

ბიოლოგია

თემა: უჯრედი

საკითხები:				
1. უჯრედული თეორია; 2. უჯრედის მორფოლოგია; 3. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა; 4. უჯრედის მეტაბოლიზმი; 5. უჯრედის გამრავლება.				
სამიზნე ცნებები და მკვიდრი წარმოდგენები	შედეგი	საკვანძო შეკითხვა	შეფასების კრიტერიუმი	კომპლექსური დავალება რეკომენდირებულია -სწავლა სწავლების სამივე წელს
<p>სტრუქტურა და ფუნქცია.</p> <p>უჯრედი წარმოადგენს ცოცხალის სტრუქტურულ და ფუნქციურ ერთეულს;</p> <p>უჯრედის შემადგენელ სტრუქტურებს გააჩნიათ კონკრეტული, ურთიერთდაკავშირებული ფუნქციები.</p> <p>ნივთიერება და ენერჯია.</p>	<p>ორგანიზაციის უჯრედულ დონეზე მყოფი ცოცხალი სისტემის სტრუქტურისა და ფუნქციის დახასიათებას;</p> <p>ორგანიზმების საერთო სასიცოცხლო თვისებების დახასიათებას და მათში მიმდინარე ენერჯიისა და ნივთიერებების გარდაქმნებზე არგუმენტირებული</p>	<ul style="list-style-type: none"> როგორ არის ურთიერთდამოკიდებული უჯრედის სხვადასხვა სტრუქტურის ფუნქციები? რატომ ითვლება უჯრედი ორგანიზმის სტრუქტურულ, ფუნქციურ და გამრავლების ერთეულად? რატომ არის შვილეული უჯრედები დედისეულის მსგავსი? 	<p>წესის დაცვით იკვლევს უჯრედის აგებულებას და მასში მიმდინარე პროცესებს;</p> <p>კრიტიკულად აფასებს თანამედროვე მეცნიერების და ტექნოლოგიების მიღწევებს ბიოლოგიაში.</p>	<ol style="list-style-type: none"> უჯრედული თეორია; უჯრედის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტები; უჯრედი, როგორც ცოცხალის სტრუქტურული ერთეული; კვერცხის გარსი – პლაზმური მემბრანის მოდელი; დროებითი პრეპარატის დამზადება და მიკროსკოპთან მუშაობა; უჯრედი – ქალაქი; ჰამერლინგის

<ul style="list-style-type: none"> • უჯრედი შედგება ორგანული და არაორგანული ივთიერებებისაგან; • მეტაბოლიზმი მოიცავს ორ ურთიერთსაწინააღმდეგო და რთიერთდამოკიდებულ პროცესს - პლასტიკურ და ენერგეტიკულ ცვლას; • პლასტიკური ცვლის პროცესში (ფოტოსინთეზი, ცილის სინთეზი) მარტივი ნივთიერებებიდან წარმოიქმნება რთული და იხარჯება ენერგია; • ენერგეტიკული ცვლის პროცესში რთული ნივთიერებები იშლება მარტივ ნივთიერებებამდე და წარმოიქმნება ენერგია. 	<p>მსჯელობას.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • როგორ დამოკიდებული პლასტიკური ენერგეტიკულზე პირიქით? 	<p>არის ცვლა და,</p>	<p>ექსპერიმენტი.</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა; 9. ექსპერიმენტი: ფერმენტ კატალაზას აქტივობის შესწავლა; 10. ანაბოლიზმი და კატაბოლიზმი; 11. უჯრედული სუნთქვა; 12. შემაჯამებელი საკითხები მოლეკულური ბიოლოგიიდან; 13. მიტოზის მოდელის შექმნა; 14. მიტოზური ინდექსი; 15. წყლის უნიკალური თვისებები. აქტივობა ინტეგრირებული (ქიმია-ფიზიკა-ბიოლოგია) გაკვეთილისათვის;
---	-------------------	--	----------------------	---

სწავლა სწავლების პირველი წელი

აქტივობები და რესურსები	კომპლექსური დავალებები
<p>ეტაპი 1. როგორ არის ურთიერთდამოკიდებული უჯრედის სხვადასხვა სტრუქტურის ფუნქციები?</p> <p>ეტაპი 2. რატომ ითვლება უჯრედი ორგანიზმის სტრუქტურულ, ფუნქციურ და გამრავლების ერთეულად?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. პრეზენტაციები თემებზე: უჯრედის კვლევის ძირითადი მეთოდების შესახებ; 2. უჯრედის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტების მიკროსკოპული კვლევა; 3. დროებითი პრეპარატის დამზადების და მიკროსკოპთან მუშაობის ტექნიკის დემონსტრირება; 4. უჯრედი, როგორც ქალაქის მოდელი;

სწავლა სწავლების მეორე წელი

აქტივობები და რესურსები	კომპლექსური დავალებები
<p>ეტაპი 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> • როგორ არის ურთიერთდამოკიდებული უჯრედის სხვადასხვა სტრუქტურის ფუნქციები? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ექსპერიმენტი: კვერცხის გარსი – პლაზმური მემბრანის მოდელი; 2. სხვადასხვა უჯრედებს შორის მსგავსება/განსხვავებების დადგენა;

<p>ეტაპი 2.</p> <p>როგორ არის დამოკიდებული პლასტიკური ცვლა ენერგეტიკულზე და, პირიქით?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 3. უჯრედის ქიმიური შედგენილობის დადგენა ცდებით; 4. ექსპერიმენტი: ფერმენტ კატალაზას აქტივობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე და pH-ზე; 5. ანაბოლიზმის და კატაბოლიზმის შედარება; 6. უჯრედული სუნთქვის პროცესის დაკავშირება პლასტიკურ ცვლასთან.
--	---

სწავლა სწავლების მესამე წელი

აქტივობები და რესურსები	კომპლექსური დავალებები
<p>ეტაპი 1.</p> <p>როგორ არის ურთიერთდამოკიდებული უჯრედის სხვადასხვა სტრუქტურის ფუნქციები?</p> <p>ეტაპი 2.</p> <p>რატომ ითვლება უჯრედი ორგანიზმის სტრუქტურულ, ფუნქციურ და გამრავლების ერთეულად?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ჰამერლინგის ექსპერიმენტის ანალიზი; 2. შემაჯამებელი საკითხები მოლეკულური ბიოლოგიიდან; 3. წყლის უნიკალური თვისებების კვლევა. აქტივობა ინტეგრირებული (ქიმია- ფიზიკა-ბიოლოგია) გაკვეთილისათვის;

<p>ეტაპი 3. რატომ არის შვილეული უჯრედები დედისეულის მსგავსი?</p>	<p>4. მიტოზის მოდელის შექმნა;</p> <p>5. მიტოზური ინდექსის განსაზღვრა;</p>
---	---

კომპლექსური დავალებების აღწერა

აქტივობა 1. უჯრედული თეორია

მიზანი: სტუდენტმა მოიპოვოს ინფორმაცია უჯრედის შესწავლის ისტორიის შესახებ; არგუმენტირებულად იმსჯელოს უჯრედზე როგორც სიცოცხლის ელემენტარულ ერთეულზე.

რესურსები: სინათლის მიკროსკოპი; მუდმივი პრეპარატები (სოკოს მცენარის და ცხოველური უჯრედის), კომპიუტერი, პროექტორი.

მსვლელობა: მასწავლებელი ყოფს სტუდენტებს ჯგუფებად, თითოეულ ჯგუფს აქვს მიკროსკოპი და სამ-სამი პრეპარატი. სთხოვს სტუდენტებს დააკვირდნენ და შეისწავლონ სოკოს, მცენარის და ცხოველური უჯრედების პრეპარატები.

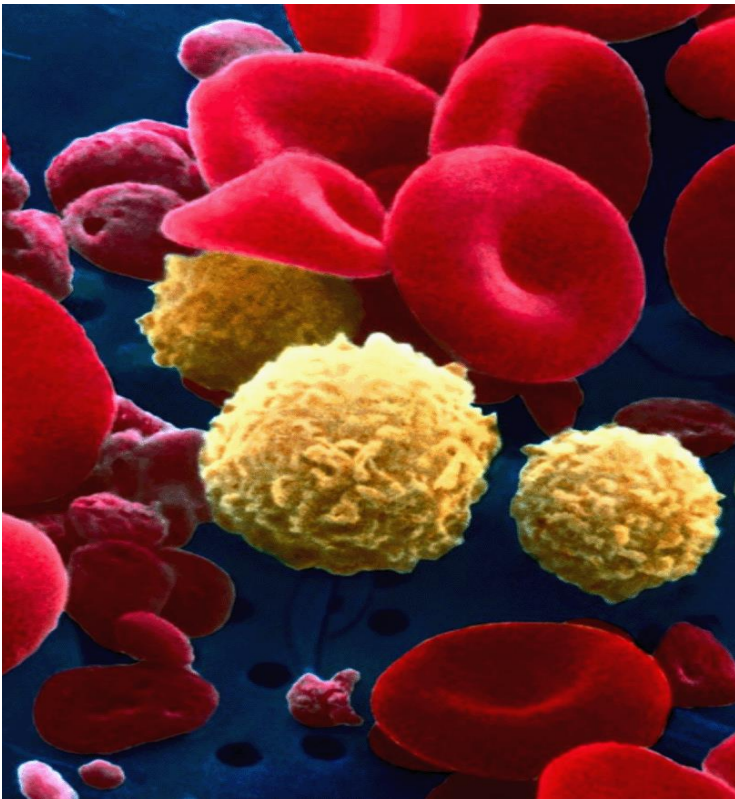
შემდეგ სვავს კითხვებს:

- რა დასკვნა შეგიძლიათ გააკეთოთ ჩატარებული სამუშაოს შედეგად? (სტუდენტები მიდიან იმ დასკვნამდე, რომ სინათლის მიკროსკოპის დახმარებით დაკვირვების/აღწერის შედეგად აღმოჩნდა, რომ ეს უჯრედები ერთმანეთის მსგავსია).
- რატომ ითვლება უჯრედი ყველა ცოცხალის ერთეულად? (უჯრედი წარმოადგენს ყველა ცოცხალის ერთეულს, რადგან მას აქვს გამრავლების, და გალიზიანებაზე რეაგირების უნარი);
- რატომ ითვლება უჯრედი ორგანიზმის სტრუქტურულ ერთეულად? (რადგან ყველა ორგანიზმი შედგება უჯრედებისაგან);

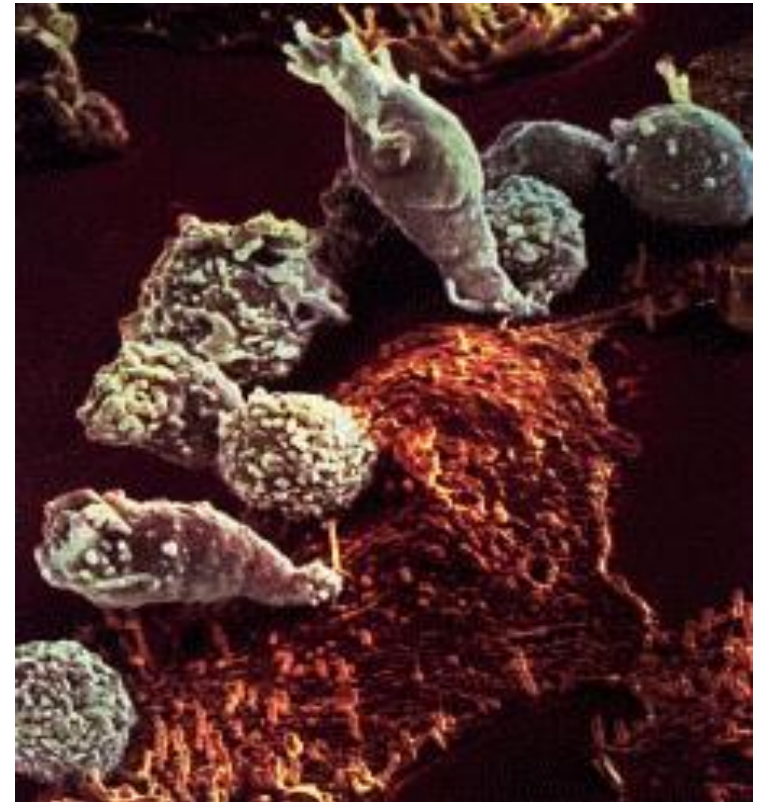
- რატომ ითვლება უჯრედი ორგანიზმის ფუნქციურ ერთეულად? დაასაბუთეთ პასუხი, მოიყვანეთ მაგალითები? *(რადგან უჯრედში მიმდინარე ყველა პროცესი დამახასიათებელია მთელი ორგანიზმისათვის);*
- რატომ ითვლება უჯრედი ორგანიზმის განვითარების ერთეულად? *(რადგან ყველა ორგანიზმის განვითარება იწყება ერთი განაყოფიერებული უჯრედიდან - ზიგოტიდან).*

მასწავლებელი აწვდის სტუდენტებს შემდეგ ინფორმაციას: ადამიანის ორგანიზმი შედგება დაახლოებით 220 მილიარდი უჯრედისაგან. ყველა ეს უჯრედი თუ ერთ მწკრივში მოვათავსებთ, ამ მწკრივის სიგრძე გაიჭიმება 15000 კილომეტრზე. როგორც წესი უჯრედები მცირე სომის არიან, ყველაზე მცირე ზომის უჯრედების დიამეტრი 0.5 მკმ -ს შეადგენს (მაგ., ბაქტერიები-მიკროოკოკები), საშუალოდ შეიძლება ითქვას, რომ უჯრედის დიამეტრი მერყეობს 20-დან 100მკმ-ამდე. თუმცა გვხვდება ძალიან დიდი ზომის უჯრედების, მაგალითად ნერვული უჯრედის გრძელი მორჩის (აქსონის) სიგრძე ერთ მეტრს აღწევს, მრავალბირთვიანი განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს სიგრძე კი 10-12 სმ-ის ტოლია.

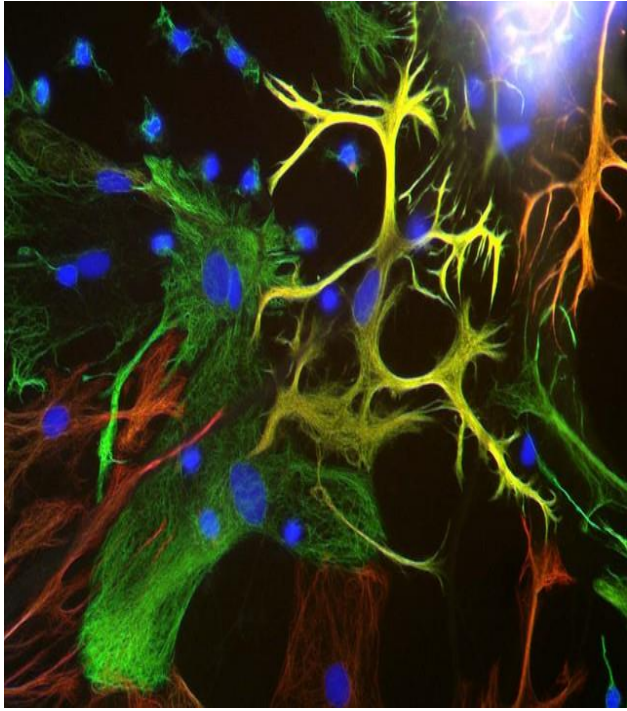
შემდეგ მასწავლებელი აკეთებს სხვადასხვა უჯრედის დემონსტრირებას:



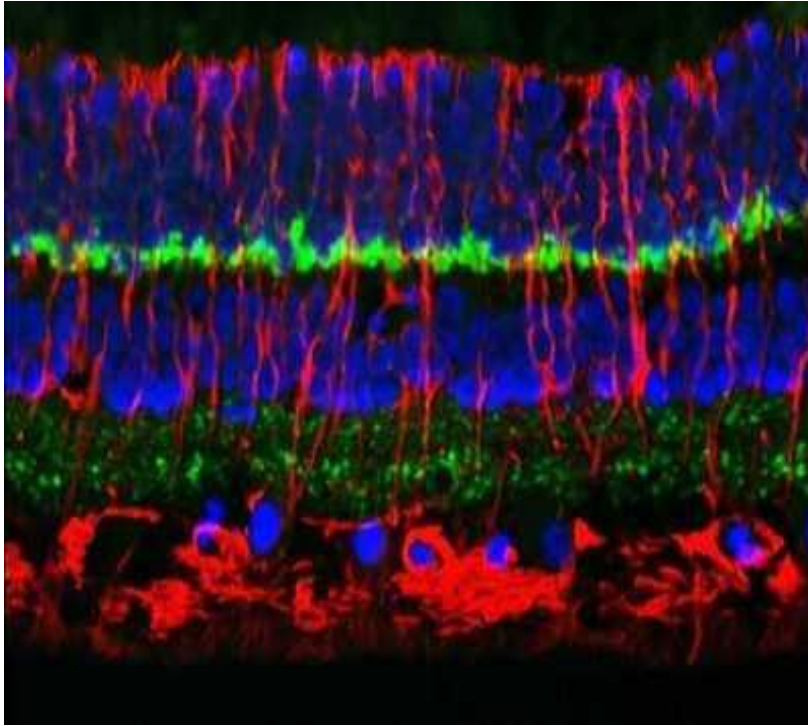
ძუძუმწოვრის სისხლი



ქლიმფოციტები, რომლებიც ებრძვიან კიბოს უჯრედს.



ნერვული უჯრედი



თვალის ბადურის უჯრედი

მასწავლებელი სვავს პრობლემურ კითხვას:

- ცოცხალი სამყაროს რომელი წარმომადგენლებისათვის შეიძლება დაემთხვეს ცნება „უჯრედი“ და ცნება ორგანიზმი“? პასუხი დაასაბუთეთ.

მასწავლებელს გამოაქვს ეკრანზე სლაიდი პრობლემური ამოცანის შემცველ ტექსტით:

„წინა საუკუნის მეცნიერმა ტეოდორ ვიბოლდმა მიაქცია მსოფლიო მეცნიერების ყურადღება ძალიან უცნაურ გარემოებაზე. აღმოჩნდა, რომ მტკნარი წყლის ჰიდრას, ზოგიერთი ჭიის და ინფუზორიის სხეულში მან აღმოაჩინა ქლოროფილი. მოგვიანებით ქლოროფილი იყო აღმოჩენილი სხვა ორგანიზმებში: მედუზებში, მოლუსკებში, მარუჩის პოლიპებში. ეს ორგანიზმები თვეობით საკვების გარეშე არსებობენ. თუმცა აღმოჩნდა, რომ „ცხოველურ ქლოროფილს“ მცენარეული წარმოშევა აქვს. ამ ფაქტმა

საინტერესო აღმოჩენის პირისპირ დააყენა მეცნიერები“.

- გააანალიზეთ ტექსტი და დაასახელებთ ეს აღმოჩენა.



(მიკროსკოპული წყალმცენარეები დასახლდნენ ზოგიერთი გამჭირვალე ცხოველის ორგანიზმში ისინი იკვებებოდნენ თვითონ და ასევე კვებავდნენ თავის მასპინძელ ორგანიზმს. წყალმცენარეები იყენებდნენ ნახშირორჟანგს, რომელსაც გამოყოფდა მასპინძელი ორგანიზმი და ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს - საკვებს მასპინძელ ორგანიზმისათვის. ეს არის „სიმბიოზი“).

შემდეგ სტუდენტებს ეძლევათ დავალება მოიძიონ ინფორმაცია და შემდეგ მეცადინეობაზე გააკეთონ პრეზენტაციები თემებზე:
1. უჯრედის კვლევის ძირითადი მეთოდების შესახებ და აღწერონ თითოეული მეთოდის დანიშნულება. (მაგ., სინათლის და ელექტრონული მიკროსკოპით უჯრედის სტრუქტურების კვლევა; ცენტრიფუგირების გამოყენების მიზნები, ქრომატოგრაფიის და ელექტროფორეზის გამოყენება);

1. როგორ ვითარდებოდა ცოდნა უჯრედის შესახებ. უჯრედული თეორიის ძირითადი დებულებები.

აქტივობა 2. უჯრედის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტები

რესურსები: წინასწარ მომზადებული სლაიდშოუ, ან ტაბულა პრო- და ეუკარიოტული უჯრედების, აგრეთვე მცენარეული, ცხოველური, სოკოს უჯრედების გამოსახულებით; კომპიუტერი; პროექტორი; თავისუფალი სამუშაო ფურცლები სტუდენტებისათვის, ფლიპჩარტზე დახაზული ან სლაიდზე გამოტანილი ცხრილი უჯრედშიდა სტრუქტურების ჩამონათვალით (ცარიელი და შევსებული ვარიანტები).

შესწავლის საგანი/მიზნები:

სტუდენტმა უნდა:

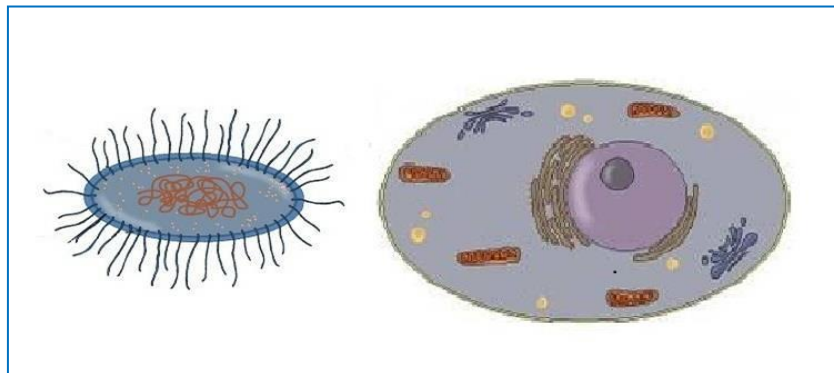
- ამოიცნოს თვალსაჩინოებაზე ზოგიერთი უჯრედული სტრუქტურა და დაასახელოს მათი ფუნქცია;
- ილუსტრაციებზე ან ელექტრონულ ფორმატზე განასხვავოს პროკარიოტული და ეუკარიოტული (მცენარეული, ცხოველური, სოკოს) უჯრედები, დაასახელოს მათი მსგავსი და განმასხვავებელი სტრუქტურები;
- შედეგები გამოსახოს ვენის დიაგრამის საშუალებით.

შენიშვნა: აქტივობა შედგება რამოდენიმე ეტაპისაგან, საკმაოდ ხანგრძლივია და სავარაუდოდ, დაიკავებს მთელ გაკვეთილს.

მასწავლებლის სავარაუდო აქტივობები:

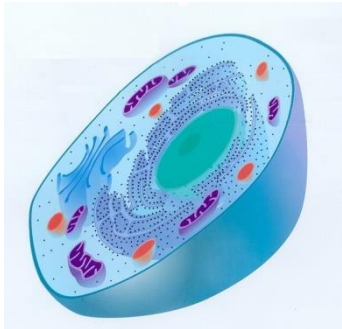
მასწავლებელი:

- ახსენებს სტუდენტებს უჯრედების ძირითად ტიპს: პროკარიოტულ და ეუკარიოტულ უჯრედებს. ამავდროულად, უხსნის აღნიშნული ტერმინების წარმომავლობას (*კარიონ – ბირთვი, პრო – მდე, ეუ – ჭეშმარიტი*);
- უჩვენებს კლასს პროკარიოტული და ეუკარიოტული უჯრედების გადიდებულ გამოსახულებას ეკრანზე; თხოვს სტუდენტებს, იმუშაონ წყვილებში და ჩამოთვალონ ყველა ის განსხვავება, რომელსაც აღმოაჩენენ უჯრედებს შორის;

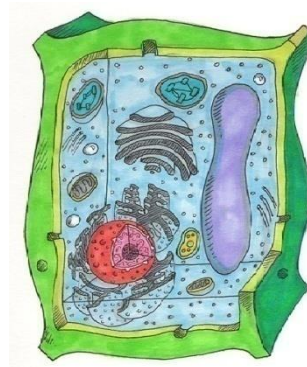


პროკარიოტული და ეუკარიოტული უჯრედები

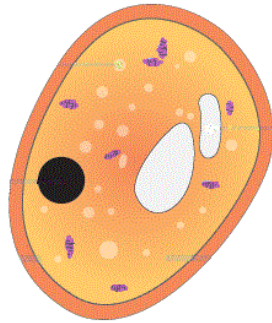
- ამუშავებს სტუდენტებს წყვილებში 3–5 წთ–ის განმავლობაში;
- გამოკითხავს რამოდენიმე წყვილს, სტუდენტები ავსებენ ერთმანეთის პასუხებს;
- მიჰყავს მსჯელობა სამი ძირითადი განსხვავების გამოკვეთამდე:
 - 1) ბირთვის არსებობა/არარსებობა
 - 2) რიგი უჯრედშიდა სტრუქტურების არსებობა/არარსებობა
 - 3) ზომა
- უჩვენებს კლასს ცხოველური, მცენარეული, სოკოს და ბაქტერიული უჯრედების გამოსახულებას. სთხოვს ამოიცნონ მათგან პრო– და ეუკარიოტული უჯრედები.



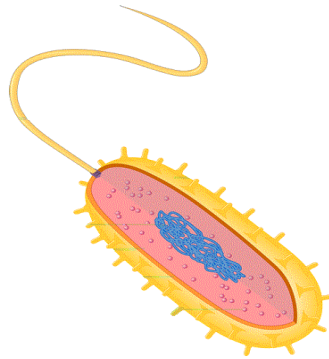
ა)



ბ)



ბ)



დ)

- ამოცნობის შემდეგ ამახვილებს ყურადღებას იმ ფაქტზე, რომ რიგი ნიშნების მიხედვით ეუკარიოტული უჯრედებიც გასხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მოკლედ ასახელებს და აღწერს ცხოველური, მცენარეული და სოკოს უჯრედების ზოგიერთ სტრუქტურულ კომპონენტსა და მათ ფუნქციებს.

ყოფს კლასს 4–5 ჯგუფად სტუდენტთა რაოდენობის მიხედვით და ავალებს თითოეულ ჯგუფს გამოიყენონ არსებული ცოდნა და შეადარონ ერთმანეთს თვალსაჩინოებაზე მოცემული ოთხი სურათიდან ორი, რომელსაც თავად მიუთითებს (მაგალითად: მცენარეული და ცხოველური; მცენარეული და ბაქტერიული; ცხოველური და ბაქტერიული; მცენარეული და სოკოს; ცხოველური და სოკოს; სოკოსა და ბაქტერიის).

- სთხოვს, მოახდინონ შედარება უჯრედული კომპონენტების (პლაზმური მემბრანა, უჯრედის კედელი, ბირთვი, ციტოპლაზმა, ქლოროპლასტები, ვაკუოლი) არსებობა/არარსებობის მიხედვით და გამოსახონ შედეგები ვენის დიაგრამის საშუალებით;
- ავალებს ჯგუფების წარმომადგენლებს პრეზენტაციის გაკეთებას.
- რეფლექსიის მიზნით უჩვენებს კლასს ზემოთ აღნიშნული ოთხი სახის უჯრედის გადიდებულ გამოსახულებას და სთხოვს ამოიცნონ უჯრედული სტრუქტურები. ამოცნობის შემდეგ მათ უნდა შეავსონ ცხრილი მოცემული ნიმუშის მიხედვით „+“, „-“ და „-“, ნიშნებით, ინდივიდუალურად, გაკვეთილზე შექმნილი ცოდნის საფუძველზე.

უჯრედის მახასიათებლები	ცხოველური	მცენარეული	სოკოს	ბაქტერიული
პროკარიოტული უჯრედი	-	-	-	+

- ბოლო ეტაპზე გამოაქვს
შევსებული ცხრილის სწორი

	რი	მცენარეული	სოკოს	ბაქტერიული
პროკარიოტული უჯრედი				
ეუკარიოტული უჯრედი				
პლაზმური მემბრანა				
უჯრედის კედელი				
ბირთვი				
ციტოპლაზმა				
ქლოროპლასტები				
ვაკუოლი				

ვერსია და სთხოვს სტუდენტებს
შეაფასონ თავიანთი ნამუშევარი.

ცხრილის შევსებული ვერსია:

ეუკარიოტული უჯრედი	+	+	+	-
პლაზმური მემბრანა	+	+	+	+
უჯრედის კედელი	-	+	+	+
ბირთვი	+	+	+	-
ციტოპლაზმა	+	+	+	+
ქლოროპლასტები	-	+	-	-
ვაკუოლი	-	+	+	-

სასარგებლო ინტერნეტლინკები:

ვიდეომასალა პრო- და ეუკარიოტული უჯრედების განსხვავების შესახებ უჯრედების მრავალფეროვნება

<http://www.youtube.com/watch?v=4DWaAIVlW3k&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=IcevP5tkWH0&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=R4Yl9BgXOrM>

<http://www.youtube.com/watch?v=2H6tCEDov10&feature=related>

აქტივობა 3. უჯრედი, როგორც ცოცხალის სტრუქტურული ერთეული.

მიზანი: მიზეზებისა და ურთიერთდამოკიდებულებების დადგენა, განზოგადება

დამატებითი ინფორმაცია:

აღნიშნული მეთოდის/აქტივობის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ გარკვეული ცოდნის ბაზაზე. მეთოდი გულისხმობს დავალებების გამოყენებას, რომლებიც იწყება შემდეგი სიტყვებით, მაგალითად: „რატომ ...“, „რასთან არის დაკავშირებული...“, „ახსენით მიზეზი ...“, აგრეთვე სტუდენტების მიერ სქემების და მოდელების დამოუკიდებლად შექმნის პროცესს.

რესურსები: მიკროსკოპი; მცენარეული, ცხოველური და სოკოს უჯრედების პრეპარატები; მცენარეული, ცხოველური და სოკოს უჯრედების პლაკატები და ფოტოები.

შესწავლის საგანი/მიზნები:

სტუდენტებმა უნდა ისწავლონ, რომ:

- უჯრედი ორგანიზმის სტრუქტურულ-ფუნქციური და განვითარების ელემენტარული ერთეულია;
- სიცოცხლის ორგანიზაციის ქსოვილური დონე უფრო მაღალია, ვიდრე უჯრედული.

მასწავლებლის სავარაუდო აქტივობები:

მასწავლებელი:

- სვამს კითხვას: რატომ ითვლება უჯრედი ორგანიზმის სტრუქტურულ-ფუნქციურ და განვითარების ელემენტარულ ერთეულად ?
- სთხოვს სტუდენტებს, დააკავშირონ უჯრედის ფორმა შესასრულებელ ფუნქციასთან უჯრედის შესწავლის შედეგად მიღებულ ცოდნაზე დაყრდნობით;
- გამოსახავს სიცოცხლის ორგანიზაციის დონეებს სქემის სახით და სვამს კითხვას: რატომ თვლით, რომ სიცოცხლის ორგანიზაციის ქსოვილური დონე უფრო მაღალია ვიდრე უჯრედული?
- მიკროსკოპის, პლაკატების ან ფოტოების საშუალებით აჩვენებს სტუდენტებს არა მხოლოდ ფოთლის, არამედ მცენარის სხვა ორგანოების უჯრედებს;
- ცნება „სტრუქტურული ერთეული“-ს ასახსნელად იყენებს მარტივ ანალოგიებს, მაგალითად, სახლის სტრუქტურული ერთეულია - აგური და სხვ.

მოსალოდნელი შედეგები:

სტუდენტები:

- სხვადასხვა ორგანიზმის უჯრედების შესწავლის შემდეგ გამოიტანენ დასკვნას, რომ მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმი შედგება უჯრედებისაგან;
- დაადგენენ მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს; კანონზომიერების დადგენის, დასკვნების გამოტანის საფუძველზე განვიითარებენ ანალიტიკურ აზროვნებას.

აქტივობა 4. კვერცხის გარსი – პლაზმური მემბრანის მოდელი

მიზანი: სტუდენტმა დაადგინოს ცდის საშუალებით, რომ ჩვეულებრივი კვერცხის გარსი შერჩევით განვლადი მემბრანის მოდელს წარმოადგენს.

რესურსები: უმი კვერცხი, ძლიერი ძმარი, შაქრის კონცენტრირებული სიროფი, (ან სუფრის მარილის ძლიერ კონცენტრირებული ხსნარი), დისტილირებული წყალი, ჭიქა, ფანარი, ცდის ოქმის ნიმუში.

მსვლელობა:

1. აქტივობა უნდა შესრულდეს სახლის პირობებში. შედეგების პრეზენტაცია მოხდება კლასში.

მასწავლებელი აცნობს კლასს აქტივობის მიზანს: ცდის საშუალებით გაარკვიონ აქვს, თუ არა ჩვეულებრივი კვერცხის ნაჭუჭს ნივთიერებების შერჩევით განვლადობის თვისება.

მასწავლებელს შეუძლია დასვას კითხვები, სტუდენტების წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად:

1. გაიხსენე დიფუზიის მოვლენა. რას გულისხმობს ეს ტერმინი? რა მსგავსება და განსხვავებაა დიფუზიას, როგორც ფიზიკურ პროცესსა და ცოცხალ სისტემებში მიმდინარე დიფუზიის მოვლენას შორის?
(*დიფუზია, როგორც ფიზიკური პროცესი გულისხმობს სხვადასხვა ნივთიერების მოლეკულების მოძრაობას, რომლის შედეგად მოლეკულები იკავებენ გარკვეულ მოცულობას სივრცესა თუ ჭურჭელში. დიფუზია ბიოლოგიურ სისტემებში გულისხმობს ნივთიერებათა დიფუნდირებას შერჩევით განვლადი მემბრანის გავლით. ორივე შემთხვევაში დიფუზია ხორციელდება მაღალიდან დაბალი კონცენტრაციის არეს მიმართულებით და არ საჭიროებს ენერჯიის ხარჯვას).*)
2. დიფუზიის რომელი ფორმები იცი?
(*მარტივი და გაადვილებული დიფუზია, ოსმოსი – დიფუზიის კერძო შემთხვევა).*)
3. ივარაუდე, რა მოხდება, თუ უჯრედი მოხვდება ძლიერ განზავებულ, ან ძლიერ კონცენტრირებულ ხსნარში?
(*უჯრედის განზავებულ ხსნარში მოხვედრისას წყალი ოსმოსის გზით შევა უჯრედში, ხოლო კონცენტრირებულ ხსნარში მოხვედრისას, პირიქით - დაიწყებს უჯრედიდან გასვლას).*)

4. განმარტე ტერმინი: შერჩევითი განვლადობა. უჯრედის რომელი სტრუქტურისთვის არის დამახასიათებელი ეს თვისება?
(*შერჩევითი განვლადობა წარმოადგენს პლაზმური მემბრანის თვისებას გაატაროს მხოლოდ ზოგიერთი მოლეკულა*).
5. ჩამოთვალე პროცესები, რომლებიც ცოცხალ ორგანიზმებში დიფუზიის გზით მიმდინარეობს.
(*აირების ცვლა ალვეოლებსა და მცირე წრის კაპილარებს შორის, ქსოვილებსა და დიდი წრის კაპილარებს შორის, ფესვის ბუსუსის მიერ წყლის შეწოვა და სხვ.*).
6. ახსენი, რატომ არ შეიძლება ზღვის წყლის სასმელად გამოყენება?
(*ზღვის წყალში მარილების კონცენტრაცია მაღალია. ორგანიზმში მოხვედრისას ის გამოიწვევდა უჯრედებისა და ქსოვილების მიერ წყლის დაკარგვას და მათ შეუქცევად დაზიანებას*).

2. მასწავლებელი განმარტავს, რომ ჩვეულებრივი ქათმის კვერცხის გარეთა გარსი, ნაჭუჭი კალციუმის კარბონატისაგან შედგება. ეს მარილი ნაჭუჭს ანიჭებს სიმტკიცეს და იცავს კვერცხის შიგთავსს. მასწავლებელი სთხოვს კლასს გამოთქვან ვარაუდი:
– წარმოადგენს თუ არა კვერცხის გარსი შერჩევით განვლად მემბრანას?
სტუდენტები აფიქსირებენ თავიანთ მოსაზრებებს.

3. მასწავლებელი სთავაზობს სტუდენტებს ცდა სახლში ჩაატარონ საკუთარი ვარაუდის შესამოწმებლად და გამოიკვლიონ, როგორ ატარებს კვერცხის გარსი სხვადასხვა ნივთიერების მოლეკულებს.
მასწავლებელი აცნობს კლასს ცდის ჩატარების პროცედურას:

- ქათმის უმ კვერცხს დაასხი ძმარი, ისე რომ დაიფაროს და დატოვე რამოდენიმე დღის განმავლობაში. ორი-სამი დღის შემდეგ ძმარში ჩადებული კვერცხი დარბილდება და ოდნავ გამჭვირვალე შეფერილობას შეიძენს. შეგიძლია ფანრის საშუალებით დაათვალიერო მისი შიგთავსი.
- მოათავსე დარბილებული კვერცხი შაქრის კონცენტრირებულ სიროფში, დატოვე დაახლოებით 2-3 საათის განმავლობაში.
- შეჭმუნული კვერცხი მოათავსე დისტილირებულ წყალში, დატოვე 2-3 საათი.

მასწავლებელი სთხოვს სტუდენტებს უპასუხონ ქვემოთ მოცემულ კითხვებს ექსპერიმენტის ჩატარების შემდეგ და შეავსონ ცდის ოქმი.

1. რამ გამოიწვია კვერცხის დარბილება?
(ნაჭუჭის შემადგენელი მარილები ძმარში გაიხსნა, ამიტომ მკვრივი გარსი დაიშალა და უხილავი გახდა. კვერცხი დარბილდა, მის გარშემო აღმოჩნდა მხოლოდ თხელი გამჭვირვალე აპკი).
2. რამ გამოიწვია კვერცხის ცვლილება შაქრის სიროფში და დისტილირებულ წყალში? რომელ პროცესს ჰქონდა ადგილი?
(შაქრის სიროფში ჩადების შემდეგ კვერცხი შეიჭმუხნა, რადგან წყალი ოსმოსის გზით გამოვიდა კვერცხიდან. დისტილირებულ წყალში ჩადების შემდეგ კი პირიქით, ის გაიბერა, რადგან ამჯერად წყალში გარემოდან კვერცხში გადავიდა. ორივე შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ოსმოსს, დიფუზიის ერთ–ერთ კერძო სახეს, რომელიც წარმოადგენს გამხსნელის (წყლის) დიფუზიას შერჩევით განვლადი მემბრანის გავლით. წყლის მოლეკულებმა კვერცხის აპკი გადალახეს ოსმოსის გზით, მათი კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით).
3. რომელი უჯრედული სტრუქტურის მოდელს წარმოადგენს კვერცხის ნაჭუჭის ქვეშ მდებარე თხელი აპკი?
(პლაზმური მემბრანის მოდელს).
4. მემბრანის რომელი თვისების დემონსტრირება მოხდა ცდაში?
(შერჩევით განვლადობის თვისების – კვერცხის გარსმა გაატარა მხოლოდ წყლის მოლეკულები, შაქრის მოლეკულები კი - არა)
5. გამართლდა თუ არა შენ მიერ გამოთქმული ჰიპოთეზა?
6. შეავსე ცდის ოქმი და მოამზადე მასალა პრეზენტაციისათვის.

ცდის ოქმი

შესწავლის ობიექტი	<i>კვერცხის გარსის მიერ ნივთიერებების შერჩევითი გატარების უნარი.</i>
ვარაუდი	

ცდის აღწერა	
შედეგები	
შედეგების ანალიზი	
დასკვნა	

ცდის ოქმის შევსებული ვარიანტი:

შესწავლის ობიექტი	<i>კვერცხის გარსის მიერ ნივთიერებების შერჩევითი გატარების უნარი.</i>
ვარაუდი	<ul style="list-style-type: none"> • <i>კვერცხის გარსი წარმოადგენს ნახევრად განვლად მემბრანას;</i> • <i>კვერცხის გარსი არ წარმოადგენს ნახევრად</i>

	<i>განვლად მემბრანას.</i>
ცდის აღწერა	<i>ქათმის უმ კვერცხს დავასხი ძმარი და დავაყოვნე სამი დღე. კვერცხი დარბილდა. ფანრის საშუალებით შესაძლებელი გახდა მისი შიგთავსის გარჩევა. ამის შემდეგ დარბილებული კვერცხი მოვათავსე შაქრის კონცენტრირებულ სიროფში და დავტოვე 2-3 საათის განმავლობაში. შემდეგ კვერცხი მოვათავსე დისტილირებულ წყალში და კვლავ დავტოვე 2-3 საათი.</i>
შედეგები	<ul style="list-style-type: none"> - ძმარში ჩადებიდან 3 დღის შემდეგ კვერცხი დარბილდა. - შაქრის სიროფში 2-3 საათის ყოფნის შემდეგ კვერცხი შეიჭმუხნა და ზედაპირზე ნაოჭები გაუჩნდა. - დისტილირებულ წყალში ყოფნის შედეგად კვერცხმა დაიბრუნა პირვანდელი მოცულობა და გააგრძელა გაბერვა.
შედეგების ანალიზი	<ul style="list-style-type: none"> - კვერცხის დარბილება ძმრის ზემოქმედების შედეგად გამოიწვია ნაჭუჭის შემადგენელი კალციუმის კარბონატის ძმარში გახსნამ. ნაჭუჭი გაქრა და კვერცხი დარბილდა. - შაქრის სიროფში კვერცხი შეიჭმუხვნა, რადგან წყლის კონცენტრაცია კვერცხში უფრო მაღალია, ვიდრე სიროფში, ამიტომ ოსმოსური წნევის ძალით წყალი კვერცხიდან გამოდის და იგი იჭმუხნება. - დისტილირებულ წყალში კვერცხის გაბერვა გამოიწვია საპირისპირო პროცესმა: ამჯერად წყლის კონცენტრაცია უფრო მაღალი იყო გარემოში, ამიტომ წყალმა გარემოდან კვერცხში

	<i>შეაღწია და გამოიწვია კვერცხის გაბერვა.</i>
დასკვნა	<i>კვერცხის გარსი ატარებს წყლის მოლეკულებს კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით და არ ატარებს ნახშირწყლების მოლეკულებს. ანუ კვერცხის გარსი წარმოადგენს შერჩევით განვლად მემბრანას.</i>

ერთი კვირის შემდეგ მასწავლებელი სტუდენტებთან ერთად განიხილავს

1. ექსპერიმენტის შედეგებს კლასში და აფასებს სტუდენტების ნამუშევრებს.
2. მასწავლებელი სთავაზობს სტუდენტებს მოიფიქრონ, დაგეგმონ და განახორციელონ ექსპერიმენტი, რომლის საშუალებით მოახდენენ პლაზმოლიზის მოვლენის ილუსტრირებას. გამოიყენონ იგივე ცხრილი ცდის ოქმის გასაფორმებლად და შეავსონ ექსპერიმენტის მონაცემებით.

(შესაძლოა სტუდენტმა დაგეგმოს მარტივი ცდა ოთახის მცენარის გამოყენებით, თუ კი მას გარკვეული პერიოდულობით მორწყავს მარილიანი წყლით).

ტიპური შეცდომები

უჯრედული ტრანსპორტის მექანიზმებზე საუბრისას სტუდენტებს ერთმანეთში ერევათ ტრანსპორტის სხვადასხვა სახე, კერძოდ - გაადვილებული დიფუზია და აქტიური ტრანსპორტი.

სასარგებლო ინტერნეტლინკები:

ოსმოსი კვერცხის ნაჭუჭის გავლით – ექსპერიმენტები

<http://www.youtube.com/watch?v=0c8acUE9Itw>

<http://edtech2.boisestate.edu/pattymcginnis/592/Files/506%20Lesson%20%20Egg%20Osmosis%20Lab.pdf>

http://www.biologyjunction.com/egg_osmosis_sample2_lab.htm

http://skooool.emis.ge/content/biology_high/01_movement_of_substances_in_cells/index.html

http://www.biologyjunction.com/osmosis_diffusion_in_egg_lab.htm

<http://c-lab.co.uk/default.aspx?id=9&projectid=56>

აქტივობა 5. დროებითი პრეპარატის დამზადება და მიკროსკოპთან მუშაობა

რესურსები: მიკროსკოპები; სასაგნე და საფარი მინები; ხახვის ბოლქვის ნაჭრები; პინცეტები, პიპეტები, წკირები; წყალი; იოდის ხსნარი.

შესწავლის საგანი/მიზნები:

სტუდენტმა უნდა:

- დაამზადოს დროებითი პრეპარატი, იმუშაოს სინათლის მიკროსკოპთან;
- დაკვირვების შედეგები წარმოადგინოს ნახატის და/ან მოდელის სახით;

მასწავლებლის სავარაუდო აქტივობები:

მასწავლებელი:

- აცნობს კლასს აქტივობის (გაკვეთილის) მიზანს, დაამზადონ დროებითი პრეპარატი და შეისწავლონ ის სინათლის მიკროსკოპში.
- ყოფს კლასს მცირე ჯგუფებად და ურიგებს თითოეულს მასალას პრეპარატის დასამზადებლად: სასაგნე და საფარ მინებს, ხახვის ბოლქვის ფურცლებს, პინცეტებს, პიპეტებს, წკირებს, მცირე ზომის ჭურჭლებს წყლით, იოდს (სასურველია

პრეპარატის დამზადების საშუალება მიეცეს ყველა მოსწავლეს, რესურსების არქონის შემთხვევაში ჯგუფში მზადდება ერთი დროებითი პრეპარატი).

- აჩვენებს კლასს პრეპარატის დამზადების პროცედურას და იძლევა სათანადო განმარტებებს ყველა იმ რესურსის დანიშნულების შესახებ, რომელსაც იყენებს მუშაობის პროცესში *(სასურველია მასწავლებელმა პრეპარატის დამზადების პროცედურა გაჩეროს წინასწარ და გამოაკრას კლასში, ან უჩვენოს შესაბამისი ვიდეო: <http://www.youtube.com/watch?v=zXAgbSzEADQ&feature=related>).*

პრეპარატის დამზადების პროცედურა:

1. მოცალეთ ხახვის ბოლქვის შიდა, წვნიან ფურცელს თხელი, აპკის მაგვარი ფენა პინცეტით, მოათავსეთ სასაგნე მინაზე და მაქსიმალურად გაშალეთ;
2. დააწვეთეთ სასაგნე მინაზე ერთი წვეთი წყალი პიპეტის (წკირის) საშუალებით;
3. დააწვეთეთ 1–2 წვეთი იოდი და დააყოვნეთ 2–3 წთ;
4. დააფარეთ საფარი მინა;
5. დააწექით წკირით ძალიან ფაქიზად, რომ გამოდევნოთ ჰაერი.



- მომდევნო ეტაპზე მასწავლებელი სთხოვს ჯგუფებს, თავად დაამზადონ პრეპარატი იგივე პროცედურის დაცვით, აკვირდება ჯგუფების მუშაობის პროცესს და ეხმარება მოსწავლეებს საჭიროების შემთხვევაში.
- უხსნის კლასს, რომ მათ მიერ დამზადებული პრეპარატი დროებითია. არსებობს მუდმივი პრეპარატებიც, რომლებიც ინახება და გამოიყენება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. მასწავლებელს შეუძლია აჩვენოს მუდმივი პრეპარატის ნიმუშებიც.
- სვამს კითხვას:

- თქვენ მიერ დამზადებულ პრეპარატს ეწოდება სველი, დროებითი პრეპარატი, როგორ ფიქრობთ, რატომ? *(პრეპარატი სველია იმიტომ, რომ ხახვის კანი მოთავსებულია წყალში. წყალი ადვილად აორთქლდება და პრეპარატის გამოყენება შეუძლებელი გახდება. ამიტომ ასეთი პრეპარატი მხოლოდ დროებითია).*
- ეხმარება სტუდენტებს მოათავსონ პრეპარატები მიკროსკოპის სასაგნე მაგიდაზე და დაიწყონ მათი შესწავლა ჯერ მცირე, შემდეგ დიდ გადიდებაზე (აქტივობის მიმდინარეობა დამოკიდებულია მიკროსკოპების რაოდენობაზე კლასში).
- სვამს კითხვას:
 - რომელი სტრუქტურების ამოცნობაა შესაძლებელი პრეპარატში? *(ხახვის კანის უჯრედებში განირჩევა ბირთვი, ციტოპლაზმა, გარსი).*
 - რა მსგავსებასა და განსხვავებას აღმოვაჩენდით ხახვის ფურცლის ანათალის შემდეგ მიკროსკოპში ცხოველური უჯრედი რომ დაგვეთვალიერებინა? *(მსგავსება: ვნახავდით ბირთვს, გარსსა და ციტოპლაზმას – უჯრედის ძირითად კომპონენტებს. განსხვავება: ცხოველური უჯრედების გარსი იქნებოდა უფრო თხელი, ხოლო ფორმა - ნაკლებად წახნაგოვანი).*
- ავალეებს სტუდენტებს სამუშაო რვეულებში გააკეთონ მიკროსკოპში დანახული გამოსახულების ჩანახატი და დაიტანონ სათანადო წარწერები.
- მუშაობის დასრულების შემდეგ ამოწმებს რამოდენიმე ნამუშევარს და აკეთებს კომენტარებს.

სასარგებლო ინტერნეტ ლინკები:

ცალკეული უჯრედული სტრუქტურების ფუნქციონირების მოშლასთან დაკავშირებული პათოლოგიები

<http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1164653&uri=index.html>

უჯრედის ვირტუალური სამყარო <http://www.ibiblio.org/virtualcell/>

აქტივობა 6. უჯრედი – ქალაქი

მიზანი: უჯრედშიდა სტრუქტურების ფუნქციების გააზრების საფუძველზე სტუდენტებმა იპოვონ და გაანალიზონ ანალოგია უჯრედსა და ქალაქს შორის.

რესურსები: საინფორმაციო ტექსტი; თავისუფალი ფურცლები და მარკერები ჯგუფებში სამუშაოდ.

წინარე ცოდნა: სტუდენტებმა უნდა დაადასტურონ უჯრედში შემავალი სტრუქტურების აგებულების და ფუნქციების, ენერგეტიკული და პლასტიკური ცვლის შესახებ ცოდნა, აგრეთვე ტექსტის გააზრების და შესაბამისობების დადგენის უნარი.

მსვლელობა:

1. მასწავლებელი ყოფს კლასს ჯგუფებად და ურიგებს თითოეულ ჯგუფს მცირე საინფორმაციო ტექსტს გასაანალიზებლად.

საინფორმაციო ტექსტი

უჯრედი – ქალაქი

შეიძლება თუ არა, უჯრედი შეადარო ქალაქს?

დღეისათვის ეს აზრი ძალიან პოპულარულია. თითოეული უჯრედი იმდენად ორგანიზებული და მოწესრიგებულია, ხოლო მის ორგანოიდებს შორის ფუნქციები იმდენად ზუსტად არის განაწილებული, რომ ძნელია ამ შედარებას არ დაეთანხმო. ასეთ ქალაქში არის ქუჩები და ტრანსპორტი, სადაც აქტიური მოძრაობა შეინიშნება; სამთავრობო რეზიდენცია, სადაც ქალაქისთვის მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებები მიიღება; საწყობები, სადაც წინასწარ არის მომარაგებული ყოველივე საჭირო; სამსახური, რომელიც ქალაქის შიგნით წესრიგს იცავს, არასასურველ სტუმრებს იშორებს და ნაგავი გააქვს. ასეთ ქალაქებში არის ქარხნები, რომლებიც სპეციალური მოწყობილობების საშუალებით და მზის უშრეტი ენერჯის გამოყენებით ქალაქისთვის საჭირო საკვებს აწარმოებენ, სხვა ტიპის

ქარხნები ნედლეულს გადაამუშავებენ და საჭირო პროდუქციას იღებენ; აქვია სპეციალიზირებული ელექტროსადგურებიც, რომლებიც მიღებული ენერგიით ქალაქს უზრუნველყოფენ.

გაიხსენე, რა მნიშვნელობა ჰქონდა უძველესი ქალაქებისათვის დამცავ გალავანს. ის ჩაკეტილი იყო მტრისათვის და იღებოდა საჭირო სტუმრების წინაშე. სწორედ ამ გალავნიდან გადიოდნენ შიკრიკები, ელჩები და მზვერავები სხვა ქალაქებთან კონტაქტის დასამყარებლად.

მეცნიერების აზრით, თითოეული უჯრედი იმაზე უფრო რთულად არის ორგანიზებული, ვიდრე ჩვეულებრივი ქალაქი.

2. მასწავლებელი ავალებს სტუდენტებს საინფორმაციო ტექსტის მიხედვით შეასრულონ შემდეგი დავალებები:

ა) ზემოთ ჩამოთვლილი სტრუქტურები და საქმიანობები დაუკავშირეთ თქვენთვის ნაცნობ უჯრედულ ორგანიზაციებს, დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.

(ქუჩები – ენდოპლაზმური ბადის არხები

ტრანსპორტი – სხვადასხვა შიგთავსის მქონე ვეზიკულები უჯრედის შიგნით;

სამთავრობო რეზიდენცია – ბირთვი;

გალავანი – პლაზმური მემბრანა

საწყობები – უჯრედული ჩანართები

წესრიგის დაცვა და ნაგვის გატანა – ლიზოსომები

ქარხნები, სადაც ნედლეულისაგან იქმნება პროდუქტები - რიბოსომები;

ქარხნები, რომლებიც მზის ენერგიით საკვებს აწარმოებენ – ქლოროპლასტები;

ელექტროსადგურები, რომლებიც ქალაქისთვის საჭირო ენერგიას იღებენ – მიტოქონდრიები).

ბ) გაანალიზეთ უჯრედისა და ქალაქის ანალოგია სუნთქვის პროცესებთან მიმართებაში და უპასუხეთ კითხვებს:

1. რა წარმოადგენს სითბოსა და სინათლის წყაროს ქალაქში და როგორ იღებს ქალაქი ენერგიას?

(სითბოსა და სინათლის წყაროს ქალაქში წარმოადგენს მზე. ქალაქი ენერგიას სხვადასხვა ტიპის საწვავის გამოყენების შედეგად იღებს (ბუნებრივი აირი, ნავთობი). რომელიც თავის მხრივ, დედამიწის შორეულ წარსულში მზის ენერგიის დახმარებით არის წარმოქმნილი).

2. როგორ იღებს უჯრედი ენერგიას? რა განსხვავებას ხედავ ამ თვალსაზრისით მცენარეულ და ცხოველურ უჯრედებს შორის?
(მცენარეული უჯრედიც პირველსაწყის ენერგიას იღებს მზიდან, რათა საჭირო საკვები (საწვავი) წარმოქმნას, ამავე დროს შეუძლია ცხოველქმედებისათვის საჭირო ენერგია მიიღოს უკვე წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებების დაშლის შედეგადაც. ცხოველურ უჯრედს არ შეუძლია მზის ენერგიის გამოყენება და საკუთარი თავის დამოუკიდებელი „გამოკვება“. საჭირო ენერგიას ის იღებს მზა საწვავის – ძირითადად, გლუკოზის გამოყენების შედეგად. ამგვარად, უჯრედის საწვავიც – გლუკოზა, მზის ენერგიის გამოყენებით არის შექმნილი).
3. საშინაო დავალებად მასწავლებელი ავალებს სტუდენტებს გამოიყენონ გაკვეთილზე შეძენილი ცოდნა, საკუთარი ფანტაზია, მოიძიონ იდეები ინტერნეტში და შექმნან ჩანახატი, სქემა, ან მაკეტი, რომელიც ასახავს უჯრედისა და ქალაქის ანალოგიას.

სასარგებლო ინტერნეტლინკი:

ანალოგიები უჯრედსა და ქალაქს შორის:

<http://scorescience.humboldt.k12.ca.us/fast/teachers/Internauts/teacherpage.htm>

აქტივობა 7. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა

მიზანი: სტუდენტებმა გაანალიზონ თითოეული ორგანული ნივთიერების როლი უჯრედისათვის, დაასაბუთონ უჯრედის შემადგენლობაში შემავალი არაორგანული და ორგანული ნივთიერებების აუცილებლობა ორგანიზმისათვის; განუვითარდეს კლასიფიცირების და შესაბამისობების დადგენის უნარი, დაამყაროს ლოგიკური კავშირები ფიზიკაში და ქიმიაში მიღებულ ცოდნასთან.

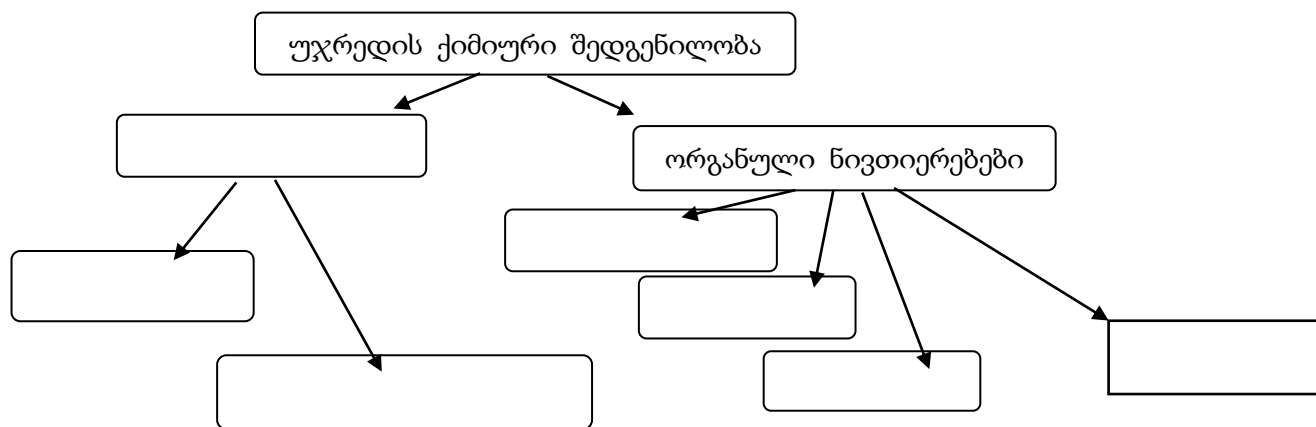
რესურსები: სამუშაო სქემა, უჯრედის ქიმიური შედგენილობის შესავსებად; სქემა ორგანული ნივთიერებების ფუნქციების შესახებ, სქემა ორგანული მოლეკულების ილუსტრაციებით, ბარათები დავალებით - ამობეჭდილი, ან ელ. ფორმატში.

წინარე ცოდნა: სტუდენტმა უნდა დაადასტუროს უჯრედში შემავალი ქიმიური ნივთიერებების აგებულების და მათი მნიშვნელობის შესახებ ცოდნა და მონაცემთა კლასიფიცირების/ორგანიზების უნარი.

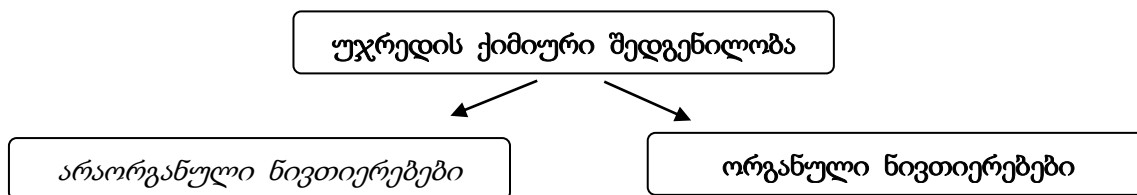
მსვლელობა:

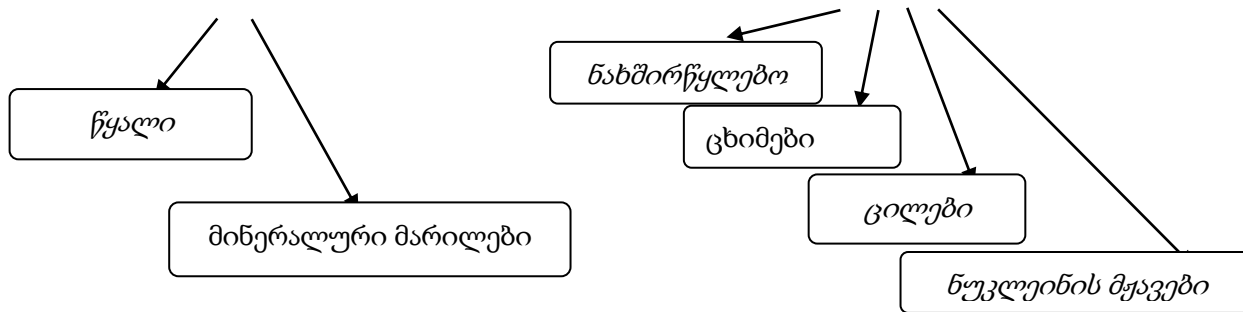
მასწავლებელი ყოფს კლასს ჯგუფებად და თითოეულ ჯგუფს თხოვს მოიფიქრონ თუ როგორ არის შესაძლებელი უჯრედში შემავალი ქიმიური ნივთიერებების კლასიფიცირებას;

მასწავლებელს გამოაქვს კლასის წინაშე სამუშაო სქემა უჯრედის ქიმიური შედგენილობის შესახებ და სთხოვს სტუდენტებს შეავსონ სქემის ცარიელი ჩარჩოები.



სქემის შევსებული ვარიანტი:





1. მასწავლებელი სვამს კითხვებს:

1. რომელი ორგანული ნივთიერებაა უფრო მნიშვნელოვანი ორგანიზმისათვის? შეგიძლიათ თუ არა, ამ თვალსაზრისით, გამოყოთ ერთი რომელიმე ორგანული ნივთიერება?

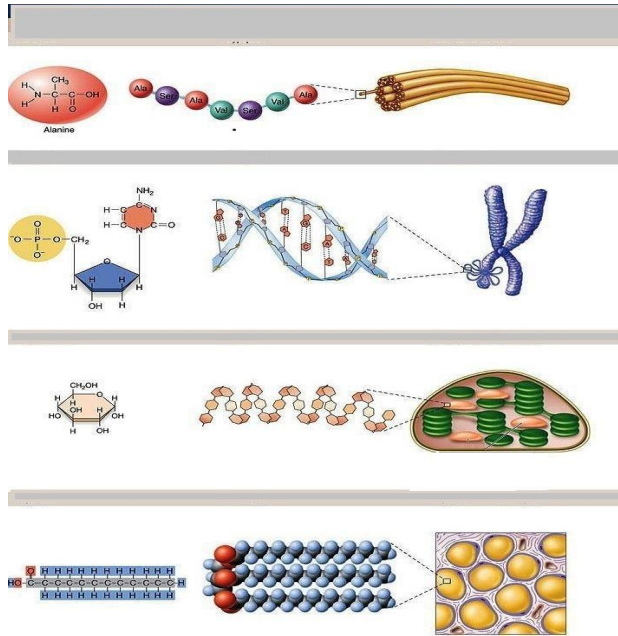
(მასწავლებელმა უნდა მიიყვანოს სტუდენტები იმ დასკვნამდე, რომ ამ თვალსაზრისით რომელიმე ორგანული ნივთიერების გამოყოფა შეუძლებელია, რადგან ორგანული ნივთიერებების თითოეულ ჯგუფს აკისრია სპეციფიური ფუნქცია, რაც აუცილებელია უჯრედის ნორმალური არსებობისათვის).

2. რა ცვლილებები შეიძლება განვითარდეს ორგანიზმში, თუ შეწყდება ნახშირწყლების, ცილების ან წყლის მიღება?

(ნახშირწყლების მიღების შეწყვეტის შემთხვევაში ორგანიზმს მოაკლდება ენერგია, დაირღვევა ნივთიერებისა და ენერგიის ცვლა, მცენარეული უჯრედები დაკარგავენ ფორმას, ცხოველური უჯრედები - ერთმანეთთან ნორმალური კონტაქტის უნარს და ა.შ; ცილების დეფიციტის შემთხვევაში უჯრედები და ქსოვილები დაკარგავენ ზრდისა და რეგენერაციის უნარს, კუნთები - შეკუმშვის უნარს, ვერ განხორციელდება ფერმენტული რეაქციები და ა.შ).

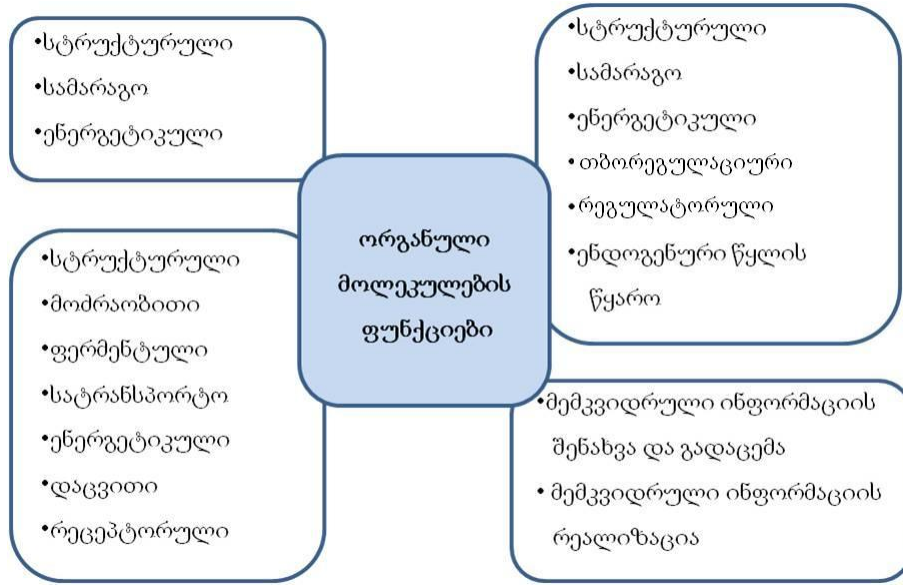
3. მასწავლებელს გამოაქვს კლასის წინაშე ოთხი ილუსტრაცია, რომელზეც სქემატურად არის გამოსახული ორგანული ნივთიერებების მოლეკულები, სთხოვს კლასს გაიხსენონ და ამოიცნონ, რომელი ილუსტრაცია რომელ ნივთიერებას შეესაბამება, სად გვხვდება უჯრედში და მთლიანად ორგანიზმში ეს მოლეკულები?

(მაგალითად, ცილები შედიან პლაზმური მემბრანისა და უჯრედული სტრუქტურის შემადგენლობაში, ცილებით არის აგებული კუნთის კუმშვადი ძაფები - მიოფიბრილები, გვხვდებიან ხრტილების, მყესების შემადგენლობაში, წარმოქმნიან ორგანიზმის დამცველ მოლეკულებს - ანტისხეულებს, ახორციელებენ ქიმიურ რეაქციებს - ფერმენტები და ა.შ.).



4. მასწავლებელს გამოაქვს კლასის წინაშე სქემა ორგანული ნივთიერებების ფუნქციების შესახებ, სთხოვს სტუდენტებს იმუშაონ წყვილებში და მოიფიქრონ, რომელი ჩარჩო რომელი ორგანული ნივთიერების ფუნქციებს შეესაბამება, მოიყვანონ მაგალითები თავისი გადაწყვეტილების დასადასტურებლად (მაგალითად, პირველი ჩარჩო შეესაბამება ნახშირწყლების ფუნქციებს, რადგან პოლისაქარიდი ცელულოზა ასრულებს სტრუქტურულ ფუნქციას, პოლისაქარიდები გლიკოგენი და სახამებელი – სამარაგო ფუნქციებს,

მონოსაქარიდი გლუკოზა – ენერგეტიკულს და ა.შ.)



5. მასწავლებელი ისმენს პასუხებს და აკეთებს კომენტარს თითოეული ორგანული ნივთიერების ფუნქციის ანალიზთან დაკავშირებით. კითხვა-პასუხის რეჟიმში, საერთო საკლასო მუშაობის დროს განიხილება ორგანული ნივთიერებების ფუნქციები და შესაბამისი მაგალითები.

6. მასწავლებელი ურიგებს კლასს ბარათებს დავალებით ან გამოაქვს ეკრანზე წინასწარ მომზადებული კითხვები უჯრედის შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებების მნიშვნელობასა და თვისებების შესახებ, სთხოვს წყვილებს მოიფიქრონ პასუხები:
 1. პლანეტების ისტორიული წარსულის კვლევისას მეცნიერები მათზე წყლის არსებობის კვალს ეძებენ. ახსენი, რა კავშირშია ერთმანეთთან წყალი და სიცოცხლის არსებობა?
(წყალი ქმნის აუცილებელ გარემოს ცოცხალი სტრუქტურების არსებობისა და ფუნქციონირებისათვის, ის ორგანიზმების ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. წყლის არსებობა ამ პლანეტებზე იქნებოდა მინიშნება სიცოცხლის არსებობის შესახებ).
 2. მრავალი სხვა ნივთიერებისაგან განსხვავებით წყალი გაყინვისას ფართოვდება, ამიტომ მისი სიმკვრივე თხევად მდგომარეობაში უფრო მაღალია, ვიდრე მყარში. რა მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს წყლის ამ თვისებას წყალსატევის ბინადრებისათვის?
(დაბალი ტემპერატურის პირობებში გაყინვა ფსკერიდან კი არ იწყება, არამედ, ყინული წყალსატევს ზემოდან ფარავს. ნაკლები სიმკვრივის გამო ყინული ფსკერზე არ ეშვება, არამედ წყალსატევის ზედაპირზე რჩება და მის

ბინადრებს ჰაერის დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედებისაგან იცავს).

3. როგორც ნახშირწყლების, ასევე ცხიმის მოლეკულები ერთი და იგივე ატომებისაგან შედგება. ახსენი, რატომ განსხვავდებიან ისინი ერთმანეთისაგან სტრუქტურით, თვისებებით და ფუნქციებით?

(ნახშირბადის, ჟანგბადის და წყალბადის ატომების სხვადასხვა რაოდენობა, თანმიმდევრობა და სივრცული ორგანიზაცია იძლევა მოლეკულების უსასრულო მრავალფეროვნებას. შედეგად ერთმანეთისგან განსხვავდებიან არამარტო ცხიმებისა და ნახშირწყლების ჯგუფის მოლეკულები, არამედ ორგანული მოლეკულები თითოეული ჯგუფის შიგნითაც).

4. რა მნიშვნელობა აქვს ცხიმს არქტიკული წყლების სელაპებისათვის?

(ცხიმი წარმოქმნის კანქვეშა დამცავ ფენას და მოქმედებს როგორც თბოიზოლაციური: იცავს ამ ცხოველებს სიცივისაგან).

5. იპოვეთ შესაბამისობა მონომერსა და პოლიმერს შორის; შეავსე ცხრილი

- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| ა) ცილები | 1) გლიცერინი და ცხიმოვანი მჟავები |
| ბ) ცხიმები | 2) ნუკლეოტიდი |
| გ) ნახშირწყლები | 3) ამინომჟავა |
| დ) ნუკლეინის მჟავები | 4) გლუკოზა |

ა	ბ	გ	დ
3	1	4	2

6. ორგანული ნივთიერებების თითოეული ჯგუფისათვის დაწერეთ ერთი წინადადება, რომლითაც დაასაბუთებთ მათ სპეციფიურ მნიშვნელობას უჯრედისათვის.

(ნახშირწყლები წარმოადგენენ ენერჯის ძირითად წყაროს ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, ცხიმები წარმოქმნიან პლაზმური მემბრანის ბარიერულ შრეს, რომელიც აუცილებელია უჯრედში ნივთიერებათა ნორმალური ცვლისთვის; ცილების მრავალფეროვანი ფუნქციები აუცილებელია ორგანიზმის ზრდისთვის, მოძრაობისთვის, ფერმენტული რეაქციების განხორციელებისთვის, იმუნური დაცვისთვის და მრავალი სხვ. ნუკლეინის მჟავების ფუნქციონირება კი აუცილებელია მემკვიდრული ინფორმაციის შენახვისა და მომავალ თაობებში გადაცემისათვის).

5. მუშაობის დასრულების შემდეგ მასწავლებელი კლასთან ერთად ამოწმებს რამდენიმე ნამუშევარს, იძლევა კომენტარებს, ავსებს და ასწორებს შეცდომებს, აკეთებს შეფასებას.

სასარგებლო ინტერნეტლინკები:

მოცულობითი ინფორმაცია უჯრედის სტრუქტურების, მათი დანიშნულების და უჯრედის შიგნით მიმდინარე პროცესების შესახებ <http://ridge.icu.ac.jp/biobk/BioBookCELL2.html#Mitochondria>

ცალკეული უჯრედული სტრუქტურების ფუნქციონირების მოშლასთან დაკავშირებული პათოლოგიები <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1164653&uri=index.html>

უჯრედის ვირტუალური სამყარო ტესტები, კითხვები და სხვა ტიპის დავალებები <http://www.ibiblio.org/virtualcell/>

თამაშები უჯრედის თემატიკაზე <http://classroom.jc-schools.net/sci-units/cells.htm>

ყველაფერი უჯრედის შესახებ – ინფორმაცია, ვიდეოები, დავალებები http://www.kidinfo.com/health/human_body.html

აქტივობა 8. ექსპერიმენტი: ფერმენტ კატალაზას აქტივობის შესწავლა

მიზანი: სტუდენტმა დაადგინოს ფერმენტის აქტივობის დამოკიდებულება გარემოს pH-ზე. განუვითარდეს კვლევითი უნარები.

რესურსები: 0.1 M HCl (მარილმჟავა); 0.1M NaOH (ნატრიუმის ტუტე, მწვავე ნატრიუმი); H₂O₂-ის 3%-იანი ხსნარი; კარტოფილის კანგაცლილი ნაჭრები, თითოეული 1 სმ³ მოცულობით (მასწავლებელმა თავად უნდა მოამზადოს ისინი ცდის წინ); სამი სინჯარა; სინჯარების სადგამი; გრადუირებული ცილინდრი 10 მლ მოცულობით; ლაბორატორიული ჭიქა 100 მლ მოცულობით; სამი პიპეტი; სახაზავი ; როდინი; სამი მინის წკირი, ქალაღის ინდიკატორი; დავალების შინაარსის, ინსტრუქციისა და თანდართული კითხვების ამსახველი ტექსტი ამობეჭდილი სახით, ან ელ. ფორმატში.

შენიშვნა: მიუხედავად განზავებულ მდგომარეობაში ყოფნისა, მარილმჟავა და ნატრიუმის ტუტე საკმაოდ ძლიერი მჟავა და ტუტეა. ამიტომ მასწავლებელმა ყურადღება უნდა მიაქციოს უსაფრთხოების წესების დაცვას. სასურველია სტუდენტებს ექსპერიმენტის ჩატარების დროს ეკეთოთ დამცავი სათვალე და ხალათები, კანზე მჟავას, ან ტუტის მოხვედრის შემთხვევაში, დაუყოვნებლივ უნდა მოხდეს ჩამორეცხვა გამდინარე წყლით.

მასწავლებელს შეუძლია ცდის ჩატარება დაავალოს მოსწავლეებს ჯგუფებში, ან შეუძლია კლასის წინაშე, ცდის დემონსტრირება დაავალოს ერთ-ერთ მოსწავლეს და თვითონაც დაეხმაროს მას. ასეთ შემთხვევაში ჯგუფებში მოხდება ცდის შედეგების აღრიცხვა და შედეგების ინტერპრეტაცია.

მსვლელობა:

1. მასწავლებელი სვამს სამოტივაციო კითხვებს;

1. ორგანული მოლეკულების რომელ ჯგუფს მიეკუთვნებიან ფერმენტები და რაში მდგომარეობს მათი მნიშვნელობა? *(ფერმენტები წარმოადგენენ ცილებს, რომლებიც ასრულებენ ბიოკატალიზატორის ფუნქციას – წარმართავენ უჯრედში მიმდინარე ქიმიურ რეაქციებს).*

2. რა მოხდებოდა ჩვენმა ორგანიზმმა უეცრად ერთ-ერთი ფერმენტის, მაგალითად პეპსინის სინთეზი რომ შეწყვეტოს? *(დაითრგუნებოდა ცილების მონელება კუჭში, რასაც მოჰყვებოდა ნივთიერებათა ცვლის მოშლა, ორგანიზმი შეწყვეტდა ზრდა-განვითარებას, რეგენერაციული პროცესებისა და სასიცოცხლო ფუნქციების განხორციელებას).*

3. როგორი pH-ის პირობებში მოქმედებენ სისხლის პლაზმის ფერმენტები და რატომ? *(ფერმენტების აქტიურობა მრავალ ფაქტორთან ერთად დამოკიდებულია გარემოს pH-ზეც. სისხლის პლაზმის რეაქცია ნეიტრალურთან ძალიან ახლოა, შესაბამისად პლაზმის ფერმენტებიც მხოლოდ ნეიტრალურ pH-ის პირობებში მოქმედებენ).*

2. მასწავლებელი აცნობს კლასს გაკვეთილის მიზანს – ექსპერიმენტულად გამოიკვლიონ ფერმენტის მოქმედების თავისებურებები; ურიგებს კლასს საინფორმაციო ტექსტს:

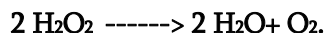
საინფორმაციო ტექსტი

კატალაზა

ქიმიური რეაქციები ორგანიზმში ფერმენტების კონტროლის ქვეშ ხორციელდება. ფერმენტები აკატალიზებენ როგორც ანაბოლურ, ასე კატაბოლურ რეაქციებს და ამით მონაწილეობას ღებულობენ ნივთიერებათა ცვლის რეგულაციაში. ფერმენტების ნორმალური მოქმედებისათვის საჭიროა გარემოს გარკვეული პირობები: ტემპერატურა ($t^{\circ}C$), გარემოს რეაქცია (pH), ქიმიური შემადგენლობა და სხვ. ბაქტერიებს, რომლებიც ცხოვრობენ $55^{\circ}C$ -ის საშუალო ტემპერატურის პირობებში, მაგალითად, ვულკანის სიახლოვეს, გააჩნიათ

ფერმენტები, რომელთა მუშაობისთვის ოპტიმალური ტემპერატურაა 55°C. ადამიანის ორგანიზმში მოქმედებენ კუჭის პროტეაზები, რომელთაც მჟავა გარემო სჭირდებათ, ნერწყვის ფერმენტები კი მხოლოდ ტუტე არეში მოქმედებენ.

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



H_2O_2 –ის გახლეჩვის შედეგად მისი ერთ-ერთი პროდუქტი - ჟანგბადი გამოიყოფა გარემოში ბუშტუკების სახით. კატალაზას მოქმედების ეფექტურობას აფასებენ იმ მოცულობის მიხედვით, რომელსაც იკავებენ გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკები სინჯარაში. მოცულობის გამოსათვლელად იყენებენ ფორმულას:

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

სადაც:

π (მუდმივა) = 3,14;

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

R - სინჯარის რადიუსი (სმ);

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

გამოიყენეთ მოცემული ინფორმაცია და ექსპერიმენტის საშუალებით გაარკვიეთ:

- როგორი გარემო სჭირდება კატალაზას მოქმედებისათვის - მჟავა, ტუტე, თუ ნეიტრალური?
- ექსპერიმენტის დაწყებამდე გამოთქვი და დააფიქსირე ვარაუდი წერილობით: შეძლებს თუ არა კარტოვილის უჯრედებში არსებული კატალაზა წყალბადის ზეჟანგის დაშლას სამივე გარემოში ერთნაირი ეფექტურობით; ან რომელ გარემოში გამოავლენს ის თავის მაქსიმალურ ეფექტს? მოიყვანე არგუმენტი შენი ვარაუდის სასარგებლოდ.

3. მასწავლებელი ურიგებს კლასს ცდის ჩატარების პროცედურას ამობეჭდილი სახით, ან გამოაქვს ის ეკრანზე, რომ ყველას ქონდეს ცდის თანმიმდევრობისთვის თვალის მიდევნების საშუალება.

ცდის აღწერა:

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

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

შენიშვნა: თუ ექსპერიმენტს ერთდროულად რამდენიმე ჯგუფი ასრულებს, მასწავლებელმა ყურადღება უნდა მიაქციოს, რომ ჟანგბადის ბუშტების სვეტის სიმაღლის გაზომვა განხორციელდეს სამივე სინჯარაში ერთდროულად.

4. ექსპერიმენტის დასრულების შემდეგ მასწავლებელი სთხოვს ჯგუფებს იმსჯელონ და წერილობით ჩამოაყალიბონ პასუხები კითხვებზე:

1. სად გვხვდება და რა როლს ასრულებს კატალაზა ცოცხალ უჯრედებში?
2. აღწერე, როგორ არის დამოკიდებული კატალაზას მოქმედება არეს pH-ზე და pH-ის რომელ მნიშვნელობაა მისთვის ოპტიმალური.
3. ახსენი, რატომ არ იმოქმედა ფერმენტმა ერთნაირად pH-ის ყველა მნიშვნელობაზე.
4. რომელია აღწერილ ექსპერიმენტში დამოკიდებული ცვლადი, დამოუკიდებელი?

სავარაუდო პასუხები კითხვებზე:

1. *კატალაზა გვხვდება თითქმის ყველა სახის ორგანიზმში: ცხოველურ, მცენარეულ, აგრეთვე ბაქტერიებისა და სოკოების უჯრედებში. ის შლის წყალბადის ზეჟანგს და უჯრედს აშორებს ამ ტოქსიურ ნივთიერებას.*
2. *კატალაზას მოქმედება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული რეაქციის არეზე: ფერმენტს არ შეუძლია მოქმედება pH-ის ყველა მნიშვნელობაზე. მისთვის ოპტიმალურია არის ნეიტრალური რეაქცია.*
3. *კატალაზა ისევე, როგორც ყველა ფერმენტი წარმოადგენს ცილას. ცილის მგრძნობიარე სტრუქტურა რეაგირებს მრავალ ფაქტორზე, მათ შორის pH-ის ცვლილებაზეც, დენატურირდება და შესაბამისად, კარგავს აქტივობას.*
4. *დამოკიდებული ცვლადია ჟანგბადის გამოყოფის ინტენსივობა, ანუ ჟანგბადის გამოყოფის შედეგად წარმოქმნილი ბუშტუკების სიმაღლე. დამოუკიდებელი ცვლადია pH-ის სხვადასხვა მნიშვნელობები, რომელიც გავლენას ახდენს კატალაზას აქტივობაზე.*

5. ჯგუფების მუშაობის დასრულების შემდეგ მასწავლებელი ისმენს პრეზენტაციებს, აკეთებს საჭირო კომენტარს, იძლევა შეფასებას.
6. საშინაო დავალების სახით მასწავლებელი ავალებს სტუდენტებს მოიფიქრონ და თეორიულად დაგეგმონ ექსპერიმენტი

კატალაზას მოქმედებაზე ტემპერატურის ზემოქმედების გამოსაკვლევად. შეარჩიონ ფორმა, რომლითაც წარმოადგენენ საკუთარი მომავალი ექსპერიმენტის მონაცემებს (ცხრილი, დიაგრამა, ფოტო).

სასარგებლო ინტერნეტლინკები:

კატალაზას ექსპერიმენტის განხილვა

[http://www.catawbaschools.net/departments/curriculum/specialist/carol_moore/Shared%20Documents/Essential%20Standards%20Charts/Catalase%20Lab%20\(Bio%204.1.3\).pdf](http://www.catawbaschools.net/departments/curriculum/specialist/carol_moore/Shared%20Documents/Essential%20Standards%20Charts/Catalase%20Lab%20(Bio%204.1.3).pdf)

<http://chem.lapeer.org/Bio2Docs/CatalaseLab.html>

http://www.edhsgreensea.net/APBiology/Activities_AP_Bio/Biochemistry/Activity9_Enzyme_Lab.pdf

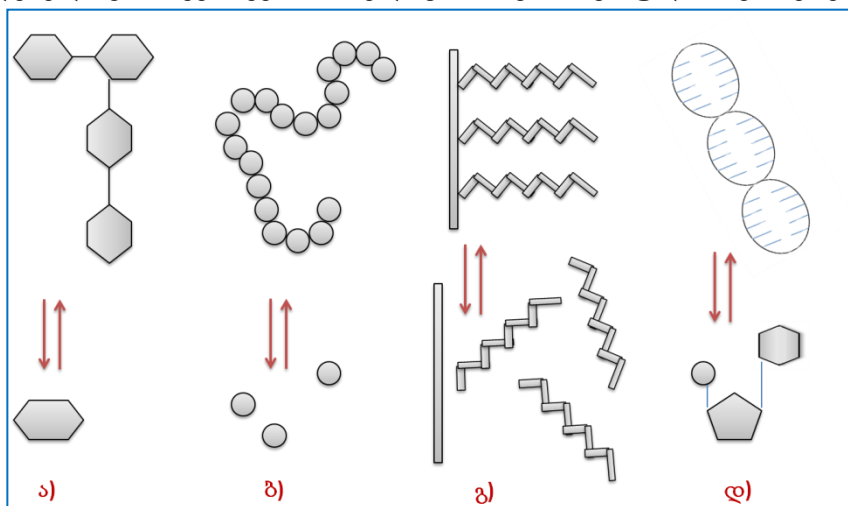
აქტივობა 8. ანაბოლიზმი და კატაბოლიზმი

მიზანი: მოსწავლემ იმსჯელოს ანაბოლური და კატაბოლური პროცესების შესახებ, სქემატურად გამოსახოს მათი ურთიერთკავშირი.

რესურსები: ორგანული ნივთიერების დაშლისა და სინთეზის შექცევადი პროცესების ამსახველი სქემა ფლიპჩარტზე, ან ელ. ფორმატში; სურათი, რომელზეც ასახულია ნახშირწყლების გარდაქმნის პროცესი მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებში (იხ. ქვემოთ).

მსვლელობა:

1. მასწავლებელს გამოაქვს სქემა რომელიც ასახავს ორგანული ნივთიერების დაშლისა და სინთეზის შექცევად პროცესებს.



მასწავლებელი:

1. ამოიცანით, რომელი ორგანული მოლეკულებია გამოსახული სქემაზე?
(ა) ნახშირწყალი; ბ) ცილა; გ) ცხიმი; დ) დნმ.)
2. რას აღნიშნავენ შექცევადობის ისრები სქემაზე?
(შექცევადობის ისრები აღნიშნავენ რეაქციების მიმდინარეობას ორი საპირისპირო მიმართულებით. ორგანული ნივთიერებების რთული მოლეკულების დაშლას მონომერებად და პირიქით, მონომერებიდან პოლიმერების აწყობას).
3. რომელი მიმართულების დროს ხორციელდება ენერჯის გამოყოფა?
(ისარი ქვემოთ, დაშლის რეაქციების დროს).
4. რას ხმარდება ამ დროს გამოყოფილი ენერჯია?
(უჯრედის სასიცოცხლო ფუნქციებს – კვებას, ზრდას, გაყოფას, მოძრაობას, გამრავლებას, გამოყოფას და ა.შ).
5. მასწავლებელი განუმარტავს კლასს ანაბოლიზმისა და კატაბოლიზმის ცნებებს, მოყავს მათი სინონიმები (ანაბოლიზმი, ასიმილაცია, ბიოსინთეზი / კატაბოლიზმი, დისიმილაცია, დაშლა), უკავშირებს ანაბოლიზმს პლასტიკურ ცვლას, ხოლო კატაბოლიზმს – ენერგეტიკულ ცვლას. მოყავს კონკრეტულ რეაქციების მაგალითები (იხ. ქვემოთ: დამატებითი ინფორმაცია

მასწავლებლებისათვის).

6. მასწავლებელი უბრუნდება გაკვეთილის დასაწყისში გამოტანილ სქემას და სვამს კითხვებს:

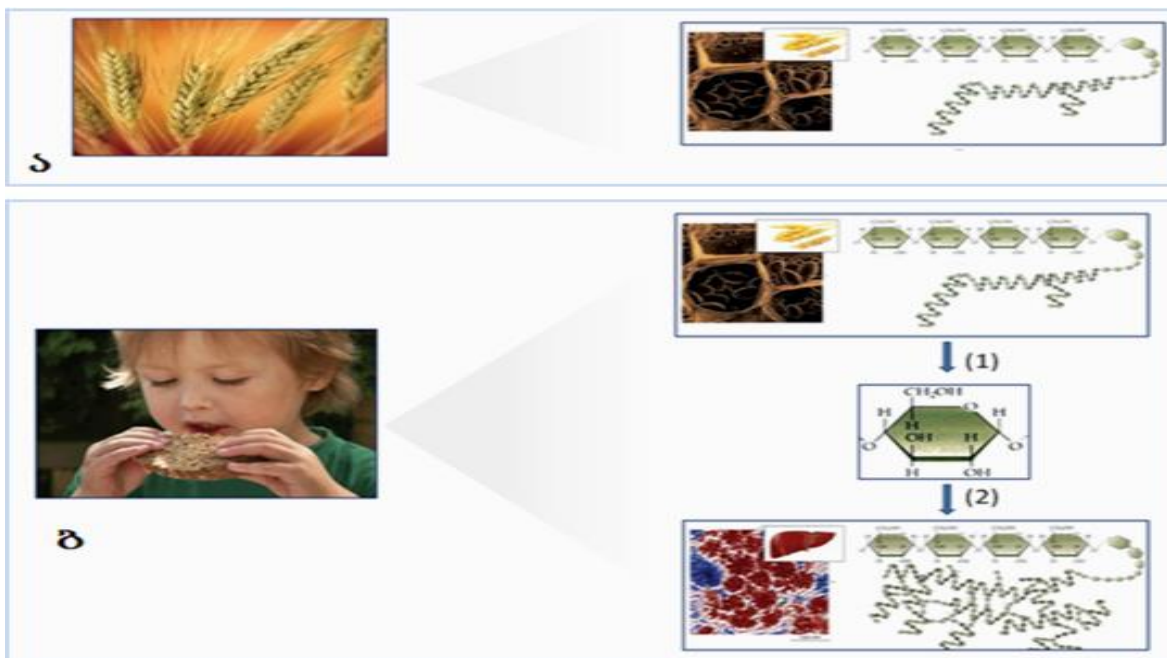
1. რომელი ისარი მიუთითებს ანაბოლიზმზე? კატაბოლიზმზე?

(მარცხენა ისარი მიუთითებს კატაბოლურ რეაქციაზე, ხოლო მარჯვენა – ანაბოლურზე).

2. თქვენთვის ცნობილია, რომ რეაქციის შედეგად გამოყოფილ ენერგიას E სიმბოლოთი აღნიშნავენ. სქემაზე შექცევადი ისრების რომელ მხარეს დაწერდი მას და რატომ?

(მარცხნივ - მარცხენა ისრის მიმართულება სქემაზე ორგანული მოლეკულის დაშლის რეაქციებს აჩვენებს, რასაც თან სდევს ენერგიის გამოყოფა).

7. მასწავლებელი კლასს უჩვენებს სქემას, რომელზეც ასახულია ნახშირწყლების გარდაქმნის პროცესი ცოცხალ ორგანიზმში, სთხოვს მოსწავლეებს იმუშაონ წყვილებში და სურათის დახმარებით უპასუხონ კითხვებს წერილობით:



1. რეაქციების რომელ ტიპს მიეკუთვნება (1) და (2) რეაქცია?

(1 – კატაბოლური; 2 – ანაბოლური).

2. რომელი ნახშირწყალი მარაგდება მცენარეულ უჯრედებში და რა არის მისი მონომერი? (მცენარეულ უჯრედებში მარაგდება სახამებელი, რომლის მონომერია გლუკოზა).

3. რა მოსდის სახამებელს, როდესაც საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში

ხვდება?

(მისი დაშლა იწყება პირის ღრუში, წვრილ ნაწლავში ხდება მისი ჰიდროლიზი მონოსაქარიდ - გლუკოზამდე, საიდანაც გლუკოზა შეიწოვება სისხლში).

4. რატომ არის საჭირო ცხოველურ ორგანიზმში სახამებლის დაშლა?

(ცხოველურ ორგანიზმს არ შეუძლია სახამებლის შეთვისება და უჯრედებში მისი მზა სახით გამოყენება. ენერგეტიკული მიზნებისათვის მას სჭირდება გლუკოზა).

5. რაში მდგომარეობს გლუკოზის დანიშნულება?

(გლუკოზა წარმოადგენს ძირითად ენერგეტიკულ სუბსტრატს ცოცხალ ორგანიზმში. მისი დაშლის შედეგად გამოყოფილი ენერგია ხმარდება უჯრედისა და მთლიანად ორგანიზმის სასიცოცხლო პროცესების განხორციელებას).

6. რომელ სამარაგო ნივთიერებად გარდაიქმნება გლუკოზა ცხოველურ ორგანიზმში და სად ხდება მისი მომარაგება?

(ჭარბი გლუკოზა გარდაიქმნება რთულ ნახშირწყლად – გლიკოგენად. მისი დაგროვება ხდება უპირატესად ღვიძლსა და კუნთებში).

7. გამოიყენე ილუსტრაცია და შექმენი სქემა, რომელიც ასახავს ურთიერთკავშირს ანაბოლურ და კატაბოლურ პროცესებს შორის.

8. მასწავლებელი ეცნობა რამოდენიმე პრეზენტაციას, ან საკუთარი შეხედულებისამებრ იბარებს მოსწავლეების ნამუშევრებს, რათა გაეცნოს და შეაფასოს ისინი.

9. დასასრულს, რეფლექსიის მიზნით მასწავლებელი სვამს შემაჯამებელ კითხვებს:

1. დაასახელეთ ორი, ან მეტი პროცესი, რომელიც პლასტიკურ ცვლას მიეკუთვნება. *(ნებისმიერი მატრიცული სინთეზის რეაქცია, ფოტოსინთეზი და სხვ.)*

2. ასაკის მიხედვით რომელი ორგანიზმის უჯრედებში იქნება უფრო ინტენსიური ანაბოლური პროცესები? *(ახალგაზრდა, მზარდი ორგანიზმის უჯრედებში).*

3. იმსჯელეთ, რა მოხდებოდა, ნივთიერებათა ცვლის საერთო ციკლიდან ანაბოლური პროცესების ამოვარდნის შედეგად?

(შეუქცევდა დაირღვეოდა უჯრედის სასიცოცხლო პროცესები, რადგან არ განხორციელდებოდა ფერმენტების, ჰორმონების, ბიოლოგიურად აქტიური სხვა ნივთიერებების სინთეზი; მემბრანული ტრანსპორტის მოშლის შედეგად შეწყდებოდა კავშირი გარემოსთან და შესაბამისათ, უჯრედი ვერ შეძლებდა ნორმალურად ფუნქციონირებას; შეუძლებელი იქნებოდა სხვადასხვა სახის მოძრაობის განხორციელება, რადგან არ მოხდებოდა სათანადო ცილების სინთეზი; ორგანიზმი ვერ მოახდენდა გარემოს ცვლილებაზე სათანადო რეაგირებას, რადგან ვერ შეძლებდა ნერვული იმპულსის გატარებას და სხვა).

4. ივარაუდეთ, რა განსხვავება იქნება ანაბოლიზმისა და კატაბოლიზმის პროცესების თანაფარდობას შორის ბავშვის, ზრდასრული ადამიანის და მოხუცის ორგანიზმში?

(ბავშვის ორგანიზმში უფრო ინტენსიურია ანაბოლიზმი; ახალგაზრდობაში (თუ მათ არ აწუხებთ ჯანმრთელობის გამოხატული პრობლემები), დამყარებულია წონასწორობა ანაბოლიზმსა და კატაბოლიზმს შორის; ხანშიშესულებში ასაკთან ერთად მატულობს კატაბოლური პროცესების წილი).

5. აღწერეთ, უჯრედის მეტაბოლიზმი ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ? შეადარე ის მოსვენებულ მდგომარეობას.

(მოსვენებულ მდგომარეობასთან შედარებით ფიზიკური დატვირთვის პირობებში გააქტიურებული იქნება კატაბოლური პროცესები, რათა ორგანიზმის ფიზიკური აქტივობა სათანადო ენერჯით იყოს უზრუნველყოფილი. შემდგომ ეტაპზე კი უჯრედი ჩართავს ანაბოლურ პროცესებს, რათა მოხდეს იმ ნივთიერებების რეგენერაცია, რომლებიც დაიხარჯა კატაბოლიზმის დროს და აღიდგინოს უჯრედული ფორმით. მხოლოდ ასეთ შემთხვევაში შეუძლია უჯრედს მათი გამოყენება ენერგეტიკული მიზნით, ან საშენ მასალად. ორგანიზმში ანაბოლური და კატაბოლური პროცესების მიმდინარეობა ერთგვარ დიამანიურ წონასწორობაშია ერთმანეთთან. ანაბოლური პროცესების სიჭარბე იწვევს ზრდას, ქსოვილური მასის დაგროვებას, ხოლო კატაბოლური პროცესების გააქტივება კი უჯრედული და ქსოვილური სტრუქტურების „ცვეთას“, მათ ნაწილობრივ რღვევას. ანაბოლური და კატაბოლური პროცესების თანაფარდობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული: ასაკზე, ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე, ორგანიზმის მიერ შესრულებულ ფიზიკურ და გონებრივ სამუშაოზე, ემოციურ დატვირთვაზე. ორგანიზმი მუდმივად ცდილობს დაიცვას ბალანსი ანაბოლურ და კატაბოლურ პროცესებს შორის, მაგრამ თუ ეს შეუძლებელი ხდება, ვითარდება შეუქცევადი პროცესები, რომელსაც ორგანიზმი ამა თუ იმ დაავადებისაკენ მიყავს, როგორცაა ჭარბი წონის დაგროვება, ენდოკრინული დაავადებები, სიმსივნური უჯრედების ზრდა და სხვ.).

სასარგებლო ინტერნეტლინკები:

მცენარეული და ცხოველური უჯრედების მეტაბოლიზმი
მიტოქონდრიის როლი სუნთქვაში

www.chem4kids.com/files/bio_metabolism.html

www.biology4kids.com/files/cell_mito.html

აქტივობა 9. უჯრედული სუნთქვა

მიზანი: სტუდენტმა იმსჯელოს აერობული და ანაერობული სუნთქვის თავისებურებებზე, შეადაროს ისინი ერთმანეთს, ჩაწეროს სათანადო ქიმიური რეაქციების სახით.

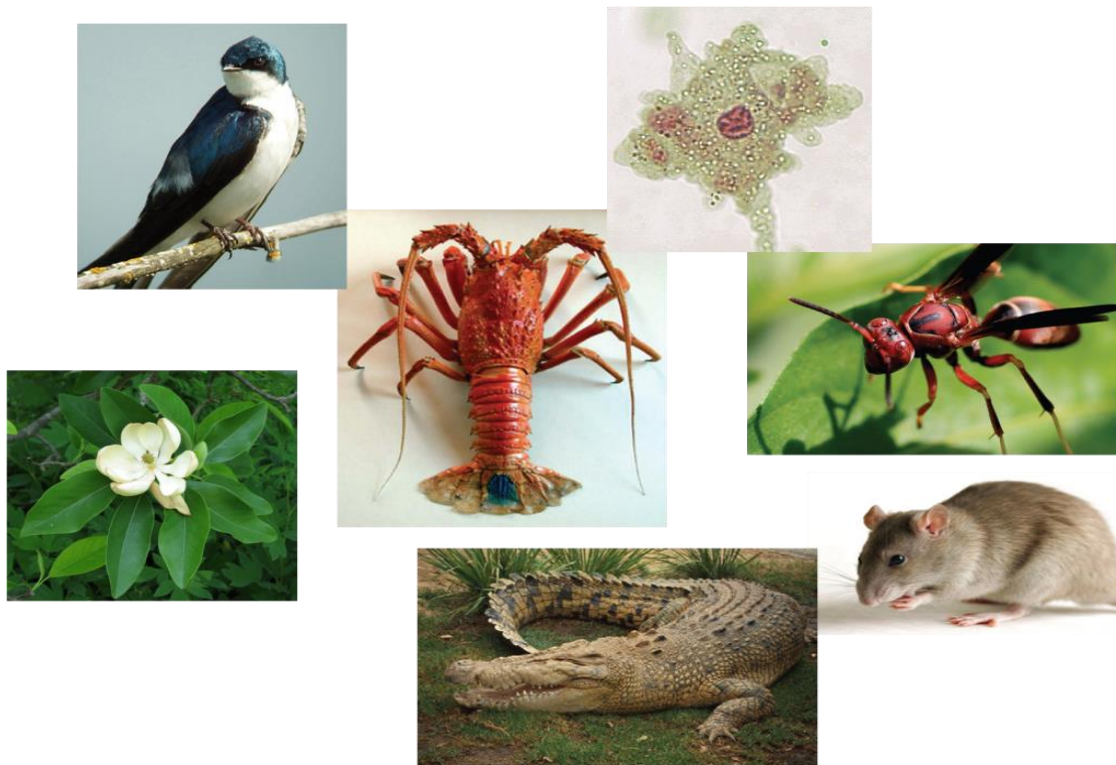
რესურსები: ილუსტრაციები სხვადასხვა ორგანიზმის გამოსახულებით, რომელთაც სუნთქვის განსხვავებული საშუალებები გააჩნიათ ელ. ფორმატში, ან ნებისმიერი თვალსაჩინოების სახით, ტაბულა, მაკეტი, ან სლაიდი ადამიანის სასუნთქი სისტემის საჩვენებლად, ბარათები კითხვებით და თავისუფალი ფურცლები ჯგუფებში სამუშაოდ.

მსვლელობა:

1. მასწავლებელი სვამს სამოტივაციო კითხვებს:

1. რატომ ითვლება სუნთქვა ერთ–ერთ ძირითად სასიცოცხლო პროცესად?
(სუნთქვა აუცილებელია ცოცხალი ორგანიზმისათვის, ვინაიდან სუნთქვის შედეგად ორგანიზმი იღებს ჟანგბადს, რომელიც ხმარდება ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვას. ორგანიზმს სჭირდება დაჟანგვის შედეგად გამოყოფილი ენერგია).
2. საკვების გარეშე ორგანიზმს შეუძლია სიცოცხლე შეინარჩუნოს მრავალი დღის განმავლობაში, წყლის გარეშე 2–3 დღე, რატომ ძლებს ის ჰაერის გარეშე მხოლოდ რამდენიმე წუთი?
(ორგანიზმს გააჩნია საკვები ნივთიერებების გარკვეული მარაგი და ოსმორეგულაციის მექანიზმები, რომელთაც იყენებს შიმშილისა და წყურვილის შემთხვევაში. მაგრამ მას არ შეუძლია მოიმარაგოს ჟანგბადი, ან დააგროვოს ენერგია. შესაბამისად, ორგანიზმი დამოკიდებულია ჩასუნთქულ ჰაერში არსებულ ჟანგბადზე).
3. რომელი ორგანული ნივთიერება წარმოადგენს ენერგიის ძირითად წყაროს უჯრედისათვის?
(გლუკოზა).

2. მასწავლებელს გამოაქვს წინასწარ შერჩეული ილუსტრაციები და სთხოვს მოსწავლეებს დაასახელონ მათზე ასახული ორგანიზმების სუნთქვის ორგანოები. სტუდენტები იხსენებენ და ასახელებენ კლასიფიკაციის სხვადასხვა საფეხურზე მდგომი ორგანიზმების სუნთქვის საშუალებებს.



(მწერი იღებს ჟანგბადს – ტრაქეებით, ნიანგი, თავვი და მერცხალი – ფილტვებით, ამება უჯრედის მთელი ზედაპირით, კიბორჩხალა – ლაყუჩებით, მცენარე – ბაგეებით)

3. მასწავლებელს გამოაქვს ადამიანის სასუნთქი სისტემის ამსახველი ტაბულა, მაკეტი ან აჩვენებს მას ეკრანზე, სთხოვს სტუდენტებს დაასახელონ ადამიანის სუნთქვის ორგანოები იმ თანმიმდევრობით, რომლითაც გაივლის ჰაერი ჩასუნთქვის დროს, ან შეუსაბამონ სურათზე დატანილ ნუმერაციას სასუნთქი ორგანოების ჩამონათვალი. მასწავლებელი აცნობს კლასს გაკვეთილის მიზანს: გაანალიზონ აერობული და ანაერობული სუნთქვის თავისებურებები; ურიგებს სტუდენტებს საინფორმაციო ტექსტს შესაბამისი თემატიკით (იხ. დამატებითი ინფორმაცია მასწავლებლებლისათვის), ან იყენებს სახელმძღვანელოში არსებულ მასალას; სთხოვს გაეცნონ ტექსტს ინდივიდუალურად.

4. მასწავლებელი ყოფს კლასს ოთხ ჯგუფად და ურიგებს თითოეულ ჯგუფს ბარათს კითხვებით, სთხოვს იმუშაონ ჯგუფებში, იმსჯელონ, ჩამოაყალიბონ პასუხები და მოამზადონ პრეზენტაცია.

პირველი ჯგუფი

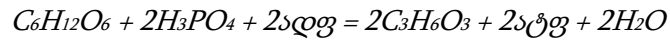
1. გაიხსენეთ, როგორ „ხვდება“ ენერგია გლუკოზის მოლეკულაში?
(*გლუკოზის მოლეკულაში ენერგია ხვდება მზის ენერგიის ქიმიურ ენერგიად გარდაქმნის შედეგად, რასაც ადგილი აქვს ფოტოსინთეზის პროცესში*).
2. უჯრედის რომელ ნაწილში მიმდინარეობს გლიკოლიზი? აერობული სუნთქვა?
(*გლიკოლიზი მიმდინარეობს ციტოპლაზმაში, ხოლო აერობული სუნთქვა – მიტოქონდრიაში*).
3. შეადარეთ ერთმანეთს წვა და სუნთქვა შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით: ა) დაშლის საბოლოო პროდუქტები; ბ) გამოყოფილი ენერგიის სახეობა და ინტენსივობა.
(*როგორც წვის, ასევე სუნთქვის შედეგად საბოლოოდ გამოიყოფა ნახშირორჟანგი და წყალი; ბ) წვის დროს ენერგია გამოიყოფა ერთდროულად და იფანტება სითბოსა და სინათლის სახით; სუნთქვის დროს ენერგია გამონთავისუფლდება ეტაპობრივად; მისი ნაწილი გამოიყოფა სითბოს სახით, ნაწილი კი გადადის ქიმიურ ენერგიაში და მარაგდება ატფ-ის მოლეკულაში*).

მეორე ჯგუფი

1. რა რაოდენობის ენერგია გამოიყოფა ატფ-ში ორივე მაკროერგული ბმის გახლეჩის შედეგად?
(*80 კჯ*).
2. გამოსახე ქიმიური განტოლების სახით გლუკოზის ანაერობული დაშლა.
პიროყურძნის მჟავას წარმოქმნა:
$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2ადგ = 2C_3H_4O_3 + 2H^+ + 2ატფ + 2H_2O;$$

სტუდენტს შეუძლია აგრეთვე გამოსახოს დუღილის ამსახველი განტოლება:

რძემჟავა დუღილი:



სპირტული დუღილი:



3. მოიფიქრე და დაასაბუთე, უჯრედული სუნთქვის რომელი ეტაპის განხორციელება იქნება შესაძლებელი ხელოვნურად, უჯრედის გარეშე? როგორ შეიძლება განხორციელდეს ეს პროცესი?
(უჯრედის გარეშე შეიძლება განხორციელდეს გლიკოლიზი, რადგან მას არ ესაჭიროება მიტოქონდრია. გლიკოლიზის განსახორციელებლად საჭიროა ხელოვნურ არეში შევიტანოთ გლუკოზა, სათანადო ფერმენტების ნაკრები, დავიცვათ საჭირო ტემპერატურა და pH).

მესამე ჯგუფი

1. რომელი ორგანიზმებისთვის იქნება გლიკოლიზი ენერჯის მიღების ერთადერთი საშუალება? (გლიკოლიზს, როგორც ენერჯის მიღების ერთადერთ საშუალებას იყენებენ ის პროკარიოტული ორგანიზმები, რომელთაც მიტოქონდრია არ გააჩნიათ. კერძოდ, ანაერობული ბაქტერიებისათვის გლიკოლიზი წარმოადგენს ენერჯის მიღების ერთადერთ საშუალებას (აერობულ ბაქტერიებში გლიკოლიზი აღარ არის ენერჯის მიღების ერთადერთი წყარო, რადგან მიტოქონდრიის როლს ითავსებს პლაზმური მემბრანის უბნები)).
2. რით არის განპირობებული პურის ცხობისას ცომის აფუება?
(ცომის ამოფუების მიზეზია საფუარა სოკოების მიერ წარმოებული სპირტული დუღილი. ეს სოკოები საკვებად იყენებენ ფუქილის ნახშირწყლებს, შლიან მათ სპირტული დუღილის გზით და გამოყოფენ ნახშირორჟანგს. ეს უკანასკნელი წარმოქმნის აირით სავსე ბუშტუკებს და შედეგად, იწვევს ცომის ამოფუებას. ამ პროცესის დროს წარმოქმნილი სპირტი ორთქლდება).
3. შეადარეთ ერთმანეთს გლუკოზის უჟანგბადო და ჟანგბადიანი დაშლა შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით: ა) მიმდინარეობის ადგილი; ბ) საწყისი ნივთიერებები; გ) დაშლის პროდუქტები; დ) წარმოქმნილი ატფ-ს მოლეკულების რაოდენობა.
(უჟანგბადო – მიმდინარეობს ციტოპლაზმაში; საწყისი ნივთიერებაა გლუკოზა, საბოლოო პროდუქტია პიროყურძნის მჟავა/რძემჟავა/ეთანოლი და წყალი; წარმოქმნილი ატფ-ის რაოდენობაა 2 მოლეკულა).

ჟანგბადიანი – მიმდინარეობს მიტოქონდრიაში; საწყისი ნივთიერებაა პიროყურძნის მჟავა; საბოლოო პროდუქტებია ნახშირორჟანგი და წყალი; წარმოქმნილი ატფ-ის რაოდენობაა 36 მოლეკულა).

მეოთხე ჯგუფი

1. როგორ გესმით ტერმინი „მაკროერგული ბმა“ ?
(ენერგიით მდიდარი ბმა, ანუ ბმა, რომლის გახლეჩის შედეგად დიდი რაოდენობით ენერგია გამოიყოფა).
2. გამოსახეთ ქიმიური განტოლების სახით გლუკოზის აერობული დაშლა.
($2C_3H_6O_3 + 6O_2 + 36H_3PO_4 + 36ადეგ = 6CO_2 + 6H_2O + 36 ატფ + 36H_2O$).
3. მოიფიქრეთ სქემა, რომელზეც ასახული იქნება აერობული და ანაერობული სუნთქვის პროცესების მიმდინარეობა უჯრედში. სამუშაოს შესრულებისას ყურადღება მიაქციეთ შემდეგ კრიტერიუმებს: ა) სად მიმდინარეობს თითოეული პროცესი; ბ) რომელს სჭირდება ჟანგბადის თანაობა; გ) რა არის თითოეულის საწყისი და საბოლოო პროდუქტები; დ) რამდენი მოლეკულა წარმოიქმნება თითოეული პროცესის შედეგად.

5. ჯგუფური მუშაობის დასრულების შემდეგ მასწავლებელი ისმენს პრეზენტაციებს, კლასთან ერთად განიხილავს არასწორ პასუხებს, აკეთებს შეფასებას.

დამატებითი ინფორმაცია მასწავლებელთათვის

ნახშირწყლების დაშლა უჯრედში.
აერობული და ანაერობული სუნთქვის თავისებურებები

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

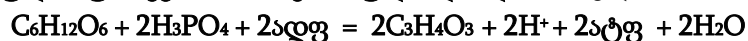
ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ატფ რნმ-ის ნუკლეოტიდია, მაგრამ სხვა ნუკლეოტიდებისაგან განსხვავებით ის ფოსფორმჟავას სამ ნაშთს შეიცავს. ბმა, რომლითაც ატფ-ის მოლეკულაში ფოსფორმჟავას ნაშთები ერთმანეთთან არიან დაკავშირებულები, განსაკუთრებულია. მისი გახლეჩის შედეგად ენერგიის საკმაოდ დიდი რაოდენობა – 40კჯ გამოიყოფა,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

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

გლუკოზის დაშლა რთული და ეტაპობრივად მიმდინარე რეაქციების ერთობლიობაა, რომელთაგანაც თითოეულს საკუთარი ფერმენტი აკატალიზებს. ენერგიის გარდა, გლუკოზის სრული დაშლის შედეგად გამოიყოფა ენერგიით „ღარიბი“ არაორგანული ნივთიერებები – წყალი და ნახშირორჟანგი.



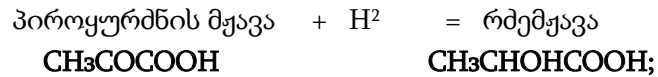
გლუკოზის დაშლის პირველი ეტაპს **გლიკოლიზი ეწოდება**. ეს ტერმინი "შაქრის გახლეჩას" ნიშნავს. გლიკოლიზის დროს გლუკოზის ექვსნახშირბადიანი მოლეკულა ($C_6H_{12}O_6$) პიროყურძნის მჟავას ორ სამნახშირბადიან მოლეკულად ($C_3H_4O_3$) იშლება. პროცესს თან ახლავს ატფ-ის ორი მოლეკულის წარმოქმნა, რაც ნიშნავს, რომ გლიკოლიზის დროს გამოყოფილი ენერგია ორ მოლეკულა ატფ-ში მარაგდება. გლიკოლიზი ციტოპლაზმაში მიმდინარეობს და ჟანგბადის თანაობას არ მოითხოვს. სწორედ ამიტომ უჯრედული სუნთქვის ეს ეტაპი **ანაერობული სუნთქვის**, ან **ანაერობული დაშლის** სახელით არის ცნობილი.



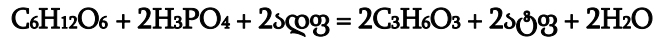
გლიკოლიზის შედეგად მიღებულ პიროყურძნის მჟავას მოლეკულაში ენერგიის კიდევ საკმაო ნაწილი რჩება გამოუყენებელი. პიროყურძნის მჟავას შემდგომი ბედი დამოკიდებულია გარემოში ჟანგბადის არსებობაზე. ანაერობულ პირობებში პიროყურძნის მჟავას შემდგომი გარდაქმნა შესაძლებელია დუღილის გზით წარიმართოს, რაც ძირითადად, მიკროორგანიზმებისათვის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

განარჩევნ სპირტულ და რძემჟავურ დუღილს.

რძემჟავური დუღილის დროს პიროყურძნის მჟავა იკავშირებს წყალბადს და აღდგება რძემჟავამდე.



ასეთ შემთხვევაში ანაერობული სუნთქვის შედეგად საბოლოოდ წარმოიქმნება რძემჟავა.



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

სპირტული დუღილის დროს, რომელიც მიმდინარეობს ზოგიერთ ბაქტერიასა და საფუარა სოკოებში, პიროყურძნის მჟავა იხლიჩება ორ მოლეკულა ეთილის სპირტად ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) და ნახშირორჟანგად. საერთო ჯამში, ერთი მოლეკულა გლუკოზის სპირტული დუღილის შედეგად წარმოიქმნება ეთილის სპირტი, ნახშირორჟანგი, წყალი და 2 მოლეკულა ატფ. დუღილის ამ ტიპს ადამიანები ოდითგანვე იყენებდნენ პურის, ღვინისა და ლუდის წარმოებაში.

