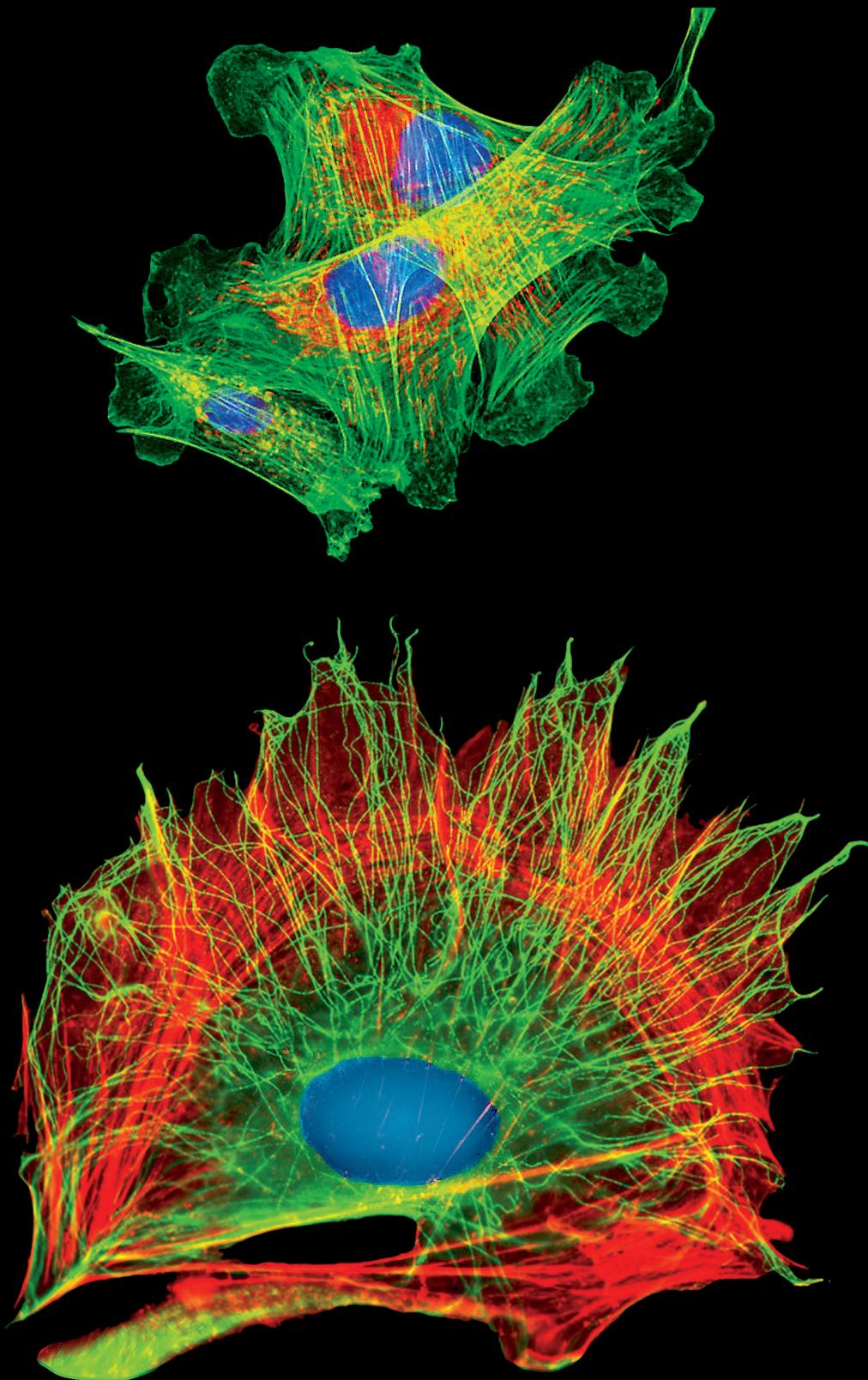


ბორობის გენერაცია  
10

ნაციონალური

უნივერსიტეტი

666 ზამოდიშვილი



# ბიოლოგია

10

მოსწავლის წიგნი

ნაწილი I

ნანა ზაალიშვილი

„გრიფმინიჭებულია საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მიერ  
2022 წელს“.

ცნობილი

2022

# ბიოლოგია

10

მოსწავლის ნიგნი

ნაცილი |

ავტორი: ნანა ზაალიშვილი

მსატვარი: ნინო ლვაპერიძე

ტექ. რედაქტორი, დიზაინი და კომპ. უზრუნველყოფა: ნინო ლვაპერიძე

გამომცემლობა „ტრიასი“  
თბილისი, რობაქიძის გამზირი 7.

ტელ: +995 577 42 52 22

[www.triasi.ge](http://www.triasi.ge)

Email: [infotriasi@gmail.com](mailto:infotriasi@gmail.com)

| გამოცემა

2022 წელი

© გამომცემლობა „ტრიასი“

ყდაზე გამოყენებული ილუსტრაცია:

ციტოჩინჩის სხვადასხვა ტიპის უჯრედში. ფლუორესცენტული მიმკროსკოპია.

# სარჩევი

## თემა - უჯრედის პიოლოგია

### 1 – სიცოცხლის მოლეკულები

1.1. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა. არაორგანული ნივთიერებები .....	9
1.2. ორგანული ნივთიერებები. ცილები.....	19
1.3. ცილების დანიშნულება უჯრედსა და ორგანიზმებში .....	25
1.4. ნახშირნყლები.....	33
1.5. ლიპიდები.....	39
1.6. დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა. დნმ-ის ალმოჩენის ისტორია.....	46
1.7. დნმ-ის ორმაგი სპირალი.....	51
შეავამე შენი ცოდნა და გამოცადე შენი უნარები.....	58
პროექტი – მინერალური წყალი.....	64

### 2 – უჯრედის კომპონენტები

2.1. უჯრედული თეორია.....	69
2.2. პლაზმური მემბრანა.....	73
2.3. ბირთვი, რიბოსომა, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი.....	83
2.4. მიტოქონდრია, პლასტიდები, ლიზოსომა, პეროქსისომა, ცენტრალური ვაკუოლი.....	88
2.5. ციტოჩონჩინი, უჯრედის ცენტრი, უჯრედგარე მატრიქსი.....	96
შეავამე შენი ცოდნა და გამოცადე შენი უნარები.....	102
პროექტი – ცილების მოგზაურობა .....	108

### **3 – უჯრედული მეტაპოლიზმი**

<b>3.1. უჯრედული სუნთქვა.....</b>	<b>113</b>
<b>3.2. ფოტოსინთეზი .....</b>	<b>122</b>
<b>3.3. მცენარის სუნთქვა და ფოტოსინთეზი .....</b>	<b>128</b>
<b>3.4. დნმ-ის გაორმაგება – რეპლიკაცია .....</b>	<b>132</b>
<b>3.5. პიპოთება „ერთი გენი – ერთი ცილდა“ .....</b>	<b>136</b>
<b>3.6. გენეტიკური კოდი. ტრანსკრიპცია. ტრანსლაცია.....</b>	<b>140</b>
<b>შეაჯამე შენი ცოდნა და გამოცადე შენი უნარები.....</b>	<b>146</b>
<b>პროექტი – ფერადი სამყარო.....</b>	<b>150</b>
<b>საკვანძო სიტყვები .....</b>	<b>152</b>

## პირობითი ნიშნები



- ტექსტში ჩართული კითხვები



- კვლევითი სამუშაო. ექსპერიმენტის დაგეგმვა, ჩატარება, ანალიზი



- ცხრილების, დიაგრამების, ტაბულების, სქემების, ნახატების შედგენა და ანალიზი



- სხვადასხვა სახის კითხვები და ტესტები



- დასკვნითი ნაწილი



- დამატებითი ინფორმაცია და რჩევები



- QR კოდებიდან პირდაპირ ბმულზე გადასვლა შესაძლებელია სმარტ-ფონითა და პლანშეტით (ჩამოტვირთეთ პროგრამა – QR Code reader) ან მითითებული ინტერნეტმისამართით

<https://bit.ly/3MRHzdl>

შენი და შენი თანატოლების ინტერესების გათვალისწინებით, წიგნში მოცემული დავალებები გადაიტანე და შეასრულე რვეულში.

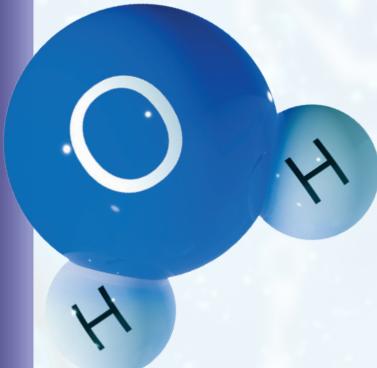
მოუფრთხილდი წიგნს!

# თემა – უჯრედის პიოლოგია

## 1

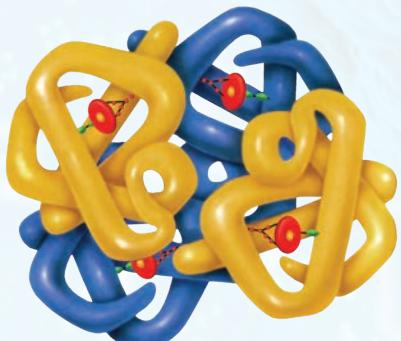
### სიცოცხლის მოლეკულები

- 1.1. უჯრედის ეიზოური  
შედგენილობა.  
არაორგანული ნივთიერებები
- 1.2. ორგანული ნივთიერებები.  
ცილები
- 1.3. ცილების დანიშნულება  
უჯრედსა და ორგანიზმები
- 1.4. ნახშირწყლები
- 1.5. ლიპიდები
- 1.6. დეზოქსილიპონუკლეინის  
მჟავა.  
დნმ-ის აღმოჩენის ისტორია
- 1.7. დნმ-ის ორგაზი სპირალი



ხომ რთულად წარმოსადგენია, მაგრამ რეალურად, სიცოცხლის ფორმების გასაოცარი მრავალფეროვნების მიუხედავად, ნებისმიერი ცოცხალი, ადამიანის ჩათვლით, ერთგვარი ქიმიური სისტემა – ნივთიერებების უნიკალური ნაკრები, რომელიც გარემოსთან მუდმივად ანარმოებს ნივთიერებათა მიმოცვლას.

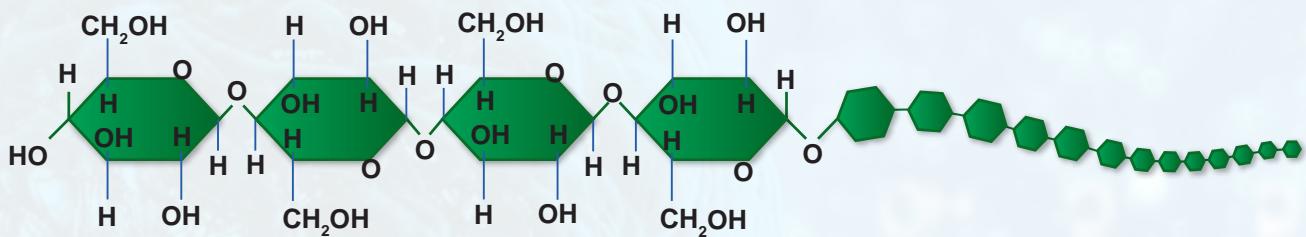
სიცოცხლის საფუძველი ქიმიური ნივთიერებებია, ამიტომ ბიოქიმია, ანუ სიცოცხლის ქიმია, რომელიც ბიოლოგიური ორგანიზაციის ყველა დონეზე სიცოცხლის მოლეკულებსა და მათ გარდაქმნებს სწავლობს, ყველა ბიოლოგიური მეცნიერების საფუძვლად მიიჩნევა.



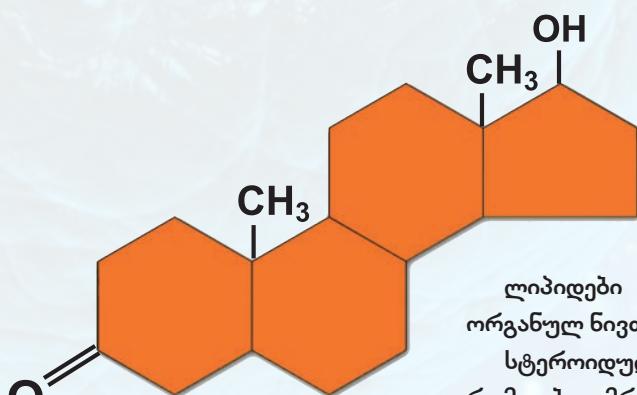
უჯრედსა და ორგანიზმში მრავალფეროვანი ფუნქციების გამო ცილებს პროტეინები, ანუ პირველები უწოდეს.



დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა მპრძანებელი მოლეკულაა. ის შეიცავს ინფორმაციას ორგანიზმის ყველა სასიცოცხლო თვისების შესახებ.

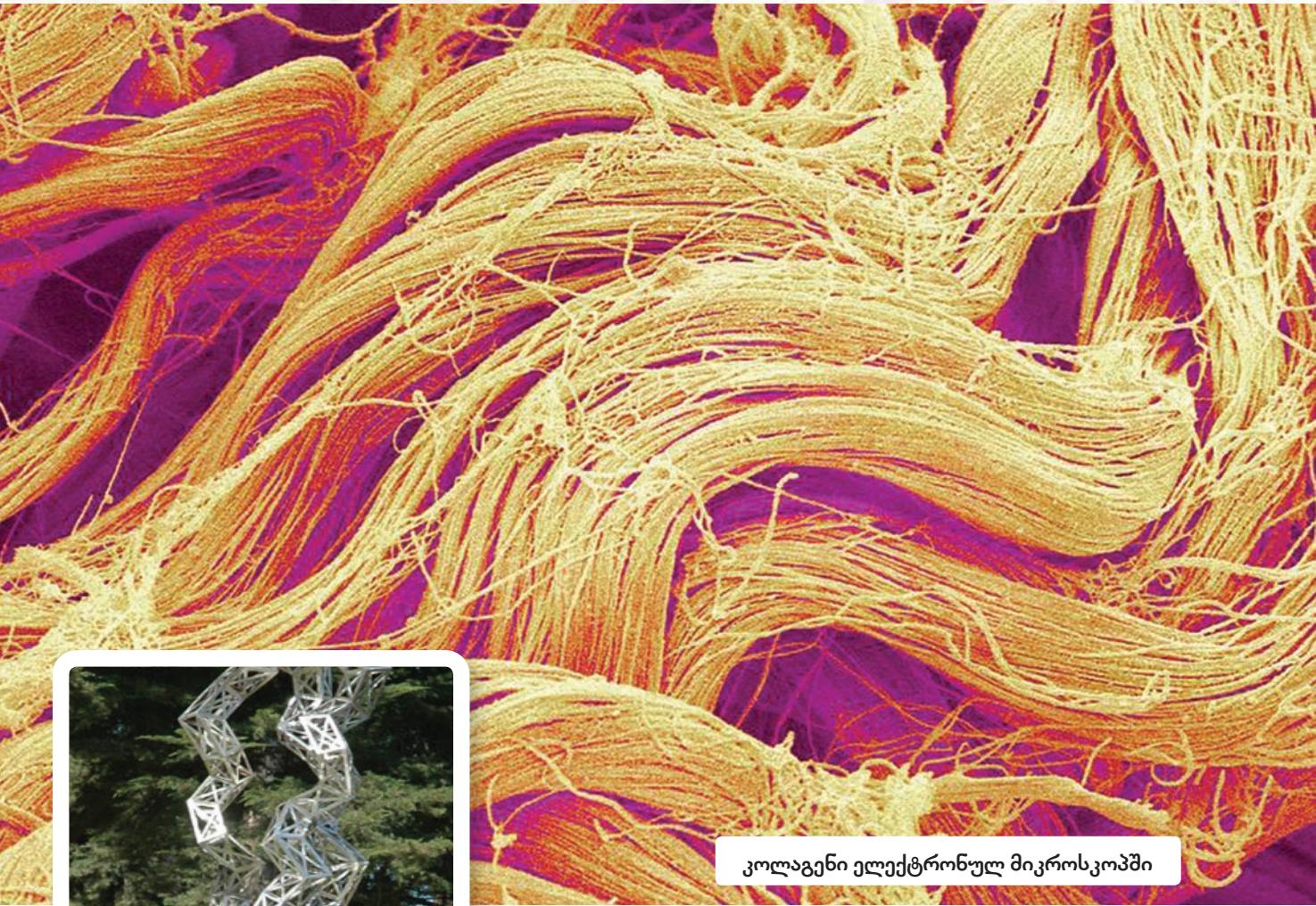


ნახშირწყლების უმთავრესი ფუნქცია ორგანიზმის ენერგიით მომარაგებაა.



ლიპიდები სტრუქტურულად და ფუნქციურად განსხვავებულ ორგანულ ნივთიერებებს აერთიანებს.

სტეროიდული ჰორმონები ლიპიდების მნიშვნელოვანი ჯგუფია, რომლებიც მრავალი სასიცოცხლო პროცესის რეგულაციაში არიან ჩართულნი.



კოლაგენი ელექტრონულ მიკროსკოპში



კოლაგენი ჩვენი ორგანიზმის მთავარი სტრუქტურული ცილაა.

როგორც შემაქტობელი ქსოვილის ძირითადი ქიმიური კომპონენტი, ის ყველა ორგანოს შედგენილობაში შედის და მის გამძლეობას უზრუნველყოფს.

ასაკთან ერთად ორგანიზმში კოლაგენის რაოდენობა თანდა-თან კლებულობს და სხვადასხვა დაავადების მიზეზი ხდება.

გერმანელმა ფიზიკოსმა ჯულიან ვან ანდრეამ, რომლის მრავალი ნამუშევარი ხელოვნების ნიმუშად არის აღიარებული, „ძეგლი” დაუდგა კოლაგენს. კოლაგენის ფიგურა, რომლის ერთ ბოლოში პოლიპეტიდური ჯაჭვები ერთმანეთს სცილდება, ახალ-გაზრდობის და სიბერის მეტაფორაა.

# 1.1

## უჯრედის ქიმიური შედგენილობა. არაორგანული ნივთიერებები

### შენ შეძლებ:

- იმსჯელო, რა განასხვავებს ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას ქიმიური ნივთიერებების შემცველობის თვალსაზრისით;
- განვითარო მიკროელემენტების მნიშვნელობა სასიცოცხლო პროცესებში და **ახსნა**, რა დაავადებების სახით ვლინდება მათი ნაკლებობა ადამიანის ორგანიზმში;
- აღნიშვნო ნყლის თვისებები და დაუკავშირო მის აღნავობას;
- შეაჯამო ნყლის განსაკუთრებული როლი უჯრედისა და ორგანიზმების სასიცოცხლო თვისებების უზრუნველყოფაში;
- ჩამოაყალიბო მინერალური მარილების მნიშვნელობა უჯრედისა და ორგანიზმის მუავა-ტუტოვანი ნონასნორობის შენარჩუნებაში და **გაითვალისწინო** ეს ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

### იმეტყველე, როგორც მეცნიერმა

- მიკროელემენტი
- მაკროელემენტი
- ნყალბადური ბმა
- ზედაპირული დაჭიმულობა
- ჰიდროფილური ნივთიერებები
- ჰიდროფონბური ნივთიერებები
- ბუფერული ნივთიერებები

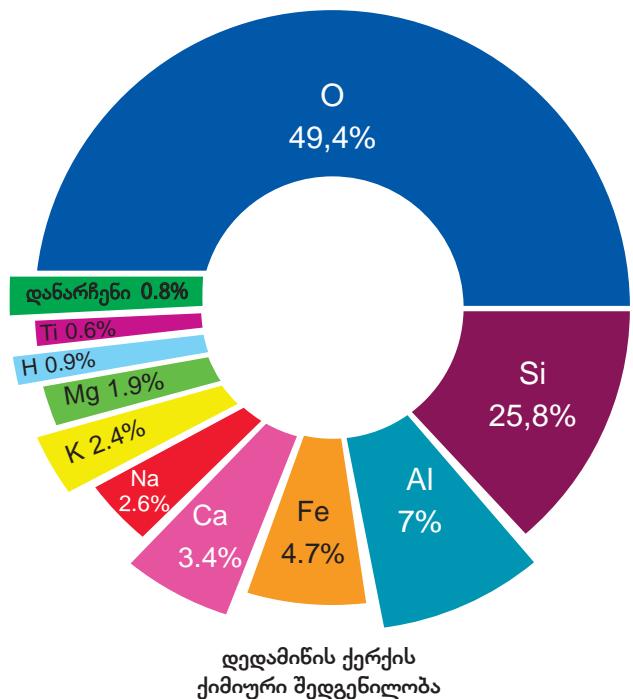
ცოცხალ ორგანიზმებში არ არის აღმოჩენილი რაიმე ისეთი განსაკუთრებული ქიმიური ელემენტი, რომელიც მხოლოდ მათში გვხვდება და არაცოცხალი ბუნება შას არ შეიცავს. თუმცა, ქიმიური ელემენტების რაოდენობრივი შემცველობის თვალსაზრისით, განსხვავება ამ ორ სამყაროს შორის ძალიან დიდია.

- დააკვირდი ილუსტრაციას. რომელ ქიმიურ ელემენტებს შეიცავს დედამინის ქერქი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით?**

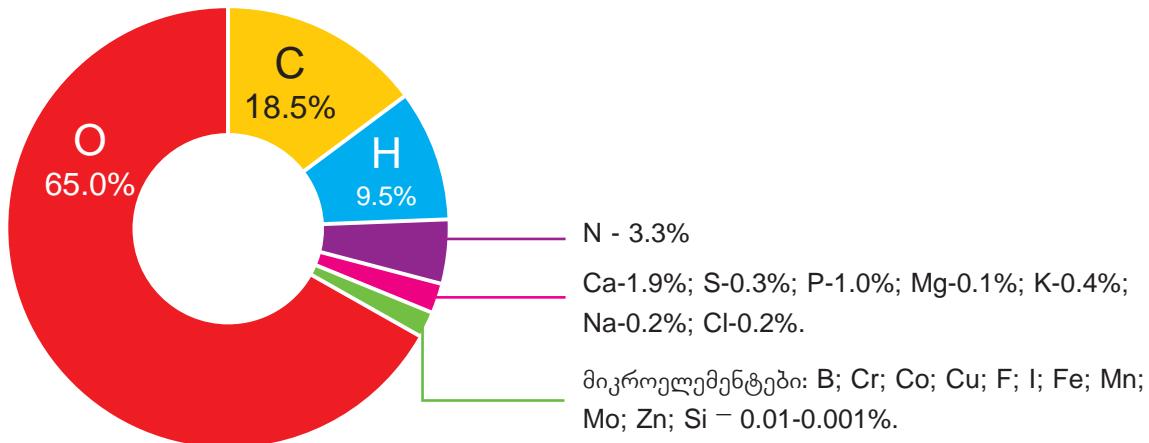
ცოცხალ ორგანიზმებში ქიმიურ ელემენტებს მეცნიერები პირობითად მო ჯგუფად – მაკროელემენტებად და მიკროელემენტებად ყოფილია.

**მაკროელემენტებს** იმ ელემენტებს უწოდებენ, რომელთა შემცველობა ორგანიზმში 0,1%-ს აღემატება.

**მიკროელემენტების** ჯგუფში ის ქიმიური ელემენტებია გაერთიანებული, რომლებსაც ორგანიზმი 0,01-0,001%-ის ფარგლებში შეიცავს.



ძალზე მცირე, 0,000001%-ზე ნაკლები რაოდენობით შედის ცოცხალ ორგანიზმში ოქრო, ვერცხლი, პლატინა. ამ ელემენტებს ზოგი მეცნიერი ცალკე, ულტრამიკროელემენტების ჯგუფში აერთიანებს.



ადამიანის ორგანიზმის ქიმიური შედგენილობა

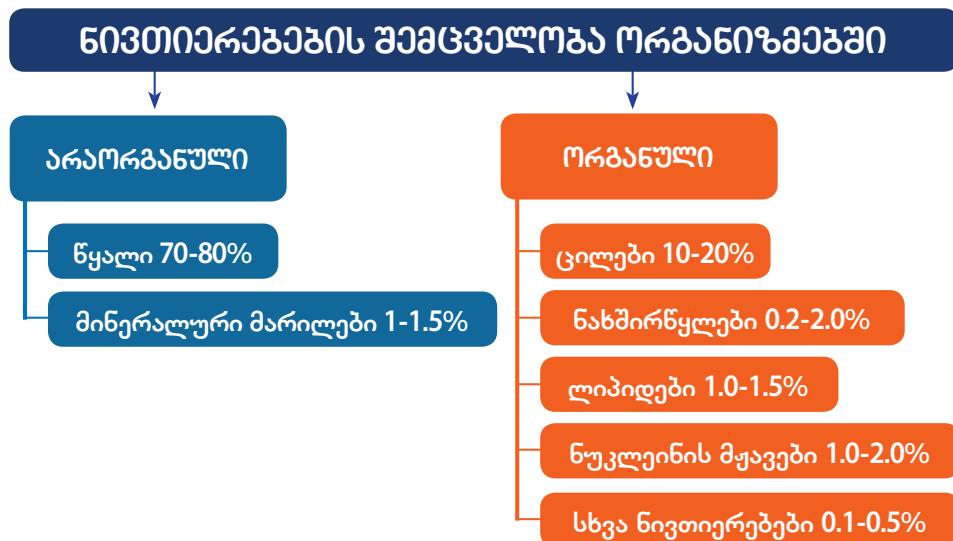
- 2 რომელი ელემენტები შედის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ადამიანის ორგანიზმში?
- 3 რა გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე რკინის ნაკლებობა საკვეპ პროდუქტებში?
- 4 რომელი დაავადებაა დაკავშირებული იოდის დეფიციტთან?
- 5 რას ინვევს ფთორის დეფიციტი?

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



განსხვავება ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას შორის მოღვაწლურ დონეზე იჩენს თავს. ყველა ცოცხალი ორგანიზმი ორგანულ ნივთიერებებს – ცილებს, ლიპიდებს, ნახშირნყლებსა და ნუკლეინის მჟავებს შეიცავს. ეს ნივთიერებები მხოლოდ ცოცხალი ორგანიზმების „კუთვნი-ლებაა“, რადგან ორგანული ნივთიერებები მხოლოდ მათში წარმოიქმნებიან.

არაორგანული ნივთიერებები გვხვდება როგორც ცოცხალ, ასევე არაცოცხალ ბუნებაში.



### არაორგანული ნივთიერებები

წყალი ყველაზე გავრცელებული ნივთიერებაა დედამინაზე. დედამინის ზედაპირის უდიდესი ნაწილი წყლითაა დაფარული. ის ბუნებრივ პირობებში სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში არ-სებობს: წყალი აისპერგსაც წარმოქმნის, ლრუბელსაც და მდინარესაც.



ჩვენი სხეულის დაახლოებით 80%-ც წყალია. ის არის როგორც უჯრედში, ისე მის გარეთ – ქსოვილურ სითხეში, სისხლში, ლიმფაში, ნერნყვში.

რაც ყველაზე მეტად საინტერესოა, წყლის შემცველობა თითქოს პირდაპირ მიუთითებს მთლი-ანად ორგანიზმისა და ამა თუ იმ უჯრედის აქტივობაზე. მაგალითად, ბავშვის ორგანიზმი დიდი რაოდენობით წყალს შეიცავს. ასაკთან ერთად მისი შემცველობა თანდათან კლებულობს. თავის ტვინში წყლის შემცველობა დაახლოებით 90%-ია, ცხიმოვან ქსოვილში კი – მხოლოდ 10%.

ზრდასრული ადამიანი დღე-ლამეში საშუალოდ 2 ლიტრამდე წყალს იღებს და ამდენსავე გამო-ყოფს. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ადამიანი მხოლოდ 3-5 დღე ძლებს წყლის მიღების გარეშე და მისი 12%-ის დაკარგვის შემდეგ იღუპება.

ეს მაგალითები იმაზე მიუთითებს, რომ წყალს დიდი მნიშვნელობა აქვს სიცოცხლისთვის.

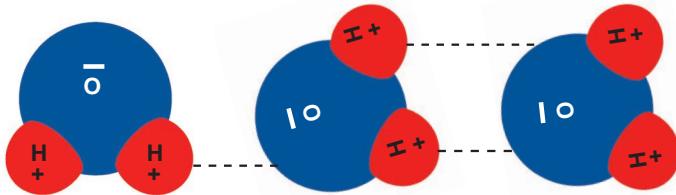
აღმოჩნდა, რომ ეს, ერთი შეხედვით, ჩვეულებრივი მოღვაწლა, რომელიც ყველგანაა ჩვენ გარშემო და რომელიც ჩვენი ყოფის განუყოფელი ნაწილია, სრულიადაც არ არის ჩვეულებრივი. მას მრავალი უჩვეულო, უნიკალური თვისება გააჩნია, რომელთაგან, მეცნიერთა აზრით, რამდენიმემ გადამწყვეტი როლი შეასრულა დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობასა და განვითარებაში.

მკვლევარების აზრით, სიცოცხლე წყალში ჩაისახა და წყალი ერთგვარ „მბრძანებელ“ მოღვაწლად იქცა – უჯრედის სტრუქტურა აიწყო წყლის თვისებების გათვალისწინებით.

წყლის უნიკალური თვისებები მისი მოღვაწლის აღნაგობიდან გამომდინარეობს.

წყალი **ჰოლარული** მოღვაწლაა. რომლის ერთი ნაწილი უარყოფითადაა დამუხტული, ხოლო მეორე – დადებითად. ასეთ მოღვაწლას **დიპოლს** უწოდებენ.

წყლის ერთი მოღვაწლის დადებითად დამუხტული წყალბადი იზიდავს წყლის მეორე მოღვაწლის უარყოფითად დამუხტულ უანგბადს და მათ შორის ე.წ. **წყალბადური ბმები** წარმოიქმნება.



წყალბადური ბმები წყლის მოღვაწლებს შორის

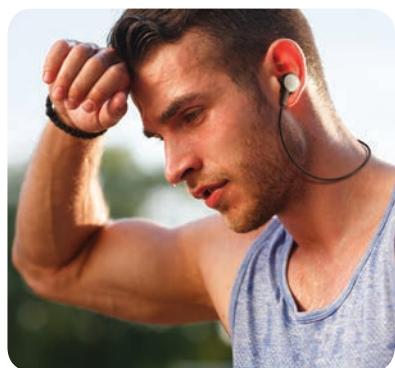
წყალბადური ბმა გაცილებით სუსტია კოვალენტურ ბმაზე. ის სწრაფად წარმოიქმნება და სწრაფადვე იშლება. სწორედ წყალბადური ბმებით არის გამოწვეული წყლის სიცოცხლისთვის მნიშვნელოვანი უნიკალური თვისებები.

წყალს მაღალი კუთრი თბოტევადობა აქვს. მის გასაცხელებლად, 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 „ჯირუტი“ მოღვაწლაა. ის თითქოს ცდილობს, შეინარჩუნოს ტემპერატურა და ენინაალმდეგება როგორც სითბოს მიღებას, ისე გაცემას.

### 6 რა მნიშვნელობა აქვს წყლის ამ თვისებას ჩვენი უჯრედებისთვის?

იმისთვის, რომ წყლის მოღვაწლამ გაწყვიტოს წყალბადური კავშირი მეზობელ მოღვაწლებთან, გათავისუფლდეს და ჰაერში გადაინაცვლოს, ანუ აორთქლდეს, უნდა გაცხელდეს.



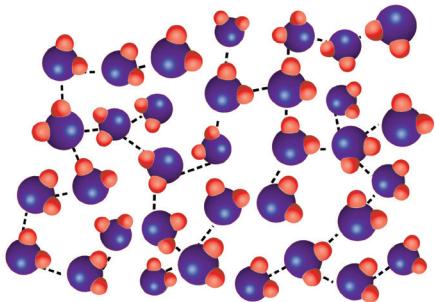
„ცხელ მოღვაწლებს“ თან მიაქვთ სითბური ენერგიის დიდი ნაწილი, ანუ აორთქლებას სითბური ენერგიის ხარჯვა მოჰყვება.

ამ მოღვაწლასთან არის დაკავშირებული ორგანიზმის ტემპერატურის დაწევა – გაგრილება, ოფლის გამოყოფის დროს.

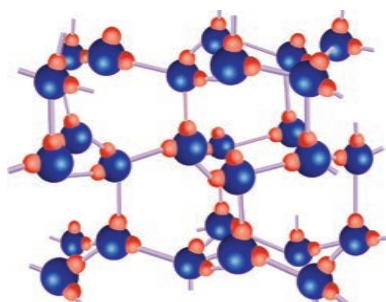
ოფლის გამოყოფა  
ორგანიზმს აგრილებს

წყალს კიდევ ერთი უცნაური თვისება აქვს – ის ერთადერთი ნივთიერებაა, რომელსაც თხევად მდგომარეობაში უფრო მეტი სიმკვრივე აქვს, ვიდრე მყარში. სხვა ნივთიერების გაცივებისას მის მოლეკულებს შორის მანძილი მცირდება, ის ზომაში იკლებს და უფრო მკვრივი ხდება. წყლის შემთხვევაში პირიქითაა.

გაცივებისას წყლის მოლეკულები ერთმანეთს სცილდება და ისე უკავშირდება ერთმანეთს წყალბადური ბმებით, რომ კრისტალურ მესერს წარმოქმნის. ამ მესერში მოლეკულებისგან თავისუფალი ბევრი ადგილია. ამიტომ ყინულის სიმკვრივე, თხევად წყალთან შედარებით, გაცილებით დაბალია – ის ტივტივებს.



თხევადი წყალი



ყინული

ყინული საბანივით ეფარება წყლის ზედაპირს და იცავს მის ქვეშ მდებარე წყლის ფენებს ცივი ჰაერის უშუალო ზემოქმედებისგან.

## 7 რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ამ ფაქტს?

წყლის ზედაპირზე წყალბადური ბმებით თითქოს ერთმანეთთან „მიწებებული“ წყლის მოლეკულები ერთგან აპას წარმოქმნიან. ამ მოვლენას ზედაპირულ დაჭიმულობას უწოდებენ.



ზედაპირული დაჭიმულობის გამო, წყლის ზედაპირზე ფრთხილად მოთავსებული საგანი არ იძირება წყალში.

წყლის ეს თვისება საკმაოდ ხელსაყრელი აღმოჩნდა ზოგიერთი ფეხსახსრიანისთვის, რომებიც ისე დააბიჯებენ წყალზე, რომ არ არღვევენ წყლის მოლეკულების ამ თვალით უხილავ აპას.



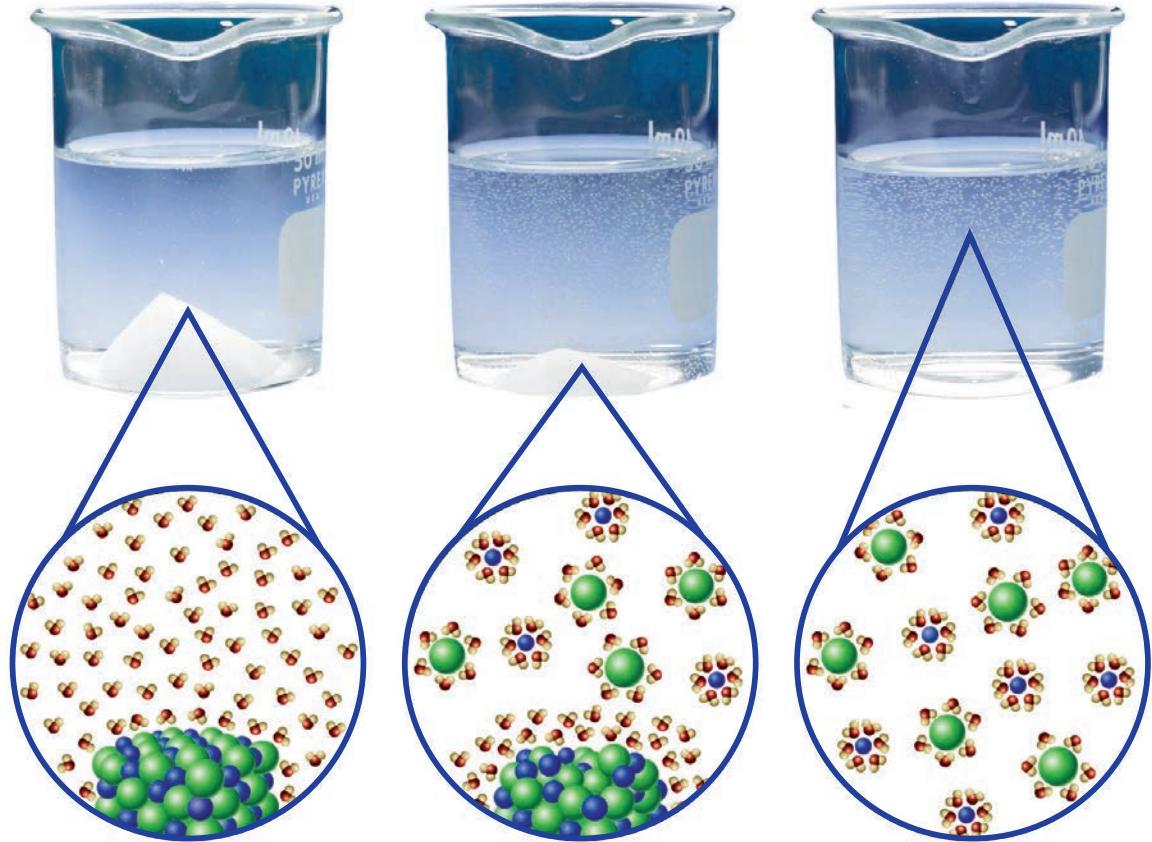
მნერი წყლის ზედაპირზე



ეს ხელიკი იმითაა ცნობილი, რომ მას წყლის ზედაპირზე სირბილი შეუძლია

წყალი არაჩვეულებრივი გამსხნელია. მასში უამრავი ნივთიერება იხსნება, ბევრად მეტი, ვიდრე სხვა რომელიმე სითხეში.

ამ შემთხვევაშიც გადამწყვეტი მნიშვნელობა წყლის პოლარობას აქვს. წყლის პოლარული მოლეკულები ფალ-ფალები ერტყმიან გარს სუფრის მარილის ნატრიუმისა და ქლორის იონებს და ისინი ერთმანეთს სცილდებიან – მარილი წყალში იხსნება. ხსნარში იონები თავისუფლად მოძრაობენ და ადვილად ერთვებიან სხვადასხვა რეაქციაში. ამიტომაა რომ უჯრედში, რომელიც 80%-მდე წყალს შეიცავს, რეაქციები ადვილად მიმდინარეობს.



სუფრის მარილის გახსნა წყალში

წყალში კარგად იხსნება ასევე პოლარული ნივთიერებებიც – შაქრები, ამინომჟავები, სპირტები. წყალში ხსნად ნივთიერებებს ჰიდროფილურ ნივთიერებებს უწოდებენ.

არაპოლარული ნივთიერებები, მაგალითად, ცხიმები წყალთან კავშირს ვერ ამყარებენ – წყალში ვერ იხსნებიან. ისინი ჰიდროფიბური ნივთიერებები არიან.

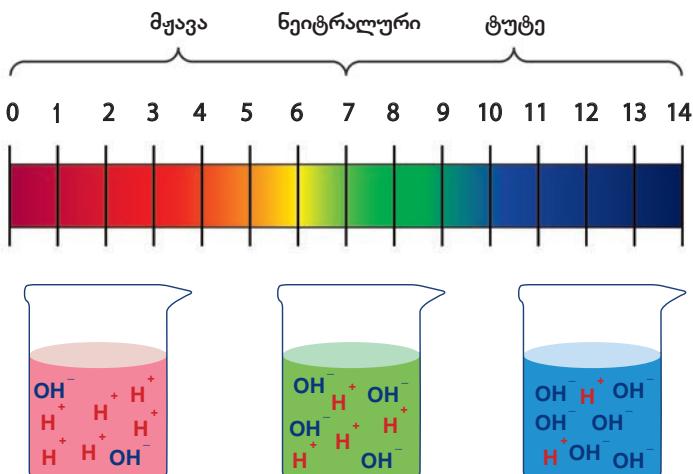
უჯრედში, ჩვეულებრივ, წყლის მოლეკულების დიდი უმრავლესობა სტაბილურია. თუმცა მათი ძალიან მცირე ნაწილი დისოცირდება –  $H^+$  და  $OH^-$  იონს წარმოქმნის:



წყალში დისოცირებისას  $H^+$  იონებს მჟავები იძლევიან, ხოლო  $OH^-$  იონებს – ტუტეები.

უჯრედისთვის  $H^+$  და  $OH^-$  რაოდენობრივ შეფარდებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს.

ხსნარის მჟავიანობის შესაფასებლად pH-ის შეალას იყენებენ, რომლის რიცხვითი მაჩვენებლები 1-დან 14-მდე იცვლება.



### pH-ის შკალა

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

წყლის pH 7-ის ტოლია. უჯრედების უმრავლესობის pH-იც სტაბილურად დაახლოებით 7-ის ტოლია, მიუხედავად იმისა, რომ მასში ერთდროულად მრავალი რეაქცია მიმდინარეობს და შესაძლოა, ამ დროს დიდი რაოდენობით გამოთავისუფლდეს  $H^+$  და უჯრედის შიგნით არე გაამჟავიანოს, ან პირიქით.

pH-ის მუდმივობის შენარჩუნება ე.წ. **ბუფერული** ნივთიერებების საშუალებით ხორციელდება. მათ აქვთ უნარი, მიიტაცონ „ზედმეტი“  $H^+$  ან გამოთავისუფლონ ისინი არეში და ამით დაიცვან უჯრედები pH-ის რყევისგან. მაგალითად, ფოსფატური ბუფერული სისტემა  $NaH_2PO_4$ -ისა და  $Na_2HPO_4$ -გან შედგება. პირველი მარილი მოქმედებს როგორც წყალბადის დონორი, ანუ გატუტიანების საშიშროებისას ის ათავისუფლებს უჯრედში  $H^+$ -ს.  $Na_2HPO_4$ -ს კი აქვს უნარი, გამჟავიანების საშიშროებისას მიიტაცოს ჭარბი  $H^+$ , ანუ ის წყალბადის აქცეპტორია:



სისხლის მუვა-ტუტოვან წონასწორობას მძლავრი ბუფერული სისტემა იცავს, რის გამოც სისხლის pH 7,3-7,4-ის ფარგლებში მერყეობს. pH 6,8-ზე ან 7,8-ზე სიცოცხლე წყდება.

ამ სისტემის ერთ-ერთი კომპონენტი ბიკარბონატული ბუფერია. ის  $H_2CO_3$ -სა და  $NaHCO_3$ -ის წყვილისგან შედგება:



ნახშირმჟავა  $H^+$ -ის დონორია, ბიკარბონატი კი მისი აქცეპტორი.

სისხლში დიდი რაოდენობით მუვა პროდუქტების დაგროვებისას  $H^+$  უერთება  $HCO_3^-$ -ს და  $H_2CO_3$ -ს წარმოქმნის. ის სწრაფად იშლება წყლად და ნახშირორჟანგად, რომლებიც ორგანიზმს ტოვებენ და ამიტომ სისხლის pH არ იცვლება.

უჯრედი სხვა მარილებსაც შეიცავს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა იმ მარილებს აქვს, რომლებიც დისოციაციისას  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  კათიონებსა და  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$  – ანიონებს იძლევა.

### რას ამბობს ტერმინი

ჰიდროფილია – (ბერძნ. ჰიდროს – წყალი, ფილეო – მიყვარს);  
 ჰიდროფიბია – (ბერძნ. ჰიდროს – წყალი, ფობოს – შიში).



ცოცხალი და არაცოცხალი სამყარო, ქიმიური ელემენტების რაოდენობრივი შემცველობის თვალსაზრისით, ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდება.

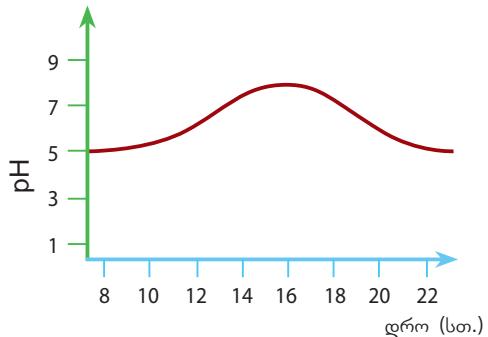
წყალი უჯრედის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაერთია. მას გადამწყვეტი როლი აქვს უჯრედისა და მთელი ორგანიზმის სასიცოცხლო თვისებების ჩამოყალიბებასა და ნორმალური ფუნქციონირებისათვის.

წყლის უნიკალურ თვისებებს მისი მოლეკულის აღნაგობა განსაზღვრავს. მინერალურ მარილებს უჯრედი შედარებით მცირე რაოდენობით შეიცავს, თუმცა, ისინი მრავალ სასიცოცხლო პროცესში მონაწილეობენ. მინერალური ნივთიერებების ნაკლებობა სხვადასხვა დაავადების სახით ვლინდება.

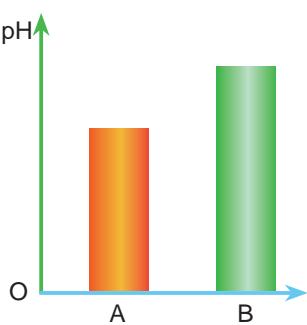


- 1** ეკოლოგები წყალმცენარეებით უხვად დასახლებული ტბის წყლის pH-ს იკვლევდნენ. დილის (მზის ამოსვლამდე), შუადღის, საღამოს და ღამის მონაცემები ერთმანეთისგან განსხვავდებოდა.

მოუძებნე ამ ფაქტს მეცნიერული ახსნა.

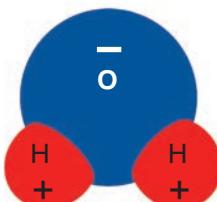


- 2** მოიფიქრე მოცემულ დიაგრამაზე რომელი სვეტი გამოხატავს მჭიდროდ დასახლებული ქალაქისა და მაღალმთიანი სოფლის წვიმის წყლის pH-ს?



- 3** წყლის ამ მოლეკულას წყალბადური ბმებით დაუკავშირები წყლის სხვა მოლეკულები.

რამდენ მოლეკულასთან შეუძლია დაკავშირება წყლის ერთ მოლეკულას?





**1** ჩვენი ორგანიზმის მუდანობა-ტუტოვანი წონასწორობა სხვადასხვა ფაქტორის ზემოქმედებით შეიძლება დაირღვეს. მაგალითად, ცნობილია, რომ ხშირი სტრესი, სწრაფი კვების პროდუქტების, ჩაის, ყავის, ცომეულის, ტკბილეულის ზედმეტად ხშირი გამოყენება ორგანიზმის pH-ს ოდნავ დაბლა სწევს. ამიტომ ძალზე მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, თუ როგორ უნდა ვიკვებოთ.

ქვემოთ ე.წ. ტუტე და მუდანობა-ტუტოვანი პროდუქტების ჩამონათვალია მოცემული. სწორი კვება, დიეტოლოგების აზრით, ამ პროდუქტების დაბალანსებული რაოდენობით მიღებას გულისხმობს.

### ტუტე

ლელვი, ნესვი, ყურძენი, ვაშლი, მსხალი, ქიშმიში, მანგო, საზამთრო, მწვანე ლობიო, ჭარხალი, ხახვი, ნიორი, ოხრახუში, ნუში, მწვანე ჩაი.

### სუსტი ტუტე

თაფლი, ფორთოხალი, ბანანი, ბალი, ანანასი, ატამი, კარტოფილი, სტაფილო, პომიდორი, სოკო, სიმინდი, კომბოსტო, წაბლი, თხის რძე.

### სუსტი მჟავა

ქლიავი, ისპანახი, ლობიო, თევზი, კვერცხი, კარაქი, ყველი

### მჟავა

შაქარი, ალუბალი, შავი ქლიავი, მაყვალი, შოკოლადი, ნაყინი, მზესუმზირა, ინდაური, ქათამი, ძორხის ხორცი, ლორის ხორცი, ყავა, ჩაი, ლუდი.

იმის გარკვევა, პროდუქტს მუდანობა რეაქცია აქვს თუ ტუტე, მარტივი pH ინდიკატორით – წითელი კომბოსტოთა შესაძლებელი. ის პიგმენტი – ანთოციანს შეიცავს, რომელიც ფერს სხვადასხვა pH-ზე იცვლის: მუდანობა არეში წითლდება, ხოლო ტუტე არეში მოლურჯო ფერს იღებს.

ინდიკატორის დასამზადებლად დაჭრი კომბოსტო წვრილად, დაამატე ადუღებული წყალი და 10 ნუთი დააყოვნე. გაფილტრე. დააწვეთე ფილტრატი სხვადასხვა პროდუქტს, მაგალითად, ლიმონს, ვაშლს, ყველს, ხახვს და დააკირდი, როგორ იცვლის ის ფერს.

გაითვალისწინე, რომ ზოგიერთი პროდუქტი, მაგალითად, ლიმონი წითლად შეიფერება, თუმცა ის მუდანობა პროდუქტად არ ითვლება, რადგან ორგანიზმი სხვადასხვა რეაქციაში ჩართვის შემდეგ ჭარბ H<sup>+</sup>-ს არ წარმოქმნის.



**1** დაპკვირვებიხარ, პლაჟზე, მზიან ამინდში, დილით ქვიშა უფრო ცხელია თუ წყალი? რატომ?

**2** რატომ გსიამოვნებს ზღვაში საღამოს ჩასვლა? რომელი უფრო თბილია, წყალი თუ ქვიშა?

**3** აირჩიე სწორი პასუხი:

წყალბადის დონორი ეწოდება ნივთიერებას, რომელიც:

ა. გატუტიანების საშიშროებისას უჯრედში ათავისუფლებს პროტონს;

ბ. გატუტიანების საშიშროებისას მიიტაცებს პროტონს;

გ. გამუავიანების საშიშროებისას უჯრედში ათავისუფლებს პროტონს;

დ. გამუავიანების საშიშროებისას მიიტაცებს ჰიდროქსილის იონს.

**4** ჩასვი გამოტოვებული სიტყვები

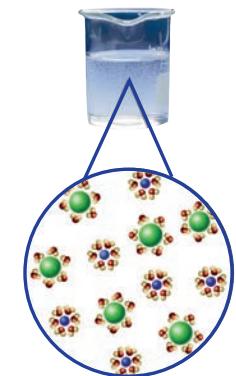
წყალი ..... მოლეკულაა, რომლის ერთი ნაწილი ..... დამუხტული, მეორე კი ..... . წყლის ერთი მოლეკულის დადებითად დამუხტული ..... იზიდავს წყლის მეორე მოლეკულის უარყოფითად დამუხტულ ..... და მათ შორის ..... ბმა წარმოქმნება. წყალბადური ბმა გაცილებით ..... კოვალენტურ ბმასთან შედარებით. წყლის ზედაპირზე წყლის მოლეკულები ..... წარმოქმნიან. ამ მოვლენას ..... უწოდებენ.

**5** ადამიანის ბიოლოგიურ სითხეებიდან: სისხლი ლიმფა, ქსოვილური სითხე, შარდი, ოფლი, ნალველი, სპერმა, ნერწყვი, რძე.

ა. რომელს შეიძლება ეწოდოს წყალხსნარი?

ბ. რომელი მათგანია სუსპენზია?

გ. რომელი წარმოადგენს ემულსიას?

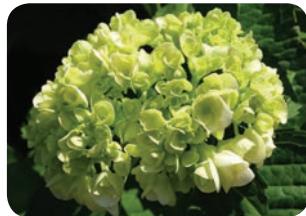


**6** რეგიონებში, სადაც წყალი რბილია, ანუ არ შეიცავს მარილებს, მოსახლეობაში ხშირია გულ-სისხლძარღვთა დაავადებები და კარიესი. ახსენი ამის მიზეზი.

**7** ამოიცანი ილუსტრაციაზე ნატრიუმისა და ქლორის იონები.



➤ ჰორტენზია ნიადაგის pH-ის ინდიკატორად შეიძლება გამოდგეს. ამ მცენარის ყვავილის პიგმენტები – ანთოციანები მუავა არეში წითელ, ნეიტრალურში ლურჯ, ხოლო ცუტებში მწვანე ფერს იღებენ.



➤ სიმსივნური უჯრედების pH 7-ზე ნაკლებია. ისინი მუავა არეში კარგად გრძნობენ თავს. ნეიტრალური და ტუტე არე ამ უჯრედებისთვის დამღუბველია. თანამედროვე ონკოლოგიის ერთ-ერთი მეთოდი დაავადებულის ორგანიზმში ცეზიუმის შეყვანაა. ამ ელემენტის შთანთქმის შემდეგ უჯრედების pH იზრდება, რაც პაციენტის ჯანმრთელობაზე დადებითად აისახება.

## 1.2

## ორგანული ნივთიერებები. ცილინდი

## შენ შეძლებ:

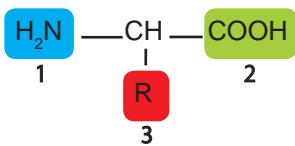
- ალქერო ამინომჟავის სტრუქტურა;
- შეადარო და განასხვაო ამინომჟავები ერთმანეთისგან რადიკალების მიხედვით;
- ალქერო ცილის პირველადი, მეორეული და მესამეული სტრუქტურები და ახსნა როგორ ყალიბდებან ისინი;
- მოიყვანო არგუმენტები, რატომ განსაზღვრავს ცილის პირველადი სტრუქტურა ყველა დანარჩენს და როგორ ქმნის ეს ბიომრავალფეროვნების საფუძველს;
- სქემატურად ნარმოადგინო ცილის დენატურაცია-რენატურაციის პროცესი და იმსჯელო მის გამომწვევ მიზეზებზე;
- მოიყვანო ცილის დენატურაციის მაგალითები ყოველდღიური ცხოვრებიდან.
- იმსჯელო ინფექციური ცილების – პრიონების მოქმედების მექანიზმზე.


 იმეტყველე, როგორც  
მეცნიერმა  
  
 პეპტიდური ბმა  
დენატურაცია  
რენატურაცია

ცილები ორგანული ნივთიერებების განსაკუთრებული ჯგუფია, რომელსაც ორგანიზმში მრავალგვარი უმნიშვნელოვანესი ფუნქცია აკისრია, სწორედ ამიტომ უწოდეს მათ სამართლიანად პროტეინები, ანუ პირველები.

ცილების განსაკუთრებულობა მათი აგებულების სპეციფიურობიდან გამომდინარეობს.

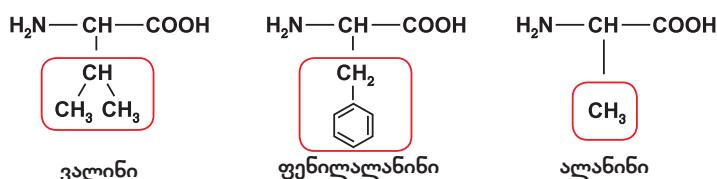
ცილა პოლიმერია, რომლის მონომერი ამინომჟავაა. ცილის შენებაში ოცი სხვადასხვა ამინომჟავა მონანილეობს. ყველა მათგანი ამინო და კარბოქსილის ჯგუფს შეიცავს. ისინი მხოლოდ ე.წ. რადიკალებით განსხვავდებან. ზოგი ამინომჟავას რადიკალი ჰიდროფიბურია, ზოგის – ჰიდროფილური, ზოგის – დადებითად დამუხტული, ზოგის კი – უარყოფითად.



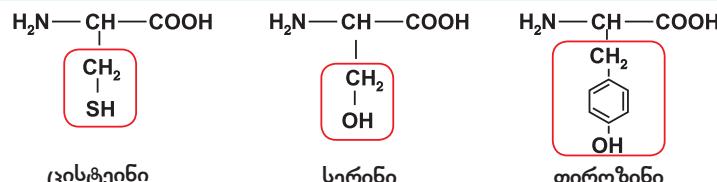
ამინომჟავა:

1. ამინოჯგუფი;
2. კარბოქსილის ჯგუფი;
3. რადიკალი.

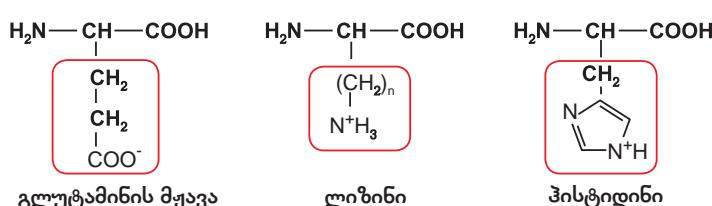
## ჰიდროფიბური ამინომჟავები

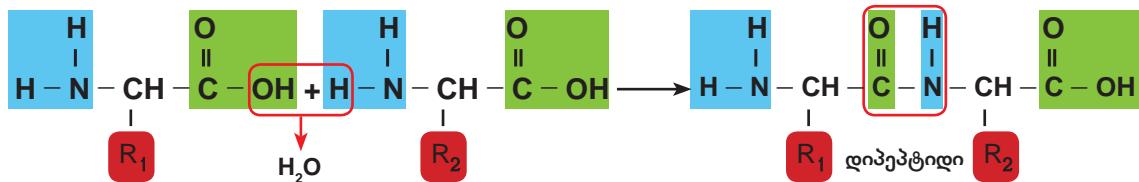


## ჰიდროფილური ამინომჟავები



## დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ამინომჟავები





ამინომჟავები ერთმანეთს კოვალენტური, ე.წ. პეპტიდური ბმებით უკავშირდებიან და წარმოქმნიან პოლიპეპტიდს – ძაფისებრ სტრუქტურას, რომელსაც ცილის პირველადი სტრუქტურა (1) ჰქვია.

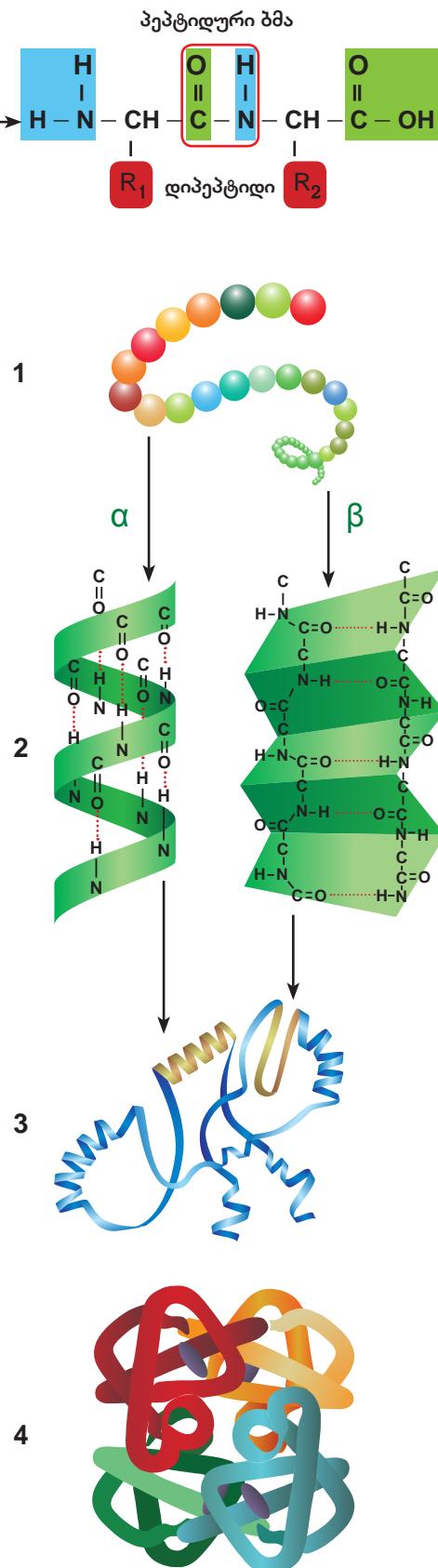
ძაფი შემდეგ სპირალურად იხვევა და წარმოიქმნება ცილის ზამპარის მსგავსი მეორეული სტრუქტურა (2), რომელსაც  $\alpha$  სპირალს უწოდებენ. სპირალს პოლიპეპტიდის მეზობელი ხვეულების პეპტიდურ ბმებს შორის წარმოქმნილი სუსტი წყალბადური ბმები აფიქსირებენ. არსებობს მეორეული სტრუქტურის განსხვავებული ტიპი – ე.წ  $\beta$  კონფორმაცია. ასეთ სტრუქტურაში წყალბადური ბმებით ერთმანეთს პარალელური პოლიპეპტიდური ჯაჭვები უკავშირდებიან და საქმაოდ სტაბილურ სტრუქტურას წარმოქმნიან.

მეორეული სტრუქტურის მქონე პოლიპეპტიდური ჯაჭვი კიდევ ერთხელ, ახლა უკვე ძაფის გორგალივით იხვევა და ცილის მესამეულ სტრუქტურას (3) წარმოქმნის. მის ფიქსაციაში ჰიდროფიბური, დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ამინომჟავათა რადიკალები მონაწილეობენ. მესამეული სტრუქტურის ფორმირებაში მონაწილეობენ ასევე S-S დისულფიდური კავშირები, რომლებსაც ამინომჟავა ცისტეინის გოგირდის შემცველი რადიკალები წარმოქმნიან. ცილის მესამეული სტრუქტურა წყლის გარემოში წარმოიქმნება.

ცილების უმრავლესობას გორგლის – გლობულის ფორმა აქვს, რომელიც შეიცავს როგორც  $\alpha$  სტრუქტურის, ასევე  $\beta$  კონფორმაციის მქონე უბნებს.

ზოგიერთ ცილაში მესამეული სტრუქტურის მქონე რამდენიმე გორგალი ერთიანდება და ცილის მეოთხეულ სტრუქტურას (4) ქმნის.

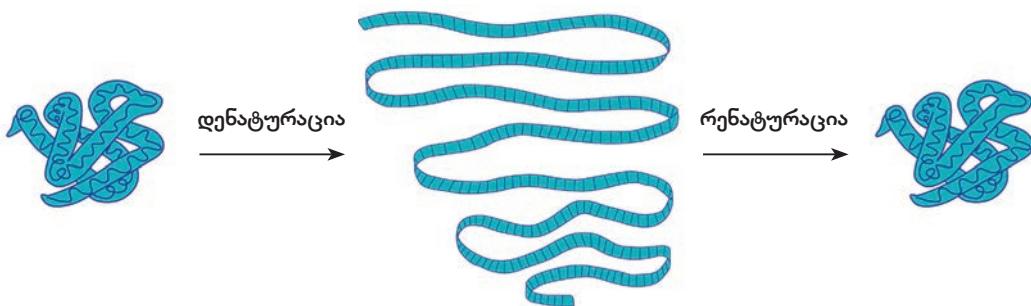
ცილა სპეციფიკურ ფუნქციებს ძირითადად, მხოლოდ მესამეულ ან მეოთხეულ სტრუქტურაში იძენს.



ცილის მოლეკულის სტრუქტურები

ცილის მეორეულ, მესამეულ და მეოთხეულ სტრუქტურას, როგორც წესი, სუსტი ბმები აფიქ-სირებს. სხვადასხვა ფიზიკური ან ქიმიური ფაქტორის ზემოქმედებით ისინი ადვილად წყდებიან. ამ პროცესს **დენატურაცია** ჰქვია. დენატურაცია შესაძლოა გამოიწვიოს სხვადასხვა ფიზიკურმა და ქიმიურმა ფაქტორორმა მაგ: მაღალმა ტემპერატურამ, მუსკებმა, ტუტებმა, მარილების კონ-ცენტრირებულმა ხსნარებმა, ორგანულმა გამხსნელებმა, მძიმე მეტალებმა. ხშირ შემთხვევაში, ფაქტორის ზემოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ცილა ისევ აღიდგენს მისთვის დამახასიათებელ ფორმასა და თვისებებს, ანუ **რენატურირდება**.

ძლიერი ფაქტორის ზემოქმედებით ცილა რენატურაციის უნარს კარგავს.



ცილის პირველადი სტრუქტურის რღვევას ცილის **პიდროლიზი** ეწოდება.

ცილის თვისებებს მისი პირველადი სტრუქტურა განსაზღვრავს. ეს იმას ნიშნავს, რომ მისი თვისებები მთლიანად იმაზეა დამოკიდებული:

- რამდენ ამინომჟავურ ერთეულს შეიცავს ცილა;
- რომელია ეს ამინომჟავები;
- რა თანმიმდევრობით არიან ისინი განლაგებული პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში.

ამ გრძელი ჯაჭვიდან თუნდაც ერთი ამინომჟავას ადგილის შეცვლამ ან მისმა „ამოგდებამ“, შესაძლოა, მთლიანად შეცვალოს ცილის თვისებები და, აქედან გამომდინარე, ფუნქციაც.

სიმარტივისთვის ნარმოვიდგინოთ, რომ ცილა მხოლოდ ხუთი მონომერისგან შედგება. მონო-მერებად ოცი ამინომჟავადან ხუთი შევარჩიოთ და ასეთი თანმიმდევრობით განვალაგოთ:

**1**

**ალანინი – ვალინი – ლიზინი – ფენილალანინი – ჰისტიდინი**

შევუცვალოთ ადგილები, ვთქვათ, პირველსა და მესამე ამინომჟავას:

**2**

**ლიზინი – ვალინი – ალანინი – ფენილალანინი – ჰისტიდინი**

ახლა, პირველ ცილაში მონომერების რიცხვი იგივე დავტოვოთ, მაგრამ რომელიმე ამინომჟავა ორჯერ გავიმეოროთ, ჯაჭვიდან სხვა რომელიმე ამინომჟავას ამოგდების ხარჯზე:

**3**

**ალანინი – ვალინი – ვალინი – ფენილალანინი – ჰისტიდინი**

ამჯერად პირველ ცილას ჩამოვაცილოთ ერთ-ერთი რომელიმე ამინომჟავა, ვთქვათ, ჰისტიდინი:

**4**

**ალანინი – ვალინი – ლიზინი – ფენილალანინი**

ასეთი მანიპულაციებით ჩვენ ვიღებთ ოთხ სხვადასხვა ცილას, რომლებიც ერთმანეთისგან აბსოლუტურად განსხვავდება თავიანთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებითა და ფუნქციებით.

რეალურად კი საქმე გაცილებით რთულადაა. ცილებს აშენებს არა ხუთი, არამედ ოცი ამინომჟავა, ხოლო მონომერების რიცხვმა ზოგიერთ ცილაში შესაძლოა 1000-საც კი მიაღწიოს. თუ ჩავთვლით, რომ ცილის შენებაში ოცივე ამინომჟავა მონაწილეობს, ხოლო მონომერების რიცხვი 1000-ია, ვიღებთ  $20^{1000}$  სახის ცილას. ასე რომ, თეორიულად განუსაზღვრელი რაოდენობის სხვადასხვაგარი ცილის არსებობაა შესაძლებელი.

- იმის სადემონსტრაციოდ, თუ როგორ ცვლის ცილის ფუნქციებს მისი სტრუქტურის – ამინომჟავური შედგენილობისა და თანმიმდევრობის ცვლილება, ასეთი ანალოგია გამოგადგება:

დააკვირდი, როგორ ცვლის სიტყვის მნიშვნელობას მისგან ერთი ასოს ამოგდება ან შეცვლა სხვა ასოთი.

რიგრიგობით შეცვალე სიტყვაში „თვალი“ პირველი ასო შემდეგი ასოებით: დ, კ, ო, რ, ძ, ჭ. ახლა, საერთოდ ჩამოაცილე სიტყვას პირველი ასო.



ცილის მოლეკულა პოლიმერია, რომელსაც ოცი სხვადასხვა სახის მონომერი – ამინომჟავა აშენებს. ცილას აქვს პირველადი, მეორეული, მესამეული და ზოგ მათგანს, მეოთხეული სტრუქტურა. ცილის ოვისებებს განსაზღვრავს მისი შემადგენელი ამინომჟავების ოვისებები, მათი რაოდენობა და განლაგების თანმიმდევრობა პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში, რომელიც ბიომრავალფეროვნების საფუძველს ქმნის. სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორი იწვევს ცილის სტრუქტურულ და, აქედან გამომდინარე, ოვისობრივ ცვლილებებს.



**1** ფრანგულ, შვეიცარიულ და იტალიურ კულინარიაში ხშირად იყენებენ შაქრისა და ცილის კრემს – ე.წ. ბეზე-ს.

- ფრთხილად განაცალკევე ერთმანეთისაგან კვერცხის ცილა და ყვითრი;
- დაუმატე ცილას 10 გრ. შაქარი და რამდენიმე წვეთი ლიმონის წვენი;
- ათქვიფე მიქსერით 3-5 წუთის განმავლობაში.

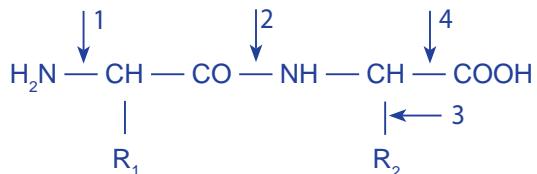


მეცნიერის თვალით შეხედე ამ პროცესს და ახსენი:

- ა. რა მოვლენას აკვირდებოდი, რა ჰქვია ამ მოვლენას?
- ბ. დაასახელე ფაქტორები, რომლებმაც ცილის ფიზიკური თვისებების ცვლილება გამოიწვიეს;
- გ. რა დანიშნულება აქვს ლიმონის წვენის – მხოლოდ საგემოვნო?
- დ. ახსენი ამ ფაქტორების მოქმედების მექანიზმი;
- ე. იმსჯელე, მოცემულ შემთხვევაში შექცევადია ცილის თვისებების ცვლილება თუ შეუქცევადი.



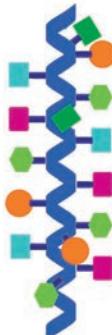
1 რომელი ციფრით არის ალნიშნული დიპეპტიდში პეპტიდური ბმა?



2 ილუსტრაციაზე ცილის ერთ-ერთი სტრუქტურის მოდე-  
ლია.

როგორ ფიქრობ:

- ა. ცილის რომელ სტრუქტურას ასახავს ილუსტრაცია?
- ბ. რას ასახავს სპირალთან დაკავშირებული სხვადასხვა ფორ-  
მისა და შეფერილობის ფიგურები?



3 დავუშვათ, რომ:

- ა. ცილის სპირალთან დაკავშირებული ორი ფიგურა ამინო-  
მჟავა ვალინი და ალანინია. ისარგებლე ტაბულით (გვ. 19) და  
მოიფიქრე. როგორ ფორმას მიიღებს სპირალი ამინომჟავების  
ასეთი განლაგების გამო?

გაითვალისწინე, რომ ცილის სტრუქტურის ფორმირება ცი-  
ტოპლაზმაში, ანუ წყლიან გარემოში ხდება.



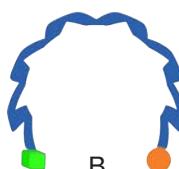
- ბ. ცილის სპირალთან დაკავშირებული ორი ფიგურა გლუტა-  
მინის მჟავა და ლიზინია. როგორ შეიცვლის სპირალი ფორმას  
მოცემული ამინომჟავების ურთიერთქმედების შედეგად?



- გ. თუ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში ამინომჟავათა გარკვეული განლაგების გამო სპირალი A მდგომარეობიდან B-ში გადავიდა, მაშინ ეს ამინომჟავებია:



A



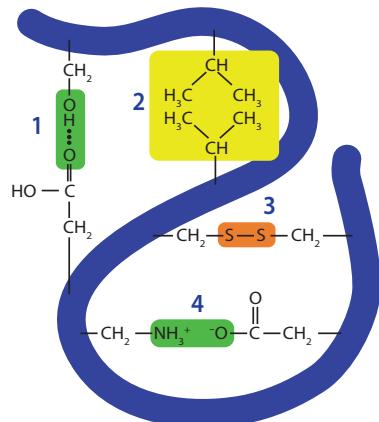
B

1. გლუტამინის მჟავა და ლიზინი;
  2. ალანინი და ფენილალანინი;
  3. ლიზინი და ჰისტიდინი;
  4. ვალინი და ლიზინი.
- ა) მხოლოდ 1;
  - ბ) 1 და 2;
  - გ) მხოლოდ 4;
  - დ) 3 და 4.

- დ. ზემოთ მოყვანილი მაგალითებიდან გამომდინარე, განმარტე, რომელი ბმები მონაწილე-  
ობს ცილის მესამეული სტრუქტურის ჩამოყალიბებაში?

**4** რა პროცესს ასახავს ილუსტრაცია?

დასახელე ამ პროცესში მონაწილე ბმები, რომებიც ილუსტრაციაზე სხვადასხვა ფერითაა მონიშნული.



**1** როგორ ფიქრობ, აქვს თუ არა მოხარშული კვერცხის ცილას რენატურაციის უნარი? რატომ ფიქრობ ასე?

**2** რამდენ პეპტიდურ ბმას შეიცავს 20 ამინომჟავასაგან წარმოქმნილი პოლიპეპტიდური ჯაჭვი?

**3** შექცევადი დენატურაციისას დენატურირებული ცილა შესაბამის პირობებში სპონტანურად და ზუსტად აღიდგენს თავის ჩვეულ სტრუქტურას. ცილის სტრუქტურების რა სახის ურთიერთდამოკიდებულებაზე მიუთითებს ეს ფაქტი?



➤ **პრიონები** ანომალიური მესამეული სტრუქტურის მქონე ინფექციური ცილებია, რომებსაც მკვლელი ცილები შეარქვეს. ისინი ადამიანისა და ცხოველების ორგანიზმში მოხვედრისას იწვევენ მათი მსგავსი ნორმალური ცილების სტრუქტურის ცვლილებას – მათი  $\alpha$  სპირალები  $\beta$  კონფორმაციაში გადაჰყავთ. ირთვება ჯაჭვური რეაქცია და სტრუქტურაშეცვლილი ცილები ძაფებისა და კრისტალების სახით გროვდებიან ნერვულ ქსოვილში, რაც მის პათოლოგიურ გადაგვარებას იწვევს.

# 1.3 ცილების დანიშნულება უჯრედსა და როგანიზმები

## შენ შეძლებ:

- დასახელო ცილების რამდენიმე მნიშვნელოვანი ფუნქცია;
- ამოიცნ ილუსტრაციაზე ფერმენტის აქტიური ცენტრი, კონკურენტული და არაკონკურენტული ინპიპიტორი და **ახსნა** მათი ფუნქციები;
- ახსნა**, როგორ განსაზღვრავს კოლაგენის სტრუქტურა მის ფუნქციებს;
- იმსჯელო ფერიტინის აგებულების რა თავისებურება უკავშირდება მის როლს უჯრედში;
- იმსჯელო ანტისხეულების აგებულების თავისებურებზე მათი ფუნქციებიდან გამომდინარე;
- შექმნა** ანტისხეულის სამგანზომილებიანი მოდელი და **განმარტო** მისი სხვადასხვა უბნის ფუნქცია;
- შეაჯამო**, ცილების როლი უჯრედისა და ორგანიზმების სასიცოცხლო თვისებების უზრუნველყოფაში და **ახსნა** რატომ უწოდეს ცილას პროტეინი;
- იმსჯელო ცილების ფუნქციებაზე თამბაქოს მოხმარების მავნე გავლენის შესახებ;
- იმსჯელო ცილების გამოყენებაზე მედიცინასა და კოსმეტოლოგიაში.



მოლეკულური ბიოლოგიის ერთ-ერთი ფუძემდებლის, ფრენ-სის კრიკის ხატოვანი გამოთქმით „ცილები თავიანთ მრავალგვარ ფუნქციებს არნახული სიმსუბუქითა და სინატიფით ასრულებენ“.

**კატალიზური ფუნქცია** ცილების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფუნქციათაგანია.

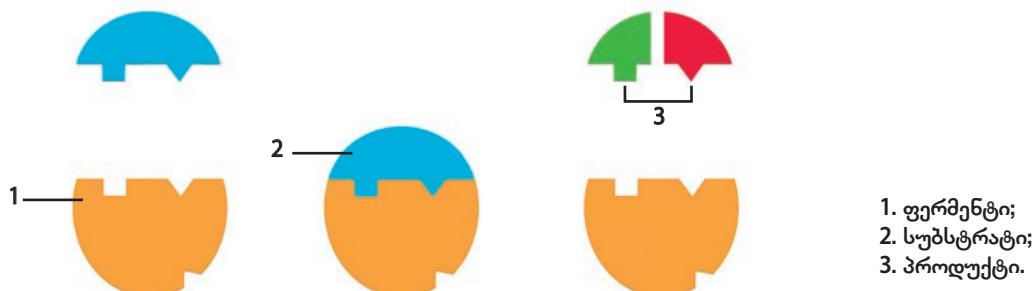
ცილა-ფერმენტების მეშვეობით, რომლებიც ნივთიერებათა გარდაქმნებს ასეულ მილიონჯერ აჩქარებენ, ჩვენს ორგანიზმში რეაქციები ძალიან მაღალი სისწრაფით, თითქმის მყისიერად მიმდინარეობს.

### 1 გაიხსენე, ზოგადად რას ვუწოდებთ ცილების დამშლელ ფერმენტებს? ლიპიდების დამშლელ ფერმენტებს?

ფერმენტები მოქმედების მაღალი სპეციფიკურობით გამოირჩევან. ეს იმას ნიშნავს, რომ ყველი ფერმენტი მხოლოდ გარკვეული ნივთიერების გარკვეული მიმართულებით გარდაქმნას უწყობს ხელს.

გარდასაქმნელი ნივთიერება, რომელსაც **სუბსტრატი** ჰქვია, ფერმენტის პატარა უბანს, ე.ნ. **აქტიურ ცენტრს** უკავშირდება. სუბსტრატი ფორმითა და ზომით ზუსტად შეესაბამება აქტიურ ცენტრს, ამიტომ ის მასში თავსდება და დროებით ფიქსირდება.

ფერმენტი სუბსტრატს სხვა ნივთიერებად – **პროდუქტად** გარდაქმნის, რომელიც მყისვე ტოვებს ფერმენტის მოლეკულას. ერთ ფერმენტს მილიონობით სუბსტრატის გარდაქმნა შეუძლია ისე, რომ თვითონ არ იცვლება – ფერმენტები **ბიოკატალიზაციონები** არიან.



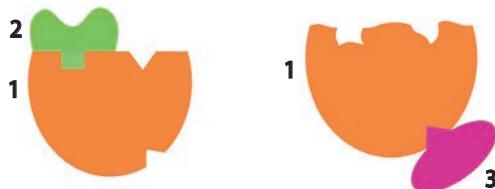
ზოგი ფერმენტი რეაქციის დასაჩქარებლად დამხმარე ნივთიერებებს მოითხოვს. ასეთ ნივთიერებებს კოფაქტორები ჰქვია. ისინი, როგორც წესი, დაბალმოლეკულური არაორგანული ნივთიერებები არიან. მაგალითად, Zn-ის, Mg-ის, Mn-ის, Cu-ის, Si-ის იონები მრავალი ფერმენტის კოფაქტორია.

ფერმენტებს რეაქციების წარმართვაში ზოგჯერ დაბალმოლეკულური ორგანული ნივთიერებები ეხმარებიან. მათ კოფერმენტებს უწოდებენ. კოფერმენტებია მაგალითად – B ჯგუფის ვიტამინები, ვიტამინი C.

უჯრედში არსებობს ისეთი ნივთიერებებიც, რომლებიც ხელს უშლიან ფერმენტებს, ბლოკავენ მათ მოქმედებას. ამ ნივთიერებებს ინპიპიტორები ეწოდება.

ზოგი ინპიპიტორი სუბსტრატის ფორმას იმეორებს, ფერმენტი „ტყუვდება“ და მის აქტიურ ცენტრს სუბსტრატის ნაცვლად ინპიპიტორი იკავებს. ამ სიტუაციაში ფერმენტისთვის სუბსტრატი მიუწვდომელია და უჯრედში მისი გარდაქმნა წყდება. ამგვარად მოქმედ ინპიპიტორებს კონკურენტული ინპიპიტორები ჰქვია.

## 2 “ვისი” კონკურენტები არიან ეს ინპიპიტორები?



1. ფერმენტი;
2. კონკურენტული ინპიპიტორი;
3. არაკონკურენტული ინპიპიტორი.

**არაკონკურენტულ ინპიპიტორებს** სხვაგვარი „ტაქტიკა“ აქვთ. ისინი არ ჰგვანან სუბსტრატებს და აქტიურ ცენტრს არ იკავებენ. თუმცა ფერმენტთან დაკავშირებისას ისე უცვლიან ფორმას აქტიურ ცენტრს, რომ მასში სუბსტრატი ვეღარ თავსდება და მისი გარდაქმნა წყდება.

მიუხედავად ფერმენტების მიმართ ანტაგონისტური დამოკიდებულებისა, ინპიპიტორები ძალიან მნიშვნელოვანი მოლეკულებია. ისინი უჯრედში ქიმიური რეაქციების მსვლელობას არეგულირებენ. მაგალითად, როდესაც უჯრედში ფერმენტის მოქმედების შედეგად ჭარბი რაოდენობის პროდუქტი წარმოიქმნება, რეაქცია ინპიპიტორის მოქმედებით წყდება. რეაქციის პროდუქტის ათვისების და უჯრედში მისი გამოლევის შემთხვევაში, ინპიპიტორი სცილდება ფერმენტს და ის ისევ აქტიურდება.

არსებობენ ინპიპიტორები, რომლებიც შეუქცევადად უკავშირდებიან ფერმენტის მოლეკულას და საბოლოოდ გამოჰყავთ მწყობრიდან. ასეთი ზემოქმედება ფერმენტებზე, სულ მცირე კონცენტრაციებითაც კი, აქვს მძიმე მეტალებს – ვერცხლისწყალს, ვერცხლს, დარიშხანს.

ზოგიერთი ფერმენტის ინპიპიტორის ამა თუ იმ დაავადების სამკურნალოდ იყენებენ. მაგალითად, პანკრეასის ანთების – **პანკრეატიტის** სამკურნალოდ ფერმენტ ტრიიფსინის ინპიპიტორი გამოიყენება. ტრიიფსინი კუჭქვეშა ჯირკვლის ერთ-ერთი პროტეაზია. ჯირკვლში მის მოქმედებას ინპიპიტორი ბლოკავს და ტრიიფსინის გააქტივება მხოლოდ თორმეტგოჯაში ხდება, სადაც ის საკვებში არსებულ ცილებს შლის. პანკრეატიტის დროს, ინპიპიტორის არარსებობის გამო, ტრიიფსინი ნაადრევად აქტიურდება და საკვების ნაცვლად პანკრეასის უჯრედებს უტევს.

**სამშენებლო, ანუ სტრუქტურული ფუნქცია** ცილების ერთ-ერთი ძალზე მნიშვნელოვანი დანიშნულებაა. უჯრედის უკლებლივ ყველა კომპონენტის შენებაში ცილები მონაწილეობენ, რაშიც შენ მოგვიანებით დარწმუნდები.

სტრუქტურული ცილა **კოლაგენი** ჩვენი ორგანიზმის ცილების საერთო რაოდენობის დაახლოებით 35%-ს შეადგენს. ის შემაერთებელი ქსოვილის მთავარი ცილაა. კოლაგენი შედის მყესების, იოგების, ხრტილის, ძელის, კანის შედგენილობაში და მათ სიმტკიცესა და ელასტიკურობას უზრუნველყოფს. კოლაგენის ფუნქციას მისი აგებულება განაპირობებს. ის უჩვეულო ცილაა. მისი მოლეკულა სპირალურად დახვეული სამი პოლიპეპტიდური ა სპირალისგან – „ზამბარისაგან“ შედგება. რამდენიმე ასეთი მოლეკულა ერთმანეთს კოვალენტური ბმებით უკავშირდება და ერთ მთლიან ძაფისებურ სტრუქტურას წარმოქმნის. სწორედ ამ კავშირების გამოა კოლაგენის მოლეკულა მტკიცეც და ჭიმვადიც. ეს ცილა შედის რქოვანასა და ბროლის შედგენილობაშიც. კანის ელასტიკურობასაც კოლაგენი განსაზღვრავს. ასაკში მისი დეგრადაცია ნაოჭების გაჩენას იწვევს. კოლაგენს თანამედროვე კოსმეტოლოგიაში იყენებენ. მისი ინიექციით ტუჩის ფორმის შეცვლაა შესაძლებელი.



კოლაგენი

**კერატინი** თმის, ფრჩხილების, რქების, ბუმბულის მთავარი სტრუქტურული ცილაა.

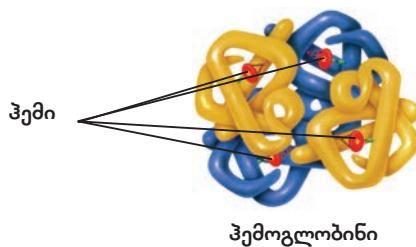
**ელასტინი** აორტის, არტერიების, ფილტვების, შარდის ბუმტის ელასტიკურობას განაპირობებს.

**ფიბროინის** ერთმანეთის პარალელურად განლაგებულ ძაფებს  $\beta$  კონფორმაცია აქვთ, რაც ამ ცილას განსაკუთრებულ სიმტკიცეს ანიჭებს ის შედის აბრეშუმის ჭიისა და ობობის ჯირკვლების მიერ გამომუშავებულ სეკრეტში.

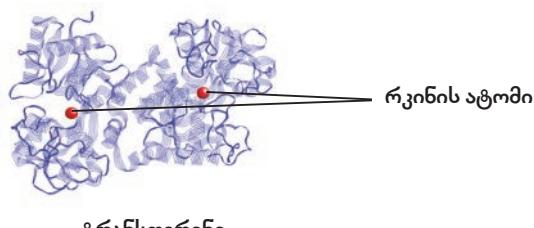


ობობის ნაზი ქსელი წყლის წვეთების სიმძიმეს უძლებს

**სატრანსპორტო დანიშნულება** აქვს ცილა-ჰემოგლობინს, რომელიც ფილტვებიდან სხვა-დასხვა ქსოვილამდე უანგბადის ტრანსპორტს უზრუნველყოფს. მისი მოლეკულა 4 პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან შედგება. თითოეული მათგანი ერთი არაცილოვანი სტრუქტურის ჰემს შეიცავს. უანგბადის მოლეკულა უშუალოდ სწორედ ჰემში არსებულ რკინის იონს უკავშირდება.



ჰემოგლობინი



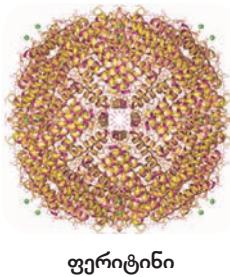
ტრანსფერინი

რკინის ატომი

სატრანსპორტო ცილაა სისხლის შრატის **ტრანსფერინიც**, რომელიც ნაწლავებიდან შეწივილი რკინით იტვირთება და ის სხეულის ყველა უჯრედამდე მიაქვს. ტრანსფერინის ერთ მოლეკულას რკინის ორი ატომი გადააქვს.

- 3 ნაწლავებში შეწოვილი რკინის 75% ძვლის ტვინამდე ტრანსპორტირდება, სხვადასხვა უჯ-რედამდე კი მხოლოდ 25% მიდის. ახსენი, რატომ?

**სამარაგო ცილა** – ფერიტინში უჯრედებში რკინა ინახება. ეს გლობულარული ცილა 24 სუბერთეულისგან შედგება, რომლებიც სფეროს წარმოქმნიან. რკინის იონები სფეროს სილუეში არხების გავლით ხვდება და იქ ფოსფატის იონებს უკავშირდება. ფერიტინის ერთ მოლეკულას 45 000 -მდე რკინის იონის დატევა შეუძლია. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან თავისუფალი რკინა საკმაოდ ტოქსიკურია. ფერიტინი სამედოდ იცავს უჯრედს თავისუფალი რკინის იონებისგან. ორგანიზმში რკინის დეფიციტისას იონები ტოვებენ ფერიტინის მოლეკულას და ციტოზოლში გადადიან. ასე რომ, ფერიტინი ამ მხრივ ბუფერის როლს ასრულებს უჯრედებში.

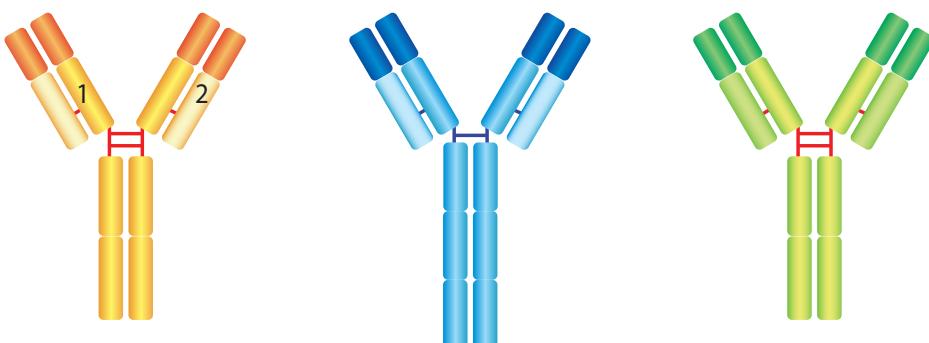


ფერიტინი

**დამცველობითი ფუნქცია** აქვს ცილა-ანტისხეულებს, რომლებსაც იმუნური სისტემა ორგანიზმში შექრილი ბაქტერიებისა და ვირუსების, ანუ ანტიგენების აღმოჩენისა და შებოჭვისთვის იყენებს. სხვადასხვა ანტიგენის წინააღმდეგ ორგანიზმში სხვადასხვა ანტისხეული გამომუშავდება.

მიუხედავად ანტისხეულების ძალიან დიდი მრავალფეროვნებისა, მათ აგებულების საერთო გეგმა აქვთ: ყველა ანტისხეული ცილების კომპლექსია, რომელიც შედგება ორი „მძიმე“ და ორი „მსუბუქი“ პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან. ჯაჭვები ისე ლაგდება, რომ კომპლექსი Y ფორმას იღებს. ანტისხეულები ანტიგენებს მსუბუქი და მძიმე ჯაჭვის ბოლოებით ამოიცნობენ, რომლებსაც კურდლლის ყურებს ადარებენ.

ანტისხეულები ერთმანეთისგან სწორედ ამ უბნებით განსხვავდებიან. სხვადასხვა ანტისხეული ამ უბანში 130- მდე სხვადასხვა ამინომჟავას შეიცავს, რომლებიც სხვადასხვა თანმიმდევრობით ლაგდებიან. ეს კი ამ უბანს სრულიად უნიკალურ ფორმას ანიჭებს. ის ანტიგენის ფორმას იმეორებს, ამის გამო ანტისხეული ანტიგენს იკავშირებს და ბოჭავს მას.



ანტისხეულები:

1. მძიმე ჯაჭვი;
2. მსუბუქი ჯაჭვი.

ცილების **სასიგნალო ფუნქცია** უმნიშვნელოვანესია ორგანიზმისთვის. კუჭქვეშა ჯირკვლისა და ჰიპოვიზის ზოგიერთი ჰორმონი პოლიპეპტიდი ან ცილაა.

**რეცეპტორებიც**, რომლებიც ჰორმონების სამიზნები არიან, ცილებს წარმოადგენენ.

ცილები უჯრედსა და ორგანიზმში სხვადასხვა სახის **მოძრაობას** უზრუნველყოფენ. ამის შესახებ მოგვიანებით გვექნება საუბარი.

ცილებს **ენერგეტიკული დანიშნულებაც** აქვთ. მათი დაშლისას გამოთავისუფლებული ენერგია უჯრედისთვის ენერგიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა.

## რას ამბობს ტერმინი

ინჰიბიტორი – (ლათ. ინჰიბეო – ვაკაცებ, ვაფერხებ)



ცილებს უჯრედში მრავალგვარი ფუნქცია აკისრია. ცილა-ფერმენტები ქიმიურ რეაციებს აქტივირებენ. კოფაქტორები ცილების დამხმარე ნივთიერებებია. ინჰიბიტორები თრგუნავენ ფერმენტების მოქმედებას. სტრუქტურულ ცილებს სამშენებლო დანიშნულება აქვთ. სატრანსპორტო ცილებს სხვადასხვა ნივთიერება გადააქვს. ცილა-ანტისხეულებს დამცველობითი ფუნქცია აქვს. ზოგიერთი ცილა სასიგნალო როლს ასრულებს. რეცეპტორული ცილები უჯრედთან მისულ ბრძანებას აღიქვამენ. ცილები უჯრედსა და ორგანიზმში სხვადასხვა სახის მოძრაობას უზრუნველყოფენ. ცილებს ენერგეტიკული დანიშნულებაც აქვთ. ცილების ფუნქციებს მათი სტრუქტურა განსაზღვრავს. სხვადასხვა ორგანიზმში ცილებს განსხვავებული ფუნქციური დატვირთვა აქვთ. ისინი მრავალ სასიცოცხლო პროცესში არიან ჩართულნი და სხვადასხვა სასიცოცხლო თვისებას უზრუნველყოფენ.



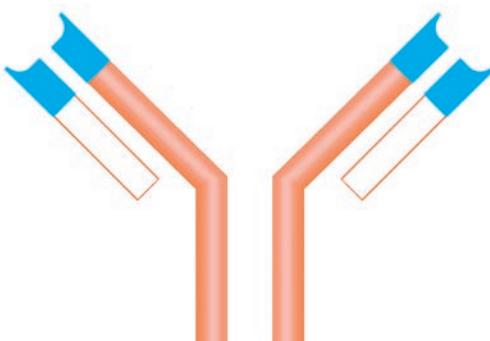
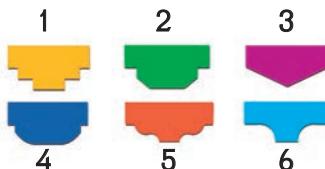
იცი, რატომ „ვტირით“ ხახვის დაჭრისას?

ხახვის უჯრედების სხვადასხვა სტრუქტურულ კომპონენტში მოთავსებული ფერმენტები და სხვადასხვა ნივთიერება, რომლებიც ერთმანეთისგან გამიჯნული იყო, ხახვის უჯრედების დაზიანებისას ერთმანეთს ერევა და ფერმენტები მათთვის სრულიად უჩვეულო გარდაქმნებს აწარმოებენ. ერთ-ერთი ასეთი რეაქციის შედეგი გოგირდშემცველი აქროლადი ნაერთია, რომელიც ცრემლში არსებულ წყალთან შედის რეაქციაში და გოგირდმჟავას წარმოქმნის. გოგირდმჟავა თვალებს გვწვავს და მის ჩამოსარეცხად ცრემლდენა ძლიერდება.

- გაფცევენი ხახვის ორი ბოლქვი. ერთი ბოლქვი მოათავსე მდუღარე წყალში და ხარშე დაახლოებით 10-15 წთ.
- მეორე ბოლქვი მოათავსე მაცივრის საყინულები და დატოვე, სანამ კარგად გაიყინება.
- დაჭრი წვრილად ორივე ბოლქვი.
- დაგენვა თვალები? ახსენი, რა მოხდა?

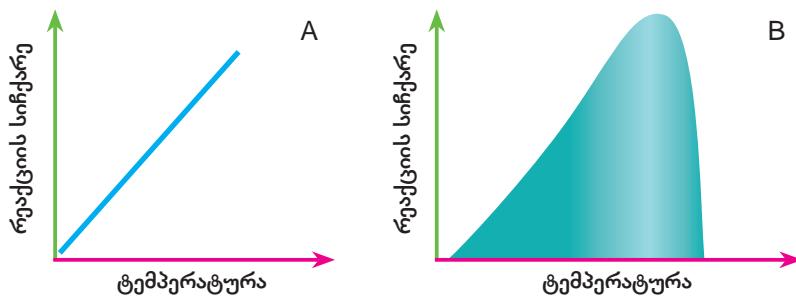


**1** რომელ ანტიგენს ბოჭავს  
მოცემული ანტისხეული?



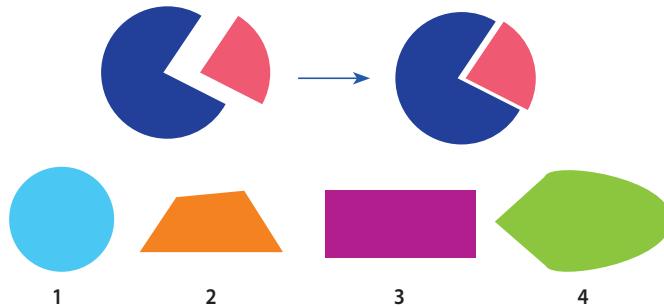
**2** ილუსტრაციაზე წარმოდგენილია ორი მრუდი, რომლებიც ასახავს დამოკიდებულებას რეაქციის სიჩქარესა და ტემპერატურას შორის არაცოცხალ ბუნებაში (A) და უჯრედში (B).

- როგორ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე რეაქციის სიჩქარე?
- რატომ ინვევს გარკვეულ სიდიდემდე ტემპერატურის მატება რეაქციის სიჩქარის ზრდას უჯრედში?
- რატომ ინყება გარკვეული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ რეაქციის სიჩქარის კლება უჯრედში?



დ. ახსენი, რატომ გვირჩევენ ექიმები სიცხის დამწევი პრეპარატების მიღებას, როდესაც სხეულის ტემპერატურა  $39^{\circ}\text{C}$ -ს აჭარბებს?

**3** ილუსტრაციაზე ფერმენტისა და სუბსტრატის ურთიერთობაა. მოცემული ფიგურებიდან რომელი შეიძლება იყოს ამ ფერმენტის კონკურენტული ინჰიბიტორი?



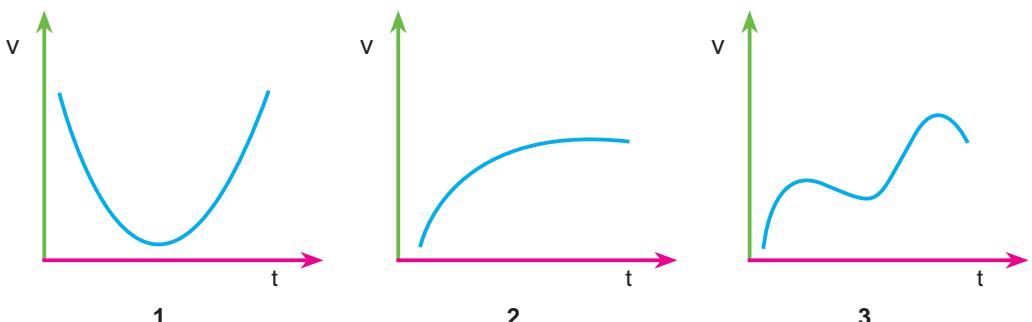
**4** შეარჩიე სწორი პასუხი:

რას შეიძლება გამოხატავდეს ისრით მონიშნული სტრუქტურა?

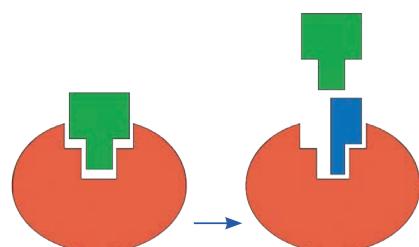
- კოფაქტორს;
- კონკურენტულ ინჰიბიტორს;
- კოფერმენტს;
- არაკონკურენტულ ინჰიბიტორს.



5 რომელი მრუდი შეიძლება გამოხატავდეს ფერმენტული რეაქციის სიჩქარის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე?



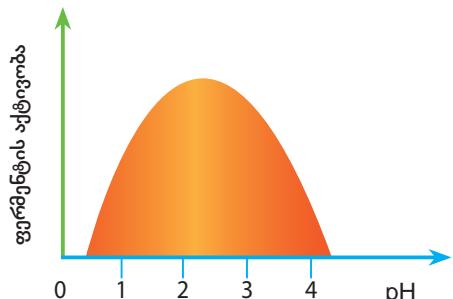
6 რა პროცესს აღწერს ილუსტრაცია?



7

ა. საჭმლის მომნელებელ რომელ ფერმენტს შეიძლება ახასიათებდეს ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი მრუდი?

ბ. რატომ უნდა იცვლებოდეს რეაქციის სიჩქარე pH-ის ცვლილებით?



8 დაასახელე ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ფერმენტების აქტივობაზე.



1 თამბაქოს კვამლში აღმოჩენილია 4000-მდე ნივთიერება, მათ შორის: ვერცხლისწყალი, ტყვია, ქრომი, დარიშხანი, კადმიუმი, ნიკელი. ახსენი ადამიანის ჯანმრთელობაზე ამ მიკროელემენტების დამაზიანებელი გავლენის მექანიზმი.

**2** ზოგიერთ სარეცხოვნილს, რომელიც რეცხვის მაღალი ეფექტურობით გამოიჩინა, ეტიკეტზე მითითებული აქვს, რომ ის ფერმენტებს შეიცავს და  $100^{\circ}\text{C}$ -ზე ფხვნილი კარგავს ეფექტურობას.

ა. რომელ ფერმენტს შეუძლია ქსოვილიდან ცილის ლაქის გაქრობა?

ბ. რომელ ფერმენტს ამოჰყავს ცხიმის ლაქა ქსოვილიდან?

გ. რატომ კარგავს ფხვნილი ეფექტურობას  $100^{\circ}\text{C}$ -ზე?

**3** კერატინი ცილაა, რომელიც ადამიანის თმის შედგენილობაში შედის და მის თვისებებს განაპირობებს. ცილა ოთხი პოლიპეპტიდური ა სპირალის მქონე ჯაჭვისგან შედგება, რომლის ხვეულები წყალბადური ბმებით ფიქსირდება. ჯაჭვები წყვილ-წყვილად ეგრისება ერთმანეთს, დისულფიდური ბმებით კავშირდება და თოკის მსგავს სტრუქტურას წარმოქმნის, რომელსაც გაჭიმვის უნარი აქვს.

ა. ხვეული თმა დასველებისას სწორდება. როგორ ფიქრობ, რატომ?

გაშრობის შედეგად ის ჩვეულ ფორმას უბრუნდება. აქვს თუ არა კერატინს რენატურაციის უნარი?

ბ. თმას დაუთოვებაც ასწორებს. ახსენი ამის მიზეზი.



**4** ცილა ჰემოგლობინის რომელ სტრუქტურულ თავისებურებაზე მიუთითებს მისი სახელწოდება?

**5** როგორ აისახება ცილა ტრანსფერინის ფუნქცია მის სახელწოდებაში?



➤ 1977 წლის ნობელის პრემია ფიზიოლოგიისა და მედიცინის დარგში მიენიჭათ ე. შალის, რ. გიმენს და რ. იალოუს – პეპტიდური ჰორმონების რადიოიმუნოლოგიური კვლევის მეთოდის შექმნისთვის.

➤ სხვადასხვა ორგანოს ან ქსოვილის დაზიანებისას, მასში არსებული ფერმენტები სისხლში ხვდება. მათ სისხლში ალმოჩენას დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა აქვს. ზოგიერთი ფერმენტის სისხლში გადასვლა ლვილის დაავადებაზე მეტყველებს. სხვა ფერმენტის სისხლში ალმოჩენა მიოკარდიუმის ინფარქტის მანიშნებელია.

ასეთი ტესტი დიდი მგრძნობელობით გამოირჩინა და მაღალი ალბათობით მიუთითებს ამა თუ იმ ორგანოს დაზიანებაზე. სწრაფი და ხარისხიანი დიაგნოსტირება კი წარმატებული მკურნალობისა და გამოჯანმრთელების წინაპირობაა.

➤ დღეისთვის მრავალი კოსმეტიკური საშუალება არსებობს, რომლებიც ხვეულ თმას ხანგრძლივად ასწორებს.

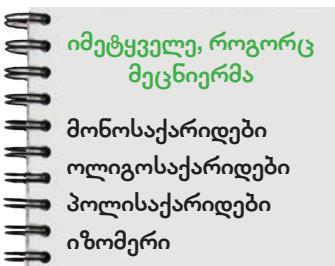


# 1.4

## ნახშირწყლები

### შენ შეძლებ:

- დააკავშირო ნახშირწყლების სტრუქტურა მათ სახელწოდებასთან;
- დაასახელო მარტივი ნახშირწყლების ყველაზე ცნობილი წარმომადგენლები და იმსჯელო მათ როლზე უჯრედის სასიცოცხლო თვისებების უზრუნველყოფაში;
- აღწერო დისაქარიდების სტრუქტურა და დაასახელო მათი მონომერები;
- აღწერო პოლისაქარიდების სტრუქტურა, განმარტო მათი ფუნქციები სხვადასხვა ორგანიზმში და იმსჯელო როგორ აისახება ეს ბიომრავალფეროვნებაზე;
- იმსჯელო რთული ნახშირწყლების სტრუქტურისა და ფუნქციის შესაბამისობაზე;
- განმარტო უჯრედის რომელ სასიცოცხლო თვისებას უკავშირდება სადიაგნოსტიკო და გლუკოზის გამოყენება.



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

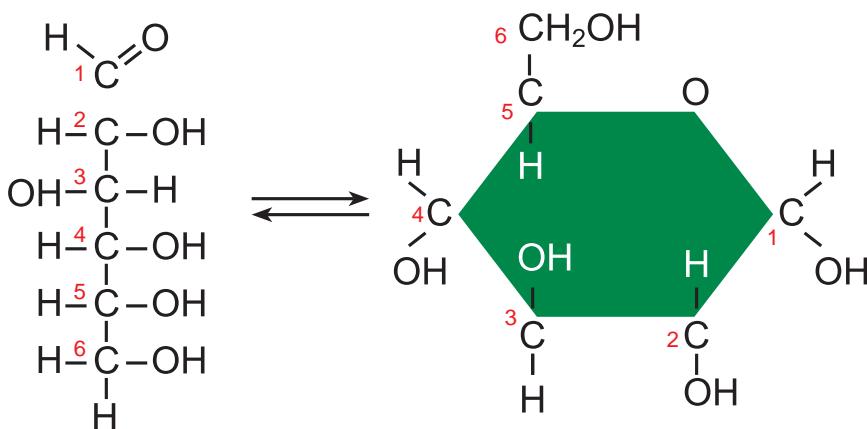
### მონოსაქარიდები

მონოსაქარიდები მარტივად აგებული ნახშირწყლებია, რომელთა აგებულების აღწერა შესაძლებელია საერთო ფორმულით  $C_n(H_2O)_n$ , სადაც  $n$ -მა შეიძლება მიიღოს მნიშვნელობა 3-დან 9-მდე.

მონოსაქარიდების ყველაზე ცნობილი წარმომადგენლები გლუკოზია, ფრუქტოზია და გალაქტოზია. მათში ჩ ექვსის ტოლია. ისინი იზომერებს წარმოადგენენ.

- დაწერე გლუკოზისა და ფრუქტოზის ემპირიული ფორმულა.

იმაზე, თუ როგორ ლაგდება გლუკოზის მოლეკულაში  $C_6$ -ს,  $H$ -ისა და  $O$ -ს ატომები, წარმოდგენას მისი სტრუქტურული ფორმულა გვაძლევს. თუმცა, წყალში გახსნისას, გლუკოზის მოლეკულა ექვსეუთხა ციკლურ მოლეკულას წარმოქმნის. ეს პროცესი შექცევადია. ასე რომ, წყალსნარში ერთდროულად არსებობს გლუკოზის როგორც სწორხაზოვანი, ასევე ციკლური მოლეკულები.



გლუკოზა და ფრუქტოზა ტკბილი, წყალში კარგად ხსნადი ნივთიერებებია, რომელთაც 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.

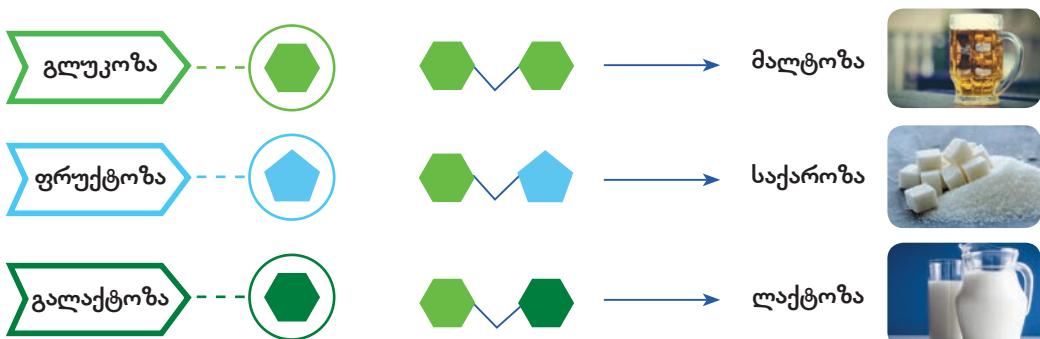
### ოლიგოსაქარიდები

ოლიგოსაქარიდები მონოსაქარიდების შეერთებით წარმოიქმნება. სიტყვა ილიგო – ცოტას, მცირეს ნიშნავს. მონოსაქარიდების რიცხვმა ოლიგოსაქარიდში შეიძლება 7-ს მიაღწიოს.

**დისაქარიდ მალტოზაში** გლუკოზის ორი მოლეკულა ერთმანეთთან დაკავშირებული. მალტოზას დიდი რაოდენობით შეიცავს ჭვავის, ქერის, შვრის, ხორბლის გალივებული მარცვლები. მათ ლუდისა და ვისკის წარმოებაში იყენებენ.

საკვები შაქარი, ანუ **საქაროზაც** დისაქარიდია, მის მოლეკულას ორი მონოსაქარიდი – გლუკოზა და ფრუქტოზა ქმნის. საკვებ შაქარს ჭარხლისა და ლერწმისაგან იღებენ.

დისაქარიდს, რომელიც რძეს ტკბილ გემოს ანიჭებს, **ლაქტოზა**, ანუ რძის შაქარი ჰქვია. მისი მონომერები გლუკოზა და გალაქტოზაა.



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

### პოლისაქარიდები

ცხოველური ორგანიზმების პოლისაქარიდი **გლიკოგენია**, რომელიც გრანულების სახით გროვდება კუნთებსა და ლვიძლის უჯრედებში.

კუნთში გლიკოგენი, რომელიც კუნთის მასის დაახლოებით 1%-ს შეადგენს, ადგილობრივი მოხმარების „მარაგს“ ქმნის. გლუკოზის დეფიციტი კუნთის გაძლიერებული მუშაობისას გლიკოგენის დაშლით წარმოქმნილი გლუკოზით ივსება.

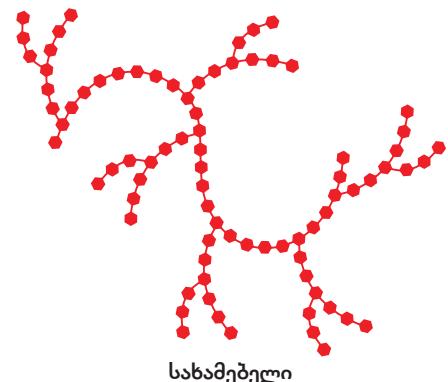
მოზრდილი ადამიანის ლვიძლში 120 გრამამდე გლიკოგენია, რაც ლვიძლის მასის დაახლოებით 8%-ს შეადგენს.



- როგორ ფიქრობ, რისთვის არის გამიზნული ლვიძლის გლიკოგენი?

მცენარეების სამარაგო პოლისაქარიდი **სახამებელია**. სახამებელი სიტყბოს მოკლებული, თეთრი, უსუნო, წყალში უხსნადი ნივთიერებაა. ცხელ წყალში გახსნისას ის ჟელესმაგვარ სტრუქტურას წარმოქმნის, რომელიც წყალს აკავებს.

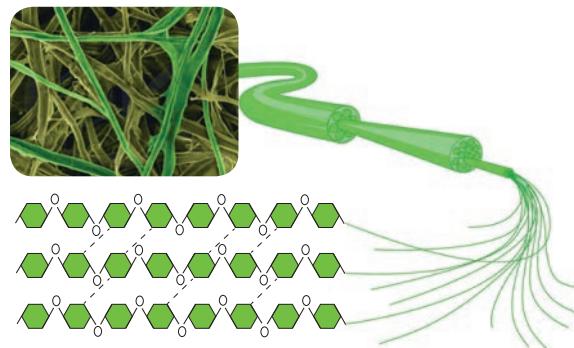
სახამებელს უდიდესი საკვები ლირებულება აქვს. ჩვენს ორგანიზმში ის საჭმლის მომნელებელი ფერმენტებით საბოლოოდ გლუკოზამდე იშლება და თითოეულ უჯრედს ენერგიით ამარავებს.



**ცელულოზა** პოლისაქარიდია, რომელსაც სტრუქტურული დანიშნულება აქვს. ის ყველაზე გავრცელებული ორგანული ნივთიერებაა დედამიწაზე იმის გამო, რომ მცენარეული უჯრედების კედელს აშენებს.

ცელულოზაში გლუკოზის 3 000-მდე მოლეკულა ერთმანეთს ისე უკავშირდება, რომ მრავალ დაუტოტავ ძაფს წარმოქმნის. ძაფები ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდება და კონებს ქმნის. ასეთი სტრუქტურა ცელულოზას მექანიკურ მდგრადობასა და ელასტიკურობას ანიჭებს. ამით ის მკვეთრად განსხვავდება გლიკოგენისა და სახამებლისაგან, რომელთა ჯაჭვები ძლიერადაა დატოტვილი.

ცელულოზა უძლებს მაღალ ტემპერატურას, არ იხსნება ორგანულ გამხსნელებსა და სუსტ მჟავებში. ის მხოლოდ ძლიერი მჟავების ზემოქმედებით, მაღალ ტემპერატურაზე შეიძლება დაიშალოს. ცელულოზა ჰიდროფილური ნივთიერებაა, თუმცა დიდ ზომის გამო წყალში ვერ იხსნება. ასეთი თვისებების გამო ცელულოზა, ერთი მხრივ, იცავს მცენარეების უჯრედებს სხვადასხვა ფაქტორის ზემოქმედებისგან, მეორე მხრივ, ადვილად ატარებს წყალს და მასში გახსნილ ნივთიერებებს.



ცელულოზის ფიბრილები

**ქიტინი** აზოტშემცველი სტრუქტურული პოლისაქარიდია. ის ფეხსახსრიანებისა და სხვა უხერხემლოების გარეგანი ჩონჩხის ძირითადი კომპონენტია. ქიტინი შედის ასევე ზოგიერთი ბაქტერიისა და სოკოების უჯრედის კედლის შედგენილობაში. მცენარეებში ის აღმოჩენილი არ არის.

სუფთა ქიტინი გამჭვირვალე, პლასტიკური, რბილი ნივთიერებაა, რომელიც არ იხსნება წყალში, სპირჭში, მჟავებში, ორგანულ გამხსნელებში. ფეხსახსრიანების გარეგანი ჩონჩხის ქიტინი ცილასთანაა დაკავშირებული. ამის გამო ის მტკიცე და დრეკადია.



- 2 ყველა ორგანიზმი, რომელიც ქიტინს წარმოქმნიან, ქიტინის დამშლელ ფერმენტს – ქიტინაზას შეიცავს. როგორ ფიქრობ, რისთვის სჭირდებათ მათ ეს ფერმენტი?

მოლუსკების მაგარი ნიჟარა ქიტინთან დაკავშირებულ  $\text{CaCO}_3$ -ს შეიცავს.



შაქრები წყალში ხსნადი, ტკბილი ნივთიერებებია. პოლისაქარიდები წყალში არ იხსნებიან. რთული ნახშირნყლების ფუნქციას მათი სტრუქტურა განსაზღვრავს. სხვადასხვა ორგანიზმში ნახშირნყლები სხვადასხვა სასიცოცხლო პროცესში არიან ჩართული. მათ სტრუქტურული, ენერგეტიკული და დამცველობითი დანიშნულება აქვს. ზოგიერთ ნახშირნყალს დაავადებების სადიაგნოსტიკოდ იყენებენ.



**1** წარმოიდგინე, რომ გადმოგცეს უცნობი ფხვნილებით საცსე სამი პაკეტი. ერთ მათგანში ნატრიუმის ბიკარბონატია, მეორეში – სახსმებელი, მესამეში – საქაროზა. გაითვალისწინე ამ ნივთიერებების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები და ამოიცანი ისინი.

**2** იმაში დასარწმუნებლად, „ამართლებს“ თუ არა ნახშირნყალი თავის სახელწოდებას, ასეთი ექსპერიმენტი გამოგადგება:

გლუკოზიდან –  $C_6(H_2O)_6$  წყლის მოცილება ადვილია კონცენტრირებული  $H_2SO_4$ -ით. დეპიდრატაციის პროცესი უკეთესად წარიმართება, თუ გლუკოზას დეპიდრატაციამდე ჯერ მცირე რაოდენობით წყალს დაუმატებ, მხოლოდ ამის შემდეგ  $H_2SO_4$ -ს და სწრაფად მოურევ მინის წყირით.

წყლისგან გათავისუფლებული ნახშირპადი გრაფიტს წარმოქმნის, რომელიც ჭიქიდან მოთვინიერებული გველივით ამოყოფს თავს:



გაითვალისწინე! რეაქცია აუცილებლად ამწოვ კარადაში ჩაატარე და დაიცავი მუავასთან მუშაობის ყველა წესი.

**3** ბამბის ნაწარმი 99,5% ცელულოზას შეიცავს. ბამბის ნაწარმის ტარება, ხელოვნურ ბოჭკოსთან შედარებით, ბევრად ჰიგიენურია, რადგან ის კარგად ატარებს ჰერს და კარგად იშრობს იფლს.

თუ გაინტერესებს, ტანსაცმელი ნამდვილად ბამბისგან არის დამზადებული თუ ხელოვნური ბოჭკოსგან, ქსოვილის პატარა ნაჭერს ან ძაფს დაასხი 17,5%-იანი  $NaOH$ . თუ ძაფი არ გაიხსნა, შენი ტანსაცმელი ბამბისგან ყოფილა მოქსოვილი.



**1** დაასახელე დედამიწაზე ყველაზე გავრცელებული:

- ელემენტი;
- არაორგანული ნივთიერება;
- ორგანული ნივთიერება.



**2** ზოგიერთი ტერმიტის ძირითადი საკვები ცელულოზაა.

ა. რომელი ფერმენტი აქვს მას, ადამიანისგან განსხვავებით?

ბ. კვებითი ჯაჭვის რომელ რგოლს მიაკუთვნებ მას?

**3** მცენარეები ქიტინს არ შეიცავენ, თუმცა ზოგიერთ მათგანში ქიტინაზაა აღმოჩენილი. ახსენი ეს ფაქტი. რისთვის სჭირდებათ მცენარეებს ქიტინაზა?

**4** ყურადღებით გაეცანი საგაკვეთოლო ტექსტს და მოიფიქრე, რამდენს უნდა შეადგენ-დეს ზრდასრული ადამიანის ღვიძლის მასა?

**5** აირჩიე სწორი პასუხი.

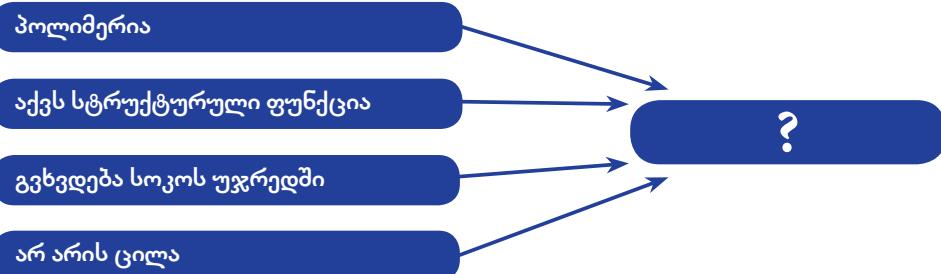
ამილაზები ფერმენტებია, რომლებიც რთულ ნახშირწყლებს შაქრებამდე შლიან. ერთ-ერთი ამილაზა სახამებელს დისაქარიდამდე შლის. როგორ ფიქრობ, რატომ არ შეუძლია მას ცელულოზის დაშლა?

- ა. სახამებლის მონომერი გლუკოზაა, ცელულოზის – ფრუქტოზა;
- ბ. სახამებელი ჰიდროფილურია, ველულოზა – ჰიდროფიბური;
- გ. ცელულოზისა და სახამებლის მოლეკულები ერთმანეთისგან ფორმით განსხვავდება;
- დ. ცელულოზაში გლუკოზის მოლეკულები ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდებან, სახამებელში – პეპტიდურით.

**6** სოკოს უჯრედში მარაგდება:

- ა. გლიკოგენი;
- ბ. გლუკოზა;
- გ. ცელულოზა;
- დ. ქიტინი.

**7** ამოიცანი ნივთიერება:



**8** სწორი პასუხის შესაბამის ცარიელ უჯრებში ჩაწერე ნიშანი X.

სამარაგო ნახშირწყლებია:

- ა. სახამებელი
- ბ. გლიკოგენი
- გ. ქიტინი
- დ. გლუკოზა

ა	ბ	გ	დ

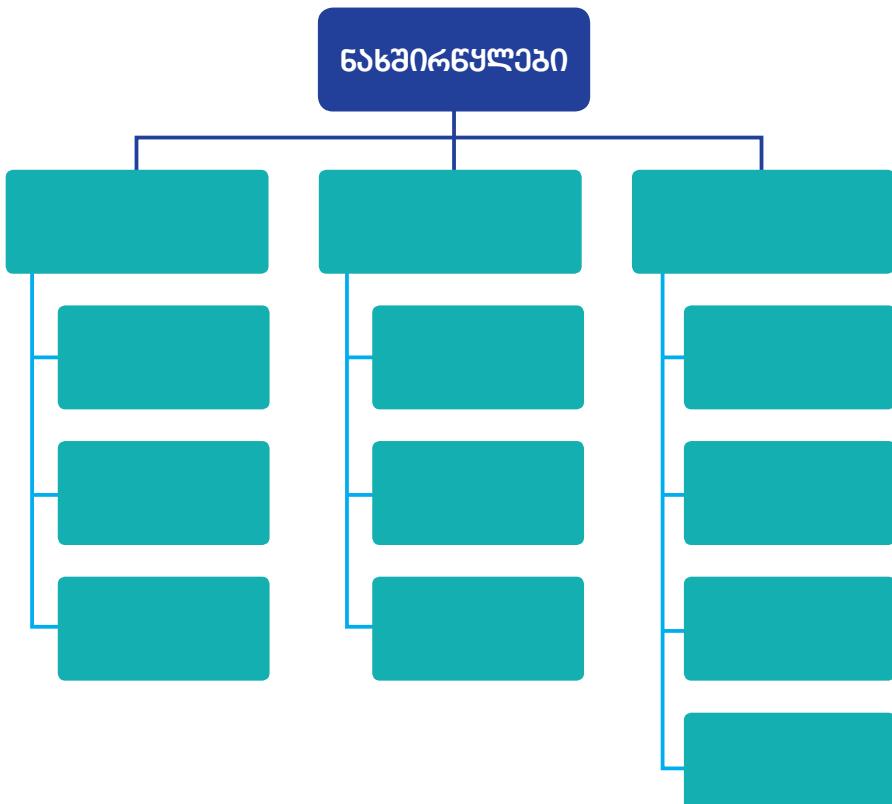
**9** ნახშირწყლების დამშლელი ფერმენტებია:

1. ამილაზა;
2. პეპსინი;
3. ტრიპინი;
4. ცელულაზა;
5. ქიტინაზა;
6. ლიპაზა.

1	2	3	4	5	6



შეავსე ცხრილი.



➤ სიმსივნური უჯრედები ჩვეულებრივ უჯრედებთან შედარებით ბევრად მეტ გლუკოზას ითვისებენ. ისინი ენერგეტიკული მიზნებისთვის გლუკოზის ძალიან მცირე ნაწილს იყენებენ, ძირითად ნაწილს კი უჯრედის გამრავლებას ახმარენ. მათი ეს თვისება სიმსივნეების საფიანოსტიკოდ გამოიყენება.

ავადმყოფის ვენაში შეჰქავთ რადიაქტიური ჟანგბადით ( $O^{18}$ ) მონიშნული გლუკოზა. ხელ-საწყო აღრიცხავს, რომელმა ქსოვილმა გამოიყენა ასეთი გლუკოზა დიდი რაოდენობით. სწრაფი და ხარისხიანი დიაგნოსტირება კი წარმატებული მკურნალობისა და გამოჯანმრთელების წინაპირობაა.

# 1.5 ლიპიდები

## შენ შეძლებ:

- განმარტო რა საერთო თვისებები აქვთ ლიპიდების ჯგუფში გაერთიანებულ ორგანულ ნივთიერებებს;
- იმსჯელო ცხიმების განსხვავებულ აგებულებასა ფუნქციებზე სხვადასხვა უჯრედსა და ორგანიზმში;
- ალტერნ ფოსფოლიპიდების აგებულების თავისებურებები და შეუსაბამო ეს მათ ფუნქციებს;
- იმსჯელო სტეროიდების მნიშვნელოვან როლზე სასიცოცხლო პროცესების რეგულაციასა და სასიცოცხლო თვისებების მართვაში ადამიანის ორგანიზმში;
- ჩამოყალიბო, როგორ განსაზღვრავს ცვილების ფიზიკური თვისებები მათ დანიშნულებას სხვადასხვა ორგნიზმში;
- განმარტო, როგორ აისახება სტეროიდების ნაკლებობა ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

**იმეტყველე, როგორც  
მეცნიერმა**

ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავა  
უჯერი ცხიმოვანი მჟავა  
ფოსფოლიპიდი  
სტეროიდი  
ცვილი

ლიპიდებს სრულიად განსხვავებული აგებულებისა და ფუნქციის მქონე ორგანულ ნივთიერებებს უწოდებენ, რომლებსაც ერთი საერთო თვისება აერთიანებთ – მათ სტულთ წყალი, ანუ ჰიდროფიზურები არიან და კარგად იხსნებიან არაპოლარულ გამსხველებში, მაგალითად, აცეტონში, ქლოროფორმში, სპირტში.

**ცხიმები** ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ლიპიდებია. ცხიმში ერთ მოლეკულა გლიცერინს (გლიცეროლს) სამი მოლეკულა უმაღლესი ცხიმოვანი მჟავა უკავშირდება. ეს მჟავები გრძელ-ჯაჭვიანი ორგანული მჟავებია. სწორედ ისინი ანიჭებენ ცხიმს ჰიდროფიზურ ბუნებას. ასე რომ, ცხიმის მოლეკულას სამი გრძელი ჰიდროფიზური კუდი აქვს.



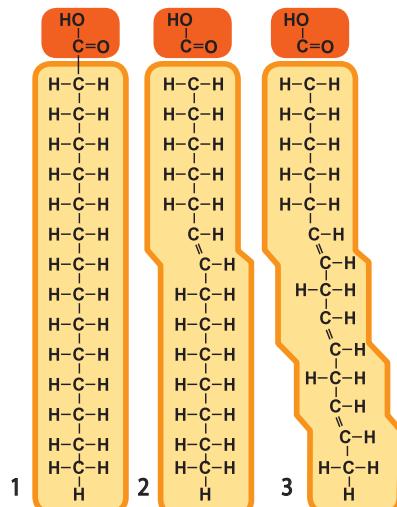
ზოგიერთი ცხიმოვანი მჟავა ერთ ან რამდენიმე ორმაგ ბმას შეიცავს. მათ უჯერ ცხიმოვან მჟავებს უწოდებენ.

- 1 როგორ ფიქრობ, რატომ უწოდეს მათ უჯერი მჟავები? რა აკლიათ მათ? რით არ არიან ისინი გაჯერებულ?

- დააკვირდი, როგორ ცვლის ორმაგი ბმა ცხიმოვანი მჟავას მოლეკულის ფორმას. შეადარე ის ნაჯერ მჟავას.

ცხოველური ცხიმები ძირითადად ნაჯერ ცხიმოვან მჟავებს შეიცავს.

ცხოველური ცხიმები ოთახის ტემპერატურაზე მყარია.



მცენარეულ ცხიმებში, ძირითადად, უჯერი ცხიმოვანი მჟავები შედის. მცენარეული ცხიმები, რომელთაც ზეთებს უწოდებენ, ოთახის ტემპერატურაზე თხევადია.

ზოგჯერ საკვები პროდუქტის ეტიკეტზე შეიძლება ამოიკოთხო, რომ ის F ვიტამინს შეიცავს. F ვიტამინის სახელწოდებით ცნობილია ზოგიერთი უჯერი ცხიმოვანი მჟავა, რომლებიც ადამიანის ორგანიზმში ვერ სინთეზირდება და მას მხოლოდ საკვებთან ერთად ვიღებთ. ეს მჟავები აუცილებელია ჩვენი ორგანიზმისთვის.

ცხიმებს ორგანიზმში ძირითადად ენერგეტიკული და დამცველობითი ფუნქცია აკისრია.

ცხიმების წვისას ნახშირწყლებთან შედარებით ოჯაერ მეტი ენერგია თავისუფლდება, ამიტომ ორგანიზმები ლიპიდებს ხშირად იმარაგებენ.

- 2 ლიპიდების წვისას ორგანიზმში დიდი რაოდენობით წყალი გამოიყოფა. როგორ პირობებში მცხოვრები ორგანიზმებისთვის უნდა ჰქონდეს ამ ფაქტს დიდი მნიშვნელობა?**

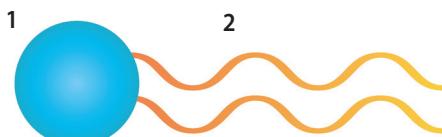
ცხიმი კარგი თბოიზოლატორია, ამიტომ ის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გროვდება ცივ პირობებში მცხოვრები ორგანიზმების კანქვეშ.

კანქვეშ და შინაგან ორგანოებს შორის დაგროვებული ცხიმი იცავს ორგანიზმს მექანიკური დაზიანებისგან. მაგალითად, ზღვის ლომს, რომელიც 1 ტონამდე იწონის, შეუძლია 5 მეტრის სიმაღლიდან გადახტეს ქვიან სანაპიროზე ისე, რომ არ დაზიანდეს.



ზღვის ლომები კლდოვან სანაპიროზე

**ფოსფოლიპიდებში** ერთ-ერთი ცხიმოვანი მჟავას ადგილს არაორგანული ფოსფორმჟავა იკავებს. ამის გამო ფოსფოლიპიდის მოლეკულაში ჩნდება პატარა პოლარული უბანი - თავი, რომელსაც “კარგი დამოკიდებულება” აქვს წყალთან, ის ჰიდროფილურია. მისი მოლეკულის დიდ ნაწილს კი — ჰიდროფობურ კუდებს, 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 აქვს. მემბრანის აგებულებას შენ მოგვიანებით გაეცნობი.

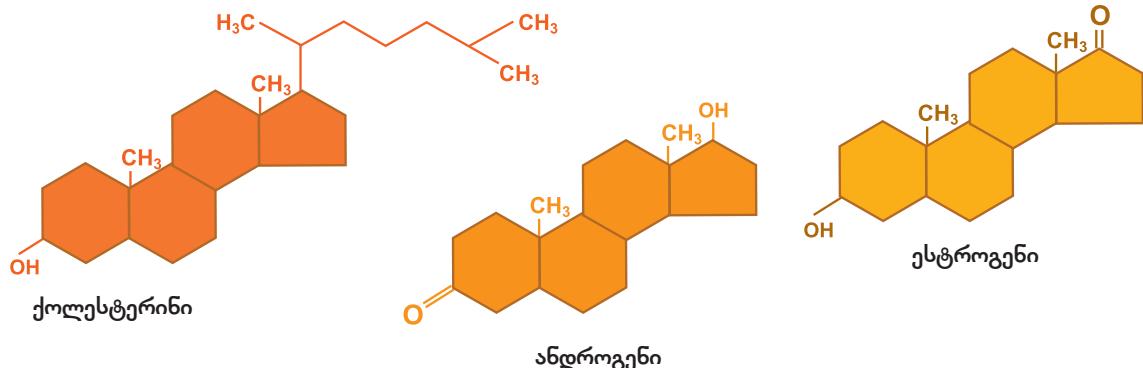
**სტეროიდები** ლიპიდების განსაკუთრებული ჯგუფია, რომლებიც აგებულებითა და ფუნქციების მიხედვით მკვეთრად განსხვავდება ცხიმებისა და ფოსფოლიპიდებისგან. ყველა სტეროიდს საერთო აქვს „ჩონჩხი“, რომელიც ოთხი ცალკეული რგოლისგან შედგება. მათ სხვადასხვა სახის ფუნქციური ჯგუფები უერთდება და სხვადასხვა სტეროიდს ნარმოქმნის.

ყველასთვის ცნობილი სტეროიდი **ქოლესტერინია** (ქოლესტეროლი). მას „ცუდი სახელი“ აქვს გავარდნილი.

### 3 რა გსმენია ქოლესტერინის შესახებ?

ქოლესტერინი სულაც არ არის „ცუდი მოლეკულა“. მისგან წარმოიქმნება ქალისა და მამაკაცის სასქესო ჰორმონები.

### 4 დააკვირდი, როგორ მცირედ განსხვავდება ეს ორი ჰორმონი ქიმიურად ერთმანეთისგან. ჩამოთვალე, რა სახის ფიზიკურ და ფიზიოლოგიურ განსხვავებებს წარმოქმნიან ისინი ქალისა და მამაკაცის ორგანიზმში.



ჩვენს კანზე მზის ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით ქოლესტერინი D ვიტამინად გარდაიქმნება, რომლის ნაკლებობა რაჭიტს იწვევს.

თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქვანი შრის სტეროიდული ჰორმონები მინერალური და ორგანული ნივთიერებების ცვლას არეგულირებს. მაგალითად, ერთ-ერთი ჰორმონის ბრძანებით ნატრიუმი და ქლორი რჩება ჩვენს ორგანიზმში, კალიუმი კი იდევნება.

### 5 როგორ ფიქრობ, რომელია ამ ჰორმონის სამიზნე ორგანო?

სტეროიდებია ნალვლის მჟავებიც, რომელთა დანიშნულება ცხიმების ემულგირებაა.

**ცვილებიც** ლიპიდებს მიეკუთვნება. მათი ლიპობის ტემპერატურა გაცილებით მაღალია ყველა სხვა ლიპიდთან შედარებით. ცვილის თხელი ფენითაა დაფარული მცენარეთა ფოთლები და ნაყოფი. ცვილი დასველებისგან იცავს ცხოველის კანს, ბეწვს, ბუმბულს.



ცვილი ფოთოლს დასველებისგან იცავს



ფუტკარი ფიჭას ცვილისგან ამზადებს

### 6 ცვილს შეიცავს ასევე სასმენი მილის ჯირკვლების სეკრეტი. რა დანიშნულება აქვს ამ სეკრეტს?

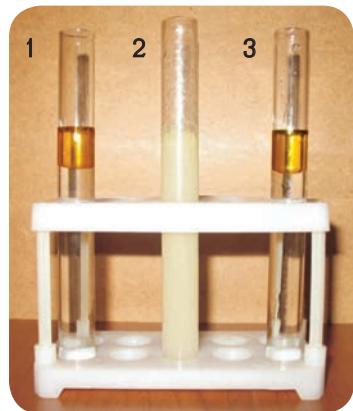


ლიპიდები განსხვავებული სტრუქტურის ჰიდროფიბური ნივთიერებებია, რომლებიც ორგანულ გამსხვილებში იხსნება. მათ სხვადასხვა უჯრედსა და ორგანიზმში ენერგეტიკული, სტრუქტურული, დამცველობითი და სასიგნალო დანიშნულება აქვთ. ლიპიდების თვისებებსა და ფუნქციებს მათი სტრუქტურა განსაზღვრავს. სტეროიდების ნაკლებობა ადამიანის ორგანიზმში სხვადასხვა დაავადებას იწვევს.



**1** დააკვირდი, როგორ ურთიერთობენ წყალი და მისი მოძულებელი პიდროფობური ნივთიერებები. ამისათვის:

- აიღე წყლიანი სინჯარა, ჩაუმატე ზეთი. შეამჩნევ, რომ ის წყლის ზედაპირზე მოექცევა (1). ზეთის მოლეკულები წყლის მოლეკულებთან კავშირს ვერ ამყარებს, თითქოს ეშინია მათი და გაურბის.
- ანჯლრიე სინჯარა დიდხანს და ენერგიულად. ხსნარი შეიმდგრევა და გათეთრდება (2).
- წყლის მოლეკულებს შორის იძულებით მოხვედრილი ზეთის მოლეკულები ცოტა ხნის შემდეგ ერთმანეთს მოძებნიან – მათ წყლის სიძულვილი აერთიანებს. ისინი ერთმანეთს ე.წ. პიდროფობური ძალებით დაუკავშირდებიან და ისევ წყლის ზედაპირზე დალაგდებიან (3).

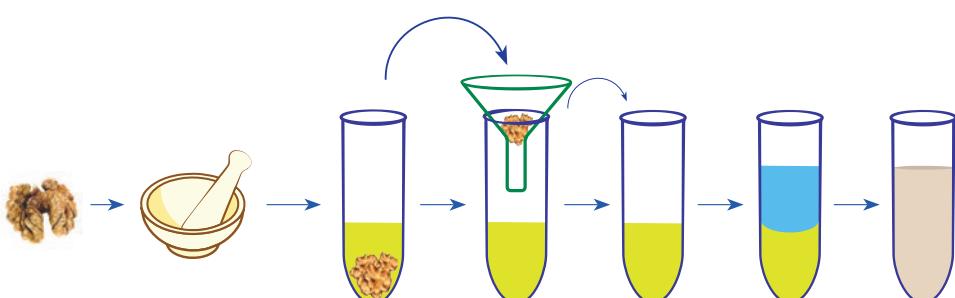


**2** დაგეგმე ცდა, რომლითაც დაამტკიცებ, რომ ლიპიდების წვის დროს წყალი გამოიყოფა.

**3** შენს ხელთაა ქალალდი და ლობიოს, მზესუმზირის, კაკლის, ხორბლის, თხილის, მიწის თხილის, სიმინდის, წაბლის თესლები. ამ მცირე რესურსით მოიფიქრე მცენარეთა თესლებში ლიპიდების აღმოჩენის ყველაზე მარტივი ხერხი.

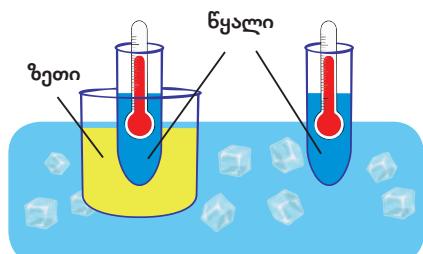
**4** გთავაზობთ საკვეე პროდუქტებში ლიპიდების აღმოჩენის ერთ-ერთ მეთოდს.

- დანაყე კაკლის ლებანი და გადაიტანე სინჯარაში.
- დაუმატე 2 მლ. 98%-იანი სპირტი. კარგად შეანჯლრიე. დააყოვნე 5 წუთი. ლიპიდები სპირტში გაიხსნება.
- გაფილტრე, დაუმატე 2 მლ. ცივი წყალი და შეანჯლრიე. ხსნარი გათეთრდება. გამოიყენე ეს მეთოდი სხვადასხვა პროდუქტში ლიპიდების აღმოსაჩენად.



**5**

- აიღე ორი სინჯარა. ჩაასხი ორივეში  $38^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურამდე გამტბარი წყალი, თანაბარი რაოდენობით.
- ჩაუშვი ორივე სინჯარაში თერმომეტრი.
- მოათავსე ერთ-ერთი სინჯარა ზეთიან ჭიქაში.
- ერთდროულად სინჯარიანი ჭიქა და მეორე სინჯარა მოათავსე დიდი ზომის ყინულიან ჭურჭელში.
- დააკვირდი წყლის ტემპერატურის ცვლილებას ორივე სინჯარაში.



ა. რის მოდელს წარმოადგენს ზეთიანი ჭიქა სინჯარით?

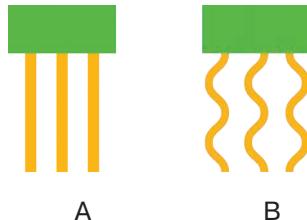
ბ. რომელ ცოცხალ ორგანიზმებში იქმნება ანალოგიური სიტუაცია?



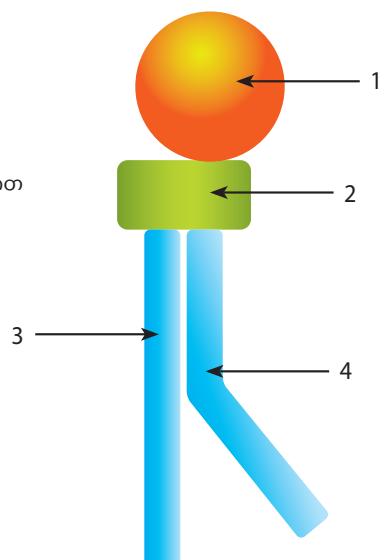
**1** დახატე როგორ განლაგდება წყალში ფოსფოლიპიდის 10 მოლეკულა.

**2** ა) რომელი ნივთიერებების სქემატური გამოსახულებებია ილუსტრაციაზე?

ბ) როგორია A და B ნივთიერებების შემცველობა სხვადასხვა უჯრედსა და ორგანიზმში?



**3** დასახელე ამ „ელეგანტური მოლეკულის“ ისრით მითითებული ნაწილების ქიმიური შედგენილობა.



**1** მოქებნე ფუნქციურად შესაბამისი წყვილები:

ცხიმი

დამცველობითი

ცვილი

ენერგეტიკული

ფოსფოლიპიდი

სამშენებლო

სტეროიდი

სასიგნალო

**2** ამოიცანი არასწორი წყვილი:

- ცილა - ფერმენტი;
- ცვილი - ნახშირწყალი;
- ცელულოზა-ნახშირწყალი;
- სტეროიდი-ლიპიდი.

**3** ქვემოთ ჩამოთვლილი ტერმინებიდან რომელი აერთიანებს ყველა დანარჩენს?

- ა. ცვილი;
- ბ. სტეროიდი;
- გ. ცხიმი;
- დ. ფოსფოლიპიდი;
- ე. ლიპიდი.

**4** შეარჩიე სწორი პასუხი:

მარგარინი ძირითადად მცენარეულ ცხიმებს შეიცავს, თუმცა ის ოთახის ტემპერატურაზე მყარია. ამას აღნევენ:

- ა. მცენარეული ცხიმების ჰიდროგენიზაციით;
- ბ. მცენარეული ცხიმების დეპიდროგენიზაციით;
- გ. ცილების დამატებით;
- დ. ნახშირწყლების დამატებით.

**5** მოსავლის უკეთ შენახვის მიზნით, ფერმერმა გადაწყვიტა ვაშლები საგულდაგულოდ გაეწმინდა, გაეპრიალებინა და ისე ჩაელაგებინა ყუთებში. თუმცა მთელი მოსავლის ასე დამუშავება ვერ მოახერხა. მისდა გასაკვირად, გაწმენდილი ვაშლების დიდი უმრავლესობა დალპა, გაუწმენდავი კი გადარჩა. ახსენი, რა მოხდა?

**6** ამოიცანი ნივთიერება:



**7** ჩასვი გამოტოვებული სიტყვები:

ცხიმის მოლეკულას ..... გრძელი ჰიდროფობური კუდი აქვს. მცენარეულ ცხიმებში ..... ცხიმოვანი მჟავები შედის. ფოსფოლიპიდებში ..... ცხიმოვანი მჟავას ადგილს ..... იკავებს. ფოსფოლიპიდს აქვს პატარა ..... თავი. სტეროიდებს აქვთ საერთო ჩონჩხი, რომელიც ..... რგოლისაგან შედგება. ცვილებს ..... ფუნქცია აქვს.

**8** მოცემული მტკიცებულებებიდან რომელია მცდარი.

ცხიმებს ორგანიზმში აქვს:

- ა. ენერგეტიკული ფუნქცია;
- ბ. დამცველობითი ფუნქცია;
- გ. სამშენებლო ფუნქცია;
- დ. თბოიზოლაციის ფუნქცია.

**9** სწორი პასუხის შესაბამის ცარიელ უჯრებში ჩაწერე ნიშანი X.

ლიპიდებია:

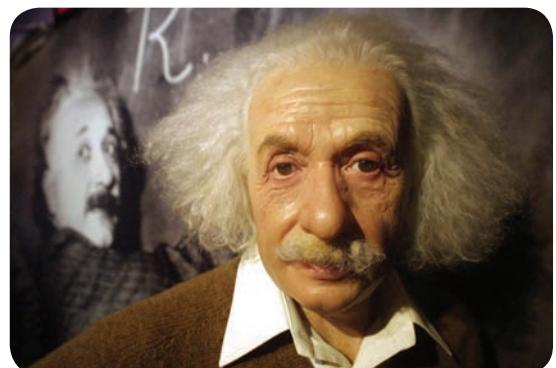
- ა. ლეციტინი;
- ბ. ესტროგენი;
- გ. თიროქსინი;
- დ. ინსულინი;
- ე. ცვილი;
- ვ. ქიტინი.

1	2	3	4	5	6

**10** საკვები პროდუქტების ეტიკეტებზე ცხიმების სინონიმად ხშირად ტერმინ ტრი-გლიცერიდს ხმარობენ. ახსენი ამ ტერმინის წარმოშობა.

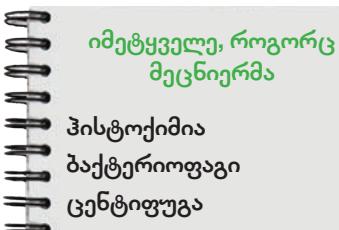


➤ ეს აინშტაინის ცვილისგან დამზადებული ფიგურაა.



### შენ შეძლებ:

- განმარტო რა იყო ახალგაზრდა ექიმის, ფრიდრიხ მიშერის, სამეცნიერო ინტერესის სფერო და რატომ;
- ახსნა რა პრინციპით ირჩევდა ის სხვადასხვა ექსპერიმენტში კვლევის სხვადასხვა ობიექტს;
- აღწერო როგორი ქიმიური შედგენილობა ჰქონდა მის მიერ აღმოჩენილ „ნუკლეინს“;
- იმსჯელო რატომ ვერ შეძლო მიშერმა „ნუკლეინის“ სტრუქტურის მის ფუნქციასთან დაკავშირება.
- სქემატურად წარმოადგინო ჰქონდებით მის მიერმა „ნუკლეინის“ სტრუქტურის მის ფუნქციასთან დაკავშირება.



შენ აღბათ უკვე დარწმუნდი, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში არ არსებობს კარგი და ცუდი, პირველხარისხოვანი და მეორეხარისხოვანი მოლეკულები. მაგრამ მაინც, თუ შევეცდებით, ნივთიერებები იმის მიხედვით დავაჯვუფოთ, უჯრედში რომელი რომელს ემორჩილება, იერარქიის ყველაზე მაღალ საფეხურზე დნმ-ის მოლეკულა აღმოჩენდება. ამ მოლეკულაშია ჩანერილი ინფორმაცია, რა მემკვიდრული ნიშნები უნდა ჰქონდეს ამა თუ იმ ორგანიზმს და ამ ბრძანების აღსრულებას ემსახურება ყველა სხვა ნივთიერება უჯრედში.

დნმ 1869 წელს 25 წლის შვეიცარიელმა ექიმმა ფრიდრიხ მიშერმა აღმოაჩინა. მან არც კი იცოდა, ამ აღმოჩენით რა გადატრიალებას ჩაუყარა საფუძველი ბიოლოგიაში. ეს იმდენად მნიშვნელოვანი მოვლენა იყო, რომ ნამდვილად ლირს გავეცნოთ მისი აღმოჩენის ისტორიას.

მიშერი სრულიადაც არ ეძებდა მემკვიდრულ ნივთიერებას. ახალგაზრდა ექიმი ჰისტორიის მიმდევად იყო გატაცებული.

**ჰისტორიმია** მეცნიერებაა, რომელიც უჯრედებისა და ქსოვილების ქიმიურ შედგენილობას სწავლობს. ფ. მიშერი ღრმად იყო დარწმუნებული, რომ ქსოვილების განსხვავებულ აგებულებასა და ფუნქციებს მათი განსხვავებული ქიმიური შედგენილობა განაპირობებდა. მას განსაკუთრებით ბირთვის კვლევა აინტერესებდა, რადგან, მიუხედავად იმისა, რომ ბირთვი 1831 წელს აღმოაჩინეს, მისი ქიმიური ბუნების შესახებ ჯერ კიდევ არაფერი იყო ცნობილი.



ფ. მიშერი

საკვლევ მასალად, რაც უნდა გასაკვირი იყოს, ფ. მიშერმა ჩირქი აირჩია. ის თვლიდა, რომ ჩირქში არსებული ლეიკოციტები მშვენიერ საკვლევ ანტიციტების წარმოადგენდა, მათი უჯრედის მარტივი აგებულების გამო. გარდა ამისა, საკვლევი მასალის მოპოვების თვალსაზრისით მას პრობლემა არ ექმნებოდა – ქირურგიული კლინიკა ყოველდღიურად ამარაგებდა დოლბანდით, რომლითაც ოპერაციების შემდეგ ავადმყოფებს ჭრილობებს უხვევდნენ.

ბირთვების გამოსაყოფად ფ. მიშერი ლეიკოციტებს ლორის კუჭის წვენით ამუშავებდა. კუჭის წვენის მარილმჟავა და პეპსინი, ბირთვის გარდა, პრაქტიკულად მთლიანად შლიდა ლეიკოციტის უჯრედს.

ბირთვის შიგთავსის კვლევისას მან დაადგინა, რომ ბირთვში არსებობს რაღაც ნივთიერება, რომელიც არ ჰგავს მანამდე ცნობილ არცერთ ნივთიერებას: ცილების მსგავსად, ის დიდი რაოდენობით შეიცავს აზოტს, მაგრამ, მათგან განსხვავებით, არ ჰეიცავს გოგირდს; ამას გარდა, ეს ნივთიერება, ცილებისგან განსხვავებით, ძალიან მდიდარია ფოსფორით.

უცნობ ნივთიერებას მიშერმა **ნუკლეინი** უწოდა.

მალე მეცნიერი ცვლის კვლევის ობიექტს. ის ნუკლეინს უკვე ორაგულის სპერმატოზოიდებში ეძებს. ამას ორი მიზეზი აქვს: ფ. მიშერი სამუშაოდ გადადის ქ. ბაზელში, რომელიც ორაგულის რეწვით იყო განთქმული და ის საკვლევი მასალის დეფიციტს არ განიცდის. გარდა ამისა, ორაგულის სპერმატოზოიდი დიდ ბირთვს შეიცავს, რომელსაც უჯრედის მოცულობის თითქმის 90% უკავია. ასეთი საკვლევი მასალის ხელმისაწვდომობა ნამდვილად დიდი ბედნიერებაა ახალგაზრდა მეცნიერისთვის.



ფ. მიშერის ლაბორატორია

მიშერი ბევრს მუშაობს გაუსაძლის სიცივეში, რადგან რწმუნდება, რომ ნუკლეინის გამოყოფა დაბალ ტემპერატურაზე სჯობს – მაღალ ტემპერატურაზე ის თვისებებს იცვლის.

ერთი წლის დაუღალავი შრომის შედეგად ფ. მიშერი მიდის დასკვნამდე, რომ ნუკლეინი მაკრომოლეკულაა (პერგამენტის ფილტრში ვერ გადის), რომელსაც მუავური ბუნება აქვს. მეტიც, ის დიდი რაოდენობით შეიცავს მუავურ ნაშთებს. მაგრამ იმდროინდელი ქიმიური კვლევის მეთოდები მეცნიერს არ აძლევს საშუალებას, უფრო ჩაუღრმავდეს ნუკლეინის ქიმიური ბუნების გარკვევას.

ახლა ის, კვლევის ობიექტიდან გამომდინარე, სვამს კითხვას: რა როლი შეიძლება ჰქონდეს ნუკლეინს განაყოფიერების პროცესში?

ეს ყველაზე დრამატული მომენტია მეცნიერის ცხოვრებაში. მას სულ ერთი ნაბიჯი აშორებს იმ მეორე უმნიშვნელოვანების ფაქტის აღმოჩენას, რომ ნუკლეინი მემკვიდრული ნივთიერებაა. ამისთვის საკმარისია კითხვის სხვაგვარად დასმა, მაგრამ ის სულ სხვა მიმართულებით განაგრძობს კვლევას. ცდილობს დაამტკიცოს, რომ ნუკლეინი ხელს უწყობს განაყოფიერების პროცესს. მუშაობას შედეგი ვერ მოაქვს.

ნუკლეინით ახლა სხვა მეცნიერები ინტერესდებიან. ისინი ადგენენ, რომ ნუკლეინი ქრომოსომის შედგენილობაში შედის და ამიტომ ის მემკვიდრული ნივთიერება უნდა იყოს. წარმოიდგინე, რომ ნუკლეინს ახალ სახელსაც – „ნუკლეინის მუავას“ სხვები არქმევენ. სულ მაღლე ირკვევა, რომ არსებობს სხვადასხვა სახის ნუკლეინის მუავა.

გენეტიკური ნივთიერების ქიმიური ბუნების დასადგენად, 1952 წელს ცნობილმა ამერიკელმა მეცნიერმა კ. ჰერშმა და 25 წლის ბაკალავრმა მ. ჩეიზმა ბაქტერიოფაგები გამოიყენეს.

ფაგი ვირუსის ნაირსახეობაა, რომელიც მასპინძლად ბაქტერიის უჯრედს ირჩევს, სახლდება მასში და უბრძანებს შეიცვალოს „ცხოვრების სტილი“ – ბაქტერია საკუთარ უჯრედში საკუთარი რესურსებით იწყებს უამრავი ვირუსის ნარმოქმნას, რის გამოც საბოლოოდ იღუპება. პრაქტიკულად, ფაგი თავს ბაქტერიას ამრავლებინებს.



მ. ჩეიზმი და კ. ჰერშმი



ფაგის გამრავლება ბაქტერიის უჯრედში

1. ფაგი; 2. ბაქტერია.

იმ დროისთვის ცნობილი იყო, რომ ვირუსი ქიმიურად მხოლოდ ორი კომპონენტისგან – ცილისგან და ცილოვან გარსში შეფუთული დნმ-ისგან შედგებოდა. სწორედ აგებულების ასეთი სიმარტივით იყო განპირობებული მისი საკვლევ ობიექტად შერჩევა.

მეცნიერებს აინტერესებდათ, ფაგის რომელი კომპონენტი იჭრებოდა ბაქტერიის უჯრედში – დნმ თუ ცილა, ანუ რომელი მათგანია მბრძანებელი მოლეკულა, რომელი შეიცავს ინფორმაციას ვირუსის აგებულების შესახებ.

კვლევისას ისინი ეყრდნობოდნენ იმ დროისთვის უკვე დადგენილ ფაქტს, რომ ცილა შეიცავს გოგირდს და თითქმის არ შეიცავს ფოსფორს, დნმ კი მდიდარია ფოსფორით და არ შეიცავს გოგირდს.

ლაბორატორიულ პირობებში მათ ხელოვნურად მიიღეს ფაგების ორი ჯგუფი. ერთი ჯგუფის ფაგების ცილოვანი გარსი რადიაქტიურ გოგირდს შეიცავდა, ხოლო მეორე ჯგუფის დნმ – რადიაქტიურ ფოსფორს.



ფაგის აგებულება

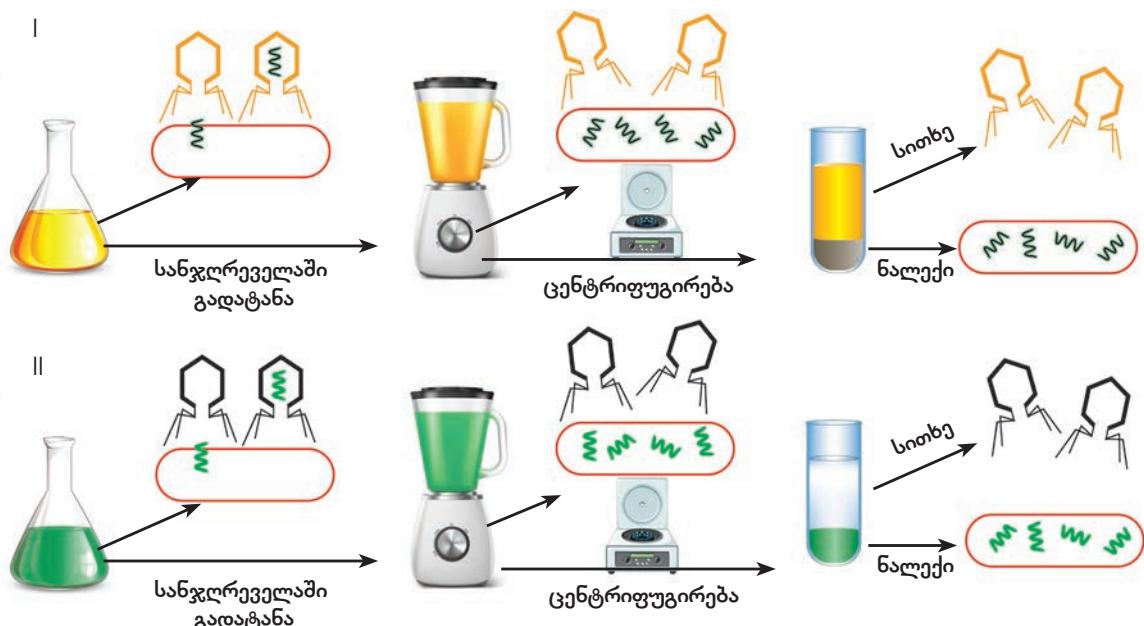
1. ცილოვანი გარსი;
2. დნმ;
3. რადიაქტიური გოგირდით მონიშნული ცილა;
4. რადიაქტიური ფოსფორით მონიშნული დნმ.

რადიაქტიური გოგირდით მონიშნული ფაგები მეცნიერებმა ბაქტერიების ერთ ჯგუფს „შეუსიეს“, რადიაქტიური ფოსფორით მონიშნული კი – მეორეს. რამდენიმე წუთში, მას შემდეგ, რაც ფაგებმა უკვე მოასწრეს ბაქტერიების ინფიცირება, ბაქტერიებს ფაგები სანჯლრეველათი ჩამოაცილეს და მათი ნარევი დააცენტრიზებულის.

**ცენტრიფუგა** ხელსაწყოა, რომელსაც ნარევის კომპონენტების ერთმანეთისგან გამოსაცალკევებლად იყენებენ. ცენტრიფუგის მბრუნვა ნაწილში – როტორში (1) თავსდება სითხით სავსე სინჯარები, რომლებიც საკვლევ ნივთიერებებს ან უჯრედულ სტრუქტურებს შეიცავს. როტორის სწრაფი ტრიალით სინჯარაში იქმნება ძლიერი გრავიტაციული ძალა, რომელიც ზოგჯერ 100 000-ჯერაც კი აღემატება დედამინის მიზიდულობას. ამ ძალის გავლენით ნარევის ის კომპონენტები, რომლებსაც სხვასთან შედარებით მაღალი სიმკვრივე ან დიდი ზომები აქვს, ნალექში(2) – სინჯარის ფსკერზე აღმოჩნდება, ნალექზედა სითხეში კი შედარებით მსუბუქი სტრუქტურები დარჩება.



პირველი ჯგუფის ბაქტერიების შემთხვევაში მკვლევარებმა რადიაქტიობა ნალექზედა სითხეში აღმოაჩინეს, რომელიც მსუბუქ ვირუსებს შეიცავდა. მეორე ჯგუფის შემთხვევაში კი რადიაქტიობა ნალექში აღმოჩნდა, რომელიც ვირუსთან შედარებით მძიმე ბაქტერიებს შეიცავდა.



კ. ჰერშისა და მ. ჩეიზის ექსპერიმენტი

ამ ბრწყინვალედ დაგეგმილი და ჩატარებული ექსპერიმენტის, ასევე მრავალრიცხოვანი კვლევების გამო ბაქტერიოლოგიასა და გენეტიკაში კ. ჰერში ნობელის პრემიით დაჯილდოვდა. ექსპერიმენტით ერთმიშვნელოვნად დადასტურდა, რომ სწორედ დნმ-ია ის ნივთიერება, რომელიც ფაგებიდან ბაქტერიის უჯრედში გადადის და სრულიად გარდაქმნის მას. ბაქტერია თითქოს ივიწყებს საკუთარ თავს და იძენს მისთვის სრულიად უჩვეულო თვისებას – გაამრავლოს ვირუსი, რომლის აგებულების შესახებ ინფორმაცია ვირუსის დნმ-შია მოთავსებული.

! **დნმ 1869 წელს ფ. მიშერმა აღმოაჩინა. 1952 წელს ა. ჰერშისა და მ. ჩეიზის ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ გენეტიკური ნივთიერება დნმ-ია. ფაგი ვირუსია, რომელიც ბაქტერიის უჯრედში პარაზიტობს. ცენტრიფუგა ხელსაწყოა, რომელსაც ნარევის განსხვავებული სიმკვრივისა და ზომების კომპონენტების ერთმანეთისგან გამოსაცალკევებლად იყენებენ.**



ცენტრიფუგის როტორის ბრუნვისას წარმოქმნილ გრავიტაციულ ძალაზე წარმოდგენას ასეთი მარტივი ცდა შეგიქმნის:

დაიკავე წყლით სავსე სათლი და მხრის სახსარში  $360^{\circ}$ -იანი ბრუნვითი მოძრაობით სწრაფად ატრიალე. იღვრება წყალი სათლიდან? თანდათან შეამცირე ბრუნვათა რიცხვი. რას ამჩნევ?

როგორ ფიქრობ, რა დამოკიდებულება არსებობს ბრუნვის სიჩქარესა და ამ დროს წარმოქმნილ გრავიტაციულ ძალას შორის?



**1** მეცნიერები ხუმრობენ რომ მათი საქმიანობა სხვა არაფერია, თუ არა კითხვები, რომელთაც ისინი ბუნებას უსვამენ, რათა გამოსტყუონ მას საიდუმლოებები. სწორად დასმულ კითხვებს ბუნება გულწრფელად პასუხობს. თუმცა დიდი მეცნიერული აღმოჩენისთვის მხოლოდ კითხვების სწორად დასმა არ კმარა; საჭიროა დიდი შრომა, რათა ბუნების გულმოწყალება დაიმსახურო.

როგორ ფიქრობ, რა უნდა ეკითხა მიშერს ბუნებისთვის, რომ იგი მეორე მეცნიერული აღმოჩენის ავტორი გამხდარიყო? შრომისმოყვარეობა მას ნამდვილად არ აკლდა.

**2** წარმოიდგინე, რომ მეცნიერი ხარ და გადაწყვიტე კ. ჰერშისა და მ. ჩეიზის ექსპერიმენტის გამეორება. შენი ცდის შედეგები მოულოდნელად არ დაემთხვა ცნობილი მეცნიერების ექსპერიმენტის შედეგებს – ბაქტერიების ვირუსებთან ხანმოკლე ინკუბაციის შემდეგ, ორივე ჯგუფის შემთხვევაში, შენ რადიაქტივობა მხოლოდ ნალექში აღმოაჩინე.

ახსენი, ცდის რომელი ეტაპის გამოტოვებას შეიძლება გამოეწვია ასეთი შედეგი და რატომ?

# 1.7

## დნმ-ის ორგაზი სპირალი

### შენ შეძლებ:

- დაასახელო დნმ-ის შემადგენელი ნუკლეოტიდები, ალნერო მათი აგებულება და განასხვაო ისინი ერთმანეთისგან;
- იმსჯელო ე. ჩარგაფის კანონების მნიშვნელობის შესახებ დნმ-ის ქიმიური სტრუქტურის გაშიფრაში;
- იმსჯელო სხვადასხვა სახის ორგანიზმებში დნმ-ის განსხვავებულ ნუკლეოტიდურ შედგენილობაზე, როგორც ბიომრავალფეროვნების საფუძველზე;
- ჩამოაყალიბო რ. ფრანკლინის ლვანლი დნმ-ის სტრუქტურის კვლევაში;
- ალნერო ჯ. უოტსონისა და ფ. კრიკის მიერ შექმნილი დნმ-ის ჰიპოთეტური მოდელი;

### იმეტყველე, როგორც მეცნიერმა

ნუკლეოტიდი

ადენინი

გუანინი

ციტოზინი

თიმინი

ჰირინი

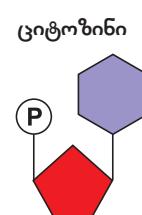
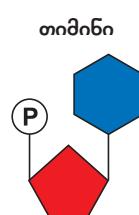
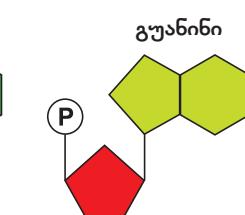
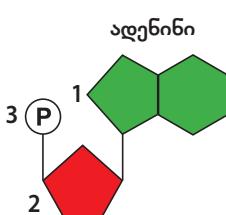
ჰირიმიდინი

რენტგენული კრისტალოგრაფია

მას შემდეგ, რაც ექსპერიმენტებით დადასტურდა, რომ დნმ-ის მოლეკულა გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელია, ის მრავალი მეცნიერის ყურადღების ცენტრში მოექცა და დაიწყო მისი სტრუქტურის ინტენსიური კვლევა.

გაირკვა რომ დნმ-ის მოლეკულა პოლიმერია, რომლის მონომერს ნუკლეოტიდი წარმოადგენს.

ნუკლეოტიდს საკმაოდ რთული აგებულება აქვს. ის სამი კომპონენტისგან შედგება. ეს კომპონენტებია: აზოტოვანი ფუძე, ხუთნახშირბადიანი მონოსაქარიდი – დეზოქსირიბოზა და ფოსფორმჟავა. დნმ სულ ოთხი სახის ნუკლეოტიდს შეიცავს, რომლებიც ერთმანეთისგან მხოლოდ აზოტოვანი ფუძით განსხვავდება. ეს ფუძეებია: ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი. ამასთან, ადენინისა და გუანინის დიდი ზომის მოლეკულებს ერთმანეთის მსგავსი აგებულება აქვს და მათ ჰირინის ჯგუფს მიაკუთვნებენ. თიმინისა და ციტოზინის შედარებით მცირეზომის მოლეკულებიც ერთმანეთს ჰქონია და ისინი ჰირიმიდინების ჯგუფში შედიან.



### დნმ-ის შენებაში მონაწილე ნუკლეოტიდები

1. აზოტოვანი ფუძეები; 2. დეზოქსირიბოზა. 3. ფოსფორმჟავა;

1940 წელს ამერიკელი ბიოქიმიკოსის ე. ჩარგაფის მიერ დნმ-ის შედგენილობის ორი უმნიშვნელოვანესი კანონზომიერება იქნა ალმოჩენილი, რომელსაც შემდგომში ჩარგაფის კანონი ეწოდა:

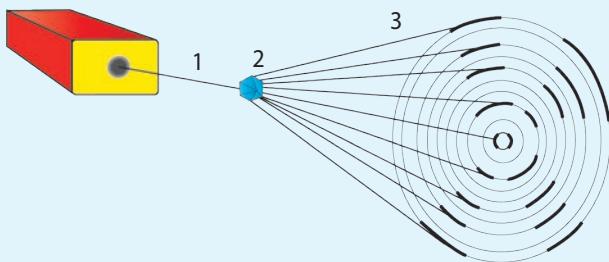
- დნმ-ის ნუკლეოტიდების რაოდენობრივი შემცველობა სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმში განსხვავებულია;
- ყოველ სახეობაში ადენინის რაოდენობა თიმინის რაოდენობის ტოლია ( $\alpha = \tau$ ), ხოლო გუანინისა – ციტოზინის ( $\beta = \gamma$ ). ამასთან, ყველა სახეობის დნმ-ში ჰირინების ფუძეების რაოდენობა ჰირიმიდინის ფუძეების რაოდენობის ტოლია ( $\alpha + \beta = \tau + \gamma$ ).

მაგრამ მხოლოდ ქიმიური შედგენილობა არაფერს ეუბნებოდა მეცნიერებს ამ მოღვაწეობის სტრუქტურაზე. პასუხი გაუცემელი რჩებოდა კითხვაზეც – როგორ ასრულებს ასეთი მოღვაწეობა თავის ბიოლოგიურ დანიშნულებას – შეინახოს და გადასცეს მემკვიდრული ინფორმაცია?

კვლევაში ამჯერად ფიზიკოსები ჩაერთნენ. მათ გადაწყვიტეს დნმ-ის მოღვაწეობა რენტგენული კრისტალოგრაფიის მეთოდით გამოეკვლიათ.

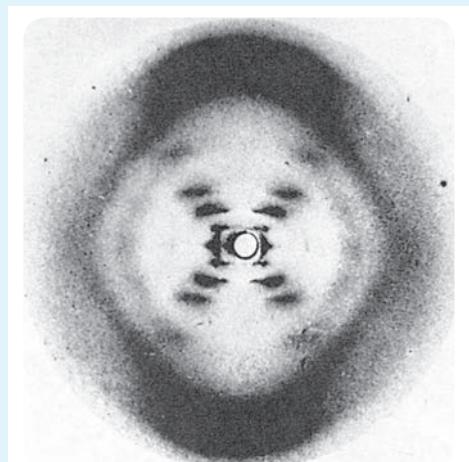
ამ მეთოდის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: საკვლევ ნივთიერებაში რენტგენის სხივებს ატარებენ. სხივები, ნივთიერებების ატომების მიერ, სხვადასხვა მიმართულებით ირეკლება და ფოტოფირფიტაზე მოხვედრისას შავ ლაქებს ტოვებს. ლაქების ინტენსივობისა და განლაგების მიხედვით, მსჯელობენ საკვლევ ნივთიერებაში მისი შემადგენელი ატომების მდებარეობაზე.

თუ ნივთიერებაში ატომები მკაცრად განსაზღვრული წესით, რეგულარულად, არის განლაგებული, მაშინ მათზე მოხვედრილი სხივებიც ერთი მიმართულებით აირეკლება და ფოტოფირფიტაზე გარკვეული წესით დალაგებულ მკვეთრ შავ ლაქებს დატოვებს. ნივთიერებაში არა-რეგულარულად განლაგებული ატომები კი სხივებს სხვადასხვა მიმართულებით არეკლავს და ფოტოფირფიტაზეც ყოველგვარი კანონზომიერების გარეშე გაფანტული მკრთალი ლაქები დაფიქსირდება.



რენტგენული კრისტალოგრაფია

1. რენტგენის სხივი;
2. დნმ;
3. არეკლილი სხივი.



დნმ-ის რენტგენოგრამა

ამ მეთოდით დნმ-ის მოღვაწეობა ინგლისელმა მეცნიერებმა, ე. უილკინსმა და რ. ფრანკლინმა გამოიკვლიერს. ფოტოფირფიტაზე მიღებული წრიულად განლაგებული, ძალზე მკვეთრი შავი ლაქების მიხედვით მეცნიერებმა დაასკვნეს, რომ დნმ-ის მოღვაწეობა სპირალია, რომელშიც რაღაც კომპონენტი მუდმივად მეორდება. კრისტალოგრაფიის მონაცემები მიუთითებდა აგრეთვე, რომ სპირალის სიგანე 2 ნანომეტრია.

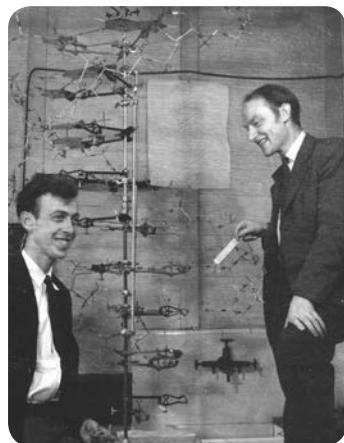
ერთი მხრივ, ე. ჩარგაფისა და, მეორე მხრივ, ე. უილკინსისა და რ. ფრანკლინის მონაცემებმა საფუძველი ჩაუყარა იმ უდიდეს მოვლენას, რომელსაც ბიოლოგიურ აზროვნებაში მომსდარ რევოლუციასაც კი უწოდებენ.



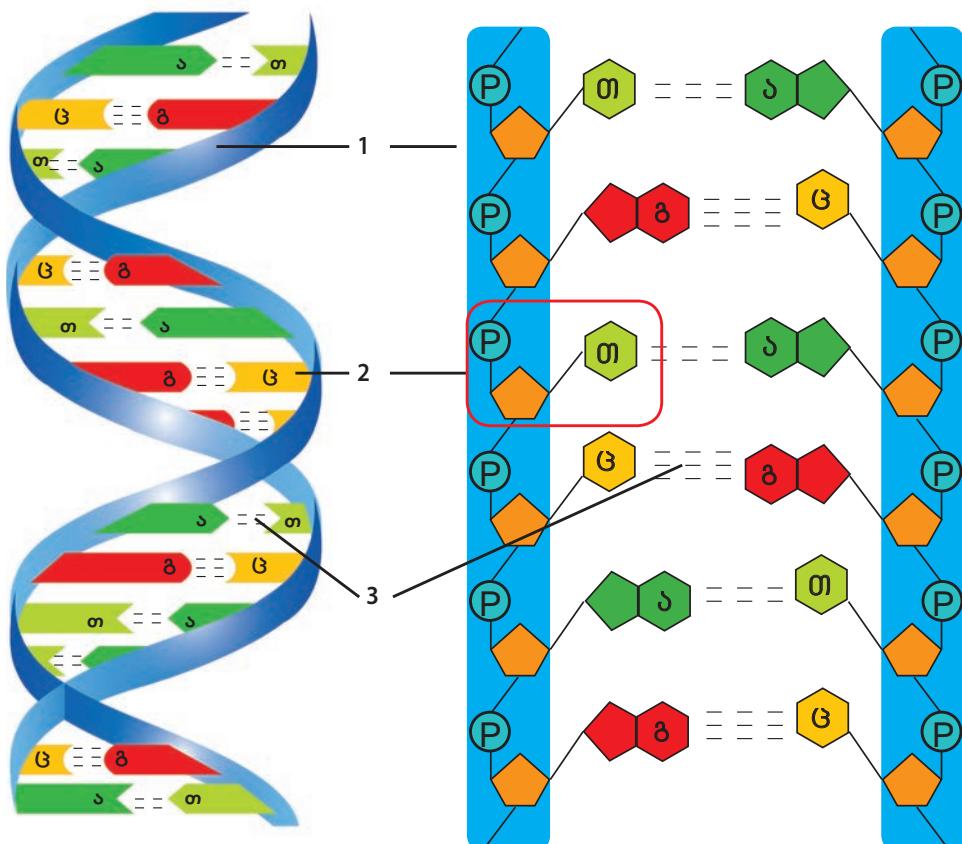
რ. ფრანკლინი

რევოლუციის ლიდერები 24 წლის ამერიკელი გენეტიკოსი ჯორჯ უოტსონი და ინგლისელი ბიოფიზიკოსი ფრენსის კრიკი იყვნენ. 1953 წელს ისინი გაეცნენ მონაცემებს დნმ-ის ქიმიური და ფიზიკური მახასიათებლების შესახებ და პრეცინვალედ გამოიყენეს ეს დნმ-ის სამგანზომილებიანი ჰიპოთეტური მოდელის შესაქმნელად. ამ მოდელის მიხედვით დნმ-ის მოლეკულა ასე გამოიყურება:

- 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 სუსტი წყალბადური ბმებით უკავშირდება, რომლებიც მათ აზოტოვან ფუძეებს შორის წარმოიქმნება. ერთი ჯაჭვის ადენინი ყოველთვის ორ წყალბადურ ბმას ქმნის მეორე ჯაჭვის თიმინთან, ხოლო გუანინი – სამს ციტოზინთან. ისინი ერთმანეთის შესაბამისი, ანუ კომპლემენტარულები არიან.



ჯ. უოტსონი და ფ. კრიკი დნმ-ის მოლეკულის მოდელთან



#### დნმ-ის სტრუქტურა

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

დნმ-ის ეს ჰიპოთეტური მოდელი მრავალი ექსპერიმენტით გამოიცადა. მან დამაჯერებლად უპასუხა მოდელის შექმნამდე და მისი შექმნის შემდეგ დასმულ ყველა კითხვას, რომლებიც ამ მექავიდრული მოლეკულის პიოლოგიურ შესაძლებლობებს ეხება. ამ მოდელით შესაძლებელია, მოლეკულურ დონეზე აიხსნას მექავიდრეობითობისა და ცვალებადობის მოვლენა და მასთან დაკავშირებული ყველა საკითხი.

დნმ-ის მოდელის შექმნისთვის ე. უილკინსს, ჯ. უოტსონსა და ფ. კრიკს 1962 წელს ნობელის პრემია მიანიჭეს. რ. ფრანკლინი, რომელსაც უდიდესი წვლილი მიუძღვის მოდელის შექმნაში, პრემიით ვერ დაჯილდოვდა რადგან ის 1958 წელს გარდაიცვალა და ნობელის პრემიის მინიჭების კანონის თანახმად, რომელიც კრძალავს პრემიის მინიჭებას გარდაცვალების შემდეგ, ნომინაციაზე ვერ იქნა წარდგენილი.



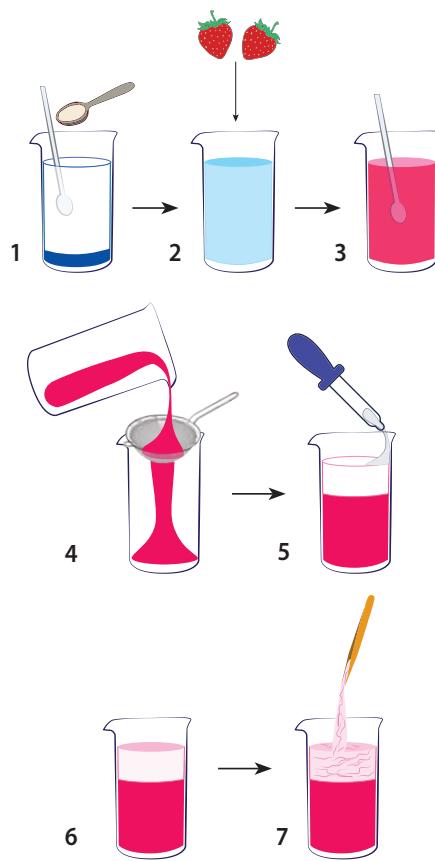
**დნმ პოლინუკლეოტიდია, რომლის მონომერებს ნუკლეოტიდები წარმოადგენს. ყოველ სახეობაში  $A = T$  და  $G = C$ ;  $A + G = T + C$ . სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმში დნმ-ის განსხვავებული ნუკლეოტიდური შედგენილობა პიოლოგიუროვნების საფუძველია. დნმ-ის მოლეკულა შედგება სპირალურად დახვეული ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგან. მისი სიგანე 2 ნანომეტრია. მოპირდაპირე ჯაჭვები ერთმანეთს კომპლემენტარულაზოტოვან ფუძეებს შორის წარმოქმნილი წყალბადური ბმებით უკავშირდება. დნმ-ის სტრუქტურისა და ფუნქციების დადგენა მრავალი მეცნიერის – ქიმიკოსების, ფიზიკოსების, ბიოფიზიკოსების, ბიოქიმიკოსების, გენეტიკოსების, ექიმების კვლევების შედეგად გახდა შესაძლებელი.**



შენ შეგიძლია საკმაოდ მარტივი პროცედურით, გამოყო დნმ უჯრედებიდან და შეუარაღებელი თვალით დააკვირდე მის ძაფებს.

ამისათვის:

- ჩაასხი 100 მლ-იან ქიმიურ ჭიქაში 90 მლ წყალი. დაუმატე 10 მლ თხევადი საბონი და 2 გრ. სუფრის მარილი. კარგად შეურიე ხსნარის კომპონენტები ერთმანეთს. ეს დნმ-ის საექსტრაქციო ხსნარია;
- გაჭყლიტე კარგად ორი მარწყვი და გადაიტანე საექსტრაქციო ხსნარში;
- მოურიე წკირით და დააყოვნე დაახლ. 30 წუთი;
- გაფილტრე მიღებული მასა საცერში. საცერში დარჩენილი მასა კოვზით შეგიძლია ჩაჭყლიტო, რათა ის დანაკარგის გარეშე გადავიდეს ფილტრატში;
- გადაიტანე ფილტრატი 100 მლ-იან ქიმიურ ჭიქაში და პიპეტით, ძალიან ფრთხილად დაუმატე 10 მლ ცივი ეთილის სპირტი;
- თვალი ადევნე ჭიქაში თეთრი ფერის ფენის წარმოქმნას. ეს ხსნარიდან გამოლექილი დნმ-ია;
- პინცეტით ფრთხილად ამოიღე დნმ-ის გრძელი ძაფები.



პროცედურის ეტაპების მნიშვნელობა:

ეს მეთოდი შეგიძლია გამოიყენო ნებისმიერი ხილიდან დნმ-ის გამოსაყოფად, თუმცა უპირატესობა მარწყვს მიანიჭე, რადგან მარწყვის თითქმის ყველა ჯიში, რომლებიც იყიდება, ტეტრაპლოიდურია.

მნიშვე მარწყვის უჯრედები შეიცავს ცელულაზას, რომელიც შლის უჯრედის კედელს. უჯრედის გარსის დაშლაში მას ეხმარება თხევადი საპონი, რომელიც აზიანებს პლაზმურ მემბრანას.

სუფრის მარილი წყვეტს კავშირს დნმ-სა და მასთან დაკავშირებულ ცილებს შორის, რის გამო დნმ-ის დახვეული სტრუქტურა იშლება და გრძელ ძაფებს წარმოქმნის. ამ ცილებზე შენ მოგვიანებით შეიტყობ უფრო მეტს.

ცივ სპირტში დნმ არ იხსნება, ამიტომ ის გრძელი ძაფების სახით გამოილექება სპირტის ფენაში.



**1** ილუსტრაციაზე დნმ-ის მოლეკულის ერთი ჯაჭვია:

ა - ა - გ - ც - ც - გ - თ - ც - თ - თ

აღადგინე დნმ-ის მოლეკულა – წარმოადგინე მეორე ჯაჭვის ნუკლეოტიდური შედგენილობა.

**2** ხშირად, დნმ-ის მოლეკულას კიბეს ადარებენ, რომლის მარჯვნივ მობრუნებით ხვეული კიბე მიიღება. ახსენი, დნმ-ის მოლეკულის რომელი კომპონენტები ქმნის კიბის საყრდენ, ვერტიკალურ ღერძებს და რომელი – საფეხურებს?

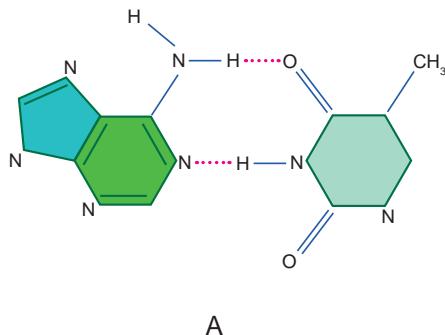


**3** ამ „კიბის“ რომელი საფეხურია დაზიანებული?

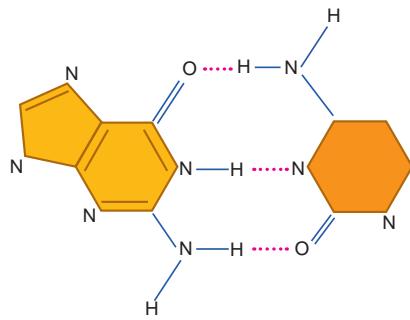
ა თ  
გ ბ  
ც გ  
გ ა

თ  
ა თ  
ც გ  
ა ც  
გ თ

- 4 ამოიცანი ნუკლეოტიდები A და B ილუსტრაციაზე.



A



B

?

- 1 აზოტოვან ფუძეებს შორის არსებული წყალბადური ბმები ადვილად შეიძლება გაწყდეს სხვადასხვა სახის ფიზიკური ან ქიმიური ფაქტორების ზემოქმედებით. მიშერს წარმოდგენაც არ ჰქონდა ამ ბმებზე, თუმცა ის ყველანაირად ცდილობდა, არ დაეშვა წყალბადური ბმების გაწყვეტა. როგორ ახერხებდა ამას?

- 2 დაალაგე სტრუქტურები აგებულების სირთულის მიხედვით, მარტივიდან რთულისკენ. ჩანს რეაციების ცარიელ უჯრაში სათანადო ციფრები.

დნმ-ის მოლეკულა	ნუკლეოტიდი	აზოტოვანი ფუძე	პოლინუკლეოტი-დური ჯაჭვი

- 3 აირჩიე სწორი დებულებები და შესაბამის უჯრებში ჩანს რეაციები X:
- ა. დნმ-ის მოლეკულა შედგება სპირალურად დახვეული ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგან;
  - ბ. თითოეულ ჯაჭვში ნუკლეოტიდები ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდება;
  - გ. მოპირდაპირე ჯაჭვები ერთმანეთს კოვალენტური ბმებით უკავშირდება;
  - დ. დნმ-ის მოლეკულის სიგანე მთელ სიგრძეზე 2 ნმ-ია;
  - ე. თითოეულ ჯაჭვში ერთი ნუკლეოტიდის ფოსფორმჟავა მეორე ნუკლეოტიდის ნახშირ-წყალს კოვალენტური ბმით უკავშირდება.

ა	ბ	გ	დ	ე

- 4 შეარჩიე სწორი პასუხი.

წყალბადური ბმები მონაწილეობს:

1. დნმ-ის მოლეკულის შენებაში;
2. ცილის მოლეკულის შენებაში;
3. საქართვის შენებაში;
4. სტეროიდების შენებაში.

- ა. მხოლოდ 1;
- ბ. მხოლოდ 2;
- გ. 1 და 2;
- დ. 1, 2 და 4.

**5** ქვემოთ მოცემული აზოტოვანი ფუძეების პროცენტული რაოდენობიდან, რომელია მართებული დნმ-ის მოლეკულისთვის?

- ა. თიმინი 20% – ციტოზინი 30%;
- ბ. თიმინი 10% – ციტოზინი 25%;
- გ. თიმინი 40% – ციტოზინი 15%;
- დ. თიმინი 40% – ციტოზინი 15%.

**6** ნუკლეოტიდი ნუკლეიინის მჟავას მოლეკულისთვის იგივეა, რაც:

- ა. გლუკოზა სახამებლისთვის;
- ბ. ცილა ამინომჟავასთვის;
- გ. სტეროიდი ლიპიდისთვის;
- დ. ცვილი ნახშირწყლისთვის.



➤ 1964 წლის ნობელის პრემია ქიმიის დარგში მიენიჭა ლონდონის სამეცნ საზოგადოების წევრს დოროთი ჰოჯკინს ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების კვლევისთვის რენტგენული კრისტალოგრაფიის მეთოდით. მეცნიერი იკვლევდა ინსულინის, ჰემოგლობინის, პენიცილინის, ვიტამინ  $B_{12}$  და სხვა ნივთიერებების სტრუქტურას.



დოროთი ჰოჯკინი

➤ ინგლისელი მეცნიერი ვ. ასტბიური რენტგენული კრისტალოგრაფიის მეთოდით ცილებს სწავლობდა. მისი უძლიერესი გატაცება კლასიკური მუსიკა იყო. მეცნიერს თავისი ცხოვრების ყველაზე შთამბეჭდავ და ამაღლვებელ ექსპერიმენტად მოცარტის თმის კვლევა მიაჩნდა. ასტბიურიმ შეძლო მოცარტის თმის კერატინის ხარისხიანი რენტგენოგრამის მიღება.



➤ ბევრ ქვეყანაში ბავშვები პირველ ინფორმაციას დნმ-ის სტრუქტურის შესახებ სათა-მაშო კონსტრუქციებით იღებენ.



სიცოცხლის მოღვაულები

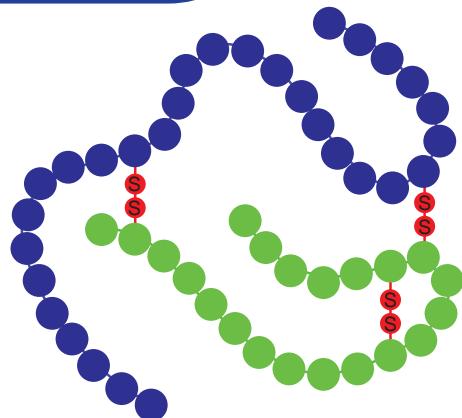
**1.** ინსულინი პირველი ცილაა, რომლის სტრუქტურის გაშიფრაც შეძლეს მეცნიერებამ. ილუსტრაციაზე ინსულინის მოღვაულის სქემატური გამოსახულებაა.

ა. რამდენი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან შედგება ინსულინის მოღვაულა?

ბ. რამდენ პეპტიდურ ბმას შეიცავს ეს ცილა?

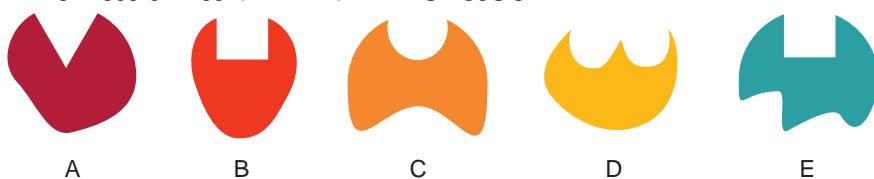
გ. რა სახის ბმებით უკავშირდება პეპტიდური ჯაჭვები ერთმანეთს?

დ. რომელი ამინომჟავას რაოდენობრივ შემცველობაზე შეგიძლა იმსჯელო სქემის მიხედვით?



**2.** იზოფერმენტებს უწოდებენ ისეთ ფერმენტებს, რომლებიც ერთსა და იმავე რეაქციას აწარმოებენ, თუმცა მოთავსებულები არიან სხვადასხვა ორგანოში და განსხვავდებიან სხვადასხვა პარამეტრით; მაგ. ამინომჟავური შედგენილობით, მოღვაულური წონით, pH ოპტიმუმით და ა.შ.

ილუსტრაციაზე მოცემული ფერმენტებიდან, რომელი შეიძლება გამოხატავდეს კუჭქვეშა ჯირკვლისა და სანერნცვე ჯირკვლის ამილაზას სტრუქტურას?



**3.** დაალაგე ნივთიერებები ზომების ზრდის მიხედვით:

ჰემოგლობინი, გლუკოზა, წყალი, საქაროზა, ინსულინი, დნმ



**4.** დნმ-ის მოდელზე მუშაობის საწყის ეტაპზე ჯ. უოტსონმა და ფ. კრიკმა პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვებში ნუკლეოტიდები ისე განალაგეს, რომ დნმ-ის მოღვაულაში პურინის პირდაპირ პურინი ალმოჩნდა, ხოლო პირიმიდინის პირდაპირ – პირიმიდინი.

ა. ჩარგაფის კანონის რომელ პუნქტს არღვევდა ასეთი განლაგება?

ბ. რ. ფრანკლინის რომელ მონაცემებს ეწინააღმდეგებოდა ეს ვარიანტი?

გ. ცადე, სქემატურად გამოსახო დნმ-ის ასეთი მოღვაულის ფორმა.

**5.** აირჩიე სწორი დებულებები და ჩანერე უჯრებში შესაბამისი ნიშანი X:

ა. ცხიმებს სასიგნალო ფუნქცია აქვთ;

ბ. ყველა ცილა ფერმენტია;

გ. ფერმენტები ნივთიერებათა ქიმიურ გარდაქმნებში მონაწილეობენ;

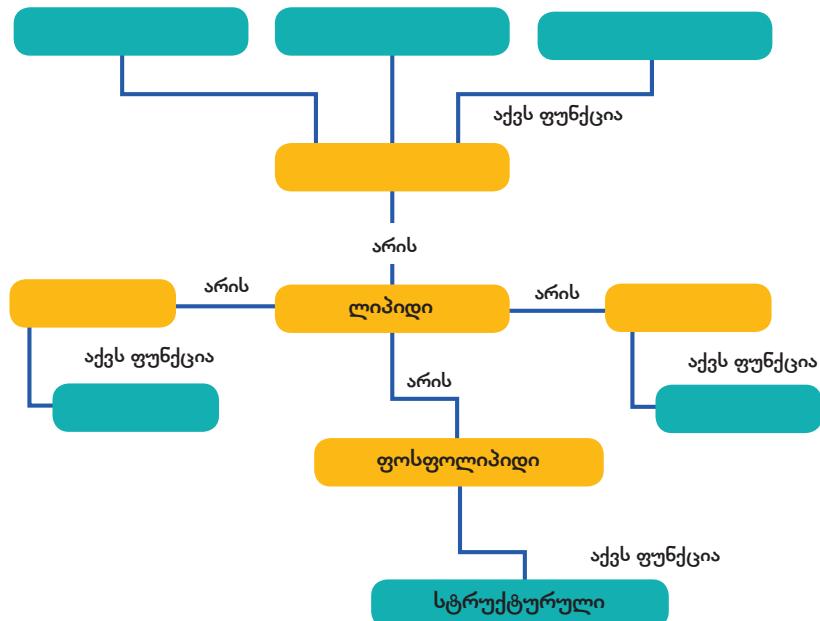
დ. მონოსაქარიდებს შაქრებს უწოდებენ;

ე. სტეროიდებს სასიგნალო დანიშნულება აქვთ;

ვ. ფრუქტოზა ოლიგოსაქარიდია.

1	ბ	გ	დ	ე	ვ

**6.** შეავსე ცარიელი უჯრები ნიმუშის მიხედვით.



**7.** უპასუხე კითხვებს, ჩაწერე ტერმინები, ამოიცანი დაშიფრული სიტყვა და განმარტე მისი შინაარსი:

- მიკროელემენტი, რომელიც ჰქონდება სტრუქტურული კომპონენტია
- ინფექციური ცილა, რომელიც უჯრედებსა და ქსოვილებში ცილების მეორეული სტრუქტურის შეუქცევად ცვლილებებს იწვევს
- სტრუქტურული ნახშირწყალი, რომლის შემცველობა უჯრედებისა და ქსოვილების მრავალფეროვნებას აყალიბებს
- უჯრედის სასიცოცხლო თვისება, რომლის ინტენსივობას მეტნილად უჯრედში გლუკოზის შემცველობა განსაზღვრავს
- ლიპიდი, რომლებიც ორგანიზმში სასიცოცხლო პროცესებისა და თვისებების მართვაში მონაწილეობენ

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	----	----

12	13	14	15	16	17	18	19
----	----	----	----	----	----	----	----

20	21	22	23	24	25	26
----	----	----	----	----	----	----

27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

10	21	2	14	13	17	28	11	33	36
----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

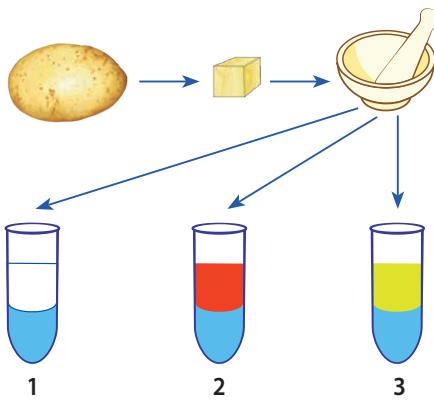
დაშიფრული სიტყვა

**8.** უკრედში ქიმიური გარდაქმნების შედეგად, ზოგჯერ ტოქსიკური ნივთიერებები წარმოიქმნება. ერთ-ერთი ასეთი ტოქსიკური ნივთიერება წყალბადის ზეჟანგია, რომელსაც ფერმენტი კატალაზა უკნებელ ნივთიერებებად – წყლად და უანგბადად გარდაქმნის. ეს ფერმენტი აღმოჩენილია თითქმის ყველა ორგანიზმში.



გთავაზობთ მარტივ ექსპერიმენტს, რომელიც შესაძლებლობას მოგცემს, დააკვირდე pH-ის გავლენას კატალაზის აქტივობაზე.

- აიღე სამი სინჯარა და დანომრე.
- ჩაასხი სამივეში 3-3 მლ.  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
- ჩაამატე პირველ სინჯარაში 3 მლ. წყალი, მეორეში – 3 მლ. 6M  $\text{HCl}$ , მესამეში – 6M  $\text{NaOH}$ . შეურიე ერთმანეთში სითხეები წკირით.
- ჩამოაჭერი კარტოფილის გორგალს სამი კუბის ფორმის ნაჭერი, მოცულობით 1სმ<sup>3</sup>, გასრისე და ცალკ-ცალკე გადაიტანე სამივე სინჯარაში.
- სანამ ცდას ჩაატარე, ჩამოწერე კითხვები და მიუწერე გვერდზე შენი სავარაუდო პასუხები.



### კითხვები

ა. რომელი მოვლენა ან პარამეტრი შეიძლება გამოგადგეს რეაქციის სიჩქარის მახასიათებლად?

ბ. ყველა სინჯარაში ელოდები ბუშტების გამოყოფას? რატომ?

გ. რომელ სინჯარაშია მოსალოდნელი ფერმენტის ყველაზე მაღალი აქტივობა? რატომ?

### პასუხები

ა.

ბ.

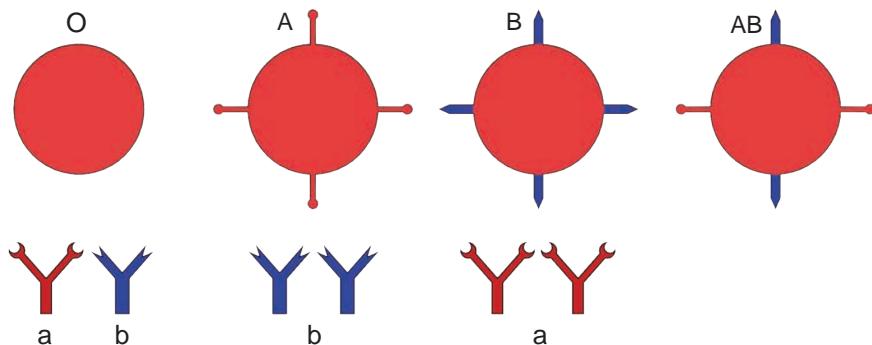
გ.

- შეამოწმე, გამართლდა თუ არა ყველა შემთხვევაში შენი ვარაუდი.

**9.** დაგეგმე და ჩაატარე ექსპერიმენტი, რომლის დროსაც დააკვირდები ტემპერატურის გავლენას კატალაზის აქტივობაზე.

**10.** ადამიანის სისხლის O, A, B და AB ჯგუფები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან მათი ერთობიტების მემბრანებზე განლაგებული ანტიგენებით.

ერთობიტებს მემბრანაზე აქვთ ნახშირნყლოვანი ბუნების ორი სახის ანტიგენი A და B, რომლებსაც აგლუტინოგენებს უწოდებენ, ხოლო პლაზმა შეიცავს a და b ანტისეულებს, რომლებსაც აგლუტინინები ჰქვიათ.



ადამიანის ნაწლავში ალმოაჩინეს ბაქტერია, რომლის ფერმენტი ეფექტურად შლის ერთობიტების მემბრანაზე მოთავსებულ ანტიგენების მსგავს ნახშირნყლებს.

მოამზადე მინილექცია და ილუსტრაციის გამოყენებით ახსენი, რატომ უწოდებენ ამ ალმოჩენას მეცნიერები რევოლუციურს.

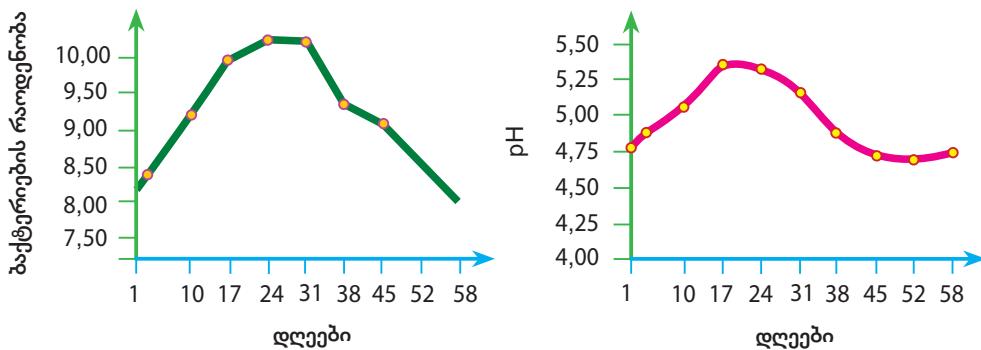
ლექციისას დეტალურად წარმოადგინე:

- ნივთიერებეთა რომელ ჯგუფს მიეკუთვნებიან აგლუტინინები?
- შეიცავს თუ არა სისხლის რომელიმე ჯგუფი ერთდროულად ერთი სახის აგლუტინინებსა და აგლუტინოგენებს;
- როდის შეიძლება ადამიანის სისხლში ერთდროულად ერთი და იმავე სახის ანტიგენი და ანტისეული ალმოჩნდეს;
- როგორ განვითარდება მოვლენები ასეთ შემთხვევაში;
- რატომ ვერ გადაესხმება AB ჯგუფის სისხლი ვერცერთი სხვა ჯგუფის სისხლის მქონე ადამიანს;
- რატომ უწოდებენ O ჯგუფის სისხლის მქონე ადამიანებს უნივერსალურ დონორებს;
- მკურნალობის რა ახალი პერსპექტივები ისახება ბაქტერიის ამ ახალი ფერმენტის აღმოჩენით.

**11.** pH-ის მაჩვენებლის ხანგრძლივი და მნიშვნელოვანი გადახრა ნორმიდან სხვადასხვა დაავადების სახით ვლინდება. ჩვენი კანის pH 4,5 – 5-ის ფარგლებში მერყეობს.

წარმოიდგინე, რომ დერმატოლოგი ხარ და გაეცანი სამეცნიერო უურნალში გამოქვეყნებულ სტატიას. მეცნიერებმა ცდაში მონაწილე ადამიანთა დიდ ჯგუფს შესთავაზეს ერთი თვის განმავლობაში პირის დასაბანად მყარი საპონი გამოეყენებინათ, ხოლო შემდეგ კი ის თხევადი საპნით შეეცვალათ. დერმატოლოგები ამ ხნის განმავლობაში აკვირდებოდნენ ბაქტერიების რაოდენობას კანის თითოეულ სმ<sup>2</sup>-ზე და კანის pH-ს.

ნაშრომის შედეგები გრაფიკის სახით არის წარმოდგენილი.



მონაცემების ანალიზის საფუძველზე მოამზადე დასკვნა, რომელშიც თვალნათლივ წარმოაჩენ:

- რა არის pH?
- რატომ არის მნიშვნელოვანი ორგანიზმი pH-ის მუდმივობის შენარჩუნება?
- რა დამოკიდებულება არსებობს კანის pH-სა და მის დამცველობით ფუნქციას შორის?
- რას ურჩევ პაციენტებს, რომელსაც კანის ჩირქოვანი დაავადება – აქნე ან უხებთ?

გრაფიკების ანალიზისა და დასკვნის მომზადებისას გაითვალისწინე:

- რა მიმართულებით იცვლებოდა ექსპერიმენტში მონაწილე ადამიანების კანის pH პირველი სამი კვირის განმავლობაში
- როგორი pH უნდა ჰქონოდა მყარ საპონს?
- როდის დაინტო მკვეთრად კლება ბაქტერიების რაოდენობამ კანზე?
- როგორი pH უნდა ჰქონოდა თხევად საპონს?

**12.** ცილების მრავალფეროვანი ფუნქციები მათი მოლეკულების უნიკალური აღნაგობით არის განპირობებული.

შენი მიზანია შეარჩიო მასალა და შექმნა ცილის მოლეკულის ისეთი მოდელი, რომელიც შესაძლებლობას მოგცემს მისი პრეზენტაციისას ნათლად წარმოაჩინო:

- როგორ იქმნება ცილის პირველადი, მეორეული და მესამეული სტრუქტურა და ყალიბდება ფერმენტის აქტიური ცენტრი?
- როგორ განსაზღვრავს ცილის სტრუქტურა მის ფუნქციებს?
- როგორ კონფორმაციულ ცვლილებებს განიცდის ცილის მოლეკულა სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორის ზემოქმედების შედეგად გარემოში?
- როგორ აისახება ცილების კონფორმაციული ცვლილებები ადამიანის ჯანმრთელობაზე?

### მოდელის პრეზენტაციისას:

- ახსენი, რატომ უწოდებენ ცილის მოღვაწლას მაკრომოღვაულას;
- დაასახელე ცილის მონომერები;
- იმსჯელე, რა უდევს საფუძვლად ამინომჟავების რადიკალების მიხედვით კლასიფიკაციას და რატომ;
- აღნერე, როგორ იქცევიან ამინომჟავათა რადიკალები ჰიდროფილურ და ჰიდროფობურ გარემოში;
- წარმოაჩინე, როგორ ურთიერთქმედებს სხვადასხვა რადიკალი ერთმანეთთან;
- იმსჯელე, რა მოხდება, თუ რომელიმე ამინომჟავა შეიცვლის ადგილს ცილის მოღვაულაში;
- ახსენი, რას ნიშნავს ცილის შექცევადი და შეუქცევადი დენატურაცია და წარმოაჩინე ეს ცვლილება შენი მოდელის საშუალებით.

შეაფასე შენი მოდელის ძლიერი და სუსტი მხარეები.

შეძელი მოდელის საშუალებით ცილის სტრუქტურისა და ფუნქციების მაქსიმალურად წარმოჩენა?

**13.** ფოსფოლიპიდი ლეციტინი ხშირად გვხვდება სხვადასხვა პროდუქტის ეტიკეტზე. მას დიდი რაოდენობით შეიცავს კვერცხის გული, რომელიც გამოიყენება ცნობილი საკვები ემულსიის მაიონეზის დასამზადებლად.

წარმოიდგინე, რომ მონაწილეობ ერთ-ერთ პოპულარულ სასკოლო კულინარიულ პროექტში, რომლის მონაწილეებს აფასებენ არა მხოლოდ იმის მიხედვით, როგორ ფლობენ კულინარიულ მეთოდებსა და ხერხებს, არამედ იმითაც, თუ რა ფუნდამენტური ცოდნა აქვთ საკვები პროდუქტების ქიმიური შედგენილობისა და მათი კვებითი და ბიოლოგიური ლირებულების შესახებ.

შენი მიზანია დაამზადო მაიონეზი და პლაკატზე წარმოადგინო მისი სტრუქტურა.

მაიონეზის დასამზადებლად აიღე:

- 10 მლ ძმარი;
- 1 კვერცხის გული;
- 200 მლ ზეთი;
- 3 გრ მარილი;
- 3 გრ მდოგვის ფხვნილი.

ათქვითე ბლენდერით მაღალ სიჩქარეზე 5-7 წთ-ის განმავლობაში.

შექმნი პლაკატი და მისი წარდგენისას თვალნათლივ წარმოაჩინე:

1. რა პოზიციას იყავებენ ძმრის(წყლის), ზეთისა და ლეციტინის მოღვაულები მაიონეზის ემულსიაში.

2. ლეციტინის აგებულების რომელ თავისებურებებს უკავშირდება მისი უნარი, დაამყაროს ურთიერთობა როგორც ჰიდროფილურ, ასევე ჰიდროფობურ ნივთიერებებთან, ანუ შეურიოს ერთმანეთს წყალი და ზეთი.

3. რა თვისებრივ ცვლილებებს იწვევს ფოსფორმჟავას ჩართვა ცხიმის მოღვაულაში.

4. როგორ განსაზღვრავს ფოსფოლიპიდის სტრუქტურა მის მთავარ დანიშნულებას უჯრედში. რამდენ შრედ არიან განლაგებული და როგორ არიან ორიენტირებულნი ერთმანეთის მიმართ ფოსფოლიპიდის მოღვაულები ბიოლოგიურ მემბრანაში.

5. რა კვებითი ლირებულება აქვს ლეციტინს.

## პროექტი

### მინერალური წყალი

ქართული მინერალური წყლები მოწოდებით სარგებლობს არა მხოლოდ საქართველოში, არამედ სხვა ქვეყნებშიც. მოიძიე ინფორმაცია საქართველოს ბაზარზე არსებული წყლების შესახებ. მასალა ჯგუფის წევრებთან ერთად წარმოადგინე სარეკლამო ვიდეორგოლის სახით.



#### პროექტის მიმდინარეობის ეტაპები:

**აქტივობა 1:** პროექტის წარდგენის პარალელურად მასწავლებლის მითითებით ჯგუფის წევრებთან ერთად გაინაწილე ფუნქციები;

**აქტივობა 2:** ჯგუფის წევრებთან ერთად მასწავლებლის რეკომენდაციით შექმენი კითხვარი, რომლის დახმარებით დაადგენ გამოკითხული მოსახლეობის რა ნაწილი მოიხმარს მინერალურ სასმელებს; რა შემთხვევაში იღებენ ადამიანები მინერალურ წყალს; როგორია მინერალური წყლის მოხმარების ასაკობრივი განაწილება;

გამოკითხვისას რესპონდენტები შეარჩიე ყველა ასაკობრივი კატეგორიიდან. მაგალითად: 15-30 წლის ადამიანები, 30-50 წლის და 50 წლის გადაცილებულები. მნიშვნელოვანია, რომ ყველა ასაკორბრივ კატეგორიაში გამოკითხული ადამიანების რაოდენობა იყოს თანაბარი. მონაცემების სანდობისთვის სასურველია თანაბარი რაოდენობით გამოკითხო როივე სქესის წარმომადგენლები.

(სასურველია გამოკითხვა ჩატარდეს ონლაინ ფორმით, კიბერუსაფრთხოებისა და ეთიკის წესების სრული დაცვით).

**აქტივობა 3:** გამოკითხვის შედეგები დაამუშავე ჯგუფის წევრებთან ერთად და შექმენი მათი ამსახველი დიაგრამები, რომლებიც უფრო ადვილად აღსაქმელია აუდიტორიისთვის;

**აქტივობა 4:** მოიძიე ინფორმაცია:

- რამდენი სახის პროდუქციაა ბაზარზე;
- როგორია წყლების მინერალური მარილების შემცველობა;
- როგორია პროდუქციის მინერალიზაციის ხარისხი - დაბალი, ზომიერი თუ მაღალი;
- ეტიკეტების გამოკვლევით დაადგინე, მითითებულია თუ არა ეს მახასიათებლები ეტიკეტზე;
- შეიცავს თუ არა წყალი იოდისა და ფთორის იონებს;
- რამდენად მნიშვნელოვანია ეს მონაცემები;
- რომელი მათგანია ბუნებრივად გაზირებული;
- როგორია ამ წყლების pH;
- რომელი მათგანის გამოყენება შეიძლება სასმელად ხანგრძლივად;
- რომელი მათგანი გამოიყენება სამკურნალოდ, რომელი დაავადების სამკურნალოდ და რატომ;
- გამოიკვლიე სხვადასხვა გაზიარი სასმელის ეტიკეტი და უნივერსალური ინდიკატორით გაზიარებაში pH. რა განასხვავებს გაზიარ და მინერალურ წყალს ერთმანეთისგან;
- ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული რა პრობლემები შეიძლება შეუქმნას ადამიანს გაზიარ სასმელების სისტემატურა მოხმარებამ.

**აქტივობა 5:** ინფორმაციის დამუშავების შემდეგ ჯგუფის წევრებთან ერთად შექმნი რამდენი-მეწუთიანი ვიდეომიმართვა.

(შეგახსენებ, რომ რეკლამის შექმნისას საკუთარი თავის კადრში წარმოჩენა შესაძლებელია მხოლოდ მშობლის წერილობითი თანხმობის საფუძველზე);

**აქტივობა 6:** წარადგინეთ ვიდეო კლასში. სარეკლამო ვიდეოპრეზენტაციის შემდეგ ნათლად წარმოაჩინეთ:

- რატომ არის მნიშვნელოვანი მინერალური წყლის შერჩევისას იმის გათვალისწინება, რომ სხვა-დასხვა დაავადებას აქვს განსხვავებული გამომწვევი მიზეზები, სიმპტომები და პრევენციის გზები;
- როგორ იმოქმედებს მინერალური წყლის შედგენილობა ადამიანის ჯანმრთელობაზე და მისი შინაგანი გარემოს მუდმივობაზე;
- რა მნიშვნელობა აქვს გარემოს დაცვითი ღონისძიებების გატარებას იმ ტერიტორიების ბიო-მრავალფეროვნების შენარჩუნებისა და მდგრადი განვითარებისთვის, სადაც მინერალური წყლები მოიპოვება;

**აქტივობა 7:** პროექტის შეჯამება.

ამ ეტაპზე უპასუხე მნიშვნელოვან შეკითხვებს, რომლებიც სამომავლოდ ახალი პროექტის დაგე-გმვასა და შესრულებაში დაგეხმარება:

- რა ცოდნა და გამოცდილება მიიღე დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
- რა სირთულეებს წააწყდი პროექტზე მუშაობისას?
- რამდენად კომფორტული იყო ჯგუფის წევრებთან ერთად მუშაობა?
- რაში დაგეხმარათ ჯგუფში ფუნქციების გადანაწილება?
- რას შეცვლილი, ახლიდან რომ იწყებდე პროექტზე მუშაობას?
- რას ურჩევდი შენს თანატოლებს პროექტზე მუშაობის პროცესის საინტერესოდ წარმართვის მიზნით?

#### პროექტის აქტივობების დროში განაწილების სქემა

	შესყიდვა 1	შესყიდვა 2	შესყიდვა 3	შესყიდვა 4	შესყიდვა 5	შესყიდვა 6	შესყიდვა 7	შესყიდვა 8
აქტივობა 1								
აქტივობა 2								
აქტივობა 3								
აქტივობა 4								
აქტივობა 5								
აქტივობა 6								
აქტივობა 7								

<https://bit.ly/3u19jUC> მინერალური წყალი;

<https://bit.ly/3w8ivZM> მკურნალობა მინერალური წყლებით;

<https://bit.ly/3tX293s> მინერალური წყალი და ბალნეოლოგიური კურორტი;

<https://bit.ly/3t8cpH3> წყალტუბოს მინერალური წყლის სამკურნალო თვისებები;

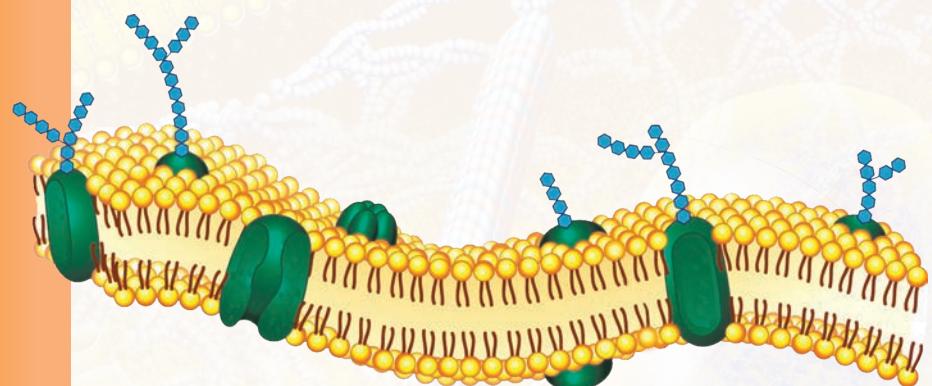
# 2

## უჯრადის კომპონენტები

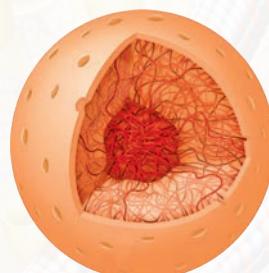
- 2.1. უჯრადული თაორია
- 2.2. ალაზმური გეგმრანა
- 2.3. პირთვი, რიბოსომა,  
ცნოკლაზმური პაზე,  
გოლჯის კომპლექსი
- 2.4. მიტოზოდერია, ვლასფილები,  
ლიზოსომა, პერისისომა,  
ცენტრალური ვაკუოლი
- 2.5. ციტოსინერი, უჯრადის  
ცენტრი, უჯრადგარი მატრიცი

შენი ორგანიზმი ტრილიონობით უჯრედისგან შედგება. ეს მიკროსკოპული სტრუქტურები მრავალ მინიატურულ ორგანოდა, ანუ ორგანელას შეიცავენ, რომლებსაც, შენი სხეულის ორგანოების მსგავსად, კონკრეტული ფუნქციები აკისრია.

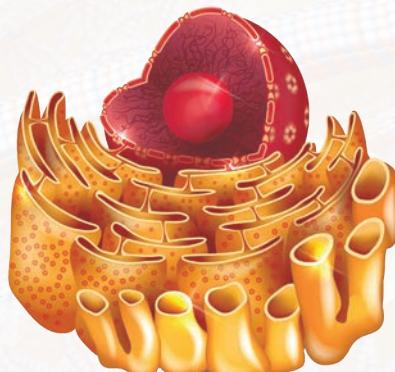
უჯრედის ორგანოების სტრუქტურასა და ფუნქციებ-ში გარკვევა ელექტრონული მიკროსკოპითა და ბიოქიმიური კვლევებით გახდა შესაძლებელი.



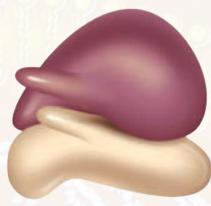
პლაზმური მემბრანა ბარიერია, რომელიც მიჯნავს უჯრე-დის შიგთავსს გარემოსგან, თუმცა, ამავდროულად, მასთან მუდმივ კავშირს უზრუნველყოფს.



ბირთვი წარმართავს ყველა სასიცოცხლო პროცესს უჯრედში და აყალიბებს მის სასიცოცხლო თვისებებს.



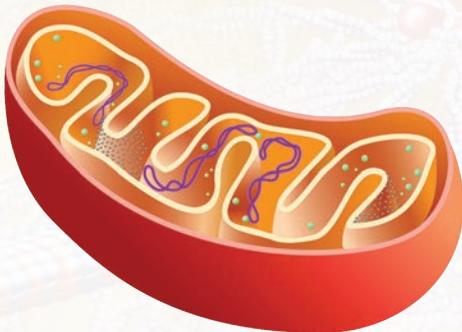
ენდოპლაზმური ბადე მემბრანების ხშირი ქსელია, რომელიც ორგანული ნივთიერებების სინთეზსა და ტრანს-პორტს აწარმოებს.



რიბოსომაში ცილები სინთეზირდება.



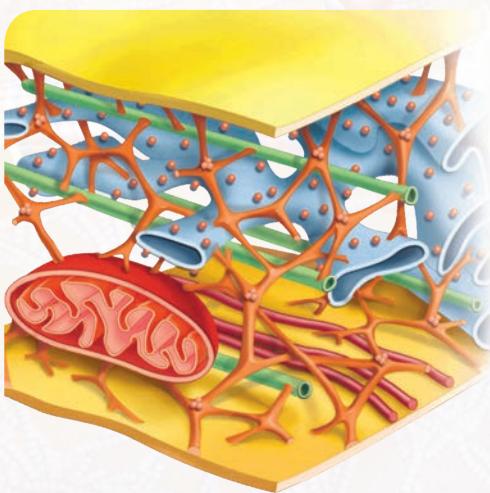
„უჯრედის ნალმი“ – ლიზოსომა ყველა ორგანული ნივთიერების დამშლელ ფერმენტს შეიცავს.



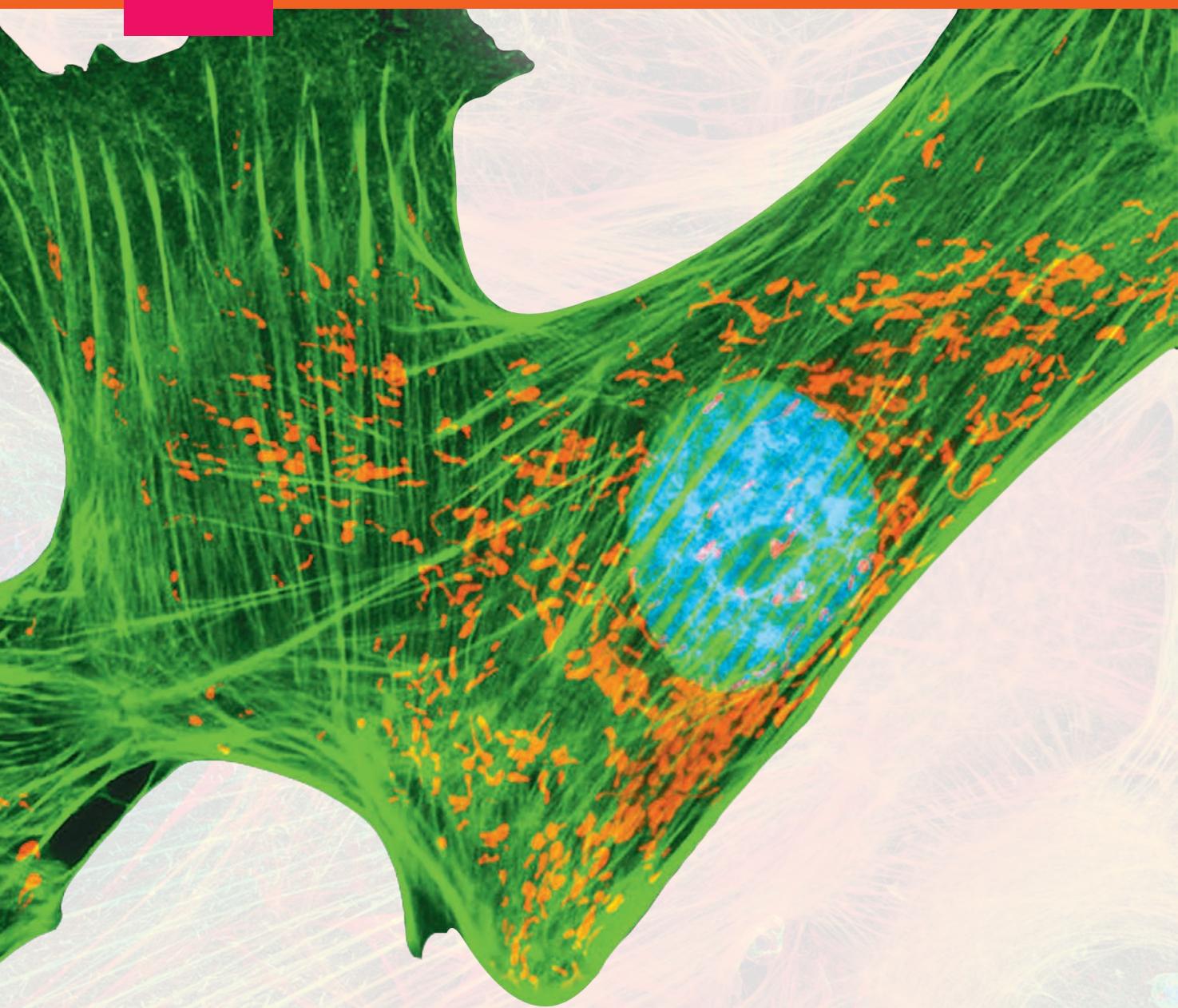
მიტოქონდრია უჯრედს ენერგიით ამარავებს.



ქლოროპლასტი ორგანულ ნივთიერებებს მზის ენერგიის ხარჯზე ამზადებს.



უჯრედის ჩონჩხი ერთგვარი საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემაა, რომელიც ანიჭებს უჯრედს მექანიკურ მდგრადობას და, ამავდროულად, მისი და მისი კომპონენტების მოძრაობაში მონაწილეობს.



ციტოჩრონზების ცილებს, რომლებიც უჯრედის არქიტექტურას განსაზღვრავენ, ცოცხალი ძაფები შეარქვეს, რადგან მათ აქვთ უნარი განსხვავებულ პირობებში განსხვავებული კონსტრუქციები ააგონ და ამით ხელი შეუწყონ უჯრედის ფუნქციონირებას მისი სიცოცხლის სხვადასხვა ეტაპზე.

ფლუორესცენტული მიკროსკოპიისას უჯრედს სპეციალური საღებავებით ღებავენ.

## 2.1

### უჯრედული თეორია

#### შენ შეძლებ:

- იმსჯელო, როგორ შეუწყო ხელი მცენარეული და ცხოველური უჯრედების მრავალრიცხოვანმა კვლევებმა პირველი უჯრედული თეორიის ჩამოყალიბებას;
- დაასახელო თ.შვანისა და მ.შლეიდენის პირველი უჯრედული თეორიის ძირითადი პრინციპები;
- ახსნა რ.ვირხოვის კვლევების მნიშვნელობა უჯრედული თეორიის განვითარებაში. განმარტო უჯრედის რომელ მთავარ სასიცოცხლო თვისებას ეხება მისი გამოკვლევები;
- იმსჯელო ელექტრონული მიკროსკოპის, ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის გადამწყვეტ როლზე უჯრედების სტრუქტურისა და მისი სასიცოცხლო თვისებების კვლევაში;
- ჩამოყალიბო თანამედროვე უჯრედული თეორიის ძირითადი დებულებები.

წარმოდგენა იმის შესახებ, რომ ყოველი ცოცხალი არსება უჯრედებისგან შედგება, მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგად, ნაბიჯ-ნაბიჯ ჩამოყალიბდა.

უჯრედის არსებობის შესახებ პირველად ინგლისელმა მეცნიერმა რობერტ ჰუკმა XVII საუკუნეში განაცხადა. მის მიერვე შექმნილი მარტივი მიკროსკოპით მუხის ქერქის ანათლის თვალიერებისას რობერტ ჰუკმა შენიშნა, რომ ის პატარა, დატიხული ნანილებისგან შედგებოდა, რომ-ლებიც მონასტრის ოთახებს – კელიებს შეადარა.

სამეცნიერო მიკროსკოპების ერთ-ერთმა ფუძემდებელმა, ანტონ ვან ლევენჰუკმა, 1674 წელს მიკროსკოპში პირველმა დაინახა მიკროორგანიზმები და ცხოველური უჯრედები – ერითროციტები და სპერმატოზოდები.

XIX საუკუნეში, მიკროსკოპის გაუმჯობესებასთან ერთად, უჯრედების შესწავლის ახალი ეტაპი დაიწყო.

გერმანელმა მეცნიერმა, მათიას შლეიდენმა, მრავალი მცენარის სხვადასხვა ორგანოდან დამზადებული უამრავი ანათალის შესწავლის საფუძველზე, დაასაბუთა, რომ ყველა მცენარეს უჯრედული შენება აქვს. ამ მონაცემებმა მისი თანამემამულის, თეოდორ შვანის დიდი ინტერესი გამოიწვია. მან უზარმაზარი კვლევა ჩაატარა, რომლის მიზანი მცენარეებისა და ცხოველების ქსოვილების შედარებითი შესწავლა იყო. თ. შვანმა განაზოგადა იმ დროისთვის არსებული ყველა მონაცემი მცენარეული და ცხოველური უჯრედების შესახებ და 1839 წელს გამოაქვეყნა შედეგები. ამ შედეგების მიხედვით უდავო იყო, რომ ყველა ცოცხალ ორგანიზმს უჯრედული აგებულება აქვს.

თ. შვანი პირველი უჯრედული თეორიის ავტორად ითვლება, ხოლო მ. შლეიდენს მის თანაავტორად მიიჩნევენ.

უჯრედული თეორიის პირველი ვერსიის ძირითადი პრინციპებია:

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



თ. შვანი



მ. შლეიდენი

მ. შლეიდენსა და თ. შვანს არასწორად მიაჩნდათ, რომ უჯრედების წარმოქმნა არაუჯრედული ნივთიერებებიდან შეიძლება. უჯრედული თეორიის შემდგომი განვითარებისთვის დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა რუდოლფ ვირხოვის გამოკვლევებს, რომლებმაც დაამტკიცა, რომ ნებისმიერი უჯრედი მხოლოდ დედისეული უჯრედის გაყოფის გზით წარმოიქმნება.

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

ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის განვითარებამ კიდევ უფრო შეავსო წარმოდგენა უჯრედის შესახებ.

თანამედროვე უჯრედული თეორია, რომლის საფუძველს თ. შვანისა და მ. შლეიდენის თეორია წარმოადგენს, შემდეგ დებულებებს მოიცავს:

- უჯრედი სიცოცხლის ელემენტარული ერთეულია, რომელსაც აქვს თვითგანახლების, თვითრეგულაციისა და თვითწარმოქმნის უნარი. ის ყველა ცოცხალი ორგანიზმის აგებულების, ფუნქციონირებისა და განვითარების ერთეულია.
- ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედები მსგავსია აგებულებით, ქიმიური შედგენილობითა და ცხოველქმედებით.
- უჯრედები მრავლდება დედისეული უჯრედის გაყოფის გზით.
- მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედები ფუნქციების მიხედვით სპეციალიზდება და ქსოვილებს წარმოქმნის. ქსოვილებით აგებულია ორგანოები და ორგანოთა სისტემები.
- მრავალუჯრედიან ორგანიზმში უჯრედების მუშაობა კოორდინირებულია და ორგანიზმი ერთ მთლიან სისტემას წარმოადგენს.
- უჯრედები შეიცავს მემკვიდრულ ინფორმაციას, რომელიც თაობიდან თაობას გადაეცემა.



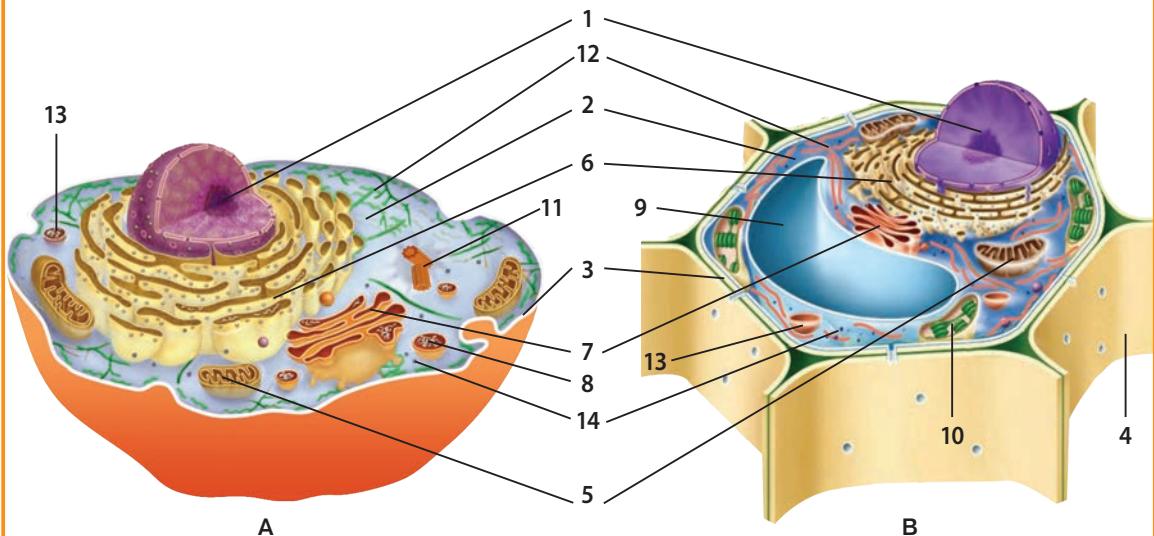
რ. ვირხოვი



**წარმოდგენა ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედული აგებულების შესახებ, მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგად ჩამოყალიბდა.** პირველი უჯრედული თეორია XIX საუკუნეში შეიქმნა. მისი აცტორები გერმანელი მეცნიერები, მათიას შლეიდენი და თეოდორ შვანი არიან. მათ დიდი წვლილი მიუძღვით უჯრედებისა და ქსოვილების მრავალფეროვნების კვლევა-ში. თანამედროვე უჯრედული თეორია ეფუძნება ელექტრონული მიკროსკოპის, ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის კვლევის შედეგებს.



**1** ილუსტრაციაზე წარმოდგენილია ტიპური ცხოველური (A) და მცენარეული (B) უჯრედის აგებულების სქემატური გამოსახულება, რომელიც უჯრედების ელექტრონული მიკროსკოპით კვლევის შედეგებს ეყრდნობა.

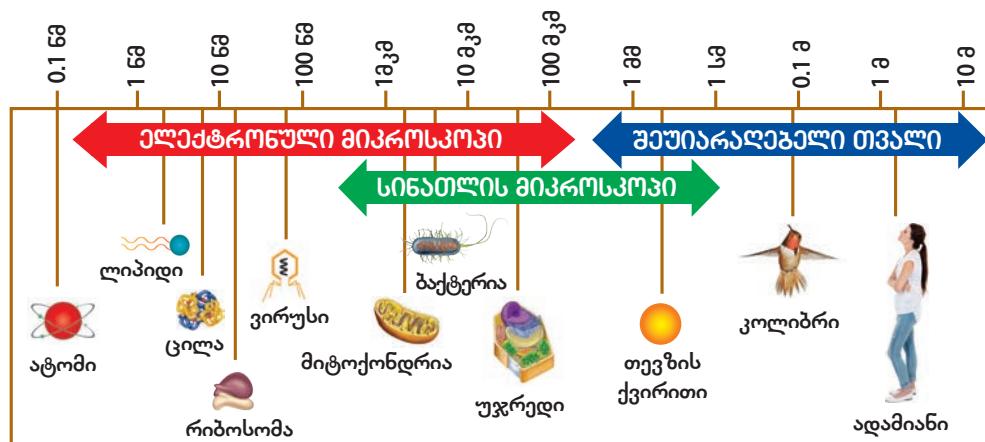


1. ბირთვი; 2. ციტოპლაზმა; 3. პლაზმური მემბრანა; 4. უჯრედის კედელი; 5. მიტოქონდრია;
6. ენდოპლაზმური ბადე; 7. გოლჯის კომპლექსი; 8. ლიზოსომა; 9. ცენტრალური ვაკუოლი;
10. ქლოროპლასტი. 11. ცენტრიოლი. 12 ციტოჩრინჩი. 13. პერიქლისომა. 14. რიბოსომა.

ა. გაიხსენე, რა არის ორგანოდი. დაასახელე შენთვის ცნობილი ორგანოდები, ამოიცანი ისინი სქემაზე. რომელი მიკროსკოპით შეძელი მათი დანახვა?

- ბ. დააკვირდი და ჩამოთვალე ყველა ორგანოდები, რომელთაც ილუსტრაციაზე ხედავ.  
გ. ჩამოთვალე ორგანოდები, რომელთაც ცხოველურ უჯრედში ვერ ხედავ.

**2** დააკვირდი სინათლის მიკროსკოპისა და ელექტრონული მიკროსკოპის გამადიდებელ შესაძლებლობებს და გვიპასუხე:



$$1\text{მ} = 1000 \text{ მ}\text{მ}, 1\text{მ} = 1000 \text{ ნმ}.$$

- შესაძლებელია ელექტრონული მიკროსკოპით დნმ-ის დანახვა?
- ჩანს თუ არა ელექტრონულ მიკროსკოპში ატომები?
- თუ ბაქტერიის მხოლოდ დანახვა არ გაკმაყოფილებს და გსურს, გამოიკვლიო მისი აგებულება, რომელ ხელსაწყოს გამოიყენებ?
- წარმოიდგინე, ექიმი ხარ და ეჭვი გაქვს, რომ შენი პაციენტი ლეიშმანიოზით არის დაავადებული. დიაგნოზის დასასმელად რომელ მიკროსკოპს გამოიყენებ?

**3** ქვემოთ ჩამოთვლილი პარაზიტებიდან რომელს ვხედავთ თვალით, სინათლის მიკროსკოპით, მხოლოდ ელექტრონული მიკროსკოპით: წითურის გამომწვევს, დიზენტერიულ ამებას, ტრიპანოსომას, ექინოკოკს, ასკარიდას, ტრიქინელას, შიდს-ის გამომწვევს. შეავსე ცხრილი.

### ვადავთ

შეუიარაღებელი  
თვალით

სინათლის  
მიკროსკოპით

ელექტრონული  
მიკროსკოპით

**1** შეარჩიე სწორი პასუხი:

მცენარეს აავადებს პარაზიტი, რომელსაც აქვს: უჯრედის კედელი, შეიცავს რიბოსომებს, ცენტრალური ვაკუოლი. ეს პარაზიტი შეიძლება იყოს:

- ბაქტერია;
- ვირუსი;
- სოკო;
- უმარტივესი.

**2** თანამედროვე უჯრედული თეორიის მიხედვით, უჯრედი წარმოიქმნება მხოლოდ:

- უჯრედის გაყოფის გზით;
- არაორგანულ ნივთიერებების ორგანულ ნივთიერებებად გარდაქმნის გზით;
- ორგანული ნივთიერებებიდან;
- ორგანული და არაორგანული ნივთიერებებიდან.

**3** ალბათ მიაქციე ყურადღება, უჯრედული თეორიის განვითარებაში ფუნდამენტური როლი მამაკაც მეცნიერებს მიუძღვით. საგაკვეთოლო ტექსტიც და ფოტოებიც ამაზე მეტყველებს. როგორ ფიქრობ, რა უნდა იყოს ამის მიზეზი? იმსჯელეთ კლასში ამის შესახებ.



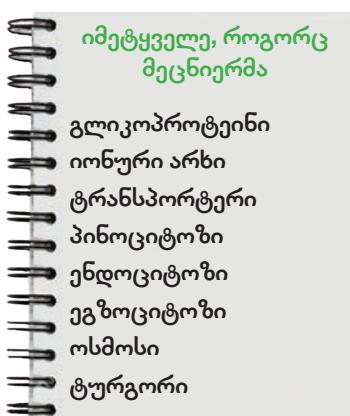
➤ ავსტრალიელმა მეცნიერებმა, ახალი კვანტური მიკროსკოპით, აქამდე უხილავი მიკროსკოპული სტრუქტურების დანახვა შეეძლეს. ამ მიკროსკოპით შესაძლებელია მოლეკულების ვიბრაციასა და ატომებზე დაკვირვება. მეცნიერები იმედოვნებენ, რომ ტექნოლოგიების დახვენის შემდეგ გამოსახულებას ათვერ უფრო ნათელს გახდიან.

## 2.2

### პლაზმური მემბრანა

#### შენ შეძლებ:

- დაასახელო პლაზმური მემბრანის შენებაში მონაწილე ორგანული ნივთიერებები და ალტერნო როგორ არიან ისინი განლაგებული პლაზმურ მემბრანაში;
- დაასახელო მემბრანის ძირითადი ფუნქციები და განმარტო როგორ უზრუნველყოფს ის უჯრე-დის სასიცოცხლო თვისებებს;
- ახსა, როგორ განსაზღვრავს მემბრანის სტრუქტურა მის ფუნქციებს;
- განასხვაო ერთმანეთისგან პასიური და აქტიური ტრანსპორტი;
- შეადარო ერთმანეთს უჯრედის ორი მნიშვნელოვანი სასიცოცხლო პროცესი პინოციტოზი და ფაგოციტოზი და იმსჯელო მცენარეული და ცხოველური უჯრედების მრავალფეროვნებაზე;
- განმარტო ოსმოსის არსი და იმსჯელო მის როლზე მცენარეულ და ცხოველურ უჯრედები;
- ახსა, როგორ აისახება ცვლილებები მემბრანის სტრუქტურაში ადამიანის ჯანმრთელობაზე;
- შეარჩიო მასალა და შექმნა პლაზმური მემბრანის სამგანზომილებიანი მოდელი.

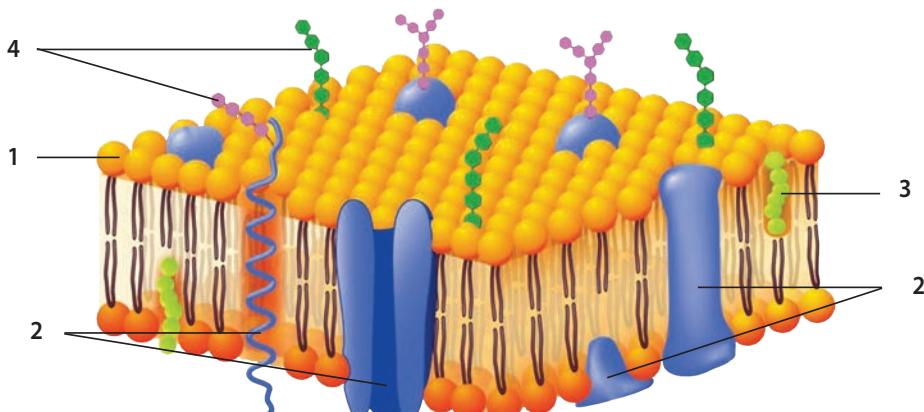


პლაზმური მემბრანა ბარიერია, რომელიც უჯრედის შიგ-თავსს გარემოსგან გამოყოფს. მაგრამ ეს ბარიერი აბსოლუ-ტურ იზოლაციაში კი არ ამყოფებს უჯრედს, არამედ პირიქით, ყოველმხრივ უზრუნველყოფს მის მუდმივ კავშირს გარემოსთან. ეს უთხელესი აპკი, რომლის სიგანე დაახლოებით 75 ნმ-ია, არე-გულირებს ნივთიერებათა ტრანსპორტს გარემოდან უჯრედში და უჯრედიდან გარეთ, ალიქვამს გარემოს სიგნალებს, ამოიც-ნობს მის მსგავს უჯრედებს და კავშირს ამყარებს მათთან.

პლაზმური მემბრანის უპირველესი დანიშნულება ნივთიერე-ბათა ტრანსპორტირებაა. მასზეა დამოკიდებული, შეალწევს თუ არა ნივთიერება უჯრედში, რა გზით ალმოჩნდება იქ და რა გზით დატოვებს ის უჯრედს.

სხვადასხვა ქიმიური და ფიზიკური თვისების მქონე ნივთიერებათა უჯრედში ტრანსპორტი-რების გზებს მთლიანად მემბრანის ქიმიური შედგენილობა და მისი სტრუქტურა განსაზღვრავს.

მემბრანას თხევად მოზაიკას ამსგავსებენ. მოზაიკის თხევადი ნაწილი ფოსფოლიპიდების ორ-მაგი შრეა, რომელშიც ალაგ-ალაგ სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ცილის მოლეკულებია გაბ-ნეული.



პლაზმური მემბრანის სტრუქტურა

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

მემბრანაში ფოსფოლიპიდები ორ შრედ ლაგდება ისე, რომ ერთი შრის ფოსფოლიპიდების პოლარული თავები უჯრების გარეთ არის მიმართული, ხოლო მეორე შრის – ციტოპლაზმის კენ. მათი ჰიდროფიბური კუდები ერთად კარგად გრძნობენ თავს. ასე მემბრანა ორ წყლიან გარემოს – ქსოვილურ სითხესა და ციტოპლაზმას მიჯნავს ერთმანეთისგან.

ფოსფოლიპიდები ერთ ადგილზე არ არიან ფიქსირებული, ისინი განუწყვეტლივ მოძრაობენ – ირხევიან. ხშირად ერთი შრის მეზობელი ფოსფოლიპიდები ერთმანეთს ადგილს უცვლიან. უფრო იშვიათად, ფოსფოლიპიდმა ერთი შრიდან მეორეში შეიძლება გადაინაცვლოს. მაღალ ტემპერატურაზე ფოსფოლიპიდების მოძრაობის სიჩქარე იზრდება. ამ დროს მემბრანა თხევადდება. დაბალ ტემპერატურაზე ფოსფოლიპიდების მოძრაობა ნელდება და მემბრანა შედარებით მყარდება.

მემბრანის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის ძალზე მნიშვნელოვანია მისი ნორმალური კონსისტენციის შენარჩუნება. ამაში დიდ როლს ფოსფოლიპიდების მოლეკულებს შორის ჩართული ქოლესტერინის მოლეკულები ასრულებენ. ტემპერატურის გაზრდისას ისინი ზლუდავენ ფოსფოლიპიდების ზედმეტ მოძრაობას, ანუ ხელს უშლიან მემბრანის გათხევადებას. ტემპერატურის დაწევისას ქოლესტერინის მოლეკულები არ აძლევენ საშუალებას მეზობელი ფოსფოლიპიდების კუდებს, ერთმანეთს შეეწებონ და მემბრანა გამყარდეს. ასე რომ, ქოლესტერინის მოლეკულა ამ შემთხვევაში მემბრანის კონსისტენციის ერთგვარი რეგულატორის როლში გვევლინება.

მოზაიკის „მყარ ნანილაკებს“ - ცილებს, ლიპიდების ორმაგ შრეში სხვადასხვა პოზიცია უკავია. ზოგი მათგანი მემბრანის ზედაპირზე მოთავსებული, ზოგი ნაწილობრივაა ჩაფლული მასში, ზოგი კი მთლიანად განჭოლავს მემბრანას.

ზოგიერთ ცილას რთული, დატოტვილი ნახშირწყლები უკავშირდება. ასეთ ცილებს **გლიკოპროტეინები** ეწოდება.

- მოძებნე ილუსტრაციაზე ცილების გარდა სხვა ნივთიერებები, რომლებსაც ნახშირწყლები უკავშირდებიან და დაარქვი მათ სახელები.

აი, ასეთ რთულ სტრუქტურაში უნდა გაიკვლიოს გზა და იმოძრაოს სხვადასხვა ნივთიერებმა გარემოდან უჯრედში და პირიქით.

მემბრანაში ნივთიერებათა განვლადობას მათი სამი ძირითადი მახასიათებელი განსაზღვრავს:

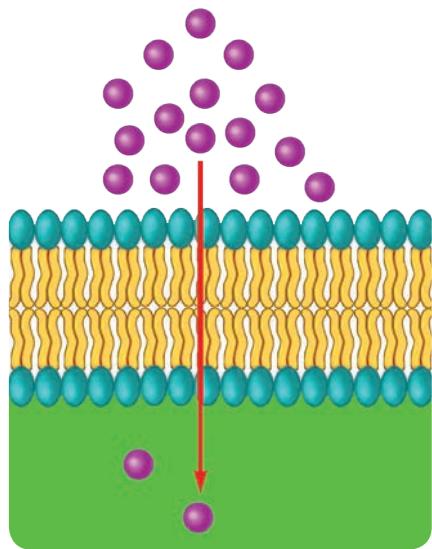
- ზომა – დიდია მოლეკულა თუ პატარა;
- მუხტი – დაუმუხტავია, დადებითი მუხტი აქვს თუ უარყოფითი;
- პოლარობა – ჰიდროფიბურია მოლეკულა თუ ჰიდროფილური.

## პასიური ტრანსპორტი

$O_2$ -ის,  $CO_2$ -ის,  $N_2$ -ის პატარა მოლეკულები ადვილად მიძვრებიან ფოსფოლიპიდების მოლეკულების კუდებს შორის.

უპრობლემოდ მოძრაობენ ფოსფოლიპიდების გავლით ასევე შედარებით დიდი ზომის ჰიდროფიბური ნივთიერებები, რომლებიც ადვილად ამყარებენ კონტაქტს ფოსფოლიპიდებთან.

- 1 ჩამოთვალე ეს ნივთიერებები.



ჰიდროფიბური ნივთიერებების გადაადგილება შემბრანაში

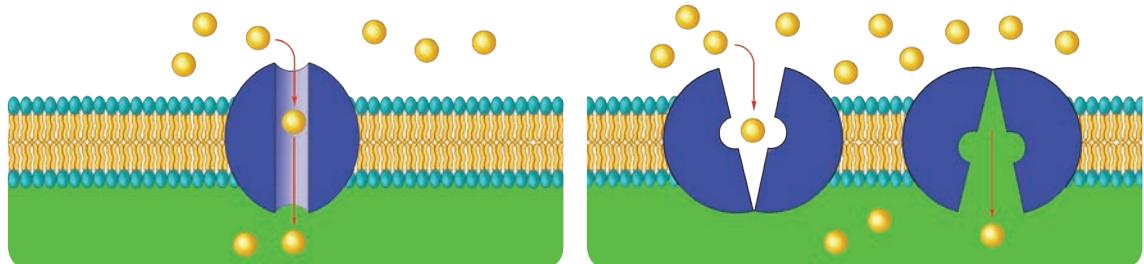
როგორც აირებს, ასევე ჰიდროფილურ ნაერთებს მემბრანის გავლით ორივე მიმართულებით შეუძლიათ გადაადგილება. გადაადგილების მიმართულებას ამ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრავს. ისინი ყოველთვის მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციის მიმართულებით, **დიფუზიით** გადაადგილდებიან.

ჰიდროფილური ნივთიერებებისა და იონებისთვის ფოსფოლიპიდების ჰიდროფილური ორმაგი შრე გადაულახვი ბარიერია. მათ ტრანსპორტირებაში მემბრანული ცილები მონაწილეობენ. ზოგი მათგანი არხს წარმოქმნის, ზოგი კი იყავშირებს ნივთიერებას უჯრედის გარეთ და ისე შეაქვს უჯრედში.

**Na-ის, K-ის, Ca-ის, Cl-ის იონები ე.წ. იონური არხების** საშუალებით გადაადგილდებიან. არხები მემბრანის გამჭოლი ცილებია, რომლებიც ჰიდროფილურ „დერეფნებს“ ქმნიან. მასში გავლა მხოლოდ გარკვეული ზომისა და მუხტის მქონე იონს შეუძლია.

ზოგიერთი იონური არხი ყოველთვის ღიაა, ზოგს კი ე.წ ჭიშკარი აქვს, რომელიც იხსნება და იკეტება გარკვეული სტიმულების საპასუხოდ.

იონური არხები უშუალოდ არ უკავშირდებიან გადასატან მოლეკულებს. ცილა-ტრანსპორტერები კი გადასატან მოლეკულასთან დაკავშირების შემდეგ ისე იცვლიან კონფორმაციას, რომ საბოლოოდ გადასატანი მოლეკულა უჯრედის შიგნით აღმოჩნდება. მაგალითად, ასე გადაიტანება გლუკოზა ჩვენი კუნთებისა და ღვიძლის უჯრედებში.



იონის გადაადგილება არხით

გლუკოზის გადაადგილება ტრანსპორტერით

ამავე ტრანსპორტერის საშუალებით გლუკოზამ შეიძლება დატოვოს ღვიძლის უჯრედი და გარეთ გამოვიდეს. მაგალითად, როდესაც სისხლში გლუკოზის რაოდენობა მკვეთრად მცირდება, ღვიძლის უჯრედებიდან გლუკოზა სისხლში გადადის.

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

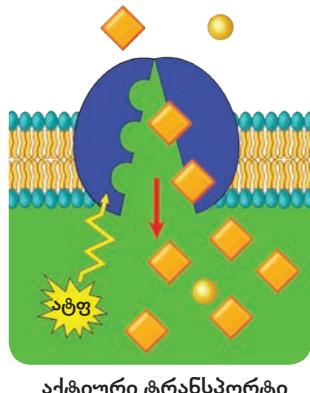
არცერთი სახის დიფუზიაზე უჯრედი ენერგიას არ ხარჯავს, ვინაიდან დიფუზია ყოველთვის ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალის, ანუ კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით ხდება. ამიტომ ასეთ ტრანსპორტს **პასიური ტრანსპორტი** ჰქვია.

მაგრამ ხანდახან საჭიროა, რომ ნივთიერებებმა კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგოდ იმოძრაონ, ანუ გადაადგილდნენ იქით, სადაც მათი კონცენტრაცია ისედაც მაღალია. ამ შემთხვევაში უჯრედი ნივთიერებათა ტრანსპორტირებაზე დიდ ენერგიას ხარჯავს. ასეთ ტრანსპორტს **აქტიური ტრანსპორტი** უწოდეს.

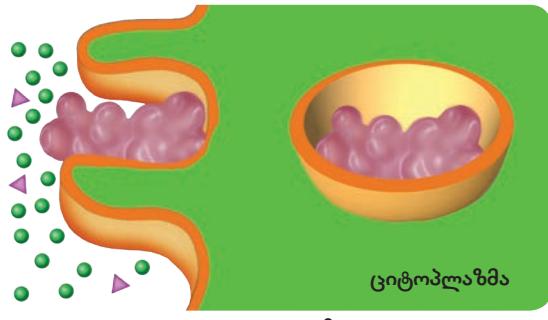
## აქტიური ტრანსპორტი

აქტიურ ტრანსპორტს მემბრანაში ჩაშენებული ფერმენტები – ე.წ ატფ-აზები აწარმოებენ. ისინი მაღალენერგეტიკულ ნივთიერებას – ატფ-ს შეღიან და ამ ენერგიას იყენებენ ნივთიერებათა ტრანსპორტირებისთვის. ასეთ ცილებს მემბრანული ტუმბლები უწოდეს. ატფ-ის შესახებ ჩვენ მოგვიანებით გვექნება საუბარი.

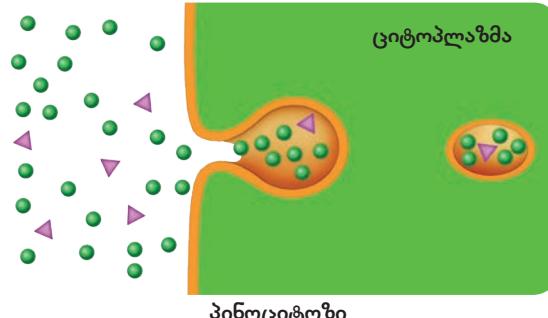
**ენდოციტოზი** აქტიური ტრანსპორტის განსაკუთრებული ხერხია, რომელსაც უჯრედი მაკრომოლეკულების ტრანსპორტირებისთვის იყენებს. ნუკლეინის მჟავები, ცილები, მიკრობები პლაზმურ მემბრანაში იფუთებიან და ისე აღწევენ უჯრედში. არსებობს ენდოციტოზის რამდენიმე ფორმა.



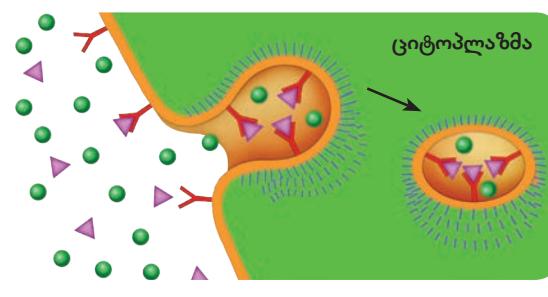
**ფაგოციტოზის** დროს მემბრანა გამონაზარდებს წარმოქმნის, რომლებიც გარს ერტყმის ბაქტერიებსა და ვირუსებს. წარმოიქმნება ვაკუოლი, რომელიც მოსწყდება მემბრანას და ციტოპლაზმაში გადაადგილდება. ფაგოციტოზს მცენარის უჯრედი ვერ აწარმოებს.



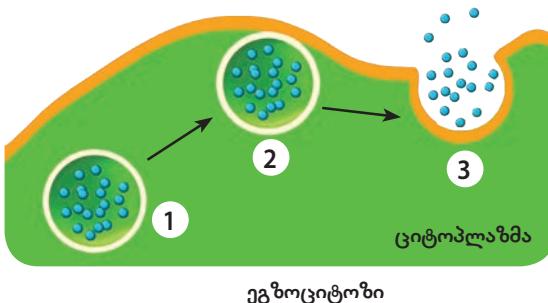
**პინოციტოზის** გზით უჯრედში კოლოიდური ხსნარები, სუსპენზიები ხვდებიან. ამ დროს მემბრანა გამონაზარდებს არ წარმოქმნის. ის ციტოპლაზმისკენ იზნიქება, გარს ერტყმის სითხეს და წარმოქმნილი, შედარებით მცირე ზომის, ვაკუოლები ციტოპლაზმაში აღმოჩნდებიან. პინოციტოზის უნარი უჯრედების უმრავლესობას, მათ შორის, მცენარეულ უჯრედებსაც ახასიათებს.



**რეცეპტორ-დამოკიდებული ენდოციტოზისას** მაკრომოლეკულა უჯრედში ისე ვერ შეაღწევს, თუ მას პლაზმურ მემბრანაზე მოთავსებული რეცეპტორი წინასწარ არ ამოიცნობს. ამ გზით ხვდება უჯრედში, მაგალითად, ქლესტერინი, რკინით დატვირთული ტრანსფერინის მოლეკულები, სხვადასხვა მედიკამენტი.



**ეგზოციტოზი** ენდოციტოზის საწინააღმდეგო პროცესია. ამ დროს უჯრედში წარმოქმნილი მაღალმოლეკულური ნივთიერებები მემბრანაში იფუთებიან და ასე ტოვებენ უჯრედს. ეს პროცესიც ენერგიის ხარჯვას მოითხოვს.

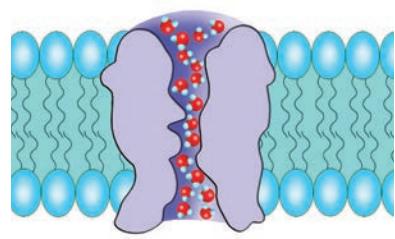


ეგზოციტოზი

## ოსმოსი

საინტერესოა როგორ გადალახავს მემბრანის ჰიდროფობულ ბარიერს წყლის პოლარული მოლეკულა – წყალსა და ლაპიდებს ხომ ერთმანეთი სძულთ.

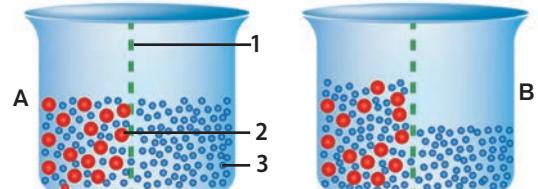
წყალი მემბრანის უწვრილეს ფორებში მოძრაობს, რომელიც სხვა პოლარული, უფრო დიდი ზომის მოლეკულები ვერ ეტევა. ცილებს, რომლებიც ამ ფორებს ქმნიან, აქვაპორინები დაარქვეს. მიუხედავად იმისა, რომ წყლის მოლეკულა პოლარულია, ის იმდენად პატარაა, რომ მემბრანის ოდნავ „გათხევადებისა“ მას ფოსფოლიპიდების კუდებს შორისაც შეუძლია გაძრობა.



აქვაპორინი

თუ გლუკოზის ძლიერ კონცენტრირებულ ხსნარს ზემოდან ფრთხილად წყალს დააშრევებ, მათ შორის გამყოფი საზღვარი წარმოიქმნება, რომელსაც თვალითაც ადვილად შეამჩნევ. გარკვეული ხნის შემდეგ საზღვარი თანდათან წაიშლება, რადგან წყლისა და გლუკოზის მოლეკულები ერთმანეთს ადგილს გაუცვლიან, ერთმანეთს შეერევიან და იმდენ ხანს იმოძრავებენ, ვიდრე ხსნარში თანაბრად არ გადანაწილდებიან. ამაში ადვილად დარწმუნდები, თუ ხსნარის ზედაპირიდან ალბულ წყლის წვეთს გემოს გაუსინჯავ.

მაგრამ რა მოხდება იმ შემთხვევაში, თუ გლუკოზის ხსნარსა და წყალს შორის ისეთ ნახევრად განვლად ბარიერს მოვათავსებთ, რომელიც შერჩევით ატარებს მხოლოდ წყლის პატარა მოლეკულებს, გლუკოზის დიდი მოლეკულები კი მასში ვერ ეტევიან? (A)



1. ნახევრად განვლადი მემბრანა; 2. გლუკოზი; 3. წყალი.

ამ შემთხვევაში წყალი დიფუზით ნახევრად განვლადი მემბრანის გავლით გლუკოზის წყალ-ხსნარისკენ გადაადგილდება და ამიტომ სითხის დონე ჭურჭელში მემბრანის მარცხენა მხარეს აიწევს (B).

წყლის დიფუზიას შერჩევითად განვლადი მემბრანის გავლით ისმოსი უწოდეს. ისმოსი ისეთი დიფუზია, რომლის დროს გადაადგილდება მხოლოდ წყლის მოლეკულები, ხოლო წყალში გახსნილი ნივთიერებების მოძრაობა მემბრანის გავლით შეზღუდულია.

ცოცხალ ორგანიზმებში ოსმოსი მრავალ სასიცოცხლო პროცესს უდევს საფუძვლად.

წყალი ნიადაგიდან ფენის უჯრედში მემბრანის გავლით ხვდება. ის უჯრედის ციტოპლაზმისკენ იწრაფვის, რადგან ციტოპლაზმაში არაორგანული და ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაცია გაცილებით მაღალია ნიადაგთან შედარებით. ნიადაგიდან შესული წყალი ზრდის უჯრედის შიგთავსის მოცულობას და ის ძლიერ აწვება უჯრედის კედელს. ამ მოვლენას ფურგორი ჰქვია. ამ დროს უჯრედში წნევა იმდენად იზრდება, რომ ოსმოსის პროცესი წყდება. რომ არა უჯრედების მტკიცე კედელი, შესული წყალი წნევით აუცილებლად გახეთქავდა კედელს. ხსნარს, რომელშიც ნაკლები ნივთიერებაა გახსნილი ციტოპლაზმან შედარებით, ჰიპოტონური ჰქვია. ხსნარი, რომელიც ციტოპლაზმან შედარებით გახსნილი ნივთიერების მეტ რაოდენობას შეიცავს, ჰიპერტონულია. იზოტონურს უწოდებენ ხსნარს, რომლის კონცენტრაცია ციტოპლაზმი არსებული ნივთიერებების კონცენტრაციას უტოლდება.

ცხოველურ უჯრედებს კედელი არ აქვთ და ოსმოსი მათთვის დიდი საფრთხის შემცველია. როგორ არიან ცხოველების უჯრედები დაცული ოსმოსის „დამანგრეველი“ ზემოქმედებისგან?

მტკნარი წყლის ამების უჯრედში ოსმოსით შესული წყალი სპეციალური ორგანოიდით, ე.წ. მფეთქავი ვაკუოლით გამოიდევნება. 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 მემბრანიდან და მსგავს ნახშირწყალს მეზობელი უჯრედის მემბრანაში ეძებენ.

სიმსივნურ უჯრედებს დარღვეული აქვს მოცემული ქსოვილის ნორმალური უჯრედებისთვის დამახასიათებელი ნახშირწყლების სტრუქტურა, ამიტომ მათ თითქოს „ავინწყდებათ საკუთარი წარმოშობა“ – არ იციან, რომელ ქსოვილს მიეკუთვნებიან და მეზობელ უჯრედებთან კონტაქტს ვეღარ ამყარებენ. თუ ასეთი გადაგვარებული უჯრედები სისხლის ნაკადში მოხვდა, ისინი მთელ ორგანიზმში ვრცელდებიან, იჭრებიან ნორმალურ ქსოვილებში და სწრაფად მრავლდებიან.

პლაზმური მემბრანის კიდევ ერთი უმნიშვნელოვანესი ფუნქცია უჯრედთან მისული **სიგნალის აღქმა**. შენ უკვე იცი, რომ უჯრედები ერთმანეთს ინფორმაციას ქიმიური ნივთიერებების სახით უგზავნიან. ამ ინფორმაციულ მოლეკულებს მემბრანაში ჩაშენებული რეცეპტორები იკავ-შირებენ. ამას უჯრედის პასუხი მოჰყვება.

## 2 გაიხსენე, როგორ პასუხობს უჯრედი ინსულინის მიერ მოტანილ ინფორმაციას.

### რას ამბობს ტერმინი

- ოსმოსი – (ბერძნ. ოსმოს – წნევა);
- ეგზოციტოზი – (ბერძნ. ეგზო – გარეთ, ციტოს – უჯრედი);
- ენდოციტოზი – (ბერძნ. ენდონ – შიგნით, ციტოს – უჯრედი);
- ჰიპერტონული – (ბერძნ. ჰიპერ – ზე, ზევიდან, ტონოს – დაძაბვა);
- ჰიპოტონური – (ბერძნ. ჰიპო – ქვეშ, ქვევით, ტონოს – დაძაბვა);
- იზოტონური – (ბერძნ. იზოს – თანაბარი, ტონოს – დაძაბვა).



პლაზმური მემბრანა უთხელესი აპკია, რომელიც უჯრედის შიგთავსს გარემოსგან გამონიშვნს. ის შედგება ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრისგან, რომელშიც ალაგ-ალაგ ცილებია ჩართული. პლაზმური მემბრანის ფუნქციებს მისი სტრუქტურა განსაზღვრავს. პლაზმური მემბრანა ანარმობებს ნივთიერებათა ტრანსპორტს, ალიქვამს გარემოს სიგნალებს, ამონცნობს თავისი მსგავს უჯრედებს და კავშირს ამყარებს მათთან. პლაზმური მემბრანა მონაწილეობს უჯრედის მრავალ სასიცოცხლო პროცესში და უზრუნველყოფს მის სასიცოცხლო თვისებებს. ცვლილებები პლაზმური მემბრანის სტრუქტურაში დაავადებებს იწვევს.



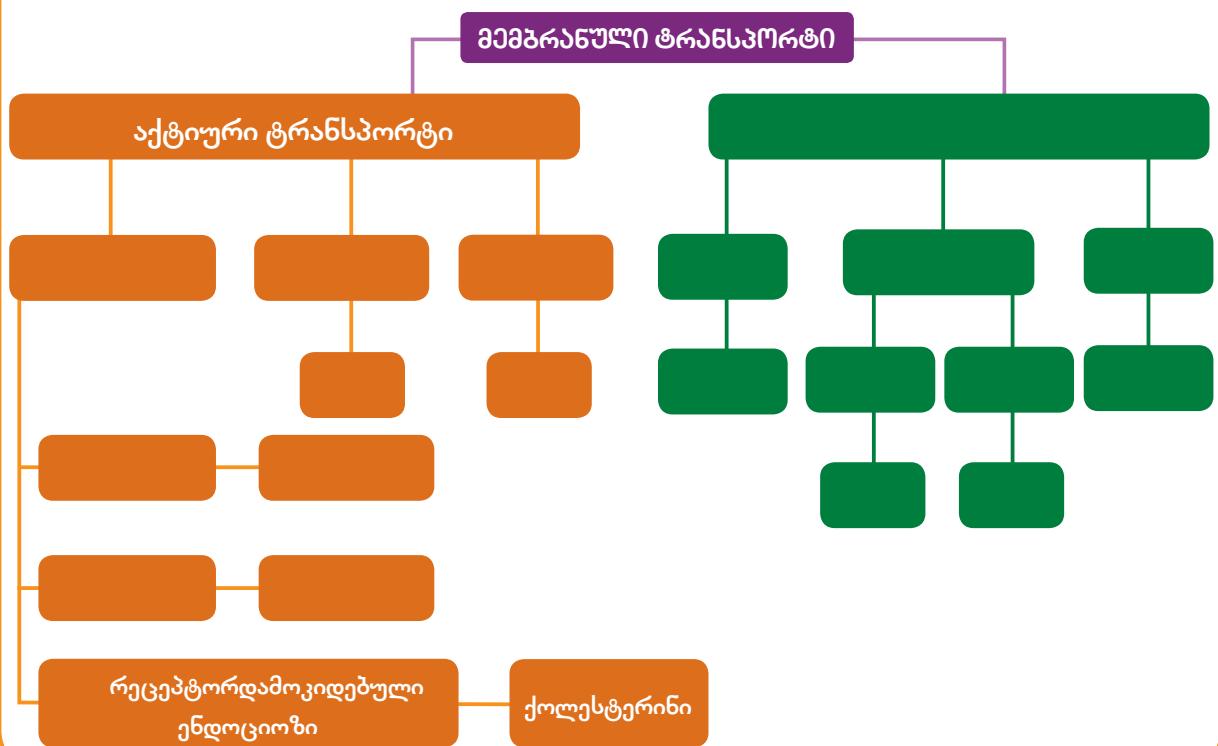
- 1
  - ჩამოაჭერი კარტოფილის გორგალს სამი ერთნაირი ზომის კუბის ფორმის ნაჭერი (გვერდის სიგრძე 2 სმ.).
  - ჩაასხი სამ ქიმიურ ჭიქაში 200 მლ. წყალი.
  - გახსენი პირველ ჭიქაში 10 გრ. სუფრის მარილი, მეორეში – 1 გრ.
  - მოათავსე კარტოფილის კუბები ჭიქებში და დააყოვნე 2-3 საათი.
  - რა შედეგს ელი? როგორ ფიქრობ, რა დაემართებათ კარტოფილის კუბებს?
  - რატომ ფიქრობ ასე?
  - გამართლდა შენი ვარაუდი?

2

- ჩასხი მენზურაში 100 მლ. წყალი და ჩაყარე მასში 50 გრ. ლობიოს თესლი. გაზომე წყლის დონე და გამოიანგარიშე ლობიოს მოცულობა. მონაცემი შეიტანე ცხრილში. დადგი თავდახურული მენზურა სითპოში 24 საათის განმავლობაში.
- ცარიელ მენზურაში ჩასხი 100 მლ. წყალი, ჩაყარე გაჯირვებული ლობიოს თესლები. ჩაინიშნე წყლის დონე და გამოიანგარიშე ლობიოს თესლის მოცულობა. მონაცემი შეიტანე ცხრილში.
- შეადარე ერთმანეთს ლობიოს თესლის საწყისი და საბოლოო მოცულობები.
- გაააღიზე მონაცემები და გამოიტანე შესაბამისი დასკვნა.

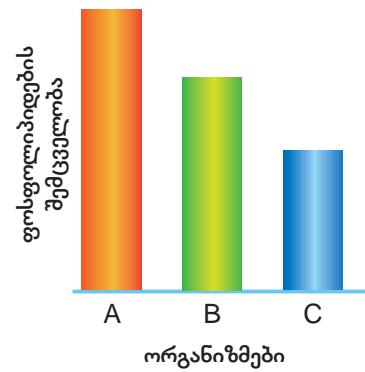
ლობიოს თესლების  
სახეისი მოცულობალობიოს თესლების  
საბოლოო მოცულობაცვლილება  
მოცულობაშიცვლილება  
მოცულობაში %

1 შეავსე სქემა:



**2** სვეტოვანი დიაგრამა გამოსახავს ნაჯერი ფოსფოლიპიდების შემცველობას ცვ, ცხელ და ზომიერ კლიმატში მცხოვრები ორგანიზმების მემბრანებში.

მიაკუთვნე სვეტებს შესაბამისი ორგანიზმები.

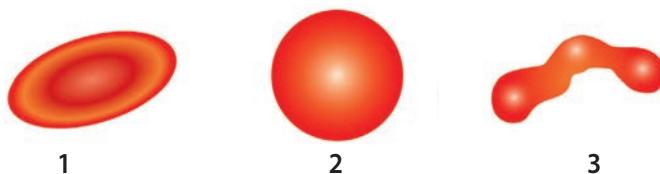


**3** იპოვე ლოგიკური წყვილები:

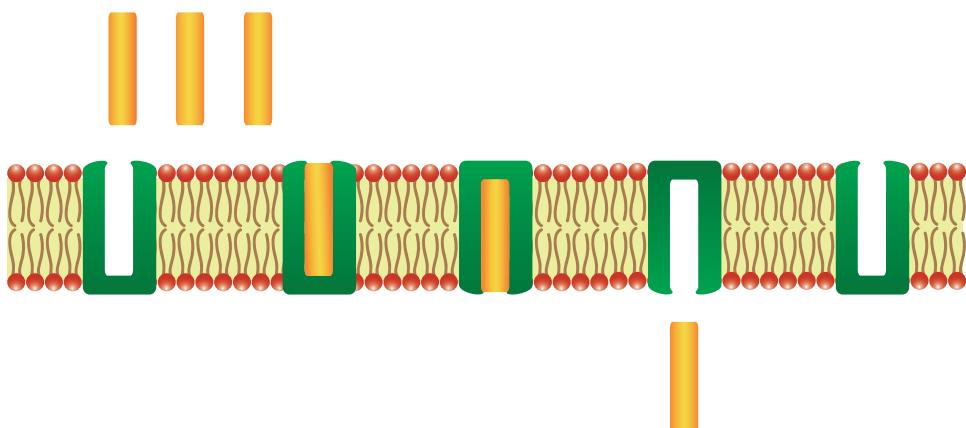
- დიფუზია
- ოსმოსი
- გაადვილებული დიფუზია
- ფაგოციტოზი

- ცილა
- წყალი
- სპირტი
- ამინომჟავა
- ჟანგბადი

**4** გაიხსენე სისხლის პლაზმის ქიმიური შედეგენილობა. დააკვირდი ილუსტრაციას და ივარაუდე, როგორ ხსნარშია მოთავსებული ერითროციტები 1, 2 და 3 შემთხვევაში.



**5** რომელი ნივთიერების ტრანსპორტს შეიძლება ასახავდეს ილუსტრაცია? რა ჰქვია ტრანსპორტის ამ ფორმას?

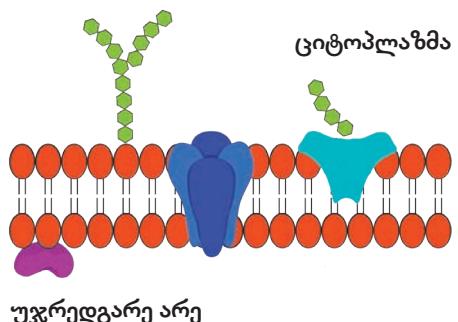


**6** იპოვე შესაბამისობა მემბრანული ტრანსპორტის ფორმებსა და ტრანსპორტირებულ მოლეკულებს შორის და შესაბამის უჯრებში ჩასვი ნიშანი X.

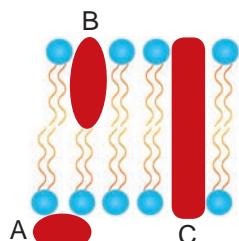
- ა) დიფუზია;
- ბ) ოსმოსი;
- გ) გაადვილებული დიფუზია;
- დ) ფაგოციტოზი;
- ე) რეცეპტორდამოკიდებული ენდოციტოზი.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ა									
ბ									
ბ									
დ									
თ									

1. უანგბადი;
2. წყალი;
3. სპირტი;
4. ამინომჟავა;
5. გლუკოზია;
6. ცილა;
7. ნახშირორჟანგი;
8. ნატრიუმი;
9. ქოლესტერინი.

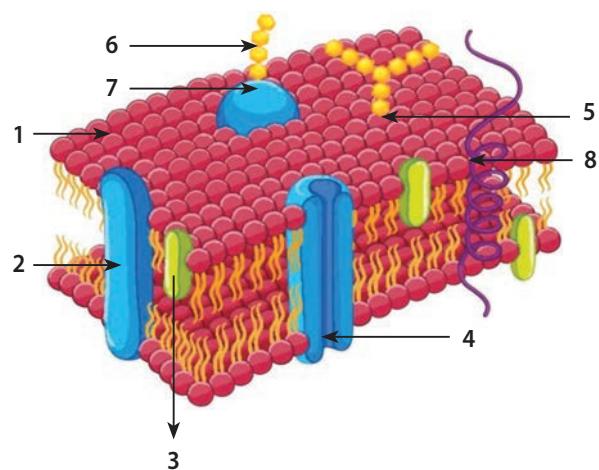


**7** რა შეცდომები მოუვიდა მოსწავლეს მემბრანის მოდელის შექმნისას?



**8** ილუსტრაციაზე სამი მემბრანული ცილაა წარმოდგენილი. რა ძალები აფიქსირებს ამ მოლეკულებს? რატომ არ ძვრება A ცილა მემბრანას? რატომ არ განიდევნება B და C ცილის მოლეკულა მემბრანიდან?

**9** დაასახელე მემბრანაზე მონიშნული კომპონენტები, აღწერე მათი სტრუქტურა და ფუნქციები.





**1** რატომ არ შეიძლება პლაზმურ მემბრანაში ფოსფოლიპიდების ერთი შრე იყოს?

**2** როგორ ფიქრობ, რა გზით აღწევს ამინომჟავა უჯრედში?

**3** მოიფიქრე, შეუძლია თუ არა გლუკოზის ტრანსპორტერს ამინომჟავას გადატანა?

**4** გამოიყენე ქვემოთ ჩამოთვლილი ტერმინები ერთ წინადადებაში:

ტრანსპორტერი, კონცენტრაციული გრადიენტი, გაადვილებული დიფუზია, პასიური ტრანსპორტი.

**5** ახსენი განსხვავება დიფუზიასა და ოსმოსს შორის.

**6** მემბრანის ერთ-ერთ კომპონენტს მეცნიერები აისპერგს ადარებენ. რომელ კომპონენტს გულისხმობენ ისინი?

**7** სწორი პასუხების შესაბამის ცარიელ უჯრებში ჩაწერე ნიშანი X.

უჯრედში ენერგია იხარჯება:

- გაადვილებულ დიფუზიაზე;
- ფაგოციტოზზე;
- ოსმოსზე;
- ეგზოციტოზზე;
- პინოციტოზზე;
- რეცეპტორდამოკიდებულ ენდოციტოზზე.

1	2	3	4	5	6	7

**8** შეარჩიე სწორი პასუხი:

მემბრანის რომელი კომპონენტი მონაწილეობს გაადვილებული დიფუზიის პროცესში?

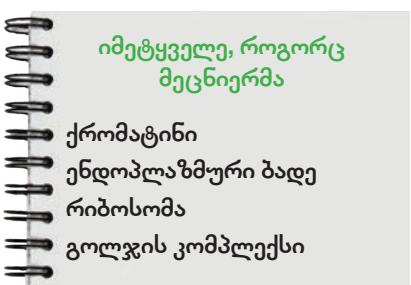
- ნახშირწყალი;
- ფოსფოლიპიდი;
- ცილა;
- სტეროიდი.

## 2.3

### პირთვი, რიბოსომა, ცნდოკლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი

#### შენ შეძლებ:

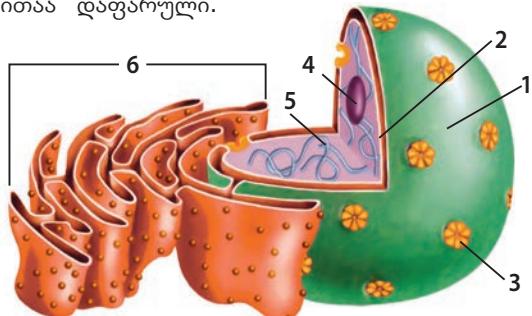
- აღწერო ბირთვის აგეპულება და **იმსჯელო** მის როლზე უჯრედში სასიცოცხლო პროცესების წარმართვასა და სასიცოცხლო თვისებების უზრუნველყოფაში;
- შეადარო გლუკო და გრანულარული ენდოპლაზმური ბადის აგეპულება და **იმსჯელო** როგორ აისახება ეს მათ ფუნქციებზე სხვადასხვა ქსოვილსა და ორგანოში;
- იმსჯელო გლუკო ენდოპლაზმური ბადის როლზე ტოქსიკური ნივთიერებების, მათ შორის ალკოჰოლის დეტოქსიკაციის პროცესში;
- ჩამოაყალიბო გოლჯის კომპლექსის მთავარი ფუნქცია.



პლაზმური მემბრანის შიგნით **ციტოპლაზმა**. ის აცხებს სივრცეს პლაზმურ მემბრანასა და ბირთვს შორის. ციტოპლაზმა შედგება ბლანტ სითხეში – **ციტოზოლში** შეტივ-ტივებული მრავალი ორგანოდისგან.

**ბირთვი** ეუკარიოტული უჯრედის ყველაზე დიდი და მნიშვნელოვანი სტრუქტურული კომპონენტია. ის აკონტროლებს უჯრედში ყველა სასიცოცხლო პროცესს. ბირთვი გარედან გარსითაა დაფარული.

- დააკვირდი ილუსტრაციას. რამდენი მეტ-ბრანისგან შედგება ბირთვის გარსი?
- რომელი მიკროსკოპითაა გამოკვლეული ბირთვის აგეპულება?



ბირთვი

- ბირთვის გარეთა მემბრანა;
- ბირთვის შიგნითა მემბრანა;
- ფორები;
- ბირთვაკი;
- ქრომატინი;
- ენდოპლაზმური ბადე.

ბირთვის გარსის შიგნით უელეს მსგავსი ნივთიერებაა, რომელსაც ბირთვის წვენს უწოდებენ. მასში ქრომატინი და ბირთვაკებია მოთავსებული.

ქრომატინი დნმ-ისა და ცილისგან წარმოქმნილი გრძელი ძაფებია. მისგან ქრომოსომები ყალბდება, ბირთვაკები კი რიბოსომებს წარმოქმნიან.

**რიბოსომა** პანაზინა ორგანოიდია (20 ნმ). ის რნმ-ისა და ცილისგან შედგება. რიბოსომა ბირთვში წარმოქმნება, მაგრამ მუშაობას მხოლოდ მაშინ იწყებს, როდესაც ციტოპლაზმაში აღმოჩნდება. ზოგი რიბოსომა თავისუფლად არის მოთავსებული ციტოზოლში. აქ ისინი სხვადასხვა ცილასა და იმ ფერმენტს ასინთეზებენ, რომელიც ციტოზოლში მიმდინარე ქიმიურ რეაქციებს წარმართავს. ზოგიერთი რიბოსომა ენდოპლაზმურ ბადეს ემაგრება.

**ენდოპლაზმური ბადე** მილებისგან შექმნილი ერთგვარი ქსელია, რომლის სილრუე ბირთვის მემბრანათაშორის სივრცეში იხსნება. მილების კედლები მემბრანით არის აშენებული. ენდოპლაზმური ბადე ყველაზე დიდი მემბრანული წარმონაქმნია უჯრედში. განარჩევენ **გლუკო** და **ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეს**. ისინი ფიზიკურად ერთმანეთს უკავშირდებიან და ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენენ, თუმცა ერთმანეთისგან გარეგნულადაც განსხვავდებიან და ფუნქციებითაც.

- 3** ილუსტრაციაზე ენდოპლაზმური ბადეა წარმოდგენილი. მოძებნე და განასხვავე ერთმანეთისგან გლუვი და ხორკლიანი ბადეები. საიდან წარმოდგა მათი სახელწოდებები?

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

ღვიძლის გლუვი ენდოპლაზმური ბადე შეიცავს დეტოქსიკურ ფერმენტებს, რომლებიც აუგებლებენ როგორც უჯრედში ქიმიური გარდაქმნების დროს წარმოქმნილ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, ასევე მედიკამენტებსა და სხვა-დასხვა ეგზოტოქსინს, მაგ. ალკოჰოლს.

ეს ფერმენტები ტოქსიკურ ჰიდროფობურ ნივთიერებებს ჰიდროფილურ ნივთიერებებად გარდაქმნან. ისინი წყალში ხსნადი ხდებიან და ამიტომ თირკმელებით ადვილად გამოიდევნებიან. როდესაც სისხლში მუდმივადაა ალკოჰოლი, ღვიძლს დიდი დატვირთვა ადგება, მასში შემაერთებელი ქსოვილი ჩნდება, რომელიც შლის ღვიძლის უჯრედებს.

- 4** როგორ გესმის ტერმინი „ეგზოტოქსინი“?

- 5** ამავე პრინციპით, რას დაარქმევ ისეთ ტოქსიკურ ნივთიერებას, რომელიც ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის შედეგად წარმოქმნება.

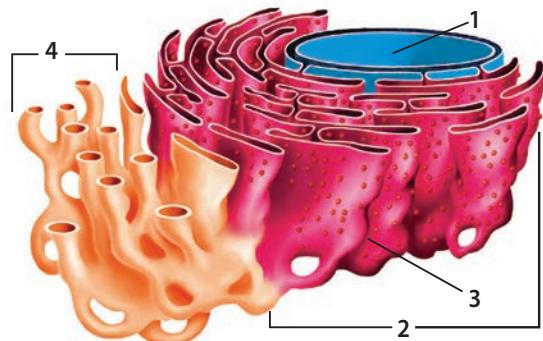
- 6** წარმოიდგინე, რომ გინდა კარგად დააკვირდე გლუვი ენდოპლაზმური ბადის სტრუქტურას. რომელ ქსოვილებს აირჩევდი მიკროსკოპში დასათვალიერებლად?

გულისა და ჩონჩხის კუნთების გლუვი ენდოპლაზმური ბადე გადამწყვეტ როლს ასრულებს კალციუმის უჯრედშიდა ნორმალური კონცენტრაციის შენარჩუნებაში. ეს მეტად მნიშვნელოვანია ამ უჯრედების ფუნქციონირებისთვის, რადგან კალციუმი წარმართავს შეკუმშვა-მოდუნების პროცესს. ამ უჯრედებში გლუვი ენდოპლაზმური ბადეში ინახება, დეპონირდება. კალციუმი ამ დეპონდან მუდმივად ციტოპლაზმისკენ ისწრაფვის და გაადვილებული დიფუზიით ციტოზოლში გადადის. მისი უკან გადატვირთვა კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგო მიმართულებით ბადეში ჩაშენებული  $\text{Ca}^{++}$ -ატფ-აზით ხდება. ეს ფერმენტი გლუვი ენდოპლაზმური ბადის მთელი მემბრანული ცილების 90%-ს შეადგენს.

საკვერცხებისა და სათესლების გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეზე სტეროიდული ჰორმონები – ესტროგენი და ტესტოსტერონი სინთეზირდება.

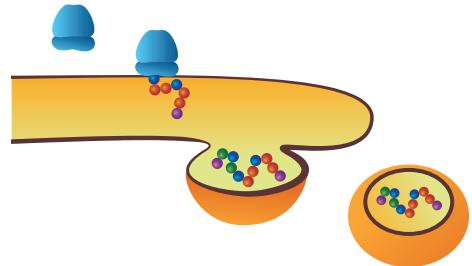
**ხორკლიანი**, ანუ **გრანულარული ენდოპლაზმური ბადე** რიბოსომებითაა დაფარული, თუმცა ისინი ძლიერ, სტაბილურ კავშირს არ წარმოქმნიან. რიბოსომა ბადეს მხოლოდ მაშინ უერთდება, როდესაც ის სეკრეციისთვის ან სხვადასხვა ორგანოდს მემბრანებში ჩასანერგად განკუთვნილი ცილის სინთეზს აწარმოებს. ასე რომ, ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადის ძირითადი ფუნქცია ცილის სინთეზია.

რიბოსომის მიერ დამზადებული ზოგიერთი ცილა ენდოპლაზმური ბადის მემბრანაშივე ჩაშენდება, ტრანსპორტირებისთვის განკუთვნილი კი ბადის სილრუისკენ გადაადგილდება – ის გოლჯის აპარატის, ლიზოსომების, პლაზმური მემბრანის, ბირთვის შიდა მემბრანაში უნდა ჩაშენდეს. ეს ცილები ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებში იფუთება. წარმოიქმნება პატარა ბუშტუკი – ვეზიკულა, რომელიც სწყდება ბადეს და ციტოზოლში გადადის.



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

- აღნერე ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი პროცესი, გადაიხატე რვეულში და გაუკეთე წარწერები.



**მემბრანაში შეფუთული ცილა გოლჯის კომპლექსის-კენ** მიემართება. ამ ორგანოიდის ფუნქცია ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ნივთიერებების – ცილების, ლიპიდების, ნახშირნყლებისა და სხვა ნაერთების მიღება, დახარისხება, გარდაქმნა და ტრანსპორტირებაა. გოლჯის კომპლექსს ერთმანეთზე დალაგებულ ბრტყელ ტომრებს ადარებენ. სწორედ ამ ტომრებში აღმოჩნდება ენდოპლაზმური ბადიდან გაგზავნილი ნივთიერებები. აქ ისინი ფერმენტების გავლენით ოდნავ იცვლიან სახეს, კვლავ მემბრანებში იფუთებიან და ისევ ციტოზოლში გამოიყოფიან.



გოლჯის კომპლექსი

გოლჯის კომპლექსში წარმოქმნილი ვეზიკულები უჯრედის სხვადასხვა ორგანოიდისკენ მიემართებიან და მემბრანებში შეფუთულ, მათვის განკუთვნილ ნივთიერებებს გადასცემენ.

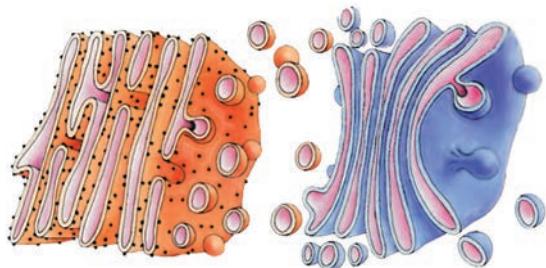
ზოგიერთ ვეზიკულაში მოთავსებული ნივთიერება უჯრედიდან გარეთ გასატანად – საექსპორტოდა განკუთვნილი. ასეთი ვეზიკულები პლაზმური მემბრანისკენ გადაადგილდებიან და შიგ-თავს უჯრედის გარეთ ათავისუფლებენ.



**ბირთვი უჯრედში ყველა სასიცოცხლო პროცესს აკონტროლებს და მის სასიცოცხლო თვისებების ჩამოყალიბებას უზრუნველყოფს. რიბოსომებში ცილები სინთეზირდება. სხვადასხვა ქსოვილის გლუკ ენდოპლაზმურ ბადეში, რომლი ნახშირნყლებისა და ლიპიდების სინთეზი, ტოქსიკურ ნივთიერებათა, მათ შორის, ალკოჰოლის გაუვნებლება, და კალციუმის იონების დეპონირება ხდება. ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეში მემბრანული და საექსპორტო ცილები სინთეზირდება. გოლჯის კომპლექსი ენდოპლაზმური ბადიდან გადმოგზავნილ ნივთიერებებს გარდაქმნის, ახარისხებს და სხვადასხვა მემბრანული შენების ორგანოიდის ან პლაზმური მემბრანისკენ აგზავნის უჯრედის გარეთ გამოსაყოფად.**

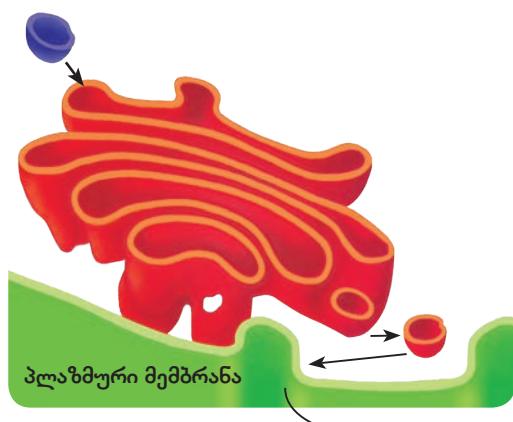


**1** ალწერე სქემაზე წარმოდგენილი პროცესი და მასში მონაწილე ყველა სტრუქტურას მიუწერე სახელები.

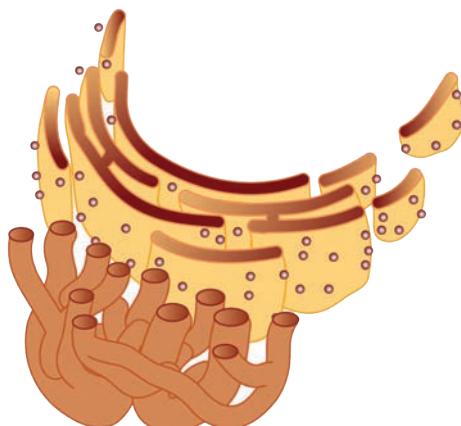


**2** დააკვირდი ილუსტრაციას.

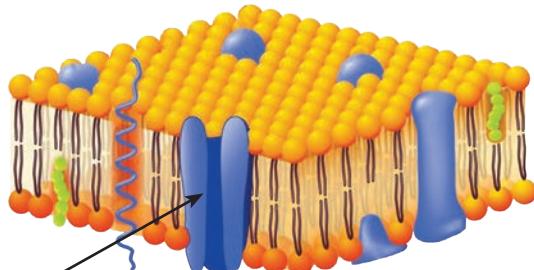
- საიდან მოემართება ლურჯი ვეზიკულა?
- რა არის მასში მოთავსებული?
- გად წარმოიქმნება წითელი ვეზიკულა და რას შეიცავს ის?
- საჭმლის მომნელებელი სისტემის რომელ უჯრედებში მიმდინარეობს მსგავსი პროცესი?
- რა ჰქვია ამ პროცესს?



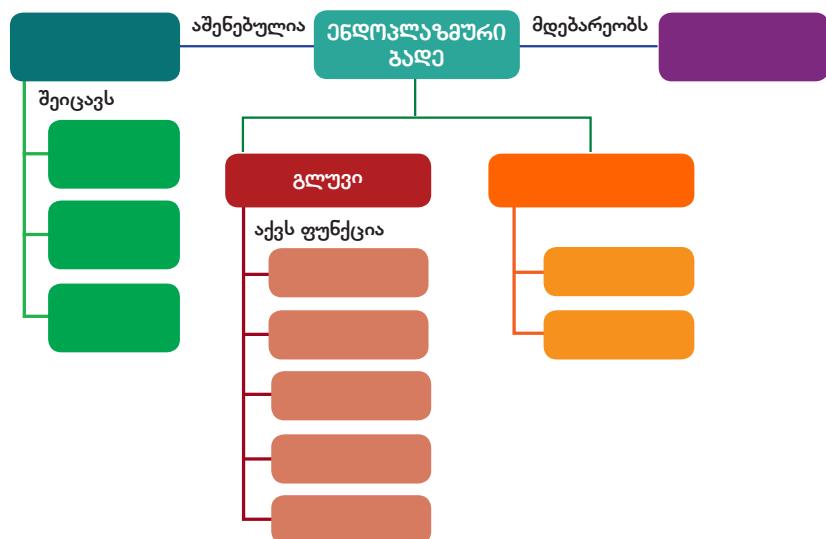
**3** ილუსტრაციაზე ღვიძლის უჯრების ფრაგმენტია. ამოიცანი ალკოჰოლის დეტოქსიკაციის ადგილი.



**4** თუ ეს მემბრანა ჩონჩხის განივზოლიანი კუნთის ენდოპლაზმურ ბადეს აგებს, მაშინ რას უნდა წარმოადგენდეს ისრით მონიშნული სტრუქტურა?



**5 შეავსე სქემა:**



- 1 რატომ აქვს ბირთვის გარსს დიდი ფორები?
- 2 განმარტე ტერმინი „ენდოპლაზმური ბადე“.
- 3 ენდოპლაზმური ბადე მასში მოთავსებულ ნივთიერებებს საკუთარ მემბრანაში ფუთავს და ისე აგზავნის გოლჯის კომპლექსისკენ.
- 4 წარმოიდგინე, რომ ელექტრონული მიკროსკოპით ათვალიერებ ორ, შენთვის უცნობ პრეპარატს. ერთ-ერთი მათგანი სანერინვე ჯირკვლისგან არის დამზადებული, მეორე კი – ღვიძლისგან. რომელი ორგანოდით განასხვავებ მათ ერთმანეთისგან?
- 5 დაასახელე უჯრედის კომპონენტები, რომლებითაც ნივთიერებები უჯრედის ერთი ნაწილიდან მეორეში მოგზაურობენ.
- 6 რომელი ორგანოდი იქნება ძლიერად წარმოდგენილი ლიმფოციტებში, რომლებიც ანტისხეულებს გამოიმუშავებენ?



➤ 2009 წლის ნობელის პრემია ქიმიაში რიბოსომის სტრუქტურისა და ფუნქციების კვლევისთვის მიენიჭათ ვ. რამაკრიშნანს, ტ. სტეიცს და ა. იონატს.



ვენკატრამან  
რამაკრიშნანი

ტომას  
სტეიცი

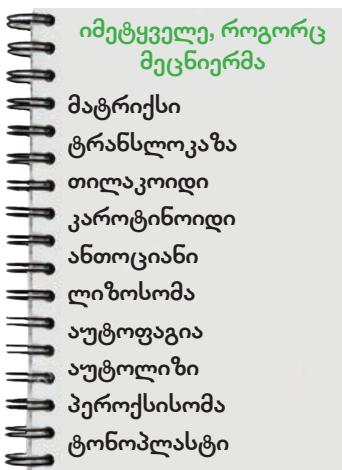
ადა  
იონატი

## 2.4

# მიტოქონდრია, კლასტიდები, ლიზოსომა, პერიქსისომა, ცენტრალური ვაკუოლი

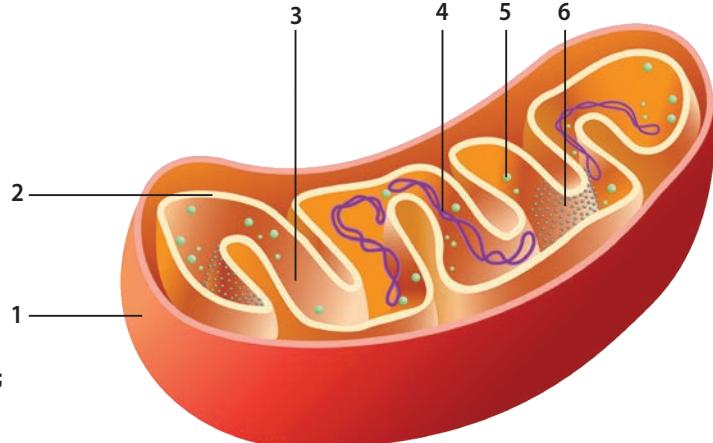
### შენ შეძლებ:

- ალწერო მიტოქონდრიისა და პლასტიდების აგებულება და იმსჯელო მათ როლზე უჯრედის სასიცოცხლო თვისებების უზრუნველყოფაში;
- სქემის სახით წარმოადგინო ლიზოსომის მემბრანის აგებულება და დააკავშირო მის ფუნქციებთან.
- განასხვაო ერთმანეთისგან უჯრედის ნეკროზი და აპოპტოზი;
- იმსჯელო პერიქსისომური და ლიზოსომური დაავადებების სიმპტომები და დააკავშირო ის მათ ფუნქციებთან;
- იმსჯელო ცენტრალური ვაკუოლის როლზე მცენარის უჯრედში და დააკავშირო ეს უჯრედების მრავალფეროვნებასთან.



### მიტოქონდრია

მიტოქონდრია ეუკარიოტული უჯრედის უმნიშვნელოვანესი ორგანოიდია, რომელიც უჯრედს ენერგიით ამარავებს. ეს ენერგია მიტოქონდრიაში ორგანული ნივთიერებების დაუანგვის შედეგად თავისუფლდება და ატფ-ის მოლეკულაში ინახება.



### მიტოქონდრია:

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

მიტოქონდრიის სიგრძე 10 მიქრონამდე აღწევს. ის ორმემბრანიანი ორგანოიდია. გარეთა, გლუკო მემბრანა ბევრ არხს შეიცავს, რომლებშიც თავისუფლად მოძრაობენ შაქრები და ამინომჟანგები. უფრო დიდი ზომის მოლეკულები კი სპეციალური გადამტანების, ე.ნ. ტრანსლოკაზების საშუალებით აღწევენ მემბრანათაშორის სივრცეში. ისინი შიგნითა მემბრანის ტრანსლოკაზებთან ერთად მუშაობენ და დიდი ზომის მოლეკულები, მაგალითად, ცილები, რომლებიც აუცილებელია მიტოქონდრიის ფუნქციონირებისთვის, მიტოქონდრიის შიგნით შეაქვთ.

შიგნითა მემბრანა დანაოჭებულია და სავარცხლის მსგავს გამონაზარდებს – კრისტებს წარმოქნის. კრისტებს შორის სივრცე ამოვსებულია თხევადი ნივთიერებით – მატრიქსით. სწორედ მატრიქსში და შიგნითა მემბრანაზე არის განლაგებული ის ფერმენტები, რომლებიც ორგანულ ნივთიერებებს უანგავენ.

- 1 იფიქრე, რა გავლენა შეიძლება პერიქონდრიის შიგნითა მემბრანის ძლიერ დანაოჭებას ნივთიერებათა უანგვასთან?

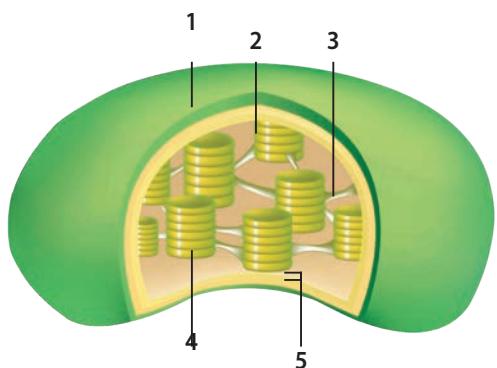
მატრიქსი შეიცავს მიტოქონდრიულ დნმ-სა და რიბოსომებს, რომლებიც გაცილებით მცირე ზომისანი არიან ციტოპლაზმურ რიბოსომებთან შედარებით. საქმე ისაა, რომ მიტოქონდრიები გარკვეული ილად ავტონომიური ორგანოიდები არიან, მათ დამოუკიდებლად გამრავლების უნარი შესწევთ.

## პლასტიდები

პლასტიდები მცენარის უჯრედისთვის დამახასიათებელი ორგანოიდებია. უმაღლეს მცენარე-თა უჯრედებში 10 დან 200-მდე პლასტიდს ითვლიან, რომელთა ზომები 3-დან 10 მკ-ს ფარგლებშია.

**ქლოროპლასტები** ქლოროფილის შემცველი მნიშვნელოვანი პლასტიდებია, რომელთა მთავარი ფუნქცია ფოტოსინთეზია.

ქლოროპლასტებს ფორმით ორმხრივ ამოზნექილ ლინზებს ადარებენ. ისინი გარშემორტყმული არიან ორი მემბრანით, რომელთა შიგნით, უელესმაგვარ **სტრომაში გრანებია** მოთავსებული. გრანები ქლოროპლასტში პერპენდიკულარულად განლაგებული სვეტებია, რომლებიც ერთმანეთზე დალაგებული მემბრანული სტრუქტურების – **თილაკოიდების-გან** შედგებიან. მეზობელი გრანების თილაკოიდები ერთმანეთს მემბრანული არხებით უკავშირდებიან და ამით ერთიან სისტემას ქმნიან.

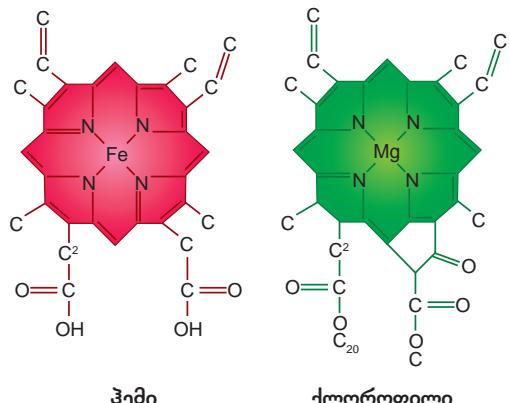


ქლოროპლასტი:

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

თილაკოიდის მემბრანებში ქლოროფილის მოლეკულებია ჩაშენებული.

ქლოროფილის მოლეკულა ძალიან წააგავს ჰემოგლობინის მოლეკულის არაცილოვან კომპონენტ ჰემს და მისგან ძირითადად იმით განსხვავდება, რომ რკინის ატომის ნაცვლად ის მაგნიუმის ატომს შეიცავს. ქლოროპლასტებიც მიტოქონდრიების მსგავსად გაყოფით მრავლდებიან. მათ საკუთარი დნმ, რნმ და რიბოსომები აქვთ.



**ქრომოპლასტები** უმაღლესი მცენარეების ყვითელი, ნარინჯისფერი და ნითელი პლასტიდებია. მათი შეფერილობა ლიპოფილური პიგმენტების – **კაროტინოიდების** შემცველობითაა განპირობებული. ქრომოპლასტები ანიჭებენ მკვეთრ შეფერილობას ყვავილებსა და ნაყოფებს, რაც ხელს უწყობს დამმტვერავი მწერებისა და ნაყოფის გამავრცელებელი ცხოველების მოზიდვას.

**ლეიკოპლასტები** უფერული მრგვალი პლასტიდებია, რომლებშიც სინთეზირდება და გროვდება სამარაგო ნივთიერებები-ნახშირნებულები, ცილები, ლიპიდები. ეს პლასტიდები განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გვხვდება მცენარეთა ძირითად ქსოვილებში.

პლასტიდებს გარკვეული ხარისხით ურთიერთგარდაქმნა შეუძლიათ.

## ლიზოსომა

ლიზოსომას ზოგი უჯრედის ნაღმად, ზოგი კი თვითმკვლელობის იარაღად მოიხსენიებს. ლიზოსომა გოლჯის კომპლექსში წარმოიქმნება, ფერმენტებით იტვირთება და ვეზიკულის სახით ციტოზოლში გამოიყოფა. ის პატარა ვეზიკულაა ( $0,5 - 1\text{ }\mu\text{m}$ ), რომელიც უჯრედში არსებული ყველა ორგანული ნივთიერების დამშლელ ფერმენტებს შეიცავს.



ლიზოსომა

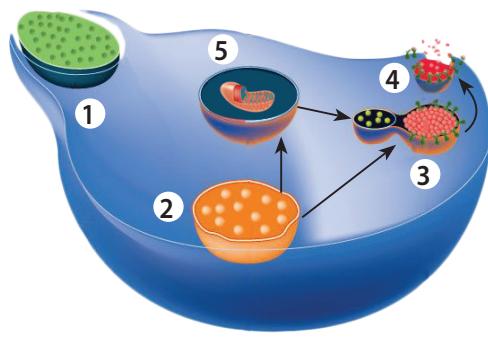
- 2 როგორ ფიქრობ, რა დაემართება უჯრედს, შემთხვევით ეს ნაღმი რომ „აფეთქდეს“ – მემბრანა გაიხსნას და ფერმენტები ციტოპლაზმაში აღმოჩნდნენ?**

უჯრედში შემთხვევით, საბედნიეროდ, არაფერი ხდება.

ლიზოსომები პროტისტების საჭმლის მონელების პროცესში მონაწილეობენ. საინტერესოა, როგორ ახერხებს ამება საკვების მონელებას ისე, რომ ლიზოსომების ფერმენტები მის უჯრედს არ შლიან?

ფაგოციტოზის გზით ამების უჯრედში შეღწეულ მემბრანაში შეფუთულ საკვებს (1), ლიზოსომა (2) უახლოვდება. ორი მემბრანა ერთიანდება და ლიზოსომის ფერმენტები საკვების დაშლას იწყებენ ისე, რომ ისინი ციტოზოლისგან ისევ გამიჯონულები არიან (3). მოუწებელი საკვები ეგზოციტოზის გზით გარეთ გამოიყოფა (4).

ჩვენი ფაგოციტების მიერ შთანთქმულ ბაქტე-რიებსაც მათი ლიზოსომები ინელებენ.



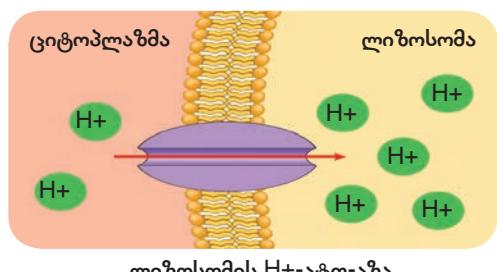
ლიზოსომების მოქმედება

უჯრედში ძველი ორგანოიდები გამუდმებით ჩანაცვლება ახლით, ძველ ორგანოიდებს კი ლიზოსომები შლიან (5).

სანგრძლივი შიმშილისას, როდესაც უჯრედს არ აქვს სამშენებლო ან ენერგეტიკული მასალა, ლიზოსომა იწყებს უჯრედის შემადგენელი მაკრომოლეკულების, მაგალითად, ცილების დაშლას. ამ პროცესს აუტოფაგია ეწოდება.

- 3 სცადე განმარტო ეს ტერმინი.**

საინტერესოა, რომ ლიზოსომის ფერმენტები მხოლოდ მუავა არეშია აქტიური. ლიზოსომის შიგნით pH 4,5-5-ის ტოლია. ამას ლიზოსომის მემბრანაში ჩაშენებული H<sup>+</sup>-ატფ-აზა უზრუნველყოფს, რომელიც წყალბადის იონებს ციტოზოლიდან ლიზოსომაში ტვირთავს.

ლიზოსომის H<sup>+</sup>-ატფ-აზა

ლიზოსომის მემბრანა ძლიერ განსხვავდება სხვა ორგანოიდების მემბრანებისგან.

მისი მემბრანული ცილების 50%-ს შეადგენენ გლიკოპროტეინები, რომელთა მოლეკულის დიდი ნაწილი ლიზოსომის შიგნითაა მიმართული, ხოლო მოკლე უბანი – ციტოზოლისკენ. ცილის ლიზოსომური ნაწილი იცავს ლიზოსომის მემბრანას პროტეაზების ზემოქმედებისგან, ციტოზოლური ნაწილი კი რეცეპტორის ფუნქციას ასრულებს იმ ნივთიერებებისთვის, რომლებიც ლიზოსომაში უნდა ტრანსპორტირდნენ. ლიზოსომის მემბრანა შეიცავს სატრანსპორტო ცილებსაც, რომლებსაც დაშლის პროდუქტები გარეთ გამოაქვთ.

ხელის გაჭრისას ათასობით უჯრედი კვდება. მათ ადგილს ახალი უჯრედები იკავებს. რა ემართება მკვდარ უჯრედებს? უჯრედის დაზიანებას დიდი რაოდენობით ლიზოსომის დაშლა მოჰყვება, რასაც თან სდევს უჯრედის მონელება ანუ **აუტოლიზი**.

**აპოპტოზი** – აუტოლიზის ერთ-ერთი საინტერესო ფორმაა, რომელსაც უჯრედის პროგრამი-რებულ სიკვდილს უწოდებენ. ის ძირეულად განსხვავდება უჯრედის „იძულებითი“ სიკვდილისგან - **ნეკროზისგან**. აპოპტოზის დროს უჯრედი აქტიურ მონაწილეობას იღებს საკუთარი თავის განადგურებაში ისე, რომ პრობლემებს არ უქმნის მეზობელ უჯრედებს. ამ დროს, ნეკროზის-გან განსხვავებით, უჯრედის პლაზმური მემბრანა არ ზიანდება, უჯრედის შიგთავსი გარეთ არ გადმოიღვრება და ანთებითი პროცესი არ ვითარდება.

აპოპტოზის გზით ჩვენი ორგანიზმი ყოველ წამს მილიონობით დაზიანებულ, დაბერებულ უჯრედს იცილებს თავიდან. მაგალითად, აპოპტოზის გზით ნადგურდება მსხვილი ნაწლავის ეპი-თელის უჯრედები, რომლებიც საკვებში არსებული ტრესინებით ზიანდება; ასევე ეპიდერმისის უჯრედები, რომლებზეც მრავალი ფაქტორი მოქმედებს დამაზიანებლად.

ლიზოსომების დისფუნქციასთან მრავალი დაავადებაა დაკავშირებული. ერთ-ერთი, ძალზე იშვიათი, გენეტიკური დაავადებისას უჯრედებში არ მუშაობს არცერთი ჰიდროლაზა, თუმცა ისინი უჯრედებში სინთეზირდებიან. აღმოჩნდა, რომ გოლჯის კომპლექსს არ შეუძლია მათი თავ-მოყრა ლიზოსომებში. ამას ქსოვილებში ცილების, ლიპიდებისა და ნახშირწყლების დაგროვება მოჰყვება.

**ფაბრის დაავადება** იშვიათი რეცესიული დაავადებაა, რომლის მიზეზი სხვადასხვა ქსოვილში გლიკოლიპიდის დაგროვებაა, მისი დამშლელი ფერმენტის არარსებობის გამო. გლიკოლიპიდის თირკმელებში დაგროვება თირკმლის უქმარისობას, გულსისხლძარღვთა სისტემაში – ჰიპერტენ-ზიას, კანში მტკივნეული ბუშტუკების გაჩერას იწვევს.

## პეროქსისომა

პეროქსისომა მცირე ზომის (0,5-1,5 მკმ) ერთმემბრანიანი ორგანოიდია, რომელიც ყველა სახის ეუკარიოტულ უჯრედშია ნანახი. პროკარიოტული უჯრედები პეროქსისომებს არ შეიცავენ. პეროქსისომები ენდოპლაზმურ ბადეზე ყალიბდება. ის შეიცავს მემბრანით შემოსაზღვრულ 50-მდე სხვადასხვა სახის ფერმენტს. მისი მემბრანული ცილები კი მონაწილეობენ ნივთიერებათა ტრანსპორტირებაში ციტოზოლიდან პეროქსისომაში და პირიქით.



პეროქსისომა

უჯრედში პეროქსისომების ძირითადი ფუნქცია ტოქსიკური ნივთიერებების გაუვნებლებაა. პეროქსისომები უჯრედში მიტოქონდრიების მსგავსად უანგბადის მთავარ მომხმარებლად ითვლებიან. მათი დამუანგველი ფერმენტები აცილებენ სუბსტრატს წყალბადს, უერთებენ მას მოლეკულურ უანგბადს და წყალბადის ზეჟანგს ( $H_2O_2$ ) ნარმოქნიან. ამ ტოქსიკურ ნაერთს პეროქსისომების მთავარი ფერმენტი **კატალაზა** სხვა ტოქსიკური ნივთიერებების, მაგალითად, ფენოლებისა და ეთოლის სპირტის დასაუნგად იყენებს. ეს რეაქციები განსაკუთრებით ინტენსიურად ლვიდლსა და თირკმელებში მიმდინარეობს, სადაც ამ უძლიერესი შეამების გაუვნებლება ხდება.

თუ უჯრედში წყალბადის ზეჟანგი დიდი რაოდენობით დაგროვდა, მას კატალაზა წყლად და მოლეკულურ უანგბადად გარდაქმნის.

პეროქსისომების მეორე მთავარი ფუნქცია გრძელვაჭვიანი ცხიმოვანი მუავების დაუანგვაა.

სოკოებსა და მცენარეებში ეს ცხიმოვანი მუავების გარდაქმნის ერთადერთი გზაა. მცენარეთა თესლებში მომარაგებული ლიპიდები, პეროქსისომების ფერმენტებით, საქართვად გარდაიქმნება და ჩანასახს მიეწოდება ზრდა-განვითარებისთვის.

ობის სოკო პენიცილიუმში პენიცილინის სინთეზიც პეროქსისომებში ხდება.

## ვაკუოლი

ვაკუოლი ერთი მემბრანით შემოსაზღვრული სითხით სავსე უჯრედული სტრუქტურაა. ცხოველურ უჯრედში შედარებით მცირე ზომის ვაკუოლები გვხვდება, მცენარის ზრდასრულ უჯრედებს კი აქვთ ერთი დიდი ზომის **ცენტრალური ვაკუოლი (1)**, რომელიც ზოგჯერ უჯრედის მოცულობის თითქმის 90%-ს იკავებს.

მემბრანას, რომელიც ცენტრალურ ვაკუოლს შემოსაზღვრავს, **ტონოპლასტის უნიდებენ**.

ტონოპლასტის შიგნით მოქცეული სითხე – უჯრედის წვენი, კონცენტრირებული ხსნარია, რომელიც შეიცავს შაქრებს, მინერალურ მარილებს, ორგანულ მუავებს, პიგმენტებს, მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტებს. უჯრედის ოსმოსურ თვისებებს დიდწილად ამ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრავს.

ზოგიერთ ვაკუოლში გვხვდება **ანთოციანები** – წითელი, ლურჯი, მენამული პიგმენტები, რომელიც სხვადასხვა შეფერილობას ანიჭებენ ყვავილებს, ნაყოფებსა და ფოთლებს.

ზოგიერთი ვაკუოლი ჰიდროლიზურ ფერმენტებს შეიცავს და ამიტომ ის მცენარის უჯრედში ლიზოსომის ფუნქციას ასრულებს.

ზოგჯერ ვაკუოლში ტანინები – მკვეთრი გემოს მთრიმლავი ნივთიერებები გროვდება, რის გამოც მცენარეს ცხოველები აღარ ეკარებან. თამბაქოს ვაკუოლი ტოქსინ ნიკოტინს შეიცავს, აკაციის ვაკუოლშიც შხამები გროვდება. **ლატექსსაც** – თეთრი ფერის რძისებრ ემულსიას, რომელიც ბაბუანვერაში გვხვდება, დამცველობითი ფუნქცია აქვს. მასში შემავალი ცილების მიმართ ზოგიერთ ადამიანს ძლიერი ალერგიული რეაქცია უვითარდება, რომელიც კანზე გამონაყარით, გაძნელებული სუნთქვით და არტერიული წნევის დაცემით ვლინდება.



### რას ამბობს ტერმინი

**ლიზოსომა** – (ბერძნ. ლიზის – დაშლა, სომა – სხეული);

**ქლოროპლასტი** – (ბერძნ. ქლოროს – მწვანე, პლასტოს – გამოძერნილი);

**აუტოფაგია** – (ბერძნ. აუტო – თვითონ, ფაგოს – შთანმთქმელი);

**აუტოლიზი** – (ბერძნ. აუტო – თვითონ, ლიზი – დაშლა).



მიტოქონდრიაში ორგანული ნივთიერებების დაუანგვა მიმდინარეობს. ის ენერგიით ამარავებს უჯრედს. ჰლასტიდები მცენარის უჯრედებისთვის დამახასიათებელი ორგანო-იდებია. ქლოროპლასტებში არაორგანული ნივთიერებებიდან ორგანული ნივთიერებების სინთეზი ხდება. ლეიკოპლასტებში სამარაგო ნივთიერებები გროვდება. ქრომოპლასტები ანიჭებენ მკვეთრ შეფერილობას ყვავილებსა და ნაყოფებს, რაც დამტკვერავებსა და ნაყოფის გამავრცელებელ ცხოველებს იზიდავს.

ლიზოსომები ყველა ორგანული ნივთიერების დამშლელ ფერმენტებს შეიცავენ. ისინი პროტისტების საჭმლის მონელების პროცესში მონაწილეობენ. ლიზოსომები ინელებენ დაბერებულ ორგანო-იდებსაც.

პერიქსისომების ფუნქცია ტოქსიკური ნივთიერებების გაუვნებლებაა.

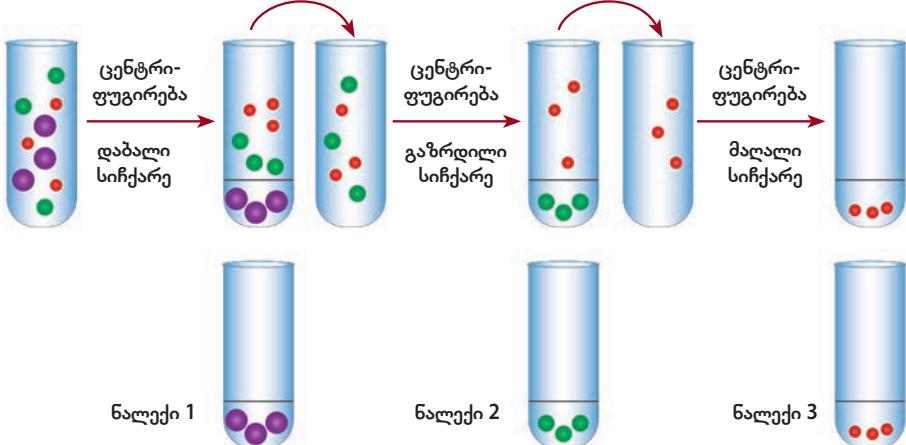
ლიზოსომისა და პერიქსისომების ფუნქციების მოშლა სხვადასხვა სახის დავადებებს იწვევს.

მცენარეთა ცენტრალურ ვაკუოლში ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტები, ზოგჯერ შხამები გროვდება. ზოგიერთი მცენარის უჯრედში ცენტრალური ვაკუოლი ლიზოსომის ფუნქციას ასრულებს.



**1** ცენტრიფუგირებით შესაძლებელია ნარევის კომპონენტების ცალკ-ცალკე მიღება. ამისათვის ნარევს ჯერ დაბალ სიჩქარეზე აცენტრიფუგებენ. ამ დროს სინჯარის ფსკერზე დიდი ზომის კომპონენტები გამოილებენ. ნალექზედა სითხე სხვა სინჯარაში გადააქვთ და ზრდიან როტორის ბრუნვის სიჩქარეს. ნალექში ახლა სითხეში დარჩენილი კომპონენტებიდან ყველაზე დიდი აღმოჩნდება. ნალექზედა სითხე ისევ სხვა სინჯარაში გადააქვთ და ცენტრიფუგირებას უფრო მაღალ სიჩქარეზე აგრძელებენ. ასე, საფეხურ-საფეხურ, ნარევის ყველა კომპონენტის ცალ-ცალკე მიღებაა შესაძლებელი.

ნარმოიდგინე, რომ შენს ხელთაა სინჯარა, რომელიც შეიცავს ბირთვების, მიტოქონდრიებისა და რიბოსომების ნარევს. რომელი ორგანოიდები აღმოჩნდება 1, 2 და 3 ნალექში.



**2** უჯრედის რომელი ორგანოიდი არ შეიცავს მემბრანას? აქვს ერთი მემბრანა? აქვს ორი მემბრანა? შეავსე ცხრილი.

არ აქვს მემბრანა

აქვს ერთი მემბრანა

აქვს ორი მემბრანა

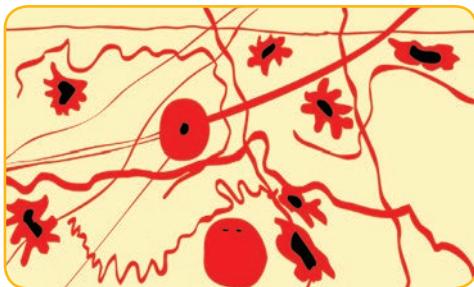
**3** სქემის სახით წარმოადგინე ლიზოსომის მემბრანის აგებულება და დააკავშირე ეს მის ფუნქციებთან.

**4** იპოვე შესაბამისობა ორგანოებსა და მათში არსებული ცილების ფუნქციებს შორის და შეავსე ცხრილი:

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. გლუკი ენდოპლაზმური ბადე; | ა) ატფ-აზები;                 |
| 2. პლაზმური მემბრანა;       | ბ) ონური არხები;              |
| 3. ლიზოსომა;                | გ) დეტოქსიკაციური ფერმენტები; |
| 4. მიტოქონდრია;             | დ) ტრანსპორტერები;            |
| 5. პეროქსისომა.             | ე) დამუანგავი ფერმენტები;     |
|                             | ვ) პროტეაზები;                |
|                             | ზ) ნუკლეაზები.                |

	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ
1							
2							
3							
4							
5							

**5** როგორ ფიქრობ, ილუსტრაციაზე მოცემული ქსოვილებიდან რომელი უნდა შეიცავდეს მიტოქონდრიებს მეტი რაოდენობით და რატომ?



შემაქრთებელი ქსოვილი



კუნთოვანი ქსოვილი

**1** ლიზოსომებიდან ხანდახან ფერმენტები „იპარება“ და ციტოზოლში გადადის, თუმცა უჯრედს არაფერი ემართება. ის ნორმალურად განაგრძობს ფუნქციონირებას. ახსენი ეს ფაქტი.

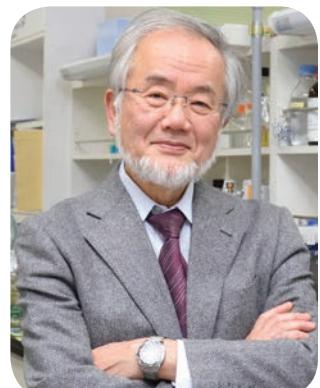
**2** ფაბრის დაავადების ერთ-ერთი სიმპტომი, რომელსაც გლიკოლოპიდის კანში დაგროვება იწვევს, ანტიდროზია. გაშიფრე ეს ტერმინი. ის კანის ერთ-ერთ მთავარ ფუნქციას უკავშირდება და ივარაუდე ამ დაავადების შედეგები.

**3** ყოველ ქსოვილსა და ორგანოში უჯრედების რაოდენობა მკაცრადაა განსაზღვრული და რეგლამენტირებული. შენი აზრით, რა შედეგი შეიძლება მოჰყვეს უჯრედების გამრავლებასა და სიკვდილს შორის წონასწორობის დარღვევას?

- 4** დაასახელე მცენარეებში ლეიკოპლასტის ქლოროპლასტები და ქლოროპლასტის ქრო-მოპლასტები გარდაქმნის მაგალითი.
- 5** დაასახელე ლიზოსომისა და პეროქსისომის განმასხვავებელი ნიშნები.
- 6** როგორ ხვდებიან დამჟანგავი ფერმენტები პეროქსისომაში?
- 7** პეროქსისომებში მიმდინარეობს მიელინის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფოსფო-ლიპიდის წარმოქმნა. როგორ შეიძლება გამოვლინდეს ამ ფოსფოლიპიდის დეფიციტი?
- 8** ერთ-ერთი აუტოსომური რეცესიული დაავადებისას, პეროქსისომური ფერმენტის უკმარისობის გამო, შარდში ძლიერ იზრდება კალციუმის მარილების კონცენტრაცია. ივარაუდე ამ ფერმენტის დეფიციტის შედეგი.
- 9** კონტაქტურ ლიზზებს გამოყენებამდე ჯერ წყალბადის ზეჟანგის შემცველ ხსნარში ათავსებენ, ხოლო შემდეგ კატალაზიან ხსნარში გადააქვთ. ახსენი, რატომ?
- 10** რომელი ნივთიერების დეგრადაციაში მონაწილეობს წყალბადის ზეჟანგი უჯრედში?
- 11** მეცნიერებმა კოსმოსში ფოსფოლიპიდი აღმოაჩინეს. რატომ ითვლება ეს აღმოჩენა სენსაციად ბიოლოგიაში?
- 12** დაასახელე მცენარეთა თესლები, რომელთა ლეიკოპლასტებში მარაგდება:
- ნახშირწყლები;
  - ლიპიდები;
  - ცილები.
- 13** შეარჩიე სწორი პასუხი:
- ჩამოთვლილი სტრუქტურებიდან, რომელთა შენებაში არ მონაწილეობს ფოსფოლიპიდები?
- ლიზოსომის;
  - რიბოსომის;
  - მიტოქონდრიის;
  - ენდოპლაზმური ბადის.



➤ 2016 წლის ნობელის პრემია ფიზიოლოგიასა და მე-დიცინაში მიენიჭა იაპონელ მეცნიერს იოშინორი ოსუმის აუტოფაგიის მოლეკულური მექანიზმის აღმოჩენისთვის. მეცნიერმა დაადგინა გენები, რომლებიც პასუხისმგებელია აუტოფაგიის პროცესის სწორად წარმართვაზე. და შეისწავლა მათი როლი ფიზიოლოგიურ პროცესებში.



## 2.5

### ციტორონები, უჯრედის ცენტრი, უჯრედგარე მატრიქსი

#### შენ შეძლება:

- განმარტო ციტორონების ფუნქციები;
- დაუკავშირო მიკროფილამენტების, შუალედური ფილამენტებისა და მიკრომილაკების ქიმიური შედგენილობა მათ როლს უჯრედის მნიშვნელოვანი სასიცოცხლო თვისებების – გამრავლებისა და მოძრაობის უზრუნველყოფაში;
- ახსნა, როგორ აისახება ცვლილებები მათ სტრუქტურაში ადამიანის ჯანმრთელობაზე;
- ახსნა, რატომ უწოდებენ ცენტროსომას მიკრომილაკების ორგანიზაციის ცენტრს;
- ჩამოაყალიბო, როგორ აისახება უჯრედის ცენტრის ფუნქციების დაღვევები ადამიანის ჯანმრთელობაზე;
- აღწერო შოლტებისა და წამნატების აგებულება და იმსჯელო მათ ფუნქციებზე ერთუჯრედიან და მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში;
- აღწერო უჯრედგარე მატრიქსის ქიმიური შედგენილობა და სტრუქტურა, იმსჯელო მის როლზე ორგანიზმში და განმარტო, როგორ აისახება ცვლილებები უჯრედგარე მატრიქსის აგებულებაში ადამიანის ჯანმრთელობაზე.



#### იმეტყველე, როგორც მეცნიერმა

- მიკროფილამენტი
- მიკრომილაკი
- შუალედური ფილამენტი
- მოტორული ცილა
- პროტეოგლიკანი
- ჰიდროლიკური მუკა

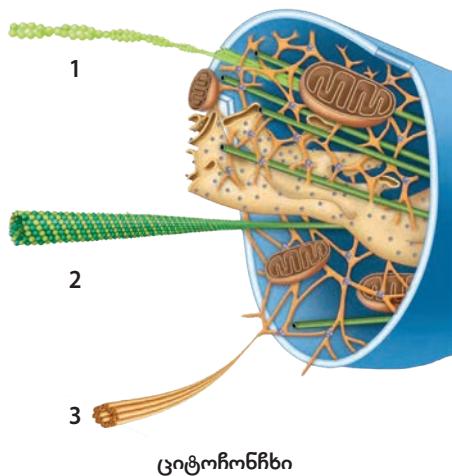
#### უჯრედის ჩონჩხი

უჯრედის ჩონჩხი ცილოვანი ძაფების ხშირი, რთული ქსელია, რომელიც მთელ ციტოპლაზმას მოიცავს. ის უჯრედებში იმავე ფუნქციას ასრულებს, რასაც საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემა ჩვენს ორგანიზმი. ის ჩონჩხივით საყრდენს წარმოადგენს უჯრედებისთვის და კუნთებივით უზრუნველყოფს მთლიანად უჯრედისა და მისი ცალკეული ორგანოდების მოძრაობას.

ციტორონებს სამი სახის ძაფი აშენებს: მიკროფილამენტები (1), მიკრომილაკები (2) და შუალედური ფილამენტები (3).

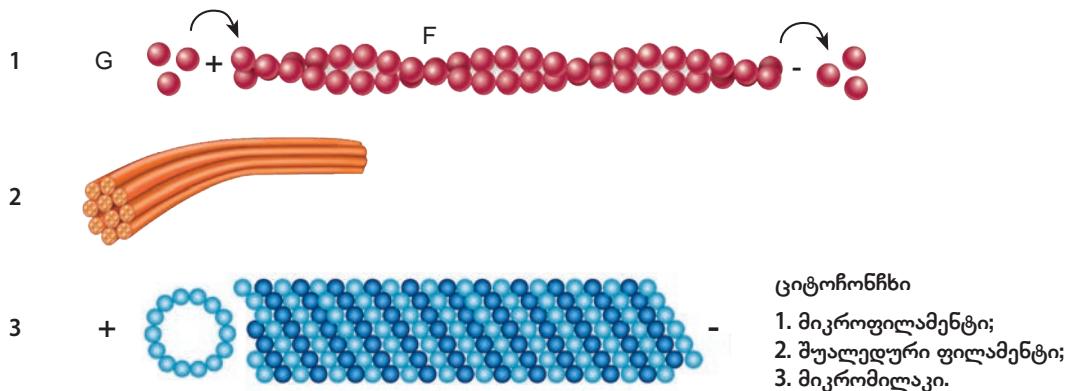
მიკროფილამენტებს ძალიან წვრილი – 5-7 ნმ დიამეტრის ცილა ფიბრილარული F აქტინი აშენებს. ის გლობულარული G აქტინის პოლიმერიზაციით მიიღება. ფიბრილარულ აქტინს პლუს (+) და მინუს (-) ბოლო აქვს. + ბოლოდან მას G აქტინის გლობულები ემატება და გრძელდება, ხოლო – ბოლოდან კი გლობულები სცილდება და ის მოკლდება.

აქტინის ძაფები უფრო ხშირად ციტოზოლში, უშუალოდ პლაზმური მემბრანის გასწროვ არიან თავმოყრილი, ამიტომ მისი სიგრძის ცვლილებები უჯრედის ფორმის ცვლილებას და მის მოძრაობას უზრუნველყოფს. აქტინის ძაფების ასეთი დაგრძელება-დამოკლებით გადაადგილდებიან მაგალითად, ამება და ჩვენი ლეიკოციტები. ასე რომ, მიკროფილამენტები უჯრედებისთვის უფრო „კუნთებია“, ვიდრე „ჩონჩხი“. უჯრედთა უმრავლესობაში აქტინის შემცველობა ცილების ჯამური შემცველობის დაახლ. 15 %-ია.



**შუალედური ფილამენტები** უჯრედის ნამდვილი ჩიონჩხია. მისი ძალიან მტკიცე და, ამავდროულად, ელასტიკური ცილივანი ძაფები უკავშირდება ბირთვს, ენდოპლაზმურ ბადეს, მიტოქონდრიებს, აფიქსირებს მათ და განსაზღვრავს მათ ადგილს ციტოპლაზმაში.

ამ ცილების დამსახურებაა, რომ ორგანოიდები უჯრედში თავისუფლად არ დაცურავენ. ეს ცილები უზრუნველყოფენ უჯრედების გამძლეობას სხვადასხვა მექანიკური სტრესის მიმართ. ითვლება, რომ უმეტესწილად სწორედ ისინი განსაზღვრავენ უჯრედის ფორმას. მიუხედავად უნარისა, წარმოქმნას ასეთი მყარი სტრუქტურა უჯრედის შიგნით, ეს ბადე ძალიან სწრაფად იშლება უჯრედის გაყოფის დროს. შუალედური ფილამენტები სხვადასხვა ქსოვილის უჯრედებში სხვადასხვა სახის ცილითაა წარმოდგენილი.



**მიკრომილაკები** 25 ნმ დიამეტრის მილებია, რომელთა კედელი გლობულარული ცილა **α** და **β** ტუბულინის პოლიმერზაციით მიღება. მიკრომილაკები, მიკროფილამენტების მსგავსად დინამიკური სტრუქტურებია. მათაც აქვთ + და - ბოლოები, ანუ პოლიმერზაცია-დეპოლიმერიზაციით დაგრძელება-დამოკლების უნარი.

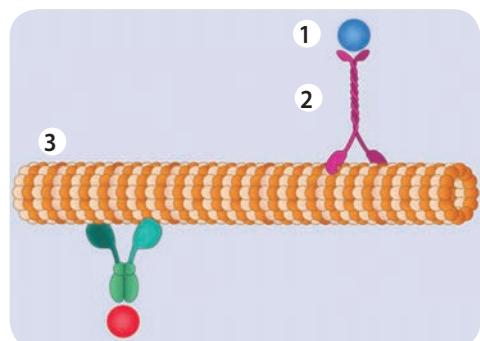
მიკრომილაკები ორგანოიდების გადაადგილებაში მონაწილეობენ. მაგალითად, უჯრედის გაყოფისას ქრომოსომები გადაადგილდება უჯრედის ცენტრთან დაკავშირებული მიკრომილაკების საშუალებით.

მიკრომილაკებს ორგანოიდების გადაადგილებაში ე.წ. **მოტორული ცილებიც** ეხმარებიან.

ისინი ერთი ბოლოთი მიკრომილაკს უკავშირდებიან, მეორე ბოლოთი კი ტვირთს იკავშირებენ და მიკრომილაკების „ლიანდაგებზე“ მოძრაობენ. ამ გზით აღწევს, მაგალითად, ლიზოსომა მოსანელებელ ნივთიერებამდე.

ალცეპეიმერით დაავადებულ პაციენტებში მიკრომილაკები დეფორმირებულია, რაც ხელს უშლის ნეირონს ნორმალურ ფუნქციონირებაში. უჯრედში დამზადებული ნივთიერებები, მაგალითად, ნეირომედიატორები, სწრაფად და თავისუფლად უნდა გადაადგილდებოდნენ სინაფსებისკენ. ალცეპეიმერით დაავადებულ პაციენტებში, ახლადსინთეზირებული ნეირომედიატორებით დატვირთული მოტორული ცილა, რომელიც სინაფსისკენ მიემართება, წარმოქმნის „დეფორმირებულ ლიანდაგზე“ და ტვირთისგან ნაადრევად თავისუფლდება. ამის გამო ნეირომედიატორები დანიშნულების ადგილამდევ ველარ აღწევენ.

დღი ხნის განმავლობაში ითვლებოდა, რომ ციტოჩინჩხი მხოლოდ ეუკარიოტული უჯრედებისთვის არის დამახასიათებელი. თუმცა გაირკვა, რომ პროკარიოტული უჯრედები შეიცავენ ციტოჩინჩხის მსგავს ძაფისებრ, ცილივან სტრუქტურებს, რომლებიც მონაწილეობენ ბაქტერიის უჯრედების ფორმის შენარჩუნებასა და გაყოფის პროცესში.



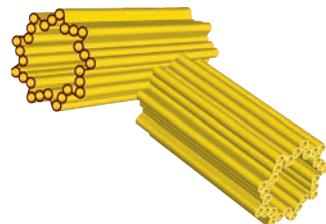
ორგანოიდების ტრანსპორტირება  
1. ორგანოიდი; 2. მოტორული ცილა;  
3. მიკრომილაკი.

ყველაზე მთავარი და მნიშვნელოვანი სხვაობა პროკარიოტულ და ეუკარიოტულ უჯრედებს შორის მემბრანული ორგანოიდების შემცველობაშია.

პროკარიოტულ უჯრედებს არ გააჩნიათ მემბრანული შენების არცერთი ორგანოიდი, ბირთვის ჩათვლით, ბირთვის გარსის უქონლობის გამო. მათი რიბოსომებიც მცირე ზომისანი არიან ეუკარიოტული უჯრედების რიბოსომებთან შედარებით და უფრო მიტოქონდრიებსა და ქლოროპლასტებში არსებულ რიბოსომებს ჰგვანან.

## ცენტროსომა

**უჯრედის ცენტრი,** ანუ ცენტროსომა, არამემბრანული ორგანოიდია, რომელიც ორი ცენტრიოლისგან შედგება. ცენტრიოლები ცილებისგან აგებული ორი პატარა ცილინდრია, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ პერპენდიკულარულად არიან განლაგებული. თითოეულ ცენტრიოლს წრიულად განლაგებული მიკრომილაკების ცხრა ტრიპლეტი წარმოქმნის.

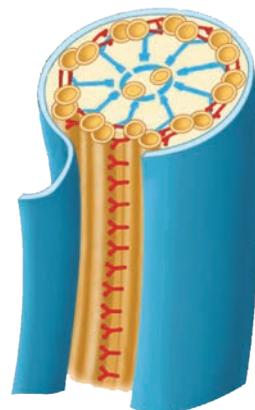


ცენტროსომა

ცენტროსომა 100-მდე სხვადასხვა სახის ცილას შეიცავს. ზოგი მათგანი ცენტროსომის სტრუქტურული ცილა და ცენტრიოლების მთავარ ლერძს – მიკრომილაკების ცილინდრს წარმოქმნის, (ა და ბ ტუბულინი), ზოგიერთი მათგანი კი ამ ლერძის სტაბილურობას უზრუნველყოფს.

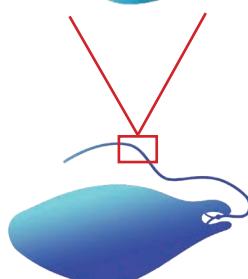
უჯრედის ცენტრის ცილები ციტოპლაზმური მიკრომილაკების წარმოქმნაში მონაწილეობენ, სწორედ ამიტომ უწოდებენ მას ციტოპლაზმური მიკრომილაკების ორგანიზაციის ცენტრს.

უჯრედის ცენტრის ზოგი ცილა ცენტრიოლებს მიკრომილაკებთან აკავშირებს, ზოგი კი ათავისუფლებს. ეს პროცესები მიტოზისა და მეიოზის უმნიშვნელოვანესი ეტაპებია, ამიტომ ცენტროსომების ფუნქციის მოშლა მრავალ დაავადებას იწვევს, რომელთა მიზეზი უჯრედული ციკლის, უჯრედისა თუ უჯრედშიდა გადაადგილებების დარღვევა.



როგორც წესი, უჯრედების უმრავლესობას მხოლოდ ერთი ცენტროსომა აქვს. ცენტროსომების რიცხვის არანორმალური ზრდა სიმსივნური უჯრედებისთვის არის დამახასიათებელი. თითქმის ყველა სახის სიმსივნისას ციტორინჩების, ცენტროსომების რიცხვის, ზომებისა და მორფოლოგიის დრმა ცვლილებებია შემჩნეული.

მცენარეულ უჯრედს ცენტრიოლები არ გააჩნია.



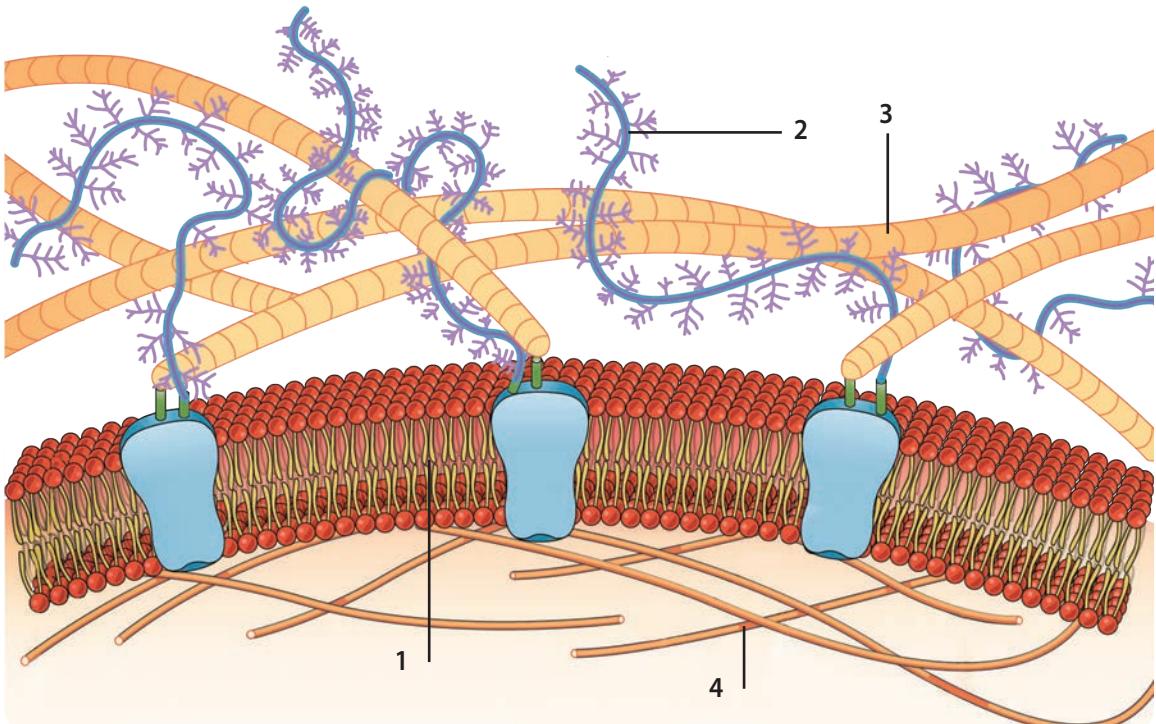
შოლტის სტრუქტურა

ცენტრიოლების მსგავსი სტრუქტურა აქვთ ციტოპლაზმაში არსებულ ე.წ. **ბაზალურ სხეულებს**, როლებისგანაც შოლტები და წამნამები წარმოქმნება. **შოლტები** და **წამნამები** უჯრედის ძაფის-მაგვარი მოძრავი გამონაზარდებია, რომლებიც დაფარულნი არიან პლაზმური მემბრანით. მემბრანის შიგნით, ორი ცენტრალური მიკრომილაკების გარშემო, წრიულად განლაგებული მიკრომილაკების ცხრა წყვილია.

შოლტებსა და წამნამებს სხვადასხვა უჯრედში განსხვავებული ფუნქცია აქვთ.

## უჯრედგარე მატრიქსი

უჯრედგარე მატრიქსი ცხოველური ქსოვილის უჯრედგარე არეა, რომელსაც ძირითადად სტრუქტურული და მექანიკური დანიშნულება აქვს. ის, ამავდროულად, მონაწილეობს უჯრედებს შორის კავშირსა და კომუნიკაციაში.



უჯრედგარე მატრიქსი

1. პლაზმური მემბრანა; 2. პროტეოგლიკანი; 3. კოლაგენი; 4. მიკროფილამენტები.

უჯრედგარე მატრიქსი ქიმიურად ორი კომპონენტისგან – პოლისაქარიდებისა და ცილებისგან შედგება, ისინი ერთმანეთს უკავშირდებიან და ე.წ პროტეოგლიკანებს წარმოქმნიან. ერთმანეთში გადახლართული პროტეოგლიკანები რთულ ბადეს ქმნიან.

პროტეოგლიკანებს ჯამური უარყოფითი მუხტი აქვთ. ამიტომ ისინი დადებითად დამუხტულ იონებს იკავშირებენ. წატრიუმთან ასოციაციის გამო პროტეოგლიკანებს დიდი რაოდენობით წყლის დაკავშირება შეუძლიათ.

**ჰიალურონის მჟავა** პოლისაქარიდია, რომელიც ეპითელური, ნერვული და შემაერთებელი ქსოვილის უჯრედგარე მატრიქსის შედგენილობაში შედის. ჰიალურონის მჟავა ხრტილის მთავარი შემადგენელი კომპონენტია. ხრტილი ის უერთდება ცილას და წარმოქმნის აგრეგატს, რომელიც დიდი რაოდენობით შთანთქავს წყალს, რაც ხრტილის სიმკვრივესა და დრეკადობას განაპირობებს. ასაკთან ერთად მისი მოლეკულის სიგრძე თანდათან მცირდება. კანზე ულტრაი-ისფერი სხივების ზემოქმედებისას კი მისი სინთეზი წყდება.

ჰიალურონის მჟავა ფართოდ გამოიყენება დერმატოლოგიაში, თვალის ქირურგიაში – რქოვანას გადანერგვის, კატარაქტის, ბადურის ჩამოშლის მკურნალობისას.

**კოლაგენი** უჯრედგარე მატრიქსის ერთ-ერთი მთავარი ცილაა. ამ მნიშვნელოვანი ცილის მეტაბოლიზმის დარღვევას უკავშირდება ე.წ. მსხვრევადი ძვლების დაავადება. ამ დაავადების მიზეზი არის ამინომჟავა გლიცინის ჩანაცვლება სხვა ამინომჟავათი, რომელიც ისე ცვლის კოლაგენის სტრუქტურას, რომ ის ვეღარ უკავშირდება ძვლის მინერალურ კომპონენტს.

კოლაგენისა და კერატინის გენის მუტაციას უკავშირდება დაავადება, რომლის დროსაც ადა-მიანს სულ მცირედი მექანიკური ზემოქმედებისას ან უმნიშვნელო ტრამვისას კანზე ბუჭტუკები უჩინდება. კანის ასეთ დაზიანებას მესამე ხარისხის დამწვრობას ადარებენ. საქმე ისაა, რომ ეპი-დერმისასა და დერმას შორის არსებული კოლაგენი და კერატინი ისე აკავშირდებენ კანის ამ ორ შრეს ერთმანეთთან, რომ არ აძლევენ საშუალებას, გადაადგილდნენ, ისრიალონ ერთმანეთის მიმართ.



ციტოჩინჩისი ცილების რთული ქსელია, რომელიც უჯრედის სასიცოცხლო თვისებების, მათ შორის კვების, გამრავლების, მოძრაობისა და აგზებადობის მოლეკულურ და სტრუქტურულ საფუძველს ქმნის.

ცენტროსომა ციტოპლაზმური მიკრომილაკების ორგანიზაციის ცენტრია, რომელიც უჯრედის გაყოფის პროცესში მონაწილეობს. შოლტებსა და წარმატებს ერთუჯრედიან და მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში განსხვავებული ფუნქცია აქვთ.

უჯრედგარე მატრიქსი ცხოველური ქსოვილის უჯრედგარე არეა, რომელსაც სტრუქტურული და უჯრედებს შორის კომუნიკაციის დანიშნულება აქვს.

ცვლილებები უჯრედგარე მატრიქსისა და ციტოჩინჩის სტრუქტურაში ადამიანის ჯან-მრთელობაზე აისახება.



- 1 რა ფუნქცია აქვთ შოლტებს პროტისტებში?
- 2 დაასახელე შოლტით აღჭურვილი წყალმცენარეები. რისთვის სჭირდებათ მათ შოლტი?
- 3 ზოგიერთ მამაკაცს, რომელსაც უშვილობის პრობლემა აქვს, სასუნთქი გზების დაავადებებიც აღნიშნება. მოუძებნე ამ ფაქტს ახსნა.
- 4 გაშიფრე ტერმინი პროტიოგლიკანი.
- 5 რა გზით აღწევს წყალი პროტიოგლიკანებამდე?
- 6 უჯრედის უშუალოდ რომელი სტრუქტურა ეხმარება ლეიკოციტს ამებოიდურ მოძრაობაში?
- 7 ბაქტერიები რადიაქტიური ფოსფორის შემცველ არეში გაამრავლეს.
  - ა. უჯრედის რომელ ნივთიერებებშია შეუძლებელი მისი აღმოჩენა?
  - ბ. უჯრედის რომელ სტრუქტურებში ჩაერთო ის?
- 8 ამოიცანი უჯრედის სტრუქტურა:

ხელს უშლის ორგანოიდების აქტიურ გადაადგილებას

განსაზღვრავს უჯრედების ფორმას

განსაკუთრებით ძლიერად არის წარმოდგენილი უჯრედის ინტერფაზაში

იშლება მიტოზისას



**9** შეარჩიე სწორი პასუხი:

ჰეტეროტროფი ბაქტერიები რადიაქტიური აზოტისა და ფოსფორის შემცველ საკვებ არეში გაამრავლეს. გარკვეული ხნის შემდეგ, საკვებ არეში თამბაქოს მოზაიკური ვირუსი შეიტანეს. რადიაქტიური ნივთიერებები აღმოჩნდა ვირუსის:

- ა. დნმ-ში;
- ბ. რნმ-ში;
- გ. ცილაში;
- დ. ციტოჩიონჩში;
- ე. არცერთ მათგანში.

**10** ქიმიური აღნაგობის მიხედვით, რომელ უჯრედულ სტრუქტურას შეიძლება უწოდო ნუკლეოპროტეიდი?

- 1. ლიზოსომას; 2. რიბოსომას; 3. ქრომოსომას; 4. მიკრომილაკებს.
- ა) მხოლოდ 2;
- ბ) მხოლოდ 3;
- გ) 1 და 4;
- დ) 2 და 3.



➤ *Acetabularia jalakanyakae* – ინდოეთში აღმოაჩინეს. ის ყველაზე დიდი ერთუჯრედიანი ორგანიზმია. ამ წყალმცენარის თითოეული ქოლგა ერთი გიგანტური, ერთბირთვიანი უჯრედია.



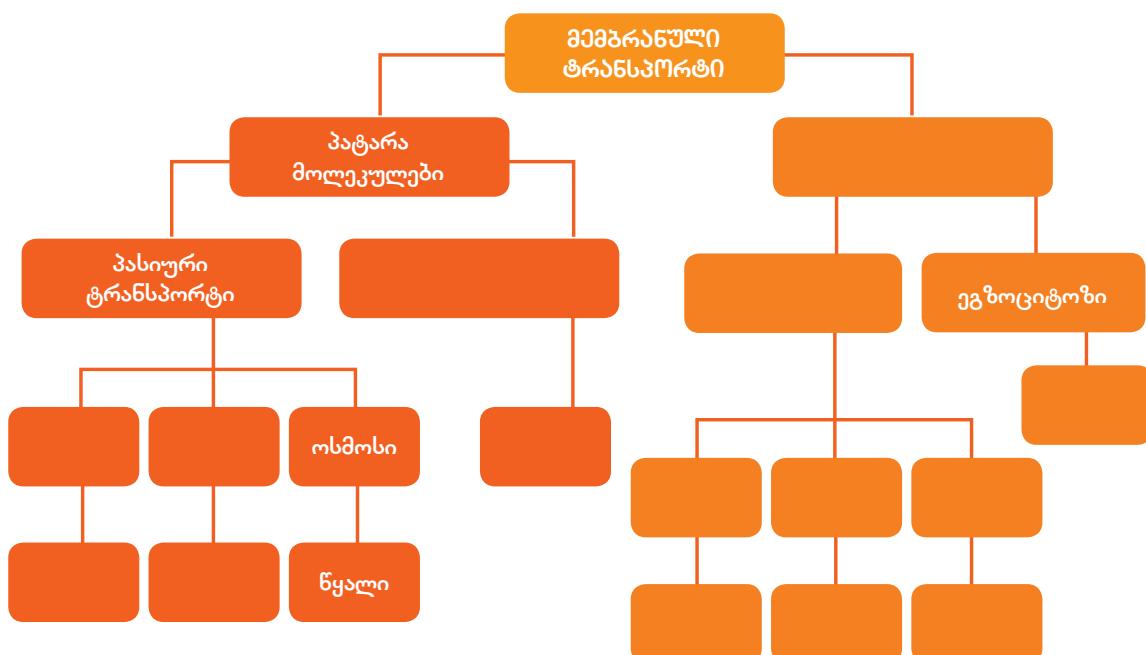
უკავების კომპონენტები

**1.** პოლიეთილენის ტომსიკაში, რომლის ფორმებში თავისუფლად შეუძლია მოძრაობა დაბალ-მოლეკულურ ნივთიერებებს, ჩასხეს ფერმენტის ხსნარი და ტომსიკა მოათავსეს გამოხდილი წყლით სავსე ჭიქაში. რამდენიმე საათის შემდეგ ფერმენტმა აქტივობა დაკარგა. ეს მოხდა იმის გამო, რომ:

- ა) წყლის მოლეკულებმა ჭიქიდან ოსმოსის გზით გადაინაცვლეს ტომსიკაში და ცილა დენატურირდა;
- ბ) ტომსიკიდან ჭიქაში გადმოვიდნენ ფერმენტის ინჰიბიტორები;
- გ) ტომსიკიდან ჭიქაში გადმოინაცვლა ფერმენტის კოფერმენტმა.

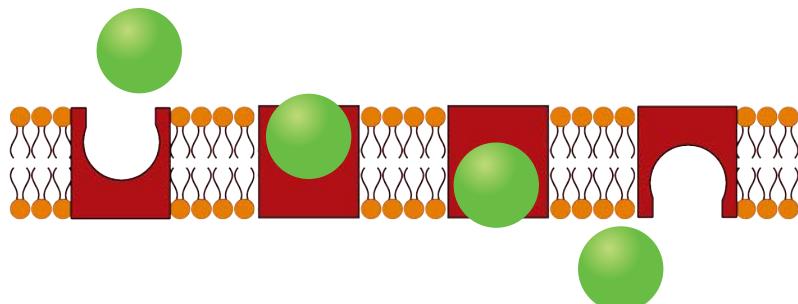
**2.** სპირტი ერთ-ერთი მაღეზინფირებელი ფაქტორია. როგორ ფიქრობ, რას ემყარება მისი ეს თვისება.

**3.** შეავსე ცარიელი უჯრები.



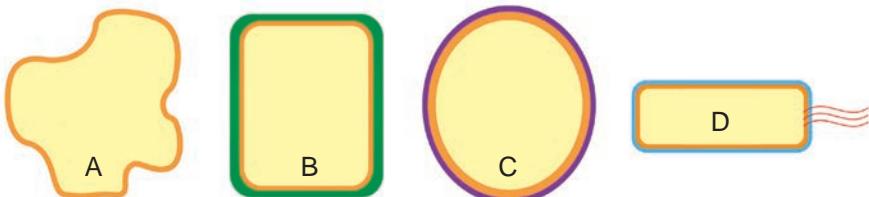
**4.** ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი გზით უჯრედში შეიძლება შეაღწიოს:

- ა) წყალმა;
- ბ) ცილამ;
- გ) უანგბადმა;
- დ) გლუკოზამ.

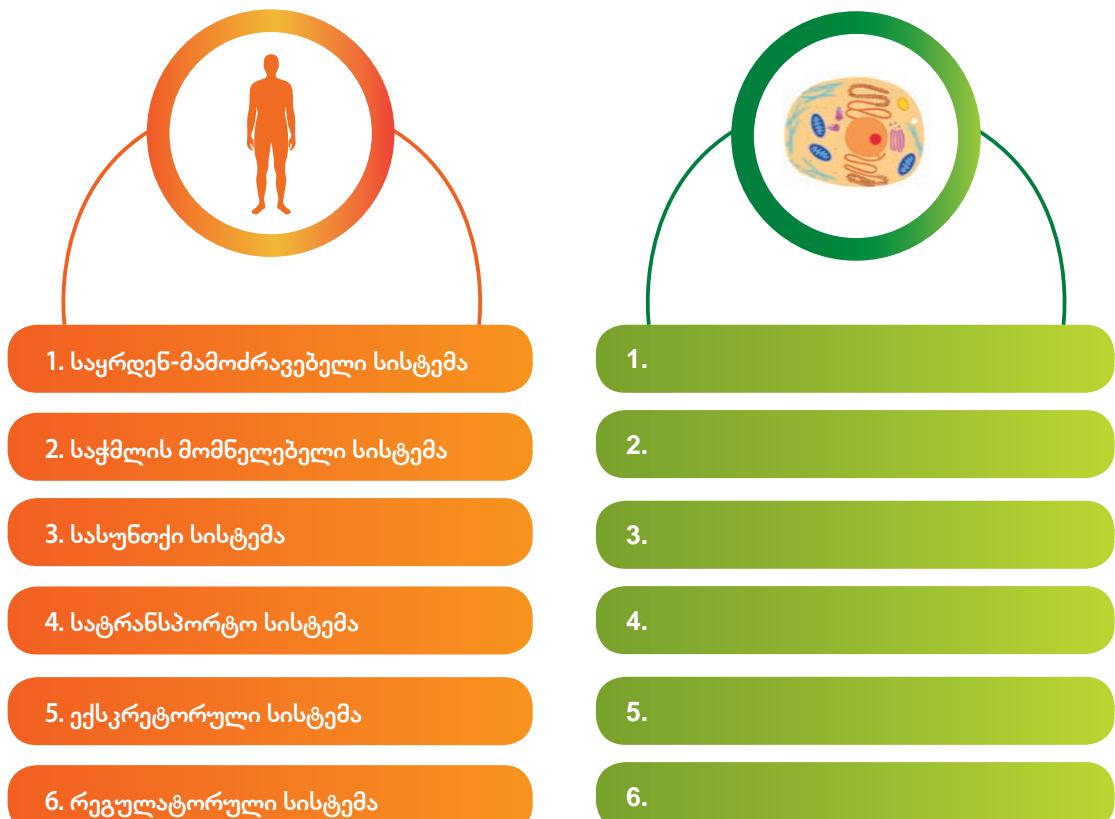


**5.** ამოირჩიე ორგანოიდები და ააშენე მცენარის, ცხოველის, სოკოსა და ბაქტერიის უჯრედები. ჩანს უჯრედებში შესაბამისი ციფრები.

1. უჯრედის კედელი;
2. მემბრანა;
3. ენდოპლაზმური ბადე;
4. ცენტრალური ვაკუოლი;
5. მიტოქონდრია;
6. ქლოროპლასტი;
7. გოლჯის კომპლექსი;
8. ცენტრიოლი;
9. ბირთვი;
10. რიბოსომა;
11. ლიზოსომა;
12. პერისიოსომა;
13. ციტოჩონჩისი.

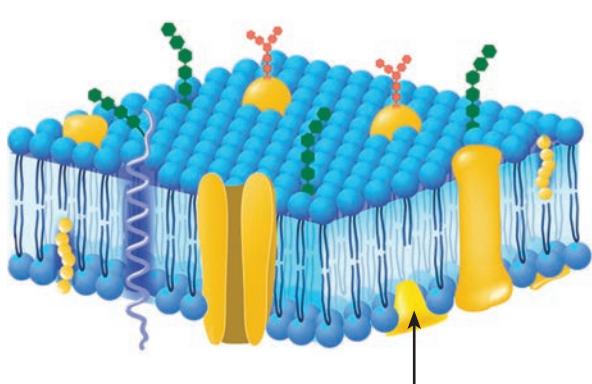


**6.** მოძებნე ფუნქციური ანალოგიები ადამიანის ორგანოთა სისტემებსა და უჯრედის ორგანოიდებს შორის. შეავსე ცხრილი.

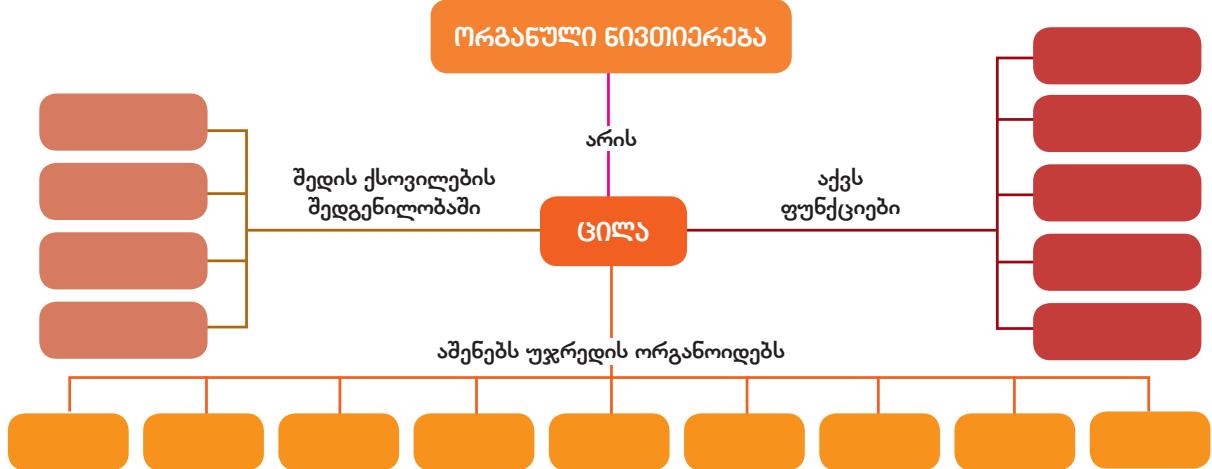


**7.** ისრით მონიშნული ცილა შეიძლება იყოს:

- ა. რეცეპტორი,
- ბ. ტრანსპორტერი
- გ. ფერმენტი
- დ. იონური არხი.



**8.** შეავსე ცარიელი უჯრები.



**9.** ახსენი, რატომ შეიძლება ადამიანს სისხლში ჭარბი ქოლესტერინი ჰქონდეს, მიუხედავად იმისა, რომ მის საკვებ რაციონში არ შედის ქოლესტერინით მდიდარი საკვები?

**10.** რატომ არ შეიძლება მცენარეების მარილიანი წყლით მორწყვა?

**11.** ბაყაყის თავეომბალას კუდი აქცს, ზრდასრულ ბაყაყს – არა. როგორ ქრება კუდი?

**12.** ეთილის სპირტი ერთ-ერთი უძლიერესი ტოქსიკანტია.

- დაასახელე ადამიანის ორგანოები, რომელთა ფუნქციების მოშლას იწვევს ეს დეპრესანტი;
- რატომ გრძნობენ ადამიანები ალკოჰოლის ზემოქმედებას სწრაფად? რა გზით აღწევს ის უჯრედებში?
- უჯრედის რომელი ორგანოიდები არიან ჩართულნი ამ შხამის დეტოქსიკაციის პროცესებში?

**13.** როდესაც ორგანიზმი მედიკამენტებით იტვირთება, ღვიძლი დეტოქსიკაციური ფერმენტების სინთეზს აძლიერებს და ენდოპლაზმური ბადე რამდენიმე დღეში ირმაგდება. მედიკამენტების მიღების შეჩერების შემდეგ კი ისევ ნორმას უბრუნდება. ახსენი, როგორ პატარავდება ენდოპლაზმური ბადე?

**14.** ახსენი, როგორ აისახება სხვადასხვა ორგანოიდის მემბრანაში განსხვავებული ცილების შემცველობა ამ ორგანოიდის ფუნქციებზე.

**15.** უპასუხე კითხვებს, ჩაწერე ტერმინები, ამოიცანი დაშიფრული სიტყვა და განმარტე მისი შინაარსი:

- უჯრების ორგანოდი, რომლის შემცველობა უჯრებსა და ქსოვილებში მათ მრავალფეროვნებას აყალიბებს
- სტრუქტურული ცილა, რომელიც მემბრანის სატრანსპორტო ფუნქციას უზრუნველყოფს
- ორგანოდი, რომლის ფუნქციების მოშლა მიელინის გარსის დესტრუქციისა და ნერვული სისტემის დავადებების მიზეზი ხდება
- ფერმენტი, რომელსაც პეროქსისომა ტოქსიკური ნივთიერებების გასაუვნებლებად იყენებს
- უჯრების სასიცოცხლო პროცესი – აქტიური მებრანული ტრანსპორტის ერთ-ერთი ფორმა

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	

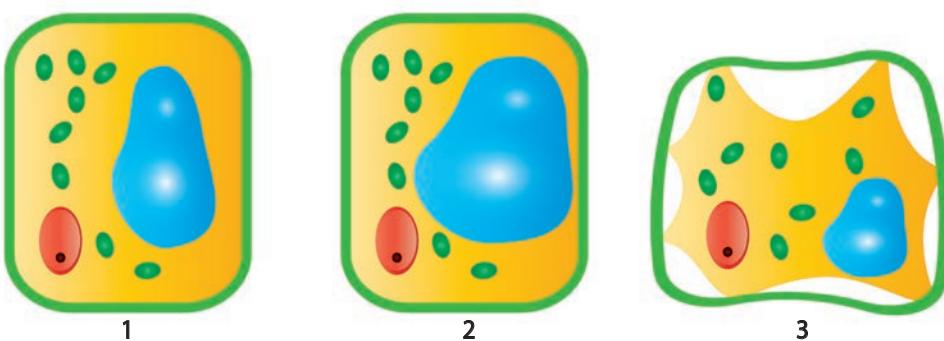
35	36	37	38	39	40	41	42			

43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	

10	13	34	44	16	39	50	35	42	51	42

#### დაშიფრული სიტყვა

**16.** მცენარის უჯრედი პირველ სიტუაციაში იზოტონურ ხსნარშია მოთავსებული. როგორ ხსნარშია ის მეორე და მესამე სიტუაციაში?



**17.** ზოგიერთი ბაქტერიის ამოსაცნობად მიკრობიოლოგები ე.წ. „კატალაზის ტესტს“ იყენებენ. ტესტი ერთი შეხედვით ძალიან მარტივია.

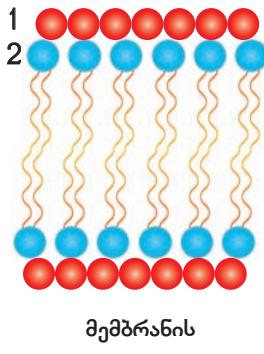
სასაგნე მინაზე წყალბადის ზეჟანგის რამდენიმე წვეთში ამოსაცნობი ბაქტერიები შეაქვთ და შედეგს აკვირდებიან. ზოგი ბაქტერია, მაგალითად, ნაწლავის ჩხირი, სალმონელა, სტაფილოკოკები „კატალაზა დადებითები“ არიან, სტრეპტოკოკები კი – კატალაზა უარყოფითები. შენი აზრით, როგორ ავლენენ თავს კატალაზა დადებითი ბაქტერიები? რას აკვირდებიან მიკრობიოლოგები?

**18.** არცთუ ისე დიდი ხნის წინ მეცნიერებს მემბრანა სენდვიჩის მსგავს სტრუქტურად წარმოედგინათ, სადაც ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრე გამომრყვედეული იყო ცილების ზედა და ქვედა შრეებს შორის. დღეს მემბრანოლოგიაში დამკვიდრებულია აზრი, რომ ბიოლოგიური მებრანა თხევად მოზაიკას ჰგავს, რომლის თხევად ნაწილს ფოსფოლიპიდები ქმნის, ხოლო მოზაიკის მყარნანილს კი – მასში სხვადასხვა პოზიციაზე განლაგებული ცილები.

წარმოიდგინე, რომ გამოდიხარ სამცნიერო კონფერენციაზე, რომელზეც მემბრანის სტრუქტურაზე მსჯელობენ და გაგაჩნია მყარი არგუმენტები მემბრანის თხევად-მოზაიკური სტრუქტურის სასარგებლოდ.

შენი პოზიციის გასამყარებლად გადაწყვიტე შენ მიერვე შექმნილი მოდელის დემონსტრირება, რომელიც წათლად წარმოაჩენს:

- როგორ არის შესაძლებელი ასეთი ორგანიზაციის მემბრანით მისი მრავალფეროვანი ფუნქციების ახსნა;
- მემბრანის რომელი ფუნქციის განხორციელებას უზრუნველყოფს მისი თითოეული კონკრეტული კომპონენტი;
- მემბრანის რომელ ფუნქციებს ვერ ხსნის სენდვიჩ-მოდელი;
- როგორ აისახება ცვლილებები მემბრანის სტრუქტურაში ადამიანის ჯანმრთელობაზე.



მემბრანის  
სენდვიჩ-მოდელი

#### მოდელის დემონსტრირებისას:

- დაასახელე ორგანული ნივთერებები, რომლებიც მონაწილეობს მემბრანის შენებაში;
- განმარტე, რომელი ორგანული ნივთიერებები ქმნის მემბრანის ძირითად ნაწილს;
- იმსჯელე, რატომ არის განლაგებული ფოსფოლიპიდები მემბრანაში ორ შრედ;
- განმარტე, რომელ ნივთიერებებს ატარებს ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრე დაუბრკოლებლად;
- იმსჯელე, რომელი ნივთიერებები ზღუდავენ მემბრანის ზედმეტად გათხევადებას ან გამყარებას ტემპერატურის გავლენით;
- აღწერე, როგორ პოზიციებს იკავებენ მემბრანაში ცილები;
- ჩამოაყალიბე, რა დანიშნულება აქვთ ცილა-ტრანსპორტერებს;
- შეადარე ტრანსპორტერების განლაგება და ფუნქციის ზედაპირული ცილების ფუნქციებს;
- შეაჯამე გლიკოპროტეინებისა და გლოკოლიპიდების როლი მემბრანაში.

შეაფას შენ მიერ შექმნილი მოდელის ძლიერი და სუსტი მხარეები.

მემბრანის რომელი ფუნქციის წარმოჩენა ვერ შეძელი სრულყოფილად ამ მოდელით?

**19.** ყველა ეუკარიოტულ უჯრედს აგებულების საერთო გეგმა აქვს, თუმცა სხვადასხვა ორგანიზმის უჯრედები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან როგორც ქიმიური შედგენილობით, ასევე მორფოლოგიურადაც.

წარმოიდგინე, რომ ხარ ექსპერტ-კრიმინალისტი და მუშაობ ლაბორატორიაში, რომელიც ფლობს ბიოლოგური მასალის ქიმიური და ციტოლოგიური კვლევის ყველა თანამედროვე რესურსს.

ლაბორატორიაში საკვლევად შემოსულია ბიოლოგიური მასალა, რომელიც ამოლებულია სავარაუდო დამნაშავის ტანსაცმლიდან. შენ უნდა გაარკვიო, შეიცავს თუ არა ის უჯრედებს, „ვის ეკუთვნოდა“ ეს უჯრედები - მცენარეს, ცხოველს, თუ სოკოს და კვლევის შედეგი დასკვნის სახით წარმოადგინო.



შენი დასკვნა მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს გამოძიების პროცესში.  
დასკვნაში ნათლად წარმოაჩინე:

- რა განასხვავებს სოკოს, მცენარისა და ცხოველის უჯრედებს მორფოლოგიურად?
- რომელი გამადიდებელი ხელსაწყო „გამოიყენე“ უჯრედების აღმოსაჩენად და მათზე და-საკირვებლად;
- რა ძირითადი განსხვავებაა სოკოს, მცენარისა და ცხოველის უჯრედების ქიმიურ შედგე-ნილობაში?

**დასკვნის მომზადებისას გაითვალისწინე:**

- გამოკვეთე გამადიდებელი ხელსაწყოს სუსტი და ძლიერი მხარეები მოცემული კონკრე-ტული შემთხვევისთვის;
- რომელ უჯრედს აქვს უჯრედის კედელი;
- რომელი უჯრედები ემსგავსებიან ერთმანეთს ცენტრალური ვაკუოლის შემცველობით;
- რომელი ორგანოდის არსებობა მიუთითებს აშკარად იმაზე, რომ ეს უჯრედი მცენარეს ეკუთვნის?
- რომელი ნახშირნყალი აშენებს მცენარეული უჯრედის კედელს;
- რომელი ნახშირნყალი მონაწილეობს სოკოს უჯრედის კედლის შენებაში;
- რომელი სამარაგო ნახშირნყლით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან სოკოსა და მცენარის უჯრედები.

**20.** წარმოიდგინე, რომ ხარ სარეკლამო აგენტი და რეკლამირება უნდა გაუწიო კანის მოვლის ერთ-ერთ სა-შუალებას, რომელიც შეიცავს:

- ◆ კოლაგენს;
- ◆ ჰიალურონის მჟავას;
- ◆ სპილენდს;
- ◆ სილიციუმს.



შექმენი რეკლამა, რომლის აუდიტორიასთან წარდგენისას ნათლად წარმოაჩენ:

- კანის რომელ თვისებას განსაზღვრავს კოლაგენი
- რატომ მიიჩნევენ ჰიალურონის მჟავას კანის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს კომპონენტად
- რა როლი მიუძღვის მიკროელემენტებს კანის სტრუქტურის შენარჩუნებაში
- რა თვისებებს შეიძენს კანი ამ კრემის გამოყენების შემდეგ
- რა ასაკის ადამიანებისთვის არის ის განსაკუთრებით რეკომენდებული?

**რეკლამაზე მუშაობისას გაითვალისწინე:**

- ნივთიერებათა რომელ კლასს მიეკუთვნება ჰიალურონის მჟავა;
- რა გზით ახდენენ გავლენას მიკროელემენტები უჯრედის მეტაბოლიზმზე;
- როგორ იცვლება კოლაგენის მეტაბოლიზმი ასაკოვან ადამიანებში.

# პროექტი

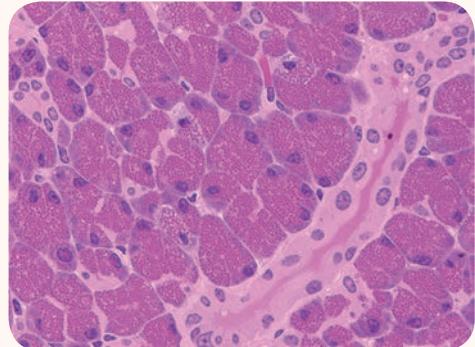
## ცილების მოგზაურობა

1974 წელს ნობელის პრემია ფიზიოლოგიისა და მედიცინის დარგში ჯ. პალაძს, ა. კლოდს და კ. დე დიუვის მიერთა უჯრედის სტრუქტურული და ფუნქციური ორგანიზაციის შესწავლისთვის. მეცნიერებს აინტერესებდათ, რა გზას გადოდნენ ცილები მათი სინთეზის ადგილიდან პლაზმურ მემბრანამდე, ვიდრე ისინი უჯრედის გარეთ აღმოჩნდებოდნენ. ცდები ტარდებოდა პანკრეასის ქსოვილურ კულტურაზე. საკვებ არეს რადიაქტიული ელემენტების შემცველ ამინო-მჟავებს უმატებდნენ და გარკვეული ხნის შემდეგ ელექტრონულ მიკროსკოპში აკვირდებოდნენ მონიშნული ცილების გადაადგილებას უჯრედში. ისინი მიკროსკოპში შავი წერტილებივით გამოიყურებოდნენ.

ჯგუფის წევრებთან ერთად დაამზადე პოსტერი, რომელიც ასახავს ცილების მოგზაურობას უჯრედში.

**დავალების პრეზენტაციის დროს ნათლად წარმოაჩინე:**

- როგორ შეესაბამება უჯრედისა და მისი სტრუქტურების აგებულება მათ ფუნქციებს, კერძოდ, ცილების სინთეზისა და მათი ტრანსპორტირების პროცესს;
- როგორ უკავშირდება უჯრედის სტრუქტურების სასიცოცხლო თვისებები ერთმანეთს;
- არსებობს თუ არა რამე პრინციპული სხვაობა სოკოს, მცენარისა და ცხოველის უჯრედებს შორის ცილის სინთეზისა და მისი უჯრედში მოგზაურობის თვალსაზრისით.



პანკრეასის ქსოვილური კულტურა

### პროექტის მიმდინარეობის ეტაპები:

**აქტივობა 1:** პროექტის წარდგენის პარალელურად მასწავლებლის მითითებით ჯგუფის წევრებთან ერთად გაინანილე ფუნქციები;

**აქტივობა 2:** ჯგუფის წევრებთან ერთად მოიძიე ინფორმაცია იზოტოპების ბიოლოგიასა და მედიკინაში გამოყენების შესახებ;

**აქტივობა 3:** პოსტერში დეტალურად დააფიქსირეთ „შავი წერტილების“ მოგზაურობის მარშრუტი.

პოსტერი უნდა პასუხობდეს შეკითხვებს:

- რას უნდებენ ქსოვილურ კულტურას?
- რატომ აირჩიეს მეცნიერებმა ცდის ობიექტად პანკრეასი?
- უჯრედის რომელი სტრუქტურა მონაწილეობდა ცილებით დატვირთული ვეზიკულების გადაადგილებაში?
- რას უნდებენ ცილებისა და სხვა მაკრომოლეულების გამოთავისუფლების პროცესს უჯრედიდან?
- რა სახის ტრანსპორტს მიეკუთვნება ის?
- უჯრედის რომელი სტრუქტურა უზრუნველყოფს ამ პროცესს ენერგიით.

**აქტივობა 4:** ჯგუფების მიერ შექმნილი პოსტერები განათავსეთ კედლებზე. სასურველია პრეზენტაციაში მონაწილეობა მიიღოს ყველა მოსწავლემ.

**აქტივობა 5:** პროექტის შეჯამება. ამ ეტაპზე უპასუხე მნიშვნელოვან შეკითხვებს, რომლებიც სამომავლოდ ახალი პროექტის დაგეგმვასა და შესრულებაში დაგეხმარება:

- რა ცოდნა და გამოცდილება მიიღე დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
- რა სირთულეებს წააწყდი პროექტზე მუშაობისას?
- რამდენად კომფორტული იყო ჯგუფის წევრებთან ერთად მუშაობა?
- რაში დაგეხმარათ ჯგუფში ფუნქციების გადანაწილება?
- რას შეცვლიდი, ახლიდან რომ იწყებდე პროექტზე მუშაობას?
- რას ურჩევდი შენს თანატოლებს პროექტზე მუშაობის პროცესის საინტერესოდ წარმართვის მიზნით?

#### პროექტის აქტივობების დროში განაწილების სქემა

	შეკვეთ 1	შეკვეთ 2	შეკვეთ 3	შეკვეთ 4	შეკვეთ 5	შეკვეთ 6
აქტივობა 1						
აქტივობა 2						
აქტივობა 3						
აქტივობა 4						
აქტივობა 5						

<https://bit.ly/3MRHzdl> – პოსტერის შექმნის ინსტრუქცია Canva.com -ზე.

<https://bit.ly/3JhxS68> – პოსტერის შექმნის ინსტრუქცია – easel.ly -ზე.



# 3

## უჯრედული მეტაპოლიზმი

3.1. უჯრედული სუნთქვა

3.2. ფოტოსინთეზი

3.3. მცენარის სუნთქვა და

ფოტოსინთეზი

3.4. ფიზ-ის გაორმაგება –  
რეალიკაცია

3.5. ჰიბრიდია „ერთი განი –  
ერთი ცილა“

3.6. განეტიკური კოდი.

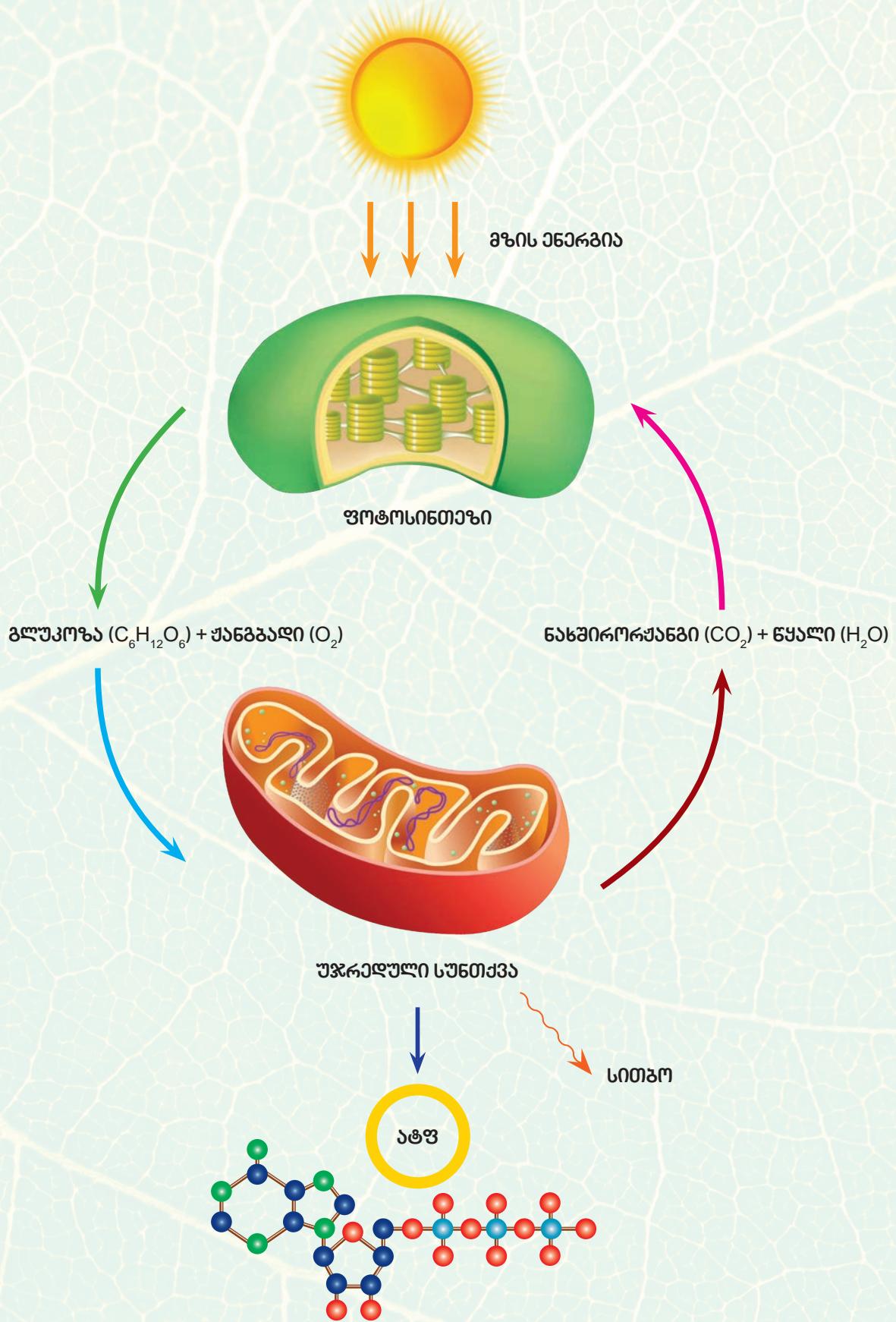
ტრანსპორტი. ტრანსლაცია

წარმოიდგენდი, რომ უჯრედი ენერგიის ერთგვარი გარდამქმნელია, რომელსაც ერთი სახის ენერგია სხვა სახის ენერგიაში გადაჰყავს?

ენერგიის პირველწყარო ყველა ცოცხალისთვის, ორგანული ნივთიერებების მოლეკულებში ქიმიური ბმების სახით აკუმულირებული მზის ენერგიაა.

ამ ორგანული ნივთიერებების დაშლისას გამოთავისუფლებული ენერგიის ნაწილს, ჰეტეროტროფებიცა და ავტოტროფებიც, უჯრედული სუნთქვის პროცესში მაკროერგული ნაერთის-ატფ-ის სინთეზს ახმარენ. უჯრედული სუნთქვის საბოლოო პროდუქტები კი კვლავ ფოტოსინთეზში გამოიყენება, ორგანული ნივთიერებების დასამზადებლად.

მეტაბოლიზმი – ერთ-ერთი უმთავრესი სასიცოცხლო თვისება – უჯრედში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების ერთობლიობაა, რომელიც საფუძვლად უდევს გარემოდან ნივთიერებებისა და ენერგიის მიღებას და მათ გარდაქმნას ორგანიზმში.



მეტაბოლიზმი მაღალკონდინირებული პროცესია, რომელშიც სინთეზისა და დაშლის რეაქციები შეთანხმებულად მიმდინარეობს. ატჲ ამ პროცესების მთავარი დამაკავშირებელი რგოლია.



ქლოროპლასტი ელექტრონულ მიკროსკოპში

ორგანული ნივთიერებებითა და ენერგიით ორგანიზმების დიდ უმრავლესობას დედამიწაზე, ადამიანების ჩათვლით, პირდაპირი თუ გადატანითი მნიშვნელობით, ქლოროფილი ამარავებს. ეს პროცესი გრძელდება უსასრულოდ, ვიდრე ანათებს მზე და არსებობს ქლოროპლასტი – ორგანოიდი, რომელიც ქლოროფილს შეიცავს.

# 3.1 უჯრედული სუნთქვა

## შენ შეძლებ:

- განმარტო მეტაბოლიზმის – უჯრედის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სასიცოცხლო თვისების არსი და დაკავშირო ის ორ სხვა უმნიშვნელოვანეს სასიცოცხლო პროცესთან – კვებასა და სუნთქვასთან;
- ჩამოაყალიბო, რა განსხვავებაა პლასტიკურ და ენერგეტიკულ ცვლებს შორის;
- აღწერო ატფ-ის აგებულება და განმარტო მაკროერგული ბმის არსი;
- სქემატურად წარმოადგინო უჯრედული სუნთქვის ეტაპები და მათი ენერგეტიკული გამოსავალი;
- შეავარო მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე მიმდინარე პროცესები და შეაფასო მათი მნიშვნელობა უჯრედის ენერგიით მომარაგებაში;
- იმსჯელო უჯრედული სუნთქვის მრავალფეროვნებაზე აერობულ და ანაერობულ ორგანიზმებში, შეადარო ერთმანეთს სპირტული და რძემჟავა დუღილი;
- იმსჯელო, როგორ ვლინდება უჯრედული სუნთქვის მსვლელობის დარღვევა ადამიანის ორგანიზმში;
- შეაფასო თამბაქოს კვამლისა და ალკოჰოლის გავლენა უჯრედული სუნთქვის პროცესზე.

### იმეტყველე, როგორც მეცნიერმა

- მეტაბოლიზმი
- პლასტიკური ცვლა
- ენერგეტიკული ცვლა
- მაკროერგული ბმა
- გლიკოლიზი
- ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვი
- ობლიგატური ანაერობი
- ფაკულტატური ანაერობი
- სპირტული დუღილი
- რძემჟავა დუღილი

### მეტაბოლიზმი

შენ უკვე იცი, რომელ ნივთიერებებს შეიცავს უჯრედი; გაქვს წარმოდგენა, რომელი ნივთიერებები აშენებენ ორგანოდებს და როგორ განაპირობებენ ისინი ამ ორგანოდების ფუნქციებს. მაგრამ საინტერესოა, საიდან აღმოჩნდა ან როგორ წარმოიქმნა ეს ნივთიერებები უჯრედში?

უჯრედი ჩაკეტილი და იზოლირებული სტრუქტურა არ არის. ის გარემოსთან მუდმივად ანარმობს ნივთიერებათა და ენერგიის მიმოცვლას. ეს პროცესი გრძელდება მანამ, ვიდრე უჯრედი ცოცხალია. უჯრედში ყოველ წამს ათასობით სხვადასხვა რეაქცია მიმდინარეობს, რომელთა გარეშე სიცოცხლე წარმოუდგენელი იქნებოდა. ამ რეაქციების ერთობლიობას ნივთიერებათა ცვლა, ანუ მეტაბოლიზმი ჰქვია. მეტაბოლიზმი უჯრედის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი სასიცოცხლო თვისებაა. მას პირობითად, პლასტიკურ და ენერგეტიკულ ცვლად ყოფენ.

პლასტიკური ცვლის რეაქციებში აერთიანებენ ყველა იმ ტიპის რეაქციას, რომლის დროსაც მარტივი ნივთიერებებიდან რთული ნივთიერებები სინთეზირდება. სიტყვა პლასტიკა ბერძნულად სკულპტურას, გამოძრნილს აღნიშნავს. ამ ტერმინით მეცნიერებს იმის ხაზგასმა სურდათ, რომ სინთეზის გზით წარმოქმნილი რთული ორგანული ნივთიერებები ძერნავენ, აშენებენ საკუთარ ორგანოდებს, უჯრედებს და მთელ სხეულს. მაგრამ ამ რთული და შრომატევადი სამუშაოს შესასრულებლად უჯრედს ენერგია სჭირდება. „ვინ“ ამარგებს უჯრედს ენერგიით?

მზა ენერგიის უწყვეტი ნაკადით მხოლოდ ქლოროფილის შემცველი ორგანიზმებია „განებივრებული“. მხოლოდ მათ შეუძლიათ, მზის ენერგია გამოიყენონ მარტივი არაორგანული ნივთიერებებიდან ორგანული ნივთიერებების დასამზადებლად, ანუ მხოლოდ მათ შეუძლიათ, სხვა ორგანიზმებისგან დამოუკიდებლად, თვითონ დაიმზადონ ორგანული ნივთიერებები და აიშენონ სხეული „მზა“ ენერგიის ხარჯზე. ამიტომაც უწოდეს მათ ავტოფროფები.

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

დაშლის რეაქციების ერთობლიობას, რომელიც უჯრედს ენერგიით ამარავებს, ენერგეტიკული ცვლა ეწოდება.

## უჯრედული სუნთქვა

ენერგეტიკული ცვლის ყველაზე შთამბეჭდავი მაგალითი უჯრედული სუნთქვაა. ძალიან მარტივად და სქემატურად ეს პროცესი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



ამრიგად, უჯრედული სუნთქვა აერობული პროცესია, რომლის დროსაც გლუკოზია იუანგება – იწვება. დაუანგვის პროდუქტებია  $\text{CO}_2$  და  $\text{H}_2\text{O}$ , მაგრამ ამ რეაქციის წარმართვისას უჯრედი არა წვის პროდუქტებით, არამედ ენერგიით არის „დაინტერესებული“.

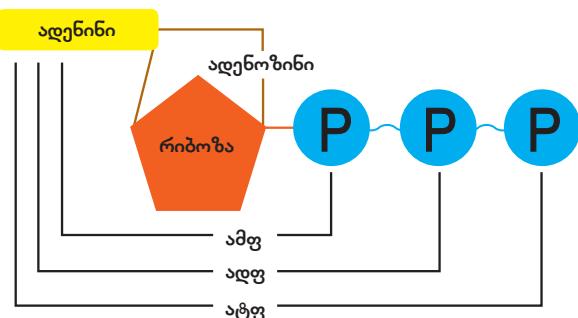
დაახლოებით იგივე სქემა გამოგადგება იმ პროცესის აღსანერად, რაც ბუსარში შეშის ან უბრალოდ ქაღალდის წვისას ხდება. მაგრამ დიდი განსხვავება ამ ორ პროცესს შორის, წვისას გამოყოფილ ენერგიაშია.

**1** რა სახის ენერგიად გარდაიქმნება ცელულოზაში არსებული ქიმიური ბმების ენერგია წვისას?

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

ცოცხალ უჯრედებში ეს პროცესი სხვაგვარად მიმდინარეობს. წვისას გამოყოფილ ენერგიას ისინი უმნიშვნელოვანესი ქიმიური ნაერთის – ატფ-ის წარმოქმნას ახმარენ და მასში ინახავენ, ხოლო სითბოდ ენერგიის მხოლოდ ნაწილი გარდაიქმნება.

დააკვირდი ატფ-ის სტრუქტურას. ის ადენინი 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 მათი მეზობელი კოვალენტური ბმები.



**2** რატომ დაარქვეს ამ მოლეკულას ადენოზინტრიფოსფატი? რამდენ ფოსფატის ჯგუფს შეიცავს ის? რამდენია მათ შორის მაკროერგული ბმებით დაკავშირებული?

**3** გაითვალისწინე ეს პრინციპი და გაშიფრე აბრევიატურა „ადფ“ და „ამფ“.

ასეთი დიდი პოტენციური ენერგიის შემცველი მოლეკულა ძალიან არასტაბილურია. ატფ-ს ადვილად სწყდება ბოლო – კიდურა ფოსფატის ჯგუფი და უჯრედში ენერგია თავისუფლდება. ეს ენერგია ამოძრავებს მოტორულ ცილებს, ამუშავებს ატფ-აზებს, რომლებიც იონებს გრადიენტის საწინააღმდეგო მიმართულებით ტვირთავენ. ატფ-ის ენერგია იხარჯება ატომებს შორის ქიმიური ბმების წარმოქმნაზე რთული ნივთიერებების სინთეზის დროს.

მიუვარუნდეთ ისევ უჯრედული სუნთქვის ამსახველ სქემას და დავაზუსტოთ ის:

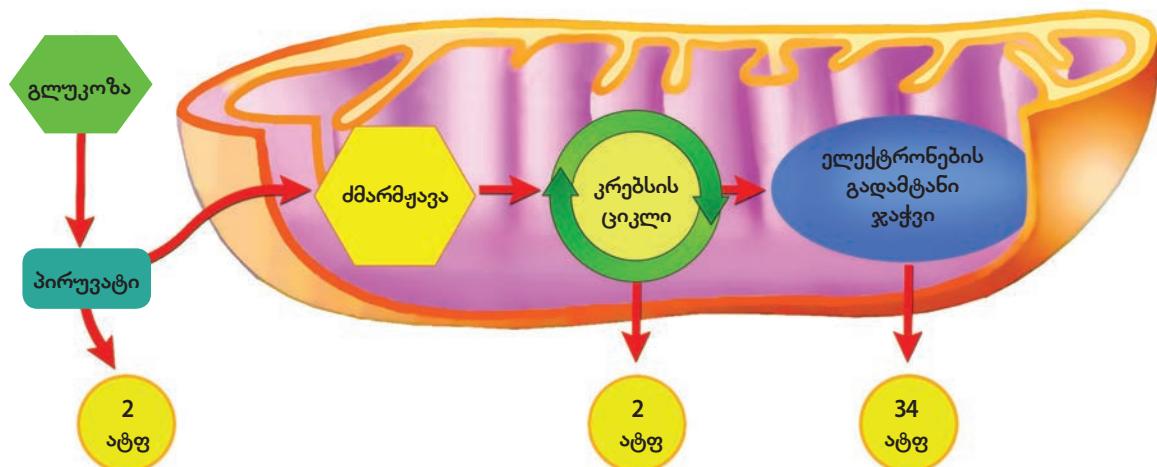


როგორც ხედავ, ერთი მოლეკულა გლუკოზის წილის 38 მოლეკულა ატფ წარმოქმნება. როგორ შეიძლება ერთმა მოლეკულა გლუკოზამ, რომელიც საერთოდ არ შეიცავს მაკროერგულ ბმას, წარმოქმნას 38 მოლეკულა ორი მაკროერგული ბმის შემცველი ნაერთი? როგორ ხდება ეს „სასწაული“?

უჯრედული სუნთქვა ურთულესი პროცესია, რომელშიც სხვადასხვა უჯრედული სტრუქტურა და მრავალი ფერმენტია ჩართული. მას სამ ძირითად სტადიად ყოფენ. ეს სტადიებია:

- გლიკოლიზი,
- კრებსის ციკლი
- ელექტრონების ტრანსპორტი.

ჰანს კრებსი იყო მეცნიერი, რომელიც უჯრედულ სუნთქვას სწავლობდა.



უჯრედული სუნთქვა

**გლიკოლიზი** უჯრედული სუნთქვის პირველი ეტაპია. ის უჯანგბადოდ მიმდინარეობს. ამ დროს გლუკოზის ექვსნახშირბადიანი მოლეკულა თითქოს ორ სამნახშირბადიან ნაერთად – პიროყურძნის მუქად, ანუ პირუვატად იხლიჩება. შეიძლება იფიქრო, რომ ამ პროცესისთვის ერთი ფერმენტიც სრულიად საკმარისია. მაგრამ სინამდვილეში გლიკოლიზის 10 ფერმენტი აწარმოებს. ისინი ციტოზოლში არიან განლაგებული. ამ ქიმიური რეაქციების შედეგად მხოლოდ ორი მოლეკულა ატფ წარმოქმნება.

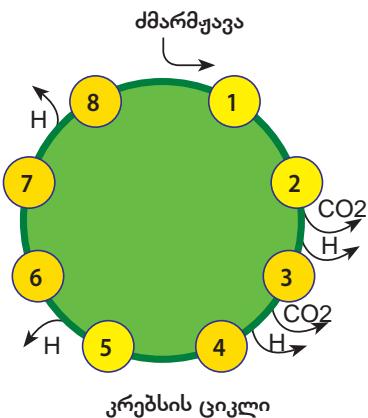
თუ უჯრედში საკმარისი უჯანგბადია, პიროყურძნის მუქადაცია ციტოზოლიდან მიტოქონდრიის მემბრანების გავლით მატრიქსში გადადის, სადაც მას ერთი ნახშირბადი ჩამოსცილდება და ორნახშირბადიან ქმარმუქად გარდაიქმნება.

ძმარმუავა **კრებსის ციკლში** ერთვება. ეს ნაერთი იქ რგა ფერმენტის ხელში აღმოჩნდება, რომლებიც რიგრიგობით, თან-დათან შლის მას ნახშირორუანგად და წყალბადებად. ამ პრო-ცესს ძველებურ ხელის ქვის წისქვილში ხორბლის დაფქვას ადარებენ. ხორბალი ძმარმუავას მოლეკულებია, ფქვილი – ნახ-შირორუანგი და წყალბადის ატომები, რვა ფერმენტი წისქვილის ქვებია, რომლებიც ძმარმუავას ფქვავს, ხოლო ქვების ხერელი ის ადგილია, სადაც ძმარმუავა კრებსის ციკლში ერთვება.

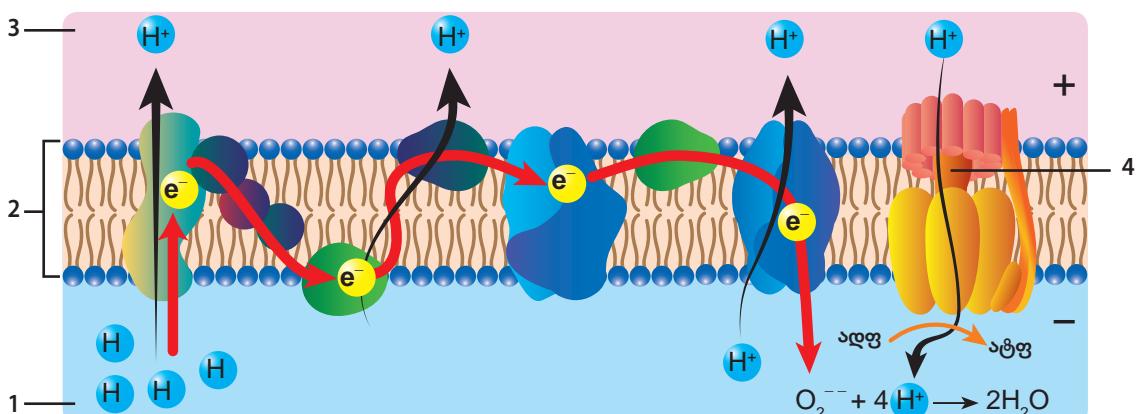
კრებსის ციკლში წარმოქმნილი ნახშირორუანგი თავს აღწევს მიტოქონდრიის ორ მემბრანას, ციტოზოლს, პლაზმურ მემბრა-ნას და უჯრებიდან გარეთ გამოდის.

სუნთქვის პროცესი ახლა მიტოქონდრიის შიგნითა მემ-ბრანაზე გრძელდება. ამ მემბრანაზე ერთმანეთის მიმდევრობით ჩაშენებულია ცილები, რომლებსაც **ელექტრონების გადამტან ჯაჭვა** უნდოებენ. ჯაჭვის თავში მდგომი მოლეკულა აცილებს კრებსის ციკლში წარმოქმნილ წყალბადს ელექტრონს და ად-ვილად უთმობს მას მეზობელ მოლეკულას. ის, თავის მხრივ, ელექტრონს ჯაჭვის შემდეგ წევრს გადასცემს. ასე „ხელიდან ხელში“ გადადის ელექტრონი, ვიდრე ჯაჭვის ბოლოში არ გავა და უანგბადის მოლეკულამდე არ მიაღწევს. უანგბადს ყველაზე მეტი სწრაფვა აქვს ელექტრონისადმი. ის მიიტაცებს ელექტრონებს და უარყოფითად იმუხტება.

ბუნებრივად იბადება კითხვა: თუ უანგბადი ასე „დაინტერესებული“ იყო ელექტრონით, რატომ პირდაპირ არ მიიერთა ის, რა აზრი ჰქონდა ასეთი გრძელი ჯაჭვის გავლას?



ხელის წისქვილი



ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვი და ატფ-ის სინთეზი

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

საქმე ისაა, რომ ელექტრონს საკმაოდ მაღალი პოტენციური ენერგია აქვს. უანგბადთან მისი პირდაპირ მიერთების შემთხვევაში, ის უცბად გამოთავისუფლდებოდა და ენერგია სითბოს სა-ხით გაიფანტებოდა. ჯაჭვში მოძრაობის დროს კი ეს ენერგია პატარა ულუფებად თავისუფლდება და ის დადებითად დამუხტული წყალბადის იონების მემბრანათაშორის სივრცეში გადატვირთვას ხმარდება.

ასე რომ, მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე ერთდღრულად ორი პროცესი მიმდინარეობს: უარყოფითი მუხტის დაგროვება მემბრანის მატრიქსისკენ მიმართულ ზედაპირზე ( $O_2^{--}$ ) და დადებითი მუხტის დაგროვება მემბრანის გარეთა ზედაპირზე ( $H^+$ ).

როდესაც მემბრანათაშორის სივრცეში  $H^+$ -ის კონცენტრაცია გარკვეულ ზღვარს მიაღწევს, იხსნება არხი, რომელსაც მემბრანაში ჩაშენებული ცილა – აფთ-სინთაზა წარმოქმნის. წყალბადის იონები ამ არხის გავლით, დიდი სისწრაფით იწყებენ მოძრაობას მატრიქსისკენ. მათ ორი დიდი ძალა მიაქანებს – კონცენტრაციული და ელექტრული გრადიენტი.

#### 4 ახსენი, როგორ გესმის წყალბადების იონების მოძრაობა კონცენტრაციული და ელექტრული გრადიენტის გავლენით?

სწორედ ამ დროს ხდება „მთავარი სასწაული“. წყალბადების მოძრაობის ენერგია ადფი-ისა და ფოსფატის ერთმანეთზე „გადაკერებას“, ანუ მაკროერგული ქიმიური პროცესის წარმოქმნას ხმარდება. ამ ეტაპზე 34 მოლეკულა ატფ წარმოქმნება. პარალელურად, მატრიქსში წყალბადის იონები ჟანგბადის მოლეკულას უერთდებიან და წყალს წარმოქმნიან.

#### 5 მიტოქონდრის შიგნითა მემბრანაზე გათამაშებულ პროცესებს ზოგი მეცნიერი ჰიდროელექტროსადგურის კაშელის მუშაობას ადარებს. რა მსგავსებას ხედავ მათ შორის?

როგორც ხედავ, ენერგეტიკულად ყველაზე მდიდარი უჯრედული სუნთქვის ბოლო ეტაპია – ენერგიის გადასაცემა, როდესაც უჯრედული ერთვება.

საინტერესოა, როგორ მარაგდებიან ენერგიით უჟანგბადო გარემოში მცხოვრები ანაერობული ორგანიზმები?

ისინი უჯრედული სუნთქვის მხოლოდ პირველი ეტაპის – გლიკოლიზის დროს წარმოქმნილი ენერგიით კმაყოფილდებიან.

#### 6 დაასახელე შენთვის ცნობილი ანაერობული ორგანიზმები. შეადარე, რამდენად მეტი ენერგიის მფლობელები არიან აერობული ორგანიზმები, ანაერობულთან შედარებით.

არსებობენ ბაქტერიები, რომლებიც გლიკოლიზის დროს წარმოქმნილ პირობურძნის მუავას ანაერობული სუნთქვისას რძემჟავად გარდაქმნიან. ამ პროცესს **რძემჟავა დულილი** ეწოდება.



#### 7 დაასახელე პროდუქტები, რომელთა წარმოებაში რძემჟავა პაქტერიებს იყენებენ.

**სპირტულ დულილს** საფუარი სოკოს უჯრედები აწარმოებენ. ისინი პირობურძნის მუავას ორნახშირბადიან ეთილის სპირტად და ნახშირორჟანგად გარდაქმნიან.

#### 8 როგორ იყენებს ადამიანი საფუარი სოკოს ამ უნარს?

ზოგიერთი ანაერობული ორგანიზმი არა თუ ვერ იყენებს ჟანგბადს სუნთქვისთვის, არამედ მისთვის ის სრულიად მიუღებელია. ჟანგბადიან არქში ის ილუპება. ასეთ ორგანიზმებს **ოპლიგა-ტური**, ანუ მყაცრი ანაერობები ჰქვიათ. საფუარი სოკოები კი ფაკულტატური ანაერობები არიან. ფაკულტატურ ანაერობებს არსებობა შეუძლიათ როგორც აერობულ, ისე ანაერობულ გარემოში. ჟანგბადიან არქში საფუარის უჯრედებში გლუკოზა ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე იშლება.

კრებსის ციკლისა და სუნთქვითი ჯაჭვის მსვლელობის დარღვევის გამო, უჯერდში შესაძლოა წარმოიქმნას უანგბადის უარყოფითად დამუხტული მოლეკულა,  $O_2^-$  – ე.ნ. უანგბადის თავისუფალი რადიკალი, რომელიც გაუწყვილებელ ელექტრონს შეიცავს. უანგბადის ეს ფორმა ძალზე აგრესიულია და შეუძლია თითქმის ყველა ორგანული ნივთიერების დეგრადაცია უჯრედში.

უანგბადის თავისუფალი რადიკალის წარმოქმნას მრავალი მიზეზი შეიძლება ჰქონდეს. მაგალითად: ულტრაიისფერი გამოსხივება, თამბაქოს კვამლი, ალკოჰოლი, საკვების სხვადასხვა დანამატი, ვიტამინი D-ს მაღალი დოზები და ა.შ.

მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ ზოგიერთი ასაკობრივი ცვლილების, მაგალითად, წაოჭების გაჩენის, მენტალური პრობლემების მიზეზი შესაძლოა უანგბადის აქტიური ფორმები იყოს.

კვლევებით დადასტურებულია, რომ აპოპტოზის პროცესის დაწყებისა და შემდგომი მსვლელობის შესახებ სიგნალს უჯრედი მიტოქონდროიდან იღებს. შეცდომით გაცემული სიგნალის შედეგი სხვადასხვა დაავადების სახით შეიძლება გამოვლინდეს.

### რას ამბობს ტერმინი

- მეტაბოლიზმი – (ბერძნ. მეტაბოლე – შეცვლა);
- მაკროერგული – (ბერძნ. მაკროს – დიდი, ერგონ – მუშაობა);
- ობლიგატური – (ბერძნ. ობლიგატუს – აუცილებელი, სავალდებულო);
- ფაკულტატური – (ლათ. ფაკულტატის – შესაძლებლობა).



მეტაბოლიზმი, ანუ ნივთიერებათა ცვლა – უჯრედის ერთ-ერთი სასიცოცხლო თვისება – უჯრედში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების ერთობლიობაა. მას ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლებად ყოფენ.

პლასტიკური ცვლის რეაქციებისას უჯრედში რთული ნივთიერებები სინთეზირდება, რომლებითაც უჯრედის ორგანოები შენდება. ენერგეტიკული ცვლა გულისხმობს რთული ნივთიერებების დაშლას. ამ დროს გამოთავისუფლებულ ენერგიას უჯრედი სხვადასხვა სამუშაოს შესასრულებლად იყენებს.

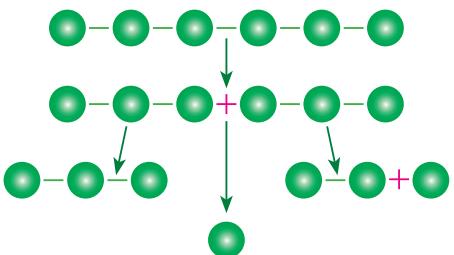
უჯრედული სუნთქვა უჯრედის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი სასიცოცხლო თვისებაა. ის უჯრედს სასიცოცხლო აუცილებელი ენერგიით ამარავებს. აერობული სუნთქვა სამი სტადიისგან შედგება. ენერგეტიკულად მომგებიანი – სუნთქვის მესამე სტადიაა, რომელიც მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე მიმდინარეობს. მიტოქონდრიის შიგნითა და გარეთა მემბრანის აგებულება, მათი ფუნქციებიდან გამომდინარე, მკვეთრად განსხვავდება ერთ-მანეთისგან.

უჯრედული სუნთქვის მსვლელობის დარღვევა სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორით, მათ შორის, თამბაქოს კვამლითა და ალკოჰოლით, დაავადებების სახით ვლინდება. ანაერობული ორგანიზმები ენერგიას სპირტული და ძმარმჟავა დუღილის გზით ღებულობენ.

მოზიდე საფუარიანი ცომი. რა მიგანიშნებს, რომ სოკო სუნთქავს?



**1** სქემა გამოხატავს გლუკოზის დაშლას უჯრედში. რგოლები ნახშირბადის ატომებს აღნიშნავს. მიუწერე ისრებსა და ნივთიერებებს შესაბამისი სახელები.



**2** ფოტოზე წარმოდგენილია სასკოლო ლაბორატორიაში საფუარი სოკოს სუნთქვაზე ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგი.

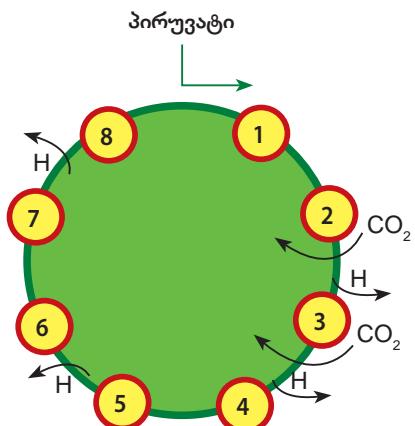
ოთხ სხვადასხვა სინჯარაში წყლის, საფუარი სოკო-სა და შაქრის ერთი და იგივე რაოდენობაა. ოთხივე სინჯარაზე რეზინის ბუშტია წამოცმული.

ა. როგორ ფიქრობ, რომელი პარამეტრით მსჯელონ-ბენ მოსწავლეები საფუარის სუნთქვაზე?

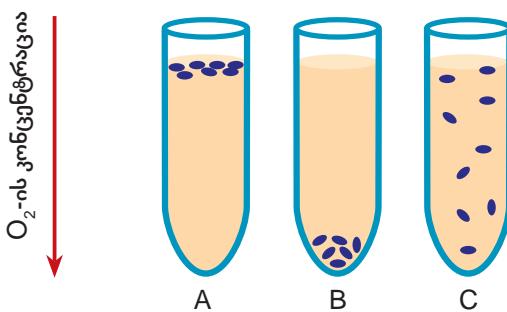
ბ. როგორ მიმდინარეობს სუნთქვა 1, 2, 3 და 4 სინჯარაში?



**3** იპოვე შეცდომები კრებსის ციკლის სქემაში.



**4** რომელ სინჯარაში იზრდება ობლიგატური ანაერობი ბაქტერია?





- 1** თუ გინდა, რომ ცომი კარგად და სწრაფად აფუვდეს, როგორ პირობებს შეუქმნი საფუარს?
- 2** რომელი ორგანიზმები იყენებენ საკვებში აკუმულირებულ ქიმიურ ენერგიას მაქსი-მალურად – აერობები თუ ანაერობები?
- 3** ჩამოთვალე შენთვის ცნობილი ფერმენტები, რომლებიც მუშაობის შესასრულებლად ატფ-ის ენერგიას საჭიროებენ.
- 4** გაიაზრე, უჯრედის რომელი სტრუქტურებია ჩართული უჯრედული სუნთქვის პრო-ცესის სხვადასხვა ეტაპზე. მოძებნე ლოგიკური წყვილები:

პლაზმური მემბრანა  
ციტოზოლი  
მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანა  
მატრიქსი

ელექტრონების გადატანა  
გლიკოლიზი  
კრეპსის ციკლი  
 $\text{CO}_2$ -ის ტრანსპორტი  
 $\text{O}_2$ -ის ტრანსპორტი

- 5** რატომ ვგრძნობთ თავს სუსტად უჟანგბადო არეში?
- 6** ზოგადად ბიოლოგიურ მემბრანებში ფოსფოლიპიდებისა და ცილების რაოდენობრივი შემცველობა საშუალოდ  $3:1$ -ია ფოსფოლიპიდების სასარგებლოდ. რომელი მემბრანა არ-ლვევს ამ კანონზომიერებას?
- 7** გლიკოლიზის შედეგად ორი მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება. რამდენი მოლეკულა ჟანგბადი იხარჯება ამ პროცესში?
- 8** უჯრედული სუნთქვის რომელი ეტაპია ენერგეტიკულად ყველაზე მომგებიანი?
- 9** შეარჩიე სწორი პასუხი:  
სუნთქვის რომელ ეტაპზე ერთვება ჟანგბადი ქიმიურ რეაქციებში:  
ა. გლიკოლიზის დროს;  
ბ. კრეპსის ციკლში;  
გ. ელექტრონების ტრანსპორტში.

**10** უანგბადი წარმოადგენს რა ელექტრონის საბოლოო აქცეპტორს, უერთდება ..... და წამოქმნის .....

- ა. ადფ-ს/ატფ-ს;
- ბ. პროტონს/წყალს;
- გ. გლუკოზას/პირუვატს;
- დ. ნახშირბადს/ნახშირორჟანგს.

**11** ცომის აფუებას იწვევს სპირტული დუღილის დროს წარმოქმნილი:

- ა. უანგბადი;
- ბ. სპირტი;
- გ. წყლის ორთქლი;
- დ. ნახშირორჟანგი.

**12** მიტოქონდრიის მემბრანის კრისტები:

- ა. ზრდის ზედაპირს ატფ-ის სინთეზისთვის;
- ბ. აჩქარებს გლიკოლიზის პროცესს;
- გ. აჩქარებს ნახშირორჟანგის გამოყოფას;
- დ. ხელს უშლის გლიკოლიზის პროცესს.

## 3.2 ფოტოსინთეზი

### შენ შეძლებ:

- მოიყვანო არგუმენტები დედამიწაზე ყველა ორგანიზმის არსებობისთვის ფოტოსინთეზის – ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი სასიცოცხლო პროცესის – გადამწყვეტი მნიშვნელობის სასარგებლოდ;
- დაასახელო ფოტოსინთეზის ეტაპები და ქლოროპლასტში მათი შესაბაისი სტრუქტურები;
- ჩამოთვალი სინათლის ფაზის პროდუქტები და განმარტო მათი მნიშვნელობა სიბნელის ფაზის რეაქციებისთვის;
- სქემის სახით წარმოადგინო ქლოროპლასტში მიმდინარე ქიმიური პროცესები;
- ქრომოტოგრაფიის მეთოდით დააცილო ერთმანეთს ფოთლის სხვადასხვა პიგმენტი და იმსჯელო სხვადასხვა მცენარეები მათ განსხვავებულ შემცველობაზე.



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

- 1 ჩამოთვალე რა სახის საკვეპს იღებ დღის 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 ნივთიერებებისგან – ნახშირორჟანგისა და წყლისგან – ფოტოსინთეზის პროცესში გლუკოზა მზადდება და უანგბადი წარმოიქმნება.



ეს ტოლობა ბევრ კითხვას ბადებს. მაგალითად:

- გლუკოზა ნახშირწყალია. მისი სახელწოდებიდან გამომდინარე, ნახშირორჟანგის ნახშირბადი და წყალი პირდაპირ ხომ არ უერთდება ერთმანეთს?
- როგორი წარმომავლობა აქვს ფოტოსინთეზის დროს წარმოქმნილ უანგბადის მოლეკულას – ნახშირორჟანგს ეკუთვნოდა თუ წყალს?
- რას წარმოადგენს სინათლის ენერგია და როგორ გარდაიქმნება ის ქიმიური ბმის ენერგიად?

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

## სინათლის ეტაპი

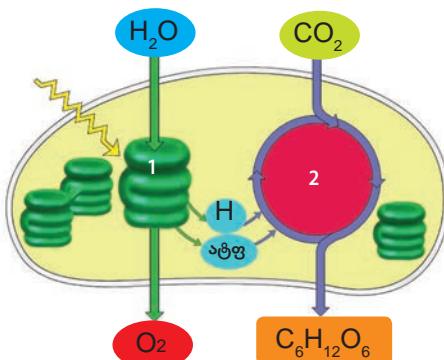
სინათლის რეაქციები თილაკოიდებში მიმდინარეობს. მის მემბრანებში ჩართულია ორი ფოტოსისტემა, რომლებიც სინათლის მომპოვებელი, დამჭერი ანტენებივით მოქმედებენ.

თითოეული ფოტოსისტემა ასობით მოლეკულა პიგმენტის ნაკრებია, რომლებიც ძირითადად სამი სახის პიგმენტს შეიცავენ: ქლოროფილ **a**-ს, ქლოროფილ **b**-ს და კაროტინიდებს.

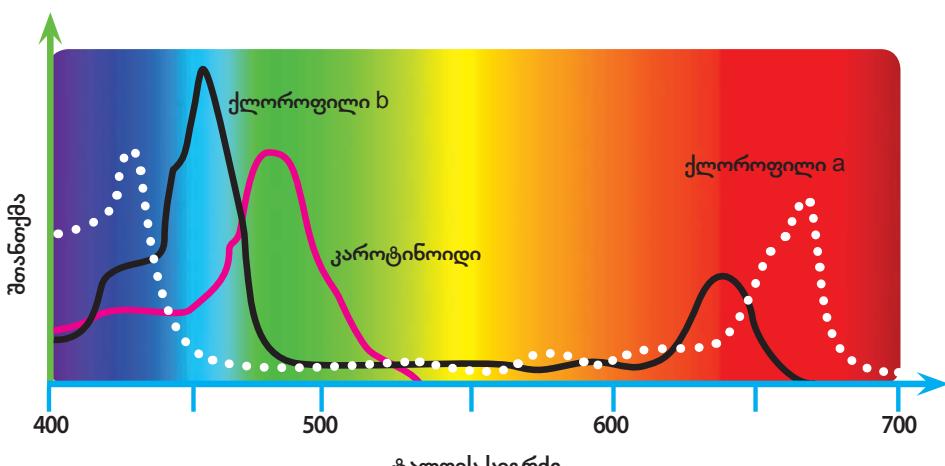
მზის სინათლე განსხვავებული ტალღის სიგრძისა და ენერგიის მქონე სხივებისგან შედგება. წითელ სხივებს ყველაზე გრძელი ტალღა და მცირე ენერგია აქვს, ისიფერ სხივებს კი პირიქით.

ქლოროფილი **a** სინათლის რეაქციების წარმმართავი მთავარი პიგმენტია. ის ძირითადად ისფერ და წითელ სხივებს შთანთქავს. ილუსტრაციიდან ნათლად ჩანს, რომ ქლოროფილი **b** და კაროტინიდების შთანთქმის სპექტრი განსხვავდება ქლოროფილი **a**-ს სპექტრისგან. ეს ორი პიგმენტი სინათლის რეაქციებში უშუალოდ არ მონაწილეობს, თუმცა გადასცემს ქლოროფილ **a**-ს მათ მიერ მოპოვებულ ენერგიას და ამით თავისი წვლილი შეაქვს ფოტოსინთეზის პროცესში. ამიტომ მათ დამხმარე პიგმენტებად მოიხსენიებენ.

ასე რომ, ფოტოსინთეზის მთავარი მონაწილე ქლოროფილ **a**-ს მოლეკულაა, რომელიც ძალიან მგრძნობიარეა მზის სხივების მიმართ.



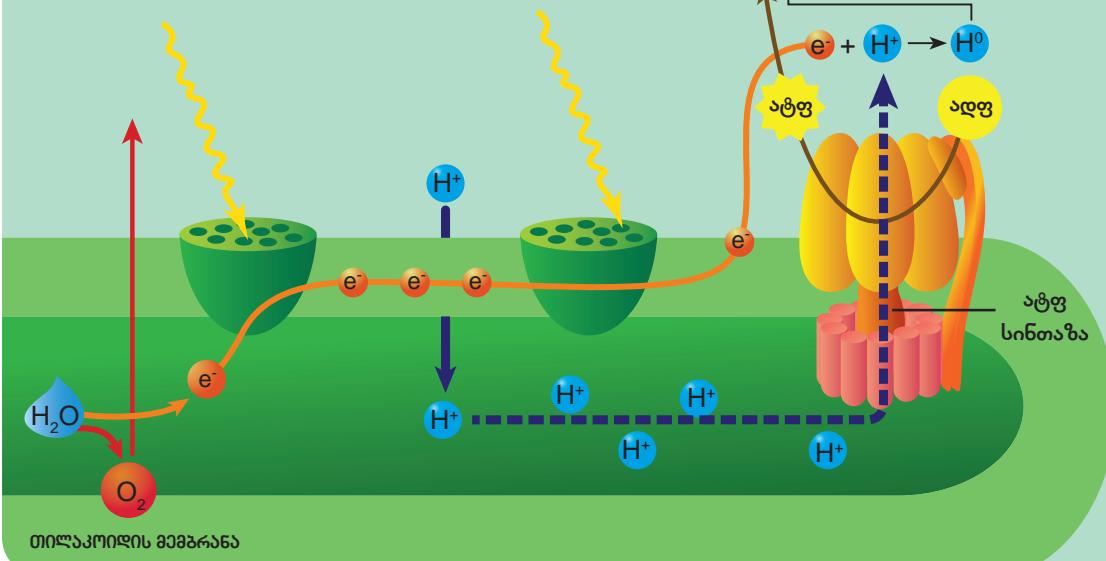
1. სინათლის რეაქციები; 2. სიბნელის რეაქციები.



ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრი

როდესაც ქლოროფილის მოლეკულებს სინათლის სხივი ეცემა, ქლოროფილის ელექტრონები ატომის ბირთვიდან დაცილებული უფრო მაღალი ორბიტებისკენ გადაინაცვლებენ და ადვილად სწყდებიან მის მოლეკულას. ქლოროფილის ამ მდგომარეობას აგზნებული მდგომარეობა დაარქვეს. ის დიდხანს არ ჩერდება ასეთ მდგომარეობაში და საკუთარი ელექტრონების დანაკარგს წყლის ელექტრონებით ინაზღაურებს – ართმევს მას ელექტრონებს. ამას წყლის მოლეკულის დაშლა მოჰყვება. წყალი პროტონებად და მოლეკულურ ჟანგბადად იშლება. ჟანგბადი ტოვებს მცენარის უჯრედს და გარემოში გამოიყოფა, ელექტრონები კი ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვით თილაკოიდების გარეთ აღმოჩნდებიან. ამ პროცესს თან ახლავს პროტონების შემოტვირთვა თილაკოიდის შიგნით. ასე რომ, თანდათან თილაკოიდის მემბრანის შიგნით დადებითი მუხტი გროვდება, გარეთ კი უარყოფითი.

სტრუქტურა



### 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, მიტოქონდრიების ატფ-სინთაზას მსგავსად, იყენებს პროტონების გრადიენტის ენერგიას ატფ-ის სინთეზისთვის. ამით ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა მთავრდება. ამ ფაზის პროდუქტებია უანგბადის მოლეკულა, ატფ-ის მოლეკულა და წყალბადის ატომები.

## სიბნელის ეტაპი

სიბნელის ფაზა სტრომაში მიმდინარეობს. კალვინის ციკლის ფერმენტები ატფ-ის ენერგიას  $\text{CO}_2$ -ის ნახშირბადის ატომების ერთმანეთზე გადაკერებას ახმარენ. საბოლოოდ იქმნება ექს-ნახშირბადიანი ჯაჭვი, რომელსაც წყალბადისა და უანგბადის ატომები აქვს მიერთებული, ანუ სინთეზირდება გლუკოზის მოლეკულა. როგორც ხედავ, სწორედ აქ, ამ ეტაპზე იქმნება დედამიწაზე პირველი ორგანული ნივთიერება, რომელიც შემდეგ სხვა ორგანულ ნაერთებს წარმოქმნის.

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

**!** ფოტოსინთეზი ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი სასიცოცხლო პროცესია, რომელიც სა-ფუძვლად უდევს ყველა ცოცხალისთვის დამახასიათებელ ორ უმნიშვნელოვანეს სასიცოცხლო თვისებას – კვებასა და სუნთქვას დედამიწაზე. ფოტოსინთეზის პროცესში სინათლის ენერგია ქიმიური ბმის ენერგიად გარდაიქმნება. ფოტოსინთეზი ქლოროპლასტებში ორ ეტაპად მიმდინარეობს. სინათლის ფაზაში ქლოროფილის მონაწილეობით წყლის მოლეკულა იშლება. ამ ფაზის პროდუქტებია  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}$  და ატფ. სიბნელის ფაზაში გლუკოზის მოლეკულა სინთეზირდება.



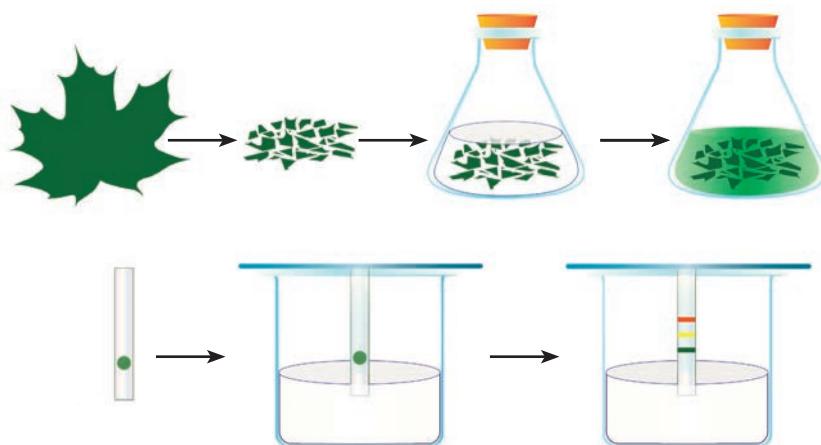
**1** ალერებები და გრაფიკულად წარმოადგინე გზა, რომელსაც ფოტოსინთეზის დროს წარმოქმნილი ჟანგბადი გაივლის, ვიდრე ის უკარედის გარეთ გამოიყოფა.

**2** ქლოროფილის გარდა, მცენარეები ყვითელ, ნარინჯისფერ, ყავისფერ და წითელ პიგმენტებს შეიცავენ. ქლოროფილი ჩრდილავს ამ პიგმენტებს, თუმცა შემოდგომით, როდესაც ქლოროფილი იშლება, ისინი ლამაზად აჭრელებენ შემოდგომის ტყეებს. ამ პიგმენტების აღმოჩენა მარტივად შეგიძლია.

- აიღე რომელიმე ფოთოლცვენია ხის ფოთოლი, რომელიც შემოდგომაზე ფერს იცვლის, მაგალითად, ნეკერჩელის ფოთოლი.
- დაჭრი ძალიან წვრილად, მოათავსე კოლბაში და დაუმატე აცეტონი ისე, რომ სითხე ფოთოლს ფარავდეს.
- დაახურე კოლბას სახურავი მჭიდროდ და დადგი თბილი წყლის აბაზაზე 90 წუთი. კოლბა დროდადრო ანჯლრიე. სითხე გამწვანდება.
- დაჭრი ფილტრის ქალალდი 1 სმ სიგანის ლენტებად, ფილტრის ქალალდის ლენტზე ქვედა კიდიდან 2 სმ-ით მაღლა პიპეტით დაიტანე 1-2 წვეტი ფოთლის აცეტონიანი ექსტრაქტი. დააყოვნე, სანამ შეშრება და იმავე ადგილას ისევ დაიტანე ექსტრაქტის რამდენიმე წვეტი.
- ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხი აცეტონი, ჭიქის თავზე მოათავსე მინის წვირი, მიამაგრე მასზე ფილტრის ქალალდი და ჩაუშვი აცეტონში ისე, რომ აცეტონის დონე ვერ სწორდებოდეს მწვანე ლაქსა. დააყოვნე დაახლოებით 2 სთ. ფილტრის ქალალდის მთელ სიგრძეზე შენ სხვადასხვა ფერის ლაქებს შენიშნავ.

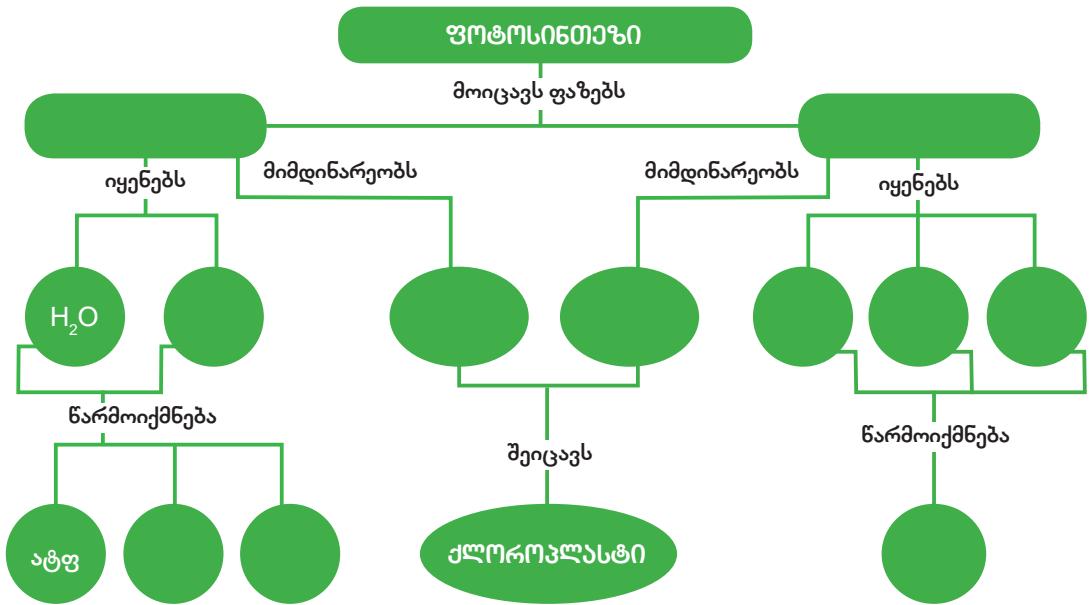
ამ მეთოდს **ქრომატოგრაფიის** მეთოდი ჰქვია. ის საშუალებას გაძლევს, ერთმანეთს დააცილო სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურის ნივთიერებები, რომლებსაც სხვადასხვა პოლარობა და, აქედან გამომდინარე, სხნადობა გაჩნია.

გამოიყენე ქრომატოგრაფიის მეთოდი სხვადასხვა ფოთოლცვენია მცენარესა და რომელიმე მარადამწვანე მცენარის, მაგალითად, ფიჭვის პიგმენტების ქრომატოგრაფირებისთვის. შეადარე მიღებული შედეგები ერთმანეთს.

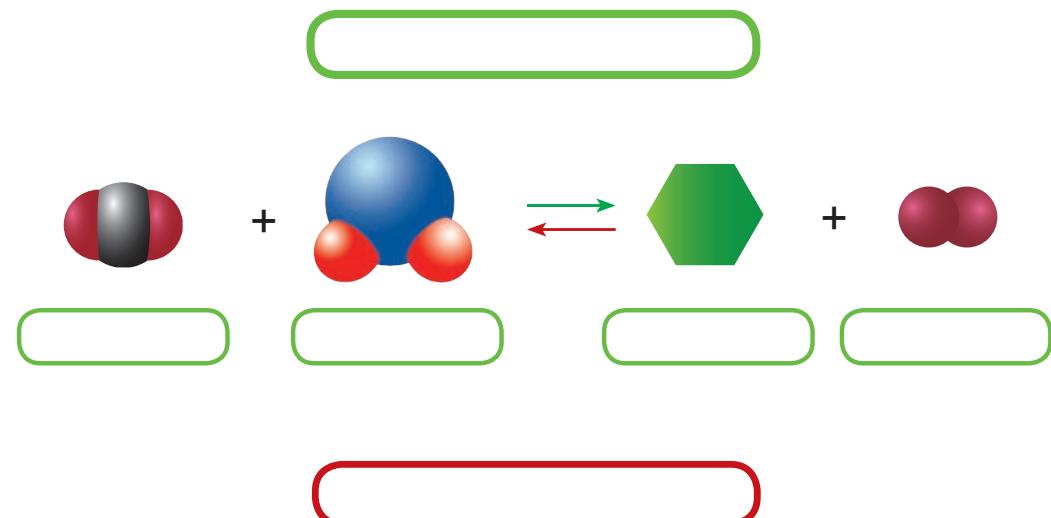




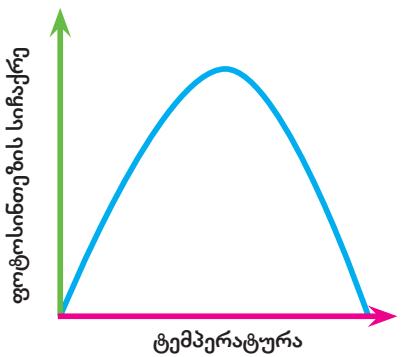
- 1 შექმნი ფოტოსინთეზის კონცეპტუალური რუკა მინიშნებების მიხედვით.



- 2 ამოიცანი მოლეკულები. ცარიელ უჯრებში ჩაწერე პროცესებისა და მოლეკულების სახელწოდებები.



- 3** გრაფიკი გამოხატავს ფოტოსინთეზის სიჩქარის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე. ახსენი, რატომ მცირდება ფოტოსინთეზის სიჩქარე მაღალ ტემპერატურაზე.



- 1** ფოტოსინთეზის პროცესში წყლის დაშლას ფოტოლიზი ეწოდება. განმარტე ეს ტერმინი.
- 2** ერთ-ერთ ექსპერიმენტში, რომელსაც საეტაპო მნიშვნელობა ჰქონდა ფოტოსინთეზის პროცესის შესასწავლად, მეცნიერები ქლორელას მძიმე იზოტოპის შემცველ წყალში ( $H_2O^{18}$ ) ზრდიდნენ. მცენარის მიერ გამოყოფილი უანგბადი  $O^{18}$ -ს შეიცავდა, გლუკოზის მოლეკულაში კი ეს იზოტოპი არ აღმოჩნდა.
- ა. როგორ ფიქრობ, რა იყო ამ ექსპერიმენტის მიზანი?
- ბ. რა დასკვნა გააკეთეს მათ, ექსპერიმენტის შედეგიდან გამომდინარე?
- 3** დაგეგმე ექსპერიმენტი, რომლითაც გლუკოზის არსებული უანგბადის წარმომავლობას გაარკვევ:
- 4** მზის სინათლის სხივებიდან რომელია ყველაზე ნაკლებეფექტური ფოტოსინთეზის პროცესისთვის?
- 5** იპოვე არასწორი ფრაზა:
- ა. მცენარე არ იყენებს გლუკოზას უჯრედული სუნთქვისთვის, რადგან ის ენერგიას ფოტოსინთეზის დროს მზისგან იღებს;
- ბ. ატფ გლიკოლიზის პროცესშიც მიიღება;
- გ. კრებსის ციკლში ორი მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება;
- დ. კრებსის ციკლი სტრომაში მიმდინარეობს.

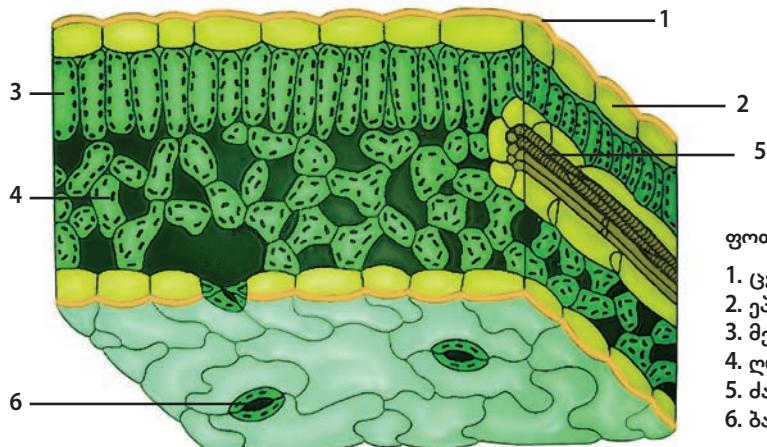
### 3.3

## მცენარის სუსტექვა და ფოტოსინთეზი

### შენ შეძლებ:

- დაასახელო ქსოვილები, რომლებიც ფოთლის ფირფიტას აგებენ;
- აღნერო ფოთლის ეპიფერმისის აგებულება და შეუსაბამო ის მის ფუნქციებს;
- იმსჯელო ფოთლის ძირითადი ქსოვილის აგებულებისა და ფუნქციების თავისებურებებზე;
- დააკავშირო ფოთლის ძარღვის აგებულება მის ფუნქციებთან;
- იმჯელო, როგორ შეესაბამება ფოთლის აგებულება მასში ერთდროულად მიმდინარე ორ უმნიშვნელოვანეს სასიცოცხლო პროცესს – სუნთქვასა და ფოტოსინთეზს;
- იმსჯელო ფოთლის აგებულების პროცესის მედიცინაში გამოყენების პერსპექტივის შესახებ.

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 შეარქევს. ფოთოლი არაჩვეულებრივად არის შეგუებული თავის ამ მეტად მნიშვნელოვან ფუნქციასთან – აქ დამზადებული საკვები ხომ არა მხოლოდ მცენარეებმა, არამედ მთელმა დანარჩენმა ცოცხალმა სამყარომ უნდა მოიხმაროს.



#### ფოთლის აგებულება

- ცვილი;
- ეპიფერმისი;
- მესრისებური უჯრედები;
- ღრუბლისებური უჯრედები;
- ძარღვი;
- ბაგე.

ფოთლის ფირფიტას დიდი ზედაპირი აქვს და თხელია, რათა სინათლემ ადვილად განჭოლოს. ფოთლის ზედა და ქვედა ზედაპირები დაფარულია წვრილი, სქელყედლიანი, ერთმანეთთან მჭიდროდ მიჯრილი უჯრედების ერთი შრით – ეპიფერმისით. ეს უჯრედები გამოყოფს ცვილს, რომელიც იცავს ფოთოლს მიკრობების შეჭრისგან. ცვილი უფერულია და სინათლეს ადვილად ატარებს. ფოთლის ეპიფერმისის უჯრედებიც უფერულია. ისინი ქლოროპლასტებს არ შეიცავს. სინათლე, მათი გავლით, ადვილად აღნევს ფოტოსინთეზის მთავარ ადგილამდე, ე.წ. მესრისებურ უჯრედებამდე. ეს თხელყედლიანი, ცილინდრული უჯრედები ეპიფერმისის პერპენდიკულარულად, მართლაც მესერივით არის განლაგებული. ისინი, მის ქვეშ მდებარე ღრუბლივით გაფანტულ უჯრედებთან შედარებით, დიდი რაოდენობით ქლოროპლასტს შეიცავენ. ძარღვების საშუალებით ფოთოლს ფოტოსინთეზისთვის საჭირო წყალი და მინერალური ნივთიერებები მიეწოდება და ფოთოლში დამზადებული ორგანული ნივთიერებები სხვა ორგანოებში გადანაწილდება.

მცენარეთა უმრავლესობის ქვედა ეპიდერმისში გაფანტულია უამრავი უწვრილესი ხვრელი, რომლებსაც ბაგის ხვრელს უწოდებენ. ბაგის ხვრელი ეპიდერმისის ორი სახეცვლილი უჯრედით, ბაგითაა შემოსაზღვრული, რომლებსაც ხვრელის გახსნა და დახურვა შეუძლია.

ხვრელის გავლით ფოთოლში გარემოდან ჰაერი შედის და მესრისებურ და ლრუბლისებურ უჯრედებს ფოტოსინთეზისთვის საჭირო ნახშირორჟანგი მიეწოდება.

ასეთი აგებულების ფოთოლი კარგად არის შეგუებული სუნთქვის პროცესთანაც. ისევე, როგორც ყოველი ცოცხალი არსება, მცენარეც სუნთქვავს. ბაგის ხვრელის გავლით ფოთოლში სუნთქვისთვის საჭირო უანგბადი აღწევს და წვის შედეგად ნარმოქმნილი ნახშირორჟანგი ტოვებს მცენარის ორგანიზმს. ასე რომ, მცენარეში ერთდროულად ორი, ერთმანეთისგან სრულიად განსხვავებული პროცესი – სუნთქვა და ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს.

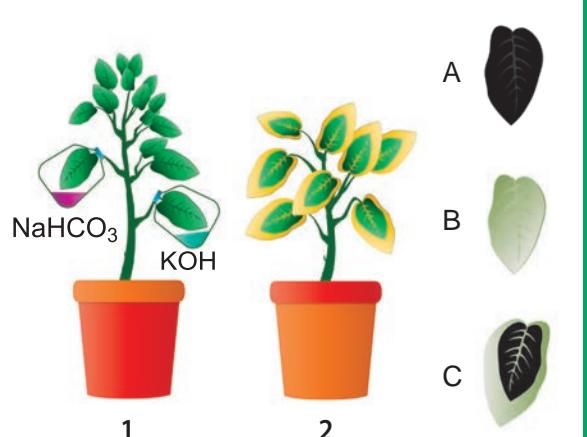
მცენარე სუნთქვას დღისითაც და ღამითაც, ფოტოსინთეზს კი მხოლოდ დღისით აწარმოებს. დღისით, სინათლეზე ფოტოსინთეზის პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს და მცენარის სუნთქვისას შთანთქმული უანგბადი ბევრად ნაკლებია მის მიერ ფოტოსინთეზის შედეგად ნარმოქმნილთან შედარებით, ამიტომ ჰაერი უანგბადით მდიდრდება. სიბნელეში ფოტოსინთეზის პროცესი წყდება, ამიტომ მცენარეები ღამით სუნთქვისას ისევე აღარიბებენ ჰაერს უანგბადით, როგორც ადამიანები.



მცენარეში ერთდროულად მიმდინარეობს ერთმანეთის საწინააღმდეგო ორი სასიცოცხლო პროცესი – ფოტოსინთეზი და სუნთქვა. ფოთლის აგებულება შეესაბამება მის ფუნქციებს.



**1** სახამებელი იოდით მუქ იისფრად, თითქმის შავად იღებება. ცადე, გააანალიზო ილუსტრაციაზე ნარმოდგენილი ცდის შედეგები. იოდით დამუშავებული A, B და C ფოთოლი ორ სხვადასხვა ქოთნის მცენარეს ეკუთვნოდა. ერთ-ერთ ქოთნის მცენარეს ჭრელი ფოთლები აქვს – ფოთლის კიდეები თეთრია, ქლოროფილს არ შეიცავს, შუა ნანილი კი მწვანე.

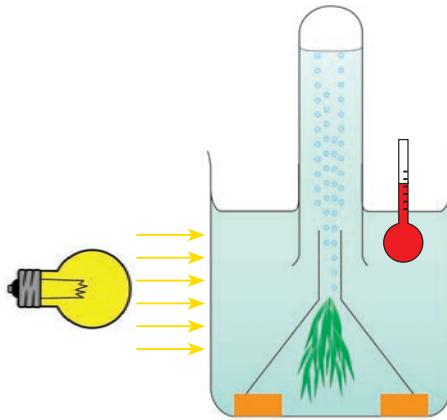


პირველი ქოთნის მცენარის ერთ-ერთი ფოთოლი ფრთხილად მოათავსეს ფართოპირიან კოლბაში, რომელშიც  $\text{KOH}$ -ის ხსნარი ესხა, მეორე კი  $\text{NaHCO}_3$ -იან კოლბაში. კოლბებს მჭიდროდ დაუცვეს თავი საცობით.

მოძებნე იოდით დამუშავებულ ფოთლებს შორის პირველი და მეორე ქოთნის მცენარის A, B და C ფოთლები და ახსენი, რატომ გამოიყურებიან ასე?

**2** სახამებლის აღმომჩენი იოდის ტესტი, ე.წ. თვისობრივი ტესტია. ის, უბრალოდ, გვიჩვენებს, არის თუ არა ფოთოლში სახამებელი. ფოტოსინთეზის პროცესზე დასაკვირვებლად და მის რაოდენობრივად შესაფასებლად ასეთი მარტივი მონაცემის გამოიყენება:

- აიღე დიდი ზომის ქიმიური ჭურჭელი. ჩაასხი მასში 0,5%-იანი  $\text{NaHCO}_3$ -ის ხსნარი.
- ბასრი დანით მოჭერი ელოდეას პატარა ტოტი, მოათავსე ის ჭიქაში და დაახურე მინის ძაბრი. ძაბრს თავზე სინჯარა წამოაცვი.
- მოათავსე ჭურჭელში წყლის თერმომეტრი. ჩაიწერე წყლის ტემპერატურა და გამუდმებით ამონშე ის ცდის მიმდინარეობის ყველა ეტაპზე.
- დადგი ჭურჭლიდან 10 სმ-ის დაცილებით 60 W-იანი ნათურა. ჩააბნელე ოთახი და ჩართე ნათურა.
- ითვალე დროის გარკვეულ შუალედში, მაგალითად, ყოველ 5 წთ-ში ელოდეას მიერ წყალში გამოყოფილი ბუშტუკების რაოდენობა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში. გამოიანგარიშე 5 წთ-ში გამოყოფილი ბუშტუკების საშუალო რაოდენობა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში.
- გამოიანგარიშე მოცემულ პირობებში ფოტოსინთეზის სიჩქარე, ანუ 1 წთ-ში გამოყოფილი ბუშტუკების რაოდენობა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში.
- შეცვალე ნათურა, ჯერ 100 W-იანით, შემდეგ კი 150 W-იანით. დაითვალე თითოეული შემთხვევისთვის ფოტოსინთეზის სიჩქარე. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და ჩაწერე მონაცემები.
- ამ მონაცემების მიხედვით ააგე მრუდი, რომელიც გიჩვენებს ფოტოსინთეზის სიჩქარის დამოკიდებულებას სინათლის ინტენსივობასთან და ასევე სვეტოვანი დიაგრამები 60 W-იანი, 100 W-იანი და 150 W-იანი ნათურებისთვის.



განმარტე:

- რომელია ამ ექსპერიმენტში დამოუკიდებლად ცვლადი სიდიდე?
- რომელია დამოკიდებულად ცვლადი?
- რა დამოკიდებულება არსებობს ამ ორ სიდიდეს შორის?
- ცდის მსვლელობისას უცვლელი იყო თუ არა ყველა სხვა პარამეტრი?
- ხომ არ იცვლებოდა რომელიმე პარამეტრი შენვან დამოუკიდებლად?
- შესაძლოა ამ პარამეტრს რაიმე გავლენა ჰქონოდა ცდის შედეგზე? რატომ?
- იფიქრე, როგორ შეიძლება თავიდან აიცილო ამ პარამეტრის ცვლილება?
- შეიძლება თუ არა, ეს მეთოდი ფოტოსინთეზის სიჩქარის გაზომვის ზუსტ მეთოდად ჩაითვალოს?



შეადარე ერთმანეთს სუნთქვისა და ფოტოსინთეზის პროცესები მცენარეში.  
შეავსე მარჯვენა გრაფა.

### ვოთოსინთეზი

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

### სუნთქვა

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.



**1** თუ სინათლის მიკროსკოპში ფოთლის მესრისებურ უჯრედებს დღის სხვადასხვა დროს კარგად დაკვირდები, შეამჩნევ, რომ მასში ქლოროპლასტები ადგილს იცვლიან.

როგორ ფიქრობ, რატომ და როგორ მოძრაობენ ქლოროპლასტები? რა ამოძრავებს მათ?

**2** ცხოველები სუნთქვისას წარმოქმნილი ენერგიის დიდ ნაწილს მოძრაობას ახმარენ. რისთვის სჭირდება მცენარეს სუნთქვის პროცესში წარმოქმნილი ენერგია?



➤ მეცნიერებმა თავკომბალებში მაფოტოსინთეზებელი ერთუჯრედიანი წყალმცენარეები შეიყვანეს და ამით ხელოვნური სიმბიოზური ურთიერთობა დაამყარეს ამფიბიასა და მიკრობს შორის. ამ ექსპერიმენტში ამფიბიამ სიცოცხლისუნარიანობა უჟანგბადო გარემოში შეინარჩუნა.

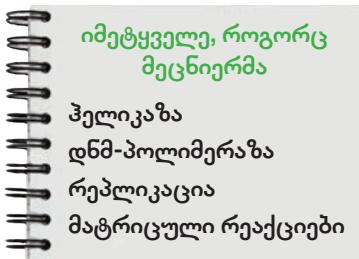
ამ უცნაურ ექსპერიმენტს მომავალში მნიშვნელოვანი სამედიცინო ლირებულება შეიძლება ჰქონდეს. მაგ: ადამიანისთვის სიცოცხლის შენარჩუნება მაშინ, როდესაც ინსულტისას ტვინს ჟანგბადი აღარ მიეწოდება.

## 3.4

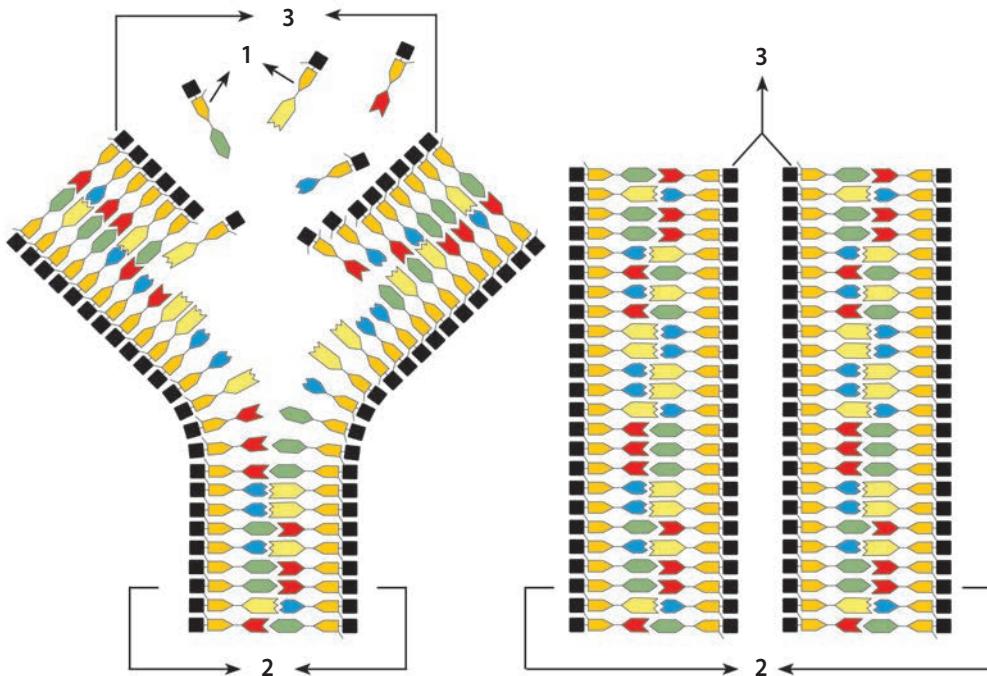
### დნმ-ის გაორმაგება – რეპლიკაცია

#### შენ შეძლებ:

- განმარტო, როგორ წარმოედგინათ დნმ-ის მოლეკულის მოდელის ავტორებს დნმ-ის თვითგაორმაგების პროცესი;
- აღწერო დნმ-ის რეპლიკაციის ეტაპები;
- ახსნა მატრიცული რეაქციების არსი და იმსჯელო მათ მნიშვნელობაზე გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემის თვალსაზრისით;
- შეაფასო ფ. სტალისა და მ. მეზელსონის ექსპერიმენტის მნიშვნელობა;
- სქემატურად წარმოადგინ ეს ექსპერიმენტი და ჩაერთო მისი მონაცემების ანალიზში.



პირველი კითხვა, რომელიც დნმ-ის ორმაგი სპირალის მოდელის ავტორებს დაუსვეს, ასეთი იყო: თუ მოდელი სწორად ასახავს დნმ-ის სტრუქტურას, მაშინ ახსენით, როგორ ახერხებს ასეთი მოლეკულა მისი ერთ-ერთი მთავარი ფუნქციის შესრულებას – უჯრედის მიტოზური გაყოფისას, შვილეულ უჯრედებს გადასცეს მასში არსებული გენეტიკური ინფორმაცია?



დნმ-ის გაორმაგება ჯ. უოტსონისა და ფ. კრიკის ჰიპოთეზის მიხედვით

1. ნუკლეოტიდები; 2. ძველი ჯაჭვები; 3. ახალი ჯაჭვები.

ჯ. უოტსონმა და ფ. კრიკმა კიდევ ერთი თამამი და უჩვეულოდ მარტივი ჰიპოთეზა წამოაყინეს. მათ დაუშევეს, რომ უჯრედის გამრავლებისას დნმ-ის მოლეკულა ორ პოლინუკლეოტი-დურ ჯაჭვად იშლება და შემდეგ უჯრედში არსებული ნუკლეოტიდებისგან თითოეულ მათგანზე ახალი ჯაჭვები შენდება. ასე მიიღება დნმ-ის ერთი მოლეკულისგან მისი მსგავსი ორი ერთნაირი დნმ-ის მოლეკულა, რომლებსაც შვილეული უჯრედები იღებენ.

დღეისთვის ეს ჰიპოთეზა მრავალი ექსპერიმენტითაა დადასტურებული. უკვე საყოველთაოდ აღიარებულია, რომ დნმ-ს აქვს უნიკალური უნარი, წარმოქმნას ზუსტად თავისი მსგავსი მეორე მოლეკულა, ანუ გაორმაგდეს. ცნობილია ამ პროცესის მონაწილე ყველა ნივთიერება, რომლებზეც ჯ. უოტსონსა და ფ. კრიქს წარმოდგენაც კი არ ჰქონდათ.

ძალიან მარტივად თუ აღვწერთ, დნმ-ის გაორმაგების რთული პროცესი შემდეგ ძირითად ეტაპებს მოიცავს:

- სპეციალური ფერმენტი – **ჰელიკაზა** დნმ-ის ორ ჯაჭვს შორის არსებულ წყალბადურ ბმებსა და ამ ბმებით „გაკერილ“ ორმაგ სპირალს ორ პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვად შლის;
- ცალკეული თავისუფალი ნუკლეოტიდები „ექებენ“ შესაბამის კომპლემენტარულ მენ-ყვილებს თითოეულ ჯაჭვზე და მათ წყალბადური ბმებით უკავშირდებიან;
- ფერმენტი – **დნმ-პოლიმერაზა** კოვალენტური ბმებით „გადაკერებს“ ერთმანეთს ახლად მიერთებულ ნუკლეოტიდებს და ახალ „შვილეულ“ ჯაჭვებს წარმოქმნის.
- გაორმაგების პროცესის დამთავრების შემდეგ მიიღება ნუკლეოტიდური შედგენილობის მიხედვით აბსოლუტურად იდენტური დნმ-ის ორი მოლეკულა. თითოეული მათგანი ერთ „ძველ“ და ერთ „ახალ“ „შვილეულ“ პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვს შეიცავს.

დნმ-ის გაორმაგების პროცესს **რეპლიკაცია** უწოდეს.

რეპლიკაცია ძალიან ჰგავს უკვე არსებული თარგის მიხედვით რაღაც ახალი მასალის შექმნის პროცესს. ძველი ჯაჭვი თითქოს ერთგვარი თარგია – მატრიცა ახალი ჯაჭვისთვის. ასეთი ტიპის რეაქციებს **მატრიცული რეაქციები** ეწოდება.

### რას ამბობს ტერმინი

**ჰელიკაზა** – (ლათ. *Helix* – სპირალი);

**რეპლიკაცია** – (ლათ. *repli-ka-tio* – გამეორება).



დნმ-ის მოლეკულას გაორმაგების უნარი აქვს. ფერმენტ ჰელიკაზას მოქმედებით დნმ-ის მოლეკულა ორ ჯაჭვად იშლება. თითოეულ ჯაჭვზე ფერმენტ დნმ-პოლიმერაზას მოქმედებით ახალი, შვილეული ჯაჭვები შენდება.

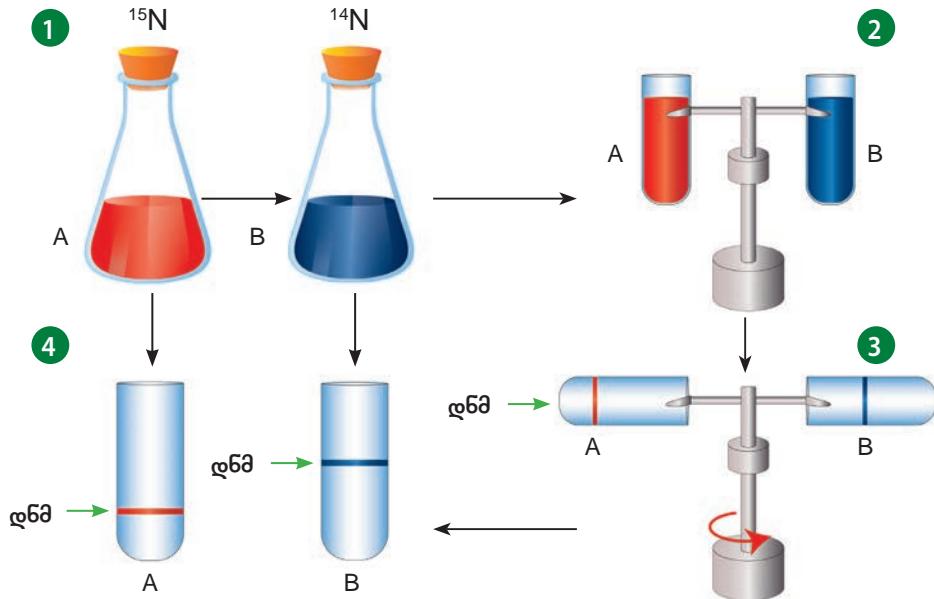


**1** 1957 წელს ფ. სტალი და მ. მეზელსონი შეეცადნენ, ექსპერიმენტულად გამოეცადათ ჯ. უოტსონისა და ფ. კრიკის თეორიული მოსაზრება იმის შესახებ, რომ დნმ-ის მოლეკულას გაორმაგების უნარი აქვს.

დნმ-ის რეპლიკაციას ფ. სტალი და მ. მეზელსონი ბაქტერიიებში აკვირდებოდნენ.

- მეცნიერები ბაქტერიიებს აზოტის მძიმე იზოტოპის –  $^{15}\text{N}$ -ის შემცველ საკვებ არეში ამრავლებდნენ (A). მათი აზრით, ამ პირობებში ბაქტერიიებში უნდა წარმოქმნილიყო მძიმე აზოტით „დატვირთული“ დნმ-ის მოლეკულა. ის გაცილებით მძიმე უნდა ყოფილიყო ბაქტერიიების იმ დნმ-თან შედარებით, რომელიც ჩვეულებრივ აზოტს –  $^{14}\text{N}$ -ს შეიცავს.
- შემდეგ მათ ბაქტერიიები გადაჰქონდათ  $^{14}\text{N}$ -ის შემცველ საკვებ არეში და ოცი წუთით აყვანებდნენ (B). ამ დროის განმავლობაში ბაქტერიიები ერთხელ გაყოფას ას-წრებდნენ.

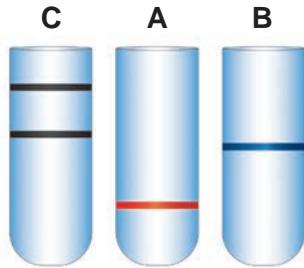
- ამის შემდეგ მეცნიერები გამოყოფდნენ დნმ-ს ბაქტერიების A და B ჯგუფიდან და აცენტრიფუგებდნენ.
- ცენტრიფუგირების შედეგი ასე გამოიყურებოდა:



წარმოიდგინე, რომ ამ სამეცნიერო ჯგუფის ერთ-ერთი წევრი ხარ. ჩაერთე ექსპერიმენტის დასკვნების გამოტანის პროცესში.

- სქემატურად წარმოადგინე ჯ. უოტსონისა და ფ. კრიკის ჰიპოთეზის მიხედვით, ბაქტერიების  $^{15}\text{N}$ -ის შემცველი დნმ-ის გაორმაგება  $^{14}\text{N}$ -იან გარემოში. წითელი და ლურჯი ფერით აღნიშნე A და B ბაქტერიების დნმ-ის ორმაგი სპირალის „მძიმე“ და „მსუბუქი“ ჯაჭვები.
- ცენტრიფუგირების პრინციპებიდან გამომდინარე, დნმ-ის მოლეკულის რომელი მახასიათებელი განსაზღვრავს სინჯარის ფსკერიდან მისი ფრაქციის (ზოლი სინჯარაში, რომელიც დნმ-ს შეიცავს) დაცილების მანძილს?
- რატომ „დამსუბუქდა“ B ბაქტერიების დნმ?

- 2** მეცნიერებმა ექსპერიმენტი გააგრძელეს – დააყოვნეს ბაქტერიები კიდევ 20 წუთის განმავლობაში  $^{14}\text{N}$ -იან საკვებ არეში (C). გამოყეს მათგან დნმ და დააცენტრიფუგეს. ცენტრიფუგის სინჯარაში ორი ფრაქცია წარმოიქმნა.



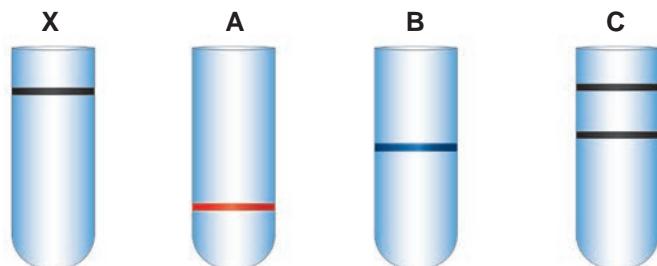
- შეადგინე B ბაქტერიების დნმ-ის რეპლიკაციის სქემა C ბაქტერიების წარმოქმნისას, ჯ. უოტსონისა და ფ. კრიკის ჰიპოთეზის მიხედვით.
- შეადარე C ბაქტერიების დნმ-ის ჯაჭვები A და B ბაქტერიების დნმ-ის ჯაჭვებს.

გ. ამ მონაცემების მიხედვით, მოსალოდნელი იყო ასეთი მდებარეობის ორი ფრაქციის გაჩენა ცენტრიფუგის სინჯარაში? ახსენი, რატომ?

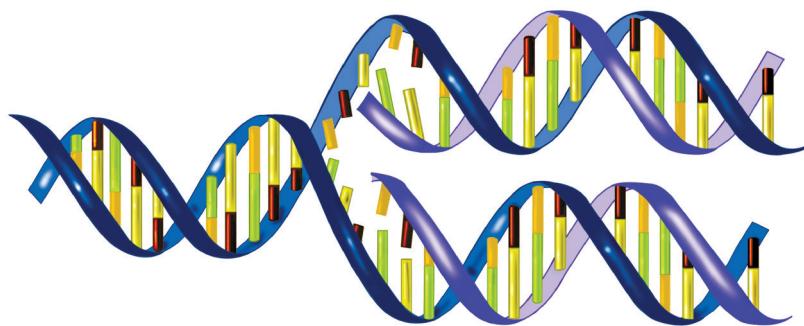
დ. გაუძლო თუ არა ჯ. უოტსონისა და ფ. კრიკის ჰიპოთეზამ ექსპერიმენტულ გამოცდას?

ნამდვილად ხდება დნმ-ის ერთ „ძველ“ ჯაჭვზე მეორე „ახალი“ ჯაჭვის აშენება?

**3** წარმოიდგინე, რომ მოგიტანეს ცენტრიფუგის სინჯარა (X), რომელშიც ბაქტერიის დნმ გარკვეულ პოზიციას იკავებს. შეადარე X დნმ-ის ცენტრიფუგირების შედეგი A, B, C ბაქტერიების დნმ-ების ცენტრიფუგირების შედეგს და მოიფიქრე: როგორი აზოტის შემცველ საკვებ არეში მრავლდებოდა ეს ბაქტერია?



**4** ილუსტრაცია ასახავს დნმ-ის რეპლიკაციის პროცესს. მონიშნე მასზე:



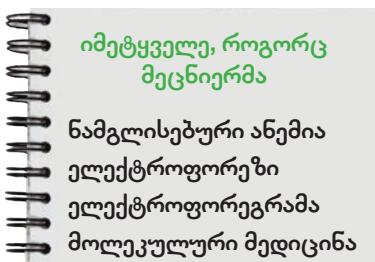
- ა. აზოტოვანი ფუძეები;
- ბ. წყალბადური ბმების ადგილი;
- გ. ფერმენტ ჰელიკაზას მოქმედების ადგილი;
- დ. ფერმენტ დნმ-პოლიმერაზას მოქმედების ადგილი;
- ე. „ძვილეული“ ჯაჭვი.

## 3.5

### ჰითონიური „ერთი გენი – ერთი ფილა“

#### შენ შეძლება:

- განმარტო, საიდან წარმოსდგა ტერმინი „ნამგლისებური ანემია“;
- დაასახელო ნამგლისებური ანემიის სიმპტომები და ახსნა მათი მიზეზები;
- აღწერო ლ-პოლინგისა და ჰ.იტანოს ცდის დიზაინი;
- ახსნა, რა პრინციპს ემყარება ელექტროფორეზის მეთოდით ნარევის კომპონენტების განცალკევება;
- გაშიფრო ელექტროფორეგრამა;
- იმსჯელო ცილის თვისებებზე ელექტროფორეგრამის მონაცემებით;
- შეაჯამო როგორ აისახება გენის სტრუქტურის ცვლილება ცილის ფუნქციაზე და შესაბამისად ადა-მიანის ჯანმრთელობაზე.



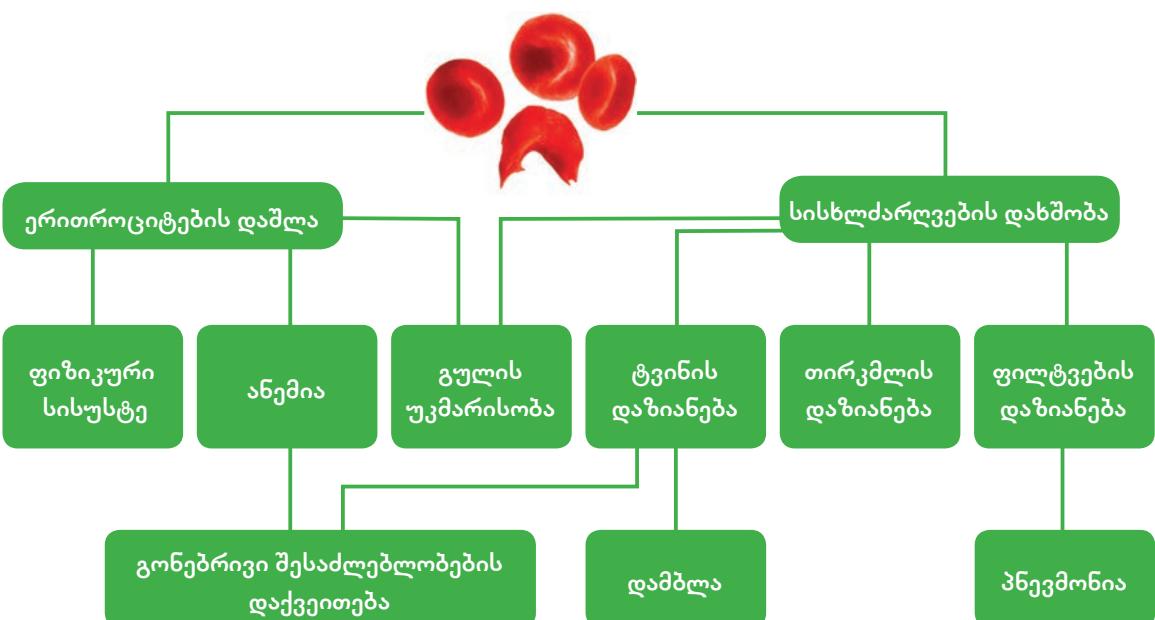
გასული საუკუნის ორმოცდაათიან წლებში მეცნიერებმა წამოაყენეს ჰიპოთეზა სახელწოდებით „ერთი გენი – ერთი ცილა“.

ამ ჰიპოთეზის თანახმად, გენები, რომლებიც დნმ-ის გარკვეულ მონაკვეთებს წარმოადგენენ, თავიანთ ფუნქციებს ფერმენტებისა და ცილების სინთეზის გზით ახორციელებენ. თითოეული გენი ერთი კონკრეტული ცილის სინთეზზეა პა-სუხისმგებელი და თუ რამე მიზეზის გამო გენი შეიცვალა, ცვლილება ცილამაც უნდა განიცადოს.

ჰიპოთეზის შემოწმება ამერიკელმა მეცნიერებმა ლ. პოლინგმა და ჰ. იტანომ ცადეს.

ერთ-ერთი სერიოზული მეცნიერებებისას, რომელიც ნამგლისებური ანემიის სახელწოდებითაა ცნობილი, ერითროციტები კარგავენ დისკოს ფორმას და ნახევარმთვარის, ნამგლის ფორმას იძენენ.

დეფორმირებული ერითროციტები ადვილად იშლებიან, რაც ანემიისა და ორგანიზმის საერთო სისუსტის მიზეზი ხდება. გარდა ამისა, უჩვეულო ფორმის ერითროციტები იჭედებიან წვრილ კაპილარებში და სისხლის ნორმალურ მოძრაობას აფერხებენ. ამის გამო ორგანოთა უმრავლესობა ვეღარ მარაგდება ენერგეტიკული ნივთიერებებითა და უანგბადით, რაც საბოლოოდ ადამიანისთვის უმძიმესი შედეგებით მთავრდება.



მეცნიერები შეეცადნენ გაერკვიათ, რა იყო ერითროციტების დეფორმაციის მიზეზი. მათი ვარაუდით, შესაძლოა ერითროციტების ფორმის ცვლილება მისი მთავარი ნივთიერების – ჰემო-გლობინის სტრუქტურის ცვლილებასთან ყოფილიყო დაკავშირებული. ამ საკითხში გარკვევა მათ ელექტროფორეზის მეთოდის გამოყენებით შეძლეს.

ელექტროფორეზის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: განსხვავებული ზომისა და ელექტრული მუხტის მქონე ნივთიერებები ელექტრულ ველში მოძრაობისას სხვადასხვა მანძილს გადიან.

ელექტროფორეზის აპარატში მოთავსებულია ფირფიტა, რომელსაც ბადისებრი სტრუქტურა აქვს. ამ ბადეში გადაადგილებას სხვადასხვა ზომის მოლეკულა განსხვავებულად ახერხებს.

ფირფიტაზე გამოსაკვლევი ნივთიერების ხსნარს აწვეთებენ. ფირფიტის ერთ ბოლოს უარყოფითად დამუხტულ ელექტროდთან აერთებენ, ხოლო მოპირდაპირეს – დადებითად დამუხტულთან. ელექტრული დენის ჩართვის შემდეგ ხსნარში არსებული ნივთიერებები მოძრაობას იწყებენ. ნივთიერების მოძრაობის სიჩქარე და მის მიერ განვლილი მანძილი ამ ნივთიერების ზომასა და მუხტზეა დამოკიდებული.

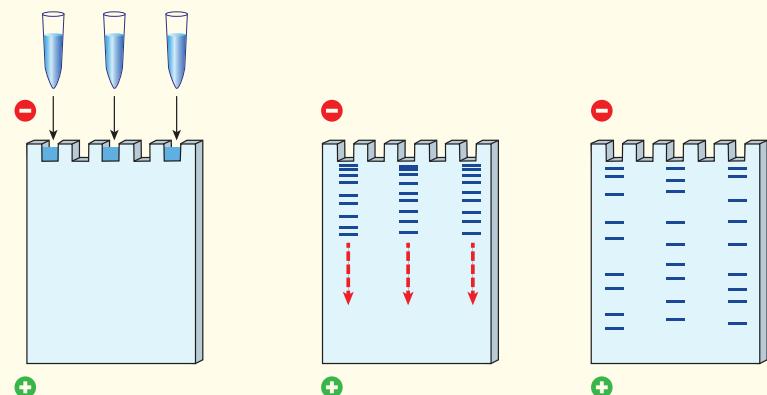
უარყოფითად დამუხტული ნივთიერებები დადებითად დამუხტული ელექტროდისკენ მიემართებიან და ფირფიტის ბოლოში აღმოჩნდებიან, ხოლო დადებითად დამუხტულები ფირფიტის ზედა ნაწილში რჩებიან. თუმცა დიდი ზომის უარყოფითი მუხტის მქონე მოლეკულები ვერ ძლევენ ბადის ნინაალმდეგობას და ჩერდებიან.

პატარა ზომის მოლეკულები ადვილად ძვრებიან ბადეში და ფირფიტის ბოლოსკენ მიისწრაფიან, თუმცა ეს სწრაფვა შესაძლოა მათი მუხტის სიდიდემ დააბრკოლოს.

ელექტრული დენის ჩართვიდან რამდენიმე საათში ნივთიერებები საბოლოოდ დაიკავებენ განსაზღვრულ ადგილს ფირფიტაზე. ფირფიტის გარკვეული ნივთიერებებით დამუშავების შემდეგ ეს ადგილები ზოლების, ანუ ფრაქციების სახით გამოჩნდება. ამ სურათს ელექტროფორეგრამა ჰქვია.

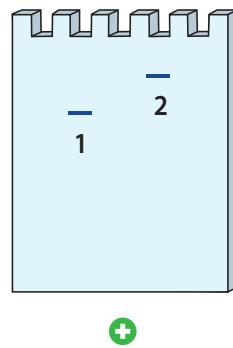


ელექტროფორეზის აპარატი

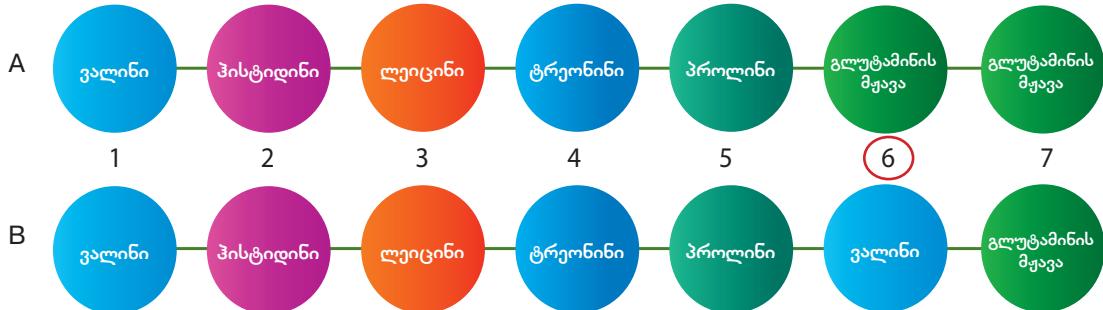


ელექტროფორეზის მიმდინარეობა

ჯანმრთელი (1) და ნამგლისებური ანემით დაავადებული ადამიანების (2) ჰემოგლობინის ელექტროფორეგრამების შედარებისას აღმოჩნდა, რომ ისინი დადებითად დამუხტული ელექტროდისკენ მოძრაობისას სხვადასხვა მანძილს გადიან. მეცნიერებმა ივარაუდეს, რომ დაავადებული ადამიანის ჰემოგლობინის მოლეკულა ნაკლებად არის დამუხტული უარყოფითად და ამიტომ გადის შედარებით ნაკლებ მანძილს.



ამის მიზეზის გარკვევა რამდენიმე წლის შემდეგ სხვა მეცნიერმა, ვ. ინგრემმა მოახერხა. მან ორივე სახის ჰემოგლობინის ამინომჟავური შედგენილობა გამოიკვლია. აღმოჩნდა, რომ ჯანმრთელი (A) და დაავადებული (B) ადამიანების ჰემოგლობინი მხოლოდ ერთი ამინომჟავათი განსხვავდება. ამ უზარმაზარ მოლეკულაში, რომელიც 574 ამინომჟავას შეიცავს, რიგით მეექვსე ადგილზე მდგომი ამინომჟავა გლუტამინის ჩანაცვლება ამინომჟავა ვალინით მთლიანად ცვლის ჰემოგლობინის სტრუქტურას, რაც მძიმე შედეგით მთავრდება.



საქმე ისაა, რომ ვალინი ჰიდროფილური ამინომჟავაა.

„წყლის მოძულე“ ამინომჟავას ჩართვა ჰემოგლობინის მოლეკულაში მის ხსნადობას ამცირებს და ის ილექტება. გამოლექილი ჰემოგლობინი კი ერითროციტის დეფორმაციას იწვევს.

### რამ შეამცირა ნამგლისებური ანემით დაავადებული ადამიანის ჰემოგლობინის ძვრადობა ელექტროფორეზის დროს?

ამ ორი ექსპერიმენტით ნათლად დადასტურდა ის მოსაზრება, რომ გენების ცვლილება ცილის სტრუქტურის ცვლილებას იწვევს, რაც საბოლოოდ ამა თუ იმ დაავადების სახით ვლინდება.

ნამგლისებური ანემია იყო პირველი დაავადება, რომლის მოლეკულური მექანიზმის ახსნა შეძლეს მეცნიერებმა. ამ დამსახურების გამოლენგი მოლეკულური მედიცინის ფუძემდებლად იქნა აღიარებული.

**მოლეკულური მედიცინა** მედიცინის ფართო დარგია, რომელიც იყენებს ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და სამედიცინო ტექნიკოლოგიებს იმ მოლეკულური მექანიზმების აღმოსაჩენად და შესასწავლად, რომებიც გენეტიკურ დაავადებებთან არიან დაკავშირებულნი.



ლ. პოლინგი

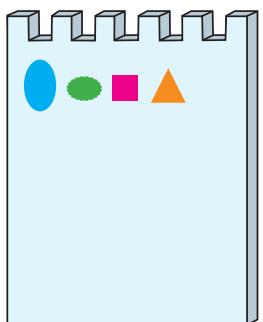


გენები თავიანთ ფუნქციას ცილების სინთეზის გზით ახორციელებენ.  
ცვლილებები ცილების სტრუქტურაში მათი ფუნქციების დარღვევას იწვევს, რაც დაავადებების სახით ვლინდება.

ელექტროფორეზის მეთოდით შესაძლებელია განსხვავებილი ზომისა და მუხტის მქონე ნივთიერებების ერთმანეთისგან დაცილება. ამ მეთოდით შესაძლებელია ცილების თვისებებსა და მათი სტრუქტურის ცვლილებებზე მსჯელობა.



**1** წარმოიდგინე, რომ ფირფიტაზე დატანილია ხსნარი, რომელიც სხვადასხვა ცილის ნარევს წარმოადგენს. ცილები ერთმანეთისგან ზომებითა და მუხტით განსხვავდებიან. „ჩართე“ ელექტროფორეზის აპარატი და გვიჩვენე, როგორ გადანაწილდებიან ცილის მოლეკულები ფირფიტაზე.

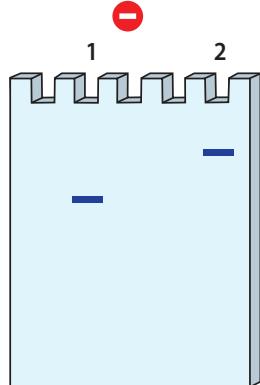


- – დიდი ზომის ცილა დადებითი მუხტით
- – საშუალო ზომის ცილა უარყოფითი მუხტით
- – მცირე ზომის ცილა უარყოფითი მუხტით
- ▲ – მცირე ზომის ცილა დადებითი მუხტით



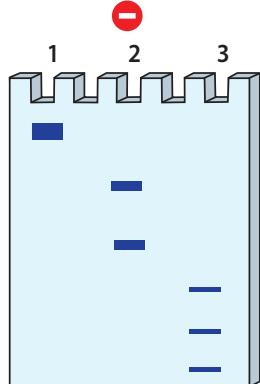
**2** ელექტროფორეზის დროს, ფირფიტის პირველ და მეორე ბილიკზე ერთმა და იმავე ცილამ რატომდაც სხვადასხვა მანძილი გაიარა. ამ ცილის მოლეკულისთვის პირველ შემთხვევაში გავლილი მანძილი, მისი ზომიდან და მუხტიდან გამომდინარე, ნორმად ითვლება.

როგორ ფიქრობ, რატომ შეფერხდა მეორე ცილა? რა შეიძლებოდა მას „მოსვლოდა“ ელექტროფორეზამდე?



**3** დავუშვათ, რომ ილუსტრაცია ცილის მოლეკულაზე საჭმლის მომნელებელი ორი ფერმენტის მოქმედების შედეგს ასახავს. პირველ ბილიკზე ცილის მოლეკულაა, მეორესა და მესამეზე კი – ამ ცილაზე სხვადასხვა ფერმენტის მოქმედების შედეგად წარმოქმნილი ცილის ფრაგმენტები.

- რა ეწოდება ამ ფერმენტებს?
- ცილის რამდენ უბანს „უტევს“ თითოეული მათგანი?
- როგორ ფიქრობ, საჭმლის მომნელებელი სისტემის რომელ განყოფილებაში მოქმედებენ ისინი?

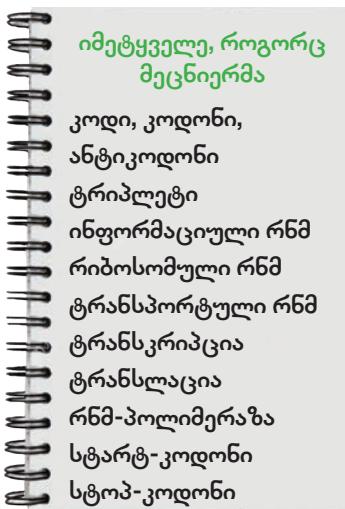


## 3.6

### გენეტიკური კოდი. ტრანსპრიცია. ტრანსლაცია

#### შენ შეძლებ:

- განმარტო ტერმინები – კოდი, კოდონი, ანტიკოდონი და შეუსაბამო ისინი სხვადასხვა ნუკ-ლეინის მჟავას;
- შეადარო და განასხვაო ერთმანეთისგან დნმ-პოლიმერაზისა და რნმ-პოლიმერაზის ფუნქციები;
- ალწერო და სქემატურად ნარმოადგინო ტრანსლაციის პროცესი;
- იმსჯელო რიბონუკლეინის მჟავების განსხვავებულ სტრუქტურებსა და ფუნქციებზე ტრანსლაციის პროცესში;
- შეაფასო მატრიცული რეაქციების როლი მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზებასა და ბიო-მრავალფეროვნების ჩამოყალიბებაში;
- იმსჯელო თამბაქოსა და ალკოჰოლის მავნე გავლენაზე მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზებაში;
- შეაფასო დნმ-ის ნანოანტენის გამოყენების პერსპექტივა მედიცინაში.



როგორც გაირკვა, დნმ-ში ჩაწერილი ინფორმაცია ბრძანებაა ამა თუ იმ სახის ცილის სინთეზის შესახებ.

საინტერესოა რა ენაზე „ლაპარაკობს“ ეს მპრძანებელი მოლეკულა? რა სახის „ასოებისგან“ შედგება მისი „სიტყვა“?

დნმ ნუკლეოტიდებისგან შემდგარი პოლიმერია, ცილა კი – ამინომჟავებისგან, რაც გვაფიქრებინებს, რომ დნმ-ში ნუკლეოტიდების გარკვეული თანმიმდევრობით განლაგება უნდა განსაზღვრავდეს ცილის მოლეკულაში ამინომჟავების მდებარეობას. მაგრამ როგორ კარნახობს ითხო სახის ნუკლეოტიდისგან შემდგარი დნმ ოცი სახის ამინომჟავას სხვადასხვა რაოდენობითა და თანმიმდევრობით ჩართვას ცილის მოლეკულაში?

როგორც ჩანს, უნდა არსებობდეს რაღაც პირობითი ნიშანი, რომელიც ერთ კონკრეტულ ამინომჟავას შეესაბამება. დნმ-ის ასეთ სიგნალს მის მოლეკულაში ერთმანეთის მიმდევრობით განლაგებული სამი ნუკლეოტიდი – ე.წ. ტრიპლეტი ნარმოადგენს. დნმ-ის ამ სამი ნუკლეოტიდისგან შემდგარ სიტყვას კოდი უნიდეს.

ითხო სახის ნუკლეოტიდისგან თეორიულად შესაძლოა 64 სხვადასხვა სახის ტრიპლეტის ნარმენა ( $4^3=64$ )

ამრიგად, დნმ-ის გარკვეულ უბანში – გენში დევს ტრიპლეტების სახით დაშიფრული ბრძანება ერთი ცილის სინთეზის შესახებ. ბრძანების ადრესატი კი რიბოსომაა, რომელიც ციტოპლაზმაში მდებარეობს. სწორედ რიბოსომაზე ინყობა ამინომჟავებისგან ცილის მოლეკულა. ამის გამო მას „ცილის სინთეზის ფაპრიკაც“ კი შეარქვეს.

მაგრამ როგორ გადადის ინფორმაცია ბირთვიდან ციტოპლაზმაში? ალბათ უნდა არსებობდეს ინფორმაციის გადამტანი მოლეკულა. ასეთ შუამავალ მოლეკულად ერთ-ერთი სახის რიბონუკლეინის მჟავა – ინფორმაციული რნმ გვევლინება.

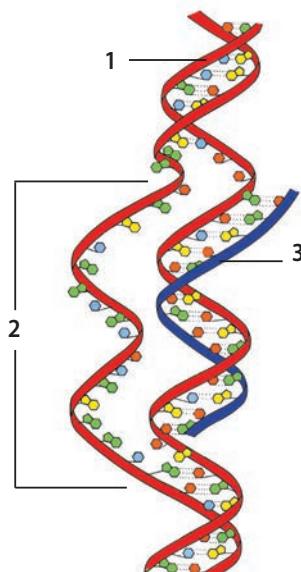
უჯრედში არსებობს რნმ-ის სამი ფორმა: ინფორმაციული (ი-რნმ), ტრანსპორტული (ტ-რნმ) და რიბოსომული (რ-რნმ). დნმ-ისგან განსხვავებით, სამივე მათგანი ერთჯაჭვიანი პოლინუკ-ლეოტიდია, რომელიც დეზოქსირიბოზის ნაცვლად რიბოზას შეიცავს, ხოლო თიმინის ნაცვლად – ურაცილს. სამივე სახის რნმ ემსახურება დნმ-ის ბრძანების აღსრულებას.

დღეისთვის მეცნიერები უკვე კარგად ერკვევიან ამ ბრძანების რეალიზაციის ურთულეს და მრავალეტაპიან პროცესში, რომელიც სქემატურად ასე შეიძლება გამოიხატოს:



ტერმინი ტრანსკრიპცია გადაწერას ნიშნავს. გენში ჩაწერილი ინფორმაცია ი-რნმ-ში გადაწერება. სწორედ ის წარმოადგენს შუამაგალს ბირთვსა და ციტოპლაზმას შორის.

ვნახოთ, როგორ მიმდინარეობს ეს პროცესი. დნმ-ის პატარა მონაკვეთში – გენში წყდება წყალბადური კავშირები კომპლექტარულ ნუკლეოტიდებს შორის და ორმაგი სპირალი ამ უბანში იხსნება. დნმ-ის „გაშიშვლებულ“ ნუკლეოტიდებს ბირთვში არსებული თავისუფალი ნუკლეოტიდები კომპლექტარობის პრინციპის მიხედვით უერთდებიან.



ტრანსკრიპცია

1. დნმ-ის მოლეკულა;
2. გენი;
3. ი-რნმ-ის მოლეკულა.

## 1 რომელი ნუკლეოტიდი მოძებნის და დაუკავშირდება დნმ-ის ადენინს?

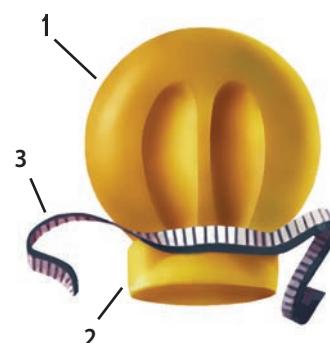
ფერმენტი რნმ-პოლიმერაზა გადაკერებს ნუკლეოტიდებს და ი-რნმ-ის მოლეკულა მზადაა. ის დნმ-ის მოლეკულას სცილდება, ტოვებს ბირთვს და ციტოპლაზმაში რიბოსომების კენ მიემართება.

## 2 როგორ ახერხებს ი-რნმ-ის საკმაოდ დიდი მოლეკულა ბირთვიდან თავის დაღწევას, მას ხომ ციტოპლაზმისგან ბირთვის გარსი გამოყოფს?

უჯრედი უამრავ რიბოსომას შეიცავს, რომლებიც რ-რნმ-ისა და ცილებისგან არის აშენებული. თითოეული რიბოსომა ორი – დიდი და მცირე სუბერთულისგან შედგება, რომლებიც ერთმანეთს მხოლოდ ცილის სინთეზის პროცესში უერთდებიან.

ი-რნმ-ის მიერ მოტანილი ბრძანების მიხედვით რიბოსომაზე ცილის სინთეზის პროცესს ტრანსლაცია ეწოდება, რაც თარგმნას ნიშნავს. ამ პროცესში ნუკლეოტიდების ენაზე ჩაწერილი ბრძანება ამინომჟავების ენაზე ითარგმნება.

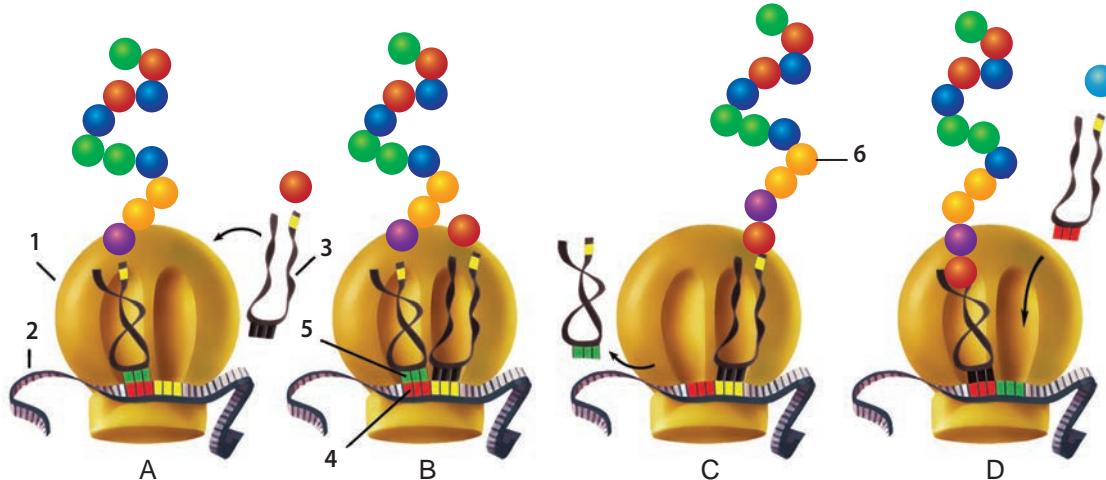
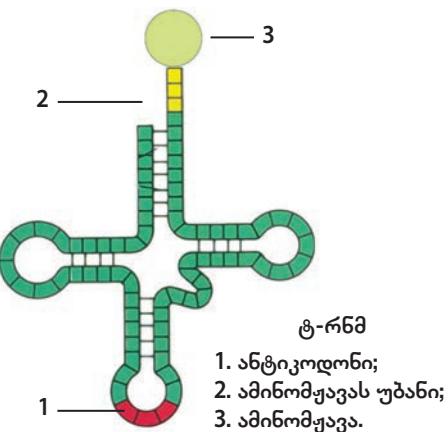
„თარჯიმანი“ მოლეკულა, რომელიც ორივე ენაზე საუბრობს, ტ-რნმ-ა.



1. რიბოსომის დიდი სუბერთული;
2. რიბოსომის მცირე სუბერთული;
3. ი-რნმ.

ამ მცირე ზომის მოლეკულას ორი ფუნქციური უბანი აქვს. ერთი უბნით ის კონკრეტულ ამინომჟავას იერთებს, ხოლო მეორე უბნით, რომელსაც **ანტიკოდონი** ჰქვია, ი-რნმ-ში მოცემული ამინომჟავას შესაბამის კოდონს ამოიცნობს. ი-რნმ-ის კოდონები და ტ-რნმ-ის ანტიკოდონები კომპლემენტარულ აზოტოვან ფუძეებს შეიცავენ.

ამინომჟავებით დატვირთული ტ-რნმ-ები რიბოსომისკენ მიემართებიან.



1. რიბოსომა; 2. ი-რნმ; 3. ტ-რნმ; 4. კოდონი; 5. ანტიკოდონი; 6. ცილის მოლეკულა.

რიბოსომას დიდ სუბერთეულზე ორი უბანი – ერთგვარი ნიშა აქვს, რომელსაც ამინომჟავებით დატვირთული ტ-რნმ-ები იყავებენ. ამ დროისთვის ი-რნმ უკვე რიბოსომის მცირე სუბერთეულთან არის დაკავშირებული და ტრანსლაციის პროცესი იწყება. ტ-რნმ-თა ანტიკოდონები ი-რნმ-ის შესაბამის კოდონებს უკავშირდებიან. ეს ტ-რნმ-ებს ნიშებში საიმედოდ აფიქსირებს და ორი ამინომჟავა ერთმანეთის გვერდით აღმოჩნდება. მათ ფერმენტი ერთმანეთს პეპტიდური ბმით გადააკერებს. ამინომჟავასგან გათავისუფლებული ტ-რნმ ტოვებს რიბოსომას. ამის შემდეგ რიბოსომა ი-რნმ-ის გასწროვ ერთი ტრიპლეტით წინ გადაადგილდება.

გამოთავისუფლებულ, ცარიელ ნიშას ამინომჟავებით დატვირთული სხვა ტ-რნმ დაიკავებს, რომლის ანტიკოდონი ნიშის მოპირდაპირედ მდგარ ი-რნმ-ის კოდონს შეესაბამება. ცილის მოლეკულას ახლა კიდევ ერთი ამინომჟავა მიემატება. რიბოსომა ისევ ერთი ტრიპლეტით წაინევს წინ. რიბოსომის ყოველ ნაბიჯს პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ერთი ამინომჟავათი დაგრძელება და, იმავდროულად, პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ერთი ტ-რნმ-იდან მეორეზე გადანაცვლება მოჰყება. ასე, ნაბიჯ-წაბიჯ „სიარულით“ გაივლის რიბოსომა ი-რნმ-ს, ვიდრე მას გზად სტოპ-კოდონი არ გადაელობება. ამ დროს ცილის სინთეზი წყდება და პოლიპეპტიდი რიბოსომას სცილდება.

- 3 ცილის სინთეზის რომელ ეტაპზე იმყოფება რიბოსომა ილუსტრაციის A სიტუაციაში? რამდენი ტრიპლეტი აქვს მას უკვე გავლილი?
- 4 ილუსტრაციის რომელი სიტუაცია ასახავს პეპტიდური ბმის წარმოქმნის პროცესს?

თამბაქოს ზოგიერთი კომპონენტი და ალკოჰოლი მუტაციების გზით არღვევენ რეპლიკაციის, ტრანსკრიპციისა და ტრანსლაციის ნორმალურ მსვლელობას, რაც სხვადასხვა დაავადების სახით ვლინდება.



ცილის მოლეკულაში ერთი ამინომჟავას ჩართვას დწმ-ის მოლეკულაში სამი ნუკლეოტიდის გარკვეული თანმიმდევრობა – ტრიპლეტი ჰერნაზობა. დწმ-ის მოლეკულაში ტრიპლეტიდის სახით დაშიფრულია ბრძანება ცილის მოლეკულის სინთეზის შესახებ. ბრძანების შესრულებას სხვადასხვა სახის რიბონუკლეინის მჟავას მოლეკულები ემსახურებან. გენში ჩაწერილი ბრძანება ი-რწმ-ში გადაიწერება. ამ პროცესს ტრანსკრიპცია ეწოდება. რიბოსომებთან ამინომჟავები ტ-რწმ-ს მიაქვს. ი-რწმ-ის მიერ მოტრნილი ბრძანების მიხედვით ცილის სინთეზის პროცესს ტრანსლაცია ეწოდება. მატრიცული რეაქციები უზრუნველყოფენ მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზებას და ქმნიან პიომრავალფეროვნების მოლეკულურ საფუძველს. თამბაქოს ზოგიერთი კომპონენტი და ალკოჰოლი ხელს უშლის დწმ-ის ბრძანების რეალიზაციის პროცესს, რაც სხვა-დასხვა დაავადების მიზეზი ხდება.



1

დღეისთვის უკვე დადგენილია ი-რწმ-ის კოდონები ყველა ამინომჟავასთვის. პირველი კოდონის გაშიფრვა 1961 წელს მ. ნირებერგმა რ. პოლიმ და პ. კორანამ მოახერხეს, რისთვისაც მათ 1968 წელს ნობელის პრემია დაიმსახურეს. მეცნიერებმა დაასინთეზირეს პოლიურაცილი, ანუ პოლინუკლეოტიდი, რომელიც მონომერად მხოლოდ ურაცილს შეიცავდა. ეს ხელოვნური ი-რწმ მეცნიერებმა შეიტანეს არეში, რომელიც ცილის სინთეზისთვის აუცილებელ ყველა კომპონენტს შეიცავდა. ისინი ვარაუდობდნენ, რომ სინთეზირებულ ცილაში მხოლოდ ის ამინომჟავა უნდა ჩართულიყო, რომლის კოდონი უუუ ტრიპლეტის შეესაბამება. ექსპერიმენტის შედეგად მეცნიერებმა მიიღეს პოლიპეტიდი, რომელიც მხოლოდ ამინომჟავა ფენილალანინისგან შედგებოდა.

უ			ც			ა			გ			ც		
უ	უ	უ	უ	ც	ც	უ	ა	უ	უ	გ	ც			
უ	უ	ც	ლეიცინი	უ	ც	ც	უ	ა	ც	სერინი	უ	გ	ც	
უ	უ	ა		უ	ც	ა	უ	ა	ა		უ	გ	ა	
უ	უ	გ		უ	ც	გ	უ	ა	გ		უ	გ	გ	
ც	უ	უ		ც	ც	უ	ც	ა	უ	პროლინი	ც	გ	უ	
ც	უ	ც	ლეიცინი	ც	ც	ც	ც	ა	ც		ც	გ	ც	
ც	უ	ა		ც	ც	ა	ც	ა	ც		ა	გ	ა	
ც	უ	გ		ც	ც	გ	ც	ა	გ		გ	გ	გ	
ა	უ	უ	იზოლეიცინი	ა	ც	უ	ა	ა	უ	ტრეონინი	ც	გ	უ	
ა	უ	ც		ა	ც	ც	ა	ა	ც		ც	გ	ც	
ა	უ	ა		ა	ც	ა	ა	ა	ა		ა	გ	ა	
ა	უ	გ		ა	ც	გ	ა	ა	გ		ა	გ	გ	
მეთიონინი			სტარტ-კოდონი			ა	ა	გ	ა	ლიზინი	ა	გ	ა	
ა	უ	გ	სტარტ-კოდონი			ა	ც	გ	ა		ა	გ	გ	
გ	უ	უ	ვალინი	გ	ც	უ	გ	ა	უ		გ	გ	უ	
გ	უ	ც		გ	ც	ც	გ	ა	ც		ც	გ	ც	
გ	უ	ა		გ	ც	ა	გ	ა	ა		ა	გ	ა	
გ	უ	გ		გ	ც	გ	გ	ა	გ		გ	გ	გ	
* სტარტ-კოდონი აუგ ცილის სინთეზის დაწყების ნიშანია.														
* სტოპ-კოდონი უაა, უაგ, უგა ცილის სინთეზის დამთავრებას მიუთითებს.														
ა. წარმოიდგინე, რომ შენც მონანილეობ ამ ექსპერიმენტში. შეიტანე სინჯარაში ყველა ის ნივთიერება, რომლებიც ამ ცილის სინთეზისთვისაა აუცილებელი.														
ბ. ყურადღებით დააკვირდი ცხრილს და მოიფიქრე, რატომ „დასჭირდა ბუნებას“ 20 ამინომჟავასთვის 64 კოდონის შექმნა?														

\* სტარტ-კოდონი აუგ ცილის სინთეზის დაწყების ნიშანია.

\* სტოპ-კოდონი უაა, უაგ, უგა ცილის სინთეზის დამთავრებას მიუთითებს.

ა. წარმოიდგინე, რომ შენც მონანილეობ ამ ექსპერიმენტში. შეიტანე სინჯარაში ყველა ის ნივთიერება, რომლებიც ამ ცილის სინთეზისთვისაა აუცილებელი.

ბ. ყურადღებით დააკვირდი ცხრილს და მოიფიქრე, რატომ „დასჭირდა ბუნებას“ 20 ამინომჟავასთვის 64 კოდონის შექმნა?

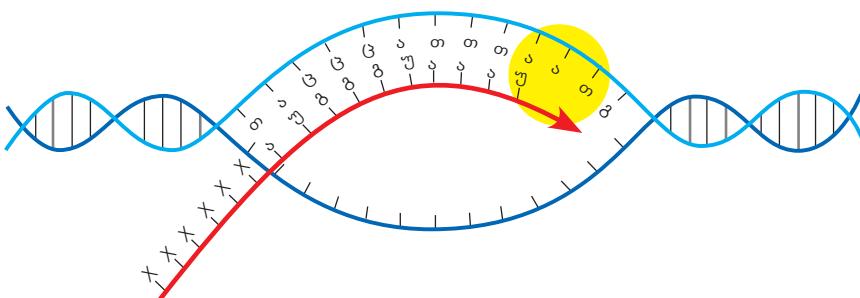
**2** ილუსტრაციაზე გენის პატარა სეგმენტია. დაასახელე მისი შესაბამისი ი-რნმ-ის კოდონები, ტ-რნმ-ების ანტიკოდონები.



**3** შეარჩიე სწორი პასუხი:

რას ასახავს სქემატურად ილუსტრაცია:

- პლასტიკური ცვლის ერთ-ერთ რეაქციას;
- ენერგეტიკული ცვლის ერთ-ერთ რეაქციას;
- კოფაქტორის მონანილეობას ფერმენტულ რეაქციაში;
- ინპიბიტორის გავლენას ფერმენტულ რეაქციზე.



**1** რა წარმოადგენს მატრიცას ი-რნმ-სთვის?

**2** ტრანსკრიპციისა და ტრანსლაციის დროს უჯრედში დიდი ცვლილებები ხდება: მოძრაობენ რნმ-ები, რიბოსომები, იქმნება უამრავი ახალი ქიმიური ბმა – სინთეზირდება ცილისა და რნმ-ის მოლეკულები. ყველაფერ ამას ენერგია სჭირდება. რომელი ორგანოიდი ამარავებს უჯრედს ენერგიით და რომელი პროცესის ხარჯზე?

**3** ცილის სინთეზისას რიბოსომა კი არ მისრიალებს ი-რნმ-ზე, არამედ ნაბიჯ-ნაბიჯ გადაადგილდება. მისი ნაბიჯის სიგრძე ერთი ტრიპლეტია. რა მოხდება, რიბოსომამ რომ „წაიბორძიკოს“ და სამი ნუკლეოტიდის ნაცვლად ორს გადააბიჯოს?

**4** აქვს თუ არა მნიშვნელობა იმას, სად „აერევა“ ნაბიჯი რიბოსომას – ცილის სინთეზის დაწყებისას თუ პროცესის დამთავრებისას? პასუხი დაასაბუთე.

**5** შენი მიზანია დაასინთეზირო ასეთი პირველადი სტრუქტურის მქონე ცილა:

**ლიტენი – გლიცენი – სერინი – თიოროზინი – კონდინი – ლეიცინი – ჰისტიდინი**

წარმოადგინე ამ ცილის ხელოვნური ი-რნმ-ის ნუკლეოტიდური შედგენილობა.

**6** რიბოსომა ასინთეზირებს ცილას ი-რნმ-ის კარნახით, რომლის ნუკლეოტიდური შედგენილობა მის გარკვეულ მონაკვეთზე ასეთია:

**უაუ, ცაუ, აცუ, გცუ, უგუ, ცუც, ააა, აგუ.**

- წარმოადგინე წარმოქმნილი პეპტიდის ამინომჟავური შედგენილობა;
- ი-რნმ-ის მოლეკულაში ცვლილებაა – უგუ კოდონი უგა კოდონით შეიცვალა. როგორ განვითარდება მოვლენები?

**7** სწორი დებულებების შესაბამის ცარიელ უჯრებში ჩაწერე ნიშანი X.

- ერთსა და იმავე ტრიპლეტს რამდენიმე ამინომჟავა შეესაბამება;
- რამდენიმე ტრიპლეტი შეიძლება ერთსა და იმავე ამინომჟავას შეესაბამებოდეს;
- ერთსა და იმავე ტრიპლეტი სხვადასხვა ორგანიზმში ერთსა და იმავე ამინომჟავას შეესაბამება;
- ყოველი ცილის მოლეკულა უჯრებში მხოლოდ მისთვის სპეციფიკურ რიბოსომაზე სინთეზდება.

ა	ბ	გ	დ

**8**

- ტ-რნმ სინთეზირდება ციტოზოლში ი-რნმ-ის მატრიცაზე;
- ტ-რნმ-ს გადააქვს ი-რნმ ბირთვიდან ციტოზოლში;
- ტ-რნმ-ში ჩაწერილია ინფორმაცია ცილის პირველადი სტრუქტურის შესახებ;
- ტ-რნმ სინთეზდება ბირთვში;
- ტ-რნმ უერთდება რიბოსომის მცირე სუბერთეულს;
- ტ-რნმ იერთებს ამინომჟავას და თავსდება რიბოსომის დიდ სუბერთეულზე.

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ

**9** ქვემოთ ჩამოთვლილ ნივთიერებათაგან რომელი არ წარმოადგენს პოლიმერს?

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| ა. რნმ;            | ზ. დნმ;            |
| ბ. რნმ-პოლიმერაზა; | თ. დნმ-პოლიმერაზა; |
| გ. საქაროზა;       | ი. ლიპიდი;         |
| დ. საქარაზა;       | კ. ლიპაზა;         |
| ე. ლაქტოზა;        | ლ. ქიტინი;         |
| ვ. ლაქტაზა;        | მ. ქიტინაზა.       |

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ	ი	კ	ლ	მ



➤ მეცნიერებმა ისტორიაში ყველაზე პატარა – 56მ სიგრძის დნმ-ის ნანოანტენა დაამზადეს, რომელსაც შეუძლია რეალურ დროში ცილების სტრუქტურული ცვლილებების შესახებ სიგნალების დაჭერა. ცილები ორგანიზმში ყველა ძირითად ამოცანას ასრულებენ იმუნური სისტემის მხარდაჭერით დაწყებული, ორგანიზმის ფუნქციების რეგულირებით დამთავრებული. მათ სტრუქტურაში მუდმივად ხდება ცვლილებები, რაც ადამიანის ჯანმრთელობაზე აისახება. ამიტომ ამ ანტენას უამრავი პოტენციური გამოყენება შეიძლება ჰქონდეს მედიცინური.

მეცნიერები იმედოვნებენ, რომ ამ მეთოდით შესაძლებელი იქნება ინფორმაციის მოპოვება მრავალი მნიშვნელოვანი ცილის ცვლილებების შესახებ და ამით ახალი სამკურნალო პრეპარატების შექმნის გზების დასახვა.

უპირატული მათაგონლიზები

**1.** ნახშირბადის მონოქსიდი და ციანიდი სასიკვდილო შხამებია. ისინი სუნთქვით ჯაჭვში ელექტრონების მოძრაობას ბლოკავენ.

ახსენი, რატომ იღუპება ამის გამო ადამიანი?

**2.** უჯრედული სუნთქვის ბოლო ეტაპს, როდესაც წყალი და ატფ წარმოიქმნება, უანგვით ფოსფორილირებას უწოდებენ. ახსენი ამ ტერმინის შინაარსი – რა იუანგვება და რა ფოსფორილირდება ამ დროს?

**3.** როგორ ფიქრობ, ერთნაირია თუ არა ადამიანის ორგანიზმში პლასტიკური ცვლის ინტენსივობა სხვადასხვა ასაკში? დაასაბუთე შენი მოსაზრება.

**4.** გასული საუკუნის დიდი მეცნიერი, ფოტოსინთეზის პროცესის ერთ-ერთი პირველი მკვლევარი კ. ტიმირიაზევი ხატოვნად ასე აღწერდა ფოტოსინთეზის პროცესს:

„მზის სხივი მოხვდა რა ქლოროფილის მარცვალს, ჩაქრა, ალარ ანათებდა, მაგრამ არ გაუჩინარებულა. ის შინაგან მუშაობას დასჭირდა. მან გააპო, გაარღვია კავშირი ნახშირორუქნგად შეერთებულ ნახშირბადისა და უანგბადის ნაწილაკებს შორის. გათავისუფლებული ნახშირბადი შეუერთდა წყალს და წარმოქმნა სახამებელი, რომელიც შაქრად გარდაიქმნა“.

შენ ოცდამეერთე საუკუნის მოსწავლე ხარ და ბევრად მეტი იცი ამ პროცესის შესახებ.

ა. იპოვე შეცდომები კ. ტიმირიაზევის გამონათქვამში;

ბ. რომელი მეცნიერების განვითარებამ გახადა შესაძლებელი ფოტოსინთეზის მექანიზმის გაშიფრვა?

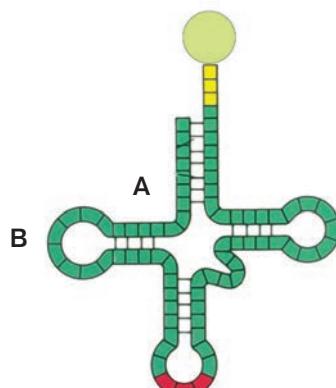
**5.** აირჩიე სწორი პასუხი:

უჯრედის ყველა ცილა ერთბაშად რომ ინაქტივირდეს, რომელი პროცესი გაგრძელდება მაინც მცირე ხანს?

- აერობული სუნთქვა;
- დიფუზია პლაზმური მემბრანის გავლით;
- აქტიური ტრანსპორტი;
- გაადვილებული დიფუზია.

**6.** შენი აზრით, რა განსხვავებაა ტ-რნმ-ის A და B უბნების ნუკლეოტიდურ შედგენილობაში და როგორ აისახება ეს ამ უბნების კონფორმაციაზე?

- A უბანი შეიცავს კომპლემენტარულ ფუძეებს;
  - A უბანი შეიცავს არაკომპლემენტარულ ფუძეებს;
  - B უბანი შეიცავს კომპლემენტარულ ფუძეებს;
  - B უბანი შეიცავს არაკომპლემენტარულ ფუძეებს.
- მხოლოდ 1;
  - მხოლოდ 4;
  - 2 და 3;
  - 1 და 4.



**7.** თუ ნიადაგის გაფხვიერებამ მკვეთრად გაზარდა მცენარის მიერ აზოტის შთანთქმა, მაშინ ამ იონის შთანთქმა ხორციელდება:

- ფოსფოლიპიდების შრის გავლით – დიფუზით;
- გაადვილებული დიფუზით – იონური არხით;
- გაადვილებული დიფუზით – ტრანსპორტერით;
- აქტიური ტრანსპორტით – იონური არხით.

**8.** სწორი პასუხის შესაბამის უჯრებში ჩაწერე ნიშანი X.

პლასტიკური ცვლის ფერმენტებია:

- დნმ-პოლიმერაზა;
- რნმ-პოლიმერაზა;
- კალვინის ციკლის ფერმენტები;
- ჰელიკაზა;
- კრებსის ციკლის ფერმენტები.

ა	ბ	გ	დ	ე

**9.** რა წარმოადგენს მატრიცას ტრანსლაციის პროცესში?

**10.** უპასუხე კითხვებს, ჩაწერე ტერმინები, ამოიცანი დაშიფრული სიტყვა და განმარტე მისი შინაარსი:

- სასიცოცხლო პროცესი მცენარეულ უჯრედში, რომელიც მის სასიცოცხლო თვისებას – კვებას უდევს საფუძვლად

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- უჯრედის სასიცოცხლო თვისება, რომელსაც მი-ტოქონდრია უზრუნველყოფს

12	13	14	15	16	17	18

- უჯრედული სუნთქვა ანაერობულ ორგანიზმებში

19	20	21	22	23

- რიბოსომაში მიმდინარე მატრიცული რეაქცია

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

- განსხვავებული ზომისა და ელექტრული მუხტის მქონე ნივთიერებების დაცი-ლების მეთოდი

35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

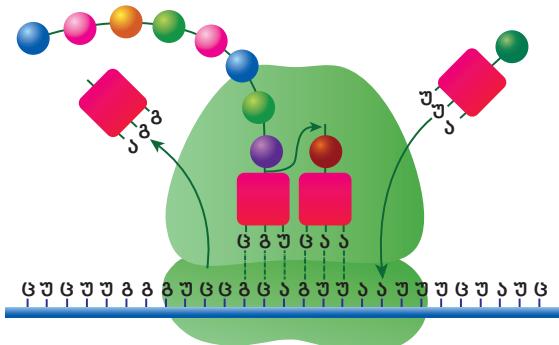
9	14	19	4	32	6	25	41	46

დაშიფრული სიტყვა

**11.** საგავეთოლო ტექსტი ძალზე გამარტივებულად და სქემატურად აღწერს ტრანსლაციის ურთულეს პროცესს, რომელსაც მეცნიერები პირობითად 3 ძირითად ეტაპად ყოფენ. ესენია: ინიციაცია, ელონგაცია და ტერმინაცია.

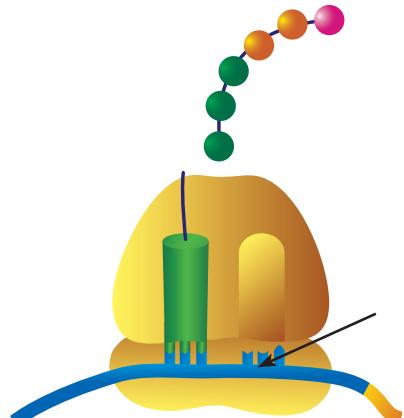
- ინიციაცია ტრანსლაციის პროცესის დაწყებას გულისხმობს. ინიციტორად ტ-რნმ გვევლინება, რომლის ანტიკოდონია უაც.
  - რა ეწოდება ი-რნმ-ის იმ უბანს, რომელსაც ეს ტ-რნმ უკავშირდება?
  - რომელი ამინომჟავათია ის დატვირთული?

(ტრანსლაციის დამთავრების შემდეგ ეს ამინომჟავა პოლიპეპტიდს სცილდება)
- ელონგაცია პოლიპეპტიდის ჯაჭვის დაგრძელებას გულისხმობს.
  - რამდენ პოლიპეპტიდურ ბმას შეიცავს პოლიპეპტიდი ილუსტრაციაზე?



- ტერმინაცია ცილის სინთეზის დამთავრებას ნიშნავს
  - დაასახელე ტერმინაციის გამომწვევი კოდონები.

**12.** რა ეწოდება ისრით მონიშნულ ტრიპლეტს?

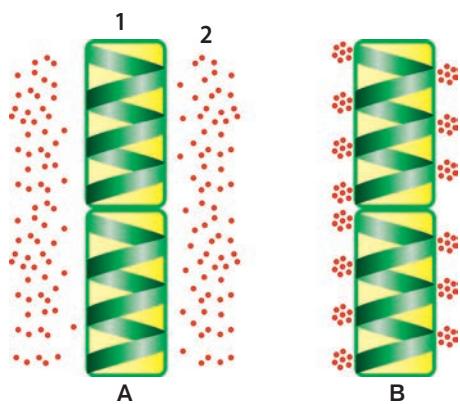


**13.** ფოტოსინთეზი რთული პროცესია, რომელიც უკრედში მრავალ ეტაპად მიმდინარეობს. მის კვლევას დიდი ხნის ისტორია აქვს. დიდი მნიშვნელობა ფოტოსინთეზის კვლევაში გერმანელი ბოტანიკოსის ვ. ენგელმანისა ადრეულ მახვილგონიერ ექსპერიმენტებს ჰქონდა.

მისი საყვარელი კვლევის ობიექტი ძაფნაირი წყალმცენარე სპიროგირა იყო, რომელსაც დიდი ზომის ქრომატოფორები აქვს.

ცდების პირველ სერიაში ვ. ენგელმანი სასაგნე მინაზე წყლის წვეთში, რომელიც აერობულ ბაქტერიებს შეიცავდა, სპიროგირას ძაფს ათავსებდა. სიბნელეში და სინათლეში ეს პრეპარატი სხვადასხვაგვარად გამოიყურებოდა.

ექსპერიმენტების მეორე სერიაში მეცნიერი სპიროგირას პრიზმაში გატარებული მზის სხივით ანათებდა.



1. სპიროგირა; 2. ბაქტერიები.

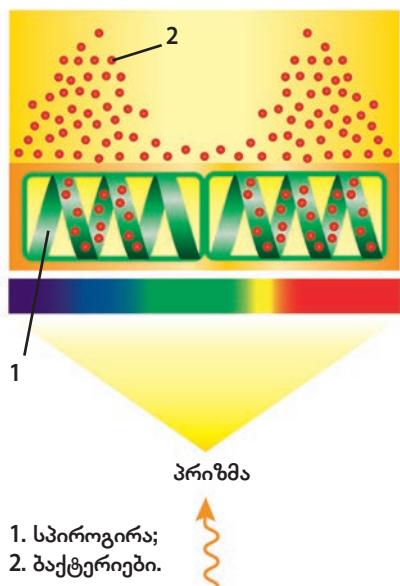
წარმოიდგინე, რომ ლექციით გამოდიხარ აუდიტორი-ს წინაშე, რომელსაც უნდა ესაუბრო ამ ექსპერიმენტების საეტაპო მნიშვნელობაზე ფოტოსინთეზის კვლევაში.

შექმენი პლაკატი ცდების ამსახველი ილუსტრაციებით და ლექციაზე მისი პრეზენტაციისას ნათლად წარმოაჩინე:

- რა იყო ვ. ენგელმანის ცდების პირველი სერიის მიზანი?
- რა მნიშვნელოვანი დასკვნა გამოიტანა ვ. ენგელ-მანმა ექპერიმენტიდან გამომდინარე?
- რისი გარკვევა სურდა ვ. ენგელმანს ცდების მეორე სერიაში?
- რისი დადგენა მოხერხდა ამ ექსპერიმენტით?

აუდიტორის წინაშე ლექციით გამოსვლისას და პლა-კატის წარდგენისას:

- ახსენი, რატომ აირჩია მეცნიერმა საკვლევ ობიექ-ტად სპიროგირა;
- განმარტე, რას წარმოადგენენ ქრომატოფორები;
- მოიყვანე არგუმენტები, რატომ შეიტანა წყლის წვეთში ვ. ენგელმანმა აერობული ბაქტე-რიები, რა ჰიპოთეზა ჰქონდა მეცნიერს;
- რომელი ილუსტრაცია ასახავს სიტუაციას სიბნელეში და რომელი – სინათლეში.



**14.** უჯრედული სუნთქვა ურთულესი პროცესია, რომელშიც უჯრედის ბევრი სტრუქტურაა ჩართული, მაგრამ ენერგიის დიდი ნაწილი მიტოქონდრიაში მიმდინარე პროცესების დროს გამომუშავდება.

წარმოიდგინე, რომ უნდა წარდგე მოსწავლეების წინაშე, რომლებსაც გაუჭირდათ ამ რთულ და მრავალეტაპიან პროცესში მხოლოდ თეორიული მასალით გარკვევა. მათთვის ძნელი წარ-მოსადგენია, როგორ გამოიმუშავებს უჯრედი ასეთ კოლოსალურ ენერგიას არამაკროერგული გლუკოზის დაუანგვის გზით.

შექმენი მიტოქონდრიის ისეთი მოდელი, რომლის დახმარებით მინილექციაზე ხაზგასმით წარ-მოაჩენ:

- რამდენმემბრანიანი ორგანოიდია მიტოქონდრია;
- როგორ აისახება მიტოქონდრიის გარეთა და შიგნითა მემბრანების სტრუქტურის სხვაობა მათ ფუნქციებზე;
- რა განასხვავებს მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანას უჯრედის სხვა მემბრანებისგან;
- როგორ მუშაობს ელექტრონების გადამტანის ჯაჭვი და ატფ-სინთაზა;
- რა სახის ენერგია ხმარდება მაკროერგული ბმის წარმოქმნას;
- რატომ უწოდებენ მიტოქონდრიას მეტაფორულად „ცოცხალ ჰიდროელექტროსადგურის კაშალს“;
- როგორ აისახება მიტოქონდრიის ფუნქციის მოშლა ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

შეაფასე შენი მოდელის ძლიერი და სუსტი მხარეები.

შეძელი შენი მოდელით მიტოქონდრიაში მიმდინარე პროცესების სრულფასოვნად ასახვა?

# პროექტი

## ვერადი სამყარო

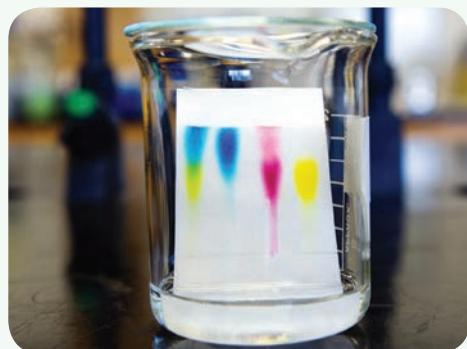
შემოდგომაზე ტყეები ლამაზად ჭრელდება. ამ ფერადოვნებას მცენარის პიგმენტები – ქლოროფილი, კაროტინოდები და ქსანტოფილები განაპირობებენ, რომლებიც ქრომატოგრაფიის მეთოდით პირველად 1900 წელს მიხეილ ცვეტმა გამოყო. ქრომატოგრაფია (ბერძნულად ხრომა – ფერი, ყრაფეიν – აღნერა, ჩანერა) არის ქიმიური ნივთიერებების ნარევის დაყოფის ხერხი, რომელიც ეფუძნება საკვლევი ნივთიერების არათანაბარ განაწილებას მოძრავ და უძრავ ფაზებს შორის. ნარევის შემადგენელი კომპონენტები მოძრაობენ სხვადასხვა სიჩქარით.

მომდევნო წლებში მეთოდი თანდათან უფრო დაიხვდნა და გაუმჯობესდა.

პროექტის ფარგლებში იმუშავე როგორც მეცნიერმა. შექმენი კვლევის გეგმა და ანგარიში.

**დავალების პრეზენტაციისას ნათლად წარმოაჩინე:**

- რას ეფუძნება ქრომატოგრაფიის მეთოდი;
- რა ეტაპები გაიარე კვლევაზე მუშაობის პროცესში და რატომ არის მნიშვნელოვანი კვლევის სწორად დაგეგმვა;
- რა დასკვნა ჩამოგიყალიბდა ექსპერიმენტების შედეგად;



### პროექტის მიმდინარეობის ეტაპები:

**აქტივობა 1:** პროექტის წარდგენის შემდეგ გაერთიანდი რომელიმე ჯგუფში;

**აქტივობა 2:** ჯგუფის წევრებთან ერთად, სიმულაციის გამოყენებით დაგეგმე და ჩაატარე კვლევა ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით:

<https://bit.ly/3tba2mJ>; შექმენით კვლევის ანგარიში და პრეზენტაციის დროს წარადგინეთ კლასში;

**აქტივობა 3:** ჯგუფის წევრებთან ერთად სიმულაციის გამოიყენებით, დაგეგმე და ჩაატარე კვლევა სხვადასხვა მცენარის შემოდგომისა და გაზაფხულის ფოთლებში პიგმენტების გამოვლენის მიზნით. <https://bit.ly/3leByUL> შექმენით კვლევის ანგარიში და პრეზენტაციის დროს წარადგინეთ კლასში;

**აქტივობა 4:** ჯგუფის წევრებთან ერთად განახორციელე სახელმძღვანელოს გვ 125-ზე მოცე-მული კვლევა N2. მოამზადეთ დასკვნები და წარადგინეთ კლასში;

**აქტივობა 5:** სასურველია, რომ პრეზენტაციაში ყველა მოსწავლემ მიიღოს მონაწილეობა.

(შემთხვევითობის პრინციპით ერთ ჯგუფს მოუწევს მხოლოდ ერთი პროდუქტის პრეზენტაცია);

**აქტივობა 6:** პროექტის შეჯამება.

ამ ეტაპზე უპასუხე მნიშვნელოვან შეკითხვებს, რომლებიც სამომავლოდ ახალი პროექტის დაგეგმვასა და შესრულებაში დაგეხმარება:

- რა ცოდნა და გამოცდილება მიიღე დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
- რა სირთულეებს წააწყდი პროექტზე მუშაობისას?
- რამდენად კომფორტული იყო ჯგუფის წევრებთან ერთად მუშაობა?
- რაში დაგეხმარათ ჯგუფში ფუნქციების გადანაწილება?
- რას შეცვლიდი, ახლიდან რომ იწყებდე პროექტზე მუშაობას?
- რას ურჩევდი შენს თანატოლებს პროექტზე მუშაობის პროცესის საინტერესოდ წარმართვის მიზნით?

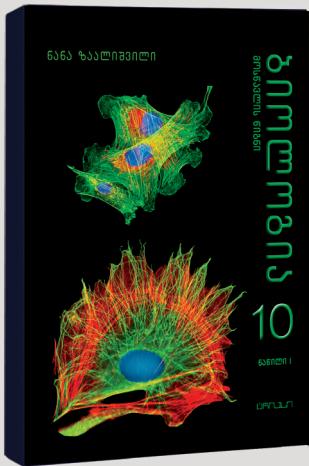
#### პროექტის აქტივობების დროში განაწილების სქემა

	შეხვედრა 1	შეხვედრა 2	შეხვედრა 3	შეხვედრა 4	შეხვედრა 5	შეხვედრა 6
აქტივობა 1						
აქტივობა 2						
აქტივობა 3						
აქტივობა 4						
აქტივობა 5						
აქტივობა 6						

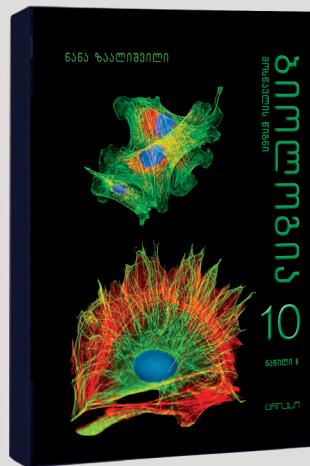


## საკვანძო სიტყვები

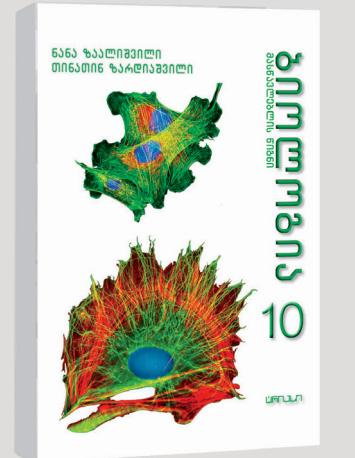
ლიპიდები	Lipids
ცხიმოვანი მჟავა	Fatty acid
ფოსფოლიპიდი	Phospholipid
სტეროიდი	Steroid
ვეილი	Wax
რიბოსომა	Ribosome
ენდოპლაზმური ბადე	Endoplasmic reticulum
გოლგის კომპლექსი	Golgi apparatus
ლიზოსომა	Lysosome
მიტოქონდრია	Mitochondria
ქლოროპლასტი	Chloroplast
ციტოჩრონიტი	Cytoskeleton
ელექტროფორეზი	Electrophoresis
რეპლიკაცია	Replication
ტრანსკრიპცია	Transcription
ტრანსლაცია	Translation



მოსწავლის სახელმძღვანელო  
ნაწილი 1



მოსწავლის სახელმძღვანელო  
ნაწილი 2



მასწავლებლის  
სახელმძღვანელო