

მარინა სეხნიაშვილი

უჯრედის ბიოლოგია

სახელმძღვანელო განკუთვნილია
აბიტურიენტებისა და პედაგოგებისთვის



2025

მარინა სეხნიაშვილი

უჯრედის ბიოლოგია

სახელმძღვანელოში განხილულია უჯრედის ბიოლოგიის შესახებ ყველა ის თეორიული საკითხი, რასაც ითვალისწინებს ბიოლოგიაში ერთიანი ეროვნული საგამოცდო და მასწავლებელთა საგნის გამოცდის პროგრამები. თეორიული საკითხების გარდა, წიგნში მოცემულია ამოხსნილი ამოცანებისა და სავარჯიშოების მაგალითები, დახურული და ღია ტიპის ტესტური დავალებები თვითშეფასებისთვის.

© გამომცემლობა „კლიო“, 2025

© მარინა სეხნიაშვილი, 2025

ყველა უფლება დაცულია

კომპიუტერული უზრუნველყოფა

მანანა კვერნაძე

ISBN 978-9941-496-75-2

პირველი გამოცემა (2025)



შპს „გამომცემლობა კლიო“
აღმაშენებლის გამზ., №181-2,
თბილისი, 0112

ტელ.: (+995 32) 234 04 30

E-mail: book@klio.ge; www.klio.ge

სარჩევი

თემა 1. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა	6
1.1. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა. არაორგანული ნივთიერებები	7
1.2. უჯრედის ორგანული ნივთიერებები. ნახშირწყლები	13
1.3. ლიპიდები	16
1.4. ცილები.....	17
1.5. ცილების ფუნქციები	23
1.6. ნუკლეინის მჟავები	27
 თემა 2. უჯრედის სტრუქტურული კომპონენტები.....	38
2.1. უჯრედული თეორია.....	39
2.2. უჯრედის ძირითადი სტრუქტურები. პლაზმური მემბრანა.....	41
2.3. ნივთიერებათა მემბრანული ტრანსპორტი.....	45
2.4. ბირთვი.....	49
2.5. უჯრედის ორგანელები.....	52
2.6. უჯრედების მრავალფეროვნება.....	61
2.7. სიცოცხლის არაუჯრედული ფორმები – ვირუსები.....	65
 თემა 3. უჯრედული მეტაბოლიზმი	69
3.1. ნივთიერებათა ცვლა და ენერგიის გარდაქმნა უჯრედში	70
3.2. ენერგეტიკული ცვლა.....	72
3.3. დნმ-ის რეპლიკაცია.....	77
3.4. დნმ-ის ანაბეჭდები	80
3.5. ცილების ბიოსინთეზი. ტრანსკრიპცია	86
3.6. ცილების ბიოსინთეზი. ტრანსლაცია	90
3.7. ფოტოსინთეზი.....	96

თემა 4. უჯრედის გამრავლება	101
4.1. უჯრედული ციკლი.....	102
4.2. უჯრედების მიტოზური გაყოფა	105
4.3. უჯრედული ციკლის რეგულაცია	109
4.4. უჯრედების დიფერენცირება მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში.....	114
4.5. უჯრედების მეიოზური გაყოფა	118
4.6. გამეტოგენეზი	125
4.7. მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემის გზები პროკარიოტებში	128
 თემა 1.-ის შეჯამება. ტესტური დავალებები	132
თემა 2.-ის შეჯამება. ტესტური დავალებები	146
თემა 3.-ის შეჯამება. ტესტური დავალებები	158
თემა 4-ის შეჯამება. ტესტური დავალებები	172
 გამოყენებული ლიტერატურა.....	186
დანართი. საზომი ერთეულები	187
განმარტებითი ლექსიკონი.....	188

წიგნში გამოყენებული პირობითი ნიშნები



მეცნიერება პრაქტიკაში – მეცნიერული თეორიის კავშირი და გამოყენება რეალურ ცხოვრებაში, მნიშვნელოვანი მეცნიერული აღმოჩენები და მისი შეფასება, გავლენა ტექნოლოგიების განვითარებაზე, საზოგადოებასა და გარემოზე.



ამოცანებისა და სავარჯიშოების ამოხსნის მაგალითები.



კავშირი საბუნებისმეტყველო საგნებს შორის

თემა 1. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა



უჯრედი არის ბიოლოგიის გასაღები, რადგან ზუსტად უჯრედის დონეზე წყლის, მინერალური მარილებისა და მათი იონების, მაკრომოლეკულების შემცველობასა და მათ შორის მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებზეა დამოკიდებული სასიცოცხლო პროცესების გამოვლენა. ამიტომაც, სიცოცხლის ორგანიზაციის ყველაზე დაბალი დონე ატომურ-მოლეკულურია.

უჯრედების შემადგენლობაში აღმოჩენილია 80-ზე მეტი ქიმიური ელემენტი, რომლებიც არააცოცხალ ბუნებაშიც გვხვდება. ამრიგად, ატომურ დონეზე ცოცხალი და არააცოცხალი ბუნების ქიმიურ შედგენილობას შორის დიდი მსგავსებაა. მაშ, რა დონეზეა მათ შორის განსხვავება და რაში გამოიხატება ეს განსხვავება? ამ და სხვა კითხვებზე პასუხს მიიღებთ თემის გაცნობისას.

1.1.

უჯრედის ქიმიური შედგენილობა. არაორგანული ნივთიერებები



უჯრედის ქიმიური შედგენილობა ატომურ და მოლეკულურ დონეზე

ყველა ცოცხალი სისტემის სასიცოცხლო თვისებები მუდამ დება სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერების მოლეკულებისა და იონების ურთიერთქმედებაში. უჯრედში მიმდინარე ქიმიურ რეაქციებს **ბიოქიმიურ რეაქციებს** უწოდებენ, ხოლო უჯრედის ქიმიის შემსწავლელ მეცნიერებას – **ბიოქიმიას**. სხვადასხვა ტიპის უჯრედი მსგავსია ქიმიური შედგენილობითა და მათში მიმდინარე ბიოქიმიური რეაქციებით.

ცოცხალი ბუნების შემადგენლობაში აღმოჩენილია 80-ზე მეტი ქიმიური ელემენტი, რომლებიც არაყოცხალ ბუნებაშიც გვხვდება. ცოცხალ ორგანიზმებში პროცენტული შემცველობის მიხედვით ელემენტებს ორ ჯგუფად ყოფენ: მაკროელემენტები და მიკროელემენტები (იხ. ცხრილი 1.1). ეს ელემენტები უჯრედში იონების, ატომების, მო-

ლეკულების ან სხვადასხვა ქიმიური ნაერთის სახით არის წარმოდგენილი (იხ. ცხრილი 1.2).

ატომურ დონეზე ცოცხალი და არაყოცხალი ბუნების ქიმიურ შედგენილობას შორის დიდი მსგავსებაა, მოლეკულურ დონეზე კი განსხვავებულია. არის ნივთიერებები, რომლებიც ბუნებრივად მხოლოდ ცოცხალ ბუნებაში წარმოიქმნებიან, ესენი ორგანული ნივთიერებებია. ორგანული ნივთიერებები არაყოცხალ ბუნებაშიც გვხვდება, მაგალითად, დედამიწაზე ოდესღაც მცხოვრები ორგანიზმების ნაშთებისგან წარმოქმნილ ნავთობში, ქვანახშირსა და ბუნებრივ აირში. არაორგანული ნივთიერებები კი არის როგორც ცოცხალ, ისე არაყოცხალ ბუნებაში.

უჯრედები არაორგანული ნივთიერებებიდან შეიცავენ წყალს და ზოგიერთ მინერალურ მარილსა და მათ იონებს.

ცხრილი 1.1.

ორგანიზმის უჯრედებში ელემენტების შემცველობა %-ში

მაკროელემენტები	მიკროელემენტების რაოდენობა – 0,001-დან 0,00001-მდე	მიკროელემენტების რაოდენობა 0,000001-ს არ აჭარბებს
ჟანგბადი 65-75 ნახშირბადი 15-18 წყალბადი 8-10 აზოტი 1,5-3 კალციუმი 1,5-2,0 ფოსფორი 0,2-1,0 კალიუმი 0,15-0,4 გოგირდი 0,2-0,3 ნატრიუმი 0,2-0,3 რკინა 0,01-0,15 ქლორი 0,2-0,5 მაგნიუმი 0,1-0,2	ბორი კობალტი სპილენძი თუთია მოლიბდენი ვანადიუმი იოდი ფტორი	ურანი რადიუმი ოქრო ვერცხლისწყალი ბერილიუმი ცეზიუმი სელენი

ცხრილი 1.2

ცოცხალ ორგანიზმებში ქიმიური ნაერთების შემცველობა %-ში

ნივთიერება	რაოდენობა %-ებში
წყალი	75-85
მინერალური მარილები	1,0-1,5
ცილები	10-20
ნახშირწყლები	0,2-2,0
ნუკლეინის მჟავები	1-2
ლიპიდები	1-5
დაბალმოლეკულური ორგანული ნაერთები (პიგმენტები, ვიტამინები, ატფ და სხვა)	0,1-0,5



კავშირი ქიმიასთან

ქიმიური ელემენტი ეწოდება ერთი სახეობის ატომებს.

ატომი ქიმიური ელემენტის უმცირესი, ქიმიურად განუყოფელი ნაწილაკია, რომელიც შედის ნივთიერების შედგენილობაში.

მოლეკულა არის ნივთიერების უმცირესი ნაწილაკი, რომელიც ინარჩუნებს ამ ნივთიერების შედგენილობასა და ქიმიურ თვისებებს.



წყლის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და ბიოლოგიური როლი

თითქმის ყველა ცოცხალი არსება ძირითადად წყლისგან შედგება. ადამიანის სხვადასხვა ორგანოსა და ქსოვილში წყლის შემცველობა მერყეობს 20%-დან (ძვლოვან ქსოვილებში) 85%-მდე (თავის ტვინის უფრედებში). მედუზას სხეულში კი 95%-მდე წყალია. უფრედში რაც უფრო აქტიურად მიმდინარეობს სასიცოცხლო პროცესები, მით მეტია მასში წყლის შემცველობა.

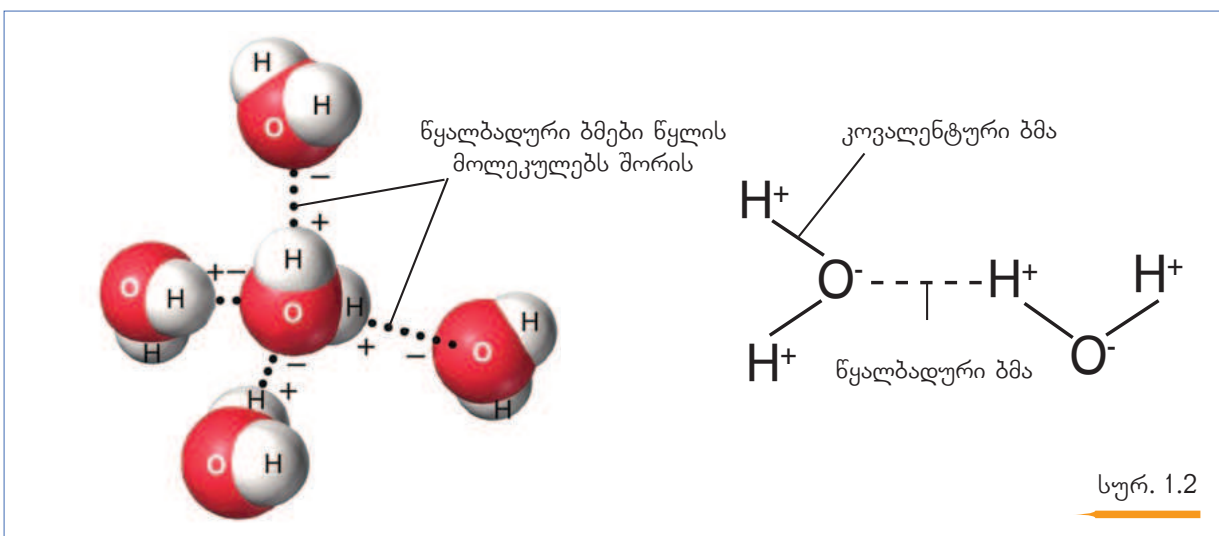
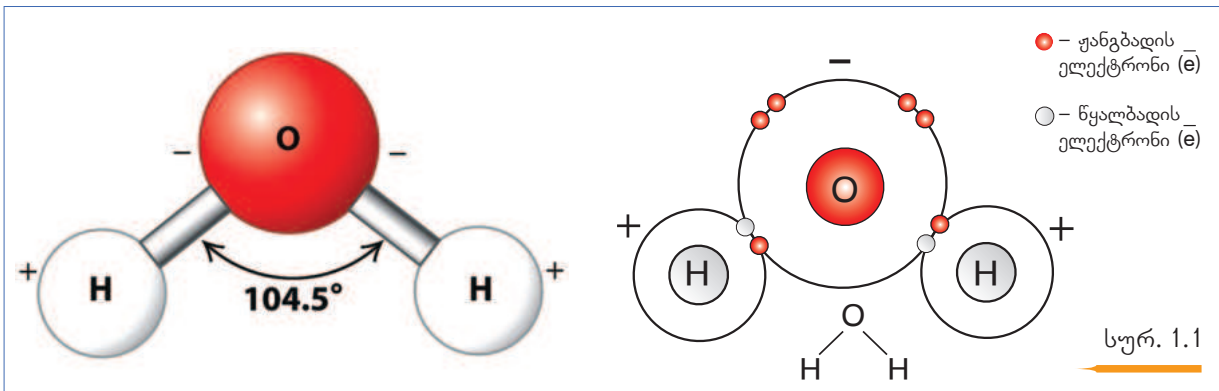
წყლის მოლეკულის სტრუქტურასთან დაკავშირებული წყლის უნიკალური თვისებები მნიშვნელოვანია ორგანიზმებისთვის. წყლის მოლეკულაში ჟანგბადის ერთი ატომი კოვალენტური ბმით წყალბადის ორ ატომთანაა დაკავშირებული. წყლის მოლეკულა პოლარულია – დიპოლია (სურ. 1.1). წყლის მოლეკულის ერთი ბოლო დადებითად არის დამუხტული, ხოლო მეორე – უარყოფითად, რადგან ჟანგბადის ატომი



კავშირი ქიმიასთან

ქიმიური ბმების სახეობები: **კოვალენტური ბმა** ეწოდება ორ ატომს შორის საზიარო ელექტრონული წყვილით დამყარებულ ქიმიურ ბმას. პოლარულ-კოვალენტურ ბმაში ელექტრონები არათანაბრად ზიარდება ატომებს შორის და უფრო მეტადაა გადახრილი ერთ-ერთი ატომისკენ. პოლარულ-კოვალენტურ ბმაში ჩართული წყალბადის ატომი დადებითად დამუხტულია, რომელიც მიიზიდება ნებისმიერი მეზობელი უარყოფითი მუხტისკენ და ამ ურთიერთქმედებას **წყალბადური ბმა** ეწოდება. ქიმიურ ბმებს შორის ყველაზე ძლიერი კოვალენტური ბმაა, ხოლო ყველაზე სუსტი – წყალბადური ბმა.

თავისკენ იზიდავს წყალბადის ელექტრონებს. წყლის ერთი მოლეკულის უარყოფითად დამუხტული ჟანგბადის ატომი მიიზიდება წყლის სხვა მოლეკულის დადებითად დამუხტული წყალბადის ატომით და მათ შორის წყალბადური ბმები წარმოიქმნება (სურ. 1.2).



წყლის მოლეკულები წყალბადური ბმებით რომ არ იყოს დაკავშირებული ერთმანეთთან, ჩვეულებრივ პირობებში წყალი აირად მდგომარეობაში იქნებოდა და სიცოცხლე დედამიწაზე არსებული სახით ვერ იარსებებდა.

წყლის ბიოლოგიური როლი მის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებთან არის დაკავშირებული. წყალს აქვს **მაღალი თბოტევადობა**, ე.ი. აქვს უნარი შთანთქოს დიდი რაოდენობით სითბო ისე, რომ საკუთარი ტემპერატურა მინიმალურად შეიცვალოს. ეს იმას ნიშნავს, რომ გარემოში სითბოს მნიშვნელოვანი გაზრდა წყლის ტემპერატურის მხოლოდ უმნიშვნელოდ მომატებას იწვევს.

ამის მიზეზია ის, რომ ამ ენერგიის მნიშვნელოვანი ნაწილი წყალბადური ბმების გაწყვეტაზე იხარჯება. სამართლიანია პირიქითაც, გარემოში, უფრედში ტემპერატურის შემცირებისას წყლის მოლეკულებს შორის წყალბადური ბმები წარმოიქმნება და ენერგია გამოთავისუფლდება. ამ თვისების გამო წყლიან გარემოში ნაკლებად მერყეობს ტემპერატურა.

წყალს **მაქსიმალური სიმკვრივე** 4°C -ზე აქვს. ამიტომ ყინულს, რომელსაც დაბალი სიმკვრივე აქვს, წყალზე მსუბუქია და ცურავს წყლის ზედაპირზე, ეს წყალსატევს იცავს მთლიანად გაყინვისაგან (სურ. 1.3.). წყლის კიდევ ერთი ანომალური თვისება გამოიხატება იმაში, რომ სხვა სითხეებისაგან განსხვავებით, წნევის გაზრდით წყლის გაყინვის ტემპერატურა მცირდება. ამიტომ წყლის ქვედა შრეებში წყლის გაყინვის ალბათობა კიდევ უფრო მცირდება. **წყალსატევში ყინულის საფარის ქვეშ სიცოცხლე გრძელდება.**

წყლის მოლეკულის პოლარობის გამო, წყალი **უნივერსალური გამხსნელია**. გახსნა დამოკიდებულია გახსნილი ნივთიერებისა და გამხსნელის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედებაზე. გამხსნელის გავლენით, გახსნილი ნივთიერების იონები ან მოლეკულები დიფუზიით თანაბრად ნაწილდება გამხსნელის მთელ მოცულობაში. წყალში კარგად იხსნება ზოგიერთი მარილი (სურ. 1.4), მჟავა, ტუტე; ორგანული ნივთიერებებიდან სპირტები, ზოგიერთი ამინომჟავა და ნახშირწყალი (მაგ., მონო და დისაქარიდები), ცილა. წყალში ხსნადობის მიხედვით, უფრე-

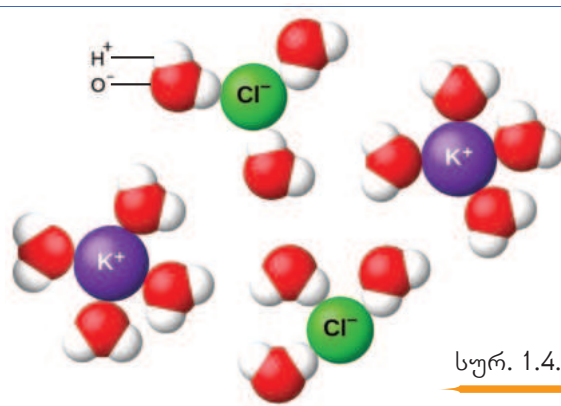
დის ყველა ნივთიერება ორ ჯგუფად იყოფა: ჰიდროფილური და ჰიდროფობური.

წყალთან, როგორც კარგ გამხსნელთან, რამდენიმე მნიშვნელოვანი ფუნქციაა დაკავშირებული: **სატრანსპორტო** – წყალხსნარების სახით ტრანსპორტირდება ნივთიერებები გარემოდან უფრედში; ასევე, ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტები უფრედიდან გარემოში წყალხსნარების სახით **გამოიყოფა**. **უფრედში ბიოქიმიური რეაქციები, ძირითადად, წყალხსნარებში მიმდინარეობს.**

წყალი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ზოგიერთი მაღალმოლეკულური ნივთიერებისა (ცილები, ნუკლეინის მჟავები) და უფრედული მემბრანების სტრუქტურის ჩამოყალიბებაში.



სურ. 1.3



სურ. 1.4.



კავშირი ფიზიკასთან

ნივთიერების **თბოტევადობა** გვიჩვენებს, თუ რამდენი ენერგიაა საჭირო მოცემული ნივთიერების ტემპერატურის შესაცვლელად.

ერთი სხეულიდან მეორეზე სითბოს გადაცემის პროცესს **თბოგამტარობა** ეწოდება.

სიმკვრივე არის ნივთიერების მასის თანაფარდობა მის მოცულობასთან.

შესაბამისად, თუ უჯრედმა დაკარგა წყალი, მაღალმოლეკულური ორგანული ნივთიერებებისა და უჯრედული მემბრანების სტრუქტურა ირღვევა.

წყალი მონაწილეობს მაღალმოლეკულური ორგანული ნაერთების (ცილების, ნახშირწყლების, ცხიმების) **ჰიდროლიზში** (წყლით დაშლაში). იგი მონაწილეობს ფოტოსინთეზის პროცესში და მისი დაშლის შედეგად ჟანგბადი გამოთავისუფლდება. ამრიგად, წყალი დედამიწაზე **მოლეკულური ჟანგბადის ძირითადი წყაროა** (გვ. 95).

წყალი მაღალი თბოტევადობისა და თბოგამტარობის გამო დიდ როლს ასრულებს უჯრედისა და ორგანიზმის **თბორეგულაციაში**. ტრანსპირაცია (ფოთლების მიერ წყლის აორთქლება), ოფლის გამოყოფა ორგანიზმს იცავს გადახურებისგან. წყალი მონაწილეობს ორგანიზმში სხვადასხვა ორგანოსა და ქსოვილს შორის სითბოს განაწილებაში.

რადგან წყლის მაღალი თბოტევადობა და თბოგამტარობა მინიმუმამდე ამცირებს მასში ტემპერატურულ ცვლილებებს, ამიტომ წყალი უჯრედში **ბიოქიმიური პროცესების წარმართვისათვის ხელსაყრელი გარემოა**.

წყალი **უჯრედის სტრუქტურებისათვის საყრდენ** ფუნქციას ასრულებს. ის გავლენას ახდენს **უჯრედის ფიზიკურ თვისებებზე**: უჯრედის სიმკვრივესა და მოცულობაზე.



კავშირი ფიზიკასთან

კოჰეზია ნიშნავს მოლეკულის იმავე სახეობის სხვა მოლეკულასთან მიზიდულობას. წყლის მოლეკულებს აქვს ძლიერი კოჰეზიური ძალები, მათი ერთმანეთთან წყალბადური ბმებით დაკავშირების გამო.

ადჰეზია – ერთი სახეობის მოლეკულის სხვა სახეობის მოლეკულისკენ მიზიდვაა.



რადგან წყალში ტემპერატურა ნაკლებად მერყეობს და მასში კარგად იხსნება ორგანიზმისათვის საჭირო ბევრი ნივთიერება, ზოგიერთი ორგანიზმის საცხოვრებელ გარემოს წარმოადგენს, აგრეთვე, **ხელსაყრელი გარემოა განაყოფიერებისა და ზოგიერთი ორგანიზმის ჩანასახის განვითარებისთვის**.

ფესვთა სისტემის მიერ ნიადაგიდან შეწოვილი წყლის მიწისზედა ორგანოებისკენ გადაადგილებაში დიდ როლს ასრულებს წყლის თვისებები. რადგან წყლის მოლეკულა დიპოლია და მოლეკულები ერთმანეთს უკავშირდება წყალბადური ბმებით, წყლის მოლეკულები ერთმანეთისკენ მიიზიდება (**კოჰეზია**) და ქმნის ზედაპირულ დაჭიმულობას (სურ. 1.5). დატენიანებისას ცელულოზა იმუხტება და ჭურჭლების წვრილ მილებში უჯრედების კედელი წყალს იზიდავს (**ადჰეზია**). ეს ხელს უშლის მილებში წყლის უკან დასრიალებას. ამიტომ წყლის ერთ მოლეკულას ჯაჭვურად მიჰყვება სხვა მოლეკულებიც (სურ. 1.6).

ამრიგად, წყლის გარეშე სიცოცხლე არ არსებობს. იგი თავისი საოცარი ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების გამო სასწაულებს ახდენს როგორც ცოცხალ, ისე არაცოცხალ ბუნებაში.



როგორც ესტონელმა მეცნიერებმა გამოიკვლიეს, „წყლის ნაყვა“ არცთუ ისე უპერსპექტივო საქმეა. მათ ჩვეულებრივი სანაყის ნაცვლად დიდი სიჩქარით მოძრავი როტორი* გამოიყენეს. აღმოჩნდა, რომ ასეთი გზით „გააქტიურებულ“ წყალში კალმახი 1,5-ჯერ სწრაფად იზრდება, ასევე, იგი ზრდის სხვადასხვა კულტურის მოსავლიანობას. მეცნიერების ვარაუდით, ამ დროს წყლის მოლეკულების გრძელი ჯაჭვები ირღვევა და წყალი უფრო ადვილად შესათვისებელია ორგანიზმებისთვის.

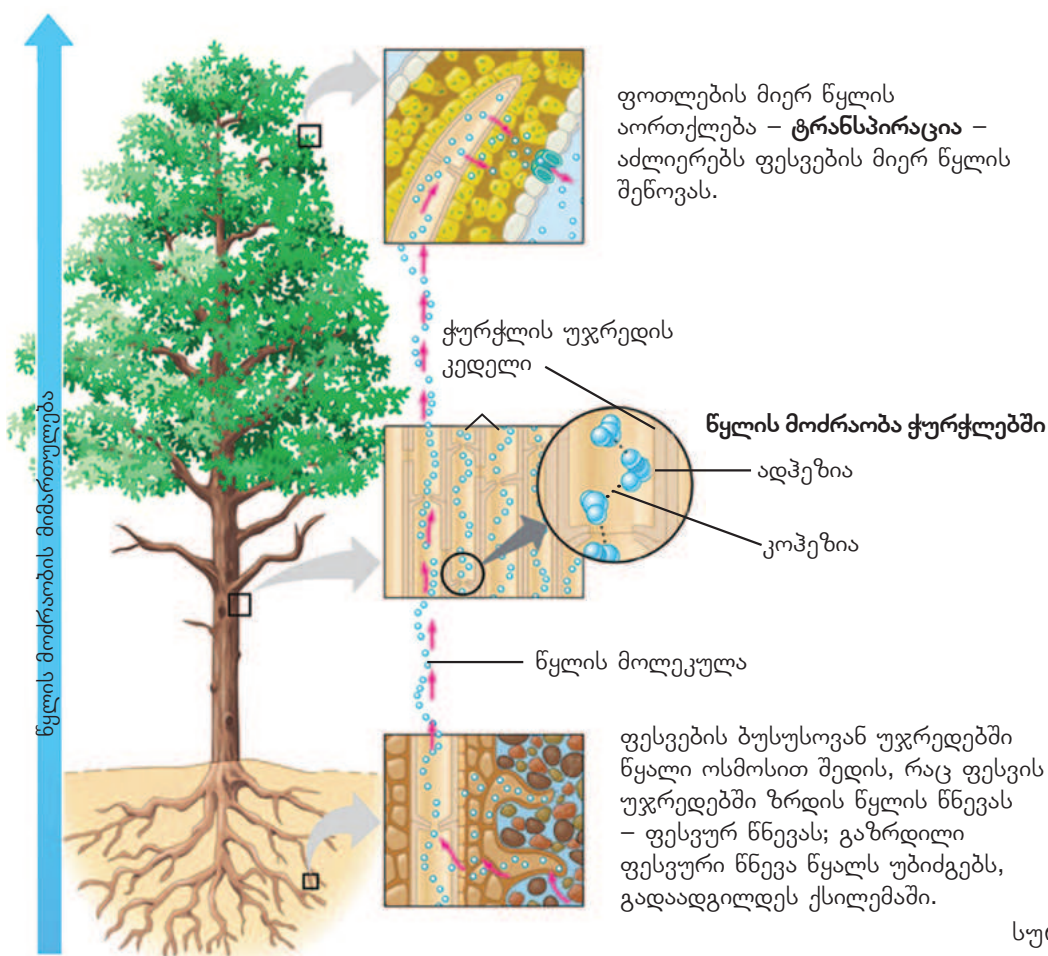
ყინული გათბობისას დნება და იგი თანდათან გარდაიქმნება თხევად წყლად – მდნარ წყლად. ადამიანმა დიდი ხნის წინ შეამჩნია, რომ ყინულის დნობის შედეგად მიღებული წყალი განსხვავდებოდა ჩვეულებრივი წყლისგან. ადრეულ გაზაფხულზე ბედურები სიამოვნებით ბანაობენ ახლად გამდნარი



ყინულის გუბებში. მეცნიერ-აგრონომებმა ექსპერიმენტებით დაადგინეს, რომ მდნარი წყალი შეიძლება ჩაითვალოს თავისებურ ბიოლოგიურ სტიმულატორად. მაგალითად, ორი ერთნაირი მიწის ნაკვეთიდან ერთზე (საცდელი ნაკვეთი) დათესეს მდნარ წყალში საათ-ნახევრის განმავლობაში მოთავსებული ხორბლის თესლი, ხოლო მეორე ნაკვეთზე (საკონტროლო ნაკვეთზე) – ჩვეულებრივ წყალში მოთავსებული იმავე ჯიშისა და ხარისხის ხორბლის თესლი. საცდელი ნაკვეთიდან მიიღეს 18, 3 ცენტნერი ხორბალი, ხოლო საკონტროლოდან – მხოლოდ 11 ცენტნერი. წინილები, რომლებიც სვამენ მდნარ წყალს, ზრდაში უსწრებენ საკონტროლო ჯგუფის წინილებს. ფიქრობენ, რომ შესაძლებელია მთის მოსახლეობაში სიცოცხლის გახანგრძლივება დაკავშირებული იყოს იმასთან, რომ სასმელად იყენებენ ე.წ. ყინულოვან წყალს. ასევე, იქნებ სწორედ ამიტომ მიისწრაფის კალმახი ქვირითობის დროს მთის ჩქარი და ყინულივით ცივი მდინარეების სათავეებისკენ.

იმბიბიცია (ლათინურად – imbibere – „შეწოვა“) არის წყლის შესვლა ნივთიერებაში, მაგალითად, ცელულოზაში ან ჟელატინში, რის შედეგადაც ეს ნივთიერება იჯირჯვება და იზრდება მოცულობაში. იმბიბიციის შედეგად წარმოქმნილი წნევა შეიძლება ძალიან დიდი იყოს. ამბობენ, რომ ძველევგვპტური პირამიდების მშენებლობისათვის ქვებს ასე მოიპოვებდნენ: კლდის ნაპრალებში ტენიდნენ ხის მორებს და შემდეგ კი მათ წყლით ასველებდნენ. გაჯირჯვებული ცელულოზა ისეთ წნევას წარმოქმნიდა, რომ ქვის ფილას ტეხდა. იმბიბიცია მოქმედებს მცენარეებში, მაგალითად, თესლები გაღივებამდე ჯერ მოცულობაში იზრდება, რის შედეგადაც სკდება მათი კანი და ჩანასახს განვითარების საშუალება ეძლევა.

ფესვების მიერ წყლის შეწოვა და გადაადგილება მიწისზედა ორგანოებისკენ



სურ. 1.6

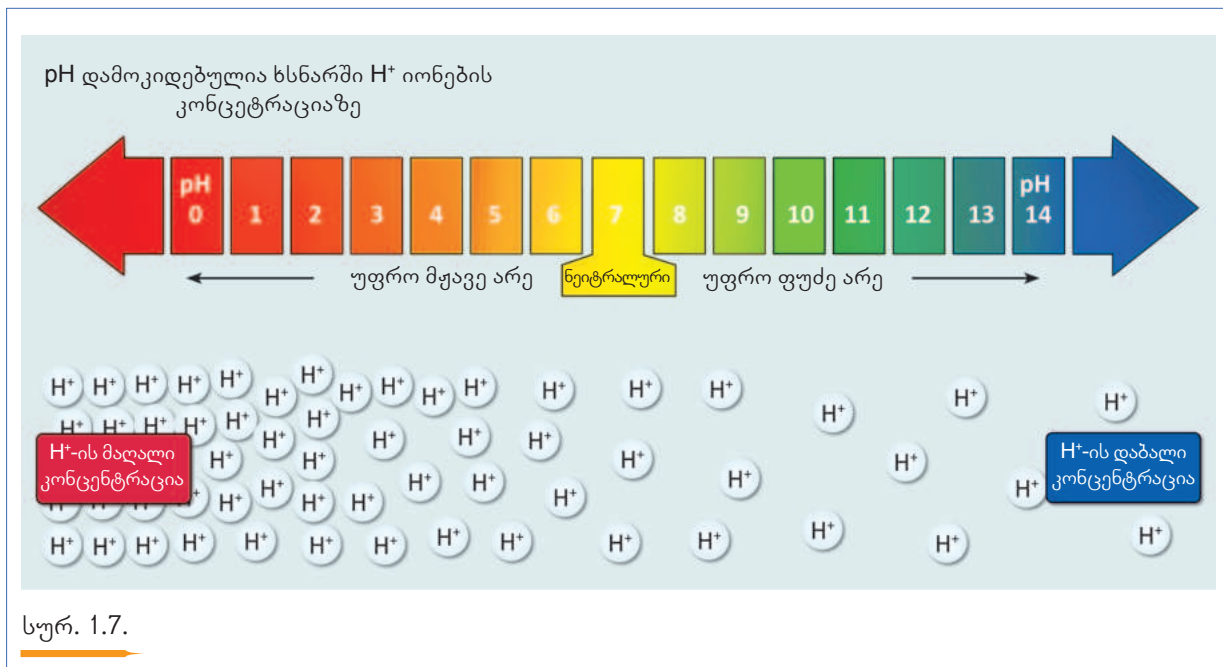


უჯრედის მინერალური მარილები

წყლის გარდა არაორგანული ნივთიერებებიდან უჯრედი შეიცავს მჟავებს, მარილებს, ფუძეებს. ამ ნივთიერებების უმრავლესობა უჯრედში იონებადაა დისოცირებული. კათიონებიდან დიდი ბიოლოგიური როლი აქვს: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; ანიონებიდან $H_2PO_4^-$, Cl^- , HCO_3^- , HPO_4^{2-} . იონები უჯრედის შიგნით და გარეთ არათანაბრად არის განაწილებული და ასეთ არათანაბარ განაწილებას უჯრედი მთელი სიცოცხლე ინარჩუნებს. მინერალური მარილების იონები განსაზღვრავენ უჯრედში ოსმოსით წყლის შესვლას.

ბიოქიმიური პროცესების მიმდინარეობა დიდად არის დამოკიდებული უჯრედში

H^+ -იონების კონცენტრაციაზე. მეცნიერები ამისთვის იყენებენ pH-ის სკალას, რომელიც განისაზღვრება 1-დან 14-ის ნიშნულით (სურ. 1.7). ამ სკალის მიხედვით განსაზღვრავენ ხსნარის მჟავიანობასა და ტუტეობას. რაც pH-ის მნიშვნელობა მცირეა, მით ხსნარში H^+ -ის დიდი რაოდენობაა და მაღალია მჟავიანობა და პირიქით – pH-ის მნიშვნელობის გაზრდით იზრდება ხსნარის ტუტეობა. ფერმენტების აქტივობა დიდად არის დამოკიდებული pH-ზე. მაგალითად, უჯრედის ციტოპლაზმის ფერმენტებისთვის ოპტიმალური რეაქციის არე არის სუსტი ტუტე ან ნეიტრალური pH.



უჯრედის შიგთავსი ინარჩუნებს სუსტ ტუტე ან ნეიტრალურ pH-ს, მიუხედავად იმისა, რომ უჯრედში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების შედეგად ხან H^+ -ის კონცენტრაცია მატულობს, ხან OH^- -ის კონცენტრაცია. უჯრედის თვისებას, შეინარჩუნოს მუდმივი pH, **ბუფერობა** ეწოდება. უჯრედის ბუფერობის შენარჩუნებაში სუსტი მჟავების ანიონები – $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , HCO_3^- , მონაწილეობენ. ციტოპლაზმაში OH^- -ის კონცენტრაციის გაზრდისას სუსტი მჟავები დისოცირდება და გამოთავისუფლებული H^+ -ის იონები ანეიტრალურებს

OH^- -ს და კვლავ ნორმას უბრუნდება ციტოპლაზმის pH. პირიქით, თუ უჯრედში გაიზარდა H^+ -იონების კონცენტრაცია, სუსტი მჟავა აღდგება.

Ca^{2+} -ის იონები გავლენას ახდენს ნერვულ სისტემაზე, აძლიერებს და აჩქარებს გულის მუშაობას, ხელს უწყობს სისხლის შედედებას, ძვლების შემადგენლობაში შედის კალციუმის ფოსფატები და კარბონატები, რომლებიც მის სიმტკიცეს განაპირობებენ. კალიუმისა და ნატრიუმის იონები მონაწილეობენ აგზნებად სისტემაში ნერვული იმპულსის წარმოქმნასა და

გავრცელებაში, კუნთების შეკუმშვაში. მარილმ-
ჟავა შედის კუჭის წვენის შემადგენლობაში და
მჟავა არეს ქმნის, რაც მნიშვნელოვანია კუჭში
საკვების მონელებისთვის. ზოგიერთი კათიონი
შედის ორგანული ნივთიერების შემადგენ-
ლობაში და მის თვისებებსა და ფუნქციებსაც
განსაზღვრავს. მაგალითად, რკინის იონები
შედის ჰემოგლობინის შემადგენლობაში, რას-
თანაც ჟანგბადის ტრანსპორტირება არის
დაკავშირებული. რკინის ნაკლებობა იწვევს
ანემიის (სისხლნაკლებობის) ერთ-ერთი სახის
განვითარებას.

იოდი შედის ფარისებრი ჯირკვლის ჰორ-
მონის თიროქსინის შემადგენლობაში. იოდის
ნაკლებობა იწვევს ფარისებრ ჯირკვალში
ჰორმონ თიროქსინის მოლეკულის ცვლილე-
ბას. ვითარდება იოდდეფიციტური დაავადება
და ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლა ირღვე-
ვა. ამ დროს შესაძლებელია ფარისებრი ჯირ-
კვლის ზომაში ზრდა და ყალიბდება ჩიყვი.

მაგნიუმი – ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი
ელემენტი, რომელიც არსებობს ყველა ორ-
განიზმის უჯრედში. მაგალითად, მაგნიუმი
მცენარეულ უჯრედში შედის ქლოროფილის
შემადგენლობაში. ადამიანის ორგანიზმი სულ
21-28 გრამ მაგნიუმს შეიცავს, მაგრამ ამ ელე-
მენტის გარეშე მისი ცხოველქმედება წარ-

მოუდგენელია. მაგნიუმი მნიშვნელოვან როლს
ასრულებს მრავალ შიდაუჯრედულ ბიოქი-
მიურ პროცესში, რადგან ბევრი ფერმენტი
აქტივობის გამოსამჟღავნებლად საჭიროებენ
მაგნიუმის იონებს. განსაკუთრებით აღსანიშ-
ნავია ის ფერმენტები, რომლებიც მონაწი-
ლეობენ ენერგიის გარდაქმნის პროცესებში.
მაგნიუმი მონაწილეობს ნერვული იმპულსის
გადაცემასა და კუნთების შეკუმშვაში. მაგნიუ-
მის დეფიციტი უარყოფითად აისახება ყველა
სასიცოცხლო პროცესზე, რაც შეიძლება გა-
მოიხატოს შემდეგი სიმპტომებით: უძილობა,
ქრონიკული დაღლილობა, ართრიტი*, ჩონჩ-
ხის კუნთების სპაზმური შეკუმშვა, გულის
არითმია და სხვ.

ფოსფორი შედის უჯრედის ორგანული
ნივთიერებების შემადგენლობაში, როგორი-
ცაა ნუკლეინის მჟავები, ატფ, ფოსფოლიპი-
დები. მნიშვნელოვან როლს ასრულებს უჯ-
რედში სხვა ელემენტის ატომები და იონებიც,
მაგალითად, თუთია შედის ჰორმონ ინსული-
ნისა და ზოგიერთი ფერმენტის შემადგენლო-
ბაში, კობალტი კი – B_{12} ვიტამინის შემადგენ-
ლობაში. ამრიგად, შეიძლება ნივთიერების
შემცველობა უჯრედში ძალიან მცირე იყოს,
მაგრამ მისი ბიოლოგიური როლი კი – მნიშვნე-
ლოვანი.

1.2.

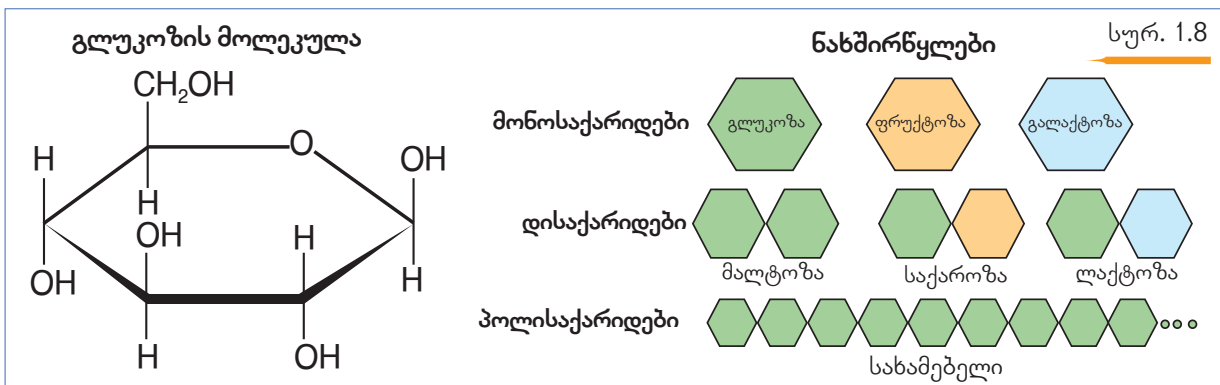
უჯრედის ორგანული ნივთიერებები. ნახშირწყლები

ყველა ორგანიზმის უჯრედების შემად-
გენლობაში შედის ორგანული ნივთიერებე-
ბის ოთხი ძირითადი ჯგუფი: ნახშირწყლები,
ლიპიდები, ცილები და ნუკლეინის მჟავები.
ამ ნივთიერების მოლეკულებს აქვთ განსხვა-
ვებული სტრუქტურა და ფუნქციები, მაგრამ
ყველა მათგანი შეიცავს ნახშირბადის ატო-
მებს. ნახშირბადის ატომები მტკიცედ უკავ-
შირდებიან ერთმანეთს სხვადასხვა კონფიგურ-
აციით, რაც ორგანული ნივთიერებების დიდ
მრავალფეროვნებას განაპირობებს. ესა თუ ის
ორგანული ნივთიერება სხვადასხვა უჯრედში
განსხვავებული რაოდენობითაა. მაგრამ ორ-
განული ნივთიერებების ყოველი ჯგუფი ნე-
ბისმიერი ტიპის უჯრედისთვისაა დამახასია-

თებელი და მსგავს ფუნქციებს ასრულებს.

ორგანული ნივთიერება ხშირად განმეორე-
ბადი ერთეულების (მცირე ზომის მოლეკუ-
ლების) — **მონომერებისგან** აგებული ჯაჭვია.
ასეთ ორგანულ ნივთიერებას **ბიოპოლიმერი**
ენოდება. თუ რომელიმე მონომერის ტიპს პი-
რობითად **A** ასოთი აღვნიშნავთ, მაშინ პოლი-
მერი შეიძლება მონომერების გრძელი ჯაჭვის
სახით ასე წარმოვიდგინოთ: **A - A - A - A - A - ...**

ყველა ორგანიზმის უჯრედების შემადგენ-
ლობაში შედის ნახშირწყლები. **ნახშირწყლები**
ორგანულ ნაერთთა დიდი ჯგუფია, რომელ-
თა შედგენილობაში შედის ნახშირბადის (C),
წყალბადის (H) და ჟანგბადის (O) ატომები.
უმრავლესობა ნახშირწყლებში წყალბადისა



და ჟანგბადის ატომების თანაფარდობა ისეთია, როგორც წყალში. აქედან წარმოდგება მათი სახელწოდება „ნახშირწყალი“. ასეთი ნახშირწყლების ზოგადი ფორმულაა: $C_n(H_2O)_n$, სადაც n 2-ზე მეტია. ამის მაგალითია ერთ-ერთი გავრცელებული ნახშირწყალი გლუკოზა – $C_6H_{12}O_6$ (სურ. 1.8). გლუკოზა **მარტივი ნახშირწყალი – მონოსაქარიდია**. მონოსაქარიდში ნახშირბადის ატომების რიცხვის მიხედვით უჯრედებში გავრცელებული ნახშირწყლებია ტრიოზები (მაგ., რძემჟავა, პიროყურძნის მჟავა/პირუვატი), პენტოზები (მაგ., რიბოზა და დეზოქსირიბოზა) ჰექსოზები (მაგ., გლუკოზა, ფრუქტოზა, გალაქტოზა). **ორი მონოსაქარიდის შეერთებით დისაქარიდი მიიღება, სამის შეერთებით – ტრისაქარიდი**, მრავალი მონოსაქარიდის შეერთებით – რთული ნახშირწყალი – **პოლისაქარიდი** მიიღება. 2-10 მონოსაქარიდისგან შედგენილ მოკლე ჯაჭვის ნახშირწყლებს **ოლიგოსაქარიდები**

ენოდება. ამრიგად, ნახშირწყლებს აჯგუფებენ მონოსაქარიდებად, ოლიგოსაქარიდებსა და პოლისაქარიდებად. მონოსაქარიდები და დისაქარიდები წყალში იხსნება და ტკბილი გემო აქვს. რაც უფრო იზრდება მონოსაქარიდების რიცხვი ნახშირწყალში, მით უფრო კარგავს ტკბილ გემოს და მცირდება წყალში ხსნადობა.

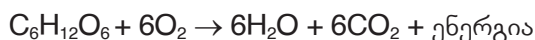
სახამებლის გარდა პოლისაქარიდებს მიეკუთვნება ცელულოზა, გლიკოგენი (სურ. 1.9), ქიტინი, მურეინი და სხვ. ქიტინი და მურეინი აზოტის შემცველი ნახშირწყლებია. ყველა პოლისაქარიდის მონომერი გლუკოზაა. პოლისაქარიდების მრავალფეროვნების მიზეზი გლუკოზის ფუნქციური ჯგუფების განსხვავებული მდებარეობა და მათი შეერთების სხვადასხვა ტიპია. ქიტინისა და მურეინის მონომერ გლუკოზას აქვს აზოტის შემცველი დანამატი. პოლისაქარიდები წყალში უხსნადია.

ნახშირწყლები ორგანიზმში მრავალი სახი-

ცხრილი 1.3. ნახშირწყლების მრავალფეროვნება და ფუნქციები					
ნახშირწყლის სახეობა	ატომური შედგენილობა	მონოსაქარიდი/ დისაქარიდი/პოლისაქარიდი	წყალში ხსნადობა	სად გვხვდება	ფუნქცია
გლუკოზა	C, H, O	მონოსაქარიდი	ხსნადი	ყველა ტიპის უჯრედში	ენერგეტიკული
საქაროზა	C, H, O	დისაქარიდი	ხსნადი	მც. უჯრედში	სამარაგო
ცელულოზა	C, H, O	პოლისაქარიდი	უხსნადი	მც. უჯრედში	სტრუქტურული, საყრდენი, დამცველობითი
სახამებელი	C, H, O	პოლისაქარიდი	უხსნადი	მცენარეულ უჯრედში	სამარაგო
გლიკოგენი	C, H, O	პოლისაქარიდი	უხსნადი	ცხოვ., ბაქტერიისა და სოკოს უჯრედში	სამარაგო
ქიტინი	C, H, O, N	პოლისაქარიდი	უხსნადი	სოკოს უჯრედში, ფეხსახსრიანების გარეგან ჩონჩხში	სტრუქტურული, საყრდენი, დამცველობითი
მურეინი	C, H, O, N	პოლისაქარიდი	უხსნადი	ბაქტერიის უჯრედში	სტრუქტურული, დამცველობითი

საა და მრავალფეროვან ფუნქციას ასრულებენ (შეჯამებული სახით იხ. ცხრ.1.3):

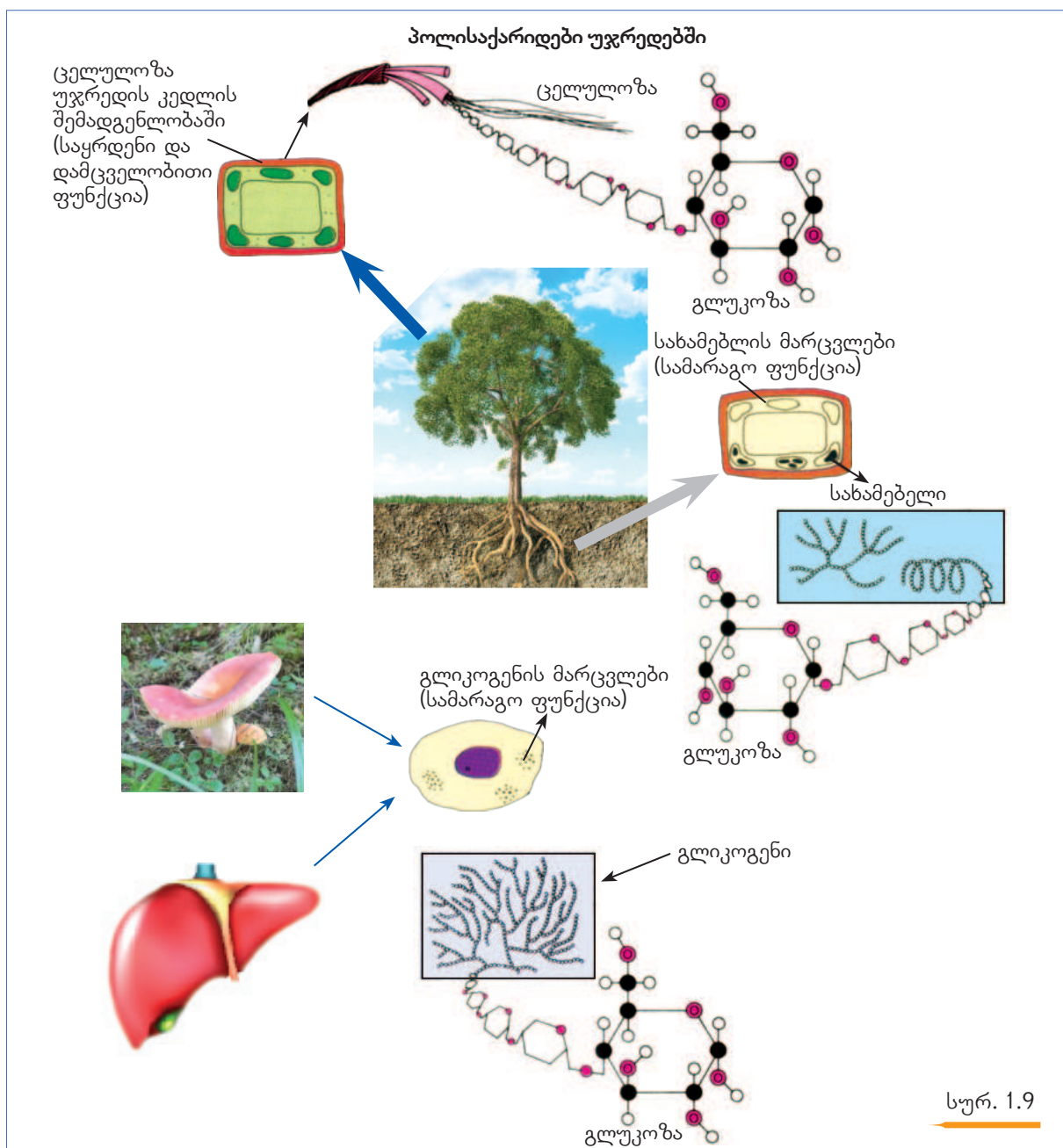
- **ენერგეტიკული** – უჯრედში ენერგიის ძირითადი წყაროს როლს გლუკოზა ასრულებს, რადგან იგი წყალში ხსნადია და ადვილად ტრანსპორტირდება ორგანიზმში. 1 გ გლუკოზის დაჟანგვის შედეგად გამოთავისუფლდება 17,1 კჯ ენერგია (ენერგია წყალბადის ატომების დაჟანგვის ხარჯზე გამოთავისუფლდება).



- **სტრუქტურული** (სამშენებლო) – პო-

ლისაქარიდები წყალში უხსნადია, ამიტომ შეუძლიათ შექმნან სხვადასხვა ბიოლოგიური სისტემის მნიშვნელოვანი სტრუქტურები. მაგალითად, ცელულოზა შედის მცენარეული უჯრედის კედლის შემადგენლობაში, ხოლო ქიტინი – სოკოს უჯრედის კედლისა და ზოგიერთი ცხოველის (მაგ., ფეხსახსრიანების) გარეგანი ჩონჩხის შემადგენლობაში.

- ცელულოზასა და ქიტინთან **დამცველობითი** ფუნქციაა დაკავშირებული, რადგან უჯრედის კედელი უჯრედს, ხოლო გარეგანი ჩონჩხი ფეხსახსრიანების სხეულს იცავს სხვადასხვა არახელსაყრელი ფაქტორისგან.



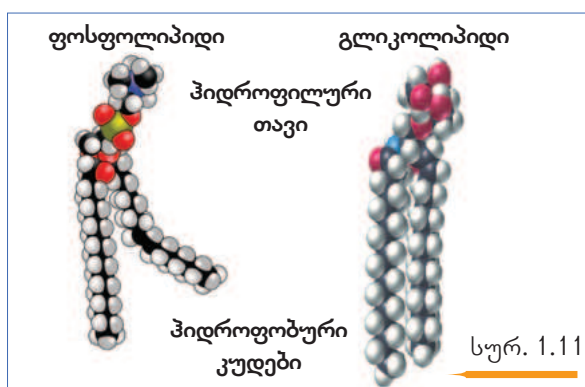
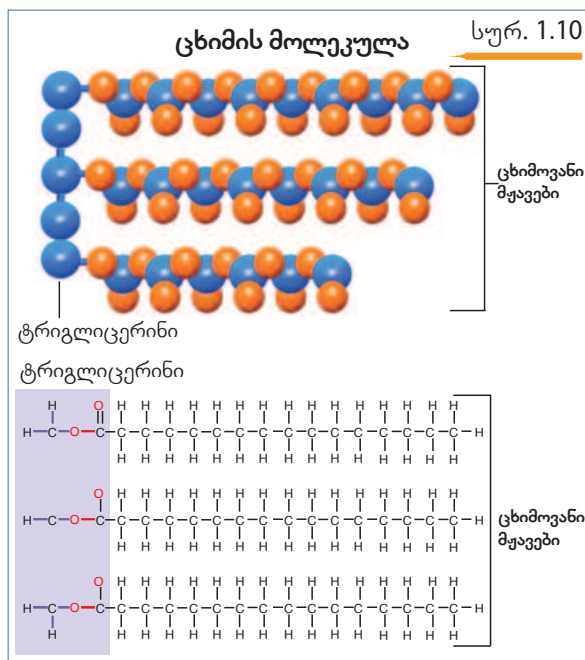
- **სამარაგო** საკვები ნივთიერებების სახით უჯრედებში გროვდება – გლუკოზა და ფრუქტოზა ხილში, ლაქტოზა რძეში, საქაროზა შაქრის ქარხალში, პოლოსაქარიდებიდან სახამებელი მცენარეებში, გლიკოგენი

ცხოველურ (მაგ., ადამიანში ღვიძლისა და ჩონჩხის კუნთების), სოკოებისა და ბაქტერიების უჯრედებში. სახამებელი და გლიკოგენი საჭიროების შემთხვევაში ადვილად იშლება გლუკოზად.

1.3.

ლიპიდები

სტრუქტურული მრავალფეროვნების მიუხედავად, ყველა ლიპიდისთვის საერთო თვისებებია დამახასიათებელი: წყალზე მსუბუქია, არაპოლარული მოლეკულებია და ამიტომ წყალში უხსნადი – ჰიდროფობური – ნივთიერებებია. სამაგიეროდ, კარგად იხსნება ისეთ არაპოლარულ ნივთიერებებში, როგორიცაა ქლოროფორმი, ეთერი და სხვ. ლიპიდებს



მიეკუთვნება ცხიმები და ცხიმის მსგავსი ნივთიერებები: ქოლესტეროლი, ცვილი, ფოსფოლიპიდი და სხვა. ლიპიდები, ნახშირწყლების მსგავსად, შედგება ნახშირბადის, წყალბადისა და ჟანგბადის ატომებისგან.

ყველაზე გავრცელებული ლიპიდია ცხიმები ანუ ტრიგლიცერიდები. უმეტეს შემთხვევაში, ცხიმების შემცველობა უჯრედში 5-15%-ს არ აღემატება, მაგრამ ცხიმოვანი ქსოვილის უჯრედები, ზოგიერთი მცენარის თესლისა და ნაყოფის უჯრედები 90%-მდე ცხიმს შეიცავს. ცხიმი შედგება სამატომიანი სპირტის – გლიცერინისა და ცხიმოვანი მჟავებისგან (სურ. 1.10). ცხიმოვან მჟავებს ორ ჯგუფად ყოფენ: უჯერი ცხიმოვანი მჟავები და ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავები. ცხიმების თვისება იმაზეა დამოკიდებული, თუ როგორი ცხიმოვანი მჟავებისგან შედგება. ოთახის ტემპერატურაზე მცენარეული ცხიმები/ზეთები თხევადია, რადგან უჯერი ცხიმებისგან შედგება. ცხოველური ცხიმები კი ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავებისგან შედგება, ოთახის ტემპერატურაზე მყარია და ქონს უწოდებენ. არის გამონაკლისიც: ქოქოსის ცხიმი მყარია, თევზის ქონი – თხევადი.

უჯრედებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფოსფოლიპიდები და გლიკოლიპიდები (სურ. 1.11). მაგალითად, ისინი შედიან უჯრედული მემბრანების შემადგენლობაში და უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს (გვ. 43).

ლიპიდებს მიეკუთვნება ქოლესტეროლიც. იგი წყალში უხსნადი ნივთიერებაა. ქოლესტეროლი ორგანიზმში მნიშვნელოვან ფუნქციებს ასრულებს. იგი სიმტკიცეს ანიჭებს უჯრედის მემბრანებს, მისგან წარმოიქმნება ნაღვლის მჟავა, სასქესო ჰორმონები და D ჯგუფის ვიტამინები. მაგრამ ქოლესტეროლის სიჭარბემ შეიძლება ნაღვლის კენჭების

წარმოქმნა და გულისსხლძარღვთა დაავადებები გამოიწვიოს.

ცვილს ორგანიზმები იყენებენ, როგორც საპოხ და წყლისაგან დამცავ საშუალებას. ფუტკრები და სხვა მწერები ცვილისგან აგებენ ფიჭის უჯრედებს, რომელშიც კვერცხებს დებენ და საკვების მარაგს ინახავენ.

ლიპიდები ორგანიზმში მრავალფეროვან ფუნქციას ასრულებენ:

- **სტრუქტურული** – ფოსფოლიპიდები, გლიკოლიპიდები და ქოლესტეროლი უჯრედული მემბრანების შენებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ. ფოსფოლიპიდების მოლეკულები თავისი ჰიდროფობური ბუნების გამო ბარიერს წარმოქმნიან წყლიან გარემოსა და უჯრედს შორის.

- **ენერგეტიკული** – უჯრედში ცხიმების დაჟანგვით დიდი რაოდენობის ენერგია გამოთავისუფლდება, რაც უჯრედის ცხოველმომედებას ხმარდება. 1 გ ცხიმის დაჟანგვის შედეგად 38.9 კჯ ენერგია გამოთავისუფლდება, იგი თითქმის 2-ჯერ მეტია, ვიდრე ნახშირწყლებისა და ცილების დაჟანგვის დროს გამოთავისუფლებული ენერგია (ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ცხიმოვანი მჟავა წყალბადის ატომებს დიდი რაოდენობით შეიცავს, ენერგია კი წყალბადის ატომების დაჟანგვის შედეგად გამოთავისუფლდება).

• **სამარაგო** საკვები ნივთიერებების სახით უჯრედებში გროვდება ცხიმის წვეთები. ცხიმის დაჟანგვის შედეგად არა მარტო დიდი რაოდენობით ენერგია გამოთავისუფლდება, არამედ წყალიც გამოიყოფა (100გ ცხიმის დაჟანგვისას 107 მლ წყალი გამოიყოფა). ამიტომ ზოგიერთ ცხოველში (მაგ., აქლემში, კენგურესებრ ვირთაგვებში) დაგროვებული ცხიმი საკვების მარაგის როლსაც ასრულებს და, უპირველეს ყოვლისა, სამარაგო წყლის როლს.

- **თბორეგულაცია** – ცივ კლიმატურ პირობებში მცხოვრებ ზოგიერთ ცხოველს კანქვეშ წარმოქმნება ცხიმოვანი შრის სქელი ფენა, რომელიც სითბოს არ ატარებს და ამ ცხოველებს იცავს გაცივებისგან.

- **ორგანიზმის ფიზიოლოგიური პროცესების რეგულაცია** – ზოგიერთი ჰორმონი (მაგ., სასქესო ჰორმონები) და ვიტამინი (A, D, E) ქიმიური ბუნებით ლიპიდია.

1.4.

ცილები

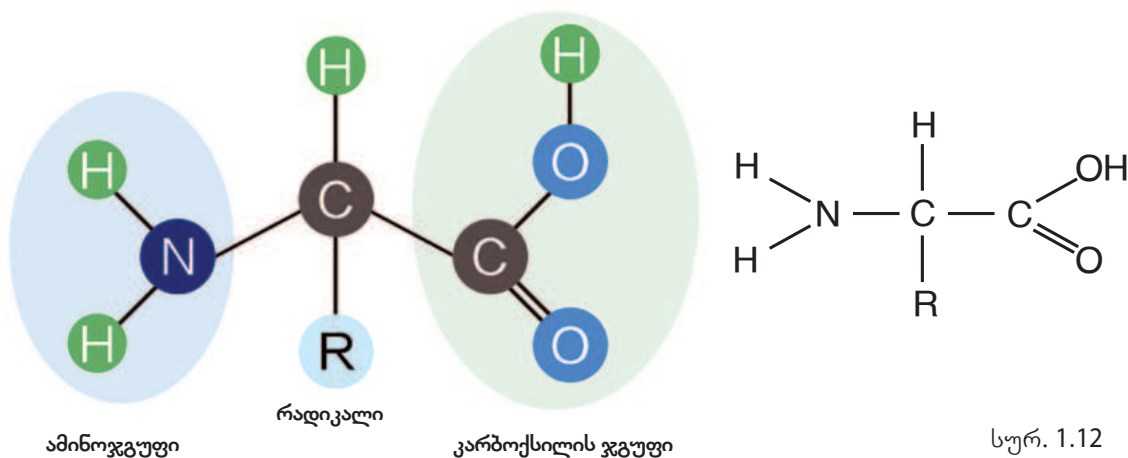
უჯრედის ორგანული ნაერთებიდან რაოდენობრივად და სახეობრივი მრავალფეროვნების მიხედვით გამოირჩევა ცილები. მათ შემადგენლობაში შედის ნახშირბადის, წყალბადის, ჟანგბადის, აზოტის ატომები, ზოგიერთ ცილაში კი – გოგირდის, რკინის, მაგნიუმის ატომებიც. **ცილა პოლიმერული ნაერთია** და მასში **მონომერების როლს ამინომჟავები** ასრულებენ. უჯრედებში 170-ზე მეტი სახის ამინომჟავაა აღმოჩენილი, მაგრამ ამათგან 20 სახის ამინომჟავა მონაწილეობს ცილის სინთეზში (იხ. ცხრ. 1.4.). ზოგიერთი ორგანიზმი, მაგალითად, ადამიანი 20-ვე სახის ამინომჟავას ვერ ასინთეზირებს და იგი მას საკვებთან ერთად იღებს. ასეთ ამინომჟავებს შეუცვლელს უწოდებენ (ისინი ცხრილში ფერად ფონზეა წარმოდგენილი).

ცხრილი 1.4

ოცი სტანდარტული ამინომჟავა

ალანინი
არგინინი
ასპარაგინი
ასპარაგინის მჟავა
ვალინი
ჰისტიდინი
გლიცინი
გლუტამინი
გლუტამინის მჟავა
იზოლუცილინი
ლუცილინი
ლიზინი
მეთიონინი
პროლინი
სერინი
თიროზინი
ტრეონინი
ტრიფტოფანი
ფენილალანინი
ცისტეინი

ამინომჟაების ზოგადი ქიმიური ფორმულა



ამინომჟაებს აგებულებაში აქვთ მსგავსებაც და განსხვავებაც. საერთო ჯგუფებიდან აღსანიშნავია ამინოჯგუფი – NH_2 და კარბოქსილის ჯგუფი – COOH . ამინომჟაების განსხვავებულ ნაწილს რადიკალს უწოდებენ და აღნიშნავენ R -ით (სურ. 1.12). რადიკალის მიხედვით ამინომჟაები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან თვისებებით (სურ. 1.13). ამინომჟაების უმრავლესობა წყალში ხსნადია და მცირე ზომისაა, ამიტომ ისინი ადვილად ტრანსპორტირდება და მონაწილეობენ უჯრედის ბიოქიმიურ რეაქციებში.

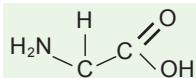
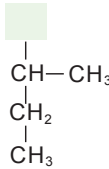
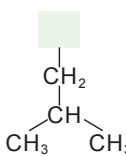
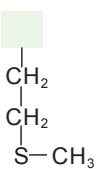
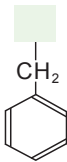
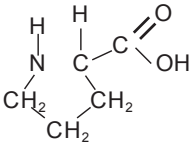
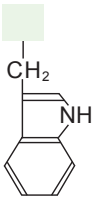
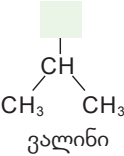
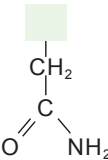
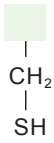
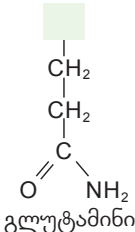
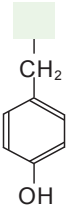
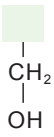
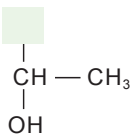
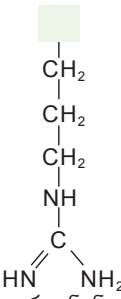
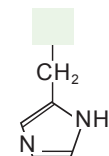
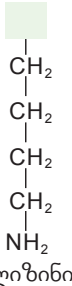
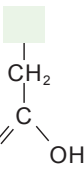
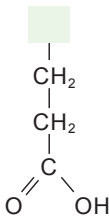
კარბოქსილის ჯგუფი — COOH ამინომჟას ანიჭებს მჟავა თვისებებს, ამინოჯგუფი — NH_2 კი — ფუძე თვისებებს. ამიტომ ამინომჟაები ამფოტერული ბუნებისაა და ერთმანეთს ადვილად უკავშირდებიან. ერთი ამინომჟას კარბოქსილის ჯგუფიდან OH -სა და მეორე ამინომჟას ამინოჯგუფიდან H -ის შეერთებით წარმოიქმნება წყლის მოლეკულა. გამოთავისუფლებული ვალენტობის ხარჯზე კი ორი ამინომჟა უკავშირდება ერთმანეთს პეპტიდურ-კოვალენტური ბმით და მიიღება დიპეპტიდი (სურ. 1.14), სამი ამინომჟას დაკავშირებით — ტრიპეპტიდი, მრავალი ამინომჟას დაკავშირებით კი — პოლიპეპტიდი.

მიუხედავად იმისა, რომ ცილის მოლეკულის შენებაში მონაწილეობს მხოლოდ 20 სახის ამინომჟა, ცილის მოლეკულების მრავალფეროვნება უსაზღვროა. ამაზე მიუთითებს ის, რომ ყოველი სახეობისთვის და-

მახასიათებელია განსაკუთრებული ცილები, რომლებიც განაპირობებენ სახეობის უნიკალურ ნიშან-თვისებებს. ცილის მოლეკულებით ერთმანეთისგან განსხვავდებიან არა მარტო სხვადასხვა სახეობის ინდივიდები, არამედ ერთი სახეობის ინდივიდებიც კი.

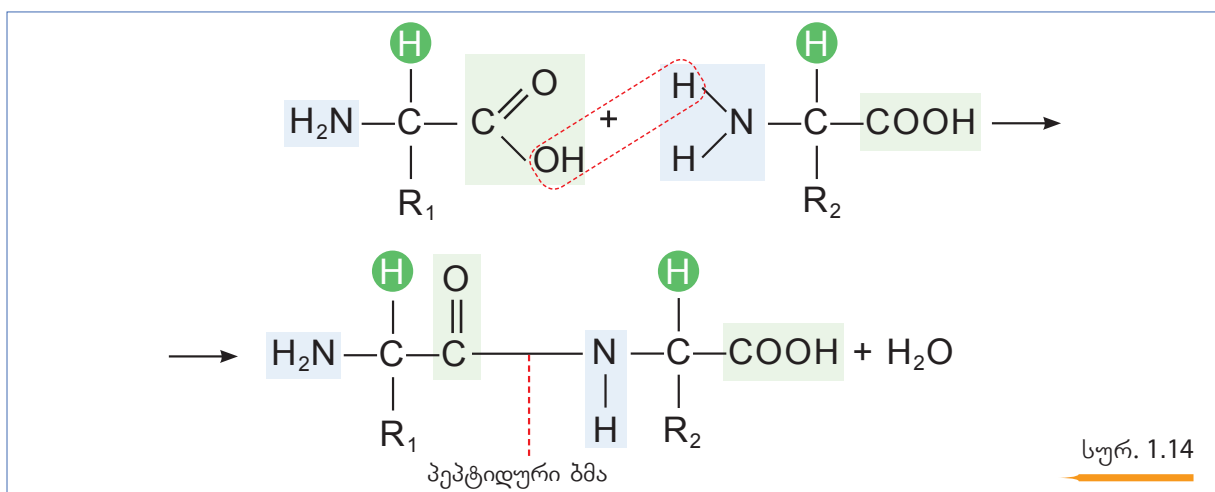
რასთან არის დაკავშირებული ცილის მრავალფეროვნება? შესაძარებლად გაიხსენეთ ქართული ანბანი — 33 ასოს სხვადასხვა კომბინაციით უამრავი სიტყვა მიიღება. სიტყვები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ასოთა შემადგენლობით, თანმიმდევრობითა და რაოდენობით. რომელიმე მათგანის შეცვლა იწვევს სიტყვის შინაარსის ცვლილებას. თითოეული სახეობის ცილისათვისაც დამახასიათებელია თავისი განსაკუთრებული **ამინომჟაური შემადგენლობა, თანმიმდევრობა და რაოდენობა**. რომელიმე მათგანის ცვლილება იწვევს ცილის რაობის, შესაბამისად, მისი თვისებებისა და ფუნქციების ცვლილებას.

ამინომჟაების თანმიმდევრობა განაპირობებს ცილის მოლეკულის გეომეტრიულ-სივრცულ ფორმას. **ყოველ ცილას აქვს თავისი სპეციფიკური სივრცობრივი (გეომეტრიული) სტრუქტურა**, ანუ კონფიგურაცია, რაც განსაზღვრავს მის თვისებებსა და ფუნქციებს. ცილებისათვის დამახასიათებელია სივრცობრივი ორგანიზაციის ოთხი სხვადასხვაგვარი დონე: პირველადი, მეორეული, მესამეული და მეოთხეული სტრუქტურები (სურ. 1.15).

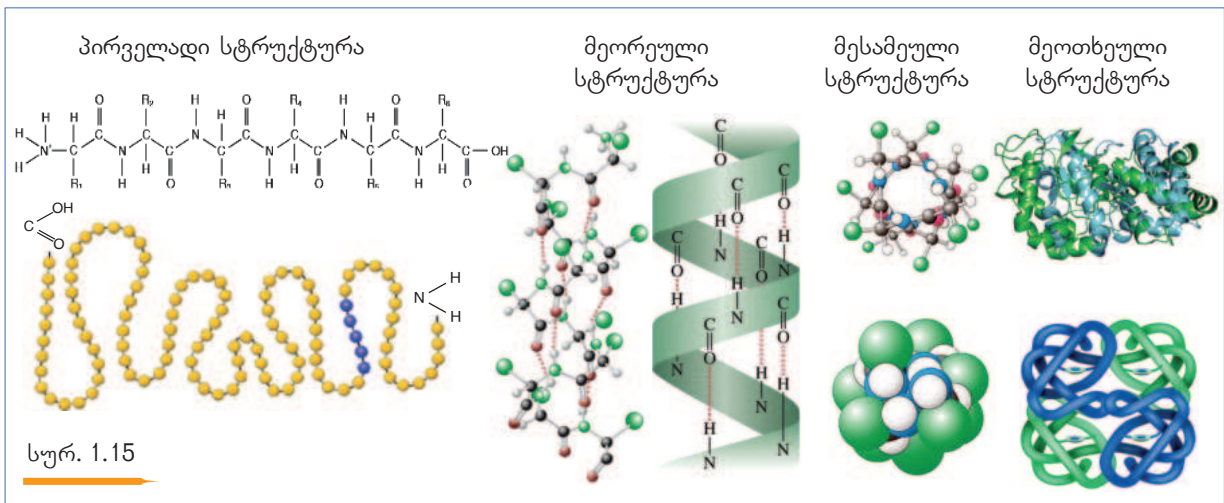
არაპოლარული და ჰიდროფობური ამინომჟავები	 ალანინი	 იზოლეიცინი	 ლეიცინი	 მეთიონინი	
	 ფენილალანინი	 პროლინი	 ტრიფტოფანი	 ვალინი	
პოლარული და ჰიდროფილური ამინომჟავები	 ასპარაგინი	 ცისტეინი	 გლუტამინი	 თიროზინი	
	 სერინი	 ტრეონინი	 გლიცინი		
დამუხტული და ჰიდროფილური ამინომჟავები	ტუტე ამინომჟავები			მჟავა ამინომჟავები	
	 არგინინი	 ჰისტიდინი	 ლიზინი	 ასპარაგინის მჟავა	 გლუტამინის მჟავა

სურ. 1.13

სურ. 1.13



სურ. 1.14



ცილის **პირველადი სტრუქტურა** წარმოადგენს გაშლილ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვს, რომელსაც ქმნის კოვალენტურ-პეპტიდური ბმებით დაკავშირებული ამინომჟავების გარკვეული თანმიმდევრობა. პირველად კემბრიჯის უნივერსიტეტში 1944-54 წლებში ფ. სენგერის მიერ გაიშიფრა ჰორმონ ინსულინის ამინომჟავური თანმიმდევრობა, რისთვისაც მან ნობელის პრემია მიიღო. ცილის პირველადის სტრუქტურის შესახებ ინფორმაცია გენში არის კოდირებული.

მეორეულ სტრუქტურაში ცილის პოლიპეპტიდური ჯაჭვი ნაწილობრივ სპირალურადაა დახვეული. ამ დროს ერთ ხვეულზე მყოფ NH -ჯგუფის წყალბადისა და მეზობელ ხვეულზე მყოფ CO -ს ჟანგბადს შორის წარმოიქმნება **წყალბადური ბმები**. წყალბადური ბმა ყველაზე სუსტი ქიმიური ბმაა, მაგრამ მრავალჯერადი გამეორების შედეგად სიმტკიცეს აძლევს ცილას. ზოგიერთი ცილისთვის სივრცობრივი უმაღლესი დონე მეორეული სტრუქტურაა. ასეთ ცილებს **ბოჭკოვან ანუ ფიბრილარულ** ცილებს უწოდებენ. ისინი წყალში უხსნადები არიან, გამოირჩევიან დიდი მექანიკური სიმტკიცით. ფიბრილარულ ცილებს მიეკუთვნება ფიბრინი, კერატინი, კოლაგენი (კოლაგენი ადამიანის ორგანიზმში ცილის 40%-ს შეადგენს). ზოგიერთი ბოჭკოვანი ცილა, მაგალითად, თმის სტრუქტურული ცილა – კერატინი – ორი სპირალური, ხოლო კოლაგენი სამი იდენტური სპირალური პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან შედგება (სურ. 1.16). ამ ცილებში მეორეული სტრუქტურის სპირალური პოლიპეპტიდური ჯაჭვები ერთ-

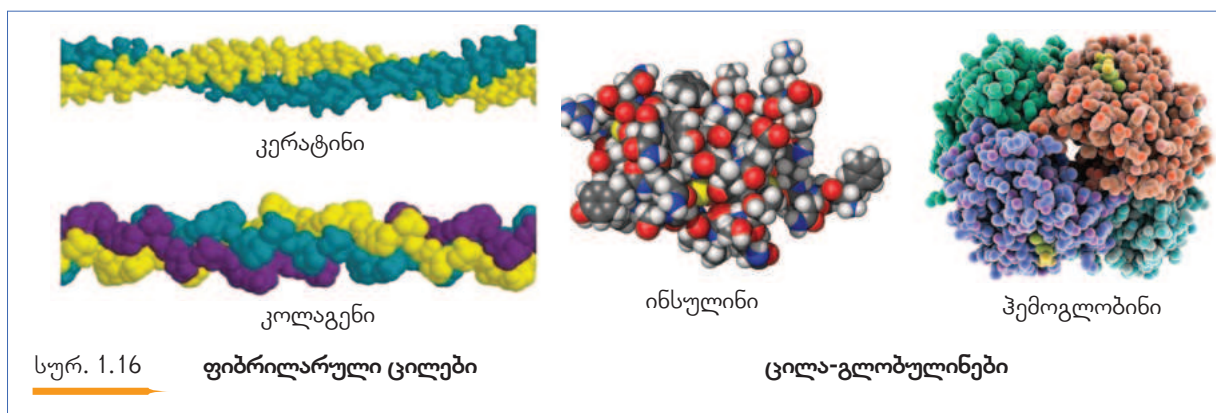
მანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდებიან.

სტრუქტურული ორგანიზაციის მიხედვით კიდევ არჩევენ შუალედურ ცილებს. **შუალედური ცილები** ფიბრილარული ცილებია, მაგრამ წყალში ხსნადია. შუალედური ცილის მაგალითია ფიბრინოგენი.

უმრავლესობა ცილისათვის დამახასიათებელია კიდევ უფრო მაღალი დონის – **მესამეული სტრუქტურა**. ამ დროს ცილას აქვს კომპაქტური ბურთულის – გლობულის სახე და ასეთი კონფიგურაციის ცილებს **ცილა-გლობულინები** ეწოდება. ისინი ხსნადები არიან. ცილა-გლობულინებია ფერმენტები, ანტისხეულები, ზოგიერთი ჰორმონი.

მესამეული სტრუქტურის წარმოსაქმნელად აუცილებელია წყლიანი გარემო. წყალი უკუაქცევს ამინომჟავების წყალში უხსნად – ჰიდროფობურ – რადიკალებს. ისინი ერთმანეთს უკავშირდებიან **ჰიდროფობური (ელექტროსტატიკური) ძალების ურთიერთქმედებით**, ყველაზე სუსტი, ე.წ. ჰიდროფობური ბმებით. ჰიდროფობური ბმების გარდა, ამ სტრუქტურას განამტკიცებს კოვალენტური – დისულფიდური ბმები გოგირდის შემცველი ამინომჟავების (ცისტეინის) ნაშთებს შორის, იონური და წყალბადური ბმები.

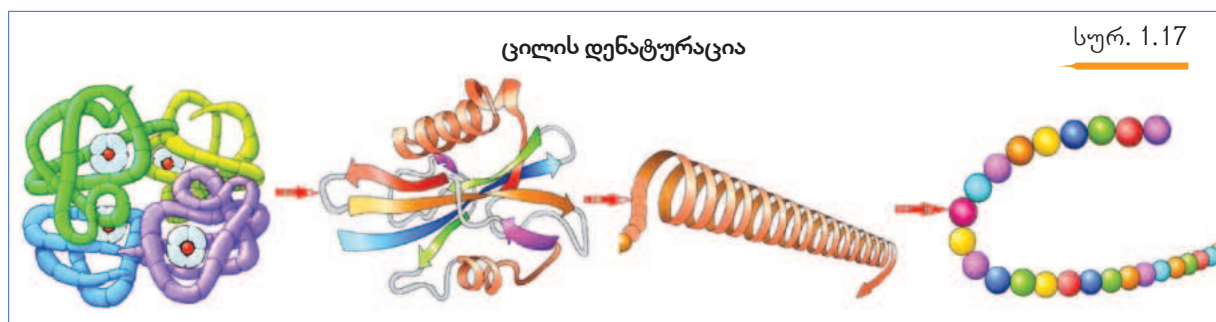
ცოცხალ უჯრედებში აღმოჩენილია ცილის კიდევ უფრო რთული სივრცობრივი ფორმა – **მეოთხეული სტრუქტურა**. ამ შემთხვევაში ცილა შედგება რამდენიმე პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან. მეოთხეული სტრუქტურა ახასიათებს, მაგალითად, ჰემოგლობინს (სურ. 1.16), რომლის მოლეკულაც შედგება ოთხი ცალკეული პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან (2α და



2ბ). აქაც მნიშვნელოვანია ჰიდროფობური ბმები, ასევე, წყალბადური და იონური ბმები.

სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორების (მაღალი ან დაბალი ტემპერატურა, დასხივება, მჟავების, ტუტეების კონცენტ-

რირებული ხსნარები, მექანიკური ზემოქმედება) გავლენით ადვილად ირღვევა ცილის მაღალი სტრუქტურები პირველად სტრუქტურამდე. ცილის ბუნებრივი სტრუქტურის რღვევას **დენატურაცია** ეწოდება (სურ. 1.17).



ზოგჯერ დენატურირებული ცილა, რომელსაც შენარჩუნებული აქვს პირველად სტრუქტურაში მისთვის დამახასიათებელი ამინომჟავური თანმიმდევრობა, შესაფერის პირობებში კვლავ აღიდგენს მისთვის დამახასიათებელ კონფიგურაციას, რასაც **რენატურაცია** ეწოდება.

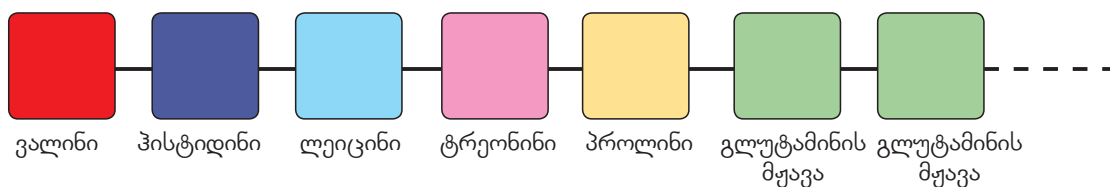
ამრიგად, **ცილის ბუნებრივი კონფიგურაცია, მისი თვისებები და ფუნქციები დამოკი-**

დებულია ცილის პირველადი სტრუქტურის ამინომჟავურ შემადგენლობასა და თანმიმდევრობაზე.

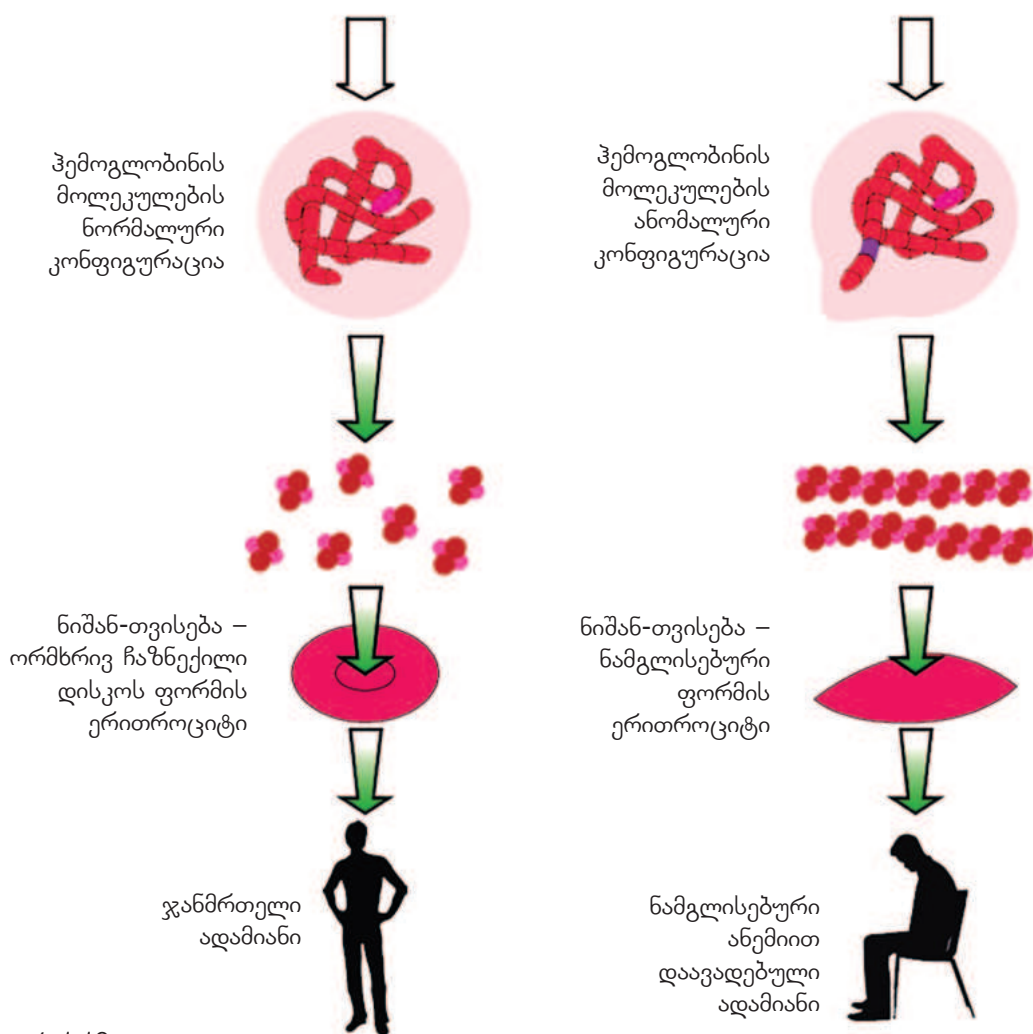
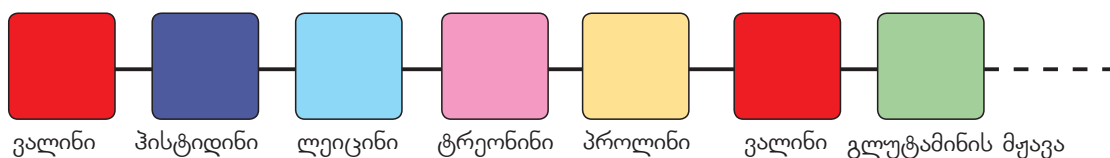
სურათ 1.18-ზე წარმოდგენილია, თუ ცილის პირველადი სტრუქტურის ამინომჟავური შედგენილობა და თანმიმდევრობა რა გავლენას ახდენს ცილის გეომეტრიულ-სივრცულ კონფიგურაცუაზე, ეს უკანასკნელი კი – ნიშან-თვისებაზე.

ამინომჟავური შედგენილობა და თანმიმდევრობა ცილის
პირველადი სტრუქტურის ფრაგმენტში

ამინომჟავების ნორმალური თანმიმდევრობა ჰემოგლობინის ერთ-ერთ β პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში



ამინომჟავების ანომალური თანმიმდევრობა ჰემოგლობინის იმავე β პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში



სურ. 1.18

1.5.

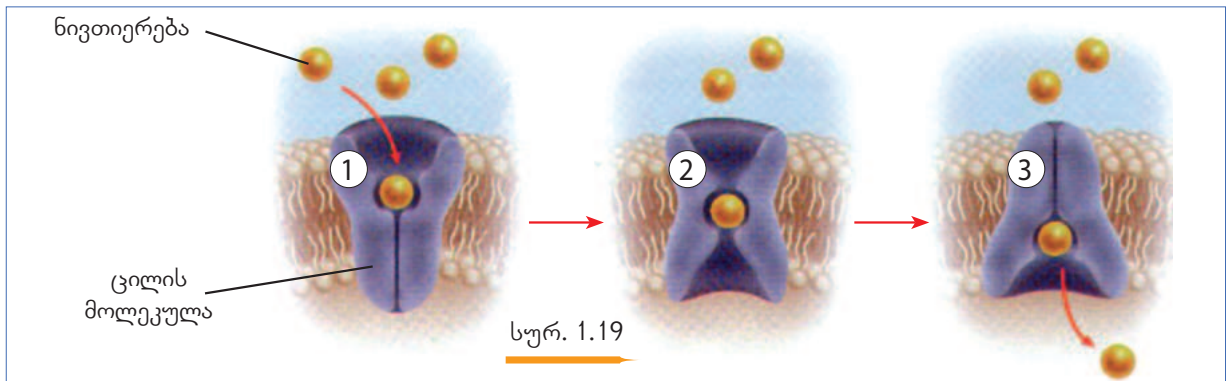
ცილების ფუნქციები

ცილის მრავალფეროვნება (როგორც სტრუქტურის, ისე ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მიხედვით) განაპირობებს მის მრავალ ბიოლოგიურ ფუნქციას. ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი ნიშან-თვისებების გამოვლენა ცილებთან არის დაკავშირებული.

ცილების ფუნქციებიდან ერთ-ერთი არის

სამშენებლო, ანუ სტრუქტურული ფუნქცია.

მაგალითად, სტრუქტურულ ფუნქციას ასრულებენ: ცილები, რომლებიც შედიან უჯრედული მემბრანების შემადგენლობაში (გვ. 43), კოლაგენი (ძვლების, მყესების, ხრტილების კომპონენტი), კერატინი (თმის, ბუნწის, ფრჩხილების, რქების კომპონენტი) და სხვ.



აღსანიშნავია ცილების **სატრანსპორტო ფუნქცია**. მაგალითად, ხერხემლიანებში O_2 და CO_2 ტრანსპორტირდება ერთრო-ციტებში არსებული ცილა — ჰემოგლობინის საშუალებით; გარდა ამისა, უჯრედულ მემბრანებში ჩაშენებულია სატრანსპორტო ცილები, რომლებიც გარემოდან უჯრედში და უჯრედიდან გარემოში ნივთიერებათა ტრანსპორტირებაში ღებულობენ მონაწილეობას (სურ. 1.19).

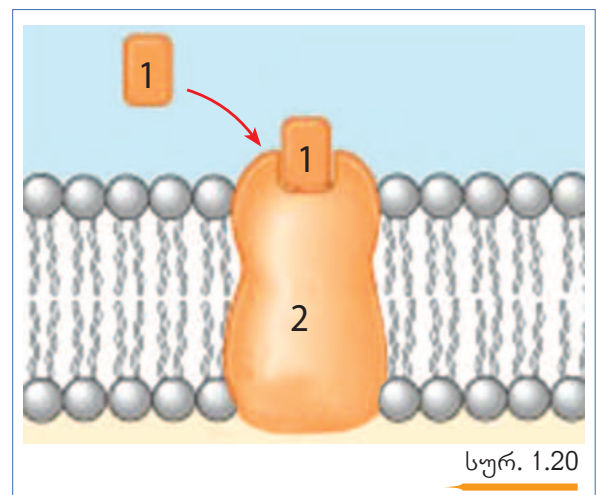
ცილები ასრულებენ **მამოძრავებელ ფუნქციასაც**. მაგალითად, მამოძრავებელ ფუნქციას ასრულებენ კუმშვადი ფიბრილარული ცილები — მიოზინი და აქტინი, რომლებიც განაპირობებენ კუნთების შეკუმშვას, ერთუჯრედიანებში ნაწნამების, შოლტების მოძრაობას.

ზოგიერთი ჰორმონი ქიმიური ბუნებით ცილაა. მაგალითად, ინსულინი, გლუკაგონი, სომატოტროპინი და სხვა. ჰორმონები **არეგულირებენ** ორგანიზმში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებს.

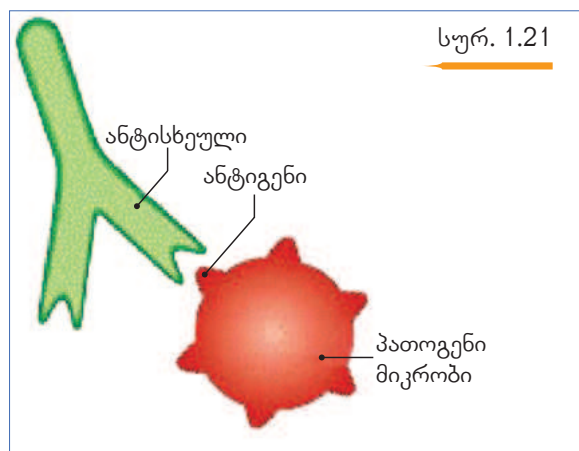
უჯრედული მემბრანის ზოგიერთი ცილა ასრულებს **მოლეკულა-რეცეპტორის** როლს, რომელიც რეაგირებს უჯრედთან კონტაქტში შესულ ნივთიერებებზე, მაგალითად, ჰორ-

მონებზე. ურთიერთქმედება ჰორმონის მოლეკულასა, მაგალითად, ინსულინისა (1) და ცილა-რეცეპტორის მოლეკულას (2) შორის დამოკიდებულია ამ მოლეკულების სივრცობრივი, გეომეტრიული ფორმის შესაბამისობაზე (სურ. 1.20).

დიდი მნიშვნელობა აქვს ცილების **დამცველობით ფუნქციას**. მაგალითად, ანტისხეულები, ინტერფერონი (ამ ცილას გამოყოფს ვირუსით დაავადებული უჯრედი მის სანინაალმდეგოდ) ცილებია. ასევე, ცილებია ფიბრინოგენი და თრომბინი, რომლებიც სისხლის შედედებას განაპირობებენ.



ანტისხეული არის იმუნური ცილა-გლობულინი, რომელსაც წარმოქმნის ლიმფოციტები. ანტისხეულს ორგანიზმი გამოიმუშავებს ანტიგენის საწინააღმდეგოდ. **ანტიგენი** შეიძლება იყოს ბაქტერიის მემბრანის ზედაპირზე არსებული ცილის ან ნახშირწყლის მოლეკულა, უჯრედებიდან გამოყოფილი ტოქსინი და სხვ. ჰორმონისა და რეცეპტორის ურთიერთობის მსგავსად, ანტისხეული და ანტიგენი ერთმანეთს უკავშირდება მათი მოლეკულების სივრცობრივი ფორმის შეთავსების, ანუ ე.წ. კლიტე-გასაღების პრინციპით (სურ. 1.21).



ცილების ფუნქციებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია **კატალიზური** ფუნქცია. მიუხედავად იმისა, რომ უჯრედში მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაცია და ტემპერატურა დაბალია, უჯრედში ბიოქიმიური რეაქციები ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს, რადგან ყოველ რეაქციაში ბიოკატალიზატორი მონაწილეობს. ზოგიერთი ცილა ბიოკატალიზატორის როლს ასრულებს და ასეთ ცილებს **ფერმენტებს (ენზიმებს)** უწოდებენ. ყოველ უჯრედში ასობით სხვადასხვა ფერმენტია. მათი დახმარებით უჯრედში ხორციელდება და რეგულირდება მრავალრიცხოვანი ბიოქიმიური რეაქცია. ფერმენტულ რეაქციებში მონაწილე/დასაკატალიზებელ მოლეკულებს **სუბსტრატი** ეწოდება, ხოლო რეაქციის შედეგად მიღებულ ნივთიერებას/ნივთიერებებს – **პროდუქტი**.

ფერმენტები უჯრედებში სინთეზირდება და მათი უმრავლესობა უჯრედის შიგნით მუშაობს. მაგალითად, კატალაზა (იგი ტოქსიკურ წყალბადის ზეჟანგს შლის ლვიძლის უჯრედებში) და ფოსფორილაზა (იგი მცენარეულ უჯრედებში გლუკოზას სახამებლად გარდაქმნის). ზოგიერთი ფერმენტი კი უჯრედიდან გარეთ გამოიყოფა, სადაც თავის ფუნქციას ასრულებს. მაგალითად, საჭმლის მომნელებელი ფერმენტები, რომლებიც საჭმლის მომნელებელ არხში ან ორგანიზმის გარეთ გამოიყოფა.



— აკადემიკოსი —

კატალიზატორი ეწოდება ნივთიერებას, რომელიც მონაწილეობს ქიმიურ რეაქციაში და ცვლის მის სიჩქარეს, თვითონ კი რეაქციის დამთავრებისას თავისეზით და რაოდენობრივად უცვლელი რჩება.

ფერმენტი ხასიათდება შემდეგი ძირითადი თვისებებით:

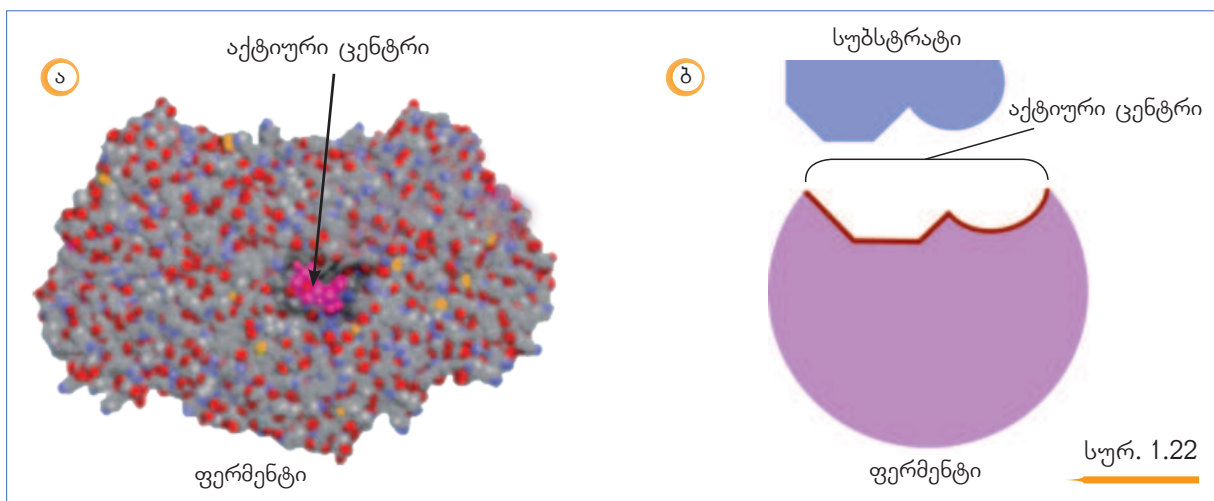
- ფერმენტები ბიოლოგიურად აქტიურ მოლეკულებს მიეკუთვნება – სულ მცირე კონცენტრაციის დროსაც, შეუძლიათ დიდი რაოდენობის ნივთიერების გარდაქმნა.

- ყველა ფერმენტი წარმოადგენს ცილა გლობულინს;

- საფუძვლიანი გამოკვლევების შედეგებმა აჩვენეს, რომ უმრავლესობა ფერმენტის მოლეკულები გაცილებით დიდი ზომისაა, ვიდრე სუბსტრატის მოლეკულები; რომ სუბსტრატ-ფერმენტის კომპლექსში სუბსტრატთან კონტაქტში შედის ფერმენტის მოლეკულის ძალიან მცირე ნაწილი (3-12 ამინომჟავური ნაშთი), რასაც **ფერმენტის აქტიურ ცენტრს** უწოდებენ (სურ. 1.22 ა);

- ფერმენტის აქტიური ცენტრისა და სუბსტრატის მოლეკულის/მოლეკულების მხოლოდ გეომეტრიული ფორმით შესაბამისობის შემთხვევაში წარმართება ფერმენტული რეაქციის პროცესი (სურ. 1.22 ბ); ე.ი. ფერმენტ-სუბსტრატის ურთიერთქმედების მექანიზმიც „კლიტე-გასაღების“ პრინციპს ეფუძნება;

- ფერმენტები ხასიათდებიან სპეციფიკურობით – მათი უმრავლესობა მუშაობს მხოლოდ ერთი ტიპის სუბსტრატთან. მაგალითად, პროტეაზები შლიან ცილებს, მაგრამ გავლენას არ ახდენენ ნახშირწყლებსა და ლიპიდებზე, ხოლო ლიპაზები შლიან ლიპიდებს, მაგრამ გავლენას არ ახდენენ ცილებსა და ნახშირწყლებზე. ე. ი. ერთი გარკვეული ფერმენტი აკატალიზებს მხოლოდ ერთი კონკრეტული სახის რეაქციას. მაგა-



ლითად, დისაქარიდი (სურ. 1.23) ორი მონომერისგან შედგება. დისაქარიდის მოლეკულა გეომეტრიული შესაბამისობით უკავშირდება ფერმენტის აქტიურ ცენტრს და იშლება მონოსაქარიდებად;

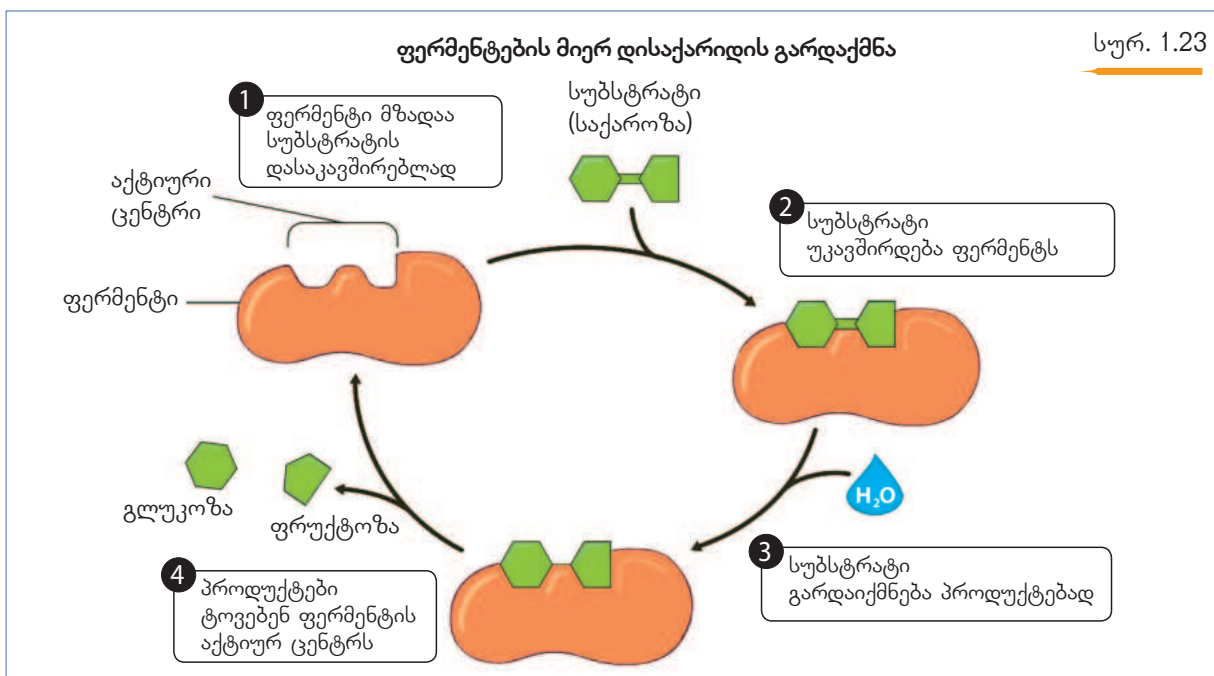
- იგი ზრდის რეაქციის სიჩქარეს, მაგრამ თვითონ ამ რეაქციაში არც იხარჯება და არც იცვლება; ამიტომ ფერმენტის ყოველ მოლეკულას მრავალჯერ შეუძლია მონაწილეობა იმავე ტიპის ფერმენტულ რეაქციაში;
- ფერმენტები გავლენას არ ახდენენ რეაქციის პროდუქტის (ან პროდუქტების) თვისებებზე.

უჯრედში ზოგიერთი ფერმენტის დეფიციტი ან დაზიანება ორგანიზმში იწვევს მძიმე

დაავადებას (იხ. გვ. 55-56, 60). დენატურირებული ფერმენტი კატალიზურ ფუნქციას ვერ ასრულებს, რადგან ამ დროს ირღვევა მისი აქტიური ცენტრი.

გარკვეული ცილები **სამარაგო** ფუნქციას ასრულებს. მაგალითად, კვერცხის ალბუმინი ფრინველის კვერცხში, კაზეინი რძეში. ცხოველურ უჯრედებში ცილები სამარაგოდ არ გროვდება, მაგრამ ზოგიერთი მცენარის, მაგალითად, პარკოსნების თესლში დიდი რაოდენობით გროვდება.

ცილები, უჯრედში ნახშირწყლებისა და ცხიმების დეფიციტის დროს, **ენერგეტიკულ** ფუნქციასაც ასრულებს – 1 გ ცილის დაჟანგვისას 17,6 კჯ ენერგია გამოიყოფა.





ფერმენტების აქტივობაზე მოქმედი ფაქტორები

ფერმენტები გარკვეულწილად აკონტროლებენ უჯრედში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებს. მაგალითად, განსაზღვრული ფერმენტის არსებობა ან არარსებობა აკონტროლებს, თუ რა ტიპის რეაქციაში მიიღებს მონაწილეობას კონკრეტული მოლეკულა. გარდა ამისა, ფერმენტის აქტივობასა და, შესაბამისად, ფერმენტულ რეაქციაზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორი. ფერმენტების აქტივობა იცვლება pH-ის, ტემპერატურის, წნევისა და როგორც სუბსტრატის, ისე თვით ფერმენტის კონცენტრაციის მიხედვით.

ტემპერატურა გავლენას ახდენს ფერმენტის აქტივობაზე, რამდენადაც:

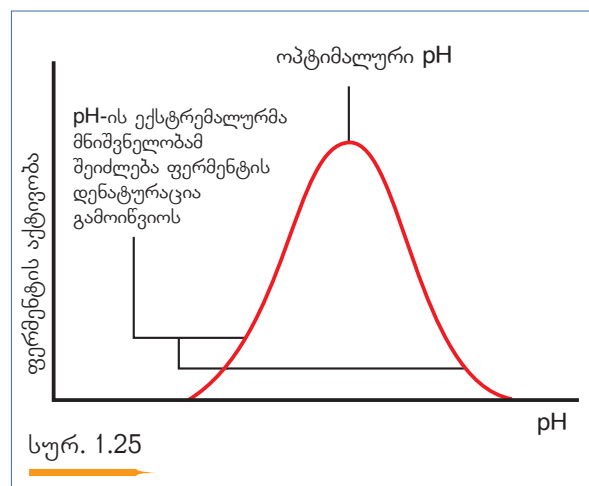
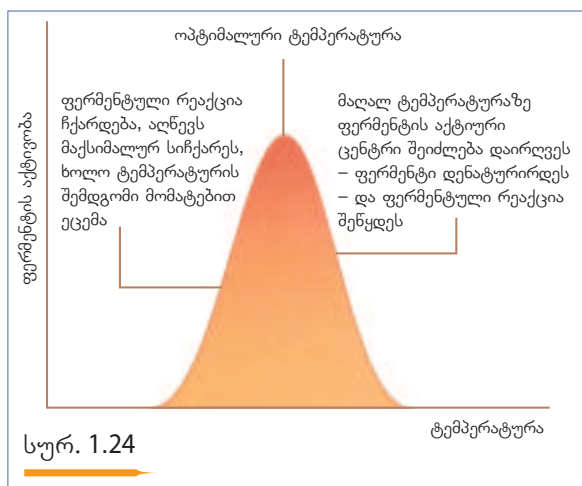
- მაღალი ტემპერატურა აჩქარებს სუბსტრატის მოლეკულების მოძრაობას, ამის გამო ისინი ფლობენ დიდ ენერგიას ფერმენტთან დაჯახებისას და დიდი ალბათობით, აქტიურ ცენტრს უკავშირდებიან. ფერმენტის აქტივობაც ტემპერატურის მომატებით იზრდება გარკვეულ ზღვრამდე.

- ტემპერატურის მომატებით ფერმენტის მოლეკულებიც იღებენ ენერგიას და ვიბრაციას იწყებენ. გარკვეულ ტემპერატურაზე ფერმენტის მოლეკულები ისე ძლიერად განიცდიან ვიბრაციას, რომ დენატურირდებიან – ისინი კარგავენ სამგანზომილებიან ფორმას და აღარ შეუძლიათ თავიანთ სუბსტრატთან დაკავშირება. ამის გამო მაღალი ტემპერატურა ამცირებს ფერმენტის აქტივობას (სურ. 1.24). ყოველ ფერმენტს აქვს აქტივობისათვის თავისი ოპტიმალური ტემპერატურა.

ადამიანის ფერმენტების დიდი ნაწილისთვის ოპტიმალური ტემპერატურაა $37-38^{\circ}\text{C}$, მცენარეების ფერმენტების უმრავლესობისთვის ოპტიმალური ტემპერატურა 25°C -ზე დაბალია. დენატურაცია, ხშირად, შეუქცევადია და ამიტომ უჯრედები დიდ ძალისხმევას იჩენენ ფერმენტების მუშაობისათვის შესაფერისი პირობების შესანარჩუნებლად.

pH-ც მოქმედებს ფერმენტის აქტივობაზე, რადგანაც ფერმენტის მოლეკულის გარშემო მჟავა ან ფუძე გარემო მოქმედებს მის სამგანზომილებიან ფორმაზე და შეიძლება ფერმენტი დენატურირდეს (სურ. 1.25). ყოველ ფერმენტს თავისი ოპტიმალური pH აქვს. მაგალითად, კუჭის ფერმენტებისთვის ოპტიმალური pH, დაახლოებით, 2-ია (მაღალი მჟავიანობა), ხოლო ამილაზასთვის პირის ღრუში – 7,5 (სუსტი ტუტე), პანკრეასისა და წვრილი ნაწლავის ფერმენტებისთვის 7,5-8.

ზოგიერთი ნივთიერება ცვლის ფერმენტის სუბსტრატთან დაკავშირების ალბათობას. აქტივატორი ფერმენტის სუბსტრატთან დაკავშირების შესაძლებლობას ზრდის. **ინჰიბიტორები** აძნელებენ ფერმენტის სუბსტრატთან დაკავშირებას, მაგალითად, ციანიდის იონები სუნთქვაში მონაწილე ფერმენტების აქტიურ ცენტრს ბლოკავს. ზოგიერთი ფერმენტი სრულად განიცდის ინჰიბირებას მძიმე მეტალების (ვერცხლისწყლის, ვერცხლის, ურანის) იონების ძალიან მცირე კონცენტრაციითაც კი.





ინგლისელი ბიოქიმიკოსი სენგერის მიერ ათწლიანი მუშაობის შემდეგ ინსულინის ამინმჟავური შედგენილობისა და თანმიმდევრობის გაშიფვრის შემდეგ მეცნიერები დღესაც აქტიურად იკვლევენ ბუნებრივი ცილების ამინომჟავურ შედგენილობას. დღეისთვის იდენტიფიცირებულია 1200-ზე მეტი ბუნებრივი ცილის სტრუქტურა. კვლევა მიზნად ისახავს, ნათელი მოჰფინოს ორგანიზმთა ზრდის, ორგანიზმთა ნაშთების ქიმიური დაშლის/დეგრადაციისა და დაავადებებისგან დაცვის პროცესების მრავალ საიდუმლოს.

ცილების გამოყენების სფერო ისეთივე მრავალფეროვანი და მრავალრიცხოვანია, როგორც თავად ცილები. სამრეწველო მიზნით ცილების გამოყენება, ძირითად შემთხვევაში, ეფუძნება ფერმენტებს. ფერმენტებს აქტიურად იყენებენ მრეწველობის მრავალ დარგში, რადგან მისი გამოყენება სამრეწველო პროცესებში ისევე, როგორც ორგანიზმში, არ მოითხოვს ექსტრემალურ პირობებს. მაგალითად, ამიაკის სამრეწველო წარმოება მოითხოვს 750°C -ს და ატმოსფერულ წნევაზე 30-ჯერ მაღალ წნევას მაშინ, როდესაც აზოტფიქსაციის ბაქტერიები ამ პროცესს 25°C ტემპერატურასა და ატმოსფერულ წნევაზე წარმართავენ. ამიტომ კომერციული გამოყენებისთვის ფერმენტების უმრავლესობას იღებენ მიკროორგანიზმებისგან – სოკოებისგან ან ბაქტერიებისგან. ზოგჯერ ორგანიზმი ბუნებრივად გამოყოფს გარემოში თავის სუბსტრატზე ფერმენტებს; ზოგჯერ კი ფერმენტებს უშუალოდ მიკროორგანიზმის უჯრედიდან იღებენ.

ფერმენტებს აქტიურად იყენებენ კვების მრეწველობაში. მაგალითად, გამოიყენება ყველისა და რძის სხვა პროდუქტების, სასმელების (ლუდისა და ღვინის) წარმოებაში.

მეცნიერებმა გამოიკვლიეს, რომ მკვდარი ვეშაპის ჩონჩხის ბუნებრივი დაშლის პროცესში მონაწილე ზოგიერთი ბაქტერია შლის ძვალში არსებულ ცხიმებსაც. ცხიმოვანი ნარჩენების დამშლელი ფერმენტები ადაპტირებულია ზღვის სიღრმეში არსებულ დაბალ ტემპერატურასთან. მეცნიერები მიხვდნენ, რომ დაბალ ტემპერატურაზე ცხიმების დამშლელი ნივთიერება ეფექტური დანამატი იქნებოდა სარეცხი ფხვნილებისთვის. შედეგად, შექმნეს ბიოლოგიური სარეცხი ფხვნილები, რომლებიც მოქმედებენ გაცილებით დაბალ ტემპერატურაზე, რაც შემდეგ უპირატესობას იძლევა: 1) წყლის გათბობაზე ნაკლები ენერგიის ხარჯვა და 2) რეცხვის პროცესში ტანსაცმლის შედგომის ნაკლები რისკი. ქიმიკატებში ტანსაცმლიდან ლაქების ამოსაღებად იყენებენ ლიპაზებს, ამილაზასა და პროტეაზებს.

ფერმენტებს იყენებენ მედიცინაშიც სხვადასხვა დაავადების სიმპტომების გამოვლენის შესასუსტებლად. ფერმენტ კატალაზას იყენებენ ჭრილობების გადასხვევ მასალებში. სახვევში კატალაზა წყალბადის ზეჟანგს გარდაქმნის ჟანგბადად და წყლად. ჟანგბადი თრგუნავს საშიშ ანაერობულ ბაქტერიებს, მაგალითად, როგორიცაა აიროვანი განგრენის გამომწვევი ბაქტერიები და აჩქარებს შეხორცებას. ჰორმონები და ანტისხეულები კომერციული მიზნით წარმოებული ცილების კიდევ ორი ჯგუფია, რომლებიც სამედიცინო მრეწველობაში გამოიყენება. ჰორმონებს წარმატებით იყენებენ სოფლის მეურნეობაშიც. მაგალითად, ჰორმონებს შეუძლია სახორცე ჯიშის ცხოველების ზრდისა და მცენარეთა დაფესვიანების სტიმულირება.

1.6.

ნუკლეინის მჟავები



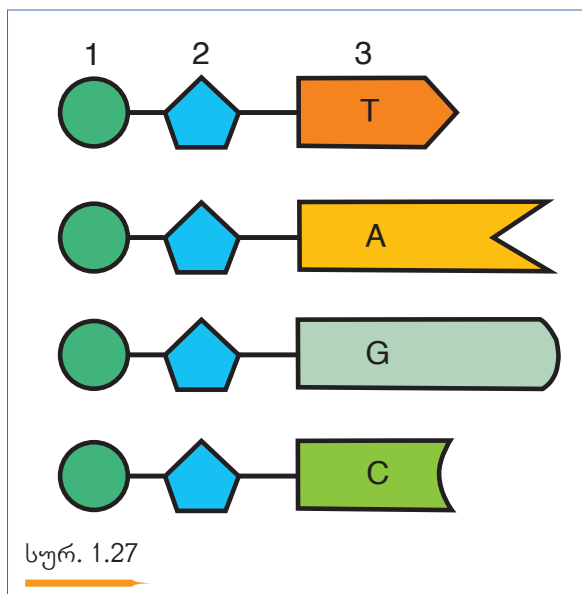
ნუკლეინის მჟავების სტრუქტურისა და ფუნქციების თავისებურებანი

ყველა ორგანიზმის უჯრედებისთვის საერთოა ის, რომ მათ აქვთ მემკვიდრული/გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელი კომპონენტი – **დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ)**. გენები, რომლებიც დნმ-შია ლოკალიზებული, აკონტროლებენ უჯრედში მიმდინარე მრავალრიცხოვან და მრავალფეროვან პროცესს, განსაზღვრავენ ჩვენს ქცევას, გარეგნობას, ფიზიკურ ნიშან-თვისებებს, ზოგიერთი დაავადებისადმი გენეტიკურ განწყობას და ა.შ. ეუკარიოტულ უჯრედებში დნმ-ის ძირითადი ნაწილი უჯრედის ბირთვშია მოთავსებული.

ვალრიცხოვან და მრავალფეროვან პროცესს, განსაზღვრავენ ჩვენს ქცევას, გარეგნობას, ფიზიკურ ნიშან-თვისებებს, ზოგიერთი დაავადებისადმი გენეტიკურ განწყობას და ა.შ. ეუკარიოტულ უჯრედებში დნმ-ის ძირითადი ნაწილი უჯრედის ბირთვშია მოთავსებული.

ბული (ბირთვული მემკვიდრეობითობა). დნმ არის აგრეთვე ციტოპლაზმაშიც, მიტოქონდრიებისა და ქლოროპლასტების შემადგენლობაში (ციტოპლაზმური მემკვიდრეობითობა). დნმ-ის მოლეკულა პოლიმერული ნაერთია, რომელიც ერთმანეთის მიმართ სპირალურად დახვეული ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგან შედგება (სურ. 1.26).

დნმ-ის მონომერები **ნუკლეოტიდებია**. ნუკლეოტიდი ოთხი სახისაა (სურ. 1.27): ადენინიანი, თიმინიანი, ციტოზინიანი და გუანინიანი. თითოეული ნუკლეოტიდი შედგება სამი ჯგუფისგან: 1 – ფოსფატური ჯგუფი (ფოსფორმჟავას ნაშთი), 2 – პენტო-



ზა (ხუთნახშირბადიანი მონოსაქარიდი), 3 – აზოტოვანი ფუძე. სხვადასხვა ნუკლეოტიდი ერთმანეთისგან მხოლოდ აზოტოვანი ფუძეებით განსხვავდება და აქედან წარმოდგება მათი სახელწოდებებიც (სურ. 1.28). აზოტოვანი ფუძეები ორი ტიპისაა – პურინები და პირიმიდინები. ადენინი (A) და გუანინი (G) პურინების ჯგუფს მიეკუთვნება, ხოლო თიმინი (T) და ციტოზინი (C) კი – პირიმიდინების ჯგუფს.

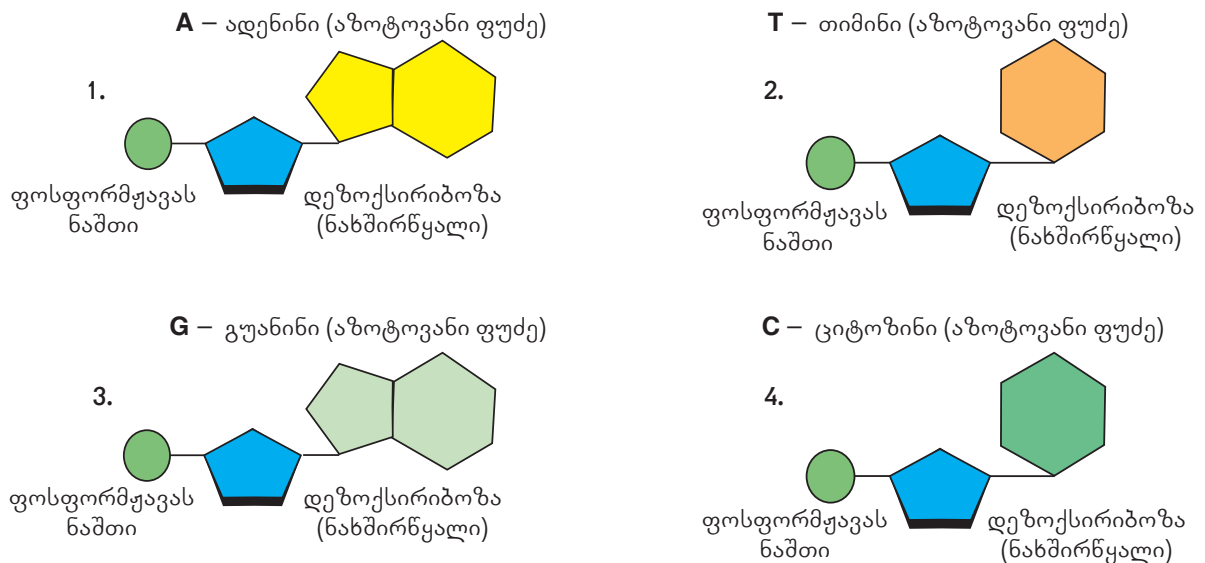
შვედმა მეცნიერმა ფრიდრიხ მიშერმა 1869 წელს პირველმა აღმოაჩინა ბირთვში ნუკლეინის მჟავები. მან ეს ნივთიერება ლეიკოციტების ბირთვიდან გამოყო და გამოიკვლია, რომ მასზე ცილის დამშლელი ფერმენტები – პროტეაზები – არ მოქმედებდა. ეს მიუთითებდა, რომ ცილებისგან განსხვავებული სხვა ნივთიერება იყო აღმოჩენილი.

1950-იანი წლების პერიოდში რენტგენოგრაფიული მეთოდის გამოყენებით, როზალინდ ფრანკლინი და მორის უილკინსი იკვლევდნენ დნმ-ს. როდესაც რენტგენის სხივებს დნმ-ში ატარებდნენ, დნმ-ის ატომები იძლეოდა განსხვავებულ გამოსახულებას, რომელთა აღბეჭდვა შეიძლებოდა ფირზე. კვლევებმა უჩვენეს, რომ დნმ წარმოადგენს ორ ჯაჭვიან სპირალს. როზალინდ ფრანკლინმა გადაიღო დნმ-ის სურათები, რომელიც ამტკიცებდა მისი მოლეკულის სპირალურ ფორმას. ფრანკლინის კვლევის მონაცემებზე დაყრდნობით, 1953 წელს ამერიკელმა ბიოლოგმა ჯ. უოტსონმა და ინგლისელმა ფიზიკოსმა ფ. კრიკმა შექმნეს დნმ-ის მოლეკულის ორჯაჭვიანი სივრცული მოდელი. იგი ყველაზე უნიკალური მოლეკულური მოდელია, რაც კი შექმნილა ბიოლოგიაში (იხ. სურათზე). ამ ნაშრომისთვის მათ 1962 წელს ნობელის პრემია მიიღეს.



სურ. 1.28

დეზოქსირიბონუკლეოტიდები



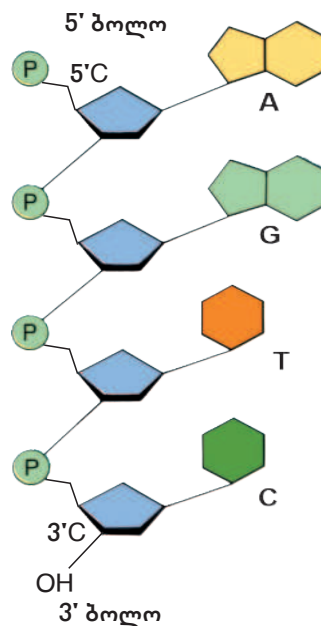
შენიშვნა: დნმ-ნუკლეოტიდებიც იმავე ლათინური ასოებით აღვნიშნოთ, რითაც აზოტოვანი ფუძეები.

1. ადენინიანი – A; 2. თიმინიანი – T; 3. გუანინიანი – G; 4. ციტოზინიანი – C.

დნმ-ის პოლიმერში ნუკლეოტიდები მრავალჯერ მეორდება. ნუკლეოტიდები უერთდებიან ერთმანეთს და ქმნიან დნმ-ის ერთ ჯაჭვს. ნუკლეოტიდების დაკავშირება ერთ ჯაჭვში ხორციელდება ერთი ნუკლეოტიდის ნახშირწყალსა და მეორე ნუკლეოტიდის ფოსფორმჟავას ნაშთს შორის კოვალენტური ბმით (სურ. 1.29).

დნმ-ის მოლეკულის ორი ჯაჭვის ნუკლეოტიდები ერთმანეთს უკავშირდებიან აზოტოვანი ფუძეებით (სურ. 1.30). თუ სურათს დააკვირდებით, აღმოაჩენთ, რომ აზოტოვანი ფუძეები ერთმანეთს შემთხვევით არ უკავშირდებიან. ერთ ჯაჭვში არსებულ ადენინს ორი წყალბადური ბმით უკავშირდება მეორე ჯაჭვის თიმინი, ხოლო გუანინს – ციტოზინი სამი წყალბადური ბმით. აზოტოვანი ფუძეები ერთმანეთს უკავშირდებიან სივრცული (გეომეტრიული) ფორმის შესაბამისობით. ნუკლეოტიდების განლაგების ამ პრინციპს ეწოდება **კომპლემენტარობის პრინციპი**. ამიტომ დნმ-ში ადენინის რაოდენობა ყოველთვის უტოლდება თიმინს. ასევე, გუანინის

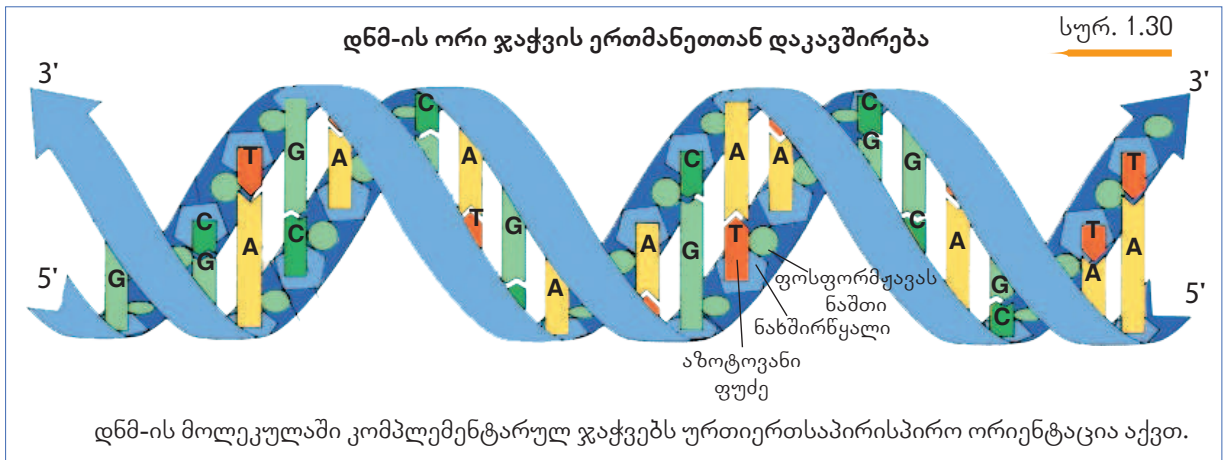
ნუკლეოტიდების დაკავშირება ერთ ჯაჭვში



დნმ-ის მოლეკულის ჯაჭვის ერთ ბოლოში ფოსფორმჟავას ნაშთია, რომელიც დეზოქსირიბოზას მეხუთე ნახშირბადთან (5') არის დაკავშირებული, ხოლო მეორე ბოლოში დეზოქსირიბოზას მესამე ნახშირბადთან (3') — ჰიდროქსილის ჯგუფი.

სურ. 1.29

რაოდენობა ციტოზინის რაოდენობის ტოლია. ადენინისა და თიმინის რაოდენობა შეიძლება არ იყოს გუანინისა და ციტოზინის რაოდენობის ტოლი, მაგრამ ყოველთვის $A + G = T + C$. ეს კანონზომიერება აღმოაჩინა და საზოგადოებას ამცნო ერვინ ჩარგაფმა 1951 წელს და მას ჩარგაფის წესს უწოდებენ.



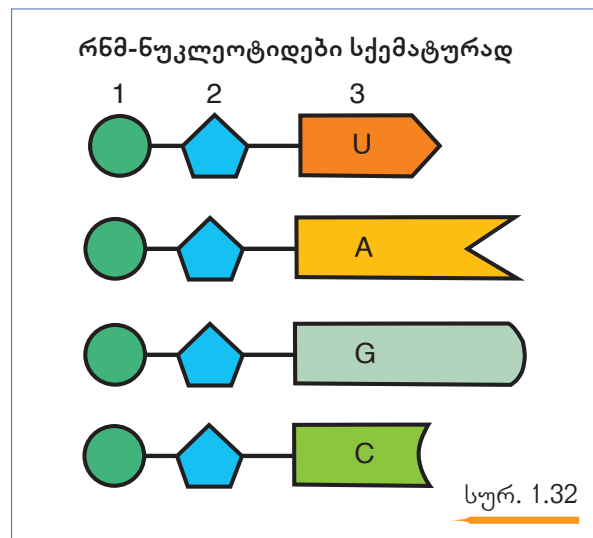
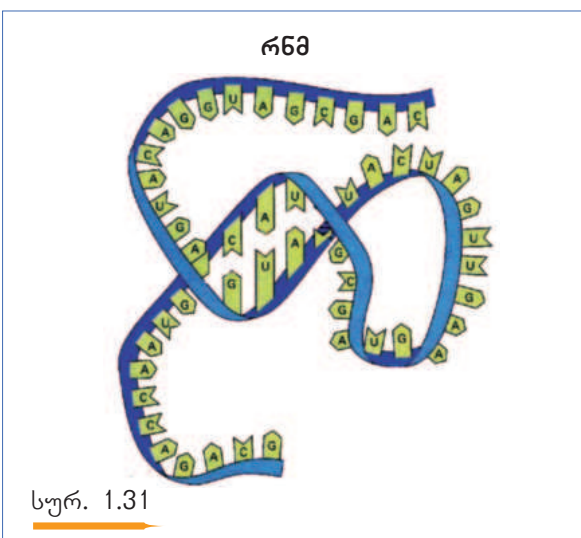
კომპლემენტარობის პრინციპი უზრუნველყოფს აზოტოვან ფუძეებს შორის მაქსიმალური რაოდენობით ბმის წარმოქმნასა და ორმაგი სპირალის მთელ სიგრძეზე ჯაჭვებს შორის თანაბარი მანძილის დაცვას. ორმაგი სპირალის დიამეტრი 1,7 ნანომეტრი – ნმ-ია, ხოლო ყოველი კომპლემენტური ნუკლეოტიდის წყვილის ზომა სპირალის ღერძის გასწვრივ არის 0,34 ნანომეტრი – ნმ ($16\text{მ} = 10^{-6}\text{მმ}$). დნმ-ის ორმაგი სპირალი დახვეულ კიბეს მოგვაგონებს. კიბის თითოეული საფეხური კომპლემენტური აზოტოვანი ფუძეებისგან შედგება, ხოლო კიბის კიდეები შეიცავს ნახშირწყალსა და ფოსფატის მოლეკულებს, რაც დნმ-ის ერთგვარ „ხერხემალს“ ქმნის.

იცი, რომ ცილის მრავალფეროვნება მის ამინომჟავურ შემადგენლობასა და თანმიმდევრობაზეა დამოკიდებული. ეს ინფორმაცია ჩანერილია დნმ-ში. **დნმ-ის მონაკვეთს, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას ცილის პირველ-**

დი სტრუქტურის შესახებ, გენი ეწოდება. დნმ-ის ფუნქციაა მემკვიდრეობითი ინფორმაციის შენახვა და გადაცემა.

ყველა სახის დნმ-ის მოლეკულას ერთნაირი ქიმიური სტრუქტურა აქვს – ოთხი სახის ნუკლეოტიდისგან შედგება, მაგრამ ყოველი სახეობა და ინდივიდი ერთმანეთისგან განსხვავდება დნმ-ში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობით. ნუკლეოტიდების სხვადასხვა თანმიმდევრობა ქმნის დნმ-ის მოლეკულების მრავალფეროვნებას, რომელიც თავის მხრივ, ცოცხალი არსებების ბიომრავალფეროვნების საფუძველია.

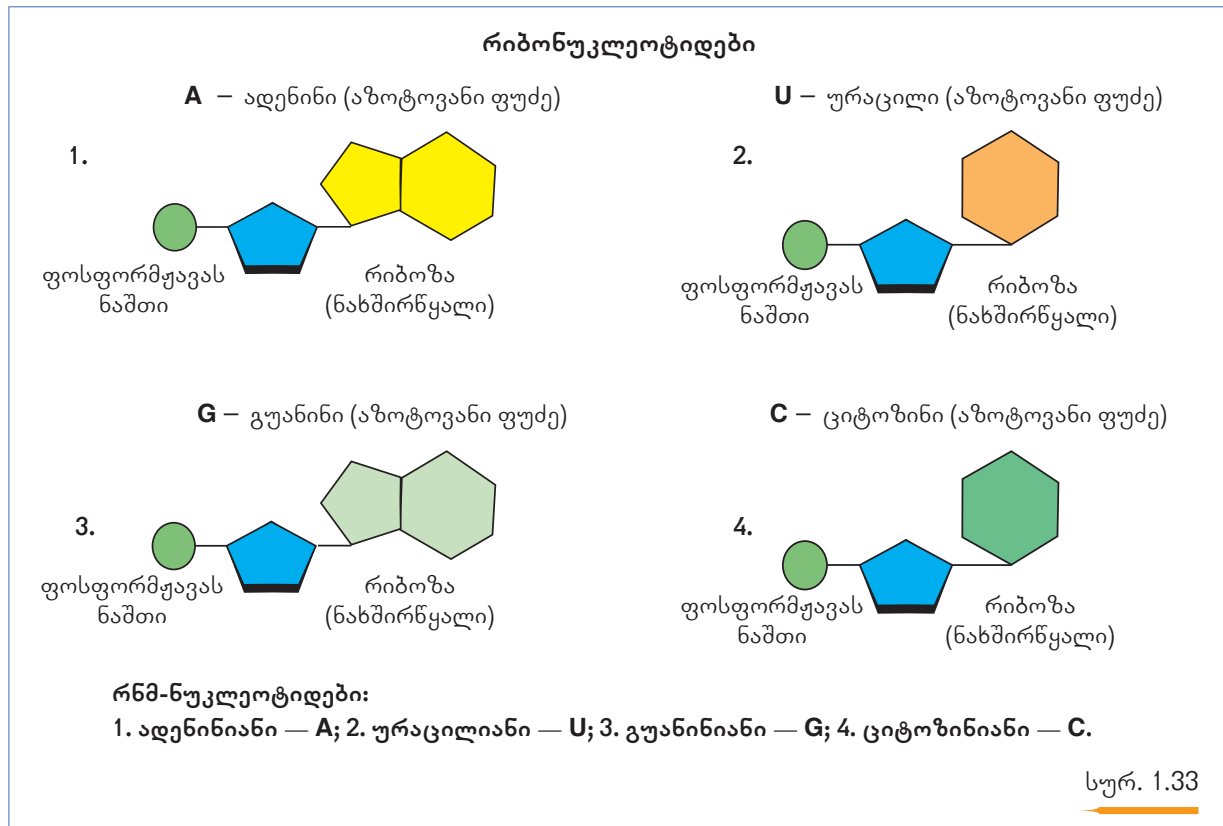
უჯრედებში არის ნუკლეინის მჟავების კიდევ ერთი ტიპი – **რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ)**. რნმ, ისევე როგორც დნმ, პოლიმერია. ისიც შედგება ნუკლეოტიდებისაგან. არის განსხვავებაც დნმ-ისა და რნმ-ის აგებულებას შორის. რნმ, დნმ-სგან განსხვავებით, ერთჯაჭვიანია (სურ. 1.31). რნმ-ნუკლეო-



ტიდებიც იმავე კომპონენტებისგან შედგება, რისგანაც დნმ-ნუკლეოტიდები (1-ფოსფატის ჯგუფი, 2-პენტოზა და 3-აზოტოვანი ფუძე), მხოლოდ რნმ-ნუკლეოტიდებში დეზოქსირიბოზას ნაცვლად რიბოზაა, ხოლო აზოტოვანი ფუძე თიმინის ნაცვლად ურაცილია (სურ. 1.32 და 1.33).

რნმ რამდენიმე სახისაა: **ინფორმაციული რნმ (ი-რნმ)**, **ანუ მატრიცული რნმ (მ-რნმ)** — მას ინფორმაცია ცილის პირველადი

სტრუქტურის შესახებ დნმ-დან ცილის სინთეზის ადგილას გადააქვს; **ტრანსპორტული რნმ (ტ-რნმ)** — ამინომჟავები გადააქვს რიბოსომებში; **რიბოსომული რნმ (რ-რნმ)** შედის რიბოსომის შემადგენლობაში და მის ფუნქციონირებას განაპირობებს. ყველაზე დიდი ზომისაა რ-რნმ, იგი რამდენიმე ათასი ნუკლეოტიდისგან შედგება. ყველა სახეობის რნმ-ში აზოტოვანი ფუძეები ერთნაირია: A, U, C, G.



გენეტიკური მასალის კვლევის ისტორია

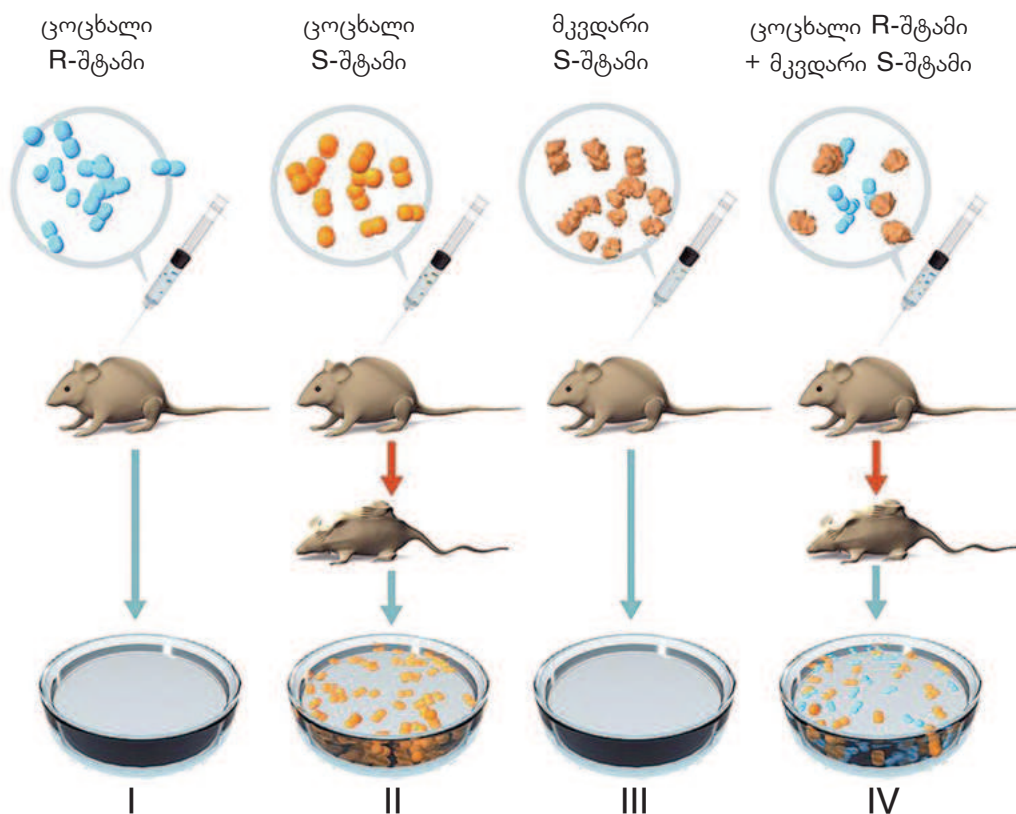
დღეს ბევრი რამ არის ცნობილი დნმ-სა და გენების შესახებ, მაგრამ ინფორმაცია სიცოცხლის მოლეკულის (როგორც დნმ-ს უწოდებენ) შესახებ გასული საუკუნის 20-30-იან წლებამდე ძალიან მწირი იყო. XX საუკუნის შუა წლებში ბევრი მეცნიერი მუშაობდა იმის დასადგენად, რა ნივთიერება ასრულებდა მემკვიდრული მატერიალური მასალის როლს — ცილა თუ დნმ. მეცნიერების უმრავლესობა თვლიდა, რომ დნმ-ის ქიმიური შედგენილობა იმდენად მარტივი და განმეორებადი, რომ არ შეიძლება იყოს გენეტიკური მასალა;

ცილები კი უფრო მრავალფეროვანია სტრუქტურით, ამიტომ გენეტიკური მასალისთვის უკეთეს ვარიანტად მიაჩნდათ. 1920 წლიდან ექსპერიმენტების მონაცემები ამ იდეას არ ამტკიცებდა. 1950 წლისთვის კვლევების შედეგად დაგროვდა საკმარისი მტკიცებულებები იმისა, რომ დნმ არის სწორედ ის მოლეკულა, რომელიც ატარებს გენეტიკურ ინფორმაციას. ქვემოთ რუბრიკაში — „მეცნიერება პრაქტიკაში“ — წარმოდგენილია ამ მიმართულებით ჩატარებული ყველაზე ცნობილი კვლევები.



გრიფიტის ექსპერიმენტი

1928 წელს ბრიტანელი მიკრობიოლოგი ფრედერიკ გრიფიტი იკვლევდა პნევმონიის (ფილტვების ანთების) გამომწვევ ბაქტერიის (პნევმოკოკების) ორ შტამს: ვირულენტურ (დაავადების გამომწვევ) კაფსულიან ფორმას – S – ბაქტერიების შტამს – და უკაფსულო არავირულენტურ R – ბაქტერიების შტამს. მან აღმოაჩინა, რომ კაფსულიანი პნევმოკოკები იწვევენ ფილტვების ანთებას (რადგან კაფსულა იცავს მასპინძლის იმუნური სისტემისგან), უკაფსულოები კი არ იწვევენ ფილტვების ანთებას.



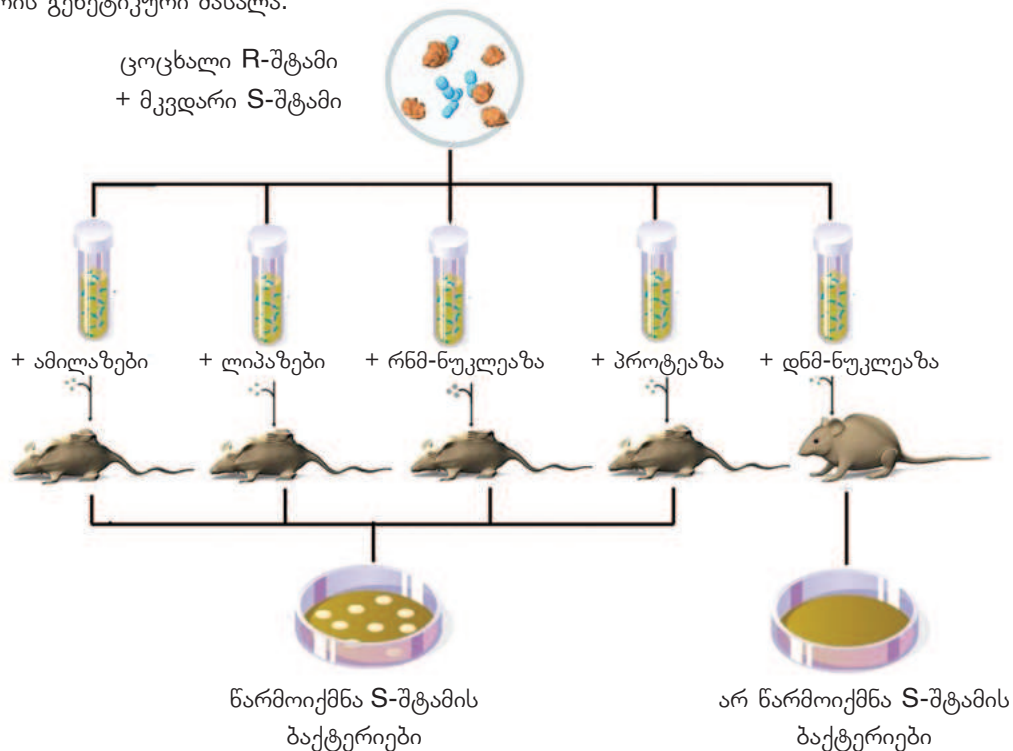
ექსპერიმენტის ეტაპები:

- ექსპერიმენტის პირველ ეტაპზე გრიფიტმა საცდელი ვირთაგვების ერთ ჯგუფში ცოცხალი R-ბაქტერიები ინიექციით შეიყვანა. ცხოველები ცოცხლები დარჩნენ, მათი სისხლი ცოტა ხნის შემდეგ R-ბაქტერიებს აღარ შეიცავდა (I). ვირთაგვების მეორე ჯგუფს შეუყვანა ცოცხალი S-ბაქტერიები. დასნეობვებული ვირთაგვები რამდენიმე დღეში დაიხოცნენ, მათი სისხლი S-ბაქტერიებს შეიცავდა (II).
- ექსპერიმენტის შემდეგ ეტაპზე გრიფიტმა წინასწარ მოკლა S-ბაქტერიები მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით და დახოცილი ბაქტერიები შეუყვანა ვირთაგვებს სხეულში. ვირთაგვები ავად არ გამხდარან, მათი სისხლი S-ბაქტერიებს არ შეიცავდა (III).
- ამის შემდეგ გრიფიტმა ერთმანეთს შეურიო მკვდარი S და ცოცხალი R-ბაქტერიები და ვირთაგვებს სხეულში ინიექციით შეუყვანა. ვირთაგვები ავად გახდნენ და დაიხოცნენ (IV). გრიფიტმა დახოცილი ცხოველების სისხლში აღმოაჩინა ცოცხალი S-ბაქტერიები.

რა მოხდა, S-მიკრობები გაცოცხლდნენ? საიდან გაჩნდა ცოცხალი S-ბაქტერიები? გრიფიტმა ივარაუდა, რომ მკვდარი კაფსულიანი პნევმოკოკების მიერ გამოყოფილი რაღაც ნივთიერების ზეგავლენით ცოცხალი უკაფსულო R-ბაქტერიების ნაწილს გაუჩნდა ისეთივე კაფსულა, როგორიც ჰქონდა S-ბაქტერიებს, ანუ მოხდა გენეტიკური მასალის ტრანსფორმირება (ცვლილება) R-ბაქტერიებში. თუმცა გრიფიტმა ამ ექსპერიმენტებით ვერ დაადგინა, S-შტამის რომელი ნივთიერება – ცილა თუ დნმ, ატარებდა და გადასცემდა გენეტიკურ ინფორმაციას კაფსულიანი გარსის შესახებ.

ეივერის ექსპერიმენტები – 1944

რაში მდგომარეობს გრიფიტის მიერ აღმოჩენილი გენეტიკური ტრანსფორმაციის/გარდაქმნის პრინციპი? ეს კითხვა აღელვებდა ოსვალდ ეივერსა და მის კოლეგა ბიოლოგებს. ისინი 10 წელზე მეტხანს მუშაობდნენ, რომ ეპოვათ პასუხი კითხვაზე. ეივერის გუნდმა მუშაობა დაიწყო ცოცხალი R-ბაქტერიების მკვდარი S-ბაქტერიების ექსტრაქტთან შერევით. ამ პროცედურამ შესაძლებელი გახადა უშუალოდ დაჰკვირვებოდნენ პეტრის ჯამზე R-ბაქტერიების S-ბაქტერიებად გარდაქმნას. მათ, გრიფიტისგან განსხვავებით, ცოცხალი R-ბაქტერიების მკვდარი S-ბაქტერიების ექსტრაქტის ერთ ნაწილს ამატებდნენ ამილაზებს, მეორეს – ლიპაზებს, სხვა ნაწილს – რნმ-ნუკლეაზას, ნაწილსაც – პროტეაზას ან დნმ-ნუკლეაზას (ექსპერიმენტი წარმოდგენილია ქვემოთ სურათზე). როგორც სურათზე აღწერილი ექსპერიმენტიდან ჩანს, თავგები ცოცხლები მხოლოდ მაშინ გადარჩნენ, როდესაც ექსტრაქტს დაუმატეს დნმ-პოილმერაზა. 1944 წელს ეივერმა და მისმა გუნდმა წარმოადგინა ეს და სხვა მტკიცებულებები იმ დასკვნის სასარგებლოდ, რომ დნმ-თან უნდა იყოს დაკავშირებული ტრანსფორმაციის პრინციპი, ანუ დნმ არის გენეტიკური მასალა.



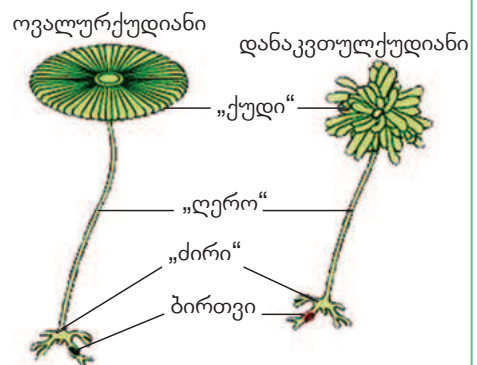
იოაჰიმ ჰემერლინგის ექსპერიმენტები

გრიფიტი და ეივერი მუშაობდნენ პროკარიოტ ორგანიზმებზე – ბაქტერიებზე. გერმანელი მეცნიერი იოაჰიმ ჰემერლინგი გასული საუკუნის 30-იან წლებში დაინტერესდა, სად არის მოთავსებული გენეტიკური ინფორმაცია ეუკარიოტ ორგანიზმებში – ბირთვში თუ ციტოპლაზმაში (იხ. მისი ექსპერიმენტები).

1930 წელს იოაჰიმ ჰემერლინგი ექსპერიმენტს ატარებდა ერთუჯრედიანი წყალმცენარე აცეტაბულარიას ორ სხვადასხვა სახეობაზე: ოვალურქუდიანსა და დანაკვთულქუდიანზე (იხ. სურათზე).

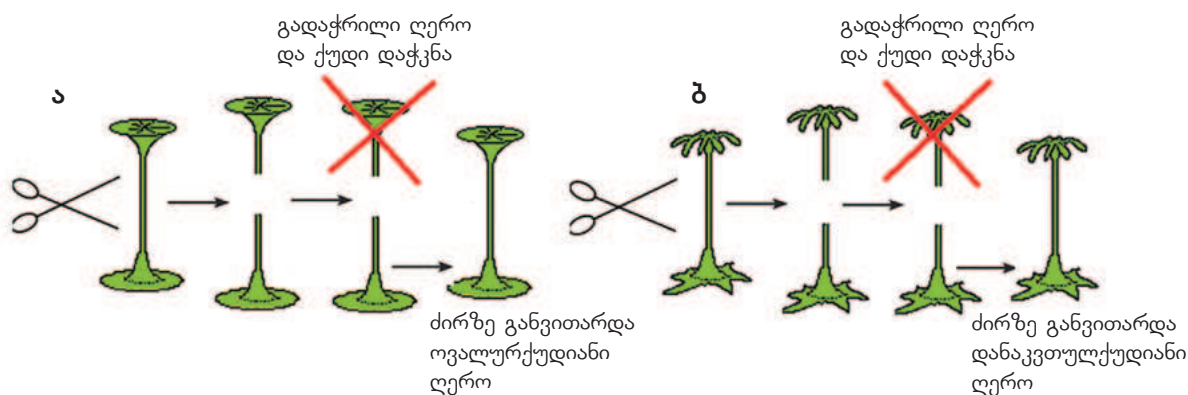


ერთუჯრედიანი წყალმცენარე აცეტაბულარია



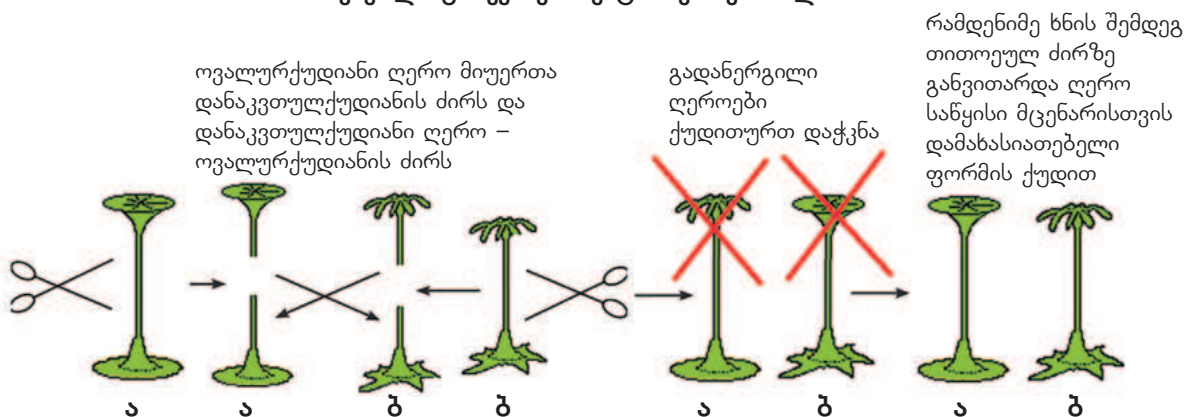


ჰემერლინგის ექსპერიმენტის პირველი ნაწილი



ა – ოვალურქუდიანი აცეტაბულარია; ბ – დანაკვეთულქუდიანი აცეტაბულარია

ჰემერლინგის ექსპერიმენტის მეორე ნაწილი



ა – ოვალურქუდიანი აცეტაბულარია; ბ – დანაკვეთულქუდიანი აცეტაბულარია

ჰემერლინგმა ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე დაასკვნა, რომ გენეტიკური ინფორმაცია ეუკარიოტ ორგანიზმებში ბირთვშია ორგანიზებული, რადგან: 1) პირველ ექსპერიმენტში გადაჭრილი ღეროები ქუდებითურთ დაჭკნა, ხოლო თითოეული ძირიდან კვლავ იგივე ფორმის ღერო და ქუდი განვითარდა; 2) მეორე ექსპერიმენტის დროს კი აცეტაბულარიებმა სახე იცვალეს: ოვალურქუდიანის ძირზე მიერთებულმა დანაკვეთულმა ქუდმა ოვალური ფორმა მიიღო, ხოლო დანაკვეთულქუდიანის ძირზე მიერთებულმა ოვალურმა ქუდმა დანაკვეთული ფორმა მიიღო. შენიშვნა: შეგახსენებთ, რომ ბირთვი ძირშია.

ჩეიზისა და ჰერშის ექსპერიმენტი

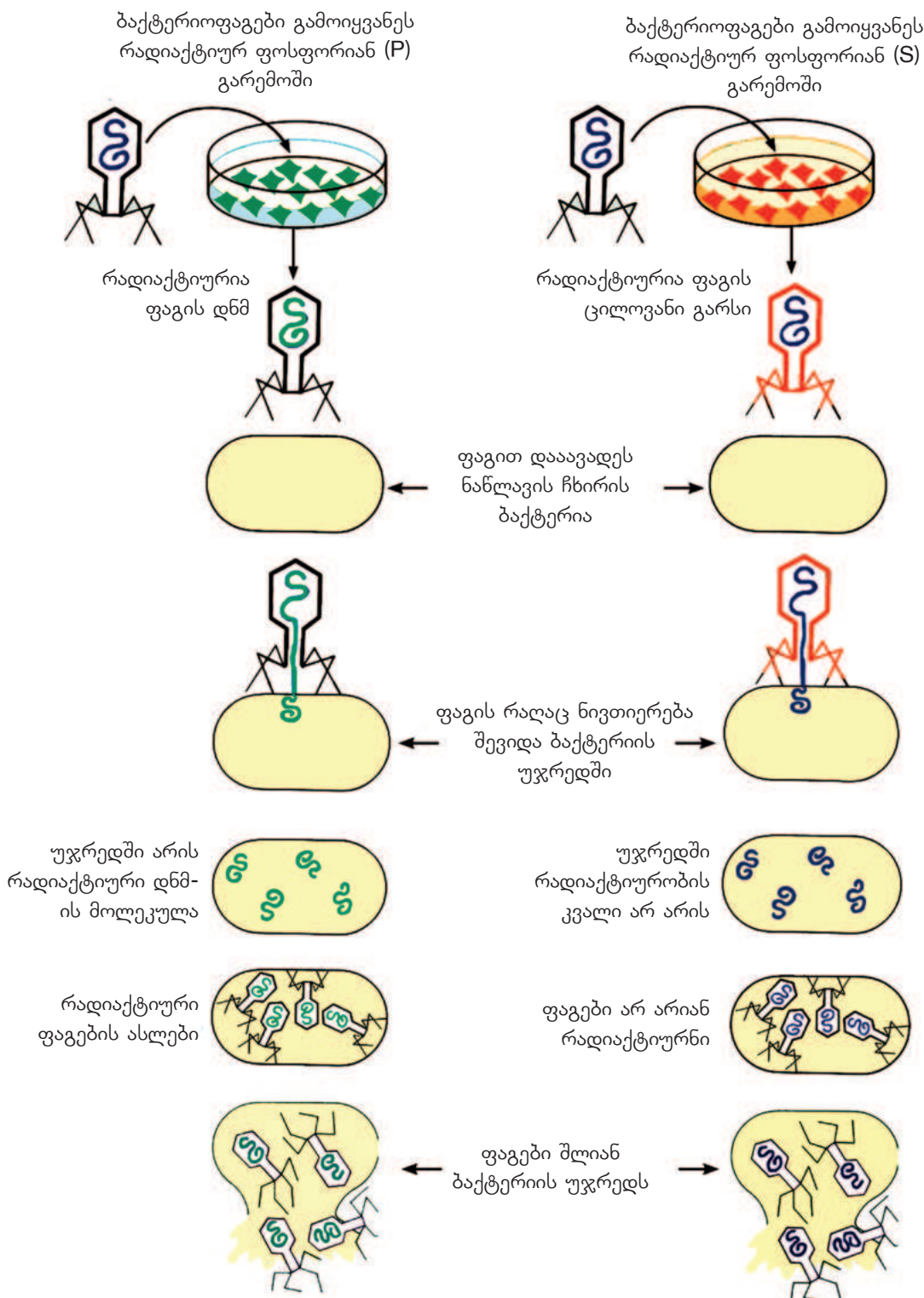
მეცნიერები ყოველთვის ცდილობენ მრავალჯერ გადაამოწმონ მიღებული ფაქტი, რათა დარწმუნდნენ მის სისწორეში. ამიტომ ეივერის შემდგომ ცდები დნმ-ზე გააგრძელეს მართა ჩეიზმა და ალფრედ ჰერშიმ. ჩეიზმა და ჰერშიმ გამოკვლევა ჩაატარეს 1952 წელს. როგორც ითქვა, ისინი ცდილობდნენ, მოეპოვებინათ დამატებითი ექსპერიმენტული მტკიცებულებები, რომ დნმ ატარებს ინფორმაციას ორგანიზმის ნიშან-თვისებების შესახებ.

ჩეიზი და ჰერში მუშაობდნენ ბაქტერიოფაგზე. იმ პერიოდისათვის ცოდნის დონე ასეთი იყო: მეცნიერებმა იცოდნენ, რომ ფაგი ემაგრება ბაქტერიის სხეულზე, ხსნის გარსს და უჯრედში შეუშვებს რაღაც ნივთიერებას, რომელიც ატარებს ინფორმაციას ვირუსის შესახებ. ვირუსის ეს ინფორმაცია გადაეცემა ბაქტერიას და მას აიძულებს დაიწყოს ფაგის დნმ-ისა და ცილის სინთეზი.

ვირუსის აგებულებიდან გამომდინარე, ჩეიზი და ჰერში ფიქრობდნენ, რომ ეს ნივთიერება არის დნმ ან ცილა. მათ გამოიყენეს რადიოაქტიური იზოტოპები, რათა გაეგოთ ფაგის რა ნივთიერება შედის ბაქტერიის უჯრედში. იზოტოპები ასხივებენ ენერგიას, რომლის რეგისტრაციაც შეიძლება სპეციალური ხელსაწყოებით.

როგორც სურათზე წარმოდგენილი ექსპერიმენტის მოდელზე ჩანს, რადიაციური ფაგების ასლები მხოლოდ მაშინ მიიღეს, როდესაც ბაქტერიები გამოზარდეს რადიაციურ ფოსფორიან გარემოში. რადგან ფოსფორი შედის დნმ-ის მოლეკულის შემადგენლობაში და არა ცილის, მათ დაასკვნეს, რომ მემკვიდრული ინფორმაციის მატარებელი არის დნმ.

ჩეიზისა და ჰერშის ექსპერიმენტის მოდელი





ნუკლეინის მჟავების სტრუქტურის თაისებურებებზე ორიენტირებული სავარჯიშოების ამოხსნის მაგალითები.

ცნობილია დნმ-ის შემადგენლობაში ერთ-ერთი ნუკლეოტიდის რაოდენობა და/ან %-ული შემცველობა. უნდა განისაზღვროს სხვა ნუკლეოტიდების რაოდენობა და/ან %-ული შემცველობა.

ამოცანა 1: დნმ-ის მოლეკულის ფრაგმენტი შეიცავს 560 ნუკლეოტიდ თიმიინანს (T), რაც ნუკლეოტიდების საერთო რაოდენობის 28%-ს შეადგენს. განსაზღვრეთ დნმ-ის მოცემულ ფრაგმენტში თითოეული დანარჩენი ნუკლეოტიდის რაოდენობა და %-ული შემცველობა.

ამოხსნა: დნმ-ის მოლეკულაში ადენინიანის რაოდენობა ყოველთვის თიმიინიანის რაოდენობის ტოლია. შესაბამისად, დნმ-ის ამ ფრაგმენტში ადენინიანის რაოდენობაც 560-ია და მისი შემცველობაა 28%. A-სა და T-ს საერთო რაოდენობაა 1120, რაც 56%-ს შეადგენს. G+C პროცენტული შემცველობაა $100\% - 56\% = 44\%$. G+C რაოდენობა აღვნიშნოთ X-ით და შევადგინოთ პროპორცია: $X = (1120 \times 44) / 56 = 880$. აქედან გამომდინარე, $G = 440$, $C = 440$.

ამოცანა 2: დნმ-ის მოლეკულა შეიცავს 17% ადენინიანს (A). განსაზღვრეთ ამ მოლეკულაში სხვა ნუკლეოტიდების %-ული შემცველობა.

ამოხსნა: ადენინიანის რაოდენობა თიმიინიანის რაოდენობის ტოლია, შესაბამისად, ამ მოლეკულაში თიმიინიანის შემცველობაც 17%-ია. გუანინიანისა და ციტოზინიანის წილად მოდის $100\% - 17\% - 17\% = 66\%$. რადგან ციტოზინიანისა და გუანინიანის რაოდენობა ერთმანეთის ტოლია, $C = G = 66\% / 2 = 33\%$.

ცნობილია დნმ-ის მოლეკულაში ნუკლეოტიდების რაოდენობა და უნდა განისაზღვროს დნმ-ის ჯაჭვის სიგრძე.

ამოცანა: დნმ-ის ფრაგმენტში ნუკლეოტიდების რაოდენობაა 2000. განსაზღვრეთ დნმ-ის მოცემული ფრაგმენტის სიგრძე.

ამოხსნა: მოცემულ ფრაგმენტში 2000 ნუკლეოტიდია, ე.ი. 1000 ნუკლეოტიდური წყვილი. ნუკლეოტიდების ერთი კომპლემენტარული წყვილის სიგრძეა 0,34 ნმ, ამიტომ დნმ-ის მოცემული ფრაგმენტის სიგრძე იქნება: $1000 \times 0,34\text{ნმ} = 340\text{ნმ}$.

ცნობილია დნმ-ის მოლეკულის შეფარდებითი მასა და ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასა. უნდა განისაზღვროს დნმ-ის ამ მოლეკულაში ნუკლეოტიდების რაოდენობა.

ამოცანა: დნმ-ის მოლეკულის შეფარდებითი მასაა 69000, ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასა კი – 345. განსაზღვრეთ ნუკლეოტიდების რაოდენობა დნმ-ის მოლეკულაში.

ამოხსნა: რადგან ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასაა 345, დნმ-ის მოლეკულაში ნუკლეოტიდების რაოდენობა იქნება: $69000 / 345 = 200$.

ცნობილია დნმ-ის მოლეკულის შეფარდებითი მასა და ერთი კონკრეტული ნუკლეოტიდის შეფარდებითი მასა. უნდა განისაზღვროს დნმ-ის ამ მოლეკულაში თითოეული ნუკლეოტიდის რაოდენობა.

ამოცანა: დნმ-ის მოლეკულაში, რომლის შეფარდებითი მასაა 69000, ნუკლეოტიდ A-ს წილად მოდის 8625. განსაზღვრეთ თითოეული სახის ნუკლეოტიდის რაოდენობა, თუ ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასა 345-ია.

ამოხსნა: ნუკლეოტიდების საერთო რაოდენობაა $69000 / 345 = 200$. ნუკლეოტიდ A-ს რაოდენობაა $8625 / 345 = 25$. ვინაიდან $A = T$, ნუკლეოტიდ T-ს რაოდენობაც 25 იქნება. G-სა და C-ს რაოდენობა იქნება $200 - 50 = 150$, ვინაიდან $G = C$, თითოეულის რაოდენობა იქნება $150 / 2 = 75$.

ცნობილია დნმ-ის ფრაგმენტის სიგრძე და უნდა განისაზღვროს ამ ფრაგმენტში ნუკლეოტიდების რაოდენობა.

ამოცანა: დნმ-ის ფრაგმენტის სიგრძე 680 ნმ-ია. განსაზღვრეთ ნუკლეოტიდების რაოდენობა მოცემულ ფრაგმენტში.

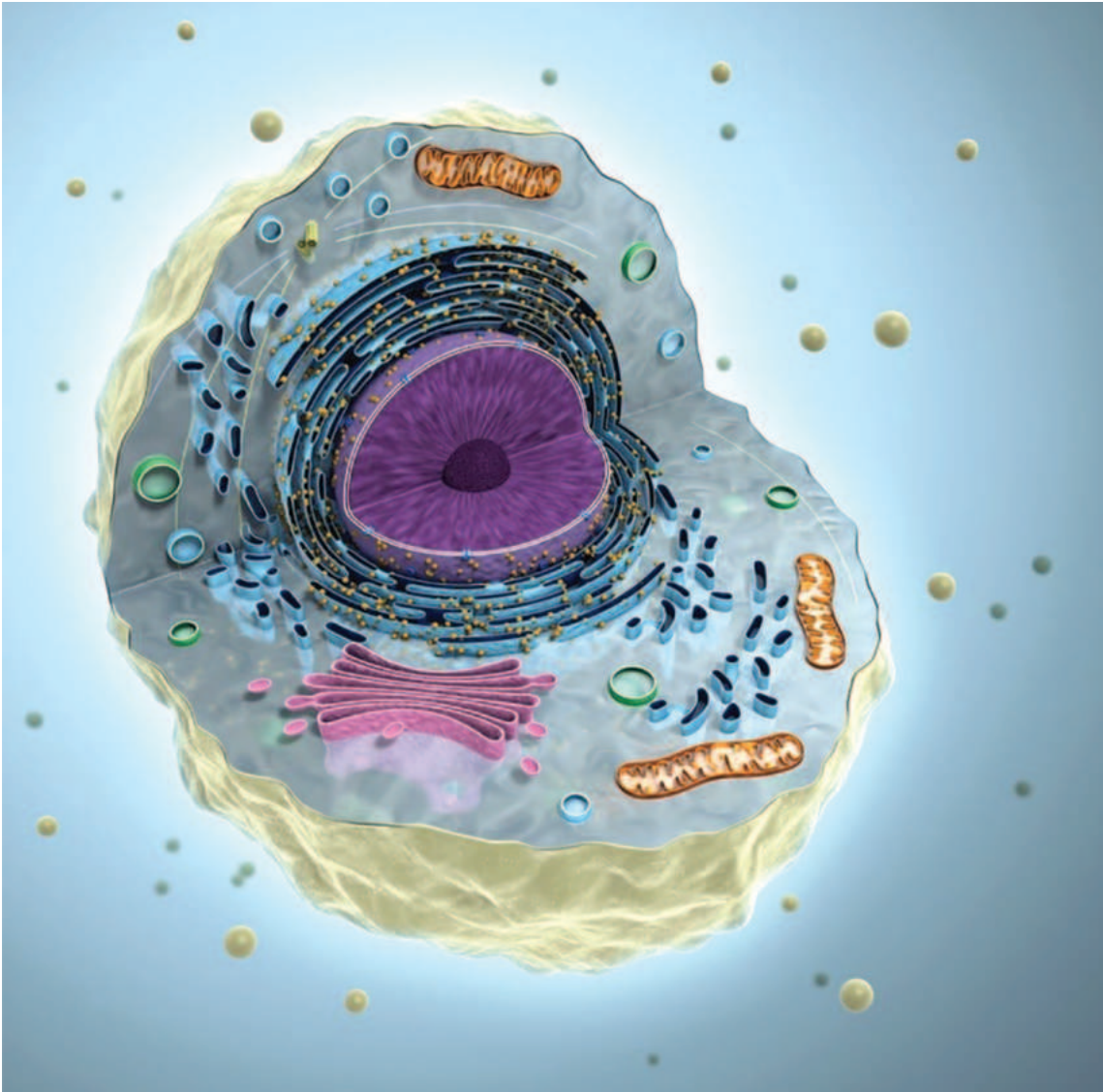
ამოხსნა: ცნობილია, რომ დნმ-ში ერთი წყვილი ნუკლეოტიდების სიგრძეა 0,34 ნმ. აქედან გამომდინარე, მოცემულ ფრაგმენტში ნუკლეოტიდების რაოდენობა იქნება $680 / 0,34 = 2000$.

მოცემულია დნმ-ის ფრაგმენტის ნუკლეოტიდური შემადგენლობა, უნდა განისაზღვროს თითოეული ნუკლეოტიდის %-ული შემცველობა.

ამოცანა: დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვის ფრაგმენტის ნუკლეოტიდური შემადგენლობა ასეთია: CTATAGTAACAGATGGCATG. განსაზღვრეთ დნმ-ის ამ ფრაგმენტის ორივე ჯაჭვში თითოეული ნუკლეოტიდის %-ული შემცველობა.

ამოხსნა: ამ ფრაგმენტში ნუკლეოტიდების საერთო რაოდენობაა 20, ე.ი. ორივე ჯაჭვში არის 40. ვიცით, რომ დნმ-ში ყოველთვის $A = T$ და $G = C$. დავითვალოთ მოცემულ ფრაგმენტში T-სა და A-ს რაოდენობა. იგივე რაოდენობა იქნება მეორე ჯაჭვში – $T + A = 5 + 7 = 12$; ანუ ორივე ჯაჭვში $A + T = 12 + 12 = 24$. იმისთვის, რომ განვსაზღვროთ A + T-ს პროცენტული შემცველობა, შევადგინოთ პროპორცია: თუ 40 ნუკლეოტიდი შეადგენს 100%-ს, მაშინ 24 ნუკლეოტიდი შეადგენს X%-ს. $X = 24 \times 100/40 = 60\%$. $A = T = 60\% / 2 = 30\%$. G + C-ის შემცველობა იქნება $100\% - 60\% = 40\%$. $G = C = 40\% / 2 = 20\%$.

თემა 2. უჯრედის სტრუქტურული კომპონენტები



ბაქტერიების, მცენარეების, ცხოველების, სოკოების ორგანიზმში უჯრედებისგან შედგება. სიცოცხლის სტრუქტურულ იერარქიაში უჯრედი ყველა სასიცოცხლო ფუნქციის მატარებელი სიცოცხლის ორგანიზაციის ყველაზე დაბალი დონეა. შეკითხვებზე, რომელიც სიცოცხლეს ეხება, პასუხი უნდა გაეცეს უჯრედის დონეზე, რადგან უჯრედის სტრუქტურების აგებულებასა და მათ ფუნქციებზეა დამოკიდებული სასიცოცხლო თვისებების გამოხატვა. უჯრედის თითოეული სტრუქტურის აგებულება შეესაბამება მის ფუნქციებს და მათ შორის ფუნქციები ზუსტად არის განაწილებული. ამ სტრუქტურების ფუნქციონირება ერთმანეთზეა დამოკიდებული. ამიტომ უჯრედი ფუნქციერებს, როგორც ერთი მთლიანი სისტემა.

2.1.

უჯრედული თეორია

უჯრედი ცოცხალი სხეულის ყველაზე მცირე სტრუქტურული და ფუნქციური ერთეულია, რომელსაც შეუძლია ყველა სასიცოცხლო ფუნქციის შესრულება. ბევრი ორგანიზმი მხოლოდ ერთი უჯრედისგან შედგება და მათ ერთუჯრედიანებს უწოდებენ (მაგ., ბაქტერიები, პროტისტების უმრავლესობა); ზოგიერთი ორგანიზმი კი – მრავალი უჯრედისგან და მათ მრავალუჯრედიანებს უწოდებენ (მცენარეები, ცხოველები, უმაღლესი სოკოები).

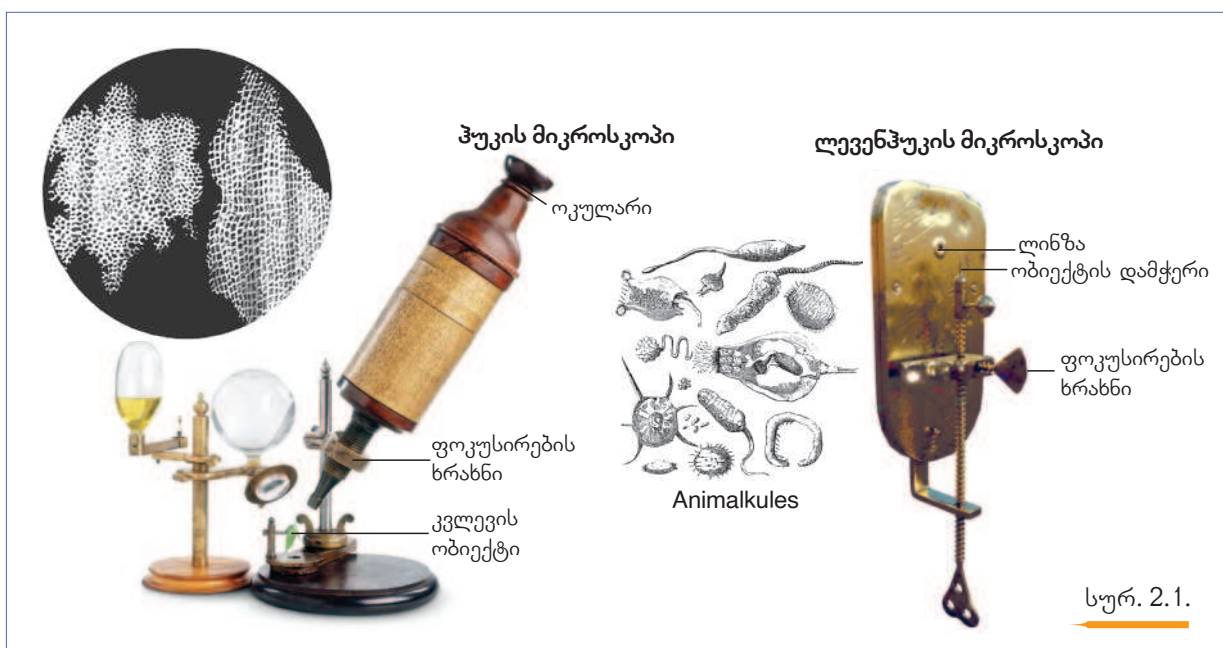
უჯრედების უმრავლესობა ძალიან მცირე ზომისაა, ამიტომ უჯრედის აღმოჩენა და შემდეგ მისი კვლევა მიკროსკოპის გამოგონებასა და მის შემდგომ გაუმჯობესებასთან არის დაკავშირებული. 1665 წელს ინგლისელმა მეცნიერმა **რობერტ ჰუკმა** თავისივე დამზადებული მიკროსკოპით გამოიკვლია მუხის ქერქის თხელი ანათალი და აღმოაჩინა, რომ იგი ტიხრებით გამიჯნული პატარ-პატარა „საკნებისგან“ შედგებოდა (სურ. 2.1). ჰუკმა „საკანს“ „უჯრედი“ უწოდა. მან მიკროსკოპით ქერქის კორპის მკვდარი უჯრედები დაინახა. იმავე საუკუნეში (1674 წელს), ჰოლანდიელმა მეცნიერმა, **ანტონ ვან ლევენჰუკმა** გამოიკვლია გუბის წყალი, მწერები, სპერმა, ფეკალიები, სისხლი და სხვ. მაგალითად, ლე-

ვენჰუკმა წყლის წვეთში დაინახა ძალიან „მცირე ზომის ცხოველები“ („Animalkuli“), რომელთა მოძრაობაზე დაკვირვება, როგორც თვითონ აღნიშნავს, სასიამოვნო იყო. მან აღმოაჩინა ერთუჯრედიანი არსებები, ბაქტერიები, სისხლის წითელი უჯრედები და სპერმატოზოიდები.

შემდეგ წლებში მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა სინათლის მიკროსკოპი და მეცნიერები აქტიურად იკვლევდნენ სხვადასხვა ორგანიზმის მიკროსკოპულ აგებულებას. 1838 წელს გერმანელმა მეცნიერმა **მათიას შლაიდენმა** მიკროსკოპით გამოიკვლია მცენარეების ნაწილების აგებულება და დაასკვნა, რომ ყველა მცენარე უჯრედებისგან შედგება და უჯრედებს მსგავსი აგებულება აქვთ. შემდეგ გერმანელმა ზოოლოგმა **თეოდორ შვანმა** მსგავსი გამოკვლევები ჩაატარა ცხოველებზე და იმავე დასკვნამდე მივიდა, რომ ცხოველებსაც უჯრედული აგებულება აქვთ.

1839 წელს შვანმა საკუთარი და შლაიდენის გამოკვლევების საფუძველზე ჩამოაყალიბა **უჯრედული თეორია**, რომლის მიხედვითაც უჯრედი არის ყველა ცოცხალის აგებულების ძირითადი ერთეული.

სხვა მეცნიერების აღმოჩენების საფუძველზე თანდათან შეივსო და განვითარდა უჯ-





სინათლის მიკროსკოპი

სურ. 2.2.

ელექტრონული
მიკროსკოპი



რედული თეორია. მაგალითად, გერმანელმა ექიმმა **რუდოლფ ვირხოვმა** გამოთქვა მოსაზრება, რომ ყველა ახალი უჯრედი მხოლოდ სხვა სანყისი უჯრედის გაყოფის შედეგად წარმოიქმნება (ვირხოვის მოსაზრება დაამტკიცეს უ. ფლემინგმა და ე. სტრასბურგერმა. იხ. გვ. 109). ბიოქიმიკოსებმა შეისწავლეს უჯრედების ქიმიური შედგენილობა და ბიოქიმიური პროცესები. აღმოჩნდა, რომ სხვადასხვა ორგანიზმის უჯრედები, ძირითადად, მსგავსია ქიმიური შედგენილობითა და ბიოქიმიური პროცესებით.

ამრიგად, უჯრედი არის ცოცხალის ყველაზე მცირე სტრუქტურული ერთეული, რომელიც ავლენს ცოცხალისათვის დამახასიათებელ ყველა თვისებას: კვებას, სუნთქვას, გამოყოფას, მოძრაობას, გალიზიანებადობას, ჰომეოსტაზს, ზრდას, გამრავლებას და სხვ.

თანამედროვე უჯრედული თეორიის ძირითადი დებულებებია:

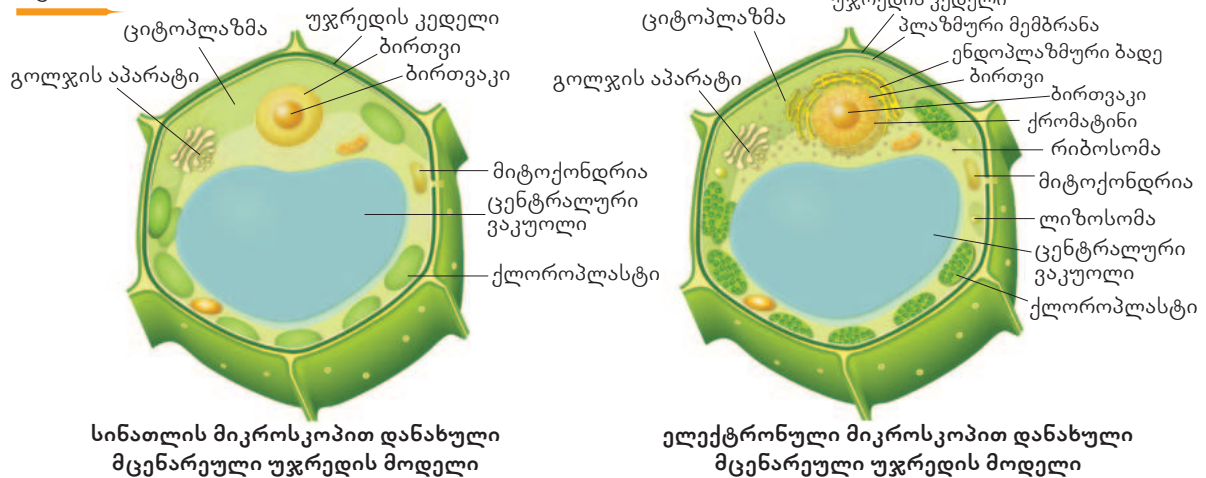
- ყველა ორგანიზმი ერთი ან რამდენიმე უჯრედისგან შედგება;
- უჯრედი არის ორგანიზმების სტრუქტურული, ფუნქციური და განვითარების ძირითადი ერთეული;
- ყველა ახალი უჯრედი მხოლოდ სანყისი უჯრედის/უკვე არსებული უჯრედის გაყოფით წარმოიქმნება;
- მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში აგებულებისა და ფუნქციების მიხედვით დიფერენცირებული უჯრედები ქსოვილებს წარმოქმნიან, ქსოვილები კი – ორგანოებს;

- მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის ყველა უჯრედს ერთნაირი გენეტიკური ინფორმაცია აქვს, მათ შორის განსხვავება დაკავშირებულია იმასთან, რომ სხვადასხვა ტიპის უჯრედში გენების განსხვავებული ჯგუფი მოქმედებს.

უჯრედების უფრო საფუძვლიანი შესწავლა პირდაპირ კავშირშია მიკროსკოპის გამაღიებლობისა და სიმკვეთრის გაუმჯობესებასთან. თანამედროვე სინათლის მიკროსკოპი გამოსახულებას 3600-ჯერ ადიდებს (სურ. 2.2). უჯრედის შესწავლაში ახალი ეტაპი დაიწყო ელექტრონული მიკროსკოპის გამოგონების შემდეგ. იგი XX საუკუნეში შექმნეს (1933წ.). თანამედროვე ელექტრონული მიკროსკოპი გამოსახულებას ასეულ ათასჯერ და რამდენიმე მილიონჯერ ადიდებს. ელექტრონული მიკროსკოპით გამოავლინეს უჯრედის ბევრი ისეთი სტრუქტურა, რომელთა დანახვა სინათლის მიკროსკოპით შეუძლებელი იყო (სურ. 2.3). ელექტრონული მიკროსკოპის განვითარებამ თანდათან გამოავლინა უჯრედების მრავალი სტრუქტურის საოცარი სირთულე.

სინათლის მიკროსკოპში გამოიყენება სინათლის სხივების ნაკადი, რომელიც მიმართულია ობიექტისკენ და მასში გაივლის, ხოლო ელექტრონულ მიკროსკოპში გამოყენებულია ელექტრონების ნაკადი, რომელსაც კრებს ელექტრომაგნიტური ველი და მიმართავს საკვლევი ობიექტისკენ. სინათლის მიკროსკოპული გამოკვლევისგან განსხვავებით,

სურ. 2.3



ელექტრონული მიკროსკოპული კვლევისთვის გამოიყენება ძალიან თხელი ანათალი (წინააღმდეგ შემთხვევაში ელექტრონების ნაკადი ვერ გაივლის) და უჯრედი ზიანდება. ეს

არის ელექტრონული მიკროსკოპის ნაკლი და ამიტომ ცოცხალი უჯრედების შესწავლისთვის უპირატესობა სინათლის მიკროსკოპს ენიჭება.



უჯრედის აღმოჩენისა და უჯრედული თეორიის შექმნის შემდეგ უფრო აქტიურად წარიმართა უჯრედის კვლევა და ჩამოყალიბდა ბიოლოგიის ერთ-ერთი დარგი – ციტოლოგია, უჯრედის შემსწავლელი მეცნიერება. მიკროსკოპული ტექნოლოგიის განვითარებამ ხელი შეუწყო ციტოლოგიის შემდგომ განვითარებას. ელექტრონული მიკროსკოპის გამოგონებამ და ბიოქიმიური კვლევის თანამედროვე მეთოდების შემუშავებამ განაპირობა ვირუსებისა და ბიოპოლიმერების მოლეკულების სტრუქტურის შესწავლა. შესაბამისად, განვითარდა ბიოლოგიის ისეთი დარგები, როგორიცაა ვირუსოლოგია, მოლეკულური ბიოლოგია. თავის მხრივ, ბიოლოგიის ამ დარგების განვითარებამ გავლენა იქონია სხვა დარგებზეც. მაგალითად, მედიცინაზე, სოფლის მეურნეობაზე, კვების ტექნოლოგიასა და ფარმაცოლოგიაზე. მედიცინაში სხვადასხვა დაავადების დიაგნოსტიკისა და მკურნალობისთვის იყენებენ უჯრედულ და ბიოქიმიურ კვლევებს; მიკროსკოპის ქვეშ მიმდინარეობს ზოგიერთი ქირურგიული ოპერაცია და ა. შ.



2.2.

უჯრედის ძირითადი სტრუქტურები. პლაზმური მემბრანა



უჯრედის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტები

არჩევენ **ეუკარიოტულ და პროკარიოტულ უჯრედებს**. ეუკარიოტული უჯრედისთვის დამახასიათებელია ბირთვი და სხვა სტრუქტურები. პროკარიოტული უჯრედი უფრო

მცირე ზომისაა და მარტივი; მათ არ აქვთ ბირთვი და ეუკარიოტული უჯრედისათვის დამახასიათებელი ზოგიერთი სტრუქტურა (იხ. გვ. 62). უჯრედები განსხვავდებიან ერთ-

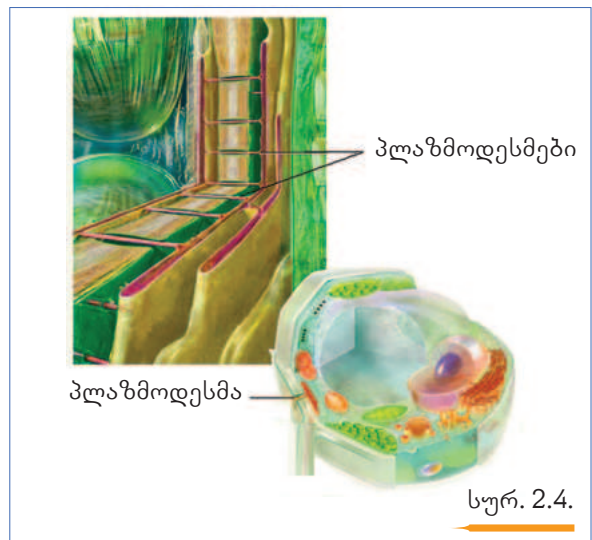
მანეთისგან ზომით, სპეციფიკური სტრუქტურებით, ფორმითა და ცხოველქმედებით. მიუხედავად ამისა, უჯრედს აქვს სამი რამ: პლაზმური მემბრანა, ციტოპლაზმა და უბანი, სადაც დნმ-ია განთავსებული. ეუკარიოტულ უჯრედებში დნმ ბირთვშია განთავსებული და ქრომოსომებშია ორგანიზებული, ხოლო პროკარიოტულ უჯრედში – ციტოპლაზმის უბანში, რომელსაც **ნუკლეოიდი** ეწოდება.

დედამიწაზე არსებულ უჯრედული აგებულების ორგანიზმებს, უჯრედის სტრუქტურის მიხედვით, ყოფენ **პროკარიოტებად (ბირთვამდელი)** და **ეუკარიოტებად (ნამდვილ-ბირთვიანი)**. პროკარიოტებს მიეკუთვნება ბაქტერიები და არქეები, ხოლო ეუკარიოტებს – პროტისტები, სოკოები, მცენარეები და ცხოველები.

მიუხედავად იმისა, რომ ბუნებაში მრავალი სახის ეუკარიოტული უჯრედი არსებობს, ყველა მათგანს აგებულების ერთიანი გეგმა აქვს. ნებისმიერი ეუკარიოტის უჯრედი ერთ მთლიან ბიოლოგიურ სისტემას წარმოადგენს. იგი სამი ურთიერთდაკავშირებული ნაწილისაგან შედგება: პლაზმური მემბრანა, ციტოპლაზმა და ბირთვი.

პლაზმური მემბრანა უშუალოდ ციტოპლაზმას აკრავს გარსს. მცენარეების, სოკოს, პროკარიოტებისა და ზოგიერთი პროტისტის უჯრედის პლაზმური მემბრანა გარედან **უჯრედის კედლითაა** დაფარული. მცენარეული უჯრედის კედლის შემადგენლობაში შედის ცელულოზა, სოკოს უჯრედის კედლის შემადგენლობაში – ქიტინი, უჯრედის კედელს ბაქტერიებში, ძირითადად, მურეინი ქმნის, ხოლო არქეებში – ფსევდომურეინი.

მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედის კედლით შემოსაზღვრული უჯრედი სრულად იზოლირებული არ არის მეზობელი უჯრედებისგან. მათ აქვთ სპეციალური სტრუქტურები, რომელთა საშუალებით უჯრედები უკავშირდებიან ერთმანეთს. მცენარეებში ასეთ სტრუქტურას ეწოდება პლაზმოდესმა, რომლის საშუალებით წყალი, იონები, საკვები ნივთიერებები და სასიგნალო მოლეკულები უჯრედიდან უჯრედში სწრაფად გადაადგილდება (სურ. 2.4). ამრიგად, უჯრედის კედელმა, სტრუქტურული და დამცველობითი ფუნქციის გარდა, ნივთიერებათა სატრანსპორტო



ფუნქციაც შეიძლება შეასრულოს.

ცხოველურ უჯრედებს უჯრედის კედელი არ აქვს. ზოგიერთი სახეობის ცხოველური უჯრედის პლაზმური მემბრანის გარე ზედაპირზე თხელი ფენა – **გლიკოკალიქსია**. იგი შედგება პოლისაქარიდებისგან, რომლებიც დაკავშირებულია ცილებთან (გლიკოპროტეინები) და ლიპიდებთან (გლიკოლიპიდები). გლიკოკალიქსი ასრულებს უჯრედებს შორის კომუნიკაციის ფუნქციას.

ეუკარიოტულ უჯრედში ბირთვსა და პლაზმურ მემბრანას შორის სივრცეს ავსებს ციტოპლაზმა. **ციტოპლაზმა** შედგება ბლანტი, შელესებული თხევადი ნაწილისგან – **ძირითადი ნივთიერებისაგან (ციტოზოლი ანუ მატრიქსი)**, რომელშიც განლაგებულია უჯრედის მიკროსტრუქტურები – **ორგანელები** და უჯრედის არამუდმივი კომპონენტები – **ჩანართები** (სამარაგო საკვები ნივთიერებები, სეკრეციის პროდუქტები, პიგმენტის გრანულები). ციტოპლაზმის ძირითადი ნივთიერება ანუ ციტოზოლი ავსებს სივრცეს უჯრედის ორგანელებს შორის. ციტოზოლი მუდმივ მოძრაობაში იმყოფება, რაც ხელს უწყობს ბიოქიმიური რეაქციების წარმართვას, ნივთიერებათა გადაადგილებას უჯრედში, უჯრედის სტრუქტურებს შორის კავშირს და ნივთიერებათა ცვლას უჯრედსა და უჯრედ-გარე გარემოს შორის. ციტოზოლის 90%-ს შეადგენს წყალი, რომელშიც გახსნილია უჯრედის ორგანული და არაორგანული ნივთიერებები.



პლაზმური მემბრანის აგებულება და ფუნქციები

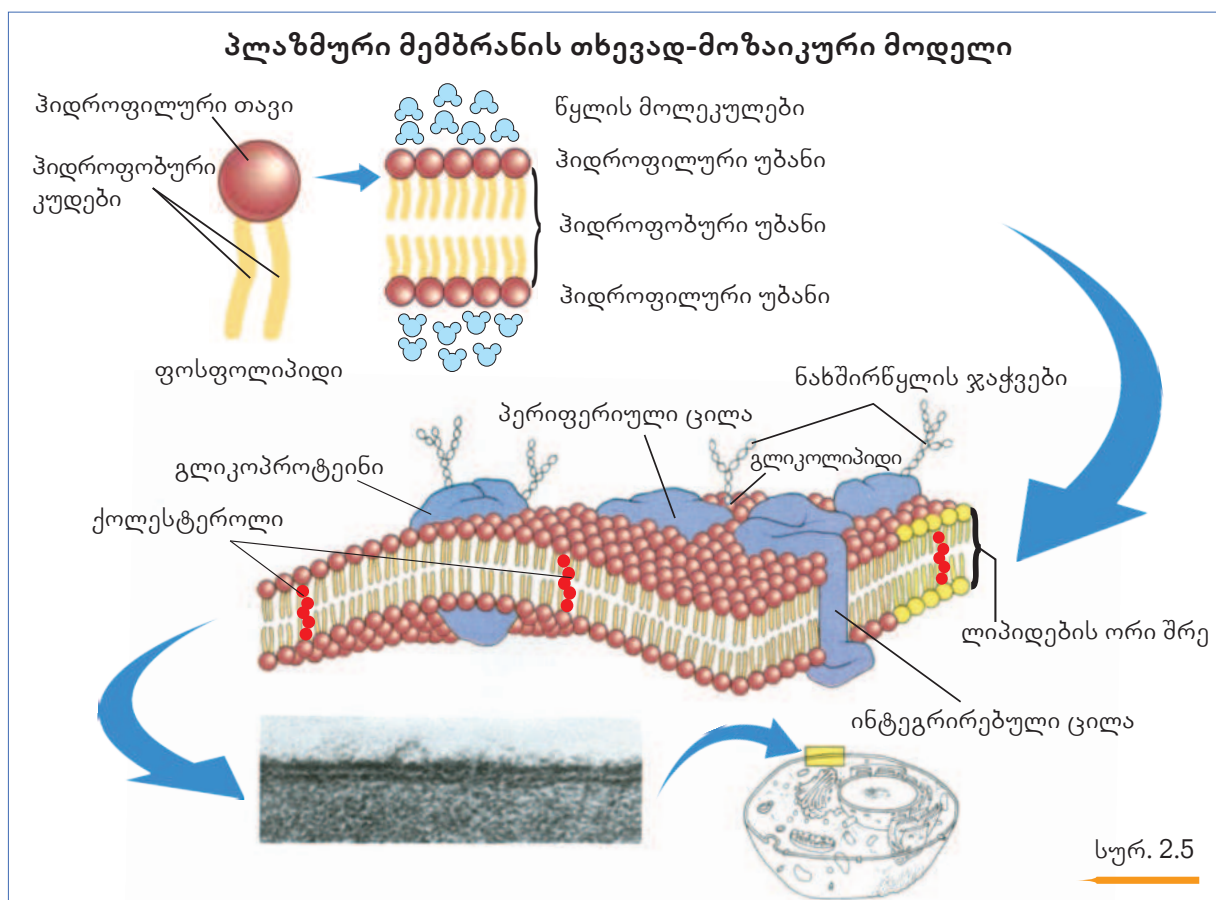
პლაზმური მემბრანის სისქე, დაახლოებით, 9-10 ნმ-ია (იხ. დანართი 1). ამიტომ მისი აგებულებისა და ფუნქციის შესწავლა მხოლოდ ელექტრონული მიკროსკოპითაა შესაძლებელი. პლაზმური მემბრანის შემადგენლობაში ლიპიდები და ცილები შედის (სურ. 2.5.). მემბრანული ლიპიდების უმრავლესობა ფოსფოლიპიდია, რომელთაც ჰიდროფილური (წყალში ხსნადი) და ჰიდროფობური (წყალში უხსნადი) უბნები გააჩნია. ფოსფოლიპიდების მოლეკულები პლაზმურ მემბრანაში გარკვეული წესით არიან განლაგებულნი და ორ შრეს ქმნიან. კერძოდ, ფოსფოლიპიდების ჰიდროფილური უბნები მიქცეულია უჯრედშიდა და უჯრედგარე წყლიანი გარემოსკენ, ხოლო ჰიდროფობური უბნები – ერთმანეთისკენ. ცხოველური უჯრედის პლაზმურ მემბრანაში ორი ფოსფოლიპიდის ჰიდროფობურ უბანს შორის განლაგებულია ქოლესტეროლის ჰიდროფობური მოლეკულები, რომლებიც პლაზმური მემბრანის სიმტკიცეს განაპირობებენ. ცხოველურ უჯრედებთან შედარებით, მცენარეულ უჯრედში ქოლესტეროლი უმნიშვნელო რაოდენობითაა.

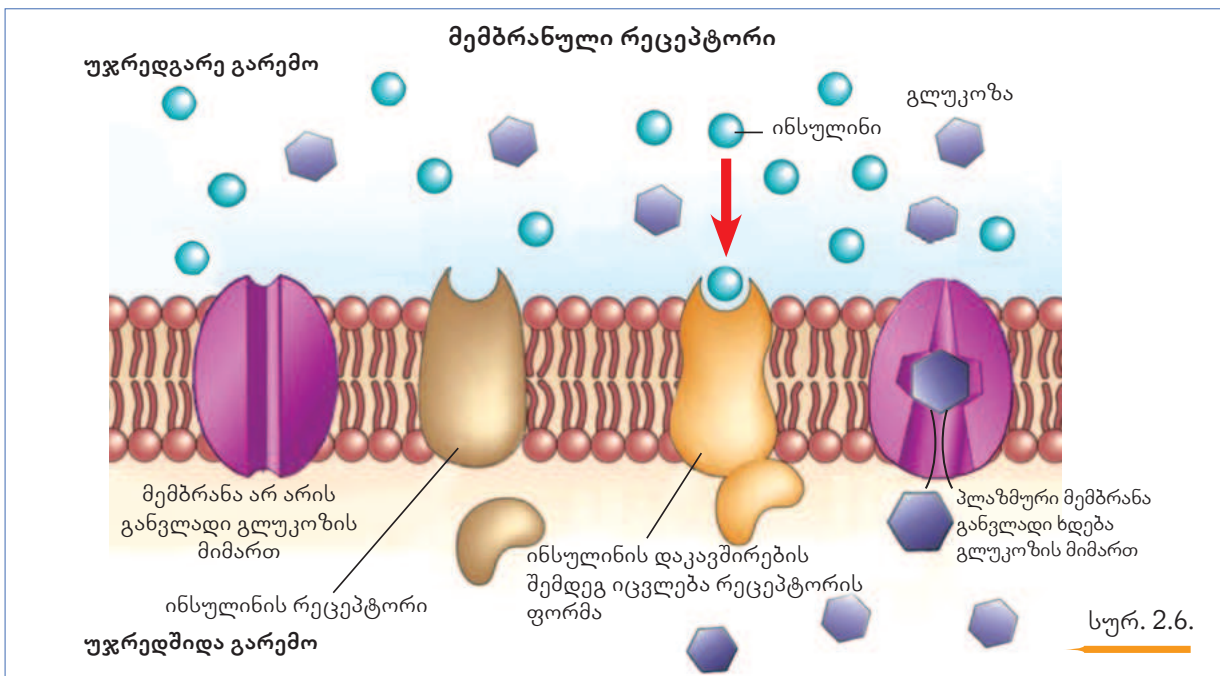
ცილის მოლეკულები სხვადასხვა სიღრმეზეა ჩაძირული ლიპიდების შრეში: ზოგიერთი ლიპიდის ორივე შრეში (ინტეგრირებული ცილები), ზოგიერთი კი – ლიპიდების შიდა ან გარეთა შრეში (პერიფერიული ცილები).

პლაზმური მემბრანის სტრუქტურაში მნიშვნელოვანია ნახშირწყლების როლი. კერძოდ, ზოგიერთი ნახშირწყლის ჯაჭვი დაკავშირებულია ლიპიდებთან და წარმოქმნილ მოლეკულას **გლიკოლიპიდი** ეწოდება. ნახშირწყლების უმრავლესობა კავშირს ქმნის ცილებთან. ეს **გლიკოპროტეინის** მოლეკულებია.

მეცნიერებმა (ნიკოლსონმა და სინგერმა 1972 წელს) შექმნეს პლაზმური მემბრანის თხევად-მოზაიკური მოდელი. ეს სახელწოდება გამომდინარეობს პლაზმური მემბრანის თვისებებიდან. პირველ რიგში, პლაზმური მემბრანა არის დრეკადი, პლაზმური მემბრანის ლიპიდების ორივე შრე დენადია, მოძრავია. შედეგად, მემბრანა დინამი-

კადია. მეცნიერებმა (ნიკოლსონმა და სინგერმა 1972 წელს) შექმნეს პლაზმური მემბრანის თხევად-მოზაიკური მოდელი. ეს სახელწოდება გამომდინარეობს პლაზმური მემბრანის თვისებებიდან. პირველ რიგში, პლაზმური მემბრანა არის დრეკადი, პლაზმური მემბრანის ლიპიდების ორივე შრე დენადია, მოძრავია. შედეგად, მემბრანა დინამი-





კურია და ისე გამოიყურება, როგორც ზეთის შრე წყლის ზედაპირზე. მეორეც, ლიპიდების შრეში ჩაძირული ცილის სხვადასხვა მოლეკულა პლაზმურ მემბრანას მოზაიკის სახეს აძლევს. პლაზმური მემბრანის მსგავსი აგებულება აქვს შიდაუჯრედულ მემბრანებსაც, რომლითაც დაფარულია ბირთვი და მთელი რიგი ორგანელები.

პლაზმური მემბრანის დენადობის შენარჩუნება ნებისმიერ გარემო პირობებში ძალიან მნიშვნელოვანია იმისთვის, რომ შეასრულოს თავისი ფუნქციები. ამიტომ ევოლუციის პროცესში ექსტრემალურ გარემო პირობებში მცხოვრებ ორგანიზმებს გამოუშუავდათ ადაპტაციები. მაგალითად, ძალიან ცივ კლიმატურ პირობებში მცხოვრები თევზების პლაზმური მემბრანის ლიპიდების შემადგენლობაში სჭარბობს უჯერი ცხიმოვანი მჟავების შემცველობა; მცენარეებში, რომელთაც უხდებათ ზამთარში ძალიან დაბალი ტემპერატურის გადატანა, შემოდგომაზე პლაზმურ მემბრანაში იზრდება უჯერი ფოსფოლიპიდების რაოდენობა. შედეგად, მიუხედავად დაბალი ტემპერატურისა, პლაზმური მემბრანის ლიპიდების შრეები არ მყარდება და დენადობას ინარჩუნებს. ასევე, 90°C-სა და უფრო მაღალი ტემპერატურის თერმულ წყაროებსა და გეიზერებში მცხოვრები ბაქტერიებისა და არქეების პლაზმური მემბრანა შედგება განსაკუთრებული ლიპიდებისგან (სჭარბობს ნა-

ჯერი ლიპიდების შემცველობა), რომელიც ხელს უშლის ლიპიდების შრეების მაღალ დენადობას.

პლაზმური მემბრანა მრავალ ფუნქციას ასრულებს, რაზედაც დამოკიდებულია უჯრედის სიცოცხლე. ერთ-ერთი ფუნქციაა **ბარიერული** – გამიჯნავს უჯრედის შიგთავსს გარემოსაგან და ქმნის ბარიერს უჯრედსა და გარემოს შორის. მაგრამ უჯრედსა და გარემოს შორის განუწყვეტლივ მიმდინარეობს ნივთიერებათა ცვლა. **ნივთიერებათა ტრანსპორტირება** პლაზმური მემბრანის მთავარი ფუნქციაა (იხ. § 2.3). გლიკოპროტეინებისა და ცილების დიდ ნაწილს **რეცეპტორების ფუნქცია** აკისრიათ. როდესაც გარკვეული ნივთიერება უკავშირდება „თავის“ რეცეპტორს, ეს უკანასკნელი ფორმას იცვლის და ეხმარება უჯრედს მომხდარ ცვლილებაზე შესაბამისი პასუხის გაცემაში (სურ. 2.6.).

გლიკოპროტეინებისა და გლიკოლიპიდების მონაწილეობით უჯრედები ცნობენ ერთმანეთს და მყარდება კონტაქტი მათ შორის, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ქსოვილების ჩამოყალიბებისათვის. ამრიგად, პლაზმურ მემბრანას აქვს **საკონტაქტო ფუნქცია**. თუ ზოგადად უჯრედული მემბრანების ფუნქციებზე ვისაუბრებთ, მაგალითად, მიტოქონდრიისა და ქლოროპლასტის მემბრანული ცილები მონაწილეობენ ენერგიის გარდაქმნაში, ასრულებენ ფერმენტულ ფუნქციას.

2.3.

ნივთიერებათა მემბრანული ტრანსპორტი



მემბრანული ტრანსპორტის რეგულაცია

პლაზმური მემბრანა არეგულირებს ნივთიერებათა გადაადგილებას გარემოდან უჯრედში და უჯრედიდან გარემოში. პლაზმური მემბრანა ყველა ნივთიერებისთვის ერთნაირად განვლადი არ არის: ზოგიერთ ნივთიერებას ადვილად ატარებს გარემოდან უჯრედში ან უჯრედიდან გარემოში და ზოგიერთს კი – არა. ამ თვისებას **შერჩევითი განვლადობა** ეწოდება.

შერჩევითი განვლადობა უჯრედს აძლევს უჯრედის შიგთავსის ჰომეოსტაზის შენარჩუნების საშუალებას, მიუხედავად უჯრედგარე გარემოს მოულოდნელი ცვლილებებისა. უჯრედის შედგენილობის შეფარდებითი მუდმივობის შენარჩუნება ძალიან მნიშვნელოვანია უჯრედისათვის დამახასიათებელი ფუნქციების შესრულებისთვის. ამიტომ იგი აკონტროლებს განსაზღვრული მოლეკულებისა და იონების შესვლასა და გამოსვლას.

პლაზმური მემბრანის შერჩევითი განვლადობის გამო, ნივთიერებათა შემადგენლობა და კონცენტრაცია განსხვავებულია უჯრედის შიგნით და გარეთ. მაგალითად, Na^+ -ის კონცენტრაცია უჯრედგარე გარემოში უფრო მაღალია, ვიდრე უჯრედში, ხოლო K^+ -ის კონცენტრაცია – პირიქით. ნივთიერებათა და

იონთა არათანაბარ განაწილებაზეა დამოკიდებული უჯრედის ცხოველმოქმედება და სიცოცხლე. კონცენტრაცია თანაბრდება უჯრედის სიკვდილის შემდეგ.

ამგვარად, უჯრედს აქვს თავის გარემოსთან ნივთიერებათა მიმოცვლის დიფერენცირების უნარი. ეს შესაძლებელია, სწორედ, პლაზმური მემბრანისა და მისი შემადგენელი მოლეკულების საშუალებით. მოლეკულები და იონები მემბრანას გადალახავენ სხვადასხვა გზით, რაც დამოკიდებულია მათ ზომაზე, პოლარობასა და კონცენტრაციაზე უჯრედგარე და უჯრედშიდა გარემოში.

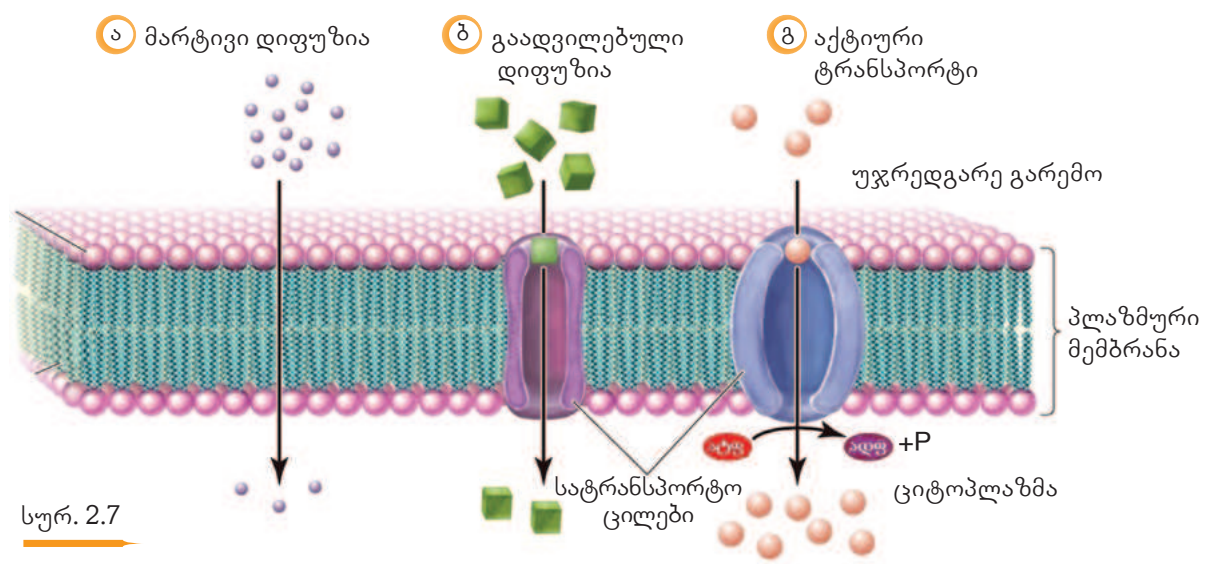


კავშირი ძიებისათვის

პოლარულია მოლეკულა, თუ მისი ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებულია პოლარული კოვალენტური ბმით – ორი ატომი ელექტრონებს თანაბრად არ ინაწილებენ; შედეგად, მოლეკულის ერთ ნაწილს ნაწილობრივ დადებითი მუხტი აქვს, მეორეს კი – უარყოფითი.

არაპოლარულ მოლეკულაში ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებულია არაპოლარული კოვალენტური ბმით – ორი ატომი ელექტრონებს თანაბრად ინაწილებენ. არაპოლარული ნაერთები წყალში უხსნადია.

ნივთიერებათა მემბრანული ტრანსპორტის ტიპები





მემბრანული ტრანსპორტის ტიპები

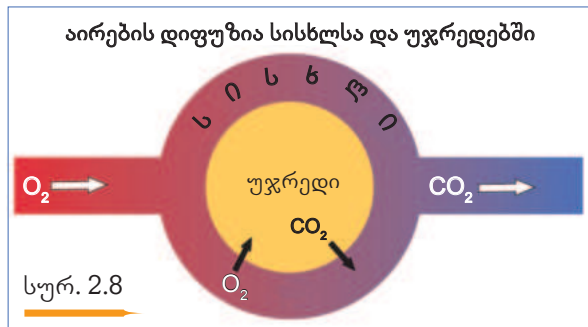
ნივთიერებათა მემბრანული ტრანსპორტის ოთხი ტიპი არსებობს: დიფუზია, აქტიური ტრანსპორტი, ეგზოციტოზი და ენდოციტოზი.

დიფუზია არის მოლეკულებისა და იონების მოძრაობა მათი მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციისკენ, ე.ი. მოძრაობა კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულე-ბით. დიფუზია შექცევადი პროცესია.

დიფუზიის ერთ-ერთი სახეა **მარტივი დიფუზია** (სურ. 2.7.ა). ორმაგი ლიპიდური შრის გავლით, ადვილად და სწრაფად ხორციელდება არაპოლარული მოლეკულების, მაგალითად, ცხიმების, ეთერის და სხვ. დიფუზია. პოლარული მოლეკულების (წყლის, გლუკოზის, ამინომჟავების, ცხიმოვანი მჟავების), მინერალური მარილების დიფუზია შედარებით ნელა მიმდინარეობს.

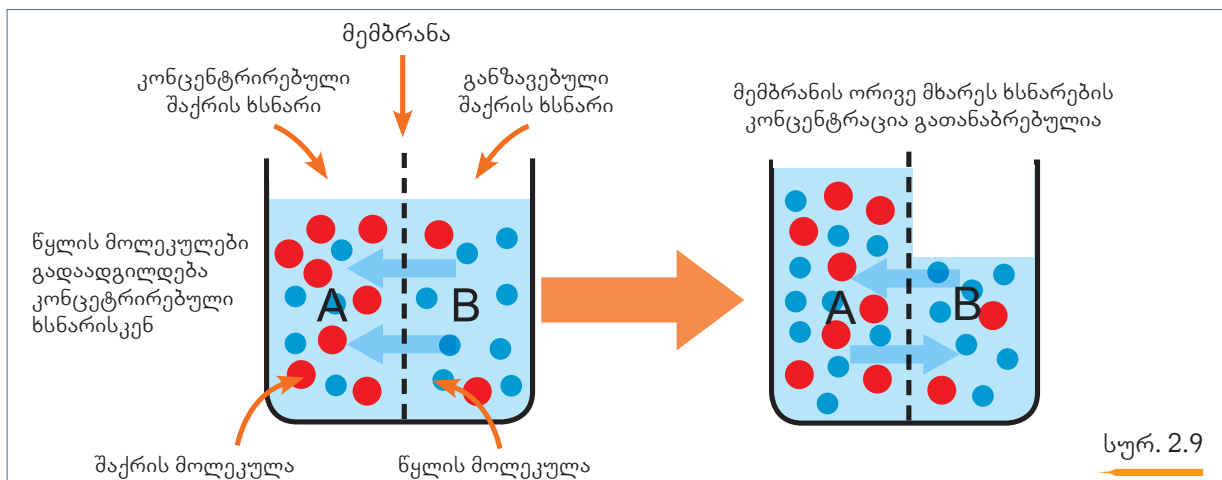
დიფუზია მნიშვნელოვანია ორგანიზმის სასიცოცხლო პროცესების განხორციელებისთვის. მაგალითად, აირთა ცვლა ფილტვის ბუშტუკების ჰაერსა და სისხლს შორის, აირთა ცვლა ქსოვილებში უჯრედებსა და სისხლს შორის (სურ. 2.8).

დიფუზიის სახეცვლილებაა **გაადვილებული დიფუზია** (სურ. 2.7ბ), რომლის დროსაც მემბრანის გავლით ნივთიერებას მოძრაობაში რაიმე სპეციფიკური მოლეკულა ეხმარება. ამ მოლეკულას შეიძლება ჰქონდეს განსაკუთრებული არხი, რომელიც მხოლოდ გარკვეული ტიპის ნივთიერებას ატარებს. ასეთი სატრანსპორტო მოლეკულების როლს, ძირითადად, მემბრანის ინტეგრირებული ცილის მოლეკულები ასრულებენ. მაგალითად, გაადვილებუ-



ლი დიფუზიით ტრანსპორტირდება ნატრიუმი-სა და კალიუმის იონები, გლუკოზა და სხვ.

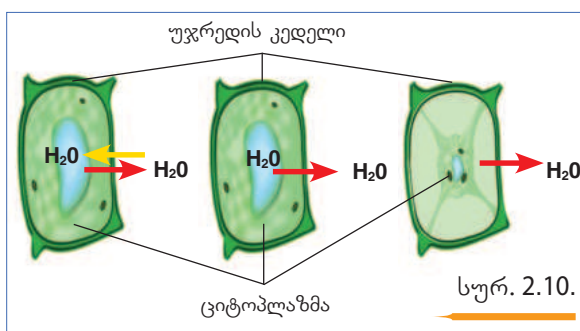
დიფუზიის განსაკუთრებულ სახეს წარმოადგენს ოსმოსი. **ოსმოსი** არის წყლის მოძრაობა შერჩევით განვლად მემბრანაში მისი მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციისკენ, ანუ წყალი ოსმოსით მოძრაობს იქითკენ, სადაც მასში გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაცია მაღალია (სურ. 2.9). წყალხსნარ A-ში გახსნილი ნივთიერების მაღალი კონცენტრაციაა, ამიტომ წყალხსნარი A წყალხსნარ B-ს მიმართ **ჰიპერტონულია**; წყალხსნარ B-ში გახსნილი ნივთიერების დაბალი კონცენტრაციაა, ამიტომ წყალხსნარი B წყალხსნარ A-ს მიმართ **ჰიპოტონურია**. მემბრანის გავლით მიმდინარეობს წყლის დიფუზია. წყალი მოძრაობს B-ხსნარიდან A-ხსნარისკენ. წყლის მოლეკულების გადასვლა ჰიპოტონური ხსნარიდან ჰიპერტონულში მანამ გაგრძელდება, სანამ ხსნარების კონცენტრაცია მემბრანის ორივე მხარეს არ გათანაბრდება. ამ დროს ორივე ხსნარი **იზოტონური** გახდება, ანუ მათი კონცენტრაციები გათანაბრდება.



ოსმოსს დიდი მნიშვნელობა აქვს ცოცხალ ორგანიზმებში, რადგან წყალს შეიცავს როგორც უჯრედის შიგთავსი, ისე მისი გარემომცველი გარემო.

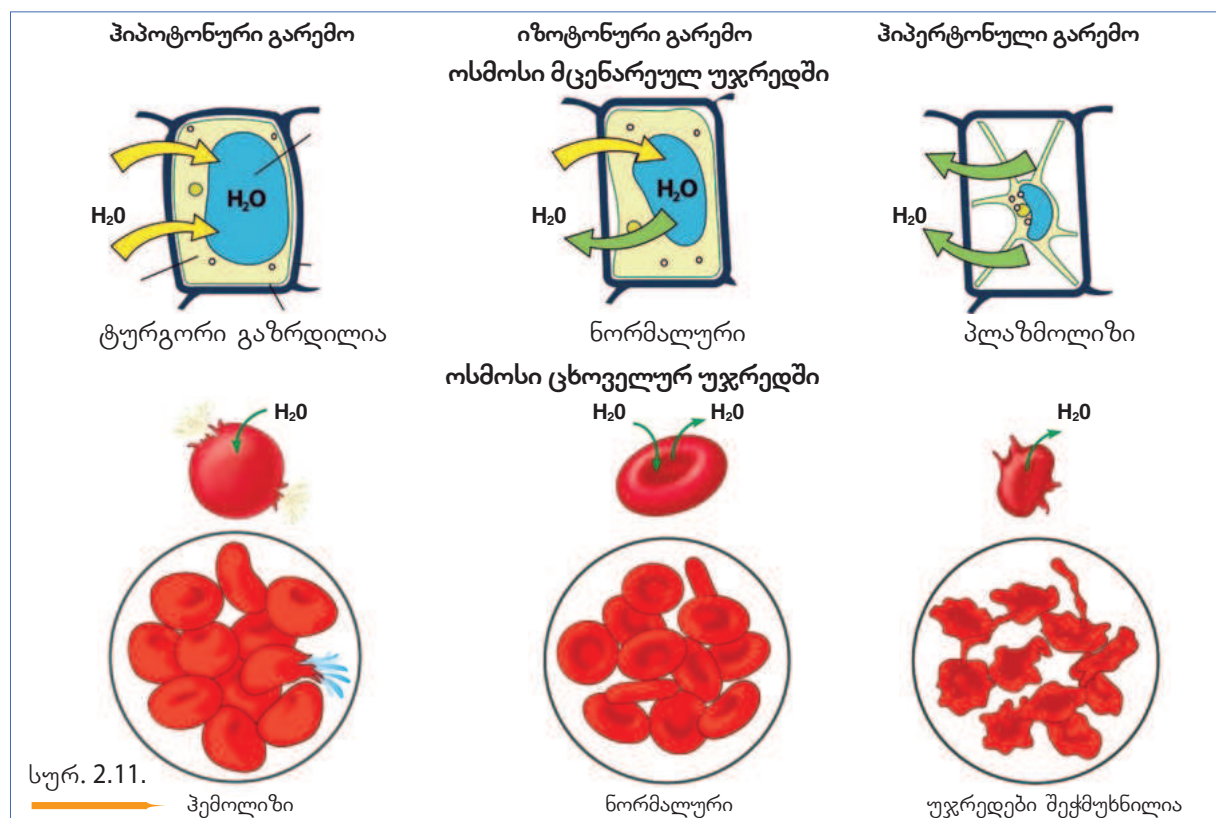
თუ მცენარეული უჯრედი მოხვდება ჰიპერტონულ გარემოში, უჯრედიდან გარემოში წყალი გამოვა. ამის შედეგად, ვაკუოლისა და ციტოპლაზმის მოცულობა შემცირდება, ციტოპლაზმა უჯრედის კედელს მოსცილდება. ამ მოვლენას პლაზმოლიზი ეწოდება (სურ. 2.10). ამ დროს უჯრედი კარგავს დრეკადობას.

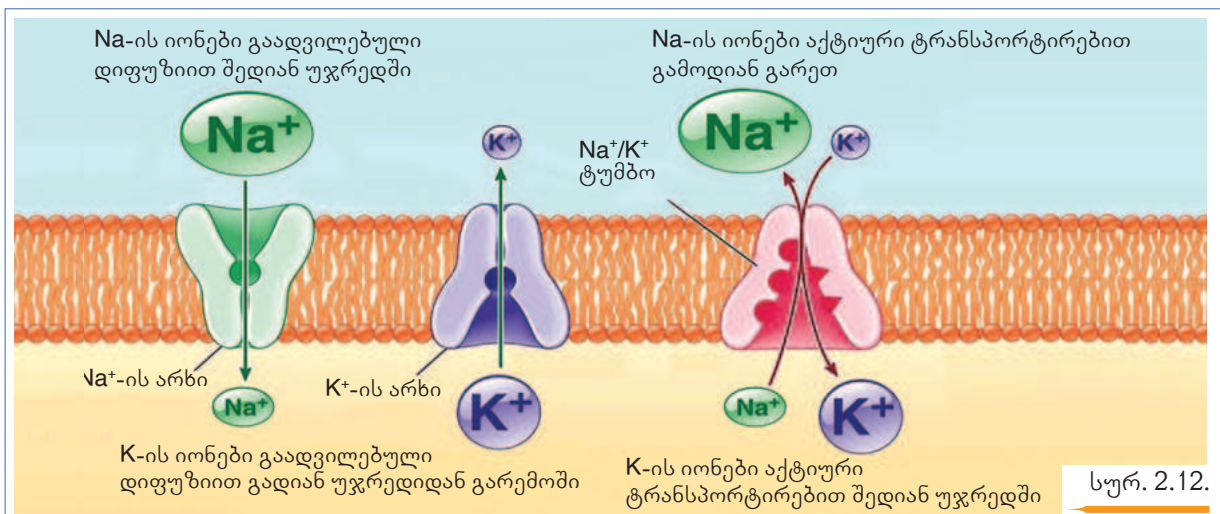
თუ ამ უჯრედს ჰიპოტონურ გარემოში მოვათავსებთ, იგი აღიდგენს საწყისს მოცულობას. ამ მოვლენას დეპლაზმოლიზი ეწოდება. ე.ი. პლაზმოლიზი შექცევადი პროცესია. ამიტომაც, რომ თუ მცენარე დიდი რაოდენობით დაკარგავს წყალს, იგი იწყებს ჭკნობას. მცენარისთვის წყლის მიწოდების შემდეგ ტურგორი (წნევა, რითაც უჯრედის შიგთავსი უჯრედის კედელს აწვებს) აღდგება და მცენარე საწყისს მდგომარეობას დაიბრუნებს. ცხოველური უჯრედი, მცენარეული უჯრედისგან განსხვავებით, ჰიპოტონურ გარემოში სკდება, რადგან მას უჯრედის კედელი არ აქვს და პლაზმური მემბრანა უჯრედშიდა წნევის გაზრდას ვერ უძლებს (სურ. 2.11).



ბიოლოგიური მემბრანის გავლით ნივთიერების მარტივ დიფუზიას, გაადვილებულ დიფუზიასა და ოსმოსს **პასიური ტრანსპორტი** ეწოდება, რადგან ნივთიერებები მოძრაობენ მათი კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით (მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციისკენ) და ამიტომ უჯრედი ენერგიას არ ხარჯავს.

მაგრამ, ხშირად, მემბრანაში მოლეკულები და იონები მოძრაობენ მათი კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგოდ (დაბალი კონცენტრაციიდან მაღალი კონცენტრაციისკენ), ამიტომ ასეთ ტრანსპორტირებაზე ენერგიით მდიდარი ნივთიერება – ადენოზინტრიფოსფორმეზა (ატფ) – იხარჯება (იხ. გვ. 70). ნივთიერებათა ასეთ გადაადგილებას **აქტიური**





ტრანსპორტი ეწოდება (სურ. 1.7გ), რომელიც შეუქცევადი პროცესია. როგორც იცით, Na^+ მეტია უჯრედის გარეთ, ხოლო K^+ – უჯრედის შიგნით. ამიტომ გამუდმებით მიმდინარეობს ამ იონების დიფუზია კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით. მიუხედავად ამისა, განსხვავება იონების კონცენტრაციაში მემბრანის შიგნით და გარეთ, მაინც ნარჩუნდება. ამას განაპირობებს ნატრიუმ-კალიუმის ტუმბო, რომელიც ახორციელებს ამ იონების აქტიურ ტრანსპორტს (სურ. 2.12). ამ იონების განაწილებაზე დამოკიდებული ისეთი მნიშვნელოვანი პროცესი, როგორიცაა ნერვული იმპულსის წარმოქმნა და გავრცელება.

აქტიური ტრანსპორტი დიდ როლს ასრულებს ორგანიზმში. მაგალითად, წვრილი ნაწლავების ხაოების ეპითელურ უჯრედებში საკვები ნივთიერებების (მაგ., გლუკოზის, მინერალური მარილების იონების) შეწოვა დიფუზიით იწყება და აქტიური ტრანსპორტით გრძელდება. ასევე, თირკმლის დაკლაკნილ მილაკებში ორგანიზმისათვის საჭირო ნივ-

თიერებების უკუშეწოვა და მცენარის ფესვების მიერ ნიადაგიდან მინერალური მარილების შეთვისება აქტიური ტრანსპორტით ხდება.

პლაზმურ მემბრანას აქვს უნარი, ჩაიზიქოს და დიდი მოლეკულები ან ნაწილაკები ციტოპლაზმაში მოაქციოს. ამ პროცესს **ენდოციტოზი** ეწოდება (სურ. 2.13.). ენდოციტოზის ორი ტიპი არსებობს: **ფაგოციტოზი** – მყარი ნაწილაკების შთანთქმა და **პინოციტოზი** – ცხიმის ნვეთებისა და სხვა თხევადი ნივთიერებების შთანთქმა. უჯრედში წარმოიქმნება მომწელებელი ვაკუოლი, რომელიც ამ ნივთიერებებს მოინელებს. ენდოციტოზი დამახასიათებელია მრავალი ერთუჯრედიანი ორგანიზმისა და ზოგიერთი მრავალუჯრედიანის უჯრედისათვის, მაგალითად ლეიკოციტების ზოგიერთი სახეობისთვის.

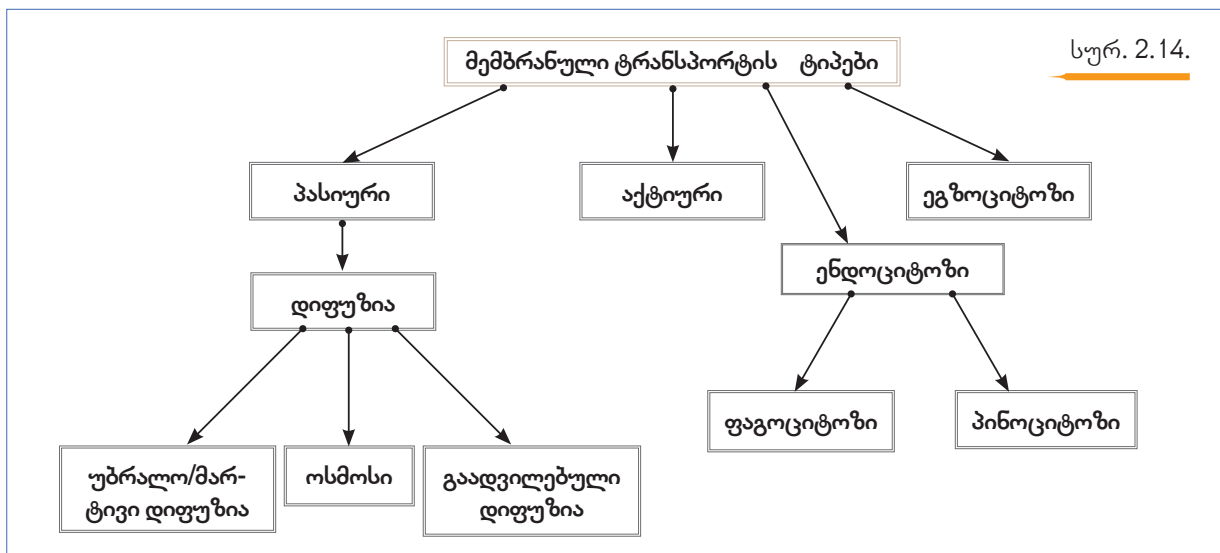
ეგზოციტოზი ენდოციტოზის საწინააღმდეგო პროცესია. უჯრედებიდან ეგზოციტოზით გამოიყოფა ნივთიერებათა საბოლოო პროდუქტები (ექსკრეცია), ეგზოციტოზის გზით

სურ. 2.13.



გამოიყოფა სეკრეციის ჯირკვლებიდან სეკრეტი ჯირკვლის სადინარსა ან სისხლში (სეკრეცია). ეგზოციტოზისა და ენდოციტოზის დროს იხარჯება ატფ-ის ენერგია. ეს პროცესები

ცალმხრივი, ანუ შეუქცევადია. მემბრანული ტრანსპორტის სახეები შეჯამებული სახით იხილეთ სქემაზე (სურ. 2. 14).



პლაზმური მემბრანის სტრუქტურის თავისებურებებსა და ნივთიერებათა მემბრანულ ტრანსპორტირებას ითვალისწინებენ სამკურნალო პრეპარატების წარმოებაში. პასიური დიფუზიისას წამლებისთვის მთავარ ბარიერს წარმოადგენს უჯრედული მემბრანა, გასაკუთრებით კი მისი ლიპიდური ორმაგი შრე. ლიპიდურ ორმაგ შრეში პასიურ დიფუზიაზე მოქმედი ფაქტორების მექანიზმების შესწავლა საკმაოდ მნიშვნელოვანია ბიოსამედიცინო პრაქტიკისთვის, უფრო კონკრეტულად კი, წამლის ეფექტური სტრუქტურების შესაქმნელად. წამალი-ლიპიდის ურთიერთქმედების შესწავლა მნიშვნელოვანია სამკურნალო საშუალებების ფიზიკურ-ქიმიური დახასიათებისთვის. კერძოდ, 1) რამდენად ეფექტურად შეუძლია წამალს უჯრედში შეღწევა, რათა უშუალოდ იმოქმედოს სამიზნე უჯრედულ სტრუქტურასა თუ ნივთიერებაზე; 2) წამალი-ლიპიდის ურთიერთქმედების მექანიზმის შესწავლა მოიცავს როგორც თვით პირდაპირი ურთიერთქმედების დახასიათებას, ასევე ამ ურთიერთქმედებით გამოწვეული გვერდითი ეფექტების შესწავლასაც. მაგალითად, ლიპიდსა და წამალს შორის ურთიერთქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს რომელიმე მემბრანული პროტეინის (ცილის) ფუნქციის აქტივაცია, რაც შეიძლება უარყოფითად აისახოს ჯანმრთელობაზე.

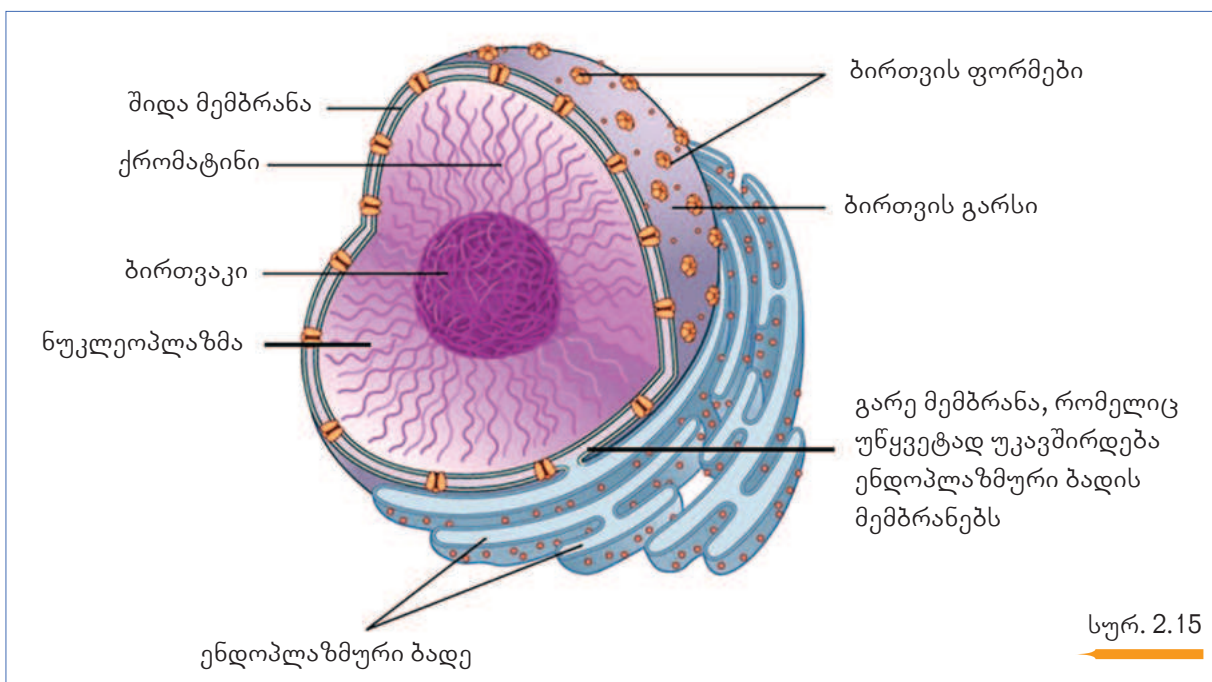
ბოლო წლების განმავლობაში მსგავსი მიზნებისთვის შესწავლილი იყო სხვადასხვა ბიოლოგიური მემბრანის განსხვავებული ლიპიდური ნაწილები, მიღებული ინფორმაცია საკმაოდ მნიშვნელოვანია ეფექტური მოქმედების წამლების დასამზადებლად.

2.4.

ბირთვი

ეუკარიოტული უჯრედის ყველაზე მნიშვნელოვანი სტრუქტურაა **ბირთვი**, რომელიც შოტლანდიელმა ბოტანიკოსმა რობერტ ბროუნმა 1831 წელს მცენარეულ უჯრედში აღმოაჩინა. ბირთვი სინათლის მიკროსკოპშიც

კარგად ჩანს, რადგან, უჯრედის სხვა სტრუქტურებთან შედარებით, დიდი ზომისაა. უჯრედთა უმრავლესობას ერთი ბირთვი აქვს. არიან უჯრედები, რომელთაც ორი ბირთვი აქვთ, მაგალითად, ინფუზორია ქალამანას



მიკრო და მაკრონუკლეუსი (ლათ. „nucleus“ – ბირთვი) აქვს. არის მრავალბირთვიანი უჯრედებიც, რომლებიც გვხვდებიან ხერხემლიანების ღვიძლში, ძვლის ტვინში, ჩონჩხისა და გულის კუნთებსა და ზოგიერთი სახის შემადგენელ ქსოვილში.

ზოგიერთ უჯრედს წარმოშობის მომენტში აქვს ბირთვი, მაგრამ მისი ზრდასრული ფორმა კარგავს მას. მაგალითად, მცენარეებში ფლოემის საცრისებური მილების უჯრედებსა და ძუძუმწოვრების მომწიფებულ ერითროციტებს ბირთვი არ აქვს.

ბირთვი აუცილებელია უჯრედის სიცოცხლისათვის, რადგან მნიშვნელოვან ფუნქციებს ასრულებს: **იგი ინახავს და იცავს უჯრედის გენეტიკურ მასალას.** ბირთვის დნმ იზოლირებულია ციტოპლაზმისგან და მას იცავს ციტოპლაზმაში მიმდინარე მეტამბოლური პროცესების ზოგიერთი პროდუქტის დამაზიანებელი ზემოქმედებისგან. **ბირთვის მემბრანა არეგულირებს ნივთიერებათა ცვლას ბირთვსა და ციტოპლაზმას შორის,** რაც კიდევ ერთი მექანიზმია ბირთვის დნმ-ის დასაცავად. მაგალითად, ციტოპლაზმიდან ბირთვში შედის ნუკლეოტიდები, რეპლიკაციასა და ტრანსკრიპციაში მონაწილე ფერმენტები, ატფ, ხოლო ბირთვიდან ციტოპლაზმაში გამოდის ი-რნმ და ნივთიერებათა ცვლის სხვა

პროდუქტები. **ბირთვი აკონტროლებს უჯრედის სასიცოცხლო პროცესებს,** რადგან იგი შეიცავს გენეტიკურ მასალას, რომელიც განსაზღვრავს, რომელი ცილები სინთეზირდება უჯრედში და როდის.

ამ ფუნქციებს ბირთვის აგებულებისა და შედგენილობის თავისებურება განაპირობებს (სურ. 2.15). ელექტრონულ მიკროსკოპში ჩანს, რომ ბირთვი შედგება გარსისგან, ბირთვის წვენიდან (ნუკლეოპლაზმისგან) და ბირთვანისგან.

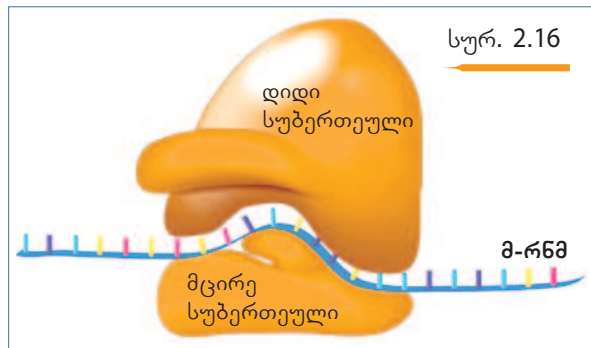
ბირთვის გარსი ორი მემბრანისგან შედგება. გარეთა მემბრანა უწყვეტადაა დაკავშირებული ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებთან. ბირთვის მემბრანებს (როგორც ორგანოების მემბრანებს) პლაზმური მემბრანის მსგავსი აგებულება აქვთ: იგი ლიპიდების ორი შრისგან შედგება, რომლებშიც სხვადასხვა სილრმეზე ჩაძირულია მემბრანული ცილის მოლეკულები. ნივთიერებათა გადაადგილებაში მონაწილეობენ სატრანსპორტო ცილები და ბირთვის ფორები.

ბირთვის შიგთავსი ამოვსებულია **ბირთვის წვენით, ანუ ნუკლეოპლაზმით.** იგი ნახევრად თხევადი მასაა, რომელშიც ქრომატინი, ბირთვანები და სხვადასხვა ორგანული და არაორგანული ნივთიერებაა. ბირთვი შეიცავს ერთ ან რამდენიმე **ბირთვანს,** რომელიც

არ არის დაფარული მემბრანით. ბირთვკი მონაწილეობს რიბოსომების ნაწილაკების/სუბერთეულების ჩამოყალიბებაში.

რიბოსომის სუბერთეულები ბირთვის ფორებით გადიან ციტოპლაზმაში, სადაც ისინი ცილის სინთეზის პროცესში ერთმანეთს უკავშირდებიან და რიბოსომა იწყებს თავისი ფუნქციის შესრულებას (სურ. 2.16).

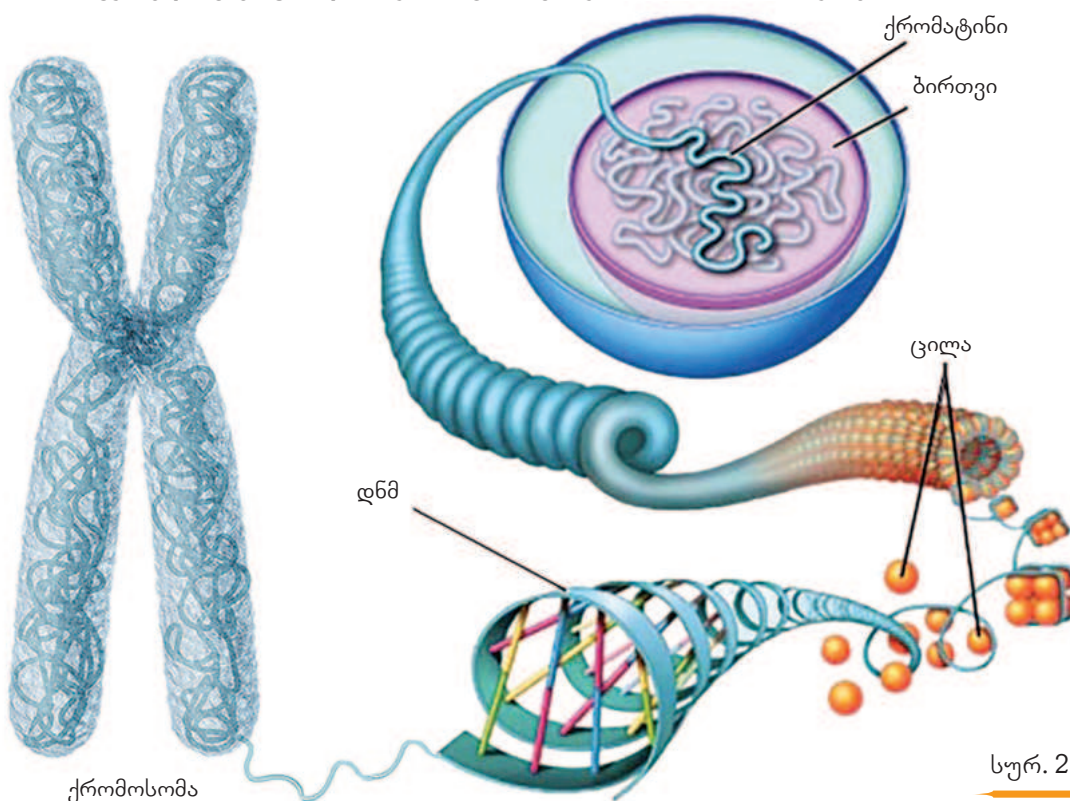
ბირთვში დნმ დაკავშირებულია ცილებთან და მათთან კომბინაციაში ქმნის **ქრომატინს**, რომლისგანაც უჯრედის გაყოფის დროს ქრომოსომები ყალიბდება (სურ. 2.17). ქრომოსომების ბოლოები შედგება მრავალჯერადად განმეორებადი **TTAGGG** გრძელი მონაკვეთებისგან. ქრომოსომის ამ უბანს **ტელომერი** ეწოდება, რომელიც იცავს დნმ-ს დაზიანებისგან და ქრომოსომას აკავშირებს ბირთვის გარსთან. სიცოცხლის განმავლობაში ტელომერების სიგრძე ბუნებრივად მცირდება, რასაც მეცნიერები უკავშირებენ ორგანიზმის დაბერების პროცესის დაჩქარებას. სხვადასხვა სახეობის ცოცხალი ორგანიზმები განსხვავდებიან ქრომოსომების რიცხვით, ფორმითა და ზომით. მაგალითად,



ადამიანს ყველა უჯრედში (გამეტების გარდა) აქვს 46 ქრომოსომა, ზღარბს – 90, ინდაურს – 80, მუხას – 12. ამრიგად, ქრომოსომების რაოდენობა არ გამოდგება ორგანიზმის განვითარების დონის შესაფასებლად. ამისთვის უფრო მნიშვნელოვანია, თუ ამ ქრომოსომებში დნმ რა მემკვიდრული ინფორმაციის მატარებელია.

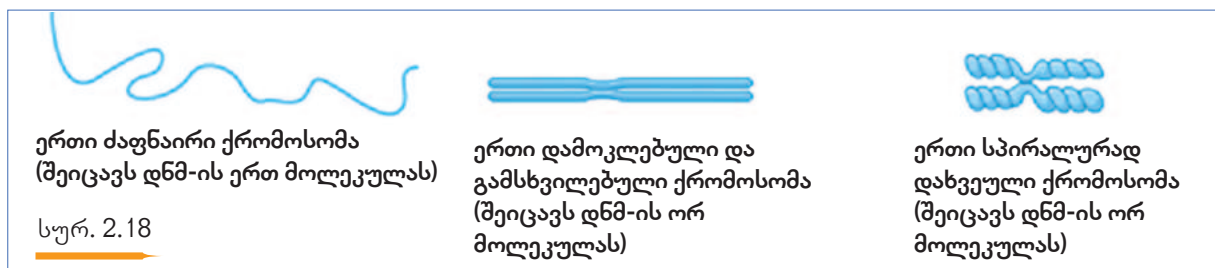
ქრომოსომების გარეგნული სახე უჯრედის სიცოცხლის განმავლობაში იცვლება. ქრომოსომებს დასაწყისში ძაფისებრი ფორმა აქვთ, უშუალოდ უჯრედის გაყოფის წინ ყოველ ქრომოსომაში დნმ ორმაგდება, შემდეგ უჯრედის გაყოფის დროს ქრომოსომები

უჯრედის გაყოფის დროს ქრომატინისგან ქრომოსომა წარმოიქმნება



მოკლდება, მსხვილდება და სპირალურად ეხვევა (სურ. 2.18), რის გამოც ისინი ხილვადია სინათლის მიკროსკოპული კვლევისთვის

(თემაში – უჯრედის გამრავლება – უფრო დაწვრილებით გაეცნობით ქრომოსომების სტრუქტურასა და მათ ფუნქციებს).



2.5.

უჯრედის ორგანელები

უჯრედი შედგება ორგანელებისგან, რომელთა შორის განაწილებულია ფუნქციები. მიუხედავად სპეციფიკური ფუნქციებისა,

ორგანელები შეთანხმებულად მოქმედებენ, რაც უზრუნველყოფს უჯრედის, როგორც ერთი მთლიანი სისტემის ფუნქციონირებას.

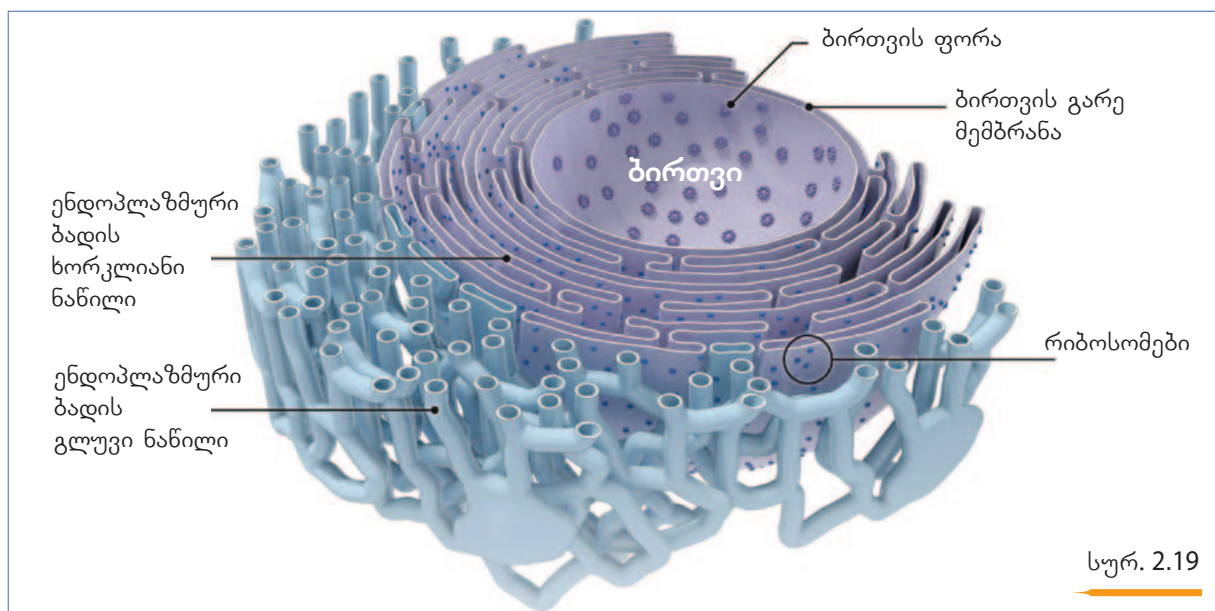


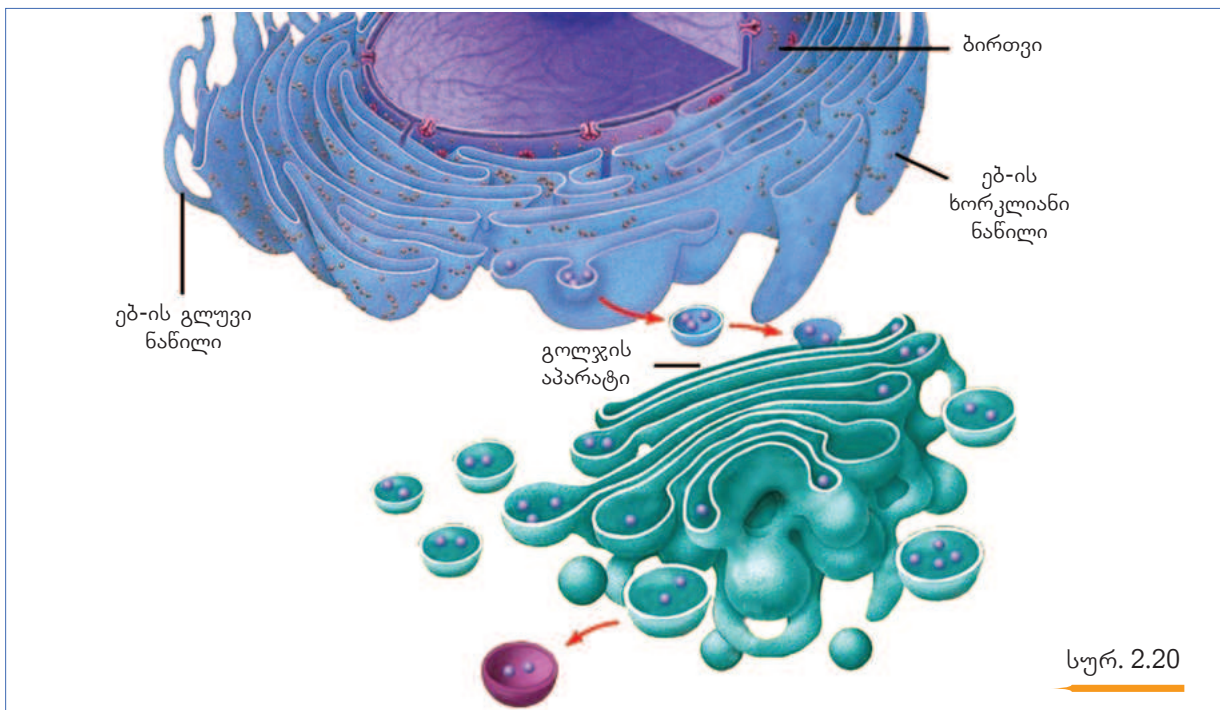
ენდოპლაზმური ბადე

ციტოპლაზმაში შეიმჩნევა მრავალრიცხოვანი წვრილი არხები და ღრუები, რომლებიც ციტოპლაზმის ძირითადი ნივთიერებისგან მემბრანებით არის შემოსაზღვრული. მემბრანები სტრუქტურით პლაზმური მემბრანის მსგავსია. ეს არხები და ღრუები ერთმანეთს უერთდებიან და ქმნიან ქსელს, რომელსაც **ენდოპლაზმური ბადე (ეპ)** ეწოდება (სურ. 2.19). ეპ-ის მემბრანები უწყვეტადაა

დაკავშირებული ბირთვის გარე მემბრანასთან.

ენდოპლაზმურ ბადეს უჯრედის **ბიოსინთეზისა და ტრანსპორტირების სისტემას** უწოდებენ, რადგან აქ სინთეზირებული ორგანული ნივთიერებები (ცილები, ლიპიდები, ზოგიერთი სახეობის პოლისაქარიდი) ენდოპლაზმური ბადის არხებში გროვდება, ეპ-ის მემბრანის ნაწილი მოწყდება და სინთეზირებული ნივ-





თიერების გარშემო წარმოიქმნება მემბრანით შემოსაზღვრული ვეზიკული (ბუშტუკი), რომელიც გადაადგილდება გოლჯის აპარატისკენ (სურ. 2.20).

ენდოპლაზმური ბადის ნაწილი/უბანი **მარცვლოვანი/ხორკლიანი, ანუ გრანულარული, ხოლო ნაწილი – გლუვი**. ეპ-ის მარცვლოვან მემბრანებზე რიბოსომებია განლაგებული, რომელთა ფუნქცია ცილების სინთეზია. აქ სინთეზირებული ცილები ენდოპლაზმური ბადის არხებში გროვდება და გადადის უჯრედის ციტოპლაზმაში. მემბრანით შემოსაზღვრულ ვეზიკულებში დაცული ცილები უსაფრთხოდ ტრანსპორტირდება გოლჯის აპარატში. გოლჯის აპარატის ფერმენტების გავლენით ცილები განიცდის მოდიფიცირებას.

ზოგიერთი მათგანი გოლჯის აპარატში რჩება სამარაგოდ მისი შემდგომი გამოყენებისთვის; ზოგიც იფუთება მემბრანით და გამოიყოფა ციტოპლაზმაში, გადაადგილდება სხვა ორგანოებისკენ, ან პლაზმური მემბრანისკენ და უჯრედიდან გამოიყოფა გარემოში.

ენდოპლაზმური ბადის გლუვ უბანში სინთეზირდება ლიპიდები და გარდაიქმნება ნახშირწყლები, მის არხებში გროვდება ნივთიერებები და გადაიტანება ციტოპლაზმაში. ასევე, აქ გროვდება კალციუმის იონები.

ენდოპლაზმური ბადის გლუვი უბნის ფერმენტები **აუვნებლებენ შხამიან (ტოქსიკურ) ნივთიერებებს**. ამიტომ ეპ-ის გლუვი ნაწილი კარგადაა განვითარებული ღვიძლის უჯრედებში.

რიბოსომა

რიბოსომა, როგორც იცით, შედგება დიდი და მცირე სუბერთეულებისგან, რომლებიც ჩამოყალიბდება ბირთვში ბირთვკეების მონაწილეობით. იგი, სხვა ორგანოებისგან განსხვავებით, არ არის დაფარული მემბრანით. რიბოსომა შეიცავს რიბოსომულ რნმ-სა და ცილებს. რიბოსომები, ეპ-ის მარცვლოვანი უბნის გარდა, თავისუფალი სახითაცაა ციტოპლაზმაში (განსაკუთრებით, კუნთოვანი უჯრედისა და კვერცხუჯრედის

ციტოპლაზმაში) და არიან სხვა ორგანოებშიც: მიტოქონდრიებსა და ქლოროპლასტებში. უჯრედებში, სადაც დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება ცილები, მრავალი რიბოსომაა. მაგალითად, ადამიანის კუჭქვეშა ჯირკვლის უჯრედებში რამდენიმე მილიონი რიბოსომაა. რიბოსომა დამახასიათებელია როგორც ეუკარიოტული, ისე პროკარიოტული უჯრედისთვის. რიბოსომებს „**ცილის ფაბრიკებს**“ უწოდებენ.

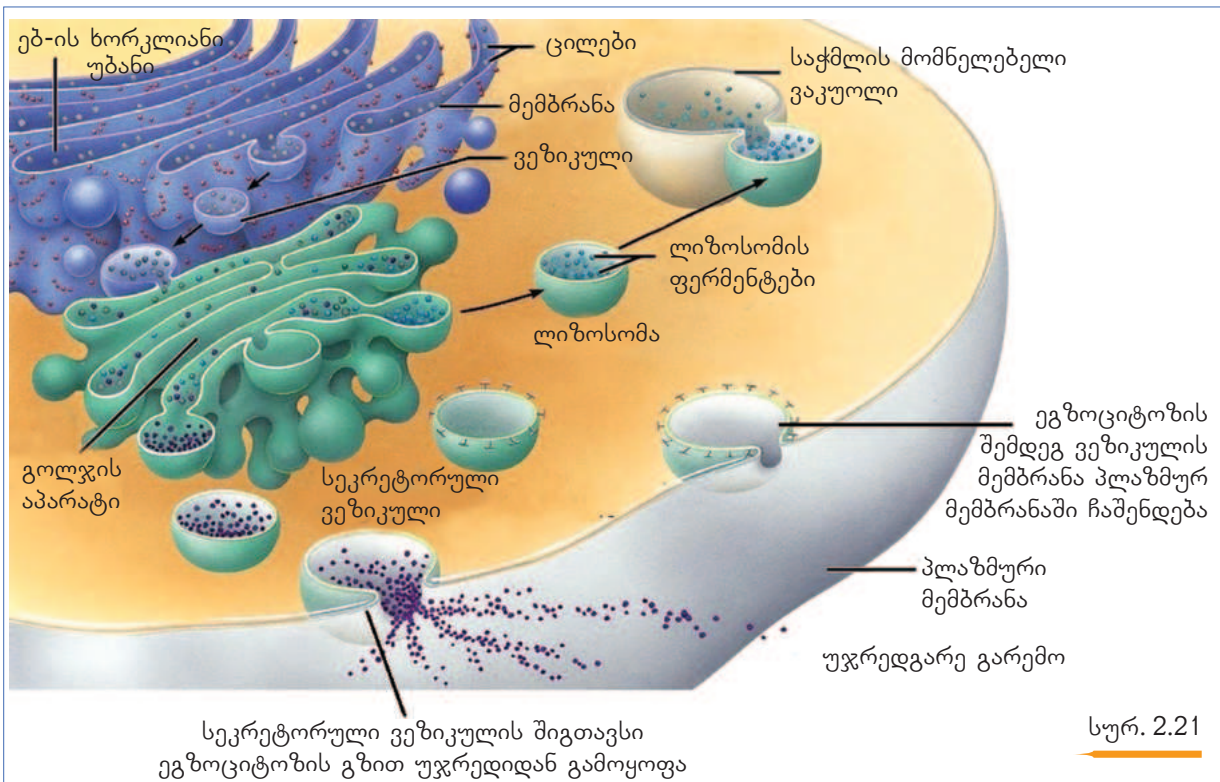


გოლჯის აპარატი

გოლჯის აპარატი (სურ. 2.21.) „დასაწყობებისა და გადაზიდვის ცენტრი“ – შედგება მემბრანებით შემოსაზღვრული ერთმანეთზე დალაგებული ბრტყელი სილრუების/ციტერნებისა და ვეზიკულებისგან. ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ნივთიერებები გოლჯის აპარატის ღრუებსა და ციტერნებში გროვდება, აქ შეიძლება **სახე შეიცვალონ** (მაგალითად, საბოლოოდ ყალიბდება ცილის ის სტრუქტურა, რომელშიც ცილა უჯრედში იმოქმედებს, ერთმანეთს უკავშირდებათ ლიპიდები და ნახშირწყლები, ცილები და ნახშირწყლები), ნივთიერებები იფუთება მემბრანებში, **ყალიბდებიან ვეზიკულების სახით და გამოიყოფა ციტოპლაზმაში ან უჯრედიდან გარემოში**. მაგ., კუჭქვეშა ჯირკვლის გარე-

სეკრეტორული უჯრედების ფერმენტები გროვდება გოლჯის ვეზიკულებში, რომლებიც პლაზმური მემბრანისაკენ გადაადგილდება და ეგზოციტოზით გარეთ გამოიყოფა. მწერიჭამია მცენარის ფოთლის ჯირკვლოვანი უჯრედის გოლჯის აპარატი გარემოში გამოიყოფს ფერმენტებს და მცენარე მონივრებს მწერებს.

გოლჯის აპარატში ლიპიდები და ზოგიერთი ნახშირწყალი სინთეზირდება, მაგალითად, უჯრედის კედლისა და გლიკოკალიქსის პოლისაქარიდები, რომლებიც ვეზიკულების სახით გამოიყოფა ციტოპლაზმაში, გადაადგილდება პლაზმური მემბრანისკენ, შეერწყმება მას და ჩაშენდება უჯრედის გარსში. **გოლჯის აპარატში ყალიბდება ორგანელა ლიზოსომა**.



ლიზოსომა

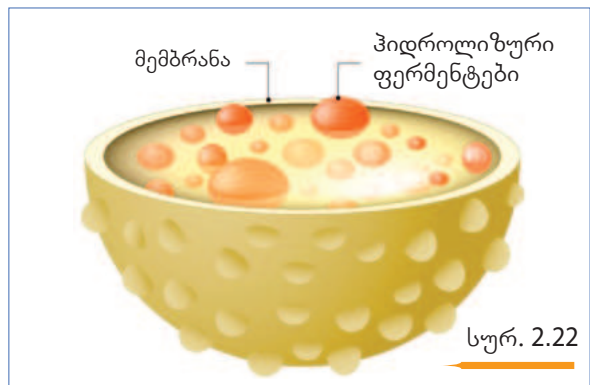
ლიზოსომები (სურ. 2.22) საჭმლის მომნელებელი ფერმენტებით მდიდარი პატარა, მრგვალი ფორმის ღრუიანი სტრუქტურებია, რომლებიც მემბრანითაა დაფარული. ლიზოსომის ფერმენტები ეპ-ის მარცვლოვან უბანში სინთეზირდება, შემდეგ მოხვდება გოლჯის აპარატში, სადაც აქტიურდებიან,

მემბრანით იფუთებიან და ლიზოსომებად ყალიბდებიან. ლიზოსომა შეიცავს ყველა ორგანულ ნივთიერების დამშლელ ფერმენტს. მისი ფერმენტები მუშავა არეში ფუნქციონირებენ (4.5-5 pH). ლიზოსომები უფრო დიდი რაოდენობითაა ცხოველურ უჯრედებში, ვიდრე მცენარეულ უჯრედში.

ლიზოსომები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ უჯრედში: **მოინელებენ უჯრედში ენდოციტოზით შესულ საკვებ ნვთიერებებს, ბაქტერიებს** (სურ. 2.23).

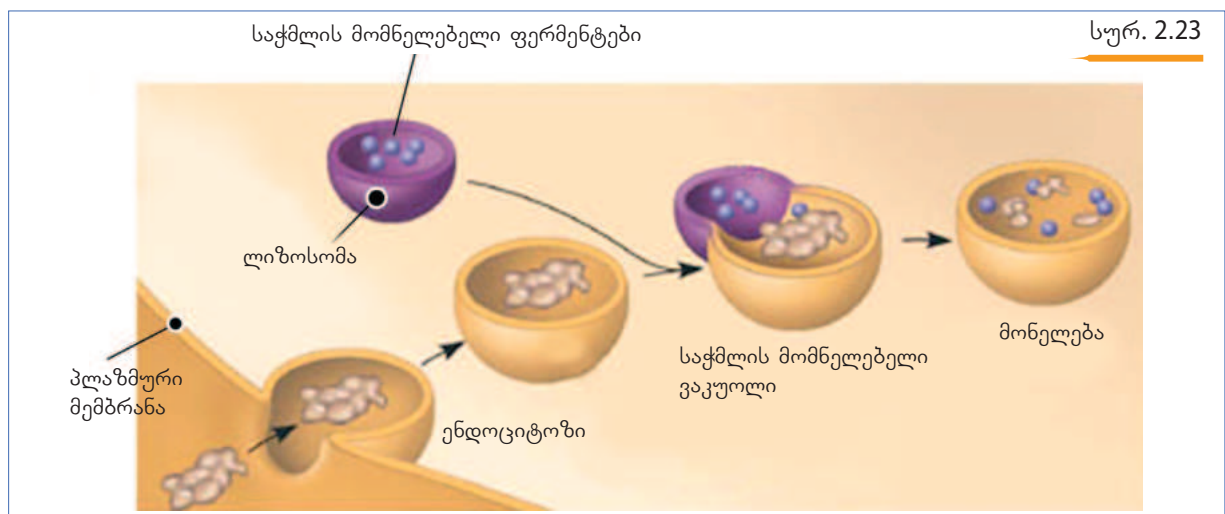
ასევე, მოინელებენ **უჯრედის დაზიანებულ ნაწილებს და დენატურირებულ პოლიმერებს (ავტოფაგია)**.

რამდენადაც ლიზოსომის ფერმენტებს შეუძლია უჯრედისათვის საჭირო კომპონენტების მოინელება, ამიტომ ისინი შემოსაზღვრულია მემბრანით, რითაც იზოლირებულია მისი ფერმენტები ციტოპლაზმისგან და არ აძლევს ამის საშუალებას. თუმცა უჯრედი სხვა საშუალებასაც იყენებს ლიზოსომის ფერმენტებისგან თავის დასაცავად: რომც დაზიანდეს რომელიმე ცალკეული ლიზოსომის მემბრანა და ფერმენტები აღმოჩნდეს ციტოპლაზმაში, ლიზოსომის ფერმენტები ვერ იმუშავენ, რადგან ციტოპლაზმის pH სუსტი ტუტე ან ნეიტრალურია. ზოგჯერ, რამდენიმე ლიზოსომა ერთმანეთს ერწყმის, შემდეგ ლიზოსომის მემბრანა იხსნება, შიგთავსი ციტოპლაზმაში გადმოიღვრება და **უჯრედს მთლიანად მოინელებს (ავტოლიზი – თვითდაშლა)**. ასე ხდება ორგანიზმში დაზიანებული და დაბერებული უჯრედების მოცილება, თავკომბალას ბაყაყად მეტამორფოზული გარ-



დაქმნის პროცესში კუდის გაქრობა.

ბირთვის გარსი, ებ, გოლჯის აპარატი, ლიზოსომები, სხვადასხვა სახეობის ვეზიკულები და პლაზმური მემბრანა ეუკარიოტულ უჯრედში ქმნის **ენდომემბრანულ სისტემას**. ეს სისტემა უჯრედში მრავალ ფუნქციას ასრულებს: ცილების სინთეზი, ცილების ტრანსპორტი მემბრანებსა და ორგანელებში ან უჯრედიდან გარემოში, ლიპიდების მეტაბოლიზმი და შხამიანი ნივთიერებების დეტოქსიკაცია. ენდომემბრანული სისტემა ერთმანეთთან ან ფიზიკურად არის დაკავშირებული უწყვეტად მემბრანების საშუალებით (მაგ., ბირთვისა და ებ-ის მემბრანები) ან პატარა ვეზიკულების საშუალებით მემბრანული სეგმენტების გადაცემის გზით.



ლიზოსომური პათოლოგიები

ზოგიერთ ადამიანში ლიზოსომური გენეტიკური დაავადების სხვადასხვა ფორმა ვითარდება. ლიზოსომურ პათოლოგიასთან დაკავშირებული 25-ზე მეტი გენეტიკური დაავადებაა ცნობილი. ამ დროს ლიზოსომაში იქმნება რომელიმე ფერმენტის დეფიციტი ან მათი მუშაობა ირღვევა. შედეგად, უჯრედში გროვდება ისეთი ნივთიერება, რომელიც, ჩვეულებრივ, იშლება. შედეგი შეიძლება ლეტალურიც იყოს.



მაგალითად, ტეი-საქსის დაავადების დროს ლიპოსომაში არ წარმოიქმნება ან არააქტიურია ფერმენტი, რომელიც გლიკოლიპიდის ერთ-ერთ სახეობას (განგლიოზიდი) შლის. შედეგად, ტვინის უჯრედებში გროვდება ეს ნივთიერება და ტვინი ზიანდება.

დაავადების სიმპტომები, ხშირ შემთხვევაში, 6 თვის ბავშვებში ვლინდება. ამ დროიდან ბავშვის განვითარება ნელდება, ეწყება კუნთების სისუსტე და თანდათანობით კარგავს მოძრაობის უნარს, მოულოდნელ ხმებზე ძალიან შფოთავს, პროგრესულად კარგავს მხედველობასა და სმენას, ემართება გულყრები. ასეთი პათოლოგიების მქონე ბავშვების უმრავლესობა 4 წლამდე ვერ აღწევს და იღუპება.

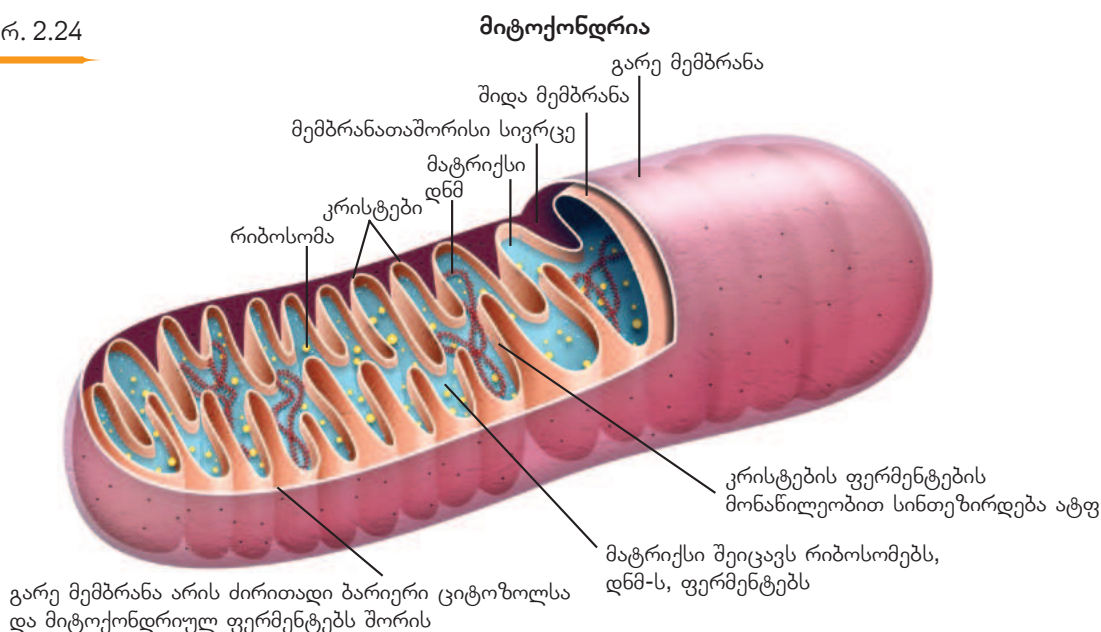
ტეი-საქსის ნაკლებად გავრცელებული ფორმები შესაძლოა გამოვლინდეს გვიან ბავშვობაში ან ადრეულ მოზრდილობაში. ეს ფორმები უფრო ნელა პროგრესირებს და ხშირად ეს ფორმაც სიცოცხლესთან შეუთავსებელია.

მეცნიერები მუშაობენ დაავადების მკურნალობის მეთოდებზე. მკურნალობის შესაძლო მეთოდი გულისხმობს ტეი-საქსის დაავადების გამომწვევი ლიპიდის (განგლიოზიდების) სინთეზის ბლოკირებას, სხვა მეთოდი კი ტვინის უჯრედებამდე მიტანა იმ ფერმენტისა, რომელიც დაშლის ამ ლიპიდს. მკურნალობის ეს მეთოდები კვლევის ეტაპზეა და ტეი-საქსის დაავადება კვლავ განუკურნებლად ითვლება.



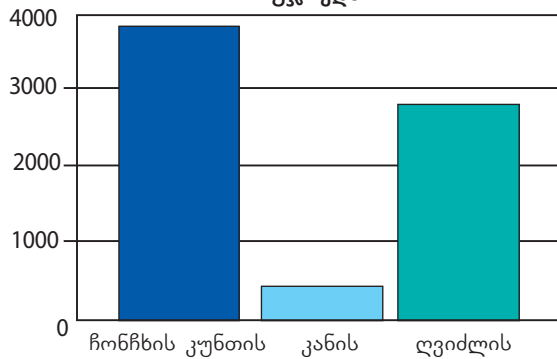
მიტოქონდრია

სურ. 2.24



მიტოქონდრია (სურ. 2.24) ციტოპლაზმის-გან ორი მემბრანით არის შემოსაზღვრული. გარეთა მემბრანა გლუვია, ხოლო შიგნითა – დანაოჭებული და ქედებს (კრისტებს) წარმოქმნის. კრისტებს შორის სივრცეს **მიტოქონდრიის მატრიქსი** ეწოდება. მატრიქსში არის მიტოქონდრიული რგოლური ფორმის დნმ, რნმ, ფერმენტები და რიბოსომები. რადგან მიტოქონდრიას აქვს საკუთარი მემკვიდრული მასალა, იგი გაყოფით მრავლდება, თუმცა კონტროლს ბირთვული მემკვიდრეობაც უწევს. ამიტომ მიტოქონდრია ნახევრად ავტონომიური ორგანეა.

მიტოქონდრიების რიცხვი სხვადასხვა ტიპის უჯრედში



სურ. 2.25

კრისტები მნიშვნელოვნად ზრდიან შიდა მემბრანის ზედაპირის ფართობს, შიდა მემბრანებზე არის ფერმენტები, რომლებიც **მონაწილეობენ ენერგიით მდიდარი ნივთიერების – ატფ-ის – სინთეზში**. ატფ უჯრედის იმ ნაწილში გადაიტანება, სადაც საჭიროა ენერგია. ატფ-ის ენერგია ხმარდება უჯრედის გაყოფას, კუნთოვანი ბოჭკოების შეკუმშვას,

ნერვული იმპულსის წარმოშობასა და გატარებას, ფერმენტების სინთეზსა და სხვა სასიცოცხლო პროცესებს. რადგან მიტოქონდრია ენერგიით ამარაგებს უჯრედს, ამიტომ ეს სტრუქტურები ხშირად მოიხსენიება, როგორც **უჯრედის „ენერგეტიკული სადგურები“**. რაც უფრო აქტიურია უჯრედი, მით უფრო ბევრია მასში მიტოქონდრია (სურ. 2.25).

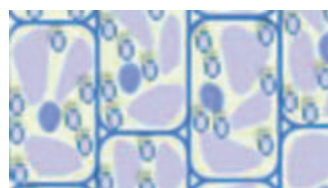
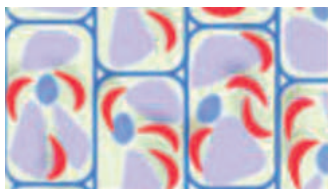


პლასტიდები

მცენარეული უჯრედების ციტოპლაზმაში დიდი რაოდენობითაა პატარა სხეულაკები – **პლასტიდები**. ყვავილოვან მცენარეებში არის ქლოროპლასტები, ქრომოპლასტები და უფერო ლეიკოპლასტები (სურ. 2.26).

ქლოროპლასტი (სურ. 2.27) ციტოპლაზმისგან ორი მემბრანითაა შემოსაზღვრული. შიდა მემბრანის შიგნით არის თხევადი გარე-

მო – **ქლოროპლასტის ძირითადი ნივთიერება**, რომელსაც **სტრომას** უწოდებენ. სტრომაში მოთავსებულია რიბოსომები, რგოლური ფორმის დნმ და ფერმენტები. მიტოქონდრიების მსგავსად, ქლოროპლასტები საკუთარ დნმ-სა და რიბოსომებს შეიცავენ. ამიტომ, ახალი ქლოროპლასტები საწყისი ქლოროპლასტის გაყოფის გზით წარმოიქმნება.



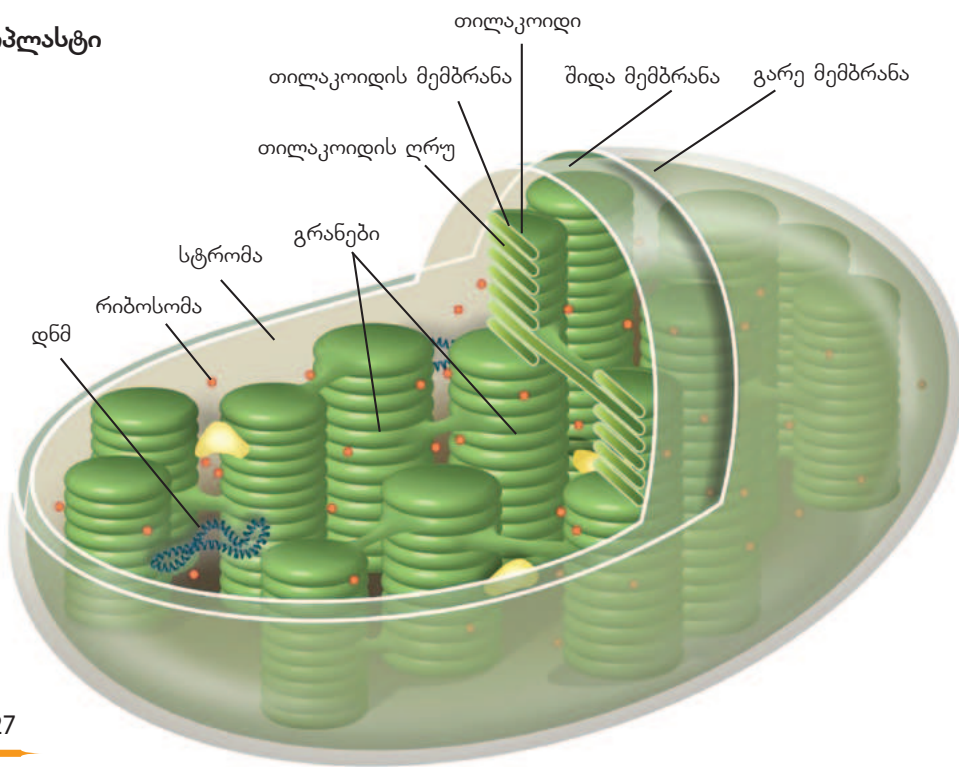
ქრომოპლასტები შეიცავენ პიგმენტებს, რომლებიც განაპირობებენ ყვავილის გვირგვინის ფურცლების, ფოთლების, ნაყოფების ყვითელ, წითელ, ან ნარინჯისფერ შეფერილობას, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ყვავილების დამტკვერვისა და თესლების გავრცელებისთვის. ქრომოპლასტების შეფერილობა დაკავშირებულია მათში ფერადი პიგმენტების – კაროტინოიდების – დაგროვებასთან.

ქლოროპლასტები შეიცავენ პიგმენტ ქლოროფილს და კაროტინოიდებს, მათში სჭარბობს ქლოროფილი, რომელიც მწვანე ფერს ანიჭებს ფოთოლს და მცენარის ზოგიერთ სხვა ნაწილს.

ლეიკოპლასტები პიგმენტებს არ შეიცავენ და ამიტომ უფერო პლასტიდებია, რომლებიც, ძირითადად, სამარაგო ფუნქციას ასრულებენ. მაგალითად, ტიტის ბოლქვის, კარტოფილის გორგლის ლეიკოპლასტებში სახამებელი გროვდება. სინათლეზე ლეიკოპლასტი შეიძლება ქლოროპლასტად გარდაიქმნას (მაგ., კარტოფილის გორგლის გამწვანება).

სურ. 2.26

ქლოროპლასტი



სურ. 2.27

ქლოროპლასტის შინაგანი სტრუქტურა საკმაოდ რთულია. სტრომაში მოთავსებულია ორი მემბრანით შემოსაზღვრული ბრტყელი სტრუქტურები, რომელთაც **თილაკოიდები** ეწოდება. უფრო ხშირად, თილაკოიდები ერთმანეთზე ლაგდება და **გრანები** წარმოიქმნება. **ქლოროპლასტში მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი**. ქლოროფილი თილაკოიდის მემბრანებშია ჩაშენებული, ამიტომ აქ ფოტოსინთეზის პროცესში სინათლის ენერგია გარდაიქმნება ქიმიურ ენერგიად (იხ. გვ. 96-98).

ქლოროპლასტისგან შეიძლება ქრომოპლასტი განვითარდეს, როდესაც მასში იშლება ქლოროფილი და შინაგანი მემბრანული სტრუქტურები. ასე ხდება, მაგალითად, ზოგიერთი ხილის მომწიფებისას (სურ. 2.28).



სურ. 2.28

მიტოქონდრიისა და ქლოროპლასტის აგებულებასა და ფუნქციებში არის როგორც მსგავსება, ისე განსხვავება (იხ. ცხრ.2.1).

ცხრილი 2.1.

მიტოქონდრიისა და ქლოროპლასტის შედარებითი დახასიათება

მიტოქონდრია	საერთო	ქლოროპლასტი
მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა და დაჟანგვის ენერგიის ხარჯზე ატფ-ის სინთეზი	ორი მემბრანითაა შემოსაზღვრული ციტოპლაზმისგან; მიტოქონდრიის მატრიქსში და ქლოროპლასტის სტრომაში არის რგოლური ფორმის დნმ, რიბოსომები, ფერმენტები; მიმდინარეობს პლასტიკური ცვლის რეაქციები: რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია და ტრანსლაცია; მრავლდებიან გაყოფის გზით; შიდა მემბრანებში – კრისტებსა და თილაკოიდის შიდა მემბრანაში ჩაშენებულია ატფ-სინთაზა; ხდება ენერგიის გარდაქმნა და ატფ-ის სინთეზი.	აქვს თილაკოიდები, რომელთა მემბრანაშია ჩაშენებულია პიგმენტი ქლოროფილი; მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი – არაორგანული ნივთიერებებიდან სინათლის ენერგიის ხარჯზე ორგანული ნივთიერების სინთეზი.

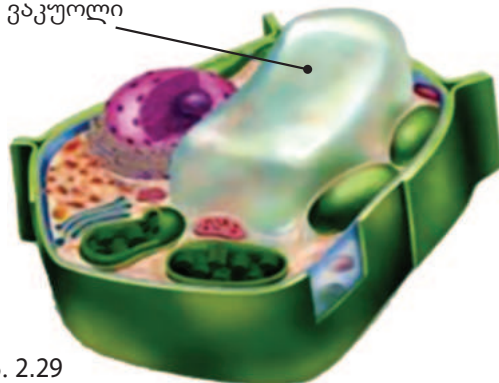


ცენტრალური ვაკუოლი

მცენარეული უჯრედებისთვის დამახასიათებელია კიდევ ერთი ორგანელა – ცენტრალური ვაკუოლი (სურ. 2.29). უჯრედის წვენი საესე ვაკუოლები კარგად შეიმჩნევა ხნიერ უჯრედებში, განსაკუთრებით კი მნიფე ნაყოფის უჯრედებში და ნაყოფის შეფერილობასა და გემოს განაპირობებს. ზოგჯერ უჯრედის წვენი იმდენად ბევრია, რომ ციტოპლაზმა და ბირთვი უჯრედის კედელთანაა მიჯრილი, ხოლო უჯრედის შუა ნაწილი ერთ დიდ ცენტრალურ ვაკუოლს უკავია. იგი შემოსაზღვრულია მემბრანით (ტონოპლასტით). უჯრედის წვენი ბევრია მნიფე ნაყოფისა და მცენარის სხვა ხორცოვანი ორგანოების უჯრედებში. უჯრედის წვენის ძირითადი ნაწილი არის წყალი, რომელშიც გახსნილია სხვადასხვა ნივთიერება. ვაკუოლები მრავალ ფუნქციას ასრულებენ მცენარეებში:

- უჯრედის ტურგორის შენარჩუნება;
- უჯრედისათვის მავნე ნივთიერებების დაგროვება;
- მღებავი ნივთიერებების – პიგმენტ ანთოციანების დაგროვება, რომლებიც ყვავილების, ნაყოფების, ფოთლების იისფერ, მწანამულისფერ, ლურჯ შეფერილობას განაპირობებენ (სურ. 2.30);
- სამარაგო ნივთიერებების, მაგალითად, შაქრების, ცილების დაგროვება;
- შხამიანი და ცხოველებისათვის უგემური ნივთიერებების დაგროვება, რაც მცენარე-

ვაკუოლი



სურ. 2.29



სურ. 2.30

რეს მცენარეჭამია ცხოველებისაგან იცავს.

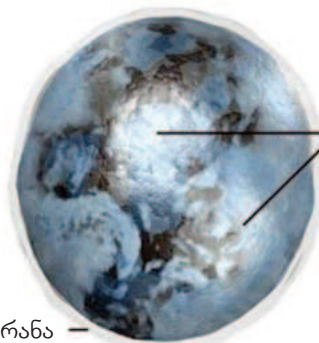
ცენტრალური ვაკუოლი სოკოს უჯრედებისთვისაც არის დამახასიათებელი.



პეროქსისომა

პეროქსისომა ეუკარიოტული უჯრედებისთვის დამახასიათებელი კიდევ ერთი ორგანელაა (სურ. 2.31). იგი მომრგვალო ფორმის 0,3-1,5 მკმ დიამეტრის სხეულია, რომელიც ერთი მემბრანით არის დაფარული (ეუკარიოტული უჯრედის სტრუქტურების კლასიფიკაცია მემბრანული შენების მიხედვით იხ. ცხრ. 2.2). ის დიდი რაოდენობით შეიცავს ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში მონაწილე ფერმენტებს და სხვადასხვა ფუნქციას ასრულებს. სხვადასხვა სახის უჯრედში პეროქსისომების ფუნქციები განსხვავებულია.

პეროქსისომის
ფერმენტები



მემბრანა

სურ. 2.31

ცხრილი 2.2. ეუკარიოტული უჯრედის სტრუქტურების კლასიფიკაცია მემბრანული შენების მიხედვით

არამემბრანული შენების	მემბრანული შენების	
	ერთმემბრანიანი	ორმემბრანიანი
ბირთვაკი რიბოსომა ცენტროსომა ქრომატინი	ენდოპლაზმური ბადე გოლჯის აპარატი ლიზოსომა ცენტრალური ვაკუოლი პეროქსისომა	ბირთვი მიტოქონდრია ქლოროპლასტი

ცხოველურ უჯრედებში პეროქსისომები მონაწილეობენ მთელ რიგ ჟანგვით მეტაბოლურ პროცესებში, მათ შორის, ცხიმოვანი მჟავების დაჟანგვაში. ღვიძლის უჯრედები მდიდარია პეროქსისომებით, რადგან მონაწილეობენ ალკოჰოლისა და სხვა მავნე ნივთიერებების დეტოქსიკაციაში. მცენარეულ, მაგალითად, ცხიმით მდიდარ თესლის უჯრედებში, მისი ფერმენტები ლიპიდებს ნახშირწყლებად გარდაქმნის.

უჯრედში მიმდინარე ზოგიერთი ჟანგვითი პროცესის გვერდითი პროდუქტია წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2). იგი ძალიან ტოქსიკურია და

საჭიროა მისი უჯრედიდან სწრაფი მოცილება. პეროქსისომა შეიცავს ფერმენტ კატალაზას, რომელიც ერთ-ერთი ყველაზე სწრაფად მოქმედი ფერმენტია. იგი წყალბადის ზეჟანგს წყლად და ჟანგბადად შლის.

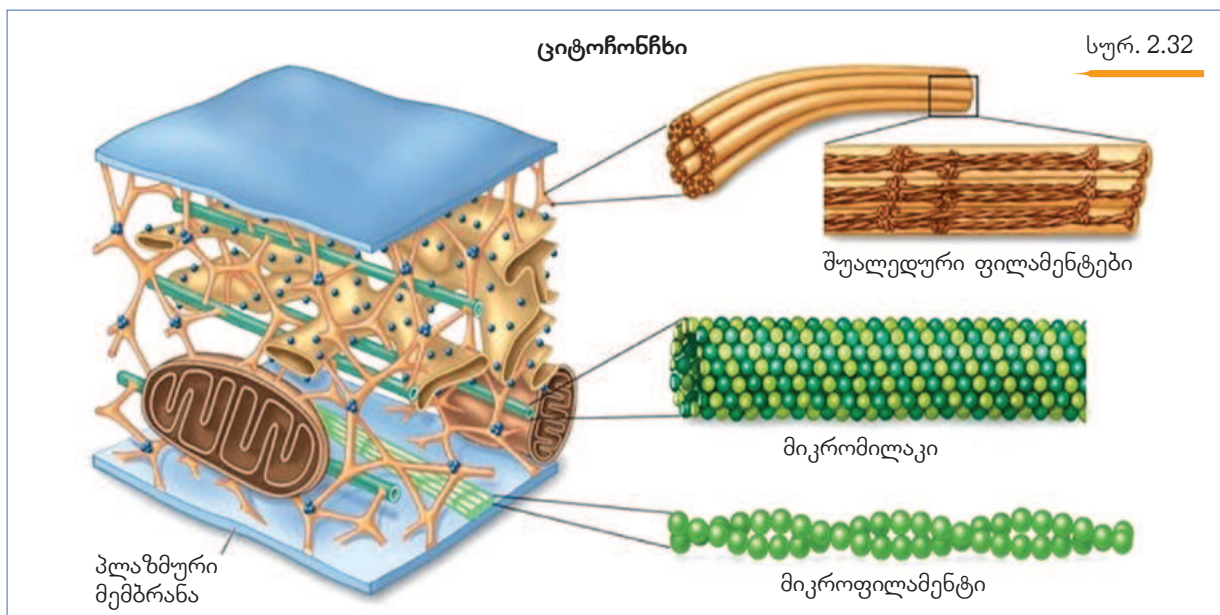
პეროქსისომის ფერმენტები მონაწილეობენ ნაღვლის მჟავების სინთეზში, ნერვული ბოჭკოების მიელინის გარსის წარმოქმნაში და ა. შ. ცნობილია ე.წ. პეროქსისომული თანდაყოლილი დაავადებები (მაგ., ნერვული სისტემის ზოგიერთი ტიპის დაავადება), რომელიც დაკავშირებულია პეროქსისომის ზოგიერთი ფერმენტის დეფექტთან.

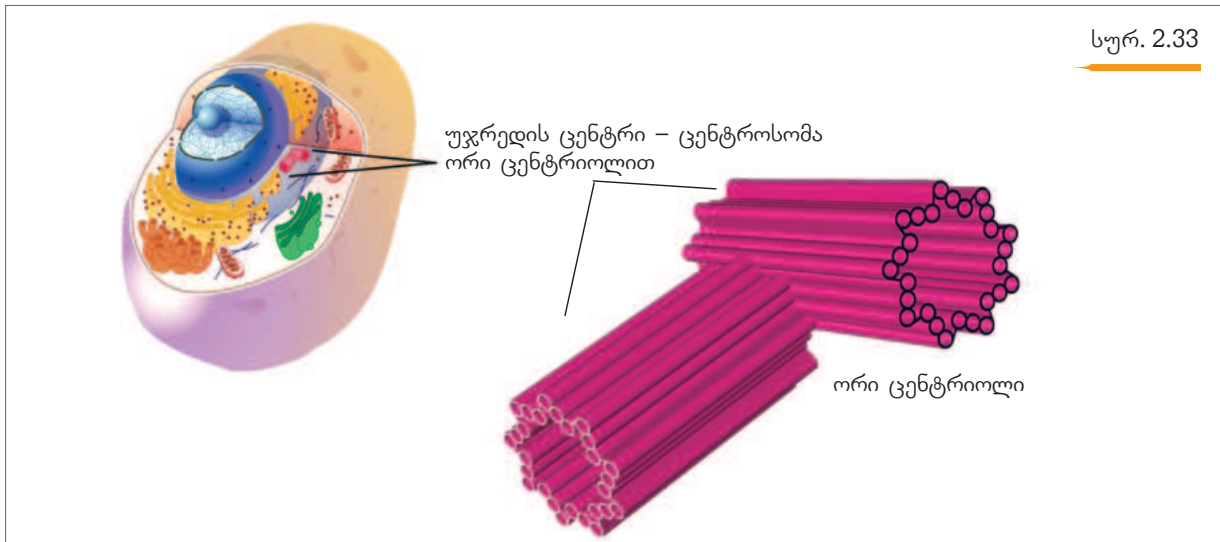


უჯრედის ციტოჩონჩხი

ყოველ ეუკარიოტულ უჯრედს აქვს ციტოჩონჩხი, რომელიც განუწყვეტლივ იცვლის ფორმას უჯრედის მოთხოვნილების შესაბამისად. იგი შედგება ცილებისგან, რომლებიც წარმოქმნიან გრძელ ძაფებს ან ბოჭკოებს. ამ

ძაფებითა და ბოჭკოებითაა მთელი უჯრედი დაქსელილი, როგორც ეს სურათზეა (სურ. 2.32) ნაჩვენები. ციტოჩონჩხს ბოჭკოების სამი ძირითადი ტიპი ქმნის, რაც განაპირობებს ციტოჩონჩხის ფუნქციების მრავალფეროვნებას.





• **მიკრომილაკები** – გრძელი ღრუიანი მილებია და შედგება ცილა ტუბულინისგან. ისინი უჯრედს ფორმას აძლევენ და მოქმედებენ, როგორც „ბილიკები“ ორგანოების გადაადგილებისთვის. როდესაც უჯრედი იყოფა, მიკრომილაკები წარმოქმნიან გაყოფის თითისტარას ძაფებს.

• **შუალედური ფილამენტები** – ისინი მიკრომილაკებზე რამდენადმე მცირეა, უჯრედს სიმტკიცეს ანიჭებენ.

• **მიკროფილამენტები** – ისინი ციტოჩონჩხის ბოჭკოებს შორის ყველაზე მცირეა, წარმოადგენენ უწვრილეს ძაფებს, რომლებიც, ძირითადად, ცილა აქტინისგან შედგებიან და უჯრედს მოძრაობაში ეხმარებიან. ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ კუნთოვან უჯრედებში და კუნთების შეკუმშვა-მოდუნებას განაპირობებენ.

უჯრედი ჰგავს სადგურს დაძაბული ზაფხულის შევებულების დროს, სადაც მოლეკულები და სტრუქტურები მოძრაობენ უჯრედის

სივრცეში, მიკრომილაკები და მიკროფილამენტები კი მოგვაგონებს დინამიურად მოწყობილ სარკინიგზო ლიანდაგებს.

ცენტროსომა უჯრედის უმემბრანო ორგანოა, რომელიც ბირთვის მახლობლად მდებარეობს. იგი უჯრედის მიკრომილაკების წარმოქმნის მთავარი ცენტრია და მონაწილეობს უჯრედის გაყოფაში. ცხოველებში, წყალმცენარეებსა და სხვა პროტისტებში ცენტროსომის შემადგენლობაში შედიან ურთიერთპერპენდიკულარულად განლაგებული ორი ცენტრიოლი (სურ. 2.33). თითოეული ცენტრიოლი ცილინდრული ფორმისაა და მიკრომილაკების ცხრა ტრიპლეტისგან შედგება. უჯრედის გაყოფის დროს ისინი ორმაგდებიან და უჯრედის პოლუსებისკენ მიემართებიან, მათ შორის კი გაყოფის თითისტარას ძაფები წარმოიქმნება. მცენარეების ცენტროსომებს ცენტრიოლები არა, მაგრამ აქვთ კარგად ორგანიზებული მიკრომილაკები.

2.6.

უჯრედების მრავალფეროვნება

ყოველი ორგანიზმის სტრუქტურული და ფუნქციური ერთეული პროკარიოტული ან ეუკარიოტული უჯრედი. სიტყვა „**პროკარიოტული**“ წარმოდგება ლათინური *pro*-სგან (წინარე) და ბერძნული *karyon*-ისგან (ბირთ-

ვი), ანუ ბირთვამდელი/უბირთვო უჯრედი. როგორც უკვე იცით, პროკარიოტული უჯრედი აქვს ბაქტერიებსა და არქეებს, ამიტომ მათ პროკარიოტ ორგანიზმებს უწოდებენ.

პროკარიოტები ერთუჯრედიანები, მეტა-

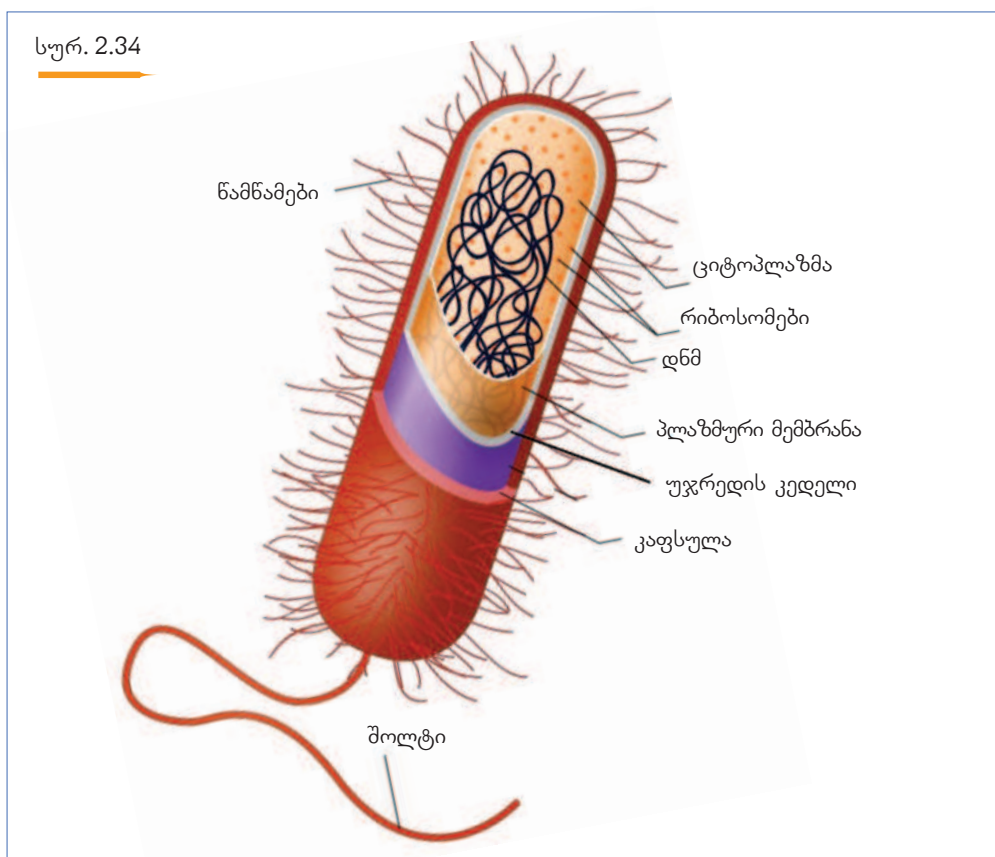
ბოლიზმითა და ფორმით ძალიან მრავალფეროვანი, დედამიწაზე ფართოდ გავრცელებული ორგანიზმები არიან. მაგალითად, ბაქტერიების ნაწილი მხოლოდ ჟანგბადიან გარემოში ცხოვრობენ (ობლიგატური აერობები), ზოგიერთი სახეობის ბაქტერია ჟანგბადიან გარემოში ილუპება და მხოლოდ უჟანგბადო გარემოში ცხოვრობენ (ობლიგატური ანაერობები), ზოგსაც არსებობა შეუძლიათ როგორც ჟანგბადიან, ისე უჟანგბადო გარემოში (ფაკულტატური ანაერობები). მაგალითად, ფაკულტატური ანაერობებია ნაწლავის ჩხირის ბაქტერია, რძემჟავა დუღილის ბაქტერია.

პროკარიოტული უჯრედები მოკლებულია არამარტო ჩამოყალიბებულ ბირთვს (პროკარიოტებში ძირითად გენეტიკურ მასალას წარმოადგენს წრიული დნმ, რომელიც განთავსებულია ციტოპლაზმაში), არამედ მათ არ აქვთ მემბრანული შენების ორგანოებიც. პროკარიოტულ უჯრედში ორგანოებიდან გვხვდება არამემბრანული შენების რიბოსომები (სურ. 2.34).

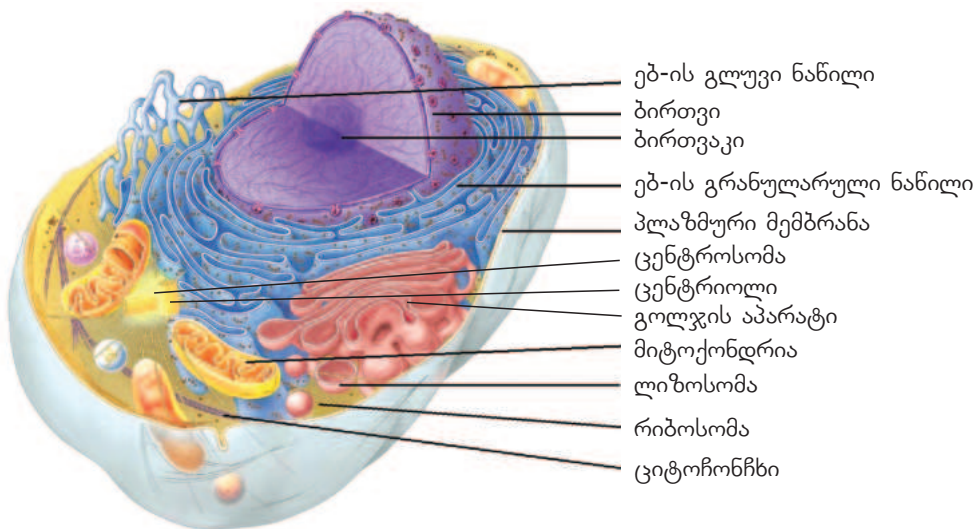
თითქმის ყველა პროკარიოტის უჯრედის პლაზმურ მემბრანას გარს აკრავს მკვერივი

უჯრედის კედელი. ბაქტერიების უმრავლესობის უჯრედის კედელი წარმოადგენს ლიპიდების, პოლისაქარიდებისა (ძირითადად, მურეინის) და ცილების მტკიცე ბადეს. ხოლო არქეების უჯრედის კედელი შედგება ცილებისა და ფსევდომურეინისგან. ბაქტერიის ბევრ სახეობას უჯრედის კედლის გარშემო აქვს წებოვანი კაფსულა, რომლითაც ადვილად ეწებება სხვადასხვა ტიპის ზედაპირს, მაგალითად, ფოთლებს, ხორცს. ასევე, კაფსულა იცავს ტოქსინებისა და სხვა ტიპის დამაზიანებლისგან, მაგ., პათოგენურ ბაქტერიებს – ორგანიზმის იმუნური სისტემისგან. ზოგიერთს წამწამები და/ან შოლტი აქვს მოძრაობის საშუალებად.

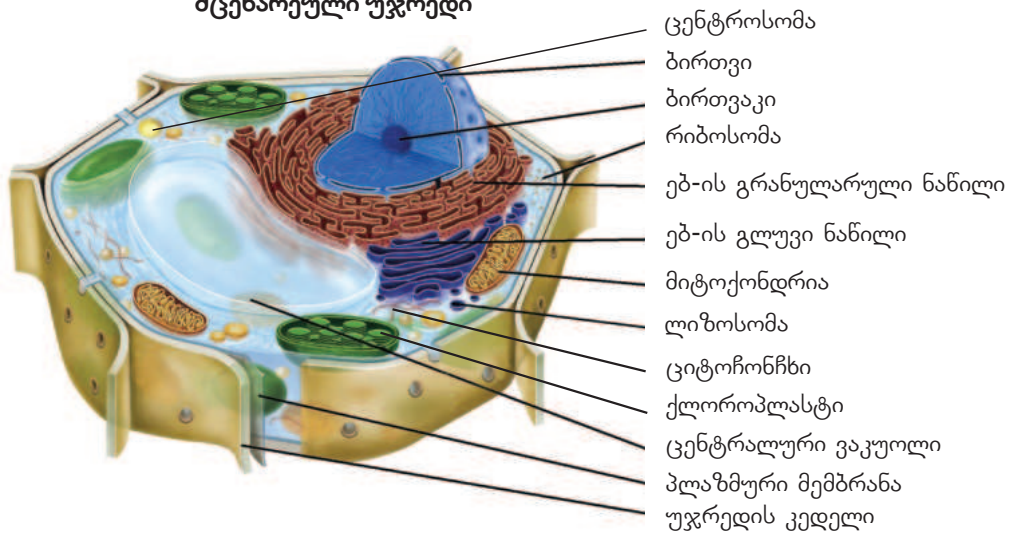
სხვადასხვა სისტემატიკური ჯგუფის ეუკარიოტი ორგანიზმის უჯრედებს ბევრი საერთო აქვთ. როგორც უკვე იცით, მათი ძირითადი ნაწილებია პლაზმური მემბრანა, ციტოპლაზმა და ბირთვი. ციტოპლაზმაში ბევრი ერთნაირი სტრუქტურებია, მაგრამ როგორც სურათზე (სურ. 2.35) ჩანს, ცხოველურ, მცენარეულ და სოკოს უჯრედებს საერთოსთან ერთად, აქვთ განსხვავებული სტრუქტურებიც, რომლებიც უნიკალურია მათი ფუნქციებისთვის.



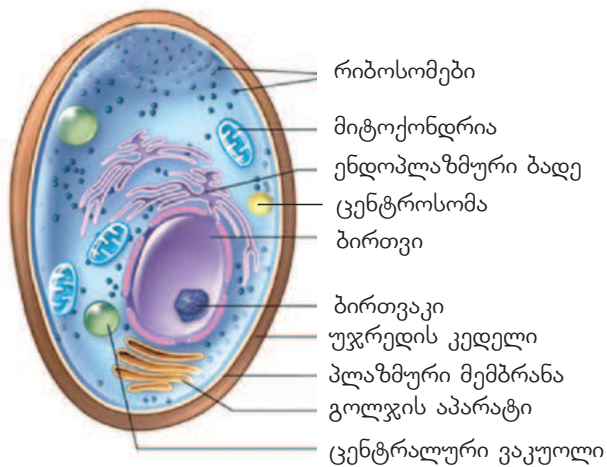
ცხოველური უჯრედი



მცენარეული უჯრედი



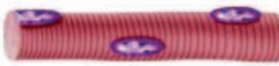
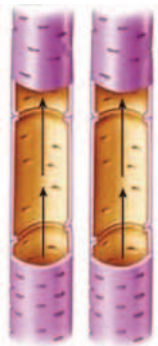
სოკოს უჯრედი



სურ. 2.35

არა მარტო სხვადასხვა სისტემატიკური ჯგუფის წარმომადგენელი ორგანიზმების უჯრედები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან, არამედ ერთი სისტემატიკური ჯგუფისა და ერთი მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის უჯრედებიც.

ისინი განსხვავდებიან ზომით, ფორმითა და აგებულებით, მათ აქვთ ისეთი სტრუქტურული წარმონაქმნი, რომელიც განაპირობებს უჯრედის მიერ სპეციფიკური ფუნქციების შესრულებას (იხ. ცხრილი 2.3).

ცხრილი 2.3.		
უჯრედის ტიპი	გარეგანი სახე	ფუნქციები და ადაპტაცია
ცხოველური უჯრედი		
სისხლის წითელი უჯრედი – ერითროციტი		ჟანგბადის ტრანსპორტირება ფილტვებიდან ქსოვილების-კენ და უჯრედებში აერობული სუნთქვის უზრუნველყოფა. ადამიანის ერითროციტი მცირე ზომისაა და აქვს ორმხრივჩაზნექილი კვერის ფორმა, რომელიც ზრდის გარემოსთან შეხების ზედაპირის ფართობს; ზრდასრულ ერითროციტს ბირთვი არ აქვს და ციტოპლაზმაში მის ადგილს იკავებს ჰემოგლობინი, რომელიც ფილტვებში ჟანგბადს იკავშირებს და გადააქვს მთელ ორგანიზმში.
ჩონჩხის განივზოლიანი კუნთოვანი უჯრედი/ბოჭკო		მამოძრავებელი ფუნქცია. ჩონჩხის განივზოლიან კუნთოვან უჯრედს/ბოჭკოს აქვს წაგრძელებული ფორმა და მის ციტოპლაზმაში დიდი რაოდენობითაა კუმშვადი ფიბრილური ცილოვანი ბოჭკოები, რომელთაგანაც დაკავშირებულია მამოძრავებელი ფუნქცია.
სპერმატოზოიდი		განაყოფიერებაში მონაწილეობა. სპერმატოზოიდს აქვს შოლტი, რომელიც ეხმარება კვერცხუჯრედისკენ მოძრაობაში.
მოტორული ნეირონი		ნერვული იმპულსის გატარება. ნეირონს აქვს გრძელი ბოჭკო – აქსონი, რომელშიც ნერვული იმპულსი გატარდება; აქსონი დაფარულია მიელინის გარსით, რომელიც ელექტროიზოლაციის როლს ასრულებს და ნერვული იმპულსის სწრაფ გატარებას უზრუნველყოფს; აქსონის დაბოლოება დატოტვილია და მრავალ უჯრედს უკავშირდება.
მცენარეული უჯრედი		
ფესვის ბუსუსოვანი უჯრედი		ნიადაგიდან წყლისა და მინერალური მარილების შეწოვა. ფესვის ეპიდერმისის უჯრედებს აქვთ ციტოპლაზმური გამონაზარდი – ფესვის ბუსუსი, რომელიც ზრდის ნიადაგიდან წყლისა და მინერალური მარილების შემწოვი ზედაპირის ფართობს.
ქსილემის ჭურჭლის უჯრედები		წყლისა და მინერალური მარილების ტრანსპორტირება ფესვიდან მცენარის მიწისზედა ორგანოებისკენ. უჯრედებს არ გააჩნიათ ციტოპლაზმა და ამიტომ წყალი თავისუფლად გადაადგილდება; უჯრედის კედელი მდიდარია წყალგაუმტარი ნივთიერებით – ლიგნინით.

ცხრილი 2.4. სხვადასხვა ორგანიზმის უჯრედების აგებულების შედარება				
კრიტერიუმები შესადარებლად	პროკარიოტული უჯრედი	ეუკარიოტული უჯრედები		
	ბაქტერიის უჯრედი	მცენარეული უჯრედი	ცხოველური უჯრედი	სოკოს უჯრედი
უჯრედის კედელი, მისი შედგენილობა	+	+	–	+
პლაზმური მემბრანა	+	+	+	+
ციტოპლაზმა	+	+	+	+
ბირთვი	–	+	+	+
მემკვიდრული ნივთიერება და მისი განთავსე- ბის ადგილი	ციტოპლაზმაში გან- თავსებული რგოლუ- რი ფორმის დნმ-ის ერთი მოლეკულა	დნმ-ის მოლეკულები ქრომატინის სახით ბირთვში, რგოლური დნმ მიტოქონდრიაში და ქლოპროპლასტში	დნმ-ის მოლეკუ- ლები ქრომატინის სახით ბირთვში, რგოლური დნმ მიტოქონდრიაში	დნმ-ის მოლეკუ- ლები ქრომატინის სახით ბირთვში, რგოლური დნმ მიტოქონდრიაში
მიტოქონდრია	–	+	+	+
ქლოროპლასტი	–	+	–	–
ცენტრალური ვაკუოლი	–	+	–	+
ენდოპლაზმური ბადე	–	+	+	+
რიბოსომა	+	+	+	+
გოლჯის აპარატი	–	+	+	+
ლიზოსომა	–	+	+	+
ცენტროსომა	–	+	+	+
ცენტროსომა ცენტრიოლები- სგან შედგება	–	–	+	–
სამარაგო პოლისაქარიდი	გლიკოგენი	სახამებელი	გლიკოგენი	გლიკოგენი

2.7.

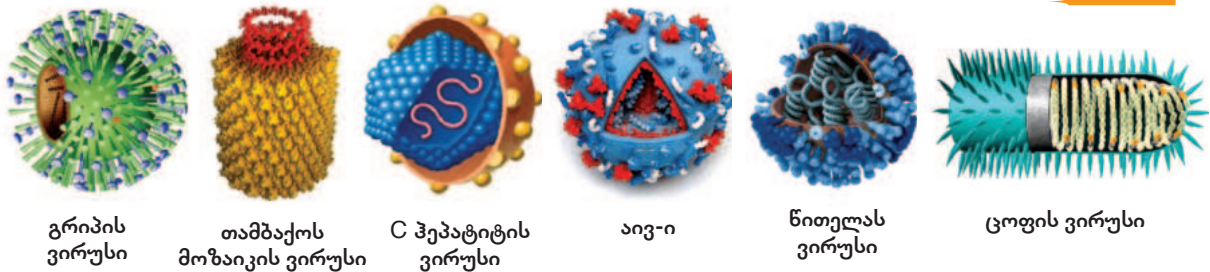
სიცოცხლის არაუჯრედული ფორმები – ვირუსები

ვირუსი (ლათ. – viruses – „შხამი“) ყველაზე პატარა და მარტივი მიკრობია. იგი სიცოცხლის არაუჯრედული ფორმაა და გაცილებით მცირე ზომისაა ნებისმიერ უჯრედთან შედარებით. ამიტომ მათი აღ-მოჩენა შესაძლებელი გახდა მხოლოდ ელექ-ტრონული მიკროსკოპით და პირველი იყო თამბაქოს მოზაიკის ვირუსი. შემდეგმა

კვლევებმა დაადგინა, რომ ვირუსი ფორმითა და აგებულებით არის ძალიან მრავალფერო-ვანი (სურ. 2.36). ამ აღმოჩენებით საფუძ-ველი ჩაეყარა ბიოლოგიის ახალ დარგს – **ვირუსოლოგიას**. ვირუსოლოგიის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა ვირუსების სტრუქტური-სა და ფუნქციების, მათი გავრცელების გზე-ბის შესწავლა.

ვირუსების მრავალფეროვანი ფორმა

სურ. 2.36



ივანოვსკისა და ბეიერინკის ექსპერიმენტები

მე-19 საუკუნეში მიკრობიოლოგების ლუი პასტერისა და რობერტ კოხის, ქირურგი ჯოზეფ ლისტერის მეცნიერული კვლევების საფუძველზე ადამიანებმა გაიგეს, რომ ინფექციური დაავადებები გამოწვეულია მიკრობებით. 1892 წელს რუსმა მეცნიერმა დიმიტრი ივანოვსკიმ ჩაატარა მეცნიერული კვლევები თამბაქოს მოზაიკის გამომწვევი მიკრობის შესწავლის მიზნით. მან თამბაქოს მოზაიკით დაავადებული თამბაქოს ფოთლიდან გამოყო ექსტრაქტი და გაატარა ფილტრში, რომელიც ბაქტერიებს არ ატარებდა. აღმოჩნდა, რომ გაფილტრულ ექსტრაქტს კვლავ ჰქონდა თამბაქოს მოზაიკის ინფექციის გამომწვევის უნარი. ივანოვსკიმ გაარკვია, რომ თამბაქოს მოზაიკის დაავადება რეალურად გამოწვეულია მიკრობით, რომელიც ბევრად უფრო მცირეა, ვიდრე ბაქტერია და მისი დანახვა სინათლის მიკროსკოპის გამოყენებით შეუძლებელია. 1898 წელს ჰოლანდიელმა მიკრობიოლოგმა მარტინეს ბეიერინკმა ჩაატარა ექსპერიმენტები და დაადგინა, რომ ეს მიკრობი, ბაქტერიებისგან განსხვავებით, არ მრავლდებოდა საკვებ არეზე. ბეიერინკმა, საკუთარი და ივანოვსკის კვლევების საფუძველზე, დაასკვნა, რომ თამბაქოს მოზაიკას იწვევდა უმცირესი ნაწილაკები და მათ „შხამი“ უწოდა. თამბაქოს მოზაიკის გამომწვევი მიკრობი პირველად მხოლოდ 1939 წელს ნახეს ელექტრონული მიკროსკოპით, იქამდე კი მათი შესწავლა და შეფასება მხოლოდ არაპირდაპირი მეთოდებით ხდებოდა.



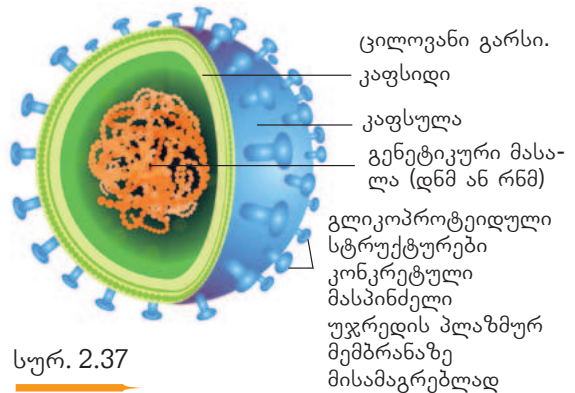
თამბაქოს მოზაიკის ვირუსით დაავადებული ფოთლი



ვირუსების სტრუქტურა და გამრავლება

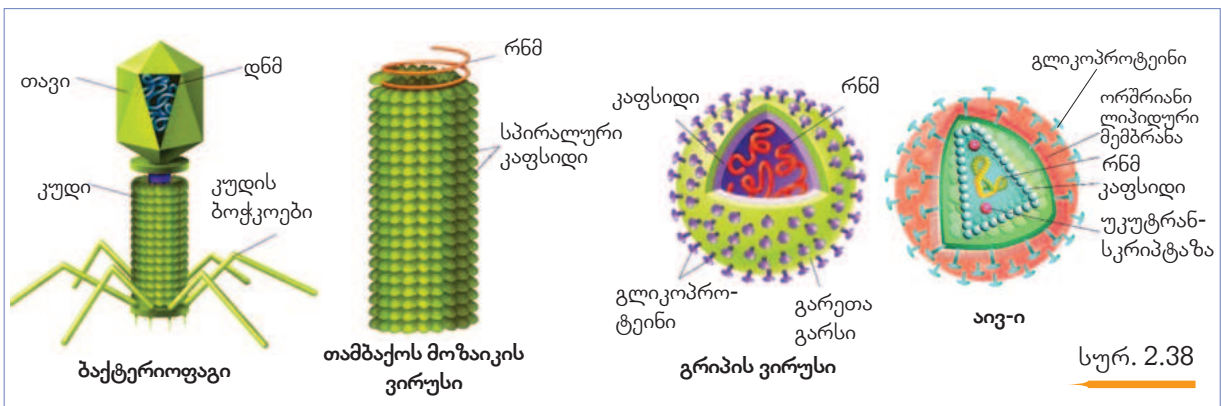
ვირუსები განსხვავებული ფორმისა და ზომისაა, მაგრამ ყველა მათგანს აქვს გენეტიკური მასალა, რომელიც გარშემორტყმულია ცილოვანი გარსით – კაფსიდით (სურ. 2.37). კაფსიდებს ქმნის სხვადასხვა ცილა, ამიტომ ვირუსების კაფსიდებს აქვთ განსხვავებული ფორმა. ზოგიერთ ვირუსს დამატებითი ლიპოპროტეიდული გარსიც აქვს და კაფსულას წარმოქმნის. პროკარიოტებისა და ეუკარიოტებისგან განსხვავებით, რომლებშიც დნმ არის ძირითადი გენეტიკური მასალა, ვირუსებში გენეტიკური მასალა წარმოდგენილია დნმ-ის (მაგ., ბაქტერიოფაგში) ან რნმ-ის სახით (მაგ., თამბაქოს მოზაიკის ვირუსი, აივ); ვირუსი ერთდროულად ორივე სახეობის ნუკლეინის მჟავას არ შეიცავს (სურ. 2. 38).

ვირუსის სტრუქტურა



სურ. 2.37

როგორც უკვე იცით, ყველა ცოცხალ ორგანიზმს აქვს ისეთი საერთო თვისებები, როგორცაა, მაგალითად, გარემოსთან ნივ-



თიერებათა და ენერგიის ცვლა, ზრდა-განვითარება, გამრავლება, გალიზიანებადობა – რეაგირება გარემოზე, მემკვიდრეობითობა (შეიცავენ გენეტიკურ მასალას) და სხვ. ისეთი პროკარიოტები, როგორიცაა ბაქტერიები, ნამდვილად მიეკუთვნებიან ცოცხალ ორგანიზმებს, რადგან მათ აქვთ ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა სასიცოცხლო თვისება. მაგრამ არიან თუ არა ვირუსები ცოცხალი ორგანიზმები? ვირუსები რეაგირებენ გარემოს ცვლილებაზე, მათ აქვთ გენები და შეუძლიათ გამრავლება. თუმცა, უჯრედული აგებულების ორგანიზმებისგან განსხვავ-

ებით, ვირუსებს ცოცხალი უჯრედის გარეშე გამრავლება არ შეუძლიათ. ისინი იყენებენ უჯრედის ნივთიერებებსა და სტრუქტურებს გამრავლებისთვის, ამდენად, ყველა ვირუსი პარაზიტია. ვირუსის გენეტიკური მასალა ახალი ვირუსების ასლების წარმოსაქმნელად საჭირო ინფორმაციას შეიცავს. მისი გენეტიკური მასალა მასპინძელ უჯრედს აიძულებს ვირუსის ასლების წარმოქმნას (სურ. 2.39). მიუხედავად იმისა, რომ ვირუსებს აქვთ ცოცხალისთვის დამახასიათებელი ზოგიერთი თვისება, მას ვერ მიუჩინეს ადგილი ბიოლოგიური კლასიფიკაციის სისტემაში.

სურ. 2.39

ვირუსის გამრავლების შემდეგ მასპინძელი უჯრედი იშლება

1. ვირუსი ემაგრება შერჩეული მასპინძელი უჯრედის პლაზმურ მემბრანას.

ვირუსი მასპინძელ უჯრედს ცნობს მისი პლაზმური მემბრანის ზედაპირზე არსებული ცილოვანი რეცეპტორების მიხედვით. მაგალითად, გრძის ვირუსები, ირჩევენ უჯრედებს, რომელთაც ამოფენილია ადამიანის სასუნთქი გზები.

თუ ვირუსის გენეტიკურ მასალას წარმოადგენს რნმ და არა დნმ, მისი რნმ-ის მიხედვით ხდება უკუტრანსკრიპცია, ანუ დნმ-ის სინთეზი და მხოლოდ ამის შემდეგ ჩაერთვება მასპინძლის გენეტიკურ მასალაში.

2. ვირუსის გენები შეაღწევენ მასპინძელ უჯრედში და ჩაერთვებიან მასპინძლის გენეტიკურ მასალაში.

3. ვირუსი მასპინძელი უჯრედის რესურსებს იყენებს ტრანსკრიფციისთვის – ვირუსის მ-რნმ-ის სინთეზისთვის.

4. მასპინძელი უჯრედის რიბოსომები კითხულობენ ვირუსის მ-რნმ-ს და სინთეზირდება ვირუსის გარსის ცილის მრავალი ასლი.

5. ვირუსი მასპინძელი უჯრედის რესურსებს იყენებს რეპლიკაციისთვის – ვირუსის გენების მრავალი ასლის შესაქმნელად.

6. მასპინძლის უჯრედში ვირუსის ასლები წარმოიქმნება.

7. მასპინძელი უჯრედი იშლება და გარემოში გამოიყოფა მრავალი ახალი ვირუსი. მათ შეუძლიათ სხვა მასპინძელი უჯრედის დაინფიცირება.

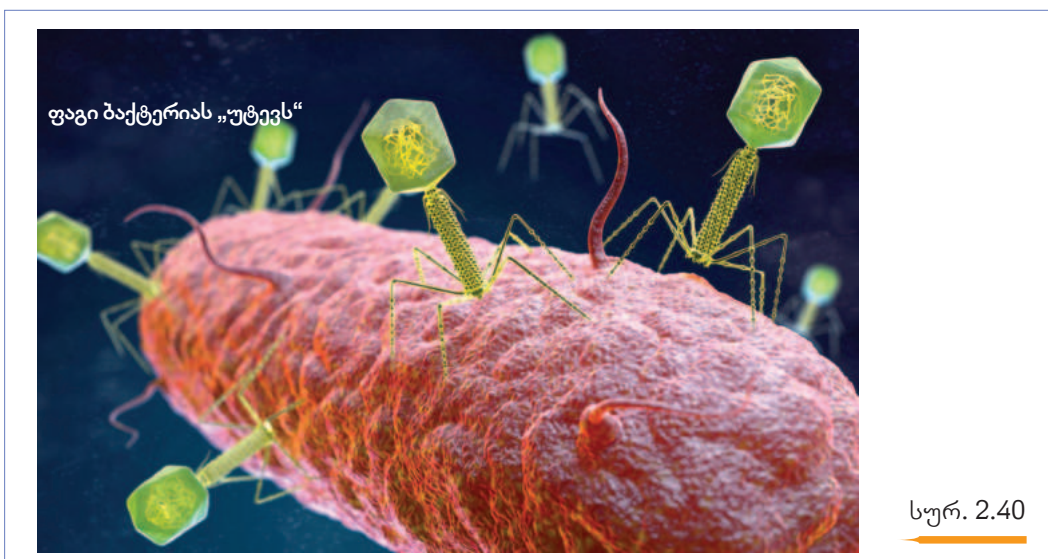
მასპინძლის დაზიანებული უჯრედები აღიზიანებენ ცხვირისა და ხორხის ლორწოვან გარსს; ეს იწვევს ცემინებასა და სხვა სიმპტომებს.

რეპლიკაციის ეტაპზე ხდება მუტაციები, რომლის შედეგად ჩნდება ვირუსების ახალი შტამი, რომლებზეც ველარ მოქმედებს ორგანიზმის იმუნური სისტემა.

ზოგიერთი ვირუსის მასპინძელი ბაქტერიაა. ვირუსით დაავადებული ბაქტერია კვდება, ამიტომ ასეთ ვირუსს ბაქტერიის მშთანთქმელებს – **ბაქტერიოფაგებს** ან უბრალოდ **ფაგებს** უწოდებენ. ფაგის პირველი ფოტო

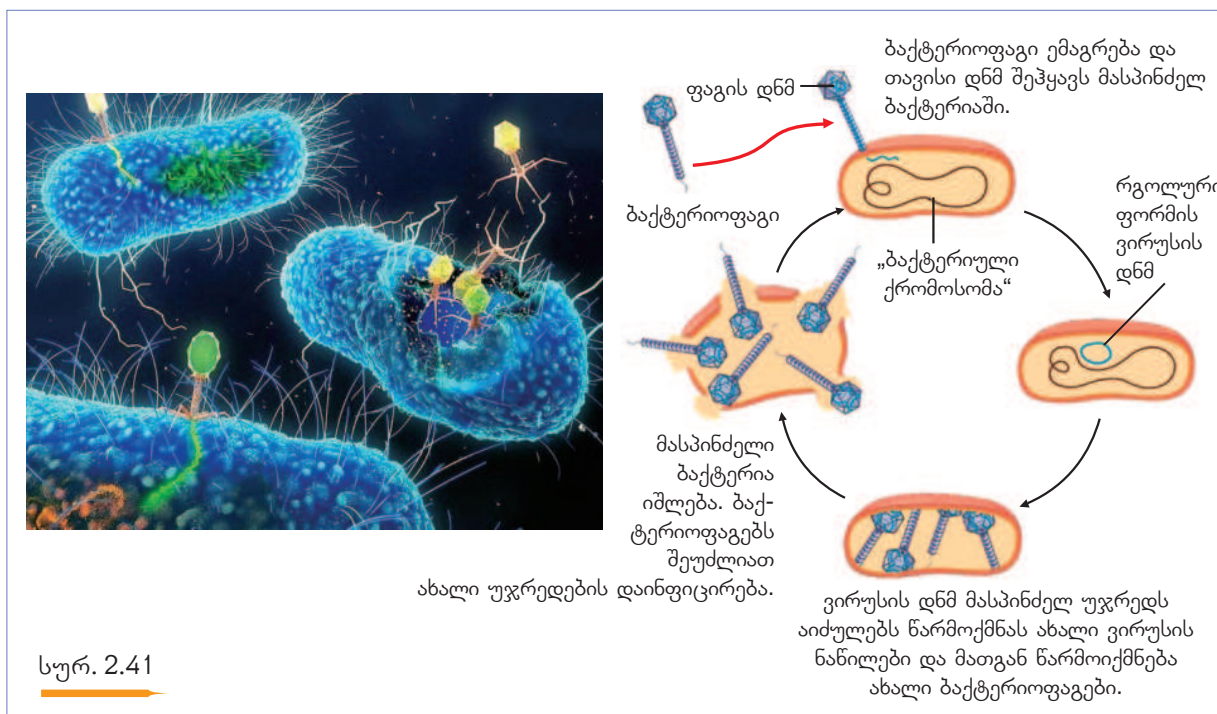
ელექტრონული მიკროსკოპით 1940 წელს გადაიღეს.

კარგადაა შესწავლილი ნაწლავის ჩხირის (*Escherichia coli*) ბაქტერიოფაგი – T-ბაქტერიოფაგი (სურ. 2.40).

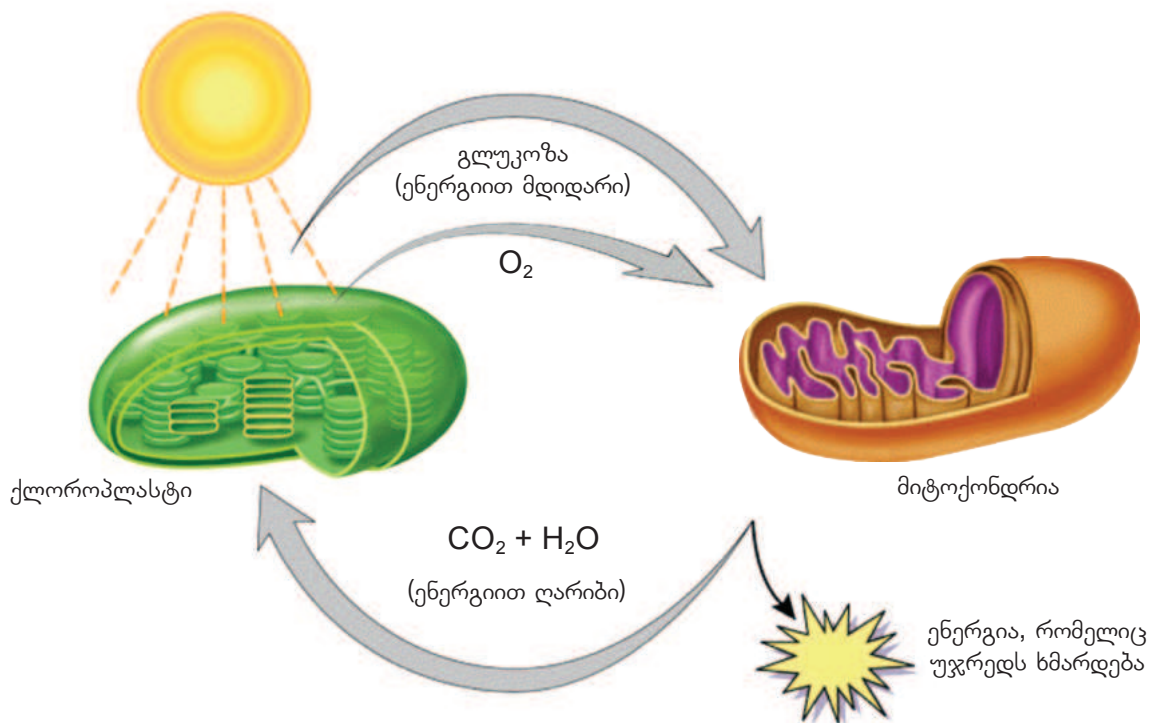


კუდის ბოჭკოებით ფაგი ემაგრება ბაქტერიას. მიმაგრების შემდეგ ბაქტერიოფაგის კუდი გამოყოფს ფერმენტს, რომელიც შლის ბაქტერიის კედელს. ამის შემდეგ კუდის გარსი იკუმშება და ფაგის დნმ შედის მასპინძლის უჯრედში. იგი იყენებს მასპინძელი უჯრედის რესურსებს და წარმოიქმნება ფაგის უამრავი

ასლი (სურ. 2.41). ბაქტერიოფაგები დედამიწაზე ყველაზე გავრცელებული მიკრობები და ბაქტერიების ბუნებრივი მტრები არიან. ფაგები დედამიწაზე ბაქტერიული ბალანსის დაცვის ფუნქციას მილიარდობით წელია ასრულებენ.



თემა 3. უჯრედული მეტაბოლიზმი



ყველა ორგანიზმის უჯრედი – ბაქტერიებიდან დაწყებული ადამიანებამდე – სასიცოცხლო პროცესების წარმართვისთვის საჭიროებს ქიმიურ ენერგიას. ზოგიერთი ორგანიზმი, როგორიცაა წყალმცენარეები და მცენარეები, მზის ენერგიას შთანთქავენ და ენერგიის ნაწილს ნახშირწყლებში აგროვებენ – სინათლის ენერგიას ქიმიურ ენერგიად გარდაქმნიან. უჯრედები გლუკოზას შლიან, რომ მიიღონ სასარგებლო ქიმიური ენერგია თავიანთი სასიცოცხლო ფუნქციების შესრულებისთვის. ამრიგად, ნახშირწყლების მწარმოებელი – ავტოტროფი – ორგანიზმების გარეშე დედამიწაზე სიცოცხლე ვერ იარსებებდა.

3.1.

ნივთიერებათა ცვლა და ენერგიის გარდაქმნა უჯრედში



კავშირი ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლას შორის

უჯრედში მიმდინარეობს უამრავი სახის ბიოქიმიური რეაქცია, რომელზედაც დამოკიდებულია უჯრედის ფუნქციონირება. ეს ბიოქიმიური რეაქციები შეიძლება ორ ჯგუფში გაერთიანდეს: ბიოსინთეზის რეაქციები – **ასიმილაცია**, ანუ **ანაბოლიზმი და დისიმილაცია**, ანუ **კატაბოლიზმი** (სურ. 3.1). ასიმილაციის დროს მარტივი ნივთიერებებისგან უფრო რთული ნივთიერებები სინთეზირდება. იგი ენდოთერმული პროცესია – ენერგიის ხარჯვით მიმდინარეობს. ანაბოლიზმის პროდუქტებს უჯრედი იყენებს სტრუქტურების განახლებისა და აღდგენისთვის, ახალი უჯრედების წარმოქმნისა და ზრდისთვის. ამიტომ ასიმილაციას, ანუ ანაბოლიზმს **პლასტიკურ**

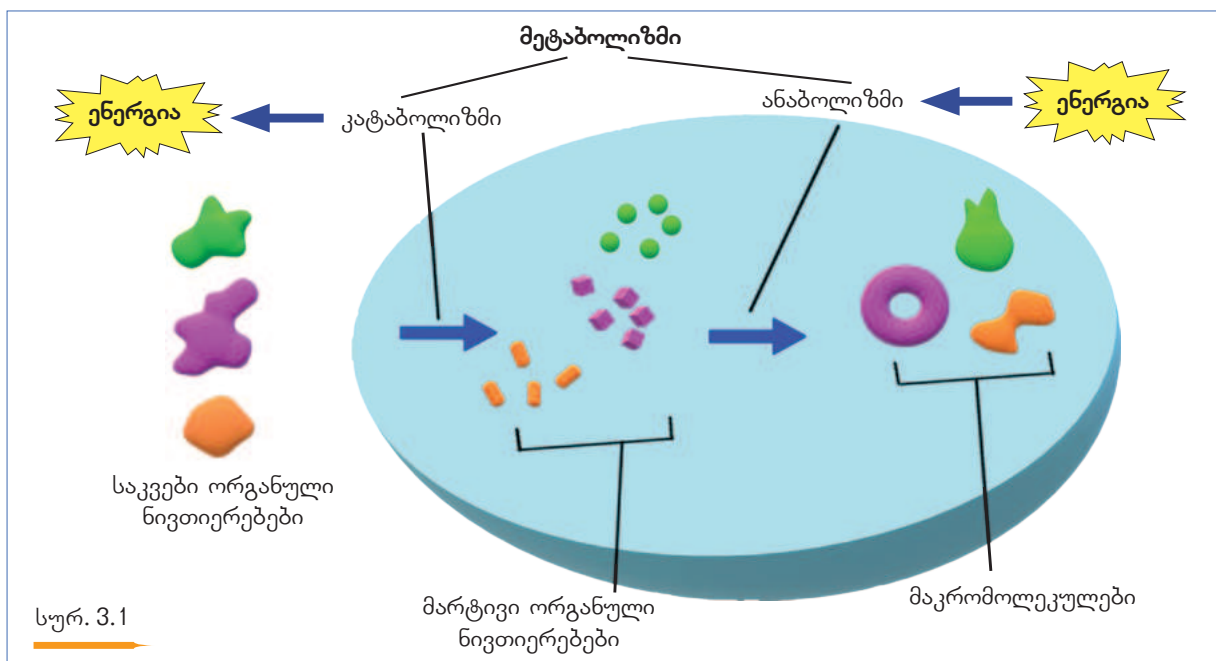
ცვლასაც უწოდებენ. ანაბოლიზმის სანინაღმდეგო პროცესია **დისიმილაცია**, ანუ **კატაბოლიზმი**, რომლის დროსაც რთული ორგანული ნივთიერებები იშლება მარტივ ნივთიერებად და ენერგია გამოიყოფა. ამიტომ კატაბოლიზმს **ენერგეტიკულ ცვლასაც** უწოდებენ.



კავშირი ფიზიკასთან

თერმოდინამიკის კანონები

პირველი კანონი: ენერგია არც იქმნება და არც ქრება. იგი მხოლოდ ერთი ფორმიდან მეორეში გარდაიქმნება, ან ერთი ობიექტიდან მეორეს გადაეცემა. **მეორე კანონი:** ენერგიის ერთი ფორმიდან მეორეში გარდაქმნის დროს ადგილი აქვს ენერგიის ნაწილის უსარგებლო ფორმის (ძირითადად, სითბოს) სახით დაკარგვას.



სურ. 3.1

ამრიგად, კატაბოლიზმი ეგზოთერმული პროცესია და იგი უჯრედს უზრუნველყოფს ენერგიით, რომელსაც სასიცოცხლო ფუნქციების განსახორციელებლად იყენებს. მაგალითად, კუნთის ბოჭკოებში ეს ენერგია მექანიკურ ენერგიად გარდაიქმნება, ნერვულ უჯრედებში – ელექტრულ ენერგიად, ციცინათელას ზოგიერთ უჯრედში – სინათლის ენერგიად. ენერგიის ერთი სახის მეორე სახის ენერგიად გარდაქმნის დროს ენერგიის

ნაწილი უსარგებლოდ, ძირითადად, სითბოს სახით იფანტება. ე.ი. ცოცხალი სისტემები თერმოდინამიკის კანონებს ემორჩილება.

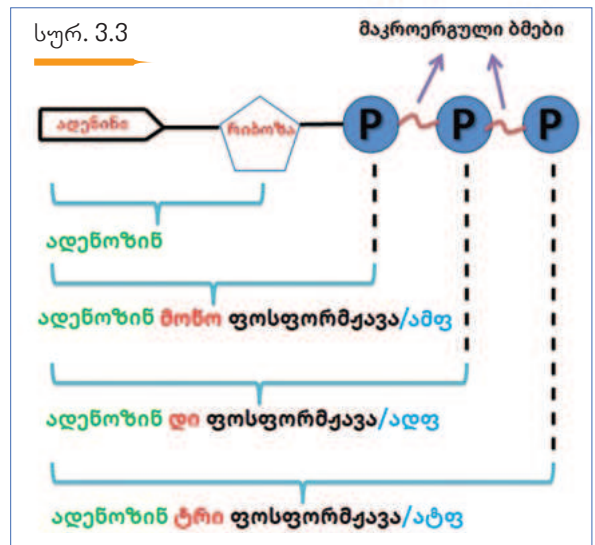
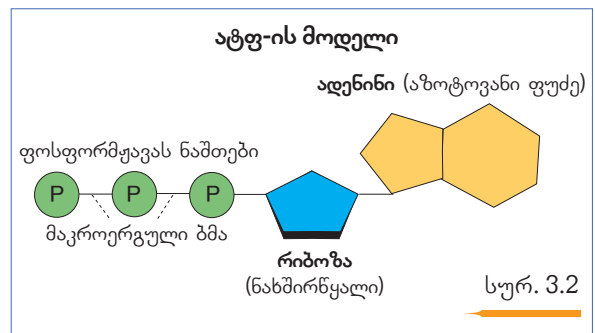
ანაბოლიზმისა და კატაბოლიზმის პროცესების ერთობლიობას **მეტაბოლიზმი** ეწოდება (სურ. 3.1). კატაბოლიზმის მაგალითებია გლიკოგენისა და სახამებლის დაშლა გლუკოზად, გლუკოზის დაშლა ნახშირორჟანგად და წყლად, ცილების დაშლა ამინომჟავებად და სხვ. უჯრედს სიცოცხლისათვის ესაჭიროე-

ბა ბიოპოლიმერები: ცილები, ნახშირწყლები, ნუკლეინის მჟავები. უჯრედში მათი წარმოქმნა ანაბოლიზმის/პლასტიკური ცვლის მაგალითია.

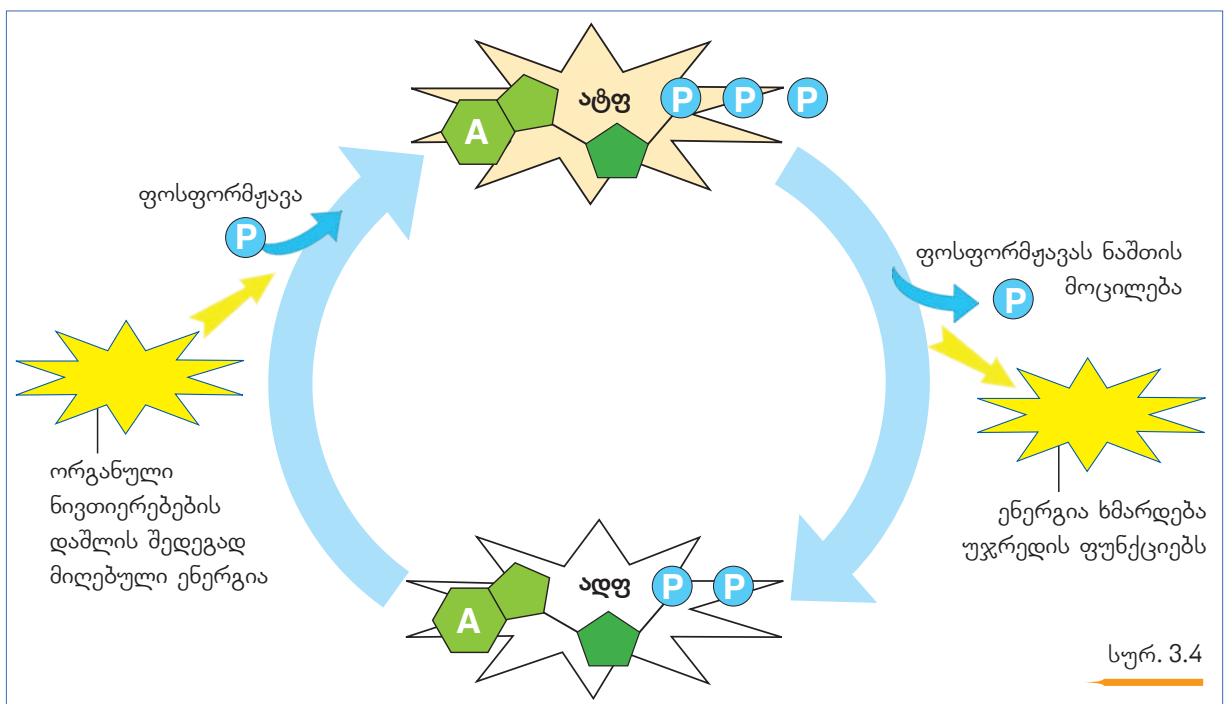
ადენოზინტრიფოსფორმჟავა

პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლა ურთიერთსაინანდმდგო პროცესია, მაგრამ ერთმანეთთან დაკავშირებულია და ერთმანეთს განაპირობებს. ადენოზინტრიფოსფორმჟავა/ატფ წარმოადგენს შუალედურ რგოლს ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლას შორის. ენერგეტიკული ცვლის დროს გამოთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე ატფ სინთეზირდება, რომელიც პლასტიკურ ცვლაზე იხარჯება.

ატფ ენერგიით მდიდარი ნუკლეოტიდია. მისი მოლეკულა შედგება აზოტოვანი ფუძე ადენინისაგან, ნახშირწყალ რიბოზასა და 3 ფოსფორმჟავას ნაშთისაგან. ამიტომაც ჰქვია ატფ-ს ადენოზინტრიფოსფორმჟავა/ადენოზინტრიფოსფატი (სურ.3.2). ფოსფატის ჯგუფები ერთმანეთს უკავშირდება ენერგიით მდიდარი — მაკროერგული ბმით. ატფ-ის ჰიდროლიზის დროს ბმა წყდება და ერთი ფოსფორმჟავას ნაშთი მოსცილდება, ის გარდაიქმნება ადენოზინდიფოსფორმჟავად (ადფ), თუ ორი ფოსფორმჟავას ნაშთი მოსცილდება



– ადენოზინმონოფოსფორმჟავად (სურ. 3.3). ბმის განწყვეტას თან ახლავს 40 კჯ ენერგიის გამოყოფა. უჯრედი ამ ენერგიას იყენებს სასიცოცხლო პროცესებისთვის.

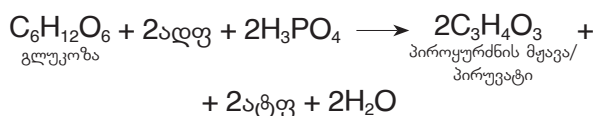


უჯრედს მუდმივად სჭირდება ენერგია, მას ყოველთვის უნდა ჰქონდეს ატფ-ის გარკვეული მარაგი. ამისთვის აუცილებელია ატფ-ის აღდგენა ადფ-დან. ატფ-ის აღსადგენად ადფ-ს უნდა მიუერთდეს ფოსფორმჟავას მოლეკულა (სურ. 3.4). ატფ-ის სინთეზისა-

3.2.

უჯრედში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს პროცესები, რომელიც ენერგიას მოითხოვს. უჯრედს ენერგიით უზრუნველყოფს მეტაბოლური პროცესი – დისიმილაცია, ანუ ენერგეტიკული ცვლა. ენერგეტიკული ცვლა ორგანიზმში სამ ეტაპად მიმდინარეობს.

პროცესია. თითოეულ რეაქციას განსაკუთრებული (სპეციფიკური) ფერმენტი აკატალიზებს. საბოლოოდ, ერთი მოლეკულა გლუკოზის ანაერობული დაჟანგვის შედეგად ორი მოლეკულა პიროყუძნის მჟავა/პირუვატი წარმოიქმნება. დაჟანგვის შედეგად გამოთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე ორი მოლეკულა ატფ სინთეზირდება, დანარჩენი ენერგია სითბოს სახით იფანტება (60% სითბოს სახით იფანტება, 40% ატფ-ში გროვდება).



II და III ეტაპებზე ორგანული ნივთიერებების **ბიოლოგიური დაჟანგვა** ხდება. ეს პროცესი გლუეოზის დაჟანგვის მაგალითზე განვიხილოთ, რადგან იგი წარმოადგენს ენერგიის ძირითად წყაროს.

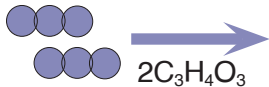
უფრედული სუნთქვა მიმდინარეობს ორ ეტაპად: კრებვის ციკლი მიტოქონდრიის მატ-რიქსში და ჟანგვითი ფოსფორილირება კრის-ტიბზე.

72

სურ. 3.5

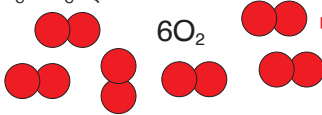
ეტაპი 1: კრეზის ციკლი

- 1 გლიკოლიზის შედეგად წარმოქმნილი სამნახშირბადიანი პირუვატის მოლეკულები შედიან მიტოქონდრიაში



**ეტაპი 2: ჟანგვითი ფოსფორილირება –
კრისტების მემბრანებზე მიმდინარე
პროცესები**

3. ჟანგბადის მოლეკულები ელექტრონთ-გადამტანებიდან იკავშირებს ელექტრონებსა და წყალბადის იონებს, წარმოიქმნება წყალი



მატრიქსში მიმდინარე
რეაქციები



შიდა მემბრანები

အတိအကျ



- 2 მიიღება ენერგიით მდიდარი ნივთიერებები, რომელთაც ელექტრონები და წყალბადის პროტონები (წყალბადის ატომების სახით) გადააქვთ მე-2 ეტაპზე

အပို



- 4 სინთეზირდება ატფ, გამოიყოფა სითბო და წყალი

მოლეკულა მიტოქონდრიის მატრიცაში ფერმენტების გავლენით განიცდის საფეხურებრივ ცვლილებებს და თანდათან იშლება, კარგავს ნახშირბადს და მისგან წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი (როგორც გვერდითი პროდუქტი) და გარემოში გამოიყოფა (ორი მოლეკულა პირუვატიდან 6CO_2), სინთეზირდება მცირე რაოდენობით ატფ. ასევე, კრებსის ციკლში ორგანული ნივთიერება კარგავს ელექტრონებს. ენერგიით მდიდარი თითოეული ელე-

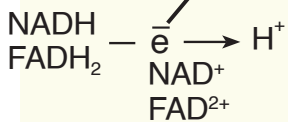
ქტრონი მოძრაობს წყალბადის პროტონთან ერთად (ანუ წყალბადის ატომის სახით), მათ იკავშირებს კოფერმენტები, რომლებიც დაჟანგული სახით არის – NAD^+ (ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდი) და FAD^{2+} (ფლავინადენინდინუკლეოტიდი), ისინი აღდგებიან NADH -ად და FADH_2 -ად, მიიღება ენერგიით მდიდარი ნივთიერებები. აღდგენილი კოფერმენტები ჩაერთვებიან ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესში (სურ. 3.6).

მემბრანათაშორისი
სივრცე

- 2 წყალბადის იონები
ტრანსპორტირდება
მემბრანის ერთ მხარეს

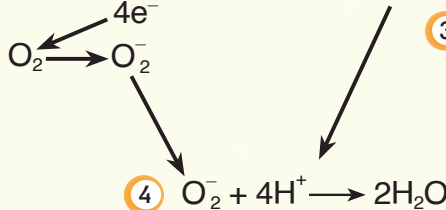
სატრანსპორტო ცილა

სტრატეგია



- 1** ელექტრონებს მიიერთებს
ელექტრონგადამტანი და
გადააქვს მემბრანაში

მატრიქსი



3 H^+ -ის დიფუზიის
შედეგად გამოყოფილი
ენერგია გამოიყენება
ატფ-ის სინთეზისთვის

— **ა(ზ)ფ-სინთაზა**



၁၆၆

სურ. 3.6

1. კოფერმენტები როგორც ადვილად აღდგებიან, ისევე ადვილად იჟანგებიან: აღდგენილი კოფერმენტები NADH და FADH₂ ელექტრონებს გადასცემენ მიტოქონდრიის კრისტების მემბრანაში ჩაშენებულ ელექტრონგადამტან ცილებს და ელექტრონები ჩაერთვება ელექტრონების გადამტან ჯაჭვში, გამოთავისუფლდება წყალბადის იონები.

2. ელექტრონის ერთი ელექტრონგადამტანიდან მეორეზე გადაცემის დროს გამოთავისუფლებული ენერგია ხმარდება H⁺-იონების აქტიურ ტრანსპორტს, კერძოდ, H⁺-იონები, კრისტების მემბრანის გავლით, გროვდება მიტოქონდრიის მემბრანათაშორის სივრცეში და წარმოიქმნება ქემიოსმოსური გრადიენტი.

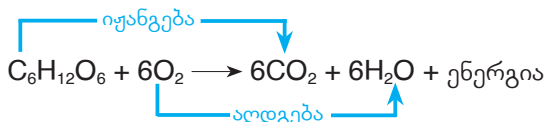
3. იქმნება წყალბადის იონების მაღალი კონცენტრაცია მემბრანის ერთ მხარეს და კრიტიკული დონის მიღწევის შემდეგ დაიწყება H⁺-ის დიფუზია კრისტების მეორე მხარეს (მატრიქსში). კრისტების მემბრანაში ჩაშენებულია ატფ-სინთაზა, რომელიც ასრულებს სატრანსპორტო და კატალიზურ ფუნქციებს. ატფ-სინთაზას მოლეკულის არხი იხსნება და იგი მონაწილეობს H⁺-ის გაადვილებულ დიფუზიაში. H⁺-ის დიფუზია ერთბაშად და სწრაფად ხდება, ამიტომ მას თან ახლავს დიდი რაოდენობის ენერგიის გამოყოფა. ამ პროცესს ქემიოსმოსი ეწოდება. ეს ენერგია გამოიყენება ადფ-დან ატფ-ის აღსადგენად ატფ-სინთაზას, როგორც ფერმენტის, მონაწილეობით. ჟანგვითი ფოსფორირების ეტაპზე დიდი რაოდენობის ატფ სინთეზირდება.

4. რა როლი აკისრია ჟანგბადს? უჯრედში შესვლისას ჟანგბადი ტრანსპორტირდება მიტოქონდრიაში, ჟანგბადი ელექტრონგადამტანებიდან შეიერთებს ელექტრონებს და გადაიქცევა ჟანგბადის უარყოფითად დამუხტულ იონად – წარმოიქმნება ჟანგბადის აქტიური ფორმა.

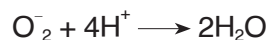


კავშირი ქიმიასთან

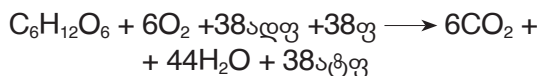
ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები არის ისეთი ტიპის რეაქციები, რომლის დროსაც ერთი რეაგენტი გაცემს ელექტრონებს და იჟანგება, ხოლო მეორე – იღებს და აღდგება. ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციის ტიპია უჯრედული სუნთქვა:



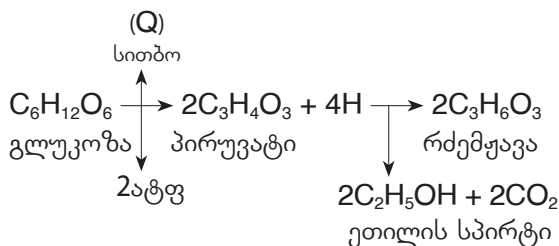
ჟანგბადთან ელექტრონების მიერთება ათავისუფლებს ელექტრონების გადამტან ჯაჭვს ელექტრონებისაგან. ამგვარად, ჯაჭვი თავისუფლდება კოფერმენტებიდან ახალი ელექტრონების მისაღებად, რაც წყალბადის იონების წარმოქმნის პროცესის უწყვეტობას უწყობს ხელს. როდესაც წყალბადის იონი გაივლის ატფ-სინთაზას, ის შეუერთდება ჟანგბადის იონს და წარმოიქმნება წყალი:



გლიკოლიზისა და აერობული სუნთქვის პროცესების შემაჯამებელი ქიმიური რეაქციის ფორმულაა:



თუ უჯრედს არასაკმარისი რაოდენობით მიეწოდება ჟანგბადი, მაშინ მიმდინარეობს დულილის/ფერმენტაციის პროცესები: მაგალითად, პირუვატი გარდაიქმნება ეთანოლად-სპირტული დულილი მცენარეულ უჯრედსა და ზოგიერთ საფუარში (საფუარი ფაკულტატიური ანერობია), ან რძისმჟავად – რძემჟავა დულილის ბაქტერიებსა და კუნთების უჯრედებში (თუმცა მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ პირუვატიდან რძემჟავა ჩონჩხის ე.წ. თეთრი კუნთების ბოჭკოებში წარმოიქმნება ჟანგბადიან გარემოშიც კი, ამიტომ კუნთებში მიმდინარე ამ პროცესს არ უწოდებენ დულილის პროცესს, არამედ თვლიან ამ უჯრედებში გლიკოლიზის განსაკუთრებულ ფორმად. ასევე, მეცნიერები დღეს თვლიან, რომ კუნთების ტკივილს იწვევს გაუფარჯიშებელი კუნთების მოულოდნელი დატვირთვის შედეგად კუნთოვანი ბოჭკოების დაზიანება).



უშუალოდ ფერმენტაციის პროცესში ატფ-ის სინთეზი არ ხდება, მაგრამ რადგან გლიკოლიზის პროცესში 2 მოლეკულა ატფ სინთეზირდება და ფერმენტაცია არის უჟანგბადო გარემოში გლიკოლიზის პროცესის გაგრძელება, ფერმენტაციის საბოლოო შედეგი ამ კუთხით არის ატფ-ის 2 მოლეკულა. ენერ-

ცხრილი 3.1. ენერგეტიკული ცვლა					
ენერგეტიკული ცვლის ეტაპები	სად მიმდინარეობს	საწყისი ნივთიერება	დაშლის პროდუქტი	რა სახის ენერგია გამოიყოფა	ატფ-ის რამდენი მოლეკულა წარმოიქმნება
მოსამზადებელი ეტაპი	უჯრედში ან უჯრედგარეთ, მაგ., საჭმლის მომწელებელ არხში, ორგანიზმის გარეთ	მაგ., სახამებელი, ცილები, ცხიმები, ნუკლეინის მჟავები	გლუკოზა, ამინომჟავები, ცხიმოვანი მჟავა და გლიცერინი, ნუკლეოტიდები	სითბური	არცერთი
გლიკოლიზი	ყველა ტიპის უჯრედში, კერძოდ, ციტოზოლში	გლუკოზა	2 მოლეკულა პირუვატი	სითბური და ქიმიური, რომელიც ატფ-ში გროვდება	2 მოლეკულა
აერობული სუნთქვა	ეუკარიოტებში მიტოქონდრიაში, პროკარიოტებში მეზოსომის მემბრანებზე	2 მოლეკულა პირუვატი	ნახშირორჟანგი და წყალი	სითბური და ქიმიური, რომელიც ატფ-ში გროვდება	36 მოლეკულა
რძემჟავა დუღილი	რძემჟავა დუღილის ბაქტერიების, კუნთოვანი უჯრედების ციტოზოლში	2 მოლეკულა პირუვატი და წყალბადის ატომები	2 მოლეკულა რძემჟავა	სითბური	არცერთი
სპირტული დუღილი	მცენარისა და საფუარას უჯრედების ციტოზოლში	2 მოლეკულა პირუვატი და წყალბადის ატომები	2 მოლეკულა ეთილის სპირტი და 2 მოლეკულა ნახშირორჟანგი	სითბური	არცერთი

გეტიკული ცვლა შეჯამებული სახით იხილეთ ცხრილში 3.1.

ჟანგბადიან დაშლას ხშირად წვას ადარებენ ხოლმე, რადგან ორივე პროცესში ერთ-ვესა გარკვეული ორგანული ნივთიერება, რომელიც იჟანგება ჟანგბადით, ხოლო საბოლოო პროდუქტია წყალი და ნახშირორჟანგი. ორივე შემთხვევაში ენერგია გამოიყოფა. აერობული სუნთქვის დროს გამოყოფილი ენერგია ხმარდება უჯრედის ტემპერატურის შენარჩუნებას – ორგანიზმის გათბობას, ნაწილი ენერგიისა გარემოში გამოიყოფა, მაგრამ

ენერგიის დიდი ნაწილი ატფ-ში გროვდება. წვის დროს კი ენერგია მხოლოდ სითბოს სახით იფანტება. თუმცა ადამიანს შეუძლია ამ ენერგიის გამოყენება რალაც სამუშაოს შესასრულებლად. მაგალითად, შეშის, ნახშირის, აირების წვის ენერგია გამოიყენება ძრავების ასამუშავებლად, გასათბობად და სხვ. გარდა ამისა, აერობული სუნთქვა დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, რადგან იგი ფერმენტული პროცესია. წვა მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, ამიტომ ეს პროცესი გარედან ენერგიის მიწოდებას საჭიროებს.



რა სიმპტომები შეიძლება იყოს დამახასიათებელი მემკვიდრული მიტოქონდრიული დაავადებებისთვის? მიტოქონდრიული დაავადებები თანდაყოლილია, რომლებიც შესაძლოა გამოვლინდეს დაბადებისთანავე ან მოგვიანებით, ნებისმიერ ასაკში. ამ დაავადებებს მიტოქონდრიის დნმ-ის გენებში საზიანო მუტაციები იწვევს. მიტოქონდრიული მუტაციები გადაეცემა დედის და, იშვიათად, მამის ხაზით. მიტოქონდრიული დნმ-ის მუტაციამ შეიძლება გამოიწვიოს პრობლემები უჯრედულ სუნთქვაში ჩართული ფერმენტების არარსებობის ან დაზიანების გამო. ეს დაზიანება იწვევს უჯრედების ატფ-ით მომარაგების შემცირებას, რომელიც იწვევს სხეულის სისტემების არასრულფასოვან მუშაობას. მიტოქონდრიული დაავადებები შესაძლოა გამოიხატოს ისეთი სიმპტომებით, როგორიცაა ფიზიკური, გონებრივი განვითარების შეფერხება, წონის დეფიციტი, სისუსტე, ადვილად დაღლა, კუნთების სისუსტე და ტკივილი, დასწავლის პრობლემები, ინფექციებისადმი გაზრდილი რისკი და სხვ. ამჟამად მიმდინარეობს კვლევა მიტოქონდრიული დაავადებების სამკურნალო მეთოდების დასამუშავებლად. ერთ-ერთი მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: ჯანმრთელი ქალის კვერცხ-უჯრედში, რომელსაც მოცილებული აქვს საკუთარი ბირთვი, ჩანერგავენ მიტოქონდრიული დაავადე-



ბებით დაავადებული ქალის კვერცხუჯრედის ბირთვს; შემდეგ კვერცხუჯრედი შეიძლება განაყოფიერდეს პაციენტის პარტნიორის სპერმით ინ ვიტრო, რაც ქალს ჯანმრთელი შვილის ყოლის საშუალებას აძლევს. უნდა აღინიშნოს, რომ მკურნალობის ამ მეთოდმა დაპირისპირება წარმოშვა მეცნიერებს შორის, რადგან ამ მეთოდით დაბადებული ბავშვი სამი სხვადასხვა ადამიანის დნმ-ის მატარებელი იქნება – ჯანმრთელი ქალის მიტოქონდრიის დნმ, დაავადებული ქალისა და მისი პარტნიორის ბირთვული დნმ.

ჟანგბადის აქტიური ფორმა (O_2) წარმოადგენს ჟანგბადის მაღალრეაქციულ/მაღალაქტიურ ატომებს, რომელთაც ორგანიზმის დაზიანება შეუძლიათ. ასაკთან ერთად, ორგანიზმში ჟანგბადის აქტიური ფორმის რაოდენობა იმატებს და იწვევს მდგომარეობას, რომელსაც ჟანგვითი ანუ ოქსიდაციური სტრესი ეწოდება. მეცნიერები ფიქრობენ, რომ უჯრედში აქტიური ჟანგბადის რაოდენობის მომატება შეიძლება მიტოქონდრიების რიცხვის მომატებასთან იყოს დაკავშირებული. ერთ-ერთ კვლევაში მეცნიერები შეისწავლიდნენ, ასაკი როგორ შეიძლება იყოს დაკავშირებული უჯრედში მიტოქონდრიების რაოდენობასთან. ამისთვის კვლევის შემდეგი ეტაპები შეასრულეს:

- სხვადასხვა პაციენტისგან აიღეს კუნთოვანი ქსოვილის ნიმუშები;
- რადიოაქტიური ზონდებით მონიშნეს მიტოქონდრიები;
- სპეციალური მონწყობილობით დაითვალეს მიტოქონდრიები უჯრედში.

ასაკი და მიტოქონდრიები კუნთოვანი ქსოვილის უჯრედებში		
პაციენტი	ასაკი	მიტოქონდრიის რაოდენობა ერთ კუნთოვან უჯრედში
1	47	2026
2	89	2987
3	65	2752
4	38	1989



ენერგეტიკულ ცვლაზე ორიენტირებული ამოცანების ამოხსნის მაგალითები

ამოცანა 1: დისიმილაციის — ენერგეტიკული ცვლის პროცესში მონაწილეობს 10 მოლეკულა გლუკოზა. განსაზღვრეთ ატფ-ის მოლეკულების რაოდენობა:

- 1) გლიკოლიზის შემდეგ;
- 2) აერობული ეტაპის შემდეგ;
- 3) დისიმილაციის ჯამური შედეგის გათვალისწინებით.

ამოხსნა:

- 1) რადგანაც ერთი მოლეკულა გლუკოზისგან გლიკოლიზის პროცესში სინთეზირდება 2 მოლეკულა ატფ, 10 მოლეკულა გლუკოზისგან სინთეზირდება 20 მოლეკულა ატფ.
- 2) 1 მოლეკულა გლუკოზისგან ენერგეტიკული ცვლის აერობულ ეტაპზე წარმოიქმნება 36 მოლეკულა ატფ, შესაბამისად, 10 მოლეკულა გლუკოზისგან 360 მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება.
- 3) დისიმილაციის ჯამური ეფექტი/შედეგი იქნება $20\text{ატფ} + 360\text{ატფ} = 380\text{ატფ}$.

ამოცანა 2: აერობულ ეტაპზე მონაწილეობს 6 მოლეკულა პირუვატი. განსაზღვრეთ ატფ-ის რაოდენობა ენერგეტიკული ცვლის აერობული ეტაპის შემდეგ, დისიმილაციის ჯამური ეფექტი და გლუკოზის მოლეკულების რაოდენობა, რომელიც ამ შემთხვევაში მონაწილეობს დისიმილაციის პროცესში.

ამოხსნა: რადგან აერობულ ეტაპზე მონაწილეობს 6 მოლეკულა პირუვატი, შესაბამისად, დაიშალა 3 მოლეკულა გლუკოზა (ერთი მოლეკულა გლუკოზის გლიკოლიზის პროცესში წარმოიქმნება 2 მოლეკულა პირუვატი). 3 მოლეკულა გლუკოზის გლიკოლიზის შედეგად წარმოიქმნება 6 მოლეკულა ატფ, ხოლო აერობული ეტაპის შემდეგ 108 მოლეკულა ატფ (36×3), დისიმილაციის ჯამური ეფექტი არის 114 მოლეკულა ატფ.

ამოცანა 3: ადამიანის კუნთებში დისიმილაციის პროცესში დაიშალა 7 მოლეკულა გლუკოზა, რომლიდანაც სრულ დაშლას დაექვემდებარა მხოლოდ 2 მოლეკულა. განსაზღვრეთ:

- 1) რამდენი მოლეკულა რძემჟავა წარმოიქმნება ამ დროს?
- 2) რამდენი მოლეკულა ატფ სინთეზირდება გლუკოზის სრული დაჟანგვის დროს?
- 3) რამდენი CO_2 გამოიყოფა?
- 4) რამდენი მოლეკულა ჟანგბადი დაიხარჯება გლუკოზის სრულ დაჟანგვაზე?

ამოხსნა:

ამოცანის პირობიდან გამომდინარე, 7 მოლეკულა გლუკოზიდან 2 მოლეკულა დაიჟანგა სრულად, 5 მოლეკულა კი დაექვემდებარა რძემჟავადუღილის პროცესს.

გავიხსენოთ გლუკოზის სრული დაჟანგვის რეაქციის ტოლობა:



- 1) ვიცით, რომ ერთი მოლეკულა გლუკოზისგან 2 მოლეკულა რძემჟავა წარმოიქმნება, მაშინ 5 მოლეკულა გლუკოზის რძემჟავა დუღილის პროცესში 10 მოლეკულა რძემჟავა წარმოიქმნება;
- 2) თუ ერთი მოლეკულა გლუკოზის სრული დაჟანგვის შედეგად 38 მოლეკულა ატფ, მაშინ 2 მოლეკულა გლუკოზის სრული დაჟანგვის დროს გამოიყოფა 76 ატფ-ის მოლეკულა.
- 3) თუ ერთი მოლეკულა გლუკოზის სრული დაჟანგვის შედეგად გამოიყოფა 6 მოლეკულა CO_2 , მაშინ 2 მოლეკულა გლუკოზის სრული დაჟანგვის შედეგად გამოიყოფა 12 მოლეკულა CO_2 .
- 4) თუ ერთი მოლეკულა გლუკოზის სრულ დაჟანგვაზე იხარჯება 6 მოლეკულა O_2 , მაშინ 2 მოლეკულა გლუკოზის სრული დაჟანგვაზე დაიხარჯება 12 მოლეკულა O_2 .

3.3.

დნმ-ის რეპლიკაცია

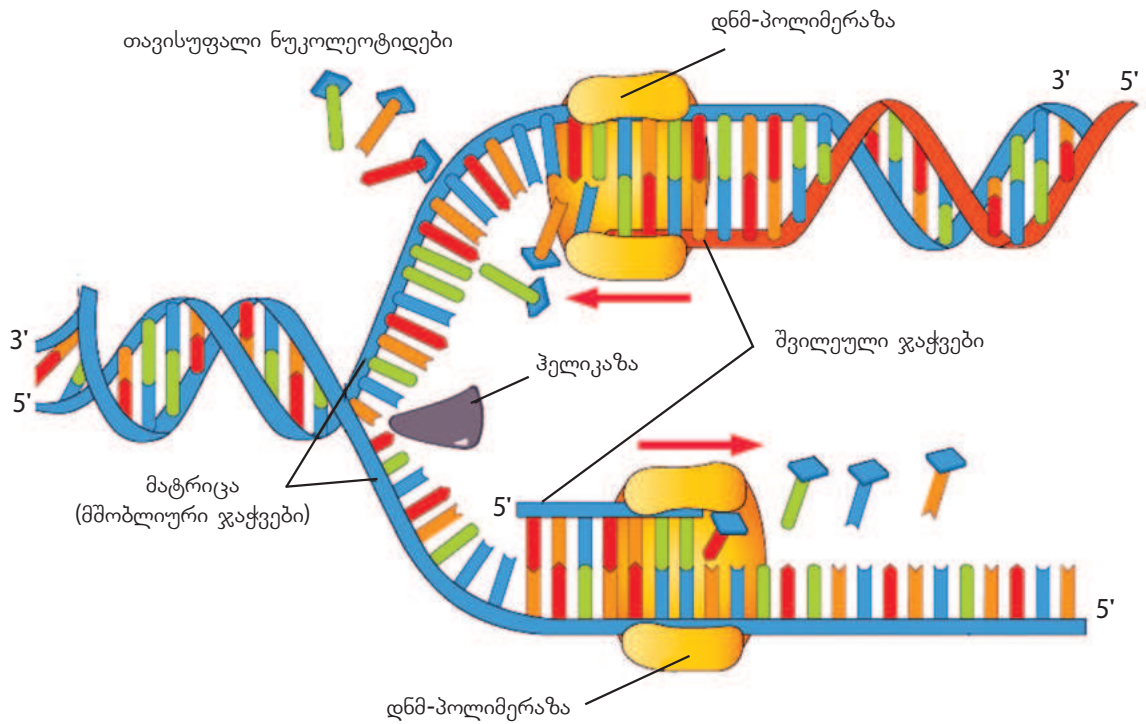
როგორც უკვე იცით, მემკვიდრული მატერიალური მასალის ფუნქცია არა მარტო მემკვიდრეობითი ინფორმაციის შენახვაა, არამედ ამ ინფორმაციის გადაცემაც. მაგალითად, უჯრედის მიტოზური გაყოფის დროს მიიღება მშობლიური უჯრედის იდენტური ორი ერთნაირი შვილეული უჯრედი. ამისათვის გაყოფას წინ უნდა უსწრებდეს მშობლიური უჯრედის ყველა კომპონენტის გაორმაგება. პირველ რიგში უნდა გაორმაგდეს მემკვიდრეობითი ინფორმაცია, რომელიც თანაბრად განაწილდება შვილეულ უჯრედებს შორის. ამიტომ, მემკვიდრულ მასალას უნდა გააჩნდეს: 1) თვითწარმოქმნის (გაორმაგების) უნარი; 2) თავისი მახასიათებლების მდგრადობის უზრუნველყოფა – მემკვიდრულმა მასალამ უნდა შეინარჩუნოს მუდმივი ორგანიზაცია.

დნმ-ს აქვს თვითწარმოქმნის/გაორმაგების უნარი, რაც დაკავშირებულია მისი მოლეკულის აგებულების თავისებურებასთან. კერძოდ, რადგან დნმ-ის მოლეკულა აგებულია ორი კომპლემენტური ჯაჭვისგან, ამიტომ დნმ-ის მოლეკულის თითოეულ ჯაჭვს უნარი შესწევს, „უხელმძღვანელოს“ თავისუფალი ნუკლეოტიდებისგან ახალი კომპლემენტური

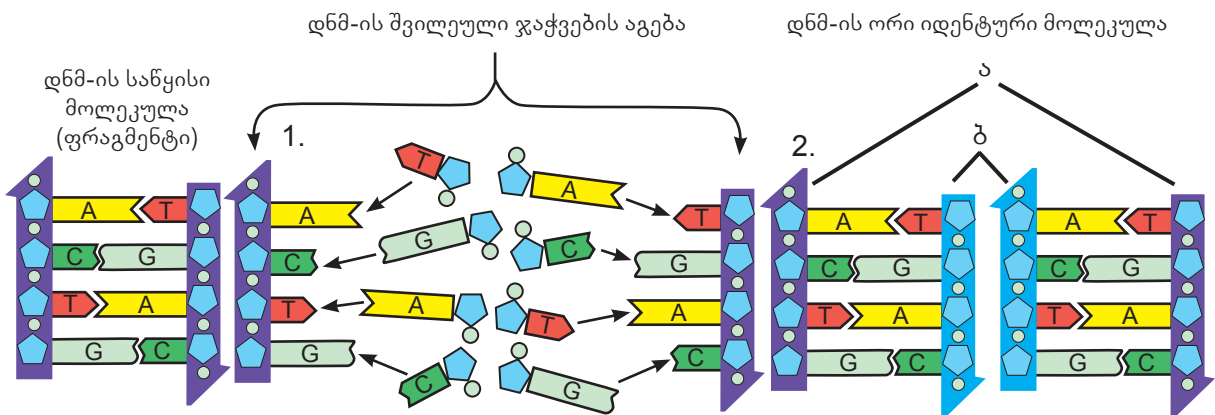
ჯაჭვის შენებას. მიიღება საწყისი მოლეკულის იდენტური ორი ახალი დნმ-ის მოლეკულა, რასაც **რეპლიკაცია** ეწოდება (სურ. 3.7). თითოეული ჯაჭვი ასრულებს ნიმუშის — მატრიცის როლს, ამიტომ **რეპლიკაციას მატრიცული სინთეზის რეაქციას** მიაკუთვნებენ. მატრიცული სინთეზის რეაქციები პლასტიკური ცვლის რეაქციების განსაკუთრებული ფორმაა. ეს რეაქციები ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს, რადგან მონომერები ერთმანეთს შემთხვევით არ უკავშირდებიან.

დნმ-ის ახალი ჯაჭვების სინთეზში მონაწილეობს ფერმენტი დნმ-პოლიმერაზა. თქვენ იცით, რომ ნივთიერებათა სინთეზის დროს ენერგია შთაინთქმება. ენდოთერმული რეაქციაა დნმ-ის რეპლიკაცია, რაზედაც ატფ-ის ენერგია იხარჯება. დნმ-ის რეპლიკაციის წარმოდგენა გამარტივებული სახით შემდეგნაირად შეიძლება: სპეციფიკური ფერმენტის (ჰელიკაზას) მეშვეობით დნმ-ის ჯაჭვებს შორის წყდება წყალბადური ბმები. ფერმენტი დნმ-პოლიმერაზა ყოველ დედისეულ ჯაჭვზე თავისუფალი ნუკლეოტიდებისგან, კომპლემენტარობის პრინციპის შესაბამისად, ასინთეზირებს შვილეულ ჯაჭვებს; დედისეული და შვილეული პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვები

დნმ-ის რეპლიკაცია



დნმ-პოლიმერაზა დნმ-ის ახალ ჯაჭვს აგებს მხოლოდ 5'-3'-ის მიმართულებით სანყისი მოლეკულის 3'-5' ჯაჭვზე, ამიტომ ახალი ჯაჭვი უწყვეტად იზრდება და მას წამყვან ჯაჭვს უწოდებენ. ხოლო სანყისი მოლეკულის 5'-3' ჯაჭვზე დნმ-პოლიმერაზა კვლავ მუშაობს 5'-3'-ის მიმართულებით და აიგება მოკლე-მოკლე ჯაჭვები. მათ უწოდებენ ოკაზაკებს, რომელთაც ერთმანეთთან ფერმენტი ლიგაზა აკავშირებს. ეს ჩამორჩენილი ჯაჭვია.



ა – სანყისი/დედისეული მოლეკულის ჯაჭვები, ბ – ახალი/შვილეული მოლეკულების ჯაჭვები.

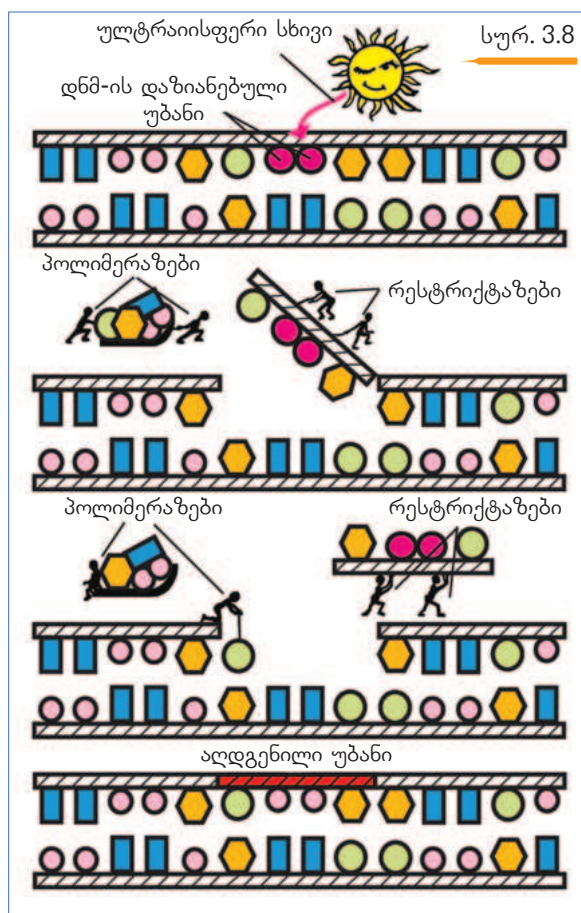
სურ. 3.7

ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდება და ურთიერთის მიმართ სპირალურად ეხვევა. წარმოიქმნება ორი იდენტური დნმ-ის მოლეკულა. დნმ-ის რეპლიკაციის ხერხს ნახევრად კონსერვატიულს უწოდებენ, ვინაიდან ყოველ ახალ მოლეკულაში ერთი ჯაჭვი დედისეულია, მეორე კი — შვილესეული.

ცოცხალ ორგანიზმებში არსებობს სხვადასხვა დამცავი მექანიზმი, რათა არ მოხდეს შეცდომა დნმ-ის რეპლიკაციის დროს. დნმ-ის დაზიანება შეიძლება გამოიწვიოს რადიაციამ, ულტრაიისფერი სხივებისა და სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერების ზემოქმედებამ. მაგალითად, ულტრაიისფერი სხივებით (სურ. 3.8) დნმ-ის დაზიანებისას ერთი ჯაჭვის მეზობელი აზოტოვანი ფუძეები უკავშირდებიან ერთმანეთს და წარმოქმნიან დიმერებს (უფრო ხშირია T-T დიმერის წარმოქმნა). ცოცხალ სისტემას ახასიათებს ასეთი დაზიანების აღდგენის – რეპარაციის უნარი.

რეპარაციაში მონაწილეობენ სპეციფიკური ფერმენტები – რესტრიქტაზები. თითქოს ბასრი დანა დაუსვამთ, ისე ზუსტად ამოჭრიან ფერმენტები რაიმე მიზეზით დაზიანებულ დნმ-ის მონაკვეთს, რასაც უფრედის ლიზოსომა მოინელებს. სხვა ფერმენტების (დნმ-პოლიმერაზასა და ლიგაზების) დახმარებით კი ამოჭრილი ნაწილი უშეცდომოდ სინთეზირდება და აღდგება (რეპარაცია).

დნმ-ისა და გენეტიკური ინფორმაციის



დაცვის სხვა მექანიზმებიც არსებობს. მაგალითად, დნმ-ს დაზიანებისგან იცავს ტელომერები, მემკვიდრული ინფორმაციის მდგრადობას უზრუნველყოფს გენეტიკური კოდის გადაგვარებულობა/სიმახინჯე (გვ.89).

დნმ-ის რეპლიკაციაზე ორიენტირებული ამოცანების ამოხსნის მაგალითები

ცნობილია დნმ-ში რომელიმე არაკომპლემენტარული ნუკლეოტიდების რაოდენობა. უნდა განისაზღვროს დნმ-ს რეპლიკაციისთვის საჭირო თავისუფალი ნუკლეოტიდების რაოდენობა.

ამოცანა: დნმ-ის მოლეკულაში ადენინიანის რაოდენობაა 560, გუანინიანისა — 440. განსაზღვრეთ დნმ-ს რეპლიკაციისთვის საჭირო თავისუფალი ნუკლეოტიდების რაოდენობა.

ამოხსნა: ვინაიდან ადენინიანის რაოდენობა უდრის 560-ს, თიმიანიც 560 იქნება; ასევე, ვინაიდან გუანინიანის რაოდენობა 440-ის ტოლია, ციტოზინიანიც ამდენივე იქნება. დნმ-ის მოლეკულაში ნუკლეოტიდების საერთო რაოდენობა იქნება $560 + 560 + 440 + 440 = 2000$. ე.ი. საჭიროა 2000 თავისუფალი ნუკლეოტიდი დნმ-ის რეპლიკაციისთვის.

ცნობილია დნმ-ის საწყისი მოლეკულის მასა, უნდა განისაზღვროს რეპლიკაციის პროდუქტის მასა.

ამოცანა: დნმ-ის მაკრომოლეკულას რეპლიკაციამდე აქვს 10 მგ მასა და მისი ორივე ჯაჭვი შეიცავს ფოსფორის ნიშნულ ატომებს, ხოლო რეპლიკაციაში მონაწილე თავისუფალი ნუკლეოტიდები კი არ შეიცავენ ფოსფორის ნიშნულ ატომებს. განსაზღვრეთ:

1) როგორი მასა ექნება რეპლიკაციის პროდუქტს და რატომ?



- 2) დნმ-ს შვილეული მოლეკულების რამდენ და რომელ ჯაჭვებში არ იქნება ფოსფორის ნიშნული ატომები და რატომ?

ამოხსნა:

- 1) რეპლიკაციის პროდუქტის მასა იქნება 20 მგ, რადგან რეპლიკაციის შედეგად მიიღება დნმ-ის ორი იდენტური შვილეული მოლეკულა.
- 2) ფოსფორის ნიშნული ატომები იქნება თითოეული მოლეკულის დედისეულ ჯაჭვში, რადგან დნმ-ის ყოველ ახალ მოლეკულაში ერთი ჯაჭვი საწყისი მოლეკულისაა – დედისეულია, ხოლო მეორე – თავისუფალი ნუკლეოტიდებისგან ახლად სინთეზირებული.

3.4.

დნმ-ის ანაბეჭდები



დნმ-ის ანაბეჭდები და მისი პრაქტიკული გამოყენება

თითოეული ადამიანი გენების უნიკალურ ნაკრებს ატარებს. დნმ-ის ქიმიური სტრუქტურა ყველა ადამიანს ერთნაირი აქვს, მაგრამ ინდივიდები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ქრომოსომებში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობით. 23 წყვილ ქრომოსომაში 3 მილიარდამდე წყვილი ნუკლეოტიდის განსხვავებული თანმიმდევრობა უნიკალურობას ანიჭებს თითოეულ ადამიანს.

განსხვავებულია აგრეთვე დნმ-ის ისეთი მონაკვეთების განმეორებადობა, რომლებიც არ მოიცავენ გენებს და მრავალჯერ მეორდება დნმ-ში. მათ არამაკოდირებელი მონაკვეთები ეწოდება. ასეთი მონაკვეთი განსხვავებული სიხშირით მეორდება სხვადასხვა პიროვნების დნმ-ში. ამგვარად, ადამიანები, სხვა ორგანიზმებიც, შეიძლება განვასხვაოთ მათ დნმ-ში არამაკოდირებელი მონაკვეთების განმეორების მიხედვით.

დნმ-ის ეს ორი ასპექტი – ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობისა და არამაკოდირებელი მონაკვეთების სიხშირით განსხვავება – შესაძლებელს ხდის დნმ-ის ანაბეჭდების გამოყენებას პიროვნების საიდენტიფიკაციოდ. ამ მიზნით შეიძლება სისხლიდან, თმიდან, ნერწყვიდან, ძვლიდან და სხეულის სხვა ნაწილებიდან დნმ-ის ნიმუშის აღება.

დნმ-ის ანაბეჭდების დამზადება რთული და ძვირად ღირებული პროცესია, რომელიც საჭიროებს ეტაპების ზუსტ თანმიმდევრობას. უპირველეს ყოვლისა, საკვლევ დნმ-ს გამოყოფენ უჯრედიდან. დნმ-ს ფრაგმენტებად

ანანევრებენ ბაქტერიებიდან გამოყოფილი რესტრიქტაზებით. რესტრიქტაზები არღვევენ დნმ-ის თითოეულ ჯაჭვში ნუკლეოტიდებს შორის კავშირს იმ ადგილებში, სადაც განლაგებულია არამაკოდირებელი ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა. მაგალითად, სადაც ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობაა **GGCC** და ამ თანმიმდევრობაში არღვევენ ბმას **C-G** და **G-C** შორის. ნარმოიდგინე, რომ დნმ-ის ერთი ჯაჭვის მონაკვეთში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობაა **TATAGGCCCTAGCGC**, ამ მონაკვეთში ნუკლეოტიდების მიმდევრობა **GGCC** გვხვდება ერთ ადგილას. ჯაჭვში ეს ადგილი ნითლად არის მონიშნული. ასეთ შემთხვევაში რესტრიქტაზა „დაჭრის“ დნმ-ის მონაკვეთს ორ ფრაგმენტად: **TATAGG** და **CCTAGCGC**. ფრაგმენტების რაოდენობა იმაზეა დამოკიდებული, თუ რამდენი **GGCC** მონაკვეთია დნმ-ის ჯაჭვში, ხოლო ფრაგმენტების სიგრძე დამოკიდებულია დნმ-ში **GGCC** მონაკვეთებს შორის მანძილზე. რაც უფრო იშვიათად მეორდება დნმ-ში **GGCC**, მით უფრო გრძელი იქნება ფრაგმენტები.

დნმ-ის ფრაგმენტებს მოათავსებენ ჟელე-თი დაფარულ ფირფიტაზე. ჟელეში გაატარებენ ელექტრულ დენს. ფირფიტის ერთ კიდეში ჟელე დადებითად იმუხტება, მეორე კიდეში კი უარყოფითად. თავად დნმ-ის ფრაგმენტები უარყოფითად არის დამუხტული და ამიტომ ისინი იწყებენ მოძრაობას ფირფიტის ერთი კიდისაკენ – ჟელეს დადებითად დამუხტული ნაწილისაკენ. ცხადია, უფრო სწრა-

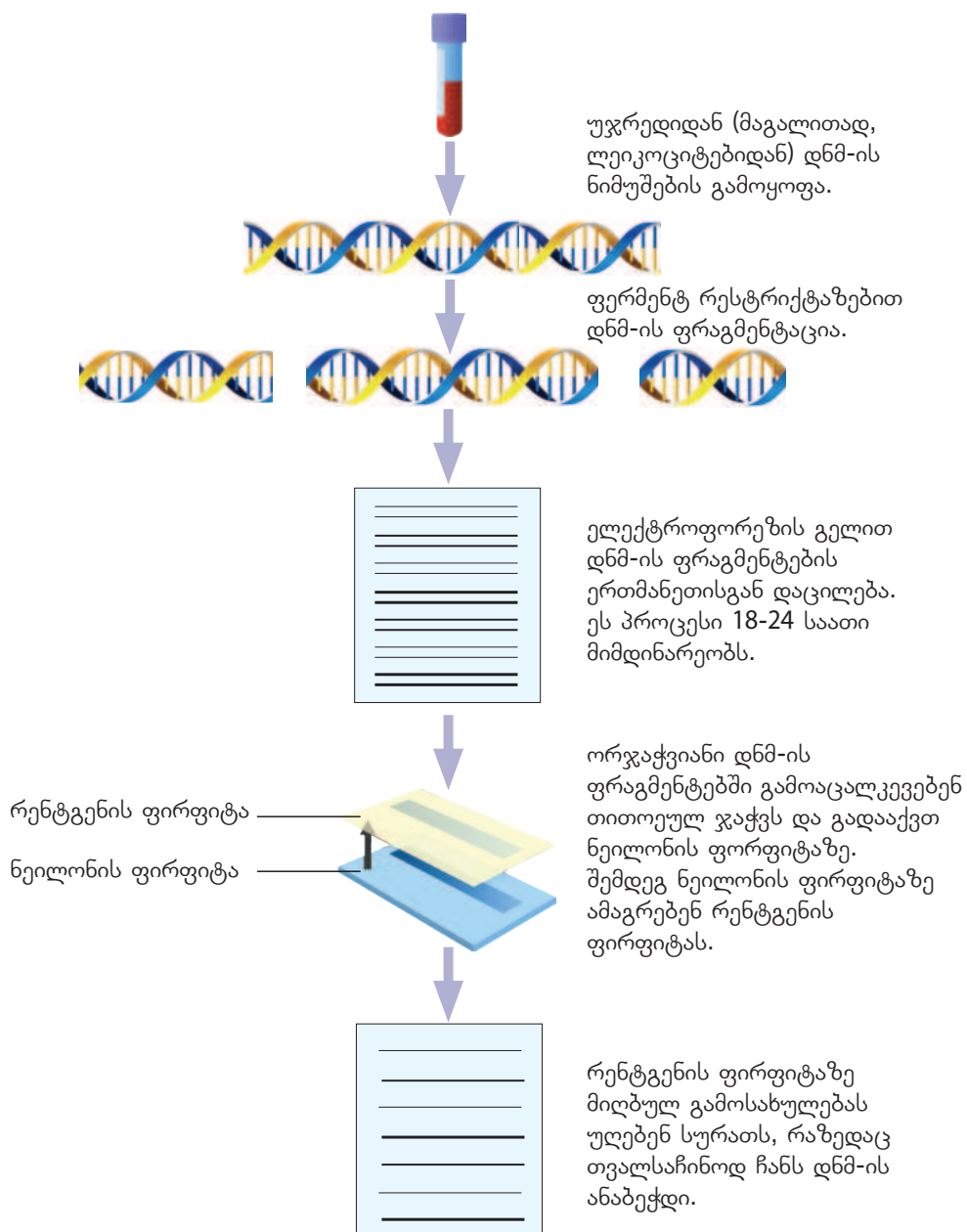
ფად გადაადგილდება მოკლე ფრაგმენტები, ვიდრე გრძელი ფრაგმენტები. ამ გზით ხდება ყელეზე დნმ-ის ფრაგმენტების გამოცალკევება ფრაგმენტების სიგრძის მიხედვით. დნმ-ის ანაბეჭდების დამზადების მექანიზმი გამარტივებულად წარმოდგენილია 3.9 და 3.10 სურათებზე.

მიუხედავად დნმ-ის ანაბეჭდების დამზადების პროცესის სირთულისა და შედეგების მისაღებად რამდენიმე დღის საჭიროებისა, არსებობს მისი გამოყენების მრავალი

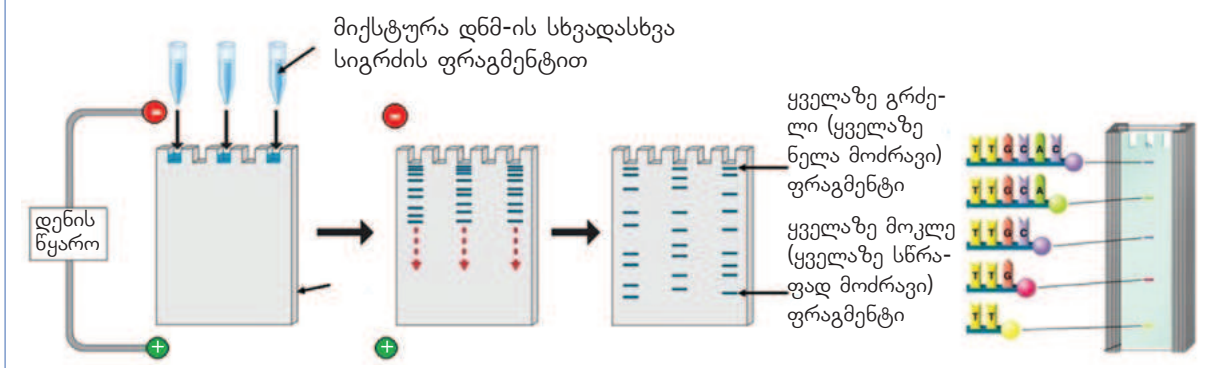
მნიშვნელოვანი შესაძლებლობა.

დნმ-ის ანაბეჭდებს იყენებენ პიროვნების იდენტიფიკაციისთვის და ნათესაური კავშირის დასადგენად. ბიოლოგიურად მონათესავე პიროვნებებში (მაგალითად, და-ძმაში, მშობლებსა და შვილებში, ბიძაშვილებში და სხვ.) არამაკოდირებელი მონაკვეთების სინშირე (განმეორებადობა) დაახლოებით ერთნაირია (სურ. 3.11). ამ მხრივ აბსოლუტურად ერთნაირი დნმ აქვთ მხოლოდ ერთი ზიგოტიდან განვითარებულ იდენტურ ტყუპებს.

დნმ-ის ანაბეჭდების დამზადების ტექნოლოგია



დნმ-ის ელექტროფორეზი გელის საშუალებით

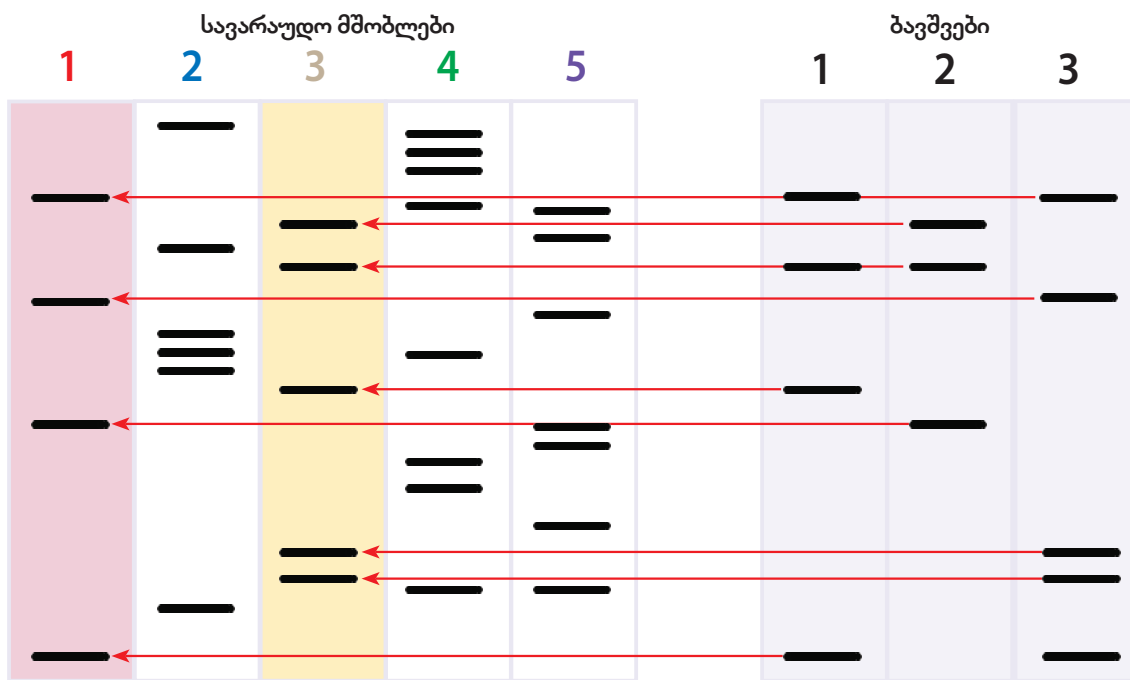


დნმ-ის ანაბეჭდების საფუძველზე გამოვლენილი ნათესაური კავშირები გამოიყენეს ისტორიული ფიგურების სხეულთა ნაწილების საიდენტიფიკაციოდ. მაგალითად, რუსეთში 1917 წლის რევოლუციის შემდეგ, იმპერატორი ნიკოლოზ II და სამეფო ოჯახის წევრები დახვრიტეს და ეს მეთოდი გამოიყენეს ამ ოჯახის წევრების იდენტიფიკაციისათვის.

გარკვეული წლების შემდეგ, ევროპაში გამოჩნდა ქალი – ანა ანდერსონი, რომელიც ამტკიცებდა, რომ ის არის ნიკოლოზ II-ის უმცროსი ქალიშვილი – ანასტასია, ანდერ-

სონი კი მისი მეუღლის გვარი იყო (სურ. 3.12). ანა ანდერსონი მოითხოვდა მისთვის სამეფო წოდებისა და შესაბამისი პატივის დაბრუნებას. ნიკოლოზ II-ის ნათესავებიდან ზოგიერთს სჯეროდა, რომ ანა ანდერსონი მართლაც მეფის ასული ანასტასია იყო, რადგან ის იხსენებდა თავისი ბავშვობის ისეთ დეტალებს, რომლებიც არ შეიძლება უცხოის სცოდნოდა. ჯერ კიდევ ანა ანდერსონის სიცოცხლეში ზოგიერთი გამომძიებელი ამტკიცებდა, რომ ანდერსონი სინამდვილეში იყო სულ სხვა პიროვნება – ფრანცისკა შანცკოვსკა, პოლონეთში ერთ-ერთი ქარხნის მუშა. საავადმყოფო

დნმ-ის ანაბეჭდების გამოყენება კონკრეტული ბავშვის მშობლების ვინაობის დასადგენად



სურ. 3.11

ფოში, სადაც ანა გარდაიცვალა, შემორჩენილი იყო მისი სხეულის ქსოვილის ნიმუშები. დაამზადეს ანას და შანცკოვსკების ოჯახის ერთ-ერთი წევრის, კარლ მოჩერის დნმ-ის ანაბეჭდები. ასევე, დაამზადეს რომანოვების ახლო ნათესავის, პერცოგ ფილიპის დნმ-ის ანაბეჭდი. ანაბეჭდების შედარებამ ცხადყო, რომ ანა ანდერსონი შანცკოვსკებს ენათესავებოდა და არა რომანოვებს.

არქეოლოგებმა დიდი ხნის წინ, ჯერ კიდევ მეოცე საუკუნის დასაწყისში, იპოვეს სამეფო აკლდამებში ქალის ორი მუშია. ეჭვობდნენ, რომ ერთ-ერთი ჰათშეფსუტი იყო (ეგვიპტელი ქალი ფარაონი, რომელიც ცხოვრობდა, დაახლოებით, 3500 წლის წინ და ეგვიპტის ერთ-ერთ ძლიერ მმართველად ითვლება), მაგრამ ვერაფრით ამტკიცებდნენ. მუმიების მენჯის ძვლიდან აიღეს ქსოვილის ნიმუში და გამოყვეს დნმ. გამოყვეს დნმ ჰათშეფსუტის ბებიის – ნეფერტიას მუმიის ძვლის ქსოვილიდანაც. ბებიის მუშია მუზეუმში ინახებოდა და არქეოლოგებმა ზუსტად იცოდნენ, რომ ეს ნე-



ანა ანდერსონი



ანასტასია რომანოვა

სურ. 3.12

ფერტია იყო. დნმ-ის ანაბეჭდების შედარებამ უჩვენა, რომ ერთ-ერთი უცნობი მუშია მართლაც ენათესავებოდა ნეფერტიას და, მაშასადამე, ეს ჰათშეფსუტი იყო (სურ. 3.13).



ჰათშეფსუტის ქანდაკება



ჰათშეფსუტის მუშია

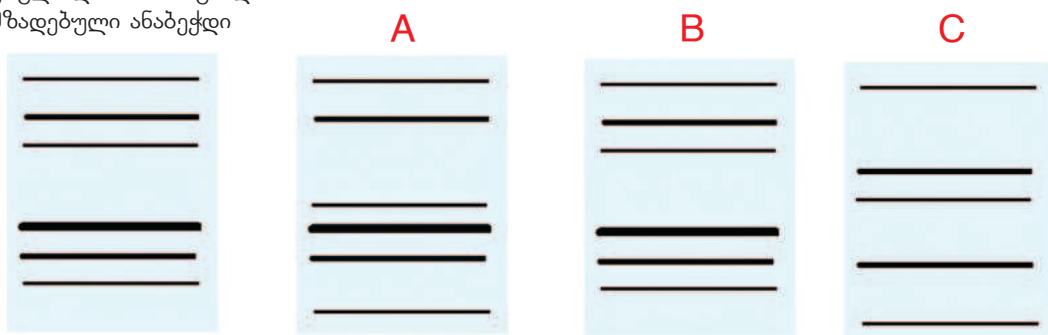
სურ. 3.13

მეცნიერები მუშაობენ გარეულ ცხოველებს შორის ნათესაური კავშირის დადგენაზეც: ამას შეიძლება დიდი მნიშვნელობა ჰქონდეს ზოოპარკის ცხოველების გამრავლების ხელშეწყობის პროგრამის დამუშავებისთვის, რომელიც ამცირებს ინბრიდინგის* რისკს. დნმ-ის ანაბეჭდები სასარგებლო იყო იმ ადამიანების გასასამართებლად, რომელთაც უკანონოდ ბუნებიდან მოიპოვეს გადაშენების პირას მისული სახეობები, მაგალითად, იშვიათი ფრინველის ბუმბულის ნიმუშებით შეიძლება დადგინდეს, ეს ფრინველი ტყვეობაში (მაგალითად, ზოოპარკის

პირობებში) ცხოვრობდა, თუ ველურ პოპულაციებში. დნმ-ის კვლევის საფუძველზე მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ წინკანებისა და მერცხლების ზოგიერთი სახეობისთვის არ ყოფილა დამახასიათებელი მონოგამია*. როგორც გაირკვა, ერთი ბუდის ბარტყები სხვადასხვა მამლის ნაშიერები იყვნენ. მეცნიერები იკვლევენ, ასევე, ადამიანთა სხვადასხვა რასისა და ეთნიკური პოპულაციების წარმომავლობას, მათ შორის, ნათესაურ კავშირს. დნმ-ის ანაბეჭდებს წარმატებით იყენებენ პალეონტოლოგები დედამიწაზე ოდესღაც მცხოვრებ სახეობებსა

დანაშაულის ადგილიდან
აღებული დნმ-ის ნიმუშიდან
დამზადებული ანაბეჭდები

სავარაუდო დამნაშავეების დნმ-ის ანაბეჭდები



სურ. 3.14

და თანამედროვე სახეობებს შორის ნათესაური კავშირის დასადგენად.

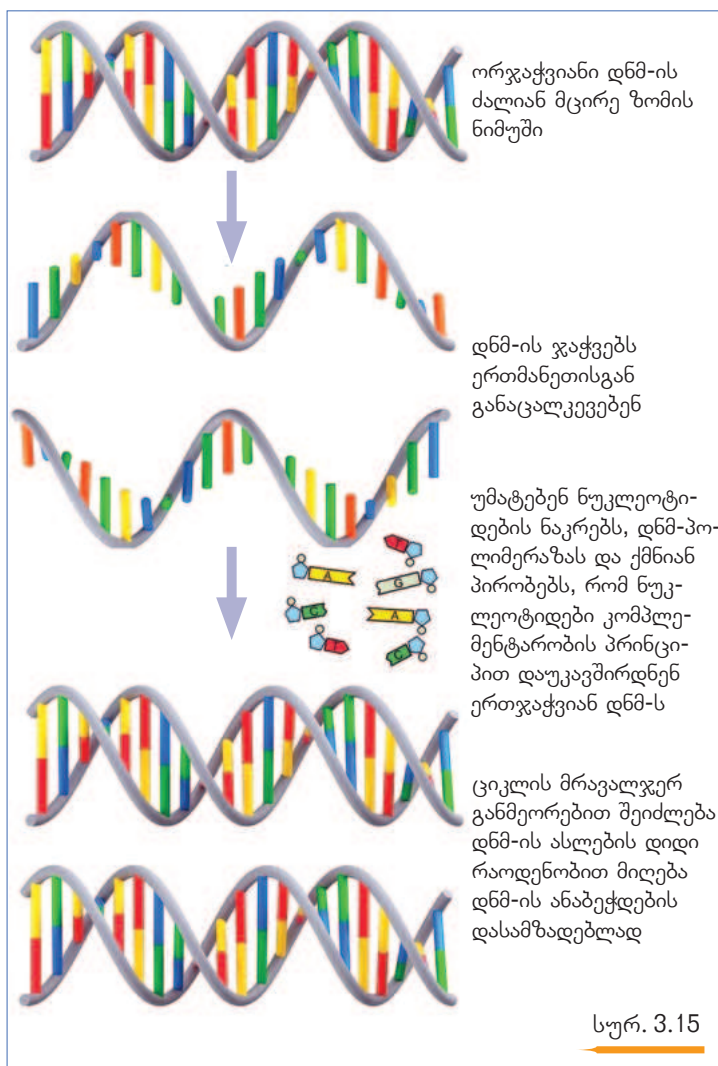
დნმ-ის ანაბეჭდებს იყენებენ კრიმინალისტიკაშიც – დამნაშავის იდენტიფიცირება/დაკავება. ამ ბიოტექნოლოგიის გამოყენებით გამოვლენილია სავარაუდო დამნაშავეები

ძალადობაში, მკვლელობაში, ძარცვასა და სხვ. (სურ. 3.14) ცხადია, დამნაშავე არის B.

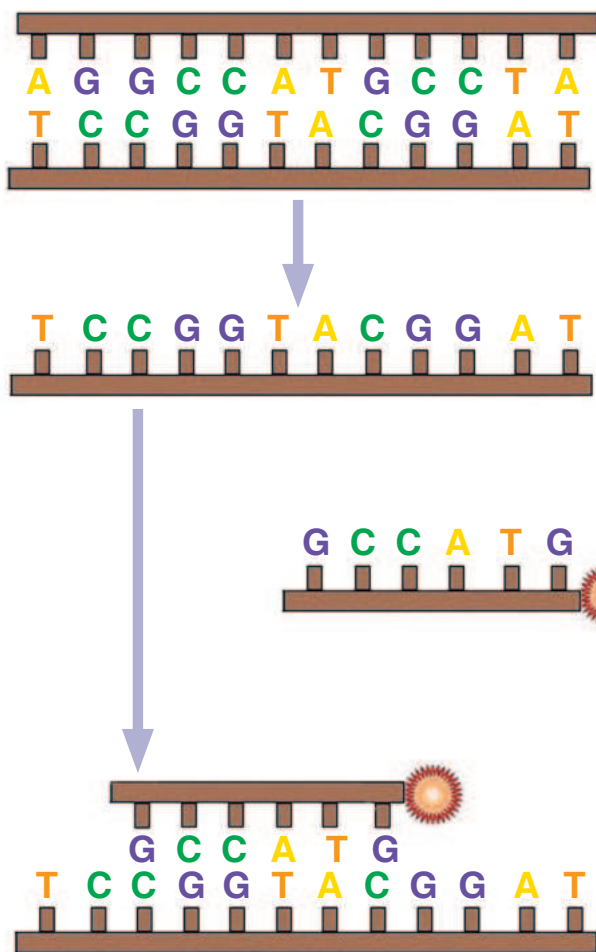
ერთი პრობლემა არსებობს იმაში, რომ დამნაშავე განზრახ არ ტოვებს დნმ-ის დიდ რაოდენობას ანაბეჭდების დასამზადებლად. ეს იმას ნიშნავს, რომ ამ მასალიდან დამზადებული დნმ-ის ანაბეჭდები არ იქნება ზუსტი, თუ არ იქნება დნმ-ის უფრო დიდი რაოდენობით მიღების საშუალება. საბედნიეროდ, არსებობს მეთოდი – პოლიმერაზული

ჯაჭვური რეაქცია (PCR) – რომლის გამოყენებითაც დნმ-ის უმცირესი ნიმუშიდანაც კი შეიძლება დნმ-ის დიდი რაოდენობით მიღება. ამისთვის საჭიროა დნმ, თავისუფალი ნუკლეოტიდები და პრაიმერი (ხელოვნურად შექმნილი რნმ-ის ერთი ჯაჭვი, რომელიც აუცილებელია ხელოვნურ პირობებში დნმ-ის რეპლიკაციისათვის). პოლიმერაზული ჯაჭვური რეაქცია ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს. სულ რამდენიმე საათში მიიღება დნმ-ის მრავალი ასლი (სურ. 3.15).

ფართოა დნმ-ის გამოყენების შესაძლებლობა მედიცინაში. მაგალითად, დაავადების დიაგნოსტიკა: ადამიანის გენომის პროექტმა (გვ. 89) განსაზღვრა ადამიანის ბევრი გენის მდებარეობა, რამაც შესაძლებელი გახადა იმ გენის პოვნა, რომელთანაც შეიძლება დაკავშირებული იყოს კონკრეტული თანდაყოლილი დაავადება. ნებისმიერი



სურ. 3.15



გამოსაკვლევი გენის – ორჯაჭვიანი დნმ-ის ფრაგმენტი

დნმ-ის ჯაჭვებს განაცალკევებენ ერთმანეთისგან, რომ მიიღონ ერთჯაჭვიანი დნმ აზოტოვანი ფუძეების ღია დაბოლოებებით

შეჰყავთ დნმ-ზონდი. მას აქვს ნუკლეოტიდების მოკლე თანმიმდევრობა. ზონდი შედგება ნიშნული ატომებისაგან, მაგალითად, შეიძლება იყოს რადიოაქტიური იზოტოპი (●), რომელიც გამოჩნდება ულტრაიისფერ ან რენტგენის სხივებზე

დნმ-ზონდი იმ შემთხვევაში დაუკავშირდება ერთჯაჭვიან დნმ-ს, თუ მათ აქვთ კომპლემენტური თანმიმდევრობა (ე.ი. საკვლევ დნმ-ში არის შესაბამისი „გენი“). ასეთ შემთხვევაში აღმოაჩენენ მხოლოდ დნმ-ზონდის კომპლემენტურ ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობას.

სურ. 3.16

ადამიანის დნმ-ის ნიმუშში შეიძლება გენური ზონდების გამოყენება დაავადების გამომწვევი გენის საპოვნელად (სურ. 3.16). ეს იძლევა ასეთი ადამიანის მკურნალობის

საშუალებას იქამდე, სანამ დაავადება საშიშ სტადიაზე გადავა. შესაძლებელია დეფექტური გენის იდენტიფიცირება და მისი მკურნალობა გენური თერაპიით*.



ბიოეთიკა შეისწავლის მორალურ საკითხებს, რომელიც აღმოცენდება ბიოლოგიური კვლევებისა და მათი თანმხლები პროცესების დროს. მაგრამ რა კავშირი აქვს ბიოლოგიასთან ეთიკის საკითხებს? შეიძლება მოგეჩვენოს, რომ ჯობია ღირებულებებთან დაკავშირებული საკითხები განსახილველად დავუტოვოთ ფილოსოფიასა და სოციოლოგიურ დისციპლინებს. მაგრამ როდესაც უფრო კარგად გაეცნობი ბიოლოგიურ კვლევებს, ახალ მიღწევებს მოლეკულურ ბიოლოგიაში, აღმოაჩენ, რომ ბიოლოგიის გაკვეთილი იდეალური ადგილია მრავალი ეთიკური საკითხის განხილვისთვის. ყველა ჩვენგანისგან ეთიკური საკითხები მოითხოვს გადაწყვეტილების მიღებას იმის შესახებ, „რა გავაკეთოთ სწორად“. ზოგჯერ რის გაკეთებაა საჭირო, ძალიან ნათელია. სწორმა გადაწყვეტილებამ შეიძლება სარგებლობა მოიტანოს კონკრეტული პიროვნებისთვის ან მისი ოჯახისთვის და საზოგადოებისთვისაც კი.

როდესაც გენეტიკური ინფორმაცია უფრო ხელმისაწვდომი გახდა, ჩნდება ახალი კითხვები. მაგალითად, შესაძლებელია, ვენდოთ დნმ-ის ტესტირების ცენტრს, რომ შედეგები კონფიდენციალური



იქნება? როგორ უნდა იქნეს შენახული და გამოყენებული მიღებული ინფორმაცია? ვისთვის იქნება იგი ხელმისაწვდომი? იქნება თუ არა ეს ინფორმაცია ხელმისაწვდომი ოჯახის წევრებისათვის? როგორ უნდა მოვიქცეთ განუკურნებელი დაავადებების ტესტირების შემთხვევაში?

მეცნიერები დაინტერესდნენ დნმ-ის „ბიბლიოთეკის“ შექმნით. მაგალითად, დაავადების მკურნალობის დროს შეიძლება მნიშვნელოვანი იყოს „ბიბლიოთეკაში“ შეცვლილი გენის ასლის არსებობა დაავადებული ადამიანის ნიმუშთან შესადარებლად. კრიმინალისტიკაში მომუშავე მეცნიერებსაც ჰქონდათ მსჯავრდებულების დნმ-ის პროფილის აღნუსხვის სურვილი, რომ მომავალში გაადვილებული იყოს დანაშაულის გახსნა. ბევრი ადამიანი დაეთანხმება ამას, მაგრამ არ შეურიგდებიან დნმ-ის ბიბლიოთეკის ან ბანკის შექმნას ის ადამიანები, რომლებიც დანაშაულისთვის განსჯილნი არ ყოფილან. მაგალითად, პოლიციამ, რომელიც გაუპატიურებას იძიებდა, შეიძლება გამოჰკითხოვს რამდენიმე ათეული ახალგაზრდა ადამიანი და მათგან აიღოს დნმ-ის ნიმუშები. ბევრი ადამიანი თვლის, რომ ამ ნიმუშებზე შექმნილი დნმ-ის პროფილები არ უნდა ინახებოდეს პოლიციაში, რადგან ეს ადამიანის თავისუფლების დარღვევაა.

როგორ ეხმიანება ამ კითხვებს საქართველოს კანონმდებლობა? საექიმო საქმიანობის შესახებ კანონის თანახმად:

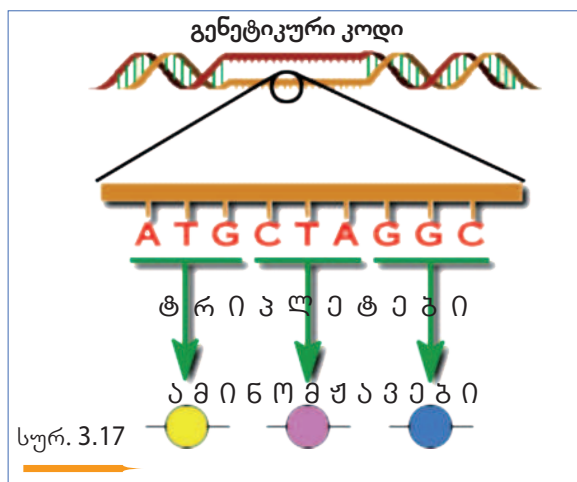
- წერილობითი ინფორმირებული თანხმობა აუცილებელია ისეთი სამედიცინო მომსახურების გაწევისას, როგორიცაა გენეტიკური ტესტირება;
- სამედიცინო მომსახურების გამწევი ვალდებულია პაციენტის შესახებ მის ხელთ არსებული ინფორმაციის კონფიდენციალობა დაიცვას როგორც პაციენტის სიცოცხლეში, ისე მისი სიკვდილის შემდეგ;
- სამედიცინო მომსახურების გამწევის მიერ კონფიდენციალური ინფორმაციის გამჟღავნება დასაშვებია, თუ მიღებულია პაციენტის თანხმობა;
- კონფიდენციალური ინფორმაციის გამჟღავნება შესაძლებელია როგორც პაციენტის თანხმობით, ასევე, მისი თანხმობის გარეშე სხვა გარემოების გათვალისწინებით.

3.5.

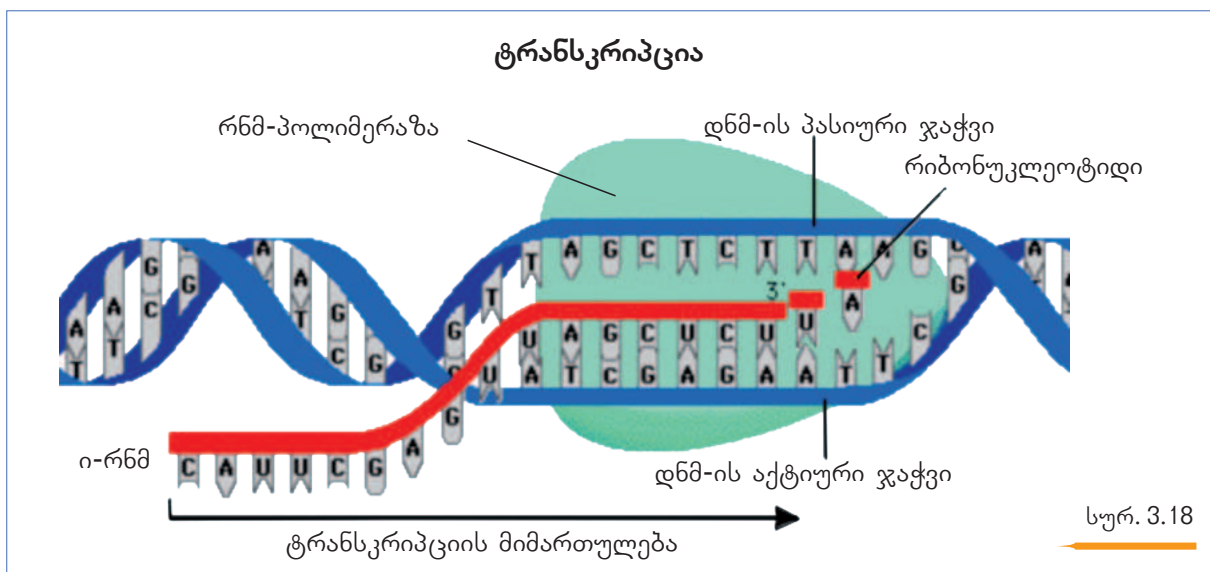
ცილების ბიოსინთეზი. ტრანსკრიპცია

დნმ-ის გენეტიკური მასალა, რომელიც წარმოდგენილია დნმ-ის ჯაჭვის გასწვრივ 4 სახის ნუკლეოტიდის სპეციფიკური თანამიმდევრობის ფორმით, როგორ განსაზღვრავს 20 სახის ამინომჟავასგან შედგენილ ცილის პირველად სტრუქტურას? მას შემდეგ, რაც დადგინდა, რომ მემკვიდრული მატერიალური მასალის მატარებელი დნმ-ია, ბევრი მეცნიერი ცდილობდა ამ კითხვაზე პასუხის პოვნას.

ამერიკელი ფიზიკოსი გ. გამოვი 1954 წელს ამტკიცებდა, რომ უჯრედის ყველა ცილის ამინომჟავური თანამიმდევრობა განისაზღვრება დნმ-ის ორი კომპლემენტური ჯაჭვიდან ერთ-ერთის ნუკლეოტიდური თანამიმდევრობით. მან განაცხადა, უჯრედს უნდა ჰქონდეს



ლექსიკონი, რომელიც ოთხასოიან ტექსტს ცილების ოცასოიან ტექსტად გადათარგმნის.



ასე დაიბადა გენეტიკური კოდის იდეა.

გამოვი არითმეტიკული გამოთვლებით იმ დასკვნამდე მივიღა, რომ ერთი ამინომჟავას კოდირებისათვის საჭიროა მინიმუმ სამი ნუკლეოტიდის – ტრინუკლეოტიდის თანმიმდევრობა. ამ შემთხვევაში, შეიძლება აიგოს ტრინუკლეოტიდების $4^3=64$ ვარიანტი, რაც საჭირო რაოდენობას აჭარბებს კიდეც. ე. ი. დნმ-ის კოდი ტრიპლეტების სახით არის წარმოდგენილი.

ტრიპლეტი არის თანმიმდევრულად განლაგებული სამი ნუკლეოტიდის ერთობლიობა. **კონკრეტული ტრიპლეტი აკოდირებს კონკრეტულ ამინომჟავას ცილის მოლეკულაში, ხოლო კონკრეტულ გენში (დნმ-ის განსაზღვრულ უბანში) ტრიპლეტების თანმიმდევრობა და რაოდენობა განაპირობებს ამინომჟავურ შედგენილობას, თანმიმდევრობასა და რაოდენობას კონკრეტული ცილის მოლეკულაში** (სურ. 3.17). ერთი დნმ-ის მოლეკულა შეიცავს მრავალ გენს. **გენოში** არის ორგანიზმის უჯრედის დნმ-ის საერთო რაოდენობა, ხოლო **გენოტიპი** ორგანიზმის გარეგანი და შინაგანი აგებულების, ნივთიერებათა ცვლის განმსაზღვრელი ყველა გენის ერთობლიობა.

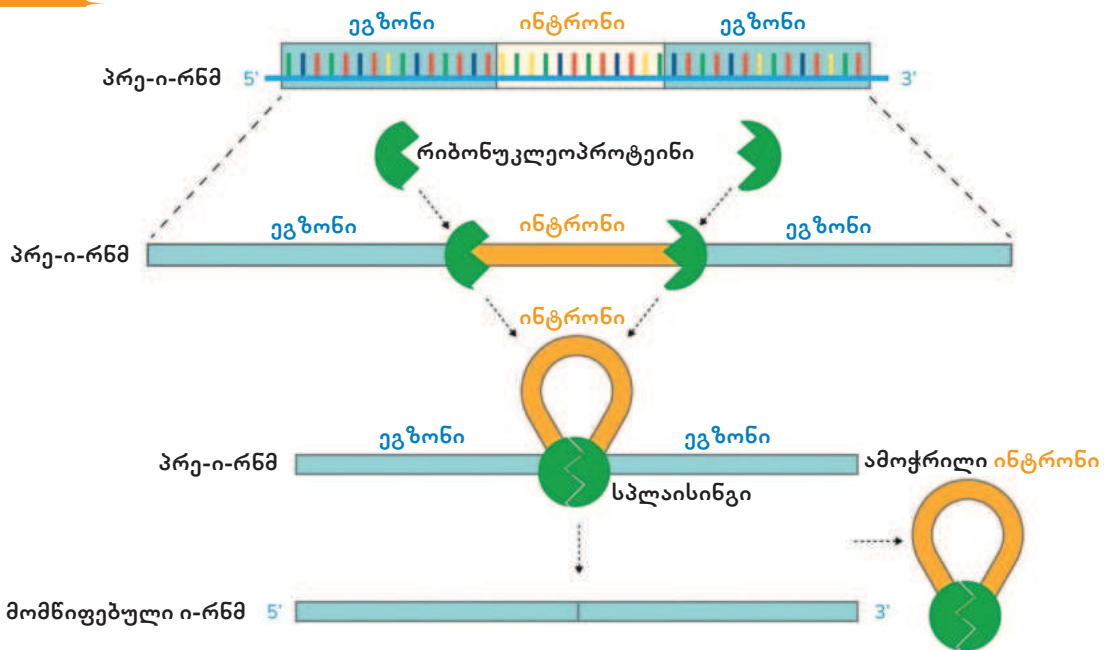
ცილა სინთეზირდება ციტოპლაზმაში, უჯრედის ერთ-ერთ ორგანელაში – რიბოსომაში. გენსა და რიბოსომას შორის შუამავლის როლს ასრულებს ინფორმაციული რნმ (ი-რნმ), ანუ მატრიცული რნმ (მ-რნმ). ი-რნმ-ის სინთეზში მონაწილეობს ფერმენტი – რნმ-პოლიმერაზა. ი-რნმ სინთეზირდება

ბირთვში არსებული თავისუფალი რიბონუკლეოტიდებისგან კომპლემენტარობის პრინციპით გენის ერთ-ერთი ჯაჭვის (აქტიური ჯაჭვის) მიხედვით. თითქოს გენში არსებული ინფორმაცია ცილის სტრუქტურის შესახებ გადაიწერება ი-რნმ-ზე. ამიტომ ი-რნმ-ის სინთეზს **ტრანსკრიპციას** უწოდებენ (ლათ. Transcription – გადანერა). **ტრანსკრიპცია მატრიცული სინთეზის ტიპის რეაქციაა, სადაც მატრიცის როლს დნმ-ის მონაკვეთის, გენის აქტიური ჯაჭვი ასრულებს** (სურ. 3.18). რნმ-ის შემცველი ვირუსის გამრავლებისას მასპინძლის უჯრედში ვირუსის რნმ-ზე ჯერ დნმ სინთეზირდება ანუ ხდება **უკუტრანსკრიპცია**. შემდეგ სინთეზირებული დნმ-ის აქტიურ ჯაჭვზე ხდება ი-რნმ-ის სინთეზი, რომლის მიხედვით ვირუსის ცილები სინთეზირდება.

გენში არის უბნები, რომლებიც ატარებენ ინფორმაციას ცილის პირველადი სტრუქტურის შესახებ – **ეგზონები** და არაინფორმაციული უბნები – **ინტრონები** (სურ. 3.18). ტრანსკრიპციის დროს ჯერ სინთეზირდება ი-რნმ-ის წინამორბედი **პრე-ი-რნმ**. ამ დროს გადაიწერება როგორც ეგზონები, ისე ინტრონებიც. შემდეგ ფერმენტების მოქმედებით ინტრონები ამოიჭრება და ეგზონები შეერთდება, რომლის შედეგად წარმოიქმნება მომწიფებული ი-რნმ. ამ პროცესს **სპლაისინგი** ეწოდება. მომწიფებული ი-რნმ ბირთვიდან გადადის ციტოპლაზმაში ცილის სინთეზის ადგილას – რიბოსომაში (სურ. 3.19).

სურ. 3.19

მ-რნმ-ის/ი-რნმ-ის სპლაისინგი



გენეტიკური კოდი არის ყველა სახეობის ორგანიზმისთვის მემკვიდრული ინფორმაციის ჩანერის ერთიანი სისტემა, რომელიც გამოიხატება ნუკლეინის მჟავების მოლეკულებში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრული განლაგების სახით, ეს უკანასკნელი კი განსაზღვრავს ამინომჟავების თანმიმდევრობას ცილაში. ანუ გენეტიკური კოდის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ცილაში ამინომჟავების თანმიმდევრობა განისაზღვრება **ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობით დნმ-ში ან რნმ-ში**. რამდენადაც პოლიპეპტიდური ჯაჭვი სინთეზირდება რიბოსომებში ი-რნმ-ის/მ-რნმ-ის სტრუქტურის შესაბამისად, ამიტომ გენეტიკურ კოდში იგულისხმება ი-რნმ-ის კოდი. მ-რნმ-ის ტრიპლეტს **კოდონი** ეწოდება. დღეისათვის მთლიანად გაშიფრულია გენეტიკური კოდი, ანუ ცნობილია, თუ რომელ ამინომჟავას რომელი ტრიპლეტი შეესაბამება.

გენეტიკური კოდის ცხრილის (სურ. 3.20) გამოყენებით კონკრეტული მ-რნმ-ის მიხედვით შესაძლებელია ცილის ამინომჟავური შედგენილობის განსაზღვრა. ცხრილის გამოყენების მაგალითი: მოცემულია კოდონი – CGU. იმისათვის, რომ განსაზღვროთ მისი შესაბამისი ამინომჟავა, კოდონის პირველი ნუკლეოტიდი C – უნდა მოძებნოთ ცხრილ-

ში „პირველ ნუკლეოტიდებს“ შორის, მეორე ნუკლეოტიდი G – „მეორე ნუკლეოტიდებს“ შორის, ხოლო მესამე U – „მესამე ნუკლეოტიდებთან“. მათ გადაკვეთაზე იპოვით ტრიპლეტს CGU, სადაც მითითებულია ამინომჟავა – არგინინი (ცხრილში ეს კომპონენტები შემოხაზულია).

თუ გენეტიკური კოდის ცხრილს კარგად შეისწავლით, ნახავთ, რომ ორი ამინომჟავას, მეთიონინისა და ტრიფტოფანის გარდა, ყველა ამინომჟავას ერთზე მეტი სხვადასხვა ტრიპლეტი აკოდირებს. არის ისეთი კოდონები, რომლებიც არცერთ ამინომჟავას არ აკოდირებს. ასეთ ტრიპლეტს **სტოპ-კოდონი** ეწოდება. იგი სინთეზის დასრულების სიგნალია. კოდონს, რომელიც ამინომჟავა მეთიონინს შეესაბამება, **სტარტ-კოდონი** ეწოდება.

გენეტიკური კოდის თვისებები:

- აქვს **ტრიპლეტური ბუნება**, ე.ი. ყოველი ამინომჟავა კოდირდება სამი თანმიმდევრულად განლაგებული ნუკლეოტიდით;
- ახასიათებს **სპეციფიკურობა** – ყოველი ტრიპლეტი შეესაბამება (აკოდირებს) მხოლოდ ერთ გარკვეულ ამინომჟავას;
- ახასიათებს **უნივერსალობა** – ყველა სახეობის ორგანიზმში ერთი სახის ტრიპლეტი ერთსა და იმავე ამინომჟავას აკოდი-

მეორე ნუკლეოტიდი									
U		C		A		G			
U	UUU	ფანილა- ნინი	UCU	სარინი	UAU	თიროზინი	UGU	ცისტეინი	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	ლეიცილი	UCA		UAA	სტოპ-კოდონი	UGA	სტოპ-კოდონი	A
	UUG		UCG		UAG	სტოპ-კოდონი	UGG	ტრიფტო- ფანი	G
C	CUU	ლეიცილი	CCU	პროლინი	CAU	ჰისტიდინი	CGU	არგინინი	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	გლუტამინი	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	იზოლუ- ცინი	ACU	ტრაონინი	AAU	ასპარაგინი	AGU	სარინი	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	ლიზინი	AGA	არგინინი	A
	AUG	მეთიონინი სტარტ-კოდონი	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	ვალინი	GCU	ალანინი	GAU	ასპარაგი- ნის მჟავა	GGU	გლიცინი	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	გლუტამინის მჟავა	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

რებს (მაგალითად, AUA ბაქტერიაშიც და ადამიანშიც აკოდირებს ამინომჟავა იზო-
ლეიცინს);

- ახასიათებს **გადავარებულობა, ანუ სიმა-
ხინჯე** – ყველა ამინომჟავას (მეთიონინი-

სა და ტრიფტოფანის გარდა) აკოდირებს
ერთზე მეტი ტრიპლეტი, რასაც დიდი
მნიშვნელობა აქვს მემკვიდრეობითი მა-
სალის მდგრადობისა და შესაბამისად, ნი-
შან-თვისების მყარად შენარჩუნებისთვის.



ადამიანის გენომის პროექტი

ადამიანის გენომი არის სომატური უჯრედის მთელი დნმ-ის რაოდენობა – გენეტიკური ინფორ-
მაციის ერთობლიობა, რომელიც 23 წყვილ ქრომოსომაშია განთავსებული. პროექტი „ადამიანის
გენომი“ დაიწყო 1990 წლიდან და გათვლილი იყო 15 წელზე. პროექტს კოორდინაციას უწევდა
ამერიკის ჯანმრთელობის ნაციონალური ინსტიტუტი, თუმცა ამერიკელი მეცნიერების გარდა სხვა
ქვეყნის მეცნიერებაც მონაწილეობდნენ. კვლევები დაჩქარებულად მიმდინარეობდა და 2003 წლის
14 აპრილს დასრულებულად გამოცხადდა.

ამ პროექტის შედეგად შემდეგი ინფორმაცია იქნა მიღებული:

- ადამიანის გენომი, დაახლოებით, 3,1 მილიარდი ნუკლეოტიდისგან შედგება;
- ადამიანებს, მიუხედავად მათი ეროვნებისა, ერთნაირი აქვთ გენომის, დაახლოებით, 99,9%;
- ადამიანის გენომი შეიცავს 20 000-დან 25 000-მდე ცილამაკოდირებელ გენს;



- ადამიანის გენების ნახევარზე მეტის ფუნქცია ჯერ კიდევ უცნობია;
- პირველი წყვილი ქრომოსომა ყველაზე მეტ გენს შეიცავს;
- იდენტიფიცირებულია ადამიანის დაავადებათა გამომწვევი ათასობით გენი და განსაზღვრულია მათი ლოკალიზაციის ადგილი ქრომოსომებში;
- წარმოიქმნა მეცნიერების ახალი დარგი გენომიკა: გენომის შემსწავლელი მეცნიერება;
- გენომის პროექტმა დიდი გავლენა იქონია სამედიცინო გენეტიკაზე.

გენომის პროექტი მომავალშიც დიდ გავლენას იქონიებს სამედიცინო გენეტიკაზე. ადამიანის ყველა გენის იდენტიფიცირება კი არ არის მნიშვნელოვანი, არამედ იმის გარკვევა, რას აკეთებენ და როგორ ფუნქციონირებენ ეს გენები. ყველაზე მნიშვნელოვანი შედეგი უთუოდ ადამიანის გენეტიკურ დაავადებებთან ასოცირებული გენების იდენტიფიკაცია იქნება და, შესაბამისად, გენეტიკური დაავადებების მოლეკულური დიაგნოსტიკა და მკურნალობის ინოვაციური სტრატეგიების შემუშავება. მაგალითად, 2020 წლიდან სააფთიაქო ქსელში გამოჩნდა გენომური ინფორმაციის საფუძველზე წარმოებული ახალი მედიკამენტები შაქრიანი დიაბეტის, ჰიპერტონიისა და სხვა დაავადების სამკურნალოდ.

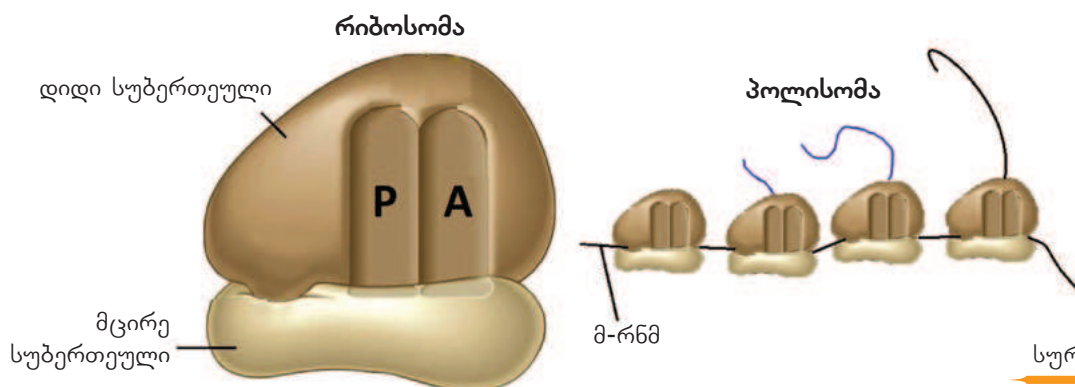
3.6.

ცილების ბიოსინთეზი. ტრანსლაცია

ცილების მრავალფეროვანი ფუნქციებიდან გამომდინარე, უფრედს არ შეუძლია ფუნქციონირება ცილების გარეშე. ცილის ბიოსინთეზი პლასტიკური ცვლის ერთ-ერთი სახეა. ამ პროცესის ყოველი ეტაპი სათანადო ფერმენტების მონაწილეობით მიმდინარეობს და ატფ-ის ენერგია იხარჯება. ცილის სინთეზი უშუალოდ რიბოსომებში მიმდინარეობს. რიბოსომა რამდენიმე ათეული სხვადასხვა რიბოსომული ცილისა და რიბოსომული რნმ-ის (რ-რნმ) მოლეკულისგან შედგება. რ-რნმ 1500-4700 ნუკლეოტიდისგან შედგება. რიბოსომის მუშაობისათვის ძალიან მნიშვნელო-

ვანია მისი შემადგენელი ნაწილები. ესენია ორი ერთმანეთისგან იოლად მოცილებადი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკი (სუბერთეული) – დიდი და მცირე სუბერთეულები. ყველა რიბოსომა ერთნაირი ტიპისაა, ამიტომ რიბოსომა ნებისმიერ მ-რნმ-ს ამოიცნობს და კითხულობს მასში ჩანერჩილ ინფორმაციას ცილის სინთეზის პროცესში. ხშირად, ერთ მ-რნმ-ზე ერთდროულად რამდენიმე რიბოსომა „მუშაობს“, რასაც **პოლისომა** ეწოდება (სურ. 3.21).

რიბოსომაში მ-რნმ-ის მიხედვით აიგება პოლიპეპტიდური ჯაჭვი. თითქოს, მ-რნმ-ში



სურ. 3.21

ცილის სტრუქტურის შესახებ „ოთხასოიან“ ნუკლეოტიდურ ენაზე ჩანერილი ინფორმაცია გადაითარგმნება „ოცასოიან“ ამინომჟავურ ენაზე. ამიტომ ამ პროცესს **ტრანსლაციას** უწოდებენ (ლათ. Translation – თარგმნა). როგორც ცნობილია, თარგმნა არის პროცესი, რომელიც ინფორმაციას ერთი ენიდან გადაითარგმნის მეორე ენაზე. მაგალითად, ინგლისური სიტყვა შეიძლება გადაითარგმნოს ქართულ, ესპანურ, იტალიურ ან ფესტიკულაციის ენაზე. გადაითარგმნა უჯრედებშიც მიმდინარეობს, მაგრამ, სხვადასხვა ენაზე მოსაუბრე ადამიანებისგან განსხვავებით, ყველა უჯრედი ერთი და იმავე გენეტიკური ენით – გენეტიკური კოდით სარგებლობს. ნუკლეინის მჟავების „ენა“ იყენებს 4 ნუკლეოტიდს – A, G, C და T დნმ-ში, ან A, G, C და U რნმ-ში. მეორე მხრივ, ცილების „ენა“ იყენებს 20 სახის ამინომჟავას.

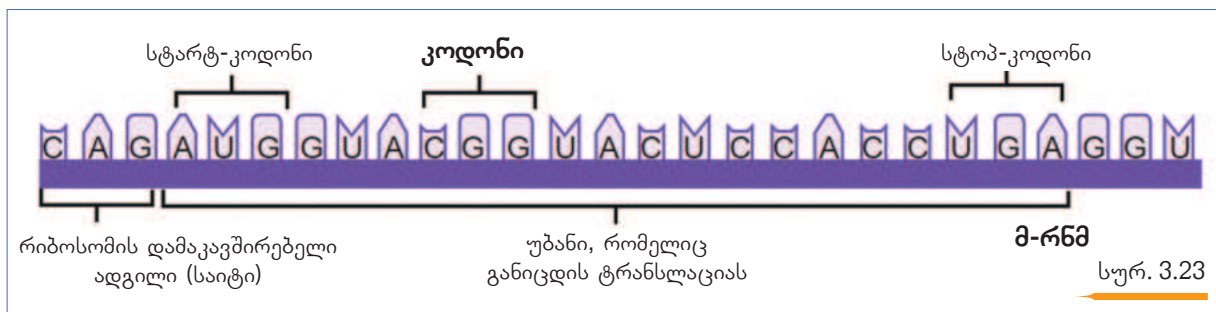
ციტოპლაზმაში გადასულ მ-რნმ-ს, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას ცილის პირველადი სტრუქტურის შესახებ, უკავშირდება რიბოსომა, მაგრამ ცილის შესაქმნელად საჭიროა ნედლეული – ამინომჟავები. ამინომჟავები ციტოპლაზმიდან რიბოსომაში გადააქვს **სატრანსპორტო რნმ-ს** (ტ-რნმ). ტ-რნმ-ის მოლეკულები 75-90 ნუკლეოტიდს შეიცავს და აქვს სამეყურას ფორმა, რაც განპირობებულია იმით, რომ მის მოლეკულაში ოთხ ადგილას კომპლემენტურ ნუკლეოტიდებს შორის წარმოიქმნება წყალბადური ბმები (სურ. 3.22). ამინომჟავა უერთდება ტ-რნმ-ის ერთ-ერთ თავისუფალ ბოლოს, ხოლო სამეყურას თავში მოთავსებული ტრიპლეტი, რომელსაც **ანტიკოდონი** ეწოდება, განსაზღვრავს, თუ რომელ ამინომჟავას დაიკავშირებს. ტ-რნმ-თან ამინომჟავას დაკავშირებას **ამინომჟავას აქტივაცია** ეწოდება. ტრანსპორტული რნმ-ის ანტიკოდონის ნუკლეოტიდური შედგენილობა



ი-რნმ-ის კოდონის ნუკლეოტიდური შედგენილობის კომპლემენტურია. მაგალითად, ამინომჟავა ალანინის დაიკავშირებს ტ-რნმ, რომლის კოდური ტრიპლეტი იქნება CGA – ი-რნმ-ის კოდონის – GCU-ს კომპლემენტური.

ტ-რნმ-ის სტრუქტურის შესახებ ინფორმაცია ისე, როგორც რ-რნმ-ის შესახებ, არის დნმ-ში, რომლის მიხედვითაც ხდება მათი სინთეზი. აქედან გამომდინარე, შეიძლება როგორც გენის, ისე ტრანსკრიპციის განმარტება უფრო განვავრცოთ: **გენი არის დნმ-ის უბანი, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას ცილის პირველადი სტრუქტურის, სატრანსპორტო ან რიბოსომული რნმ-ის შესახებ. ტრანსკრიპცია არის დნმ-ის მატრიცაზე კომპლემენტარობის პრინციპით ნებისმიერი სახის რნმ-ის სინთეზი.**

სანამ ტრანსლაციის პროცესს განვიხილავთ, მანამდე გავეცნოთ მ-რნმ-ის (ი-რნმ) სტრუქტურას (სურ. 3.23). ი-რნმ-ის ჯაჭვის დასაწყისში არის ტრიპლეტი, რომელსაც **რიბოსომის დამაკავშირებელი საიტი** ეწოდება, მის შემდეგ არის ტრიპლეტი – სტარტ-კოდონი, საიდანაც იწყება ტრანსლაცია, ჯაჭვის



ბოლოში არის ტრიპლეტი – სტოპ-კოდონი, რომელიც ტრანსლაციის დამთავრების სიგნალია.

ტრანსლაცია სამ ეტაპად მიმდინარეობს (სურ. 3.24). ცილის ბიოსინთეზი ყველა ტიპის ეუკარიოტულ უჯრედში ერთნაირი პრინციპით მიმდინარეობს. ცილის ბიოსინთეზში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რიბოსომის ორი უბანი: P და A უბანი. ეს უბნები იკავშირებს ტ-რნმ-ს, რომელთანაც დაკავშირებულია შესაბამისი ერთი ამინომჟავა. ტრანსლაცი-

ის პროცესში მონაწილე რიბოსომის უბანი მ-რნმ-ის ორ ტრიპლეტს – ორ კოდონს, ანუ ექვს ნუკლეოტიდს მოიცავს. სწორედ ეს კოდონებია გააქტიურებული, რომლებთანაც კომპლემენტარობის პრინციპით ტ-რნმ-ების ანტიკოდონებია წყალბადური ბმებით დაკავშირებული.

ამრიგად, დნმ-ის რეპლიკაციისა და ტრანსკრიპციის გარდა, მატრიცული სინთეზის რეაქცია არის ცილის ბიოსინთეზიც (იხ. ცხრ. 3.2).

ცხრილი 3.2. მატრიცული სინთეზის რეაქციები		
მატრიცული სინთეზის რეაქცია	მატრიცა	პროდუქტი
დნმ-ის რეპლიკაცია	დნმ-ის საწყისი მოლეკულის თითოეული ჯაჭვი	დნმ-ის ორი იდენტური მოლეკულა
ტრასკრიპცია	გენის აქტიური ჯაჭვი	ი-რნმ/მ-რნმ, რ-რნმ, ტ-რნმ
ტრანსლაცია	ი-რნმ/მ-რნმ	პოლიპეტიდური ჯაჭვი



რა სახის ეთიკური პრობლემები შეიძლება აღძვრას ბიოტექნოლოგიური პროდუქტების ხელმისაწვდომობამ? ახლა, როდესაც ცნობილია, თუ რა არის გენი და როგორია ცილის სინთეზის მექანიზმი, უკვე შესაძლებელია მრავალი გენის პროდუქტის დამზადება ლაბორატორიულ პირობებში. ერთ-ერთი სასარგებლო გამოყენება აქვს ამ შესაძლებლობას მედიცინაში. ახდენენ ადამიანის გენეტიკური დაავადებების გამომწვევი გენების იდენტიფიცირებას, მათი ასლების მიღებასა და ლაბორატორიულ პირობებში შესაბამისი ცილების სინთეზს. მაგალითად, ინსულინის გენის ასლები ჩანერგეს ბაქტერიებში, შესაძლებელი გახდა ინსულინის მასიური წარმოება და დიაბეტით დაავადებული ადამიანების ამ პრეპარატით უზრუნველყოფა. ანალოგიურად მიიღეს ადამიანის ზრდის ჰორმონის გენის ასლები. როგორც იცი, ზრდის ჰორმონი (სომატოტროპინი) ასტიმულირებს ძვლების სიგრძეში და კუნთების მასის ზრდას ბავშვებში. ამჟამად, ეს ჰორმონი ხელმისაწვდომია ყველასთვის. ზრდის ჰორმონი, როგორც სხვა ჰორმონები, გაიცემა რეცეპტის წარდგენის საფუძველზე და ფართო გამოყენება აქვს ბავშვებში, რომელთაც აქვთ ზრდის შეფერხების ან მემკვიდრულ ჯუჯობასთან დაკავშირებული პრობლემები. ბოლო წლებში ყურადღებას იპყრობს პროფესიონალი სპორტსმენების მიერ აღნიშნული ჰორმონის უკანონო გამოყენების შემთხვევები. ამიტომ ზრდის ჰორმონისა და სხვა ბიოტექნოლოგიური* პროდუქტების ხელმისაწვდომობა ეთიკურ საკითხებს აღძვრავს: მაგალითად, უნდა იყოს თუ არა ზრდის ჰორმონი ხელმისაწვდომი მათთვისაც, ვისაც სურს უფრო მაღალი შვილები ჰყავდეს, თუ მხოლოდ ბავშვის ზრდის შეფერხების შემთხვევაში?

ტრანსლაციის ეტაპები პირველი ეტაპი — ინიციატია



რიბოსომის მცირე სუბერთეული უკავშირდება მ-რნმ-ის დამაკავშირებელ საიტს (ა).



ტ-რნმ-ის (რომელთანაც დამაკავშირებელია ამინომჟავა მეთიონინი) ანტიკოდონი უკავშირდება სასტარტო კოდონს — AUG-ს (ბ).



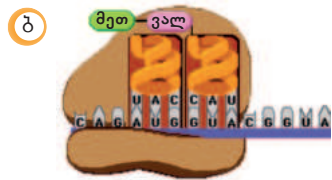
მ-რნმ-ს უკავშირდება რიბოსომის დიდი სუბერთეული და წარმოიქმნება მ-რნმ და რიბოსომის კომპლექტი (გ).

მეორე ეტაპი — ელონგაცია

ეს ეტაპი მრავალჯერ განმეორებადი ერთნაირი ციკლისგან შედგება. ყოველი ციკლი სამ ფაზად იყოფა.



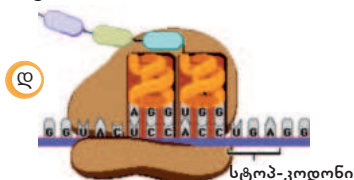
პირველ ფაზაში რიბოსომის A უბანში შედის ტ-რნმ შესაბამისი ამინომჟავით. ანტიკოდონსა და კოდონს შორის, მათი კომპლემენტარობის გამო, წარმოიქმნება წყალბადური ბმები, ამინომჟავებს შორის კი, პეპტიდურ-კოვალენტური ბმა (ა).



მეორე ფაზაში პეპტიდური ჯაჭვი დაგრძელდება ერთი ამინომჟავური რგოლით (ამ შემთხვევაში დიპეპტიდი წარმოიქმნება) და გადაიტანება A უბანში მყოფ ტ-რნმ-ზე, ხოლო P უბანში მყოფი ტ-რნმ გათავისუფლდება ამინომჟავური ჯაჭვისგან (ბ).

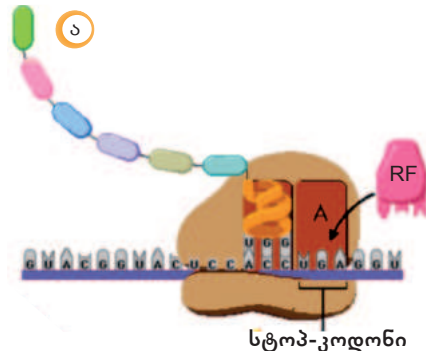


მესამე ფაზაში რიბოსომა მ-რნმ-ზე გადაადგილდება ერთი ტრიპლეტით, თავისუფალი ტ-რნმ P უბნიდან გამოიდევენება, ხოლო A უბნიდან P უბანში გადადის ტ-რნმ თავისი პეპტიდური ჯაჭვით. A უბანში შედის ახალი ტ-რნმ (გ).

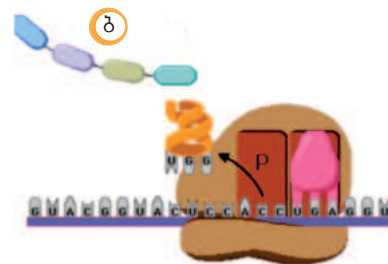


ეს პროცესი ციკლურად გრძელდება სტოპ-კოდონამდე (დ).

მესამე ეტაპი — ტერმინაცია



ტერმინალური, ანუ სტოპ-კოდონის შესაბამისი ტ-რნმ არ არსებობს, სტოპ-კოდონს უკავშირდება ე.წ. განმათავისუფლებელი ფაქტორი — RF (Release factor) (ა).



RF P უბნიდან ტ-რნმ-ს გამოაძევებს, რის შემდეგაც ტ-რნმ და პოლილიპეპტიდურ ჯაჭვს შორის წყდება კავშირი. თავისუფალი ტ-რნმ გადადის ციტოპლაზმაში (ბ).



რიბოსომის სუბერთეულები, მ-რნმ და RF სცილდებიან ერთმანეთს (გ).

სურ. 3.24



ტრანსკრიპციასა და ტრანსლაციაზე ორიენტირებული ამოცანებისა და სავარჯიშოების ამოხსნის მაგალითები

ცნობილია დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვის ფრაგმენტის ნუკლეოტიდური შედგენილობა. მის მიხედვით უნდა აიგოს ი-რნმ და განისაზღვროს შესაბამისი ცილის ამინმჟავური თანმიმდევრობა.

ამოცანა: დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვის ფრაგმენტს აქვს ასეთი შემადგენლობა: AAGGCTACGTTG. ამ ფრაგმენტის მიხედვით ააგეთ ი-რნმ და განსაზღვრეთ ამინმჟავების თანმიმდევრობა შესაბამისი ცილის ფრაგმენტში.

ამოხსნა: კომპლემენტარობის პრინციპით ავაგოთ ი-რნმ-ის ფრაგმენტი და დავყოთ იგი ტრიპლეტებად: UUC – CGA – UGC – AAU. გენეტიკური კოდის ცხრილის მიხედვით განვსაზღვრავთ ამინმჟავების თანმიმდევრობას: ფენ – არგ – ცის – ასპ.

ცნობილია პოლიპეპტიდში ამინმჟავების თანმიმდევრობა. უნდა განისაზღვროს დნმ-ის შესაბამისი უბანში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა.

ამოცანა: პოლიპეპტიდური ჯაჭვის უბანს აქვს ასეთი აგებულება: ალანინი-ლიზინი-ვალინი-სერი-ნი. განსაზღვრეთ დნმ-ის შესაბამისი უბანში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა.

ამოხსნა: გენეტიკური კოდის ცხრილის დახმარებით თავდაპირველად განვსაზღვროთ ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა ი-რნმ-ში (ზოგიერთ ამინმჟავას შეესაბამება რამდენიმე ტრიპლეტი. ამოცანის ამოხსნისას, როგორც წესი, მიეთითება პირველი ტრიპლეტი): GCU-AAA-GUU-UCU. დნმ-ის შესაბამისი უბანში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა იქნება ი-რნმ-ის კომპლემენტარული: CGA-TTT-CAA-AGA.

ცნობილია ცილის მოლეკულაში ამინმჟავების რაოდენობა, უნდა განისაზღვროს ნუკლეოტიდების რაოდენობა გენში ან გენის შესაბამისი ჯაჭვში.

ამოცანა: განსაზღვრეთ, რამდენი ნუკლეოტიდი შედის გენის შემადგენლობაში (დნმ-ის ორივე ჯაჭვი), რომელიც შეიცავს ინფორმაციას ინსულინის შესახებ, რომელიც 51 ამინმჟავას ნაშთისგან შედგება.

ამოხსნა: ერთ ამინმჟავას აკოდირებს ნუკლეოტიდების სამეული – ტრიპლეტი. დნმ-ის ჯაჭვის უბანი, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას 51 ამინმჟავიანი ცილის შესახებ, შედგება $51 \times 3 = 153$ ნუკლეოტიდისგან. ვინაიდან გენში შედის ორი ჯაჭვი, მასში ნუკლეოტიდების რაოდენობა იქნება $2 \times 153 = 306$.

მოცემულია ცილაში ამინმჟავების რაოდენობა და უნდა განისაზღვროს გენის სიგრძე.

ამოცანა: ცილის შემადგენლობაში შედის 400 ამინმჟავა. განსაზღვრეთ გენის სიგრძე, რომელიც მას აკოდირებს.

ამოხსნა: შესაბამისი გენის ერთი ჯაჭვი შედგება $400 \times 3 = 1200$ ნუკლეოტიდისგან, ხოლო გენი — 1200 წყვილი ნუკლეოტიდისაგან. ერთი წყვილი ნუკლეოტიდის სიგრძე 0,34 ნმ-ია, აქედან გამომდინარე, მოცემული გენის სიგრძეა $1200 \times 0,34 \text{ ნმ} = 408 \text{ ნმ}$.

მოცემულია დნმ-ის უბანში ტრიპლეტების თანმიმდევრობა, უნდა განისაზღვროს შესაბამისი ცილის ამინმჟავური შემადგენლობა და თანმიმდევრობა.

ამოცანა: დნმ-ის მოლეკულის უბანს აქვს შემდეგი აღნაგობა: ACC-ATA-GTC-CAC-GGA. განსაზღვრეთ ამინმჟავების თანმიმდევრობა პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში.

ამოხსნა: თავდაპირველად განვსაზღვროთ ი-რნმ-ის სტრუქტურა: UGG-UAU-CAG-GUG-CCU. გენეტიკური კოდის ცხრილის დახმარებით დავადგენთ შესაბამისი პოლიპეპტიდური ჯაჭვის აგებულებას: ტრიფტოფანი-თიროზინი-გლუტამინი-ვალინი-პროლინი.

მოცემულია ტრანსლაციაში მონაწილე ტ-რნმ-ების რაოდენობა. უნდა განისაზღვროს ამინმჟავების, ი-რნმ-ის ტრიპლეტებისა და ნუკლეოტიდების რაოდენობა.

ამოცანა: ტრანსლაციაში მონაწილეობდა ტ-რნმ-ის 30 მოლეკულა. განსაზღვრეთ ამინმჟავების რაოდენობა, რომელიც შედის სინთეზირებული ცილის მოლეკულაში, ასევე – ტრიპლეტებისა და ნუკლეოტიდების რაოდენობა ი-რნმ-სა და გენში, რომელიც ამ ცილას აკოდირებს.

ამოხსნა: თუ ცილის სინთეზში მონაწილეობდა 30 ტ-რნმ, ეს იმას ნიშნავს, რომ გადაუტანიათ 30 ამინმჟავა და, შესაბამისად, სინთეზირებული ცილა 30 ამინმჟავასგან შედგება. რამდენადაც ერთი ამინმჟავა ერთი ტრიპლეტით კოდირდება, ამ ცილას აკოდირებს 30 ტრიპლეტი. ვიცით, რომ ტრიპ-

ლეტი 3 ნუკლეოტიდისგან შედგება, ამიტომ ნუკლეოტიდების რაოდენობა ი-რნმ-ში იქნება: $30 \times 3 = 90$. რადგან გენი შედგება 2 ჯაჭვისგან, გენში ნუკლეოტიდების რაოდენობა იქნება: $90 \times 2 = 180$.

მოცემულია ი-რნმ-ს ფრაგმენტის აგებულება. უნდა განისაზღვროს ტ-რნმ-ის ანტიკოდონები და ამინმჟავების თანმიმდევრობა.

ამოცანა: ი-რნმ-ის ფრაგმენტს ასეთი აგებულება აქვს: GAUGAGUACUUCAAA. განსაზღვრეთ ტ-რნმ-ის ანტიკოდონები და ამინმჟავების თანმიმდევრობა, რომელიც ამ ფრაგმენტშია კოდირებული. ასევე დაწერეთ დნმ-ის მოლეკულის ფრაგმენტი, რომელზედაც დასინთეზირდა ეს ი-რნმ.

ამოხსნა: ი-რნმ დავანაწილოთ ტრიპლეტებად: GAU– GAU–GAG–UAC–UUC–AAA და გენეტიკური ცხრილის გამოყენებით განვსაზღვროთ ამინმჟავების თანმიმდევრობა: ასპ – გლუ – თირ – ფენ – ლიზ. მოცემული ფრაგმენტი შეიცავს 5 ტრიპლეტს, ამიტომ სინთეზში მონაწილეობს ტ-რნმ-ს 5 მოლეკულა. მათი ანტიკოდონები კოდონების კომპლემენტარულია: CUA, CUC, AUG, AAG, AAA. ასევე, ი-რნმ-ის მიხედვით კომპლემენტარობის პრინციპით განვსაზღვრავთ დნმ-ის ფრაგმენტს: CTACT–CATGAAGTTT.

ცნობილია დნმ-ის ფრაგმენტის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა. უნდა განისაზღვროს ანტიკოდონების ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა და მათ მიერ დაკავშირებული ამინმჟავები.

ამოცანა: დნმ-ის ფრაგმენტს აქვს ნუკლეოტიდების შემდეგი თანმიმდევრობა: TTAGCCGATCCG. განსაზღვრეთ ანტიკოდონების ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა (თუ არ გავითვალისწინებთ ანტიკოდონისა და კოდონის შეწყვილების ე.წ. „ქანაობის“ წესს: ზოგიერთი ტ-რნმ-ის ანტიკოდონს ერთზე მეტი სახეობის კოდონთან დაკავშირება შეუძლია) და ამინმჟავები, რომელთაც ეს ტ-რნმ-ები გადაიტანენ.

ამოხსნა: განვსაზღვროთ ი-რნმ-ის ნუკლეოტიდური შემადგენლობა და დავყოთ ტრიპლეტებად: AAU – CGG – CUA – GGC. შესაბამისად, ანტიკოდონები იქნება: UUA, GCC, GAU, CCG. გენეტიკური კოდის მიხედვით განვსაზღვროთ კოდონების შესაბამისი ამინმჟავები. შესაბამისად, ამ ამინმჟავებს გადაიტანს ტ-რნმ: ასპარაგინი, არგინინი, ლეიცილი, გლიცინი.

მოცემულია ცილის მოლეკულური მასა. უნდა განისაზღვროს ნუკლეოტიდების რაოდენობა ამ ცილის მაკოდირებელ გენში.

ამოცანა: ადამიანის სისხლის შრატის ალბუმინის მოლეკულის შეფარდებითი მასაა 68400. ერთი ამინმჟავას მოლეკულური მასაა 100. განსაზღვრეთ:

- 1) ნუკლეოტიდების რაოდენობა ამ ცილის მაკოდირებელი გენის აქტიურ ჯაჭვში;
- 2) შესაბამისი გენის სიგრძე.

ამოხსნა: თავდაპირველად განვსაზღვროთ ამ ცილაში ამინმჟავების რაოდენობა: $68400/100 = 684$. ვიცით, რომ ერთ ამინმჟავას აკოდირებს სამი ნუკლეოტიდის თანმიმდევრობა, შესაბამისად, დნმ-ის აქტიურ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების რაოდენობა იქნება: $684 \times 3 = 2052$. ეს იმას ნიშნავს, რომ შესაბამისი გენი შედგება 2052 წყვილი ნუკლეოტიდისგან. ვინაიდან ერთი წყვილი ნუკლეოტიდის სიგრძეა 0,34 ნმ, ამ გენის სიგრძე იქნება: $2052 \times 0,34 \text{ ნმ} = 697,68 \text{ ნმ}$.

ცნობილია ანტიკოდონები და უნდა განისაზღვროს შესაბამისი ამინმჟავები.

ამოცანა: ცილის ხელოვნური სინთეზისთვის სისტემაში შეიტანეს ტ-რნმ-ები, რომლებიც შეიცავენ ასეთ ანტიკოდონებს: CGA, UUA, ACA, CCA. განსაზღვრეთ, რომელ ამინმჟავებს მიიერთებენ ეს ტ-რნმ-ები.

ამოხსნა: ვიცით, რომ ანტიკოდონი კოდონის (ი-რნმ-ს ტრიპლეტის) კომპლემენტარულია. შესაბამისად, კოდონების ნუკლეოტიდური შემადგენლობა ასეთი იქნება: GCU, AAU, UGU, GGU. გენეტიკური კოდის ცხრილის დახმარებით განვსაზღვრავთ კოდონების შესაბამის ამინმჟავებს და სწორედ ამ ამინმჟავებს დაიკავშირებს ტ-რნმ-ები: ალანინი, ასპარაგინი, ცისტეინი, გლიცინი.

მოცემულია გენის აქტიური ჯაჭვის მოლეკულური მასა. უნდა განისაზღვროს მონომერების რიცხვი შესაბამის ცილაში.

ამოცანა: დნმ-ის უბნის ერთ-ერთი ჯაჭვის მოლეკულური მასაა 72450. განსაზღვრეთ ცილაში მონომერების რიცხვი, რომელიც კოდირებულია დნმ-ის ამ უბანში, თუ ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასაა 345.



ამოხსნა: თავდაპირველად განვსაზღვროთ დნმ-ის ამ უბანში ნუკლეოტიდების რაოდენობა: $72450/345=210$. ვიცით, რომ ერთ ამინმჟავას აკოდირებს სამი ნუკლეოტიდი, ამიტომ ცილაში მონომერების რიცხვი იქნება: $210/3=70$

მოცემულია ცილის მოლეკულური მასა. უნდა განისაზღვროს შესაბამისი გენის მოლეკულური მასა.

ამოცანა: ცილის მოლეკულური მასაა 9000. განსაზღვრეთ გენის მოლეკულური მასა, თუ ცნობილია, რომ ერთი ამინმჟავას მოლეკულური მასა 100-ია, ხოლო ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასა — 345.

ამოხსნა: თავდაპირველად განვსაზღვროთ მოცემულ ცილაში მონომერების (ამინმჟავების) რაოდენობა: $9000/100 = 90$. შემდეგ გავიგოთ ამ ცილის მაკოდირებელ დნმ-ის ჯაჭვში ნუკლეოტიდების რაოდენობა: $90 \times 3 = 270$. შესაბამისად, გენში ნუკლეოტიდების რაოდენობა იქნება: $270 \times 2 = 540$. გენის მოლეკულური მასა იქნება: $540 \times 345 = 186300$.

3.7.

ფოტოსინთეზი

პლასტიკური ცვლა, ანუ ანაბოლიზმი, მცენარეებსა და ცხოველებში განსხვავდება. ცხოველებშიც და ყველა სხვა ჰეტეროტროფი ორგანიზმი ანაბოლიზმისათვის საჭირო მარტივ ორგანულ ნივთიერებებს გარემოდან მიღებული მზა საკვები ორგანული ნივთიერებების მონელების გზით იღებს. რაც შეეხება მცენარეებს, ისინი გარემოდან მიღებული არაორგანული ნივთიერებებისგან თვითონ წარმოქმნიან მარტივ და რთულ ორგანულ ნივთიერებებს.

მცენარეებს ახასიათებს პლასტიკური ცვლის განსაკუთრებული სახე – **ფოტოსინთეზი**: სინათლის ენერგიის ხარჯზე ნახშირორჟანგისა და წყლისგან ორგანული ნივთიერების სინთეზის პროცესი. ფოტოსინთეზი არის საერთო სახელწოდება იმ რეაქციების, რომლებიც ქლოროპლასტებში მიმდინარეობს.

ფოტოსინთეზის პროცესში მიმდინარეობს ქიმიური რეაქციების სერია, რომელშიც გამოყოფენ ორ ფაზას: სინათლისა და სიბნელის ფაზას. **სინათლის ფაზის რეაქციები** მხოლოდ სინათლეზე მიმდინარეობს. მარტივად ფოტოსინთეზის პროცესი წარმოდგენილია სქემაზე (სურ. 3.25).

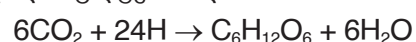
1. თილაკოიდების მემბრანაში ჩაშენებული ქლოროფილი შთანთქავს მზის ენერგიას.

2. ოსმოსით შესული წყალი იშლება, წარმოიქმნება მოლეკულური ჟანგბადი (რომელიც გარემოში დიფუნდირებს) და წყალბადის იონები, რომლებიც წყალბადის ატომებად გარდაიქმნება.

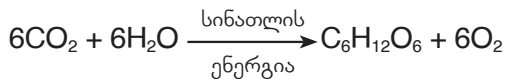
3. თილაკოიდის მემბრანებში სპეციალური ფერმენტების მონაწილეობით, სინათლის მზის ენერგია ქიმიურ ენერგიად გარდაიქმნება – სინთეზირდება ატფ. ამრიგად, **სინათლის ფაზის პროდუქტებია**: O_2 , H და ატფ.

4. **სიბნელის ფაზის (კალვინის ციკლის)** წარმართვისათვის სინათლე აუცილებელი არ არის. სიბნელის ფაზა ქლოროპლასტის სტრომაში მიმდინარეობს, სადაც ტრანსპორტირდება სინათლის ფაზის პროდუქტები: H და ატფ.

5. და 6. H -სა და გარემოდან დიფუზიით შესული CO_2 -სგან, ატფ-ის ენერგიის ხარჯზე, კალვინის ციკლში სინთეზირდება სამნახშირბადიანი ნახშირორჟანგი, რომელიც ეტაპობრივად გარდაიქმნება ექვსნახშირბადიან ნახშირწყლად – გლუკოზად:

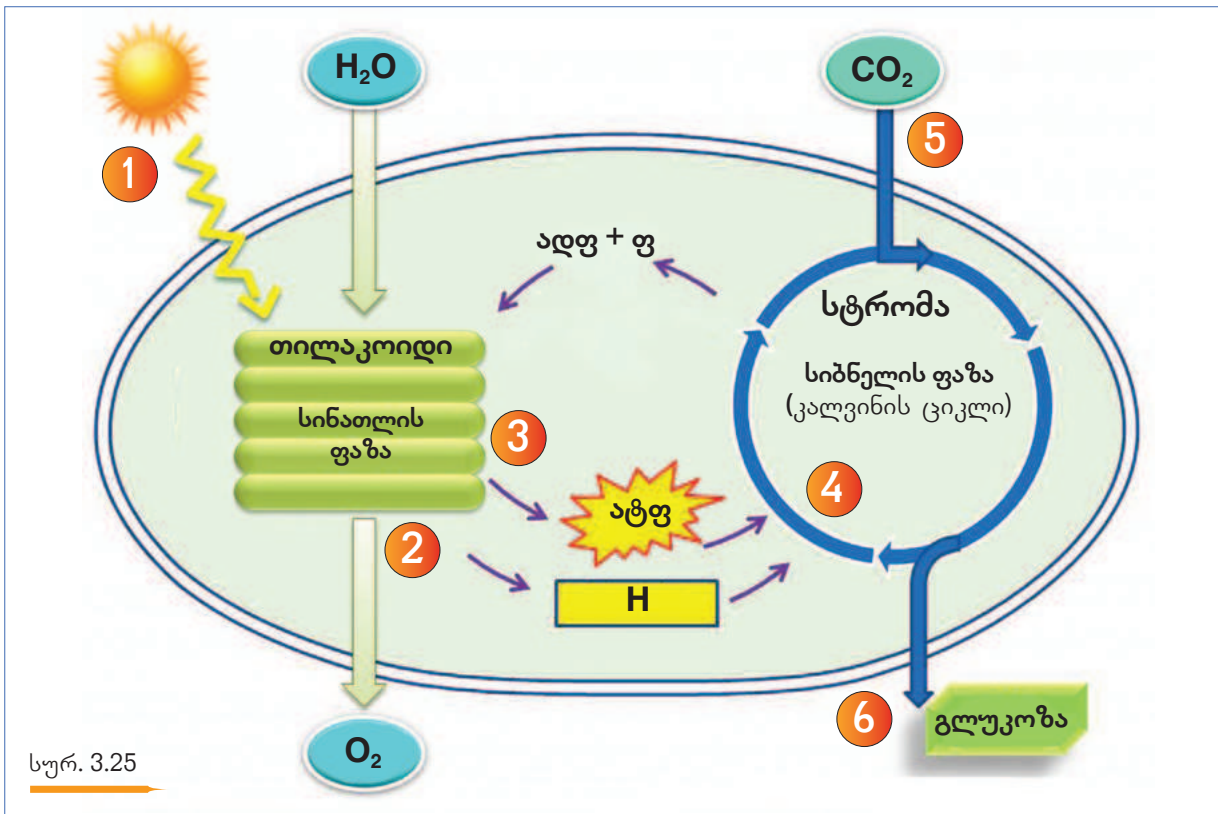


ამრიგად, სიბნელის ფაზის პროდუქტია გლუკოზა. ფოტოსინთეზის რეაქციის ჯამური ტოლობა შეიძლება ასეთი სახით წარმოვადგინოთ:



ამრიგად, ფოტოსინთეზი არის ქლოროპლასტებში მზის ენერგიის ხარჯზე ატფ-ის სინთეზი და შემდეგში ატფ-ის ენერგიის ხარჯზე გლუკოზის წარმოქმნის პროცესების ერთობლიობა. უნდა გვახსოვდეს, რომ სიბნელის ფაზის რეაქციები საჭიროებს სინათლის ფაზის პროდუქტებს. ტერმინი „სიბნელის ფაზა“ მხოლოდ იმაზე მიუთითებს, რომ

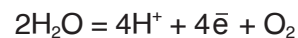
ამ ფაზის რეაქციებში სინათლის ენერგია უშუალოდ არ მონაწილეობს (ამიტომ სიბნელის ფაზის რეაქციების სიჩქარე იზრდება ტემპერატურის გაზრდით, მაგრამ მხოლოდ 30°C-მდე, ამის შემდეგ რეაქციის სიჩქარე ეცემა). მზის ენერგიის გამოყენებით მიმდინარე რეაქციებს უწოდებენ სინათლეზე დამოკიდებულს, ხოლო გლუკოზის წარმოქმნის რეაქციებს — სინათლისგან დამოუკიდებელს.



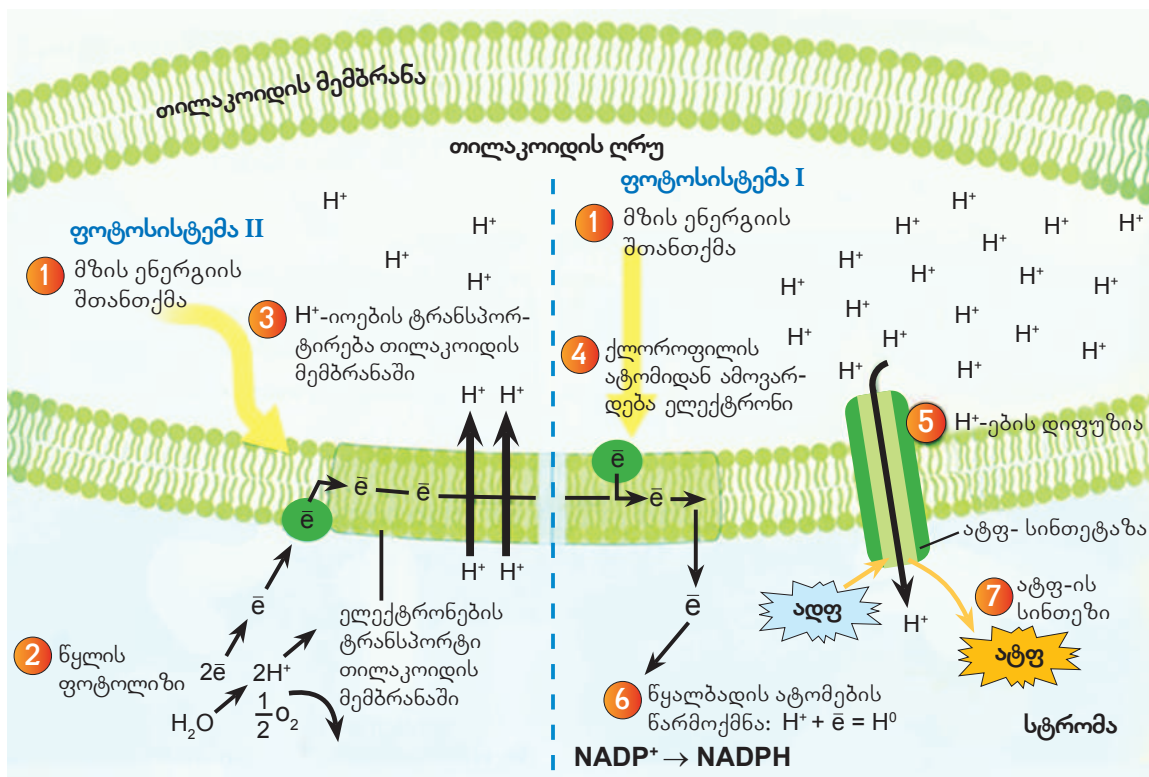
ახლა ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა უფრო დეტალურად განვიხილოთ სურათ 3.26-ზე.

1. მზის სინათლის ენერგიის შთანთქმა და ენერგიით მდიდარი ელექტრონების წარმოქმნა – თილაკოიდის მემბრანაში ჩაშენებული ფოტოსისტემა II-ის ქლოროფილი შთანთქავს მზის სინათლის ენერგიას. შთანთქმული ენერგია გადაეცემა ქლოროფილის მოლეკულის ატომების ელექტრონებს, ისინი აღიგზნებიან და ტოვებენ ქლოროფილის ატომებს. მაღალენერგიული ელექტრონები (e) ჩაერთვებიან ელექტრონგადამტან ჯაჭვში, რასაც თილაკოიდის მემბრანაში ჩაშენებული სპეციალური ცილები ქმნიან.

2. წყლის მოლეკულის დაშლა/წყლის ფოტოლიზი – ფოტოსისტემა II-ის მიერ შთანთქმული მზის ენერგიის შედეგად ფერმენტი შლის წყლის მოლეკულას: წყლის მოლეკულები კარგავენ ელექტრონებს და წარმოიქმნება წყალბადის იონები (H⁺) და ჟანგბადის მოლეკულები:



წყლის ელექტრონებიც ჩაერთვებიან ელექტრონგადამტან ჯაჭვში და ჩაანაცვლებენ სინათლის ენერგიის შთანთქმის შედეგად ქლოროფილის ატომიდან ამოვარდნილ ელექტრონებს. წყლის მოლეკულები სინათლის ფაზის რეაქციებს უზრუნველყოფს H⁺-იონებითა და ელექტრონებით (e⁻).



სურ. 3.26

3. წყალბადის იონების ტრანსპორტირება – ელექტრონების ელექტრონგადამტან ჯაჭვში გადაადგილების შედეგად გამოთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე H^+ -იონები თილაკოიდის მემბრანაში ტრანსპორტირდება კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგოდ და გროვდება თილაკოიდის ღრუში.

4. როგორც ფოტოსისტემა II-ის შემთხვევაში, ფოტოსისტემა I-ში შთანთქმებული მზის ენერგია გადაეცემა ქლოროფილის მოლეკულის ელექტრონებს, ისინი აღიგზნებიან და ტოვებენ ქლოროფილის მოლეკულებს, ჩაერთვებიან ელექტრონგადამტან ჯაჭვში.

5. წყალბადის იონების დიფუზია – როდესაც თილაკოიდის ღრუში H^+ -იონების კონცენტრაცია გარკვეულ დონეს მიაღწევს, H^+ -იონები დიფუზიით გადიან თილაკოიდის მემბრანაში ჩაშენებული ატფ-სინთაზას არხში ე.წ. ქემიოსმოსური გრადიენტის მიმართულებით. ქემიოსმოსურ გრადიენტს ქმნის თილაკოიდის მემბრანის შიგნით და გარეთ H^+ -იონების კონცენტრაციის სხვაობა.

6. წყალბადის ატომების წარმოქმნა – ფოტოსისტემა I-ის ქლოროფილიდან ამო-

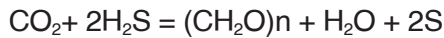
ვარდნილი ელექტრონებს ელექტრონგადამტანი ჯაჭვიდან და დიფუზიით თილაკოიდის მემბრანის გარეთ გასულ H^+ -იონები უკავშირდებათ დაჟანგულ კოფერმენტ NADP^+ -ს, იგი აღდება – NADPH -ად, რომელსაც წყალბადის ატომები (H^0) გადააქვს სიბნელის ფაზაში.

7. ატფ-ის სინთეზი – ატფ-სინთაზა ფერმენტის როლსაც ასრულებს: როდესაც H^+ იონები ქემიოსმოსით გადიან არხში, გამოთავისუფლებული ენერგია, რომლის ხარჯზე ატფ-სა და ფოსფატის ჯგუფისგან ატფ სინთეზირდება.

ქლოროპლასტებში წარმოქმნილი ნახშირწყლები მთელ მცენარეს ამარაგებს ქიმიური ენერგიითა და უჯრედის ყველა ძირითადი ორგანული ნივთიერების სინთეზისთვის საჭირო ნახშირბადით. ამინომჟავების სინთეზისათვის საჭირო აზოტს, გოგირდსა და სხვა ელემენტებს მცენარე ნიადაგიდან მინერალური მარილების სახით იღებს.

ფოტოსინთეზის პროცესი მიმდინარეობს წყალმცენარეებსა და ისეთ ბაქტერიებში, როგორცაა ციანობაქტერიები, მწვანე და მწვანე გოგირდბაქტერიები. გოგირდბაქტერიებში ფოტოსინთეზის გვერდითი პრო-

დეჰიდროგენაზი არ არის, რადგან იყენებს არა წყალს, არამედ გოგირდწყალბადს და გვერდითი პროდუქტი არის გოგირდი:



ფოტოსინთეზის ფაზების მოკლე დახასიათება იხილეთ ცხრილ 3.3-ში, უჯრედული სუნთქვისა და ფოტოსინთეზის შედარებითი დახასიათება კი - ცხრილ 3.4-ში.

ცხრილი 3.3. ფოტოსინთეზის ფაზების დახასიათება	
სინათლის ფაზა (მიმდინარეობს თილაკოიდში)	სიბნელის ფაზა/კალვინის ციკლი (მიმდინარეობს სტრომაში)
რეაქციები: ქლოროფილის მოლეკულის ატომებში ელექტრონების აგზნება და ელექტრონების ამოვარდნა, წყლის ფოტოლიზი – წყალბადის იონებისა და ელექტრონების გამოთავისუფლება, ჟანგბადის გამოყოფა, ელექტრონების ტრანსპორტი, წყალბადის პროტონების დაგროვება თილაკოიდის ღრუში და ქემიოსმოსი, ატფ-სინთაზას მონაწილეობით ატფ-ის სინთეზი, წყალბადის ატომების წარმოქმნა.	რეაქციები: ნახშირორჟანგისა და წყალბადის ატომებისგან გლუკოზის ეტაპობრივი სინთეზი სპეციალური ფერმენტების მონაწილეობით, ატფ-ს მოსცილდება ფოსფატის ჯგუფი და გარდაიქმნება ადფ-ად, გამოთავისუფლებული ენერგია ხმარდება ნახშირწყლის სინთეზს.
საწყისი ნივთიერებები: წყალი, NADP^+ ადფ, ფოსფატი	საწყისი ნივთიერებები: ატფ, NADPH (წყალბადის ატომები), ნახშირორჟანგი
პროდუქტები: მოლეკულური ჟანგბადი (გვერდითი პროდუქტი, რომელიც გარემოში გამოიყოფა), ატფ, NADPH (წყალბადის ატომები)	პროდუქტი: გლუკოზა გვერდითი პროდუქტები: NADP^+ , ადფ და ფოსფატი

ცხრილი 3.4. უჯრედული სუნთქვისა და ფოტოსინთეზის შედარება		
კრიტერიუმები შესადარებლად	უჯრედული სუნთქვა	ფოტოსინთეზი
ორგანიზმები, რომლებსთვისაც არის დამახასიათებელი	ყველა აერობული ორგანიზმი	მცენარეები, წყალმცენარეები, ციანობაქტერიები, მწვანე და მწვანე მწერები
ორგანელა, რომელშიც მიმდინარეობს	მიტოქონდრია, პროკარიოტებში მეზოსომები	ქლოროპლასტი, პროკარიოტებში მეზოსომები, რომელთა მემბრანები ქლოროფილს შეიცავს
ნივთიერებათა გარდაქმნა	გლუკოზა ჟანგბადის მონაწილეობით იშლება წყლად და ნახშირორჟანგად	წყლისა და ნახშირორჟანგისგან ნახშირწყალი წარმოიქმნება, გარემოში გამოიყოფა ჟანგბადი (მწვანე მწერების გოგირდწყალბადისა და ნახშირორჟანგისგან, გარემოში გამოიყოფა გოგირდი)
ენერგიის გარდაქმნა	ორგანულ ნივთიერებაში დაგროვებული ქიმიური ენერგია გარდაიქმნება ატფ-ის ქიმიურ ენერგიად და სითბურ ენერგიად	სინათლის ენერგია გარდაიქმნება ქიმიურ ენერგიად
ელექტრონებისა და წყალბადის იონების წყარო	ორგანული ნივთიერება	წყალი, მწვანე მწერების გოგირდწყალბადი
ელექტრონებისა და წყალბადის ტრანსპორტირებაში მონაწილე კოფერმენტები	NADH და FADH_2	NADPH

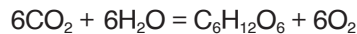


ფოტოსინთეზზე ორიენტირებული ამოცანების ამოხსნის მაგალითები

ცნობილია ფოტოსინთეზის პროცესში მიღებული გლუკოზის მოლეკულების რაოდენობა და უნდა განისაზღვროს ამ პროცესში მონაწილე CO_2 -ის მოლეკულების რაოდენობა.

ამოცანა: CO_2 -ის რამდენმა მოლეკულამ უნდა მიიღოს მონაწილეობა ფოტოსინთეზის პროცესში, რომ წამოიქმნას 12 მოლეკულა გლუკოზა?

ამოხსნა: დავწეროთ ფოტოსინთეზის ჯამური ტოლობა –

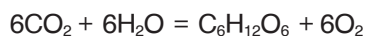


შევადგინოთ პროპორცია: თუ ერთი მოლეკულა გლუკოზა მიიღება 6CO_2 -ის მონაწილეობით, მაშინ 12 მოლეკულა გლუკოზის წარმოსაქმნელად საჭირო იქნება: $12 \times 6 = 72$ მოლეკულა CO_2 .

ცნობილია ფოტოსინთეზის პროცესში დახარჯული CO_2 -ის მოლეკულების რაოდენობა და უნდა განისაზღვროს მიღებული გლუკოზის მოლეკულების რაოდენობა.

ამოცანა: ფოტოსინთეზში დაიხარჯა CO_2 -ის 42 მოლეკულა. რამდენი მოლეკულა გლუკოზა წარმოიქმნება ამ შემთხვევაში?

ამოხსნა: დავწეროთ ფოტოსინთეზის ჯამური ტოლობა –

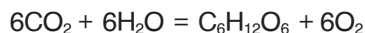


შევადგინოთ პროპორცია: თუ 6 მოლეკულა CO_2 -ის მონაწილეობით მიიღება 1 მოლეკულა გლუკოზა, მაშინ 42 მოლეკულა CO_2 -ის მონაწილეობით მიიღება: $42/6=7$ მოლეკულა გლუკოზა.

ცნობილია ფოტოსინთეზის პროცესში მიღებული გლუკოზის მოლეკულების რაოდენობა და უნდა განისაზღვროს ამ პროცესში გამოყოფილი O_2 -ის მოლეკულების რაოდენობა.

ამოცანა: ფოტოსინთეზის პროცესში რამდენი მოლეკულა O_2 გამოიყოფა, თუ ცნობილია, რომ დასინთეზირდა 15 მოლეკულა გლუკოზა.

ამოხსნა: დავწეროთ ფოტოსინთეზის ჯამური ტოლობა –



შევადგინოთ პროპორცია: თუ ერთი მოლეკულა გლუკოზის სინთეზის დროს გამოიყოფა 6 მოლეკულა O_2 , მაშინ 15 მოლეკულა გლუკოზის სინთეზის დროს გამოიყოფა: $15 \times 6 = 90$ მოლეკულა O_2 .

ცნობილია სიბნელის ფაზაში მონაწილე H-ის ატომების რაოდენობა და უნდა განისაზღვროს სინთეზირებული გლუკოზის მოლეკულების რაოდენობა.

ამოცანა: სიბნელის ფაზაში მონაწილეობდა წყალბადის 48 ატომი. რამდენი მოლეკულა გლუკოზა სინთეზირდება ამ დროს?

ამოხსნა: დავწეროთ სიბნელის ფაზის ქიმიური ტოლობა –

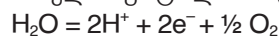


შევადგინოთ პროპორცია: თუ 24 წყალბადის ატომის მონაწილეობით მიიღება 1 მოლეკულა გლუკოზა, მაშინ 48 ატომი წყალბადის ატომის მონაწილეობით სინთეზირდება: $48/24 = 2$ მოლეკულა გლუკოზა.

ცნობილია სინათლის ფაზაში ფოტოლიზის შედეგად წარმოქმნილი ელექტრონების რაოდენობა, უნდა განისაზღვროს, წყლის რამდენმა მოლეკულამ განიცადა ამ შემთხვევაში ფოტოლიზი.

ამოცანა: სინათლის ფაზაში წყლის ფოტოლიზის შედეგად წარმოიქმნა 8 ელექტრონი. განსაზღვრეთ წყლის რამდენმა მოლეკულამ განიცადა ფოტოლიზი.

ამოხსნა: დავწეროთ სინათლის ფაზაში წყლის ფოტოლიზის ტოლობა —



შევადგინოთ პროპორცია: თუ 2 ელექტრონი გამოთავისუფლდება 1 მოლეკულა H_2O -ს ფოტოლიზის შედეგად, მაშინ 8 ელექტრონი გამოთავისუფლდება: $8/2 = 4$ მოლეკულა H_2O -ს ფოტოლიზის შედეგად.

თემა 4. უჯრედის გამრავლება



ორგანიზმებისთვის დამახასიათებელი მნიშვნელოვანი სასიცოცხლო თვისებებია გამრავლება და ზრდა-განვითარება. შეგვიძინევია, მაგალითად, გაზაფხულიდან როგორ იზრდება და ვითარდება თესლიდან აღმოცენებული ყვავილოვანი მცენარე, ან ახალდაბადებული ცხოველი როგორ გარდაიქმნება ზრდასრულ ორგანიზმად. ყოველი ადამიანი ვითარდება ერთი განაყოფიერებული კვერცხუჯრედიდან; დაბადების მომენტისთვის ადამიანის სხეული, დაახლოებით, ტრილიონი უჯრედისგან შედგება და ყველა მათგანი ერთი უჯრედისგან წარმოიქმნა. ორგანიზმი იზრდება და ვითარდება მისი უჯრედების რიცხვისა და ზომის ზრდის ხარჯზე.

როგორ იზრდება უჯრედების რიცხვი? როგორ გადაეცემა გენეტიკური ინფორმაცია დედისეული უჯრედიდან შვილეულ უჯრედებზე? რა ფაქტორებმა შეიძლება მოახდინოს გავლენა უჯრედების რიცხვისა და ზომის ზრდაზე? წარმოიქმნება თუ არა ახალი უჯრედები ზრდასრულ ორგანიზმში? ორგანიზმში არის უჯრედების რიცხვის ზრდის მარეგულირებელი მექანიზმები? რა მოხდება, თუ ორგანიზმში დაირღვა უჯრედების რიცხვის ზრდის მარეგულირებელი მექანიზმი?

მოცემული თემის ფარგლებში იპოვით პასუხს ყველა ამ და კიდევ სხვა კითხვაზე.

4.1.

უჯრედული ციკლი

ბუნებაში ბევრი ციკლური პროცესი მიმდინარეობს: წყლის მიმოქცევა ბუნებაში, დღე-ღამური და სეზონური ციკლები, ორგანიზმების სასიცოცხლო ციკლი. როგორც ყველა ორგანიზმს აქვს თავისი სასიცოცხლო ციკლი, ასევე, უჯრედსაც აქვს სასიცოცხლო ციკლი – უჯრედული ციკლი: ნებისმიერ ცალკეულ უჯრედს აქვს ზრდის, გამრავლებისა და ნორმალური ფუნქციონირების სხვადასხვა სტადია.

უჯრედული ციკლი მოიცავს უჯრედის არსებობის მთელ პერიოდს ამ უჯრედის გაყოფის ჩათვლით. ამრიგად, უჯრედული ციკლი იწყება მაშინ, როდესაც საწყისი/დედისეული უჯრედიდან გაყოფის გზით წარმოიქმნება ახალი უჯრედი და მთავრდება მაშინ, როდესაც ეს უჯრედი დაასრულებს საკუთარ გაყოფას.

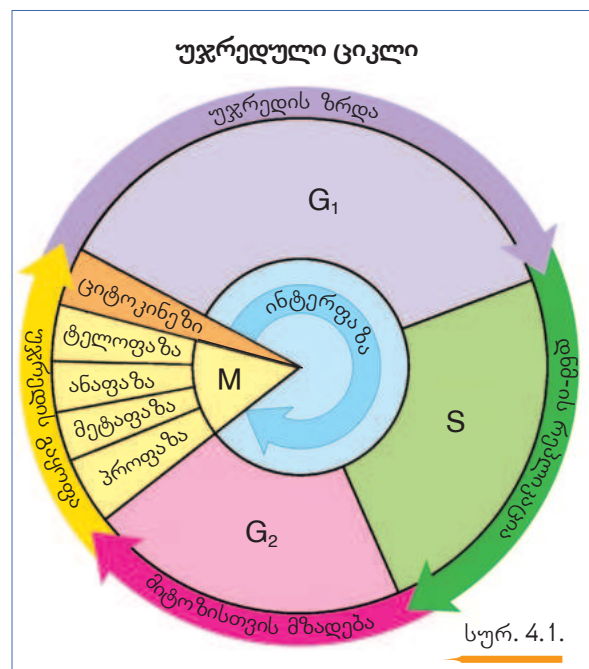
სურ. 4.1-ზე წარმოდგენილია უჯრედული ციკლის სტადიები: **ინტერფაზა** და **უჯრედის გაყოფა**. თავის მხრივ, ინტერფაზა მოიცავს ფაზებს: **პრესინთეზური ფაზა – G_1 , დნმ-ის სინთეზის ფაზა – S, პოსტსინთეზური ფაზა – G_2** , ხოლო უჯრედის გაყოფა – **მიტოზსა (M) და ციტოკინეზს**.

უჯრედული ციკლის სტადიებმა სახელწოდებები მიიღო უჯრედის გაყოფის შესახებ ჩატარებული სხვადასხვა კვლევის საფუძველზე. უჯრედის გაყოფის შესახებ მეცნიერული კვლევები საწყის ეტაპზე შემოსაზღვრული იყო იმდროინდელი მიკროსკოპის შესაძლებლობით. როდესაც უჯრედი არ იყოფოდა, მეცნიერებს არ შეეძლოთ მათი აქტივობის/უჯრედში მიმდინარე პროცესების დანახვა, ამიტომ, უჯრედული ციკლი ორ სტადიად გაყვეს: ინტერფაზა, როდესაც უჯრედი მოსვენებულ მდგომარეობაშია, და მიტოზი, როდესაც უჯრედი იყოფა. შემდგომ, კვლევის უფრო სრულყოფილი მეთოდებისა და ინსტრუმენტების გამოყენებით, მეცნიერებმა ინტერფაზაში აღმოაჩინეს დნმ-ის სინთეზი და მათ უჯრედული ციკლის აღწერილობაში დაამატეს ახალი კომპონენტი – დნმ-ის სინთეზი. ბოლოს და ბოლოს, მეცნიერები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ უჯრედი ინტერფაზაში მოსვენებულ მდგომარეობაში

არ არის, არამედ უჯრედი აქტიურად ასრულებს თავის ფუნქციებს, იზრდება გარკვეულ ზომამდე და ემზადება გაყოფისთვის. ამიტომ ინტერფაზა უჯრედული ციკლის ყველაზე ხანგრძლივი სტადიაა.

ინტერფაზის პრესინთეზური (G_1) ფაზაში უჯრედი ასრულებს მისთვის დამახასიათებელ ფუნქციებს. მაგალითად, თუ ეს არის კუნთოვანი უჯრედი, იგი იკუმშება და მონაწილეობს მამოძრავებელი ფუნქციის შესრულებაში; თუ ეს თირკმელზედა ჯირკვლის უჯრედი, იგი ასინთეზირებს და გამოყოფს ჰორმონებს; თუ ეს წვრილი ნაწლავის ხაოების ეპითელური უჯრედი, ნაწლავებიდან შეიწოვს მონელებულ საკვებ ნივთიერებებს და ა.შ. ასევე, ამ ფაზაში უჯრედი მატულობს ზომას და იზრდება ორგანოების რიცხვი. უჯრედი თავისი სასიცოცხლო ციკლის ყველაზე მეტ დროს ატარებს G_1 ფაზაში, თუმცა მისი ხანგრძლივობა დამოკიდებულია უჯრედის ტიპზე.

G_1 ფაზაში უჯრედმა უნდა გაიაროს კრიტიკული კონტროლის წერტილი, ვიდრე იგი გადავა სინთეზის ფაზაში. გარკვეული პირობების დაცვის გარეშე, უჯრედისთვის საზიანო იქნება გაყოფის გაგრძელება. მაგალითად, ცხოველურ უჯრედთა უმრავლესობის წარმატებული გაყოფისთვის აუცილებელია საკ-



სურ. 4.1.

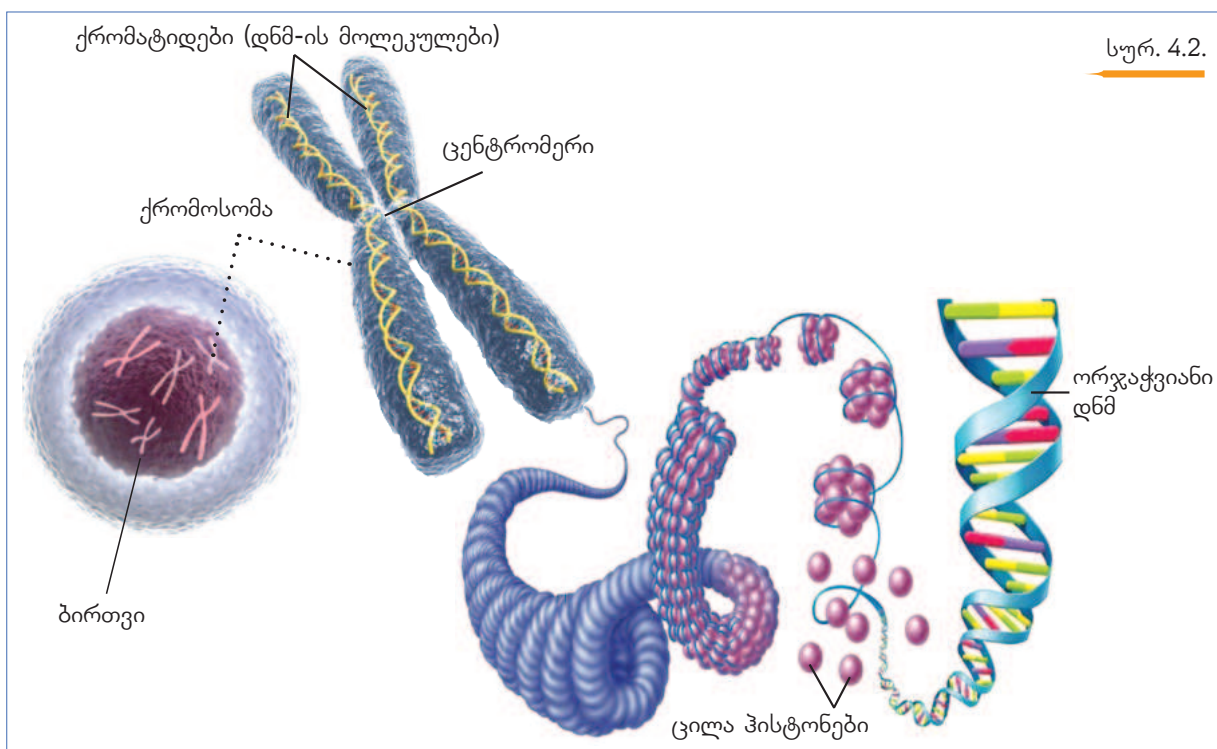
მარისი საკვები, საჭირო ზომა და დაუზიანებელი დნმ. მათ ასევე სჭირდებათ სიგნალები სხვა უჯრედებიდან, თუ რამდენად საჭიროა უჯრედის გაყოფა.

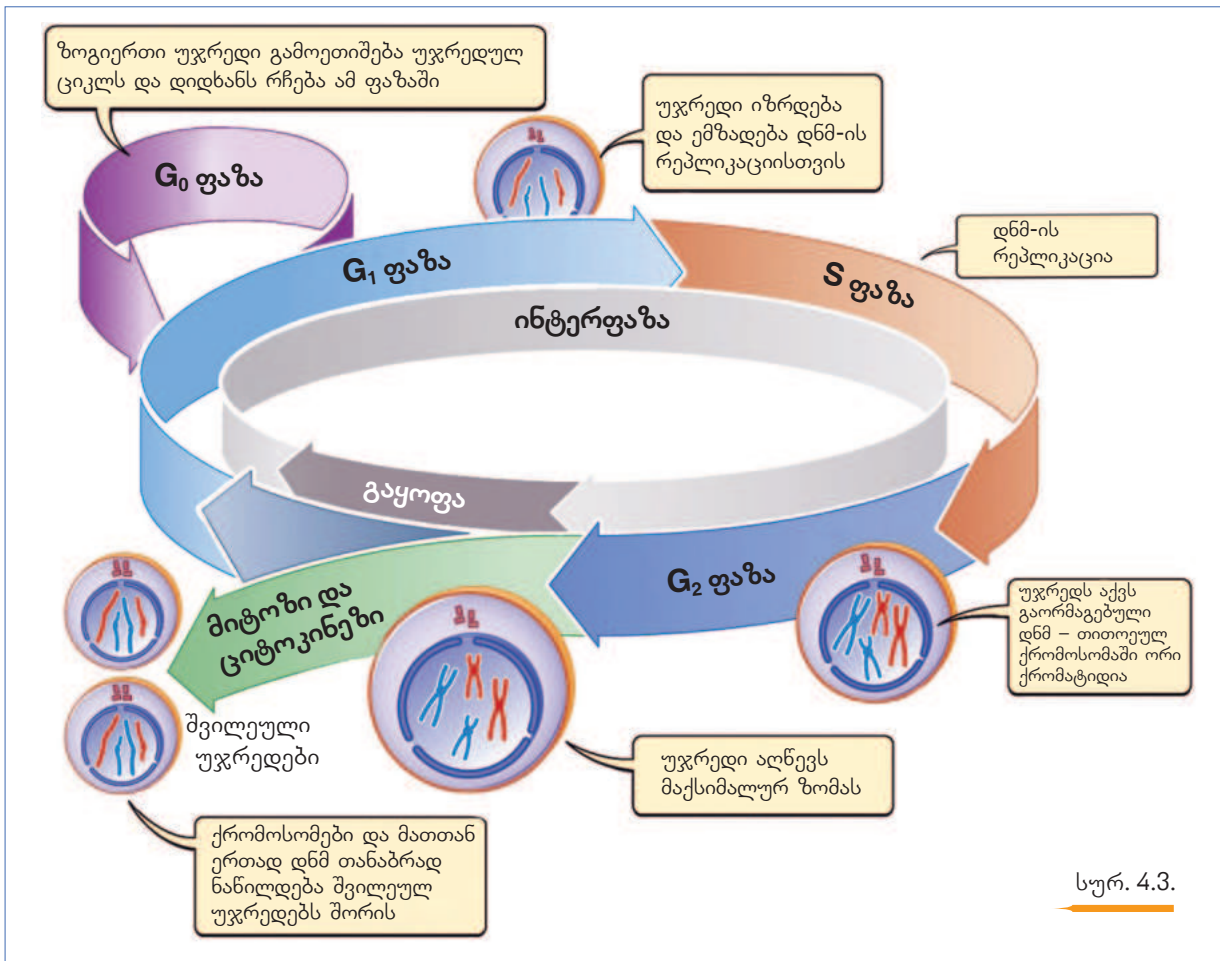
უჯრედს არ შეუძლია უსასრულოდ გაიზარდოს ზომაში, რომც საკმარისი რაოდენობით ჰქონდეს საკვები ნივთიერებები. უჯრედების ზომა განისაზღვრება ზედაპირის ფართობისა და მისი მოცულობის თანაფარდობის სიდიდით. გაიხსენე, რომ ჟანგბადი, საკვები ნივთიერებები და ცვლის პროდუქტები მოძრაობს პლაზმური მემბრანის გავლით. ეს ნივთიერებები უნდა ტრანსპორტირდეს საკმარისი რაოდენობითა და სიჩქარით, რომ უზრუნველყოს უჯრედის ფუნქციონირება. უჯრედის ზომის ზრდასთან ერთად უფრო სწრაფად იზრდება მისი მოცულობა, ვიდრე მისი ზედაპირის ფართობი. შესაბამისად, ზომის შემდგომი ზრდის შედეგად შეიძლება, ზედაპირის ფართობი ძალიან მცირე, არაადეკვატური აღმოჩნდეს მოცულობასთან შედარებით. როდესაც ზედაპირის ფართობის მოცულობასთან თანაფარდობა ძალიან მცირეა, უჯრედს ასეთ შემთხვევაში არ შეუძლია ნივთიერებათა მიმოცვლა გარემოსთან საკმარისი/საჭირო სიჩქარითა და რაოდენობით.

სინთეზის ფაზა (S) ინტერფაზის მეორე ფაზაა. ამ ფაზაში უჯრედი ქმნის თავისი ბირ-

თვული დნმ-ის ასლებს – მიმდინარეობს დნმ-ის რეპლიკაცია. ეუკარიოტებში დნმ-ის ძირითადი ნაწილი განთავსებულია ბირთვში. ეუკარიოტული უჯრედის ბირთვში დნმ დაკავშირებულია ცილებთან და მათთან კომბინაციაში ქმნის ქრომატინს (სურ.4.2), რომლისგანაც უჯრედის გაყოფის დროს ქრომოსომები ყალიბდება (შემდეგში ტექსტსა და სურათებზე გამოყენებული იქნება ტერმინი „ქრომოსომა“). რადგან S სინთეზის ფაზაში დნმ განიცდის რეპლიკაციას, ინტერფაზის ბოლოს თითოეული ქრომოსომა დნმ-ის ორი იდენტური მოლეკულისგან შედგება. მათ შვილეული ქრომოსომები, ანუ ქრომატიდები ეწოდება. ქრომატიდები ერთმანეთს ცენტრომერით უკავშირდება. ამრიგად, სინთეზის ფაზის ბოლოს უჯრედი შეიცავს დნმ-ის მოლეკულების გაორმაგებულ რაოდენობას. სინთეზის ფაზაში, დნმ-ის რეპლიკაციის გარდა, მიმდინარეობს ჰისტონური ცილების სინთეზი.

პოსტსინთეზურ ფაზაშიც (G₂) უჯრედი აგრძელებს თავისი ფუნქციების შესრულებას, კვლავ მიმდინარეობს ცილების სინთეზი, აქტიურად სინთეზირდება ცილა ტუბულინი, რომლისგანაც წარმოიქმნება უჯრედის მიტოზური გაყოფისთვის აუცილებელი გაყოფის ცილოვანი ძაფები. უჯრედი აღწევს





გაყოფისთვის საჭირო ზომას. როგორც G₁ ფაზა, ისე G₂ ფაზაც შეიცავს გადამწყვეტ სა-კონტროლო წერტილს: იქამდე, სანამ უჯრედი დაიწყებს გაყოფას, ყველაფერი უნდა იყოს წესრიგში – უჯრედის ადეკვატური ზომა და დაუზიანებელი დნმ.

უჯრედის გაყოფა უჯრედის სასიცოცხლო ციკლის მეორე სტადიაა, რომელიც მოიცავს მიტოზსა და ციტოკინეზს. **მიტოზი (M)** არის ბირთვისა და მისი შიგთავსის გაყოფა. **ციტოკინეზი** არის პროცესი, რომელიც ყოფს უჯრედის ციტოპლაზმას და მიიღება გენეტიკურად იდენტური ორი შვილეული უჯრედი (ქრომოსომების ცვლილება უჯრედული ციკლის განმავლობაში იხ. სურ. 4.3-ზე).

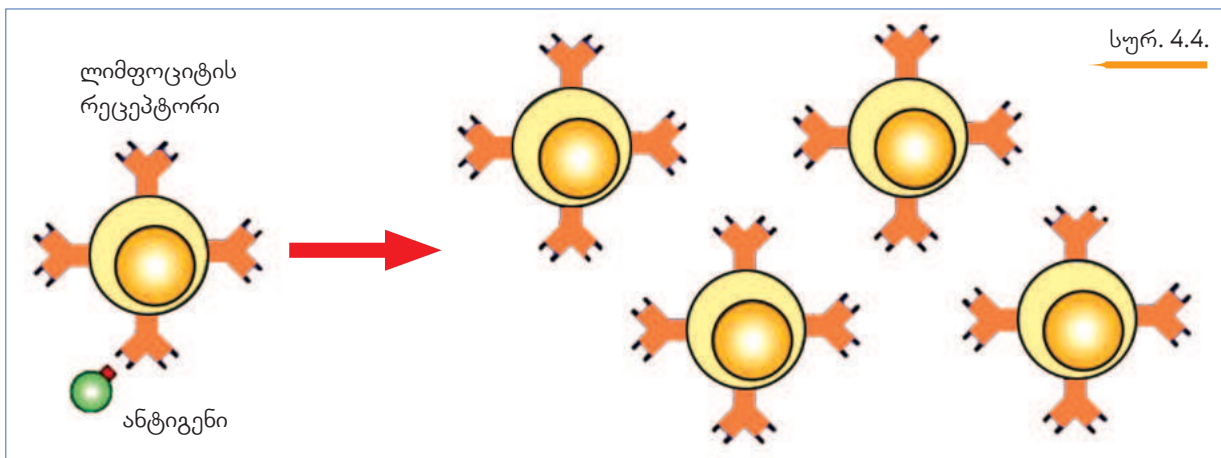
უჯრედული ციკლის სტადიები თავიანთი ფაზებითა და უჯრედის გაყოფის მარეგულირებელი ცილებით მსგავსია ყველა ეუკარიოტული უჯრედისთვის. მაგალითად, მეცნიერებმა ექსპერიმენტებით აჩვენეს, რომ საფუარას უჯრედული ციკლის მარეგულირებელი ზოგიერთი მოლეკულა მუშაობს

ცხრილი 4.1.

უჯრედების სიცოცხლის ხანგრძლივობა	
უჯრედის ტიპი	სიცოცხლის საშუალო დიაპაზონი
კანის ეპიდერმისის უჯრედი	2 კვირა
სისხლის წითელი უჯრედი	4 თვე
ნაწლავის ეპითელური უჯრედი	4-5 დღე
ნაწლავის გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის უჯრედი	16 წელი

ადამიანის უჯრედებშიც. ასეთი მსგავსება მეტყველებს ეუკარიოტების ერთიანი წარმოშობის იდეის სასარგებლოდ.

უჯრედები სხვადასხვა სიჩქარით იყოფიან. როგორც ცხრილ 4.1-ში ჩანს, სხვადასხვა ტიპის ეუკარიოტული უჯრედის გაყოფის სიჩქარე ძალიან განსხვავებულია. პროკარიოტული უჯრედები, რომელთაც არ გააჩნიათ მემ-



ბრანული შენების ორგანოები, გაცილებით სწრაფად იყოფიან, ვიდრე ეუკარიოტული უჯრედები.

უჯრედების გაყოფის სიჩქარე დაკავშირებულია ამ უჯრედებისადმი ორგანიზმის მოთხოვნილებასთან. ადამიანის უჯრედებში S , G_2 და M ერთად, დაახლოებით, 12 საათს გრძელდება. ყველაზე მეტად სხვადასხვა ტიპის უჯრედები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან G_1 ფაზის ხანგრძლივობით. უჯრედების გაყოფის სიჩქარე გაცილებით მაღალია ემბრიონსა და ბავშვებში, ვიდრე მოზრდილებში. ასევე, მოზრდილ ადამიანებში უჯრედული გაყოფის სიჩქარე განსხვავებულია სხვადასხვა ქსოვილში. მაგალითად, უჯრედები ეპითელიური ქსოვილებისა, რომლებიც ამოფენილია ღრუიანი ორგანოები, სწრაფად ილუპებიან და ქვედა შრის უჯრედების გაყოფის შედეგად ახალი უჯრედების ზედაპირული შრე წარმოიქმნება; ლობიოს ფესვის წვეროს უჯრედები იყოფა ყოველ 19 საათში; ზღვის ზღარბის ემბრიონის უჯრედები კი ყოველ 2 საათში. ბევრი შინაგანი ორგანოს ქსოვილების უჯრედები, როგორებიცაა ფილტვების,

თირკმლებისა და ღვიძლის, ნაწლავის გლუვკუნთოვანი ქსოვილის, იშვიათად იყოფიან, ძირითადად, მხოლოდ უჯრედების დაზიანების ან სიკვდილის შემთხვევაში.

ზოგიერთი უჯრედი გადადის ფაზაში, რომელსაც მეცნიერები G_0 -ს (სურ. 4.3) უწოდებენ. ამ ფაზაში მყოფი უჯრედები, ფაქტობრივად, აღარ იყოფიან და აგრძელებენ თავიანთი ფუნქციების შესრულებას. მაგალითად, ნეირონი, როგორც ჩანს, მუდმივად რჩება G_0 ფაზაში. თუმცა ბოლო გამოკვლევები მოწმობს იმას, რომ თავის ტვინის გარკვეულ ნაწილებში ნეირონებსაც შეუძლიათ გაყოფა. ამ საკითხზე გამოკვლევები აქტიურად გრძელდება. სხვა უჯრედებს, როგორიცაა ლიმფოციტები (ლეიკოციტების ერთ-ერთი სახეობა), შეუძლიათ G_0 ფაზაში მრავალი წლის განმავლობაში დარჩენა იქამდე, სანამ ისინი არ ამოიცნობენ ანტიგენს. როგორც კი ანტიგენი დაუკავშირდება ლიმფოციტის რეცეპტორს, ლიმფოციტები სწრაფად მრავლდებიან, რომ ორგანიზმს დაეხმარონ უცხო სხეულთან, ნივთიერებასა თუ პათოგენურ მიკრობთან ბრძოლაში (სურ. 4.4).

4.2.

უჯრედების მიტოზური გაყოფა



მიტოზი

ნებისმიერი უჯრედის მნიშვნელოვან სასიცოცხლო თვისებას წარმოადგენს გამრავლება, რომლის შედეგად ორგანიზმი იზრდება და

ვითარდება. ეუკარიოტული უჯრედების გამრავლების გავრცელებული სახეა მიტოზური გაყოფა. შენ უკვე იცი, რომ მიტოზი უჯრედუ-

ლი ციკლის ერთ-ერთი სტადიაა. უჯრედული ციკლის ყველა სტადია მნიშვნელოვანია. ინტერფაზაში უჯრედი ფუნქციონირებს და ემზადება გაყოფისთვის. ინტერფაზის ბოლოს ორგანოები (მათ შორის, ცენტრიოლები) და დნმ გაორმაგებულია (ე.ი. გაორმაგებულია გენეტიკური ინფორმაცია).

შვილეულმა უჯრედებმა უნდა მიიღონ ქრომოსომების სრული ნაკრები – სანყისი უჯრედისთვის დამახასიათებელზე არც მეტი და არც ნაკლები. უჯრედებს შორის ქრომოსომების ზუსტი და თანაბარი განაწილება რთული ამოცანაა. მიტოზი – საოცარი პროცესია, რომელიც ეფექტურად ანაწილებს ორ ბირთვს შორის ქრომოსომების ნაკრებს.

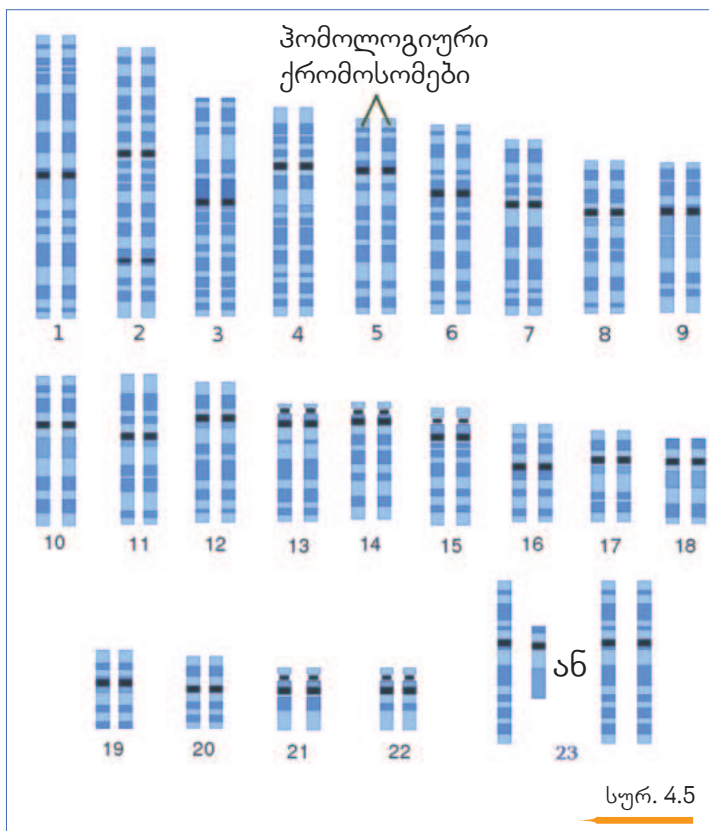
მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში არჩევენ არასასქესო უჯრედებს – **სომატურ უჯრედებსა** და სასქესო უჯრედებს – **გამეტებს**. სახეობის ყოველი სომატური უჯრედისთვის დამახასიათებელია მუდმივი ქრომოსომული კომპლექტი. სხვადასხვა სახეობის ქრომოსომული კომპლექტი ერთმანეთისგან განსხვავდება ქრომოსომების რიცხვით, ფორმითა და სტრუქტურით. ქრომოსომული კომპლექტის ნიშან-თვისებების ერთობლიობას, რომელიც დამახასიათებელია მოცემული სახეობის სომატური უჯრედებისთვის, **კარიოტიპი ეწოდება**.

მაგალითად, ადამიანის კარიოტიპისთვის დამახასიათებელია 46 ქრომოსომა (სურ. 4.5). თუ სქემაზე დააკვირდები, ნახავ, რომ თითოეულ ქრომოსომას აქვს თავისი იდენტური მენყვილე. ორ ერთნაირ ქრომოსომას **ჰომოლოგიური ქრომოსომები** ეწოდება. ე.ი. ადამიანის სომატური უჯრედებისთვის დამახასიათებელია ჰომოლოგიური ქრომოსომების 23 წყვილი. ქრომოსომების ასეთ კომპლექტს **დიპლოიდურს** უწოდებენ და $2n$ -ით აღინიშნება (ბერძნ. **diploid** – ორმაგი). თუმცა არსებობენ ორგანიზმები, რომელთა სომატურ უჯრედებს ქრომოსომების ერთი – **ჰაპლოიდური** (n) – ნაკრები აქვთ. მაგალითად, ხავსებსა და მამრ ფუტკარს ჰაპლოიდური სომატური უჯრედები აქვთ (ბერძნ. **haploid** – ერთ-

მაგი).

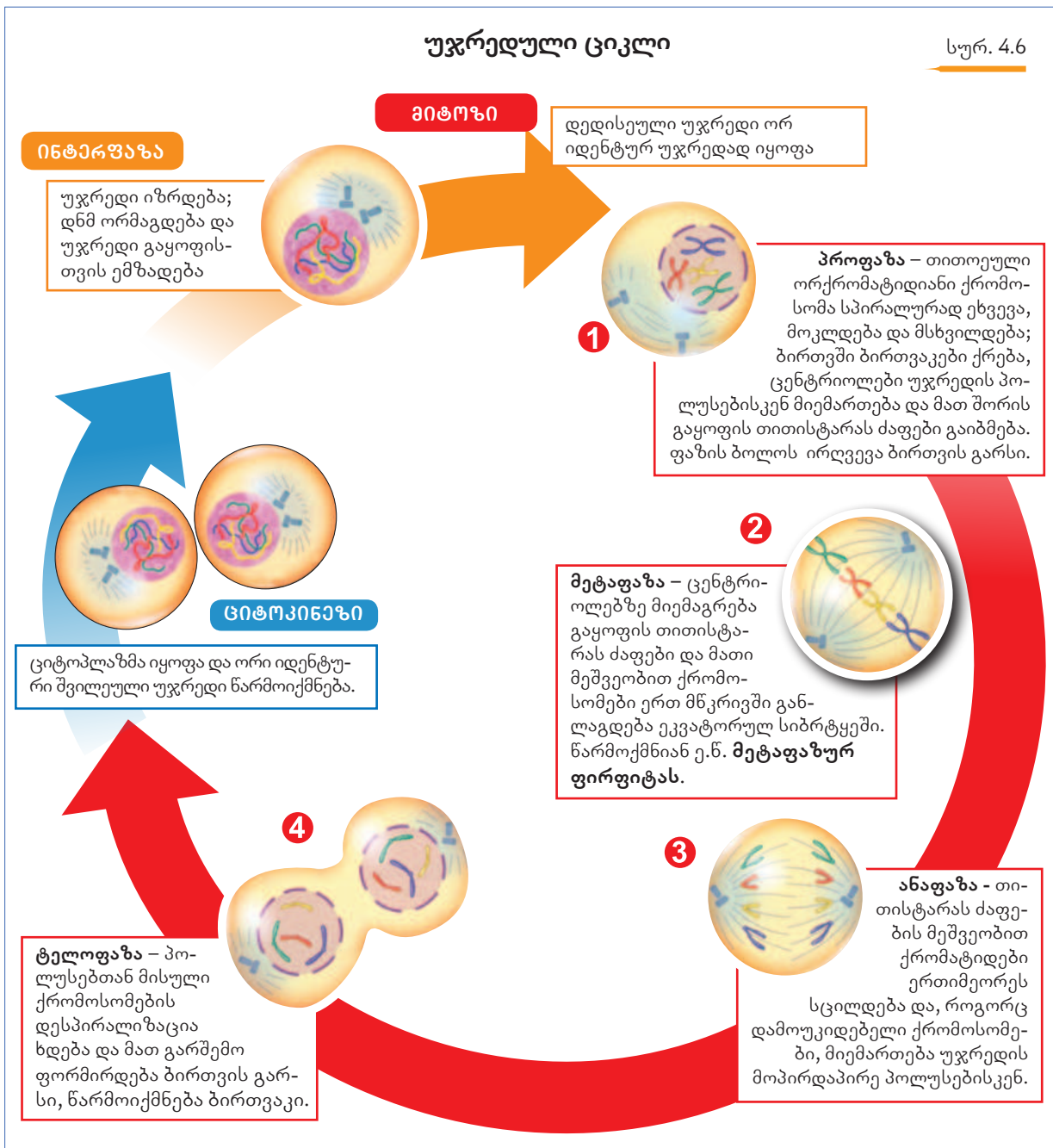
მიტოზურად იყოფა როგორც დიპლოიდური, ისე ჰაპლოიდური უჯრედები. განვიხილოთ მიტოზი უფრო დეტალურად დიპლოიდური უჯრედის მაგალითზე (სურ. 4.6). რადგან ქრომოსომებში დნმ-ის რეპლიკაცია/გაორმაგება მიმდინარეობს ინტერფაზაში, ამიტომ მიტოზის დაწყებისთვის ყოველი ქრომოსომა შედგება დნმ-ის ორი მოლეკულისგან – ორი ქრომატიდისგან. მიტოზი ოთხი ფაზისგან შედგება: პროფაზა, მეტაფაზა, ანაფაზა და ტელოფაზა. მიტოზის შედეგად უჯრედში წარმოიქმნება გენეტიკურად იდენტური ორი ბირთვი. თითოეულ ბირთვს აქვს ქრომოსომების იგივე ნაკრები, რაც სანყისი უჯრედის ბირთვს. მიტოზს მოჰყვება ციტოკინეზი, როდესაც ციტოპლაზმაც იყოფა და ორი დამოუკიდებელი უჯრედი წარმოიქმნება. ციტოკინეზით მთავრდება უჯრედული ციკლი.

როდესაც უჯრედი იყოფა, თითოეული შვილეული უჯრედი მემკვიდრეობით იღებს მშობლიური უჯრედის დნმ-ში კოდირებულ გენეტიკურ ინფორმაციასა და ციტოპლაზმის ისეთ რაოდენობას, რომელიც განაპირობებს მათ დამოუკიდებელ ფუნქციონირებას. რო-



გორც იცი, დნმ შეიცავს ცილის სტრუქტურის შესახებ ინფორმაციას. ცილების ნაწილი უჯრედში ასრულებს სტრუქტურულ ფუნქციას, ზოგიც – ფერმენტების და ა. შ. თუ ახა-

ლი უჯრედი არ მიიღებს ყველა მემკვიდრულ ინფორმაციას ცილების სინთეზისთვის, იგი ვერ შეძლებს საჭირო სახით ფუნქციონირებას.



მიტოზის ბიოლოგიური როლი

უჯრედი, თავისი არსებობის განმავლობაში, იზრდება, ასრულებს თავის ფუნქციებს, უჯრედული ციკლის გარკვეულ ეტაპზე იყოფა და წარმოიქმნება ორი იდენტური უჯრედი.

ამრიგად, მიტოზი უჯრედული ციკლის უმნიშვნელოვანესი ეტაპია, რომელიც უზრუნველყოფს საწყისი უჯრედიდან შვილეულ უჯრედებზე ზუსტი მემკვიდრული ინფორ-

მაციის გადაცემას. შევაჯამოთ მიტოზის ბიოლოგიური როლი.

- მიტოზის შედეგად მიიღება გენეტიკურად იდენტური ორი უჯრედი, რადგან თითოეულს ქრომოსომებისა და გენების იგივე კომპლექტი აქვს, რაც დედისეულ უჯრედს.

- ზიგოტის მიტოზური დაყოფით ვითარდება მრავალუჯრედიანი ჩანასახი.

- მიტოზის შედეგად უჯრედების რიცხვი იზრდება, ამიტომ იგი მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების ზრდა-განვითარების საფუძველია (სურ. 4.7).

- მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედების მიტოზური გაყოფა უდევს საფუძვლად როგორც ფიზიოლოგიურ, ისე რეპარაციულ რეგენერაციას. **ფიზიოლოგიური რეგენერაციის** მაგალითია სისხლის, ძვლოვანი და კანის უჯრედების ცვლა-განახლება. **რეპარაციული რეგენერაციის** დროს კი სხეულის დაზიანებული და დაკარგული ნაწილები აღდგება, მაგალითად, ხელიკი აღიდგენს კუდს (სურ. 4.8).

- მიტოზური გაყოფა არის ერთუჯრედიანებისა და ზოგიერთი მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის უსქესო გამრავლების საშუალება. ამიტომ უსქესო გამრავლებით მიღებული შთამომავლობა მშობლიური ინდივიდის იდენტურია.

უსქესო გამრავლებისას, ეუკარიოტი ორგანიზმის სომატური უჯრედის/უჯრედების მიტოზური გაყოფით წარმოიქმნება ახალი ორგანიზმი/ორგანიზმები. ამიტომ ამ გზით მიღებული შთამომავლობა გენეტიკურად ერთმანეთისა და ერთადერთი მშობლიური ინდივიდის იდენტურია.



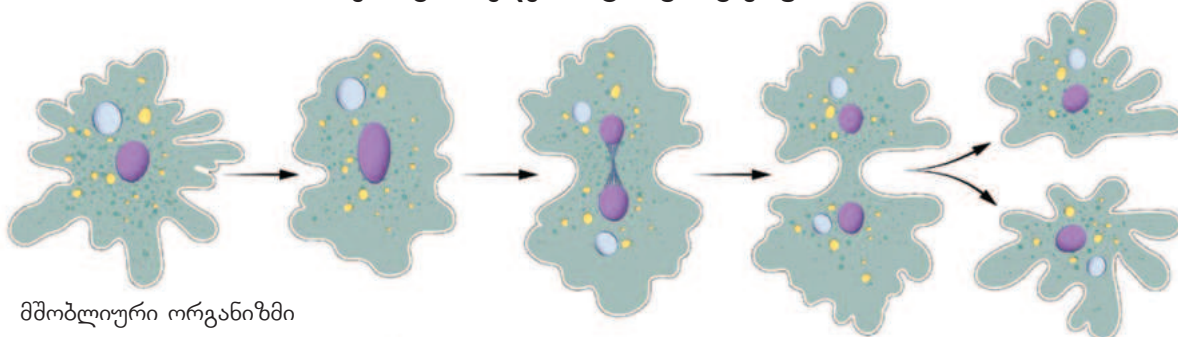
სურ. 4.7



სურ. 4.8

უსქესო გამრავლების სხვადასხვა ხერხი არსებობს. უსქესოდ მრავლდებიან როგორც ერთუჯრედიანი, ისე მრავალუჯრედიანი ეუკარიოტები. ერთუჯრედიანი ეუკარიოტები მიტოზური გაყოფით მრავლდებიან და ორი იდენტური უჯრედი ახალ ორგანიზმად ვითარდება (სურ. 4.9). უსქესო გამრავლება უფრო მეტად დამახასიათებელია მცენარეებისა და მარტივი ცხოველებისთვის. მაგალითად, მცენარეები მრავლდებიან ვეგეტატიური ორგანოებით: ყლორტით, ბოლქვით, გორგლით, ბნკალით, ძირხვენით, ფესვის ამონაყრით და ა.შ. (სურ. 4.10).

ამების გამრავლება მიტოზური გაყოფით



მშობლიური ორგანიზმი

სურ. 4.9

შვილეული ორგანიზმები

მარწყვის ბნკალით გამრავლება



სურ. 4.10

კარტოფილის გორგლით გამრავლება



მიტოზი აღმოაჩინეს XIX საუკუნის 70-იან წლებში. მცენარეულ უჯრედებში იგი შესწავლა ედუარდ სტრასბურგერმა, ხოლო ცხოველურ უჯრედებში – უოლტერ ფლემინგმა. ტერმინის – „მიტოზი“ – შემოღება ეკუთვნის ფლემინგს.

4.3.

უჯრედული ციკლის რეგულაცია



უჯრედული ციკლის მარეგულირებელი ფაქტორები

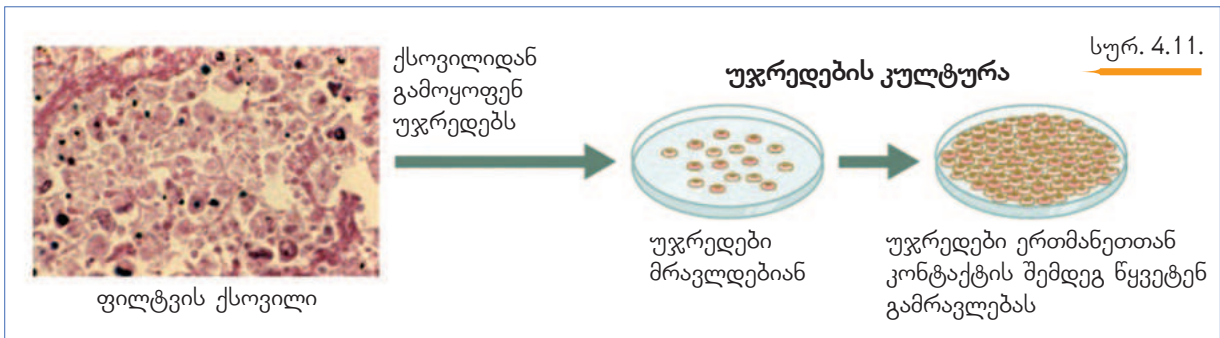
ყოველ წამს ადამიანის კანის, ძვლის ტვინის, ნაწლავის ეპითელიური ქსოვილის და სხვა ორგანოების მილიონობით უჯრედი მრავლდება და ახლით იცვლება დაზიანებული და მკვდარი უჯრედები. როგორ არეგულირებს ორგანიზმი მილიონობით უჯრედის გაყოფას? ბევრი მექანიზმი აკონტროლებს დნმ-ის რეპლიკაციას, აგრეთვე, უჯრედის გაყოფის დაწყებისა და დამთავრების დროს.

ეუკარიოტული უჯრედების უჯრედულ ციკლს არეგულირებს როგორც შინაგანი, ასევე, გარეგანი ფაქტორები. გარეგანი ფაქტორების სახით უჯრედი იღებს ინფორმაციას როგორც მისგან დაშორებული, ისე მეზობელი უჯრედებიდან. შინაგანი ფაქტორები აღიძვრება უჯრედის შიგნით და მასში ციტოპლაზმის რამდენიმე ტიპის მოლეკულა მონაწილეობს. ფაქტორების ორივე ტიპი ერთად მუშაობს, რომ დაეხმაროს ორგანიზმს უჯრედების გაყოფის პროცესის კონტროლში.

სხვადასხვა სამეცნიერო მიზნით, მაგალი-

თად, უჯრედული ციკლის მარეგულირებელი ფაქტორების შესწავლის მიზნით, მეცნიერები ლაბორატორიაში სპეციალურ ჭურჭელში/პეტრის ჯამში ქმნიან სპეციალურ საკვებ არეს და სხვა პირობებს (მაგ., ტემპერატურას) უჯრედების გამრავლებისთვის, ამ მეთოდით მიღებულ უჯრედებს **უჯრედულ კულტურას**, ხოლო თვით მეთოდს **კულტივირების მეთოდს** უწოდებენ.

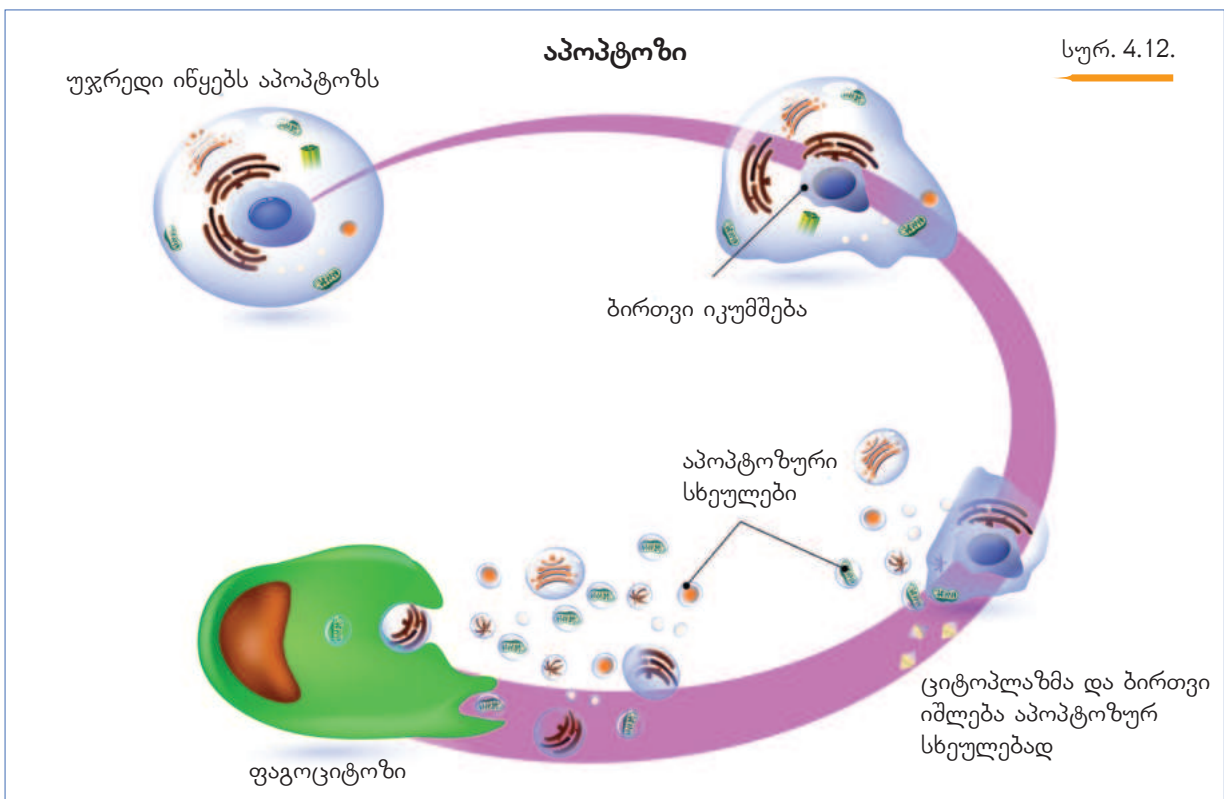
გარეგანი ფაქტორები უჯრედულ ციკლს არეგულირებენ ფიზიკური და ქიმიური სიგნალებით. ფიზიკური ფაქტორების ერთ-ერთი მაგალითია უჯრედებს შორის კონტაქტი. ლაბორატორიაში გამოზრდილი ძუძუმწოვრების უჯრედების უმრავლესობა, როგორც სურ. 4.11-ზეა ასახული, უჯრედების ერთ შრეს წარმოქმნიან. როდესაც უჯრედები ავსებენ განსაზღვრულ სივრცეს და უჯრედი ეხება სხვა უჯრედებს, იგი წყვეტს გაყოფას. ამ მოვლენის ზუსტი მიზეზი უცნობია. ერთ-ერთი ჰიპოთეზა ისაა, რომ მეზობელი



უჯრედების რეცეპტორები ერთმანეთს უკავშირდებიან და საპასუხოდ ციტოპლაზმაში წარმოიქმნება ისეთი სტრუქტურები, რომელთაც შეუძლიათ უჯრედის გაყოფის გამშვები სიგნალების ბლოკირება.

ბევრი უჯრედი წარმოქმნის ქიმიურ სიგნალებსაც, რომლებიც სხვა უჯრედებს ზრდას აიძულებს. მაგალითად, ზრდის ფაქტორებს წარმოადგენს ცილების ფართო ჯგუფი, რომელიც ასტიმულირებს უჯრედების გაყოფას. ზრდის ფაქტორები უკავშირდებიან რეცეპტორებს, რომლებიც ააქტიურებენ უჯრედების გამრავლებაზე პასუხისმგებელ გენებს. ზრდის ზოგიერთი ფაქტორი გავლენას ახდენს უჯრედების სხვადასხვა ტიპზე. მაგალითად, თრომბოციტები შეიცავენ ფაქტორს, რომე-

ლიც ასტიმულირებს სხვადასხვა სახის უჯრედის გაყოფას და ხელს უწყობს ქროილობის შეხორცებას. ზრდის სხვა ფაქტორს უფრო კონკრეტული მიზანი აქვს. მაგალითად, ჰორმონი ერითროპოეტინი ძელის ნითელ ტვინში ააქტიურებს სისხლის ნითელი უჯრედების – ერითროციტების – წარმოქმნას. თუ შენ ზღვის დონიდან მომენტალურად გადაადგილდები მთაში, სისხლში ჟანგბადის დონე შემცირდება, რადგან მაღალ რეგიონებში ატმოსფერული წნევა მცირდება. სისხლში ჟანგბადის დონის შემცირება იწვევს ორგანიზმში მეტი ერითროპოეტინის სინთეზს. ეს ფაქტორი კი აჩქარებს ერითროციტების წარმოქმნას ძელის ნითელ ტვინში და სისხლში ჟანგბადის დონე იზრდება. ასევე, ზრდის ჰორმონი – სომატო-



ტროპინი – ძელოვანი უჯრედების გამრავლებას ასტიმულირებს.

როდესაც გარეგანი ფაქტორები უკავშირდება უჯრედის რეცეპტორებს, შედეგად შეიძლება, ამოქმედდეს უჯრედულ ციკლზე მოქმედი **შინაგანი ფაქტორები**. მაგალითად, უჯრედებში არის სხვადასხვა ტიპის ფერმენტი, რომელიც აკონტროლებს უჯრედულ ციკლს (ამაზე ქვემოთ ვისაუბრებთ).

უჯრედების დიდი ნაწილი მუდმივად გადის უჯრედული ციკლის სტადიებს, ნაწილი კი კვდება. ორგანიზმში მოქმედებს უჯრედის დაპროგრამებული სიკვდილი – **აპოპტოზი**. ეს

მაშინ ხდება, როდესაც შინაგანი ან გარეგანი სიგნალები ააქტიურებენ გენებს, რომლებიც შეიცავენ გენეტიკურ ინფორმაციას თვით-დამშლელი ფერმენტების შესახებ. ჯერ კიდევ ამის შესახებ ბევრი პასუხგაუცემელი კითხვა არსებობს. მხოლოდ ის არის ცნობილი, რომ ასეთი უჯრედების ბირთვს აქვს ტენდენცია, შეიკუმშოს და დაიშალოს, ასეთ უჯრედებსა და მათ ნაწილებს ადვილად შეიცნობენ იმუნური სისტემის სპეციალიზებული უჯრედები და მათ მოინელებენ (სურ. 4.12). სურ. 4.13-ზე ნაჩვენებია აპოპტოზის კლასიკური მაგალითი.



ადამიანის ემბრიონის განვითარების ადრეულ ეტაპზე ფეხისა და ხელის თითებს შორის აქვს აპკი



დაბადებამდე აპკის უჯრედები აპოპტოზს განიცდის და ბავშვი იბადება თითებს შორის აპკის გარეშე

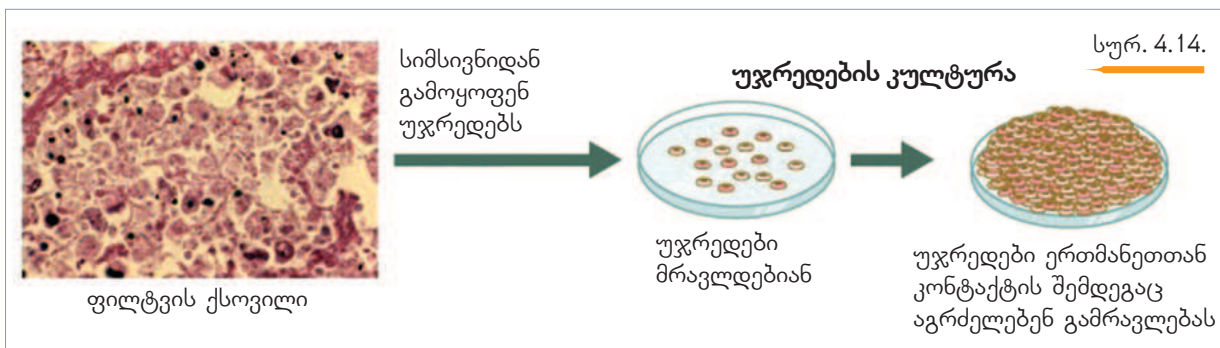
სურ. 4.13



უჯრედული ციკლის რეგულაციის დარღვევის შედეგები

კიბო არის იმ დაავადების საერთო სახელი, რომელიც ხასიათდება უჯრედების უკონტროლო გამრავლებით. ის მაშინ ვითარდება, როდესაც ირღვევა უჯრედული ციკლის რეგულაცია. კიბოს უჯრედები წარმოიქმნება იმ ნორმალური უჯრედისგან, რომელსაც დაზიანებული აქვს უჯრედული ციკლის მარეგულირებელი ცილების სინთეზზე პასუხისმგებელი გენები. ჯანმრთელი უჯრედისგან განსხვავებით, კიბოს უჯრე-

დი, მიუხედავად ირგვლივ არსებული უამრავი უჯრედისა, კულტურის გამოზრდის შემთხვევაშიც უსასრულოდ მრავლდება და წარმოქმნიან არაორგანიზებულ გროვებს, ე.წ. სიმსივნეს (სურ. 4.14). კიბოს უჯრედებს გამრავლება შეუძლიათ ნორმალური უჯრედის გამრავლებისთვის საჭირო ზრდის ფაქტორების გარეშეც. შედეგად, ისინი უფრო სწრაფად იყოფიან, ვიდრე ჯანმრთელი უჯრედები.



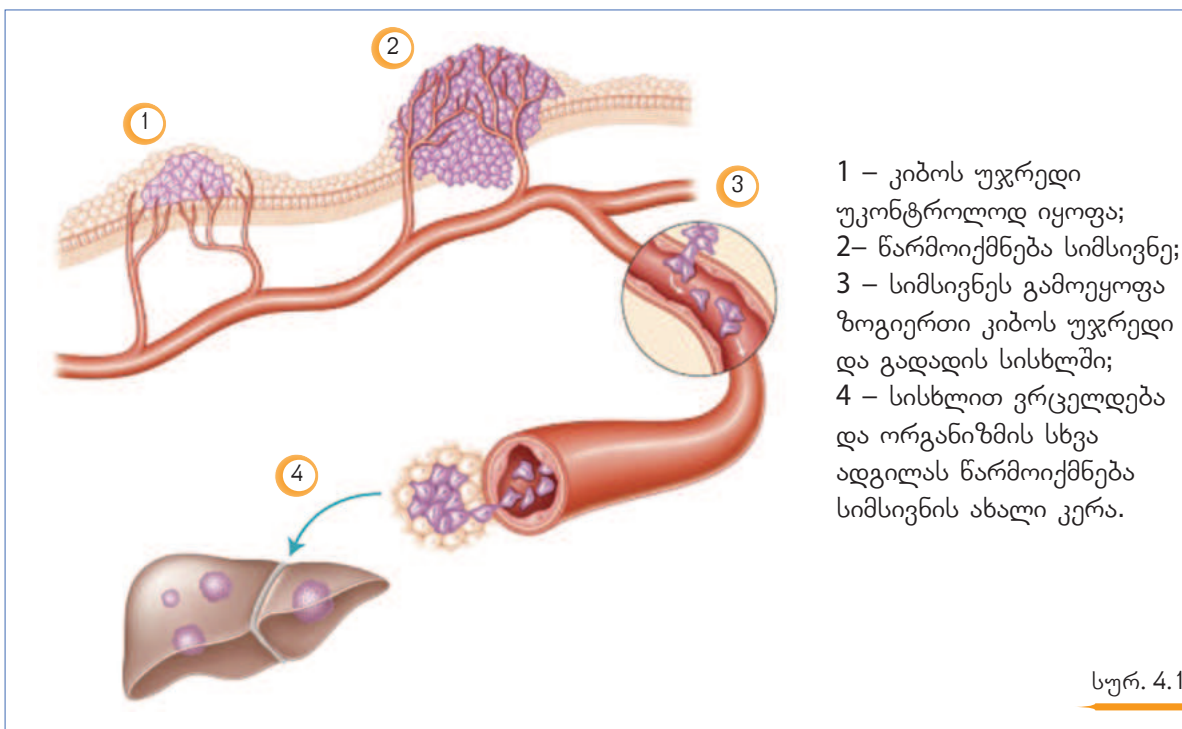
კეთილთვისებიანი სიმსივნის უჯრედები ორგანიზმში არ ვრცელდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ სიმსივნე შეიძლება შედარებით უსაფრთხო იყოს სიცოცხლისთვის – მისი მკურნალობა შეიძლება მედიკამენტებით ან ქირურგიული ამოკვეთით. ავთვისებიანი სიმსივნის ზოგიერთი უჯრედი კი გამოეყოფა სიმსივნურ გროვას და სისხლის ან ლიმფური სისტემით გადაიტანება ორგანიზმის სხვა ადგილას, სადაც წარმოიქმნება სიმსივნის ახალი კერა, ე.წ. მეტასტაზი (სურ. 4.15). როდესაც სიმსივნე მეტასტაზირებს, ორგანიზმის მისგან სრულად გათავისუფლება გაცილებით ძნელია.

მაგრამ რატომაც სიმსივნე საზიანო? კიბოს უჯრედები ვერ ასრულებენ ორგანიზმისთვის საჭირო სპეციალიზებულ ფუნქციებს. თუ სიმსივნის უჯრედები გააგრძელებენ უკონტ-

როლო გამრავლებას, იგი, საბოლოო ჯამში, ორგანიზმის სიკვდილს გამოიწვევს.

უჯრედების გაყოფა კონტროლიდან შეიძლება გამოვიდეს სხვადასხვა მიზეზით:

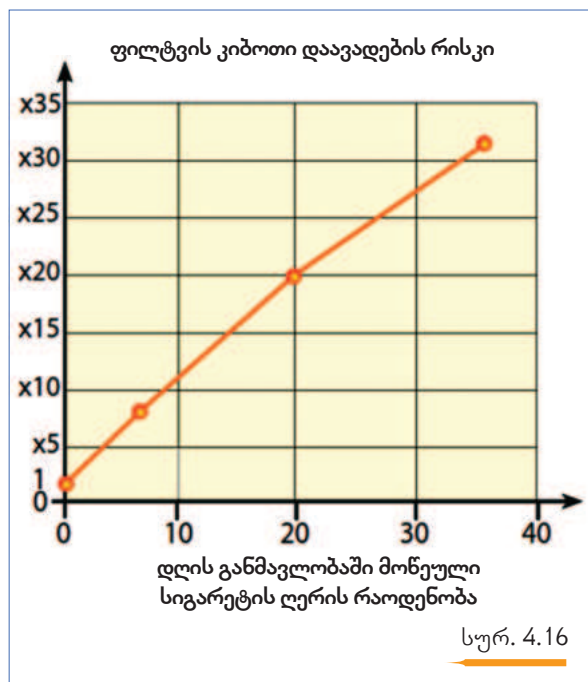
- 1) აღმოჩენილია გენი **p53**, რომელსაც სიმსივნის სუპრესორს უწოდებენ. ამ გენის მთავარი ფუნქციაა უჯრედული ციკლის რეგულაცია, დნმ-ის რეპარაცია და აპოპტოზის ინიცირება. დნმ-ის დაზიანებისას ძლიერდება **p53**-ის გენის ექსპრესია და იმატებს **p53** ცილის დონე. ამ ცილის მომატების საპასუხოდ უჯრედული ციკლი იქამდე ყოვნდება, სანამ დაზიანებული დნმ-ის რეპარაცია არ მოხდება. თუ ორგანიზმმა სრულად მოახდინა დნმ-ის აღდგენა, უჯრედული ციკლი გაგრძელდება. წინააღმდეგ შემთხვევაში, **p53** ცილა აამოქმედებს აპოპტოზის მექანიზმს და



დაზიანებული უჯრედი განადგურდება. მეცნიერები სწორედ ამ გზას მიიჩნევენ ჩვენს ორგანიზმში სიმსივნის დამთრგუნველად.

აღმოჩნდა, რომ დადასტურებული სიმსივნეების უდიდეს შემთხვევაში (მაგ., შარდის ბუშტის, მკერდის, ღვიძლისა და ფილტვის სიმსივნეები) გენი **p53** მუტირებულია, მუტირებულ გენს კი სიმსივნის რეპრესორის ფუნქცია არ აქვს, არ ხდება დნმ-ის რეპარაცია, უჯრედები უკონტროლოდ მრავლდება. ასეთი გენეტიკური დარღვევა ხსნის, თუ კიბოს, მაგალითად, მკერდის კიბოს განვითარების მაღალი რისკი რატომ აქვთ ახლონათესავებს.

p53 გენის დაზიანება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ისეთი კანცეროგენული ნივთიერებების, როგორიცაა თამბაქოს ბოლში შემავალი ნივთიერებები, ასევე, ულტრაიისფერი გამოსხივების, რენტგენის სხივების და სხვ. ზემოქმედებით. ეს ხსნის, თუ ცხოვრების გარკვეული წესი ან პროფესია რატომ ზრდის კიბოს განვითარების რისკს. მაგ., თამბაქოს მოწევა ზრდის ფილტვის (სურ. 4. 16), ხოლო ალკოჰოლის დიდი რაოდენობით მოხმარება – საჭმლის მომნელებელი ორგანოების კიბოს რისკს.



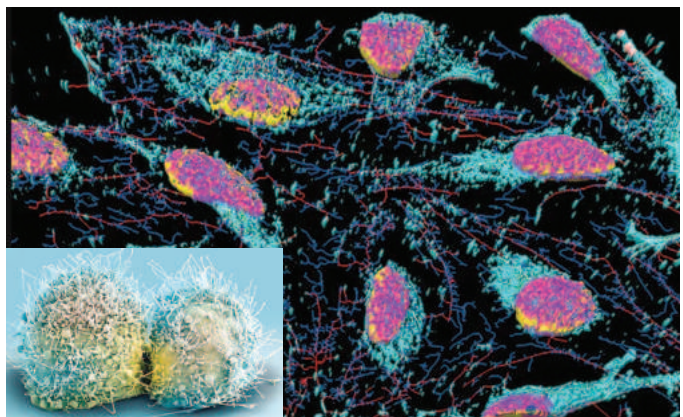
- შესაძლებელია უჯრედში იყოს მუტირებული გენი, რომელიც საჭიროა მემბრანული ცილის – ნორმალური მოლეკულა-რეცეპტორის სინთეზისთვის; შედეგად, მას ვეღარ უკავშირდება, მაგალითად, უჯრედული ციკლის მარეგულირებელი ჰორმონები. ან შესაძლებელია ეს ცილა-რეცეპტორი რალაც მიზეზით ინაქტივირებული იყოს.



ჰელას უჯრედები

ლაბორატორიულ პირობებში ადამიანის კულტივირებულ უჯრედებს ასეთი ტენდენცია აქვთ: რამდენჯერმე იყოფიან და 2-3 კვირის შემდეგ იღუპებიან. XIX საუკუნის შუა წლებიდან ცდილობდნენ ადამიანის უკვდავი უჯრედების მიღებას: გაეგრძელებინათ გამრავლება სხეულის გარეთ. რატომ ცდილობდნენ ამას? ბევრი დაავადება უჯრედების დონეზე მიმდინარეობს და ადამიანის უკვდავი უჯრედები მეცნიერებს მისცემდა ასეთი დაავადებების კვლევის საშუალებას. ასეთ მეცნიერებს შორის იყვნენ ჯონ ჰოპკინსის უნივერსიტეტის თანამშრომლები ჯორჯ და მარგარეტ გეისები. ისინი ადამიანის უჯრედების კულტივირებას თითქმის 30 წელი ცდილობდნენ.

1951 წელს მათმა თანაშემწემ მერი კუბიჩეკმა მოამზადა ადამიანის კიბოს უჯრედების კულტურა. მერიმ ამ უჯრედებს „ჰელას უჯრედები“ უწოდა იმ პაციენტის პატივსაცემად, რომლისგანაც აიღო უჯრედის ნიმუშები. სახელი გამომდინარეობდა პაციენტის სახელისა და გვარიდან (Hela – Henrietta





Lacks). ჰელას უჯრედებმა დაიწყეს გაყოფა. 4 დღის შემდეგ იმდენად ბევრი იყო, რომ მეცნიერებმა უჯრედების პოპულაციის ნაწილი კულტივირებისთვის გადაიტანეს მრავალ სხვადასხვა სინჯარაში. უჯრედების პოპულაცია ფენომენალური სიჩქარით იზრდებოდა; უჯრედები იყოფოდა ყოველ 24 საათში და რამდენიმე დღეში მთლიანად დაფარეს სინჯარების ზედაპირი. სამწუხაროდ, პაციენტშიც კიბოს უჯრედები ასეთივე სისწრაფით მრავლდებოდა. კიბოს დადგენიდან 6 თვეში ავთვისებიანი უჯრედები ჰენრიეტას მთელ სხეულში გავრცელდა და ამის შემდეგ ორ თვეში იგი გარდაიცვალა. ჰენრიეტა ლაკსი ახალგაზრდა, 31 წლის ქალი და ოთხი შვილის დედა იყო.

ჰენრიეტა გარდაიცვალა, მაგრამ ჰოპკინსის უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში ჰელას უჯრედებს იყენებდნენ იმ დროისთვის ფართოდ გავრცელებული პოლიომიელიტის ვირუსების შტამების გასაჩრევად. მეცნიერებმა დაიწყეს ჰელას უჯრედების გაგზავნა მთელი მსოფლიოს სხვადასხვა ლაბორატორიაში. მეცნიერები დღემდე იყენებენ გეისების მიერ შემუშავებული უჯრედების კულტივირების მეთოდს; ასევე, ჰელას უჯრედებზე ამჟამადაც მიმდინარეობს კვლევები კიბოს, ვირუსების გამრავლების, ცილების სინთეზის, უჯრედებზე რადიაციის გავლენის შესწავლისა და კიბოს სამკურნალო პრეპარატების გამოცდის მიზნით. ჰელას ზოგიერთი უჯრედი კოსმოსშიც გააგზავნეს კვლევისთვის. ჰენრიეტას გარდაცვალებიდან მრავალი წლის შემდეგაც კი მისი უჯრედები ყოველდღე იყოფა და აგრძელებს მთელი მსოფლიოს ადამიანების დახმარებას.

4.4.

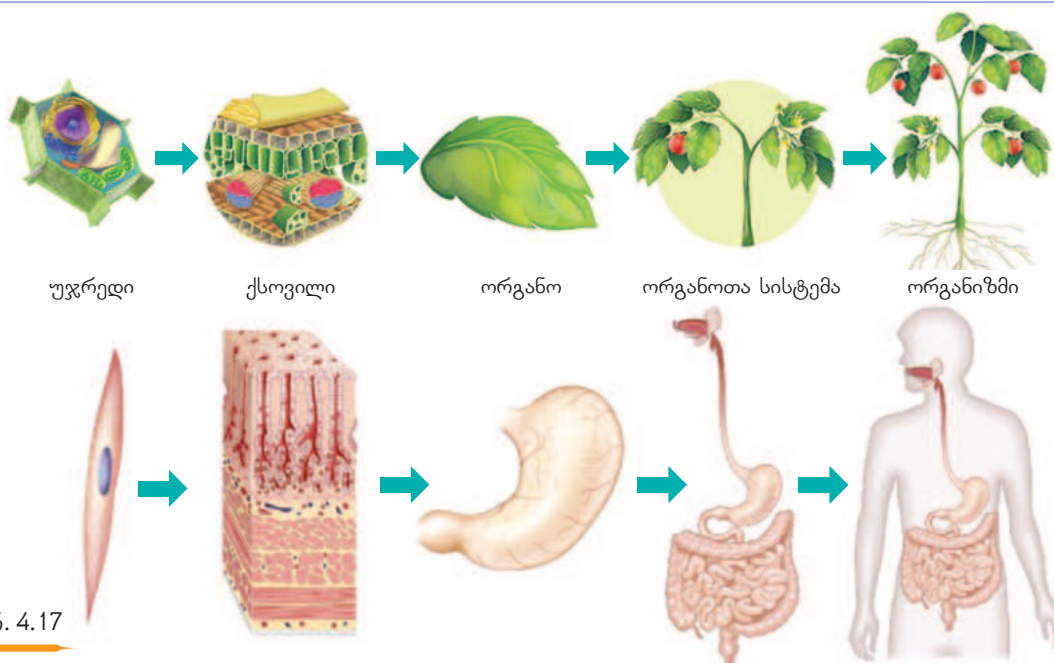
უჯრედების დიფერენცირება მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში

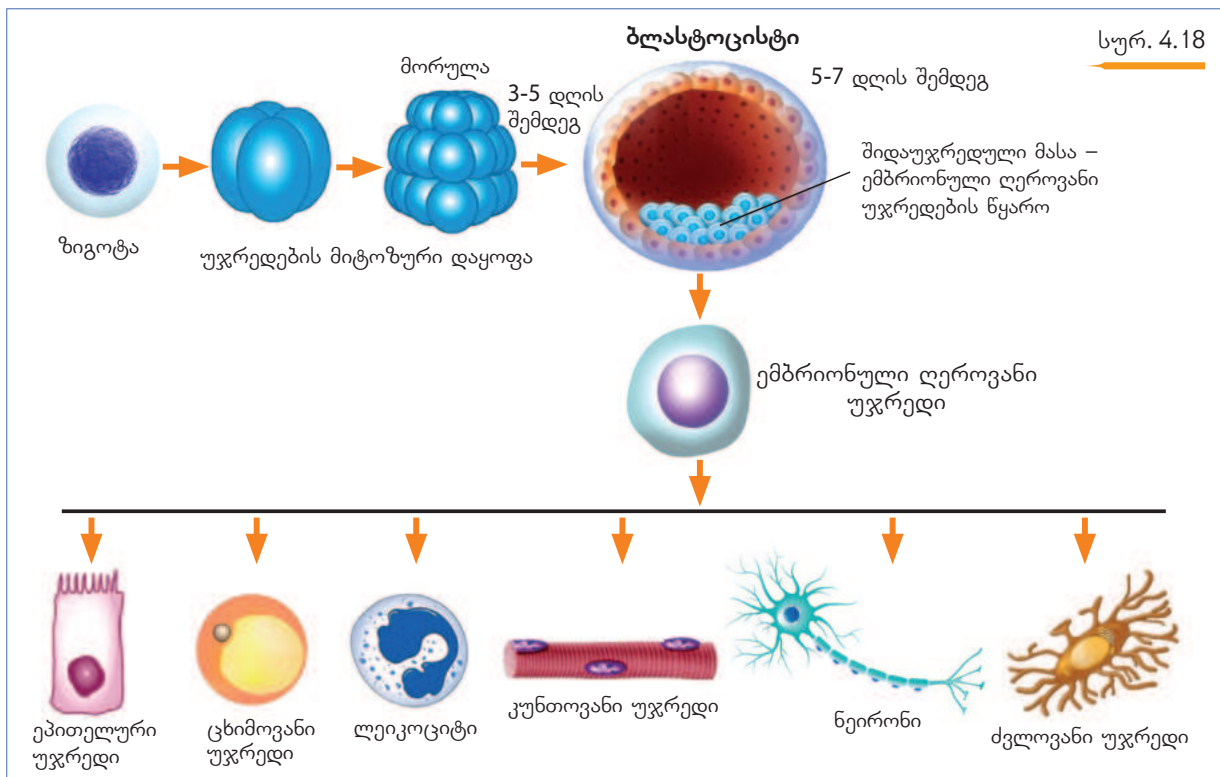


ემბრიონული ლეროვანი უჯრედები

მრავალუჯრედიან ორგანიზმში უჯრედები თანამშრომლობენ, ერთად მუშაობენ და წარმოქმნიან უფრო მსხვილ და რთულ სტრუქტურებს. ეს ორგანიზაცია ვითარდება უჯრედებიდან ქსოვილებამდე, ორგანოებამდე,

ორგანოთა სისტემამდე და ორგანიზმამდე ისე, როგორც ეს სურათ 4.17-ზეა ნაჩვენები. ორგანიზმის ყველა სტრუქტურული დონე შეთანხმებულად მოქმედებს, რაც უზრუნველყოფს ორგანიზმის მთლიანობას.





ადვილად აღსაქმელია ერთუჯრედიანი ეუკარიოტებისა და კანის უჯრედების გამრავლება. მაგრამ როგორ ვითარდება ერთი განაყოფიერებული კვერცხუჯრედიდან/ზიგოტიდან ისეთი რთული ორგანიზმი, როგორიც ადამიანია? **მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების ფუნქციონირება დამოკიდებულია სხვადასხვა ტიპი უჯრედების ურთიერთქმედებაზე.** ამიტომ ემბრიონის განვითარების პროცესში უჯრედები უნდა დიფერენცირდეს. ემბრიონის განვითარების პროცესში **განსხვავებული ტიპის უჯრედები ყალიბდება ე.წ. ემბრიონული ლეროვანი უჯრედებიდან.**

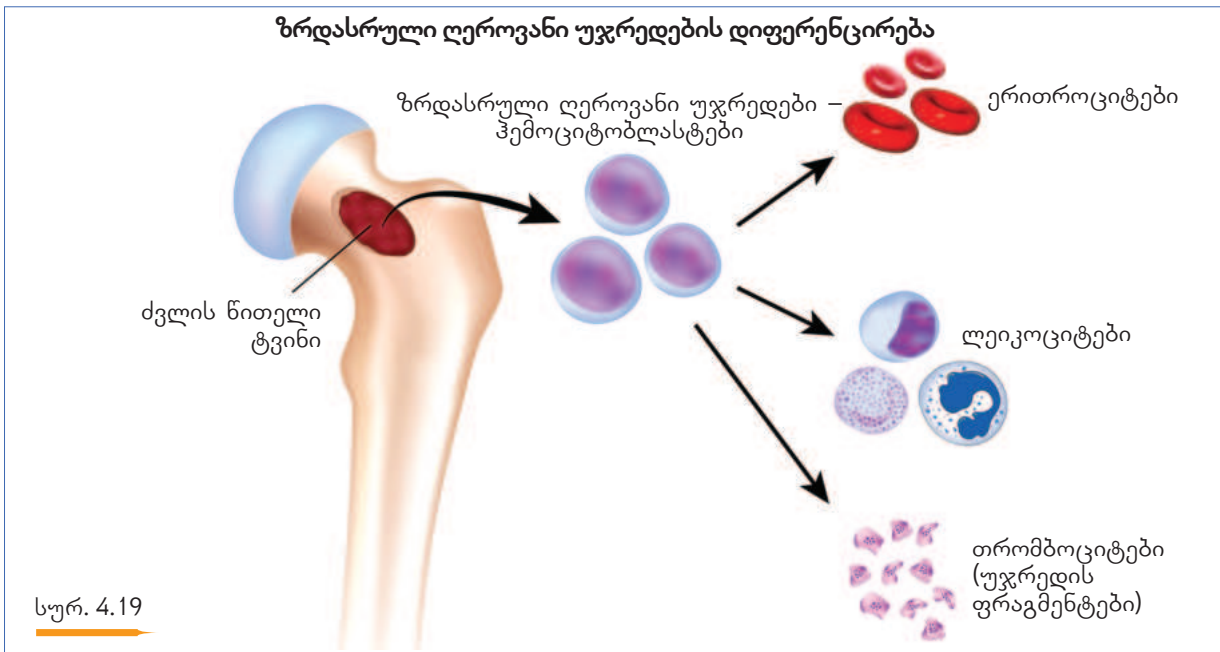
ემბრიონი განვითარების რამდენიმე სტადიას გადის (სურ. 4.18). ზიგოტა სწრაფად იყოფა და განაყოფიერებიდან 3-5 დღის შემდეგ ფორმირდება მრავალი ერთნაირი უჯრე-

დისგან შემდგარი კომპაქტური სფეროს ფორმის ემბრიონი, რომელსაც **მორულა** ეწოდება. დაახლოებით, ემბრიონის განვითარების 5-7 დღის შემდეგ უჯრედების დაყოფით იქმნება ღრუიანი პატარა ბუშტი, ე.წ. **ბლასტოცისტი**. ბლასტოცისტის ღრუში 30-მდე უჯრედი ქმნის შიდაუჯრედულ მასას. სწორედ ეს უჯრედებია ემბრიონული ლეროვანი უჯრედების წყარო. ემბრიონული ლეროვანი უჯრედები დიფერენცირდება და უჯრედები იძენენ სპეციფიკურ ფუნქციებს. საბოლოოდ მათგან ფორმირდება ადამიანისთვის დამახასიათებელი 200-მდე ტიპის უჯრედი. უჯრედების დიფერენციაცია კომპლექსური პროცესია და მასში ჩართულია მრავალი გენი, რომელთაგან ზოგიერთი აქტიურდება და ზოგი ჩუმდება (ამ საკითხს უფრო დეტალურად ქვემოთ გთავაზობთ).

ზრდასრული ანუ სომატური ლეროვანი უჯრედები

ლეროვანი უჯრედები კლასიფიცირდება მათი წარმოშობის მიხედვით ემბრიონულ და ზრდასრულ ლეროვან უჯრედებად. **ზრდასრულ ლეროვან უჯრედებს სომატურ ლეროვან უჯრედებსაც** უწოდებენ. ზრდასრული ლერო-

ვანი უჯრედები ნაწილობრივ არადიფერენცირებული უჯრედებია, რომლებიც განლაგებულია მრავალი ორგანოსა და ქსოვილის სპეციალიზებულ უჯრედებს შორის. ისინი გვხვდება მთელ სხეულში, მაგალითად, ტვინ-



ში, ღვიძლში, ძვლის წითელ ტვინში, ჩონჩხის კუნთში, კბილის პულპაში და სხვ. სომატური ღეროვანი უჯრედები, ასევე, გვხვდება ჭიპლარის სისხლში. ზრდასრული ღეროვანი უჯრედებიდან, ემბრიონული ღეროვანი უჯრედებისგან განსხვავებით, ყველა ტიპის უჯრედი არ ფორმირდება.

ადამიანის ძვლის წითელ ტვინში არის ზრდასრული ღეროვანი უჯრედები. მათ არ აქვთ სპეციფიკური სტრუქტურა და შეუძლიათ ჩამოყალიბდნენ სისხლის ნებისმიერ ფორმიან ელემენტად – ერიტროციტებად, ლეიკოციტებად და თრომბოციტებად (სურ.

4.19). ზრდასრული ღეროვანი უჯრედები არის ძვლოვან ქსოვილსა და კანშიც. ისინი აქტიურად მრავლდებიან და ცვლიან დაზიანებულ უჯრედებს.

ძვლის წითელ ტვინში არსებული ღეროვანი უჯრედები, როგორც ერთი ორგანიზმის ყველა სომატური უჯრედი, შეიცავენ ქრომოსომების ერთნაირ კომპლექსს და აქვთ იდენტური გენეტიკური ინფორმაცია. ღეროვანი უჯრედებისგან ყალიბდება განსხვავებული სტრუქტურისა და ფუნქციის უჯრედები, რაც მიიღწევა უჯრედებში გენების აქტივობის რეგულაციის გზით.

გენების აქტივობის რეგულაციის მექანიზმი

ერთი და იმავე ორგანიზმის სხვადასხვა უჯრედი ერთმანეთისგან განსხვავდება, რადგან მათ აქვთ განსხვავებული ფერმენტებისა და სხვა ცილების ნაკრები. მაგალითად, ფერმენტი ამილაზა, რომელიც სახამებელს შლის, წარმოიქმნება ადამიანის სანერწყვე ჯირკვლებისა და კუჭქვეშა ჯირკვლის უჯრედებში. კუჭქვეშა ჯირკვლის უჯრედებში ცილოვანი ჰორმონი – ინსულინიც სინთეზირდება, ჰიპოფიზის უჯრედებში კი – ზრდის ჰორმონი. მაგრამ ყველა ეს უჯრედი ერთი განაყოფიერებული კვერცხუჯრედიდან მრავალჯერადი მიტოზური გაყოფით წარმოიქმნება. ორგანიზმის ყოველი სომატური უჯრედი შეიცავს

იდენტურ გენეტიკურ ინფორმაციას. მაშ, რატომ განსხვავდებიან ერთმანეთისგან, მაგალითად, კანის, ტვინის ან ღვიძლის უჯრედები?

ემბრიონული ღეროვანი უჯრედების დიფერენციაცია დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე. ბიოლოგები ხშირად იყენებენ ტერმინს „გენის ექსპრესია“, რომლითაც აღნიშნავენ ი-რნმ-ის სინთეზს, ზოგჯერ კი – უჯრედის მიერ ცილების პროდუცირებასაც. სხვადასხვა ტიპის უჯრედებს განსხვავებული მახასიათებლები და ფუნქციები აქვთ იმიტომ, რომ უჯრედები არეგულირებენ, ანუ აკონტროლებენ გენების ექსპრესიას.

მეცნიერული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ უჯრედში ყველა გენის მიხედვით ტრანსკრიპცია არასოდეს ხდება. უჯრედის სპეციალიზაცია განისაზღვრება არა ყველა გენით, არამედ მხოლოდ იმ გენებით, რომელთა ინფორმაციის მიხედვით ხდება ტრანსკრიპცია და შემდეგ ტრანსლაცია. ამრიგად, ყოველ უჯრედში რეალიზდება არა მთელი გენეტიკური ინფორმაცია, არამედ მხოლოდ მისი ნაწილი. გარდა ამისა, მოცემული უჯრედისთვის სპეციფიკური ცილა ცილა განუწყვეტლივ არ სინთეზირდება. უჯრედში არის რთული მექანიზმი, რომელიც არეგულირებს უჯრედის სპეციფიკურობიდან და საჭიროებიდან გამომდინარე, სხვადასხვა გენის „ჩართვას“ და „გამორთვას“.

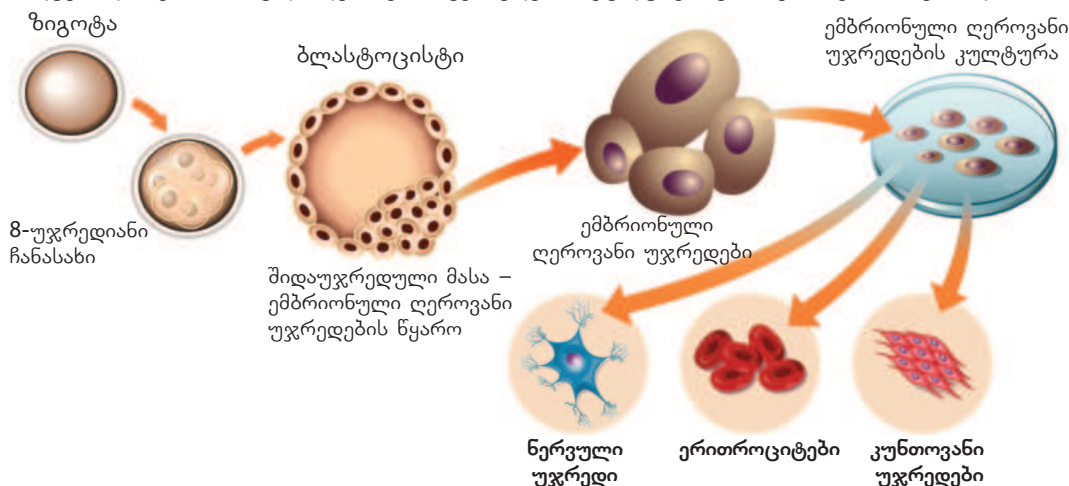
გენების აქტივობის რეგულაცია ეუკარიოტ ორგანიზმებში საკმაოდ რთულია. ეუკარიოტებში ი-რნმ (მ-რნმ) სინთეზირდება ბირთვში, ხოლო ცილები – ციტოპლაზმაში. სინთეზირებულ ი-რნმ-ზე ზემოქმედებს როგორც ბირთვის, ისე ციტოპლაზმის სხვადასხვა ფაქტორი. ამიტომ ტრანსლაცია ი-რნმ-ის სინთეზიდან სხვადასხვა დროს იწყება.

გარდა იმისა, რომ თვით უჯრედში არსებობს რეგულაციის სხვადასხვა სისტემა, გენების აქტივობაზე მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში ზემოქმედებენ მთელი ორგანიზმის მარეგულირებელი პროცესებიც. ასეთია, მაგალითად, ჰორმონალური რეგულაცია. გარკვეული სახის ჰორმონი ი-რნმ-სა და ცილების სინთეზს მხოლოდ შესაბამის სამიზნე-უჯრედებში არეგულირებს. მაგალითად, ჰორმონი – ადრენალინი რთავს იმ ფერმენტების სინთეზს, რომლებიც კუნთებში გლიკოგენს შლის გლუკოზამდე, სასქესო ჰორმონები ააქტიურებენ იმ გენებს, რომლებიც პასუხისმგებელი არიან გამეტების მომწიფებასა და მეორეული სასქესო ნიშნების განვითარებაზე. მაგალითად, ცხვრებში, რქიანობის განმსაზღვრელი გენის აქტიურობა დამოკიდებულია ორგანიზმში მამრობითი სასქესო ჰორმონების დონეზე. ზოგიერთი გენი, მიუხედავად იმისა, რომ ორივე სქესის წარმომადგენელშია, გამომჟღავნდება მხოლოდ მდედრებში ან მამრებში, მაგალითად, მერძეულობა გამომჟღავნდება მხოლოდ მდედრ ძუძუმწოვრებში.



ლეროვანი უჯრედების პრაქტიკული გამოყენება

1974 წელს ინგლისელმა მეცნიერმა გეილ მარტინმა (ამ პერიოდში მუშაობდა ლონდონის უნივერსიტეტის კოლეჯში) შეიმუშავა პეტრის ჯამზე ლეროვანი უჯრედების გამოზრდის ხერხი, ხოლო შვიდი წლის შემდეგ კი სან-ფრანცისკოში საკუთარ ლაბორატორიაში მუშაობისას – თავისი ემბრიონებიდან ლეროვანი უჯრედების მიღების მეთოდი. მისი ნამუშევარი დაეხმარა სხვა მეცნიერებს ადამიანის ემბრიონებიდან ლეროვანი უჯრედების გამოყოფის გზების შემუშავებაში. 1998 წელს ამერიკელმა მეცნიერმა ჯეიმს ტომპსონმა პირველი მონაცემები გამოაქვეყნა ადამიანის ბლასტოცისტიდან ემბრიონული ლეროვანი უჯრედების წარმატებით იზოლირებისა და კულტივირების შესახებ (სურათზე წარმოდგენილია ემბრიონული ლეროვანი უჯრედების კულტივირების ერთ-ერთი მეთოდი).





ასევე, ბოლო წლებში მეცნიერებმა შეიმუშავეს ზრდასრული (სომატური) ღეროვანი უჯრედების კულტივირების მეთოდები. მეცნიერების ამ კვლევებმა და ღეროვანი უჯრედების მიღების მეთოდებმა შექმნეს მათი სხვადასხვა კუთხით გამოყენების პერსპექტივა. ბევრი მეცნიერი თვლის, რომ ღეროვანი უჯრედების ტექნოლოგიები დიდ როლს შეასრულებს ისეთი დაავადებების განკურნებაში, როგორიცაა გულის, პარკინსონის, ალცჰაიმერის, დიაბეტი და სხვ. დაავადებები. მაგალითად, ღეროვანი უჯრედების გამოყენება სისხლის უჯრედების მისაღებად ეფექტიანი საშუალებაა ლეიკემიის სამკურნალოდ. ჭიპლარის სისხლიდან მიღებული ღეროვანი უჯრედები გამოიყენეს ერითროციტების მისაღებად ნამგლისებრუჯრედოვანი ანემიისა და ანემიის სხვა ფორმების სამკურნალოდ. ჭიპლარის სისხლის ღეროვანი უჯრედების გამოყენება იმდენად პოპულარული გახდა, რომ მშობლები ფულს იხდიან ჭიპლარის ღეროვანი უჯრედების გაყინულ მდგომარეობაში შესანახად იმ შემთხვევისთვის, თუ მომავალში მათ შვილს დასჭირდება. ასევე, ადამიანი შეიძლება განიკურნოს დიაბეტისგან, თუ პანკრეასის დაზიანებული უჯრედები ჩანაცვლება ჯანსაღი, მზარდი ღეროვანი უჯრედებით; ანალოგიურად, დაზიანებული ორგანოები, როგორიცაა გული, შეიძლება გაძლიერდეს ჯანსაღი უჯრედების ინიექციით.

მეცნიერები ხშირად იყენებენ ცხოველებს მოდელურ ორგანიზმებად. მაგალითად, თავგებს დაუზიანეს ზურგის ტვინის მოტორული ნეირონები, რამაც გამოიწვია ამიოტროფული სკლეროზის მსგავსი დარღვევა – კიდურების მოძრაობის კონტროლის მოშლა. ამგვარად, მიიღეს ადამიანის ამიოტროფული სკლეროზის ცხოველური მოდელი. მეცნიერებმა ადამიანის ტვინიდან გამოიყვეს ზრდასრული ღეროვანი უჯრედები და ინიექციით შეიყვანეს თავგებში, ღეროვანი უჯრედებიდან ჩამოყალიბდა მოტონეირონები და მათ აღუდგათ კიდურების მოძრაობის უნარი. ამ კვლევამ დაამსხვრია შეხედულება იმის შესახებ, რომ თავის ტვინსა და ზურგის ტვინს არ აქვს ახალი ნეირონების წარმოქმნის უნარი.

ზრდასრული ღეროვანი უჯრედების კულტურას, ასევე, იყენებენ სხვადასხვა მედიკამენტის ზემოქმედების შესასწავლად.

4.5.

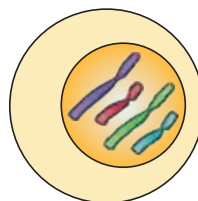
უჯრედების მეიოზური გაყოფა



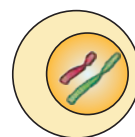
გამეტებში ქრომოსომების რიცხვის რეგულაციის მნიშვნელობა

სქესობრივი გამრავლება გულისხმობს ორი გამეტის შერწყმას. კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდის ბირთვების შერწყმას **განაყოფიერება** ეწოდება. განაყოფიერების შედეგად წარმოიქმნება ერთი ახალი ბირთვი, რომელსაც უნდა ჰქონდეს სახეობისთვის დამახასიათებელი ქრომოსომების რაოდენობა. აქედან გამომდინარეობს, რომ კვერცხუჯრედსა და სპერმატოზოიდსა აქვთ ქრომოსომების ჩვეულებრივი რაოდენობის მხოლოდ ნახევარი – თითო ქრომოსომა ყოველი ჰომოლოგიური წყვილიდან.

როგორც უკვე იცით, მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში არჩევენ ორი ტიპის უჯრედებს – სომატურ და სასქესო უჯრედებს/გამეტებს.



დიპლოიდური უჯრედი (2n)



ჰაპლოიდური უჯრედი (n)

სურ. 4.20

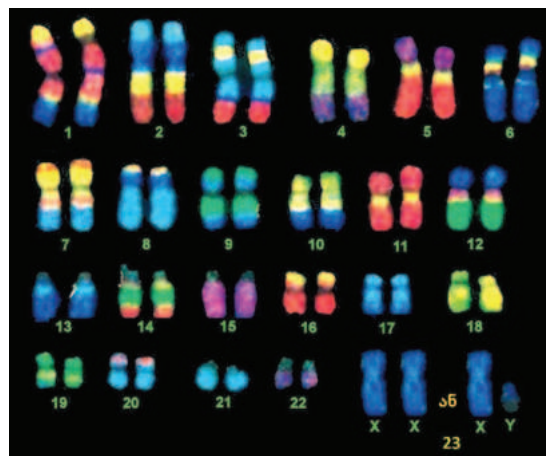
სომატურ უჯრედებსა და გამეტებს აქვთ სხვადასხვა რაოდენობის ქრომოსომა. უმრავლესობა ორგანიზმის სომატურ უჯრედებში ქრომოსომების რიცხვი დიპლოიდურია. ქრომოსომების დიპლოიდური რიცხვი ნიშ-

ნავს, რომ უჯრედს აქვს თითოეული ქრომოსომის ორი ასლი/ორი ჰომოლოგიური ქრომოსომა, ანუ ქრომოსომების ორმაგი ნაკრები და აღინიშნება $2n$ -ით. გამეტები არ არის დიპლოიდური უჯრედები; ისინი ჰაპლოიდური უჯრედებია. ჰაპლოიდურ უჯრედს აქვს თითოეული ჰომოლოგიური ქრომოსომიდან მხოლოდ ერთი, ანუ აქვს ქრომოსომების ერთმაგი ნაკრები და აღინიშნება n -ით (სურ. 4.20).

თითოეულ სახეობას სომატურ უჯრედში აქვს ქრომოსომების დამახასიათებელი ნაკრები. ქრომოსომის რიცხვი არ არის დავიშვრებული ორგანიზმის სირთულესთან. მაგალითად, საფუარას აქვს 32 ქრომოსომა, ხილის ბუზ დროზოფილას – 8 ქრომოსომა; გვიმრას აქვს ქრომოსომების რეკორდული რიცხვი – 1200-ზე მეტი.

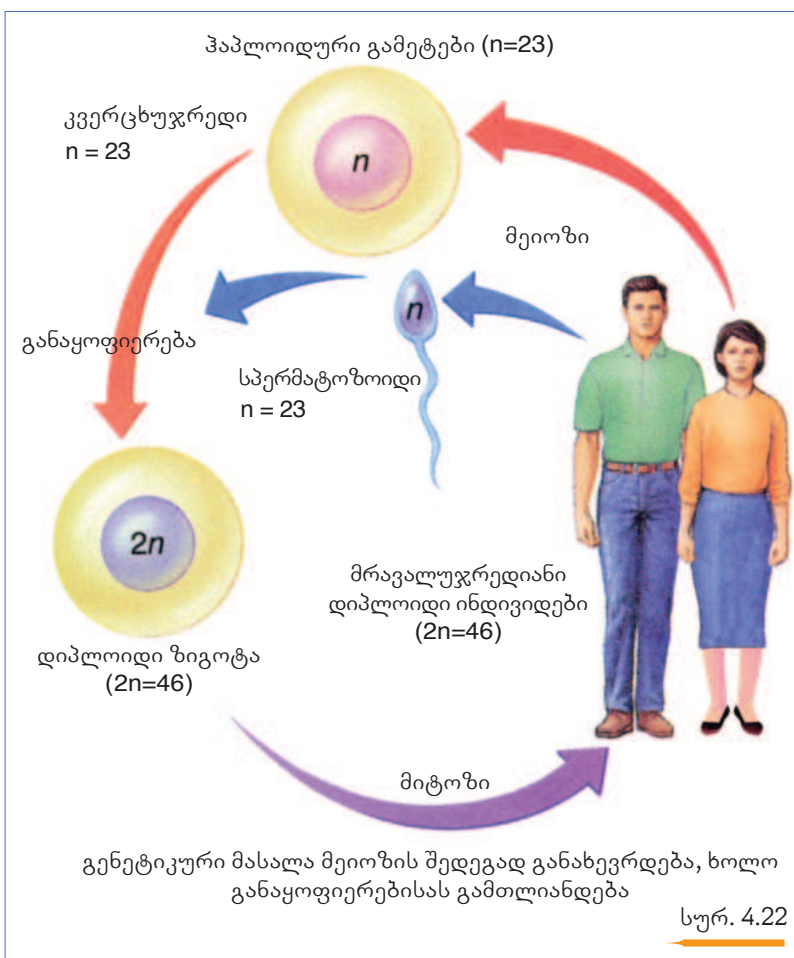
ქრომოსომების დიპლოიდური კომპლექტი განვიხილოთ ადამიანის ქრომოსომული ნაკრების მაგალითზე (სურ. 4.21). ადამიანებში დიპლოიდურ სომატურ უჯრედებში ქრომოსომის რიცხვია 46, რომლებიც შეიძლება ორ ჯგუფად: 23 დედისგან მიღებული და 23 მამისგან. ადამიანის ორგანიზმი სწორი განვი-თარებისა და ფუნქციონირებისთვის იყენებს ქრომოსომების ორივე კომპლექტს. ყოველი ადამიანი არის ისეთი, როგორიც არასოდეს არც ყოფილა და არც იქნება ვინმე, რადგან დნმ-ის ნახევარი, რომელიც განსაზღვრავს მის ნიშან-თვისებებს, ქრომოსომებთან ერთად მიღებული აქვს დედისგან და ნახევარი – მამისგან; მისი მშობლებიდან თითოეულს დნმ-ის ნახევარი თავიანთი დედისგან და ნახევარი მამისგან აქვთ მიღებული და ა.შ.

ყოველი წყვილი ქრომოსომა მოიხსენიება, როგორც ჰომოლოგიური წყვილი. მოხერხებულობისთვის მეცნიერებმა ჰომოლოგიური ქრომოსომების თითოეულ წყვილს,



სურ. 4.21

მათი ზომის მიხედვით, მიანიჭეს რიცხვითი ნომერი. როგორც სურათი 4.21 გვიჩვენებს, ზომით ქრომოსომების უდიდესი წყვილი არის ნომერი 1, შემდეგ ნომერი 2 და ა.შ. მამაკაცისა და ქალის ჰომოლოგიური ქრომოსომების წყვილები 1-დან 22-მდე ერთმანეთისგან



სურ. 4.22

არ განსხვავდება და მათ **აუტოსომებს** უწოდებენ; ხოლო 23-ე წყვილით განსხვავდება და მათ **სასქესო ქრომოსომებს** უწოდებენ. სქესობრივად გამრავლებად ყველა სახეობას აქვს სასქესო ქრომოსომები, რომლებიც უშუალოდ აკონტროლებენ სქესობრივი მახასიათებლების განვითარებას. ადამიანებს აქვთ ორი ძალიან განსხვავებული სასქესო ქრომოსომა – X და Y. ქალისთვის დამახასიათებელია ორი X ქრომოსომა, ხოლო კაცისთვის – ერთი X და ერთი Y ქრომოსომა. მამაკაცში სასქესო ქრომოსომები ჰომოლოგიურ წყვილს ვერ წარმოქმნის. სასქესო ქრომოსომები, სქესის გარდა, განსაზღვრავენ სხვა ნიშან-თვისებებსაც.

სქესობრივი გამრავლების დროს შთამომავლობას მემკვიდრეობით არ გადაეცემა სომატური უჯრედების დნმ. რეპროდუქციულ ორგანოებში არის წინასასქესო უჯრედები, საიდანაც ყალიბდება გამეტები (კვერცხ-

უჯრედები/სპერმატოზოიდები/სპერმიები). მომავალ შთამომავლობას მემკვიდრეობით გადაეცემა გამეტების დნმ.

რეპროდუქციულ ორგანოებში წინასასქესო (პირველადი სასქესო) დიპლოიდური უჯრედები გადიან მეიოზის პროცესს, რომელიც მთავრდება გამეტების წარმოქმნით. **მეიოზი** არის უჯრედების გამრავლების ფორმა, რომლის დროსაც დიპლოიდური უჯრედიდან ჰაპლოიდური უჯრედები წარმოიქმნება. ეს პროცესი აუცილებელია სქესობრივი გამრავლებისთვის, რათა შენარჩუნდეს სახეობისთვის დამახასიათებელი ქრომოსომების რიცხვი (სურ. 4.22). ადამიანის თითოეულ კვერცხუჯრედს ან სპერმატოზოიდს აქვს 22 აუტოსომა და 1 სასქესო ქრომოსომა. კვერცხუჯრედში სასქესო ქრომოსომა ყოველთვის X ქრომოსომაა. სპერმატოზოიდში სასქესო ქრომოსომა შეიძლება იყოს X ქრომოსომა ან Y ქრომოსომა.

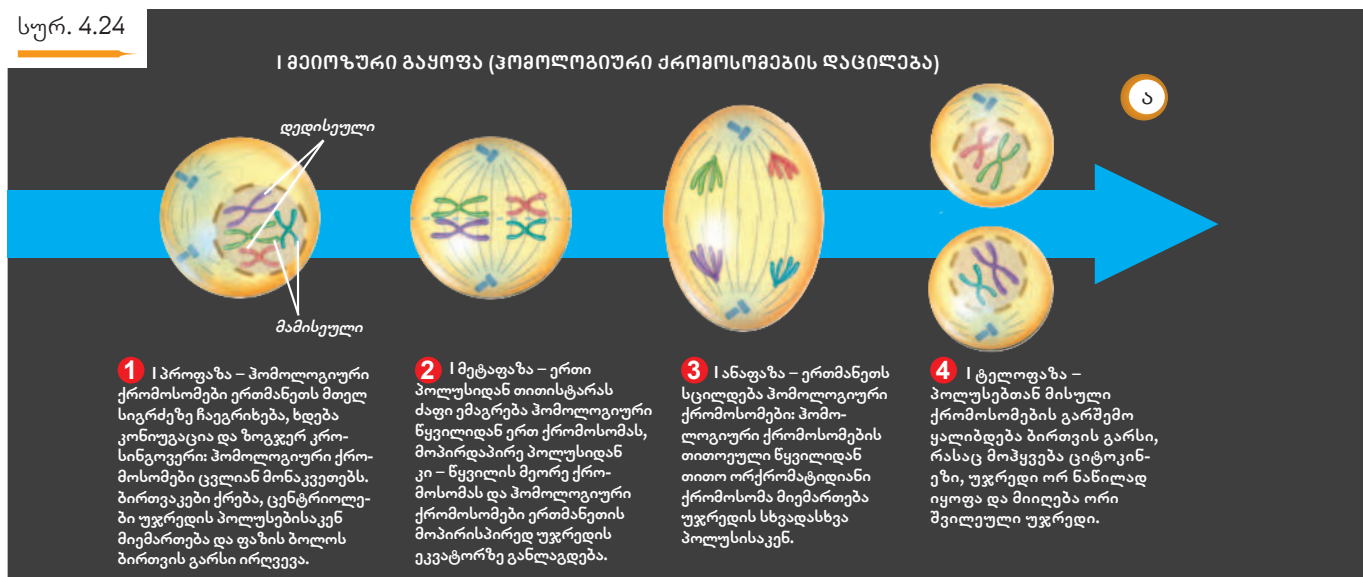


მეიოზის პროცესი

მეიოზი არის უჯრედის გაყოფის ფორმა, რომელიც ერთი დიპლოიდური უჯრედიდან ქმნის ოთხ ჰაპლოიდურ უჯრედს. მეიოზის პროცესის განხილვამდე, ერთხელ კიდევ განვასხვავოთ ერთმანეთისგან ჰომოლოგიური ქრომოსომები და ქრომატიდები (სურ. 4. 23). როგორც სურათზე ჩანს, ჰომოლოგიური ქრომოსომების წყვილი შედგება ორი ცალკეული ქრომოსომისგან, რომელთაგან ერთი მდედ-

რობითი ორგანიზმისგან/გამეტიდან აქვს მიღებული ორგანიზმს და მეორე – მამრობითი ორგანიზმისგან/გამეტიდან. ჰომოლოგიური ქრომოსომები ერთმანეთის მსგავსია ზომით, გარეგნობით და არიან ერთი და იმავე ნიშნის განმსაზღვრელი გენების მატარებელნი. ჰომოლოგიური ქრომოსომები გენეტიკურად იდენტურნი არ არიან, რადგან შესაძლებელია, ისინი ერთი გენის სხვადასხვა ალელის

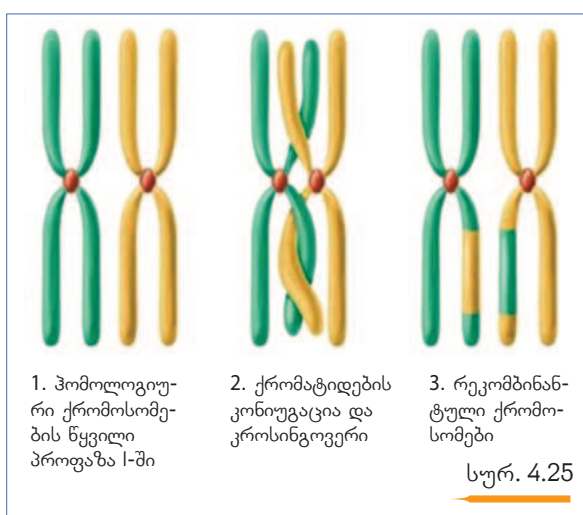
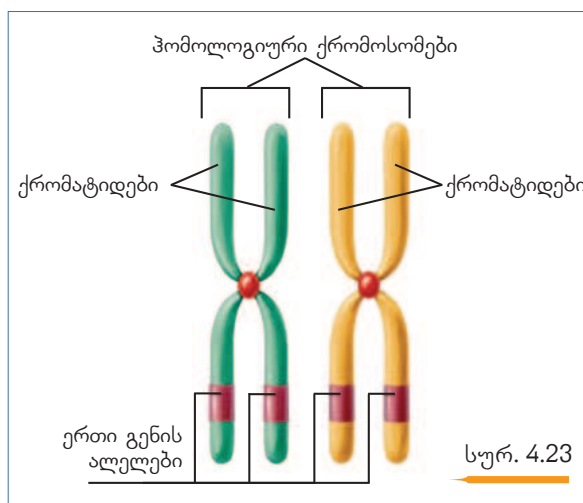
სურ. 4.24



მატარებელნი იყვნენ: ერთი დომინანტური ალელის და მეორე – რეცესიულის.

მეიოზის პროცესი მოიცავს უჯრედების ორ თანმიმდევრულ გაყოფას – მეიოზი I და მეიოზი II. პირველი გაყოფის დროს დედისეული უჯრედი იყოფა და წარმოქმნის ორ შვილეულ უჯრედს. მეორე გაყოფისას იყოფა უკვე ეს ორი უჯრედი და მიიღება ოთხი უჯრედი, რომლებიც ყალიბდებიან გამეტებად – სპერმატოზოიდად ან კვერცხუჯრედად. როგორც პირველი, ისე მეორე მეიოზური გაყოფის დროს, არჩევენ ოთხ ფაზას: პროფაზა, მეტაფაზა, ანაფაზა და ტელოფაზა. მეიოზის დაწყებამდე, ინტერფაზაში არის ქრომოსომათა დიპლოიდური რაოდენობა. სურათზე (სურ. 4.24) პირობითად ნაჩვენებია უჯრედი, რომელსაც აქვს ჰომოლოგიური ქრომოსომების ორი წყვილი. პირველი მეიოზური გაყოფის ინტერფაზაში დნმ ორმაგდება.

პროფაზა I. ორქრომატიდიანი ქრომოსომები მოკლდებიან, მსხვილდებიან, სპირალურად ეხვევიან და ჰომოლოგიური ქრომოსომები წყვილდებიან; როდესაც ჰომოლოგიური ქრომოსომების ქრომატიდები ერთმანეთთან ძალიან ახლოს არიან, ისინი ერთმანეთს გადაეჯვარებიან – **კონიუგირებენ**, ზოგჯერ კი მონაკეთებსაც ცვლიან – ხდება **კროსინგოვერი** (სურ. 4.25). კროსინგოვერის პროცესში ქრომატიდების მონაკეთების გაცვლასთან ერთად გაიცვლება ალელური გენები, რომლებიც ხელს უწყობს თითოეულ ქრომოსომაში ალელური გენების ახალი კომბინაციის



წარმოქმნას; მას **რეკომბინაციას** უწოდებენ. შემდეგ ბირთვის გარსი იშლება და ბირთვაკები ქრება, ცენტრიოლები იყოფა, მიემართება

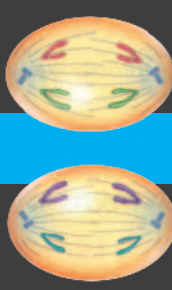
II მეიოზური გაყოფა (ქრომატიდების დაცილება და ჰაპლოიდური უჯრედების მიღება)



5 II პროფაზა – ცენტრიოლები მიემართება უჯრედის სხვადასხვა პოლუსისაკენ და წარმოიქმნება გაყოფის თითისტარას ძაფები.



6 II მეტაფაზა – ცენტრომერებზე მიეზმება გაყოფის თითისტარას ძაფები და მათი მეშვეობით ორქრომატიდიანი ქრომოსომები ერთმანეთის გვერდით უჯრედის ეკვატორზე განლაგდება.



7 II ანაფაზა – შვილეული ქრომოსომები ანუ ქრომატიდები ერთმანეთს სცილდება და მიემართება უჯრედის სხვადასხვა პოლუსისაკენ.



8 II ტელოფაზა – პოლუსებთან მისული ქრომოსომების გარშემო კვლავ ყალიბდება ბირთვის გარსი, რასაც მოჰყვება ციტოკინეზი, თითოეული უჯრედი ორ ნაწილად იყოფა და საბოლოოდ მიიღება ოთხი ჰაპლოიდური უჯრედი.

ბ

უჯრედის სხვადასხვა პოლუსისკენ და მათ შორის გაიბმება გაყოფის თითისტარას ძაფები.

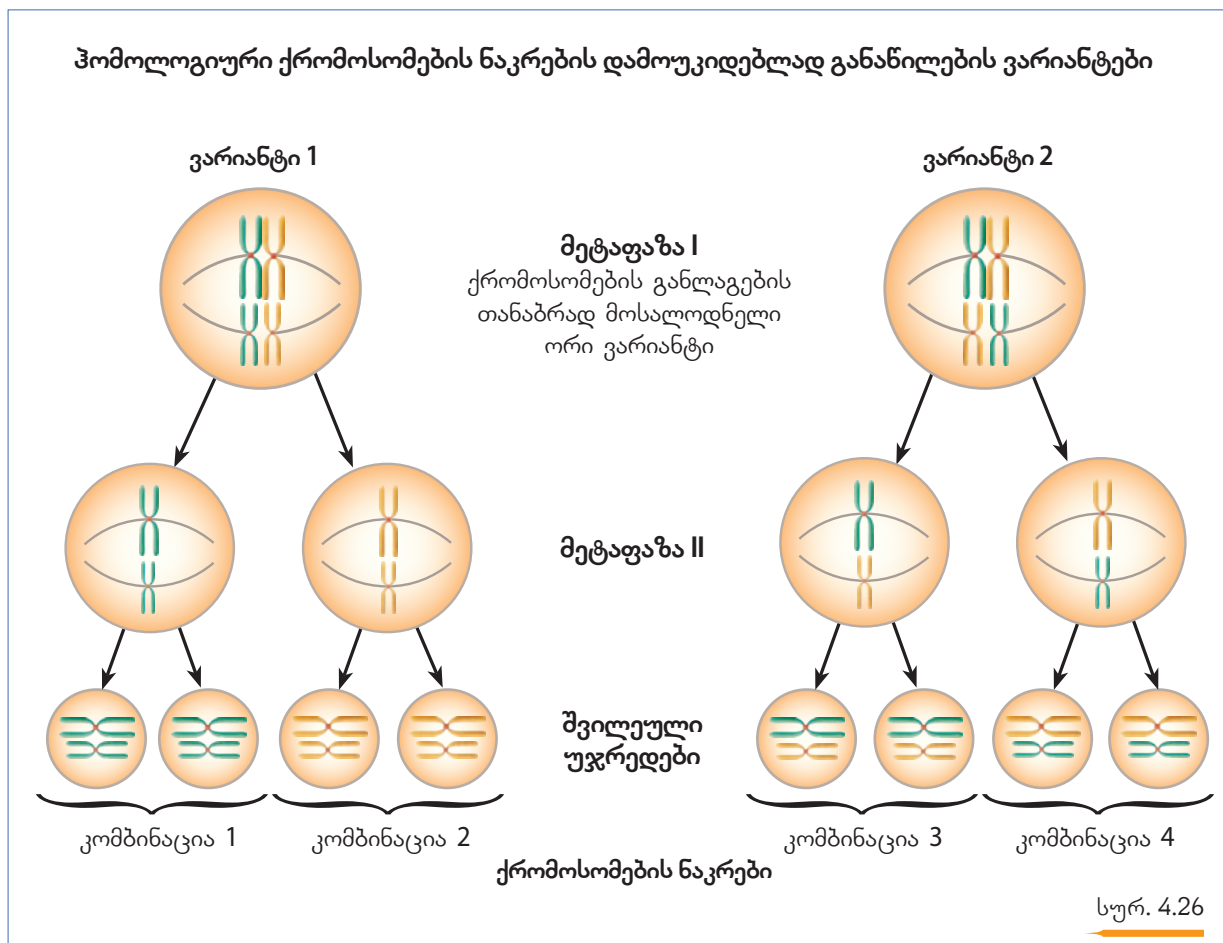
მეტაფაზა I. ჰომოლოგიური ქრომოსომები უჯრედის ეკვატორზე განლაგდება ერთმანეთის მოპირდაპირედ. არაჰომოლოგიური ქრომოსომები შემთხვევით განლაგდება უჯრედის ეკვატორის გასწვრივ. კერძოდ, შეიძლება ეკვატორის ერთ მხარეს აღმოჩნდეს დედისეული ქრომოსომები და მეორე მხარეს – მამისეული, ან ორივე მხარეს შერეული კომბინაცია ჩამოყალიბდეს (სურ. 4.26). სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, შემთხვევითობაა, ჰომოლოგიური წყვილიდან რომელი ქრომოსომა უჯრედის ეკვატორის რომელ მხარეს განლაგდება. ქრომოსომების ასეთი შემთხვევითი განლაგება ქმნის ქრომოსომულ კომბინაციებს და, შესაბამისად, გენეტიკურ მრავალფეროვნებას.

როგორც იცი, ადამიანს 23 ქრომოსომა მემკვიდრეობით მამისგან აქვს მიღებული, 23 კი – დედისგან. ეს ქრომოსომები შემთხვე-

ვითობის პრინციპით განლაგდება უჯრედის ეკვატორის თითოეულ მხარეს. ვინაიდან ადამიანის უჯრედებს აქვთ 23 წყვილი ქრომოსომა, მეიოზმა შეიძლება გამოიწვიოს ქრომოსომების 2^{23} კომბინაცია, ანუ ადამიანის ერთი უჯრედიდან მეიოზის მეშვეობით ქრომოსომების, დაახლოებით, 8 მილიონი სხვადასხვა კომბინაციით შეიძლება წარმოიქმნას გამეტები.

ანაფაზა I. გაყოფის თითისტარას ცილოვანი ძაფების საშუალებით ჰომოლოგიური ორქრომატიდიანი ქრომოსომები ერთმანეთს სცილდება და უჯრედის პოლუსებისკენ მიემართება.

ტელოფაზა I. პოლუსებთან მისული ქრომოსომების გარშემო ბირთვის გარსი წარმოიქმნება. მას მოჰყვება ციტოკინეზი და მიიღება ორი უჯრედი. პირველი მეიოზური გაყოფის მთავარი შედეგი არის ის, რომ ჰომოლოგიური ქრომოსომების წყვილებიდან ქრომოსომები სხვადასხვა უჯრედში აღმოჩნდება, ანუ უჯრედებში ქრომოსომების რიცხ-



ვი განახევრდება. ზოგადად, ქრომოსომებისა (n) და ქრომატიდების (c) რიცხვი თითოეულ უჯრედში ასეთი იქნება: **n2c**.

მეიოზი II. თითოეული უჯრედი კვლავ იყოფა. გაყოფას წინ უძღვის ინტერფაზა; ამ დროს დნმ არ რეპლიცირდება, რადგან თითოეული ქრომოსომა ორი ქრომატიდისგან შედგება; თუმცა უჯრედის გაყოფისწინა სხვა მოსამზადებელი პროცესები მიმდინარეობს: ორგანელები ორმაგდება, მიმდინარეობს ცილებისა და ატფ-ის სინთეზი. მეორე მეიოზური გაყოფის პროცესში უჯრედების გაყოფა ზუსტად ისე მიმდინარეობს, როგორც მიტოზის დროს (სურ. 4.24 ბ). საბოლოოდ მიიღება 4 ჰაპლოიდური უჯრედი. ზოგადად, ქრომოსომებისა (n) და ქრომატიდების (c) რიცხვი თითოეულ უჯრედში ასეთი იქნება: **nc**.

მეიოზის ბიოლოგიური როლი შემდეგში გამოიხატება:

- მეიოზის შედეგად მიიღება ჰაპლოიდური გამეტები, რომელთა შერწყმის შედეგად ზიგოტაში კვლავ აღდგება სახეობისათვის დამახასიათებელი დიპლოიდური ქრომოსომული კომპლექტი;
- მეიოზი არის გენების ახალი კომბინაციის წარმოქმნის – გენეტიკური მრავალფეროვნების – წყარო, რომელიც დაკავშირებულია შემდეგთან: 1) ჰომოლოგიური ქრომოსომების ქრომატიდებს შორის მონაკვეთების გაცვლა – კროსინგოვერი, რომლის შედეგადაც ალელური გენების რეკომბინაცია ხდება; 2) მეიოზის პროცესში ჰომოლოგიური ქრომოსომების დაცილება და უჯრედებში მათი თავისუფალი, შემთხვევითი განაწილება, შედეგად, ქრომოსომათა კომბინაციების მიხედვით, განსხვავებული გამეტების ჩამოყალიბება.

მიტოზისა და მეიოზის შედარებითი დახასიათება		
მიტოზი	საერთო	მეიოზი
• ერთი გაყოფისგან შედგება; • ერთი უჯრედიდან მიიღება ორი უჯრედი; • ყოველი შვილეული უჯრედი შეიცავს დედისეული უჯრედის იდენტურ ქრომოსომულ და გენების ნაკრებს, შესაბამისად, იდენტურ გენეტიკურ ინფორმაციას; • მიმდინარეობს როგორც დიპლოიდურ, ისე ჰაპლოიდურ უჯრედებში; • მიტოზურად იყოფა როგორც სომატური, ისე წინა სასქესო უჯრედები (მაგ., მამრ ფუტკრებში).	• ინტერფაზაში (როგორც მიტოზის, ისე პირველი მეიოზური გაყოფისას) ხდება დნმ-ის გაორმაგება, რის შედეგადაც თითოეული ქრომოსომა შედგება ორი ქრომატიდისგან; • გააჩნიათ ერთი და იგივე ფაზები: პროფაზა, მეტაფაზა, ანაფაზა და ტელოფაზა; • მიტოზისა და მეორე მეიოზის ანაფაზაში ერთმანეთს სცილდებიან ქრომატიდები.	• ორი თანმიმდევრული გაყოფისგან შედგება; • პირველი მეიოზის პროფაზაში ხდება ჰომოლოგიური ქრომოსომების კონიუგაცია და ზოგჯერ კროსინგოვერიც; • პირველი მეიოზის ანაფაზაში სცილდებიან ერთმანეთს ორქრომატიდიანი ჰომოლოგიური ქრომოსომები, ამიტომ ხდება ქრომოსომების რიცხვის განახევრება; • მეორე მეიოზის ინტერფაზაში არ ხდება დნმ-ის გაორმაგება; • ერთი დიპლოიდური დედისეული უჯრედიდან მიიღება ოთხი ჰაპლოიდური გენეტიკურად განსხვავებული უჯრედი; • მიმდინარეობს მხოლოდ დიპლოიდურ უჯრედებში; • მეიოზური გაყოფით ცხოველებში წარმოიქმნება გამეტები, ხოლო მცენარეებში – სპორები.

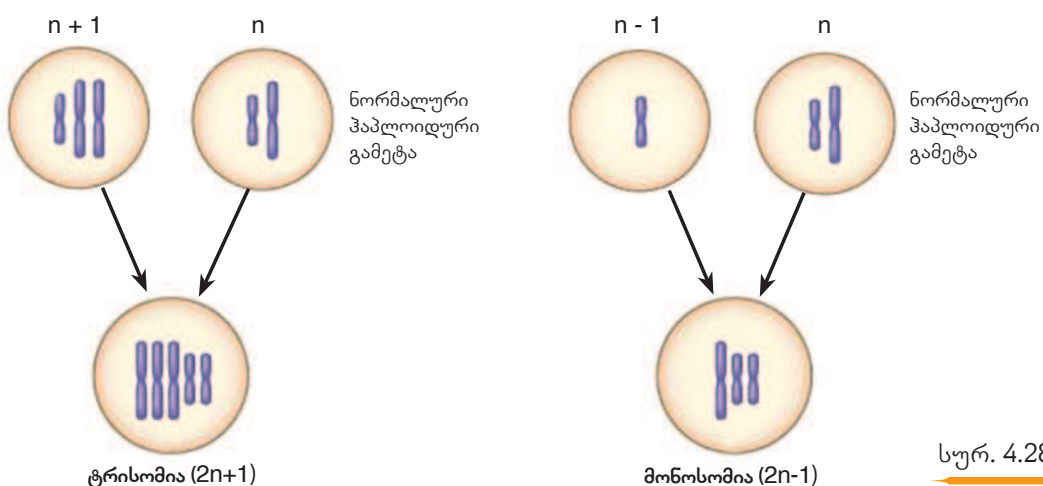
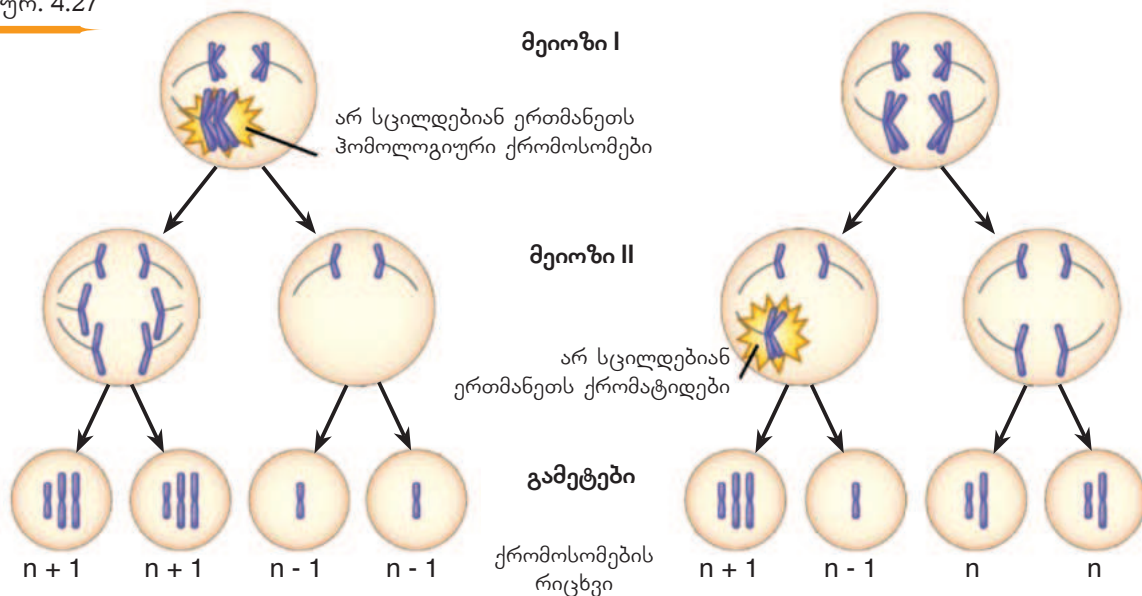


მეიოზის პროცესის დარღვევა და მისი შედეგები

სახეობისათვის დამახასიათებელი ქრომოსომების ნორმალური რაოდენობის შენარჩუნება მნიშვნელოვანია ყველა ორგანიზმის გადარჩენისთვის. თუმცა ზოგჯერ ირღვევა მეიოზის პროცესი (სურ. 4.27). მაგალითად, პირველი მეიოზის დროს შეიძლება რომელიმე ჰომოლოგიური წყვილის ქრომოსომები ერთმანეთს არ დასცილდეს. ამის შედეგად გამეტების ერთ ნახევარში აღმოჩნდება ერთი ქრომოსომით მეტი ($n+1$), მეორე ნახევარში კი – ერთი ქრომოსომით ნაკლები ($n-1$). ან შეიძლება მეორე მეიოზის პროცესში არ განერიდოს ერთმანეთს ქრომატიდები; შედეგად, გამეტების მეოთხედში აღმოჩნდება

ერთი ქრომოსომით მეტი ($n+1$), მეოთხედში – ერთი ქრომოსომით ნაკლები ($n-1$) და გამეტების ნახევარში ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვი (n). თუ განაყოფიერების დროს (სურ. 4.28). ვთქვათ, კვერცხუჯრედი შეხვდა მეორე მშობლის სპერმატოზოიდს ზედმეტი ქრომოსომით, რომელიმე ქრომოსომულ წყვილში დამატებული იქნება ქრომოსომა, მუტაციის ამ სახეს **ტრისომია** ეწოდება ($2n+1$). თუ კვერცხუჯრედი შეხვდა მეორე მშობლის სპერმატოზოიდს ერთით ნაკლები ქრომოსომით, ზიგოტაში აღმოჩნდება ერთი ქრომოსომით ნაკლები ($2n-1$). მუტაციის ამ სახეს კი **მონოსომია** ეწოდება.

სურ. 4.27



როგორც წესი, ქრომოსომის რაოდენობის ცვლილება საზიანოა. თუმცა, ქრომოსომების კომპლექტის რაოდენობის გაზრდამ ზოგჯერ შეიძლება გამოიწვიოს ახალი სახეობის ჩამოყალიბება. დიპლოიდური გამეტების განაყოფიერებამ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა მცენარეთა ევოლუციაში – ისეთი ახალი

სახეობების სწრაფად წარმოქმნაში, რომელთაც ქრომოსომების ორზე მეტი კომპლექტი აქვთ. მაგალითად, ზოგიერთ მცენარეს აქვს ქრომოსომების ოთხი ნაკრები, ანუ ტეტრაპლოიდურია (4n). ამ ტიპის მოვლენა მოხდა მცენარეთა მრავალ სახეობაში, მაგრამ ძალიან იშვიათია ცხოველებში.

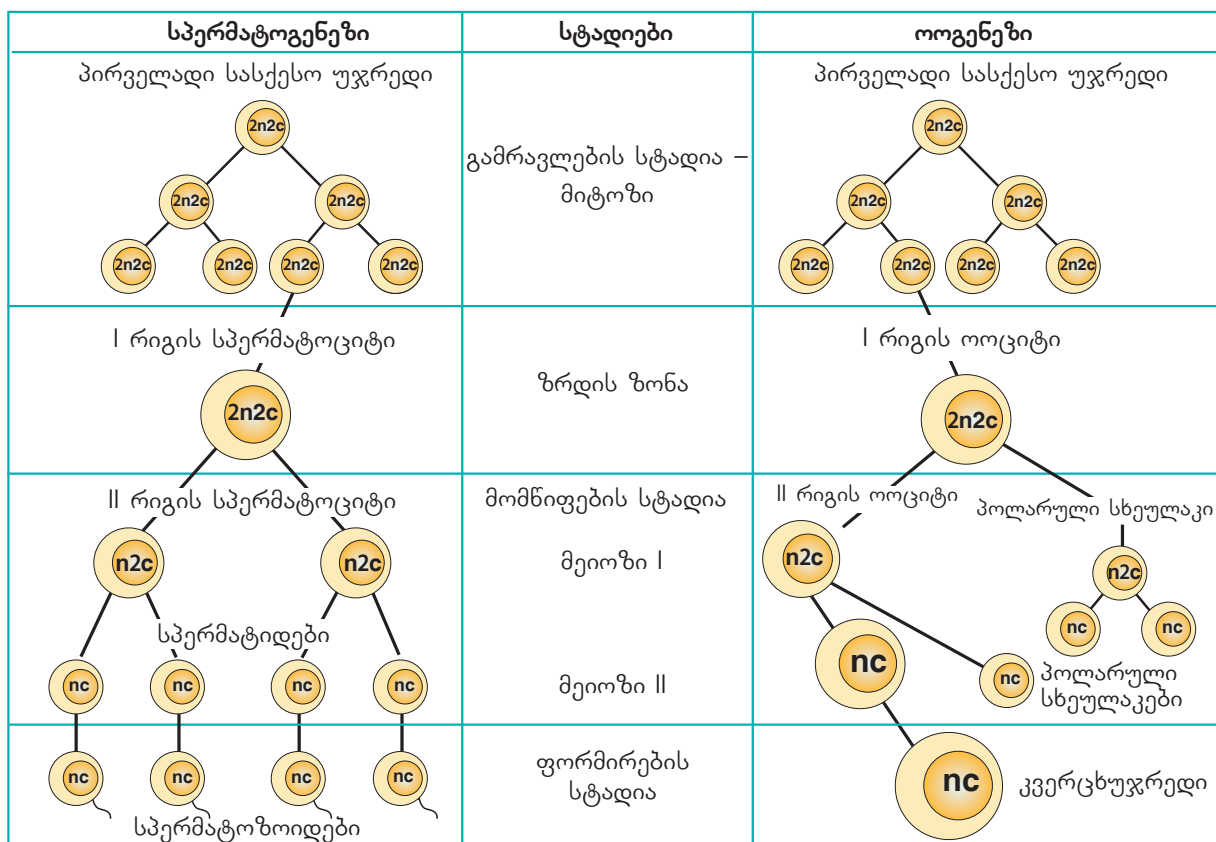
4.6.

გამეტოგენეზი

მეიოზის შედეგი არის ჰაპლოიდური უჯრედების მიღება, მაგრამ ამ უჯრედებს არ აქვთ განაყოფიერების უნარი იქამდე, სანამ ისინი არ გაივლიან დამატებით ცვლილებებს და არ ფორმირდებიან მომწიფებულ გამეტებად. გამეტების ფორმირების პროცესს ეწოდება **გამეტოგენეზი**, რომელიც მოიცავს მეიოზის პროცესსა და მომწიფებულ გამეტებად ფორმირებისათვის საჭირო ცვლილებებსაც. გამეტოგენეზი განვიხილოთ ცხოველური

ორგანიზმების მაგალითზე.

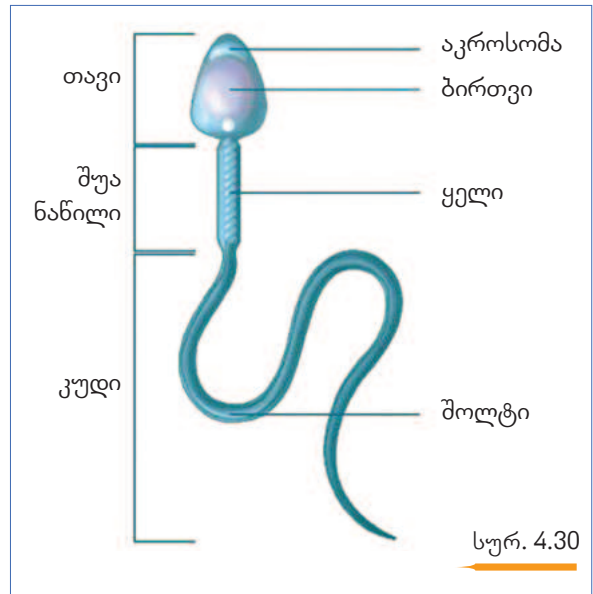
ცხოველებში გამეტები სასქესო ჯირკვლებში წარმოიქმნება: სპერმატოზოიდები – **სათესლეებში**, კვერცხუჯრედები – **საკვერცხეებში**. გამეტების განვითარება რამდენიმე ეტაპად მიმდინარეობს: გამრავლების, ზრდის, მომწიფებისა და ფორმირების სტადიები (სურ. 4.29). გამეტოგენეზის მომწიფებისა და ფორმირების სტადიები განსხვავდება სქესის მიხედვით, ამიტომ



სურ. 4.29

სპერმატოზოიდების ჩამოყალიბების პროცესს **სპერმატოგენეზი** ეწოდება, ხოლო კვერცხუჯრედის — **ოოგენეზი**.

სპერმატოგენეზის გამრავლების სტადიაზე დიპლოიდური პირველადი სასქესო უჯრედები — **სპერმატოგონიები** მიტოზურად იყოფა. შემდეგ ეს უჯრედები იზრდება და **პირველი რიგის სპერმატოციტებად** გარდაიქმნება **ზრდის სტადიაზე**. ამის შემდეგ იწყება **მომწიფების სტადია**, როდესაც ერთმანეთის მიყოლებით ხდება ორი მეიოზური გაყოფა. საბოლოოდ, წარმოიქმნება ოთხი **ჰაპლოიდი სპერმატიდი**. ოთხივე სპერმატიდი **სპერმატოზოიდად** გარდაიქმნება **ფორმირების** სტადიაზე. ეს სტადია რამდენიმე დღე-ღამეს, მაგალითად, ადამიანში – თითქმის ოთხ კვირას გრძელდება. ამ პერიოდში ფორმირდება მხოლოდ სპერმატოზოიდისათვის დამახასიათებელი სტრუქტურები (სურ. 4.30). გოლჯის აპარატიდან წარმოიქმნება ისეთი ფერმენტების შემცველი ბუშტუკი (აკროსომა), რომლებიც განაყოფიერების მომენტში



ხსნიან კვერცხუჯრედის გარსს. ამავე პერიოდში უვითარდება სპერმატიდს შოლტი. ყველა ეს გარდაქმნა უზრუნველყოფს სპერმატოზოიდის შემდგომ ქცევას: მის მოძრაობასა და კვერცხუჯრედში შეჭრას.



სპერმატოზოიდი ორგანიზმის გარეთ ძალიან მდგრადია არახელსაყრელი ფაქტორების მიმართ. მისი ეს თვისება ფართოდ გამოიყენება მეცხოველეობაში. მსხვილფეხა საქონლისა და სხვა ცხოველების გამრავლებაში იყენებენ ხელოვნურ განაყოფიერებას. მაღალპროდუქტიული ჯიშის ცხოველის სპერმას აგროვებენ, ყინავენ და ძალიან დაბალ ტემპერატურაზე ინახავენ. ასეთ მდგომარეობაში შეიძლება სპერმის გარკვეული დროით შენახვა, მისი შორ მანძილზე ტრანსპორტირება და გაღლობის შემდეგ მაღალპროდუქტიული შთამომავლობის მიღების მიზნით ხელოვნური განაყოფიერებისთვის გამოყენება.

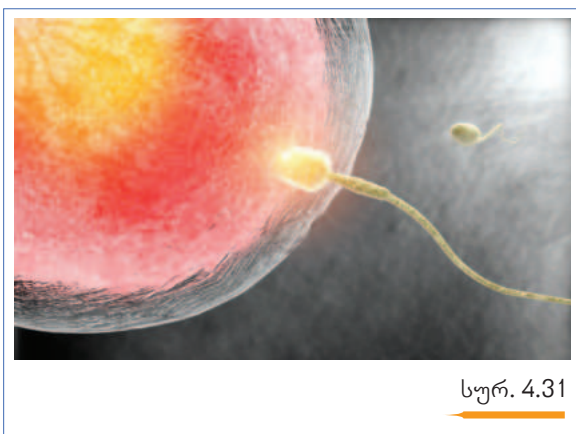
ოოგენეზის გამრავლების სტადიაზეც დიპლოიდური წინა სასქესო უჯრედები მიტოზურად იყოფა და მიიღება **ოოგენიები**. ზრდის სტადიაზე ოოგენი **პირველი რიგის ოოციტად** გარდაიქმნება. მდედრობითი სქესის ძუძუმწოვარ ცხოველებსა და ადამიანში ეს პროცესი ინდივიდის დაბადებამდე მთავრდება. დაბადების მომენტისთვის ფორმირებული პირველი რიგის ოოციტები მრავალი წელი ინახება უცვლელად. სქესობრივი მომწიფების დროს ცალკეული ოოციტი პერიოდულად გადადის ზრდის ზონაში. ზოგჯერ ამ სტადიაზე ოოციტი რამდენიმე თვე იმყოფება და გიგანტურ ზომებს აღწევს. მის ციტოპლაზმაში წარმოიქმნება ბევრი მიტოქონდრია, რიბოსომა, ვითარდება ენდოპლაზმური ბადე,

სინთეზირდება საკვები ნივთიერებები, რომლებიც ყვითრისა და ცილის მარცვლების სახით გროვდება. ბევრ ორგანიზმში კვერცხუჯრედი იზრდება არა მარტო იმ საკვები ნივთიერებების ხარჯზე, რომლებიც უჯრედში სინთეზირდება, არამედ იმ ნივთიერებების ხარჯზეც, რომელიც ოოციტში შედის მეზობელი უჯრედებიდან, სისხლიდან. პირველი რიგის ოოციტი მომწიფების სტადიაზე განიცდის მეიოზს. ამ დროს უჯრედები არათანაბრად იყოფა. პირველი მეიოზური გაყოფის შედეგად წარმოიქმნება უფრო დიდი ზომის მეორე რიგის ოოციტი და პატარა ზომის პოლარული/მიმართულებითი სხეულაკი. მეორე მეიოზური გაყოფის პროცესში უჯრედი კვლავ არათანაბრად იყოფა – მიიღება ერთი დიდი

ზომის უჯრედი, რომელიც კვერცხუჯრედად ფორმირდება და ერთი პოლარული სხეულაკი.

სურათზე (სურ. 4.29) ნათლად ჩანს განსხვავება სპერმატოგენეზსა და ოოგენეზს შორის. კერძოდ, სპერმატოგენეზის პროცესში მიმდინარე მეოზის შედეგად ერთი დიპლოიდური წინასასქესო უჯრედიდან, საბოლოოდ, ფორმირდება 4 ჰაპლოიდური სპერმატოზოიდი, ხოლო ოოგენეზის პროცესში ერთი დიპლოიდური წინასასქესო უჯრედიდან, საბოლოოდ, ფორმირდება ერთი დიდი ზომის კვერცხუჯრედი, ხოლო პოლარული სხეულაკები ილუპებიან (ისინი მეოზის პროცესში უჯრედებს შორის ქრომოსომების განაწილებაში მონაწილეობენ). სპერმატოზოიდს, კვერცხუჯრედთან შედარებით, ძალიან მცირე ზომა აქვს (სურ. 4.31). სპერმატოზოიდის მთავარი დანიშნულებაა მომავალი ჩანასახის უზრუნველყოფა მამისეული ქრომოსომებით (გენეტიკური მასალით); ხოლო კვერცხუჯრედი მომავალ ჩანასახს უზრუნველყოფს არა მარტო გენეტიკური მასალით, არამედ ორგანოებით, საშენი მასალითა და საკვები ნივთიერებებით.

სხვადასხვა ცხოველში გამეტების რიცხვი განსხვავებულია. ასეთი კანონზომიერება



შეიმჩნევა: კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდის შეხვედრის ალბათობა რაც უფრო ნაკლებია, მით უფრო დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება სასქესო უჯრედები. ამიტომ იმ ორგანიზმებში, რომელთაც გარეგანი განაყოფიერება ახასიათებთ, დიდი რაოდენობის გამეტები წარმოიქმნება. შინაგანი განაყოფიერების შემთხვევაში გამეტების შეხვედრის ალბათობა დიდია და, შესაბამისად, ასეთ ცხოველებში გამეტების რიცხვი მკვეთრად მცირდება. ასევე, იმ მშობლებში, რომლებიც ზრუნავენ შთამომავლობაზე, სასქესო უჯრედების რიცხვი ძალიან შემცირებულია.



განაყოფიერების ბიოლოგიური მნიშვნელობა

განაყოფიერების პროცესი რამდენიმე ეტაპისგან შედგება: სპერმატოზოიდის შეჭრა კვერცხუჯრედში, ორივე გამეტის ჰაპლოიდური ბირთვების შერწყმა და დიპლოიდური ზიგოტის წარმოქმნა, ზიგოტის აქტივაცია მისი დაყოფისა და შემდეგი განვითარებისთვის.

განაყოფიერებას დიდი ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს: მამრობითი და მდედრობითი გამეტების (უფრო ხშირად სხვადასხვა ორგანიზმის) შემთხვევითი შერწყმით ვითარდება ახალი ორგანიზმი, რომელიც ატარებს ორივე გამეტით მიღებულ გენეტიკურ ინფორმაციას. თუ გავიხსენებთ, მეოზური გაყოფა როგორ უწყობს ხელს გამეტებში გენებისა და ქრომოსომების რეკომბინაციას, ნათელი იქნება სქესობრივი გამრავლება რატომ ზრდის ორგანიზმების გენეტიკურ მრავალფეროვნებას.

ადამიანის მაგალითზე თუ განვიხილავთ,

სპერმატოზოიდი 2^{23} (დაახლოებით 8 მილიონი) ქრომოსომათა მრავალი კომბინაციიდან ერთ-ერთი კომბინაციით ანაყოფიერებს კვერცხუჯრედს, რომელსაც ასევე აქვს 2^{23} ქრომოსომათა კომბინაციიდან ერთ-ერთი (იხ. სურ. 4.26). ვინაიდან ნებისმიერ სპერმატოზოიდს შეუძლია ნებისმიერი კვერცხუჯრედის განაყოფიერება, შესაძლო ქრომოსომათა კომბინაციების საერთო რაოდენობა იქნება $2^{23} \times 2^{23}$, ანუ 70 ტრილიონზე მეტი გენეტიკურად განსხვავებული ვარიანტი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ნებისმიერ ადამიანურ წყვილს შეიძლება შეეძინოს ბავშვი, დაახლოებით, ქრომოსომების 70 ტრილიონი განსხვავებული კომბინაციით. ამასთან, თუ გავითვალისწინებთ კროსინგოვერსაც, მაშინ ადვილად ასახსნელი იქნება, თუ, იდენტური ტყუპების გარდა, რატომ არის თითოეული ადამიანი გენეტიკურად უნიკალური.



პროკარიოტული უჯრედის ბინარული გაყოფა

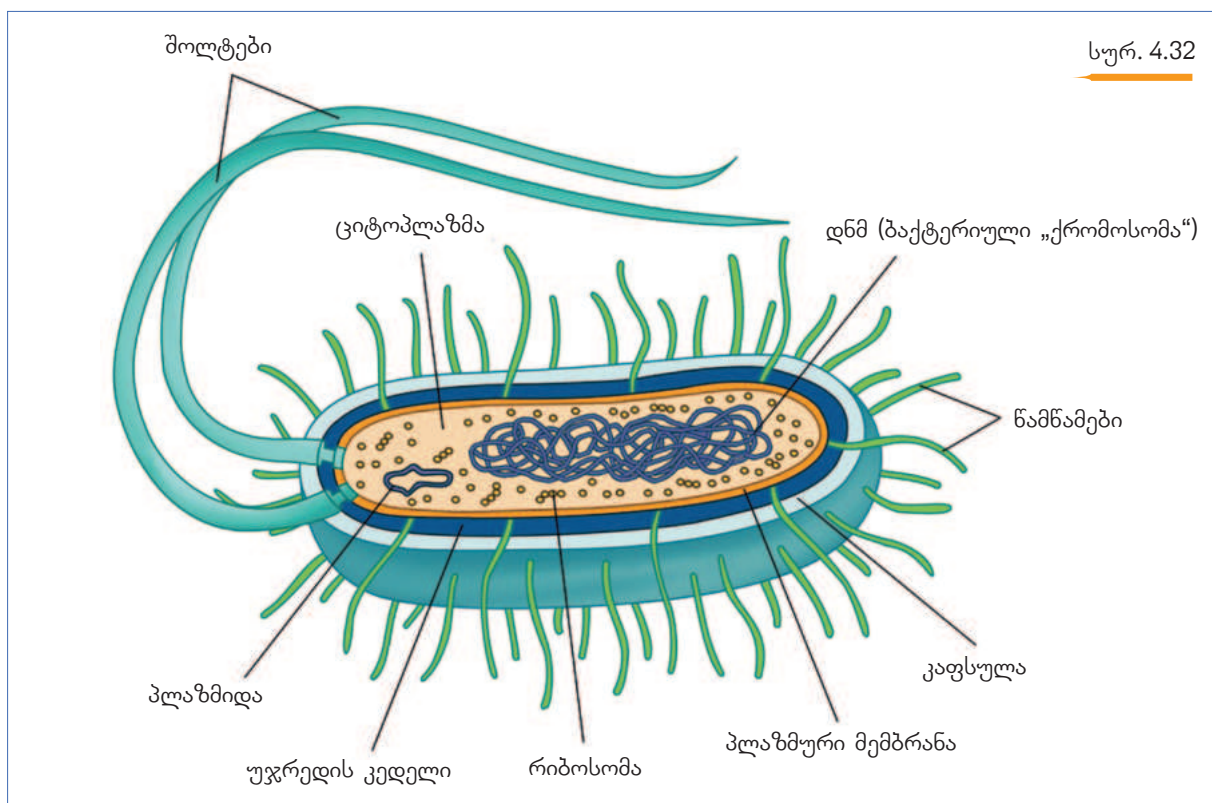
მიუხედავად ბაქტერიების მარტივი აგებულებისა (სურ. 4.32), ეუკარიოტებთან შედარებით, ისინი დედამიწაზე ფართოდ გავრცელებული ორგანიზმებია და, პრაქტიკულად, ყველგან გვხვდება.

პროკარიოტები მრავლდებიან ბინარული გაყოფით. **ბინარული გაყოფა** არის უსქესო გამრავლების ფორმა, რომლის დროსაც პროკარიოტი ორგანიზმი ორ თანაბარ ნაწილად იყოფა. ბინარული გაყოფა და მიტოზი შედეგით იდენტურია, ანუ ორივე პროცესის შედეგად მიღებული შვილეული უჯრედები გენეტიკურად საწყისი უჯრედის იდენტურია. თუმცა ეს პროცესები რამდენიმე თავისებურებით ერთმანეთისგან განსხვავდება. როგორც უკვე იცო, ბაქტერიებს ბირთვი არ გააჩნიათ და მათი რგოლური ფორმის ორჯაჭვიანი დნმ-ის მოლეკულა (ბაქტერიული

„ქრომოსომა“) ციტოპლაზმაშია განთავსებული.

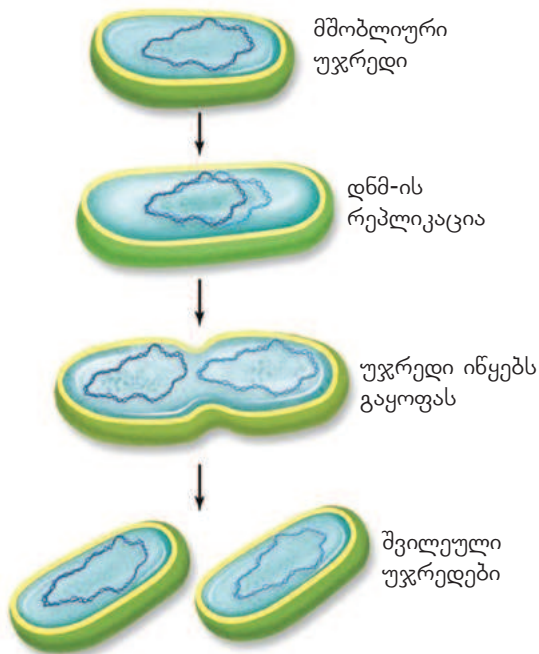
ბინარული გაყოფა (სურ. 4.33) იწყება დნმ-ის მოლეკულის რეპლიკაციით (ბაქტერიული ქრომოსომის გაორმაგებით). დნმ-ის ორივე მოლეკულა მიმაგრებულია პლაზმურ მემბრანაზე; იმასთან დაკავშირებით, რომ უჯრედი იზრდება და წაგრძელდება, დნმ-ის მოლეკულები თანდათან ერთმანეთს სცილდება. როდესაც უჯრედის ზომა, დაახლოებით, ორჯერ გაიზრდება, ციტოკინეზი იწყება: დნმ-ის ორ მოლეკულას შორის ვითარდება უჯრედის კედელი, საბოლოოდ, წარმოიქმნება ორი გენეტიკურად იდენტური შვილეული უჯრედი.

ბაქტერიები უსქესოდ ხელსაყრელ პირობებში ძალიან სწრაფად მრავლდებიან. ზოგიერთი სახეობა მრავლდება ყოველ 20 წუთში.

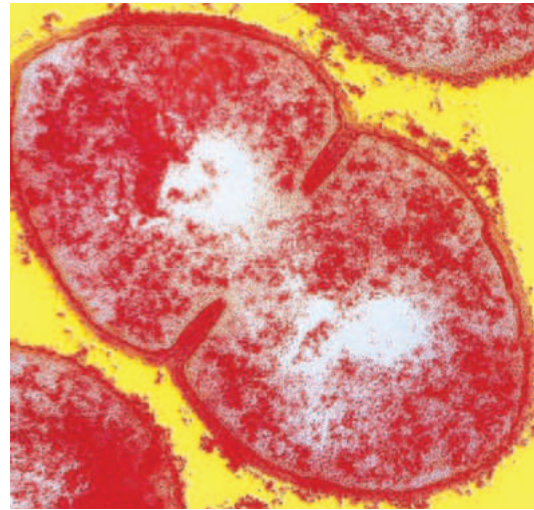


სურ. 4.32

ბაქტერიის უჯრედის გაყოფის მოდელი



ფოტოსურათი ასახავს ბაქტერიას ბინარული გაყოფის პროცესში



სურ. 4.33



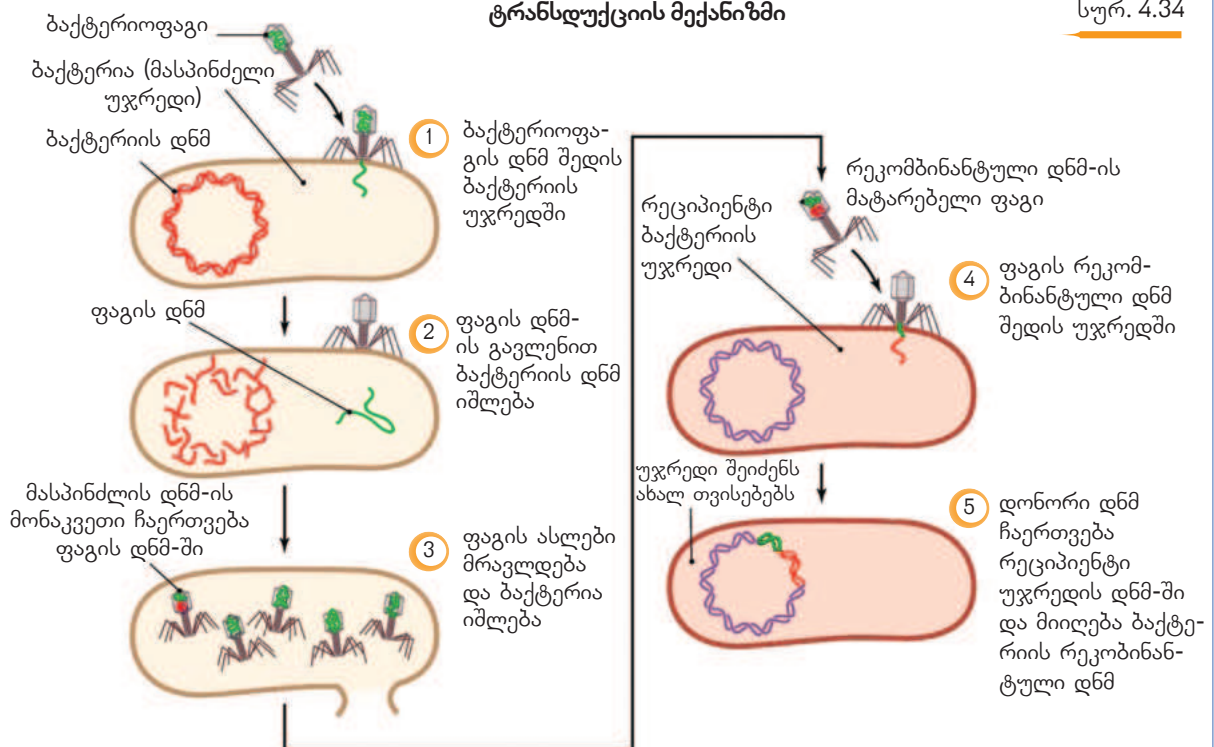
გენეტიკური რეკომბინაციის წყარო ბაქტერიაში

როგორც უკვე იცით, ეუკარიოტებში გენების ახალი კომბინაციის/რეკომბინაციის წყარო არის: 1) მეიოზის პროცესში კროსინგოვერი,

2) გამეტებში ჰომოლოგიური ქრომოსომების თავისუფალი და შემთხვევითი განაწილება, 3) გამეტების თავისუფალი და შემთხვევითი

ტრანსდუქციის მექანიზმი

სურ. 4.34

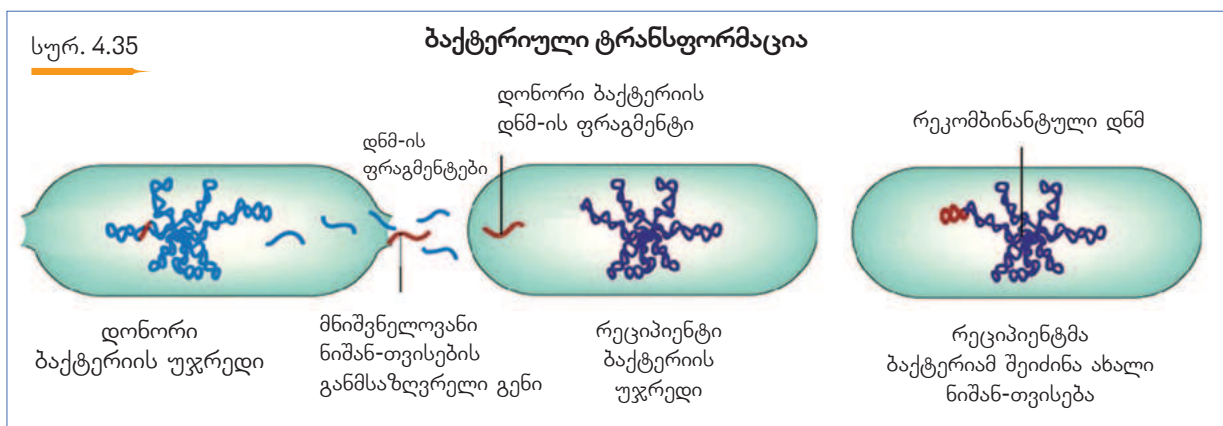


შერწყმა. პროკარიოტებში კი გენების რეკომბინაციის წყარო არის მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემის ისეთი გზები, როგორებიცაა ტრანსდუქცია, ტრანსფორმაცია და კონიუგაცია.

ტრანსდუქცია არის პროცესი ერთი ბაქტერიული უჯრედიდან (დონორიდან) ბაქტერიოფაგის მეშვეობით მეორეში (რეციპიენტში) დნმ-ის მონაკვეთის (გენების) გადატანა (სურ. 4.34).

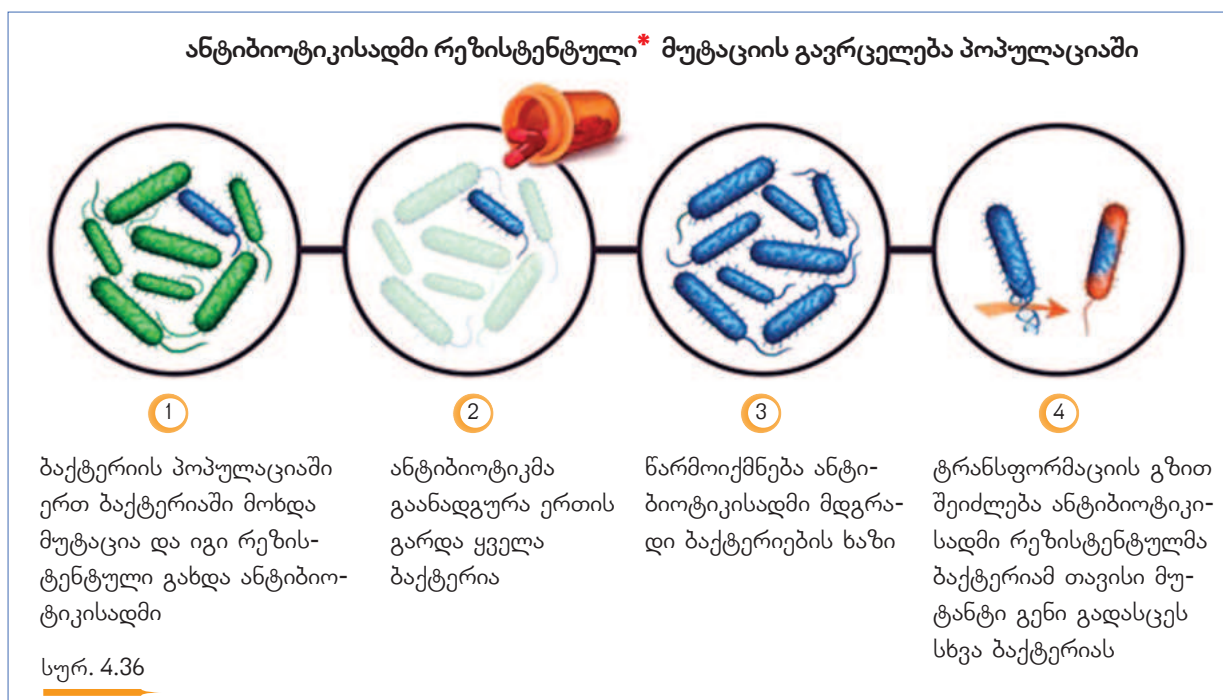
ბაქტერიული ტრანსფორმაცია არის დონორი ბაქტერიიდან გარემოში გამოთავისუფლებული დნმ-ის ფრაგმენტის რეციპიენტი

ბაქტერიის მიერ შთანთქმის/ასიმილაციის პროცესი. დნმ-ის ფრაგმენტის მეშვეობით მემკვიდრული ინფორმაციის ერთი უჯრედიდან სხვა უჯრედში გადაცემას **ტრანსფორმაცია** ეწოდება (სურ. 4.35). რეციპიენტი ბაქტერია წარმატებით ამრავლებს ახალ დნმ-ს. ამ პროცესისთვის არ არის აუცილებელი დონორის ცოცხალი უჯრედი, მხოლოდ საჭიროა თავისუფალი დნმ-ის ფრაგმენტების არსებობა გარემოში. ტრანსფორმაცია გენის გადატანის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდია.



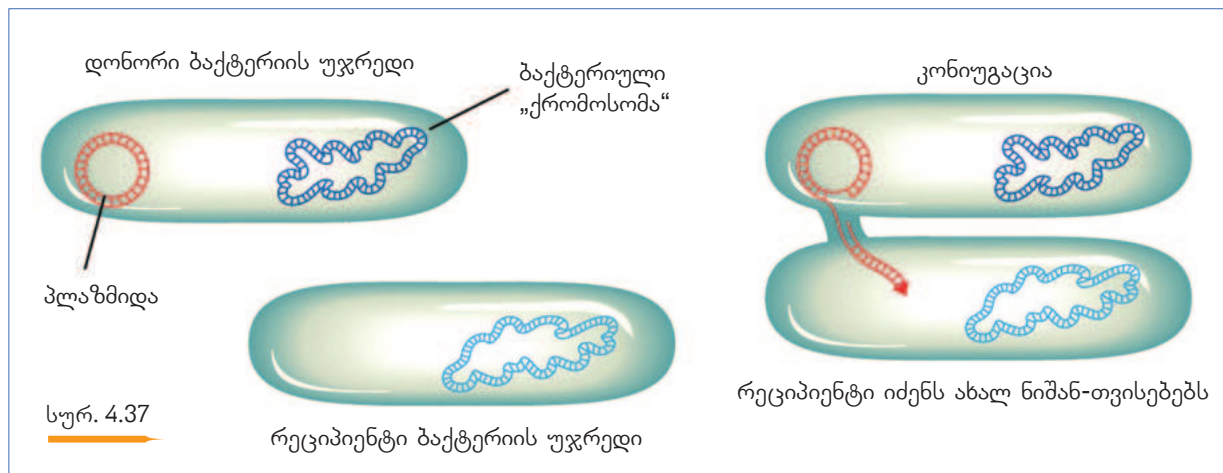
ზოგიერთ ბაქტერიაში ტრანსფორმაციის პროცესი ბუნებრივად მიმდინარეობს და გენთა რეკომბინაციას განაპირობებს. ეს პრო-

ცესი ხელს უწყობს ზოგიერთი მუტაციის გავრცელებას პოპულაციაში (სურ. 4.36).



უშუალო კონტაქტის მეშვეობით ბაქტერიის ერთი უჯრედიდან მეორეში გენეტიკური მასალის გადაცემას **კონიუგაცია** ეწოდება (სურ. 4.37). ხშირად ის გენეტიკური მასალა, რომელიც ერთი ბაქტერიიდან მეორეში გადადის, არის **პლაზმიდა**. იგი წარმოადგენს რგოლური ფორმის მცირე ზომის ორჯაჭვიან დნმ-ის მოლეკულას, რომელიც ზოგიერთი

ბაქტერიისთვის არის დამახასიათებელი და ზრდის ბაქტერიის გამძლეობას დამაზიანებელი ფაქტორების მიმართ. პლაზმიდა, ბაქტერიული ქრომოსომისგან განსხვავებით, უფრო მობილურია და შეუძლია მისგან დამოუკიდებელი რეპლიკაცია. მათ მოლეკულურ ბიოლოგიაში იყენებენ რეკომბინანტული გენების შესაყვანად ბაქტერიის სხვადასხვა სახეობაში.



თემა 1. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა

თემის მიმოხილვა

მთავარი იდეები

- ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების ატომურ დონეზე ქიმიური შედგენილობა მსგავსია, მოლეკულურ დონეზე კი – განსხვავებული;
- ქიმიურ ნაერთებს შორის უჯრედში ყველაზე დიდი რაოდენობითაა წყალი;
- წყალი უამრავ ფუნქციას ასრულებს და წყლის გარეშე სიცოცხლე არ არსებობს;
- ორგანული ნივთიერებებიდან უჯრედში ყველაზე დიდი რაოდენობითა და მრავალფეროვნებით წარმოდგენილია ცილები;
- ნივთიერებების ფუნქციები დაკავშირებულია და შესაბამისობაშია მათი სტრუქტურის თავისებურებასთან;
- სხვადასხვა ბიოპოლიმერი ერთმანეთისგან განსხვავდება მონომერებით, რაც განაპირობებს მათ თვისებებსა და ფუნქციებს;
- ნახშირწყლები უჯრედში ასრულებენ სტრუქტურულ, ენერგეტიკულ, სამარაგო და დამცველობით ფუნქციებს;
- ლიპიდების ფუნქციაა: სტრუქტურული, ენერგეტიკული, სამარაგო, თბორეგულაცია, სასიცოცხლო პროცესების მარეგულირებელი;
- ცილების ფუნქციებია: სტრუქტურული, სატრანსპორტო, მამოძრავებელი, დამცველობითი, სასიცოცხლო პროცესების მარეგულირებელი, რეცეპტორული, კატალიზური;
- ნუკლეინის მჟავებთან არის დაკავშირებული გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა და გადაცემა;
- გარემო ფაქტორების ცვლილება მოქმედებს უჯრედის ქიმიური კომპონენტების სტრუქტურასა და ფუნქციაზე;
- უჯრედის ქიმიური შედგენილობის ჰომეოსტაზის დარღვევა უარყოფითად აისახება ორგანიზმის ჯანმრთელობაზე;
- დნმ-ის სტრუქტურისა და ფუნქციების დადგენაში დიდი როლი შეასრულა მეცნიერების მიერ წინა საუკუნეში ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა;
- დნმ-სა და ცილების მოლეკულების მრავალფეროვნება არის ბიომრავალფეროვნების საფუძველი.

დავალეხები თვითშეფასებისთვის

არჩევითპასუხიანი/დახურული ტიპის ტესტური დავალებები

1. დაადგინეთ შესაბამისობა წყლის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებსა და მის ფუნქციებს შორის, მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში.

თვისებები:

1. წყლის მოლეკულის პოლარობა;
2. კარგი გამხსნელი ბუნება;
3. წყლის მოლეკულებს შორის წყალბადური ბმების არსებობა;
4. მაღალი თბოტევადობა და თბოგამტარობა.

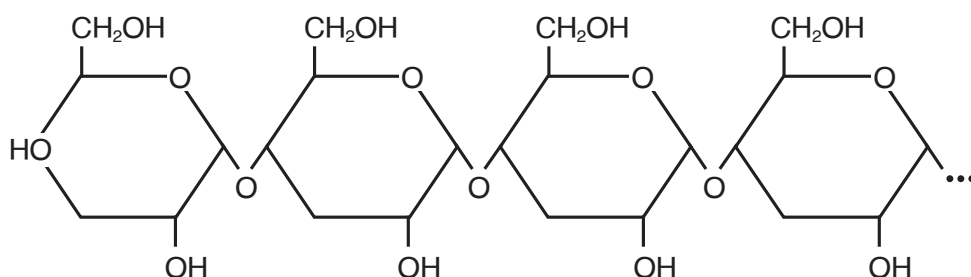
ფუნქციები:

- ა. ნივთიერებათა სატრანსპორტო ფუნქცია;
- ბ. ბიოქიმიური რეაქციები წყალხსნარებში მიმდინარეობს;
- გ. განაპირობებს მაღალმოლეკულური ნივთიერებებისა და უჯრედული მემბრანების სტრუქტურებს;
- დ. მონაწილეობს უჯრედისა და ორგანიზმის თბორეგულაციაში;
- ე. ორგანიზმისათვის გამრავლება-განვითარებისა და საცხოვრებელი გარემოა.

	ა	ბ	გ	დ	ე
1					
2					
3					
4					

შენიშვნა: გაითვალისწინეთ, რომ წყლის ერთ თვისებას შეიძლება რამდენიმე ფუნქცია შეესაბამებოდეს და პირიქით, ერთ ფუნქციას რამდენიმე თვისება.

2. ნატრიუმის იონები არ მონაწილეობენ:
 - ა. ნერვული იმპულსის წარმოქმნასა და გავრცელებაში;
 - ბ. ოსმოსური წნევის რეგულაციაში;
 - გ. სისხლის შედედებაში;
 - დ. კუნთების შეკუმშვაში.
3. კალციუმის იონები და მარილები არ მონაწილეობენ:
 - ა. ნერვული იმპულსის წარმოქმნასა და გავრცელებაში;
 - ბ. გულის მუშაობის რეგულაციაში;
 - გ. სისხლის შედედებაში;
 - დ. ნიჟარებისა და ძვლების სიმტკიცის შენარჩუნებაში.
4. ცხოველურ ორგანიზმებში ქვემოთ ჩამოთვლილი ნახშირწყლებიდან არ სინთეზირდება:
 - ა. სახამებელი; ბ. გლიკოგენი; გ. რძის შაქარი/ლაქტოზა.
5. ჭარბი ნახშირწყლები ადამიანის ღვიძლსა და ჩონჩხის კუნთებში გროვდება სახით:
 - ა. სახამებლის; ბ. გლიკოგენის; გ. ლაქტოზის; დ. ცელულოზის.
6. ჭარბი ნახშირწყლები მცენარის უჯრედებში გროვდება სახით:
 - ა. სახამებლის; ბ. გლიკოგენის; გ. ლაქტოზის; დ. ცელულოზის.
7. ქვემოთ ჩამონათვალიდან პოლისაქარიდებია:
 - ა. სახამებელი, ცელულოზა, გლიკოგენი;
 - ბ. სახამებელი, ცელულოზა, რძის შაქარი;
 - გ. სახამებელი, დეზოქსირიბოზა, ლერწმის შაქარი;
 - დ. ცელულოზა, გლიკოგენი, ჭარხლის შაქარი.
8. იპოვეთ მცდარი დებულება – ნახშირწყლების ფუნქციაა:
 - ა. სამარაგო; ბ. ენერგეტიკული; გ. სამშენებლო; დ. კატალიზური.
9. ილუსტრაციაზე გამოსახულია მოდელი:
 - ა. მონოსაქარიდის; გ. ამინომჟავის;
 - ბ. დისაქარიდის; დ. პოლისაქარიდის.
10. ილუსტრაციაზე გამოსახულია:
 - ა. პოლიპეპტიდი; ბ. დისაქარიდი; გ. პოლისაქარიდი; დ. პოლინუკლეოტიდი.



11. იპოვეთ შესაბამისობა ჩამოთვლილ ნახშირწყლებსა და მათ ფუნქციებს შორის და ცხრილში შესაბამის უჯრაში დასვით ნიშანი X.

შენიშვნა: გაითვალისწინე, რომ ერთ ფუნქციას შეიძლება რამდენიმე ნახშირწყალი შეესაბამებოდეს და ერთი ნახშირწყალი ერთზე მეტ ფუნქციას ასრულებდეს.

ფუნქციები:

1. სტრუქტურული
2. სამარაგო
3. დამცველობითი
4. ენერგიის ძირითადი წყარო

ნახშირწყლები:

- ა. ცელულოზა
- ბ. მურეინი
- გ. სახამებელი
- დ. გლუკოზა
- ე. ქიტინი
- ვ. გლიკოგენი
- ზ. საქაროზა

	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ
1							
2							
3							
4							

12. ლიპიდების მოლეკულებში, სხვა ორგანულ ნივთიერებებთან შედარებით, ყველაზე ბევრია ატომები:

- ა. ნახშირბადის; ბ. ჟანგბადის; გ. წყალბადის; დ. აზოტის.

13. ზოგიერთი ცხოველი დიდხანს ძლებს წყლის გარეშე, რადგან ისინი ორგანიზმში სამარაგოდ იგროვებენ:

- ა. გლიკოგენს; ბ. სახამებელს; გ. ცხიმებს; დ. ცილებს.

14. იპოვე მცდარი დებულება – ლიპიდებს მიეკუთვნება:

- ა. ცხიმები; ბ. A და D ვიტამინები; გ. B ვიტამინი; დ. ქოლესტეროლი.

15. ცხიმების მოლეკულებში შედის ატომები:

- ა. ნახშირბადის; გ. აზოტის; ე. ჟანგბადის;
- ბ. გოგირდის; დ. წყალბადის; ვ. ფოსფორის.

პასუხი:

--	--	--

16. გაცილებით მეტი ენერგია გამოთავისუფლდება ცხიმების დაჟანგვის შედეგად, ვიდრე გლუკოზის, რადგან ცხიმოვანი მჟავა შეიცავს დიდი რაოდენობით წყალბადის ატომებს.

- ა. ქვეშეპირით; ბ. მცდარია.

17. იპოვეთ მცდარი დებულება:

- ა. ცხიმებით მდიდარია ზოგიერთი მცენარის თესლი;
- ბ. ცხიმები დიდი რაოდენობით გვხვდება ბადექონში, კანქვეშ;
- გ. ცხიმები ასრულებენ სატრანსპორტო ფუნქციას;
- დ. 1 გრამი ცხიმის დაჟანგვისას ორჯერ მეტი ენერგია გამოიყოფა, ვიდრე 1 გრამი ნახშირწყლის დაჟანგვისას.

18. იპოვეთ მცდარი დებულება – ცხიმები უჯრედში ასრულებენ შემდეგ ფუნქციებს:

- ა. სამშენებლო; ბ. კატალიზურ; გ. ენერგეტიკულ; დ. სამარაგო.

19. იპოვეთ მცდარი დებულება:

- ა. ცხიმები იცავს ორგანიზმს სითბოს დაკარგვისაგან;
- ბ. სამარაგო ცხიმების დაშლისას ორგანიზმში წარმოიქმნება წყალი;
- გ. ცხიმები ასრულებენ მამოძრავებელ ფუნქციას;
- დ. ლიპიდები მონაწილეობენ მემბრანების შენებაში.

20. ქვემოთ ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან ჩვეულებრივ პირობებში წყალში უხსნადია:

- ა. ცელულოზა; გ. სახამებელი; ე. ქოლესტეროლი; ზ. ვიტამინი A;
- ბ. საქაროზა; დ. ფოსფოლიპიდი; ვ. მალტოზა; თ. ვიტამინი B.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ

21. ადამიანის ორგანიზმში ქოლესტეროლთან დაკავშირებული არაა შემდეგი ფუნქცია:
- უნარჩუნებს პლაზმურ მემბრანას სტაბილურობას;
 - მონაწილეობს გაადვილებულ დიფუზიაში;
 - მისგან წარმოიქმნება D ვიტამინი;
 - მისგან წარმოიქმნება სასქესო და თირკმელზედა ჯირკვლის ზოგიერთი ჰორმონი.
22. ფოსფოლიპიდები და ქოლესტეროლი შედის პლაზმური მემბრანის შემადგენლობაში. ეს არის ლიპიდის ფუნქცია:
- სამარაგო;
 - მარეგულირებელი;
 - სტრუქტურული;
 - ენერგეტიკული.
23. ქვემოთ ჩამოთვლილი ფუნქციებიდან ნახშირწყლებისა და ლიპიდებისათვის საერთოა:
- სატრანსპორტო;
 - ენერგეტიკული;
 - სტრუქტურული;
 - მამოძრავებელი;
 - სამარაგო;
 - სასიგნალო;
 - კატალიზური;
 - ორგანიზმში ფუნქციათა მარეგულირებელი.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ

24. იპოვეთ შესაბამისობა ჩამოთვლილ ცილებსა და მათ ფუნქციებს შორის და შესაბამის უჯრაში დასვით ნიშანი „X“.

ფუნქციები:

- სამშენებლო
- ფუნქციათა მარეგულირებელი
- ფერმენტული
- დამცველობითი

ცილები:

- კერატინი
- ლიპაზა
- ფიბრინოგენი
- თიროქსინი
- ინსულინი
- პროტეაზა

პასუხი:

	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ
1						
2						
3						
4						

25. დაადგინეთ შესაბამისობა ქვემოთ ჩამოთვლილ ცილებსა და მათ ფუნქციებს შორის:

ცილები

- ჰემოგლობინი
- პროთრომბინი
- ვაზოპრესინი
- კოლაგენი
- ლიზოციმი

ფუნქციები:

- სისხლის შედედება
- წყლის ცვლის რეგულაცია
- ბაქტერიების გაუვნებელყოფა
- ჟანგბადის ტრანსპორტირება
- მყესისა და ხრტილის შენება

პასუხი:

1	2	3	4	5

26. ზოგიერთ ცილას შეიძლება არ ჰქონდეს სტრუქტურა:

- პირველადი;
- მეორეული;
- მესამეული;
- მეოთხეული.

პასუხი: ა. მხოლოდ 3. ბ. მხოლოდ 4; გ. 3 და 4; დ. 1 და 2; ე. 2 და 3; ვ. 2 და 4.

27. ცილის პირველად სტრუქტურას განაპირობებს ბმები:

- პეპტიდურ-კოვალენტური;
- წყალბადური;
- იონური;
- ჰიდროფობური.

28. სხვადასხვა ცილის მოლეკულებს შორის თვისებრივ განსხვავებას განაპირობებს ამინომჟავათა:

- თანმიმდევრობა,
 - შემადგენლობა,
 - რაოდენობა.
- მხოლოდ 1;
 - მხოლოდ 2;
 - მხოლოდ 3;
 - სამივე.

29. ფერმენტების დამახასიათებელ თვისებად ითვლება:

- ა. სპეციფიკურობა; გ. რეაქციაში მონაწილეობა;
ბ. მოლეკულის ამფოტერულობა; დ. ფიბრილარული ცილაა.

30. ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან რომელი ასრულებს უჯრედში სატრანსპორტო ფუნქციას?

1. ცილა, 2. ტ-რნმ, 3. ლიპიდი.

- ა. მხოლოდ 1; ბ. მხოლოდ 2; გ. 1 და 2; დ. 1 და 3.

31. ქიმიური ელემენტი, რომელიც შედის ცილის შედგენილობაში და არ შედის ცხიმებსა და ყველა ნახშირწყალში, არის:

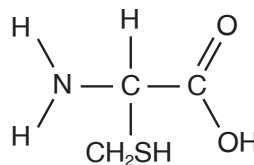
- ა. ნახშირბადი; ბ. წყალბადი; გ. აზოტი; დ. ჟანგბადი.

32. უჯრედში ფერმენტის აქტივობაზე მოქმედებს:

- ა. მხოლოდ მჟავიანობა; გ. მხოლოდ ფერმენტისა და სუბსტრატის კონცენტრაცია;
ბ. მხოლოდ ტემპერატურა; დ. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი.

33. ილუსტრაციაზე გამოსახულია:

- ა. მონოსაქარიდი;
ბ. ცხიმოვანი მჟავა;
გ. ამინომჟავა;
დ. ნუკლეოტიდი.



34. მაღალი ტემპერატურის ზეგავლენით ფერმენტი:

- ა. გადადის არააქტიურ მდგომარეობაში; გ. უფრო აქტიურდება;
ბ. შეიძლება განიცადოს დენატურაცია; დ. გადადის მეოთხეულ სტრუქტურაში.

პასუხი:

--	--

35. ცოცხალი უჯრედის შემადგენლობაში ორგანული ნივთიერებებიდან ყველაზე დიდი რაოდენობითაა:

- ა. ლიპიდები; ბ. ნახშირწყლები; გ. ცხიმები; დ. ნუკლეინის მჟავები; ე. ცილები.

36. ატომების ჯგუფს, რითაც ერთი სახის ამინომჟავა განსხვავდება მეორისგან, ეწოდება:

- ა. პეპტიდი; ბ. რადიკალი; გ. კარბოქსილის ჯგუფი; დ. ამინოჯგუფი.

37. რამდენი სახის ამინომჟავა შეიძლება შედიოდეს ცილის შემადგენლობაში?

- ა. 3; ბ. 20; გ. 4; დ. 500-ზე მეტი.

38. ინსულინი არის:

- ა. მონომერი; გ. პოლიმერი; ე. ცილა;
ბ. ჰორმონი; დ. ფერმენტი; ვ. ამინომჟავა.

პასუხი:

--	--	--

39. ჰემოგლობინი არის:

- ა. მონომერი; გ. პოლიმერი; ე. ცილა;
ბ. ჰორმონი; დ. ფერმენტი; ვ. სატრანსპორტო ცილა.

პასუხი:

--	--	--

40. პეპტიდური ბმა ქიმიური ბმებიდან წარმოადგენს:

- ა. იონურს; ბ. კოვალენტურს; გ. წყალბადურს; დ. დისულფიდურს.

41. იპოვეთ არასწორი დებულება:

- ა. ცილები პოლიმერული ნაერთია;
- ბ. ცილების სინთეზი ამინომჟავების შემთხვევითი დაკავშირების შედეგად ხდება;
- გ. პეპტიდური ბმების წარმოქმნაში ფერმენტები მონაწილეობენ;
- დ. ცილის პირველადი სტრუქტურა განსაზღვრავს მის ბუნებრივ კონფიგურაციას.

42. ცილის მოლეკულაში ბმების განწყვეტას, რის შედეგადაც ირღვევა ცილის ბუნებრივი სტრუქტურა და ბიოლოგიური თვისებები, ეწოდება:

- ა. დენატურაცია; ბ. რენატურაცია; გ. კონფრონტაცია; დ. კონფორმაცია.

43. დენატურირებული ცილის ბუნებრივი სტრუქტურისა და ბიოლოგიური თვისებების აღდგენას ეწოდება:

- ა. დენატურაცია; ბ. რენატურაცია; გ. კონფრონტაცია; დ. კონფორმაცია.

44. კერატინი არის ცილა, რომლისგანაც შედგება ბუმბული, ჩლიქები, ბრჭყალები, რქები. ასეთი ცილა არის:

- ა. გლობულარული; ბ. ფიბრილარული; გ. უხსნადი; დ. ხსნადი.

პასუხი:

--	--

45. ფერმენტები სხვა ცილებისგან განსხვავდებიან იმით, რომ:

- ა. შეუძლიათ რენატურაცია; დ. რეაქციაში არ შედიან;
- ბ. შეუძლიათ დენატურაცია; ე. წარმოადგენენ კატალიზატორებს;
- გ. ყველა უჯრედშია; ვ. რეაქციებში არ იხარჯებიან.

პასუხი:

--	--	--	--

46. იპოვეთ მცდარი დებულება:

- ა. ცილის პირველადი სტრუქტურა დამოკიდებულია მესამეულ სტრუქტურაზე;
- ბ. ცილის მესამეული სტრუქტურა დამოკიდებულია პირველად სტრუქტურაზე;
- გ. ანტისხეული არის ცილა, რომელიც იმუნიტეტს განაპირობებს;
- დ. ცილის პირველადი სტრუქტურის შესახებ ინფორმაცია ჩანერილია გენში.

47. რამდენი პოლიპეპტიდური ჯაჭვი მიიღება ჰემოგლობინის მეოთხეული სტრუქტურის დარღვევის შედეგად?

- ა. ერთი; ბ. ორი; გ. სამი; დ. ოთხი.

48. სატრანსპორტო ცილას მიეკუთვნება:

- ა. მიოზინი; ბ. კაზეინი; გ. ატფ-სინთაზა; დ. ინსულინი.

49. ლიპიდების მსგავსება ცილებთან გამოიხატება:

- ა. აქვთ ძალიან დიდი მოლეკულური მასა;
- ბ. აკატალიზებენ ბიოქიმიურ რეაქციებს;
- გ. შეუძლიათ ზოგიერთი ფიზიოლოგიური პროცესის რეგულირება;
- დ. შედგებიან ამინომჟავებისგან;
- ე. შეიცავენ პეპტიდურ ბმებს;
- ვ. იხსნებიან არაპოლარულ გამხსნელებში.

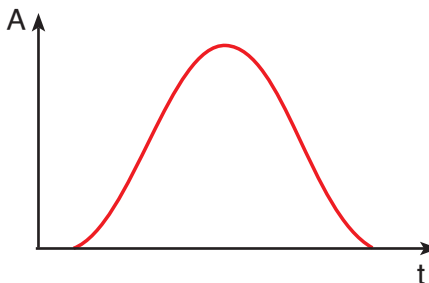
50. მოძებნეთ მცდარი დებულება – ცილებისაგან განსხვავებით, ლიპიდები:

- ა. შეიცავენ მრავალფეროვან ცხიმოვან მჟავებს;
- ბ. იხსნებიან არაპოლარულ გამხსნელებში;

- გ. სამარაგოდ გროვდება კანქვეშა უჯრედისში;
- დ. არ იხსნებიან წყალში;
- ე. განაპირობებენ ორგანიზმის იმუნიტეტს.

51. გრაფიკი ასახავს ფერმენტის (ენზიმის) აქტივობის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე. ქვემოთ ჩამოთვლილი მოსაზრებებიდან მართებულია:

- ა. ტემპერატურის მომატებით ფერმენტის აქტივობა იზრდება;
- ბ. ტემპერატურის მომატებით ჯერ იზრდება ფერმენტის აქტივობა, შემდეგ კი – მცირდება და ბოლოს, საერთოდ კარგავს აქტივობას;
- გ. ტემპერატურის მომატებით ჯერ იზრდება ფერმენტის აქტივობა, შემდეგ კი – მცირდება;
- დ. ტემპერატურის მომატებით ჯერ მცირდება ფერმენტის აქტივობა, შემდეგ კი – იზრდება.



52. იპოვეთ სწორი დებულება – პოლიმერებია: ცილები, კაუჩუკი, ცელულოზა, პოლიეთილენი.

- ა. ყველა ჩამოთვლილი პოლიმერი აგებულია ერთნაირი მონომერებისაგან;
- ბ. ცილის პოლიმერი აგებულია მსგავსი, მაგრამ არაერთნაირი მონომერებისაგან;
- გ. ცილის მოლეკულაში შედის ასზე მეტი სახის ამინომჟავა;
- დ. ნებისმიერი ცილის მოლეკულაში აუცილებლად შედის ყველა „ჯადოსნური ამინომჟავა“.

53. მამოძრავებელ ფუნქციას ასრულებს ცილა:

- ა. კერატინი; ბ. ჰემოგლობინი; გ. მიოზინი; დ. ფიბრინოგენი.

54. უჯრედში მხოლოდ ცილებს შეუძლიათ შეასრულონ ფუნქციები:

- ა. სამშენებლო; ბ. სამარაგო; გ. კატალიზური; დ. ენერგეტიკული.

55. თმების, ჩლიქების, რქების შედგენილობაში შედის ცილა:

- ა. მიოზინი; ბ. კერატინი; გ. კოლაგენი; დ. ინსულინი.

56. ქვემოთ ჩამოთვლილი დებულებებიდან მცდარია – ადამიანის ორგანიზმში სინთეზირებული ცილები:

- ა. უზრუნველყოფენ ჟანგბადის გადატანას;
- ბ. წარმოადგენენ სამშენებლო მასალას;
- გ. უზრუნველყოფენ იმუნურ რეაქციებს;
- დ. წარმოადგენენ ენერგიის ძირითად წყაროს.

57. ჩამოთვლილ ნივთიერებათაგან რომელი არაა ლიპიდური ბუნების?

- ა. ქოლესტეროლი; ბ. კოლაგენი; გ. ცვილი; დ. D ვიტამინი.

58. ნუკლეინის მჟავების მონომერებია:

- ა. რიბოზის მოლეკულები; გ. ნუკლეოტიდები;
- ბ. დეზოქსირიბოზას მოლეკულები; დ. აზოტოვანი ფუძეები.

59. დნმ-ის მოლეკულაში აზოტოვან ფუძეებს შორის მყარდება ბმები:

- ა. იონური; ბ. წყალბადური; გ. კოვალენტური; დ. პეპტიდური.

60. როგორც დნმ-ის, ისე რნმ-ის შემადგენლობაში შედის:

- ა. ადენინი; გ. თიმინი; ე. გუანინი; ზ. ციტოზინი;
- ბ. ურაცილი; დ. რიბოზა; ვ. დეზოქსირიბოზა; თ. ფოსფორმჟავას ნაშთი.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ

61. ოთხი ელემენტის (N, O, H, C) გარდა ნუკლეინის მჟავების შემადგენლობაში შედის:
 ა. რკინა; ბ. გოგირდი; გ. ნატრიუმი; დ. ფოსფორი.
62. რამდენი წყალბადური ბმა არის დნმ-ის მოცემულ ფრაგმენტში, თუ მისი ერთ-ერთი ჯაჭვი 20 თიმიინიან და 5 ციტოზინიან ნუკლეოტიდს შეიცავს?
 ა. 15; ბ. 25; გ. 45; დ. 55.
63. რა არის უჯრედში დიდი რაოდენობით?
 ა. გენები; ბ. ქრომოსომები; გ. დნმ; დ. ყველა თანაბრად.
64. დნმ-ის ნუკლეოტიდები განსხვავდება ერთმანეთისაგან:
 ა. აზოტოვანი ფუძითა და ნახშირწყლით; გ. მხოლოდ აზოტოვანი ფუძით;
 ბ. ნახშირწყლითა და ფოსფატით; დ. მხოლოდ ნახშირწყლით.
65. ქრომოსომები არის: 1. მიტოქონდრიებში; 2. ქლოროპლასტებში; 3. ბირთვში.
 სწორია: ა. 1, 2; ბ. 3; გ. 2, 3; დ. 1, 3; ე. 1, 2, 3.
66. დნმ არის: 1. მიტოქონდრიებში; 2. ქლოროპლასტებში; 3. ბირთვში.
 სწორია: ა. 1, 2; ბ. 3; გ. 2, 3; დ. 1, 3; ე. 1, 2, 3.
67. კომპლემენტარობის პრინციპი ვლინდება:
 ა. ნუკლეოტიდების დაკავშირებაში დნმ-ის ერთ ჯაჭვში;
 ბ. დნმ-ის ორი ჯაჭვის ნუკლეოტიდების ერთმანეთთან დაკავშირებაში;
 გ. ორივე პასუხი სწორია.
68. დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვის უბანი შეიცავს 300 ნუკლეოტიდ ადენინიანს, 100 ნუკლეოტიდ თიმიინიანს, 150 ნუკლეოტიდ გუანინიანს და 200 ნუკლეოტიდ ციტოზინიანს. თითოეული ნუკლეოტიდის რა რაოდენობაა დნმ-ის ორივე ჯაჭვში?
 ა. ადენინი და თიმიინი თითოეული 400, გუანინი და ციტოზინი თითოეული 350;
 ბ. ადენინი და თიმიინი თითოეული 300, გუანინი და ციტოზინი თითოეული 200;
 გ. ადენინი და თიმიინი თითოეული 350, გუანინი და ციტოზინი თითოეული 400;
 დ. ადენინი და თიმიინი თითოეული 200, გუანინი და ციტოზინი თითოეული 300.
69. დნმ-ის შემადგენლობაში შედის:
 ა. ადენინი; გ. ურაცილი; ე. ციტოზინი; ზ. ფოსფორმჟავას ნაშთი;
 ბ. გუანინი; დ. რიბოზა; ვ. თიმიინი; თ. დეზოქსირიბოზა.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ

70. რნმ-ის შემადგენლობაში შედის:
 ა. ადენინი; გ. ურაცილი; ე. ციტოზინი; ზ. ფოსფორმჟავას ნაშთი;
 ბ. გუანინი; დ. რიბოზა; ვ. თიმიინი; თ. დეზოქსირიბოზა.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ

71. ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა – CCGUCAAGAUCC, არის:
 ა. დნმ-ის ფრაგმენტი; გ. რნმ-ის ფრაგმენტი; ე. პოლიპეპტიდი;
 ბ. პოლისაქარიდი; დ. ნახშირწყალი; ვ. პოლინუკლეოტიდი.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ

72. თუ დნმ-ის მოლეკულის ერთ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობაა CAAG, მაშინ მის კომპლემენტურ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა იქნება:
 ა. GUUC; ბ. AGCA; გ. GTTC; დ. UTTG.

73. თუ დნმ-ის მოლეკულა შეიცავს 40% ციტოზინიანს, მაშინ თიმინიანის %-ული შემცველობა იქნება:
 ა. 10%; ბ. 20%; გ. 40%; დ. 80%.
74. დნმ-ის მოლეკულაში ნუკლეოტიდ გუანინიანის რაოდენობა შეადგენს მთელი ნუკლეოტიდების 5%-ს. რამდენი % იქნება ამ მოლეკულაში ნუკლეოტიდი ადენინიანი?
 ა. 40%; ბ. 45%; გ. 90%; დ. 95%.
75. ნუკლეინის მჟავებში მონოსაქარიდებსა და ფოსფორმჟავას ნაშთებს შორის მყარდება ბმები:
 ა. იონური; ბ. წყალბადური; გ. კოვალენტური; დ. პეპტიდური.
76. შეარჩიეთ ნუკლეოტიდში მისი შემადგენელი კომპონენტების სწორი თანმიმდევრობა:
 ა. ფოსფორმჟავას ნაშთი – მონოსაქარიდი – აზოტოვანი ფუძე;
 ბ. ფოსფორმჟავას ნაშთი – აზოტოვანი ფუძე – მონოსაქარიდი;
 გ. აზოტოვანი ფუძე – ფოსფორმჟავას ნაშთი – მონოსაქარიდი;
 დ. აზოტოვანი ფუძე – მონოსაქარიდი – ფოსფორმჟავას ნაშთი.
77. დნმ-გან განსხვავებით, რნმ-ის მოლეკულა:
 ა. ნუკლეოტიდების ერთი ჯაჭვისგან შედგება;
 ბ. არ შეიცავს ფოსფორმჟავას ნაშთს;
 გ. შედგება ნუკლეოტიდების ორი ჯაჭვისგან.
 დ. შეიცავს ნუკლეოტიდ ურაცილს;
 ე. შეიცავს რიბოზას.

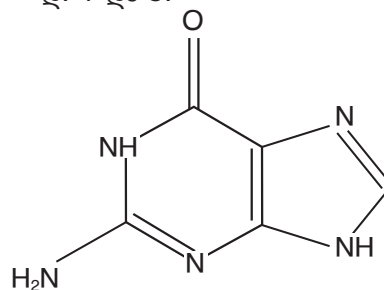
პასუხი:

--	--	--

78. პოლიმერებიდან სპირალური სტრუქტურა ახასიათებს:
 1. პოლისაქარიდებს, 2. ცილებს, 3. დნმ-ს.
 ა. მხოლოდ 1; ბ. მხოლოდ 2; გ. 2 და 3; დ. 1 და 3.

79. ილუსტრაციაზე გამოსახულია:

- ა. მონოსაქარიდი;
 ბ. ამინომჟავა;
 გ. პირიმიდული აზოტოვანი ფუძე;
 დ. პურინული აზოტოვანი ფუძე.



80. ნუკლეინის მჟავების მოლეკულებში არ შედის
 ატომები:

- ა. ნახშირბადის; გ. აზოტის; ე. ჟანგბადის;
 ბ. გოგირდის; დ. წყალბადის; ვ. ფოსფორის.

81. ორგანული ნივთიერებებიდან აზოტს არ შეიცავს:

- ა. ცილები; ბ. ლიპიდები; გ. ნუკლეინის მჟავები; დ. ზოგიერთი ნახშირწყალი.

82. ორგანული ნივთიერებებიდან ფოსფორს არ შეიცავს:

- ა. ცილები; ბ. ლიპიდები; გ. ნუკლეინის მჟავები; დ. ატფ.

83. ორგანული ნივთიერებებიდან გოგირდს შეიცავს:

- ა. ცილები; ბ. ლიპიდები; გ. ნუკლეინის მჟავები; დ. ნახშირწყლები.

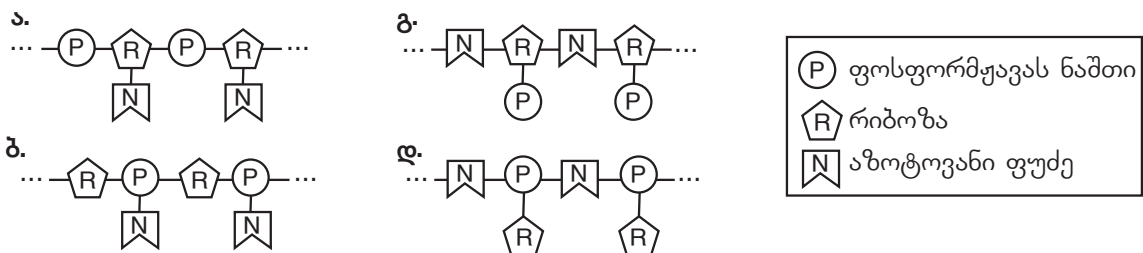
84. დნმ-ის ერთ ჯაჭვში ნუკლეოტიდები ერთმანეთს უკავშირდებიან:

- ა. ერთი ნუკლეოტიდის აზოტოვან ფუძესა და მეორე ნუკლეოტიდის ნახშირწყალს შორის კოვალენტური ბმის წარმოქმნით;
 ბ. ერთი ნუკლეოტიდის აზოტოვან ფუძესა და მეორე ნუკლეოტიდის ფოსფორმჟავას ნაშთს შორის კოვალენტური ბმის წარმოქმნით;

გ. ერთი ნუკლეოტიდის ნახშირყალსა და მეორე ნუკლეოტიდის ფოსფორმჟავას ნაშთს შორის კოვალენტური ბმის წარმოქმნით;

დ. ერთი ნუკლეოტიდის ნახშირყალსა და მეორე ნუკლეოტიდის ფოსფორმჟავას ნაშთს შორის იონური ბმის წარმოქმნით.

85. რომელი მოდელი გამოსახავს მართებულად რნმ-ის მოლეკულის ფრაგმენტის სტრუქტურას?



86. თუ დნმ-ში 30% მოდის ნუკლეოტიდ ადენინიანზე, მაშინ რამდენი პროცენტი იქნება გუანინიანი?

- ა. 10%; ბ. 20%; გ. 30%; დ. 40%.

87. თუ დნმ-ის მასის 20% მოდის ციტოზინიანზე, მაშინ ადენინიანზე მოვა მასის:

- ა. 10%; ბ. 20%; გ. 30%; დ. 40%.

88. წყალბადური ბმები არ გვხვდება:

- ა. დნმ-ში; ბ. ი-რნმ-ში; გ. ტ-რნმ; დ. ცილაში.

89. დნმ-ის მოლეკულის მონაკვეთში 30 ნუკლეოტიდი ორი წყალბადური ბმით არის დაკავშირებული, დანარჩენები კი – სამით. განსაზღვრეთ გუანინიანის რაოდენობა დნმ-ის ამ ფრაგმენტში, თუ იგი 200 მონომერისგან შედგება.

- ა. 60; ბ. 20; გ. 70; დ. 50.

90. იპოვეთ არასწორი დებულება:

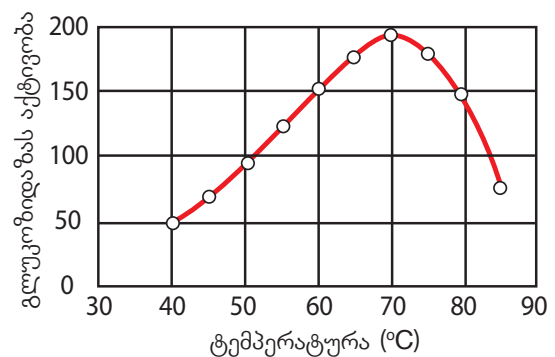
- ა. როგორც ცილის, ისე დნმ-ის მოლეკულა აგებულია განსხვავებული მონომერებისგან;
- ბ. ცილა შედგება 4 სახის მონომერისგან, ხოლო დნმ - 20 სახის;
- გ. ცილა შედგება 20 სახის მონომერისგან, ხოლო დნმ - 4 სახის;
- დ. ორივეში გვხვდება როგორც კოვალენტური, ისე წყალბადური ბმა.

ლია ტიპის ტესტური დავალებები

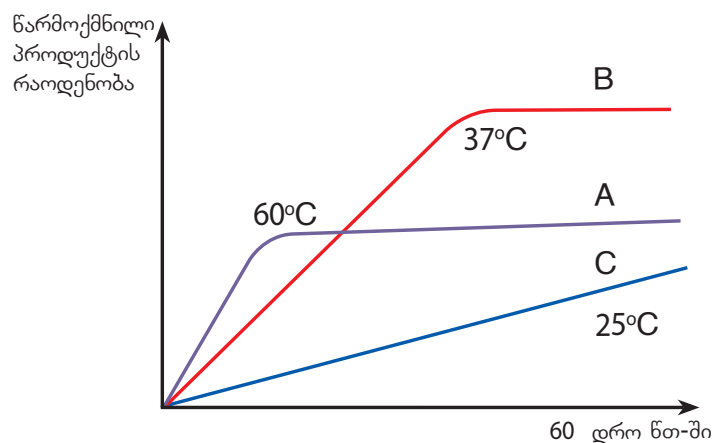
- ადამიანის კუჭის წვენში არის მარილმჟავა (HCl). ზოგჯერ კუჭში მჟავიანობის მომატება იწვევს დისკომფორტს. რა შემთხვევაში უნდა მიიღოს მჟავიანობის საწინააღმდეგო საშუალება, მაგალითად, მაგნიუმის ჰიდროქსიდი (Mg(OH)₂). 1) ახსენით, ეს ნივთიერება რატომ ხსნის დისკომფორტს. როგორი რეაქცია მიმდინარეობს ამ დროს? 2) გამოსახეთ ქიმიური რეაქცია ტოლობით.
- 1) საკვებ რაციონში რომელი მინერალური მარილების ნაკლებობა იწვევს დაავადება ოსტეოპოროზს და რატომ? 2) ოსტეოპოროზის გამომწვევი მიზეზი, მინერალური მარილების გარდა, რამდენად შეიძლება იყოს ზოგიერთი ვიტამინი და ჰორმონი? დაასახელე ეს ვიტამინი და ჰორმონი/ჰორმონები; 3) აღწერეთ, როგორ შეიძლება იყოს თითოეული მათგანი ოსტეოპოროზის გამომწვევი მიზეზი?
- შეადგინეთ ქიმიური რეაქციის ტოლობა, რომლითაც ახსნით, თუ სუსტი მჟავა, მაგალითად, H₂CO₃ როგორ მონაწილეობს უჯრედის მუდმივი pH-ის შენარჩუნებაში, თუ – 1) უჯრედში გაიზარდა H⁺-იონების კონცენტრაცია; 2) უჯრედში გაიზარდა OH⁻-იონების რაოდენობა.

4. შეადარეთ ერთმანეთს პოლისაქარიდი და ცილა, როგორც პოლიმერები. ახსენი, რასთან არის დაკავშირებული ცილების დიდი მრავალფეროვნება პოლისაქარიდებთან შედარებით?
5. ზოგიერთი ორგანიზმი ცხოვრობს ძალიან ცხელ ან მჟავე გარემოში. მათი ფერმენტები იფუნქციონებენ ადამიანის უჯრედებში? თუ კი, რატომ? თუ არა, რატომ?
6. ბაქტერიოფაგები გამოიყენეს რადიოაქტიური აზოტის, გოგირდისა და ფოსფორის გარემოში. ჩაწერეთ და ახსენით ახლად წარმოქმნილი ბაქტერიოფაგების რომელ სტრუქტურულ-აში/სტრუქტურებში აღმოჩნდება თითოეული რადიოაქტიური ნივთიერება?
7. დნმ-ის ორჯაჭვიან მოლეკულაში 160 ნუკლეოტიდია, აქედან 32 ადენინიანს შეიცავს. რამდენი ციტოზინიანი აქვს ამ მოლეკულას?
8. საფუარას დნმ-ის ნიმუშში აზოტოვანი ფუძეების 31,5% ადენინია (A). ივარაუდეთ დანარჩენი აზოტოვანი ფუძეების (C, G და T) მიახლოებითი პროცენტული შემცველობა. ახსენით თქვენი პასუხი.
9. დნმ-ის მოლეკულის ფრაგმენტი შეიცავს 300 ნუკლეოტიდ თიმიინიანს (T), რაც ნუკლეოტიდების საერთო რაოდენობის 30%-ს შეადგენს. განსაზღვრეთ დნმ-ის მოცემულ ფრაგმენტში დანარჩენი თითოეული ნუკლეოტიდის რაოდენობა და %-ული შემცველობა.
10. დნმ-ის უბნის ერთ-ერთი ჯაჭვის მოლეკულური მასაა 72450. ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასაა 345. განსაზღვრეთ: 1) დნმ-ის ამ უბნის სიგრძე; 2) ორივე ჯაჭვში მონომერების რიცხვი.

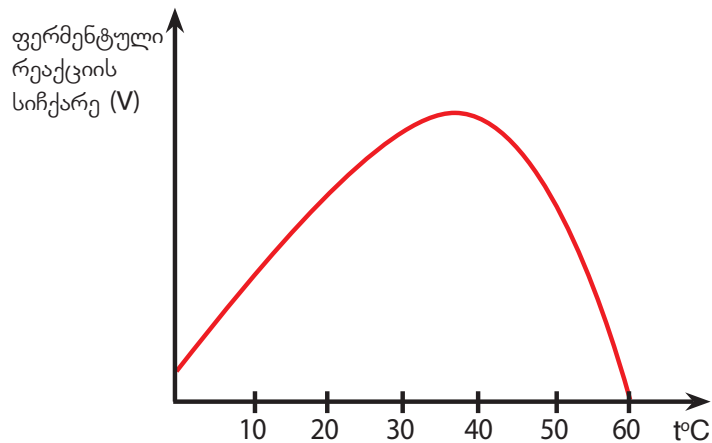
11. ეს გრაფიკი აჩვენებს ფერმენტ გლუკოზიდაზას აქტივობას. გაანალიზეთ მონაცემები და უპასუხეთ კითხვებს: 1) რა არის დამოუკიდებელი და რა დამოკიდებული ცვლადი? 2) აღწერეთ, როგორ იცვლება ფერმენტის აქტივობა? 3) როდის არის ყველაზე აქტიური გლუკოზიდაზა?



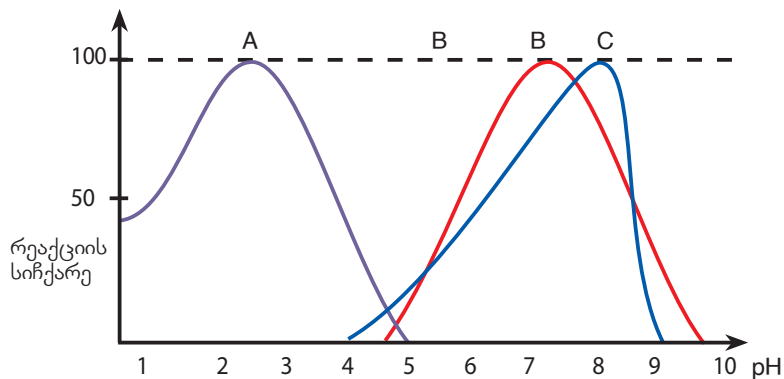
12. გაანალიზეთ გრაფიკზე მოცემული მონაცემები და უპასუხეთ კითხვებს:
 - 1) აღწერეთ, წარმოქმნილი პროდუქტის რაოდენობა როგორ იცვლება A, B და C ფერმენტული რეაქციის დროს და ახსენი მიზეზები.
 - 2) როგორ ფიქრობთ, რომელი ფერმენტული რეაქცია შეიძლება მიმდინარეობდეს ადამიანის უჯრედში, მცენარის უჯრედში და რომელი ბაქტერიის უჯრედში? როგორ გარემოში შეიძლება არსებობდეს ეს უკანასკნელი? დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი.



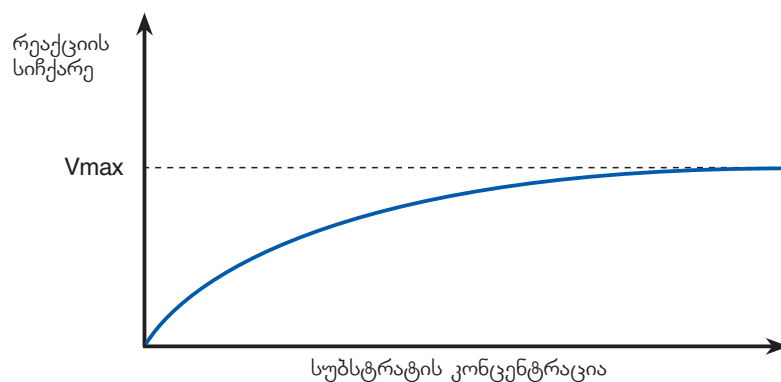
13. 1) აღწერეთ, როგორ მოქმედებს ტემპერატურა ფერმენტის აქტივობაზე.
 2) რომელ ტემპერატურაზე წყდება ფერმენტული რეაქცია? ახსენით, რატომ?



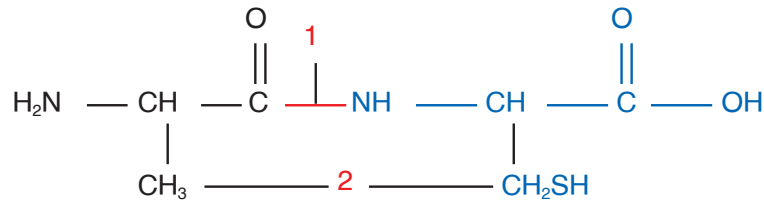
14. 1) მიუთითეთ pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა თითოეული ფერმენტისთვის.
 2) მოიყვანეთ თითოეული ფერმენტის მაგალითი.
 3) რატომ არის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ფერმენტების აქტივობის რეგულაცია pH-ის ცვლილების გზით?



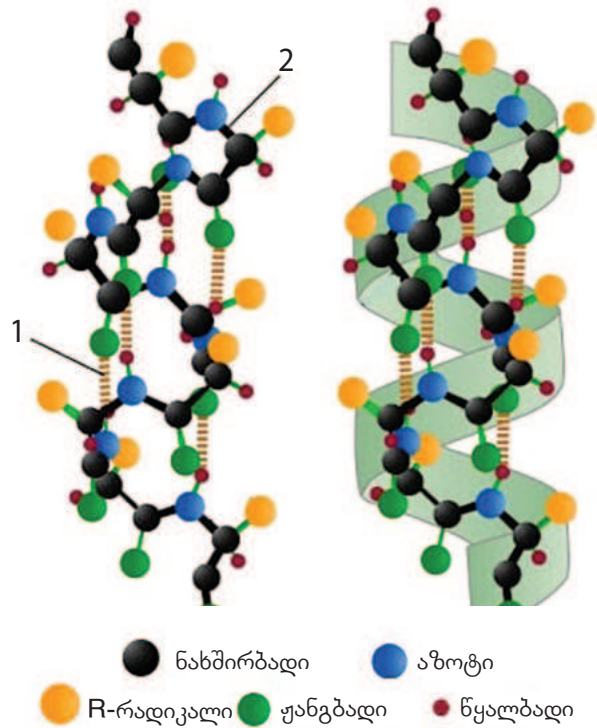
15. სუბსტრატის კონცენტრაციის გაზრდით დასაწყისში რატომ იზრდება ფერმენტული რეაქციის სიჩქარე, ხოლო შემდგომ კი რატომ რჩება უცვლელი სუბსტრატის კონცენტრაციის გაზრდის მიუხედავად?



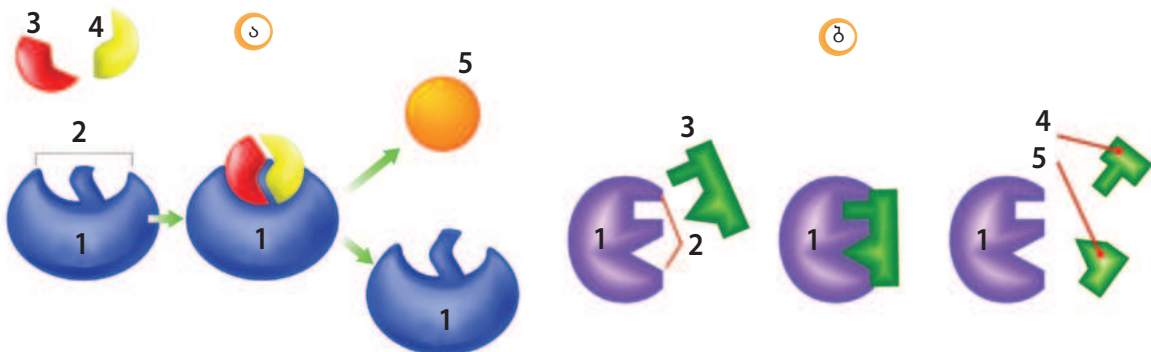
16. დააკვირდით სურათზე წარმოდგენილი ნივთიერების მოლეკულის სტრუქტურას და უპასუხეთ კითხვებს: 1) რა ნივთიერების მოლეკულაა წარმოდგენილი? 2) როგორ ბმას ასახავს ციფრი 1-ით აღნიშნული? 3) ციფრი 2-ით რა ჯგუფებია აღნიშნული?



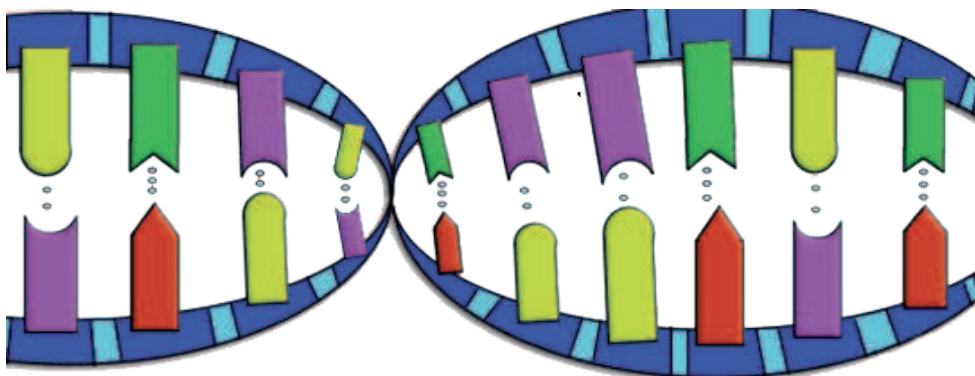
17. 1) ცილის სივრცობრივი კონფიგურაციის რომელ სტრუქტურულ დონეს ასახავს სურათი?
 2) ციფრებით 1 და 2 რომელი ქიმიური ბმებია აღნიშნული?
 3) განმარტეთ, თითოეული ქიმიური ბმა რომელ ქიმიურ სტრუქტურებს შორის წარმოიქმნება.



18. სურათზე ნაჩვენებია ფერმენტული რეაქციის მოდელები (ა და ბ). თითოეული მოდელებისთვის – 1) ამოიცანით და დაასახელეთ 1-დან 5-მდე ციფრებით აღნიშნული ამ პროცესში მონაწილე ნივთიერებები და სტრუქტურები; 2) მოკლედ აღწერეთ, რა ხდება პროცესის ყოველ ეტაპზე; 3) დაასახელეთ სტრუქტურები, რომელთა შორის ურთიერთქმედება კლიტე-გასაღების პრინციპით ხდება; 4) ფერმენტული რეაქციის რა ტიპს (ბიოსინთეზის თუ დაშლის) ასახავს თითოეული სურათი? პასუხი დაასაბუთეთ.



19. სურათის მიხედვით – 1) ამოიცანით დნმ-ის ორივე ჯაჭვში ნუკლეოტიდების შემადგენლობა და თანმიმდევრობა. 2) დნმ-ის მოლეკულის ამ მონაკვეთში განსაზღვრეთ აზოტოვანი ფუძეებს შორის წყალბადური ბმების საერთო რაოდენობა.



20. შეადარე ერთმანეთს დნმ და რნმ ქვემოთ მოცემული ცხრილის მიხედვით:

ნუკლეინის მჟავა	ჯაჭვის რიცხვი	ნუკლეოტიდები		
		ნახშირწყალი	აზოტოვანი ფუძე	ფოსფორმჟავას ნაშთი
დნმ				
რნმ				

თემა 2. უჯრედის სტრუქტურული კომპონენტები

თემის მიმოხილვა

მთავარი იდეები

- უჯრედი არის ყველაზე მცირე სტრუქტურული ერთეული, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ყველა სასიცოცხლო თვისება; უჯრედის სტრუქტურის კვლევის ძირითადი მეთოდია მიკროსკოპული კვლევა;
- ყველა ტიპის უჯრედის საერთო სტრუქტურული კომპონენტია პლაზმური მემბრანა, ციტოპლაზმა და უბანი, სადაც დნმ-ია განთავსებული; ეუკარიოტულ უჯრედში დნმ განთავსებულია ბირთვში, ხოლო პროკარიოტულ უჯრედში – ციტოპლაზმის უბანში, რომელსაც ნუკლეოიდი ეწოდება;
- პლაზმური მემბრანა არეგულირებს ნივთიერებათა გადაადგილებას გარემოდან უჯრედში და უჯრედიდან გარემოში მემბრანული ტრანსპორტის სხვადასხვა სახის საშუალებით: დიფუზიას, აქტიური ტრანსპორტი, ენდოციტოზი და ეგზოციტოზი;
- ბირთვი ინახავს და იცავს ეუკარიოტული უჯრედის გენეტიკურ მასალას – ქრომოსომებში ორგანიზებულ დნმ-ს; ბირთვი არეგულირებს და აკონტროლებს ციტოპლაზმაში მიმდინარე მეტაბოლურ პროცესებს;
- ენდოპლაზმური ბადე და გოლჯის აპარატი ერთად მუშაობენ, ძირითადად, ცილების, ლიპიდებისა და პლაზმური მემბრანის ნახშირწყლის სინთეზისა და მოდიფიცირებისთვის;
- მიტოქონდრია არის ეუკარიოტული უჯრედის ორგანელა, რომელშიც ჟანგბადის მონაწილეობით მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა და გამოყოფილი ენერგიის ნაწილი ხმარდება ენერგიის უნივერსალური წყაროს – ატფ-ის – სინთეზს;
- ქლოროპლასტში მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი, რომლის დროსაც მზის ენერგია ქიმიურ ენერგიად გარდაიქმნება;
- უჯრედის კომპონენტის სტრუქტურა და ფუნქცია ერთმანეთთან შესაბამისობაშია;
- პროკარიოტულ უჯრედს არ აქვს ბირთვი და მემბრანული შენების ორგანელები;
- უჯრედის რომელიმე სტრუქტურის მემკვიდრული პათოლოგია სხვადასხვა ტიპის გენეტიკურ დაავადებას იწვევს;
- ბუნებაში არსებობს უჯრედების დიდი მრავალფეროვნება ფორმის, ზომისა და სტრუქტურის მიხედვით, რომელიც მათ ფუნქციებთან არის შესაბამისობაში;
- უჯრედების მრავალფეროვნება უკავშირდება ბიომრავალფეროვნებას.

დავალებები თვითშეფასებისთვის

არჩევითპასუხიანი/დახურული ტიპის ტესტური დავალებები

1. ქვემოთ მოცემულ დებულებებს შორის მონიშნეთ სწორი დებულება. პლაზმური მემბრანა:
 - I. უნარჩუნებს უჯრედს ფორმას;
 - II. ახორციელებს ნივთიერებათა ტრანსპორტს უჯრედსა და უჯრედგარე გარემოს შორის;
 - III. ზოგიერთი ორგანელას მემბრანა მონაწილეობს ენერგიის გარდაქმნაში;
 - IV. მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში ასრულებს უჯრედებს შორის საკონტაქტო ფუნქციას;
 - V. ზოგიერთი ორგანელას მემბრანული ცილა აკატალიზებს ბიოქიმიურ რეაქციებს.

პასუხი: ა. II, IV

ბ. I, II, III, IV, V

გ. II, III, IV

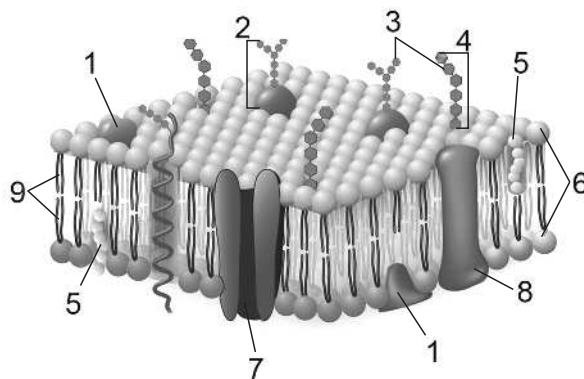
დ. I, II, IV.

2. უჯრედული მემბრანის გამოკვლევისას ბიოლოგმა უნდა ისარგებლოს:
 - ა. სინათლის მიკროსკოპით; გ. ელექტრონული მიკროსკოპით;
 - ბ. რენტგენის აპარატით; დ. ენდოსკოპით.
3. უჯრედის კედელი დამახასიათებელია უჯრედისათვის:
 - ა. მცენარეული; ბ. ბაქტერიის; გ. სოკოს; დ. ყველა პასუხი სწორია.
4. უჯრედის პლაზმური მემბრანის შენებაში მონაწილეობს:
 - ა. ცილები და ლიპიდები;
 - ბ. ნუკლეინის მჟავები;
 - გ. პოლისაქარიდები და ცხიმოვანი მჟავები;
 - დ. მონოსაქარიდები.
5. მონიშნეთ სწორი პასუხები – უჯრედული მემბრანა:
 - ა. მონაწილეობს ცილების ბიოსინთეზში;
 - ბ. უზრუნველყოფს ფაგოციტოზს;
 - გ. მონაწილეობს იონების აქტიურ ტრანსპორტში;
 - დ. უჯრედის შიგთავსს გარემოსგან გამიჯნავს;
 - ე. მონაწილეობს ნივთიერებათა პასიურ ტრანსპორტში;
 - ვ. მონაწილეობს ატფ-ის სინთეზში.

პასუხი:

--	--	--	--	--	--

6. ილუსტრაციაზე პლაზმური მემბრანის სტრუქტურები აღნიშნულია ციფრებით, ამოიცანით და დაადგინეთ შესაბამისობა ქვემოთ მოცემულ პლაზმური მემბრანის სტრუქტურების ჩამონათვალსა და ილუსტრაციაზე მოცემულ ციფრებს შორის.



- ა. ფოსფოლიპიდის ჰიდროფილური თავი;
- ბ. ფოსფოლიპიდის ჰიდროფობური კუდები;
- გ. ინტეგრირებული ცილა
- დ. გლიკოპროტეინი
- ე. პერიფერიული ცილა
- ვ. ქოლესტეროლი
- ზ. ნახშირწყლოვანი ჯაჭვები
- თ. ცილოვანი არხი
- ი. გლიკოლიპიდი

პასუხი:

1	2	3	4	5	6	7	8	9

7. იპოვეთ მცდარი დებულება:
 - ა. პლაზმური მემბრანის სისქე დაახლოებით 10 ნმ-ია;
 - ბ. პლაზმური მემბრანა ჩანს სინათლის მიკროსკოპში;
 - გ. პლაზმური მემბრანა ჩანს მხოლოდ ელექტრონულ მიკროსკოპში;
 - დ. პლაზმური მემბრანა შედგება ლიპიდების ორ რიგად განლაგებული მოლეკულებისა და მათში ჩაძირული ცილის მოლეკულებისგან.
8. მემბრანული ტრანსპორტის რომელ პროცესში არ მონაწილეობს სატრანსპორტო ცილები?
 - ა. სისხლიდან ალვეოლების ჰაერში CO_2 -ის ტრანსპორტი;

ბ. Na^+ -ის ტრანსპორტი კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგო მიმართულებით;
გ. K^+ -ის ტრანსპორტი კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგო მიმართულებით.
დ. ქსოვილური სითხიდან გლუკოზის ტრანსპორტი უჯრედებში.

9. უჯრედის კედლის ფუნქციებია:

- ა. სტრუქტურული; გ. სატრანსპორტო;
ბ. დამცველობითი; დ. ყველა პასუხი სწორია.

10. ცილების უშუალო მონაწილეობით მიმდინარეობს:

I – K^+ -ის ტრანსპორტი როგორც კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით, ისე საწინააღმდეგოდ, II – ქსოვილური სითხიდან უჯრედში O_2 -ის ტრანსპორტი, III – სისხლის საშუალებით O_2 -ის ტრანსპორტი, IV – ანაფაზაში ქრომოსომების უჯრედის პოლუსები-სკენ გადაადგილება.

- ა. მხოლოდ I და II; ბ. მხოლოდ II და III; გ. I, III და IV; დ. II, III და IV

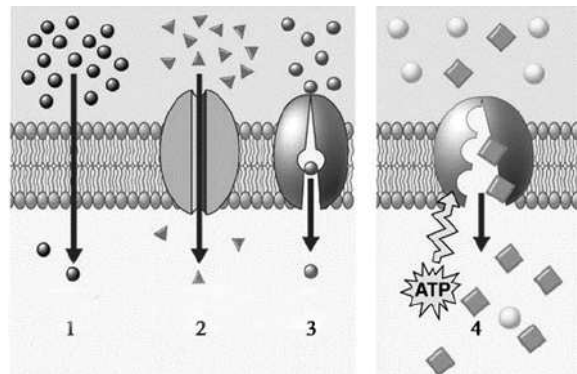
11. იპოვეთ არასწორი პასუხი – პლაზმოლიზის დროს მცენარეული უჯრედის:

- ა. მოცულობა მცირდება;
ბ. პლაზმური მემბრანა სცილდება უჯრედის კედელს;
გ. ვაკუოლის მოცულობა მცირდება;
დ. მცირდება ტურგორი.

12. ილუსტრაციაზე აღნიშნული ციფრები შეუსაბამეთ მემბრანული ტრანსპორტის ტიპებს.

მემრანული ტრანსპორტის ტიპები:

- ა. აქტიური ტრანსპორტი
ბ. მარტივი დიფუზია
გ. გაადვილებული დიფუზია



პასუხი:

1	2	3	4

13. იპოვეთ ყველაზე სრულყოფილი განმარტება – ოსმოსი არის:

- ა. წყლის მოძრაობა მხოლოდ უჯრედიდან გარემოში;
ბ. წყლის მოძრაობა მხოლოდ გარემოდან უჯრედში;
გ. წყლის მოძრაობა მისი მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციისკენ;
დ. წყლის მოძრაობა ნახევრადგანვლად მემბრანაში მისი მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციისკენ.

14. იპოვეთ მცდარი დებულება – პროკარიოტულ უჯრედებს ეუკარიოტულისგან განსხვავებით:

- ა. არ აქვს ბირთვი;
ბ. აქვს მემბრანული შენეების ორგანოები;
გ. აქვს რგოლური ფორმის დნმ ციტოპლაზმაში;
დ. აქვს რიბოსომები.

15. მეგზვრანული საგრანსპორტო ცილები აუცილებელია:

- ა. მემბრანული ტრანსპორტის ყველა სახისთვის;
ბ. მარტივი და გაადვილებული დიფუზიისთვის;
გ. გაადვილებული დიფუზიისა და აქტიური ტრანსპორტისთვის;
დ. მხოლოდ აქტიური ტრანსპორტისთვის.

16. ქვემოთ ჩამოთვლილი უჯრედებიდან რიბოსომები ციტოპლაზმაში თავისუფალად განლაგებული შედარებით დიდი რაოდენობითაა –

- ა. კვერცხუჯრედსა და ნეირონში;
 ბ. საჭმლის მომნელებელი ჯირკვლების უჯრედებში;
 გ. კუნთოვან უჯრედსა და ცხიმოვანი ქსოვილის უჯრედში;
 დ. კუნთოვან უჯრედსა და კვერცხუჯრედში.
17. მეცნიერებმა აღმოაჩინეს უბირთვო ორგანიზმი. ჩამოთვლილთაგან რომელი ორგანელა ექნება მას?
 ა. ლიზოსომა; გ. რიბოსომა;
 ბ. ენდოპლაზმური ბადე; დ. მიტოქონდრია.
18. ჩამოთვლილთაგან ადამიანის რომელ ზრდასრულ უჯრედში არ მიმდინარეობს ცილების სინთეზი?
 ა. ფაგოციტში; ბ. ერითროციტში; გ. ლიმფოციტში; დ. ნეირონში.
19. ჩამოთვლილთაგან რომელი სტრუქტურა გვხვდება როგორც ცხოველურ, ისე მცენარეულ უჯრედებში?
 I. მიტოქონდრია; II. რიბოსომა; III. უჯრედის კედელი; IV. ენდოპლაზმური ბადე.
- პასუხი:** ა. I და IV; ბ. II და IV; გ. I და III; დ. I, II და IV; ე. I, II და III; ვ. II, III და IV.

20. დაადგინეთ შესაბამისობა ორგანიზმის თვისებასა და იმ სამეფოს შორის, რომელსაც ეს ორგანიზმი მიეკუთვნება:

ორგანიზმის თვისება:

- ა. უჯრედის კედელს ქიტინი ქმნის
 ბ. უჯრედები ქლოროპლასტებს შეიცავენ
 გ. უჯრედებში გლიკოგენი გროვდება
 დ. უჯრედებში სახამებელი გროვდება
 ე. უჯრედის კედელი არ გააჩნიათ
 ვ. უჯრედის კედელს ცელულოზა ქმნის
 ზ. გააჩნია ავტოტროფული კვების ტიპი
 თ. ეკოსისტემაში რედუცენტების როლს ასრულებენ

სამეფო:

1. სოკოები
 2. ცხოველები
 3. მცენარეები

	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ
1								
2								
3								

21. იპოვეთ არასწორი პასუხი – დნმ არის:
 ა. ბირთვში; ბ. გოლჯის აპარატში; გ. მიტოქონდრიაში; დ. ქლოროპლასტში.
22. იპოვეთ არასწორი პასუხი – ქლოროპლასტებისა და მიტოქონდრიებისთვის საერთოა:
 ა. ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვა;
 ბ. ენერგიის გარდაქმნა და ატფ-ის სინთეზი;
 გ. შეიცავენ რიბოსომებს, რგოლური ფორმის დნმ-ს, ფერმენტებს;
 დ. შემოსაზღვრულია ორი მემბრანით;
 ე. მრავლდება გაყოფის გზით;
 ვ. მიმდინარეობს რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია და ტრანსლაცია.
23. თავკომბალებს, ბაყაყად გარდაქმნის პროცესში, კუდი უქრებათ და ამ პროცესში მთავარ როლს ასრულებს:
 ა. მიტოქონდრია; ბ. ენდოპლაზმური ბადე; გ. რიბოსომა; დ. ლიზოსომა.
24. დაადგინეთ შესაბამისობა უჯრედის სტრუქტურებსა და მათ ფუნქციებს შორის:

უჯრედის სტრუქტურა:

- ა. გოლჯის აპარატი
 ბ. ქლოროპლასტი
 გ. ბირთვი
 დ. რიბოსომა

ფუნქციები:

1. სინათლის ენერგიის ხარჯზე გლუკოზის სინთეზი
 2. ნივთიერებათა ტრანსპორტი
 3. ცილების სინთეზი
 4. მემკვიდრეობითი ინფორმაციის შენახვა

პასუხი:

	ა	ბ	გ	დ
1				
2				
3				
4				

25. გოლჯის აპარატის ფუნქციაა:

- ა. ლიზოსომების წარმოქმნა;
- ბ. ვეზიკულების სახით ნივთიერებათა ტრანსპორტირება უჯრედსა და უჯრედგარეთ;
- გ. ლიპიდებისა და ცილების სინთეზი;
- დ. ლიპიდების სინთეზი და ნახშირწყლების გარდაქმნა;
- ე. რიბოსომების წარმოქმნა;
- ვ. აქ საბოლოოდ ყალიბდება ცილის სტრუქტურა.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ

26. ფაგოციტების ორგანელებიდან უცხო სხეულებისა და მიკრობების მონელებაში მონაწილეობს:

- ა. გოლჯის აპარატი; ბ. მიტოქონდრია; გ. ლიზოსომა; დ. ენდოპლაზმური ბადე.

27. ქვემოთ ჩამოთვლილთაგან ცილის სინთეზი მიმდინარეობს:

- ა. ენდოპლაზმური ბადის გლუვ უბანში; გ. ლიზოსომაში;
- ბ. გოლჯის აპარატში; დ. მიტოქონდრიაში.

28. ქვემოთ ჩამოთვლილთაგან რგოლური ფორმის დნმ-ის მოლეკულა არის:

- 1. ბირთვში, 2. მიტოქონდრიაში, 3. ქლოროპლასტში.

პასუხი: ა. მხოლოდ 1; ბ. 1 და 2; გ. 1 და 3; დ. 2 და 3.

29. უჯრედი არის ერთი მთლიანი სისტემა, რაზედაც მეტყველებს:

1. ბირთვის დაზიანებით უჯრედი კვდება, რადგან იგი არეგულირებს უჯრედის სასიცოცხლო პროცესებს;
2. ცილები სინთეზირდება ენდოპლაზმური ბადის გრანულარულ უბანში, რაზედაც მიტოქონდრიაში სინთეზირებული ატფ-ის ენერგია იხარჯება;
3. ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ნივთიერებები გოლჯის აპარატში მოდიფიცირდება და მისი საშუალებით ტრანსპორტირდება;
4. პლაზმური მემბრანის დაზიანებით უჯრედი კვდება, რადგან ირღვევა უჯრედის ქიმიური შედგენილობა.

პასუხი: ა. მხოლოდ 1 და 2; ბ. მხოლოდ 2 და 3; გ. მხოლოდ 3 და 4; დ. 1, 2, 3, 4.

30. დაადგინეთ შესაბამისობა ორგანელას თვისებებსა და ენდოპლაზმური ბადის იმ უბანს შორის, რომლისთვისაც არის ეს თვისება დამახასიათებელი:

ორგანელას თვისებები:

ენდოპლაზმური ბადის უბანი:

- ა. შედგება მემბრანებით შემოსაზღვრული არხებისა და ღრუებისაგან;
- ბ. ცილების სინთეზი;
- გ. მათზე სინთეზირებული ნივთიერებების დაგროვება და ტრანსპორტირება;
- დ. მემბრანებზე განლაგებულია რიბოსომები;

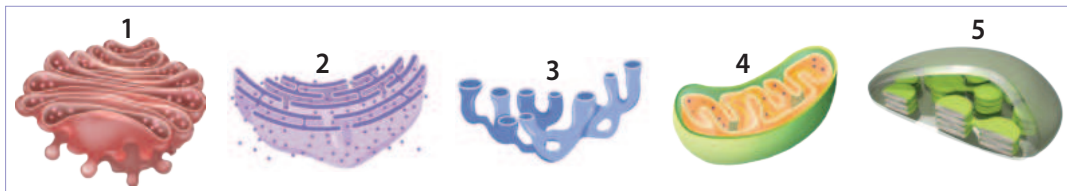
- 1. მარცვლოვანი/გრანულარული
- 2. გლუვი

- ე. ნახშირწყლების გარდაქმნა და ლიპიდების სინთეზი;
ვ. ტოქსიკური ნივთიერებების გაუვნებლყოფა.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ

31. ქვემოთ მოცემული უჯრედის სტრუქტურისა და მისი შესაბამისი ფუნქციის წყვილებიდან რომელია არასწორად შედგენილი?
ა. პლაზმური მემბრანა::ცილების სინთეზი; გ. მიტოქონდრია::ატფ-ის სინთეზი;
ბ. ბირთვი::გენეტიკური ინფორმაციის დაცვა; დ. ქლოროპლასტი::ენერგიის გარდაქმნა.
32. სურათზე მოცემული რომელი ორგანელა/ორგანელები წარმოქმნის/წარმოქმნიან ვეზიკულებს?



- ა. 1, 2 და 4; ბ. 2, 4 და 5; გ. 1, 3, 4 და 5; დ. 1, 2, 3.
33. ჩამოთვლილთაგან დნმ-ის შემცველია:
ა. ადამიანის იმუნოდეფიციტის ვირუსი;
ბ. თამბაქოს მოზაიკის ვირუსი;
გ. ბაქტერიოფაგი;
დ. გრიპის ვირუსი.
34. ქვემოთ ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან ქლოროპლასტში სინთეზირდება:
ა. ატფ; ბ. გლუკოზა; გ. ცილები; დ. დნმ; ე. ყველა პასუხი სწორია.
35. ქვემოთ ჩამოთვლილი უჯრედის სტრუქტურებიდან ლიპიდები გვხვდება:
ა. ლიზოსომებში; ბ. რიბოსომებში; გ. ბირთვაკში; დ. ცენტროსომაში.
36. ცილოვანი სპირალური კაფსიდი აქვს:
ა. ბაქტერიოფაგს; გ. თამბაქოს მოზაიკის ვირუსს;
ბ. აივ-ს; დ. გრიპის ვირუსს.
37. ინფექციის გამომწვევი მიკრობებიდან სინათლის მიკროსკოპით დანახვა შეიძლება:
ა. ტუბერკულოზის გამომწვევის; გ. ნითელას გამომწვევის;
ბ. იმუნოდეფიციტის გამომწვევის; დ. გრიპის გამომწვევის.
38. ციტოპლაზმიდან ბირთვში არ ტრანსპორტირდება:
ა. ნუკლეოტიდები; ბ. დნმ; გ. ფერმენტები; დ. ატფ.
39. უჯრედის რომელ ორგანელაშია ყველა ორგანული ნივთიერების დამშლელი ფერმენტები?
ა. გოლჯის კომპლექსში; გ. ლიზოსომებში;
ბ. მიტოქონდრიაში; დ. ენდოპლაზმურ ბადეზე.
40. ჩამოთვლილთაგან რომელი ნივთიერება არ სინთეზირდება ენდოპლაზმური ბადის გრანულარულ უბანში?
ა. ჰემოგლობინი; ბ. პროგესტერონი; გ. გლუკაგონი; დ. ლიპაზა.
41. რომელი ცილა მონაწილეობს ცენტრიოლების შენებაში?
ა. კერატინი; ბ. აქტინი; გ. კოლაგენი; დ. ტუბულინი.

42. უჯრედის რომელ სტრუქტურას ვერ დააზიანებს ფერმენტი ლიპაზა?
 I – ბირთვას, II – ენდოპლაზმურ ბადეს, III – ცენტროსომას, IV – რიბოსომას, V – ბირთვის გარსს.
 ა. მხოლოდ I-სა და III-ს; გ. მხოლოდ III-სა და V-ს;
 ბ. მხოლოდ II-სა და IV-ს; დ. I-ს, III-სა და IV-ს.
43. რა აქვთ საერთო სოკოსა და მცენარის უჯრედებს?
 I – პლაზმური მემბრანა, II – ცენტრალური ვაკუოლი, III – უჯრედის კედელი, IV – სამარაგო ნახშირწყალი სახამებელი.
 ა. I, II და IV; ბ. I, III და IV; გ. მხოლოდ II და III; დ. I, II და III.
44. რა აქვთ საერთო სოკოსა და ბაქტერიის უჯრედებს?
 I – პლაზმური მემბრანა, II – ცენტრალური ვაკუოლი, III – უჯრედის კედელი, IV – სამარაგო ნახშირწყალი გლიკოგენი.
 ა. I, II და IV; ბ. I, III და IV; გ. II, III და IV; დ. I, II, III და IV.
45. რიბოსომის შემადგენლობაში შედის:
 I – ცილები, II – ლიპიდები, III – ნახშირწყლები, IV – დნმ, V – რ-რნმ; VI – ნუკლეოტიდები.
პასუხი: ა. I და II; ბ. I და III; გ. I და IV; დ. I და V; ე. I და VI.
46. იპოვეთ მცდარი მტკიცებულება – რიბოსომები არის:
 ა. თავისუფლად ციტოპლაზმაში; გ. ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებზე;
 ბ. მიტოქონდრიებში; დ. ქლოროპლასტებში;
 ე. გოლჯის აპარატში.
47. ქვემოთ ჩამონათვალიდან უჯრედში ერთზე მეტი ბირთვი აქვს:
 ა. ლვიძლის უჯრედებს;
 ბ. განივბოლიან კუნთოვან ბოჭკოს;
 გ. ეპითელიუმის უჯრედებს;
 დ. ქალამანას;
 ე. მწვანე ევგლენას;
 ვ. ნერვულ უჯრედს.

პასუხი:

--	--	--

48. მიტოქონდრიის მატრიქსი შეიცავს:
 ა. წყალს; გ. ფერმენტებს; ე. ყველა პასუხი სწორია.
 ბ. რგოლური ფორმის დნმ-ს; დ. რიბოსომებს;
49. იპოვეთ არასწორი მტკიცებულება – ქლოროპლასტებში მიმდინარეობს:
 ა. ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვა და ატფ-ის სინთეზი;
 ბ. ფოტოსინთეზი – სინათლის ენერგიის ხარჯზე ნახშირწყლების სინთეზი;
 გ. სინათლის ენერგიის ქიმიურ ენერგიად გარდაქმნა;
 დ. გარემოდან CO_2 -ის შთანთქმა და O_2 -ის გარემოში გამოყოფა.
50. ქლოროპლასტებში ერთმანეთზე დალაგებული ორ-ორი მემბრანით შემოსაზღვრული ბრტყელი პარკების/ტომსიკების გროვებს ეწოდება:
 ა. კრისტები; ბ. გრანები; გ. სტრომა; დ. თილაკოიდები.
51. ქლოროპლასტებში ორ-ორი მემბრანით შემოსაზღვრულ ბრტყელ პარკებს/ტომსიკებს ეწოდება:

ა. კრისტები; ბ. გრანები; გ. სტრომა; დ. თილაკოიდები.

52. ქლოროპლასტების სტრომაში არის:

ა. წყალი; გ. რგოლური ფორმის დნმ; ე. ფერმენტები
ბ. რიბოსომები; დ. სახამებლის გრანულები; ვ. ყველა პასუხი სწორია.

53. რიბოსომის სუბერთეულების ჩამოყალიბებაში მონაწილეობს:

ა. გოლჯის აპარატი; ბ. ენდოპლაზმური ბადე; გ. ბირთვაკები; დ. ციტოპლაზმა.

54. არამემბრანული შენებისაა:

ა. ცენტროსომა; გ. რიბოსომა; ე. ლიზოსომა;
ბ. ენდოპლაზმური ბადე; დ. ქრომატინი; ვ. პეროქსისომა.

პასუხი:

--	--	--	--	--	--

55. ლიზოსომები შეიცავენ ფერმენტებს, რომლებიც მონაწილეობენ:

ა. ყველა ორგანული ნივთიერების დაშლაში; გ. ნახშირწყლების სინთეზში;
ბ. ცილების სინთეზში; დ. ატფ-ის სინთეზში.

56. მცენარეული უჯრედის ციტოპლაზმაში ჩანარების სახით არ გროვდება:

ა. ცილები; ბ. ცხიმები; გ. ნუკლეინის მჟავები; დ. ნახშირწყლები.

57. არამუდმივი უჯრედული სტრუქტურებია:

ა. რიბოსომა; ბ. ლიზოსომა; გ. პეროქსისომა; დ. ცხიმის წვეთები.

58. ბირთვის მთავარი ფუნქციაა: I – უჯრედის სასიცოცხლო ფუნქციების რეგულაცია, II – გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა.

პასუხი: ა. მხოლოდ I; ბ. მხოლოდ II; გ. I და II; დ. არცერთი პასუხი არ არის სწორი.

59. იპოვეთ არასწორი პასუხი – უჯრედის ნახევრადთხევად გარემოს ეწოდება:

ა. მატრიქსი; ბ. ძირითადი ნივთიერება; გ. ციტოზოლი; დ. ყველა პასუხი სწორია.

60. სწორი დებულებებია:

ა. ენდოპლაზმური ბადე არხებისა და ღრუების რთული სისტემაა;
ბ. ენდოპლაზმური ბადის მარცვლოვან უბანში ცხიმები სინთეზირდება;
გ. ენდოპლაზმური ბადის მარცვლოვანი უბანი ცილების სინთეზში მონაწილეობს;
დ. ენდოპლაზმური ბადის გლუვ უბანში ცილები სინთეზირდება;
ე. ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ცილები, ცხიმები და ნახშირწყლები გოლჯის აპარატში ტრანსპორტირდება.

პასუხი:

--	--	--

61. სწორი დებულებებია:

ა. გოლჯის აპარატის მემბრანებზე ცილების სინთეზი მიმდინარეობს;
ბ. გოლჯის კომპლექსიდან ნივთიერებები ციტოპლაზმაში ვეზიკულების სახით გამოიყოფა;
გ. ლიზოსომები ჰიდროლიზურ ფერმენტებს შეიცავენ;
დ. გოლჯის აპარატის მემბრანებზე რიბოსომებია განლაგებული;
ე. გოლჯის აპარატში ებ-ზე სინთეზირებული ნივთიერებების მოდიფიცირება ხდება.

პასუხი:

--	--	--

62. სწორი დებულებებია:

- ა. მიტოქონდრიის შიდა მემბრანა გლუვია;
- ბ. მიტოქონდრიები განსაკუთრებით ბევრია კუნთების უჯრედებში;
- გ. პლასტიდები ცხოველური უჯრედების მთავარი ორგანოიდებია;
- დ. მიტოქონდრიებს ენერგეტიკულ სადგურებს უწოდებენ;
- ე. ქლოროპლასტიდებში ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს.

პასუხი:

--	--	--

63. იპოვეთ მცდარი დებულება – ებ-ის გლუვი უბნის:

- ა. მემბრანებზე არ არის რიბოსომები;
- ბ. არხებში Ca^{2+} -ის იონები გროვდება;
- გ. ფერმენტები მონაწილეობენ ცილებისა და ნახშირწყლების სინთეზში;
- დ. ფერმენტები მონაწილეობენ ლიპიდებისა და ზოგიერთი ნახშირწყლის სინთეზში.

64. სწორი დებულებაა:

- ა. რიბოსომები აღმოჩენილია ყველა ორგანიზმის უჯრედებში;
- ბ. მიტოქონდრიები გვხვდება მხოლოდ ცხოველურ უჯრედებში;
- გ. პლასტიდები გვხვდება როგორც მცენარეულ, ისე ცხოველურ უჯრედებში;
- დ. უჯრედის ცენტრიოლები გვხვდება ყველა მცენარეულ და ცხოველურ უჯრედში.

65. ადამიანის ორგანიზმში რომელი პროცესი ხორციელდება ოსმოსით?

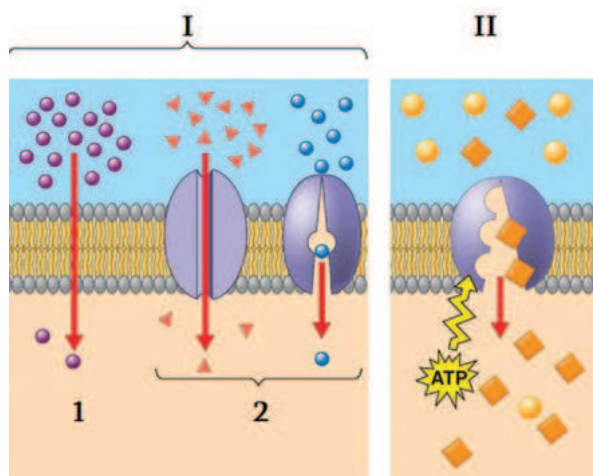
- ა. ფილტვის ბუშტუკიდან ჟანგბადის გადასვლა მცირე წრის კაპილარის სისხლში;
- ბ. წყლის უკუშეწოვა თირკმლის დაკლანკილ მილაკებში;
- გ. უჯრედებიდან ნახშირორჟანგის გადასვლა ქსოვილურ სითხეში;
- დ. ფილტრატის გადასვლა ნეფრონში.

ლია ტიპის ტესტური დავალებები

1. ახსენი, რას ნიშნავს კონცენტრაციული გრადიენტი. თუ მოლეკულის კონცენტრაციული გრადიენტი პლაზმური მემბრანის ერთ მხარეს არის მაღალი, ეს ნიშნავს იმას, რომ ეს მოლეკულა აუცილებლად დიფუზიით იმოძრაებს კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით? რატომ ფიქრობთ ასე?
2. სხვადასხვა ორგანოელაში სინთეზირდება ცილები. მოკლედ აღწერეთ, უჯრედში ცილა სად წარმოიქმნება, სად განიცდის მოდიფიცირებას და იფუთება ვეზიკულებში.
3. თუ მიკროსკოპით აკვირდებით უცნობ უჯრედს, როგორ განსაზღვრავთ, უჯრედი მცენარეულია თუ ცხოველური?
4. უჯრედები შემოსაზღვრულია წყლიანი ქსოვილური სითხით და შეიცავენ წყლიან ციტოპლაზმას. ახსენით, წყლიანი გარემო როგორ განსაზღვრავს პლაზმური მემბრანის სტრუქტურას?
5. ეგზოციტოზი როგორ ეხმარება უჯრედს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში?
6. მტკნარ წყალში მცხოვრებ ერთუჯრედიან ორგანიზმებს გააჩნიათ მფეთქავი ვაკუოლი, ხოლო ზღვის ერთუჯრედიანების უმრავლესობას მფეთქავი ვაკუოლი არ აქვს. ახსენით უმარტივესების აგებულებაში ასეთი განსხვავების მიზეზი.
7. რაში გამოიხატება ფუნქციონალური კავშირი მიტოქონდრიებსა და რიბოსომებს შორის.
8. აღწერეთ, რა მოხდება, თუ ერთთროციტსა და მტკნარი წყლის ინფუზორიას მოათავსებენ ჰიპოტონურ გარემოში. ახსენით, რატომ?

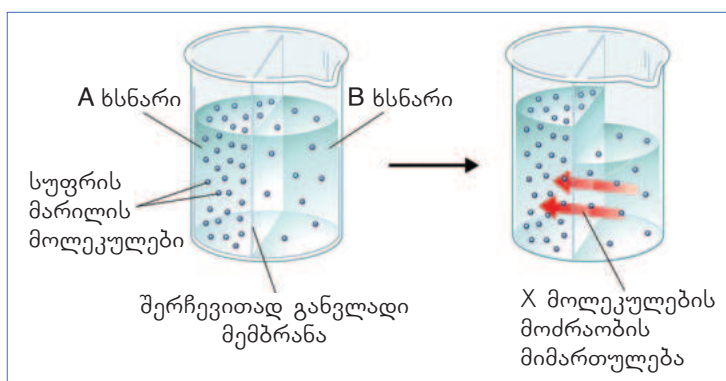
9. სურათზე გამოსახულია მემბრანული ტრანსპორტის სხვადასხვა ტიპი.

- 1) ციფრებით – 1 და 2 – ტრანსპორტის რომელი ტიპია აღნიშნული?
- 2) რომელი ციფრებით – I და II – აღნიშნულ მემბრანულ ტრანსპორტს რა ტერმინებით განმარტავდით?
- 3) მოიყვანეთ მემბრანული ტრანსპორტის სხვადასხვა ტიპის ბიოლოგიური მნიშვნელობის მაგალითები.

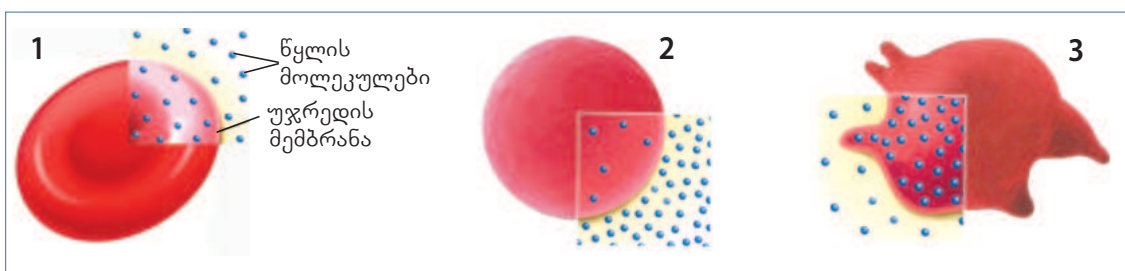


10. 1) რა პროცესს ასახავს სურათი?

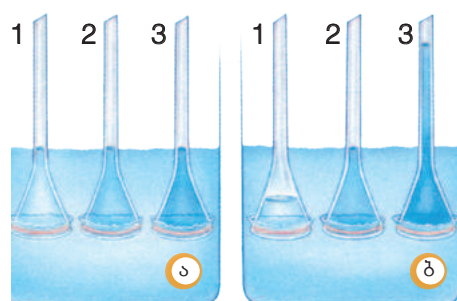
- 2) რომელი ხსნარია უფრო კონცენტრირებული?
- 3) რომელი მოლეკულების მოძრაობას ასახავენ ისრები (წითელი შეფერილობის)?
- 4) აღწერეთ, როგორ შეიცვალა A და B ხსნარის მოცულობა და რატომ?



11. სურათზე გამოსახული ერითროციტების ფორმის ცვლილების მიხედვით განსაზღვრეთ ხსნარის კონცენტრაცია თითოეული შემთხვევისთვის.



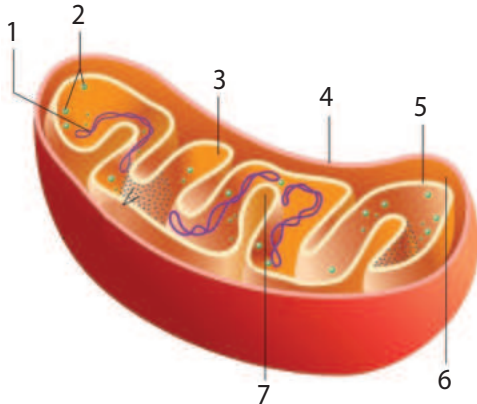
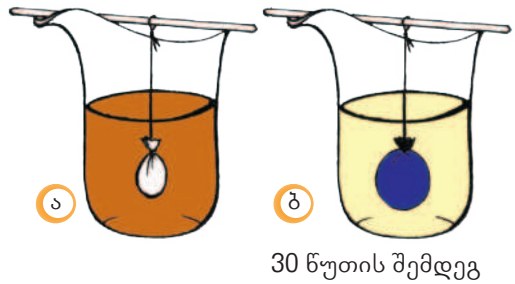
12. დააკვირდით სურათს. სამივე დაბრი დაფარულია შერჩევითი განვლადობის მემბრანით. მათში ჩასხმულია ერთნაირი რაოდენობის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარი. დაბრები ჩადგმულია უცნობი კონცენტრაციის შაქრის ხსნარის შემცველ ჭურჭელში. როგორია თითოეულ დაბრში არსებული ხსნარი (ჰიპერტონული, ჰიპოტონური თუ იზოტონური) ჭურჭელში არსებული ხსნარის მიმართ? პასუხი დაასაბუთეთ.



24 საათის შემდეგ

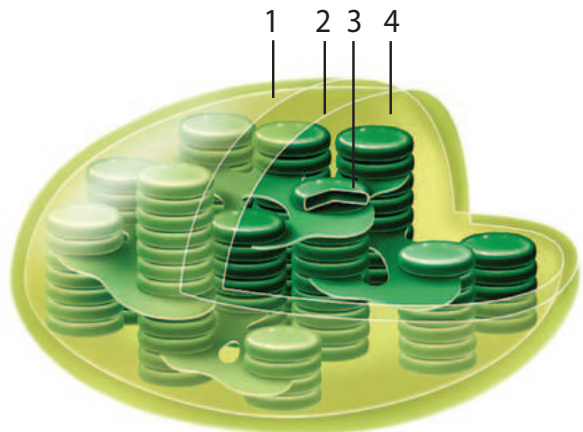
13. ნახევრადგანვლად პოლიეთილენის პარკში ჩაასხეს სახამებლის ბუბკო, მჭიდროდ მოუკრეს პირი და ძაფით ჩაჰკიდეს სუფთა წყლიან ჭიქაში, რომელშიც მცირე რაოდენობით იოდი გახსნილი.

- 1) აღწერეთ, რა ცვლილებებს ხედავთ სურათზე?
- 2) ახსენით ამ ცვლილებების მიზეზები;
- 3) რა პროცესთან გვაქვს საქმე?
- 4) რის მოდელს წარმოადგენს პოლიეთილენის პარკის კედელი?

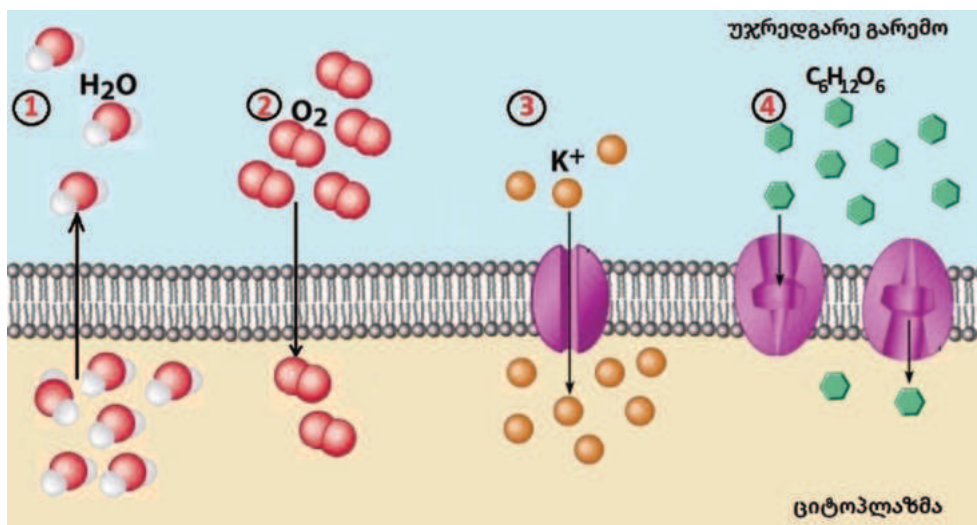


14. 1) სურათზე ამოიცანით ორგანელა. 2) განსაზღვრეთ, სურათზე მოცემული ციფრები ამ ორგანელას რომელ სტრუქტურებს ასახავს. 3) რომელი ციფრით არის აღნიშნული ის სტრუქტურა, რომელიც შეიცავს ატფ-ის სინთეზში მონაწილე ფერმენტებს? 4) რომელი ციფრით/ციფრებით არის აღნიშნული ის სტრუქტურები, რომელიც/რომლებიც უზრუნველყოფენ მის გაყოფით გამრავლების უნარს?

15. 1) სურათზე ამოიცანით ორგანელა. 2) სურათზე მოცემული ციფრები ამ ორგანელას რომელ სტრუქტურებს ასახავს. 3) რომელი ციფრით არის აღნიშნული სტრუქტურა, რომლის მემბრანებშიც ქლოროფილია ჩაშენებული? 4) რომელი სისტემატიკური ჯგუფის ორგანიზმის უჯრედებისთვის არის დამახასიათებელი ეს ორგანელა და რა სასიცოცხლო თვისების თავისებურებას განაპირობებს იგი?



16. ამოიცანით სურათზე მოცემული მემბრანული ტრანსპორტის სახეები და ციფრებს მიუწერეთ:



- 1 –
- 2 –
- 3 –
- 4 –

2) რომელი ციფრით/ციფრებით აღნიშნულ ტრანსპორტის სახეობაზე დაიხარჯება ატფ-ის ენერგია და რატომ?

17. ამოიცანით სურათზე მოცემული ცხოველური უჯრედის სტრუქტურები.

1) რიცხვებით აღნიშნულ სტრუქტურებს მიუხერეთ დასახელებები;

2) რომელი ციფრით აღნიშნული სტრუქტურებია დაფარული ერთი მემბრანით და რომელი – ორით?

3) რომელი ციფრით აღნიშნული სტრუქტურებია არამემბრანული შენების?

4) ლიპიდები რომელი რიცხვით/რიცხვებით აღნიშნულ სტრუქტურებში არ არის?

5) რომელი ციფრით აღნიშნული სტრუქტურაა უჯრედის გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელი?

6) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ენერგიის გარდაქმნა?

7) რომელი ციფრით აღნიშნული სტრუქტურა მონაწილეობს უჯრედის გაყოფაში?

8) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში ხდება ნივთიერებების სახეცვლილება, ცილის საბოლოო სტრუქტურის ჩამოყალიბება, ნივთიერებების სამარაგოდ დაგროვება?

9) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში გროვდება კალციუმის იონები და სინთეზირდება ლიპიდები, გარდაიქმნება ნახშირწყლები, ტოქსიკური ნივთიერებების გაუვნებლობა?

10) რომელი ციფრით აღნიშნული სტრუქტურა შეიცავს ყველა ტიპის ორგანული ნივთიერების ჰიდროლიზის ფერმენტებს?

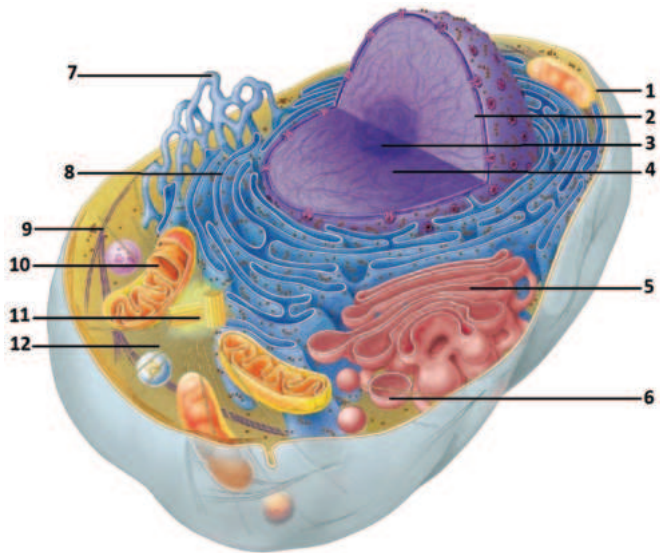
11) რომელი რიცხვებით აღნიშნული სტრუქტურები გამოყოფენ ციტოპლაზმაში ვეზიკულებს?

12) რომელი რიცხვებით აღნიშნულ სტრუქტურებში მიმდინარეობს რეპლიკაცია და ტრანსკრიპცია?

13) რომელი რიცხვებით აღნიშნულ სტრუქტურებში მიმდინარეობს ტრანსლაცია?

14) რომელი რიცხვით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ყველა ტიპის მატრიცული სინთეზის რეაქციები?

15) რა პროცესები მიმდინარეობს რცხვი 2-ით აღნიშნულ სტრუქტურაში?



თემა 3. უჯრედული მეტაბოლიზმი

თემის მიმოხილვა

მთავარი იდეები

- უჯრედები აგროვებენ და ხარჯავენ ენერგიას ქიმიური ბმების განწყვეტისა და წარმოქმნის გზით;
- ენდოთერმული რეაქციები საჭიროებენ ენერგიას, ხოლო ეგზოთერმული რეაქციების დროს ენერგია გამოთავისუფლდება;
- ენერგიისა და ნივთიერებათა გარდაქმნის პროცესს მეტაბოლიზმი ეწოდება, რომელიც შედგება ურთიერთსაზიდავედ, მაგრამ ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ორი პროცესისგან – ენერგეტიკული და პლასტიკური ცვლისგან;
- ატფ არის ენერგიის უნივერსალური წყარო ყველა სახეობის ორგანიზმისთვის, იგი ერთმანეთთან აკავშირებს ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლას. კერძოდ, პლასტიკურ ცვლაზე ატფ-ის ენერგია იხარჯება, ხოლო ენერგეტიკულ ცვლაში იგი აღდგება;
- დნმ-ის რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია და ტრანსლაცია პლასტიკური ცვლის რეაქციების განსაკუთრებულ ფორმას – მატრიცული სინთეზის რეაქციებს მიეკუთვნება;
- ადამიანის გენომის პროექტმა სამედიცინო გენეტიკის განვითარების დიდი პერსპექტივა შექმნა;
- ცილის სინთეზის მექანიზმის შესახებ მეცნიერების მიღწევები ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში, მაგალითად, მედიცინასა და ფარმაცოლოგიაში;
- ბიოტექნოლოგიის განვითარებამ შესაძლებელი გახადა დნმ-ის ანაბეჭდების დამზადება; დნმ-ის ანაბეჭდებს მრავალმხრივი გამოყენება აქვს: შესაძლებელია მემკვიდრული დაავადების გამომწვევი გენების იდენტიფიცირება, სავარაუდო დამნაშავეს გამართლება ან დადანაშაულება, ოჯახის წევრების პოვნა და ოჯახის გამთლიანება, წმინდა სამეცნიერო მიზნით და სხვ.
- მცენარეებს ახასიათებს პლასტიკური ცვლის განსაკუთრებული სახე – ფოტოსინთეზი;
- ფოტოსინთეზის პროცესში სინათლის ენერგია გარდაიქმნება ქიმიურ ენერგიად;
- ფოტოსინთეზის პროცესში წარმოიქმნება ყველა აერობული ორგანიზმის სუნთქვისთვის საჭირო მოლეკულური უანგბადი და ჰეტეროტროფი ორგანიზმებისთვის საკვები ორგანული ნივთიერებები.

დავალებები თვითშეფასებისთვის

არჩევითპასუხიანი/დახურული ტიპის ტესტური დავალებები

1. მოძებნეთ არასწორი პასუხი – რეპლიკაცია ნიშნავს:
ა. დნმ-ის აღდგენას; ბ. დნმ-ის გაორმაგებას; გ. დნმ-ის სინთეზს; დ. დნმ-ის კოპირებას.
2. იპოვეთ მცდარი დებულება – ტრანსკრიპცია არის:
ა. ი-რნმ-ს სინთეზი დნმ-ზე;
ბ. მატრიცული სინთეზის რეაქცია;
გ. ფერმენტების მონაწილეობით მიმდინარე პროცესი;
დ. ცილების სინთეზის პროცესი.

3. ნებისმიერი სახეობის რნმ-ის სინთეზის პროცესს ეწოდება:
 ა. ტრანსლაცია; ბ. ტრანსკრიპცია; გ. რეპლიკაცია.
4. დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვის უბანი შეიცავს 300 ნუკლეოტიდ ადენინს, 100 ნუკლეოტიდ თიმინს, 150 ნუკლეოტიდ გუანინს და 200 ნუკლეოტიდ ციტოზინს. რამდენ ამინომჟავას უნდა შეიცავდეს ცილა, რომელიც დნმ-ის მოლეკულის ამ უბნით კოდირდება?
 ა. 200; ბ. 250; გ. 150; დ. 750.
5. მინიმუმ რამდენია ნუკლეოტიდების რიცხვი ი-რნმ-ში, რომელიც 24 ამინომჟავიან ცილას აკოდირებს?
 ა. 37; ბ. 44; გ. 58; დ. 72.
6. დაადგინეთ შესაბამისობა პროცესის აღწერასა და პროცესებს შორის.
- | დახასიათება | პროცესი |
|------------------------------------|-----------------|
| ა. მიმდინარეობს ბირთვში; | 1. ტრანსკრიპცია |
| ბ. ხორციელდება რიბოსომებში; | 2. ტრანსლაცია |
| გ. მონაწილეობს დნმ-ის მოლეკულა; | |
| დ. სინთეზირდება ცილის მოლეკულა; | |
| ე. სინთეზირდება ი-რნმ-ის მოლეკულა. | |

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე

7. უჯრედში გენეტიკური ინფორმაცია გადაეცემა შემდეგი თანმიმდევრობით:
 ა. მ-რნმ — დნმ/გენი — ცილა;
 ბ. ცილა — მ-რნმ — დნმ/გენი;
 გ. დნმ (გენი) — მ-რნმ — ცილა;
 დ. დნმ (გენი) — ტ-რნმ — ცილა;
 ე. დნმ (გენი) — რ-რნმ — ცილა.
8. მოძებნე მცდარი დებულება:
 ა. ყოველ ამინომჟავას მხოლოდ ერთი ტრიპლეტი აკოდირებს;
 ბ. ყოველი ტრიპლეტი მხოლოდ ერთ ამინომჟავას აკოდირებს;
 გ. ერთ ამინომჟავას შეიძლება აკოდირებდეს სხვადასხვა ტრიპლეტი;
 დ. მ-რნმ, როგორც დნმ, შეიცავს გენეტიკურ ინფორმაციას.
9. ტრანსლაციის პროცესში მატრიცის როლს ასრულებს:
 ა. გენი; ბ. რ-რნმ; გ. ტ-რნმ; დ. მ-რნმ (ი-რნმ).
10. დნმ-ის ტრიპლეტს AGC შეესაბამება მ-რნმ-ის ტრიპლეტი:
 ა. GAT; ბ. TCG; გ. GCT; დ. UCG.
11. დნმ-ის ტრიპლეტს CTA შეესაბამება მ-რნმ-ის ტრიპლეტი:
 ა. GAU; ბ. GUT; გ. UCG; დ. AUG.
12. გენეტიკური კოდი არის:
 ა. ყველა ნუკლეოტიდის თანმიმდევრობა დნმ-ში ან რნმ-ში;
 ბ. ყველა ამინომჟავას თანმიმდევრობა ცილაში;
 გ. მემკვიდრეობითი ინფორმაციის ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობის სახით ჩაწერის სისტემა, რაც ცილაში ამინომჟავების თანმიმდევრობას განსაზღვრავს;
 დ. მემკვიდრეობითი ინფორმაციის ცილაში ამინომჟავების თანმიმდევრობის სახით ჩაწერის სისტემა.
13. ეუკარიოტულ უჯრედში რიბოსომები ცილის სინთეზისთვის იღებენ:
 ა. ინსტრუქციას ლიზოსომებიდან ტ-რნმ-ის მეშვეობით;
 ბ. ინსტრუქციას ბირთვიდან მ-რნმ-ის მეშვეობით;

- გ. ამინომჟავებს ბირთვიდან მ-რნმ-ის სახით;
 დ. ამინომჟავებს ლიზოსომებიდან სხვადასხვა სახის ტ-რნმ-ის საშუალებით.
14. კოდონის GAU კომპლემენტური ანტიკოდონია:
 ა. CTA; ბ. CUA; გ. CGT; დ. UTA.
15. კოდონის CGU კომპლემენტური ანტიკოდონია:
 ა. GCA; ბ. GAC; გ. CGT; დ. UCG.
16. მოძებნე მცდარი დებულება – ყოველი რიბოსომა:
 ა. ასინთეზირებს ნებისმიერ ცილას;
 ბ. ასინთეზირებს მხოლოდ რიბოსომულ ცილებს;
 გ. ასინთეზირებს ცილებს ნებისმიერი მ-რნმ-ის მიხედვით;
 დ. ასინთეზირებს მოცემულ მომენტში ორგანიზმისათვის საჭირო ცილებს.
17. გენეტიკური კოდის მიხედვით, ადამიანის საინფორმაციო რნმ-ის ტრიპლეტი UAU აკოდირებს ამინომჟავა თიროზინს. კიდეც რომელ ორგანიზმებში გვხვდება ეს შესაბამისობა:
 ა. მხოლოდ ძუძუმწოვრებში; გ. მხოლოდ პრიმატებში;
 ბ. ყველა ცოცხალ ორგანიზმში; დ. არც ერთ სხვა ორგანიზმში.
18. რა სიგრძის იქნება გენი, რომელიც აკოდირებს 50 ამინომჟავას შემცველ ცილას, თუ ცნობილია, რომ თითოეული ნუკლეოტიდური რგოლის/წყვილის ზომა 0,34 ნმ-ია:
 ა. 0,51 ნმ; ბ. 17 ნმ; გ. 51 ნმ; დ. 156,06 ნმ.
19. მინიმუმ რამდენ ნუკლეოტიდს უნდა შეიცავდეს ინფორმაციული რნმ, რომელზეც ხორციელდება 150 ამინომჟავას ნაშთის შემცველი ცილის მოლეკულის ბიოსინთეზი (იგულისხმება, რომ ი-რნმ-ზე ჩანერილია ინფორმაცია მხოლოდ ამ ერთი ცილის მოლეკულის შესახებ):
 ა. 30; ბ. 50; გ. 150; დ. 450.
20. რამდენ ნუკლეოტიდს უნდა შეიცავდეს საინფორმაციო რნმ, რომელზეც ხორციელდება 80 ამინომჟავას ნაშთის შემცველი ცილის მოლეკულის ბიოსინთეზი (იგულისხმება, რომ ი-რნმ-ზე ჩანერილია ინფორმაცია მხოლოდ ამ ერთი ცილის მოლეკულის შესახებ):
 ა. 30; ბ. 80; გ. 160; დ. 240.
21. მ-რნმ-ის ფრაგმენტის ნუკლეოტიდური შემადგენლობა და თანმიმდევრობა ასეთია: AAACACUAU. განსაზღვრეთ ამინომჟავების სწორი თანმიმდევრობა, რომელიც სინთეზირდება მ-რნმ-ის მოცემული მონაკვეთის მიხედვით.
 ა. ლიზინი-ჰისტიდინი-თიროზინი.
 ბ. ჰისტიდინი-ლიზინი-თიროზინი.
 გ. თიროზინი-ლიზინი-ჰისტიდინი.
 დ. ლიზინი-თიროზინი-ჰისტიდინი.
22. სქემა ასახავს უჯრედულ პროცესებს – ტრანსკრიპციასა და ტრანსლაციას. რომელი სიტყვით უნდა ჩანაცვლდეს „X“?



- ა. რეპლიკაცია. ბ. ცილა. გ. გლუკოზა. დ. მოლეკულა.
23. მ-რნმ გენისგან განსხვავდება იმით, რომ:
 ა. შედგება ნუკლეოტიდების ორი ჯაჭვისგან; გ. შეიცავს გენეტიკურ ინფორმაციას;
 ბ. შედგება ნუკლეოტიდების ერთი ჯაჭვისგან; დ. არ შეიცავს გენეტიკურ ინფორმაციას.
24. გენეტიკური კოდის რამდენი ტრიპლეტი არ შეიცავს ინფორმაციას არცერთი ამინომჟავის შესახებ?

ა. 0; ბ. 1; გ. 3; დ. 4.

25. მოძებნეთ მცდარი დებულება:

- ა. კოდონი სამი ნუკლეოტიდისაგან შედგება;
- ბ. ერთი კოდონი მხოლოდ ერთ ამინომჟავას აკოდირებს;
- გ. ერთ ამინომჟავას მხოლოდ ერთი კოდონი აკოდირებს;
- დ. გენეტიკური კოდის სამი ტრიპლეტი არ შეიცავს ინფორმაციას არცერთი ამინომჟავის შესახებ.

26. რამდენი ამინომჟავის ტრანსპორტი შეუძლია ერთ ტ-რნმ-ს?

ა. 1; ბ. 2-6; გ. 3; დ. დამოკიდებულია ცილის მოლეკულის ზომაზე.

27. კოდონის GCA კომპლემენტარული ანტიკოდონია:

ა. UCG; ბ. TGC; გ. CGT; დ. CGU.

28. დნმ-ის კოდის GCA კომპლემენტარული ანტიკოდონია:

ა. CGU; ბ. GCA; გ. ACG; დ. UCG.

29. იპოვეთ მცდარი პასუხი – ყველა ჩამოთვლილი პროცესი: რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია და ტრანსლაცია მიმდინარეობს –

- ა. პროკარიოტული უჯრედის ციტოპლაზმაში; გ. მიტოქონდრიაში;
- ბ. ქლოროპლასტში; დ. ბირთვში.

30. იპოვეთ შესაბამისობა ცილასა და ორგანიზმში მისი სინთეზის ადგილს შორის:

- | | |
|------------------|---------------|
| ა. ჰემოგლობინი | 1. პანკრეასი |
| ბ. პეპსინი | 2. ერითროციტი |
| გ. სომატოტროფინი | 3. კუჭი |
| დ. ინსულინი | 4. ჰიპოფიზი |

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ

31. დნმ-ის რეპლიკაციის პროცესში ორი ჯაჭვის ნუკლეოტიდებს შორის ქიმიური ბმებიდან წყდება:

ა. იონური; ბ. წყალბადური; გ. კოვალენტური; დ. პეპტიდური.

32. გენი არის დნმ-ის მონაკვეთი, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას:

- ა. ცილის პირველადი სტრუქტურის შესახებ;
- ბ. რ-რნმ-ის სტრუქტურის შესახებ;
- ც. ტ-რნმ-ის სტრუქტურის შესახებ;
- დ. ყველა პასუხი სწორია.

33. იპოვეთ მცდარი დებულება – მატრიცული სინთეზის რეაქციებია:

ა. ტრანსკრიპცია; ბ. ტრანსპირაცია; გ. ტრანსლაცია; დ. დნმ-ის რეპლიკაცია.

34. მატრიცული ტიპის რეაქციებში მატრიცის როლს, ჩვეულებრივ, ასრულებენ:

- ა. მხოლოდ დნმ და ი-რნმ; გ. მხოლოდ დნმ და ყველა სახის რნმ;
- ბ. მხოლოდ ტ-რნმ და რ-რნმ; დ. ყველა ჩამოთვლილი.

35. ცილის სინთეზის პროცესში რიბოსომის ფუნქციურ ცენტრში მოთავსებული ნუკლეო-ტიდების რაოდენობაა:

ა. 1; ბ. 3; გ. 6; დ. 9.

36. უშუალოდ რიბოსომებში ცილის სინთეზის შედეგად ყალიბდება:

- ა. ცილის პირველადი სტრუქტურა; გ. ცილის მეორეული სტრუქტურა;
- ბ. ცილის მესამეული სტრუქტურა; დ. ყველა პასუხი სწორია.

37. იპოვეთ მცდარი დებულება –

- ა. ტ-რნმ-ს გადააქვს ინფორმაცია ბირთვიდან ციტოპლაზმაში;
- ბ. ტ-რნმ-ის კოდური ტრიპლეტი კომპლემენტურია ი-რნმ-ის ტრიპლეტისა;
- გ. ტ-რნმ-ის მოლეკულა ყველაზე მცირე ზომისაა რნმ-ებს შორის;
- დ. ტ-რნმ-ის კოდური ტრიპლეტი შეესაბამება გარკვეულ ამინომჟავას.

38. რამდენი პეპტიდური ბმა გვხვდება 100 ამინომჟავისაგან წარმოქმნილ ცილის მოლეკულაში:

- ა. 50; ბ. 99; გ. 100; დ. 101.

39. რამდენი პეპტიდური ბმა გვხვდება ცილის მოლეკულში, რომელიც შედგება 150 ამინომჟავური რგოლისაგან:

- ა. 50; ბ. 75; გ. 149; დ. 150.

40. ფერმენტები აუცილებელია:

- ა. მხოლოდ დნმ-ის სინთეზისათვის;
- ბ. მხოლოდ რნმ-ის სინთეზისათვის;
- გ. მხოლოდ ამინომჟავების ტ-რნმ-თან დასაკავშირებლად;
- დ. ყველა ჩამოთვლილისთვის.

41. მასპინძელ უჯრედში რომელი ვირუსის გამრავლებაში არ მონაწილეობს ფერმენტი უკუტრანსკრიპტაზა:

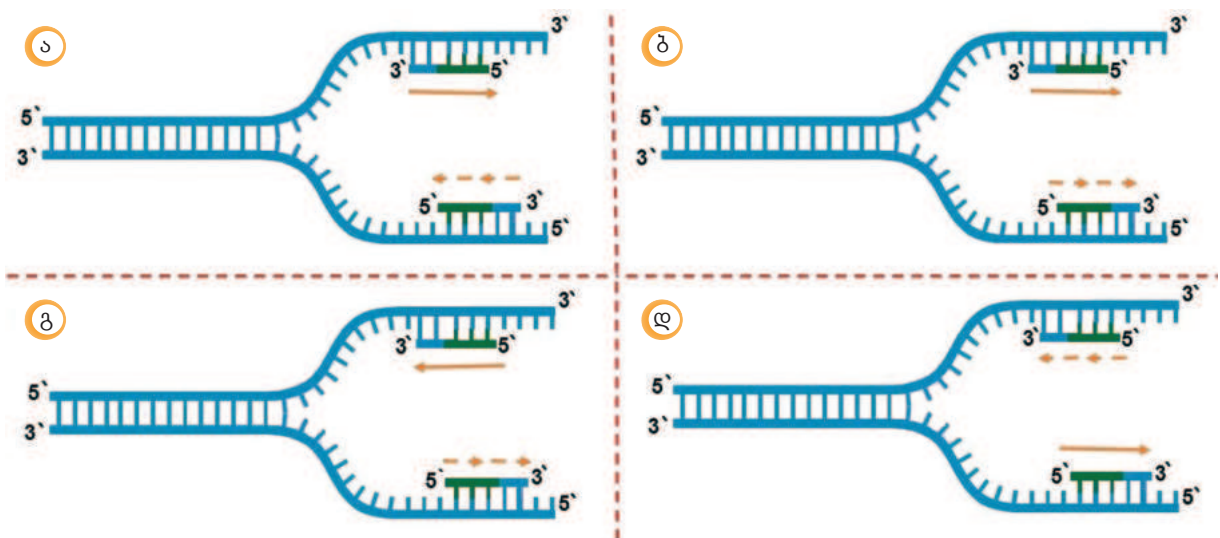
- ა. ადამიანის იმუნოდეფიციტის ვირუსის; გ. ნაწლავის ჩხირის ფაგის;
- ბ. თამბაქოს მოზაიკის ვირუსის; დ. გრიპის ვირუსის.

42. რომელი არ წარმოადგენს მატრიცული სინთეზის რეაქციას?

- ა. დნმ-ის რეპლიკაცია და რეპარაცია; გ. უკუტრანსკრიპცია;
- ბ. პოლისაქარიდის სინთეზი; დ. ტრანსლაცია.

43. სურათზე წარმოდგენილი სქემებიდან რომელი ასახავს დნმ-ის რეპლიკაციის მიმდინარეობას სწორად?

- ა. ბ. გ. დ.



44. იპოვეთ არასწორი დებულება:

- ა. საფუარი სოკო არის ფაკულტატური ანაერობი;
- ბ. უჟანგბადო გარემოში საფუარის უჯრედებში მიმდინარეობს რძემჟავა დუღილის პრო-

ცესი;

გ. უჟანგბადო გარემოში საფუარის უჯრედებში მიმდინარეობს სპირტული დუღილის პროცესი;

დ. საფუარ სოკოში მიმდინარე ანაერობული სუნთქვის გვერდითი პროდუქტია ნახშირორჟანგი.

45. იპოვეთ არასწორი დებულება – პროტისტებში შეიძლება:

ა. მიმდინარეობდეს მხოლოდ ფერმენტაციის/დუღილის პროცესები;

ბ. მიმდინარეობდეს როგორც აერობული სუნთქვა, ისე ფერმენტაციის პროცესი;

გ. მიმდინარეობდეს ფოტოსინთეზის პროცესი;

დ. ფოტოსინთეზი არ მიმდინარეობდეს.

46. იპოვეთ არასწორი დებულება:

ა. მიტოქონდრიებსა და ქლოროპლასტებში სინთეზირდება ატფ, გლუკოზა და ცილები;

ბ. მიტოქონდრიებსა და ქლოროპლასტებში სინთეზირდება დნმ, რნმ, ატფ და ცილები;

გ. მიტოქონდრიებში ატფ სინთეზირდება ორგანული ნივთიერების დაჟანგვის შედეგად გამოთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე;

დ. ქლოროპლასტებში სინთეზირდება ატფ, გლუკოზა და ცილები.

47. იპოვეთ არასწორი პასუხი – ატფ სინთეზირდება:

ა. ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზაში;

ბ. კრებვის ციკლში;

გ. კალვინის ციკლში;

დ. გლიკოლიზის პროცესში;

ე. ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესში.

48. რომელი პროცესი არ მიმდინარეობს კომპლემენტარობის პრინციპით?

ა. დნმ-ის რეპლიკაცია;

ბ. რენატურაცია;

გ. ტრანსკრიპცია;

დ. ტრანსლაცია;

ე. ანტიკოდონის დაკავშირება კოდონთან.

49. ადამიანის კუნთებში ხანგრძლივი ფიზიკური მუშაობის დროს ვითარდება დაღლა, რადგან კუნთოვან ბოჭკოებში:

ა. ძლიერდება გლიკოგენის გლუკოზად გარდაქმნა;

ბ. ძლიერდება უჯრედული სუნთქვა;

გ. მცირდება გლუკოზისა და ჟანგბადის რაოდენობა.

50. მცენარეულ უჯრედში გლუკოზის მოლეკულები შეიძლება გარდაიქმნას:

I – გლიკოგენად, II – სახამებლად, III – პირუვატად, IV – ცელულოზად, V – ქიტინად, VI – ნახშირორჟანგად და წყლად.

ა. II, III და V;

ბ. I, II, IV და VI;

გ. I, II, III და V;

დ. II, III, IV და VI.

51. ობლიგატი ანაერობული ბაქტერიის უჯრედში გლუკოზის მოლეკულები შეიძლება გარდაიქმნას:

I – გლიკოგენად, II – სახამებლად, III – რძემჟავად, IV – მურეინად, V – ქიტინად, VI – ნახშირორჟანგად და წყლად.

ა. II, III და V;

ბ. III, IV და VI;

გ. I, III და IV;

დ. II, III, IV და VI.

52. ობლიგატი აერობული ბაქტერიის უჯრედში გლუკოზის მოლეკულები შეიძლება გარდაიქმნას:

I – გლიკოგენად, II – სახამებლად, III – პირუვატად, IV – მურეინად, V – ცელულოზად, VI – ნახშირორჟანგად და წყლად.

ა. II, III და V ბ. I, II, IV და VI; გ. I, III, IV და VI; დ. II, III, IV და VI.

53. საფუარას უჯრედში გლუკოზის მოლეკულები შეიძლება გარდაიქმნას:

I – გლიკოგენად, II – სახამებლად, III – რძემჟავად, IV – ქიტინად, V – ცელულოზად, VI – ეთანოლის სპირტად და ნახშირორჟანგად, VII – ნახშირორჟანგად და წყლად.

ა. II, III და V; ბ. I, II, V და VI; გ. I, III, IV, VI და VII; დ. II, III, IV და VI.

ღია ტიპის ტესტური დავალებები

1. თუ ბირთვის მემბრანაში იქნებოდა ფორების მცირე რაოდენობა, ვიდრე სინამდვილეში აქვს, ეს რა გავლენას მოახდენდა ცილების სინთეზის სიჩქარეზე და რატომ?
2. მ-რნმ-ის გამოკვლევით რა ინფორმაცია შეიძლება მიიღონ გენეტიკოსებმა გენის შესახებ?
3. შესაძლებელია ადამიანის უჯრედში სინთეზირებული ცილის მიხედვით შესაბამისი გენის ნუკლეოტიდური შედგენილობის ზუსტი განსაზღვრა? არგუმენტირებული მსჯელობით დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი.
4. ჩონჩხის კუნთოვანი უჯრედებისგან განსხვავებით, თავის ტვინის უჯრედებში არ მიმდინარეობს დუღილის/ფერმენტაციის პროცესი. ახსენით, ჟანგბადის დეფიციტმა, ხანმოკლე დროის განმავლობაშიც კი, რატომ შეიძლება გამოიწვიოს ნეირონების სიკვდილი?
5. დისიმილაციის – ენერგეტიკული ცვლის პროცესში მონაწილეობს 5 მოლეკულა გლუკოზა. განსაზღვრეთ ატფ-ის მოლეკულების რაოდენობა: 1) გლიკოლიზის შემდეგ, 2) აერობული ეტაპის შემდეგ და 3) დისიმილაციის ჯამური შედეგის გათვალისწინებით. დაწერეთ ამოცანის ამონახსნი.
6. აერობულ ეტაპზე მონაწილეობს 4 მოლეკულა პირუვატი. განსაზღვრეთ: 1) ატფ-ის რაოდენობა ენერგეტიკული ცვლის აერობული ეტაპის შემდეგ, 2) დისიმილაციის ჯამური ეფექტი და 3) გლუკოზის მოლეკულების რაოდენობა, რომელიც ამ შემთხვევაში მონაწილეობს დისიმილაციის პროცესში. დაწერეთ ამოცანის ამონახსნი.
7. ადამიანის კუნთებში დისიმილაციის პროცესში დაიშალა 9 მოლეკულა გლუკოზა, რომლიდანაც სრულ დაშლას დაექვემდებარა მხოლოდ 4 მოლეკულა. განსაზღვრეთ: 1) რამდენი მოლეკულა რძემჟავა წარმოიქმნება ამ დროს? 2) სულ რამდენი მოლეკულა ატფ სინთეზირდება 9 მოლეკულა გლუკოზის დაშლის დროს? 3) რამდენი მოლეკულა CO_2 გამოიყოფა? 4) რამდენი მოლეკულა ჟანგბადი დაიხარჯება გლუკოზის სრულ დაჟანგვაზე?
8. ლეკვის დნმ-ის ერთი ჯაჭვის მონაკვეთი ასეთია:

CCTGAGACTTAAGGCCTTACCAAACCTTAAGGCCAGATCTCTCGGCCCTTAGG

არის ორი ძაღლი, რომელთაგანაც ერთ-ერთი შესაძლებელია იყოს ლეკვის დედა.

ერთის დნმ-ის ჯაჭვის მონაკვეთი:

AAATGATCCTGATGGCCCTTTGAGATGTGTTGGCCTTAAGTAAGGCCTAAAT

მეორე ძაღლის დნმ-ს ჯაჭვის მონაკვეთი:

GGGGGCCCTTAAGTACCCCCCGCTTAAGATGAGTAAATCCAAGTGTGTAA.

- 1) შექმენით დნმ-ის ანაბეჭდები, თუ დაუშვებთ, რომ ვამონებთ დნმ-ში არამაკოდირებელი მონაკვეთის **GGCC** განმეორებადობას.

(შენიშვნა: დნმ-ის მონაკვეთები ისე დაალაგეთ, როგორც განლაგდებოდნენ ისინი დამუხტულ ჟელეიან ფირფიტაზე).

- 2) ჩაატარეთ თქვენ შექმნილი დნმ-ის ანაბეჭდების კვლევა: სავარაუდო დედებიდან რომლის დნმ-ია ლეკვის დნმ-ის მსგავსი? რაში გამოიხატება ეს მსგავსება?
- 3) დაადგინეთ, რომელი ძალღია ლეკვის დედა.
9. ცილის შემადგენლობაში შედის 600 ამინომჟავა. განსაზღვრეთ გენის სიგრძე, რომელიც მას აკოდირებს.
10. დნმ-ის მოლეკულის უბანს აქვს შემდეგი აღნაგობა: ACC-ATA-GTC-CAC-GGA. განსაზღვრეთ ამინომჟავების თანმიმდევრობა პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში.
11. ტრანსლაციაში მონაწილეობდა ტ-რნმ-ს 50 მოლეკულა. განსაზღვრეთ: 1) ამინომჟავების რაოდენობა, რომელიც შედის სინთეზირებული ცილის მოლეკულაში, 2) ტრიპლეტებისა და ნუკლეოტიდების რაოდენობა ი-რნმ-სა და გენში, რომელიც ამ ცილას აკოდირებს.
12. ი-რნმ-ის ფრაგმენტს ასეთი აგებულება აქვს: GAUGAGUACUUCAAA. განსაზღვრეთ: 1) ტ-რნმ-ის ანტიკოდონები და ამინომჟავების თანმიმდევრობა, რომელიც ამ ფრაგმენტშია კოდირებული. 2) დაწერეთ დნმ-ს მოლეკულის ფრაგმენტი, რომელზედაც დასინთეზირდა ეს ი-რნმ.
13. დნმ-ის უბნის ერთ-ერთი ჯაჭვის მოლეკულური მასაა 51750. განსაზღვრეთ ცილაში მონომერების რიცხვი, რომელიც კოდირებულია დნმ-ის ამ უბანში, თუ ერთი ნუკლეოტიდის მოლეკულური მასაა 345.
14. გენეტიკური კოდის მიხედვით განსაზღვრეთ, ი-რნმ-ის რომელი ტრიპლეტები შეესაბამება ამინომჟავებს: თიროზინს, მეთიონინს, ვალინს, არგინინს?
15. ცილის შემადგენლობაში შედის 800 ამინომჟავა. როგორია იმ გენის სიგრძე, რომელიც აკოდირებს მოცემულ ცილას?
16. ცილის მოლეკულური მასაა 10 000. განსაზღვრეთ გენის სიგრძე, რომელიც აკოდირებს ამ ცილას, თუ ამინომჟავას მოლეკულური მასა 100-ია.
17. ცილის სინთეზი მიმდინარეობს 5-რიბოსომიან პოლისომაზე. 1) ცილის რამდენი მოლეკულა დასინთეზირდება? 2) ცილის რამდენი სახეობის მოლეკულა დასინთეზირდება?
18. ლაბორატორიულ პირობებში შესაძლებელია ცილების ხელოვნური სინთეზი. სხვა აუცილებელ კომპონენტებთან ერთად სინჯარაში მოათავსეს სიმინდის რიბოსომები, ხორბლის ი-რნმ, ჭვავის ამინომჟავები და ქერის ტ-რნმ. რომელი ორგანიზმისთვის და-მახასიათებელი ცილა სინთეზირდება ასეთ პირობებში? ახსენით თქვენი პასუხი.
19. ხელოვნურ პირობებში შესაძლებელია ცილების სინთეზი. წარმოიდგინეთ, რომ ამ პროცესისთვის უჯრედებიდან აიღეს მზა კომპონენტები – მ-რნმ, რიბოსომები, ტ-რნმ, ამინომჟავები, ატფ და ფერმენტები. რომელი ორგანიზმის ცილა დასინთეზირდება, თუ რიბოსომები აღებულია ცხენის უჯრედებიდან, ხოლო მ-რნმ – თხის უჯრედებიდან? პასუხი დაასაბუთეთ არგუმენტირებული მსჯელობით.
20. შეავსეთ სქემა:

დნმ-კოდი	TCT	ATA	ACA	AGA
მ-რნმ-კოდონები				
ტ-რნმ ანტიკოდონები				
ამინომჟავები პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში				

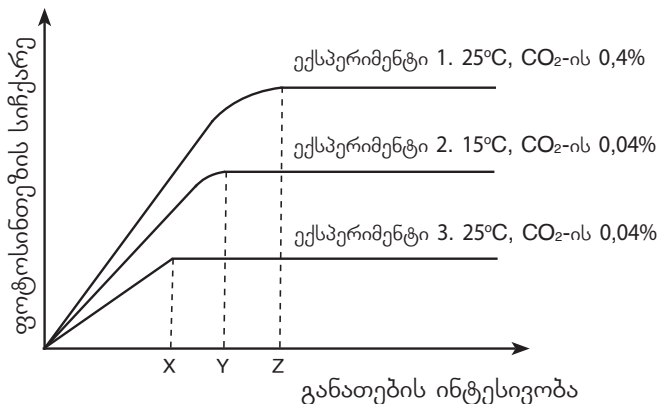
21. გაეცანით გრაფიკზე მოცემულ ექსპერიმენტების შედეგებს და უპასუხეთ კითხვებს:

1) მოცემულ ექსპერიმენტებში ფოტოსინთეზის სიჩქარეზე რომელი ფაქტორების გავლენას იკვლევდნენ?

2) რას აღნიშნავს X, Y და Z წერტილები?

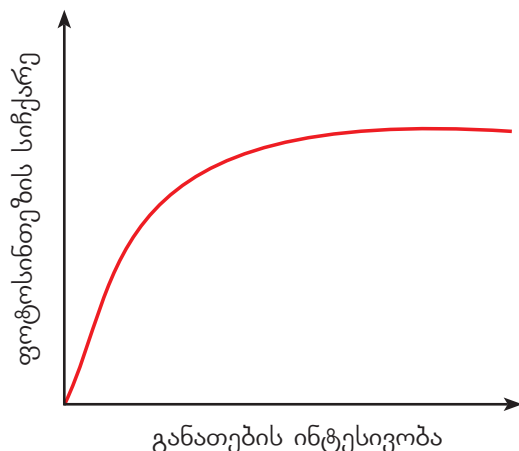
3) ტემპერატურის რომელი მაჩვენებელია ფოტოსინთეზისთვის ოპტიმალური?

4) CO_2 -ის რომელი მაჩვენებელია ფოტოსინთეზისთვის ოპტიმალური?



22. ჰოლანდიელი ექიმის ვან ჰელმონტის ექსპერიმენტის მათემატიკური მონაცემები: ნერგის მასა 2,2 კგ, ქოთნის მასა ნიადაგით 90,5 კგ, 5 წლის განმავლობაში მხოლოდ მორწყვის შემდეგ ნერგიდან განვითარებული ხის მასა 76,6 კგ, ქოთნის მასა ნიადაგით 90,443 კგ. მან აწარმოა მათემატიკური გამოთვლები და გამოთქვა მტკიცება: მცენარის მთელი მასა იქმნება წყლისგან და არა ნიადაგისგან. შენც აწარმოე ამ მონაცემების მიხედვით მათემატიკური გამოთვლები, გამოიყენეთ თქვენი ცოდნა ფოტოსინთეზის შესახებ და მტკიცებულებების საფუძველზე ლოგიკური მსჯელობით დაასაბუთეთ ან უარყავით ჰელმონტის მტკიცება.

23. 1) გრაფიკის მიხედვით აღწერეთ, როგორ იცვლება ფოტოსინთეზის სიჩქარე განათების ინტენსივობაზე დამოკიდებულებით. 2) რა შეიძლება იყოს ამ დროს ფოტოსინთეზის პროცესის შემზღუდველი ფაქტორი?



24. CO_2 -ის რამდენმა მოლეკულამ უნდა მიიღოს მონაწილეობა ფოტოსინთეზის პროცესში, რომ წამოიქმნას 10 მოლეკულა გლუკოზა?

25. რა არის წყალბადიონებისა და ელექტრონების წყარო ფოტოსინთეზის პროცესში და რა – აერობული სუნთქვის პროცესში?

26. ფოტოსინთეზში დაიხარჯა CO_2 -ის 36 მოლეკულა. რამდენი მოლეკულა გლუკოზა წარმოიქმნება ამ შემთხვევაში. დაწერეთ ამოცანის ამონახსენი.

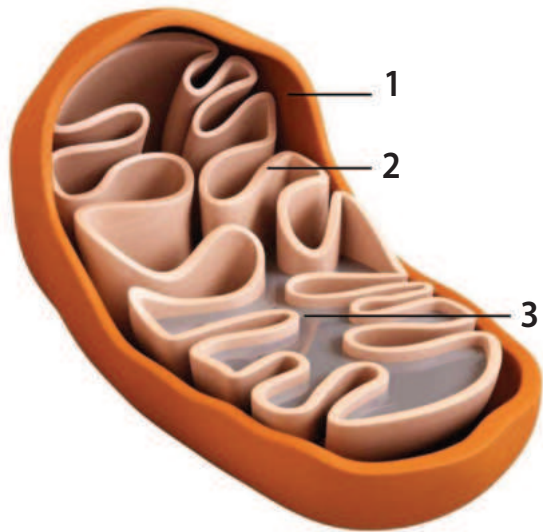
27. ფოტოსინთეზის პროცესში რამდენი მოლეკულა O_2 გამოიყოფა, თუ ცნობილია, რომ დასინთეზირდა 10 მოლეკულა გლუკოზა. დაწერეთ ამოცანის ამონახსენი.

28. სიბნელის ფაზაში მონაწილეობდა წყალბადის 48 ატომი. რამდენი მოლეკულა გლუკოზა სინთეზირდება ამ დროს? დაწერეთ ამოცანის ამონახსენი.

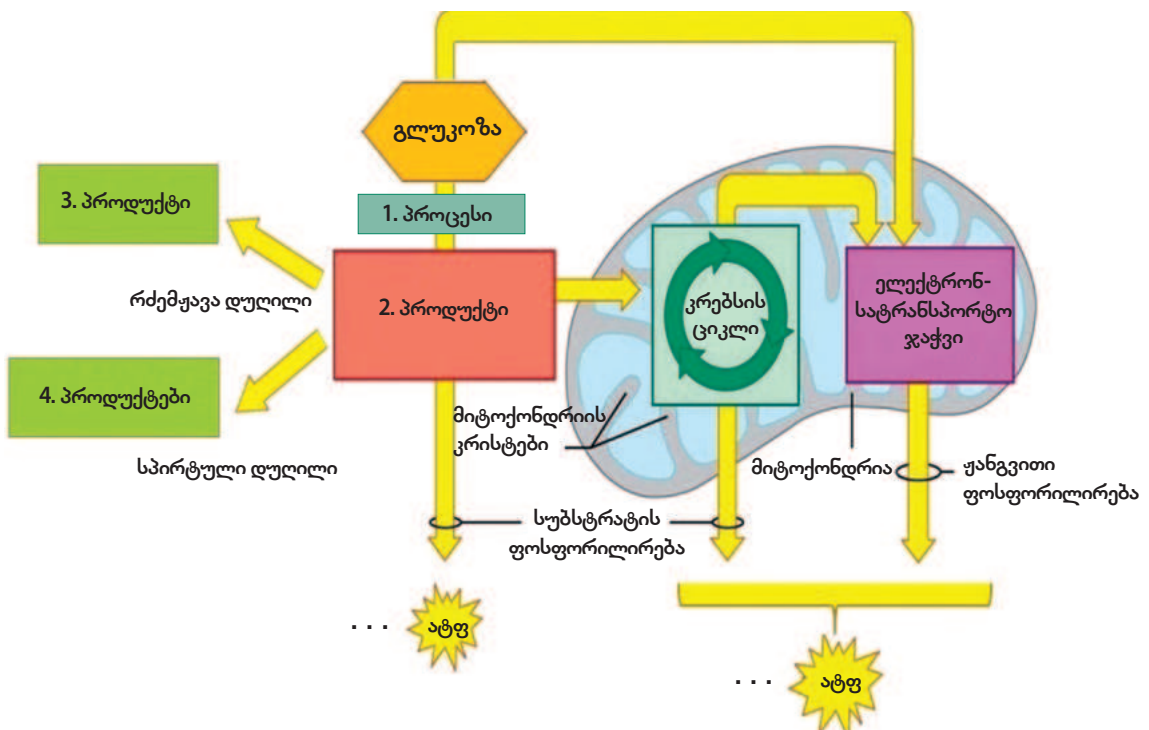
29. სინათლის ფაზაში წყლის ფოტოლიზის შედეგად გამოთავისუფლდა 8 ელექტრონი. განსაზღვრეთ, წყლის რამდენმა მოლეკულამ განიცადა ფოტოლიზი. დაწერეთ ამოცანის ამონახსენი.

30. ამოიცანით სურათზე მოცემული მიტოქონდრიის ციფრებით აღნიშნული სტრუქტურები და უპასუხეთ კითხვებს: 1) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს კრებლის ციკლი? 2) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ჟანგვითი ფოსფორილირება? 3) რომელი ციფრით/ციფრებით აღნიშნულ სტრუქტურაში/სტრუქტურებში მიმდინარეობს სუნთქვის ჯაჭვი?

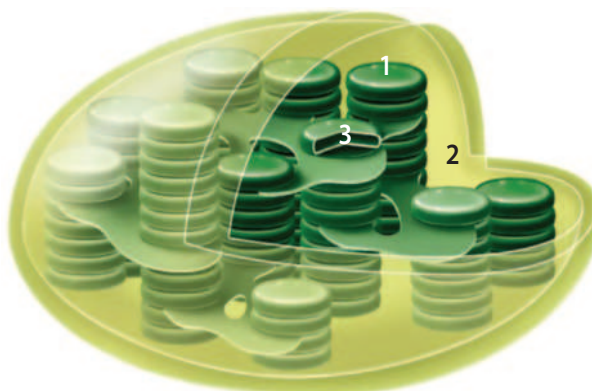
ტურებში მიმდინარე პროცესებში ხდება ატფ-ის სინთეზი? 4) რომელ სტრუქტურაში არის ატფ-სინთაზა? 5) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარე პროცესის შედეგად გამოთავისუფლდება ნახშირორჟანგი, როგორც გვერდითი პროდუქტი? 6) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში გროვდება წყალბადის იონები?



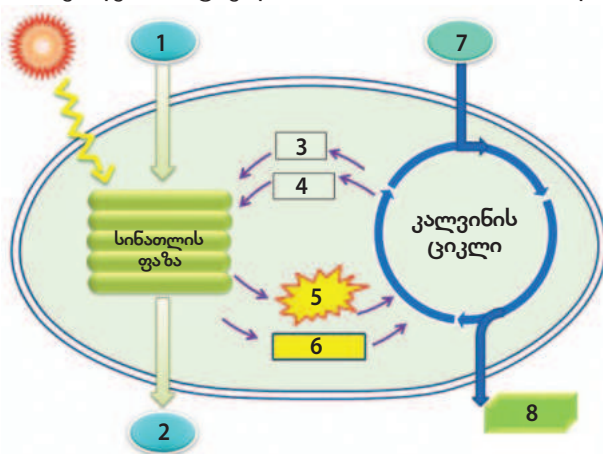
31. გააანალიზეთ სურათზე მოცემული ენერგეტიკული ცვლის სქემა და უპასუხეთ კითხვებს: 1) რა პროცესია ციფრი 1-ით აღნიშნული და უჯრედის რა სტრუქტურაში მიმდინარეობს ეს პროცესი? 2) რა პროდუქტი არის აღნიშნული ციფრი 2-ით? 3) რა პროდუქტი არის აღნიშნული ციფრი 3-ით? 4) რომელი ორგანიზმების უჯრედებში შეიძლება წარიმართოს სქემაზე აღნიშნული ფერმენტაციის პროცესები და უჯრედის რა სტრუქტურაში მიმდინარეობს? 5) რა პროდუქტები არის აღნიშნული ციფრი 4-ით? 6) სად მიმდინარეობს კრებლის ციკლი და რა არის მისი პროდუქტები? 7) სად მიმდინარეობს ჟანგვითი ფოსფორილირება? 8) რა არის ელექტრონებისა და წყალბადიონების წყარო? 9) რომელი ფერმენტი მონაწილეობს ჟანგვით ფოსფორილირებაში? 10) უჯრედული სუნთქვის რომელ ეტაპზე მონაწილეობს ჟანგბადი და რა როლს ასრულებს იგი? 11) რა ფუნქციას ასრულებენ კოფერმენტები ნად-ი და ფად-ი? 12) სქემაზე სამი წერტილის ადგილას თითოეული შემთხვევისთვის რა რიცხვები უნდა ეწეროს? 13) სად მიმდინარეობს ენერგეტიკული ცვლის მოსამზადებელი ეტაპი ორგანიზმის დონეზე? 14) სად მიმდინარეობს ენერგეტიკული ცვლის მოსამზადებელი ეტაპი ეუკარიოტებში უჯრედულ დონეზე? 15) სად მიმდინარეობს ენერგეტიკული ცვლის უჟანგბადო და ჟანგბადიანი ეტაპები პროკარიოტების უჯრედში?



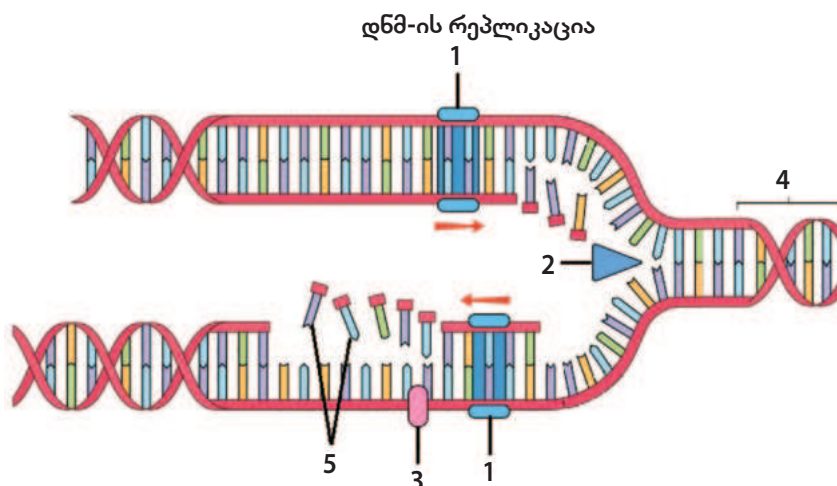
32. სურათი ასახავს ქლოროპლასტს. ამოიცანით ციფრებით აღნიშნული ქლოროპლასტის სტრუქტურები და უპასუხეთ კითხვებს: 1) ქლოროპლასტის რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა? 2) ქლოროპლასტის რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს კალვინის ციკლი? 3) ქლოროპლასტის რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში გროვდება წყალბადის იონები? 4) ქლოროპლასტის რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს წყლის ფოტოლიზი? 5) ქლოროპლასტის რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ატფ-ის სინთეზი?



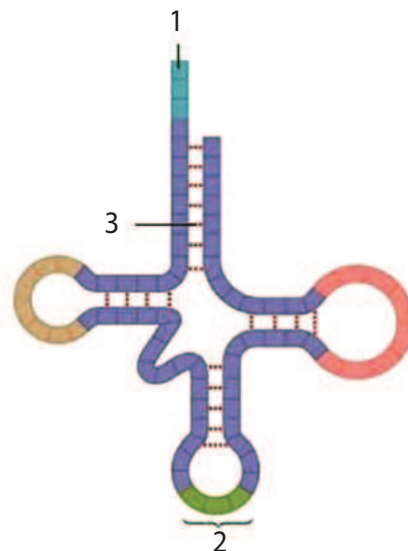
33. 1) ამოიცანით ციფრებით აღნიშნული ფოტოსინთეზის პროცესში მონაწილე ქიმიური ნივთიერებები. 2) რა არის სინათლის ფაზის პროდუქტები? რომელი ნივთიერებაა მათ შორის გვერდითი პროდუქტი? 3) სინათლის ფაზის რომელი პროდუქტები მონაწილეობენ კალვინის ციკლში? რა არის მათი როლი? 4) ქლოროპლასტის რომელ სტრუქტურაში მიმდინარეობს სინათლის ფაზა? 5) სინათლის ფაზაში რა არის ელექტრონებისა და წყალბადიონების წყარო? 6) ქლოროპლასტის რომელ სტრუქტურაში მიმდინარეობს კალვინის ციკლი? 7) რა არის კალვინის ციკლის გვერდითი პროდუქტები? 8) ფოტოსინთეზის რომელი ფაზის მიმდინარეობაზე არ ახდენს გავლენას სინათლის ინტენსივობა? 9) რომელ ორგანიზმებში მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი? 10) რომელ ორგანიზმში მიმდინარე ფოტოსინთეზის გვერდითი პროდუქტი არ არის ჟანგბადი? რატომ?



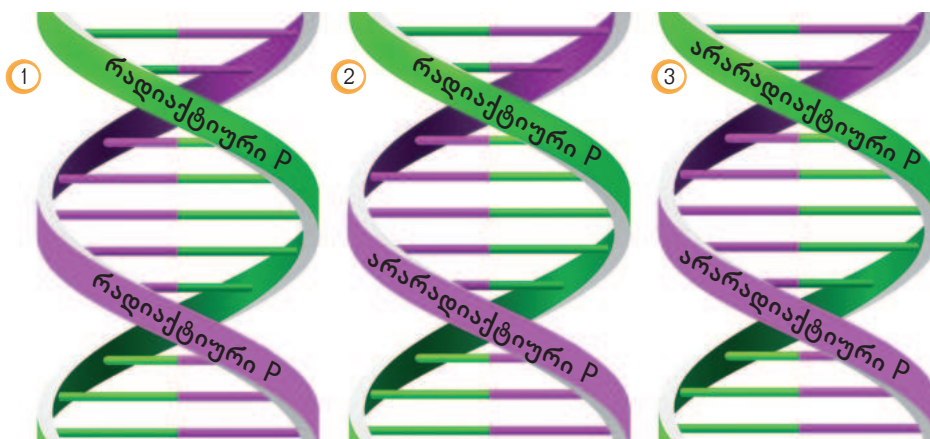
34. სურათზე წარმოდგენილია დნმ-ის რეპლიკაციის პროცესი. 1) ამოიცანით რეპლიკაციაში მონაწილე კომპონენტები და აღწერეთ თითოეული მათგანის ფუნქცია რეპლიკაციის პროცესში. 2) რომელი ფერმენტები მონაწილეობენ რეპლიკაციაში? 3) ეუკარიოტული უჯრედის რომელ სტრუქტურებში მიმდინარეობს დნმ-ის რეპლიკაცია? 4) პროკარიოტული უჯრედის რომელ სტრუქტურაში მიმდინარეობს დნმ-ის რეპლიკაცია?



35.1) რნმ-ის რომელი სახეობაა წარმოდგენილი სურათზე? 2) რა პროცესში მონაწილეობს რნმ-ის ეს სახეობა და რა როლს ასრულებს? 3) ციფრით 1 რნმ-ის რა უბანია აღნიშნული? 4) ციფრი 2-ით აღნიშნული რნმ-ის უბანი რამდენი ნუკლეოტიდისგან შედგება და რა ეწოდება მას? 5) ციფრი 3 ნუკლეოტიდებს შორის როგორ ბმას ასახავს? 6) სად ხდება რნმ-ის ამ სახეობის სინთეზი ეუკარიოტულ უჯრედში და რა ეწოდება ამ პროცესს? 7) რომელი ფერმენტი მონაწილეობს რნმ-ის სინთეზში?

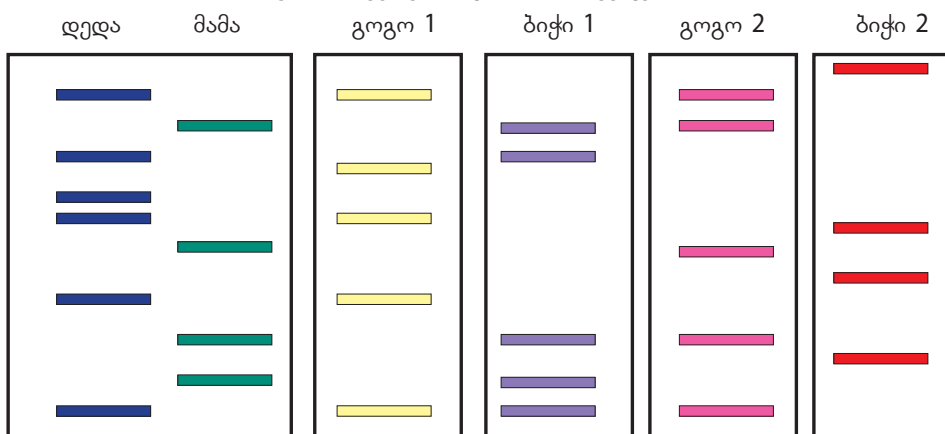


36. წარმოიდგინეთ, რომ დნმ-ის რეპლიკაციაში მონაწილე თავისუფალი ნუკლეოტიდები შეიცავენ რადიოაქტიურ ფოსფორის ატომებს. სურათზე სამი სახის დნმ-ის ფრაგმენტია მოცემული. მოწოდებული ვარიანტებიდან რომელი სახის დნმ ექნება პირველი რეპლიკაციის შემდეგ შეიღებული დნმ-ის მოლეკულას, თუ საწყისი მოლეკულა რადიოაქტიურ P-ს არ შეიცავდა? დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი.



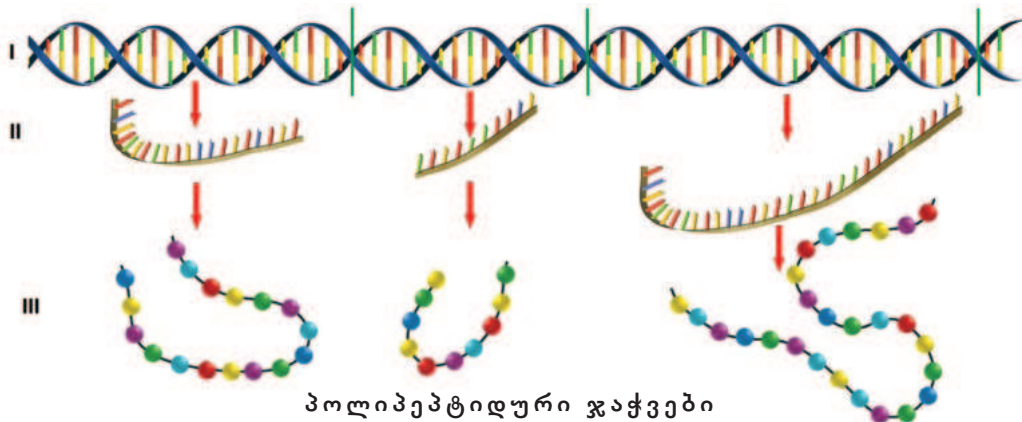
37. სურათზე მოცემულია ერთი ოჯახის წევრების დნმ-ის ანაბეჭდები. აქედან ორი ბავშვისთვის დედაც და მამაც ბიოლოგიური მშობლები არიან, ერთი ბავშვის ბიოლოგიური მშობელია მხოლოდ დედა და ერთი ბავშვი არც ერთი მშობლისთვის ბიოლოგიური შვილი არ არის. განსაზღვრეთ: 1) ბავშვები, რომლებიც დედ-მამისთვის ბიოლოგიური შვილები არიან; 2) ბავშვი, რომელიც მხოლოდ დედის ბიოლოგიური შვილია; 3) ბავშვი, რომელიც არც ერთი მშობლისთვის ბიოლოგიური შვილი არ არის.

ოჯახის წევრების დნმ-ის ანაბეჭდები



38. დააკვირდით სქემაზე გამოსახულ პროცესებს და უპასუხეთ კითხვებს:

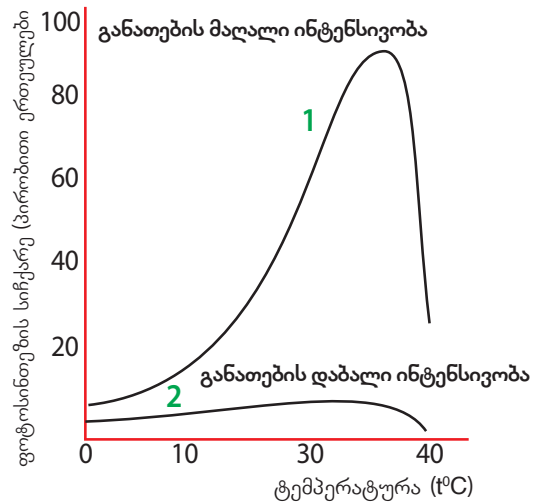
- 1) სქემაზე დნმ-ის რამდენი მოლეკულაა წარმოდგენილი? 2) სქემაზე რამდენი გენია წარმოდგენილი? 3) სქემა რა პროცესებს ასახავს? 4) რა როლს ასრულებს მ-რნმ სქემაზე წარმოდგენილ პროცესში? 5) რამდენი სახის პოლიპეპტიდური ჯაჭვი წარმოიქმნება? რატომ?



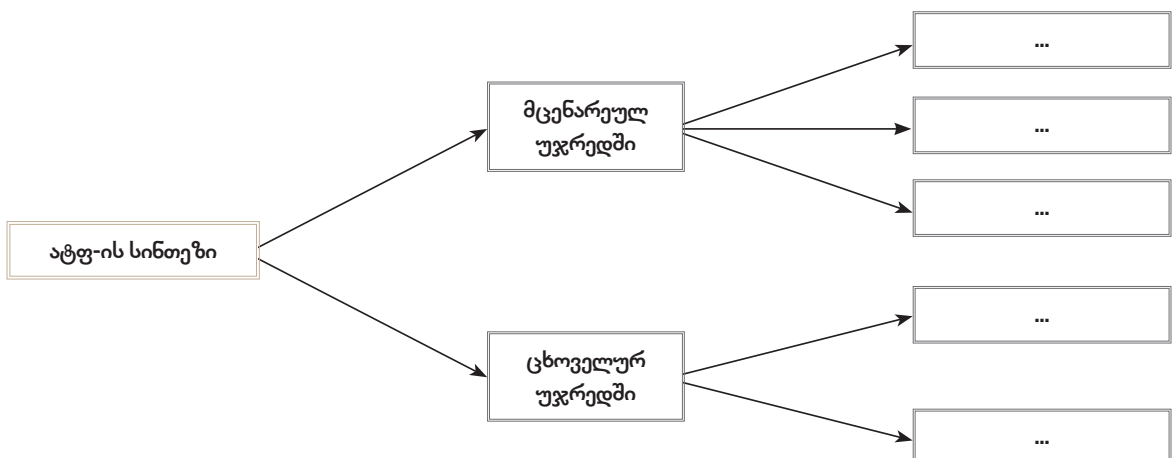
39. 1905 წელს ინგლისელი მეცნიერი, მცენარეთა ფიზიოლოგი ბლექმენი იკვლევდა ფოტოსინთეზის პროცესის სიჩქარეზე განათებისა და ტემპერატურის ინტენსივობის გავლენას. ექსპერიმენტის შედეგები წარმოდგენილია გრაფიკებზე (1 და 2).

1) რომელი გრაფიკი ასახავს იმ რეაქციებს, რომელთა სიჩქარე ტემპერატურაზე დამოკიდებული? ფოტოსინთეზის რომელ ფაზას მიაკუთვნებ ამ რეაქციებს?

2) რომელი გრაფიკი ასახავს იმ რეაქციებს, რომელთა სიჩქარე ტემპერატურაზე არ არის დამოკიდებული, მაგრამ დამოკიდებულია სინათლის ინტენსივობაზე? ფოტოსინთეზის რომელ ფაზას მიაკუთვნებ ამ რეაქციებს?

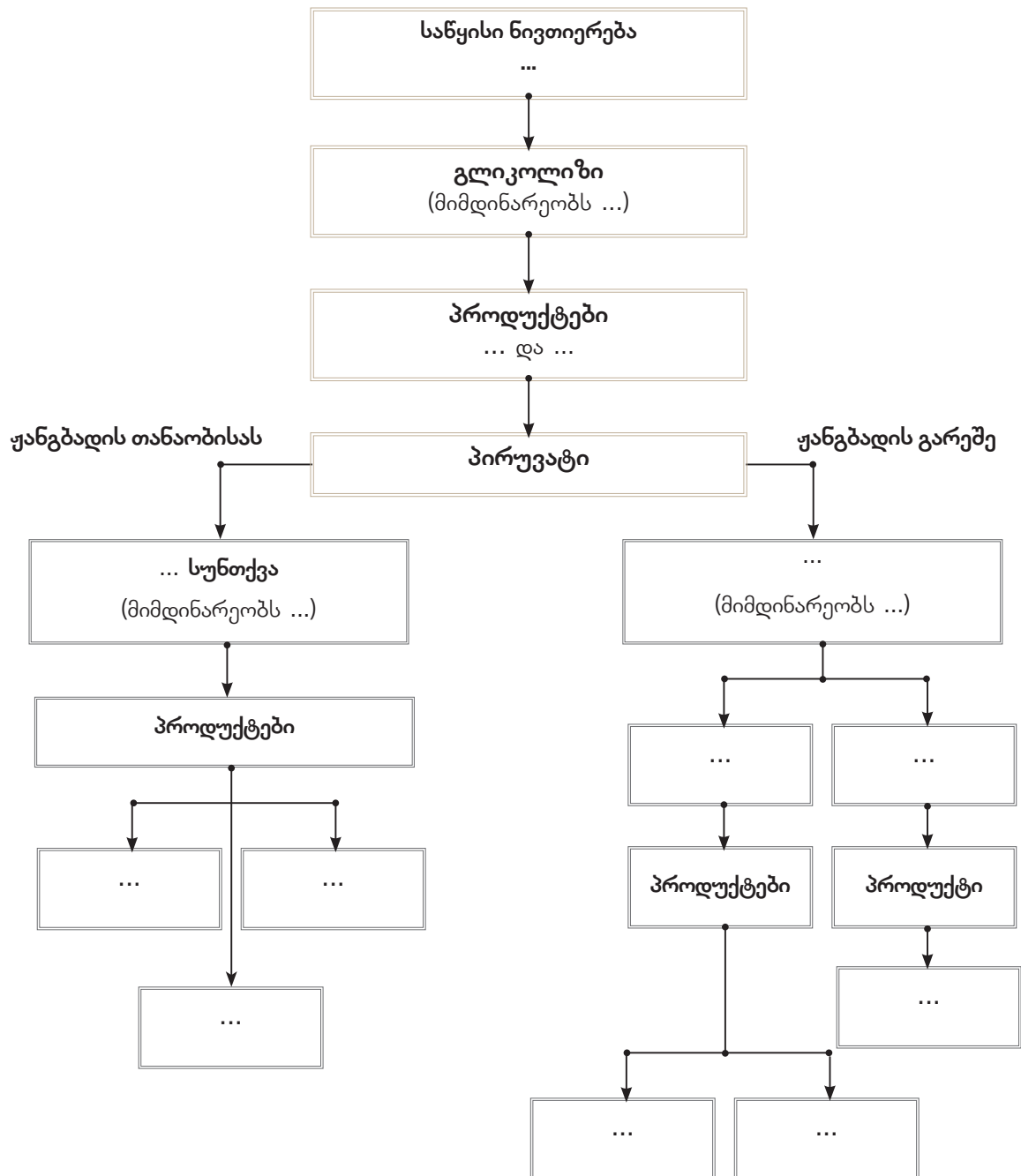


40. დაასრულეთ სქემა: რა პროცესების დროს და უჯრედის რა სტრუქტურებში მიმდინარეობს ატფ-ის სინთეზი მცენარეულ და ცხოველურ უჯრედებში.



41. დაასრულეთ მოცემული სქემა: სამი წერტილის ნაცვლად გააკეთეთ შესაბამისი ჩანაწერები:

ენერგეტიკული ცვლა



თემა 4. უჯრედის გამრავლება

თემის მიმოხილვა

მთავარი იდეები

- უჯრედული ციკლი მოიცავს უჯრედის არსებობის მთელ პერიოდს ამ უჯრედის გაყოფის ჩათვლით; სხვადასხვა უჯრედის უჯრედული ციკლი განსხვავებული ხანგრძლივობისაა;
- მიტოზურად მრავლდება როგორც დიპლოიდური, ისე ჰაპლოიდური უჯრედები;
- მიტოზი – ეს არის ბირთვის გაყოფისა და მათ შორის ქრომოსომების (შესაბამისად, დნმ-ის) თანაბრად განაწილების მექანიზმი; უჯრედის გაყოფით მიღებული ყოველი შვილეული უჯრედი გენეტიკურად არის ერთმანეთისა და საწყისი უჯრედის იდენტური;
- უჯრედების გამრავლების კონტროლი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია; უჯრედების უკონტროლო გამრავლება სიმსივნის განვითარებას იწვევს;
- მიტოზი მრავალუჯრედიანებში არის ორგანიზმის ზრდა-განვითარების, დაზიანებული და დაბერებული უჯრედებისა და ქსოვილების აღდგენის საშუალება;
- მიტოზი არის ერთუჯრედიანი და ზოგიერთი მრავალუჯრედიანი ეუკარიოტი ორგანიზმის უსქესო გამრავლების საფუძველი;
- მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედები დიფერენცირდება კონკრეტული ფუნქციების შესასრულებლად;
- ღეროვანი უჯრედები არის სპეციალური ტიპის უჯრედები, რომლებიც დიფერენცირდება სხვადასხვა ტიპის უჯრედებად;
- უჯრედის სპეციალიზაცია განისაზღვრება არა ყველა გენით, არამედ იმ გენებით, რომლებიც „ჩართულია“ და რომელთა ინფორმაციის მიხედვით მიმდინარეობს ტრანსკრიპცია და შემდეგ ტრანსლაცია;
- დნმ-ის რეპლიკაციის დროს ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის ცვლილება იწვევს ტრანსკრიპციისა და ტრანსლაციის პროდუქტების (მ-რნმ-სა და ცილის) ცვლილებას – მუტაციებს; გენური მუტაციები გენეტიკური მრავალფეროვნებისა და ბიომრავალფეროვნების ძირითადი წყაროა;
- ღეროვან უჯრედებს იყენებენ სხვადასხვა დაავადების სამკურნალოდ;
- მეიოზი მიმდინარეობს მხოლოდ დიპლოიდურ უჯრედებში და, შედეგად, ჰაპლოიდური უჯრედები წარმოიქმნება; ჰაპლოიდური გამეტების ბირთვების შერწყმის, ანუ განაყოფიერების შედეგად წარმოიქმნება დიპლოიდური ზიგოტა, რომელსაც აქვს მისი სახეობისათვის დამახასიათებელი ქრომოსომების ნაკრები/კარიოტიპი;
- მეცნიერული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ მეიოზური გაყოფა არის გენეტიკური მრავალფეროვნების წყარო და ბიომრავალფეროვნების საფუძელი;
- მეიოზური პროცესის დარღვევამ შეიძლება გამოიწვიოს ჯანმრთელობის პრობლემები;
- პროკარიოტებში მემკვიდრული ინფორმაცია ორგანიზებულია ციტოპლაზმაში განთავსებულ რგოლური ფორმის ორჯაჭვიან დნმ-ის ერთ მოლეკულაში. გარდა ამისა, ზოგიერთ ბაქტერიას აქვს პლაზმიდებიც;
- პროკარიოტებში მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემის გზებია: ბინარული გაყოფა, ტრანსდუქცია, ტრანსფორმაცია და კონიუგაცია;
- მეცნიერები ტრანსდუქციას, ტრანსფორმაციასა და კონიუგაციას გენურ ინჟინერიაში იყენებენ გენეტიკური რეკომბინაციის ხელოვნურად მისაღებად.

დავალეები თვითშეფასებისთვის

არჩევითპასუხიანი/დახურული ტიპის ტესტური დავალებები

1. ცილების ინტენსიური სინთეზი, დნმ-ის რეპლიკაცია და ორგანელების რიცხვის ზრდა ხდება:
ა. ანაფაზაში; ბ. მეტაფაზაში; გ. პროფაზაში; დ. ინტერფაზაში; ე. ტელოფაზაში.
2. დნმ-ის რამდენი მოლეკულა შედის ერთი ქრომატიდის შემადგენლობაში?
ა. 0; ბ. 1; გ. 2; დ. ბევრი.
3. დნმ-ის რამდენი მოლეკულა შედის ერთ ქრომოსომაში ინტერფაზის ბოლოს?
ა. 0; ბ. 1; გ. 2; დ. ბევრი.
4. უჯრედული ციკლი მოიცავს:
ა. უჯრედის არსებობის პერიოდს გაყოფის გამოკლებით;
ბ. უჯრედის გაყოფის პერიოდს;
გ. უჯრედის არსებობის მთელ პერიოდს გაყოფის ჩათვლით.
5. უჯრედის სასიცოცხლო ციკლის ეტაპების სწორი თანმიმდევრობაა:
ა. ტელოფაზა – პროფაზა – მეტაფაზა – ანაფაზა – ციტოკინეზი – ინტერფაზა;
ბ. პროფაზა – ინტერფაზა – მეტაფაზა – ანაფაზა – ციტოკინეზი – ტელოფაზა;
გ. ინტერფაზა – პროფაზა – მეტაფაზა – ანაფაზა – ტელოფაზა – ციტოკინეზი;
დ. მეტაფაზა – ანაფაზა – ტელოფაზა – პროფაზა – ციტოკინეზი – ინტერფაზა;
ე. ინტერფაზა – მეტაფაზა – პროფაზა – ანაფაზა – ციტოკინეზი – ტელოფაზა.
6. მიტოზის პროფაზაში:
ა. ქრომატიდები ერთიმეორეს სცილდება და დამოუკიდებელ ქრომოსომად გადაიქცევა. ქრომოსომები თითისტარას ძაფების მეშვეობით მიემართებიან უჯრედის მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ.
ბ. ხდება ცილების სინთეზი, დნმ-ის რეპლიკაცია და ქრომოსომების, ორგანელების გაორმაგება;
გ. თითოეული ქრომოსომა სპირალურად ეხვევა, მოკლდება, ბირთვში ბირთვაკები ქრება, ცენტრიოლები უჯრედის პოლუსებისაკენ მიემართებიან, ფაზის ბოლოს ირღვევა ბირთვის გარსი;
დ. პოლუსებთან მისული ქრომოსომების დესპირალიზაცია ხდება და მათ გარშემო ფორმირდება ბირთვის გარსი, წარმოიქმნება ბირთვაკი.
ე. ქრომოსომები განლაგდებიან ეკვატორულ სიბრტყეში და გაყოფის თითისტარას ძაფები მიემაგრება ცენტრომერებზე. წარმოიქმნიან ე.წ. მეტაფაზურ ფირფიტას.
7. მიტოზის მეტაფაზაში:
ა. ქრომატიდები ერთიმეორეს სცილდება და დამოუკიდებელ ქრომოსომად გადაიქცევა. ქრომოსომები თითისტარას ძაფების მეშვეობით მიემართებიან უჯრედის მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ.
ბ. ხდება ცილების სინთეზი, დნმ-ის რეპლიკაცია და ქრომოსომების, ორგანელების გაორმაგება;
გ. თითოეული ქრომოსომა სპირალურად ეხვევა, მოკლდება, ბირთვში ბირთვაკები ქრება, ცენტრიოლები უჯრედის პოლუსებისაკენ მიემართებიან, ფაზის ბოლოს ირღვევა ბირთვის გარსი;
დ. პოლუსებთან მისული ქრომოსომების დესპირალიზაცია ხდება და მათ გარშემო ფორმირდება ბირთვის გარსი, წარმოიქმნება ბირთვაკი.

- ე. ქრომოსომები განლაგდებიან ეკვატორულ სიბრტყეში და გაყოფის თითისტარას ძაფები მიემაგრება ცენტრომერებზე. წარმოქმნიან ე.წ. მეტაფაზურ ფირფიტას.
8. მიტოზის ანაფაზაში:
- ქრომატიდები ერთიმეორეს სცილდება და დამოუკიდებელ ქრომოსომად გადაიქცევა. ქრომოსომები თითისტარას ძაფების მეშვეობით მიემართებიან უჯრედის მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ.
 - ხდება ცილების სინთეზი, დნმ-ის რეპლიკაცია და ქრომოსომების, ორგანელების გაორმაგება;
 - თითოეული ქრომოსომა სპირალურად ეხვევა, მოკლდება, ბირთვში ბირთვაკები ქრება, ცენტრიოლები უჯრედის პოლუსებისაკენ მიემართებიან, ფაზის ბოლოს ირღვევა ბირთვის გარსი;
 - პოლუსებთან მისული ქრომოსომების დესპირალიზაცია ხდება და მათ გარშემო ფორმირდება ბირთვის გარსი, წარმოიქმნება ბირთვაკი.
 - ქრომოსომები განლაგდებიან ეკვატორულ სიბრტყეში და გაყოფის თითისტარას ძაფები მიემაგრება ცენტრომერებზე. წარმოქმნიან ე.წ. მეტაფაზურ ფირფიტას.
9. მიტოზის ტელოფაზაში:
- ქრომატიდები ერთიმეორეს სცილდება და დამოუკიდებელ ქრომოსომად გადაიქცევა. ქრომოსომები თითისტარას ძაფების მეშვეობით მიემართებიან უჯრედის მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ.
 - ხდება ცილების სინთეზი, დნმ-ის რეპლიკაცია და ქრომოსომების, ორგანელების გაორმაგება;
 - თითოეული ქრომოსომა სპირალურად ეხვევა, მოკლდება, ბირთვში ბირთვაკები ქრება, ცენტრიოლები უჯრედის პოლუსებისაკენ მიემართებიან, ფაზის ბოლოს ირღვევა ბირთვის გარსი;
 - პოლუსებთან მისული ქრომოსომების დესპირალიზაცია ხდება და მათ გარშემო ფორმირდება ბირთვის გარსი, წარმოიქმნება ბირთვაკი.
 - ქრომოსომები განლაგდებიან ეკვატორულ სიბრტყეში და გაყოფის თითისტარას ძაფები მიემაგრება ცენტრომერებზე. წარმოქმნიან ე.წ. მეტაფაზურ ფირფიტას.
10. ინტერფაზაში:
- ქრომატიდები ერთიმეორეს სცილდება და დამოუკიდებელ ქრომოსომად გადაიქცევა. ქრომოსომები თითისტარას ძაფების მეშვეობით მიემართებიან უჯრედის მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ.
 - ხდება ცილების სინთეზი, დნმ-ის რეპლიკაცია და ქრომოსომების, ორგანელების გაორმაგება;
 - თითოეული ქრომოსომა სპირალურად ეხვევა, მოკლდება, ბირთვში ბირთვაკები ქრება, ცენტრიოლები უჯრედის პოლუსებისაკენ მიემართებიან, ფაზის ბოლოს ირღვევა ბირთვის გარსი;
 - პოლუსებთან მისული ქრომოსომების დესპირალიზაცია ხდება და მათ გარშემო ფორმირდება ბირთვის გარსი, წარმოიქმნება ბირთვაკი.
 - ქრომოსომები განლაგდებიან ეკვატორულ სიბრტყეში და გაყოფის თითისტარას ძაფები მიემაგრება ცენტრომერებზე. წარმოქმნიან ე.წ. მეტაფაზურ ფირფიტას.
11. ქრომატიდები ცილდება ერთმანეთს და დამოუკიდებელ ქრომოსომებად გარდაიქმნება:
- ანაფაზაში; ბ. ტელოფაზაში; გ. ინტერფაზაში; დ. პროფაზაში; ე. მეტაფაზაში.
12. მიტოზის ბიოლოგიური როლი ისაა, რომ:
- ყოველი ერთი მშობლიური უჯრედიდან ორი წარმოიქმნება;
 - მშობლიური უჯრედიდან შვილეულ უჯრედებს ზუსტი გენეტიკური ინფორმაცია გა-

დაეცემა;

გ. ორგანიზმის ყველა უჯრედი აბსოლუტურად ერთნაირი მიიღება;

დ. გენეტიკურად მრავალფეროვანი უჯრედები მიიღება.

13. გამრავლების მოლეკულურ საფუძვლად ითვლება:

ა. ტრანსკრიპცია;

გ. დნმ-ის რეპლიკაცია;

ე. ინტერფაზა;

ბ. ტრანსლაცია;

დ. მიტოზი;

ვ. ციტოკინეზი.

14. რომელი უჯრედები იყოფა ყველაზე სწრაფად?

1. ნაწლავის ეპითელიუმის უჯრედები;

3. ნეირონები;

2. კუნთოვანი ბოჭკოები;

4. კანის ეპითელიუმის.

სწორია: ა. 1, 2; ბ. 1, 3; გ. 2, 3; დ. 1, 4; ე. 2, 4; ვ. 3, 4.

15. მიტოზის ბოლოს თითოეულ ქრომოსომაში ქრომატიდების რიცხვი არის:

ა. 0;

ბ. 1;

გ. 2;

დ. ბევრი.

16. პროფაზაში თითოეულ ქრომოსომაში ქრომატიდების რიცხვი არის:

ა. 0;

ბ. 1;

გ. 2;

დ. ბევრი.

17. თუ პირველად სასქესო უჯრედში 12 ქრომოსომაა, მაშინ პირველი მეიოზური გაყოფით მიღებული უჯრედი შეიცავს:

ა. 12 ქრომოსომას 2-2 ქრომატიდით;

გ. 6 ქრომოსომას 2-2 ქრომატიდით;

ბ. 12 ქრომოსომას თითო ქრომატიდით;

დ. 6 ქრომოსომას თითო ქრომატიდით.

18. დავუშვათ, დედისეული უჯრედიდან მეიოზის გზით მიღებული თითოეული უჯრედი შეიცავს ორ ქრომოსომას. რამდენი ქრომოსომა და დნმ-ის რამდენი მოლეკულა აქვს ტელოფაზა I-ში წარმოქმნილ უჯრედებს?

ა. ქრომოსომა – 2, დნმ-ის მოლეკულა – 4;

ბ. ქრომოსომა – 2, დნმ-ის მოლეკულა – 2;

გ. ქრომოსომა – 1, დნმ-ის მოლეკულა – 2;

დ. ქრომოსომა – 1, დნმ-ის მოლეკულა – 1 გამრავლება.

19. მეიოზში ჰომოლოგიური ქრომოსომები კონიუგირებენ:

ა. მეორე ტელოფაზაში;

დ. პირველ ანაფაზაში;

ბ. მეორე პროფაზაში;

ე. პირველ მეტაფაზაში;

გ. პირველ პროფაზაში;

ვ. მეორე მეტაფაზაში.

20. პოპულაციაში ორგანიზმთა დიდი გენეტიკური მრავალფეროვნების მიზეზი არის:

I. მეიოზის პირველ პროფაზაში კროსინგოვერი;

II. მეიოზის დროს ჰომოლოგიური ქრომოსომების დაცილება, მათი შემთხვევითი და დამოუკიდებელი განაწილება გამეტებში;

III. განაყოფიერების დროს მდედრობითი და მამრობითო გამეტების შემთხვევითი შერწყმა.

სწორია:

ა. მხოლოდ I და II;

გ. მხოლოდ II და III;

ბ. მხოლოდ I და III;

დ. ყველა პასუხი სწორია.

21. მეიოზის პირველ ანაფაზაში:

ა. უჯრედის პოლუსებისაკენ მიემართება ქრომატიდები;

ბ. სცილდებიან ერთმანეთს ჰომოლოგიური ქრომოსომები;

გ. ჰომოლოგიური ქრომოსომები კონიუგირებენ;

დ. წარმოიქმნება მეტაფაზური ფირფიტა.

22. მეიოზის მეორე ანაფაზაში:

- ა. წარმოიქმნება ოთხი სომატური უჯრედი;
- ბ. სხვადასხვა პოლუსისაკენ მიემართება ქრომატიდები;
- გ. სხვადასხვა პოლუსისაკენ მიემართება ჰომოლოგიური ქრომოსომები;
- დ. ჰომოლოგიური ქრომოსომები კონიუგირებენ.

23. მიტოზთან დაკავშირებულია:

- ა. კონიუგაცია;
- ბ. კროსინგოვერი;
- გ. მხოლოდ ჰაპლოიდური უჯრედების წარმოქმნა;
- დ. გენეტიკურად სანყისი უჯრედის იდენტური უჯრედების წარმოქმნა;
- ე. ერთი უჯრედიდან ორი შვილეული უჯრედის წარმოქმნა;
- ვ. ერთი უჯრედიდან ოთხი შვილეული უჯრედის წარმოქმნა;
- ზ. ქრომატიდების დაცილება.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ

24. მეიოზთან დაკავშირებულია:

- ა. კონიუგაცია;
- ბ. კროსინგოვერი;
- გ. მხოლოდ ჰაპლოიდური უჯრედების წარმოქმნა;
- დ. დიპლოიდური უჯრედების წარმოქმნა;
- ე. ერთი უჯრედიდან ორი შვილეული უჯრედის წარმოქმნა;
- ვ. ერთი უჯრედიდან ოთხი შვილეული უჯრედის წარმოქმნა;
- ზ. ჰომოლოგიური ქრომოსომების დაცილება კონიუგაციის გარეშე.

პასუხი:

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ

25. სქესობრივი გამრავლების მთავარი უპირატესობა, უსქესო გამრავლებასთან შედარებით, ისაა, რომ:

- ა. უზრუნველყოფს მშობლების ზუსტი მემკვიდრეობითი ინფორმაციის გადაცემას;
- ბ. მიიღება შთამომავლობის დიდი რიცხვი;
- გ. ქმნის გენების ახალ კომბინაციას;
- დ. დროის მცირე მონაკვეთში მიმდინარეობს.

26. მოქმენთ მცდარი პასუხი – ოოგენეზის დროს:

- ა. მომწიფდება კვერცხუჯრედი და მისი მოცულობა იზრდება;
- ბ. ერთი სანყისი უჯრედიდან 4 სრულფასოვანი გამეტა წარმოიქმნება;
- გ. ერთი სანყისი უჯრედიდან 1 სრულფასოვანი გამეტა წარმოიქმნება;
- დ. გამრავლების სტადიაზე უჯრედები მიტოზურად იყოფა.

27. მოქმენთ მცდარი მტკიცებულება – სპერმატოგენეზის დროს:

- ა. ჩამოყალიბდება ჰაპლოიდური მამრობითი გამეტები;
- ბ. ერთი სანყისი უჯრედიდან 4 სრულფასოვანი გამეტა წარმოიქმნება;
- გ. ოთხიდან სამი უჯრედი ილუპება, ერთი ყალიბდება სრულფასოვან სპერმატოზოიდად;
- დ. გამრავლების სტადიაზე უჯრედები მიტოზურად იყოფა.

28. მოძებნეთ მცდარი მტკიცებულება:

- ა. ტრანსკრიპციის პროცესს მოსდევს ტრანსლაცია;
- ბ. მეორე მეიოზური გაყოფის წინ ინტერფაზაში დნმ რეპლიცირდება;
- გ. ქრომოსომების რიცხვი განახევრდება პირველი მეიოზური გაყოფის პროცესში;
- დ. კონიუგაცია მიმდინარეობს პირველ პროფაზაში.

29. სქესობრივი გმრავლების დროს სახეობისათვის დამახასიათებელი ქრომოსომების იგივე რიცხვი შენარჩუნდება:

- I. გამეტების წარმოქმნის დროს;
- III. მიტოზის შედეგად;
- II. ზიგოტის წარმოქმნის დროს;
- IV. მეიოზის შედეგად.

სწორია: ა. მხოლოდ I; ბ. მხოლოდ II; გ. I და II; დ. II და IV.

30. მეიოზისა და განაყოფიერების წყალობით –

- ა. თაობებში შენარჩუნდება სახეობისათვის დამახასიათებელი ქრომოსომების რიცხვი;
- ბ. მცირდება შთამომავლობაში მუტაციების წარმოქმნის ალბათობა;
- გ. თაობიდან თაობაში იცვლება ქრომოსომების რიცხვი;
- დ. სახეობის პოპულაციაში შენარჩუნდება ინდივიდების ფენოტიპი.

31. უჯრედული ციკლის პოსტსინთეზურ (G_2) პერიოდში ქრომოსომათა (n) და ქრომატიდების (c) რაოდენობა არის:

- ა. $2n, 4c$; ბ. $2n, 2c$; გ. $4n, 4c$; დ. n, c; ე. n, $2c$.

32. I მეიოზური გაყოფის შედეგად მიღებულ უჯრედში ქრომოსომათა (n) და ქრომატიდების (c) რაოდენობა არის:

- ა. $2n, 4c$; ბ. $2n, 2c$; გ. $4n, 4c$; დ. n, c; ე. n, $2c$.

33. II მეიოზური გაყოფის შედეგად მიღებულ უჯრედში ქრომოსომათა (n) და ქრომატიდების (c) რაოდენობა არის:

- ა. $2n, 4c$; ბ. $2n, 2c$; გ. $4n, 4c$; დ. n, c; ე. n, $2c$.

34. კროსინგოვერი არის:

- ა. ჰომოლოგიური ქრომოსომების ქრომატიდებს შორის მონაკვეთების გაცვლა;
- ბ. ჰომოლოგიურ ქრომოსომებს შორის ქრომატიდების გაცვლა;
- გ. ჰომოლოგიურ ქრომოსომებს შორის ცენტრიოლების გაცვლა;
- დ. ჰომოლოგიური ქრომოსომების გადაჯვარედინება.

35. მიტოზისათვის დამახასიათებელი პროცესები დაალაგეთ სწორი თანმიმდევრობით;

- ა. ქრომოსომები უჯრედის ეკვატორზე განლაგდება;
- ბ. ქრომატიდები მიემართება უჯრედის პოლუსებისკენ;
- გ. წარმოიქმნება ორი ბირთვი;
- დ. ქრომოსომები სპირალურად ეხვევა და თითოეული მათგანი ორი ქრომატიდისგან შედგება.

პასუხი:

--	--	--	--

36. დაადგინეთ შესაბამისობა უჯრედების დახასიათებასა და მათ ტიპს შორის.

უჯრედის დახასიათება

უჯრედის ტიპი

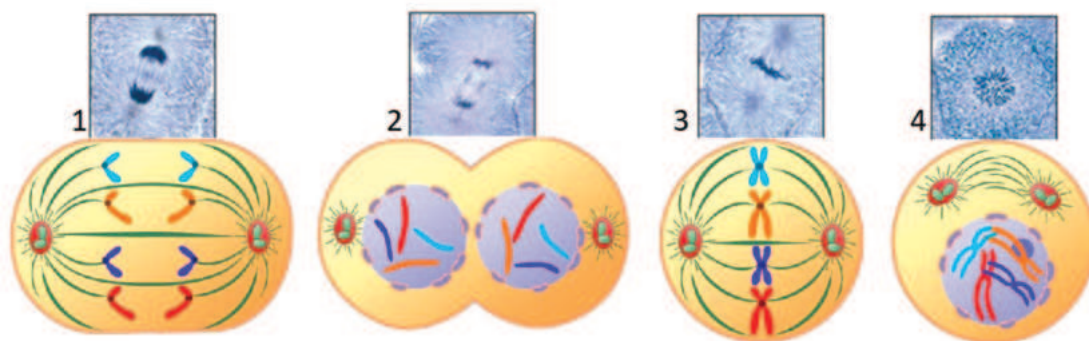
- ა. წარმოქმნიან ქსოვილებსა და ორგანოებს;
 - ბ. მონაწილეობენ განაყოფიერების პროცესში;
 - გ. ყველა ჰაპლოიდურია;
 - დ. აქვთ ქრომოსომების დიპლოიდური ან ჰაპლოიდური ნაკრები;
- 1) სომატური
 - 2) სასქესო (გამეტები)

- ე. მეიოზის პროცესში წარმოიქმნებიან;
ვ. მიტოზურად იყოფიან.

პასუხი:

	ᵃ	ᵇ	ᵇ	ᵈ	ᵉ	ᶠ
1						
2						

37. ადამიანში I მეიოზური გაყოფით მიღებულ უჯრედში იქნება:
 ა. 46 ქრომოსომა და 46 ქრომატიდი; გ. 23 ქრომოსომა და 46 ქრომატიდი;
 ბ. 46 ქრომოსომა და 92 ქრომატიდი; დ. 23 ქრომოსომა და 23 ქრომატიდი.
38. წინასასქესო უჯრედში არის 8 ქრომოსომა. I მეიოზური გაყოფით მიღებულ უჯრედში იქნება:
 ა. 8 ქრომოსომა და 8 ქრომატიდი; გ. 4 ქრომოსომა და 8 ქრომატიდი;
 ბ. 8 ქრომოსომა და 16 ქრომატიდი; დ. 4 ქრომოსომა და 4 ქრომატიდი.
39. წინასასქესო უჯრედში არის 8 ქრომოსომა. II მეიოზური გაყოფით მიღებულ უჯრედში იქნება:
 ა. 8 ქრომოსომა და 8 ქრომატიდი; გ. 4 ქრომოსომა და 8 ქრომატიდი;
 ბ. 8 ქრომოსომა და 16 ქრომატიდი; დ. 4 ქრომოსომა და 4 ქრომატიდი.
40. გამეტოგენეზის სტადიების სწორი თანმიმდევრობაა:
 ა. ზრდის – გამრავლების – მომწიფების – ფორმირების;
 ბ. გამრავლების – ზრდის – მომწიფების – ფორმირების;
 გ. გამრავლების – ზრდის – ფორმირების – მომწიფების;
 დ. გამრავლების – მომწიფების – ზრდის – ფორმირების.
41. დააკვირდით სურათებს და ამოიცანით მიტოზის ფაზები:
 მიტოზის ფაზები: ა. პროფაზა; ბ. მეტაფაზა; გ. ანაფაზა; დ. ტელოფაზა.



პასუხი:

1	2	3	4

42. ერთი ორგანიზმის სხვადასხვა ქსოვილის უჯრედი იდენტურ გენეტიკურ ინფორმაციას შეიცავს, რადგან:
- ა. ყველა ქსოვილის უჯრედი ზიგოტის მიტოზური გაყოფის შედეგად წარმოიქმნება.
 - ბ. ყველა ქსოვილის უჯრედი ზიგოტის მეიოზური გაყოფის შედეგად წარმოიქმნება.
 - გ. ზიგოტა სასქესო უჯრედების პერწყმის შედეგად წარმოიქმნება.
43. ერთი ორგანიზმის სხვადასხვა ქსოვილის უჯრედში სხვადასხვა ცილის სინთეზი შეიძ-

ლება ხდებოდეს, რადგან:

- ა. ყოველ უჯრედში რეალიზდება არა მთელი გენეტიკური ინფორმაცია, არამედ მხოლოდ მისი ნაწილი.
- ბ. უჯრედში არის რთული მექანიზმი, რომელიც უჯრედის სპეციფიურობიდან გამომდინარე, სხვადასხვა გენის „ჩართვას“ და „გამორთვას“ არეგულირებს.
- გ. ორივე პასუხი სწორია.

44. შეარჩიეთ მცდარი პასუხები:

- ა. მეორე მეიოზურ გაყოფას წინ უსწრებს დნმ-ის სინთეზი;
- ბ. მეორე გაყოფის მეტაფაზაში ეკვატორულ სიბრტყეში განლაგდება ორქრომატიდიანი ქრომოსომები;
- გ. მეორე გაყოფის ანაფაზაში უჯრედის საპირისპირო პოლუსებისაკენ მიემართება ორქრომატიდიანი ქრომოსომები;
- დ. მეორე გაყოფის ანაფაზაში ერთმანეთს სცილდება ქრომატიდები.

პასუხი: ☐ ☐ ☐ ☐

45. რა პროცესები ხდება პირველი მეიოზური გაყოფის პროფაზაში?

- ა. ორი ბირთვის წარმოქმნა;
- ბ. ჰომოლოგიური ქრომოსომების დაცილება;
- გ. მეტაფაზური ფირფიტის წარმოქმნა;
- დ. ჰომოლოგიური ქრომოსომების ჩაგრეხვა მთელ სიგრძეზე;
- ე. ჰომოლოგიურ ქრომოსომებს შორის უბნების გაცვლა;
- ვ. ქრომოსომების სპირალიზაცია.

პასუხი: ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

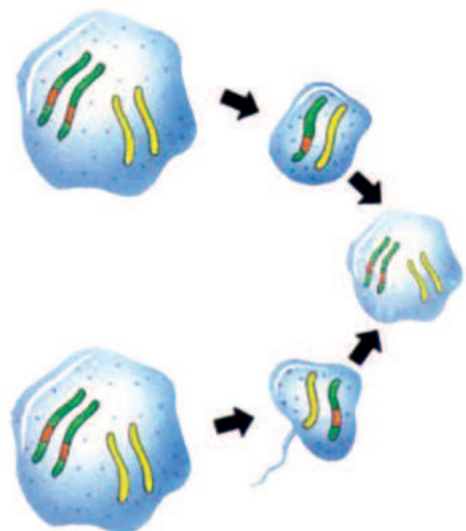
46. სწორად დაალაგეთ სპერმატოგენეზის სტადიები დაწყებული პირველადი სასქესო უჯრედიდან:

- ა. მომწიფება; ბ. გამრავლება; გ. ზრდა; დ. ფორმირება.

პასუხი: ☐ ☐ ☐ ☐

47. სქემაზე გამოსახულია შემდეგი პროცესები:

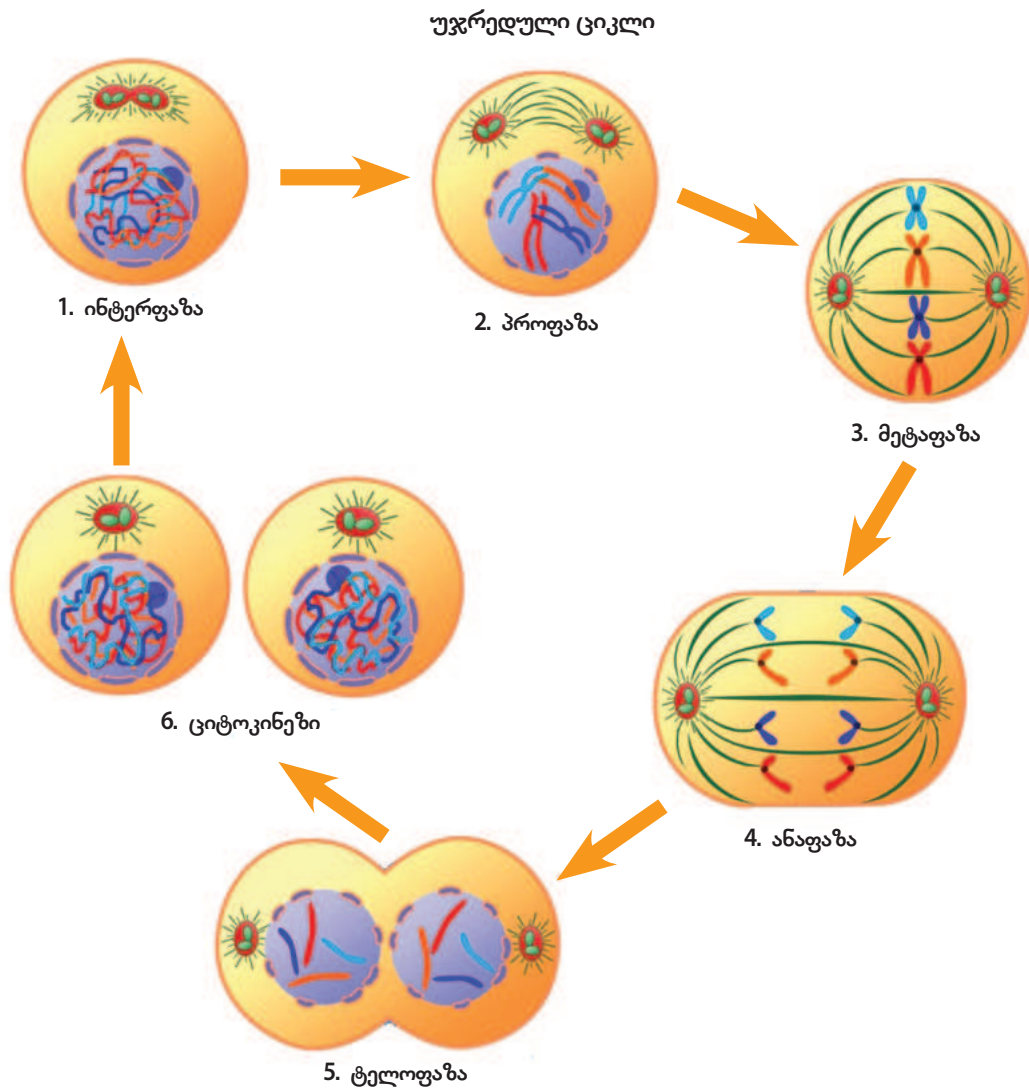
- ა. უჯრედების მიტოზური გაყოფა;
- ბ. მდედრობითი და მამრობითი გამეტების მეიოზური მომწიფება და განაყოფიერება;
- გ. მხოლოდ მეიოზი;
- დ. მხოლოდ განაყოფიერება.



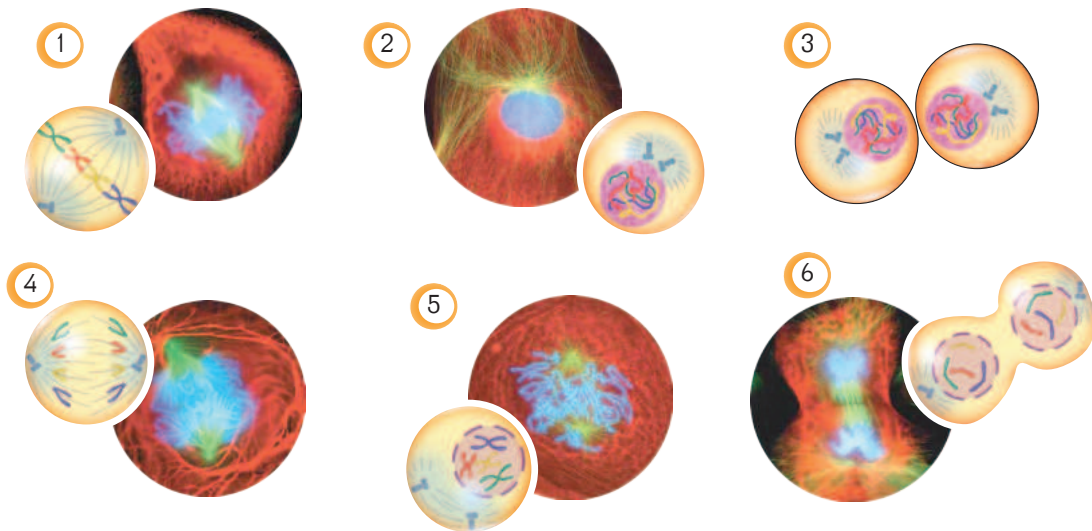
1. დაასახელეთ ერთი მსგავსება და ერთი განსხვავება მიტოზსა და ბინარულ გაყოფას შორის.
2. წარმოიდგინე, რომ მცენარე მოათავსეთ წყლიან ჭიქაში, ერთი კვირის შემდეგ განუერთარდა ფესვი და გადარგეთ ნიადაგში. 1) რა სახის გამრავლება ანარმოეთ? 2) უჯრედების გამრავლების რომელი ფორმა მონაწილეობს ამ შემთხვევაში და რა როლი აქვს მას? 3) კულტურული მცენარეების გამრავლების დროს რატომ იყენებენ ხშირად გამრავლების ამ ფორმას?
3. ცნობილია, რომ ბაქტერიებში დნმ-ის მუტაციების სიხშირე იზრდება, როდესაც ისინი იმყოფებიან სტრესულ გარემო პირობებში. როგორ ფიქრობთ, რატომ არის ეს მნიშვნელოვანი ორგანიზმისთვის, რომელიც უსქესოდ მრავლდება?
4. მეცნიერები მუშაობდნენ კიბოს სანინალმდეგო პრეპარატზე. მათ უჯრედული კულტურა დაამუშავეს რალაც ქიმიური ნივთიერებით. მათ შენიშნეს, რომ კულტურამ შეწყვიტა ზრდა. თუმცა იმავე კულტურის ამ ქიმიური ნივთიერებით დაუმუშავებელმა უჯრედებმა გააგრძელეს გამრავლება. 1) ეს შედეგები შეიძლება მიუთითებდეს იმაზე, რომ გამოყენებული ქიმიური ნივთიერება ბლოკავს უჯრედული ციკლის ნორმალურად მიმდინარეობას? 2) იმსჯელეთ, რა შეიძლება იყოს ასეთი შედეგის მიზეზი? 3) რა ასრულებს ამ ექსპერიმენტში საკონტროლო ჯგუფის როლს?
5. გამოთქვით ჰიპოთეზა – შეიძლება თუ არა ინდივიდის ერთ-ერთი სომატური უჯრედის მუტაცია გადაეცეს ამ ინდივიდის შთამომავლობას? ახსენით თქვენი პასუხი არგუმენტირებული მსჯელობით.
6. მიტოზის რომელი ფაზაა ყველაზე ხელსაყრელი ქრომოსომული კომპლექტის მიკროსკოპული მეთოდით შესასწავლად? რატომ?
7. ბარდის სომატურ დიპლოიდურ უჯრედებში 14 ქრომოსომაა. გამოთვალეთ: 1) რამდენი ქრომოსომა (n) და ქრომატიდი (c) ექნება სანყის/დედისეულ უჯრედს G_1 ფაზასა და პროფაზაში? 2) რამდენი ქრომოსომა და ქრომატიდი ექნება თითოეულ შვილეულ უჯრედს?
8. დავუშვათ, რომ ორგანიზმს ნორმაში აქვს 24 ქრომოსომა. რამდენი ქრომატიდი ექნება მას უჯრედული ციკლის S ფაზის შემდეგ?
9. ცხოველის უჯრედში ქრომოსომების დიპლოიდური ნაკრები არის 38. განსაზღვრეთ დნმ-ის მოლეკულების რაოდენობა პირველი და მეორე მეიოზური გაყოფის შემდეგ. თქვენი პასუხი დაასაბუთეთ.
10. მამრ ფუტკარს აქვს ჰაპლოიდური სომატური უჯრედები. გამოთვალეთ: 1) რამდენი ქრომოსომა (n) და ქრომატიდი (c) ექნება სანყის/დედისეულ უჯრედს G_1 ფაზასა და პროფაზაში? 2) რამდენი ქრომოსომა და ქრომატიდი ექნება თითოეულ შვილეულ უჯრედს?
11. ცხოველის უჯრედში ქრომოსომების დიპლოიდური ნაკრები არის 34. განსაზღვრეთ დნმ-ის მოლეკულების რაოდენობა პირველი და მეორე მეიოზური გაყოფის შემდეგ. პასუხი დაასაბუთეთ.
12. წინასასექსო უჯრედში არის 16 ქრომოსომა. რამდენი ქრომოსომა და რამდენი დნმ-ის მოლეკულა/ქრომატიდი იქნება II მეიოზური გაყოფის შედეგად მიღებულ უჯრედებში? ახსენით თქვენი პასუხი.
13. დავუშვათ, შეგიძლიათ დნმ-ის რაოდენობის გაზომვა კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდის წინასასექსო უჯრედების ბირთვში პრესინთეზის ფაზაში; თითოეულ ბირთვში ქრომოსომების მასა იყო m. 1) დნმ-ის როგორი მასა იქნება მეიოზის შემდეგად წარმქმ-

ნილი თითოეული მომწიფებული გამეტის (თითოეული კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდის ბირთვი? 2) დნმ-ის როგორი მასა იქნება ამ გამეტების შერწყმის შედეგად წარმოქმნილი ზიგოტის ბირთვი?

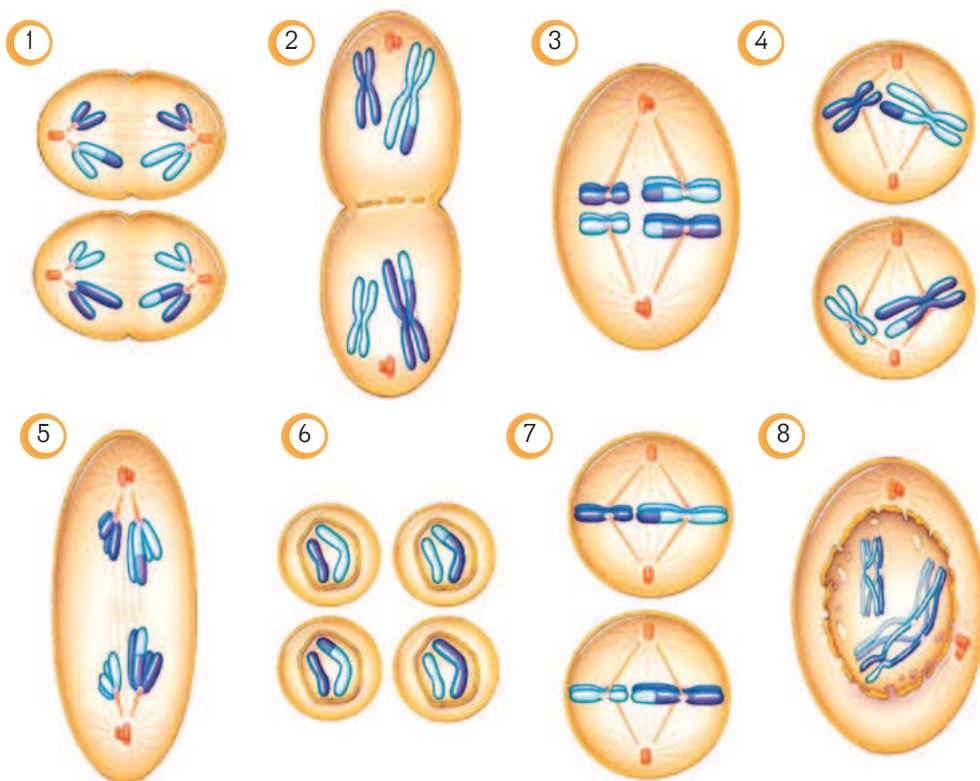
14. წინასასქესო უჯრედისთვის დამხასიათებელია 8 ქრომოსომა. განსაზღვრეთ ქრომოსომებისა (n) და ქრომატიდების (c) რიცხვი: 1) I რიგის ოოციტის გაყოფის პროფაზაში, II რიგის ოოციტის გაყოფის პროფაზაში, 3) კვერცხუჯრედში.
15. სპერმატოზოიდს თავის წინა ნაწილში აქვს ფერმენტების შემცველი აკროსომა. 1) რომელ ფერმენტებს შეიცავს აკროსომა? 2) რა ფუნქციას ასრულებს აკროსომა?
16. გაეცანით სურათზე მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხეთ კითხვებს: 1) რამდენი და რა და რა ფაზისგან შედგება მიტოზი? 2) უჯრედის რა სტრუქტურები მონაწილეობენ მიტოზში და რა ფუნქციებს ასრულებენ ამ პროცესში? 3) აღწერეთ, როგორ განაწილდება ქრომოსომები შვილეულ უჯრედებს შორის: რამდენი ქრომოსომა (n) და ქრომატიდი (c) აქვს სანყის უჯრედს პროფაზაში? რამდენი ქრომოსომა (n) და ქრომატიდი (c) არის ტელოფაზაში თითოეულ ბირთვში?



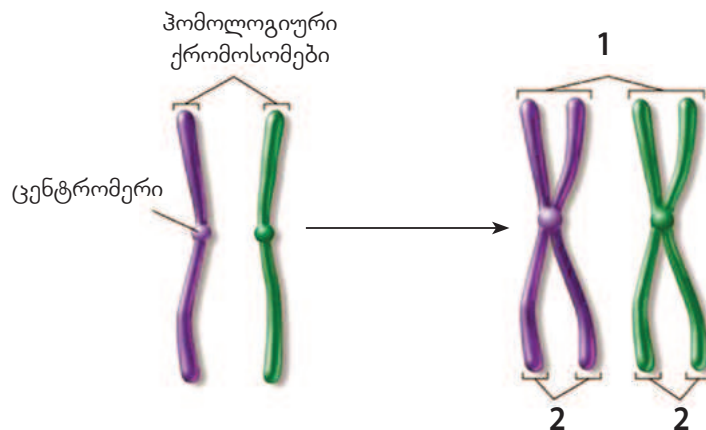
17. 1) ამოიცანით ციფრებით აღნიშნული უჯრედული ციკლის ეტაპები და ფაზები, მიუწერეთ შესაბამისი დასახელება; 2) ციფრები ისეთი თანმიმდევრობით დაალაგეთ, რომ სწორად ასახავდეს უჯრედული ციკლის ეტაპებისა და ფაზების თანმიმდევრობას.



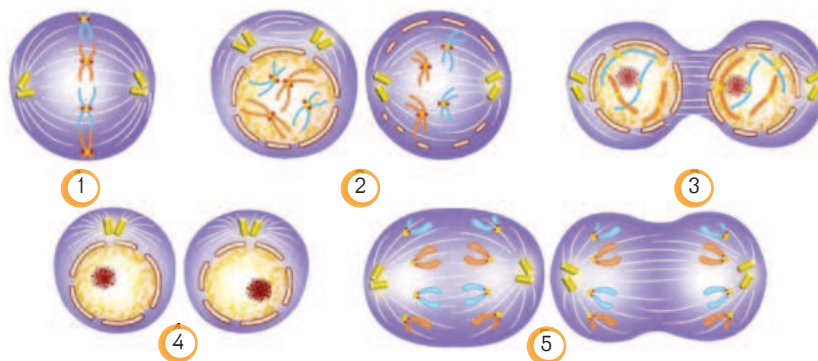
18. 1) სურათზე ამოიცანით მეიოზის ციფრებით აღნიშნული ფაზები და მიუწერეთ შესაბამისი დასახელება; 2) ციფრები ისეთი თანმიმდევრობით დაალაგეთ, რომ სწორად ასახავდეს მეიოზის პროცესს



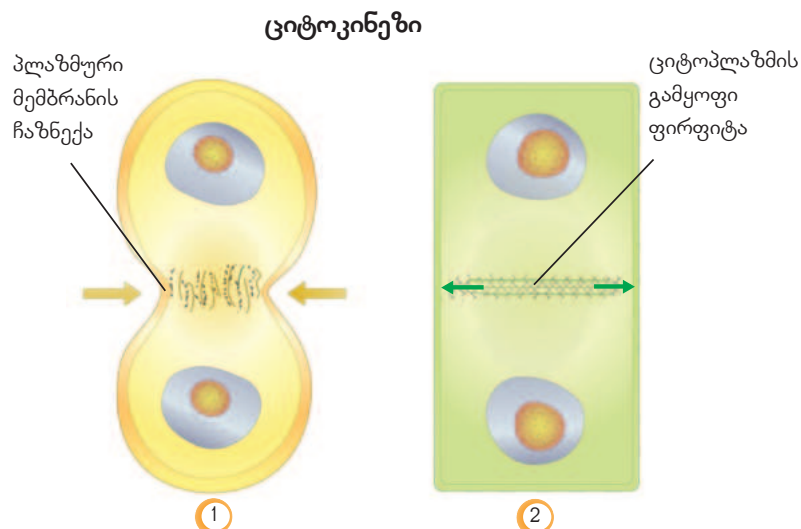
19. სურათის მიხედვით – 1) აღწერეთ, ისრის მარჯვენა მხარეს მოცემულმა ქრომოსომებმა რა ცვლილებები განიცადეს და რა პროცესის შედეგად? 2) მიუთითეთ, რა არის აღნიშნული ციფრებით – 1 და 2.



20. 1) ამოიცანით სურათზე მოცემული ციფრებით აღნიშნული მიტოზის ფაზები და ციტოკინეზი და შესაბამისი ტერმინები მიუთითეთ. 2) ციფრები ისეთი თანმიმდევრობით დაალაგეთ, რომ სწორად აღწერდეს უჯრედის გაყოფის პროცესის თანმიმდევრობას. 3) რით განსხვავდება პროფაზა და ტელოფაზა ერთმანეთისგან?



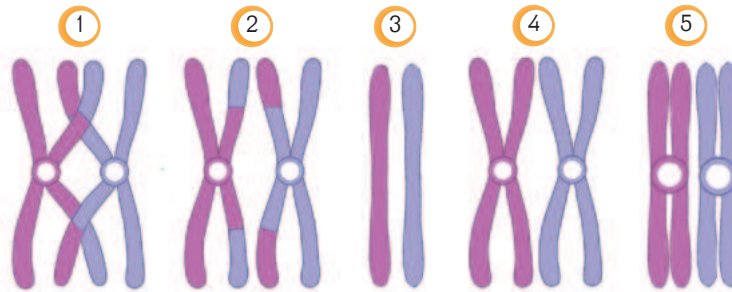
21. 1) სურათის მიხედვით ამოიცანით მცენარეული და ცხოველური უჯრედი; 2) აღწერეთ მცენარეულ და ცხოველურ უჯრედებში მიმდინარე ციტოკინეზის პროცესს შორის განსხვავება. 3) ახსენით, მცენარეული და ცხოველური უჯრედების აგებულების რა თავისებურებასთან არის დაკავშირებული ციტოკინეზის პროცესში ეს განსხვავება.



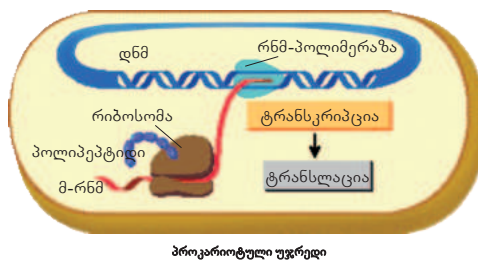
22. 1) სურათებზე მოცემულია ქრომოსომების ცვლილებები, რომლებსაც ისინი განიცდიან ინტერფაზისა და პირველი მეიოზური გაყოფის პროცესებში. ამოიცანით ფაზები და შეავსეთ შესაბამისობის ცხრილი.

2) აღწერეთ ის ცვლილებები, რომლებსაც განიცდიან ქრომოსომები თითოეულ ფაზაში და ამ ცვლილებების ბიოლოგიური მნიშვნელობა.

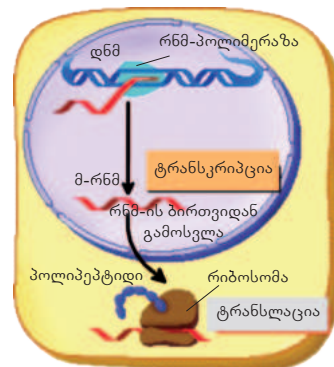
	1	2	3	4	5
G ₁					
G ₂					
პროფაზა					



23.1) თანმიმდევრულად აღწერეთ სქემებზე გამოსახული პროკარიოტულ და ეუკარიოტულ უჯრედებში მიმდინარე პროცესები. 2) რა განსხვავებაა ამ პროცესების მიმდინარეობაში პროკარიოტებსა და ეუკარიოტებს შორის?

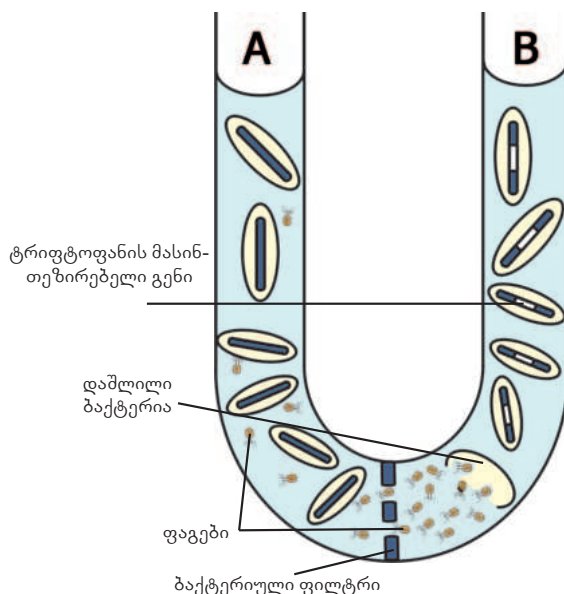


პროკარიოტული უჯრედი



ეუკარიოტული უჯრედი

24. მეცნიერებმა ჩაატარეს ცდა, რომელიც სურათზეა წარმოდგენილი: A ბაქტერია ვერ ასინთეზირებს ამინომჟავა ტრიფტოფანს, B ბაქტერიას კი შეუძლია ამ ამინომჟავას სინთეზი. U-ს მაგვარ ჭურჭელში მოათავსეს A და B ბაქტერიები. ისინი ერთმანეთისგან გამიჯნეს ბაქტერიული ფილტრით (ფილტრში ვერ გადიან ბაქტერიები). B ბაქტერიებთან ერთად მოათავსეს ბაქტერიოფაგები, რომელთაც შეეძლოთ ფილტრში გაღწევა. რამდენიმე ხნის შემდეგ შეამოწმეს A ბაქტერიები. აღმოჩნდა, რომ მათ ნაწილს შეეძლო ტრიფტოფანის სინთეზი. გამოიყენეთ ცოდნა ტრანსდუქციის შესახებ და ახსენით: 1) როგორ შეიძინეს ბაქტერიებმა ტრიფტოფანის სინთეზის უნარი? 2) რა ფუნქციას ასრულებს ტრანსდუქციის პროცესში ბაქტერიოფაგი? 3) რომელი ბაქტერია ასრულებს დონორის როლს? 4) რომელი ბაქტერიაა მიმღების/რეციპიენტის როლში?



გამოყენებული ლიტერატურა

1. თიმენი ე.ჯ., პალადინო მ.ა., – ბიოტექნოლოგიის შესავალი, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2015;
2. თუმანიშვილი გ., ძიძიგური დ. – ციტოლოგია (მეორე გამოცემა), თბილისი, 2006;
3. კემპბელი ნ., რისი ჯ. – ბიოლოგია (მე-7 გამოცემის თარგმანი), ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2009 (ელექტრონული ვერსია);
4. სეხნიაშვილი, მ. – ბიოლოგია X კლასი, I ნაწილი, „კლიო“, „მერიდიანი“, 2022;
5. სეხნიაშვილი, მ. – ბიოლოგია X კლასი, II ნაწილი, „კლიო“, „მერიდიანი“, 2022;
6. შათირიშვილი ა., ცაგარელი ს., ლაზრიშვილი ი. – ბიოლოგია (მეოთხე გამოცემა), შეფასებისა და გამოცდების ეროვნული ცენტრი, თბილისი, 2025;
7. შათირიშვილი ა., დვალიშვილი ნ. – ზოგადი გენეტიკა (მეორე გამოცემა), ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, 2017;
8. Campbell – Biology, (მეთორმეტე გამოცემა), „Pearson“, New York, 2021 (ელექტრონული ვერსია);
9. Stephen Nowicki – Biology, Houghton Mifflin Harcourt, Printed in Canada, 2012;
10. Stephen Nowicki – Biology, Houghton Mifflin Harcourt, 2017 (ელექტრონული ვერსია);
11. Starr C., Taggart R., Evers Ch., Starr L. – Biology. The Unity and Diversity of Life, (მეთორმეტე გამოცემა), 2009 (ელექტრონული ვერსია);
12. Taylor D.J., Green N.P., Stout G.W. – Biology, Cambridge University Press, 2004 (ელექტრონული ვერსია).

დანართი

საზომი ერთეულები

სიგრძის საზომი ერთეულები		
დასახელება	სიმბოლო	აღწერილობა
ანგსტრემი	Å	0,1 ნანომეტრი, ანუ მეტრის მეათმილიარდედი (10^{-10} მ)
ნანომეტრი	Nm (ნმ)	მეტრის მემილიარდედი ნაწილი (10^{-9} მეტრი), უდრის 10 ანგსტრემს, უდრის 10^{-6} მმ
მიკრომეტრი	µm (მკმ)	მეტრის მემილიონედი, ანუ მილიმეტრის მეათასედი ნაწილი
მილიმეტრი	mm (მმ)	მეტრის მეათასედი ნაწილი
სანტიმეტრი	cm (სმ)	მეტრის მეასედი ნაწილი
დეციმეტრი	dm (დმ)	მეტრის მეათედი ნაწილი
მეტრი	m (მ)	მანძილი, რომელსაც სინათლე გადის ვაკუუმში 1/299 792 458 წამში
კილომეტრი	km (კმ)	უდრის 1000 მეტრს
მოცულობის საზომი ერთეულები		
ლიტრი	L (ლ)	უდრის 0,001 კუბურ მეტრს
მილილიტრი	ml (მლ)	უდრის 0,001 ლიტრს
დეკალიტრი	dal (დლ)	უდრის 10 ლიტრს
კუბური მეტრი	m³ (მ³)	უდრის 1000 ლიტრს
1 სუფრის კოვზი	tbsp (სკ)	უდრის 0,015 ლიტრს (15 მილილიტრს)
1 ჩაის კოვზი	tsp (ჩკ)	უდრის 4,93 მილილიტრს
ენერგიის საზომი ერთეულები		
ჯოული	J (ჯ)	1 ჯოული არის ენერგია, რომელიც იხარჯება 1 ნიუტონი ძალით სხეულის 1 მეტრით გადაადგილებისას ძალის მოქმედების მიმართულებით. ასევე ჯოული არის მუშაობა, რომელიც საჭიროა 1 ვატი სიმძლავრის შესაქმნელად 1 წამში.
კალორია	cal (კალ)	უდრის სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც საჭიროა 1 გრამი წყლის ტემპერატურის 1 გრადუსით გასათბობად ნორმალური ატმოსფერული წნევისას. უდრის 4,19 ჯოულს.

ბანმარტეხიტი ლექსიკონი

ა

ადფ — ადენოზინდიფოსფორმჟავა (ადენოზინდიფოსფატი) ადენოზინად წოდებული ქიმიური ჯგუფისა (ადენინი და რიბოზა) და მასთან მიერთებულ ორ ფოსფორმჟავას ნაშთისაგან შემდგარი მოლეკულა, რომელიც წარმოიქმნება ატფ-სგან ერთი ფოსფორმჟავას ნაშთის ჩამოშორებისას.

ავტოტროფი — ორგანიზმი, რომელიც მარტივი არაორგანული ნივთიერებებიდან ორგანულ ნაერთებს ქმნის.

აერობული სუნთქვა — ენერგეტიკული ცვლის ეტაპი, რომელიც მიმდინარეობს თავისუფალი ჟანგბადის მონაწილეობით და შედეგად გამოთავისუფლდება დიდი რაოდენობით ენერგია, ნახშირორჟანგი და წყალი.

ალელი — გენის არსებობის ფორმა, ანუ ერთი და იმავე გენის ალტერნატიული ფორმები, რომლებიც ალტერნატიულ (ურთიერთგამომრიცხავ) ნიშან-თვისებებს განსაზღვრავს.

ამინომჟავა — ცილის პოლიმერული მოლეკულის მონომერი, რომლის შემადგენელი ნაწილია ამინო-ჯგუფი - NH_2 და კარბოქსილ-ჯგუფი — COOH . ცილის შენებაში მონაწილეობს 20 განსხვავებული სახის ამინომჟავა.

ანაერობული სუნთქვა — ენერგეტიკული ცვლის ეტაპი, რომელიც არ საჭიროებს თავისუფალ ჟანგბადს და ახასიათებს ნებისმიერ ცოცხალ უჯრედს. ამ დროს მცირე რაოდენობით ენერგია გამოთავისუფლდება.

***ართრიტი** — სახსრების ანთება.

ასიმილაცია, ანუ ანაბოლიზმი — ცოცხალ ორგანიზმში რთული ორგანული ნივთიერებების სინთეზური რეაქციების ერთობლიობა, რომლებიც ენერგიის ხარჯვით მიმდინარეობს.

ანტიგენი — ორგანიზმის მიერ უცხო ნივთიერებად აღქმული ნივთიერება, მიკროორგანიზმი, რომლის საპასუხოდაც ანტისხეულები წარმოიქმნება.

ანტისხეული — ლიმფოციტების მიერ სისხლის პლაზმაში გამოყოფილი დამცავი ცილები, რომლებიც უკავშირდება

გარკვეულ ანტიგენს და ქმნიან ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსს.

ატფ — ადენოზინტრიფოსფორმჟავა (ადენოზინტრიფოსფატი), ადენოზინის ქიმიური ჯგუფისაგან (ადენინი და რიბოზა) და მასთან მიერთებულ სამ ფოსფორმჟავას ნაშთისაგან შემდგარი ენერგიით მდიდარი მოლეკულა.

აუტოსომები — რომლებიც მდებრობით და მამრობით ორგანიზმებს ერთნაირი აქვთ.

ბ

***ბენედიქტის რეაქტივი** — არის სპილენძის სულფატის შემცველი მოლურჯო ხსნარი, რომელიც გამოიყენება ხსნარებში შაქრების აღმოსაჩენად. იგი შეიმუშავა სტენლი ბენედიქტმა 1909 წელს.

ბიოტექნოლოგია — სრულყოფილ ბიოლოგიურ პროცესებზე დამყარებული წარმოება.

ბუფერობა — უჯრედის თვისება, შეინარჩუნოს შედარებით მუდმივი pH.

გ

გამეტა — სასქესო უჯრედი/რეპროდუქციული უჯრედი.

გამეტოგენეზი — სასქესო უჯრედების/გამეტების წარმოქმნის პროცესი.

გამრავლება — ყველა ცოცხალი ორგანიზმის ერთ-ერთი ძირითადი თვისება, წარმოქმნას თავისი თავის მსგავსი ახალი ორგანიზმი.

განაყოფიერება — მამრობითი და მდედრობითი გამეტების ბირთვების შერწყმა.

გენი — დნმ-ის უბანი (ზოგიერთ ვირუსში რნმ-ის), რომელიც შეიცავს ინფორმაციას განსაზღვრული ცილის პირველადი სტრუქტურის, სატრანსპორტო ან რიბოსომული რნმ-ის შესახებ.

გენომი — არის ორგანიზმის უჯრედის მთელი დნმ-ის სართო რაოდენობა.

გენოტიპი — გარეგანი და შინაგანი აგებულების, ნივთიერებათა ცვლის განმსაზღვრელი ყველა გენის ერთობლიობა.

***გენური თერაპია** — მედიცინის დარგი, რომელიც მიმართულია მემკვიდრეობითი დაავადების აღმოფხვრის ან მისი გამოვ-

ლენის შესუსტებისკენ.

გენური ინჟინერია – ერთი ორგანიზმის გენის სხვა ორგანიზმის დნმ-ში ჩართვის ტექნოლოგია.

გლიკოლიზი — გლუკოზის უფანგბადო დაჟანგვა.

გლიკოლიპიდი — ლიპიდისა და ნახშირწყლის კომპლექსი.

გლიკოპროტეინი — ნახშირწყალ-ცილის კომპლექსი.

გრანა — ქლოროპლასტში ერთმანეთზე მონეტებივით დალაგებული თილაკოიდების ერთობლიობაა.

დ

დიპლოიდური კომპლექტი – ქრომოსომების ორმაგი კომპლექტი. აღინიშნება 2n-ით.

დეზოქსირიბონუკლეაზა — ფერმენტი, რომელიც დნმ-ის პოლიმერს შლის.

დენატურაცია — სხვადასხვა ფაქტორის (ტემპერატურის, დასხივების, ქიმიური ნივთიერების) ზემოქმედებით ბიოპოლიმერის ბუნებრივი სტრუქტურული კონფიგურაციის ნაწილობრივი ან მთლიანი, შექცევადი ან შეუქცევადი ცვლილება.

დიმერი — დნმ-ის ერთი ჯაჭვის მეზობელი აზოტოვანი ფუძეების დაკავშირების შედეგად წარმოიქმნება.

დისაქარიდი — ორი მონოსაქარიდისგან შემდგარი ნახშირწყალი. მაგ., ლაქტოზა, მალტოზა, საქაროზა და სხვ.

დისიმილაცია, ანუ კატაბოლიზმი — რთული ნივთიერებების მარტივ ნივთიერებებად დაშლის ფერმენტული რეაქციების ერთობლიობა, რომელსაც თან ახლავს ენერგიის გამოყოფა.

დნმ (დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა) — ბიოპოლიმერი, რომლის მონომერი არის 4 სახის ნუკლეოტიდი, რომელთაგანაც დაკავშირებულია მემკვიდრული ინფორმაციის შენახვა და გადაცემა.

დნმ-ის რეპლიკაცია — დნმ-ის მოლეკულის გაორმაგება — ორი იდენტური მოლეკულის წარმოქმნა.

დნმ-პოლიმერაზა — ფერმენტი, რომელიც დნმ-ის ჯაჭვების სინთეზში ლებულობენ მონაწილეობას.

ე

ეგზოციტოზი — პლაზმური მემბრანის მეშვეობით მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტების ან ჯირკვლის სეკრეტების გამოყოფა უჯრედის გარეთ.

ენდოციტოზი — უჯრედის მიერ მყარი ნაწილაკებისა და სითხის დიდი წვეთების შთანთქმა.

ემბრიოგენეზი – ემბრიონული ღეროვანი უჯრედები – მათგან ემბრიონის განვითარების პროცესში მრავალუჯრედიანი ორგანიზმისთვის დამახასიათებელი ყველა ტიპის უჯრედი ვითარდება.

ენერგეტიკული ცვლა — იხილეთ დისიმილაცია.

ეუკარიოტული უჯრედი – ბირთვიანი – და **პროკარიოტული უჯრედი** – უბირთვო (ბერძნ. „karyon“ – ბირთვი) უჯრედი.

ზ

ზიგოტა – უჯრედი, რომელიც წარმოიქმნება სასქესო უჯრედების /გამეტების შერწყმის შედეგად.

ზრდასრული (სომატური) ღეროვანი უჯრედები – სხვადასხვა ქსოვილსა და ორგანოში განლაგებული ნაწილობრივ არადიფერენცირებული უჯრედები, რომლებიც მხოლოდ გარკვეული ტიპის უჯრედებად დიფერენცირდება.

თ

თილაკოიდი — ქლოროპლასტში არსებული მრავალრიცხოვანი მემბრანებით შემოსაზღვრული ბრტყელი ტომსიკები (ბერძნ. „thylakos“ – ტომსიკა).

ი

***ინბრიდინგი** — მონათესავე სხვადასხვა სახეობის ინდივიდების შეჯვარება.

ინტერფაზა – უჯრედის გაყოფამდე ფაზა, რომელიც შედგება პრესინთეზური, დნმ-ის სინთეზისა და პოსტსინთეზური ფაზებისგან.

კ

კანცეროგენური ნივთიერება – კიბოს გამომწვევი ნივთიერება.

კარიოტიპი – ქრომოსომული კომპლექტის ნიშან-თვისებების (რიცხვი, ზომა, ფორმა, ქრომოსომების სტრუქტურა) ერთობლიობა, რომელიც დამახასიათებელია მოცემული სახეობის სომატური უჯრედებისთვის.

კიბოს უჯრედები – უკონტროლოდ მზარდი უჯრედები.

კლონი – მშობლიური ინდივიდისგან უსქესო გამრავლებით მიღებული ინდივიდების ერთობლიობა.

კლონირება – უსქესო გამრავლებით იდენტური შთამომავლობის მიღების პროცესი.

კომპლემენტარობა — მოლეკულების ერთმანეთთან დაკავშირება მათი გეომეტრიული ფორმის შესაბამისობის პრინციპით, მაგ., დნმ-ში ორი ჯაჭვის დაკავშირება, რომელიც უზრუნველყოფს აზოტოვან ფუძეებს შორის მაქსიმალური რაოდენობით წყალბადური ბმის წარმოქმნასა და ორმაგი სპირალის მთელ სიგრძეზე ჯაჭვებს შორის თანაბარი მანძილის დაცვას.

კონიუგაცია (ზოგადად) – გენეტიკური მასალის მიმოცვლის გზა.

კონიუგაცია ბაქტერიებში – ბაქტერიების უშუალო კონტაქტის მეშვეობით ერთი ბაქტერიის გენეტიკური მასალის მეორე ბაქტერიაში გადაცემის გზა.

კონიუგაცია ქრომოსომების – ჰომოლოგიური ქრომოსომების ქრომატიდების ერთმანეთთან გადაჭდობა/გადაჯვარდინება.

კროსინგოვერი – კონიუგაციის დროს ჰომოლოგიური ქრომოსომების ქრომატიდებს შორის ჰომოლოგიური უბნების/მონაკვეთების გაცვლა, რომელიც გენების რეკომბინაციას იწვევს.

ლ

ლიპიდები — ცხიმი და ცხიმისმაგვარი ჰიდროფობური ორგანული ნაერთები.

***ლეტალური გენი** — გენი, რომელიც ორგანიზმის სიკვდილს იწვევს.

ლოკუსი – ქრომოსომის უბანი, რომელშიც გენია მოთავსებული.

მ

მატრიცა — ნიმუში, ყალიბი.

მატრიქსი – მიტოქონდრიის შიდა მემ-

ბრანებს შორის თხევადი სივრცე, რომელშიც მოთავსებულია რიბოსომები, დნმ და ფერმენტები.

მეიოზი – დიპლოიდური უჯრედის თანმიმდევრული ორი გაყოფა, რომლის დროსაც ქრომოსომების რიცხვის რედუქცია (2-ჯერ შემცირება) ხდება და, შედეგად, ოთხი ჰაპლოიდური უჯრედი წარმოიქმნება.

მემკვიდრეობითობა – ორგანიზმის თვისება, შეინარჩუნოს მშობლებისაგან მიღებული ნიშან-თვისებები და გადასცეს იგი თავის შთამომავლობას.

მეტაბოლიზმი — დისიმილაციისა და ასიმილაციის პროცესების ერთობლიობა.

მიტოზი – ეუკარიოტული უჯრედების გაყოფა, რომელიც უზრუნველყოფს შვილეულ უჯრედებში სანყისი/დედისეული უჯრედისათვის დამახასიათებელი ქრომოსომული ნაკრებისა და, შესაბამისად, იგივე მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემას.

***მონოგამია** — მამრის ერთ მდედრდთან შეჯვარება ერთი ან რამდენიმე სეზონის განმავლობაში.

მონომერი — პოლიმერული მოლეკულის შემადგენელი ელემენტარული სტრუქტურა, რომელიც შეიძლება მასში მრავალჯერადად განმეორდეს.

მონოსომია – ნორმალური დიპლოიდური ქრომოსომული ნაკრებისგან განსხვავებით, ქრომოსომათა რომელიმე წყვილში ერთი ქრომოსომა (2n-1).

მონოსაქარიდი — მარტივი ნახშირწყალი, მაგალითად, გლუკოზა, ფრუქტოზა, რიბოზა, დეზოქსირიბოზა.

მუტაცია – გენოტიპის ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია მთელი ქრომოსომის, მისი რომელიმე უბნის ან ცალკეული გენის ცვლილებით.

მუტაგენები – მუტაციის გამომწვევი ფაქტორები.

ნ

ნიშან-თვისება — ორგანიზმის (უჯრედის) აგებულების, ფიზიოლოგიური, ბიოქიმიური პროცესების თავისებურებები.

ო

ოოგენეზი – მდედრობითი სასქესო უჯრე-

დის/კვერცხუჯრედის წარმოქმნის პროცესი.

პ

***პათოლოგია** – ორგანიზმის ან მისი ამა თუ იმ სტრუქტურის მაჩვენებლების ნორმიდან გადახრა.

პინოციტოზი — პლაზმური მემბრანის მიერ წვეთებისა და თხევადი ნივთიერებების შთანთქმა.

პლაზმოდესმა — წვრილი ციტოპლაზმური ხიდაკები მცენარეული უჯრედების კედელში, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს მეზობელ უჯრედებს.

პლაზმოლიზი — უჯრედიდან ოსმოსით წყლის გამოსვლის შედეგად უჯრედის ცოცხალი შიგთავსის – ციტოპლაზმის უჯრედის კედლიდან თანდათან მოცილების პროცესი.

პლასტიკური ცვლა — უჯრედში მიმდინარე ბიოსინთეზის რეაქციების ერთობლიობა. იგი ენდოთერმული პროცესია.

პოლიმერი — რამდენიმე ერთნაირი (რეგულარული პოლიმერი) ან განსხვავებული (არარეგულარული პოლიმერი) აგებულების მქონე მონომერისგან შემდგარი მოლეკულა.

პოლისაქარიდი — რამდენიმე მარტივი ნახშირწყლისგან შემდგარი რთული ნახშირწყლის ჯაჭვი. მაგ., გლიკოგენი, სახამებელი, ცელულოზა და სხვ.

***პოპულაცია** – ერთი სახეობის თავისუფლად შეჯვარებად ინდივიდთა ერთობლიობა, რომელიც ხანგრძლივად არსებობს გარკვეულ ტერიტორიაზე და ხასიათდება ერთიანი გენეტიკური სისტემით – გენოფონდით.

პოსტემბრიოგენეზი – ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარება დაბადების ან კვერცხის გარსებიდან გამოსვლის მომენტიდან სიკვდილამდე.

***პრომოტორი** — დნმ-ის უბანი, რომელსაც რნმ-პოლიმერაზა უკავშირდება.

პროკარიოტული უჯრედი – ბირთვამდელი/უბირთვო უჯრედი (ლათ. pro – წინარე, ბერძნ. karyon – ბირთვი).

პროტეაზა — ფერმენტი, რომელიც ცილებს შლის.

პროტეინი – მარტივი ცილა (შედგება მხო-

ლოდ ცილოვანი ნაწილისგან – ამინომჟავებისგან).

პროტიდი – რთული ცილა (ამინომჟავების გარდა შეიცავს არაცილოვან ნაწილსაც, მაგალითად, ნახშირწყალს და მას გლიკო-პროტეინი ეწოდება).

რ

რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ) – პოლინუკლეოტიდი; არსებობს სამი სახის რნმ: ინფორმაციული (მატრიცული), ტრანსპორტული, რიბოსომული.

***რეზისტენტობა** – (ლათ. resisto წინააღმდეგობის განევა) – აქ ბაქტერიების მდგრადობა ანტიბიოტიკებისადმი.

რეკომბინაცია – ქრომოსომების, გენების ახალი კომბინაციის წარმოქმნა.

რეპარაცია – დაზიანებული ადგილის აღდგენა.

რეპროდუქციული ორგანო – გამრავლების ორგანო.

***რესტრიქტაზები** – ფერმენტები, რომლებიც დნმ-ს ჭრიან გარკვეულ უბნებში

რეცეპტორი (მოლეკულური) — უჯრედის მემბრანაში ჩაშენებული ნივთიერების მოლეკულა, რომელიც იღებს სტიმულს უჯრედის გარე გარემოსგან და გადასცემს უჯრედს (ლათ. „receptor“ – მიმღები).

რენატურაცია — დენატურირებული პოლიმერის სტრუქტურის აღდგენის პროცესი.

რნმ (რიბონუკლეინის მჟავა) — პოლინუკლეოტიდი; არსებობს სამი სახის რნმ: ინფორმაციული (მატრიცული), ტრანსპორტული, რიბოსომული.

რეპარაცია — დაზიანებული ადგილის აღდგენა.

რეპლიკაცია — ნუკლეინის მჟავების თვითგაორმაგება.

რესტრიქტაზები — ფერმენტები, რომლებიც დნმ-ს ჭრიან გარკვეულ უბნებში.

***როტორი** — რაიმე ტექნიკური დანადგარის მბრუნავი ნაწილი.

ს

სასქესო ქრომოსომები – ქრომოსომები, რომლებიც მდედრობით და მამრობით ორგანიზმებს განსხვავებული აქვთ.

***სინდრომი** – ბიოლოგიასა და მედიცინაში

ნიშნავს რაიმე დაავადებისთვის დამახასიათებელი ტიპური ნიშნებისა და სიმტომების ერთობლიობას.

სომატური უჯრედი – მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების არასასქესო უჯრედები.

სომატური მუტაცია – სომატურ უჯრედში მომხდარი მუტაცია.

სპერმატოგენეზი – მამრობითი სასქესო უჯრედების/სპერმატოზოიდების წარმოქმნის პროცესი.

*** სუროგატი დედა** – ორგანიზმი, რომლის საშვილოსნოში ვითარდება სხვა მშობლების ემბრიონი.

სტრომა — თილაკოიდებსა და გრანებს შორის არსებული თხევადი გარემო, რომელშიც მოთავსებულია რიბოსომები, დნმ და ფერმენტები.

სქესობრივი გამრავლება – გამრავლებაში მონაწილეობს სასქესო უჯრედები/გამეტები.

მ

ტრანსლუქცია – ფაგის საშუალებით ერთი ბაქტერიის გენების გადატანა მეორე ბაქტერიაში.

ტრანსპირაცია — მცენარის მიერ წყლის აორთქლება ფოთლის ბაგეებიდან.

ტრისომია – ნორმალური დიპლოიდური ქრომოსომული ნაკრებისგან განსხვავებით, ქრომოსომათა რომელიმე წყვილში დამატებულია ერთი ქრომოსომა ($2n+1$).

ტრანსფორმაცია – დნმ-ის ფრაგმენტის საშუალებით გენების ერთი უჯრედიდან სხვა უჯრედში გადაცემა.

ტრანსკრიპცია — მატრიცული რნმ-ის (მ-რნმ-ის) სინთეზის პროცესი გენის აქტიური ჯაჭვის მიხედვით.

ტრანსლატია — მ-რნმ-ის მატრიცაზე პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სინთეზის პროცესი.

ტრიპლეტი — ნუკლეინის მჟავებში თანმიმდევრულად განლაგებული სამი ნუკლეოტიდის ერთობლიობა.

ტიურგორი — წნევა, რითაც უჯრედის შიგთავსი უჯრედის კედელს აწეობს.

უ

უსქესო გამრავლება – ახალი შთამომავლობის მიღება ერთი მშობლიური ორგანიზმის არასასქესო უჯრედის/უჯრედები-

სგან (არ მონაწილეობს გამეტები).

უჯრედული ციკლი – უჯრედის არსებობის მთელი პერიოდი ამ უჯრედის გაყოფის ჩათვლით.

უჯრედული კულტურა – სპეციალურ სტერილურ საკვებ არეში გამოზრდილი უჯრედების ერთობლიობა.

უჯრედის კედელი — მცენარეული, ბაქტერიული და სოკოს უჯრედის გარსის გარეთა შრე, რომელიც, ძირითადად, რთული ნახშირწყლისგან (ცელულოზა, ქიტინი და სხვ.) შედგება და სიმტკიცეს ანიჭებს მას.

ფ

ფატალური – საბედისწერო.

ფაგოციტოზი — უჯრედის მიერ მყარი ნაწილაკების შთანთქმა.

ფერმენტი — ბიოლოგიურად აქტიური ცილოვანი ნივთიერება, რომელიც აჩქარებს ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიურ რეაქციებს.

ფესვური წნევა — ოსმოსით შესული წყალი ფესვის უჯრედებში ზრდის წყლის წნევას, რაც აიძულებს, წყალი და მინერალური მარილების იონები გადაადგილდეს ქსილემით ქვემოდან ზევით.

*** ფიზიოლოგიური ხსნარი** — რომელშიც მინერალური მარილების კონცენტრაცია ისეთივეა, როგორიც სისხლის პლაზმაში.

ფოტოსინთეზი — პლასტიკური ცვლის სახე მცენარეებში, რომლის დროსაც ენერგიით ლარიბი არაორგანული ნივთიერებებისგან სინათლის ენერგიის ხარჯზე წარმოიქმნება ენერგიით მდიდარი ორგანული ნივთიერებები.

ქ

ქრომატიდი — ქრომოსომის სტრუქტურული ერთეული, რომელიც ორჯაჭვიანი დნმ-გან შედგება.

ქრომოსომა — დნმ-სა და ცილის ურთიერთკავშირი — უჯრედული ბირთვის კომპონენტი, რომელიც წარმოადგენს მემკვიდრეობითი (გენეტიკური) ინფორმაციის მატარებელს.

შ

შერჩევითი განვლადობა — პლაზმური მემბრანის თვისება, რაც გამოიხატება ნივთიერებების შერჩევითად გატარებაში მემბრანის ორივე მხარეს.

ც

ცვალებადობა — ორგანიზმის თვისება, ინდივიდუალური განვითარების პროცესში შეიძინოს ამავე სახეობის სხვა ინდივიდებთან შედარებით განსხვავებული ნიშან-თვისებები.

ციტოლოგია — მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის ორგანიზმების უჯრედის აგებულებასა და ფუნქციებს.

წ

წყლის ფოტოლიზი — ქლოროპლასტებში სინათლის ენერგიის ხარჯზე წყლის მოლეკულის დაშლა.

ჰ

ჰაპლოიდური კომპლექტი — ქრომოსომების ერთმაგი კომპლექტი. აღინიშნება *n*-ით.

ჰომოლოგიური ქრომოსომები — წყვილი ქრომოსომები, რომლებიც მსგავსი არიან მორფოლოგიური ნიშან-თვისებების მიხედვით და შეიცავენ ერთი და იმავე ნიშან-თვისებების განმსაზღვრელი გენების ერთნაირ კომპლექტს.

ჰიდროფილური — წყალში ხსნადი ნივთიერება.

ჰიდროფობური — წყალში უხსნადი ნივთიერება.

ჰომეოსტაზი — ორგანიზმის უნარი, შეინარჩუნოს შინაგანი გარემოს შედარებით მუდმივი შედგენილობა და თვისებები.

ჰორმონი — ბიოლოგიურად აქტიური ქიმიური ნივთიერება, რომელიც ორგანიზმში სასიცოცხლო პროცესებს არეგულირებს.

გამომცემლობა „კლიო“

ISBN 978-9941-496-75-2



www.klio.ge