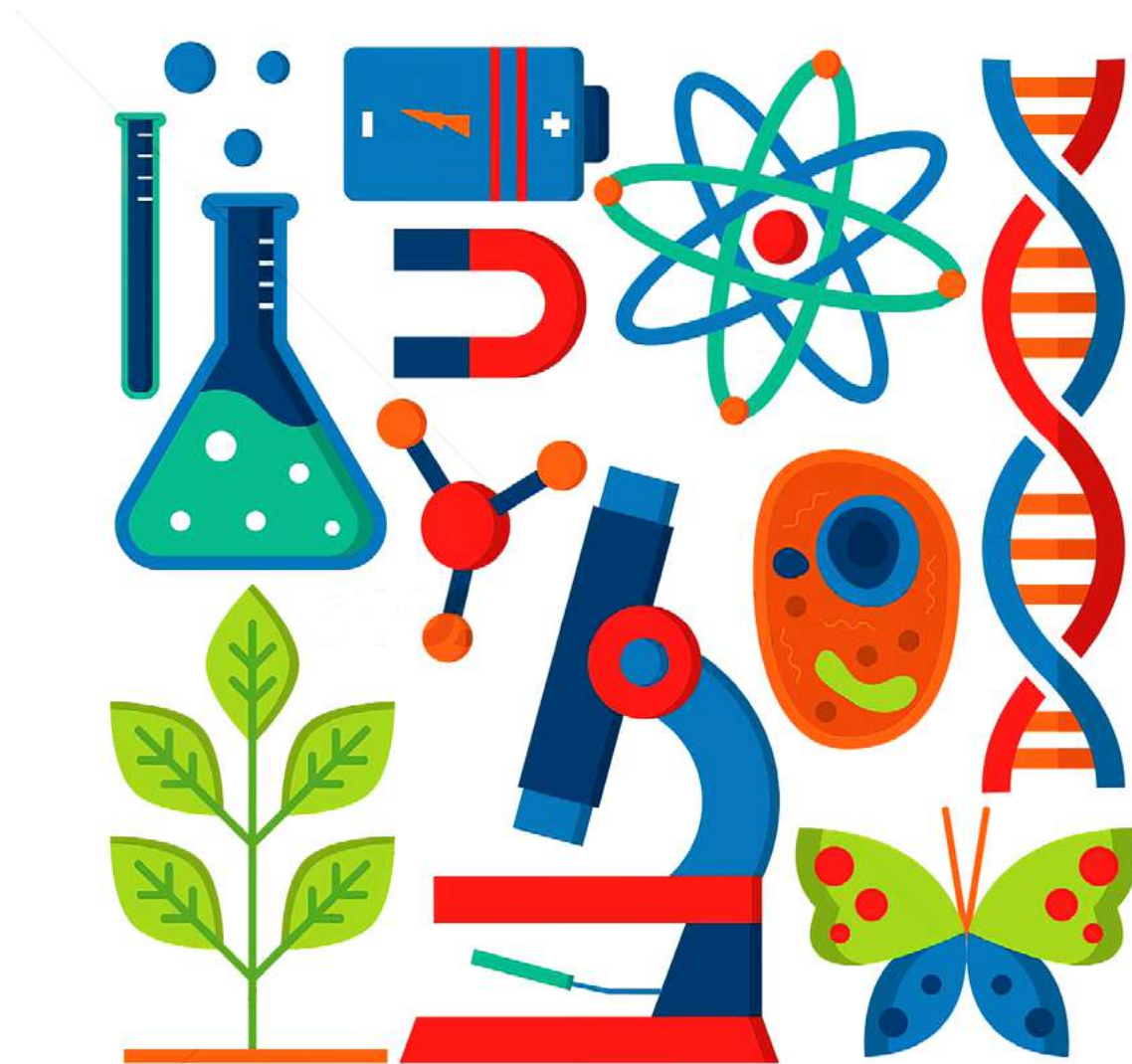
ჩვენი სამიზნე ჯგუფია საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები. ამ ჯგუფში შედის ის მეცნიერებები, რომლებსაც შევისწავლით ერთმანეთთან ურთიერთკავშირში მომდევნო წლების განმავლობაში. ესენია: ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია და ფიზიკური გეოგრაფია. მოდით, შევეცადოთ მოვძებნოთ ის საერთო, რაც ამ მეცნიერებებს აერთიანებს.

რას შეისწავლის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები?

ფიზიკა შეისწავლის ობიექტებს, დაწყებული ელემენტარული ანუ ყველაზე მცირე ზომის ნაწილაკებით, დამთავრებული ყველაზე დიდი, ციური სხეულებით, გალაქტიკებითა და მთლიანად ჩვენი სამყაროთი. ის შეისწავლის მოვლენებს, რომლებშიც ეს ნაწილაკები და სხეულები მონაწილეობენ. მსგავსად ამისა, ქიმია შეისწავლის ქიმიურ ელემენტებს, ნივთიერებებს და მათ შორის მიმდინარე ქიმიურ პროცესებს (*იხ. ქიმია*). ბიოლოგია შეისწავლის ცოცხალ ორგანიზმებსა და ისეთ მოვლენებს, რომლებშიც ეს ცოცხალი ორგანიზმები მონაწილეობენ (*იხ. ბიოლოგია*), ხოლო ფიზიკური გეოგრაფიის შესწავლის საგანია ჩვენს პლანეტაზე არსებული გეოგრაფიული ობიექტები – ტყეები, უდაბნოები, ზღვები, ტბები და ა.შ. ასევე მათთან დაკავშირებული მოვლენები და პროცესები (*იხ. გეოგრაფია*).



სურათი 1.



სურათი 2. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები.

ამგვარად, ამ მეცნიერებებს აქვთ მსგავსი კლასიფიკაცია შესასწავლი საგნებისა. ისინი შეისწავლიან ბუნების, როგორც ჩვენი გარემომცველი სამყაროს, სხვადასხვა ობიექტს, ცოცხალსა და არაცოცხალს, და მათთან დაკავშირებულ მოვლენებსა თუ პროცესებს. ამიტომაც ჰქვია მათ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები, ხოლო სიტყვა „ფიზიკა“ ბუნებისგან წარმოდგება, უფრო ზუსტად, ბერძნული სიტყვიდან „ფიზის“, რაც ბუნებას ნიშნავს. ამ ობიექტებისა და მოვლენების სპეციფიკიდან გამომდინარე, განსხვავებულია მათი შესწავლის მეთოდოლოგია. ჩვენ შევეცდებით დაგანახოთ, ერთი და იგივე ბუნებრივი თუ ხელო-

ვნური მოვლენების შესწავლისას როგორ ინაწილებს როლებს სხვადასხვა სამეცნიერო დისციპლინა და დარგი, როგორი ურთიერთკავშირებია მათ შორის და როგორ ეხმარებიან ისინი ერთმანეთს სხვადასხვა პრობლემისა და ამოცანის გადაწყვეტაში. გამომდინარე იქიდან, რომ ჩვენი გარემომცველი სამყარო, მისი შემეცნების ადრეულ პერიოდში, ბუნებასთან უშუალო კონტაქტით შემოიფარგლებოდა, მის შემსწავლელ მეცნიერებებს სახელიც აქედან დაერქვა – საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები.

დავიწყოთ ფიზიკით.

ფიზიკა I თემა

ძირითადი საკითხი:

ჩვენი სამყარო

1. კოსმოლოგიის თანამედროვე მიდევნებები და გამოწვევები

2.1. ელემენტარული ნაწილაკები

2.2. ელემენტარული ნაწილაკების კლასიფიკაცია

2.3. სტანდარტული მოდელი

3.1. გრავიტაციული ურთიერთქმედება

3.2. გრავიტაციული ველი და მისი მახასიათებლები

4. სამყაროს ობიექტები

5. ელექტრული ურთიერთქმედება

6.1. კულონის კანონი

6. 2. ელექტრული ველის დაძაბულობა

7.1. ელექტრული დენი

7.2. ელექტრული დენის ძალა

8.1. მაგნიტური ველი

8.2. მაგნიტური ველის ინდუქცია

9.1. ძლიერი ურთიერთქმედება

9.2. ატომბირთვის აღნაგობა. ბირთვული ძალები და ბმის ენერგია

10. სუსტი ურთიერთქმედება

11. სინათლე

12.1. აბსოლუტური ტემპერატურა

12.2. აბსოლუტური ნული

13. ბუნებაში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნები

1. კოსმოლოგიის თანამედროვე მიღწევები და გამოწვევები

მე-20 საუკუნის ბოლოსთვის, მეცნიერთა ჯგუფმა გამოაქვეყნა სტატია სპეციალიზებულ „ასტროფიზიკურ ჟურნალში“ („Astrophysical Journal“), რომელიც არა მხოლოდ აღიარებულ იქნა, როგორც წლის ყველაზე მნიშვნელოვანი სამეცნიერო გამოცემა, არამედ აიძულა ამ საქმის სპეციალისტები, რადიკალურად გადაეხედათ იმ დროს არსებული შეხედულებებისთვის კოსმოსის შესახებ. სინამდვილეში, სწორედ ამის შემდეგ აღიარეს კოსმოლოგია მეცნიერებად სამყაროს სწავლების შესახებ. მანამდე ასტრონომები და ასტროფიზიკოსები, რომლებიც შეისწავლიდნენ რაიმე უფრო კონკრეტულ ობიექტებს, ვიდრე მთლიანად სამყაროა, ცოტა არ იყოს, აგდებულადაც კი მოიხსენიებდნენ კოსმოლოგიას, როგორც ფილოსოფიის ან თუნდაც ღვთისმეტყველების ნაწილს, ვინაიდან, იმ კანონზომიერებებსა და ეფექტებზე დაკვირვება, რომლებსაც კოსმოლოგები განმარტავდნენ, შეუძლებელი იყო. თუმცა, პუბლიცაციამ, რომელიც 1998 წლის შემოდგომაზე გამოჩნდა, რადიკალურად შეცვალა სიტუაცია. სტატიის ავტორებმა პირველად აღნიშნეს, რომ სამყარო არა მხოლოდ ფართოვდება – ეს ფაქტი ამერიკელმა ასტრონომმა ედვინ ჰაბლმა ჯერ კიდევ 1929 წელს აღმოაჩინა – არამედ ის უფრო და უფრო სწრაფად ფართოვდება. ამ აღმოჩენამ ძლიერი

ბიძგი მისცა კოსმოლოგიის განვითარებას, ასე რომ, დღეს დარგი უკვე **კოსმოსური ფიზიკის** ერთ-ერთ ყველაზე სწრაფად განვითარებად სფეროდ ითვლება. შესაბამისად, სულ უფრო იზრდება ცოდნა სამყაროს შესახებ, მათ შორის, ყველაზე ფუნდამენტური კუთხითაც. მათიას ბარტელმანი, ჰაიდელბერგის უნივერსიტეტის ასტროფიზიკის პროფესორი განმარტავს:

დღეს თქვენ დანამდვილებით შეგიძლიათ თქვათ, რომ სამყარო დაახლოებით 13 მილიარდ 700 მილიონი წლისაა, თუმცა სულ ცოტა ხნის წინ ასეთ განცხადებას ხუმრობად ჩათვლიდნენ.

ეს გასაგებიც გახლდათ. ვარსკვლავებისა და გალაქტიკების ასაკის გაზომვის მეთოდები არასაიმედო იყო; მრავალი დაკვირვების შედეგები განსხვავებული, ზოგჯერ საპირისპირო დასკვნების შესაძლებლობასაც კი იძლეოდა. გარდა ამისა, რაც ძალზედ მნიშვნელოვანია, გამოკვლევებმა და გაზომვებმა გამოავლინა, ასე ვთქვათ, მასის დიდი დანაკლისი სამყაროში. ასტროფიზიკის პროფესორი გუსტავ ანდრეას ტამანი, რომელიც ბაზელის უნივერსიტეტის ასტრონომიულ ინსტიტუტს მეოთხედ საუკუნეზე მეტი ხელმძღვანელობდა, ამბობს:



სურათი 3.

კოსმოსი.

სამყაროში მატერია სხვადასხვა გზით შეიძლება აღმოვაჩინოთ. უპირველეს ყოვლისა, ეს, რა თქმა უნდა, ის მანათობელი სხეულებია, რომლებიც უბრალოდ ჩანს ცაზე. თუმცა შეიძლება დასვათ ასეთი კითხვა: რა რაოდენობის მატერია ანუ ნივთიერება იქნება საჭირო იმისათვის, რომ გამოიწვიოს ის პროცესები, რომლებიც ნამდვილად მიმდინარეობს ჩვენს სამყაროში: ვარსკვლავები ბრუნავენ მათი გალაქტიკების ცენტრების გარშემო; გალაქტიკების გროვები მოძრაობენ და ურთიერთქმედებენ სხვა გროვებთან; ამის გათვალისწინებით შეგვიძლია გამოვთვალოთ იმ მატერიის მასა, რომელიც განაპირობებს ყველა ამ მოძრაობას, თუნდაც ის არ იყოს ხილული. აღმოჩნდა, რომ, უბრალოდ, გასაოცარი შეუსაბამობაა იმ მატერიის რაოდენობასა, რასაც ჩვენ პირდაპირ ვაკვირდებით **კოსმოსში** და იმას შორის, რასაც ჩვენ გამოვითვლით გრავიტაციის კანონიდან გამომდინარე.

აღმოჩნდა, რომ „ჩვეულებრივი“ მატერიის წილი, რომლისგანაც შედგება ყველა კოსმოსური სხეული, ასევე დედამიწა, ჩვენ გარშემო არსებული საგნები და ჩვენ თავადაც, შევადგენთ სამყაროს მთლიანი მასის არაუმეტეს 5 პროცენტისა. სამყაროს მასის კიდევ დაახლოებით 23 პროცენტი შეადგენს ჩვენთვის უცნობი ბუნების მატერიას. მას უწოდეს „ბნელი მატერია“, რადგან ის სრულიად უხილავია და ვლინდება მხოლოდ „გრავიტაციული ეფექტებით“. სავარაუდოდ, ეს ბნელი მატერია მეცნიერებისთვის უცნობი ელემენტარული ნაწილაკებისგან შედგება. თუმცა, საერთო ჯამში, ხილული და ბნელი მატერია მაინც სამყაროს მასის 30 პროცენტზე ნაკლები გამოდის. სწორედ ზემოთ ნახსენებმა სტატიამ გახადა შესაძლებელი, გამოთქმულიყო გარკვეული ვარაუდები იმის შესახებ, თუ რას წარმოადგენს დარჩენილი 70%. მისი ავტორები აკვირდებოდნენ ზეახალი ვარსკვლავების აფეთქებებს. ზეახალი – ეს ისეთი ვარსკვლავებია, რომლებიც თავიანთს განვითარებას ასრულებენ უზარმაზარი აფეთქებით. თავდაპირველი ვარსკვლავის მასისა და აგებულების მიხედვით, ზეახალი ვარსკვლავები იყოფა 2 სახეობად, ამასთან, პირველი სახეობა, თავის მხრივ, კიდევ სამ სახეობად იყოფა – ესენია: a, b

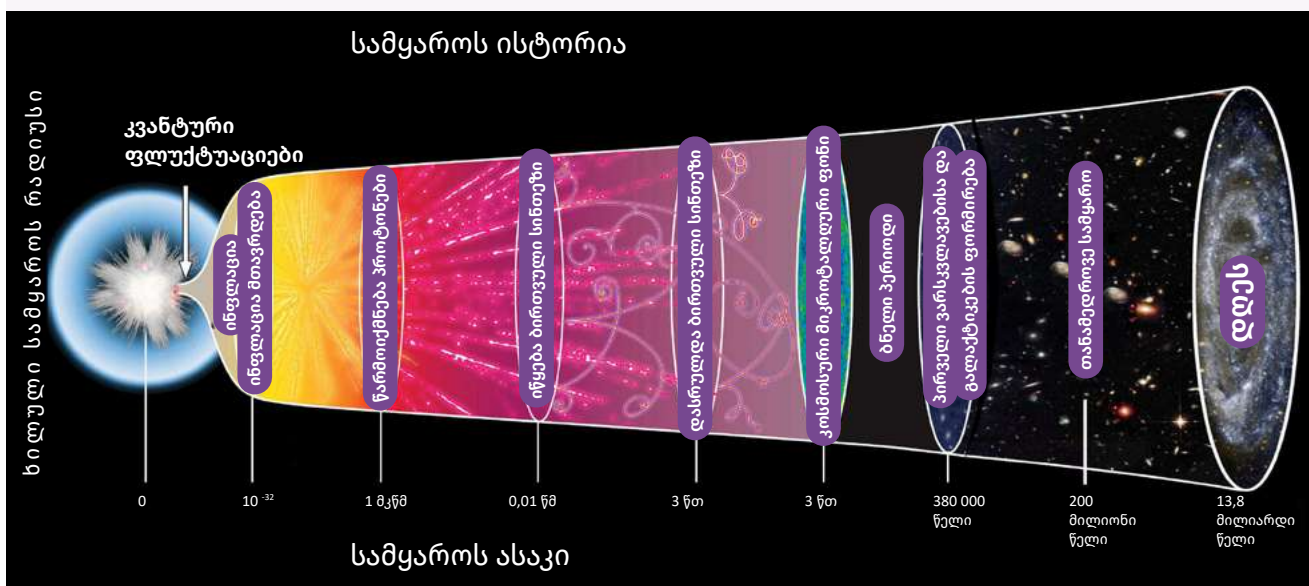
და c. სტატიის ავტორებმა შეისწავლეს 1a ტიპის ზეახალი ვარსკვლავები, რომელთა წინამორბედები ორმაგი ვარსკვლავური სისტემები იყო. უნდა აღინიშნოს, რომ სხვა გალაქტიკებამდე მანძილის დასადგენად ასტრონომიაში, ზომავენ მათ ე.წ. „წითელ წანაცვლებას“, ანუ ყველა ქიმიური ელემენტის გამოსხივების (სპექტრალური) ხაზების გადაადგილებას წითელი ანუ გრძელტალღოვანი მხარისკენ. ჰაბლის კანონის თანახმად, ეს წანაცვლება მით უფრო დიდია, რაც უფრო შორს არის ჩვენგან დასაკვირვებელი ობიექტი. მანძილსა და წითელი წანაცვლების სიდიდის შეფარდებას **ჰაბლის მუდმივა** ეწოდება. ნათელია, რომ ამ მუდმივას დასადგენად, საჭირო იყო რომელიმე ისეთი ობიექტის „წითელი წანაცვლების“ სიდიდის გაზომვა, რომელ ობიექტამდე მანძილიც რაიმე გზით შეიძლებოდა გამოგვეთვალა. ამისათვის ასტრონომიაში გამოიყენება ობიექტები სახელწოდებით „სტანდარტული სანთლები“, რადგან მათი ნათება მაღალი სიზუსტით არის უკვე ცნობილი. სწორედ სანიმუშო „სტანდარტულ სანთლებს“ წარმოადგენენ უკვე ნახსენები 1a სახეობის ზეახალი ვარსკვლავები, რადგან ისინი ძალზედ კაშკაშა არიან და მაშინ ფეთქებიან, როდესაც „თეთრი ჯუჯის“ შემცველი ორმაგის“ სახელით ცნობილი საწყისი ვარსკვლავთა სისტემის მასა მიაღწევს მკაცრად განსაზღვრულ მნიშვნელობას. ამიტომაც გახდა ზეახალი ვარსკვლავები ასეთი ყურადღების ღირსი. „თუმცა მათზე დაკვირვება არც ისეთი ადვილი აღმოჩნდა, რადგან ბევრი ზეახალი ვარსკვლავი იმდენად დამორბეული იყო ჩვენგან, რომ მათი სინათლე დედამიწამდე თითქმის არ აღწევდა“, – იხსენებდა შემდგომში კვლევის ერთ-ერთი მონაწილე, ევროპული ერთ-ერთი სამხრეთევროპული ობსერვატორიის თანამშრომელი ბრუნო ლეიბუნგუტი. იგი ამბობდა:

მაშინ მე ვიკვლევდი ერთი ასეთი ზეახალი ვარსკვლავის გამოსხივებას და გამოვთვალე, რომ ერთ შემთხვევაში, ჩვენ ვარეგისტრირებდით მხოლოდ 5 ფოტონს საათში. ასეთი გამოსხივების დაკვირვება და ანალიზი წარმოუდგენლად რთულია. მთელი 2 თვე დავხარჯე მხოლოდ ამ ერთი გამოსხივების გამოკვლევაზე.



სურათი 4. ზეახალი ვარსკვლავის აფეთქება.

ამ ძალზედ შრომატევადმა დაკვირვებებმა ბრუნო ლეიბუნდგუტსა და მის კოლეგებს საშუალება მისცა, სამყაროს გაფართოების სიჩქარე გამოეთვალათ. დიდი აფეთქების დღეისათვის საყოველთაოდ აღიარებული თეორიის თანახმად, რომელიც ჰაბლის აღმოჩენას ეფუძნებოდა და ამჟამად ცნობილია „სტანდარტული მოდელის“ სახელით, სამყარო წარმოიშვა წარმოუდგენლად მკვრივი და ცხელი მატერიის სპონტანური აფეთქების შედეგად, რომელიც კონცენტრირებული იყო ქინძისთავზე მცირე ზომის მოცულობაში. ამ ე.წ. წერტილმა აფეთქებისას წარმოუდგენელი რაოდენობის ენერგია გამოტყორცნა.



სურათი 5.

ყველა გალაქტიკა, ვარსკვლავი და პლანეტა ამ დიდი აფეთქების ნამსხვრევებისგან ჩამოყალიბდა. აფეთქების მომენტი ჩაითვალა დროის ათვლის დასაწყისად, რადგან მანამდე სივრცისა და დროის შესახებ კლასიკურ შეხედულებებს ვერ გამოვიყენებთ. მას შემდეგ სამყარო ფართოვდება და მისი საშუალო სიმკვრივე, შესაბამისად, მცირდება. მაგრამ თუ სამყაროს დასაბამის ახსნისთვის გვაქვს დიდი აფეთქების საყოველთაოდ მიღებული თეორია, მაშინ მისი დასასრუ-

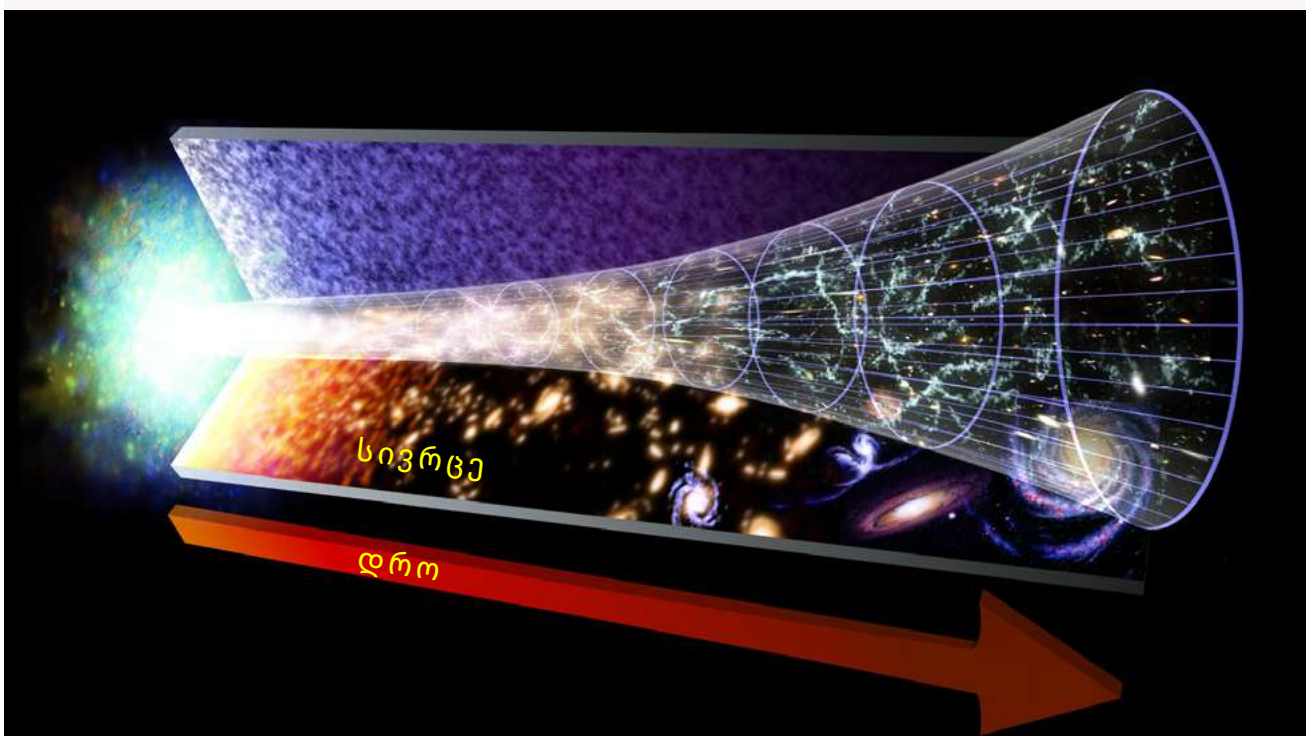
ლისთვის რაიმე უპირატესი შეხედულება იმ დროისათვის არ არსებობდა. ორ მთავარ თეორიას – „დახურულ“ და „ღია“ სამყაროს – დაახლოებით თანაბარი რაოდენობის მხარდამჭერი ჰყავდა. „დახურული“ სამყაროს თეორია ემყარებოდა ჰიპოთეზას, რომ სამყაროს გაფართოება ოდესმე შეჩერდება და დაიწყება შეკუმშვა, რომელიც დასრულდება კოლაფსით – დიდი აფეთქებით, რის შედეგადაც ყველა მატერია – გალაქტიკები, ვარსკვლავები, პლანეტები და ატომები – დაიშლება

და დაუბრუნდება პირვანდელ მდგომარეობას, როგორიც იყო დიდ აფეთქებამდე. ზოგიერთი მეცნიერი ვარაუდობდა, რომ ამის შემდეგ კვლავ დიდი აფეთქება მოხდებოდა და განმეორდებოდა „გაფართოება-შეკუმშვის“ მთელი ციკლი – როგორც ეს, შესაძლებელია, უკვე ბევრჯერ მოხდა წარსულში და უსასრულოდ ბევრჯერ განმეორდება მომავალში. „ღია“ სამყაროს თეორია კი ემყარებოდა ვარაუდს, რომ სამყარო უსასრულოდ გააგრძელებს გაფართოებას, გახდება უფრო და უფრო ცივი, ცარიელი და მკვდარი. ასეა თუ ისე, ყველაზე ლოგიკური ვარაუდი იყო ის, რომ დიდი აფეთქებისთანავე სამყარო თავიდან ძალიან სწრაფად ფართოვდებოდა, შემდეგ კი ამ პროცესმა დაიწყო შენელება. სწორედ ამ ჰიპოთეზის დადასტურებას გეგმავდნენ თავიანთი დაკვირვებებითა და გამოთვლებით იმ ცნობილი სტატიის ავტორები, იხსენებს ბრუნო ლეიბუნდგუთი:

ჩვენ ვატარებდით გაზომვებს ერთი წლის განმავლობაში, შემდეგ კიდევ ერთი წლის, და როდესაც მონაცემების პირველი ნაწილი მზად იყო, მისი დაშუშავება ჩვენმა ამერიკელმა კოლეგამ ადამ რიესმა დაიწყო. და აი, ის გვუბნება, რომ შენელე-

ბის ნაცვლად ღებულობს აჩქარებას. მან ეს შედეგი პროექტის ყველა მონაწილეს გაუგზავნა ელექტრონული ფოსტით და ჩვენ, ყველამ, ერთხმად ვთქვით, რომ ეს შეუძლებელია. ორი თვის განმავლობაში წარუმატებლად ვცდილობდით, გვეპოვა მეცდომა გამოთვლებში და შემდეგ გადაწყვიტეთ: მოდი, გამოვაქვეყნოთ ჩვენი ნაშრომი ამ სახით და სხვებმა მოძებნონ მეცდომა.

მათ გამოაქვეყნეს ნაშრომი, თავიანთი აღმოჩენის შესახებ, სადაც ეწერა, რომ ძალიან შორეული ზეახალი ვარსკვლავების სიკაშკაშე, ნაკლებად შორეულ ზეახალ ვარსკვლავებთან შედარებით, მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე თეორიულად იყო ნავარაუდები. ამის ასახსნელად მათ სხვადასხვა ვარიანტებიდან ყველაზე მარტივი აირჩიეს. კერძოდ, მათი ვარაუდით, შორეული ზეახალი ვარსკვლავები სინამდვილეში ჩვენგან იმაზე უფრო დიდი მანძილით არიან დაშორებული, ვიდრე თეორიული მოდელიდან გამომდინარეობდა. ამასთან, მათ აღნიშნეს, რომ უნდა არსებობდეს რაღაც ძალა, რომელიც ამ კოსმოსურ ობიექტებს ჩვენგან ამოორებს.



სურათი 6. სამყაროს გაფართოება.

ეს მონაცემები მალევე დადასტურდა ასტროფიზიკოსთა სხვა ჯგუფის მიერ. სამუშაოები თითქოს ჩიხში შევიდა. იმის გამო, რომ სამყაროს მატერიას აქვს რაღაც მასა და, შესაბამისად, მიზიდულობა, მან უნდა შეანელოს გაფართოების პროცესი, ამის ნაცვლად კი მონაცემები აჩვენებდნენ, რომ გაფართოების სიჩქარე, პირიქით, იზრდება. აქ უნდა ვახსენოთ სიდიდე, რომლის როლი ამ პროცესების განხილვისას მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა. ეს გახლავთ **კოსმოლოგიური მუდმივა**.

კოსმოლოგიური მუდმივა – უგანზომილებო სიდიდე, რომელსაც ჩვეულებრივ აღნიშნავენ ბერძნული ასოთი λ (ლამბდა) – ალბერტ აინშტაინმა შემოიღო 1917 წელს ზოგადი ფარდობითობის თეორიის განტოლებებში, რათა მიეღო სტატიკური, ანუ დროისგან დამოუკიდებელი ამოხსნები. ამ მუდმივის დადებითი ნიშანი ნიშნავს სამყაროში განზიდვის ანუ **ანტიგრავიტაციის** ძალების არსებობას, ხოლო უარყოფითი კი მიზიდვის ანუ **გრავიტაციის** ძალების არსებობას. როცა ედვინ ჰაბლმა აღმოაჩინა, რომ გალაქტიკები შორდებიან და რომ სამყარო არ არის სტაციონარული, როგორც ადრე ითვლებოდა, არამედ ფართოვდება, აინშტაინმა უარყო საკუთარი ვარაუდი და თავისი განტოლებებიდან ლამბდა-წევრი წაშალა. უფრო მეტიც, დიდმა ფიზიკოსმა მოგვიანებით თქვა, რომ ზოგადი ფარდობითობის განტოლებებში კოსმოლოგიური მუდმივის შემოღება იგი თავის უდიდეს შეცდომად მიიჩნევდა. თუმცა, ახლა, ზეახალი ვარსკვლავების სიკაშკაშის შესახებ მონაცემების გამოქვეყნების შემდეგ, აღარ შეიძლებოდა, λ ნულის ტოლად მიჩნეულიყო. და მეცნიერებს მოუწიათ უამრავ ახალ კითხვაზე პასუხის გაცემა: რა არის ამ მუდმივას ფიზიკური აზრი? რისი ტოლია მისი რიცხვითი მნიშვნელობა? ნამდვილად არ შეცვლილა იგი სამყაროს წარმოშობისა და განვითარების განმავლობაში? ამ კითხვებზე დამაჯერებელი პასუხები დღემდე არ არსებობს. სამაგიეროდ ასტროფიზიკოსებმა დაიწყეს საუბარი „ბნელი ენერგიის“ შესახებ, რომელიც ერთგვაროვნად ავსებს მთელ სამყაროს და მოქმედებს კოსმოლოგიური მასშტაბებით. ეს იდუმალი „ბნელი“ ენერგია შეადგენს სამყაროს მასის სწორედ იმ გაუჩინარებულ 70%-ს, რომელიც

ზემოთ ვახსენეთ. ძალიან გამარტივებული ფორმით, კოსმოლოგიური მუდმივა შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც მატერია, რომელსაც აქვს ჩვენთვის ძალზედ უცნაური და უჩვეულო თვისება – არა მიზიდვა, არამედ განზიდვა. ჩვენთვის უკვე ნაცნობი მათიას ბარტელმანის განმარტებით:

ბნელი ენერგია კოსმოლოგიაში თავს ავლენს მხოლოდ ირიბად. მისი ყველაზე მნიშვნელოვანი თვისება არის ის, რომ იგი საერთოდ არ კონდენსირდება, არ ქმნის რაიმე სტრუქტურებს. ამის გამო, ჩვენ დაკვირვების იმ საშუალებების გამოყენებად არ შეგვიძლია, რაც ბნელი მატერიის კვლევისთვის გამოდგებოდა. არც დინამიკური მახასიათებლების გაზომვა, არც გრავიტაციული „ლინზის ეფექტის“ შესწავლა და არც სხვა რაიმე მსგავსი დაკვირვების მეთოდი ბნელი ენერგიის შესასწავლად არ გამოდგება. ერთადერთი, რასაც ვხედავთ, ეს არის ბნელი ენერგიის ირიბი გავლენა ჩვენი სამყაროს გაფართოების პროცესზე.

სინამდვილეში, თუხისი, რომ ბნელი ენერგია სამყაროს მთლიანი მასის 70 პროცენტს შეადგენს, სხვა არაფერია, თუ არა ჰიპოთეზა. ვინაიდან ამ სიდიდის პირდაპირი გაზომვის არანაირი საშუალება არ არსებობს. თუმცა მაინც არსებობს საფუძველი ასეთი განცხადებისთვის, როგორც ამის შესახებ მათიას ბარტელმანი ამბობს:

ეს თუხისი, რომ დაფუძნებოდა მხოლოდ 1a სახეობის ზეახალ ვარსკვლავზე დაკვირვებისას მიღებულ მონაცემებს, მაშინ ასტროფიზიკოსები და კოსმოლოგები გაცილებით სკეპტიკურად განწყობოდნენ. თუმცა, ჩვენ ასევე გვაქვს სხვა მონაცემები, უპირველეს ყოვლისა, კოსმოსური ფონური გამოსხივების ან როგორც მას ასევე უწოდებენ, რელიქტური მიკროტალღური გამოსხივების გაზომვის შედეგები. ეს არის დიდი აფეთქების ერთგვარი გამოძახილი, რომელმაც ჩვენამდე მილიარდობით წლის შემდეგ მოადგინა, გახურებული აირის ოპტიკური ნათების ჩვენს დღეებამდე მოღწეული ნაშთი, რომლითაც მთლიანად იყო სავსე ჩვენი სამყარო მისი არსებობის საწყის სტადიაზე. ამ გაზომვებით ცნობილია, რომ სამყაროს ყველა ენერგიის წყაროს სიმკვრივეთა ჯამს აქვს სავსებით განსაზღვრული მნიშვნელობა. ასევე, ჩვენ

ვიცი, რომ ყველა მატერიის წვლილი ამ სიდიდეში – როგორც „ხილულის“, ასევე „ბნელის“ – 30 პროცენტზე ნაკლებია. ნათელია, რომ დარჩენილი 70 პროცენტი სხვა წყაროებით უნდა შეივსოს. ეს თავისთავად მიგვითითებს იმ ჰიპოთეზაზე, რომ ამის წყარო ბნელი ენერგიაა – მით უმეტეს, რომ ეს ვარაუდი დასტურდება ზეახალ ვარსკვლავებზე დაკვირვების შედეგებით – ან, ყოველ შემთხვევაში, არ ეწინააღმდეგება მას.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი მეცნიერი ბნელ ენერგიას უკავშირებს არა კოსმოლოგიურ მუდმივას, არამედ ერთგვარი სკალარული, ანუ მიმართულების არმქონე დინამიკური ველის აღგზნებას, რომელსაც **კვინტესენცია** ეწოდება. უცვლელი კოსმოლოგიური მუდმივასგან განსხვავებით, **კვინტესენციის** სიმკვრივე, ამ ჰიპოთეზის თანახმად, შეიძლება იცვლებოდეს როგორც დროში, ასევე სივრცეში. მართალია, ჯერჯერობით არ არის მიღებული **კვინტესენციის** არსებობის დამადასტურებელი მონაცემები, მაგრამ ეს ვერ წაგვართმევს ჰიპოთეზის არსებობის უფლებას.

შეიძლება, სწორედ ეს გაურკვევლობა წარმოადგენს კოსმოლოგიის განსაკუთრებული მიმზიდველობის მიზეზს. ბოლოსიტყვად კი მოვიყვანო ისეთი გამოცდილი და გამორჩეული ასტროფიზიკოსის აღიარებას, როგორიც პროფესორი გუსტავ ანდრეას ტამანია:

პირადად მე მიმაჩნია, რომ სამყაროს სრულად შეცნობას ვერასდროს შევძლებთ. დიდი აფეთქებაც კი, რომელმაც დასაბამი მისცა სამყაროს, საბოლოოდ მაინც დარჩება ჰიპოთეზად და ჩვენ ვერასოდეს ვიტყვით დარწმუნებით, რომ, მაგალითად, სამყარო სასრულია თუ უსასრულო. ასე რომ, არის კითხვები, რომლებზეც პასუხებს, ჩემი აზრით, ვერასდროს მივიღებთ. ამიტომ, მე სულ მიკვირს და მახარებს, რომ მეცნიერება საერთოდ ახერხებს აღმოჩენების კეთებას და დიდად არ მანადვლებს ის, რომ სამყაროში ჯერ კიდევ ბევრია შეუცნობელი. **იხ. ბმული:**

<https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA>

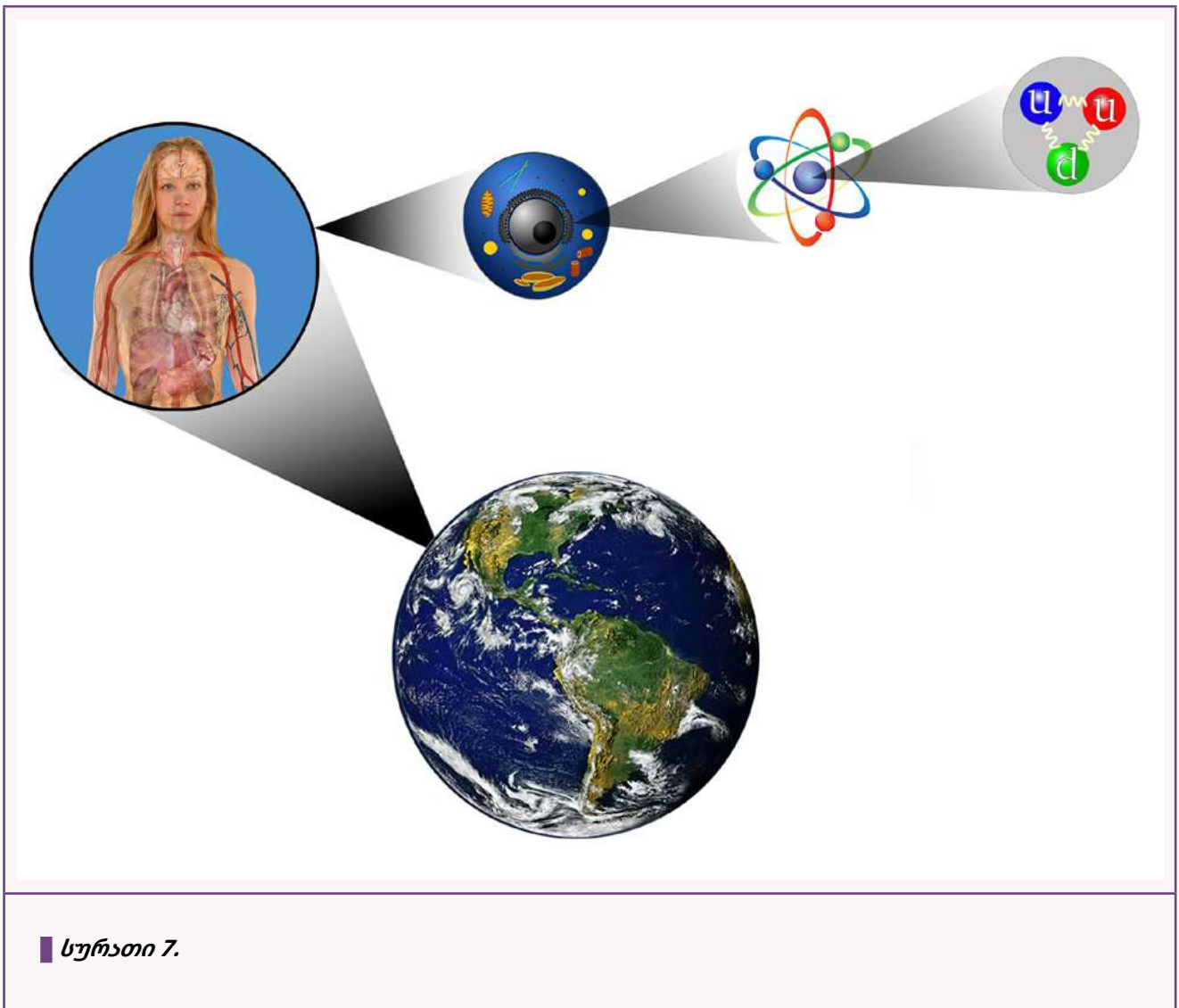


კითხვები:

1. როგორ იცვლება სამყაროს გაფართოების სიჩქარე?
2. რაზე მოდის ჩვენი სამყაროს ენერგიის უდიდესი ნაწილი?
3. როგორ შეიძლება აღრეული სამყაროს შესახებ ინფორმაციის მიღება?
4. როგორია სამყაროს შემდგომი ევოლუციის შესაძლო გზები?

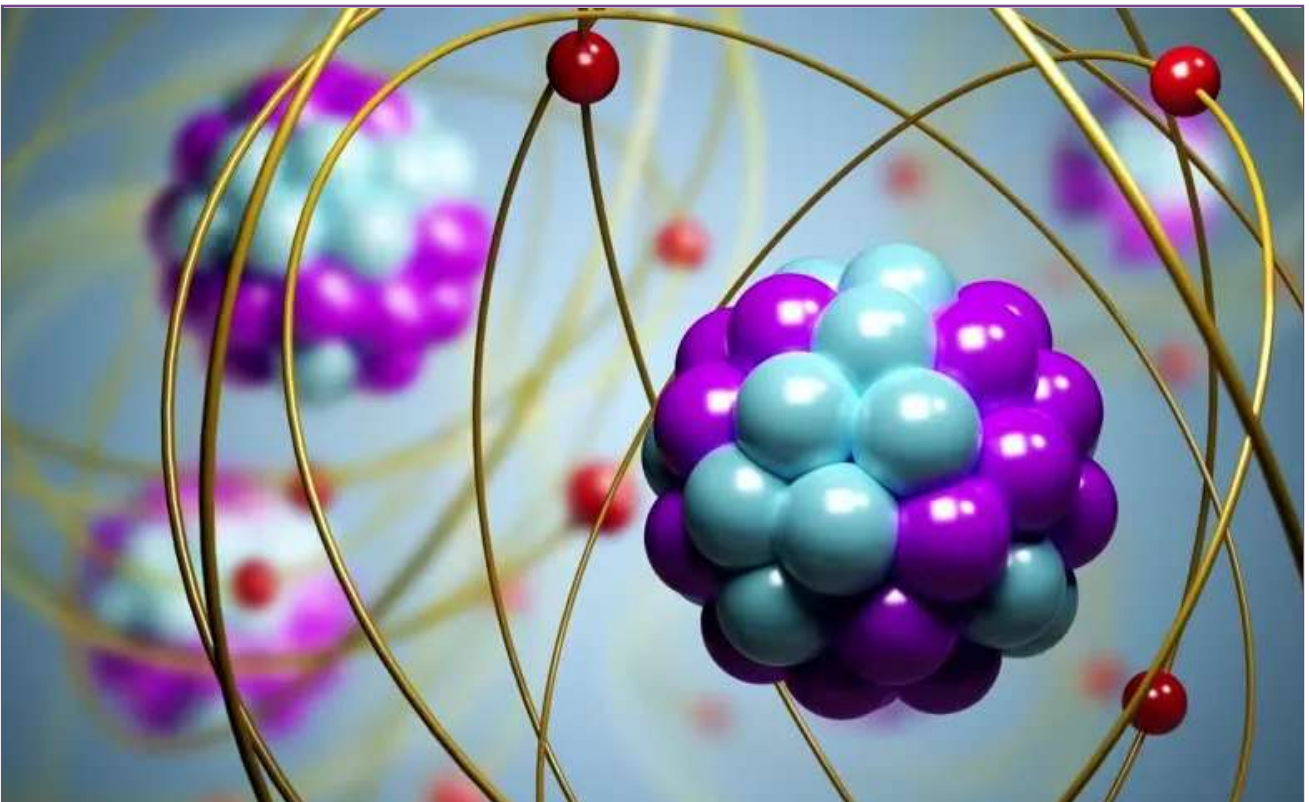
2.1. ელემენტარული ნაწილაკები

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ფიზიკა შეისწავლის ყველაზე მცირე ზომის სხეულებსაც და მათ ელემენტარული ნაწილაკები ეწოდებათ. ამ ნაწილაკებისგან შედგება ქიმიური ელემენტები, მათგან კი – ცოცხალი და არაცოცხალი სამყარო, ანუ ბიოლოგიური და გეოგრაფიული ობიექტები. **(იხ. სურ.7)**



ელემენტარული ნაწილაკების, ანუ ჩვენი სამყაროს შემადგენელი უმცირესი „სამშენებლო მასალის“ სიამ კაცობრიობის ისტორიის განმავლობაში მნიშვნელოვანი ცვლილებები განიცადა. ერთ-ერთი პირველი მეცნიერული მოდელის მიხედვით, რომლის ავტორთა შორის არისტოტელეს იყო, ნებისმიერი სხეული ოთხი ელემენტისგან შედგებოდა. ესენია – მიწა, წყალი, ჰაერი და ცეცხლი. ეს მოდელი, სხვადასხვა სახეცვლილებით, ჩვენი წელთაღრიცხვის მეორე ათასწლეულის ნახევრამდე იყო აღიარებული. დიფუზიის მოვლენის აღმოჩენის შემდეგ, რომელიც ამ, ოთხი ელემენტისეული მოდელით ვერ აიხსნა, „გაიხსენეს“ დემოკრიტეს ვერსია, რომლის თანახმადაც, ნივთიერება შედგება უმცირესი განუყოფელი ნაწილაკებისგან – ატომებისგან, რის შესახებაც იგი თავის დროზე ასე მსჯელობდა: „წარმოვი-

დგინოთ, რომ გვაქვს ყველაზე ბასრი დანა და გავჭრათ სხეული ორ ნაწილად, შემდეგ მიღებული ნახევრიდან ერთ-ერთი – კიდევ ორ ნაწილად, შემდეგ მეოთხედი გავჭრათ ორ ნაწილად და ა.შ. ბოლოს აუცილებლად დავალთ სხეულის ნაწილზე, რომელიც გაყოფას (გაჭრას) აღარ დაექვემდებარება. სწორედ ეს იქნება განუყოფელი ნაწილაკი“. სწორედ ამ ნაწილაკს უწოდა დემოკრიტემ ატომი, ანუ ბერძნულად, „განუყოფელი“. ამის შემდეგ უკვე აღიარეს დემოკრიტეს მოდელი. უფრო მოგვიანებით ატომის შემადგენელი ნაწილაკებიც აღმოაჩინეს, შემდეგ – კიდევ სხვა ნაწილაკები, და დღეისათვის ცნობილია 500-მდე ელემენტარული ნაწილაკი. ელემენტარული ნაწილაკი არის კრებითი ცნება, რომელშიც იგულისხმება ისეთი მიკროობიექტები, რომლებიც არ შეიძლება დაიშალოს შემადგენელ ნაწილებად.



სურათი 8. ელემენტარული ნაწილაკები.

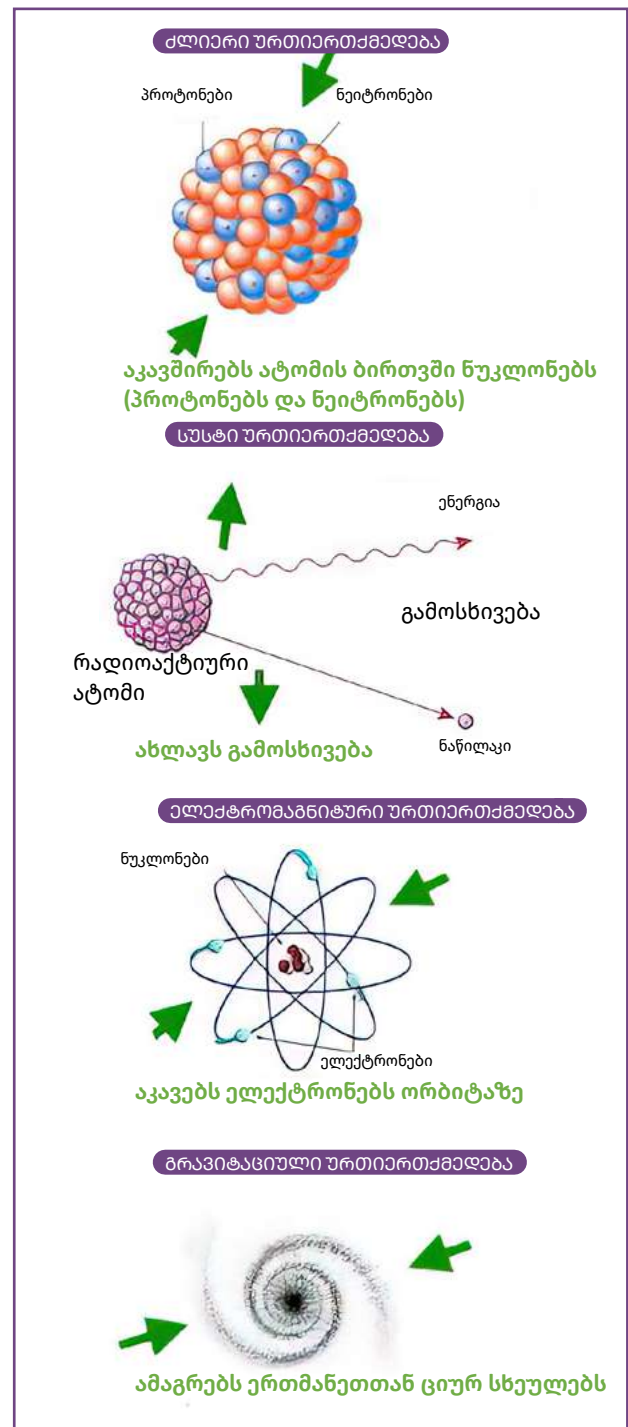
თანამედროვე ფიზიკაში ცნება „ელემენტარული ნაწილაკები“ გამოიყენება უფრო ფართო გაგებით: ეს არის მატერიის უმცირესი ნაწილაკები, რომლებიც არ არიან ატომის ბირთვები ან ატომები (გამონაკლისი არის მხოლოდ პროტონი); ამ მიზეზით, ზოგჯერ ელემენტარულ ნაწილაკებს სუბატომურ ნაწილაკებს უწოდებენ. დღეისათვის ითვლება, რომ ზოგიერთი ელემენტარული ნაწილაკი (ელექტრონი, ფოტონი, კვარკები და სხვა) არ არის შედგენილი და განიხილება, როგორც ძირითადი ფუნდამენტური ნაწილაკები. სხვა ელემენტარულ ნაწილაკებს (ეგრეთ წოდებული რთული ნაწილაკები – პროტონი, ნეიტრონი და ა.შ.) რთული შედგენილობა გააჩნიათ, თუმცა, დღევანდელი შეხედულებებით, მათი დაშლა ნაწილებად მაინც შეუძლებელია. ელემენტარული ნაწილაკების აგებულებასა და ქცევას შეისწავლის ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა.

ყველა ელემენტარული ნაწილაკის განსაკუთრებული, ე.წ. „კვანტური“ თვისებაა მათი დაბადებისა და გაქრობის უნარი. მაგალითად, პროტონს შეუძლია „გაქრეს“ და მის ნაცვლად „დაიბადოს“ ნეიტრონი, პოზიტრონი და ანტინეიტრონი. ეს შეიძლება ერთი შეხედვით უცნაურად მოგეჩვენოთ, თუმცა სინამდვილეში მსგავსი მოვლენები ჩვენ ირგვლივ გამუდმებით ხდება, უბრალოდ, ჩვენ ამას ვერ ვამჩნევთ. ამრიგად, ელემენტარული ნაწილაკები არის მატერიის (ნივთიერებისა და ველის) უმცირესი ულუფები, ანუ „კვანტები“ და მათი მონაწილეობით მიმდინარე ურთიერთქმედების მოვლენები, ძირითადად, მათი დაბადებისა და გაქრობის პროცესების ერთობლიობაა.

ელემენტარული ნაწილაკები შესაძლებელია დავაჯგუფოთ სხვადასხვა მახასიათებლების მიხედვით, როგორიცაა, მასა, მუხტი, სიცოცხლის ხანგრძლივობა და ა.შ.

ელემენტარული ნაწილაკების ბუნების უკეთ გასაგებად აუცილებელია გავერკვეთ ურთიერთქმედებათა სახეებში. დღეისათვის დანამდვილებით ცნობილია ოთხი სახის ურთიერთქმედება: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, სუსტი და ძლიერი. ჩვენთვის უკვე ნაცნობი ბუნების ძალები ამ ოთხი ურთიერთქმედების სხვადასხვა

გამოვლინებაა. მაგალითად, სიმძიმის ძალას განაპირობებს გრავიტაციული ურთიერთქმედება, დრეკადობისა და ხახუნის ძალები კი ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების გამოვლინებაა. ელექტრომაგნიტურ და სუსტ ურთიერთქმედებას ერთიან, ელექტრო-სუსტ ურთიერთქმედებადაც განიხილავენ.



სურათი 9. ოთხი ურთიერთქმედება.

ზემოთ ნახსენები ნებისმიერი ურთიერთქმედება ველების საშუალებით ხორციელდება. ველიც ასევე მატერიის ფორმაა, როგორც ნივთიერება, თუმცა მისგან განსხვავებული. ნაწილაკები ან სხეულები თავიანთ ირგვლივ ქმნიან ველებს, რომლის საშუალებითაც მოქმედებენ სხვა ნაწილაკებსა თუ სხეულებზე. ერთმანეთზე ურთიერთქმედების უნარი გააჩნიათ მხოლოდ იმ სხეულებს ან ნაწილაკებს, რომელთაც ერთნაირი ტიპის ველი აქვთ.

ელემენტარული ნაწილაკები ჩვენს სამყაროში არსებულ მატერიის ორივე ფორმის – ნივთიერებისა და ველის არსებობას უზრუნველყოფენ. ამიტომაც გვაქვს როგორც ნივთიერების ნაწილაკები, ასევე ურთიერთქმედების ველის ნაწილაკები.

ელემენტარული ნაწილაკების მონაწილეობით მიმდინარე ურთიერთქმედების პროცესები ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება თავიანთი ინტენსივობით. განვიხილოთ და დავახასიათოთ თითოეული ურთიერთქმედება.

ცნობილია, რომ ნივთიერება შედგება ატომებისა და მოლეკულებისგან, რომლებიც, თავის მხრივ, ბირთვისა და ელექტრონებისგან შედგება. ბირთვში არის პროტონები და ნეიტრონები. ვიცით, რომ პროტონები ერთმანეთს განიზიდავს, მაგრამ ბირთვი სტაბილურია და არ იშლება. რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი? უნდა არსებობდეს კიდევ რაღაც ძალა, რომელიც ამ ნაწილაკებს აკავებს, თან საკმაოდ ძლიერად. სწორედ ეს გახლავთ ძლიერი ურთიერთქმედება.

ძლიერი ურთიერთქმედება არის ელემენტარულ ნაწილაკებს შორის მიმდინარე პროცესებიდან ყველაზე ინტენსიური ურთიერთქმედება. ეს ურთიერთქმედება განაპირობებს ელემენტარულ ნაწილაკებს შორის უძლიერეს კავშირს, მაგალითად, ბირთვის შიგნით კავშირს. ძლიერი ურთიერთქმედება ძალიან მცირე მანძილებზე მოქმედებს. იგი განსაზღვრავს პროტონებისა და ნეიტრონების კავშირს ატომების ბირთვებში, რაც, თავის მხრივ, წარმოადგენს დედამიწისა და, საერთოდ, ჩვენი სამყაროს შემადგენელი მატერიის (ნივთიერების) სტაბილურობის პირობას.

ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება წარმოიქმნება მუხტებს შორის, უფრო სწორად, იმ ნაწილაკებს შორის, რომელთაც მუხტები გააჩნიათ. მუხტი, ისევე, როგორც მასა, ნივთიერების თვისებაა. მასის გამო ნივთიერება მონაწილეობს გრავიტაციულ ურთიერთქმედებაში, მუხტი კი განაპირობებს ელექტრომაგნიტურ ურთიერთქმედებას. გრავიტაციული ურთიერთქმედების შედეგად სხეულები მიიზიდებიან, ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების შედეგად კი არსებობს როგორც მიზიდვა, ასევე განზიდვა, რაც დამოკიდებულია მუხტების ნიშანზე. ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებაც ხორციელდება ელექტრომაგნიტური ველის საშუალებით. მისი მონაწილეობით მიმდინარე პროცესები ნაკლებად ინტენსიურია, ვიდრე ძლიერი ურთიერთქმედების პროცესები და მათი საშუალებით წარმოქმნილი ელემენტარული ნაწილაკების კავშირიც შესამჩნევად სუსტია, ვიდრე ძლიერი ურთიერთქმედების შემთხვევაში მიღებული ბირთვული კავშირები. ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება, კერძოდ, პასუხისმგებელია ატომში ელექტრონების ბირთვებთან დაკავშირებაზე და ასევე ატომების შეერთებაზე მოლეკულებში, ანუ ქიმიური პროცესების (იხ. ქიმია) მიმდინარეობაზე.

სუსტი ურთიერთქმედებით გამოწვეული პროცესები საკმაოდ ნელა მიმდინარეობს. ამ ურთიერთქმედების დაბალი ინტენსივობის მაჩვენებელია ის ფაქტი, რომ, მაგალითად, ნეიტრინოები, რომელთაც მხოლოდ სუსტ ურთიერთქმედებაში მონაწილეობა შეუძლიათ, თავისუფლად განჭოლავენ დედამიწას და მზესაც კი. სუსტი ურთიერთქმედება განაპირობებს თითქმის სტაბილური (ეგრეთწოდებული „კვაზისტაბილური“) ელემენტარული ნაწილაკების ნელ დამლას.

გრავიტაციული ურთიერთქმედება, რომელიც უფრო მნიშვნელოვანია მაკროსკოპული, ანუ შედარებით დიდი ზომის სხეულების ურთიერთქმედებებისას, ელემენტარული ნაწილაკების შემთხვევაში (10^{-13} სმ რიგის მანძილებზე) ძალზედ უმნიშვნელოა ამ ნაწილაკების მასების სიმცირის გამო. თუ ატომში ბირთვის ირგვლივ მოძრაობას ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება განაპი-

რობებს, ციური სხეულების შემთხვევაში გადა-
მწყვეტია უკვე გრავიტაციული ურთიერთქმედება.
პლანეტების მოძრაობას მზის ირგვლივ და, თანა-
მგზავრების მოძრაობას პლანეტების ირგვლივ,
განაპირობებს გრავიტაციული ურთიერთქმედება
მათ შორის. ოკეანეებისა და ზღვების მიქცევა-მოქ-
ცევას დედამიწაზე განაპირობებს მთვარის მიზი-
დულობა, ანუ გრავიტაციული ურთიერთქმედება.
გალაქტიკებსა და უფრო დიდი ზომის კოსმოსურ
ობიექტებს შორის ურთიერთქმედებაშიც გადა-
მწყვეტი გრავიტაციული ურთიერთქმედებაა.

დღეს კვლავ გრძელდება ახალი სახის ფუნდამე-
ნტური ურთიერთქმედებების ძიება, რომელიც
შეიძლება გამოვლინდეს როგორც მიკროსამყა-
როში მიმდინარე პროცესებში, ასევე მაკრო და
კოსმოსური მასშტაბების მოვლენებში, თუმცა
რაიმე ხელშესახები შედეგი ჯერჯერობით ამ
მხრივ არ შეინიშნება.

მეორე მხრივ, მიმდინარეობს ამ ოთხი ძირითადი
ურთიერთქმედების ერთ ურთიერთქმედებად
გაერთიანების გზების ძიება. არსებობს დიდი
გაერთიანების თეორია, რომელშიც სამი ურთიე-
რთქმედება – ძლიერი, სუსტი და ელექტრომაგნი-
ტური ერთიან ურთიერთქმედებად განიხილება.
ჯერჯერობით უფრო ნაკლები წარმატებით მიდის
მუშაობა სუპერგაერთიანების თეორიაზე, რომე-
ლიც ოთხივე ურთიერთქმედების გაერთიანების
მცდელობაა. ამ მიმართულებით აღსანიშნავია
დღეისათვის ყველაზე წარმატებული და ცნო-
ბილი ქართველი ფიზიკოსის – გია დვალის შრო-

მები, რომლის შესახებაც შეგიძლიათ გაეცნოთ
ინფორმაციას სხვადასხვა წყაროებში:

https://en.wikipedia.org/wiki/Giorgi_Dvali

<https://georgianjournal.ge/society/32781-georgian-physicist-granted-the-most-prestigious-science-award-in-germany.html>

<https://www.lorentz.leidenuniv.nl/lorentzchair/>

გარდა იმისა, რომ ელემენტარული ნაწილაკების
შესწავლას დიდი სამეცნიერო მნიშვნელობა აქვს
ჩვენი სამყაროს შემეცნების გზაზე, არ შეიძლება
არ ვახსენოთ ის პრაქტიკული სარგებელი, რაც
ამ შესწავლის პროცესს და მის შედეგებს თან
ახლავს. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია
ადრონული თერაპიის მიმართულება მედიცი-
ნაში, რომლის შესახებაც ცნობილი ქართველი
ფიზიკოსის – გია დვალის სიტყვებს მოვიყვანთ:

*სიმსივნის ადრონული თერაპია – ეს არის მეცნიე-
რული კვლევის ერთ-ერთ უახლეს მიმართულებაზე
დაფუძნებული თერაპიის მეთოდი, რომელიც
მაქსიმალურად ეფექტიანად ანადგურებს კიბოს
უჯრედებს, ჯანსაღი უჯრედების დაუზიანებლად.
ეს დარგი ეფუძნება ნაწილაკების ამაჩქარებელზე
წარმოებულ მაღალი ენერგიების ფიზიკის კვლე-
ვებს, მაგრამ ასევე აქვს უმნიშვნელოვანესი სამე-
დიცინო გამოყენება.*

ეს მხოლოდ ერთი ნაწილია იმ მრავალფეროვანი
გამოყენებისა, რომელიც ელემენტარული ფიზი-
კის კვლევებს ახლავს თან.



კითხვები:

1. რომელ აგრეგატულ მდგომარეო-
ბებს შეიძლება შევუსაბამოთ „მიწა“,
„წყალი“, „ჰაერი“ და „ცეცხლი“?
2. რომელ ნაწილაკებს შორის ვლინდება
ძლიერი ურთიერთქმედება?

3. რა როლი აქვს ელექტრომაგნიტურ
ურთიერთქმედებას ჩვენს სამყაროში?
4. როგორ დაახასიათებთ მატერიის
ფორმებს?
5. რატომ ეწოდება ფიზიკას ფუნდამე-
ნტური მეცნიერება?

2.2. ელემენტარული ნაწილაკების კლასიფიკაცია

ელემენტარული ნაწილაკები იყოფა სხვადასხვა ჯგუფად სხვადასხვა მახასიათებლის მიხედვით. ურთიერთქმედების სახეების მიხედვით ისინი სამ ძირითად ჯგუფად იყოფა.

პირველი ჯგუფი შედგება ურთიერთქმედების გადამტანი ნაწილაკებისგან, ანუ ველის ნაწილაკებისგან, რომელთა მეშვეობითაც ხდება ურთიერთქმედება. მასში შედის

- ფოტონი – ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ნაწილაკი, რომელიც ახორციელებს ელექტრომაგნიტურ ურთიერთქმედებას;
- ელექტრო სუსტი ურთიერთქმედების გადამტანი სამი შუალედური ე.წ. „ვექტორული ბოზონი“ – W^+ , W^- და Z^0 ;
- რვა გლუონი – ნაწილაკები, რომლებიც ახორციელებენ ძლიერ ურთიერთქმედებას;
- ასევე უნდა დავასახელოთ გრავიტონი, ჰიპოთეტური ნაწილაკი, რომელიც ახორციელებს გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას. თუმცა, გრავიტონების არსებობა ექსპერიმენტულად დადასტურებული ჯერ კიდევ არ არის.

ელემენტარული ნაწილაკების მეორე ჯგუფია – ლეპტონები (ძველბერძნულად λεπτιον – მსუბუქი), რომლებიც მხოლოდ ელექტრომაგნიტურ და სუსტ ურთიერთქმედებაში მონაწილეობენ. ცნობილია 6 ლეპტონი: ელექტრონი, ელექტრონული ნეიტრინო, მიუონი, მიუონური ნეიტრინო, τ -ლეპტონი (ტაუ-ლეპტონი) და მისი შესაბამისი τ -ნეიტრინო.

თითოეულ ლეპტონს, ისევე როგორც ნებისმიერ სხვა ელემენტარულ ნაწილაკს, გააჩნია თავისი შესაბამისი ანტინაწილაკი, რომელსაც ყველა მახასიათებელი ისეთივე აქვს და მხოლოდ ელექტრული მუხტის ნიშნით განსხვავდება. ელექტრონის ანტინაწილაკი არის პოზიტრონი (e^+). სხვა ლეპტონების ანტინაწილაკებია დადებითად დამუხტული მიუონი (μ^+), τ^+ ლეპტონი და სამი სახის ანტინეიტრინო ($\bar{\nu}_e, \bar{\nu}_\mu, \bar{\nu}_\tau$), რომელთაც

ნეიტრინოების საპირისპირო ე.წ. ლეპტონური მუხტი გააჩნიათ. ზოგადად, უნდა აღინიშნოს, რომ ნაწილაკი და ანტინაწილაკი ერთმანეთთან შეხვედრისას ანიჰილირდება, ანუ ქრება.

ელემენტარული ნაწილაკების მესამე ჯგუფია ადრონები, ისინი მონაწილეობენ ძლიერ, სუსტ და ელექტრომაგნიტურ ურთიერთქმედებაში. ადრონები და ლეპტონები ქმნიან მატერიის სახეს – ნივთიერებას ანუ ისინი არიან „ნივთიერების“ ნაწილაკები. ადრონები „მძიმე“ ნაწილაკებია, რომელთა მასა მნიშვნელოვნად აღემატება ელექტრონის მასას. ეს არის ელემენტარული ნაწილაკების ყველაზე მრავალრიცხოვანი ჯგუფი. ადრონები იყოფა ბარიონებად, მეზონებად და, ასევე, ეგრეთ წოდებულ რეზონანსულ ადრონებად (ხანმოკლე სიცოცხლის ხანგრძლივობის ადრონები).

ბარიონებს (ბერძნულიდან βαρυον – მძიმე) მიეკუთვნებიან პროტონი და ნეიტრონი. ყველა ატომის ბირთვი შედგება პროტონებისა და ნეიტრონებისგან და მათ შორის მოქმედი ძლიერი ურთიერთქმედება განაპირობებს ბირთვის დიდ სიმტკიცესა და მდგრადობას. ძლიერი ურთიერთქმედების მიმართ პროტონს და ნეიტრონს აქვთ ერთნაირი თვისებები და ისინი განიხილება როგორც ერთი ნაწილაკის ორი განსხვავებული („იზოტოპური“) მდგომარეობა. ბარიონებს მიეკუთვნება ასევე ჰიპერონები.

გარდა ამისა, აუცილებლად უნდა ვახსენოთ სტანდარტული მოდელის უმნიშვნელოვანესი ნაწილაკი ჰიგსის ბოზონი, რომლის არსებობაც ჯერ თეორიულად ივარაუდეს და შემდეგ კი უკვე ექსპერიმენტულადაც დადასტურდა.



კითხვები:

1. დაასახელოთ ელემენტარული ნაწილაკების ძირითადი ჯგუფები;
2. დაახასიათეთ ელემენტარული ნაწილაკების თითოეული ჯგუფი;

2.3. სტანდარტული მოდელი

სტანდარტული მოდელი არის ელემენტარული ნაწილაკების წყობისა და ურთიერთქმედების თანამედროვე თეორია, რომელიც არაერთხელ იქნა შემოწმებული ექსპერიმენტულად. ეს თეორია მცირე რაოდენობის პოსტულატს ემყარება და საშუალებას იძლევა, ვიწინასწარმეტყველოთ ელემენტარული ნაწილაკების სამყაროში მიმდინარე ათასობით სხვადასხვა პროცესი და მისი შედეგი. მათი აბსოლუტური უმრავლესობა დადასტურებულია ექსპერიმენტულადაც, ზოგჯერ საკმაოდ დიდი სიზუსტით. ის იშვიათი შემთხვევები, როდესაც სტანდარტული მოდელის პროგნოზები განსხვავდება ექსპერიმენტზე მიღებულისგან, არის მწვავე კამათის საგანი.

სტანდარტული მოდელი არის ის ზღვარი, რომელიც ელემენტარული ნაწილაკების სამყაროში ერთმანეთისგან ჰყოფს უკვე დადასტურებულ და

ჰიპოთეტურ შედეგებს. ექსპერიმენტების აღწერილობაში შთამბეჭდავი წარმატების მიუხედავად, სტანდარტული მოდელი არ შეიძლება ჩაითვალოს ელემენტარული ნაწილაკების საბოლოო უნივერსალურ თეორიად. ფიზიკოსები დარწმუნებულნი არიან, რომ იგი უნდა იყოს მიკროსამყაროს აგებულების უფრო დიდი და ღრმა თეორიის ნაწილი. რა სახის თეორიაა ეს, ჯერჯერობით უცნობია. თეორეტიკოსებმა ასეთი თეორიის სხვადასხვა ვარიანტი შეიმუშავეს, მაგრამ მხოლოდ ექსპერიმენტმა უნდა აჩვენოს, რომელი მათგანი შეესაბამება ჩვენს სამყაროში არსებულ რეალურ მდგომარეობას. სწორედ ამიტომ ფიზიკოსები გამალებით ცდილობენ აღმოაჩინონ რაიმე გადახრა სტანდარტული მოდელიდან, რაიმე ნაწილაკები, ძალები ან ეფექტები, რომლებსაც სტანდარტული მოდელი არ წინასწარმეტყველებს.



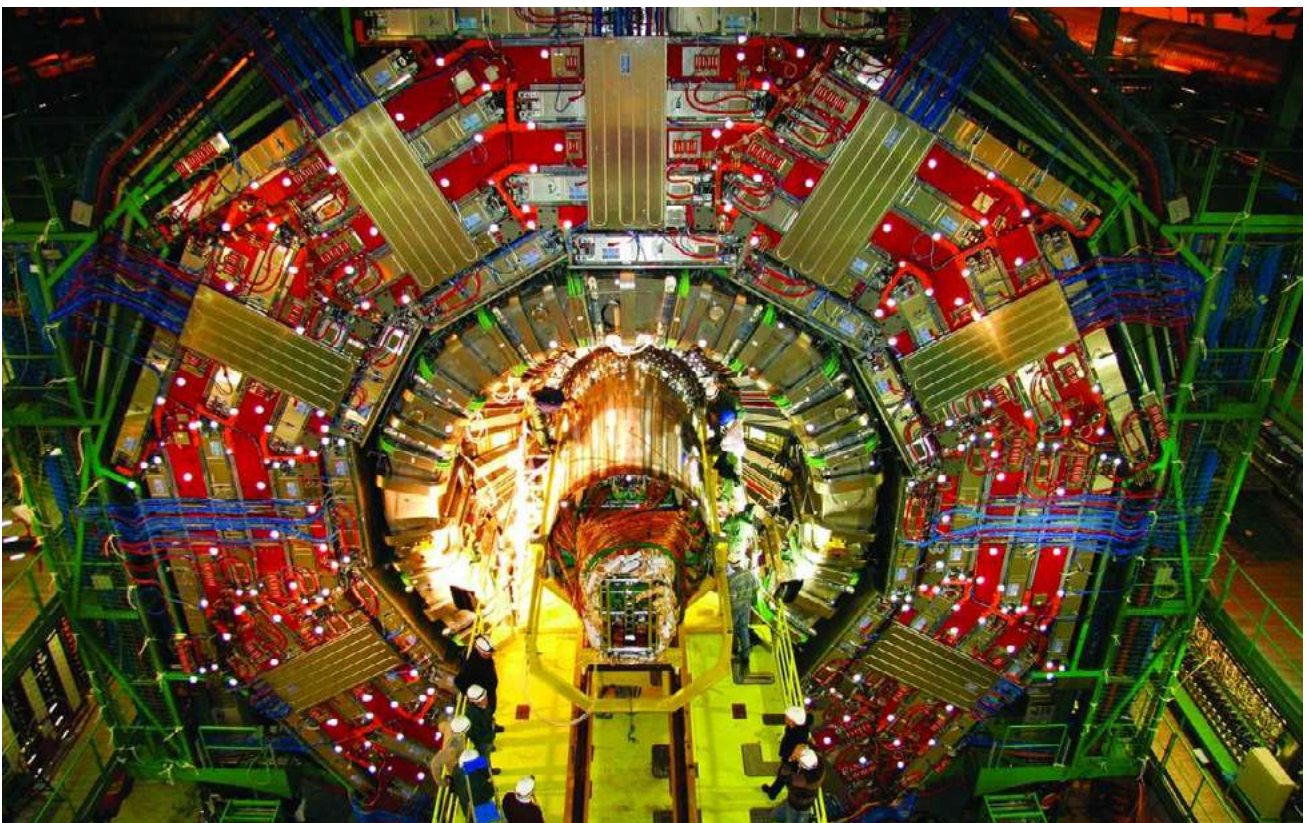
სურათი 10. ცერნის ლაბორატორია.

მეცნიერებმა ყველა ამ მოვლენას განზოგადებულად „ახალი ფიზიკა“ უწოდეს; სწორედ ამ „ახალი ფიზიკის“ ძიება წარმოადგენს დიდი ადრონული კოლაიდერისა და სხვა კვლევითი მოწყობილობების ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას. უნდა აღინიშნოს ქართველი მეცნიერების მნიშვნელოვანი

როლი ცერნისა თუ სხვა ცენტრების თეორიულ და ექსპერიმენტულ სამუშაოებში, მათ შორის, გია დვალის, ირაკლი მინაშვილის, ალექსანდრე მესტვირიშვილის, ალექსანდრე ღონღაძის, გივი სეხნიაიძის, ვახტანგ ქართველიშვილისა და კიდევ მრავალთა სხვათა.



სურათი 11. ადრონული კოლაიდერი.



სურათი 12. ადრონული კოლაიდერი.

მოკლედ რომ დავახასიათოთ, „სტანდარტული მოდელი“ არის თანამედროვე ფიზიკის უდიდესი მიღწევა, რომელიც ასობით და ათასობით მკვლევარის მუშაობის შედეგია; ჯ. ტომსონის (XIX საუკუნე) შემდეგ პირველად შეიძლება ითქვას, რომ ლაბორატორიებში ელემენტარული ნაწილაკებზე ჩატარებული ექსპერიმენტები სრულად აიხსნება თეორიით. სტანდარტული მოდელი (SM) არის ელექტრომაგნიტური, ძლიერი და სუსტი ურთიერთქმედების ერთიანი თეორია. სტანდარტული მოდელის გარეთ დგას გრავიტაციული ურთიერთქმედება, რომელიც მაკროსხეულების დინამიკას განაპირობებს და ასტროფიზიკასა და კოსმოლოგიაში ვლინდება.

სტანდარტული მოდელი სქემატურად შემდეგ ძირითად ნაწილებს მოიცავს (*იხ. სურათი*):

- მატერიის ფუნდამენტური „აგურები“ – ექვსი სახის **ლექტონი** (Leptons) და ექვსი სახის **კვარკი** (quarks). ყველა ეს თორმეტივე ნაწილაკი არის **ფერმიონი**. მრავალრიცხოვანი **ადრონები** – შედგენილი ნაწილაკები, რომლებიც მონაწილეობენ ძლიერ ურთიერთქმედებაში – ამ კვარკების სხვადასხვა კომბინაციისგან შედგება.
- ურთიერთქმედების გადამტანი ნაწილაკები – **ბოზონები** (Bosons). მატერიის ფუნდამენტურ „აგურებს“ – ფერმიონებს შორის მოქმედებს სამი სახის ურთიერთქმედება – ელექტრომაგნიტური, სუსტი და ძლიერი. ამასთან, ელექტრომაგნიტური და სუსტი ურთიერთქმედება წარმოადგენს ერთიანი ელექტრო-სუსტი ურთიერთქმედების სხვადასხვა გამოვლინებას. ძლიერი ურთიერთქმედება მათგან განცალკევებულად დგას და ის აკავშირებს ერთმანეთთან კვარკებსა და ადრონებს. ეს ურთიერთქმედებები ე.წ. **კალიბრული ბოზონების** (გლუონი, ფოტონი, Z-ბოზონი, W-ბოზონი) საშუალებით ხორციელდება.
- **ჰიგსის ბოზონი** (Higgs Bosons), რომელიც პასუხისმგებელია სხვა ნაწილაკებისთვის მასების მინიჭებაზე.

მასა →	≈2,3 MeV/c ²	≈1,275 GeV/c ²	≈173,07 GeV/c ²	0	≈126 GeV/c ²
მუხტი →	2/3	2/3	2/3	0	0
სპინი →	1/2	1/2	1/2	1	0
	u ზედა კვარკი	c მოშხიზღული	t „უძაღლესი“	g გლუონი	H ჰიგსის ბოზონი
	≈4,8 MeV/c ²	≈95 MeV/c ²	≈4,18 GeV/c ²	0	
	0	0	0	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d ქვედა კვარკი	s უცნაური	b „უდაბლესი“	γ ფოტონი	
	0,511 MeV/c ²	105,7 MeV/c ²	1,777 GeV/c ²	91,2 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	e ელექტრონი	μ მიუონი	τ ტაუ	Z Z ბოზონი	
	<2,2 eV/c ²	<0,17 MeV/c ²	<15,5 MeV/c ²	80,4 GeV/c ²	
	0	0	0	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	ν_e ელექტრონული ნეიტრინო	ν_μ მიუონური ნეიტრინო	ν_τ ტაუ ნეიტრინო	W W ბოზონი	

სურათი 13.

სტანდარტული მოდელის ნაწილაკები.



კითხვები:

1. რომელ ურთიერთქმედებებს აერთიანებს სტანდარტული მოდელი?
2. რომელი ურთიერთქმედება დგას სტანდარტული მოდელის გარეთ?
3. როგორ თანხვედრაშია სტანდარტული მოდელი ექსპერიმენტულ შედეგებთან?

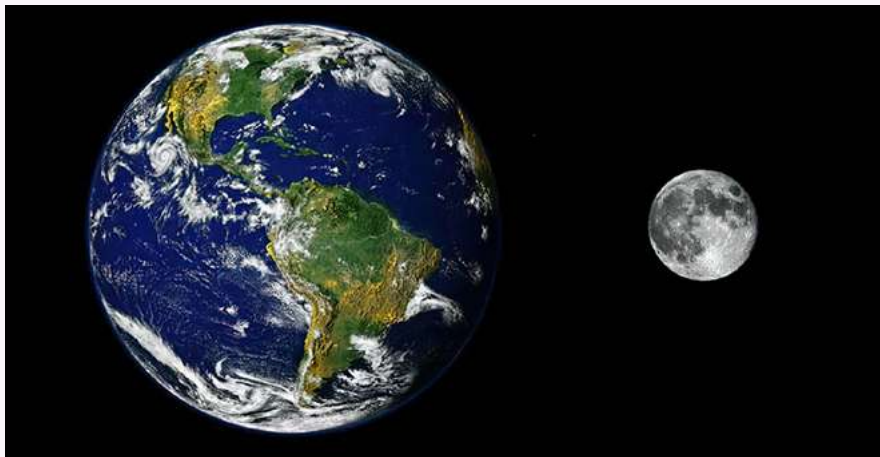
3.1. გრავიტაციული ურთიერთქმედება

როგორც უკვე ვიცით, გრავიტაციული ურთიერთქმედება ერთ-ერთია ოთხ ფუნდამენტურ ურთიერთქმედებას შორის და ის მათგან ყველაზე სუსტი ძალაა. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი, რომელიც აღწერს გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას,

აღმოაჩინა ისააკ ნიუტონმა 1682 წელს. იგი ჯერ კიდევ ახალგაზრდობაში გამოთქვამდა ვარაუდს, რომ დედამიწაზე ვაშლის ვარდნისა და დედამიწის ირგვლივ ორბიტაზე მთვარის შეკავების მიზეზი ერთი და იგივე უნდა ყოფილიყო.



სურათი 14. გრავიტაციის გამოვლინება.



სურათი 15. გრავიტაციის გამოვლინება.

ამ კანონის თანახმად, **სხეულები ერთმანეთს მიიზიდავენ ძალით, რომელიც მათი მასების ნამრავლის პირდაპირპროპორციულია და მათ შორის მანძილის კვადრატის – უკუპროპორციულია** და იგი ასე გამოისახება:

$$F_{\text{გრ}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (3.1.1)$$

G სიდიდეს გრავიტაციულ მუდმივას უწოდებენ და იგი ტოლია $G=6,67 \times 10^{-11} \text{ ნ} \cdot \text{მ}^2 / \text{კგ}^2$.

G სიდიდის ფიზიკური აზრი ასეთია: ორი ნივთიერი წერტილი, რომელთა მასებია 1 კგ და მანძილი მათ შორის 1 მეტრია, ერთმანეთს იზიდავს ძალით, რომელიც რიცხობრივად G ტოლია. ეს სიდიდე ძალიან მცირეა, შესაბამისად, შედარებით მცირე მასის სხეულებს შორის გრავიტაციული ურთიერთქმედება ძალზედ უმნიშვნელოა და ამიტომ მას ვერ ვამჩნევთ.

მეორე მხრივ, გრავიტაციული ურთიერთქმედების გამოვლინება, სხვა ურთიერთქმედებებთან შედარებით, ადამიანისთვის უფრო თვალსაჩინოა, დაწყებული სხვადასხვა სხეულთა დედამიწაზე ვარდნით და დამთავრებული ციურ სხეულთა მოძრაობით, რასაც ასევე კარგად დავაკვირდებით ცაზე. დედამიწის ირგვლივ მთვარის მოძრაობას დედამიწის მიზიდულობა განაპირობებს, თუმცა ასევე მნიშვნელოვანია მთვარის გავლენა დედა-

მიწაზე. ამის მაგალითია ზღვისა თუ ოკეანეების მიქცევა-მოქცევა, რაც პირდაპირი შედეგია მთვარის გრავიტაციისა. **(იხ.გეოგრაფია) (იხ.სურათი)** ალსანიშნავია, აგრეთვე, მთვარის გრავიტაციის გავლენა მცენარეების ზრდისა და განვითარების პროცესზე, რის შესახებ, ძველი დროიდან მოყოლებული, ადამიანებმა გარკვეული ცოდნა დააგროვეს, რომელსაც დღესაც წარმატებით იყენებენ სოფლის მეურნეობაში და ამჟამად ამ მოვლენას უკვე მეცნიერულ ღონეზე შეისწავლიან.

(ბიოლოგია)



სურათი 16.

იხილეთ ვიდეო:

<https://www.youtube.com/watch?v=3RdkXs8BibE>

? კითხვები:

1. როგორ სხეულებს შორის არის მნიშვნელოვანი გრავიტაციული ურთიერთქმედება?
2. მოიყვანეთ გრავიტაციის გავლენის მაგალითები ადამიანის ცხოვრებაზე.

3.2. გრავიტაციული ველი და მისი მახასიათებლები

ჩვენი სამყარო მატერიის ორ ფორმას აერთიანებს – ნივთიერებას და ველს. ოთხივე ფუნდამენტური ურთიერთქმედება ველების საშუალებით ხორციელდება. მიუხედავად იმისა, რომ მიმდინარეობს სხვადასხვა მცდელობა ამ ურთიერთქმედებების გაერთიანებული თეორიის შესაქმნელად და ამ მხრივ გარკვეული წინსვლაც არის, ჩვენ ისინი მაინც დამოუკიდებლად განვიხილოთ. ამჯერად, ცხადია, გრავიტაციულ ურთიერთქმედებაზე შევჩერდებით. გრავიტაციული ურთიერთქმედება მნიშვნელოვანია, თუ მასში დიდი მასის სხეული მონაწილეობს. ჩვენი სამყაროს შემადგენელი ციური სხეულების ურთიერთქმედება განპირობებულია მათ შორის გრავიტაციული ურთიერთქმედებით. გრავიტაციული ურთიერთქმედება, ისევე როგორც ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება, დიდ მანძილებზე ვრცელდება. იგი ყველგან განჭოლავს, განსხვავებით ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებისა, რომლის „ეკრანირება“ შეგვიძლია. გრავიტაციული ველის „ეკრანირება“ ჯერჯერობით მიუღწეველია, ამიტომ მისი საშუალებით, სავარაუდოდ, შესაძლებელია დამა-

ლული ან ჯერჯერობით უხილავი დიდი მასის ობიექტების აღმოჩენა. გრავიტაციული ურთიერთქმედების მექანიზმი შეგვიძლია გამარტივებულად ასე წარმოვიდგინოთ: m_1 მასის სხეული თავის ირგვლივ ქმნის გრავიტაციულ ველს, რომლითაც იგი მოქმედებს ამ ველში მოხვედრილ ნებისმიერ m_2 მასის სხეულზე. მსგავსად ამისა, m_2 მასის სხეულსაც აქვს თავის ირგვლივ შექმნილი გრავიტაციული ველი და ისიც მოქმედებს m_1 მასის სხეულზე იმავე ძალით:

$$F_{\text{გრ}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (3.1.1)$$

მექანიკიდან ვიცით, რომ ნებისმიერი ძალა სხეულს ანიჭებს აჩქარებას. იგივე ითქმის გრავიტაციის ანუ მსოფლიო მიზიდულობის ძალაზე:

$$F_{\text{გრ}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_2 a_2, \quad (3.2.1)$$

საიდანაც შეგვიძლია განვსაზღვროთ გრავიტაციული ძალის მიერ მინიჭებული აჩქარება, რომელიც g -თი აღინიშნება და ტოლია

$$g = G \frac{m_1}{r^2} \quad (3.2.2)$$

თავისუფალი ვარდნის აჩქარებები	გრავიტაციით გამოწვეული აჩქარებები				
	პლანეტა	მასა[კგ.]	რადიუსი[მ]	გრავიტაციული აჩქარება " g "[მ/ს ²]	$\frac{g}{g_{\text{წერტილზე}}}$
	მზე	$1,99 \times 10^{30}$	$6,96 \times 10^8$	274,13	27,95
	მერკური	$3,18 \times 10^{23}$	$2,43 \times 10^6$	3,59	0,37
	ვენერა	$4,88 \times 10^{24}$	$6,06 \times 10^6$	8,87	0,90
	დედამიწა	$5,98 \times 10^{24}$	$6,38 \times 10^6$	9,81	1,00
	მთვარე	$7,36 \times 10^{22}$	$1,74 \times 10^6$	1,62	0,17
	მარსი	$6,42 \times 10^{23}$	$3,37 \times 10^6$	3,77	0,38
	იუპიტერი	$1,90 \times 10^{27}$	$6,99 \times 10^7$	25,95	2,65
	სატურნი	$5,68 \times 10^{26}$	$5,85 \times 10^7$	11,08	1,13
	ურანი	$8,68 \times 10^{25}$	$2,33 \times 10^7$	10,67	1,09
	ნეპტუნი	$1,03 \times 10^{26}$	$2,21 \times 10^7$	14,07	1,43
	პლუტონი	$1,40 \times 10^{22}$	$1,50 \times 10^5$	0,42	0,04

სურათი 17. g -ს მნიშვნელობა სხვადასხვა პლანეტაზე.

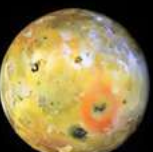
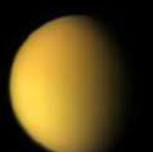
როგორც ვხედავთ, ეს აჩქარება არ არის დამოკიდებული იმ სხეულზე, რომელიც ღებულობს აჩქარებას, არამედ დამოკიდებულია მხოლოდ იმ სხეულის მასაზე, რომელიც ქმნის გრავიტაციულ ველს სივრცის შესაბამის წერტილში, და, ასევე, ამ წერტილამდე მანძილზე. ამიტომ, ჩვენ შეგვიძლია, ეს g სიდიდე ნებისმიერი m_1 მასის სხეულის გრავიტაციული ველის დასახასიათებლად გამოვიყენოთ. ის განსაზღვრავს გრავიტაციული ველის სიძლიერეს სივრცის რომელიმე წერტილში და რიცხობრივად ტოლია იმ აჩქარებისა, რომელსაც ეს ველი ამ წერტილში მყოფ ნებისმიერ სხეულს მიაწოდებს. ელექტრული ველის ანალოგიით, რომელსაც უფრო დაწვრილებით შემდგომში

განვიხილავთ, $\vec{g}$ სიდიდეს შეგვიძლია გრავიტაციული ველის დაძაბულობა ვუწოდოთ. მაშინ გრავიტაციული ძალა შეგვიძლია ამგვარადაც განვმარტოთ: სივრცის რაიმე წერტილში ნებისმიერ m მასის სხეულზე მოქმედი გრავიტაციული ძალა ტოლია ამ სხეულის მასისა და იმ წერტილში გრავიტაციული ველის დაძაბულობის g სიდიდის ნამრავლისა, ანუ:

$$\vec{F}_{\text{გრ}} = m\vec{g}$$

(3.2.3)

დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს მყოფი სხეულისთვის ამ ძალას სიმძიმის ძალა ეწოდება. ამ ძალით იზიდავს დედამიწა ნებისმიერი m მასის სხეულს და ამ შემთხვევაში $g=9,8 \text{ ნ/კგ}$ ან $g=9,8 \text{ მ/წმ}^2$.

მზე	მერკური	ვენერა	მთვარე
			
2707,2	37,5	90,7	16,6
მარსი	ფობოსი	იუპიტერი	განიმედე
			
37,7	0,0602	236,4	14,48
ეროპა	იო	კალისტო	სატურნი
			
13,35	18,35	12,64	106,4
ტიტონი	ურანი	ნეპტუნი	პლუტონი
			
11,9	88,9	112,5	6,7

სურათი 18. $m \approx 10$ კგ მასის სხეულის წონა (ნიუტონებში) სხვადასხვა პლანეტაზე და თანამგზავრზე.

მსგავსად ამისა, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ გრავიტაციულ ურთიერთქმედებაში მონაწილე სხეულთა პოტენციურ ენერგიაზე, რომელიც ასე გამოისახება:

$$E_{\text{გრ}} = -G \frac{m_1 m_2}{r} \quad (3.2.4)$$

ეს ენერგია უარყოფითია და უსასრულო მანძილზე დაშორებისას ნულისკენ მიისწრაფვის. ანალოგიური მსჯელობით შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ m_1 მასის სხეულის ირგვლივ შექმნილ გრავიტაციულ ველს სივრცის ნებისმიერ წერტილში, რომელიც მისგან r მანძილით არის დაშორებული, გარდა ძალური მახასიათებელი $\vec{g}$ სიდიდისა, გააჩნია ასევე ენერგეტიკული მახასიათებელი სკალარული სიდიდე, რომელსაც U გრავიტაციულ პოტენციალს უწოდებენ და იგი ტოლია

$$U_{\text{გრ}} = -G \frac{m_1}{r} \quad (3.2.5)$$

გრავიტაციულ ველში რაიმე m მასის სხეულის მიერ შექმნილი პოტენციური ენერგია შეგვიძლია ასეც ჩავწეროთ

$$E_{\text{გრ}} = U_{\text{გრ}} m. \quad (3.2.6)$$

ამრიგად, სივრცის რაიმე წერტილში მყოფი m მასის სხეულის გრავიტაციული ველის პოტენციური ენერგია ტოლი იქნება ამ სხეულის მასისა და ამ წერტილში გრავიტაციული ველის პოტენციალის ნამრავლის.

შეგვიძლია ჩვენი შედეგები შევაჯამოთ და ვთქვათ, რომ წერტილოვანი სხეულის მიერ შექმნილი გრავიტაციული ველი ამ სხეულიდან დაშორებით სუსტდება და სივრცის ნებისმიერ წერტილში, სადაც ამ სხეულის მიერ შექმნილი გრავიტაციული ველი მიაღწევს, მისი დახასიათება შეგვიძლია ორი სიდიდით: გრავიტაციული ველის დაძაბულობით – $\vec{g}$ და გრავიტაციული ველის პოტენციალით – U .



კითხვები:

1. რისი საშუალებით ხორციელდება გრავიტაციული ურთიერთქმედება?
2. რომელი სიდიდეებით შეგვიძლია დავახასიათოთ გრავიტაციული ველი?

4. სამყაროს ობიექტები

ახლა განვიხილოთ **ჩვენი სამყარო** და მისი შემადგენელი ობიექტები.

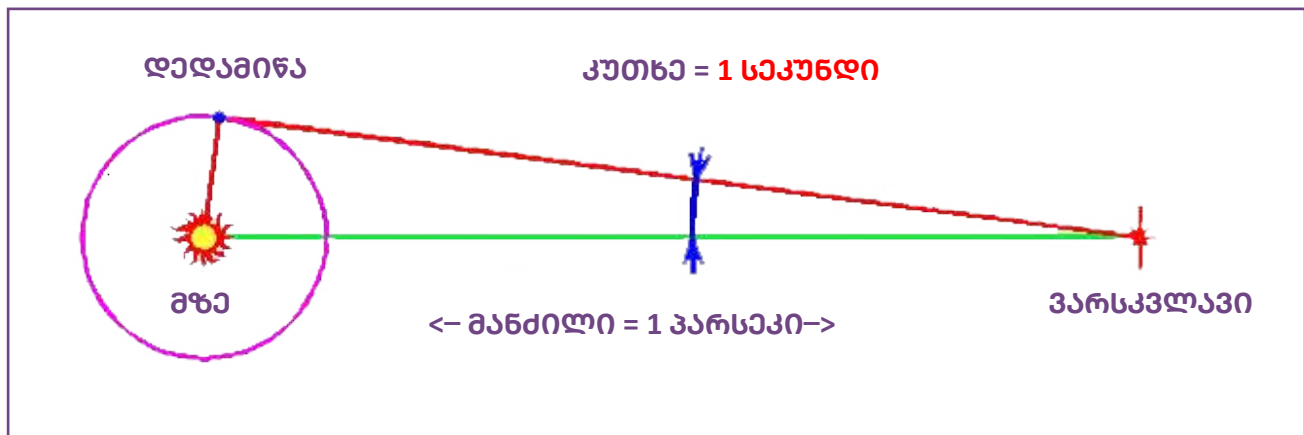
სამყაროს ვუწოდებთ ყველაფერს, რაც ჩვენ ირგვლივ არის, ყველა ნივთიერ ნაწილაკს, ყველა სახის ველს და მათ შორის არსებულ სივრცეს. თანამედროვე შეხედულებების თანახმად, სამყაროს ასაკი დაახლოებით 13,6 მილიარდი წელია.

ხილული სამყაროს ზომა დაახლოებით 13,6 მილიარდი სინათლის წელია. ერთი სინათლის წელი არის მანძილი, რომელსაც სინათლე გადის

ვაკუუმში ერთ წელიწადში და იგი დაახლოებით $9,5 \cdot 10^{12}$ კმ-ის ტოლია. ზოგიერთი მეცნიერის შეფასებით, მთლიანად სამყაროს ზომა დაახლოებით 40-90 მილიარდი სინათლის წელია. ასეთი ზომების ობიექტებზე სასაუბროდ უმჯობესია გამოვიყენოთ ჩვენთვის ახალი სიდიდე – **პარსეკი**.

პარსეკი ისეთი მანძილია, საიდანაც დედამიწის მზის გარშემო მოძრაობის ორბიტის რადიუსი ჩანს გრადუსის $(1/3600)^{\circ}$ კუთხით ანუ 1 სეკუნდით.

1 პარსეკი=3,2616 სინათლის წელი.



მოვიყვანოთ კოსმოსური ზომების რამდენიმე მაგალითი:

დედამიწის ეკვატორის სიგრძე ≈ 40000 კმ;

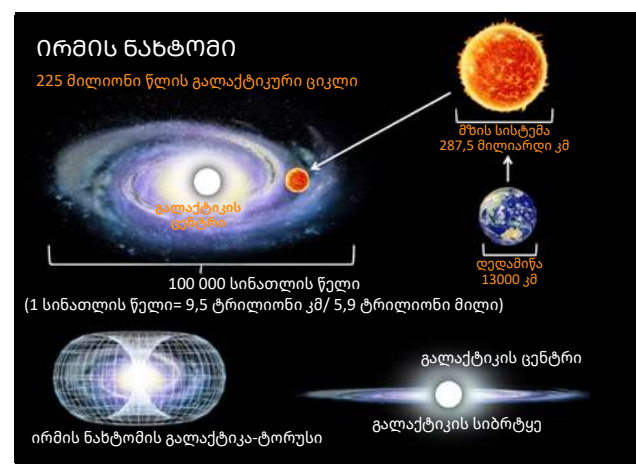
დედამიწიდან მთვარემდე მანძილი ≈ 384000 კმ;

დედამიწიდან მზემდე მანძილი ≈ 150 მილიონი კმ ან 8,3 სინათლის წელი;

დედამიწიდან უახლოეს ვარსკვლავ ალფა კენტავრამდე მანძილი $\approx 4,36$ სინათლის წელი;

ჩვენი გალაქტიკის – ირმის ნახტომის დიამეტრი დაახლოებით 100 000 სინათლის წელი ანუ 30 000 პარსეკია; მისი საშუალო სისქე კი დაახლოებით 1000 სინათლის წელი.

ჩვენი მზე ირმის ნახტომის ცენტრიდან 7500-8000 პარსეკით არის დაშორებული, ხოლო ჩვენი გალაქტიკის სიმეტრიის სიბრტყიდან – 20-25 პარსეკით. **(იხ.სურათი)**



სურათი 19. ჩვენი გალაქტიკა.

ჩვენი გალაქტიკის – ირმის ნახტომის ცენტრში მდებარეობს გიგანტური შავი ხვრელი, რომლის მასა სამი მილიონი მზის მასის ტოლია.

ჩვენი სამყაროს მხოლოდ ხილულ ნაწილში 100 მილიარდამდე გალაქტიკაა.

თავისი ისტორიის მანძილზე კაცობრიობა მუდმივად ცდილობს შეიმეცნოს ეს უზარმაზარი სამყარო. ამიტომ მნიშვნელოვანია, რომ ამ შემეცნების პროცესში ჩვენ სამყაროს შესწავლის თანამედროვე მეცნიერულ მიდგომებს დავეყრდნოთ და გამოვიყენოთ სანდო წყაროები.

სამყაროში უამრავი სხვადასხვა ობიექტია, რომელთა სახელებიც ხშირად გვესმის. მათ

შორის ყველაზე ცნობილ და პოპულარულ ციურ სხეულებს შევეხებით და განვიხილავთ ამ ნაწილში, კერძოდ, ესენია:

პლანეტები, ბუნებრივი თანამგზავრები, ვარსკლავები, გალაქტიკები, შავი ხვრელები და ა.შ.

დავიწყოთ **მზის სისტემის** მიმოხილვით. იგი მზისა და პლანეტარული სისტემისაგან შედგება. პლანეტარული სისტემა მოიცავს ყველა ციურ სხეულს, რომელიც მზის ირგვლივ ბრუნავს. ესენია: პლანეტები, ჯუჯა პლანეტები, პლანეტების თანამგზავრები, ასტეროიდები, მეტეორები და მეტეორიტები, კომეტები და კოსმოსური მტვერი.

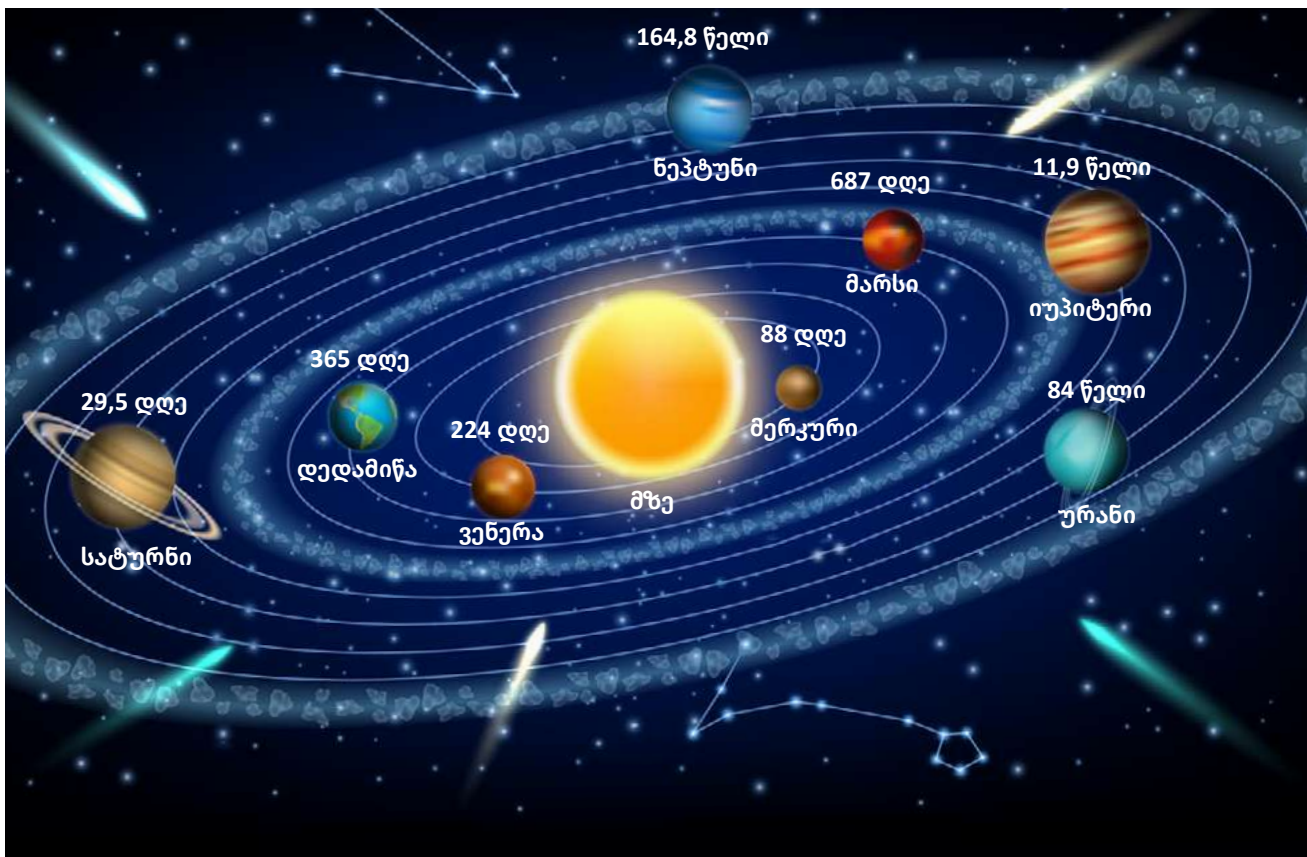


სურათი 20. მზის სისტემა.

ჩვენთვის ყველაზე ნაცნობი მათ შორის **პლანეტები**, რადგან თავადაც ერთ-ერთ ასეთ პლანეტაზე – დედამიწაზე ვცხოვრობთ. ბევრ პლანეტას ჰყავს თანამგზავრები – პატარა (პლანეტებთან შედარებით, გაცილებით მცირე ზომისანი) კოსმოსური სხეულები, რომლებიც ბრუნავენ სხვა სხეულების, კერძოდ, პლანეტების გარშემო. ბევრმა ალბათ უკვე იცის, რომ ჩვენი პლანეტა ნაწილია მზის სისტემისა, სადაც დედამიწის გარდა, არის კიდევ 7 პლანეტა და მზე. მზე ტიპური ვარსკვლავია, ის ყვითელ ჯუჯა ვარსკვლავთა კლასს მიეკუთვნება. მზის მიზიდულობის გამო, პლანეტები მის ირგვლივ ბრუნავენ.

რა შეეხება მზის სისტემის პლანეტებისა და მათი თანამგზავრების ჩამონათვალს, იგი ასე გამოიყურება:

1. მერკური;
2. ვენერა;
3. დედამიწა (თანამგზავრი მთვარე);
4. მარსი (თანამგზავრები ფობოსი და დეიმოსი);
5. იუპიტერი (79 თანამგზავრი);
6. სატურნი (82 თანამგზავრი);
7. ურანი (27 თანამგზავრი);
8. ნეპტუნი (13 თანამგზავრი);



სურათი 21. პლანეტების მიმოქცევის პერიოდები.

პლანეტების მზისგან დაშორების მიხედვით იზრდება ბრუნვის პერიოდიც. მზის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდი ყველაზე ნაკლები აქვს მერკურს, იგი მზის ირგვლივ სრულ ბრუნს 88 დედამიწისეულ დღე-ღამეში ასრულებს; ხოლო ყველაზე მეტი აქვს ნეპტუნს, რადგან იგი ყველაზე მეტად არის დაშორებული მზეს და ერთ სრულ ბრუნს 165 დედამიწისეულ წელიწადს ანდომებს. მერკური, დედამიწა, მარსი, იუპიტერი, სატურნი

და ნეპტუნი მზისა და საკუთარი ღერძის ირგვლივ ერთი და იმავე მიმართულებით ბრუნავენ, ხოლო ვენერას და ურანის საკუთარი ღერძის ირგვლივ ბრუნვის მიმართულება მზის ირგვლივ ბრუნვის მიმართულების საწინააღმდეგოა. ამასთან, ვენერას მზის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდი 224,7 დედამიწის დღე-ღამეა, ხოლო თავის ღერძის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდი კი – 243 დღე-ღამე.



სურათი 22. ვარსკვლავები.

ვარსკვლავები ძალიან მრავალფეროვანია მათი სიკაშკაშის, ზომის, ტემპერატურისა და სხვა მახასიათებლების მიხედვით. ვარსკვლავებია – **თეთრი ჯუჯები, ნეიტრონული ვარსკვლავები, გიგანტები, სუპერგიგანტები და პულსარები.** ძნელი წარმოსადგენია, მაგრამ ზოგიერთ ვარსკვლავში მატერიის სიმკვრივე შეიძლება ათასჯერ აღემატებოდეს ტყვიის სიმკვრივეს.

ვარსკვლავები არ არიან უმოძრაონი. მრავალი ვარსკვლავის გროვა ბრუნავს ერთი რაიმე ცენტრის გარშემო. ასეთ გროვებს ეწოდება გალაქტიკები, ხოლო ბრუნვის ცენტრებს – გალაქტიკის ცენტრები. გალაქტიკას, რომელშიც შედის ჩვენი მზე, ირმის ნახტომი ეწოდება. გალაქტიკების შესწავლამ აჩვენა, რომ გალაქტიკების მატერიის უმეტეს ნაწილს ჩვენ, გაურკვეველი მიზეზის გამო, ვერ

ვხედავთ. მეცნიერებაში ასეთ მატერიას **ბნელი მატერია** ეწოდება.

განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს გალაქტიკების ცენტრები. თანამედროვე შეხედულებების თანახმად, **შავი ხვრელები** ყველაზე შესაფერისი კანდიდატებია გალაქტიკის ცენტრში მდებარე

ობიექტის როლისთვის. შავი ხვრელები ვარსკვლავების განვითარების განსაკუთრებული შედეგია თავისი გამორჩეული თვისებების გამო. შავი ხვრელების არსებობა დიდწილად განსაზღვრავს ფარდობითობის ზოგადი თეორიის მართებულობას.



სურათი 23. შავი ხვრელი.

შავი ხვრელები, ალბათ, ჩვენი სამყაროს ყველაზე პოპულარული და ამავდროულად ყველაზე ნაკლებად შესწავლილი ობიექტებია. ბევრი ფანტასტი მწერალი წარმოადგენს შავი ხვრელს, როგორც სამყაროს უზარმაზარ „მტვერსასრუტს“, რომელიც ცდილობს შთანთქას ყველაფერი, რაც მის ირგვლივაა. შევეცადოთ შევხედოთ შავ ხვრელს მეცნიერულად.

პირველ რიგში, გავიხსენოთ წინარე ისტორია: პირველად ასეთი ობიექტის იდეა გაუჩნდა ინგლისელ მღვდელს – ჯონ მიჩელს 1784 წელს. იდეა ის იყო, რომ იმ ციური სხეულისთვის, რომლის რადიუსი 280,3 მზის რადიუსის ტოლია და სიმკვრივე კი იგივე აქვს, რაც მზეს, მეორე კოსმოსური სიჩქარე სინათლის სიჩქარის ტოლია.

ამრიგად, სინათლე ვერ დატოვებს ამ სხეულს, და რადგან შავი ხვრელიდან სინათლე ვერ გამოვა, ხოლო ჩვენ საგნებს ვხედავთ მათგან არეკლილი სინათლის თვალში დაცემის გამო, შესაბამისად, ჩვენ შავ ხვრელს ვერ დავინახავთ, ის უხილავი იქნება. თუმცა შავი ხვრელების სერიოზული განხილვა დაიწყო მხოლოდ მე-20 საუკუნის დასაწყისში, აინშტაინის ფარდობითობის თეორიის გამოჩენის შემდეგ.

შავი ხვრელების დასახასიათებლად შემოგთავაზებთ ერთ სიდიდეს – შვარცშილდის რადიუსს:

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}, \quad (4.1)$$

სადაც G არის გრავიტაციული მუდმივი და c – სინათლის სიჩქარე. შავ ხვრელს, რომელსაც იგივე

მასა აქვს, რაც დედამიწას, ექნება შვარცშილდის რადიუსი 9 მილიმეტრი (ანუ დედამიწა შეიძლება გახდეს შავი ხვრელი, თუკი ვინმე შეძლებს მის შეკუმშვას 9 მმ რადიუსის ზომის ბურთულამდე). მზისთვის შვარცშილდის რადიუსი დაახლოებით 3 კილომეტრია. შავი ხვრელების დასახასიათებლად შეგვიძლია ასევე შემოვიტანოთ კრიტიკული სიმკვრივის სიდიდის ცნება, იგი ასე გამოისახება:

$$\rho = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2}, \quad (4.2)$$

ან თუ ამ განტოლებაში ჩავსვამთ მუდმივებს, მივიღებთ

$$\rho \approx 1,85 \times 10^{19} \frac{1}{m^2}, \quad (4.3)$$

სადაც m არის შავი ხვრელის მასა მზის მასის პირობით ერთეულებში. კერძოდ, როცა $m=1$, მაშინ ასეთი შავი ხვრელის მასა ჩვენი მზის მასის ტოლია ანუ უდრის $2 \cdot 10^{30}$ კგ-ს.

შავი ხვრელების ორი უმნიშვნელოვანესი თვისებაა **მოვლენათა ჰორიზონტის** არსებობა და **სინგულარობა**, რომელიც ამ **ჰორიზონტით** არის გამოყოფილი დანარჩენი სამყაროსგან. <https://1tv.ge/news/10-gamaognebeli-faqti-shavi-khvrebis-shesakheb/>

მოვლენების ჰორიზონტი წარმოადგენს ისეთ არეს, საიდანაც ვერანაირი ინფორმაცია ვერ გამოადგვს შავი ხვრელის ძლიერი მიზიდულობის გამო. იგი მდებარეობს **შვარცშილდის რადიუსის** შიგნით.

სინგულარობა არის წერტილი შავი ხვრელის ცენტრში, სადაც გრავიტაციის განტოლებების

ამოხსნებს არ აქვს მკაფიო ფიზიკური აზრი. უფრო მარტივად და გასაგებად, რომ ვთქვათ, მეცნიერებს, მთელი თავიანთი დაგროვილი ცოდნის მიუხედავად, ჯერ კიდევ არ შეუძლიათ მკაფიო პასუხის გაცემა კითხვაზე: რა ხდება შავ ხვრელში?

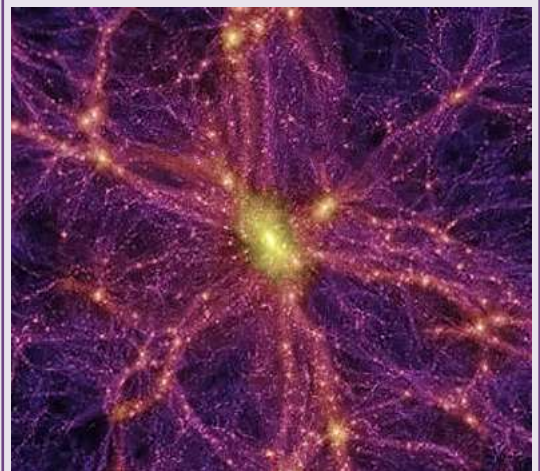
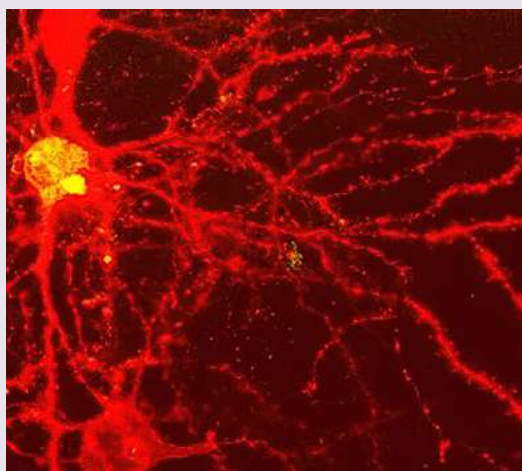
ბოლო წლების კვლევებმა კიდევ უფრო მეტი ინტრიგა შემოიტანა შავი ხვრელების შესწავლის საქმეში. კვლევებმა აჩვენეს, რომ შავი ხვრელები ასხივებენ, ანუ ისინი არ არიან აბსოლუტურად შავები. ეს წლების წინ იწინასწარმეტყველა კიდევ სტივენ ჰოკინგმა, ცნობილმა ბრიტანელმა ფიზიკოსმა და ასტროფიზიკოსმა. ამ მიმართულებით ძალიან საინტერესო სამუშაოები მიმდინარეობს ამჟამად, მათ შორის ზოგადი ფარდობითობის თეორიაში ველის კვანტური თეორიის ჩართვით, რაც შესაძლებელს გახდის შავი ხვრელების აღწერის ახალი, უფრო ზუსტი მოდელის მიღებას.

გარდა ამისა, სამყარო ასევე შედგება **ნისლეულებისგან**, რომლებიც გალაქტიკების ნაწილია (ვარსკლავთმორისი ღრუბლები, რომლებიც მტვრის, აირებისა და პლაზმისგან შედგება), **რელიქტური გამოსხივებისგან**, რომელიც მთელ სამყაროს განჭოლავს, და სხვა საინტერესო და ნაკლებად შესწავლილი ობიექტებისგან.

აქვე უნდა ვახსენოთ კიდევ ერთი ახალი კვლევის შესახებ, რომელიც ადამიანის თავის ტვინის ნერვული ქსელისა [\(იხ. ბიოლოგია\)](#) და გალაქტიკებისა და სამყაროს კოსმოსური ქსელის შედარებას შეეხებოდა.

სურათი 24.

მიკრო- და
მაკრო სამყარო.



ამ სურათზე გვერდიგვერდ არის ასახული ადამიანის ნეირონი და სიმულირებული გალაქტური გროვა. ფოტოზე ისინი საოცრად ჰგვანან ერთმანეთს. თუმცა, ადამიანის თავის ტვინსა და სამყაროს იმაზე გაცილებით ბევრი რამ აქვთ საერთო, ვიდრე ისინი ერთი შეხედვით ჩანს. ამიტომაც ბოლონიის უნივერსიტეტის ასტროფიზიკოსმა ფრანკო ვაცამ და ვერონის უნივერსიტეტის ნეიროქირურგმა ალბერტო ფელეტომ გასული რამდენიმე წელიწადი მიუძღვნეს იმის კვლევას, თუ რა მსგავსებებია მათ შორის.

კვლევის საწყისი წერტილი ამ ორს შორის მსგავსებათა გარკვევა იყო. ადამიანის ნათხემს დაახლოებით 69 მილიარდი ნეირონი აქვს; დაკვირვებადი კოსმოსური აბლაბუდა შეიცავს 100 მილიარდზე მეტ გალაქტიკას;

ორივე სისტემა მოწყობილია კარგად განსაზღვრულ ქსელებად, ფილამენტებით დაკავშირებული კვანძებით (ნეირონები – ტვინში, გალაქტიკები – სამყაროში);

ნეირონებსაც და გალაქტიკებსაც აქვთ ტიპური მასშტაბის რადიუსი, რომელიც ფილამენტების სიგრძის მხოლოდ მცირე ნაწილია. კვანძებს შორის ინფორმაციისა და ენერგიის დინება მხოლოდ 25 პროცენტია იმ მასისა და ენერგიისა, რასაც თითოეული ეს სისტემა შეიცავს;

გარდა ამისა, არსებობს მსგავსება თავის ტვინისა და სამყაროს შემადგენლობას შორის. ტვინის 77 პროცენტს წყალი შეადგენს, სამყაროს დაახლოებით 72 პროცენტს კი – ბნელი ენერგია.

ჯგუფმა სხვა მორფოლოგიური მახასიათებლებიც შეისწავლა, მაგალითად, თითოეული კვანძის შემადგენელი ფილამენტების რაოდენობა. 3800 – 4700 კვანძზე დაყრდნობით აღმოჩნდა, რომ თითოეულს საშუალოდ 3,8 – 4,1 შემადგენელი აქვს. რაც შეეხება ადამიანის თავის ტვინის ნათხემს, 1800 – 2000 კვანძის მაგალითზე აღმოჩნდა, რომ თითოეულს საშუალოდ 4,6 – 5,4 შემადგენელი აქვს.

ერთ-ერთი ახალი კვლევა მიუთითებს, რომ ადამიანის ტვინს 2,5 პეტაბაიტი ინფორმაციის დატევა შეუძლია. ჩატარებული კიდევ ერთი კვლევის მიხედვით კი, სამყაროს კომპლექსურობის შესახებ ინფორმაციის შესანახად საჭიროა 4,3 პეტაბაიტის მოცულობა.

რა თქმა უნდა, ეს იმას არ ნიშნავს, რომ სამყარო ტვინია ან შეგრძნების უნარი აქვს. ეს უბრალოდ მიაჩნდება, რომ კანონები, რომლებიც ამ ორი სტრუქტურის ზრდას მართავს, შეიძლება, ერთი და იგივე იყოს.



კითხვები:

1. რა ობიექტებისგან შედგება ჩვენი სამყარო?
2. რა სიგრძის ერთეულები გამოიყენება კოსმოსური მანძილების დასახასიათებლად?
3. აღწერეთ პლანეტარული სისტემა;
4. როგორ იცვლება მზის ირგვლივ პლანეტების ბრუნვის პერიოდი?
5. როგორია მზის სისტემის პლანეტების საკუთარი ღერძის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდები?
6. როგორ დაახასიათებთ შავ ხვრელს?
7. მოიყვანეთ კოსმოსისა და თავის ტვინის შედარებითი დახასიათების მაგალითები?

5. ელექტრული ურთიერთქმედება

ამ თავში ჩვენ შევისწავლით ელექტრომაგნიტიზმს ანუ ელექტრულ და მაგნიტურ მოვლენათა ერთობლიობას. თავდაპირველად განვიხილოთ ელექტრული ურთიერთქმედება. ამისათვის კი ჯერ გავარკვიოთ, თუ რა არის ელექტრული მუხტი.

ელექტრული მუხტი. შეგიძინევიათ ალბათ შემთხვევა, როდესაც ავტომანქანის სახელოურთან შეხებისას პატარა ტკაცუნი გაგიგონიათ და უსიამოვნო შეგრძნება გქონიათ; ან სამოსის გახდისას ასეთივე ხმა გაგიგონიათ და შეიძლება, ნაპერწკალიც შეგინიშნავთ. ეს მოვლენები, ჩვეულებრივ, დიდ საფრთხეს არ შეიცავენ, თუმცა შეიძლება ზოგ შემთხვევაში ეს არც თუ ისე უხიფათო იყოს. მაგალითად, ბენზინში მანქანებს ძარაზე მეტალიზებული გამტარი რეზინი აქვთ ჩამოკიდებული, რომელიც ასფალტს ეხება. ეს სწორედ იმ ხიფათის თავიდან ასაცილებლად არის მოგონილი, რომელიც ნაპერწკლის გავარდნის დროს შეიძლება მოხდეს. ამ მაგალითებიდან ჩანს, რომ ჩვენს სხეულებში, ავტომანქანაში, ტანისამოსში არსებობს ელექტრული მუხტები, რომლებიც ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ, რასაც შეიძლება ნაპერწკლების გაყრა მოჰყვეს და, მაგალითად, ბენზინში მანქანის შემთხვევაში, ეს ძალიან სახიფათოა.

ელემენტარული მუხტი. ზემოთ ვახსენეთ, რომ ფიზიკა შეისწავლის ჩვენი სამყაროს სხვადასხვა ობიექტებს – დაწყებული ელემენტარული ნაწილაკებით, უზარმაზარი ციური სხეულებით დასრულებული, ანუ მთლიანად სამყაროს. ელემენტარული ნაწილაკების კლასიფიკაცია წლების განმავლობაში იცვლებოდა და ზუსტდებოდა. დღევანდელი ცოდნის საფუძველზე ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ არსებობს რამდენიმე ასეული ელემენტარული ნაწილაკი, რომელთა აღწერაზე დაწვრილებით არ შევჩერდებით, თუმცა ვიტყვით, რომ ამ ნაწილაკებს სხვადასხვა ფუნქცია აკისრიათ. განვიხილოთ ის ნაწილაკები, რომლებიც სხეულთა მუხტს განაპირობებენ. ეს ნაწილაკებია ელექტრონი და პროტონი, რომელთაც გააჩნიათ

მუხტები, სიდიდით ტოლი და ნიშნით საპირისპირო. პროტონის მუხტს პირობითად **დადებითი** უწოდეს, ელექტრონისას კი – **უარყოფითი**. ეს აღნიშვნა შემოიღო ბენჯამინ ფრანკლინმა, რომელიც, გარდა პოლიტიკური და დიპლომატიური მოღვაწეობისა, საქვეყნოდ აღიარებული მეცნიერიც იყო. აქვე ვახსენოთ მესამე მნიშვნელოვანი ელემენტარული ნაწილაკი – ნეიტრონი, რომელიც არის **ელექტრულად ნეიტრალური** ანუ მისი **ელექტრული მუხტი ნულის** ტოლია. დამუხტული ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან; ერთნაირნიშნის მუხტები განიზიდავენ ერთმანეთს, სხვადასხვა ნიშნიანები კი – მიიზიდავენ. ნეიტრალური მუხტის მქონე ნაწილაკები არ მონაწილეობენ ელექტრულ ურთიერთქმედებაში.

ბენჯამინ ფრანკლინის ეპოქაში ელექტრული მუხტი „უწყვეტ სითხედ“ მიიჩნეოდა. დღესდღეობით ვიცით, რომ **სითხე არ არის უწყვეტი** და ატომებისა და მოლეკულებისგან შედგება.

ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ „**ელექტრული სითხე**“ არ არის **უწყვეტი** და გარკვეული ელემენტარული მუხტებისგან შედგება. ნებისმიერი დადებითი ან უარყოფითი q მუხტი ასე შეიძლება ჩაიწეროს:

$q = ne$, სადაც $n = 1, 2, 3, \dots$, ხოლო e ელემენტარული მუხტია: $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ კ}$.

ნებისმიერი სხეულის მუხტი არის ელემენტარული მუხტის ჯერადი, რადგან ეს მუხტი იქმნება ან ზედმეტი ელექტრონებით, ან ზედმეტი პროტონებით. კულონი არის მუხტის ერთეული ერთეულთა საერთაშორისო SI სისტემაში. მის შესახებ უფრო დაწვრილებით შემდგომში ვიტყვით.

e – ელემენტარული მუხტი ბუნებაში არსებული ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მუდმივაა. ელექტრონის და პროტონის მუხტი $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$ სიდიდისაა:

$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კულონი}$

$q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კულონი}$.

პროტონებისა და ნეიტრონების შემადგენელი ნაწილაკების – კვარკების მუხტებია $e/3$ ან $2e/3$, მაგრამ მათი განცალკევებულად აღმოჩენა ჯერ-ჯერობით შეუძლებელია. სწორედ ამიტომ ამგვარ მუხტს ელემენტარულ მუხტად არ მივიჩნევთ. ფრაზები „სფეროს მუხტი“, „გადაცემული მუხტი“ და „ელექტრონის გადატანილი მუხტი“ **მეტყველებენ, რომ თითქოს მუხტი ნივთიერებაა**. თქვენ უნდა გახსოვდეთ, რომ მუხტი ნივთიერების ანუ ნაწილაკების ერთ-ერთი მახასიათებელია, როგორც ეს არის, მაგალითად, მასა. როდესაც მუხტისმაგვარ ფიზიკურ სიდიდეს მხოლოდ დისკრეტული მნიშვნელობები გააჩნია, ვამბობთ, რომ სიდიდე იკვანტება ანუ არსებობს ამ სიდიდეების ულუფები – კვანტები. შესაძლოა არსებობდეს ნაწილაკი, რომლის მუხტია $+10e$ ან $-6e$, მაგრამ, მაგალითად, $3,57e$ მუხტის მქონე ნაწილაკი არ არსებობს. მუხტის კვანტი მცირეა. მაგალითად, ჩვეულებრივ 100 ვტ სიმძლავრიან ნათურაში მუდმივი დენის დროს ყოველ წამში 10^{19} ელემენტარული მუხტი შედის და ამდენივე გამოდის. მიუხედავად ამისა, მუხტის დისკრეტულობა ისევე არ ჩანს (ნათურა ელექტრონებთან ერთად არ ციმციმებს), როგორც წყლის თითოეულ მოლეკულას ვერ გრძნობთ.

მუხტის მუდმივობის კანონი. თუ ორი დამუხტული სხეული ერთმანეთს შეეხება, ამ დროს შეიძლება დავინახოთ ნაპერწკლის გაყრა, გავიგონოთ სპეციფიკური ტკაცუნის ხმა. საინტერესოა, რა პროცესი მიმდინარეობს ამ დროს სხეულებში. დამუხტული სხეულების შეხებისას ხდება დამუხტული ნაწილაკების, ამ შემთხვევაში – ელექტრონების, გადასვლა იმ სხეულიდან, სადაც მისი ჭარბი რაოდენობაა, მეორე სხეულზე. თუმცა მათი ჯამური რაოდენობა, ცხადია, იგივე დარჩება. შესაბამისად, არ შეიცვლება შეხებაში მონაწილე სხეულების ჯამური მუხტი. მათემატიკურად ეს შეგვიძლია ასე გამოვსახოთ:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots = \sum_i q_i = \text{const.} \quad (4.1)$$

აქ $\sum$ (სიგმა) ჯამის ნიშანია, ინდექსი i კი სხეულის მუხტის რიგობრივი ნომერი, რომელთა მიხედვით ხდება დაჯამება.

გამტარები, დიელექტრიკები და ნახევარგამტარები. ნივთიერებების კლასიფიკაცია მათში

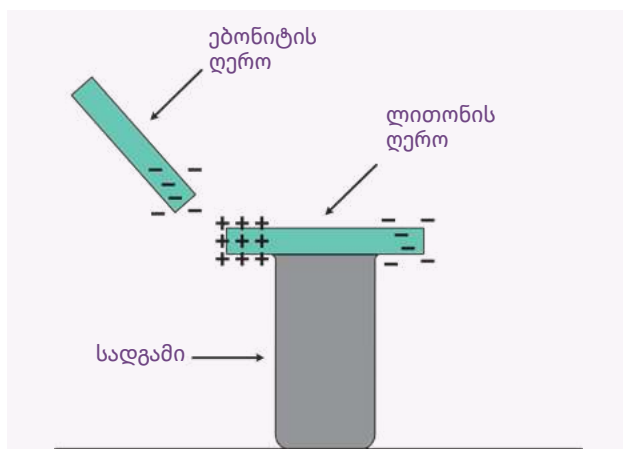
მუხტის მოძრაობის მიხედვითაც შეიძლება. ნივთიერება არის გამტარი, თუ მასში მუხტი თავისუფლად მოძრაობს. ასეთი ნივთიერებებია, მაგალითად, ლითონები, ადამიანის სხეული და ონკანის წყალი. არაგამტარ ნივთიერებებში ანუ დიელექტრიკებში, როგორც მათ ხშირად უწოდებენ, მუხტი თავისუფლად ვერ მოძრაობს. ამგვარი ნივთიერებებია, მაგალითად, რეზინი, პლასტმასი, მინა და ქიმიურად სუფთა წყალი. ნახევარგამტარი ნივთიერებები გამტარებსა და დიელექტრიკებს შორისაა. ისინი არც კარგი გამტარებია და არც კარგი დიელექტრიკები. ამგვარი ნივთიერებებია, მაგალითად, სილიციუმი და გერმანიუმი, რომლებიც კომპიუტერის მიკროსქემებში გამოიყენება. არსებობენ ზეგამტარები, რომლებშიც მუხტი ყოველგვარი დაბრკოლების გარეშე მოძრაობს. ზეგამტარულ თვისებებს ამჟღავნებენ ნივთიერებები დაბალ ტემპერატურებზე ან სხვა განსაკუთრებულ პირობებში. ამ პარაგრაფში მხოლოდ გამტარებსა და დიელექტრიკს განვიხილავთ.

მოდით, მოვიყვანოთ მაგალითი, თუ როგორ შეუძლია გამტარობას საგნის ზედმეტი მუხტის გაბათილება. როდესაც სპილენძის ღეროსა და მატყლს ერთმანეთთან ახახუნებთ, მუხტი მატყლიდან ღეროზე გადადის. თუ ღერო გიჭირავთ და, ამაყდროულად, ლითონის ღობეს ეხებით, ღერო არ დაიმუხტება, ვინაიდან ღერო და ღობე გამტარებია და დედამიწის ზედაპირს ლითონის ნაწილებით უკავშირდება. ზედმეტი მუხტები ერთმანეთს განიზიდავს და პირველი მათგანი ღეროს, თქვენი სხეულისა და ღობის გავლით დედამიწის ზედაპირს მიაღწევს, სადაც მუხტი განიბნევა. პროცესის შედეგად, ღერო ელექტრულად ნეიტრალური რჩება.

თუ დედამიწის ზედაპირსა და საგანს გამტარებით დავაკავშირებთ, საგანს – დამიწებული, ხოლო საგნის განეიტრალებას (ჭარბი დადებითი ან უარყოფითი მუხტების მოცილებას) განმუხტვა ეწოდება. თუ სპილენძის ღეროს მატყლთან ხახუნის დროს, ხელის ნაცვლად, იზოლირებული სახელურით დაიჭერთ, მაშინ დედამიწისკენ დენის გამტარი ბილიკი გამოირიცხება (მუხტი ღეროზე რჩება) და ვიდრე ხელით არ შეეხებით, ღერო დამუხტული დარჩება.

გამტარებისა და დიელექტრიკების მახასიათებლებს ატომების სტრუქტურა და ელექტრული ბუნება განსაზღვრავს. ატომები დადებითად დამუხტული პროტონებისგან, უარყოფითად დამუხტული ელექტრონებისა და ელექტრონეიტრალური ნეიტრონებისგან შედგება. პროტონები და ნეიტრონები ბირთვში მჭიდროდ არიან განლაგებული. ერთი ელექტრონისა და ერთი პროტონის მუხტი სიდიდით ერთი და იგივეა, ხოლო ნიშნით – საწინააღმდეგო. აქედან გამომდინარე, ელექტრულად ნეიტრალური ატომი ელექტრონებისა და პროტონების თანაბარ რაოდენობას შეიცავს. ელექტრონები ბირთვთან ახლოს მდებარეობენ და ვინაიდან მათი ელექტრული ნიშანი ბირთვში განლაგებული პროტონების ნიშნის საწინააღმდეგოა, ბირთვისკენ მიიზიდებიან. ატომის ბირთვიდან ყველაზე მოშორებით განლაგებული ელექტრონი ადვილად სწყდება თავის ატომს და მყარ სხეულში თავისუფლად გადაადგილდება. შესაბამისად, ატომი დადებითად იმუხტება (ხდება დადებითი იონი). თავისუფლად მოძრავ ელექტრონებს გამტარობის ელექტრონებს ვუწოდებთ. არაგამტარში თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობა მცირეა, დაახლოებით 10^{12} – 10^{13} ელექტრონი 1 სმ^3 -ში, ნახევარგამტარებში, შესაბამისად, 10^{16} – 10^{17} ელექტრონი, ხოლო გამტარებში კი – 10^{22} – 10^{23} ელექტრონი 1 სმ^3 მოცულობაში.

25. სურათზე გამოსახულ ცდაში ნაჩვენებია გამტარში მუხტის გადაადგილება. უარყოფითად დამუხტული ებონიტის ღერო იზოლირებული



სურათი 25. გამტარში მუხტის გადაადგილება.

ნეიტრალური ლითონის ღეროსთან მიახლოებისას მის გამტარობის ელექტრონებს განიზიდავს. გამტარობის ელექტრონების ნაწილი ლითონის ღეროს შორეული ბოლოსკენ გადაადგილდება, შორეული ბოლო ელექტრონებით ივსება და უარყოფით მუხტს იძენს. ებონიტის ღეროსთან ახლოს მყოფი ლითონის ღეროს ბოლო, შესაბამისად დადებით მუხტს შეიძენს. ლითონის ღერო მთლიანობაში კვლავ ნეიტრალურია და მას ინდუცირებული მუხტის მქონე ეწოდება, რადგან მისი დადებითი და უარყოფითი მუხტების ნაწილები განცალკევდნენ.

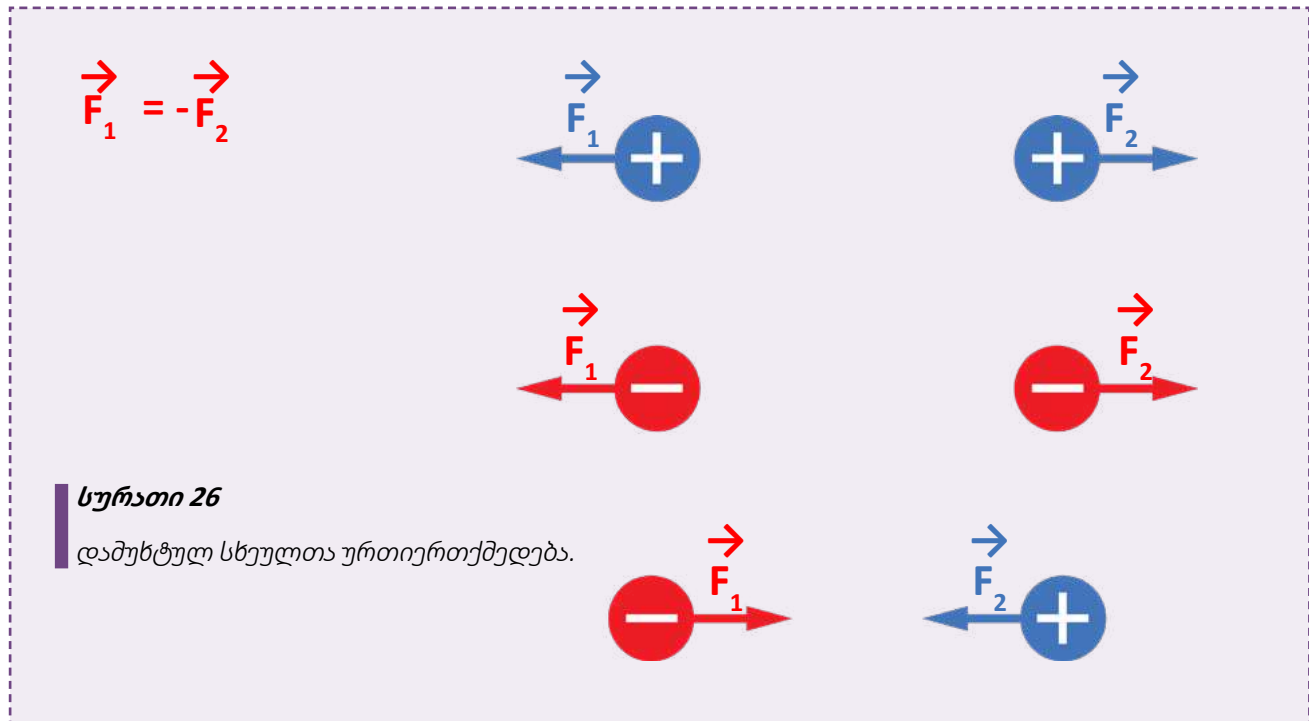
ასევე მოხდება, თუ დადებითად დამუხტულ მინის ღეროს ელექტრონეიტრალური ლითონის ღეროს რომელიმე ბოლოსთან მივიტანთ, ლითონის ღეროს გამტარობის ელექტრონები ამ ბოლოსკენ მიიზიდება, ბოლო უარყოფითად დაიმუხტება, ხოლო მეორე ბოლო – დადებითად. ამრიგად, ეს ლითონის ღერო ასევე ინდუცირებული მუხტის მქონე იქნება. მიუხედავად იმისა, რომ ლითონის ღერო კვლავ ნეიტრალურია, ის და მინის ღერო ერთმანეთს მიიზიდავენ.

გაითვალისწინეთ, რომ მყარ ნივთიერებაში უარყოფითი მუხტის მქონე გამტარობის ელექტრონებს მოძრაობა შეუძლია, ხოლო დადებითი იონები უძრავია. ზოგადად, საგანი დადებითად მხოლოდ მაშინ იმუხტება, როდესაც მას უარყოფით მუხტებს მოვამორებთ.

? კითხვები:

1. როგორი სხეულები მონაწილეობენ ელექტრულ ურთიერთქმედებაში?
2. რას წარმოადგენს ელემენტარული მუხტი?
3. როგორი აგებულება აქვთ პროტონებსა და ნეიტრონებს?
4. როგორ ჩამოაყალიბებთ მუხტის მუდმივობის კანონს?
5. როგორ ხასიათდებიან ნივთიერებები მუხტის გამტარობის მიხედვით?

6.1. კულონის კანონი



სურათი 26

დამუხტულ სხეულთა ურთიერთქმედება.

განვიხილოთ დამუხტულ სხეულთა ურთიერთქმედება. როგორც **სურათი 26-ზე** არის ნაჩვენები, თუ დამუხტულ სხეულებს ერთმანეთს მივუახლოვებთ, დავინახავთ, რომ ისინი მიიზიდებიან ან განიზიდებიან იმისდა მიხედვით ერთნაირნიშნის მუხტები აქვთ თუ განსხვავებული. ეს ურთიერთქმედება, რომელსაც ელექტროსტატიკური ძალა ეწოდება, წერტილოვანი მუხტების შემთხვევაში, გამოითვლება ფორმულით:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}, \quad (6.1.1)$$

სადაც q_1 და q_2 არის სხეულთა მუხტები, r – მათ შორის მანძილი, ხოლო k არის მუდმივა, რომელიც ტოლია $k=9 \cdot 10^9 \text{ ნ} \cdot \text{მ}^2/\text{კ}^2$. ორი წერტილოვანი სხეული, რომელთა მუხტებია 1 კ, ხოლო მანძილი მათ შორის – 1 მეტრი, ერთმანეთზე ურთიერთქმედებს ძალით, რომელიც რიცხობრივად k -ს ტოლია. ეს დამოკიდებულება ექსპერიმენტულად დაადგინა ფრანგმა მეცნიერმა შარლ ოგიუსტენ კულონმა 1786 წელს და კულონის კანონით არის ცნობილი. თუ დავაკვირდებით ელექტრული ურთიერთქმედების ძალის და მსოფლიო მიზი-

დულობის, იგივე გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალის ნიუტონის ფორმულას, ისინი ერთმანეთის მსგავსია:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (6.1.2)$$

მათი შედარებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ელექტროსტატიკური და გრავიტაციული ურთიერთქმედება ერთნაირად აღიწერება და არის ნივთიერებათა „ურთიერთობის“ ფორმა. გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას განაპირობებს ამ ურთიერთქმედებაში მონაწილე სხეულთა მასები, ხოლო ელექტროსტატიკურ ურთიერთქმედებას კი განსაზღვრავს ამ სხეულთა მუხტები.



კითხვები:

- რაზე არის დამოკიდებული დამუხტულ სხეულთა შორის ურთიერთქმედების ძალა?
- რა მსგავსებაა ელექტრულ და გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას შორის?

6.2. ელექტრული ველის დაძაბულობა

ჩვენთვის უკვე ცნობილია, რომ სხეულთა შორის ნებისმიერი ურთიერთქმედება ველების საშუალებით ხორციელდება. გამონაკლისს არც ელექტრული ურთიერთქმედება წარმოადგენს. დამუხტული სხეულები გარშემო ქმნიან ელექტრულ ველს, რომლითაც ისინი სხვა დამუხტულ სხეულებზე მოქმედებენ.

კიდევ ერთხელ შევეცადოთ გავარკვიოთ, თუ რა არის ველი? ველის წარმოდგენა არც ისე მარტივია. მას არ აქვს სუნი, ფერი, გემო, ვერ ვგრძნობთ მხეხებით, არ არის ცხელი ან ცივი. ველი ადამიანის გრძნობათა ორგანოებით ვერ შეიგრძნობა, თუმცა მისი არსებობა დასტურდება ცდით და მისი აღმოჩენა შესაძლებელია.

კულონის კანონის (6.1.2) მიხედვით, ელექტრული ურთიერთქმედება დამოკიდებულია დამუხტულ სხეულებს შორის მანძილზე და სუსტდება მანძილის გაზრდით. ბუნებრივია ვიფიქროთ, რომ ურთიერთქმედების შესუსტება გამოწვეულია ველის შესუსტებით და გრავიტაციული ველის შემთხვევაში მართლაც ასე იყო. ველის მახასიათებელი სიდიდეები (დაძაბულობა და პოტენციალი) მცირდებოდა ამ ველის წარმომქმნელი სხეულიდან დაშორებით. მსგავსი თვისება აქვს დამუხტული სხეულის ელექტრულ ველს – სხეულიდან დაშორებით ისიც სუსტდება. აქაც შემოვიტანოთ ელექტრული ველის მახასიათებელი სიდიდეები, პირველ რიგში, ველის ე.წ. **ძალური** მახასიათებელი ანუ **ელექტრული ველის დაძაბულობა** – $\vec{E}$.

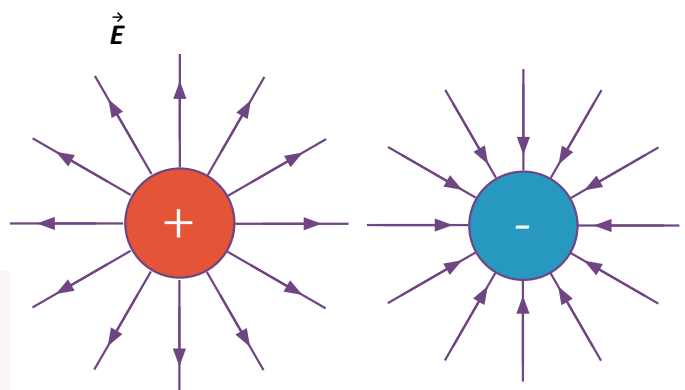
ეს სიდიდე გვიჩვენებს სივრცის შესაბამის წერტილში ელექტრული ველის სიძლიერეს, თუ რამდენად ძლიერად იმოქმედებს ველი ამ წერტილში შეტანილ რაიმე დამუხტულ ნივთიერ წერტილზე. წერტილოვანი q -მუხტის ველის დაძაბულობის სიდიდე მისგან r -მანძილით დაშორებულ სივრცის რაიმე წერტილში ამგვარად გამოისახება

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad (6.2.1)$$

ელექტრული ველის დაძაბულობა ვექტორული სიდიდეა და SI სისტემაში მისი ერთეულია ნიუტონი/კულონი (ნ/კ). აქვე განვმარტოთ წერტილოვანი მუხტი – იგი წარმოადგენს ისეთ დამუხტულ სხეულს, რომლის ზომებიც შეგვიძლია უგულებელვყოთ მოცემულ პირობებში. წერტილოვანი მუხტის შემთხვევაში დაძაბულობის ვექტორი მიმართულია რადიალურად მუხტიდან გარეთ (დადებითი მუხტის შემთხვევაში) ან მუხტისკენ (უარყოფითი მუხტის შემთხვევაში). **(იხილეთ სურათი 3).** თუ ელექტრულ ველში შევიტანთ რაიმე q_0 მუხტს, მაშინ ელექტრული ველის მხრიდან მასზე მოქმედი ძალა ასე გამოისახება:

$$\vec{F} = q_0 \vec{E} \quad (6.2.2)$$

როგორც (6.2.2) ფორმულიდან ჩანს, $q_0 > 0$ დადებითი მუხტის შემთხვევაში ძალის და დაძაბულობის ვექტორები ერთი მიმართულების არის, $q_0 < 0$ უარყოფითი მუხტის შემთხვევაში კი – საპირისპირო მიმართულების.



სურათი 27.

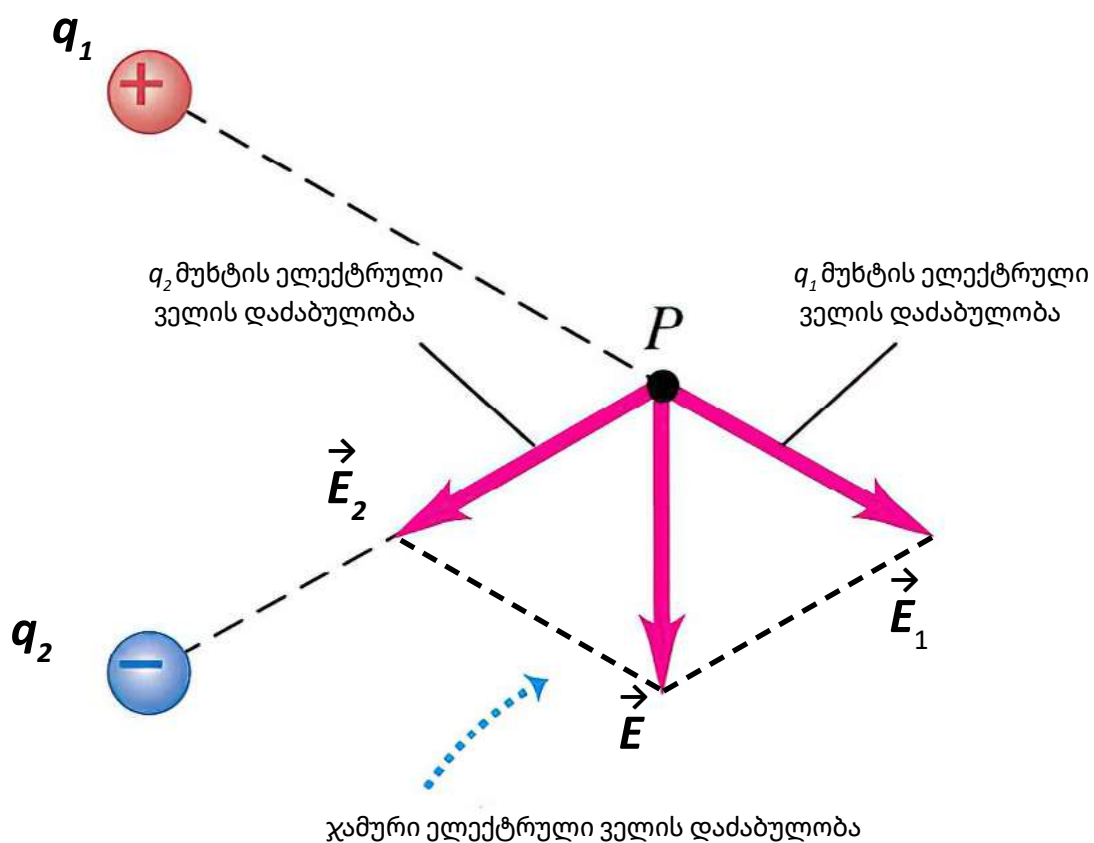
ელექტრული ველის დაძაბულობა.

თუ სივრცის რაიმე წერტილში გვაქვს სხვადასხვა მუხტების მიერ შექმნილი რამდენიმე ველი, მაშინ ხდება ამ ველების ზედდება, რასაც ველების სუპერპოზიცია ეწოდება. ამ დროს სხვადასხვა ველების დაძაბულობების ვექტორები იკრიბება შესაბამის წერტილებში:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

(6.2.3)

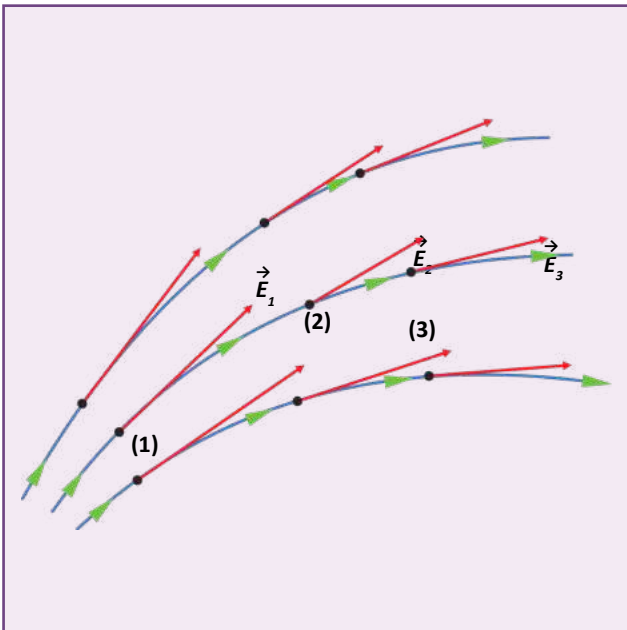
ელექტრული ველების სუპერპოზიცია



სურათი 28. ელექტრული ველის სუპერპოზიცია.

ერთგვაროვანი ველი ეწოდება ისეთ ველს, რომლის დაცხადულობის ვექტორი ყველგან ერთნაირია. უძრავი და დროში უცვლელი მუხტების მიერ შექმნილ ელექტრულ ველს კი **ელექტროსტატიკური ველი** ეწოდება.

ელექტრული ველის თვალსაჩინოდ წარმოდგენისთვის იყენებენ **ელექტრული ველის ძალწირებს**. ისინი ისეთი წირებია, რომელთა ყოველ წერტილში დაცხადულობა მიმართულია მათი მხების გასწვრივ. მიმართულებებისთვის მხებზე მიუთითებენ ისრებს. რაც მეტია დაცხადულობის მოდული, მით უფრო ხშირია ძალწირები.



სურათი 29. ელექტრული ველის ძალწირები.

ახლა გადავიდეთ ელექტრული ველის ენერგეტიკულ მახასიათებელზე – **პოტენციალზე**. პოტენციალი φ ასოთი აღინიშნება და SI სისტემაში მისი ერთეულია ვოლტი (ვ). იგი სკალარული სიდიდეა და წერტილოვანი მუხტის ველისთვის ასე გამოიხატება: (**იხილეთ სურ. 29**)

$$\varphi = k \frac{q}{r} \quad (6.2.4)$$

$q > 0$ დადებითი მუხტის ველის პოტენციალი დადებითი სიდიდეა, $q < 0$ უარყოფითი მუხტის კი, შესაბამისად, უარყოფითი. თუ სივრცის რაიმე წერტილში რამდენიმე მუხტი ქმნის ველს, მაშინ ამ წერტილში პოტენციალი ამ ველების პოტენციალების ალგებრული ჯამის ტოლი იქნება.

ზედაპირს, რომლის ყველა წერტილს ერთნაირი პოტენციალი აქვს, **ეკვიპოტენციური ზედაპირი** ეწოდება. ეკვიპოტენციური ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში ველის დაცხადულობის ვექტორი ამ ზედაპირის მართობულია.



კითხვები:

1. რომელი სიდიდით შეგვიძლია ველის დახასიათება?
2. ველის რა თვისებას ახასიათებს ელექტრული ველის დაცხადულობა?
3. როგორი მიმართულება აქვს ელექტრული ველის დაცხადულობის ვექტორს?
4. რომელი სიდიდეა ელექტრული ველის ენერგეტიკული მახასიათებელი?
5. რას ეწოდება ეკვიპოტენციური ზედაპირი?

7.1. ელექტრული დენი

ჩვენ შევისწავლეთ უძრავი ანუ სტატიკური დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედება, ამიტომაც ფიზიკის ამ ნაწილს ელექტროსტატიკა ეწოდება. ახლა განვიხილოთ ელექტროდინამიკა, სადაც შევისწავლით მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკებს ანუ ელექტრულ დენს. ამისათვის გავიხსენოთ ნივთიერებათა დახარისხება გამტარებად, არაგამტარებად და ნახევარგამტარებად. შევაფასოთ ნივთიერებაში თავისუფალი დამუხტული ნაწილაკების რაოდენობა; პირობითად: არაგამტარებში მათი რაოდენობა არის შედარებით მცირე – დაახლოებით 10^{12} - 10^{13} 1 სმ³-ში, ნახევარგამტარებში, შესაბამისად, 10^{16} - 10^{17} და გამტარებში კი – 10^{22} - 10^{23} . ელექტრული დენის შესასწავლად გამოგვადგება გამტარი. მასში არის თავისუფალი ელექტრონები, რომლებიც განუწყვეტლივ მოძრაობენ ქაოსურად, ეს არის სითბური მოძრაობა. თუ ჩვენ მათ ვაიძულებთ, ერთი მიმართულებით ამოძრავდნენ, ეს იქნება უკვე ელექტრული დენი. ელექტრული დენი ასეც განიმარტება: დამუხტული ნაწი-

ლაკების მოწესრიგებული მიმართული მოძრაობა. რა პირობა უნდა შესრულდეს ელექტრული დენის მისაღებად? პირველ რიგში, უნდა გვქონდეს საკმარისი რაოდენობით დამუხტული ნაწილაკები, და შემდეგ რაიმე გარეშე ძალა, რომელიც მათ ერთი მიმართულებით ამოძრავებს. ელექტრული დენის მიღება შესაძლებელია სხვადასხვა გარემოში – მყარ სხეულებში, სითხეებში, აირებში და ვაკუუმშიც კი.

ელექტრული დენის გარეშე ჩვენი ცხოვრება დღეს ალბათ წარმოუდგენელი მოგვეჩვენება, იმდენად ღიდია მისი როლი ადამიანის ყოფა-ცხოვრებაში, დაწყებული განათებითა და საყოფაცხოვრებო ტექნიკით, დასრულებული უზარმაზარი და ურთულესი სამეცნიერო ხელსაწყო-დანადგარებით. ავტომობილებიც კი, რომლებიც ნავთობპროდუქტების საწვავზე მუშაობდნენ, სულ უფრო მეტად გადადიან ელექტროენერგიის გამოყენებაზე. ამ სიის გაგრძელება დაუსრულებლად შეიძლება.



კითხვები:

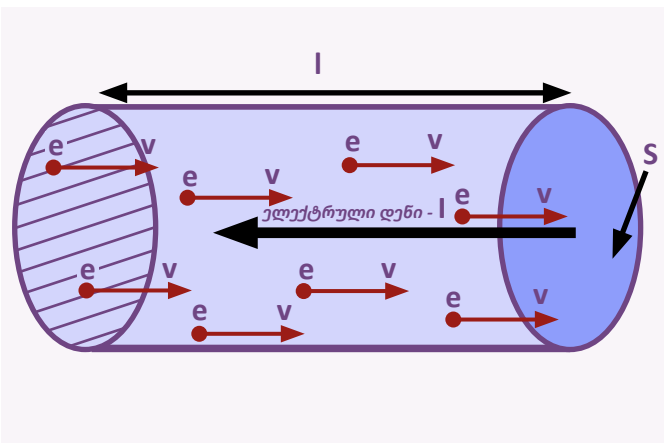
1. რას შეისწავლის ელექტროსტატიკა?
2. რა პირობა უნდა შესრულდეს ელექტრული დენის მისაღებად?

7.2. ელექტრული დენის ძალა

ამჯერად განვიხილოთ ელექტრული დენი ლითონის გამტარებში. ელექტრული დენი შეიძლება იყოს ძლიერი ან სუსტი, რისთვისაც მის დასახასიათებლად სხვადასხვა ფიზიკური სიდიდე მოიფიქრეს. ჩვენ შევჩერდებით ერთ-ერთ მათგანზე, რომელსაც ეწოდება **ელექტრული დენის ძალა**. იგი აღნიშნება I ასოთი. მისი ერთეულია ამპერი და იგი ამგვარად განიმარტება: თუ გამტარში დენის გავლისას მის განივეთში წამში გადის 1 კ მუხტი, მაშინ ამ გამტარში გამავალი დენის ძალა 1 ა ტოლია. დენის ძალა ასე შეგვიძლია განვსაზღვროთ:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, \quad (7.1.1)$$

ელექტრული დენის ძალის გამოსათვლელად გამტარის განივეთში რაიმე დროში გამავალი მუხტის სიდიდე უნდა შევაფარდოთ ამ დროსთან. შესაბამისად, დენის ძალა რაოდენობრივად არის გამტარის განივეთში დროის ერთეულში გასული ელექტრული მუხტი.



სურათი 30. ელექტრული დენი გამტარში.

შეგვიძლია დენის ძალის ფორმულის გამოყვანა სხვა სახითაც. წარმოვიდგინოთ, რომ გვაქვს ცილინდრული ფორმის გამტარი, რომლის განიკვეთის ფართობია – S . წარმოვიდგინოთ გამტარის რაიმე პირობითი კვეთა და დავაკვირდეთ მას. გამტარში თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაცია იყოს n . თავისუფალი ელექტრონები გარე ძალის ზემოქმედებით ამოძრავდნენ ერთი მიმართულებით მუდმივი v სიჩქარით. განვსაზღვროთ ამ კვეთაში Δt დროში გასული მუხტის რაოდენობა. მასში გაივლის ის ელექტრონები, რომლებიც ამ კვეთიდან დაშორებული არიან არაუმეტეს

$$l = v\Delta t, \quad (7.1.2)$$

მანძილით. მათი რაოდენობა იქნება

$$N = nV = nSl = nsv\Delta t. \quad (7.1.3)$$

საბოლოოდ, დენის ძალისთვის მივიღებთ ასეთ ფორმულას:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Ne}{\Delta t} = \frac{nsv\Delta te}{\Delta t} = nesv. \quad (7.1.4)$$

თუ დენის ძალის სიდიდე და დენის მიმართულება დროის განმავლობაში არ იცვლება, ასეთ დენს **მუდმივი დენი** ეწოდება.

? კითხვები:

1. როგორ განისაზღვრება ელექტრული დენის ძალა?
2. რა არის ელექტრული დენის ერთეული?
3. როგორ განიმარტება მუდმივი დენი?

8.1. მაგნიტური ველი

ახლა განვიხილოთ კიდევ ერთი საინტერესო მოვლენა ფიზიკაში. ეს გახლავთ მაგნიტური ველი. ელექტრული და მაგნიტური მოვლენები სიმარტივისთვის დამოუკიდებლად განიხილება, თუმცა სინამდვილეში ისინი ერთიანი, ურთიერთდაკავშირებული მოვლენებია და დამოუკიდებლად არ არსებობენ, მათ ელექტრომაგნიტური მოვლენები ეწოდებათ. ვიცით, რომ ელექტრულ ველს ქმნის დამუხტული სხეული ან ნაწილაკი, ამასთან, ველის მახასიათებლები დამოკიდებულია მუხტის სიდიდესა და მუხტიდან დაშორებაზე. ამ ველით ის მოქმედებს სხვა დამუხტულ ნაწილაკზე. რაც შეეხება მაგნიტურ ველს, მას ქმნის მოძრავი დამუხტული ნაწილაკი და იგი მოქმედებს სხვა მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე. ეს ურთიერთქმედება მით უფრო ძლიერია, რაც უფრო მეტია ნაწილაკის მოძრაობის სიჩქარე. ამ ურთიერთქმედებას მაგნიტური ურთიერთქმედება ეწოდება. რადგან ნებისმიერი სხეულის მუხტი მისი შემადგენელი ელემენტარული მუხტებით განისაზღვრება, ისინი კი განუწყვეტლივ მოძრაობენ, მაშინ გამოდის, რომ ნებისმიერ

დამუხტულ სხეულს, ელექტრული ველის გარდა, ასევე თან უნდა ახლდეს მაგნიტური ველი. თუმცა, როგორც ვიცით, ზოგ სხეულს აქვს მაგნიტური ველი და ამჟღავნებს მაგნიტურ თვისებებს, ზოგს არ აქვს. ამის მიზეზი არის ის, რომ პირველ შემთხვევაში ელემენტარული მუხტების მაგნიტური ველები ისეთი მიმართულებისაა, რომ იკრიბება და აძლიერებს ერთმანეთს, მეორეში შემთხვევაში კი – აბათილებს. ამრიგად, მაგნიტური ურთიერთქმედება მაგნიტური ველის საშუალებით ხორციელდება. სხვანაირად ეს შეიძლება ასე ჩამოვაყალიბოთ: მაგნიტურ ველს ქმნის მოძრავი მუხტები და ისინი მოქმედებენ სხვა მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკებზე.



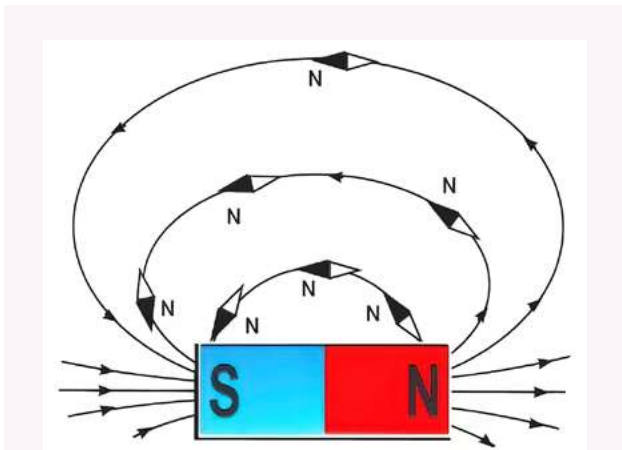
კითხვები:

1. როგორი სხეულები მონაწილეობენ მაგნიტურ ურთიერთქმედებაში?
2. რატომ აქვს ზოგ სხეულს მაგნიტური ველი და ზოგს არა?

8.2. მაგნიტური ველის ინდუქცია

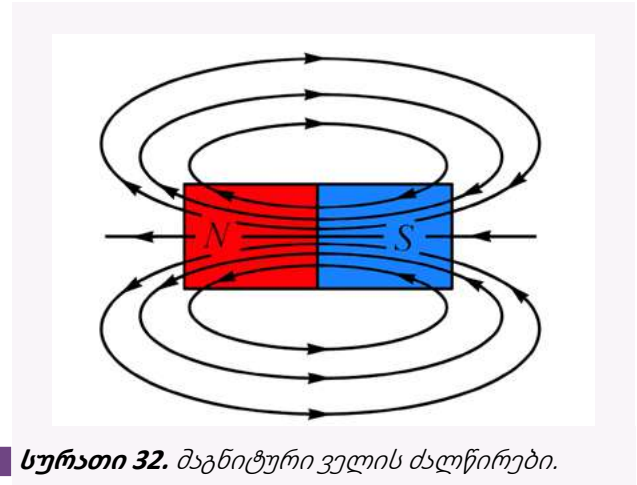
მაგნიტური ველის დასახასიათებლად უნდა შემოვიტანოთ ველის მახასიათებელი, კერძოდ კი, მისი ძალური მახასიათებელი, რომელსაც მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი ეწოდება და აღინიშნება $\vec{B}$ ასოთი. იგი განსაზღვრავს მაგნიტურ ველში მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე ან ველში მოთავსებულ დენიან გამტარზე მოქმედ მაგნიტურ ძალას. მაგნიტური ინდუქციის $\vec{B}$ ვექტორის ერთეულია ტესლა, შემოკლებულად – ტლ.

მაგნიტური ველის მოცემულ წერტილში მოვათავსოთ თავისუფლად მბრუნავი პატარა ზომის მაგნიტური ისარი. ეს ისარი მობრუნდება და დადგება ისე, რომ მისი ჩრდილოეთ პოლუსის მიმართულება დაემთხვევა მაგნიტური ინდუქციის $\vec{B}$ ვექტორის მიმართულებას ამ წერტილში.



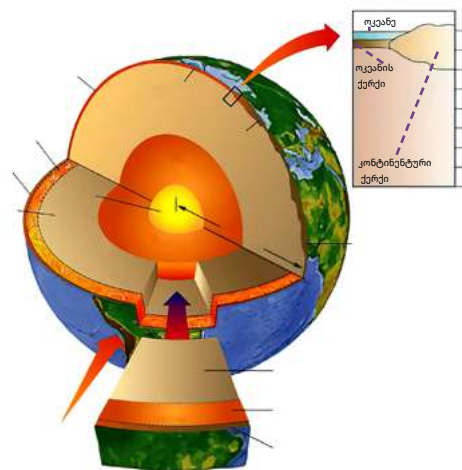
სურათი 31. მაგნიტური ველის ძალწირები.

მაგნიტური ველის ისევე როგორც ელექტრული და გრავიტაციული ველის დანახვა შეუძლებელია, ამიტომ მის წარმოსადგენად სარგებლობენ ძალწირებით. მაგნიტური ველის ძალწირები ისეთი წირებია, რომელთა ყოველ წერტილში $\vec{B}$ ვექტორი მხების გასწვრივია მიმართული. ქვემოთ სურათზე მოცემულია მუდმივი მაგნიტის მაგნიტური ველის ძალწირები, ან მეორენაირად, მაგნიტური ინდუქციის წირები. მაგნიტური ველის ძალწირები ყოველთვის ჩაკეტილი წირებია. ასეთ ველებს გრიგალური ველები ეწოდებათ.



სურათი 32. მაგნიტური ველის ძალწირები.

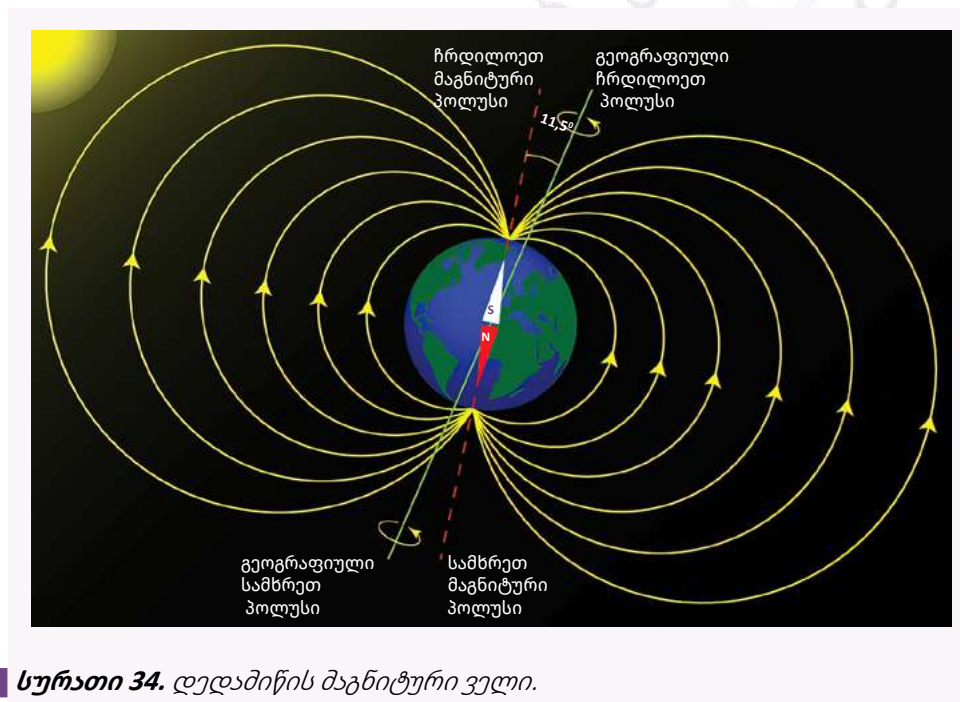
მაგალითისთვის, დედამიწა წარმოადგენს უზარმაზარ მაგნიტს, რომლის მაგნიტურ თვისებებს განაპირობებს დედამიწის გულში არსებული რკინის და ნიკელის თხევადი სფერული ფენა. ეს ფენა მდებარეობს მანტიასა და უფრო შიდა მყარ ბირთვს შორის. (იხ.გეოგრაფია)



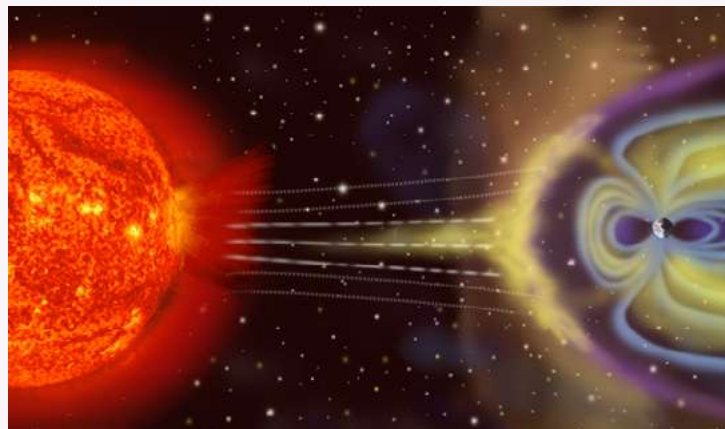
სურ.33. დედამიწის აგებულება.

დედამიწის მაგნიტური ველი ერთგვარი დამცავი ფარის როლს ასრულებს და მას ძალზედ დიდი მნიშვნელობა აქვს დედამიწაზე სიცოცხლისთვის. იგი იცავს დედამიწას მზისგან წამოსული მაგნიტური ქარებისგან. ასევე დიდაა მისი გავლენა ადამიანის ორგანიზმსა და მის ჯანმრთელობაზე. (იხ.ბიოლოგია)

დედამიწის გარშემო სივრცეში მაგნიტურ ველზე საკმაოდ დიდია მზის მაგნიტური ველის გავლენა, რის გამოც დედამიწის მაგნიტური ველი ასე გამოიყურება:



სურათი 34. დედამიწის მაგნიტური ველი.



სურათი 35. მზის გავლენა დედამიწის მაგნიტურ ველზე.



კითხვები:

- რომელი სიდიდით შეგვიძლია დავახასიათოთ მაგნიტური ველი?
- რა განსხვავებაა ელექტრული და მაგნიტური ველის ძაღწირებს შორის?
- როგორ აღწერთ დედამიწის მაგნიტურ ველს?
- რა როლი აკისრია დედამიწის მაგნიტურ ველს?

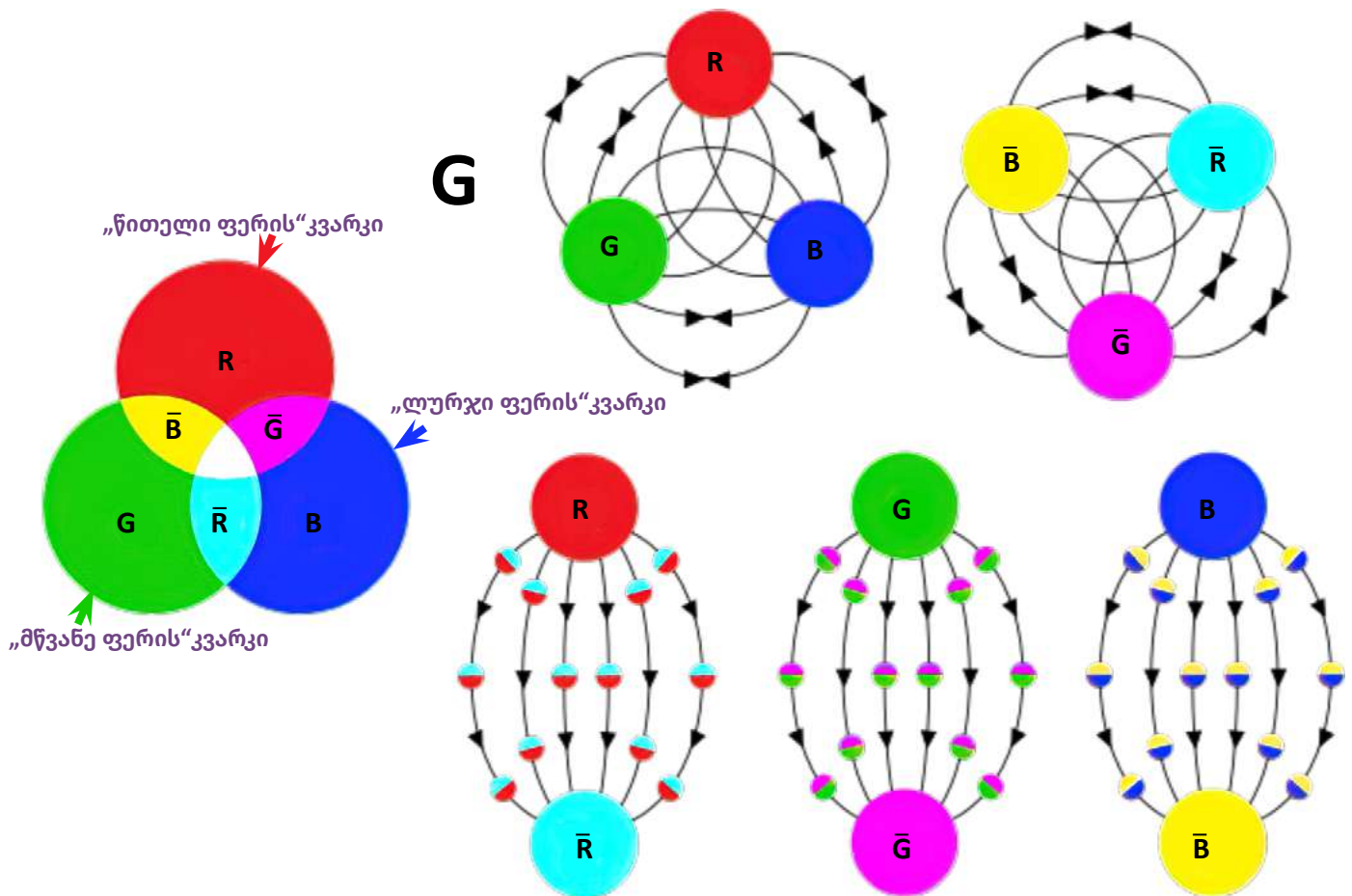
9.1. ძლიერი ურთიერთქმედება

ჩვენ ზემოთ უკვე ვახსენეთ ფუნდამენტური ურთიერთქმედების ერთ-ერთი სახე – ძლიერი ურთიერთქმედება. ახლა უფრო დაწვრილებით შევხებით მას.

დავსვათ ასეთი კითხვა: რატომ არ იშლება ატომის ბირთვი, მაგალითად, აზოტის ატომბირთვი? ვიცით, რომ იგი 7 პროტონისა და 7 ნეიტრონისგან შედგება. პროტონები ერთნაირად არიან დამუხტული და ერთმანეთს განიზიდავენ, ნეიტრონები ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკებია და ელექტრულ ურთიერთქმედებაში არ მონაწილეობენ, გრავიტაციული ურთიერთქმედება გაცილებით სუსტია იმისათვის, რათა გავითვალისწინოთ. მაშინ რატომ არის ატომის ბირთვი ასე მტკიცე და არ იშლება? უნდა არსებობდეს სხვა სახის ურთიერთქმედება, რომელიც ელექტრულ ურთიერთქმედებაზე ძლიერი იქნება და ერთმანეთისკენ მიიზიდავს პროტონებსა და ნეიტრონებს. სწორედ ამ ურთიერთქმედებას ჰქვია ძლიერი ურთიერთქმედება.

ძლიერი ურთიერთქმედება კვარკებს აკავშირებს ერთმანეთთან ნუკლონებსა და სხვა ადრონებში, და ასევე, აკავშირებს ერთმანეთთან ნუკლონებს (პროტონებსა და ნეიტრონებს) ატომბირთვებში. ეს ურთიერთქმედება ბევრად უფრო ძლიერია, ვიდრე დანარჩენი სამი ფუნდამენტური ურთიერთქმედება – ელექტრომაგნიტური, სუსტი და გრავიტაციული.

ფუნდამენტური ნაწილაკებიდან მხოლოდ კვარკები და გლუონები მონაწილეობენ ძლიერ ურთიერთქმედებაში. გლუონი არის ძლიერი ურთიერთქმედების გადამტანი ნაწილაკი ან, როგორც მიღებულია ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკაში – ამ ურთიერთქმედების ფუნდამენტური ბოზონი. კვარკები ძლიერ ურთიერთქმედებას ახორციელებენ გლუონების გაცვლით. ეს ურთიერთქმედება კვარკებში გამოწვეულია განსაკუთრებული კვანტური მახასიათებლების არსებობით, რომელსაც პირობითად „ფერი“, ან „ფერადი მუხტი“ (არ გააიგივოთ ოპტიკურ ფერთან) ეწოდება. კვარკი შეიძლება იყოს „გაფერადებული“ (დამუხტული) სამიდან ერთ-ერთი ფერით, რომელთა სახელებად გამოიყენება ჩვეულებრივი ოპტიკური ფერები: წითელი, მწვანე და ლურჯი. ძლიერი ურთიერთქმედება არის „ფერთა“ ურთიერთქმედება, რომლის დროსაც კვარკები ერთმანეთში ცვლიან ფერებს გლუონების საშუალებით. ამიტომ გლუონიც ასევე არის ფერის მატარებელი ანუ „გაფერადებული“ (არსებობს რვა შეფერილობის გლუონი), რაც განაპირობებს თვით გლუონებს შორისაც ძლიერი ურთიერთქმედების შესაძლებლობას. გარდა ამისა, გლუონი ელექტრულად ნეიტრალური უმასო წერტილოვანი ნაწილაკია ($<10^{-17}$ სმ) მთელი სპინით.



სურათი 36. კვარკები.

ძლიერი ურთიერთქმედება ახლოქმედი ძალაა, მისი მოქმედების რადიუსია – 10^{-13} სმ. მისი თავისებურება არის ის, რომ კვარკებს შორის მიზიდულობა იზრდება მათ შორის მანძილის გაზრდით, რასაც განაპირობებს გლუონებში „ფერის მუხტების“ არსებობა. ეს, თავის მხრივ, იწვევს კვარკების ჩაკეტვას ადრონებში. თავისუფალ მდგომარეობაში კვარკები არ არსებობენ. მეორე მხრივ, ადრონებში კვარკების ერთმანეთთან დაახლოებით, მათი ურთიერთქმედება სუსტდება.

ძლიერი ურთიერთქმედების თეორიას შეისწავლის კვანტური ქრომოდინამიკა (QCD) – „ფერადი“ კვარკებისა და გლუონების ველების კვანტური თეორია.

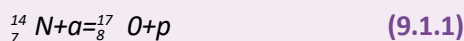


კითხვები:

1. რაზე არის პასუხისმგებელი ძლიერი ურთიერთქმედება?
2. რომელი ნაწილაკები მონაწილეობენ ძლიერ ურთიერთქმედებაში?
3. როგორ არის დამოკიდებული ძლიერი ურთიერთქმედება მანძილზე?

9.2. ატომბირთვის აღნაგობა. ბირთვული ძალები და ბმის ენერგია

ატომის აგებულების კვლევებში დიდია ერნსტ რეზერფორდის წვლილი. მათ შორის გამოყვით 1919 წელს ჩატარებული ექსპერიმენტები, სადაც რეზერფორდი სხვადასხვა სამიზნეების დაბომბვისას α -ნაწილაკების გაბნევას აკვირდებოდა. აღმოჩნდა, რომ აზოტის ატომბირთვის α -ნაწილაკებით ბომბარდირებისას, გამოიყოფოდა ნაწილაკები და დებითად დამუხტული ნაწილაკები. ამ ნაწილაკების მუხტი სიდიდით ელექტრონის მუხტის ტოლი იყო, თუმცა ნიშანი საპირისპირო ჰქონდა. მასა კი ელექტრონის მასას დაახლოებით 2000-ჯერ აღემატებოდა. როდესაც მსგავსი ექსპერიმენტები სხვა ატომბირთვებზეც ჩატარდა, იქაც გამოიყოფოდა ეს დადებითი მუხტის მქონე ნაწილაკები. ამ ნაწილაკებს პროტონები უწოდეს. ის ბირთვული რეაქცია, როდესაც პროტონი პირველად შეამჩნიეს, ამგვარად ჩაიწერება:



ამ რეაქციით რეზერფორდმა მოახერხა „ალქიმიკოსთა საუკუნოვანი ოცნების განხორციელება“, ერთი ნივთიერება გარდაქმნა მეორე ნივთიერებად. აზოტის ატომბირთვი გარდაიქმნა ჟანგბადის ატომბირთვად. ეს იყო პირველი ბირთვული რეაქცია, რომელიც ლაბორატორიულ პირობებში განხორციელდა.

ამ და კიდევ ბევრი სხვა კვლევითა და ექსპერიმენტებით დადგინდა ატომბირთვის აღნაგობა. ჯერ ვთქვათ, რომ ატომი შედგება ატომბირთვისა და მის ირგვლივ არსებული ელექტრონების ღრუბლისაგან, ხოლო თავად ატომბირთვი კი წარმოადგენს პროტონებისა და ნეიტრონების ერთობლიობას, რომლებიც ძალიან ძლიერად არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული. მათ შორის მოქმედებს ჩვენთვის უკვე ცნობილი ძლიერი ურთიერთქმედება და ამ ურთიერთქმედების შედეგია ატომბირთვის მდგრადობა და სიმტკიცე. ამ ძალას **ბირთვულ ძალასაც** უწოდებენ. ბირთვული ძალების მოქმედება არ არის დამოკიდებული ნაწილაკის მუხტზე, იგი ერთნაირია პრო-

ტონისა და ნეიტრონისთვის, რაც ექსპერიმენტულადაც დადასტურებულია. ბირთვული ძალები გაცილებით უფრო ძლიერი ძალებია, ვიდრე ელექტრული და გრავიტაციული. იგი ორი რიგით (10^2) აღემატება ელექტრულ ძალებს და ათეული რიგით (10^{10}) – გრავიტაციულ ძალებს. თუმცა ბირთვული ძალები გამოირჩევა თავისი ახლოქმედებით, იგი თავს იჩენს ბირთვის ზომების რიგის მანძილებზე (**10^{-14} - 10^{-15} მ**). უფრო დიდ მანძილებზე გადამწყვეტი ხდება კულონური ძალები.

ზემოთ მოყვანილი რეაქცია უფრო გასაგები რომ გახდეს, განვმარტოთ ზოგიერთი აღნიშვნა: ატომში შემავალი პროტონების რიცხვი აღინიშნება Z -ით და მუხტის რიცხვი ან ატომური ნომერი ეწოდება (ეს მენდელეევის პერიოდულ ცხრილში რიგითი ნომერია). ბირთვის მუხტი ტოლია Ze , სადაც e – ელემენტარული მუხტია. ნეიტრონების რიცხვი აღინიშნება N სიმბოლოთი. ნუკლონების (პროტონებისა და ნეიტრონების) საერთო რიცხვს A მასურ რიცხვს უწოდებენ:

$$A = Z + N.$$

ქიმიური ელემენტის ბირთვს ასე აღნიშნავენ – ${}_Z^AX$, სადაც X ქიმიური ელემენტის სიმბოლოა. მაგალითად, ${}_7^{14}\text{N}$ – აზოტი, ${}_8^{17}\text{O}$ – ჟანგბადი და ა.შ. ერთი და იმავე ელემენტის ბირთვები შეიძლება განსხვავდებოდეს ნეიტრონების რიცხვის მიხედვით. ასეთ ბირთვებს იზოტოპები ეწოდება. ქიმიური ელემენტების უმრავლესობას რამოდენიმე იზოტოპი აქვს. მაგალითად, წყალბადს სამი იზოტოპი აქვს: ${}_1^1\text{H}$ – ჩვეულებრივი წყალბადი, ${}_1^2\text{H}$ – დეიტერიუმი და ${}_1^3\text{H}$ – ტრიტიუმი; ნახშირბადს – 6, იზოტოპი ჟანგბადს – 3. **(ქიმია)**

ბუნებრივ პირობებში ქიმიური ელემენტები, ჩვეულებრივ, იზოტოპების ნარევს წარმოადგენენ. იზოტოპების არსებობა განსაზღვრავს ბუნებაში არსებული ელემენტების ატომურ მასას მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში. ასე მაგალითად,

ბუნებრივი ქლორის ფარდობითი ატომური რიცხვი 35,5-ის ტოლია ანუ იგი თანაბარი რაოდენობით შეიცავს ქლორის ორ იზოტოპს: $^{35}_{17}\text{Cl}$

და $^{36}_{17}\text{Cl}$.

ატომურ ფიზიკაში მნიშვნელოვანი ცნება გახლავთ **ბირთვის ბმის ენერგია**, რომელიც შეგვიძლია ასე განვმარტოთ: ეს გახლავთ ის მინიმალური ენერგია, რომელიც საჭიროა ამ ბირთვის ნაწილებად დასაშლელად. ცალკეული ნაწილებისგან ბირთვის შექმნისას კი, პირიქით, ეს ენერგია გამოიყოფა. ბმის ენერგია პირდაპირ კავშირშია ბირთვისა და მისი ნაწილების მასების სხვაობასთან, რომელიც დიდი სიზუსტით შეიძლება გაიზომოს. ამ გაზომვებით შეგვიძლია დავადგინოთ, რომ ნებისმიერი ბირთვის მასა ნაკლებია მისი შემადგენელი ნაწილების მასების ჯამზე,

$$M_b < Zm_p + Nm_n, \quad (9.1.1)$$

ამ სხვაობას მასის დეფექტი ეწოდება

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_b \quad (9.2.2)$$

და იგი აინშტაინის ფორმულით

$$E = mc^2, \quad (9.2.3)$$

უკავშირდება ბირთვის ბმის ენერგიას:

$$E_b = \Delta Mc^2 = (Zm_p + Nm_n - M_b)c^2. \quad (9.2.4)$$

ეს ენერგია ბირთვის წარმოქმნისას გამოიყოფა და იგივე ენერგია არის საჭირო ამ ბირთვის ნაწილებად დასაშლელად.

აინშტაინის ზემოთ მოყვანილი ფორმულა (9.2.3) გამოსახავს მასისა და ენერგიის ექვივალენტობის მოვლენას, სადაც E არის ენერგია, m – მასა და c – სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში.



კითხვები:

1. რა განსხვავებაა ბირთვულ რეაქციასა და ქიმიურ რეაქციას შორის?
2. როგორია ატომის აღნაგობა?
3. რა არის ბირთვის ბმის ენერგია?
4. როგორ განიმარტება მასის დეფექტის ცნება?

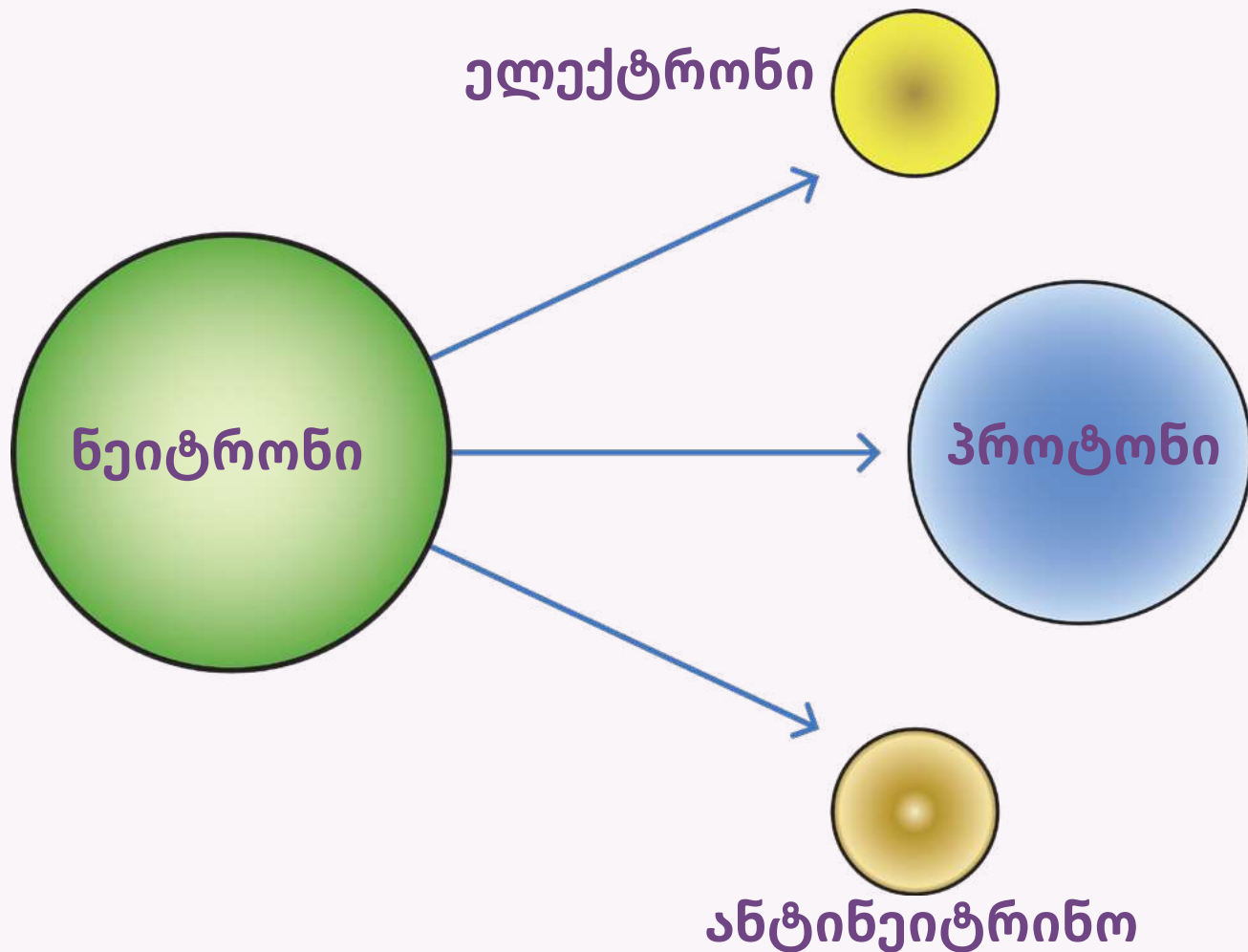
10. სუსტი ურთიერთქმედება

სუსტი ურთიერთქმედება ოთხი ფუნდამენტური ურთიერთქმედებიდან ერთ-ერთია. სუსტი ურთიერთქმედება არის მოკლე მანძილებზე და ნელა მიმდინარე ურთიერთქმედება ელემენტარულ ნაწილაკებს შორის. ის პასუხისმგებელია ატომური ბირთვების ბეტა დაშლაზე და ასევე ელემენტარული ნაწილაკების სუსტ დაშლაზე, ანუ ისეთ დაშლაზე, რომელიც სუსტი ურთიერთქმედების შედეგად ხდება. სუსტი ურთიერთქმედება გაცილებით სუსტია, ვიდრე ძლიერი და ელექტრომაგნიტური, მაგრამ გაცილებით ძლიერი, ვიდრე გრავიტაციული.

ყველა ფუნდამენტური ფერმიონი (ლეპტონი და კვარკი) ჩართულია სუსტ ურთიერთქმედებაში. ეს არის ერთადერთი ურთიერთქმედება, რომელშიც მონაწილეობენ ნეიტრინოები და ანტინეიტრინოები, თუ არ ჩავთვლით გრავიტაციას. სუსტი ურთიერთქმედება ლეპტონებს, კვარკებსა და მათ ანტინაწილაკებს საშუალებას აძლევს გაცვალონ ენერგია, მასა, ელექტრული მუხტი და კვანტური რიცხვები – ანუ გარდაიქმნან ერთმანეთში. ამ ურთიერთქმედებაში არ მონაწილეობენ ძლიერი, ელექტრომაგნიტური და გრავიტაციული ურთიერთქმედების გადამტანი ნაწილაკები – გლუონები, ფოტონები და გრავიტონები. სუსტი ურთიერთ-

ქმედების დროს ნაწილაკები ერთმანეთში ცვლიან სუსტი ურთიერთქმედების გადამტან შუალედურ (ფუნდამენტურ) ბოზონებს: ელექტრული მუხტის მქონეებს $W^\pm$ და ნეიტრალურებს Z . ამ ბოზონებს, სხვა ფუნდამენტური ურთიერთქმედების გადამტანი ნაწილაკების – უმასო გლუონის, ფოტონისა და გრავიტონისგან განსხვავებით, აქვთ უზარმაზარი მასები $m_W = 80.4$ გევ/წმ² და $m_Z = 91.2$ გევ/წმ² (დაახლოებით იგივეა, რაც ცირკონიუმის ან ნიობიუმის ატომების მასები), რის გამოც სუსტი ურთიერთქმედების მოქმედების რადიუსი ძალიან მცირეა $\approx 10^{-18}$ სმ. ეს სამი რიგით ნაკლებია, ვიდრე ძლიერი ურთიერთქმედების მოქმედების რადიუსი. საერთოდ, სუსტი ურთიერთქმედებით გამოწვეული პროცესები გაცილებით ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე ძლიერი და ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებებით გამოწვეული პროცესები.

მიუხედავად თავისი სისუსტისა და ახლოქმედებისა, სუსტი ძალები ძალიან მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ბუნებაში. მათ გარეშე მზე ჩაქრებოდა, ვინაიდან მის შიგნით შეჩერდებოდა პროტონების ჰელიუმის ბირთვებად ჩამოყალიბების პროცესი, რაც მზის ენერგიის მთავარი წყაროა.



სურათი 37. ნეიტრონის გარდაქმნა პროტონად.

მოვიყვანოთ სუსტი ურთიერთქმედების კლასიკური ნიმუში, როგორიცაა ბეტა-დაშლა. ერთმანეთისგან განასხვავებენ β^+ და β^- დაშლებს. ბეტა⁺ დაშლის დროს პროტონი გარდაიქმნება ნეიტრონად, გამოსხივდება პოზიტრონი და ნეიტრინო:

$$p^+ \rightarrow n^0 + e^+ + \nu_e, \quad (10.1)$$

ხოლო ბეტა- დაშლის დროს ნეიტრონი გარდაიქმნება პროტონად და გამოსხივდება ელექტრონი და ანტინეიტრინო:

$$n^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e, \quad (10.2)$$

დადგენილია (ს. გლაშოუ, ს. ვეინბერგი, ა. სალამი), რომ სუსტი და ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებები ერთიანი ელექტრო-სუსტი ურთიერთქმედების განსხვავებული გამოვლინებებია.



კითხვები:

1. როგორ დაახასიათებთ სუსტ ურთიერთქმედებას?
2. რა პროცესებში მონაწილეობს სუსტი ურთიერთქმედება?
3. რამდენად მნიშვნელოვანია კაცობრიობისთვის სუსტი ურთიერთქმედება?

11. სინათლე

რა არის სინათლე? ბიბლიის დასაწყისი მოგვითხრობს სინათლის შესახებ:

- თავდაპირველად ღმერთმა შექმნა ცა და მიწა.
- მიწა იყო უსახო და უდაბური, ბნელი იდო უფსკრულზე და სული ღვთისა იძვროდა წყლებს ზემოთ.
- თქვა ღმერთმა: იყოს ნათელი! და იქმნა ნათელი.

სინათლე არის სამყაროს აღქმის საფუძველი. გარემომცველი სამყაროს შესახებ ინფორმაციის უდიდეს ნაწილს ჩვენ აღვიქვამთ მხედველობით, სინათლის გარეშე კი ეს შეუძლებელი იქნებოდა.

რა არის სინათლე? ფიზიკა ამბობს, რომ ეს არის ადამიანის თვალისთვის ხილული ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ანუ ელექტრომაგნიტური ტალღა. რადგან ტალღა ვახსენეთ, შევეცადოთ, მცირედ მაინც განვმარტოთ იგი. ზოგადად, ტალღა არის რაიმე შემფოთების ან რხევის გავრცელება სივრცეში დროის განმავლობაში, რომელსაც თან ახლავს ენერგიის გადატანა. არსებობენ სხვადასხვა სახის ტალღები:

- მექანიკური ტალღები, რომლებიც ვრცელდებიან გარემოს დეფორმაციისას აღძრული დრეკადობის ან დამაბრუნებელი ძალის შედეგად. ასეთი ტალღების გავრცელებას სჭირდება დრეკადი გარემო;



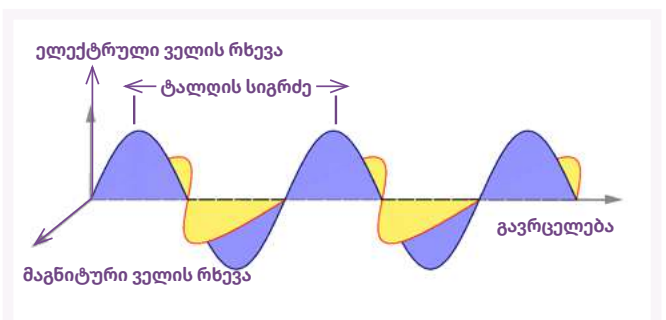
სურათი 38. მექანიკური ტალღა.

- ბგერითი ტალღები არის დრეკადი გარემოს ნაწილაკების რხევის გავრცელება, რომელსაც ჩვენ ბგერად აღვიქვამთ;



სურათი 39. ბგერითი ტალღა.

- ელექტრომაგნიტური ტალღები წარმოადგენენ ელექტრული და მაგნიტური ველების გავრცელებას სივრცეში. მათი გავრცელებისთვის გარემო არ არის საჭირო. ისინი ვაკუუმშიც ვრცელდებიან.



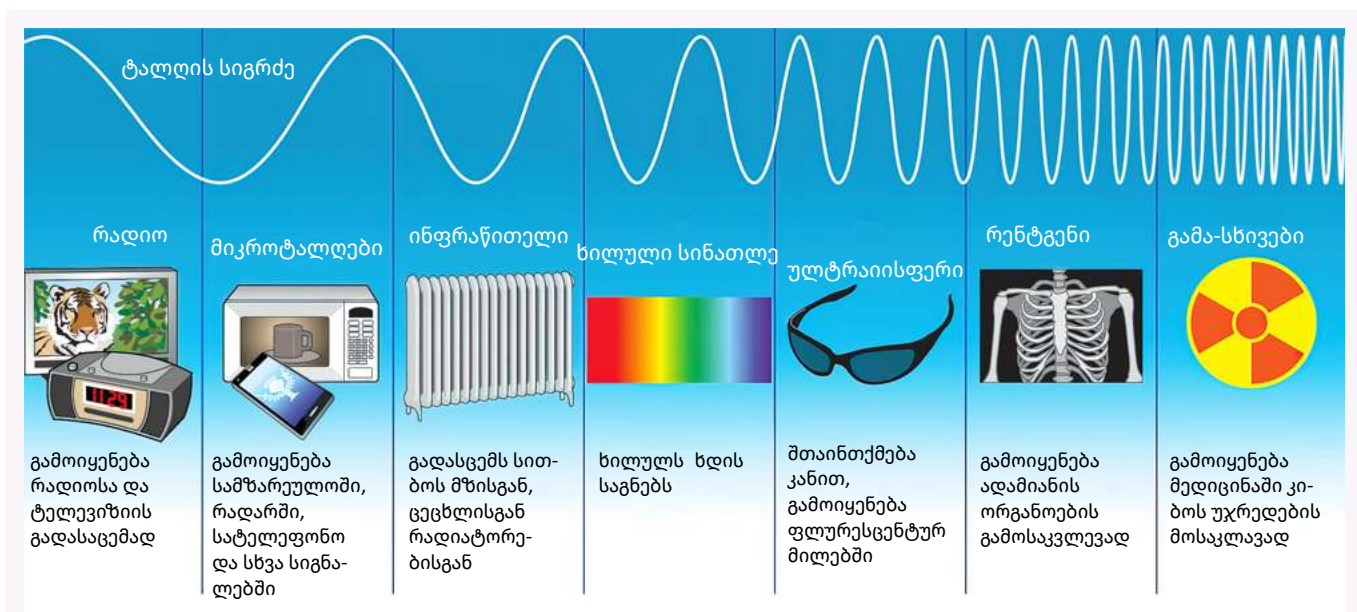
სურათი 40. ელექტრომაგნიტური ტალღა.

ტალღის მახასიათებელი სიდიდეებია: სიხშირე – ტალღის რხევათა რაოდენობა დროის ერთეულში, ანუ 1 წამში; და მისი შებრუნებული სიდიდე – პერიოდი, ერთი სრული რხევისთვის საჭირო დრო. ასევე მნიშვნელოვანი სიდიდეა ტალღის სიგრძე, მანძილი, რომელზეც ვრცელდება ტალღა ერთი პერიოდის განმავლობაში.

ადამიანის თვალისთვის ხილული გამოსხივების დიაპაზონი საკმაოდ მცირეა – მისი ტალღის სიგრძე მოთავსებულია 380-დან 760 ნმ-მდე შუალედში. თუ თქვენ შეამცირებთ ტალღის სიგრძეს, სინათლე გადადის ჯერ ულტრაიისფერში, შემდეგ – რენტგენის სხივებში და ბოლოს – რადიოაქტიურ გამოსხივებაში. და თუ მატებისკენ

წავალთ, სინათლე ჯერ ინფრაწითელ გამოსხივებად გადაიქცევა, შემდეგ კი – რადიოტალღებად ანუ იმ ტალღებად, რომლებზეც მაუწყებლობენ რადიოსადგურები. ჩვენთვის ნაცნობი ცისარტყელის ფერები მოთავსებულია 380 ნმ – 760 ნმ დიაპაზონში.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სახეები



სურათი 41. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სპექტრი.

თანამედროვე შეხედულებების თანახმად, სინათლე არ არის მხოლოდ ტალღური ბუნების. სინათლე ასევე ნაწილაკების ნაკადია, იმ ნაწილაკებისა, რომელთაც ფოტონები ეწოდება. ამრიგად, სინათლე არის როგორც ნაწილაკების ნაკადი, ასევე ტალღა, და ამის გამო სინათლე ისეთი პარადოქსული მოვლენის ნათელი მაგალითია, რომელსაც ფიზიკოსები უწოდებენ „კორპუსკულურ-ტალღურ დუალიზმს“. კორპუსკულა მცირე სხეული ანუ ნაწილაკია.

ვაკუუმში ფოტონები დაქრიან უზარმაზარი სიჩქარით – 299 792 458 მეტრი წამში. ეს არის სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში, რომელიც საფუძვლად

დაედო აინშტაინის ცნობილ ფორმულას $E = mc^2$, თუმცა სინათლის სიჩქარის გაზომვა ასეთი სიზუსტით მხოლოდ 1975 წელს მოხერხდა.

აღრე მთვარემდე დაშორება ძალიან დიდი მანძილის სინონიმად გამოიყენებოდა, თუმცა დღევანდელი გადმოსახედიდან, ეს შეიძლება სასაცილოდ მოგვეჩვენოს. დედამიწიდან მთვარემდე მისასვლელად სინათლის სხივს წამზე ცოტა მეტი დრო სჭირდება, მაშინ, როდესაც შორეული ვარსკვლავებიდან დედამიწამდე სინათლის სხივები ზოგჯერ ათასწლეულების განმავლობაში მოდიან.



სურათი 42. თანამედროვე ლაზერი.

საინტერესოა, რომ სინათლეს შეუძლია მოახდინოს მექანიკური ზემოქმედება ანუ წნევა: როდესაც ფოტონების ნაკადი დაბრკოლებას ხვდება, მას იმპულსს გადასცემს. ჩვეულებრივ, ეს ზეწოლა მცირეა, თუმცა მაინც საკმაოდ მნიშვნელოვანია, მაგალითად, ნანოტექნოლოგიისთვის: მეცნიერები იკვლევენ სინათლის წნევის გამოყენებას ნანომექანიზმების სამართავად. ამასთან, არსებობენ ბუნებრივი წყაროები, რომელთა გამოსხივების წნევა საკმაოდ დიდია, მაგალითად, კვაზარებში. ასევეა თანამედროვე ლაზერებში (ე.წ. ფემტოწამიანი ლაზერები), რომლებიც მკმ² ფართობზე იძლევიან 10^{18} ბარ წნევას, რაც უზარმაზარი სიდიდეა.



კითხვები:

1. რას წარმოადგენს სინათლე?
2. რომელი სიდიდეებით ვახასიათებთ ტალღას?
3. აღწერეთ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სპექტრი;
4. რაში მდგომარეობს სინათლის ორმაგი ბუნება?
5. როგორი მექანიკური ზემოქმედება შეუძლია სინათლეს?

12.1. აბსოლუტური ტემპერატურა

ყველამ ვიცით, რას წარმოადგენს თერმომეტრი, ვიცით მისი დანიშნულება – თერმომეტრი გამოიყენება სხეულის ტემპერატურის გასაზომად. თუმცა არა მარტო სხეულის, თერმომეტრით შეგვიძლია გავზომოთ სითხის ტემპერატურა, აირის ტემპერატურა. ამისათვის სხვადასხვა სახის თერმომეტრები არსებობს, რომლებიც ტემპერატურას სხვადასხვა გზით ზომავენ. თუ ჩვენი სხეულის ტემპერატურას გავზომავთ, იგი დაახლოებით $36,6^{\circ}$ ცელსიუსის შკალით ანუ $36,6^{\circ}$ C იქნება. ერთ-ერთი მეთოდი, რომლითაც სხეულის ტემპერატურას ვზომავთ, სითბური ბალანსის დამყარებას ეფუძნება. ერთი სხეული, რომლის ტემპერატურასაც ვზომავთ და მეორე სხეული ანუ გამზომი ხელსაწყო, ჩვენს შემთხვევაში – თერმომეტრი, თუ შეხებაში იქნებიან, ისინი მოვლენ სითბურ წონასწორობაში. ამის შედეგად, ის სხეული, რომელსაც მეტი ტემპერატურა აქვს, გაცი-

ვდება და მისი ტემპერატურა მოიკლებს, ხოლო უფრო ნაკლები ტემპერატურის მქონე სხეული გათბება ანუ მისი ტემპერატურა მოიმატებს, საბოლოოდ მათ გაუხდებათ ერთნაირი ტემპერატურა და თერმომეტრი სწორედ ამ საბოლოო ტემპერატურას გვიჩვენებს. როგორც ვხედავთ, თერმომეტრი, ისევე როგორც ნებისმიერი სხვა გამზომი ხელსაწყო, ზემოქმედებს გასაზომ სიდიდეზე და ცვლის მას ანუ სხეულის ტემპერატურას. ადამიანის სხეულის ტემპერატურის გასაზომი სამედიცინო თერმომეტრი ისეა მოწყობილი, რომ ეს ზემოქმედება ძალზედ უმნიშვნელოა. მეცნიერულ ექსპერიმენტებში ამას დიდი ყურადღება ექცევა, რადგან გაზომვის პროცესმა შეიძლება მნიშვნელოვნად შეცვალოს შედეგი. არსებობს ტემპერატურის გაზომვის სხვა მეთოდებიც, თუმცა ამჯერად ჩვენ მათზე არ შევჩერდებით.



სურათი 43. ტემპერატურის გაზომვა.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ყოფა-ცხოვრებაში ტემპერატურის ზომის ერთეულად უმეტესად გამოიყენება გრადუსი ცელსიუსი ანუ $^{\circ}\text{C}$. ცელსიუსის შკალაზე 0°C -ად მიღებულია წყლის გაყინვის ტემპერატურა, 100°C -ად კი – წყლის დუდილის ტემპერატურა ნორმალური ატმოსფერული წნევისას. თუმცა არსებობს ტემპერატურის სხვა ერთეულებიც, მაგალითად ფარენჰაიტი ($^{\circ}\text{F}$), რომელსაც ამერიკის შეერთებულ შტატებში და კიდევ რამდენიმე ქვეყანაში იყენებენ. იგი ცელსიუსის ტემპერატურასთან ასეთ კავშირშია:

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \cdot \frac{5}{9} + 32. \quad (12.1.1)$$

მეცნიერებაში ტემპერატურის ძირითად ერთეულად (ერთეულთა საერთაშორისო სისტემა – SI) გამოიყენება კელვინი და აღინიშნება ასე – K. სახელი ეწოდა ინგლისელი ფიზიკოსის – უილიამ ტომსონის, შემდგომში ლორდი კელვინის პატივსაცემად. კელვინის ტემპერატურა ცელსიუსის ტემპერატურას ასე უკავშირდება:

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273,15. \quad (12.1.2)$$

კელვინებში გაზომილ ტემპერატურას აბსოლუტურ ტემპერატურას უწოდებენ.



კითხვები:

1. რითი იზომება ტემპერატურა?
2. ახსენით ტემპერატურის გაზომვის პროცესი;
3. რა ერთეულებში იზომება ტემპერატურა?

12.2. აბსოლუტური ნული

როგორც აღვნიშნეთ, ცელსიუსის შკალაზე 0°C -ად აღებულია წყლის გაყინვის ტემპერატურა, ფარენჰაიტის შკალაზე კი 0°F შეესაბამება დაახლოებით $-17,8^{\circ}\text{C}$ და ეს არის ტემპერატურა, რომელსაც გვიჩვენებს თერმომეტრი, თუ მას მოვათავსებთ ყინულის, წყლის და ამონიუმის ქლორიდის ნარევიში, რომელიც ბუნებრივად დადის ამ ტემპერატურაზე. როგორც ვხედავთ, ცელსიუსის და ფარენჰაიტის ტემპერატურების დიაპაზონი უარყოფითი რიცხვების შკალაზე გადადის. განსხვავებული მდგომარეობა გვაქვს აბსოლუტური ტემპერატურის შემთხვევაში. აბსოლუტური ტემპერატურის შკალა იწყება 0K -დან და დებულობს მხოლოდ არაუარყოფით მნიშვნელობებს. ამ შემთხვევაში ტემპერატურა უკავშირდება ნივთიერების

შემადგენელ ატომთა და მოლეკულათა შინაგან ენერგიას, კონკრეტულად კი, მათ კინეტიკურ ენერგიას. კელვინის ნული ტემპერატურა შეესაბამება ისეთ მდგომარეობას, როდესაც მოლეკულების ან ატომების კინეტიკური ენერგია ნულის ტოლი ხდება და ისინი ფაქტობრივად წყვეტენ მოძრაობას. ამის მიღწევა კი შეუძლებელია.

სად არის ყველაზე დაბალი ტემპერატურები ჩვენს სამყაროში?

თავად ჩვენი სამყაროს საშუალო ტემპერატურა არის $2,75\text{K}$ ანუ $-270,4^{\circ}\text{C}$. ეს საკმაოდ დაბალი ტემპერატურაა. ყველაზე დაბალი ტემპერატურა მაინც ადამიანის ხელით მიიღწევა.

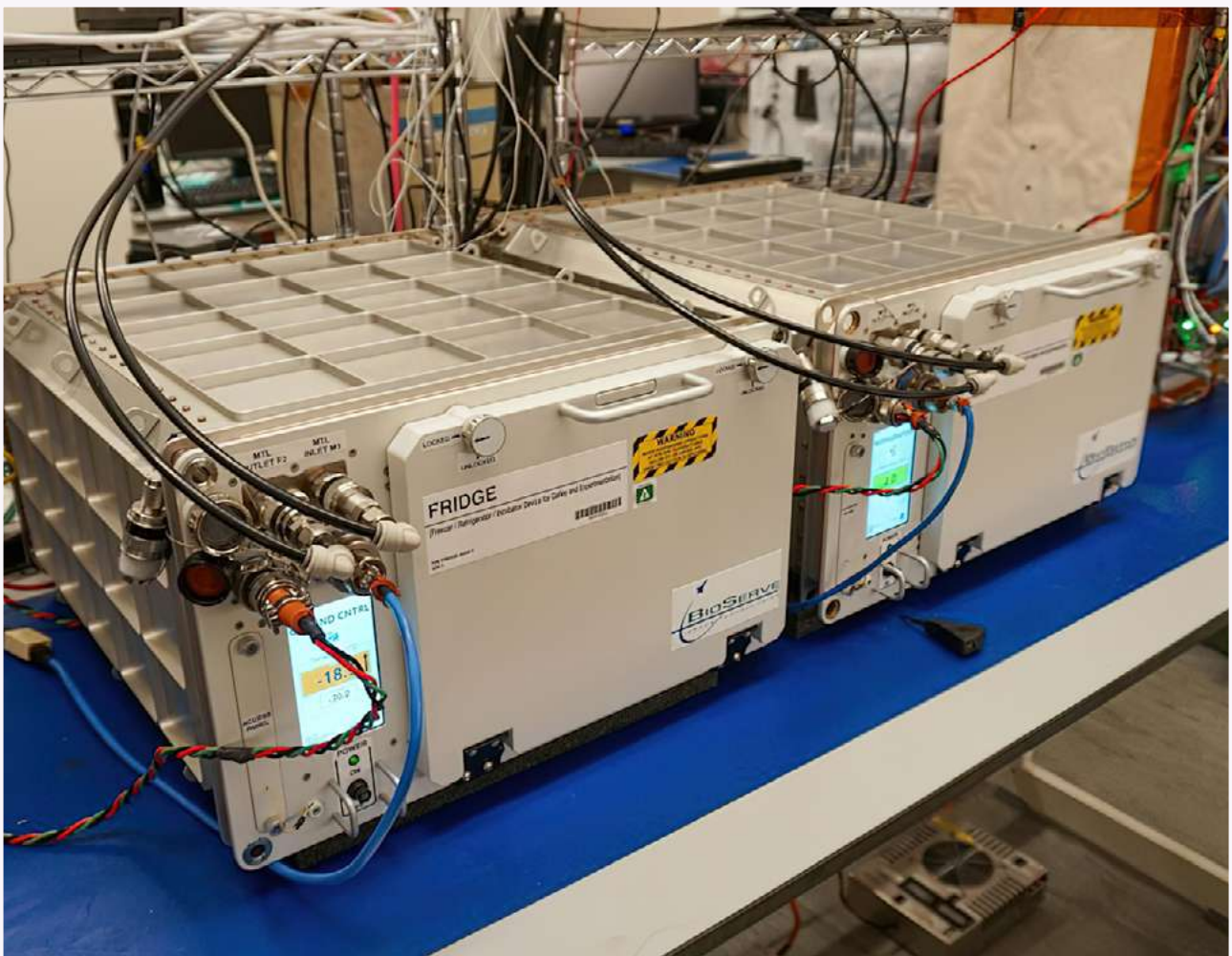


სურათი 44. გაცივების სისტემა ცერნის ლაბორატორიაში.

მაგალითად, ევროპული ბირთვული კვლევების ცენტრში (ცერნი) უზარმაზარი მაგნიტებია შექმნილი, რომელთაც უნიკალური გაცივების სისტემა აქვთ ზეგამტარობის მისაღებად და ტემპერატურა დაახლოებით 2K-ია ანუ ჩვენი სამყაროს საშუალო ტემპერატურაზე დაბალი. ლაბორატორიულ პირობებში ცდილობენ მიიღონ აბსოლუტურ ნულთან რაც შეიძლება მიახლოებული ტემპერატურები და საკმაოდ დიდი წარმატებებიც არის მიღწეული, თუმცა ყველაზე დაბალი ტემპერატურა მაინც კოსმოსშია, მაგრამ არა შორეულ კოს-

მოსში, არამედ დედამიწის ირგვლივ ორბიტაზე, და მის მიღებაშიც ადამიანის ხელი ურევია.

საერთაშორისო კოსმოსურ სადგურში მოთავსებულია უნიკალური სამაცივრე დანადგარი ყველაზე დაბალი ტემპერატურის მისაღებად. ამერიკის აერონავტიკის და კოსმოსური სივრცის კვლევის ეროვნული სამმართველოს ცივი ატომების ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული ეს დანადგარი (CAL) გაუშვეს 2018 წლის 21 მაისს ამერიკული კოსმოდრომიდან.



სურათი 45. კოსმოსური მაცივარი.

ეს არის ჩემოდნის ზომის სპეციალური საყინულე მოწყობილობა. დანადგარში გამოიყენება ლაზერები, ვაკუუმური კამერა და ელექტრომაგნიტური „დანა“: – მათი საშუალებით, პირველადი მონაცემებით, უკვე მიიღეს 100 ნანოკელვინი ტემპერატურა. ასეთ დაბალ ტემპერატურებამდე გაცივებული ატომების შესწავლამ შეიძლება შეცვალოს ჩვენი წარმოდგენები მატერიისა და გრავიტაციის ბუნების შესახებ. ასეთ ტემპერატურებზე ნივთიერება გადადის განსაკუთრებულ მდგომარეობაში, რომელსაც ბოზე-აინშტაინის კონდენსატი ეწოდება და მისი აღწერისთვის კლასიკური ფიზიკა უნდა შევცვალოთ კვანტური ფიზიკით, რადგან ნივთიერება ტალღური ბუნების ობიექტად გადაიქცევა. ამ დანადგარის დახვეწა და გაუმჯობესება კიდევ გრძელდება და მომავალში ახალ საინტერესო შედეგებს უნდა ველოდოთ.



კითხვები:

1. როგორ მდგომარეობას შეესაბამება OK ტემპერატურა?
2. დაახასიათეთ ყველაზე დაბალი ტემპერატურის მიღების წყაროები;

13. ბუნებაში მიმდინარე ენერგიის გარდაქმნები

ენერგიის მუდმივობის, ან მეორენაირად, **შენახვის კანონი** ჩვენი სამყაროს ერთ-ერთი ფუნდამენტალური კანონია. ეს კანონი ფიზიკის განვითარების კვალდაკვალ სხვადასხვა სახით ჩნდებოდა – მექანიკაში, თერმოდინამიკაში, ელექტროდინამიკაში და ა.შ. უბრალო ენით რომ ვთქვათ, ენერგიის შენახვის კანონი გვუბნება, რომ ენერგია,

რა სახისაც უნდა იყოს, არ ქრება, ის გადადის სხვა სახის ენერგიაში. მაგალითად, ლითონის ნაჭერზე უროს დარტყმისას მექანიკური ენერგია გადაეცემა უროს და ლითონის მოლეკულებს, რაც მათ გაცხელებას იწვევს. ამ დროს შეიძლება ნაპერწკლებიც გაჩნდეს და გარემოში გაიფანტოს – ეს სითბური ენერგიაა.



სურათი 46. ენგურჰესი.

ენერგიის გარდაქმნები უდევს საფუძვლად ბევრ თანამედროვე ტექნოლოგიას. ჰიდროელექტროსადგურები წყლის მექანიკურ ენერგიას გარდაქმნის ელექტრომაგნიტურ ენერგიად. დენის ბატარეები და აკუმულატორები ქიმიური რეაქციის ენერგიას ელექტრული ენერგიის მისაღებად იყენებენ. შიგაწვის ძრავებში საწვავის ენერგია გარდაიქმნება დგუშების მექანიკურ ენერგიად, რომლებიც აბრუნებენ მუხლა ლილვს და ამოძრავებენ ავტომანქანებს.

თუ ნივთიერების აგებულებას დავაკვირდებით, ვნახავთ, რომ იგი შედგება მცირე ნაწილაკებისგან – ატომებისგან. ატომები შედგებიან დადებითად დამუხტული პროტონებისა და უარყოფითად

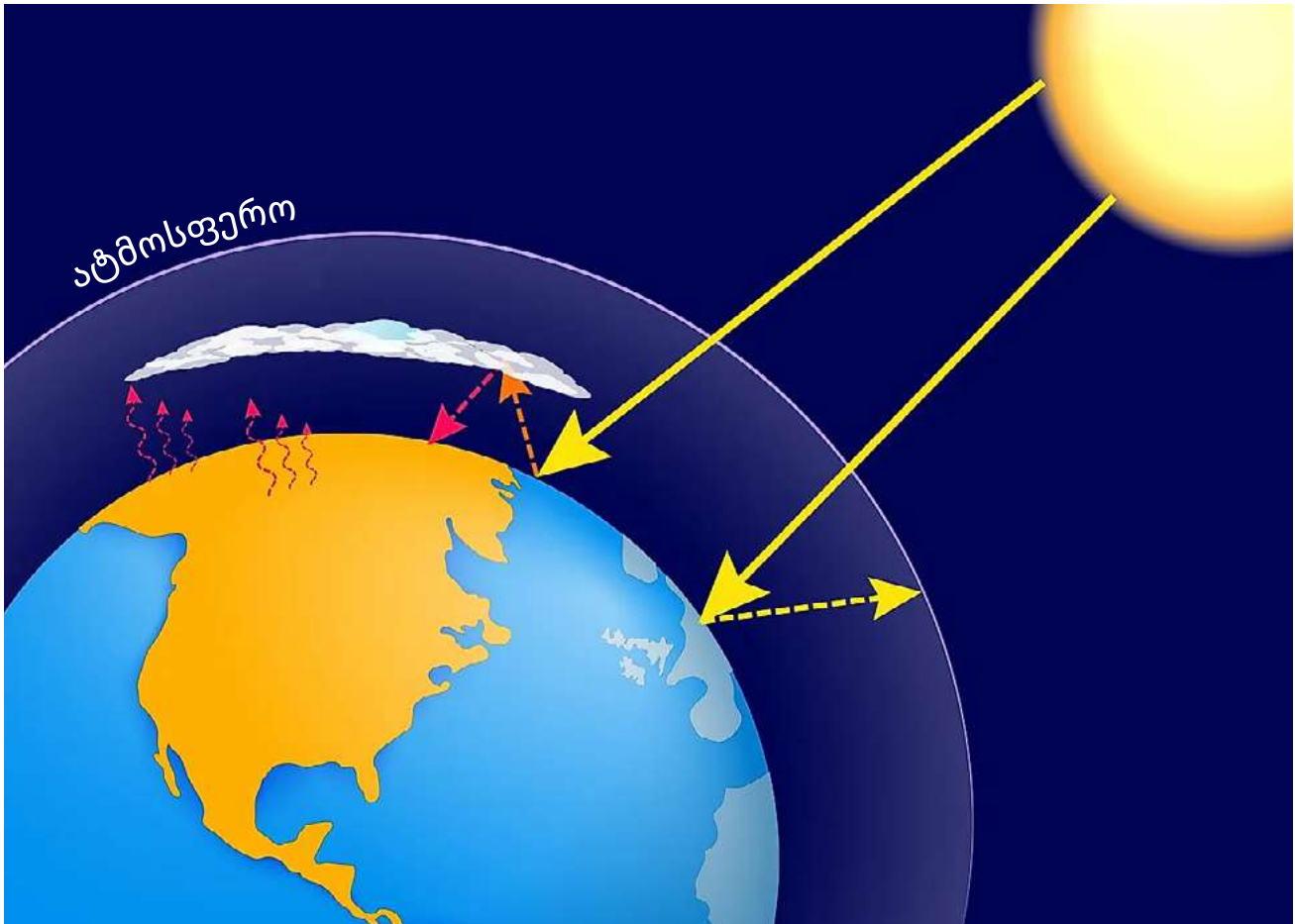
დამუხტული ელექტრონებისგან. ატომბირთვი კი, თავის მხრივ, შედგება ელემენტარული ნაწილაკებისგან – პროტონებისა და ნეიტრონებისგან. ყველა ეს ნაწილაკი ერთმანეთთან დაკავშირებულია სხვადასხვა ძალით. პროტონები და ნეიტრონები დაკავშირებულია ერთმანეთთან ძლიერი ურთიერთქმედებით, ატომბირთვი და ელექტრონები – ელექტრო-სუსტი ურთიერთქმედებით. მათ შორის კავშირების შესანარჩუნებლად საჭიროა ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგია. ამ კავშირების რღვევისას ეს ენერგია თავისუფლდება და გამოიყოფა უზარმაზარი ენერგია, ე.წ. ბირთვული ანუ ატომური ენერგია.



სურათი 47. ატომური ელექტროსადგური ინდოეთში.

როგორც ვხედავთ, ადამიანის მიერ შექმნილ ტექნოლოგიებში სხვადასხვა გზით ხდება სხვადასხვა სახის ენერგიების გარდაქმნა.

მსგავსი გარდაქმნები ბუნებაში ხდებოდა და დღესაც ხდება ადამიანის გარეშე.



სურათი 48. მზის გამოსხივება.

დედამიწის ირგვლივ მრავალფეროვანი ენერგეტიკული გარდაქმნები ხდება. დედამიწისკენ წამოსული ენერგიის 30% დრუბლებისა და დედამიწის ზედაპირის მიერ აირეკლება და განიბნევა კოსმოსში; 20% შთანთქმება ატმოსფეროს ზედა ფენების დრუბლების მიერ; ენერგიის 50% აღწევს დედამიწის ზედაპირს. მათ ნაწილს შთანთქავს დედამიწა და თბება. დედამიწის ზედაპირთან შეხებაში მყოფი ჰაერი თბება და ფართოვდება, მისი სიმკვრივე მცირდება და კლებულობს მის ზევით არსებული ჰაერის სიმკვრივესთან შედარებით, რის გამოც გამთბარი ჰაერი ადის ზევით. წარმოიქმნება ჰაერის აღმავალი ნაკადი, მასში

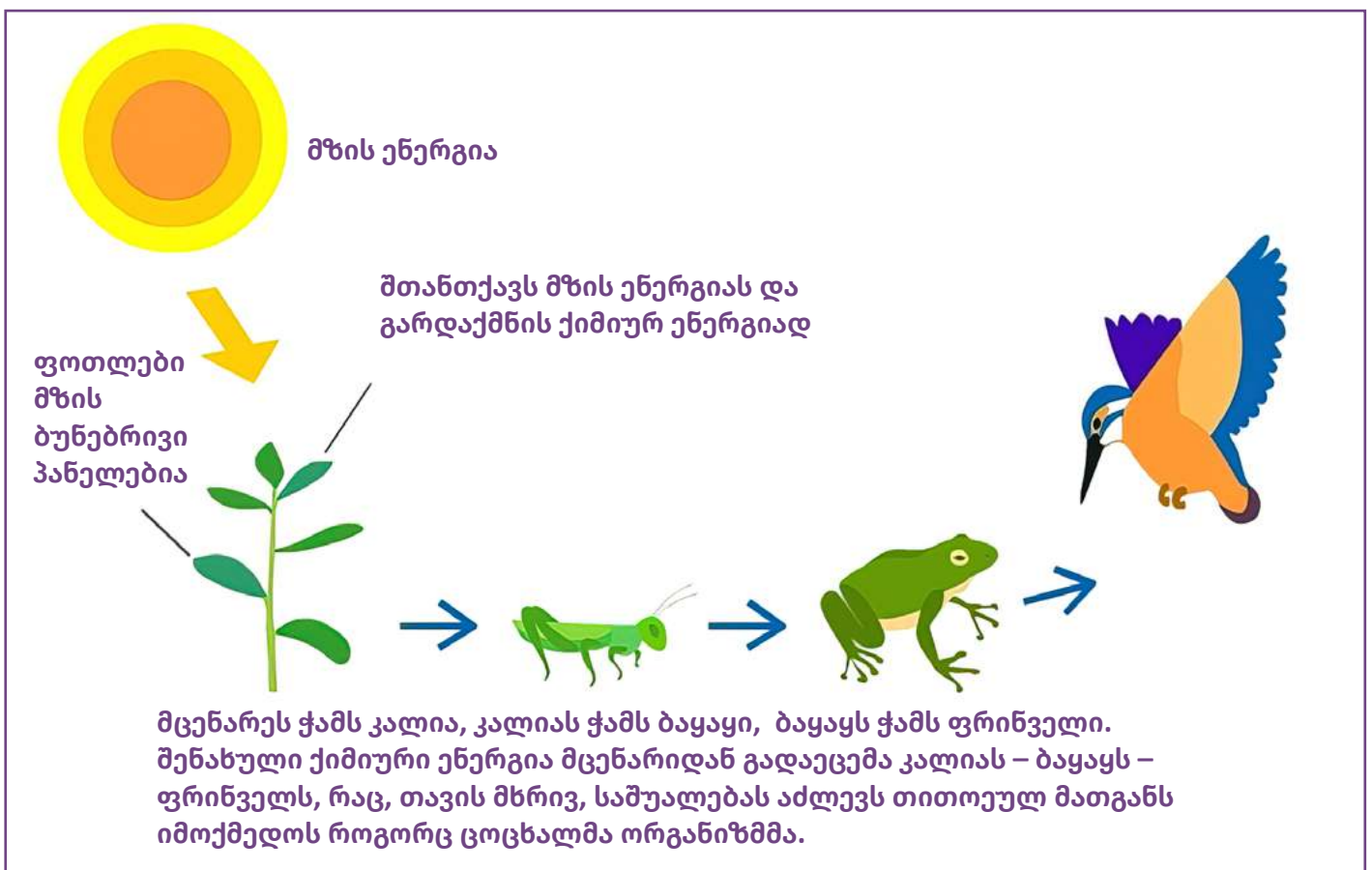
არსებული წყლის ორთქლი კონდენსირდება და წარმოიქმნება დრუბელი. აღმავალი ნაკადი და გარემომცველი ჰაერი შეერევა ერთმანეთს და წარმოიქმნება ქარები.

რა სახის ენერგიის გარდაქმნები ხდება ამ დროს?

როცა მზის ენერგიის ნაწილს შთანთქავს დედამიწა, იზრდება მისი ტემპერატურა და, შესაბამისად, შინაგანი ენერგია. ამ ენერგიის ნაწილი გადაეცემა მასთან შეხებაში მყოფ ჰაერს. ჰაერის მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე და მათი კინეტიკური ენერგია იზრდება. ჰაერის ნაკადის ზევით აღმასვლისას ჰაერის მოლეკულებისა და

ჰაერში წყლის წვეთების კინეტიკური ენერგია მცირდება და იზრდება პოტენციური ენერგია. როდესაც წყლის წვეთები წამოვლენ წვიმის ან სეტყვის სახით, მათი კინეტიკური ენერგია კვლავ გაიზრდება პოტენციური ენერგიის შემცირების ხარჯზე. ამრიგად, მზის სითბური ენერგია გარდაიქმნება ქარის, წვიმის, სეტყვის მექანიკურ ენერგიებად. წვიმა კვებავს მდინარეებს წვიმის წყლით. მდინარის წყალს აქვს მექანიკური ენერგია, პოტენციური და კინეტიკური. როდესაც ჩვენ ვაშენებთ კაშხალს, მასში დაგროვილ წყალს აქვს უზარმაზარი პოტენციური ენერგია. წყლის ვარდნისას მისი პოტენციური ენერგია გადადის კინეტიკურში, ეს კინეტიკური ენერგია ამოძრავებს ტურბინის ფრთებს, ისინი კი – გენერატორის ლილვს, რომელიც გამოიმუშავებს ელექტრულ დენს. ამრიგად, ვარდნილი წყლის პოტენციური ენერგიიდან ვღებულობთ ელექტროენერგიას. ახლა ვნახოთ, რა ხდება ცოცხალ ბუნებაში?

ცოცხალი ორგანიზმები თავიანთი არსებობისთვის საჭირო ენერგიას იღებენ საკვებიდან, მასში შემავალი ორგანული ნაერთების ქიმიური ბმებიდან, კერძოდ, ცხიმებიდან, ცილებიდან, ნახშირწყლებიდან. ადამიანი ღებულობს ცხოველურ და მცენარეულ საკვებს. მცენარეები წარმოქმნიან ორგანულ ნაერთებს ფოტოსინთეზის დროს, რისთვისაც მზის ენერგიას იყენებენ. ფოტოსინთეზის დროს მცენარის ფოთლებში მზის სინათლეზე ნახშირორჟანგისა და წყლისგან წარმოიქმნება ორგანული ნაერთები, რა დროსაც გამოიყოფა ჟანგბადი. მზის გამოსხივების ენერგია მცენარის ფოთლებში გარდაიქმნება ორგანული ნაერთების შინაგან (ქიმიურ) ენერგიად, რომლებიც წარმოადგენენ საკვებს, როგორც თვითონ მცენარეებისთვის, ისე ღეღამიწაზე მცხოვრები ცოცხალი ორგანიზმებისთვის.



სურათი 49. ენერგეტიკული კვებითი ჯაჭვი.

როგორ იღებენ ცოცხალი ორგანიზმები ენერგიას რთული ორგანული ნაერთებიდან?

ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების დაჟანგვის შედეგად, სხეულთა უჯრედებში ხდება რთული მოლეკულების დაშლა უფრო მარტივ მოლეკულებად, რა დროსაც გამოთავისუფლდება ენერგია. ეს ქიმიური პროცესია. ადამიანის ორგანიზმში შეგვიძლია შევადაროთ უნიკალურ ქიმიურ რეაქტორს, სადაც უამრავი ქიმიური გარდაქმნა ხდება. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის, რომ ყველა ეს ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს ძალზედ მსუბუქ პირობებში, ორგანიზმისთვის მისაღებ ტემპერატურასა და ატმოსფერულ წნევაზე, რაც ფერმენტების მოქმედების შედეგია. ფერმენტები ერთგვარი ბიოლოგიური კატალი-

ზატორებია, რომლებიც მართავენ და აჩქარებენ ბიოქიმიურ რეაქციებს ადამიანის ორგანიზმის უჯრედებში.

ამ რეაქციების შედეგად გამოთავისუფლებული ენერგიის 45% იფანტება ორგანიზმში სითბური ენერგიის სახით, ხოლო 55% ინახება ორგანიზმის უჯრედებში, კერძოდ, მიტოქონდრიებში. უჯრედში შენახული ენერგია გამოიყენება თითოეული უჯრედის სიცოცხლისუნარიანობისთვის – აღდგენის, ზრდის, ორგანიზმის განვითარებისა და მუშაობისთვის. ამრიგად, საკვებით მიღებული რთული ორგანული ნაერთების დაშლისას გამოყოფილი პოტენციური ენერგია (ქიმიური ენერგია) გარდაიქმნება:



სურათი 50. ენერგიის გარდაქმნა.

- სითბურ ენერგიად (სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად);
- მექანიკურ ენერგიად (კუნთების შეკუმშვისას);
- ელექტრულ ენერგიად (ნერვული იმპულსების გადაცემისას);

სრული სიმშვიდისა და უძრაობის დროსაც კი ადამიანი გარკვეულ ენერგიას მოიხმარს, რომელიც საჭიროა უწყვეტი ფიზიოლოგიური პროცესების განხორციელებისთვის, ნივთიერებათა ცვლისთვის, გულის, თირკმლების, ფილტვების,

ღვიძლისა და სხვა ორგანოების მუშაობისთვის, მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებისთვის. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ის ენერგია, რომელსაც ადამიანი მზისა და საკვებისგან იღებს, არ არის მისთვის საკმარისი. ძველთაგანვე ადამიანი სიცვიისა და სხვა საფრთხეებისგან თავის დასაცავად იყენებდა ცეცხლს, ტანისამოსს, შექმნა შრომის იარაღები.

თუ დაკვირვებისათვის, სიცვიეში ადამიანები იწყებენ ხტუნვას, ხელების ქნევას და სრესვას. რატომ? ნებისმიერი მექანიკური მუშაობის შესრულებისას – მათ შორის ხტუნვის, ქნევის, სრესვის დროს – იხარჯება უჯრედის მიტოქონდრიებში დაგროვილი ენერგია – დახარჯული ენერგია გადადის სითბურ ენერგიაში და ორგანიზმის შინაგანი ენერგია მატულობს, იგი თბება.

როგორ ფიქრობთ, შესაძლებელია თუ არა მუდმივი ძრავის შექმნა?

მუდმივი ძრავა არის მანქანა, რომელიც შეასრულებდა იმაზე მეტ სამუშაოს, ვიდრე ამ სამუშაო-

სთვის დახარჯული ენერგიაა. ენერგიის მუდმივობის კანონი კი გამორიცხავს იმაზე მეტი ენერგიის მიღებას, ვიდრე დახარჯული ენერგიაა. ხოლო თუ გავითვალისწინებთ ხახუნსა და სხვა წინააღმდეგობის ძალებსაც, მაშინ შესრულებული მუშაობა ყოველთვის ნაკლები იქნება დახარჯულ ენერგიაზე.

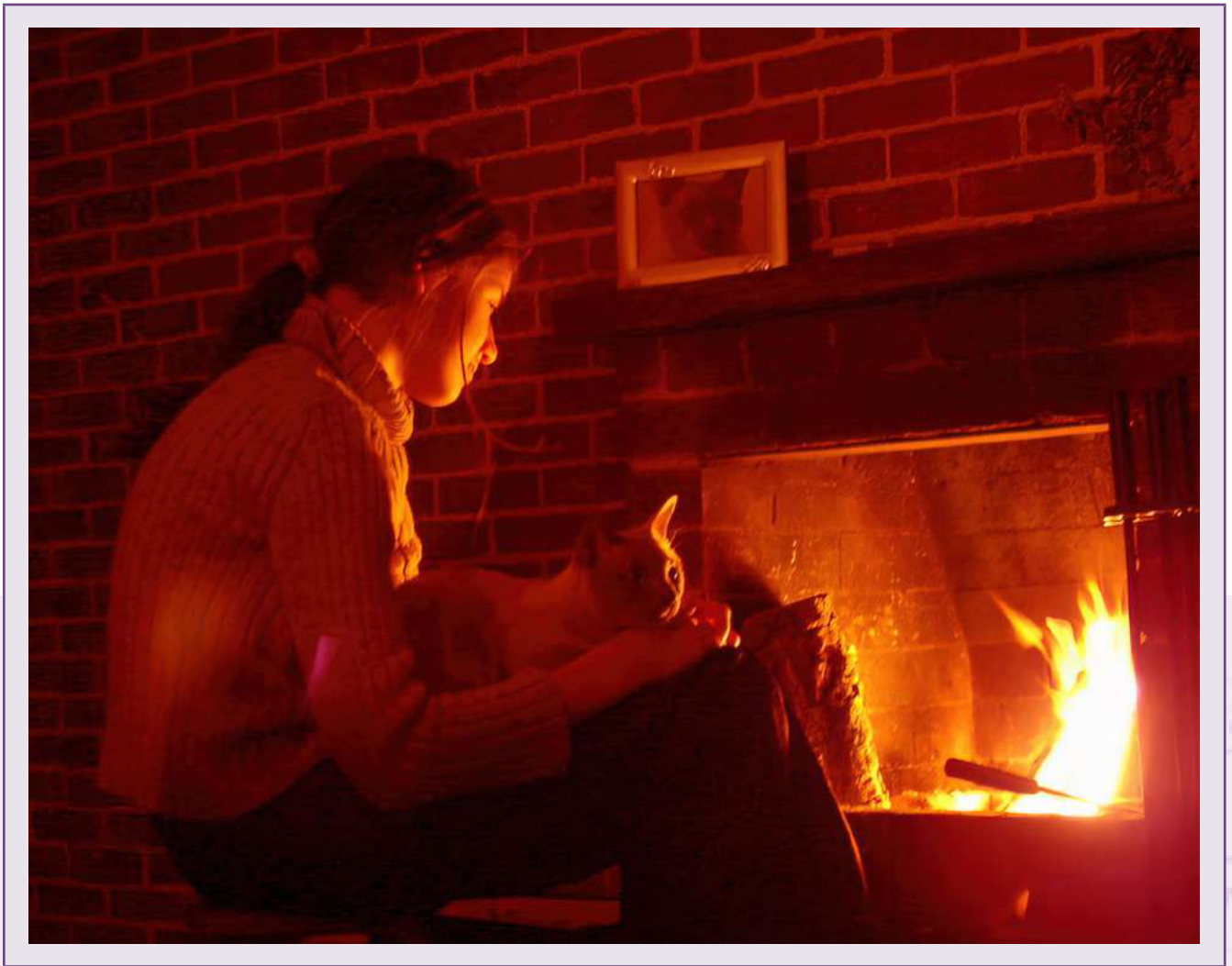
ამრიგად, დედამიწაზე და, საერთოდ, ჩვენს სამყაროში მუდმივად მიმდინარეობს პროცესები, რომელთა დროსაც ხდება ენერგიის გარდაქმნა ერთი სახიდან მეორეში, თუმცა ენერგიის მუდმივობის კანონი გვუბნება, რომ ამ ენერგიის ჯამი ამ პროცესების დროს არ იცვლება და რჩება მუდმივი.

როგორც ვხედავთ, ცვლილება და შენახვა – ეს ჩვენი სამყაროს დამახასიათებელი ორი ურთიერთსაპირისპირო მხარეა.



კითხვები:

1. რაში მდგომარეობს ენერგიის შენახვის კანონი?
2. დაასახელეთ ბუნებაში ენერგიის გარდაქმნის მაგალითები;
3. როგორ ნაწილდება დედამიწისკენ წამოსული მზის ენერგია?
4. როგორ იღებს ადამიანი ენერგიას საკვებიდან?
5. როგორ შესაბამისობაშია მუდმივი ძრავის შექმნის იდეა ენერგიის მუდმივობის კანონთან?





თემა I ჩვენი სამყარო

ცოცხალ ბუნებაზე თვალის ერთი გადავლებით ძნელია წარმოიდგინო, რომ სიცოცხლეს ქიმიური საფუძველი აქვს და ყველაფერი, რაც ცოცხალ ბუნებაში ხდება, ქიმიურ და ფიზიკურ კანონზომიერებებზეა დამყარებული. ამის გააზრებას ის ართულებს, რომ ცოცხალი სისტემების შემადგენელ ქიმიურ ნივთიერებებს ხშირად თვალით ვერ ვხედავთ. სინამდვილეში, ბიოლოგიური ორგანიზაციის იერარქიული სისტემის საფუძველს, რომელსაც ყველა შემდგომი ზედა საფეხური ეყრდნობა, ქიმიური ნივთიერებების მოლეკულები ქმნის და მათი გარდაქმნები უზრუნველყოფს ყველა სასიცოცხლო პროცესს ცოცხალ სისტემებში.

ბიოლოგია I ტემა

ძირითადი საკითხები:

უჯრადი – სიცოცხლის სტრუქტურული ერთეული

1. ცოცხალი ორგანიზმების თვისებები
2. არაორგანული ნივთიერებები. წყალი და მინერალური მარილები
3. ორგანული ნივთიერებები ცილები. ცილების სტრუქტურა.
ცილების ფუნქციები
4. ორგანული ნივთიერებები.
ნახშირწყლები, ნახშირწყლების ფუნქციები
5. ორგანული ნივთიერებები – ლიპიდები. ლიპიდების ფუნქციები
6. ორგანული ნივთიერებები. დნმ. დნმ-ის ქიმიური შედგენილობა
7. უჯრედული თეორია
8. პლაზმური მემბრანა – აგებულება და ფუნქციები
9. უჯრედის ორგანოიდები
10. პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლა. უჯრედული სუნთქვა
11. პლასტიკური ცვლა მცენარეებში. ფოტოსინთეზი
12. მცენარის სუნთქვა და კვება. ფოთლის აგებულება
13. მცენარე და მინერალები. სასუქები
14. მცენარის სატრანსპორტო სისტემა, ფესვური წნევა, ტრანსპირაცია
15. მცენარეული ჰორმონები
აუქსინები, გიბერელინები, ეთილენი, აბსციზინი

1. ცოცხალი ორგანიზმების თვისებები

ბიოლოგია მეცნიერებაა სიცოცხლის შესახებ. ერთი შეხედვით, თითქოს ძალიან ადვილია ცოცხალის განსხვავება არაცოცხალისაგან, მაგრამ, რაც არ უნდა გასაკვირად ჟღერდეს, სიცოცხლის, ამ ურთულესი და უნატიფესი ფენომენის სრულყოფილი და ამომწურავი განმარტება ძალზე რთული აღმოჩნდა. მეცნიერები სიცოცხლის აღსაწერად მის ძირითად თვისებებს ასახელებენ. მაინც რა არის ის მთავარი კრიტერიუმები, რაც ნებისმიერ ცოცხალს არაცოცხალი მატერიისაგან განასხვავებს?

უჯრედული აგებულება

სიცოცხლის სტრუქტურული ერთეული უჯრედი, ანუ ყველა ცოცხალს უჯრედული აგებულება აქვს. მიუხედავად ცოცხალი სამყაროს არაჩვეულებრივი მრავალფეროვნებისა, ორგანიზმები ერთმანეთისაგან მხოლოდ უჯრედისა და მთლიანი ორგანიზმის ორგანიზაციული სირთულით განსხვავდებიან.

ამ თვალსაზრისით, არსებობენ პროკარიოტული და ეუკარიოტული, ერთუჯრედიანი და მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები.

მეტაბოლიზმი

ყველა ცოცხალის ერთ-ერთი აუცილებელი თვისება ნივთიერებათა ცვლა, ანუ მეტაბოლიზმია.

მეტაბოლიზმს უჯრედში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების ერთობლიობას უწოდებენ, რომლებსაც ბიოლოგიური კატალიზატორები – ფერმენტები წარმართავენ. ისინი არეგულირებენ უჯრედში ქიმიური რეაქციების სიჩქარესა და სპეციფიკურობას. ნივთიერებათა ცვლას სხვადასხვა ორგანიზმში მრავალი საერთო აქვს, თუმცა ავტოტროფული და ჰეტეროტროფული ორგანიზმების მეტაბოლიზმი ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდება. მთავარი, რაც ორგანიზმების ამ ორ ჯგუფს ერთმანეთისაგან განასხვავებს – ენერგიის მიღების გზებია. ენერგიის გარეშე კი სიცოცხლე არ არსებობს.

ენერგიის პირველწყარო დედამიწაზე მზის ენერგიაა. ის ფოტოსინთეზის პროცესში შთაინთქმება და ორგანული ნივთიერებების სინთეზს ხმარდება, ანუ ქიმიური ბმის ენერგიად გარდაქმნება. წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებების ნაწილი უჯრედს აშენებს, ნაწილი კი სუნთქვის პროცესში იშლება და უჯრედს ენერგიით ამარაგებს.

ცხოველები სასიცოცხლოდ აუცილებელ ენერგიას მცენარეული და ცხოველური საკვების სახით იღებენ.

გამრავლება

ორგანიზმების სიცოცხლის ხანგრძლივობა შეზღუდულია, თუმცა სიცოცხლე დედამიწაზე არ წყდება. სიცოცხლის უწყვეტობას უზრუნველყოფს ყველა ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი თვითწარმოქმნის, ანუ გამრავლების უნარი.

გამრავლება ორგანიზმის თვისებაა, წარმოქმნას თავისივე მსგავსი. ეს უნარი განპირობებულია მემკვიდრული ინფორმაციის შემცველი ნუკლეინის მჟავებით, რომლებიც თაობიდან თაობას გადაეცემა.

დნმ-ის მოლეკულას მეტაფორულად დიდ ბიბლიოთეკას ამსგავსებენ. ის შეიცავს ყველა წიგნს – გენს, რომელიც უჯრედს სასიცოცხლოდ აუცილებელი ნივთიერებებისა და სტრუქტურების წარმოსაქმნელად სჭირდება.

ბუნებაში გამრავლების მრავალი ფორმა არსებობს, თუმცა ძირითადად მის ორ ტიპს გამოყოფენ – უსქესოსა და სქესობრივს.

უსქესო გამრავლების უპირატესობა მის სიმარტივესა და ეფექტურობაშია – ამ დროს არ არის საჭირო პარტნიორის ძიება. სქესობრივი გამრავლებისას ეს უპირატესობა იკარგება. სამაგიეროდ, დედისა და მამის გენების კომბინაციით შთამომავლების გენეტიკური მრავალფეროვნება მიიღწევა, რაც პოპულაციას ევოლუციურ პლასტიკურობას ანიჭებს.

ზრდა-განვითარება

ზრდის უნარი ყველა ცოცხალის ერთ-ერთი მთავარი თვისებაა. მას უჯრედების გაყოფა და მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედების დიფერენცირების პროცესი უღევს საფუძვლად.

ზრდა ორგანიზმების მხოლოდ ზომებში მატებას არ ნიშნავს. ზრდასთან ერთად, ორგანიზმები ვითარდებიან. ეს ორი პროცესი იმდენად მჭიდროდ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული, რომ მეცნიერები ერთად განიხილავენ და ზრდა-განვითარებას უწოდებენ.

განვითარების პროცესი სხვადასხვა ორგანიზმში სხვადასხვა ფორმითა და ხანგრძლივობით მიმდინარეობს.

გაღიზიანებადობა

გაღიზიანებადობა ორგანიზმის უნარია, უპასუხოს გარემოს ზემოქმედებას ამა თუ იმ აქტიური რეაქციით.

გაღიზიანებადობა ყველა ორგანიზმის თვისებაა, თუმცა ევოლუციის პროცესში ის თანდათან სახეს იცვლიდა და სხვადასხვაგვარად ვლინდებოდა. მაგალითად, ხდებოდა უჯრედშიდა სტრუქტურების დიფერენცირება გაღიზიანების აღმქმელ და მასზე მოპასუხე სტრუქტურებად. მრავალუჯრედიან ცხოველებში წარმოიქმნა და განვითარდა სპეციალიზირებული ქსოვილები – ნერვული და კუნთოვანი, რომლებიც უზრუნველყოფენ სწრაფ პასუხს გაღიზიანებაზე. ნერვული და კუნთოვანი ქსოვილების ამ თვისებას **აჭვნებადობა** ეწოდება.

ცხოველებში ნერვული და კუნთოვანი ქსოვილები მოძრაობით და სხვადასხვა სახის შეგუებით რეაქციებს უზრუნველყოფენ. ამიტომ მათ გააჩნიათ ინფორმაციის მიმღები (შეგრძნების ორგანოები) და მათზე მორეაგირე, შემსრულებელი ორგანოები (კუნთები და ჯირკვლები).

მცენარეების გაღიზიანებადობა ძირითადად განსხვავდება ცხოველთა გაღიზიანებადობისაგან. მცენარეები გაღიზიანებას, ძირითადად, პასუხობენ ციტოპლაზმის მოძრაობით, ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობის ცვლილებით, ზრდის სიჩქარი და მიმართულებით.

ჰომეოსტაზი

გარემო ფაქტორების ზემოქმედებამ შესაძლოა, ორგანიზმის შინაგანი გარემოს მახასიათებლები მნიშვნელოვნად შეცვალოს.

სიცოცხლე კი შესაძლებელია ორგანიზმის შინაგანი გარემოს ფიზიკურ-ქიმიური და ფიზიოლოგიური მახასიათებლების მხოლოდ უმნიშვნელო ცვლილებების პირობებში.

ამიტომ გარემოს ცვლილებების საპასუხოდ ორგანიზმში აღიძვრება პროცესები, რომლებიც დარღვეული წონასწორობის აღსადგენად არის მიმართული. ასეთ რეაქციებს ჰომეოსტაზური რეაქციები ეწოდება.

ჰომეოსტაზი ორგანიზმების უნარია, წინააღმდეგობა გაუწიოს გარემოს ცვლილებებს და შეინარჩუნოს შედგენილობისა და თვისებების შედარებით დინამიკური წონასწორობა.

1. დაასახელე სისხლდენისას ორგანიზმის ჰომეოსტაზური რეაქციის მაგალითი;
2. დაასახელე მცენარეებში ჰომეოსტაზური რეაქცია წყლის დეფიციტის პირობებში.



ჰომეოსტაზი ბიოლოგიური ორგანიზაციის სხვადასხვა დონეზე ვლინდება. მაგალითად, გენეტიკური ჰომეოსტაზი გულისხმობს პოპულაციის უნარს, შეინარჩუნოს გენოტიპური სტაბილურობა გარემოს ცვლად პირობებში.

ეკოლოგიურ ჰომეოსტაზს უწოდებენ ბიოცენოზის სახეობრივი და სახეობაში ინდივიდთა რიცხოვნობის მუდმივობის შენარჩუნებას.



დასკვნა:

უჯრედული აგებულება, მეტაბოლიზმი, გამრავლება, ზრდა-განვითარება, გაღიზიანებადობა, ჰომეოსტაზი – ცოცხალი მატერიის ძირითადი თვისებებია.



დავალება

1. დააჯგუფე მიკრობები პროკარიოტულ და ეუკარიოტულ ორგანიზმებად და განმარტე მათი უჯრედის აგებულების ძირითადი განმასხვავებელი ნიშნები:

ფორამინიფერა, ქალამანა, ლეიშმანია, ქლამიდომონადა, სალმონელა, რძემჟავა ბაქტერია, ნაწლავის ჩხირი, მუკორი, საფუარი სოკო.

პროკარიოტები	ეუკარიოტები

ველების გასუფთავება

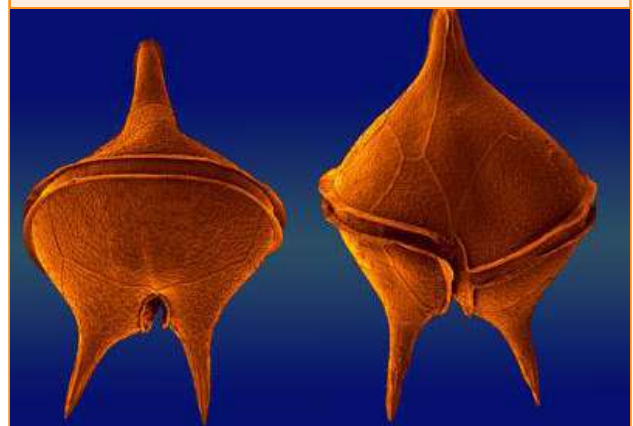
2. განმარტე, ნივთიერებეთა რომელ კლასს მიეკუთვნებიან ცილები?
3. აღწერე, როგორ მოიპოვებენ სასიცოცხლოდ აუცილებელ ენერგიას მტკნარი წყლის ამება, ევგლენა, დინოფლაგელატები, მწერიჭამია მცენარეები, ქუდიანი სოკოები, პარაზიტული სოკოები;



ევგლენა.



ამება.



დინოფლაგელატები.



მწერიჭამია მცენარე.



ქუდიანი სოკო.



4. როგორი სასიცოცხლო ციკლი აქვთ ერთწლოვან და მრავალწლოვან მცენარეებს?



ერთწლიანი მცენარეები.



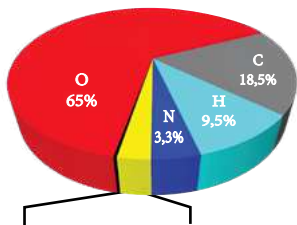
მრავალწლიანი მცენარე – წაბლი.

5. დაასახელე მცენარეები, რომლებიც სწრაფად პასუხობენ გამდიზიანებლის ზემოქმედებას.

2. არაორგანული ნივთიერებები. წყალი და მინერალური მარილები

ყოველი არსება ათასობით სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერების უნიკალურ ნაკრებს შეიცავს. ორგანიზმების არსებობა ამ ნივთიერებების ნორმალურ შემცველობასა და მათ ქიმიურ გარდაქმნებზეა დამოკიდებული. ხანგრძლივი ცვლილებები ქიმიური პროცესების მსვლელობაში დაავადებების სახით ვლინდება.

ცოცხალ არსებებში არ არის აღმოჩენილი რაიმე განსაკუთრებული ქიმიური ელემენტი, რომელსაც არაცოცხალი ბუნება არ შეიცავს.



მიკროელემენტები	C-1,9%	K-0,4%
B;Cr;Co;Cu;F;I	S-0,3%	Na-0,2%
Fe;Mn;Mo;Zn;Si	P-1,0%	Cl-0,2%
0,01-0,001%	Mg-0,1%	

ადამიანის ორგანიზმის ქიმიური შემადგენლობა.

ორგანიზმებში შემავალ ქიმიურ ელემენტებს პირობითად მაკრო და მიკროელემენტებად ყოფენ. **მაკროელემენტებს** ისეთ ელემენტებს უწოდებენ, რომელთა შემცველობა 0,1%-ს აღემატება. დანარჩენ ელემენტებს **მიკროელემენტების** ჯგუფს მიაკუთვნებენ.



1. მაკროელემენტებიდან რომელ ქიმიურ ელემენტს შეიცავს ადამიანის ორგანიზმი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით?

მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენი ორგანიზმი მიკროელემენტებს ძალიან მცირე რაოდენობით შეიცავს, ისინი უდიდეს გავლენას ახდენენ ჩვენს ჯანმრთელობაზე.

ელემენტი	მნიშვნელობა ორგანიზმისთვის
ლითიუმი	აუცილებელია თავის ტვინის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის. მისი ნაკლებობა დეპრესიას იწვევს.
მანგანუმი	მონაწილეობს ცილებისა და ლიპიდების გარდაქმნაში. აუცილებელია ჩონჩხის ნორმალური განვითარებისთვის.
თუთია	აუცილებელია ინსულინისა და სასქესო ჰორმონების მოქმედებისთვის. მონაწილეობს ცნოსვის, მხედველობის, გემოვნების შეგრძნებების ჩამოყალიბებაში.
სპილენძი	მონაწილეობს იმუნური სისტემის მოქმედებაში.
სელენი	ნაკლებობა იწვევს გულის კუნთის მუშაობის შესუსტებას.
ქრომი	მონაწილეობს ლიპიდების გარდაქმნაში.
პლატინა	გავლენას ახდენს ნერვული სისტემისა და იმუნური სისტემის მოქმედებაზე.

2. რომელი დაავადებაა დაკავშირებული საკვებ პროდუქტებში რკინის დეფიციტთან?



განსხვავება ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას შორის მოლეკულურ დონეზე იჩენს თავს.

ყველა ცოცხალი ორგანულ ნივთიერებებს, მათ შორის – ცილებს, ლიპიდებს, ნახშირწყლებს, ნუკლეინის მჟავებს შეიცავს. ეს ნივთიერებები მხოლოდ ცოცხალ არსებებში წარმოიქმნება და, ამდენად, მხოლოდ მათი „კუთვნილებაა“. არაორგანული ნივთიერებები კი გვხვდება როგორც ცოცხალ, ასევე არაცოცხალ ბუნებაში.

ნივთიერებების შემცველობა ორგანიზმში			
არაორგანული	%	ორგანული	%
წყალი	70-80	ცილები	10-20
მინერალური მარილები	1 - 1,5	ნახშირწყლები	0.2-2.0
		ლიპიდები	1.0-1.5
		ნუკლეინის მჟავები	1.0-2.0
		სხვა ნივთიერებები	0.1-0.5

არაორგანული ნივთიერებები

წყალი ყველაზე გავრცელებული ნივთიერებაა დედამიწაზე. ჩვენი სხეულის დაახლოებით 80%-იც წყალია. ის არის როგორც უჯრედში, ისე მის გარეთ – ქსოვილურ სითხეში, სისხლში, ლიმფაში.

რაც ყველაზე მეტად საინტერესოა, წყლის შემცველობა თითქმის პირდაპირ მიუთითებს მთლიანად ორგანიზმისა და ამა თუ იმ უჯრედის აქტიურობაზე.

მაგალითად, ბავშვის ორგანიზმი დიდი რაოდენობით წყალს შეიცავს. ასაკის მატებასთან ერთად, მისი შემცველობა თანდათან კლებულობს. თავის ტვინში წყლის შემცველობა 90%-ია, ცხიმოვან ქსოვილში კი – მხოლოდ 10.

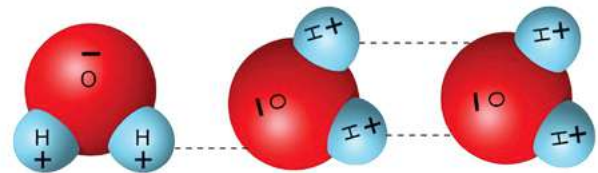
საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ადამიანი მხოლოდ 3-5 დღე ძლებს წყლის მიღების გარეშე, საკვების დეფიციტს კი უფრო ხანგრძლივად იტანს. წყლის 12%-ის დაკარგვის შემდეგ ადამიანი იღუპება.

წყალს მრავალი უჩვეულო, უნიკალური თვისება გააჩნია, რომელთაგან, მეცნიერთა აზრით, რამდენიმე გადამწყვეტი როლი შეასრულა დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობასა და განვითარებაში. მკვლევარების აზრით, სიცოცხლე წყალში ჩაისახა და წყალი ერთგვარ „მბრძანებელ“ მოლეკულად იქცა – უჯრედის სტრუქტურის აწყობა წყლის თვისებების გათვალისწინებით მოხდა.

წყლის უნიკალური თვისებები მისი მოლეკულის აღნაგობიდან გამომდინარეობს.

წყალი პოლარული მოლეკულაა, რომლის ერთი ნაწილი დადებითადაა დამუხტული, მეორე კი – უარყოფითად. წყლის ერთი მოლეკულის დადებითად დამუხტული წყალბადი იზიდავს წყლის მეორე მოლეკულის უარყოფითად დამუხტულ ჟანგბადს და მათ შორის ე.წ. **წყალბადური ბმები**

წარმოიქმნება. წყალბადური ბმა გაცილებით სუსტია კოვალენტურ ბმაზე. ის სწრაფად წარმოიქმნება და სწრაფადვე იშლება. სწორედ ამ ბმებით არის გამოწვეული წყლის ის უნიკალური თვისებები, რომლებიც სიცოცხლისათვის მნიშვნელოვანია.



წყალბადური ბმები წყლის მოლეკულებს შორის.

წყალს მაღალი თბოტევადობა გააჩნია. მის გასაცხლებლად, სხვა ნივთიერებებთან შედარებით, გაცილებით დიდი სითბური ენერგიის დახარჯვაა საჭირო. ეს იმიტომ ხდება, რომ სითბური ენერგიის ნაწილი წყალბადური ბმების გახლეჩას ხმარდება და წყლის ტემპერატურა შედარებით ნაკლებად მატულობს. წყალი ცუდი სითბოგამტარია. ის თითქმის ცდილობს შეინარჩუნოს ტემპერატურა და ეწინააღმდეგება როგორც სითბოს მიღებას, ისე მის გაცემას.

3. რა მნიშვნელობა აქვს წყლის ამ თვისებას ჩვენი უჯრედებისთვის?

იმისათვის, რომ წყლის მოლეკულამ გაწყვიტოს ყველა წყალბადური კავშირი მეზობელ მოლეკულებთან და ჰაერში გადაინაცვლოს, ანუ აორთქლდეს, უნდა გაცხელდეს.

„ცხელ მოლეკულებს“ თან მიაქვთ სითბური ენერგიის დიდი ნაწილი. ამ მოვლენესთან არის დაკავშირებული გაგრილება ოფლის გამოყოფის დროს.

წყალს კიდევ ერთი უცნაური თვისება აქვს – მას თხევად მდგომარეობაში უფრო მეტი სიმკვრივე აქვს, ვიდრე მყარში. ამიტომ ყინული საბანკით ეფარება წყლის ზედაპირს და იცავს მის ქვეშ მდებარე წყლის ფენებსა და მასში მოხინაღრე ორგანიზმებს ცივი ჰაერის უშუალო ზემოქმედებისგან.

წყლის ზედაპირზე წყალბადური ბმებით თითქოს ერთმანეთთან მიწებებული წყლის მოლეკულები ერთგვარ აკვს წარმოქმნიან. ამ მოვლენას **ზედაპირულ დაჭიმულობას** უწოდებენ. წყლის ეს თვისება საკმაოდ ხელსაყრელი აღმოჩნდა ზოგიერთი ფეხსახსრიანისთვის, რომლებიც ისე დააბიჯებენ წყალზე, რომ წყლის მოლეკულების ამ უხილავ აკვს არ არღვევენ.



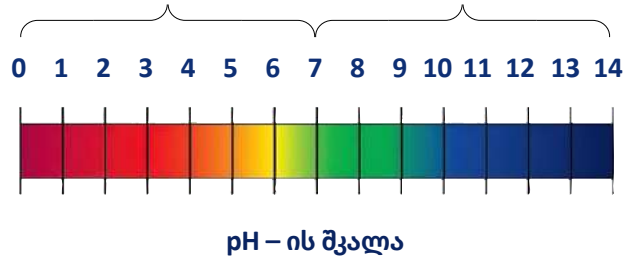
წყალი კარგი გამხსნელია. მასში ბევრად მეტი ნივთიერება იხსნება, ვიდრე სხვა რომელიმე სითხეში. წყალხსნარში იონები თავისუფლად მოძრაობენ და ადვილად ერთვებიან სხვადასხვა რეაქციაში. წყალში ხსნად ნივთიერებებს **ჰიდროფილურ** ნივთიერებებს უწოდებენ. ასეთებია: შაქრები, სპირტები.

ცხიმები წყალთან კავშირს ვერ ამყარებენ. ისინი **ჰიდროფობური** ნივთიერებები არიან.

უჯრედში, ჩვეულებრივ, წყლის მოლეკულების დიდი უმრავლესობა სტაბილურია. თუმცა მათი ძალიან მცირე ნაწილი დისოცირდება – წარმოქმნის H^+ და OH^- -ს.

წყალში დისოცირებისას წყალბადის იონებს მჟავები იძლევიან, ხოლო ჰიდროქსილის იონებს – ფუძეები. უჯრედისათვის მათ რაოდენობრივ შეფარდებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს. ამ მდგომარეობის შესაფასებლად pH-ის მჟალას იყენებენ, რომლის რიცხვითი მაჩვენებლები 1-დან 14-მდე იცვლება.

მჟავა ნეიტრალური ტუტე



რაც უფრო დაბალია pH-ის მაჩვენებელი, მით მეტია ხსნარის მჟავიანობა, და პირიქით – pH-ის მაღალი მაჩვენებელი ამ ხსნარის ტუტეობაზე მიუთითებს.

ვინაიდან წყალი თანაბარი რაოდენობით იძლევა მჟავური თვისებების წყალბადისა და ფუძე თვისებების ჰიდროქსილის იონებს, ის ნეიტრალურია და მისი pH 7-ის ტოლად არის მიჩნეული.

უჯრედების უმრავლესობის pH სტაბილურად დაახლოებით 7-ის ტოლია, მიუხედავად იმისა, რომ მასში მიმდინარე რეაქციების დროს შესაძლოა, დიდი რაოდენობით გამოთავისუფლდეს წყალბადის იონები და უჯრედის შიგნით არე გაამჟავიანოს, ან პირიქით.

pH-ის მუდმივობის შენარჩუნება **ე.წ.ბუფერული ნივთიერებებით** ხორციელდება. მათ აქვთ უნარი, მიიტაცონ წყალბადის „ზედმეტი“ იონი, ან გამოათავისუფლონ ის არეში და ამით დაიცვან უჯრედი pH -ის რყევებისგან. ბუფერების როლში მარილები გვევლინებიან. მაგალითად, ჩვენი უჯრედებისა და სისხლის pH-ის კონტროლს ფოსფატური და ბიკარბონატული მძლავრი ბუფერული სისტემები ახორციელებენ.

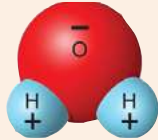
! დასკვნა:

წყალი უჯრედის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაერთია. მას გადამწყვეტი როლი აქვს უჯრედის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. მინერალურ მარილებს უჯრედი შედარებით მცირე რაოდენობით შეიცავს, თუმცა ისინი მრავალ სასიცოცხლო პროცესში მონაწილეობენ.



დავალება

1. წყლის ამ მოლეკულას წყალბადური ბმებით დაუკავშირე წყლის სხვა მოლეკულები



2. სუფთა წყლის pH 7-ის ტოლია. თეორიულად, წვიმის წყლის pH-იც 7-ის ტოლი უნდა იყოს. თუმცა ის ხშირად ოდნავ მჟავიანობისკენ არის ხოლმე გადახრილი. როგორ ფიქრობ, რა უნდა იყოს ამის მიზეზი?
3. რა სახით ვლინდება ადამიანის ორგანიზმში ფტორის დეფიციტი?
4. რა გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე იოდის დეფიციტი?



ეს საინტერესოა!

► ჩვენი ორგანიზმის მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობა სხვადასხვა ფაქტორის ზემოქმედებით შეიძლება დაირღვეს. მაგალითად, ცნობილია, რომ ხშირი სტრესი, სწრაფი კვების პროდუქტების, ცომეულის, ტკბილეულის, ყავის, ჩაის ხშირი გამოყენება ორგანიზმის pH-ს ოდნავ დაბლა სწევს. სწორი კვება, დიეტოლოგების აზრით, ამ პროდუქტების დაბალანსებული რაოდენობით მიღებას გულისხმობს.

► სიმსივნური უჯრედების pH 7-ზე ნაკლებია. ნეიტრალური და ტუტე არე ამ უჯრედებისთვის დამღუპველია. თანამედროვე ონკოლოგიის ერთერთი მეთოდი დაავადებულის ორგანიზმში ცეზიუმის შეყვანაა. ამ ელემენტის შთანთქმის შემდეგ უჯრედების pH იზრდება.

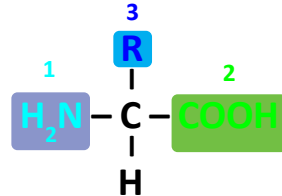
3. ორგანული ნივთიერებები ცილები. ცილების სტრუქტურა. ცილების ფუნქციები

ცილების სტრუქტურა

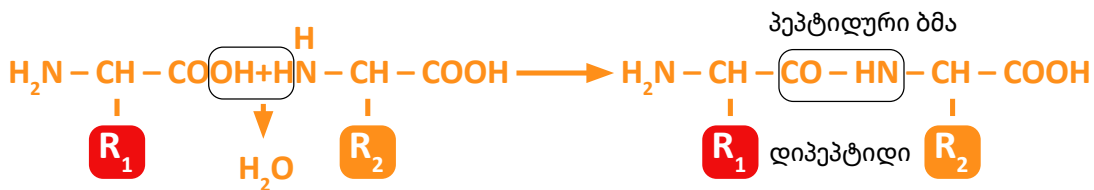
ცილები ორგანული ნივთიერებების უმნიშვნელოვანესი ჯგუფია, რომელსაც ორგანიზმში მრავალგვარი ფუნქცია აკისრია. ცილების განსაკუთრებული მათი აგებულების სპეციფიკურობიდან გამომდინარეობს.

ცილა პოლიმერია. მისი მონომერი **ამინომჟავაა**. ცილის შენებაში ოცი სხვადასხვა ამინომჟავა მონაწილეობს. ყველა მათგანი ამინო (1) და კარბოქსილის (2) ჯგუფს შეიცავს. ისინი მხოლოდ **რადიკალებით** (3) განსხვავდებიან. ზოგი ამინომჟავას რადიკალი ჰიდროფობურია, ზოგის

– ჰიდროფილური, ზოგის – დადებითად დამუხტული, ზოგის კი – უარყოფითად.



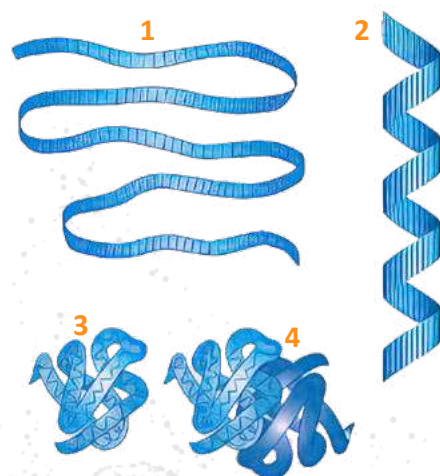
ამინომჟავები ერთმანეთს ე.წ. **პეპტიდური ბმებით** უკავშირდება და წარმოქმნის **პოლიპეპტიდს** – ძაფისებურ სტრუქტურას, რომელსაც ცილის **პირველადი სტრუქტურა** ჰქვია.



ძაფი შემდეგ სპირალურად იხვევა. სპირალში ხვეულები სუსტი წყალბადური ბმებით ფიქსირდება და წარმოქმნება ცილის **მეორეული სტრუქტურა**.

სპირალი კიდევ ერთხელ, ახლა უკვე გორგალივით იხვევა და ცილის **მესამეულ სტრუქტურას** წარმოქმნის. გორგლის ფიქსაციაში ამინომჟავათა რადიკალები მონაწილეობს, რომლებიც სპირალის გარეთ არიან მიმართული.

ზოგიერთ ცილაში მესამეული სტრუქტურის მქონე რამდენიმე გორგალი ერთიანდება და ცილის **მეოთხეულ სტრუქტურას** ქმნის. ცილა მისთვის სპეციფიკურ ფუნქციებს მესამეულ და მეოთხეულ სტრუქტურაში იძენს.

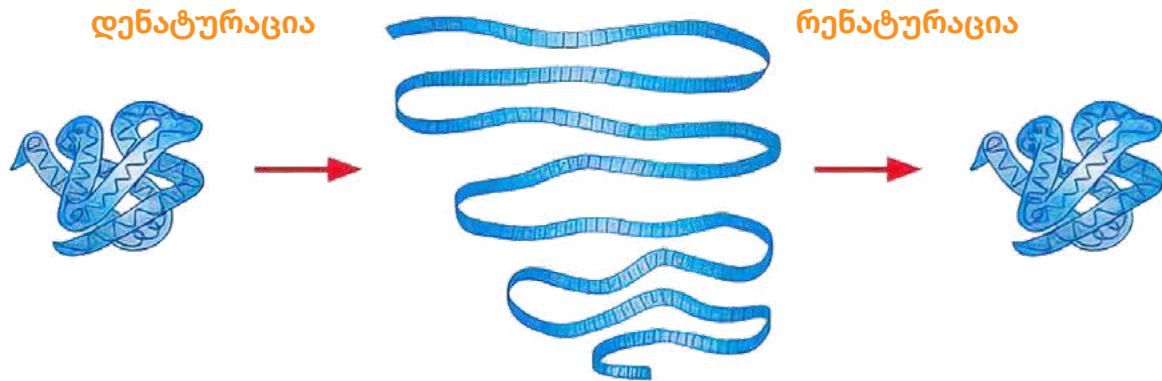


ცილის მოლეკულის სტრუქტურები

1. პირველადი სტრუქტურა;
2. მეორეული სტრუქტურა;
3. მესამეული სტრუქტურა;
4. მეოთხეული სტრუქტურა.

ცილის მეორეულ, მესამეულ და მეოთხეულ სტრუქტურას სუსტი ბმები აფიქსირებს. სხვადასხვა ფიზიკური ან ქიმიური ფაქტორის ზემოქმედებით ისინი ადვილად წყდება და ცილა პირველად სტრუქტურას უბრუნდება. ამ პროცესს **დენატურაცია** ჰქვია.

ბით ისინი ადვილად წყდება და ცილა პირველად სტრუქტურას უბრუნდება. ამ პროცესს **დენატურაცია** ჰქვია.



ხშირ შემთხვევაში, ფაქტორის ზემოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ცილა ისევ აღიდგენს მისთვის დამახასიათებელ ფორმასა და თვისებებს – **რენატურირდება**. ძლიერი ფაქტორის ზემოქმედებით ცილა რენატურაციის უნარს კარგავს.

ცილების ფუნქციები

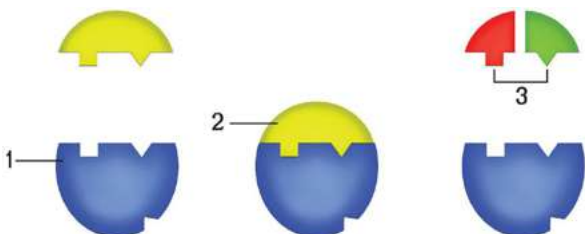
ცილების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფუნქცია უჯრედში ქიმიური რეაქციების წარმართვაა. ცილა-**ფერმენტების** მონაწილეობით, რომლებიც ნივთიერებათა გარდაქმნებს ასეულ მილიონჯერ აჩქარებენ, უჯრედში რეაქციები თითქმის მყისიერად მიმდინარეობს.

გარდასაქმნელი ნივთიერება – **სუბსტრატი**, ფერმენტის პატარა უბანს, ე.წ. **აქტიურ ცენტრს** უკავშირდება, რომელსაც ის ზუსტად შეესაბამება ფორმითა და ზომით.

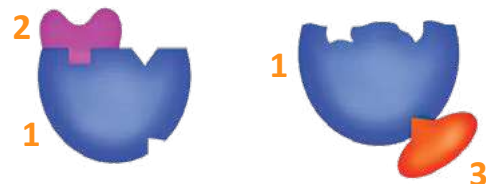
ფერმენტი სუბსტრატს სხვა ნივთიერებად – **პროდუქტად** გარდაქმნის ისე, რომ თვითონ არ იცვლება – ფერმენტები **ბიოკატალიზატორები** არიან. ერთ ფერმენტს მილიონობით სუბსტრატის გარდაქმნა შეუძლია.

ზოგიერთი ფერმენტი რეაქციის დასაჩქარებლად დამხმარე ნივთიერებებს მოითხოვს. ასეთ ნივთიერებებს **კოფაქტორები** ჰქვია. მაგალითად, თუთიის, მაგნიუმის, მანგანუმის, სპილენძის იონები მრავალი ფერმენტის კოფაქტორია.

უჯრედში არსებობს ისეთი ნივთიერებებიც, რომლებიც ხელს უშლიან ფერმენტებს, ბლოკავენ მათ მოქმედებას. მათ **ინჰიბიტორები** დაარქვენ.



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

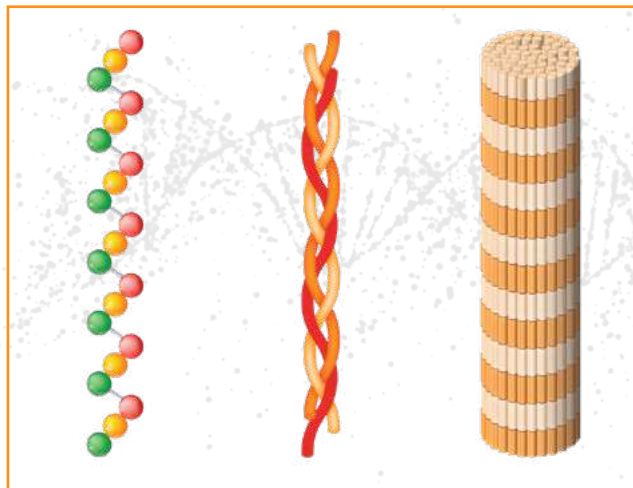


- 1 – ფერმენტი;
- 2 – კონკურენტული ინჰიბიტორი;
- 3 – არაკონკურენტული ინჰიბიტორი.

მიუხედავად ფერმენტების მიმართ ანტაგონისტური დამოკიდებულებისა, ინჰიბიტორები ძალზე მნიშვნელოვანი მოლეკულები არიან. ისინი უჯრედში ქიმიური რეაქციების მსვლელობას არეგულირებენ. მაგალითად, როდესაც უჯრედში ჭარბი რაოდენობის პროდუქტი იწარმოება, რეაქცია ინჰიბიტორის მოქმედებით წყდება. უჯრედში პროდუქტის ათვისებისა და გამოლევის შემთხვევაში, ინჰიბიტორი სცილდება ფერმენტს და ეს უკანასკნელი ისევ აქტიურდება. მაგრამ არსებობს ინჰიბიტორები, რომლებიც შეუქცევადად უკავშირდება ფერმენტს და საბოლოოდ გამოყავს მწყობრიდან. ასეთი ზემოქმედება

ფერმენტებზე, სულ მცირე კონცენტრაციებშიც კი აქვთ მძიმე მეტალებს – ვერცხლისწყალს, ვერცხლს, დარიშხანს.

ცილები ყველა უჯრედის უკლებლივ ყველა კომპონენტისა და ორგანოიდის შენებაში მონაწილეობენ. სამშენებლო დანიშნულება აქვთ ე.წ. **სტრუქტურულ ცილებსაც**. მაგალითად, კოლაგენი ჩვენი სხეულის მთელი ცილური შედგენილობის 30%-ს შეადგენს. ის შემაერთებული ქსოვილის მთავარი ცილაა. **კოლაგენი** შედის ძვლის, ხრტილის, მყესების, იოგების, კანის, რქოვანასა და ბროლის შედგენილობაში და მათ სიმტკიცესა და ელასტიურობას უზრუნველყოფს.



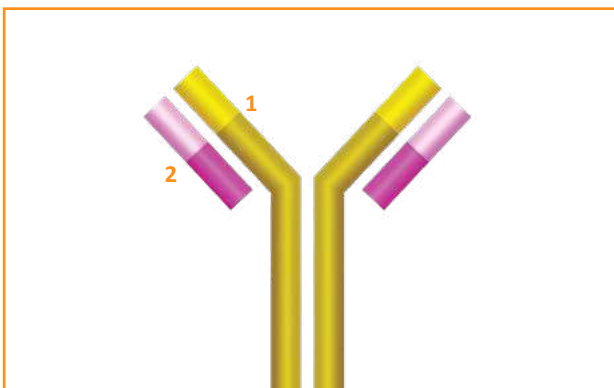
კოლაგენის სტრუქტურა.

სატრანსპორტო დანიშნულება აქვს ცილა ჰემოგლობინს, რომელიც ფილტვებიდან სხვადასხვა ქსოვილამდე ჟანგბადის ტრანსპორტირებას უზრუნველყოფს.



ჰემოგლობინი.

დამცველობითი ფუნქცია აქვს ცილა ანტისხეულებს, რომლებსაც იმუნური სისტემა ორგანიზმში შეჭრილი ბაქტერიებისა და ვირუსების, ანუ ანტიგენების აღმოჩენისა და შებოჭვისთვის იყენებს. სხვადასხვა ანტიგენის წინააღმდეგ ორგანიზმში სხვადასხვა ანტიგენი გამოიმუშავდება. ანტიგენს ანტისხეულები მოლეკულის იმ ნაწილებით ამოიცნობს, რომლებსაც მეცნიერები „კურდღლის ყურებს“ უწოდებენ. ის ანტიგენის ფორმას იმეორებს. ამის გამო ანტისხეული ანტიგენს იკავშირებს და ბოჭავს მას.



ანტისხეული: 1. მძიმე ჯაჭვი; 2. მსუბუქი ჯაჭვი.

რეცეპტორებიც ცილური ბუნების ნაერთებია.

მოძრაობის სხვადასხვა სახეც ორგანიზმში ცილების მონაწილეობითაა უზრუნველყოფილი.

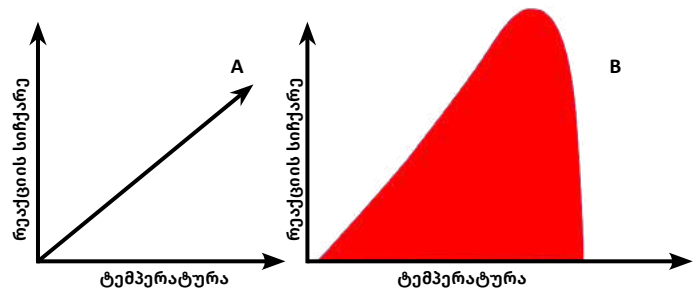
! დასკვნა:

ცილის მოლეკულა პოლიმერია, რომელსაც ოცი სხვადასხვა სახის მონომერი – ამინომჟავა აშენებს. ცილას გააჩნია პირველადი, მეორეული, მესამეული და, ზოგ მათგანს, მეოთხეული სტრუქტურები. ცილებს უჯრედში მრავალგვარი დანიშნულება აქვს. ისინი ასრულებენ: კატალიზურ, სამშენებლო, სატრანსპორტო, დამცველობით, რეცეპტორულ, მოძრაობით ფუნქციებს.



დავალება

1. დავუშვათ, ცილის მოლეკულაში ერთ-მანეთთან ახლოს ორი, დადებითად დამუხტული რადიკალის მქონე ამინომჟავა აღმოჩნდა. მოიფიქრე, როგორ შეიცვლის სპირალის ფორმას?
2. როგორ ფიქრობ, აქვს თუ არა მოხარშული კვერცხის ცილას რენატურაციის უნარი?
3. ილუსტრაციაზე ორი მრუდია, რომელიც ასახავს დამოკიდებულებას რეაქციის სიჩქარესა და ტემპერატურას შორის არაცოცხალ (A) და ცოცხალ (B) ბუნებაში:



- ა. რატომ იწვევს გარკვეულ სიდიდემდე ტემპერატურის მატება რეაქციის სიჩქარის ზრდას ცოცხალ ორგანიზმებში?
- ბ. რატომ იწყება გარკვეული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ რეაქციის სიჩქარის კლება ცოცხალ ბუნებაში?



4. როგორ ფიქრობ, „ვისი“ კონკურენტია კონკურენტული ინჰიბიტორი?

როგორ უშლის ხელს არაკონკურენტული ინჰიბიტორი რეაქციის მსვლელობას?

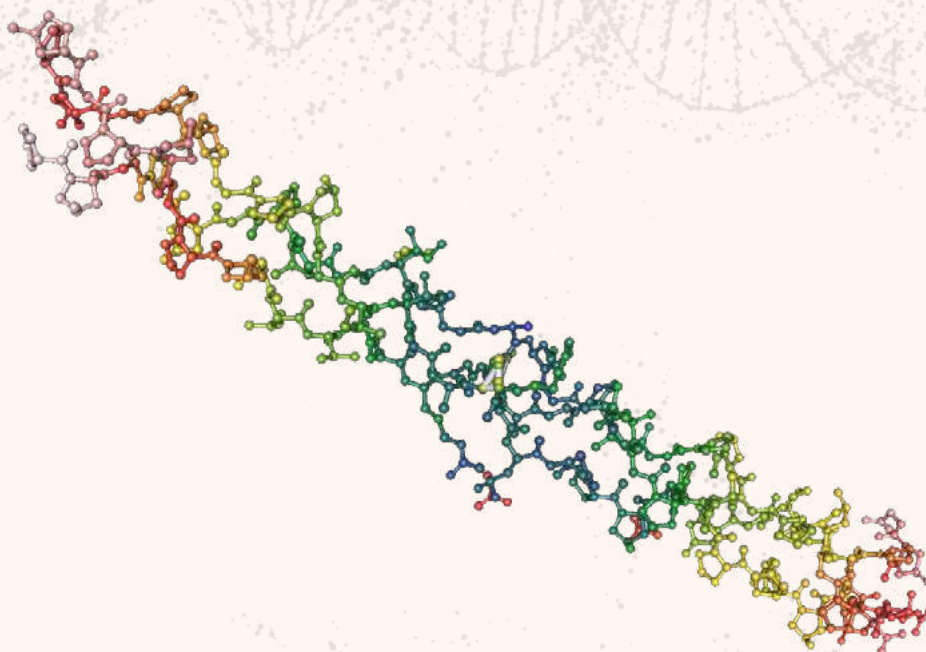


ეს საინტერესოა!

- ▶ სხვადასხვა ორგანოს დაზიანებისას, მასში არსებული ფერმენტები სისხლში ხვდება. მათ სისხლში აღმოჩენას დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა აქვს და, მაღალი ალბათობით, მიუთითებს ამა თუ იმ ორგანოს დაზიანებაზე: ზოგი დვიძლის დაზიანებაზე მეტყველებს, ზოგი – მიოკარდიუმის ინფარქტის მანიშნებელია, ზოგი – ქსოვილის ავთვისებიანი გადაგვარების.
- ▶ გერმანელი ფიზიკოსი ჯულიან ვან ანდრეა გატაცებულია ცილების მოდელების შექმნით. მისი მრავალი ნამუშევარი ხელოვნების ნიმუშად არის აღიარებული. მან „ძეგლი“ დაუდგა კოლაგენს. მეცნიერის აზრით, კოლაგენის ფიგურა, რომლის ერთ ბოლოში პოლიპეპტიდური ჯაჭვები ერთმანეთს სცილდება, ახალგაზრდობისა და სიბერის მეტაფორაა.



კოლაგენის ფიგურა



4. ორგანული ნივთიერებები. ნახშირწყლები, ნახშირწყლების ფუნქციები

ნახშირწყლები ორგანული ნივთიერებების დიდი ჯგუფია, რომელიც მონოსაქარიდებს, ოლიგოსაქარიდებსა და პოლისაქარიდებს აერთიანებს.

მონოსაქარიდები მარტივად აგებული ნახშირწყლებია. მათი ზოგადი ფორმულაა $C_n(H_2O)_n$, სადაც n -მა შეიძლება მიიღოს მნიშვნელობა 3-დან 9-მდე.

მარტივი ნახშირწყლების ყველაზე ცნობილი წარმომადგენლები გლუკოზა და ფრუქტოზაა. მასში n -ი ექვსის ტოლია.

?

1. დააკვირდი ფორმულას. რატომ დაარქვეს ამ ნივთიერებებს ნახშირწყლები?
2. დაწერე გლუკოზისა და ფრუქტოზის ემპირიული ფორმულა.

გლუკოზა და **ფრუქტოზა** წყალში კარგად ხსნადი ნივთიერებებია, რომლებსაც დიდი რაოდენობით შეიცავს ხილი და თაფლი.

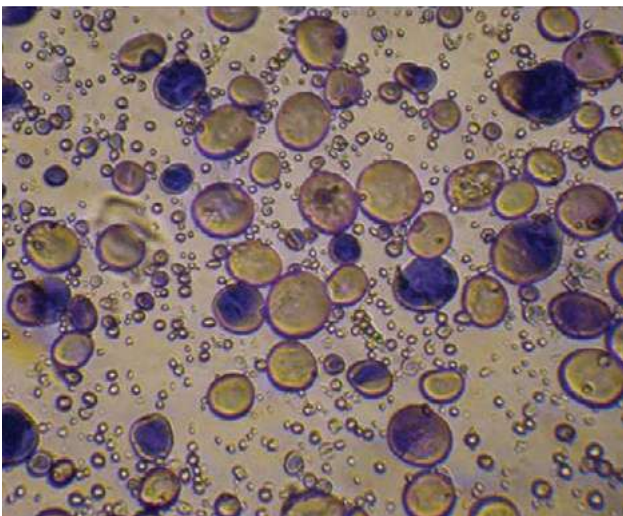
მონოსაქარიდების უპირველესი დანიშნულება ორგანიზმის ენერგიით მომარაგებაა. მართალია, ლიპიდების წვისას უჯრედში გაცილებით მეტი ენერგია თავისუფლდება, თუმცა ზოგიერთი

ორგანოსთვის ლიპიდი ამ მიზნით სრულიად გამოუსადეგარია. მაგალითად, თავის ტვინი საწვავად მხოლოდ გლუკოზას იყენებს. ამგვარად, გლუკოზა უნივერსალური საწვავია.

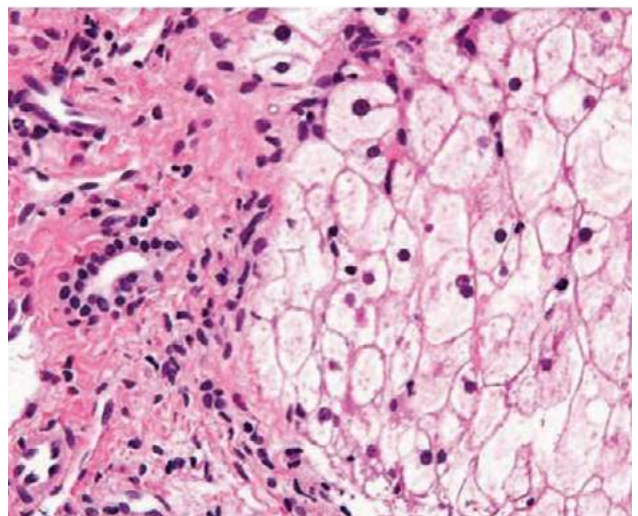
ოლიგოსაქარიდები მონოსაქარიდების შეერთებით წარმოიქმნება. სიტყვა „ოლიგო“ – ცოტას, მცირეს ნიშნავს. მონოსაქარიდების რიცხვმა ოლიგოსაქარიდში შეიძლება შეიძღოს მიაწიოს. საკვები შაქარი, ანუ **საქაროზა** დისაქარიდია, რადგან მის მოლეკულას ორი მონოსაქარიდი – გლუკოზა და ფრუქტოზა ქმნის. დისაქარიდს, რომელიც რძეს ტკბილ გემოს ანიჭებს, **ლაქტოზა**, ანუ რძის შაქარი ჰქვია.

მონოსაქარიდებსა და ოლიგოსაქარიდებს, მათი ტკბილი გემოს გამო, შაქრებსაც უწოდებენ. თუ ჭარბად მიღებული შაქრები ორგანიზმმა მაშინვე არ გამოიყენა საწვავად, მაშინ ისინი დიდი ზომის პოლიმერებად გარდაიქმნება და უჯრედში გროვდება.

პოლისაქარიდი გლიკოგენი გრანულების სახით გროვდება კუნთებისა და ღვიძლის უჯრედებში.



სახამებელი ხორბლის უჯრედებში.



გლიკოგენი ღვიძლის უჯრედებში.

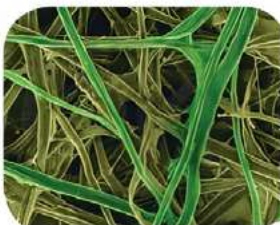
მცენარეების სამარაგო პოლისაქარიდი **სახამებელია**. სახამებელი სიტკბოს მოკლებული თეთრი, წყალში უხსნადი ნივთიერებაა. სახამებელს საკვები ღირებულება აქვს. ორგანიზმში ის საჭმლის მომნელებელი ფერმენტებით გლუკოზამდე იშლება და ენერგიით გვამარაგებს.

ცელულოზა სტრუქტურული პოლისაქარიდია. ის მცენარეების უჯრედების კედელს აშენებს და, ამის გამო, ყველაზე გავრცელებული ორგანული ნივთიერებაა დედამიწაზე.

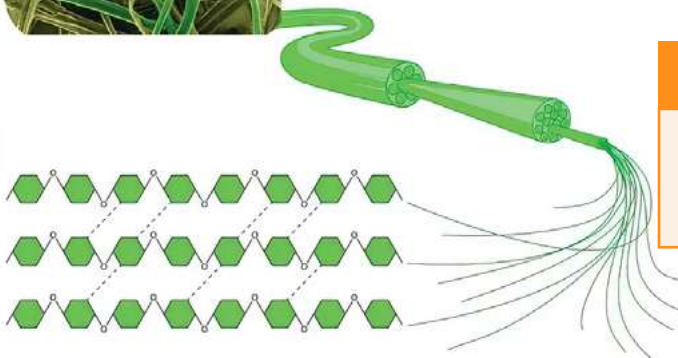
ამ პოლისაქარიდში გლუკოზის 3000-მდე მოლეკულა ერთმანეთს უკავშირდება და მრავალ დაუტოტავ ძაფს წარმოქმნის. ეს ძაფები ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდება და კონებს წარმოქმნის. ასეთი სტრუქტურა ცელულოზას მექანიკურ მდგრადობასა და ელასტიურობას ანიჭებს. ცელულოზა უძლებს მაღალ ტემპერატურას, არ იხსნება ორგანულ გამხსნელებსა და სუსტ მჟავებში. ის მხოლოდ ძლიერი მჟავებისა და ტემპერატურის ზემოქმედებით შეიძლება დაიშალოს.

ცელულოზა ჰიდროფილური ნივთიერებაა, თუმცა დიდი ზომის გამო წყალში ვერ იხსნება. ასეთი თვისებების წყალობით, ცელულოზა, ერთი მხრივ, იცავს მცენარეების უჯრედებს სხვადასხვა ფაქტორის ზემოქმედებისაგან, მეორე მხრივ, ადვილად ატარებს წყალსა და მასში გახსნილ ნივთიერებებს.

ქიტინი აზოტშემცველი სტრუქტურული პოლისაქარიდია. ის უხერხემლოების გარეგანი ჩონჩხისა და სოკოს უჯრედის კედლის ძირითადი კომპონენტია.



ცელულოზის ფიბრილები



! დასკვნა:

ნახშირწყლებს უჯრედში ენერგეტიკული და სტრუქტურული დანიშნულება აქვთ.



დავალება

1. დაასახელე დედამიწაზე ყველაზე გავრცელებული:
 - ა. ქიმიური ელემენტი;
 - ბ. არაორგანული ნივთიერება;
 - გ. ორგანული ნივთიერება.
2. ყველა ორგანიზმი, რომელიც ქიტინს წარმოქმნის, ქიტინის დამშლელ ფერმენტს – ქიტინაზას შეიცავს. როგორ ფიქრობ, რისთვის სჭირდებათ ორგანიზმებს ეს ფერმენტი?
3. ზოგიერთი ტერმიტის ძირითადი საკვები ცელულოზაა. რომელი ფერმენტი გააჩნიათ მათ ადამიანისაგან განსხვავებით?



ეს საინტერესოა!

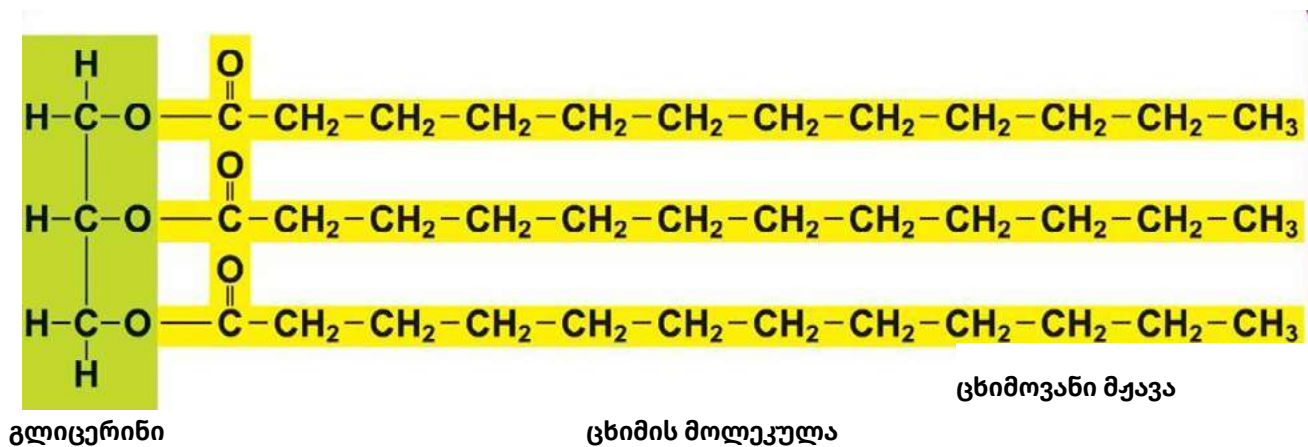
- ▶ სიმსივნური უჯრედები ჩვეულებრივ უჯრედებთან შედარებით ბევრად მეტ გლუკოზას ითვისებენ, თუმცა ენერგეტიკული მიზნებით მის ძალიან მცირე ნაწილს იყენებენ, ძირითად ნაწილს კი უჯრედების გამრავლებას ახმარენ. მათი ეს თვისება სიმსივნეების სადიაგნოსტიკოდ გამოიყენება. ავადმყოფის სისხლში შეჰყავთ რადიოაქტიური ჟანგბადით მონიშნული გლუკოზა. ხელსაწყო აღრიცხავს, რომელმა ქსოვილმა გამოიყენა გლუკოზა განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით.
- ▶ ქიტონებს წყალში მცხოვრებ პატარა უხერხემლო ცხოველებს უწოდებენ. ქიტონი ტანსაცმელია, რომელსაც ძველი ბერძნები ხმარობდნენ. მოიძიე ინფორმაცია და ახსენი, რატომ მოიხსენიებენ მათ ერთნაირი სახელით?



5. ორგანული ნივთიერებები – ლიპიდები. ლიპიდების ფუნქციები

ლიპიდებს განსხვავებული აგებულებისა და ფუნქციის მქონე ორგანულ ნივთიერებებს უწოდებენ, რომლებსაც ერთი საერთო თვისება აქვთ – ისინი ჰიდროფობურები არიან და კარგად იხსნებიან არაპოლარულ გამხსნელებში, მაგალითად, სპირტში, აცეტონში, ქლოროფორმში

ცხიმები ყველაზე გავრცელებული ლიპიდებია. ცხიმში ერთ მოლეკულა გლიცერინს სამი მოლეკულა უმაღლესი ცხიმოვანი მჟავა უკავშირდება. ეს მჟავები გრძელჯაჭვიანი ორგანული მჟავებია და სწორედ ისინი განაპირობებენ ცხიმის ჰიდროფობურობას. ასე რომ, ცხიმის მოლეკულას სამი გრძელი ჰიდროფობური კუდი აქვს.



ზოგიერთი ცხიმოვანი მჟავა ერთ, ან რამდენიმე ორმაგ ბმას შეიცავს. მათ უკერ ცხიმოვან მჟავებს უწოდებენ.

ცხოველური ცხიმები უმეტესად, ნაჯერ ცხიმოვან მჟავებს შეიცავს, მცენარეული კი – უკერს.

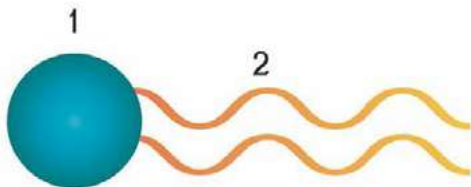
ცხიმებს ორგანიზმში, ძირითადად, ენერგეტიკული და დამცველობითი ფუნქცია აკისრია. ცხიმების წვისას ნახშირწყლებთან შედარებით ორჯერ მეტი ენერგია თავისუფლდება, ამიტომ ორგანიზმები ცხიმებს ხშირად იმარაგებენ.

ცხიმი კარგი თბოიზოლატორია, ამიტომ ის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გროვდება ცივ პირობებში მცხოვრები ორგანიზმების კანქვეშ. კანქვეშ და შინაგან ორგანოებს შორის დაგროვებული ცხიმი ორგანიზმს მექანიკური დაზიანებისაგან იცავს. მაგალითად, ზღვის ლომს, რომელიც ერთ ტონამდე იწონის, შეუძლია 5 მეტრის სიმაღლიდან გადმოხტეს ქვიან სანაპიროზე ისე, რომ არ დაზიანდეს.

ზღვის ლომები
კლდოვან სანაპიროზე.



ფოსფოლიპიდებში ერთ-ერთი ცხიმოვანი მკავას ადგილს ფოსფორმკავა იკავებს. ამის გამო ფოსფოლიპიდის მოლეკულაში ჩნდება პატარა პოლარული უბანი – თავი, რომელსაც კარგი დამოკიდებულება აქვს წყალთან, ის ჰიდროფილურია. მისი მოლეკულის დიდ ნაწილს – ჰიდროფობურ კუდებს კი სძულს წყალი და გაურბის მას.



ფოსფოლიპიდი

1. ჰიდროფილური თავი;
2. ჰიდროფობური კუდები.

წყალთან ასეთმა გაორებულმა დამოკიდებულებამ განაპირობა ის ფაქტი, რომ ფოსფოლიპიდები ბიოლოგიური მემბრანების აუცილებელი და მთავარი კომპონენტია. ასე რომ, ფოსფოლიპიდებს უჯრედში სამშენებლო ფუნქცია აქვთ.

სტეროიდები ლიპიდების განსაკუთრებული ჯგუფია, რომელიც აგებულია და ფუნქციების მიხედვით მკვეთრად განსხვავდება ცხიმებისა და ფოსფოლიპიდებისაგან. ყველა სტეროიდს საერთო აქვს ჩონჩხი, რომელიც ოთხი რგოლისგან შედგება. მათ სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფი უერთდება და სხვადასხვა სტეროიდს წარმოქმნის.

ყველაზე ცნობილი სტეროიდი ქოლესტერინია. მას „ცუდი სახელი“ აქვს გავარდნილი.

1. რა გსმენია ქოლესტერინის შესახებ?



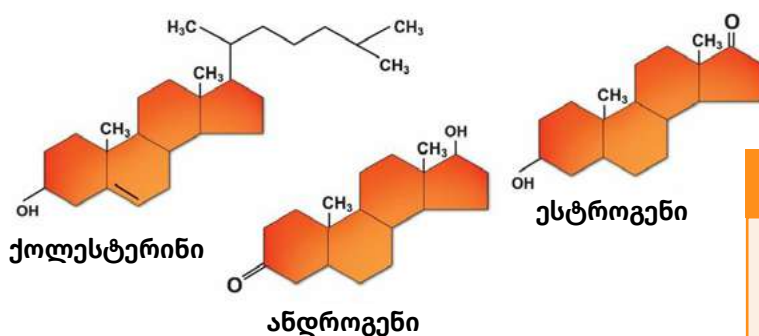
ქოლესტერინი სულაც არ არის „ცუდი მოლეკულა“. ჩვენს კანზე მზის ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით ქოლესტერინი ვიტამინ D-დ გარდაიქმნება, რომლის ნაკლებობა რაქიტს იწვევს. ქოლესტერინისგან წარმოიქმნება ასევე თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქოვანი შრისა და სასქესო ჰორმონები.

ცვილებიც ლიპიდებს მიეკუთვნება. მათი ღღობის ტემპერატურა, ყველა სხვა ლიპიდთან შედარებით, გაცილებით მაღალია.

ცვილის თხელი ფენითაა დაფარული მცენარეთა ფოთლები, ნაყოფი. ცვილი დასველებისგან იცავს ცხოველის კანს, ბეწვს, ბუმბულს.



ფუტკარი ფიჭას ცვილისგან ამზადებს.



სტეროიდები.

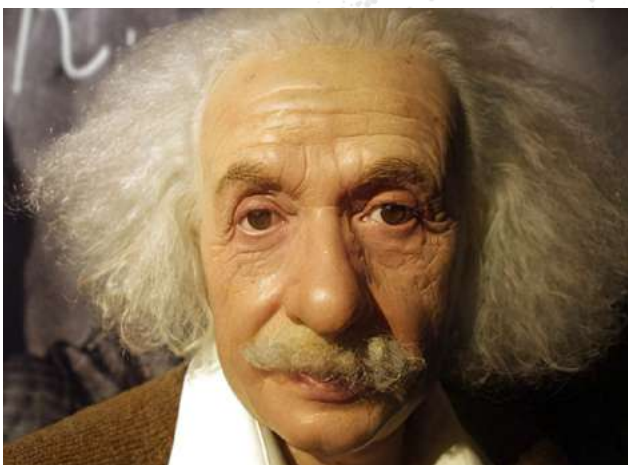
! დასკვნა:

ლიპიდები ჰიდროფობური ნივთიერებებია, რომლებიც ორგანულ გამხსნელებში იხსენება. მათ ორგანიზმში ენერგეტიკული, სტრუქტურული, დამცველობითი და სასიგნალო დანიშნულება აქვთ.



დავალება

1. ლიპიდების დაქანგვისას ორგანიზმში დიდი რაოდენობით წყალი გამოიყოფა. როგორ პირობებში მცხოვრები ორგანიზმებისათვის უნდა ჰქონდეს ამ ფაქტს დიდი მნიშვნელობა?
2. ანდროგენები და ესტროგენები სტრუქტურულად მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ჩამოთვალე, რა სახის ფიზიკურ და ფიზიოლოგიურ განსხვავებებს წარმოქმნიან ისინი ქალისა და მამაკაცის ორგანიზმში?
3. ცვილს შეიცავს ჩვენი სასმენი მილის ჯირკვლების სეკრეტი. რა დანიშნულება აქვს ამ სეკრეტს?
4. შეადარე ნახშირწყლებისა და ცხიმების ფუნქციები. შედეგები გამოსახე ვენის დიაგრამის სახით.



ეს საინტერესოა!

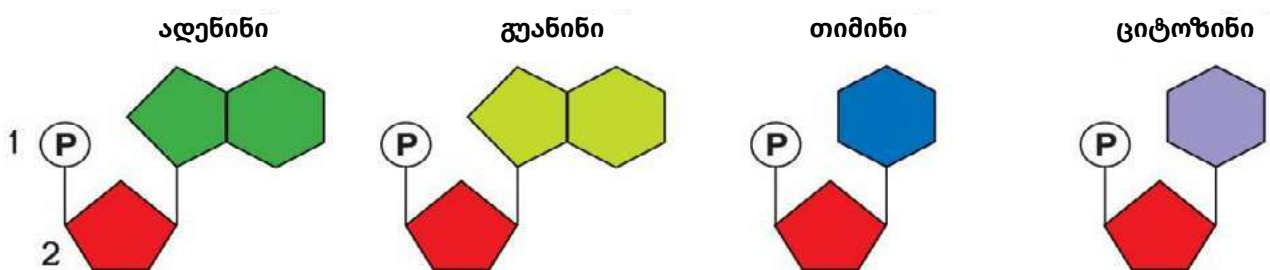
ეს აინშტაინის ფოტოსურათი არ გეგონოს: ცვილისაგან დამზადებული მისი ფიგურაა.

6. ორგანული ნივთიერებები. დნმ. დნმ-ის ქიმიური შედგენილობა

დნმ-ის მოლეკულა პოლიმერია, რომლის მონომერს **ნუკლეოტიდი** წარმოადგენს. ნუკლეოტიდი სამი კომპონენტისგან შედგება. ეს კომპონენტებია: აზოტოვანი ფუძე, ხუთნახშირბადიანი მონოსაქარიდი – დეზოქსირიბოზა და ფოსფორმჟავა.

დნმ სულ ოთხი სახის ნუკლეოტიდს შეიცავს, რომლებიც ერთმანეთისაგან მხოლოდ აზოტოვანი ფუძით განსხვავდება. ეს ფუძეებია: **ადენინი, გუა-**

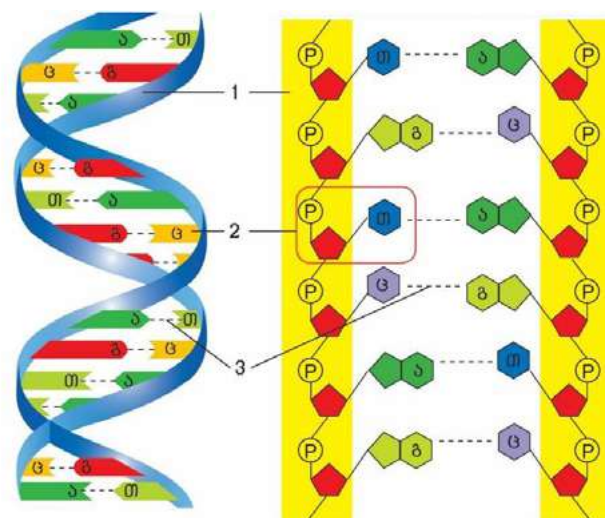
ნინი, ციტოზინი და თიმინი. ამასთან, ადენინისა და გუანინის დიდი ზომის მოლეკულებს ერთმანეთის მსგავსი აგებულება აქვს და მათ **პურინის** ჯგუფს მიაკუთვნებენ. თიმინისა და ციტოზინის შედარებით მცირე ზომის მოლეკულებიც ერთმანეთს ჰგავს და ისინი **პირიმიდინების** ჯგუფში შედიან.



დნმ-ის შენებაში მონაწილე ნუკლეოტიდები 1. ფოსფორმჟავა; 2. დეზოქსირიბოზა.

ყოველ სახეობაში ადენინის რაოდენობა თიმინის რაოდენობის ტოლია ($a=t$), ხოლო გუანინისა – ციტოზინის ($g=c$). ამასთან, ყველა სახეობის დნმ-ში პურინების ფუძეების რაოდენობა პირიმიდინების ფუძეების რაოდენობის ტოლია ($a+g=t+c$).

ამერიკელმა გენეტიკოსმა ჯ.უოტსონმა და ინგლისელმა ბიოფიზიკოსმა ფრენსის კრიკმა შექმნეს დნმ-ის სამგანზომილებიანი ჰიპოთეტური მოდელი, რომლის მიხედვით დნმ-ის მოლეკულა ასე გამოიყურება:



დნმ-ის სტრუქტურა

1. პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი; 2. ნუკლეოტიდი; 3. წყალბადური ბმა.

- დნმ-ის მოლეკულა ორმაგი სპირალია – შედგება სპირალურად დახვეული ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგან.
- მოლეკულის სიგანე მთელ მის სიგრძეზე არ იცვლება და 2 ნანომეტრის ტოლია.
- თითოეულ ჯაჭვში ნუკლეოტიდები ერთმანეთს მყარი კოვალენტური ბმებით უკავშირდება, რომლებიც მეზობელი ნუკლეოტიდების ფოსფორმჟავასა და ნახშირწყალს შორის წარმოიქმნება.
- მოპირდაპირე ჯაჭვები ერთმანეთს უკავშირდება სუსტი წყალბადური ბმებით, რომლებიც მათ აზოტოვან ფუძეებს შორის წარმოიქმნება. ერთი ჯაჭვის ადენინი ყოველთვის მეორე ჯაჭვის თიმინთან, ხოლო გუანინი ციტოზინთან ქმნის ბმას – ისინი ერთმანეთის შესაბამისები, ანუ კომპლემენტარულები არიან.

დნმ-ის ეს მოდელი მრავალი ექსპერიმენტით გამოიცადა. ამ მოდელით შესაძლებელია, მოლეკულურ დონეზე აიხსნას მემკვიდრეობითობისა და ცვალებადობის მოვლენა და მათთან დაკავშირებული ყველა საკითხი.

! დასკვნა:

დნმ პოლიმერია, რომლის მონომერებს ნუკლეოტიდები წარმოადგენს. ის შედგება სპირალურად დახვეული ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგან. ჯაჭვები ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდება. ჯაჭვის სიგანე 2 ნანომეტრია.



დაკალაბა

1. ილუსტრაციაზე დნმ-ის მოლეკულის ერთი ჯაჭვია. ადადგინე დნმ-ის მოლეკულა – წარმოადგინე მეორე ჯაჭვის ნუკლეოტიდური შედგენილობა

ა - თ - თ - ც - გ - გ - ა - ა - ც - ა

2. შეარჩიე სწორი პასუხი:

თუ დნმ-ის მოლეკულა 30% თიმინს შეიცავს, მასში:

- ა. 70% პურინები უნდა იყოს;
- ბ. 40 % გუანინი უნდა იყოს;
- გ. 30% ადენინი უნდა იყოს.

3. განალაგე აგებულების სირთულის ზრდის მიხედვით :

დნმ-ის მოლეკულა, აზოტოვანი ფუძე, პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი, ნუკლეოტიდი

4. ჩასვი გამოტოვებული სიტყვა

დნმ-ის მოლეკულის მოპირდაპირე ჯაჭვების აზოტოვანი ფუძეები ერთმანეთს - - - - - ბმებით უკავშირდებიან

5. იპოვე ზედმეტი ტერმინი:

ნუკლეოტიდი, წყალბადური ბმა, აზოტოვანი ფუძე, პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი, პეპტიდური ბმა, დეზოქსირიბოზა, ფოსფორმჟავა.



ეს საინტერესოა!

- ბევრ ქვეყანაში ბავშვები პირველ ინფორმაციას დნმ-ის შესახებ სათამაშო კონსტრუქციებით ღებულობენ



7. უჩრედული თეორია

წარმოდგენა იმის შესახებ, რომ ყოველი ცოცხალი არსება უჩრედებისაგან შედგება, მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგად, ნაბიჯ-ნაბიჯ ჩამოყალიბდა. უჩრედის არსებობის შესახებ პირველად ინგლისელმა მეცნიერმა რობერტ ჰუკმა 1665 წელს განაცხადა. მის მიერვე შექმნილი მიკროსკოპით მუხის ქერქის ანათალის თვალთვლებისას მან დატიხრული, ერთმანეთისგან გამოყოფილი, თაფლის ფიჭის მსგავსი ნაწილები შენიშნა. ისინი ჰუკმა მონასტრის პატარა ოთახებს – სენაკებს, „კელიებს“ მიაშგავსა და ლათინურად მათ „ცელულა“, ანუ ოთახი უწოდა. ჩვენ მათ უჩრედებს ვეძახით.



რობერტ ჰუკი.



ჰუკის მიკროსკოპი.

ადამიანი, რომელსაც წილად ხვდა ბედნიერება, პირველს დაენახა თვალთ უხილავი ცოცხალი სამყარო, ნიდერლანდელი ანტონ ლევენჰუკი გახლდათ. მას სპეციალური ბიოლოგიური განათლება არ მიუღია: იყო ბუღალტერი, ვაჭრობდა ქსოვილებით. ლევენჰუკი გატაცებული იყო გამადიდებელი მინების – ლინზების დამზადებით. ამ საქმიანობაში მან ვირტუოზულ დახელოვნებას მიაღწია. ლინზებს ვაჭრები ქსოვილების ხარისხის შესამოწმებლად იყენებდნენ, თუმცა მათი ლინზები მხოლოდ რამდენჯერმე ადიდებდნენ ობიექტს. რობერტ ჰუკის მოოქროვილ და ტყავით გაწყობილ მიკროსკოპთან შედარებით, ლევენჰუკის პატარა მიკროსკოპი (სულ რაღაც 10 სმ) სათამაშოსავით გამოიყურებოდა. ეს იყო მეტალის ფირფიტებში ჩასმული 3 მმ დიამეტრის ორმხრივ ამოზნექილი ლინზა. ფოკუსის დაყენება ჭანჭიკების საშუალებით ხდებოდა.



ლევენჰუკის მიკროსკოპი.

ასეთი მარტივი კონსტრუქციის მიუხედავად, ლევენჰუკის მიკროსკოპი გამოსახულებას 300-ჯერ აღიძვრდა. ამ მიკროსკოპით ის აკვირდებოდა სისხლის მოძრაობას კურდღლის ყურებში, თავკომბალის კუდში, იკვლევდა საკუთარ სისხლს. მან პირველმა აღმოაჩინა, რომ სისხლი ერთგვაროვანი სითხე არ არის, რომ მასში უამრავი პატარა სხეულაკია მოთავსებული. მან პირველმა დაინახა ერთროცობები. ყველაზე მნიშვნელოვანი კი ის იყო, რომ ლევენჰუკმა სხვადასხვა სითხეში – წვიმის წვეთში, ტბის წყალში, კბილის ნაღებში – სხვადასხვა ფორმის პაწაწა, მოძრავი არსებები აღმოაჩინა. ლევენჰუკი მათ „პატარა მხეცუნებს“ ეძახდა, ჩვენ კი მიკრობებს ვუწოდებთ.



1. როგორ ფიქრობ, რომელ ბიოლოგიურ დისციპლინას ჩაუყარა საფუძველი ლევენჰუკის კვლევებმა?

1680 წელს სამეცნიერო სამყარომ ოფიციალურად აღიარა ლევენჰუკის მიღწევები და ის ლონდონის სამეფო აკადემიის ნამდვილ წევრად აირჩია, მიუხედავად იმისა, რომ მან ლათინური ენა არ იცოდა. მაშინდელი წესებით, მკვლევარი მეცნიერად არ ითვლებოდა, თუ ის ლათინურს არ ფლობდა. ლევენჰუკი ისტორიაში შევიდა, როგორც თავისი დროის უდიდესი მკვლევარი. მას ეკუთვნის გამოთქმა: „თავი შეიკავეთ ყოველგვარი ბჭობისაგან, როდესაც ლაპარაკობს ექსპერიმენტი“.

XIX საუკუნეში, მიკროსკოპების ტექნიკური შესაძლებლობების გაუმჯობესებასთან ერთად, უჯრედების შესწავლაში ახალი ეტაპი დაიწყო.

გერმანელმა მეცნიერმა მათიას შლეიდენმა მრავალი მცენარის სხვადასხვა ორგანოს უჯრედების შესწავლით დაასაბუთა, რომ ყველა მცენარეს უჯრედული აგებულება აქვს. ამ მონაცემებმა მისი თანამემამულის, თეოდორ შვანის დიდი ინტერესი გამოიწვია. მან უზარმაზარი კვლევა ჩაატარა, რომლის მიზანი მცენარეებისა და ცხოველების უჯრედების შედარებითი შესწავლა იყო. ამ კვლევების შედეგი ცნობილია უჯრედული თეორიის პირველი ვერსიის სახელწოდებით და მის ავტორებად შლეიდენსა და შვანს მიიჩნევენ.



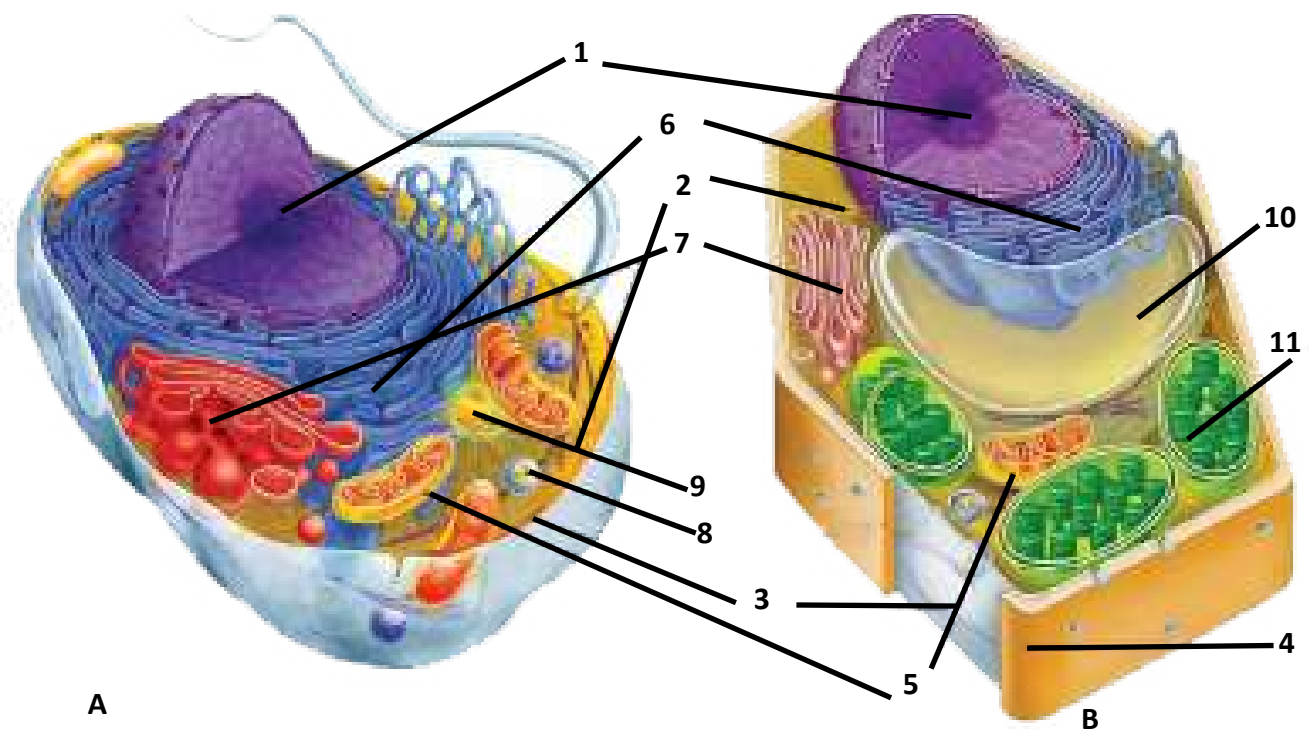
შლეიდენი და შვანი.

პირველი უჯრედული თეორიის ძირითადი პრინციპებია:

- ყოველი ცოცხალი არსება უჯრედებისაგან შედგება;
- ყველა უჯრედს მსგავსი აგებულება და ქიმიური შედგენილობა აქვს;
- ყოველი უჯრედი დამოუკიდებელია: ორგანიზმის მოქმედება მისი შემადგენელი უჯრედების მოქმედების ჯამია.

შლეიდენსა და შვანს შეცდომით მიაჩნდათ, რომ უჯრედების წარმოქმნა არაუჯრედული ნივთიერებებიდან შეიძლება. ამ მხრივ, უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა ვირხოვის კვლევებს, რომელმაც დაასაბუთა, რომ ნებისმიერი უჯრედი მხოლოდ დედისეული უჯრედის გაყოფის გზით წარმოიქმნება.

სრულიად ახალი ეტაპი უჯრედული თეორიის განვითარებაში ელექტრონული მიკროსკოპის შექმნის შემდეგ დაიწყო. მეცნიერებმა უჯრედში ბევრი ისეთი რამ დაინახეს, რაც სინათლის მიკროსკოპში არ ჩანდა. ისინი გააოცა უჯრედის აგებულების სირთულემ.



ცხოველური (A) და მცენარეული (B) უჯრედის აგებულების სტრუქტურული გამოსახულება, რომელიც ელექტრონული მიკროსკოპით კვლევის შედეგებს ეყრდნობა.

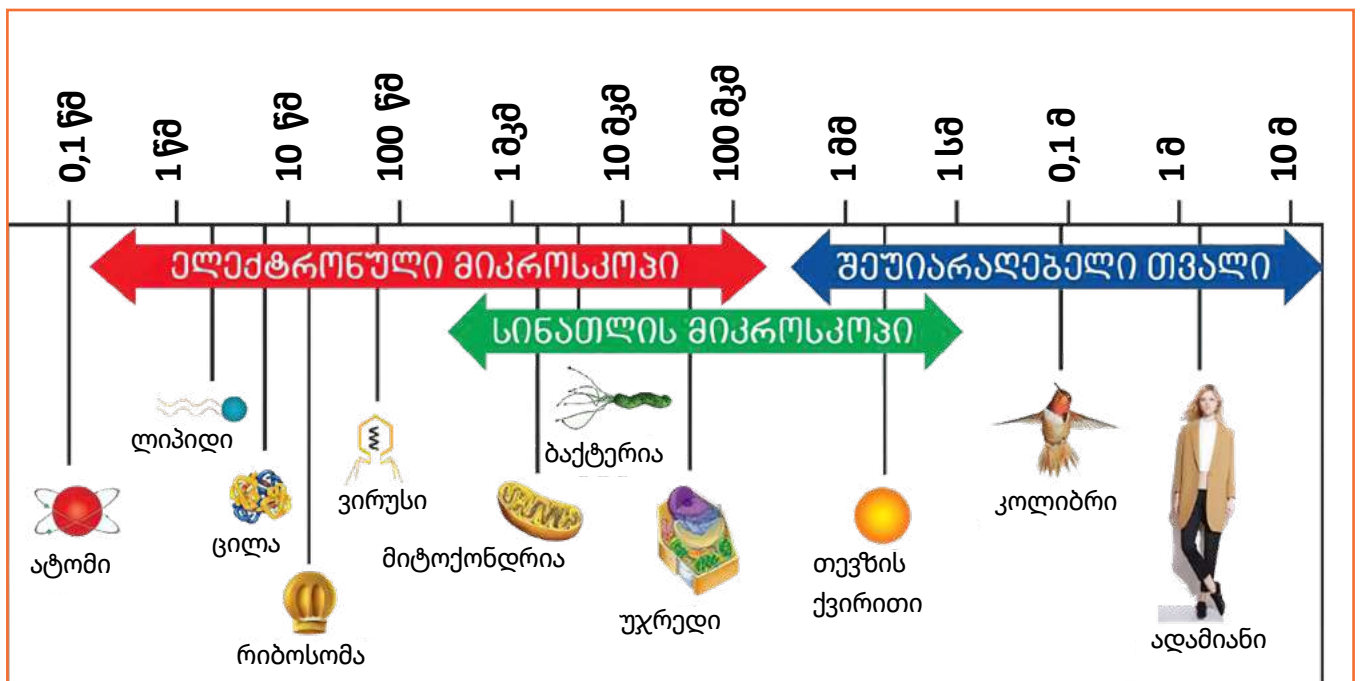
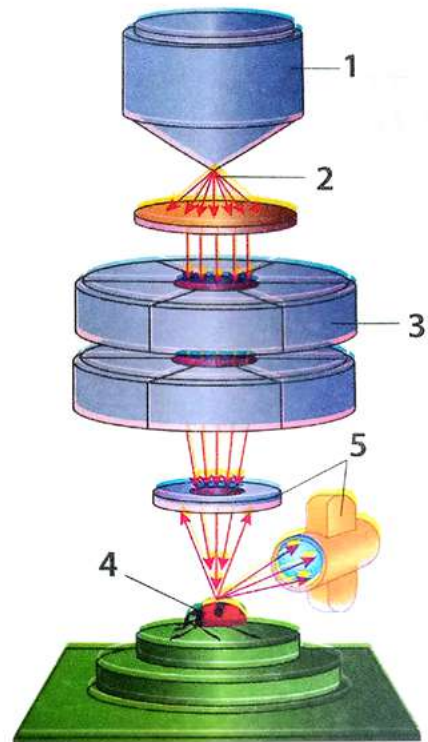
1. ბირთვი; **2.** ციტოპლაზმა; **3.** პლაზმური მემბრანა; **4.** უჯრედის კედელი; **5.** მიტოქონდრია; **6.** ენდოპლაზმური ბადე; **7.** გოლჯის კომპლექსი; **8.** ლიზოსომა; **9.** უჯრედის ცენტრი; **10.** ვაკუოლი; **11.** ქლოროპლასტი.

ელექტრონული მიკროსკოპი გამოსახულებას 1000 000- ჯერ ადიდებს. მისი მთავარი იარაღი „ელექტრონული თოფია“, (1) რომელიც ელექტრონების (2) მუდმივ ნაკადს იძლევა. მაგნიტები (3) ელექტრონებს ერთად კრეფენ და გასაძიდებელი ობიექტისკენ (4) მიმართავენ.

2. გაიხსენე, სინათლის მიკროსკოპის რომელი ნაწილები ასრულებენ მაგნიტების ფუნქციას?

ელექტრონული მიკროსკოპის „თვალეები“ დეტექტორებია (5). ელექტრონულ მიკროსკოპში გადიდებული გამოსახულება ეკრანზე (6) მიიღება





სინათლისა და ელექტრონული მიკროსკოპის გამაღიებელი შესაძლებლობები.

ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის განვითარებამ კიდევ უფრო შეავსო წარმოდგენა უჯრედის შესახებ. ეს მეცნიერებები უჯრედის ქიმიურ შედგენილობასა და მასში მიმდინარე ქიმიურ გარდაქმნებს სწავლობენ. ამ გარდაქმნების გარეშე სიცოცხლე წარმოუდგენელია.

თანამედროვე უჯრედული თეორია შემდეგ დებულებებს მოიცავს:

- უჯრედი ყველა ცოცხალი ორგანიზმის აგებულების, ფუნქციონირებისა და განვითარების ელემენტარული ერთეულია;
- ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედები მსგავსია აგებულებით, ქიმიური შედგენილობითა და ცხოველქმედებით;
- უჯრედების გამრავლება დედისეული უჯრედის გაყოფის გზით ხდება;
- მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედები ფუნქციების მიხედვით სპეციალიზდება და ქსოვილებს წარმოქმნის. ქსოვილებით აგებულია ორგანოები და მათი სისტემები;
- მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები არ არის უჯრედების უბრალო ჯამი. უჯრედების მუშაობა შეთანხმებულია და ორგანიზმი ერთ მთლიან სისტემას წარმოადგენს;
- უჯრედები შეიცავს მემკვიდრულ ინფორმაციას, რომელიც თაობიდან თაობას გადაეცემა.

უჯრედების აგებულებასა და მათ ფუნქციებს **ციტოლოგია** შეისწავლის.

! დასკვნა:

წარმოდგენა ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედული აგებულების შესახებ მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგად ჩამოყალიბდა. პირველი უჯრედული თეორია XIX საუკუნეში შეიქმნა. მისი ავტორები გერმანელი მეცნიერები, მათიას შლეიდენი და თეოდორ შვანი არიან. თანამედროვე უჯრედული თეორია ეფუძნება ელექტრონული მიკროსკოპიის, ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის კვლევის შედეგებს.



დავალება

1. წარმოიდგინე: ექიმი ხარ და ეჭვი გაქვს, რომ შენი პაციენტი ლამბლიოზით არის დაავადებული. დიაგნოზის დასასმელად რომელ მიკროსკოპს გამოიყენებ?
2. როგორ ფიქრობ, იყვნენ თუ არა ლევენჰუკის მიერ აღწერილ მიკრობებს შორის ვირუსები?
3. რომელი მთავარი ორგანოიდით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ავტოტროფული და ჰეტეროტროფული ეუკარიოტული უჯრედები?
4. შეავსე ცხრილი. ქვემოთ ჩამოთვლილი პარაზიტებიდან რომელს ვხედავთ თვალთ, სინათლის მიკროსკოპით, მხოლოდ ელექტრონული მიკროსკოპით: წითელას გამომწვევს, დიზენტერიულ ამებას, ტრიპანოსომას, ექინოკოკს, ასკარიდას, ტრიქინელას, შიდსის გამომწვევს

ვხედავთ		
შეუიარაღებელი თვალთ	სინათლის მიკროსკოპით	ელექტრონული მიკროსკოპით

ველების გასუფთავება



ეს საინტერესოა!

რობერტ ჰუკი ლონდონის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი ღირსშესანიშნაობის – წმინდა პავლეს ტაძრის გუმბათის დაპროექტებაში მონაწილეობდა. ეს თალი იმითიცაა ცნობილი, რომ აქ ბგერა თალის კედლების გასწვრივ ვრცელდება და შენობის სხვა ნაწილებში არ ისმის. ასე რომ, მის კედელთან ჩურჩულით ნათქვამი სიტყვა შესაძლოა ადამიანმა ამ უზარმაზარი თალის მოპირდაპირე მხარეს გაიგონოს.

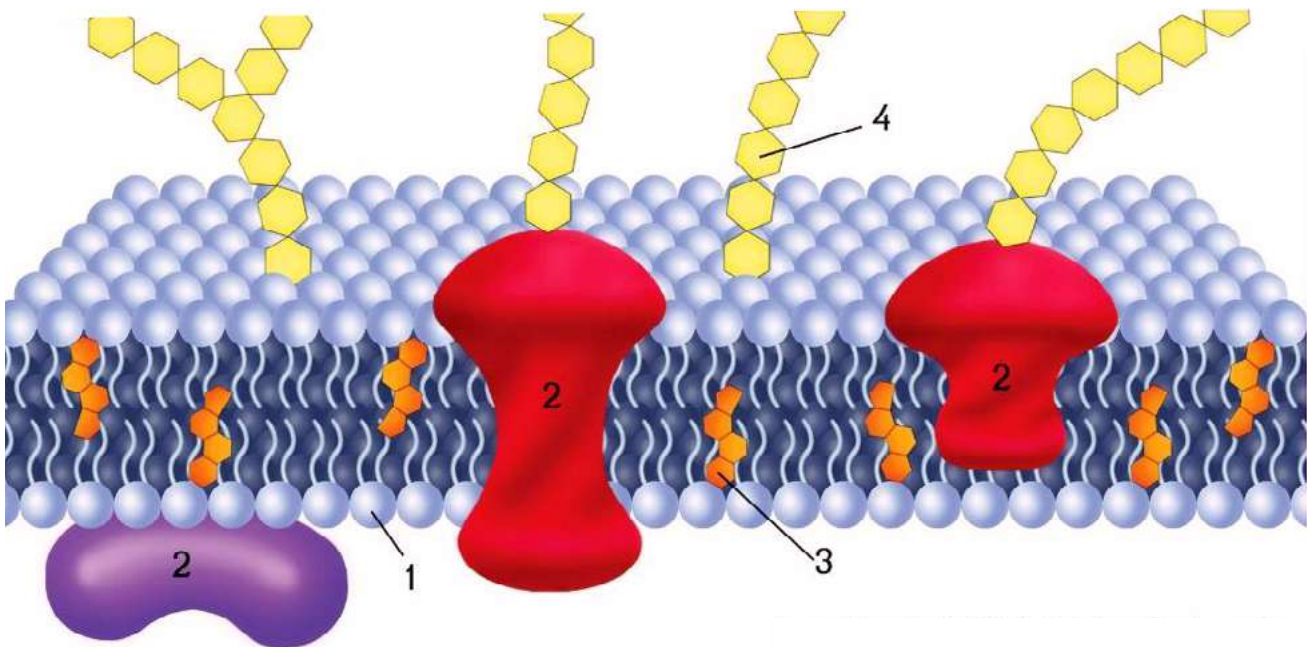


8. პლაზმური მემბრანა – აგებულება და ფუნქციები.

პლაზმური მემბრანა ბარიერია, რომელიც უჯრედის შიგთავსს გარემოსგან გამოყოფს. მაგრამ ეს ბარიერი აბსოლუტურ იზოლაციაში კი არ ამყოფებს უჯრედს, არამედ ყოველმხრივ უზრუველყოფს მის მუდმივ კავშირს გარემოსთან – აწარმოებს ნივთიერებათა ტრანსპორტირებას გარემოდან უჯრედში და უჯრედიდან გარეთ, აღიქვამს გარემოს სიგნალებს, ამოიცნობს მის მსგავს უჯრედებს და კავშირს ამყარებს მათთან.

მემბრანის ფუნქციებს მისი ქიმიური შედგენილობა და სტრუქტურა განსაზღვრავს.

მემბრანას **თხევად მოზაიკას** ამსგავსებენ. მოზაიკის თხევადი ნაწილი ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრეა, რომელშიც ალაგ-ალაგ სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ცილის მოლეკულებია ჩართული.



პლაზმური მემბრანის სტრუქტურა

1. ფოსფოლიპიდი; 2. ცილა; 3. ქოლესტერინი; 4. ნახშირწყალი.

ფოსფოლიპიდები ერთ ადგილზე არ არიან ფიქსირებულნი, ისინი გამუდმებით მოძრაობენ-ირხევიან. მაღალ ტემპერატურაზე ფოსფოლიპიდების მოძრაობის სიჩქარე იზრდება. ამ დროს მემბრანა თხევადდება. დაბალ ტემპერატურაზე ფოსფოლიპიდების მოძრაობის სიჩქარე მცირდება და მემბრანა მყარდება.

მემბრანის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის მნიშვნელოვანია მისი ნორმალური კონსისტენ-

ციის შენარჩუნება. ამაში დიდ როლს ფოსფოლიპიდების მოლეკულებს შორის ჩართული ქოლესტერინის მოლეკულები ასრულებენ. ტემპერატურის გაზრდისას ისინი ზღუდავენ ფოსფოლიპიდების მოძრაობას, ტემპერატურის დაწევისას კი მეზობელი ფოსფოლიპიდების კუდებს საშუალებას არ აძლევენ, ერთმანეთს შეეწებონ.

მოზაიკის მყარ ნაწილაკებს – ცილებს ლიპიდების ორმაგ შრეში სხვადასხვა პოზიცია უკავიათ. ზოგი

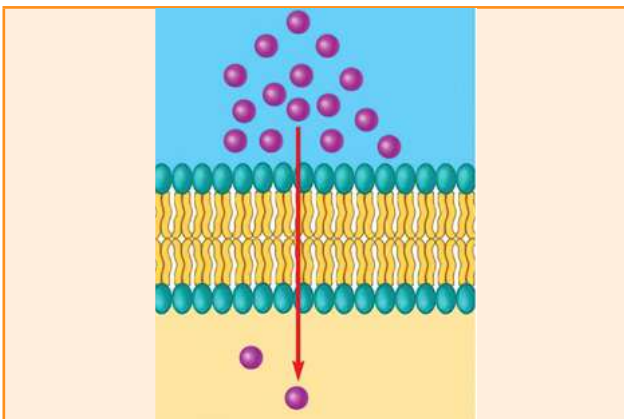
მათგანი მემბრანის ზედაპირზეა მოთავსებული, ზოგი ნაწილობრივადაა ჩასმული მასში, ზოგი კი მთლიანად განჭოლავს მემბრანას.

ზოგიერთ ცილას დატოტვილი ნახშირწყლები უკავშირდება. ასეთ რთულ სტრუქტურაში უნდა გაიკვლიოს გზა და იმოძრაოს სხვადასხვა ნივთიერებამ გარემოდან უჯრედში და პირიქით.

მემბრანაში ნივთიერებათა განვლადობას მათი სამი ძირითადი მახასიათებელი განსაზღვრავს:

- ზომა – დიდია მოლეკულა თუ პატარა;
- მუხტი – დაუმუხტავია, დადებითადაა დამუხტული თუ უარყოფითად;
- პოლარობა – ჰიდროფობურია მოლეკულა თუ ჰიდროფილური.

ჟანგბადის, ნახშირორჟანგისა და აზოტის პატარა მოლეკულები ადვილად მიძვრებიან ფოსფოლიპიდების კუდებს შორის. უპრობლემოდ მოძრაობს ფოსფოლიპიდების გავლით, ასევე, ჰიდროფობური ნივთიერებები. ისინი ყოველთვის მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციის მიმართულებით **დიფუზიით** გადაადგილდებიან.



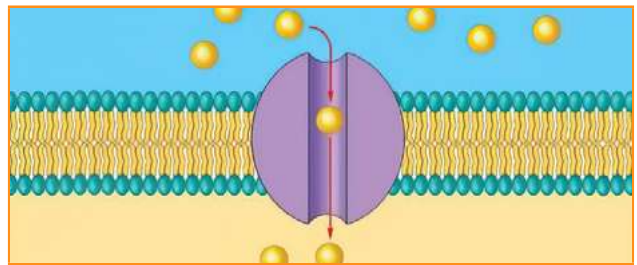
ჰიდროფობური ნივთიერებების გადაადგილება მემბრანაში.

ჰიდროფილური ნივთიერებებისა და იონებისათვის მემბრანა გადაუღებელი ბარიერია. მათ ტრანსპორტირებაში მემბრანული ცილები მონაწილეობენ. ზოგი მათგანი არხს წარმოქმნის, ზოგი კი იკავშირებს ნივთიერებას და ისე შეაქვს უჯრედში.

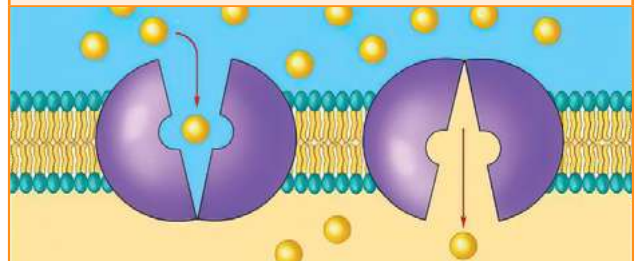
ნატრიუმის, კალიუმის, კალციუმისა და ქლორის იონები ე.წ. **იონური არხების** საშუალებით გადაადგილდებიან. იონური არხები მემბრანის

გამჭოლი ცილებია, რომლებიც „დერეფნებს“ ქმნიან. მასში გავლა მხოლოდ გარკვეული ზომისა და მუხტის მქონე იონს შეუძლია.

ცილა-ტრანსპორტერები კი ფიზიკურად უკავშირდებიან გადასატან მოლეკულას. ამ დროს მათი კონფორმაცია იმდგვარად იცვლება, რომ მოლეკულა საბოლოოდ უჯრედში აღმოჩნდება.



იონის გადაადგილება არხით.



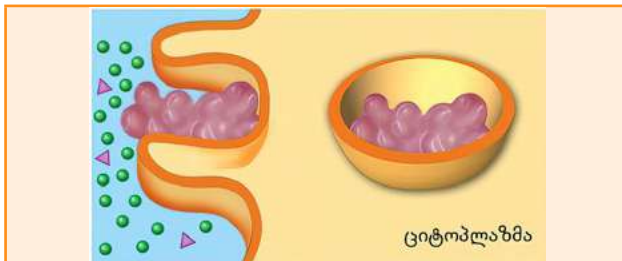
გლუკოზის გადაადგილება ტრანსპორტერით.

იონებისა და ჰიდროფილური ნივთიერებების ტრანსპორტს მემბრანის გავლით **გაადვილებული დიფუზია** უწოდეს.

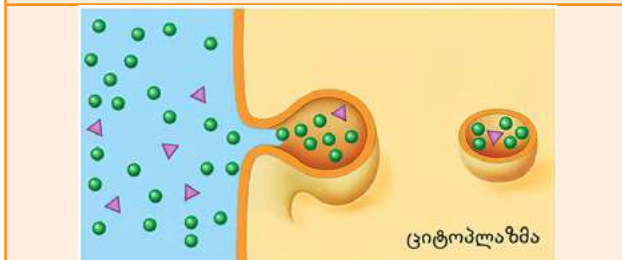
არც ერთი სახის დიფუზიაზე უჯრედი ენერგიას არ ხარჯავს, რადგან დიფუზია ყოველთვის კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით ხდება. ასეთ ტრანსპორტს **პასიური ტრანსპორტი** ჰქვია.

ხანდახან საჭიროა, რომ ნივთიერებები გადაადგილდნენ იქით, სადაც მათი კონცენტრაცია ისედაც მაღალია. ასეთ შემთხვევაში უჯრედი მათ ტრანსპორტირებაზე დიდ ენერგიას ხარჯავს. ასეთ ტრანსპორტს **აქტიური ტრანსპორტი** უწოდეს.

აქტიური ტრანსპორტის განსაკუთრებულ ხერხს მიმართავს უჯრედი მაკრომოლეკულების ტრანსპორტირებისთვისაც – ცილები, ნუკლეინის მჟავები, მიკრობები პლაზმურ მემბრანებში იფუთებიან და ისე აღწევენ უჯრედში. ამ პროცესს **ენდოციტოზი** უწოდეს.



ფაგოციტოზი.



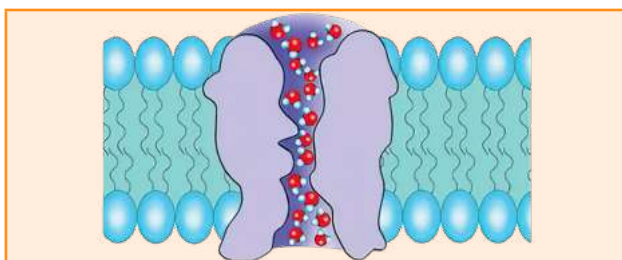
პინოციტოზი.

ფაგოციტოზის გზით უჯრედი ბაქტერიებსა და ვირუსებს შთანთქავს. პინოციტოზის გზით კი უჯრედში ხსნარები ხვდებიან.

ენდოციტოზი ენდოციტოზის საწინააღმდეგო პროცესია. ამ დროს უჯრედში წარმოქმნილი მაღალმოლეკულური ნივთიერებები მემბრანაში შეფუთულები ტოვებენ უჯრედს.

საინტერესოა, როგორ გადალახავს წყლის პოლარული მოლეკულა მემბრანის ჰიდროფობურ ბარიერს – წყალსა და ლიპიდებს ხომ ერთმანეთი სძულთ.

წყალი მემბრანის უწვრილეს ფორებში მოძრაობს, რომლებშიც სხვა უფრო დიდი ზომის პოლარული მოლეკულები ვერ ეტევა. ამ ფორებს **აქვპორინები** დაარქვეს.



აქვპორინი.

წყლის დიფუზიას მისი მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალის მიმართულებით **ოსმოსი** ეწოდება. ოსმოსი მრავალ სასიცოცხლო პროცესს უდევს საფუძვლად.

წყალი ნიადაგიდან ფესვის უჯრედში მემბრანის გავლით ხვდება. ის უჯრედისკენ ისწრაფვის, რადგან წყლის კონცენტრაცია ნიადაგში უფრო მაღალია, ვიდრე უჯრედში. ხნარს, რომელშიც ციტოზოლთან შედარებით ნაკლები ნივთიერებაა გახსნილი **ჰიპოტონური** ჰქვია. ხსნარი, რომელიც ციტოზოლთან შედარებით გახსნილი ნივთიერების მეტ რაოდენობას შეიცავს, **ჰიპერტონულია**. უჯრედში შესული წყალი ზრდის უჯრედის შიგთავსის მოცულობას, და ციტოპლაზმა ძლიერ აწევა უჯრედის კედელს. ამ მოვლენას **ტურგორი** ჰქვია. ამ დროს უჯრედში წნევა იმდენად იზრდება, რომ ოსმოსის პროცესი წყდება. რომ არა უჯრედის მტკიცე კედელი, შესული წყალი აუცილებლად გახეთქავდა კედელს.

ცხოველურ უჯრედებს კედელი არ გააჩნია. როგორ არიან ისინი დაცული ოსმოსის „დამანგრეველი“ მოქმედებისგან?

მტკნარი წყლის ამების უჯრედში ოსმოსით შესული წყალი მფეთქავი ვაკუოლით გამოიდევენება. ჩვენს ორგანიზმში ოსმოსს თირკმელების მუშაობა არეგულირებს.

პლაზმური მემბრანის ერთ-ერთი დანიშნულება მისი მსგავსი უჯრედის ამოცნობა, მასთან კონტაქტის დამყარება და ქსოვილის წარმოქმნაა. ამ პროცესში დატოტვილი ნახშირწყლის მოლეკულები მონაწილეობენ. ისინი ანტენებივით არიან ამოშვერილი და მეზობელი უჯრედის მემბრანაში მსგავს ნახშირწყალს ეძებენ.

სიმსივნურ უჯრედებს დარღვეული აქვთ ამ ნახშირწყლების სტრუქტურა, ამიტომ მათ თითქოს „ავიწყდებათ საკუთარი წარმოშობა“ – არ იციან, რომელ ქსოვილს მიეკუთვნებიან და მეზობელ უჯრედებთან კონტაქტს ვეღარ ამყარებენ. როდესაც ასეთი გადაგვარებული უჯრედები სისხლის ნაკადში ხვდებიან, ისინი მთელს ორგანიზმში ვრცელდებიან, ნორმალურ ქსოვილებში იჭრებიან და მრავლდებიან.

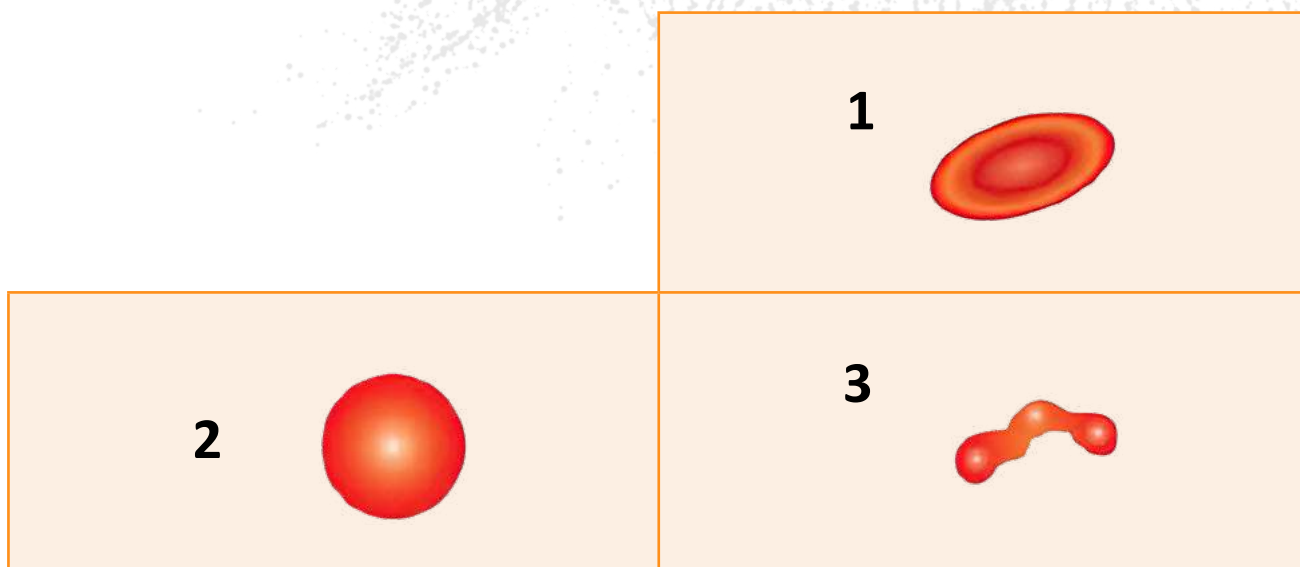
! დასკვნა:

პლაზმური მემბრანა უთხელესი აკია, რომელიც: უჯრედის შიგთავსს გარემოსგან გამოყოფს, არეგულირებს ნივთიერებათა ტრანსპორტს, აღიქვამს გარემოს სიგნალებს, ამოიცნობს მის მსგავს უჯრედებს და კავშირს ამყარებს მათთან.

დავალება

1. მემბრანული ცილების გარდა, მემბრანის რომელ კომპონენტებს უკავშირდებიან ნახშირწყლები? რას დაარქმევდი ამ ნივთიერებებს?
2. რატომ არ შეიძლება, პლაზმურ მემბრანაში ფოსფოლიპიდების ერთი შრე იყოს?

3. იპოვე ზედმეტი ტერმინი ჩამონათვალში:
ფოსფოლიპიდი, ქიტინი, ცილა, ნახშირწყალი, ქოლესტერილი.
4. ივარაუდე, როგორ ხსნარშია მოთავსებული ერითროციტები 1, 2 და 3 შემთხვევაში.

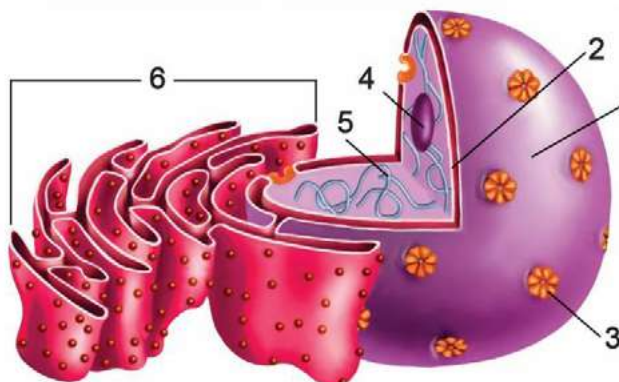


9. უჯრედის ორგანოიდები

პლაზმური მემბრანის შიგნით **ციტოპლაზმა**. ის ავსებს სივრცეს პლაზმურ მემბრანასა და ბირთვს შორის. ციტოპლაზმა შედგება ბლანტ სითხეში – **ციტოზოლში** შეტივტივებული მრავალი ორგანოიდისგან.

ბირთვი უჯრედის ყველაზე დიდი სტრუქტურული კომპონენტია. ის აკონტროლებს უჯრედში მიმდინარე ყველა სასიცოცხლო პროცესს. ბირთვი გარედან გარსითაა დაფარული.

ბირთვის გარსის შიგნით ბირთვის წვეთია, რომელშიც ქრომატინი და ბირთვკვება მოთავსებული.



ბირთვი

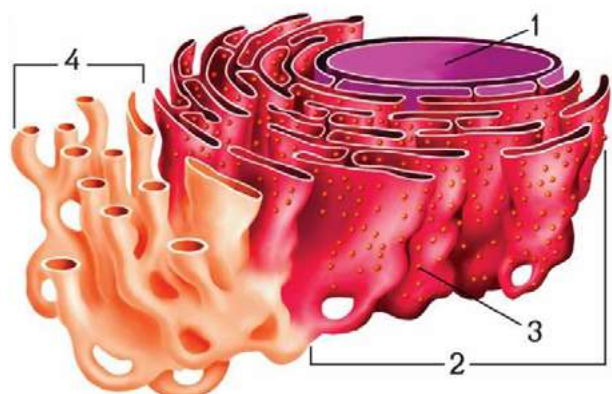
1. ბირთვის გარეთა მემბრანა;
2. ბირთვის შიგნითა მემბრანა;
3. ფორები;
4. ბირთვკვება; 5. ქრომატინი;
6. ენდოპლაზმური ბადე.

ქრომატინი დნმ-ისა და ცილისგან წარმოქმნილი გრძელი ძაფებია. მისგან ქრომოსომები ყალიბდება. ბირთვკვები კი რიბოსომებს წარმოქმნიან.

რიბოსომები პაწაწინა ორგანოიდებია (205მ). ზოგი რიბოსომა თავისუფლადაა მოთავსებული ციტოზოლში, ზოგი კი ენდოპლაზმურ ბადეს ემაგრება. რიბოსომები ცილების სინთეზში მონაწილეობენ.

ენდოპლაზმური ბადე მილებისგან შექმნილი ქსელია, რომლის სიღრმე ბირთვის მემბრანათაშორის სივრცეში იხსნება. მილების კედლები მემბრანითაა აშენებული. ენდოპლაზმური ბადე ყველაზე დიდი მემბრანული წარმონაქმნია უჯრედში. განარჩევენ გლუვ და ხორცლიან ენდოპლაზმურ ბადეებს. ისინი ერთმანეთს უკავშირდებიან და ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენენ, თუმცა ერთმანეთისგან გარეგნულადაც განსხვავდებიან და ფუნქციებითაც.

გლუვი ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებში ჩაშენებული ფერმენტები ასინთეზებენ ნახშირწყლებს, ფოსფოლიპიდებს, სტეროიდებს.



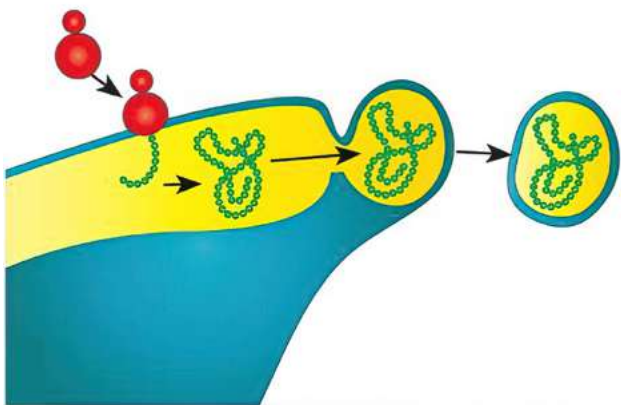
1. ბირთვი
2. ხორცლიანი ენდოპლაზმური ბადე;
3. რიბოსომები;
4. გლუვი ენდოპლაზმური ბადე.

ღვიძლის გლუვი ენდოპლაზმური ბადე შეიცავს დეტოქსიკაციურ ფერმენტებს, რომლებიც უვნებლყოფენ ტოქსიკურ ნივთიერებებსა და მედიკამენტებს.

გლუვი ენდოპლაზმური ბადე გადამწყვეტ როლს ასრულებს უჯრედში კალციუმის იონების ნორმალური კონცენტრაციის შენარჩუნებაში. ის კალციუმის იონების საცავია. ამ დეპოდან კალციუმის

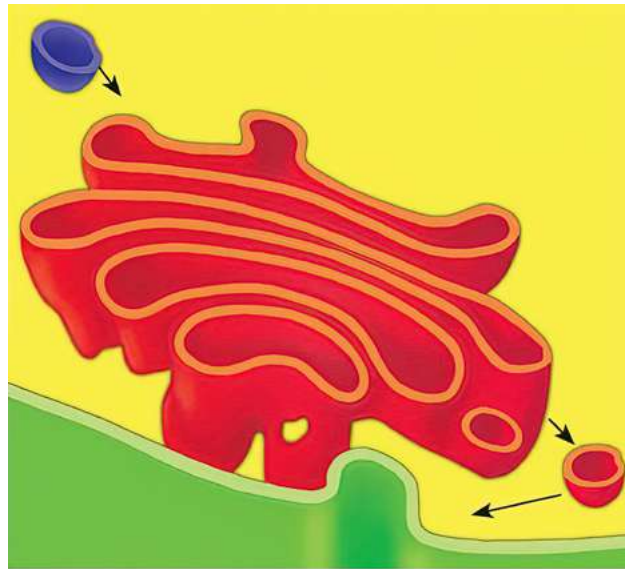
იონები გაადვილებული დიფუზიით მუდმივად ციტოზოლისკენ ისწრაფვიან. მათი უკან გადატვირთვა კი აქტიური ტრანსპორტით მემბრანაში ჩაშენებული ფერმენტებით ხდება.

ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადე რიბოსომებითაა დაფარული, ასე რომ, მისი ძირითადი ფუნქცია ცილის სინთეზია. აქ დამზადებული ცილები ბადის სიდრეში გადაადგილდება და მემბრანაში იფუთება. წარმოიქმნება პატარა ბუშტუკი-ვეზიკულა, რომელიც წყდება ბადეს, ციტოზოლში გადადის და გოლჯის კომპლექსისკენ მიემართება.



ცილის სინთეზი ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეზე.

გოლჯის კომპლექსის ფუნქცია გლუვ და ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ნივთიერებების – ცილების, ლიპიდების, ნახშირწყლებისა და სხვა ნივთიერებების მიღება, დახარისხება, გარდაქმნა და ტრანსპორტირებაა. გოლჯის კომპლექსს ერთმანეთზე დალაგებულ ბრტყელ ტომრებს ადარებენ. სწორედ ამ ტომრებში აღმოჩნდება ენდოპლაზმური ბადიდან გადაგზავნილი ნივთიერებები. აქ ისინი ფერმენტების გავლენით ოდნავ იცვლიან სახეს, კვლავ მემბრანებში იფუთებიან და ისევ ციტოზოლში გამოიყოფიან. ისინი უჯრედის სხვადასხვა ორგანოიდისკენ მიემართებიან და მათთვის განკუთვნილ ნივთიერებებს გადასცემენ.



გოლჯის კომპლექსი.

ზოგიერთ ვეზიკულაში მოთავსებული ნივთიერება უჯრედიდან გარეთ გასატანად – საექსპორტოდაა განკუთვნილი. ასეთი ვეზიკულა პლაზმური მემბრანისკენ მიემართება და შიგთავსს ეგზოციტოზის გზით უჯრედის გარეთ ათავისუფლებს.

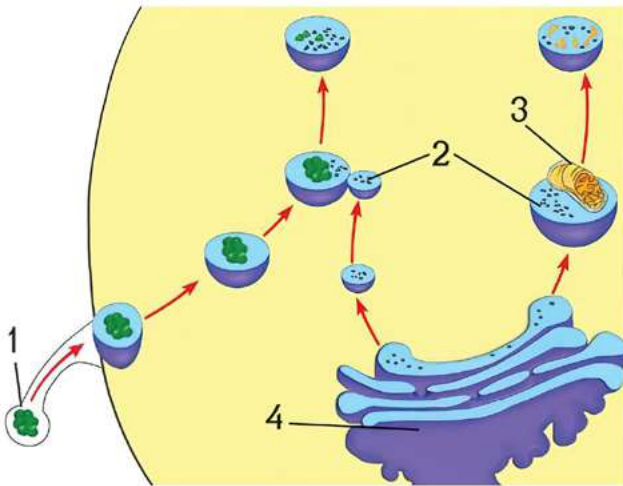
ლიზოსომა გოლჯის კომპლექსში წარმოიქმნება და ვეზიკულის სახით ციტოზოლში გამოიყოფა. ეს პატარა ვეზიკულა (0,5მკმ) ყველა სახის ორგანული ნივთიერების დამშლელ ფერმენტებს შეიცავს, ამიტომ მას უჯრედის ნაღმს უწოდებენ.

1. როგორ ფიქრობ, რა დაემართება უჯრედს, შემთხვევით ეს ნაღმი რომ „აფეთქდეს“ – მემბრანა გაიხსნას და ფერმენტები ციტოპლაზმაში აღმოჩნდნენ?



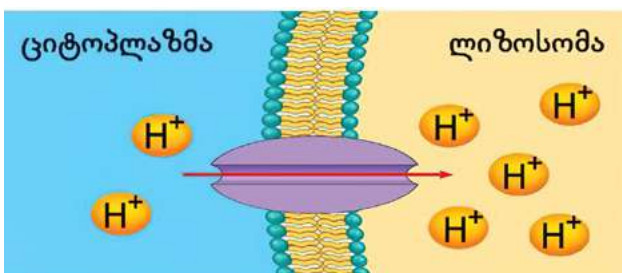
საბედნიეროდ, შემთხვევით უჯრედში არაფერი ხდება.

ჩვენი ლეიკოციტები მათ მიერ შთანთქმულ ბაქტერიებს ლიზოსომების დახმარებით ასე ინელებენ: ფაგოციტოზის გზით უჯრედში შეღწეულ, მემბრანაში შეფუთულ ბაქტერიას ლიზოსომა უახლოვდება. ორი მემბრანა ერთიანდება და ლიზოსომის ფერმენტები ბაქტერიის დაშლას იწყებენ ისე, რომ ისინი ციტოზოლისაგან გამიჯნულნი არიან.



ლიზოსომების მოქმედება

1. საკვები;
2. ლიზოსომა;
3. მიტოქონდრია;
4. გოლჯის კომპლექსი.



ლიზოსომის H^+ – ატფ-ფაზა.

ხანგრძლივი შიმშილისას, როდესაც უჯრედს არ აქვს ენერგეტიკული მასალა, ლიზოსომა უჯრედის შემადგენელი მაკრომოლეკულების, მაგალითად, ცილების დაშლას იწყებს. ამ პროცესს **მიკროაუტოფაგია** ეწოდება.



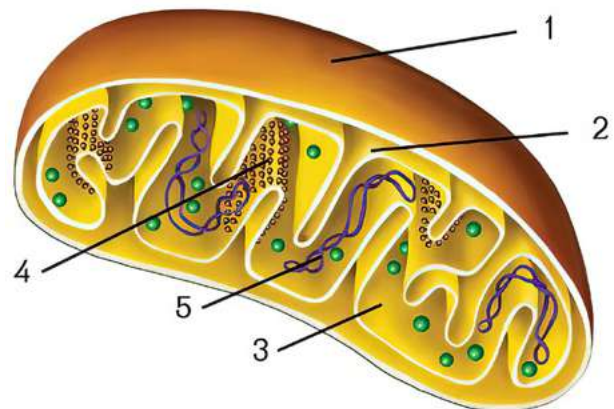
2. სცადე, განმარტო ეს ტერმინი.

უჯრედში გამუდმებით ხდება ძველი ორგანოიდების ახლით ჩანაცვლება. ძველ ორგანოიდებს ლიზოსომები ინელებენ.

ხელის გაჭრისას ათასობით უჯრედი კვდება. მათ ადგილს, ჭრილობის შეხორცებისას ახალი

უჯრედები იკავებენ. რა ემართება მკვდარ უჯრედებს? უჯრედის დაზიანებას დიდი როლენობით ლიზოსომების დაშლა მოჰყვება, რასაც თან სდევს უჯრედის მონელება, ანუ **აუტოლიზი**.

მიტოქონდრია უმნიშვნელოვანესი ორგანოიდია, რომელიც უჯრედს ენერგიით ამარაგებს. ეს ენერგია მიტოქონდრიაში ორგანული ნივთიერების დაჟანგვის შედეგად თავისუფლდება. მიტოქონდრიას ორი მემბრანა აქვს. გარეთა, გლუვი მემბრანა უამრავ არხს შეიცავს, რომლებშიც თავისუფლად მოძრაობენ დიდი ზომის მოლეკულები. შიგნითა მემბრანა დანაოჭებულია და სავარცხლის მსგავს გამონაზარდებს – კრისტებს წარმოქმნის. კრისტებს შორის სივრცე ამოვსებულია თხევადი ნივთიერებით – **მატრიქსით**. სწორედ მატრიქსში და შიგნითა მემბრანაზე არიან განლაგებულნი ის ფერმენტები, რომლებიც ორგანულ ნივთიერებებს შლიან.

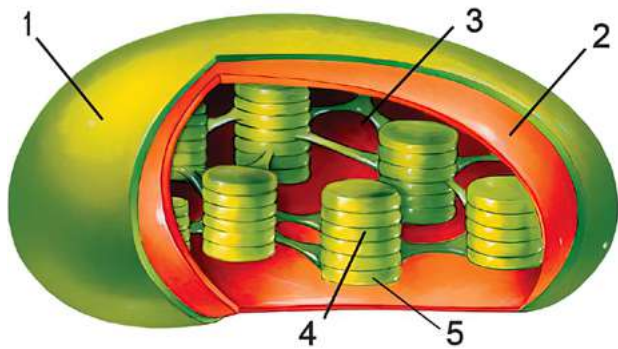


მიტოქონდრია

1. გარეთა მემბრანა;
2. შიგნითა მემბრანა;
3. მატრიქსი;
4. ფერმენტები;
5. დნმ.

ქლოროპლასტებში ფოტოსინთეზის პროცესი მიმდინარეობს. ქლოროპლასტებსაც ორი მემბრანა აქვთ. ქლოროპლასტი სქელი სითხით

– სტრომით არის ამოვსებული. სტრომაში გრანები მოთავსებული. გრანებს ერთმანეთზე დალაგებული, მემბრანებისაგან შექმნილი პატარა, „ბრტყელი ტომსიკები“ – თილაკოიდები წარმოქმნის. თილაკოიდების მემბრანებში ქლოროფილის მოლეკულებია ჩაშენებული.



ქლოროპლასტი

1. გარეთა მემბრანა;
2. შიგნითა მემბრანა;
3. სტრომა;
4. გრანა;
5. თილაკოიდი.

! დასკვნა:

ბირთვი უჯრედში ყველა სასიცოცხლო პროცესს აკონტროლებს. რიბოსომები ცილის სინთეზში მონაწილეობენ. გლუვი ენდოპლაზმური ბადის ფუნქცია ნახშირწყლებისა და ლიპიდების სინთეზი, ასევე ტოქსიური ნივთიერებების უვნებელყოფაა. ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეში მემბრანული და საექსპორტო ცილების სინთეზი ხდება. გოლჯის კომპლექსი ენდოპლაზმური ბადიდან გადმოგზავნილ ნივთიერებებს ახარისხებს და გარდაქმნის. ლიზოსომა აუტოლიზსა და მიკროაუტოფაგიაში მონაწილეობს. მიტოქონდრია კი უჯრედს ენერგიით ამარაგებს. ქლოროპლასტებში ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს.

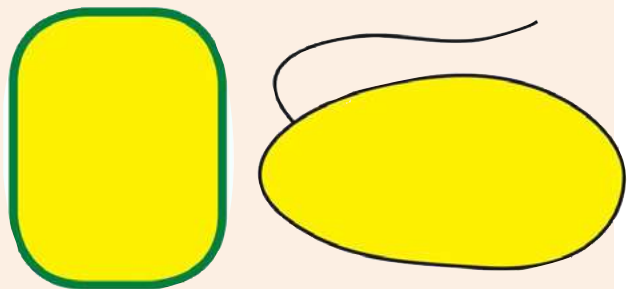
დავალება

1. საქმლის მომწოდებელი სისტემის რომელ უჯრედებში მიმდინარეობს ევზოციტოზის პროცესი?
2. რატომ არ ხდება ევზოციტოზის პროცესში პლაზმური მემბრანის თანდათან დაპატარავება და განლევა?
3. ახსენი, რა მნიშვნელობა აქვს მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანის ძლიერ დანაოჭებას?
4. უჯრედის რომელი ორგანოიდი არ შეიცავს მემბრანას? აქვს ერთი მემბრანა? აქვს ორი მემბრანა? შეავსე ცხრილი

არ აქვს მემბრანა	აქვს ერთი მემბრანა	აქვს ორი მემბრანა

ველების გასუფთავება

5. ამოირჩიე ორგანოიდები და ააშენე მცენარეული და ცხოველური უჯრედი.



6. ბაყაყის თავკომბალას კუდი აქვს, ზრდასრულ ბაყაყს – არა. როგორ ქრება კუდი?

10. პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლა. უჯრედული სუნთქვა

უჯრედში ყოველ წამს ათასობით სხვადასხვა რეაქცია მიმდინარეობს, რომელთა გარეშე სიცოცხლე წარმოუდგენელი იქნებოდა. ამ რეაქციათა ერთობლიობას **ნივთიერებათა ცვლა** ანუ **მეტაბოლიზმი** ჰქვია. მეტაბოლიზმს, პირობითად, პლასტიკურ და ენერგეტიკულ ცვლებად ყოფენ.

პლასტიკური ცვლის რეაქციებში აერთიანებენ ყველა იმ ტიპის რეაქციას, რომლის დროსაც მარტივი ნივთიერებებიდან რთული ნივთიერებების სინთეზი ხდება. სიტყვა „პლასტიკა“ სკულპტურას, გამოძერწილს აღნიშნავს. ამ ტერმინით მეცნიერებს იმის ხაზგასმა სურდათ, რომ სინთეზის გზით წარმოქმნილი რთული ნივთიერებები ძერწავენ, აშენებენ უჯრედებს. მაგრამ ამ შრომატევადი სამუშაოს შესასრულებლად უჯრედს ენერგია სჭირდება. „ვინ“ ამარაგებს უჯრედს ენერგიით?

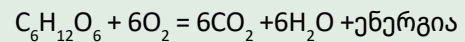
მზა ენერგიის უწყვეტი ნაკადით მხოლოდ ქლოროფილის შემცველი ორგანიზმები არიან „განებიერებულები“. მხოლოდ მათ შეუძლიათ მზის ენერგია ორგანული ნივთიერებების დასამზადებლად გამოიყენონ. სწორედ ამიტომ უწოდეს მათ **ავტოტროფები**.

ჰეტეროტროფები ქლოროფილს არ შეიცავენ, ამიტომ მათ ენერგია უნდა მოიპოვონ. ენერგიის წყარო მათთვის საკვები პროდუქტებია, რომლებიც სხვა ორგანიზმების მიერ დამზადებულ ორგანულ ნივთიერებებს შეიცავს. ეს ნივთიერებები უჯრედში მარტივ ნივთიერებებად იშლება. მათი დაშლისას, ქიმიური ბმების გაწყვეტის დროს თავისუფლდება ენერგია, რომელიც უჯრედში სხვადასხვა სახის ენერგიად გარდაიქმნება. ამ ენერგიას ორგანიზმი მრავალი მიზნისთვის იყენებს, მათ შორის იმისთვისაც, რომ უჯრედები აიშენოს.

დაშლის რეაქციების ერთობლიობას, რომელიც უჯრედს ენერგიით ამარაგებს, **ენერგეტიკული ცვლა** ეწოდება.

ენერგეტიკული ცვლის ყველაზე მთამბეჭდავი მაგალითი უჯრედული სუნთქვაა.

ძალიან მარტივად და სქემატურად ეს პროცესი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:

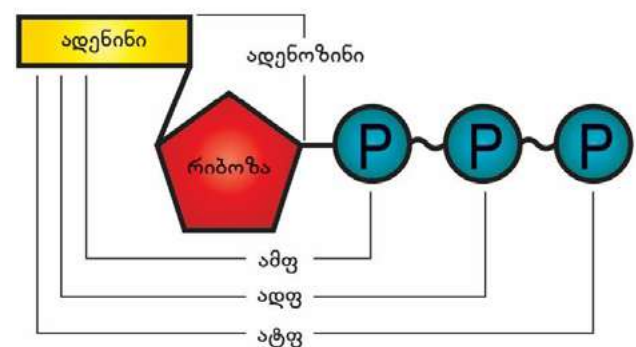


ამრიგად, უჯრედული სუნთქვა აერობული პროცესია, რომლის დროს გლუკოზა იწვება. წვის პროდუქტებია CO_2 და H_2O , მაგრამ ამ რეაქციის წარმართვისას უჯრედი არა წვის პროდუქტებით, არამედ ენერგიით არის „დაინტერესებული“.

დაახლოებით იგივე სქემა გამოგვადგება იმ პროცესის აღსაწერად, რაც ბუხარში შეშის წვისას ხდება, მაგრამ დიდი განსხვავება ამ ორ პროცესს შორის წვისას გამოყოფილ ენერგიაშია.

წარმოიდგინე, რა დაემართებოდა ჩვენს უჯრედს, მასში გლუკოზის წვა შეშის წვის მსგავსად რომ წარმართულიყო. ის ააღებოდა და რამდენიმე წუთში ფერფლად იქცეოდა, გლუკოზაში არსებული ქიმიური ბმების ენერგია კი გარემოში მთლიანად სითბოსა და სინათლის სახით დაიკარგებოდა.

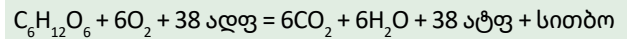
უჯრედები სხვაგვარად იქცევიან. წვისას გამოყოფილ ენერგიას ისინი უმნიშვნელოვანესი ქიმიური ნაერთის – ატფ-ის წარმოქმნას ახმარენ და მასში ინახავენ, ხოლო სითბოდ ენერგიის მხოლოდ ნაწილი გარდაიქმნება.



დაავკირდი ატფ-ის სტრუქტურას – ის ადენინიანი ნუკლეოტიდია, რომელთანაც ორი ფოსფატის ნაშთი განსაკუთრებული, შენთვის უცნობი ბმებითაა დაკავშირებული. ასეთი ნიშნით დიდი ქიმიური ენერგიის შემცველ, ანუ **მაკროერგულ ბმას** აღნიშნავენ. ისინი ბევრად მეტ ენერგიას შეიცავენ, ვიდრე მისი მეზობელი კოვალენტური ბმები.

ატფ-ს ადვილად სწყდება კიდურა ფოსფატის ჯგუფი და უჯრედში ენერგია თავისუფლდება. ატფ ენერგიის უნივერსალური წყაროა – ის ნებისმიერ დროს, ნებისმიერ ადგილას, ნებისმიერი სახის ენერგიად გარდაიქმნება.

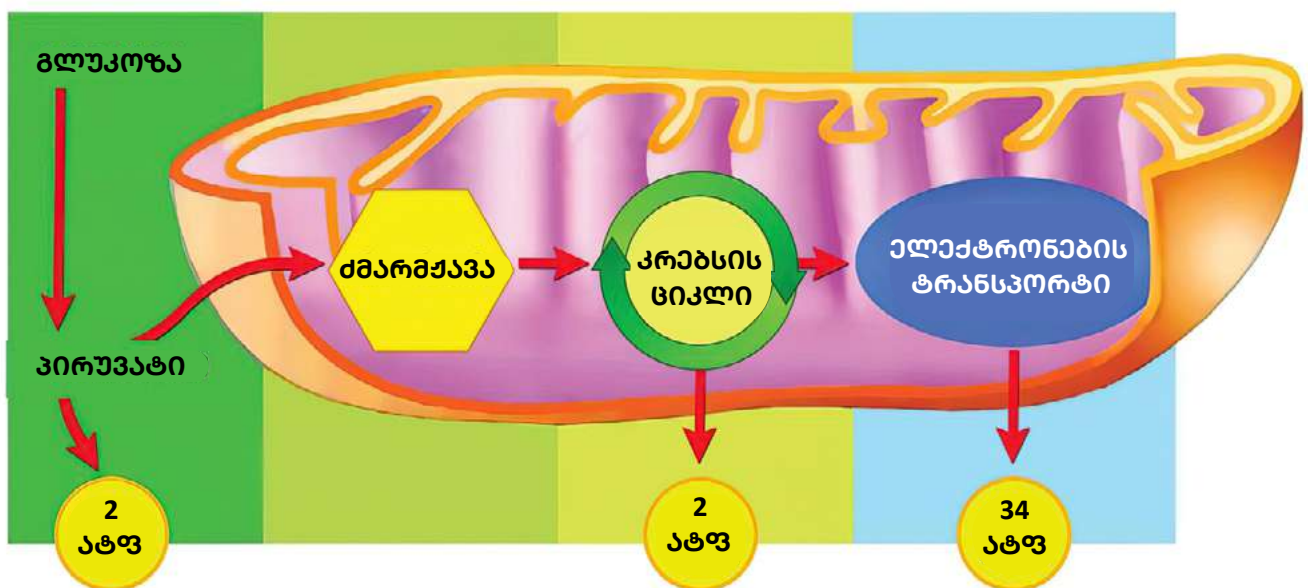
მივუბრუნდეთ ისევ უჯრედული სუნთქვის ამსახველ სქემას და დავაზუსტოთ:



როგორ შეიძლება ერთმა მოლეკულა გლუკოზამ, რომელიც საერთოდ არ შეიცავს მაკროერგულ ბმას, წარმოქმნას 38 მოლეკულა ატფ, 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 ციკლი და ელექტრონების ტრანსპორტი**.



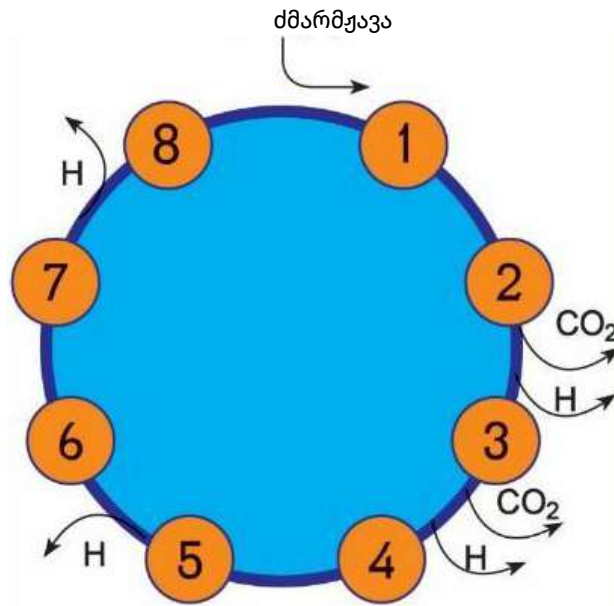
უჯრედული სუნთქვის ეტაპები.

გლიკოლიზი უჯრედული სუნთქვის პირველი ეტაპია. ის უქანგბადოდ მიმდინარეობს და ამიტომ მას **ანაერობულ სუნთქვასაც** უწოდებენ. ამ პროცესში გლუკოზა ციტოზოლური 10 ფერმენტის საშუალებით სამნახშირბადიან პიროფურძნის მჟავად – პირუვატად გარდაიქმნება.

თუ უჯრედში საკმარისი ჟანგბადია, ის ციტოზოლიდან, მიტოქონდრიის მემბრანების გავლით,

მატრიქსში გადადის. იქ მას ერთი ნახშირბადი ჩამოსცილდება და ორნახშირბადიან ძმარმჟავად გარდაიქმნება.

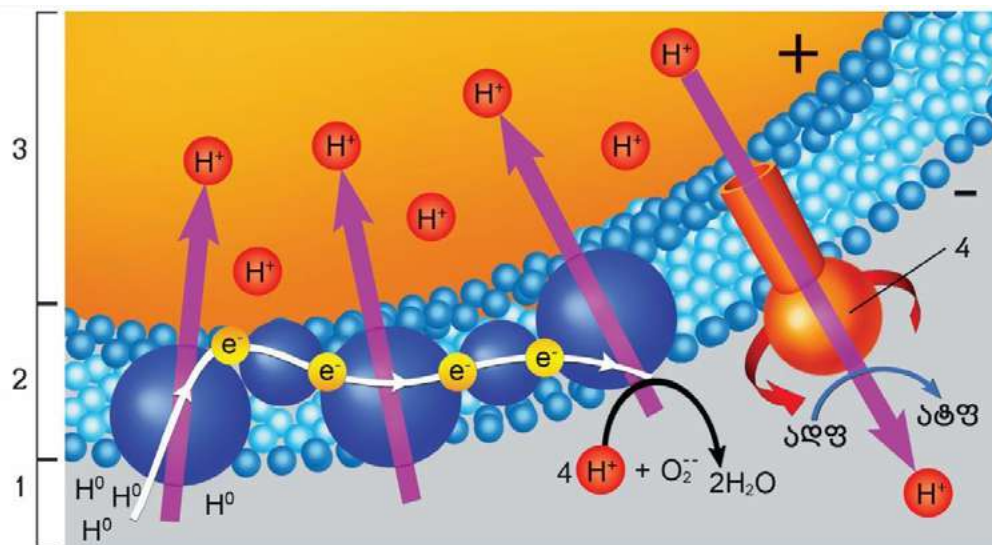
ძმარმჟავა **კრებსის ციკლში** ერთვება. ეს ნაერთი იქ 8 ფერმენტის ხელში აღმოჩნდება, რომლებიც რიგრიგობით თანდათან შლიან მას ნახშირორჟანგად და წყალბადებად.



კრებსის ციკლი.

ციკლში წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი უჯრედიდან გარეთ გამოდის.

სუნთქვის პროცესი ახლა მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე გრძელდება.



ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვი და ატფ-ის სინთეზი

1. მატრიქსი; 2. მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანა; 3. მემბრანათაშორისი სივრცე; 4. ატფ-სინთაზა..

მემბრანაში ერთმანეთის თანმიმდევრობით ჩაშენებულია ცილები, რომლებსაც **ელექტრონების გადამტან ჯაჭვს უწოდებენ**. ჯაჭვის თავში მდგომი მოლეკულა ადვილად უთმობს კრებსის ციკლში წარმოქმნილი წყალბადის ელექტრონის მის შემდგომ მოლეკულას. ის ელექტრონს ჯაჭვის

შემდეგ წევრს გადასცემს. ასე „ხელიდან ხელში“ გადადის ელექტრონი, ვიდრე ის ჯაჭვის ბოლოში არ გავა და ჟანგბადის მოლეკულამდე არ მიაღწევს. ჟანგბადი მიიტაცებს ელექტრონებს და უარყოფითად იმუხტება.

ჯაჭვში მოძრაობის დროს ელექტრონის ენერგია პატარა ულუფებად თავისუფლდება და პროტონების მემბრანათაშორის სივრცეში გადატვირთვას ხმარდება.

ამგვარად, მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე ორი პროცესი მიმდინარეობს – უარყოფითი მუხტის დაგროვება მემბრანის შიგნითა ზედაპირზე (O^{2-}) და დადებითი მუხტის დაგროვება მემბრანის გარეთა ზედაპირზე (H^+). როდესაც მემბრანათაშორის სივრცეში პროტონების კონცენტრაცია ზღვარს მიაღწევს, იხსნება არხი, რომელსაც მემბრანაში ჩაშენებული ცილა – ატფ-სინთაზა წარმოქმნის. პროტონები დიდი სისწრაფით იწყებენ მოძრაობას ამ არხის გავლით მატრიქსისაკენ. მათ ორი დიდი ძალა მიაქანებს – კონცენტრაციული და ელექტრული გრადიენტი.

სწორედ აქ ხდება „მთავარი სასწაული“. წყალბადების მოძრაობის კინეტიკური ენერგია ადფისა და ფოსფატის ერთმანეთზე გადაკერებას, ანუ მაკროერგული ქიმიური ბმის წარმოქმნას ხმარდება. ამ ეტაპზე 34 მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება. პარალელურად მატრიქსში წყალბადის იონები ჟანგბადის მოლეკულას უერთდებიან და წყალს წარმოქმნიან.



1. მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე გათამაშებულ პროცესებს მეცნიერები ჰიდროელექტროსადგურის კაშხლის მუშაობას ადარებენ. რა მსგავსებას ხედავ მათ შორის?

როგორც ხედავ, ენერგეტიკულად ყველაზე მდიდარი უჯრედული სუნთქვის ბოლო ეტაპია, ეტაპი, როდესაც პროცესში ჟანგბადი ერთვება.

ანაერობული ორგანიზმები სუნთქვის პირველი ეტაპის – გლიკოლიზის დროს წარმოქმნილი ენერგიით კმაყოფილდებიან.

არსებობენ ბაქტერიები, რომლებიც პიროფურძნის მჟავას რძემჟავად გარდაქმნიან.

საფუარი სოკოს უჯრედებში პიროფურძნის მჟავას ანაერობული გარდაქმნებით ეთილის სპირტი და ნახშირორჟანგი წარმოიქმნება.



დასკვნა:

უჯრედში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების ერთობლიობას ნივთიერებათა ცვლა ანუ მეტაბოლიზმი ჰქვია. მას ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლად ყოფენ. პლასტიკური ცვლის რეაქციებისას უჯრედში რთული ნივთიერებები სინთეზდება, რომლებითაც უჯრედის ორგანოიდები შენდება. ენერგეტიკული ცვლა გულისხმობს რთული ნივთიერებების დაშლას. ამ დროს გამოთავისუფლებულ ენერგიას უჯრედი სხვადასხვა სამუშაოს შესასრულებლად იყენებს.

უჯრედული სუნთქვა უჯრედს ენერგიით ამარაგებს. ენერგეტიკულად მომგებიანია სუნთქვის მესამე სტადია, რომელიც მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე მიმდინარეობს.



დავალება

1. რა სახის ენერგიად გარდაიქმნება გლუკოზაში არსებული ქიმიური ბმის ენერგია გლუკოზის დაჟანგვისას?
2. დაასახელე შენთვის ცნობილი ანაერობული ორგანიზმები. შეადარე, რამდენად მეტი ენერგიის მფლობელები არიან აერობული ორგანიზმები ანაერობულებთან შედარებით.
3. დაასახელე პროდუქტები, რომელთა წარმოებაში რძემჟავა ბაქტერიებს იყენებენ.
4. როგორ ფიქრობ, ერთნაირია თუ არა ადამიანის ორგანიზმში პლასტიკური ცვლის ინტენსივობა სხვადასხვა ასაკში?

11. პლასტიკური ცვლა მცენარეებში. ფოტოსინთეზი

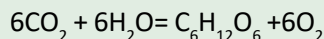
პლასტიკური ცვლა უჯრედში ფოტოსინთეზის მაგალითზე განვიხილოთ. ფოტოსინთეზის გზით, ჩვენს პლანეტაზე ყოველწლიურად 160 მილიონი ტონა ორგანული ნივთიერება მზადდება, რომელიც კვებას და აშენებს არა მხოლოდ მცენარეების ორგანიზმს, არამედ ყოველ ცოცხალს დედამიწაზე.

?

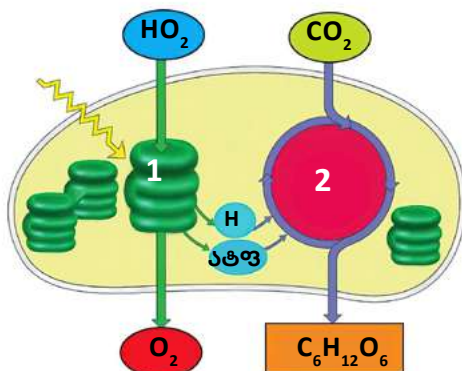
1. ჩამოთვალე, რა სახის საკვებს ღებულობდის განმავლობაში და იფიქრე, რა კავშირი აქვს მას ფოტოსინთეზთან?

2. არის მათ შორის რომელიმე, რომელიც არანაირად არაა დაკავშირებული მცენარესთან?

ფოტოსინთეზი, მორეაგირე ნივთიერებებისა და რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტების თვალსაზრისით, უჯრედული სუნთქვის შებრუნებული პროცესია. სუნთქვისას წარმოქმნილი ნივთიერებებისაგან – ნახშირორჟანგისა და წყლისაგან ფოტოსინთეზის პროცესში გლუკოზა მზადდება და ჟანგბადი წარმოიქმნება.



უჯრედული სუნთქვის მსგავსად, ფოტოსინთეზი რთული პროცესია, რომელიც ორ ეტაპად მიმდინარეობს. პირველ ეტაპს სინათლის რეაქციების ეტაპი უწოდეს, მეორეს კი – კალვინის ციკლი, ანუ სიბნელის რეაქციების ეტაპი.



1. სინათლის რეაქციები;
2. სიბნელის რეაქციები.

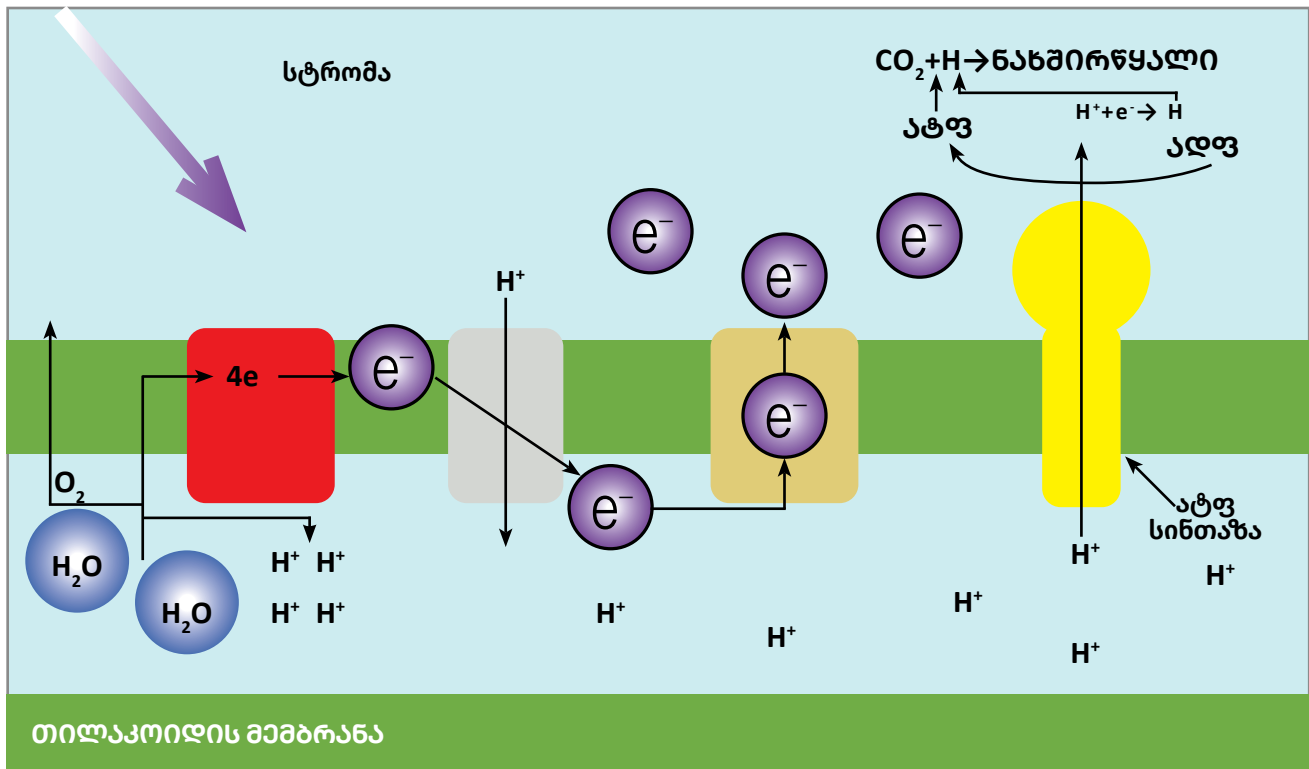
სინათლის ფაზის მთავარი მონაწილე ქლოროფილის მოლეკულაა, რომელიც ძალიან მგრძნობიარეა მზის სხივების მიმართ.

მზის სინათლე განსხვავებული ტალღის სიგრძისა და ენერგიის მქონე სხივებისგან შედგება. წითელ სხივებს ყველაზე გრძელი ტალღა და მცირე ენერგია აქვს, იისფერ სხივებს კი – პირიქით. ქლოროფილის მოლეკულა, ძირითადად, იისფერ, ლურჯ, ნარინჯისფერ და წითელ სხივებს შთანთქავს.



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 დაარქვს. ის ასეთ მდგომარეობაში დიდხანს არ ჩერდება და საკუთარი ელექტრონების დანაკარგს წყლის ელექტრონებით ინაზღაურებს – ელექტრონებს წყალს ართმევს. ამას წყლის მოლეკულის დაშლა მოჰყვება და წყალი პროტონებად და მოლეკულურ ჟანგბადად იშლება.

ჟანგბადი ტოვებს მცენარის უჯრედს და გარემოში გამოიყოფა. თავისუფალი ელექტრონები კი გადამტანი მოლეკულების ხელში აღმოჩნდებიან, რომლებიც მათ თილაკოიდის მემბრანის გარეთ გადაიტანენ. ამ პროცესს თან ახლავს პროტონების შემოტვირთვა თილაკოიდის შიგნით. ასე რომ, თანდათან თილაკოიდის მემბრანის შიგნით დადებითი მუხტი გროვდება, გარეთ კი – უარყოფითი.



ფოტოსინთეზი.

3. შეადარე თილაკოიდში მიმდინარე პროცესი მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე მიმდინარე პროცესს. ხედავ მსგავსებას მათ შორის?

4. შენი აზრით, რა შედეგი უნდა მოჰყვეს ამ სიტუაციას? როგორ უნდა წარიმართოს შემდეგი პროცესი?

თილაკოიდის მემბრანაში ჩაშენებული ატფ-სინთაზა პროტონების გრადიენტის ენერგიას ატფ-ის სინთეზისთვის იყენებს. ამით ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა მთავრდება.

სინათლის ფაზის პროდუქტებია: ჟანგბადის მოლეკულა, ატფ, წყალბადის ატომები

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.

ტერმინი „სინათლის რეაქციები“, არ ნიშნავს იმას, რომ ამ რეაქციებისთვის სიბნელეა აუცილებელი. ეს რეაქციები სინათლის ფაზის რეაქციების გაგრძელებას წარმოადგენს და მასთან ერთად მიმდინარეობს. აღნიშნული ტერმინით მეცნიერებს იმის ხაზგასმა სურდათ, რომ ამ რეაქციების წარმართვისთვის უჯრედს სინათლის ენერგია აღარ ესაჭიროება. სინათლის ენერგია უკვე გარდაქმნილია ატფ-ის ენერგიად, რომელიც გლუკოზის მოლეკულაში ქიმიური ბმების წარმოქმნისთვის იხარჯება.

! დასკვნა:

ფოტოსინთეზის პროცესში სინათლის ენერგია ქიმიური ბმის ენერგიად გარდაიქმნება. ფოტოსინთეზი ორ ეტაპად მიმდინარეობს. სინათლის ფაზაში წყლის მოლეკულა ქლოროფილის მონაწილეობით იშლება. ამ ფაზის პროდუქტებია O_2 , H და ატფ. სიბნელის ფაზაში გლუკოზის მოლეკულა სინთეზდება.

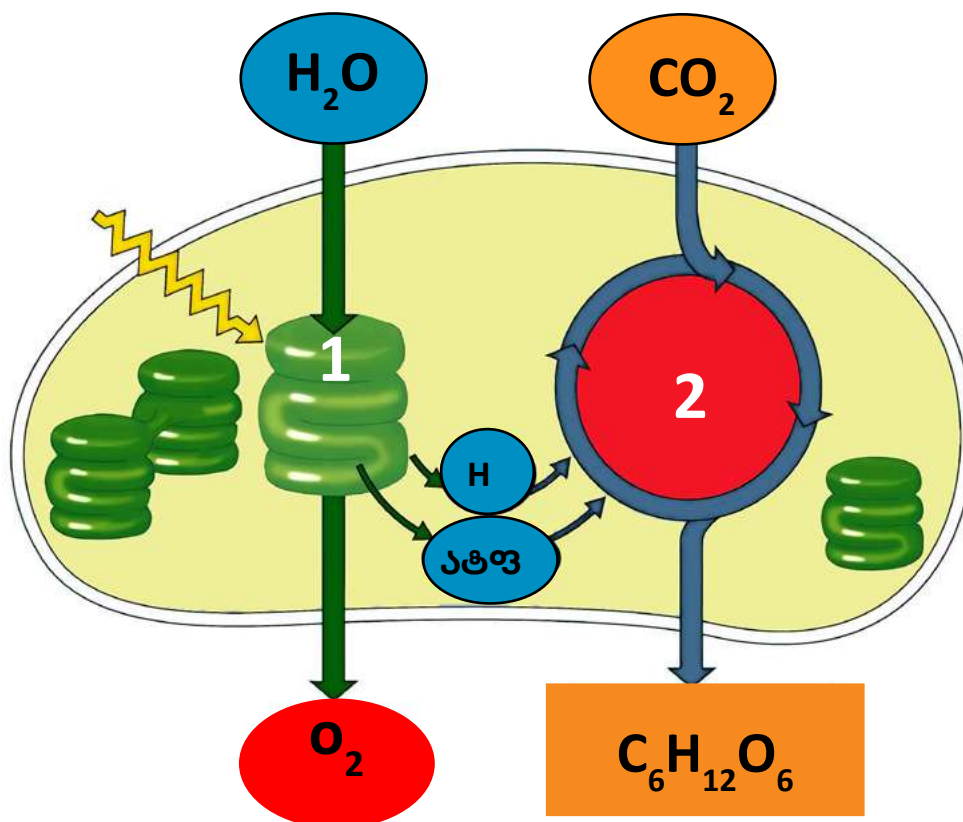


დავალება

1. აღწერე და გრაფიკულად წარმოადგინე გზა, რომელსაც ფოტოსინთეზის დროს წარმოქმნილი ჟანგბადი გაივლის, ვიდრე ის უჯრედიდან გარეთ გამოიყოფა;
2. დაგეგმე ექსპერიმენტი, რომლითაც შესაძლებელია გლუკოზაში არსებული ჟანგბადის წარმომავლობის გარკვევა;
3. ივარაუდე, რას უნდა ნიშნავდეს ტერმინი ფოტოლიზი. ამ ტერმინს ფოტოსინთეზის ერთ-ერთი ეტაპის დასახასიათებლად იყენებენ;
4. ილუსტრაციაზე სქემატურადაა წარმოდგენილი ფოტოსინთეზის მიმდინარეობის ეტაპები.

5. უპასუხე კითხვებს:

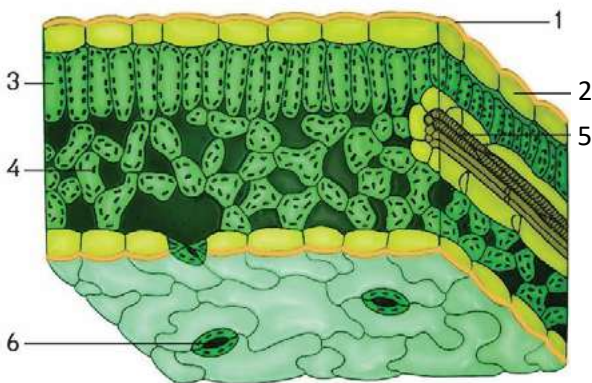
- ა. რომელ ეტაპს აღნიშნავს ციფრი 1?
- ბ. ქლოროპლასტის რომელ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ეს პროცესი?
- გ. რა წარმოადგენს ამ ეტაპის სუბსტრატს და პროდუქტებს?
- დ. ფოტოსინთეზის რომელ ეტაპს აღნიშნავს ციფრი 2?
- ე. სად მიმდინარეობს ეს ეტაპი?
- ვ. რა არის ამ ეტაპის პროდუქტი?
- ზ. რა დამოკიდებულებაა პირველ და მეორე ეტაპს შორის?



12. მცენარის სუნთქვა და კვება. ფოთლის აგებულება

ფოტოსინთეზის პროცესი და გლუკოზის გარდაქმნა სხვა სახის ორგანულ ნივთიერებებად ძირითადად ფოთოლში მიმდინარეობს, მიუხედავად იმისა, რომ ქლოროფილს, ფესვის გარდა, მცენარის თითქმის ყველა ორგანო შეიცავს. ამის გამო ფოთოლს მცენარის სამზარეულოც კი შეარქვეს.

ფოთოლი არაჩვეულებრივად არის შეგუებული მის ამ მეტად მნიშვნელოვან ფუნქციას – აქ დამზადებული საკვები ხომ მთელმა დანარჩენმა ცოცხალმა სამყარომაც უნდა მოიხმაროს.



ფოთლის აგებულება

1. ცვილი; 2. ეპიდერმისი; 3. მესრისებური უჯრედები; 4. ღრუბლისებური უჯრედები; 5. ძარღვები; 6. ბაგა.

ფოთლის ფირფიტას დიდი ზედაპირი აქვს და თხელია, რათა სინათლემ ადვილად განჭოლოს. ფოთლის ზედა და ქვედა ზედაპირი დაფარულია წვრილი, სქელკედლიანი, ერთმანეთთან მჭიდროდ მიჯრილი უჯრედების ერთი შრიტ – ეპიდერმისით. ეს უჯრედები გამოყოფს ცვილს, რომელიც იცავს ფოთოლს მიკრობების შეჭრისა და ფოთოლში წყლის შეღწევისგან.

ცვილი უფერულია და სინათლეს ადვილად ატარებს. ფოთლის ეპიდერმისის უჯრედებიც უფერულია. ისინი ქლოროპლასტებს არ შეიცავენ. სინათლე, მათი გავლით ადვილად აღწევს ფოტოსინთეზის მთავარ ადგილამდე – ე.წ. **მესრისებურ უჯრედებამდე**. ეს თხელკედლიანი, ცილინდრული უჯრედები, ეპიდერმისის პერპენდიკულარულად, მართლაც მესერივით არიან განლაგებული. ისინი, მის ქვეშ მდებარე, **ღრუბელივით** გაფანტული უჯრედების მსგავსად, ქლოროპლასტებს შეიცავენ.

ძარღვების საშუალებით ფოთოლს ფოტოსინთეზისთვის საჭირო წყალი და მინერალური ნივთიერებები მიეწოდება და ფოთოლში დამზადებული ორგანული ნივთიერებები სხვა ორგანოებში გადაწილდება.

მცენარეთა უმრავლესობის ფოთლის ქვედა ეპიდერმისში უხვადაა უამრავი უწვრილესი ხვრელი, რომელსაც **ბაგის ხვრელს** უწოდებენ. ბაგის ხვრელი ეპიდერმისის ორი სახეცვლილი უჯრედითაა შემოსაზღვრული, რომლებსაც ხვრელის გახსნა და დახურვა შეუძლიათ.

ხვრელის გავლით ფოთოლში გარემოდან ჰაერი შედის და ფოთლის მესრისებურ და ღრუბლი სებურ უჯრედებს ფოტოსინთეზისთვის საჭირო ნახშირორჟანგი მიეწოდება.

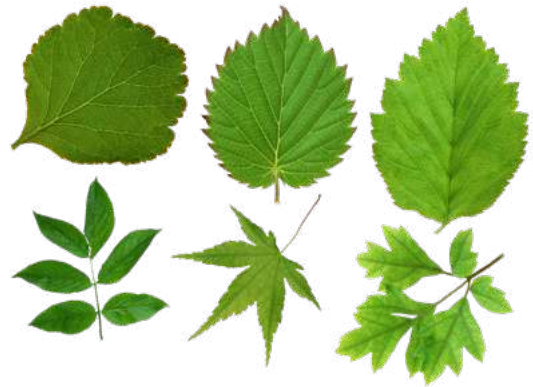
ასეთი აგებულების ფოთოლი კარგად არის შეგუებული სუნთქვის პროცესთანაც. ისევე, როგორც ყველა არსება, მცენარეც სუნთქავს. ბაგის ხვრელის გავლით ფოთოლში სუნთქვისთვის საჭირო ჟანგბადი აღწევს და წვის შედეგად წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი ტოვებს მცენარის ორგანიზმს.

ასე რომ, მცენარეში ერთდროულად ორი, ერთმანეთისაგან სრულიად განსხვავებული პროცესი – სუნთქვა და ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს.

მცენარე სუნთქავს დღისითაც და ღამითაც, ფოტოსინთეზს კი მხოლოდ დღისით აწარმოებს. დღისით, სინათლეზე ფოტოსინთეზი ინტენსიურად მიმდინარეობს და მცენარის სუნთქვისას შთანთქმული ჟანგბადი ბევრად ნაკლებია მის მიერ ფოტოსინთეზის პროცესში წარმოქმნილთან შედარებით, ამიტომ ჰაერი ჟანგბადით მდიდრდება. სიბნელეში ფოტოსინთეზის პროცესი წყდება, ამიტომ მცენარეები ღამით სუნთქვისას ისევე აღარიბებენ ჰაერს ჟანგბადისგან, როგორც აღამიანები.

! დასკვნა:

მცენარის ორგანიზმში ერთდროულად მიმდინარეობს ერთმანეთის საწინააღმდეგო ორი პროცესი – ფოტოსინთეზი და სუნთქვა. ფოტოლი არაჩვეულებრივად არის შეგუებული მის ამ ორ ფუნქციასთან.



დავალება

1. რატომ აქვს ფოთლების უმრავლესობას ქვედა მხარე უფრო ბაცი ფერის, ზედა მხარესთან შედარებით?

2. შეადარე ერთმანეთს სუნთქვისა და ფოტოსინთეზის პროცესი მცენარეში. შეავსე მარჯვენა გრაფა.

ფოტოსინთეზი	სუნთქვა
1. წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერებები	
2. მზის ენერგია გლუკოზაში ინახება	
3. შთაინთქმება ნახშირორჟანგი	
4. გამოიყოფა ჟანგბადი	
5. მიმდინარეობს მხოლოდ სინათლეზე	
6. მიმდინარეობს მხოლოდ ქლოროფილის მონაწილეობით	

ველების გასუფთავება

13. მცენარე და მინერალები. სასუქები

ფოტოსინთეზის გზით დამზადებული გლუკოზა მცენარის ორგანიზმში რთულ ნახშირწყლებად, ლიპიდებად, ცილებად, ნუკლეინის მჟავებად გარდაიქმნება.

?

1. გლუკოზისგან განსხვავებულ რომელ ქიმიურ ელემენტებს შეიცავენ ცილები და ნუკლეინის მჟავები?

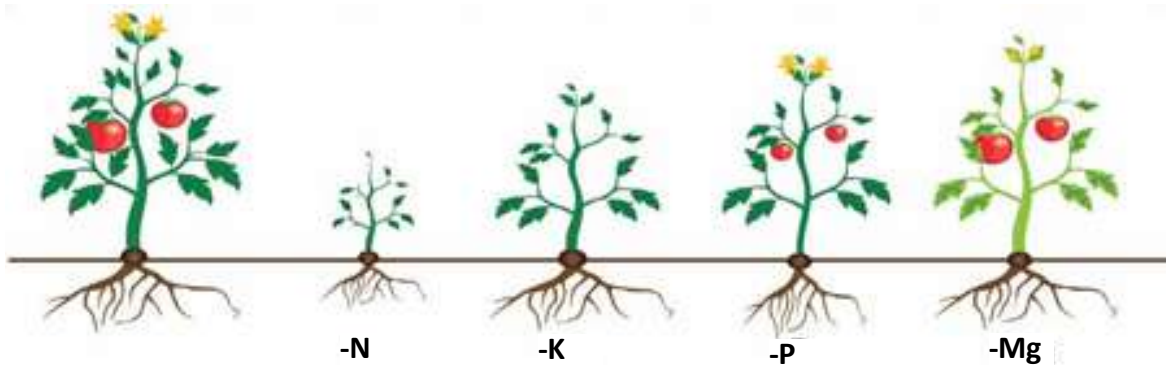
საინტერესოა, როგორ ხვდებიან ეს ელემენტები მცენარეში.

ამ ქიმიურ ელემენტებს ნიადაგი შეიცავს. ისინი ნიადაგში სხვადასხვა სახის მინერალური მარილის სახით არსებობენ.

მცენარე განსაკუთრებით მგრძნობიარეა აზოტის ნაკლებობის მიმართ. ამ დროს მისი ზრდა ნელდება. მცენარეს ძალიან სუსტი ღერო, უსუსური, პატარა ფოთლები და ცუდად განვითარებული ფესვთა სისტემა აქვს.

2. ახსენი, რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

?



ქიმიური ელემენტების გავლენა მცენარის ზრდა-განვითარებაზე.

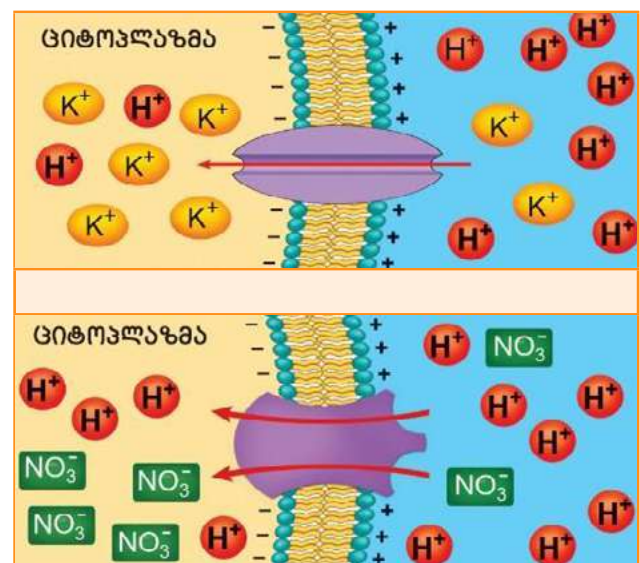
კალიუმის ნაკლებობისას მცენარეს ფესვთა სისტემა ნორმალურად უვითარდება, თუმცა ის ყვავილებსა და ნაყოფს ვერ წარმოქმნის.

ფოსფორის ნაკლებობა მცენარეში ღმ-ის, ფოსფოლიპიდების, ატფ-ის სინთეზის შეფერხებას იწვევს.

?

3. ახსენი, რატომ ფერხდება ამ დროს მცენარის ზრდა?

მაგნიუმი ქლოროფილის მოლეკულის აუცილებელი კომპონენტია. ნიადაგში მისი ნაკლებობისას მცენარეს მოყვითალო ფოთლები აქვს და მასში ფოტოსინთეზი შეფერხებით მიმდინარეობს.



კალიუმისა და ნიტრატის იონების ტრანსპორტი მცენარის უჯრედებში.

ამ მნიშვნელოვან ელემენტებს მცენარე იონების სახით შთანთქავს. აზოტს მცენარე ნიტრატის $-NO_3^-$, ან ამონიუმის $-NH_4^+$ -ის სახით შეიწოვს. კალიუმში ნიადაგიდან K^+ -ის სახით შეიწოვება, ფოსფორი მცენარეში ფოსფატ იონის PO_4^{3-} -ის სახით ხვდება, მაგნიუმი კი Mg^{2+} -ის სახით.

როდესაც ნიადაგში ამ იონების გაცილებით მაღალი კონცენტრაციაა, ვიდრე ფესვის უჯრედებში, იონები უჯრედში დიფუზიის გზით აღწევენ. თუმცა მცენარეს ეს იონები მაშინაც შეუძლია შთანთქას, როდესაც მათი კონცენტრაცია ნიადაგში გაცილებით ნაკლებია, უჯრედთან შედარებით. ამ დროს იონები უჯრედში აქტიური ტრანსპორტით გადაადგილდებიან.

4. რა სახის ენერგიას იყენებს უჯრედი აქტიური ტრანსპორტისათვის?

მცენარეებისათვის ასეთი მნიშვნელოვანი მინერალები ყოველთვის არ არის ხელმისაწვდომი. ნიადაგში ამა თუ იმ მინერალური ნივთიერების არსებობა და რაოდენობა დამოკიდებულია: ქანის ქიმიურ შედგენილობაზე, მცენარეული და ცხოველური ნაშთების შემცველობასა და გახრწნაზე, მცენარეებისა და წვიმის წყლების მოქმედებაზე.

ბუნებრივ პირობებში მინერალური მარილების წარმოქმნასა და მათ დანაკარგს შორის ბალანსი არსებობს და ნიადაგი ყოველთვის შეიცავს მინერალური მარილების საკმარის რაოდენობას. მაგრამ ყანებიდან, ბაღებიდან, ბოსტნებიდან მოსავლის აღებისა და გამოტანის შემდეგ ძალიან მცირე რაოდენობით მცენარეული ნარჩენი რჩება, ნიადაგი ღარიბდება და მისი ნაყოფიერება კლებულობს.

მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით ნიადაგში სასუქები შეაქვთ.

ნაკელი, კომპოსტი, ექსკრემენტები ბუნებრივი სასუქებია.

ხელოვნური კომბინირებული სასუქია ე.წ. NPK, რომელიც მცენარისთვის სამ მნიშვნელოვან ელემენტს – აზოტს, ფოსფორსა და კალიუმს შეიცავს.

ბუნებრივ სასუქებს გარკვეული უპირატესობა აქვს ხელოვნურთან შედარებით. მათ გარდაქმნას მიკრობებით გარკვეული დრო სჭირდება. გარდა ამისა, ისინი კარგად იკავშირებენ და ინარჩუნებენ წყალს. ასე, რომ, მცენარე დიდხანს არის უზრუნველყოფილი საკვებით. ხელოვნური სასუქები სწრაფად შეიწოვება და სწრაფადვე ირეცხება წვიმის წყლებით.

! დასკვნა:

გლუკოზიდან რთული ნახშირწყლების, ლიპიდების, ცილების, ნუკლეინის მჟავების დასამზადებლად მცენარეს სხვადასხვა ქიმიური ელემენტი ესაჭიროება. მათ მცენარე ნიადაგიდან იწოვს. ისინი იონების სახით ხვდებიან მცენარის ორგანიზმში. ამ ელემენტების ნაკლებობისას ნიადაგში სასუქი შეაქვთ.

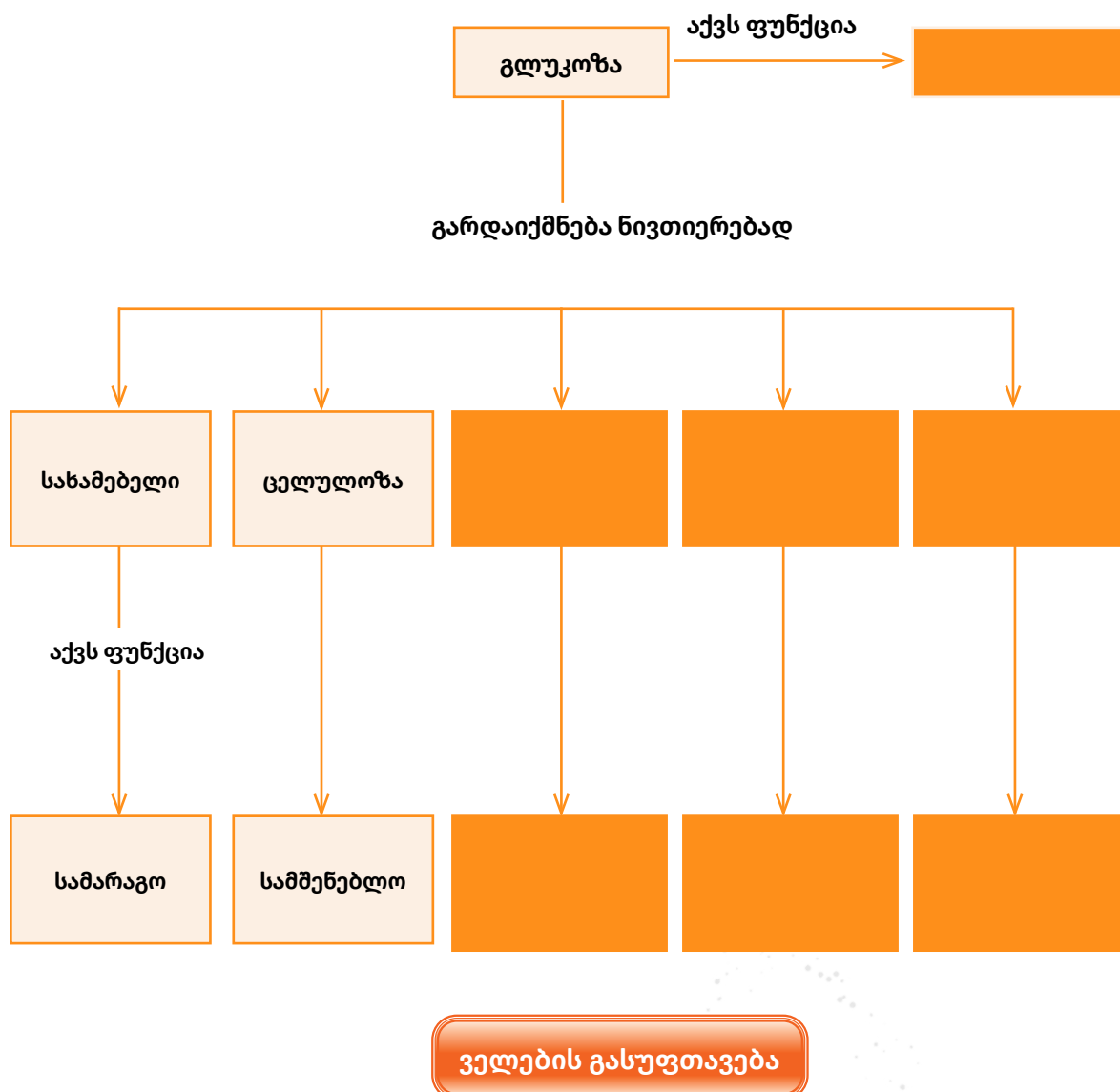


დავალება

1. პლაზმური მემბრანის რომელი კომპონენტები მონაწილეობს იონების აქტიურ ტრანსპორტში?
2. ნიადაგში ფოსფორის დეფიციტი კალიუმის შეწოვას აფერხებს, კალიუ-

მის დეფიციტი კი – ფოსფორისას არა. როგორ ახსნას მოუძებნით ამ ფაქტს

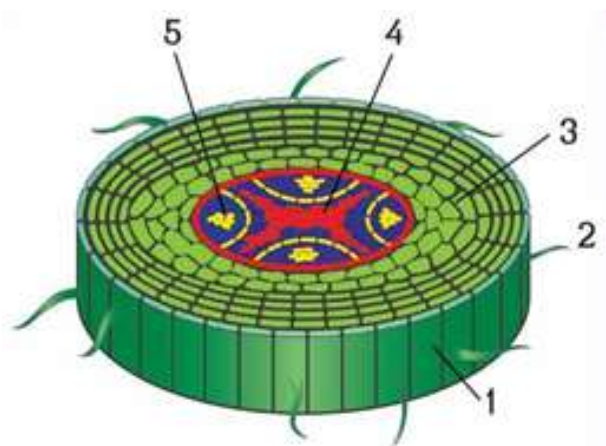
3. ჭარბი მორწყვისას მცენარეები ცუდად იზრდებიან. ახსენი, რატომ?
4. შეავსე სქემის ცარიელი უჯრები:



14. მცენარის საბრუნავო სისტემა, ფესვური წნევა, ტრანსპირაცია

ფესვის უჯრედებში შედგენილია იონებმა და ოსმო-
სით შთანთქმულმა წყალმა ფოთლებამდე უნდა
მიაღწიოს.

ფესვის განივ ჭრილზე კარგად ჩანს ამ ორგანოს
აგებულება.



ფესვის განივი ჭრილი

1. ეპიდერმისი;
2. ბუსუსი;
3. ქერქი;
4. ქსილემა;
5. ფლოემა.

ფესვი გარედან დაფარულია ეპიდერმისით, რომე-
ლიც თხელკედლიანი უჯრედების ერთი შრისგან
შედგება. ამ უჯრედების უმრავლესობას აქვს
წვრილი გამონაზარდები – ბუსუსები, რომლებიც
ძალიან ზრდიან ფესვის შემწოვ ზედაპირს.

? 1. შეადარე ფესვისა და ფოთლის ეპიდერმისის
უჯრედები და დააკავშირე მათი აგებულების
თავისებურებანი ფუნქციებთან.

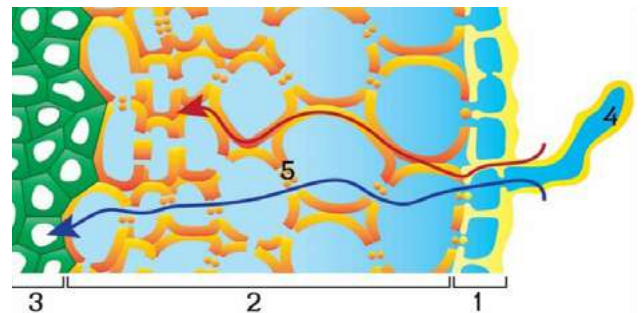
ეპიდერმისის ქვეშ ფესვის ქერქია, რომელიც
მსხვილი თხელკედლიანი უჯრედებისაგან შედ-
გება. მცენარეთა უმრავლესობაში აქ ორგანული
ნივთიერებები მარაგდება.

ქერქის შემდეგ, ფესვის ცენტრში გამტარი ქსოვი-
ლებია მოთავსებული.

წყალი და მინერალური მარილები ეპიდერმისის
ბუსუსებიანი უჯრედებიდან ქერქის მეზობელ
უჯრედებს პლაზმოდეზმების საშუალებით გადა-
ეცემა.

პლაზმოდეზმები ციტოპლაზმური ხიდაკებია,
რომელიც მეზობელ უჯრედებს ერთმანეთთან
აკავშირებს. წყალი ერთი უჯრედიდან მეორეს,
შესაძლოა, ციტოპლაზმის გვერდის ავლით, უჯრე-
დის კედლის გავლითაც გადაეცეს. ასე, თანდათან
აღწევს წყალი ნიადაგიდან ფესვის ღრმად მდე-
ბარე უჯრედებში.

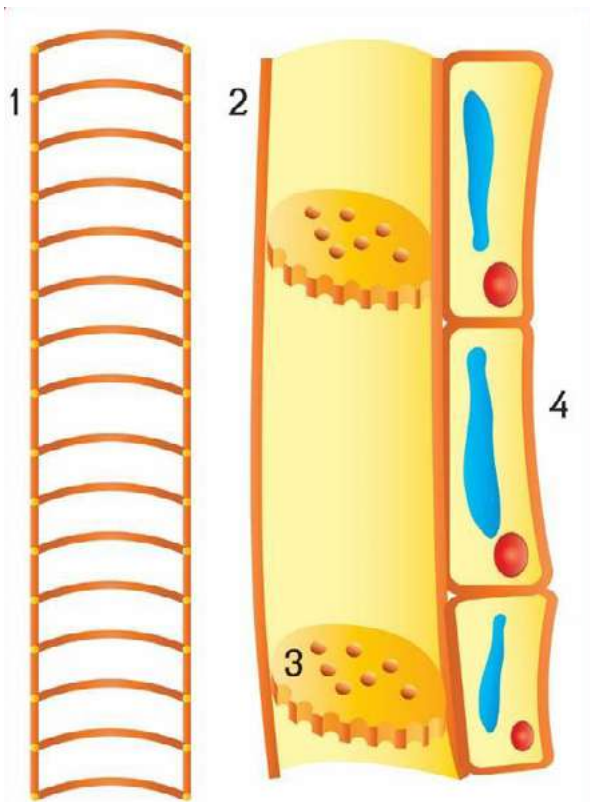
უფრო დიდ მანძილზე ნივთიერებათა გადატანას
მცენარის სპეციალიზებული ქსოვილები – ქსი-
ლემა და ფლოემა ემსახურება.



წყლის მოძრაობა ფესვის ეპიდერმისის ბუსუსიდან ქსილემამდე

1. ეპიდერმისი; 2. ქერქი; 3. ქსილემა; 4. ბუსუსი;
5. პლაზმოდეზმა.

ქსილემა ერთმანეთზე დალაგებული მკვდარი
უჯრედებისაგან შედგება. მათ ერთმანეთთან
დამაკავშირებელი განივი კედლები ჩაშლილი
აქვთ და გრძელ, ცარიელ მილებს წარმოქმნიან.
ამ მილებს **ჭურჭლებსაც** უწოდებენ. ჭურჭლების
კედელი ლიგნინითაა გაქლენილი, რაც მილებს
სიმტკიცეს ანიჭებს.



გამტარი ქსოვილები

1. ქსილემა;
2. ფლოემა;
3. განივი კედლები;
4. თანმხლები უჯრედი.

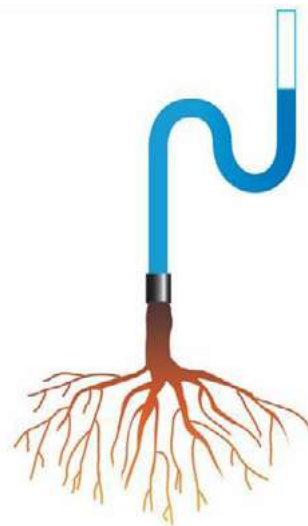
ქსილემაში წყალი მხოლოდ ერთი მიმართულებით – ფესვებიდან ფოთლებისკენ მოძრაობს. ქსილემა ფესვის ცენტრში ვარსკვლავისებურად არის განლაგებული. მის სხივებს შორის ფლოემაა მოთავსებული.

ფლოემა ე.წ. საცრისებური მილებისა და თანმხლები უჯრედებისაგან შედგება. საცრისებური მილები ცოცხალი უჯრედებია, თუმცა მათ ბირთვი და სხვა ორგანოიდები არ გააჩნიათ. უჯრედების განივი კედლების ხვრელებით ორგანული ნივთიერებები ერთი უჯრედიდან მეორეში გადადის. თანმხლები უჯრედები ნივთიერებათა ტრანსპორტში არ მონაწილეობენ. ისინი საცრისებრ მილებს სასიცოცხლო პროცესების განხორციელებაში ეხმარებიან.

ფლოემაში ორგანული ნივთიერებები სხვადასხვა მიმართულებით მოძრაობენ. მაგალითად, შემოდგომაზე გლუკოზიდან წარმოქმნილი საქა-

როზა ფოთლებიდან ფესვებისკენ მიემართება, იქ სახამებლად გადაიქცევა და ქერქში მარაგდება. გაზაფხულზე სახამებელი კვლავ საქაროზად გარდაიქმნება და ქსილემის გავლით კვირტებს მიეწოდება.

ფესვის ეპიდერმისით შეწოვილი წყალი საბოლოოდ ჭურჭლებს მიაღწევს და იქ გარკვეული სიმაღლის სვეტს წარმოქმნის. თუ მცენარის ღეროს ფესვთან ახლოს გადაჭრი და მას მინის მილას მიუერთებ, დაინახავ, რომ მილში წყალი ჩადგება. ამ მოვლენას **ფესვურ წნევას** უწოდებენ. სვეტის სიმაღლემ ზოგჯერ შესაძლოა, 50 სმ-საც კი მიაღწიოს.



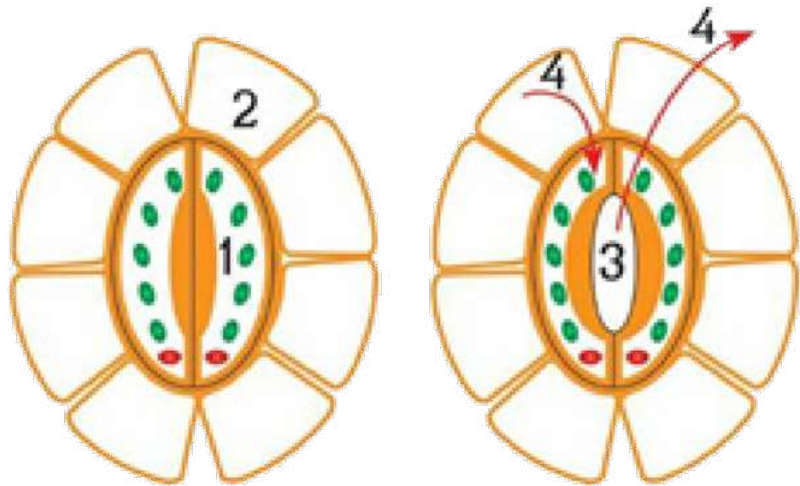
წყლის გადაადგილება ფესვური წნევის გავლენით.

ზოგიერთი ბალახოვანი მცენარისათვის ეს სრულიად საკმარისია იმისათვის, რომ წყალი ფოთლებს მიეწოდოს. მაგრამ, როგორ უნდა მიაღწიოს წყალმა ფესვებიდან ფოთლებამდე, როდესაც ხე-მცენარის სიმაღლე ათეულობით მეტრია?

სიმაღლეზე წყლის ატანაში ფოთლები მონაწილეობენ. ერთი შეხედვით საოცარია, მაგრამ მცენარე შეწოვილი წყლის მხოლოდ 1-2%-ს იტოვებს, დანარჩენს კი ატმოსფეროში წყლის ორთქლის სახით გამოყოფს. თუმცა ეს იმას არ ნიშნავს, რომ მცენარე არარაციონალურად შრომობს. წყლის აორთქლებით ის თავს იცავს გადახურებისაგან. მცენარის მიერ წყლის აორთქლებას **ტრანსპირაცია** ეწოდება.

ბაგის უჯრედებს ხვრელის შემომსაზღვრელი კედელი გასქელებული აქვს, მოპირდაპირე კედელი კი თხელია. ბაგის უჯრედები, ეპიდერმისის სხვა უჯრედებისაგან განსხვავებით, ქლოროფილს შეიცავენ. მზის სინათლეზე მათში გლუ-

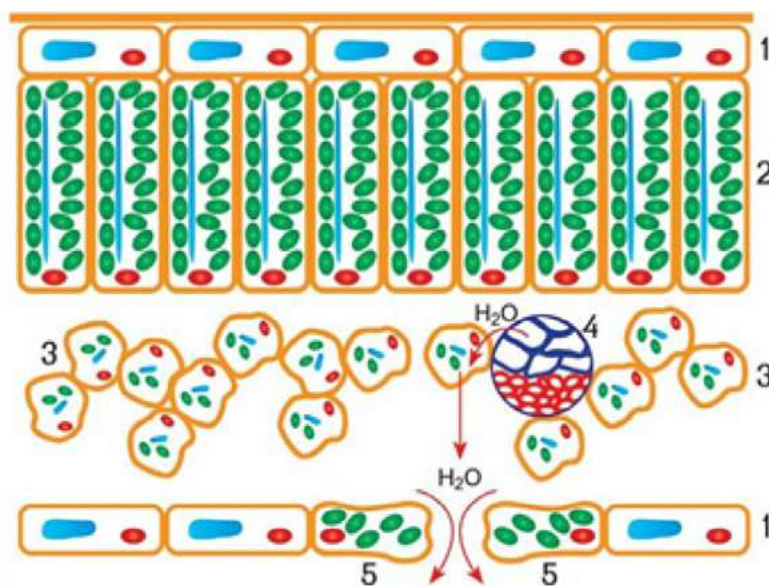
კოზა წარმოიქმნება და, ამის შედეგად, მეზობელი უჯრედიდან მათში წყალი ოსმოსით შედის. უჯრედები იბერება. კედლების არათანაბარი გასქელების გამო, ისინი ფორმას იმდაგვარად იცვლიან, რომ მათ შორის ხვრელი წარმოიქმნება.



1. ბაგის უჯრედები;
2. ეპიდერმისის უჯრედები;
3. ბაგის ხვრელი;
4. წყლის მოძრაობა.

ბაგის ხვრელიდან ღრუბლისებურ უჯრედებს შორის არსებული წყლით გაჯერებული ჰაერი ფოთლიდან გარეთ გამოდის და ფოთლის შიგნით ტენიანობა იკლებს. ამიტომ ღრუბლისებური უჯრედიდან წყალი უჯრედშორის სივრცეში

გაღმოდის. უჯრედი, რომელმაც წყალი დაკარგა, დეფიციტს მეზობელი უჯრედიდან ინაზღაურებს. ის, თავის მხრივ, მის მეზობელ უჯრედს ართმევს წყალს და ა.შ. საბოლოოდ, აორთქლებული წყლის დანაკარგი ქსილემის წყლით ივსება.



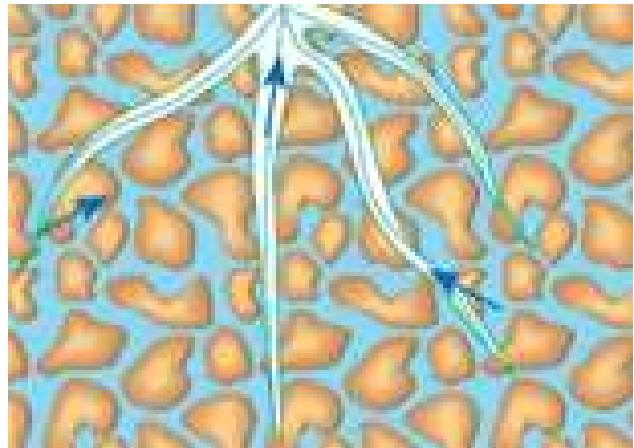
ტრანსპირაცია

1. კანის უჯრედები;
2. მესრისებური უჯრედები;
3. ღრუბლისებური უჯრედები;
4. გამტარი ქსოვილები;
5. ბაგის უჯრედები.

წყალი ქსილემაში ერთ მთლიან სვეტად დგას. იმის გამო, რომ წყლის მოლეკულები ერთმანეთთან შეჭიდულია, სვეტის თავში მდგომი წყლის მოლეკულა აორთქლებისას წყლის მთლიან სვეტს ზემოთ ექაჩება და სვეტი ზემოთ იწევს. წყალი ახლა ქსილემასთან უშუალო შეხებაში მყოფ ფესვის უჯრედს აკლდება. ის წყალს თავის მეზობელ უჯრედს ართმევს. ასე რიგ-რიგობით, ერთმანეთის ხარჯზე ივსებენ წყლის დეფიციტს ფესვის უჯრედები. საბოლოოდ, ფესვის ბუსუსიანი უჯრედები მეზობელი უჯრედების მიერ წართმეულ წყალს ნიადაგის წყლიდან ინაზღაურებენ.



წყლის გადაადგილება მცენარეში.



როგორც ხედავ, მთელი წყალი მცენარეში, ფოთლის ბაგიდან დაწყებული, ფესვის ბუსუსიანი უჯრედით დამთავრებული, ერთ მთლიან ჯაჭვს ქმნის, რომელიც განუწყვეტლივ მოძრაობს. მას ორი ძალა – ფესვური წნევა და ტრანსპირაცია ამოძრავებს. მოძრაობის სიჩქარემ შესაძლოა, ერთ საათში 40 მეტრსაც კი მიაღწიოს. გამოთვლილია, რომ ერთი საშუალო სიდიდის ხე-მცენარეს დღეში 200 ლიტრამდე წყლის აორთქლება შეუძლია.

! დასკვნა:

დიდ მანძილზე ნივთიერებათა გადასადგილებლად მცენარეებს სატრანსპორტო სისტემა გააჩნიათ. ქსილემაში არაორგანული ნივთიერებები ერთი მიმართულებით – ფესვებიდან ფოთლებისკენ მოძრაობენ. ფესვებიდან ფოთლებისკენ წყალს ორი ძალა ამოძრავებს – ფესვური წნევა და ტრანსპირაცია. ფლოემა ორგანულ ნივთიერებებს ფოთლებიდან ფესვებისკენ და ასევე საწინააღმდეგო მიმართულებითაც ატარებს.

დავალება

1. საცრისებურ მილებს ცილებსა და ატფ-ს თანმხლები უჯრედები აწვდის. რატომ სჭირდება საცრისებურ მილებს დახმარება? რატომ ვერ ასინთეზებენ ისინი ამ ნივთიერებას?
2. მოიყვანე მაგალითი, ცხოველთა სამყაროდან რომელ ცხოველს აქვს ტრანსპირაციის მსგავსი ფუნქცია;
3. როგორ ფიქრობ, რა აკავებს ღუმფარას დიდი ზომის ფოთლებს წყლის ზედაპირზე? რა ამსუბუქებს მას?

6. სწორი დებულებების შესაბამის ცარიელ უჯრედში ჩაწერე ნიშანი X;
ტრანსპირაციის ინტენსივობას განსაზღვრავს:
- ა. ჰაერის ტენიანობა;
- ბ. ჰაერში ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია;
- გ. ჰაერის ტემპერატურა;
- დ. ჰაერში ჟანგბადის კონცენტრაცია;
- ე. განათება;
- ვ. ფოთლის ზედაპირის ფართობი.



ა	
ბ	
გ	
დ	
ე	
ვ	

ველების გასუფთავება

4. დაასახელე სამი მთავარი ფაქტორი, რომელიც წყალს აიძულებს, ფესვიდან ფოთლის მიმართულებით გადაადგილდეს.
5. წყლის რომელი თვისება უზრუნველყოფს წყლის სვეტის წარმოქმნას ფესვის უჯრედიდან ბაგის უჯრედამდე?

ეს საინტერესოა!

- ▶ თუ გსურს, ჭკნობაშეპარულ მოჭრილ ვარდს სიცოცხლე გაუხანგრძლივო, ბასრი დანით ირიბად გადაუჭერი ღეროები და 1-2 საათის განმავლობაში ცხელ წყლიან ქილაში მოათავსე. მცენარე თვალსა და ხელს შუა გამოცოცხლდება.

15. მცენარეული ჰორმონები – აუქსინები, გიბერელინები, ეთილენი, აბსციზინი

მცენარეებს ნერვული სისტემა არ გააჩნიათ. მუდმივად ცვალებად გარემოს ისინი მხოლოდ ჰორმონების საშუალებით უმკლავდებიან.

მცენარეებზე მოქმედი მრავალი ფაქტორიდან, მათთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ფაქტორები სინათლე, წყალი და დედამიწის მიზიდულობაა. ამიტომ მცენარეები განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან მათ მიმართ და მათზე სხეულის ნაწილების მოძრაობით რეაგირებენ.

გარეგანი ფაქტორით გამოწვეულ მცენარეთა ნაწილების მიმართულ მოძრაობას **ტროპიზმი** ეწოდება. დადებითია ტროპიზმი, თუ მცენარის ნაწილი ფაქტორის მიმართულებით მოძრაობს, და უარყოფითია – თუ ფაქტორის საწინააღმდეგოდ.

სინათლით გამოწვეულ ტროპიზმს **ფოტოტროპიზმი** უწოდებენ, დედამიწის მიზიდულობით გამო-

წვეულს – **გეოტროპიზმს**, ქიმიური ნივთიერებით გამოწვეულს კი – **ქემოტროპიზმს**.

1. რას დაარქმევდი ჰაერიტა და წყლით გამოწვეულ ტროპიზმს?
2. მცენარის რომელ ნაწილს ახასიათებს დადებითი გეოტროპიზმი? უარყოფითი?
3. მცენარის რომელი ორგანოსთვის არის დამახასიათებელი დადებითი ფოტოტროპიზმი?



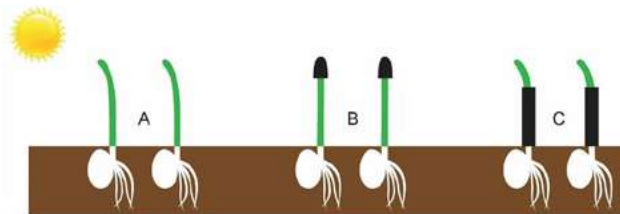
ტროპიზმის ერთ-ერთი საინტერესო ფორმაა **ჰაპტოტროპიზმი**, ანუ მცენარის რეაგირება შეხებაზე. სუსტი ღეროს მქონე მხვიარა მცენარეები ამ უნარის გამო საყრდენს პოულობენ.



პირველი ცდები ფოტოტროპიზმის ბუნების გასარკვევად დარწმუნდა და მის ვაჟიშვილს ეკუთვნით. მათ აინტერესებდათ, მცენარის რომელი ნაწილი

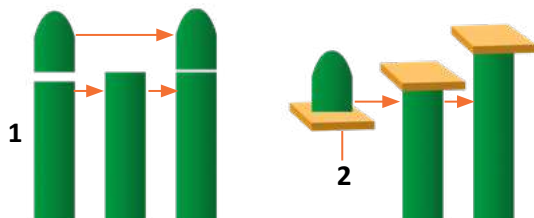
აღიქვამდა სინათლეს. ისინი მცენარის აღმონაცემების ერთ ჯგუფს, მიწისზედა ნაწილს, – წვეროს გარდა, შავი ქაღალდით უფარავდნენ, მეორე

ჯგუფს კი – მხოლოდ წვეროებს. ამის შემდეგ, მცენარეებს ფანჯრის რაფაზე ათავსებდნენ ისე, რომ მათ სინათლე მხოლოდ ერთი მხრიდან ანათებდა.



ცდის შედეგებიდან გამომდინარე, მკვლევარებმა დაასკვნეს, რომ სინათლეს აღმონაცენის მხოლოდ წვერი აღიქვამს, შემდეგ ეს ინფორმაცია როგორღაც ქვემოთ ვრცელდება და მცენარე მასზე მთელი მიწისზედა ნაწილით რეაგირებს.

დარვინის შემდეგ ექსპერიმენტულად დადასტურდა, რომ ინფორმაციის გადამტანი ზრდის ჰორმონია. ეს ცდები ილუსტრაციასა წარმოადგენილი



1. მცენარის აღმონაცენი; 2. აგარის ბლოკი.

როდესაც მცენარის აღმონაცენს წვეროს აჭრიდნენ, აღმონაცენი ზრდას წყვეტდა. როდესაც მოჭრილი ნაწილი მეორე წვეროსაჭრილი მცენარის აღმონაცენზე გადაჰქონდათ, ის ზრდას აგრძელებდა.

მეცნიერებმა ივარაუდეს, რომ წვერო ღეროს ქვედა ნაწილს რაღაც ზრდის მასტიმულირებელ ნივთიერებას გადასცემდა. ამაში დასარწმუნებლად, მათ წაჭრილი წვერო აგარის ბლოკზე მოათავსეს. აგარი ქელესმაგვარი ნივთიერებაა, რომელშიც სხვა ნივთიერების მოლეკულები ადვილად მოძრაობს. თუ ზრდის ეფექტი მართ-

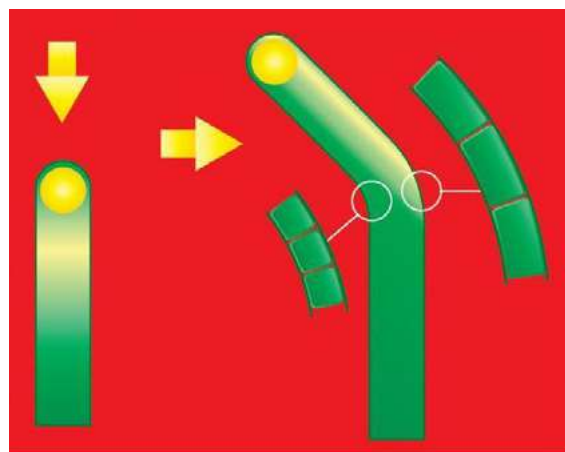
ლაც რაღაც ნივთიერებით იყო გამოწვეული, მაშინ ეს ნივთიერება აუცილებლად აგარზე უნდა გადასულიყო. გარკვეული ხნის შემდეგ აგარის ბლოკი წვეროსაჭრილ აღმონაცენზე მოათავსეს. აღმონაცენმა ზრდა განაგრძო.

ყველაზე საინტერესო ის იყო, რომ ზრდა სრულ სიბნელეშიც მიმდინარეობდა. ეს ცდები მცენარეებზე თანაბარი განათებისა და სიბნელის პირობებში ტარდებოდა. მცენარე არც ერთი მიმართულებით არ იხრებოდა – ის ვერტიკალურად ზემოთ იზრდებოდა.

ზრდის ამ ფაქტორს მეცნიერებმა **აუქსინი** უწოდეს, რაც ბერძნულად ნიშნავს „ვიზრდები“, „ზომაში ვიმატებ.“

როგორც აღმოჩნდა, სინათლე თრგუნავს აუქსინის წარმოქმნას. როდესაც სინათლე აღმონაცენს ყველა მხრიდან თანაბრად ანათებს, წვეროში წარმოქმნილი აუქსინი გაურბის განათებას და დიფუზიით ნელა გადაადგილდება ქვემოთ. აუქსინი ყველა უჯრედზე თანაბრად მოქმედებს და ღერო ვერტიკალურად ზემოთ იზრდება.

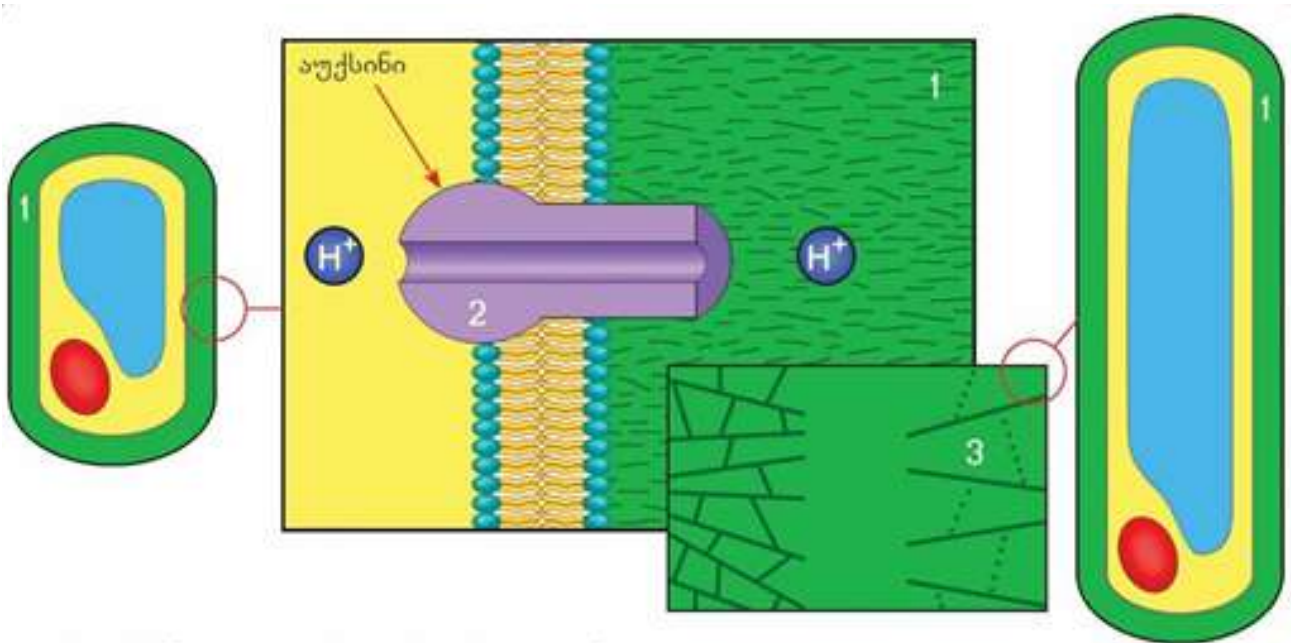
როდესაც მზე აღმონაცენს ერთი მხრიდან ანათებს, ის უჯრედები, რომლებსაც სინათლე ხვდება, აუქსინის ნაკლებ ზემოქმედებას განიცდიან, ისინი კი, რომლებსაც მზე არ ანათებს – გაძლიერებულს.



გაირკვა, რომ აუქსინი უჯრედის კედლის პლასტიკურობაზე მოქმედებს. ის აქტივებს ატფ-აზას, რომელიც ციტოპლაზმიდან უჯრედის კედელში

წყალბადის იონებს გადატუმბავს. მომატებული მჟავიანობის გამო, ცელულოზა რბილდება, იზრდება კედლის განვლადობა წყლის მიმართ.

უჯრედში ბევრი წყალი შედის, ის ზომამი მატულობს და სიგრძეში იჭიმება. ამიტომ მცენარე მზის მიმართულებით გადაიხრება.



აუქსინის ზემოქმედება უჯრედის კედელზე

1. უჯრედის კედელი; 2. H^+ – ატფ.აზა; 3. ცელულოზას ფიბრილები.

აუქსინების მიმართ მცენარეები განსხვავებულ მგრძნობელობას იჩენენ. აღმოჩნდა, რომ აუქსინი, სულ მცირე კონცენტრაციითაც კი, ძლიერ ზემოქმედებას ახდენს ორლებნიან მცენარეებზე. აუქსინების მაღალი კონცენტრაციების ზემოქმედებით იწყება მათი უკონტროლო ზრდა, რასაც მახინჯი ფორმების წარმოქმნა და თვითგანადგურება მოჰყვება. ორლებნიან მცენარეებზე ასეთი ზემოქმედების გამო აუქსინებს ორლებნიანი სარეველების გასანადგურებლად ხმარობენ ყანებსა და გაზონებში, სადაც დეკორატიულ მცენარეებად, ძირითადად, ერთლებნიანი მცენარეები გამოიყენება.

აუქსინები აფერხებენ ნაყოფის დამწიფებასა და მათ ნაადრევ ცვენას. ამიტომ მეხადეები სინთეზურ აუქსინებს იყენებენ, რათა თავიდან აიცილონ მომწიფებული ნაყოფის ცვენა ხეებიდან.

ერთ-ერთი სახის აუქსინის ზემოქმედებით ნაყოფი კვერცხუჯრედის განაყოფიერების გარეშე

წარმოიქმნება. ამ ჰორმონს მეხადეები უთესლო ნესვის, საზამთროს, კიტრისა და პომიდვრის მისაღებად იყენებენ.

ერთ-ერთი ჰორმონი – გიბერელინი იაპონიაში აღმოაჩინეს. იქ დიდხანს გამოცანად რჩებოდა, რატომ იზრდებოდა ნათესებში ბრინჯი ხანდახან უცნაურად მაღალი. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ყველა მათგანი სოკო გიბერელათი იყო დაავადებული და ბრინჯის ზრდის მასტიმულირებელ ნივთიერებას სწორედ ის გამოყოფდა. სინთეზურ გიბერელინებს მოსავლიანობისა და მწვანე მასის გასაზრდელად იყენებენ.

ნაყოფების მომწიფება მცენარეებში ეთილენზეა დამოკიდებული. ის ნაყოფში სხვადასხვა ფერმენტის სინთეზს ასტიმულირებს. ზოგი მათგანი ამცირებს ნაყოფში მჟავების რაოდენობას, ზოგი უჯრედის კედლების პექტინს შლის, ამიტომ ნაყოფი რბილდება და სიმჟავეს კარგავს.

სხვა ჰორმონებისგან განსხვავებით, ეთილენი აირია. ის ადვილად ტოვებს უჯრედს და გარემოში თავისუფლდება. ამიტომ ერთი ნაყოფის მომწიფება სხვა ნაყოფების მომწიფებასაც უწყობს ხელს. მანგოსა და ანანასის პლანტაციებში ფერმერები კოცონებს ანთებენ. წვის პროდუქტები ეთილენს შეიცავს, ამიტომ ხილი პლანტაციებში ერთდროულად მწიფდება.

ციტრუსების, ანანასის, ბანანის შორ მანძილზე ტრანსპორტირებისათვის ფერმერები ხილს სრულ დამწიფებამდე კრეფენ. გზაში მათ ეთილენით ამუშავებენ და ხელოვნურად ამწიფებენ. ამით ისინი თავს არიდებენ ხილის გადამწიფებას.

რაც უფრო მწიფდება ნაყოფი, მით მეტ ეთილენს გამოყოფს გარემოში. ნაყოფების გადამწიფება ფერმერებისთვის არახელსაყრელია. ამიტომ ისინი ხილს ნახშირორჟანგით გაჯერებულ საცავებში ინახავენ. ნახშირორჟანგი ეთილენის მოქმედებას თრგუნავს და ხელს უშლის ნაყოფში მის სინთეზს.

აბსციზინი ჰორმონია, რომელიც ჩამოცვენილ ფოთლებში აღმოაჩინეს. ის მცენარეებში სტრესული სიტუაციების დროს სინთეზდება. მაგალითად, ფესვში ის წყლის დეფიციტისას წარმოიქმნება, შემდეგ ფოთლებამდე აღწევს და ბაგეების დახურვას იწვევს.

სიცივეში აბსციზინი კვირტებში წარმოიქმნება და მათ ზრდას აჩერებს. ეს ჰორმონი გროვდება თესლებში და ხელს უშლის მათ გაღივებასა და აღმოცენებას. გაზაფხულზე თესლში აბსციზინის რაოდენობა მცირდება.

! დასკვნა:

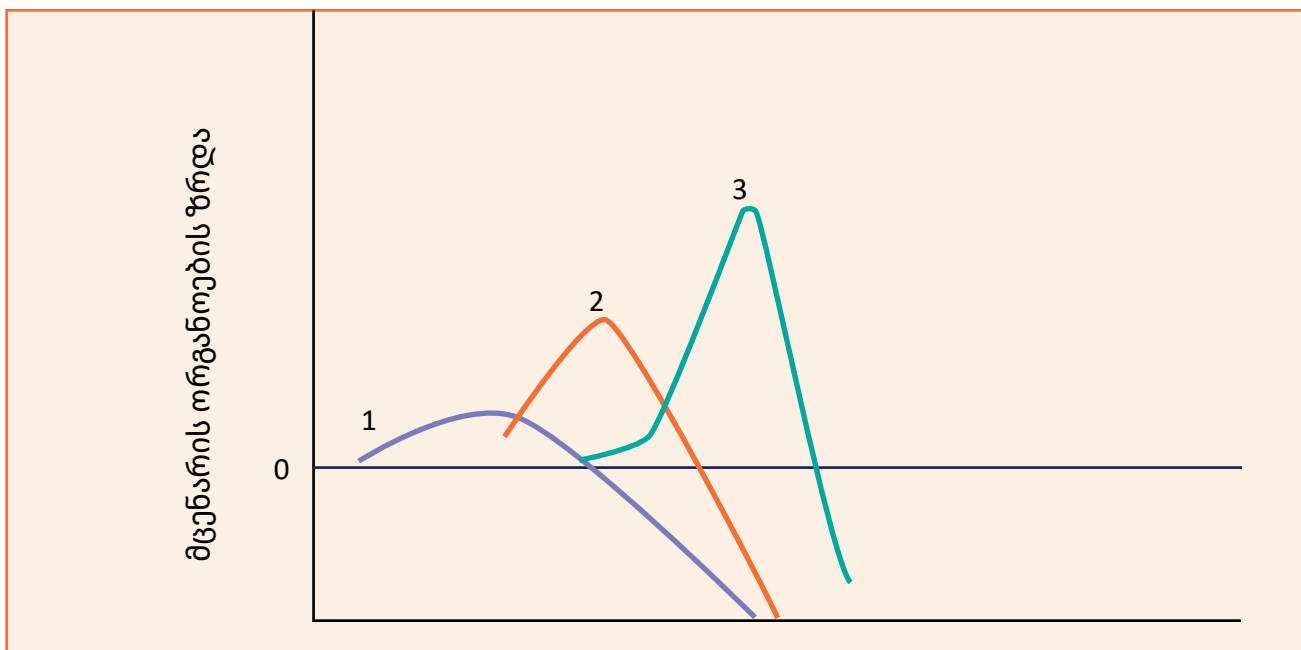
მცენარეული ჰორმონები სასიგნალო მოლეკულებია, რომლებიც მცენარის სხვადასხვა უჯრედში მცირე რაოდენობით წარმოიქმნება. ისინი არეგულირებენ უჯრედების ზრდას, ნაყოფის მომწიფებას, თესლების გაღივებას. მცენარეთა ჰორმონებს კომერციული გამოყენება აქვს.





დავალება

1. მოიფიქრე, დაგეგმე და ჩაატარე ექსპერიმენტი, რომლითაც დაამტკიცებ, რომ სიბნელეში ბევრად მეტი აუქსინი გამოიშავდება, ვიდრე სინათლეში;
2. დაასახელე ორგანიზმი, რომელიც სინათლის ზემოქმედებას მისკენ მთელი სხეულის გადაადგილებით პასუხობს;
3. გრაფიკი გამოხატავს მცენარის სხვადასხვა ორგანოს დამოკიდებულებას აუქსინის კონცენტრაციის მიმართ;
4. დაასახელე ორი ჰორმონი, რომლებიც ნაყოფების მომწიფებაზე ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ მოქმედებენ;
5. დაასახელე მცენარე, რომელსაც ჰაპტოტროპიზმი საკვების მიტაცებაში ეხმარება.



აუქსინის კონცენტრაცია 1. ფესვი; 2. კვრტი; 3. ღერო.

- ა. მცენარის რომელი ნაწილია უფრო მგრძნობიარე აუქსინის მიმართ?
- ბ. რომელი ორგანო იზრდება უფრო ძლიერად აუქსინის ზემოქმედებით?
- გ. როგორ მოქმედებს აუქსინის მაღალი კონცენტრაციები ორგანოების ზრდაზე?



ეს საინტერესოა!

- ▶ მეცნიერებმა აღმოაჩინეს, რომ ნატრიუმის სალიცილატი, ჰორმონი, რომელიც მცენარეებში სტრესული მდგომარეობის დროს გამოიშავდება, თრგუნავს ზოგიერთი სიმსივნური უჯრედის გამრავლებას.





თემა I ჩვენი სამყარო

ფიზიკური გეოგრაფია დედამიწის გეოგრაფიული გარსის კომპლექსურად შემსწავლელ გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სისტემაა. ფიზიკური გეოგრაფიის მთავარი ამოცანაა დედამიწის ზედაპირზე ბუნებრივ მოვლენათა შორის ფუნქციონალურ დამოკიდებულებათა გამოვლენა, ბუნებრივ გარემოზე ადამიანის ზემოქმედების პრობლემის შესწავლა და ბუნებრივი ტერიტორიული (აკვატორიული) კომპლექსების დაცვისა და რაციონალურად გამოყენების გზების შემუშავება. ამიტომაც იგი მჭიდროდაა დაკავშირებული საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებთან – ფიზიკასთან, ქიმიასთან და ბიოლოგიასთან.

გეოგრაფია I ტემა

ძირითადი საკითხები

1. ბუნებრივი ზონები და ლანდშაფტები და მათი წარმოქმნელი ფაქტორები

1.1. სითბოსა და სინათლის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე

1.2. მსოფლიო ოკეანე

1.3. ბუნებრივი ლანდშაფტი

1.4. ამაზონის ჰილუა

1.5. მანგროს ტყეები

1.6. ბორეალური ტყეები (ტაიგა)

1.7. მთის ტყეები

1.8. სავანა და საჰელი

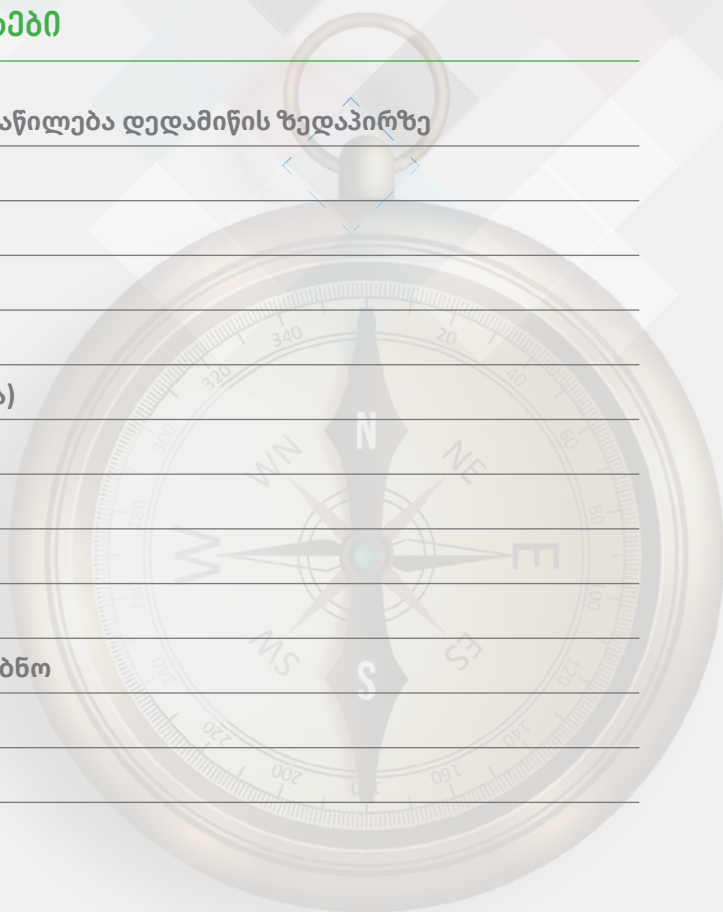
1.9. პრერიები

1.10. შირაქის ველი

1.11. არქტიკის ყინულოვანი უდაბნო

1.12. გობის უდაბნო

1.13. უდაბნო საჰარა



1.1. სითბოსა და სინათლის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე

დედამიწა უნიკალური პლანეტაა მზის სისტემაში. კოსმოსიდან დედამიწას სფეროსებური ფორმა აქვს, მაგრამ სინამდვილეში ის იდეალური სფეროს ფორმის არ არის. დედამიწის ფორმასა და ზომას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. თავისი ფორმის გამო პლანეტა არათანაბრად ნათდება და თბება. ყველაზე დიდი რაოდენობით სითბოს ეკვატორი იღებს, პოლუსებზე კი სითბოს რაოდენობა თანდათანობით მცირდება, რაც დედამიწაზე სითბური ზონების არსებობას, დღე-ღამის ხანგრძლივობის ცვალებადობასა და წელიწადის სეზონურობას იწვევს. ჩვენი პლანეტის ზომაზეა დამოკიდებული მიზიდულობის ძალის სიდიდე, რომლითაც დედამიწა ატმოსფეროსა და მთვარეს აკავებს.



გაიხსენე

1. რა გეოგრაფიული მნიშვნელობა აქვს დედამიწის ფორმასა და სიდიდეს?
2. რა არის ტროპიკები და პოლარული წრეები?
3. რამდენი სითბური სარტყელია დედამიწაზე და როგორ გამოიყოფა ისინი?
4. რამდენი სახის მოძრაობას ასრულებს დედამიწა?

დედამიწა მზის სისტემაში მესამე პლანეტაა და მისგან 150 მლნ კილომეტრითაა დაშორებული. იგი უდიდესია დედამიწის ტიპის პლანეტებს შორის და სამყაროში ცნობილი ერთადერთი პლანეტაა, რომელიც დასახლებულია ცოცხალი არსებებით.

დედამიწა ციფრებში ასე გამოიყურება:

- ▶ ჩვენი პლანეტის რადიუსი – 6371 კმ;
- ▶ დიამეტრი – 12 742 კმ;
- ▶ ზედაპირის ფართობი – 510 მლნ. კმ²,
- ▶ ეკვატორის სიგრძე – 40 075 კმ,
- ▶ ხმელეთის ფართობი – 149 მლნ. კმ²,

- ▶ ოკეანეთა და ზღვების ფართობი – 361 მლნ. კმ².

ჩვენი პლანეტა, სავარაუდოდ, 5 მილიარდი წლის წინ წარმოიქმნა კოსმოსური მტვრისა და აირებისაგან. გამდნარი, გავრვარებული, სწრაფად მბრუნავი მასა ცენტრიდანული მიზიდულობის ძალით უზარმაზარ სფეროდ იქცა.

ინგლისელი მეცნიერი ისააკ ნიუტონი ამტკიცებდა, რომ დედამიწა პოლუსებთან შეზნექილი, ხოლო ეკვატორთან გამოზნექილი იყო; ანუ ჩვენს პლანეტას არა სფეროს, არამედ ელიფსის ფორმა ჰქონდა, რასაც ის დედამიწის ფორმირების დროს, ბრუნვისას წარმოქმნილი, ცენტრისკენული და ცენტრიდანული ძალების ზეგავლენით ხსნიდა და რამაც ეკვატორის მიდამოებში დედამიწის სფეროს გამოზნექა გამოიწვია.

მოგვიანებით, უფრო დეტალური კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ დედამიწას არც ელიფსის და არც კარდეოიდის (დედამიწას, ერთი პერიოდი, გულის ფორმასაც ადარებდნენ) ფორმა არ გააჩნია. მას გეოიდის (ბერძნ. *geoidēs*, < *gē* – დედამიწა და *eidos* – სახე, ტერმინი ეკუთვნის გერმანელ მეცნიერს, იოჰან ლისტინგს) ანუ დედამიწისებური ფორმა აქვს (იხ. სურათი 1.1.1, გვერდი 132).



დავალება:

ა) გამოთვალეთ, რამდენს შეადგენს სხვაობა ეკვატორულ და პოლარულ რადიუსებს შორის ($R_E - R_P$);

ბ) გამოთვალეთ სხვაობა ეკვატორისა და მერიდიანის სიგრძეებს შორის (1ე – 1მ);

გ) შეამოწმეთ, სწორია თუ არა ფორმულა: $\Delta L = 2\pi(R_2 - R_1)$;

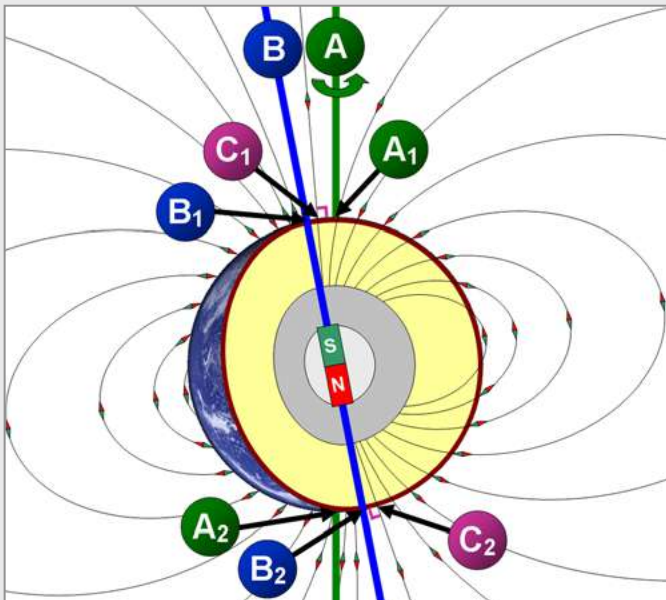
დ) იმსჯელეთ, რითი შეიძლება აიხსნას ფორმულის მართებულობა ან მცდარობა?

ე) რა დასკვნას გამოიტანთ დედამიწის ფორმის შესახებ თქვენ მიერ ჩატარებული გამოთვლების შედეგების მიხედვით?

დავალება:

- (2). გაიხსენეთ ფიზიკის კურსიდან, რა თვისებით ხასიათდება მაგნიტი და როგორ წარმოიქმნება მაგნიტური ველი?

ინგლისელი მეცნიერი უილიამ გილბერტი ჯერ კიდევ 1600 წელს მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ დედამიწა უზარმაზარ მაგნიტია და მას ორი კარგად გამოსახული მაგნიტური პოლუსი აქვს. ამავე დროს, მაგნიტური და გეოგრაფიული პოლუსები ერთმანეთს არ ემთხვევა. ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსი კანადის არქტიკულ არქიპელაგზეა და იგი წელიწადში 10-40 კმ სიჩქარით აღმოსავლეთისკენ გადაადგილდება, ხოლო სამხრეთი მაგნიტური პოლუსი ანტარქტიდის აღმოსავლეთ სანაპიროზე მდებარეობს, მაგრამ ისიც დასავლეთისკენ გადაადგილდება წელიწადში 10-15 კმ სიჩქარით.



სურათი 1.1.2 დედამიწის პოლუსები; A – გეოგრაფიული პოლუსი, B (B1 და B2) – გეომაგნიტური პოლუსი, C (C1 და C2) – მაგნიტური პოლუსი.

დაიმახსოვრე!

- ◀ დედამიწას გეოიდის ფორმა აქვს.

დედამიწის ფორმიდან გამომდინარე, მისი ბრუნვის სიჩქარე უდიდესია ეკვატორის გასწვრივ (0,5კმ/წმ), ხოლო პოლუსებისაკენ კლებულობს. ამიტომაც პოლუსებში მიზიდულობის ძალა მეტია და ზედაპირიც უფრო მიახლოებულია ცენტრთან.

მაგნიტურ პოლუსებს შორის აღძრულ ძალხაზე-ბსმაგნიტურ მერიდიანებს უწოდებენ. ცხადია, რომ გეოგრაფიული მერიდიანები და მაგნიტური ძალხაზები ერთმანეთს არ ემთხვევა. ასეთ მოვლენას მაგნიტური დეკლინაცია (გადახრა, განხრა) ჰქვია. ამასთან ერთად, თუ მაგნიტური ძალხაზი გეოგრაფიული მერიდიანის აღმოსავლეთითაა გადახრილი, მაშინ ადგილი აქვს დადებით დეკლინაციას, ხოლო წინააღმდეგ შემთხვევაში კი დეკლინაცია უარყოფითია. დეკლინაციის სიდიდე 00-დან 1800-მდე იცვლება.

მაგნიტური მერიდიანების ქსელს დედამიწაზე კანონზომიერი გავრცელება ახასიათებს. თუმცა დაკვირვებებით დადგინდა, რომ, არცთუ იშვიათად, გარკვეული უბნების მაგნიტური ელემენტები საერთო კანონზომიერებას არ ემორჩილებიან და საერთო სურათისაგან განსხვავებულ ქცევას ამჟღავნებენ. ამას მაგნიტური ანომალია ჰქვია. მაგნიტური ველის მკვეთრი დახრა ანუ ანომალია სასარგებლო წიაღისეულის არსებობაზე მიუთითებს; ანომალური არეალებია, მაგალითად, ოდესის, კრივოი-როგის, კურსკის, ურალის, ციმბირის, ავსტრალიის, აღმოსავლეთ და სამხრეთ აფრიკის, კანადის რეგიონები, რაც რკინის გამადნებასთანაა დაკავშირებული.

დედამიწის მაგნიტური ველი დროში ცვალებადია. თუ მაგნიტური ელემენტების ცვლა ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში და ნელა მიმდინარეობს, ამ პროცესს საუკუნებრივ ვარიაციას უწოდებენ, ხოლო თუ იგი ხანმოკლეა და სწრაფი, მაშინ საქმე მაგნიტურ ქარიშხალთან გვაქვს, რომელსაც თან სდევს რადიოკავშირებისა და ტელეტრანსლაციების შეფერხება. ასეთ დროს შეუძლებელია კომპასით ორიენტირება.

ამიტომ ამ მოვლენის შესახებ დროულად უნდა იცოდნენ საავიაციო და სანაოსნო ფლოტის სამსახურებმა. სწორედ ამ ცვლილებების გამოა, რომ მაგნიტური რუკების განახლება ყოველ ხუთ წელიწადში ხდება.

გეომაგნიტური ველის არსებობას, მეცნიერულთან ერთად, პრაქტიკული მნიშვნელობაც აქვს: მაგნიტოსფეროს რადიაციული სარტყლები დედამიწის ცოცხალ ორგანიზმებს მზის დამლუპველი გამოსხივებისაგან იცავს; მაგნიტური ველის გავლენით შესაძლებელია საფრენი აპარატების, სანაოსნო საშუალებების, წყალქვეშა გემების სწორი ორიენტირება სივრცეში; ხშირად სამეცნიერო კვლევა-ძიების მიზნით მოწყობილ ექსპედიციებსა თუ ტურისტულ ლაშქრობებში კომპასი ორიენტირების ერთადერთი მაჩვენებელია;

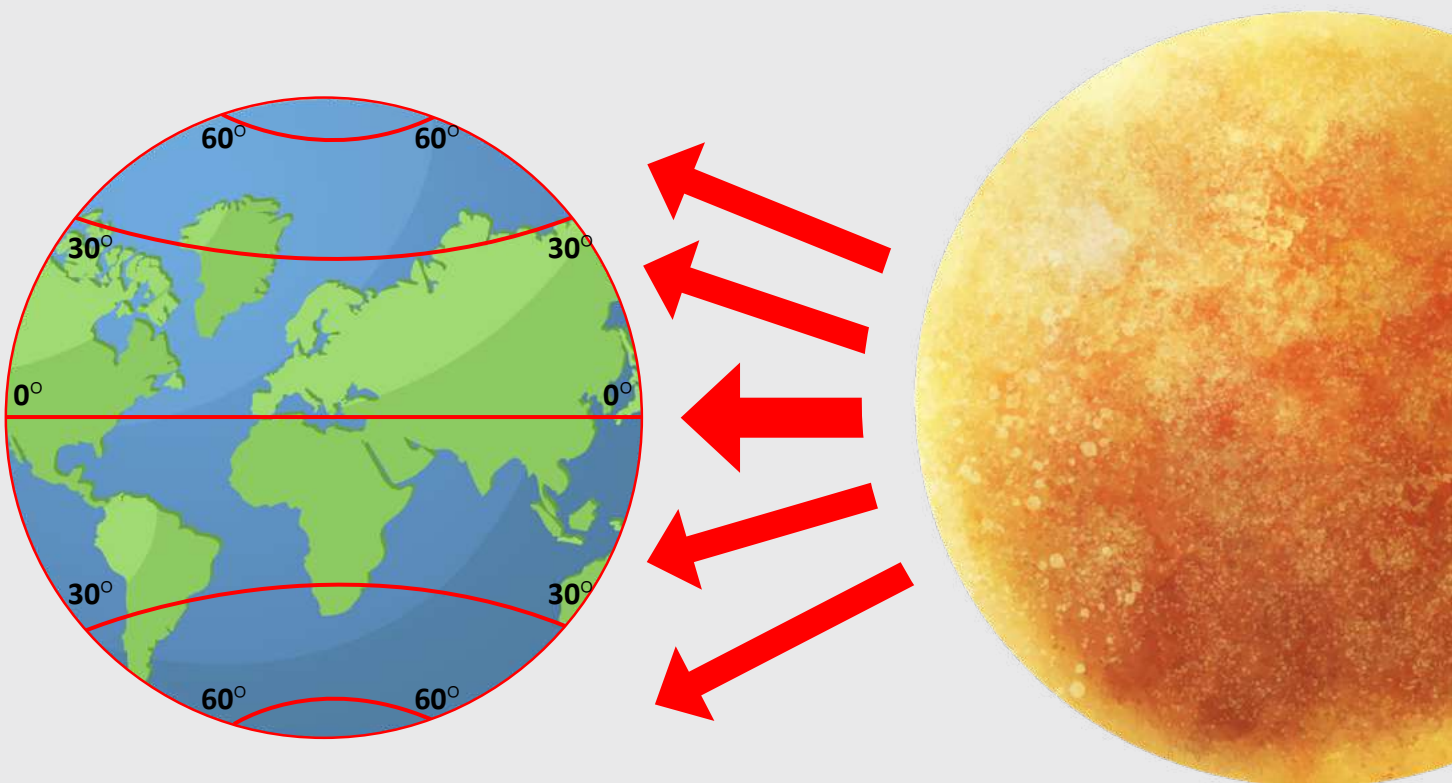
დედამიწა სამყაროს სივრცეში მრავალ მოძრაობას ასრულებს: ის ბრუნავს თავისი წარმოსა-

ხვითი ღერძის გარშემო, მზის გარშემო, მზის სისტემასთან ერთად კი – გალაქტიკის ღერძის გარშემო და სხვ.

დედამიწის ბრუნვას ღერძის გარშემო როგორც პლანეტარული, ისე გეოგრაფიული მნიშვნელობა აქვს. ამ დროს დედამიწის ნებისმიერი წერტილი ერთდროულად განიცდის მიზიდულობასაც და ცენტრიდანული ძალების მოქმედებასაც.

მზე სითბოსა და სინათლის წყაროა. მართალია, ეს მნათობი დედამიწიდან მნიშვნელოვანი მანძილითაა დაშორებული და მისი გამოსხივების მხოლოდ მცირე ნაწილი აღწევს ჩვენამდე, მაგრამ ეს სავსებით საკმარისია ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის არსებობისა და განვითარებისათვის.

სინათლის ძირითადი წყარო – მზე დედამიწის მხოლოდ ამ, მნათობისკენ მიქცეულ ნაწილს ანათებს, ანუ აქ დღეა, ხოლო მოპირდაპირე მხარეზე – ღამე. დედამიწის განათებულ ნახევარსფეროზე



სურათი 1.1.3 დღისა და ღამის ხანგრძლივობა დედამიწაზე წლის სეზონისა და ადგილმდებარეობის მიხედვით იცვლება. დღისა და ღამის ხანგრძლივობა მუდამ თანაბარი მხოლოდ ეკვატორზეა, ხოლო დედამიწის სხვა წერტილებში ზაფხულში დღეების ხანგრძლივობა უფრო დიდია, ვიდრე ზამთარში.

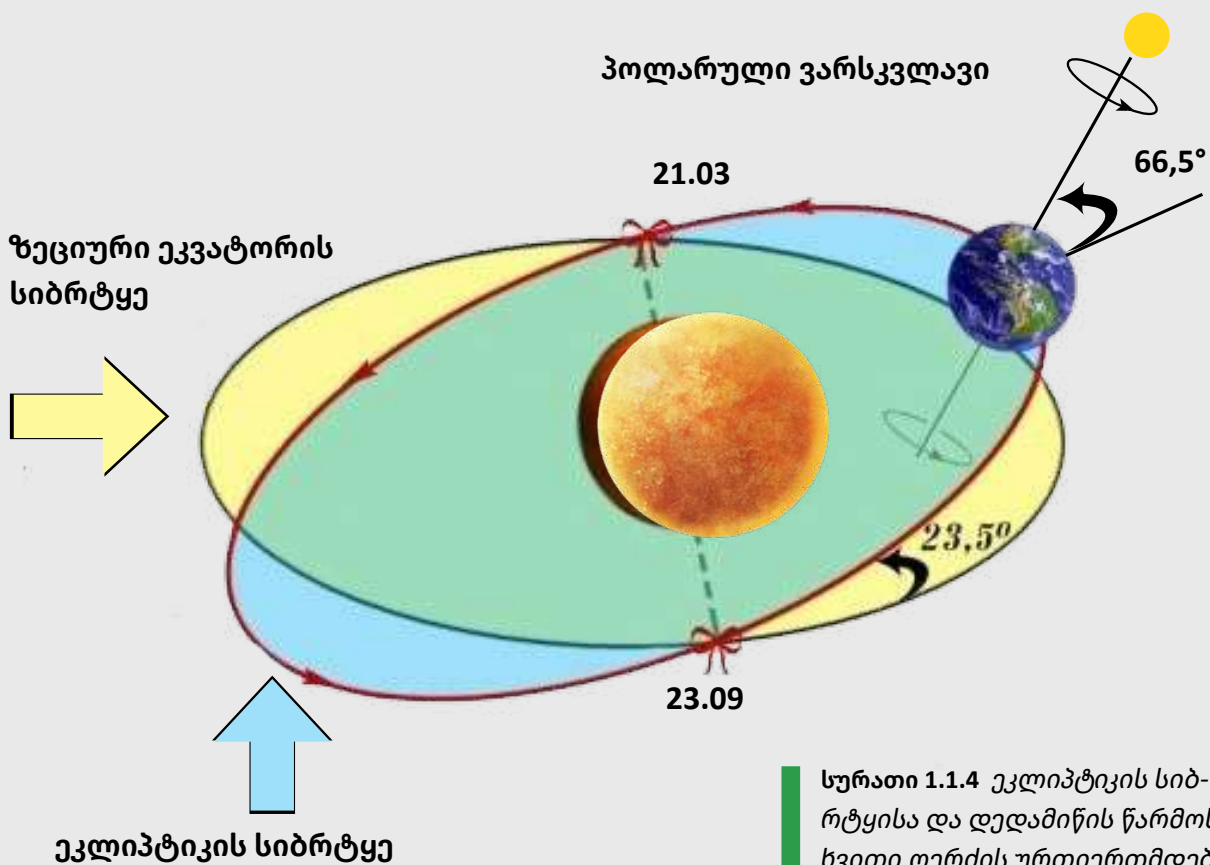
სრულიად განსხვავებული სითბური ბალანსია, ვიდრე საპირისპირო მხარეს. ეს გარემოება პირდაპირ აისახება ისეთი გეოგრაფიული პროცესების განვითარებაზე, როგორებიცაა: ჰაერის მასების მოძრაობა, ტემპერატურების რყევა, ატმოსფერული წნევა და ტენიანობა, ნალექები, აორთქლება, ღრუბლიანობა და სხვ. გეოგრაფიული გარსის ჩამოყალიბების უმთავრეს განმაპირობებელ ფაქტორს დედამიწაზე მზის ენერგიის შემოსვლა წარმოადგენს (იხ. სურათი 1.1.3, გვერდი 134).

დავალება:

- (3) იმსჯელეთ, რა მოხდებოდა, დედამიწა თავისი ღერძის გარშემო რომ არ ბრუნავდეს?

დედამიწის წარმოსახვითი ღერძი ეკლიპტიკის (დედამიწის ორბიტის სიბრტყე) სიბრტყის მიმართ $66^{\circ}27'$ -ით არის დახრილი და გადახრის ეს კუთხე არასოდეს იცვლება. დედამიწის ორბიტას ელიფსის ფორმა აქვს და მისი სიგრძე 940 მლნ. კმ-ია. ჩვენი პლანეტა მზის ირგვლივ საშუალოდ 29კმ/წმ სიჩქარით მოძრაობს და ამ მანძილის გავლას 365 დღე-ღამეს, 6 საათს, 9 წუთსა და 9 წამს ანდომებს.

ეკლიპტიკის სიბრტყე ზეციური ეკვატორის სიბრტყესთან $23,5^{\circ}$ -იან კუთხეს ქმნის. მზე ცის სფეროს ეკვატორის სიბრტყისა და ეკლიპტიკის სიბრტყის გადაკვეთის ღერძზე მდებარეობს. 6 თვის განმავლობაში დედამიწა ცის სფეროს ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში იმყოფება, 6 თვე – სამხრეთ ნახევარსფეროში.

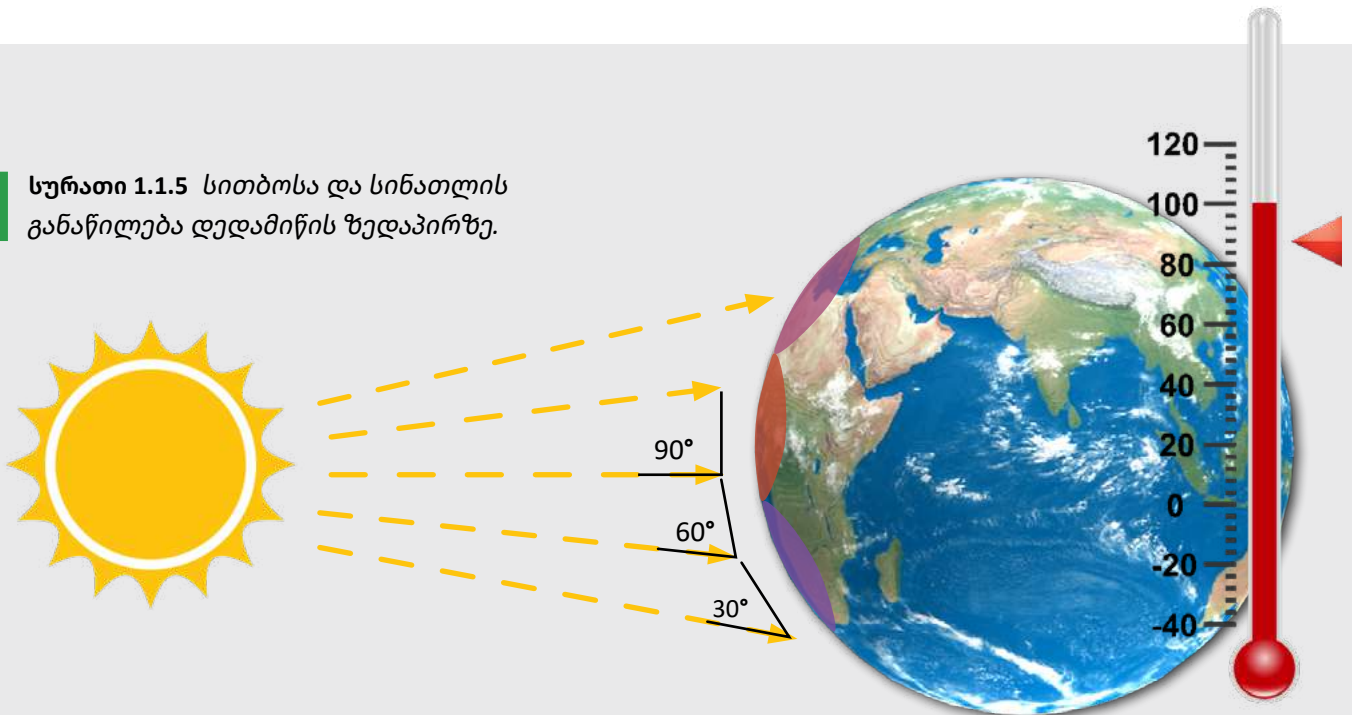


სურათი 1.1.4 ეკლიპტიკის სიბრტყისა და დედამიწის წარმოსახვითი ღერძის ურთიერთმდებარეობა.

როდესაც დედამიწა ცის სფეროს ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში იმყოფება, მზე დედამიწის სამხრეთ ნახევარსფეროს უკეთესად ანათებს და ამ დროს სამხრეთ ნახევარსფეროში ზაფხულია, ხოლო ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში – ზამთარი;

და პირიქით: როდესაც დედამიწა ცის სფეროს სამხრეთ ნახევარსფეროშია, მაშინ ჩრდილოეთ ნახევარსფერო მეტად ნათდება და, შესაბამისად, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ზაფხულია, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში – ზამთარი.

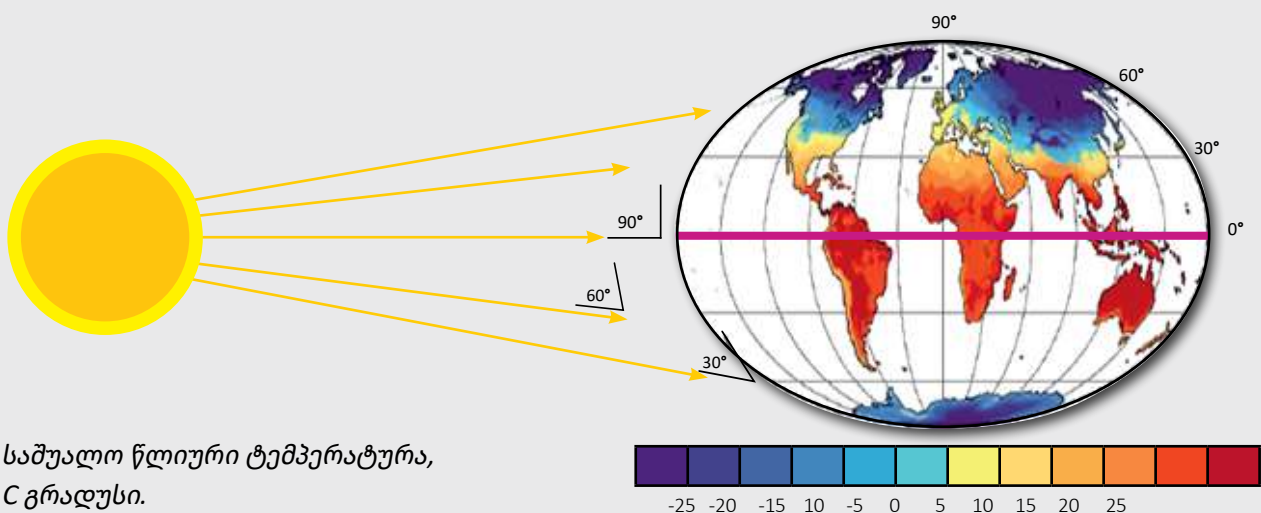
სურათი 1.1.5 სითბოსა და სინათლის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე.



ტერიტორიები, რომლებიც მზის სხივებით ძლიერ თბება

ტერიტორიები, რომლებიც მზის სხივებით ნაკლებად თბება

ტერიტორიები, რომლებიც მზის სხივებით თითქმის არ თბება



საშუალო წლიური ტემპერატურა, C გრადუსი.

დავალება:

- (4) როგორ ფიქრობ, რა მოხდებოდა, დედამიწის წარმოსახვითი ღერძი ორბიტის სიბრტყის მიმართ დახრილი კი არ იყოს, არამედ მართობულად მდებარეობდეს?

დედამიწის სფერულობის, მისი წარმოსახვითი ღერძის მუდამ ერთი მიმართულებით დახრის და ორბიტის სიბრტყის მიმართ დახრის გამო, მზის სხივები დედამიწის ზედაპირზე არათანაბრად ნაწილდება და, შესაბამისად, მისი ზედაპირი არათანაბრად ნათდება და თბება, რის გამოც ჩვენი პლანეტის სხვადასხვა რეგიონი სითბოსა და სინათლის სხვადასხვა რაოდენობას იღებს (იხ. სურათი 1.1.5, გვერდი 136).

დავალება:

- (5) გაანალიზეთ სურათები „სითბოსა და სინათლის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე“ და ახსენით:

ა) როგორ იცვლება ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა დედამიწის ზედაპირზე და რა არის ამ ცვლილების გამომწვევი მიზეზები?

ბ) სად იქნება ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა უფრო მაღალი – თბილისში, სინგაპურსა თუ პარიზში?

რაც უფრო მაღლაა მზე ჰორიზონტზე, მით უფრო მვეულად ეცემა მისი სხივები, მით უფრო მეტად თბება დედამიწის ზედაპირი, ხოლო მისგან კი – ჰაერი; და პირიქით: რაც უდრო დაბლაა მზე ჰორიზონტზე, მით უფრო ნაკლებია მზის სხივების დაცემის კუთხე და დედამიწის ზედაპირიც ნაკლებად თბება.

ეკვატორზე მზის სხივები ვერტიკალურად ეცემა და ისინი მნიშვნელოვნად ათბობენ დედამიწას. რაც უფრო ვშორდებით ეკვატორს, მით უფრო მცირდება სხივის დახრის კუთხე და, შესაბამისად, ეს ტერიტორიები ნაკლებ სითბოს იღებს. ტროპი-

კები და პოლარული წრეები დედამიწის ზედაპირს სითბურ სარტყლებად ყოფენ, რომლებიც მზისგან მიღებული სითბოსა და სინათლის რაოდენობით განსხვავდებიან.

დედამიწაზე ხუთი სითბური სარტყელი გამოიყოფა:

ჩრდილოეთისა და სამხრეთის პოლარული (ცივი) სარტყლები, რომლებიც ჩრდილოეთი პოლარული წრის ჩრდილოეთით და სამხრეთი პოლარული წრის სამხრეთით მდებარეობენ და ამიტომ მცირე რაოდენობით სინათლესა და სითბოს იღებენ; პოლარულ სარტყლებზე დედამიწის ზედაპირის 8% მოდის.

ჩრდილოეთისა და სამხრეთის ტროპიკებს შორის მდებარეობს ტროპიკული ანუ ცხელი სარტყელი, რომელსაც დედამიწის ზედაპირის 40% უკავია.

ჩრდილოეთი და სამხრეთი ზომიერი სარტყლები, რომლებიც ტროპიკებსა და პოლარულ წრეებს შორის მდებარეობენ და, შესაბამისად, უფრო მეტ სინათლესა და სითბოს იღებენ, ვიდრე პოლარული ზონები, მაგრამ ნაკლებს, ვიდრე ტროპიკული სარტყელი. ზომიერ სითბურ სარტყლებს დედამიწის ზედაპირის 52% უჭირავს (იხ. სურათი 1.1.6, გვერდი 138).

დავალება:

- (6) სურათის (იხ. სურათი 1.1.6, გვერდი 138) „დედამიწის სითბური სარტყლები“ და მსოფლიოს პოლიტიკური რუკის გამოყენებით დაადგინე, რომელ სითბურ სარტყლებში მდებარეობენ:

ა) ევროპა, აფრიკა და სამხრეთი ამერიკა?

ბ) საქართველო, ჩილე, ნორვეგია, ტანზანია, მონღოლეთი, კანადა?

დედამიწაზე ყველაზე მეტად ეკვატორსა და მის მახლობლად, ტროპიკებში ცხელა, რადგან ამ რეგიონში მზე ყოველთვის ზენიტშია და მზის სხივები დედამიწის ზედაპირს მვეულად ეცემა.

თუმცა ეკვატორთან მდებარე ზოგიერთ რეგიონში ზაფხულში წვიმიანი სეზონია, ზამთარში კი – მშრალი. ზომიერ სარტყლებში წელიწადის ოთხივე სეზონი კარგადაა გამოხატული. პოლუსებთან მზის სხივები განიბნევა და მათ მეტი მანძილის გავლა უწევთ. აქ ზაფხულში, შუადღისასაც კი მზე ჰორიზონტთან ახლოსაა და ამიტომ მთელი წლის განმავლობაში ძალიან ცივა. ჩრდილოეთსა და სამხრეთ პოლუსებთან მხოლოდ ორი სეზონია: ნათელი და ბნელი სეზონები.

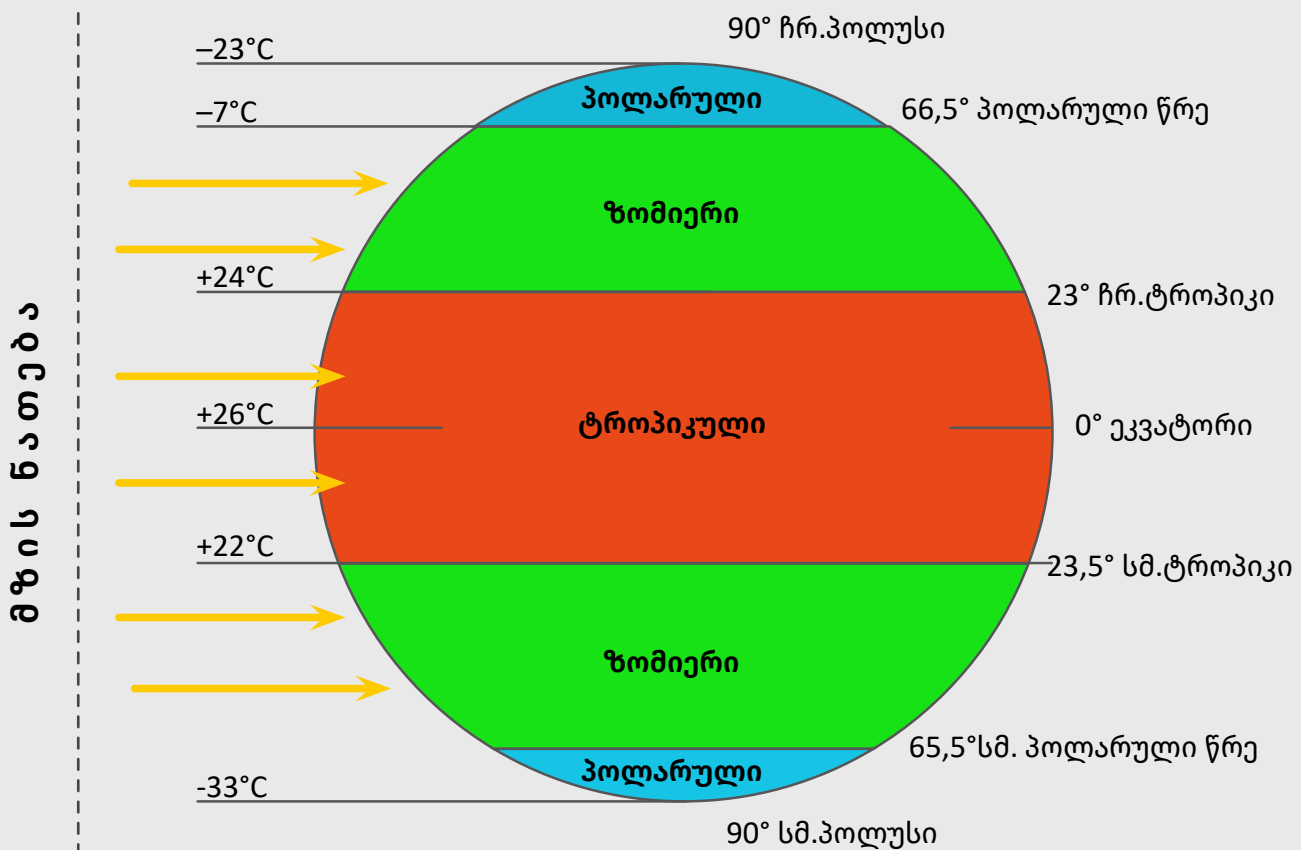
ამრიგად, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, სწორედ დედამიწის სფეროსებურობიდან გამომდინარეობს შემდეგი შედეგები: დედამიწის ზედაპირზე სითბოსა და სინათლის არათანაბარი განაწილება ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ სითბოს თანდათანობით შესუსტებასა და, ამავე მიმართულებით, გეოგრაფიული ზონების (სარტყლების) ფორმირებას იწვევს, რაც გეოგრაფიულ გარსში

დაიმახსოვრე!

რაც მეტია მზის სხივების დაცემის კუთხე დედამიწის ზედაპირზე, მით მეტად ნათდება და თბება იგი.

ზედაპირის განათება და გათბობა დედამიწაზე მის მდებარეობაზეა დამოკიდებული: რაც უფრო ახლოსაა ეკვატორთან, მით უფრო მეტად თბება ზედაპირი, ხოლო რაც უფრო სცილდება ეკვატორს პოლუსებისკენ, მზის სხივების დაცემის კუთხე მცირდება და, შესაბამისად, ზედაპირიც ნაკლებად თბება.

მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების გამოვლინების ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია.



სურათი 1.1.6 დედამიწის სითბური სარტყლები.

დავალება:

- (7). ახსენი, რატომ იცვლება მზის სიმაღლე წლის განმავლობაში?
- (8). რომელი ნახევარსფერო იქნება მზისკენ მიმართული, როცა საქართველოში 22 დეკემბერია?
- (9). ახსენი, როგორ გესმის გამოთქმა: „დედამიწის სფერულობა მასზე ბუნების მრავალფეროვნებას განაპირობებს“. მოიყვანე ამის დამადასტურებელი არგუმენტები.

✶ ეს საინტერესოა!

თანამედროვე გაანგარიშებებმა გვიჩვენა, რომ დედამიწის რადიუსი ჩრდილოეთ პოლუსზე 70-100 მეტრით გრძელია სამხრეთ პოლუსის რადიუსზე. გამოდის, რომ დედამიწა სამხრეთ პოლუსზე ჩაზნექილია, ხოლო ჩრდილოეთზე – ამოზნექილი. ასეთ ფიგურას კარდიოიდული ელიფსოიდი ეწოდება.

დაახლოებით 4 ათასი წლის წინ ჩინეთში, უკვე იცოდნენ რა დედამიწის მაგნიტური ველის არსებობა და მისი ბუნება, შორეულ უდაბნოებში მოგზაურობისას წარმატებით იყენებდნენ მიმართულების მიმანიშნებელ მაგნიტურ თვისებას.

შუა საუკუნეებში ევროპელმა მეზღვაურებმა შეამჩნიეს, რომ თავისუფლად მოძრავი მაგნიტური ისრის ერთი ბოლო ყოველთვის ჩრდილოეთისკენაა მიმართული, ხოლო მეორე – სამხრეთისკენ. ამ პრინციპის საფუძველზე შეიქმნა კომპასი, რომელმაც უდიდესი სამსახური გაუწია მოგზაურებს წარსულში და უწევს ახლაც.

უძველესი დროიდან ცნობილია, რომ ბუნებაში არის რკინის მადნები, რომლებიც რკინის საგნებს იზიდავენ. რადგან ასეთი ქანი ცნო-

ბილი იყო, კერძოდ, მცირე აზიის ქალაქ მაგნეზიასთან, მას **მაგნეტი** (მაგნიტი) დაერქვა.

დედამიწის ზედაპირი სითბოს მხოლოდ დღის განმავლობაში იღებს.

დედამიწის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა + 15° C-ია.

დღისა და ღამის ხანგრძლივობა ყველაზე მეტად პოლუსებზე იცვლება. იქ ზაფხულში 24 საათის განმავლობაში დღეა, ხოლო ზამთარში – ღამე. მხოლოდ წელიწადში 2-ჯერ, 21 მარტს და 23 სექტემბერს დღისა და ღამის ხანგრძლივობა ერთნაირია მთელს დედამიწაზე და ის 12 საათის ტოლია. ამ დღეებში ერთნაირად ნათდება ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროები, მზე ზენიტში იმყოფება ეკვატორზე, ხოლო ტერმინატორი (სინათლისა და სიბნელის გამყოფი ხაზი პლანეტის ზედაპირზე) პოლუსებზე გადის.

ჩრდილოეთ ტროპიკის ჩრდილოეთით და სამხრეთ ტროპიკის სამხრეთით მზე ზენიტში არასოდეს არის, იგი ამ წრეებს შორის მიმოიქცევა. ამიტომ მათ მოქცევის წრეებსაც უწოდებენ.

ჩრდილოეთ ტროპიკულ წრეს – კირჩხიბის ტროპიკს, ხოლო სამხრეთ ტროპიკულ წრეს **თხის რქის ტროპიკს** უწოდებენ.

როდესაც მზე ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ტროპიკზე ზენიტში იმყოფება, ჩრდილოეთ ნახევარსფერო მაქსიმალურად ნათდება და ჩრდილოეთ პოლარული წრის ჩრდილოეთში პოლარული დღეები იწყება. ამ დროს სამხრეთ ნახევარსფეროში, პოლარული წრის შიგნით, პოლარული ღამეების დაწყების დრო დგება.

პოლუსებზე პოლარული დღეები და ღამეები ნახევარ წელიწადს გრძელდება. პოლუსებიდან მოშორებით პოლარული დღეებისა და ღამეების ხანგრძლივობა თანდათანობით კლებულობს: ზაფხულის ნახუნიობის დროს, 80° პარალელზე, 127 დღე-ღამის მანძილზე სულ დღეა, 70°-ზე – 60 დღე-ღამე, ხოლო 66, 5°-ზე – მხოლოდ 1 დღე-ღამე.

მსოფლიო ოკეანე

1.2. მსოფლიო ოკეანე

მსოფლიო ოკეანე დედამიწის ზედაპირის მომცველი უწყვეტი გარსია, რომელიც გარს აკრავს კონტინენტებსა და კუნძულებს; ოკეანის ცნებაში ხშირად წყლის მასის ქვეშ მდებარე დედამიწის ქერქი და მანტიაც იგულისხმება. ოკეანის ცალკეულ ნაწილებში მკვეთრად განსხვავებული ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური და გეოლოგიური პროცესები მიმდინარეობს. ოკეანის წყალი განუწყვეტლივ მოძრაობს და ურთიერთქმედებს ატმოსფეროსა და ლითოსფეროსთან. ოკეანის სხვადასხვა ნაწილის რეჟიმი დაკავშირებულია ასტრონომიულ ფაქტორებთან და განედურ ზონალობას ექვემდებარება. ოკეანის წყალი მზისგან მიღებული სითბოს უზარმაზარი რეზერვუარია. დინებების მეშვეობით ამ სითბოს გადანაწილება მნიშვნელოვნად განაპირობებს ჰავას ხმელეთის დიდ სივრცეებზე.

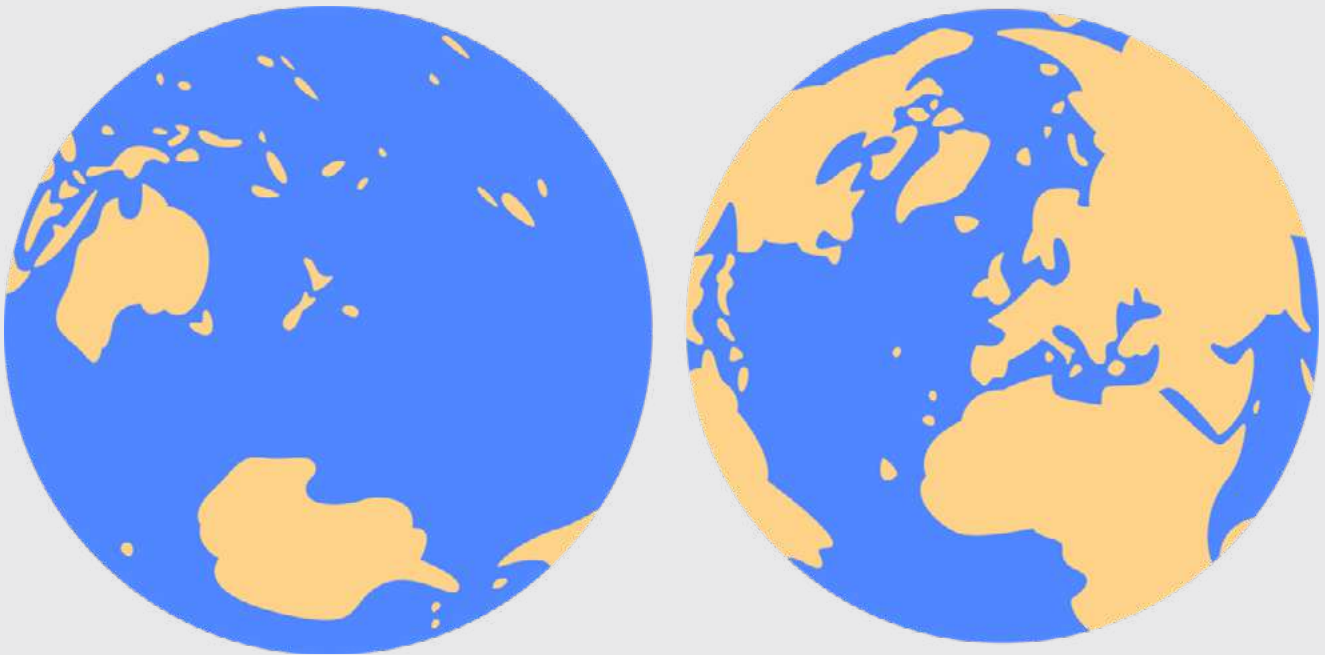
დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების ეპოქიდან მოყოლებული, ოკეანე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კაცობრიობისათვის, როგორც სატრანსპორტო გზა, საკვები პროდუქტების, ენერგეტიკის, ქიმიური და მინერალური რესურსების წყარო. მსოფლიო ოკეანე პლანეტის „ფილტვებია“, ის აწარმოებს ჟანგბადს, არეგულირებს გლობალურ კლიმატს, არის წყლის მთავარი რეზერვუარი და საბინადრო გარემო ცოცხალი სამყაროსთვის. გარდა ამისა, მსოფლიო ოკეანე ამცირებს ატმოსფეროში სასათბურე აირების რაოდენობას.

ბაიხსენე

1. როგორაა განაწილებული წყალი დ ხმელეთი დედამიწის ზედაპირზე?
2. როგორია წყლის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები?
3. რა არის ჰიდროსფერო და რა ნაწილებისგან შედგება იგი?
4. რამდენი ოკეანეა დედამიწაზე და რა ნაწილებისგან შედგება იგი?
5. როგორ ზომავენ ოკეანის სიღრმეებს?
6. რა მნიშვნელობა აქვს ოკეანის რელიეფის შესწავლას?
7. რა არის ტალღების წარმოქმნის მთავარი მიზეზები?
8. რა არის ოკეანური დინება, როგორი დინებები არსებობს და როგორ აღინიშნება ისინი რუკაზე?

ჰიდროსფეროს ძირითადი ნაწილია. იგი ერთიანია, დედამიწის ზედაპირის თითქმის 3/4 ნაწილი (361 მლნ კმ² ანუ 71%) უკავია და ჰიდროსფეროს წყლების 96,5 %-ს (1,34 მლრდ კმ³) მოიცავს.

დედამიწის ზედაპირი ხმელეთისა და წყლის



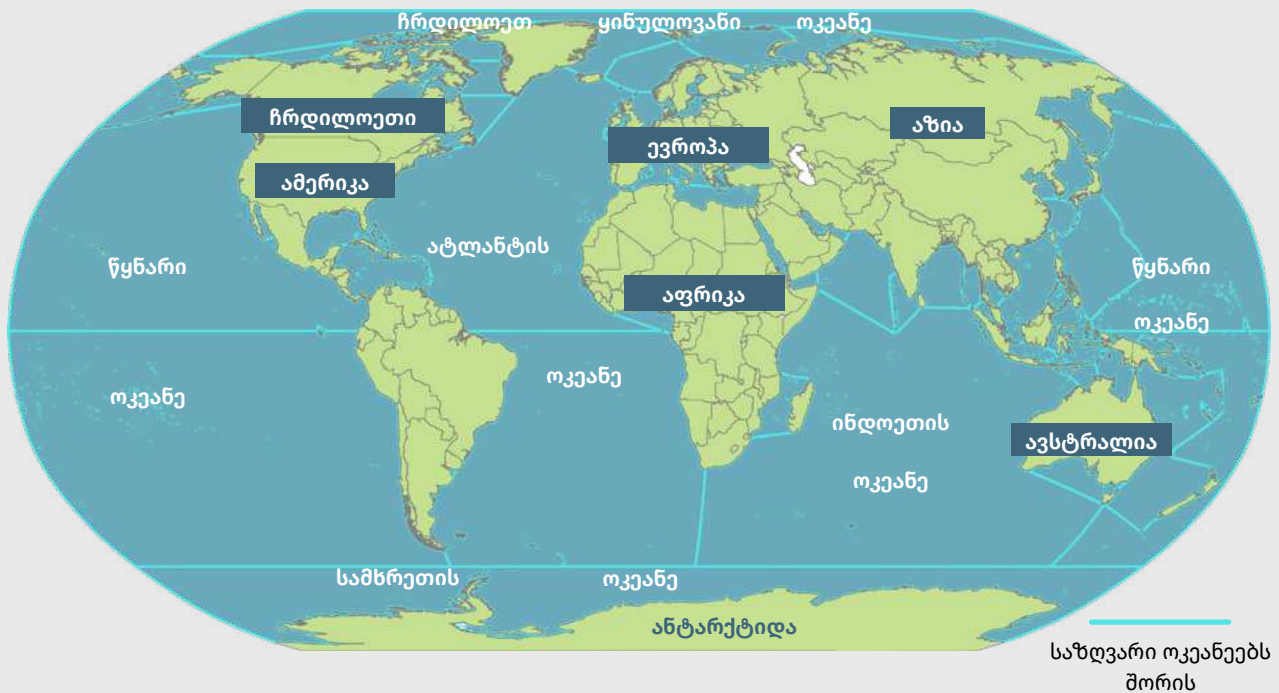
სურათი 1.2.1 ოკეანური და კონტინენტური ნახევარსფეროები.

განაწილების მიხედვით შეიძლება ოკეანურ და კონტინენტურ ნახევარსფეროებად დავყოთ. ამასთან, ოკეანურ ნახევარსფეროში მსოფლიო ოკეანის წყლებს ფართობის 90,5 % უკავია, ხოლო კონტინენტურ ნაწილში – 52,7 %.

განუსაზღვრელია ოკეანის მნიშვნელობა. ხმელეთზე კაცობრიობის არსებობა მთლიანად ოკეანის წყალზეა დამოკიდებული. ოკეანე ტენბრუნვის უმთავრესი კვანძია იმ სისტემაში, რომელიც ოკეანე-ატმოსფერო-კონტინენტების ურთიერთმოქმედებათა კავშირებს მოიცავს. დედამიწის ატმოსფეროს ტენიანობა, დრუბლების ფორმირება და, აქედან გამომდინარე, სიცოცხლის მრავალფეროვნება მეტწილად ოკეანეებიდან აორთქლებული წყლის დამ-

სახურებაა. იგი უდიდეს გავლენას ახდენს იმ ფაქტორებზე, რომლებიც დედამიწის ზედაპირის სითბური რეჟიმის ჩამოყალიბებას იწვევს. აღნიშნული ბუნებრივი სისტემა პლანეტარული გამათბობელისა და თერმორეგულატორის ფუნქციებს ასრულებს. ამავე დროს, ოკეანე ბიოლოგიური და მინერალური რესურსების საგანძური, საკონტინენტთაშორისო კავშირების საშუალება და სვალინდელი დღის – კაცობრიობის მომავლის განმსაზღვრელი ფაქტორია.

მსოფლიო ოკეანე 5 ოკეანედ იყოფა, რომლებიც თავიანთი მორფოლოგიური მაჩვენებლებით (იხ. ცხრილი, გვერდი 142) ერთმანეთისგან განსხვავდებიან.



სურათი 1.2.2 საზღვრები მსოფლიო ოკეანის ნაწილებს შორის.

ოკეანე	ფართობი, მლნ კმ ²	მოცულობა, მლნ კმ ³	საშუალო სიღრმე, მ	ყველაზე ღრმა ადგილი, მ
აშტანტის	91,6	329,7	3600	პუერტო-რიკოს ღრმული, 8742
ინდოეთის	73,556	292,1	3890	ზონდის ღრმული, 7725
ჩრდილოეთი ყინულოვანი (არქტიკის)	14,75	18,1	1225	გრენლანდიის ზღვაში, 5527
წყნარი	169,2	710	4280	მარიანის ღრმული, 11 034
სამხრეთის	20,327	72,37	3270	სამხრეთ სანდვიჩის ღრმული, 8264

ცხრილი 1.2.1 ოკეანეების ზოგიერთი მორფოლოგიური მაჩვენებელი

დავალება:

- (1) გააანალიზე ცხრილში „ოკეანეების ზოგიერთი მორფოლოგიური მაჩვენებელი“ მოცემული მონაცემები და წარმოადგინე დიაგრამების სახით.

მსოფლიო ოკეანეს სხვადასხვა გეოგრაფიული მახასიათებელი აქვს, რომელთაგან მნიშვნელოვანია: ფსკერის რელიეფი, წყლის ტემპერატურა, მარილიანობა, ოკეანური ღრმები, მცენარეთა და ცხოველთა სამყარო და სხვა. ოკეანეების წყლის ტემპერატურა და ოკეანური ღრმები გავლენას ახდენს მიმდებარე ტერიტორიების ჰავის ფორმირებაზე, მარილიანობა – წყლის

ორგანული სამყაროს განვითარებაზე, მათი გავრცელების გეოგრაფიაზე და ა.შ.

მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფი რთული და არაერთგვაროვანია. იგი რამდენიმე ნაწილისაგან შედგება. ოკეანეებში არსებობს წყალქვეშა ქედები, ვაკეები და ღრმულები.

კონტინენტების სანაპიროების გასწვრივ წყლის ზედაპირიდან 200 მეტრამდე ყველაზე თავთხელი ნაწილი – შელფი ანუ კონტინენტური თავთხელი (კონტინენტური მეჩეჩი) მდებარეობს, რომელსაც სუსტად დახრილი ვაკე ზედაპირი აქვს, სიგანე კი რამდენიმე ასეულ კილომეტრს აღწევს. შემდეგ მოდის კონტინენტური

კალთა (კონტინენტური ფერდობი), რომელიც ოკეანეში 200მ-დან 3000 მ სიღრმემდე საკმაოდ ციცაბოდ ეშვება და თანდათან მსოფლიო ოკეანის ფსკერს უერთდება. ოკეანური ფსკერის ფარგლებში გამოყოფენ ოკეანურ ღრმულებს, რომლებიც 6კმ-ზე უფრო ღრმად მდებარეობენ.

თითქმის ყოველი ოკეანის შუაში აღმართულია ქედები, რომელთა ერთიანი „ჯაჭვი“ თითქმის 70000 კმ-ზეა გადაჭიმული. ზოგიერთი მათგანის მწვერვალები კუნძულების სახით ოკეანის ზედაპირზე ამოდის. მაგალითად, ასეთებია ჰავაის, კურილიის კუნძულები და სხვ.



სურათი 1.2.3 ოკეანის ფსკერის რელიეფი.

დავალება:

- (2). როგორ ფიქრობ, სად უფრო სწრაფად ხდება რელიეფის ფორმების შეცვლა, წყალში თუ ხმელეთზე? და რატომ?

ოკეანეების ცალკეულ ნაწილებში მკვეთრად განსხვავებული ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური და გეოლოგიური პროცესები მიმდინარეობს. ყოველწლიურად ოკეანის ფსკერზე 30 მლრდ

ტონა მასალა ილექება, რომელიც ორი სახისაა: კონტინენტური, ე.ი. ხმელეთიდან ჩატანილი (თიხა, ქვიშა და სხვ.); და ოკეანური, ანუ უშუალოდ ოკეანეში წარმოქმნილი (ორგანიზმების ნაშთებისგან წარმოქმნილი ქანები, ნიჟარები და სხვ.). კონტინენტური ნალექები ზღვის ფსკერის დაახლოებით 1/4-ს ფარავს, 3/4 კი ოკეანურ ნალექებს უკავია. ამჟამად კონტინენტური ნალექების სისქე – 4000 მეტრს, ოკეანური ნალექებისა კი 200 მეტრს არ აღემატება

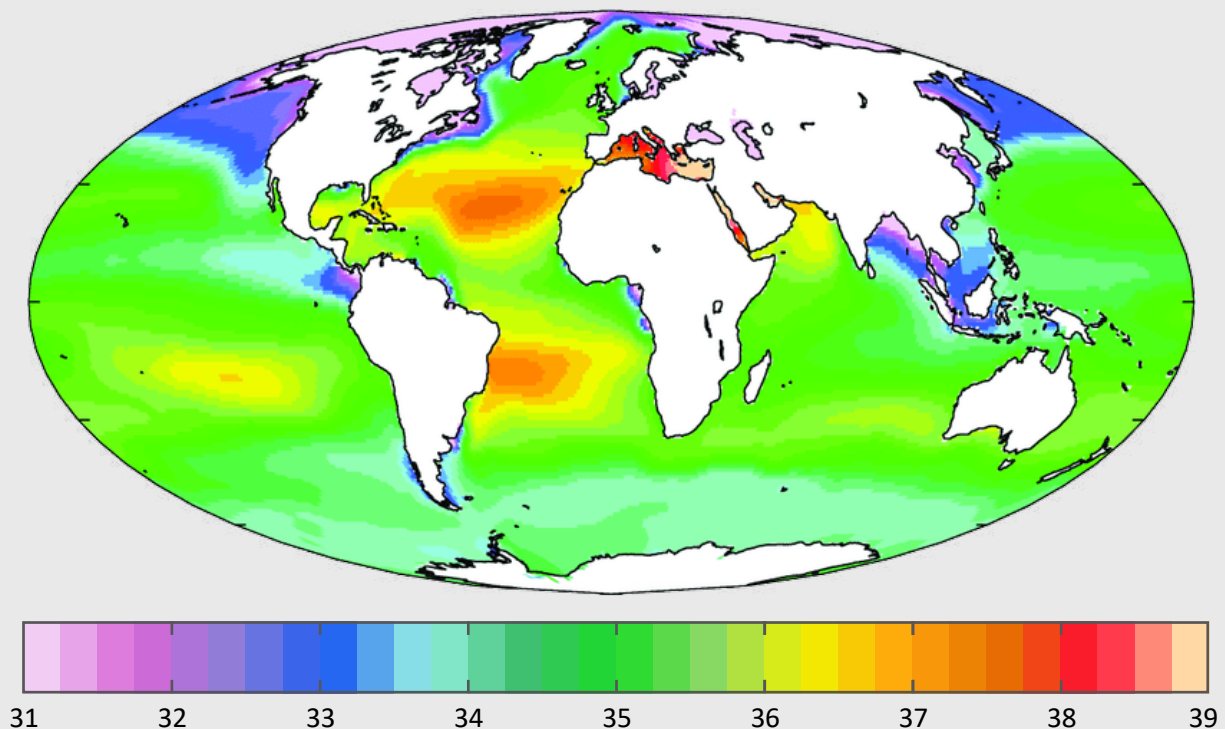
დავალება:

- (3). როგორ ფიქრობ, რატომაა კონტინენტური ნალექები უფრო მეტი ოკეანურთან შედარებით?

ოკეანის წყალი ხსნარია, რომელიც დედამიწაზე არსებულ ყველა ქიმიურ ელემენტს შეიცავს. ამიტომ მას ხშირად თხევად მაღანსაც უწოდებენ. ოკეანის წყალში გახსნილია მყარი მინერალური ნივთიერებები, გაზები და ორგანული მატერიის დიდი ნაწილი. წყლის საერთო ქიმიურ კონცენტრაციაზე გავლენას ახდენს მტკნარი წყლების შედინება, ზედაპირიდან აორთქლება, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა და მოსვლის რეჟიმი, ყინულების წარმოშობა და დნობა. ასევე, დიდ როლს ასრულებენ ცოცხალი ორგანიზმები. ოკეანის სხვადასხვა ნაწილის რეჟიმი დაკავშირებულია

ბულია ასტრონომიულ ფაქტორებთან და განედურ ზონალობას ექვემდებარება.

ოკეანის წყლის მარილიანობა საკმაოდ მდგრადი თანაფარდობითა და ამ მაჩვენებლის მუდმივობით გამოირჩევა. მსოფლიო ოკეანის წყლის საშუალო მარილიანობა 35‰-ა. ოკეანის წყლის მარილიანობაში ჭარბობს ნატრიუმისა (NaCl) და მაგნიუმის (MgCl) ქლორიდები (88,7%), რაც წყლის 31‰-იან მარილიანობაში ვლინდება. რაც შეეხება სულფატებისა (MgSO₄, CaSO₄, K₂SO₄) და კარბონატების (CaCO₃) უმნიშვნელო რაოდენობას – მათი წილი 11,3 %-მდე აღწევს, რაც მხოლოდ 4‰-ს შეადგენს. ამდენად, ოკეანის წყალში უმთავრესად ქლორიდები განსაზღვრავენ მარილების როგორც საერთო კონცენტრაციას, ისე წყლის მწარე – მარილიან მლაშე გემოს.



სურათი 1.2.4 მსოფლიო ოკეანის წყლის საშუალო მარილიანობა, ‰

სურათის წყარო: ➔ Annual mean sea surface salinity for the World Ocean.

Data from the World Ocean Atlas 2009.

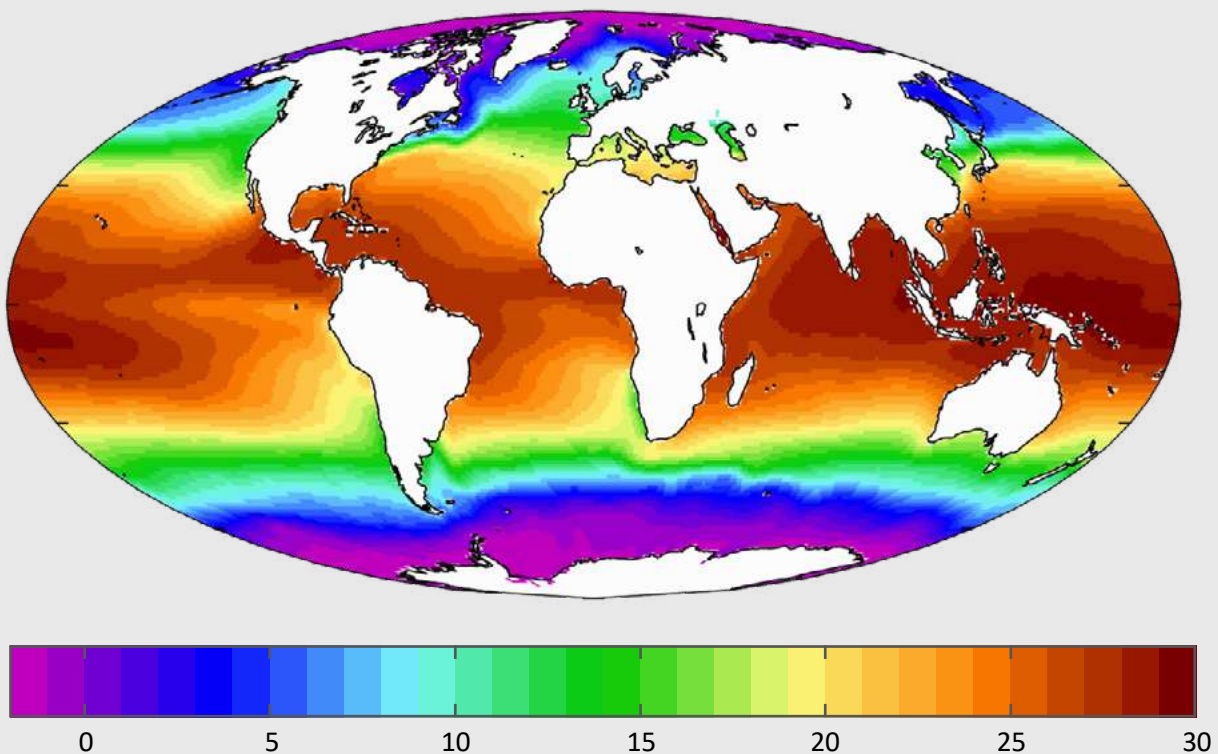
ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ოკეანური წყლის ტემპერატურა რამდენადმე მეტია მის მოპირდაპირე აკვატორიასთან შედარებით. ეს მოვლენა, წყლის სითბოტევადობის გავლენასთან ერთად, ხმელეთის არათანაბარი განაწილებით, სამხრეთ ნახევარსფეროში მძლავრი მყინვარის არსებობითა და მოპირდაპირე პოლარულ მხარეში ზღვების მეტ-ნაკლები იზოლირებითაა გამოწვეული.

მსოფლიო ოკეანის წყლის ტემპერატურა დიდ გავლენას ახდენს მიმდებარე ტერიტორიების ჰაერის ტემპერატურაზე. წყლის ყველაზე მაღალი ტემპერატურა მსოფლიო ოკეანის ზედაპირზე, ნაპირებისაგან დაშორებით, ეკვატორულ სარტყელში აღინიშნება და საშუალო წლიურ 28° -ს აღწევს. სუბტროპიკებიდან პოლარული წრეების მიმართულებით წყლის ზედაპირის საშუალო წლიური ტემპერატურა სწრაფად კლებულობს, ზამთარში კი ამ წრეების სიახლოვეს იმდენად

ცივა, რომ ოკეანე იყინება. ზღვის წყალი იყინება 0° -ზე დაბალი ტემპერატურის დროს. რაც უფრო მეტია ზღვის წყლის მარილიანობა, მით უფრო დაბალია მისი გაყინვის ტემპერატურა.

მსოფლიო ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება შეუდარებლად ნაკლებია, ვიდრე კონტინენტების ჰაერის წლიური ტემპერატურის რყევა. ოკეანის უმცირესი ტემპერატურა -2° -ს შეადგენს, ხოლო უდიდესი $+38^{\circ}$ -ს აღწევს, ტემპერატურის დღე-ღამური რყევა კი 10° -ზე მეტი არ არის. კონტინენტების ჰაერის ტემპერატურის სეზონური ცვლის აბსოლუტური მაჩვენებელი ოკეანურ ანალოგს 2,5-ჯერ აღემატება.

ოკეანის წყლის ტემპერატურა მის სიღრმეზეცაა დამოკიდებული. ზედა ფენა – ზედაპირიდან 200 მ სიღრმემდე – თბილია, რადგან მას მზე ათბობს. მოძრაობისას თბილი წყალი შეერევა და ტემპერატურას უცვლის მოსაზღვრე ფენას, რომელიც



სურათი 1.2.5 მსოფლიო ოკეანის ზედაპირის წყლის საშუალო წლიური ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$.

სიდრეში 1000 მ-მდე ვრცელდება. შემდეგ ცივი ფენაა, იქ მზის სხივი ძნელად აღწევს და წყალიც თითქმის არ მოძრაობს. სულ ქვემოთ, ფსკერის

ყველაზე ღრმა ადგილებში, სადაც მზის სინათლე საერთოდ ვერ აღწევს, წყალი ყინულივით ცივია და ძალიან ბნელა (იხ. სურათი 1.2.5, გვერდი 145).

მახასიათებლები	პოლარული სარტყლები	ზომიერი სარტყლები	ტროპიკული სარტყელი
ნალექი (P) და აორთქლება (E)	$P > E$	$P > E$	$E > P$
ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურა ზამთარში	-2°C	$5 - 20^{\circ}\text{C}$	$20 - 25^{\circ}\text{C}$
საშუალო მარილიანობა	$28\text{‰} - 32\text{‰}$	35‰	$35\text{‰} - 37\text{‰}$
ჰერის ტემპერატურის წლიური ცვლილება	$\leq 40^{\circ}\text{C}$	10°C	$< 5^{\circ}\text{C}$
წყლის ტემპერატურის წლიური ცვლილება	$< 5^{\circ}\text{C}$	10°C	$< 5^{\circ}\text{C}$

ცხრილი 1.2.2 ოკეანის ზედაპირული წყლების განზოგადებული მახასიათებლები სხვადასხვა სითბურ სარტყელში.

დავალება:

- (4). გააანალიზე ცხრილი N2-ში – „ოკეანის ზედაპირული წყლების განზოგადებული მახასიათებლები სხვადასხვა სითბურ სარტყელში“ – მოცემული მონაცემები და დაადგინე:

ა) რა დამოკიდებულებაა ნალექების რაოდენობასა და აორთქლებას შორის სხვადასხვა სითბურ სარტყელში?

ბ) როგორ იცვლება მსოფლიო ოკეანის წყლის ტემპერატურა და მარილიანობა?

დაიმახსოვრე!

ოკეანის წყლის მარილიანობა ყველგან ერთნაირი არ არის, იგი განედის მიხედვით იცვლება. წყლის მარილიანობა აორთქლებასა და ჩამდინარე მტკნარი წყლების რაოდენობაზეა დამოკიდებული.

გ) რა კავშირია მსოფლიო ოკეანის წყლისა და ჰერის ტემპერატურებს შორის?

დ) რა დასკვნას გამოიტან?

მსოფლიო ოკეანე ცოცხალი ორგანიზმების გავრცელების სფერო და ყველაზე პროდუქტიული ეკოსისტემაა დედამიწაზე. მრავალფეროვანი ბუნებრივი პირობების გამო საკმაოდ მრავალგვარია მასში მცხოვრები ორგანიზმები. წყლის ცხოველები სუნთქავენ წყალში გახსნილი ჟანგბადით. მრავალი ორგანიზმი ჩონჩხის გარეშე არსებობს, ზოგი ფსკერზეა განთხზული, ნაწილი კი მთელი სიცოცხლე მხოლოდ მცურავ მდგომარეობაში იმყოფება.

ოკეანის ცოცხალი სამყარო მჭიდრო კავშირშია წყალში სინათლის არსებობასთან, რადგან სინათლე აუცილებელია მწვანე მცენარეულობის კვლავწარმოებისთვის (ფოტოსინთეზისთვის), თუმცა ოკეანის მხოლოდ ზედაპირული (100 მ-მდე სიღრმის) ფენაა წყალმცენარეების გაფუძვლების სფერო. უფრო ღრმად, სიბნელეში, წყვდიადის გამძლე ფლორა ჭარბობს. სრულ სიბნელეში კი მხოლოდ ცხოველები ბინადრობენ. ასევე სინათლის რეჟიმთანაა დაკავშირებული

წყალში მცხოვრები ორგანიზმების ფერი, რომელიც ხშირად გარემომცველი ბუნების დარად არის „შეფერადებული“.

წყლის ფლორა და ფაუნა გარემოს სითბურ რეჟიმთანაც მჭიდროდაა დაკავშირებული. ოკეანის ბინადართა არსებობას სწორედ მისი ტემპერატურის თანაზომიერება განსაზღვრავს: ცხოველთა ნაწილი დაბალი ტემპერატურისაგან თავს იცავს და სხეულს ცხიმების სქელი ფენით იფარავს; ზომიერ სარტყელში წყლის ბინადართა გამრავლებისათვის ხელსაყრელი პირობები წყლის მხოლოდ თბილ სეზონშია; სეზონების მიხედვით იცვლება, აგრეთვე, პლანქტონის შემადგენლობა და რაოდენობა (პროდუქტიულობა).

ოკეანის წყლის მარილიანობა განსაზღვრავს მის გარემოში ბინადართა სახეობრივ შემადგენლობასაც. თუკი წყლის ბინადართა ერთი ნაწილი მხოლოდ მტკნარ წყალსატევებში ცხოვრობს, მეორე ჯგუფი მაღალ მარილიანობასაა შეგუებული.

ასევე დადგენილია, რომ წყლის ორგანიზმების სიცოცხლის რეგულირება დაკავშირებულია

არა მარტო მარილების კონცენტრაციასთან, არამედ მათ ქიმიურ შემადგენლობასთან. სწორედ წყლის ორგანიზმების შინაგანი და გარემოს წნევათა ურთიერთობა განსაზღვრავს მათი ბინადრობის ადგილსა და სივრცეს ოკეანის სიღრმეში. ამავე დროს ორგანიზმებს უჩნდებათ წყლის გარემოში გადაადგილების (ცურვის) სხვადასხვაგვარი უნარი. ამ უკანასკნელისა და ორგანიზმების საკუთარი ხვედრითი წონის ურთიერთშეფარდებით, ცხოველებს თავიანთი მორფოლოგიური (სფეროსებური, დისკოსებური, ჩხირისებური, ბაბთისებური, ძაფისებური) ნიშნები და განსაკუთრებული ფორმები (მჩხვლეტავეები, საცეცები, გამონაზარდები, სხივები) უჩნდებათ. მჭიდრო კავშირია შემჩნეული ცხოველთა მორფოლოგიურ თავისებურებებსა და მათი გადაადგილების ფორმებს, აგრეთვე, მოძრაობის სიჩქარეებს შორის. ოკეანის ბინადართა ნაწილს სანიჩბავი ბერკეტები (კუ, პინგვინი, ლომვეშაპი, სელაპი) აქვთ განვითარებული, ხოლო მეღუზები რეაქტიული პრინციპით (წყლის ჭავლისებური გამოღვენა) მოძრაობენ.



სურათი 1.2.6 მსოფლიო ოკეანის ორგანული სამყარო ძალიან მრავალფეროვანია.

დაიმახსოვრე!

მსოფლიო ოკეანის წყლის ფიზიკურ-ქიმიურ თავისებურებათა მრავალფეროვნების გამო მიზეზ-შედეგობრივი გამოვლინება საკმაოდ რთულია, თუმცა გარკვეულ კანონზომიერებას ემორჩილება ოკეანის ბინადართა მორფოლოგიური თავისებურებანი და ქცევის (მოძრაობა, ბინადრობის წესი, სიჩქარე, გავრცელების სიღრმე და სხვ) ნორმები.

ოკეანის წყალი განუწყვეტილად მოძრაობს და ურთიერთქმედებს ატმოსფეროსა და ლითოსფეროსთან. ატმოსფეროს ცირკულაციის თავისებურებები (ქარები) განაპირობებს მუდმივი და პერიოდული ოკეანური დინებების სისტემას, იწვევს ღელვას, ხოლო მზისა და მთვარის მიზიდულობის ძალები – მიქცევა-მოქცევას.

ზღვებსა და ოკეანეებში წარმოქმნილი ტალღები ორგვარია: დესტრუქციული და კონსტრუქციული. დესტრუქციულია ტალღა, რომელიც ნაპირს რეცხავს. ასეთი ტალღები შტორმის დროს წარმოიქმნება – ეს ძლიერი, მაღალი ტალღები მძლავრი დარტყმებით შლიან ნაპირებს და ყოველგვარი ნაშალი მასალა წყალში ჩააქვთ. კონსტრუქციული ტალღა, რომელიც ქმნის და აგებს ნაპირს,

წყნარ, მშვიდ ამინდში წარმოიქმნება. ამ ტალღებს ინერტული მასალები (ხმელეთის ნაშალი, მდინარეების ჩატანილი ქვა-ღორღი) „მშვიდად“ მიაქვთ წყლის სიღრმეში, მაგრამ ქვიშის ლამაზ სანაპიროს – პლაჟებს ტოვებენ.

ოკეანეებისა და ზღვების, ისევე როგორც ტბებისა და დიდი წყალსატევების სანაპიროები ხმელეთისა და აკვატორიის გამომყოფი ე.წ. სანაპირო ხაზითაა წარმოდგენილი, რომელიც თანამედროვე ან ძველი ნაპირების მოხაზულობას ასახავს. ეს ზოლი წყლის დონის ცვალებადობის მიხედვით იცვლება, ამიტომ სანაპირო ხაზი პირობითია და ოკეანის ან ზღვის საშუალო მრავალწლიური დონის მიხედვით განისაზღვრება. ძველი სანაპირო ხაზის შესწავლით შეიძლება დავადგინოთ დედამიწის ქერქის ვერტიკალურ მოძრაობათა ხასიათი და ტიპი. ოკეანის თუ ზღვის ნაპირი, სადაც ხმელეთი და წყალი ერთმანეთს ეხება, მოქცევისა თუ უკუქცევის, ასევე ზვირთცემის ტალღების გამო გამუდმებით იცვლება. დროთა განმავლობაში ეს პროცესები ნაპირს გასაოცარ სახეს აძლევს (იხ. სურათი 1.2.7, გვერდი 148).

ოკეანის სანაპიროზე წყლის დონე დღე-ღამეში ორჯერ იმატებს და ასევე ორჯერ იკლებს, რაც მზისა და მთვარის მიერ დედამიწის მიზიდულობის გამო ხდება. ამ მოვლენას ზღვის მიქცევა და



სურათი 1.2.7 ოკეანის სანაპიროების სახეები.

მოქცევა ეწოდება. მოქცევის დროს ზღვა ნაპირზე გადმოდის და სანაპირო ზოლს ფარავს, მოქცევის დროს კი ნაწილობრივ ფსკერს აშიშვლებს. მოქცევის ტალღის საშუალო სიმაღლე 1-2 მეტრია.

მსოფლიო ოკეანეში წყლის მასების უზარმაზარი ნაკადები – ოკეანური დინებები გარკვეული მუდმივი ანუ გაბატონებული ქარების მიმართულებით გადაადგილდება. ოკეანის წყალი მზისგან მიღებული სითბოს უზარმაზარი რეზერვუარია და დინებების მეშვეობით ამ სითბოს გადანაწილება დიდწილად განაპირობებს ჰავას ხმელეთის დიდ სივრცეებზე. ამიტომაც ოკეანური დინებები მნიშვნელოვანი კლიმატწარმომქნელი ფაქტორია და დიდ გავლენას ახდენს მიმდებარე ტერიტორიების ჰავის ფორმირებაზე.

დავალება:

- (5). გააანალიზე ცხრილში მოცემული ინფორმაცია მსოფლიო ოკეანეში წყლის ტემპერატურის ცვლილების შესახებ და გამოიტანე დასკვნა

მსოფლიო ოკეანის სიღრმე, მ	მსოფლიო ოკეანის წყლის ტემპერატურა, T°C
0	+16
200	+15,5
1000	+3.8
5000	+2.5

- (6). როგორ ვლინდება ზონალურობის კანონი ოკეანის ზედაპირული წყლების ძირითად თვისებებში?
- (7). მსოფლიოს ფიზიკური რუკის გამოყენებით:

ა) შეადარე ერთმანეთს ხმელეთისა და მსოფლიო ოკეანის რელიეფი, ინფორმაცია წარმოადგინე

სქემის სახით, სადაც სიმაღლეებსა და სიღრმეებს მიუთითებ. გამოიტანე დასკვნა.

ბ) დაადგინე, რომელი ოკეანის შეღვის ზონაა ყველაზე დიდი და რომელი კონტინენტის ნაპირებთანაა ის ყველაზე პატარა.

გ) აღწერე ინდოეთის ოკეანის ფსკერის რელიეფი და შეეცადე, დახაზო მისი პროფილი.

- (8). კონტინენტური შეღვი მდიდარი ორგანული სამყაროთი ხასიათდება. ახსენი, რამ განაპირობა ამ ზონაში მათი მრავალფეროვნება და სიუხვე?

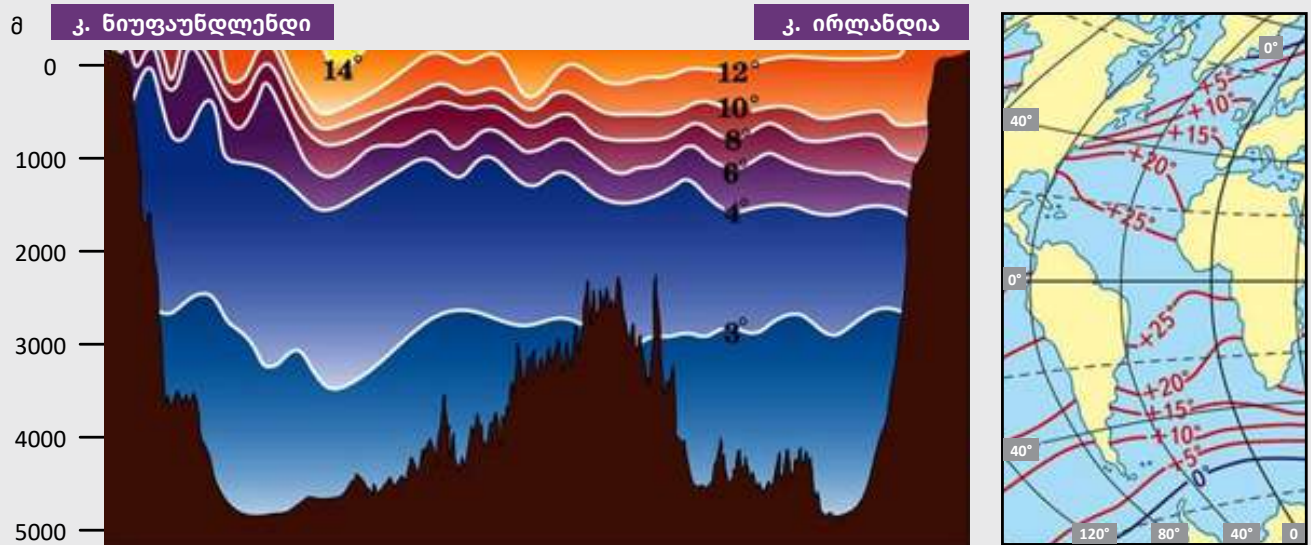
- (9). გააანალიზე სურათი „ატლანტის ოკეანის წყლის მასები“ და დაადგინე, რითი განსხვავდება ზედაპირული წყლის მასები ფსკერული წყლის მასებისგან და ეკვატორული წყლის მასები პოლარული წყლის მასებისგან? (იხ. სურათი 1.2.8, გვერდი 150).

✶ ეს საინტერესოა!

დედამიწაზე ოკეანეები 4.2 მილიარდი წლის წინ გაჩნდა.

დღეს ოკეანეებში 1,36 მილიარდი კუბური კილომეტრი წყალია. მაგალითად, მხოლოდ წყნარი ოკეანის წყლის მოცულობა მთვარის მთელ მოცულობას უტოლდება.

ერთიანი მსოფლიო ოკეანე გეოგრაფიულ გარსში სითბოს მარაგის შენახვის როლს ასრულებს. მისი ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა 17,4°C-ია, ანუ პლანეტის ჰაერის საშუალო ტემპერატურაზე 3°-ით მეტია. ოკეანეში სითბოს დიდი მარაგი მისი წყლის მაღალი სითბოტევადობით აიხსნება. ამ მხრივ, ყველაზე თბილი (19,1°) წყნარი ოკეანეა, ინდოეთის ოკეანის წყლის სითბოს საშუალო მაჩვენებელი 17°-ია, ხოლო ატლანტის ოკეანისა კი ოდნავ (16,9°) დაბალია.



სურათი 1.2.8

მსოფლიო ოკეანის ყველაზე ღრმა ადგილი მარიანის ანუ ჩელენჯერის ღრმული (11034 მ) წყნარ ოკეანეშია. დედამიწის უმაღლესი მწვერვალი ევერესტი თავისუფლად დაეტოვდა მასში, თანაც ისე, რომ მთის წვერი წყლის ზედაპირს ვერც კი მისწვდებოდა.

ოკეანური ნალექები ნელა გროვდება და დაახლოებით 2000 წლის განმავლობაში 1 სმ სისქეს თუ აღწევს.

დედამიწაზე ყველაზე მარილიანია წითელი ზღვა, რომლის წყლის მარილიანობაა 42‰.

ოკეანის სიღრმეში დღეთა ხანგრძლივობა გაცილებით მეტად ჩამორჩება ღამისას, ვიდრე ამას ადგილი აქვს ხმელეთზე. ეს მოვლენა განპირობებულია ოკეანის წყალში სინათლის არეკვლის მაღალი მაჩვენებლით. ასე მაგალითად, კუნძულ მაღეირასთან წყლის 20 მ-ის სიღრმეზე დღის ხანგრძლივობა 4 სთ-ით უფრო მოკლე აღმოჩნდა, ვიდრე თვით კუნძულზე, ხოლო 40 მ-ის სიღრმეზე დღემ მხოლოდ 15 წთ შეადგინა. უფრო ღრმად – ღამის წყვდიაღია გამეფებული.

ოკეანის ან ზღვის მარილიანობის შეცვლის შედეგად ფაუნისა და ფლორის გადაშენ-

ბის ფაქტები მრავლად გვაქვს დედამიწის გეოლოგიური განვითარების ისტორიაში. ამ მოვლენას ხშირად იყენებენ პალეოგეოგრაფიული სურათის აღსადგენად. ამ მხრივ, საინტერესოა *Cardium edule*-ის მორფოლოგიური სხვადასხვაობა ზღვის მარილიანობის ცვლილებასთან დაკავშირებით.

ყველაზე მაღალი (დაახლოებით 30 მ) მოქცევა ხდება ფანდის ყურეში, კუნძულ ნიუფაუნდლენდზე (ჩრ. ამერიკა). ძალიან მაღალი მოქცევები იცის საფრანგეთშიც, სენ-მალის ყურეში. აქ მოქცევის საშუალო სიმაღლე 15 მეტრს აღწევს. ასეთ ტალღას ხუთსართულიანი სახლის დაფარვა შეუძლია. უკუქცევის დროს ზღვა ერთ კილომეტრზე მეტი მანძილით შორდება ნაპირს. ადგილობრივი მცხოვრებლები ამ დროს ზღვის გამიშვლებულ ფსკერზე თევზებს აგროვებენ. ამ ადგილებში ფრანგებმა მოქცევის ჰიდროელექტროსადგური ააგეს, რომელიც ტალღების უზარმაზარ კინეტიკურ (ანუ მექანიკური მოძრაობის) ენერგიას ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის.

ოკეანურ დინებებს შორის ყველაზე დიდია დასავლეთის ქარების დინება, რომელიც გარს უვლის ანტარქტიდას.

1.3. ბუნებრივი ლანდშაფტი

გეოგრაფიული გარსის შემადგენელ ნაწილებს – ლითოსფეროს, ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროსა და ბიოსფეროს შორის – არსებული კომპლექსური ურთიერთდამოკიდებულება და, ასევე, ზოგადი გეოგრაფიული კანონზომიერებები (მთლიანობა, ნივთიერებათა წრებრუნვა, რიტმულობა, ზონალობა და აზონალობა) განაპირობებს დედამიწის ბუნებრივ იერსახეს, გარემოში მიმდინარე პროცესების ხასიათს, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ფორმებს და სხვ. გეოგრაფიული კომპონენტების ურთიერთდამოკიდებულება ვლინდება როგორც გლობალურ (მაგალითად, გეოგრაფიული სარტყლებისა და ბუნებრივი ზონების განედური განლაგება, კონტინენტების ბუნებრივი პირობები), ისე რეგიონულ (ვერტიკალური ზონალობა, ლანდშაფტები) დონეზე.



გაიხსენა

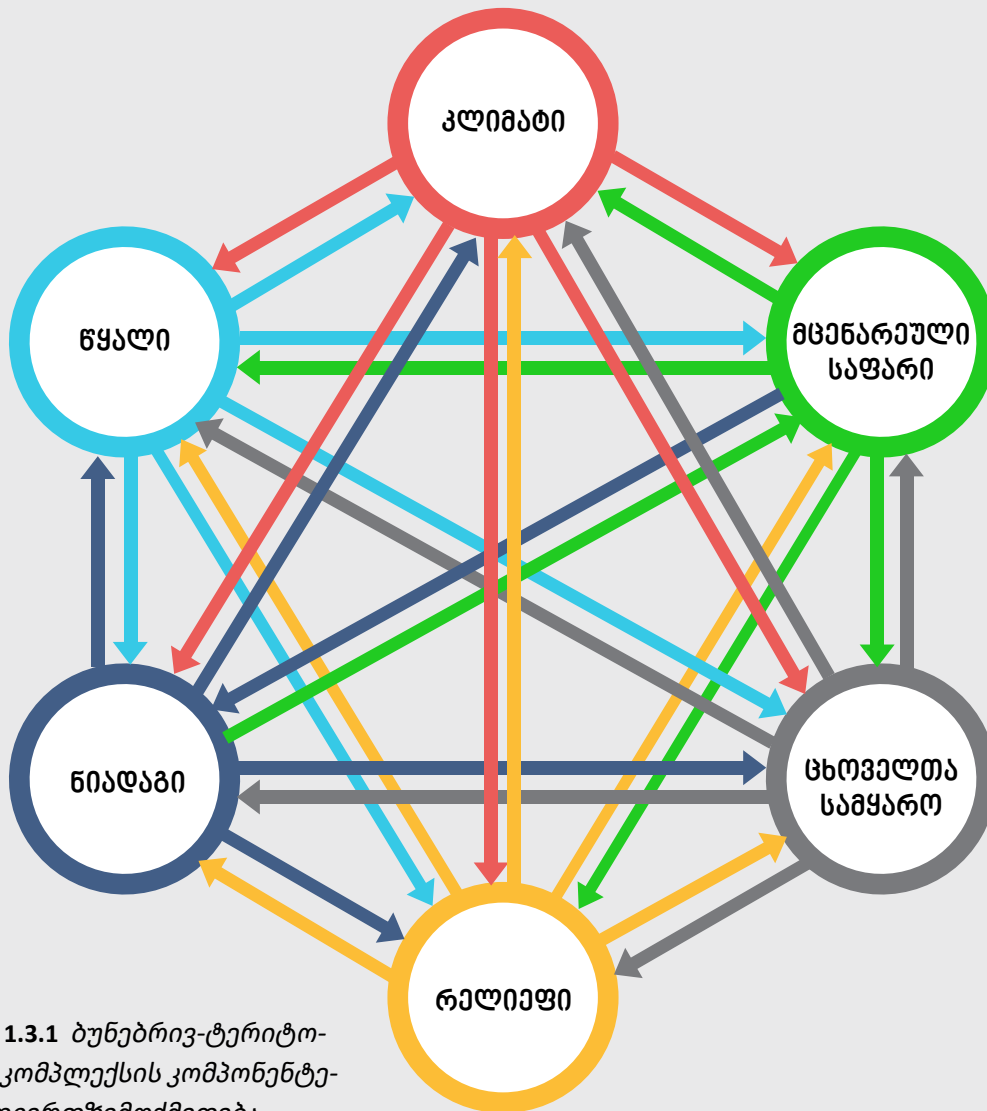
1. რა არის გეოგრაფიული გარსი და რა ძირითადი კანონზომიერებებით ხასიათდება იგი?
2. რა არის ბუნებრივი ზონა და როგორ ხდება ბუნებრივი ზონების გამოყოფა?
3. რომელი ბუნებრივი ზონებია დედამიწაზე?
4. რა განსხვავებაა ბუნებრივ ზონასა და ეკოსისტემას შორის?

ნებისმიერი დონის ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსი ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული გეოგრაფიული კომპონენტებისგან შედგება. გეოგრაფიული კომპონენტებისთვის დამახასიათებელია გარკვეული აგრეგატული მდგომარეობა, მასა და სიცოცხლის არსებობა/არარსებობა. გეოგრაფიული კომპონენტები ბუნებრივ-ტერიტორიულ კომპლექსებში წარმოდგენილი ლითოგენური საფუძვლის (რელიეფი თავისი გეოლოგიური აგებულებით), ჰაერისა და წყლის მასების (მდინარეები, ტბები და სხვ.), ბიოგენური კომპონენტის (მცენარეული საფარი

და ცხოველთა სამყარო) სახით. ამ კომპონენტების ურთიერთზემოქმედების შედეგად ბუნების მეორეული კომპონენტები წარმოიქმნება. მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია ნიადაგი, რომელიც, ძირითადად, ბიოგენური კომპონენტისა და ლითოგენური საფუძვლის ურთიერთკავშირის შედეგად წარმოიშვება.

ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსები (ბტკ) ერთმანეთისგან ზომით განსხვავდება. ისინი შეიძლება იყოს როგორც მცირე ზომის (მაგ. მდინარის ხეობა), ისე საკმაოდ დიდი ფართობის (მაგ. საჰარის უდაბნო ან ავსტრალიის კონტინენტი). მცირე ბტკ-ები შესაძლებელია უფრო მსხვილ ერთეულებად გაერთიანდეს. მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია ლანდშაფტი.

ლანდშაფტი გენეტიკურად ერთგვაროვანი ბუნებრივ-ტერიტორიული (გეოგრაფიული) კომპლექსია, რომლის ფარგლებში ყველა ძირითადი კომპონენტი: რელიეფი, ჰავა, წყლები, ნიადაგები, მცენარეულობა და ცხოველთა სამყარო რთულ ურთიერთკავშირში იმყოფება, დაკავშირებულია ერთმანეთთან, ურთიერთობს ერთმანეთზე და ქმნის ერთიან, განუყოფელ სისტემას, რომელიც განვითარების ერთგვაროვანი პირობებით ხასიათდება (იხ. სურათი 1.3.1, გვერდი 152).



სურათი 1.3.1 ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის კომპონენტების ურთიერთშემოქმედება.

დავალება:

- (1). ახსენი, რა გავლენა მოახდინა ბიოსფერომ დედამიწის სხვა გეოსფეროებზე? მოიყვანე მაგალითები.
- (2). განიხილე სქემა და ნებისმიერ კონკრეტულ მაგალითზე აჩვენე, რა კავშირია ბიოსფეროსა და ლითოსფეროს შორის, ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს შორის?

ბტკ-ში ყველა კომპონენტს სხვადასხვა დანიშნულება და მნიშვნელობა გააჩნია. მაგალითად, ლითოგენური საფუძვლის შეცვლა დიდ გავლენას ახდენს სხვა გეოგრაფიულ კომპონენტებზე, მაშინ, როცა მცენარეული საფარის შეცვლა შედარებით უმნიშვნელო ცვლილებებს იწვევს.

ლანდშაფტმცოდნეობა ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების (ბტკ) ანუ ლანდშაფტების (გეოგრაფიული კომპლექსების, გეოსისტემების) შემსწავლელი მეცნიერებაა. იგი სწავლობს ლანდშაფტების წარმოშობას, სტრუქტურასა და დინამიკას, მათი განვითარების კანონზომიერებებსა და განლაგებას; ამასთანავე, იკვლევს ადამიანთა

საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობის შედეგად გარდაქმნილ ბტკ-ებს. ლანდშაფტოლოგიაში გამოიყოფა შემდეგი ძირითადი ცნებები:

გეომასები – ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის ელემენტარული ნაწილები, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება მასით, დანიშნულებით და სივრცესა და დროში ცვლილების სიჩქარით.

ცნობილია:

- **აერომასები** (ჰაერის მასები);
- **ლითომასები** (გეოლოგიური მასები);
- **ჰიდრომასები** (წყლის მასები, მათ შორის, ნიადაგის ტენი და ორთქლი ატმოსფეროში);
- **ბიომასები** (ფიტომასები – მცენარეების მასები და ზოომასები – ცხოველები);
- **ჰედომასები** (ნიადაგების ორგანულ-მინერალური ნაერთები ჰუმუსთან ერთად);
- **მორტომასები** (მკვდარი ორგანული წარმოშობის ნივთიერებები, მაგ., ტყის ნაფენი);

გეომასების ერთობლიობის მიხედვით, ბტკ-ში გამოიყოფა ერთგვაროვანი შრეები – გეოჰორიზონტები. მათი შედგენილობა განსაზღვრავს ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის ვერტიკალურ სტრუქტურას.

ბუნებრივ-ტერიტორიულ კომპლექსში ნივთიერების წრებრუნვა და ენერგიის გარდაქმნა მის ფუნქციონირებას განაპირობებს. მაგალითად, მზის ენერგიის გარდაქმნა (ტრანსფორმაცია), ტენბრუნვა, ბიოგეოციკლი (ორგანული მასის გარდაქმნა ბტკ-ში). ფუნქციონირების ხასიათი ცვალებადია როგორც სივრცეში, ისე დროში.

ლანდშაფტების ყველაზე მსხვილი საკლასიფიკაციო ერთეულია კლასი. მისი გამოყოფის კრიტერიუმი გეომორფოლოგიური ფაქტორია. აღნიშნული ფაქტორის მიხედვით იქმნება ლანდშაფტის 2 კლასი: მთისა და ვაკის ლანდშაფტები. შემდეგი საკლასიფიკაციო ერთეულია ტიპი. ლანდშაფტების ტიპების გამოყოფისას ითვალისწინებენ:

- ▶ რელიეფის ტიპს (მაგ.: დაბალმთიანი, საშუალომთიანი და მაღალმთიანი რელიეფი);
- ▶ კლიმატის ტიპს;
- ▶ გაბატონებულ მცენარეულობას და ნიადაგის თავისებურებებს;

ლანდშაფტების ტიპი, თავის მხრივ, იყოფა უფრო მცირე ერთეულებად, ესენია: ადგილმდებარეობა, უროჩიშჩე (ადგილი, რომელიც განსხვავდება გარემომცველი მიდამოსგან. მაგ. ტყის კორომი მინდორში) და ფაციესი (დანალექი ქანების ან თანამედროვე ქანების იმ თვისებათა ერთობლიობა, რომელიც გვიჩვენებს მათი წარმოქმნის პირობებს).

ამრიგად, ლანდშაფტი, შეიძლება ითქვას, ყველაზე პატარა კომპლექსური ბუნებრივი ერთეულია (ფართობით რამდენიმე ათეული ან ასეული კვ.კმ), რომელსაც თავისი ბუნებრივი პირობებითა და რესურსებით შეუძლია უზრუნველყოს გარკვეული რაოდენობით მოსახლეობის განსახლება, ცხოვრება და საქმიანობა.

დაიმახსოვრე!

ლანდშაფტის ყველა კომპონენტი მჭიდრო კავშირშია ერთმანეთთან, ერთ სისტემას ქმნის და, ისევე როგორც ყველა სისტემა, ხასიათდება მთლიანობით.

ბუნებრივი ლანდშაფტი ხასიათდება:

- ერთიანი გეოლოგიური ფუნდამენტით;
- ერთგვაროვანი რელიეფით;
- კლიმატით (სითბოსა და ტენის ბალანსი);
- ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ხასიათითა და სიუხვით;
- ნიადაგის ტიპების განსაზღვრული „კომპლექტით“;
- კანონზომიერად განმეორებადი მცენარეული საფარის ტიპებით;
- ერთიანი ბიოცენოზით ანუ სივრცეში კანონზომიერად განმეორებადი ბიოცენოზის კომპლექსებით.

ბუნებრივი ლანდშაფტის ფორმირება ხდება ერთდროული და სხვადასხვა მიმართულების პროცესების ერთობლივი ზემოქმედებით, რაც ლანდშაფტის კომპონენტების – რელიეფის, კლიმატის, გეოლოგიური სტრუქტურის, ნიადაგის, მცენარეული საფარისა და ცხოველთა სამყაროს, ასევე, ადამიანის საქმიანობის ურთიერთზემოქმედებითაა განპირობებული.

ერთი ბუნებრივი ლანდშაფტის კომპონენტებს შორის ურთიერთზემოქმედება და ნივთიერებათა ცვლა ერთი ტიპისაა და დამოკიდებულია მზის ენერგიის რაოდენობაზე. მოცემული პროცესების ერთობლიობა განსაზღვრავს ლანდშაფტის ბუნებრივი რესურსების განახლებასა და მწარმოებლობას.

დავალება:

■ *(3.) იმსჯელე, რა როლს ასრულებს ნივთიერებისა და ენერგიის ცვლა გეოგრაფიულ გარსში? მოიყვანე მაგალითები.*

ბუნებრივი ლანდშაფტის მაგალითებია დაბლობი, მთა, უდაბნო, ტყე, სტეპი, დაბლობი, ჭაობი, ზღვის აკვატორია და სხვ.

ლანდშაფტები ერთმანეთისგან არა მხოლოდ წარმოშობითა და იერსახით, არამედ იქ მიმდინარე საქმიანობის მიხედვითაც განსხვავდებიან. გენეზისის მიხედვით, გამოყოფენ ბუნებრივ და ანთროპოგენურ (ხელოვნურ) ლანდშაფტებს, რომლებიც ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად ბუნებრივი ლანდშაფტების გარდაქმნის გზით წარმოიქმნება.

მასშტაბის მიხედვით, არსებობს ზონური, რეგიონული, ლოკალური და ელემენტარული ლანდშაფტები; ხოლო კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე – გეოგრაფიული, გეოლოგიური და გეოქიმიური ლანდშაფტები.

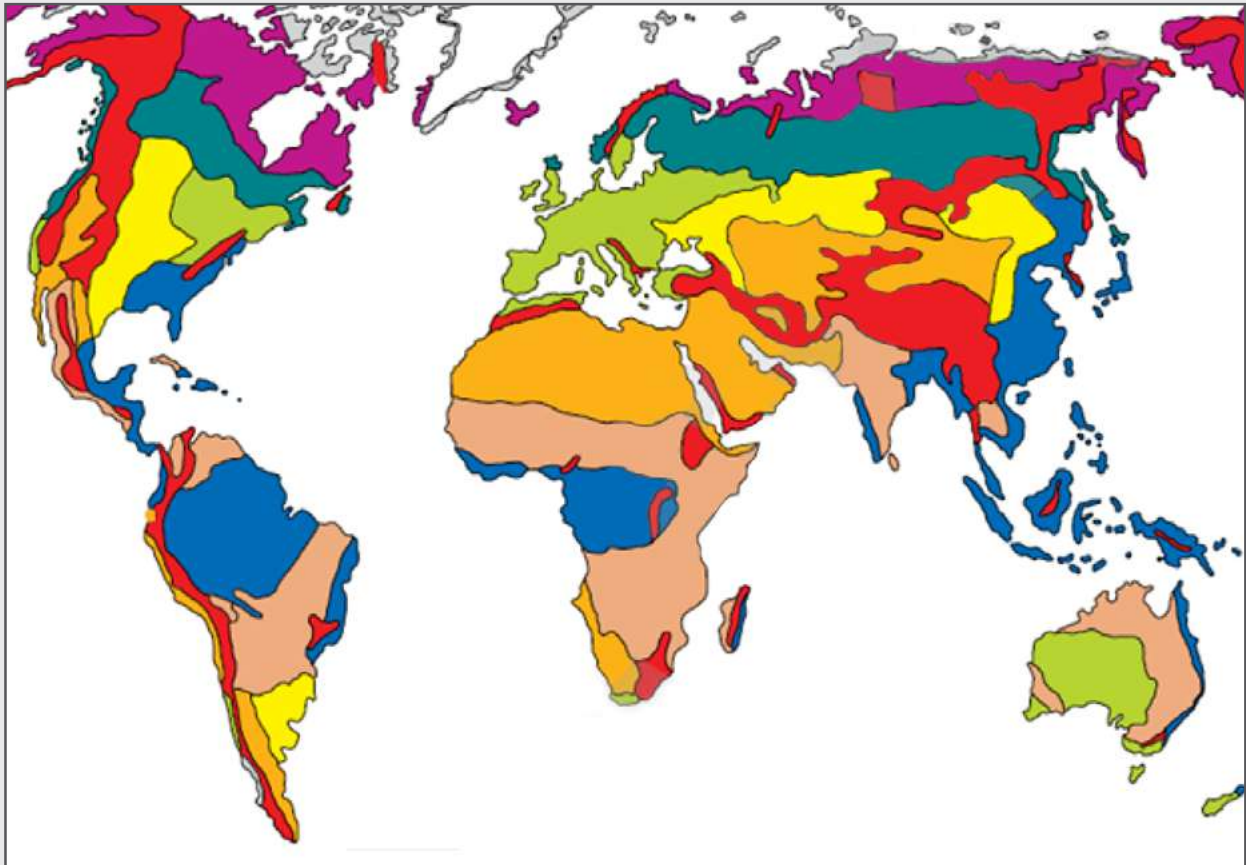
საქართველოს ტერიტორიაზე ჩამოყალიბებულია ნაირგვარი ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსები (ლანდშაფტები), დაწყებული ნახევარუდაბ-



სურათი 1.3.2 ბუნებრივი ლანდშაფტები.

ნოსა (აღმოსავლეთ საქართველო) და კოლხური ნოტიო სუბტროპიკულიდან (დასავლეთ საქართველო), დამთავრებული მარადთოვლიან-მყინვარებიანი (გლაციალურ-ნივალური) ლანდშაფტებით. აქ, როგორც ძირითადად მთაგორიან ქვეყანაში, კარგად არის გამოხატული ბუნებრივი კომპონენტების ცვლა სიმაღლის მიხედვით და, შესაფერისად, ლანდშაფტების სიმაღლებრივი ზონალობა, ლანდშაფტური ზონების სრული სპექტრით. ამასთან, მთიანეთში მდებარეობს განვითარებულია ნოტიო, ზომიერად ნოტიო და მშრალი სუბტროპიკების ვაკე-დაბლობებისა და წვრილმთიანეთისათვის დამახასიათებელი სხვადასხვა სახის ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსი.

ბიომები დედამიწის დიდ რეგიონებს წარმოადგენენ, რომლებსაც აქვთ ისეთი მსგავსი მახასი-



არქტიკული უდაბნო	ფართოფოთლოვანი ტყეები	სავანები
ტუნდრა, ტყე	ტყესტეპი და სტეპი	წვიმიანი ტროპიკული ტყეები
წიწვოვანი ტყეები	ნახევარუდაბნოები და უდაბნოები	სიმაღლითი ზონალურობა

სურათი 1.3.3 დედამიწის ხმელეთის ბუნებრივი ზონები.

ათებლები, როგორებიცაა: კლიმატი, ნიადაგები, ნალექები, მცენარეული საფარი და ცხოველთა სახეობები. ბიომებს ზოგჯერ ეკოსისტემებსა და ეკორეგიონებად მოიხსენიებენ. მართალია, კლიმატი ნებისმიერი ბიომის ბუნების განმსაზღვრელი ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია, მაგრამ არა ერთადერთი. ბიომების ხასიათსა და განაწილებაზე ასევე გავლენას ახდენს რელიეფი, ტენიანობა, ტემპერატურა და სიმაღლე.

დედამიწის ბიომთა საზღვრები უმეტესად ბუნებ-

რივ ზონებს (ლანდშაფტურ-გეოგრაფიულ ზონებს) შეესაბამება. ბუნებრივი ზონა გეოგრაფიულ მეცნიერებაში დამკვიდრებული ტერმინია, ბიომი კი – ბიოგეოგრაფიაში დანერგილი ტერმინი.

მეცნიერები ვერ თანხმდებიან, ზუსტად რამდენი ბიომია დედამიწაზე, ამიტომ მსოფლიოს ბიომების აღსაწერად სხვადასხვა კლასიფიკაციის სქემა არსებობს. თუმცა დედამიწის ბიომები ორ ძირითად ნაწილად – წყლისა და ხმელეთის ბიომებად იყოფა.

დავალება:

- (4). ეთანხმები თუ არა მსჯელობას, რომ თუ არ იქნება ჰაერის წრებრუნვა, არ იარსებებს სხვა წრებრუნვები. პასუხი დაასაბუთე.
- (5). რა არის ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსი და რა განსხვავებაა ლანდშაფტურ (გეოგრაფიულ) გარსსა და ლანდშაფტს (ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის) შორის?
- (6). როგორი ლანდშაფტები (ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსები) არსებობს ზომისა და წარმოშობის მიხედვით?
- (7). თქვენთვის ცნობილია, თუ რა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მცენარეები გეოგრაფიულ გარსში. როგორ ფიქრობ, რა ცვლილებები მოხდება ჩვენს პლანეტაზე, თუ მცენარეული საფარი 2-3 -ჯერ შემცირდება?

✚ ეს საინტერესოა!

ლანდშაფტი გერმანული სიტყვაა და მიწის სახეს, პეიზაჟს, ადგილს ნიშნავს.

ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის მდგომარეობა ამ კომპლექსის სტრუქტურისა და ფუნქციონირების თანაფარდობაა დროის რომელიმე მონაკვეთში.

სტექსი ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის დღედამური მდგომარეობაა, რომელიც დაკავშირებულია წლის სეზონთან, ამინდის დღე-ღამურ პირობებთან და ამ კომპლექსის განვითარების ტენდენციასთან. სტექსების კრებადობა საშუალებას იძლევა, განვიხილოთ ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსის სეზონური ან წლიური დინამიკა.

საქართველოს ტერიტორიაზე 100-ზე მეტი დასახელების (კლასი, ჯგუფი, ტიპი, ქვეტიპი, სახე) ლანდშაფტია გავრცელებული, თუმცა მათ შორის 11 ძირითადი ლანდშაფტი გამოიყოფა.

1.4. ამაზონის ჰილუა

დედამიწაზე ყველაზე ვრცელი მარადმწვანე ტენიანი ეკვატორული ტყეები (იგივე ტროპიკული წვიმიანი ტყე, პოლიდომინანტური ტყე, ამაზონის ჯუნგლები), რომელსაც გერმანელი ბუნებისმეტყველი ალექსანდრე ჰუმბოლტი ჰილუას (ბერძნ. ტყე) უწოდებდა, ხოლო ადგილობრივი მოსახლეობა სელვად მოიხსენიებ, სამხრეთ ამერიკაში, ეკვატორის ორივე მხარეს მდებარეობს და დედამიწის ყველაზე წყალუხვი მდინარის – ამაზონის აუზს მოიცავს. ტყეების ასაკი დაახლოებით 50-55 მლნ წელია, ხოლო მოსახლეობა ამ ტყეებში 11 200 წლის წინ დასახლებულა.



გაიხსენე

რა გსმენია ამაზონის ტყეების შესახებ?

ამაზონის ჰილუა სამხრეთ ამერიკის ცხრა ქვეყნის ტერიტორიას მოიცავს, თუმცა ტყის უდიდესი ნაწილი, დაახლოებით 60%, ბრაზილიაშია. პერუში ტყის 13% მდებარეობს, კოლუმბიაში – 10%, ხოლო დანარჩენი ვენესუელაში, ეკვადორში, ბოლივიაში, გაიანაში, სურინამსა და ფრანგულ გვიანაშია წარმოდგენილი.



სურათი 1.4.1 ამაზონის ტყეების გავრცელების არეალი.



სურათი 1.4.2 მდინარე ამაზონის აუზის ფართობი 7 მლნ კვ. კმ-ია, რომლის 5.5 მლნ კვ. კმ სწორედ ტენიანი ეკვატორული ტყეებითაა დაფარული.

დაიმასსოვრე!

ამაზონის ტყეები მსოფლიოს უდიდესი ტროპიკული ტყის მასივია. მას მსოფლიოს ტროპიკული ტყეების ფართობის ნახევარი უკავია.

დავალება:

- (1). „დედამიწის ხმელეთის ბუნებრივი ზონების“ და მსოფლიოს პოლიტიკური რუკების გამოყენებით დაადგინე, რომელ კონტინენტებსა და ქვეყნებშია გავრცელებული ტენიანი ტროპიკული ტყეები? (იხ. სურათი 1.4.2, გვერდი 158)

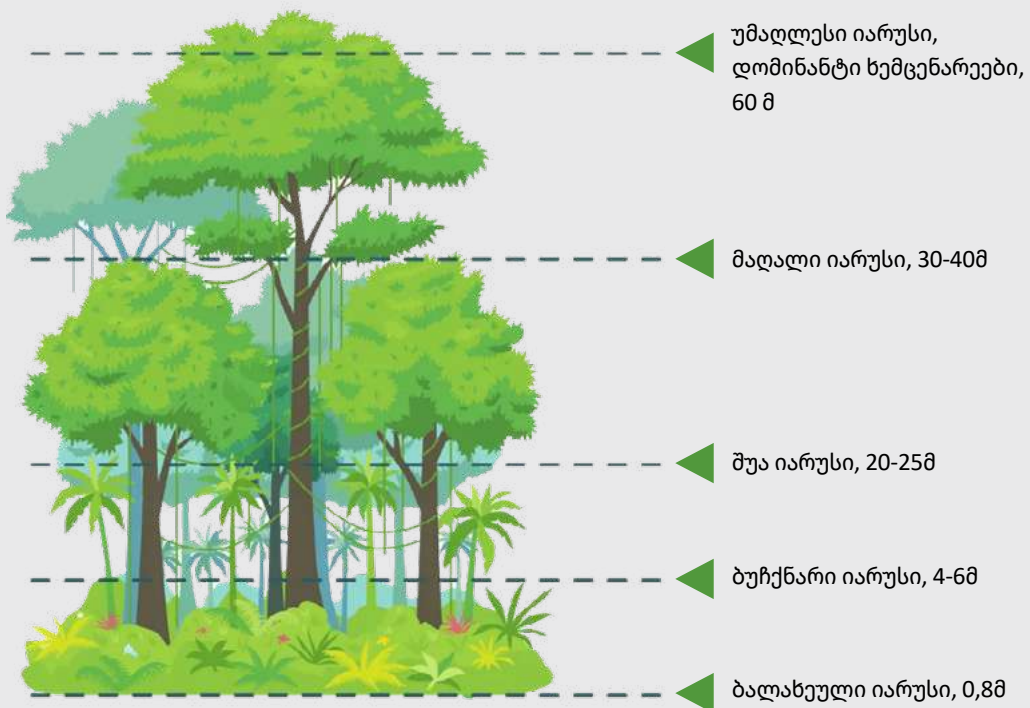
ნალექების დიდი რაოდენობისა (2000-5000 მმ და მეტი) და ჰაერის მუდმივად მაღალი ტემპერატურის (მთელი წლის განმავლობაში $+25-28^{\circ}\text{C}$) გამო, ამაზონის ნოტიო ეკვატორულ ტყეებში მილიონობით წლის განმავლობაში მრავალფეროვანი მცენარეულობა და ცხოველთა სამყარო ჩამოყალიბდა. ამიტომაც ამაზონის ჰილეა ფლორისა და ფაუნის უპრეცედენტო და შეუდარებელი ბიომრავალფეროვნებით, ენდემურობითა და სიხშირით გამოირჩევა. მეცნიერებისათვის ცნობილი სახეობების სიაში ყოველი მეათე სახეობა სწორედ ამაზონის ტყეებშია. მსოფლიოს ფრინველთა სახეობის 1/5 და თევზების სახეობათა 1/5 ამაზონის მდინარეებსა და ნაკადულებში გვხვდება. მთლიანობაში, ამაზონის ტყეში ბინადრობს ფლორისა და ფაუნის წარმომადგენელთა 10 მლნ სახეობა და სწორედ ამიტომ იგი დედამიწაზე გავრცელებული ფლორისა და ფაუნის სახეობების უდიდეს კოლექციას წარმოადგენს. შეიძლება ითქვას, ამაზონის სელვა ბუნებრივი ნედლეულისა და ძვირფასი ხე-ტყის სამშობლოა.

ამაზონის მარადმწვანე ტენიან ეკვატორულ ტყეში მეცნიერულად კლასიფიცირებულია შემდეგი სახეობები:



- 2 მილიონი სახეობის მწერი;
- 150 000 სახეობის მცენარე;
- 2 200 სახეობის თევზი;
- 1 294 სახეობის ფრინველი;
- 427 სახეობის ძუძუმწოვარი;
- 428 სახეობის ამფიბია;
- 378 სახეობის ქვეწარმავალი.

ამაზონის ტყეების ბუნებრივი მცენარეულობის თავისებურებას წარმოადგენს მრავალიარუსიანობა ხშირი ხემცენარეებითა და უმნიშვნელო ბალახოვანი საფარით. აქ ძნელია ნახო ერთმანეთის გვერდით ერთი სახეობის ხემცენარეები. ამგვარ ტყეებში ხეები რამდენიმე იარუ-



სურათი 1.4.3 ამაზონის ტყეების იარუსები და გიგანტური ლიანებით გადახლართული მცენარეები.

სად, რამდენიმე სართულადაა განლაგებული და ლიანებითაა გადახლართული, რის გამოც ტყე გაუვალა და დაბურულია. ლიანები ჩვენი პლანეტის ყველაზე გრძელი მცენარეებია. ზოგიერთი მათგანის სიგრძე 250-300 მ-ს აღწევს, მაშინ, როცა მისი ღეროს სიგანე სულ რაღაც 30 სმ-ია. ლიანებს ადგილობრივი მოსახლეობა სამშენებლო მასალად და საყოფაცხოვრებო ნივთების დასამზადებლად იყენებს (იხ. სურათი 1.4.3, გვერდი 160).

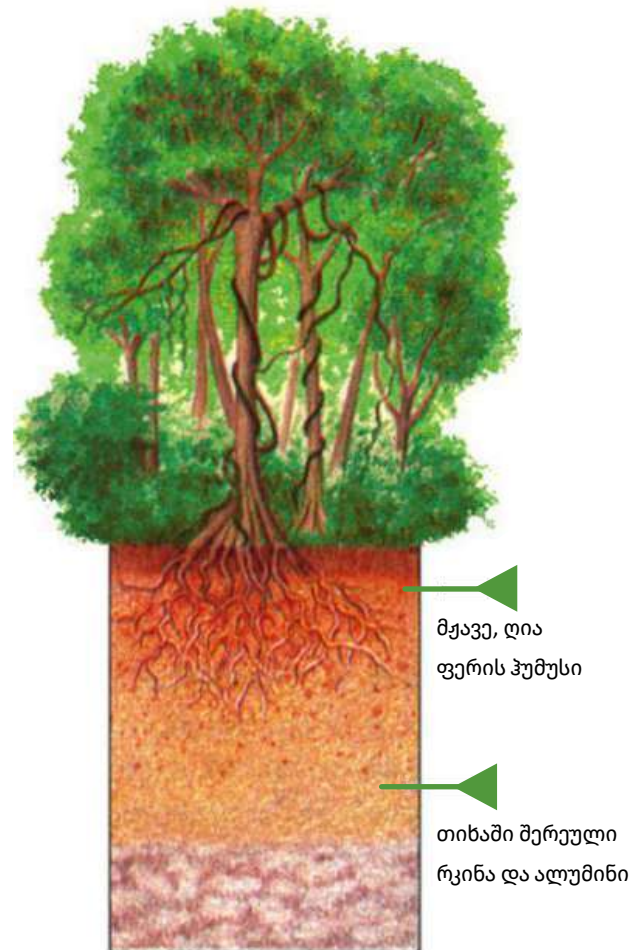
ამაზონის ეკვატორულ ტყეში 60-70 მ2 ფართობზე შეიძლება ხემცენარის 400 სახეობა დავთვალოთ, რომელთა სიმაღლე 40-60 მ-ს, ზოგიერთისა კი 80 მ-საც აღწევს, ხოლო ხეების სიმსხო 4 მ-დეა. მათი ვარჯი სუსტად არის განვითარებული, ფოთლები მსხვილი, პრიალა და სქელია, ღეროზე კი ხშირად განვითარებულია საჭაერო ფესვები, რომლებიც უზრუნველყოფს ჰაერიდან ტენის დამატებით შეთვისებას.

დავალება:

- (2).რა ფაქტორები განაპირობებს ამაზონის ტყეების ფლორის მრავალფეროვნებას?

რადგან ამაზონის წვიმიან ტყეებში ფოთლების ძალიან დიდი რაოდენობა და საოცარი მრავალფეროვნებაა, შესაძლოა, იფიქროთ, რომ აქ ნიადაგები საკვები ნივთიერებებითაა მდიდარი. რეალურად კი პირიქითაა: წვიმიანი ეკვატორული ტყეების ნიადაგები საკმაოდ ღარიბია, რადგან საკვები ნივთიერებები მათში დიდი ხნით არ ინახება — ძლიერი წვიმების შედეგად, ორგანული ნივთიერებები ნიადაგიდან ჩამოირეცხება. მართალია, ცხელი და ტენიანი ჰავის პირობებში დაშლა უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, მაგრამ ჩამოცვენილი და დამჟანარი ფოთლების უმეტესობა და სხვა ორგანული დეტრიტები (მკვდარი ორგანული ან ნაწილობრივ მინერალიზებული ნივთიერება) მანამ ნადგურდება, სანამ მათგან საკვები ნივთიერებები გამოთავისუფლდება. მეტიც, წვიმის წყალი მიწაში ჩაედინება და მას საკვები ნივთიერებებისგან

ცლის. მიუხედავად ამისა, რედუცენტების მრავალფეროვნება (მაგალითად, ბაქტერიები და სოკოები) დაშლის პროცესს საკმაოდ აჩქარებს და ამის შედეგად გამოთავისუფლებულ ნივთიერებებს, ნაცვლად მათი ნიადაგში შენახვისა, მცენარეები მალევე იღებენ.



სურათი 1.4.4 ტენიანი ეკვატორული ტყეების ნიადაგი.

ამაზონის სელვაში, რკინისა და ალუმინის ოქსიდებით მდიდარ წითელ ფერალიტურ (ლატერიტულ) ნიადაგებზე სხვადასხვა სახეობის პალმა, ფიკუსი, ბანანი, შოკოლადის ხე (კაკაო), კაუჩუკის ხე – ჰევეა, ნესვის ხე, ქინაქინა, წითელი ხე და სხვ. იზრდება.

დავალება:

- (3.) რა ფაქტორებმა განაპირობა ჰილვების ნიადაგის ფორმირება?

ამაზონის ტყეების მცენარეებს შორის გამოირჩევა გიგანტური ბერტოლეცია – ბრაზილიური კაკალი. ხის ნაყოფი – კაკალი საკმაოდ ნოყიერია: იგი 70% ცხიმს, 17% ცილას, 4% მინერალურ მარილებს შეიცავს. 2 კგ წონის ნაჭუჭში 10-დან 20-მდე კაკალი თავსდება. ქარის დროს ამ ხის ქვეშ ყოფნა შემგროვებლისთვის შესაძლოა სასიკვდილოც კი აღმოჩნდეს. ადგილობრივი მცხოვრებლები კაკალს აგროვებენ და აბარებენ, რაც მათი შემოსავლის წყაროა.



სურათი 1.4.5 გიგანტური ბერტოლეცია – ბრაზილიური კაკალი განთქმულია გემრიელი და ნოყიერი ნაყოფით.

ტყეში ასევე იზრდება ე.წ. რძის ხე, რომლის წვენი ფერითა და გემოთი მართლაც წააგავს რძეს და საკვებადაც იყენებენ; შოკოლადის ხე, რომლისგანაც მაღალხარისხოვან პროდუქტს – კაკაოს, „ღმერთების საკვებს“ იღებენ; ნესვის ხე, რომლის ნაყოფიც 2-3 კგ-ს იწონის და ნესვის მსგავსი გემო აქვს; ცინამონი, რომელიც საოცრად ნაზი სურნელით გამოირჩევა; ქინაქინის ხე, რომლის ქერქისგან ქინაქინას – მალარიის წამალს – ამზადებენ. ზოგიერთი ხის მერქანი საცობზე მსუბუქია, ზოგიერთისა კი ისეთი მაგარი, რომ ალესილი ცულიც ვერ ერევა.

ტყეში განსაკუთრებული ადგილი პალმას უკავია. აქ მისი მრავალი სახეობაა გავრცელებული: პალმა ბაბასუ, რომლის კაკლისგან მაღალხარისხოვან ცხიმს იღებენ; პალმა ასაი, რომლის ახალგაზრდა ყლორტებს მიირთმევენ, ნაყოფისგან კი სასიამოვნო სასმელს ამზადებენ. „ვინც ერთხელ მაინც იგემა პალმა ასაის წვენი, აუცილებლად დაბრუნდება ამაზონის ტყეში“, – ამბობენ ადგილობრივები. განსაკუთრებით ბევრი სიკეთე მოაქვს ქოქოსის პალმას. „სიცოცხლის ხე“, „უნივერსალური მაღაზია“ – ასე იხსენიებს მას იქაური მოსახლეობა. მისი ღეროსგან ავეჯს, იარაღს, ნავებს და მრავალ სხვა ნივთს ამზადებენ. ქოქოსის პალმის ნაყოფი და ნაზი ყლორტები საკვებად გამოიყენება. ნაყოფის წვენისგან ღვინო, შაქარი, ვაჟინი და სხვა პროდუქტი მზადდება. ამაზონის ტყეების ძვირფასი საჩუქარია



სურათი 1.4.6 ადგილობრივი მოსახლეობა ჰევეას უწოდებს „კაუჩუს“ – „ჯოხი, რომელიც რძეს იძლევა“.

ჰევეა, რომელიც ბუნებრივი კაუჩუკის წყაროა. ჰევეას სიმაღლე 30-40 მ-ია. მისი რძისებური წვენი შეიცავს კაუჩუკს, რომლის მისაღებად 10-12 წლის ხეებს სერავენ და დასერილი ადგილებიდან გამოყოფილ რძისებურ წვენს აგროვებენ. ეს წვენი კაუჩუკის კოლოიდური ხსნარია და მასზე მჟავის დამატებით ან გაცხელებით გამოიყოფა კაუჩუკი. ერთი ხისაგან წელიწადში 3-4 (ზოგჯერ 7,5) კგ კაუჩუკს იღებენ.

წვიმიან ეკვატორულ ტყეებში ძლიერი დაჩრდილვის გამო, ბუჩქებისა და ბალახოვანი საფარის იარუსი კარგად ვერ ვითარდება, თუმცა მრავლადაა სპოროვანი მცენარეები (გვიმრები, ლიკოპოდიუმები). ტყეები ასევე გამოირჩევა ეპიფიტებისა და ხვიათა მცენარეების – ლიანების სახეობათა დიდი მრავალფეროვნებით, რომლე-



სურათი 1.4.7 ეპიფიტებით განსაკუთრებით მდიდარია ამაზონის ტენიანი ეკვატორული ტყეები, სადაც ეპიფიტებიდან უფრო მეტად ყვავილოვანი მცენარეები გვხვდება.

ბიც ხშირად გაუვალ რაყებს ქმნიან. ეპიფიტები ბალახოვანი ან მერქნიანი მცენარეებია, რომლებიც სხვა მცენარეებზე, ძირითადად, ღეროებსა და ტოტებზე სახლდებიან. პარაზიტებისაგან განსხვავებით, ისინი საკვებს გარემოდან იღებენ და არა იმ მცენარიდან, რომლებზეც ბინადრობენ (იხ. სურათი 1.4.6, გვერდი 163)

მდინარე ამაზონის ზედაპირზე იზრდება უჩვეულო და ლამაზი წყლის შრომანი – ვიქტორია რეგია (Victoria Regia), რომელსაც დიდი ზომის (2 მ დიამეტრის), წყალზე მოტივტივე ფოთლები აქვს. ფოთლის ქვედა მხარეზე განვითარებულია მსხვილი ძარღვების ქსელი, რომელიც ამოვსებულია ჰაერმომცველი ქსოვილით, რის გამოც იგი 50 კგ-მდე ტვირთს უძლებს. ვიქტორია რეგიას ყვავილები დიდი და სურნელოვანია. ისინი საღამოს თეთრად იშლება, დილით ვარდისფერდება და იხურება, ღლის ბოლოს კი კვლავ იშლება, მაგრამ უკვე ჟოლოსფერია. მეორე დილისათვის ყვავილი მუქი წითელია, ხელახლა იხურება, ჩაეშვება წყალში და მისგან შავთესლებიანი ნაყოფი ვითარდება.



სურათი 1.4.8 ვიქტორია რეგია მსოფლიოში ყველაზე დიდი წყლის შრომანია.

დავალება:

- (4). ახსენით, რატომაა ტენიანი ეკვატორული ტყეების – ჰილქების მცენარეულობა მარადმწვანე?



სურათი 1.4.9 ზარმაცა და კაპიბარა.

ამაზონის ნოტიო ეკვატორულ ტყეებში ცხოველთა სამყარო საკმაოდ მდიდარი, თუმცა ნაკლებად შესამჩნევია, რადგან ისინი შეგუებული არიან ტყის პირობებს და მათი უმეტესობა ხეებზე ცხოვრობს. ისინი მრავლადაა მცენარეთა ფესვებისა და ვარჯის ხშირი ფოთლების ლაბირინთებში. ამ ტყეებში ცხოველები მთელი წლის განმავლობაში უზრუნველყოფილნი არიან საკვებით, ამიტომ მათ გამრავლების დროს არ ახასიათებთ სეზონურობა.

ტყეში, სადაც ღლისითაც კი ბინდია, გამეფებულია სიჩუმე და მას ხანდახან თუ დაარღვევს მაიმუნების ღრიალი, რომლებიც აქ მრავლადაა. ხის ტოტებზე ჩამოკიდებულია ზარმაცა, ზოგან კი ტყეში იაგუარი შეიძლება შენიშნოთ. ამაზონის ტყეებში გვხვდება უჩვეულო ცხოველები – პეკარი, ზარმაცა, ჯავშნოსანი, ტაპირი, კაპიბარა; მდინარე ამაზონში – ანაკონდა (ყველაზე დიდი მახრჩობელა გველი), მტაცებელი პირანია და სხვ. ზოგიერთი მათგანის რაოდენობა იმდენადაა შემცირებული, რომ გადაშენების პირასაა.

ამაზონის ზარმაცები ნელა და ჩუმად გადაადგილდებიან. თანამედროვე ზარმაცების სიგრძე 70 სმ-ია, თუმცა ამერიკაში სულ ახლო წარსულში გიგანტური ზარმაცები ცხოვრობდნენ. კაპიბარა, რომელიც მდინარე ამაზონის ნაპირებზე ბინადრობს, მსოფლიოში თანამედროვე მღრღნელებს შორის ყველაზე დიდი ზომისაა. მისი სხეულის სიგრძე 1 მ-ზე მეტია, ხოლო მასა 50 კგ-ს აღწევს. იგი კარგად ცურავს და ყვინთავს(იხ. სურათი 1.4.9, გვერდი 164).

სელვას ბინადარია ჭიანჭველაჭამიები – მათ შორის აღსანიშნავია გიგანტური ჭიანჭველაჭამია, თამინდუა და ჯუჯა ჭიანჭველაჭამია. გიგანტური ჭიანჭველაჭამიის სხეულის ზომაა 100-120 სმ, კუდის სიგრძე – 60-90 სმ, ენა შეიძლება გამოიტყორცნოს 61 სმ-ზე. ჭიანჭველების შეგროვების დროს ენა შეიძლება 160-ჯერ გამოსტყორცნოს



სურათი 1.4.10 ჭიანჭველაჭამიები დღეში დაახლოებით 30 ათას ჭიანჭველას და ტერმიტს ჭამენ.

და დამალოს. ისინი ჭაობიან ადგილებში ბინადრობენ, აქტიურობენ დღისით და დიდ დროს ატარებენ საკვების ძებნაში, რის გამოც მუდმივი



სურათი 1.4.11 ამაზონის ჰილეს ფრინველები: თუთიყუში არა, გოაცინი, ტროგონი და კოლიბრი.

საცხოვრებელი არა აქვთ. იკვებებიან ჭიანჭველებით, ტერმიტებით, ჭიებით (იხ. სურათი 1.4.10, გვერდი 165).

ამაზონის სელვა ფრინველებისა და მწერების მრავალფეროვნებით გამოირჩევა. აქ ბინადრობს მრავალფეროვანი თუთიყუშები, მათ შორის, თუთიყუში არა; გოაცინი, რომელიც დინოზავრების შთამომავლადაა მიჩნეული; ტროგონი – მის ბარტყებს ფრთებზე აქვთ თითები ფრჩხილებით, რომელთა დახმარებითაც ისინი ხის ტოტებზე გადაადგილდებიან; ყველაზე პატარა ფრინველი – კოლიბრი; ტუკანი – ამაზონის ტყეების სიმბოლო და სხვ. სელვასში კოლიბრის 300 სახეობაა გავრცელებული. ისინი ყვავილის ნექტრით იკვებებიან, რომელსაც გრძელი ნისკარტით მოიპოვებენ. კოლიბრები დღეში მათ წონაზე ორჯერ მეტ საკვებს მიირთმევენ, დაფრინავენ სწრაფად, თან ისე სწრაფად, რომ მათ ფრთებს თვალს ვერ შეასწრებ, გულისცემა კი 1 წუთში 1400–ია (იხ. სურათი 1.4.11, გვერდი 165).

ამაზონის ტყეებში მწერები გამრავლების მაღალი ინტენსივობით ხასიათდებიან. აქ მრავლადაა მანათობელი და გიგანტური ხოჭოები, პეპლები, რომელთაც ზომითა და შეფერილობით ბადალი არა ჰყავთ დედამიწაზე. პეპლების შორის გამოირჩევა უჩვეულო სილამაზისა და სიდიდის პეპელა მორფო მენელაუსი, რომლის ფრთებისგან შესანიშნავი სუვენირები მზადდება. ამ ტყეებში ბინადრობენ ყველაზე დიდი ზომის დღისა და ღამის პეპლები.

ამაზონის წყლები მდიდარია თევზით. მხოლოდ ამაზონში, შენაკადების გარეშე, 750 სახეობის თევზია. ზოგიერთი მათგანი, მაგალითად, პირარუკუ და აპარაიმი, 4-5 მეტრი სიგრძისაა და 200 კგ-ს იწონის. ბრაზილიელები მათ „ამაზონის ხარებს“ უწოდებენ. მრისხანე, სისხლისმსმელი პირანია მხოლოდ 30-50 სმ სიგრძისაა, მაგრამ ადამიანებს მისი უფრო ეშინიათ, ვიდრე ნიანგის, ამიტომაც მას „კაციჭამია“ შეარქვეს.



სურათი 1.4.12 პირარუკუ დედამიწაზე ყველაზე დიდი თევზია.

დაიმასსოვრე!

ტროპიკული წვიმიანი ტყის ბიომს ოთხი ძირითადი მახასიათებელი აქვს:

- წლიური ნალექების დიდი რაოდენობა;
- ჰაერის მაღალი ტემპერატურა მთელი წლის განმავლობაში;
- საკვები ნივთიერებებით ღარიბი ნიადაგი;
- ბიომრავალფეროვნების მაღალი დონე (სახეობრივი სიმდიდრე).

დავალება:

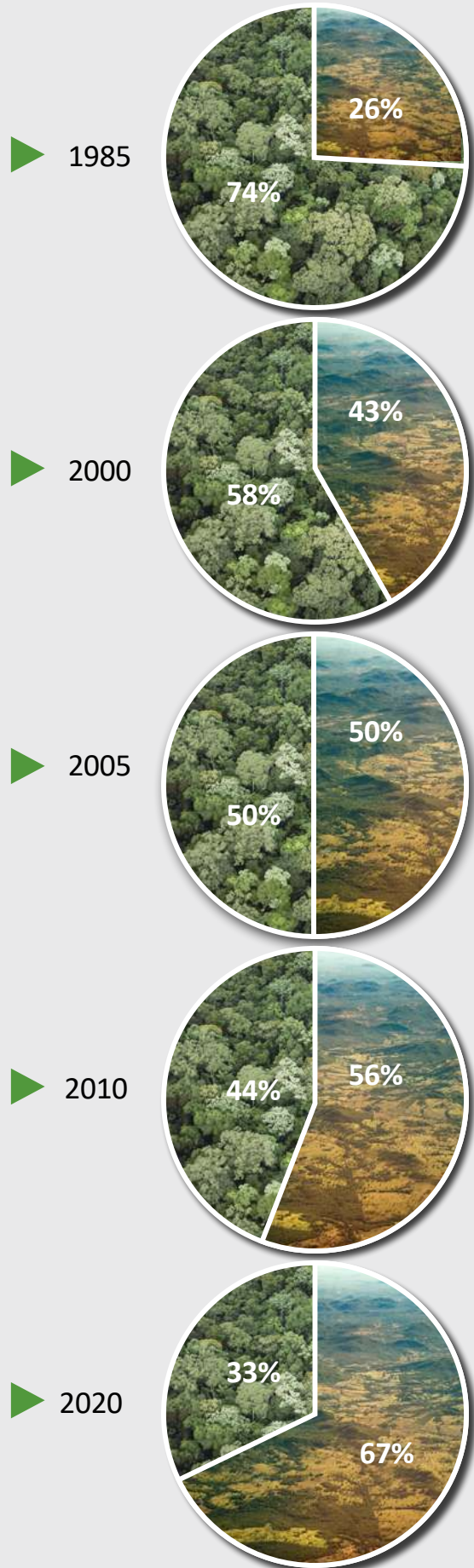
- (5).ახსენი, რა მიზეზებმა განაპირობა ამაზონის ტყეების მცენარეული საფარისა და ცხოველთა სამყაროს მაღალი ენდემიზმი.

სამწუხაროა, მაგრამ ფაქტია, რომ ადამიანმა მხოლოდ სასიცოცხლოდ როდი შეაღწია ამაზონეთის სიღრმეში, პირიქით – მას დიდი ზიანიც მიაყენა. აქ საავტომობილო მაგისტრალი გაიყვანეს, რომლის მშენებლობამაც ხელი შეუწყო ხელუხლებელი ბუნების განადგურებას.

ამაზონის ტყეს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს არა მხოლოდ სამხრეთ ამერიკისა და იქ მცხოვრები მოსახლეობისთვის, არამედ მთელი ჩვენი პლანეტისთვის. მას დედამიწის „ფილტვებს“ უწოდებენ, რადგან იგი ჟანგბადის დაახლოებით 20%-ს აწარმოებს.

ოდესღაც ამაზონის ტყე დედამიწის ხმელეთის ზედაპირის 16%-ს ფარავდა, დღესდღეობით კი ტყის ფართობი ხმელეთის მხოლოდ 6%-ს მოიცავს. ექსპერტთა ვარაუდით, ტყის დარჩენილი ნაწილი შესაძლოა, შემდეგი 40 წლის განმავლობაში სრულად იქნას მოხმარებული. ამაზონის ტყის რესურსის განადგურებას ხელს უწყობს ის ფაქტორიც, რომ იმ ქვეყნებში, სადაც

სურათი 1.4.13 ამაზონის ტყეების დეფორესტაციის (გაუტყეურება) დინამიკა.



ეს ტყეებია გავრცელებული, ტყის რესურსის ღირებულებას მხოლოდ მიწის ღირებულებით განსაზღვრავენ

დავალება:

- (6). გაანალიზე ინფოგრაფიკა „ამაზონის ტყეების გაუტყეურების (დეფორესტაციის) დინამიკა“ და იმსჯელე, რა შედეგები შეიძლება მოჰყვეს ამ პროცესის ასეთი ტემპებით გაგრძელებას (იხ. სურათი 1.4.13, გვერდი 167)?

ტყის მნიშვნელოვანი ნაწილი ნადგურდება ხშირი ხანძრების შედეგად, ხოლო უდიდესი ნაწილი – გაჩეხვის გამო. ამაზონის ჰილუას განადგურებისა და გაჩეხვის მიზანი, ძირითადად, ამ ტერიტორიაზე სასოფლო-სამეურნეო ან სამრეწველო საქმიანობის წარმართვაა. ექსპერტთა შეფასებით, ტყის გაჩეხვის შედეგად ყოველდღიურად მცენარეთა, ცხოველთა და მწერების 137 სახეობა ნადგურდება, რაც მთლიანობაში წელიწადში 50 000 სახეობას აღწევს. მნიშვნელოვანია ის ფაქტორიც, რომ ამაზონის ტროპიკულ ტყეში მრავლადაა ისეთი მცენარეები, რომლებიც სიცოცხლისთვის საშიში დაავადებების სამკუნალოდ გამოიყენება. აშშ-ს ეროვნულმა კიბოს ინსტიტუტმა დაადგინა 3 000



სურათი 1.4.14 გაუტყეურება და ხანძრები ამაზონის ტყეებში.

სახეობის მცენარე, რომელიც სიმსივნური უჯრედების განვითარებას აქტიურად უშლის ხელს. აღსანიშნავია, რომ ამ მცენარეთა 70% სწორედ ამაზონის ტყეშია თავმოყრილი.

ამაზონის ტყეების ფართობის შემცირება, ბიომრავალფეროვნების დანაკარგებთან ერთად, აჩქარებს გლობალური დათბობის ტემპს. ამაზონის მარადმწვანე ტყეები ეკოსისტემების ნახშირბადის მარაგების დაახლოებით 10% -ს შეიცავს, რაც, სავარაუდოდ, ჰექტარზე $0,62 \pm 0,37$ ტონა ნახშირბადია. სათბური გაზების მოდულები მიანიშნებს, რომ ამაზონის ტროპიკული ტყე შეიძლება არამდგრადი გახდეს მნიშვნელოვნად შემცირებული ნალექებისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში, რაც 2100 წლისთვის ტყის თითქმის მთლიან განადგურებას გამოიწვევს.

ბოლო პერიოდში დიდი ყურადღება ექცევა დაცული ტერიტორიების შექმნას. 2005-2016 წლებში დაცული ტერიტორიების ფართობი 3.07 მლნ კვ.კმ-დან 3.62 მლნ კვ.კმ-მდე გაიზარდა.

მანუს ეროვნული პარკი (პერუ) მსოფლიოში ერთ-ერთი უდიდესი ნაკრძალია – იგი თითქმის 2 მლნ ჰა-ს მოიცავს და ზღვის დონიდან 300-დან 4000 მეტრ სიმაღლემდე მდებარეობს. ასეთი მდებარეობისა და უზარმაზარი ტერიტორიის წყალობით, პარკში რამდენიმე სხვადასხვა ეკოსისტემაა წარმოდგენილი, რაც მცენარეთა, მწერებისა და ცხოველთა მრავალფეროვნებას განაპირობებს. მანუს ნაკრძალი ბიოლოგიურ სახეობათა მსოფლიოში ყველაზე დიდი რაოდენობით გამოირჩევა. აქ მხოლოდ ერთ ჰექტარზე 250-ზე მეტი ხის სახეობაა.



■ მანუს ეროვნული პარკი (პერუ).

დავალება:

- (7). როგორია გეოგრაფიული გარსის თითოეული სფეროს როლი ამაზონის ჰილდებისა წარმოქმნის პროცესში?
- (8). როგორ ვლინდება გეოგრაფიული მოვლენებისა და პროცესების მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები ამაზონის ჰილდში ფლორისა და ფაუნის გავრცელება/განლაგებაზე?
- (9). როგორია ამაზონის ტყეების მნიშვნელობა:

- ა) ადამიანისა და ბუნებრივი გარემოსთვის?
- ბ) რეგიონულ და გლობალურ დონეზე?

- (10). როგორ აისახება ამაზონის ტყეების გაჩეხა გარემოსა და იქ მცხოვრებ ადგილობრივ მოსახლეობაზე?

✦ ეს საინტერესოა!

ნოტიო ეკვატორული (ტროპიკული) ტყეები, სამხრეთ ამერიკის (ამაზონის აუზი) გარდა, ასევე გავრცელებულია სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში, აფრიკაში (კონგოს აუზი, გვინეის ყურის სანაპირო). შედარებით ნაკლები ფართობები გვხვდება ბრაზილიის სანაპიროზე, ცენტრალური ამერიკის ჩრდილოეთით, ინდოსტანის სანაპიროს სამხ./აღმოსავლეთით, შრი-ლანკაზე, მადაგასკარის აღმოსავლეთით, აღმოსავლეთ აფრიკის მთების ფერდობებზე.

ბიომრავალფეროვნება სხვადასხვა ეკოსისტემის, ამ ეკოსისტემებში არსებული ცოცხალი ორგანიზმების სახეობების, ამ სახეობების გენების ერთიანობას წარმოადგენს, რომელთანაც ადამიანის კეთილდღეობა მჭიდრო კავშირშია.

ტროპიკული ტყეების ეკოსისტემები მნიშ-

ვნელოვან როლს ასრულებენ ბიოსფეროში. მათში თავმოყრილია დედამიწაზე გავრცელებული ყველა სახეობის თითქმის ნახევარი, ანუ ბუნების გენეტიკური ფონდის უდიდესი ნაწილი. ამასთან, ტროპიკული ტყეები ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რგოლია ენერგიისა და ნივთიერებათა ცვლის გლობალურ წრებრუნვაში. ფოტოსინთეზის პროცესში მათში დიდი როლდენობით ჟანგბადი გამოთავისუფლდება. ისინი არიან ატმოსფეროში აირთა ცვლის რეჟიმის ეფექტური მარეგულირებლები და, იმავე ფოტოსინთეზის დროს, ორგანულ ნივთიერებაში იკავშირებენ დედამიწის CO₂-ის მარაგის თითქმის ნახევარს.

ამაზონის ტყის 1 ჰა-ზე 200 ტონამდე ბიომასა წარმოიქმნება. იმ უბნებზე, სადაც მცენარეულობა განადგურებულია, იგი სწრაფად განახლება ბუჩქნარების, დაბალი ხეცენარეების რაყების სახით, რომლებიც გადახლართულია ლიანებით.

ამაზონის მახლობლად, ქალაქ პარაში დღის განმავლობაში 60-70 სახეობა დღის პეპლის მოგროვება შეიძლება, წლის განმავლობაში კი – 600-700 სახეობისა, მაშინ როცა ინგლისში პეპლის მხოლოდ 64 სახეობაა ცნობილი.

ამჟამად მსოფლიოში დაახლოებით 100 ტომია, რომელთაც კონტაქტი არა აქვთ გარე სამყაროსთან. მათი ნახევარი ამაზონის ტროპიკულ რეგიონში – პერუს და ბრაზილიის ტერიტორიებზე ცხოვრობს.

დღეისათვის ამაზონის ტროპიკულ ტყეებში დაახლოებით 400-500 ადგილობრივი ტომი ცხოვრობს. მათგან 75-ს არასდროს არ ჰქონია გარე სამყაროსთან კავშირი.

პერუს ქალაქი იკიტოსი მსოფლიოს ყველაზე დიდი ქალაქია, რომელსაც სხვა ქალაქებს სახმელეთო ტრანსპორტით არ უკავშირდება, რადგან ის ამაზონის ჯუნგლების თითქმის ცენტრში მდებარეობს. ამ საოცარ ქალაქში 400 000 ადამიანი ცხოვრობს.

2008 წელს ამაზონის ტყე მსოფლიოს შვიდი ბუნებრივი საოცრების ნუსხაშია შეტანილი.

ყოველწლიურად 5 სექტემბერს აღინიშნება

ე.წ. „ამაზონის დღე“.



სურათი 1.4.15 ამაზონის პეპლები.

1.5. მანგროს ტყეები

მანგროს ტყეები, რომლებიც ხეებისა და ბუჩქების სახით გვხვდება, ბუნების ერთ-ერთ საოცრებას წარმოადგენს. ტანდაბალი (5-10 მ) და მარადმწვანე მანგროს ტყეები მხოლოდ ლიტორალურ (ზღვის ფსკერის ზონა, რომელიც მიქცევისა და მოქცევის შედეგად დღე-ღამეში ორჯერ იფარება წყლით და შიშვლდება) ზონაში იზრდება, შემდეგ კი თანდათან კონტინენტურ ტენიან ტროპიკულ ტყეებში გადადის.



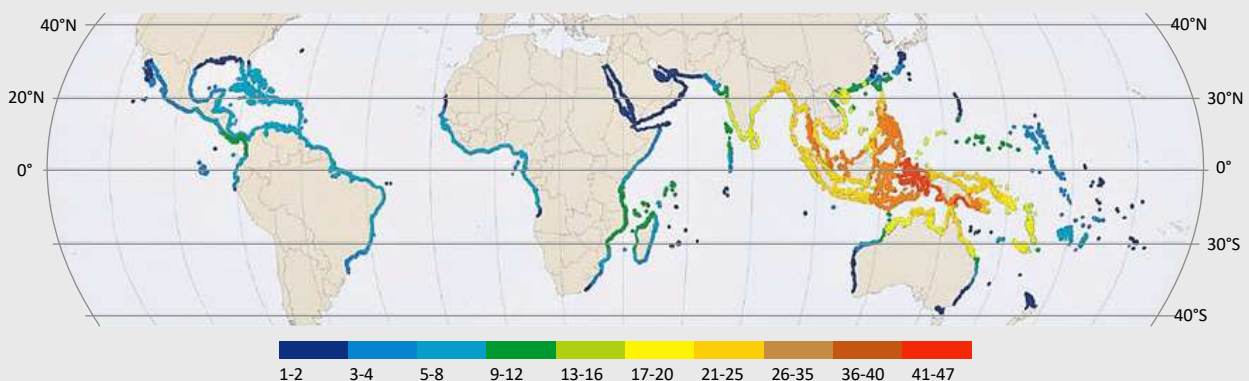
გაიხსენე

1. ტყეების რამდენი სარტყელი გამოიყოფა დელტაშიწის ზედაპირზე?
2. როგორი ტყეები არსებობს?

მანგროს ტყეები ძირითადად ტენიან ტროპიკებშია გავრცელებული – აფრიკის აღმოსავლეთ სანაპიროზე, მადაგასკარზე, სეიშელისა და მასკარენის კუნძულებზე, სამხრეთ აზიისა და ავსტრალიის სანაპიროებზე; ასევე გვხვდება აფრიკის, ცენტრალურ და სამხრეთ ამერიკის ატლანტის ოკეანის სანაპიროებზე, ამერიკის კონტინენტზე-

ბის წყნარი ოკეანის სანაპიროზე სამხრეთ კალიფორნიიდან ჩ.გ. 4°-მდე.

სამხრეთ ნახევარსფეროში მანგროები ეკვატორს კიდევ უფრო სცილდება: აფრიკის აღმოსავლეთ სანაპიროზე ისინი ღურბანის მიმდებარე ტერიტორიებს (ს.გ. 33°) აღწევენ, ხოლო აღმოსავლეთ ავსტრალიაში – ს.გ. 38°-ს.



სურათი 1.5.1 მანგროს ტყეების გავრცელების არეალები და მანგროს სახეობათა რაოდენობა თითოეული რეგიონის მიხედვით (Deltares, 2014).

დავალება:

- (1). მსოფლიოს პოლიტიკური და მანგროს ტყეების გავრცელების არეალების მოცემული რუკების გამოყენებით დაადგინე (იხ. სურათი 1.5.1, გვერდი 171):

- ა) მანგროს ტყეების გავრცელების არეალები – კონტინენტები და ქვეყნები;
ბ) რომელი ქვეყანა და რეგიონი გამოირჩევა მანგროს სახეობათა რაოდენობის მიხედვით?

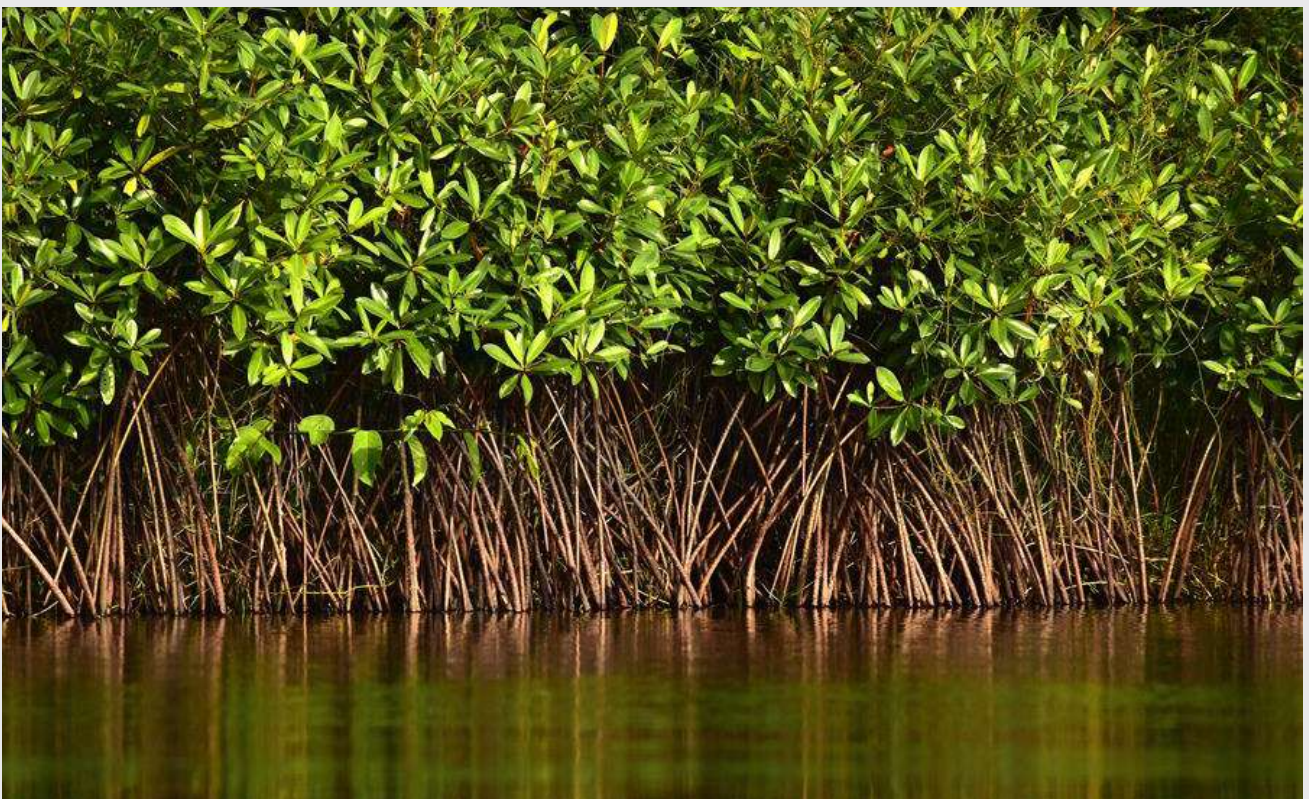
დაიმახსოვრე!

მანგროს ტყეები მხოლოდ ტალღებისაგან დაცულ ლამიან ტროპიკულ სანაპიროზე იზრდება, რომელიც მარტო ზღვის მოქცევისას იფარება წყლით.

სულ მსოფლიოში მანგროს დაახლოებით 70 სახეობას ითვლიან. მათ შორის ყველაზე გავრცელებულია: მირტი, პალმა, ნიპა, მბრწყინავი და ზღვის ავიცენია, ჰიბისკუსი. ამ მცენარეებისადმი დიდი ინტერესი იმის გამო გაჩნდა, რომ ისინი წყლის სქელი ფენის ქვეშ და მაღალი მარილიანობის პირობებშიც კი იზრდებიან. მანგროს ხეების ფესვების სიგრძე 30 სმ-დან 20-30 მ-მდე მერყეობს.

მანგროები ხმელეთსა და ზღვას შორის, წყლის მოქცევის ადგილებში იზრდება, იქ, სადაც მლაშე და მტკნარი წყალი ერთმანეთს ერევს. აქ წყალი ისეთი მარილიანია, რომ მრავალი მცენარე ამას ვერ აიტანდა, მაგრამ მანგრო ასეთ გარემოს ადვილად ეგუება.

ზოგ მანგროს აქვს ფილტრი, რომელიც მას იცავს, რომ ფესვიდან მცენარეში მარილმა არ შეაღწიოს. ის იმდენად კარგად ამორებს წყალს



■ სურათი 1.5.2 მანგროს ტყეები.

მარილს, რომ მგზავრს შეუძლია წყურვილიც კი მოიკლას, თუ მანგროს ფესვს გადახსნის და იქიდან გამტკნარებულ წყალს შესვამს. სხვა სახეობის მანგროები იწოვს და აგროვებს მარილს, შემდეგ კი მას ძველ ფოთლებსა თუ მცენარის სხვა ნაწილებში გამოყოფს, რომლებიც ხეს შემდგომ სცილდება. ზოგიერთი მანგრო კი მარილს იწოვს, მაგრამ მალევე გამოყოფს. ასეთ შემთხვევაში მარილი, ჩვეულებრივ, ფოთოლზე მდებარე მარილის გამომყოფი ჯირკვლებიდან გამოიდევენება. თუ ასეთ ფოთოლს ენას აუსვამთ, შენიშნავთ, რომ ის ძალიან მლაშეა. ოღონდ ფრთხილად უნდა იყოთ, რადგან ყველა სახეობის მანგრო უვნებელი არ არის! მაგალითად, ერთ-ერთი სახეობის მანგროს ფოთლებიდან გამოყოფილი მცენარეული რძეწვენი, ლატექსი, თვალში რომ მოგხვდეთ, შეიძლება დროებით დაგაბრმაოთ. თუმცა ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ლატექსს სამკურნალო თვისებები გააჩნია და მას იარებისა და ნაკბენი ადგილების სამკურნალოდ იყენებენ.

როგორც იცით, მცენარეთა უმეტესობას არსებობისთვის ჟანგბადით გაჯერებული ნიადაგი სჭირდება. მაგრამ ის ნიადაგი, რომელშიც მანგრო ხარობს, წყლითაა გაჟღენთილი. თავის არსებობას ის ნიადაგიდან მაღლა ამოშვერილ საჰაერო ფესვებს უნდა უმაღლოდეს, რომელთა წყალობითაც ჟანგბადს მანგრო პირდაპირ ჰაერიდან იღებს.

დავალება:

- (2). გაიხსენე, რა არის მიქცევა-მოქცევა, სად და რატომ წარმოიქმნება და როგორ იყენებს ადამიანი ამ ბუნებრივ მოვლენას.

მანგროს ხეებს სხვადასხვა ფორმის ფესვები აქვს. ზოგიერთი ფესვი, როგორიცაა, მაგალითად, მუხლა ფესვი, ნიადაგიდან ჯერ ზემოთ იზრდება, შემდეგ კი ისევ ნიადაგში ჩადის და იქ განაგრძობს ზრდას. ასეთი ზრდის შედეგად ფესვი ზედაპირზე ისე იზნელება, რომ, ერთი



სურათი 1.5.3 მანგროს ხეები ზღვის მიქცევა-მოქცევისას.

შეხედვით, მოხრილ მუხლს წააგავს. მილისებრი ფესვები ნიადაგიდან ვერტიკალურად ამოდის. სვეტისებრი ფესვები, რომლებიც მოგვიანებით ოჩოფეხა ფესვებად იქცევა, ხის ტანის ქვედა ნაწილიდან იტოტება. ფიცრისებრი ფესვები ხის ძირიდან წრიულად იზრდება და თან გზადაგზა იხვევა. ფესვების ზედა ნაწილი ნიადაგიდან ზემოთ არის ამოწეული. ფესვთა ასეთი განსხვავებული სისტემა ხეს არა მარტო სუნთქვის, არამედ რბილ ნიადაგში მყარად დგომის საშუალებასაც აძლევს.

მანგროს ერთ-ერთ სახეობას („*Xylocarpus granatum*“) დიდი მრგვალი ნაყოფი აქვს, რომელიც უსწორმასწორო ფორმის თესლებითაა სავსე. დამწიფებისას ნაყოფი სკდება და თესლი წყალში იყრება. ზოგი მათგანი წყალზე ტივტივებს მანამ, სანამ მას წყალი ისეთ ადგილამდე არ მიიტანს, სადაც ის გალივდება.



სურათი 1.5.4 მანგროების ფესვთა სისტემა
ძალიან მრავალფეროვანია.

მანგროს ხის ზოგიერთი ჯიშის თესლი მაშინ ღივდება, როცა ის ჯერ კიდევ დედა მცენარეზეა. მცენარეთა სამყაროში ეს ძალიან უჩვეულო მოვლენაა. ამ ჯიშის მანგროებზე ამოსული ღივები შემდგომ ხეს წყდება და წყალში რამდენიმე თვის ან ერთი წლის განმავლობაშიც კი ტივტივებს, ვიდრე აღმოსაფენებლად ხელსაყრელ გარემოს არ მიაგნებს. ასეთ ხეს ცოცხალმშობიარე ჰქვია.

რადგან გაღივებული თესლი წყალზე ტივტივებს, მას შეუძლია ნაკლებად მარილიან ადგილს მიაგნოს, რომელიც მისთვის იდეალურ გარემოს წარმოადგენს. მლაშე წყალში ის ჰორიზონტალურად ტივტივებს, ხოლო როცა ნაკლებად მარილიანში ხვდება, ვერტიკალურად იწყებს ტივტივს, რისი წყალობითაც იგი ლამში გაჩერდება და ფესვებს გაიდგამს.

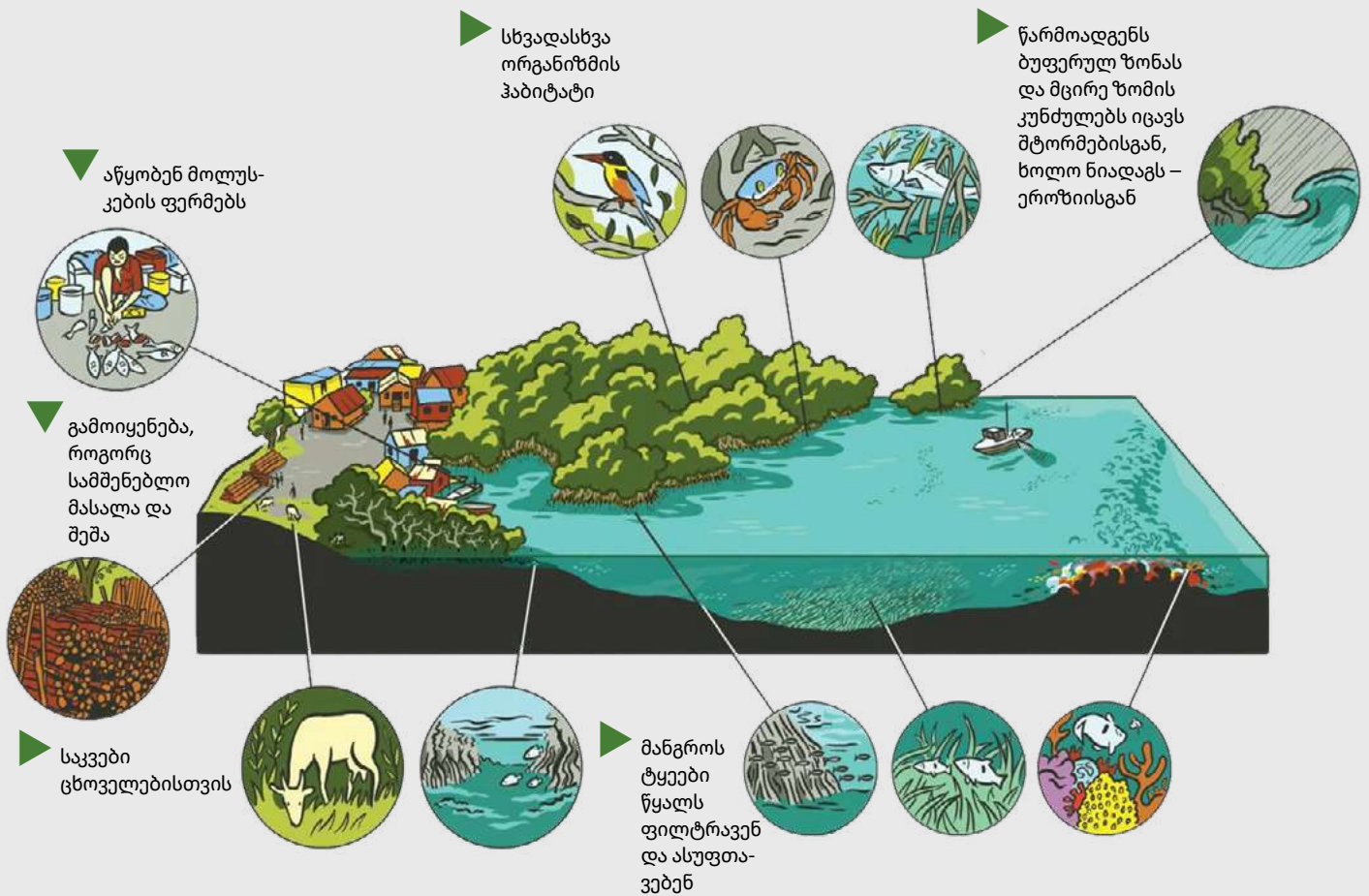
მანგროს ტყეები უნიკალური ბუნებრივი ეკოსისტემაა, რომელიც უზრუნველყოფს ცხოველთა სიცოცხლისთვის აუცილებელ პირობებს. მანგროს ხეები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ცოცხალი ორგანიზმების გამოკვებაში. ყველაფრით, რაც მანგროს ხეს სცვივა და ღვება, მიკროორგანიზმები იკვებებიან. მიკროორგანიზმებიც, თავის მხრივ, საკვებს წარმოადგენენ კვებით ჯაჭვში შემავალი სხვა ცოცხალი ორგანიზმებისთვის. მრავალი ცოცხალი არსებისთვის მანგროს ტყეები საუკეთესო ადგილია საცხოვრებლად, გამოსაკვებად და გასამრავლებლად. მაგალითად, ფრინველების ასობით სახეობა მანგროს ტყეებში ბუდობს და იკვებება, ხოლო ის სახეობები, რომლებსაც მიგრაციის დროს ამ ტერიტორიაზე გადაფრენა უწევთ, დასასვენებლად სწორედ აქ ჩერდებიან. მხოლოდ ბელიზში 500-ზე მეტი სახეობის ფრინველი ბინადრობს მანგროს ტყეებში.

მრავალი თევზის ლიფსიტა სწორედ მანგროს ტყეებში, წყლით გაჟღენთილ ნიადაგში დაყრილი ქვირითიდან იჩეკება. თევზისთვისაც საკვები აქ უხვადაა. 120-ზე მეტი სახეობის თევზი მოიპოვება ინდოეთსა და ბანგლადეშს შორის არსებული სუნდარბანის მანგროს ტყეში (იხ. სურათი 1.5.5, გვერდი 175).

დავალება:

- (3). გაანალიზე სურათი და იმსჯელე მანგროს ტყეების როლის შესახებ ეკოსისტემაში. მოიყვანე კონკრეტული მაგალითები (იხ. სურათი 1.5.5, გვერდი 175).

მანგროს მეზობლად სხვა მცენარეებიც კარგად ხარობენ. ავსტრალიის აღმოსავლეთ სანაპირო ზოლზე, მანგროს ხეებზე 105 სახეობის მდიერი იზრდება. მანგროს ტყის შორიახლოს მრავალი გვიმრა, ჯადვარი, ფითრი თუ სხვა მცენარეც კარგად გრძნობს თავს. მანგროს ხეს ყველგან, სადაც კი ის იზრდება, დიდი წვლილი შეაქვს მცენარეთა და ცხოველთა არსებობაში.



სურათი 1.5.5 მანგროს ტყეების მნიშვნელობა ეკოსისტემაში.

დაიმახსოვრე!

მანგროს ხეები ძალიან მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გარემოში. ამ ხეების საჭა-ერო ფესვები, რომლებიც ადვილად ეგუება სხვა მცენარეებისთვის არახელსაყრელ გარემოს, და მთავარდერძიანი ფესვები, რომლებიც წყალს მარილისგან ფილტრავს, ხელს უწყობს რთული და მდიდარი ეკო-სისტემის არსებობას.

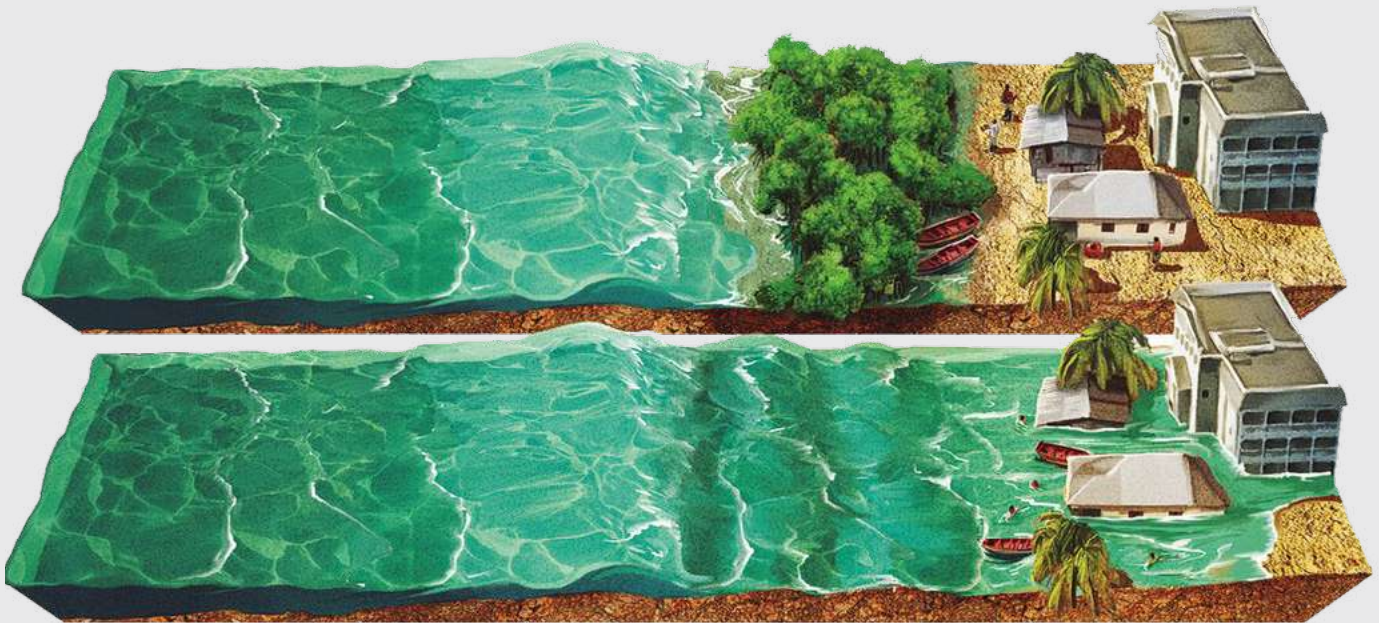
მანგროს ტყეებს, აგრეთვე, დიდი სარგებლობა მოაქვს ადამიანისთვის. მას იყენებენ შეშად, მისგან იღებენ ნახშირს და ამზადებენ საქონლის

საკვებს; მანგროდან მიიღება ტანინი; ასევე, სხვადასხვა მედიკამენტის დასამზადებელ ნედ-ლეულადაც მოიხმარენ. მოიპოვება თაფლი; მანგროს ხეები გამოიყენება მშენებლობაში, ქაღალდის, ქსოვილისა და ტყავის წარმოებაში. მანგროს გავრცელების არეალში ვხვდებით საკვებად ვარგის თევზებს, კიბოსნაირებსა და მოლუსკებს, ხამანწყებს; ამიტომ ამ მიდამოებს თევზსარეწაო კომპანიები აქტიურად ეტანებიან. ეს ადგილები ტურისტებისთვისაც ძალიან მიმ-ზიდველია.

მანგროს ხეები აკავებს ქარიშხალს, რომელიც გამოიწვევდა არა მხოლოდ სანაპირო ზოლის ეროზიას, არამედ ათასობით ადამიანის სიცო-ცხლესაც შეუქმნიდა საფრთხეს. ეს ტყეები,

როგორც მყარი კედელი, ცუნამისგან იცავს ნიადაგს, ნაგებობებსა და ადამიანებს. მაგ., 2004 წელს კუნძულ შრი-ლანკას რეგიონში მომხდარი უძლიერესი ცუნამის დროს ყველაზე ნაკლებად

სწორედ მანგროს ტყეების მიმდებარე არეალები დაზარალდა. ეს უფექტი პირდაპირ კავშირშია მანგროს ხეების ფესვების რაოდენობასთან, რადგან ისინი ნიადაგს, ფაქტობრივად, „ქსელის“



სურათი 1.5.6 სურათზე ნაჩვენებია ცუნამის მოქმედება მანგროს ტყეებით დაფარულ და მანგროს ტყეების გარეშე სანაპირო ინფრასტრუქტურაზე.

სახით აფიქსირებენ და არ აძლევენ მას გარეცხვის ან გაფანტვის საშუალებას. მანგროს ხშირი ტყეების წყალობით, ასევე, ნაკლებად დაზარალდა კუნძულის მოსახლეობა.

მიუხედავად იმისა, რომ ცნობილია, თუ რამდენად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მანგროს ხეები ეკოსისტემაში, ამ ტყეების ფართობები მაინც თანდათან მცირდება. ექსპერტთა მონაცემებით, ყოველ წელს 100 000 ჰექტარი ფართობის მანგროს ტყე იჩეხება. ხშირად მათ იმიტომ ჭრიან, რომ, ერთი შეხედვით, უფრო მომგებიანი, მაგალითად, სასოფლო-სამეურნეო საქმეები

ან სამშენებლო პროექტები განახორციელონ. მანგროს ჭაობიან მიდამოებს ბევრი მიიჩნევს კოლოების ბუდედ ქცეულ ტალახიან და მყრალ ადგილად.

ბოლო პერიოდში ბევრ ქვეყანაში მანგროს ტყეების აღდგენითი ღონისძიებები გატარდა და აიკრძალა მანგროს ხეების მოჭრა. ზოგიერთ ქვეყანაში მანგროს ტყეების გაშენების ხელშემწყობი სისტემაც კი არსებობს. განსაკუთრებით ინტენსიურად ამ ტყეების გაშენება ცუნამების გავრცელების რეგიონების სანაპირო ზოლში მიმდინარეობს.

დავალება:

- (5). ახსენი, რა როლს ასრულებს გეოგრაფიული გარსის თითოეული სფერო მანგროს ტყეების წარმოქმნის პროცესში?
- (6). როგორ ვლინდება გეოგრაფიული მოვლენებისა და პროცესების მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები მანგროებში?
- (7). კონცეპტუალური სქემის სახით წარმოადგინე მანგროს ტყეების ძირითადი თავისებურებები და მისი გამომწვევი მიზეზები;
- (8). იმსჯელე, რა მნიშვნელობა აქვს მანგროს ტყეებს:

ა) ადამიანისა და ბუნებრივი გარემოსთვის?

ბ) რეგიონულ და გლობალურ დონეზე?

- (9). რა პრევენციული ღონისძიებები უნდა გატარდეს მანგროს ტყეების გადასარჩენად?
- (10). შენი აზრით, შეიძლება თუ არა საქართველოს შავი ზღვისპირეთში მანგროს ტყეების ეკოსისტემის ხელოვნურად გაშენება? მოიყვანე არგუმენტები.

✶ ეს საინტერესოა!

ბერძენმა ზღვაოსანმა ნეარჰიმ, რომელმაც ჩვ.წ.ად.-მდე 325 წელს სპარსეთის ყურეში მანგროს ტყეები იხილა, ისინი ასე მოიხსენია: „ტყეები, რომლებიც ზღვაში იზრდება“.

სახელი „მანგრო“ მალაიური ენისგანაა ნაწარმოები – „mangle“ – და ითარგმნება, როგორც „ხეები წყალში“ ან „წყალში მზარდი“.

წარსულში ზოგ მეზღვაურს, რომელიც მანგროს ტყეებში მოხვდებოდა, სჯეროდა, რომ ხამანჯები პირდაპირ ხეებზე იზრდებოდნენ, რადგან წყლის მიქცევისას ადვილად შეიძლებოდა ხის ფესვებზე შემორჩენილი ხამანჯების შეგროვება.

მანგროს ხეებს ნავებისა და სხვადასხვა მუსიკალური ინსტრუმენტის დასამზადებლად იყენებენ.

მცირე ზომის მანგროს ტყის გაშენება შენც შეგიძლია საკუთარ აკვარიუმში. ამისათვის კი მხოლოდ მანგროს ხის მზა ნერგების ან მომწიფებული თესლის შეძენაა საჭირო.

გაერო-ს გარემოსდაცვითი პროგრამის მონაცემებით, ბოლო 20 წლის განმავლობაში მსოფლიოს მანგროს ტყეების 35% გაიჩეხა. ამ ტყეების 1/5 ხამანჯების ფერმების მშენებლობას შეეწირა.

1.6. ბორეალური ტყეები (ტაიგა)

ტყეები, რომლებშიც ჭარბობს წიწვოვანი ხეები – ლარიქსი, სოჭი, ფიჭვი, ცუგა და ნაძვი – ჩრდილოეთ ამერიკაში, ევროპასა და აზიაში ჩრდილოეთის თვალუწვდენელ ტერიტორიებს ფარავს. ჩრდილოეთ ამერიკაში ამ რეგიონს ბორეალური (ჩრდილოეთის) ტყე ეწოდება, ხოლო რუსეთში – ტაიგა. ამ ბუნებრივი კომპლექსის პირობებს, ფოთლოვან ტყეებთან შედარებით, წიწვოვანი ხემცენარეები შესანიშნავად ეგუებიან, რადგანაც მათი წიწვები აქაურ კლიმატურ პირობებს – ყინვასა და სიმშრალეს უკეთ იტანენ.

ბორეალური ტყეები ჩვენი პლანეტის უმსხვილესი ბიომია და უდიდეს როლს ასრულებს დედამიწის კლიმატურ პროცესებში. ასევე, შეუფასებელია მათი გავლენა ჩვენი პლანეტის ბიომრავალფეროვნებისთვის.

ბორეალურ ტყეებს დედამიწის ხმელეთის 14%

ანუ 1.5 მლრდ ჰა უკავიათ, რაც მთელი დედამიწის ტყეების თითქმის 38%-ია. ისინი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ზომიერ სარტყელში, ჩ.გ. 50-70-გრადუსიან პარალელებს შორის 2000 კმ სიგანის განედურ ზოლადაა გადაჭიმული და ჩრდილოეთ ევროპის, აზიისა და ჩრდილოეთ



სურათი 1.6.1 ბორეალური ტყეების გავრცელების არეალები.

ამერიკის გრანდიოზულ სივრცეებს მოიცავს. ეს ტყეები ასევე საკმაოდ დიდ ტერიტორიებს ფარავენ მთებში (მაგ., ჩრდილოეთ ევროპის მთიანი რაიონები, იაპონიის კუნძულები, ჩრდილოეთ ამერიკის წყნარი ოკეანის სანაპიროები).

ტაიგის ფარგლებში გამოიყოფა: ტუნდრისპირა ტყეები, ტყეტუნდრა, ჩრდილოეთის, ცენტრალური და სამხრეთის ტაიგა და წიწვოვან-ფართოფოთლოვანი ტყეები.

დავალება

- (1). დედამიწის კლიმატური, მსოფლიოს ფიზიკური და ბორეალური ტყეების გავრცელების არეალების რუკების მიხედვით დაადგინე (იხ. სურათი 1.6.1, გვერდი 178), რომელ კლიმატურ სარტყელსა და რომელ ქვეყნებშია გავრცელებული ბორეალური ტყეები?

კლიმატი ნებისმიერი ეკოსისტემისა და ბიომის ნიადაგის ტენიანობას, წყლისა და ტემპერატურულ რეჟიმს, მცენარეების ტიპს, ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნის ტემპებს, მიკროორგანიზმების აქტივობას განსაზღვრავს. ზოგადად, ბორეალური ტყე ხანგრძლივი ყინვიანი ზამთრითა და მშრალი, გრილი და ხანმოკლე ზაფხულით ხასიათდება (გამონაკლისია მხოლოდ წყნარი ოკეანის სანაპირო). ნალექების წლიური რაოდენობა 400-6000 მმ-ია, ოკეანურ სექტორში – გაცილებით უფრო მეტი. ატლანტის ოკეანიდან დაშორებით ყალიბდება კონტინენტური კლიმატი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ზამთარში ტემპერატურის – 50°C -მდე დაცემა, ხოლო ივლისის იზოთერმა $13-18^{\circ}\text{C}$ -ზე გადის.

ბორეალურ ტყეებში აღინიშნება ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ყველაზე დაბალი ტემპერატურები. რეკორდი ეკუთვნის რუსეთში მდებარე დაბა ოიმიაკონს, სადაც 1933 წელს ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ყველაზე დაბალი ტემპერატურა $-67,7^{\circ}\text{C}$ დაფიქსირდა.



■ სურათი 1.6.2 ბორეალური ტყეები ციმბირში (რუსეთი).

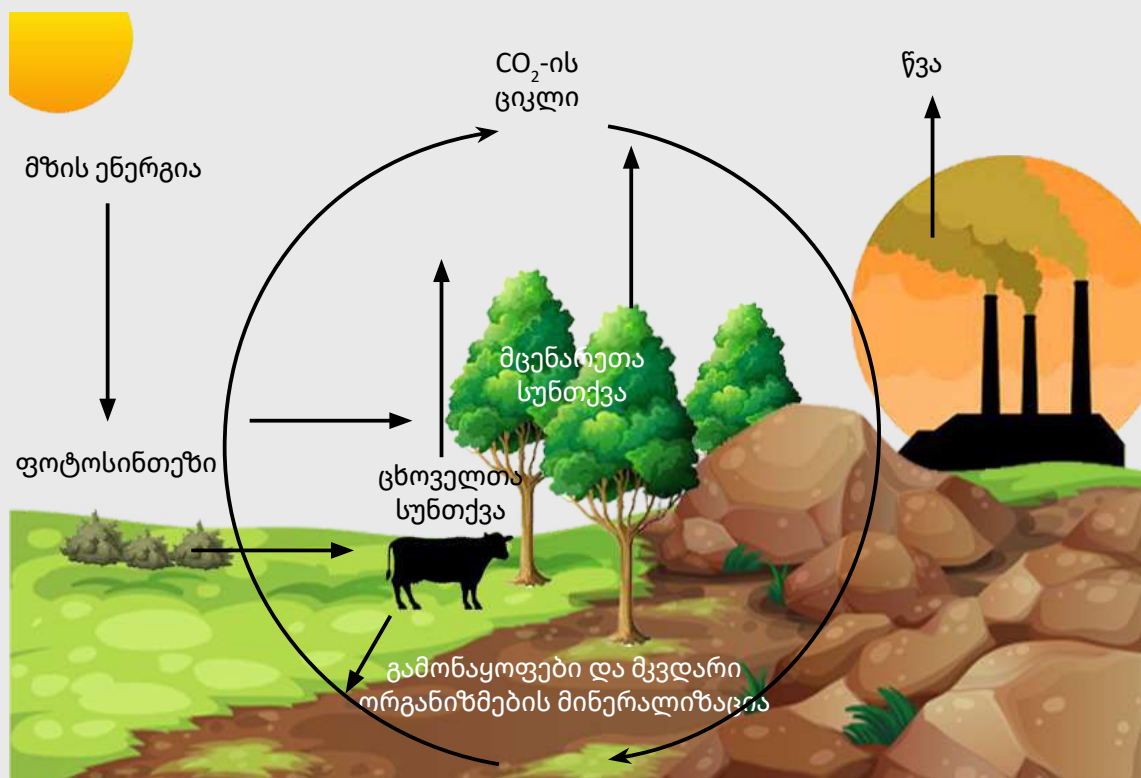


სურათი 1.6.3 ბორეალური ტყე ზამთარში.

ტაიგაში გავრცელებულია ეწერი ნიადაგები, თუმცა ზოგ ადგილებში გვხვდება დაჭაობებული, ნემომპალა-კარბონატული ნიადაგებიც. ნიადაგები ხშირ შემთხვევაში მჟავაა, რაც განპირობებულია მაღალი ტენიანობით. მათში ჰუმუსის შემცველობა 5-7%-ია. მცენარეებისა და ცხოველებისათვის ასეთ ადგილებში ყოველთვის არასაკმარისია მინერალური კვება. განსაკუთრებით კი არასაკმარისია კალიუმი, რომელიც ესაჭიროება როგორც მცენარეებს, ისე ცხოველებს.

ბორეალური ტყეები ნახშირორჟანგის მთავარ რეზერვუარს წარმოადგენენ. ისინი ამ ელემენტის 500 მლრდ ტონას შეიცავენ, რაც ატმოსფეროში მთელი მისი მარაგის 2/3-ს შეადგენს, რის გამოც უდიდესია ამ ტყეების მნიშვნელობა ნახშირბადის ციკლის პროცესში (იხ. სურათი 1.6.4, გვერდი 180).

სურათი 1.6.4 ნახშირორჟანგის ციკლი ბიოგეოქიმიური ციკლია, რომლის საშუალებითაც ნახშირორჟანგი მოძრაობს დედამიწის ბიოსფეროში, პედოსფეროში, გეოსფეროში, ჰიდროსფეროსა და ატმოსფეროში.



დავალება:

- (2). სქემის (იხ. სურათი 1.6.4, გვერდი 180) მიხედვით ახსენი, როგორ მიმდინარეობს ბუნებაში ნახშირორჟანგის ციკლი.

ტაიგის ლანდშაფტური მრავალფეროვნება განპირობებულია პალეოგეოგრაფიული, გეოქიმიური, კლიმატური და ბიოგეოგრაფიული ფაქტორებით. მართალია, ბიომის ბიოლოგიური მრავალფეროვნება დაბალია ტროპიკულ ტყეებთან შედარებით, თუმცა მაღალია ტუნდრასთან მიმართებით. ამჟამად არსებული ბორეალური ტყის ბიომები მყინვარული პერიოდის ბოლოს (დაახლოებით 10 000 წლის წინ) ჩამოყალიბდა, ხოლო სახეობრივი მრავალფეროვნება, რომელიც ჩრდილოეთის ტყეებში აღინიშნება უკვე თითქმის 5000 წელია არსებობს.

ბორეალურ ტყეებში:

- ჭურჭლოვანი მცენარეების ფლორა შეადგენს 600 -700 სახეობას;
- ფრინველების 120-150 სახეობას;
- ძუძუმწოვრების 85 სახეობას;
- მწერების 30 000 სახეობას;
- თევზების 240 სახეობას (შორეულ აღმოსავლეთში).

ტაიგის ტყეები, ტროპიკულ ტყეებთან შედარებით, მცენარეების სახეობრივი შემადგენლობისა და სასიცოცხლო ფორმების მიხედვით ღარიბი და 2-3 ჯერ ნაკლებად პროდუქტიულია. ტაიგისთვის დამახასიათებელია მარტივი იარუსობრივი სტრუქტურა: ხემცენარეთა იარუსი (ჩვეულებრივ, ერთია) შექმნილია 4 გვარის სახეობებით (ნაძვი, ფიჭვი, სოჭი, ლარიქსი), რომლებიც პალეოეკოლოგიურ და თანამედროვე პირობებთან დამოკი-

სურათი 1.6.5 კანადური ცუგა მაღალი (20-65 მ) მარადმწვანე, ტენის მოყვარული და ჩრდილის ამტანი ხეა. აქვს მსუბუქი მერქანი, რომელსაც, ძირითადად, ქაღალდის დასამზადებლად იყენებენ. ქერქი შეიცავს მთრიმლავ ნივთიერებებს.

დაიმახსოვრე!

ტაიგის ფლორასა და ფაუნაში თითქმის არ არის წარმოდგენილი ენდემები. მცენარეთა სახეობები აქ მცირერიცხოვანია.

დებულებაში ცვლიან ერთმანეთს დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით.

როგორც ევროპისა და აზიის კონტინენტებზე, ისე ჩრდილოეთ ამერიკის კონტინენტზეც ტაიგის ლანდშაფტი არაერთგვაროვანია. განსხვავება ყველაზე მეტად საგრძნობია დასავლეთ და აღმოსავლეთ და შიდა კონტინენტურ ნაწილებს შორის.

დავალება:

- (3). ახსენი, რა გეოგრაფიულმა ფაქტორებმა განაპირობა განსხვავება ტაიგის გავრცელების არეალის დასავლეთ, აღმოსავლეთ და შიდა კონტინენტურ ნაწილებს შორის?



ჩრდილოეთ ამერიკაში ბორეალური ტყეების შემქმნელი ძირითადი სახეობებია: სითხინის ნაძვი, ღუგლასის ცრუ ცუგა, კვიპაროსი, წითელი კედარი, თეთრი ან შავი ნაძვი, ბალზამური სოჭი, ამერიკული ლარიქსი, კანადური ცუგა, ფიჭვი და სხვ. შერეული სახით გვხვდება წვრილფოთლოვანი სახეობები (ძირითადად, არყი, ვერხვი). ტაიგის სამხრეთ საზღვრებთან ფართოდაა გავრცელებული ფართოფოთლოვანი (მუხა, ნეკერჩხალი, ცაცხვი) სახეობები.

ბალახოვან-ბუჩქნარ იარუსში დიდ როლს ასრულებს ბუჩქები (შავი მოცვი, ლურჯი მოცვი, წითელი მოცვი, ბაძგი), ტაიგის დაბალბალახულობაში (მსხალიჭა, მჟაუნა), განვითარებულია ორქიდეები, გვიმრები და ლიკოპოდიუმები. კარგად არის გამოხატული ხავსის საფარი, რომლის სიმაღლე 30-40 სმ-ს აღწევს.

ტყეები, რომლებიც შექმნილია ნაძვის, სოჭის, ლარიქსის მიერ, წარმოქმნიან მუქწიწვოვან ტაიგას. ასეთი ტყე ფართოდაა გავრცელებული და დამახასიათებელია მთლიანი ტაიგისათვის. მის ქვედა იარუსებში სინათლე ვერ აღწევს, რის გამოც ქვეტყე სუსტადაა განვითარებული ან სრულიად არ გვხვდება. ნიადაგი დაფარულია ხავსითა და ჩამოცვენილი წიწვებით. მუქწიწვოვანი ტაიგის ძირითადი ფართობები მდებარეობს ევროპის აღმოსავლეთით.

ციმბირის ლარიქსისა და ჩვეულებრივი ფიჭვისაგან შექმნილი ტყეები წარმოქმნიან ნათელწიწვოვან ტყეებს. ეს არის მეტწილად მეჩხერი ტყეები, კარგი განათებით, კარგად განვითარებული ქვეტყის იარუსითა და ცოცხალი საფარით.

ჩრდილოეთ ევროპაში გაბატონებულია ფიჭვნარი ტყეები. ასეთი ტყეები ხშირად ვითარდება მუქწიწვოვანი ტყეების ნახანძრალზე, იგი წარმოადგენს ტაიგის მცენარეულობის განვითარების ხანგრძლივ (არსებობენ რამდენიმე ასეული წელი) ეტაპს. შორეულ აღმოსავლეთსა და ციმბირში ნათელი ტყეები შექმნილია ლარიქსის მონაწილეობით.

ტაიგის ზონაში, ტყეებთან ერთად, საკმაოდაა გავრცელებული ჭაობები და მდელოები. განსაკუთრებით დიდი ფართობები უკავია ხავსიან



სურათი 1.6.6 ციმბირის ნათელწიწვოვანი ტყეები (ტაიგა).

ჭაობებს. ამ ჭაობების მცენარეულობა ღარიბია; სფაგნუმის ხავსების გარდა, აქ გვხვდება წყლის იელი, ლურჯი მოცვი, დროშერა, ისლი და სხვა. ჭაობების დიდი ფართობები გავრცელებულია დასავლეთ ციმბირში, მდელოები კი – მდინარეთა ხეობებსა და ტყეთა პირებში; ისინი პირუტყვის ძირითადი საკვები ბაზაა.



სურათი 1.6.7 ტაიგის ტორფიანი ჭაობები (დასავლეთ ციმბირი, რუსეთი).

ბორეალური ტყეების ცხოველთა სამყარო უფრო მდიდარი და მრავალფეროვანია, ვიდრე ფართოფოთლოვანი და, მით უმეტეს, ტროპიკულ ტყეების. ცხოველების საბინადრო ეკოლოგიური პირობები ტაიგაში ხანგრძლივი ზამთრით, ძლიერი ყინვებით, მოკლე სავეგეტაციო პერიოდით, ტენიანი ქვეფენილი ზედაპირითა და სითბოს ნაკლებობით ხასიათდება. ტაიგაში წარმოდგენილი ცხოველები ან ეჩვევიან თოვლიან და ყინ-

ვიან ზამთარში აქტიურ ცხოვრებას, ან ზამთრის ძილს ეძლევიან, ან კიდეც სამხრეთის რაიონებში მიგრირებენ.

იმ ცხოველებისათვის, რომლებიც ზამთარში აქტიურ ცხოვრებას ეწევიან, თოვლის საფარი ხელსაყრელ ფაქტორს წარმოადგენს. თოვლის საფარის სიღრმეში ტემპერატურა რამდენიმე გრადუსით მაღალია, ვიდრე ზედაპირზე, ვინაიდან თოვლი სითბოს ცუდი გამტარია და იგი ცხოველის მიერ გამოყოფილ სითბოს შთანთქავს. ამიტომ ზოგიერთი ფრინველი და ცხოველი ღამით თოვლში ეფლობა. მრავალი ფრინველი ტაიგაში ბორეალური ტყეების მარადმწვანობის გამო ბინადრობს, რადგან ისინი ზამთარში მხოლოდ წიწვებით იკვებებიან და ზამთრის ექსტრემალური პირობები ასე გადააქვთ.

ტაიგაში საკვების მნიშვნელოვანი წყაროა წიწვოვნების თესლი, რომელიც მრავალი მღრღნელის, ფრინველისა და ზოგიერთი მტაცებლის საკვებს წარმოადგენს. ტაიგის ბიოტოპში (ისეთ ორგანიზმთა ჯგუფი, რომლებიც ადგილობრივი პოპულაციის შემადგენლობაში შედიან, აქვთ ერთნაირი გენოტიპი და პრაქტიკულად მსგავსი ნიშან-თვისებები) ადგილი აქვს იმ ცხოველების პოპულაციების ციკლურ დინამიკას, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან წიწვოვნების თესლების პროდუქციაზე. ტყეში ნაძვის, ფიჭვის, სოჭისა და ლარიქსის მოსავლიანობა წლების მიხედვით იცვლება, რაც იმ ცხოველებს, რომლებიც ამ წიწვოვნების თესლის საკვებ რესურსზე არიან დამოკიდებულნი, ან შორეულ მიგრაციას აიძულებს (მაგ., ციყვი), ან უნდა გადაფრინდნენ ძირითადი არეალის საზღვრებს მიღმა, ან მკვეთრად შეამცირონ თავიანთი რიცხოვნობა (მაგ. ზაზუნები, კურდღლები); ეს კი, თავის მხრივ, მტაცებლებზეც აისახება.

დაიმახსოვრე!

ტაიგის ბიომებში ადგილი აქვს იმ ცხოველების პოპულაციების ციკლურ დინამიკას, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან გაბატონებული წიწვოვანი ხეების თესლის პროდუქციაზე.

ტაიგის ფაუნისათვის დამახასიათებელია ტყის ძუძუმწოვრები: მურა დათვი, ფოცხვერი, როსომარი, სიასამური, ჩრდილოეთის ირემი, ციმბირის შველი, ყარსადი, წავი, თეთრი კურდღელი, ბურუნდუკი, ტყის ლემინგი, ტყის თაგვი, თხუნელა და სხვ.



სურათი 1.6.8 მურა დათვი – „ტაიგის ბატონ-პატრონი“.



სურათი 1.6.9 ჩრდილოეთის ირემი (ჩრდილოეთ ამერიკაში ცნობილია სახელით კარიბუ) ჯოგური პოლიგამიური ცხოველია; იკვებება მღიერებით, ტოტებით, კვირტებით, კენკრით, სოკოთი და სხვ. ზამთრობით, როდესაც თოვლის საფარი განსაკუთრებით მაღალია, ჩრდილოეთის ირემი წინა ფეხებით თხრის თოვლს 70-80 სმ სიღრმეზე და პოულობს საკვებს.

ტაიგის ფაუნაში ფრინველებიდან ტიპურია: სოლო, გნოლქათამა და გნოლთეთრა, რუხი ბუ, ჭოტი, კოდალა, გუგული, შავი ყვავი და სხვ.

ქვეწარმავლები ბორეალური ტყეების მხოლოდ სამხრეთ ზოლში ბინადრობენ. მათგან გვხვდება ჩვეულებრივი გველგესლა, ცოცხალმშობი ხვლიკები. ამფიბიებიდან ფართოდ არის წარმოდგენილი ტრიტონი და ციმბირის ბაყაყი. ტაიგაში უხვადაა ტკიპები, რომელთა შორის არის დაავადების გადამტანი სახეობები.

ბორეალურ ტყეებში საპროფაგები (სხვა ცოცხალი ორგანიზმების ნარჩენებით მკვებავი ორგანიზმები, მათ შორის, მიკროორგანიზმები), ძირითადად, ტყის ნაფენსა და ნიადაგის იარუსში გვხვდებიან. მათ შორის მთავარ როლს ბაღლინჯოები, ნემატოდები (მრგვალი ჭიები) და ტკიპები ასრულებენ. ეს მცირე ზომის ბინადარნი ნიადაგში უხვად არიან წარმოდგენილნი: 1მ²-ზე შეიძლება ათობით ათასი ტკიპა და ბაღლინჯო, მილიონი პაწაწინა (1 მმ-მდე) ნემატოდი არსებობდეს. თბილ პერიოდში ისინი მცენარის ჩამოცვენილი ორგანოებით იკვებებიან, ზამთარში კი ანაბიოზის მდგომარეობაში გადადიან.

მთელ ტაიგაში ფართოდ არის გავრცელებული მუქი წითელი, წვიმის ჭია ღენდრობენა, ამერიკაში რიცხოვნებით ჭარბობს დიდი ზომის (30 სმ) წვიმის ჭია ეჭზენია, ევროპის ტაიგის ზონაში კი – რუხი ფერის წვიმის ჭია ალლოლობოფორა.



სურათი 1.6.10 ტაიგაში გავრცელებული ღენდრობენა.

ბორეალური ტყის ნიადაგსა და ტყის საფენის იარუსში მრავლადაა ორფრთიანების, ტკაცუნა ხოჭოების, ბოლორქიანების ღარვები. მუხლუხებისა და მატლების მასიური გამრავლების შემთხვევაში დიდ ტერიტორიებზე ადგილი აქვს ხეების სრულ გამიშვლებას.

ტაიგა მერქნის დიდი მარაგით, ასევე, საკვები და სამკურნალო მცენარეებით გამოირჩევა. იგი მონადირეობისა და მეირმეობის ძირითადი ბაზაა.

დაიმახსოვრე!

ბორეალური ტყის ძირითადი მახასიათებლებია:

- ▶ ხმელეთის ყველაზე მასშტაბური ბიომია;
- ▶ ღედამიწაზე ყველაზე ჩრდილოეთით მდებარე ტყის ბიომია;
- ▶ კლიმატის ცვლილების მიმართ პლანეტის ყველაზე მოწყვლადი ბიომია;
- ▶ ბორეალური ტყეების ტორფნარები ნახშირბადის უზარმაზარი რეზერვუარებია.

ისევე როგორც სხვა ტყეები ღედამიწაზე, ტაიგაც გაუტყეურების საშიშროების გზაზეა, რადგან ადამიანები ათასობით ხეს ჩეხავენ და ბორეალური ტყეც ნელ-ნელა ქრება. ტყის ფართობების შემცირების გამო ცხოველები კარგავენ



სურათი 1.6.11 გაჩეხილი ტაიგა.



სურათი 1.6.12 მჟავა წვიმების შედეგი.

საცხოვრებლებს და სხვადასხვა ადგილას უწევთ გახიზვნა.

ტყის მასიური ჩეხვა განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს რუსეთში, აქ მრავლადაა ხისმჭრელი კომპანიები. კანადაში პირიქით – გაუტყეურების შეჩერებას ცდილობენ (იხ. სურათი 1.6.11, გვერდი 184).

ტყის ხანძრები ბორეალური ტყეების არსებობისა და ევოლუციის მნიშვნელოვანი ნაწილია. რეგიონიდან გამომდინარე, ძლიერი ხანძრები 70-200 წელიწადში პერიოდულად მეორდება.

ბორეალური ტყეების კიდევ ერთი პრობლემაა მჟავა წვიმები. მჟავა წვიმა, ჩვეულებრივ წვიმასთან შედარებით, მეტ მჟავას შეიცავს, რაც გამოწვეულია ატმოსფერული დაბინძურებით. მჟავა წვიმები როგორც ტყის, ასევე ცხოველთა ბიომსაც აზიანებს და ანადგურებს.

მსოფლიოს ბორეალური ტყეების მხოლოდ 12% არის დაცული, ხოლო ამ ტყეების 30% სამეურნეო საქმიანობისთვის (ხე-ტყის დამზადება, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება) გამოიყენება.

ადამიანის დადებითი და სასარგებლო ქმედებებიდან უნდა აღინიშნოს, რომ ბოლო პერიოდში ბორეალურ ტყეებში საგრძნობლად შემცირდა ნადირობის მასშტაბები და, შესაბამისად, მონადირებულ ცხოველთა რაოდენობაც, რაც ტყეში ბალანსის აღდგენასა და ცხოველთა სამყაროს განვითარებას შეუწყობს ხელს. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანმა შენიშნა და გაიზრა ბორეალური ტყეების გაუტყეურების საფრთხე და ტყის გადარჩენის მიმართულებით სხვადასხვა ღონისძიების გატარება დაიწყო: იქმნება დაცული ტერიტორიები, იკრძალება ბრაკონიერობა და სხვ.



სურათი 1.6.13 საავტომობილო გზა კანადაში, ალბერტას პროვინციაში ბორეალურ ტყეს კვეთს.

ბორეალურ ტყეებში მრავლადაა დაცული ტერიტორიები. მაგ. პუკასკუას, ფანდის, ჯასპერის ეროვნული პარკები კანადაში, იუგიდ ვა, სალაირი რუსეთში და სხვ.



სურათი 1.6.14 ჯასპერის ეროვნული პარკი კანადაში, ბორეალური ტყეებისა და მთიანი ლანდშაფტების ბიომრავალფეროვნების დაცვის მიზნით, 1907 წელს შეიქმნა. 1984 წლიდან კი იუნესკოს მსოფლიო მემკვიდრეობის სიაშია შეტანილი.

დავალება:

- (4). ახსენი, როგორია გეოგრაფიული გარსის თითოეული სფეროს როლი ბორეალური ტყეების წარმოქმნის პროცესში;
- (5). სქემის სახით წარმოადგინე ბორეალური ტყეების თავისებურებები და მისი გამომწვევი მიზეზები;

- (6). შეარჩიე შედარების კრიტერიუმები, შეადარე ერთმანეთს ტროპიკული და ბორეალური ტყეები და წარმოადგინე სქემის ან ცხრილის სახით;
- (7). იმსჯელე ბორეალური ტყეების მნიშვნელობის შესახებ რეგიონულ და გლობალურ დონეზე;
- (8). რატომაა საჭირო ბორეალური ტყეების დაცვითი ღონისძიებების გატარება?

✶ ეს საინტერესოა!

ბორეალური ტყეების სახელი, ბერძნული მითოლოგიის მიხედვით, ჩრდილოეთის ქარის ღმერთის ბორეასის სახელიდან მომდინარეობს.

ბორეალური ტყეების დაახლოებით 70% რუსეთში, კანადაში, ალასკასა და ჩრდილოეთ ევროპის ქვეყნებში – ნორვეგიაში, შვედეთსა და ფინეთშია. ამასთან, რუსეთში ამ ტყეების ¾-ია გავრცელებული.

ბორეალური ტყეები ასევე გვხვდება სამხრეთ ნახევარსფეროში, ს.გ. 60-გრადუსიანი პარალელის სამხრეთით.

ექსპერტთა მონაცემებით, ბორეალური ტყეები ნახშირორჟანგის გლობალური მარაგის 17%-ს შეიცავს.

ბორეალური ტყეები ნაკლებად დასახლებულ რეგიონებშია გავრცელებული. აქ ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის მხოლოდ 9% ცხოვრობს.

მსოფლიოში წარმოებული მერქნის 53% ბორეალურ ტყეებზე მოდის.

1.7. მთის ტყეები

დედამიწაზე ბუნებრივი ზონები არა მხოლოდ განედურად, არამედ სიმაღლის მიხედვითაც იცვლება. მთებში სიმაღლის მატებასთან ერთად იცვლება კლიმატური პირობები – სითბური რეჟიმი (ჰაერის ტემპერატურა), ატმოსფერული წნევა, ტენიანობა (ნალექების რაოდენობა) და მზით განათების პირობები. კლიმატური პირობების ცვლილებები კი ბუნებრივი ზონების ცვლილებას იწვევს. მთებში მთის ტყეები უმეტესად მარადმწვანე ხეებითა და ბუჩქებითაა წარმოდგენილი.



გაიხსენე

1. რა კანონზომიერებას ემორჩილება ბუნებრივი ზონების განლაგება დედამიწის ზედაპირზე?
2. რატომ და როგორ იცვლება ბუნებრივი სარტყლები სიმაღლის მატებასთან ერთად?

სიმაღლის მატებასთან ერთად ლანდშაფტების თანმიმდევრულ ცვლას, რაც კლიმატური პირობების ცვლილებითაა გამოწვეული, სიმაღლებრივი სარტყლურობა (ვერტიკალური ზონალურობა) ეწოდება. მთებში სიმაღლებრივი სარტყლები შედარებით სწრაფად იცვლება, ვიდრე ვაკეებზე. საკმარისია, სულ რაღაც 1 კმ-ის სიმაღლეზე ახვიდეთ, რომ ამაში თავად დარწმუნდებით.

სხვადასხვა მთიან მასივში ბუნებრივი ზონების რიცხვი სხვადასხვაა და ეს მთების სიმაღლეზე, მათ გეოგრაფიულ მდებარეობასა და ფერდობების ექსპოზიციასა და დამოკიდებული. რაც უფრო მაღალია მთა და რაც უფრო ახლოს მდებარეობს ეკვატორთან, მით მეტია სარტყლების რაოდენობა. სიმაღლებრივი სარტყლურობა ასევე კარგადაა გამოხატული ზომიერი ჰავის პირობებშიც, მაგ. კავკასიონზე, კარპატებსა და ყირიმის მთებში.

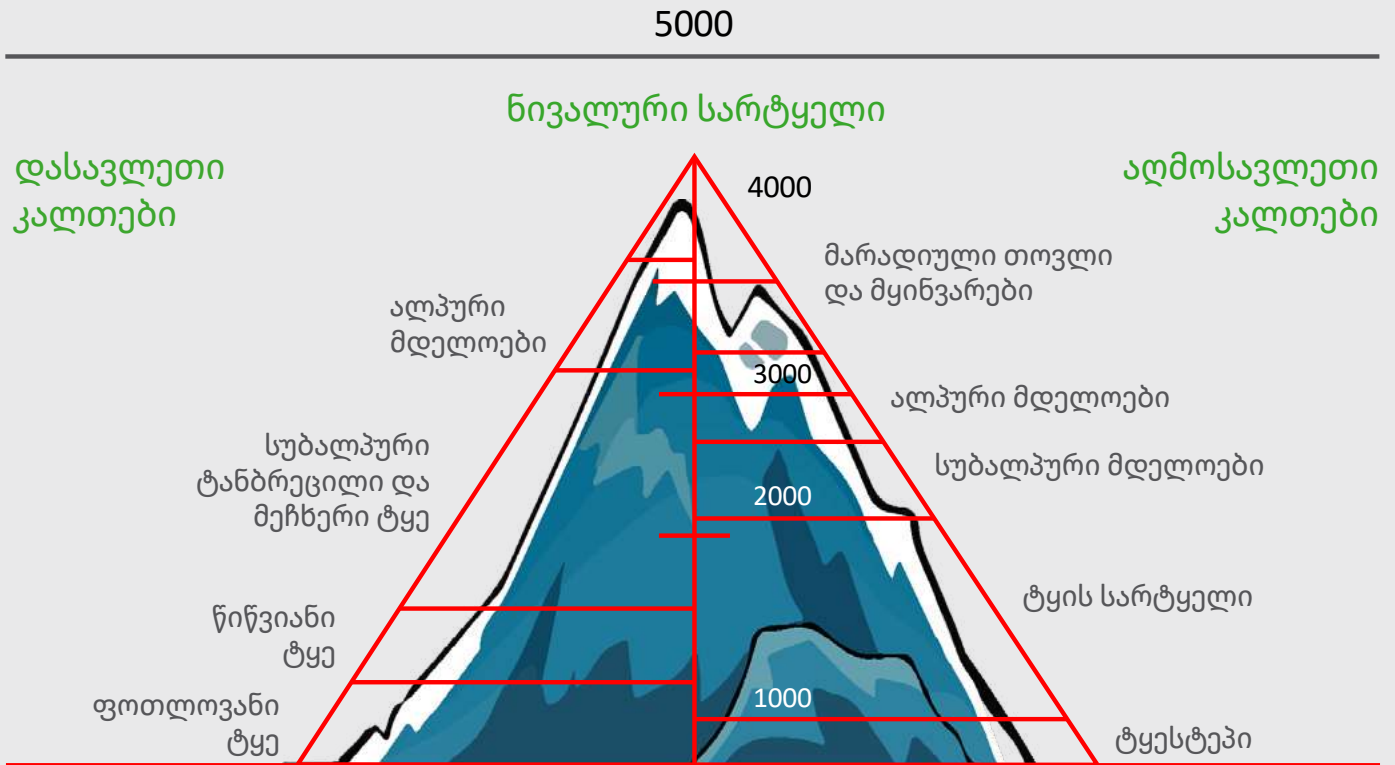
მთის ძირში ის ბუნებრივი ზონაა, რომელშიც ეს მთა მდებარეობს, შემდეგ კი სიმაღლის მატებასთან ერთად ზონაც იცვლება. მაგ; თუ მთა ტაიგაში მდებარეობს, მის მწვერვალზე ასვლამდე თქვენ ტაიგის, მთის ტუნდრისა და მარადი თოვლის სარტყლების გავლა მოგიწევთ. თუ თქვენ ეკვატორთან ახლოს მდებარე ანდების რომელიმე მთაზე ასვლას გადაწყვეტთ, მაშინ მოგზაურობის დაწყება ტენიანი ეკვატორული ტყეების (ჰილეას) ზონიდან მოგიწევთ.

მთებში სიმაღლებრივ სარტყლებს ფერდობების ექსპოზიციაც განსაზღვრავს. მაგალითად, მარადიული თოვლის ქვედა საფარი მთის სამხრეთ ფერდობზე უფრო მაღლა მდებარეობს, ვიდრე ჩრდილოეთ ფერდობზე (იხ. სურათი 1.7.1, გვერდი 188).

დავალება:

- გააანალიზე ნახაზი (იხ. სურათი 1.7.1, გვერდი 188), დაადგინე, რა ძირითადი განსხვავებაა კავკასიონის დასავლეთ და აღმოსავლეთ ფერდობებზე ბუნებრივი ზონების განლაგებაში და ახსენი ამის გამომწვევი მიზეზები.

მთიან სისტემებში სიმაღლებრივი სარტყლების რაოდენობა და ბუნებრივი პირობების



სურათი 1.7.1 ბუნებრივი ზონების განლაგება კავკასიონის დასავლეთ და აღმოსავლეთ ფერდობზე.

არაერთგვაროვნება მცენარეთა თანასაზოგადოების მრავალფეროვნებას განაპირობებს. აქ 1 მ² ტერიტორიაზე მცენარეთა მეტი სახეობა იზრდება, ვიდრე ამავე ფართობის ვაკეზე. მაგალითად, კავკასიონის მცენარეთა სამყარო 6000-ზე მეტ სახეობას მოიცავს, მაშინ როცა აღმოსავლეთ ევროპის ვაკის ცენტრალურ დაბლობში მხოლოდ 3500-ია, თანაც ეს ტერიტორია კავკასიონის ფართობს რამდენჯერმე აღემატება.

მთებში სიმაღლბრივი სარტყლების რაოდენობა დამოკიდებულია:

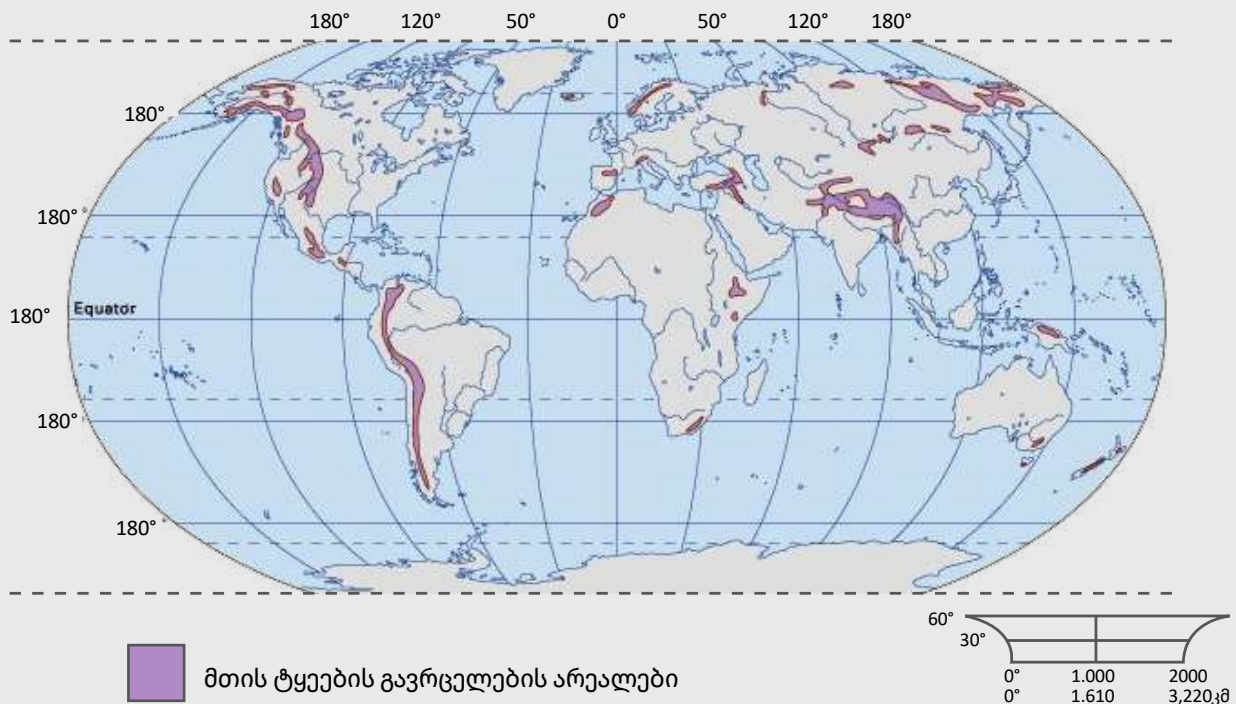
- მთის გეოგრაფიულ მდებარეობაზე;
- მთის სიმაღლეზე;
- ფერდობების ექსპოზიციაზე.

მთის ტყეების ფართობი 900 მილიონი ჰექტარია, რაც მსოფლიოს ტყის საფარის 20 %-ს შეადგენს. ისინი, ანტარქტიდის გარდა, ყველა კონტინენტ-

დაიმახსოვრე!

სიმაღლბრივი სარტყლურობა ანუ ვერტიკალური ზონალობა მთებში ბუნებრივი ზონების მონაცვლეობაა.

ზე და ყველა კლიმატურ ზონაში გვხვდება. მთის ტყეები ევროპაში ალპების, პირენეების, კარპატებისა და კავკასიის მთების ვრცელ ფართობებს ფარავს; ჩრდილოეთ ამერიკაში გავრცელებულია აპალაჩისა და კლდოვანი მთების ფერდობებზე, ავსტრალიაში – ავსტრალიის ალპებში (დიდი წყალგამყოფი ქედი), სამხრეთ ამერიკაში – გვიანას მაღალმთიანეთსა და ანდებში, ხოლო აფრიკის კონტინენტზე – ცენტრალურ და აღმოსავლეთ აფრიკის მთებში (იხ. სურათი 1.7.2, გვერდი 189).



სურათი 1.7.2 მთის ტყეების გავრცელების არეალები,
წყარო: Encyclopaedia Britannica, 2017 წელი.

დავალება:

- (2). მსოფლიოს ფიზიკური, პოლიტიკური და მთის ტყეების გავრცელების არეალების რუკების გამოყენებით დაადგინეთ:

- ა) რომელ მთებშია გავრცელებული მთის ტყეები?
ბ) რომელი ქვეყნების ტერიტორიებზე მდებარეობენ მთის ტყეები?

მთის ტყეები გავრცელებულია მთიან რეგიონებსა და მთის ცალკეულ მასივებზე. ხშირად მთის ტყეები სხვა ბუნებრივ ზონებთან, მაგ. სტეპთან, ტეესტეპთან ან სავანებთან მონაცვლეობენ. ჩვეულებრივ, მთის ტყის სარტყელი 500-2000მ სიმაღლეზე და 5°-იანი დახრილობის ფერდობებზე ვრცელდება, თუმცა შესაძლოა, უფრო მაღლა – 3-4 ათას მეტრ სიმაღლემდეც ვრცელდებოდეს.

ეს დამოკიდებულია კლიმატზე, მთის აგებულებაზე და მისი ნიადაგის შემადგენლობაზე.

მთის ტყეები ზოგჯერ მთის ძირიდან ალპურ მდელოებამდეც კი ვრცელდება. მათი გავრცელება ვერტიკალური ზონალობის კანონს ემორჩილება, თუმცა სხვადასხვა მთიან სისტემაში გარკვეული თავისებურებებით ხასიათდება, რაც მისი გეოგრაფიული მდებარეობითაა გამოწვეული.

ტყის ზედა საზღვარი მთის სიმაღლეზე, მის გეოგრაფიაზე, მდებარეობაზე, ტემპერატურულ და ნიადაგურ პირობებსა და ტენიანობაზეა დამოკიდებული. რაც უფრო მაღალია მთიანი სისტემა და დაბალია გეოგრაფიული განედი, მით უფრო მაღალია ტყის ზედა საზღვარი.

ტყის ქვედა საზღვარი, თბილ და მშრალ კლიმატურ რეგიონებში, არიდული მეჩხერი ტყეებით მთავრდება, რომელიც, როგორც წესი, ნახევარუდაბნოს ან უდაბნოს ზონაში გადადის. ეს

ნიადაგის ტენიანობით, მისი დამლაშებითა და ტემპერატურული პირობებით განისაზღვრება. ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენით, ტყის ზედა საზღვარმა შეიძლება დაბლა დაიწიოს, ქვედა კი ყოველთვის მკაფიოდ არაა გამოხატული. მაგ. ჩრდილოეთ ურალის მთებში ზედა საზღვარი 680 მ-ზე გადის, ხოლო ტიან შანის მთებში – 2000მ-ზე.

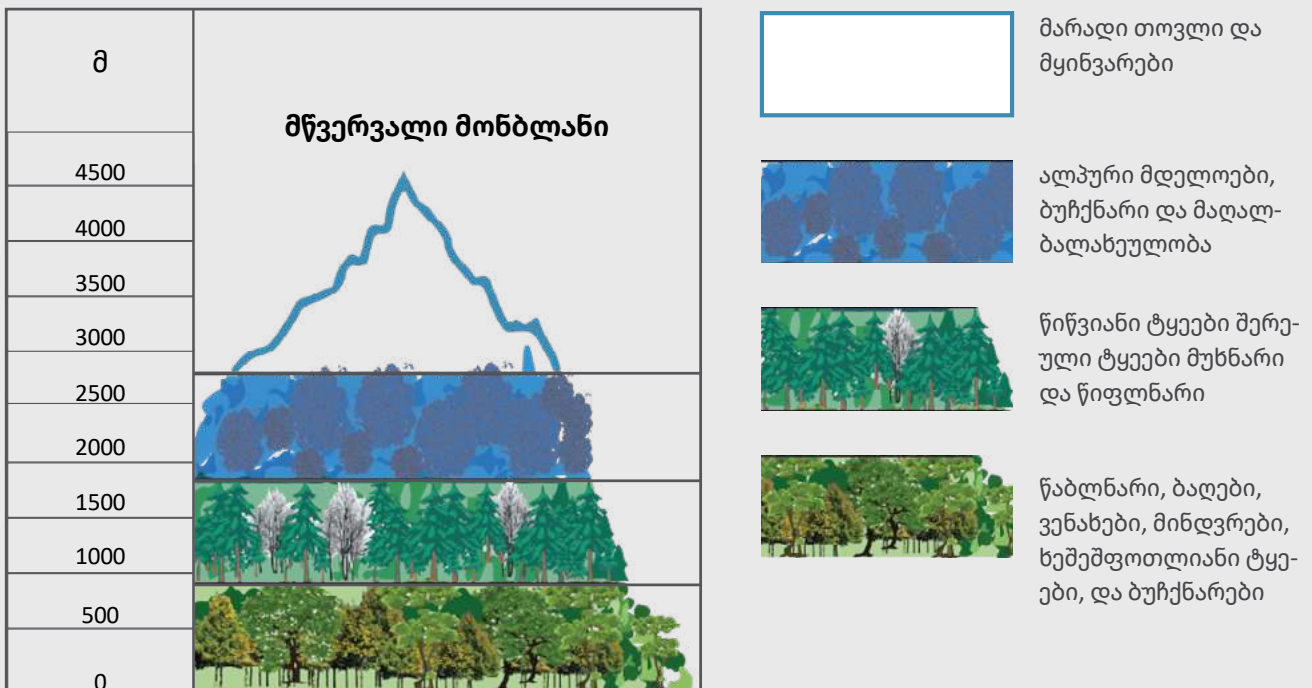
მთის ტყეების სტრუქტურა, სახეობრივი შემადგენლობა, პროდუქტიულობა და მდგრადობა არახელსაყრელი ბუნებრივი ფაქტორების მიმართ მისი გეოგრაფიული მდებარეობით, სიმაღლით, რელიეფითა და ფერდობების ექსპოზიციითაა გაპირობებული. სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ტყის სარტყელში მნიშვნელოვნად მცირდება ხეების სიმაღლე და სიხშირე.

მთის ტყეები მცენარეული და ცხოველური სახეობების მრავალფეროვნებითა და უნიკალური კოლექციით გამოირჩევა. აქ ბინადრობს და იზრდება ისეთი სახეობები, რომლებსაც ვაკე-დაბლობებზე ვერ ნახავთ. მათი ზოგიერთი სახეობა

საკმაოდ იშვიათი და მცირერიცხოვანია და ჰაბიტატების პატარა „კუნძულებს“ ქმნის.

კარპატების მთის ტყეებში იზრდება ჩვეულებრივი ნაძვი, თეთრი ნაძვი, ტყის წიფელი, თელა, კლდის მუხა, პოლონური და ევროპული ლარიქსი, კენკროვანი, ევროპული კედარის ფიჭვი და ა.შ. ტყის ზედა საზღვარი 1200-1700მ-ზე გადის. ყირიმის ტყეებს ქმნის მუხა, ევროპული წიფელი, ყირიმის ფიჭვი, რცხილა და ა.შ. ტყის საზღვარი 1000-1400 მ-ია.

ალპების მთების სიმაღლე, მათ მკვეთრად დანაწევრებასთან ერთად, მთებში ვერტიკალური ლანდშაფტების ზონების მკაფიოდ გამოხატულ ცვლას და ტიპური ალპური ლანდშაფტების ფართო განვითარებას განაპირობებს. საგრძნობლად განსხვავდება ალპების ჩრდილო და სამხრეთი კალთებისა და, აგრეთვე, სხვადასხვა რაიონის ფლორა, გარდა ამისა, თითოეულ რაიონში მცენარეები სხვადასხვა ექსპოზიციის კალთებზეც კი განსხვავებულია. ფორმაციის თითოეულ ჯგუფს ეტყობა სიმაღლის ზონების



სურათი 1.7.3 სიმაღლებრივი სარტყურობა ალპების მთებში.

მთელი ბუნებრივი კომპლექსის თავისებურებები. მთლიანობაში ალპებში გვხვდება მცენარეთა 4500 სახეობა, რომელთაგან 650 სახეობა ყვავილოვანი მცენარეა (იხ. სურათი 1.7.3, გვერდი 190).

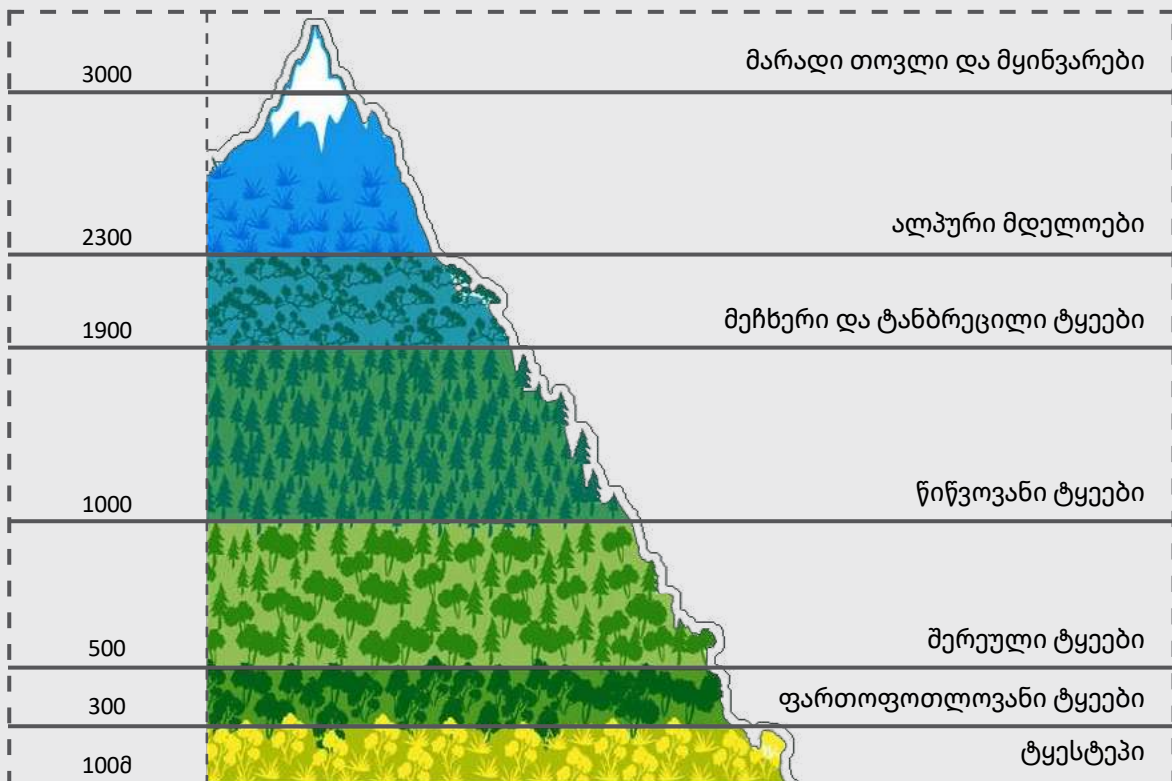


სურათი 1.7.4 ალპებში მუხისა და წიფლის ფართოფოთლოვანი ტყეები თანდათან წიწვოვანი ტყეებით იცვლება.

დავალება:

■ (3). *სქემის (იხ. სურათი 1.7.3, გვერდი 190) „სიმაღლებრივი სარტყლურობა ალპების მთებში“ მიხედვით დაადგინე, რა სიმაღლეზე იწყება და მთავრდება მთის ტყეები ალპებში?*

სიმაღლებრივი სარტყლურობა ნათლად არის გამოხატული კავკასიონზე. კავკასიის მთის ტყეებში ხარობს ქართული მუხა, იმერული მუხა, ჰარტვისის მუხა, აღმოსავლური წიფელი, კავკასიური სოჭი, აღმოსავლეთის ნაძვი, კაკალი, ბიჭვინთის ფიჭვი, წაბლი, კავკასიური რცხილა, კავკასიური ცაცხვი, კავკასიური მსხალი, აღმოსავლური ვაშლი, ძელქვა (რელიქტი) და ა.შ. ტყის ზედა საზღვარი 2300-2500 მ-ზე გადის.



სურათი 1.7.5 სიმაღლებრივი სარტყლები კავკასიონზე.

დავალება:

- (4). შეადარე ერთმანეთს ალპებისა და კავკასიონის მთების სიმაღლებრივი სარტყურობის სქემები (იხ. სურათი 1.7.3, გვერდი 190) (იხ. სურათი 1.7.5, გვერდი 191) და დაადგინე მათ შორის მსგავსება-განსხვავება. რა დასკვნას გამოიტან?

კავკასიონის მთებში ქვედა სარტყელს ფართო-ფოთლოვანი ტყეები იკავებს, სადაც წამყვანი სახეობაა მუხა. შემდეგ გვხვდება წიფლის ტყეები, რომლებიც, სიმაღლის მატებასთან ერთად, ჯერ შერეულ, შემდეგ ნაძვნარ-სოჭნარ ტყეებში გადადის. ტყის ზედა საზღვარი 2000-2200მ სიმაღლეზე გადის, რასაც სუბალპური მდელოები მოჰყვება კავკასიური როდოდენდრონის ბუჩქნარით. შემდეგ გვხვდება ალპური დაბალბალახეულობა, ბოლოს კი სუბნივალური და ნივალური სარტყელი – მარადი თოვლისა და მყინვარების ზონა.

საქართველო მთაგორიანი ქვეყანაა, ამიტომ აქ ტყეები თითქმის მთლიანად (97,7%) მთის ფერდობებზეა წარმოდგენილი. აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს კლიმატის განსხვავებამ განაპირობა მათი მცენარეული საფარის სხვადასხვაგვარობა, რაც ვერტიკალური სარტყურობის სტრუქტურაშიც ვლინდება. მაგალითად, დასავლეთ საქართველოში საერთოდ არ არის სემიარიდული და არიდული მცენარეულობის უტყეო სარტყელი; ტყეებით დაფარულია ვაკეები და მთისწინეთის ფერდობები ზღვის ნაპირიდანვე. აღმოსავლეთ საქართველოსთან შედარებით, აქ ნაკლებადაა გამოხატული სუბნივალური მცენარეულობის ლანდშაფტები.

მთის ქვედა სარტყელში (500-იდან 900-1000 მ-მდე) წაბლისა და მუხის ტყეებია. წაბლნარი გვხვდება როგორც დასავლეთ საქართველოში, ისე აღმოსავლეთ საქართველოს ტენიან რაიონებში (კახეთი). დასავლეთ საქართველოს კირიან ნიადაგებზე და აღმოსავლეთ საქართველოს მშრალ რაიონებში (ქართლი, გარეკახეთი) წაბლნარის ნაცვლად მუხნარი, მუხნარ-რცხილნარი და რცხილნარია გავრცელებული. ქვე-



■ სურათი 1.7.6 მთის ტყეები რაჭასა და სვანეთში.

ტყეში იზრდება ზღმარტლი, კუნელი, თხილი, შინდი, თრიმლი და სხვა.

მთის შუა სარტყელში (900-1000-იდან 1500-1600 მ-მდე) ნაირხნოვანი, მაღალი წიფლნარია, როგორც წმინდა, ისე შერეული რცხილასთან, მინდვრის ნეკერჩხალთან, ბოყთან, ცაცხთან, ნაძვთან და სხვა. საქართველოში წიფლის ტყის სარტყელი არ არის მხოლოდ მესხეთ-ჯავახეთში. მის ადგილს აქ იკავებს სოჭთან შერეული ნაძვნარი, ნაძვნარ-ფიჭვნარი და წმინდა ფიჭვნარი.

მთის ზედა სარტყელი წარმოდგენილია მუქწიწვოვანი ტყეებით. დასავლეთ საქართველოში იგი 1400მ-იდან იწყება და ხშირად ტყის გავრცელების ზედა საზღვარს აღწევს, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 1500-დან 2100მ-მდე ვრცელდება. ამ ტყეების შემქმნელი მცენარეებია აღმოსავლური ნაძვი და კავკასიური სოჭი, რომლებიც ნაირხნოვან, მაღალპროდუქტიულ, წმინდა, უფრო ხშირად კი შერეულ კორომებს ქმნიან. მათ ხშირად ერევა წიფელი, თელა, ცაცხვი და სხვა. ამ სარტყელში გავრცელებუ-

ლია, ასევე, ფიჭვი (სამხრეთ ექსპოზიციის, დიდი დაქანების ფერდობებზე). ფიჭვნარის დიდი მასივები განლაგებულია მთათუშეთში, აგრეთვე, მესხეთსა და თრიალეთის ქედზე. იმ რაიონებში, სადაც ნაძვნარ-სოჭნარი არ არის (გარე- და შიდა კახეთი), მის მაგივრად დაბალი წარმადობის წიფლნარია გავრცელებული.

მთის ზედა ზოლი (ზღვის დონე 1900-2100-დან 2400 მ-მდე) სუბალპურ ტყეებს – სუბალპურ ტანბრეცილებსა და სუბალპურ მეჩხერებს უკავია. ტანბრეციელები, რომლებიც თითქმის ყველა რაიონშია გავრცელებული, უმთავრესად არყნარითა და წიფლნარითაა წარმოდგენილი. სუბალპური მეჩხერი ტყე უფრო დამახასიათებელია აღმოსავლეთ საქართველოსთვის და შექმნილია მაღალმთის ნეკერჩხლით, მაღალმთის მუხით,

დაიმახსოვრი!

დასავლეთ საქართველოში მხოლოდ 4 ძირითადი სარტყელია: ტყის (ზღვის დონიდან 1900 მ-მდე), სუბალპური (1900-2500 მ), ალპური (2500-3100 მ) და ნივალური (3100-ზე მეტი).

აღმოსავლეთ საქართველოში შედარებით უფრო მეტი – 6 ძირითადი სარტყელია: ნახევრადუდაბნოების, მშრალი ველებისა და არიდული მეჩხერი (ნათელი) ტყეების (150-600 მ), ტყის (600-1900 მ), სუბალპური (1900-2500 მ), ალპური (2500-3000 მ), სუბნივალური (3000-3500 მ) და ნივალური (3500 მ-ზე მეტი).

მთის ტყეები მათი რთული ეკომდგომარეობის გამო, ბიომრავალფეროვნების „ცხელ წერტილებს“ წარმოადგენენ. ისინი მნიშვნელოვან გარემოსდაცვით როლს ასრულებენ გლობალური მასშტაბით.

კლიმატის ცვლილების გამო, მთის ტყეები საფრთხის ქვეშ არიან, თუმცა უფრო მეტად ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა უქმნის პრობლემებს. ადამიანები სულ უფრო ხშირად იყენებენ მთის ტყეებს პირუტყვის საძოვრად, შეშის საჭრელად და ჩაისა და ყავის პლანტაციების გასაშენებლად.

მთის ტყეებს საფრთხე განსაკუთრებით ემუქრება აღმოსავლეთ აფრიკაში – რუანდაში, ბურუნდიში, კენიაში, ტანზანიაში, ეთიოპიაში, მალავისა და უგანდაში; ასევე, ჰიმალაის რეგიონში – ნეპალში, ინდოეთსა და პაკისტანში; კავკასიაში – სომხეთში, საქართველოსა და აზერბაიჯანში; სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში – ლაოსსა და კამბოჯაში. ბევრ ადგილას მთის ტყეები თითქმის მთლიანად განადგურდა – მაგალითად, კარიბის ქვეყნებში, ფილიპინებსა და ხმელთაშუაზღვისპირეთში.

ევროპაში, ხმელთაშუაზღვისპირეთის მთიანი ტერიტორიები უძველესი დროიდან თითქმის სრულად დაფარული იყო ტყეებით. სამწუხაროდ, შეშის ინტენსიური ჭრის, მოგვიანებით კი, ხანძრებისა და გადაძოვები შედეგად, ეს ტყეები სრულად განადგურდა. დღეს იქ სხვადასხვა სახეობის უამრავი მცენარე იზრდება, მაგრამ იქამდე არსებული ბუნებრივი მცენარეულობისგან სრულიად განსხვავებულია.

მთის ტყეებს წყალმარეგულირებელი, ეროზიის საწინააღმდეგო ფუნქცია აქვთ და დასახლებულ პუნქტებს, სატრანსპორტო მაგისტრალებსა და სხვ. ზვავებისგან, მეწყრებისგან, ღვარცოფებისგან იცავენ, ხელს უშლიან ძლიერ ქარებსა და ჰაერის ცივი მასების გავრცელებას ხეობებში. ისინი ასევე არეგულირებენ წვიმისა და ზედაპირული წყლების ჩამონადენს, რისი წყალობითაც არ იცვლება წყაროებისა და მინერალური წყაროების დებიტი (წყლის რაოდენობა, რასაც იძლევა წყარო დროის ერთეულში) და მდინარეთა დონე წყალმარჩხოების დროს. გარდა ამისა, მთის ტყეები ძვირფასი მერქნის წყაროა.

მთის ტყეების ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქციაა წყლის შენახვა და ეროზიის აღკვეთა. ისინი ასევე მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ რეგიონული კლიმატის ფორმირების პროცესში. მათ შეუძლიათ, წვიმის წყალი ღრუბელივით „შეიწოვონ“. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩევა მთის ტროპიკული ტყეები, რომლებიც ყოველდღიური კოკისპირული წვიმების წყალს „აგროვებენ“ წყაროების, ნაკადულებისა და მდინარეების სახით, რაც მთელი წლის განმავლობაში წყლის განაწილებას უზრუნველყოფს და ნიადაგს ეროზიისგან იცავს. ამავე დროს, ტყეებს

აქვთ გაგრილების ეფექტი და ქმნიან რეგიონულ დაბალანსებულ კლიმატს.

მთის ტყეები, სხვა ტყეების მსგავსად, დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგს შთანთქავენ. როცა ტყეები იჩეხება და ნადგურდება, ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით გამოიყოფა სათბური აირები, რაც ხელს უწყობს კლიმატის ცვლილებას.

მთის ტყეების ტიპური და უნიკალური ლანდშაფტების დასაცავად შექმნილია ნაკრძალები. კავკასიის რეგიონში ყველაზე ცნობილია კავკასიის, თებერდის, ყაბარდო-ბალყარეთის, ლაგოდეხის ნაკრძალები, სოჭის, იალბუზისპირეთის ეროვნული პარკები, რიჩის დაცული ტერიტორია

და სხვა. მათ შორის ზოგიერთი – მაგალითად, კავკასიის ნაკრძალი, სოჭის ეროვნული პარკი – მსოფლიოს მემკვიდრეობის სიაშია შეტანილი.

კავკასიის ნაკრძალი (ფართობი 2848 კვ. კმ), რომელიც ქალაქებს – სოჭსა და მაიკოპს შორის მდებარეობს, 1924 წელს ჩრდილო-დასავლეთ კავკასიის ბუნებრივი კომპლექსების დაცვის მიზნით დაარსდა. ნაკრძალში მცენარეთა დაახლოებით 3000 სახეობაა, რომელთა შორისაა მესამეული პერიოდის მრავალი რელიქტური და ენდემური მცენარე. მრავალფეროვანია ფაუნაც: გვხვდება ძუძუმწოვრების 80 სახეობა, ფრინველთა 250-ზე მეტი სახეობა და სხვა.



სურათი 1.7.7 კავკასიის ნაკრძალი.

მსოფლიოში ერთ-ერთი კარგად შემონახული, პირველყოფილი, ველური ბუნებრივი ლანდშაფტებით მრავალფეროვანი, ლაგოდეხის დაცული ტერიტორიები საქართველოს უკიდურეს ჩრდი-

ლო-აღმოსავლეთ ნაწილში, კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე მდებარეობს და ზღ. დ-დან 590-3500 მ-ის სიმაღლეზე ვრცელდება.



სურათი 1.7.8 მთის ტყეები ლაგოდეხის ნაკრძალში.

დავალება:

- (5). ახსენი კავკასიონის მაგალითზე, რა გავლენას ახდენს გეოგრაფიული მდებარეობა ტერიტორიის ბუნებრივი პირობების თავისებურებებზე;
- (6). შეადარე ერთმანეთს განედური ზონალობა და ვერტიკალური სარტყლურობა (იხ. სურათი 1.3.3, გვერდი 155) და დაადგინე მსგავსება-განსხვავება (იხ. სურათი 1.7.3, გვერდი 190) (იხ. სურათი 1.7.5, გვერდი 191);
- (7). ტექსტის მიხედვით, სქემის სახით გამოსახე ვერტიკალური სარტყლურობა დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში;
- (8). რომელ ბუნებრივ ზონაში ცხოვრობ? შეიძლება თუ არა, მასში უფრო პატარა ზონები გამოიყოს? რასთანაა ეს დაკავშირებული?

✶ ეს საინტერესოა!

ვერტიკალური ზონალობის ფუძემდებლად გერმანელი მეცნიერი და ბუნებისმეტყველი ალექსანდრე ჰუმბოლდტი ითვლება, თუმცა მასზე ადრე ეს კანონზომიერება ქართული

გეოგრაფიისა და ისტორიის ფუძემდებელმა ვახუშტი ბატონიშვილმა აღწერა.

აზონალობა რაიმე ბუნებრივი მოვლენის ისეთი გავრცელებაა, როცა იგი მიზეზობრივად დაკავშირებული არ არის მოცემული ტერიტორიის ზონალურ თავისებურებებთან. აზონალობა შეიძლება შეგვხვდეს როგორც ვაკეზე, ისე მთების სიმაღლებრივ სარტყელებშიც. აზონალური, უმთავრესად, ის ბუნებრივი მოვლენებია, რომლებიც მთლიანად ან მნიშვნელოვანწილად გამოწვეულია დედამიწის შინაგანი ძალების მოქმედებით (გეოლოგიური სტრუქტურა, რელიეფის მორფოსტრუქტურა და სხვ.). აზონალური ფაქტორების გავლენა განსაკუთრებით მკვეთრად მთაში ჩანს. აზონალობა ზონალობასთან ერთად განსაზღვრავს რეგიონული ლანდშაფტური კომპლექსის ფორმირებას.

საქართველოში ტყით დაფარული ფართობი 2,69 მლნ ჰა-ს აღწევს, რაც ტერიტორიის 38,5%-ს შეადგენს. მერქნის საერთო მარაგია 397,4 მლნ მ³. საქართველოს ტყეები 300-ზე მეტი მერქნიანი სახეობისაგან შედგება. სახეობრივი შემადგენლობის მიხედვით, საქართველოს ტყეები შემდეგნაირად ნაწილდება: წიწვოვან ტყეებს უკავია 0,41 მლნ ჰა (202%), მათ შორის, სოჭნარს – 190,7 ათ. ჰა, ნაძვნარს – 128,6 ათ. ჰა, ფიჭვნარს – 91,6 ათ. ჰა, ფოთლოვან ტყეებს კი – 1,57 მლნ ჰა (79,8%). მათ შორის, მაგარმერქნიანებიდან წიფლნარს – 1,03 მლნ ჰა, მუხნარს – 214,7 ათ. ჰა, რცხილნარს – 149,2 ათ. ჰა. დანარჩენი 155,9 ათ. ჰა ფართობი რბილმერქნიანი ჯიშის ტყეებზე (მურყნარი, არყნარი, ვერხვნარი და სხვა) მოდის.

21 მარტი ტყის საერთაშორისო დღეა. აღნიშნული თარიღი 2012 წლიდან აღინიშნება და მის მიზანს ტყეების შესახებ ცნობიერების ამაღლება წარმოადგენს.

ლაგოდეხის სახელმწიფო ნაკრძალი 1912 წელს პოლონელმა ბუნებისმეტყველმა ლუდვიკ მლოკოსიევიჩმა დააარსა.

1.8. სავანა და საჰელი

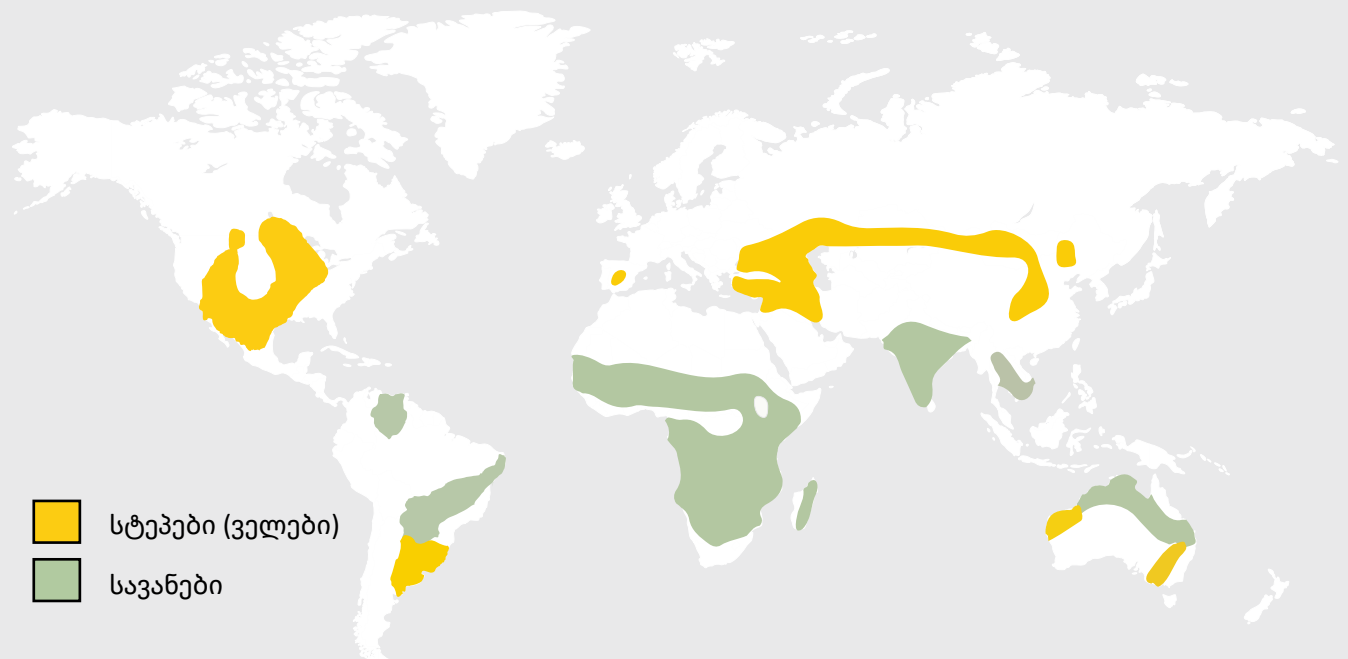
დედამიწის სტეპებს (ველებს) შორის ყველაზე ცნობილი აფრიკული სავანაა. სავანა – ღია ტროპიკული ველი, აქა-იქ გაბნეული დაბალი, ეკლიანი ხეებით, ბალახისმჭამელი ცხოველების ჯოგებისა და მათზე მონადირე მტაცებლების, აგრეთვე, ფრინველებისა და ქვეწარმავლების საბინადრო გარემოა. სავანაში 5-6 დღეში ისეთი ცვლილებები ხდება, როგორსაც ზომიერ სარტყელში თვე-ნახევრიდან ორ თვემდე სჭირდება.



გაიხსენე

1. რატომ არის მნიშვნელოვანი კონტინენტის გეოგრაფიული მდებარეობის ცოდნა?
2. რით განსხვავდება ნიადაგი ქანებისგან?
3. როგორ წარმოიქმნება და რისგან შედგება ნიადაგი?

სავანა ბიომის ტროპიკული ტიპია, თავისებური ტროპიკული ტყესტეპია, სადაც თითქმის მთელი მცენარეული საფარი ბალახითაა წარმოდგენილი და ამ უსაზღვრო ბალახეულ სივრცეში ეულად თუ ჯგუფურად გაფანტულია ფოთოლმცვენი ხეები და ბუჩქები.



სურათი 1.8.1 სავანებისა და სტეპების გავრცელების არეალები.

დავალება:

- (1). ეკვატორი აფრიკას თითქმის შუაზე ჰყოფს. გამოიყენე თემატური რუკები და ახსენი, როგორ აისახა ეს აფრიკის კლიმატური სარტყლებისა და ბუნებრივი ზონების განლაგებაზე?
- (2). სავანებისა და სტეპების გავრცელების არელების რუკის (იხ. სურათი 1.8.1, გვერდი 196) მიხედვით დაადგინე, აფრიკის გარდა, კიდევ რომელ კონტინენტებზეა გავრცელებული სავანების ზონა?

სავანებს დიდი ფართობები უკავია აფრიკაში, სამხრეთ ამერიკაში, ასევე გვხვდება ავსტრალიის ჩრდილო-აღმოსავლეთით და სამხრეთ აზიაში. სავანა აფრიკის ყველაზე დიდი ლანდშაფტური ზონაა და მას კონტინენტის თითქმის 40% უკავია.

დაიმახსოვრე!

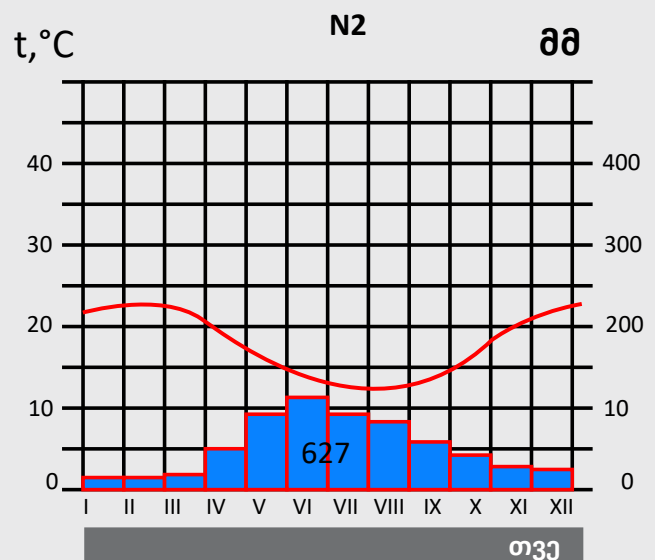
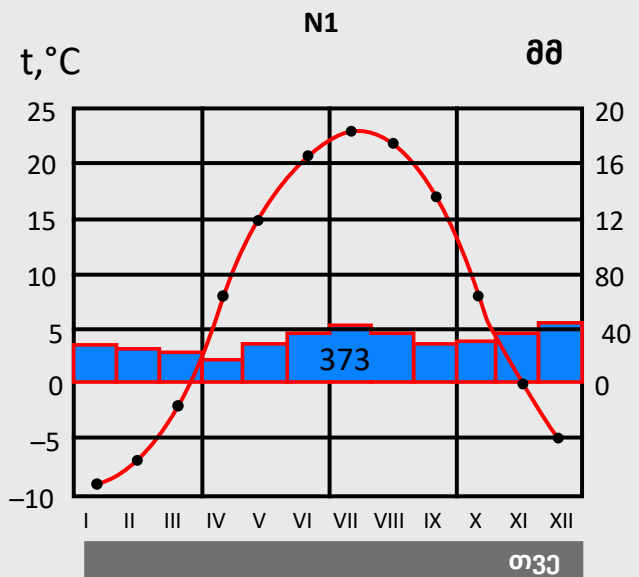
სავანა ბალახით დაფარული ხმელეთის ლანდშაფტია, რომელიც ულად ან ჯგუფურად გაფანტული, უპირატესად, ფოთოლმცვივანი მერქნიანი მცენარეების – ხეების საკმარისად ფართოდ გავრცელებით ხასიათდება. ხეებს შორის არსებული ღია სივრცეები საკმარისი რაოდენობით მზის სინათლეს უშვებს დღამიწის ზედაპირზე და ეხმარება ბალახის საფარს.

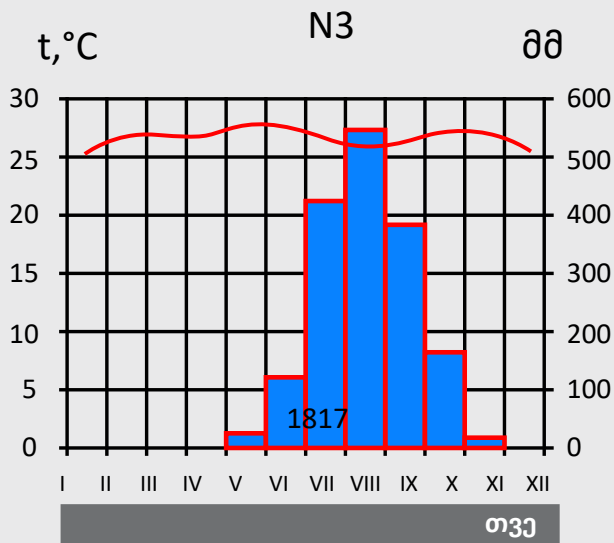
სავანების ჰავა ცხელია. უცივესი თვის ჰაერის საშუალო ტემპერატურა აქ 17-20°-ია, უთბილესის კი – 32°. ამ ზონის ჰავის ძირითადი თავისებურებაა მთელი წლის განმავლობაში საკმაოდ მაღალი (15-32°) ტემპერატურების ფონზე მშრალი და ტენიანი სეზონების მკვეთრი ცვლა. ეკვატორიდან დაშორებასთან ერთად, ტენიანი სეზონის ხანგრძლივობა 8-9 თვიდან 2-3 თვემდე კლებულობს. ამავე მიმართულებით, 2000 მმ-დან 250 მმ-მდე მცირდება წლიური ნალექების ჯამიც. სავანაში ზაფხული შედარებით ნალექიანია, ზამთარი – მშრალი და გვალვიანი. გვალვა

ზოგან 200-250 დღესაც კი გრძელდება. გვალვის ხანგრძლივობის მიხედვით, განასხვავებენ ტენიან სავანებს (გვალვის პერიოდი 2,5–5 თვე), მშრალ სავანებს (5–7,5 თვე) და ეკლიან-ბუჩქოვან (7–10 თვე) სავანებს.

დავალება:

- (3). გააანალიზე მოცემული კლიმატური დიაგრამები და დაადგინე, რომელი მათგანი შეესაბამება სავანების ზონას?





დაიმახსოვრე!

სავანაში, ძირითადად, ორი სეზონი გამოიყოფა: შედარებით ნალექიანი ზაფხული, ზამთარი კი – მშრალი და გვალვიანი.

სავანის ნიადაგები მნიშვნელოვანი ნაყოფიერებით გამოირჩევა. აქ მეტწილად გავრცელებულია წითელი ფერალიტური და წითელი-მურა ნიადაგები.

დავალება:

- (4). დაასახელეთ, რა აუცილებელი პირობებია საჭირო მცენარეთა სიცოცხლისათვის?
- (5). მოიყვანეთ მცენარეულობის ტემპერატურასა და სინათლეზე, წყლის სიუხვესა და სიმცირეზე დამოკიდებულების მაგალითები.

სავანის თანასაზოგადოებების ფლორისტული შედგენილობა არაა მდიდარი და სტრუქტურის მიხედვითაც ნაკლებად მრავალფეროვანია. სავანის ზონის მცენარეულობაში ქსეროფილური (სიმშრალის მოყვარული) მარცვლოვანი და ნაირბალახები სჭარბობს, რომელთა სიმაღლე 3 მ-ს აღწევს.

მერქნიანი მცენარეებიდან სავანაში განსაკუთრებულ ადგილს იკავებს ბაობაბი, ქოლგისებრი აკაცია, ბოთლა ხე და სხვ. მათ უმრავლესობას მშრალ სეზონში ფოთლები სცვივა. სავანების შედარებით გვალვიან რაიონებში იზრდება ალოე, რძიანა და სხვ.

სავანის ხემცენარეების ფოთლები წვრილი, ხეშეში და ჩამოშვებულია, მათი ტანი დაფარულია სქელი კანით (მერქნით).

საარსებო პირობები სავანაში მკაცრია. მშრალი სეზონების ბოლოს ხშირია ხანძრები. მაგალითად, ბაობაბი გამოირჩევა ხანძარმდეგი მსხვილი ზროთი (ხემცენარის ღერო), რომელსაც, როგორც ღრუბელს, შეუძლია შეინარჩუნოს წყლის დიდი მარაგი. მისი გრძელი ფესვები წყალს ნიადაგის სიღრმიდან შეითვისებს. აკაციას აქვს ფართო ბრტყელი ვარჯი, რომელიც ქვემოთ მოზარდი ფოთლებისათვის ჩრდილს ქმნის, რითიც მათ გამოშრობისაგან იცავს (იხ. სურათი 1.8.2, გვერდი 199).

ბაობაბი წვიმიან პერიოდში გამლილი ტოტებითა და წვრილი, ღია მწვანე ფოთლებით გამოირჩევა, მშრალ პერიოდში კი – შიშვლდება. ვარაუდობენ, რომ იგი 4-5 ათასი წელი ცოცხლობს. ბაობაბის სიმაღლე იშვიათად აღემატება 25 მ-ს, სამაგიეროდ, დიამეტრი 10-12 მ-ს აღწევს. მისი მერქანი გაჟღენთილია წყლით, რითიც ის მშრალ პერიოდში საზრდოობს. ბაობაბის მტერი სპილოა, რომელიც მის ტენიან კანს ეტანება, ხოლო მისი ნაყოფით მაიმუნები იკვებებიან. ადგილობრივი მოსახლეობა ბაობაბის სქელი ქერქისგან ბოჭკოს იღებს და თოკებსა და უხეშ ქსოვილებს ამზადებს, ნაყოფის წვნიან მომჟავო რბილობს კი საკვებად იყენებს (იხ. სურათი 1.8.3, გვერდი 199).

აფრიკის სავანებში უხვადაა აკაციები (განსაკუთრებით, მშრალ რაიონებში),

ბალანიტესი, კომბრეტუმი, პროზიპირი, ზეთოვანი ხეები. დამახასიათებელია, აგრეთვე, ზოგიერთი სახეობის პალმა (იხ. სურათი 1.8.4, გვერდი 200).



ბაობაბი



აკაცია

სურათი 1.8.2 სავანის მცენარეულობა.



სურათი 1.8.3 ბაობაბი აფრიკული სავანე-ბის სიმბოლო და სავიზიტო ბარათია. მას სავანის „დარაჯსაც“ უწოდებენ.





სურათი 1.8.4 წვიმიანი პერიოდის დროს სავანა აყვავებულია, ბუჩქები და ტყეები – გამწვანებული; მშრალ პერიოდში სავანაში ბალახი გადამწვარია, ფოთლები ფერს კარგავენ და ჭარბობს ყვითელი და ნაცრის-ფერი.

დაიმახსოვრე!

სავანის ტიპური მცენარეები შეგუებულია ხანგრძლივ გვალვას – მათი ფოთლები უხეშია, შებუსული, ხშირად რედუცირებული, ხეების ქერქი სქელია და სხვა. ბალახებს შორის ჭარბობს მარცვლოვნები, რომელთა სიმაღლე ზოგჯერ 3-5 მ აღწევს. ხეები სავანაში ერთმანეთისაგან დიდი მანძილითაა დაშორებული, მეტწილად ტანდაბალია და აქვს ქოლგისებური ვარჯი.

სავანა მეტად მდიდარია ცხოველებით. ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე, აქ ჭარბობს ბალახისმჭამელი და მტაცებელი ცხოველები, კერძოდ, ანტილოპების არაერთი სახეობა (მაგ. კანა გაზელი, გნუ), ზებრა, ჟირაფი, ქურციკი, მარტორქა, კამეჩი, სპილო, ლომი, გეპარდი, პუმა, დიდი ჭიანჭველაჭამია, მყრალა, ჯავშნოსნები და მრავალი სხვა.



მსხვილი მტაცებელი ლომები ნადირობენ ანტილოპებზე, ზებრებზე, იყენებენ რა სხვადასხვა მეთოდს: დადარაჯებას, ჯგუფურ ნადირობას; ავაზები მარტოც ნადირობენ.



სურათი 1.8.5 მილიონობით ანტილოპისა და სხვა ცხოველების მასობრივი გადაადგილება საკვების უკმარისობით არის გამოწვეული. ოქტომბრისთვის დაახლოებით 2 მილიონი ბალახისმჭამელი ძუძუმწოვარი იწყებს მიგრაციას ჩრდილოეთის მაღლობებიდან სამხრეთის ვაკეებისკენ, მდინარე მარის გადაკვეთით. აპრილში ისინი ისევ ჩრდილოეთში ბრუნდებიან დასავლეთის შემოვლით, ისევ მდინარე მარის გადაკვეთით. ამ მოვლენას ხშირად წრიულ მიგრაციას უწოდებენ.

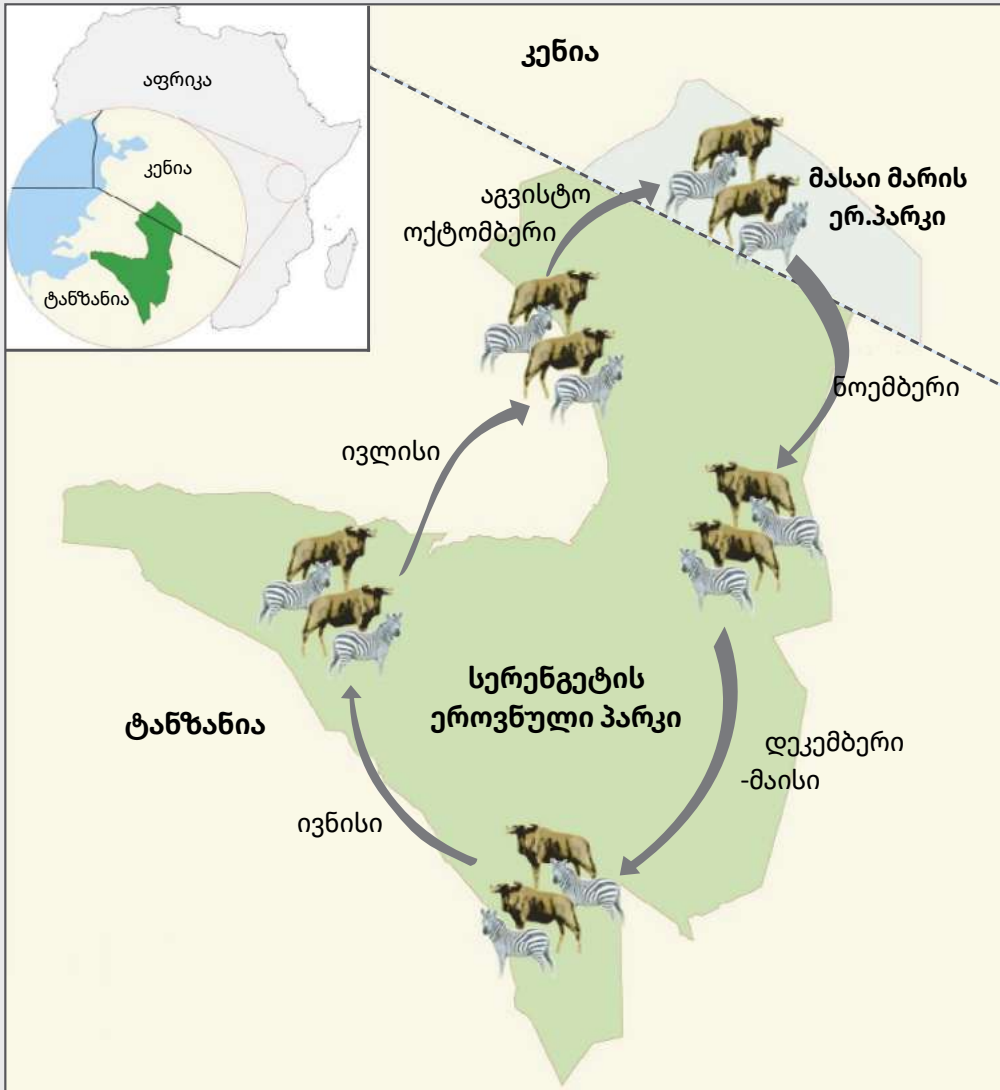
მშრალი და წვიმიანი პერიოდების ცვლასთან დაკავშირებით ბალახოვანი მცენარეულობის ვეგეტაციის დროს ჩლიქოსნები მიგრირებენ ათეულ ასობით კმ-ზე. განსაკუთრებით შთამბეჭდავია ჰორიზონტიდან ჰორიზონტამდე გადაჭიმული ანტილოპა გნუსა და ზებრების ჯოგები (იხ. სურათი 1.8.6, გვერდი 202).

მცირე, 250 000 გნუ იღუპება. სიკვდილიანობის მიზეზი სხვადასხვაა, მათ შორის, მტაცებელი ცხოველები.

აფრიკის სავანებში ბევრი ფრინველია. მათ შორის ყველაზე პატარაა ლამაზი მენექტრე, ხოლო ყველაზე დიდი – მორბენალი სირაქლემა. წყალთან ახლოს უხვადაა წყლის მოყვარული ფრინველი – ფლამინგო, ყარყატი, ყაჯარი და

მარაბუ, რომელიც მხოლოდ აფრიკაში გვხვდება (იხ. სურათი 1.8.7, გვერდი 202).

სავანებში ძალიან ბევრი ტერმიტია. ისინი მკვდარი მცენარეული მასის უტილიზაციას ახდენენ. 1 ჰექტარზე ტერმიტების დაახლოებით 40-მდე სახეობა გვხვდება. მათი ბუდეები მრავალფეროვანია როგორც ფორმის, ისე ზომის მიხედვით; მათი ნაწილი ნიადაგში აგებულ ბუდეებში ცხოვრობს, ნაწილი კი მიწის ზემოთ ბინადრობს. ტროპიკული სახეობის ზოგიერთი ტერმიტების ბუდის სიმაღლე 15 მ-ს აღწევს. ტერმიტები შლიან მერქანსა და სხვა მასალას, აზიანებენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს (იხ. სურათი 1.8.8, გვერდი 203).



სურათი 1.8.6 ანტილოპა გნუების ჯოგი ტანზანიიდან ზემო კენიის მასაი მარის ნაკრძალისკენ „მოგზაურობისას“, რაც ჯამში 2800 კმ-ს შეადგენს, სულ მცირე, 250 000 გნუ იღუპება. სიკვდილიანობის მიზეზი სხვადასხვაა, მათ შორის, მტაცებელი ცხოველები.



სურათი 1.8.7 აფრიკული სირაქ-ლემა ყველაზე დიდი ზომის ბალახისმჭამელი ფრინველია, რომელიც არ დაფრინავს.



სურათი 1.8.8 ტერმიტების ბუდეებს – კოშკურებს ინჟინერიისა და პატარა არქიტექტორების შედეგებს უწოდებენ. აფრიკაში, ზაირის სავანაში ტერმიტების ბუდეებს ნიადაგის ზედაპირის 30 % უკავია, მიწისზედა ნაგებობის საერთო მასა ერთ ჰექტარზე 2400 ტონამდეა. ზოგიერთ რაიონში „კოშკურების“ რაოდენობა 1 ჰა-ზე 200-საც კი აღწევს.

სავანებში გავრცელებულია ბუზი ცეცე, რომელსაც დიდი ზიანი მოაქვს. მისი ნაკბენი მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისა და ცხენისთვის სასიკვდილოა, ადამიანებში კი ძილის ავადმყოფობას იწვევს, რომელსაც ათასობით კაცი შეეწირა. ახლა ამ ავადმყოფობის საწინააღმდეგოდ აცრებს ატარებენ.

სავანებში ტენიან სეზონზე მრავალრიცხოვანი მწერი სახლობს. სწორედ მაშინ ხდება მრავალი ფრინველის ბუდობაც. ქვეწარმავლები აქტიური არიან მშრალ პერიოდში. ეს ნიშნავს, რომ სავანებში სეზონურობას განსაზღვრავს წვიმები და არა ტემპერატურა.

სავანების ზონის ლანდშაფტი ძლიერაა შეცვლილი ადამიანის სამეურნეო საქმიანობით. გაჩეხილი ტყეების, გადამწვარი სავანების და ა.შ. ადგილებზე მოჰყავთ მარცვლოვანი და ბოლქვიანი კულტურები, ბამბა, ჯუთი, არაქისი, შაქრის ლერწამი და სხვა. მეცხოველეობა უმთავრესად გვალვიან არეებშია განვითარებული.

ამჟამად სავანების მრავალი რაიონი გამოიყენება მესაქონლეობისათვის და ცხოვრების ველური ფორმები აქ სრულიად გაქრა.

აფრიკის სავანებში უზარმაზარი ეროვნული პარკებია შექმნილი. მასაი მარის ეროვნული პარკი კენიის სამხრეთ-დასავლეთით, დიდი რღვევების გასწვრივ მდებარეობს და სერენგეტის ეროვნულ პარკს (ტანზანია) ესაზღვრება. მასაი მარის პარკი, რომლის ფართობი 1510 კვ. კმ-ია, 1961 წელს შეიქმნა. მისი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ბუნებრივი ღირსშესანიშნაობა ანტილოპებისა და ზებრების მიგრაციაა, რომელიც მსოფლიოში ცხოველების ერთ-ერთ ყველაზე მასშტაბურ მიგრაციად ითვლება.

სერენგეტის ეროვნული პარკი ტანზანიაში მდებარეობს და მისი ფართობი დაახლოებით 30000 კმ²-ია. იგი ცნობილია თავისი ყოველწლიური მილიონ-ნახევარი წვერებიანი გნუს და 250 000 ზებრის მიგრაციით. პარკში ასევე 400-ზე მეტი სახეობის ფრინველია წარმოდგენილი.



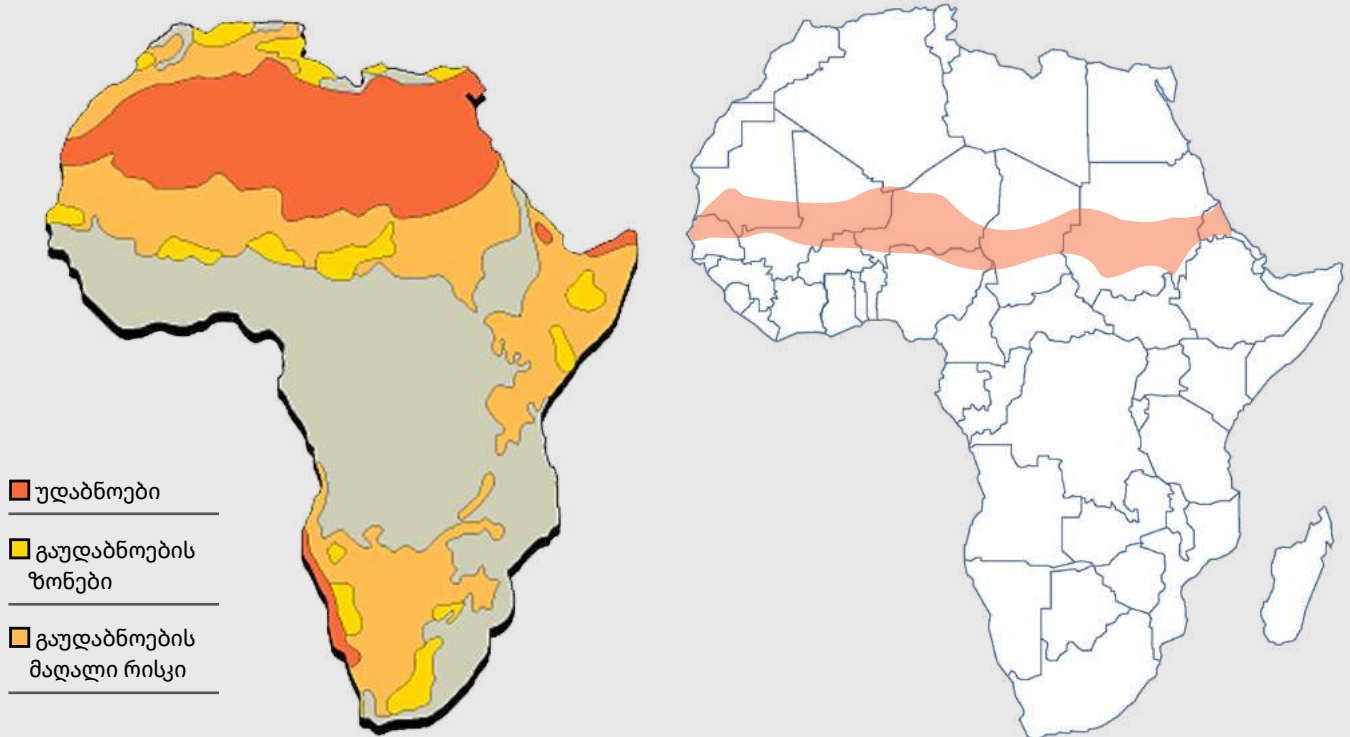
სურათი 1.8.9 ზებრა აფრიკის სავანების ბინადარია და მხოლოდ ამ კონტინენტზე გვხვდება. ბუზი ცეცე მას ზიანს ვერ აყენებს, ამიტომ ზოგიერთ რაიონში ზებრას აშინაურებენ და ცხენის მაგივრად ცი იყენებენ.

საჰელი ტროპიკული სავანაა აფრიკაში და თავისებურ გამყოფ ზოლს, ეკოლიმატურ და ბიოგეოგრაფიულ გარდამავალ ზონას წარმოადგენს ჩრდილოეთით საჰარასა და სამხრეთით ნახევრადმშრალ სავანას შორის.

საჰელის მთლიანი ფართობი 3 053 200 კმ²-ს შეადგენს და იგი ატლანტის ოკეანიდან წითელ ზღვამდე 5 400 კმ-ზეა გადაჭიმული, ხოლო სიგანეში ასევე რამდენიმე ათასი კმ-ია. საჰელი მოიცავს სენეგალის, მავრიტანიის, მალის, ალჟირის, ნიგერის, ჩადის, სუდანისა და ერიტრეის ნაწილებს. ეს ტერიტორია ნახევრადმშრალი საძოვრების, სავანის, სტეპებისა და ეკლიანი ბუჩქნარის გარდამავალი ეკორეგიონია.

დაიმახსოვრე!

ნიადაგის პროდუქტიულობის შემცირებას გაუდაბნობა ჰქვია. მისი ძირითადი მიზეზებია კლიმატური პირობების ცვლა, მიწების მუდმივ საძოვრებად გაპარტახება, სახნავ-სათესი მიწების არასწორად მოხმარება და ადგილობრივი მოსახლეობის ზრდა. გაუდაბნობა ადამიანთა დასახლებებსა და ბუნებრივ ჰაბიტატებს ანადგურებს. სავანაში გაუდაბნობების პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს.



სურათი 1.8.10 გაუდაბნოების არეალები და საჰელის რეგიონი აფრიკაში.

საჰელში ტროპიკული და ცხელი კლიმატია, რომელიც ნალექებისა და ტემპერატურების ძლიერი სეზონური ცვლილებებით ხასიათდება. ნიადაგები საჰელში, ძირითადად, ქვიშიანი და მჟავაა, ძალიან მცირე რაოდენობით შეიცავს აზოტსა და ფოსფატებს. ნიადაგი მეტად ფოროვანია, რის გამოც წვიმის შემდეგ სწრაფად შრება.

დაახლოებით 12 000 წლის წინ საჰელი საჰარის ნაწილს წარმოადგენდა და დიუნებით იყო დაფარული, რომლებმაც ჩამოაყალიბეს კიდევ თანამედროვე ლანდშაფტი.

ჩვენს წელთაღრიცხვამდე X-III ათასწლეულებში საჰელი ლამის ხმელთაშუა ზღვამდე იყო გადაჭიმული და ძალიან მდიდარი ფლორითა და ფაუნით გამოირჩეოდა.

XX საუკუნიდან დაწყებული, საჰელში სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს გაუდაბნოების პროცესი. რეგიონში ყველაზე მწვავე პრობლემები ნიადაგისა და წყლის უკმარისობაა.

საჰელის მოსახლეობის დიდი ნაწილი, ტრადიციულად, ნახევრად მომთაბარე ცხოვრებას ეწევა, ამიტომაც სოფლის მეურნეობაც „გადაადგილებადია“. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ სწორედ ასეთი ცხოვრების წესი და მეურნეობის ტიპი წარმოადგენს რეგიონის პირობებში ყველაზე ხელსაყრელ და მისაღებ ხერხს.

საჰელის ჩრდილოეთით კლიმატი შედარებით მშრალია, მაგრამ აქ უფრო მაღალია საკვები ნივთიერებების დონე ნიადაგში, მაშინ როცა სამხრეთში ნალექების რაოდენობა უფრო მეტია.

სწორედ ამ განსხვავებას იყენებენ მომთაბარეები: ტენიანი სეზონის განმავლობაში ისინი საქონელსა და ფარას ჩრდილოეთის ნაყოფიერ ნიადაგებზე აძოვებენ, ხოლო შემდეგ რამდენიმე ასობით კმ-ს გადიან სამხრეთისკენ, რომ ჩრდილოეთში დამდგარი მშრალი სეზონი სამხრეთით მდებარე შედარებით ტენიან რეგიონებსა და ნაკლებად ნაყოფიერ ნიადაგებზე გადაიტანონ. მომთაბარე მწყემსებს შორის ხშირად ხდებოდა კონფლიქტები საჰელის შედარებით ხელსაყრელი პირობების მქონე ტერიტორიების გამო.

დავალება:

- (6). რა თავისებურებებით ხასიათდება სავანების ზონა?
- (7). რატომ აქვს აფრიკის სავანასა და საჰელის რეგიონს განსაკუთრებული მნიშვნელობა?
- (8). როგორ იქცა აფრიკის სავანა და საჰელი მსოფლიოს ერთ-ერთ კრიტიკულ ეკორეგიონად?
- (9). რა ფაქტორებმა განაპირობა სავანების ზონის ძლიერი მოწყვლადობა გაუდაბნოების პროცესისადმი?
- (10). რა შედეგები მოჰყვება გაუდაბნოების პროცესს და როგორ უნდა შეჩერდეს ეს პროცესი?

✦ ეს საინტერესოა!

აფრიკაში ბინადრობს აფრიკული სირაქლემა, ავსტრალიაში – სირაქლემა ემუ, ხოლო სამხრეთ ამერიკაში – ნანდუ.

ტერმიტების 2600-მდე სახეობა 6 ოჯახში ერთიანდება.

გნუების მიგრაციის ქრონიკა აღწერილია 1994 წელს გადაღებულ დოკუმენტურ ფილმში „აფრიკა, სერენგეტი“.

სიტყვა საჰელი არაბულ ენაზე „ნაპირს“, „საზღვარს“ ან „სანაპიროს“ ნიშნავს და მიანიშნებს საჰელის მცენარეულობაზე, რომელიც საჰარის ქვიშის სანაპიროებს ემიჯნება.

ტერმინი „გაუდაბნოება“ 1949 წელს აფრიკის მშრალ რეგიონებში გარემოს დეგრადაციის შესწავლის შედეგად დამკვიდრდა;

1994 წელს გაერო-მ მიიღო კონვენცია გაუდაბნოებასთან ბრძოლის შესახებ; საქართველოს მას 1999 წელს მიუერთდა.

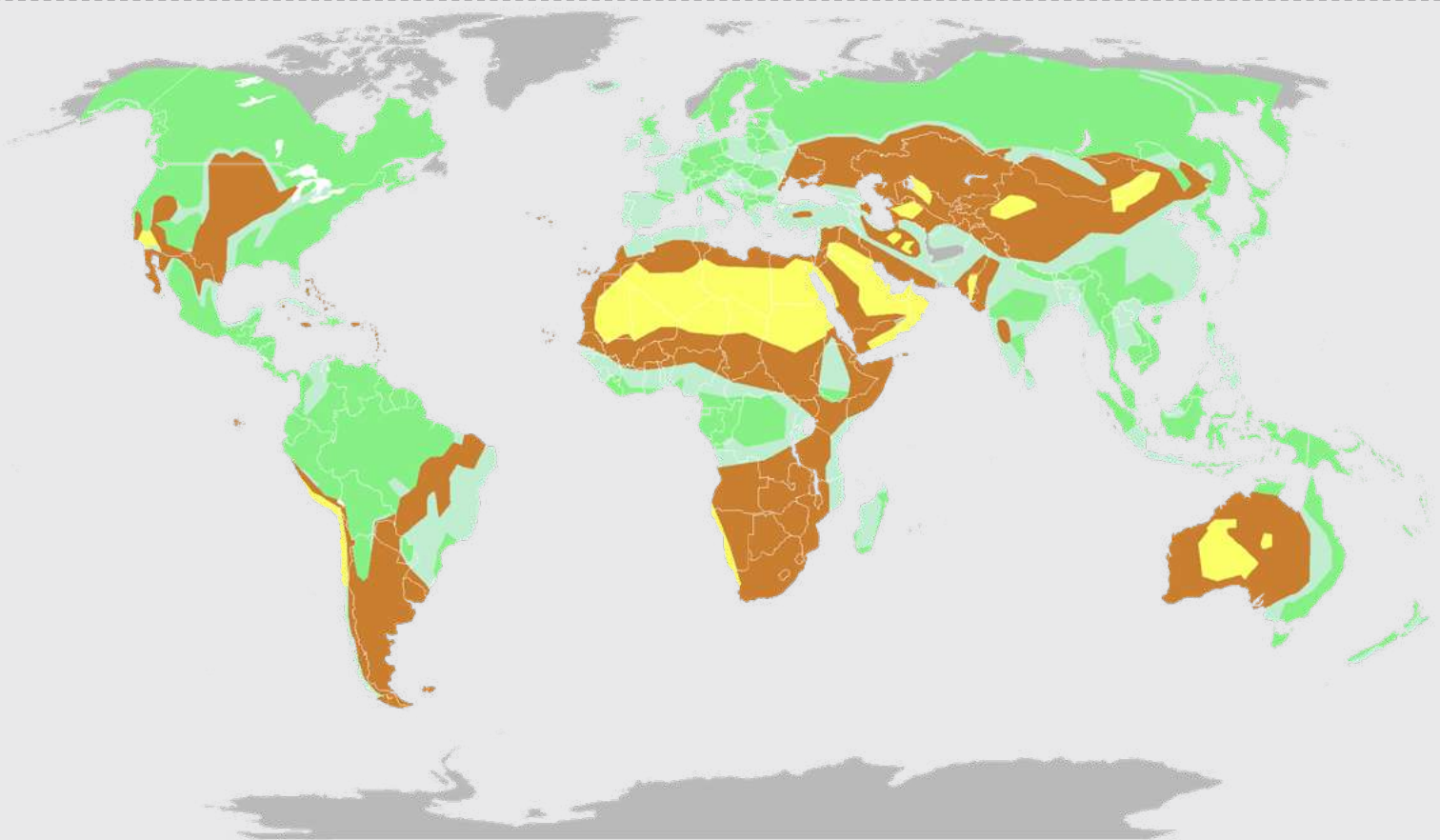
1994 წელს გაერო-ს გენერალურმა ასამბლეამ 17 ივნისი გაუდაბნოებასთან ბრძოლის საერთაშორისო დღედ გამოაცხადა და მას შემდეგ ყოველ წელს აღინიშნება.

1.9. პრერიები

ჩრდილოეთ ამერიკის ცენტრალურ ნაწილში მდებარეობს ტერიტორია, რომელიც ოდესღაც მოხიბვნი ბალახეული საფარითა და მრავალფეროვანი ველური ყვავილებით ყოფილა დაფარული. ფრანგებმა ამ ყვავილოვან მინდვრებს პრერიები უწოდეს. ეს ველები ოდესღაც მრავალწლიანი ბალახის ვრცელ, მშრალ ზღვას წააგავდა, დღეს კი მსოფლიოში საუკეთესო სასოფლო-სამეურნეო სავარგულია, რომელიც სიმინდისა და ხორბლის ყანებითა და საძოვრებითაა დაფარული.

სტეპები (ველები) იმ რეგიონებისთვისაა დამახასიათებელი, სადაც ნალექი, უდაბნოსთან შედარებით, მეტი მოდის, მაგრამ არასაკმარისია

ტყეების გასაზრდელად. სტეპებს დედამიწის ხმელეთის 10% უკავია.



სურათი 1.9.1 სტეპების გავრცელების არეალები დედამიწაზე.

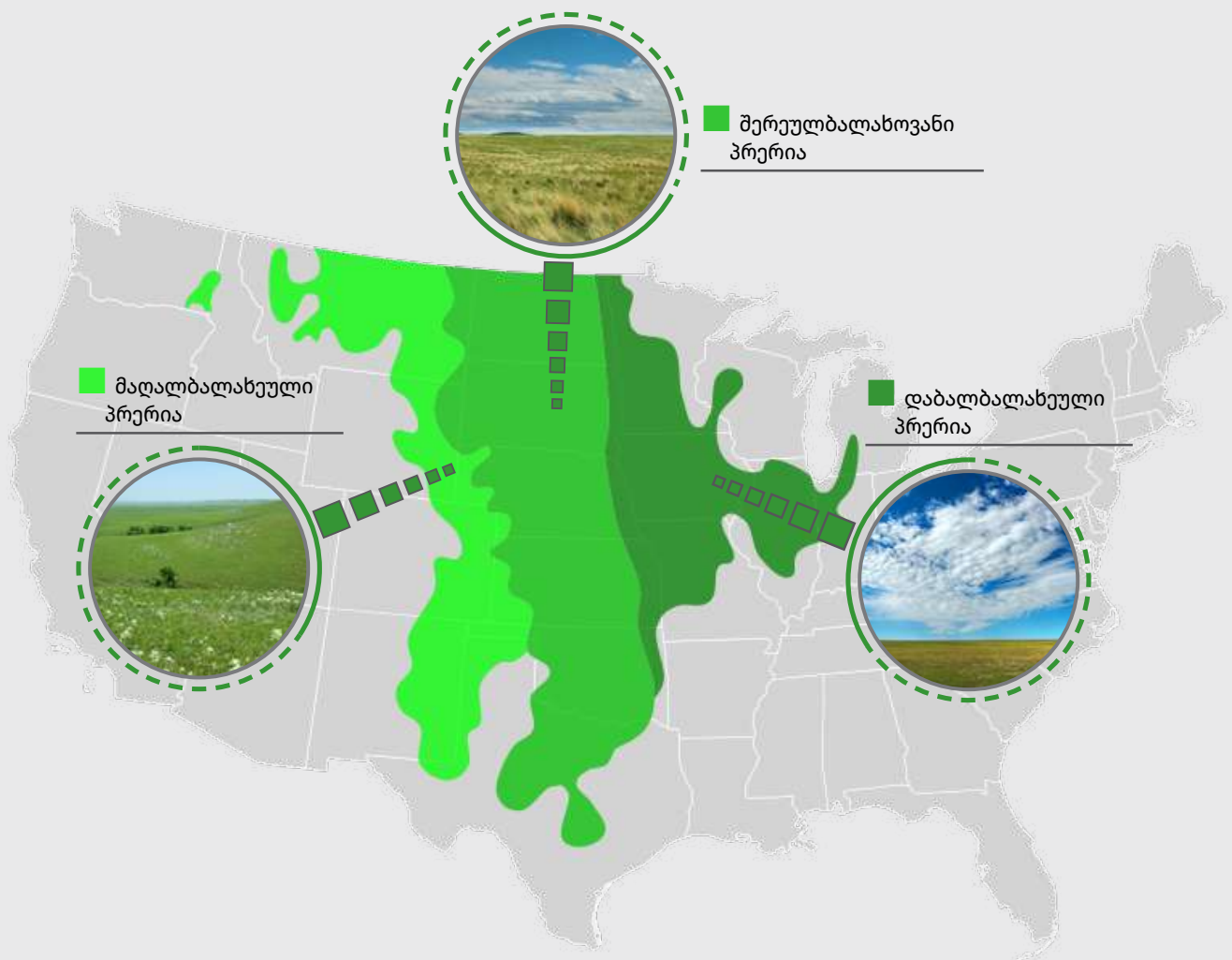
დავალება:

- (1). სტეპების გავრცელების არეალებისა (იხ. სურათი 1.9.1, გვერდი 207) და მსოფლიო პოლიტიკური რუკების მიხედვით დაადგინე, რომელ კონტინენტებსა და ქვეყნებშია გავრცელებული სტეპების ზონა?

ამერიკის ინტენსიური ათვისების ეპოქაში პრერიებს კულტურულ მიწებად გარდაქმნამდე

ვრცელი ტერიტორია ეკავა და სიგრძეში თითქმის 3700 კმ-ზე (ჩრდილოეთ ალბერტადან და ცენტრალური სასკაჩევანიდან სამხრეთით მექსიკის ყურემდე), ხოლო სიგანეში – 700-800 კმ-ზე დასავლეთით კლდოვანი მთებიდან აღმოსავლეთით ტყის ზონამდე იყო გაშლილი. ამჟამად პრერიები კლდოვანი მთების მთისწინებიდან აღმოსავლეთით 1600 კმ-ზეა გადაჭიმული და დაახლოებით 1,4 მლნ კვ. კმ-ზე ფართობი უკავია.

ჩრდილოეთიდან პრერიებს ბორეალური (წიწვოვანი) ტყეები ესაზღვრებოდა, აღმოსავლეთიდან და სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან – ტყესტეპები



სურათი 1.9.2 პრერიების გავრცელების არეალები. ჩრდილოეთ ამერიკის პრერიები სამკუთხედის ფორმის ტერიტორიას ქმნიან ალბერტას, სასკაჩევანისა და მანიტობას პროვინციებიდან დაწყებული, დიდი ვაკეების გავლით, სამხრეთით ტეხასსა და მექსიკამდე.

წყარო: <https://www.uidaho.edu/>

(ე.წ. პარკული ტყეები) და ფოთლოვანი ტყეები, დასავლეთიდან – მთის წიწვოვანი ტყეები, ხოლო სამხრეთით თანდათან გაუდაბნოებულ სტეპებსა და სუბტროპიკულ სავანაში გადადიოდა.

თუ ჩრდილოეთ ამერიკულ პრერიას ადმოსავლეთიდან დასავლეთით იმოძრავეთ, შეამჩნევთ, რომ ნალექების რაოდენობა მცირდება; კლდოვან მთებთან სიახლოვეს ჰავა ისევ ჰუმიდური ხდება, რის გამოც ყველაზე უფრო მშრალი ზონა ცენტრშია მოქცეული. ამიტომაც პრერიების მცენარეულობა არაერთგვაროვანია.

შედარებით ტენიანი პრერიები მაღალბალახეული საფარით გამოირჩევა, მცენარეები აქ ზოგჯერ 3 მ-საც კი აღწევენ. ცენტრალურ ზონაში გავრცელებული პრერიები შერეული ხასიათისაა, ხოლო კლდოვანი მთების სიახლოვეს მდებარე პრერიები დაბალბალახეული საფარით ხასიათდება (იხ. სურათი 1.9.2, გვერდი 208).

დავალება:

- 2. ახსენი, რაზეა დამოკიდებული პრერიებში ბალახეული საფარის სიმადლე?

დაიმახსოვრე!

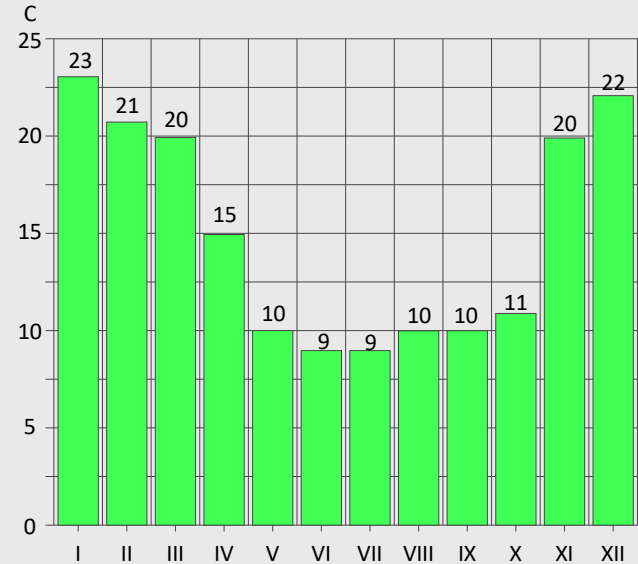
პრერიები ჩრდილოეთ ამერიკის ზომიერი კლიმატური სარტყლის ვრცელი ველებია, რომლებიც დამუშავებულია და იქ სასოფლო-სამეურნეო კულტურები მოჰყავთ.

ევროპელების ამერიკაში მისვლამდე კონტინენტის ცენტრალურ ნაწილში სტეპების ამ 3 ბიომს, დაახლოებით, ერთნაირი ფართობი ეკავა: დაბალბალახეულს – 615 000 კვ.კმ, შერეულ პერიას – 565 000 კვ.კმ, ხოლო მაღალბალახეულს – 570 000 კვ.კმ.

პრერიები მშრალი კლიმატით ხასიათდება, ნალექების რაოდენობა საკმაოდ მცირეა და წლი-

ურად საშუალოდ 300-500 მმ-ს შეადგენს. ზაფხული ცხელია, ჰაერის ტემპერატურა 20–25°C-ია, ხშირია ძლიერი ქარები და გვალვა. ზამთარში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა უარყოფითია, ზოგჯერ -20° C-ზე დაბალიც კი.

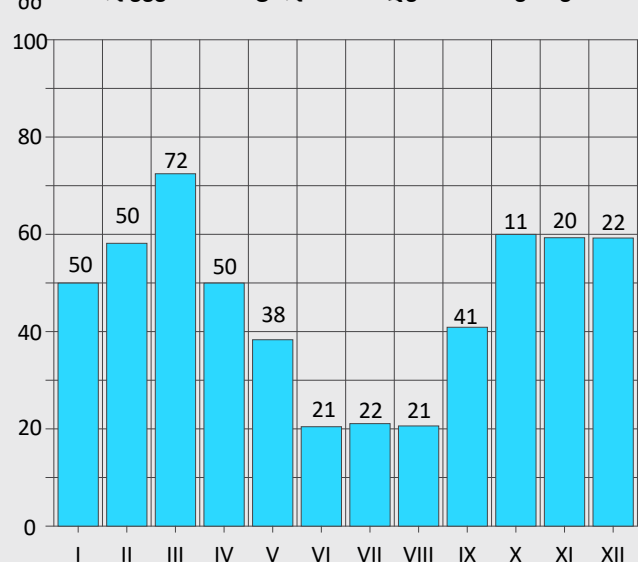
ჰაერის საშუალო ტემპერატურა პრერიებში



■ ტემპერატურა

თვე

ნალექების საშუალო რაოდენობა პრერიებში



■ ნალექები

თვე

სურათი 1.9.3 ჰაერის საშუალო ტემპერატურა და ნალექების რაოდენობა პრერიებში.

დავალება:

- (3). გააანაზღილე პრერიებში ჰაერის საშუალო ტემპერატურისა და ნალექების რაოდენობის ამსახველი დიაგრამები (იხ. სურათი 1.9.3, გვერდი 209) და დაადგინე:

- ა) წლიური ტემპერატურული ამპლიტუდა;
- ბ) საშუალო წლიური ტემპერატურა;
- გ) ყველაზე ნალექიანი და უნალექო თვე;
- დ) ნალექების წლიური რაოდენობა;
- ე) გამოიტანე დასკვნა: რომელ კლიმატურ სარტყელში მდებარეობს პრერიები.

დაიმახსოვრე!

ჩრდილოეთ ამერიკის პრერიები დიდ ვაკეებზე სამ ფართო ზოლს ქმნიან: დაბალბალახოვანს, შერეულსა და მაღალბალახოვანს.

დიდი ვაკეები კორდილიერების მთების გასწვრივ თითქმის 3600 კმ-ზეა გადაჭიმული და ხმელეთის შედარებით მოსწორებულ ზედაპირს წარმოადგენს. დიდი ვაკეები, რომლის ფართობი დაახლოებით 1165 კვ. კმ-ია, რეალურად 640 კმ სიგანის მასიური პლატო და ცენტრალური ვაკეების გაგრძელებაა დასავლეთით. მისი საშუალო სიმაღლე 600 მ-დან 1500 მ-მდე (კლდოვანი მთების ძირში და უფრო სამხრეთით) იცვლება. მდინარეები, რომლებიც აქ მიედინებიან, მისი სიპი-მისურის წყალშემკრებ აუზს მიეკუთვნებიან.

პრერიების კლიმატი მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მათ მდებარეობაზე. აღმოსავლეთიდან და დასავლეთიდან ისინი მთებითაა დაცული და ოკეანეებიდანაც საკმაოდ შორსაა. შედეგად, სტეპებში ჰაერის ტემპერატურის ფართო დიაპაზონია და ცხელი ზაფხულითა და ცივი ზამთრით ხასიათდება. ტემპერატურის რყევასთან ერთად, პრერიები, ასევე, ძლიერი ქარებითაა ცნობილი.

პრერიების ზონაში გავრცელებულია ნაყოფიერი შავმიწა და წაბლისფერი ნიადაგები. XX ს-ის პირველ ათწლეულში პრერიების სახნავ მიწებად გადაქცევის პროცესი დაიწყო, რამაც უზარმაზარ ტერიტორიაზე ნიადაგის ფასდაუდებელი ჰუმუსოვანი ჰორიზონტების დეგრადაცია და გაქრობა გამოიწვია.



სურათი 1.9.4 მაღალბალახეული პრერიის ნიადაგის პროფილი.

დავალება:

- (4). გაიხსენე, რა განაპირობებს ნიადაგის ნაყოფიერებას და რატომ განსხვავდება სხვადასხვა ბუნებრივი ზონის, მაგალითად, სტეპებისა და ბორეალური ტყეების ნიადაგის ნაყოფიერება?

პრერიების მცენარეები ყოველ ზამთარს კვდებიან და გაზაფხულზე, როცა თოვლი დნება, ხელახლა იზრდებიან. პრერიებში ყვავილობას იწყებს ძილბალახა, შემდგომ გამოჩნდებიან მარცვლოვნები და ისლისებრნი. ერთი კვირის შემდეგ სტეპი ცხვირსატეხელას ოქროსფერი ვარსკვლავებით იფარება, ყვავილობს სუმბული. კიდევ ერთი კვირის შემდეგ სტეპი იფარება მწვანე ხასხასა ბალახით. მაისის ბოლოსა და ივნისის დასაწყისში პრერიებში ბატონობს კესანე, ხარიშუბლა, ივნისში ყვავილობს სალბი; ამის შემდეგ

ყვავიან გვირილები, თეთრი სამყურა. ივლისის ბოლოს ყველა მცენარე ამთავრებს განვითარების ციკლს და მიწისზედა ნაწილები ჩახმება, ხოლო გამხმარი ფესვის სისტემის ნაწილი ნიადაგს ორგანული ნივთიერებებით ამარაგებს. ამიტომაც არის პრერიები ერთ-ერთი საუკეთესო სასოფლო-სამეურნეო სავარგული ამერიკაში.



სურათი 1.9.5 ბიზონის ბალახი შერეული და დაბალბალახოვანი პრერიის დომინანტი სახეობაა.



სურათი 1.9.6 ბალახისმაგვარი ლიანა წითელი პასიფლორა მაღალბალახეული პრერიებისთვისაა დამახასიათებელი.

დაიმახსოვრე!

პრერიებში მცენარეთა ფესვები ბევრად გრძელია თავად მცენარეზე; მცენარის საშუალოდ 2/3 მიწისქვეშაა.

ზოგიერთი მცენარის ფესვი კვდება, იხრწნება და ნიადაგს ანოყიერებს, სწორედ ამიტომაც პრერიების ნიადაგი ძლიერ ნაყოფიერი.

პრერიები ბევრი ბალახისმჭამელი ცხოველის საკვების წყაროა. იქაური ბუნებრივი ბალახებით იკვებებიან მსხვილფეხა რქოსანი ცხოველები, ირმები, კამეჩები, ბიზონები, გარეული ცხენები და კურდღლები.

ძუძუმწოვრებიდან აღსანიშნავია რიზოფაგები (იკვებებიან მცენარის მიწისქვეშა ორგანოებით). ასეთები არიან: მინდვრის თაგვები, ბრუცა, თრიები, ომანები, მემინდვრიები, ზაზუნები, მიწის კურდღელი. მათ მიერ გათხრილ სოროებში სახლდება ზოგიერთი ქვეწარმავალი და ფრინველი. რიზოფაგებს მიეკუთვნება მწერთა არაერთი სახეობა. მიწის ზემოთ მცხოვრები ძუძუმწოვრებიდან ფრიად დამახასიათებელია კოიოტი, მელა, კურდღელი, ფრინველებიდან – სავათი, სარსარაკი, ველის არწივი, კაკაჩა, ტოროლა, ქვეწარმავლებიდან – ველის გველგესლა, ხვლიკები. მწერები სტეპების ცხოველთა ბიომასის 95%-ს შეადგენენ.

პრერიებისთვის უცხო არაა დიდი სტეპური ხანძრები, რომლებიც ლამის ყოველ 5 წელიწადში მეორდება. ხანძრები ეკოსისტემის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს; იგი გარემოს ინვაზიური სახეობებისა და ხეებისგან გაწმენდაში ეხმარებოდა და ეხმარება. ამ ხანძრების გარეშე პრერიებში ხეები გავრცელდებოდა და ისინი ტყიან მასივებად გარდაიქმნებოდა. ხანძრებისგან დარჩენილი მინერალური ნივთიერებები ხელს უწყობს ადრე გაზაფხულის მცენარეების ინტენსიურ ზრდას.

პრერიების მცენარეულობა შეგუებულია ხანძრებს და საკვები ნივთიერებებით უზრუნველყოფილი მიწისქვეშა საცავებიც კი „მოიწყო“.

ხანძრების გამო მრავალ სტეპურ მცენარეს დრმა ფესვთა სისტემა განუვითარდა, რომლის საშუალებითაც ის ხანძრებსაც და ტემპერატურულ რყევებსაც უმკლავდება. ბევრი სტეპური მცენარის 2/3 მიწისქვეშაა.

სამწუხაროდ, პრერიების დიდი ნაწილი სასოფლო-სამეურნეო და სამშენებლო საქმიანობის შედეგად განადგურდა. პრერიების ვრცელ ტერიტორიებზე მარცვლოვანი კულტურები მოჰყავთ და, შესაბამისად, ეს ბიომი მოსახლეობის ძირითადი „პურის ბეღელია“.

სტეპის ბიომებს და, რა თქმა უნდა, პრერიებს, დიდი სამეურნეო მნიშვნელობა აქვთ. აქ მოჰყავთ ხორბლის, მზესუმზირის, სიმინდის საუკეთესო

ჯიშები, ბადრეული და ბოსტნეული კულტურები. კლიმატის ტენიანობის გაზრდის მიზნით, აქ ქმნიან ტყის დამცავ ზოლებს, გაჰყავთ სარწყავი სისტემები, რაც უზრუნველყოფს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მაღალ მოსავლიანობას.

პრერიების სასოფლო-სამეურნეო ათვისება XIX – XX საუკუნეების მიჯნაზე დაიწყო. პირველი მსოფლიო ომის შემდეგ დიდ ვაკეებზე დაახლოებით 70 ათასი კვ. კმ. მიწა იყო ათვისებული. ამჟამად პრერიების მნიშვნელოვანი ნაწილი (უმეტესად, აღმოსავლეთით) მარცვლეული კულტურების (ძირითადად, ხორბალი, სიმინდი) მოყვანის მთავარი რეგიონია, დასავლეთით მესაქონლეობაა განვითარებული. დღესდღეო-



სურათი 1.9.7 დაკოტას შტატის ვრცელი მინდვრები 11 კმ სიმაღლიდან. აშშ-ს შუა დასავლეთის პრერიები მართკუთხედისა და კვადრატის ფორმის მინდვრებს უკავია, რომლებიც ერთმანეთისგან გზებითაა გამოყოფილი. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ასეთი დაყოფა არაჩვეულებრივი ორგანიზაციული სტრუქტურაა.

ბით ბუნებრივი პრერიების მხოლოდ 1-2 %-ია შემორჩენილი, ამასთან, განსაკუთრებით სახეშეცვლილია მაღალბალახეული პრერიები.

პრერიების ათვისების შედეგად მოხდა ცხოველების ბუნებრივი საარსებო გარემოს ფრაგმენტაცია, დაირღვა ეკოლოგიური დერეფნები მათ შორის, რამაც ბევრი სახეობის პოპულაციის შემცირება და გაქრობაც კი გამოიწვია. მაგ. კანადის პროვინცია სასკაჩევანსა და დიდ ვაკეებზე მდებარე ამერიკის 6 შტატში 30 წლის განმავლობაში (1966-1996 წ.წ.) ფრინველთა რიცხვი 20%-ით შემცირდა.

საგანგამო და საფრთხის შემცველია პესტიციდების, პერბიციდების, სამრეწველო სასუქების



სურათი 1.9.8 ასე გამოიყურება ტერიტორია, რომელიც ოდესღაც პრერია იყო. სპეარვილი კანზასში ქარის წისქვილების სამშობლოა. წინა საუკუნეში ქარის პატარა წისქვილების საშუალებით არტეზიულ წყლებს ტუმბავდნენ, რომლებსაც მიწების სარწყავად და საქონლის დასარწყულებლად იყენებდნენ. დღეს ეს ტრადიცია თანამედროვე ენერგეტიკული მოწყობილობებით გრძელდება.

წყარო: http://www.geospectra.net/kite/ks_wind/ks_wind.htm

ფართოდ გამოყენება, ასევე, ინტროდუცირებული (არაადგილობრივი) და შემოტანილი სახეობების გავრცელება.

პრერიების ბუნებრივი ლანდშაფტების ანთროპოგენური ტრანსფორმაციის შედეგია ქარისმიერი ეროზიის (დეფლაციის) გაძლიერება. მტვრიანმა ქარიშხლებმა ნიადაგი გაანადგურეს და დააზიანეს. ხანგრძლივი გვალვების, მიწების ინტენსიური დამუშავების, გადაძოვების შედეგად კანზასის, კოლორადოს, ოკლაჰომასა და ტენასის შტატებში აღრე ნაყოფიერი მიწების ვრცელი ფართობები დეგრადირებულია. მიუხედავად იმისა, რომ ბოლო წლებში პრერიებში აქტიური გარემოსდაცვითი ღონისძიებები იქნა გატარებული, მათ შორის, ქარსაცავი ზოლების შექმნა, ნიადაგის დამუშავების ახალი მეთოდების დანერგვა, სახნავი მიწების ნაწილობრივ საძოვრებად გარდაქმნა, ნიადაგების დაცვის პრობლემა ჯერ კიდევ აქტუალურია.



სურათი 1.9.9 სურათზე ნათლად ჩანს კონტრასტი მაღალბალახეული პრერიის დაუზიანებელ ბალახეულ საფარსა (მარცხნივ) და საძოვარს შორის (მარჯვნივ). (ვუდსონი, კანზასი, **წყარო:** © E.M.Rhodes. Range Sites. Tarleton State University).

რადგან პრერიები თითქმის მთლიანად გადახნულია, ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანია მათი ლანდშაფტური და ბიოლოგიური მრავალფეროვნების აღდგენა და შენარჩუნება. სწორედ ამ ბიომში აღინიშნება იშვიათი და ქრობადი მცენარეებისა (ვაციწვერას სხვადასხვა სახეობები, ღიღილო, ღვინა, ცხვირსატეხელა, წვრილფოთოლა იორდასალამი და სხვ.) და ცხოველების



სურათი 1.9.10 პრერიებში, ზოგიერთ ადგილას, ბუნებრივი ლანდშაფტი მთლიანად მხოლოდ იმიტომ დაარღვეული, რომ ამ ეროზირებულ მიწებზე სიმინდი მოიყვანონ. აქ მიწები მთლიანად გადახნულია და ხელოვნური მორწყვის სისტემებია დამონტაჟებული. ადრე არსებული მტკნარწყლიანი ტბიდან და წყლის მცენარეულობიდან კი მხოლოდ ჭუჭყიანი გუბელაა დარჩენილი. (აშშ, ნებრასკას შტატი, წყარო: © E.M. Rhodes. Range Sites. Tarleton State University).

(ჭრელტყავა, მტაცებელი ფრინველები) სახეობების სიმრავლე.

პრერიების ეკოსისტემებისა და ბიოლოგიური მრავალფეროვნების აღდგენისა და შენარჩუნებისათვის ამ ბიომებში შექმნილია დაცული ტერიტორიები.

ეროვნული პარკები „პლატი“ და „ვინდ ქეივი“

ამერიკული ბიზონების დასაცავად ჯერ კიდევ XX ს-ის დასაწყისში დაარსდა. აქ პრერიების ფაუნის სხვა სახეობებიცაა წარმოდგენილი, მაგ. სუნსი, ოპოსუმი, ჯავშოსანი. დიდი ვაკეების მდინარეთა ხეობებში და ტბების მახლობლად შექმნილი ეროვნული პარკები წყალმცურავი ფრინველების მრავალფეროვნებით გამოირჩევა.



სურათი 1.9.11 აპრერიებში ბიზონის რაოდენობა ისე შემცირდა, რომ საჭირო გახდა მისი კანონით დაცვა. ბიზონები „ნიობრარას ხეობის“ ნაკრძალში (ნებრასკა, აშშ). წყარო: Chris Helzer/The Nature Conservancy.

დავალება:

- (5). გამოიყენე ბუნებრივი ზონების რუკა (იხ. სურათი 1.3.3, გვერდი 155) და იმსჯელე, რატომაა, რომ ერთსა და იმავე განედზე ერთი და იგივე ბუნებრივი ზონა, მსგავსებასთან ერთად, ერთმანეთისგან განსხვავდება კიდეც?
- (6). სავანები, სტეპები და ტუნდრა დედამიწის უტყეო ბუნებრივი ზონებია. რა მიზეზების გამო ვერ ხარობს ხეები ამ ზონებში?
- (7). რატომ შემცირდა პრერიების ფართობი და რა შედეგები მოჰყვება ამ მოვლენას?
- (8). რატომ აქვს ამერიკის პრერიებს განსაკუთრებული მნიშვნელობა?
- (9). რა უნდა გაკეთდეს ამერიკის პრერიების ბუნებრივი ლანდშაფტის დასაცავად?
- (10). პროგრამა <https://mapmakerclassic.nationalgeographic.org/>-ის გამოყენებით მოამზადე პრერიების ზონაში გავრცელებული მცენარეებისა და ცხოველების „წითელი ნუსხის“ ელექტრონული ვერსია. რუკაზე აღნიშნე პრერიების გავრცელების არეალები, ასევე, წითელ ნუსხაში შესატანი 3 მცენარისა და 3 ცხოველის მოკლე აღწერილობა თანდართული ფოტო და ვიდეომასალით.

✚ ეს საინტერესოა!

სიტყვა „პრერია“ ფრანგულიდან თარგმანში ძროხების საძოვარს ნიშნავს,

მდინარე რიო გრანდეს შენაკადი პეკოსი ერთადერთი მსხვილი მდინარეა დიდი ვაკეების ტერიტორიაზე, რომელიც მისისიპი-მისურის აუზს არ მიეკუთვნება.

შავმიწა ნიადაგები დედამიწაზე ყველაზე ნაყოფიერ ნიადაგებად ითვლება.

პრერიებში თითქმის ყოველ 30 წელიწადში ადგილი აქვს ხანგრძლივ გვალვას, რომელიც შესაძლოა, რამდენიმე წელიწადიც კი გაგრძელდეს.

დიდი ვაკეების სამხრეთით, ედუარდისა და ლიანო ესტაკადოს პლატოებზე გვხვდება უბნები, რომლებიც ძლიერ წააგავს სავანას – ბალახულ საფარში აქა-იქ ხემცენარეებია აღმართული.

1830-2000 წლებში პრერიების ფართობი 2/3-ით შემცირდა, ხოლო ბიზონები ნადირობამ შეიწირა და მხოლოდ 100 სულიდა დარჩა.

ბიზონზე მხოლოდ მგლები და კოიოტები ნადირობენ, რომლებიც ასევე გადაშენების პირას არიან.

სტეპებს სამხრეთ ამერიკაში პამპასებს უწოდებენ, ევროპასა და აზიაში – ტრამალებს, ახალ ზელანდიაში – ტუსოკებს, სამხრეთ აფრიკაში კი – ველდებს.

1.10. შირაქის ველი

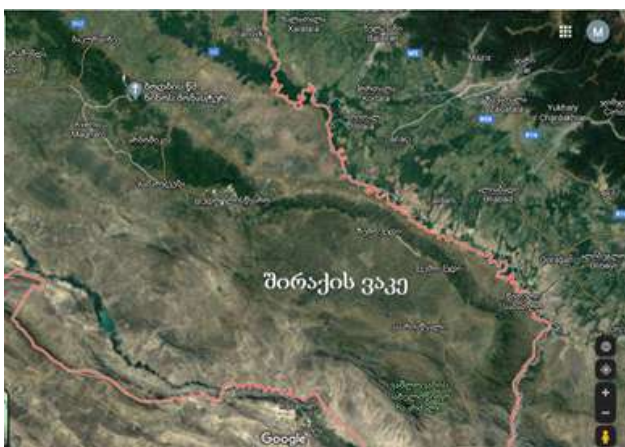
შირაქის ველი, რომელიც დღეს დაუსახლებელია და ჩვენი ქვეყნის „პურის ბედლის“ სახელითაა ცნობილი, წარსულში, გვიან ბრინჯაოსა და რკინის ხანაში მიწათმოქმედების რაიონი ყოფილა, ფართოდ ათვისებული და კომპაქტურად დასახლებული. ველზე ნაპოვნი არქეოლოგიური მასალა (მაგ. ქვის თოხები, ხელსაფქვაკები, კაყის ნამგლის პირები და სხვა) აქ საკმაოდ განვითარებულ მიწათმოქმედებაზე მიუთითებს. მემათიანე გადმოგვცემს, რომ შირაქის ველი დასერილი იყო სარწყავი არხებით, რომლებიც მტრის შემოსევების დროს განადგურებულა. ჯერ კიდევ ორი საუკუნის წინ შირაქის ტერიტორია დიდ როლს ასრულებდა ეკონომიკაში.



გაიხსენა

1. რომელი ვაკე-დაბლობებია საქართველოში?

შირაქის ვაკე აღმოსავლეთ საქართველოში, დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში, მდინარეების ალაზნისა და ივრის შუამდინარეთში მდებარეობს. თუ ამ ტერიტორიას ზემოდან გადმოხედავთ, იგი ტბის აუზს მოგვაგონებს.



სურათი 1.10.1 შირაქის ვაკის სატელიტური და ტოპოგრაფიული რუკები.

ზოგჯერ შირაქის ვაკეს ორ ნაწილად – ჩრდილოეთ დიდი შირაქისა და სამხრეთ პატარა შირაქის ვაკეებად ყოფენ, რომლებიც არცთუ ისე მაღალი ციცაბო ქედითაა გაყოფილი. აკუმულაციური წარმოშობის ბრტყელი, სუსტად ტალღისებური ვაკის სიგრძე 35 კმ-ია, სიგანე – 15 კმ, ხოლო აბსოლუტური სიმაღლე ზ.დ-დან 500-700 მეტრს შორის მერყეობს.

ვაკეზე ჰავა ზომიერად კონტინენტურია. ამის გამო იგი ზომიერად თბილი ზამთრითა და ცხელი და მშრალი ზაფხულით ხასიათდება. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 10,3°-ია, იანვრის თვის -3,8°, ხოლო ივლისის თვის +22,8°. ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმია 38°, ხოლო აბსოლუტური მინიმუმი -32°. უყინვო პერიოდი შირაქში 175 დღეს გრძელდება.

ნალექების რაოდენობა წელიწადში 490-501 მმ-ია. მათი მაქსიმალური რაოდენობა გაზაფხულსა და ზაფხულის დასაწყისში მოდის. წვიმები მეტწილად თქემისებური და ნიაღვრიანია და უცბად გადაირბენენ ხოლმე ნიადაგის ზედაპირზე. ზამთარი უთოვლო და მცირენალექიანია.



სურათი 1.10. შირაქის ვაკის სატელიტური და ტოპოგრაფიული რუკები.

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ნალექების საშუალო რაოდენობა, მმ	68	68	68	49	87	76	50	39	43	40	29	20

ცხრილი 1.10.1 ნალექების განაწილება შირაქის ველზე.

დავალება:

- (1). ახსენი, რატომ გამოირჩევა შირაქის ველი ნალექების სიმცირით?

შირაქის ველზე ხშირად ძლიერი ქარები ქრის, უმეტესად ზამთრისა და გაზაფხულის თვეებში (განსაკუთრებით, თებერვალ-მარტში). ქარის წლიური საშუალო სიჩქარე 1,2 მ/წმ-ს შეადგენს, მაგრამ ზოგჯერ ისეთი შტორმული ქარები იცის, ნათესსა და ნარგავებს ანადგურებს.

ვაკეზე სუსტადაა განვითარებული ჰიდროლოგიური ქსელი, მდინარეები არ არის. მდინარე იორი შირაქიდან 30-40 კილომეტრითაა დაშორებული, ხოლო მდინარე ალაზანი – 20-25 კმ-ით. ამიტომაც ეს ტერიტორია უწყლო მხარე, მშრალი ხევებით დასერილი მხარეა.

შირაქის ველზე შავმიწა და წაბლა ნიადაგებია გავრცელებული. შავმიწები უმეტესად პერიფერიულ ნაწილებშია წარმოდგენილი. ჰუმუსის ფენის მიხედვით, აქ გვხვდება ღრმა (60 სმ), საშუალო (30-60 სმ) და მცირე (30 სმ) სიღრმის შავმიწები. მათში ნეშომპალის შემცველობა თანდათან კლებულობს და იგი საშუალოდ 5-6%-ია. ეს ნიადაგები მცირე რაოდენობით შეიცავს წყალში ხსნად მარილებს და საერთოდ არ შეიცავს სულფატებს, ისინი აზოტიანად საშუალოდაა უზრუნველყოფილი, თუმცა ნიტრატული აზოტი მცირე რაოდენობით მაინც გვხვდება. ამ ნიადაგებში მაღალია კალიუმის რაოდენობა და 1,9-2%-ს უდრის. შირაქის ვაკის ნიადაგების ხვედრითი წონა 2,2-2,7%-ს უდრის, მოცულობითი წონა 1,1-1,3% -ია, ხოლო ფორიანობა 40-50%-ს შეადგენს.

შირაქის სტეპში ჯერ კიდევ 1860 წელს ნავთობის საბადო იქნა აღმოჩენილი. ნავთობის მოპოვების

უფლება გერმანულ კომპანია Siemens & Halske-ს გადაეცა, რომელმაც ეს საქმიანობა 1883 წელს შეწყვიტა, რადგან ბაქოს ნავთობმა წამყვანი ადგილი დაიკავა. 1930 წელს შირაქში ნავთობის მოპოვება განახლდა, თუმცა 1983 წლიდან მკვეთრად შემცირდა.



სურათი 1.10.3 შირაქის ვაკის შავმიწა ნიადაგები.

შირაქის ველზე მდიდარი არქეოლოგიური და პალეოგრაფიული (პალეოგრაფია იკვლევს დამწერლობის წარმოშობა-განვითარებას და წერის პროცესთან დაკავშირებულ საკითხებს) მასალაა აღმოჩენილი, რომელიც მოწმობს, რომ ადრეულ წარსულში ამ რეგიონში კლიმატი ნაკლებად მშრალი ყოფილა. ტერიტორია არა მარტო ტყეებით იყო დაფარული, არამედ ჩვენს წ.აღ-მდე მე-7 საუკუნემდე დასახლებულიც ყოფილა. შემდგომში, სავარაუდოდ, მტრების შემოსევის გამო ეს ტერიტორია მოსახლეობამ დატოვა და ის გაუკაცრიელდა.

ცნობილია, რომ 1852 წელს შირაქის ველს ვრცელი სივრცე ეკავა, რომელიც 332 ათას დესეტინას (დესეტინა ძველებური მიწის საზომი ერთეულია რუსეთში და 1.09 ჰექტარს უდრის) აერთიანებდა. მის შემადგენლობაში იყო დიდი და პატარა შირაქი, ნაზარლები და ელდარი. ვეებერთელა ტერიტორია დიდი ხნის განმავლობაში რჩებოდა უკაცრიელ ადგილად და ერეკლე მეფის დროიდან მსხვილფეხა რქოსანი საქონლისა და

ცხვრის საძოვრად გამოიყენებოდა. მას, ძირითადად, თუშები, ფშაველები, ხევსურები და სხვა ქართველი ტომები მოიხმარდნენ.

მე-17 საუკუნიდან დაწყებული, თუშები, რომელთა ძირითადი საქმიანობა მეცხვარეობა იყო, შირაქის ვაკეს როგორც ზამთრის საძოვარს, ისე იყენებდნენ. თუშების საზაფხულო რეზიდენციიდან შირაქის ზამთრის საძოვრებამდე მანძილი 200 კმ-ია და საქართველოს ყველაზე მაღალ – აბანოს უღელტეხილზე (ზ.დ-დან 2960 მ) გადის.



სურათი 1.10.4 შირაქის საძოვარზე თითქმის არაა საცხოვრებელი ინფრასტრუქტურა. გვხვდება მხოლოდ მეცხოველეობის ფერმები.

საქართველოს რუსეთთან შეერთების შემდეგ კი მისი გამოყენება მეზობელი მაზრების მცხოვრებლებმაც დაიწყეს, მაგრამ ლეკთა თავდასხმები მოსვენებას არ აძლევდა მოსახლეობას. 1862 წლამდე შირაქის ველი სახელმწიფო საკუთრებას წარმოადგენდა და, ძირითადად, მომთაბარე მეცხოველეობის სრულ განკარგულებაში იყო. მწყემსების საქმეში ხელისუფლება არ ერეოდა და მხოლოდ ზოგიერთ ტერიტორიაზე პირუტყვის ძოვებისათვის „საბალახოს“ გადახდით იფარგლებოდა.

1862 წლიდან 1864 წლამდე ამ მასივების ზოგიერთი ნაწილი დაბეგრული ყოფილა მცირე გადასახადით. იმ წლებში მოქმედი კანონით, ერთ დესეტინა საძოვარში 10 კაპიკი უნდა გადაეხადათ. ამავე კანონით, შირაქში ცხვრის ძოვება ყველას

შეეძლო, მაგრამ ფაქტობრივად ასეთი განუსაზღვრელი უფლებებით ყველაზე მეტად მდიდარი კომლექსი სარგებლობდნენ, რაც რიგითი მცხოვრებლების დიდ უკმაყოფილებას იწვევდა. ხშირად ამ დავაში საკითხების გარკვევა სიღნაღისა და თიანეთის მაზრებიდან გაგზავნილ პოლიციის რაზმებს უწევდათ. შირაქის საძოვრების გამო დიდი დავა ჰქონდათ თუშებსაც, ამიტომ 1889 წელს საძოვრები მეორედ გადანაწილდა და მის გამოყენებაზე თითქოს ერთგვარი წესრიგი დამყარდა.

საინტერესოა ის ფაქტი, რომ 1893 წლამდე შირაქში საძოვრის სახნავად გამოყენება მკაცრად აკრძალული იყო, მოიჯარეს არ შეეძლო მოეხნა საძოვარი და რომელიმე კულტურა დაეთესა. წინააღმდეგ შემთხვევაში, თითოეულ მოხნულ დესეტიანზე 10 მანეთი ჯარიმა უნდა გადაეხადა და იქ მოწეული მოსავალიც ხაზინისთვის უნდა ჩაებარებინა.

1895 წლიდან შირაქის საძოვრების სახნავ სავარგულებად ათვისება, მიწათმოქმედების განვითარება და მარცვლეულის, პირველ რიგში – ხორბლის, მოყვანა იწყება.

შირაქში საძოვრების გადანაწილებაში მონაწილეობისა და სარგებლობის უფლებას მთის მოსახლეობის ის ნაწილი იძენდა, რომელსაც საქონელი არ ჰყავდა. ისინი დროულად მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ მათთვის გამოყოფილი საძოვრები სხვაგვარად გამოყენებინათ და ხვნა-თესვა დაეწყათ.

1904-1905 წლებში შირაქში გადასახლებულთა რიცხვი გაიზარდა. საძოვრების ხარჯზე სახნავი ფართობების ათვისება და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, განსაკუთრებით, მარცვლეულის – ხორბლის, ქერის და ფეტვის – მოვლა-მოყვანა დაიწყო.

შირაქის ვაკის შავმიწა და წაბლა ნიადაგებზე ბუნებრივი სტეპური (ბალახეული) მცენარეულობა გავრცელებული. ამჟამად ეს ტერიტორია მთლიანად სახნავადაა გადაქცეული. აქ უმთავრესად მარცვლეული კულტურები – საშემოდგომო ხორბალი, ქერი, შვრია, სიმინდი, მზესუმზირა მოჰყავთ.

საქართველოს საბჭოთა რესპუბლიკის სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებების მეცნიერებმა და მკვლევარებმა შირაქის მიწებზე სხვადასხვა სახის გამოკვლევები ჩაატარეს და შეიმუშავეს



სურათი 1.10.5 შირაქის ველზე ხარობს როგორც ერთწლიანი, ისე მრავალწლიანი ბალახები და მოჰყავთ მარცვლოვანი საკვები კულტურები.

სწორი აგროტექნიკური ღონისძიებათა სისტემები, რომლებსაც დღესაც მრავალი ფერმერი და მიწათმოქმედი იყენებს.

წარსულში შირაქის ველზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოვლა-მოყვანის აგროტექნიკური საკითხების შესასწავლად საქართველოს საბჭოთა რესპუბლიკის მიწათმოქმედების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის კახეთის საცდელი სადგური მუშაობდა.

მარცვლეული კულტურების სხვადასხვა ჯიშის გამოცდას და კვლევით მუშაობას ასევე აწარმოებდა ზემო ქედის კოლმეურნეობასთან არსებული ჯიშთა გამოცდის ნაკვეთი, რომელიც გაუქმდა, ხოლო ჯიშთა გამოცდის 100 ჰა სახნავი ფართობი კერძო მფლობელობაში გადავიდა, რის გამოც შირაქის ზონა ჯიშთა გამოცდის გარეშე დარჩა.

შირაქის ველის მთელი ტერიტორია 22 ათასი ჰექტარია. 1970-იან წლებში შირაქის ტერიტორიაზე ჩატარდა მთელი ფართობის მიწათმოწყობა,

რომლის სამუშაოები საქართველოს მიწათმოყვანის სამეცნიერო-კვლევითმა ინსტიტუტმა შეასრულა. ვაკეზე გაშენდა ქარსაცავი ზოლები, რომელთა ფართობმა 750 ჰა-ს მიაღწია. ქარსაცავი ზოლების გაშენების შემდეგ გაიზარდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა. თუმცა უკანასკნელ წლებში ქარსაცავი ზოლების გამეჩხრება დაიწყო, რაც მეცხოველეობის ზემოქმედებით, ასევე გაჩენით იყო გამოწვეული. თუ ეს პროცესი დაუყოვნებლივ არ შეჩერდება, შირაქის ველი კატასტროფის წინაშე აღმოჩნდება და აქ ძლიერი ეროზიული მოვლენები განვითარდება.

დაიმახსოვრე!

შირაქის ვაკის მთელი ტერიტორია მარცვლეული კულტურების სახნავ-სათეს სავარგულებად გამოიყენება.

შირაქის ველი ცნობილია, როგორც საქართველოს ხორბლის მწარმოებელი მთავარი რაიონი, რომელზეც ქვეყანაში წარმოებული ხორბლის უდიდესი წილი მოდის.

1992 წლიდან დაიწყო მიწის რეფორმა, დაიშალა კოლმეურნეობები და საბჭოთა მეურნეობები. მიწები ფერმერებსა და მიწათმომხმარებლებზე განაწილდა. ჩატარებულმა მიწის რეფორმამ როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი შედეგი გამოიღო. შირაქის ველზე არსებული მიწები 50-60-100 და 200 ჰა მასივებად დაიყო, მაგრამ კერძო მფლობელებმა ამ მასივების დანაწევრება დაიწყეს. მაგალითად, 100 ჰა ნაკვეთს ხშირად 20-30 მეპატრონე ცალ-ცალკე ამუშავებს. ყოველივე ეს კი უარყოფით შედეგს იძლევა.

შირაქის ტერიტორიაზე დღეს, ძირითადად, მხოლოდ ორი კულტურის – საშემოდგომო მარცვლეულისა და მზესუმზირის მოვლა-მოყვანა ხდება. ირდევს აგროტექნიკურ ღონისძიებათა ერთობლიობა რის შედეგადაც უარესდება ნიადაგების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები.

თბილი კლიმატის, ხშირი გვალვების, ძლიერი ქარების, ქარსაფარი ზოლების დეგრადაციისა

და არამდგრადი სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის კომბინაციამ შირაქის ველზე სასოფლო-სამეურნეო მოსავლის შემცირება გამოიწვია. ქარსაფარი ზოლების დეგრადაცია საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ იწყება, როდესაც დედოფლისწყაროში მცხოვრებმა მოსახლეობამ საწვავზე მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად ხეების მოჭრა დაიწყო.

ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში შირაქის ველზე გაჩენილი მასშტაბური ხანძრების გამო დაიწვა როგორც ძველი ქარსაფრები, ასევე ახლად გაშენებული ნარგავები, რამაც გარემოს სერიოზული ზიანი მიაყენა. 2015 წლის ზაფხულში ხანძრების შედეგად ქარსაფრების თითქმის 90 % დაიწვა და შირაქის ველზე 43 000 ჰა მიწა გაანადგურა. საბჭოთა პერიოდში დედოფლისწყაროში ქარსაფრების მთლიანი სიგრძე დაახლოებით 1800 კმ-ს შეადგენდა, ხოლო 2015 წელს მხოლოდ 75 კმ-და იყო დარჩენილი (იხ. სურათი 1.10.3, გვერდი 218).

ხანძრები ზოგ შემთხვევაში გვალვის დროს ჩნდება, თუმცა უმეტესწილად ამის მიზეზი ადგილობრივი ფერმერები არიან, რომლებიც ქერისა და ხორბლის მოსავლის აღების შემდეგ მიწის ნაკვეთების გასუფთავების მიზნით ნარჩენებს წვავენ, შემდეგ კი მასშტაბურ ცეცხლს ვეღარ აკონტროლებენ. შედეგად, ნადგურდება ბოლო წლებში გაშენებული ქარსაფარი ზოლები. ფერმერების დაუდევრობამ დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში გაუდაბნოების პროცესი კიდევ უფრო გაამწვავა.

დავალება:

- (2). როგორ არის ათვისებული შირაქის ველი ადამიანის მიერ?
- (3). რა პრობლემებია შირაქის ველზე და რა შედეგები მოჰყვება მას?
- (4). რა ღონისძიებები უნდა გატარდეს შირაქის ველის ლანდშაფტის დაცვისა და შენარჩუნებისთვის?

დაიმახსოვრე!

შირაქის ველი ხასიათდება ღრმა ნიადაგით, ჰუმუსის მაღალი შემცველობით, რომელიც ქმნის მნიშვნელოვან პოტენციალს უხვი სასოფლო-სამეურნეო მოსავლის მისაღებად. თუმცა თბილი კლიმატის, ხშირი გვალვების, ძლიერი ქარების, ქარსაფარი ზოლების დეგრადაციისა და არამდგრადი სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის კომბინაციამ გამოიწვია სასოფლო-სამეურნეო მოსავლის შემცირება.



სურათი 1.16. შირაქის ველზე გადამწვარი მიწის ნაკვეთები და განადგურებული ქარსაფარი ზოლები.

ეს საინტერესოა!

მეცნიერთა ვარაუდით, შირაქში წარსულში ყოფილა სოფლები კარგად განვითარებული მეურნეობებით, რომლებიც მტრის გამუდმებული თავდასხმების შემდეგ მოსპობილა. ამაზე ნათლად მეტყველებს ხალხური გადმოცემები და ნიადაგების დამუშავების დროს ნაპოვნი უძველესი პერიოდის საოჯახო ნივთები.

ისტორიკოსები და მკვლევარები ვარაუდობენ, რომ ირანელებმა შემოსევების დროს კახეთში და, რა თქმა უნდა, შირაქის ველზე, ყველა იმდროინდელი ნაგებობა, მათ შორის – სარწყავი არხები, დაანგრიეს. მოსახლეობას კი მათ აღსადგენად ძალა არ ეყო და ეს ტერიტორიები მიატოვა.

მეფის რუსეთის მთავრობის 1900 წლის 22 დეკემბრის კანონის საფუძველზე, მთავრობაში უამრავი მოთხოვნა შედიოდა წითელწყაროს მიდამოებში დასახლების მსურველებისგან. ისინი უმთავრესად სამხედრო სამსახურიდან დათხოვნილი რუსები ჯარისკაცები იყვნენ, მათ შორის ისეთებიც, რომლებიც სამხედრო სამსახურის დასრულების შემდეგ სამშობლოდან უკანვე, საქართველოში ბრუნდებოდნენ და დასახლებლად მიწებს მოითხოვდნენ. ასე გაჩნდა აქ სოფლები, რომლებსაც დაერქვა წითელწყარო, ლენინოვკა, სეჩენოვკა და სხვა.

შირაქის ველზე ფშაველების, მთიელების, მოხვევების, ხევსურების ჩასახლებამ თუმცა ფშაველ მწყემსებს შორის მღელვარება გამოიწვია. მთელი 1907-1908 წლები იმას დასჭირდა, რომ ჩასახლების საკითხი უსისხლოდ მოგვარებულიყო. გადმოცემით, ამ დავაში მაზრის უფროსს ვაჟა-ფშაველა შეეკამათა, ხოლო როცა არაფერმა გასჭრა, მან „ნაჩალნიკს“ ერთი გვარიანი სილა გააწნა და საქმეც ფშაველების სასარგებლოდ გადაწყდა.

ალაზნის სანაპიროსთან, შირაქის ველზე, XIX საუკუნეში მთიულეთიდან გადმოსახლებულთა სამი სოფელი გაჩნდა: ზემო ქედი, ქვემო ქედი და არხილოსკალო.

1.11. არქტიკის ყინულოვანი უდაბნო

აღბათ, როცა სიტყვა უდაბნო გესმით, როგორც ადამიანების უმრავლესობას, თქვენც უკიდვანო ქვიშიანი სივრცე, სიცხე და უწყლობა წარმოგიდგებათ თვალწინ. მართლაც, მსოფლიოს უდაბნოების დიდი ნაწილი სწორედ ამ ნიშნებით ხასიათდება. თუმცა არსებობს უდაბნოს განსხვავებული ლანდშაფტიც და ეს პოლარული – არქტიკული და ანტარქტიკული უდაბნოებია. ისინი რადიკალურად განსხვავდებიან დანარჩენი უდაბნოებისგან, რადგან აქ არ არის ქვიშა, ჰაერის ტემპერატურაც საკმაოდ დაბალია და მინუსებში გადადის, ოკეანე კი, პრაქტიკულად, სულ ყინულითაა დაფარული. ასეთი ძლიერი ყინვის გამო აქ ჰაერი ტენს ვერ აკავებს, რის გამოც იგი ისეთივე მშრალია, როგორც კლასიკურ უდაბნოში. ამასთან, არქტიკაშიც თითქმის იმდენივე ნალექი მოდის, რამდენიც საჰარაში.

არქტიკა დედამიწის ჩრდილოეთი პოლარული მხარე, ერთიანი ფიზიკურ-გეოგრაფიული რაიონია და ევროპის, აზიისა და ჩრდილოეთ ამერიკის განაპირა ნაწილებს მოიცავს. მასში ასევე შედის მთელი ჩრდილოეთი პოლუსი და ჩრდილოეთ ყინულოვანი ოკეანე (ნორვეგიის ზღვის აღმოსავლეთ და სამხრეთ ნაწილების გამოკლებით)



სურათი 1.11.1 არქტიკის გეოგრაფიული მდებარეობა.

კუნძულებიანად (გარდა ნორვეგიის სანაპირო კუნძულებისა) და ატლანტისა და წყნარი ოკეანეების მომიჯნავე ტერიტორიები;

კერძოდ, მოიცავს არქტიკული აუზის კუნძულებს – გრენლანდიას, კანადის არქტიკული არქიპელაგის ჩრდილოეთ ნაწილს, შპიცბერგენის არქიპელაგს, ფრანც-იოსების მიწას, ჩრდილოეთის მიწას, ახალ მიწას, ახალციმბირის (ნოვოსიბირსკის) კუნძულებს, ასევე ჩრდილოეთ ყინულოვანი ოკეანის ვიწრო სანაპირო ხაზს იამალის, გიდანის, ტაიმირისა და ჩუკოტკის ნახევარკუნძულების გასწვრივ. ამ კუნძულებიდან ზოგიერთი დასახლებულია.

დავალება:

- (1). მსოფლიოს ფიზიკური რუკის მიხედვით დაადგინე, რომელი ზღვები ეკუთვნის ჩრდილოეთ ყინულოვანი ოკეანის აუზს.

არქტიკული უდაბნოების საერთო ფართობი დაახლოებით 100 ათასი კვ.კმ-ია და მათი სამხრეთი

საზღვარი ჩ.გ. 71° -ზე გადის. აქ თითქმის მთელი წლის განმავლობაში ყინავს და ხმელეთისა და ოკეანის დიდი ნაწილი თოვლითა და ყინულითაა დაფარული.

არქტიკული უდაბნო არქტიკული გეოგრაფიული სარტყლის ნაწილი და ყველაზე ჩრდილოეთით მდებარე ბუნებრივი ზონაა. იგი ჩრდილოეთ ამერიკისა და აზიის ჩრდილოეთ რაიონებსა და ჩრდილოეთ ყინულოვანი ოკეანის კუნძულებს მოიცავს. ამ ზონაში არქტიკული კლიმატია გაბატონებული, ხოლო უზარმაზარი სივრცეები მყინვარებით, მარადი თოვლით, ხრეშითა და ქვების ნამსხვრევებითაა დაფარული.

არქტიკული კუნძულების რელიეფი სხვადასხვა ფიზიკური ერთეულებით – მთებით, მყინვარებითა და ვაკეებითაა წარმოდგენილი. ვაკეებს რეგიონის ძირითადი ნაწილი უკავია და მკვეთრად გამოხატული დანაწევრებული ტექსტურა გააჩნია, რაც ყინულის დნობისა და წყლის გაყინვის ციკლის შედეგია.

კუნძულების უმეტესობის რელიეფი საკმაოდ რთულია. ბრტყელი ვაკეები, რომლებზეც ყველაზე კარგადაა ასახული ზონური ლანდშაფტი, დამახასიათებელია სანაპირო ნაწილებისთვის. კუნძულების შიდა რაიონები, როგორც წესი, მაღალ მთებსა და მაგიდისმაგვარ პლატოებს უკავია.

არქტიკული კუნძულების სიმაღლეები განსხვავებულია. მაგ. ფრანც-იოსების მიწაზე მაქსიმალური აბსოლუტური ნიშნული 620-670 მ-ს აღწევს, ხოლო ახალი მიწის ჩრდილოეთ და ჩრდილოეთ მიწის კუნძულებზე 1000 მ-ია. ასევე განსხვავებულია ფირნის ხაზის სიმაღლეც, რომელიც, შესაბამისად, 390 მ-დან 450 მ-დე იცვლება.

ზოგან კონტინენტური მყინვარები სანაპიროზე ეშვებიან, ტყდებიან და აისბერგებს წარმოქმნიან.

ჰაერის დაბალი ტემპერატურა მყინვარულ ზონაში ხელს უწყობს გლაციალური გამოფიტვის ენერგიულ განვითარებას და აფერხებს ქიმიური და ბიოლოგიური გამოფიტვის პროცესების ინტენსიურობას. შედეგად, ამ ზონაში გრუნტი და ნიადაგი ქანების საკმაოდ მსხვილი ნატეხებითაა წარმოდგენილი და საერთოდ არ შეიცავს თიხას. არქტიკა მკაცრი კლიმატური პირობებით ხასი-

ათდება: აქ ზამთარი მკაცრი და ხანგრძლივია, ხოლო ზაფხული – მოკლე და გრილი. სეზონების ცვლა პირობითია: ზამთარი პოლარულ ღამეებს უკავშირდება, ხოლო ზაფხული – პოლარულ დღეებს. ყინულისა და თოვლის საფარი ღამის მთელი წელი დევს. ზამთარში ხანგრძლივი პოლარული ღამეები იცის: ჩ.გ. 75°-ზე იგი 98 დღე-ღამე გრძელდება; ჩ.გ. 80°-ზე – 127 დღე-ღამე, ხოლო პოლუსის რაიონში – ნახევარი წელი. ზამთრის თვეების საშუალო ტემპერატურა -10-დან -35°- მდე მერყეობს, ხოლო კ. გრენლანდიის ჩრდილოეთით -50°-საც აღწევს. არქტიკაში ქრის ძლიერი ქარები, ხშირია ნამქერი.

არქტიკაში ზაფხულში პოლარული დღეები იწყება, მზე დიდი ხნის განმავლობაში არ ჩადის



სურათი 1.11.2 პოლარული დღე და ღამე. ზაფხულის თვეებში (60 დღე-ღამის განმავლობაში) მზე, პრაქტიკულად, არ ჩადის და პორიზონტის ხაზის ზემოთაა, ზამთარში კი – პირიქით.



სურათი 1.11.3 არქტიკული უდაბნოს ლანდშაფტური თავისებურება ყინულოვანი და თოვლის საფარია, რის გამოც ამ ზონას მარადი თოვლისა და ყინულის სამეფოსაც უწოდებენ.

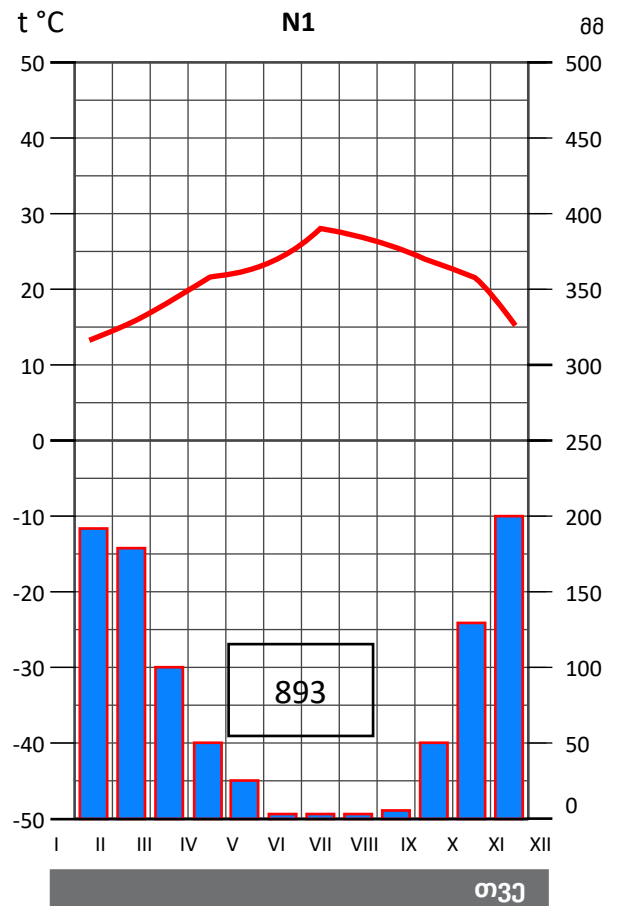
ჰორიზონტის ქვემოთ და მთელი ღღე-ღამე ანათებს. მიუხედავად ამისა, ჰაერის ტემპერატურა ყველაზე თბილ თვეში – აგვისტოშიც კი პოლარული ზონის სამხრეთით $+4-+5^{\circ}\text{C}$ -ზე ზემოთ არ აღის. ამ პერიოდში ნიადაგი ვერ ასწრებს გაღობას და მხოლოდ თოვლისა და დამდნარი ყინულის ფენებით იჭიმნება.

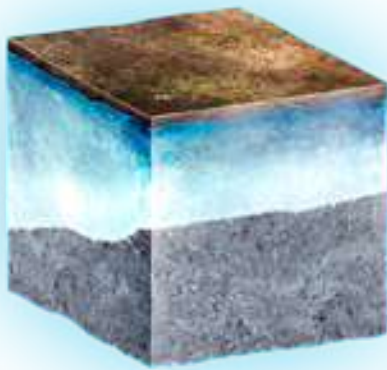
ნალექების რაოდენობაც საკმაოდ მცირეა და მხოლოდ 200-400 მმ-ს შეადგენს წელიწადში. თოვლის საფარის სისქე დიდი არაა და სულ რაღაც 40-50 სმ-ია. ცა ხშირად ნაცრისფერი ღრუბლებითაა დაფარული, მოდის წვიმა, არცთუ იშვიათად იცის თოვლჭყაპი, ხოლო ოკეანის ზედაპირიდან წყლის მაღალი აორთქლების გამო ხშირი ნისლია.

დავალება:

- (2). დაადგინე, მოცემული კლიმატური დიაგრამებიდან რომელი შეესაბამება არქტიკული უდაბნოების ზონას?

- (3). რა ინფორმაციას გაწვდის არქტიკული უდაბნოს კლიმატის შესახებ მენ მიერ შერჩეული კლიმატური დიაგრამა?

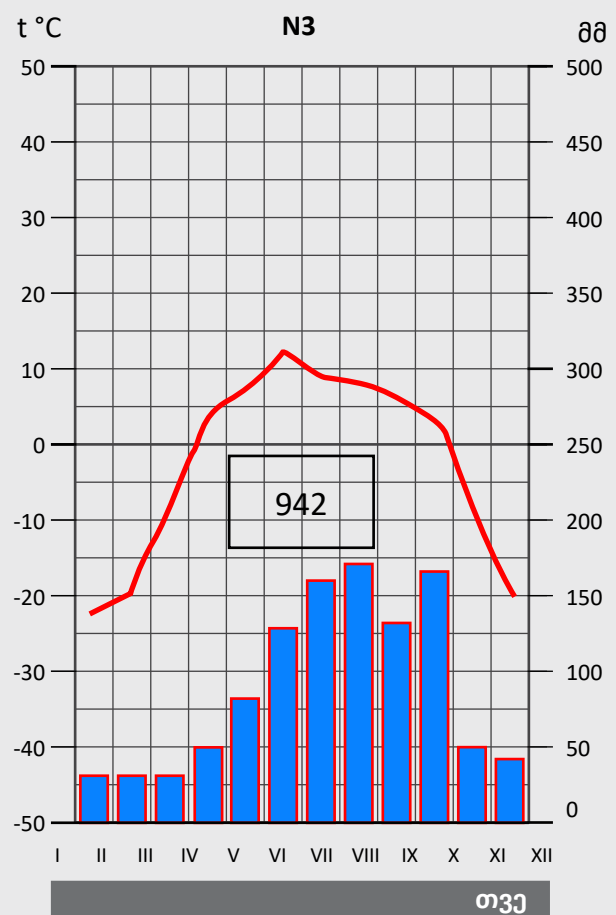
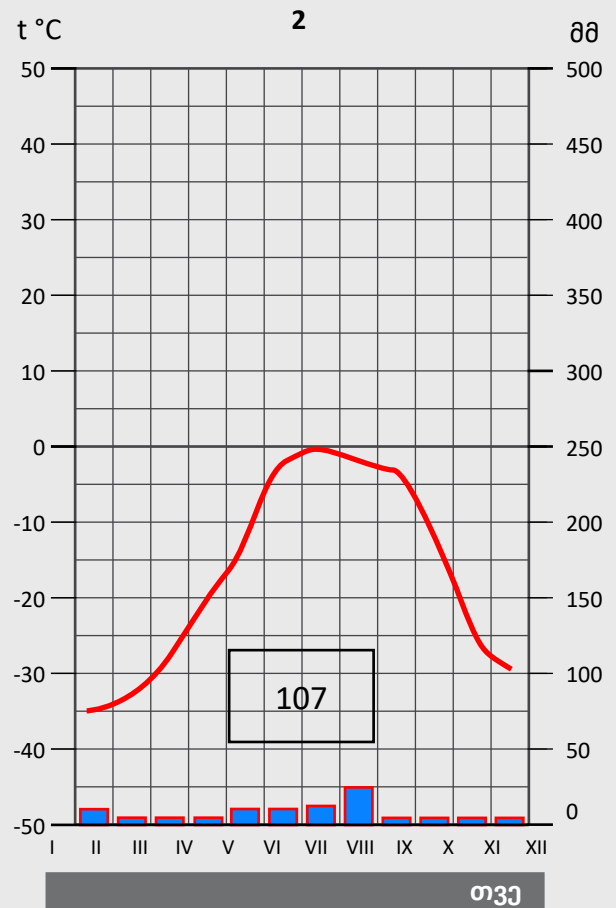




სურათი 1.11.4 ხმელეთის იმ ნაწილში, რომელიც ყინულისა და თოვლისგან თავისუფალია, ადგილი აქვს მარადიულ მზრალობას.

არქტიკულ უდაბნოში ხანმოკლე ზაფხულის პერიოდში თოვლისგან ხმელეთის მხოლოდ პატარა ნაწილები თავისუფლდება. არსებული კლიმატური პირობების გამო, აქ ნიადაგი თითქმის არ წარმოიქმნება და წლის დიდი პერიოდის განმავლობაში გაყინულია. მარადი მზრალობა სიღრმეში 600-1000 მ-მდე აღწევს და წყლის დრენაჟს უშლის ხელს. ზაფხულში არქტიკული უდაბნოს ზედაპირი ნიადაგის ზედა ფენის დამდნარი წყლით იფარება. სრეში და ქანები, მყინვარების მოძრაობის გამო, ზონის მთელ ტერიტორიაზეა გაფანტული.

არქტიკული უდაბნოს ნიადაგის ჰორიზონტი ძალიან თხელია, საკვები ნივთიერებებით ღარიბია და დიდი რაოდენობით ქვიშას შეიცავს. ზონის სამხრეთით გვხვდება ნიადაგი, რომელიც მცირე რაოდენობით ორგანული ნივთიერებები შედის და რომელიც ხელს უწყობს მწირი



მცენარეულობის – ტანბრეცილი და ჯუჯა ბუჩქების, წყალმცენარეების, სოკოებისა და ხავსების ზრდას. ნიადაგის ერთ-ერთი ასეთი ტიპია ყავისფერი ნიადაგები.

დავალება:

4). რა ფაქტორებმა განაპირობა არქტიკული უდაბნოების ნიადაგის უნაყოფოება?

არქტიკული უდაბნოების ზონაში მცენარეთა დაახლოებით 350-მდე სახეობა და ცხოველთა სამყაროს 120 სახეობა გვხვდება. არქტიკული უდაბნოსთვის დამახასიათებელია დანაწევრებული მცენარეული საფარი, რომელიც მთელი ზონის მხოლოდ 5%-ზეა წარმოდგენილი, რაც

ალბათ გასაკვირიც არაა უდაბნოს სტატუსიდან გამომდინარე. ეს მცენარეები შეეგუვნენ საკვები ნივთიერებებით ღარიბ ნიადაგებს, დაბალ ტემპურატურასა და მცირე რაოდენობით ნალექებს.

ყინულოვანი უდაბნოების მცენარეულობის სიღარიბისა და ერთგვაროვნების მიუხედავად, მისი ხასიათი ჩრდილოეთიდან სამხრეთის მიმართულებით იცვლება: ჩრდილოეთით მდებარე კუნძულებზე განვითარებულია ხავს-მღიერებიანი არქტიკული უდაბნო, ხოლო სამხრეთით ღარიბი, ბუჩქნარ-მღიერებიანი უდაბნოა წარმოდგენილი. აქ იშვიათად, მაგრამ მაინც გვხვდება მიწის ზედაპირზე გართხმული ბუჩქები და ყვავილები – პოლარული ტირიფი (*Salix polaris*), ქვატეხია (*Saxifraga oppositifolia*), ალპური მელაკუდა (*Alopecurus alpinus*), ბაია (*Ranunculus sulphureus*), პოლარული ყაყაჩო (*Papaver polare*). აქა-იქ მიმოფანტულ ქვებზე ხავსები და მღიერები იზრდება.



სურათი 1.11.5 არქტიკული უდაბნოების ფლორა: არქტიკული ყაყაჩო (1), ალპური მელაკუდა (2), ქვატეხია (3) და ბაია (4).

დავალება:

- (5). მოიყვანეთ მაგალითები, რომელიც მოწმობს, თუ როგორ არის ადაპტირებული არქტიკული უდაბნოების ფლორა და ფაუნა მათ საცხოვრებელ გარემოში.

არქტიკული კუნძულების მცენარეული საფარის პროდუქტიულობა ძალიან დაბალია. ფიტომასის საერთო მარაგი 5 ტ/ჰა-ზე ნაკლებია და ცოცხალი მიწისზედა მასა მკვეთრად ჭარბობს მიწისქვეშა მასას, რითიც განსხვავდება ეს ზონა ტუნდრისა

დაიმახსოვრე!

არქტიკული უდაბნოს მცენარეული საფარი ძალიან ღარიბია და მეჩხერადაა გავრცელებული.

ფლორა და ფაუნა ადაპტირებულია ყინულოვანი ზონის ექსტრემალურ პირობებთან.

არქტიკული უდაბნოს ბინადრები არიან: სელაპი, ლომვეშაპი, თეთრი დათვი, ლემინგი, ზღვის კატა, არქტიკული მელა; ფრინველებიდან გვხვდება პოლარული ბუ, კაირა და სხვ., რომლებიც ზაფხულობით ფრინველთა „ბაზარს“ ქმნიან.

არქტიკის ბინადარნი შეგუებული არიან მკაცრ არქტიკულ კლიმატურ პირობებში ცხოვრებას. სიცვიდან დასაცავად ზოგიერთ მათგანს სხეულში კანქვეშ ცხიმის სქელი ფენა აქვს წარმოქმნილი (მაგ. სელაპი, ლომვეშაპი), ზოგიერთს – თბილი ბეწვი იფარავს (მაგ. თეთრი დათვი), ხოლო პოლარულ ფრინველებს – ხშირი ბუმბული. თეთრი ფერის გამო ბევრი მათგანი შეუმჩნეველია თოვლისა და ყინულის ზედაპირზე. ცხოველები უმეტესად ზაფხულის ხანმოკლე პერიოდში მრავლდებიან და ხშირად ზამთრის ძილს ეძლევიან ან მიგრირებენ. ზამთრის ცივ თვეებში ფრინველები სამხრეთისკენ მიფრინავენ.

და ზომიერი და სუბტროპიკული უდაბნოების ზონებისგან, სადაც მიწისზედა და მიწისქვეშა ფიტომასების შესატყვისობა საპირისპიროა.

■ სურათი 1.11.6 არქტიკული უდაბნოს ფაუნა



■ თეთრი დათვი.



■ სელაპი.



■ პოლარული ბუ.



კიარა.



ზღვის კატა.



ლომვეშაპი.



პოლარული მელა.

ფრინველთა „ბაზარი“ არქტიკის კუნძულებზე ათეულობით კმ-ზეა გადაჭიმული და ათეულ ათასობით ფრინველს უყრის თავს. ფრინველთა „ბაზრები“ ისეთ ზღვისპირა რაიონებშია განლაგებული, რომლებიც ბიოლოგიური პროდუქტიულობით, წყლის გაძლიერებული ვერტიკალური ცირკულაციით, პლანქტონისა და თევზის ძლიერი გამრავლებით, ფრინველებისათვის დასაბუდედლად მოსახერხებელი და უსაფრთხო ნაპირებით გამოირჩევიან. ფრინველთა „ბაზარში“ მცხოვრებ სახეობებს განსხვავებული საბუდარი უბნები, საკვები და მისი მოპოვების საშუალებები აქვთ (იხ. სურათი 1.11.7, გვერდი 229).

არქტიკაში ჩვენი პლანეტის ბუნებრივი რესურსების – ნავთობი, ბუნებრივი აირი, ლითონური და არალითონური სასარგებლო წიაღისეული, მტკნარი წყალი, სარეწაო თევზები – მნიშვნელოვანი მარაგია თავმოყრილი. ბოლო წლებში ასევე გაიზარდა ამ რეგიონის მიმართ ტურისტთა ინტერესი, რაც რეგიონისთვის დამატებითი ეკონომიკური სარგებელია.

არქტიკის ხელშეუხებელი და უკიდვანო უდაბნოები უდიდეს როლს ასრულებენ ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებისა და საარსებო გარემოს ფრაგმენტაციის საქმეში.

არქტიკულ უდაბნოში მცხოვრები ხალხებიდან ყველაზე მრავალრიცხოვანად ითვლებიან ინუი-



სურათი 1.11.7 კაირა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს პოლარულ და ზომიერ ზღვებში გავრცელებული საკმაოდ დიდტანიანი ფრინველია. კაირას კოლონიები არქტიკული ზღვების სანაპიროთა კლდოვან ტერიტორიებსა და კუნძულებზე ბუდობენ და, სამთითა თოლიასთან ერთად, „ფრინველთა ბაზრების“ ძირითად „მოსახლეობას“ წარმოადგენენ.



სურათი 1.11.8 3-4 მ დიამეტრის და 2 მ სიმაღლის იგლუ თოვლის ბლოკებისგან შენდება და გუმბათისებრ კონსტრუქციას წარმოადგენს. დრმა თოვლის დროს იგლუს შესასვლელი კეთდება თოვლში გათხრილი გვირაბის სახით, ხოლო თუ თოვლის საფარი არაა სქელი, მაშინ გარედან თოვლის ბლოკებისგან ეწყობა დერეფანი, რაც იგლუს ქარისგან იცავს.

ტები (ესკიმოსები). ისინი ადაპტირებულნი არიან არქტიკული უდაბნოების რთულ საცხოვრებელ პირობებთან. აქ, პრაქტიკულად, არ არის სამშენებლო მასალა, ამიტომ ჩრდილოეთ ამერიკის ესკიმოსები ქოხებს, რომელთაც იგლუ ჰქვიათ, ყინულის აგურებისგან აშენებენ. თოვლი კარგი თბოიზოლატორია, ამიტომ როდესაც გარეთ ჰაერის ტემპერატურა $-40 - 45$ გრადუსია, შიგნით შესაძლოა -7 -დან $+26$ გრადუსამდე მერყეობდეს. იგლუს სპეციალურად არ ათბობენ. ცივი ჰაერის შემოდინება უზრუნველყოფს თოვლის შიდა ზედაპირის გაყინვას, რისი წყალობითაც იგლუ არ ღნება (იხ. სურათი 1.11.8, გვერდი 229).

ზაფხულში, როცა იგლუ ღნება, ინუიტები ცხოველების ბეჭისა და ძვლებისგან აწყობილ კარვებში ცხოვრობენ. განსაკუთრებულია მათი კვების რაციონი. ვინაიდან აქ მარცვლოვანი და ბოსტნეული კულტურები არ მოდის, ადგილობრივები, ძირითადად, ხორცი და თევზით იკვებებიან. შესაბამისად, მათი მთავარი საქმიანობა თევზჭერა და სელაპებზე, ვეშაპებსა და ლომვეშაპებზე ნადირობაა. თოვლსა და ყინულზე გადასადგილებლად ესკიმოსები – ძაღლებშებმულ მარხილებს, ხოლო წყალში ბაიდარებსა და უშიაკებს იყენებენ.

ბოლო პერიოდში არქტიკულ უდაბნოში გაიზარდა ტურისტთა რაოდენობა. ცივი უდაბნოს ლანდშაფტის უნიკალური ეკოსისტემები, თვალისმომჩრეული თოვლიანი პეიზაჟები, ტბები, მდინარეები, ნაკადულები და მთები, ასევე ზაფხულის ჰორიზონტს ქვემოთ ჩაუსვლელი მზე – ეს ყველაფერი მსოფლიოს ყველა კუთხიდან იზიდავს ტურისტებს.

არქტიკული უდაბნო, როგორც დედამიწის პოლარული რეგიონი, უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს ჩვენი პლანეტის კლიმატის რეგულირების საქმეში. შესაბამისად, კლიმატის ცვლილება ნეგატიურ გავლენას ახდენს არქტიკული უდაბნოს ლანდშაფტზე, რადგან ამ ეკოსისტემის ისედაც მყიფე და სუსტი ბალანსი ირღვევა. ჩვენს პლანეტაზე ტემპერატურის მატებასთან ერთად, მარადი მზრალობა თბება და ღნება, შედეგად კი ნიადაგიდან ატმოსფეროში ნახშირორჟანგი ხვდება, რომელიც კლიმატის ცვლილების პროცესს აჩქარებს.



სურათი 1.11.9 მყინვარების დნობა საფრთხეს უქმნის პოლარულ თეთრ დათვებსაც. ყინული აუცილებელია მათი არსებობისათვის, მაგრამ ყინულების დნობის შედეგად მათი საბინადრო და სამონადირეო არეალები ფრაგმენტებად ნაწევრდება.

კლიმატის ცვლილების შედეგად ღნება პოლარული მყინვარებიც, რის გამოც მატულობს ზღვებისა და ოკეანის დონე და, შესაბამისად, სანაპირო ტერიტორიების დატბორვის საფრთხეც.

არქტიკის ეკოლოგიური პრობლემები კიდევ უფრო მეტად აქტუალური მას შემდეგ გახდა, რაც ადამიანმა ამ რაიონების აქტიური ათვისება დაიწყო. ცხოველთა სამყაროს დიდ ზიანს აყენებს ბრაკონიერების უკონტროლო ნადირობა, რის გამოც საგრძნობლად შემცირდა თეთრი დათვების, ლომვეშაპებისა და სელაპების რიცხვი და ამჟამად ისინი დაცვის ობიექტებს წარმოადგენენ. ხდება არქტიკული კუნძულების დანაგვიანება, ზოგიერთ მათგანზე მიაქვთ სახიფათო ნარჩენები.

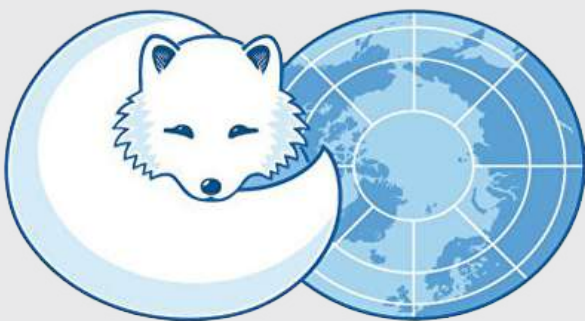
დედამიწის ამ უნიკალური ლანდშაფტის დასაცავად აუცილებელია სახელმწიფოთა შორის თანამშრომლობა, კოორდინაცია და, ადგილობრივ მოსახლეობასთან ერთად, ინტეგრირებულად მოქმედება ლანდშაფტის მდგრადი განვითარებისა და გარემოსდაცვითი მიმართულებით.

არქტიკულ ზონაში შექმნილია დაცული ტერიტორიები: დიდი არქტიკული ნაკრძალი, ვრანგელის კუნძულის, პუტორანსკის, ტაიმირის, უსტ-ლენსკის, რუსული არქტიკის, გიდანის, ნენეცკის, კანდალაკშის, ლაპლანდიის, პასვიკის და სხვ.



სურათი 1.11.10 რუსული არქტიკის ნაკრძალი ყველაზე ახალგაზრდა დაცული ტერიტორიაა და ახალი მიწის არქიპელაგში შემავალი ჩრდილოეთ კუნძულის ნაწილს მოიცავს. პარკის ამოცანაა რუსული არქტიკის დასავლეთ სექტორის ბუნებრივი, კულტურული და ისტორიული მემკვიდრეობის შენარჩუნება. დაცულია მყინვარებით დაფარული პოლარული უდაბნოების ფასდაუდებელი ლანდშაფტები და არქტიკული ტუნდრა.

არქტიკა ბევრი საერთაშორისო ორგანიზაციის საქმიანობის რეგიონია. მათ შორის ყველაზე გავლენიანი და მნიშვნელოვანია არქტიკული საბჭო (Arctic council <https://arctic-council.org/en/>). ეს არის სპეციფიკური საერთაშორისო ორგანიზაცია, რომელიც 1996 წელს კანადის ინიციატივით შეიქმნა.



ARCTIC COUNCIL

სურათი 1.11.11 არქტიკული საბჭოს ემბლემა.

საბჭოს მუდმივი წევრია 8 ქვეყანა – კანადა, დანია, ფინეთი, ისლანდია, ნორვეგია, რუსეთი, შვედეთი, აშშ და, ასევე, ევროპის პარლამენტი.

ორგანიზაციის წევრებმა 2013 წელს ხელი მოაწერეს თანამშრომლობის შეთანხმებას არქტიკის ზღვების ნავთობით დაბინძურების შემთხვევაში დროული რეაგირებისა და შედეგების აღმოფხვრის, ხოლო 2017 წელს – საერთაშორისო სამეცნიერო თანამშრომლობის განმტკიცების შესახებ.

არქტიკული უდაბნოების დაცვის მთავარი მიზნებია:

- რეგიონის ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება;
- იშვიათ ცხოველებზე ნადირობის აკრძალვა;
- ფრინველთა „ბაზრების“ დაცვა;
- თევზჭერის შეზღუდვა;
- განახლებადი ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენება;
- გარემოს დაბინძურების დონის შემცირება;
- დაცული ტერიტორიების შექმნა და სხვ.

ამ ამოცანების გადასაჭრელად აუცილებელია საერთაშორისო თანამშრომლობა და ყურადღების გამახვილება ისეთ პრობლემურ საკითხებზე, როგორებიცაა: საზღვაო და სანაპირო ეკოსისტემები, მტკნარი წყალი, ბიომრავალფეროვნება, კლიმატის ცვლილება, დაბინძურება, ნავთობი და ბუნებრივი აირი.

დაიმახსოვრე!

მხოლოდ სახელმწიფოთა პოლიტიკურ ნებასა და ერთობლივ საქმიანობას შეუძლია დადებითი შედეგის მოტანა როგორც არქტიკული უდაბნოების ზონის, ისე მთლიანად მსოფლიოს ბუნებრივი ლანდშაფტების შენარჩუნების საქმეში.

არქტიკის ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება მეტწილად ადამიანის საქმიანობაზეა დამოკიდებული. ცხოველების საარსებო ბუნებრივი გარემოს დარღვევამ ან ნიადაგის საფარის ლოკალურმა ცვლილებამაც კი შესაძლებელია, სერიოზული, გლობალური ცვლილებები გამოიწვიოს. დღეისათვის არქტიკა მტკნარი წყლის ერთ-ერთ უმთავრეს რეზერვუარს წარმოადგენს, რადგან სწორედ აქაა თავმოყრილი მსოფლიოს მტკნარი წყლის მარაგის 20%.

დავალება:

■ (6). შეადგინე არქტიკული უდაბნოსთვის დამახასიათებელი კვების ჯაჭვი;

■ (7). ქვემოთ ჩამოთვლილი ტერმინების გამოყენებით შეადგინე კლასტერი არქტიკული ყინულოვანი უდაბნოს შესახებ;

ტერმინები: მდებარეობა, ტემპერატურული პირობები, დღელამური ცვლილება, სეზონური ცვლილება, მცენარეთა სახეობები, ნიადაგი, გარემოსთან შეგუება, ცხოველთა სამყარო;

■ (8). რა მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები არსებობს კლიმატის ცვლილებასა და არქტიკის მყინვარებზე მიმდინარე გეოგრაფიულ პროცესსა და მოვლენას შორის?

■ (9). განსაზღვრე, რომელი ეკოლოგიური პრობლემების წინაშე დგას არქტიკული უდაბნო და შენ მიერ შექმნილი პირობითი ნიშნების გამოყენებით გამოსახე ისინი. იმსჯელე, რა უნდა გაკეთდეს ამ პრობლემების გადასაწყვეტად და არქტიკის ბუნებრივი ლანდშაფტის დასაცავად?

✦ ეს საინტერესოა!

არქტიკა ბერძნული სიტყვაა და ჩრდილოეთს ნიშნავს.

არქტიკულ უდაბნოს, ასევე, პოლარულ უდაბნოს და ყინულოვან უდაბნოსაც უწოდებენ.

არქტიკაში ყინულს ფრანც-იოსების მიწის კუნძულების – 85,1%, ჩრდილოეთ მიწის – 47,6% და ახალი მიწის 29,6% უკავია.

გრენლანდიაში ესკიმოსებს ინუპიატებსა და იუპიკებს უწოდებენ.

მიუხედავად სახელისა და გეოგრაფიული გავრცელებისა, ინუიტები ერთსა და იმავე ენაზე – ინუკტიტუტზე საუბრობენ. მათ ასევე მსგავსი აქვთ კულტურული ტრადიციები და ყოფა.

ანტარქტიდაში პოლარული უდაბნოს ლანდშაფტს მთელი კონტინენტის 1%-ზე ნაკლები უკავია და ანტარქტიკული ოაზისი ჰქვია.

1.12. გობის უდაბნო

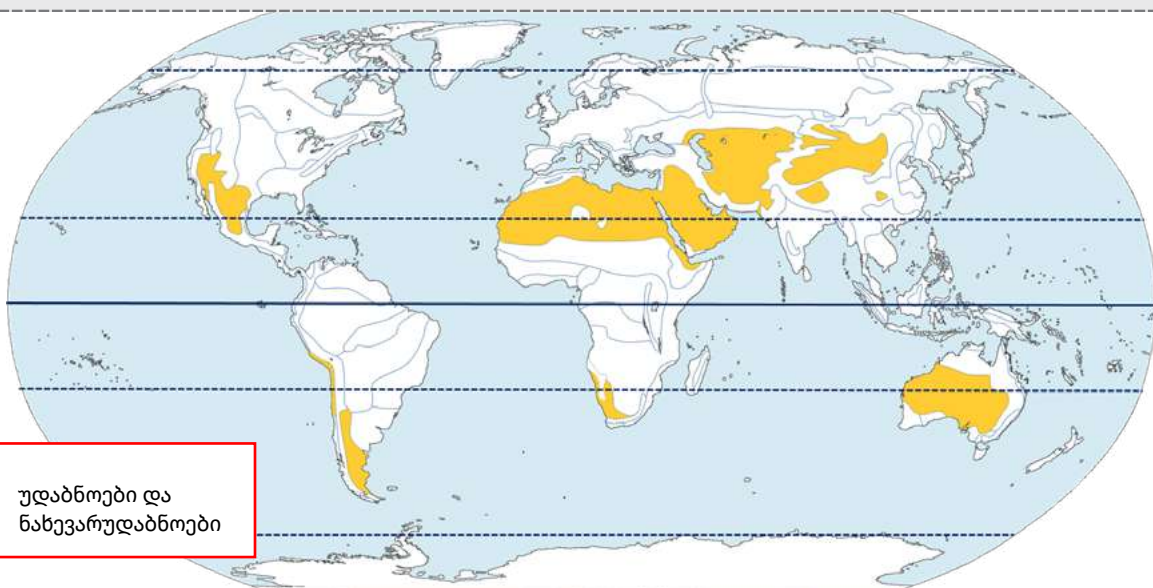
მრავალი საუკუნის განმავლობაში ითვლებოდა, რომ გობი დასახლებული სამყაროს საზღვარი იყო და ძალიან მკაცრი კლიმატით გამოირჩეოდა. უდაბნოს ტერიტორია ტიპური ჰამადაა: ქვიანი და კლდოვანი უდაბნოს ლანდშაფტი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია უნაყოფო მყარი, თიხიანი და ქვიან-ქვიშიანი, მცენარეულობას მოკლებული ზედაპირი. მიუხედავად ამისა, გობის უდაბნო თავგადასავლების მაძიებლებსა და მოგზაურებს მაგნიტივით იზიდავდა.



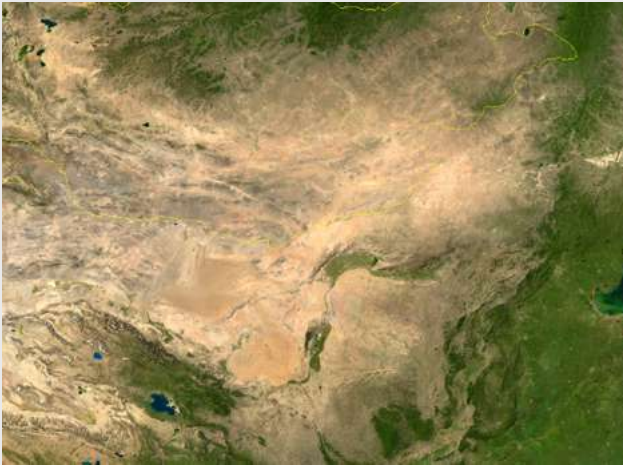
გაიხსენე

1. რა არის უდაბნო?
2. რომელ კონტინენტებზე გვხვდება უდაბნოები?
3. რომელ კლიმატურ სარტყლებშია გავრცელებული უდაბნოები?

გობის უდაბნო ცენტრალურ აზიაში, მონღოლეთის (სამხრეთით) და ჩინეთის (ჩრდილოეთით) ტერიტორიაზე, ალთაის მთების აღმოსავლეთით და ტიან შანის დასავლეთით მდებარეობს, ხოლო ჩრდილოეთით ჩინეთის ვაკემდე ვრცელდება. ჩრდილოეთით უდაბნო მონღოლეთის სტეპში გადადის, ხოლო სამხრეთით ნანშანის და ალტინტაგის მთებით, აგრეთვე, მდინარე ხუანხეთია შემოსაზღვრული. გობის უდაბნო ზ.დ.–დან დაახლოებით 900 -1700 მ სიმაღლეზე

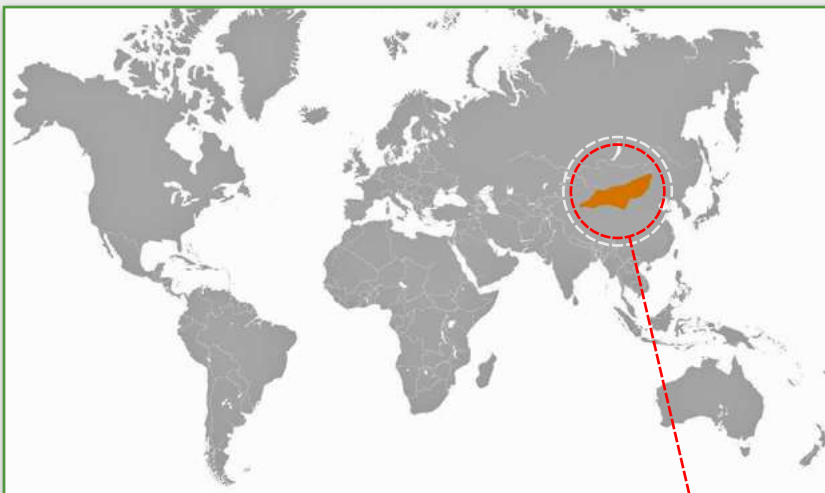


სურათი 1.12.1 უდაბნოებისა და ნახევარუდაბნოების გავრცელების არეალები.



მდებარეობს. უდაბნო სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით – 1600 კმ-ზე, ხოლო ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ 800 კმ-ზეა გადაჭიმული. მისი საერთო ფართობი დაახლოებით 1.3 მლნ კვ. კმ-ია და ამ მონაცემით იგი აზიის უდიდესი უდაბნოა.

სურათი 1.12.2 გობის უდაბნო თანამგზავრიდან გადაღებულ ფოტოზე.



სურათი 1.12.3 გობის უდაბნოს აზიის კონტინენტის ცენტრალური ნაწილი უკავია და სამხრეთ და ჩრდილოეთ აზიას შორის ბუნებრივ საზღვარს წარმოადგენს.



გობის უდაბნო გეოლოგიურ წარსულში არსებული თეთისის ოკეანის (ძველი ოკეანური აუზი, რომელიც მეზოზოურ ერაში ატლანტისა და წყნარ ოკეანეებს აერთებდა და ევროპასა და აზიის კონტინენტს აფრიკისა და ინდოსტანისაგან გამოყოფდა) ფსკერზე მდებარეობს და მიმდებარე ზღვების შეღწევის მოიცავს.

ამჟამად უდაბნოს 5 გეოგრაფიულ რეგიონად და 33 ლანდშაფტურ ოლქად ყოფენ. რეგიონებიდან 2 – მონდოლეთის, ხოლო 3 ჩინეთის ტერიტორიაზე მდებარეობს. ეს რეგიონებია: ალამანის გობი (ნახევრადუდაბნო), გაშუნის გობი (უდაბნოს სტეპი), ჯანგურია (ჯანგურიის გობი, ნახევრად-

დუდაბნო), ტრანსალთაური გობი (უდაბნო) და მონდოლეთის გობი (უდაბნო).

გობის უდაბნოს რელიეფი საკმაოდ მრავალფეროვანია. აქ გვხვდება ქვიშის დიუნები და ბარხანები, მთებისა და კლდეების გამოფიტული ფერდობები და ნაშთები, ქვიანი სტეპები, ოაზისები და თაყირები (რელიეფის ფორმა, რომელიც უდაბნოებსა და ნახევრადუდაბნოებში მლაშობი ნიადაგის გამოშრობის შედეგად წარმოიქმნება და დახეთქილი თიხნარის ბრტყელძირიან დახშულ ტაფობს წარმოადგენს), კლდოვანი ბორცვები, დამლაშებული ღრმულები და დამშრალი მდინარეების კალაპოტები.



სურათი 1.12.4 გობის უდაბნოს ლანდშაფტებია: დიუნები, ჰამადა, გამოფიტული კლდეები და კანიონები. სხვადასხვა ქანისა და ქვიშისგან გამოძერწილი ბუნებრივი სილამაზე ამ უდაბნოს ერთ-ერთ ყველაზე განსაცვიფრებელ ადგილად აქცევს მსოფლიოში.

გობი ნახევარუდაბნოსა და უდაბნოს ლანდშაფტით ხასიათდება. ღიუნებს უდაბნოს მთლიანი ტერიტორიის მხოლოდ 5% უჭირავს, მისი ძირითადი ნაწილი კი გამოფიტულ კლდეებსა და ქვიან პლატოებს უკავია.

გობის უდაბნოს წიაღი მდიდარია ქვანახშირით. ამასთან, ქვანახშირის შემცველი ფენები საკმაოდ ახლოსაა ზედაპირთან, ხოლო ზოგიერთ ადგილას მისი მოპოვება პირდაპირ ღია კარიერებიდან ხდება. ქვანახშირისა და გაქვავებული ხეების არსებობა იმაზე მეტყველებს, რომ გეოლოგიურ წარსულში, კერძოდ, ცარცულ პერიოდში ადგილობრივი კლიმატი საკმაოდ თბილი და ტენიანი უნდა ყოფილიყო.

გობის უდაბნო ჩვენს პლანეტაზე ყველაზე მკვეთრად კონტინენტური და მკაცრი კლიმატით ხასიათდება, რომელიც თითქმის 65 მილიონი წლის განმავლობაში არ შეცვლილა. ზაფხულში ჰაერის ტემპერატურამ შეიძლება $+58^{\circ}\text{C}$ -ს მიაღწიოს, ხოლო ზამთარში შეიძლება -40°C – -45°C -მდე დაეცეს. ზაფხულში ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდა არცთუ ისე იშვიათად 35°C -ს აღწევს. ზამთარში -25°C აქ ჩვეულებრივი ამბავია. ტემპერატურის ასეთი დიდი ამპლიტუდების გარდა, უდაბნო ძლიერი და ცივი ქარებით ხასიათდება, აქ ასევე იშვიათი არაა ქვიშისა და მტვრის ქარიშხალი.

შეიძლება გაგვიკვირდეთ, მაგრამ გობის უდაბნოში ნალექების წლიური რაოდენობა არცთუ ისე მცირეა და 150-200 მმ-ს შეადგენს. ეს მაჩვენებელი 1,5-ჯერ მეტია სხვა უდაბნოებთან შედარებით. ნალექების უმეტესობა ხანმოკლე წვიმის სახით, ძირითადად, მაისიდან სექტემბრამდე მოდის. გარდა ამისა, ზამთარში სამხრეთ ციმბირის მთებიდან და დაურის სტეპებიდან ძლიერ ქარს გობის უდაბნოში საკმაოდ ბევრი თოვლი მოაქვს, რომელიც სწრაფად დნება და ნიადაგს ატენიანებს. უდაბნოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში კლიმატი შედარებით ტენიანია, რაც წყნარი ოკეანიდან მოსული მუსონების დამსახურებაა. ოკეანიდან საკმაოდ დაშორებული დასავლეთი ნაწილი ძალიან მშრალია და აქ ნალექი თითქმის არ მოდის.

დავალება:

- (1). რა განაპირობებს მაღალ ტემპერატურულ ამპლიტუდას გობის უდაბნოში?

თითქმის მთელ უდაბნოში 0,5-1,5 მ სიღრმეზე გრუნტის მტკნარი წყლების შემცველი ქანებია. მართალია, იშვიათად, მაგრამ ზოგიერთ ადგილას ეს წყლები გამოსავალს პოულობს და ზედაპირზე წყაროების – ე.წ. კუდუკის სახით ამოდის. მათგან, როგორც წესი, პატარა ნაკადულები გამოედინება, რომლებიც მალევე იკარგება გამხმარ და დამსყდარ ნიადაგში.



სურათი 1.12.5 სუფთა წყალი გობის მშრალი უდაბნოს მთავარი სიმდიდრეა. ადრე უდაბნოში ჭებს თხრიდნენ, ახლა კი ჭაბურღილებს დგამენ.

წყალქვეშა წყაროების მიმდებარე ლანდშაფტი მკვეთრად განსხვავებულია უნაყოფო უდაბნოების ლანდშაფტისგან და მდელო-სტეპს წააგავს. ასეთ ადგილებში, როგორც წესი, მომთაბარე მწყემსები ჩერდებიან. ცივ ზამთარში წყალი კუდუკოში იყინება და ადგილობრივ მცხოვრებლებს პრობლემები ექმნებათ.

მიწისქვეშა წყაროების გარდა, გობის თვალუწვდენელ ტერიტორიაზე ასევე გვხვდება მცირე ფართობისა და სიღრმის ტბებიც, რომელთა წყალს მომწარო-მლაშე გემო აქვს. იშვიათი წვიმების დროს ისინი წყლით ივსება, ხოლო

გვალვის პერიოდში დამშრალ მლაშობებად გადაიქცევა ხოლმე.

წყლის მუდმივი ნაკადები უდაბნოში მცირეა. სამხრეთით ესენია მდინარეები ხუანხე და ჟოშუი. დანარჩენი მდინარეები მთებიდან და პლატოებიდან ჩამოედინებიან, თუმცა მათ წყალს ან ადგილობრივი მოსახლეობა იყენებს სარწყავად, ან უდაბნოს ქვიშებში იკარგება.



სურათი 1.12.6 მდინარე ჟოშუი გობის უდაბნოში.



სურათი 1.12.7 თელას სქელი, მოკლე ღერო და ფართო ბრტყელი ვარჯი აქვს და გარეგნულად ქოლგას ჰგავს. ზოგიერთი მათგანის ასაკი 400-500 წელს ითვლის.

მიუხედავად მკაცრი კლიმატისა და თითქმის უწყლობისა, გობის ფლორა და ფაუნა საკმაოდ მრავალფეროვანია. უდაბნოს შედარებით ტენიან ადგილებში გვხვდება თეთრი და შავი საქსაულის ტყეები, ყარადანა, ასევე, თელის დაბალი ხეები, რომლებიც ფრინველების საუკეთესო თავშესაფარია. ეს მცენარეები გამოფიტულ და დამლაშებულ ნიადაგებზე ცხოვრებას შეგუებულნი არიან.



სურათი 1.12.8 საქსაული ბუჩქი ან პატარა ხე, რომელსაც მრავალი მრუდე ტოტი აქვს. იგი ერთ-ერთ საუკეთესო საწვავად ითვლება.



სურათი 1.12.9 ყარადანა 5 მეტრამდე სიმაღლის ბუჩქია. ადრე ამ ბუჩქის ქერქიდან საღებავს იღებდნენ. ამჟამად მას ღეკორატიულ მცენარედ ან ფერდობების გასამაგრებლად იყენებენ.

სურათი 1.12.10 ბალახების „კუნძულები“ გობის უდაბნოში.



გობის უდაბნოს ბინადრები შეგუებული არიან ქვიშიან ბარხანებსა და ქვიან პლატოებზე ცხოვრებას. აქ გვხვდება მგელი, მელა, კურდღელი, ზღარბი, გობის ღათვი „მაზალაი“, საიგები, ველური ცხენი, შავკუდა გაზელი, წვრილი მღრღნელები.

გობის უდაბნოს ფაუნის ყველაზე თვალსაჩინო წარმომადგენელია ბაქტრიანი (ორკუშიანი აქლემი). იგი მოწითალო-მოყავისფრო-ქვიშისფერი სქელი ბეწვით გამოირჩევა, რომელიც საკმაოდ ძვირი ღირს და თბილი გადასაფარებლებისა და ტანსაცმლის დასამზადებლად გამოიყენება. ბეწვის კრეჭისას მწყემსები მას მხოლოდ ცხოველის კუხსა და თავზე ტოვებენ, რათა ისინი ძლიერი სიცხის დროს არ გადახურდნენ. ამიტომ გობის უდაბნოს აქლემების ცნობა ადვილია ბეწვიანი კუხებისა და თავლებზე ჩამოფხატული „კულულებით“.

მრავალფეროვანია უდაბნოს ფრინველთა სამყარო. აქ გვხვდება ბიუსტები, სტეპის არწივები და სხვ.

უდაბნოში სამხრეთით გადაადგილებისას მცენარეულობა მცირდება და ლიქენები, პატარა ბუჩქები და დაბალი ბალახები ბატონობენ. მათ შორის გამოირჩევა რეჰანი, გლერდი (ლათ. *Astragalus*), რევანდი (ლათ. *Rheum*), ზამბახი, რძიანა და სხვ.



სურათი 1.12.11 აქლემი ბაქტრიანი ამტანი ცხოველია, კარგად უძლებს სიცხესა და სიცივეს, თუმცა სარწყულებლის ნაკლებობას ვერ ეგუება, რაც ველურ ბუნებაში მისი არეალისა და რიცხოვნობის შემცირების მიზეზი გახდა. ერთ ჯერზე 50 ლიტრი წყლის დალევა შეუძლია, მათ შორის, მარილიანი წყლისაც; ჭამს უდაბნოს, პრაქტიკულად, ყველანაირ მცენარეულობას.



სურათი 1.12.12 გობის უდაბნოს ცხოველთა სამყაროს ყველაზე საოცარი წარმომადგენელია მაზალაი ანუ გობის მურა დათვი. მისი გავრცელების ჰაბიტატი გობის დიდი ნაკრძალის სამხრეთით მდებარეობს. დათვის ეს სახეობა წითელ ნუსხაშია შეტანილი და დაცულია კანონით, რადგან მსოფლიოში მისი რიცხვი დაახლოებით 30-მდეა.

ასევე მრავლად არიან ხვლიკები, მღრღნელები (მაგ. ზაზუნები), გველები, არაქნიდები (ობობები, მორიელები, ტკიპები), მწერები. მაშინაც კი როცა ხმელეთის ზედაპირი $+70^{\circ}\text{C}$ -მდეა გახურებული, მასზე უდაბნოს კალიები და ხოჭოები დარბიან.



სურათი 1.12.13 არაქნიდების ყველაზე ცნობილი წარმომადგენელია აქლემის ობობა.

მრავალწლიანი დაკვირვებების შედეგად მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ გობის უდაბნოს ფართობი მუდმივად იზრდება. უკანასკნელი 100 წლის განმავლობაში მან ჩრდილოეთით და აღმოსავლეთით მონღოლეთის სტეპების ვრცელი ტერიტორიები დაიკავა.

მიუხედავად იმისა, რომ უდაბნოში ცხოვრება არცთუ ისე ადვილია, ადამიანმა მაინც მოახერხა და თავისი ნეგატიური კვალი დატოვა გობის უდაბნოს ლანდშაფტზე, მცენარეულობასა და ცხოველთა სამყაროზე.

1975 წელს მონღოლეთის მთავრობამ ქვეყნის დასავლეთით, ჩინეთის საზღვართან ახლოს დაცული ტერიტორიის – გობის დიდი ნაკრძალის შექმნის შესახებ მიიღო გადაწყვეტილება. მისი ფართობი 5,3 მლნ ჰექტარია და მსოფლიოს ერთ-ერთი უდიდესი ნაკრძალია ფართობის მიხედვით. ნაკრძალი ალთაისგადაღმა გობის და ჯუნგარიის დაცულ ტერიტორიებს აერთიანებს. იუნესკო-მ გობის დიდი ნაკრძალის დაცული ტერიტორია საერთაშორისო ბიოსფერული ნაკრძალების ქსელში შეიყვანა. აქ უდაბნოს, ნახევარუდაბნოსა და მთის სტეპების ლანდშაფტებს იცავენ. ეს ნაკრძალი ერთადერთი ადგილია ღედამიწაზე,

სადაც ველური ორკუზიანი აქლემების – ბაქტრიანების პოპულაცია არსებობს. ისინი უდაბნოს ცენტრში ბინადრობენ, იქ, სადაც ადამიანები არ არიან. ნაკრძალში ასევე იცავენ ჯეირანს, ველურ კულანს, დათვსა და სხვა ცხოველებს.

უდაბნოში მცხოვრები ადამიანების უმეტესობას მომთაბარე ცხოვრების წესი აქვთ. გობიში აქა-იქ გაბნეული მეჩხერი დასახლებები მცირე ზომის დროებით გასაჩერებელ ადგილებს წარმოადგენენ.



სურათი 1.12.14 უდაბნოს თანამედროვე ბინადრები როგორც მრავალი საუკუნის წინ, ახლაც აქლემების, თხებისა და ცხვრის ფარას მწყემსავენ და საძოვრიდან საძოვარზე გადაჰყავთ.

დავალება:

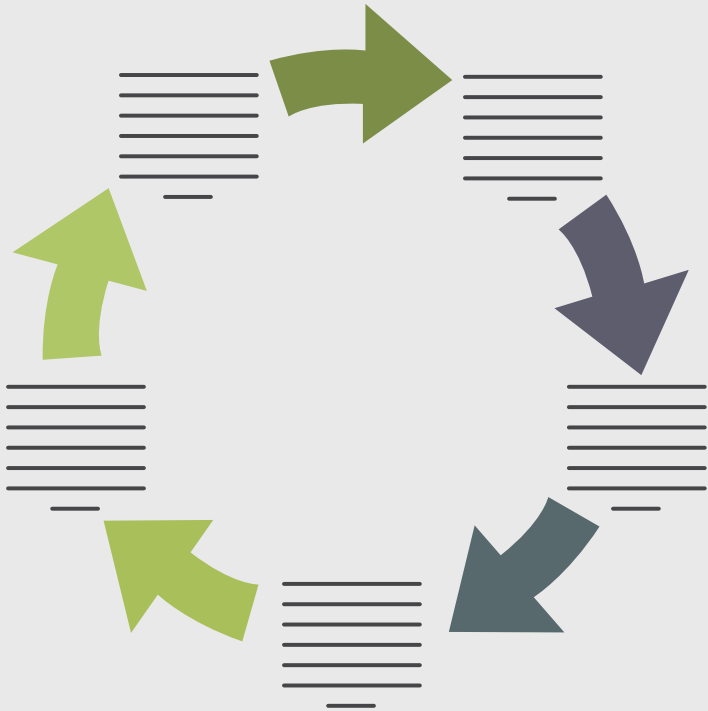
■ (2). ტექსტის მიხედვით შეავსე ცხრილი:

■ (3). იმსჯელე, როგორ შეიძლება გობის უდაბნოების გამოყენება?

ზედაპირის რელიეფი	კლიმატი	წყალი	ნიადაგი	მცენარეულობა	ცხოველთა სამყარო

კიდევ სცადე

- (4). გობის უდაბნოს მაგალითზე დაამტკიცე ბუნებრივ კომპონენტებს შორის ურთიერთკავშირი და წარმოადგინე სქემის სახით.



✦ ეს საინტერესოა!

სიტყვა „გობი“ მონღოლური წარმოშობისაა და „უწყლო და უნაყოფო ადგილს“ ნიშნავს. ცენტრალურ აზიაში ამ სიტყვით ნახევარუდაბნოსა და უდაბნოს ლანდშაფტებს აღნიშნავენ. წარსულში გობის უდაბნოს შამოს სახელითაც მოიხსენიებდნენ.

ჩინელები გობის უდაბნოს ხან-ხალს ანუ მშრალ ზღვას უწოდებენ, რაც ნაწილობრივ

სიმართლეა, რადგან უდაბნო შორეულ წარსულში აქ არსებული თეტიისის ოკეანის ფსკერს წარმოადგენს.

მონღოლები გობის უდაბნოს ფერის მიხედვითაც ყოფენ და წითელ, ყვითელ და შავ გობს გამოყოფენ.

2007 წლის მონაცემებით, გობის უდაბნო ფართობით მე-6 ადგილზეა დედამიწის უდაბნოებს შორის და პირველ ადგილზე – აზიაში.

გობის ფართობი დაახლოებით ესპანეთის, საფრანგეთისა და გერმანიის საერთო ფართობის ტოლია.

ჩვენს პლანეტაზე აღმოჩენილი დინოზავრების ყველა ნაშთი გობის უდაბნოშია ნაპოვნი.

ნებისმიერი უდაბნოს მსგავსად, გობის ფართობიც დროთა განმავლობაში იზრდება. უდაბნოს გაფართოებისა და საძოვრების დაკარგვის თავიდან აცილების მიზნით, ჩინეთის მთავრობა ახორციელებს პროექტს „ჩინეთის მწვანე კედელი“ და უდაბნოს პერიფერიებზე მწვანე ნარგავებს რგავს.

„აბრეშუმის დიდი გზა“, რომელიც ჩინეთს ევროპასთან აკავშირებდა, გობის უდაბნოში გადიოდა და ეს მონაკვეთი გზის ურთულესი ნაწილი იყო.

გობის უდაბნო ევროპელებიდან პირველად იტალიელმა მოგზაურმა და ვაჭარმა მარკო პოლომ აღწერა. თავის ჩანაწერებში შთაბეჭდილებების გაზიარებისას ის აღნიშნავდა, რომ ესაა ტერიტორია, „რომლის გავლას მთელი წელი სჭირდება.“

უდაბნოს ცენტრში ჩატარებულმა არქეოლოგიურმა ექსპედიციებმა ბევრი არტეფაქტი აღმოაჩინა, რომლებიც ძველ დროში აქ ადამიანების არსებობას ადასტურებს. გობის ტერიტორიაზე არსებობდა ტანგუნის მძლავრი სამეფო (ანუი ხი ხია), ხოლო მისი მდიდარი დედაქალაქი ხარა-ხატო ამჟამად ქვიშიანი ბორცვებითაა დაფარული.

1.13. უდაბნო საჰარა

დღევანდელი უდაბნოები ყოველთვის როდი არსებობდა. თურმე საჰარა სულ რაღაც რამდენიმე ათასი წლის წინათ მშრალი სავანა ყოფილა, კლიმატის შეცვლის გამო კი თანდათან უდაბნოდ გადაიქცა. საოცარი სანახავია ძლიერი ქარისგან დახრამული საჰარის ლანდშაფტი: უზარმაზარი სიმაღლის დიუნები და ბარხანები, მთები და ხეობები, ალაგ-ალაგ კი, წყლის არსებობის წყალობით, ამწვანებული ოაზისები.

მსოფლიოში უდიდესი ქვიშიანი უდაბნო საჰარა, რომლის ფართობი 9 მლნ კმ²-ია ჩრდილოეთ აფრიკაში მდებარეობს. იგი დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ – 4800 კმ-ზე, ხოლო ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ 800-1200 კმ-ზეა გადაჭიმული.

დავალება:

- (1). რატომ იცვლება სავანებისა და ნათელი ტყეების ზონა აფრიკის კონტინენტზე უდაბნოებით?



სურათი 1.13.1 საჰარის გავრცელების არეალი.

საჰარას დასავლეთით ატლანტის ოკეანე ესაზღვრება, ჩრდილოეთით – ატლასის მთები და ხმელთაშუა ზღვა, ხოლო აღმოსავლეთიდან – წითელი ზღვა. რაც შეეხება სამხრეთ საზღვარს, იგი ჩ.გ. 16°-ზე მდებარე ნაკლებად მოძრავი ძველი ქვიშიანი დონების ზონით განისაზღვრება, რომლის სამხრეთით უკვე სავანაში გარდამავალი ზონა საჰელი მდებარეობს.

საჰარის ფარგლებში მთლიანად ან ნაწილობრივ აფრიკის 11 სახელმწიფოა მოქცეული. საჰარა ტროპიკული უდაბნოების უზარმაზარი სივრცეა და მრავალ რეგიონს მოიცავს. ესენია: **ტენერე, აღმოსავლეთის დიდი ერგი, დასავლეთის დიდი ერგი, ტანეზრუფტი, ჰა მადა-ელ ჰამრა, ერგ-იგილი, ერგ-შეში, არაბეთის, ლიბიის, ნუბიისა და თალაჰის უდაბნოები** (იხ. სურათი 1.13.1, გვერდი 242).

დავალება:

- (2). საჰარის გავრცელების არეალუბის რუკის მიხედვით დაადგინეთ, რომელი ქვეყნების ტერიტორიაზე მდებარეობს საჰარა (იხ. სურათი 1.13.1, გვერდი 242).

- (3). დედამიწის ბუნებრივი ზონის რუკის გამოყენებით (იხ. სურათი 1.3.3, გვერდი 155) დაადგინეთ, აფრიკის გარდა, კიდეც რომელ კონტინენტებზე გვხვდება ტროპიკული უდაბნოები, რა ჰქვიათ მათ და ახსენით, რა მსგავსება-განსხვავება იქნება ამ უდაბნოებს შორის?

საჰარის რელიეფში ჭარბობს აკუმულაციურ-დენუდაციური წარმოშობის 300-500 მ სიმაღლის ბაქნური დაბლობები; ატლანტის ოკეანისა და ხმელთაშუა ზღვების სანაპირობზე გვხვდება აკუმულაციური სანაპირო დაბლობები, რომელთა სიმაღლე 200 მ-ით ნაკლებია, ხოლო უდაბნოს ცენტრალურ ნაწილში მდებარეობს აჰაგარის და თიბესტის ზეგნები, რომლებიც ღრმა კანიონებითა და მშრალი ხეობებითაა (უადები ანუ ვადები) დასერილი.

საჰარის ლანდშაფტი ძალიან მრავალფეროვანია. აქ გვხვდება ქვიანი (ჰამადა), ღორღიანი ან ქვიშიანი (ერგი), ქვიშიან-ღორღიანი (სერირი), და დამლაშებული (სებჰი) უდაბნოები. ჭარბობს ქვიანი უდაბნოები – ჰამადები, რომელთაც სერირებთან ერთად საჰარის 70% უკავიათ. მათ



სურათი 1.13.2 საჰარის ტიპური ლანდშაფტია ჰამადა.



სურათი 1.13.3 საჰარის ტიპური ლანდშაფტია ჰამადა.

წყარო: <https://www.mergili.at/worldimages/picture.php?/10130>

შორის უდიდესია ელ-ჰამრას ჰამადა ცენტრალურ საჰარაში.

ერგი, ძირითადად, აფრიკისა და არაბეთის უდაბნოებში გავრცელებული ქვიშიანი მასივების

საერთო სახელწოდებაა და უმთავრესად რელიეფის დადაბლებულ ადგილებში წარმოიქმნება. საჰარაში მრავლადაა ერგები, რომელთაგან აღსანიშნავია ერგ-შეში და ერგ-ისავანი.

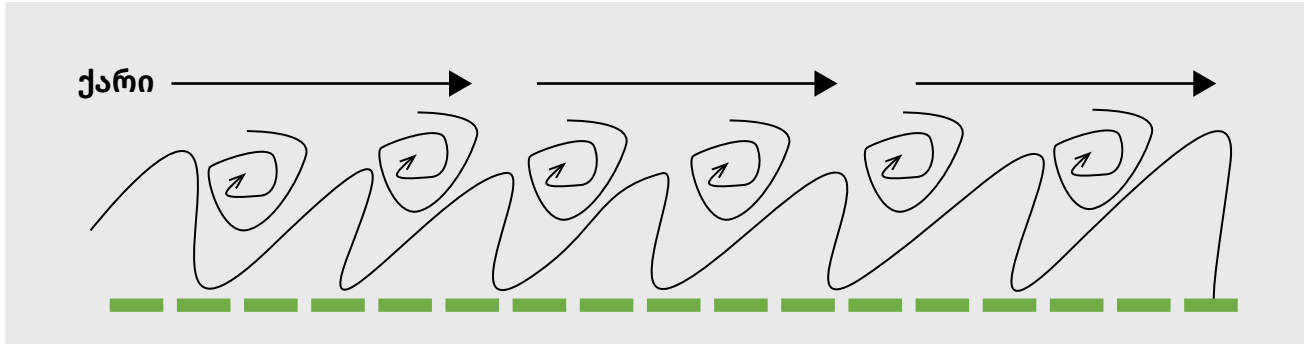


სურათი 1.13.4 ერგისთვის დამახასიათებელია ბარხანების, დიუნების, მფრინავი ქვიშებისა და მლაშობების ერთობლიობა. ეს ტერიტორია ნაწილობრივ ან მთლიანად მოკლებულია მცენარეულ საფარს.

დავალება:

- (4). დააკვირდი სურათზე ქვიშის მოძრაობის ტრაექტორიას და აღწერე, როგორ წარმოიქმნება ერგი;

ბის უზარმაზარი დეფიციტი და, შესაბამისად, ძალიან დიდი აორთქლება თითქმის მთელი საჰარისთვისაა დამახასიათებელი. ნალექების რეჟიმის მიხედვით, უდაბნოში შეიძლება 3 ზონა გამოიყოს: ჩრდილოეთი, ცენტრალური და სამხრეთი. ჩრდილოეთით კლიმატი მშრალი სუბტროპიკულია, ნალექები მოდის ზამთარში



სურათი 1.13.5 ქვიშის მოძრაობის ტრაექტორია საჰარის უდაბნოში.

საჰარის სხვადასხვა ნაწილში შემორჩენილია ისტორიამდელი პერიოდის კლდეზე შესრულებულ ნახატები, რომლებზეც მდიდარი მცენარეულობა, წყლისა და სხვა ცხოველებია გამოსახული. ეს ნახატები ადასტურებს, რომ წინათ საჰარაში ჰავა ტენიანი იყო. ამასვე ადასტურებს მდინარეთა მშრალი კალაპოტებიც, რომლებიც მხოლოდ საჰარის რაოდენობის ნალექების პირობებში შეიძლებოდა გაჩენილიყო.

საჰარის კლიმატი ექსტრემალურია. უდაბნოს განედური გეოგრაფიული მდებარეობის გამო, მისი დიდი ნაწილი მთელი წლის განმავლობაში ჩრდილო-აღმოსავლეთ პასატების გავლენის ქვეშაა მოქცეული. კლიმატის ფორმირებაზე ასევე გავლენას ახდენს ჩრდილოეთით მდებარე ბუნებრივი ბარიერი – ატლასის მთები, რომელიც უდაბნოში ხმელთაშუა ზღვის ტენიანი ჰაერის მასების გავრცელებას უშლის ხელს. სამხრეთით, გვინეის ყურის მხრიდან უდაბნოს ტერიტორიაზე ზაფხულობით შეუფერხებლად იჭრება ტენიანი ჰაერის მასები, რომლებიც ცენტრალური ნაწილისკენ გადაადგილებისას თანდათან კარგავენ ტენიანობას და შრებიან.

ჰაერის ძალიან დიდი სიმშრალე, ტენიანო-

ბა მათი რაოდენობა 200 მმ-ს არ აღემატება. სამხრეთ ზონაში კლიმატი მშრალი ტროპიკულია, ნალექების რაოდენობა მცირდება და მათი საშუალო რაოდენობა 20 მმ-ს აღწევს. არის შემთხვევები, როცა ნალექი ზოგჯერ წლობით არ მოდის, თუმცა ხანდახან მოულოდნელად კოკისპირული წვიმები იწყება ხოლმე და მდინარეთა დამშრალ კალაპოტებს – ვადებს – წყლით ავსებს.

კიდევ უფრო სამხრეთით ნალექების რაოდენობა თანდათან მატულობს, თუმცა აქ ისინი ზაფხულში მოდის და მათი რაოდენობა 200 მმ-ზე მეტი არაა. საჰარისთვის დამახასიათებელია აორთქლების მაღალი ხარისხი, რომლის ჯამური წლიური რაოდენობა 2500-დან 5500 მმ-მდე მერყეობს და თითქმის 70-ჯერ აღემატება მოსული ნალექების რაოდენობას. საჰარაში თოვლი ძალიან იშვიათია.

დავალება:

- (5). ახსენით, რატომ იცვლება ნალექების რაოდენობა საჰარაში ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ?



სურათი 1.13.6 საჰარის უდაბნოში ბოლო 40 წლის განმავლობაში სამჯერ მოვიდა თოვლი (2016, 2017 და 2018 წლებში), დაახლოებით 40 სმ-მდე. ალჟირის ქალაქ აინ-სეფრას განაპირა მხარე, რომელიც უდაბნოში მდებარეობს, თოვლით დაიფარა. საჰარის ტიპური ლანდშაფტია ჰამადა.

საჰარისთვის ჰაერის მაღალი, შეიძლება ითქვას, რეკორდული ტემპერატურებია დამახასიათებელი. ყველაზე ცივი თვის – იანვრის საშუალო ტემპერატურა თითქმის მთელ საჰარაში $+10^{\circ}$ -ზე დაბლა არ ჩამოდის. ივლისის საშუალო ტემპერატურა უდაბნოს ცენტრალურ ნაწილში $+35^{\circ}$ -ია.

უდაბნოში ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური ამპლიტუდა თითქმის 30° -ია, ნიადაგის ზედაპირზე კი 70° -საც აღწევს. ტემპერატურის ასეთი მკვეთრი ცვლილების გამო ინტენსიურად მიმდინარეობს გამოფიტვის პროცესი: ქანები სკდება, იშლება და ქვების, ღორღისა და ქვიშის გროვებად იქცევა.

წარწერა: საჰარაში ტემპერატურის დიდი ამპლიტუდის გამო ინტენსიურად მიმდინარეობს გამოფიტვის პროცესი.



სურათი 1.13.7 საჰარაში ტემპერატურის დიდი ამპლიტუდის გამო ინტენსიურად მიმდინარეობს გამოფიტვის პროცესი.

დავალება:

- (6). გაიხსენე გამოფიტვის სახეები, ახსენი, გამოფიტვის რომელი სახე გვხვდება საჰარაში და აღწერე, როგორ მიმდინარეობს ეს პროცესი აქ?

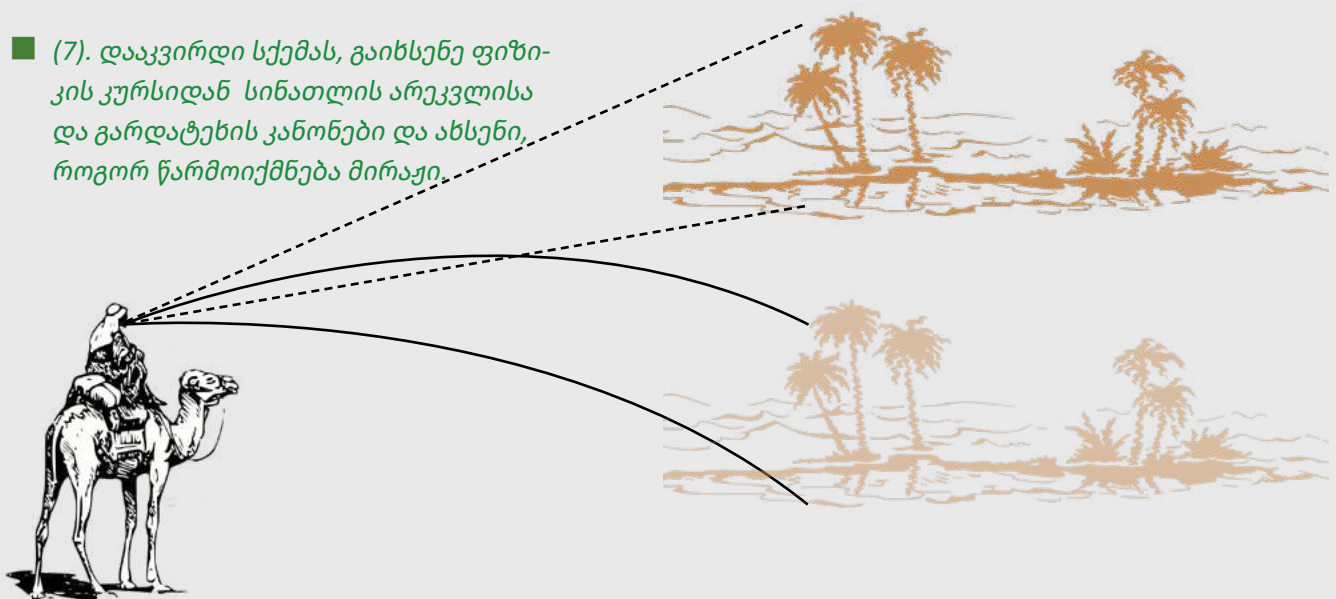
საჰარაში ნიადაგის ძლიერი გათბობის გამო, მიწისპირა ჰაერის ფენაში განსხვავებული ტემპერატურის მქონე ფენები წარმოიქმნება, რომელთა ზღვარზე, სინათლის გარდატეხის მიზეზით, ოპტიკური მოვლენა – მირაჟი ჩნდება. როგორც წესი, ეს მოვლენა მზის ამოსვლის წინ ან ნაშუადღევს ხდება, როცა ჰაერი მტვრითაა გაჯერებული. ღრუბლების არარსებობის გამო, ღამით დედამიწის ზედაპირი და ჰაერი ძლიერ ცივდება, რის გამოც უდაბნოში ამ დროს ტემპერატურა 10–15°-მდე ეცემა და საკმაოდ ცივა.



სურათი 1.13.8 მირაჟი საჰარაში.

დავალება:

- (7). დააკვირდი სქემას, გაიხსენე ფიზიკის კურსიდან სინათლის არეკვლისა და გარდატეხის კანონები და ახსენი, როგორ წარმოიქმნება მირაჟი.



საჰარაში ჰაერის ტემპერატურის განაწილებაში დიდ როლს ასრულებს ქარები: საშუალოდ, 100 დღიდან მხოლოდ 6 დღეა უქარო. ზამთარში, როცა ჩრდილოეთ საჰარაში ანტიციკლონური რეჟიმი ყალიბდება და კონტინენტური ტროპიკული ჰაერი ბატონობს, ძლიერი ქარი ჰარმატანი ქრის. ჰარმატანი მშრალი და მტვრიანი დასავლეთაფრიკული პასატია, რომელიც საჰარიდან გვინეის ყურის მიმართულებით ნოემბრის ბოლოდან მარტის დასაწყისამდე პერიოდში ქრის. ჰაერის ტემპერატურა ამ დროს შეიძლება 3 °C-მდეც კი დაეცეს. ზაფხულში, როცა კონტინენტი ძლიერ „ცხელდება“, ქარის რეჟიმი იცვლება: ყალიბდება დაბალი წნევის ოლქი და ქარებიც ზღვების სანაპირო რაიონებიდან უკვე საჰარის ცენტრისკენ ქრიან.

ზაფხულის დასაწყისში საჰარის ჩრდილოეთით ცხელი ქარი – სიროკო ქრის, რომელიც უდაბნოს ცენტრიდან მოდის. მაროკოში ამ ქარს შერგის ეძახიან, ლიბიაში – გებლის, ეგვიპტეში კი – სამუმს ან ჰამსანს. ამ ქარის დროს ტემპერატურა მკვეთრად მატულობს, ხოლო ჰაერის ტენიანობა მცირდება. ცენტრალურ საჰარაში კუნძულებით ამოშვერილ მთებში იცის ქარი ფიონი.

ქვიშის გრიგალის – სამუმის სიჩქარეა 50 მ/წმ-ში. სეზონის განმავლობაში შესაძლოა, 80-მდე სამუმში წარმოიქმნას. იგი ყოველთვის სამხრეთ ან სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით მოძრაობს. სამუმში უმეტესად რამდენიმე საათი გრძელდება, იშვიათად – რამდენიმე დღე.

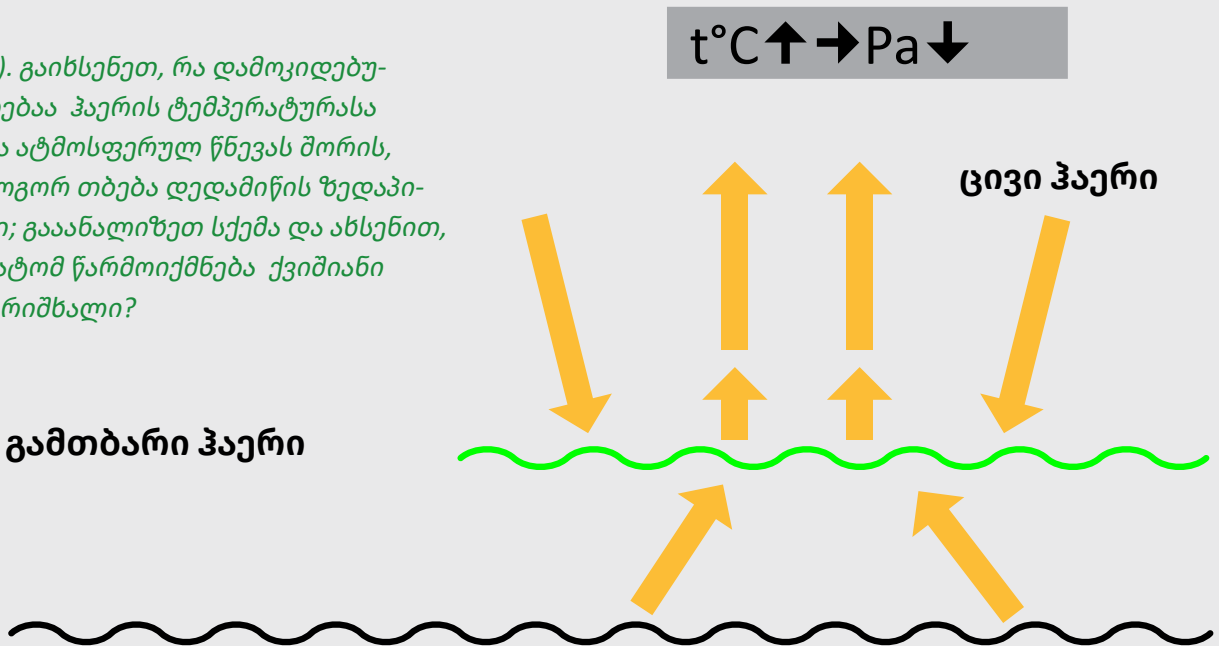


სურათი 1.13.9 სამუმში ძალიან შთამბეჭდავი სანახავია, მაგრამ ამავე დროს ძალიან საშიში. ქარის დაწყებამდე ჰაერში უჩვეულო ხმები ისმის, ქრება ჰორიზონტი, მტვრიანი ქარი მზეს ფარავს.

დავალება:

- (8). გაიხსენეთ, რა დამოკიდებულებაა ჰაერის ტემპერატურასა და ატმოსფერულ წნევას შორის, როგორ თბება დედამიწის ზედაპირი; გააანალიზეთ სქემა და ახსენით, რატომ წარმოიქმნება ქვიშიანი ქარიშხალი?

გამთბარი ჰაერი



ნილოსის გარდა, საჰარაში მუდმივდინებიანი მდინარე არაა. მდინარეთა დამშრალი კალაპოტები ე.წ. უადები (ვადები) მხოლოდ ეპიზოდური წვიმების შემდეგ მოკლე ხნით ივსება წყლით.

საჰარის სამხრეთით რამდენიმე მდინარე ჩადის ტბაში ჩაედინება. უდიდესია ტბის ეკონომიკური მნიშვნელობა, რადგან მისი მოსაზღვრე ოთხი ქვეყნის (ჩადი, კამერუნი, ნიგერი, ნიგერია)

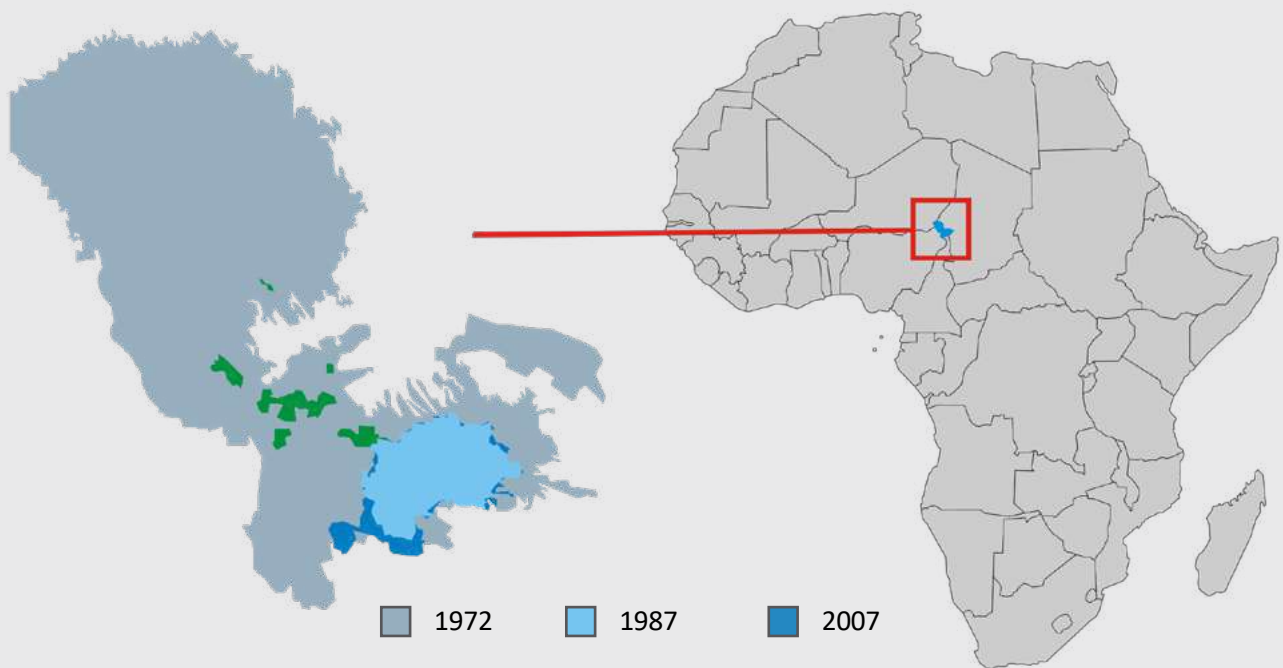


სურათი 1.13.10 უადი საჰარაში.

უდაბნოს განაპირა რაიონებსა და ცენტრალურ მთიან მასივებში შემორჩენილია მცირე ზომის რელიქტური ტბები, რომლებიც ხშირად დაჭაობებული და ძლიერ მინერალიზებულია.



სურათი 1.13.11 საჰარაში მსოფლიოს უგრძესი მდინარე, 6671 კმ სიგრძის ნილოსი გაედინება. მდინარის ძირითადი ნაწილი სამი შენაკადის – ცისფერი ნილოსის, თეთრი ნილოსისა და ატაბარას წყლების გაერთიანებით იქმნება.



სურათი 1.13.12 ჩადის ტბის ზედაპირის ფართობი საუკუნეების განმავლობაში იცვლებოდა, XX საუკუნეში კი თითქმის განახევრდა. ჩადის ტბის ფართობის ცვლილება 1972-2007 წლებში.

დაახლოებით 20 მილიონი ადამიანისთვის იგი მტკნარი წყლის ერთადერთი მნიშვნელოვანი წყაროა.

უდაბნოებში მცენარეული საფარის სიღარიბის გამო, ნიადაგები სუსტადაა განვითარებული და მათში ორგანული ნივთიერებები ძალიან ცოტაა. აქ უდაბნოს ტროპიკული ნიადაგები წარმოიქმნება, რომლებშიც ნეშომპალა თითქმის არაა. თიხიან უდაბნოებში მცენარეთა სიცოცხლისათვის საჭირო მინერალური მარილებია, რომლებიც უწყვილობის გამო ნიადაგიდან არ გამოირეცხება. ხელოვნური მორწყვის პირობებში ასეთ ნიადაგებს კარგი მოსავლის მოცემა შეუძლიათ. ქვიანი და ქვიშიანი უდაბნოების დიდი ფართობი ნიადაგსაფარს მოკლებულია.

საჰარის მცენარეულობა საკმაოდ ღარიბია, ხოლო ალაგ-ალაგ, განსაკუთრებით კი, უდაბნოს ცენტრალურ ნაწილში იგი სრულიად არაა. აქა-იქ

ცალკეულ ჯგუფებად ბალახი და ეკლიანი ბუჩქნარი იზრდება. უდაბნოს მცენარეებს კარგად აქვთ განვითარებული ფესვთა სისტემა, რომლითაც ისინი დიდი სიღრმეიდან და ვრცელი ფართობიდან იღებენ წყალს, მაგ. ცერცვეკალა. ზოგიერთი მცენარე მხოლოდ წვიმების შემდეგ ვითარდება და ძალიან სწრაფად იზრდება, ყვავის და ნაყოფსაც კი ისხამს, ხოლო შემდეგ ხმება. ქვიან უდაბნოში გავრცელებულია მღიერები, დამლაშებულ ნიადაგებზე გვხვდება ჩარანი და აბზინდა (იხ. სურათი 1.13.13, გვერდი 251).

საჰარის ცხოველები შეგუებულნი არიან უდაბნოს ჰავას. მაგალითად, ანტილოპას წყლისა და საკვების ძებნაში დიდი მანძილის გავლა შეუძლია; ქვეწარმავლები – ხვლიკი, გველი და კუ – დიდხანს ძლებენ უწყლოდ. მრავლად არიან ხოჭოები, კალიები, მორიელი. უდაბნოს განაპირა ადგილებში გვხვდება აფთარი და ლომი.



სურათი 1.13.13 ბევრ მცენარეს ძალიან პატარა ფოთლები ან, მათ ნაცვლად, ეკლები ეზრდება. ამით ისინი ამორთქლებელ ზედაპირს იმცირებენ და ნაკლებ ტენს კარგავენ.

დავალება:

- (9). მოიყვანე მაგალითები, რომლებიც მოწმობს, თუ როგორ არის ადაპტირებული ტროპიკული უდაბნოების ფლორა და ფაუნა მათ საცხოვრებელ გარემოში.

ქვიშიანი უდაბნოების განაპირა ადგილებში, მდინარეთა ხეობებში და დიდ წყაროებთან, სადაც გრუნტის წყლები ახლოსაა ზედაპირთან, მცენარეულობით მდიდარი ოაზისები წარმოიქმნება. დიდ ოაზისებში დასახლებული პუნქტები და, ზოგჯერ, ქალაქებიც კია გაშენებული.

საჰარის ყველაზე დიდი და უძველესი ოაზისია ნილოსის ხეობა. აქ მოსავალს წელიწადში 3-ჯერ იღებენ. ხეობაში სხვადასხვა კულტურა მოჰყავთ: სიმინდი, ბრინჯი, ხორბალი, ქერი; აგრეთვე, ციტრუსები, ფინიკის პალმა, ატამი, გარგარი, ბროწეული და სხვ.

ტროპიკული უდაბნოს ჰავის პირობებში საჰარაში მიწათმოქმედება მხოლოდ ოაზისებშია შესაძ-



სურათი 1.13.14 ოაზისებში ყველაზე მეტად გავრცელებული მცენარეა ფინიკის პალმა. მისი მაღალკალორიული ნაყოფი – ფინიკი ადგილობრივი მოსახლეობის ძირითადი საკვები პროდუქტია. ფინიკის პალმის ფოთლებისაგან წნავენ ჭილობებს, ხურავენ ქოხებს, მათ ჩრდილქვეშ ამენებენ ხეხილს და მოჰყავთ მარცვლეული კულტურები.



სურათი 1.13.15 მომთაბარეები უდაბნოში დიდ კარვებში – მატრებში ცხოვრობენ, რომლებიც უხეში შალის ქსოვილით, ცხვრის ან თხის ტყავითაა დახურული.



სურათი 1.13.16 ტასილის ტერიტორია კედლის მხატვრობის, გრაფიკების (დაახლოებით 15 000 გრაფიკა) და სხვა პრეისტორიული ნაშთების განსაკუთრებული სიმრავლით გამოირჩევა და ერთგვარ „სამხატვრო გალერეას“ წარმოადგენს. 1933 წელს მათმა აღმოჩენამ ტასილი მთელ მსოფლიოს გააცნო.

ლებელი. ამიტომ ადგილობრივი მოსახლეობა მესაქონლეობასა და მომთაბარე ცხოვრებას ეწევა. ცხოველები ხეშეში ბალახით იკვებებიან, ღარიბი და მწირი მცენარეულობის ძიებაში მომთაბარეები ჯოგებს ერთი ადგილიდან მეორეზე ერეკებიან. მათთვის აქლემი შეუცვლელი ცხოველია, მისი საშუალებით გადააქვთ ქონება და გადაჰყავთ ოჯახები.

ტასილინ-აჯერი საჰარის უდაბნოში ალჟირის სამხრეთ-აღმოსავლეთით, ლიბიის, მალისა და ნიგერის საზღვართან მდებარე ვრცელი პლატოა, რომლის ფართობიც 72 000 კმ²-ს შეადგენს. ძვ. წ. 10 000 წლიდან ახალი წელთაღრიცხვის დასაწყისამდე ამ ტერიტორიაზე მცხოვრებმა ხალხებმა აქ უამრავი არქეოლოგიური ნაშთი დატოვეს – საცხოვრებლები, სამარხები და ზღუდეები, რომლებიც უხვადაა შემკული ქვისა და კერამიკის მასალებით.

ტასილის მასივთან უახლოესი ქალაქია ჯანეტი, რომელიც მისგან სამხრეთ-დასავლეთით, 10 კმ-ის დაშორებით მდებარეობს.

ტასილის მთის მასივის უდიდესი ნაწილი, რომელიც კვიპაროსებითაა შემკული და არქეოლოგიური ძეგლების სიუხვით გამოირჩევა, ტასილინ-აჯერის ეროვნულ პარკის ტერიტორიაა და იუნესკოს მსოფლიო მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსი აქვს მინიჭებული. არეალი გეოლოგიებისა და გეოგრაფების დიდი ინტერესის საგანია: სხვადასხვა გეოლოგიური ფორმაციებისა და ეროზირებულ ქვიშაქვის „კლდის ტყეების“ პანორამა მთვარის ზედაპირს წააგავს.

საჰარის ტერიტორიაზე ნავთობისა და გაზის (საჰარის ნაბვთობგაზშემცველი აუზი) მდიდარი საბადოებია. ასევე გვხვდება რკინის, სპილენძის, ოქროს, ვოლფრამისა და ურანის საბადოებიც.

ამჟამად საჰარის ფართობი საჰელისა და სავანების ხარჯზე იზრდება. ამას ხელს უწყობს მცენარეულობის გადაწვა და გადამოვება. გადამწვარი და გადათელილი მცენარეულობა აღდგენას ვერ ასწრებს, ხოლო მცენარეთა საფარს მოკლებულ ნიადაგებს წვიმა რეცხავს და ქარი ფანტავს.



სურათი 1.13.17 ტასილის კედლის მხატვრობა.

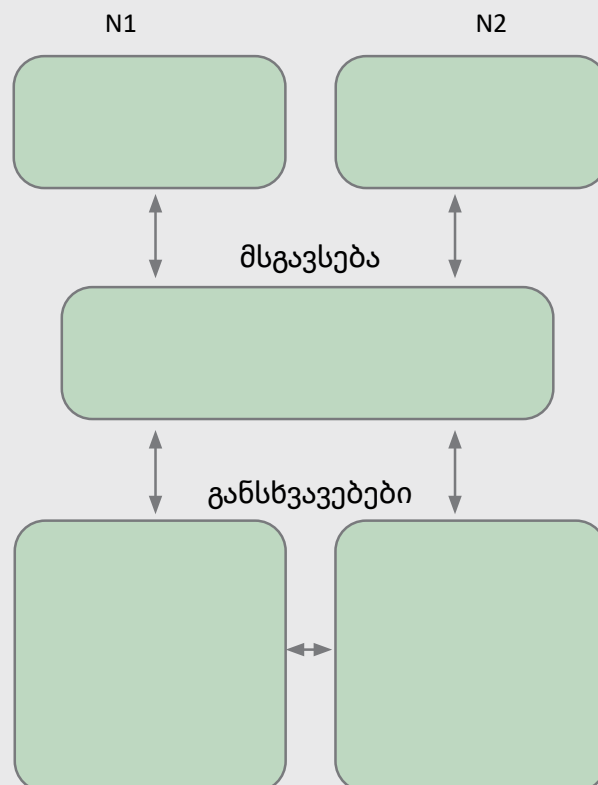
დავალება:

- (10). აფრიკაში უდაბნოებს კონტინენტის ჩრდილოეთ ნაწილში ბევრად მეტი ფართობი უკავიათ, ვიდრე სამხრეთში. ახსენით, რატომ?
- (11). თქვენთვის ცნობილია, რომ სხვადასხვა ბუნებრივი ზონის მცენარეულობა ტენიანობასა და სითბოს პირობებს სხვადასხვაგვარად ეგუება. შეადარეთ აფრიკის სავანისა და საჰარის უდაბნოს მცენარეთა შემგუებლობა გარემო პირობების მიმართ და ახსენით განსხვავების მიზეზები.
- (12). საჰარის უდაბნო წელიწადში 10 კმ სიჩქარით იზრდება. იმსჯელეთ, რა არის ამის მიზეზი, როგორია

გაუდაბნობასთან ბრძოლის მეთოდები და რატომ, რომ, მიუხედავად მთელი რიგი ქვეყნების ძალისხმევისა, უდაბნო აგრძელებს ზრდას?

- (13). იმსჯელეთ, რა გავლენას ახდენს საჰარის ბუნებრივი პირობები ადგილობრივი მოსახლეობის ცხოვრებასა და საქმიანობაზე.
- (14). შეადარე საჰარისა და გობის უდაბნოები, შეავსე სქემა და იმსჯელე, რომელი უდაბნოა უფრო მიმზიდველი და საინტერესო ტურისტებისთვის.

შედარების სქემა



კიდევ სცადე

✦ ეს საინტერესოა!

სახელი „საჰარა“ და „ერგი“ არაბულიდან მომდინარეობს და, შესაბამისად, „უდაბნოს“ და „დიუნების ველს“ ნიშნავს.

უდაბნოებს დედამიწის ხმელეთის 22% უკავია, საჰარას კი – მთელი აფრიკის კონტინენტის დაახლოებით 1/4, ანუ თითქმის ავსტრალიის ტოლი ფართობი.

საჰარა, ფართობის მიხედვით, მსოფლიოში მეორე ადგილზეა, ანტარქტიკული უდაბნოს შემდეგ.

საჰარის ასაკი დაახლოებით 2,5 მილიონი წელია.

სამუშის დროს თუ ადამიანი თავშესაფარს ღრუულად ვერ მოძებნის, დასადუჰადაა განწირული. ქარის მიერ ატაცებული წვრილი ქვიშა შესაძლოა, ადამიანის ყურებში, ცხვირში, თვალებსა და ფილტვებშიც კი მოხვდეს და მის სოცოცხლეს საფრთხე შეუქმნას. სიცოცხლის გადასარჩენად იგი მიწაზე უნდა დაწვეს და თავი ტანსაცმელში რაც შეიძლება საგულდაგულოდ დამალოს.

მდინარე ნილოსის ხეობამ და დელტამ უდიდესი როლი შეასრულა მსოფლიო ცივილიზაციის განვითარებაში. ნაყოფიერი მიწები და წყალი, ცხელ კლიმატთან ერთად, ხელს უწყობდა ძველგვიპტური ცივილიზაციის განვითარებას.

ლიბიაში, ელ აზიზიაში დედამიწაზე ყველაზე მაღალი ტემპერატურა, + 57,8 °C-ია დაფიქსირებული.

საჰარა მუდმივად იზრდება – ყოველ წელიწადს მისი სამხრეთი საზღვარი სამხრეთისკენ 6-10 კმ-ით წინ მიიწევს.

საინტერესო ფაქტები უდაბნოების შესახებ:

დედამიწის უდაბნოებს შორის სიმაღლის მიხედვით ყველაზე დაბალია სიმფსონის უდაბნო (ავსტრალია), რომელიც ზღვის დონიდან 12 მ-ით დაბლა მდებარეობს; ხოლო ყველაზე მაღალია უდაბნო ცაიდამი (ცენტრალური აზია) – 2600-3100 მ ზღვის დონიდან.

ყველაზე უნაღებო და მშრალი უდაბნოებია ატაკამა (სამხრეთი ამერიკა) – წელიწადში 10-50 მმ ნალექი, და ნუმიბიის (ჩრდილოეთი აფრიკა) – 25 მმ ნალექი. საპირისპიროდ, დედამიწის უდაბნოებს შორის ყველაზე ტენიანია თარის უდაბნო (ინდოეთი) – 150-500 მმ ნალექი წელიწადში, და ნამიბიის უდაბნო (სამხრეთი აფრიკა) – 100-500 მმ.

ყველაზე მაღალი აბსოლუტური ტემპერატურით ხასიათდება ტროპიკული უდაბნოები: საჰარა (ჩრდილოეთი აფრიკა) +56°C, ლიბიის უდაბნო – +58°C, ნუბიის უდაბნო – +53°C და დიდი ნეფუდის უდაბნო (არაბეთის ნახევარკუნძული) – +54°C. რაც შეეხება სუბტროპიკულ და შიდაკონტინენტურ უდაბნოებს, მათ შორის ლიდერობს მოჰავის უდაბნო (ჩრდილოეთი ამერიკა) +57°C, ყარაყუმის უდაბნო (შუა აზია) +50°C და თხალის უდაბნო (ინდოსტანის ნახევარკუნძული) +49°C.

თუ გინდა, მეტი შეიტყო, ესტუმრა ინტერნეტგვერდებს:

ქვესაკითხები:

სითბოსა და სინათლის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე; <https://earthobservatory.nasa.gov/features/EnergyBalance>

მსოფლიო ოკეანე <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/theres-a-new-ocean-now-can-you-name-all-five-southern-ocean>

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/howmanyoceans.html>

ბუნებრივი ლანდშაფტი; <https://www.ecolandscaping.org/08/designing-ecological-landscapes/landscape-design/ten-elements-of-natural-design/>

ამაზონის ჰილდა (ნოტიო ეკვატორული ტყეები) <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/rain-forests>

<https://www.britannica.com/place/Amazon-Rainforest>

https://www.panda.org/discover/knowledge_hub/where_we_work/amazon/about_the_amazon/

<https://www.youtube.com/watch?v=5lzzogrKo6k>

მანგროს ტყეები - <https://oceanservice.noaa.gov/facts/mangroves.html>

<https://oceana.org/marine-life/marine-science-and-ecosystems/mangrove-forest>

<https://www.youtube.com/watch?v=cwTZhyA57mA>

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

ბორეალური ტყეები <https://www.nationalgeographic.com/encyclopedia/taiga/>
<https://www.worldwildlife.org/stories/what-s-a-boreal-forest-and-the-three-other-types-of-forests-around-the-world>

<http://ibfra.org/about-boreal-forests/>

<http://www.fao.org/3/u6850e/u6850e03.htm>

მთის ტყეები <https://forestsnews.cifor.org/53968/mountain-forests-human-well?fnl=>
<https://www.icimod.org/mountain/forests/>

<http://www.fao.org/mountain-partnership/our-work/focusareas/forests/en/>

სავანა და საჰელი <https://www.britannica.com/place/Sahel>

<https://www.youtube.com/watch?v=Qlg4et4fFbg>

<https://www.youtube.com/watch?v=5gDdliyH02E>

პრერიები <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/prairie/>

<https://www.britannica.com/science/prairie>

შირაქის ველი <https://agronews.ge/shiraqis-veli-gushin-da-dghe/>

არქტიკის ყინულოვანი უდაბნო; -

<https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa1101>

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

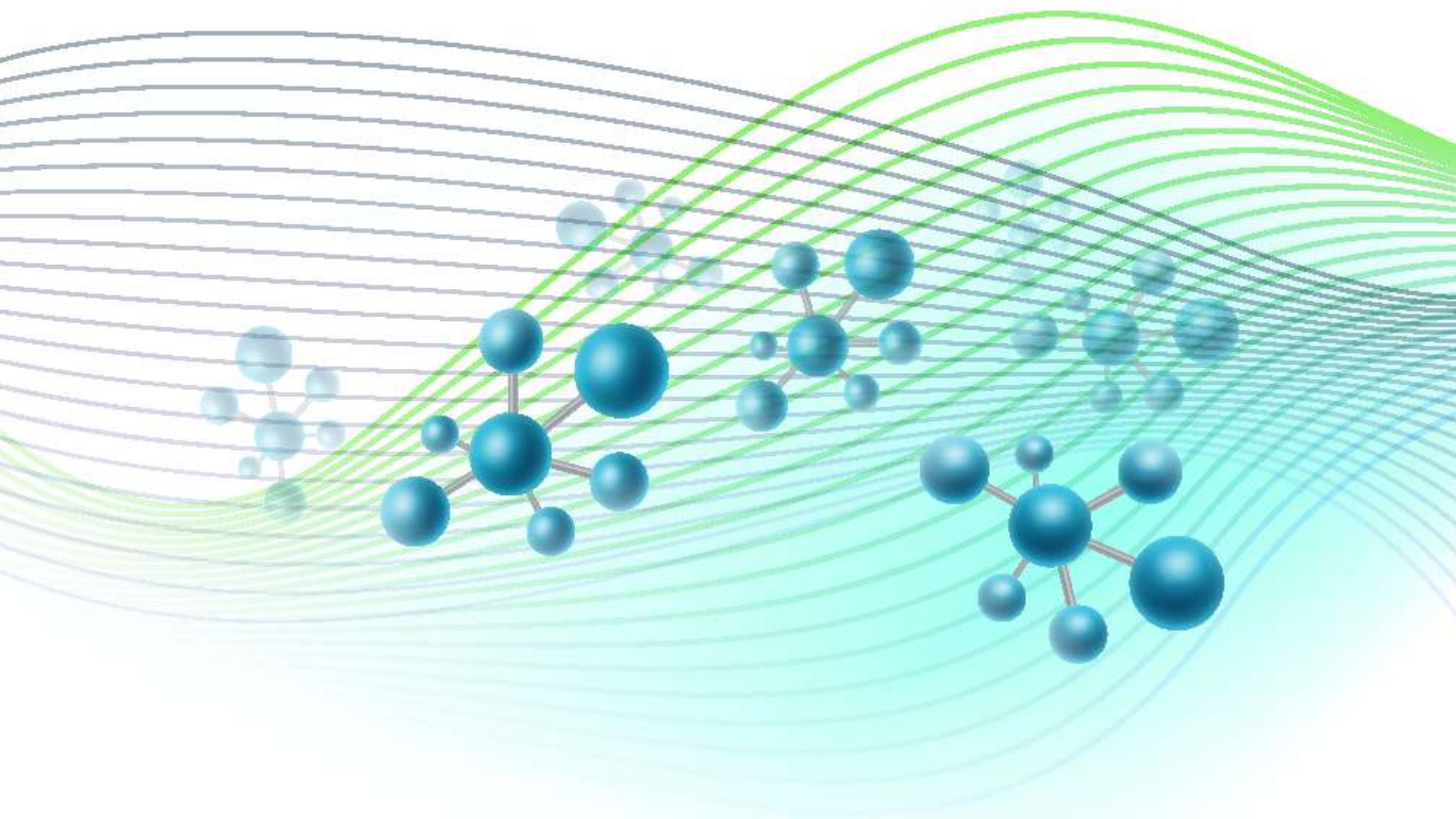
<https://www.oneearth.org/ecoregions/russian-arctic-desert/>

გობის უდაბნო <https://www.britannica.com/place/Gobi>

<https://www.goatsontheroad.com/backpackers-guide-gobi-desert-tour-mongolia/>

უდაბნო საჰარა <https://www.britannica.com/place/Sahara-desert-Africa>

<https://www.livescience.com/23140-sahara-desert.html>



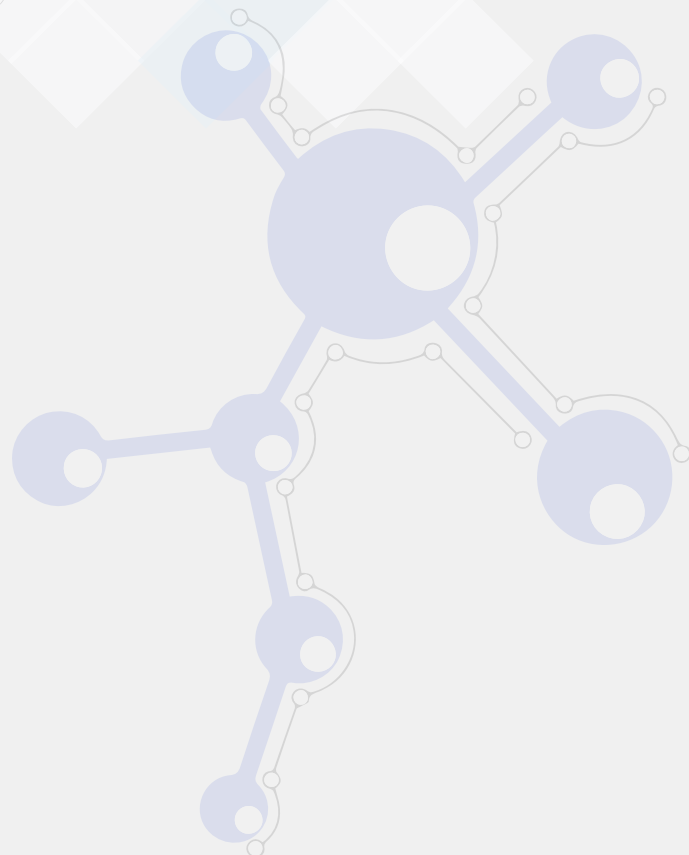
თემა I ჩვენი სამყარო

რატომ აქვთ ნივთიერებებს განსხვავებული თვისებები? რატომ არის სუფრის მარილი, სხვა იონური ნაერთების მსგავსად, მსხვრევადი, ახასიათებს ლღობის მაღალი ტემპერატურა და ატარებს დენს გამლღვალ ან გახსნილ მდგომარეობაში? რატომ აქვს სანთელს ლღობის დაბალი ტემპერატურა, არის რბილი და არ ატარებს დენს, მაშინ როდესაც ალმასს აქვს ლღობის მაღალი ტემპერატურა და ძალიან მტკიცეა. რატომ ახასიათებს სპილენძს და, საზოგადოდ, მეტალებს ბზინვარება, ღუნვალობა, გრეხვალობა, არიან დენის გამტარები? ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად უნდა შევისწავლოთ ნივთიერების შედგენილობა, თვისებები და ნივთიერების შემადგენელ ნაწილაკებს შორის არსებული ურთიერთქმედება, ვინაიდან ნივთიერებების თვისებები სწორედ ამ ურთიერთქმედების ბუნებაზეა დამოკიდებული.

ქიმია I ტემა

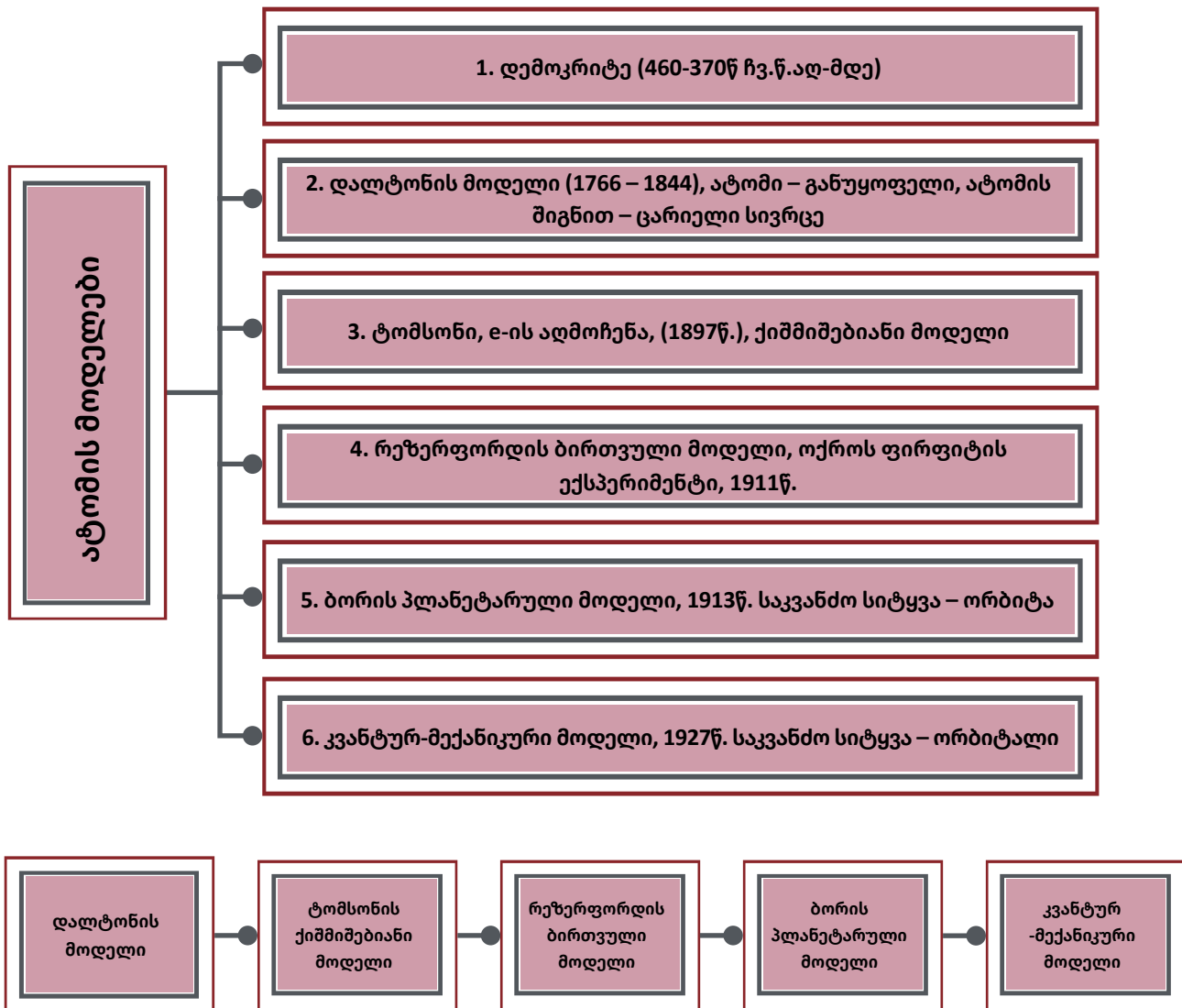
ძირითადი საკითხები

- 1.1. ატომის მოდელები
- 1.2. პერიოდული სისტემა, მეტალებისა და არამეტალების ზოგადი დახასიათება
- 1.3. ქიმიური ბმა



1.1. ატომის მოდელები

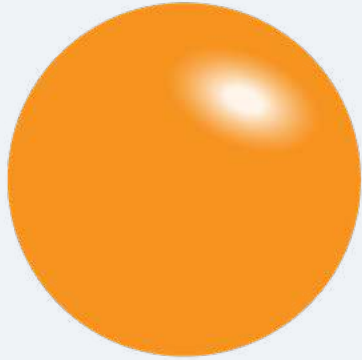
აღნიშნული საკითხი ასევე განიხილება ფიზიკაში (ელემენტარული ნაწილაკები).



მოსაზრება იმის შესახებ, რომ ყველა სხეული შედგება უმცირესი ზომის განუყოფელი ნაწილაკებისგან, პირველად გამოთქვა ბერძენმა ფილოსოფოსმა დემოკრიტემ მე-4 საუკუნეში ჩვ.წ.ად-მდე. ამ ნაწილაკებს მან უწოდა „ატომი“, რაც ბერძნულად ნიშნავს „განუყოფელს“.

2000 წლის შემდეგ დემოკრიტეს **ჰიპოთეზა** ატომის შედგენილობის შესახებ **ექსპერიმენტული კვლევის** საფუძველზე უკვე მეცნიერულ თეორიად ჩამოაყალიბა ინგლისელმა ქიმიკოსმა და სკოლის მასწავლებელმა ჯონ დალტონმა (1766-1844). მან შემოგვთავაზა ატომის მოდელი,

რომელიც დალტონის მოდელის სახელითაა ცნობილი. დალტონის მოდელის თანახმად, ატომი არის უმცირესი განუყოფელი ნაწილაკი, რომლის შიგნითაც არის სიცარიელე.



■ **სურათი.** დალტონის მოდელი.

დალტონის თეორიაში შესწორება მას შემდეგ შევიდა, რაც ტომსონმა აღმოაჩინა ელექტრონი (1897 წ.), რითიც დაიმსხვრა მითი ატომის განუყოფლობის შესახებ.

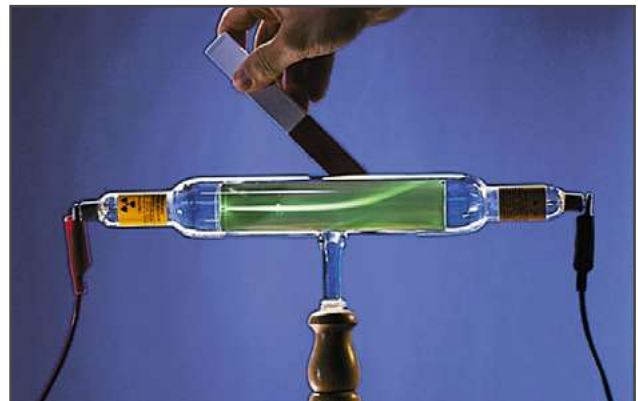
**ტომსონის ექსპერიმენტის აღწერა
იხილეთ გვერდი:**

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

ტომსონმა ექსპერიმენტულად განსაზღვრა ელექტრონის მუხტის მასასთან შეფარდება და დაადგინა, რომ ეს თანაფარდობა სხვადასხვა ელემენტის ატომებისათვის არის **მუდმივი**. ეს იმას ნიშნავს, რომ *ელექტრონს შეიცავს ნებისმიერი ელემენტის ატომი*.

ამერიკელმა მეცნიერმა რობერტ მილიკენმა ექსპერიმენტულად განსაზღვრა ელექტრონის მუხტი ($1,602 \cdot 10^{-19}$ კულონი, პირობითი მუხტია 1-) და გამოთვალა ელექტრონის მასა ($m_e = 5,4858 \cdot 10^{-4}$ ანუ $1/1840$ მან = $0,9109 \cdot 10^{-30}$ კგ, მან – მასის ატომური ერთეული).

1896 წელს ფრანგმა მეცნიერმა ანრი ბეკერელმა შეამჩნია, რომ ურანის ნაერთები თვითნებურად **ასხივებენ სხივებს**, რომელთაც უნარი აქვთ, გააშავონ ფოტოგრაფიული ფირფიტა, მოახდინონ ჰაერის იონიზაცია და ა.შ. ამ სხივებს რადიექტი-

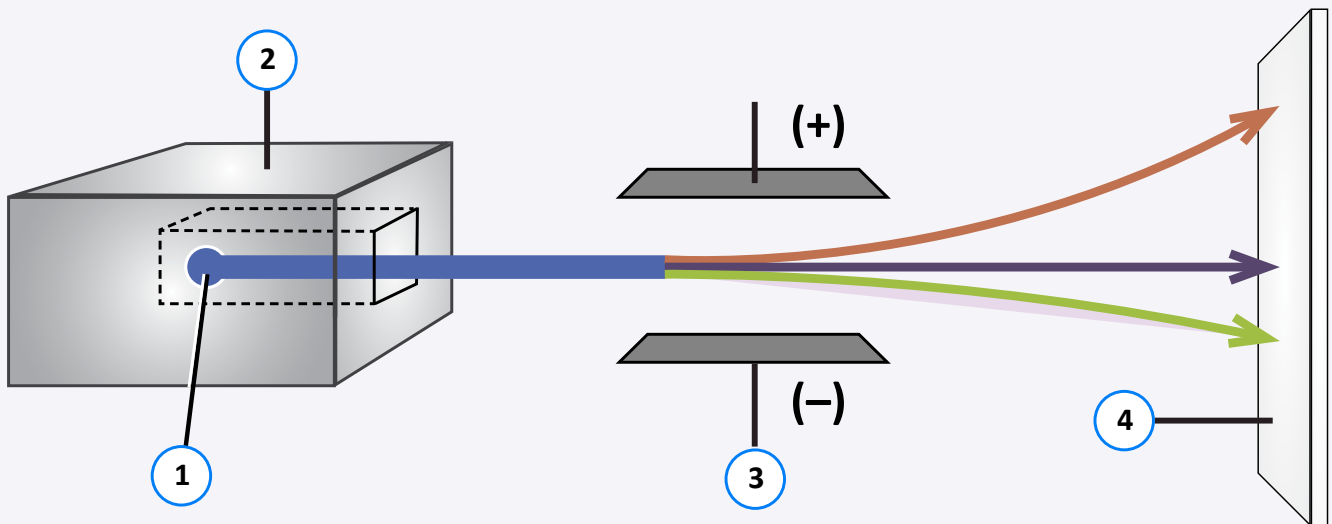


■ **სურათი.** ტომსონის ექსპერიმენტი.

ური სხივები უწოდეს, ნივთიერებებს კი, რომლებიც თვითნებურად ასხივებდა ზემოთ აღწერილ სხივებს – რადიექტიური ნივთიერებები.

შემდგომი გამოკვლევების შედეგად აღმოჩნდა, რომ რადიექტიური გამოსხივება ელექტრულ ველში სამ ნაწილად იყოფა – ის შედგება სამი სახის: α , β და γ სხივებისგან. α -სხივები α -ნაწილაკების ნაკადს წარმოადგენს, რომელთა მასა ჰელიუმის ატომის მასის ტოლია. ეს ნაწილაკები დადებითადაა დამუხტული, მუხტი სიდიდით ორჯერ აღემატება ელექტრონისას, ხოლო ნიშნით საწინააღმდეგოა. β -სხივები წარმოადგენს ელექტრონების ნაკადს, შესაბამისად, უარყოფითად არის დამუხტული. γ -გამოსხივება ელექტრონეიტრალური, რენტგენის სხივების მსგავსი გამოსხივებაა.

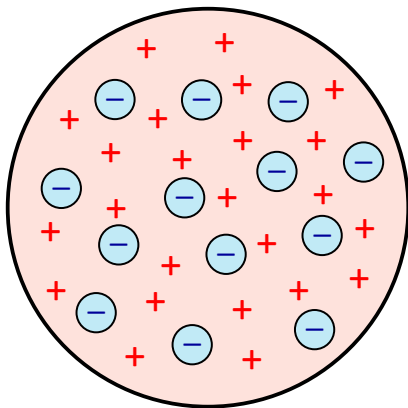
რაკი ცხადი იყო, რომ ზემოხსენებული სხვადასხვა ნიშნით დამუხტული ნაწილაკები რადიექტიური ნივთიერებების ატომებიდან გამოიყოფოდა, გამოითქვა ჰიპოთეზა, რომ ატომები შეიცავდა დადებითად დამუხტულ ნაწილაკებსაც. იმის დადგენაც შეძლეს, რომ α -ნაწილაკები ჰაერში რამდენიმე სანტიმეტრის გავლის შემდეგ



სურათი. რადიაქტიური სხივების დაყოფა ელექტრულ ველში; 1 – რადიაქტიური ნივთიერება; 2 – ტყვიის ყუთი; 3 – დამუხტული ფირფიტები; 4 – ფოტოგრაფიული ფირფიტა.

ჰელიუმის დამახასიათებელ სპექტრს იძლევა, ე.ი. მძიმე ატომები (მაგალითად, ურანი) იშლება მსუბუქი ატომების გამოყოფით. **ასე გამოცალა საფუძველი შეხედულებას ატომის** განუყოფლობის შესახებ.

თუ ზემოთ აღწერილ ექსპერიმენტულ მონაცემებს შევაჯამებთ, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ატომი იშლება უფრო მარტივ, დადებითად და უარყოფითად დამუხტულ ნაწილაკებად.



სურათი. ტომსონის ქიმიშიებიანი მოდელი.

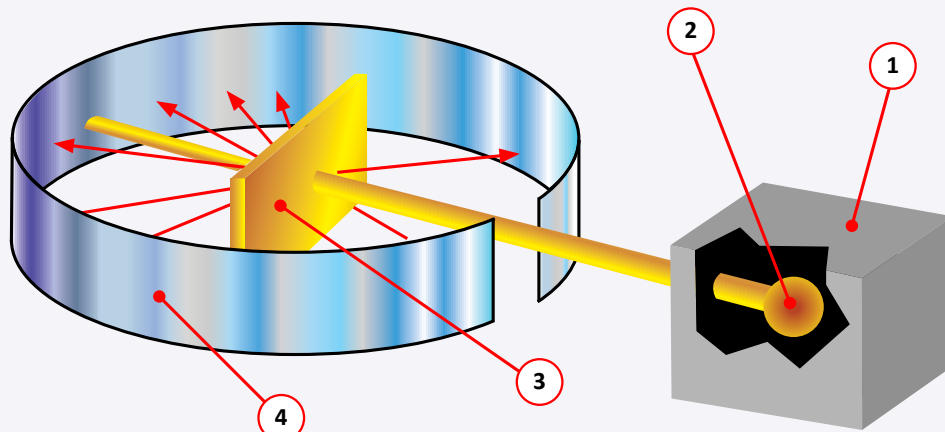
ტომსონმა შემოგვთავაზა ატომის მოდელი (**პიპო-თეზა**), რომლის თანახმადაც, ატომი მთლიანობაში დამუხტულია დადებითად და იგი შეიცავს ელექტრონებს, **რომლებიც განაწილებულია თანაბრად ატომის მთელ სივრცეში**, როგორც ქიმი-

მიშები კეკსში. ამიტომ ეს მოდელი ტომსონის ქიმიშიებიანი მოდელის სახელწოდებითაა ცნობილი.

ტომსონის მოდელის ნაკლი: ეს მოდელი არაფერს გვუბნება დადებითი მუხტებისა და ელექტრონების რაოდენობაზე, მათ მდებარეობაზე ატომში, ამასთან, ვერ ხსნის, თუ რატომ შეუძლია ატომს ელექტრონების გაცემა და შეძენა და იონის წარმოქმნა.

ოქროს ფირფიტის ექსპერიმენტი

1910 წელს ინგლისელმა ფიზიკოსმა ერნესტ რეზერფორდმა ჩაატარა ექსპერიმენტი, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობდა: რადიაქტიური ნივთიერება მოთავსებულია ტყვიის კოლოფში, რომელსაც აქვს ხვრელი. ტყვიას α -ნაწილაკების შეკავება შეუძლია, ასე რომ, ეს ნაწილაკები მხოლოდ ხვრელიდან ვრცელდება ერთადერთი მიმართულებით. გზაში α -ნაწილაკები ეცემა ოქროს თხელ ფირფიტას (*იხ. სურათი*), გადის მასში (α -ნაწილაკებს აქვთ მეტალის თხელ ფირფიტაში გაღწევის უნარი) და ეცემა ეკრანს, რომელიც დაფარულია ლუმინესცენტური ნივთიერებით. ნათებას აკვირდებიან მიკროსკოპით. სწორედ ეს ნათება მიუთითებს,



სურათი. α -ნაწილაკების განბნევა

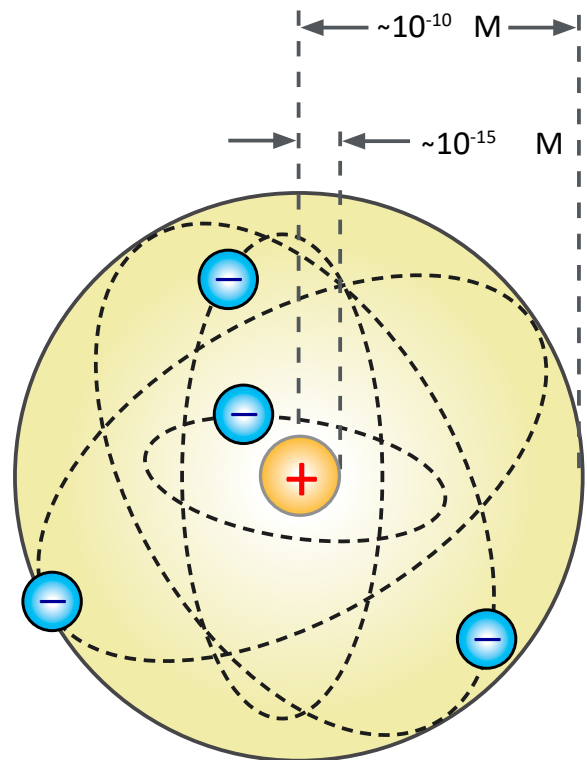
1 – ტყვიის კოლოფი, 2 – α -ნაწილაკების წყარო, 3 – ოქროს ფირფიტა, 4 – ლუმინესცენტური ნივთიერებით დაფარული ეკრანი.

გადაიხარა თუ არა ნაწილაკები სწორხაზოვანი ტრაექტორიიდან.

ტომსონის მოდელის მიხედვით, თუ ელექტრონები მთელ ატომშია განაწილებული, მოსალოდნელი იყო (**ჰიპოთეზა**), რომ ყველა α -ნაწილაკის ტრაექტორია იქნებოდა ერთნაირი; თუმცა **ექსპერიმენტმა** აჩვენა, რომ ნაწილაკების უმრავლესობამ გაიარა ოქროს ფირფიტაში სწორხაზოვნად, ხოლო ერთეული ნაწილაკების ტრაექტორია შეიცვალა მკვეთრად – ფირფიტაზე მოხვედრისას ისინი დიდი კუთხით გადაიხარნენ.

რეზერფორდის ექსპერიმენტმა ცხადყო, რომ ოქროს ატომები შეიცავდა, ერთი მხრივ, დიდი მოცულობის არეებს, სადაც განლაგებული იქნებოდა ელექტრონები (ელექტრონი, მცირე მასის გამო, დიდ გავლენას ვერ მოახდენს α -ნაწილაკების გადაადგილებაზე), მეორე მხრივ კი, დიდი მასისა და მცირე მოცულობის დადებითად დამუხტულ არეს (ატომბირთვს), რომლებთან ახლოს გავლისას α -ნაწილაკები გადაიხრება, უშუალო დაჯახებისას კი – აისხლიტება.

1911 წელს რეზერფორდმა წამოაყენა ატომის აღნაგობის ახალი მოდელი (იდეა, მოსაზრება, ჰიპოთეზა...): ატომი შედგება დადებითად დამუხტული, მცირე მოცულობისა და დიდი მასის მქონე ბირთვისაგან, რომლის გარშემო მოძრაობენ ელექტრონები (იხ. სურათი). ატომის დიამეტრი 10^{-8} სმ რიგისაა, ბირთვისა კი – 10^{-12} – 10^{-13} სმ რიგის.



რეზერფორდმა სათავე დაუდო ატომის აღნაგობის ბირთვულ თეორიას, რომელიც დღემდე ძალაშია.

სურათი. რეზერფორდის ბირთვული მოდელი.

რეზერვორდის მოდელის ნაკლი: ცნობილია, რომ საპირისპირო ნიშნით დამუხტული ნაწილაკები ერთმანეთს იზიდავენ. ამ ლოგიკით, უარყოფითად დამუხტული ელექტრონები უნდა მიუახლოვდნენ დადებითად დამუხტულ ატომბირთვს და შეერწყან მას, ანუ მოხდეს ბირთვის კოლაფსი, მაგრამ ეს ასე არ ხდება.

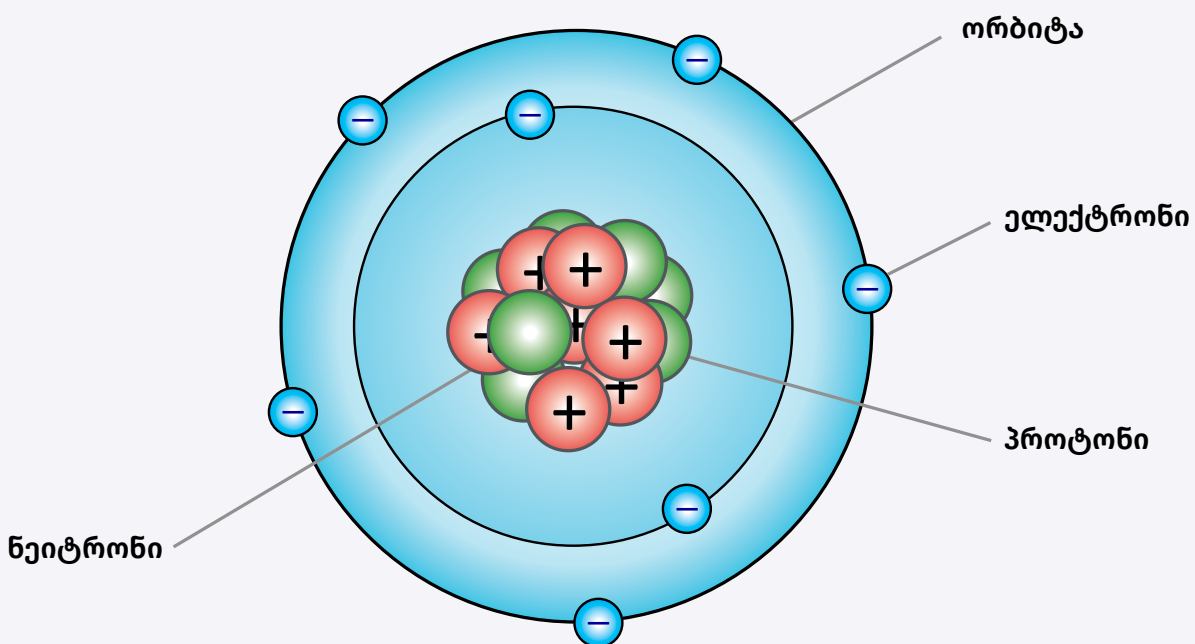
მეორე ახსნა: კლასიკური ფიზიკის კანონების თანახმად, ელექტრონი წრიულ ტრაექტორიაზე მოძრაობს ცენტრისკენული აჩქარებით, ასევე ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, რის გამოც კარგავს ენერგიას, უახლოვდება და საბოლოოდ უნდა დაეჯახოს ბირთვს, და ისევ მოხდეს მასთან შეერწყმა; მაგრამ ეს ასე არ ხდება და ეს ფაქტი ვერ ახსნა რეზერვორდის მოდელმა. ადგილი აქვს კლასიკური ფიზიკის კანონებთან შეუსაბამობას.

რეზერვორდის თეორიის ეს წინააღმდეგობანი გადაჭრა დანიელმა მეცნიერმა **ნილს ბორმა**. იგი დაეყრდნო მაქს პლანკის მოსაზრებას, რომ

სხივური ენერგია გამოსხივდება არა უწყვეტად, არამედ გარკვეული ულუფებით, ანუ **კვანტებით**. რაც მეტია გამოსხივების სიხშირე, მით მეტია კვანტის ენერგია. 1913 წელს ნილს ბორმა წამოაყენა შემდეგი პოსტულატები:

- ელექტრონი ატომში მოძრაობს არა ნებისმიერ, არამედ განსაზღვრულ (ნებადართულ) კვანტურ ორბიტაზე;
- კვანტურ ორბიტაზე მოძრაობისას ელექტრონი ენერგიას არ შთანთქავს და არ ასხივებს;
- ენერგიის შთანთქმისას ელექტრონს შეუძლია, გადავიდეს უფრო მაღალი ენერგიის მქონე ორბიტაზე. უკან, დაბალი ენერგიის მქონე ორბიტაზე გადასვლისას ის გამოასხივებს ენერგიას.

ბორის თეორიამ ახსნა, რატომ არის ატომი მდგრადი და რატომ არ არის მისი გამოსხივების სპექტრი უწყვეტი. ეს თეორია ერთმანეთს უხამებს კლასიკურ მექანიკასა და ენერგიის დაკვანტვის პრინციპს. ბორმა პირველმა გამოიყენა ატომის მიმართ ენერგიის დაკვანტვის პრინციპი. მან აჩვენა, რომ არ შეიძლება მაკროსამყაროს კანონების მექანიკური გადატანა მიკროსამყაროს უსასრულოდ მცირე ობიექტებზე.



სურათი. ბორის პლანეტარული მოდელი.

ბორის მოდელის ნაკლი: ვერ ხსნის, თუ რატომ არის უცვლელი ელექტრონის ენერგია ორბიტაზე მოძრაობისას და რატომ არ შეუძლია ელექტრონს მოძრაობა ენერგეტიკულ დონეებს შორის, ვინაიდან, ნიუტონის კანონების თანახმად, სხეულის კინეტიკური ენერგია იცვლება არა ნახტომისებურად, არამედ მდოვრედ და უწყვეტად.

მეორე ნაკლი: ბორმა აღწერა ელექტრონის მოძრაობა წყალბადის ატომში და ივარაუდა, რომ სხვა ელემენტების ატომებში ელექტრონების მოძრაობა ანალოგიური იქნებოდა, თუმცა ასე არ აღმოჩნდა. ამიტომ ეს მოდელიც არ იყო სრულყოფილი. საჭირო გახდა ელექტრონის მოძრაობის ახალ ჭრილში განხილვა.

■ პროტონები და ნეიტრონები

სხვადასხვა მეტალის ფირფიტაში გავლისას α -ნაწილაკების განბნევის კუთხეების მიხედვით რეზერფორდმა გამოთვალა ამ მეტალთა ატომების ბირთვის მუხტები. აღმოჩნდა, რომ მოცემული ატომის ბირთვის მუხტი პერიოდულ სისტემაში მისი რიგობრივი ნომრის ტოლია. ცხადია, რიგობრივი ნომრის ერთეულით გაზრდისას ბირთვის მუხტიც ერთეულით იზრდება. ამ ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე მეცნიერებმა აღვილად გამოიტანეს დასკვნა: ატომბირთვში უნდა ყოფილიყო ერთეულოვანი დადებითი მუხტის მატარებელი ნაწილაკები.

1919 წელს რეზერფორდმავე შეძლო, აზოტის ჩქარი α -ნაწილაკებით დაბომბვისას მიღებულ პროდუქტებში აღმოეჩინა ამგვარი ნაწილაკი – წყალბადის ბირთვი: ${}^1_1H$. ამ ნაწილაკს მან პროტონი უწოდა. პროტონს აღნიშნავენ p სიმბოლოთი. მისი მასაა $1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ კგ} = 1,0073 \text{ მაე}$. პროტონის მუხტი რიცხობრივად ელექტრონის მუხტის

ტოლია, ნიშნით კი – საწინააღმდეგო. სწორედ პროტონი იქცა ატომის სტრუქტურის ასაგებ მეორე ფუნდამენტურ ნაწილაკად.

იმის დადგენამ, რომ ატომის ბირთვის მუხტი მისი რიგობრივი ნომრის ტოლია, შესაძლებელი გახდა თითოეულ ატომში ელექტრონების რიცხვის დადგენაც. მართლაც, თუ ბირთვის მუხტი ელექტრონის მუხტს x -ჯერ აღემატება, ატომში უნდა იყოს x ელექტრონი, რათა ატომი ელექტრონეიტრალური დარჩეს.

ერთდროულად დაგროვდა იმის დამადასტურებელი ფაქტები, რომ ატომბირთვი არ შედგება მხოლოდ პროტონებისგან. ჯერ ერთი, ატომების მასა უფრო მეტი აღმოჩნდა, ვიდრე **ექსპერიმენტულად დადგენილი ბირთვის მუხტი**, ანუ პროტონების რიცხვი, რაც ნიშნავს, რომ ბირთვში რაღაც სხვა ნეიტრალური ნაწილაკიც უნდა არსებობდეს; მეორეც, ატომური მასის გაზრდასთან ერთად, მუდმივი არ რჩება ბირთვის მუხტისა და ატომური მასის ფარდობა: ელემენტის ატომბირთვის მუხტი უფრო ნელა იზრდება, ვიდრე მასა. ეს კი ნიშნავს, რომ ატომბირთვი შეიცავს ნეიტრალურ ნაწილაკებს, რომელთა მასის ცვლილების მუხტის ზრდაზე დამოკიდებულება ყველა ატომისათვის ერთნაირი არაა.

1932 წელს რეზერფორდის მოწაფემ, ინგლისელმა ჯეიმს ჩედვიკმა ბერილიუმის α -ნაწილაკებით დაბომბვისას აღმოაჩინა, რომ გამოსხივდებოდა ნაკადი, რომელიც შეიცავდა პროტონის ტოლი მასის მქონე ელექტრონეიტრალურ ნაწილაკებს. მათ სახელად ნეიტრონები უწოდეს. ნეიტრონს აღნიშნავენ n სიმბოლოთი. მისი მასაა $1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ კგ} = 1,0087 \text{ მაე}$. ნეიტრონის მუხტი, როგორც აღვნიშნეთ, ნულის ტოლია.

◆ ეს საინტერესოა!

იცით თუ არა, რომ თუ 100 მილიონ წყალბადის ატომს ერთმანეთის მიყოლებით დავაწყობთ, მიღებული ჯაჭვის სიგრძე მხოლოდ 1 სმ იქნება.

ნეიტრონის აღმოჩენასთან ერთად, გაჩნდა მესამე ფუნდამენტური ნაწილაკიც ატომის სტრუქტურის ასაგებად.

ნეიტრონის აღმოჩენის შემდეგ ჩამოყალიბდა ატომ ბირთვის აღნაგობის პროტონულ-ნეიტრონული თეორია, რომლის თანახმადაც, ატომის ბირთვი პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება.

კვანტურ-მექანიკური მოდელი (ატომის მათემატიკური მოდელი)

წინაპირობები ატომის კვანტურ-მექანიკური მოდელის შესაქმნელად (1920-იანი წლები):

მაქს პლანკი – სინათლის კვანტური თეორია. ამ თეორიის თანახმად, სინათლეს აქვს ორგვარი (დუალისტური) ბუნება, რაც გულისხმობს შემდეგს: სინათლე ამჟღავნებს როგორც ნაწილაკის (კორპუსკულურ), ისე ტალღურ ბუნებას.

დე ბროილი (1924 წ.) – მან გამოთქვა ვარაუდი, რომ, სინათლის მსგავსად, ხომ არ შეიძლება ელექტრონსაც ჰქონდეს ორგვარი ბუნება?

დე ბროილის ჰიპოთეზა 1927 წელს დადასტურდა ექსპერიმენტულად, როდესაც დადგინდა ელექტრონის **დიფრაქციისა და ინტერფერენციის უნარი**. ეს თვისებები ტალღისთვის არის დამახასიათებელი, როგორც **ნაწილაკს** კი, ელექტრონს აქვს მასა და მუხტი.

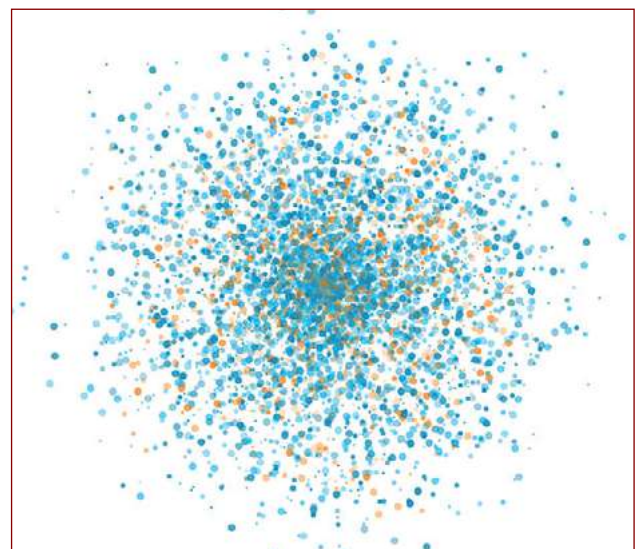
კვანტურმა თეორიამ გააერთიანა და ახსნა სინათლის ორბუნებოვნება. ამ თეორიის მიხედვით, სინათლის გამოსხივება ხდება ელექტრომაგნიტური ტალღების სახით, მაგრამ არა უწყვეტად, არამედ წყვეტილად – ცალკეული ულუფების, კვანტების სახით. კვანტის ენერგია გამოითვლება ფორმულით $E = h\nu$ (მაქს პლანკის განტოლება). აინშტაინმა დაამტკიცა, რომ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას აქვს როგორც ტალღის, ისე ნაწილაკის (კორპუსკულის) თვისებები. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ნაწილაკს ეწოდება ფოტონი, რომლის ტალღური თვისებები აღიწერება განტოლებით $c = \lambda\nu$, საიდანაც $\nu = \frac{c}{\lambda}$. ხოლო კორპუსკულური – მაქს პლანკის განტოლებით:

$E = h\nu$. თავის მხრივ, როგორც აინშტაინმა დაამტკიცა, $E = mc^2$. აღნიშნული ფორმულებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\lambda = \frac{h}{mc}$$

აღნიშნული ტოლობა ასახავს სინათლის **ორბუნებოვნებას** (ელექტრონის შემთხვევაში გვექნება ν).

ჰაიზენბერგის განუზღვრელობის პრინციპი (1927 წ.) – ერთდროულად ერთნაირი სიზუსტით შეუძლებელია ელექტრონის მდებარეობისა და სიჩქარის განსაზღვრა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, რაც უფრო ზუსტად არის განსაზღვრული ელექტრონის მდებარეობა, მით უფრო არაზუსტად იქნება განსაზღვრული მისი სიჩქარე და პირიქით. **ჰაიზენბერგმა**, ავსტრიელ ფიზიკოსთან – შრედინგერთან ერთად, შეადგინა მათემატიკური განტოლებები, რომელთა საშუალებით მიიღეს ატომის კვანტურ-მექანიკური მოდელი. ამ მიდგომის თანახმად, ელექტრონის მოძრაობა აღიწერება ე.წ. ტალღური ფუნქციით, რომელსაც **ორბიტალი** ეწოდება. ეს არის სამგანზომილებიანი არე ბირთვის გარშემო, რომელიც გვიჩვენებს ელექტრონის სავარაუდო მდებარეობას, მაგრამ არ გვაძლევს ინფორმაციას ელექტრონის ტრაექტორიის შესახებ.



სურათი. კვანტურ-მექანიკური მოდელი.

ორბიტალებს აქვთ სხვადასხვა ფორმა და ზომა. ორბიტალის ფორმა და ზომა დამოკიდებულია მისი წარმომქმნელი ელექტრონის ენერგიაზე. სხვადასხვა ენერგიის მქონე ელექტრონები განსხვავებული ფორმისა და ზომის ორბიტალებზე მოძრაობენ.

ელექტრონი ბრუნავს საკუთარი ღერძის ირგვლივაც – საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

მიჩნეულია, რომ ელექტრონის მდგომარეობა ატომში განსაზღვრულია, თუ ვიცით, რა მანძილითაა ის დაშორებული ატომგულიდან, რა ფორმისა და სივრცული ორიენტაციის ორბიტალზე მოძრაობს, როგორ ბრუნავს საკუთარი ღერძის ირგვლივ.

ეს ყველაფერი აღიწერება M მთელი რიცხვების გარკვეული კრებულით, რომელთაც კვანტური რიცხვები ეწოდება. კერძოდ, ელექტრონის მდგომარეობას ატომში სრულად ახასიათებს ოთხი კვანტური რიცხვი: n – მთავარი კვანტური რიცხვი, l – თანაური კვანტური რიცხვი, m – მაგნიტური კვანტური რიცხვი და s – სპინური კვანტური რიცხვი.

ენერგეტიკული დონე: $n=1,2,3,\dots$

მთავარი კვანტური რიცხვი $n=1,2,3,\dots$
(გვიჩვენებს ენერგეტიკული დონის ნომერს).

ქვედონე: $l = 0,1,2,\dots (n-1)$

თანაური კვანტური რიცხვი,
 $l=0,1,2,3,\dots (n-1)$

I ენერგეტიკულ დონეზე ($n=1$) არის ერთი s ქვედონე, ანუ $l = 0$;

II ენერგეტიკულ დონეზე ($n=2$) არის ორი ქვედონე; ერთი s ($l = 0$) და ერთი p ($l = 1$);

III ენერგეტიკულ დონეზე ($n=3$) არის სამი ქვედონე: s ($l=0$) ქვედონე, p ქვედონე ($l=1$) და d ქვედონე ($l=2$).

ორბიტალი: $m_l = \pm l$ ანუ $\dots -1, 0, +1,\dots$

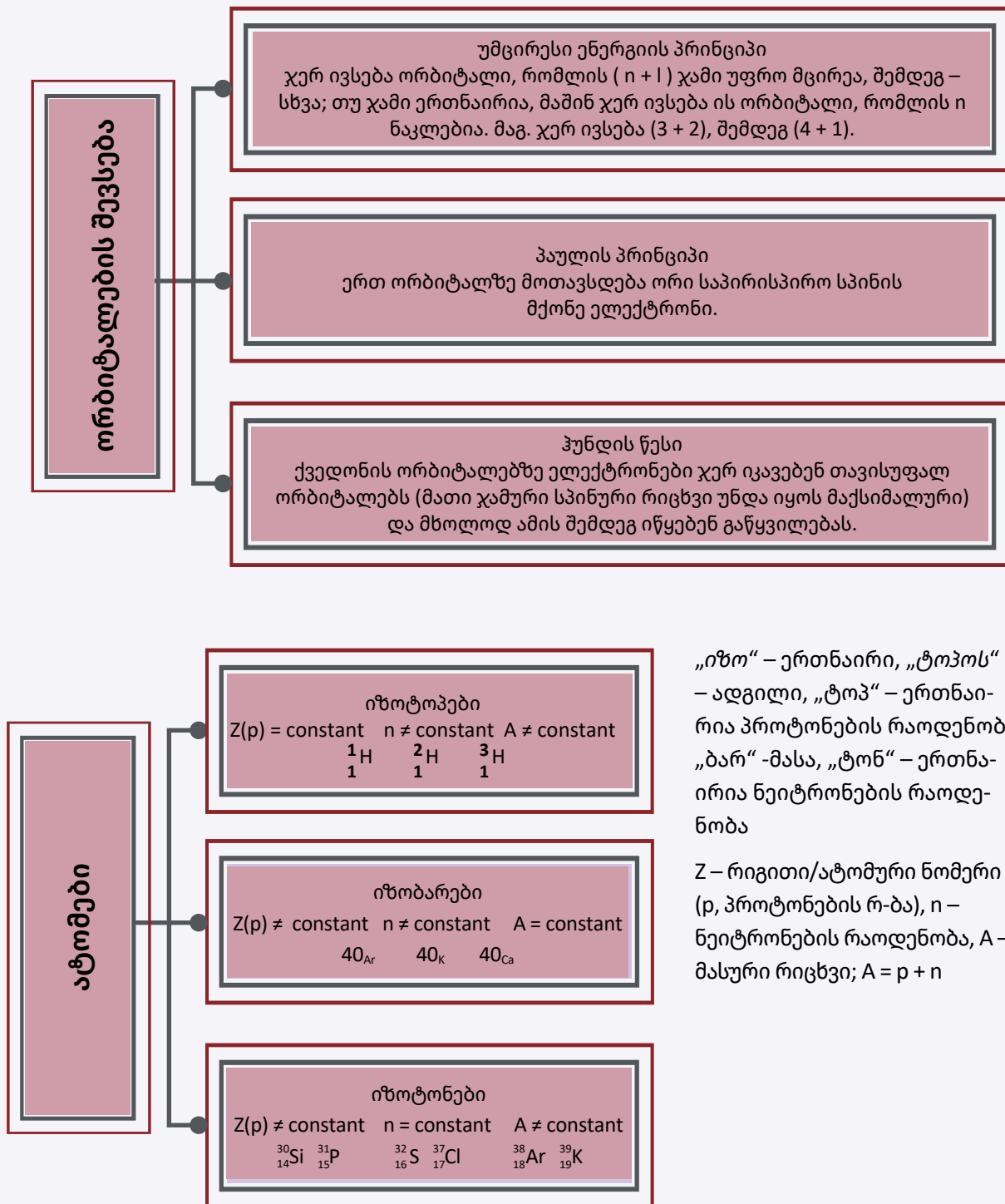
მაგნიტური კვანტური რიცხვი, m_l
 s ქვედონეს ($l=0$) აქვს ერთი ორბიტალი:
 $m_l = 0$

p ქვედონეს ($l=1$) აქვს სამი ორბიტალი:
 $m_l = -1, m_l = 0, m_l = +1$

d ქვედონეს ($l=2$) აქვს ხუთი ორბიტალი:
 $m_l = -2, m_l = -1, m_l = 0, m_l = +1, m_l = +2$

სპინი

სპინური კვანტური რიცხვი,
 $m_s = +\frac{1}{2}$ ან $-\frac{1}{2}$



დამოუკიდებელი სამუშაო

შეასრულეთ აქტივობები:



სამუშაო ფურცელი N1.1



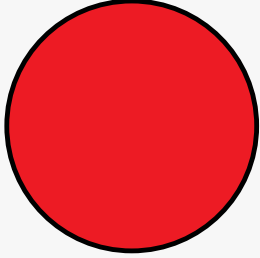
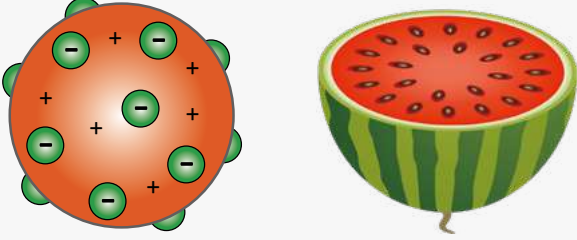
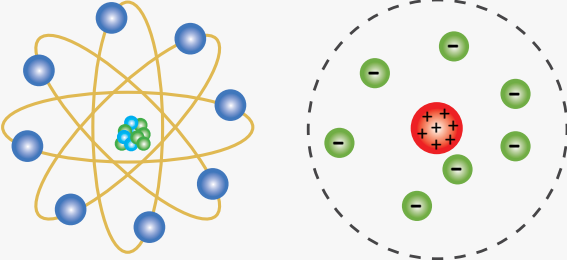
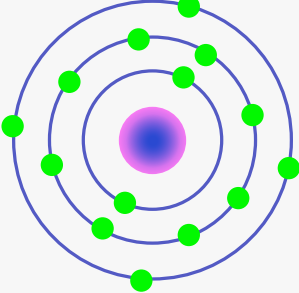
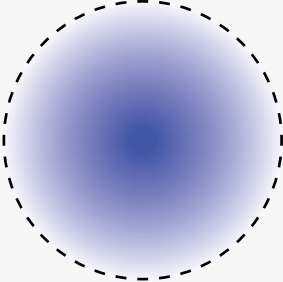
სამუშაო ფურცელი N1.2



სამუშაო ფურცელი N1.3

■ სამუშაო ფურცელი 1.1.

შეავსეთ ცხრილი: საკითხავი მასალის საფუძველზე ამოიცანით და მოკლედ დაახასიათეთ ატომის თითოეული მოდელი.

სამუშაო ფურცელი 1.2 იზოტოპები

აქტივობა 1

შეავსეთ სამივე ცხრილი:

ცხრილი N1

რიგითი ნომერი, Z	მასური რიცხვი, A	პროტონების რიცხვი, p	ნეიტრონების რიცხვი, n	ელექტრონების რიცხვი, e	ელემენტის სიმბოლო
9			10		
		14	15		
	47		25		
	55	25			

შპასუხეთ კითხვებს:

- რას გვიჩვენებს ელემენტის რიგითი ნომერი?
- საიდან ვხვდებით, რომ ატომი ელექტრონეიტრალურია?
- როგორ გამოითვლება მასური რიცხვი?

- რატომ არ შედის მასური რიცხვის გამოსათვლელ ფორმულაში ელექტრონის მასა?
- რატომ მივიღეთ სხვადასხვა ელემენტი? რა განსაზღვრავს ელემენტის ინდივიდუალობას?

ცხრილი N2

იზოტოპები	რიგითი ნომერი, Z	მასური რიცხვი, A	პროტონების რიცხვი, p	ნეიტრონების რიცხვი, n	ელექტრონების რიცხვი, e
$^{32}_{16}\text{S}$		32		16	
	16			17	16
$^{34}_{16}\text{S}$			16		
	16	36			

კიდევ სცადე

უპასუხეთ კითხვებს:

- რა დასკვნის გამოტანა შეიძლება N2 ცხრილის შევსების შემდეგ?
- რას გვიჩვენებს ელემენტის რიგობრივი ნომერი?
- რომელ სვეტში მივიღეთ ერთნაირი მნიშვნელობები? რას ნიშნავს ეს?
- საქმე გვაქვს ერთ ელემენტთან თუ სხვადასხვასთან? პასუხი დაასაბუთეთ.
- როგორ დაახასიათებთ იზოტოპებს? რა აქვთ საერთო და რითი განსხვავდებიან ისინი ერთმანეთისაგან?

ცხრილი N3

N	ქიმიურ სიმბოლო	A	p	n	e	%-ული გავრცელება
პროტიუმი	${}^1_1\text{H}$					99,98
დეიტერიუმი	${}^2_1\text{H}$					0,0184
ტრიტიუმი	${}^3_1\text{H}$					კვალის სახით

კიდევ სცადე

აქტივობა 2

გამოთვალეთ ქლორის ატომის საშუალო ფარდობითი ატომური მასა, თუ ცნობილია, რომ ბუნებაში გავრცელებულია მისი ორი სტაბილური იზოტოპი:

იზოტოპები	%-ული გავრცელება
${}^{35}_{17}\text{Cl}$	75%
${}^{37}_{17}\text{Cl}$	25%

სამუშაო ფურცელი 1.3

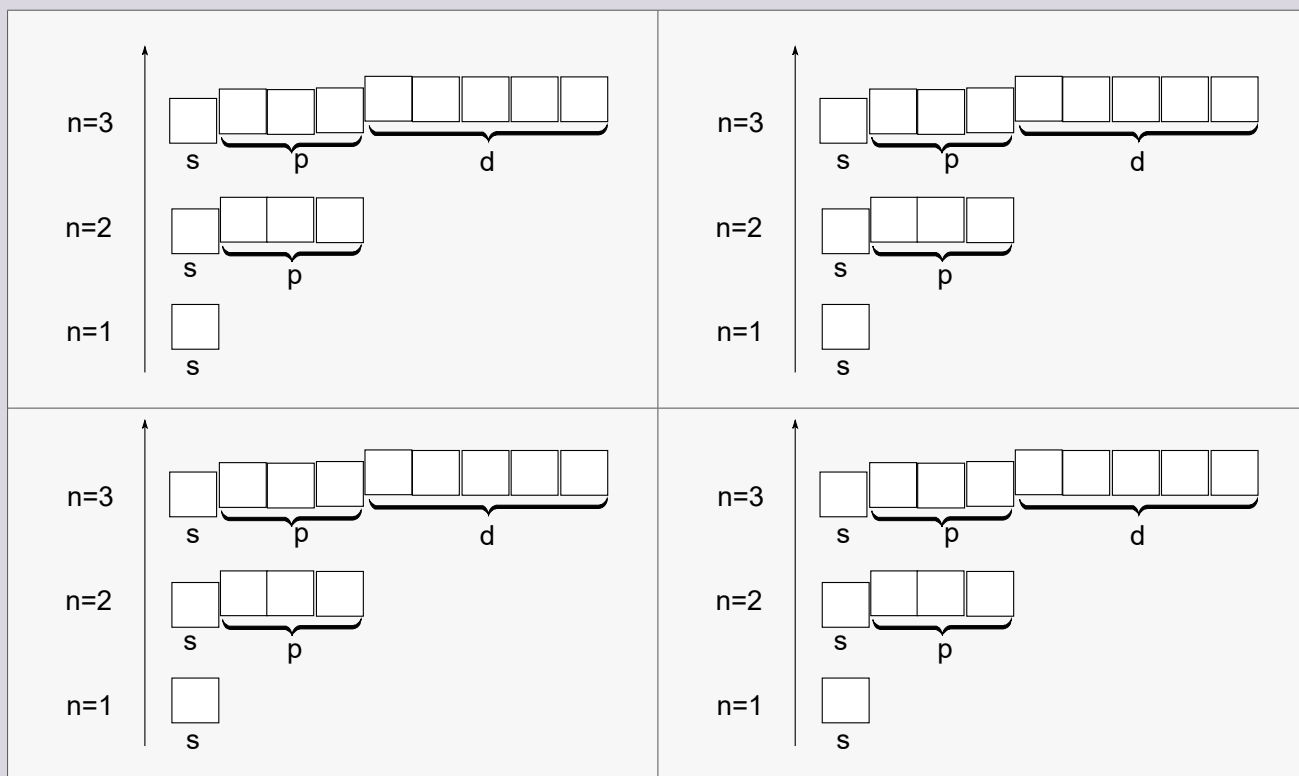
სურათზე ნაჩვენებია სქემების დახმარებით გამოსახეთ პირველი სამი პერიოდის ქიმიური ელემენტების ატომების ელექტრონული აღნაგობა და დაწერეთ თითოეული ელემენტის ატომის ელექტრონული ფორმულა:

I და II პერიოდის ელემენტები

$n=1$ 	$n=1$ 	$n=2$ $n=1$ 	$n=2$ $n=1$ 	$n=2$ $n=1$
$n=2$ $n=1$ 	$n=2$ $n=1$ 	$n=2$ $n=1$ 	$n=2$ $n=1$ 	$n=2$ $n=1$

III პერიოდის ელემენტები

$n=3$ $n=2$ $n=1$ 	$n=3$ $n=2$ $n=1$
$n=3$ $n=2$ $n=1$ 	$n=3$ $n=2$ $n=1$



1.2. პერიოდული სისტემა, მეტალებისა და არამეტალების ზოგადი დახასიათება



გაიხსენე

ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემა 7 პერიოდისა და 8 ჯგუფისგან შედგება. პერიოდი არის მცირე და დიდი, ჯგუფი – მთავარი (A) და თანაური (B). მთავარი ქვეჯგუფის ელემენტების ატომებში ჯგუფის ნომერი ემთხვევა სავალენტო ელექტრონების რაოდენობას.

პერიოდი იწყება ტუტე მეტალით და მთავრდება ინერტული აირით. პერიოდის ნომერი ემთხვევა ატომში ატომბირთვის გარშემო ენერგეტიკული დონეების (ელექტრონული შრეების) რაოდენობას. პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ სავალენტო ელექტრონების რაოდენობა იზრდება, ამიტომ იზრდება არამეტალური ბუნება, ელექტროუარყოფითობა და იონიზაციის ენერგია.

ატომის რადიუსი – პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ მცირდება (იზრდება ატომბირთვის მუხტი და სავალენტო ელექტრონების რაოდენობა, ამიტომ იზრდება მათ შორის არსებული ურთიერთმიზიდვა, რის გამოც ატომი უფრო მეტად „იკუმშება“ და ატომის რადიუსი მცირდება), ჯგუფებში ატომის რადიუსი ზემოდან ქვემოთ იზრდება ენერგეტიკული დონეების რაოდენობის ზრდის გამო.

ელექტროუარყოფითობა – ელემენტის ატომის უნარი, წაართვას სხვა ელემენტის ატომს ელექტრონები. რაც მეტია სავალენტო ელექტრონების რაოდენობა და ნაკლებია ატომის რადიუსი, მით მეტია ელექტროუარყოფითობა. ელექტროუარყოფითობა იზრდება მარცხნიდან მარჯვნივ და ქვემოთ ზემოთ. ყველაზე მეტად ელექტროუარყოფითი ელემენტია ფტორი, ყველაზე ნაკლებად – ცეზიუმი (ფრანციუმი არასტაბილური რადიოაქტიური ელემენტია).

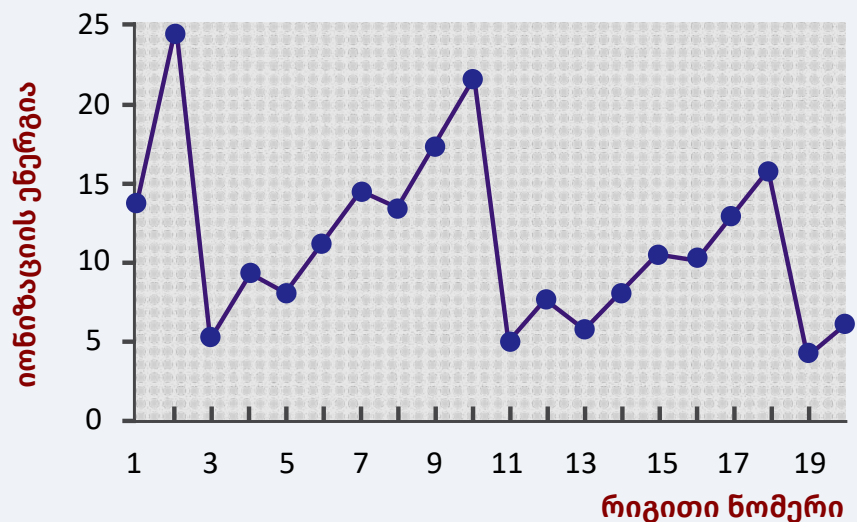
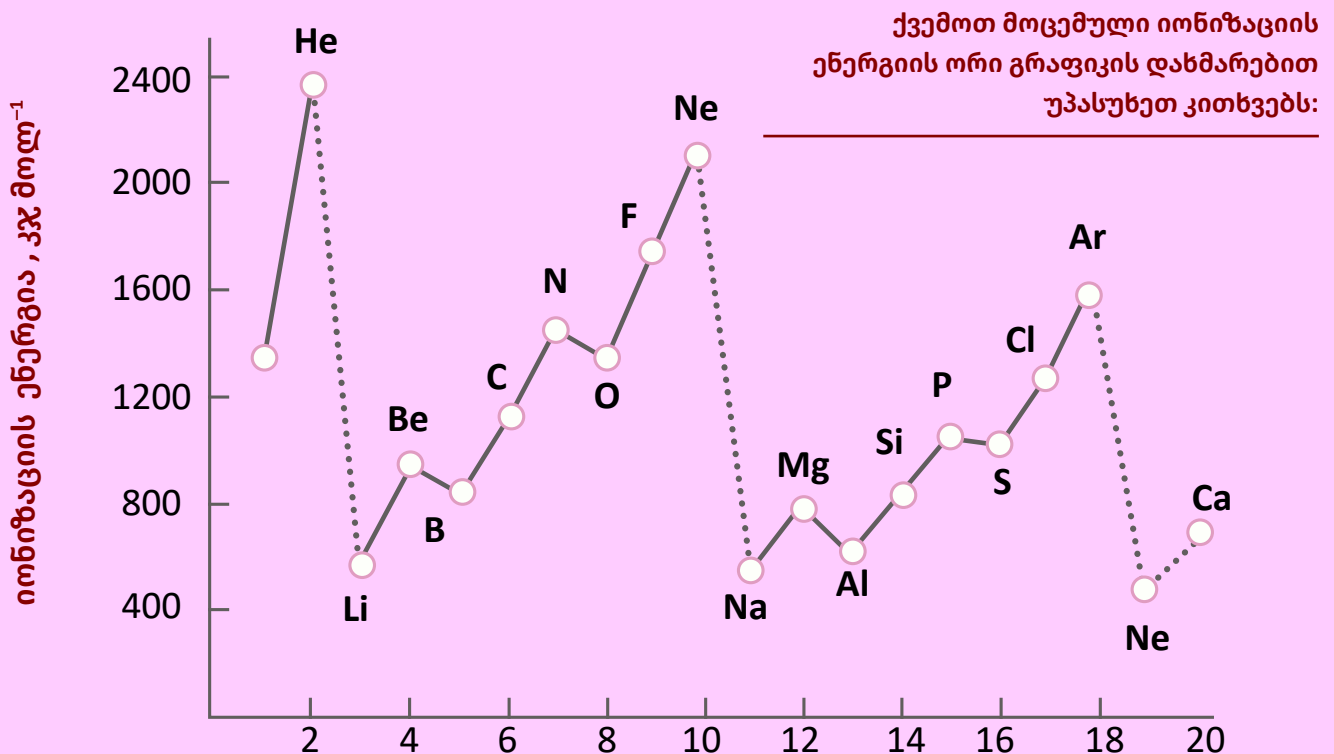
1 H 2.20	ელექტროუარყოფითობის ცხრილი															
3 Li 0.98	4 Be 1,57											5 B 2.04	6 C 2.55	7 N 3.04	8 O 3.44	9 F 3.98
11 Na 0.93	12 Mg 1.31											13 Al 1.61	14 Si 1.90	15 P 2.19	16 S 2.58	17 Cl 3.16
19 K 0.82	20 Ca 1.00	21 Sc 1.36	22 Ti 1.54	23 V 1.63	24 Cr 1.66	25 Mn 1.55	26 Fe 1.83	27 Co 1.88	28 Ni 1.91	29 Cu 1.90	30 Zn 1.65	31 Ga 1.81	32 Ge 2.01	33 As 2.18	34 Se 2.55	35 Br 2.96
37 Rb 0.82	38 Sr 0.95	39 Y 1.22	40 Zr 1.33	41 Nb 1.6	42 Mo 2.16	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.28	46 Pd 2.20	47 Ag 1.93	48 Cd 1.69	49 In 1.78	50 Sn 1.96	51 Sb 2.05	52 Te 2.1	53 I 2.66
55 Cs 0.79	56 Ba 0.89	57 La 1.1	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 2.36	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.20	78 Pt 2.28	79 Au 2.54	80 Hg 2.00	81 Tl 1.62	82 Pb 2.33	83 Bi 2.02	84 Po 2.0	85 At 2.2
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	სურათი. ელექტროუარყოფითობის ცხრილი.														

■ სურათი. ელექტროუარყოფითობის ცხრილი.

იონიზაციის ენერგია – ერთი ელექტრონის მოწყვეტაზე დახარჯული ენერგია; იცვლება ელექტროუარყოფითობის ანალოგიურად.

თვისებების პერიოდულობა – ქიმიური და ფიზიკური თვისებების პერიოდული გამეორება.

აქტივობა





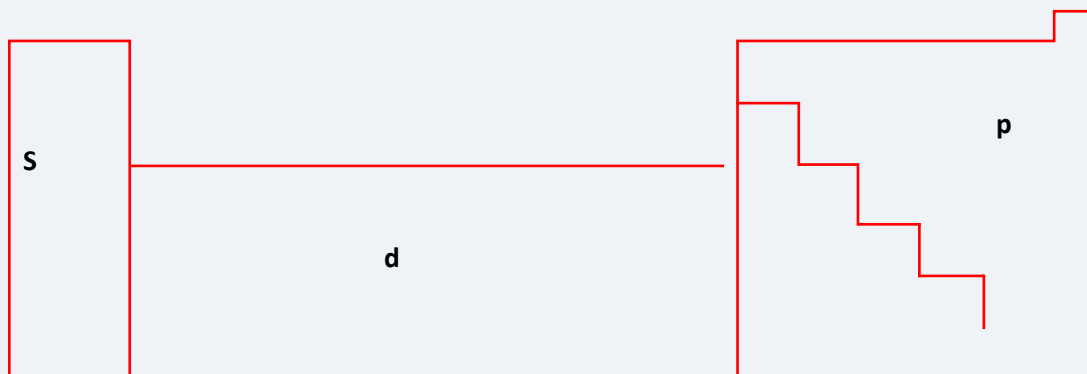
§

D

P

F

ბლოკი	ფიზიკური თვისებები	ქიმიური თვისებები
s ბლოკი	რბილი, დაბალი ღღობის ტემპ., უფრო ნაერთები.	წყალში ტუტე რეაქცია, ძლიერი აღმდგენები, ვალენტობა = ჯგუ- ფის ნომერს, დაბალი რეაქციისუ- ნარიანობის კათიონები – უმნიშ- ვნელო ჰიდროლიზი.
d ბლოკი	მტკიცე, მაღალი ღღობის ტემპ. ფერადი/შეფერილი ნაერთები.	წყალთან არ რეაგირებენ, ცვალე- ბადი ვალენტობა, კომპლექსური იონების წარმოქმნის უნარი, კათიონები განიცდიან ჰიდრო- ლიზს.
p ბლოკის მეტალები	d მეტალებზე რბილი და უფრო დაბალი ღღობის ტემპ.	ვალენტობა = 2, გამონაკლისია ალუმინი.
p ბლოკის არამეტალები	აგრეგატული მდგომარეობა – მყარი, თხევადი, აირადი.	სხვადასხვა ვალენტობა



ფიზიკური თვისებები		
მეტალი	←	→ არამეტალი
დენის გამტარი	←	→ იზოლატორი
გლინვადი, ღუნვადი	←	→ მსხვრევადი
ქიმიური თვისებები		
წყ.ხს.ტუტე არე	←	→ წყ.ხს.მჟავა არე
აღმდგენი	←	→ მჟანგავი
კათიონი	←	→ ანიონი

აქტივობა

შეავსეთ ცხრილი:

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
ExOy							
EHx							

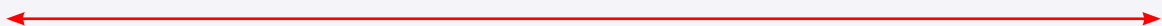
კიდევ სცადე

მეორე პერიოდის ელემენტები და მათი ნაერთები

ელემენტები	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
ბმის ტიპი	მეტალური	მეტალური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	—

აღმდგენი

მჟანგავი

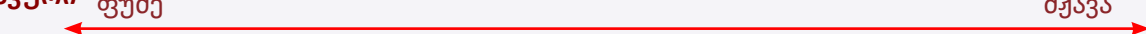


ჰიდრიდები	LiH	BeH ₂	B ₂ H ₆	CH ₄	NH ₃	H ₂ O	HF	—
ბმის ტიპი	იონური	იონური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	—

ფუძე-მჟავური ბუნება

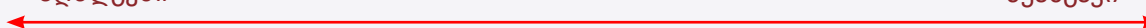
ფუძე

მჟავა



აღმდგენი

მჟანგავი



ოქსიდები	Li ₂ O	BeO	B ₂ O ₃	CO ₂	N ₂ O ₅	O ₂	F ₂ O	—
ბმის ტიპი	იონური	იონური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	—

ფუძე-მჟავური
ბუნება

ფუძე

მჟავა

ქლორი- დები	LiCl	BeCl ₂	BCl ₃	CCl ₄	NCl ₃	Cl ₂ O ₇	ClF	—
ბმის ტიპი	იონური	იონური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	—

ფუძე-მჟავური
ბუნება

ნეიტრალური

მჟავა

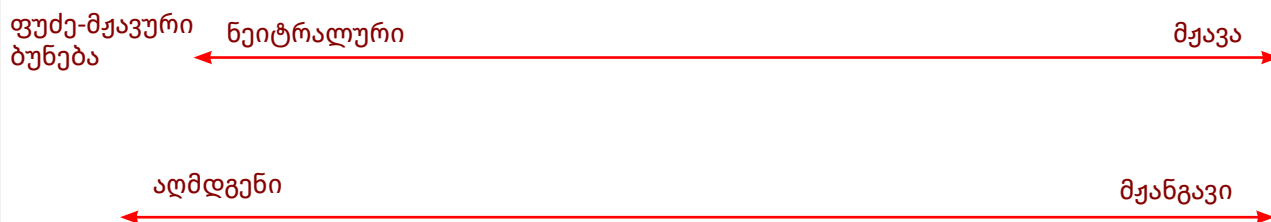
მესამე პერიოდის ელემენტები და მათი ნაერთები

ელემენტები	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
ბმის ტიპი	მეტალური	მეტალური	მეტალური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	კოვალენტური	—

აღმდგენი

მჟანგავი

ჰიდრიდები	NaH	MgH ₂	AlH ₃	SiH ₄	PH ₃	H ₂ S	HCl	—
ბმის ტიპი	იონური	იონური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	—



ოქსიდები	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₄ O ₁₀	SO ₂	Cl ₂ O	—
ბმის ტიპი	იონური	იონური	იონური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	—



ჰლორიდები	NaCl	MgCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄	PCl ₅	SCl ₂	Cl ₂	—
ბმის ტიპი	იონური	იონური	იონურ/ კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	კოვალენ- ტური	—



მეტალების და არამეტალების ზოგადი დახასიათება



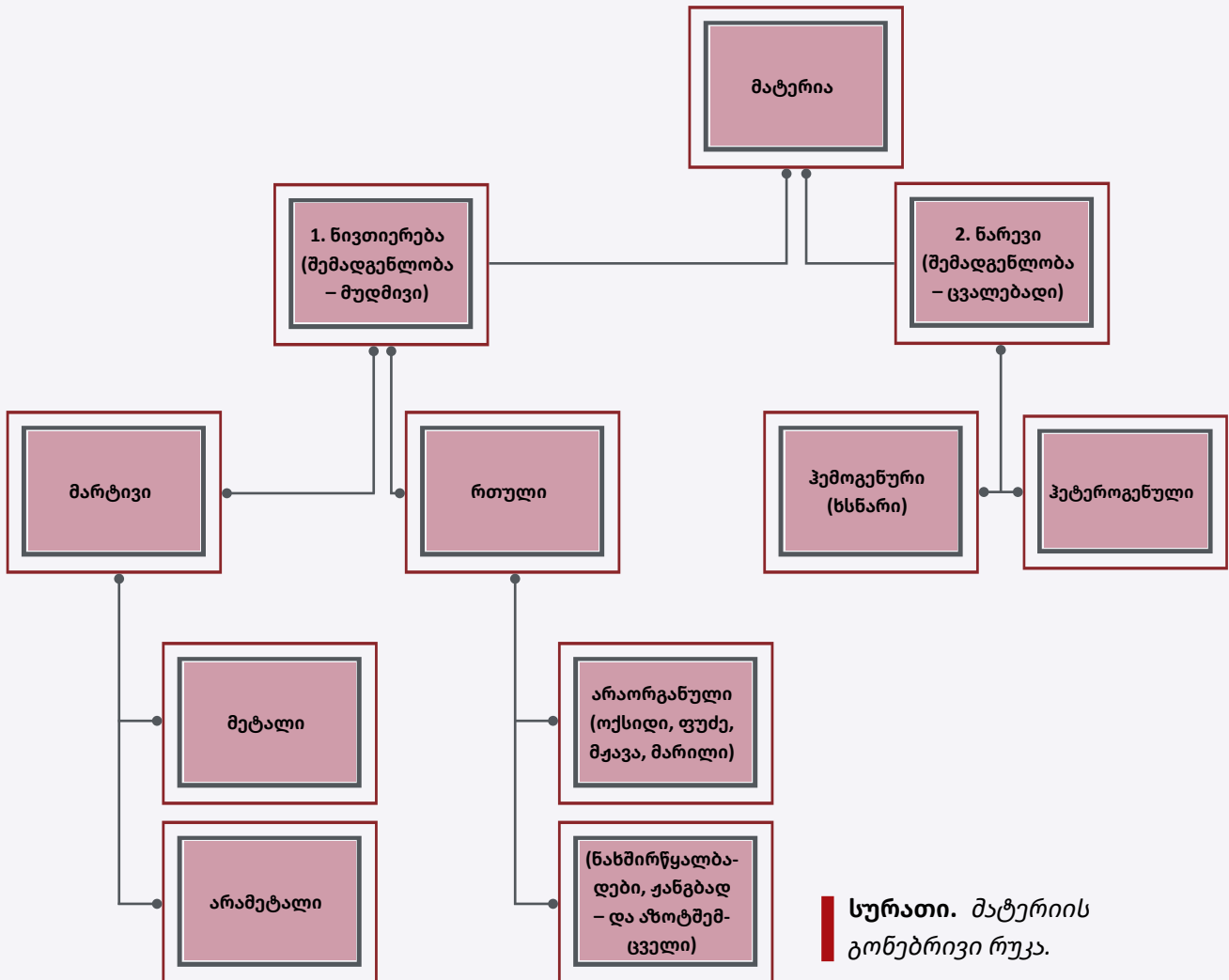
რა საერთო აქვთ მოცემულ ფოტოებს?

ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად გავიხსენოთ მატერიის განმარტება.



გაიხსენე

- ▶ მატერია არის ის, რისგანაც შედგება სამყარო;
- ▶ ყველაფერი, რაც ჩვენ გარშემოა, მატერიისაგან შედგება;
- ▶ მატერია არის ის, რასაც აქვს მასა და მოცულობა.



როგორც გონებრივი რუკიდან ჩანს, მატერიის ფორმებია მეტალები და არამეტალები. განვიხილოთ მათი ზოგადი დახასიათება.

მეტალები

მეტალების თვისებებში, არამეტალებისაგან განსხვავებით, რომელთა თვისებები სხვადასხვაგვარია, შეიმჩნევა ზოგადი/საერთო კანონზომიერებები.

საერთო ფიზიკური თვისებები – მაღალი ელექტრო- და თბოგამტარობა, პლასტიკურობა. ელექტროგამტარობის შესახებ ინფორმაცია იხილეთ ასევე ფიზიკის ნაწილში **ელექტრული დენი და ელექტრობა და მაგნიტიზმი**.

პლასტიკურობით აიხსნება მეტალების ჭედვალობა, გლინვალობა, მავთულად გამოწევა, ტვიფრა. მეტალური ბზინვარება განპირობებულია მეტალების ზედაპირის უნარით, კარგად აირეკლონ სინათლე, ამიტომ ახასიათებთ გაუმჭვირვალობა.

ქიმიური თვისებები – სავალენტო ელექტრონების რაოდენობაა 1,2,3. ამ ელექტრონებს ადვილად გასცემენ, ამიტომ არიან კარგი/ძლიერი/აქტიური აღმდგენები.

მეტალების ფიზიკური და ქიმიური თვისებების მსგავსებას/ერთიანობას საფუძვლად უდევს მსგავსება: ა) სხვადასხვა მეტალის ატომების აღნაგობების, ბ) კრისტალური მესრების ტიპის.

ა) მეტალების ატომების რადიუსი მეტია, ვიდრე არამეტალების ატომების, სავალენტო ელექტრონები დამორებულია ბირთვიდან, ამიტომ სავალენტო ელექტრონები სუსტად არის ბმული ბირთვთან – მეტალებს აქვთ დაბალი იონიზაციის ენერგია და ნულთან ახლოს ან უარყოფითი ელექტრონისაღმე სწრაფვა. სწორედ ამით აიხსნება ის, რომ მეტალები, გასცემენ რა ელექტრონებს ადვილად, არიან აღმდგენები და, როგორც წესი, ვერ იერთებენ ელექტრონებს – არ ამჟღავნებენ მჟანგავ უნარს.

ბ) მეტალებს აქვთ მეტალური კრისტალური მეს-

რი, სადაც მესრის კვანძებში მოთავსებულია მეტალის ატომები/იონები, ხოლო ამ ფენებს შორის – ელექტრონების „ზღვა“.

დედამიწის ქერქში ყველაზე გავრცელებული ელემენტია ალუმინი; შემდეგ – რკინა, კალციუმი, ნატრიუმი, კალიუმი, მაგნიუმი, ტიტანი. დანარჩენი მეტალები უმნიშვნელო რაოდენობით არიან წარმოდგენილი: ქრომი – 0,3%, ნიკელი – 0,2%, სპილენძი – 0,01%. ბუნებაში მეტალები გვხვდება როგორც თავისუფალი, ისე ნაერთების სახით.

■ იცით თუ არა, რომ უძველესი დროიდან ცნობილი 7 მეტალი ასოცირდება ციურ სხეულებთან?

მეტალი	ქიმიური სიმბოლო	ციური სხეული
ოქრო	Au	მზე
ვერცხლი	Ag	მთვარე
ვერცხლისწყალი	Hg	მერკური
სპილენძი	Cu	ვენერა
რკინა	Fe	მარსი
კალა	Sn	იუპიტერი
ტყვია	Pb	სატურნი

■ ეგვიპტურ აკლდამებში (1500 წ. ჩვ.წ.ად.) ნაპოვნია ვერცხლისწყალი, ყველაზე ხანდაზმული რკინის ნაკეთობა კი 3,5 ათას წელს ითვლის.

ადამიანი უძველესი დროიდან ამზადებდა მონეტებს ვერცხლისგან, ოქროსა და სპილენძისაგან.

ძველმა რომაელებმა ვერცხლის მონეტების მოჭრა დაიწყეს 269 წ.ჩვ.წ.ად-მდე, ოქროს მონეტებზე ნახევარი საუკუნით ადრე. ოქროს მონეტების სამშობლო გახდა ლიდია, რომელიც მცირე აზიის დასავლეთ ნაწილში მდებარეობდა და რომელიც ვაჭრობდა საბერძნეთთან და სხვა სახელმწიფოებთან ამ მონეტების საშუალებით.

ხეოფსის პირამიდა აგებულია ქვისა და სპილენძისაგან დამზადებული ინსტრუმენტებით და მის აგებაზე 2 300 000 ქვის ლოდი დაიხარჯა.

როდოსის კოლოსი – 32მ სიმაღლის ბრინჯაოს ქანდაკება უძველესი ნავსადგურის – როდოსის თავზე იყო აღმართული. ბრინჯაოს სამშობლოდ ითვლება ადრიატიკის ზღვის სანაპიროზე მდებარე ქალაქი ბრინდიზი, რომელიც განთქმულია ბრინჯაოს ნაკეთობებით.

ბრინჯაოს ხანა რკინის ხანამ შეცვალა მას შემდეგ, რაც კაცობრიობამ შეძლო მეტალურგიულ ღუმელებში რკინის ლდობის ტემპერატურის მიღწევა – 1540°C. რკინის ხანა დღემდე გრძელდება. ადამიანის მიერ გამოყენებული შენადნობების 9/10 რკინას შეიცავს.

დღეისათვის მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში 118 ქიმიური ელემენტია. ეს ელემენტები იყოფა მეტალებად და არამეტალებად. აქედან მეტალია 118 – 26 = 92; მათგან 80 – სტაბილური, დანარჩენი 12 – რადიაქტიური. მეტალების ნაწილი ბუნებაშია, ხოლო ნაწილი – ხელოვნურად მიღებული. მეტალებს მიეკუთვნება IA, IIA, IIIA ჯგუფის ელემენტები წყალბადის და ბორის გარდა, B ჯგუფის ყველა ელემენტი ლანთანოიდებისა და აქტინოიდების ჩათვლით. ასევე IVA-VIA ჯგუფების ზოგიერთი ელემენტი – Ge, Sn, Pb, Sb, Bi, Po.

ყველა მეტალი არის მყარი (გამონაკლისია ვერცხლისწყალი – თხევადი). მეტალები ხასიათდებიან მაღალი, კარგი ელექტრო – და თბოგამტარობით, პლასტიკურობით. პლასტიკურობა მეტალების მნიშვნელოვანი თვისებაა და გულისხმობს დარტყმისას ფორმის შეცვლას, მავთულებად გაწელვას, თხელ ფირფიტებად გაგლინვას. ყველაზე პლასტიკურია ოქრო. 1გ ოქროსგან (Au) 3 კმ სიგრძის მავთულის გაჭიმვა შეიძლება. დენის საუკეთესო გამტარები არიან ვერცხლი, სპილენძი, ოქრო, ალუმინი. ამ მეტალების ელექტროგამტარობის უნარი მცირდება მარცხნიდან მარჯვნივ მწკრივში:

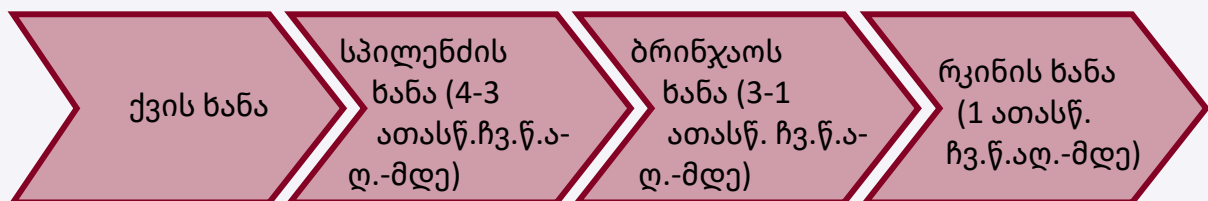


მეტალებს ბზინვარება ახასიათებთ. სინათლე შთაინთქმება მეტალის ზედაპირის მიერ, მეტალის ატომის ელექტრონები იწყებენ საკუთარი მეორეული ტალღების გამოსხივებას, რასაც ჩვენ მეტალურ ბზინვარებად აღვიქვამთ. შესანიშნავად ირეკლავენ სინათლეს ვერცხლი(Ag), სპილენძი(Cu), ვერცხლისწყალი(Hg).

ძვირფასი მეტალებია: Au, Ag, Pt, Ru, Rh, Pd, Os, Ir.

ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან, დამწერლობის შემოღებამდე, ადამიანისთვის ცნობილი იყო 7 მეტალი: Au, Ag, Cu, Sn, Pb, Fe, Hg. ვარაუდობენ, რომ ამ მეტალებიდან ადამიანმა ჯერ ბუნებაში თავისუფალი სახით არსებული სამი მეტალის – Au, Ag, Cu – გამოყენება დაიწყო, დანარჩენი ოთხი მეტალი კი ყოფაცხოვრებაში მას შემდეგ შემოვიდა, რაც ადამიანმა მაღალ ტემპერატურაზე დამუშავებით მადნებიდან მათი მიღება შეძლო. კაცობრიობის განვითარების ისტორიაში შემდეგი ეტაპების გამოყოფა შეიძლება:

ქვის ხანა → სპილენძის ხანა (4-3 ათასწ. ჩვ.წ.აღ-მდე) → ბრინჯაოს ხანა (3-1 ათასწ.ჩვ.წ.აღ-მდე) → რკინის ხანა (1 ათასწ.ჩვ.წ.აღ-მდე).

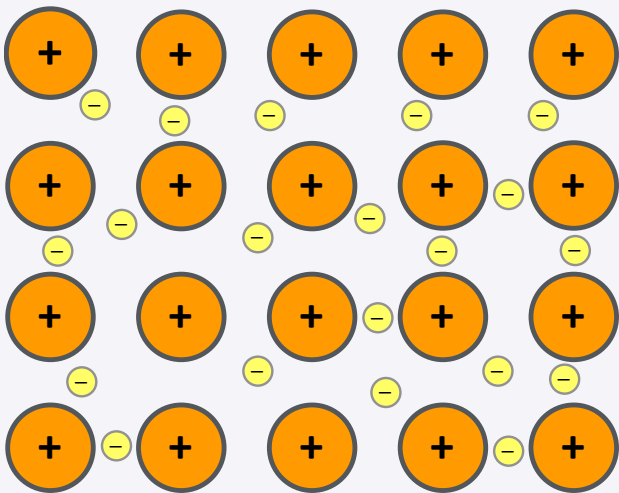
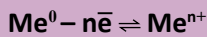


ძველი ეგვიპტის, ძველი საბერძნეთის, ბაბილონის სახელმწიფოების განვითარება მჭიდრო კავშირშია მეტალებისა და მათი შენადნობების გამოყენებასთან: ეგვიპტურ აკლდამებში (1500 წ. ჩვ.წ.აღ-მდე) ნაპოვნია ვერცხლისწყალი, Hg; დღემდე მოღწეული უძველესი რკინის ნაკეთობები 3500 წელს ითვლიან.

კაცობრიობის განვითარებასთან ერთად, ქვის ხანა თანდათან სპილენძის ხანამ ჩაანაცვლა. სპილენძი თავისუფალი სახით ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული. იგი ადვილად ექვემდებარება დამუშავებას.

მეტალების უმეტესობას ატომის გარე შრეზე აქვთ 1, 2 ან 3 ელექტრონი. ატომი ადვი-

ლად გასცემს ამ სავალენტო ელექტრონებს და წარმოქმნის დადებითად დამუხტულ იონს – კათიონს. ეს ელექტრონები თავისუფლად მოძრაობენ მეტალის კათიონებს შორის, რითიც მეტალის სტრუქტურის მთლიანობას ქმნიან. იმის გარკვევა, თუ რომელი ელექტრონი რომელ ატომს ეკუთვნის, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ყველა ელექტრონი საერთო ხდება, ისინი უერთდებიან იონებს, დროებით წარმოიქმნება ატომები, რომლებიც ისევ გასცემენ სავალენტო ელექტრონებს და ისევ წარმოიქმნება კათიონები, ეს უწყვეტი პროცესია, რომელიც სქემატურად ასე შეიძლება გამოსახოს:



მეტალური ბმა (საკვანძო სიტყვები – დელოკალიზებული ელექტრონები, ელექტრონების ზღვა):

ქიმიური ბმების შესახებ დამატებით ინფორმაციას გააცანით გზულებზე:

<https://www.youtube.com/watch?v=b1y2Q6YX1bQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=S08qdOTd0w0&t=180s>

<https://www.youtube.com/watch?v=Bjf9gMDP47s&t=106s>

ამრიგად, მეტალის მთელ მოცულობაში ატომები განუწყვეტილად გარდაიქმნებიან იონებად და პირიქით.

მეტალური ბმა – მეტალის იონებს შორის საზიარო საერთო ელექტრონებით („ელექტრონების ზღვა“) განხორციელებული ბმა.

მეტალის კრისტალური მესრის კვანძებში განლაგებული მეტალის ატომები/კათიონები ერთმანეთს უკავშირდება საერთო ელექტრონებით, რომლებიც ქმნიან ყველა ატომისათვის საერთო ე.წ. ელექტრონების ზღვას. ეს ელექტრონები აბალანსებენ კათიონებს შორის არსებული ელექტროსტატიკური განზიდვის ძალებს, რითიც უზრუნველყოფენ მეტალური კრისტალური მესრის მდგრადობას.

მეტალური ბმით განისაზღვრება მეტალის ისეთი თვისებები, როგორებიცაა თბო – და ელექტროგამტარობა, მეტალური ბზინვარება, პლასტიკურობა.

მეტალების პლასტიკურობა (თვისება შეიცვალოს ფორმა გარეგანი ზემოქმედების შედეგად და შინარჩუნოს მიღებული ფორმა ამ ზემოქმედების შეწყვეტის შემდეგ) განპირობებულია იმით, რომ იონ-ატომების ერთი ფენა ადვილად წაინაცვლებს, გასრიადდება მეორის მიმართ მეტალური ბმის გაწყვეტის გარეშე. ყველაზე პლასტიკური მეტალებია Au, Ag, Cu. მაგ., ოქროსგან შეიძლება დამზადდეს 0,003მმ სისქის ოქროს ფოლგა, რომელიც ნაკეთობების მოსაოქროვებლად გამოიყენება.

მეტალების თბო – და ელექტროგამტარობა განპირობებულია კრისტალურ მესერში მოძრავი დელოკალიზებული ელექტრონების არსებობით.

მეტალების გლუვი ზედაპირისთვის დამახასიათებელია მეტალური ბზინვარება – სინათლის სხივების არეკვლის შედეგი. ფხვნილისებური მეტალები (ალუმინისა და მაგნიუმის გარდა) ბზინვარებას კარგავენ, შავ ან ნაცრისფერ შეფერილობას იღებენ. ალუმინი, ვერცხლი, პალადიუმი ყველაზე მაღალი არეკვლის უნარით ხასიათდებიან; მათგან სარკეები მზადდება, მათ შორის, პროექტორის სარკეებიც.

მეტალური ბზინვარების გარდა, მნიშვნელო-

ვანია მეტალების ისეთი ფიზიკური თვისებები, როგორებიცაა სიმკვრივე, ღებობის t , სიმაგრე/სიმტკიცე.

■ სიმაგრე/სიმტკიცე:

ყველაზე მტკიცეა VIB ჯგუფის მეტალები. მაგ., ქრომი(Cr) სიმტკიცით აღმასს უახლოვდება.

ყველაზე რბილი – ტუტე მეტალებია; მაგ., ნატრიუმი, კალიუმი, რუბიდიუმი, ცეზიუმი ადვილად იჭრება დანით.

სიმკვრივე:

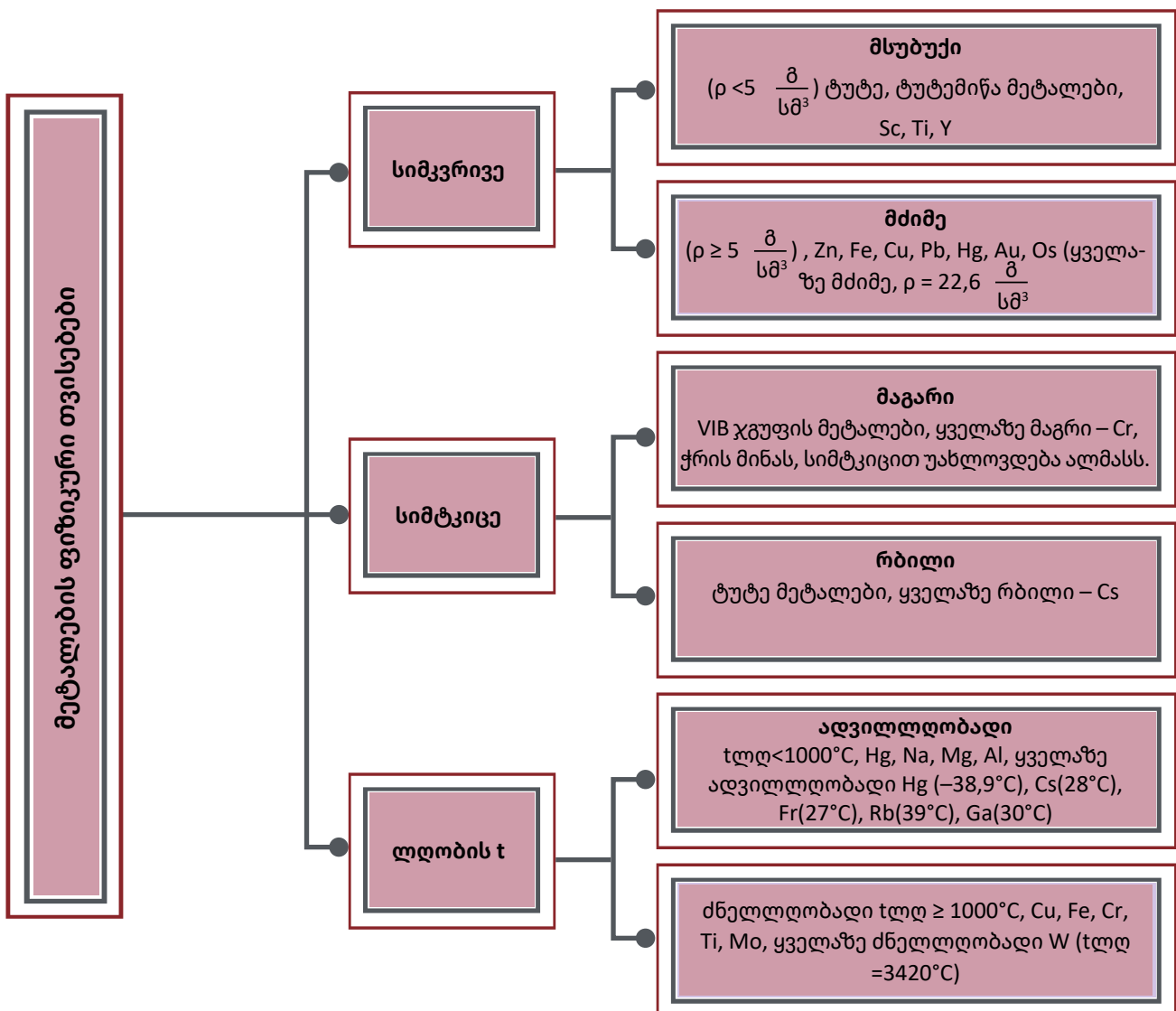
მსუბუქი ($\rho < 5 \frac{\text{გ}}{\text{სმ}^3}$) – ტუტე-ტუტემიწა მეტალები, ალუმინი, სკანდიუმი, იტრიუმი, ტიტანი (გარდამავალი მეტალები); ესენი არიან მსუბუქი და ძნელღებობადი.

ყველაზე მსუბუქია ლითიუმი (Li, $\rho = 0,53 \text{ გ/სმ}^3$);

ყველაზე მძიმე – ოსმიუმი (Os, $\rho = 22,6 \text{ გ/სმ}^3$);

მსუბუქი მეტალი – ადვილღებობადი (Ga, Cs ხელისგულზე დნება);

მძიმე მეტალები – ძნელღებობადი (ვოლფრამი(W), $t_{\text{ღ}} = 3380^\circ\text{C}$).



შენადნობები

შენადნობი – ორი ან მეტი ელემენტის ნარევი, რომელთაგან ერთ-ერთი მეტალია.

შენადნობების კლასიფიკაცია:

1. სტრუქტურის მიხედვით – ერთგვაროვანი, არაერთგვაროვანი;
2. შენადნობის ძირითადი მეტალის ბუნების მიხედვით – შავი (თუჯი, ფოლადი), ფერადი (ალუმინი, სპილენძი, ნიკელი);
3. კომპონენტების რიცხვის მიხედვით – ორმაგი, სამმაგი;
4. სტრუქტურის მიხედვით – ჰომოგენური, ჰეტეროგენული;
5. დამახასიათებელი თვისებების მიხედვით – ძნელ და ადვილღებადი, ცეცხლგამძლე, თბოგამძლე, მყარი, კოროზიისადმი მდგრადი;
6. ტექნოლოგიური მახასიათებლების მიხედვით – ჩამოსასხმელი (დეტალების დასამზადებლად) და დეფორმირებადი (ექვემდებარებიან ჭედვას, დაშტამპვას, დაპრესვას/დაჭირხვნას).
7. ნაცრისფერი თუჯი (სილიციუმის მაღალი შემცველობა):

C – 1,7 ÷ 4,3 % Si – 1,25 ÷ 4,0 % Mn – 1,5%

თეთრი თუჯი (სილიციუმის უმნიშვნელო შემცველობა):

C – 1,7 ÷ 4,3 % Mn – 1,5% Si – უმნიშვნელო

თეთრი თუჯი შეიცავს ნახშირბადს ცემენტიტის – რკინის კარბიდის (Fe_3C) – სახით.

შენადნობები

შენადნობი (მყარი ხსნარი) – ორი ან მეტი კომპონენტის შემცველი სისტემა, რომელთაგან ერთ-ერთი მეტალია.

შენადნობის ლღობის ტემპერატურა უფრო დაბალია მასში შემავალი მეტალისაზე. მაგ.:

ვუდის შენადნობის $t_{\text{ღ}}$ = 68 °C, მაშინ როდესაც მასში შემავალი მეტალების ლღობის ტემპერატურებია:

Bi – 271,0 °C Pb – 327,4 °C Sn – 231,9 °C
Cd – 321,0 °C

თითბერი – უფრო მტკიცეა, ვიდრე ცალკე აღებული სპილენძი და თუთია.

შავი შენადნობები – თუჯი, ფოლადი; ძირითადი კომპონენტი – რკინა;

ფერადი შენადნობები – თითბერი, ბრინჯაო; ძირითადი კომპონენტი – სპილენძი;

მსუბუქი შენადნობები – მაგნიუმისა და ალუმინის საფუძველზე (დურალუმინი, მაგნალი);

კეთილშობილი და იშვიათი შენადნობები – ძვირფასი და იშვიათი მეტალების საფუძველზე – საიუველირო შენადნობები.

ცნობილია 90-ზე მეტი მეტალი, შენადნობი – ათიათასობით.

შენადნობების კლასიფიკაცია სხვადასხვაგვარია. განასხვავებენ სპილენძის, ალუმინის, ნიკელის, ტიტანის შენადნობებს.



მეტალების აღნაგობა და ფიზიკური თვისებები

ბმის ტიპი – მეტალური;

კრისტალური მესრის ტიპი – მეტალური;

აგრეგატული მდგომარეობა – სტანდარტულ პირობებში მყარი (გამონაკლისი – Hg);

ლღობისა და ღუდილის ტემპერატურები იცვლება ფართო დიაპაზონში;

კარგი თბო- და ელექტროგამტარები; საუკეთესო ელექტროგამტარია ვერცხლი;

პლასტიკურობი, ჭედვადები; ყველაზე პლასტიკურია ოქრო;

მეტალური ბზინვარება;

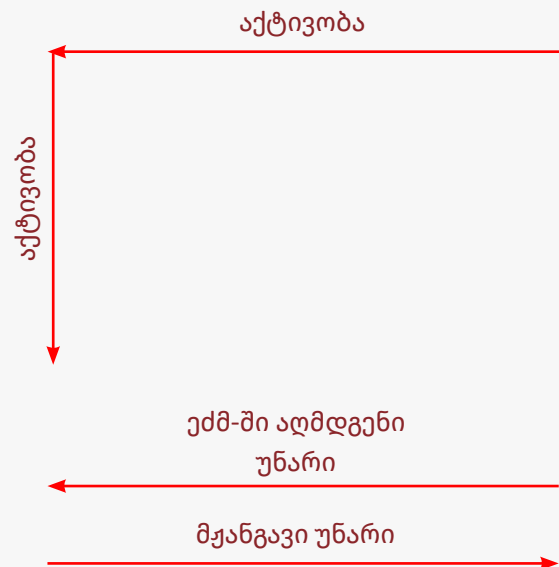
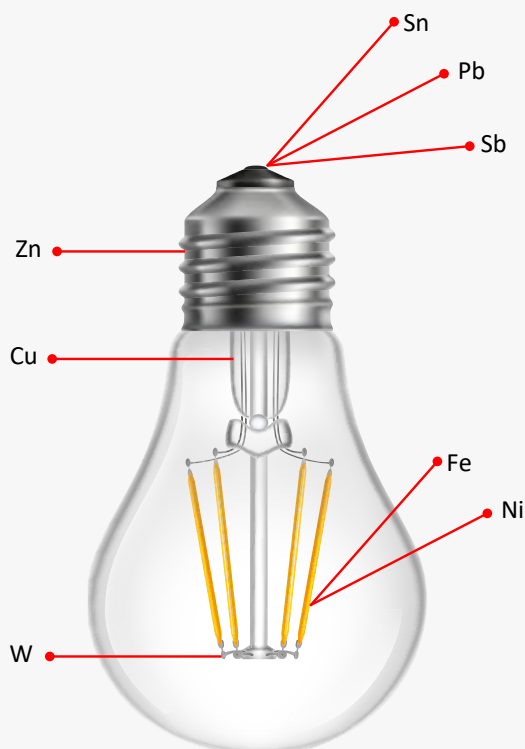
ძნელღებადები, $t_{\text{ღ}} > 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$; ყველაზე
ძნელღებადია W ($t_{\text{ღ}} = 3400\text{ }^{\circ}\text{C}$);

ადვილღებადები, $t_{\text{ღ}} < 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$; ყველაზე
ადვილღებადია Hg ($t_{\text{ღ}} = -39\text{ }^{\circ}\text{C}$);

მსუბუქები $\rho < 5\text{ გ/სმ}^3$;

მძიმე $\rho < 5\text{ გ/სმ}^3$ ყველაზე მძიმეა Os ($\rho = 22,6\text{ გ/სმ}^3$);

ელექტრონათურების შედგენილობაში შემაჯავლი მეტალები:



მეტალთა აქტიურობა იზრდება მარჯვნივ-დან მარცხნივ, ზემოდან ქვემოთ.

■ ედმ – მეტალთა ელექტროქიმიური ძაბვის მწკრივი.

არამეტალები

არამეტალები პერიოდულ სისტემაში მდებარეობს ბორი(B) – ასტატი(At) დიაგონალზე და მის ზემოთ. თუ მეტალების ატომებს გარე შრეზე 1, 2, 3 ელექტრონი აქვთ, არამეტალებს აქვთ 4-8 ელექტრონი.

რაოდენობრივი სიმცირის მიუხედავად, არამეტალები მრავალფეროვნებით გამოირჩევიან. მათ შორის უფრო მეტი განსხვავებაა, ვიდრე მსგავსება. ამიტომ მათი ზოგადი თვისებების გამოყოფა ძნელია. მაგ., თუ მეტალებისთვის დამახასიათებელია მოვერცხლისფრო-თეთრი

მეტალების კოროზიის შესახებ ინფორმაცია იხილეთ თემაში

☛ „მრეწველობა და ყოფაცხოვრება“, თავი „ქანგვა-აღდგენა“.

ფერი, არამეტალების (მარტივი ნივთიერებების) შეფერილობა სპექტრის ყველა ფერს მოიცავს: წითელს (წითელი ფოსფორი), მოწითალო-მოყავისფროს (ბრომი), ყვითელს (გოგირდი), მწვანეს (ქლორი), იისფერს (იოდის ორთქლი).

არამეტალების ლდობის ტემპერატურა იცვლება ფართო ინტერვალში 3800°C -დან (გრაფიტი) -210°C -მდე (აზოტი). ეს თავისებურება აიხსნება არამეტალების თვისებით, წარმოქმნას ორი ტიპის კრისტალური მესერი: მოლეკულური (O_2 , N_2 , ჰალოგენები, თეთრი ფოსფორი) და ატომური (ალმასი, გრაფიტი, სილიციუმი, ბორი). კრისტალური მესრის განსხვავებული აღნაგობით აიხსნება ასევე ალოტროპიის მოვლენაც (ქიმიური ბმა).

ჩვეულებრივ პირობებში (1°C , 25°C) არამეტალები აირად, თხევად და მყარ მდგომარეობაში არსებობენ.

გაზები: ინერტული აირები, რომელთა ატომებს (ჰელიუმის გარდა) გარე შრეზე 8 ელექტრონი აქვთ; ინერტული აირი ატომური შედგენილობისაა. ქიმიური მდგრადობის გამო, ინერტული აირები ემსგავსებიან კეთილშობილ ძვირფას მეტალებს – ოქროსა და პლატინას და ამიტომ მათ კეთილშობილ აირებსაც უწოდებენ.

არამეტალები, რომელთა მოლეკულები ორატომიანია: H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 .

არამეტალი ქანგბადი წარმოქმნის ორ მარტივ აირად ნივთიერებას – ჟანგბადს (O_2) და ოზონს (O_3). ქიმიური ელემენტის ატომების უნარს, წარმოქმნას ორი ან მეტი მარტივი ნივთიერება, **ალოტროპია** ეწოდება, ხოლო ამ ნივთიერებებს – ალოტროპული სახესხვაობები. ჟანგბადისა და ოზონის თვისებები განსხვავებულია – ჟანგბადი უსუნოა, ოზონს კი დამახასიათებელი სუნი აქვს, რომელიც განსაკუთრებით მძაფრად იგრძნობა ქექა-ქუხილის დროს ელექტრული განმუხტვისას. ჟანგბადი უფეროა, ოზონი – ღია იისფერი. ოზონი ჟანგბადზე ძლიერი მჟანგავია და ამიტომ სასმელი წყლის სადუზინფექციოდ გამოიყენება. ოზონი აკავებს მზის სპექტრის ულტრაიისფერ გამოსხივებას, ამიტომ ოზონის ეკრანი, რომელიც ატმოსფეროშია, დედამიწიდან 20-25 კმ სიმაღლეზე, იცავს და უზრუნველყოფს სიცოცხლეს ჩვენს პლანეტაზე.

22 არამეტალი მარტივი ნივთიერებიდან ჩვეულებრივ პირობებში თხევადია მხოლოდ ბრომი (Br_2) – მოყავისფრო-მოწითალო ფერის სითხე.

ალოტროპია ახასიათებს როგორც აირად არამეტალებს, ასევე მყარ არამეტალებსაც. მაგ., ბუნებაში ნახშირბადი არსებობს როგორც მარტივი, ასევე რთული ნივთიერებების სახით. მარტივ ნივთიერებებში მოიაზრება მისი ორი ალოტროპი – ალმასი და გრაფიტი. მათ შორის განსხვავება განპირობებულია კრისტალური მესრების განსხვავებული აღნაგობით.

ელემენტ ფოსფორის ორი ალოტროპული სახესხვაობა არსებობს: წითელი ფოსფორი (ასანთის კოლოფის გვერდზე) და თეთრი ფოსფორი.

კრისტალური იოდი და გრაფიტი მეტალური ბზინვარებით ხასიათდებიან.

არამეტალებიდან დენს მხოლოდ გრაფიტი ატარებს.

კრისტალურ ნივთიერებებს აქვთ კრისტალური სტრუქტურა, რომელიც კრისტალური მესრით გამოისახება. იმისდა მიხედვით, თუ კრისტალური მესრის კვანძებში რომელი ნაწილაკებია განლაგებული, განასხვავებენ მოლეკულურ, ატომურ, იონურ და მეტალურ კრისტალურ მესერს:

მოლეკულური კრისტალური მესერი – კვანძებში მოლეკულები, მათ შორის მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედების ძალები;

ატომური კრისტალური მესერი – კვანძებში ატომები, მათ შორის კოვალენტური ბმა;

იონური კრისტალური მესერი – კვანძებში იონები, კათიონები, ანიონები, მათ შორის ელექტროსტატიკური მიზიდულობა;

მეტალური კრისტალური მესერი – კვანძებში მეტალის ატომები/იონები, მათ შორის თავისუფლად მოძრავი დელოკალიზებული ელექტრონები/„ელექტრონების ზღვა“, მეტალური ბმა;

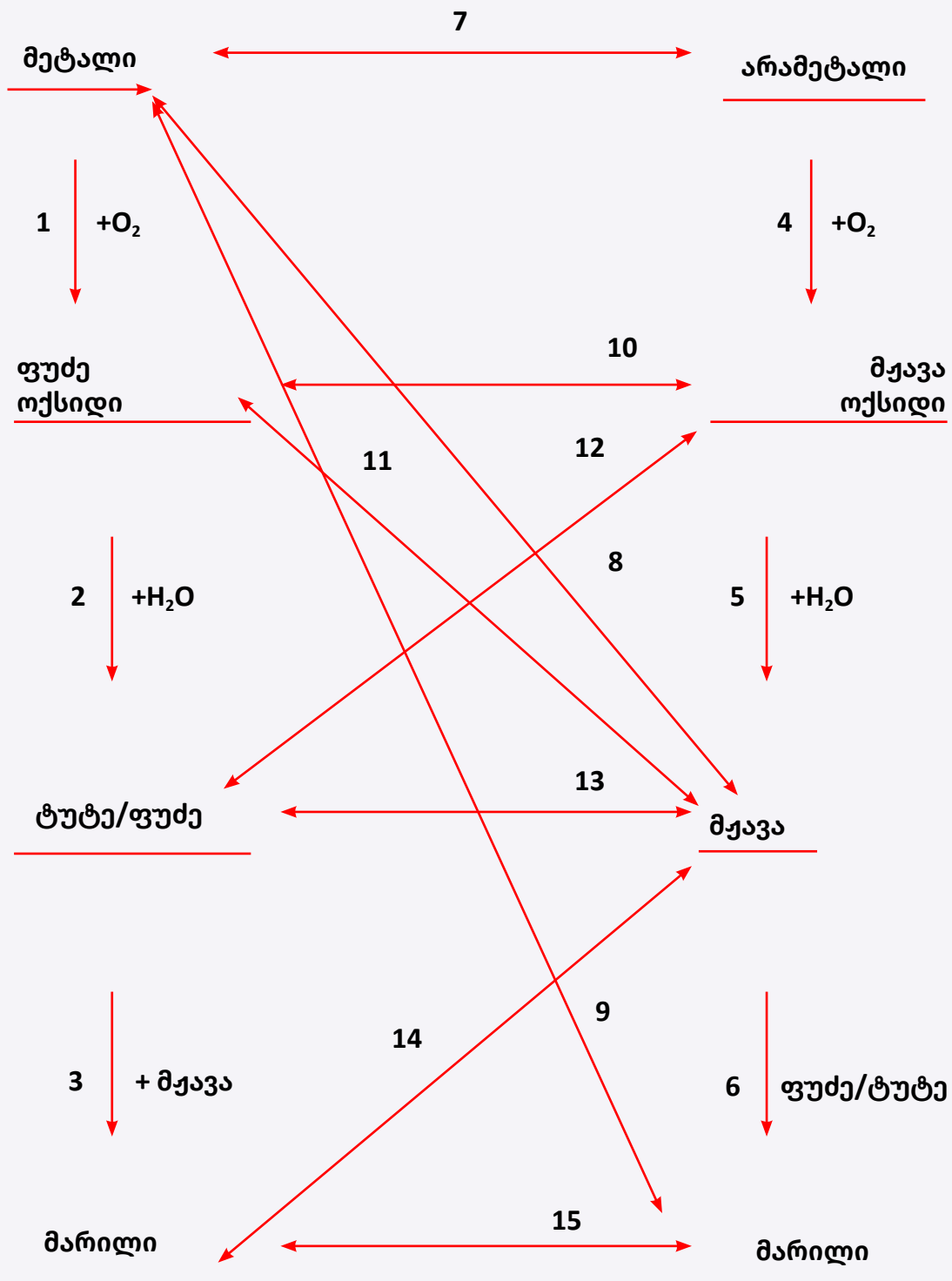
ატომური და მოლეკულური კრისტალური მესერი – კოვალენტური ნაერთები;

იონური კრისტალური მესერი – იონური ნაერთები;

მეტალური კრისტალური მესერი – მეტალები, მათი შენადნობები.

აქტივობა

მეტალებისა და არამეტალებისგან მიღებული ნაერთები და გენეტიკური კავშირი მათ შორის დაწერეთ მოცემული გარდაქმნის სქემის შესაბამისი რეაქციების ტოლობები და გაათანაბრეთ.



ინსტრუქცია აქტივობის შესასრულებლად

სქემა ერთმანეთთან აკავშირებს მეტალისა და არამეტალის შემცველ ნაერთებს. ცალმხრივი ისარი ნიშნავს იმას, რომ ერთი ნივთიერებიდან უნდა მიიღოთ მეორე, ორმხრივი – ეს ნივთიერებები უნდა დაუმატოთ ერთმანეთს. მაგ., 1. მეტალიდან ჟანგბადის დამატებით უნდა მიიღოთ ფუძე ოქსიდი, 10. ფუძე ოქსიდს უნდა დაუმატოთ მჟავა ოქსიდი და ა.შ. აქტივობის შესასრულებლად:

- ☑ გაეცანით საკითხავ მასალას N1;
- ☑ წაიკითხეთ სტატია „გონებრივი რუკის გამოყენება ქიმიის გაკვეთილზე“;
- ☑ გაეცანით საკითხავ მასალას N2;
- ☑ შეავსეთ საშუალო ფურცელში N1 მოცემული სქემა, რისთვისაც გამოიყენეთ საშუალო ფურცლები N2, 3, 4.

IVA ჯგუფის ელემენტები – ნახშირბადი, სილიციუმი

ამ ჯგუფის ელემენტებისთვის ატომის გარე შრის ელექტრონული კონფიგურაციაა

ns^2np^2

ჟანგვის რიცხვი: -4 0 +2 +4

იზოტოპები:

$^{12}_6\text{C}$ (98,9%)	$^{28}_{14}\text{Si}$ (92,07%)
$^{13}_6\text{C}$ (1,1%)	$^{29}_{14}\text{Si}$ (4,68%)
	$^{30}_{14}\text{Si}$ (3,05%)

ბუნებაში გავრცელება

ნახშირბადი	სილიციუმი
მარტივი ნივთიერებების სახით: ალმასი, გრაფიტი	მხოლოდ ნაერთების სახით.
ნაერთების სახით: 1) კირქვა, ცარცი, მარმარილო; 2) ყველა მცენარისა და ცხოველის ორგანიზმში; 3) ნახშირორჟანგი (ჰაერში, ზღვებისა და ოკეანეების წყლებში); 4) კარბონატები; 5) ნავთობი.	დედამიწის ქერქში გავრცელების მიხედვით მეორე ელემენტია. არსებობს მხოლოდ ოქსიდის SiO_2-ისა (ქვიშა, კვარცი) და სილიკატების – მინდვრის შპატისა ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) და თიხის ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) სახით.

ეტიმოლოგია – არაბული სიტყვა „ალმასი“ – უმტკიცესი, ბერძნული სიტყვა „ადამას“ – გადაულახავი, დაუძლეველი. ნახშირბადი – ნახშირის „მბადი“.

ქვანახშირი – 99% C, მურა ნახშირი – 72%, ტორფი – 57%.

ალოტროპია

ნახშირბადის ალოტროპები

ბუნებრივი		ხელოვნური	
ალმასი	- ატომური კრისტალური მესერი sp^3 - უფერო - მყარი - ძნელდობადი - არ ატარებს დენს - არ იხსნება წყალში	კარბინი	$-C \equiv C - C \equiv C -$ მყარი, თეთრი ან შავი, ატარებს დენს
			კარბინის ნაირსახეობაა პოლიკუმულენი $= C = C = C = C =$
გრაფიტი	- შრეობრივი სტრუქტურა sp^2 - მყარი - მუქი ნაცრისფერი - ატარებს დენს - სახესხვაობები – ნახშირი, ჭვარტლი, შავი გრაფიტი	ფულერენები	ფულერენი – C_{60} შედგება 20 ექვსკუთხედისა და 12 ხუთკუთხედისგან; ფულერენი – C_{70} კი – 30 ექვსკუთხედისგან.

სილიციუმის ალოტროპები

კრისტალური	ამორფული
- ალმასის მსგავსი სტრუქტურა - მეტალური ბზინვარება - ელექტროგამტარობა - ინერტულობა - უფრო რეაქციისუნარიანია	მურა წითელი ფერის ფხვნილი

✦ ეს საინტერესოა!

1828 წელს პოეტის, თავად ალექსანდრე ჭავჭავაძის ქალიშვილი ნინო ჭავჭავაძე ცოლად გაჰყვა რუს მწერალსა და დიპლომატს ალექსანდრე გრიბოედოვს. ქორწინებამ სულ რაღაც ერთ წელიწადს გასტანა – ალექსანდრე გრიბოედოვი 1829 წლის 11 თებერვალს მოკლეს თეირანში, სადაც იგი რუსეთის იმპერატორის მიერ საგანგებო მისიის შესასრულებლად იყო წარგზავნილი. ამ ფაქტს რუსეთსა და სპარსეთს შორის დიპლომატიური სკანდალი მოჰყვა და ქვეყნებს შორის ურთიერთობა უკიდურესად გამწვავდა. კონფლიქტის მოსაგვარებლად სპარსეთის მთავრობამ რუსეთის იმპერატორს საჩუქრად მიართვა 87-კარატიანი ალმასი „შაჰი“ (1 კარატი = 0,2 გ), რომელიც ამჟამად ინახება რუსეთის ალმასების ფონდში, მოსკოვში. ეს იყო ფასი, რომელიც სპარსეთმა რუსი დიპლომატის სიკვდილისთვის გადაიხადა.

მსოფლიოში უდიდესი ალმასი „კულინანი“, 3025 კარატი



ნაპოვნია სამხრეთ აფრიკაში 1905 წლის 26 იანვარს.

ალმასი „შაჰი“, 87 კარატი



ნაპოვნია ინდოეთში 1450 წელს.

თუ აქტივირებულ ნახშირს ჩავაგდებთ აზოტის ორჟანგით სავსე კოლბაში, დავინახავთ, რომ მურა წითელი შეფერილობა გაქრება – რაც ადასტურებს ნახშირის მშთანთქმებელ უნარს.

ნახშირბადისა და მისი ნაერთების ბიოლოგიური როლი

ნახშირბადი – ელემენტი-ორგანოგენი, შედის ცოცხალ ორგანიზმში არსებულ ყველა ორგანულ ნივთიერებაში. ნახშირბადის მასური წილი ადამიანის ორგანიზმში არის 21%.

ნივთიერებათა ცვლის პროცესში მონაწილეობენ ნახშირბადის შემცველი არაორგანული ნაერთებიც – ნახშირორჟანგი, ნახშირმჟავა, ჰიდროკარბონატ-იონები.

ნახშირორჟანგი – ნახშირწყლების, ცხიმებისა და სხვა მეტაბოლიტების ჟანგვის საბოლოო პროდუქტი.

ნახშირმჟავა და ჰიდროკარბონატ-იონი მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ სისხლის pH-ის მუდმივობის შესანარჩუნებლად (გავიმეოროთ ბუფერული ხსნარები).



მედიცინაში ფართოდ გამოიყენება აქტივირებული ნახშირი, რომელიც, ფოროვანი სტრუქტურის გამო, საუკეთესო ადსორბენტია. ნახშირის ეს თვისება მავნე კომპონენტებისაგან სისხლის გასასუფთავებლად გამოიყენება, ასევე, საჭმლის მომნელებელი სისტემიდან მავნე ნივთიერებების შთანთქმისათვის (ნახშირის აბების სახით).

ნახშირორჟანგისა და ჰიდროკარბონატების შემცველი მინერალური წყლები გამოიყენება გასტრიტის, კოლიტის, წყლულოვანი დაავადებების სამკურნალოდ.

აქტივობა 1

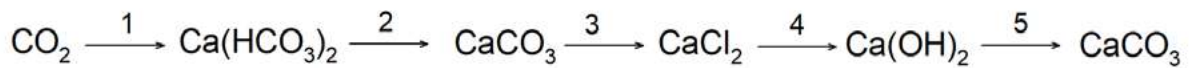
- რომელი ხუთი ხერხით არის შესაძლებელი ნახშირორჟანგის მიღება?
დაწერეთ რეაქციების ტოლობები:

1	
2	
3	
4	
5	

კიდევ სცადე

აქტივობა 2

- დაწერეთ და გაათანაბრეთ გარდაქმნის სქემის შესაბამისი რეაქციების ტოლობები:



ნახშირბადის და სილიციუმის ქიმიური თვისებები:

მარტივი ნივთ-ბა	აღმდგენი	მჟანგავი
ნახშირბადი (სუსტად გამოხატული მჟანგავი და აღმდგენი უნარი) ქვარტლი და ნახშირი	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \quad t < 500^\circ\text{C} \text{ წვა}$	$\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CO} + \text{CaC}_2$
	$\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO} \quad t > 900^\circ\text{C}$	$\text{Ca} + \text{C} \xrightarrow{t^\circ} \text{CaC}_2$
	$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2 \quad t > 1200^\circ\text{C}$	$4\text{Al} + 3\text{C} \xrightarrow{t^\circ} \text{Al}_4\text{C}_3$
	$\text{C} + \text{ZnO} \rightarrow \text{Zn} + \text{CO} \quad t > 1000^\circ\text{C}$	$\text{C} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_4$
	$3\text{C} + 4\text{HNO}_3(\text{კონც}) \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{C} + \text{Si} \xrightarrow{t^\circ} \text{SiC}$
	$\text{C} + \text{S} \rightarrow \text{CS}_2$	$\text{C} + 2\text{CuO} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2\uparrow$
		მერქნის ნახშირის ფხვნილი

მარტივი ნივთ-ბა	აღმდგენი	მჟანგავი
სილიციუმი	$\text{Si} + 2\text{F}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{SiF}_4 \uparrow$ $\text{Si} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{SiO}_2$ $\text{Si} + \text{C} \rightarrow \text{SiC}$ კარბორუნდი $\text{Si} + 2\text{CaO} \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{Ca}$ $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2 \uparrow$ $\text{Si} + 4\text{HF} \xrightarrow{t^\circ} \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2 \uparrow$ $4\text{C} + \text{BaSO}_4 \rightarrow \text{BaS} + 4\text{CO}$ $5\text{C} + 4\text{KNO}_3 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{N}_2 \uparrow$	$\text{Si} + 2\text{Mg} \xrightarrow{t^\circ} \text{Mg}_2\text{Si}$ მეტალთა უმრავლესობაში სილიციუმი იხსნება ქიმიური ურთიერთქმედების გარეშე.

ნახშირბადისა და სილიციუმის მიღება და გამოყენება

ნახშირბადის მიღება და გამოყენება

მიღება	გამოყენება
მერქანი	
წვა ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში → ქვანახშირი 	ადსორბციის უნარი – ზედაპირის მიერ გაზებისა და გახსნილი ნივთიერებების შთანთქმა გრაფიტის წმინდა ფხვნილი: მელანი, რეზინის შემავსებელი, პოლიგრაფიაში
ქვანახშირი	
მშრალი გამოხდა → კოქსი	აღმდგენი მეტალურგიაში
ცხოველთა ძვლები	
წვა → ცხოველური ნახშირი	შაქრის წარმოებაში შაქრის სიროფის/ვაჟინის გასუფთავებისათვის

ნახშირბადი, სილიციუმისაგან განსხვავებით, წარმოქმნის ჯერად ბმებს.



სილიციუმის მიღება და გამოყენება

მიღება

ლაბორატორიაში	წარმოებაში
$\text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Si}$	$3\text{SiO}_2 + 4\text{Al} \rightarrow 3\text{Si} + 2\text{Al}_2\text{O}_3$
	$\text{SiCl}_4 + 2\text{Zn} \rightarrow 2\text{ZnCl}_2 + \text{Si}$
	$\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \rightarrow 2\text{MgO} + \text{Si}$

გამოყენება

სილიციუმი – მზის ბატარეა, ფოტოელემენტები, ნახევარგამტარები, ცეცხლმედეგი და მჟავაგამძლე ფოლადის წარმოება, სილიციუმის ოქსიდის მიღება.

სილიციუმის ოქსიდი – კერამიკული ნაკეთობების წარმოება, ოპტიკური წარმოება, სილიკატური წარმოება, კერამიკული მასალისაგან დამზადებული იზოლატორები, გამოიყენება ელექტროსადგურებში და ტრანსფორმატორულ ქვესადგურებში.

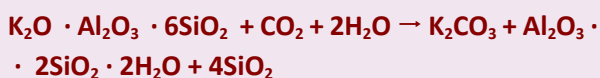
აზბესტი –



მინდვრის შპატი –



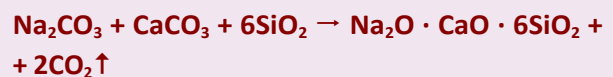
მინდვრის შპატის „განიკებისას“ მიდის რეაქცია ნახშირმჟავასთან (ჰაერიდან):



ბუნებრივ პირობებში ამ რეაქციის შედეგად მიიღება ხსნადი კალიუმის კარბონატი, რომელიც წყალს გაჰყვება, ქვიშა და კაოლინი – თიხის სარჩული.

ქვიშა და თიხა არის ყველა სახის ნიადაგის მინერალური სარჩული.

ჩვეულებრივი „ფანჯრის“ მინის ფორმულაა $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$. მას იღებენ ქვიშის, სოდისა და კირქვის შეღდობით მაღალ ტემპერატურაზე:



სილიკატების ჯაჭვისებრი სტრუქტურით აიხსნება ის ფაქტი, რომ მათი ნაღდობის გაცივებისას ვერ ხერხდება/ესწრება კრისტალების ჩამოყალიბება და მყარდება მოუწესრიგებელ მდგომარეობად (გუზი). მყარი სხეულის ასეთ მდგომარეობას **მინა** ეწოდება.

მინაში ატომებს შორის ბმების სიმტკიცე სხვადასხვაა, ამიტომ, კრისტალური ნივთიერებებისაგან განსხვავებით, მინას არ გააჩნია ღდობის განსაზღვრული ტემპერატურა. გახურებისას იწყება ბმების თანდათანობითი რღვევა და მინა იწყებს დარბილებას. მისი ეს თვისება ჭურჭლის დასამზადებლად გამოიყენება. მინის ფართო გამოყენება განპირობებულია მისი ქიმიური ინერტულობით. მინის ნაკეთობები, მეტალის ნაკეთობებისაგან განსხვავებით, არ განიცდიან კოროზიას, ხოლო პლასტმასებისაგან განსხვავებით, არ „ბერდებიან“.

მინის თვისებები შეიცვლება, თუ ნატრიუმი და კალიუმის ოქსიდების ნაცვლად ავიღებთ სხვა მეტალების ოქსიდებს. მაგ. თუ CaO -ს შევცვლით PbO -თი, ხოლო Na_2O -ს – K_2O -თი, მივიღებთ ბროლს. მას აქვს სინათლის სხივის მიმართულების შეცვლის უნარი, რის გამოც გამოიყენება ოპტიკურ ხელსაწყოებში და დეკორატიული ჭურჭლის დასამზადებლად. ტყვიის შემცველი ჭურჭელი შთანთქავს რადიოაქტიურ გამოსხივებას, რის გამოც გამოიყენება ატომურ მრეწველობაში.

ქრომ(III)-ის ოქსიდის დამატება Cr_2O_3

– მწვანე ფერის მინა;

კობალტ(III)-ის ოქსიდის, Co_2O_3

– ლურჯი ფერის მინა;

მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის, MnO_2

– ვარდისფერი ფერის მინა;

ცეცხლგამძლე, ძნელადმსხვრევადი მინის მისაღებად ამატებენ ბარიუმის, ტყვიის, ბორის ოქსიდებს.

კვარცის სახესხვაობებია: მთის ბროლი (უფერო), ვარდისფერი კვარცი, იისფერი – ამეთვისტო, მუქი ყავისფერი – ტოპაზი, მწვანე – ქრიზოპრაზი; კვარცის წვრილდისპერსული მოდიფიკაცია მინარეზებით – ქალცედონი, ქალცედონის სახესხვაობები – აქატი, იასპი.

ნახშირბადის წრებრუნვა ბუნებაში

ბუნებაში ნახშირბადი გვხვდება როგორც თავისუფალი სახით (ალმასი, გრაფიტი), ისე ნაერთების, უმეტესად, კარბონატების სახით. ძირითადი კარბონატული მინერალია კალციტი CaCO_3 , რომელიც წარმოქმნის კირქვას, ცარცსა და მარმარილოს.

ატმოსფეროში ნახშირბადი გვხვდება ნახშირორჟანგის ფორმით. ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდი გამოიყოფა ცოცხალი ორგანიზმების სუთქვისას და საწვავის წვის შედეგად, ასევე ორგანული ნივთიერებების ლჷობისა და გახრწნისას.

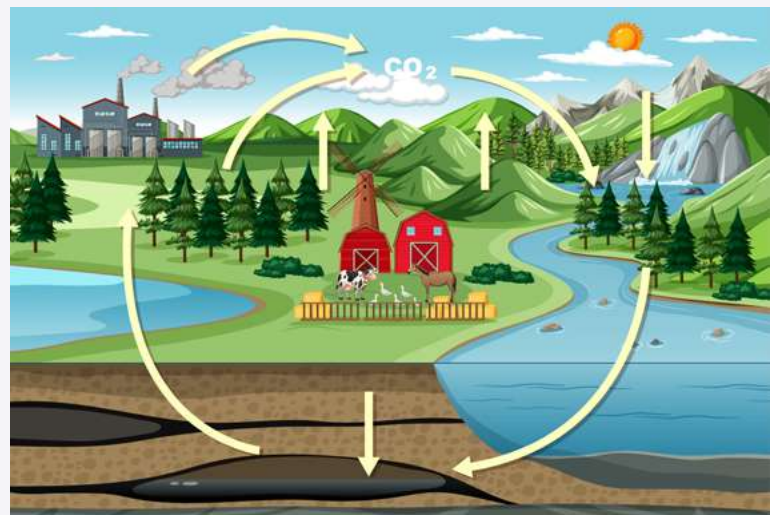
ნახშირორჟანგი დიდი რაოდენობით გროვდება ატმოსფეროში ვულკანების ამოფრქვევისას.

ჰაერთან შედარებით, გაცილებით უფრო დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგი არის ზღვებსა და ოკეანეებში.

ნახშირბადის წყაროები	ნახშირბადის %-ლი შემცველობა
ქვანახშირი	99
მურა ნახშირი	72
ტორფი	57

ნახშირბადი შედის ნახშირწყალბადების შედგენილობაში. ნავთობი არის ნახშირწყალბადების ნარევი.

ნახშირბადის ზემოთ ჩამოთვლილი წყაროები მონაწილეობენ ბუნებაში **ნახშირბადის წრებრუნვაში**. ატმოსფეროდან და ბუნებრივი წყლებიდან ნახშირორჟანგს შთანთქავენ მწვანე მცენარეები (ფოტოსინთეზი). სუნთქვის, დუღილისა და გახრწნის პროცესების შედეგად ნახშირორჟანგი ისევ ხვდება ატმოსფეროში და ზღვებისა და ოკეანეების წყლებში. დედამიწის წიაღიდან მოპოვებული ნახშირის, ნავთობისა და სხვა სახის საწვავის წვისას გამოყოფილი ნახშირორჟანგი ასევე ხვდება ატმოსფეროში. მთის ქანების დაშლისას მათში შემავალი მეტალები ჰაერში შემავალ ნახშირორჟანგთან იძლევა კარბონატებს, რომლებიც დროთა განმავლობაში გამოილექება.



სურათი. ნახშირბადის წრებრუნვა.

ნახშირბადისა და სილიციუმის ოქსიდები

	მხუთავი აირი	ნახშირორქანგი	სილიციუმ(IV)-ის ოქსიდი, კაჟმიწა, კვარცი
ფორმულა	CO	CO ₂	(SiO ₂) _n არაორგანული პილიმერი
ბმის ტიპი	პოლარულ-კოვალენტური	პოლარულ-კოვალენტური ე.უ. (O) – ე.უ. (C) = 3,5 – 2,5 = 1,0	პოლარულ-კოვალენტური ე.უ. (O) – ე.უ. (Si) = 3,5 – 1,8 = 1,7
კრისტალური მესრის ტიპი	მოლეკულური	მოლეკულური	ატომური
ფიზიკური თვისებები	წყალში ცუდად ხსნადი, ძლიერ მომწამლავი გაზი	წყალში ხსნადი გაზი, განიცდის სუბლიმაციას	მყარი, კრისტალური ნივთიერება, $t_{\text{ლ}} = 1713^{\circ}\text{C}$
ქიმიური თვისებები	მარილარწარმომქმნელი (მაღალ წნევაზე ტუტის ნაღობში მხუთავი აირის გატარებისას მიიღება კალიუმის ფორმიტი) CO + KOH → HCOOK ადმდგენი 2CO + O ₂ → 2CO ₂ 3CO + Fe ₂ O ₃ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ 2Fe + 3CO ₂ Si + 2NaOH + H ₂ O → Na ₂ SiO ₃ + H ₂ ↑	მჟავა ოქსიდი CO ₂ + CaO, H ₂ O, Ca(OH) ₂ მჟანგავი უნარი 2Mg + CO ₂ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ 2MgO + C 2C + CO ₂ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ 2CO	მჟავა ოქსიდი წყალთან – არა SiO ₂ + NaOH, CaO, Na ₂ SiO ₃ შეუღობით სპეციფიკური: SiO ₂ + 2F ₂ → 4HF მიწის ამოჭმა/გალღობა, SiO ₂ + 6HF → H ₂ [SiF ₆] + 2H ₂ O მჟანგავი უნარი 2Mg + SiO ₂ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ Si + 2MgO
მიღება	HCOOH $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (კონც)}}$ CO↑ + H ₂ O C + CO ₂ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ 2CO 2C + O ₂ (არასაკ) → CO	CH ₄ + 2O ₂ → CO ₂ + 2H ₂ O 2CO + O ₂ → 2CO ₂ CaCO ₃ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ CaO + CO↑ CaCO ₃ + 2HCl → CaCl ₂ + H ₂ O + CO ₂ ↑	SiO ₂ + 2C $\xrightarrow{t^{\circ}}$ 2CO + Si Si + O ₂ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ SiO ₂ H ₂ SiO ₃ $\xrightarrow{t^{\circ}}$ SiO ₂ + H ₂ O

CO ₂ -ის ქიმიური თვისებები	
საერთო სხვა ოქსიდებთან	სპეციფიკური
1. წყალთან წარმოქმნის სუსტ არამდგრად ნახშირმჟავას: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ 2. ურთიერთქმედებს ფუძეებთან მარილების წარმოქმნით: $\text{CO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_2 (\text{ჭარბი}) + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHCO}_3$ 3. რეაქციაში შედის ფუძე ოქსიდებთან მარილების წარმოქმნით: $\text{CO}_2 + \text{CaO} \rightarrow \text{CaCO}_3$	1. კირიანი წყლის შემდვრევა $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 2. მაღალ ტემპერატურაზე ამჟღავნებს მჟანგავუნარს: $\text{CO}_2 + 2\text{Mg} \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$

SiO ₂ -ის ქიმიური თვისებები	
საერთო სხვა ოქსიდებთან	სპეციფიკური
1. გახურებით რეაგირებს ტუტეებთან $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 2. გახურებით რეაგირებს ფუძე ოქსიდებთან $\text{SiO}_2 + \text{CaO} \xrightarrow{t^\circ} \text{CaSiO}_3$	1. არ რეაგირებს წყალთან 2. მაღალ ტემპერატურაზე აძვეებს უფრო აქროლად ოქსიდებს მარილებიდან: $\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$

ნახშირმჟავა, სილიციუმმჟავა, კარბონატები, სილიკატები

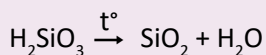
მჟავების მიღება

ნახშირმჟავა H ₂ CO ₃	სილიციუმმჟავა nSiO ₂ mH ₂ O
ნახშირორჟანგის წყალში გახსნით: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$	სილიკატი + ძლიერი მჟავა $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$

⊙ მჟავების ქიმიური თვისებები

ნახშირმჟავას ქიმიური თვისებები	
საერთო სხვა მჟავებთან	სპეციფიკური
1. აქტიურ მეტალებთან $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{H}_2 \uparrow$	1. არამდგრადი მჟავაა: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2. ფუძე ოქსიდებთან $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaO} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$	2. სუსტი მჟავაა $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \xrightleftharpoons{K_1} \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \xrightleftharpoons{K_2} 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
3. ტუტეებთან/ფუძეებთან $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ მჟავას სიჭარბისას მიიღება მჟავა მარილი $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$K_1 = 4 \times 10^{-7} \quad K_2 = 5 \times 10^{-11}$

სილიციუმმჟავა გახურებით იშლება:



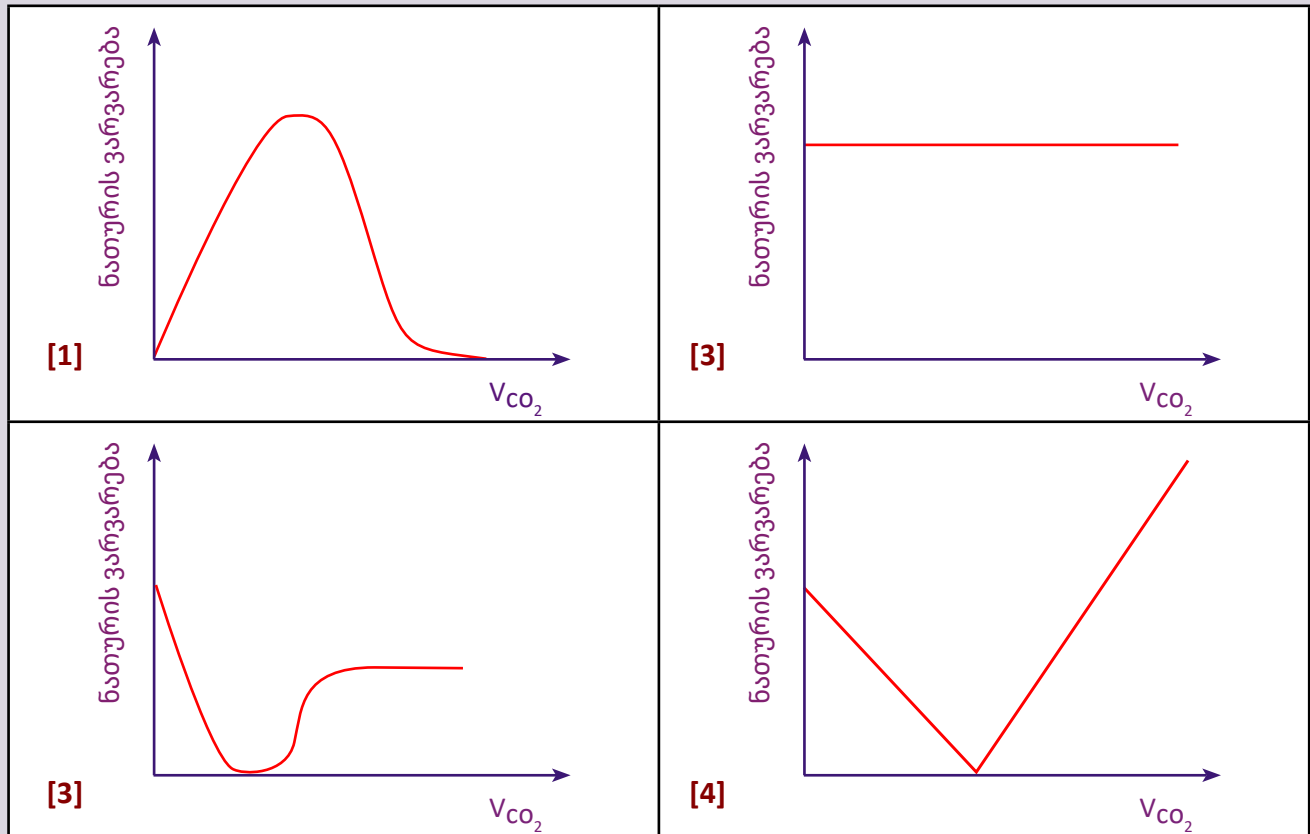
■ კარბონატები, სილიკატები

⊙ მიღება (დაასრულეთ რეაქციების ტოლობები):

კარბონატები	სილიკატები
$\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow$	$\text{SiO}_2 + \text{CaO} \rightarrow$
$\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow$	
$\text{KOH} + \text{CO}_2 (\text{ჭარბი}) \rightarrow$	$\text{SiO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
$\text{KHCO}_3 + \text{KOH} \rightarrow$	
$\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$	$\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$

აქტივობა

კალციუმის ჰიდროქსიდის ხსნარში ჩაშვებული ელექტროდები მიერთებულია დენის წყაროსთან. წრედში ჩართულია ნათურა. ქვემოთ მოცემული გრაფიკებიდან რომელი შეესაბამება ხსნარში ნახშირორჟანგის გატარების პროცესს? პასუხი დაასაბუთეთ.

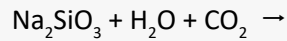


ქიმიური თვისებები

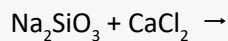
კარბონატების ქიმიური თვისებები (დაასრულეთ რეაქციების ტოლობები)	
საერთო სხვა მარილებთან	სპეციფიკური
1. მიმოცვლის რეაქცია $Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightarrow$	1. ძლიერი მჟავებთან რეაგირებას თან ახლავს ნახშირორჟანგის გამოყოფა დამახასიათებელი მიმინით $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow$ $KHCO_3 + HCl \rightarrow$
2. გახურებით იშლებიან (გამონაკლისი – ტუტე მეტალების კარბონატები) $CaCO_3 \xrightarrow{t^\circ} CaO + CO_2$	2. კარბონატების ჰიდროლიზს აქვს ტუტე რეაქცია $Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow$
3. ჰიდროკარბონატები გახურებით გადადის კარბონატებში:	
4. კარბონატები მათში ნახშირორჟანგის წყალხსნარის გატარებისას იძლევიან ჰიდროკარბონატებს:	

სილიკატების ქიმიური თვისებები (დაასრულეთ რეაქციების ტოლობები)

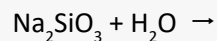
1. ურთიერთქმედებენ მჟავებთან, მათ შორის, ნახშირმჟავასთან



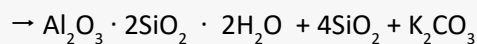
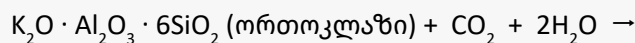
2. ხსნადი სილიკატები მონაწილეობენ მიმოცვლის რეაქციებში სხვა მარილებთან. დაწერეთ მოლეკულური, იონური და შეკვეცილი იონური ტოლობები:



3. ნატრიუმისა და კალიუმის სილიკატების კონცენტრირებული ხსნარები ცნობილია „თხევადი მინის“ სახელწოდებით. ეს მარილები ადვილად ჰიდროლიზდებიან, მიღებულ ხსნარს აქვს ტუტე რეაქცია:



4. მინერალებში შემავალი სილიკატები (მათი შედგენილობა გამოისახება ოქსიდების სახით) ბუნებაში მიმდინარე პროცესების შედეგად იშლებიან წყლისა და ნახშირორჟანგის ზემოქმედებით:



ასეთი სილიკატების დაშლის შედეგად წარმოიქმნება თიხისა და ქვიშის საბადოები, რომელთა საფუძველზე მცენარეული და ცხოველური ნაშთების ბიოქიმიური დაშლის შედეგად წარმოიშვა ნიადაგი.

წყალში ხსნადი სილიკატებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ნატრიუმის სილიკატს, რომლის წყალხსნარი ცნობილია სილიკატური წებოს სახელწოდებით. იგი გამოიყენება მერქნისა და ქსოვილების გასაჟღენტად ხანძარმედეგობისა და

წყალგაუმტარობის მისანიჭებლად. უფრო რთული შედგენილობის სილიკატები, მათ შორის, ალუმოსილიკატები ფართოდ გამოიყენება სილიკატურ წარმოებაში.

ეს საინტერესოა!

■ **საკვანძო შეკითხვა:** მოხატავდა თუ არა მიქელანჯელო სიქსტის კაპელას, ქიმია რომ არ სცოდნოდა?

სიქსტის კაპელის მოხატვის წინაისტორია

<https://100falcons.wordpress.com/2010/07/25/how-michelangelo-painted-the-sistine-chapel/>

სიქსტის კაპელა მდებარეობს იტალიაში, კერძოდ, ვატიკანში. მშენებლობა დაიწყო მე-15 საუკუნეში, დასრულდა მე-16 საუკუნეში. მოხატვაზე

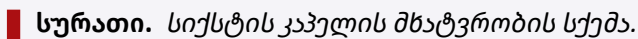
მუშობდნენ ხელოვნების კორიფეები – ბოტიჩელი, როსელი, სინიორელი, პერუჯინო, მიქელანჯელო.

კაპელა აგებულია რომის პაპის, სიქსტუს IV-ის მოდვანჭობის პერიოდში. მისი ქერი კი უკვე მომდევნო პაპის, იულიუს II-ის მმართველობის პერიოდში მოხატა მიქელანჯელომ. საინტერესოა მოხატვის წინაისტორია.

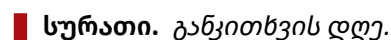
იულიუს II-მ, რომლის ბიძაც გახლდათ სიქსტუს IV, შესთავაზა მიქელანჯელოს კაპელის ქერის მოხატვა, რაზეც მიქელანჯელოს პასუხი იყო: „მე მოქანდაკე ვარ და არა მხატვარი. წესიერად ფუნჯის დაჭერაც არ ვიცი და თქვენ გინდათ 2000მ2 ფართობი მოვხატო, ისიც ქერზე“. პაპი კატეგორიული იყო თავის გადაწყვეტილებაში და მიქელანჯელოს უარი არ მიიღო. მან თავის პირად არქიტექტორს მიქელანჯელოსთვის ხარაჩოების მომზადება დაავალა.



■ **სურათი.** მიქელანჯელოს სიქსტის კაპელა.



რას ნიშნავს კედლის მხატვრობა? კედლებისა და ქერის მოხატვისას მხატვრები იყენებდნენ ე.წ. ფრესკის ტექნიკას. ისინი ერთმანეთს ურევდნენ ქვიშასა და კირს და მიღებულ მასას კედელზე უსვამდნენ. შემდეგ იწყებდნენ ხატვას, ოღონდ რაც შეიძლება სწრაფად, წასმული მასის გაშრობამდე. როდესაც მასა შრება, საღებავები ქიმიურად ურთიერთქმედებენ კირთან და ამ გზით ხდება მათი „დამაგრება“ კედელზე. ფრესკის ტექნიკა დასაბამს იღებს ეგვიპტიდან.



კაპელაში პირველი ღვთისმსახურება 1512 წლის ოქტომბერში ჩატარდა. მოქანდაკემ კაპელის ჭერის მოხატვას 54 თვე მოანდომა.

25 წლის შემდეგ უკვე მომდევნო პაპმა დაუკვეთა ხელოვანს კაპელის წინა კედლის მოხატვა. ეს იყო „განვითხვის დღე“, რომელიც 1537–1541 წლებში შესრულდა.

ფრესკების მხატვრობა დასაბამს იღებს 1500 წელს ჩვ.წ.აღ-მდე და ნიშნავს მხატვრობას სველ კედელზე.

ფრესკის ქიმია:

N	ქიმიური ფორმულა	სახელწოდება
1	SiO ₂	ქვიშა
2	CaO	ჩაუმქრალი კირი
3	H ₂ O	წყალი
4	Ca(OH) ₂	ჩამქრალი კირი
5	CO ₂	ნახშირორჟანგი
6	CaCO ₃	კირქვა

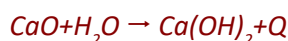
განვიხილოთ პროცესის ეტაპები:

- კირქვის კალცინირება (კალციუმის კარბონატის თერმული დაშლა) – რეაქცია ენდოთერმულია:

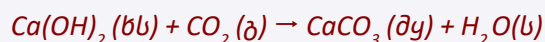


<https://edu.rsc.org/experiments/thermal-decomposition-of-calcium-carbonate/704.article>

- კირის ჩაქრობა – რეაქცია ეგზოთერმულია:



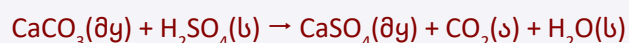
- ქვიშის დამატება, მიღებული მასის კედელზე წასმა, დახატვა, სანამ სველია;
- გამრობა:



http://www2.fiu.edu/~gardinal/class_syllabi/IDS4290%20FALL2010/Lecture%2010%20frescos.pdf

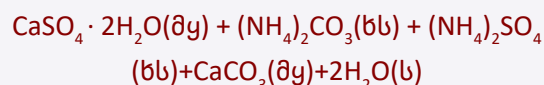
ფრესკის დაზიანება

ატმოსფეროში სხვადასხვა გზით მოხვედრილი გოგირდისა და აზოტის ოქსიდები ჟანგბადთან და წყალთან შედიან რეაქციაში და წარმოქმნიან აზოტ- და გოგირდმჟავებს. ეს მჟავები შედიან რეაქციაში კალციუმის კარბონატთან და მიიღება კალციუმის სულფატი (უწყლო თაბაშირი) და ირღვევა ფრესკის სტრუქტურა:

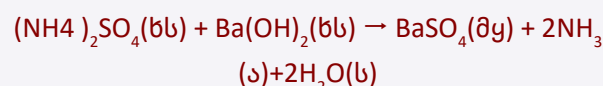


გავიხსენოთ, რომ უფრო ძლიერი მჟავა გამოდევნის ნაკლებად ძლიერს, ნაკლებად აქროლადი – მეტად აქროლადს შესაბამისი მარილებიდან.

წარმოქმნილი კალციუმის სულფატის მოსაშორებლად ფრესკის ზედაპირს ამუშავებენ ამონიუმის კარბონატიტა და ბარიუმის ტუტით:



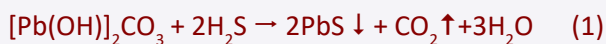
მიღებული ამონიუმის სულფატი ბარიუმის ტუტესთან წარმოქმნის თეთრი ფერის წყალში უხსნად ბარიუმის სულფატს:



ზეთში შესრულებული ნახატების გამავება და მათი რესტავრაცია

■ რა არის სიმავე, რატომ გაჩნდა და როგორ მოვაშოროთ ის ნახატის დაუზიანებლად?

ზეთის საღებავები შეიცავენ თეთრ პიგმენტს, ტყვია (II)-ის ჰიდროქსიკარბონატს, ე.წ. „ტყვიის თეთრას“ ($[Pb(OH)]_2CO_3$). ეს უკანასკნელი დროთა განმავლობაში შავდება – მიიღება ტყვია(II)-ის სულფიდი კარბონატის ურთიერთქმედებით ჰაერში არსებულ გოგირდწყალბადთან. ნახატის გამავებული ზედაპირის წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებისას ტყვია(II)-ის სულფიდი გადადის თეთრი ფერის ტყვია(II)-ის სულფატში და სიმავე ქრება:



■ როგორ ფიქრობთ, რატომ მიდის (1) რეაქცია, თუ ცნობილია, რომ გოგირდწყალბადმაჟავა ნახშირმჟავაზე, თუმცა უმნიშვნელოდ, მაგრამ მაინც უფრო სუსტია?

ამ კითხვაზე პასუხია: რეაქცია ჰეტეროგენულია და ამ შემთხვევაში დიდ როლს ასრულებს ნივთიერებების ხსნადობა – სულფიდი გაცილებით უფრო ცუდად იხსნება წყალში, ვიდრე „თეთრა“ და ამიტომ წონასწორობა გადანაცვლებულია მარჯვნივ.

ქიმიური ნაერთების ტრივიალური სახელწოდებები ხშირია სასაუბრო ენაში, ხშირად გამოიყენება კინემატოგრაფიაშიც. მაგ., ფილმში „გოგონა მარგალიტის საყურით“ (მონაწილეობენ ოსკაროსანი მსახიობები კოლინ ფერტი და სკარლეტ იოჰანსონი),



რომელიც ნახატის შემქმნელის, ვერმეერის ცხოვრებაზე მოგვითხრობს, არის კადრი, სადაც მხატვარი ამზადებს საღებავებს მორიგი ტილოს შესაქმნელად და ახსენებს სინგურს, რომელიც სხვა არაფერია, თუ არა ვერცხლისწყალ(II)-ის სულფიდი.





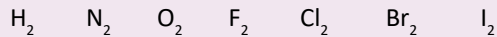
იხილეთ გონებრივი რუკის შევსების ინსტრუქცია — რეკომენდაცია მასწავლებელს.

 <http://mastsavlebeli.ge/?p=4168>

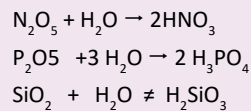
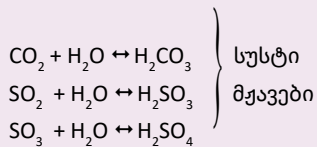
<http://mastsavlebeli.ge/?p=4168>

სამუშაო ფურცელი 2

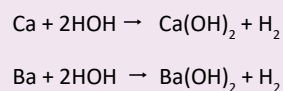
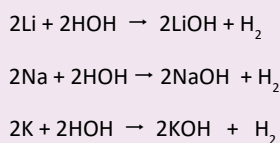
7 მარტივი ნივთიერება, რომელთა მოლეკულები ორატომიანია:



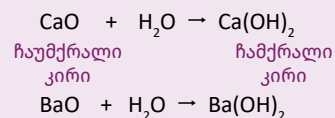
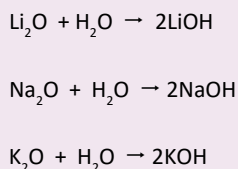
მჟავა ოქსიდი + წყალი → მჟავა



Me + წყალი → ტუტე + წყალბადი



ფუძე ოქსიდი + წყალი → ტუტე



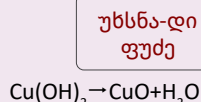
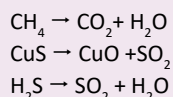
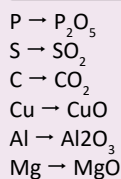
ოქსიდების მიღება

წვა

რთული ნივთ-ბა

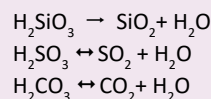
რთული ნივთ-ის დაშლა

მარტივი ნივთ-ბა

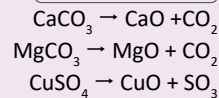


უხსნადი ფუძე

ზოგიერთი მჟავა



ზოგიერთი მარილი



მარილების დასახელება

ხსნადობა

ნიტრატები
ქლორიდები
სულფატები

სულფიტები, კარბონატები, სილიკატები, ფოსფატები, სულფიდები

აცეტატები

ყველა ხსნადია
ყველა ხსნადია, გარდა AgCl , PbCl_2 , HgCl_2
ყველა ხსნადია, გარდა CaSO_4 , SrSO_4 , BaSO_4 , PbSO_4 , HgSO_4 , Ag_2SO_4
ყველა უხსნადია, გარდა ტუტე მეტალებისა და ამონიუმის მარილებისა
ყველა ხსნადია

სამუშაო ფურცელი 3

პალოგენიდები ($AlI_3, NaCl, FeCl_3, FeBr_3, CuBr_2$)

სულფიდები (ZnS, Al_2S_3, HgS, CuS)

1. მეთალი + არამეთალი
2. ფუძე ოქსიდი + მჟავა ოქსიდი → მარილი
3. ფუძე ოქსიდი + ძლიერი მჟავა → მარილი + წყალი
4. ფუძე + მჟავა → მარილი + წყალი (ნეიტრალიზაციის რეაქცია).
5. მჟავა + მარილი: ა) ძლიერი მჟავა გამოდევნის სუსტს მისი მარილებიდან; ბ) ნაკლებად აქროლადი მჟავა (მაგ. გოგირდმჟავა) გამოდევნის მეთად აქროლადს (მარილმჟავას) მისი მარილებიდან.

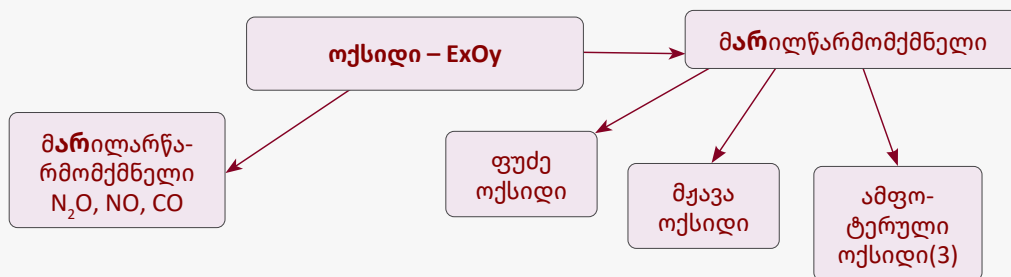
$HCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl \downarrow (\text{თეთრი, ხაჭოსებრი}) + HNO_3$
 $H_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow (\text{თეთრი}) + 2HCl$
 $2HNO_3 + Na_2SiO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + H_2SiO_3 \downarrow$ (სილიციუმმჟავას მიღება)
 $H_2SO_4 + 2NaCl \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl \uparrow$ (მარილმჟავას მიღება)
 $H_2SO_4 + NaNO_3 \rightarrow NaHSO_4 + HNO_3 \uparrow$ (აზოტმჟავას მიღება)
 $H_2SO_4 + Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$ (ფოსფორმჟავას მიღება)
 $H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$ (ნახშირმჟავას აღმომჩენი)
 $H_3PO_4 + AgNO_3 \rightarrow Ag_3PO_4 \downarrow (\text{ყვ}) + HNO_3$
 $2HCl + FeS \rightarrow FeCl_2 + H_2S \uparrow$ (გოგირდწყალბადი, უფერო, ტოქსიკური, ლაყვ კვერცხის სუნის მქონე აირი)
 $H_2SO_4 + FeS \rightarrow FeSO_4 + H_2S \uparrow$
 $H_2S + CuSO_4 \rightarrow CuS \downarrow (\text{შავი}) + H_2SO_4$
 $H_2S + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbS \downarrow (\text{შავი}) + 2HNO_3$ (სულფიდ-იონის აღმომჩენი)
 $2HCl + Na_2SO_3 \rightarrow 2NaCl + H_2SO_3 \begin{cases} SO_2 \uparrow \\ H_2O \end{cases}$
 $2HCl + CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 + H_2CO_3 \begin{cases} CO_2 \uparrow \\ H_2O \end{cases}$

თვისებითი რეაქცია კარბონატების აღმოსაჩენად.

6. მეთალი + მჟავა(ხს.) → მარილი + წყალბადი
Me: H-ის მარცხნივ მდებარე მეთალოთა აქტივობის მწკრივში
7. ტუტე + მჟავა ოქსიდი → მარილი + წყალი
 $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$ CO_2 -ის აღმომჩენი რეაქცია
8. ტუტე + მარილი(ხს.) → უხსნადი ფუძის მიღება
Cu, Zn, Fe, Mg, Al-ს ხსნადი მარილები
9. მეთალი + მარილი(ხს.) მეთალი უნდა იყოს უფრო აქტიური მარილში შემავალ მეთალზე (უფრო მარცხნივ მეთალოთა აქტივობის მწკრივში):
 $Fe + CuCl_2 \rightarrow FeCl_2 + Cu$
10. მარილი(ხს.) + მარილი(ხს.) → ერთ-ერთი ნალექი
 $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$
 $K_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + 2KCl$
 $Na_3PO_4 + 3AgNO_3 \rightarrow Ag_3PO_4 \downarrow (\text{ყვ}) + 3NaNO_3$
 $Na_2S + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbS \downarrow + 2NaNO_3$
 $NaBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr \downarrow (\text{ღია ყვ}) + NaNO_3$
 $KI + AgNO_3 \rightarrow AgI \downarrow (\text{ყვ}) + KNO_3$
11. ნაკლებად აქროლადი მჟავა ოქსიდი გამოდევნის მეთად აქროლადს შესაბამისი მარილიდან:
 $SiO_2 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SiO_3 + CO_2 \uparrow$
 $SiO_2 + CaCO_3 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2 \uparrow$
12. ტუტე + მეთალი:
 $2NaOH + Zn \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2$
 $2NaOH + 2Al + 2H_2O \rightarrow 2NaAlO_2 + 3H_2$

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Ni Sn Pb H_2 Cu Hg Ag Pt Au

სამუშაო ფურცელი 4

**ფუძე ოქსიდი(მეტალის ოქსიდი):**

Li_2O , Na_2O , K_2O , CaO , BaO - წყალთან ურთიერთქმედებს, მიიღება ტუტე.

HgO , MgO , CuO , FeO , Ag_2O - წყალთან არ ურთიერთქმედებს

ფუძე ოქსიდს შეესაბამება ფუძე.

მჟავა ოქსიდი(არამეტალის ოქსიდი):

SO_2 , SO_3 , CO_2 , N_2O_5 , SiO_2 , P_2O_5

მჟავა ოქსიდს შეესაბამება მჟავა.

ამფოტერული ოქსიდებია: ZnO , Al_2O_3 , Cr_2O_3



X – მჟავას ნაშთი, **m**-მჟავას ნაშთის ვალენტობა

უჟანგბადო მჟავები

HF	ფტორწყალბადმჟავა
HCl	ქლორწყალბადმჟავა/ მარილმჟავა
HBr	ბრომწყალბადმჟავა
HI	იოდწყალბადმჟავა
H ₂ S	გოგირდწყალბადმჟავა

ჟანგბადიანი მჟავები

HNO ₃	აზოტმჟავა
HNO ₂	აზოტოვანი მჟავა
H ₂ SO ₄	გოგირდმჟავა
H ₂ SO ₃	გოგირდოვანი მჟავა
H ₂ CO ₃	ნახშირმჟავა
H ₂ SiO ₃	სილიციუმმჟავა
H ₃ PO ₄	ფოსფორმჟავა

სამუშაო ფურცელი 5

ჰიდროქსიდი/ფუძე- $\text{Me}(\text{OH})_n$

n -მეტალის ვალენტობა; OH - ჰიდროქსიდის ჯგუფი(I)

LiOH , NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ -წყალში ხსნადი ფუძეები

(ტუტეები)

$\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Hg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -წყალში უხსნადი ფუძეები

ცვალებადვალენტურობა

მეტალები:

Fe – II, III

Cu – I, II

Cr – II, III, VI

Pb – II, IV

Hg – I, II

Mn – II, IV, VI, VII

არამეტალები:

S – II, IV, VI

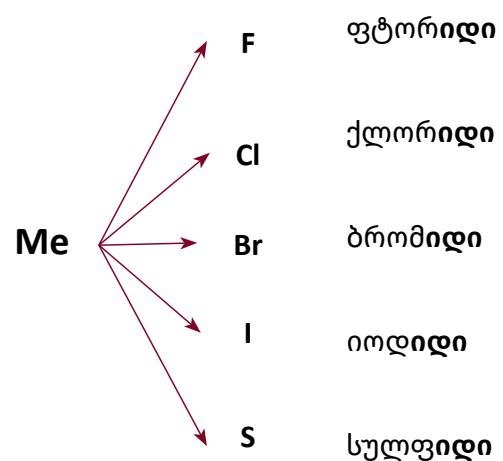
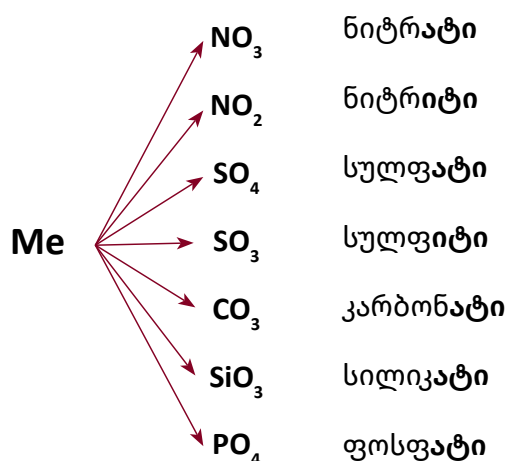
C – II, IV

N – I, II, III, IV, V (ჟანგვის რიცხვი)

P – III, V

Cl – I, III, V, VII

მარილი – $\text{Me}m\text{X}_n$



1.3. ქიმიური ბმა

სპილენძი



ნახშირორჟანგი



სუფრის მარილი



წყალი



გოგირდი

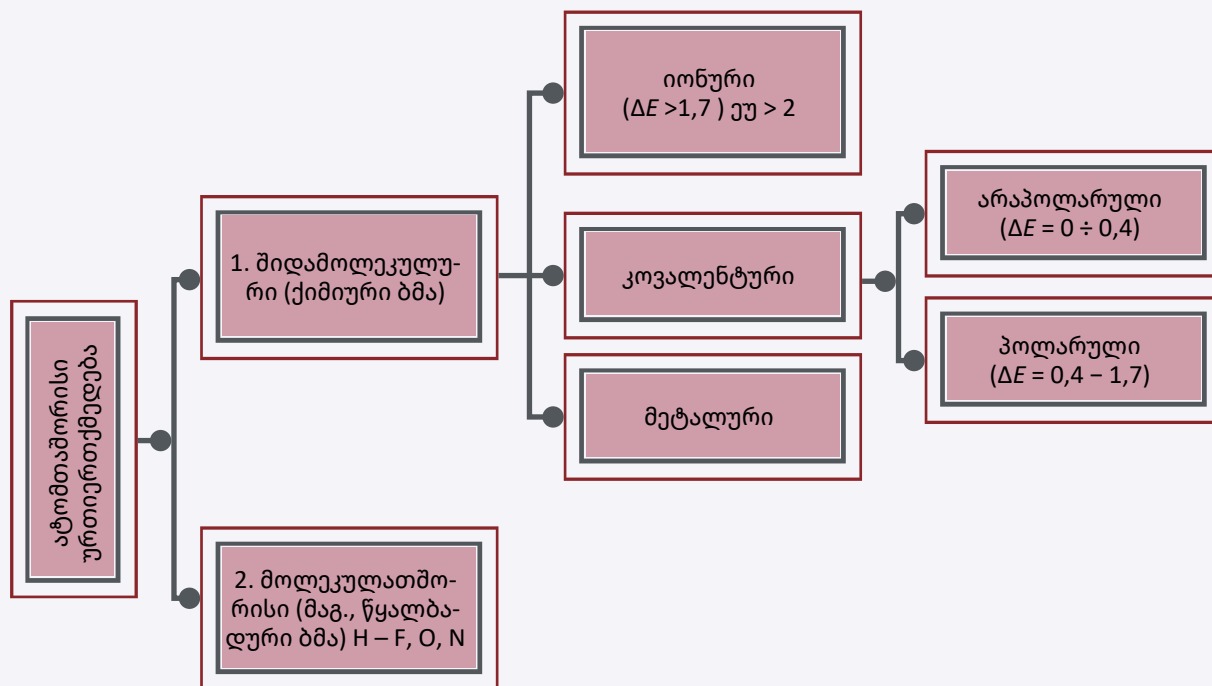


■ **საკვანძო კითხვა:** რითი არის განპირობებული ამ ნივთიერებების განსხვავებული თვისებები?

ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად განვიხილოთ ატომთა შორის ურთიერთქმედება.

ატომებს შორის ურთიერთქმედების ორი ტიპია ცნობილი:

1. შიდამოლეკულური – ქიმიური ბმა (იონური, კოვალენტური, მეტალური)
2. მოლეკულათშორისი – წყალბადური ბმა (განვიხილავთ მხოლოდ წყალბადურ ბმას).



ქიმიური ბმა

რატომ და როგორ უერთდებიან ატომები ერთმანეთს?

შიდამოლეკულური ურთიერთქმედების შემთხვევაში ატომები ერთმანეთს უერთდებიან **ქიმიური ბმის** წარმოქმნით. ცნობილია ქიმიური ბმის ელექტრონული და კვანტურ-მექანიკური თეორიები. ჩვენ განვიხილავთ ქიმიური ბმის ელექტრონული თეორიებიდან ერთ-ერთს, ლუისის თეორიას. **ლუისის თეორიაში** ამოსავალია სავალენტო ელექტრონების მონაწილეობა ქიმიური ბმის წარმოქმნაში. ქიმიური ბმის წარმოქმნას საფუძვლად უდევს **ოქტეტის** წესი, რომელიც გულისხმობს ატომების სწრაფვას, შეივსონ ოქტეტამდე სავალენტო შრე (გამონაკლისია წყალბადი, რომელსაც 2 ელექტრონი სჭირდება), ვინაიდან ეს არის ყველაზე სტაბილური მდგომარეობა, რომელშიც ატომს აქვს მინიმალური ენერგია. ოქტეტის წარმოქმნა შეიძლება მოხდეს როგორც ელექტრონების გაცემა/შეძენით, ისე გაუწყვილებელი ელექტრონების გაწყვილებით.

ამის მიხედვით განასხვავებენ იონურ, კოვალენტურ და მეტალურ ბმებს.

ოქტეტის წესი ვრცელდება მე-2 პერიოდის ყველა ელემენტზე და დანარჩენი ელემენტების დიდ ნაწილზე.

ლუისის თეორია ამა თუ იმ ნაწილაკის *მოლეკულური ფორმულიდან ორგანზომილებიანი სტრუქტურული* ფორმულების შედგენაზე გადასვლის საშუალებას იძლევა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ლუისის ფორმულა არის ნივთიერების **მოლეკულური** ფორმულის სტრუქტურული გამოსახვა სიბრტყეზე, სწორედ ამიტომაც ის ორგანზომილებიანი.

ლუისის ფორმულაში ელემენტის სიმბოლოს გარშემო წერტილებით გამოსახვენ მხოლოდ სავალენტო ელექტრონებს.

რაც უფრო მტკიცეა ქიმიური ბმა, მით მეტი ენერგია იხარჯება მის გაწყვეტაზე.

ლუისის თეორიის შუქზე განვიხილოთ **სამი** ტიპის ქიმიური ბმის – **იონურის, კოვალენტუ-**

რისა და მეტალურის – წარმოქმნა. ცხრილში მოცემულია სამივე ბმის დამახასიათებელი საკვანძო სიტყვები/ფრაზები:

ქიმიური ბმის ტიპი	ატომების ბუნება	ბმის წარმოქმნის პრინციპი
იონური	მეტალი / არამეტალი	სავალენტო ელექტრონების გაცემა / შეძენა, კათიონი/ანიონი
კოვალენტური	არამეტალი / არამეტალი	საზიარო ელექტრონული წყვილის/ წყვილების წარმოქმნა
მეტალური	მეტალი / მეტალი	ატომების მიერ სავალენტო ელექტრონების პერმანენტული გაცემა-შეძენა

იონური ბმა

იონური ბმა მყარდება მეტალისა და არამეტალის ატომებს შორის. ატომების ელექტროუარყოფითობებს შორის სხვაობა (ΔE ან $\Delta \chi$) უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას:

$\Delta \chi \geq 1,7$ ან 2 (სხვადასხვა ლიტერატურაში სხვადასხვა მნიშვნელობას შეხვდებით).

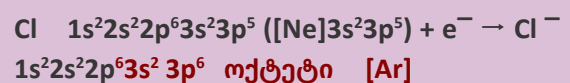
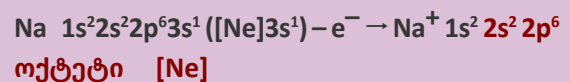
განვიხილოთ იონური ბმის წარმოქმნა სუფრის მარილის მაგალითზე.

ნატრიუმისა და ქლორის ატომების ელექტრონული აღნაგობებია:



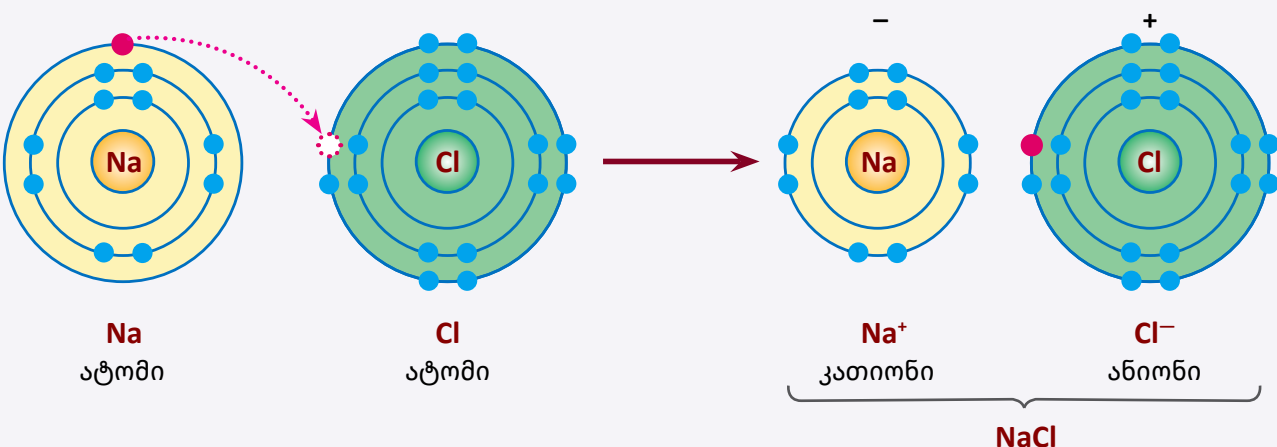
იმისათვის, რომ გარე სავალენტო შრეზე ჰქონდეს 8 ელექტრონი, ნატრიუმის ატომი გასცემს 1

ელექტრონს და წარმოქმნის კათიონს, გაცემულ ელექტრონს კი მიიერთებს ქლორის ატომი და წარმოქმნის ანიონს:



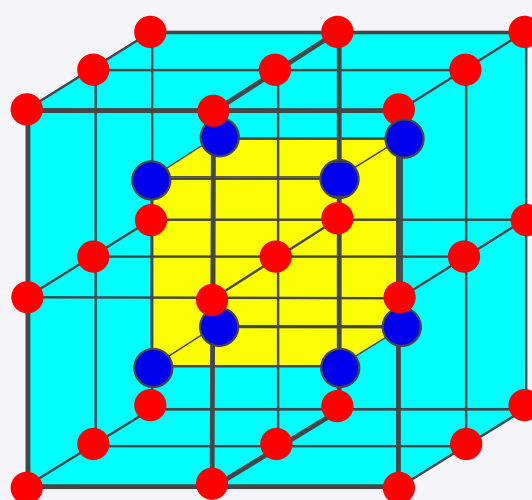
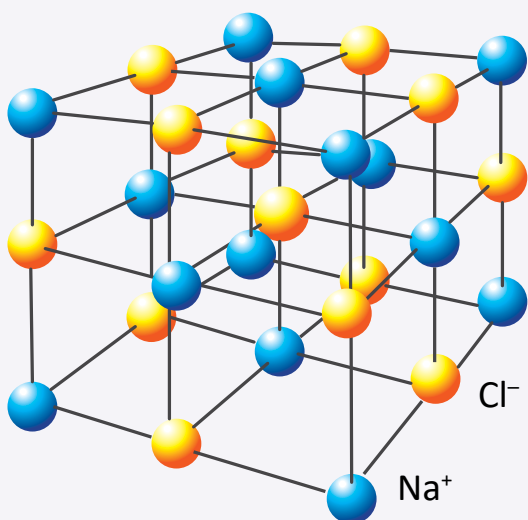
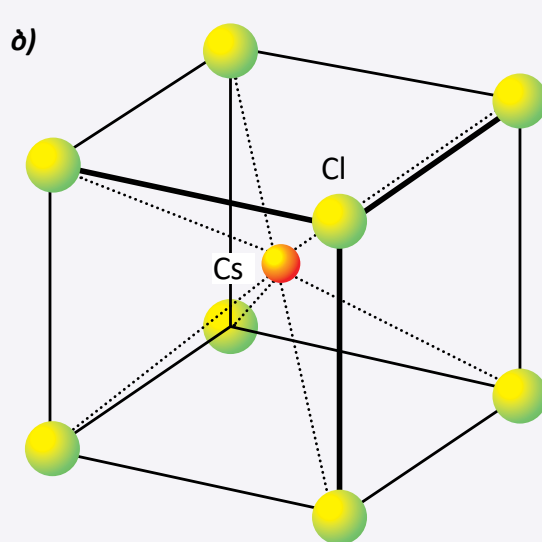
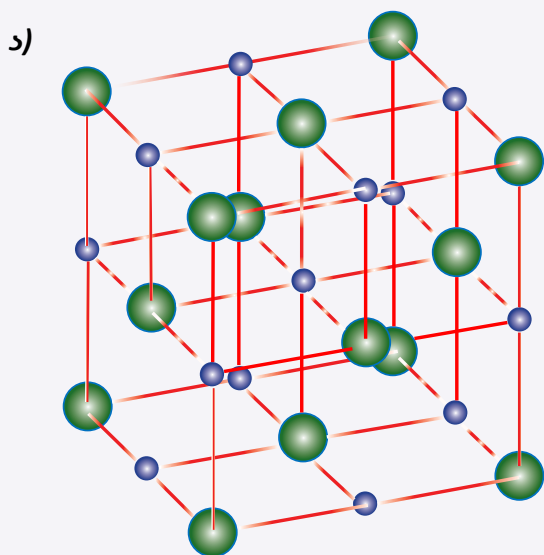
ნატრიუმის იონის ელექტრონული აღნაგობა ემთხვევა ნეონის აღნაგობას და მას ასე გამოსახავენ: **[Ne]**. ანალოგიურად, ქლორის იონის აღნაგობა არგონის ატომის იდენტურია (ასეთ ჩანაწერს ეწოდება მოკლე ჩანაწერი/ ჩანაწერი ინერტული აირის სიმბოლოთი).

წარმოქმნილი კათიონი ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალით შეუერთდება ანიონს და მყარდება **იონური** ბმა.



იონური ნაერთის კრისტალური მესერი წარმოადგენს კათიონებისა და ანიონების ერთობლიობას. იონური ნაერთის ფორმულა არის **პირობითი ფორმულა/ფორმულური ერთეული (formula unit)**, რომელიც გვიჩვენებს იონური ნაერთის კრისტალურ მესერში არსებული კათიონებისა და ანიონების რაოდენობების უმცირეს თანაფარდობას. მაგ., სუფრის მარილის (NaCl) შემთხვევაში ეს თანაფარდობაა 1 : 1, კალციუმის ქლორიდის (CaCl_2) შემთხვევაში იქნება 1 : 2, რაც იმას ნიშნავს, რომ 1 მოლ კალციუმის იონზე მოდის ქლორიდ-იონების 2 მოლი.

იონური ნაერთი ხასიათდება **კოორდინაციული** რიცხვით, რომელიც გვიჩვენებს კრისტალურ მესერში კათიონის გარშემო ანიონებისა და ანიონის გარშემო კათიონების რაოდენობას. ნატრიუმის ქლორიდის შემთხვევაში (იხ. სურათი ა) კოორდინაციული რიცხვია 6, რაც იმას ნიშნავს, რომ ნატრიუმის ერთი კათიონის გარშემო არის 6 ქლორიდ-იონი და პირიქით. ცეზიუმის ქლორიდისათვის კოორდინაციული რიცხვია 8. (იხ. სურათი ბ).



CsCl

■ სურათი. იონური კრისტალური მესერი.

კოვალენტური ბმა

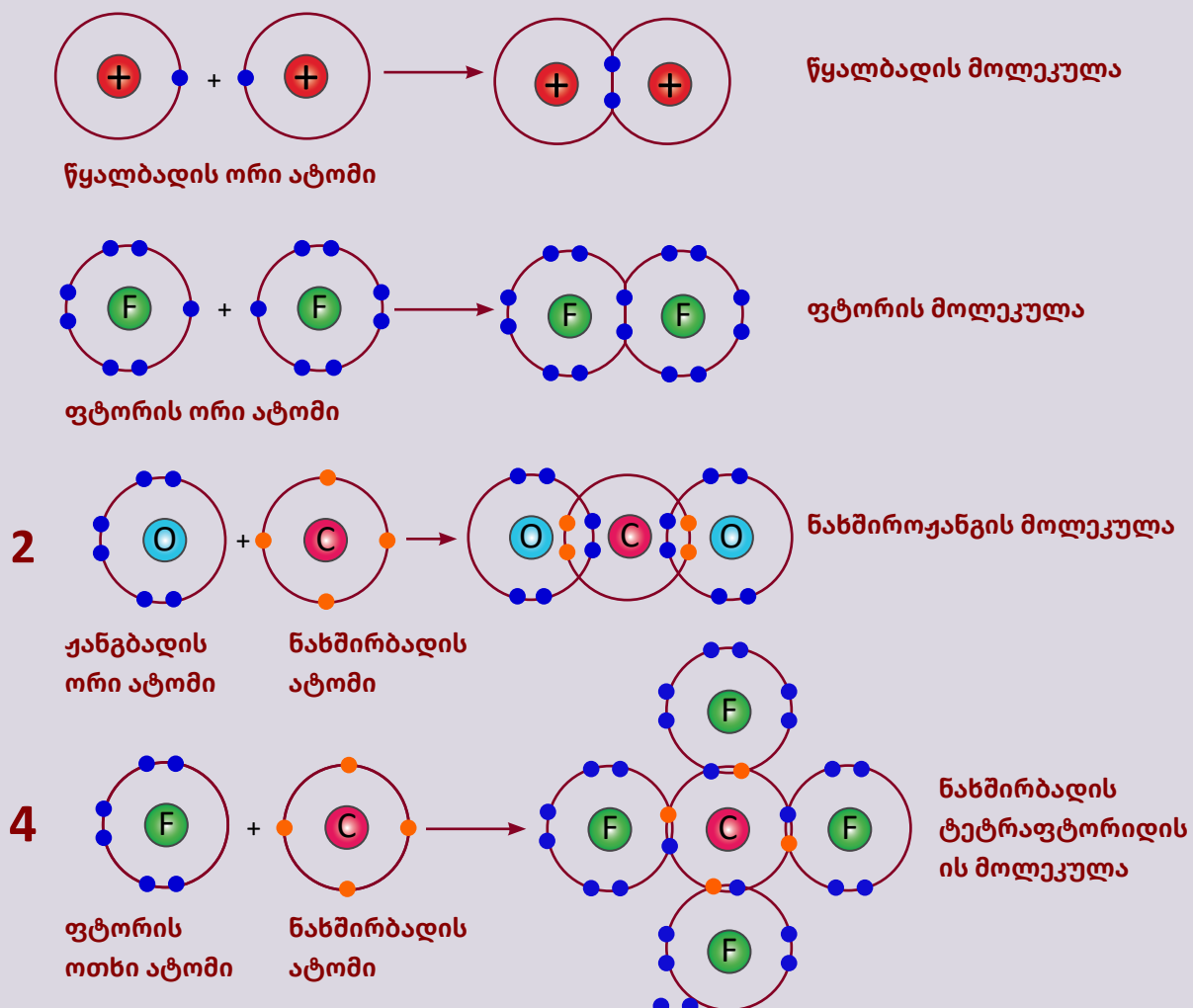
თუ იონური ბმის წარმოქმნას საფუძვლად უდევს ატომების მიერ ელექტრონების გაცემა/შეძენა და ეს ბმა წარმოიქმნება მეტალის კათიონსა და არამეტალის ანიონს შორის, კოვალენტური ბმა მყარდება არამეტალების ატომებს შორის **საზიარო ელექტრონული წყვილის/ წყვილების წარმოქმნით**.

განასხვავებენ არაპოლარულ-კოვალენტურ ($\Delta\chi =$

$= 0 - 0,4$) და პოლარულ-კოვალენტურ ($\Delta\chi = 0,4 - 1,7$) ბმებს; ამ უკანასკნელის კერძო შემთხვევაა პოლარულ-კოვალენტური ბმა *დონორულ-აქცეპტორული* მექანიზმით.

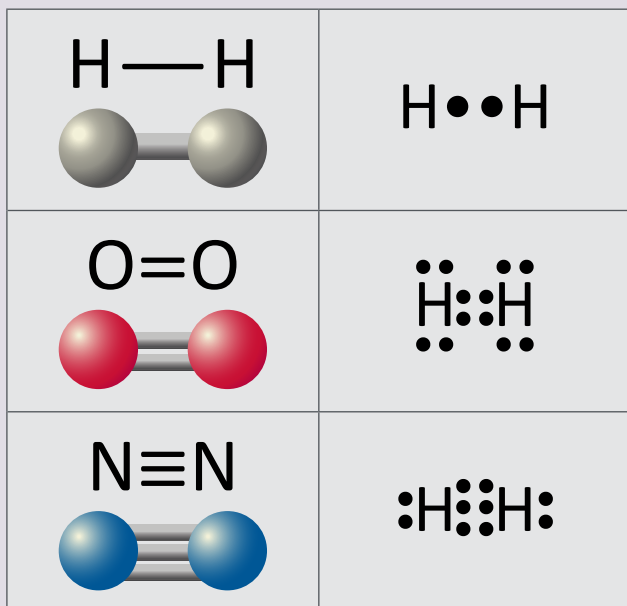
ასევე განასხვავებენ ერთმაგ, ორმაგ და სამმაგ კოვალენტურ ბმებს.

ქვემოთ ნაჩვენებია ერთმაგი და ორმაგი კოვალენტური ბმების წარმოქმნა წყალბადის, ფტორის, ნახშირორჟანგისა და ტეტრაფტორმეთანის (ნახშირბადის ტეტრაფტორიდის) მაგალითზე.



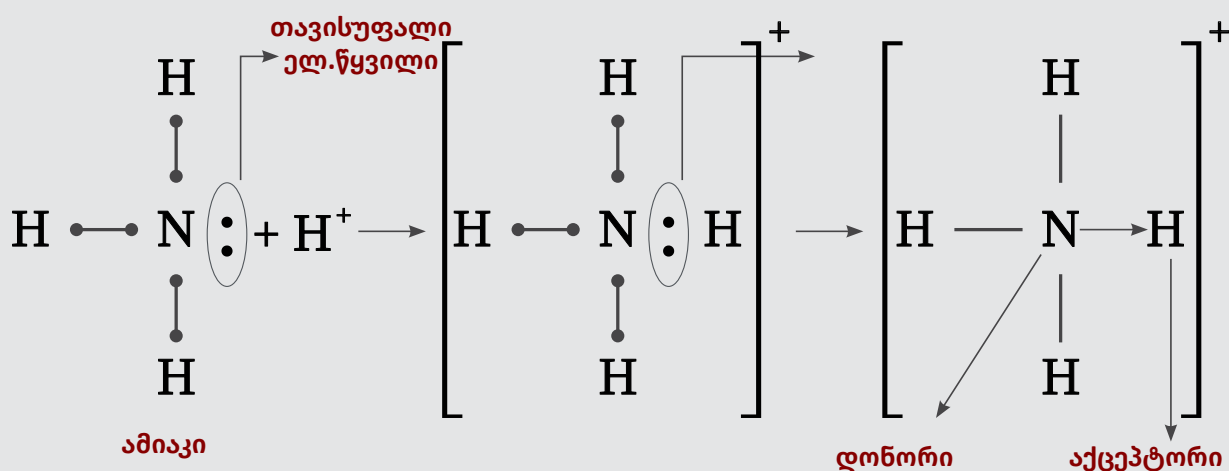
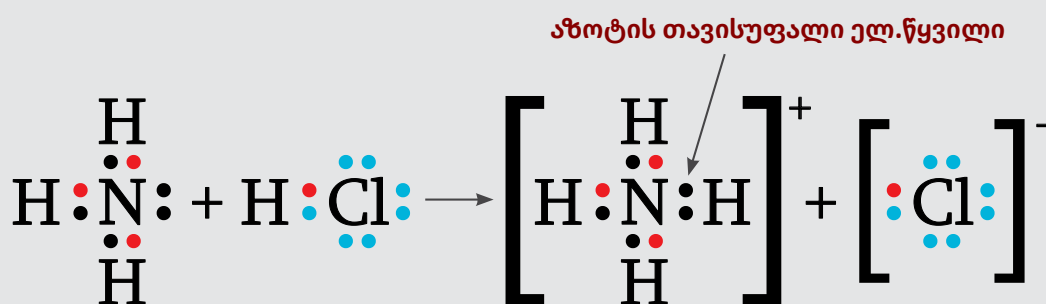
სურათი. ერთმაგი და ორმაგი კოვალენტური ბმების წარმოქმნა წყალბადის, ფტორის, ნახშირორჟანგისა და ტეტრაფტორმეთანის (ნახშირბადის ტეტრაფტორიდის) მაგალითზე.

ცხრილში მოყვანილია ერთმაგი, ორმაგი და სამ-
მაგი კოვალენტური ბმების შემცველი მარტივი
ნივთიერებების მაგალითები.

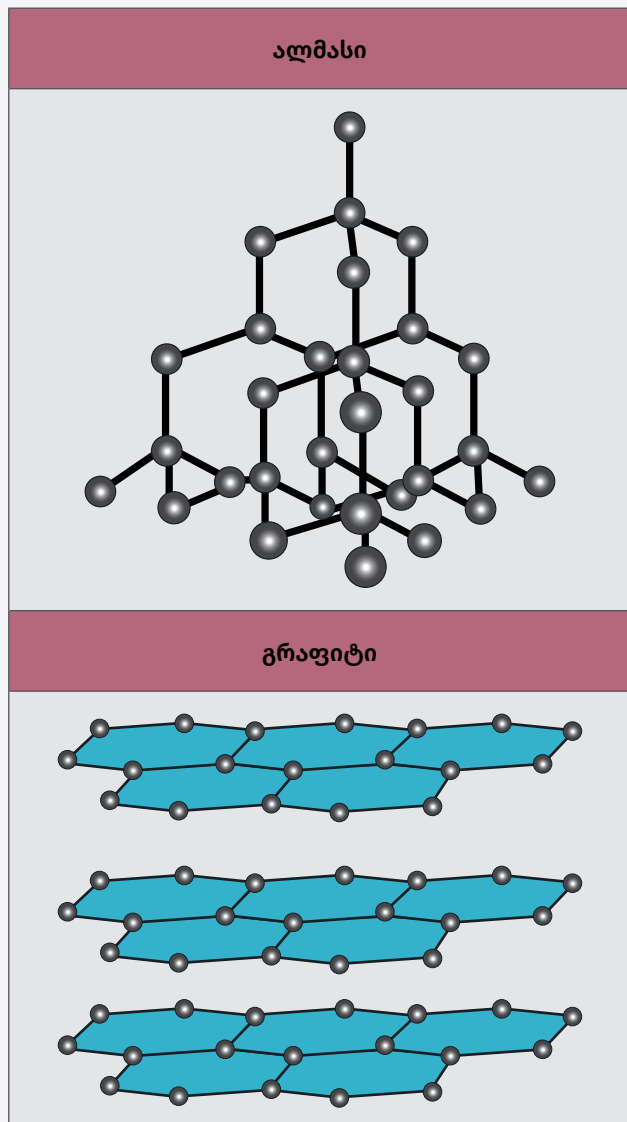


ახლა განვიხილოთ პოლარულ-კოვალენტური ბმის წარმოქმნა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით ამონიუმის იონის მაგალითზე.

აზოტის ატომი 5 სავალენტო ელექტრონიდან
სამი გაუწყვილებელი ელექტრონით ამყარებს
პოლარულ-კოვალენტურ ბმას წყალბადის ატო-
მებთან. აზოტის ატომის თავისუფალი ელექ-
ტრონული წყვილი ქლორწყალბადის მოლე-
კულიდან მიიერთებს წყალბადის პროტონს
ამ უკანასკნელის თავისუფალი s ორბიტალის
დაკავების შედეგად. აზოტის ატომი ასრულებს
ელექტრონული წყვილის დონორის, ხოლო
წყალბადის პროტონი – ელექტრონული წყვი-
ლის აქცეპტორის როლს. აქედან წარმოდგება
სახელწოდებაც – პოლარულ-კოვალენტური ბმა
დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით (ამონიუ-
მის იონში დონორულ-აქცეპტორული ბმა აღნიშ-
ნულია ისრით).



ალმასი და გრაფიტი – გიგანტური კოვალენტური სტრუქტურები



ახლა განვიხილოთ **კოვალენტური ბმის** თვისებები/მახასიათებლები/პარამეტრები:

კოვალენტური ბმის სიგრძე, ენერგია, ჯერადობა, პოლარობა და დიპოლური მომენტი.

ბმის სიგრძე განისაზღვრება ქიმიურ ბმაში მონაწილე ატომების ატომბირთვებს შორის მანძილით.

მოლეკულა	ბმის სიგრძე, ნმ	ბმის ენერგია, ჯ/მოლი
Cl_2	0,198	242
Br_2	0,228	192
I_2	0,267	151

ბმის ენერგია ეწოდება ბმის გაწყვეტაზე დახარჯულ ენერგიას. რაც მეტია ბმის ენერგია, მით ნაკლებია ბმის სიგრძე და პირიქით.

ბმის ჯერადობა გულისხმობს ერთმაგი, ორმაგი, სამმაგი ბმების არსებობას.

ბმის ჯერადობა	ბმის სიგრძე, ნმ	ბმის ენერგია, ჯკ/მოლი
ერთმაგი, C - C	0,154	368
ორმაგი, C = C	0,134	681
სამმაგი, C C	0,120	961

ჯერადი ბმები ერთმაგზე მოკლეა. შესაბამისად, ჯერადობის ზრდა იწვევს ბმის ენერგიის ზრდას.

	ბმის სიგრძე	ბმის ენერგია
C - C	ყველაზე გრძელი	ყველაზე ნაკლები
C = C	საშუალო	საშუალო
C C	ყველაზე მოკლე	ყველაზე დიდი

ქიმიური ბმის წარმოქმნისას ენერგია გამოიყოფა, გახლეჩისას – შთაინთქმება.

ბმის პოლარობა

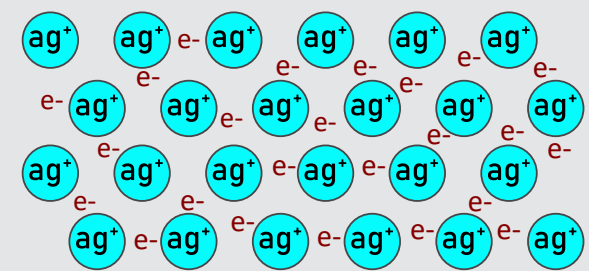
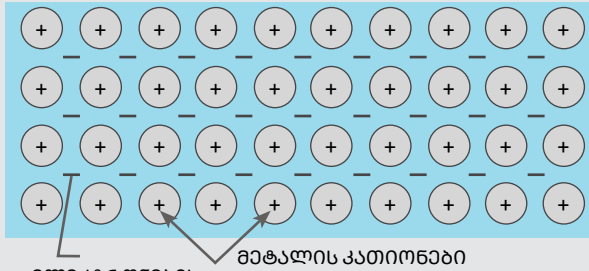
კოვალენტური ბმის პოლარობა გულისხმობს ატომებს შორის არსებული ელექტრონული ღრუბლის არათანაბარ განაწილებას, რაც განპირობებულია ბმაში მონაწილე ატომების განსხვავებული ელექტროუარყოფითობებით. ელექტრონული ღრუბელი გადაწეულია უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტის ატომისაკენ, რის გამოც ასეთი მოლეკულა შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც **დიპოლი** (ორპოლუსიანი ნაწილაკი).

მეტალური ბმა

მეტალური ბმა არსებობს მეტალებში. მეტალური ბმის წარმოქმნის მექანიზმი მდგომარეობს შემდეგში: მეტალის ატომები გასცემენ მობილურ სავალენტო ელექტრონებს – ერთს, ორს ან სამს – და წარმოქმნიან კათიონებს. ეს სავალენტო

ელექტრონები ხდება საზიარო ყველა კათიონი-სათვის, წარმოიქმნება ელექტრონების „ზღვა“, რომლის მიმართაც კათიონების ფენებს შეუძლიათ წანაცვლება. სწორედ ამ ფაქტით აიხსნება

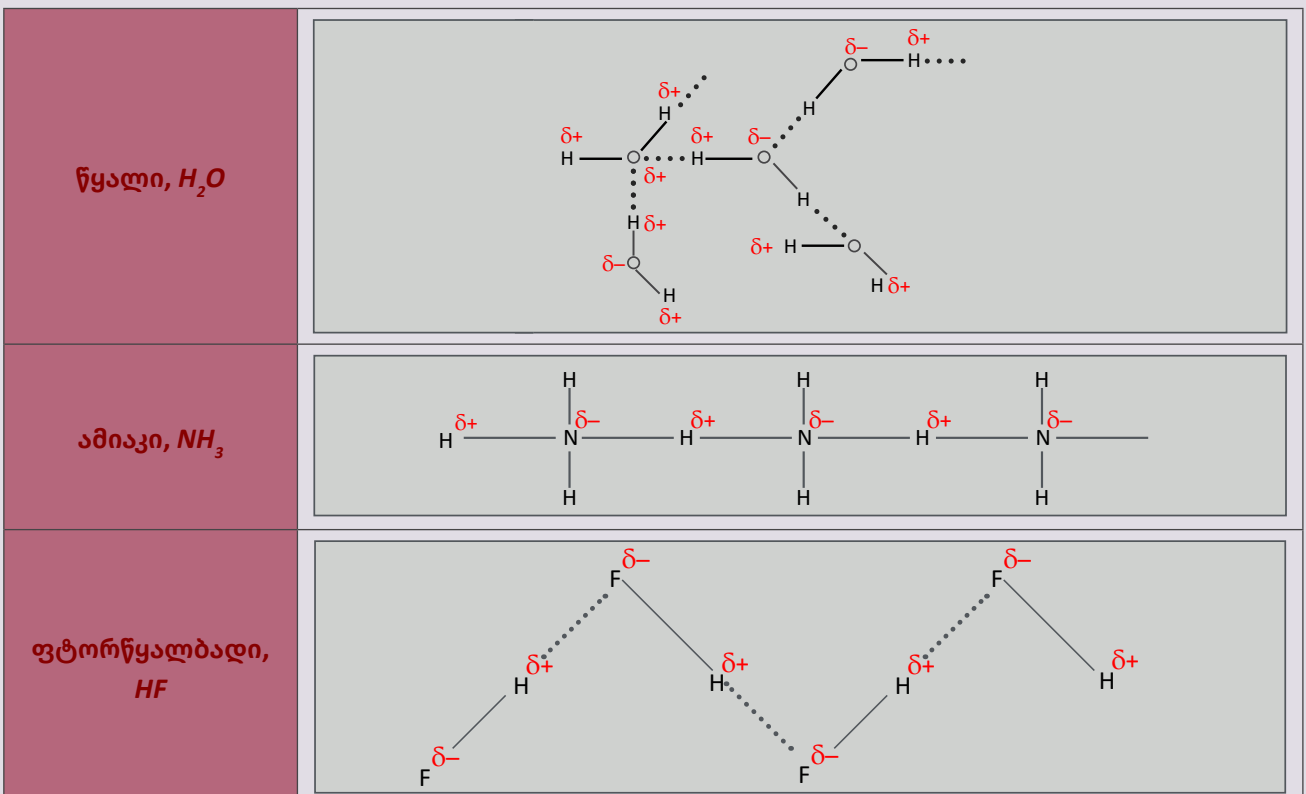
მეტალების ისეთი თვისებები, როგორებიცაა ღენის და სითბოს გამტარობა, ჭედალობა, გლინვალობა, გრეხვალობა, ღუნვალობა, პლასტიკურობა.

http://avjky.tripod.com/id2.html	http://www.thelibraryofmanufacturing.com/
	 ელექტრონების ზღვა მეტალის კათიონები

წყალბადური ბმა

წყალბადური ბმა არის ატომთა შორის მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედების ტიპი. იგი მყარდება წყალბადის ატომსა და სამი ელექტროუარყოფითი ელემენტის ატომებს შორის. ეს

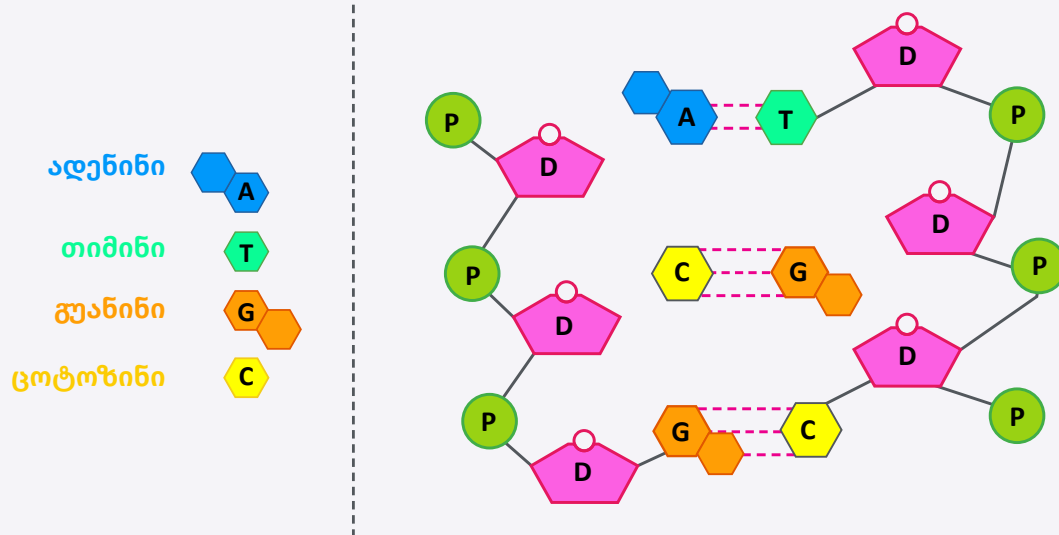
ელემენტებია ფტორი, ჟანგბადი, აზოტი. წყალბადური ბმა, როგორც წესი, გამოისახება სამი წერტილით. სწორედ წყალბადური ბმის არსებობა წყლის მოლეკულებს შორის არის მიზეზი იმისა, რომ წყალი არის სითხე, ხოლო მეთანი – გაზი, რადგან მასში არ არის წყალბადური ბმა.



სურათებზე ნაჩვენებია წყალბადური ბმის წარმოქმნა წყლის, ამიაკისა და ფტორწყალბადის მოლეკულების მაგალითზე.

წყალბადური ბმა გვხვდება როგორც არააცოცხალ, ასევე ცოცხალ სამყაროში. მაგ., ბიოლოგიიდან გავიხსენოთ, რომ **დნმ** წარმოადგენს ორი

მაკრომოლეკულის ჯაჭვისგან შემდგარ სპირალს. ეს ჯაჭვები ერთმანეთთან დაკავშირებულია **წყალბადური ბმებით**, რომლებიც მყარდება თითოეულ ჯაჭვში შემავალ ჰეტეროციკლურ აზოტოვან ფუძეებს შორის (წყვეტილი ხაზი).



ქიმიური ბმა	კრისტალური მესერი	სტრუქტურული ნაწილაკები მესერში	აგრეგატული მდგომარეობა ოთახის ტემპერატურაზე
იონური	იონური კრისტალური მესერი	მილიონობით იონი	მყარი
კოვალენტური	მოლეკულური	ატომების მცირე რ-ბა	ჩვეულებრივ, სითხე/თხევადი ან მყარი
	გიგანტური კოვალენტური მოლეკულები	მილიონობით ატომი	მყარი, ალმასი, გრაფიტი
მეტალური	მეტალური კრისტალური მესერი	მილიონობით მეტალის კათიონი	მყარი, გამონაკლისია ვერცხლისწყალი, რომელიც ოთახის ტემპერატურაზე არის თხევად მდგომარეობაში

დამოუკიდებელი სამუშაო შეასრულეთ აქტივობები:

-  [სამუშაო ფურცელი 3.1](#)
-  [სამუშაო ფურცელი 3.2](#)
-  [სამუშაო ფურცელი 3.3](#)

სამუშაო ფურცელი 3.1

პერიოდული სისტემის გამოყენებით დაადგინეთ ნაერთებში შემავალი ელემენტების მეტალური/არამეტალური ბუნება და განსაზღვრეთ ქიმიური ბმის ტიპი. შეავსეთ ცხრილი მოცემული ნიმუშის მიხედვით:

ცხრილი

N	ქიმიური ფ-ლა	მეტალი	არამეტალი	ქიმიური ბმის ტიპი
1	HF	-----	H, F	კოვალენტური
2	NaCl	Na	Cl	იონური
3	C ₄ H ₁₀			
4	Al ₂ O ₃			
5	CCl ₄			
6	Na ₂ S			
7	Sr ₃ N ₂			
8	H ₂ S			
9	BaF ₂			
10	C ₂ H ₆			
11	NO ₂			
12	MgCl ₂			

კიდევ სცადე

სამუშაო ფურცელი 3.2

იონური და მოლეკულური ნაერთების დასახელება

ცხრილში 1 ჩაწერეთ ნაერთების სახელწოდებები:

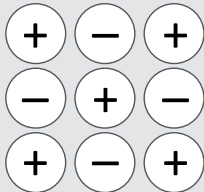
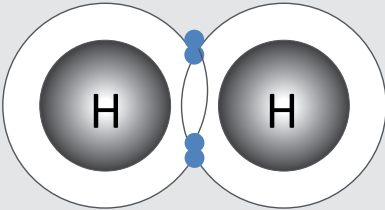
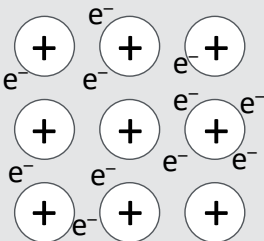
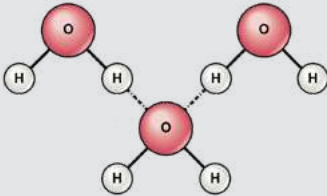
N	ქიმიური ფორმულა	დასახელება
1	Na_2CO_3	
2	P_4O_{10}	
3	N_2O_5	
4	FeSO_4	
5	SiO_2	
6	FeCl_2	
7	CuBr_2	
8	CO_2	
9	$\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$	
10	PCl_3	

კიდევ სცადე

სამუშაო ფურცელი 3.3

ატომთაშორის ურთიერთქმედების ძალები

შეავსეთ ცხრილი:

ატომთაშორის ურთიერთქმედების ტიპი	მოდელი	საკვანძო სიტყვები, ფრაზები	მაგალითი
ქიმიური ბმა (შიდამოლეკულური ურთიერთქმედება)			
იონური ბმა			
კოვალენტური ბმა			
მეტალური ბმა			
მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედება			
წყალბადური ბმა			

კიდევ სცადე