განათლების, მეცნიერებისა და
ახალგაზრდობის სამინისტრო

ბიოლოგია 10

მასწავლებლის წიგნი

პირველი ნაწილი



ნანა ზაალიშვილი თინათინ ზარდიაშვილი
ალა სანამიანი

ბიოლოგია 10

მასწავლებლის წიგნი

სახელმძღვანელო შექმნილია
საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტროს მიერ

განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო
თბილისი
2026

ბიოლოგია
X კლასი, I ნაწილი
მასწავლებლის წიგნი

საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო
პირველი გამოცემა, თბილისი, 2026 წ.

ავტორები:
ელნარ (ნანა) ზაალიშვილი
თინათინ ზარდიაშვილი
თანაავტორი: ალა სანამიანი

საგნის ექსპერტ-კონსულტანტები: მანანა ვარაზაშვილი, ნინო ბერიშვილი

სამეცნიერო რეცენზენტი: ლამარა მაჭავარიანი
ფსიქოლოგი-მეთოდისტი: ნუცა საღარაძე
რედაქტორი: თამთა გრიგოლია
ილუსტრატორი: ლია სიჭინავა
დამკაბადონებელი: გიორგი ჩიქვინიძე
ყდის დიზაინერი: ნინო ხვინგია

მასწავლებლის წიგნი შექმნილია ბიოლოგიის X კლასის მოსწავლის წიგნის შესაბამისად და ითვალისწინებს ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნებს. მასში განხილულია სწავლა-სწავლების თანამედროვე მიდგომები და წარმოდგენილია რეკომენდაციები სასწავლო პროცესის დაგეგმვის, წარმართვისა და შეფასებისთვის.

სახელმძღვანელოს კომპლექტის შემადგენლობა:
მოსწავლის წიგნი I და II ნაწილები;
მასწავლებლის წიგნი I და II ნაწილები.

განათლების, მეცნიერებისა და
ახალგაზრდობის სამინისტრო

© საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო

პირობითი ნიშნების აღწერა



აქტივობები, რომლებიც ემსახურება მოსწავლის წინარე ცოდნის გააქტიურებას, ინტერესის აღძვრასა და მოტივაციის ამაღლებას.



კვლევის სხვადასხვა ეტაპთან დაკავშირებული აქტივობები და დავალებები.



ახალ მასალასთან დაკავშირებული ცოდნის აგების აქტივობები



აქტივობები რომელიც მოიცავს სამუშაოს, ცოდნის გამოყენებისა და ახალ კონტექსტში გადატანისთვის.



აქტივობები, რომლებიც ემსახურება საკითხის ან გაკვეთილის შეჯამებასა და სასწავლო პროცესის შეფასებას.



აქტივობა — მოიცავს მიზანს, რესურსს, აღწერას და მეთოდურ რეკომენდაციებს.



რუბრიკაში აღწერილია ისეთი დავალებები, რომლებიც განკუთვნილია მოსწავლის დამოუკიდებელი მუშაობისა და პირადი პასუხისმგებლობისთვის.



ტექსტში ჩართული კითხვების, საშინაო დავალების, საკლასო აქტივობების, შემაჯამებელი დავალებებისა და რუბრიკა ,,უპასუხეთ კითხვებს“ პასუხებს. საჭიროების შემთხვევაში პასუხებს ახლავს მცირე რეკომენდაციები.



მინიშნება წარმოადგენს მეთოდურ მითითებას მნიშვნელოვანი დეტალებისა და რეკომენდაციებისთვის, რომლებიც ძირითადად უსაფრთხოების წესების დაცვას შეეხება.



დავალებები, რომლებიც ჯგუფური მუშაობის პროცესში სრულდება.

სარჩევი

თავი 1. სახელმძღვანელოს კონცეფცია 5

თავი 2. ეროვნული სასწავლო გეგმის სტანდარტი ბიოლოგიაში 10

თავი 3. სასწავლო შინაარსის შესაბამისობა სამიზნე ცნებებთან 15

თავი 4. თემატური კურიკულუმის დაგეგმვის გზამკვლევი 16

თავი 5. სწავლების მეთოდოლოგია 17

5.1. კონსტრუქტივისტული სწავლების არსი

5.2. შემოქმედებითი დავალების დაგეგმვა და განხორციელება

5.3. სწავლების მიდგომები

5.4. გაკვეთილის ორგანიზების მოდელები

5.5 სწავლების სტრატეგიები

5.6. მეტაკოგნიცია

თავი 6. შეფასების მეთოდები და ინსტრუმენტები 30

6.1. შეფასების კონცეპტუალური ჩარჩო

6.2. განმავითარებელი შეფასების სწრაფი ტექნიკები

6.3. SOLO ტაქსონომია — როგორც სწავლის შედეგების შეფასების მოდელი

6.4. განმსაზღვრელი შეფასება და შეფასების რუბრიკები

6.5. განმავითარებელი უკუკავშირის ნიმუში

6.6. შეფასების შედეგების ანალიზი და მისი პრაქტიკული გამოყენება

თავი 7. პარაგრაფების მეთოდური გზამკვლევი 34

7.1. პირველი თავის დაგეგმვის გზამკვლევი პარაგრაფების მიხედვით 34

7.1.1. არაორგანული ნივთიერებები 35

7. 1.2. ორგანული ნივთიერებები, ცილების აგებულება 50

7. 1.3. ცილების ფუნქცია 63

7. 1.4. ნახშირწყლები 89

7. 1.5. ლიპიდები 103

7. 1.6. ნუკლეინის მჟავები 114

7.1.7 პირველი თავის შემაჯამებელი დავალებები 129

7.2. მეორე თავის დაგეგმვის გზამკვლევი პარაგრაფების მიხედვით 133

7.2.1. პლაზმური მემბრანა 134

7. 2.2. ბირთვი, რიბოსომა, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი 149

7. 2.3. მიტოქონდრია, პლასტიდები, ლიზოსომა, პეროქსისომა, ცენტრალური ვაკუოლი .153

7. 2.4. ციტოჩონჩხი და უჯრედგარე მატრიქსი 167

7.2.5 მეორე თავის შემაჯამებელი დავალებები 178

7.3. მესამე თავის დაგეგმვის გზამკვლევი პარაგრაფების მიხედვით 182

7.3.1. უჯრედული სუნთქვა 183
7. 3.2. ფოტოსინთეზი 206
7. 3.3. მატრიცული რეაქციები — რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია, ტრანსლაცია 226
7.3.4 მესამე თავის შემაჯამებელი დავალებები 233
8. გამოყენებული ლიტერატურა 239

X კლასის ბიოლოგიის სახელმძღვანელოს კონცეფცია

მეათე კლასის ბიოლოგიის სახელმძღვანელო (მოსწავლის წიგნი და მასწავლებლის წიგნი) შემუშავებულია ეროვნული სასწავლო გეგმის შესაბამისად და ეფუძნება ზოგადი განათლების ეროვნულ მიზნებს. მისი შინაარსი, სტრუქტურა და მეთოდური კომპონენტები აგებულია საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლების თანამედროვე პრინციპების გათვალისწინებით და უზრუნველყოფს სწავლა-სწავლების პროცესის ეფექტიან დაგეგმვას, განხორციელებასა და შეფასებას.

ეროვნული სასწავლო გეგმის მისია და მიზნები სახელმძღვანელოში რეალიზდება სამი ძირითადი პრინციპის საფუძველზე:

1. **სიღრმისეული სწავლა-სწავლების უზრუნველყოფა** — სახელმძღვანელო ორიენტირებულია ცნებების სიღრმისეულ და მრავალმხრივ დამუშავებაზე. მისი მიზანია:

- **მოსწავლის შინაგანი ძალების გააქტიურება და მაღალი სააზროვნო უნარების განვითარება:** აქცენტი კეთდება კრიტიკულ აზროვნებაზე, მონაცემთა ანალიზზე, ჰიპოთეზების გამოთქმასა და ექსპერიმენტის დაგეგმვაზე.
- **ცოდნის ეტაპობრივი კონსტრუირება:** პარაგრაფების სტრუქტურა მიჰყვება ნაბიჯ-ნაბიჯ შემეცნების პროცესს — წინარე ცოდნის გააქტიურებიდან ახალი ცოდნის გააზრებამდე.
- **ინტერდისციპლინური კავშირები და ცოდნის ტრანსფერი:** საკითხების განხილვა ხდება სხვა საბუნებისმეტყველო დისციპლინებთან (ქიმია, ფიზიკა) ინტეგრირების გზით და მიღებული ცოდნა უკავშირდება რეალურ ცხოვრებას (მედიცინა, ბიოტექნოლოგია, ეკოლოგია, სოფლის მეურნეობა, კრიმინალისტიკა).
- **სწავლის სტრატეგიების დაუფლება** (რეფლექსიისა და მეტაკოგნიციის ხელშეწყობა): სასწავლო აქტივობები ხელს უწყობს მოსწავლეთა მიერ საკუთარი სწავლის პროცესის გააზრებას, გამოყენებული სტრატეგიების შეფასებას, მიღებული შედეგების ანალიზსა და შემდგომი სასწავლო ნაბიჯების დაგეგმვას.
- **მყარი, დინამიკური და ფუნქციური ცოდნის შეძენა:** ცოდნა არ შემოიფარგლება თეორიით — იგი ვლინდება პრაქტიკულ, ლაბორატორიულ და შემაჯამებელ, შემოქმედებით დავალებებში.

II. პოზიტიური სასწავლო გარემო და ფუნქციური უნარები

აქტივობების განხორციელებისას კლასის ორგანიზების შემოთავაზებული ფორმები ემსახურება პოზიტიური სასწავლო გარემოს შექმნას. მრავალფეროვანი დავალებები მიმართულია ძირითადი **ფუნქციური უნარების** კომპლექსურ განვითარებაზე:

- **კრიტიკული აზროვნება:** ვითარდება ტექსტში ჩართული ანალიტიკური კითხვებით, მონაცემთა/გრაფიკების ინტერპრეტაციით, არგუმენტირებითა და ჰიპოთეზების შემოწმებით.
- **შემოქმედებითობა:** ყალიბდება პრობლემის გადაჭრის ალტერნატიული გზებისა და მოდელების შემუშავებით (მაგ, კვლევის დაგეგმვა).
- **თანამშრომლობა:** ყალიბდება წყვილებში და ჯგუფურ პრაქტიკულ აქტივობებში, საერთო მიზნისა და პასუხისმგებლობის გაზიარებით.
- **კომუნიკაცია:** ვითარდება სადისკუსიო საკითხების, კვლევის შედეგების პრეზენტაციისა და სამეცნიერო ენით აზრის მკაფიოდ, არგუმენტირებულად ჩამოყალიბების გზით.
- **ხასიათი / ნებელობა:** ყალიბდება საკუთარი სწავლის პროცესის მართვის, თვითშეფასებისა და ინდივიდუალური პოტენციალის რეალიზების მხარდაჭერით.
- **მოქალაქეობა:** ვითარდება ეკოლოგიური, ბიოეთიკური და გლობალური პრობლემების (მაგ:

ბიოტექნოლოგიის მიღწევები და ბიოეთიკა) განხილვისას.

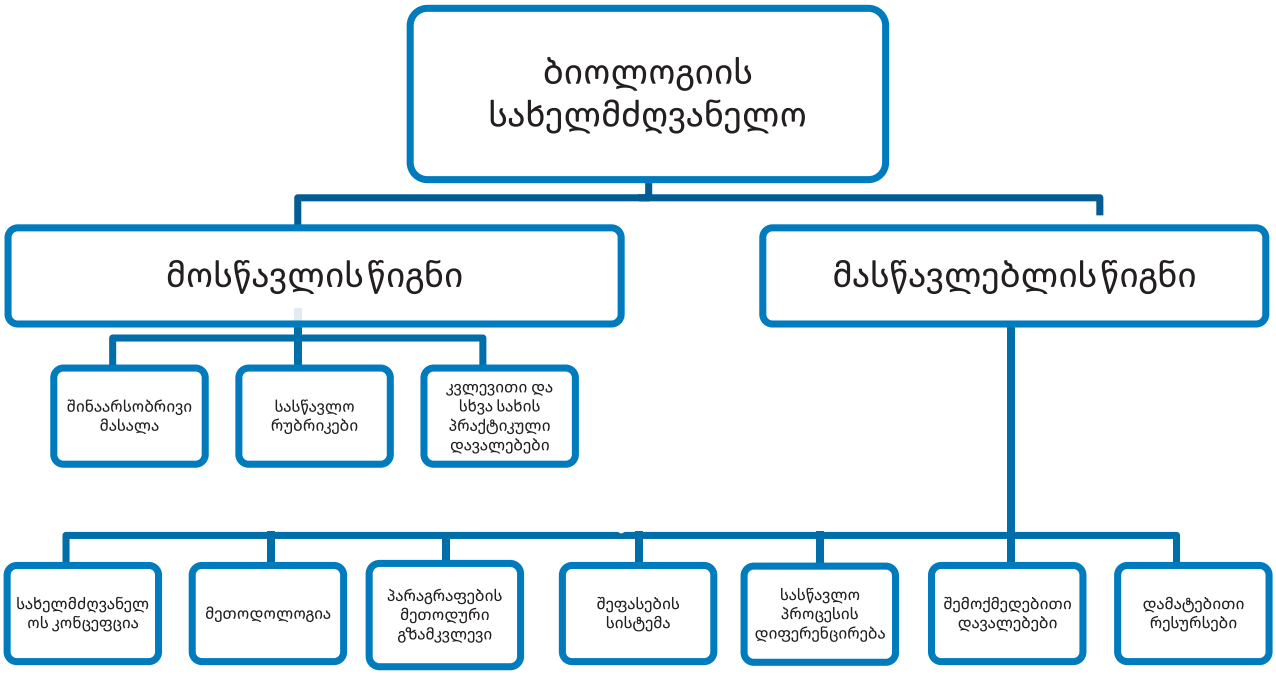
III. ინკლუზიური განათლება და დიფერენცირებული სწავლება

სასწავლო-მეთოდური კომპლექტი დაფუძნებულია **სწავლის უნივერსალური დიზაინის** (UDL) პრინციპებზე და ითვალისწინებს მოსწავლეთა ინდივიდუალურ მზაობასა და სწავლის სტილს:

- **დიფერენცირებული დავალებები:** მოსწავლის წიგნი და მასწავლებლის წიგნი მოიცავს მხარდამჭერ, არჩევით და გაღრმავებულ აქტივობებს.
- **სპეციალური საჭიროებების მხარდაჭერა:** მასწავლებლის წიგნში წარმოდგენილია კონკრეტული ინსტრუქციები შემოქმედებითი დავალებებისა და ტექსტური მასალის ადაპტირებისთვის (სსსმ მოსწავლეთათვის საჭიროების გათვალისწინებით).
- **აღქმის მრავალფეროვანი არხები:** ტექსტში ინტეგრირებულია დამხმარე ვიზუალური სქემები, მინიშნებები, დამატებითი საკითხავი მასალები მაღალი აკადემიური ინტერესის მქონე მოსწავლეებისთვის.

სახელმძღვანელოს ზოგადი დახასიათება

სასწავლო-მეთოდური კომპლექსი წარმოადგენს ერთიან, მეთოდურად და შინაარსობრივად სინქრონიზებულ სისტემას:



მოსწავლის წიგნის თითოეული თავი, პარაგრაფი და რუბრიკა პირდაპირ აისახება მასწავლებლის წიგნის შესაბამის მეთოდურ სექციაში, რაც მასწავლებელს საგაკვეთილო პროცესის ეფექტურად დაგეგმვისა და წარმართვის საშუალებას აძლევს.

1. მასწავლებლის წიგნის სტრუქტურა და შინაარსი

მასწავლებლის წიგნი წარმოადგენს მოსწავლის სახელმძღვანელოს მეთოდურ გზამკვლევს. წიგნის

პირველი ნაწილი ეთმობა თანამედროვე სწავლების მეთოდებისა და სტრატეგიების განხილვას. მისი მიზანია, მასწავლებელმა ჯერ გაიაზროს სახელმძღვანელოში გამოყენებული მიდგომები, შემდეგ კი იხილოს მათი პრაქტიკული გამოყენება კონკრეტულ პარაგრაფებსა და აქტივობებში.

ყოველი საკითხის მეთოდური ნაწილი აგებულია ერთიანი სტრუქტურით, რომელიც მოიცავს საგაკვეთილო პროცესის დაგეგმვის, განხორციელებისა და შეფასებისთვის საჭირო ყველა ძირითად კომპონენტს:

- საკვანძო კითხვა;
- სასწავლო მიზანი;
- ეროვნული სასწავლო გეგმასთან შესაბამისობა;
- რეკომენდებული სწავლების მეთოდები;
- აქტივობების წარმართვის ინსტრუქცია;
- მოსალოდნელი პასუხები;
- ტიპური შეცდომები;
- დიფერენცირების რეკომენდაციები;
- შეფასების ინსტრუმენტები;
- სამუშაო ფურცლები;
- სამუშაო ფურცლების შევსებული ნიმუშები;
- დამატებითი რეკომენდაციები მასწავლებლებისთვის.

2. მოსწავლის წიგნის შინაარსი

სახელმძღვანელოს შინაარსობრივი ნაწილი დაყოფილია ლოგიკურ ბლოკებად. პირველი ნაწილი მოიცავს თემას **„მოლეკულური ბიოლოგია“** (3 თავი, 13 პარაგრაფი):

თავი I: უჯრედის ქიმიური შედგენილობა (6 პარაგრაფი) — წყალი და არაორგანული ნივთიერებები; ნახშირწყლები, ლიპიდები, ცილები, ნუკლეინის მჟავები.

თავი II: უჯრედის კომპონენტები (4 პარაგრაფი) — პროკარიოტული და ეუკარიოტული უჯრედების მემბრანული და არამემბრანული ორგანელები; ტრანსპორტი მემბრანაში.

თავი III: უჯრედის მეტაბოლიზმი (3 პარაგრაფი) — პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლა: ფოტოსინთეზი; უჯრედული სუნთქვა, აერობული/ანაერობული პროცესები, მატრიცული რეაქციები.

მეორე ნაწილი მოიცავს ორ თემას: გენეტიკა და ბიოტექნოლოგია, ეკოლოგია და გარემოს დაცვა. თემა II მოიცავს ორ თავს (გენეტიკა და ბიოტექნოლოგია), თემა III — ერთ თავს (ეკოლოგია და გარემოს დაცვა).

თავი IV: გენეტიკა (7 პარაგრაფი) — უჯრედის გაყოფის ფორმები, დამემკვიდრების კანონზომიერებები, ცვალებადობის ფორმები.

თავი V: ბიოტექნოლოგია (5 პარაგრაფი) — თანამედროვე ტექნოლოგიები ბიოლოგიაში;

თავი VI: ეკოლოგია და გარემოს დაცვა (4 პარაგრაფი) — ეკოსისტემის თვითრეგულაცია, ბიომრავალფეროვნების კრიზისი, ეკოლოგიური პრობლემები.

3. მოსწავლის წიგნის სტრუქტურა

სასწავლო მასალის ათვისებისა და ინტერაქციისთვის სახელმძღვანელოში გამოყენებულია სტანდარტიზებული, ფუნქციური ბლოკები და რუბრიკები:

თავის შესავალი	თავი იწყება თემასთან დაკავშირებული კითხვებითა და პრობლემური სიტუაციებით, რომლებიც მოსწავლეს ახალი საკითხის შესწავლისთვის ამზადებს და მის წინარე ცოდნას ააქტიურებს.
რას ისწავლით, როგორ გამოიყენებთ	გაკვეთილი იწყება საგაკვეთილო მიზნისა და პრაქტიკული მნიშვნელობის შემცველი ინფორმაციით, რაც მოსწავლეს ეხმარება სწავლის მიზნის გაცნობიერებასა და მიღებული ცოდნის გამოყენების სფეროების დანახვაში.
შესავალი აქტივობა	წარმოადგენს ილუსტრაციას, პრობლემური სიტუაციის აღწერას, რომელსაც ახლავს ანალიტიკური კითხვები. კომპონენტი მასწავლებელს აძლევს მოსწავლეთა წინარე ცოდნის დიაგნოსტირებისა და ინტერესის სტიმულირების საშუალებას.
ძირითადი საგაკვეთილო ტექსტი და ჩართული კითხვები	პარაგრაფის ძირითადი ტექსტი წარმოდგენილია ილუსტრაციებით, სქემებითა და ცხრილებით. ტექსტში ჩართული კითხვები მოსწავლეს ეხმარება ინფორმაციის ეტაპობრივად გააზრებასა და ძირითადი ცნებების ერთმანეთთან დაკავშირებაში. საგანთაშორის კავშირების გააზრებაში.
საკლასო აქტივობები	მოიცავს ლაბორატორიული კვლევებს, მეცნიერული ექსპერიმენტების მოდელებს, პრაქტიკულ დავალებებს, რომლებიც მოსწავლეს აძლევს შესაძლებლობას დააკვირდეს, შეაგროვოს მონაცემები, გააანალიზოს შედეგები და გამოიტანოს დასკვნები.
უპასუხეთ კითხვებს	მოიცავს კითხვებს, რომლებიც ეხმარება მოსწავლეს პარაგრაფში განხილული საკითხების გააზრებასა და საკუთარი ცოდნის შემოწმებაში.
რა ისწავლეთ	კონცეპტუალური დასკვნების მოკლე აბზაცი მოიცავს პარაგრაფის ძირითად აზრს. საჭიროების შემთხვევაში გამოყენებულია კონცეპტუალური რუკა, რომელიც აჯამებს ძირითად ცნებებსა და მათ შორის კავშირებს. რაც ხელს უწყობს მასალის გრძელვადიან მეხსიერებაში გადატანას.
ეს საინტერესოა	რუბრიკაში წარმოდგენილიადამატებითი ინფორმაცია თანამედროვე სამეცნიერო პარადიგმების, მიმდინარე კვლევებისა და ბიოტექნოლოგიური მიღწევების შესახებ. ის აფართოებს პარაგრაფში განხილულ საკითხს.
ახალი ტერმინები	ტერმინთა ეტიმოლოგია (ლათინური/ბერძნული კომპონენტი) მოცემულია უშუალოდ კონტექსტში, ხოლო განმარტებები სისტემატიზებულია სახელმძღვანელოს ლექსიკონში.
საშინაო დავალებები	დავალებები მიმართულია პარაგრაფში მიღებული ცოდნის განმტკიცებასა და სხვადასხვა კონტექსტში გამოყენებაზე. ისინი მოიცავს როგორც პრაქტიკულ, ისე შემოქმედებით აქტივობებს. დავალებების რაოდენობა და სირთულე შეესაბამება მოსწავლის ასაკობრივ, ფსიქო-ემოციურ თავისებურებებს.
შემაჯამებელი დავალებები	მოიცავს თემატურ ქეისებს, კონტექსტის მქონე დავალებებს. რომლებიც მიმართულია სამიზნე ცნებების შეფასებასა და რეალურ კონტექსტში ცოდნის ტრანსფერზე.

4. შეფასების სისტემა

სახელმძღვანელოში შეფასება განხილულია, როგორც სწავლის ხელშემწყობი და დიაგნოსტიკური ინსტრუმენტი. სიტუაციის შესაბამისად გამოყენებულია:

- განმავითარებელი შეფასება: მასწავლებლის წიგნში ჩაშენებული თვითშეფასებისა და ურთიერთშეფასების კითხვარები.

- განმსაზღვრელი შეფასება: მასწავლებლის წიგნში მოცემულია შემაჯამებელი დავალებების, ზოგიერთი აქტივობის განმსაზღვრელი შეფასების რუბრიკები.
- SOLO-ტაქსონომიის მატრიცა: მასწავლებლის წიგნში წარმოდგენილია შეფასების რუბრიკები, რომლებიც აფასებს მოსწავლის კოგნიტურ დონეს. კონკრეტულ დავალებაში გამოვლენილი გაგების ხარისხი და დონე ნამუშევრის მტკიცებულებებით დგინდება.
- შემოქმედებითი დავალებების შეფასება: თითოეულ შემოქმედებითი დავალებას თან ახლავს შეფასების კრიტერიუმები, რომლებიც ზომავს სამიზნე ცნებების გააზრების ხარისხს.

შეფასების რუბრიკები შეესაბამება კონკრეტულ დავალებას, ზოგიერთი რუბრიკა ზოგადი ხასიათისაა..

5. დიფერენცირებისა და ინკლუზიური სწავლების პრინციპები

სასწავლო-მეთოდური კომპლექსი დაფუძნებულია სწავლის უნივერსალური დიზაინის (UDL) პრინციპებზე. მასწავლებლის წიგნი ხელს უწყობს ყველა მოსწავლის ჩართვას სასწავლო პროცესში, ითვალისწინებს მათ განსხვავებულ შესაძლებლობებსა და საჭიროებებს. ამ მიზნით, იგი მოიცავს:

- დამატებითი მხარდაჭერის აქტივობებს;
- არჩევით დავალებებს;
- სასწავლო მენიუს;
- გაღრმავებულ აქტივობებს;
- რეკომენდაციებს სპეციალური საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე (სსსმ) მოსწავლეებთან მუშაობისთვის მათი საჭიროების გათვალისწინებით.

სასწავლო გეგმის ადაპტაციის საშუალებები: მასწავლებლის წიგნში წარმოდგენილია რეკომენდაციები და სტრატეგიები, თუ როგორ შეიძლება კომპლექსური დავალებების, ლაბორატორიული სამუშაოებისა და ტექსტური მასალის ადაპტირება სსსმ მოსწავლეთა ინდივიდუალური საჭიროებების შესაბამისად.

დამხმარე ინსტრუქციები: სსსმ და განსხვავებული აკადემიური მზაობის მოსწავლეებისთვის შემუშავებულია დამხმარე ბარათები, გრაფიკული ორგანაიზერები და ბიჯობრივი გზამკვლევები, რომლებიც აადვილებს დავალების ეტაპობრივ შესრულებას.

მხარდაჭერა: სხვადასხვა მზაობისა და ვიზუალური სწავლის სტილის მოსწავლეებისთვის ტექსტში ინტეგრირებულია დამხმარე სქემები, მინიშნებები და ბიჯობრივი ინსტრუქციები.

გაღრმავება: მაღალი აკადემიური ინტერესის მქონე მოსწავლეებისთვის გათვალისწინებულია

რუბრიკა „ეს საინტერესოა“, სადაც მოცემულია თანამედროვე ბიო-სამედიცინო კვლევები, სამეცნიერო სტატიების ანალიზი და რთული კვლევითი ამოცანები.

მასწავლებლის წიგნი არ წარმოადგენს მზა სცენარს. იგი სთავაზობს რეკომენდაციებს, რომელთა ადაპტირებაც შესაძლებელია კონკრეტული კლასის, მოსწავლეთა საჭიროებებისა და სასწავლო კონტექსტის გათვალისწინებით. იგი ეხმარება მოსწავლეს ბიოლოგიური კანონზომიერებების სიღრმისეულ გააზრებაში, ხოლო მასწავლებელს აძლევს საგაკვეთილო პროცესის ეფექტურად დაგეგმვისა და მართვის სრულყოფილ, პრაქტიკულ ინსტრუმენტს.

თავი 2: ეროვნული სასწავლო გეგმის სტანდარტი ბიოლოგიაში

ა) სწავლა-სწავლების მიზნები

- ✓ ცოცხალი სამყაროს გაცნობა/შესწავლა, ბიოლოგიის ძირითადი ცნებებისა და კანონზომიერებების მეცნიერულ კონტექსტში გააზრება; ინტერესის გაღვივება ბიოლოგიის მიმართ, კვლევითი კომპეტენციების განვითარება;
- ✓ ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში მიმდინარე პროცესებს *(ენერგიისა და ნივთიერებების გარდაქმნა/მიმოცვლა)* შორის კავშირის წარმოჩენის გზით სამყაროს ერთიანობის აღქმა;
- ✓ ტექნოლოგიური პროგრესის მიმართ მიმღებლობის ჩამოყალიბება *(შესაძლო საფრთხეების გათვალისწინებით);* სხვადასხვა სფეროს განვითარებისთვის *(მაგალითად, მედიცინა, სოფლის მეურნეობა)* ტექნოლოგიების როლის *(ეკოლოგიური უსაფრთხოების კომპონენტის გათვალისწინებით*) წარმოჩენა; საბუნებისმეტყველო საგნებში შეძენილი ცოდნის გამოყენება ცხოვრებისეული პრობლემების გადასაჭრელად;
- ✓ სამოქალაქო ცნობიერების ამაღლება — ჯანსაღი ცხოვრების წესის და გარემოს დაცვის მნიშვნელობასთან დაკავშირებულ ცნობიერების ჩამოყალიბება.

ბიოლოგიის სტანდარტი საბაზო საფეხურზე

ა) სწავლის შედეგები

საგნის სწავლა-სწავლების მიზნების მისაღწევად სასწავლო პროცესში მოსწავლე ურთიერთდაკავშირებულად გაიაზრებს ბიოლოგიის საკვანძო ცნებებს **„სტრუქტურა და ფუნქცია“, „სასიცოცხლო თვისება“, „ბიომრავალფეროვნება“, “ჯანმრთელობა და დაავადება”.** მათი გააზრების საფუძველზე მოსწავლეს შეუძლია:

სწავლის შედეგი -მოსწავლე შეძლებს:	**შედეგის მიღწევის ინდიკატორი —** მოსწავლეს შეუძლია:	**სამიზნე ცნების მოცულობა** — მოსწავლე აცნობიერებს, რომ:
(1) ცოცხალი სისტემების სტრუქტურებსა და ფუნქციებს შორის შესაბამისობის დადგენა; ორგანიზმების სტრუქტურასა და ფუნქციებზე გარემო ფაქტორების ცვლილებების მოქმედების დახასიათება ბიოლოგიური კანონზომიერებების მეცნიერულ კონტექსტში გასააზრებლად;	• უჯრედის (ეუკარიოტული) შემადგენლობაში შემავალი ქიმიური ნივთიერებების, ასევე, უჯრედის ძირითადი კომპონენტების აგებულებასა და ფუნქციებს შორის შესაბამისობის აღწერა; • უჯრედულ და მოლეკულურ დონეზე გარემო ფაქტორების ცვლილებით გამოწვეული სტრუქტურული და ფუნქციური დარღვევების აღწერა; • მემკვიდრული ინფორმაციის ორგანიზების დახასიათება ეუკარიოტებში და ამ ინფორმაციის გადაცემაში მონაწილე სტრუქტურების აღწერა; • გენეტიკური ცვალებადობით გამოწვეულ სტრუქტურულ-ფუნქციურ დარღვევებზე **მსჯელობა;** • ეკოსისტემის კომპონენტების დახასიათება და თანასაზოგადოების წევრების (პროდუცენტები, კონსუმენტები, რედუცენტები) მნიშვნელობის დასაბუთება ეკოსისტემის მდგრადობისთვის.	სამიზნე ცნება ,,სტრუქტურა და ფუნქცია“ — ბიოლოგიური სისტემის სტრუქტურის ცვლილება, იწვევს ფუნქციის/ ფუნქციების ცვლილებას და პირიქით; ერთსა და იმავე ორგანიზაციულ დონეზე მყოფი ცოცხალი სისტემების სტრუქტურა და ფუნქცია მსგავსია ან განსხვავებულია უჯრედების, ორგანიზმების, პოპულაციების და ა.შ. დონეებზე, რაც სხვადასხვა, მუდმივად ცვალებად გარემოსთან შეგუების შედეგია. აღნიშნულის გაცნობიერება მოსწავლეს დაეხმარება ცოცხალ სამყაროში აგებულებასა და ფუნქციას შორის არსებული კავშირის გააზრებაში; მომიჯნავე საგნების სამიზნე ცნებების *(ფიზიკა — სამიზნე ცნება “ნივთიერება და ველი”, ქიმია — სამიზნე ცნება “შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება”)* გააზრებაში.

(2) ორგანიზმთა სასიცოცხლო თვისებების განმსაზღვრელი პროცესების აღწერა ბუნებაში მიმდინარე ნივთიერებათა და ენერგიის მიმოცვლის ფიზიკურ-ქიმიურ კანონზომიერებებთან დასაკავშირებლად;	• უჯრედის სასიცოცხლო თვისებების (მაგ., ენდოციტოზი, ეგზოციტოზი, უჯრედული სუნთქვა, ფოტოსინთეზი) აღწერა; პლაზმური მემბრანის თვისებებთან დაკავშირებულ კვლევებზე მსჯელობა; • უჯრედის გაყოფის (მიტოზი, მეიოზი) დროს შვილეულ უჯრედებში ქრომოსომების განაწილების კანონზომიერებების ახსნა. უჯრედის გაყოფის მნიშვნელობის დასაბუთება და სხვა სასიცოცხლო თვისებებთან დაკავშირება; • ეუკარიოტებში მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემის თავისებურებების აღწერა და უჯრედებში მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზების (ტრანსკრიპცია, ტრანსლიაცია) მოდელირება; • მემკვიდრეობითობის და ცვალებადობის მნიშვნელობის დასაბუთება; • კვებით ჯაჭვებში, ეკოლოგიურ პირამიდებში ენერგიისა და ნივთიერებების გადაცემის აღწერა; • სხვადასხვა და/ან ერთი სახეობის პოპულაციებს შორის ურთიერთქმედების (კონკურენცია, სიმბიოზი და სხვ.) შესახებ მსჯელობა; • ეკოსისტემის თვისებების (მაგ., თვითრეგულაცია, მდგრადობა) მნიშვნელობის დასაბუთება;	სამიზნე ცნება ,,სასიცოცხლო თვისება“ — ორგანიზმები განსხვავდებიან სასიცოცხლო თვისებების თავისებურებების (მაგ., ავტოტროფული და ჰეტეროტროფული კვება, აერობული და ანაერობული სუნთქვა, უსქესო და სქესობრივი გამრავლება; პირდაპირი და არაპირდაპირი განვითარება) მიხედვით. სასიცოცხო თვისებებს (მაგ., მეტაბოლიზმი, ჰომეოსტაზი, მემკვიდრეობითობა, ცვალებადობა) საფუძვლად უდევს პროცესები, რომლებსაც ახასიათებთ მიზეზშედეგობრივი კავშირები. აღნიშნულის გაცნობიერება მოსწავლეს ხელს შეუწყობს ბიოლოგიური კანონზომიერებების გაცნობიერებაში, დაეხმარება მომიჯნავე საგანთა სამიზნე ცნებების (ფიზიკური მოვლენები — ფიზიკა, ქიმიური პროცესები — ქიმია) გააზრებაში.

(3) ბიომრავალფეროვნების წარმოქმნის კანონზომიერებების დახასიათება; ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების გლობალური და რეგიონული მნიშვნელობის დასაბუთება ტექნოლოგიური განვითარებით გამოწვეული საფრთხეების გასააზრებლად.	• უჯრედების(მცენარეული, ცხოველური) მრავალფეროვნებაზე მსჯელობა. უჯრედებში მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზების (ტრანსკრიპცია, ტრანსლიაცია) დაკავშირება ბიომრავალფეროვნებასთან. • მენდელისეული მემკვიდრეობის, ალელურ გენთა ურთიერთქმედების კანონზომიერებებზე მსჯელობა, მისი დაკავშირება ბიომრავალფეროვნების წარმოქმნასთან; • სქესის გენეტიკის მექანიზმებთან დაკავშირებული კვლევების გაანალიზება; • მემკვიდრეობითობისა და ცვალებადობის მნიშვნელობის დაკავშირება ბიომრავალფეროვნების წარმოქმნასთან; • ბიომრავალფეროვნების შექმნის და შენარჩუნების (მათ შორის საქართველოს ბიომრავალფეროვნების) გენეტიკური, ევოლუციური და ეკოლოგიური კანონზომიერებების მნიშვნელობის დასაბუთება და მდგრადი განვითარების მიზნებთან დაკავშირება;	სამიზნე ცნება ,,ბიომრავალფეროვნება“ -ბიომრავალფეროვნება მოიცავს გენეტიკურ, სახეობრივ და ეკოსისტემურ მრავალფეროვნებას, რომელთა წარმოქმნა და შენარჩუნება განპირობებულია გენეტიკური, ევოლუციური, ეკოლოგიური ფაქტორებითა და კანონზომიერებებით. ორგანიზმთა მრავალფეროვნება და მათ შორის არსებული კავშირები უზრუნველყოფს ნივთიერებათა წრე-ბრუნვასა და ენერგიის მიმოცვლას ბუნებაში. ამასთან, ადამიანის საქმიანობით გამოწვეული ცვლილებები გარკვეულ საფრთხეს უქმნის ბუნებას. აღნიშნულის გაცნობიერება მოსწავლეს დაეხმარება გარემოს დაცვის მნიშვნელობასთან დაკავშირებით საკუთარი მსოფლმხედველობის და ჯანსაღი დამოკიდებულების ჩამოყალიბებაში. დაეხმარება მომიჯნავე საგნების სამიზნე ცნებების (მდგრადი განვითარება — ქიმია, გეოგრაფიული გარსი — გეოგრაფია) გააზრებაში.

(4) ადამიანის ორგანოთა სისტემების ნორმალური ფუნქციონირების დახასიათება; ჯანმრთელობაზე მოქმედი ფაქტორებით გამოწვეული ცვლილებების ახსნა ჯანსაღი ცხოვრების მნიშვნელობის შესაფასებლად.	• მეტაბოლიზმზე მავნე ნივთიერებების (ნიკოტინი, ალკოჰოლი და სხვ.) მოქმედების აღწერა; • ჰომეოსტაზის მნიშვნელობის დასაბუთება უჯრედულ და ორგანიზმულ დონეზე; • სხვადასხვა ტიპის მუტაციების დაკავშირება გენეტიკურ დაავადებებთან; პრევენციული ღონისძიებების აღწერა; • გენეტიკური კვლევის მეთოდების მნიშვნელობის დასაბუთება ადამიანის ჯანმრთელობის/ დააავადებების გამოსავლენად; • ადამიანის ჯანმრთელობისთვის გარემოს დაცის და ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის მნიშვნელობის დასაბუთება.	სამიზნე ცნება ,,ჯანმრთელობა და დაავადება“ — მეცნიერული და ტექნოლოგიური მიღწევები აადვილებს ადამიანის ჯანმრთელობის შენარჩუნებას, დაავადებების პრევენციას, დიაგნოსტირებასა და მკურნალობას; ჯანსაღი ცხოვრების წესის დაცვა მნიშვნელოვანია ორგანიზმის ჰომეოსტაზისა და მყარი იმუნიტეტის შესანარჩუნებლად. აღნიშნულის გაცნობიერება დაეხმარება მოსწავლეს ჯანსაღი ცხოვრების წესის მნიშვნელობის შეფასებაში; ხელს შეუწყობს მომიჯნავე საგნების სამიზნე ცნებების (ფიზიკური მოვლენები — ფიზიკა, ქიმიური პროცესები — ქიმია, ჯანსაღი ცხოვრება — მოქალაქეობა) გააზრებაში.

ბ) სასწავლო თემები — X კლასი

1. თემა	თემის აღწერილობა
მოლეკულური ბიოლოგია	• ორგანიზმების ქიმიური კომპონენტები (მაკრო — და მიკროელემენტები. ორგანული და არაორგანული ნივთიერებები); • უჯრედის მორფოლოგია: უჯრედის სტრუქტურები (პლაზმური მემბრანა, გლიკოკალიქსი, უჯრედის კედელი, ბირთვი, ბირთვაკი, რიბოსომა, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი, ლიზოსომა, მიტოქონდრია, პლასტიდები, პეროქსისომა, უჯრედის ცენტრი, ციტოჩონჩხი); • უჯრედული მეტაბოლიზმის (უჯრედული სუნთქვა, ფოტოსინთეზი, მატრიცული სინთეზის რეაქციები).
გენეტიკა და ბიოტექნოლოგია	• უჯრედის სასიცოცხლო ციკლი, უჯრედის გაყოფა (მიტოზი, მეიოზი), გამეტოგენეზი ძუძუმწოვრებში • მენდელისეული დამემკვიდრება (დიჰიბრიდული შეჯვარება, ალელურ გენთა ურთიერთქმედება); • სქესის გენეტიკა; სქესთან შეჭიდული ნიშნები; • ადამიანის გენეტიკა (კარიოტიპი, გენეტიკური დაავადებები); • ცვალებადობა და ცვალებადობის ფორმები; • მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების თანამედროვე მიღწევები; • გენური და უჯრედული ინჟინერია, კლონირება; ნანოტექნოლოგია.
ეკოლოგია და გარემოს დაცვა	• ეკოლოგიური ფაქტორები; ეკოსისტემების მდგრადობა; • ეკოლოგიური პრობლემები (მათ შორის საქართველოს) და გარემოს დაცვის მნიშვნელობა; • ბიომრავალფეროვნება და მდგრადი განვითარების მიზნები; • გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები (გარემოს მონიტორინგი);

თავი 3: მოსწავლის წიგნის შინაარსის შესაბამისობა ეროვნული სასწავლო გეგმის სტანდარტით განსაზღვრულ სვალდებულო თემების შინაარსთან და სამიზნე ცნებებთან

ფერადი უჯრა გამოსახავს იმ სამიზნე ცნებას, რომელიც საკითხის ფარგლებში მუშავდება.

თემა/თემის შესაბამისი საკითხი საათების რაოდენობა	**სამიზნე ცნებები**			
თემა I მოლეკულური ბიოლოგია თავი 1: უჯრედის ქიმიური შედგენილობა **(≈ 11** სთ)	სტრუქტურა და ფუნქცია	სასიცოცხლო თვისება	ჯანმრთელობა და დაავადება	ბიომრავალფე-როვნება
1.1. უჯრედის ქიმიური შედგე-ნილობა არაორგანული ნივთიე-რებები (2 სთ)				
1.2. ორგანული ნივთიერებები, ცილები (1 სთ)				
1.3. ცილების დანიშნულება უჯრედსა და ორგანიზმში (3 სთ)				
1.4. ნახშირწყლები (1 სთ)				
1.5. ლიპიდები (1 სთ)				
1.6. ნუკლეინის მჟავები (2 სთ)				
შემაჯამებელი დავალებები 1 სთ				

თემა/თემის შესაბამისი საკითხი	სამიზნე ცნებები			
თემა I მოლეკულური ბიოლოგია თავი 2: უჯრედის კომპონენტები **(≈9 სთ)**	სტრუქტურა და ფუნქცია	სასიცოცხლო თვისება	ჯანმრთელობა და დაავადება	ბიომრავალ-ფეროვნება
2.1. პლაზმური მემბრანა (3 სთ)				
2.2. ბირთვი, რიბოსომა, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი (1 სთ)				
2.3. მიტოქონდრია, პლასტიდები, ლიზოსომა, პეროქსისომა, ცენტრალური ვაკუოლი (2 სთ)				
2.4. ციტოჩონჩხი, უჯრედგარე მატრიქსი (2 სთ)				
შემაჯამებელი დავალებები (1 სთ)				

თემა/თემის შესაბამისი საკითხი	სამიზნე ცნებები			
თემა I მოლეკულური ბიოლოგია თავი 3: უჯრედის მეტაბოლიზმი (**≈8 სთ)**	სტრუქტურა და ფუნქცია	სასიცოცხლო თვისება	ჯანმრთელობა და დაავადება	ბიომრავალ-ფეროვნება
3.1. უჯრედული სუნთქვა (3 სთ)				
3.2. ფოტოსინთეზი (2 სთ)				
3.3. მატრიცული რეაქციები (2 სთ)				
შემაჯამებელი დავალებები (1 სთ)				

თავი 4. თემატური კურიკულუმის დაგეგმვის გზამკვლევი

4.1. თემატური კურიკულუმი

თემატური კურიკულუმი წარმოადგენს სასწავლო პროცესის დაგეგმვის ერთეულს, რომელიც აერთიანებს სასწავლო მიზნებს, შინაარსსა და შეფასებას. ეროვნული სასწავლო გეგმის შესაბამისად, თემატური კურიკულუმის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია **შუალედური სასწავლო მიზანი**, რომელიც განისაზღვრება ისეთი დავალების სახით, რომლის ფარგლებშიც მოსწავლე ქმნის შემოქმედებით პროდუქტს და მისი საშუალებით საგნობრივ საკითხთან/საკითხებთან მიმართებით წარმოაჩენს საკუთარ ცოდნასა და უნარებს.

თემატური კურიკულუმის სტრუქტურასა და კომპონენტებს სკოლა განსაზღვრავს საკუთარი სასკოლო კურიკულუმის ფარგლებში. როგორც წესი, თემატური კურიკულუმი მოიცავს:

- თემას;
- სამიზნე ცნებებს;
- საკითხებს;
- შუალედურ სასწავლო მიზანს (შემოქმედებით დავალებას);
- შეფასების კრიტერიუმებს;
- სასწავლო რესურსებს.

4.2. თემატური კურიკულუმის აგების პრინციპი

თემატური კურიკულუმი იგეგმება **უკუდაგეგმვის (Backward Design)** პრინციპით. დაგეგმვა იწყება სასწავლო შედეგისა და შუალედური სასწავლო მიზნის განსაზღვრით, შემდეგ განისაზღვრება შეფასების კრიტერიუმები, ხოლო ამის საფუძველზე იგეგმება სასწავლო პროცესი.

4.3. შუალედური სასწავლო მიზანი (შემოქმედებითი დავალება)

შუალედური სასწავლო მიზანი წარმოადგენს თემატური კურიკულუმის ერთ-ერთ ძირითად კომპონენტს. იგი ფორმულირდება ისეთი შემოქმედებითი დავალების სახით, რომლის შესრულებისას მოსწავლე კონკრეტულ კონტექსტში იყენებს მიღებულ ცოდნას, აანალიზებს ინფორმაციას, იღებს გადაწყვეტილებებს და ქმნის პროდუქტს (მაგ., კვლევითი ანგარიში, პოსტერი, საინფორმაციო ბუკლეტი, კომიქსი, მოდელი და სხვ.).

შემოქმედებითი დავალების შეფასების კრიტერიუმები უნდა იძლეოდეს სამიზნე ცნებასთან/ცნებებთან მიმართებით მოსწავლის მიღწევის დონის განსაზღვრის შესაძლებლობას. ამასთან, თავად შემოქმედებითი დავალება მოსწავლეს უნდა აძლევდეს შესაძლებლობას, მიღებული ცოდნა ახალ კონტექსტში გამოიყენოს.

4.4. შუალედური სასწავლო მიზნის შეფასება

შეფასება უნდა გამომდინარეობდეს შუალედური სასწავლო მიზნიდან და ასახავდეს სამიზნე ცნებებთან მიმართებით მოსწავლის მიღწევის დონეს. შეფასების კრიტერიუმები წინასწარ უნდა იყოს ცნობილი მოსწავლისთვის და ნათლად ასახავდეს, რა ცოდნის, უნარებისა და დამოკიდებულებების წარმოჩენას მოელის მასწავლებელი. შეფასების რუბრიკები უნდა უზრუნველყოფდეს პროგრესის დანახვას და მოსწავლის განვითარებაზე ორიენტირებულ უკუკავშირს.

4.5. დიფერენცირება და განმავითარებელი უკუკავშირი

თემატური კურიკულუმის დაგეგმვისას მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული იყოს მოსწავლეთა ინდივიდუალური საჭიროებები, ინტერესები და მზაობა. დიფერენცირება შეიძლება განხორციელდეს შინაარსის, პროცესის, რესურსებისა და საბოლოო პროდუქტის დონეზე. ასევე მნიშვნელოვანია განმავითარებელი უკუკავშირის სისტემატური გამოყენება, რომელიც მოსწავლეს ეხმარება საკუთარი პროგრესის გააზრებასა და ნამუშევრის გაუმჯობესებაში.

თავი 5: მეთოდოლოგია

5.1 კონსტრუქტივისტული სწავლების არსი

კონსტრუქტივისტული პარადიგმა ეფუძნება მოსწავლის მიერ ცოდნის აქტიური კონსტრუირების პრინციპს. მიდგომა ორიენტირებულია შემეცნებითი პროცესის მართვასა და ცოდნის დამოუკიდებელ აღმოჩენაზე. ის ხუთ ძირითად საგანმანათლებლო პრინციპს ეფუძნება:

I. **აქტიური კოგნიტური ჩართულობა:** სწავლის პროცესი მიმდინარეობს პრაქტიკული საქმიანობის, კვლევის, პრობლემების გადაჭრისა და ჰიპოთეზების შემოწმების გზით.

II. **წინარე ცოდნის გააქტიურება:** ახალი მასალის ათვისება ხდება მისი დაკავშირებით მოსწავლის მეხსიერებაში უკვე არსებულ შემეცნებით სქემებთან.

III. **ცოდნათა ორგანიზება და ურთიერთდაკავშირება** — აქცენტი კეთდება მათ შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირების დამყარებაზე.

IV. **ცოდნის სამივე კატეგორიის გააზრება** — ცოდნა მოიცავს სამ ურთიერთდაკავშირებულ კატეგორიას:

- **დეკლარატიული ცოდნა** — *„რა ვიცი?“* (ფაქტები, წესები, ცნებები);
- **პროცედურული ცოდნა** — *„როგორ შევასრულო?“* (მოქმედებების თანმიმდევრობა, უნარჩვევები);
- **პირობისეული ცოდნა** — *„როდის, რატომ და რა შემთხვევაში გამოვიყენო?“* (ცოდნის ფუნქციური გამოყენება კონტექსტში).

V. **სწავლის სწავლა (მეტაკოგნიცია)** — მოსწავლე სწავლობს საკუთარი სწავლის პროცესზე დაკვირვებას, ეფექტური სტრატეგიების შერჩევას, საკუთარი ძლიერი და სუსტი მხარეების შეფასებასა და შეცდომებზე სწავლას. ეს პრინციპი ხელს უწყობს მოსწავლის დამოუკიდებელ, თვითმართვად მკვლევარად ჩამოყალიბებას.

5.2. შემოქმედებითი დავალების დაგეგმვა და განხორციელება

5.2.1. რას წარმოადგენს შემოქმედებითი დავალება

შემოქმედებითი დავალება წარმოადგენს გრძელვადიან სასწავლო პროდუქტს, რომლის ფარგლებშიც მოსწავლე ახდენს თეორიული ცოდნის ინტეგრირებასა და მის ფუნქციურ კონტექსტში რეალიზებას. დავალება აერთიანებს სასწავლო თემის ფარგლებში მიღებულ გამოცდილებას და ორიენტირებულია გრძელვადიან საგანმანათლებლო შედეგებზე — სამიზნე ცნებებზე.

მეთოდოლოგიური თვალსაზრისით, მოცემული სტრატეგია ეფუძნება სამ ძირითად კომპონენტს:

- **სიღრმისეული სწავლება:** მოსწავლის კოგნიტური განვითარების დონე აღწევს სოლო ტაქსონომიის უმაღლეს საფეხურს — გაფართოებული აბსტრაქციის დონეს.
- **ცოდნის სამკომპონენტიანი სტრუქტურა:** დავალების შესრულებისას ერთდროულად აქტიურდება და მოწმდება დეკლარატიული (რა ვიცი), პროცედურული (როგორ შევასრულო) და პირობისეული (რატომ და სად გამოვიყენო) ცოდნა.
- **სწავლის დიფერენცირება:** მოსწავლეს ეძლევა შემოქმედებითი პროდუქტის ფორმის (ბროშურა, მოდელი, კვლევის ანგარიში, ციფრული პრეზენტაცია, ვებგვერდი) და დიზაინის არჩევანის საშუალება, რაც ხელს უწყობს ინდივიდუალური შესაძლებლობების რეალიზებას.

5.2.2 დაგეგმვისა და განხორციელების ეტაპები

შემოქმედებითი დავალების დანერგვა მოითხოვს პროცესის ეტაპობრივ დაგეგმვასა და მართვას, რათა თავიდან იქნეს აცილებული დროის არასწორი მენეჯმენტი და მუშაობის ზედაპირულობა. განხორციელების პროცესი სამ ძირითად ფაზად იყოფა:

- **მოსამზადებელი ფაზა (კონტექსტის შექმნა და პირობის გაცნობა):** სასწავლო თემის დასაწყისშივე მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს დავალების პირობას, განსაზღვრავს შემოქმედებითი პროდუქტის შესაძლო ფორმებს და მკაფიოდ აყალიბებს მოლოდინებს. ამ ეტაპზე ხდება წინარე ცოდნის აქტივაცია და მოსწავლეთა შინაგანი მოტივაციის სტიმულირება.
- **შუალედური ფაზა (ცოდნის კონსტრუირება და შუალედური მონიტორინგი):** თემის ფარგლებში მიმდინარე ყოველი გაკვეთილი (რომელიც შეიძლება ეფუძნებოდეს 5E მოდელს, ლაბორატორიულ კვლევებს ან ქეისზე დაფუძნებულ სწავლებას) ემსახურება შემოქმედებითი დავალებისთვის საჭირო ცოდნისა და უნარების ეტაპობრივ დაგროვებასა და განვითარებას. მასწავლებელი კლასში ახორციელებს შუალედური ნაბიჯების სისტემურ მონიტორინგს, რაც გამორიცხავს დავალების ბოლო დღეს შესრულების რისკს და მინიმუმამდე დაჰყავს მშობელთა გადაჭარბებული ჩართულობა.
- **დასკვნითი ფაზა (პრეზენტაცია და რეფლექსია):** მოსწავლეები წარადგენენ შექმნილ პროდუქტს. აქცენტი კეთდება არა მხოლოდ საბოლოო პროდუქტზე, არამედ იმ შემეცნებით პროცესზე, რომელიც მოსწავლემ გაიარა. რეფლექსიის ეტაპზე ფასდება, რამდენად შეძლო სამეცნიერო არგუმენტაციის ჩამოყალიბება და საკუთარი კოგნიტური პროცესების გააზრება (მეტაკოგნიცია).

5.2.3 შეფასების დაგეგმვა და მეთოდოლოგიური გამოწვევები

შემოქმედებითი პროდუქტების შეფასებისას ობიექტურობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია შემდეგი პრინციპების დაცვა:

- **შინაარსობრივი კრიტერიუმების პრიორიტეტულობა:** შეფასების კრიტერიუმები უნდა ფორმულირდეს დავალების პირობაშივე. შეფასების ძირითადი ფოკუსი მიმართული უნდა იყოს მეცნიერულ კანონზომიერებებზე, შესაბამისი ტერმინოლოგიის სიზუსტესა და არგუმენტაციაზე. საგნობრივი ნიშანი იწერება სამეცნიერო შინაარსის სიღრმის შესაბამისად.
- **სოლო (SOLO) ტაქსონომიის გამოყენება:** მოსწავლის მიღწევების შესაფასებლად გამოიყენება სოლო ტაქსონომიის რუბრიკები. ეს ინსტრუმენტი მასწავლებელს საშუალებას აძლევს,

განსაზღვროს ცოდნის ხარისხობრივი დონე: იზოლირებული ფაქტების ცოდნიდან მიმართებითსა და გაფართოებულ აბსტრაქციულ დონემდე (მიზეზშედეგობრივი კავშირები, გენერალიზაცია და ცოდნის ტრანსფერი).

- **განმავითარებელი შეფასება:** შეფასების სისტემა ორიენტირებულია კონსტრუქციულ უკუკავშირზე, რაც მოსწავლეს აძლევს მკაფიო მიმართულებას შემდგომი კოგნიტური პროგრესისთვის.

5.3. სწავლების მიდგომები

5.3.1. ფენომენზე დაფუძნებული სწავლება

ფენომენზე დაფუძნებული სწავლება (PhenoBL ან PhBL) თანამედროვე, მულტიდისციპლინური მიდგომაა. სწავლების პროცესი იწყება რეალური სამყაროს რაიმე კონკრეტული მოვლენით — ფენომენით. მოდელი მიზნად ისახავს მოსწავლის მომზადებას რეალური ცხოვრებისეული გამოწვევებისთვის. მასწავლებელი ფასილიტატორია. არ გასცემს მზა პასუხებს. მოსწავლეებს აძლევს საშუალებას, თავად „აღმოაჩინონ“ მაგალითად, წყლისა და სხვა ნივთიერბების თვისებები ექსპერიმენტებისა და ტექსტის სინთეზით.

ფენომენზე დაფუძნებული სწავლება მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- ფენომენის შერჩევა;
- ,,ბრეინშტორმინგი“;
- მულტიდისციპლინური კვლევა და საგნების ინტეგრაცია;
- პროდუქტის შექმნა;
- პრეზენტაცია და რეფლექსია.

მიდგომის განხორციელებას ახლავს სირთულეები და გამოწვევები:

- სასკოლო ცხრილი დაყოფილია იზოლირებულ გაკვეთილებად. PhBL-ს კი სჭირდება დიდი დრო და ხშირად რამდენიმე საგნის მასწავლებლის კოორდინირებული, ერთობლივი მუშაობა (რაც საგაკვეთილო ბადეში რთული დასაგეგმია).
- რთულია სტანდარტული ტესტით შეფასდეს ის მულტიდისციპლინური და სოციალური უნარები, რომლებსაც მოსწავლეები კვლევისას იძენენ. ეს მოითხოვს კომპლექსური შეფასების რუბრიკებისა და SOLO ტაქსონომიის აქტიურ გამოყენებას.
- თუ პროცესი სწორად არ იმართება, არსებობს საფრთხე, რომ მოსწავლეები ზედმეტად გაერთონ ფენომენის ვიზუალური ან ემოციური ნაწილით.

ნიმუში 1: ძუძუმწოვრების უმრავლესობისთვის ზრდასრულ ასაკში რძის მონელება შეუძლებელი ხდება, ადამიანს კი მისი მიღება მთელი სიცოცხლის მანძილზე შეუძლია. თუმცა არსებობენ ადამიანები, რომლებსაც რძის მონელება უჭირთ, ან ალერგიული რეაქცია უვითარდებათ. რატომ ხდება, რომ ერთი და იგივე ნივთიერება ძუძუმწოვრებისთვის ახალშობილობის პერიოდში შეუცვლელი საკვებია, ზრდასრულ ასაკში კი დისკომფორტისა, და ზოგჯერ დაავადების მიზეზი.

ნიმუში 2: თუ სალათის ფოთლებს მარილიან საკაზმს სუფრასთან მიტანამდე *1* საათით ადრე მოვასხამთ, ისინი ხრაშუნა სტრუქტურას კარგავენ და ჭკნებიან, ხოლო თუ ცივ წყალში ჩავაწყობთ — ისევ მკვრივდებიან. როგორ მართავს მარილი წყლის მოძრაობას ცოცხალი უჯრედში?

5.3.2. კონტექსტზე დაფუძნებული სწავლება

კონტექსტზე დაფუძნებული სწავლება გულისხმობს ახალი ცოდნის დაკავშირებას მოსწავლისთვის ნაცნობ რეალურ ცხოვრებისეულ, პროფესიულ ან სოციალურ კონტექსტთან.

მიდგომის ეფექტურობას განსაზღვრავს:

- შინაგანი მოტივაციის ზრდა: როდესაც სამეცნიერო ცნება (მაგ. ოსმოსი, წნევა, დენატურაცია) ხსნის მათთვის ნაცნობ მოვლენას (სალათის დაჭკნობა, კვერცხის შეწვა), მოსწავლეებში იზრდება შინაგანი ინტერესი საგნის მიმართ.
- ახალი ცოდნის პრაქტიკაში და გრძელვადიან მეხსიერებაში გადატანა: ახალი ცოდნა ეყრდნობა მოსწავლის ცხოვრებისეულ გამოცდილებას, რაც აადვილებს მასალის პრაქტიკაში გამოყენებას და მის გრძელვადიან მეხსიერებაში გადატანას.

მიუხედავად მაღალი ეფექტურობისა, კონტექსტ-მაგალითების შერჩევასა და მართვას გარკვეული პედაგოგიური რისკები ახლავს:

- საყოფაცხოვრებო მაგალითები ხშირად არ არის მეცნიერულად აბსოლუტურად ზუსტი. თუ მასწავლებელი ზედმეტად გაამარტივებს მოვლენას, მოსწავლეს შეიძლება ჩამოუყალიბდეს მცდარი სამეცნიერო წარმოდგენა, რომლის გამოსწორება შემდგომში ძალიან რთულია.
- არსებობს საფრთხე, რომ მოსწავლეებმა ზედმეტად გაამახვილონ ყურადღება თავად ისტორიაზე, ცხოვრებისეულ სიტუაციაზე ან ემოციურ ნაწილზე და გამორჩეთ მთავარი სამეცნიერო იდეა, ფორმულა თუ კანონზომიერება.
- ის, რაც ერთი მოსწავლისთვის ნაცნობი ყოველდღიურობაა (მაგალითად, მანქანის ძრავის მუშაობა ან კონკრეტული კულინარიული პროცესი), მეორისთვის შეიძლება სრულიად უცხო კონტექსტი აღმოჩნდეს. ასეთ დროს მაგალითი ფუნქციას კარგავს და მასალას უფრო მეტად ართულებს.
- კონტექსტური ისტორიების განხილვა, მსჯელობა და მათი თეორიასთან დაკავშირება გაცილებით მეტ საკლასო დროს მოითხოვს, ვიდრე წესის ან განმარტების პირდაპირი კარნახი.

5.3.3. ქეისზე დაფუძნებული სწავლება

ქეისზე დაფუძნებული სწავლება (Case-Based Learning — CBL) ორიენტირებულია კონკრეტული, რეალური ან სიმულირებული პრობლემური სიტუაციის (ქეისის) სიღრმისეულ ანალიზზე. თუ კონტექსტური სწავლება თეორიული ცნების გასაგებად იყენებს ყოველდღიურ მაგალითს, ქეისზე დაფუძნებული სწავლება მოსწავლეს აყენებს „გადაწყვეტილების მიმღების“ როლში, სადაც მან უკვე არსებული ცოდნის საფუძველზე უნდა გამოიკვლიოს კომპლექსური სცენარი და იპოვოს პრობლემის ოპტიმალური გამოსავალი.

პედაგოგიური რისკები და გამოწვევები:

- თუ მოსწავლეებს არ აქვთ საბაზო თეორიული მომზადება, ქეისის ანალიზი ზედაპირული გახდება.
- ქეისის მომზადება მასწავლებლისგან დიდ დროსა და რესურსს მოითხოვს (სცენარი უნდა იყოს რეალისტური, მრავალშრიანი და მოსწავლის ასაკისთვის შესაფერისი).

ცხრილში წარმოდგენილია განსხვავება სწავლების ფენომენზე, კონტექსტზე და ქეისზე დაფუძნებულ მოდელებს შორის:

მახასიათებელი	ფენომენზე დაფუძნებული სწავლება	კონტექსტზე დაფუძნებული სწავლება	ქეისზე დაფუძნებული სწავლება
მიზანი	მოსწავლემ თავად იპოვოს მეცნიერული ახსნა ბუნებრივი/რეალური პროცესები დააკავშიროს სხვადასხვა საგნის ცოდნას.	მოსწავლემ დაინახოს, რატომ და სად გამოიყენება **კონკრეტული საგნის** თეორიული მასალა რეალურ ცხოვრებასა თუ პროფესიაში.	კონკრეტული პრობლემური სიტუაციის (ქეისის) გაანალიზება, ალტერნატივების შეფასება და ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღება.
გამოყენების ეტაპი	გამოიყენება როგორც ,,სატყუარა“. მოსწავლეებმა ჯერ არ იციან თეორია. ფენომენი არის საკვლევი წერტილი, რომლის გამოყენებითაც იწყებენ ახალი მასალის შესწავლას.	გამოიყენება თემის დასაწყისშივე, როგორც რეალური ჩარჩო. კონტექსტი მოსწავლეს უჩენს კითხვას — ,,რატომ ვსწავლობ ამ თეორიას?“ და ემსახურება მასალის უკეთ გააზრებას.	გამოიყენება მაშინ, როცა მოსწავლეს უკვე აქვს ბაზისი და სჭირდება პრობლემის გადაჭრის უნარის გამოყენება რეალურ/სიმულირებულ შემთხვევაზე.
განვითარებული უნარები	კვლევითი უნარები. სისტემური და ინტერდისციპლინური აზროვნების უნარი.	ცოდნის პრაქტიკული გამოყენების უნარი. მოვლენების მეცნიერულად გააზრების უნარი.	გადაწყვეტილების მიღების უნარი; არგუმენტირებული მსჯელობის უნარი; პრობლემის გადაჭრისა და ანალიზის უნარი.

5.3.4 კეთებით სწავლება

კეთებით სწავლება პედაგოგიური მიდგომაა, რომელიც მოიაზრებს მოსწავლის აქტიურ ჩართულობას. მოსწავლე ხდება ცოდნის კონსტრუქტორი. პედაგოგიური მიდგომა გამოიყენება:

- საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ლაბორატორიულ მეცადინეობებზე;
- პროექტზე დაფუძნებული სწავლებისას (PBL);
- STEM განათლებაში, სადაც თეორია და ინჟინერია კვეთს ერთმანეთს;
- მოდელის ეფექტურობას რამდენიმე ასპექტი განსაზღვრავს;
- მოსწავლის ტვინი მოდელთან შეხებისას ერთდროულად ამუშავებს ვიზუალურ, ტაქტილურ და ლოგიკურ ინფორმაციას;
- საკუთარი ხელით ჩატარებული ექსპერიმენტის წარმატება ზრდის მოტივაციას;
- პრაქტიკული გამოცდილებით მიღებული ცოდნა უფრო მდგრადია, ვიდრე ტექსტის დაზეპირებით.

კეთებით სწავლების მიდგომის გამოყენებისას ვითარდება კრიტიკული აზროვნებისა და პრობლემის გადაჭრის უნარი. მოსწავლეს უყალიბებს კვლევით ჩვევებს (დაკვირვება, ჰიპოთეზა, დასკვნა).

მის გამოყენებას გარკვეული სირთულეებიც ახლავს. საჭიროებს დიდ დროსა და რესურსებს. მასწავლებლისგან მოითხოვს კლასის მენეჯმენტის მაღალ დონეს (რომ აქტივობა ქაოსში არ გადაიზარდოს).

ნიმუში: მოსწავლეები აწყობენ დახურულ ჰიდრავლიკურ სისტემას: გამჭვირვალე პლასტმასის კონტეინერს (უჯრედშორისი სივრცე) მილით აერთებენ სამედიცინო შპრიცებთან (რომლებიც ელექტრონების გადამტან კომპლექსებს/ტუმბოების როლს ასრულებენ) და კონტეინერის გამოსასვლელში აყენებენ პატარა მექანიკურ ტურბინას/ბორბალს (ატფ-სინთაზას).

შპრიცის დგუშზე ხელით დაჭერით მოსწავლეები „ელექტრონის ენერგიით" წყალს (პროტონების ანალოგიურად) ძალდატანებით გადაქაჩავენ მეორე დახურულ კონტეინერში, სადაც ქმნიან მაღალ წნევას (პროტონულ გრადიენტს). როდესაც კონტეინერის ონკანს ხსნიან, მაღალი წნევით გადმოღვრილი წყლის ნაკადი თავისით ატრიალებს ტურბინას, რაც მექანიკურად აჩვენებს ადფ-დან ატფ-ის მიღების პროცესს.

რეკომენდაცია: ჰიდროელექტროსადგურის პრინციპის შესაბამისად: კაშხალში დაგროვილი წყალი ქმნის მაღალ წნევას (პროტონულ გრადიენტს), რომელიც მილის გავლით ატრიალებს ტურბინას (ატფ-სინთაზას) და გამოიმუშავებს ენერგიას. ამ მოდელში შპრიცი ტუმბოს როლს ასრულებს, ხოლო წყლის ნაკადი — პროტონების მიმართულ ნაკადს.

5.3.5 კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება

კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება ფართო, მეთოდოლოგიური მიდგომა, რომელიც მოსწავლეს აყენებს მეცნიერის ამპლუაში. აქ აქცენტი გადატანილია კვლევის სრული ციკლისა და მეცნიერული მეთოდის გააზრებულ გამოყენებაზე. მოსწავლეები თავად გადიან ეტაპებს: საკვლევი კითხვა → ჰიპოთეზა → კვლევის დაგეგმვა → კვლევის განხორციელება → მონაცემთა ანალიზი → დასკვნა

- მოსწავლეები სწავლობენ მონაცემთა ორგანიზებას (ცხრილები, გრაფიკები), ცვლადების მანიპულირებას (დამოუკიდებელი და დამოკიდებული ცვლადები), რაც მეცნიერული წიგნიერების საფუძველია.
- როდესაც მოსწავლე თავად გეგმავს ცდას ან იკვლევს წყაროს, ის ხდება სწავლის პროცესის სუბიექტი.
- მიდგომა აჩვევს მოსწავლეს, რომ ნებისმიერი არგუმენტი გაამყაროს ფაქტებით, ციფრებითა და ემპირიული მასალით, რაც ხელს უშლის მითებისა და ცრუ ინფორმაციის გავრცელებას.

გაკვეთილის დაწყება უმჯობესია **საკვლევი კითხვით**, ხოლო ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა მოსწავლეებისთვის კვლევის მეთოდოლოგიის (ცდის, დაკვირვების, ანალიზის) რეალურად განხორციელებით.

5.3.6 საკვლევ კითხვაზე დაფუძნებული სწავლება

ეს არის მიდგომა, სადაც მთელი სასწავლო პროცესი, საკითხი ან გაკვეთილი აგებულია ერთი კომპლექსური, პრობლემური კითხვის ირგვლივ. კითხვა უნდა იყოს რეალური, ცხოვრებასთან დაკავშირებული, კომპლექსური და ისეთი, რომელზეც მარტივი, ერთსიტყვიანი პასუხი (მაგ. „დიახ" ან „არა") არ არსებობს. მთელი გაკვეთილის განმავლობაში მოსწავლეები მუშაობენ ამ კონკრეტული ამოცანის ამოსახსნელად.

,,განსაზღვრეთ, სელის ბოჭკოს რომელმა სტრუქტურულმა თავისებურებამ განაპირობე ის, რომ 34 000 წლის წინანდელმა ბოჭკომ ჩვენამდე მოაღწია?"

მიდგომა ეფექტურია, რადგან:

- საინტერესო კითხვა ბუნებრივად იწვევს მოსწავლეებში კოგნიტურ დისონანსს და ზრდის ცნობისმოყვარეობას, რაც მათ პროცესში ემოციურად რთავს.
- მოსწავლემ ყოველთვის იცის, რისთვის აკეთებს ამა თუ იმ აქტივობას — ყოველი ნაბიჯი მას საკვლევ კითხვაზე პასუხთან აახლოებს. ეს გამორიცხავს გაკვეთილზე დროის არაეფექტურ ხარჯვას;
- მოსწავლეს სვამს ქვეკითხვებს, გამოყოფს მთავარს მეორეხარისხოვანისგან და სხვადასხვა ინფორმაციას აკავშირებს ერთმანეთთან.

მიდგომა	რას პასუხობს?	რა მნიშვნელობა აქვს?	ნიმუში
საკვლევ კითხვაზე დაფუძნებული სწავლება	**რას ვიკვლევ?** (კონტექსტი და მიზანი)	სვამს პრობლემას, აჩენს ინტერესს	როგორ მოქმედებს გარემოს pH-ის ცვლილება კვერცხის ცილის დენატურაციის ტემპერატურაზე?
კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება	**როგორ ვპოულობთ პასუხს?** (ინსტრუმენტი და პროცესი)	გეგმავს და ატარებს ექსპერიმენტს	მოსწავლის წიგნი გვ. 40 საკლასო აქტივობა N2

5.3.6.1 ცდა და ექსპერიმენტი

საკვლევ კითხვაზე და კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების მთავარი ინსტრუმენტები ცდა და ექსპერიმენტია. მოსწავლე თავად მოქმედებს როგორც მეცნიერი — სვამს კითხვას, აყალიბებს ჰიპოთეზას, გეგმავს კვლევას და გამოაქვს დასკვნა. ცდა გამოირჩევა მარტივი დაკვირვებით, ხოლო ექსპერიმენტი გულისხმობს ცვლადების მანიპულაციას და კონტროლს.

ექსპერიმენტის დროს მოსწავლე სწავლობს სამი ტიპის ცვლადის იდენტიფიცირებას:

1. **დამოუკიდებელი ცვლადი:** რასაც მეცნიერი თავად ცვლის (მაგ: სინათლის ინტენსივობა).
2. **დამოკიდებული ცვლადი:** რა იცვლება საპასუხოდ და რასაც ვზომავთ (მაგ: გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკების რაოდენობა ფოტოსინთეზისას).
3. **კონტროლირებადი (საკონტროლო) ცვლადები:** რა უნდა დარჩეს უცვლელი ექსპერიმენტის სიზუსტისთვის (მაგ: წყლის ტემპერატურა, მცენარის სახეობა).

5.3.6.2 ვირტუალური ლაბორატორია, სიმულაცია

ვირტუალური ლაბორატორია (მაგ. PhET ინტერაქციული სიმულაციები, OLabs, Labster და სხვა) აძლიერებს და ავსებს რეალურ ექსპერიმენტს. ბიოლოგიასა და ქიმიაში ბევრი პროცესი მიკრო- ან ნანოდონეზე მიმდინარეობს (ატომებს შორის დამყარებული ბმები, ფერმენტ-სუბსტრატის კომპლექსი, ნეიროტრანსმიტერების მოძრაობა სინაპსში). სიმულაცია არის საშუალება, რომელსაც შეუძლია აბსტრაქტული სამყარო ვიზუალურ, დინამიკურ მოდელად გარდაქმნას.

სიმულაცია იძლევა ისეთი რეაქციების მოდელირების საშუალებას, რომლებიც სასკოლო ლაბორატორიაში სახიფათოა (ტოქსიკური აირები, ძლიერი მჟავები) ან მოითხოვს ძვირადღირებულ აღჭურვილობას.

მოსწავლეს არ აქვს შიში რესურსის გაფუჭების (მაგალითად, ძვირადღირებული რეაქტივის დაღვრის), რაც მას ექსპერიმენტირების სრულ თავისუფლებას აძლევს.

5.4. გაკვეთილის ორგანიზების მოდელები

5.4.1 5E მოდელი

5E მოდელი კონსტრუქტივისტული სწავლების ერთ-ერთი სრულყოფილი ჩარჩოა საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლების შემთხვევაში. იგი საკითხის დამუშავების პერიოდს ჰყოფს 5 ლოგიკურ ფაზად, სადაც მოსწავლე თავად ახდენს ცოდნის კონსტრუირებას.

- **ჩართულობა (Engage):** მასწავლებელი ქმნის კოგნიტურ კონფლიქტს, სვამს კითხვას ან აჩვენებს მოვლენას წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად.

- **კვლევა-ძიება (Explore**): მოსწავლეები უშუალოდ მუშაობენ მასალებთან, ატარებენ ცდებს, აგროვებენ მონაცემებს პროტოკოლის შესაბამისად, მასწავლებლის პირდაპირი ჩარევისა და ინსტრუქციის გარეშე. მასწავლებელი აკვირდება პროცესს, სთავაზობს მინიშნებებს და უზრუნველყოფს უსაფრთხო შესრულებას.
- **ახსნა-განმარტება (Explain):** ჯერ მოსწავლე ხსნის საკუთარი სიტყვებით/აღმოჩენებით და მხოლოდ ამის შემდეგ შემოაქვს მასწავლებელს აკადემიური ტერმინები.
- **ცოდნის გაღრმავება (Elaborate):** მიღებული ცოდნის გადატანა ახალ, მსგავს კონტექსტში (ცოდნის ტრანსფერი). ამ ეტაპზე ხდება შემოქმედებითი დავალების შუალედური ეტაპების განხორციელება.
- **შეფასება (Evaluate):** როგორც მიმდინარე (განმავითარებელი), ისე შემაჯამებელი თვითშეფასება.

5.4.2 შებრუნებული საკლასო ოთახი

შებრუნებული საკლასო ოთახი — მოსწავლეები წინასწარ ეცნობიან თეორიულ მასალას (ვიდეოები, ტექსტები, პოდკასტები). კლასში დრო ეთმობა პრაქტიკულ მუშაობას, დისკუსიებს, პრობლემების გადაჭრას და კრიტიკულ აზროვნებას.

მოდელის უპირატესობებია:

მოქნილი გარემო — მოსწავლე ირჩევს როდის და სად ისწავლოს; მას შეუძლია ვიდეო-ლექცია დააპაუზოს, რთული მონაკვეთი ხელახლა ნახოს ან სწრაფად გადაახვიოს ის, რაც უკვე იცის. ტრადიციულ კლასში მასწავლებელი მიჰყვება მოსწავლეების საშუალო ტემპს. მოქნილი გარემო კი ყველასთვის მოსახერხებელია, მათთვისაც, ვინც ნელა ითვისებს და მათთვისაც, ვინც წინ უსწრებს პროგრამას.

სწავლის სტილისა და კულტურის გათვალისწინება — კლასში გატარებული დრო გამოიყენება სიღრმისეული კვლევისთვის. მოსწავლეები სწავლობენ ერთმანეთისგან, თანამშრომლობენ და აანალიზებენ მასალას.

შინაარსის დიფერენცირება და მეტაკოგნიცია — მოსწავლე თავად არჩევს მთავარსა და მეორეხარისხოვანს, ამ გზით ყალიბდება დამოუკიდებელ მსწავლელად, რადგან უვითარდება მეტაკოგნიტური უნარები.

მეთოდის გამოყენებისას სირთულეს წარმოადგენს:

- ყველა მოსწავლეს შეიძლება არ ჰქონდეს ინტერნეტი ან კომპიუტერი სახლში;
- თუ მოსწავლე სახლში არ მოემზადება, ის კლასში პროცესს გამოეთიშება;
- მასწავლებლისგან დიდ დროს მოითხოვს ხარისხიანი ვიდეო ან სხვა სახის მასალის მომზადება ან შერჩევა;

სასურველია მასწავლებელმა:

- მოამზადოს მოკლე საკითხავი მასალა;
- მიუთითოს მოსწავლის წიგნიდან პარაგრაფის ტექსტი, ან მისი გარკვეული მონაკვეთი;
- ჩაწეროს მოკლე ვიდეო (5 წთ) ან იპოვოს მზა რესურსი;
- მოამზადოს ჯგუფური სამუშაოები, ქვიზები ან დებატები, სადაც ნასწავლ თეორიას გამოიყენებენ;
- შეამოწმოს, როგორ გაიგეს მასალა პრაქტიკულ საქმიკანობაში მათი ჩართულობის მიხედვით.

5.4.3 კომბინირებული კვლევის მოდელი

კომბინირებული კვლევა (Blended Inquiry) რეალურსა და ვირტუალურ მიდგომებს სრულ სამეცნიერო ციკლად აერთიანებს: მოსწავლე **რეალურ ექსპერიმენტში** ზომავს ხილულ შედეგს, ხოლო **ვირტუალურ ლაბორატორიაში/მოდელში** ცდის იმავე პარამეტრებს უხილავი მოლეკულური მექანიზმის გასაგებად შედეგად, რეალური გაზომვებიდან მიღებული მონაცემების მოდელში გაანალიზებით იკვრება ჰიპოთეზისა და მიზეზშედეგობრივი კავშირის შემოწმების სრული კვლევითი ციკლი. მაგალითად, მოსწავლეები საფუარის აქტივობაზე ინჰიბიტორის მოქმედების შესასწავლად **რეალურ ექსპერიმენტში** (სინჯარაში) უმატებენ ინჰიბიტორს, ზომავენ pH-ს და აფიქსირებენ მის სწრაფ ცვლილებას, ხოლო **ვირტუალურ ლაბორატორიაში** იმავე ინჰიბიტორის გააქტიურებით ხედავენ, თუ როგორ იბლოკება ელექტრონების ტრანსპორტი, წყდება პროტონების გადატანა და გაჩერებული ატფ-სინთაზა აღარ აწარმოებს ენერგიას — ამ ორმხრივი პროცესით ხილული რეალური შედეგი (რეაქციის შეწყვეტა) პირდაპირ უკავშირდება უხილავ მოლეკულურ მექანიზმს (ატფ-ის სინთეზის მოშლას).

მოდელის გამოყენება ეფექტურია შემდეგ შემთხვევებში:

აბსტრაქტული, უხილავი პროცესების სწავლებისას: როდესაც მოვლენის შედეგი თვალსაჩინოა (მაკრო-დონე), მაგრამ მისი გამომწვევი მიზეზები მოლეკულურ დონეზე მიმდინარეობს (მაგ. ოსმოსი, დიფუზია, ცილის დენატურაცია).

დროში გაწელილი ექსპერიმენტების დროს: როდესაც რეალურ შედეგს დიდი დრო სჭირდება, სიმულაცია კი საშუალებას იძლევა მყისიერად დავინახოთ შედეგი.

რესურსების სიმცირისას: როდესაც სასკოლო ლაბორატორიაში არ არის საკმარისი რეაქტივები, აღჭურვილობა, ან ცდის ჩატარება სახიფათოა.

დიფერენცირებული სწავლებისთვის: კლასში განსხვავებული სენსორული ტიპების ერთდროულად ჩასართავად.

მოდელის გამოყენება შესაძლებელია:

ჰიპოთეზების სწრაფი გადამოწმებისთვის („რა მოხდება, თუ...“): აქტივობები, სადაც მოსწავლეები ვირტუალურად, მცირე დროში ცვლიან პარამეტრებს (ტემპერატურა, pH, კონცენტრაცია) და აკვირდებიან შედეგებს.

მოვლენის მიზეზშედეგობრივი კავშირის კვლევისთვის: აქტივობები, სადაც რეალური ცდის (მაგ. კარტოფილის დარბილება) შემდეგ მოსწავლეები სიმულაციით (PhET, Olabs) ხსნიან ამ მოვლენის მოლეკულურ მექანიზმს (წყლის მოლეკულების მოძრაობა).

დამოუკიდებელი, აღმოჩენებზე დაფუძნებული სწავლებისთვის: საგაკვეთილო აქტივობები, სადაც მოსწავლე თავად მართავს პროცესს, ირგებს მკვლევრის როლს და პრაქტიკული გამოცდილებით აყალიბებს თეორიულ ცოდნას.

5.4.4. სასწავლო გაჩერებები

სასწავლო გაჩერებების მეთოდი ხელს უწყობს **დიფერენცირებულ სწავლებას** და მოსწავლეების ავტონომიურობას. კლასი იყოფა მცირე ჯგუფებად, რომლებიც როტაციის პრინციპით გადიან ყველა გაჩერებას. ამ დროს მოსწავლეები თავად არიან პასუხისმგებელნი ინფორმაციის მოძიებაზე. ეს ხსნის მოსაწყენი ლექციის მომენტს. თითოეულ გაჩერებაზე სხვადასხვა ტიპის რესურსი (ვიდეო, ტექსტი, სქემა) სხვადასხვა ტიპის აღქმის მქონე მოსწავლეს ეხმარება.

სასწავლო გაჩერებების უპირატესობები:

- **მულტისენსორული სწავლება:** თითოეულ გაჩერებაზე სხვადასხვა ტიპის რესურსია განთავსებული,

რაც სხვადასხვა აღქმის (ვიზუალური, აუდიალური, კინესთეტიკური) მქონე მოსწავლეს ეხმარება მასალის ათვისებაში.

- **დინამიკა და მაღალი ჩართულობა:** ფიზიკური გადაადგილება საკლასო ოთახში ხსნის მონოტონურობას, მინიმუმამდე დაჰყავს ყურადღების გაფანტვა და ზრდის მოსწავლეთა მოტივაციას.
- **ინდივიდუალური ტემპი:** თითოეულ გაჩერებაზე ჯგუფი მუშაობს დამოუკიდებლად, რაც მათ საშუალებას აძლევს, მასალა საკუთარ ძალებზე დაყრდნობით გააანალიზონ.

რეკომენდაციები მასწავლებლისთვის:

დროის მკაცრი კონტროლი: გამოიყენეთ ხმოვანი ტაიმერი. დროის ამოწურვისას (მაგ. 8 წუთი) ყველა ჯგუფი ერთდროულად, საათის ისრის მიმართულებით გადადის შემდეგ გაჩერებაზე.

ინსტრუქციების სიმკაცრე: თითოეულ გაჩერებაზე მკაფიოდ, პუნქტებად უნდა ეწეროს, თუ რა უნდა გააკეთოს მოსწავლემ და რა უნდა ჩაწეროს თავის ინდივიდუალურ სამუშაო ფურცელზე.

შეჯამების ფაზა: როტაციის დასრულების შემდეგ, გაკვეთილის ბოლო 7-10 წუთი აუცილებლად უნდა დაეთმოს საერთო საკლასო შეჯამებას, სადაც თითოეული გაჩერებიდან თითო ჯგუფი წარადგენს თავის დასკვნას.

5.5. სწავლების სტრატეგიები

5.5.1 სტრატეგია ,,პროგნოზირება — დაკვირვება -ახსნა“

პარამეტრი	აღწერა/მახასიათებლები
სტრატეგიის მიზანი	მოსწავლეებში წინარე ცოდნის გააქტიურება, კოგნიტური კონფლიქტის შექმნა (როცა რეალობა მოლოდინს არ ემთხვევა), მეცნიერული ჰიპოთეზების ჩამოყალიბება და საკუთარ მცდარ წარმოდგენებზე დამოუკიდებლად გასვლა.
გაკვეთილზე გამოყენების ეტაპი	ახალი ფენომენის გაცნობამდე ან ექსპერიმენტის დაწყებამდე, რათა მოსწავლეებმა პასიური დაკვირვების ნაცვლად, აქტიურად მართონ შემეცნების პროცესი.
განვითარებული უნარები	**კრიტიკული აზროვნება**: საკუთარი ვარაუდებისა და რეალური ფაქტების შედარება, ანალიზი. **მეცნიერული წერა/მეტყველება**: ჰიპოთეზის არგუმენტირებულად ფორმულირება. **ობიექტური დაკვირვება**: ფაქტების მიკერძოების გარეშე აღრიცხვა და ფიქსაცია. **მტკიცებულებებზე დაფუძნებული მსჯელობა**: დასკვნების გამოტანა რეალური მონაცემების საფუძველზე.
სამფაზიანი პროცესის მოკლე აღწერა	**პროგნოზირება (Predict):** მოსწავლე ინდივიდუალურად წერს ვარაუდს და მის ბიოლოგიურ/ქიმიურ საფუძველს. **დაკვირვება (Observe):** ატარებს ცდას და აფიქსირებს მხოლოდ რეალურ, ობიექტურ შედეგებს. **ახსნა (Explain):** აანალიზებს განსხვავებას პროგნოზსა და რეალობას შორის, ხსნის მიზეზებს და აყალიბებს მეცნიერულ დასკვნას.

5.5.2 იდენტიფიცირება — ინტერპრეტაციის სტრატეგია

პარამეტრი	აღწერა/მახასიათებლები
სტრატეგიის მიზანი	სხვადასხვა ფორმით წარმოდგენილი მონაცემების წაკითხვისა და ანალიზის უნარის განვითარება.
გაკვეთილზე გამოყენების ეტაპი	***კვლევის, მონაცემთა დამუშავებისა და შეფასების ფაზა:*** როდესაც მოსწავლეებს უწევთ ექსპერიმენტის შედეგების შეჯამება, მეცნიერული სტატიებიდან ან სახელმძღვანელოებიდან ილუსტრაციების გაანალიზება ან კომპლექსურ დავალებებზე მუშაობა.
განვითარებული უნარები	• გრაფიკული ინფორმაციის წაკითხვისა და გააზრების უნარი. • მნიშვნელოვანი ტენდენციების, პიკებისა და კანონზომიერებების გამოყოფა. • ფაქტების (WIS) გამიჯვნა მათი ბიოლოგიური/მეცნიერული მიზეზებისგან (WIM). • ცვლადებს შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირის ჩამოყალიბება.
პროცესის მოკლე აღწერა	1. **იდენტიფიცირება — რას ვხედავ**? (WIS): მოსწავლე პირდაპირ გრაფიკზე ნიშნავს ტენდენციებს, პიკებსა თუ ვარდნებს და აღწერს ღერძებს (X და Y). მოსწავლემ ერთმანეთისგან უნდა გამიჯნოს გრაფიკზე ნაჩვენები დამოკიდებულება და ახსნა. 2. **ინტერპრეტაცია — რა იგულისხმება**? (WIM): თითოეულ აღნიშნულ დეტალს უსაბამებს მეცნიერულ ახსნას (მაგ. „ეს ნიშნავს, რომ...“). 3. გრაფიკის **დასათაურება:** მოსწავლე ადგენს სათაურს, რომელიც ზუსტად გამოხატავს დამოკიდებულებას Y (დამოკიდებულ) და X (დამოუკიდებელ) ცვლადებს შორის.
მთავარი გამოწვევა	**სირთულე:** მოსწავლეები ხშირად პირველივე ეტაპზე იწყებენ ახსნას (ინტერპრეტაციას). მნიშვნელოვანია — "რას ვხედავ" — ფაზაში მასწავლებელმა გააკონტროლოს, მოსწავლემ **არ გამოიყენოს** სიტყვა "რადგან". ამ ეტაპზე დასაშვებია მხოლოდ მშრალი ფაქტების აღწერა.

5.5.3 მტკიცება, მტკიცებულება, მსჯელობა — (მმმ) სტრატეგია

პარამეტრი	აღწერა/მახასიათებლები
სტრატეგიის მიზანი	თითოეული მოსწავლის მაქსიმალური ინდივიდუალური ჩართულობის უზრუნველყოფა, არგუმენტირებული მსჯელობის უნარის განვითარება.
გაკვეთილზე გამოყენების ეტაპი	გამოიყენება მაშინ, როდესაც მასწავლებელი სვამს კომპლექსურ, პრობლემურ კითხვას (მაგ: „რატომ არ ლპება თაფლი ათასწლეულების განმავლობაში?“), რის შემდეგაც მოსწავლეები მუშაობენ ინდივიდუალურ სამუშაო ფურცლებზე საკუთარი პირველადი იდეების დასაფიქსირებლად.
განვითარებული უნარები	ლოგიკური ჯაჭვის აგება ფაქტებსა და თეორიას შორის. საკუთარი ჰიპოთეზების წერილობითი ფორმულირება. გრაფიკების, ცხრილებისა და ექსპერიმენტის მონაცემების დაკავშირება თეორიულ დასკვნებთან. აზრის სტრუქტურირებულად და მეცნიერულად გადმოცემა.
პროცესის აღწერა	**მტკიცება:** მოსწავლე სამუშაო ფურცელზე წერს პირველად იდეას, პასუხს ან დასკვნას, რომელიც გამოხატავს მიზეზშედეგობრივ კავშირს. **მტკიცებულება:** მოსწავლე ეყრდნობა კონკრეტულ მონაცემებს (გრაფიკი, დიაგრამა, ცხრილი ან ექსპერიმენტის შედეგი), რომლებიც მის მტკიცებას ამყარებს. **მსჯელობა:** მოსწავლე ქმნის ლოგიკურ კავშირს (ხიდს) მტკიცებასა და მტკიცებულებას შორის, სადაც მეცნიერული თეორიის საფუძველზე ხსნის, თუ *რატომ* ადასტურებს ეს მტკიცებულება მის საწყის დებულებას. მოსწავლე ადგენს მონაცემები ამყარებს, ასუსტებს თუ არ იძლევა საწყისი მოსაზრების შეფასების საშუალებას და რა უნდა შეიცვალოს დასკვნაში.

5.5.4 დისკუსია, როლური თამაში

5.5.4.1 აზროვნების ექვსი ქუდი

მახასიათებელი	დეტალური აღწერა	კონკრეტული ქეისი: ფერმენტები და ინჰიბიტორები (კატალაზას ექსპერიმენტი)
მეთოდის მიზანი	დისკუსიის ეფექტური მართვა; საკითხის მრავალმხრივი ხედვით გაანალიზება და მოსწავლეების მიერ საკუთარი აზროვნების სტილის გამოკვეთა.	გააანალიზონ, როგორ მოქმედებს სხვადასხვა ფაქტორი (ტემპერატურა, მჟავიანობა, მძიმე ლითონები) ფერმენტზე, როგორ აფერხებენ ინჰიბიტორები ბიოქიმიურ პროცესებს.
გამოყენების ეტაპი	გამოიყენება **საკითხის სიღრმისეული განხილვის/დისკუსიისა და დასკვნით** ეტაპებზე.	**ექსპერიმენტის შემდგომი ფაზა.** მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები ჩაატარებენ ექსპერიმენტს (მაგ: უმი კარტოფილის/ღვიძლის ნაჭერზე წყალბადის ზეჟანგის დასხმას და მასზე ტყვიის მარილის ან მჟავის დამატებას).
რა უნარებს ავითარებს	კვლევა-ძიების, შეცდომის გაანალიზების, არგუმენტირებული მსჯელობის, გუნდური მუშაობისა და კონსენსუსის (საერთო არგუმენტაციის ჩამოყალიბება) მიღების, აზრის ლაკონიურად და მკაფიოდ ჩამოყალიბების უნარი.	სამეცნიერო მონაცემების ინტერპრეტაცია, მიზეზშედეგობრივი კავშირების დადგენა, ჰიპოთეზების შემოწმება და ბიოუსაფრთხოების რისკების შეფასება.
პროცესის მოკლე აღწერა	კლასი იყოფა 6 ჯგუფად, სადაც თითოეული ჯგუფი ირგებს კონკრეტული ფერის „ქუდს“ (როლს). მსჯელობა მიმდინარეობს მკაცრი თანმიმდევრობით: **ლურჯი:** მიზნის დასახვა **თეთრი:** მშრალი ფაქტების მოგროვება. **წითელი და შავი:** ემოციების, ეჭვებისა და რისკების გამოხატვა. **ყვითელი და მწვანე:** პოზიტივისა და კრეატიული იდეების გენერირება. **ლურჯი:** მიღებული ცოდნის შეჯამება. *დროის ლიმიტი:* თითოეულ ქუდს ეთმობა 2-3 წუთი. აქტივობის ბოლოს მოსწავლეები პასუხობენ რეფლექსიურ კითხვას: რამდენად ბუნებრივია თქვენთვის, მთელი ყურადღება მხოლოდ ერთ მიმართულებაზე (მაგალითად, მხოლოდ ფაქტებზე ან მხოლოდ კრიტიკაზე) გადაიტანოთ და რამდენად გეხმარებათ ეს ჩარჩო რეალური სურათის დანახვაში?	**ლურჯი (მიზანი):** „ჩვენი მიზანია გავარკვიოთ, რატომ შეწყვიტა ფერმენტმა მუშაობა ინჰიბიტორის დამატების შემდეგ.“ **თეთრი (ფაქტები):** „კატალაზა არის ცილა. წყალბადის ზეჟანგი სუბსტრატია. ინჰიბიტორმა (მაგ. სპილენძის სულფატმა ან მჟავამ) შეცვალა ცილის სტრუქტურა და რეაქცია შეწყდა.“ ერთმენათისგან უნდა გაიმიჯნოს დაკვირვება (რეაქცია შეწყდა) და ინტერპრეტაცია — შეიცვალა ფერმენტის სტრუქტურა. **წითელი (ემოციები):** „ვფიქრობ, რომ საშიშია, რადგან ჩვენს ორგანიზმშიც ასე მარტივად შეიძლება დაიბლოკოს სასიცოცხლო პროცესები მძიმე ლითონებით მოწამვლისას. ეს შიშს იწვევს.“ **შავი (რისკები/კრიტიკა):** „თუ გარემოში მძიმე ლითონების კონცენტრაცია გაიზარდა, ცოცხალი ორგანიზმები ვერ გადარჩებიან. ექსპერიმენტში შეიძლება შეცდომა დაგვეშვა, თუ სინჯარები სუფთა არ იყო.“ **ყვითელი (პოზიტივი):** „კარგია, რომ ჩვენ ზუსტად ვიცით, რა აზიანებს ფერმენტებს. ეს გვეხმარება მედიცინაში ანტიდოტების შექმნაში.“ **მწვანე (კრეატივი):** „შეგვიძლია შევქმნათ სპეციალური ფილტრები ქარხნებისთვის, რომლებიც წყალს მძიმე ლითონებისგან გაწმენდს, რათა მდინარეებში ორგანიზმების ფერმენტები არ დაზიანდეს.“ **ლურჯი (რეფლექსია-შეჯამება):** „კატალაზა მგრძნობიარეა გარემო პირობების მიმართ. გავიგეთ როგორც ბიოქიმიური მექანიზმი (თეთრი), ისე მისი ეკოლოგიური მნიშვნელობა (მწვანე/შავი).“

5.5.4.2 სასწავლო მოზაიკა — Jigsow

მახასიათებლები	მეთოდის აღწერა	კონკრეტული ქეისი: ცილების ფუნქციები
მეთოდის მიზანი	მრავალკომპონენტიანი რთული ტექსტის ან საკითხის ეტაპობრივი ათვისება, პასუხისმგებლობის გადანაწილება.	მოსწავლეებმა სიღრმისეულად შეისწავლონ ცილების მრავალფეროვანი ფუნქციები ცოცხალ ორგანიზმებში და დაინახონ კავშირი ცილის სტრუქტურასა და მის დანიშნულებას შორის.
გაკვეთილის ეტაპი	ძირითადად გამოიყენება ახალი მასალის ახსნის/გაცნობის ან სისტემატიზაცია-განზოგადების ეტაპზე.	როდესაც კლასში ცილების ქიმიური სტრუქტურის განხილვის შემდეგ გადადიხართ მათ ბიოლოგიურ როლზე და გსურთ, რომ მოსწავლეებმა თავად აქციონ ეს რთული ინფორმაცია პრაქტიკულ ცოდნად.
რა უნარებს ავითარებს	თანამშრომლობის, ერთმანეთის მოსმენის, საკუთარ სწავლაზე პასუხისმგებლობის აღების, რთული ტერმინების მარტივი ენით განმარტებისა და პრეზენტაციის უნარები.	ბიოლოგიური პროცესების მოდელირება, მიზეზშედეგობრივი კავშირების დადგენა (როგორ ასრულებს ცილა კონკრეტულ როლს), სამეცნიერო ტერმინოლოგიის პრეზენტაცია და გუნდური მუშაობა.
მოსწავლეების დაჯგუფება და როლები	**ძირითადი გუნდები:** კლასი იყოფა შერეულ, 4-წევრიან ჯგუფებად. თითოეულ წევრს ენიჭება ნომერი: 1, 2, 3 და 4. თითოეული ნომერი პასუხისმგებელია მასალის საკუთარ მონაკვეთზე.	**ნომერი** 1: **სამშენებლო** (**სტრუქტურული**) **და დამცველობითი ფუნქციები** (კოლაგენი, კერატინი, ანტისხეულები, ფიბრინოგენი). **ნომერი** 2: **კატალიზური** (**ფერმენტული**) **ფუნქცია** (როგორ აჩქარებენ ფერმენტები რეაქციებს, მაგ. ამილაზა, კატალაზა). **ნომერი** 3: **სატრანსპორტო და მამოძრავებელი ფუნქციები** (ჰემოგლობინი, მემბრანული ტრანსპორტი, აქტინი და მიოზინი კუნთებში). **ნომერი** 4: **სასიგნალო** (**რეცეპტორული**) **და რეგულატორული ფუნქციები** (ცილა-ჰორმონები, მაგ. ინსულინი, და მემბრანის რეცეპტორები).
პროცესის მოკლე აღწერა (ნაბიჯ-ნაბიჯ)	**ეტაპი 1: ექსპერტთა ჯგუფები** ერთნაირი ნომრები იკრიბებიან ერთ მაგიდასთან (ყველა 1 ერთად, ყველა 2 ერთად და ა.შ.). ისინი ერთად კითხულობენ თავიანთ მონაკვეთს, განიხილავენ ტერმინებს, აკეთებენ სქემებს და თანხმდებიან, როგორ აუხსნან ეს სხვებს. **ეტაპი 2: დაბრუნება საწყის ჯგუფში (Home Groups)** ექსპერტები ბრუნდებიან თავიანთ პირვანდელ გუნდებში. თითოეული წევრი რიგრიგობით ხდება „მასწავლებელი“ და სხვებს უზიარებს თავის საკითხს (1-დან 4-მდე). დანარჩენები ინიშნავენ.	**ექსპერტთა მუშაობა:** მე-3 ნომრების ჯგუფი ერთად არჩევს, როგორ გადააქვს ჰემოგლობინს ჟანგბადი ფილტვებიდან ქსოვილებამდე და როგორ მუშაობს აქტინ-მიოზინის წყვილი კუნთის შეკუმშვისას. ისინი ამზადებენ მარტივ სქემას (მაგ. „ტრანსპორტი და მოძრაობა“). ადგენს სტრუქტურას და ფუნქციას შორის, ასევე მიზეზსა და შედეგს შორის კავშირებს. **ცოდნის გაზიარება:** ძირითად ჯგუფში დაბრუნებული „ნომერი 2“ (ფერმენტების ექსპერტი) თავის გუნდს უხსნის, რომ ფერმენტების გარეშე ორგანიზმში ქიმიური რეაქციები ათასობით წლით შენელდებოდა. დანარჩენები უსმენენ და ავსებენ კონსპექტს. **შედეგი:** გაკვეთილის ბოლოს თითოეულ მოსწავლეს რვეულში აქვს სრული, სისტემატიზებული რუკა ან ცხრილი ცილის რვა ძირითადი ფუნქციისა და მათი ცოცხალი მაგალითების შესახებ.

5. 6. მეტაკოგნიცია — სწავლის მართვა და საკუთარ აზროვნებაზე დაკვირვება

მეტაკოგნიცია — „სწავლის სწავლა“ — წარმოადგენს მოსწავლის დამოუკიდებელ მკვლევრად ჩამოყალიბების ძირითად პრინციპს. მეტაკოგნიტური უნარების განვითარება გულისხმობს მოსწავლის მიერ საკუთარი შემეცნებითი პროცესების გააზრებას, დაკვირვებასა და მართვას: უნდა გააცნობიეროს, *როგორ* და *რა სტრატეგიებით* მიაღწია ამ შედეგს.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლებაში მეტაკოგნიტური პროცესი სამ ძირითად ეტაპად იყოფა:

დაგეგმვა: აქტივობის დაწყებამდე მოსწავლე აფასებს ამოცანის სირთულეს, განსაზღვრავს მიზანს, იხსენებს მსგავს გამოცდილებას და ირჩევს ეფექტურ სტრატეგიას (რა გეგმა მაქვს?);

მონიტორინგი: კვლევის, ექსპერიმენტისა თუ დავალების შესრულების პროცესში მოსწავლე აკვირდება საკუთარ ქმედებას (როგორ ვამოწმებ რომ სწორად მივდივარ?);

რეფლექსია და შეფასება: სამუშაოს დასრულებისას მოსწავლე აფასებს გამოყენებული სტრატეგიის ეფექტიანობას და იაზრებს შეცდომებს (რას შევცვლი შემდეგ მცდელობაზე?).

თავი 6: მოსწავლეთა შეფასების სისტემა და სტრატეგიები

6.1. შეფასების კონცეპტუალური ჩარჩო

სახელმძღვანელოში შეფასება განხილულია როგორც **სწავლების ხელშემწყობი და დიაგნოსტიკური ინსტრუმენტი**. შეფასების სისტემა ორიენტირებულია მოსწავლის ინდივიდუალურ პროგრესზე, აზროვნების სიღრმესა და მეტაკოგნიტური უნარების განვითარებაზე.

სიტუაციისა და სასწავლო მიზნების შესაბამისად გამოიყენება შეფასების შემდეგი ფორმები:

- **განმავითარებელი შეფასება:** ჩაშენებულია ყოველდღიურ სასწავლო პროცესში. მასწავლებლის წიგნში წარმოდგენილია თვითშეფასებისა და ურთიერთშეფასების კითხვარები, სწრაფი დიაგნოსტიკური ტექნიკები და კონსტრუქციული უკუკავშირის მოდელები.
- **განმსაზღვრელი შეფასება:** მასწავლებლის წიგნში მოცემულია შემაჯამებელი დავალებებისა და ძირითადი აქტივობების შეფასების მკაფიო რუბრიკები, რომლებიც ადგენენ სტანდარტით განსაზღვრულ მიღწევათა დონეს.
- **SOLO-ტაქსონომიის მატრიცა:** აფასებს მოსწავლის კოგნიტურ დონესა და გააზრების სიღრმეს; დაზუსტდეს, რომ ფასდება კონკრეტულ დავალებაში გამოვლენილი გაგების ხარისხი და დონე ნამუშევრის მტკიცებულებებით დგინდება.
- **შემოქმედებითი დავალებების შეფასება:** თითოეულ შემოქმედებით დავალებას თან ახლავს შეფასების კრიტერიუმები, რომლებიც ზომავს ეროვნული სასწავლო გეგმის სამიზნე ცნებების გააზრების ხარისხს.

6.2. განმავითარებელი შეფასების სწრაფი ტექნიკები

გაკვეთილის დინამიურობისა და სწრაფი დიაგნოსტირებისათვის სახელმძღვანელო მასწავლებელს სთავაზობს განმავითარებელი შეფასების სწრაფ, მაღალეფექტურ ინსტრუმენტებს:

ა) გასასვლელი ბილეთი — განმავითარებელი შეფასების ერთ-ერთი ყველაზე სწრაფი და ეფექტური ინსტრუმენტია. გამოიყენება გაკვეთილის ბოლო 3–5 წუთის განმავლობაში, გაკვეთილის სასწავლო მიზნის მიღწევის სწრაფი გაზომვისთვის.

მოსწავლეები პასუხობენ მოკლე, კონკრეტულ შეკითხვას, რომელიც მიმართულია გაკვეთილის მთავარ კონცეფციაზე. კითხვები არის ფაქტობრივი, ანალიტიკური, ან მეტაკოგნიტური.

ფაქტობრივი „დაასახელეთ ერთი ძირითადი სტრუქტურული განსხვავება დნმ-სა და რნმ-ს შორის, რომელიც დღეს ისწავლით.“

მეტაკოგნიტური: „რა იყო დღევანდელ გაკვეთილზე შენთვის ყველაზე ბუნდოვანი და რატომ?“

მონაცემთა ანალიზი და ინტერპრეტაცია: გაკვეთილის შემდეგ მასწავლებელი ბილეთებს სწრაფად ახარისხებს სამ კატეგორიად: თითოეული კითხვის მიხედვით:

1. „გაიგო სრულად“
2. „ნაწილობრივ გაიგო“
3. „ვერ გაიგო“

ეს მონაცემები პირდაპირ განსაზღვრავს მომდევნო გაკვეთილის დაწყების სტრატეგიას — საჭიროა თუ არა მასალის ხელახალი განმარტება ალტერნატიული მეთოდით.

ბ) შესასვლელი ბილეთი — განმავითარებელი შეფასების ინსტრუმენტი, რომელიც ამოქმედდება გაკვეთილის პირველივე წუთიდან (კლასში შემოსვლისთანავე).

ბილეთის ფუნქციაა წინარე ცოდნის გააქტიურება, „შებრუნებული საკლასო ოთახის“ მოდელის დროს სახლში დამოუკიდებლად დამუშავებული მასალის სწრაფი ვერიფიკაცია.

შესასვლელი და გასასვლელი ბილეთები ან დიაგნოსტიკა შესაძლებელია როგორც ბეჭდური, ისე ციფრული ინსტრუმენტებით (მაგ., Kahoot, Mentimeter, Google Forms).

6.3. SOLO-ტაქსონომია, როგორც სწავლის შედეგების შეფასების მოდელი

SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome) ტაქსონომია ფოკუსირებულია იმაზე, თუ რა ხარისხითა და სიღრმით ესმის მოსწავლეს ესა თუ ის საკითხი. იგი აჩვენებს მოსწავლის განვლილ გზას ცალკეული ფაქტების ცოდნიდან მიმართებების გააზრებამდე და თეორიულ განზოგადებამდე.

მასწავლებლისთვის იძლევა მკაფიო წარმოდგენას, თუ რომელ საფეხურზეა მოსწავლე და რა კონკრეტული ნაბიჯია საჭირო მომდევნო დონეზე გადასაყვანად.

მოსწავლეს აჩვენებს საკუთარი წინსვლის დინამიკას — იგი აცნობიერებს, რომ მხოლოდ ფაქტების ჩამოთვლა საკმარისი არ არის და საჭიროა მიზეზშედეგობრივი კავშირების დანახვა.

SOLO-ზე დაფუძნებული შეფასების გამოწვევები:

1. დავალების ინსტრუქცია იმგვარად უნდა იყოს ფორმულირებული, რომ მოსწავლეს თავისთავად უბიძგოს შესაბამისი დონის აზროვნებისკენ.
2. რთულია ისეთი შეკითხვის დასმა, რომელიც მოსწავლეს საშუალებას მისცემს მიღებული ცოდნა სრულიად ახალ, უცნობ კონტექსტს დაუკავშიროს (გაფართოებული აბსტრაქტული დონე) ისე, რომ დავალება სასწავლო პროგრამას არ ასცდეს.

6.4. განმსაზღვრელი შეფასება და შეფასების რუბრიკები

განმსაზღვრელი შეფასების მთავარი მიზანია მოსწავლის მიერ ეროვნული სასწავლო გეგმით განსაზღვრული სწავლის შედეგების მიღწევის დონის დადგენა. სახელმძღვანელოში განმსაზღვრელი შეფასება ეფუძნება მკაფიო, გამჭვირვალე და წინასწარ განსაზღვრულ კრიტერიუმებს. შეფასების რუბრიკებში მოცემული ინდიკატორები ეყრდნობა სტანდარტით განსაზღვრული შედეგის მიღწევის ინდიკატორებს.

შემაჯამებელი დავალებების მინიმალური რაოდენობა განსაზღვრულია ეროვნული სასწავლო გეგმით. სახელმძღვანელოში თემის „მოლეკულური ბიოლოგია“ თითოეული თავის ბოლოს მოცემულია შემაჯამებელი დავალებები, რომლებიც მოსწავლის მიერ სტანდარტით განსაზღვრული სამიზნე ცნებების გააზრების დონის შეფასების შესაძლებლობას იძლევა. დავალებებს თან ახლავს ანალიტიკური რუბრიკა, რომლის კრიტერიუმები ეყრდნობა შედეგის მიღწევის ინდიკატორებს. რუბრიკის გამოყენება მასწავლებელს შეუძლია როგორც განმავითარებელი, ისე განმსაზღვრელი შეფასებისთვის.

ა) შემაჯამებელი დავალებების ტიპები და შეფასება

შემაჯამებელი დავალებები შეიძლება შესრულდეს როგორც თავის, ისე თემის დასრულების შემდეგ. ის განმსაზღვრელი შეფასებით ფასდება, თუმცა მიღებული ინფორმაციის გამოყენება მასწავლებელს შეუძლია განმავითარებელი მიზნებისთვისაც, მოსწავალის სწავლის პროგრესის შესაფასებლად და შემდგომი ნაბიჯების დასაგეგმად. სახელმშღვანელოში წარმოდგენილია შემდეგი ტიპის შემაჯამებელი დავალებები:

- სტანდარტული შემაჯამებელი დავალებები(ღია კითხვებით);
- შემოქმედებითი დავალებები;
- პრაქტიკული და ლაბორატორიული სამუშაოები.

ბ) შეფასების რუბრიკების სტრუქტურა

თითოეულ შემაჯამებელ და შემოქმედებით დავალებას თან ახლავს შეფასების რუბრიკა, რომელიც მოიცავს:

1. **შეფასების კრიტერიუმებს — განსაზღვრავს** — რა კონკრეტული ცოდნა და უნარი მოწმდება;
2. **მიღწევის დონეების აღწერილობებს** — ასახავს მოსწავლის მიღწევას თითოეული კრიტერიუმის მიხედვით;
3. **სამიზნე ცნებებთან შესაბამისობას** — მიუთითებს, რომელ სამიზნე ცნებას უკავშირდება შეფასების კრიტერიუმი.

(შენიშვნა: მასწავლებლის წიგნში წარმოდგენილი რუბრიკების ნაწილი მორგებულია კონკრეტულ შემაჯამებელ დავალებებზე, ხოლო ნაწილი ატარებს უნივერსალურ (მოდელურ) ხასიათს, რაც მასწავლებელს აძლევს საშუალებას, ადაპტირება გაუკეთოს მათ საკუთარი საჭიროებისამებრ).

6.5. განმავითარებელი უკუკავშირის ნიმუში

სამიზნე ცნება	მზაობის დონე	რა იცის	რა საჭიროებს გაუმჯობესებას	როგორ გააუმჯობესოს
სტრუქტურა და ფუნქცია	დაბალი	ასახელებს უჯრედის კომპონენტებს	ვერ ხსნის მათ დანიშნულებას	დააკვირდით უჯრედის კომპონენტის ილუსტრაციას, შეავსეთ ინტერაქტიული სქემა, სადაც მითითებული იქნება მისი ძირითადი დანიშნულება.
	საშუალო	აკავშირებს აგებულებას ფუნქციასთან	ვერ ხსნის გარემო ფაქტორების გავლენას მათ მოქმედებაზე.	ნახეთ ვიდეო უჯრედულ მემბრანაზე, დააკვირდით, როგორ მოქმედებს ტემპერატურის ცვლილება მის აგებულებაზე.
	მაღალი	ადგენს მიზეზშედეგობრივ ჯაჭვს სტრუქტურას, ფუნქციას, სასიცოცხლო თვისებებსა და ჯანმრთელობის მდგომარეობას შორის.	ვერ აკავშირებს უჯრედულ დარღვევას ორგანიზმის მდგომარეობასთან.	შეადგინეთ მარტივი სქემა, სადაც აჩვენებთ: უჯრედის რომელიმე კომპონენტის დაზიანება როგორ აისახება მთელ ორგანიზმზე.
სასიცოცხლო თვისება	დაბალი	ასახელებს უჯრედში მიმდინარე პროცესს	ვერ აკავშირებს პროცესს სასიცოცხლო თვისებებთან.	გაიხსენეთ, რატომ სჭირდება ორგანიზმს ენერგია. დააკავშირეთ ეს პროცესი კვების ან სუნთქვის ზოგად პრინციპს.
	საშუალო	აღწერს მეტაბოლიზმის პროცესს	უჭირს პროცესების კანონზომიერების ახსნა.	შეადგინეთ მეტაბოლიზმის პროცესის თანმიმდევრობის ამსახველი ცხრილი, ამისთვის გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის ილუსტრაცია ან ვიდეო.
	მაღალი	აანალიზებს მეტაბოლიზმის პროცესს, მემკვიდრეობითობას	ნაკლებად აკავშირებს პროცესებს ენერგიის ზოგად მიმოცვლასთან.	გაეცანით დამატებით საკითხავ მასალას ენერგიის გარდაქმნის შესახებ და შეადარეთ ერთმანეთს უჯრედულ დონეზე მიმდინარე პროცესები და ენერგიის შენახვის ზოგადი ფიზიკურქიმიური პრინციპები.

ჯანმრთელობა და დაავადება	დაბალი	ასახელებს ჯანმრთელობაზე მოქმედ ფაქტორებს	ვერ ხსნის ზიანს უჯრედულ დონეზე	ნახეთ ვიდეო-ანიმაცია იმის შესახებ, როგორ მოქმედებს მავნე ნივთიერებები უჯრედის სტრუქტურაზე, და მონიშნე რვეულში დაზიანებული არეები.
	საშუალო	ესმის ჰომეოსტაზის მნიშვნელობა	ვერ ხსნის მუტაციის დაავადებად გარდაქმნის მექანიზმს	შეადარე ნორმალური და პათოლოგიური კარიოტიპის ილუსტრაციები, გამოკვეთე განსხვავებები და წაიკითხე მოკლე ტექსტი მუტაციის გამომწვევ მიზეზებზე.
	მაღალი	აფასებს თანამედროვე ტექნოლოგიის მნიშვნელობას სხვადასხვა დაავადების მკურნალობის პროცესში.	ვერ აკავშირებს გარემოს დაცვის მნიშვნელობას ჯანმრთელობის შენარჩუნებასთან	მოიძიეთ დამატებითი ინფორმაცია ეკოლოგიური ფაქტორებისა და ადამიანის პოპულაციის გენეტიკური ფონის ურთიერთკავშირზე და მოამზადეთ მოკლე სქემატური მიმოხილვა ან პრეზენტაცია.
ბიომრავალფეროვნება	დაბალი	ცნობს და ასახელებს სხვადასხვა ტიპის უჯრედსა ან ორგანიზმებს.	ხარვეზებით ხსნის რა ნიშნებით განსხვავდება ისინი ერთმანეთისგან.	დააკვირდით სხვადასხვა ტიპის უჯრედებისა და ორგანიზმების ილუსტრაციებს, წაიკითხეთ მათ შესახებ მოკლე აღწერა და გამოყავით ძირითადი მორფოლოგიური განსხვავებები.
	საშუალო	ხსნის გენეტიკური ცვალებადობის ზოგად ფორმებს.	ვერ აკავშირებს გენეტიკას ეკოსისტემის მდგრადობასთან.	შეისწავლეთ გენეტიკური ცვალებადობის ამსახველი თვალსაჩინო სქემები და მოიყვანე ერთი კონკრეტული მაგალითი იმისა, თუ როგორ ეხმარება სახეობრივი მრავალფეროვნება გარემოს პირობების შენარჩუნებაში.
	მაღალი	აცნობიერებს გენეტიკურ, ეკოლოგიურ მრავალფეროვნებას	უჭირს გლობალური ეკოლოგიური პრობლემებისა და ბუნების დაცვის პრაქტიკული კავშირის	წაიკითხეთ სტატია ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგებზე და შეადგინეთ სქემა, რომელიც ასახავს ბიომრავალფეროვნების დაცვის გზებსა და სამომავლო პრევენციულ ნაბიჯებს.

6.6. შეფასების შედეგების ანალიზი და მისი პრაქტიკული გამოყენება

ა) **ხარვეზების დიაგნოსტიკა:** ზოგჯერ შედეგები აჩვენებს, რომელი კონკრეტული საკითხი ვერ გაიგო კლასმა. ამ ინფორმაციის გამოყენებით ახალ თემაზე გადასვლამდე მნიშვნელოვანია პრობლემურ ეტაპზე დაბრუნება და განსხვავებული მეთოდით ან დამხმარე მასალებით (მაგ., სქემებით ან ვიზუალიზაციით) საკითხის ახსნა.

ბ) **სწავლების ტემპის კორექცია:** თუ შედეგები აჩვენებს, რომ კლასმა მასალა ზედმეტად სწრაფად ან, პირიქით, ნელა აითვისა, სასურველია სასწავლო გეგმის ცვლილება — ანელებს სვლას რთულ თემებზე ან პირიქით, აჩქარებს პროგრამას მარტივი საკითხების დროს.

გ) **სტრატეგიებისა და აქტივობების შეცვლა:** თუ შეფასებამ აჩვენა, რომ კონკრეტულმა მიდგომამ (ვთქვათ, ტექსტზე მუშაობამ) შედეგი არ გამოიღო, სასურველია შეიცვალოს აქტივობების ტიპი და დავალებების შესრულების ფორმატი.

დ) **საჭიროებებზე მორგებული ჯგუფების შედგენა:** მიღებული შედეგების მიხედვით, გამოიკვეთება ვის სჭირდება დამატებითი მხარდაჭერა და ვის აქვს პოტენციალი, უფრო რთული ამოცანები შეასრულოს, რის მიხედვითაც მასწავლებელი გეგმავს ინდივიდუალურ ან ჯგუფურ მუშაობას კლასში.

ე) **მოსწავლის მეტაკოგნიტური ჩართულობა:** შეფასების შედეგების გაზიარებით მოსწავლე აცნობიერებს საკუთარ ძლიერ მხარეებსა და ხარვეზებს, სწავლობს შეცდომების ანალიზს და აქტიურად ერთვება საკუთარი სწავლის პროცესის მართვაში.

რეკომენდაცია: შეცდომა განიხილეთ არა როგორც მარცხი, არამედ როგორც სწავლის მტკიცებულება — წაახალისეთ მოსწავლეთა მცდელობები და ანალიზი იმისა, თუ რატომ დაუშვა შეცდომა, რათა ის საფუძვლიან ცოდნად იქცეს. მოსწავლე არ იარლიყება — გამოირიცხოს ნებისმიერი სახის შეფასებითი ან დამთრგუნველი ეტიკეტი, რომელიც მის აკადემიურ შესაძლებლობებს ზღუდავს. პირადი გამოცდილების გაზიარება არ არის სავალდებულო — პატივი ეცეს თითოეული მოსწავლის პირად სივრცეს და არცერთმა იგრძნოს ზეწოლა ინტიმური ან პირადი დეტალების საჯაროდ გამოთქმის გამო. მხარდაჭერის მიღება არ ამცირებს შეფასებას — დახმარების, მინიშნებებისა თუ დამატებითი განმარტებების თხოვნა სრულიად ბუნებრივი პროცესია და ის საბოლოო ქულაზე ან შეფასებაზე უარყოფითად არ უნდა აისახოს.

თავი 7: საკითხების დამუშავების გზამკვლევი

7.1 პირველი თავის საკითხების ზოგადი აღწერა

თავი 1. უჯრედის ქიმიური შედგენილობა

თემა: მოლეკულური ბიოლოგია

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება, სასიცოცხლო თვისება.

სტანდარტთან შესაბამისობა:

სტრუქტურა და ფუნქცია: უჯრედის (ეუკარიოტული) შემადგენლობაში შემავალი ქიმიური ნივთიერებების, ასევე, უჯრედის ძირითადი კომპონენტების აგებულებასა და ფუნქციებს შორის შესაბამისობის აღწერა.

ჯანმრთელობა და დაავადება: ჰომეოსტაზის მნიშვნელობის დასაბუთება უჯრედულ და ორგანიზმულ დონეზე;

სასიცოცხლო თვისება: უჯრედის შემადგენელი ქიმიური ნივთიერებების (ორგანული და არა-ორგანული) როლის დასაბუთება სასიცოცხლო თვისებების განსახორციელებლად.

სწავლების მიზნები:

- მოსწავლემ შეძლოს ცოცხალი სისტემების სტრუქტურებსა და ფუნქციებს შორის შესაბამისობის დადგენა;
- მოსწავლემ შეძლოს ჯანმრთელობაზე მოქმედი ფაქტორებით გამოწვეული ცვლილებების ახსნა ჯანსაღი ცხოვრების მნიშვნელობის შესაფასებლად.
- მოსწავლემ შეძლოს ქიმიური ნაერთების, იონების როლის გააზრება სასიცოცხლო თვისებების შესრულებისთვის.

სასწავლო შედეგები:

- მოსწავლე **აკავშირებს** უჯრედის ქიმიური ნივთიერებების სტრუქტურულ თავისებურებებს (მაგ., ცილების სტრუქტურა, ლიპიდების ჰიდროფობურობა) მათ მიერ შესასრულებელ სპეციფიკურ ფუნქციებთან;

- მოსწავლე **ხსნის** უჯრედში ქიმიური ნივთიერებების კონცენტრაციისა და ბალანსის შენარჩუნების (ჰომეოსტაზის) როლს უჯრედისა და მთლიანი ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის;
- მოსწავლე **აფასებს** გარემო ფაქტორებისა და კვების რაციონის (მაგ. ნივთიერებათა დეფიციტი, ტოქსინები) შედგენილობის გავლენას უჯრედის ქიმიურ შემადგენლობასა და ჰომეოსტაზის დარღვევაზე;
- მოსწავლე **აფასებს** სწორი კვებისა მნიშვნელობას უჯრედულ დონეზე ქიმიური ბალანსის შენარჩუნებისა და დაავადებების პრევენციისთვის.

სავარაუდო ხანგრძლივობა: 12 გაკვეთილი

საჭირო რესურსები: მოსწავლის წიგნი, მასწავლებლის წიგნი, სამუშაო ფურცლები, ციფრული რესურსები.

7.1.1 არაორგანული ნივთიერებები

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: არაორგანული ნივთიერებები, წყალი და მარილები

საკვანძო კითხვა: *როგორ განაპირობებს წყლის ფიზიკური თვისებები და მინერალების იონური ბუნება უჯრედის შიდა გარემოს სტაბილურობას (ჰომეოსტაზს), რა ბიოლოგიური შედეგები შეიძლება მოჰყვეს ქიმიური ბალანსის დარღვევას.*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების მიხედვით:

სტრუქტურა და ფუნქცია:

- მოსწავლე აღწერს შესაბამისობას წყლის ქიმიურ აგებულებასა და მის შესასრულებელ ფუნქციებს შორის;
- ხსნის, როგორ განაპირობებს მინერალური მარილების იონური ფორმით არსებობა მათ ფუნქციას ორგანიზმში.

ჯანმრთელობა და დაავადება:

- ასაბუთებს კავშირს არაორგანული ნივთიერებების დეფიციტსა და კონკრეტულ ფიზიოლოგიურ დარღვევებს შორის;
- აანალიზებს ბუფერული სისტემების მუშაობის პრინციპს და აანალიზებს მის მნიშვნელობას pH-ის რეგულაციაში.
- ასაბუთებს pH-ის ჰომეოსტაზის მნიშვნელობას ჯანმრთელობის შესანარჩუნებლად.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 2–3 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი შესაძლო ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და დროის რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ აქტივობების გადანაწილება და თანმიმდევრობა.

ფენომენზე დაფუძნებული სასწავლო მასალა აერთიანებს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს (ბიოლოგია, ქიმია, ფიზიკა), ეკოლოგიასა და მდგრადი განვითარების მიზნებს. სტრუქტურა აგებულია იმგვარად, რომ ნათლად გამოკვეთოს დისციპლინებს შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირები და მოსწავლეებს ჩამოუყალიბოს წყლის ფენომენის მიმართ ერთიანი ხედვა.

2. აქტივობების დაგეგმვა

აქტივობები წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად და მოტივაციის ასამაღლებლად

აქტივობა 1: ფენომენის წარდგენა

მიზანი: *ინტერესის აღძრა და წინარე ცოდნის აქტივაცია*

რესურსი: *მოსწავლის წიგნი, გვ. 10*;

აღწერა: *მასწავლებელი სვამს კითხვას: ,,რატომ ეძებენ ასტროფიზიკოსები სხვა პლანეტებზე, პირველ რიგში, წყალს და არა ჟანგბადსა და ცილებს? რატომ მიიჩნევა წყალი სიცოცხლის უნივერსალურ მატრიცად?“*

მოსწავლეები ვარაუდებს აფიქსირებენ ფურცელზე/დაფაზე. ამ ეტაპზე არ ფასდება ვარაუდების სისწორე. საკითხის ამოწურვის შემდეგ მიუბრუნდით და, საჭიროების შემთხვევაში, შეიტანეთ ცვლილებები.

მოსწავლეები აკვირდებიან მოსწავლის წიგნის ილუსტრაციებს (ერითროციტები, ფარისებრი ჯირკვალი და დაზიანებული კბილი). გამოთქვამენ ვარაუდებს და ადგენენ შესაძლო მიზეზშედეგობრივ კავშირებს (ამ ეტაპზე არ მიაწოდოთ მზა პასუხები — მოსწავლეები პარაგრაფის შესწავლის პროცესში თავად გადაამოწმებენ საკუთარ ვარაუდებს).

რეკომენდაცია: საჭიროების შემთხვევაში, დასვით კითხვა, როგორ აღწევენ ეს ელემენტები უჯრედამდე? რა ფორმით გვხვდებიან უჯრედში ქიმიური ელემენტის თუ მარტივი ნივთიერების სახით?

სასურველია, ყურადღება გამახვილოთ იმაზე, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში არ არსებობს არცერთი განსხვავებული ქიმიური ელემენტი — ყველა მათგანი არაცოცხალ ბუნებაშიც გვხვდება. და განსხვავება მოლეკულურ დონეზე იჩენს თავს.

ბიოლოგიური პროცესების განხილვისას მკაფიოდ განასხვავეთ ქიმიური ელემენტი (მაგ. O, N, Fe) და მარტივი ნივთიერება მაგ. O_2, N_2). დააფიქსირეთ, რომ ჰაერი შეიცავს მარტივ ნივთიერება აზოტს (ჰაერი ნარევია), ცილები კი ქიმიურ ელემენტ აზოტს, წყლის მოლეკულა შეიცავს ქიმიურ ელემენტ ჟანგბადს, თევზები კი სუნთქავენ წყალში გახსნილი ჟანგბადით და სხვა. აღნიშნული საგანთაშორისი აქცენტი დაეხმარება მოსწავლეს ქიმიური ცნებების სწორად გამოყენებასა და ბიოლოგიური მოვლენების სიღრმისეულ გააზრებაში.

აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად

აქტივობა 1: დიაგრამებზე მუშაობა

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 10, გვ. 14).

აღწერა: მოსწავლეები აანალიზებენ წრიულ დიაგრამებს.

რეკომენდაცია: გამოიყენეთ სახელმძღვანელოში მოცემული დიაგრამები და მათ საფუძველზე წარმართეთ მსჯელობა ორგანიზმსა და არაცოცხალ გარემოში გავრცელებული ქიმიური ელემენტების შემცველობასა და კლასიფიკაციაზე.

აქტივობა 2: მტკიცებულებების შეგროვება ექსპერიმენტის გზით (ინტეგრირებული აქტივობა).

მიზანი: წყლის ფიზიკური თვისებების ექსპერიმენტული შესწავლა (სიმკვრივის ანომალია).

რესურსი: ჭიქები, წყალი, გაყინული წყლის კუბები, გაყინული ზეთის კუბები.

აღწერა: მოსწავლეები ავსებენ სამუშაო ფურცელს N 1 **(**დანართი **1**). აქტივობა ეფუძნება სტრატეგიას — პროგნოზირება — დაკვირვება — ახსნა. გვ. 27) *(მუშავდება: სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია)*

პროგნოზირების ეტაპი (მოსწავლეები ვარაუდს აფიქსირებენ სამუშაო ფურცელზე):

- როგორ ფიქრობთ, იტივტივებს თუ ჩაიძირება გაყინული ზეთის კუბი თხევადში? გააკეთეთ პროგნოზი და მოკლედ დაასაბუთეთ, რატომ ფიქრობთ ასე.
- როგორ ფიქრობთ, იტივტივებს თუ ჩაიძირება გაყინული წყალი თხევადში? გააკეთეთ პროგნოზი და მოკლედ დაასაბუთეთ, რატომ ფიქრობთ ასე.

დაკვირვების ეტაპი: მოსწავლეები ატარებენ ცდას მოსწავლის წიგნში მითითებული ინსტრუქციის მიხედვით (საკლასო აქტივობა 1 გვ. 15).

სასურველი შედეგი:

ჭიქა 1 (წყალი): ყინული ტივტივებს წყლის ზედაპირზე (მოცულობა გაიზარდა, სიმკვრივე შემცირდა).

ჭიქა 2 (ზეთი): მყარი ზეთის კუბები იძირება ზეთში (მოცულობა შემცირდა, სიმკვრივე გაიზარდა).

სასურველი დასკვნა: ზეთისგან განსხვავებით წყალი ფართოვდება. წყალი არ ემორჩილება ზოგად წესს, ის ანომალურია.

ახსნა ცდის შემდეგ — მოსწავლეები ხსნიან წყლის თვისებებს სიმკვრივის ფორმულისა და წყალბადური ბმების საფუძველზე.

რეკომენდაცია:

- გაახსენეთ სიმკვრივის გამოსათვლელი ფორმულა: $\rho = m / V$.
- დაუსვით კითხვა: *„როდესაც წყალი იყინება, იცვლება თუ არა მისი მასა?“*

მოსწავლეებმა უნდა გაიაზრონ, რომ ნივთიერების მასა (მოლეკულების რაოდენობა) უცვლელი რჩება, მაგრამ წყალბადური ბმების გამო იზრდება მოცულობა (V). ფორმულიდან გამომდინარე, რადგან მოცულობა (V) წილადის მნიშვნელშია, მისი გაზრდა იწვევს მთლიანი წილადის მნიშვნელობის — სიმკვრივის (ρ) შემცირებას. ეს მათ დაეხმარება ფენომენის მათემატიკურ გააზრებაში.

დასმულ კითხვებზე პასუხების სასურველი ვერსია:

- მოლეკულების მოძრაობა ნელდება და წყალბადური ბმები მათ მკაცრად განსაზღვრულ ექვსკუთხა კრისტალურ მესერში აწესრიგებს. ასეთი სტრუქტურის გამო მოლეკულები ერთმანეთს შორდება, ჩნდება ცარიელი სივრცეები, წყლის მოცულობა იზრდება, ხოლო სიმკვრივე მცირდება (მასა უცვლელი რჩება).
- ყველაზე მაღალი სიმკვრივე წყალს 4^0C-ზე აქვს.
- წყალს ზეთის თვისება რომ ჰქონოდა, ყინული ფსკერზე ჩაიძირებოდა და წყალსაცავები ფსკერიდან ზემოთ სრულად გაიყინებოდა. ანომალიის გამო კი ზედაპირული ყინული თბოიზოლატორია, ხოლო ფსკერზე შენარჩუნებული 4^0C ზამთარში ბინადრების გადარჩენის გარანტიაა.

გასათვალისწინებელია:

ცდის დაწყებამდე მოსწავლეებს სთხოვეთ გამოთქვან ვარაუდი. გაოცების ეფექტი (ზეთის ჩაძირვა და ყინულის ტივტივი) გამოიყენეთ მოტივაციის ასამაღლებლად.

აქტივობის შეფასებისას გამოიყენეთ SOLO ტაქსონომიაზე დაფუძნებული შეფასების რუბრიკა 1, რომელიც საშუალებას მოგცემთ, შეაფასოთ მოსწავლეთა საკითხის გააზრების სიღრმე.

დამატებითი რჩევა:

- ფიზიკასთან ინტეგრირებისას აჩვენეთ მოსწავლეებს კავშირი წყლის მაღალ სიმკვრივესა და არქიმედეს (ამომგდებ) ძალას შორის — როგორ ეხმარება წყლის სიმკვრივე წყლის ორგანიზმებს წონასწორობის შენარჩუნებასა და ნაკლები ენერგიის ხარჯვით გადაადგილებაში.
- ფიზიკასთან ინტეგრირებისას დაეხმარეთ მოსწავლეებს დაინახონ, როგორ იწვევს წყლის სიმკვრივის ცვლილება (ტემპერატურისა და მარილის კონცენტრაციის მიხედვით) ცივი და თბილი წყლის ფენების მონაცვლეობას — თბილი, ნაკლებად მკვრივი წყალი მაღლა მიისწრაფის, ხოლო ცივი და მძიმე დაბლა ეშვება.

აქტივობა *3:* წყლის ზედაპირული დაჭიმულობის ექსპერიმენტული შესწავლა (ინტეგრირებული აქტივობა).

რესურსი: მონეტები, პიპეტები, ჭიქა წყალი, თხევადი საპონი.

დამატებითი ციფრული რესურსები:

1. წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა:
2. წყლის თვისებები: (1)
3. წყლის თვისებები: (2)

(ბმულზე მოცემული ვიდეო მასალა შეგიძლიათ გამოიყენოთ ინტერაქციული პრეზენტაციის დროს, ან მოამზადოთ კითხვები და მოსწავლეებმა ვიდეო პაუზებით ნახონ)

4. სიმულაცია — წყლის ზედაპირულ დაჭიმულობას ეხება, ის თითქმის იმეორებს რეალურ ცდას, ამიტომ კლასის საჭიროების მიხედვით მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც ცდის შემდეგ, ასევე ცდის ნაცვლად.

აღწერა*: მოსწავლეები მუშაობენ ჯგუფებში*, ჯერ გამოთქვამენ ვარაუდს, შემდეგ ატარებენ ცდას და ბოლოს აკეთებენ დასკვნას *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

პროგნოზირების ეტაპი: მასწავლებელი სვამს კითხვას: *„როგორ ფიქრობთ, მაქსიმუმ რამდენი წყლის წვეთის დატევა შეუძლია ოცთეთრიანი მონეტის ზედაპირს, ისე, რომ წყალი არ გადმოიღვაროს?“*

(მოსწავლეები, როგორც წესი, ვარაუდობენ 5-10 წვეთს).

დაკვირვების ეტაპი: მოსწავლეები ჯგუფებში პიპეტით სათითაოდ, ფრთხილად აწვეთებენ წყალს მონეტაზე და ითვლიან.

სასურველი შედეგი: ისინი აღმოაჩენენ, რომ მონეტაზე თავსდება წყლის დაახლოებით 20 წვეთზე მეტი, წყალი ზედაპირზე ქმნის დიდ, ამოზნექილ „გუმბათს“ (თხელ აპკს), რომელიც არ იღვრება.

ახსნა: რატომ არ იღვრება წყალი? მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდებს. მასწავლებელი აჯამებს აქტივობას.

პასუხის მოსალოდნელი ვერსია: წყლის მოლეკულა **პოლარულია**, ის დიპოლს წარმოადგენს. დიპოლი ორპოლუსიანი მოლეკულაა. სითხის შიგნით მყოფი მოლეკულები ზედაპირზე მყოფ მოლეკულებს ძლიერად იზიდავს სიღრმისკენ , რადგან ზემოდან, მათზე საპირისპირო ძალა (ჰაერის მოლეკულები) არ მოქმედებს, ეს კი ქმნის ზედაპირულ დაჭიმულობას.

რეკომენდაცია — სთხოვეთ მოსწავლეებს, წყლის გუმბათს ნემსის წვერით შეახონ ერთი წვეთი თხევადი საპონი. გუმბათი მომენტალურად სკდება და წყალი იღვრება. საპონი არის ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება (სურფაქტანტი), რომელიც ,,სოლივით" ჩადგება წყლის მოლეკულებს შორის და წყვეტს წყალბადურ ბმებს.

პროგნოზირების ეტაპზე არ შეაფასოთ მოსწავლეთა პასუხების სისწორე და ყველა ვარაუდი დაფაზე დააფიქსირეთ. ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას ყურადღება გაამახვილეთ წვეთების თანაბარი მოცულობით დამატებაზე და შედეგების ზუსტ დაფიქსირებაზე. ახსნის ეტაპზე მოსწავლეთა პასუხები დააკავშირეთ წყლის პოლარობასთან, წყალბადურ ბმებსა და ზედაპირული დაჭიმულობის წარმოქმნის მიზეზებთან. საპნის დამატების შემდეგ წარმართეთ დისკუსია, როგორ ცვლის სურფაქტანტი წყლის მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედებას.

ქიმიასთან ინტეგრაცია: წყალბადური ბმის განხილვისას ყურადღება გაამახვილეთ, რომ ეს არის მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედების ერთ-ერთი სახე. უდიდესი მნიშვნელობის გამო ,,ბმა" უწოდეს.



აქტივობა 4: *ცდა წყლის პოლარობის შესახებ*

მიზანი: *წყლის მოლეკულის პოლარობის შესწავლა მარტივი ცდის საშუალებით.*

რესურსი: პლასტმასის სავარცხელი, სახაზავი ან ჩვეულებრივი ბუშტი, წყლის თხელი ნაკადი (ონკანიდან ან შპრიციდან).

აღწერა: მასწავლებელი სვამს კითხვას, იზიდავს თუ არა წყალი დამუხტულ სხეულს? მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდს, ატარებენ საჩვენებელ ცდას წყლის პოლარობის შესახებ. ბოლოს ხსნიან დაკვირვებულ მოვლენას *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

პროგნოზირების ეტაპი: *მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდს: თუ წყლის თხელ ნაკადს დაელექტროებულ საგანს მივუტანთ, შეიცვლება თუ არა წყლის მიმართულება?*

დაკვირვების ეტაპი: მოსწავლე შალის ქსოვილზე ან თმაზე აელექტროებს ბუშტს/სახაზავს და მიუტანს წყლის წვრილ, თანაბარ ნაკადს. აკვირდება, რა მოხდება.

ახსნის ეტაპი: მოსწავლეები პასუხობენ კითხვას: რატომ რეაგირებს წყალი ელექტრულ მუხტზე, როცა ნავთი ან ზეთი ასე არ იქცევა?

პასუხის მოსალოდნელი ვერსია: იმიტომ, რომ წყლის მოლეკულა არის **დიპოლი** (აქვს ორი პოლუსი). როდესაც დამუხტულ საგანს მივუტანთ, წყლის მოლეკულები სივრცეში მყისიერად ტრიალდებიან საპირისპირო მუხტის მხარეს (მაგალითად, თუ საგანი უარყოფითადაა დამუხტული, წყალი მისკენ წყალბადის დადებითი მხრით შებრუნდება) და ნაკადი იზიდება.

რეკომენდაცია: აქტივობის დასრულების შემდეგ დასვით კითხვა *,,შეიძლება თუ არა არსებობდეს სიცოცხლე სხვა სითხეში (მაგალითად, თხევად მეთანში)?"* რომლის პასუხზეც იფიქრებენ და მომდევნო გაკვეთილებზე წარადგენენ დასკვნას. კითხვაზე პასუხი განმავითარებელი კომენტარით შეაფასეთ, რადგან საკითხის მრავალმხრივ დამუშავებას მოითხოვს.

ურჩიეთ, შეადარონ წყლისა და მეთანის მოლეკულების აგებულება, თვისებები, მოიძიონ მეთანის კუთრი სითბოტევადობის, ორთქლადქცევის კუთრი სითბოს, სიმკვრივის რიცხვითი მნიშვნელობები და ისე გამოიტანოს დასკვნა. ფიზიკური თვისებების დასადგენად გამოიყენონ ფიზიკის სახელმძღვანელოში მოცემული ცხრილები.

აქტივობა 5: რას წარმოადგენს ბუფერები (ინტეგრირებული აქტივობა)

მიზანი: ბუფერული სისტემების მუშაობის მექანიზმის გაცნობა.

რესურსი: ბუფერული ხსნარი, ლიმონის წვენი, პიპეტები, ქიმიური ჭიქები, უნივერსალური, ან კომბოსტოს ინდიკატორი ან pH მეტრი.

დამატებითი ციფრული რესურსი: სიმულაციის გამოყენებით მოსწავლეს შეუძლია შეამოწმოს სხვადასხვა ნივთიერების pH:

აღწერა: მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს, სიმულაციის საშუალებით შეამოწმონ სხვადასხვა საკვები პროდუქტის pH და შეადარონ შედეგები. მოსწავლეები აღმოაჩენენ, რომ სხვადასხვა პროდუქტს განსხვავებული pH აქვს. ამის შემდეგ მასწავლებელი სვამს კითხვას: „თუ ჩვენ ყოველდღიურად სხვადასხვა pH-ის მქონე საკვებს ვიღებთ, რატომ არ იცვლება სისხლისა და უჯრედების pH?“ მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდებს (ფენომენი).

კითხვაზე პასუხის მოსაძებნად მასწავლებელი ატარებს ექსპერიმენტს, რომელშიც ერთმანეთს ადარებს წყლისა და ფოსფატური ბუფერული ხსნარის რეაქციას ლიმონის წვენის დამატებისას. მოსწავლეები აკვირდებიან, რომ წყლის pH მკვეთრად იცვლება, ხოლო ბუფერული ხსნარის — თითქმის არა. ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყრდნობით მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდებს, რის შემდეგაც მასწავლებელი ხსნის ბუფერული სისტემების მოქმედების მექანიზმს და აკავშირებს მას ორგანიზმში pH-ის მუდმივობის შენარჩუნებასთან. მოსწავლეები ეცნობიან მჟავა და ტუტე არეს შემქმნელი პროდუქტების ჩამონათვალს (მოსწავლის წიგნი გვ. 16). *(მუშავდება სამიზნე ცნება: ჯანმრთელობა და დაავადება).*

ცდის მიმდინარეობა:

- ერთ ჭიქაში მოათავსეთ 20–25 მლ ფოსფატური ბუფერული (NaH_2PO_4 და Na_2HPO_4), მეორეში — იმავე მოცულობის ონკანის წყალი.
- ორივე ჭიქას დაამატეთ დაამატეთ 2–3 წვეთი უნივერსალური ინდიკატორის ხსნარი ან კომბოსტოს ინდიკატორი. *pH ≈ 7.0-ზე უნივერსალური ინდიკატორი ყვითელია.*
- ორივე ჭიქას დაამატეთ ლიმონის წვენი 1.5 – 2.0 მლ (დაახლოებით 30–40 წვეთი ან პიპეტით ზუსტად გაზომილი).

სასურველი შედეგი: წყალი ძალიან სწრაფად მკვეთრად წითლდება *(pH შემცირდა),* ხოლო ბუფერული ჭიქაში ხსნარმა ფერი არ უნდა შეიცვალოს.

რეკომენდაცია: ა) ბუფერული ხსნარის მომზადების ინსტრუქცია:

1 ლიტრი 0.1 M (მოლი/ლ) კონცენტრაციის ფოსფატური ბუფერული ხსნარის მისაღებად დაგჭირდებათ:

- ნატრიუმის ჰიდროფოსფატი — 8.66 გ *(თუ იყენებთ დიჰიდრატს — 10.85 გ)*
- ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატი, უწყლო — 4.66 გ *(თუ იყენებთ მონოჰიდრატს — 5.38 გ)*
- დისტილირებული (გამოხდილი) წყალი — 1 ლიტრი.

ხსნარის მომზადება:

1. სასწორზე აწონეთ მითითებული რაოდენობის მარილები.
2. ჭიქაში ჩაასხით დაახლოებით 800 მლ გამოხდილი წყალი და სრულად გახსნამდე გახსენით ორივე მარილი.

3. მიღებულ ხსნარს დაამატეთ გამოხდილი წყალი 1 ლიტრის ნიშნულამდე (საზომ კოლბაში).
4. ხსნარის საბოლოო pH უნდა იყოს 6.8–7.0-ის ფარგლებში (თუ ლაბორატორიაში არის pH-მეტრი ან უნივერსალური ინდიკატორის ქაღალდი, გადაამოწმეთ).

ბუფერულ ხსნარს აქვს გარკვეული ბუფერული ტევადობა, რაც ნიშნავს, რომ მჟავას მცირე ულუფების დამატებისას pH მკვეთრად არ იცვლება. ვიზუალური ფერის ცვლილების (pH-ის გადახრის) მკაფიოდ გამოსავლენად მნიშვნელოვანია ლიმონის წვენის სწორი დოზირება.

ბ) ბუფერის მოქმედების მექანიზმის ახსნისას დაფაზე დაწერეთ ქიმიურ რეაქცია, რომლითაც აუხსნით, რომ ამ ცდაში ბუფერული სისტემის კომპონენტი ათავისუფლებენ წყალბადის კატიონებს ჰიდროქსილის იონების შესაბოჭად, მჟავა არეს შესაქმნელად. რითაც ხელს უშლიან არეს მკვეთრ ცვლილებას. თუ ლიმონის წვენის ნაცვლად სოდიან წყალს გამოიყენებენ, პირიქით, ბუფერის კომპონენტი შებოჭავს წყალბადის კატიონს.

ნატრიუმის ფოსფატი წყალბადის კატიონის აქცეპტორია: $Na_2HPO_4 + H^+ \rightarrow 2Na^+ + H_2PO_4^-$

ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატი წყალბადის კატიონის დონორია: $NaH_2PO_4 \rightarrow Na^+ + H^+ + HPO_4^{2-}$

შესაძლებელია მოსწავლეებს აუხსნათ სამედიცინო საღეჭი რეზინის მოქმედების პრინციპი ბუფერების მოქმედების მექანიზმზე დაყრდნობით. ის შეიცავს ბუფერს, რომელიც პირის ღრუში საკვების მიღების შემდეგ აღადგენს მჟავა-ტუტოვან ბალანსს. აქვე ყურადღება გაამახვილეთ საღეჭი რეზინის ღეჭვის ხანგრძლივობაზე.

(რადგან მოსწავლეები თვითონ აღმოაჩენენ ფაქტს, შემდეგ კი რეალურ ფენომენზე გადავლენ, აქტივობა უფრო კონსტრუქტივისტული ხდება. უკვე მკაფიოდ აჩვენებს, რატომ ტარდება ექსპერიმენტი და რას უნდა მიხვდნენ მოსწავლეები).

აქტივობები საკითხის შესაჯამებლად

აქტივობა 1: ფენომენის შეჯამება

რესურსი: საკითხის გაცნობისას გამოთქმული ვარაუდების ჩამონათვალი.

მიზანი: საკითხის შეჯამება, ფენომენის ახსნა.

აღწერა: მასწავლებელი მოსწავლეებს ახსენებს პირველი გაკვეთილის დასაწყისში დასმულ შეკითხვას და დაფიქსირებულ ვარაუდებს: *„რატომ ეძებენ ასტროფიზიკოსები სხვა პლანეტებზე პირველ რიგში წყალს?“ ისინი* საკითხის დამუშავების განმავლობაში მიღებულ ცოდნაზე (სიმკვრივის ანომალია, კუთრი სითბოტევადობა, ზედაპირული დაჭიმულობა, გამხსნელის თვისება, ბუფერები) დაყრდნობით, აყალიბებენ საბოლოო დასკვნას.

რეკომენდაცია: მოსწავლეები უნდა მივიდნენ დასკვნამდე, რომ წყლის უნიკალური ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გარეშე, ჰომეოსტაზის შენარჩუნება და, შესაბამისად, სიცოცხლის არსებობა შეუძლებელია.

აქტივობა 2: საკითხის შეჯამება

მიზანი: გასასვლელი ბილეთების გზით მიღებული ცოდნისა და გამოცდილების რეფლექსია.

აღწერა: მოსწავლეები შეავსებენ გასასვლელ ბილეთებს.

რესურსი: დანართი 2, სამუშაო ფურცელი 2. ან მოსწავლის წიგნი გვ. 15.

რეკომედაცია: გასასვლელი ბილეთების მოცემული ნიმუშის ნაცვლად შეიძლება გამოიყენოთ რუბრიკა ,,უპასუხეთ კითხვებს“, სადაც კითხვების უმრავლესობა დეკლარატილ ცოდნას აფასებს.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

პარაგრაფში დიფერენცირებული მიდგომა სხვადასხვა აქტივობაშია ინტეგრირებული. იგი ვლინდება ექსპერიმენტული და კვლევითი აქტივობების, ღია კითხვების, თანამშრომლობითი მუშაობისა და შეფასების პროცესში, რაც საშუალებას მოგცემთ მოსწავლეთა საჭიროებების, ინტერესებისა და მზაობის შესაბამისად დაგეგმოთ სწავლება. ქვემოთ წარმოდგენილი სასწავლო მენიუ დიფერენცირებული მიდგომის ერთ-ერთი ინსტრუმენტია, რომელიც მოსწავლეებს აძლევს საშუალებას, ინტერესებისა და შესაძლებლობების შესაბამისად შეარჩიონ დამატებითი დავალება.

რესურსისა და კლასის მზაობის, საჭიროების გათვალისწინებით გადაწყვიტეთ, როგორ გამოიყენებთ სასწავლო მენიუს. საჭიროების შემთხვევაში, დავალებები შესთავაზეთ როგორც საკლასო, ისე დამოუკიდებელი ან საშინაო სამუშაოს სახით.

გაითვალისწინეთ, რომ რესურსი ხელმისაწვდომი უნდა იყოს ნებისმიერი მზაობის მოსწავლისთვის, საჭიროების შემთხვევაში მიეცით დამატებითი რეკომენდაციები.

„სასწავლო მენიუ"

ბლოკი **I** სავალდებულო დავალება

1. ფარისებრი ჯირკვლის დაზიანებით გამოწვეული ჯანმრთელობის პრობლემების ან ანემიის მქონე ადამიანს, რა სახის საკვები პროდუქტის მიღებას ურჩევთ? დაასაბუთეთ, რატომ შეარჩიეთ ესა თუ ის პროდუქტი ქიმიური ელემენტების შემცველობის მიხედვით.

ბლოკი **II:** *აირჩიეთ **1** დავალება*

I. დაწერეთ მოკლე მოთხრობა/ესე წყლის ერთი მოლეკულის სახელით, რომელიც ზამთარში ტბის ზედაპირზე აღმოჩნდა. აღწერეთ, როგორ იცვლება წყალბადური ბმები ტემპერატურის კლებისას და როგორ ინარჩუნებს წყლის ეს თვისება ტბაში თევზების სიცოცხლეს.

II. შექმენით 3D მოდელი ან დეტალური ნახაზი, სადაც შეადარებთ წყლისა და ზეთის მოლეკულების განლაგებას მყარ და თხევად მდგომარეობაში. გრაფიკულად აჩვენეთ, რატომ ტივტივებს ყინული წყალში.

III. შექმენით მოკლე საინფორმაციო ვიდეო (Reels/TikTok-ის სტილში) ან ანიმაცია თემაზე: *„რატომ არის წყალი ანომალური ნივთიერება?"*.

ბლოკი **III:** კვლევა**,** ანალიზი და პრობლემის გადაჭრა ***(**აირჩიეთ **1** დავალება**)***

1. გამოიკვლიეთ, რომელი ლითონის იონია პასუხისმგებელი რვაფეხას სისხლის ლურჯ ფერზე. შეადარეთ მისი ქიმიური თვისებები რკინის იონისას და იმსჯელეთ, რატომ აღმოჩნდა ევოლუციურად რკინა (ჰემოგლობინი) უფრო ეფექტური ხერხემლიანებისთვის.
2. წარმოიდგინეთ, რომ ხართ მარსის კოლონიზაციის სამეცნიერო ჯგუფის წევრი. რა ალტერნატიული გზებით შეძლებთ ასტრონავტების ორგანიზმში იოდის ბალანსის შენარჩუნებას, თუ მარსზე მარილის ტრადიციული იოდირება ტექნიკურად შეუძლებელი იქნება?
3. დაამუშავეთ სტატისტიკური მონაცემები საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის სასმელი წყლის მინერალიზაციის (ფთორისა და კალციუმის შემცველობის) შესახებ და დააკავშირეთ მიღებული ინფორმაცია ამ რეგიონებში კბილის ან ძვლის დაავადებების გავრცელების სიხშირესთან.

სასწავლო პროცესის დიფერენცირების საშუალებას ასევე იძლევა რუბრიკა ,,ეს საინტერესოა". ქვემოთ მოცემულია სხვადასხვა ფორმით დიფერენცირების მაგალითები:

<u>დიფერენცირება მზაობის მიხედვით:</u> ყურადღება გაამახვილეთ ცხრილში მოცემულ პარადოქსზე: მაგალითად, ლიმონს მჟავე გემო აქვს, თუმცა მონელების შემდეგ ორგანიზმში ტუტე გარემოს ქმნის. დასვით კითხვა: *როგორ ფიქრობთ, რატომ არ ემთხვევა პროდუქტის პირველადი გემო მის საბოლოო ეფექტს ჩვენს ორგანიზმში?*

ეს დავალება უბიძგებს მოსწავლეებს, იფიქრონ იმ ქიმიურ გარდაქმნებზე, რომლებიც საჭმლის მონელებისას მიმდინარეობს.

<u>დიფერენცირება ინტერესების მიხედვით</u>: ტექსტის მეორე ნაწილი საკითხს აკავშირებს გაეროს მდგრადი განვითარების მე-2 (*შიმშილის აღმოფხვრა*) და მე-6 (*სუფთა წყალი და სანიტარია*) მიზნებთან. წარმართეთ დისკუსია: *რატომ მიიჩნევა სუფთა წყალზე წვდომა და სრულფასოვანი კვება არა მხოლოდ ბიოლოგიურ, არამედ გლობალურ, საერთაშორისო გამოწვევად?*

ეს მიდგომა განსაკუთრებით საინტერესო იქნება იმ მოსწავლეებისთვის, რომლებიც ინტერესდებიან სამოქალაქო განათლებითა და გლობალური საკითხებით.

4. შეფასება

შეფასების მიზანია ისეთი სასწავლო სიტუაციების შექმნა, სადაც მოსწავლეს შესაძლებლობა ექნება სხვადასხვა გზით წარმოაჩინოს საკუთარი ცოდნა და უნარები. ამ მიზნით, შეფასებისას გამოიყენეთ მრავალფეროვანი კითხვები და დავალებები, რომლებიც საშუალებას მოგცემთ შეაფასოთ დეკლარატიული, პროცედურული და პირობისეული ცოდნა და მეტაკოგნიტური უნარები. ქვემოთ მოცემულია რამდენიმე ნიმუში:

დელარატიულ ცოდნას აფასებს რუბრიკის — უპასუხეთ კითხვებს — პირველი ოთხი კითხვა, გვ. 17 N1,

პროცედურულ ცოდნას აფასებს გვ. 17, N4- I და II.

პირობისეულ ცოდნას აფასებს გვ. 15 ექსპერიმენტის კითხვები.

მეტაკოგნიტურ უნარებს აფასებს გვ. 17, N4 -ის III.

საკითხის დამუშავების სხვადასხვა ეტაპზე გამოყენებული შეფასების რუბრიკები ძირითადად აგებულია SOLO ტაქსონომიის მიხედვით. ის სარეკომენდაციო ხასიათისაა და შეგიძლიათ საჭიროების მიხედვით შეცვალოთ როგორც შეფასების მოდელი, ისე რუბრიკის ფორმა და შინაარსი.

შეფასების რუბრიკა (აქტივობა 2)

სოლო ტაქსონომიის დონეები	**სოლო ტაქსონომიის დონის აღწერა**
პრესტრუქტურული	ვერ აღწერს დაკვირვებულ მოვლენას და ვერ გამოთქვამს დასაბუთებულ ვარაუდს.
უნისტრუქტურული	ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტს, თუმცა ვერ ხსნის მის მნიშვნელობას (მაგ: „ყინული ზემოთაა“).
მულტისტრუქტურული	ამბობს, რომ წყალში ყინული ზემოთ დარჩა, ზეთში — ქვემოთ გადაადგილდა, თუმცა ვერ ხსნის მიზეზს.
მიმართებითი	წარმატებით ასრულებს „ახსნის“ ფაზას — აკავშირებს კრისტალურ მესერს, 4^0C-იანი ფსკერის ფენომენს და ბინადრების გადარჩენას.
გაფართოებული აბსტრაქტული	ქმნის ჰიპოთეტურ მოდელს — რა მოხდებოდა, წყალს ანომალია რომ არ ახასიათებდეს. ცოდნა გადააქვს ახალ კონტექსტში.

შეფასების რუბრიკა *(რუბრიკა შეესაბამე სამიზნე ცნებებს,* კონკრეტულია მოცემული გაკვეთილისთვის)

ქულა	მიღწევის აღწერა
1–2	ასახელებს უჯრედის არაორგანული კომპონენტებიდან მხოლოდ ერთს — წყალს ან მინერალურ მარილებს.
3–4	ასახელებს უჯრედის არაორგანულ კომპონენტებს (მაგ· წყალს/მინერალურ მარილებს) და აღწერს მათ ცალკეულ თვისებებს (მაგ., წყალი კარგი გამხსნელია).
5–6	აღწერს უჯრედის არაორგანული კომპონენტების ძირითად თვისებებს და ხსნის მათ მნიშვნელობას.
7–8	აკავშირებს წყლის აგებულებას მის თვისებებთან და ხსნის მინერალური ელემენტებისა და ბუფერული სისტემების როლს.
9–10	აანალიზებს არაორგანული ნივთიერებების როლს უჯრედისა და ორგანიზმის ფუნქციონირებაში, იყენებს ცოდნას ახალი სიტუაციების ასახსნელად, ასაბუთებს მიზეზშედეგობრივ კავშირებს და აკეთებს პროგნოზებს ქიმიური ბალანსის დარღვევის შესაძლო შედეგებზე.

5. დანართები

დანართი 1. სამუშაო ფურცელი აგებულია მოდელზე — **პროგნოზირება – დაკვირვება – ახსნა**. მისი მიზანია, მოსწავლემ უშუალო ექსპერიმენტული დაკვირვების გზით აღმოაჩინოს, რომ სხვა ნივთიერებებისგან განსხვავებით მყარ მდგომარეობაში უფრო დაბალი სიმკვრივე აქვს, ვიდრე თხევადში. შეძლოს მიღებული შედეგის დაკავშირება წყალთან, როგორც საარსებო გარემოსთან.

სამუშაო ფურცელი 1.

სამუშაო ფურცელი

გვარი, სახელი: .....

პროგნოზირება (ცდამდე):

- როგორ ფიქრობთ, იტივტივებს თუ ჩაიძირება გაყინული ზეთის კუბი თხევადში? გამოთქვით პროგნოზი და მოკლედ დაასაბუთეთ, რატომ ფიქრობთ ასე.

  .....

  .....

  .....

- როგორ ფიქრობთ, იტივტივებს თუ ჩაიძირება გაყინული წყალი თხევადში? გამოთქვით პროგნოზი და მოკლედ დაასაბუთეთ, რატომ ფიქრობთ ასე.

  .....

  .....

  .....

დაკვირვება (ცდის დროს): ჩაწერეთ, რა მოხდა რეალურად:

წყლის ჭიქაში: .....

ზეთის ჭიქაში: .....

ახსნა (ცდის შემდეგ):

რა სტრუქტურული თავისებურება განაპირობებს წყლის ყინულის განსხვავებულ მდებარეობას?

.....

რა ბედი ეწეოდათ თევზებს ზამთარში, წყალსაცავები ფსკერიდან რომ გაყინულიყო?

.....

.....

.....

.....

დანართი 2: გასასვლელი ბილეთი

1. წარმოიდგინეთ, რომ ხართ ექიმი. სამმა პაციენტმა სხვადასხვა ჩივილით მოგმართათ. დაეხმარეთ ქიმიური ელემენტის დეფიციტის დადგენაში:

ა) პაციენტი 1 უჩივის მუდმივ დაღლილობას, ძილიანობასა და კანის სიფერმკრთალეს. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ მის სისხლს ,,უჭირს“ ჟანგბადის გადატანა.

რომელი ელემენტი შეიძლება აკლდეს პაციენტს? .....

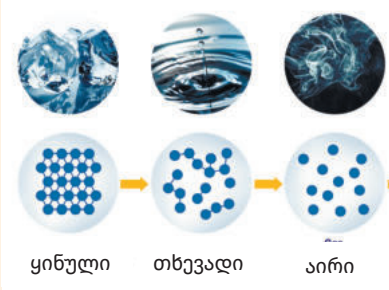
ბ) პაციენტი 2 ცხოვრობს მაღალმთიან რეგიონში, სადაც ნიადაგი და წყალი ღარიბია გარკვეული მინერალით. მისი ფარისებრი ჯირკვლის ზომამ მოიმატა.

რომელი ელემენტი შეიძლება აკლდეს პაციენტს? .....

გ) სტომატოლოგთან ვიზიტისას პაციენტმა აღმოჩნდა, რომ მისი კბილის მინანქარი ძალიან დასუსტებულია და კარიესი მარტივად უჩნდება.

ძირითადად, რომელი ელემენტი შეიძლება აკლდეს პაციენტს? .....

2. ილუსტრაციის მიხედვით უპასუხეთ კითხვებს:



სურათის მიხედვით, რატომ იკავებს ყინული უფრო მეტ მოცულობას, ვიდრე იმავე მასის თხევადი წყალი? რა ბმები აიძულებს მოლეკულებს ასე განლაგდნენ?

.....

.....

თუ მოცულობა (V) გაიზარდა, ხოლო ნივთიერების მასა (m) იგივე დარჩა, როგორ შეიცვლება სიმკვრივე? როგორ ხსნის ეს კანონზომიერება იმას, რომ ზამთარში ყინული ტბის ზედაპირზე ტივტივებს და წყლის ბინადრებს სივივისგან იცავს?

3. რა იყო დღევანდელ გაკვეთილზე ისეთი ფაქტი, რამაც ყველაზე მეტად გაგაოცა ან დაგაფიქრა?

.....

.....

.....

დანართი 3: საგაკვეთილო ტექსტში ჩართული კითხვების პასუხები და მეთოდური რეკომენდაციები

რეკომენდაცია: კითხვები განკუთვნილია კონსტრუქტივისტული პაუზებისთვის — ტექსტის კითხვის პროცესში გამოსაყენებლად. მათი დანიშნულებაა, შეაჩეროს მოსწავლის მექანიკური კითხვა, გააქტიუროს კრიტიკული აზროვნება და დაეხმაროს მასალის სიღრმისეულ გააზრებაში. *არ გამოიყენოთ ერთბაშად; დასვით შესაბამისი მონაკვეთის კითხვისას.*

გაიხსენეთ, რას გვიჩვენებს ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა.

ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა სითბოს რაოდენობაა, რომელიც საჭიროა 1 კგ ნივთიერების 1 ^{0}C-ით გასათბობად;

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლემ უნდა გაიაზროს, რომ რაც უფრო დიდია ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა, მით უფრო მეტი სითბო სჭირდება მის გათბობას, ასევე მით მეტი სითბო გამოთავისუფლდება მისი გაცივებისას. მაგალითად, 1 კგ წყლის 1 ^{0}C-ით გასათბობად 4200 ჯ სითბოა საჭირო, ამდენივე სითბო გამოთავისუფლდება 1 კგ წყლის 1 ^{0}C-ით გაცივებისას.

როგორ ფიქრობთ, ზღვის სანაპიროზე მზიან ამინდში, დილით ქვიშა უფრო ცხელია თუ წყალი? რატომ?

დილით ქვიშა უფრო ცხელია, რადგან ქვიშის კუთრი სითბოტევადობა წყლის კუთრ სითბოტევადობაზე უფრო ნაკლებია და მის გათბობას ნაკლები სითბო და ცოტა დრო სჭირდება;

მეთოდური რეკომენდაცია: წაახალისეთ, მოძებნონ წყლისა და ქვიშის კუთრი სითბოტევადობის რიცხვითი მნიშვნელობები, კონკრეტული რიცხვების შედარება დაეხმარება საკითხის გააზრებაში.

საღამოს რა უფრო თბილია, წყალი თუ ქვიშა? რატომ?

საღამოს წყალი უფრო თბილია, ვიდრე ქვიშა, რადგან წყალი მაღალი კუთრი სითბოტევადობის გამო გვიან ცივდება;

რატომ მცირდება სხეულის ტემპერატურა ოფლის გამოყოფის დროს?

კანიდან ოფლის აორთქლებაზე ორგანიზმის ენერგიის გარკვეული რაოდენობა იხარჯება, ამიტომ სხეული გრილდება.

მეთოდური რეკომენდაცია: წყლის ორთქლადქცევის კუთრი სითბოა 2260 კჯ/კგ.

რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს ამ ფაქტს (ყინული არ იძირება) წყალში მცხოვრები ორგანიზმებისთვის?

ყინულის ქვეშ წყალი შედარებით თბილია (წყლის ანომალიის გამო ფსკერთან წყლის ტემპერატურა 4 ^{0}C აღწევს), სადაც ცოცხალი ორგანიზმები იზამთრებენ.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ამ კითხვებზე მუშაობისას აქცენტი გააკეთეთ იმაზე, რომ მოსწავლეებმა დაინახონ, როგორ განსაზღვრავს ნივთიერების ფიზიკური თვისებები (კუთრი სითბოტევადობა, ორთქლადქცევის კუთრი სითბო, სიმკვრივე) ცოცხალი სამყაროს გადარჩენის ბიოლოგიურ მექანიზმებს.

დანართი 4. რუბრიკა — ,,უპასუხეთ კითხვებს“ — პასუხების ერთ-ერთი ვერსია.

მიზანი: დაეხმაროს მოსწავლეს საკუთარი ცოდნის შემოწმებასა და გააზრებაში, როგორც თვით-შეფასების ინსტრუმენტი. ამით ეხმარება მეტაკოგნიციის უნარის განვითარებაში — უბიძგებს მოსწავლეს, დაფიქრდეს საკუთარი აზროვნების პროცესზე, გააცნობიეროს ცოდნის ხარვეზები და თავად განსაზღვროს, რა საჭიროებს ხელახლა გადააზრებას.

პასუხები:

1. ცოცხალ ორგანიზმებში ბუნებრივ პირობებში წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერებები;
2. ადამიანის ორგანიზმი ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავს ჟანგბადს, ნახშირბადს, აზოტსა და წყალბადს;
3. წყლის უნიკალურ თვისებებს განაპირობებს მისი დიპოლური აღნაგობა და წყალბადური ბმების წარმოქმნის უნარი;
4. ჰიდროფილური ნივთიერებები წყალში იხსნება, ისინი იონურ ან ძლიერ პოლარულ კოვალენტურ ბმებს შეიცავს. ჰიდროფობური ნივთიერებები წყალში არ იხსნება, ისინი არაპოლარულ, ან სუსტ პოლარულ-კოვალენტურ ბმებს შეიცავს;
5. უჯრედი pH-ის მუდმივობას ბუფერული სისტემების საშუალებით ინარჩუნებს. ბუფერულ ნივთიერებებს აქვთ წყალბადის კატიონის გამოთავისუფლებისა და „მიტაცების“ უნარი, რის შედეგადაც სისტემაში წყალბადიონთა კონცენტრაცია და pH სტაბილურად არის შენარჩუნებული.

დანართი 5: საშინაო დავალებების პასუხები

დავალება #1: დავალების მიზანია საბაზო ცოდნის განმტკიცებასა და ვიზუალური ინფორმაციის დამუშავების უნარის განვითარება (აზროვნების დონე: გაგება/გამოყენება); იგი ამოწმებს, შეუძლია თუ არა მოსწავლეს გრაფიკიდან ან დიაგრამიდან ფაქტობრივი მონაცემების სწორად ამოკითხვა და ქიმიური ელემენტების გავრცელების დაკავშირება წარმოდგენილ ვიზუალურ მასალასთან. მისი გამოყენება უმჯობესია თემის პირველადი დამუშავების შემდეგ საბაზო, სავალდებულო დავალებად გამოსაყენებლად.

პასუხი: დიაგრამაზე სვეტები შეესაბამება: 1- წყალბადი, 2- ჟანგბადი, 3- აზოტი, 4-ნახშირბადი;

დავალება #2: დავალება მიზნად ისახავს ბიოქიმიური პროცესების დაკავშირებას ორგანიზმის ფიზიოლოგიასთან და ავითარებს მიზეზშედეგობრივი კავშირების დამყარების უნარს (აზროვნების დონე: ანალიზი); მოსწავლემ უნდა ახსნას, როგორ იწვევს კონკრეტული არაორგანული იონების (მაგ. ფთორი, კალციუმი) ნაკლებობა სტრუქტურულ ცვლილებებს ქსოვილებში, რის გამოც დავალების გამოყენება რეკომენდებულია თემის შუა ეტაპზე, საკითხის სიღრმისეულად გააზრებისას.

პასუხი: მინერალური ნივთიერებები გადამწყვეტ როლს ასრულებენ ნერვული და კუნთოვანი სისტემების მუშაობაში, ამიტომ სასმელ წყალში მათი ნაკლებობა გულ-სისხლძარღვთა სისტემის დაავადებების მიზეზი ხდება. **რადგან** მინერალური ნივთიერებები (მაგ. კალციუმი, ფოსფორი) აუცილებელია კბილის მინანქრისა და დენტინის სიმყარისთვის, **ამიტომ** სასმელ წყალში მათი ნაკლებობა ასუსტებს კბილის სტრუქტურას, რაც იწვევს მის დაშლას — კარიესს.

დავალება #3: დავალება ემსახურება ცოდნის ტრანსფერს ყოველდღიურ, რეალურ ცხოვრებაში და პრობლემის გადაჭრის უნარის განვითარებას (აზროვნების დონე: შეფასება/კრიტიკული აზროვნება); იგი უბიძგებს მოსწავლეს, გამოიყენოს არგუმენტირებული მსჯელობა pH-ის ჰომეოსტაზსა და ბუფერულ სისტემებზე, რათა შეაფასოს რეალური პროდუქტის გავლენა ორგანიზმზე, ამიტომ დავალების გამოყენება უმჯობესია თემის შემაჯამებელ ეტაპზე სადისკუსიო დავალებად.

პასუხი:

ა) მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობა გადაიხრება მჟავა არესკენ, რაც გამოწვეულია წყალბადის კატიონების სიჭარბით.

ბ) რადგან აღწერილი კვებითი რაციონი ძირითადად იმ პროდუქტებისგან შედგება, რომლებიც მჟავა არეს შექმნას უწყობს ხელს, სასურველია სასმელებიდან მწვანე ჩაის არჩევა. იგი მოცემულ

ვარიანტებს შორის ყველაზე ხელსაყრელია მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობის აღსადგენად.

დანართი 6: ,,სასწავლო მენიუ“ — მეთოდური რეკომენდაციები

I დავალება (მოთხრობა/ესე წყლის მოლეკულის სახელით): მიაქციეთ ყურადღება, რომ მხატვრულმა სტილმა არ გადაფაროს ქიმიური სიზუსტე — მოსწავლემ მკაფიოდ უნდა აჩვენოს, როგორ იცვლება წყალბადური ბმების კუთხე და სიგრძე ტემპერატურის კლებისას, როგორ ყალიბდება ღია კრისტალური მესერი და როგორ ქმნის ყინულის ფენა ერთგვარ ბარიერს ტბის ბინადართათვის.

II დავალება (3D მოდელი/ნახაზი): ყურადღება გაამახვილეთ იმაზე, ჩანს თუ არა მოდელში/ნახაზზე მთავარი განსხვავება: თხევად წყალში მოლეკულების ქაოსური, მაგრამ მჭიდრო განლაგება ყინულის მოწესრიგებულ, ნაკლებად მკვრივ სტრუქტურასთან შედარებით, და ზეთის შემთხვევაში — არაპოლარული მოლეკულების ურთიერთქმედება (წყალბადური ბმების არარსებობა).

III დავალება (Reels/TikTok ვიდეო ან ანიმაცია): შეაფასეთ შინაარსის სიზუსტე — შეძლო თუ არა მოსწავლემ მოკლე დროში (30–60 წამში) ნათლად აეხსნა, *რატომ* არის წყალი „ანომალური“ (მაგ. სიმკვრივის მაქსიმუმი +4°C-ზე ან მაღალი თბოტევადობა) და რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ამას.

დავალება: ყურადღება გაამახვილეთ იმაზე, აკავშირებს თუ არა მოსწავლე ქიმიას ბიოლოგიასთან: სპილენძის (Cu^{2+}) და რკინის (Fe^{2+}) იონების თვისებებს, ჟანგბადის დაკავშირების უნარს ცივ/ღრმა წყალში და იმას, თუ რატომ გახდა რკინა ევოლუციურად უფრო მომგებიანი მაღალი მეტაბოლიზმის მქონე ხერხემლიანებისთვის.

დავალება: შეაფასეთ მოსწავლის მიერ შემოთავაზებული გზების რეალისტურობა — გაითვალისწინა თუ არა მან იოდის ბიოლოგიური წყაროები (მაგ. წყალმცენარეების/სპირულინას კულტივირება) და არა უბრალოდ მედიკამენტებით ჩანაცვლება.

დავალება: მთავარი აქცენტი გააკეთეთ სტატისტიკის ინტერპრეტაციაზე — შეუძლია თუ არა მოსწავლეს წყლის ქიმიური შემადგენლობის (ფთორი, კალციუმი) დაკავშირება კონკრეტულ პათოლოგიებთან (კარიესი/ფლუოროზი, ოსტეოპოროზი) და რამდენად ადეკვატურ, საზოგადოებრივ ჯანდაცვაზე მორგებულ რეკომენდაციებს აყალიბებს იგი.

7.1.2 ორგანული ნივთიერებები, ცილები

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: ორგანული ნივთიერებები, ცილები

საკვანძო კითხვა: *როგორ განსაზღვრავს ცილის პირველადი სტრუქტურა მის საბოლოო ფორმას და რა გავლენას ახდენს გარემო პირობები ამ სტრუქტურის სტაბილურობაზე.*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

სტრუქტურა და ფუნქცია:

- მოსწავლე ადგენს შესაბამისობას ცილის აგებულებასა და მის ფუნქციას შორის;
- ხსნის, როგორ განსაზღვრავს შემადგენელი კომპონენტების თანმიმდევრობა მთლიანი სისტემის საბოლოო ფორმასა და თვისებებს.

ჯანმრთელობა და დაავადება:

- აკავშირებს მოლეკულურ დონეზე სტრუქტურის შეცვლას ორგანიზმში პათოლოგიური პროცესების განვითარებასთან;
- ხსნის გარემო ფაქტორების მავნე ზემოქმედების მექანიზმს უჯრედის ქიმიურ შედგენილობაზე.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 2 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი შესაძლო ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და დროის რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ აქტივობების შინაარსი და თანმიმდევრობა.

სასწავლო პროცესი ეფუძნება 5E მოდელს (გვ. 24), სადაც მოსწავლეები წინარე ცოდნის გააქტიურებიდან და პრაქტიკული კვლევიდან ეტაპობრივად გადადიან მოვლენის სიღრმისეულ გააზრებასა და შეფასებაზე.

2. აქტივობების დაგეგმვა

ინტერესის აღძვრის ეტაპი — ჩართულობა

აქტივობა 1: ილუსტრაციაზე მუშაობა.

მიზანი: წინარე ცოდნის გააქტიურება ცილების, როგორც კუნთების საშენი მასალისა და საკვების აუცილებელი კომპონენტის, შესახებ. ილუსტრაციაზე მოცემული სტრუქტურების თვისებების დაკავშირება ცილის ქიმიურ შედგენილობასთან.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 18 (ილუსტრაცია 1, 2)

აღწერა: მოსწავლეები აკვირდებიან მოსწავლის წიგნის გვ. 18-ზე მოცემულ ილუსტრაციებს (კვერცხი, ყველი, ქათმის ფილე, კუნთები, აბლაბუდას ბადე) და პასუხობენ კითხვებს.

კითხვებზე სასურველი პასუხები

- ეს საკვები პროდუქტები ძირითადად მდიდარია ცილებით (პროტეინებით).
- ცილები არის კუნთოვანი ქსოვილის ძირითადი საშენი მასალა. ცილოვანი საკვების მიღება აუცილებელია კუნთოვანი მასის ზრდისა და აღდგენისთვის.

- ცილების მონელება იწყება კუჭში (ფერმენტ პეპსინის საშუალებით) და გრძელდება თორმეტგოჯა ნაწლავში. საჭმლის მომნელებელ არხში ცილების დაშლის შედეგად მიიღება ამინომჟავები.

რეკომენდაცია — სასურველია გამოიყენოთ ვიზუალური ანალიზი და მოსწავლეები წაახალისოთ დასვან კითხვები, რატომ არის ცილოვანი საკვები სპორტსმენებისთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი. შესაძლებელია როგორც ინდივიდუალური ასევე წყვილებში მუშაობა.

კითხვებზე პასუხისას ყურადღება გაამახვილეთ ფაქტზე, რომ ორგანიზმი საკვებ ცილებს პირდაპირ კი არ ითვისებს, არამედ შლის მათ ამინომჟავებად, საიდანაც შემდგომ საკუთარ, სპეციფიკურ ცილებს აშენებს.

გამოკვლევის ეტაპი

აქტივობა 2: ცილის დენატურაციის პროცესის შესწავლა.

მიზანი: მოსწავლემ ექსპერიმენტულად გამოიკვლიოს სხვადასხვა ფიზიკური (მაღალი ტემპერატურა) და ქიმიური (მჟავა გარემო, სპირტი) ფაქტორის გავლენა ცილის სტრუქტურაზე, დააკავშიროს სტრუქტურის ცვლილება მისი თვისებების ცვლილებასთან და მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ახსნას დენატურაციის ბიოლოგიური მნიშვნელობა.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 21-22), სამუშაო ფურცელი 1-ის პირველი ნაწილი — დანართი 1), შეფასების რუბრიკა 1 და 2;

აღწერა: კლასი იყოფა 2 ძირითად ჯგუფად. მოსწავლეები ინსტრუქციის მიხედვით (გვ. 21-22) ატარებენ საკლასო ექსპერიმენტს. ერთი ჯგუფი იკვლევს მადენატურირებელი ფაქტორების მოქმედებას კვერცხის ცილაზე, მეორე ჯგუფი კი — რძის ცილაზე. მოსწავლეები სამუშაო ფურცლებში (სამუშაო ფურცელი N1, ნაწილი 1) იწერენ ვიზუალურ ცვლილებებს და აგროვებენ მტკიცების შესაბამის მტკიცებულებებს, რომლებიც ადასტურებენ ან უარყოფენ მტკიცებას. აყალიბებენ არგუმენტირებულ დასკვნას *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: ექსპერიმენტის ჩატარებისას სასურველია **მმმ** სტრატეგიის (გვ. 28) გამოყენება, რომელიც მოსწავლეს ეხმარება დაკვირვებაზე დაფუძნებული მტკიცებულებების შეგროვებასა და მეცნიერული დასკვნების ჩამოყალიბებაში.

ექსპერიმენტის დაწყებამდე მოსწავლეებს წარუდგინეთ შესამოწმებელი **მტკიცება**, მაგალითად: *„მაღალი ტემპერატურა, მჟავა არე და სპირტი, ცვლის ცილის სივრცით სტრუქტურას (იწვევს დენატურაციას).* მოსწავლეთა ამოცანაა ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მტკიცებულებების საფუძველზე დაადგინონ, ადასტურებს თუ უარყოფს მიღებული მონაცემები ამ მტკიცებას და საკუთარი დასკვნა არგუმენტირებულად დაასაბუთონ.

- დაყავით მოსწავლეები მცირე ჯგუფებად;
- დაურიგეთ ჯგუფებს ექსპერიმენტის ინსტრუქცია (ადაპტირებული ან მოსწავლის წიგნი გვ. 21-22) და სამუშაო ფურცელი.
- დაახვედრეთ საჭირო რესურსები (მაგ., pH-მეტრი, უნივერსალური ინდიკატორი, წყლის აბაზანა სხვადასხვა ტემპერატურით და სხვ.)

მნიშვნელოვანია ყურადღება გაამახვილოთ უსაფრთხოების წესებზე! შეახსენეთ, განსაკუთრებული სიფრთხილე გამოიჩინონ მდუღარე წყალთან და სამედიცინო სპირტთან ურთიერთობისას. აუცილებლია ექსპერიმენტი ჩაატარონ ხელთათმანების გამოყენებით.

ექსპერიმენტის დასრულების შემდეგ — მოსწავლეები წარმოადგენენ მტკიცებულებებს — დაკვირვებები, გაზომვები, ცხრილები, ჩანაწერები ან ფოტოები, რომლებიც ადასტურებს ან არ ადასტურებს მასწავლებლის მიერ შეთავაზებულ მტკიცებას;

მოსალოდნელი შედეგი (მასწავლებლისთვის)

მოქმედი ფაქტორი	მოსალოდნელი შედეგი
ფაქტორი არ მოქმედებს (კონტროლი)	ცვლილება არ შეინიშნება
მაღალი ტემპერატურა	კვერცხის ცილა თეთრდება და შედედდება; რძეში წარმოიქმნება ნალექი
სპირტი	ცილა კარგავს ერთგვაროვნებას, ჩნდება ფანტელები
მჟავა (ძმარი/ლიმონის წვენი)	ცილა შედედდება, რძეში წარმოიქმნება ხაჭოსებრი ფანტელები (ნალექი).

შედეგების ინტერპრეტაცია (მასწავლებლისთვის)

სამივე ფაქტორი (მაღალი ტემპერატურა, ორგანული გამხსნელი, მჟავა) არღვევს ცილის ბუნებრივ სტრუქტურას (ხდება ცილის დენატურაცია). სტრუქტურის ცვლილება იწვევს ფიზიკური თვისებების — გამჭვირვალობის, აგრეგატული მდგომარეობისა და ხსნადობის შეცვლას. დენატურაციის დროს ირღვევა ცილის მეორეული, მესამეული და მეოთხეული სტრუქტურა, ხოლო პირველადი სტრუქტურა (ამინომჟავების თანმიმდევრობა) უცვლელი რჩება, რადგან ჩამოთვლილი ფაქტორები ვერ მოქმედებს ძლიერ პეპტიდურ ბმაზე, სხვა სუსტი ბმები (წყალბადური ბმა, დისულფიდური ხიდები, იონური ბმები, ჰიდროფობური კავშირები) ირღვევა.

ექსპერიმენტის ანალიზის კითხვები და პასუხები (ერთ-ერთი სასურველი ვერსია)

1. **დენატურაციის პროცესზე დასაკვირვებლად, რატომ შეირჩა კვლევის ობიექტად კვერცხის ცილა და რძე?**

   კვერცხის ცილა (ალბუმინი) და რძის ცილა (კაზეინი) კვლევის ადვილად ხელმისაწვდომი და უსაფრთხო ობიექტებია. დენატურაციისას მათი ფიზიკური თვისებების ცვლილება ადვილი შესამჩნევია (იცვლება ფერი, გამჭვირვალობა), რაც ცილის სტრუქტურულ ცვლილებაზე მიუთითებს.

2. **რა საერთო შენიშნე რძისა და კვერცხის ცილის დენატურაციის პროცესში? რაზე მიანიშნებს ეს?**

   ორივე შემთხვევაში შეიცვალა გამჭვირვალობა, ერთგვაროვნება და წარმოიქმნა შედედებული მასა ან ფანტელები. ეს მიუთითებს, რომ სხვადასხვა ფაქტორმა (ტემპერატურამ, მჟავამ, სპირტმა) გამოიწვია ცილის სტრუქტურის დარღვევა – დენატურაცია. ეს მიანიშნებს იმაზე, რომ მიუხედავად ცილების განსხვავებული წარმოშობისა, სხვადასხვა გარემო ფაქტორი (ტემპერატურა, მჟავა, ორგანული გამხსნელი — სპირტი) ერთნაირ ქიმიურ გავლენას ახდენს ცილის სტრუქტურაზე — არღვევს მას და იწვევს შეწებებას.

დამატებითი ინფორმაცია მასწავლებლისთვის: კაზეინი თავისი ბუნებით ნაკლებად ორგანიზებული (თითქმის დენატურირებული) ცილაა. რძეში მჟავას დამატებისას pH ჩამოდის კაზეინის იზოელექტრულ წერტილამდე (pH ≈ 4.6). ამ დროს მოლეკულის მუხტი ხდება 0, ნეიტრალიზდება ელექტროსტატიკური განზიდვა და ცილა ილექება. ეს უფრო იზოელექტრული დალექვაა, ვიდრე ცილის დენატურაცია. თუმცა მოსწავლეების დონეზე ეს შეიძლება დენატურაციის ჭრილში განვიხილოთ.

3. **როგორ დაგეხმარათ ექსპერიმენტი ცილის დენატურაციის პროცესის უკეთ გააზრებაში?**

   ექსპერიმენტმა თვალსაჩინო გახადა, რომ გარემო პირობების ცვლილება ცვლის ცილის სტრუქტურას, რის შედეგადაც იცვლება მისი ფიზიკური თვისებები და ხშირად იკარგება ფუნქციაც.

4. **დაასახელეთ ის ნიშნები, რომლებითაც შეადარეთ ცილის (რძის/კვერცხის) ნიმუშები და ახსენით,**

რამ მიგანიშნათ მათში მიმდინარე სტრუქტურულ ცვლილებაზე?

ნიმუშები შევადარეთ ფერის, გამჭვირვალობის, ერთგვაროვნების, აგრეგატული მდგომარეობისა და ნალექის წარმოქმნის მიხედვით. აღნიშნული ცვლილებები მიუთითებდა ცილის სტრუქტურის დარღვევასა და დენატურაციის პროცესზე.

5. ექსპერიმენტის განმეორების შემთხვევაში რას შეცვლიდით უფრო სანდო შედეგების მისაღებად?

უფრო სანდო შედეგების მისაღებად გამოვიყენებდი:

- თანაბარი მოცულობის ნიმუშებს;
- ზუსტად გაზომილ ტემპერატურას (წყლის აბაზანას);
- pH-ის საზომ მოწყობილობას ან ინდიკატორს;
- ერთნაირ დროს ყველა სინჯისთვის;
- შედეგებს დავაფიქსირებდი ცხრილის ან ფოტოების საშუალებით.

რჩევა: მოსწავლის პასუხები შეიძლება განსხვავდებოდეს ფორმულირებით, თუმცა შეფასებისას ყურადღება მიაქციეთ ცილის დენატურაციის მიზეზების, სტრუქტურული ცვლილებებისა და ექსპერიმენტული დაკვირვებების სწორად დაკავშირებას მეცნიერულ ახსნასთან.

ტიპური შეცდომები:

მოსწავლის სავარაუდო პასუხი	მასწავლებლის კომენტარი
„ცილა დაიშალა.“	ხაზგასმით აღნიშნეთ, რომ იცვლება ცილის სივრცითი სტრუქტურა და არა ამინომჟავების თანმიმდევრობა.
„რძე გაფუჭდა.“	განმარტეთ, რომ ექსპერიმენტში რძის ცვლილება გამოწვეულია რძის ცილის დენატურაციით და არა მიკროორგანიზმების მოქმედებით.
„ყველა ცილის დენატურაცია შექცევადია.“	მიუთითეთ, რომ მოცემულ პირობებში პროცესი უმეტესად შეუქცევადია. დენატურაციის შეუქცევადობას მოცემულ ცდაში იწვევს გაშლილი ჯაჭვების აგრეგაცია (ჰიდროფობური რადიკალების შეწებება) და არა პეპტიდური ბმების გაწყვეტა.

როგორ უკავშირდება ექსპერიმენტის შედეგი რეალურ ცხოვრებას — ექსპერიმენტი მოსწავლეს დააფიქრებს, რომ ცილის დენატურაცია ყოველდღიურ ცხოვრებაში ხშირი მოვლენაა. კვერცხის მოხარშვა, რძისგან ხაჭოს მიღება, საკვების თერმული დამუშავება და სპირტის სადეზინფექციო მოქმედება ერთსა და იმავე პროცესს — ცილის სივრცითი სტრუქტურის ცვლილებას — ეფუძნება. ამავე მიზეზით, 41°C-ზე მაღალი სხეულის ტემპერატურა უჯრედული ცილების ფუნქციონირებას არღვევს და ორგანიზმისთვის საფრთხეს წარმოადგენს.



ახსნის ეტაპი



აქტივობა: ექსპერიმენტის შეჯამება და ახალ თეორიულ მასალასთან დაკავშირება (გვ. 19-20).

მიზანი: ექსპერიმენტული დაკვირვებების დაკავშირება ცილის სტრუქტურულ დონეებთან; დენატურაციისა და ჰიდროლიზის მექანიზმების გამიჯვნა; როგორ განსაზღვრავს პირველადი სტრუქტურა

ცილის საბოლოო სივრცით ფორმას.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 18- 22), ექსპერიმენტის შედეგები, საპრეზენტაციო მასალა. სამუშაო ფურცელი 1 (ნაწილი 2)

აღწერა: მასწავლებელი ინტერაქციული პრეზენტაციით მოსწავლეებს აცნობს ცილის სტრუქტურებს. მოსწავლეები უბრუნდებიან სამუშაო ფურცელ N1-ს და აგრძელებენ შევსებას. ბოლოს წარმოადგენენ მსჯელობას, უპასუხებენ კითხვას: როგორ ფიქრობთ, ცილის რომელი სტრუქტურები დაირღვა ორივე ცდის პირობებში? *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

პასუხი: დაირღვა ცილის მეორეული, მესამეული (კვერცხის ცილის ალბუმინი) და მეოთხეული (რძის ცილის კაზეინი) სტრუქტურა. პირველადი სტრუქტურა (ამინომჟავების თანმიმდევრობა) არ შეცვლილა.

დამატებითი ინფორმაცია: კაზეინი არ არის კლასიკური გლობულური ცილა მეოთხეული სტრუქტურით (როგორც ჰემოგლობინი); ის მიცელარული აგრეგატია. ამ ორის გათანაბრება დენატურაციის ჭრილში მოსწავლეს მცდარ წარმოდგენას შეუქმნის ცილის სტრუქტურულ დონეებზე.

რეკომენდაცია: რადგან მოსწავლეებმა ექსპერიმენტში უკვე დაინახეს საბოლოო შედეგი, ახსნა ჯობია დაიწყოთ მეოთხეული სტრუქტურიდან და დაასრულოთ პირველადი სტრუქტურით. ამ გზით მოსწავლე რეალური მოვლენიდან, რაც ახლახან საკუთარი თვალით ნახა, მიდის პირველად სტრუქტურამდე. განმარტეთ განსხვავება **დენატურაციასა** (სუსტი ბმების დარღვევა, ფორმის დაკარგვა) და **ჰიდროლიზს** (პეპტიდური ბმების გაწყვეტა, ამინომჟავებამდე დაშლა) შორის. მოსწავლეები ხვდებიან, რატომ არ გახდა ხსნარები გამჭვირვალე — მოხდა დენატურაცია და არა ჰიდროლიზი.

საბოლოო განხილვისას წაახალისეთ მოსწავლეები შეადარონ სხვადასხვა ჯგუფის შედეგები, იმსჯელონ შესაძლო ცდომილების მიზეზებზე და შეაფასონ, რამდენად ადასტურებს მიღებული მტკიცებულებები საწყის მტკიცებას. სურვილის შემთხვევაში, მსჯელობა შეიძლება გაფართოვდეს ყოველდღიურ ცხოვრებასთან კავშირის დამყარებით, მაგალითად, რატომ ხდება კვერცხის ცილის გათეთრება ხარშვისას ან რატომ არის მაღალი ტემპერატურა ცოცხალი ორგანიზმებისთვის საშიში.

ცოდნის გაღრმავების/ტრანსფერის ეტაპი

აქტივობა: მიღებული ცოდნის გადატანა ახალ, პრობლემურ კონტექსტზე (გვ. 20 და გვ. 23).

მიზანი: მოსწავლემ გაიაზროს, როგორ განსაზღვრავს ცილის პირველადი სტრუქტურა და ამინომჟავური შემადგენლობა მის საბოლოო სივრცით ფორმას, თვისებებსა და ბიოლოგიურ/პათოლოგიურ როლს.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 20 (ნამგლისებრუჯრედოვანი ანემია) და გვ. 23 (რუბრიკა „ეს საინტერესოა“: ქინოა და პრიონები).

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ პარაგრაფის დასკვნით ნაწილზე და პასუხობენ კითხვებს:

- როგორ ცვლის ჰემოგლობინის ჯაჭვში მხოლოდ ერთი ამინომჟავის (გლუტამინის მჟავას ნაცვლად ვალინი) ჩანაცვლება ცილის სივრცით ფორმას?
- რა გავლენას ახდენს სტრუქტურის ეს ცვლილება ერითროციტის ფორმასა და მთლიანად ორგანიზმის ჯანმრთელობაზე?

ნამგლისებრუჯრედოვანი ანემიის განხილვის შემდეგ, მასწავლებელი მოსწავლეებს სთავაზობს არჩევით ქეისებს (მოსწავლის მზაობის ან ინტერესის მიხედვით):

არჩევანი A: *დავალება:* გააანალიზეთ ტექსტი (გვ. 23-24), უპასუხეთ კითხვას:

„რატომ მიიჩნევა ქინოას ცილა უნიკალურ მცენარეულ პროდუქტად, რას ნიშნავს 9 შეუცვლელი ამინომჟავის არსებობა და როგორ უკავშირდება ეს ცილების სრულფასოვნებას?“

არჩევანი B: *დავალება:* გააანალიზეთ ტექსტი (გვ. 23), უპასუხეთ კითხვას:

„რატომ არის პრიონული ცილის შეცვლილი მესამეული სტრუქტურა მდგრადი დენატურაციისადმი (მაგ., დუღილისადმი) და როგორ იწვევს ის ნორმალური ცილების სტრუქტურულ გარდაქმნას?“

ბოლოს მასწავლებელი აკეთებს ერთიან დასკვნას, რომელიც სამივე ქეისს კრავს:

1. ***ნამგლისებრუჯრედოვანი ანემიის დროს*** *1 ამინომჟავის ცვლილებამ დაარღვია ცილის ფორმა;*

2. ***ქინოაში*** *ამინომჟავების სრულყოფილმა ნაკრებმა შექმნა უნიკალური საკვები ცილა;*

3. ***პრიონებში*** *კი მესამეული სტრუქტურის არანორმალურმა გამყარებამ ცილა დენატურაციისადმი მდგრად პათოგენად აქცია.*

სამივე შემთხვევა გვიჩვენებს მთავარს: ***ცილის სტრუქტურა განსაზღვრავს ფუნქციასა და თვისებებს.*** *(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება).*



შეფასების ეტაპი



აქტივობა: ცოდნის შემოწმება.

მიზანი: გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეთა მიღწევების დონის დადგენა.

რესურსი: გასასვლელი ბილეთი (დანართი 2)

აღწერა: მოსწავლეები შეავსებენ გასასვლელ ბილეთებს.

რეკომენდაცია: ხაზი გაუსვით, რომ ეს არის დიაგნოსტიკური ინსტრუმენტი და არა საკონტროლო წერა. მოსწავლეებს არ უნდა დასჭირდეთ 5 წუთზე მეტი.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

საგაკვეთილო პროცესში დიფერენცირება ხორციელდება შინაარსის, პროცესისა და პროდუქტის დონეზე. ჩართულობის ეტაპზე ილუსტრაციებზე მუშაობა იძლევა მოსწავლეთა ჩართულობის შესაძლებლობას. ახსნის ეტაპზე ყველა მოსწავლე ასრულებს ერთიან პრაქტიკულ ექსპერიმენტს, თუმცა დიფერენცირება ხდება *მრავალდონიანი ანალიტიკური კითხვებით* (დაკვირვებიდან სიღრმისეულ მიზეზშედეგობრივ მსჯელობამდე). ცოდნის გაღრმავების ეტაპზე გამოიყენება *ინტერესებისა და მზაობის მიხედვით არჩევითი ქეისები* (A – ქინოა/კვებითი ღირებულება, B – პრიონები/პათოლოგია), რაც მოსწავლეს აძლევს საკუთარი შესაძლებლობების შესაბამისი სირთულის დავალების არჩევის საშუალებას. შეფასებისას გამოიყენება დიფერენცირებული საშინაო დავალებები (დეკლარატიული, პროცედურული და პირობისეული ცოდნის დასადგენად).

4. შეფასება

შეფასების რუბრიკა 1: *მოსწავლის თვითშეფასების რუბრიკა***:**

ბარათი ეხმარება მოსწავლეს, რეფლექსია მოახდინოს საკუთარ როლზე, კვლევით უნარებსა და იმაზე, თუ რამდენად შეძლო დაკვირვების დაკავშირება თეორიულ ცოდნასთან.

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: _____

წაიკითხეთ თითოეული დებულება და მონიშნეთ (X) ის სვეტი, რომელიც ყველაზე უკეთ ასახავს თქვენს მუშაობას:

შეფასების კრიტერიუმი	**სრულად**	**ნაწილობრივ**	**საჭიროებს გაუმჯობესებას**	**კომენტარი**
ზუსტად ვიცავდი ინსტრუქციას და უსაფრთხოების წესებს.				
ყურადღებით დავაკვირდი და ჩავინიშნე ცვლილებები (ფერი, ფანტელები, ნალექი) ყველა სინჯარაში.				
გავიგე, რატომ იყო საჭირო საკონტროლო ნიმუში (სადაც ცვლილება არ მოხდა).				
შევძელი დაკვირვებები (მტკიცებულებები) დამეკავშირებინა საწყის მტკიცებასთან.				
შევძელი ამეხსნა, რომ თვისებების ცვლილება ცილის სივრცითი სტრუქტურის დარღვევითაა გამოწვეული.				
აქტიურად ვმონაწილეობდი ჯგუფურ მუშაობასა და დისკუსიაში.				

ყველაზე მეტად ექსპერიმენტში გამომივიდა: ----------

გამიჭირდა / მომავალში შევცვლიდი: ----------

შეფასების რუბრიკა 2. მასწავლებლის დაკვირვების ჩეკლისტი (განმავითარებელი შეფასებისთვის)

ინსტრუმენტი მასწავლებელს საშუალებას აძლევს, ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას (პროცესში) დააფიქსიროს თითოეული მოსწავლის ან ჯგუფის პროგრესი და გამოავლინოს „ტიპური შეცდომები“ რეალურ დროში.

კლასი: _____

საკითხი: ცილის დენატურაცია (ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორები)

შეფასების სიმბოლოები:

- + ასრულებს სრულყოფილად
- / ასრულებს ნაწილობრივ
- - დახმარება სჭირდება;
- x არ დაკვირვებია.

მოსწავლის სახელი. ჯგუფი	კვლევის უსაფრთხოება და ინსტრუქციის დაცვა	ობიექტური დაკვირვება და მონაცემთა აღრიცხვა	საკონტროლო და საცდელი ნიმუშების გამიჯვნა	მმმ სტრატეგიის გამოყენება მსჯელობისას	სტრუქტურისა და თვისებების კავშირის გააზრება	კომენტარი
ჯგუფი 1						
მოსწავლე 1						
მოსწავლე 2						
მოსწავლე 3						

კითხვები მასწავლებლის რეფლექსიისთვის

- რომელ ჯგუფს/მოსწავლეს დასჭირდა დამატებითი კითხვები? რატომ?

- დაფიქსირდა თუ არა „ტიპური შეცდომა“ (მაგ. „ცილა დაიშალა“ ან „რძე გაფუჭდა“) და როგორ მოხდა მასზე რეაგირება? .....
  .....
- რამდენად ეფექტური იყო დიფერენცირების პროცესი (როგორ გაართვეს თავი მაღალი დონის ანალიტიკურ კითხვებს?): .....
  .....

5. დანართები

დანართი 1

სამუშაო ფურცელი 1. **ცილების დენატურაციის გამოკვლევა**

ჯგუფის წევრები: _____ **თარიღი:** _____

ექსპერიმენტი ჩაატარეთ ხელთათმანით. სიფრთხილე გამოიჩინეთ მდუღარე წყალისა და სპირტის გამოყენებისას. სინჯარა დაიკავეთ სახიდან მინიმუმ 25 სმ მანძილზე!

ნაწილი 1

მტკიცება: *მაღალი ტემპერატურა, მჟავა არე და ორგანული გამხსნელი (ეთილის სპირტი) ცვლის ცილის სივრცით სტრუქტურას (იწვევს დენატურაციას).*

დაკვირვების ცხრილი — მტკიცებულებები

ნიმუში	მოქმედი ფატორი	რა სახის ცვლილება განიცადა კვერცხის ცილამ?	რა სახის ცვლილება განიცადა რძის ცილამ?
კონტროლი	ფაქტორი არ მოქმედებს		
N 2	მაღალი ტემპერატურა (მდუღარე წყალი)		
N 3	სპირტი (ორგანული გამხსნელი)		
N4	ძმარი ან ლიმონის წვენი		

მსჯელობა და დასკვნა :

დასტურდება თუ არა საწყისი მტკიცება თქვენი ექსპერიმენტის შედეგებით?

პასუხი: _____

ნაწილი 2: კითხვას უპასუხეთ ახალი მასალის ახსნის შემდეგ!

რომელი ბმები დაირღვა ცილის მოლეკულაში ექსპერიმენტის დროს და რომელი დარჩა უცვლელი?

პასუხი: _____

_____

_____

დანართი 2.

(გასასვლელი ბილეთი შედგენილია რუბრიკის ,,უპასუხეთ კითხვებს“ მიხედვით, პასუხები იხ. დანართი 4)

გასასვლელი ბილეთი

1. რომელი ნაწილით განსხვავდებიან ამინომჟავები ერთმანეთისგან?

ა) ამინოჯგუფით

ბ) კარბოქსილისჯგუფით

გ) რადიკალით

დ) ცენტრალური ნახშირბადის ატომით

2. რა განსაზღვრავს ცილის პირველად სტრუქტურას?

ა) მხოლოდ ცილის მოლეკულური მასა

ბ) ამინომჟავების თანმიმდევრობა, რაობა და რაოდენობა

გ) გარემოს ტემპერატურის ცვლილება

დ) უჯრედში წყლის მოლეკულების რაოდენობა

3. შეავსე გამოტოვებული ადგილები

- ცილის პირველად სტრუქტურაში ამინომჟავები ერთმანეთს უკავშირდებიან_____ _____ ბმებით, რომლებიც მყარდება ერთ-ერთი ამინომჟავის ამინო-ჯგუფსა და მეორე ამინომჟავის _____ ჯგუფს შორის.
- ცილის სრული დაშლა ხდება მაშინ, როდესაც ირღვევა მისი _____ სტრუქტურა.

4. ჩამოთვალეთ გარემოს მინიმუმ 3 ფიზიკური ან ქიმიური ფაქტორი, რომელთა ზემოქმედებითაც შესაძლებელია მოხდეს ცილის დენატურაცია.

დანართი 3 — ჩართული კითხვების პასუხები

1. *გაიხსენეთ, როგორ ბმას უწოდებენ კოვალენტურ ბმას.*

   კოვალენტური ბმა მყარდება საზიარო ელექტრონული წყვილებით არამეტალების ატომებს შორის;

2. *დააკვირდით ილუსტრაციას, რომელი ქიმიური ელემენტების ატომებს შორის მყარდება წყალბადური ბმა?*

წყალბადური ბმა მყარდება პეპტიდურ ბმაში მონაწილე CO-ს ჟანგბადისა და NH-ის წყალბადის ატომებს შორის.

დანართი 4 — რუბრიკა ,,უპასუხეთ კითხვებს“

რეკომენდაცია: დავალებების მიზანია დეკლარატიული ცოდნის შემოწმება (ფაქტების, ტერმინებისა და ბმების ტიპების უბრალო გახსენება). კითხვები მიმართულია ფაქტობრივი მასალის აღდგენასა და ძირითადი ცნებების (ამინომჟავების სტრუქტურა, პეპტიდური ბმები, სტრუქტურების დონეები) სწორ იდენტიფიცირებაზე. კითხვების გამოყენება სასურველია გასასვლელ ბილეთებში, ქვიზში, ან სასწავლო მენიუს სავალდებულო ნაწილში, სასწავლო პროცესის დიფერენცირების დროს.

პასუხები:

1. ამინომჟავები ერთმანეთის მსგავსია კარბოქსილისა და ამინოჯგუფების შემცველობით, განსხვავდება რადიკალებით;

2.

პირველადი სტრუქტურა	პეპტიდური ბმა — მეზობელი ამინომჟავების კარბოქსილისა და ამინოჯგუფებს შორის.
მეორეული სტრუქტურა	წყალბადური ბმა — მეზობელი ხვეულების პეპტიდურ ბმაში მონაწილე CO და NH ჯგუფებს შორის.
მესამეული სტრუქტურა	იონური ბმა — დამუხტულ რადიკალებს შორის; -S – S — ხიდები გოგირდის შემცველ ამინომჟავებს შრის; ჰიდროფობური ურთიერთქმედება — წყალში უხსნად რადიკალებს შორის.

3. ცილის თვისებები დამოკიდებულია მის პირველად სტრუქტურაში ამინომჟავების რაოდენობაზე, ამინომჟავების თანმიმდევრობაზე და ამინომჟავების რაობაზე. პოლიპეპტიდში განლაგებული ამინომჟავების თვისებებზეა დამოკიდებული როგორ ჩამოყალიბდება მეორეული, მესამეული და მეოთხეული სტრუქტურა.

4. ცილის დენატურაცია შეიძლება გამოიწვიოს ბიოლოგიური, ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორების: მაღალი ტემპერატურის, მჟავის, ტუტის, მძიმე მეტალების, მარილების კონცენტრირებული ხსნარების, ორგანული გამხსნელების ზემოქმედებამ;

5. დენატურაციის დროს პირველადი სტრუქტურა არ ირღვევა. თუ დარღვეულია ცილის პირველადი სტრუქტურა ნიშნავს, რომ ის ჰიდროლიზდა.

მეთოდური რეკომენდაცია: თუ პირველადი სტრუქტურა დარღვეულია (პეპტიდური ბმები გაწყვეტილია), ეს უკვე ჰიდროლიზია და არა დენატურაცია! დენატურაცია გულისხმობს ბუნებრივი (სივრცითი) სტრუქტურის რღვევას პირველადი სტრუქტურის შენარჩუნებით. ამიტომ, დენატურაციის შეუქცევადობა გამოწვეულია არა პირველადი სტრუქტურის დაშლით, არამედ აგრეგაციით (როგორც კვერცხის ალბუმინის შემთხვევაში).



დანართი 5: საშინაო დავალების პასუხები (გვ. 24)

დავალება #1: ***(პირობისეული ცოდნა*** — სტრუქტურა და ფუნქცია, ჰომეოსტაზი)**.** იგი ამოწმებს, შეუძლია თუ არა მოსწავლეს თერმული დენატურაციის შექცევადობის მიზეზშედეგობრივი ახსნა და თეორიული ცოდნის დაკავშირება რეალურ, ყოველდღიურ მოვლენასთან.

პასუხი: მოხარშული კვერცხის ცილა აღარ რენატურირდება. ამაზე მისი ფიზიკური თვისებების შეუქცევადი ცვლილება მიანიშნებს. **რადგან** მაღალი ტემპერატურის მოქმედებით კვერცხის ცილის მოლეკულებს შორის ირღვევა არა მარტო სუსტი ბმები, არამედ წარმოიქმნება ახალი კავშირები (ხდება კოაგულაცია), **ამიტომ** ეს პროცესი შეუქცევადია და ცილა ვეღარ იბრუნებს პირვანდელ სიბლანტესა და გამჭვირვალობას.

მეთოდური რეკომენდაცია: კვერცხის ცილის კოაგულაცია გამოწვეულია იმით, რომ გაშლილი (დენატურირებული) პოლიპეპტიდური ჯაჭვების ჰიდროფობური რადიკალები გარეთ გამოდიან და ერთმანეთს ეწებება. ასევე შეიძლება ჩამოყალიბდეს ახალი, არასწორი დისულფიდური (-S-S-) ხიდები მოლეკულებს შორის. მოსწავლეს არ უნდა შევქმნათ შთაბეჭდილება, რომ ტემპერატურა პირველად სტრუქტურას შლის.

დავალება #2. ***(პროცედურული ცოდნა — სტრუქტურა და ფუნქცია)*** იგი ამოწმებს პოლიმერიზაციის რეაქციის პრინციპის გააზრებასა და მათემატიკური წესის (ამინომჟავების რაოდენობას გამოკლებული ერთი) პრაქტიკულად გამოყენების უნარს.

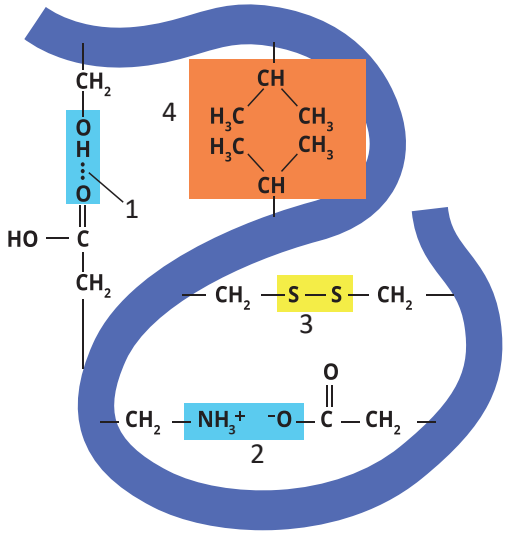
პასუხი: პეპტიდური ბმების რაოდენობაა 19. თუ ამინომჟავების რაოდენობაა n, დამყარდება (n-1) პეპტიდური ბმა და გამოიყოფა (n-1) მოლეკულა წყალი;

დავალება #3 ***(პირობისეული ცოდნა — სტრუქტურა და ფუნქცია)***

პასუხი: რადგან ჰიდროლიზის შედეგად ცილა სრულად არის დაშლილი ცალკეულ ამინომჟავებამდე და დარღვეულია მისი პირველადი სტრუქტურა (ამინომჟავური თანმიმდევრობა), **ამიტომ** სივრცითი სტრუქტურის აღდგენის (რენატურაციის) საფუძველი ფიზიკურად აღარ არსებობს.

დავალება #4 (დეკლარატიულ ცოდნა -სტრუქტურა და ფუნქცია) შესაძლებელია გამოიყენოთ წყვილებში მუშაობისას ან განმავითარებელი შეფასების საწყის ეტაპზე, რათა მოსწავლეებმა ადვილად დააკავშირონ ქიმიური ბმების ტიპები ცილის საბოლოო სივრცულ ფორმასთან.

პასუხი:



1. წყალბადური ბმა,
2. იონური ბმა,
3. დისულფიდური კავშირი,
4. ჰიდროფობური ურთიერთქმედება.

7.1.3 ცილების ფუნქციები

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: ცილების ფუნქციები

საკვანძო კითხვები:

- *როგორ ვლინდება ცილების სტრუქტურულ-ფუნქციური კავშირი კვლევებში, ყოფაცხოვრებასა და კულინარიულ ტექნოლოგიაში?*
- *როგორ უზრუნველყოფენ ცილები ორგანიზმის სასიცოცხლო თვისებებისა და ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას და რა დარღვევები ვითარდება მათი ფუნქციის მოშლისას?*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება, სასიცოცხლო თვისება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

სტრუქტურა და ფუნქცია:

- მოსწავლე აკავშირებს ცილის მოლეკულურ სტრუქტურას მის კონკრეტულ ფუნქციასთან.

ჯანმრთელობა და დაავადება:

- მოსწავლე იკვლევს pH-ისა და ტემპერატურის ცვლილების გავლენას ფერმენტულ აქტივობაზე და ასაბუთებს უჯრედული ჰომეოსტაზის მნიშვნელობას;
- მოსწავლე მსჯელობს შინაგანი გარემოს დარღვევის (მაღალი სიცხე, ფერმენტების/ცილების დეფიციტი თუ ნაადრევი გააქტიურება) უარყოფით შედეგებზე.

სახიცოცხლო თვისება:

- მოსწავლე აფასებს ფერმენტული რეაქციების სიჩქარის გავლენას უჯრედულ მეტაბოლიზმზე, როგორც ცოცხალი ორგანიზმის ძირითადი სასიცოცხლო თვისების უზრუნველყოფის მექანიზმს.

აღწერილი აქტივობების მიზანია მოსწავლეების მიერ წინარე ცოდნაზე ახალი ცოდნის თანდათანობით კონსტრუირება, რაც შემდგომ საფუძველს შექმნის შემოქმედებითი დავალების (კვლევის ანგარიშის) შესრულებისთვის. ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 2–3 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი შესაძლო ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და დროის რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ აქტივობების გადანაწილება და თანმიმდევრობა.

2. აქტივობების დაგეგმვა

აქტივობები წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად და მოტივაციის ასამაღლებლად

აქტივობა 1: შემოქმედებითი დავალების წარდგენა

მიზანი: მოსწავლეები გაეცნონ შემოქმედებითი დავალების პირობას.

რესურსი: შემოქმედებითი დავალების პირობა (მოსწავლის ბარათი — დანართი 1)

აღწერა: მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს შემოქმედებითი დავალების პირობას, დავალების პროდუქტს, შეფასების კრიტერიუმებს. სვამს კითხვებს შემოქმედებითი დავალების პროდუქტთან დაკავშირებით. მოსწავლეებმა უნდა გაიაზრონ, რომ საკითხთან დაკავშირებული აქტივობები ცოდნის დაგროვებას ემსახურება, რომელსაც შემდგომ შემოქმედებითი დავალების პროდუქტის შესაქმნელად და პრეზენტაციისთვის გამოიყენებენ.

რეკომენდაცია: მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები გადახედავენ ბარათებს, დაუსვით კითხვები:

- რა არის ამ დავალების საბოლოო მიზანი და კონკრეტულად რა პროდუქტი (რა სახის ნაშრომი) უნდა წარადგინოთ ბოლოს?

- რა ნაბიჯების გადადგმა და რა მონაცემების შეგროვება დაგჭირდებათ ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას, რომ სრულყოფილი კვლევის ანგარიში მოამზადოთ?
- შეფასების რომელი კრიტერიუმი მიგაჩნიათ ყველაზე საინტერესოდ (ან გამოწვევად) და რატომ?

აქტივობა 2. გამოწვევა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

მიზანი: მოსწავლეებში ინტერესის აღძვრა, წინარე ცოდნის გააქტიურება ცილების სტრუქტურულ-ფუნქციურ კავშირზე (კოლაგენი, კერატინი) და ცილის თვისებების (დენატურაციის) დაკავშირება ყოფა-ცხოვრებასთან და ორგანიზმის ფუნქციონირებასთან.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 25.

აღწერა: მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს დააკვირდნენ ორ ილუსტრაციას (ჯანსაღი და ოსტეოპოროზით დაავადებული ადამიანის ძვლოვანი ქსოვილი) და აღწერონ ვიზუალური განსხვავება. მსჯელობისა და კითხვებზე პასუხის გაცემის შემდეგ განიხილავენ ანას სიტუაციას.

რეკომენდაცია — წაახალისეთ მოსწავლეები, გააზიარონ პირადი გამოცდილება (მაგალითად, თმის უთოს გამოყენება) და დააკავშირონ იგი ცილის თვისებებთან. დააკვირდნენ ორ ილუსტრაციას და აღწერონ ვიზუალური განსხვავება (ფორების ზომა, სიმკვრივე). საჭიროების შემთხვევაში დაუსვით დამატებითი კითხვები:

- რომელი სტრუქტურა გაუძლებს დატვირთვას? რატომ?
- რატომ ხდება ხანდაზმულ ასაკში ძვლების მოტეხილობის რისკი უფრო მაღალი.

კითხვებზე პასუხების სასურველი ვერსია:

- ძვალი შედგება არაორგანული (კალციუმის და ფოსფორის მარილები) და ორგანული (ცილა კოლაგენი) ნივთიერებებისგან. მინერალები ძვალს ანიჭებს სიმტკიცეს, ხოლო ცილა კოლაგენი — დრეკადობასა და ელასტიურობას.
- მარჯვენა ფოტო, რადგან მასზე ძვლოვანი ქსოვილი უფრო ფოროვანი, გათხელებული და დასუსტებულია.
- კოლაგენის (ცილის) დეფიციტმა ან კალციუმის გამოლევამ (გამოფიტვამ). კოლაგენის ნაკლებობისას ძვალი კარგავს დრეკადობას, მყიფე და ადვილად მსხვრევადი ხდება.
- თმა შედგება ცილა კერატინისგან. მაღალი ტემპერატურა დროებით შლის ცილის მოლეკულებს შორის არსებულ სუსტ (წყალბადურ) ბმებს და თმა სწორდება, თუმცა ტენიან გარემოში ეს ბმები კვლავ აღდგება და თმა პირვანდელ ფორმას უბრუნდება (ეს არის შექცევადი დენატურაციის მაგალითი).

აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად

აქტივობა 1: ლაბორატორიული კვლევა: ფერმენტის მოქმედების ოპტიმალური გარემოს დადგენა.

მიზანი: ფერმენტის აქტივობაზე გარემოს pH-ის გავლენის შესწავლა.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 29 N1, სამუშაო ფურცელი 1 (დანართი 1.1.), სამუშაო ფურცლის შევსებული ვერსია (დანართი 2.1), შეფასების რუბრიკა 1 და 2.

აღწერა: აქტივობა რამდენიმე ნაწილისგან შედგება: *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია)*

ა) **პროგნოზირების ეტაპი:** მოსწავლეები საკვლევი კითხვის მიხედვით გამოთქვამენ ვარაუდს.

ბ) **დაკვირვების ეტაპი:** მოსწავლეები ასრულებენ ექსპერიმენტს სახელმძღვანელოს გვ. 29-ის ინსტრუქციით. აკვირდებიან ჟანგბადის ბუშტუკების გამოყოფას სამივე სინჯარაში, ზომავენ ქაფის სვეტის სიმაღლეს (მმ-ში) და შეაქვთ მონაცემები სამუშაო ფურცელში. ამ ეტაპზე ხდება მხოლოდ ფაქტების დაფიქსირება.

გ) **ახსნის ეტაპი:** მოსწავლეები აკავშირებენ საკუთარი დაკვირვების შედეგებს თეორიულ ცოდნასთან — მსჯელობენ ფერმენტის ცილოვან ბუნებაზე, აქტიური ცენტრის დენატურაციაზე pH-ის ცვლილებისას, ამოწმებენ საწყის ჰიპოთეზას და პასუხობენ მთავარ საკვლევ კითხვას.

ზოგადი რეკომენდაცია: გამოიყენეთ სტრატეგია **პროგნოზირება — დაკვირვება — ახსნა (გვ. 27)**, რომელიც ეხმარება მოსწავლეს, საკვლევ კითხვას უპასუხოს და ჰიპოთეზა შეამოწმოს საკუთარ ექსპერიმენტულ მტკიცებულებებზე დაყრდნობით. ექსპერიმენტის წინ გაამახვილეთ ყურადღება ქიმიური უსაფრთხოების წესებზე (სათვალე, ხელთათმანები) და ჯვარედინი დაბინძურების თავიდან აცილებაზე. უმჯობესია ქაფის სტაბილიზაციისთვის დაამატონ 1-2 წვეთი თხევადი საპონი.

მოსალოდნელი შედეგი მასწავლებლისთვის:

სინჯარა (გარემოს **pH)**	მოსალოდნელი შედეგი
სინჯარა ,,ტუტე“ (NaOH)	რეაქცია იქნება მკვეთრად შენელებული.
სინჯარა ,,ნეიტრალური“	რეაქცია წარიმართება ყველაზე აქტიურად. წარმოიქმნება ჟანგბადის დიდი რაოდენობა და ქაფის სვეტის სიმაღლე იქნება ყველაზე მაღალი.
სინჯარა ,,მჟავა“ (HCl)	რეაქცია ან საერთოდ არ წარიმართება, ან იქნება ძალიან სუსტი (მინიმალური სიმაღლის ქაფი).

დასკვნა და შედეგების ინტერპრეტაცია — ფერმენტები ცილოვანი ბუნების ბიოკატალიზატორებია და მათი აქტივობა მკაცრად არის დამოკიდებული გარემოს pH-ზე. მცენარეული კატალაზასთვის ექსპერიმენტის მიხედვით ყველაზე ეფექტურია ნეიტრალური გარემო (pH = 7).

ძლიერ მჟავა (HCl) ან ძლიერ ტუტე (NaOH) არეში ფერმენტის მოლეკულა დენატურირდება და იცვლება მისი აქტიური ცენტრის ფორმა. შედეგად, კატალაზას ვეღარ უკავშირდება სუბსტრატი, ფერმენტი კარგავს კატალიზურ უნარს და რეაქციის სიჩქარე მინიმუმამდე მცირდება, რის გამოც ჟანგბადის გამოყოფა თითქმის არ შეინიშნება.

რატომ გამოიყენება ექსპერიმენტში დანაყილი კარტოფილი და რა ბიოლოგიური როლი აქვს ფერმენტ კატალაზას? აუხსენით მოსწავლეებს, რომ კარტოფილის უჯრედებში კატალაზას დიდი რაოდენობაა (იცავს უჯრედებს მეტაბოლიზმის დროს წარმოქმნილი ტოქსიკური წყალბადის პეროქსიდისგან). როდესაც კარტოფილს როდინში ვნაყავთ, ჩვენ ვარღვევთ უჯრედის მემბრანებს და ფერმენტს გარეთ გამოვათავისუფლებთ, რითაც ვიღებთ უფრო სწრაფ ეფექტს.

თეორიული დაშვება: თუ კატალაზა მოხვდებოდა ადამიანის კუჭში, იმუშავებდა თუ არა ის? ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ კატალაზა აქტიურია ნეიტრალურ გარემოში. რადგან კუჭში ძლიერ მჟავა არეა (pH = 1.5 — 2), იქ კატალაზა დენატურაციას განიცდიდა.

(მნიშვნელოვანია, ყურადღება გაამახვილოთ იმაზე, რომ დავალებაში მოყვანილი სიტუაცია მხოლოდ თეორიული დაშვებაა, რათა მოსწავლემ კონცეპტუალურად დაუკავშიროს ფერმენტის ოპტიმუმი კონკრეტულ გარემოს. რეალურად კი, კატალაზა უჯრედშიდა ფერმენტია და კუჭში საჭმლის მონელებაში არ მონაწილეობს).



უსაფრთხოების წესები და ექსპერიმენტის დახვეწა (მნიშვნელოვანია!)

- **ქიმიური უსაფრთხოება:** 0.1M HCl (მარილმჟავა) და 0.1M NaOH (ტუტე) დაბალი კონცენტრაციისაა,

თუმცა კანზე ან თვალში მოხვედრისას მაინც ძლიერი გამაღიზიანებელია. აუცილებელია ხელთათმანებისა და დამცავი სათვალეების გამოყენება. მარილმჟავას კანზე მოხვედრისას აუცილებელია ჩამოიბანონ სოდიანი წყლით, ტუტის მოხვედრისას კი გამოიყენონ სუფრის ძმარი. ასევე ეფექტური იქნება კანი წყლის ჭავლით. ჩამორეცხვა.

- **ჯვარედინი დაბინძურების პრევენცია:** სხვადასხვა სინჯარაში მორევისას სხვადასხვა მინის წკირის გამოყენება მნიშვნელოვანია, რათა არ მოხდეს მჟავასა და ტუტეს შორის ნეიტრალიზაციის რეაქცია, რაც ხსნარის pH-ს შეცვლის.
- **ექსპერიმენტის დახვეწის მიზნით:** თუ მოსწავლეებს ქაფის სიმაღლის გაზომვა უჭირთ (რადგან ბუშტუკები სწრაფად სკდება), ექსპერიმენტის დახვეწის მიზნით, სინჯარებში წყალბადის ზეჟანგის ჩასხმამდე შეიძლება 1-2 წვეთი თხევადი საპნის (ან ჭურჭლის სარეცხი ჟელეს) დამატება. საპონი „დაიჭერს“ ჟანგბადის ბუშტუკებს, ქაფი გახდება სტაბილური და სახაზავით მისი გაზომვა ბევრად უფრო მოსახერხებელი გახდება.

მოსწავლის მიერ დაშვებული ტიპური შეცდომა — *„მჟავამ და ტუტემ ფერმენტი დაშალა ან გაანადგურა“* — ყურადღება გაამახვილეთ, რომ მოხდა ცილის სტრუქტურის (აქტიური ცენტრის ფორმის) შეცვლა — დენატურაცია და არა მისი სრული დაშლა ამინომჟავებამდე.

აქტივობა 2: ინჰიბიტორები მედიცინაში

მიზანი: ფერმენტების არააქტიური ფორმით სეკრეციის მექანიზმისა და მათი ნაადრევი გააქტიურებით გამოწვეული პათოლოგიების (პანკრეატიტი) გააზრება უჯრედულ და ორგანულ დონეზე.

რესურსი: საკლასო დავალება N 2 გვ. 30, შეფასების რუბრიკა 3.

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან კლინიკურ სიტუაციას პანკრეასის პროტეაზების (ტრიპსინოგენი/ტრიპსინი) შესახებ, მსჯელობენ ჯირკვლის შერეულ სეკრეციაზე და ხსნიან, თუ როგორ იცავს ორგანიზმი თავს თვითმონელებისგან და რატომ გამოიყენება ფერმენტის ინჰიბიტორები მედიცინაში. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: ჯანმრთელობა და დაავადება).*

რეკომენდაცია: შესაძლებელია დავალება გამოიყენოთ იმის ასახსნელად, რატომ არის საჭირო მედიკამენტები (ინჰიბიტორები) ანთების დროს.

რადგან პანკრეასი შერეული სეკრეციის ჯირკვალია, მოსწავლეებს გაუადვილდებათ მასალის ათვისება, თუ შეავსებენ ვენის დიაგრამას ან T სქემას (ენდოკრინული და ეგზოკრინული ჯირკვლების ფუნქციები, შესაბამისი სეკრეტებითა და სამიზნე ორგანოებით).

დავალებაში ნახსენებია ფერმენტების ინჰიბიტორები. შეგიძლიათ მოსწავლეებს სთხოვოთ რეალური მედიკამენტების ანოტაციის მონაკვეთის წაკითხვა (ანტიფერმენტული პრეპარატები), რაც აჩვენებს ბიოქიმიის პრაქტიკულ გამოყენებას მედიცინაში.

მიმართებით დონეზე გასაყვანად მასწავლებელმა აქცენტი უნდა გააკეთოს კითხვაზე: „რატომ?“, „რა კავშირია?“ (მაგ. *რა კავშირია ტრიპსინის ბუნებასა და პანკრეატიტის განვითარებას შორის?*).

მოსწავლე, რომელიც შეძლებს წამლის მოქმედების მექანიზმი დაუკავშიროს უჯრედულ დონეზე მიმდინარე პროცესს, ავტომატურად ადასტურებს გაფართოებულ აბსტრაქტულ აზროვნებას. მას შეუძლია ცოდნის განზოგადება და ახალ კონტექსტში გადატანა.

დავალება და კითხვებზე პასუხები

ზოგიერთი ფერმენტის ინჰიბიტორს ამა თუ იმ დაავადების სამკურნალოდ იყენებენ. მაგალითად, პანკრეატიტის სამკურნალოდ მისი ერთ-ერთი პროტეაზას ინჰიბიტორი გამოიყენება. ჯირკვალში ამ ფერმენტის მოქმედებას ინჰიბიტორი ბლოკავს, გააქტიურება კი მხოლოდ თორმეტგოჯაში ხდება.

პასუხების სასურველი ვერსია:

ა. რას ეწოდება პანკრეატიტი?

პანკრეატიტი — კუჭქვეშა ჯირკვლის ანთებაა.

ბ. აგებულებისა და ფუნქციების რა თავისებურება ახასიათებს კუჭქვეშა ჯირკვალს?

კუჭქვეშა ჯირკვალი შერეული სეკრეციის ჯირკვალია. ის სისხლში გამოჰყოფს ჰორმონებს — ინსულინსა და გლუკაგონს, ამ დროს მოქმედებს როგორც შინაგანი სეკრეციის ჯირკვალი. საჭმლის მომნელებელ წვენებს კი სადინარით გამოყოფს თორმეტგოჯა ნაწლავში, ასეთ შემთხვევაში მოქმედებს როგორც გარეგანი სეკრეციის ჯირკვალი.

გ. რომელ ფერმენტებს გამოიმუშავებს კუჭქვეშა ჯირკვალი და სად ჩაედინება მისი სეკრეტი?

კუჭქვეშა ჯირკვალი თორმეტგოჯა ნაწლავში ათავისუფლებს საჭმლის მომნელებელ პროტეაზებს, ლიპაზებს, ნუკლეაზებსა და ნახშირწყლების დამშლელ ფერმენტებს;

დ. რომელია პანკრეასის შენთვის ცნობილი პროტეაზა?

პანკრეასის სეკრეტი შეიცავს ტრიპსინის არააქტიურ ფორმას, ტრიპსინოგენს, რომელიც თორმეტგოჯა ნაწლავში აქტიურ ფორმად, ტრიპსინად გარდაიქმნება;

ე. რას უნდა იწვევდეს მისი ნაადრევი გააქტიურება ჯირკვალში?

ტრიპსინის ფუნქცია ცილების დაშლაა, მისი ნაადრევი გააქტიურება ჯირკვლის უჯრედების ცილოვანი კომპონენტის დაშლას გამოიწვევს.

აქტივობა 3. ფერმენტები ბიოტექნოლოგიაში

მიზანი: სისხლის ჯგუფობრივი თავსებადობის მოლეკულური საფუძვლების (ანტიგენ-ანტისხეულის ურთიერთქმედება) გააზრება და ბაქტერიული ფერმენტების გამოყენებით სისხლის ჯგუფის ხელოვნურად გარდაქმნის პრაქტიკული/ეთიკური მნიშვნელობის შეფასება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 30 N3, შეფასების რუბრიკა 4.

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან რეალურ მეცნიერულ აღმოჩენას ნაწლავის ბაქტერიის ფერმენტის შესახებ, მსჯელობენ ერითროციტების ზედაპირზე არსებული ანტიგენების (აგლუტინოგენების) ფერმენტულ ჩამოჭრაზე, ანალიზს უკეთებენ სისხლის გადასხმის ბიოქიმიურ კანონზომიერებებს და მსჯელობენ უნივერსალური სისხლის მარაგების შექმნის პერსპექტივაზე. *(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება).*

რეკომენდაცია: მეცნიერულ აღმოჩენაზე (ბაქტერიულ ფერმენტზე) მსჯელობისას შეგიძლიათ გამოიყენოთ ფორმატი (დაფიქრდი — დაწყვილდი — გააზიარე /Think-Pair-Share/. მოსწავლეები ჯერ დამოუკიდებლად ფიქრობენ დავალებაზე, აკეთებენ მონახაზს, შემდეგ უზიარებენ მეწყვილეს და ბოლოს აზიარებენ კლასში. მათ უნდა შეაფასონ ამ ტექნოლოგიის ეთიკური, ეკონომიკური და ლოჯისტიკური მხარეები (მაგ. როგორ შეცვლის ეს აღმოჩენა სისხლის ბანკების მუშაობას და გადაარჩენს სიცოცხლეს კატასტროფების ზონაში).

ხშირად მოსწავლეებს ჰგონიათ, რომ I ჯგუფს იმიტომ ჰქვია „უნივერსალური დონორი“, რომ მისი გადასხმა ნებისმიერი რაოდენობით და ყოველგვარი წესის გარეშე შეიძლება. ამიტომ ხაზი გაუსვით, რომ მასობრივი გადასხმისას მაინც პრიორიტეტულია ზუსტი ჯგუფობრივი თავსებადობა, ხოლო უნივერსალური თავსებადობა მხოლოდ ერითროციტულ მასას ეხება და არა მთლიან სისხლს.

დავალების პასუხები:

ადამიანის ნაწლავში აღმოაჩინეს ბაქტერია, რომლის ფერმენტი ეფექტურად შლის ერითროციტების მემბრანაზე მოთავსებულ ანტიგენების მსგავს ნახშირწყლებს.

ა. ნივთიერებათა რომელ ჯგუფს მიეკუთვნება აგლუტინინები?

აგლუტინინები მიეკუთვნება ცილა-ანტისხეულებს;

ბ. შეიცავს თუ არა სისხლის რომელიმე ჯგუფი ერთდროულად ერთი სახის აგლუტინინსა და აგლუტინოგენებს?

არა, სისხლის არც ერთი ჯგუფი არ შეიცავს ერთმანეთის ჰომოლოგიურ აგლუტინოგენსა და აგლუტინინს (მაგალითად, A-ს და α-ს ერთად);

გ. რატომ ვერ გადავუსხამთ *AB* ჯგუფის სისხლს სხვა ჯგუფის სისხლის მქონე ადამიანს?

ვერ გადავუსხამთ, რადგან მოხდება აგლუტინაცია (AB ჯგუფის ერითროციტებზე არსებულ A და B ანტიგენებს რეციპიენტის პლაზმაში არსებული შესაბამისი ანტისხეულები (α ან β) დაუკავშირდებიან).

დ. რატომ უწოდებენ *O* ჯგუფის სისხლის მქონე ადამიანს უნივერსალურ დონორს?

O ჯგუფის სისხლის მქონე ადამიანს უნივერსალურ დონორს უწოდებენ, რადგან მისი სისხლი არ შეიცავს არც ერთი ტიპის აგლუტინოგენს;

ე. მკურნალობის რა ახალი პერსპექტივები ისახება ბაქტერიის ამ ახალი ფერმენტის აღმოჩენით? რატომ უწოდებენ ამ აღმოჩენას მეცნიერები ,,რევოლუციურს“?

ახლადაღმოჩენილმა ფერმენტმა შესაძლოა ნებისმიერი ჯგუფის სისხლი გარდაქმნას O ჯგუფის სისხლად, რომელიც უნივერსალურია გადასხმისთვის. ამიტომ, ამ აღმოჩენის მთავარი ღირებულება არის უნივერსალური სისხლის მარაგების მართვა და სისხლის შეცდომით გადასხმით გამოწვეული გართულებების მინიმუმამდე შემცირება. მნიშვნელოვანია რისკების შეფასება.

აქტივობა 4: ფერმენტ ლაქტაზას აქტივობის გამოკვლევა ვირტუალურ ლაბორატორიაში

მიზანი: გარემო ფაქტორების (ტემპერატურა, pH, სუბსტრატის კონცენტრაცია) გავლენის კვლევა ფერმენტ ლაქტაზას აქტივობაზე ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით, ცვლადების კონტროლისა და მონაცემთა ანალიზის უნარების განვითარება.

რესურსი: საკლასო დავალება N 4 გვ. 31, სამუშაო ფურცელი N 2 (დანართი 1.2.), სამუშაო ფურცლის შევსებული ვერსია (დანართი 2.2.), შეფასების რუბრიკა 5.

აღწერა: მოსწავლეები ატარებენ ვირტუალურ ექსპერიმენტს, სადაც აკვირდებიან ლაქტოზის დაშლის სიჩქარეს (გლუკოზის წარმოქმნით) ტემპერატურის, pH-სა და სუბსტრატის კონცენტრაციის სხვადასხვა მნიშვნელობისას. მოსწავლეები ცვლიან თითოეულ ცვლადს კონტროლირებად გარემოში, აგროვებენ მონაცემებს და აკეთებენ დასკვნებს ლაქტაზას ოპტიმალური პირობებისა და დენატურაციის შესახებ. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება).*

რეკომენდაცია:

- კვლევის დაწყებამდე სთხოვეთ მოსწავლეებს წინასწარ გამოთქვან ჰიპოთეზები (მაგ: რა მოხდება 60°C-ზე?). ეს დაეხმარება მათ ვირტუალური ექსპერიმენტის მიზნობრივად ჩატარებაში.
- განსაკუთრებული აქცენტი გააკეთეთ იმაზე, რატომ არის მნიშვნელოვანი კონტროლირებადი ცვლადების მუდმივობა (მაგ. როცა ვცვლით ტემპერატურას, pH და ლაქტოზას კონცენტრაცია უცვლელი უნდა დარჩეს), რათა კვლევა იყოს ვალიდური.
- შესთავაზეთ მოსწავლეებს მიღებული ცხრილების მონაცემების საფუძველზე ააგონ გრაფიკები (მაგ. ფერმენტის აქტივობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე), რაც განავითარებს მონაცემთა ვიზუალიზაციის უნარს.
- თუ ცნობილია, რომ ადამიანის ორგანიზმში ლაქტაზა წვრილ ნაწლავში (სადაც სუსტი ტუტე/ნეიტრალური არეა) მოქმედებს, როგორ ფიქრობთ, იმუშავებს ეს ფერმენტი კუჭში, სადაც მკვეთრად მჟავე გარემოა? დაასაბუთეთ ვირტუალური ლაბორატორიის მონაცემებით.
- რატომ არ გაიზარდა გლუკოზას კონცენტრაცია ლაქტოზას 750 მოლი/ლ-მდე გაზრდისას? რა დაემართა ფერმენტის აქტიურ ცენტრებს ამ დროს?

- რა ახალი დასკვნა გააკეთეთ ფერმენტების ბუნების შესახებ ამ ვირტუალური ლაბორატორიის დახმარებით, რაც აქამდე მხოლოდ თეორიულად იცოდით?
- რომელი ცვლადის მართვა გაგიჭირდათ ან გაგიმარტივდათ სიმულაციაში და რატომ არის მნიშვნელოვანი ამ ცვლადების ზუსტი კონტროლი რეალურ ლაბორატორიაში?



აქტივობა 5: გრაფიკის ანალიზი

მიზანი: ტემპერატურის გავლენის შედარებითი ანალიზი ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე არაცოცხალ ბუნებასა (A გრაფიკი) და ცოცხალ უჯრედში (B გრაფიკი).

რესურსი: საკლასო აქტივობა გვ. 31 N 5

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ სამუშაო ფურცელზე N 3 (დანართი 1.3)

რეკომენდაცია: მიუთითეთ მოსწავლეებს, რომ ჯერ დააფიქსირონ გრაფიკის ტენდენცია (ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მრუდის უწყვეტი სვლა ზემოთ A-ში და ზარისებური ფორმა B-ში). ეს არის მათი მტკიცებულება. მხოლოდ ამის შემდეგ გადაიყვანეთ ისინი მსჯელობის ეტაპზე. დაეხმარეთ დაინახონ მკაფიო სხვაობა მოლეკულების ქაოსურ მოძრაობასა (არაცოცხალი ბუნება) და ცილის სამგანზომილებიანი სტრუქტურის მდგრადობას (ცოცხალი სისტემა) შორის.



აქტივობა 6: ცილის დენატურაცია კულინარიაში

მიზანი: ცილის დენატურაციის პროცესის დაკავშირება კულინარიულ ტექნოლოგიებთან და მცენარეების თავდაცვით მექანიზმებთან.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, საკლასო აქტივობა გვ. 32 N 6, შეფასების რუბრიკა 7.

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ დავალებაზე, პასუხობენ კითხვებს და ხსნიან, რატომ არ დედდება ჟელე უმი ანანასის, მანგოს ან პაპაიას დამატებისას და რატომ არის აუცილებელი მათი წინასწარი მოხარშვა.

რეკომენდაცია: ა) დაეხმარეთ მოსწავლეებს დაინახონ, რომ ბიოქიმია სამზარეულოშიც მოქმედებს. წაახალისეთ ისინი, დაუკავშირონ კულინარიული წესები (ხილის მოხარშვა) წინა გაკვეთილებზე ნასწავლ ცილის სტრუქტურის შექცევად/შეუქცევად ცვლილებებს. თავიდანვე არ დაადასტუროთ მოსწავლეთა პასუხები. მნიშვნელოვანია, ჯერ თავად ჩამოაყალიბონ ვარაუდი და დაასაბუთონ იგი, შემდეგ კი პასუხი დააზუსტონ ფერმენტებისა და დენატურაციის შესახებ მიღებული ცოდნის გამოყენებით.

ბ) ყურადღება გაამახვილეთ იმაზე, რომ ანანასის, მანგოსა და პაპაიას ნაყოფში არსებული პროტეაზები სხვადასხვა ორგანიზმში განსხვავებულ ფუნქციას ასრულებს: ადამიანს ცილოვანი საკვების მონელებაში ეხმარება, ხოლო მცენარისთვის მავნებლებისგან თავდაცვის ერთ-ერთი მექანიზმია, რადგან შეიძლება შეაფერხოს ზოგიერთი მწერის საჭმლის მონელების პროცესი.

კითხვებზე პასუხების სასურველი ვერსია

1. ჟელეში აუცილებლად მოხარშულ ხილს ამატებენ — ჟელატინი არის კოლაგენისგან მიღებული ცილა. უმი ანანასი, მანგო და პაპაია შეიცავს აქტიურ პროტეაზებს, რომლებიც ცილებს შლის. უმი ხილის გამოყენებისას ფერმენტები დაშლის ჟელატინს და ჟელე თხევადი დარჩება. ხარშვისას კი ხილის ფერმენტები დენატურირდება, ვერ შლის ჟელატინს და ჟელე დედდება.
2. პროტეაზებს მცენარეებისთვის თავდაცვითი ფუნქცია აქვს — პროტეაზები წარმოადგენს მცენარის შეგუებულობას მავნებლების წინააღმდეგ. როდესაც მწერი ნაყოფის შეჭმას ცდილობს, პროტეაზები შლის მავნებლის საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ცილებს, აფერხებს მის ზრდას ან იწვევს სიკვდილს, რითაც მცენარე იცავს თესლსა და ნაყოფს.

აქტივობა 7: pH-ის ცვლილების მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვი

მიზანი: შინაგანი გარემოს დარღვევის (pH-ის ცვლილება) მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვის გაანალიზება უჯრედულ, ორგანულ და სისტემურ დონეზე.

რესურსი: საკლასო აქტივობა გვ. 32 N 7, შეფასების რუბრიკა 8

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ დავალებაზე, ქეისიდან იწერენ ყველა სამედიცინო ფაქტს *(*საერთო სისუსტე, წონაში კლება, დისკომფორტი ცილოვანი საკვების შემდეგ, ანემია და pH = 4.5*)*. შემდეგ *სვამს დამაზუსტებელ კითხვას:* „შეადარეთ პაციენტის pH ნორმას. ქიმიურად რაზე მიგვითითებს ეს ციფრი — გარემო უფრო მჟავაა თუ ტუტე?“ მოსწავლეები აფიქსირებენ პასუხებს. ინდივიდუალურად ან მცირე ჯგუფებში აკავშირებენ ქიმიურ მონაცემებს ბიოლოგიურ ფუნქციებთან. მათ უნდა აღმოაჩინონ, რომ არეს ცვლილება პირდაპირ ბლოკავს ფერმენტ პეფსინის მუშაობას. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: ჯანმრთელობა და დაავადება).*

რეკომენდაცია: შეახსენეთ მოსწავლეებს, რომ კუჭში ცილების დამშლელი ფერმენტი — პეპსინი — აქტიურდება და მუშაობს მხოლოდ მკვეთრად მჟავა გარემოში (pH = 1.5 — 2). მაღალი pH-ის პირობებში (pH=4.5) პროფერმენტი პეფსინოგენი ვერ გარდაიქმნება აქტიურ პეფსინად, რის გამოც ცილების პირველადი დაშლის პროცესი წყდება. ეს იწვევს მოუნელებელი ცილების დაგროვებას და დისკომფორტს მუცლის არეში. მნიშვნელოვანია მოსწავლემ განსაზღვროს დამატებითი მონაცემები, შეადაროს შესაძლო ახსნები და გამიჯნოს სასწავლო ქეისი ინდივიდუალური სამედიცინო გადაწყვეტილებისგან.

დამატებითი ინფორმაცია: რკინის შეწოვასა და ტრანსპორტირებას ორგანიზმში სპეციფიკური ცილები (მაგ: ტრანსფერინი) ახორციელებს. ვინაიდან ცილების მონელება დარღვეულია, ორგანიზმს აკლია ამონომჟავები ამ ცილებისა და ჰემოგლობინის სინთეზისთვის. ეს კი ანემიას, საერთო სისუსტესა და წონაში კლებას იწვევს.

დავალების პასუხები (მოსწავლისთვის):

ა) რატომ ვერ ახერხებს პაციენტის ორგანიზმი ცილოვანი საკვების ეფექტურ მონელებას?

პაციენტის კუჭში pH-ის მაჩვენებელი საგრძნობლად მომატებულია (pH= 4.5), რაც ნიშნავს, რომ კუჭის გარემო არის დაბალმჟავიანი (ნორმაა 1.5–2).

ბ) ახსენით, როგორ შეიძლება რკინადეფიციტური ანემიის განვითარება ცილების მონელების პროცესის დარღვევას უკავშირდებოდეს.

ჯანმრთელი ადამიანის კუჭის ძლიერ მჟავა გარემოში საკვებში არსებული სამვალენტიანი რკინის (Fe^{3+}) ორგანული კომპლექსებიდან გამოცალკევება და მისი ხსნად ფორმად გარდაქმნა ხდება. დაბალი მჟავიანობის გამო (pH=4.5) რკინა ვეღარ თავისუფლდება საკვებიდან და მისი ათვისება მცირდება.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

რკინის შეწოვასა და ტრანსპორტირებას ორგანიზმში სპეციფიკური ცილები (მაგ. ტრანსფერინი) ახორციელებს. ვინაიდან ცილების მონელება დარღვეულია, ორგანიზმს აკლია ამინომჟავები ამ ცილებისა და ჰემოგლობინის სინთეზისთვის, რაც იწვევს ანემიას, საერთო სისუსტესა და წონაში კლებას.

რუბრიკა „ეს საინტერესოა“ არასავალდებულო ხასიათისაა, რაც სწავლების დიფერენცირების რესურსს წარმოადგენს: STEM-ით ან მედიცინით დაინტერესებული მოსწავლეებისთვის ტექსტი „ფერმენტები – დაავადებათა მარკერები სისხლში“ გამოიყენება სიღრმისეული გააზრებისა და კვლევითი უნარების განვითარებისთვის, ხოლო ხელოვნებით ან ისტორიით დაინტერესებული მოსწავლეებისთვის ტექსტი „ქართული აბრეშუმი“ იძლევა ინტერდისციპლინური სწავლების საშუალებას, სადაც ცილის (ფიბროინის) თემატიკა გააზრებულია ეროვნული მემკვიდრეობისა და ისტორიულ-ტექნოლოგიურ კონტექსტში, რაც მასწავლებელს საშუალებას აძლევს შესთავაზოს მოსწავლეებს დავალებათა არჩევანის თავისუფლება („მენიუ“) მათი ინტერესებისა და სწავლის ტემპის გათვალისწინებით.

4. შეფასება

შეფასების მიზანია ისეთი სასწავლო სიტუაციების შექმნა, სადაც მოსწავლეს შესაძლებლობა ექნება სხვადასხვა გზით წარმოაჩინოს საკუთარი ცოდნა და უნარები. ამ მიზნით, შეფასებისას გამოიყენეთ მრავალფეროვანი კითხვები და დავალებები, რომელიც საშუალებას მოგცემთ შეაფასოთ დეკლარატიული, პროცედურული და პირობისეული ცოდნა და მეტაკოგნიტური უნარები. ქვემოთ მოცემულია რამდენიმე ნიმუში:

კითხვები აფასებს დეკლარატიულ ცოდნას:

- რომელი ცილები ასრულებს სტრუქტურულ ფუნქციას?
- რომელი ცილები ასრულებს ორგანიზმში სასიგნალო ფუნქციას?
- რას ეწოდება პანკრეატიტი?
- რომელ ფერმენტებს გამოიმუშავებს კუჭქვეშა ჯირკვალი?
- დაასახელეთ ფერმენტის აქტივობაზე მოქმედი ფაქტორები.

კითხვა აფასებს პროცედურულ ცოდნას:

- რეალური და ვირტუალური ექსპერიემენტების გზით მონაცემების შეგროვება;

კითხვა აფასებს პირობისეულ ცოდნას:

- ახსენით, რატომ გვირჩევენ ექიმები სიცხის დამწევი პრეპარატების მიღებას, როდესაც სხეულის ტემპერატურა 39 ^{0}C-ს აჭარბებს?“

მეტაკოგნიტურ უნარებს აფასებს ექსპერიმენტების შემდეგ დასმული კითხვები:

- რა ფაქტორები გაითვალისწინეთ მიღებული შედეგების ანალიზისას?
- რა სირთულეს წააწყდით მუშაობისას და როგორ გადაჭერით ის?
- რომელი ეტაპი იყო თქვენთვის ყველაზე მნიშვნელოვანი დასკვნის გამოტანისას და რატომ?

შეფასების რუბრიკა 1. (აქტივობა 1.) მოსწავლის თვითშეფასების რუბრიკა

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____თარიღი: _____

შეფასების კრიტერიუმები	სრულად	ნაწილობრივ	საჭიროებს გაუმჯობესებას	კომენტარი
ვიცავდი უსაფრთხოების წესებს (სათვალე, ხელთათმანები) და ვიყენებდი სხვადასხვა მინის წკირს.				
დავაკვირდი ქაფის წარმოქმნას, ზუსტად გავზომე მისი სვეტის სიმაღლე.				
მივხვდი, რომ ცილების სტრუქტურის ცვლილება იწვევს მათი ფუნქციის შეცვლას.				

შეფასების რუბრიკა 2. მასწავლებლის დაკვირვების ჩეკლისტი

(ჯგუფური მუშაობისა და მონაცემების წარდგენის პროცესში)

შეფასების სიმბოლოები: + ასრულებს სრულყოფილად; / ასრულებს ნაწილობრივ; — ვერ ასრულებს ან უჭირს.

ჯგუფი N მოსწავლე	იცავს უსაფრთხოების წესებს	ატარებს ობიექტურ გაზომვებს	ადრიცხავს მონაცემებს	ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე აკეთებს პროგნოზს	ასაბუთებს პროგნოზს მიღებული მტკიცებულებებით	მოსწავლე ადგენს ჰიპოთეზის ვალიდურობას	მოსწავლე ადგენს ფერმენტის მოქმედების ოპტიმუმს	კომენტარი
ჯგუფი 1								
მოსწავლე 1								
მოსწავლე 2								

კითხვები მასწავლებლის რეფლექსიისთვის

- *რომელ ჯგუფს/მოსწავლეს დასჭირდა დამატებითი მიმანიშნებელი კითხვები?*
- *დაფიქსირდა თუ არა კლასში ტიპური შეცდომა და როგორ მოხდა მასზე რეაგირება?*
- *რამდენად ეფექტურად გაართვეს თავი მოსწავლეებმა მაღალი დონის ანალიტიკურ კითხვებს (დიფერენცირება)?*

შეფასების რუბრიკა 3. (აქტივობა 2)

შეფასების დონეები	აღწერა / კრიტერიუმი	მოსწავლის სავარაუდო პასუხის მაგალითი
პრესტრუქტურული	მოსწავლის პასუხი მცდარია ან შეუსაბამოა. ტერმინებს არასწორად იყენებს.	„პანკრეასი არის კუჭის ნაწილი და ის საჭმელს ინელებს, როცა გვტკივა წამალი უნდა დავლიოთ.“
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტს ან აკეთებს მარტივ კავშირს. ზედაპირულად პასუხობს დეკლარატიული ცოდნის შესაფასებელ კითხვებს.	„პანკრეატიტი არის კუჭქვეშა ჯირკვლის ანთება და ის გამოყოფს ტრიპსინს.“ *(მოსწავლემ მხოლოდ განმარტება იცის, მაგრამ ვერ ხედავს პროცესს).*
მულტისტრუქ-ტურული	მოსწავლე ასახელებს რამდენიმე სწორ ფაქტს (მაგ. ფერმენტებს, ჰორმონებს), თუმცა მათ შორის მიზეზშედეგობრივ კავშირებს ვერ ამყარებს. პასუხები დანაწევრებულია.	„პანკრეასი შერეული სეკრეციის ჯირკვალია. ის გამოყოფს ინსულინს, გლუკაგონს და ტრიპსინოგენს. ტრიპსინი ცილებს შლის. თორმეტგოჯაში აქტიურდება." *(ფაქტები იცის, მაგრამ ვერ აკავშირებს ანთების მექანიზმთან).*
მიმართებითი	მოსწავლეს ესმის კავშირი სტრუქტურასა და ფუნქციას შორის. ხედავს კავშირს არააქტიურ ფერმენტსა და დაავადებას შორის. ხსნის ფერმენტის ნაადრევი აქტივაციის საფრთხეს.	„პანკრეასი გამოჰყოფს ტრიპსინოგენს, რომელიც არააქტიურია, რათა ჯირკვლის ცილოვანი კედლები არ მოინელოს. თუ ის ნაადრევად გააქტიურდა, დაშლის თავად პანკრეასს, რაც იწვევს ანთებას — პანკრეატიტს. ამიტომ ვიყენებთ ინჰიბიტორებს მის დასაბლოკად.“
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლე გადის მოცემული კონტექსტის ფარგლებს გარეთ. შეუძლია მიღებული თეორიული ცოდნის **პრაქტიკაში გამოყენება** — ბიოქიმიური პრინციპების (აქტივაცია/ინჰიბირება) დაკავშირება ფარმაკოლოგიასთან, მედიცინასთან ან ზოგად ჰომეოსტაზთან.	„ფერმენტების არააქტიური ფორმით სეკრეცია ორგანიზმის თავდაცვის ევოლუციური მექანიზმია. კლინიკურ პრაქტიკაში, როცა ეს ბალანსი ირღვევა და იწყება ჯირკვლის დაზიანება. ხელოვნური ინჰიბიტორების (მედიკამენტების) გამოყენება ბლოკავს რეაქციას. ეს გვაჩვენებს, როგორ შეიძლება ფერმენტზე ზემოქმედებით მძიმე დაავადებების მკურნალობა.“

შეფასების რუბრიკა 4. (აქტივობა 3)

შეფასების დონეები	აღწერა / კრიტერიუმი
პრესტრუქტურული	მოსწავლეს უჭირს იმუნოლოგიური თავსებადობის პრინციპის გააზრება, პასუხი მცდარია. ტერმინებს არასწორად იყენებს.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტს (მაგ. რომელიმე ანტისხეულს ან მარტივ წესს), მაგრამ ვერ ხედავს მთლიან სურათს და პროცესს ვერ აღწერს.
მულტისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს რამდენიმე სწორ ფაქტს (ანტიგენებზე, ანტისხეულებზე ან ფერმენტზე), თუმცა მათ შორის მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს ვერ ამყარებს, პასუხები დანაწევრებულია.
მიმართებითი	მოსწავლეს ესმის კავშირი სტრუქტურასა და ფუნქციას შორის. დეტალურად აღწერს ანტიგენ-ანტისხეულის რეაქციას (აგლუტინაციას) და ხსნის ახალი ფერმენტის მოქმედების მექანიზმს.
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლე გადის მოცემული კონტექსტის ფარგლებს გარეთ. შეუძლია მიღებული თეორიული ცოდნის პრაქტიკაში (ბიოტექნოლოგია/მედიცინა) ტრანსფერი და აღმოჩენის გლობალური და სოციალური მნიშვნელობის შეფასება.

მეთოდური მინიშნება შეფასებისთვის: მოსწავლის პასუხი მიიჩნევა მიმართებით დონეზე, თუ ის აგლუტინაციას მკაფიოდ აკავშირებს დონორის ანტიგენებისა და რეციპიენტის ანტისხეულების ურთიერთქმედებასთან. გაფართოებულ აბსტრაქტულ დონეზე გასასვლელად კი მოსწავლემ უნდა აჩვენოს, თუ როგორ შეუძლია გადაჭრას ბიოქიმიურმა აღმოჩენამ კლინიკური და სოციალური გამოწვევები სამედიცინო სფეროში.

შეფასების რუბრიკა 5. (აქტივობა 4)

SOLO ტაქსონომიის დონე	აღწერა და კვლევის უნარების გამოვლენა	კვლევის კონტექსტში გამოვლენილი მახასიათებლები
პრესტრუქტურული დონე	მოსწავლე იყენებს შეუსაბამო ინფორმაციას ან საერთოდ ვერ ერთვება ვირტუალური ლაბორატორიის მუშაობაში.	ვერ აგროვებს მონაცემებს სიმულაციიდან. ვერ არჩევს ფერმენტს (ლაქტაზა) და სუბსტრატს (ლაქტოზა) ერთმანეთისგან.
უნისტრუქტურული დონე	მოსწავლეს ესმის მხოლოდ ერთი, იზოლირებული ასპექტი. ფოკუსირდება მხოლოდ ერთ მარტივ ფაქტზე.	ადგენს მხოლოდ ერთ კანონზომიერებას. მაგალითად: ტემპერატურის 60°C-მდე გაზრდისას გლუკოზა აღარ წარმოიქმნა, თუმცა ვერ აკავშირებს ამას pH-თან ან სუბსტრატის კონცენტრაციასთან.
მულტისტრუქ-ტურული	მოსწავლე ხედავს რამდენიმე ასპექტს/მონაცემს, თუმცა მათ შორის კავშირებს ვერ ამყარებს. იცის ფაქტები, მაგრამ ვერ ადგენს მიზეზშედეგობრივი კავშირებს.	სწორად ავსებს სამივე ცხრილს. ცალ-ცალკე ასახელებს, რომ ფერმენტის მოქმედებაზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა, pH და სუბსტრატის კონცენტრაცია, თუმცა უჭირს იმის ახსნა, თუ *რატომ* ან *როგორ* მუშაობენ ეს ფაქტორები ერთად.
მიმართებითი დონე	მოსწავლე აკავშირებს სხვადასხვა ასპექტს ერთმანეთთან და ქმნის ერთიან, სტრუქტურირებულ სურათს. ამყარებს მიზეზშედეგობრივ კავშირებს.	აკეთებს სრულფასოვან დასკვნას: აკავშირებს ფერმენტის აქტივობას მის სტრუქტურასთან. ხსნის, რომ 60°C-ზე მოხდა **დენატურაცია**, pH-ის ცვლილებამ დაარღვია ოპტიმალური გარემო, ხოლო 750 მოლი/ლ-ზე აქტივობის მუდმივ დონეზე დაფიქსირება გამოწვეულია **აქტიური ცენტრების გაჯერებით**.
გაფართოებული აბსტრაქციის დონე	მოსწავლეს მიღებული ცოდნა გადააქვს ახალ, უფრო ფართო კონტექსტში, განაზოგადებს და ცოდნა ახალ კონტექსტში გადააქვს.	კვლევის შედეგებს უკავშირებს ცოცხალ ორგანიზმს. მაგალითად, ხსნის, რატომ არის საშიში ადამიანისთვის მაღალი ტემპერატურა (ფერმენტების დენატურაციის გამო) ან ვარაუდობს, როგორ იმოქმედებს კუჭის მჟავე არე ლაქტაზაზე. შეუძლია შემოგვთავაზოს იდეა, კიდევ რა ფაქტორმა შეიძლება მოახდინოს გავლენა ფერმენტის აქტივობაზე (მაგ. ინჰიბიტორებმა).

შეფასების რუბრიკა 6. (აქტივობა 5)

პრესტრუქტურული	ვერ ხედავს განსხვავებას ორ მრუდს შორის. ვერ აკავშირებს ტემპერატურას რეაქციის სიჩქარესთან.
უნისტრუქტურული	ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტს (მაგალითად: ტემპერატურის მატებისას რეაქციის სიჩქარე იზრდება A გრაფიკზე).
მულტისტრუქტურული	სწორად აღწერს ორივე გრაფიკს (ხედავს, რომ უჯრედში რეაქციის სიჩქარე გარკვეულ წერტილში კლებულობს), თუმცა უჭირს ამ კლების მიზეზის — დენატურაციის და აქტიური ცენტრის დეფორმაციის დასაბუთება.
მიმართებითი	ერთმანეთთან ლოგიკურად აკავშირებს მოლეკულების კინეტიკურ ენერგიას, ფერმენტ-სუბსტრატის კომპლექსის მუშაობას, დენატურაციის პროცესს და მაღალი ტემპერატურის დროს (39 ^{0}C -ზე მაღალი ტემპერატურისას) სიცხის დამწევი პრეპარატის მიღების აუცილებლობას.
გაფართოებული აბსტრაქციის დონე	აფასებს გრაფიკის ანალიზის შედეგებს და მიღებულ კანონზომიერებას განაზოგადებს და მსჯელობს რატომ არის ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა მკაცრად შეზღუდული ვიწრო ტემპერატურულ დიაპაზონში.

შეფასების რუბრიკა 7. (აქტივობა 6)

პრესტრუქტურული	პასუხობს ინტუიციურად (მაგ. უმ ხილს იმიტომ არ უმატებენ, რომ მჟავეა).
უნისტრუქტურული	ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტს (მაგალითად: ხილში არის ფერმენტები, რომლებიც რაღაცას შლიან).
მულტისტრუქტურული	სწორად აღნიშნავს, რომ ჟელეში მოხარშული ხილი უნდა ჩაიყაროს, თუმცა უჭირს კავშირის დამყარება ცილის დენატურაციასა და ჟელეს წარმოქმნის მექანიზმს შორის. ნაკლებად იყენებს სამეცნიერო ტერმინოლოგიას.
მიმართებითი	აკავშირებს ხილის თვისებებს ჟელეს შედედებასთან. ხსნის, რომ ხარშვა იწვევს პროტეაზების დენატურაციას, რის გამოც ისინი ვეღარ შლიან ჟელატინს. სწორად განსაზღვრავს პროტეაზების თავდაცვით ფუნქციას მცენარეებში.
გაფართოებული აბსტრაქციის დონე	მიღებულ ბიოქიმიურ კანონზომიერებას განაზოგადებს და მსჯელობს ამ ფერმენტების ფართო პრაქტიკულ გამოყენებაზე (მაგ. კულინარიაში ხორცის დასარბილებლად ან მედიცინაში საჭმლის მომნელებელი პრეპარატების სახით).

შეფასების რუბრიკა 8. (აქტივობა 7)

პრესტრუქტურული	ვერ აკავშირებს მონაცემებს ერთმანეთთან. პასუხობს ზოგადად (მაგ. პაციენტი შეუძლოდაა, რადგან არასწორად იკვებება).
უნისტრუქტურული	ხედავს მხოლოდ ერთ სიმპტომს (მაგ. ცილებს იმიტომ ვერ ინელებს, რომ კუჭის წვენის pH დარღვეულია, მაგრამ ვერ ხსნის ფერმენტის როლს).
მულტისტრუქტურული	ასახელებს რამდენიმე ფაქტს: ხსნის, რომ კუჭში მჟავიანობა დაბალია, რაც ხელს უშლის ცილების დაშლას, და ცალკე აღნიშნავს, რომ რკინაც ცუდად შეიწოვება. თუმცა, უჭირს მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვის შეკვრა.
მიმართებითი	სრულყოფილად აანალიზებს ქეისს. აკავშირებს მაღალ pH-ს პეფსინის ინაქტივაციასთან და ცილების მონელების დარღვევასთან. ლოგიკურად ხსნის, თუ როგორ იწვევს კუჭის დაბალი მჟავიანობა და ცილების დეფიციტი რკინის აბსორბციისა და ჰემოგლობინის სინთეზის დარღვევას, საბოლოოდ ანემიას.
გაფართოებული აბსტრაქციის დონე	ანალიზის საფუძველზე სთავაზობს ჰიპოთეტურ სამედიცინო გამოსავალს (მაგ. პაციენტისთვის მარილმჟავას ან ფერმენტული პრეპარატების დანიშვნის საჭიროება) და მსჯელობს ჰომეოსტაზის მნიშვნელობაზე ორგანიზმისთვის. მიჯნავს სასწავლო ქეისს ინდივიდუალური სამედიცინო გადაწყვეტილებისგან.

კვლევის შეფასების ანალიტიკური რუბრიკა

კვლევის ეტაპი / კრიტერიუმი	**საწყისი დონე**	**განვითარებადი დონე**	**მაღალი დონე**
საკვლევი კით-ხვის, ჰიპოთეზისა და ცვლადების განსაზღვრა	უჭირს საკვლევი კითხვის ჩამოყალიბება.	ჩამოყალიბებული აქვს საკვლევი კითხვა.	მკაფიოდ და ზუსტად განსაზღვრავს საკვლევ კითხვას.
	ჰიპოთეზა ბუნდოვანია ან არ უკავშირდება კვლევის არსს.	აყალიბებს მარტივ ჰიპოთეზას.	აყალიბებს თეორიულად დასაბუთებულ ჰიპოთეზას.
	ვერ განასხვავებს დამოუკიდებელ და დამოკიდებულ ცვლადებს.	სწორად ასახელებს ძირითად ცვლადებს, თუმცა უჭირს კონტროლირებადი ცვლადების გამოყოფა.	ზუსტად გამოყოფს დამოუკიდებელ, დამოკიდებულ და კონტროლირებად ცვლადებს.
კვლევის დაგეგმვა და პროცედურული თანმიმდევრობა	კვლევის გეგმა/ ინსტრუქცია არასრულია ან ქაოსურია.	კვლევის გეგმა ლოგიკურია, თუმცა აკლია დეტალები.	დეტალურად და თანმიმდევრულად გეგმავს კვლევის ნაბიჯებს.
	ვერ ასახელებს საჭირო რესურსებსა და ჭურჭელს/აპარატურას.	სწორად ირჩევს ძირითად აღჭურვილობასა და მასალებს.	ზუსტად ირჩევს შესაფერის რესურსებს, ითვალისწინებს გაზომვის სიზუსტეს.

ექსპერიმენტის ჩატარება და უსაფრთხოება	ცდის ჩატარებისას ინსტრუქციის თანმიმდევრობას არ იცავს.	დამოუკიდებლად მიჰყვება ინსტრუქციას და ატარებს ცდას.	ექსპერიმენტს ატარებს დამოუკიდებლად, ზუსტად და ორგანიზებულად.
	უჭირს აღჭურვილობის სწორად გამოყენება.	სწორად იყენებს ლაბორატორიულ ჭურჭელს/ ინსტრუმენტებს.	ზუსტად იყენებს აღჭურვილობას, მინიმუმამდე დაჰყავს ცდომილება.
	საჭიროებს უსაფრთხოების წესების ხშირ შეხსენებას.	იცავს უსაფრთხოების ძირითად წესებს.	მკაცრად იცავს უსაფრთხოების ყველა ნორმას.
მონაცემთა აღრიცხვა და ორგანიზება	მონაცემები აღრიცხულია არასრულად ან უსისტემოდ.	მონაცემები შეაქვს შესაბამის ცხრილში.	მონაცემები აღრიცხულია სისტემატურად, და ორგანიზებულად.
	არ იყენებს ცხრილებს ან მონაცემები შეცდომებითაა შეტანილი.	ცდილობს მონაცემთა ვიზუალიზაციას (გრაფიკი/ დიაგრამა), თუმცა მცირე ხარვეზებით.	აგებს ზუსტ, სწორად ფორმატირებულ გრაფიკებს/ დიაგრამებს (ღერძების, ერთეულების მითითებით).

5. დანართები

ბლოკი 1. სამუშაო ფურცლები

დანართი 1. მოსწავლის ბარათი

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

მოცემული ინსტრუქციის მიხედვით (სამუშაო ფურცელი1) ჩაატარე ექსპერიმენტი, რომლის საშუალებით დაადგენ თუ როგორი სარეაქციო არე (მჟავა, ტუტე თუ ნეიტრალური) სჭირდება ფერმენტ კატალაზას ორგანიზმში ფუნქციის შესასრულებლად. მიღებული შედეგები წარმოადგინე კვლევის ანგარიშის სახით.

ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

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

დანართი 1.1.

სამუშაო ფურცელი 1

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____**თარიღი:** _____

ეტაპი 1: პროგნოზირება — *ექსპერიმენტამდე*

1. საკვლევი კითხვა: რა გავლენას ახდენს გარემოს pH ფერმენტის (კატალაზას) აქტივობაზე?

2. ჩემი ჰიპოთეზა / ვარაუდი:

დააკავშირეთ ფერმენტის ცილოვანი ბუნება მოსალოდნელ შედეგთან: ----------
---

3. კვლევის ცვლადები:
დამოუკიდებელი ცვლადი (რას ვცვლით?): _____
დამოკიდებული ცვლადი (რას ვზომავთ?): _____
კონტროლირებადი ცვლადები (რას ვტოვებთ უცვლელად?): _____
ეტაპი 2: დაკვირვება და გაზომვა — *ექსპერიმენტის დროს*

მითითება: გამოიყენეთ დამცავი სათვალე და ხელთათმანები! არ აურიოთ სინჯარები ერთმანეთში!

მონაცემთა აღრიცხვის ცხრილი:

სინჯარა N	გარემოს pH (პირობები)	დაკვირვება (ბუშტუკების გამოყოფა / რეაქციის სიჩქარე)	ქაფის სვეტის სიმაღლე (მმ)
1	ტუტე 0.1 M NaOH		
2	წყალი		
3	მჟავა 0.1M HCl		

ეტაპი 3: ახსნა და მსჯელობა — *ექსპერიმენტის შემდეგ:*

1. შედეგების ანალიზი:

- რომელ სინჯარაში იყო კატალაზა ყველაზე აქტიური? _____
  _____
- გამართლდა თუ არა თქვენი საწყისი ჰიპოთეზა? _____
  _____

2. განმარტება: *ხსნარის pH-ის მკვეთრმა ცვლილებამ (ძლიერი მჟავა ან ტუტე) გამოიწვია ფერმენტის:*

ა) სრული დაშლა ამინომჟავებად
ბ) დენატურაცია და აქტიური ცენტრის ფორმის შეცვლა
გ) აქტივობის გაზრდა
(მონიშნეთ სწორი პასუხი და დაასაბუთეთ): _____

ეტაპი 4: ცოდნის ტრანსფერი

თეორიული დაშვება: წარმოიდგინეთ, რომ მცენარეული კატალაზა მოხვდა ადამიანის კუჭში, სადაც ძლიერ მჟავა გარემოა pH = 1.5 — 2.

იმუშავებს თუ არა კატალაზა კუჭში? დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყრდნობით: ----------
---

საკვლევი კითხვა 3: რა გავლენას ახდენს ლაქტაზას აქტივობაზე ლაქტოზას კონცენტრაცია?

დამოუკიდებელი ცვლადი -

დამოკიდებული ცვლადი —

კონტროლირებადი ცვლადი/ცვლადები —

ჰიპოთეზა: ----------

ტემპერატურა **°C**	**pH**	ლაქტოზას კონცენტრაცია	გლუკოზას კონცენტრაცია	ფერმენტის აქტივობა
25	7	250 მოლი/ლ		
25	7	500 მოლი/ლ		
25	7	750 მოლი/ლ		

დასკვნა: ----------

დანართი 1.2.

სამუშაო ფურცელი N 2.

სახელ, გვარი ----------

საკვლევი კითხვა 1: რა გავლენას ახდენს ლაქტაზას აქტივობაზე ტემპერატურის ცვლილება?

დამოუკიდებელი ცვლადი —
დამოკიდებული ცვლადი —
კონტროლირებადი ცვლადი —
ჰიპოთეზა:-.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ტემპერატურა ^{o}C	pH	ლაქტოზას კონცენტრაცია	გლუკოზას კონცენტრაცია	ფერმენტის აქტივობა
25	7	500 მოლი/ლ		
50	7	500 მოლი/ლ		
60	7	500 მოლი/ლ		

დასკვნა: .....
.....
.....

საკვლევი კითხვა 2: რა გავლენას ახდენს ლაქტაზას აქტივობაზე *pH*-ის ცვლილება?

დამოუკიდებელი ცვლადი -
დამოკიდებული ცვლადი —
კონტროლირებადი ცვლადი/ცვლადები —

ჰიპოთეზა: ----------

ტემპერატურა ^{o}C	pH	ლაქტოზას კონცენტრაცია	გლუკოზას კონცენტრაცია	ფერმენტის აქტივობა
25	4	500 მოლი/ლ		
25	7	500 მოლი/ლ		
25	9	500 მოლი/ლ		

დასკვნა: ----------

ეტაპი 3: ახსნა და მსჯელობა — *ექსპერიმენტის შემდეგ:*

1. შედეგების ანალიზი:

- რომელ სინჯარაში იყო კატალაზა ყველაზე აქტიური? _____

  _____

- გამართლდა თუ არა თქვენი საწყისი ჰიპოთეზა? _____

  _____

2. განმარტება: *ხსნარის pH-ის მკვეთრმა ცვლილებამ (ძლიერი მჟავა ან ტუტე) გამოიწვია ფერმენტის:*

ა) სრული დაშლა ამინომჟავებად

ბ) დენატურაცია და აქტიური ცენტრის ფორმის შეცვლა

გ) აქტივობის გაზრდა

(მონიშნეთ სწორი პასუხი და დაასაბუთეთ): _____

ეტაპი 4: ცოდნის ტრანსფერი

თეორიული დაშვება: წარმოიდგინეთ, რომ მცენარეული კატალაზა მოხვდა ადამიანის კუჭში, სადაც ძლიერ მჟავა გარემოა pH = 1.5 — 2.

იმუშავებს თუ არა კატალაზა კუჭში? დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყრდნობით: ----------

---

დანართი 1.3.

სამუშაო ფურცელი N 3

მოსწავლის სამუშაო ბარათი

კლასი: _____ **ჯგუფი/მოსწავლე:** _____ **თარიღი:** _____

დააკვირდით სახელმძღვანელოს 34-ე გვერდზე მოცემულ ილუსტრაციას (გრაფიკები A და B) და შეავსეთ ცხრილი:

მმმ სტრატეგია	**დასკვნა და არგუმენტაცია**
მტკიცება *როგორ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე რეაქციის სიჩქარე არაცოცხალ ბუნებასა (A) და უჯრედში (B)?*	**არაცოცხალ ბუნებაში (A):** უჯრედში (**B**)**:**
მტკიცებულება რას ხედავთ უშუალოდ გრაფიკებზე? აღწერეთ მრუდების ფორმა და ტენდენცია?	**არაცოცხალ ბუნებაში (A):** უჯრედში (**B**)**:**
მსჯელობა *რატომ იზრდება სიჩქარე არაცოცხალ ბუნებაში უწყვეტად და რატომ იწყება გარკვეული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ რეაქციის სიჩქარის კლება უჯრედში? (ახსენით მოლეკულურ და ფერმენტულ დონეზე).*	**A გრაფიკის ანალიზი:** **B გრაფიკის ანალიზი (ოპტიმუმი და კლება):**

დ) თქვენ მიერ ჩამოყალიბებული მსჯელობის საფუძველზე ახსენით, რატომ გვირჩევენ ექიმები სიცხის დამწევი პრეპარატების მიღებას, როდესაც სხეულის ტემპერატურა 39^0C-ს აჭარბებს? რა ემართება ამ დროს ადამიანის ორგანიზმში არსებულ ფერმენტებს?

ბლოკი 2. სამუშაო ფურცლების შევსებული ვერსიები (რესურსი მასწავლებლისთვის)

დანართი 2.1. სამუშაო ფურცელი N 1

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____თარიღი: _____

ექსპერიმენტის მიზანი: მოსწავლემ გამოიკვლიოს გარემოს pH-ის გავლენა კატალაზას აქტივობაზე და მიღებული მონაცემების საფუძველზე განსაზღვროს მისი ოპტიმალური მოქმედების არე

ეტაპი 1: პროგნოზირება — *ექსპერიმენტამდე*

1. საკვლევი კითხვა: რა გავლენას ახდენს გარემოს pH ფერმენტის (კატალაზას) აქტივობაზე?

2. ჩემი ჰიპოთეზა / ვარაუდი: დააკავშირეთ ფერმენტის ცილოვანი ბუნება მოსალოდნელ შედეგთან: ვინაიდან ფერმენტები ცილოვანი ბუნებისაა, გარემოს მკვეთრი ცვლილება (ძლიერი მჟავა ან ტუტე) გამოიწვევს მათ დენატურაციას, ეს იმაზე მიანიშნებს, რომ კატალაზა ყველაზე აქტიური ნეიტრალურ გარემოში იქნება. (სავარაუდო ვერსია);

დამოუკიდებელი ცვლადი: გარემოს pH (მჟავა, ტუტე, ნეიტრალური).

დამოკიდებული ცვლადი: კატალაზას აქტივობა, რომელიც განისაზღვრება წყალბადის ზეჟანგის დაშლისას გამოყოფილი ჟანგბადის რაოდენობით. ექსპერიმენტში მისი შეფასება ხდება ქაფის სვეტის სიმაღლის მიხედვით.

კონტროლირებადი ცვლადები: კარტოფილის მასა/მოცულობა, წყალბადის ზეჟანგის კონცენტრაცია და მოცულობა, რეაქციის დრო, ხსნარების მოცულობები.

ეტაპი 2: დაკვირვება და გაზომვა — *ექსპერიმენტის დროს*

მითითება: გამოიყენეთ დამცავი სათვალე და ხელთათმანები! არ აურიოთ სინჯარები ერთმანეთში!

მონაცემთა აღრიცხვის ცხრილი:

სინჯარა N	გარემოს pH	დაკვირვება (ბუშტუკების გამოყოფა / რეაქციის სიჩქარე)	ქაფის სვეტის სიმაღლე (მმ)
,,ტუტე“	ტუტე 0.1 M NaOH	ქაფი უმნიშვნელოა	
,,ნეიტრალური“	წყალი	წარმოიქმნება მაღალი ქაფი	
,,მჟავა“	მჟავა 0.1M HCl	ქაფი არ წარმოიქმნება	

ეტაპი 3: ახსნა და მსჯელობა — ***ექსპერიმენტის შემდეგ***

1. შედეგების ანალიზი:

- რომელ სინჯარაში იყო კატალაზა ყველაზე აქტიური? სინჯარა ,,ნეიტრალური“
- გამართლდა თუ არა თქვენი საწყისი ჰიპოთეზა?

2. ბიოლოგიური განმარტება:

ხსნარის pH-ის მკვეთრმა ცვლილებამ (ძლიერი მჟავა ან ტუტე) გამოიწვია ფერმენტის:

ა) სრული დაშლა ამინომჟავებად

ბ) დენატურაცია და აქტიური ცენტრის ფორმის შეცვლა

გ) აქტივობის გაზრდა

(მონიშნეთ სწორი პასუხი და დაასაბუთეთ): დენატურაცია გამოიწვევს ფერმენტის აქტიური ცენტრის ფორმის ცვლილებას.

ეტაპი 4: ცოდნის ტრანსფერი (მაღალი საარზოვნო დონე)

თეორიული დაშვება: წარმოიდგინეთ, რომ მცენარეული კატალაზა მოხვდა ადამიანის კუჭში, სადაც ძლიერ მჟავა გარემოა pH = 1.5 — 2.

იმუშავებს თუ არა კატალაზა კუჭში? დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყ-

რდნობით: ექსპერიმენტმა გამოავლინა, რომ მჟავა არეში კატალაზა დენატურირდება, ამიტომ კუჭში ის ვერ იმუშავებს.

დანართი 2.2. სამუშაო ფურცელი N2-ის შევსებული ვერსია

საკვლევი კითხვა 1: *რა გავლენას ახდენს ლაქტაზას აქტივობაზე ტემპერატურის ცვლილება?*

დამოუკიდებელი ცვლადი: ტემპერატურა, დამოკიდებული ცვლადი — გლუკოზას კონცენტრაცია, კონტროლირებადი ცვლადი — pH, ლაქტოზას კონცენტრაცია.

ტემპერატურა ^{0}C	pH	ლაქტოზას კონცენტრაცია	გლუკოზას კონცენტრაცია	ფერმენტის აქტივობა
25	7	500 მოლი/ლ	საშუალო	ზომიერი, ოპტიმალურთან ახლოს
50	7	500 მოლი/ლ	დაბალი	მკვეთრად შემცირებული
60	7	500 მოლი/ლ	0	ნული, (ფერმენტი დენატურირდა)

საკვლევი კითხვა 2: *რა გავლენას ახდენს ლაქტაზას აქტივობაზე pH-ის ცვლილება?*

დამოუკიდებელი ცვლადი: pH, დამოკიდებული ცვლადი — გლუკოზას კონცენტრაცია, კონტროლირებადი ცვლადი — ტემპერატურა, ლაქტოზას კონცენტრაცია.

ტემპერატურა ^{0}C	pH	ლაქტოზას კონცენტრაცია	გლუკოზას კონცენტრაცია	ფერმენტის აქტივობა
25	4	500 მოლი/ლ	მინიმალური	ძალიან დაბალი, მჟავა არე
25	7	500 მოლი/ლ	მაქსიმალური	ოპტიმალური (მაღალი)
25	9	500 მოლი/ლ	მინიმალური	ძალიან დაბალი, ტუტე არე

საკვლევი კითხვა 3*: რა გავლენას ახდენს ლაქტაზას აქტივობაზე ლაქტოზას კონცენტრაცია?*

დამოუკიდებელი ცვლადი: ლაქტოზას კონცენტრაცია, დამოკიდებული ცვლადი — გლუკოზას კონცენტრაცია, კონტროლირებადი ცვლადი — pH, ტემპერატურა.

ტემპერატურა ^{0}C	pH	ლაქტოზას კონცენტრაცია	გლუკოზას კონცენტრაცია	ფერმენტის აქტივობა
25	7	250 მოლი/ლ	საშუალო	ზომიერი
25	7	500 მოლი/ლ	მაღალი	ოპტიმალური
25	7	750 მოლი/ლ	მაღალი	სტაბილური (აქტიური ცენტრის გაჯერების გამო

დასკვნა: ლაქტაზას აქტივობა ყველაზე მაღალია, როცა: ტემპერატურა=25 ^{0}C, pH = 7, ლაქტოზას კონცენტრაცია = 500 მოლი/ლ.

შედეგების ინტერპრეტაცია

ტემპერატურის გავლენა: ტემპერატურის მატება 25°C-დან 50°C-მდე ამცირებს ლაქტაზას აქტივობას, ხოლო 60°C-ზე ფერმენტი განიცდის დენატურაციას (კარგავს სამგანზომილებიან სტრუქტურას), რის გამოც რეაქცია სრულად წყდება და გლუკოზა აღარ წარმოიქმნება.

pH-ის გავლენა: ლაქტაზა ყველაზე ეფექტურად მუშაობს ნეიტრალურ არეში (pH=7). როგორც მჟავა (pH=4), ისე ტუტე (pH=9) გარემო იწვევს ფერმენტის აქტივობის მკვეთრ შემცირებას ფერმენტის სტრუქტურის დარღვევის გამო.

სუბსტრატის (ლაქტოზას) კონცენტრაცია: ლაქტოზას კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად (250-დან 500 მოლი/ლ-მდე) პროდუქტის (გლუკოზას) გამოყოფა იზრდება. თუმცა, 750 მოლი/ლ-ზე ფერმენტის აქტივობა სტაბილურდება (აღარ იზრდება), რადგან ლაქტაზას ყველა აქტიური ცენტრი სრულად გაჯერებულია სუბსტრატით.

დანართი 2.3. სამუშაო ფურცელი N 3 (შევსებული ვერსია)
მოსწავლის სამუშაო ბარათი

კლასი: _____ **ჯგუფი/მოსწავლე:** _____

თარიღი: _____

დააკვირდით სახელმძღვანელოს 34-ე გვერდზე მოცემულ ილუსტრაციას (გრაფიკები A და B) და შეავსეთ ცხრილი:

მმმ სტრატეგია	**დასკვნა და არგუმენტაცია**
მტკიცება — *როგორ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე რეაქციის სიჩქარე არაცოცხალ ბუნებასა (A) და უჯრედში (B)?*	**არაცოცხალ ბუნებაში (A):** არაცოცხალ ბუნებაში რეაქციის სიჩქარე ტემპერატურის მატების პროპორციულად იზრდება. უჯრედში (**B**)**:** გარკვეულ სიდიდემდე ტემპერატურის მატებისას რეაქცია ჩქარდება, თუმცა გარკვეული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ იწყება რეაქციის სიჩქარის კლება.
მტკიცებულება — რას ხედავთ უშუალოდ გრაფიკებზე? აღწერეთ მრუდების ფორმა და ტენდენცია?	**არაცოცხალ ბუნებაში (A): გრაფიკი არის აღმავალი.** უჯრედში (**B**)**:** გრაფიკს აქვს ზარის ფორმა.
მსჯელობა *რატომ იზრდება სიჩქარე არაცოცხალ ბუნებაში უწყვეტად და რატომ იწყება გარკვეული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ რეაქციის სიჩქარის კლება უჯრედში? (ახსენით მოლეკულურ და ფერმენტულ დონეზე).*	**A გრაფიკის ანალიზი:** *A გრაფიკის* არაცოცხალ ბუნებაში რეაქციის სიჩქარე ტემპერატურის მატების პროპორციულად იზრდება, რადგან ტემპერატურის გაზრდისას იზრდება მოლეკულების ენერგია, შეხვედრის ალბათობა, დაჯახების სიხშირე და მათი დაჯახება ქიმიური რეაქციით სრულდება. **B გრაფიკის ანალიზი (ოპტიმუმი და კლება):** *B გრაფიკის* გარკვეულ სიდიდემდე ტემპერატურის მატებისას იზრდება ფერმენტისა და სუბსტრატის კინეტიკური ენერგია, მათი დაჯახების ალბათობა იზრდება და რეაქცია ჩქარდება. *B გრაფიკის* მაღალ ტემპერატურაზე ფერმენტი დენატურირდება, მისი აქტიური ცენტრი დეფორმირდება, სუბსტრატი ვეღარ თავსდება აქტიურ ცენტრში და რეაქციის სიჩქარე მცირდება.

დ) თქვენ მიერ ჩამოყალიბებული მსჯელობის საფუძველზე ახსენით, რატომ გვირჩევენ ექიმები სიცხის დამწევი პრეპარატების მიღებას, როდესაც სხეულის ტემპერატურა 39^0C-ს აჭარბებს? რა ემართება ამ დროს ადამიანის ორგანიზმში არსებულ ფერმენტებს?

პასუხი: ადამიანის ფერმენტების უმეტესობისთვის *40 ^{0}C-ზე* მაღალი ტემპერატურა იწვევს აქტივობის შემცირებას, ხოლო უფრო მაღალ ტემპერატურაზე — დენატურაციას. სწორედ ამიტომ გვირჩევენ ექიმები სიცხის დამწევი პრეპარატების მიღებას, როდესაც სხეულის ტემპერატურა 39 ^{0}*C* აჭარბებს.

ბლოკი 3. რუბრიკების დავალებების პასუხები და მეთოდური რეკომენდაციები

დანართი 3.1. ტექსტში ჩართული კითხვები

რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ტექსტში ჩართული კითხვები გამოიყენეთ უშუალოდ შესაბამისი აბზაცის წაკითხვისთანავე, ე.წ. კოგნიტური პაუზის სახით. მოსწავლემ ახალი თეორიული მასალა იქვე უნდა გადაამუშაოს და არ გადავიდეს შემდეგ მონაკვეთზე წინა შინაარსის გააზრების გარეშე. კითხვების დასმისას ყურადღება გამახვილეთ მეთოდურ მინიშნებებზე: ტერმინოლოგიურ ანალიზზე, რეალურ ცხოვრებასთან კავშირზე.

1. რა ჰქვია ელასტინის დამშლელ ფერმენტს?

ელასტინის დამშლელ ფერმენტს ელასტაზა ჰქვია;

მეთოდური რეკომენდაცია: მიაქცევინეთ მოსწავლეების ყურადღება ფერმენტების ნომენკლატურაზე — ტერმინების დაბოლოება „-აზა“ მიანიშნებს, რომ საქმე ფერმენტთან გვაქვს, ხოლო სიტყვის პირველი ნაწილი („ელასტ“) მიუთითებს იმ სუბსტრატზე (ელასტინი), რომელზეც ფერმენტი მოქმედებს.

2. გაიხსენეთ, რას ვუწოდებთ ცილების დამშლელ ფერმენტებს? ლიპიდების დამშლელ ფერმენტებს?

პროტეაზები შლის პროტეინებს, ანუ ცილებს. ლიპაზები შლის ლიპიდებს.

3. ვისი კონკურენტებია ინჰიბიტორები?

კონკურენტული ინჰიბიტორები სუბსტრატის კონკურენტები არიან, რადგან ფერმენტის აქტიურ ცენტრს იკავებენ.

4. ექიმები მკაცრად კრძალავენ საავტომობილო გზების პირას მოყვანილი ხილისა და ბოსტნეულის საკვებად გამოყენებას. ახსენით რატომ.

ავტომობილის გამონაბოლქვი შეიცავს მძიმე მეტალებს (კადმიუმი, ტყვია, ნიკელი), რომლებიც შეუქცევადი ინჰიბიტორებია;

მეთოდური რეკომენდაცია: ამ კითხვაზე მუშაობისას მოსწავლეებს აჩვენეთ ეკოლოგიური ჯაჭვი: ტრანსპორტი (გამონაბოლქვი) → ნიადაგი/ჰაერი → მცენარე → ადამიანი (დაავადება). ეს დაეხმარება მათ, გააცნობიერონ, როგორ მოქმედებს გარემოს დაბინძურება ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

5. ცილა ჰემოგლობინის რომელ სტრუქტურულ თავისებურებაზე მიუთითებს მისი სახელწოდება?

ჰემოგლობინი რთული გლობულარული ცილაა, რომელიც შედგება რკინის შემცველი არაცილოვანი ჯგუფის — ჰემისა და ცილოვანი ნაწილის — გლობინისგან (ლათინ. გლობულუს — ბურთულა);

6. როგორ უკავშირდება ცილა ტრანსფერინის ფუნქცია მის სახელწოდებას?

ლათინ. ტრანსფერე — გადატანა, ფერუმ — რკინა;

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლეებს მიანიშნეთ ამ ცილის დამცველობით როლზეც: სახელწოდება ნიშნავს „რკინის გადამტანს“. ტრანსფერინი არის სისხლის პლაზმის სპეციფიკური ცილა (გლიკოპროტეინი), რომლის მთავარი ფუნქციაა ნაწლავებიდან შეწოვილი ან დაშლილი ერითროციტებიდან გამოთავისუფლებული (Fe^{2+}→Fe^{3+}) თავისუფალი რკინის იონების (Fe^{3+}) ბლოკირება და მისი ტრანსპორტირება უჯრედებამდე (მაგალითად, ძვლის ტვინამდე, სადაც ახალი ჰემოგლობინი უნდა სინთეზირდეს. რკინის იონები (Fe^{3+}) ორგანიზმისთვის ტოქსიკურია და იწვევს თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნას. ტრანსფერინი მას იკავშირებს. ამ გზით უსაფრთხოდ გადააქვს რკინის იონები (Fe^{3+}) და თან ხელს უშლის რკინის იონების ტოქსიკურ მოქმედებას ორგანიზმზე.

7. ნაწლავებში შეწოვილი რკინის დაახლოებით 75% ძვლის ტვინამდე ტრანსპორტირდება, სხვადასხვა უჯრედამდე კი მხოლოდ 25% მიდის. ახსენით, რატომ?

სისხლის უჯრედები, მათ შორის ერითროციტები, ძვლის წითელ ტვინში ყალიბდება;

მეთოდური რეკომენდაცია: ამ საკითხის განხილვისას აქცენტი გააკეთეთ ორგანიზმში რესურსების მიზნობრივ განაწილებაზე — აჩვენეთ მიზეზშედეგობრივი კავშირი ძვლის ტვინში ერითროციტების უწყვეტ წარმოებასა და რკინის ძირითადი ნაკადის (75%) იქ მიმართვას შორის

8. რატომ ითვლება ფერიტინისა და ჰემოგლობინის კონცენტრაციის ერთობლივი განსაზღვრა სისხლში ანემიის ფორმის დიაგნისტირებისთვის უფრი ზუსტ ინდიკატორად, ვიდრე მხოლოდ ჰემოგლობინის რაოდენობისა?

ანემიის მიზეზი შეიძლება იყოს ძვლის წითელი ტვინის ფუნქციის დაქვეითება ან ერითროციტების დაშლა (ჰემოლიზური ანემია), რომელის მიზეზიც სისხლის შეუთავსებელი გადასხმაა, ან ფერიტინში რკინის მარაგების გამოლევა.

მეთოდური რეკომენდაცია: ამ კითხვის განხილვისას მოსწავლეებს აუხსენით, რომ ფერიტინის კლება არის ანემიის ადრეული ნიშანი, ხოლო ჰემოგლობინის კლება — უკვე გამოვლენილ დაავადებაზე მიანიშნებს.

9. როგორ ფიქრობთ, წითელას ანტისხეულს შეუძლია წითურას ანტიგენის შებოჭვა? რატომ?

არა, რადგან ანტისხეულებს სპეციფიკურობა ახასიათებს. ანტისხეულების ,,ამომცნობი ბოლოები“ ანტიგენის სტრუქტურას შეესაბამება.

მეთოდური რეკომენდაცია: ამ კითხვის განხილვისას აქცენტი გააკეთეთ იმუნიტეტის სპეციფიკურობის პრინციპზე (ანტისხეულისა და ანტიგენის სტრუქტურულ შესაბამისობაზე), რათა მოსწავლეებმა გაიაზრონ, თუ რატომ არ იცავს ერთი დაავადების გადატანა ან შესაბამისი ვაქცინა ორგანიზმს სხვა დაავადების გამომწვევისგან.

დანართი 3.2 საშინაო დავალება

დავალებები სასწავლო პროცესის დიფერენცირების შესაძლებლობას იძლევა და მასწავლებელს ეხმარება, მოსწავლეთა ინდივიდუალური საჭიროებების, ინტერესებისა და მზაობის გათვალისწინებით შეარჩიოს შესაბამისი აქტივობები. მე-2 და მე-5 დავალება უზრუნველყოფს ძირითადი ცნებების გააზრებისა და ვიზუალური მხარდაჭერის შესაძლებლობას; მე-3 და მე-4 დავალება ხელს უწყობს ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზსა და ტოქსიკური ფაქტორების მოქმედების მოლეკულური მექანიზმების ახსნას; მე-6 დავალება (ავოკადოს მაგალითი) ხელს უწყობს ცოდნის ტრანსფერს, სტრუქტურა-ფუნქციის კავშირისა და pH-ის გავლენის გააზრებას, ასევე სამეცნიერო ცოდნის გამოყენებას რეალური ცხოვრებისეული პრობლემების გადასაჭრელად.

პასუხები:

1. A;

2. ფერმენტის აქტივობაზე მოქმედი ფაქტორებია:

1. ტემპერატურა; 2. pH; 3. ინჰიბიტორი; 4. კოფაქტორი; 5. პროდუქტის და სუბსტრატის კონცენტრაცია.

3. მდუღარე წყალში ხახვის ფერმენტები დენატურირდება რეაქცია საერთოდ შეწყდება. საყინულეში — ფერმენტი ინაქტივირებულია, რადგან დაბალ ტემპერატურაზე მოლეკულების კინეტიკური ენერგია მინიმუმამდე მცირდება, ამიტომ ფერმენტული რეაქციები პრაქტიკულად ჩერდება, თუმცა ფერმენტის სტრუქტურა არ ირღვევა (განსხვავებით დუღილისგან) და გათბობის შემდეგ ისევ აქტიურდება. დაბალ ტემპერატურაზე მიღებული ნივთიერების აორთქლების სიჩქარეც დაბალია და თვალის ლორწოვან გარსამდე „მწველი“ ნივთიერების ორთქლი ვერ აღწევს.

4. გამონაბოლქვიდან ხილში მოხვედრილი მძიმე მეტალები (Pb^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}) ადამიანის ორგანიზმში

მოხვედრისას მოქმედებენ როგორც ძლიერი ფერმენტული შხამები. ისინი არაკონკურენტული ინჰიბიტორებია. მეტალები უერთდებიან ფერმენტის აქტიურ ცენტრთან ახლოს ან მის გარეთ არსებულ სულფჰიდრილურ (-HS) ჯგუფებს, რომლებიც დისულფიდური ბმების წარმოქმნაში მონაწილეობენ. კავშირის შედეგად მთლიანად იცვლება ფერმენტის ცილოვანი მოლეკულის მესამეული სტრუქტურა — ხდება მისი კონფორმაციული ცვლილება. აქტიური ცენტრი ფორმას იცვლის და სუბსტრატს ვეღარ უკავშირდება.

5. A.

6. **ა)** გარემოს მჟავიანობის მკვეთრი ცვლილება იწვევს ავოკადოს ფერმენტის დენატურაციას. ძლიერ მჟავე გარემოში ირღვევა ფერმენტის მესამეული სტრუქტურის შემანარჩუნებელი ბმები (წყალბადური და იონური ბმები), რის გამოც ცილის მოლეკულა კარგავს თავის ბუნებრივ, სივრცულ ფორმას.

   ბ) ფერმენტის ფუნქცია პირდაპირ არის დამოკიდებული მის მესამეულ სტრუქტურასა და აქტიური ცენტრის სწორ ფორმაზე. დენატურაციის შედეგად იცვლება აქტიური ცენტრის ფორმა, რის გამოც სუბსტრატი (ჟანგბადი და ავოკადოში არსებული ნივთიერებები) ვეღარ უკავშირდება მას. ფერმენტი კარგავს თავის კატალიზურ უნარს, რეაქცია ჩერდება და ავოკადო ვეღარ იცვლის ფერს (აღარ ყავისფერიდება).

   გ) მაღალი ტემპერატურა, ისევე როგორც დაბალი pH, იწვევს ფერმენტების დენატურაციას — მათ ინაქტივაციას. ფერმენტი დაიშლება/დაკარგავს სტრუქტურას, შესაბამისად, გაყავისფერების რეაქცია აღარ წავა და ავოკადო შეინარჩუნებს ფერს (თუმცა მდუღარე წყალმა შესაძლოა ნაყოფის ტექსტურა დააზიანოს).

   დ) ეს დასკვნა გვეხმარება გავიაზროთ, რომ ტემპერატურისა და მჟავიანობის ცვლილებით შეგვიძლია ფერმენტული პროცესების მართვა. შეგვიძლია ავიცილოთ თავიდან სხვა ხილისა და ბოსტნეულის (მაგ. ვაშლის, მსხლის, კარტოფილის) გაყავისფერება ლიმონის წვენის (ან მჟავას) შესხურებით; ასევე გასაგებია, თუ რატომ გამოიყენება მარინადები (მჟავე გარემო) ან თერმული დამუშავება საკვების დასაკონსერვებლად და შესანახად.

დანართი 3.3 უპასუხეთ კითხვებს

1. სტრუქტურულ ანუ სამშენებლო ფუნქციას ასრულებს: კოლაგენი, კერატინი, ელასტინი, ფიბროინი;
2. კონკურენტული ინჰიბიტორი უკავშირდება ფერმენტის აქტიურ ცენტრს, სუბსტრატის ნაცვლად. არაკონკურენტული ინჰიბიტორი კი არღვევს ფერმენტის სტრუქტურას და სუბსტრატის დაკავშირება შეუძლებელი ხდება;
3. ანტისხეული ანტიგენს ამოიცნობს სპეციფიკური უბნის საშუალებით;
4. სასიგნალო ფუნქციას ასრულებს ზოგიერთი ჰორმონი და მისი რეცეპტორი, მაგალითად ინსულინი;
5. ორგანიზმი ცილას ენერგეტიკული მიზნისთვის იყენებს, როდესაც ენერგიის ყველა სხვა წყარო ამოწურულია.

7.1.4 ორგანული ნივთიერებები, ნახშირწყლები

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: ორგანული ნივთიერებები, ნახშირწყლები

საკვანძო კითხვები:

- *როგორ განსაზღვრავს სხვადასხვა ნახშირწყლის სტრუქტურა მათ როლს უჯრედის სასიცოცხლო თვისებების შენარჩუნებაში;*
- *რატომ არის მათი თვისებების ცოდნა მნიშვნელოვანი ორგანიზმში ენერგეტიკული ბალანსისა და ჰომეოსტაზის შეფასებისთვის, ასევე ზოგიერთი დაავადების დიაგნოსტიკისთვის.*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება.

მისაღწევი შედგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

სტრუქტურა და ფუნქცია — მოსწავლე აკავშირებს ნახშირწყლების ქიმიურ აგებულებას მათ ფუნქციასთან;

ჯანმრთელობა და დაავადება — მოსწავლე აანალიზებს ნახშირწყლების ჭარბი ან დეფიციტური მოხმარების გავლენას ორგანიზმზე და მსჯელობს გლუკოზის გამოყენებაზე დაავადებების სადიაგნოსტიკოდ და მკურნალობისთვის.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 1-2 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი შესაძლო ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და დროის რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ აქტივობების შინაარსი და თანმიმდევრობა.

შენიშვნა: დროის დეფიციტის შემთხვევაში, აქტივობა 4-ის ექსპერიმენტის დაგეგმვა და ოქმის შევსება მოსწავლეებს მიეცით წყვილებში/ჯგუფებში დასასრულებლად ან საშინაო დავალების სახით, ხოლო საკლასო დრო დაუთმეთ მხოლოდ ლოგიკური სქემის განხილვას.

2. აქტივობების დაგეგმვა



აქტივობები წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად და მოტივაციის ასამაღლებლად



აქტივობა 1: ილუსტრაციებზე მუშაობა

მიზანი: წინარე ცოდნის გააქტიურება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 37.

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ შესავალ აქტივობაზე, ილუსტრაციის მიხედვით პასუხობენ დასმულ კითხვებს.

რეკომენდაცია: აქტივობის მიზანია ნახშირწყლების, როგორც ენერგიის პირველადი წყაროს, და მათი სტრუქტურული მრავალფეროვნების (სახამებელი, ცელულოზა) გააზრება ნაცნობი სხეულების (კარტოფილი, პური, ქაღალდი, პერანგი) მაგალითზე. წაახალისეთ მოსწავლეები, დასვან ლოგიკური კითხვები იმის შესახებ, თუ რატომ განსხვავდება ერთმანეთისგან ქაღალდი და კარტოფილი, ორივე ხომ ნახშირწყალია.

კითხვებზე პასუხის სასურველი ვერსია:

ა) საკვები პროდუქტები (კარტოფილი, პური) შეიცავს სახამებელს, ხოლო ხე, ქაღალდი და ბამბის პერანგი — ცელულოზას (უჯრედისს).

ბ) ადამიანს შეუძლია სახამებლის მონელება, ცელულოზას კი ვერ ინელებს (თუმცა იგი აუცილებელია პერისტალტიკისთვის). ნახშირწყლების დამშლელი ფერმენტია ამილაზა (რომელსაც ნერწყვი და პანკრეასის წვენი შეიცავს). წვრილი ნაწლავის წვენში შემავალი ფერმეტებიც შლიან მონოსაქარიდებამდე.

გ) მწიფე ბანანი შეიცავს მარტივ ნახშირწყლებს (გლუკოზას, ფრუქტოზას), რომლებიც ძალიან სწრაფად შეიწოვება სისხლში და მომენტალურად ამარაგებს ორგანიზმს საჭირო ენერგიით.

ყურადღება გაამახვილეთ ნახშირწყლების ორ ძირითად ფუნქციაზე: ენერგეტიკულზე (მარტივი ნახშირწყლები და სახამებელი) და სტრუქტურულზე/საყრდენზე (ცელულოზა მცენარეებში).

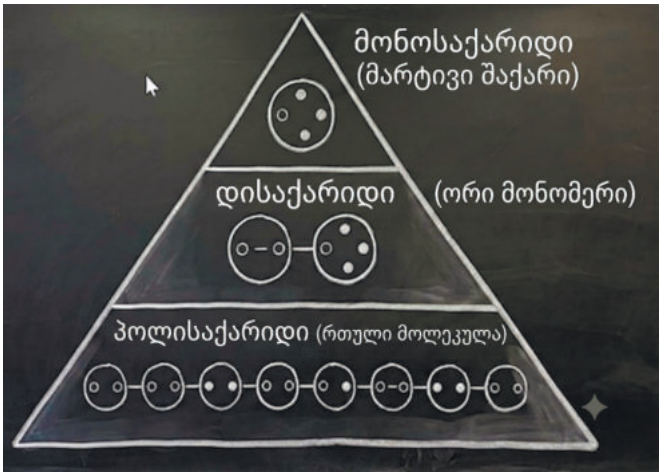
აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად

აქტივობ 2: ნახშირწყლების სამკუთხედი.

მიზანი: ნაშირწყლების კლასიფიკაციის გაცნობა, ზოგადი დახასიათება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 37-39, ილუსტრაცია.

აღწერა: მასწავლებელი დაფაზე ხაზავს იერარქიულ პირამიდას: **წვერო:** მონოსაქარიდები (გლუკოზა — „სწრაფი ენერგია“). **შუა ნაწილი:** დისაქარიდები (საქაროზა, ლაქტოზა — „ტრანსპორტი, ტკბილი გემო“). **ფუძე:** პოლისაქარიდები (სახამებელი, გლიკოგენი — „მარაგი“, ცელულოზა, ქიტინი — „ჩონჩხი“). ინტერაქციული პრეზენტაციით აცნობს მონო, დი- და პოლისაქარიდების მნიშვნელოვან წარმომადგენლებს. დამაზუსტებელი კითხვებით მოსწავლეებისგან იღებს უკუკავშირს. *(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება).*



რეკომენდაცია — წაახალისეთ მოსწავლეები, დაასახელონ სამკუთხედში ჩასმული ნივთიერებების მაგალითები. იმისათვის, რომ ორგანიზმმა ფუძეში მყოფი სახამებელი (მარაგი) გამოიყენოს, ის ჯერ უნდა დაიშალოს მარტივ შაქრამდე, რათა უჯრედმა მიიღოს **ენერგია**. როცა მივირთმევთ ტკბილეულს (წვერო), ენერგია მომენტალურად გამოიყოფა (შაქრის ნახტომი), ხოლო როცა მივირთმევთ მარცვლეულის ფაფას (ფუძე), ენერგია ნელა და სტაბილურად მოეწოდება ორგანიზმს. პირამიდის ახსნისას ყურადღება გაამახვილეთ ჰიდროლიზის პროცესზე (როგორ იშლება პოლისაქარიდები მონოსაქარიდებამდე). განმარტეთ, რომ რთული ნახშირწყლების (მარცვლეულის ფაფები) მონელებას სჭირდება მეტი დრო, რის გამოც ენერგია გამოიყოფა თანაბრად და სტაბილურად, ხოლო მარტივი შაქრები (ტკბილეული) მომენტალურად იშლება და სისხლში გლუკოზის დონე მკვეთრად იმატებს. სახამებლისა და ცელულოზის ილუსტრაციების (გვ. 39) გამოყენებით აუხსენით, რომ სახამებლის დატოტვილი სტრუქტურა აადვილებს

ჰიდროლიზის პროცესს და ენერგიის გამოყოფას, ხოლო ცელულოზას მჭიდრო, ხაზოვანი სტრუქტურა მის სიმტკიცეს განაპირობებს.

მსჯელობა დაუკავშირეთ განშლაზე მოცემულ კითხვას: რატომ ითვლება ბოსტნეული ერთ-ერთ სასარგებლო და დაბალკალორიულ საკვებად? მოისმინეთ მოსწავლეების ვარაუდები.

დამატებითი რეკომენდაციები: რთული ნახშირწყლების საუზმეზე მიღებისას ადამიანს აქვს ენერგიის მარაგი, რომელსაც ნელ-ნელა წვავს. ხოლო ტკბილეულის მიღებისას, ენერგიას იღებს ერთბაშად, დიდი რაოდენობით, რომელიც სწრაფად იხარჯება. აქ შეგიძლიათ გამოიყენოთ შეშისა და ქაღალდის წვის ანალოგია. ორივე ცელულოზას შეიცავს, თუმცა ქაღალდი სწრაფად დაიწვება და ენერგიაც სწრაფადვე ქრება, შეშა ნელა იწვის და ენერგიაც დიდი ხნის განმავლობაში ათბობს გარემოს.

მნიშვნელოვანია მოსწავლეები კიდევ ერთხელ დაუფიქროთ ჯანსაღი კვებისა და ზოგადად საუზმობის მნიშვნელობაზე. რადგან ეს ძალიან გავრცელებული პრობლემაა, მოსწავლეები ძირითადად არ საუზმობენ, ან საუზმეზე მიირთმევენ ფუნთუშებს, ან შოკოლადს.

აქტივობა 3: ექსპერიმენტის ანალიზი *(ქიმიასთან ინტეგრაცია)*

მიზანი: ჩატარებული კვლევის შეფასებისა და ანალიზის უნარის განვითარება

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 39 საკლასო აქტივობა N 1). შეფასების რუბრიკა 2.

აღწერა: იმის დასადასტურებლად, რომ ნახშირწყლების სახელწოდება შეესაბამება მათ შედგენილობას მოსწავლეები წყვილებში ან მცირე ჯგუფებში განიხილავენ შაქრის (საქაროზის) კონცენტრირებული გოგირდმჟავათი დეჰიდრატაციის ექსპერიმენტს. (მოსწავლის წიგნი, პარაგრაფი 1.4. — საკლასო აქტივობა 1). ისინი მიღებულ შედეგებს აკავშირებენ ნახშირწყლების ქიმიურ შედგენილობასთან და მსჯელობენ, რატომ მიიღება ამორფული ნახშირი. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: გაახსენეთ მოსწავლეებს რას ნიშნავს ეგზო- და ენდოთერმული რეაქციები. ივარაუდონ როგორი რეაქციაა აღწერილი ექსპერიმენტში. ასევე დაუფიქრეთ ალოტროპიის ცნებაზე.

აქტივობა ატარებს ინტეგრირებულ ხასიათს და მიზნად ისახავს ნივთიერების თვისებების დაკავშირებას მის სტრუქტურასთან ალოტროპიის მაგალითზე ყურადღება გაამახვილეთ ალმასის, გრაფიტისა და ნახშირის ფიზიკურ თვისებებზე. ალოტროპიის მაგალითი კიდევ ერთხელ აჩვენებს, რომ ნივთიერების თვისებებს განსაზღვრავს არა მხოლოდ ელემენტური შედგენილობა, არამედ ატომების განლაგება.

მოსწავლის პასუხების სასურველი ვერსია:

ა) რეაქცია მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით. მიღებული წყალი გამოთავისუფლებული სითბოს ხარჯზე სწრაფად ორთქლდება. თუ ჭიქასთან ახლოს მივიტანთ მინის ცივ ფირფიტას, ცხელი წყლის ორთქლი მასზე მოხვედრისას კონდენსირდება და მინის ზედაპირზე თხევადი წყლის წვეთების სახით დაგროვდება.

ბ) ალოტროპია არის ქიმიური ელემენტის უნარი, წარმოქმნას რამდენიმე მარტივი ნივთიერება, რომლებიც ერთმანეთისგან სტრუქტურით და თვისებებით განსხვავდება. ნახშირბადის ალოტროპებია ალმასი, გრაფიტი, ფულერენი, მური, ნახშირი. რეაქციის დროს წარმოიქმნება ამორფული ნახშირი, რომელსაც არ გააჩნია მჭიდრო კრისტალური მესერი (განსხვავებით ალმასისგან). მისი სტრუქტურა არის ფოროვანი და ფხვიერი.

სასურველია გამოიყენოთ დამატებითი კითხვები მოსწავლეთა მსჯელობის გასაღრმავებლად, დასკვნის გამოტანისა და მიზეზშედეგობრივი კავშირების ჩამოსაყალიბებლად:

- თუ ჭიქაში წყალი თხევადი სახით არ ჩანს, რა ფიზიკური მოვლენა ამტკიცებს, რომ ის რეაქციის პროდუქტია?

- რა ქიმიურმა პროცესმა გახადა ჭიქაში წარმოქმნილი ნახშირი ასეთი მოცულობითი?
- რატომ არ აქვს ნახშირს ალმასისთვის დამახასიათებელი მყარი კრისტალური მესერი?

რეკომენდაცია: კონცენტრირებული გოგირდმჟავა შაქრის დეჰიდრატაციისას ათავისუფლებს ნახშირბადს და ამავდროულად ნაწილობრივ ჟანგავს მას. რეაქციისას გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, გოგირდის დიოქსიდი, წყლის ორთქლი. $C_{12}H_{22}O_{11} + 2H_2SO_4 \rightarrow 11\,C + CO_2 + 2SO_2 + 13H_2O$

ეს აირები ნახშირბადის რბილ, პლასტიკურ მასაში პროცესის პარალელურად გაივლიან, საბოლოოდ წარმოქმნიან ფოროვან ნახშირის სვეტს.

რეაქციისას წარმოქმნილი ნახშირი ამორფულია — მისი ატომები ქაოსურად, უწესრიგოდაა განლაგებული. ალმასში ნახშირბადის ყოველი ატომი ნახშირბადის 4 მეზობელ ატომთან ძალიან მტკიცე კოვალენტურ ბმებს წარმოქმნის. ასეთი მოწესრიგებული კრისტალური მესრის ჩამოსაყალიბებლად აუცილებელია დიდი წნევა და მაღალი ტემპერატურა (რაც ბუნებაში დედამიწის სიღრმეში ხდება). ჭიქაში მიმდინარე ქიმიური რეაქციისას ასეთი ფიზიკური პირობები არ არსებობს.

აქტივობა 4: ექსპერიმენტის დაგეგმვა

მიზანი: კვლევის დაგეგმვის უნარის განვითარება

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 40 საკლასო აქტივობა N 2, სამუშაო ფურცელი 1 (სტანდარტული და ადაპტირებული (დანართი 1.1. და 1.2). სამუშაო ფურცლების შევსებული ვერსიები (დანართი 2.1. და 2.2.). შეფასების რუბრიკა 3.

აღწერა: მოსწავლეები ჯგუფებში ავსებენ სამუშაო ფურცლებს საკლასო აქტივობა გვ. 40 N2 მიხედვით. მათი ამოცანაა დაგეგმონ ექსპერიმენტი**,** რომლის საშუალებითაც შეძლებენ სამი უცნობი ნივთიერების (ნატრიუმის ბიკარბონატის, სახამებლისა და საქაროზის) ამოცნობას. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: წაახალისეთ მოსწავლეები, ჯერ შეადგინონ კვლევის თანმიმდევრული გეგმა, შემდეგ კი დაასაბუთონ, რატომ ირჩევენ თითოეულ ეტაპს. ყურადღება გაამახვილეთ იმაზე, რომ დაგეგმილი ცდები იყოს ლოგიკურად დალაგებული და თითოეული ნაბიჯი ეფუძნებოდეს ნივთიერებების ფიზიკურ ან ქიმიურ თვისებებს.

აქტივობის განხილვისას სთხოვეთ ჯგუფებს შეადარონ ერთმანეთს საკუთარი კვლევის გეგმა სხვა ჯგუფისას და იმსჯელონ, რომელი ეტაპი მიაჩნიათ გადამწყვეტად და რატომ.

მოსწავლეებს წინასწარ გააცანით ექსპერიმენტისთვის ხელმისაწვდომი რესურსების (მაგ., თბილი წყალი, იოდის ხსნარი, ძმარი, სინჯარები, პიპეტი, მინის ჩხირი და სხვ.) ჩამონათვალი და აუხსნათ, რომ კვლევის გეგმის შედგენისას შეარჩიონ მხოლოდ ის რესურსები, რომლებიც, მათი აზრით, საჭიროა ნივთიერებების იდენტიფიცირებისთვის. სასურველია, ჩამონათვალში წარმოდგენილი იყოს როგორც საჭირო, ისე რამდენიმე ზედმეტი რესურსიც, რათა გააზრებულად მიიღონ გადაწყვეტილება და დაასაბუთონ საკუთარი არჩევანი.

აქტივობები საკითხის შესაჯამებლად

აქტივობა 5: შეჯამება, შეფასება

მიზანი: განმავითარებელი შეფასება

რესურსი: მოსწავლის ჩართულობის შეფასების რუბრიკა და გასასვლელი ბარათი.

აღწერა: მასწავლებელი აჯამებს გაკვეთილის ძირითად აქცენტებს (სტრუქტურისა და ფუნქციის კავშირს) და მოსწავლეებს სთხოვს ინდივიდუალურად შეავსონ გასასვლელი ბარათი 3-2-1.

რეკომენდაცია: განუმარტეთ, მოსწავლეებს რომ გასასვლელი ბარათი არ არის ფორმალური დავალება — ის თქვენ გეხმარებათ მოსწავლეთა გააზრების დონის სწრაფ დიაგნოსტიკაში. წაახალისეთ მოსწავლეები, მესამე ველში („1 კითხვა, რომელიც ჯერ კიდევ დარჩათ“) ჩაწერონ რეალური გაურკვევლობები. კითხვები შეაგროვეთ და მომდევნო გაკვეთილის დასაწყისში 2-3 წუთი დაუთმეთ მათ განხილვას. ხაზი გაუსვით, რომ ბარათის შევსებისას ყურადღება გამახვილდეს არა მხოლოდ ფაქტების დამახსოვრებაზე, არამედ იმაზე, თუ როგორ აკავშირებენ მოსწავლეები ექსპერიმენტის შედეგებს ნახშირწყლების ბიოლოგიურ ფუნქციებთან (სტრუქტურა-ფუნქციის კავშირი).

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

სწავლების პროცესში დიფერენცირება ხორციელდება შინაარსის, პროცესისა და პროდუქტის დონეზე, მოსწავლეთა ინდივიდუალური საჭიროებების, ინტერესებისა და მზაობის გათვალისწინებით.

დამატებითი მხარდაჭერის საჭიროების შემთხვევაში: აქტივობა 4 — მოსწავლეებს მიეწოდებათ ნაწილობრივ შევსებული კვლევის ოქმი და დამხმარე ცხრილი.

ძირითადი დავალება: მოსწავლეები სტანდარტული სამუშაო ფურცლის საფუძველზე დამოუკიდებლად გეგმავენ კვლევას და ასაბუთებენ რეაქტივების შერჩევას.

დამატებითი გამოწვევის შემთხვევაში: აქტივობა 3 — მოსწავლეები მსჯელობენ აქტივირებული ნახშირის გამოყენებაზე მედიცინაში; აქტივობა 4 — შეიმუშავებენ ალტერნატიულ კვლევის გეგმას და აფასებენ რეაქტივების მიმდევრობის გავლენას შედეგებზე.

რუბრიკის „ეს საინტერესოა“-ს გამოყენება დიფერენცირებისთვის

რუბრიკაში მოცემული ინფორმაციის დამუშავება არ არის სავალდებულო მოსწავლისთვის, თუმცა სასწავლო პროცესის მრავალმხრივი დიფერენცირებისთვის ერთ-ერთი საშუალებაა. გამოყენების შემთხვევაში მოსწავლეები შეაფასეთ მხოლოდ განმავითარებელი შეფასებით.

ა) დიფერენცირება შინაარსის მიხედვით**:**

დამატებითი გამოწვევის შემთხვევაში:

- მოიძიონ ინფორმაცია იმის შესახებ, როგორ მზადდება ეს მასალა ბაქტერიების გამოყენებით და რა უპირატესობა აქვს მას ტრადიციულ სახვევებთან შედარებით.
- შეისწავლონ PLA პლასტმასის წარმოების სქემა (გვ. 41-42) და ახსნან, რატომ ითვლება ის ეკოლოგიურად სუფთა ალტერნატივად. მათ შეუძლიათ იმსჯელონ, რამდენად რეალურია ტრადიციული პლასტმასის სრულად ჩანაცვლება PLA-თი.
- წაახალისეთ ისინი, იმსჯელონ ცელულოზასა და PLA-ს შორის მსგავსება-განსხვავებაზე, როგორც ბიოპოლიმერებზე.

ძირითადი დავალება:

- გაეცნონ ინფორმაციას ბამბის წარმოების შესახებ და ახსნან, რატომ ითვლება ბამბა მაღალი ხარისხის ტექსტილის მასალად. მათ შეუძლიათ იმსჯელონ იმაზე, თუ როგორ მოქმედებს ბამბის სტრუქტურა მის თვისებებზე.
- გააანალიზონ „ბიოცელულოზის“ გამოყენება კოსმეტოლოგიაში და ახსნან, როგორ მოქმედებს ის კანზე. მათ შეუძლიათ იმსჯელონ იმაზე, თუ რამდენად ეფექტურია ბიოცელულოზის შემცველი კოსმეტიკური საშუალებები.

დამატებითი მხარდაჭერის საჭიროების შემთხვევაში:

- გაეცნონ ინფორმაციას ბიოცელულოზის შესახებ და დაასახელონ, რა მიზნით გამოიყენება ის მედიცინასა და კოსმეტოლოგიაში.

- დაასახელონ, რა მასალისგან მზადდება PLA პლასტმასა და რა უპირატესობა აქვს მას ტრადიციულ პლასტმასასთან შედარებით.

ბ) დიფერენცირება პროცესის მიხედვით (სასწავლო პროფილების გათვალისწინებით აირჩიონ)

- შექმნან ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის წარმოების სქემა.
- შექმნან პლაკატი, სადაც ნაჩვენები იქნება ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის გამოყენების სფეროები.
- მოამზადონ მოკლე პრეზენტაცია ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის შესახებ.
- მოამზადონ ინტერვიუ მეცნიერთან, რომელიც მუშაობს ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის წარმოებაზე.
- შექმნან ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის «მოდელი» სხვადასხვა მასალის გამოყენებით.
- ჩაატარონ მარტივი ექსპერიმენტი ბამბის თვისებების შესასწავლად (მაგალითად, მისი წყალშთანთქმის უნარის შემოწმება)

გ) დიფერენცირება პროდუქტის მიხედვით (მოსწავლის არჩევანის გათვალისწინებით)

მოსწავლეებს შეუძლიათ აირჩიონ, როგორ წარმოადგინონ თავიანთი ნამუშევარი:

- **წერილობითი ანგარიში:** მოსწავლეები წერენ მოკლე ესეს ან ანგარიშს ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის შესახებ.
- **ზეპირი პრეზენტაცია:** მოსწავლეები ამზადებენ მოკლე პრეზენტაციას ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის შესახებ.
- **ვიზუალური პლაკატი:** მოსწავლეები ქმნიან პლაკატს, სადაც ნაჩვენები იქნება ბიოცელულოზის ან PLA პლასტმასის წარმოება და გამოყენება.
- **ციფრული პრეზენტაცია:** მოსწავლეები ქმნიან ციფრულ პრეზენტაციას (მაგალითად, PowerPoint-ის ან Prezi-ს გამოყენებით).

4. შეფასება

შეფასების მიზანია ისეთი სასწავლო სიტუაციების შექმნა, სადაც მოსწავლეს შესაძლებლობა ექნება სხვადასხვა გზით წარმოაჩინოს საკუთარი ცოდნა და უნარები. ამ მიზნით, შეფასებისას გამოიყენეთ მრავალფეროვანი კითხვები და დავალებები, რომელიც საშუალებას მოგცემთ შეაფასოთ დეკლარატიული, პროცედურული და პირობისეული ცოდნა და მეტაკოგნიტური უნარები. ქვემოთ მოცემულია რამდენიმე ნიმუში:

დეკლარატიულ ცოდნას აფასებს რუბრიკა ,,უპასუხეთ კითხვებს“, საშინაო დავალება გვ. 42 N2.

პროცედურულ ცოდნას აფასებს გვ. 39, N1 ა.

პირობისეულ ცოდნას აფასებს გვ. 40 საკლასო აქტივობა N2

მეტაკოგნიტურ უნარებს აფასებს გვ. 40 საკლასო აქტივობა N2

შეფასების რუბრიკა 1. სამიზნე ცნებების ინდიკატორების მიხედვით

სამიზნე ცნება	პირველი დონე	მეორე დონე	მესამე დონე
სტრუქტურა და ფუნქცია	ასახელებს ნახშირწყლებს, მაგრამ უჭირს აგებულების დაკავშირება უჯრედში მათ ფუნქციასთან.	ხსნის განსხვავებას სახამებელსა და ცელულოზას აგებულებას შორის, აღწერს მათ როლს მცენარეში.	სახამებლისა და ცელულოზას სტრუქტურის საფუძველზე ხსნის მათ ფუნქციას ორგანიზმში. მოლეკულის აგებულებას აკავშირებს მისი ჰიდროლიზის უნართან.
ჯანმრთელობა და დაავადება	იცის, რომ ბევრი შაქარი მავნებელია, მაგრამ ვერ ხსნის მიზეზს.	მსჯელობს «სწრაფი» და «ნელი» ენერგიის გავლენაზე ორგანიზმზე. განასხვავებს ჯანსაღ და არაჯანსაღ საკვებს.	მსჯელობს მარტივი და რთული ნახშირწყლების დაშლის სიჩქარეზე ორგანიზმში და ხსნის სისხლში გლუკოზის მკვეთრი ცვლილების ბიოლოგიურ მიზეზებს.

შეფასების რუბრიკა 2. ექსპერიმენტის ანალიზის შეფასების რუბრიკა (აქტივობა 3)

პრესტრუქტურული	პასუხი ნაკლებად შეესაბამება დასმულ კითხვას ან შეიცავს მეცნიერულად მცდარ განმარტებას.
უნისტრუქტურული	ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტს, მაგრამ ვერ ხსნის მიზეზებს.
მულტისტრუქტურული	ჩამოთვლის ფაქტებს ცალ-ცალკე: იცის, რომ რეაქცია ეგზოთერმულია, ხდება კონდენსაცია და პროდუქტი ნახშირბადის ალოტროპია, თუმცა უჭირს მათი ერთმანეთთან დაკავშირება.
მიმართებითი	სრულყოფილად კრავს ჯაჭვს: გამოყოფილი სითბო იწვევს წყლის აორთქლებას (რასაც მინაზე კონდენსაცია ამტკიცებს), ხოლო პროდუქტის ფორიანობას ხსნის მისი ამორფული (ქაოტური) სტრუქტურით.
გაფართოებული აბსტრაქციის დონე	აყალიბებს ჰიპოთეზას მიღებული ამორფული ნახშირის თვისებებზე (მაგ. ფოროვანი სტრუქტურის გამო მისი გამოყენება სასმელი წყლის ფილტრებში/მედიცინაში ადსორბციისთვის).

შეფასების ანალიტიკური რუბრიკა 3. (აქტივობა 4)

შეფასების კრიტერიუმები	დაბალი დონე	საშუალო დონე	მაღალი დონე
კვლევის დაგეგმვა და ეტაპების შერჩევა	ვერ ახერხებს ლოგიკური ნაბიჯების თანმიმდევრობის განსაზღვრას. ნივთიერებებს ურევს ქაოტურად, სისტემურობის გარეშე.	გეგმავს ეტაპებს, თუმცა უჭირს იმის დასაბუთება, თუ რომელი ეტაპია გადამწყვეტი (მაგ. ხსნადობის შემოწმების როლი სახამებლის გამოსაყოფად).	ზუსტად და ლოგიკურად გეგმავს კვლევას. ნათლად ასაბუთებს, რომ პირველ ეტაპზე ხსნადობის შემოწმება გადამწყვეტია მაკრომოლეკულის გამოსაცალკევებლად. იაზრებს რეაქტივების ზედმეტი ხარჯვის თავიდან აცილების მნიშვნელობას.

თვისებრივი რეაქციების და დაკვირვების წარმოება	ვერ აკავშირებს ვიზუალურ ეფექტებს (შუშხუნი, შეფერილობა) კონკრეტულ ქიმიურ პროცესებთან.	სწორად ახორციელებს დაკვირვებებს (ამჩნევს შუშხუნს, ლურჯ შეფერილობას), მაგრამ უჭირს რეაქციის არსის ახსნა (ნახშირორჟანგის გამოყოფა).	ზედმიწევნით ზუსტად აღწერს დაკვირვებებს; აკავშირებს ბიკარბონატის მჟავასთან რეაქციას ნახშირორჟანგის გამოყოფასთან (აქაფებასთან) და იოდს სახამებელთან.
თეორიული ცოდნის ტრანსფერი და არგუმენტაცია	ვერ ხსნის ნივთიერებების თვისებებს მათი სტრუქტურის მიხედვით (მაგ. რატომ მიაკუთვნებენ სახამებელს პოლიმერებს, საქაროზა დისაქარიდებს).	იცის ნივთიერებების სტრუქტურული სხვაობა, მაგრამ დასკვნის გაკეთებისას უჭირს არგუმენტების ერთიან ლოგიკურ ჯაჭვში მოყვანა.	სრულყოფილად იყენებს თეორიულ ცოდნას: არგუმენტირებულად ხსნის, რომ სახამებელი პოლიმერია და იჯირჯვება, საქაროზა დისაქარიდია და წყალში ინერტულია მჟავას/იოდის მიმართ.
კვლევის პროტოკოლის წარმოება	ოქმი შევსებულია ხარვეზებით, მონაცემები არასრულია ან აკლია საბოლოო იდენტიფიკაცია.	ოქმი შევსებულია, მონაცემები ასახავს ექსპერიმენტს, თუმცა დასკვნები ზოგადია	ოქმი შევსებულია სრულად .მონაცემთა მატრიცა სრულია, დასკვნები გამყარებულია მეცნიერული ტერმინოლოგიითა და მკაფიო ლოგიკით.

განმავითარებელი შეფასების ინსტრუმენტი — გასასვლელი ბილეთი 3-2-1 (აქტივობა 5)

თარიღი: ----------

3-2-1	თქვენი პასუხი
3 ახალი რამ, რაც დღეს გაიგეთ ნახშირწყლების სტრუქტურასა და ფუნქციებზე	1. 2. 3.
2 საინტერესო ფაქტი, რაც ექსპერიმენტის ანალიზისა და დაგეგმვისას აღმოაჩინეთ	1. 2.
1 კითხვა, რომელიც ჯერ კიდევ დარჩათ ან გსურთ, რომ მომდევნო გაკვეთილზე უკეთ განვიხილოთ:	1.

დანართები

ბლოკი 1: სამუშაო ფურცლები

დანართი 1.1. სამუშაო ფურცელი N1

1. კვლევის სავარაუდო გეგმა და ეტაპები

დაასახელეთ არჩეული რესურსები და დაასაბუთეთ მათი მნიშვნელობა:

მოკლედ აღწერეთ, რა თანმიმდევრობით აპირებთ ნივთიერებების შემოწმებას და რატომ:

---

2. დაგეგმილი ექსპერიმენტის სავარაუდო მიმდინარეობა

შეავსეთ ცხრილი თქვენი დაგეგმილი ექსპერიმენტის მსვლელობის შესაბამისად:

საცდელი ნიმუში	**თბილ წყალში ხსნადობა**	**მჟავას (ძმრის) დამატება**	**იოდის დამატება**
ნიმუში 1			
ნიმუში 2			
ნიმუში 3			

3. მონაცემთა ანალიზი და ლოგიკური დასკვნა

რომელი ეტაპი აღმოჩნდა გადამწყვეტი კვლევის წარმართვისთვის და რატომ?

რა თეორიული ცოდნა გამოიყენეთ ნივთიერებების ამოსაცნობად? (მიუთითეთ თვისობრივი რეაქციები და ნივთიერებათა სტრუქტურა):

დასკვნა:

ნიმუში N1: _____ ; ნიმუში N2: _____ ; ნიმუში N3 : _____ .

დანართი 1.2. სამუშაო ფურცელი N1 (ადაპტირებული)

დავალება: უცნობი ნივთიერებების (სახამებელი, სოდა/ბიკარბონატი, საქაროზა/შაქარი) იდენტიფიცირება

სახელი, გვარი: _____ **თარიღი:** _____

დამხმარე მინიშნებები (გამოიყენეთ ოქმის შევსებისას):

- **იოდის ხსნარი** — ლურჯად ფერავს *სახამებელს*.
- **ძმარი (მჟავა)** — *სოდასთან* ურთიერთქმედებისას იწვევს აირის გამოყოფას.
- **თბილი წყალი** — *შაქარი* და *სოდა* მასში ადვილად იხსნება, ხოლო *სახამებელი* — არ იხსნება (წარმოქმნის მღვრიე სუსპენზიას).

კვლევის რესურსები და გეგმა

ა) აირჩიეთ და შემოხაზეთ მხოლოდ ის რესურსები, რომლებიც გჭირდებათ:

- თბილი წყალი
- იოდის ხსნარი
- ძმარი
- სინჯარები და პიპეტი
- ზეთი
- სახაზავი

ბ) შეავსეთ გამოტოვებული სიტყვები:

1. **პირველი ეტაპი:** ხსნადობის შესამოწმებლად სამივე ნივთიერებას დავამატებთ _____ (თბილ წყალს / იოდს).
2. **მეორე ეტაპი:** ნივთიერებას, რომელიც არ გაიხსნა, გადავამოწმებთ _____ (ძმრით / იოდით).
3. **მესამე ეტაპი:** აირის გამოყოფის შესამოწმებლად დარჩენილ ორ გამჭვირვალე ხსნარს დავამატებთ _____ (ძმარს / წყალს).

გ) ექსპერიმენტის მსვლელობა (ცხრილის შევსება)

შეავსეთ ცხრილის ცარიელი უჯრები მოცემული ვარიანტებიდან:

(არ გაიხსნა / კარგად გაიხსნა / შეფერადდა მუქ ლურჯად / დაიწყო აირის გამოყოფა / რეაქცია არ მიმდინარეობს)

საცდელი ნიმუში	თბილ წყალში ხსნადობა	მჟავას (ძმრის) დამატება	იოდის დამატება
ნიმუში 1	**არ გაიხსნა**	რეაქცია არ წარიმართა	----------
ნიმუში 2	კარგად გაიხსნა	----------	*(არ შეინიშნება გალურჯება)*
ნიმუში 3	----------	რეაქცია არ წარიმართა	*(ინარჩუნებს იოდის ფერს)*

1

3· მონაცემთა ანალიზი და საბოლოო დასკვნა

ა) შემოხაზეთ სწორი პასუხი: რომელი ეტაპი იყო ყველაზე მნიშვნელოვანი სახამებლის სხვა ნივთიერებებისგან გამოსაყოფად?

ა) იოდის დამატება. ბ) წყალში ხსნადობის შემოწმება.

ბ) ჩაწერილი დაკვირვებების მიხედვით, დაადგინეთ ნივთიერებები: *(გამოიყენეთ სიტყვები: საქაროზა (შაქარი), სახამებელი, ნატრიუმის ბიკარბონატი (სოდა))*

ნიმუში N1 არის: _____ *(რადგან იოდთან ლურჯდება)*

ნიმუში N2 არის: _____ *(რადგან ძმართან შუშხუნებს)*

ნიმუში N3 არის: _____ *(რადგან წყალში იხსნება, მაგრამ რეაქციაში არ შედის)*

2

ბლოკი 2: სამუშაო ფურცლების შევსებული ვერსიები *(რესურსი მასწავლებლისთვის)*

დანართი *2.1.* სამუშაო ფურცელი 1

სავარაუდო გეგმა და შევსებული ცხრილი

ა. ფხვნილებს ემატება თბილი წყალი. ნიმუში, რომელიც არ გაიხსნა და სუსპენზია წარმოქმნა, მიეკუთვნება **სახამებელს** (ეს იოდის ლურჯი შეფერილობითაც დავადასტურე).

ბ. დარჩენილ ორ გამჭვირვალე ხსნარს ემატება ძმარი. ერთ-ერთ ხსნარში შეინიშნა ძლიერი შუშხუნი, რაც იმას მიუთითებს, რომ უცნობი ნივთიერება **ნატრიუმის ბიკარბონატია (სოდა)**. სოდისა და ძმრის ურთიერთქმედების შედეგად წარმოიქმნა ნაირორჭანგი.

მესამე ნივთიერება, რომელიც წყალში კარგად გაიხსნა, ძმართან და იოდთანა არ შევიდა რეაქციაში, იქნებოდა **საქაროზა (საკვები შაქარი)**.

ექსპერიმენტის დაგეგმვისას გადამწყვეტი იყო **წყალში ხსნადობის შემოწმება (პირველი ეტაპი)**. მან საშუალება მომცა, სამი უცნობი ნივთიერებიდან გამოცალკევებინა სახამებელი, რადგან ის მაკრომოლეკულაა და წყალში არ გაიხსნა.

გ. კარბონატები და ბიკარბონატები მჟავებთან რეაქციაში შედიან და გამოყოფენ ნახშირორჭანგს, რაც ვიზუალურად აქაფებით გამოიხატება. ასევე ვიცოდი, რომ იოდი სახამებლის აღმომჩენია და ხსნარს ლურჯად ფერავს. ასევე გავიხსენე, რომ შაქარი დისაქარიდია და კარგად იხსნება წყალში, სახამებელი პოლიმერია და წყალში არ იხსნება, იჯირჯვება.

საცდელი ნიმუში	**თბილ წყალში ხსნადობა**	**მჟავას (ძმრის) დამატება**	**იოდის დამატება**
ნიმუში 1 (სახამებელი)	არ გაიხსნა, წარმოქმნა მღვრიე სუსპენზია	რეაქცია არ შეინიშნება	ხსნარი შეიფერა მუქ ლურჯად
ნიმუში 2 (ბიკარბონატი)	კარგად გაიხსნა, ხსნარი გამჭვირვალეა	შეინიშნება აირის გამოყოფა და აქაფება	რეაქცია არ შეინიშნება (ინარჩუნებს იოდის ფერს)
ნიმუში 3 (საქაროზა)	კარგად გაიხსნა, ხსნარი გამჭვირვალეა	რეაქცია არ შეინიშნება	რეაქცია არ შეინიშნება (ინარჩუნებს იოდის ფერს)

დანართი 2.2. სამუშაო ფურცელი N1 (ადაპტირებული) *(რესურსი მასწავლებლისთვის)*

სახელი, გვარი: _____ **თარიღი:** _____

თემა: ორგანული ნივთიერებები, ნახშირწყლები

დავალება: უცნობი ნივთიერებების (სახამებელი, სოდა/ბიკარბონატი, საქაროზა/შაქარი) იდენტიფიცირება

დამხმარე მინიშნებები (გამოიყენეთ ოქმის შევსებისას):

- **იოდის ხსნარი** — ლურჯად ფერავს *სახამებელს*.
- **ძმარი (მჟავა)** — *სოდასთან* ურთიერთქმედებისას იწვევს აირის გამოყოფას.
- **თბილი წყალი** — *შაქარი* და *სოდა* მასში ადვილად იხსნება, ხოლო *სახამებელი* — არ იხსნება (წარმოქმნის მღვრიე სუსპენზიას).

კვლევის რესურსები და გეგმა

ა) აირჩიეთ და შემოხაზეთ მხოლოდ ის რესურსები, რომლებიც გჭირდებათ:

- თბილი წყალი

- იოდის ხსნარი
- ძმარი
- სინჯარები და პიპეტი
- ზეთი (ზედმეტია)
- სახაზავი (ზედმეტია)

ბ) შეავსეთ გამოტოვებული სიტყვები:

1. **პირველი ეტაპი:** ხსნადობის შესამოწმებლად სამივე ნივთიერებას დავამატებთ _____ (თბილ წყალს / იოდს).

2. **მეორე ეტაპი:** ნივთიერებას, რომელიც არ გაიხსნა, გადავამოწმებთ _____ (ძმრით / იოდით).

3. **მესამე ეტაპი:** აირის გამოყოფის შესამოწმებლად დარჩენილ ორ გამჭვირვალე ხსნარს დავამატებთ _____ (ძმარს / წყალს).

გ) ექსპერიმენტის მსვლელობა (ცხრილის შევსება)

შეავსეთ ცხრილის ცარიელი უჯრები მოცემული ვარიანტებიდან:

(არ გაიხსნა / კარგად გაიხსნა / შეფერადდა მუქ ლურჯად / დაიწყო აირის გამოყოფა / რეაქცია არ მიმდინარეობს)

საცდელი ნიმუში	თბილ წყალში ხსნადობა	მჟავას (ძმრის) დამატება	იოდის დამატება
ნიმუში 1	**არ გაიხსნა**	რეაქცია არ წარიმართა	*შეფერადდა მუქ ლურჯად*
ნიმუში 2	კარგად გაიხსნა	*დაიწყო აირის გამოყოფა*	*(ინარჩუნებს იოდის ფერს)*
ნიმუში 3	*კარგად გაიხსნა*	რეაქცია არ წარიმართა	*(ინარჩუნებს იოდის ფერს)*

3. მონაცემთა ანალიზი და საბოლოო დასკვნა

ა) შემოხაზეთ სწორი პასუხი: რომელი ეტაპი იყო ყველაზე მნიშვნელოვანი სახამებლის სხვა ნივთიერებებისგან გამოსაყოფად?

ა) იოდის დამატება. ბ) წყალში ხსნადობის შემოწმება.

ბ) ჩაწერილი დაკვირვებების მიხედვით, დაადგინეთ ნივთიერებები: *(გამოიყენეთ სიტყვები: საქაროზა (შაქარი), სახამებელი, ნატრიუმის ბიკარბონატი (სოდა))*

2. ნიმუში N1 არის: სახამებელი *(რადგან იოდთან ლურჯდება)*

ნიმუში N2 არის: **სოდა** *(რადგან ძმართან ურთიერთქმედებისას აირი გამოიყოფა)*

ნიმუში N3 არის: **შაქარი (საქაროზა)** *(რადგან წყალში იხსნება, მაგრამ რეაქციაში არ შედის იოდთან და მჟავასთან)*

ბლოკი 3: სხვადასხვა რუბრიკის დავალებების პასუხები და რეკომენდაციები

დანართი 3.1. რუბრიკის ,,უპასუხეთ კითხვებს“

რეკომენდაცია: გამოიყენეთ **აქტივობა 2-ის (ნახშირწყლების სამკუთხედი) ბოლოს**, როგორც ახსნილი თეორიული მასალის პირველადი გაგების სწრაფი შემოწმება, განსაკუთრებით დაბალი და საშუალო მზაობის მოსწავლეებისთვის ექსპერიმენტულ ნაწილზე გადასვლამდე (ან საშინაო დავალებად საბაზო დონის შეფასებისთვის). სასურველია გამოიყენოთ 3-4 წუთიანი დაწყვილდი-გააზიარე (Pair-Share) მეთოდი, ხოლო პასუხების განხილვისას ხაზი გაუსვით გლიკოგენის კავშირს ფიზიკურ აქტივობასთან (კუნთებში ხარჯვა) და ქიტინის აზოტშემცველ ბუნებას, რაც ლოგიკურ ხიდს შექმნის მცენარის ქიტინაზას შემდგომ აქტივობასთან (დანართი 6).

პასუხები:

1. ნახშირწყლები იყოფა მონო-, დი- და პოლისაქარიდებად;
2. გლუკოზის ფუნქცია უჯრედის ენერგიით მომარაგებაა;
3. მალტოზა, საქაროზა და ლაქტოზა დისქარიდებია, რადგან ისინი ორი მონომერისგან შედგება;
4. ცხოველური სამარაგო პოლისაქარიდია გლიკოგენი. ის ღვიძლსა და კუნთებში მარაგდება;
5. სტრუქტურული ფუნქცია აქვს ცელულოზას — ის ქმნის მცენარის უჯრედის კედელს — და ქიტინს — ის ქმნის სოკოს უჯრედის კედელს, ფეხსახსრიანების გარეგან ჩონჩხს.

დანართი 3.2. საკლასო აქტივობა N 3:

მცენარეებში ქიტინაზას არსებობა დაკავშირებულია თავდაცვით ფუნქციასთან — ამ ფერმენტით მცენარე შლის პათოგენური სოკოების უჯრედის კედელსა და მავნებელი მწერების საფარველს (რომლებიც ქიტინს შეიცავს) და იცავს თავის ორგანიზმს დაზიანებისგან

დანართი 3.3. საშინაო დავალების პასუხები

დავალება 1. ამოწმებს პირობისეულ ცოდნას. მომდევნო გაკვეთილის დასაწყისში შესაძლებელია გამოიყენოთ 2-წუთი „გონებრივი იერიშისთვის“ (Brainstorming) — სთხოვეთ მოსწავლეებს დაფიქრდნენ, რა მოხდებოდა, ადამიანსაც რომ ჰქონდეს ცელულაზა, რათა ხაზი გაუსვათ სიმბიოზური ურთიერთობებისა და ფერმენტების სპეციფიკურობის მნიშვნელობას.

პასუხი: ტერმიტს ადამიანისგან განსხვავებით აქვს ფერმენტი ცელულაზა;

დავალება 2. ამოწმებს დეკლარატიულ ცოდნას. მისი გამოყენება მიზანშეწონილია ფაქტობრივი ცოდნის შესამოწმებლად.

პასუხი: პოლიმერი, რომელიც არ არის ცილა, აქვს სტრუქტურული ფუნქცია და გვხვდება სოკოს უჯრედში, არის ქიტინი;

დავალება 3. ამოწმებს პირობისეულ ცოდნასა და მეტაკოგნიტურ უნარებს. გამოიყენეთ მაღალი მზაობის მოსწავლეთა გამოწვევისთვის (დიფერენცირებული დავალება) ან კომპლექსური აზროვნების გასავითარებლად. წაახალისეთ მოსწავლეები, დააკავშირონ ეს მოვლენა ქიმიაში/ფიზიკაში ნასწავლ ხსნარების თვისებებთან (გახსნილი ნივთიერების მიერ წყლის გაყინვის ტემპერატურის დაწევა).

პასუხი: ზამთარში ბაყაყის სისხლში გლუკოზის კონცენტრაცია იზრდება. ხსნარების თვისებებიდან გამომდინარე, ხსნარის გაყინვის ტემპერატურა უფრო დაბალია, ვიდრე გამხსნელის, ამიტომ ბაყაყის სისხლი აღარ იყინება, თხევად მდგომარეობას ინარჩუნებს და უჯრედები ყინულის კრისტალებით არ ზიანდება. გაზაფხულის დადგომისთანავე სისხლში გლუკოზის კონცენტრაცია იკლებს.

7.1.5 ლიპიდები

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: ორგანული ნივთიერებები, ლიპიდები

საკვანძო კითხვა: *როგორ განსაზღვრავს ლიპიდების ჰიდროფობურობა მათ მრავალფეროვან როლს ორგანიზმების თბოიზოლაციაში, მექანიკურ დაცვასა და ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში.*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება.

მისაღწევი შედეგები:

სტრუქტურა და ფუნქცია: მოსწავლე აკავშირებს ლიპიდების ჰიდროფობურ ბუნებას მათ როლთან ცოცხალ სამყაროში.

ჯანმრთელობა და დაავადება: მოსწავლე მსჯელობს ლიპიდების ბალანსის მნიშვნელობაზე ჯანმრთელობის შესანარჩუნებლად.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 1-2 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი შესაძლო ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და დროის რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ აქტივობების შინაარსი თანმიმდევრობა.

საკითხის დაგეგმვისას გამოყენებულია შებრუნებული საკლასო ოთახის სარეკომენდაციო მოდელი. (გვ. 25)თეორიულ მასალასა და რუბრიკებს მოსწავლეები სახლში ეცნობიან, რაც იძლევა საშუალებას, საკლასო დრო მაქსიმალურად დაეთმოს პრაქტიკულ კვლევას, მოდელირებას, სიღრმისეულ დისკუსიასა და დიფერენცირებულ სწავლებას.

2. აქტივობების დაგეგმვა



აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად



აქტივობა: *დამოუკიდებელი მუშაობა საინფორმაციო ტექსტზე და ვიდეო რესურსზე.*

(ახალი ცოდნის აგება ხდება სახლში, მოსწავლე მომზადებული მოდის გაკვეთილზე)

მიზანი: შებრუნებული საკლასო ოთახის მოდელის გამოყენებით, მოსწავლემ დამოუკიდებლად დაამუშაოს საინფორმაციო ტექსტი და ვიდეორესურსი ლიპიდების სტრუქტურისა და თვისებების შესახებ, გაიაზროს მათი მოლეკულური აგებულება და მოემზადოს პრაქტიკული, ექსპერიმენტული და სიღრმისეული აქტივობებისთვის.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, პარაგრაფი 1.5. სამუშაო ფურცელი N1 (დანართი 1.1.).

საკითხავი მასალა და ვიდეო (რესურსი ეხება ცხიმების და ცხიმოვანი მჟავების აგებულებას).

აღწერა: მასწავლებელი წარუდგენს კითხვას: რატომ ინახავს ცხიმი ორჯერ მეტ ენერგიას, ვიდრე ნახშირწყლები, და რა თვისება არ აძლევს მას წყალში გახსნის საშუალებას? შემდეგ მოსწავლე დამოუკიდებლად მუშაობს მოსწავლის წიგნის ტექსტსა (ცხიმები, ფოსფოლიპიდები) და ილუსტრაციებზე (გვ. 43–45). სწავლების პროცესის გასამარტივებლად გაეცნობა ტექსტსა და ვიდეოს. ბოლოს ავსებს სამუშაო ფურცელ N 1-ს. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: რადგან ეს თემა მოითხოვს მოლეკულური სტრუქტურის ბიოლოგიურ ფუნქციასთან დაკავშირებას, ეფექტიანი იქნება, თუ მოსწავლეებს სახლში ტექსტთან ერთად მიაწვდით მოკლე (3–5-წუთიან) ვიზუალურ ვიდეორესურსს ფოსფოლიპიდებისა და ცხიმების აგებულებაზე. მნიშვნელოვანია წინასწარ მოამზადოთ სქემა, ჩანაწერი, ვიდეო ან სხვა სახის დამხმარე რესურსი მოსწავლეებისთვის, რომლებმაც ვერ ან არ დაამუშავეს მინიშნებული მასალა.

აქტივობები წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად

აქტივობა 1. მზაობის დიაგნოსტირება

მიზანი: მოსწავლეების მზაობის შემოწმება, ძირითადი ცნებების გააქტიურება.

რესურსი: სამუშაო ფურცელი N2 (დანართი 1.2), სლაიდი სწორი პასუხებით (დანართი 2.1).

აღწერა: მოსწავლეები ავსებენ სამუშაო ფურცელ N2-ს. (შესასვლელი ბილეთი — „ჭეშმარიტია/მცდარია“). *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: დროის ამოწურვის შემდეგ სლაიდზე აჩვენეთ პასუხების სწორი ვარიანტი. მოსწავლეები შეამოწმებენ საკუთარ ნამუშევარს. შეაჯამეთ აქტივობა.

აქტივობები ახალი მასალის განსამტკიცებლად

აქტივობა 2: სადემონსტრაციო ექსპერიმენტი, ჯგუფური მუშაობა.

მიზანი: მოსწავლემ ექსპერიმენტული დაკვირვების გზით აღმოაჩინოს და დაადასტუროს ლიპიდების ძირითადი ქიმიური თვისებები: მათი ორგანულ გამხსნელებში ხსნადობა და ჰიდროფობურობა.

რესურსი: ექსპერიმენტის მასალა, მოსწავლის წიგნი გვ. 47 N1. შეფასების რუბრიკა 1.

აღწერა: რამდენიმე მოსწავლე ატარებს ექსპერიმენტს მოსწავლის წიგნის ინსტრუქციის მიხედვით (საკლასო აქტივობა N1 გვ. 47), რომელიც ლიპიდების აღმოჩენას და თვისებებს ეხება. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

მოსწავლის პასუხის სასურველი ვერსია: ექსპერიმენტის მსვლელობისას გამოვლინდა ლიპიდების ორი თვისება: ჰიდროფობურობა და ორგანულ გამხსნელებში ხსნადობა.

რეკომენდაცია: ეთანოლთან (სპირტთან) მუშაობისას მოსწავლეებმა აუცილებლად უნდა გამოიყენონ დამცავი სათვალე. კატეგორიულად იკრძალება სპირტიანი სინჯარის სიახლოვეს ღია ცეცხლის/სანთურის გამოყენება.

მოდელირებაში მონაწილეობს ორი მოსწავლე, დანარჩენებს სთხოვეთ გამოთქვან ვარაუდი, ჩაინიშნონ მსვლელობა, შედეგი და შეადარონ შედეგი პროგნოზს. მიუთითეთ მოსწავლეებს, რომ ყურადღება გაამახვილონ მიზეზშედეგობრივ ჯაჭვზე — რა ქმედებამ რა შედეგი გამოიწვია და რატომ.

დეტალური აღწერა:

- ექსპერიმენტის პირველ ეტაპზე ვხედავთ ლიპიდების თვისებას — ორგანულ გამხსნელებში (სპირტში) ხსნადობას. ამას ადასტურებს ნიგვზის დაქუცმაცებისას გამოყოფილი ცხიმის ეთანოლში გახსნის შედეგად გამჭვირვალე ხსნარის მიღება.
- მეორე ეტაპზე, წყლის დამატებისას, ხსნარი იმღვრევა და წარმოიქმნება რძისფერი ემულსია. ეს ადასტურებს ლიპიდების ჰიდროფობურობას — სპირტში გახსნილი ლიპიდები წყალთან კონტაქტისას გამოიყოფიან წვეთების სახით, რომლებიც სინათლეს გარდატეხენ და ხსნარს ამღვრევენ.

აქტივობა 3: ექსპერიმენტის ანალიზი და მოდელირება

მიზანი: მოსწავლემ გააანალიზოს ლიპიდების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და ახსნას მათი თერმოიზოლაციური და დამცველობითი ფუნქციის მნიშვნელობა ცოცხალი ორგანიზმების გადარჩენასა და ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 48 N2

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ მოსწავლის წიგნის საკლასო აქტივობა გვ. 48 N2 *(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება).*

რეკომენდაცია: მოდელირების დროს მნიშვნელოვანია მოდელის დეტალების დაკავშირება რეალურ ბიოლოგიურ სისტემასთან, ასევე საჭიროა ძირითადი ფიზიკური ფუნქციის დასახელება.

მოსწავლის პასუხების სასურველი ვერსია

- ზეთიანი ჭიქა მასში მოთავსებული სინჯარით წარმოადგენს ცივ წყალში მცხოვრები იმ ორგანიზმების მოდელს, რომლებსაც კანქვეშ ცხიმი უგროვდებათ;
- მოდელში *შიგნით მოთავსებული თბილი წყალი* — ცხოველის შინაგან ორგანოებსა და სხეულის მუდმივ ტემპერატურას გამოსახავს. *გარედან არსებული ყინულიანი ჭურჭელი* — ცივ გარემოს. *ზეთის ფენა* — კანქვეშა ცხიმის სქელ შრეს, რომელსაც აქვს დაბალი თბოგამტარობა.
- ანალოგიური სიტუაცია გვხვდება პოლარულ და ცივ კლიმატურ ზონებში მცხოვრებ ზღვის ძუძუმწოვრებში (მაგალითად: ვეშაპები, სელაპები, ზღვის ლომები), აგრეთვე პინგვინებში. მათ კანქვეშ აქვთ ცხიმის სქელი ფენა, რომელიც იცავს სხეულს სითბოს დაკარგვისგან (ასრულებს თერმოიზოლაციურ ფუნქციას) და მკაცრ გარემოში სიცოცხლის შენარჩუნების საშუალებას აძლევს.

აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად

აქტივობა 4: ინტერაქციული პრეზენტაცია და დისკუსია

მიზანი: მოსწავლემ გაანალიზოს სტეროიდებისა და ცვილის ქიმიური აგებულება, მათი ბიოლოგიური როლი ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში (ჰორმონები, ქოლესტეროლი) და იმსჯელოს ადამიანის ჯანმრთელობაზე სინთეზური სტეროიდების უარყოფითი გავლენის შესახებ.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 45-47 . მასწავლებლის საპრეზენტაციო მასალა.

აღწერა: მასწავლებელი სვამს კითხვას, რა იციან მოსწავლეებმა სტეროიდების შესახებ. მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდებს. ინტერაქციული პრეზენტაციის გამოყენებით მასწავლებელი ხსნის მასალას სტეროიდებისა და ცვილის შესახებ. მოსწავლეები პასუხობენ ჩართულ კითხვებს. მსჯელობენ ქოლესტეროლის, სტეროიდული ჰორმონების აგებულებისა და მნიშვნელობის შესახებ. *(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, ჯანმრთელობა და დაავადება).*

რეკომენდაცია: დასვით კითხვა: *„როგორ არღვევს სინთეზური ტესტოსტერონი ჰომეოსტაზს და რატომ არის ის განსაკუთრებით საშიში მოზარდისთვის?* ხაზი გაუსვით სპორტულ ეთიკასა და პასუხისმგებლიან არჩევანს — რომ სტეროიდების მოკლევადიანი ეფექტი ჯანმრთელობის მძიმე დაზიანების ფასად მიიღწევა.

აქტივობები საკითხის შესაჯამებლად

აქტივობა 5: შეჯამება და რეფლექსია

მიზანი: განახორციელოს მეტაკოგნიტური რეფლექსია: შეაფასოს საკუთარი სწავლის პროცესი, შებრუნებული საკლასო ოთახის მოდელის ეფექტიანობა და გამოკვეთოს საკითხები, რომლებიც დამატებით განმარტებას საჭიროებს.

რესურსი მოსწავლის უკუკავშირი (დანართი 2.2).

აღწერა: მოსწავლეები პასუხობენ კითხვებს.

რეკომენდაცია: უკუკავშირის ბარათების (დანართი 2.2) გაანალიზებით შეაფასეთ, რამდენად გაამართლა შებრუნებული საკლასო ოთახის მოდელმა. თუ მოსწავლეთა დიდ ნაწილს გაუჭირდა

დამოუკიდებლად მასალის გააზრება, მომდევნო პარაგრაფებისთვის უნდა შემცირდეს დამოუკიდებლად წასაკითხი ტექსტის მოცულობა ან მომზადდეს მოკლე, სტრუქტურირებული ვიდეოინსტრუქციები.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

ა) სასწავლო პროცესის დიფერენცირების მიზნით შესაძლებელია რუბრიკის ,,ეს საინტერესოა“ მეორე ნაწილის გამოყენება. ინტერესებისა და მზაობის გათვალისწინებით მოსწავლეები ეცნობიან ინფორმაციას ბიოაპკების შესახებ *(ეს საინტერესოა გვ. 49).*

- ახსნიან, როგორ იცავს მცენარეული ცვილის ჰიდროფობურობა და ანტიბაქტერიული თვისებები პროდუქტს გაფუჭებისგან.
- იმსჯელებენ ინფორმირებული მომხმარებლის პასუხისმგებლობაზე — საკვების დანაკარგების შემცირებასა და სურსათის უვნებლობაზე.

ბ) სასწავლო პროცესის დიფერენცირებისთვის ქვემოთ სამი სიტუაციური ამოცანაა მოცემული.

განიხილეთ სიტუაცია და უპასუხეთ კითხვებს:

სიტუაციური ამოცანა 1: „სწრაფი შედეგი თუ ჰომეოსტაზი?“

16 წლის მოზარდმა სპორტდარბაზში სიარული დაიწყო. მას სურს კუნთოვანი მასის სწრაფად გაზრდა. მეგობარმა ურჩია სინთეზური სტეროიდების მიღება: *„ეს ხომ ისედაც ბუნებრივი ჰორმონია, უბრალოდ კუნთების ზრდას დააჩქარებს”*.

დეკლარაციული: რა ბუნებრივ ფუნქციას ასრულებს ჰორმონი ტესტოსტერონი მამაკაცის ორგანიზმში? ლიპიდების რომელ ჯგუფს მიეკუთვნება ის?

პროცედურული: როგორ ირღვევა ორგანიზმის ჰორმონალური ბალანსი (ჰომეოსტაზი), როდესაც სტეროიდები სხეულში გარედან შედის?

პირობისეული: შეაფასეთ მოსწავლის მიერ სტეროიდების მიღების შესაძლო რისკები: რატომ არის განსაკუთრებით საშიში ხელოვნური ტესტოსტერონის შეყვანა 16 წლის მოზარდის ორგანიზმში?

დაასაბუთეთ, რატომ შეიძლება გამოიწვიოს სინთეზური სტეროიდების მიღებამ მოზარდობის ასაკში ზრდის ზონის (ძვლების ეპიფიზური ფირფიტების) ნაადრევი დახურვა და სიმაღლეში ზრდის შეჩერება, მაშინ როდესაც ეს ჰორმონები კუნთოვან ქსოვილს ზრდის?

სიტუაციური ამოცანა 2: დიეტით გამოწვეული საფრთხე

ახალგაზრდა ქალმა წონაში დაკლების მიზნით მკაცრი დიეტა დაიწყო და რაციონიდან სრულად ამოიღო ცხიმი (კარაქი, ზეთი, კვერცხი). ამავდროულად, იმუნიტეტის გასაძლიერებლად ყოველდღიურად სვამს A და D ვიტამინებს, აბების ფორმით წყალთან ერთად, თუმცა შედეგს ვერ ხედავს და თავს სუსტად გრძნობს.

დეკლარაციული: რომელ ჯგუფს მიეკუთვნება ქეისში დასახელებული A და D ვიტამინები მათი ხსნადობის მიხედვით და რომელ პროდუქტებში გვხვდება ისინი ბუნებრივად?

პროცედურული: აღწერეთ საჭმლის მომნელებელი სისტემის მიერ ცხიმში ხსნადი ვიტამინების შეწოვისა და ტრანსპორტირების მექანიზმი — რა როლს ასრულებს ნაღველი და საკვების შემადგენლობაში შემავალი ცხიმი ამ პროცესში?

პირობისეული: დაასაბუთეთ, რა ბიოლოგიური მიზეზით არ აქვს A და D ვიტამინების მიღებას სასურველი შედეგი და რატომ შეიძლება გახდეს ცხიმების სრული ამოღება ქალის სუსტად ყოფნისა და ჰორმონული/იმუნური დარღვევების მიზეზი?

მეტაკოგნიტური: ამ ქეისის გაანალიზებისას, რა ბიოლოგიური კანონზომიერების გააზრება დაგეხმარათ ქალის შეცდომის აღმოჩენაში და როგორ შეცვალა ამ დავალებამ თქვენი წარმოდგენა

,,ჯანსაღი კვების“ შესახებ?

რეკომენდაცია: ხაზი გაუსვით, რომ მოსწავლეებისთვის შეთავაზებული სიტუაციური ამოცანები სასწავლო მოდულის ნაწილია და ექიმებს რეალურად დიაგნოზის დასასმელად გაცილებით მეტი და კომპლექსური ინფორმაცია სჭირდებათ).

4. შეფასება

პარაგრაფი „1.5. ლიპიდები“ და მისი დავალებები უზრუნველყოფს ცოდნის ოთხივე კატეგორიის კომპლექსურ შეფასებას:

ა) ხდება მოსწავლის მიერ ლიპიდების ტიპების, ჰიდროფობურობისა და მოლეკულური აგებულების ცოდნის შეფასება (*შესასვლელი ბილეთით — დანართი 2*) — **დეკლარაციული ცოდნა**.

ბ) ფასდება ექსპერიმენტისა და მოდელირებისას მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვის აგების უნარი — როგორ განაპირობებს ლიპიდების ქიმიური თვისებები ემულსიის წარმოქმნასა და თერმოიზოლაციას (*აქტივობა 2 და 3, SOLO რუბრიკები*) — **პროცედურული ცოდნა**.

გ) ხდება მიღებული ცოდნის რეალურ/ბიოლოგიურ კონტექსტში გადატანა — როგორ ინარჩუნებენ ორგანიზმები ჰომეოსტაზს ლიპიდების მეშვეობით ექსტრემალურ პირობებში (*სიტუაციური ამოცანები 1 და 2*) — **პირობისეული ცოდნა**.

დ) ხდება მოსწავლის მიერ საკუთარი სწავლის პროცესისა რეფლექსია — რამდენად გაიაზრა დამოუკიდებლად მუშაობის ეფექტიანობა (*დანართი 4*), აფასებს საკუთარი კვებითი/სპორტული ჩვევების გავლენას ჰომეოსტაზზე (სიტუაციური ამოცანების მეტაკოგნიტური კითხვები) — **მეტაკოგნიტური უნარი.**

ა) შეფასების რუბრიკა 1. (აქტივობა 2)

სოლო ტაქსონომიის დონე	**აღწერა**
პრესტრუქტურული	მოსწავლეს კითხვების გამარტივება სჭირდება ლიპიდების თვისებების ასახსნელად.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს ლიპიდების მხოლოდ ერთ თვისებას (მაგ. ჰიდროფობურობას), მაგრამ ვერ აკავშირებს დაკვირვებით მიღებულ ინფორმაციასთან.
მულტისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს ლიპიდების ორივე თვისებას (ჰიდროფობურობასა და ორგანულ გამხსნელებში ხსნადობას), მაგრამ უჭირს მიზეზშედეგობრივი კავშირის ჩვენება (ვერ ხსნის ემულსიის წარმოქმნის მექანიზმს).
მიმართებითი	მოსწავლე ხედავს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს: აკავშირებს სპირტში ხსნადობას გამჭვირვალე ხსნართან, ხოლო წყლის დამატებით გამოწვეულ ამღვრევას — ლიპიდების ჰიდროფობურობასთან.
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლე ვარაუდობს, როგორ შეიძლება განსაზღვრავდეს ლიპიდების ქიმიური თვისებები (მცენარის დამცავი საფარველის ან კანქვეშა ცხიმოვანი შრის სტრუქტურა) ცოცხალ ორგანიზმების სხვადასხვა გარემოსთან შეგუებულობას.

ბ) შეფასების რუბრიკა 2. (აქტივობა 3)

სოლო ტაქსონომიის დონეები	აღწერა
პრესტრუქტურული	მოსწავლეს მოდელის ამოსაცნობად დამატებითი რესურსი სჭირდება. მაგალითად ვიდეო, ან მარტივი კითხვები.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს მხოლოდ ერთ ელემენტს (მაგ., რომ ზეთი გამოსახავს კანქვეშა ცხიმს ან რომ მოდელი ცივ გარემოს ეხება), მაგრამ ვერ ხსნის მოდელის დანარჩენი კომპონენტების მნიშვნელობას.
მულტისტრუქ-ტურული	მოსწავლე სწორად აკავშირებს მოდელის კომპონენტებს (თბილი წყალი, ზეთი, ყინული) მათ ბუნებრივ ანალოგებთან, ასახელებს შესაბამის ორგანიზმებს, თუმცა ვერ ხსნის, როგორ განაპირობებს ცხიმის თვისება თერმოიზოლაციას.
მიმართებითი	მოსწავლე აკავშირებს მოდელის სტრუქტურას მის ფუნქციასთან: ხსნის, რომ ზეთის ფენის დაბალი თბოგამტარობა განაპირობებს თერმოიზოლაციას, რაც იცავს თბილსისხლიანი ცხოველების შინაგან ორგანოებს სითბოს დაკარგვისგან.
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლე მსჯელობს თერმოიზოლაციის მნიშვნელობაზე ევოლუციურ კონტექსტში და აკეთებს პროგნოზს, თუ როგორ იმოქმედებს კლიმატის გლობალური ცვლილება (ან ოკეანის დაბინძურება) ამ ორგანიზმების გადარჩენაზე.

5. დანართები

ბლოკი 1. სამუშაო ფურცლები და შესასვლელი ბილეთი — რესურსი მოსწავლისთვის

დანართი 1.1:

სამუშაო ფურცელი 1.

ნაბიჯი 1: გაეცანით პარაგრაფს **„1.5. ლიპიდები“** (შესავალი ნაწილი და ძირითადი ტექსტი, გვ. 43–45). ყურადღებით დააკვირდით სახელმძღვანელოში მოცემულ ილუსტრაციებს. ყურადღება გაამახვილეთ:

ა) ფოსფოლიპიდის აგებულებაზე — ჰიდროფილური „თავი“ და ჰიდროფობური „კუდი“.

ბ) ნაჯერი და უჯერი ცხიმოვანი მჟავების მოლეკულურ სტრუქტურასა და ფორმას შორის განსხვავებაზე.

ტექსტის გაცნობის შემდეგ, ამოწერეთ თქვენი აზრით 3 ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტი ლიპიდების სტრუქტურისა და ფუნქციების შესახებ.

1. ----------

2. ----------

3. ----------

დანართი 1.2

შესასვლელი ბილეთი — განმავითარებელი შეფასების ინსტრუმენტი
ყველა დებულების გასწვრივ მონიშნეთ ერთ-ერთი პასუხი:

	დებულება	ჭეშმარიტი	მცდარი
1	ლიპიდები ჰიდროფობური ნივთიერებებია, ისინი წყალში არ იხსნება.		
2	1 გრამი ცხიმის დაჟანგვისას ორჯერ მეტი ენერგია გამოიყოფა, ვიდრე 1 გრამი ნახშირწყლის დაჟანგვის დროს.		
3	უჯერ ცხიმოვან მჟავებში არსებული ორმაგი ბმები ცვლის მოლეკულის სწორხაზოვან ფორმას, რის გამოც ასეთი ცხიმები ოთახის ტემპერატურაზე თხევადია.		
4	ფოსფოლიპიდებს აქვთ ჰიდროფობური „თავი“ და ჰიდროფილური „კუდები“.		
5	ცხოველური ცხიმები (ქონი) ძირითადად უჯერ ცხიმოვან მჟავებს შეიცავს.		
6	ცხიმის მოლეკულა შედგება გლიცეროლისა და 2 ჰიდროფობური ცხიმოვანი მჟავას „კუდისგან“.		

ბლოკი 2.

დანართი 2.1: შესასვლელი ბილეთი — რესურსი მასწავლებლისთვის:

	დებულება	ჭეშმარიტი	მცდარი
1	ლიპიდები ჰიდროფობური ნივთიერებებია, ისინი წყალში არ იხსნება.	✓	
2	1 გრამი ცხიმის დაჟანგვისას ორჯერ მეტი ენერგია გამოიყოფა, ვიდრე 1 გრამი ნახშირწყლის დაჟანგვის დროს.	✓	
3	უჯერ ცხიმოვან მჟავებში არსებული ორმაგი ბმები ცვლის მოლეკულის სწორხაზოვან ფორმას, რის გამოც ასეთი ცხიმები ოთახის ტემპერატურაზე თხევადია.	✓	
4	ფოსფოლიპიდებს აქვთ ჰიდროფობური „თავი“ და ჰიდროფილური „კუდები“.		✓
5	ცხოველური ცხიმები (ქონი) ძირითადად უჯერ ცხიმოვან მჟავებს შეიცავს.		✓
6	ცხიმის მოლეკულა შედგება გლიცეროლისა და 2 ჰიდროფობური ცხიმოვანი მჟავას „კუდისგან“.		✓

ცხრილი ფაქტობრივ ცოდნას ამოწმებს, ამიტომ შესაძლებელია მხოლოდ დადებითი პასუხების რაოდენობის მიხედვით დავადგინოთ დონე:

საბაზო დონე (1-2 სწორი პასუხი): საჭიროებს მასალის დამუშავებას.

საშუალო დონე (3-4 სწორი პასუხი): საჭიროებს მასალის გადაკითხვას.

მაღალი დონე (5-6 სწორი პასუხი): სრულად მზადაა საგაკვეთილო დისკუსიებში ჩასართავად.

დანართი 2.2. მოსწავლის უკუკავშირი

ნაწილი 1: შინაარსობრივი გააზრება (ლიპიდები)

1. რატომ არის სახიფათო ვაშლის ზედაპირიდან ბუნებრივი ცვილის ფენის მოცილება?
2. დაასახელეთ ერთი მიზეზი, რატომ შეიძლება დააზიანოს ადამიანის ჯანმრთელობა რაციონიდან ცხიმების სრულმა ამოღებამ.

ნაწილი 2: მოდელის შეფასება (Flipped Classroom-ის რეფლექსია)

1. რამდენად დაგეხმარათ სახლში მასალის წინასწარ გაცნობა იმაში, რომ საკლასო აქტივობებში ჩართულიყავით? მონიშნეთ: ძალიან დამეხმარა / საშუალოდ დამეხმარა / არ დამხმარებია
2. რა უფრო საინტერესო იყო თქვენთვის: მასალის დამოუკიდებლად წაკითხვა თუ სკოლაში ჩატარებული ექსპერიმენტი/დისკუსია?
3. რა იყო დღევანდელ გაკვეთილზე ყველაზე რთული თქვენთვის?

ბლოკი 3. რუბრიკების პასუხები

დანართი 3.1: რუბრიკის ,,უპასუხეთ კითხვებს“ პასუხები და რეკომენდაცია

რუბრიკაში დასმული კითხვები ძირითადად ამოწმებს მოსწავლის **დეკლარაციულ და პროცედურულ ცოდნას** (მოლეკულურ სტრუქტურასა და ფუნქციებს შორის მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს). მათი გამოყენება სასურველია ახალი მასალის განმტკიცების ეტაპზე.

1. ლიპიდების ჯგუფში გაერთიანებულია ჰიდროფობური ნივთიერებები;
2. უჯერი ცხიმის მოლეკულაში ნახშირბადის ატომებს შორის ერთი ან რამდენიმე ორმაგი ან სამმაგი

ბმაა. ამიტომ მოლეკულა ნაკლებ წყალბადის ატომს შეიცავს. ნაჯერი ცხიმი მყარია, უჯერი — თხევადი;

3. ცხიმი ასრულებს ენერგეტიკულ. თბორეგულაციისა და დამცველობით ფუნქციებს;

4. ცხიმი შედგება გლიცეროლისა და სამი ცხიმოვანი მჟავას ნაშთისგან. ფოსფოლიპიდი შედგება გლიცეროლის, ორი ცხიმოვანი და ერთი ფოსფორმჟავას ნაშთისგან (ამის გამო ფოსფოლიპიდის თავი ჰიდროფილურია);

5. ქოლესტეროლი სტეროიდებს მიეკუთვნება. ის სტეროიდული ჰორმონების, D ვიტამინისა და ნაღვლის მჟავების საფუძველია.

დანართი 3.2. ჩართულ კითხვებზე პასუხები

1. რამდენი ჰიდროფობური კუდი აქვს ცხიმის მოლეკულას?

   ცხიმის მოლეკულას აქვს 3 ჰიდროფობური კუდი;

2. *როგორ ფიქრობთ, რატომ უწოდეს ამ მჟავებს უჯერი?*

ამ მჟავებში ნახშირბადის ატომებს შორის ყველა ბმა არ არის გაჯერებული წყალბადის ატომებით, ამიტომ უჯერი მჟავები უწოდეს;

3. დააკვირდით, როგორ ცვლის ორმაგი ბმა ცხიმოვანი მჟავას მოლეკულის ფორმას. შეადარე ის ნაჯერ მჟავას.

   ორმაგი ბმების გამო სწორხაზოვანი სტრუქტურა იცვლება;

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლეებს აჩვენეთ კავშირი მოლეკულის სტრუქტურასა და მის ფიზიკურ თვისებებს შორის: ნაჯერი მჟავები სწორხაზოვანია, ისინი ოთახის ტემპერატურაზე მყარ ცხიმებს (კარაქი, ქონი) ქმნის. უჯერი მჟავების მოლეკულები კი თითქოს გადახრილია, რაც მათ თხევად მდგომარეობას (მცენარეული ზეთები) განაპირობებს.

4. ლიპიდების წვისას ორგანიზმში დიდი რაოდენობით წყალი გამოიყოფა. რას ფიქრობთ, როგორ პირობებში მცხოვრები ორგანიზმებისთვის უნდა ჰქონდეს ამ ფაქტს დიდი მნიშვნელობა?

წყლის დეფიციტის პირობებში მცხოვრები ორგანიზმებისთვის, სადაც ცხიმი ე.წ. ენდოგენური წყლის წყაროა;

მეთოდური რეკომენდაცია: ამ კითხვაზე მუშაობისას მოსწავლეებს სთხოვეთ გაიხსენონ ადაპტაციის კონკრეტული მაგალითები: აქლემის კუზში, უდაბნოს თაგვების ან მოზამთრე ცხოველების კანქვეშ დაგროვილი ცხიმი. ეს დაეხმარება მათ გააცნობიერონ, როგორ იყენებს ორგანიზმი ლიპიდების ქიმიურ თვისებებს ექსტრემალურ პირობებში გადასარჩენად.

5. რა იცით ქოლესტეროლის შესახებ?

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: მოსწავლეების ცოდნა ქოლესტეროლის შესახებ ამ ეტაპზე შემოიფარგლება მის ათეროსკლეროზთან კავშირში, სავარაუდოდ მოსწავლის პასუხი იქნება ნეგატიური. ჩვენი მიზანია მოსწავლემ ქოლესტეროლის მნიშვნელობაზე მიიღოს ინფორმაცია. აუხსენით, რომ ის აუცილებელია უჯრედის მემბრანის სტაბილურობისთვის (საკითხს უფრო დაწვრილებით მეორე თავში გაეცნობიან) და სტეროიდული ჰორმონების და D ვიტამინის სინთეზისთვის, რის გამოც სიცოცხლისთვის აუცილებელი ლიპიდია.

6. რომელი ორგანოებია ამ ჰორმონის სამიზნე?

რადგან ტექსტში მითითებულია, რომ ამ ჰორმონის მოქმედებით ნატრიუმისა და ქლორის იონები რჩება ორგანიზმში და კალიუმის იონები იდევნება, ე.ი. ამ ჰორმონის სამიზნეა თირკმელები, რადგან თირკმელები მონაწილეობენ იონების ცვლის პროცესში მეორეული შარდის წარმოქმნის დროს.

7. რა დანიშნულება აქვთ ჩვენს ორგანიზმში ნაღვლის მჟავებს?

ნაღვლის მჟავების ფუნქციაა: ცხიმების ემულგირება, ტუტე არეს შექმნა, პერისტალტიკის გაძილერება, ანტიბაქტერიული მოქმედება;

8. *დააკვირდით, ქიმიურად როგორ მცირედ განსხვავდება ეს ორი ჰორმონი ერთმანეთისგან. ჩამოთვალეთ, რა სახის ფიზიკურ და ფიზიოლოგიურ განსხვავებას იწვევნ ისინი ქალისა და მამაკაცის ორგანიზმში?*

ქალის ორგანიზმში იზრდება სარძევე ჯირკვლები, ზომაში მატულობს მენჯის ძვლები, მენჯის მიდამოებში იწყება ცხიმის დაგროვება, საკვერცხეებში კი კვერცხუჯრედების მომწიფება.

მამაკაცის ორგანიზმში იწყება ჩონჩხის გაძლიერებული ზრდა, განსაკუთრებით მხრების მიდამოში, იზრდება კუნთების მასა, სახესა და კანზე მატულობს თმიანობა, იწყება ფარისებრი ხრტილის ზრდა, ხმა ბოხდება.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებელს: მოსწავლეებს აჩვენეთ, რომ ქიმიურად ერთმანეთის მსგავსი ლიპიდური მოლეკულები (ტესტოსტერონი და ესტროგენი — რომელთა შორის განსხვავება სულ რამდენიმე ატომშია), განსხვავებულ მეორეულ სასქესო ნიშნებსა და ფიზიოლოგიურ პროცესებს განაპირობებს მამაკაცისა და ქალის ორგანიზმში.

დანართი 3.3. საშიანო დავალების პასუხები და რეკომენდაციები

დავალება 1. შეამოწმეთ მოსწავლის **პირობისეული ცოდნა**, რამდენად სწორად გეგმავს იგი ექსპერიმენტს და იაზრებს მოსალოდნელ შედეგს. გაითვალისწინეთ მოსწავლის შესაძლო მცდარი წარმოდგენა: მოსწავლეებმა შეიძლება იფიქრონ, რომ წყალი ნიგოზში მზა სახით იყო და არა ლიპიდების დაჟანგვის რეაქციის პროდუქტი.

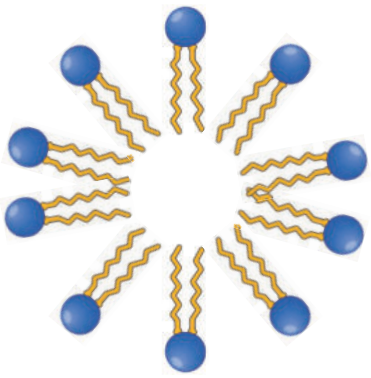
პასუხი: პინცეტით ავიღებ ნიგოზს, მოვუკიდებ ცეცხლს. ლებნის წვის პერიოდში მის თავზე დავიკავებ ცივ მინას. ცივ მინაზე წყლის წვეთები მიიღება, რომელიც წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად გაჩნდა;

დავალება 2. შეაფასეთ მოსწავლის **პროცედურული ცოდნა** და ექსპერიმენტის დაგეგმვის უნარი. ყურადღება მიაქციეთ მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს — მოსწავლემ ცხიმის ლაქის გაჩენა ლიპიდების ჰიდროფობურობას უნდა დაუკავშიროს და გაითვალისწინოს წყლის საკონტროლო ნიმუშის საჭიროება.

პასუხი: ამ მცენარეების თესლი გასრისეთ ქაღალდზე, მასზე ცხიმის ლაქა გაჩნდება;

დავალება 3. შეაფასეთ მოსწავლის **პირობისეული ცოდნა**, რამდენად შეუძლია მას ფოსფოლიპიდის ორმაგი ბუნების გადატანა სივრცით მოდელში. შემოწმებისას ყურადღება მიაქციეთ ლოგიკურ პრინციპს: ჰიდროფობური „კუდები“ არ უნდა ეხებოდეს წყალს, ხოლო ჰიდროფილური „თავები“ მიმართული უნდა იყოს წყლისკენ

პასუხი:



დავალება 4. შეაფასეთ **დეკლარაციული ცოდნა**, სადაც მოსწავლემ ტერმინი ნაწილებად უნდა დაშალოს. გაითვალისწინეთ, რამდენად ზუსტად განმარტავს იგი კომპონენტებს („ტრი“ = 3 ცხიმოვანი მჟავა, „გლიცერიდი“ = გლიცეროლი), რაც ფოსფოლიპიდთან მისი შედარების საფუძველია.

პასუხი: ტერმინი ,,ტრიგლიცერიდი“ ცხიმის მოლეკულაში გლიცეროლისა და სამი ცხიმოვანი მჟავას შემცველობაზე მიუთითებს;

დავალება 5. შეამოწმეთ **დეკლარაციული და პირობისეული ცოდნა** ლიპიდების კლასიფიკაციისა და მათი ბიოლოგიური როლის დაკავშირებით. სთხოვეთ კონკრეტული მაგალითები, (მაგ. ცვილი — კუტიკულა, სტეროიდი — ქოლესტეროლი), რათა დარწმუნდეთ ფუნქციური მრავალფეროვნების გააზრებაში.

პასუხი:

ცხიმი — დამცველობითი, ენერგეტიკული;

ცვილი — დამცველობითი;

ფოსფოლიპიდი — სამშენებლო;

სტეროიდი-მარეგულირებელი.

დავალება 6. შეაფასეთ **დეკლარატიული ცოდნა**. შემოწმებისას გაითვალისწინეთ სტრუქტურული სიზუსტე და ყურადღება გაამახვილეთ პოლარობის გააზრებაზე — ჰიდროფილური „თავისა“ და ჰიდროფობური „კუდების“ გამიჯვნაზე.

პასუხი:

1. ფოსფორმჟავას ნაშთი,
2. გლიცეროლი,
3. ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავას ნაშთი,
4. უჯერი ცხიმოვანი მჟავას ნაშთი.

7.1.6. ნუკლეინის მჟავები

1. ზოგადი აღწერა

საკითხი: ნუკლეინის მჟავები

საკვანძო კითხვა — *როგორ განსაზღვრავს ნუკლეინის მჟავების მოლეკულური შედგენილობა მათი სტრუქტურის სტაბილურობასა და უნიკალობას.*

სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

სტრუქტურა და ფუნქცია -

- მოსწავლე აღწერს ნუკლეინის მჟავების (დნმ და რნმ) სტრუქტურულ ერთეულებს, ადარებს მათ ერთმანეთს, ასაბუთებს მოლეკულებში არსებული ქიმიური ბმების მნიშვნელობას მოლეკულის სტაბილურობისთვის;
- მოსწავლე იმსჯელებს სხვადასხვა დარგის (ფიზიკა, ქიმია) მონაცემების ინტეგრირების მნიშვნელობაზე ბიოლოგიური მაკრომოლეკულების მოდელირების პროცესში.
- მოსწავლე გააანალიზებს კვლევის მეთოდების (რენტგენული კრისტალოგრაფია) როლს ბიოლოგიური სტრუქტურების მოდელირებასა და მეცნიერული ცოდნის განვითარებაში;
- მოსწავლე გააანალიზებს გენეტიკური დაქტილოსკოპიის მნიშვნელობას კრიმინალისტიკასა და პიროვნების იდენტიფიცირებაში.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 2 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი შესაძლო ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და დროის რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ აქტივობების გადანაწილება და შინაარსი.

სასწავლო პროცესი ეფუძნება 5E მოდელს, სადაც მოსწავლეები წინარე ცოდნის გააქტიურებიდან და პრაქტიკული კვლევიდან ეტაპობრივად გადადიან მოვლენის სიღრმისეულ გააზრებასა და შეფასებაზე.

2. აქტივობების დაგეგმვა

ჩართულობის ეტაპი

აქტივობა 1: საინტერესო ფაქტების წარდგენა.

მიზანი: ნუკლეინის მჟავების (დნმ, რნმ), როგორც გენეტიკური ინფორმაციის მატარებლების, მნიშვნელობის წარმოჩენა და მათი პრაქტიკული გამოყენების ჩვენება კრიმინალისტიკასა და ბიომეტრიულ კონტროლში (დნმ-დაქტილოსკოპია).

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 51 *(შესავალი აქტივობა)*

ნაწილი 1: აღწერა*:* მოსწავლეები გაეცნობიან შესავალი აქტივობის ტექსტს ფრიდრიხ მიშერის შესახებ და უპასუხებენ კითხვებს:

- რატომ არის მნიშვნელოვანი, რომ ნივთიერების ფუნქციის დასადგენად ვიცოდეთ მისი არა მხოლოდ ქიმიური შედგენილობა, არამედ აგებულების სხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრები.
- როგორ ფიქრობთ, რატომ ვერ მიხვდა მიშერი 1869 წელს, რომ სინჯარაში სამყაროს უმნიშვნელოვანესი მოლეკულა ჰქონდა?

რეკომენდაცია: ყურადღება გაამახვილეთ იმ ფაქტზე, რომ მოლეკულის ელემენტური შემადგენლობა ცნობილი იყო, ფორმა — უცნობი. მნიშვნელოვანია მოსწავლეებმა გაიაზრონ, რომ მოლეკულის სტრუქტურა განსაზღვრავს ფუნქციას.

ნაწილი 2: აღწერა: მასწავლებელი აცნობს გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევ შედეგს საპასპორტო კონტროლსა და გენეტიკური დაქტილოსკოპიის შესახებ.

რეკომენდაცია: წაახალისეთ მოსწავლეები გამოთქვან ვარაუდი, რა განსხვავებაა ილუსტრაციებზე გამოსახულ სიტუაციებს შორის. ხაზი გაუსვით იმას, რომ თითის ანაბეჭდის ბიომეტრია ადარებს მხოლოდ კანიდან აღებულ რელიეფს (რომელიც შეიძლება დაზიანდეს), ხოლო გენეტიკური დაქტილოსკოპია ეფუძნება უჯრედის დნმ-ის უნიკალურ მიმდევრობას. სთხოვეთ მოსწავლეებს იმსჯელონ: *„რომელი მეთოდია უფრო საიმედო კრიმინალისტიკაში და რატომ?*

კიდევ უფრო გამარტივების მიზნით, საკითხი დააკავშირეთ ტელეფონის თითის ანაბეჭდით განბლოკვასთან, ეს გაზრდის მოსწავლეთა ჩართულობას.

გამოკვლევის ეტაპი

აქტივობა 2: მარწყვიდან დნმ-ის შემცველი ძაფების გამოყოფა

რესურსი: ცდისთვის საჭირო მასალა (მოსწავლის წიგნი გვ. 55), სამუშაო ფურცელი 1 (დანართი 1.1, დანართი 1.2), შეფასების რუბრიკა 1. მოსწავლის თვითშეფასება (დანართი 1.6).

მიზანი: მოსწავლემ პრაქტიკულად განახორციელოს დნმ-ის ექსტრაქცია მცენარეული უჯრედიდან, დაიცვას ლაბორატორიული უსაფრთხოების წესები. ცდის საფუძველზე შეგროვილი მონაცემებით შეაფასოს მტკიცება და ჩამოაყალიბოს დასკვნა.

აღწერა: მოსწავლეები ატარებენ ცდას (მოსწავლის წიგნი გვ. 55). მუშაობენ სამუშაო ფურცელ 1-ზე. სამუშაოს დასრულების შემდეგ ავსებენ გასასვლელ ბილეთს. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: სპირტი უნდა იყოს ყინულივით ცივი, ის წინასწარ (სულ მცირე 1-2 საათით ადრე) უნდა მოთავსდეს საყინულეში. რაც უფრო ცივია სპირტი, მით უფრო სწრაფად გამოილექება დნმ-ის შემცველი თეთრი ძაფები. სპირტის ჩასხმისას ჭიქა ოდნავ გადახარეთ, ისე რომ სპირტი კედელზე ნელა ჩამოედინოს. ამ გზით ორი მკვეთრი ფენა (წყლისა და სპირტის) მიიღება. სპირტისა და ხილის წვენის არევა ეფექტს გააფუჭებს. მარწყვის მექანიკური დამუშავება პოლიეთილენის პარკში მნიშვნელოვანია უჯრედის კედლების დასაშლელად. ბლენდერის გამოყენება რეკომენდებული არ არის, რადგან მან შეიძლება დნმ-ის გრძელი ჯაჭვები დაფლითოს.

წაახალისეთ მოსწავლეები, უპასუხონ მთავარ კითხვას — *„რატომ ვხედავთ დნმ-ს შეუიარაღებელი თვალით, თუკი იგი მიკროსკოპულად მცირეა?“* მოსწავლემ უნდა გაიაზროს, რომ ხედავს არა ცალკეულ მოლეკულას, არამედ ერთად შეჯგუფებულ დნმ-ის მილიონობით ჯაჭვს.

ახსნის ეტაპი

აქტივობა 3 . ახალი მასალის ახსნა.

მიზანი: მოსწავლემ გაიაზროს ნუკლეოტიდების დაკავშირების კანონზომიერებები, ჩარგაფის წესები. წყალბადური ბმების როლი და რენტგენული კრისტალოგრაფიის მნიშვნელობა დნმ-ის სტრუქტურის დადგენაში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 52 — 54). მოსწავლის წიგნი (გვ. 55) საშინაო დავალებები გვ. 58.

ციფრული რესურსი :

(რესურსის გამოყენება სასურველია მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები გაეცნობიან ნუკლეოტიდის აგებულებას, ჩარგაფის წესებსა და დნმ-ის მოდელს).

რჩევა: დნმ-ისა და რნმ-ის სტრუქტურის გაცნობამდე მოსწავლეებს დაუსვით კითხვა, როგორც მკვლევრები, რას ივარაუდებდით: რა სტრუქტურულმა განსხვავებამ შეიძლება განაპირობოს ის, რომ დნმ-ის მოლეკულა სტაბილურია, ხოლო რნმ — დინამიკური? წაახალისეთ გამოთქვან ვარაუდები, შემდეგ გადადით ახალი საკითხის ახსნაზე.

ნაწილი 1: აღწერა: ინტერაქციული პრეზენტაციის გამოყენებით მასწავლებელი აცნობს ახალ მასალას, დნმ-ის და რნმ-ის ნუკლეოტიდების აგებულებას. მოსწავლეები ადგენენ მსგავსებასა და განსხვავებას დნმ-ისა და რნმ-ის ნუკლეოტიდებს შორის. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: სამი ფერადი ფიგურით დაფაზე ააწყეთ ნუკლეოტიდი. წრე — ფოსფორ მჟავას ნაშთი. **ხუთკუთხედი** — *ნახშირწყალი დეზოქსირიბოზა.* **მართკუთხედი** — აზოტოვანი ფუძე (*A, T, G, C). მნიშვნელოვანია დაინახონ, რომ ფოსფატი და აზოტოვანი ფუძე ყოველთვის შაქარს (ხუთკუთხედს) უნდა დაუკავშირდეს და არა ერთმანეთს. შაქარი არის ნუკლეოტიდის „ცენტრი“.*

პურინისა და პირიმიდინის ფუძეების ახსნისას, ყურადღება გაამახვილეთ მათ ზომაზე. დაამზადეთ სხვადასხვა ზომის ფიგურები, ისინი აზოტოვან ფუძეებს გამოსახავენ. *A* და *G* იყოს **დიდი** (ორმაგი რგოლი), ხოლო *T* და *C* — **პატარა** (ერთი რგოლი).

მოსწავლეებმა უნდა აღმოაჩინონ, რომ თუ ერთმანეთთან ორ დიდ ფუძეს დავაწყვილებთ, ძალიან განიერი სტრუქტურა მიიღება, თუ ორ პატარას — ძალიან ვიწრო.

საჭიროების შემთხვევაში დასვით კითხვები:

ა) როგორ შეიძლება ნუკლეოტიდების დლაგება, ისე რომ ყოველი ორი ნუკლეოტიდის სიგანე ერთნაირი იყოს?

*(**პასუხი:** იმისათვის, რომ დნმ-ის სიგანე მუდამ თანაბარი (2* ნმ) იყოს, აუცილებელია დიდი ფუძე (*A* ან *G) დაუკავშირდეს პატარას (T* ან *C)).*

ბ) ნუკლეოტიდის სამი კომპონენტიდან რომელი იცვლება და რომელი არა?

*(**პასუხი**: ფოსფატი და ნახშირწყალი მუდმივია, აზოტოვანი ფუძე — ცვლადი (სწორედ აქაა ჩაწერილი ინფორმაცია).*

ნაწილი 2: აღწერა: მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები დაინახავენ, რომ დიდი და პატარა ფუძეების დაწყვილება აუცილებელია 2 ნმ სიგანის შესანარჩუნებლად, მასწავლებელი სვამს კითხვას:

- თუ ყოველთვის დიდი და პატარა სტრუქტურა უნდა დაწყვილდეს, რატომ არ უერთდება ადენინი (A) ციტოზინს (C)? ორივე ხომ სხვადასხვა ზომისაა? მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდებს.
  (მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია)

რეკომენდაცია: აქ შემოდის წყალბადური ბმების ცნება და იგებენ, რომ ადენინი და თიმინი ორი წყალბადური ბმით უკავშირდება ერთმანეთს, გუანინი და ციტოზინი კი — სამით. როცა მოსწავლეებმა იციან, რომ A მხოლოდ T-ს უერთდება, ხოლო G მხოლოდ C-ს, ჩარგაფის წესი თავისთავად ხდება აშკარა: თუ ყოველ A-ს მოპირდაპირედ T-ია, ე.ი. რამდენი A-ც გვაქვს, ზუსტად იმდენივე T უნდა გვქონდეს (A=T). იგივე ლოგიკით: G=C.

ნაწილი 3: აღწერა: მასწავლებელი ინტერაქციული პრეზენტაციის გზით მოსწავლეებს აცნობს რენტგენული კრისტალოგრაფიის მეთოდის არსს. ასევე იყენებს საგაკვეთილო ტექსტში ჩართულ

ილუსტრაციებს და რუბრიკაში ,,ეს საინტერესოა“ მოცემულ ინფორმაციას. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: აქტივობაში ფიზიკასთან ინტეგრირება ხდება. მარტივად შეგიძლიათ რენტგენული კრისტალოგრაფია შეადაროთ ჩრდილების თეატრს — ჩვენ ვერ ვხედავთ მოლეკულას, მაგრამ ვხედავთ მის „ანაბეჭდს“. აუხსენით მოსწავლეებს, რომ ეს მეთოდი პირდაპირ ფოტოს კი არ იღებს, არამედ ატომებზე სხივების დაჯახების შედეგად მიღებულ ანარეკლს აფიქსირებს. ფოტო №51-ზე მკაფიოდ ჩანს X-ის ფორმის ლაქები. ფიზიკოსებისთვის ეს მიანიშნებდა სპირალის არსებობაზე. თუ მოსწავლეებს გაუჭირდებათ ტექსტში მოცემული მასალის გააზრება, გაუმარტივეთ ინფორმაცია. სთხოვეთ წარმოიდგინონ, რომ აქვთ ძალიან რთული ფორმის რკინის კონსტრუქცია (მაგალითად, დახვეული კიბე), რომელიც ბნელ ოთახში დგას. ისინი მას ვერ ხედავენ, მაგრამ აქვთ ძლიერი ფანარი. თუ ამ კონსტრუქციას სინათლეს მიანათებენ, კედელზე მისი ჩრდილი გამოჩნდება. ჩრდილის ფორმის მიხედვით მიხვდებიან, რომ დაკვირვების ობიექტი სპირალურია.

ცოდნის გაღრმავებისა და ტრანსფერის ეტაპი

აქტივობა 4: ჯგუფებში პრობლემური სცენარების განხილვა

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ექსპერიმენტული შეცდომების ბიოქიმიური მიზეზშედეგობრივი ანალიზი.

რესურსი: სამუშაო ფურცელი 2 (დანართი 1.2; 2.2.), შეფასების რუბრიკა 2.

აღწერა: რეაგენტების ბიოქიმიური როლის გასააზრებლად კლასი იყოფა 3 ძირითად ჯგუფად. თითოეულ ჯგუფი მუშაობს ერთ პრობლემურ სცენარზე, სამეცნიერო არგუმენტაციის მოსამზადებლად. დისკუსიის ბოლოს, თითოეული ჯგუფიდან ერთი მომხსენებელი კლასს წარუდგენს ჯგუფის მეცნიერულ მსჯელობას. მასწავლებელი აფასებს, რამდენად სწორად დააკავშირეს მოსწავლეებმა რეაგენტის თვისებები უჯრედის ბიოქიმიურ სტრუქტურასთან.

რეკომენდაცია: ჯგუფური მუშაობისას მოსწავლეებს შესთავაზეთ, გამოიყენონ მოსწავლის წიგნის გვ. 55-ზე მოცემული ტექსტი, პროცედურის ეტაპების მნიშვნელობის შესახებ, როგორც თეორიული წყარო არგუმენტების მოსაძებნად.

შეფასების ეტაპი

აქტივობა 5. ამოცანებზე მუშაობა

მიზანი: მოსწავლის მიერ დნმ-ისა და რნმ-ის სტრუქტურისა და ჩარგაფის წესების ათვისების დონის შეფასება და მიღწეული შედეგების შეჯამება.

რესურსი: სასწავლო მენიუ (დანართი 1.3), გაკვეთილის რეფლექსია (დანართი 1.6; 1.7.)

აღწერა: მასწავლებელი მოსწავლეებს ურიგებს „სასწავლო მენიუს“ (დანართი 1.3) და განუმარტავს, რომ I ბლოკი სავალდებულოა, ხოლო II და III ბლოკებიდან ირჩევენ თითო დავალებას საკუთარი მზაობისა და ინტერესის მიხედვით. ბოლოს მოსწავლეები აკეთებენ სამუშაოს რეფლექსიას და პასუხობენ რამდენიმე მეტაკოგნიტურ კითხვას.

რეკომენდაცია: „სასწავლო მენიუს“ შეთავაზებისას ხაზი გაუსვით მოსწავლეთა არჩევანის თავისუფლებას. განუმარტეთ, რომ II და III ბლოკებში დავალების არჩევა შეუძლიათ, ეს გაზრდის შინაგან მოტივაციას. დამატებითი მხარდაჭერის საჭიროების შემთხვევაში მოსწავლეებს მიეცით მიმართულება I ბლოკის კითხვებზე (მაგ. ნუკლეოტიდის 3 კომპონენტის გახსენებაზე), ხოლო დამატებითი გამოწვევის შემთხვევაში მოსწავლეები წაახალისეთ, სცადონ III ბლოკის №2 ან №3 დავალებები. (სასწავლო მენიუს

პასუხები მოცემულია — დანართ 8-ში). რეფლქსიის კითხვებზე პასუხისას წაახალისეთ მოსწავლეები, შეავსონ გულწრფელად, რაც თქვენ დაგეხმარებათ დავალებების უკეთესად ადაპტირებაში.



დამატებითი აქტივობა — ეთიკური დილემა

მიზანი: სამეცნიერო ეთიკის, გენდერული ასპექტებისა და აღმოჩენის ავტორობის შესახებ მსჯელობის უნარის ჩამოყალიბება.

რესურსი: საკითხავი მასალა და კითხვები დისკუსიისთვის (დანართი 1.4)

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან როზალინდ ფრანკლინის ისტორიას, ჯგუფებში იხილავენ აღწერილ სიტუაციას და მონაწილეობენ ჩამოთვლილი კითხვების მიხედვით წარმართულ დისკუსიაში. მასწავლებელი პროცესის მოდერატორია.

რეკომენდაცია: სადისკუსიო კითხვების განხილვისას ყურადღება გაამახვილეთ სამეცნიერო ეთიკაზე და ქალთა როლზე მეცნიერებაში. გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის გვ. 57-ზე მოცემული რუბრიკა „ფოტო 51“, სადაც ხაზგასმულია, რომ ფრანკლინმა 100 საათი დახარჯა ამ ფოტოს გადაღებაზე.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

ა) პარაგრაფში დიფერენცირებული მიდგომა სხვადასხვა აქტივობაშია ინტეგრირებული. იგი ვლინდება ექსპერიმენტული და კვლევითი აქტივობების, ღია კითხვების, თანამშრომლობითი მუშაობისა და შეფასების პროცესში, რაც საშუალებას მოგცემთ მოსწავლეთა საჭიროებების, ინტერესებისა და მზაობის შესაბამისად დაგეგმოთ სწავლება.

ბ) სასწავლო პროცესის დიფერენცირების მიზნით პარაგრაფში მოცემულია რუბრიკა ,,ეს საინტერესოა“. რუბრიკის გამოყენებისას მნიშვნელოვანია გაითვალისწინოთ:

მოსწავლეთა ნებაყოფლობითი ჩართულობა: უზრუნველყავით მასალის სარეკომენდაციო ხასიათი და მიეცით მოსწავლეებს არჩევანის თავისუფლება, რაც ხელს შეუწყობს მათი შინაგანი მოტივაციისა და ინტერესის შენარჩუნებას.

განმავითარებელი შეფასება: გამოიყენეთ მხარდამჭერი უკუკავშირი და წახალისება.

დიფერენცირების შესაძლებლობა: შესთავაზეთ რუბრიკა იმ მოსწავლეებს, რომლებიც ან ინტერესდებიან მეცნიერების ისტორიითა და ბიოფიზიკით.

ინტეგრირება საგაკვეთილო პროცესში: რუბრიკის მასალა საუკეთესო რესურსია გაკვეთილის (ჩართულობის) ეტაპზე პრობლემური კითხვის დასასმელად, ან (გაღრმავების**ა და ტრანსფერის**) ეტაპზე მოკლე დისკუსიების წარმართვისთვის.

4. შეფასება

მნიშვნელოვანია გაითვალისწინოთ, რომ შეფასება არ შემოიფარგლებოდეს მხოლოდ მოსწავლის მიღწევების სასწავლო შედეგებთან შესაბამისობის დადგენით. შეფასებისას გამოიყენეთ მრავალფეროვანი კითხვები და დავალებები, რომლებიც მოსწავლეს შესაძლებლობას მისცემს წარმოაჩინოს ცოდნისა და აზროვნების სხვადასხვა ასპექტი.

პარაგრაფში წარმოდგენილია დეკლარატიული, პროცედურული, პირობისეული ცოდნისა და მეტაკოგნიტური უნარების შესამოწმებელი დავალებები, ქვემოთ რამდენიმე მაგალითია მითითებული.

დეკლარატიულ ხოდნას აფასებს: გვ. 58 N 2, N 3.

პროცედურულ ცოდნას აფასებს: გვ. 58 N 1, N5

პირობისეულ ცოდნას აფასებს: გვ. 58 N4, გვ. 59 N 6.

მეტაკოგნიტურ უნარებს აფასებს: გვ. 59 N7

შეფასების რუბრიკა 1. აქტივობა 2. (არგუმენტირებული მსჯელობის შეფასების რუბრიკა).

სოლო ტაქსონომიის დონეები	**დონის აღწერა**
პრესტრუქტურული	მოსწავლეს დამატებითი მხარდაჭერა სჭირდება ექსპერიმენტის შედეგების გამოსაკვეთად.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე აღნიშნავს ფაქტს, რომ ექსპერიმენტის ბოლოს ჭიქაში თეთრი ძაფები დაინახა, თუმცა ვერ აკავშირებს მას საწყის მტკიცებასთან და ვერ აფასებს მას.
მულტისტრუქტურული	მოსწავლე სწორად ასახელებს მტკიცებულებას. ამბობს, რომ მტკიცება არასწორია, თუმცა ვერ აყალიბებს მეცნიერულ მსჯელობას (ვერ ხსნის, რომ ეს არის მოლეკულების დაგროვება/კონდენსაცია და არა ცალკეული მოლეკულა).
მიმართებითი	მოსწავლეს მოჰყავს მტკიცებულება და მეცნიერული მსჯელობით ასაბუთებს, რომ მტკიცება ნაწილობრივ მცდარია, რადგან მიკროსკოპი საჭიროა ცალკეული მოლეკულისთვის, ხოლო დიდი რაოდენობით გამოყოფილი დნმ-ის დანახვა შეუიარაღებელი თვალითაც შესაძლებელია.
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლე სრულყოფილად ასაბუთებს დასკვნას, ასევე პარალელს ავლებს სხვა მაკრომოლეკულების კონდენსაციასთან (მაგ. ცილების) და ხსნის ხსნადობის ფიზიკურ-ქიმიურ პრინციპებს.

შეფასების რუბრიკა 2

აქტივობა 4 (ჯგუფური მუშაობის შეფასების რუბრიკა)

(სასურველია თითოეული ჯგუფიდან ერთი ან ორი მოსწავლის ქმედებაც შეაფასოთ წინასწარ შედგენილი ჩქკლისტის მიხედვით, ან ჯგუფის თითო წევრს მისცეთ თვითშეფასების საშუალება, მათი საჭირების გათვალისწინებით).

დონე	**ჯგუფის მუშაობის აღწერა**
პრესტრუქტურული	ჯგუფმა ვერ გასცა პასუხი კითხვაზე, რა მოხდებოდა რეაგენტის გამოკლების ან შეცვლის შემთხვევაში.
უნისტრუქტურული	ჯგუფის აზრით ექსპერიმენტი არ გამოვიდოდა ან დნმ-ს ვერ დაინახავდნენ, თუმცა ბიოქიმიურ მიზეზს ჯგუფის წევრები ვერ ასახელებენ.
მულტისტრუქტურული	ჯგუფს გამოაქვს სწორი დასკვნები, თუმცა უჭირს იმის ახსნა, კონკრეტულად რა დაემართებოდა უჯრედულ მასას კონკრეტული შეცდომის დაშვებისას.
მიმართებითი	**I ჯგუფი:** აკავშირებს მარილის ნაკლებობას ცილების კომპლექსთან და დაბინძურებულ ხსნართან. **II ჯგუფი:** ხსნის, რომ სპირტის ნაადრევი დამატება გამოიწვევს მთლიანი მასის დენატურაციას მემბრანების დაშლამდე. **III ჯგუფი:** აკავშირებს დნმ-ის ხსნადობის ზრდას სპირტის ტემპერატურასთან.
გაფართოებული აბსტრაქციის	ჯგუფი პრობლემის გადაჭრისას მსჯელობს ფერმენტების ინჰიბირებაზე ტემპერატურის ცვლილებისას, გვთავაზობს ალტერნატიულ რეაგენტებს (მაგ. სხვადასხვა სახის საპონს ან სპირტს) და აყალიბებს ზოგად წესს, რატომ არის კრიტიკულად მნიშვნელოვანი მოლეკულურ ბიოლოგიაში პროტოკოლის ზუსტი დაცვა.

5.

6. დანართები

ბლოკი 1. სამუშაო ფურცლები და განმავითარებელი შეფასების ზოგიერთი ინსტრუმენტი (რესურსი მოსწავლეებისთვის)

დანართი 1.1. სამუშაო ფურცელი N1

სახელი, გვარი: ----------

დავალება: ექსპერიმენტის შედეგებსა და რეაგენტების მოქმედების ახსნაზე დაყრდნობით, მოიყვანეთ მტკიცებულებები და მეცნიერული მსჯელობით შეაფასეთ:

მტკიცება: „დნმ-ის დანახვა შესაძლებელია მხოლოდ მიკროსკოპით“.

კომპონენტი	**მოსწავლის სავარაუდო/სასურველი პასუხი**
მტკიცება (პოზიცია/ შეფასება)	
მტკიცებულება	
მსჯელობა	

დანართი 1.2. სამუშაო ფურცელი 2.

თარიღი: _____

ჯგუფის წევრები: _____

დავალების ინსტრუქცია:

1. ყურადღებით წაიკითხეთ თქვენი ჯგუფისთვის განკუთვნილი პრობლემური სცენარი.
2. იმსჯელეთ ჯგუფში და მოიყვანეთ ბიოქიმიური არგუმენტები: რა პროცესი დაირღვა უჯრედულ დონეზე.
3. მოამზადეთ მოკლე პრეზენტაცია (1-2 წუთი) კლასის წინაშე წარსადგენად.

ჯგუფი I: წარმოიდგინეთ, რომ ექსპერიმენტის დროს მასწავლებელს დაავიწყდა ხსნარში სუფრის მარილის (ნატრიუმის ქლორიდის) დამატება.

იმუშავებდა თუ არა ექსპერიმენტი? რა დაემართებოდა დნმ-ის მოლეკულებს მარილის გარეშე და რატომ?

ჯგუფის არგუმენტირებული პასუხი:

ჯგუფი II: ერთ-ერთმა მოსწავლემ გადაწყვიტა, დრო დაეზოგა და ცივი სპირტი ექსპერიმენტის დასაწყისშივე, ხილის დანაყვისთანავე ჩაასხა ჭიქაში.

რატომ ვერ შეძლებდა ეს მოსწავლე დნმ-ის გამოყოფას?

რა დაემართა უჯრედულ სტრუქტურებსა და ცილებს სპირტის ნაადრევი დამატებით?

ჯგუფის არგუმენტირებული პასუხი:

ჯგუფი **III:** ლაბორატორიის ასისტენტს დაავიწყდა სპირტის საყინულეში შედგმა და მოსწავლეებმა ექსპერიმენტის ბოლოს ოთახის ტემპერატურის სპირტი გამოიყენეს.

როგორ იმოქმედებდა ეს ექსპერიმენტის საბოლოო შედეგზე?

როგორ იცვლება დნმ-ის ხსნადობა ტემპერატურის ცვლილებისას?

ჯგუფის არგუმენტირებული პასუხი:

დანართი 1.3: ,,სასწავლო მენიუ“



სავალდებულო ბლოკი — შეასრულეთ ორივე დავალება

1) დაალაგეთ სტრუქტურები აგებულების სირთულის მიხედვით, მარტივიდან რთულისაკენ: *დნმ-ის მოლეკულა, ნუკლეოტიდი, აზოტოვანი ფუძე, პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი (გვ. 58 №2).*
2) მოცემულია დნმ-ის ერთი ჯაჭვი: **ც–გ–თ–თ–ც–ა–გ–გ–ა–თ**. კომპლემენტარობის წესის გამოყენებით აღადგინეთ და ჩაწერეთ მეორე ჯაჭვის ნუკლეოტიდური შემადგენლობა *(გვ. 58 №3).*

II **ბლოკი — აირჩიეთ ერთი დავალება**

1) დნმ-ის მოლეკულის მონაკვეთი შეიცავს 1200 ნუკლეოტიდს. აქედან 240 ადენინია. გამოითვალეთ, რამდენი ციტოზინის მოლეკულა იქნება ამ ფრაგმენტში ჩარგაფის წესზე დაყრდნობით *(გვ. 58 №1).*
2) დნმ-ის ფრაგმენტი შედგება 600 ნუკლეოტიდისგან, სადაც 120 ადენინია. გამოითვალეთ თიმინის, გუანინისა და ციტოზინის რაოდენობა, ასევე წყალბადური ბმების საერთო რაოდენობა ამ ფრაგმენტში *(გვ. 58 №5).*

III ბლოკი — აირჩიეთ ერთი დავალება

1) მეცნიერებმა აღმოაჩინეს ვირუსი, რომლის აზოტოვანი ფუძეები ასეა განაწილებული: A = 20%, G = 30%, C = 15%, T = 35%. იმსჯელეთ, რომელი ნუკლეინის მჟავა შედის ამ ვირუსის შემადგენლობაში და რატომ *(გვ. 59 №6)?*
2) მოდელზე მუშაობისას მეცნიერებმა პურინი პურინს დაუწყვილეს, პირიმიდინი კი — პირიმიდინს.
   ა) ჩარგაფის რომელ წესს არღვევდა ეს?
   ბ) რ. ფრანკლინის რომელ მონაცემს ეწინააღმდეგებოდა?
   გ) სქემატურად დახატე, რას დაემსგავსებოდა ასეთი დნმ *(გვ. 58 №4).*

3) *დააკვირდით* გვ. 59-ზე მოცემულ A და B ილუსტრაციას. ამოიცანით გამოსახული ნუკლეოტიდები და აღწერეთ, რა ნაბიჯები გადადგით და რა გზით მიხვედით სწორ პასუხამდე *(გვ. 59 №7)*?

დანართი 1.4.

როზალინდ ფრანკლინის დილემა — ვიდეო როზალინდ ფრანკლინის შესახებ

„ფოტო №51-ის მძევალი“ — კონტექსტ მაგალითი

1952 წლის ზამთარი . . . ლონდონი . . . კინგსის კოლეჯის ცივი ლაბორატორია . . .

როზალინდ ფრანკლინი ზის რთული მათემატიკური გამოთვლებითა და რენტგენული ფოტოებით გადატვირთულ მაგიდასთან. ახალგაზრდა ქალი არ ენდობა ინტუიციას, მას მხოლოდ ციფრებისა და ფაქტების სჯერა.

იმავე შენობაში მუშაობს **მორის უილკინსი**. მათ შორის ურთიერთობა უკიდურესად დაძაბულია. უილკინსი თვლის, რომ როზალინ ფრანკლინი მისი ასისტენტია. დამოუკიდებელი და ამაყი მკვლევარი კი ამგვარ დამოკიდებულებას ვერ იტანს. მათ ლაბორატორიაში სიჩუმე მხოლოდ აპარატურის ხმაურით ირღვევა — ისინი ერთმანეთს თითქმის არ ეკონტაქტებიან.

ამ დროს, კემბრიჯის უნივერსიტეტში, **ჯეიმს უოტსონი** და **ფრენსის კრიკი** აზარტულ რბოლაში არიან ჩაბმულნი. მათ იციან ჩარგაფის წესები აზოტოვანი ფუძეების წყვილების შესახებ, იციან ქიმიური საფუძვლები, თუმცა ერთი უმთავრესი რამ აკლიათ: მათ არ იციან, რა ფორმა აქვს მოლეკულას. მათთვის დნმ ჯერჯერობით მხოლოდ ქაღალდზე დაწერილი ფორმულაა.

როზალინდ ფრანკლინს უკვე აქვს პასუხი. მის უჯრაში დევს **„ფოტო №51“**, რომელიც მან 100-საათიანი დასხივების შედეგად მიიღო. ახალგაზრდა მკვლევარმა უკვე ამოიკითხა ამ ფოტოზე, რომ დნმ-ს სპირალური ფორმა აქვს და მისი „ჩონჩხი“ გარეთა მხარესაა განლაგებული. თუმცა, დუმს. ის თვლის, რომ მოდელის აწყობა ნაადრევია, სანამ ყოველი მილიმეტრი არ იქნება გადამოწმებული. არ სურს შეცდომა დაუშვას.

ისტორიამ კი სხვაგვარად ინება: როზალინდის დაუკითხავად, მორის უილკინსმა, ფოტო უჯრიდან ამოიღო და კემბრიჯიდან სტუმრად ჩამოსულ უოტსონს აჩვენა. ფრანკლინმა არ იცოდა, რომ მისი უდიდესი შრომით მოპოვებული მონაცემები სხვისი წარმატების მიზეზი გახდა. განაგრძობდა მუშაობას მათემატიკურ სიზუსტეზე, მაშინ როცა კემბრიჯში უკვე მუყაოსა და ლითონისგან პირველ ორმაგ სპირალს აწყობდნენ.

სადისკუსიო კითხვები:

1) როგორ ფიქრობთ, მეცნიერული აღმოჩენა კაცობრიობის საკუთრებაა, თუ იმ კონკრეტული მეცნიერის, ვინც მასზე მუშაობს?

2) ჰქონდა თუ არა მორის უილკინსს მორალური უფლება, სხვისი (თუნდაც კოლეგის) ნაშრომი მისი ნებართვის გარეშე ეჩვენებინა მესამე პირისთვის?

3) ამართლებს თუ არა დიდი მიზანი ინფორმაციის უნებართვო გაცემას?

4) როზალინდ ფრანკლინი არ აქვეყნებდა მონაცემებს, რადგან მათემატიკურ სისრულეს ელოდა. უოტსონმა და კრიკმა კი სხვისი მონაცემებით მოდელი ააწყვეს. თქვენი აზრით, ვინ უფრო მეტად იმსახურებს „აღმომჩენის“ სახელს: ის, ვინც აგროვებს უტყუარ მტკიცებულებებს, თუ ის, ვინც ამ მტკიცებულებებს სწორ ინტერპრეტაციას აძლევს?

5) წარმოიდგინეთ, რომ თქვენ ხართ უოტსონი. მას შემდეგ, რაც ფოტო №51 ნახეთ და მიხვდით პასუხს, როგორ მოიქცეოდით: მაშინვე შესთავაზებდით როზალინდს თანაავტორობას?

გამოიყენებდით ინფორმაციას და მხოლოდ მცირე მადლობას გადაუხდიდით სტატიის ბოლოში?

6) რა ფაქტორებმა შეიძლება იმოქმედოს მეცნიერის წვლილის აღიარებაზე? რა როლი შეიძლება ჰქონოდა ამ შემთხვევაში გენდერს?

7) როზალინდ ფრანკლინი 37 წლის ასაკში გარდაიცვალა, სავარაუდოდ, რადიაციასთან მუშაობის გამო. ფოტოს გადაღება სიცოცხლის ფასად დაუჯდა. როდესაც მეცნიერმა იცის, რომ მისი აღმოჩენა სხვამ „მიითვისა“, რა გავლენას ახდენს ეს მის მოტივაციაზე?

8) უნდა მიენიჭოს თუ არა ნობელის პრემია ადამიანს სიკვდილის შემდეგ, იმ შემთხვევაში, თუ მისი როლი გადამწყვეტია

დანართი 1.5.

გასასვლელი ბილეთის გამოყენება შესაძლებელია ცდის ბოლოს.

სახელი, გვარი: _____ **თარიღი:** _____

- რა იყო დღევანდელ ექსპერიმენტში ყველაზე მოულოდნელი ან შთამბეჭდავი თქვენთვის?

- რომელი ერთი ფაქტი ან დეტალი დაგამახსოვრდათ გაკვეთილიდან?

- რა კითხვა გაგიჩნდათ თეთრი ძაფების დანახვისას, რომელზე პასუხსაც ისურვებდით შემდეგ გაკვეთილზე?

დანართი 1.6.

მოსწავლის რეფლექსია გაკვეთილის ბოლოს

სახელი, გვარი: _____ **თარიღი:** _____

რეფლექსია

1. გაკვეთილამდე ვფიქრობდი, რომ: ----------
2. ახლა მივხვდი, რომ: ----------
3. რა იყო დღეს ჩემი მთავარი ,,აღმოჩენა“? ----------
   ----
4. რომელი საკითხის გაგება/ახსნა გამიჭირდა ყველაზე მეტად და რატომ? ----------
   ----
5. რა შეკითხვა დამრჩა, რომელზეც პასუხიც ჯერ კიდევ მაინტერესებს? ----------
   ----

ბლოკი 2. სამუშაო ფურცლების პასუხები (რესურსი მასწავლებისთვის)



დანართი 2.1

სამუშაო ფურცლის შევსებული ვერსია (რესურსი მასწავლებლისთვის)

დავალება: ექსპერიმენტის შედეგებსა და რეაგენტების მოქმედების ახსნაზე დაყრდნობით, მოიყვანეთ მტკიცებულებები და მეცნიერული მსჯელობით შეაფასეთ ეს მტკიცება.

მტკიცება: „დნმ-ის დანახვა შესაძლებელია მხოლოდ მიკროსკოპით“.

კომპონენტი	**მოსწავლის სავარაუდო/სასურველი პასუხი**
მტკიცება (პოზიცია/ შეფასება)	მოცემული მტკიცება ნაწილობრივ სწორია.
მტკიცებულება	ექსპერიმენტის ბოლოს ცივი სპირტის დამატების შემდეგ ჭიქაში წარმოიქმნა თეთრი, ძაფისმაგვარი მასა, რომელიც შეუიარაღებელი თვალითაც ჩანდა.
მსჯელობა	ცალკეული დნმ-ის მოლეკულა იმდენად მცირე ზომისაა, რომ მისი დანახვა შეუიარაღებელი თვალით შეუძლებელია. თუმცა, ექსპერიმენტის დროს რეაგენტების მოქმედებით უჯრედებიდან გამოყოფილი მრავალი დნმ-ის მოლეკულა ცივ სპირტში აღარ იხსნება და ერთად ილექება. მათი დაგროვების/კონდენსაციის შედეგად წარმოიქმნება თეთრი, ძაფისმაგვარი მასა, რომელიც უკვე ჩანს მიკროსკოპის გარეშეც. **დასკვნა:** მიკროსკოპი საჭიროა *ცალკეული* მოლეკულის დასანახად, ხოლო *დიდი რაოდენობით* გამოყოფილი დნმ-ის დანახვა შესაძლებელია მის გარეშეც.



დანართი 2.2.

სამუშაო ფურცელი N 2-ის პასუხები

I ჯგუფის დავალება: წარმოიდგინეთ, რომ ექსპერიმენტის დროს მასწავლებელს დაავიწყდა ხსნარში მარილის (ნატრიუმის ქლორიდის) დამატება. იმუშავებდა თუ არა ექსპერიმენტი? რატომ?

მოსწავლეთა სასურველი არგუმენტაცია: დნმ უჯრედში მჭიდროდ არის დაკავშირებული ცილებთან. მარილის ფუნქცია ამ კავშირის გაწყვეტა და ცილების მოცილებაა. მარილის გარეშე დნმ ცილებთან კომპლექსში დარჩებოდა, სუფთა სახით ვერ გამოცალკევდებოდა და სპირტის დამატებისას მივიღებდით გაუმჭვირვალე, უჯრედული ნარჩენებით დაბინძურებულ მასას.

დამატებითი ინფორმაცია: ცილების დენატურაციასა და მემბრანების დაშლას ჭურჭლის ჟელე იწვევს. Na^+-ის იონების მთავარი როლია დნმ-ის უარყოფითად დამუხტული ფოსფატის ჯგუფების ნეიტრალიზაცია. ნატრიუმის იონები ამცირებენ ფოსფატებს შორის განზიდვას, რაც საშუალებას აძლევს დნმ-ის ჯაჭვებს, სპირტის დამატებისას ერთად შეჯგუფდნენ და კონდენსირდნენ. შედეგად წარმოქმნან ხილული თეთრი ძაფები.

II ჯგუფი: ერთ-ერთმა მოსწავლემ გადაწყვიტა დრო დაეზოგა და ცივი სპირტი ექსპერიმენტის დასაწყისშივე, ხილის დანაყვისთანავე ჩაასხა ჭიქაში. რატომ ვერ შეძლებდა ეს მოსწავლე დნმ-ის გამოყოფას?

მოსწავლეთა სასურველი არგუმენტაცია: დნმ მოქცეულია უჯრედის კედლის, პლაზმური და ბირთვის მემბრანების შიგნით. თუ სპირტს დასაწყისშივე დავამატებთ, უჯრედული მასა

მომენტალურად შედედდება (მოხდება ცილების დენატურაცია). დნმ ჩაიკეტება ამ დაუშლელ მასაში, ვერ გამოთავისუფლდება წყალხსნარში და ფილტრაციისას ქსოვილის ნარჩენებთან ერთად გადაიყრება.

III ჯგუფი: ლაბორატორიაში ასისტენტს დაავიწყდა სპირტის საყინულეში შედება და მოსწავლეებმა ოთახის ტემპერატურის თბილი სპირტი გამოიყენეს. როგორ იმოქმედებდა ეს შედეგზე?

მოსწავლეთა სასურველი არგუმენტაცია: დაბალ ტემპერატურაზე დნმ-ის ხსნადობა სპირტში მკვეთრად მცირდება, რაც იწვევს მის მომენტალურ, სრულ კონდენსაციას და ზედაპირზე თეთრი ძაფების სახით ამოსვლას. თბილი სპირტის გამოყენებისას დნმ ნაწილობრივ ისევ გაიხსნებოდა ხსნარში, რეაქცია შენელდებოდა და თეთრი ძაფისმაგვარი მასა ან საერთოდ არ წარმოიქმნებოდა, ან იქნება ძალიან მცირე და ძნელად შესამჩნევი.

ბლოკი 3. რუბრიკების პასუხები

დანართი 3.1.: რუბრიკა — უპასუხეთ კითხვებს

კითხვები გამოიყენეთ ახსნისა და შეფასების ეტაპებს შორის. პირველი სამი კითხვის გამოყენება უმჯობესია კლასთან სწრაფი გამოკითხვისთვის, ხოლო მე-4 და მე-5 კითხვები გამოიყენეთ წყვილებში სამუშაოდ, სადაც მოსწავლეები ერთმანეთს აუხსნიან ქიმიური ბმების (კოვალენტურისა და წყალბადურის) როლს დნმ-ის სტაბილურობაში.

1. პასუხი:

	ნახშირწყალი	აზოტოვანი ფუძე	ჯაჭვების რაოდენობა
დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ)	დეზოქსირიბოზა	თიმინი	2
რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ)	რიბოზა	ურაცილი	1

2. ჩარგაფის კანონის მიხედვით:

ა. დნმ-ის ნუკლეოტიდების რაოდენობრივი შემცველობა სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმში განსხვავებულია;

ბ. ა=თ, გ=ც;

გ. ა + გ = თ + ც.

3. დნმ-ის მოლეკულის აღნაგობა დაადგინეს რენტგენული კრისტალოგრაფიის მეთდით;

4. დნმ-ის ერთ ჯაჭვში ერთი ნუკლეოტიდის ნახშირწყალი მეორე ნუკლეოტიდის ფოსფორმჟავას ნაშთს უკავშირდება კოვალენტური ბმით;

5. დნმ-ის ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი ერთმანეთს აზოტოვან ფუძეებს შორის წარმოქმნილი წყალბადური ბმებით უკავშირდება.

დანართი 3.2. რუბრიკა — საშინაო დავალებები

1. დავალება ამოწმებს პროცედურულ ცოდნას,

პასუხი: ჩარგაფის წესის მიხედვით, დნმ-ის მოლეკულაში ადენინის რაოდენობა თიმინის რაოდენობის ტოლია (A = T), ხოლო გუანინისა — ციტოზინის (G = C). ამიტომ:

A = T = 240. A+T = 480.

G+C = 1200 – 480 = 720.

G =C = 720/2 = 360.

2. დავალება ამოწმებს დეკლარატიულ ცოდნას.

პასუხი: აზოტოვანი ფუძე, ნუკლეოტიდი, პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი, დნმ-ის მოლეკულა.

3. დავალება ამოწმებს პროცედურულ ცოდნას

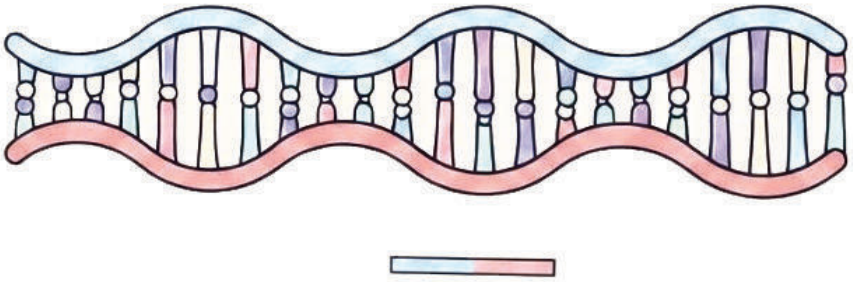
პასუხი: ც გ თ თ ც ა გ გ ა თ;

4. დავალება ამოწმებს პირობისეულ ცოდნას

პასუხი: ა) ასეთი განლაგება არღვევს პუნქტს: ა = თ, გ=ც;

ბ) რ. ფრანკლინის მონაცემებით, დნმ-ის მოლეკულის სიგანე მთელ სიგრძეზე 2 ნმ-ია.

გ) პურინი–პურინის წყვილების უბანში დნმ-ის მოლეკულა შედარებით განიერი იქნებოდა, ხოლო პირიმიდინი–პირიმიდინის წყვილების უბანში — ვიწრო. შედეგად დნმ-ის მოლეკულაში მონაცვლეობით იქნებოდა განიერი და ვიწრო ადგილები.



5. დავალება ამოწმებს პროცედურულ ცოდნას

პასუხი: A = T = 120. A+T = 240. G+C = 600 – 240 = 360. G =C = 360/2 = 180.

ადენინსა და თიმინს შორის მყარდება 2 წყალბადური ბმა, გუანინსა და ციტოზინს შორის — 3. ამიტომ წყალბადური ბმების რაოდენობა უდრის: 120 x 2 + 180 x 3 = 780;

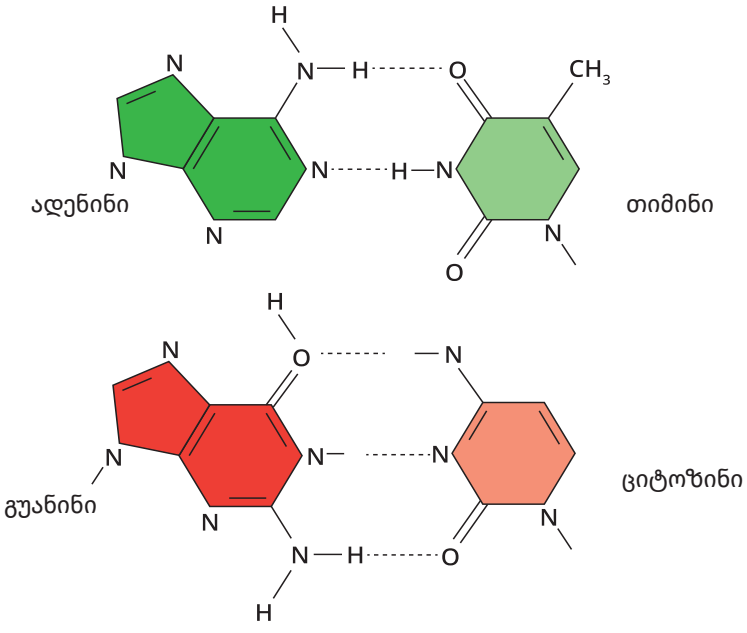
6. დავალება ამოწმებს პირობისეულ ცოდნას

პასუხი: რადგან ნიმუში შეიცავს თიმინიან ნუკლეოტიდს, ე.ი. ვირუსი დნმ-შემცველია;

რეკომენდაცია: ყურადღება მიაქციეთ: რადგან A (20%) ≠ T (35%) და G (30%) ≠ C (15%), აქ ჩარგაფის წესი არ მოქმედებს. ეს ნიშნავს, რომ ვირუსის გენომი წარმოდგენილია ერთჯაჭვიანი დნმ-ით.

7. დავალება ამოწმებს მეტაკოგნიტურ უნარებს

პასუხი:



8. დავალება ამოწმებს პროცედურულ ცოდნას

პასუხი: ადენინი — 15%, ჩარგაფის წესის მიხედვით ადენინიანი ნუკლეოტიდების რაოდენობა უდრის თიმინიანი ნუკლეოტიდების რაოდენობას, ამიტომ A+T=15%+15%=30%

გუანინიანი და ციტოზინიანი ნუკლეოტიდების რაოდენობა = 100%-30%=70%.

თითოეულის რაოდენობა იქნება 70%/2=35%.

ბ) გუანინსა და ციტოზინს შორის მყარდება სამი წყალბადური ბმა, რადგან დნმ-ში ეს აზოტოვანი ფუძეები სჭარბობს, დნმ-ი უფრო მდგრადია მაღალი ტემპერატურის მიმართ.

7.1.7. პირველი თავის შემაჯამებელი დავალებები

დავალებების განაწილება შეფასების მიზნების მიხედვით:

- **ცოდნა და გაგება:** დავალებები 3, 5, 8
- **გამოყენება და ანალიზი:** დავალებები 1, 2, 4, 6, 7, 9, 10
- **მონაცემთა ინტერპრეტაცია და ექსპერიმენტული უნარები:** დავალება 11

დავალებების განაწილება ცოდნის კატეგორიების მიხედვით:

- **დეკლარატიული ცოდნა:** დავალებები 3, 5, 8
- **პროცედურული ცოდნა:** დავალება 6, 11
- **პირობისეული ცოდნა:** დავალებები 1, 2, 4, 7, 9, 10
- **მეტაკოგნიტური უნარები:** დავალება 11.



დავალებების პასუხები, შეფასება და მეთოდური რეკომენდაციები:

დავალება 1

სწორი პასუხის ვერსია: დილის საათებში, მზის ამოსვლამდე და საღამოს, მზის ჩასვლის შემდეგ წყლის pH≈5. ამ დროს ფოტოსინთეზი პრაქტიკულად არ მიმდინარეობს და წყალი მდიდარია ნახშირორჟანგით. ნახშირორჟანგი წყალთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის ნახშირმჟავას (**$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$**), რომელიც სუსტი მჟავაა, მისი უდიდესი ნაწილი ისევ ნახშირორჟანგად და წყლად იშლება, თუმცა გარკვეული რაოდენობა დისოცირდება და წყალბადის კატიონებს წარმოქმნის, რის გამოც წყალში წყალბადიონების კონცენტრაცია და შესაბამისად წყლის მჟავიანობა იზრდება. ამიტომ დილისა და ღამის საათებში წყალს მჟავა რეაქცია აქვს. დაახლოებით 11 საათის შემდეგ, მცენარეებში ინტენსიურად მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი და ისინი აქტიურად ითვისებენ CO_2-ს. შედეგად მცირდება ნახშირმჟავას რააოდენობა და H^+ იონების კონცენტრაცია. ამიტომ pH თანდათან იზრდება და მაქსიმუმს აღწევს დაახლოებით 17 საათზე (pH ≈ 7.5), რაც მიუთითებს წყლის მჟავიანობის შემცირებაზე.

მეთოდური რეკომენდაცია**:** მიუთითეთ მოსწავლეებს, პირველ რიგში დააკვირდნენ X და Y ღერძებს. განსაზღვრონ, რა არის გამოსახული ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ღერძებზე. მოძებნონ მინიმუმისა და მაქსიმუმის წერტილები. საჭიროების შემთხვევაში დასვით კითხვები: *რომელ საათზე აღწევს pH მინიმუმს? როდის აღწევს ის პიკს?* განუმარტეთ მოსწავლეებს, რომ მცენარეები სუნთქავენ 24 საათის განმავლობაში. ხაზი გაუსვით, რომ დღისით pH-ის ზრდა გამოწვეულია არა სუნთქვის შეწყვეტით, არამედ იმით, რომ ფოტოსინთეზის სიჩქარე აღემატება სუნთქვისას.

დავალება 2:

სწორი პასუხის ვერსია: ფერმენტული რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურაზე დამოკიდებულებას გამოსახავს მეორე მრუდი, რადგან ტემპერატურის გარკვეულ მნიშვნელობაზე ფერმენტი შეუქცევადად დენატურირდება და რეაქციის სიჩქარე თანდათან მცირდება;

დავალება 3.

სწორი პასუხის ვერსია: იზოფერმენტებია *(იზო — ერთნაირი)* A და B, რადგან მათ მსგავსი კონ-ფორმაციის აქტიური ცენტრები აქვთ. ისინი ერთსა და იმავე სუბსტრატს უკავშირდებიან და ერთსა და იმავე ქიმიურ რეაქციას კატალიზებენ, თუმცა განსხვავებული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები (ან ოპტიმუმი) გააჩნიათ.

მეთოდური რეკომენდაცია: სივრცითი აღქმის სირთულის მქონე მოსწავლეებს ფერმენტების აქტიური ცენტრის ფორმები გამოაკვეთინეთ ფერადი ფანქრებით ან შესთავაზეთ „გასაღები-საკეტის“ მოდელის საყრდენი ბარათი.

დავალება 4:

სწორი პასუხის ვერსია: მძლეოსანს ვურჩევდი მწიფე ბანანს, რადგან მცირე დროში მეტი ენერგიის მისაღებად საჭიროა მარტივი ნახშირწყლები, რომლებსაც მწიფე ბანანი შეიცავს;

მეთოდური რეკომენდაცია: საჭიროების გათვალისწინებით მოსწავლეებისთვის გამოიყენეთ „ჩასასმელი სავარჯიშოს“ ფორმატი გამოტოვებული სიტყვებით.

დავალება 5:

სწორი პასუხის ვერსია: A — მარტივი ნახშირწყალია, რადგან კარგად იხსნება წყალში და აქვს ენერგეტიკული ღირებულება;

B — ცხიმი ან სახამებელი, რადგან არ იხსნება წყალში და მაღალი ენერგეტიკული ღირებულება აქვს;

C — ცილაა, რადგან ის ქმნის კუნთების ძირითად მასას;

მეთოდური რეკომენდაცია: სსსმ მოსწავლეებისთვის ნივთიერების ზოგადი სახელწოდების ნაცვლად გამოიყენეთ, შაქარი, ზეთი.

დავალება 6:

სწორი პასუხის ვერსია:

ა. ინსულინი ორი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან შედგება;

ბ. ერთ ჯაჭვში 21 ამინომჟავაა და მათ შორის 20 პეპტიდური ბმა მყარდება, მეორე ჯაჭვში 30 ამინომჟავაა და მათ შორის 29 პეპტიდური ბმა წარმოიქმნება. ე.ი. ცილა სულ 49 პეპტიდურ ბმას შეიცავს;

გ. ჯაჭვები ერთმანეთს დისულფიდური ბმებით უკავშირდება;

დ. სქემის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ ცილაში ამინომჟავა ცისტეინის შემცველობაზე. ორ ჯაჭვს შორის 2 დისულფიდური ხიდია, ერთი დისულფიდური ხიდი ერთ-ერთი ჯაჭვის შიგნითაა. ე.ი. ცილა შეიცავს 6 მოლეკულა ცისტეინს.

მეთოდური რეკომენდაცია: დიკალკულაციის ან ხანმოკლე მეხსიერების სირთულეების მქონე მოსწავლეებისთვის გამოიყენეთ ადაპტაციის გზა, რომელიც მათ ფუნქციურ საჭიროებებს შეესაბამება:

ა) ცილის ჯაჭვების რიცხვითი აღწერის ნაცვლად, მიეცით მზა სქემატური ნახატი, სადაც ამინომჟავები წარმოდგენილია „მძივების“ სახით.

ბ) ფორმულის (N-1) დამოუკიდებლად გამოყენების ნაცვლად, მოსწავლეს შესთავაზეთ სქემა, სადაც პეპტიდურ ბმებს ხელით (ან ფერადი ფანქრით აღნიშვნით) დაითვლის.

გ) შესთავაზეთ დამხმარე მინიშნება: *1 დისულფიდური ხიდი = 2 ცისტეინი*.

დავალება 7:

სწორი პასუხის ვერსია: ჯერ დაიშლება ნახშირწყლები, შემდეგ ცხიმი, უკიდურეს შემთხვევაში — ცილა;

მეთოდური რეკომენდაცია: საჭიროების შემთხვევაში მოსწავლეებს შესთავაზეთ ნივთიერებების სახელები და სთხოვეთ, დაალაგოს დაშლის თანმიმდევრობით.

დავალება 8:

სწორი პასუხი: პეპტიდური ბმა აღნიშნულია ციფრი 2-ით;

დავალება 9:

სწორი პასუხის ვერსია: 1 გ ცხიმის დაშლისას ორჯერ მეტი ენერგია თავისუფლდება, ვიდრე იმავე მასის ნახშირწყლის დაშლის დროს. გარდა ამისა, ცხიმი ენდოგენური წყლის წყაროა. ამიტომ დათვი ზამთრისთვის ცხიმს იმარაგებს და არა ნახშირწყალს;

დავალება 10:

სწორი პასუხის ვერსია: ბაქტერიის დნმ-ში განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით იქნება გუანინიანი და ციტოზინიანი ნუკლეოტიდები. მათ შორის სამი წყალბადური ბმა მყარდება, მის გაწყვეტაზე მეტი ენერგია იხარჯება.

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლეს, რომელსაც უჭირს ვრცელი ტექსტის წერა, მიეცით სქემატური ჩანახატი, სადაც A-T წყვილს შორის გამოსახულია 2 ხაზი (წყალბადური ბმა), ხოლო G-C-ს შორის — 3 ხაზი, და სთხოვეთ შეადაროს მათი სიმტკიცე.

დავალება 11:

სწორი პასუხის ვერსია:

ა. II და III – 35 ^{0}C. I – 55 ^{0}C;

ბ. დამოკიდებული ცვლადია ფერმენტის აქტივობა, დამოუკიდებელი ცვლადია — ტემპერატურა;

გ. რა გავლენას ახდენს ტემპერატურა ფერმენტის აქტივობაზე?

დ. II და III ფერმენტები მაქსიმალურ აქტივობას ავლენენ 35 ^{0}C ტემპერატურაზე. I ფერმენტი მუშაობას იწყებს 15 ^{0}C -ზე და მაქსიმალურ აქტივობას 55 ^{0}C ტემპერატურაზე აღწევს. ეს ფერმენტები სხვადასხვა გარემოში მცხოვრებ ორგანიზმებს ეკუთვნის;

ე. პირველი ფერმენტი სავარაუდოდ თერმოფილურ (სითბოს მოყვარული) ორგანიზმს ეკუთვნის. ის ბინადრობს ცხელ სარტყელში, მისი ცილა მდგრადია მაღალ ტემპერატურაზე. მეორე და მესამე ფერმენტები სავარაუდოდ მეზოფილურ (საშუალო, ზომიერი ტემპერატურის მოყვარული) ორგანიზმში გვხვდება. მათი ფერმენტები უფრო დაბალ ტემპერატურაზე წყვეტენ მუშაობას.

ვ. ტემპერატურის მატებასთან ერთად იზრდება მოლეკულების კინეტიკური ენერგია და რეაქციის სიჩქარე (ოპტიმუმამდე), ხოლო ტემპერატურის შემდგომი ზრდისას იწყება ფერმენტის **დენატურაცია**, რის გამოც აქტივობა მკვეთრად ეცემა.

ზ. ფერმენტის აქტივობაზე ტემპერატურის გარდა გავლენას ახდენს გარემოს pH და პროდუქტის კონცენტრაცია.

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლეებისთვის, რომლებსაც უჭირთ გრაფიკებიდან მონაცემების წაკითხვა, ან აქვთ სენსორული/მხედველობითი აღქმის ან ყურადღების დეფიციტი (ADHD), შეგიძლიათ გამოიყენოთ ადაპტაციის სხვადასხვა გზა გზა, რომელიც მათ ფუნქციურ საჭიროებებს შეესაბამება.

ა) გრაფიკის X და Y ღერძები მოინიშნოს განსხვავებული მკვეთრი ფერებით (მაგ., დრო — ლურჯად, pH / ტემპერატურა — წითლად).

ბ) გრაფიკზე წინასწარ მონიშნეთ პიკები (მაქსიმუმი) და ვარდნები (მინიმუმი) სპეციალური სიმბოლოებით, ამ გზით მოსწავლეს გაუადვილდება მონაცემების დაკავშირება დროის/ ტემპერატურის ნიშნულებთან.

გ) 3 მრუდის ნაცვლად, სსსმ მოსწავლეს მიეცით მხოლოდ 1 მრუდი (მაგ., მხოლოდ I ფერმენტი) და შეკითხვები შეამცირეთ 2-3 ძირითად პუნქტამდე.

მეტაკოგნიტური უნარების განვითარებისთვის მოსწავლეებს შესთავაზეთ კითხვა: *გრაფიკების გაანალიზებისას, რომელმა მონაცემმა გაგიჩინათ ყველაზე მეტი ეჭვი, ან შეგიქმნათ ყველაზე მეტი სირთულე და რა კონკრეტული სტრატეგია გამოიყენეთ იმისათვის, რომ II და III ფერმენტების ოპტიმუმი ერთმანეთში არ აგერიოთ?*

შემაჯამებელი დავალებების სამიზნე ცნებებთან დაკავშირებული შეფასების ზოგადი ანალიტიკური რუბრიკა

სამიზნე ცნება / კრიტერიუმი	**საწყისი დონე**	**განვითარებადი დონე**	**მაღალი დონე**
კომპონენტების აგებულება და თვისებები *(სტრუქტურა და ფუნქცია)*	უჭირს უჯრედის შემადგენელი ნივთიერებების (სტრუქტურების) ცნობა.	სწორად ასახელებს და აღწერს ორგანული ნივთიერებების ძირითად კომპონენტებს (მონომერები) და თვისებებს.	სიღრმისეულად აღწერს უჯრედის ქიმიურ ნივთიერებებს, მსჯელობს მათ აგებულებაზე.
	ასახელებს უჯრედის შემადგენელი ნივთიერებების მხოლოდ ზოგად თვისებებს.	იყენებს შესაბამის მეცნიერულ ტერმინოლოგიას.	დამოუკიდებლად ამუშავებს სტრუქტურულ მონაცემებს.
	ჩამოთვლის უჯრედში შემავალ ნივთიერებებს თვისებების ახსნის გარეშე.	მონაცემების შესაგროვებლად დამაზუსტებელი კითხვები სჭირდება.	ხსნის მოლეკულურ, სტრუქტურულ თავისებურებებს.
სტრუქტურასა და ფუნქციას შორის კავშირი *(სტრუქტურა და ფუნქცია)*	ვერ აკავშირებს ობიექტის აგებულებას შესასრულებელ ფუნქციასთან.	სწორად აკავშირებს სტრუქტურულ თავისებურებებს შესაბამის ფუნქციებთან.	არგუმენტირებულად ხსნის სტრუქტურის ოპტიმალურობას ფუნქციისთვის.
	მსჯელობა ზედაპირულია ან მცდარი.	ხსნის აგებულების გავლენას ობიექტის თვისებებსა და ქცევაზე.	ზუსტად პროგნოზირებს ფუნქციის ცვლილებას სტრუქტურის დაზიანებისას.
გარემო ფაქტორები და ბალანსის შენარჩუნება *(ჰომეოსტაზი / სისტემა)*	უჭირს იმის ახსნა, თუ როგორ მოქმედებს გარემოს ცვლილება სისტემაზე.	ხსნის გარემო ფაქტორების (ტემპერატურა, არე) გავლენას სისტემის მდგომარეობაზე.	არგუმენტირებულად ასაბუთებს გარემოს ცვლილებით გამოწვეულ შედეგებს.
	პასუხები შემოიფარგლება ზოგადი შეფასებით.	იცნობს წონასწორობის/ ჰომეოსტაზის შენარჩუნების პრინციპებს.	აფასებს რისკებს და სთავაზობს გზებს ბალანსის აღსადგენად.

7.2. მეორე თავის პარაგრაფების დაგეგმვის გზამკვლევი

თავი 2: უჯრედის კომპონენტები
თემა: მოლეკულური ბიოლოგია

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება.

სტანდარტთან შესაბამისობა სამიზნე ცნებების მიხედვით —

სტრუქტურა და ფუნქცია:

- უჯრედის (ეუკარიოტული) შედგენილობაში შემავალი ქიმიური ნივთიერებების, ასევე, უჯრედის ძირითადი კომპონენტების აგებულებასა და ფუნქციებს შორის შესაბამისობის აღწერა;
- უჯრედულ და მოლეკულურ დონეზე გარემო ფაქტორების ცვლილებით გამოწვეული სტრუქტურული და ფუნქციური დარღვევების აღწერა.

სასიცოცხლო თვისება:

- უჯრედის სასიცოცხლო თვისებების (მაგ., ენდოციტოზი, ეგზოციტოზი, უჯრედული სუნთქვა, ფოტოსინთეზი) აღწერა;
- პლაზმური მემბრანის თვისებებთან დაკავშირებულ კვლევებზე მსჯელობა;

ბიომრავალფეროვნება — უჯრედების (მცენარეული და ცხველური) მრავალფეროვნებაზე მსჯელობა.

ჯანმრთელობა და დაავადება — ჰომეოსტაზის მნიშვნელობის დასაბუთება უჯრედულ და ორგანიზმულ დონეზე;

სწავლების მიზნები:

- მოსწავლემ შეძლოს უჯრედის კომპონენტების სტრუქტურასა და ფუნქციას შორის შესაბამისობის დადგენა;
- მოსწავლემ შეძლოს უჯრედის კომპონენტების სტრუქტრუასა და ფუნქციაზე გარემო ფაქტორების ცვლილების გავლენაზე მსჯელობა;
- მოსწავლემ შეძლოს უჯრედში მიმდინარე პროცესების აღწერა და მათი გამართული მუშაობის მნიშვნელობის შეფასება ადამიანის ჯანმრთელობის შესანარჩუნებლად;
- მოსწავლემ შეაფასოს ცხოვრების ჯანსაღი წესის მნიშვნელობა ჯანმრთელობაზე მოქმედი ფაქტორებით გამოწვეული ცვლილებების საფუძველზე.

სასწავლო შედეგები: მოსწავლე —

- **აღწერს** ეუკარიოტული უჯრედის მემბრანისა და ძირითადი ორგანელების (ბირთვი, მიტოქონდრია, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი, ლიზოსომები, პეროქსისომა, რიბოსომები, ცენტრალური ვაკუოლი) აგებულებასა და მათ ფუნქციებს შორის შესაბამისობას;
- **აკავშირებს** პლაზმური მემბრანის ქიმიურ შედგენილობასა და სტრუქტურას მისი შერჩევითი განვლადობის უნართან;
- **აღწერს** მოლეკულურ დონეზე გარემო ფაქტორების (მაგ., ტემპერატურის მატება, ტოქსიკური

ნივთიერებები, pH-ის ცვლილება) ზემოქმედებით მემბრანისა და ორგანელების სტრუქტურაში მიმდინარე დარღვევებს;

- **ხსნის** გარემო ფაქტორების ცვლილებით გამოწვეული სტრუქტურული დაზიანებების გავლენას უჯრედის ძირითადი პროცესების მიმდინარეობაზე;
- **აღწერს** უჯრედის მემბრანის მონაწილეობით მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებს — ენდოციტოზს, ეგზოციტოზსა და ნივთიერებათა ტრანსპორტის სხვა ფორმებს;
- **განიხილავს და აანალიზებს** პლაზმური მემბრანის თვისებებთან დაკავშირებულ ექსპერიმენტებსა და კვლევის შედეგებს;
- **ადარებს ერთმანეთს** მცენარეული და ცხოველური უჯრედების მემბრანულ სტრუქტურებსა და ორგანელებს, აფასებს მათ როლს ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებაში;
- **აღწერს** უჯრედში მიმდინარე პროცესებს და აფასებს მათი გამართული მუშაობის მნიშვნელობას ადამიანის ორგანიზმის ჰომეოსტაზისა და ჯანმრთელობისთვის;
- **ხსნის** მავნე გარემო ფაქტორებით, არაჯანსაღი კვებით, ტოქსიკური ნივთიერებებით გამოწვეულ უჯრედულ ცვლილებებსა და პათოლოგიებს;
- **აფასებს** ცხოვრების ჯანსაღი წესის მნიშვნელობას უჯრედული დონეზე მიმდინარე პროცესების ნორმალური ფუნქციონირებისა და დაავადებების პრევენციისთვის.

სავარაუდო ხანგრძლივობა: 9 სთ

საჭირო რესურსები: მოსწავლის წიგნი, მასწავლებლის წიგნი, სამუშაო ფურცლები, ციფრული რესურსები.

7.2.1. პლაზმური მემბრანა

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: პლაზმური მემბრანა

საკვანძო კითხვა: *რატომ ითვლება უჯრედის პლაზმური მემბრანა სიცოცხლის წარმოშობისა და შენარჩუნების მთავარ პირობად დედამიწასა თუ კოსმოსში.*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისებები, ჯანმრთელობა და დაავადება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

სტრუქტურა და ფუნქცია — მოსწავლე აკავშირებს მემბრანის სტრუქტურულ კომპონენტებს მათ როლთან (ბარიერი, ტრანსპორტი, სიგნალის მიღება და გადაცემა);

სასიცოცხლო თვისება — მოსწავლე ასაბუთებს, ნივთიერებათა ტრანსპორტის (აქტიური, პასიური) აუცილებელობას ჰომეოსტაზისთვის;

ჯანმრთელობა და დაავადება — მოსწავლე აანალიზებს კავშირს მემბრანის დაზიანებასა და პათოლოგიურ პროცესებს (სიმსივნე, დიაბეტი) შორის.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 2 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი შესაძლო ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და დროის რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ მოდელი, ორგანიზების ფორმა, აქტივობების გადანაწილება და თანმიმდევრობა.

სწავლების რეკომენდებული მოდელი: ფენომენზე დაფუძნებული სწავლება.

2. აქტივობების დაგეგმვა

აქტივობები მოტივაციის ასამაღლებლად

აქტივობა 1: ფენომენის გააზრება

მიზანი: მოსწავლეებში კოგნიტური კონფლიქტის აღძვრა, ასტრობიოლოგიური კონტექსტის დაკავშირება უჯრედის მემბრანის როლთან და მოტივაციის ამაღლება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, (გვ. 65 — მეორე თავის დასაწყისი).

აღწერა: მასწავლებელი წარადგენს ფენომენს, მოსწავლეები პასუხობენ კითხვებს:

„თუ სიცოცხლისთვის დნმ და ცილებია საჭირო, რატომ ამბობენ ასტრობიოლოგები, რომ მემბრანის გარეშე სიცოცხლე ვერც დედამიწაზე და ვერც სხვა პლანეტაზე ვერ იარსებებს?“

„რატომ იქცა სამეცნიერო სენსაციად კოსმოსში ფოსფოლიპიდების შედგენილობაში შემავალი ნივთიერებების აღმოჩენა? რა კავშირი შეიძლება ჰქონდეს ამ ფაქტს სხვა პლანეტაზე სიცოცხლის არსებობასთან?“

მოსწალეები პირველად ვარაუდებს წერენ წებოვან ფურცელზე. რამდენიმე მოსწავლე სურვილის მიხედვით კლასს აცნობს მოსაზრებას.

რეკომენდაცია: მნიშვნელოვანია მოსწავლეს არ შესთავაზოთ მზა პასუხები. მათი ვარაუდები ჩაინიშნეთ და საკითხის ამოწურვის შემდეგ დაუბრუნდით.

აქტივობა 2: ლიპიდური ბარიერი და ალკოჰოლის ეფექტი

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს პლაზმური მემბრანის ლიპიდური ბუნების გააზრება და ახსნა, რატომ იშლება მემბრანა სპირტში, როგორ მოქმედებს ლიპიდებში ხსნადი ტოქსიკური ნივთიერებები უჯრედებზე.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 66 — ილუსტრაცია 1).

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან მოსწავლის წიგნში გვ. 66-ზე მოცემულ პირველ დავალებას. აანალიზებენ ექსპერიმენტის შედეგს და პასუხობენ კითხვებს. გამოთქვამენ პირველად ვარაუდებს და მსჯელობენ მემბრანის ლიპიდური შრის დარღვევაზე.

რეკომენდაცია: ყურადღება გაამახვილეთ იმაზე, რომ რადგან მემბრანა ძირითადად ლიპიდური ბუნებისაა, ლიპიდებში ხსნადი ნივთიერებები (მაგ. ალკოჰოლი) ძალიან სწრაფად არღვევენ მის ბარიერს, რაც ხსნის მათ სწრაფ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ორგანიზმზე. ამ ეტაპზე, რადგან ჯერ არ იციან მემბრანული ტრანსპორტის სახეები, სასურველია, არ ახსენოთ ტერმინი ,,დიფუზია“.

აქტივობა 3: სასუქების სიჭარბის გავლენა მცენარეზე.

მიზანი: მოსწავლე წინასწარ დაფიქრდეს, რა გავლენას შეიძლება ახდენდეს მცენარის უჯრედებზე სასუქის სიჭარბე, რათა გაკვეთილის ბოლოს ახსნას, რატომ იწვევს ეს მცენარის გახმობას.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 66, ილუსტრაცია სიმინდის ყანისა და სასუქიანი ნიადაგის შესახებ).

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან აღწერილ სიტუაციას სიმინდის ყანასთან დაკავშირებით. გამოთქვამენ პირველად ვარაუდებს წყლის მოძრაობისა და მემბრანის როლის შესახებ.

რეკომენდაცია: ამ ეტაპზე ნუ გასცემთ მზა პასუხს; მიეცით საშუალება, რომ სავარაუდო ჰიპოთეზები გამოთქვან, რომლებსაც გაკვეთილის მსვლელობისას, პლაზმური მემბრანის აგებულებისა და ოსმოსის შესწავლის შემდეგ დაუბრუნდებიან და ახსნიან.

აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად

აქტივობა 4: მემბრანის თხევად-მოზაიკური მოდელისა და მისი კომპონენტების გაცნობა.

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს პლაზმური მემბრანის ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრისა და ცილების განლაგების ანალიზი, მემბრანის ბარიერული და სტრუქტურული ფუნქციების გასააზრებლად.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 67 — ტექსტი და მემბრანის აგებულების ილუსტრაცია).

აღწერა: მასწავლებელი ინტერაქციული პრეზენტაციის გზით აცნობს პლაზმური მემბრანის აგებულებას. მოსწავლეები აანალიზებენ მემბრანაში ჩაშენებული ცილების, ქოლესტეროლისა და ნახშირწყლების (გლიკოპროტეინების/გლიკოლიპიდების) როლს. პასუხობენ ტექსტში ჩართულ კითხვას. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

რეკომენდაცია: ყურადღება გაამახვილეთ, ფოსფოლიპიდების მოლეკულების აგებულებაზე (ჰიდროფილური „თავები“ და ჰიდროფობური „კუდები“) და მათ მიერ ორმაგი შრის წარმოქმნაზე. აუხსენით მოსწავლეებს, რომ ტერმინი „თხევად-მოზაიკური“ მიუთითებს მემბრანის დინამიკურობაზე — ფოსფოლიპიდები და ცილები არ არიან მკაცრად ფიქსირებული, რაც მემბრანას მოქნილობასა და ფუნქციურ აქტივობას უნარჩუნებს. ყურადღება გაამახვილეთ ქოლესტეროლის როლზე, როგორც გარემოსთან შეგუებულობის ერთ-ერთ საშუალებაზე.

აქტივობა 5. მემბრანის საკონტაქტო და სასიგნალო ფუნქციების გაცნობა.

მიზანი: მოსწავლემ გაიგოს, როგორ ამოიცნობს უჯრედი მეზობელ უჯრედებს, როგორ იღებს გარე სიგნალებს მემბრანული რეცეპტორების მეშვეობით;

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 67 — ტექსტი „საკონტაქტო ფუნქცია“ და „სასიგნალო ფუნქცია“).

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან წიგნის 67-ე გვერდზე მოცემულ ტექსტს მემბრანის საკონტაქტო და სასიგნალო ფუნქციების შესახებ. მასწავლებელი სვამს რამდენიმე კითხვას, გაგების დონის შესაფასებლად. კლასი მსჯელობს ტექსტში ჩართულ კითხვებზე:

„რა ხდება ორგანიზმში, როდესაც ინსულინის რეცეპტორი ვერ რეაგირებს ჰორმონის მიერ მიტანილ ბრძანებაზე?“

„რა ეწოდება ნერვული სისტემის ინფორმაციულ მოლეკულებს?“
(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).

რეკომენდაცია: ყურადღება გაამახვილეთ, რომ მემბრანული რეცეპტორების დაზიანება ან ბლოკირება იწვევს მნიშვნელოვანი ფიზიოლოგიური პროცესების დარღვევას. საჭიროების შემთხვევაში გაახსენეთ ინსულინის გავლენა გლუკოზის ჰომეოსტაზზე.

აქტივობა 6: პასიური ტრანსპორტის სხვადასხვა ფორმის გაცნობა.

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს პასიური ტრანსპორტის ფორმების (დიფუზია, გაადვილებული დიფუზია) და მემბრანული არხების მუშაობის პრინციპების გააზრება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 68–69 — ტექსტი და ილუსტრაციები).

აღწერა: მასწავლებელი სთხოვს, გაიხსენონ ფიზიკასა და ქიმიაში დამუშავებული საკითხი დიფუზიის შესახებ. ისინი ასახელებენ დიფუზიის მაგალითებს. მოსწავლეები აანალიზებენ მემბრანული ტრანსპორტის სქემას და განიხილავენ პასიური ტრანსპორტის არსს. ნივთიერებათა გადაადგილებას კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით, ენერგიის ხარჯვის გარეშე. განიხილავენ მარტივ დიფუზიას (აირების და მცირე მოლეკულების მოძრაობას) და იონურ არხებსა და ტრანსპორტერებს (გაადვილებული დიფუზია). პასუხობენ ტექსტში ჩართულ კითხვას:

„როგორ აიხსნება ალკოჰოლის სწრაფი ზემოქმედების ეფექტი ორგანიზმზე? როგორ აღწევს გამონაბოლქვი ნივთიერებები მათ უჯრედებში?“

(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება).

რეკომენდაცია: ყურადღება გაამახვილეთ ილუსტრაციაზე გვ. 68.. საჭიროების შემთხვევაში, სთხოვეთ დააკვირდნენ. რამდენი ,,მოლეკულა“ ხატია მემბრანის გარეთ და შიგნით, ისრის მიმართულება მიანიშნებთ, რომ ნივთიერება გადაადგილდება ,,ბევრიდან“ ,,ცოტასკენ“. ასეთი ანალოგიით მარტივად გაიაზრებენ, რას ნიშნავს მოძრაობა კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით. სასურველია, გვ. 69 ილუსტრაციის მიხედვით, თავად გაიაზრონ განსხვავება იონურ არხსა და ტრანსპორტერს შორის. ტექსტში ჩართული კითხვით დააფიქრეთ ადამიანის ჯანმრთელობაზე სუფთა გარემოს მნიშვნელობის შესახებ (დანართი 3.1).

აქტივობა 7: აქტიური ტრანსპორტის, ენდოციტოზისა და ეგზოციტოზის გაცნობა.

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ფაგოციტოზის, პინოციტოზისა და ეგზოციტოზის პროცესების ილუსტრაციაზე ამოცნობა და მათი როლის გააზრება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 69–70 — ტექსტი და ილუსტრაციები).

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან აქტიური ტრანსპორტის ფორმებს და ფაქტს, რომ ამ დროს ნივთიერებები გადაადგილდება კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგოდ, ენერგიის ხარჯვით. ილუსტრაციაზე აკვირდებიან ენდოციტოზის ფორმებს: ფაგოციტოზსა და პინოციტოზს, ასევე რეცეპტორ-დამოკიდებულ ენდოციტოზს. განიხილავენ ეგზოციტოზს და მსჯელობენ, რომელ ქსოვილებში (მაგ. ჯირკვლოვან ქსოვილებსა და ნეირონებში) მიმდინარეობს ის ყველაზე აქტიურად და რატომ. მოსწავლეები პასუხობენ ტექსტში ჩართულ კითხვებს. ***(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება);***

რეკომენდაცია: ხაზი გაუსვით, რომ მემბრანის უნარი, შეიცვალოს ფორმა და ჩაიზნიქოს, უზრუნველყოფს უჯრედის მიერ დიდი ზომის მოლეკულებისა და ნაწილაკების შთანთქმას (დანართი 3.1).

აქტივობა 8: ოსმოსის ექსპერიმენტული შესწავლა.

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ოსმოსის პროცესის, აქვაპორინების როლისა და უჯრედზე ჰიპერტონული, ჰიპოტონური და იზოტონური ხსნარების მოქმედების გაანალიზება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 71–72 — ტექსტი, დიაგრამები და ექსპერიმენტები). სამუშაო ფურცლები 1 და 2 (დანართი 1.1, დანართი 1.2.). შეფასების რუბრიკა 1 და 2.

აღწერა: მოსწავლეები განიხილავენ წყლის მოძრაობას მემბრანის გავლით — ოსმოსს, და აქვაპორინების როლს ამ პროცესში. აანალიზებენ მცენარეული უჯრედების ქცევას სხვადასხვა ხსნარში (ჰიპოტონური, იზოტონური, ჰიპერტონული) და ეცნობიან პლაზმოლიზის მოვლენას (სასუქების სიჭარბით გამოწვეულ კრიზისს). განიხილავენ წიგნის 72-ე გვერდზე მოცემულ **საკლასო ექსპერიმენტებს** (კარტოფილის კუბების ცვლილება მარილიან წყალში; ლობიოს მარცვლების მოცულობის ზრდა). ატარებენ გაზომვებს, ავსებენ ცხრილებს და აყალიბებენ დასკვნებს იმის შესახებ, თუ როგორ ცდილობს უჯრედი შეინარჩუნოს ოსმოსური წონასწორობა. ***(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება).***

ზოგადი რეკომენდაცია: ყურადღება გაამახვილეთ იმ განსხვავებაზე, რომ მცენარეულ უჯრედს მყარი უჯრედის კედელი იცავს გასკდომისგან ჰიპოტონურ გარემოში მოხვედრისას, ცხოველური უჯრედებისგან (მაგ. ერითროციტებისგან) განსხვავებით.

ხსნარის კონცენტრაციების მათემატიკური გააზრება: ექსპერიმენტის ინსტრუქციაში მოცემულია:

ჭიქა N 1 (20 გ მარილი + 200 მლ წყალი ≈ 9.09 % ხსნარი) და ჭიქა 2 (1 გ მარილი + 200 მლ წყალი ≈ 0.005 %). ონკანის წყალში მარილების საშუალო შემცველობა 0.01-0.05%-ის ფარგლებში მერყეობს. სანამ ექსპერიმენტს დაიწყებთ, მოსწავლეებს გაახსენეთ გაკვეთილის დასაწყისში დასმული სასუქების სიჭარბით გამოწვეული ჭკნობის ფენომენი. ჰკითხეთ, რატომ ჭკნება მცენარე, თუ მას მარილიან წყალს დავუსხამთ, ან რატომ ნაოჭდება თითის ბალიშები წყალში. ეს მათ აღუძრავს ინტერესს კარტოფილის კუბების ფორმის ცვლილების მიმართ.

აუხსენით, რომ სამეცნიერო კვლევაში აუცილებელია კონტროლი, რათა გამოირიცხოს სხვა ფაქტორები და დარწმუნდეს მკვლევარი, რომ ცვლილება სწორედ მარილის კონცენტრაციამ გამოიწვია.

რეკომენდაციები მასწავლებლისთვის — ლობიოს მოცულობის ზრდა

დაზუსტება: აუხსენით მოსწავლეებს, რომ თესლის გაღვივების პირველი ფაზა არის კოლოიდური გაჯირჯვება (ე.წ. იმბიბიცია და არა ოსმოსი). ოსმოსი იწყება მას შემდეგ, რაც უჯრედები წყლით გაჯერდება, მემბრანები ,,გაცოცხლდება“ და მეტაბოლიზმის პროცესი ჩაირთვება. სწორედ ამიტომ არის მარწვლების დაყოვნება მინიმუმ 24 საათის განმავლობაში. ასევე, სასურველია, ხაზგასმით აღინიშნოს, რომ კოლოიდური გაჯირჯვება ფიზიკური პროცესია. ხის მშრალი კარიც კი ფართოვდება ნესტიან ამინდში ზუსტად ამავე პრინციპით — ცელულოზის მიერ წყლის მიზიდვით. აქ არ არის საჭირო ცოცხალი უჯრედი, კონცენტრაციული გრადიენტი ან შერჩევითად განვლადი მემბრანა.

ექსპერიმენტის მიზანია მოსწავლემ დაინახოს, რომ წყალი მოძრაობს გახსნილი ნივთიერების დაბალი კონცენტრაციის უბნიდან მაღალი კონცენტრაციის უბნისკენ. ლობიოს მარცვლების საშუალო მოცულობის ცვლილება მათში წყლის შესვლაზე მიუთითებს.

ეს ცდა ავითარებს არაპირდაპირი გაზომვის უნარს. არაწესიერი ფორმის სხეულის (ამ შემთხვევაში ლობიოს მარცვლის) მოცულობის გასაგებად გამოიყენება წყლის დონეებს შორის სხვაობას (არქიმედეს პრინციპი).

ბმულებზე მოცემულია სიმულაციები ოსმოსის მიმდინარეობის შესასწავლად.

სხვადასხვა მცენარის თესლის გაჯირჯვება და ოსმოსი (დანართი 3.4.)

კარტოფილში მიმდინარე ოსმოსის პროცესი (დანართი 3.5.)

აქტივობა 9: შეჯამება.

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს მიღებული ცოდნის სისტემატიზაცია, ფენომენის ახსნა.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 73–76 — შემაჯამებელი კითხვები, დიაგრამები, რუბრიკა „ეს საინტერესოა“ და საშინაო დავალება).

აღწერა: მოსწავლეები ერთობლივად აჯამებენ მემბრანული ტრანსპორტის სქემას (პასიური vs აქტიური ტრანსპორტი). აანალიზებენ მაგალითებს (მაგ., ტეტროდოტოქსინი და ნერვული მემბრანის არხების ბლოკირება, ან „ქიმიური გზამკვლევები“ უჯრედის ზედაპირზე).

რეკომენდაცია: გამოიყენეთ აქტივობა იმის შესამოწმებლად, რამდენად კარგად დაუკავშირეს

მოსწავლეებმა სამიზნე ცნებები („სტრუქტურა და ფუნქცია“, „სასიცოცხლო თვისება“, „ჯანმრთელობა და დაავადება“) კონკრეტულ ბიოლოგიურ ფაქტებს.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

მოსწავლეებისთვის, რომლებსაც უჭირთ ჰიპოთეზების ფორმირება, შეგიძლიათ მოამზადოთ „მინიშნებების ბარათები“ ან წინადადებების დასაწყისები (მაგ: „მე ვფიქრობ, რომ კარტოფილი შეიჭმუხნება, რადგან...“).

მოსწავლეები, რომლებიც მასალას სწრაფად დაამუშავებენ, შესთავაზეთ დაამატეთ კითხვა ან მინი-კვლევა: მაგ: „რა მოხდება, თუ ოსმოსის პროცესში წყლის ნაცვლად ეთანოლს გამოვიყენებთ?“ ან „როგორ შეგვიძლია ავხსნათ მცენარის ჭკნობა ეკოლოგიური თვალსაზრისით გვალვის პირობებში?“

გარდა ტექსტური მასალისა, მოსწავლეებს, რომლებსაც დამატებითი მხარდაჭერა სჭირდებათ ტექსტის გააზრებაში, შესთავაზეთ გამარტივებული ტექსტი, საკვანძო ტერმინები, ვიზუალური ილუსტრაციები და ანიმაციური სიმულაციები (რომლებიც მოცემულია დანართებში), ისინი ექსპერიმენტზე დაკვირვებით გააკეთებენ დასკვნებს.

მოსწავლეებს მიეცით არჩევანის საშუალება, როგორ წარმოაჩინონ მასალა: შეავსონ ცხრილი და დაწერონ დასკვნა, ან შექმნან მემბრანის მოზაიკური მოდელის სქემა ან პოსტერი, ან მოამზადონ მოკლე პრეზენტაცია/ვიდეო-ბლოგი ოსმოსის მნიშვნელობაზე ადამიანის ჯანმრთელობისთვის.

ჯგუფების დაკომპლექტებისას გაითვალისწინეთ მოსწავლეთა შესაძლებლობები, ამით ერთმანეთისთვის ცოდნის გაზიარებასაც შეძლებენ.

4. შეფასება

საკითხის შეფასება მიზნად ისახავს ცოდნის სამივე კატეგორიის ინტეგრირებას:

დეკლარატიული ცოდნის დონეზე მოსწავლე ასახელებს და აღწერს მემბრანის აგებულებასა და ფუნქციებს (მაგ. ფოსფოლიპიდური შრე, ტრანსპორტი);

პროცედურული ცოდნის ფარგლებში იგი გეგმავს და ახორციელებს ექსპერიმენტს ოსმოსის პროცესზე დასაკვირვებლად, აგროვებს მონაცემებს და სვამს ჰიპოთეზებს;

პირობისეული ცოდნის დონეზე მოსწავლე აანალიზებს, თუ რა პირობებია (მაგ. ჰიპერტონული გარემო, ალკოჰოლის ზემოქმედება) აუცილებელი მემბრანის გამართული მუშაობისთვის ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად, როგორ იცვლება უჯრედის ფუნქციონირება პათოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებისას.

შეფასების რუბრიკა 1. (ლობიოს მიცულობის ცვლილების გამოთვლა)

კრიტერიუმი	მაღალი დონე	საშუალო დონე	დაბალი დონე
მონაცემთა მათემატიკური დამუშავება	მოსწავლე ზუსტად ითვლის როგორც მარცვლების საერთო მოცულობას, ისე ცალკეული მარცვლის საშუალო მოცულობას.	ცხრილი შევსებულია, მაგრამ დაშვებულია მცირე მათემატიკური შეცდომა საშუალო მოცულობის გამოანგარიშებისას.	მონაცემები არასწორადაა აღრიცხული ან საერთოდ არ არის გამოთვლილი საშუალო მაჩვენებელი.
მიზეზშედეგობრივი კავშირები	დასკვნაში ლოგიკურადაა დაკავშირებული ნივთიერების თვისებები, დაფიქსირებულ შედეგთან.	მოსწავლე აღწერს, რომ მოცულობა გაიზარდა წყლის შესვლის გამო, მაგრამ აკლია მაკრომოლეკულების როლის ხაზგასმა.	პასუხი ფრაგმენტულია, ვერ აკავშირებს ფიზიკურ სტრუქტურასა და წყლის მიზიდვის თვისებებს.

შეფასების რუბრიკა 2. (ოსმოსის პროცესი კარტოფილის კუბების მაგალითზე)

კრიტერიუმი	მაღალი დონე	საშუალო დონე	დაბალი დონე
მონაცემთა ორგანიზება	ცხრილი შევსებულია სრულყოფილად და ზუსტად. რიცხვითი მონაცემები და თვისებრივი დაკვირვებები მკაფიოდაა გამიჯნული.	ცხრილი შევსებულია, თუმცა აკლია გარკვეული დეტალები (მაგ. დრეკადობის ან ზუსტი კონცენტრაციების მითითება).	ცხრილი შევსებულია ნაწილობრივ, მონაცემები ქაოტურია ან არაზუსტი.
სამეცნიერო ტერმინოლოგიის გამოყენება	მოსწავლე კონტექსტის შესაბამისად იყენებს ტერმინებს: *ოსმოსი, იზოტონური, ჰიპერტონული, ჰიპოტონური ხსნარი*.	ტერმინები გამოყენებულია, თუმცა მათ განმარტებაში გვხვდება მცირე მექანიკური ან შინაარსობრივი უზუსტობები.	მოსწავლე საერთოდ არ იყენებს სამეცნიერო ტერმინოლოგიას და პროცესს მხოლოდ საყოფაცხოვრებო ენით აღწერს.
მიზეზშედეგობრივი კავშირების ანალიზი	ნათლადაა ახსნილი წყლის მოძრაობის მიმართულება კონცენტრაციების სხვაობის მიხედვით.	მოსწავლე აღწერს, რა დაემართა კარტოფილს, მაგრამ უჭირს მიზეზის სრულყოფილად დასაბუთება.	პასუხი შემოიფარგლება მხოლოდ ფაქტის კონსტატაციით მიზეზის ახსნის გარეშე.
კვლევითი უნარები და ემპირიული დაკვირვება	დასკვნაში მკაფიოდ ჩანს, რომ ეყრდნობა საკუთარი დაკვირვებებს, რაც მიუთითებს ექსპერიმენტის გააზრებულ ჩატარებაზე.	დასკვნა გაკეთებულია, თუმცა ნაკლებად არის დაკავშირებული უშუალოდ ექსპერიმენტის მსვლელობისას მიღებულ გამოცდილებასთან.	დასკვნა არ არის ჩამოყალიბებული ან არ შეესაბამება რეალურ დაკვირვებას.

5. დანართები

ბლოკი 1

დანართი 1.1. სამუშაო ფურცელი 1

მიზანი: ლობიოს მარცვლების მაგალითზე წყლის შთანთქმის პროცესზე დაკვირვება

გაზომეთ და ჩაწერეთ საწყისი მონაცემები. მინიმუმ 24 საათის გასვლის შემდეგ გაზომეთ საბოლოო მოცულობები. შეავსეთ ცხრილი და უპასუხეთ კითხვებს:

გაზომვის ეტაპი	წყლის საწყისი მოცულობა (მლ)	წყლის საბოლოო მოცულობა (მლ)	ლობიოს საერთო მოცულობა (მლ)	მარცვლების რაოდენობა	ერთი მარცვლის საშუალო მოცულობა (მლ)
საწყისი ეტაპი					
საბოლოო ეტაპი					

ა) შეიძლება თუ არა ამ მეთოდით ზუსტად გაიგოთ თითოეული მარცვლის მიერ შთანთქმული წყლის მოცულობა?

ბ) როგორ იმოქმედებს წყლის შეთანთქმა გაზომვის სიზუსტეზე, თუ ექსპერიმენტს დიდი ხნით გავაგრძელებთ?

დანართი 1.2. სამუშაო ფურცელი 2.

მიზანი: კარტოფილის მაგალითზე ოსმოსის პროცესზე დაკვირვება.

რა შედეგს ელით? როგორ ფიქრობთ, რა დაემართება კარტოფილის კუბებს?

შეავსეთ ცხრილი ექსპერიმენტის მსვლელობისას დაფიქსირებული მონაცემებისა და დაკვირვებების საფუძველზე:

ხსნარი N	ხსნარში მარილის კონცენტრაცია	კარტოფილის კუბის საწყისი მოცულობა	კარტოფილის კუბის საბოლოო მოცულობა 30 წთ-ის შემდეგ	ფიზიკური ცვლილების აღწერა
ნიმუში 1				
ნიმუში 2				
ნიმუში 3				

გამართლდა თქვენი ვარაუდი? ----------

რას შეცვლიდით, ექსპერიმენტს ახლიდან რომ იწყებდეთ? რატომ? ----------

---

ექსპერიმენტის რომელმა შედეგმა გახადა თქვენთვის ოსმოსის პროცესი გასაგები და სარწმუნო ----------.

ბლოკი 2

დანართი 2.1. სამუშაო ფურცელი N 1-ის შევსებული ვერსია

შენიშვნა: რეალური მონაცემები დამოკიდებულია თესლის ჯიშსა და ტენიანობაზე, თუმცა ტენდენცია მუდმივია — მოცულობა იზრდება.

გაზომვის ეტაპი	**წყლის საწყისი მოცულობა (მლ)**	**წყლის საბოლოო მოცულობა (მლ)**	**ლობიოს მარცვლების საერთო მოცულობა (მლ)**	**ლობიოს მარცვლების რაოდენობა (ცალი)**	**ერთი მარცვლის საშუალო მოცულობა (მლ)**
I ეტაპი: საწყისი მდგომარეობა	100	≈140	≈40 მლ	100	≈0.4 მლ
II ეტაპი: საბოლოო მდგომარეობა	100	≈190	≈90 მლ	100	≈0.9 მლ

დანართი 2.2. სამუშაო ფურცელი 2-ის შევსებული ვერსია.

ხსნარი N	მარილის კონცენტრაცია	კარტოფილის კუბის საწყისი მოცულობა	კარტოფილის კუბის საბოლოო მოცულობა 30 წთ-ის შემდეგ	ფიზიკური ცვლილების აღწერა
ნიმუში 1	9.09%	8 სმ^3	<8 სმ^3	ზომაში შემცირდა, შეიჭმუხნა
ნიმუში 2	0.005%	8 სმ^3	>8 სმ^3	გაიბერა
ნიმუში 3	0.01-0.05%	8 სმ^3	= 8 სმ^3	არ შეიცვალა

პირველი ხსნარი ჰიპერტონილია (მასში მარილის კონცენტრაცია 9,09%-ია), ამიტომ კარტოფილის კუბებიდან წყალი ხსნარში, ჭარბი მარილისკენ გამოვა, ამიტომ კუბი ფორმას შეიცვლის, შეიჭმუხნება. მეორე ხსნარი კი ჰიპოტონურია (მასში მარილის კონცენტრაცია 0,005 %-ია), წყალი შევა კარტოფილის უჯრედებში და კუბი გაიბერება. მოსწავლე ხედავს, როგორ შეიცვალა კარტოფილის კუბების ფორმა, დრეკადობა. ეს ცვლილება კი ოსმოსის გზით წყლის მოძრაობით იყო განპირობებული.

მონიშნეთ სწორი პასუხი:

20 გ მარილწყალში (9.09%) მოთავსებული კარტოფილი შეიჭმუხნა, რადგან ხსნარი იყო ---------- ---------- **(ჰიპერტონული / ჰიპოტონური/იზოტონური)**.

1 გ მარილწყალში (0.005%) მოთავსებული კარტოფილი გაიბერა, რადგან ხსნარი იყო ---------- ---------- **(ჰიპერტონული/იზოტონური / ჰიპოტონური)**.

ბლოკი 3 კითხვებზე პასუხები და რეკომენდაციები

დანართი 3.1. ჩართული კითხვები და რეკომენდაციები

1. *მოძებნეთ ილუსტრაციაზე ცილის გარდა სხვა ნივთიერებები, რომლებსაც ნახშირწყლები უკავშირდება და დაასახელეთ ისინი.*

ნახშირწყლები ცილების გარდა უკავშირდება ფოსფოლიპიდებს. მიღებულ კომპლექსს გლიკოლიპიდი ეწოდება.

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლეების ყურადღება ილუსტრაციის ვიზუალურ დეტალებზე და ტერმინოლოგიაზე გაამახვილეთ. პრეფიქსი „გლიკო-“ ნახშირწყლოვან კომპონენტზე მიანიშნებს. აუხსენით, რომ ეს კომპლექსები მემბრანის გარე ზედაპირზე ქმნიან დამცავ და საინფორმაციო შრეს — გლიკოკალიქსს.

2. გაიხსენეთ, რა ხდება ორგანიზმში, როდესაც ინსულინის რეცეპტორი ვერ რეაგირებს ჰორმონის მიერ მიტანილ ბრძანებაზე.

როდესაც ინსულინის რეცეპტორი ვერ რეაგირებს ჰორმონის ბრძანებაზე, სისხლში გლუკოზის დონე არ მცირდება, შესაბამისად ირღვევა გლუკოზის ჰომეოსტაზი. ამ მდგომარეობას ინსულინრეზისტენტობა ჰქვია.

3. გაიხსენეთ, რა ეწოდება ნერვული სისტემის ინფორმაციულ მოლეკულებს.

ნერვული სისტემის ინფორმაციული მოლეკულებია ნეირომედიატორები (ნეიროტრანსმიტერები).

4. როგორ აიხსნება ალკოჰოლის სწრაფი ზემოქმედების ეფექტი ორგანიზმზე?

უჯრედის პლაზმური მემბრანა შედგება ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრისგან. ვინაიდან ალკოჰოლი (ეთანოლი) ცხიმში ხსნადია, ალკოჰოლის მოლეკულები მარტივი დიფუზიით მომენტალურად შედის უჯრედებში და სწრაფად ვრცელდება მთელ ორგანიზმში.

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლეებს აჩვენეთ, რომ რადგან მემბრანა ძირითადად ლიპიდური ბუნებისაა, ის ვერ აფერხებს ლიპიდებში ხსნადი ნივთიერებების ნაკადს, რის გამოც ლიპიდებში ხსნადი ტოქსინები სხეულში ძალიან სწრაფად აღწევენ.

5. რატომ ზარალდებიან პასიური მწეველები თამბაქოს კვამლით? როგორ აღწევს გამონაბოლქვი ნივთიერებები მათ უჯრედებში?

თამბაქოს კვამლში არსებული ტოქსიკური აირადი ნივთიერებები ჰაერგამტარ გზებში ხვდება და პასიური ტრანსპორტის გზით ალვეოლებიდან სისხლში გადადის;

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლეები დააფიქრეთ დიფუზიის ფიზიკურ კანონზომიერებაზე. აირების გადაადგილება ხდება იქით, სადაც მათი კონცენტრაცია ნაკლებია. ხაზი გაუსვით იმას, რომ ფილტვის ალვეოლების მემბრანა ვერ აკავებს ტოქსიკურ აირებს, რის გამოც პასიური მწეველების ჯანმრთელობისთვის ისინი ისევე სახიფათოა, როგორც აქტიური მწეველისთვის.

6. გაიხსენეთ, სისხლში რომელი ტიპის უჯრედების კონცენტრაცია იზრდება სხვადასხვა ფორმის ანთებითი პროცესის დროს?

სხვადასხვა ფორმის ანთებითი პროცესების დროს სისხლში ლეიკოციტების კონცენტრაცია იზრდება;

მეთოდური რეკომენდაცია: შეახსენეთ მოსწავლეებს, რომ ლეიკოციტების გარკვეულ ჯგუფებს (ფაგოციტებს) აქვთ მიკრობების შთანთქმის უნარი, რასაც ეფუძნება ორგანიზმის უჯრედული იმუნური პასუხი.

7. ფაგოციტოზს მცენარის უჯრედი ვერ აწარმოებს, ახსენით რატომ.

უჯრედის კედლის სიმყარე გამორიცხავს მემბრანის ჩაზნექას, რაც ფაგოციტოზის აუცილებელი პირობაა.

8. პინოციტოზის უნარი უჯრედების უმრავლესობას, მათ შორის, მცენარეულ უჯრედებსაც ახასიათებს. ახსენით რატომ?

მცენარის უჯრედის კედლის გავლით შემოსული ხსნარები პინოციტოზის გზით აღწევენ უჯრედში, ვინაიდან ამ დროს პლაზმური მემბრანა ციტოპლაზმაში ჩაიზნიქება, ფაგოციტოზისგან განსხვავებით. პინოციტოზის დროს მოძრაობენ თხევადი ნივთიერებები, რომლებიც ადვილად აღწევენ უჯრედის კედელშიც.

9. გაიხსენეთ, როგორ ხსნარს ეწოდება სუსპენზია? კოლოიდი? ემულსია?

სუსპენზია, კოლოიდი და ემულსია დისპერსიული სისტემებია. ისინი ნაწილაკების ზომითა და აგრეგატული მდგომარეობით განსხვავდებიან ერთმანეთისგან. სუსპენზიაში შედარებით დიდი ზომის მყარი ნაწილაკებია განაწილებული გამხსნელში, თუმცა დროთა განმავლობაში ის ფსკერზე ილექება. კოლოიდებში შედარებით მცირე ზომის მყარი ნაწილაკები თანაბრად არის განაწილებული გამხსნელში და არ ილექება. ემულსიას ერთმანეთში შეურევადი სითხეები ქმნის. ციტოზოლი კოლოიდია.

10. ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული რა პრობლემები შეიძლება შეექმნას ადამიანს, რეცეპტორ-დამოკიდებული ენდოციტოზის პროცესის დარღვევის შემთხვევაში?

დაირღვევა ქოლესტეროლის, ტრანსფერინის და მედიკამენტების ტრანსპორტირების პროცესი. ამიტომ გაიზრდება ათეროსკლეროზისა და გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების, რკინა-დეფიციტური ანემიისა და II ტიპის დიაბეტის რისკი;

11. თქვენი აზრით, რომელ ქსოვილებში უნდა მიმდინარეობდეს ეგზოციტოზი აქტიურად?

ეგზოციტოზი აქტიურად ჯირკვლოვან ქსოვილებსა და ნეირონებში მიმდინარეობს, რადგან ისინი გამოიმუშავებენ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს, რომლებიც უჯრედიდან გარემოში უნდა მოხვდეს. მაგალითად, ჰორმონები გამოიყოფა სისხლში, ნერწყვი, ოფლი, ცრემლი — სხეულის ზედაპირზე, რომელიმე ღრუში. ნეირომედიატორები კი სინაპსურ ნაპრალში.



დანართი 3.2. რუბრიკა ,,უპასუხეთ კითხვებს“

1. გაადვილებული დიფუზიის პროცესში მონაწილეობს ცილები (იონური არხები და ცილა ტრანსპორტერები);
2. ენერგია იხარჯება ენდოციტოზისა (ფაგოციტოზი, პინოციტოზი, რეცეპტორ-დამოკიდებული ენდოციტოზი) და ეგზოციტოზის პროცესებზე;
3. დიფუზიის დროს გადაადგილდება აირების, სითხეების მოლეკულები. ოსმოსის დროს გადაადგილდება მხოლოდ წყალი;
4. იონური არხი ატარებს მხოლოდ გარკვეული ზომისა და მუხტის მქონე იონებს, ის იონს არ უკავშირდება. ტრანსპორტერი უშუალოდ უკავშირდება გადასატან მოლეკულას. იცვლის ფორმას;
5. ქოლესტეროლის მოლეკულები მემბრანას უნარჩუნებს კონსისტენციას, სხვადასხვა გარემო პირობებში იცავს გათხევადებისა და გამყარებისგან.



დანართი 3.3. საშიანო დავალების პასუხები

1. პირველ შემთხვევაში ერითროციტი იზოტონურ ხსნარშია მოთავსებული, ამიტომ ის მისთვის დამახასიათებელ ფორმას ინარჩუნებს. მეორე შემთხვევაში ერითროციტი ჰიპოტონურ ხსნარშია მოთავსებული, მასში გარემოდან შედის წყალი და იბერება. მესამე შემთხვევაში ერითროციტი ჰიპერტონულ ხსნარშია მოთავსებული, ერითროციტიდან წყალი გამოდის და უჯრედი იჭმუხნება.
2. მემბრანული არხი — კალიუმის იონი,

   ტრანსპორტერი — ამინომჟავა,

   ფაგოციტოზი — ცილა,

   ოსმოსი — წყალი,

   რეცეპტორდამოკიდებული ენდოციტოზი — ქოლესტეროლი.

დანართი 3.4. სიმულაცია — ქიშმიშში, ბარდასა და მუხუდოს მარცვლების წყლის შთანთქმის უნარის შემოწმება



გაზომვის მეთოდი შეგიძლიათ აირჩიოთ რომელიმე პიქტოგრამაზე დაწკაპუნებით.

გაზომვა მასისი მიხედვით:

- აირჩიეთ ნიმუში (ქიშმიში, ბარდის ან მუხუდოს თესლები) შესაბამის ნახატზე დაწკაპუნებით;
- დააჭირეთ და გადაიტანეთ ნიმუში სასწორზე;
- თუ ასაწონად მეტი ნიმუში გჭირდებათ, შეგიძლიათ ის სასწორზე რამდენჯერმე გადაიტანოთ;
- ჩაიწერეთ ნიმუშის საწყისი მასა (x), შეიტანეთ სამუშაო ფურცელში;
- აწონილი ნიმუში დადაიტანეთ დისტილირებული წყლით სავსე ჭიქაში დასალბობად;
- მას შემდეგ, რაც დალბობის დრო ამოიწურება (დასრულებისთანავე საათი ჩერდება), გაჯირჯვებული ნიმუში ისევ სასწორზე მოათავსეთ;
- ჩაიწერე გაჯირჯვებული ნიმუშის საბოლოო მასა (y). შეიტანეთ სამუშაო ფურცელში;
- გამოთვალეთ ნიმუშის მიერ შთანთქმული წყლის პროცენტულ მაჩვენებელი ფორმულით **(y-x)/x**.
- ექსპერიმენტის თავიდან გასამეორებლად შეგიძლია დააჭირო ღილაკს „განულება“ (Reset).

გაზომვა მოცულობის მიხედვით

- აირჩიეთ ნიმუში (ქიშმიში, ბარდის ან მუხუდოს თესლები) შესაბამის ნახატზე დაწკაპუნებით;
- ნიმუში დასალბობად გადაიტანეთ 30 მლ დისტილირებული წყლით სავსე საზომ ცილინდრში;
- თუ მეტი ნიმუში გჭირდებათ, შეგიძლიათ ის საზომ ჭურჭელში რამდენჯერმე გადაიტანოთ;
- წყლის დონის მატება აღინიშნება, როგორც საწყისი მოცულობა (x). მონაცემი შეიტანეთ სამუშაო ფურცელში;
- საზომ ჭურჭელში მოთავსებულ ნიმუშზე დაწკაპებით ის გადაიტანეთ საათის მინაზე;
- საზომი ცილინდრი კვლავ ივსება დისტილირებული წყლით 30 მლ-მდე;
- ნიმუში საათის მინიდან ისევ საზომ ჭურჭელში გადაიტანეთ;
- წყლის დონის მატება აღინიშნება, როგორც საბოლოო მოცულობა (y). შეიტანეთ სამუშაო ფურცელში;
- შეტანილი მნიშვნელობების საფუძველზე **(y-x)/x** ფორმულით გამოთვალეთ ნიმუშის მიერ შთანთქმული წყლის პროცენტულ მაჩვენებელს;
- ექსპერიმენტის თავიდან გასამეორებლად შეგიძლია დააჭირო ღილაკს (Reset).

სამუშაო ფურცელი სიმულაციისთვის

მოსწავლის სახელი/გვარი: _____

თარიღი: _____

ა) გაზომვა მასის მიხედვით

ნიმუშის დასახელება	საწყისი მასა **(x)**	საბოლოო მასა **(y)**	შთანთქმული წყლის მასა **(y–x)**	შთანთქმული წყლის შემცველობა %
ქიშმიში				
ბარდა				
მუხუდო				

ბ) გაზომვა მოცულობის მიხედვით

საწყისი წყლის მოცულობა ცილინდრში: 30 მლ

ნიმუშის დასახელებას	საწყისი მოცულობა **(x)**	საბოლოო მოცულობა **(y)**	მოცულობის ცვლილება **(y–x)**	შთანთქმული წყლის შემცველობა %
ქიშმიში				
ბარდა				
მუხუდო				

უპასუხეთ კითხვებს:

ა) რომელი ნიმუში აღმოჩნდა ყველაზე მეტად ჰიდროფილური ?

ბ) რომელი მეთოდია უფრო ზუსტი თქვენი აზრით – მასით გაზომვა თუ მოცულობით? რატომ?

გ) ახსენით, რა ფიზიკური და ქიმიური პროცესი განაპირობებს ნიმუშების გაჯირჯვებას?

დანართი 3.5. სიმულაცია — კარტოფილში ოსმოსის პროცესის შესასწავლად.



მიზანი: შაქრის ხსნარების კონცენტრაციის ცვლილების გავლენის შესწავლა ოსმოსის პროცესზე (წყლის მოძრაობაზე) მცენარეულ ქსოვილში.

მიმდინარეობა:

- პეტრის თასში შაქრის ხსნარის კონცენტრაციის გასაზრდელად ან შესამცირებლად, აირჩიეთ ჩამოსაშლელი ველი In Petri dish: Select the sugar concentration — ,,შაქრის კონცენტრაცია“;
- კარტოფილში შაქრის ხსნარის კონცენტრაციის გასაზრდელად ან შესამცირებლად, აირჩიეთ — In potato: Select the sugar concentration — ,,შაქრის კონცენტრაცია“;
- მონიშნეთ — Cross sectional view, კარტოფილში წყლის დონეზე დასაკვირვებლად;
- ქინძისთავი მოათავსეთ კარტოფილში შაქრის ხსნარის საწყისი დონის დასაფიქსირებლად;
- ექსპერიმენტის დასაწყებად მონიშნეთ Start ღილაკი;
- გამოჩნდება ტაიმერი და უნდა დაელოდოთ სანამ ტაიმერი არ გაჩერდება;
- გადაიტანეთ მეორე ქინძისთავი და აღნიშნეთ კარტოფილის ღრმულში შაქრის ხსნარის დონის მატება;
- დასკვნის სანახავად მონიშნეთ ინფორმაციის ღილაკი;
- ექსპერიმენტის თავიდან გასამეორებლად შეგიძლიათ დააჭიროთ ღილაკს „განულება“ (Reset);
- ღრმული საკმარისად ღრმა უნდა იყოს, რომ კარტოფილის ძირში ქსოვილების მხოლოდ თხელი ფენა დარჩეს;
- შაქრის ხსნარის კონცენტრაცია საკმარისად მაღალი უნდა იყოს კარტოფილის უჯრედში შაქრის კონცენტრაციასთან შედარებით.

რჩევა*: რესურსი ინგლისურ ენაზეა, ქვემოთ მითითებულია დეტალური ინსტრუქცია მისი გამოყენების შესახებ. თუმცა შესაძლებელია ქართულ ენაზე თარგმნა. ამისთვის გვერდის ცარიელ ადგილზე დააწკაპეთ მარჯვენა ღილაკით, აირჩიეთ Translate/თარგმნა →ქართული/Georgian. ქართული თარგმანი ზოგჯერ მოცემულია ხარვეზით. მოსწავლეებთან რომლებსაც ინგლისური ენის გამოყენების პრობლემა არ აქვთ, ინგლისური ვერსიის გამოყენებაა უმჯობესი.*

7.2.2. ბირთვი, რიბოსომა, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: უჯრედის ორგანელების აგებულება და ფუნქცია

საკვანძო კითხვა: *როგორ უზრუნველყოფს უჯრედში ორგანელების კოორდინირებული მუშაობა ორგანიზმის ჰომეოსტაზს და რა იწვევს ამ ჯაჭვის დარღვევა;*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

- **სტრუქტურა და ფუნქცია** -მოსწავლე აკავშირებს ორგანელების სტრუქტურას შესრულებულ ფუნქციებთან;
- **სასიცოცხლო თვისება** — მოსწავლე ასაბუთებს, ორგანელებში მიმდინარე პროცესების როლს ორგანიზმის ჰომეოსტაზისა და გადარჩენის პროცესში.
- **ჯანმრთელობა და დაავადება** — მოსწავლე აანალიზებს კავშირს ორგანელების დისფუნქციასა და პათოლოგიურ პროცესებს შორის.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ მოცემული შესავალი და საკლასო აქტივობების განხორციელებისთვის რეკომენდებულია 1 გაკვეთილი. საკითხის სრული დამუშავების სავარაუდო ხანგრძლივობა 2 აკადემიური საათია.

2. აქტივობების დაგეგმვა



აქტივობა ინტერესისი აღძვრისა და წინარე ცოდნის გააქტიურებისთის

მიზანი: მოსწავლემ დაინახოს უჯრედის ორგანელების შეთანხმებული, სისტემური მუშაობის მნიშვნელობა და გააცნობიეროს ღვიძლის უჯრედების როლი დეტოქსიკაციაში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 77 შესავალი აქტივობა.

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან სამედიცინო ქეისს და პასუხობენ კითხვებს.

რეკომენდაცია: კლინიკური ქეისის გამოყენებით ხელს შეუწყობთ ანალიტიკურ აზროვნებას. სასურველია მსჯელობა წარიმართოს ისე, რომ მოსწავლეებმა თავად გააკეთონ დაასკვნა, რა ბედი ეწევა უჯრედულ სტრუქტურებს ტოქსიკური ნივთიერებების ზემოქმედების დროს. **ყურადღება გაამახვილეთ** ორგანელების ურთიერთკავშირზე: ბირთვიდან მიღებული ინფორმაციით რიბოსომები აწყობენ ცილებს, ენდოპლაზმური ბადე გადაამუშავებს და გადაიტანს გოლჯის კომპლექსისკენ, რომელიც მათ საბოლოოდ შეფუთავს, ხოლო გლუვი ენდოპლაზმური ბადე პასუხისმგებელია ალკოჰოლის დეტოქსიკაციაზე.



კითხვები და სასურველი პასუხები:

კითხვა: გაიხსენეთ, რა ფუნქციას ასრულებს ღვიძლი საჭმლის მომნელებელ სისტემაში?

ღვიძლი გამოიმუშავებს ნაღველს, რომელიც მონაწილეობს ცხიმების ემულგირებაში, *შედეგად იზრდება ნაწილაკების შეხების ზედაპირის ფართობი* და მონელება უფრო აქტიურად მიმდინარეობს.

კითხვა: პაციენტის სისხლში აღმოჩენილ ფერმენტებს შეიძლება ჰქონდეს რაიმე კავშირი საჭმლის მონელებასთან?

საჭმლის მონელებასთან პირდაპირი კავშირი არ აქვს, *რადგან ეს კონკრეტული ფერმენტები* მხოლოდ ღვიძლის უჯრედებში უნდა ფუნქციონირებდეს (ტექსტის შესაბამისად).

კითხვა: რა გსმენიათ ღვიძლის სხვა ფუნქციების შესახებ?

ღვიძლის უმნიშვნელოვანესი ფუნქციაა ორგანიზმში მოხვედრილი ტოქსიკური ნივთიერებების, მედიკამენტებისა და ალკოჰოლის გაუვნებელყოფა, ასევე მარაგის სახით გლიკოგენის შენახვა.

კითხვა: რაზე მიუთითებს ღვიძლის ფერმენტების სისხლში არსებობა?

ეს მიუთითებს ღვიძლის უჯრედების (ჰეპატოციტების) დაზიანებაზე ან დაშლაზე. როდესაც უჯრედის პლაზმური მემბრანა ზიანდება, უჯრედის შიგთავსი და მასში არსებული ფერმენტები სისხლის გადადის გადადის.

კითხვა: რატომ ურჩევენ ამ ტესტის ჩატარებას ექიმები ალკოჰოლის ჭარბად მომხმარებლებს?

ალკოჰოლის ქრონიკული და ჭარბი მოხმარება პირდაპირ აზიანებს ღვიძლის უჯრედებს. ეს ტესტი ექიმებს ეხმარება ადრეულ სტადიაზევე შეაფასონ ღვიძლის დაზიანების (ტოქსიკური ჰეპატიტი, ციროზი) ხარისხი.

აქტივობები ახალია მასალის გაგებისა და გააზრებისთვის

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს უჯრედის ორგანელების (ბირთვი, რიბოსომა, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი) ურთიერთკავშირისა და კოორდინირებული მუშაობის გაანალიზება ცილებისა და ლიპიდების სინთეზის, ტრანსპორტირებისა და დეტოქსიკაციის მაგალითზე.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 80.

აღწერა: *მოსწავლეები მუშაობენ საკლასო აქტივობების დავალებებზე (მუშავდება სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისება).*

ქვემოთ წარმოდგენილია სასურველი პასუხები და მეთოდური რეკომენდაციები.

დავალება 1. ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეზე რიბოსომების მიერ სინთეზირებული პოლიპეპტიდი იფუთება მემბრანაში და ენდოპლაზმური ბადის ვეზიკულის სახით გადაადგილდება გოლჯის კომპლექსისკენ. უერთდება მას. ცილა იღებს საბოლოო სახეს. იფუთება გოლჯის კომპლოექსის ვეზიკულებში და გადაადგილდება დანიშნულების ადგილისკენ.

მეთოდური რეკომენდაცია: დავალება ეყრდნობა სქემის წაკითხვის უნარს. ყურადღება გაამახვილეთ, რომ მოსწავლემ დაინახოს **უჯრედი, როგორც ერთიანი დინამიკური სისტემა**.

საკითხის გასაღრმავებლად შეგიძლიათ დასვათ *კითხვა: რა მოხდება, თუ გოლჯის კომპლექსი ვეზიკულებს ვეღარ მიიღებს? სად დაგროვდება დაუმუშავებელი პოლიპეპტიდები?»*

დავალება 2. რადგან უჯრედის ძირითად მოცულობას იკავებს გლუვი ენდოპლაზმური ბადე, მასში გაძლიერებულად უნდა მიმდინარეობდეს ნახშირწყლებისა და ლიპიდების სინთეზი. სასქესო ჰორმონები ლიპიდების ჯგუფს მიეკუთვნება, ამიტომ ქსოვილი შესაძლოა იყოს ჯირკვლოვანი ეპითელიუმი, და ეკუთვნოდეს სათესლეს ან საკვერცხეს. ასევე — ღვიძლის ქსოვილს, სადაც ხდება გლიკოგენის სინთეზი, ქოლესტეროლის წარმოქმნა.

მეთოდური რეკომენდაცია: მოსწავლე რაოდენობრივ მონაცემს (60%) აკავშირებს უჯრედის ფუნქციასთან და ახდენს ქსოვილის იდენტიფიცირებას. ხელი შეუწყეთ დიფერენცირებულ სწავლებას. თუ მოსწავლე ვერ ასახელებს პირდაპირ ქსოვილის, დაუსვით მიმანიშნებელი კითხვები (მაგ. *"რომელ ორგანოში გვჭირდება დიდი რაოდენობით ლიპიდების/სტეროიდების სინთეზი ან ტოქსინების გაუვნებელყოფა?"*). მოსწავლეებს ხშირად ავიწყდებათ, რომ ღვიძლს დეტოქსიკაციის გარდა გლიკოგენისა და ქოლესტეროლის სინთეზის ფუნქციაც აქვს.

დავალება 3. ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებზე განლაგებულია რიბოსომები, გლუვი ენდოპლაზმური ბადის მემბრანაზე — არა.

მეთოდური რეკომენდაცია: ყურადღება გაამახვილეთ ფაქტზე, რომ სტრუქტურული განსხვავება განაპირობებს ფუნქციურ სხვაობას. მოსწავლეებს შესთავაზეთ შეავსონ ან ვენის დიაგრამა ან

მარტივი T-სქემა. ეს დაეხმარებათ ინფორმაციის სტრუქტურირებასა და ვიზუალურ დამახსოვრებაში. მნიშვნელოვანია ხაზი გაესვას, რომ მიუხედავად განსხვავებული ზედაპირისა (რიბოსომების არსებობა/არარსებობა), ორივე სტრუქტურა ერთიანი მემბრანული სისტემის ნაწილია და ერთმანეთში გადადის.

დავალება 4. გლუვი ენდოპლაზმური ბადის ფუნქცია დეტოქსიკაცია, ლიპიდებისა და ნახშირწყლების სინთეზია, რაშიც მას ფერმენტები სჭირდება. რიბოსომების მუშაობის შეწყვეტის შემთხვევაში ვეღარც გლუვი ენდოპლაზმური ბადე გააგრძელებს ფუნქციონირებას.

მ**ეთოდური რეკომენდაცია:** მოსწავლემ უნდა გაიხსენოს, რომ ფერმენტი არის ცილა, ხოლო ცილის სინთეზის გარეშე ვერცერთი მეტაბოლური პროცესი (მათ შორის ლიპიდების სინთეზი გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეზე) ვერ წარიმართება. გამოიყენეთ კონცეპტუალური რუკის მეთოდი. წაახალისეთ მოსწავლეები ააგონ ჯაჭვი: რიბოსომის ბლოკირება → ფერმენტების დეფიციტი → გლუვი ენდოპლაზმური ბადის მუშაობის შეჩერება → ჰომეოსტაზის დარღვევა. კითხვა იძლევა უჯრედულ დონეზე ზოგიერთი ანტიბიოტიკისა და საწამლავის მუშაობის მექანიზმის გარკვევის საშუალებასაც.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

რუბრიკა „ეს საინტერესოა“ შეგიძლიათ გამოიყენოთ ცოდნის გასაღრმავებლად და თეორიული მასალის რეალურ ცხოვრებასთან დასაკავშირებლად: აუხსენით მოსწავლეებს, როგორ იწვევს გლუვი ენდოპლაზმური ბადისა და გოლჯის კომპლექსის დისფუნქცია ისეთ ფიზიოლოგიურ პროცესებს, როგორიცაა ახალშობილთა დროებითი სიყვითლე ფერმენტების სიმცირის გამო ან ასაკობრივი ცვლილებები კოლაგენის სინთეზში.

4. შეფასება

შეფასების რუბრიკა წარმოდგენილია მატრიცის ფორმით. ის ერთმანეთთან აკავშირებს სამიზნე ცნებებსა და ცოდნის კატეგორიებს. ის სარეკომენდაციო ხასიათისაა, საჭიროების შემთხვევაში მარტივია მისი მოდიფიცირება კონკრეტული საკითხისთვისაც.

მატრიცა იძლევა იმის გარკვევის საშუალებას, თუ რა დონეზე ითვისებს მოსწავლე ინფორმაციას, რამდენად ახერხებს მის პრაქტიკაში გამოყენებას, სქემებისა და ქეისების ანალიზს და აკავშირებს ცოდნას რეალურ ცხოვრებასთან ან პათოლოგიურ პროცესებთან.

სამიზნე ცნება	**დეკლარაციული ცოდნა**	**პროცედურული ცოდნა**	**პირობისეული ცოდნა**
სტრუქტურა და ფუნქცია	ასახელებს და ახასიათებს ორგანელების აგებულების თავისებურებებს.	კითხულობს სქემებსა და ილუსტრაციებს; აღწერს ცილებისა და ლიპიდების სინთეზისა და ტრანსპორტირების თანმიმდევრობას.	აკავშირებს ორგანელების აგებულების თავისებურებებს მათ კონკრეტულ ფუნქციებთან და ხსნის სტრუქტურულ განსხვავებებს.
სასიცოცხლო თვისება	იცნობს უჯრედის ძირითად მეტაბოლურ პროცესებსა და ორგანოიდების ერთობლივი მუშაობის პრინციპებს.	აგებს მიზეზშედეგობრივ ჯაჭვებს ორგანელების ფუნქციური კავშირის გამოსახატად.	აანალიზებს უჯრედს, როგორც ერთიან დინამიკურ სისტემას, და ასაბუთებს მის როლს ორგანიზმის ჰომეოსტაზისა და გადარჩენის პროცესში

ჯანმრთელობა და დაავადება	იცნობს ტოქსიკური ნივთიერებების, ალკოჰოლის, ეგზოტოქსინებისა და ენდოტოქსინების ზემოქმედების ძირითად თავისებურებებს.	მუშაობს კლინიკურ ქეისებზე (მაგ., ღვიძლის ფერმენტების სისხლში აღმოჩენის მიზეზების ახსნა).	აანალიზებს კავშირს უჯრედის ორგანელების დისფუნქციასა (მაგ., ღვიძლის ჰეპატოციტების, გლუვი ენდოპლაზმური ბადის გადატვირთვა) და პათოლოგიურ პროცესებს შორის (ციროზი, ახალშობილთა სიყვითლე, კოლაგენის დეფიციტი).

5. დანართები

დანართი 1. პასუხები ჩართული კითხვებზე

1. *როშელი ჰორმონები სინთეზდება საკვერცხისა და სათესლის გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეზე?*

საკვერცხეებისა და სათესლეების გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზდება ესტროგენი, პროგესტერონი, ანდროგენი, ტესტოსტერონი;

2. ზოგიერთ ვეზიკულა პლაზმური მემბრანისკენ გადაადგილდება და შიგთავსს უჯრედის გარეთ ათავისუფლებს. გაიხსენეთ, რა ჰქვია ამ პროცესს.

ამ პროცესს ეგზოციტოზი ეწოდება.

დანართი 2. რუბრიკა — უპასუხეთ კითხვებს

1. ქრომატინი დნმ-ისა და ცილისგან შედგება;
2. ციტოზოლი ციტოპლაზმის თხევადი ნაწილია. ციტოპლაზმა კი მოიცავს ციტოზოლსა და ორგანელებს;
3. გოლჯის კომპლექსის ფუნქციებია: ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ცილების, ლიპიდების, ნახსირწყლების მიღება, დახარისხება, გარდაქმნა და ტრანსპორტირება;
4. გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეზე ჰიდროფობური ტოქსიკური ნივთიერებები ნაკლებად ტოქსიკურ ჰიდროფილურ ნაერთებად გარდაიქმნება;
5. ენდოტოქსინი — ორგანიზმში წარმოქმნილი ტოქსიკური ნივთიერება, მაგალითად მსხვილ ნაწლავებში წარმოქმნილი ინდოლი, სკატოლი, ფენოლი. ეგზოტოქსინი — ორგანიზმში გარემოდან მოხვედრილი ტოქსიკური ნივთიერება, მაგალითად, ბოტულოტოქსინი;
6. ღვიძლის ფუნქცია ტოქსიკური ნივთიერებების გაუვნებელყოფაა, ამიტომ მასში დიდ ადგილს გლუვი ენდოპლაზმური ბადე იკავებს. ჯირკვლოვან ქსოვილში კი ფერმენტები, ჰორმონები სინთეზდება. ფერმენტები და ჰორმონების გარკვეული ჯგუფი ცილაა, ამიტომ ჯირკვლის უჯრედებში დიდ ადგილს გრანულარული ენდოპლაზმური ბადე იკავებს.

დანართი 3. რუბრიკა — საშინაო დავალება — პასუხები

1. ალკოჰოლის დეტოქსიკაცია მიმდინარეობს გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეზე, ეს ორგანელა მონიშნულია 3-ით.
2. ენდოპლაზმურ ბადეზე ცილებისა და ლიპიდების სინთეზი მიმდინარეობს, რომელიც მის განახლების პროცესს ხმარდება;
3. ლიმფოციტების ფუნქცია ანტისხეულების გამომუშავებაა. ანტისხეულები ცილებია, მათი სინთეზი კი ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეზე მიმდინარეობს. ამიტომ ლიმფოციტში კარგად განვითარებული იქნება ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადე.

7.2.3. მიტოქონდრია, პლასტიდები, ლიზოსომა, პეროქსისომა, ცენტრალური ვაკუოლი

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: უჯრედის ორგანელების აგებულება და ფუნქცია.

საკვანძო კითხვა: როგორ აისახება ორგანელების — მიტოქონდრია, პლასტიდები, ლიზოსომა, პეროქსისომა, ცენტრალური ვაკუოლი — სტრუქტურული თავისებურებები და მათში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესები ცოცხალი ორგანიზმების სასიცოცხლო თვისებებზე, ადამიანის ჯანმრთელობასა და ეკოლოგიურ ბალანსზე?

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

- **სტრუქტურა და ფუნქცია** — მოსწავლე აკავშირებს ორგანელების სტრუქტურას შესასრულებულ ფუნქციებთან;
- **სასიცოცხლო თვისება** — მოსწავლე ასაბუთებს, ორგანელებში მიმდინარე პროცესების როლს ორგანიზმის ჰომეოსტაზისა და გადარჩენის პროცესში.
- **ჯანმრთელობა და დაავადება** — მოსწავლე აანალიზებს კავშირს ორგანელების დისფუნქციასა და პათოლოგიურ პროცესებს შორის.
- **ბიომრავალფეროვნება** — მოსწავლე აფასებს უჯრედული კომპონენტების მრავალფეროვნებისა და გარემო ფაქტორების (მაგ. ნიადაგის pH) გავლენას ეკოსისტემურ სტაბილურობაზე.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია მოსწავლის წიგნის საკლასო აქტივობების დაგეგმვის სავარაუდო ვერსია. თუ ჯგუფები პარალელურად ჩაატარებენ ორივე ექსპერიმენტს, ერთი აკადემიური საათი იქნება საკმარისი, სხვა შემთხვევაში — ორი.

საკითხის დაგეგმვა: ეფუძნება კვლევაზე და საკვლევ კითხვაზე დაფუძნებულ სწავლებას.

2. აქტივობების დაგეგმვა

აქტივობა 1. კითხვაზე პასუხი.

მიზანი: მოსწავლემ გაიაზროს და გააანალიზოს პათოგენური მიკროორგანიზმების ტიპის (კატალაზა დადებითი/უარყოფითი) დადგენის მნიშვნელობა, სწრაფი ლაბორატორიული დიაგნოსტიკა დააკავშიროს ინფექციური პროცესების მართვასთან და დაასაბუთოს ანტიბიოტიკის მიზნობრივი, სწორი შერჩევის როლი ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვაში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 88 საკლასო აქტივობა 1.

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან საკლასო აქტივობა 1-ს, მასწავლებელი სვამს დამაზუსტებელ, მიმანიშნებელ კითხვებს, რომ ნაბიჯ-ნაბიჯ მიიყვანოს სწორ პასუხამდე. (კითხვებით დაეხმაროს მტკიცებულების აღმოჩენაში, ალტერნატივების შედარებასა და არგუმენტის დასაბუთებაში). აცნობს ქიმიური მოვლენის შესაბამის რეაქციის ტოლობას ($2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$) რაც მოსწავლეებს დაეხმარება იმის გააზრებაში, რომ ბუშტუკების ინტენსიური გამოყოფა აირადი ჟანგბადის გამოთავისუფლებაზე მიანიშნებს. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება);*

მოსწავლის სასურველი პასუხი: მეცნიერები აკვირდებიან ჟანგბადის გამოყოფას, რადგან ,,კატალაზა დადებითი“ ბაქტერიები შეიცავენ ფერმენტ კატალაზას, რომელიც წყალბადის ზეჟანგს წყლად და ჟანგბადად შლის.

რეკომენდაცია: მიანიშნეთ მოსწავლეებს, რომ „კატალაზა დადებითი“ ბაქტერიებისთვის (მაგ. სტაფილოკოკები, ნაწლავის ჩხირი) კატალაზა გადარჩენის უმნიშვნელოვანესი საშუალებაა. აერობული სუნთქვის დროს უჯრედში ბუნებრივად წარმოიქმნება ტოქსიკური წყალბადის პეროქსიდი; კატალაზას არსებობა ამ ბაქტერიებს საშუალებას აძლევს მომენტალურად გააუვნებელყონ ეს საფრთხე, დაშალონ იგი წყლად და ჟანგბადად, და ამით აიცილონ თავიდან სიკვდილი.

აღნიშნეთ, რომ ეს მარტივი ექსპერიმენტი მედიცინაში სადიაგნოსტიკო ტესტია. მაგალითად, მისი საშუალებით მიკრობიოლოგები მოკლე დროში განასხვავებენ ერთმანეთისგან გარეგნულად მსგავს პათოგენებს — ,,კატალაზა დადებით“ სტაფილოკოკებსა და ,,კატალაზა უარყოფით“ სტრეპტოკოკებს, რაც შემდგომში მკურნალობის (ანტიბიოტიკის) სწორად შერჩევას განაპირობებს. საჭიროების შემთხვევაში ყურადღება გაამახვილეთ ანტიბიოტიკების სწორად შერჩევის მნიშვნელობაზე, მისი არასწორად გამოყენების საფრთხეებზე.

აქტივობა 2: ფერმენტ კატალაზას აქტივობის ექსპერიმენტული შესწავლა

მიზანი: მოსწავლემ ექსპერიმენტულად გამოიკვლიოს და შეადაროს ფერმენტ კატალაზას აქტივობა სხვადასხვა პროდუქტში, შეაფასოს ტემპერატურის გავლენა ფერმენტის აქტივობაზე, დააკავშიროს ცილის სტრუქტურის ცვლილება თვისებების ცვლილებასთან და გააცნობიეროს ფერმენტის დენატურაციის მნიშვნელობა.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 88, ექსპერიმენტი 2. სამუშაო ფურცელი 1 (დანართი 1.1, დანართი 2.1.), შეფასების რუბრიკა 1 და 2.

აღწერა: მოსწავლეები ატარებენ ექსპერიმენტს მოსწავლის წიგნში (გვ. 88) ინსტრუქციის მიხედვით. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისება);*

რეკომენდაცია: ექსპერიმენტის დაწყებამდე მიუთითეთ მოსწავლეებს ლაბორატორიული უსაფრთხოების წესების დაცვაზე (სათვალეების და ხელთათმანების გამოყენება 3%-იან წყალბადის ზეჟანგთან და ცხელ წყალთან მუშაობისას).

რადგან კატალაზას აქტივობა პირდაპირ არის დამოკიდებული სუბსტრატისა და ფერმენტის შემცველი ქსოვილის კონტაქტის ფართობზე, წინასწარ მოამზადეთ (ან დააზუსტეთ მოსწავლეებთან) ერთნაირი ზომისა და მასის ნიმუშები (მაგ. ზუსტად თანაბარი მოცულობის კუბები). წინააღმდეგ შემთხვევაში, განსხვავებული ზედაპირის ფართობი გამოიწვევს არასწორ ვიზუალურ შედეგს და ცდომილებას.

წაახალისეთ მოსწავლეები, რომ შედეგები არ შეაფასონ მხოლოდ თვალით („ბევრია“ ან „ცოტაა“). გამოიყენონ წამზომი და სახაზავი — გაზომონ ქაფის სვეტის სიმაღლე მმ-ებში მაგალითად, ზუსტად 30-ე წამზე, მნიშვნელოვანია კვლევის შედეგების სიზუსტისთვის.

ექსპერიმენტის შესაბამისი კითხვები და პასუხები

კითხვა 1: რას წარმოადგენს სინჯარაში წარმოქმნილი ბუშტუკები?

რეაქციის დროს გამოყოფილი ბუშტუკები ჟანგბადია. მბჟუტავი კვრის აალება მიანიშნებს ჟანგბადის არსებობაზე (ის ხელს უწყობს წვას*).*

კითხვა 2: რამ გამოიწვია უმ ღვიძლსა და კარტოფილში განსხვავებული შედეგი?

უმ ღვიძლში რეაქციის სიჩქარე (ქაფის გამოყოფის ინტენსივობა) ბევრად უფრო მაღალი იყო, ვიდრე უმ კარტოფილში. ეს მიანიშნებს იმაზე, რომ ფერმენტის კონცენტრაცია განსხვავდება ქსოვილის ფუნქციის მიხედვით. მეტაბოლურად აქტიურ ორგანოებში (ღვიძლი), სადაც ბევრი ტოქსიკური ნივთიერება წარმოიქმნება, კატალაზას კონცენტრაცია გაცილებით მაღალია, ვიდრე მცენარის სამარაგო ქსოვილში (კარტოფილი).

კითხვა 3: რამ გამოიწვია უმ და მოხარშულ პროდუქტებში განსხვავებული შედეგი?

კატალაზა ცილაა. მაღალ ტემპერატურაზე მოხდა მისი სტრუქტურის დარღვევა — დენატურაცია. ამის გამო შეიცვალა მისი აქტიური ცენტრის ფორმა, ფერმენტმა დაკარგა კატალიზური ფუნქცია და სუბსტრატის დაშლა (ბუშტუკების გამოყოფა) საერთოდ შეწყდა.

კითხვა 4: ფერმენტული აქტივობისა და დენატურაციის პროცესზე დასაკვირვებლად, რატომ შეირჩა კვლევის ძირითად ობიექტად ღვიძლი?

ღვიძლი წარმოადგენს საუკეთესო საკვლევ ობიექტს, რადგან მასში ფერმენტ კატალაზას მაღალი შემცველობა მკაფიო და ძალიან სწრაფ ვიზუალურ ეფექტს ქმნის, რაც მარტივად აღსაქმელს ხდის მიმდინარე ქიმიურ პროცესს.

კითხვა 5: რა კონკრეტული ნიშანი გამოიყენეთ სხვადასხვა სინჯარაში კატალაზას აქტივობის შესაფასებლად და როგორ უკავშირდება ეს ნიშნები რეაქციის სიჩქარეს?

ნიმუშები შევადარეთ ბუშტუკების გამოყოფის ინტენსივობის, ქაფის წარმოქმნის სიჩქარისა და დროის ერთეულში ქაფის სვეტის სიმაღლის მიხედვით. აღნიშნული ნიშნების არარსებობა პირდაპირ მიანიშნებდა ფერმენტის დენატურაციაზე.

კითხვა 6: შეაფასეთ ექსპერიმენტის პროცედურა. სად ხედავთ პოტენციური ცდომილების შესაძლებლობას, ექსპერიმენტის განმეორების შემთხვევაში, რას შეცვლიდით უფრო სანდო და ობიექტური შედეგების მისაღებად?

ყველაზე მაღალი ცდომილების რისკი პროდუქტების არათანაბარი მასისა და ზედაპირის ფართობის შემთხვევაშია (მაგ. ღვიძლის ნაჭერი შეიძლება უფრო დიდი იყოს, ვიდრე კარტოფილის, რაც ზედაპირის ფართობს ცვლის). ხელახლა ჩატარებისას აუცილებლად ავიღებდი ზუსტად ერთნაირი მასისა და მაქსიმალურად ერთნაირი ზედაპირის ფართობის მქონე ნიმუშებს, შედეგებს კი ცხრილითა და წამზომით აღვრიცხავდი.

ტიპური შეცდომების მართვის მატრიცა

მოსწავლის სავარაუდო პასუხი	მასწავლებლის კომენტარი
მოხარშვისას ფერმენტი კატალაზა დაიშალა ამინომჟავებამდე.	მაღალი ტემპერატურა არღვევს ცილის სტრუქტურას, ამ დროს პირველადი სტრუქტურა შენარჩუნებულია. პეპტიდური ბმები არ წყდება, შესაბამისად, იცვლება აქტიური ცენტრის ფორმა და არა ამინომჟავების თანმიმდევრობა.
კარტოფილში რეაქცია იმიტომაა ნელი, რომ იქ კატალაზა სხვა ქიმიური აგებულებისაა.	ფერმენტი ორივე საკვლევ ობიექტში ერთსა და იმავე ფუნქციას ასრულებს. სიჩქარის სხვაობა გამოწვეულია მხოლოდ ფერმენტის **კონცენტრაციით**. ორივე ობიექტში ერთი და იგივე ფერმენტი მოქმედებს.
გამოყოფილი ქაფი თავად არის წყალბადის პეროქსიდი.	აჩვენეთ, რომ ქაფი არის გამოყოფილი აირის, ჟანგბადის ბუშტუკებისა და სითხის ნარევი, რაც სუბსტრატის დაშლის პირდაპირი შედეგია.

დამატებითი მეთოდური რეკომენდაცია (მმმ სტრატეგია)

ექსპერიმენტის ჩატარებისას შესაძლებელია **მმმ (მტკიცება, მტკიცებულება, მსჯელობა)** სტრატეგიის გამოყენება, რაც ეხმარება მოსწავლეებს მეცნიერული დასკვნების ჩამოყალიბებაში.

მტკიცება: *„ფერმენტის აქტივობა დამოკიდებულია იმ ქსოვილის ფუნქციაზე, სადაც ფერმენტი მუშაობს და ასევე ფერმენტის სტრუქტურის მთლიანობაზე“.*

ექსპერიმენტის პროცესი: მოსწავლეები ჯგუფებში მუშაობისას მკაცრად იცავენ უსაფრთხოების წესებს;

მტკიცებულება: მოსწავლეები აგროვებენ მტკიცებულებებს — ზომავენ ქაფის სვეტს მმ-ში, აფიქსირებენ რეაქციის დროს წამზომით და აღრიცხავენ კვარის აალებას.

მსჯელობა: მოსწავლეები მსჯელობენ კვლევის ობიექტებისა და უმსა და მოხარშულ პროდუქტებში ფერმენტის განსხვავებული აქტივობის მიზეზებზე.

კავშირი რეალურ ცხოვრებასთან: დააფიქრეთ მოსწავლეები ყოველდღიურ ცხოვრებაზე: რატომ ასხამენ ჭრილობაზე წყალბადის პეროქსიდს და რატომ ,,შუშხუნებს“ ის?

სისხლისა და დაზიანებული ქსოვილის უჯრედებში არსებული კატალაზა მყისიერად შლის წყალბადის პეროქსიდს და გამოყოფილი ატომური ჟანგბადი, ის ხოცავს ბაქტერიებს და ამ გზით ახდენს ჭრილობის დეზინფექციას.

აქტივობა 3: ვაკუოლის პიგმენტების კვლევა და გარემოს pH-ის გავლენა მცენარის შეფერილობაზე.

მიზანი: მოსწავლემ ექსპერიმენტულად გამოიკვლიოს და შეაფასოს გარემოს pH-ის გავლენა ვაკუოლის პიგმენტებზე (ანთოციანებზე), დააკავშიროს მოლეკულური სტრუქტურის ცვლილება ფერის ცვლილებასთან და გააცნობიეროს ამ მოვლენის ეკოლოგიური მნიშვნელობა ბიომრავალფეროვნების კონტექსტში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, ექსპერიმენტი 3; წითელი კომბოსტოს ან მუქი ყვავილების ფურცლების ექსტრაქტი, ცხელი წყალი, ძმარი, საკვები სოდა, სინჯარები, საწვეთურები, სამუშაო ფურცელი 2 (დანართი 1.2, დანართი 2.1). შეფასების რუბრიკა 3 და 4.

აღწერა: მოსწავლეები ცხელი წყლის გამოყენებით ამზადებენ მცენარეული პიგმენტის (ანთოციანების) ექსტრაქტს. მიღებულ ხსნარს უმატებენ ძმარსა (მჟავე არე) და სოდიან წყალს (ტუტე არე), აფიქსირებენ ვიზუალურ ცვლილებებს და ადარებენ საკონტროლო ნიმუშს.

რეკომენდაცია: გაითვალისწინეთ, რომ ექსპერიმენტის ობიექტური შედეგისთვის ძმარი უნდა იყოს უფერო. წაახალისეთ მოსწავლეები, რომ კვლევისას ყურადღება მიაქციონ ეკოლოგიურ ჯაჭვურ პროცესს: აბიოტური ფაქტორის (pH) ცვლილება → ცვლის ბიოქიმიურ თვისებას (ფერი) → რაც გავლენას ახდენს ორგანიზმთაშორის ურთიერთობებზე (დამტვერვა).

ექსპერიმენტის კითხვები და პასუხები

კითხვა 1: რასთან იყო დაკავშირებული ფერის ცვლილება სხვადასხვა სინჯარაში/ჭიქაში?

ფერის ცვლილება დაკავშირებულია გარემოს pH-ის ცვლილებასთან. ძმრის დამატებამ შექმნა მჟავე არე, რამაც ანთოციანები წითლად/ვარდისფრად შეღება, ხოლო სოდის დამატებამ არე ტუტე გახადა, რამაც გამოიწვია ლურჯი/მომწვანო შეფერილობის მიღება.

დაზუსტება: ფერის მკვეთრი ცვლილება პირდაპირ დაკავშირებულია გარემოს pH-ის ცვლილებასთან. მცენარეულ პიგმენტთა გარკვეული ჯგუფის — **ანთოციანების** მოლეკულური სტრუქტურა იცვლება იმის მიხედვით, თუ რამდენი წყალბადის იონია (H^+) გარემოში. გარემოს მჟავიანობის ცვლილება იწვევს პიგმენტის მიერ სინათლის ტალღების განსხვავებულ შთანთქმასა და არეკვლას, რაც ვიზუალურად ფერის გარდაქმნით გამოიხატება.

კითხვა 2: შესაძლებელია თუ არა, ნიადაგის მჟავიანობის ცვლილებამ ყვავილის შეფერილობა შეცვალოს? დაასაბუთეთ მაგალითით.

დიახ, შესაძლებელია. მაგალითად ჰორტენზია. მჟავა ნიადაგში (pH<5.5) მცენარე ადვილად ითვისებს ალუმინის იონებს და ყვავილები ლურჯდება, ხოლო ნეიტრალურ ან ტუტე ნიადაგში იგივე მცენარე ვარდისფერ ყვავილებს ივითარებს.

დაზუსტება: ნიადაგის pH-ის გავლენის ბუნებრივი მაგალითია მცენარე ჰორტენზია. მჟავა ნიადაგში (pH<5.5) ის ლურჯ ყვავილებს ივითარებს (რადგან ასეთ გარემოში ნიადაგიდან ადვილად ითვისებს ალუმინის იონებს), ხოლო ნეიტრალურ ან ტუტე ნიადაგში — ვარდისფერს.

კითხვა 3: როგორ ფიქრობთ, შეიძლება ნიადაგის მჟავიანობის ცვლილებამ გავლენა მოახდინოს რეგიონის მცენარეების დამტვერავი მწერების სახეობრივ მრავალფეროვნებაზე?

მწერები (მაგ. ფუტკრები, ბზიკები) ყვავილებსა და ნექტარს პოულობენ კონკრეტული ფერადი ვიზუალური სიგნალების მიხედვით. თუ ნიადაგის pH-ის ცვლილების გამო რეგიონში მცენარეებმა ფერი შეიცვალეს, გარკვეულმა მწერებმა შეიძლება ვეღარ „იცნონ“ ისინი. ეს გამოიწვევს მწერების მიგრაციას ან პოპულაციის შემცირებას, რაც საბოლოოდ დაარღვევს ეკოსისტემის ბალანსს და შეამცირებს საერთო ბიომრავალფეროვნებას.

ტიპური შეცდომების მართვის მატრიცა

მოსწავლის სავარაუდო პასუხი	**მასწავლებლის კომენტარი**
ძმარმა და სოდამ თავად შეღებეს ხსნარი საკუთარი ფერებით.	შეახსენეთ მოსწავლეებს, რომ ძმარიც და სოდიანი წყალიც გამჭვირვალე, სითხეებია. ფერი შეიცვალა არა იმიტომ, რომ მათ საკუთარი პიგმენტი დაამატეს, არამედ იმიტომ, რომ მათ შეცვალეს გარემოს მჟავიანობა, რაზეც ყვავილის გვირგვინის ფურცლების ანთოციანების სტრუქტურა შეიცვალა.
ფერის შეცვლა ნიშნავს, რომ ყვავილის პიგმენტები სრულად განადგურდა.	პიგმენტები არ დაშლილა. ეს პროცესი შექცევადია. თუ ხსნარში, სადაც ტუტეა მჟავას დავამატებთ, ფერი ისევ წითლისკენ გადაიხრება, რადგან მჟავა და ტუტე ურთიერთქმედებენ.

დამატებითი მეთოდური რეკომენდაცია (მმმ სტრატეგია) — გაკვეთილის ეფექტურად წარმართვისთვის გამოიყენეთ **მმმ სტრატეგიის** ჩარჩო:

მტკიცება: *„გარემოს pH-ის ცვლილება ცვლის მცენარეული პიგმენტების სტრუქტურას, რაც გავლენას ახდენს ეს ეკოსისტემაზე.“*

მტკიცებულება: მოსწავლეები ექსპერიმენტულად იღებენ პიგმენტის ექსტრაქტს ცხელი წყლით, ამატებენ ძმარსა და სოდას, და სამუშაო ფურცელში აფიქსირებენ ფერის ცვლილებას (მუქი ვარდისფერი/წითელი — მჟავე არეში, ლურჯი/მომწვანო — ტუტე არეში).

მსჯელობა: მოსწავლეები აკავშირებენ ხსნარის ფერს წყალბადის იონების კონცენტრაციასთან და მსჯელობენ, როგორ განაპირობებს ეს მოლეკულური ცვლილება ყვავილოვანი მცენარეებისა და დამტვერავების ევოლუციურ კავშირს.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

დიფერენცირებული სწავლება ჰოლისტურად, სასწავლო პროცესის ყველა კომპონენტშია ინტეგრირებული. ის მოიცავს დამატებით მიმანიშნებელ კითხვებსა და ტიპური შეცდომების მართვის მატრიცებს სხვადასხვა აკადემიური დონის მხარდასაჭერად, პრაქტიკულ-ექსპერიმენტულ დათვლებსა და მმმ (მტკიცება-მტკიცებულება-მსჯელობა) ჩარჩოს კვლევითი უნარების განსავითარებლად, ასევე მრავალფეროვან ანალიტიკურ დავალებებსა და ჩეკლისტებს, რომლებიც საშუალებას მოგცემთ, მოსწავლეთა ინდივიდუალური საჭიროებებისა და ინტერესების გათვალისწინებით მართოს სასწავლო პროცესი.

სასწავლო მასალის გაღრმავებისთვის სასურველია გამოიყენოთ რუბრიკა ,,ეს საინტერესოა“

ინსტრუქცია მოსწავლისთვის: ყურადღებით გაეცანით რუბრიკაში ,,ეს საინტერესოა“ მოცემულ ინფორმაციას თეი-საქსის დაავადებისა და ზღვის მოლუსკის შესახებ, უპასუხეთ ქვემოთ მოცემულ კითხვებს.

ნაწილი 1:

ა) რა იცვლება უჯრედულ დონეზე ლიზოსომებისა და გოლჯის კომპლექსის მუშაობაში ტაი-საქსის დაავადების დროს და რატომ გროვდება ნივთიერებები ქსოვილებში?

ბ) როგორ უკავშირდება ლიზოსომური ფერმენტების ტრანსპორტირების დარღვევა ნერვული ქსოვილის დაზიანებასა და ორგანიზმის სასიცოცხლო თვისებების მოშლას?

გ) რატომ იწვევს უჯრედში მიმდინარე თუნდაც ერთი ორგანელის დისფუნქცია მთელი ორგანიზმის მძიმე ნევროლოგიურ პათოლოგიებს?

ნაწილი 2:

ა) როგორ ახერხებს ცხოველური ორგანიზმი ისეთი ორგანელის გამოყენებას, რომელიც გენეტიკურად მხოლოდ მცენარეული უჯრედისთვისაა დამახასიათებელი?

ბ) როგორ ცვლის შთანთქმული ქლოროპლასტების ინტეგრაცია უჯრედულ დონეზე მოლუსკის ენერგეტიკულ ბალანსსა და სასიცოცხლო თვისებებს?

გ) რატომ წარმოადგენს აღნიშნული ფენომენი გარემო პირობებთან ადაპტაციის უჩვეულო მაგალითს და როგორ იმოქმედებდა ეს მტაცებელსა და მსხვერპლს შორის რაოდენობრივ თანაფარდობაზე ეკოსისტემაში?

4. შეფასება

სასწავლო მასალაში წარმოდგენილი კითხვები და ამოცანები აგებულია ისე, რომ მოსწავლემ გამოავლინოს როგორც დეკლარატიული და პროცედურული, ისე პირობისეული ცოდნა, ხოლო შეფასებისა და თვითშეფასების რუბრიკების კომპონენტები ხელს უწყობს მეტაკოგნიტური უნარების განვითარებას.

შეფასების რუბრიკა 1 (აქტივობა 3)

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: _____

მონიშნეთ (X) შესაბამისი სვეტი:

შეფასების კრიტერიუმი	**სრულად**	**ნაწილობრივ**	**საჭიროებს გაუმჯობესებას**	**კომენტარი**
სწორად და უსაფრთხოდ გამოვიყენე ცხელი წყალი და ლაბორატორიული ჭურჭელი პიგმენტის გამოსაყოფად.				
ზუსტად აღვწერე და ჩავინიშნე ფერის ცვლილებები ძმრიან და სოდიან ჭიქებში.				
დავუკავშირე ფერის ცვლილება გარემოს pH-ის ცვლილებას.				
შევძელი ამეხსნა, როგორ შეიძლება იმოქმედოს ყვავილის ფერის ცვლილებამ მწერებზე და ეკოსისტემის ბალანსზე.				

შეფასების რუბრიკა 2 (აქტივობა 2)

მასწავლებლის დაკვირვების ჩეკლისტი — სახელი, გვარი ----------

საკითხი: ვაკუოლის პიგმენტები და გარემოს pH-ის გავლენა

სიმბოლოები: + ასრულებს სრულყოფილად; / ასრულებს ნაწილობრივ; — არ იყო დაკვირვების შესაძლებლობა..

მოსწავლის სახელი / ჯგუფი	**ექსტრაქტის მომზადება**	**ფერების ცვლილების აღწერა — pH-ის მიხედვით**	**საკონტროლო ნიმუშის მნიშვნელობის გააზრება**	**მმმ სტრატეგიის გამოყენება მსჯელობისას**	**ეკოლოგიური მიზეზშედეგობრივი კავშირები**	**მასწავლებლის კომენტარი**
ჯგუფი 1						
მოსწავლე 1						
მოსწავლე 2						

- დაფიქსირდა თუ არა ტიპური შეცდომა (მაგ. „ძმარმა შეღება ხსნარი“). როგორი იყო რეაგირება?
- როგორ გაართვეს თავი მოსწავლეებმა pH-ის ცვლილებისა და ბიომრავალფეროვნების შემცირების კავშირის ანალიზს?

შეფასების რუბრიკა 3 (აქტივობა 3)

მოსწავლის თვითშეფასების ბარათი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: _____

წაიკითხეთ თითოეული დებულება და მონიშნეთ (X) ის სვეტი, რომელიც ყველაზე უკეთ ასახავს თქვენს მუშაობას:

შეფასების კრიტერიუმი	**სრულად**	**ნაწილობრივ**	**საჭიროებს გაუმჯობესებას**	**კომენტარი**
ზუსტად ვიცავდი ინსტრუქციას და უსაფრთხოების წესებს პეროქსიდთან და კვართან მუშაობისას.				
ზუსტად გავზომე და ჩავინიშნე ქაფის სვეტის სიმაღლე / რეაქციის სიჩქარე დროის ერთეულში.				
მივხვდი, რატომ არის მნიშვნელოვანი ნიმუშების ერთნაირი მასა და ზედაპირის ფართობი.				
შევძელი ჩემი გაზომვები დამეკავშირებინა საწყის მტკიცებასთან.				
შევძელი ამეხსნა, რომ მოხარშულ ნიმუშებში რეაქციის გაჩერება ფერმენტის დენატურაციითაა გამოწვეული.				

შეფასების რუბრიკა 4: (აქტივობა 3)

შეფასების ჩეკლისტი მასწავლებლისთვის

საკითხი: ფერმენტ კატალაზას აქტივობისა და დენატურაციის კვლევა

შეფასების სიმბოლოები: + ასრულებს სრულყოფილად; / ასრულებს ნაწილობრივ; — უჭირს.

მოსწავლის სახელი / ჯგუფი	უსაფრთხოების წესების დაცვა	ქაფის სვეტის სიმაღლის გაზომვა	ცდომილების რისკების დენტიფიცირება (მასა/ზედაპირი)	მმმ სტრატეგიის გამოყენება მსჯელობისას	ფერმენტის აქტიური ცენტრის ცვლილების გააზრება	მასწავლებლის კომენტარი
ჯგუფი 1						
მოსწავლე 1						
მოსწავლე 2						

შეგროვილი მონაცემების გასაანალიზებლად უპასუხეთ კითხვებს:

- რომელ ჯგუფს/მოსწავლეს დასჭირდა დამატებითი კითხვები ნიმუშების მასისა და ფართობის გათანაბრებაზე?
- დაფიქსირდა თუ არა ტიპური შეცდომა (მაგ. „კატალაზა ამინომჟავებამდე დაიშალა“) და როგორ მოხდა რეაგირება?
- როგორ დაუკავშირეს მოსწავლეებმა ფერმენტის კონცენტრაცია ორგანოს მეტაბოლურ აქტივობას?

5. დანართები

ბლოკი 1. სამუშაო ფურცლები (რესურსი მოსწავლეებისთვის)
დანართი 1.1.

სამუშაო ფურცელი N1 — ფერმენტ კატალაზას აქტივობის ექსპერიმენტული შესწავლა
მოსწავლის სახელი, გვარი: _____
თარიღი: _____



ექსპერიმენტის ჩატარებისას გამოიყენეთ ხელთათმანი. სიფრთხილე გამოიჩინეთ წყალბადის პეროქსიდის გამოყენებისას!

ექსპერიმენტის მსვლელობა და მონაცემთა შეგროვება:

ნიმუში	რეაქციის ინტენსივობა	ქაფის სვეტის სიმაღლე (მმ) 30-ე წამზე	მბჟუტავი კვარის რეაქცია
უმი ღვიძლი + 3%-იანი წყალბადის პეროქსიდი			
უმი კარტოფილი + 3%-იანი წყალბადის პეროქსიდი			
მოხარშული ღვიძლი + 3%-იანი წყალბადის პეროქსიდი			
მოხარშული კარტოფილი + 3%-იანი წყალბადის პეროქსიდი			

უპასუხეთ კითხვებს:

1: რას წარმოადგენს სინჯარაში წარმოქმნილი ბუშტუკები?

2: რამ გამოიწვია უმ ღვიძლსა და კარტოფილში განსხვავებული შედეგი?

3: რამ გამოიწვია უმ და მოხარშულ პროდუქტებში განსხვავებული შედეგი?

4: ფერმენტული აქტივობისა და დენატურაციის პროცესზე დასაკვირვებლად, რატომ შეირჩა კვლევის ძირითად ობიექტად ღვიძლი?

5: რა კონკრეტული ნიშანი გამოიყენეთ სხვადასხვა სინჯარაში კატალაზას აქტივობის შესაფასებლად და როგორ უკავშირდება ეს ნიშნები რეაქციის სიჩქარეს?

6: შეაფასეთ ექსპერიმენტის პროცედურა. სად ხედავთ პოტენციური ცდომილების შესაძლებლობას, ექსპერიმენტის განმეორების შემთხვევაში, რას შეცვლიდით უფრო სანდო და ობიექტური შედეგების მისაღებად?

დანართი 1.2.

სამუშაო ფურცელი N2 — ვაკუოლის პიგმენტების (ანთოციანების) კვლევა და გარემოს pH-ის გავლენა მცენარის შეფერილობაზე

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: _____

ექსპერიმენტის მიმდინარეობა და მონაცემების შეგროვება:

ნიმუში	**მოქმედი ფაქტორი (pH არე)**	**მოსალოდნელი ვიზუალური შედეგი**
№1 (კონტროლი)		
№2 (ძმრიანი ჭიქა)		
№3 (სოდიანი ჭიქა)		

უპასუხეთ კითხვებს:

1. რასთან იყო დაკავშირებული ფერის ცვლილება სხვადასხვა სინჯარაში?

   ---

2. როგორ ფიქრობთ ნიადაგის pH-ის ცვლილებამ შეიძლება მცენარეების ყვავილის შეფერილობა შეცვალოს?

   ---

3. რა ეკოლოგიური შედეგი შეიძლება მოჰყვეს ნიადაგის pH-ის ცვლილებით გამოწვეულ მცენარეების ფერის გარდაქმნას დამტვერავი მწერების პოპულაციებსა და ბიომრავალფეროვნებაზე?

ბლოკი 2. სამუშაო ფურცლების შევსებული ვერსია (რესურსი მასწავლებლისთის)

დანართი 2.1. სამუშაო ფურცელი N 1 შევსებული ვერსია

მოსალოდნელი შედეგების მატრიცა

კვლევის ობიექტი	მოქმედი ფაქტორი	მოსალოდნელი შედეგი
კონტროლი (უმი ღვიძლი / უმი კარტოფილი)	წყალბადის პეროქსიდი (3%-იანი ხსნარი)	უმ ღვიძლში რეაქციის სიჩქარე (ქაფის გამოყოფა) ძალიან მაღალია; უმ კარტოფილში — შედარებით დაბალი. გამოიყოფა გაზის ბუშტუკები. მბჟუტავი კვარი აალდება.
მაღალი ტემპერატურა (მოხარშული ღვიძლი, კარტოფილი)	დუღილი (მაღალი ტემპერატურა)	რეაქცია საერთოდ არ მიმდინარეობს, ქაფის სვეტი არ იზრდება და ბუშტუკები არ გამოიყოფა.
ქიმიური ტესტი (მბჟუტავი კვარი)	რეაქციისას გამოყოფილი გაზი	სინჯარასთან მიტანილი მბჟუტავი კვარი მყისიერად აალდება.

დანართი 2.2. სამუშაო ფურცელი N 2 შევსებული ვერსია

ნიმუში	მოქმედი ფაქტორი (pH არე)	მოსალოდნელი ვიზუალური შედეგი
№1 (კონტროლი)	მხოლოდ მიღებული პიგმენტის ექსტრაქტი	ნეიტრალური საწყისი ფერი (ყვავილის სახეობის მიხედვით).
№2 (ძმრიანი ჭიქა)	ძმარი (მჟავა არე, pH<7)	ხსნარი გახდება **მუქი ვარდისფერი** ან **წითელი**.
№3 (სოდიანი ჭიქა)	საკვები სოდა (ტუტე არე, pH>7)	ხსნარი გახდება **ლურჯი** ან **მომწვანო** (პიგმენტების საწყისი კონცენტრაციის შესაბამისად).

ბლოკი 3. რუბრიკების პასუხები და რეკომენდაციები

დანართი 3.1. ჩართული კითხვების პასუხები

1. *რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს მიტოქონდრიის შიდა მემბრანის ნაოჭების სიმრავლემ ორგანელის ფუნქციურ აქტივობაზე?*

ორგანელის შიდა მემბრანის ზედაპირის ფართობი იზრდება, რაც ნიშნავს, რომ მასზე მეტი ფერმენტი თავსდება, შესაბამისად ორგანელის აქტივობა იმატებს და მეტი ატფ სინთეზდება;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: მოსწავლეებს ყურადღება გაამახვილებინეთ სტრუქტურის ფუნქციასთან შესაბამისობაზე. მემბრანის დანაოჭებით მცირე მოცულობაში მაქსიმალური ფართობი მიიღება. სთხოვეთ მოსწავლეებს, მოიყვანონ ფართობის გაზრდის მსგავსი მაგალითები ადამიანის ანატომიიდან (მაგ. ნაწლავის ხაოები ან თავის ტვინის ხვეულები).

2. გაიხსენეთ, რა დანიშნულება აქვს ქლოროპლასტებს მცენარეულ უჯრედში?

ქლოროპლასტში ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ქლოროპლასტი არის ერთადერთი სტრუქტურა, რომელიც მზის სინათლის ენერგიას გარდაქმნის ორგანული ნივთიერებების ქიმიური ბმების პოტენციურ ენერგიად და ამარაგებს პლანეტას ჟანგბადით.

3. როგორ ფიქრობთ, რომელ ქსოვილებში იმარაგებს მცენარე საკვებს?

სამარაგო ქსოვილებში;

4. *კარტოფილისა და გეორგინას ტუბერები ერთმანეთს ძალიან ჰგავს. როგორ ფიქრობთ, გაშწვანდება გეორგინას ტუბერი, თუ მას სინათლეზე მოვათავსებთ? ახსენით, რატომ?*

კარტოფილის ტუბერი ყლორტის სახეცვლილებაა. ჩვეულებრივ ის ლეიკოპლასტებს შეიცავს, თუმცა სინათლეზე ლეიკოპლასტები ქლოროპლასტებად გარდაიქმნება და ფოტოსინთეზს აწარმოებს, რის გამოც ტუბერი მწვანდება. გეორგინას ტუბერი ფესვის სახეცვლილებაა და ქლოროფილს არ შეიცავს. ამიტომ ის მზეზე არ მწვანდება;

5. გაიხსენეთ, რას ნიშნავს ცილის ჰიდროლიზი? რომელ ნივთიერებებამდე იშლება ამ დროს ცილა?

ცილის ჰიდროლიზის დროს წყდება პეპტიდური ბმები, რასაც მოჰყვება ცილის პირველადი სტრუქტურის დაშლა ამინომჟავებამდე;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ყურადღება გაამახვილეთ ტერმინზე „ჰიდროლიზი“ (წყლით დაშლა). აუხსენით მოსწავლეებს, რომ პეპტიდური ბმის გაწყვეტისას აუცილებელია წყლის მოლეკულის ჩართვა: მისი -OH ჯგუფი მიდის კარბოქსილის ჯგუფთან, ხოლო -H — ამინოჯგუფთან.

6. *როგორია ციტოზოლის pH* მაჩვენებელი?

pH იცვლება 7,2-7,4 ფარგლებში;

7. კიდევ რომელი დაავადება იცით, რომელიც აპოპტოზის პროცესის დარღვევით არის გამოწვეული?

აპოპტოზის შეფერხების შემთხვევაში — სიმსივნე, აუტოიმუნური დაავადებები.

აპოპტოზის გაძლიერების შემთხვევაში — ალცჰაიმერის დაავადება;

8. ცხოველური უჯრედის რომელი ორგანელის ფუნქციურ ანალოგს წარმოადგენს ცენტრალური ვაკუოლი?

ასეთი ვაკუოლი ლიზოსომის ანალოგს წარმოადგენს.

დანართი 3. 2. რუბრიკა — უპასუხეთ კითხვებს

1. „პეროქსი“ — მომიდნარეობს წყალბადის პეროქსიდიდან, „სომა“ ნიშნავს სხეულს. პეროქსიდი ისეთი ოქსიდია, რომელშიც ჟანგბადის ატომები ერთმანეთს უკავშირდება;
2. ნეკროზისგან განსხვავებით აპოპტოზის დროს არ ზიანდება უჯრედის პლაზმური მემბრანა, უჯრედის შიგთავსი გარეთ არ გამოიღვრება, ანთებითი პროცესი არ ვითარდება;
3. ლეიკოპლასტებს სამარაგო ფუნქცია აქვს;
4. ლიზოსომა ყალიბდება გოლჯის კომპლექსში;
5. ერთი მემბრანით შემოსაზღვრულია — ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი, ლიზოსომა, პეროქსისომა. ორი მემბრანით შემოსაზღვრულია მიტოქნდრია, ბირთვი და პლასტიდები. უმემბრანო ორგანელაა რიბოსომა;
6. ასეთ შემთხვევაში ნერვული იმპულსის გავრცელების სიჩქარე მკვეთრად შემცირდება.

დანართი 3.3. რუბრიკა — საშინაო დავალება — პასუხები

1. გლუვი ენდოპლაზმური ბადე დეტოქსიკაციის ადგილია, ამიტომ, მედიკამენტების ხშირი მიღებისას ღვიძლის უჯრედებში მისი მოცულობა ორმაგდება. მედიკამენტების მიღების შეწყვეტის შემთხვევაში ლიზოსომების მოქმედებით ის საწყის ზომას უბრუნდება. აღნიშნული სიტუაცია

უჯრედის ადაპტაციის მაგალითია კონკრეტულ ცვლილებასთან, რაც ორგანელების რაოდენობრივ ცვლილებაში გამოიხატება.

2. უჯრედების გამრავლებასა და სიკვდილს შორის წონასწორობა თუ ახალი უჯრედების წარმოქმნის მხარეს გადაინაცვლებს, ვითარდება სიმსივნე. საწინააღმდეგო შემთხვევაში კი — ნეიროდეგენერაციული დაავადებები, მაგალითად ალცჰაიმერის ან პარკინსონის დაავადება.

3. მიტოქონდრიების რაოდენობის მომატებით მცენარე მეტ სითბოს გამოიმუშავებს, რაც ეხმარება ირგვლივ არსებული თოვლის დნობაში, გამოთავისუფლებული ატფ კი მცენარეს ზრდისა და ყვავილობის შესაძლებლობას აძლევს.

7.2.4. ციტოჩონჩხი, უჯრედის ცენტრი, უჯრედგარე მატრიქსი

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: ციტოჩონჩხი და მისი კომპონენტები.

საკვანძო კითხვა: *როგორ უზრუნველყოფს ციტოჩონჩხი და უჯრედგარე მატრიქსი უჯრედისა და ქსოვილების სტრუქტურის სტაბილურობას, მეტაბოლურ პროცესებსა და ჰომეოსტაზს;*

სამიზნე ცნებები: სტრუქტურა და ფუნქცია, სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

- **სტრუქტურა და ფუნქცია** — მოსწავლე აკავშირებს ციტოჩონჩხისა და უჯრედგარე მატრიქსის სტრუქტურას შესასრულებელ ფუნქციებთან;
- **სასიცოცხლო თვისება** — მოსწავლე აფასებს, უჯრედში ციტოჩონჩხის მონაწილეობით მიმდინარე პროცესების როლს ორგანიზმის ჰომეოსტაზის პროცესში;
- **ჯანმრთელობა და დაავადება** — მოსწავლე აანალიზებს კავშირს ციტოჩონჩხის დისფუნქციასა და პათოლოგიურ პროცესებს შორის;
- **ბიომრავალფეროვნება** — მოსწავლ აფასებს, როგორ უზრუნველყოფს ციტოჩონჩხისა და უჯრედგარე მატრიქსის კომპონენტების სტრუქტურული მრავალფეროვნება სხვადასხვა ტიპის ქსოვილებისა და ორგანიზმების სპეციფიკურ ფუნქციებსა და ადაპტაციას.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი აქტივობების 2 გაკვეთილზე ორგანიზების ერთ-ერთი ვერსია. კლასის საჭიროებებისა და რესურსის გათვალისწინებით, შეგიძლიათ შეცვალოთ აქტივობების თანმიმდევრობა.

2. აქტივობების დაგეგმვა

აქტივობები წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად და მოტივაციისთვის

აქტივობა 1- შესავალი აქტივობა

მიზანი: მოსწავლემ გაიხსენოს ადამიანის საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის მნიშვნელობა, დაასახელოს ილუსტრაციაზე გამოსახული პათოლოგია და იმსჯელოს მისი პრევენციის გზებზე.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 92. შესავალი აქტივობის ილუსტრაცია და კითხვები.

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან ადამიანის ჯანმრთელი და პათოლოგიური ჩონჩხის ილუსტრაციას. პასუხობენ დავალების კითხვებს;

კითხვა: გაიხსენეთ, რა დანიშნულება აქვს ადამიანის საყრდენ-მამოძრავებელ სისტემას?

სასურველი პასუხი: სისტემა ასრულებს- საყრდენ, მოძრობით, დამცველობითსა და სისხლმბად ფუნქციებს;

კითხვა: საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის რომელ დაავადებას აღწერს ილუსტრაცია?

სასურველი პასუხი: ილუსტრაცია ასახავს ხერხემლის გამრუდებას (სკოლიოზს/კიფოზს).

კითხვა: დაასახელეთ მისი გამომწვევი მიზეზები. შესაძლებელია თუ არა ამ დაავადების თავიდან აცილება? რა გზით?

სასურველი პასუხი: პათოლოგიის გამომწვევი მიზეზებია: ჯდომის არასწორი მანერა, სუსტი კუნთოვანი სისტემა, მძიმე ტვირთი. თავიდან აცილება შესაძლებელია სწორი ფიზიკური აქტივობით (ცურვა, ვარჯიში), სიარულისას ტანის მდგომარეობის კონტროლით და მაგიდასთან გამართული ჯდომით.

რეკომენდაცია: აქტივობის ბოლოს მოსწავლეებს აუხენით, რომ უჯრედსაც აქვს საკუთარი „ჩონჩხი“ რომელიც, ერთის მხრივ, ფორმას უნარჩუნებს მას, მეორეს მხრივ ორგანელების უწესრიგო მოძრაობას უშლის ხელს და თან ემსახურება ორგანელებისა და ვეზიკულების უჯრედშიდა ტრანსპორტირებას.

აქტივობა 2. შემოქმედებითი დავალების პირობის წარდგენა;

მიზანი: უჯრედგარე მატრიქსის სტრუქტურული კომპონენტებისა და მათი ფიზიოლოგიური როლის დაკავშირება კანის ჯანმრთელობასთან კოსმეტიკური საშუალების შედგენილობის ანალიზის გზით.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 92-98.

აღწერა: მასწავლებელი წარადგენს შემოქმედებითი დავალების პირობას. გააცნობს შეფასების კრიტერიუმებს, იმსჯელებენ შემოქმედებითი დავალების პროდუქტზე.

დავალების პირობა: კანის მოვლის ერთ-ერთი საშუალების ეტიკეტზე აღნიშნულია, რომ ის შეიცავს: კოლაგენს, სპილენძს, ჰიალურონის მჟავასა და სილიციუმს. წარმოიდგინეთ, რომ ხართ დერმატოლოგი. თქვენი მიზანია, გააანალიზოთ საცხის ეფექტურობა უჯრედგარე მატრიქსისა და ქსოვილის ფიზიოლოგიური მდგომარეობის საფუძველზე და მოამზადეთ **დასკვნა**.

ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- რა ინფორმაციას იძლევა ეტიკეტი და რა დამატებითი მტკიცებულებაა საჭირო ეფექტიანობის ზუსტად შესაფასებლად;
- როგორ განსაზღვრავს კოლაგენისა და ჰიალურონის მჟავას მოლეკულური აგებულება უჯრედგარე მატრიქსის მექანიკურ სიმტკიცესა და წყლის დაკავშირების უნარს;
- რა მეტაბოლური პროცესების მეშვეობით უზრუნველყოფენ მიკროელემენტები (სპილენძი, სილიციუმი) ქსოვილის უწყვეტ განახლებასა და ფიზიოლოგიურ აქტივობას;
- რა ბიოლოგიური ცვლილებები ვითარდება უჯრედგარე მატრიქსში ასაკის მატებასთან ერთად და როგორ დააკომპენსირებს ამ დარღვევებს მოცემული საცხის სისტემატური გამოყენება.

აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად

აქტივობა 3 — ახალი მასალის დამუშავება Jigsow-ს გამოყენებით.

მიზანი: უჯრედის ჩონჩხის კომპონენტების აგებულებისა და ფუნქციის შესაბამისობის დადგენა.

რესურსი: სახელმძღვანელო (გვ. 92–94) — ინფორმაცია ციტოჩონჩხის კომპონენტების შესახებ. სამუშაო ფურცლები (1, 2, 3, 4) — დანართები (მოსწავლისთვის 1.1, 1.2. მასწავლებლისთვის 2.1 და 2.2)

აღწერა: კლასი იყოფა სამ ჯგუფად, მოსწავლეები გაითვლიან 1,2,3. შემდეგ პირველები იმუშავებენ სამუშაო ფურცელ 1-ზე, მეორეები სამუშაო ფურცელ 2-ზე, მესამეები — სამუშაო ფურცელ 3-ზე. თითოეული ჯგუფი დაამუშავებს მხოლოდ ერთ კონკრეტულ სტრუქტურასთან დაკავშირებულ ინფორმაციას. დროის ამოწურვის შემდეგ დაბრუნდებიან ძირითად ჯგუფებში და იმუშავებენ სამუშაო ფურცელ 4-ზე. ბოლოს თითოეული ჯგუფი გააკეთებს დავალების პრეზენტაციას რომელიმე კომპონენტის შესახებ. მასწავლებელი შეაჯამებს აქტივობას.

რეკომენდაცია: აქტივობის მსვლელობისას ძირითადი და ექსპერტების ჯგუფების განაწილების ნებისმიერი მეთოდი შეგიძლიათ გამოიყენოთ. ზემოთ მხოლოდ ერთ-ერთი ნიმუშია მოცემული.

აქტივობა 4 — უჯრედგარე მატრიქსის აგებულების შესწავლა.

მიზანი: მოსწავლემ შეისწავლოს უჯრედგარე მატრიქსის ძირითადი კომპონენტების აგებულება და დაასაბუთოს მათი როლი ქსოვილის მექანიკურ სიმტკიცესა და წყლის შეკავებაში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 94–96 (ინფორმაცია უჯრედგარე მატრიქსისა და მისი შემადგენლობის შესახებ), მულტიმედიური რესურსი / სქემა მოსწავლის წიგნიდან.

აღწერა: მასწავლებელი ინტერაქციული პრეზენტაციის საშუალებით მოსწავლეებს აცნობს მასალას უჯრედგარე მატრიქსის აგებულების შესახებ. სთხოვს მათ, ყურადღება გაამახვილონ მატრიქსის ორ მთავარ კომპონენტზე: ცილა კოლაგენზე და ჰიდროფილურ ნივთიერებებზე (პროტეოგლიკანები და ჰიალურონის მჟავა). ჯგუფური დისკუსიის საფუძველზე მოსწავლეები აანალიზებენ, როგორ უზრუნველყოფს ეს სტრუქტურა უჯრედების მექანიკურ დაცვას და ქსოვილოვან თავსებადობას.

რეკომენდაცია: აქტივობისას გაავლეთ პარალელი მატრიქსსა და რკინაბეტონის კონსტრუქციას შორის: სადაც ე.წ. „არმატურა“ კოლაგენის მოდელს წარმოადგენს. ბეტონის შემავსებლისა და წყლის დამჭერის ანალოგები კი ჰიალურონის მჟავა და პროტეოგლიკანებია. ეს ანალოგია მოსწავლეებს მატრიქსის თვისებების უკეთ გაგებაში დაეხმარება.

აქტივობები ცოდნის განსამტკიცებლად

აქტივობა 5: ახალი მასალის გამოყენება დავალებების შესასრულებლად.

მიზანი: მოსწავლემ გააანალიზოს ცილოვანი სტრუქტურების (მიკრომილაკები) და უჯრედგარე მატრიქსის კომპონენტების დაზიანებით გამოწვეული ფიზიოლოგიური დარღვევები და დაასაბუთოს მათი მიზეზშედეგობრივი კავშირები.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 96 N3.

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ დავალებაზე წყვილებში ან მცირე ჯგუფებში. დროის ამოწურვის შემდეგ შერჩევითად პასუხობენ კითხვებს. საჭიროების შემთხვევაში, მსჯელობენ პრობლემურ საკითხზე.

ამოცანა 1: გამომდინარე იქიდან, რომ სასუნთქი გზების ამომფენი წამწამოვანი ეპითელიუმის წამწამებსა და სპერმატოზოიდის შოლტს ერთნაირი ცილოვანი სტრუქტურა აქვთ, მათი დაზიანება ერთი შეხედვით დაუკავშირებელ პრობლემებს იწვევს.

ამოცანა 2: კოსმოსში ძლიერი რადიაციაა, რომელიც გავლენას ახდენს უჯრედგარე მატრიქსის სტრუქტურაზე, კონკრეტულად კი კონკრეტულად კი აჩქარებს ჰიალურონის მჟავისა და კოლაგენის ბოჭკოების დეგრადაციას, ამის გამო მატრიქსი ვეღარ იკავშირებს წყალს. ორგანიზმში სითხეების თანაბარ განაწილებას მიკროგრავიტაციაც უშლის ხელს. საბოლოოდ კანი გამომშრალი და არაელასტიკური ხდება.

რეკომენდაცია: აქცენტი გააკეთეთ იმაზე, რომ მიკრომილაკი პასუხისმგებელია როგორც უჯრედის გადაადგილებაზე (სპერმატოზოიდის შოლტი), ისე ნივთიერებების ტრანსპორტირებაზე, მტვრისგან ჰაერის გაწმენდაზე (წამწამოვანი ეპითელიუმი). რადიაცია იწვევს ქიმიური ბმების რღვევას ბიოპოლიმერებში (კოლაგენი, ჰიალურონი), რაც მექანიკურად ცვლის ქსოვილის თვისებებს (ქსოვილი კარგავს დრეკადობას). სთხოვეთ მოსწავლეებს, დაინტერესების შემთხვევაში, დამოუკიდებლად მოიძიონ ინფორმაცია, კიდევ რა სიმპტომები შეიძლება ახლდეს მიკრომილაკების დაზიანებას (მაგ. შიდა ყურის წამწამების დაზიანება და სმენის/წონასწორობის დარღვევა), რათა განავითარონ კრიტიკული აზროვნება.

აქტივობა 6 — უჯრედგარე მატრიქსის თვისების გაცნობა.

მიზანი: მოსწავლე დააკვირდეს პროტეოგლიკანების თვისებებს ჰიდროგელის მაგალითზე და იმსჯელოს მოდელის შეზღუდვებზე.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 95. საკლასო აქტივობა 2.

აღწერა: მოსწავლეები დავალების პირობის მიხედვით ატერებენ ქსპერიმენტს და პასუხობენ კითხვებს. *(მუშავდება სამიზნე ცნება: სტრუქტურა და ფუნქცია).*

კითხვა 1. რას ამჩნევთ? (ექსპერიმენტის მიმდინარეობაზე დაკვირვება)

პასუხი: წყლის დასხმის შემდეგ, ჰიდროგელის მშრალი, პატარა ბურთულები გარკვეულ დროში იწყებს წყლის შთანთქმას. ბურთულები მკვეთრად იზრდება ზომაში (ჯირჯვდება), ხდება გამჭვირვალე, მკვრივი და ელასტიკური (დრეკადი).

კითხვა 2. რა იზიდავს წყალს? (მოლეკულური მექანიზმი)

პასუხი: ჰიდროგელში წყალს იზიდავს მისი პოლიმერული ქსელის ჰიდროფილური ჯგუფები. რეალურ პროტეოგლიკანებში წყლის მიზიდვაზე პასუხისმგებელია ნატრიუმის იონები (უჯრედგარე მატრიქსში).

კითხვა 3. მოდელის საფუძველზე ივარაუდეთ, რა აძლევს ხრტილს დრეკადობის უნარს?

პასუხი: ხრტილს დრეკადობას ანიჭებს შთანთქმული წყლის ჰიდროსტატიკური წნევა, რომელიც შეზღუდულია კოლაგენური ბოჭკოების მყარი ქსელით. როდესაც ხრტილზე ხდება ზეწოლა, წყლის ნაწილი გამოიდევნება; ზეწოლის მოხსნისთანავე, პროტეოგლიკანები მყისიერად კვლავ იზიდავს წყალს და ხრტილი საწყის ფორმას უბრუნდება

კითხვა 4. რა მოხდება, თუ ასაკის მატებასთან ერთად ხრტილში პროტეოგლიკანების რაოდენობა შემცირდება?

პასუხი: პროტეოგლიკანების შემცირების გამო ხრტილოვანი ქსოვილი დაკარგავს წყლის შეკავების უნარს.

ხრტილი გახდება ნაკლებად დრეკადი, მყიფე, თხელი და მიდრეკილი დაზიანებისკენ (რაც იწვევს ისეთ დაავადებებს, როგორიცაა ოსტეოართრიტი). გაიზრდება ძვლების ერთმანეთზე ხახუნი და სახსრების ტკივილი.

კითხვა 5. შეაფასეთ მოდელის სიზუსტე.

პასუხი: მოდელმა აჩვენა, როგორ შეუძლია „მშრალ“ სტრუქტურას საკუთარ მასაზე ბევრად მეტი მასის წყალი მიიზიდოს და შეაკავოს. თვალსაჩინო გახდა, რომ სითხის შთანთქმის შემდეგ რბილი სტრუქტურა გარდაიქმნება მყარ, ელასტიკურ სხეულად.

სტრუქტურული შეზღუდვა: რეალურ ხრტილში პროტეოგლიკანები მოქცეულია კოლაგენის ბოჭკოების „ბადეში“, რომელიც მათ უსასრულო გაფართოებას უზღუდავს და აღძრავს დრეკადობის ძალას. ჰიდროგელის ბურთულებს ეს გარეგანი კარკასი არ გააჩნიათ.

ქიმიური შეზღუდვა: რეალური პროტეოგლიკანი რთული ბიოპოლიმერია, ჰიდროგელი კი — ერთგვაროვანი სინთეზური ბადე.

ბიოლოგიური (დინამიკური) შეზღუდვა: ცოცხალ ქსოვილში უჯრედები (ქონდროციტები) მუდმივად აახლებენ და ასინთეზირებენ პროტეოგლიკანებს, მოდელი კი სტატიკურია და თვითაღდგენა არ შეუძლია.

რეკომენდაცია: დავალება წარმოადგენს პრაქტიკულ მოდელირებას ბიოლოგიაში ფიზიკური ცნებების (წნევა, დრეკადობა, ძალა) ინტეგრირებისთვის. მნიშვნელოვანია მოსწავლეებს აუხსნათ, რომ ნებისმიერ მეცნიერულ მოდელს აქვს თავისი საზღვრები. ჰიდროგელი კარგად ხსნის წყლის აკუმულაციის პრინციპს, მაგრამ ვერ ასახავს ცოცხალი ქსოვილის დინამიკას. ხაზი გაუსვით სტრუქტურულ კავშირს:

ჰიდროფილური ჯგუფები/ნატრიუმის იონები→წყლის მიზიდვა (ოსმოსი/აბსორბცია)→ჰიდროსტატიკური წნევა→ქსოვილის დრეკადობა. გამოიყენეთ ეს ექსპერიმენტი ხანდაზმულობისას სახსრების ცვეთისა და ოსტეოართრიტის ბიომექანიკური მიზეზების ასახსნელად.

სთხოვეთ მოსწავლეებს,, გაბერილ ჰიდროგელის ბურთულის დეფორმაცია გამოიწვიონ და დააკვირდნენ, როგორ უბრუნდება ის საწყის ფორმას ძალის მოხსნისას (ეს ფიზიკასთან ინტეგრირების საშუალებაა — საჭიროების შემთხვევაში შეახსენეთ, რომ დრეკადობის ძალა აღიძვრება დეფორმირებულ სხეულში დეფორმაციის გამომწვევი ძალის ზემოქმედებით და მიმართულია ამ ძალის საპირისპიროდ. დრეკადობის ძალის გავლენით დრეკადი სხეულები უბრუნდებიან საწყის ფორმას).

ჰკითხეთ მოსწავლეებს: *„თუ ჰიდროგელს ბევრი წყლის დასხმისას შეუძლია უსასრულოდ გაფართოვდეს და გასკდეს, რატომ არ ემართება ეს ჩვენს სახსრებს?“* (მიიყვანეთ ისინი კოლაგენური კარკასის იდეამდე).

დამატებით ინფორმაცია: როდესაც ადამიანი დგას, დადის ან ხტება, სახსრებზე უზარმაზარი დაწოლა მოდის. საინტერესოა, როგორ უძლებს ეს რბილი ქსოვილი. მთავარი როლს სითხის (ჰიდროსტატიკური) წნევა ასრულებს. როდესაც ფეხს ან ხელს აჭერ, ხრტილში არსებული წყალი ვეღარ ასწრებს მომენტალურად გაქცევას. რადგან წყალი არ იკუმშება, ის შიგნიდან იწყებს გარკვეულ ფართობზე ზემოქმედებას, ამ დროს იზრდება სითხის წნევა. მთელი ამ სიმძიმის დაახლოებით 90%-ს თავის თავზე სწორედ ეს ხრტილის შიგნით გამოკეტილი წყლის წნევა იღებს. შედეგად, ხრტილის მყარი ნაწილი და უჯრედები დაცულია განადგურებისგან. რადგან ხრტილს სისხლძარღვები საერთოდ არ აქვს, ის მხოლოდ ამ წნევისა და წყლის მოძრაობის ხარჯზე „სუნთქავს“ და იკვებება. როცა განიცდის დაწოლას — სითხე ნივთიერებებთან ერთად გამოიდევნება, როცა ასვენებ — სინოვიალურ სითხეს შეიწოვს და საჭირო მარაგს ივსებს. თუ ჰიდროსტატიკური წნევა ქსოვილისთვის დამახასიათებელ მაქსიმუმს გადააჭარბებს, ქონდრიოციტები თანდათან კვდება და ართროზი ვითარდება.



აქტივობა 7: შემოქმედებითი პროდუქტების წარდგენა და შეფასება.

მიზანი: მოსწავლემ წარმოადგინოს კოსმეტიკური საშუალების ეტიკეტის ანალიზის შედეგად ჩამოყალიბებული დასკვნა. დაასაბუთოს უჯრედგარე მატრიქსის კომპონენტებისა და მიკროელემენტები როლი კანის ჯანმრთელობასა და ახალგაზრდობის შენარჩუნებაში. შეაფასოს თანაკლასელთა ნამუშევრები.

რესურსი: მოსწავლეების ნამუშევრები.

აღწერა: მოსწავლეები მოკლედ ყვებიან საკუთარ დასკვნებზე და ხაზს უსვამენ შემდეგ საკითხებს:

- რა ინფორმაციას გვაძლევს ეტიკეტი და რა დამატებითი მტკიცებულებაა საჭირო საცხის ეფექტიანობის შესაფასებლად.
- როგორ უნარჩუნებს კოლაგენი და ჰიალურონის მჟავა კანს სიმტკიცეს და ტენიანობას;
- რატომ სჭირდება კანს მიკროელემენტები (სპილენძი და სილიციუმი);
- რა იცვლება კანში ასაკის მატებასთან ერთად და როგორ დაეხმარება ადამიანს ეს საცხი.

მასწავლებელი აჯამებს გაკვეთილს და მოსწავლეებს კითხვით მიმართავს: *როგორ დაგეხმარება დავალებაზე მუშაობისას შეძენილი ცოდნა იმის გარკვევაში, რეალურად როგორ მოქმედებს კოსმეტიკური საშუალებები ჩვენს კანზე?*

რეკომენდაცია: წაახალისეთ მოსწავლეები, რომ პრეზენტაციისას გამოიყენონ ზუსტი ბიოლოგიური და ფიზიკური ტერმინები (მაგ., *ჰიდროფილური ჯგუფები, ოსმოსური წნევა, კოფაქტორი, ჰოლიმერული ბადე*). თუ დრო იძლევა საშუალებას, შეგიძლიათ სთხოვოთ, მოკლედ იმსჯელონ იმაზე, რით განსხვავდებოდა ამავე საცხის მოქმედება მოზარდი ადამიანის კანის მატრიქსისგან (გაფართოებული აბსტრაქციის ელემენტი).

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

სასწავლო პროცესის წარმართვისას გაითვალისწინეთ, რომ კლასში მოსწავლეები განსხვავდებიან სწავლის ტემპითა და საჭიროებებით. **დიფერენცირებისთვის** გამოიყენეთ შეფასების რუბრიკებში მოცემული SOLO დონეები — ზოგიერთი მოსწავლისთვის საკმარისია მხოლოდ ფაქტების დასახელება (უნისტრუქტურული დონე), მოსწავლეები წაახალისეთ, რომ ცოდნა ახალ, არასტანდარტულ კონტექსტში გადაიტანონ (გაფართოებული აბსტრაქცია).

გაკვეთილის დასაწყისშივე გააცანით მოსწავლეებს შეფასების კრიტერიუმები (რუბრიკები) — მათ ზუსტად უნდა იცოდნენ, რომ ფასდება მიზეზშედეგობრივი კავშირების პოვნა, პრაქტიკული ანალიზი.

ყველა მოსწავლეს შესთავაზეთ საჭირო გზა მაღალი სააზროვნო დონის შესაბამისი დავალების შესასრულებლად.

2. შეფასება

გაკვეთილის შეფასების სისტემა კომპლექსური და მრავალმხრივია — სხვადასხვა ტიპის აქტივობებისა და დავალებების მეშვეობით თანაბრად ფასდება მოსწავლის როგორც დეკლარატიული ცოდნა (ფაქტების, სტრუქტურებისა და ტერმინების ცოდნა), ისე პირობისეული და პროცედურული ცოდნა (თეორიული მასალის პრაქტიკაში გამოყენების, სიტუაციური ანალოგიებისა და მიზეზშედეგობრივი კავშირების დამყარების უნარი). შეფასების პროცესი მიმართულია მეტაკოგნიტური უნარების განვითარებისკენაც, რაც მოსწავლეს საშუალებას აძლევს, გააანალიზოს საკუთარი სწავლის პროცესი, შეაფასოს გამოყენებული მოდელების შეზღუდვები და თეორიული ცოდნა რეალურ კონტექსტს მოარგოს.

შეფასების რუბრიკა 1. (სიტუაციური ამოცანები)

სოლო ტაქსონომიის დონეები	აღწერა დავალებასთან მიმართებით	მოსწავლის სავარაუდო პასუხი
პრესტრუქტურული	ვერ ხედავს კავშირს უკრედულ სტრუქტურებსა და წარმოდგენილ სიტუაციებს შორის. პასუხები აცდენილია მეცნიერულ კონტექსტს;	ასტრონავტს კანი კოსმოსში წყლის ნაკლებობის გამო გამოუშრა, ხოლო უშვილობა და ფილტვების დაავადება ერთმანეთთან კავშირში არ არის.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ფოკუსირდება მხოლოდ ერთ კონკრეტულ ფაქტზე, მაგრამ ვერ ხსნის მის მიზეზს.	ასტრონავტის კანი რადიაციამ დააზიანა, ან სპერმატოზოიდის და სასუნთქი გზების ამომფენი წამწამები მოძრაობს, მაგრამ ვერ ასახელებს პასუხისმგებელ სტრუქტურას.
მულტისტრუქ-ტურული	მოსწავლე ასახელებს რამდენიმე ფაქტს, თუმცა უჭირს მათ შორის არსებული საერთო სტრუქტურული ან მიზეზშედეგობრივი კავშირის ჩვენება.	ცალ-ცალკე აღწერს, რომ სპერმატოზოიდს აქვს შოლტი, სასუნთქი გზების ამომფენ ეპითელიუმს კი — წამწამები. იცის, რომ კოსმოსში რადიაციაცა და ძლიერი გრავიტაციაა, თუმცა ვერ აყალიბებს, კონკრეტულად რა ემართება ამ დროს მატრიქსის სტრუქტურებს.
მიმართებითი	მოსწავლე სრულყოფილად აკავშირებს სტრუქტურას ფუნქციასთან და აკეთებს ლოგიკურ მიზეზ-შედეგობრივ ანალიზს. ასახელებს საერთო სტრუქტურულ რგოლს უშვილობისა და ხშირი ინფექციების მიზეზის ასახსნელად.	ერთმანეთთან აკავშირებს რადიაციას (ბიოპოლიმერების დეგრადაცია) და მიკროგრავიტაციას (სითხის გადანაწილება) კანის დრეკადობის დაკარგვასთან.

გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლეს გადააქვს მიღებული პრინციპები ახალ კონტექსტში და მსჯელობს უფრო ფართო სამედიცინო ან სამეცნიერო ჭრილში.	მსჯელობს გენეტიკურ სინდრომებზე, აანალიზებს მიკრომილაკების როლს უჯრედის გაყოფაში ან სთავაზობს ასტრონავტებისთვის კანის დამცავი ბიომატრიქსების შექმნის იდეას.

შეფასების რუბრიკა 2. ჰიდროგელი, როგორც პროტეოგლიკანის მოდელი

სოლო ტაქსონომიის დონე	**აღწერა დავალებასთან მიმართებაში**	**მოსწავლის ქცევის ინდიკატორი**
პრესტრუქტურული	მოსწავლეს სჭირდება დამატებითი მხარდაჭერა პირობის გასაგებად.	ვერ აკავშირებს ჰიდროგელის გაბერვას ბიოლოგიურ პროცესებთან; აღწერს მხოლოდ წყლის დასხმის ფაქტს ყოველგვარი ტერმინოლოგიის გარეშე.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტს.	აღნიშნავს მხოლოდ იმას, რომ ბურთულები გაიზარდა ზომაში და გახდა დრეკადი, თუმცა ვერ ხსნის გამომწვევ მიზეზებს (პროტეოგლიკანებს ან წნევას).
მულტისტრუქ-ტურული	მოსწავლე ჩამოთვლის რამდენიმე ფაქტს, მაგრამ უჭირს მათ შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირების დანახვა.	ცალკე აღწერს ჰიდროგელის თვისებებს და ცალკე ხრტილის სტრუქტურას იცის, რომ პროტეოგლიკანების რაოდენობის შემცირება იწვევს ტკივილს, მაგრამ ვერ ხსნის დრეკადობის დაკარგვის ფიზიკურ მექანიზმს.
მიმართებითი	მოსწავლე სრულყოფილად აკავშირებს მოდელს რეალობასთან. ხედავს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს და აანალიზებს მოდელის სტრუქტურულ შეზღუდვებს.	აკავშირებს ჰიდროსტატიკურ წნევასა და კოლაგენის ბადეს ხრტილის მექანიკურ თვისებებთან. ზუსტად აყალიბებს მოდელის შეზღუდვებს (სინთეზური — ბიოპოლიმერი, სტატიკური — დინამიკური/თვითაღდგენადი).
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლეს გააზრებული აქვს პრინციპი და შეუძლია მისი განზოგადება სრულიად ახალ კონტექსტში.	მოდელზე დაყრდნობით მსჯელობს ბიომასალებისა და თანამედროვე მედიცინაში ხელოვნური ხრტილოვანი იმპლანტების (ჰიდროგელზე დაფუძნებული მატრიცების) შექმნის პერსპექტივებზე ან კოსმოსურ მისიაში მყოფი ასტრონავტების სახსრების ცვლილებებზე (სახელმძღვანელოს მე-2 ამოცანის მიხედვით).

შემოქმედებითი დავალების შეფასების რუბრიკა

სოლო ტაქსონომიის დონეები	**აღწერა დავალებასთან მიმრთებით**	**მოსწავლის სავარაუდო ქცევა**
პრესტრუქტურული	მოსწავლე შეცდომით განმარტავს ეტიკეტზე მოცემული კომპონენტების მნიშვნელობას.	მექანიკურად კითხულობს დასახელებებს, მაგრამ ვერ ხსნის რა კავშირი აქვს სპილენძს, სილიციუმს ან კოლაგენს კანის მოვლასთან.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე პასუხობს მხოლოდ ერთ, პირდაპირ კითხვას ტექსტიდან ან ასახელებს მხოლოდ ერთ ინგრედიენტს.	აღნიშნავს მხოლოდ იმას, რომ ჰიალურონის მჟავა წყალს იკავებს, ან უბრალოდ უთითებს, რომ საცხი განკუთვნილია შუა ხნის ასაკის ადამიანებისთვის.

მულტისტრუქ-ტურული	მოსწავლედ აღწერს ეტიკეტის რამდენიმე კომპონენტს, მაგრამ მათ ფუნქციებს განიხილავს იზოლირებულად.	სწორად ასახელებს კოლაგენის, ჰიალურონის მჟავის, სპილენძისა და სილიციუმის თვისებებს ცალ-ცალკე, თუმცა ვერ ხსნის მათ ერთობლივ ეფექტს კანის უჯრედგარე მატრიქსზე.
მიმართებითი	მოსწავლე სრულყოფილად აანალიზებს ბიოქიმიურ შემადგენლობას, ხედავს კავშირს ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებს შორის და ასაბუთებს ასაკობრივ ზღვარს.	აკავშირებს მიკროელემენტებს ფერმენტების კოფაქტორულ ფუნქციასთან. აკავშირებს კომპონენტების მოქმედებას მატრიქსის სტრუქტურაში წყლის შეკავებასთან და ამით ასაბუთებს, რატომ სჭირდება ეს ფორმულა სპეციალურად უმეტესად შუა ხნის ადამიანის კანს.
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლე ინფორმაციას აფასებს კრიტიკულად და შეუძლია მიღებული ცოდნის განზოგადება ყოველდღიურ ცხოვრებასა და კოსმეტოლოგიაში.	აანალიზებს ორგანიზმში კოლაგენის ბუნებრივ შემცირების ბიოლოგიურ რიტმს აკავშირებს ადამიანის ასაკთან. მსჯელობს, რატომ არის საჭირო კომპლექსური მიდგომა (შიგნიდან კვება + გარედან მოვლა) და შეუძლია შეადგინოს ეტიკეტის რეკომენდაციები სხვა ასაკობრივი ჯგუფებისთვის (მაგ. მოზარდებისთვის)

3. დანართები

ბლოკი 1. სამუშაო ფურცლები (რესურსი მოსწავლისთვის)

დანართი 1.1. სამუშაო ფურცლები ექსპერტთა ჯგუფებისთვის

შემომედებითი დავალების პირობა

კანის მოვლის ერთ-ერთი საშუალების ეტიკეტზე აღნიშნულია, რომ ის შეიცავს: კოლაგენს, სპილენძს, ჰიალურონის მჟავასა და სილიციუმს. წარმოიდგინეთ, რომ ხართ დერმატოლოგი. თქვენი მიზანია გააანალიზოთ საცხის ეფექტურობა უჯრედგარე მატრიქსისა და ქსოვილის ფიზიოლოგიური მდგომარეობის საფუძველზე და მოამზადეთ

დასკვნა.

ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- რა ინფორმაციას იძლევა ეტიკეტი და რა დამატებითი მტკიცებულებაა საჭირო ეფექტიანობის ზუსტად შესაფასებლად;
- როგორ განსაზღვრავს კოლაგენისა და ჰიალურონის მჟავას მოლეკულური აგებულება უჯრედგარე მატრიქსის მექანიკურ სიმტკიცესა და წყლის დაკავშირების უნარს;
- რა მეტაბოლური პროცესების მეშვეობით უზრუნველყოფენ მიკროელემენტები (სპილენძი, სილიციუმი) ქსოვილის უწყვეტ განახლებასა და ფიზიოლოგიურ აქტივობას;
- რა ბიოლოგიური ცვლილებები ვითარდება უჯრედგარე მატრიქსში ასაკის მატებასთან ერთად და როგორ დააკომპენსირებს ამ დარღვევებს მოცემული საცხის სისტემატური გამოყენება.

სამუშაო ფურცელი 1:



ჯგუფი 1: მიკროფილამენტები — გაეცანით სახელმძღვანელოს ტექსტს (გვ. 92–94), განიხილეთ მოცემული საკითხები თქვენს ჯგუფში და მოემზადეთ იმისათვის, რომ შემდგომში სხვებს გასაგებად და დაწვრილებით აუხსნათ.







ა) როგორია მიკროფილამენტების აგებულება?

ბ) სად მდებარეობენ ისინი უჯრედში და როგორ განაპირობებენ უჯრედის ფორმის ცვლილებასა და ამებოიდურ მოძრაობას?

გ) რა გადამწყვეტი როლი აქვთ მიკროფილამენტებს უჯრედის გაყოფის ბოლო ეტაპზე (ციტოკინეზი) და შიდა მეტაბოლური პროცესების მართვაში?

სამუშაო ფურცელი 2:

ჯგუფი 2: შუალედური ფილამენტები. გაეცანით სახელმძღვანელოს ტექსტს (გვ. 92–94), განიხილეთ მოცემული საკითხები თქვენს ჯგუფში და მოემზადეთ იმისათვის, რომ შემდგომში სხვებს გასაგებად და დაწვრილებით აუხსნათ.

ა) რით ჰგავს და განსხვავდება შუალედური ფილამენტების აგებულება დანარჩენი ორი კომპონენტისგან (რატომ ეძახიან მათ უჯრედის შიდა „არმატურას“)?

ბ) რომელი ცილოვანი ბოჭკოები ქმნიან მათ და როგორია მათი სივრცული განლაგება?

გ) როგორ იცავენ შუალედური ფილამენტები უჯრედს მექანიკური დაზიანების, ძლიერი დაჭიმულობისა და გარე წნევისგან?

სამუშაო ფურცელი 3:

ჯგუფი 3: მიკრომილაკები — გაეცანით სახელმძღვანელოს ტექსტს (გვ. 92-94), განიხილეთ მოცემული საკითხები ჯგუფში და მოემზადეთ იმისთვის, რომ შემდგომში სხვებს გასაგებად აუხსნათ.

ა) როგორი აგებულება აქვთ მიკრომილაკებს და როგორ იქმნება მათი დინამიური სტრუქტურა?

ბ) როგორ მონაწილეობენ ისინი მოტორულ ცილებთან ერთად ორგანელების მიმართულ ტრანსპორტსა და გაყოფის თითისტარის წარმოქმნაში?

დანართი 1.2.

სამუშაო ფურცელი N4

ინსტრუქცია: საექსპერტო ჯგუფებიდან დაბრუნდით საწყის ჯგუფებში (სადაც წარმოდგენილია სამივე „ექსპერტი“). გააცანით დამუშავებული მასალა ჯგუფის დანარჩენ წევრებს, შეაჯერეთ ინფორმაცია და უპასუხეთ კითხვებს.

მოკლედ გააცანით ერთმანეთს მიკროფილამენტების, შუალედური ფილამენტებისა და მიკრომილაკების აგებულებისა და ძირითადი ფუნქციების შესახებ. უპასუხეთ კითხვებს:

ა) როგორ მუშაობს ეს სამი კომპონენტი ერთად, როგორც ერთიანი შეთანხმებული სისტემა?

ბ) რა მოხდებოდა უჯრედში, რომელიმე ერთი კომპონენტი (მაგალითად, მიკრომილაკები ან მიკროფილამენტები) მწყობრიდან რომ გამოსულიყო? როგორ აისახება ეს უჯრედის სიცოცხლისუნარიანობაზე?

გ) ჩამოაყალიბეთ 2-3 წინადადებით, რატომ არის ციტოჩონჩხი უჯრედის სიცოცხლისათვის აუცილებელი სტრუქტურა.

ბლოკი 2. სამუშაო ფურცლების შევსების რეკომენდაციები (რესურსი მასწავლებლისთვის)

დანართი 2.1. სამუშაო ფურცელი 1:

აქტივობის წარმართვისას ყურადღება გაამახვილეთ იმ ფაქტზე, რომ მიკროფილამენტები არ არის სტატიკური — ისინი მუდმივად პოლიმერიზდებიან და დეპოლიმერიზდებიან. შეგიძლიათ გამოიყენოთ „მცურავი“ ან „გამდნარი“ სტრუქტურის ანალოგია, რათა მოსწავლეებმა კარგად წარმოიდგინონ, როგორ ცვლის უჯრედი ფორმას და როგორ ხდება ამებოიდური მოძრაობა. შესთავაზეთ მოსწავლეებს ყურადღებით დააკვირდნენ თანდართულ ვიდეომასალას, რათა ვიზუალურად დაინახონ აქტინის ბოჭკოების სწრაფი ცვლილება უჯრედის კიდეებზე.

დანართი 2.2. სამუშაო ფურცელი 2:

ხაზგასმით აღნიშნეთ, რომ შუალედური ფილამენტები უჯრედის ყველაზე მტკიცე, მუდმივ და მდგრად ნაწილს წარმოადგენს. ისინი მოქმედებენ როგორც „უსაფრთხოების ბალიში“ ან „მყარი კარკასი“, რომელიც იცავს უჯრედს გაჭყლეტისა და დაჭიმვისგან (განსაკუთრებით ისეთ ქსოვილებში, რომლებიც მუდმივ მექანიკურ ზეწოლას განიცდიან, მაგალითად, ეპითელიუმში).

დანართი 2.3. სამუშაო ფურცელი 3:

მიკრომილაკები შეადარეთ უჯრედის შიგნით არსებულ „რელსებს, ტრასას“. აუხსენით მოსწავლეებს, რომ მოტორული ცილები სწორედ ამ რელსებზე მოძრაობენ ენერგიის ხარჯზე, რაც უზრუნველყოფს ტვირთის (ვეზიკულების, ორგანელების) ზუსტ მისამართზე მიტანას. შეახსენეთ წინა წლებში მასწავლი უჯრედის გაყოფის — მიტოზის — პროცესი და დააკავშირეთ მიკრომილაკები ქრომოსომების განაწილების მექანიზმთან, რათა დაინახონ ამ სტრუქტურის მრავალფუნქციურობა.

დანართი 2.4. სამუშაო ფურცელი 4:

მიეცით მოსწავლეებს მიმართულება, რომ არ განიხილონ ციტოჩონჩხის კომპონენტი იზოლირებულად. აქტივობის მიზანია, დაინახონ მოსწავლეებმა, როგორ ავსებს და აბალანსებს ერთი მეორეს (ერთი უჯრედს აძლევს მოძრაობის საშუალებას, მეორე — სიმტკიცეს, მესამე — შიდა ორგანიზებასა და ტრანსპორტს უზრუნველყოფს). რადგან შერეულ ჯგუფებში ახალი ინფორმაცია უნდა გაცვალონ, დაუწესეთ მკაცრი ლიმიტი (მაგ., თითოეულ „ექსპერტს“ აქვს 1-2 წუთი თავისი ნაწილის წარმოსადგენად. გაითვალისწინეთ რომელიმე მათგანი ხომ არ საჭიროებს დამატებით დროს), რომ დარჩენილი დრო სრულად დაეთმოს ერთობლივ დასკვნებსა და კითხვებზე პასუხებს.

ბლოკი 3. ჩართული კითხვებისა და სხვა რუბრიკების კითხვებზე პასუხები და რეკომენდაციები

დანართი 3.1: შემოქმედებითი დავალების სასურველი პასუხები

ა. კოლაგენი განსაზღვრავს კანის სიგლუვეს, სიმკვრივესა და ელასტიკურობას.

ბ. ჰიალურონის მჟავას აქვს წყლის შეკავების უნარი, რომელიც ატენიანებს კანს;

გ. სპილენძი კანს იცავს ნაადრევი დაბერებისგან, სილიციუმი მონაწილეობს კოლაგენის სინთეზში და ამით უზრუნველყოფს კანისა და ზოგადად, შემაერთებელი ქსოვილის ნორმალურ განვითარებას;

დ. საცხის გამოყენების შემთხვევაში მიკროელემენტები, რომლებიც ფერმენტების კოფაქტორებია, დააჩქარებენ ქიმიურ რეაქციებს. ჰიალურონის მჟავა ჩაერთვება მატრიქსის სტრუქტურაში და მეტი წყლის შეკავებას შეუწყობს ხელს.

ე. საცხი განკუთვნილია უმეტესად შუა ხნის ადამიანებისთვის.

მეთოდური რეკომენდაციები: აჩვენეთ მოსწავლეებს კავშირი არაორგანულ (სპილენძი, სილიციუმი) და ორგანულ (კოლაგენი, ფერმენტები) ნივთიერებებს შორის — მიკროელემენტები მუშაობენ როგორც ფერმენტების კოფაქტორები.

სთხოვეთ მოსწავლეებს სახლიდან მოიტანონ ნებისმიერი კოსმეტიკური საცხის ან შამპუნის ეტიკეტი, მოძებნონ მასზე ნაცნობი ტერმინები (კოლაგენი, კერატინი, ჰიალურონის მჟავა, ვიტამინები) და ახსნან მათი ბიოლოგიური დანიშნულება.

დანართი 3.2: ჩართული კითხვების პასუხები

1. *რა მიმართულებით მოძრაობს ევგლენა შოლტით და რატომ?*

სასურველი პასუხი: ევგლენა მიქსოტროფია. ის სინათლისკენ გადაადგილდება შოლტის საშუალებით;

მეთოდური რეკომენდაცია — აქცენტი გააკეთეთ ევგლენას კვების შერეულ ტიპზე, რისთვისაც სჭირდება სინათლე. საჭიროებიდან გამომდინარე, მოსწავლეებს აუხსენით ტერმინი „დადებითი ფოტოტაქსისი“ — საპასუხო მოძრაობა სინათლის გაღიზიანებაზე, რომელსაც წითელი თვალაკი და შოლტი ერთობლივად უზრუნველყოფენ.

2. რა ფუნქციას ასრულებს ცხვირის ღრუს ამომფენი წამწამოვანი ეპითელი?

სასურველი პასუხი: ცხვირის ღრუს წამწამოვანი ეპითელიუმი წმენდს ჰაერს მიკრობებისგან და მტვრის ნაწილაკებისგან;

მეთოდური რეკომენდაცია — მოსწავლეებს გაახსენეთ სუნთქვის პროცესი, ამსჯელეთ კითხვაზე, რატომ არის ფიზიოლოგიურად ბევრად უფრო სწორი და უსაფრთხო სუნთქვა ცხვირით და არა პირით? გამოიყენეთ ჩვეულებრივი მტვერსასრუტის ან ფილტრის ანალოგია. სთხოვეთ მათ წარმოიდგინონ, რა დაემართებოდა ფილტვებს, წამწამები რომ არ აძევებდნენ ორგანიზმიდან ლორწოს მტვრის ნაწილაკებთან ერთად.

3. პროტეოგლიკანები დიდი რაოდენობით წყალს იკავშირებს. ახსენით, რატომ?

სასურველი პასუხი: პროტეოგლიკანები უარყოფითადაა დამუხტული, ამიტომ დადებითად დამუხტული ნატრიუმის იონებს იზიდავს, რომლებიც ოსმოსური წნევის გამო იკავშირებს წყლის დიპოლებს.

მეთოდური რეკომენდაცია: გააკეთეთ ანალოგია — პროტეოგლიკანები მოქმედებენ სამზარეულოს ღრუბლის მსგავსად, ისინი იწოვენ და საკუთარ სტრუქტურაში აკავებენ წყალს.

დანართი 3.3: რუბრიკა — უპასუხეთ კითხვებს

1. ციტოჩონჩხი შეიცავს: შუალედურ ფილამენტებს, მიკროფილამენტებსა და მიკრომილაკებს;
2. მიკროფილამენტები უჯრედის მოძრაობას უზრუნველყოფს;
3. შუალედური ფილამენები ორგანელებს აფიქსირებს უჯრედში. უჯრედს იცავს სხვადასხვა მექანიკური ზემოქმედებისგან;
4. მიკრომილაკები ორგანელების გადაადგილებაში მონაწილეობს. უჯრედს ანიჭებს მექანიკურ გამძლეობას, უნარჩუნებს ფორმას;
5. შოლტის ფუნქცია უჯრედის მოძრაობაა. წამწამების მოძრაობით გადაადგილდება ზოგიერთი ერთუჯრედიანი. წამწამებით ხდება სხვადასხვა ნივთიერების, მაგალითად ჰაერგამტარ გზებში ლორწოს მოძრაობა, ასევე კვერცხუჯრედის გადაადგილება.

დანართი 3.4: რუბრიკა — საშინაო დავალებები

1. რადიოაქტიური ფოსფორი აღმოჩნდება ფოსფოლიპიდებში, ატფ-ში, ნუკლეინის მჟავებში. რადი-

ოაქტიური ფოსფორი ჩაერთვება პლაზმურ მემბრანასა და მემბრანული შენების ყველა ორგანელაში, გარდა რიბოსომისა და ცენტრიოლისა.

2. ამოსაცნობი სტრუქტურაა — შუალედური ფილამენტები;
3. ლეიკოციტს ამებოიდურ მოძრაობაში მიკროფილამენტები ეხმარება.

7.2.5. მეორე თავის შემაჯამებელი დავალებები

დავალებების განაწილება შეფასების მიზნების მიხედვით:

- **ცოდნა და გაგება:** დავალებები 3, 5, 8;
- **გამოყენება და ანალიზი:** დავალებები 1, 2, 4, 6, 7, 9.

დავალებების განაწილება ცოდნის კატეგორიების მიხედვით:

- **დეკლარატიული ცოდნა:** დავალებები 3, 5, 8;
- **პროცედურული ცოდნა:** დავალება 7;
- **პირობისეული ცოდნა:** დავალებები 1, 2, 4, 9;
- **მეტაკოგნიტური უნარები:** 6.

დავალება 1:

სწორი პასუხის ვერსია: მამოძრავებელი ნეირონის აქსონს მექანიკურ მდგრადობას ანიჭებს შუალედური ფილამენტები და მიკრომილაკები, რომელსაც ნეიროტრანსმიტერების შემცველი ვეზიკულები გადააქვს.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებელს: აქცენტი გააკეთეთ სტრუქტურისა და ფუნქციის ურთიერთკავშირზე: როგორ უზრუნველყოფს ციტოჩონჩხის სხვადასხვა ელემენტი (მიკრომილაკები და შუალედური ფილამენტები) გრძელი აქსონებისთვის აუცილებელ მექანიკურ სიმტკიცესა და შიდაუჯრედულ ტრანსპორტს ერთდროულად.

დავალება 2:

სწორი პასუხის ვერსია: ა. A ცილის ზედა და ქვედა ნაწილები ამინომჟავების დადებითად დამუხტული რადიკალებით ფოსფოლიპიდების უარყოფითად დამუხტულ თავებს უკავშირდება (ფოსფოლიპიდის თავი უარყოფითადაა დამუხტული, რადგან ის ფოსფორმჟავას ნაშთს შეიცავს), მისი ცენტრალური ნაწილი კი ჰიდროფობური ამინომჟავებით ფოსფოლიპიდების კუდებთან ამყარებს კავშირს. ამიტომ ის მემბრანაში მყარად ფიქსირდება. B ცილის ზედა უბანი დადებითადაა დამუხტული და ფოსფოლიპიდების უარყოფითად დამუხტულ თავებთან ელექტროსტატიკური ძალით მიიზიდება, ქვედა ნაწილი ჰიდროფობურ ამინომჟავებს შეიცავს და ფოსფოლიპიდების კუდებთან ამყარებს კავშირს. C ცილა ფოსფოლიპიდების უარყოფითად დამუხტულ თავებს უკავშირდება, ე.ი. დადებითად დამუხტულ რადიკალებს შეიცავს.

ბ. A ცილა მთლიანად განჭოლავს პლაზმურ მემბრანას და სავარაუდოდ ის იონური არხი ან ცილა ტრანსპორტერი უნდა იყოს. ამიტომ A ცილას თიროქსინი არ დაუკავშირდება;

გ. გლუკოზის უჯრედში გადატანა ხდება ცილა ტრანსპორტერით, B ცილა არ არის ინტეგრალური ცილა, ამიტომ მისი საშუალებით გლუკოზა უჯრედში ვერ მოხვდება;

დ. ქოლესტეროლი ტრანსპორტირდება რეცეპტორ-დამოკიდებული ენდოციტოზის გზით. შესაძლოა

ქოლესტეროლის ამოცნობაში მონაწილეობა მიიღოს B სახის ცილამ. მემბრანის ჩაზნექვაში კი ციტოჩონჩხის ცილები მონაწილეობენ.

ე. A ცილის გავლით უჯრედში იონები (თუ ის იონური არხია), გლუკოზა და ამინომჟავები (თუ ის ცილა ტრანსპორტერია) ხვდებიან.

ვ. C ცილა უჯრედშიდა პერიფერიული ცილაა. მან შეიძლება შეასრულოს ფერმენტის როლი, ან შესაძლოა უკავშირდებოდეს ციტოჩონჩხის რომელიმე კომპონენტს..

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებელს: გამოიყენეთ ილუსტრაცია იმის დემონსტრირებისთვის, თუ როგორ განაპირობებს ამინომჟავების რადიკალების ქიმიური ბუნება (ჰიდროფილურობა, ჰიდროფობურობა და მუხტები) ინტეგრალური და პერიფერიული ცილების სივრცულ განლაგებას მემბრანაში.

დავალება 3.

სწორი პასუხის ვერსია: აქტინის პოლიმერიზაციის შეწყვეტის შემთხვევაში ფაგოციტი ვეღარ გადაადგილდება, მისი მემბრანა ვერ გამოიზნიქება და ფაგოციტოზის გზით ვეღარ ,,შთანთქავს“ მიკრობებს და ადამიანი ვეღარ გაუმკლავდება ინფექციებს. ასეთ შემთხვევაში ორგანიზმსი განვითარდება ანთებითი პროცესი და ბევრი უჯრედი დანეკროზდება.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: დააკავშირეთ მოლეკულური პროცესი (აქტინის პოლიმერიზაცია) ორგანიზმის დონეზე მიმდინარე იმუნურ რეაქციებთან, რათა მოსწავლემ დაინახოს ციტოჩონჩხის დინამიკის ფიზიოლოგიური მნიშვნელობა.

დავალება 4:

სწორი პასუხის ვერსია: იმ უჯრედში, სადაც მეტი მიტოქონდრიაა გამომუშავდება მეტი ენერგია. მეტი ენერგია სჭირდება კოლიბრს, ამიტომ A უჯრედი ეკუთვნის მას. B უჯრედი, კი სადაც მიტოქონდრიები ცოტაა — ზამთრის ძილში მყოფ დათვს;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ყურადღება გაამახვილეთ სტრუქტურულ ადაპტაციაზე: აუხსენით მოსწავლეებს, რომ ორგანელების რაოდენობა და კრისტების განლაგების სიმჭიდროვე პირდაპირპროპორციულია ორგანიზმის მეტაბოლურ აქტივობასთან.

დავალება 5:

სწორი პასუხის ვერსია: ქოლესტეროლის სისხლიდან უჯრედებში შეტანას ხელი შესაძლოა შეუშალოს რეცეპტორ-დამოკიდებული ენდოციტოზის შეფერხებამ;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: გამოიყენეთ ეს დავალება იმის საჩვენებლად, თუ როგორ იწვევს მემბრანული მექანიზმების დარღვევა ისეთ პათოლოგიებს, როგორიცაა ქოლესტეროლის ცვლის მოშლა და სისხლძარღვთა პათოლოგიები.

დავალება 6:

სწორი პასუხის ვერსია: მოდელი მემბრანას განიხილავს როგორც სტატიკურ და არა დინამიკურ სტრუქტურას. ის ვერ ხსნის მემბრანის სატრანსპორტო და სასიგნალო ფუნქციებს.

დავალება 7:

სწორი პასუხის ვერსია: როგორც ჩანს, ტოქსინ A-ს სამიზნე მიკრომილაკებია, რადგან მისი ზემოქმედებით უჯრედმა ფორმა შეინარჩუნა, მაგრამ შეწყდა ორგანელების ტრანსპორტი. ტოქსინი B კი სავარაუდოდ მოქმედებს მიკროფილამენტებზე, რადგან მისი ზემოქმედებით უჯრედმა მოძრაობის უნარი დაკარგა.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: მიეცით მოსწავლეებს საშუალება, ექსპერიმენ-

ტულ მონაცემებზე დაყრდნობით იმსჯელონ მიზეზშედეგობრივ კავშირებზე. აჩვენეთ, როგორ გვეხმარება ციტოჩონჩხის სხვადასხვა ელემენტის (მიკრომილაკები და მიკროფილამენტები) მიზნობრივი ბლოკირება მათი ინდივიდუალური ფუნქციების დადგენაში.

დავალება 8:

სწორი პასუხის ვერსია: ეს ორგანელებია: ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი, მიკრომილაკები;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: აქცენტი გააკეთეთ ენდოპლაზმური ბადის, გოლჯის კომპლექსისა და მიკრომილაკების თანამშრომლობაზე. აუხსენით მოსწავლეებს, როგორ ხდება სინთეზირებული ცილებისა და ლიპიდების თანმიმდევრული დამუშავება და მიმართული ტრანსპორტირება უჯრედის შიგნით.

დავალება 9:

სწორი პასუხის ვერსია: A – 2 მიტოქნდრია; B – 7 გოლჯის კომპლექსი; C – 6 ლიზოსომა; D – 1 რიბოსომა ან 4 გრანულარული ენდოპლაზმური ბადე;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: გამოიყენეთ ეს დავალება მიკროსკოპული სტრუქტურებისა და ელექტრონოგრამების ანალიზისთვის. ყურადღება გაამახვილეთ ორგანელების სტრუქტურული თავისებურებების (მაგ. მიტოქონდრიის კრისტები, გოლჯის ცისტერნები) დაკავშირებაზე მათ ფუნქციებთან.

სამიზნე ცნებები და დონეები	დაბალი დონე	საშუალო დონე	მაღალი დონე
სტრუქტურა და ფუნქცია (დავალებები: 1, 3, 7, 8, 9)	მისი ცოდნა ფრაგმენტულია უჯრედის სტრუქტურების შესახებ და ვერ აკავშირებს მათ გარე ფაქტორების ზემოქმედებით გამოწვეულ ცვლილებებთან.	ზოგადად ახასიათებს ორგანელებისა და ციტოჩონჩხის ფუნქციებს, მათ სტრუქტურულ თავისებურებებს, თუმცა უჭირს ტოქსინების ზემოქმედებით გამოწვეული სტრუქტურული დაზიანებების სრულყოფილად ახსნა.	ზუსტად და სრულყოფილად აღწერს ეუკარიოტული უჯრედის მემბრანისა და ძირითადი ორგანელების აგებულებასა და ფუნქციებს შორის შესაბამისობას; აანალიზებს ტოქსიკური ნივთიერებებისა და გარემო ფაქტორების ზემოქმედებით გამოწვეულ სტრუქტურულ ცვლილებებს.
სასიცოცხლო თვისება (დავალებები: 2, 4, 5)	უჭირს მემბრანის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა და ნივთიერებათა ტრანსპორტის პროცესების ერთმანეთთან დაკავშირება.	სწორად პასუხობს სტანდარტულ კითხვებს მემბრანული ტრანსპორტის შესახებ, თუმცა უჭირს მემბრანული ცილების ქიმიური ურთიერთქმედებებისა და რადიკალების მუხტების დეტალური ახსნა.	საფუძვლიანად აანალიზებს პლაზმური მემბრანის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს, ტრანსპორტისა მექანიზმებს, ადგენს ლოგიკურ კავშირებს უჯრედის ენერგეტიკულ მოთხოვნილებებსა და სტრუქტურულ ადაპტაციებს შორის.
ჯანმრთელობა და დაავადება (დავალება: 3,5)	უჭირს ჰომეოსტაზის დარღვევებით გამოწვეული პათოლოგიებისა და უჯრედული ცვლილებების ახსნა.	ხვდება უჯრედული პროცესების მნიშვნელობასა და პათოლოგიების არსს, თუმცა მსჯელობა ჰომეოსტაზის დარღვევებზე ნაკლებად ღრმა და კომპლექსურია.	აცნობიერებს და ხსნის უჯრედული პროცესების გამართული მუშაობის მნიშვნელობას ორგანიზმის ჰომეოსტაზისა და ჯანმრთელობისთვის; დეტალურად ხსნის მემბრანული მექანიზმების დარღვევით გამოწვეულ პათოლოგიებს.
ბიომრავალფეროვნება (დავალება 6)	ვერ აკავშირებს უჯრედულ სტრუქტურებსა და ორგანელების რაოდენობას ორგანიზმების მრავალფეროვნებასა და ადაპტაციასთან.	ზოგადად ადარებს ორგანიზმების უჯრედულ აქტივობასა და ენერგეტიკულ მოთხოვნილებებს, თუმცა უჭირს ბიომრავალფეროვნებას-თან დაკავშირებული ადაპტაციური მექანიზმების ახსნა.	ღრმად აანალიზებს სხვადასხვა ორგანიზმის უჯრედულ თავისებურებებსა და მეტაბოლურ ადაპტაციებს, აფასებს მათ როლს ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებაში.

7.3. მესამე თავის დაგეგმვის გზამკვლევი პარაგრაფების მიხედვით

თავი 3: უჯრედის მეტაბოლიზმი
თემა: მოლეკულური ბიოლოგია

სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება.

სტანდარტთან შესაბამისობა:

სასიცოცხლო თვისება:

- უჯრედის სასიცოცხლო თვისებების (მაგ., ენდოციტოზი, ეგზოციტოზი, უჯრედული სუნთქვა, ფოტოსინთეზი) აღწერა; პლაზმური მემბრანის თვისებებთან დაკავშირებულ კვლევებზე მსჯელობა;
- ეუკარიოტებში მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემის თავისებურებების აღწერა და უჯრედებში მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზების (ტრანსკრიპცია, ტრანსლიაცია) მოდელირება;

ჯანმრთელობა და დაავადება:

- მეტაბოლიზმზე მავნე ნივთიერებების (ნიკოტინი, ალკოჰოლი და სხვ.) მოქმედების აღწერა;

ბიომრავალფეროვნება:

- უჯრედების (მცენარეული, ცხოველური) მრავალფეროვნებაზე მსჯელობა. უჯრედებში მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზების (ტრანსკრიპცია, ტრანსლიაცია) დაკავშირება ბიომრავალფეროვნებასთან.

სწავლების მიზნები:

- მოსწავლემ შეძლოს ორგანიზმთა სასიცოცხლო თვისებების განმსაზღვრელი პროცესების აღწერა ბუნებაში მიმდინარე ნივთიერებათა და ენერგიის მიმოცვლის კანონზომიერებებთან დასაკავშირებლად;
- მოსწავლემ შეძლოს ბიომრავალფეროვნების კანონზომიერებების დახასიათება;
- მოსწავლემ შეძლოს ჯანმრთელობაზე მოქმედი ფაქტორებით გამოწვეული ცვლილებების ახსნა ჯანსაღი ცხოვრების წესის მნიშვნელობის შესაფასებლად.

სასწავლო შედეგები:

- მოსწავლე **აღწერს** ეუკარიოტულ უჯრედებში მემკვიდრული ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის მექანიზმებს;
- მოსწავლე **აგებს და იყენებს** მოდელებს უჯრედში მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზაციის ეტაპების შესაბამისად;
- მოსწავლე **ხსნის** მავნე ნივთიერებების გავლენას ორგანიზმის მეტაბოლიზმსა და ჯანმრთელობაზე;
- მოსწავლე **აფასებს** ცხოვრების ჯანსაღი წესის მნიშვნელობას მეტაბოლიზმის პროცესების გამართულად მიმდინარეობისთვის;
- მოსწავლე **მსჯელობს** უჯრედების მრავალფეროვნებაზე;
- მოსწავლე **აკავშირებს** გენეტიკური ინფორმაციის რეალიზების პროცესებსა და უჯრედულ თავისებურებებს ცოცხალი ორგანიზმების ბიომრავალფეროვნებასთან.

სავარაუდო ხანგრძლივობა: 8 გაკვეთილი

საჭირო რესურსები: მოსწავლის წიგნი, სამუშაო ფურცლები, შესაბამისი ციფრული და ბეჭდური რესურსები.

7.3.1. მეტაბოლიზმი, უჯრედული სუნთქვა

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: მეტაბოლიზმი, უჯრედული სუნთქვა

საკვანძო კითხვა: *როგორ გარდაქმნის უჯრედი საკვებში არსებულ ენერგიას ატფ-ად ჟანგბადის მონაწილეობით ან მის გარეშე, როგორ იყენებს მას ორგანიზმი ექსტრემალურ პირობებში.*

სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისებები, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება.

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე ახდენს მეტაბოლიზმის ეტაპების დიფერენცირებას;
- აანალიზებს აერობული და ანაერობული პროცესების ენერგეტიკულ ეფექტურობას;
- აკავშირებს ფიზიოლოგიურ და ტოქსიკოლოგიურ მოვლენებს უჯრედულ დონესთან;
- იყენებს ფიზიკის ცნებებს (ემძ, მქკ, პოტენციალი) ბიოლოგიური მოდელების გასაანალიზებლად.

მიზანი: მოსწავლემ გაარკვიოს რეალური სიტუაციები (სპრინტერი, ალპინისტი, CO/ციანიდით მოწამვლა) და ფიზიკური კანონზომიერებების (ენერგიის გარდაქმნა, ელექტრული და კონცენტრაციული გრადიენტი, მქკ) გამოყენებით დეტალურად ახსნას მეტაბოლიზმის არსი, ატფ-ის უნივერსალური როლი, უჯრედული სუნთქვის უჟანგბადო და ჟანგბადიანი ეტაპები და მიტოქონდრიის, როგორც „ბიოელექტროსადგურის“ ფუნქციონირების მექანიზმი.

უჯრედული სუნთქვა განხილულია სამი დისციპლინის, ბიოლოგიის, ფიზიკისა და ქიმიის ჭრილში. შესაბამისად წარმოდგენილია დამატებითი თეორიული და პრაქტიკული ხახიათის რეკომენდაციები მასწავლებლისთვის.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ წარმოდგენილი მასალა სამ ძირითად ნაწილს მოიცავს. საჭიროების შესაბამისად სასურველია აქტივობების თანმიმდევრობის, სტრუქტურისა და შინაარსის ცვლილება. შესაძლებელია საკითხის ნაწილების დამუშავება ცალკეული საგნის გაკვეთილზე, და ბოლოს ბიოლოგიის გაკვეთილზე მათი გაერთიანება, საკითხის შეჯამება.

2. აქტივობების დაგეგმვა



აქტივობები წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად და მოტივაციის ასამაღლებლად



აქტივობა 1: სიტუაციური ამოცანის განხილვა

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ორგანიზმის სუნთქვის სიხშირე და კუნთების დაღლა დააკავშიროს უჯრედულ ენერგეტიკასთან და დაადგინოს განსხვავება აერობულ და ანაერობულ დატვირთვებს შორის.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 104, დანართი 1.1. *(რესურსი მასწავლებლისთვის: დანართი 2.1).*

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ წინარე ცოდნის გასააქტიურებელ დავალებაზე (გვ. 104). წყვილებში მსჯელობენ კითხვებზე და აფიქსირებენ პასუხებს. საჭიროების შემთხვევაში მოხალისე მოსწავლე მონაწილეობს ექსპერიმენტში, ითვლიან მის პულსს მოსვენებულ და 60 წამიანი დატვირთვის შემთხვევაში.

რეკომენდაცია: აქტივობის მიზანი ინტერესის აღძვრაა. ამ ეტაპზე მოსწავლეებმა ჯერ არ იციან უჯრედული სუნთქვის ჟანგბადიანი და უჟანგბადო ეტაპები, ამიტომ მათი პასუხები ეყრდნობა პირად გამოცდილებას. სავარაუდოდ აღნიშნავენ, რომ ვარჯიშის დროს ადამიანს მეტი ენერგია სჭირდება. კუნთები ინტენსიურად მუშაობს და ჟანგბადის მოთხოვნილება მაღალია, ამიტომ სუნთქვა ხშირდება. თუ მოსწავლეებს დასმულ კითხვებზე პასუხის მოფიქრება უჭირთ, დასვით მიმანიშნებელი კითხვები:

„რომელ სპორტსმენს სჭირდება ენერგიის სწრაფი გამოთავისუფლება და რომელს — ხანგრძლივი?“ სსსმ მოსწავლეებს შესთავაზეთ ვიზუალური ბარათები, (მაგალითად, სადაც გამოსახულია ე.წ. „სწრაფი ენერგია“ (ფოიერვერკი) და „ნელი, ხანგრძლივი ენერგია“ (ბუხარში დანთებული ცეცხლი), რათა გაუადვილდეთ ასოციაციის დამყარება.

გამოიყენეთ განმავითარებელი შეფასება — ზეპირი უკუკავშირი, დააკვირდით წყვილების ჩართულობას და ხელი შეუწყეთ ლოგიკურ მსჯელობას მიმანიშნებელი კითხვებით.



აქტივობა 2: სიტუაციური ამოცანის განხილვა

მიზანი: მოსწავლემ გაიხსენოს მხუთავი აირის ფიზიკური თვისებები და მისი მომაკვდინებელი მოქმედების მექანიზმი ჰემოგლობინთან მტკიცე კავშირის დონეზე განიხილოს.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 105.

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ გვ. 105 ილუსტრაციაზე და მასთან დაკავშირებულ კითხვებზე. აფიქსირებენ პირველად ჰიპოთეზებს. მასწავლებელი ხაზს უსვამს, რომ CO არის უხილავი და უსუნო, რაც მას განსაკუთრებით საშიშს ხდის. მოსწავლეები ჰიპოთეზებს აფიქსირებენ წებოვან ფურცლებზე და აკრავენ დაფის გამოყოფილ კუთხეში. მასწავლებელი განმარტავს, რომ ამ ჰიპოთეზებს დაუბრუნდებიან ბოლო ეტაპზე (სუნთქვის ჯაჭვის განხილვის შემდეგ). ***(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება).***

რეკომენდაცია: პირველი აქტივობისას მოსწავლეები დარწმუნდნენ, რომ ფიზიკური დატვირთვა იწვევს გულის აჩქარებას და სუნთქვის გახშირებას. ახლა ლოგიკურად დაინახავენ კავშირს და განსხვავება მაკრო დონეზე — ორგანიზმის სუნთქვასა და მიკრო-დონეზე — უჯრედული სუნთქვას შორის, ასევე გაიაზრონ ტოქსიკური მხუთავი აირის მომაკვდინებელი მოქმედების მექანიზმი, ამიტომ, პროცესი წარმართეთ კითხვებით. რათა აღმოიფხვრას მცდარი შეხედულება, თითქოს „სუნთქვა“ მხოლოდ ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვაა. მთავარი აქცენტი გააკეთეთ იმაზე, რომ ორგანიზმის მიერ ჟანგბადის შთანთქმის საბოლოო მიზანი არის უჯრედში ენერგიის შემცველი ატფ-ის მოლეკულების სინთეზი.



კითხვებზე პასუხების სასურველი ვერსია და მასწავლებლის სავარაუდო კომენტარები

1. როგორ კავშირს ამყარებს ნახშირბადის მონოქსიდი (CO) ჰემოგლობინის მოლეკულასთან?

მოსწავლის სავარაუდო პასუხი: მხუთავი აირი (CO) ჰემოგლობინს უკავშირდება ბევრად უფრო მტკიცედ, ვიდრე ჟანგბადი და ბლოკავს მას. ჰემოგლობინს ვეღარ გადააქვს ჟანგბადი, უჯრედებში წყდება უჯრედული სუნთქვა და ენერგიის გამომუშავება, რაც იწვევს ორგანიზმის სწრაფ სიკვდილს.

მასწავლებლის სასურველი კომენტარი: მხუთავი აირის ჰემოგლობინთან თვისობა დაახლოებით 200-250-ჯერ მეტია ვიდრე ჟანგბადთან. CO უკავშირდება ჰემოგლობინის რკინის იონებს.

2. ახსენით, რატომ იწვევს ნახშირბადის მონოქსიდი უჯრედებში ენერგიის დეფიციტს?

მოსწავლის სავარაუდო პასუხი: რადგან ჰემოგლობინი დაბლოკილია, უჯრედებამდე ჟანგბადი ვერ მიდის. ჟანგბადის გარეშე კი უჯრედი ვერ გამოიმუშავებს ენერგიას.

3. გაიხსენეთ, როგორ ხვდება ის ჰაერში? ადამიანის ორგანიზმში?

მოსწავლის სავარაუდო პასუხი: ჰაერში ხვდება საწვავის, ბუნებრივი აირის არასრულად წვის შედეგად. ადამიანის ორგანიზმში კი ხვდება ჩასუნთქვის დროს, ფილტვების საშუალებით.

4. მხუთავ აირს „ჩუმ მკვლელსაც“ ეძახიან. როგორ ფიქრობთ, რა თვისებების გამო შეარქვეს მას ეს სახელი?

მოსწავლის სავარაუდო პასუხი: ალბათ იმიტომ, რომ მას არ აქვს სუნი, ფერი და გემო. ადამიანი ვერ გრძნობს, რომ ის ჰაერშია, უბრალოდ ეძინება, თავს სუსტად გრძნობს ისე, რომ ვერ ხვდება საფრთხეს.

მასწავლებელის სასურველი კომენტარი: ნახშირბადის მონოოქსიდი არის **უფერო**, უსუნო და უგემო აირი, რომელიც არ იწვევს სასუნთქი გზების გაღიზიანებას, ცემინებას ან ხველას. ადამიანი ვერ ამჩნევს მისი კონცენტრაციის მომატებას. თავბრუსხვევა და ძილიანობა მისი ერთ-ერთი გარეგნული მახასიათებელია. ყველაზე მეტ ენერგიასა და ჟანგბადს საჭიროებს ტვინი, ამიტომ ის სწრაფად ითიშება. შესაბამისად, CO უაღრესად საშიში ტოქსინია.



(! სასურველია მოსწავლეებს მიუთითოთ, რომ თუ გაზქურაზე ალი ცისფერია, ეს ბუნებრივი აირის სრულ წვაზე მიანიშნებს, მოყვითალო ფერი კი არასრულ წვაზე. ასეთ დროს მნიშნელოვანია ოთახი სასწრაფოდ განიავდეს).



აქტივობა 3: შემოქმედებითი დავალების პირობის წარდგენა

მიზანი: მოსწავლემ გააანალიზოს უჯრედული ენერგეტიკის ფიზიკური და ბიოქიმიური კანონ-ზომიერებები, შეაფასოს ანაერობული პროცესების როლი ფიზიკური დატვირთვისას და დაასაბუთოს მიკროორგანიზმების მეტაბოლური მრავალფეროვნების პრაქტიკული გამოყენება მრეწველობაში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, საკლასო დავალებები, სამუშო ფურცლები, შეფასების რუბრიკა.

აღწერა: მასწავლებელი წარადგენს შემოქმედებითი დავალების პირობას. გააცნობს შეაფასების კრიტერიუმებს და იმსჯელებენ შემოქმედებითი დავალების პროდუქტზე. *(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება).*

დავალების პირობა: წარმოიდგინეთ, რომ ხართ ბიოქიმიის ლაბორატორიის ექსპერტი. თქვენი მიზანია შექმნათ ანგარიში, სადაც შეადარებთ უჯრედების მიერ ენერგიის მიღების ძირითად გზებს ეფექტურობისა და პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით. მოამზადეთ ანალიტიკური ტექსტი ან პრეზენტაცია.

დავალების პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- რით განსხვავდება ერთმანეთისგან გლიკოლიზი და უჯრედული სინთქვის ჟანგბადიანი ეტაპი ენერგიის გამომუშავების სიჩქარისა და მარგი ქმედების კოეფიციენტის (მქკ) თვალსაზრისით;
- რა ფიზიკური და ქიმიური კანონზომიერებები განსაზღვრავს აერობული სუნთქვის მაღალ ეკონომიურობას ანაერობულ პროცესებთან შედარებით;
- როგორია რძემჟავური და სპირტული დუღილის ენერგეტიკული გამომასავალი, რა როლს ასრულებენ ისინი ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში ორგანიზმის ადაპტაციისას?
- როგორ გამოიყენება მიკროორგანიზმების მეტაბოლური მრავალფეროვნება კვების მრეწველობაში და ბიოტექნოლოგიურ წარმოებაში?



აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად



აქტივობა 4: ახალი ცოდნის გადაცემა

მიზანი: მოსწავლემ გაიგოს რა არის მეტაბოლიზმი და რა ტიპის რეაქციებს მოიცავს ის. გაიაზროს ატფ-ის, როგორც უნივერსალური ენერგეტიკული წყაროს როლი და შეძლოს შესაბამისი ტერმინოლოგიის სწორად გამოყენენება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 105-106), ინტერაქციული პრეზენტაცია, ფერადი მარკერები/ცარცები.

ატფ/ადფ-ის ციკლი:



აღწერა: მასწავლებელი სვამს კითხვას მეტაბოლიზმთან დაკავშირებით, მოსწავლეები აფიქსირებენ რა სმენიათ ამ პროცესზე. შემდეგ მასწავლებელი სვამს სადისკუსიო კითხვას (მოსწავლის წიგნი გვ. 102). *„რატომ მიიჩნევენ ატფ-ის მოლეკულას პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლის რეაქციების მთავარ დამაკავშირებელ ნივთიერებად?“* მასწავლებელი ინტერაქციული პრეზენტაციის საშუალებით აცნობს ახალ მასალას (მეტაბოლიზმი და მისი ეტაპები). აქტივობის ბოლოს მოსწავლეები უნდა მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ატფ შუამავალია პლასტიკურსა და ენერგეტიკულ ცვლას შორის. ***(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისება, ბიომრავალფეროვნება).***

რეკომენდაცია: სიმარტივისთვის გამოიყენეთ ანალოგიის მეთოდი.

ა) ფინანსური ანალოგია — *ენერგეტიკული ცვლა არის ელექტროსადგური, რომელიც გამომუშავებულ ენერგიას გარდაქმნის ე.წ. ‹ფულად› (ატფ), ხოლო პლასტიკური ცვლა არის მაღაზია, სადაც ამ ‹ფულით› ყიდულობენ ახალ მასალებს.* ყურადღება მიაქციეთ, რამდენად სწორად იყენებენ მოსწავლეები ტერმინებს: *მაკროერგული ბმა, ატფ, ადფ, ფოსფორმჟავას ნაშთი*.

ბ) ბატარეის ანალოგია — ატფ არის 100 %-ით დამუხტული ელემენტი, ის ინახავს ენერგიას მაკროერგულ ბმებში. ადფ არის განმუხტული/„დამჯდარი“ ელემენტი, რომელსაც ენერგიის გაცემის შემდეგ ჩამოცილებული აქვს ფოსფორმჟავას ნაშთი.

ხაზი გაუსვით ციკლურობას: უჯრედი „დამჯდარ“ ადფ-ს არ აგდებს. ენერგეტიკული ცვლისას საკვების დაშლით გამოყოფილი ენერგიით ის ხელახლა „იმუხტება“ ატფ-ად.

განმუხტვა (ენერგიის დახარჯვა პლასტიკურ ცვლაში): ატფ → ადფ + ***P*** + ენერგია.

დამუხტვა (ენერგიის შენახვა ენერგეტიკულ ცვლაში): ადფ + ***P*** + ენერგია → ატფ.

მიუხედავად იმისა, რომ ATP-ის და ADP-ის შედარება დამუხტულ და დამჯდარ ელემენტთან კარგად აჩვენებს ენერგიის შენახვის, გაცემის და ციკლურობის პრინციპებს, ეს ანალოგია პირობითია — ელემენტი ელექტრულ ენერგიას ინახავს, ხოლო ATP ქიმიურს; გარდა ამისა, ADP არ არის უმოქმედო „ნარჩენი“, არამედ უჯრედში მუდმივად და უსწრაფესად გარდაიქმნება უკან, ATP-დ.

დაფის ორგანიზების ერთ-ერთი ვერსია: დაფა გაყავით ორ ნაწილად (პლასტიკური ცვლა / ენერგეტიკული ცვლა). გამოიყენეთ ფერადი ცარცები/მარკერები:

პლასტიკური ცვლა (პირობითად მწვანე): მარტივი მოლეკულები + ენერგია → რთული მოლეკულა (აწყობა).

ენერგეტიკული ცვლა (პირობითად წითელი): რთული მოლეკულა → მარტივი მოლეკულები + ენერგია (დაშლა).

საჭიროების შემთხვევაში, სასწავლო პროცესების დიფერენცირების მიზნით, გამოიყენეთ ციფრული რესურსი, რომლის მიზანია ატფ-ადფ-ის ციკლის კომპონენტების სახელებისა და პროცესების ერთმანეთთან დაკავშირება. რესურსი ინგლისურენოვანია, თუმცა ილუსტრაცია და სახელწოდებები მარტივად არის წარმოდგენილი.

Phosphate added — ფოსფატის დამატება;

Phosphate removed — ფოსფატის ჩამოშორება;

Energy Storing (energy from food) — ენერგიის შენახვა (საკვებიდან მიღებული ენერგია);

Energy released (energy for cell work) — ენერგიის გამოთავისუფლება (ენერგია, რომელიც საჭიროა უჯრედის ფუნქციონირებისთვის).

კლასის მზაობის გათვალისწინებით, ხაზი გაუსვით ფაქტს, რომ ატფ/ადფ-ის უწყვეტი ციკლი უჯრედის სიცოცხლისა და მეტაბოლური აქტივობის პირდაპირი მაჩვენებელია. ვინაიდან ორგანიზმში ატფ-ი მარაგის სახით არ გროვდება (ნებისმიერ მომენტში სულ 50 გრამამდეა), ხოლო უჯრედი დღე-ღამის განმავლობაში თავისივე მასის ტოლ ატფ-ს შლის და ხელახლა ასინთეზებს, ატფ-ის წარმოქმნის

შეწყვეტა იწვევს ენერგოდამოკიდებული პროცესების მყისიერ გაჩერებასა და უჯრედის სიკვდილს. ატფ/ადფ-ის ფარდობა უჯრედის სიცოცხლისუნარიანობის დადგენისა და ენერგეტიკული მუხტის გაზომვის ძირითად მარკერად ითვლება.

აქტივობა 5: სამუშაო ფურცლებზე მუშაობა

მიზანი: მოსწავლემ გაიაზროს უჯრედული სუნთქვის პირველი და მეორე ეტაპის, გლიკოლიზისა და კრებსის ციკლის არსი, ენერგეტიკული გამოსავალი და კავშირი რძემჟავას წარმოქმნასთან.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გლიკოლიზის და კრებსის ციკლის გამარტივებული სქემა), სამუშაო ფურცელი N 2 (დანართი 1.2).

აღწერა: მასწავლებელი ხსნის გლიკოლიზის პროცესს. აკავშირებს მას სპრინტერის სწრაფ ენერგიასთან და ჟანგბადის დეფიციტის დროს რძემჟავას დაგროვებასთან. აქტივობის ბოლოს ავსებენ სამუშაო ფურცელს N 2. ***(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება).***

რეკომენდაცია: დაუბრუნდით პირველი აქტივობის კითხვას: *რატომ შეიძლება სტკიოდეს სპრინტერს კუნთები გარბენის შემდეგ?* აქცენტი გააკეთეთ საწყის ნივთიერებაზე, ექვსნახშირბადიან გლუკოზაზე, საბოლოო პროდუქტზე (სამნახშირბადიან პიროყურძნის მჟავაზე) და ენერგეტიკულ გამოსავალზე (2 ატფ)

აქტივობა 6: ციფრულ რესურსებზე მუშაობა

მიზანი: მოსწავლემ განასხვავოს უჯრედული სუნთქვის ეტაპები და სიმულაციის გამოყენებით ვიზუალურად დააკვირდეს მიტოქონდრიის შიდა მემბრანაზე მიმდინარე პროცესებს.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, მიტოქონდრიის აგებულების სქემა, სიმულაცია.

აღწერა: მასწავლებელი იყენებს QR კოდით მითითებულ მიტოქონდრიის ინტერაქციულ სიმულაციებს. მოსწავლეები აკვირდებიან როგორ გადაეცემა ელექტრონები მემბრანაში ჩაშენებულ ცილოვან კომპლექსებს, სუნთქვის ჯაჭვის ფერმენტებს. ***(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება).***

რეკომენდაცია: დარწმუნდით, რომ მოსწავლეები მკაფიოდ მიჯნავენ ერთმანეთისგან ციტოპლაზმასა და მიტოქონდრიის მატრიქსს. სთხოვეთ მოსწავლეებს, სახელმძღვანელოს სქემაზე იპოვონ, საიდან გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, რომელსაც ორგანიზმი ამოსუნთქვისას გამოჰყოფს. ეს ეხმარება მათ უჯრედული დონის ფიზიოლოგიურ დონესთან დაკავშირებაში.

თუ სკოლაში ინტერნეტი ან პროექტორი არ მუშაობს, სასურველია წინასწარ გქონდეთ ამობეჭდილი მიტოქონდრიის შიდა მემბრანის სქემა და გამოიყენეთ ფერადი ბარათები (როგორც პროტონები და ელექტრონები), რომლებსაც მოსწავლეები ხელით გადააადგილებენ. ნუ აჩვენებთ სიმულაციას პასიურად. გააჩერეთ ვიდეო/სიმულაცია საკვანძო მომენტებში (მაგ. როცა პროტონები გადადის მემბრანათაშორის სივრცეში) და დაუსვით კითხვა: *„რა ამოძრავებს ამ ტუმბოს?*

სიმულაციები განიხილეთ მხოლოდ ელექტრონების „ხელიდან ხელში“ გადაცემის საჩვენებლად.

აქტივობები მიღებული ცოდნის გამოყენებისთვის

აქტივობა 7: მიტოქონდრია — შიდაწვის ძრავა — ენერგოეფექტურობა *(ინტეგრირებული აქტივობა)*

მიზანი: მოსწავლემ გამოიყენოს ფიზიკის ცნება — მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ) — ბიოლოგიური სისტემის (მიტოქონდრიის) ენერგეტიკული ეფექტურობის შესაფასებლად და გაიაზროს გამოყოფილი სითბოს მნიშვნელობა ჰომეოსტაზის შენარჩუნებისთვის.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 109. სამუშაო ფურცელი 3 (დანართი 1.3).

აღწერა: მასწავლებელი აკეთებს ანალოგიას მიტოქონდრიის ეფექტურობასა და ავტომობილის ძრავას მარგი ქმედების კოეფიციენტს შორის. ეცნობიან განსხვავებას აერობულ და ანაერობულ სუნთქვას შორის, ასევე ადარებენ ერთმანეთს სპირტულ და რძემჟავურ დუღილს. მსჯელობენ საფუარებისა და ბაქტერიების როლზე საკვები პროდუქტების წარმოებაში. წყვილები მუშაობენ სამუშაო ფურცელ N3-ზე. მასწავლებელი აჯამებს აქტივობას. ***(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება, ბიო-მრავალფეროვნება).***

რეკომენდაცია: შეახსენეთ მოსწავლეებს ფიზიკის კურსიდან მქკ-ის (მარგი ქმედების კოეფიციენტი) ფორმულა. დასვით კითხვა: *„თუ მიტოქონდრიის ეფექტურობა 40-45%-ია, რა ემართება დარჩენილ 55%-ს?“*

ბიოლოგიურ სისტემებში, ფიზიკური კანონზომიერებების შესაბამისად, მეტაბოლური პროცესები არ ხასიათდება აბსოლუტური ეფექტურობით — სუბსტრატის დაჟანგვისას გამოთავისუფლებული ენერგიის ნაწილი ატფ-ის მაკროერგულ ბმებში აკუმულირდება, ხოლო ნაწილი თერმული ენერგიის სახით იფანტება. შესაბამისად, ანაერობული გლიკოლიზი გამოირჩევა დაბალი მქკ-ით, რაც უზრუნველყოფს ენერგიის მყისიერ, თუმცა არაეკონომიურ მობილიზებას (მაგალითად, მაქსიმალური ფიზიკური დატვირთვის მქონე სპრინტერის ორგანიზმში), მაშინ როდესაც მიტოქონდრიული აერობული სუნთქვა უზრუნველყოფს მქკ-ის მკვეთრ ზრდას და პროცესის მაღალ ენერგეტიკულ პროდუქტიულობას.



აქტივობა 8: კაშხალისა და ატფ-სინთაზას ანალოგია *(ინტეგრირებული აქტივობა)*

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ფიზიკური (ჰესი) და ბიოლოგიური (მიტოქონდრია) მოდელების სტრუქტურული და ფუნქციური შედარება, ენერგიის გარდაქმნის კანონის გააზრება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 112 (საკლასო აქტივობა N2). სამუშაო ფურცელი 4 (დანართი 1.4), შევსებული სამუშაო ფურცელი (დანართი 2.4). შეფასების რუბრიკა

აღწერა: მოსწავლეები ავსებენ ანალოგიის ცხრილს: სამუშაო ფურცელი 4 (დანართი 1.4). ***(მუშავდება სამიზნე ცნება: სასიცოცხლო თვისება).***

რეკომენდაცია: მოსწავლეებს სთხოვეთ თვითონ იპოვონ წყვილები (მაგ. კაშხლის ტურბინა = ატფ-სინთაზა). სსსმ მოსწავლეებს შესთავაზეთ დავალება მათი ფუნქციური საჭიროების გათვალისწინებით, მაგალითად ნახატებიანი ბარათები (ჰესის ნახატი და მიტოქონდრიის ნახატი) და სთხოვეთ ისრებით დააკავშირონ შესაბამისი კომპონენტები.

სასურველია მოსწავლეებს აჩვენოთ, რომ ენერგია არც ქრება და არც არაფრიდან ჩნდება. ჰიდრო-ელექტროსადგურშიც და მიტოქონდრიაშიც ხდება ენერგიის ერთი ფორმიდან მეორეში გადასვლა: და-გუბებული წყლის პოტენციალური ენერგია → ვარდნილი წყლის კინეტიკური ენერგია → ენერგიის საბო ლოო ფორმა (ელექტრული ან ქიმიური).

კაშხალში წყლის მოძრაობას იწვევს **გრავიტაციული ველი** (მიზიდულობის ძალა), ხოლო მიტოქონდრიაში პროტონების მოძრაობას — **ელექტროქიმიური (კონცენტრაციული) გრადიენტი**. გააკეთეთ ანალოგია ამ ორ მამოძრავებელ ძალას შორის.

ახსენით, მიტოქონდრიის შიდა მემბრანის, როგორც „კაშხალის“ მუშაობის პრინციპი, რომელიც არ ატარებს პროტონებს, გარდა სპეციალური ატფ-სინთაზასი. ატფ-სინთაზას როტორის ტრიალის მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება ატფ-ის მოლეკულაში მაკროერგული (ქიმიური) ბმების ენერგიად.

გამოიყენეთ მოსწავლის მიერ წარმოდგენილი შედარების ცხრილი (პუნქტი ე). სთხოვეთ მოსწავ-ლეებს, იპოვონ სტრუქტურული შესაბამისობები: წყალი = პროტონები; კაშხალი = მემბრანა; ტურბინა =

ატფ-სინთაზას როტორი; გენერატორი = ატფ-ის სინთეზის ცენტრი. სთხოვეთ მოსწავლეებს იფიქრონ, რით განსხვავდება ეს ორი სისტემა (მაგ. მასშტაბით, ეფექტურობით, ენერგიის საბოლოო სახით — ელექტროენერგია, ქიმიური ბმები).



აქტივობა 9: მიღებული ცოდნის გამოყენება კლინიკური ქეისების განხილვისას.

მიზანი: მოსწავლემ გააანალიზოს ტოქსიკური ნივთიერებების (CO, ციანიდი) მოქმედების მექანიზმი ელექტრონების სატრანსპორტო ჯაჭვის დონეზე და ააგოს მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვი.

რესურსი: ჰიპოთეზები, მოსწავლის წიგნი.

აღწერა: მასწავლებელი სვამს პრობლემურ კითხვას ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვის ბლოკირების შესახებ. მოსწავლეები კითხულობენ პირველ აქტივობაზე დაწერილ ჰიპოთეზებს, ადარებენ შედეგებთან და ადგენენ ლოგიკურ მიზეზ-შედეგობრივ ჯაჭვს ***(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება).***

დამატებითი კითხვა: *თუ ელექტრონების სატრანსპორტო ჯაჭვი დაიბლოკა, რა დაემართება ელექტრონების ნაკადს და H^+ იონების გადატუმბვის პროცესს?*

პასუხი: ელექტრონების ჯაჭვი გაჩერდება, პროტონები აღარ გადაიტუმბება, ატფ-ის სინთეზი მომენტალურად შეწყდება და უჯრედი შეწყვეტს ფუნქციონირებას.

მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვი: მოსწავლეებს სთხოვეთ შეადგინონ ლოგიკური ჯაჭვი:

CO/ციანიდის მიერთება ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვის ცილასთან → ელექტრონების ნაკადის შეჩერება → პროტონული გრადიენტის გაქრობა → ატფ-ის სინთეზის შეწყვეტა → უჯრედის სიკვდილი.



აქტივობა 10: გრაფიკის ანალიზი

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს მონაცემთა წაკითხვა, ცვლადების იდენტიფიცირება, ფერმენტული გაჯერების (პლატო) და ექსტრემალური პირობების (სპრინტი, ალპინიზმი) ანალიზი.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, გვ. 111 (ატფ-ის რაოდენობა, O_2-ის კონცენტრაცია). სამუშაო ფურცელი 5 (დანართი 1.5), შეფასების რუბრიკა 1, შევსებული სამუშაო ფურცელი (დანართი 2.5).

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ ჯგუფებში. საკლასო აქტივობა N1, იხილავენ დიაგრამას და პასუხობენ კითხვებს ***(მუშავდება სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისება, ჯანმრთელობა და დაავადება, ბიომრავალფეროვნება).***

ანალიტიკური კითხვები:

1. დაასახელეთ დამოუკიდებელი და დამოკიდებული ცვლადები;
2. *რატომ იზრდება მკვეთრად ატფ-ის რაოდენობა ჟანგბადის 5%-დან 20%-მდე ინტერვალში?*
3. *რატომ გადის გრაფიკი პლატოზე 20%-ის შემდეგ?*

ეტაპობრივი ანალიზი: არ გადახვიდეთ ინტერპრეტაციაზე (მაგ. ალპინიზმზე), სანამ მთელი კლასი არ გაიაზრებს X და Y ღერძებზე გადაზომილი სიდიდეების მნიშვნელობას.

პლატოს ხსნა: გამოიყენეთ ანალოგია: *„თუ მაღაზიაში 10 მოლარეა და 100 მყიდველი დგას, კიდევ 50 მყიდველის დამატებით გაყიდვების სიჩქარე გაიზრდება?“* (ეს ანალოგია მოსწავლეს დაეხმარება ფერმენტული გაჯერების გაგებაში).

რეკომენდაციები:

ა) მონაცემები დაამუშავეთ ეტაპობრივად:

- პროცესი დაყავით **ა-ვ (იდენტიფიცირება)** და **ზ-ლ (ინტერპრეტაცია)** ფაზებად.

- ჯერ დარწმუნდით, რომ მთელმა კლასმა სწორად დაინახა და ამოიცნო საწყისი წერტილი (0% — 2 ატფ) და გარდამტეხი წერტილი (20% — 34 ატფ). მხოლოდ ამის შემდეგ გადაიყვანეთ ისინი კითხვაზე: *რატომ მაინცდამაინც 34 ატფ? რატომ შეწყდა ატფ-ის რაოდენობის ზრდა?*

ბ) გამოიყენეთ გრაფიკის **ზ** და **თ** პუნქტები ფერმენტული კინეტიკის დეტალური ახსნისთვის. მიეცით მოსწავლეს საშუალება, გრაფიკული პლატო აღიქვან არა როგორც სტატიკური გაჩერება, არამედ როგორც ფერმენტების მაქსიმალური დატვირთვა.

გ) დაუსვით სადისკუსიო კითხვა: *„თუ ჟანგბადის რაოდენობას 100%-მდე გავზრდით, უჯრედი უსასრულოდ ბევრ ატფ-ს შექმნის?“* ეს დაეხმარება მათ იმის ინტერპრეტაციაში, რომ სისტემას გააჩნია მოქმედების შიდა ზღვარი ანუ ლიმიტი და გლუკოზის ნაკლებობისას მრუდი აუცილებლად დაიხრება X ღერძისკენ.

დ) პუნქტებში **ი, კ, ლ** მოცემული გარკვეული სიტუაციები (სპრინტი და ალპინიზმი) გამოიყენეთ თეორიის პრაქტიკულ კონტექსტში გადასატანად.

საჭიროების შემთხვევაში, კლასი დაყავით ორ ჯგუფად: „სპრინტერები“ და „ალპინისტები“. *სპრინტერების ჯგუფს* სთხოვეთ დაასაბუთონ, რატომ მუშაობს აქ მხოლოდ გლიკოლიზი. *ალპინისტების ჯგუფს* სთხოვეთ ახსნან 18-ჯერადი ენერგეტიკული სხვაობის ფენომენი სიმაღლეზე და შესთავაზონ ორგანიზმის კომპენსატორული მექანიზმები (ერითროციტები, აკლიმატიზაცია).

უნისტრუქტურულ/მულტისტრუქტურულ დონეზე მყოფ მოსწავლეებს დაეხმარეთ „იდენტიფიცირების“ ფაზის დეტალურად გავლაში მიმანიშნებელი კითხვებით:

- რას ვხედავთ ვერტიკალურ ღერძზე?
- რა ემართება მრუდს მას შემდეგ, რაც ჟანგბადის კონცენტრაცია 20%-ზე მეტად გაიზრდება?

მიმართებით და გაფართოებულ აბსტრაქტულ დონეზე მომუშავე მოსწავლეებს კი მიეცით ცოდნის გაღრმავების საშუალება:

- აღწერეთ, რა პროცესი ხდება მიტოქონდრიის შიგნით, როდესაც სპორტსმენი 8000 მეტრზე ჟანგბადის ბალონის გარეშე რჩება.

მნიშვნელოვანია რომ ყველა დონის მზაობის მოსწავლეს შესთავაზოთ მაღალი დონის ამოცანამდე მისვლის გზა სხვადასხვა სახის მხარდაჭერის (სკაფოლდინგის) გზით.

აქტივობები საკითხის შესაჯამებლად და შეფასებისთვის

აქტივობა 11: ნამუშევრების წარდგენა

მიზანი: მოსწავლეები წარმოადგენენ ინდივიდუალურ/ჯგუფურ ნაშრომებს, აფასებენ ერთმანეთის ნამუშევრებს და აჯამებენ მიღებულ ცოდნას.

რესურსი: მოსწავლეების ნამუშევრები, შეფასების რუბრიკა, გასასვლელი ბარათები

აღწერა: მოსწავლეები აკეთებენ პრეზენტაციებს. ავსებენ გასასვლელ ბარათებს.

„3-2-1“ სტრატეგია: სთხოვეთ მოსწავლეებს ფურცელზე ჩამოწერონ:

- **3** ახალი ფაქტი, რაც გაიგეს;
- **2** ანალოგია, რომელიც ყველაზე მეტად დაეხმარათ;
- **1** კითხვა, რომელიც კიდევ დარჩათ.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

რუბრიკა ,,ეს საინტერესოა“ მოიცავს ინფორმაციას ბოტულოტოქსინისა და ანტიოქსიდანტების შესახებ. შინაარსის დამახსოვრება არ არის სავალდებულო ყველა მოსწავლისთვის, თუმცა იძლევა სასწავლო პროცესის დიფერენცირების საშუალებას. ქვემოთ ჩამთვლილი დავალებები შედგენილია რუბრიკის მიხედვით:

1. **მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვი — დაალაგეთ პროცესები და ნივთიერებები სწორი თანმიმდევრობით:**
   - დაკონსერვებული პროდუქტი;
   - სასუნთქი კუნთების დამბლა
   - ბოტულოტოქსინი;
   - ჟანგბადის დეფიციტი;
   - ატფ-ის სინთეზის შეწყვეტა.
1. *რატომ იღუპება უჯრედი ენერგეტიკული შიმშილით ბოტულიზმის დროს, თუ ტოქსინი უშუალოდ მიტოქონდრიაში არ შედის?*
2. შეადარეთ ბოტულოტოქსინი, CO და ციანიდი (რომელი მოქმედებს ორგანოს დონეზე და რომელი უშუალოდ მიტოქონდრიაში). ახსენით, როგორ გამოიყენება ეს შხამი მედიცინასა და კოსმეტოლოგიაში.
3. სქემაზე ისრებით დააკავშირეთ ანტიოქსიდანტები თავისუფალ რადიკალებთან და დაასახელეთ 3 საკვები პროდუქტი, რომელიც ანტიოქსიდანტებს შეიცავს.
4. შექმენით მინი-პოსტერი: *როგორ იცავს ანტიოქსიდანტებით მდიდარი საკვები (კენკრა, ციტრუსი) მიტოქონდრიის შიდა მემბრანას და რატომ აფერხებს ეს უჯრედის ნაადრევ სიკვდილს?*
5. ახსენით, როგორ იცვლება ზღვარი აპოპტოზსა და ნეკროზს შორის თავისუფალი რადიკალების ჭარბი რაოდენობით დაგროვებისას და რა როლს ასრულებს ამ დროს ანტიოქსიდანტი.

4. შეფასება

შეფასების მიზანია ისეთი სასწავლო სიტუაციების შექმნა, სადაც მოსწავლეს შესაძლებლობა ექნება სხვადასხვა გზით წარმოაჩინოს საკუთარი ცოდნა და უნარები. ამ მიზნით, შეფასებისას გამოიყენეთ მრავალფეროვანი კითხვები და დავალებები, რომელიც საშუალებას მოგცემთ შეაფასოთ დეკლარატიული, პროცედურული და პირობისეული ცოდნა და მეტაკოგნიტური უნარები.

შეფასების რუბრიკა 1 გრაფიკის ანალიზის

სოლო ტაქსონომიის დონე	**გრაფიკის ანალიზის უნარი**	**აღწერილობა**
პრესტრუქტურული	გრაფიკის გამოყენებით ვერ იღებს საჭირო ინფორმაციას	ვერ ასახელებს ღერძებზე მოცემულ ცვლადებს. ვერ ხედავს კავშირს ჟანგბადისა და ატფ-ის რაოდენობას შორის.
უნისტრუქტურული	აფიქსირებს მხოლოდ ერთ ფაქტს.	პოულობს მხოლოდ მარტივ მაჩვენებელს, მაგალითად: როცა ჟანგბადი 0%-ია, ატფ-ის რაოდენობა 2-ია, ან ჰაერში ჟანგბადის შემცველობა 21%-ია.
მულტისტრუქტურული	ახდენს მონაცემთა სრულ იდენტიფიცირებას, მაგრამ უჭირს მიზეზების ახსნა.	სწორად აღწერს მრუდის სვლას (ინტერვალებს 5-20% და პლატოს), მაგრამ ვერ აკავშირებს ფერმენტების გაჯერებასთან ან გლიკოლიზთან.
მიმართებითი	ახდენს მონაცემთა სრულ ინტერპრეტაციას ბიოქიმიურ ჭრილში.	სრულყოფილად ხსნის პლატოს მიზეზებს (ფერმენტების დატვირთვა), ხედავს გლუკოზის, როგორც მალიმიტირებელი ფაქტორის როლს და აკავშირებს ფაზების ეფექტურობას (18-ჯერადი სხვაობა).
გაფართოებული აბსტრაქციის	თეორიულ მოდელებს წარმატებით იყენებს ექსტრემალური პირობების ანალიზისთვის.	თავისუფლად ახდენს სპრინტერის ენერგეტიკისა და 8000 მეტრზე ალპინისტის ფიზიოლოგიური ასპექტების (რძემჟავა, ერითროციტები, აკლიმატიზაცია) მოდელირებას.

შეფასების რუბრიკა 2. ანალოგია ჰიდროელექტროსადგურის და მიტოქონდრიის (აქტივობა 8)

ეს რუბრიკა დაგეხმარებათ შეაფასოთ, თუ რა დონეზე შეუძლია მოსწავლეს ფიზიკისა და ბიოლოგიის ცნებების დაკავშირება მოცემულ დავალებაში.

სოლო ტაქსონომიის დონე	**აღწერა დავალებასთან მიმართებაში**	**მოსწავლის სავარაუდო პასუხი / ქცევა**
პრესტრუქტურული	საკითხის გასაგებად დამხმარე კითხვები სჭირდება	დამატებითი კითხვების გარეშე ვერ ასახელებს ენერგიის სახეებს და ვერ ხედავს კავშირს ჰესსა და მიტოქონდრიას შორის.
უნისტრუქტურული	მოსწავლეს ესმის მხოლოდ ცალკეული ასპექტი.	პასუხობს მხოლოდ მარტივ კითხვას, მაგალითად: „დაგუბებულ წყალს აქვს პოტენციური ენერგია“, მაგრამ ვერ გადადის ბიოლოგიურ პროცესებზე.
მულტისტრუქტურული	მოსწავლემ იცის რამდენიმე ფაქტი, თუმცა მათ შორის კავშირებს ვერ ხედავს (ფიზიკასა და ბიოლოგიას ცალ-ცალკე განიხილავს).	სწორად ჩამოთვლის ჰესის ენერგიის გარდაქმნებს და ცალკე ახსენებს პროტონებს, მაგრამ უჭირს მათი სტრუქტურული შედარება ცხრილის სახით.
მიმართებითი *(ამ დონეზეა მოცემული ნამუშევარი)*	მოსწავლე აკავშირებს ფაქტებს, სტრუქტურებსა და თეორიებს. **ხედავს სრულ სურათს და პარალელებს ფიზიკასა და ბიოლოგიას შორის.**	ზუსტად ავლენს ანალოგიას წყლის პოტენციურ ენერგიასა და პროტონების გრადიენტს შორის; აკავშირებს ტურბინის ტრიალს ატფ-სინთაზას როტორთან და ენერგიის გარდაქმნის ეტაპებს.
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლეს გააზრებული აქვს პრინციპი მაღალ დონეზე და შეუძლია მისი განზოგადება ახალ კონტექსტში ან კრიტიკული ანალიზი.	არა მარტო აკავშირებს ამ ორ სისტემას, არამედ მსჯელობს თერმოდინამიკის კანონებზე, გააანალიზოს, რა მოხდება, თუ მემბრანის განვლადობა დაირღვევა (მაგალითად, მომწამვლელი ნივთიერებების ზემოქმედებით).

შეფასების რუბრიკა 3. აქტივობა 9

სოლო ტაქსონომიის დონე დონე	აღწერა დავალებასთან მიმართებით	მოსწავლის სავარაუდო პასუხი / ქცევა
პრესტრუქტურული	მოსწავლეს არ ესმის შხამების მოქმედების მექანიზმი ან მოჰყავს შეუსაბამო/მცდარი არგუმენტები.	ამბობს, რომ *„CO და ციანიდი უბრალოდ ჰაერის უკმარისობას იწვევს“*, ვერ ასახელებს უჯრედულ სტრუქტურებს და ვერ აკავშირებს შხამს მიტოქონდრიასთან.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს მხოლოდ ერთიზოლირებულ ფაქტს პროცესიდან.	აღნიშნავს, რომ *„ციანიდი კლავს უჯრედს“* ან *„CO თიშავს სუნთქვის ჯაჭვს“*, თუმცა ვერ ხსნის, რა მოჰყვება ამას შედეგად.
მულტისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს ჯაჭვის რამდენიმე რგოლს (ფაქტს), თუმცა უჭირს მათ შორის უწყვეტი მიზეზშედეგობრივი კავშირის გამართვა	ჩამოთვლის კომპონენტებს: *„CO უკავშირდება სუნთქვის ჯავს, ელექტრონები აღარ მოძრაობენ და ატფ აღარ წარმოიქმნება“*, თუმცა გამოტოვებს პროტონული გრადიენტის გაქრობის ეტაპს ან ვერ ხსნის, რატომ იწვევს ეს უჯრედის მყისიერ სიკვდილს.

მიმართებითი	მოსწავლე სრულყოფილად აგებს უწყვეტ მიზეზ-შედეგობრივ ჯაჭვს მოლეკულურიდან ორგანოს დონემდე.	გამართულად აყალიბებს ჯაჭვს: CO/ციანიდის მიერთება IV კომპლექსთან → **ელექტრონების დინების შეჩერება → პროტონების გადატუმბვის შეწყვეტა → მემბრანული პოტენციალის გაქრობა → ატფ-სინთაზას გაჩერება → ენერგეტიკული შიმშილი და უჯრედის სიკვდილი.**
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლე იყენებს მიღებულ ცოდნას ახალ კონტექსტში, შეადარებს სხვადასხვა ტოქსინებს ან მსჯელობს მათ პრაქტიკულ/სამედიცინო ასპექტებზე	არა მხოლოდ აგებს ჯაჭვს, არამედ ადარებს CO-სა და ბოტულოტოქსინის მოქმედების დონეებს (მოლეკულური vs სინაფსური/ორგანოს), ან მსჯელობს, რატომ არის IV კომპლექსის ბლოკირება უფრო სწრაფი და მომაკვდინებელი, ვიდრე გლიკოლიზის რომელიმე ფერმენტის შეფერხება.

შეფასების რუბრიკა 4. შემოქმედებითი დავალება

სამიზნე ცნება	**დაბალი დონე**	**საშუალო დონე**	**მაღალი დონე**
სასიცოცხლო თვისება (აანალიზებს და ადარებს ენერგიის მიღების გზებს ენერგეტიკული გამომასავლისა და სიჩქარის მიხედვით)	ზედაპირულად ასახელებს უჯრედის მიერ ენერგიის მიღების გზებს; უჭირს გლიკოლიზისა და აერობული სუნთქვის შედარება სიჩქარისა და მქკ-ს თვალსაზრისით.	ზოგადად ადარებს გლიკოლიზსა და უჯრედულ სუნთქვას, თუმცა ფიზიკურ-ქიმიურ კანონზომიერებებსა და მქკ-ს შორის კავშირს არასრულად აჩვენებს.	ღრმად და კომპლექსურად აანალიზებს და ადარებს გლიკოლიზს, აერობულ სუნთქვასა და დუღილს ენერგეტიკული გამომასავლის, სიჩქარისა და მქკ-ს მიხედვით.
ჯანმრთელობა და დაავადება **(**ხსნის ანაერობული პროცესების როლს ადამიანის ორგანიზმში ფიზიკური დატვირთვისა და ჟანგბადის დეფიციტის დროს).	ფრაგმენტულად საუბრობს ფიზიკურ დატვირთვაზე; ვერ ხსნის რძემჟავური დუღილის მნიშვნელობას ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში	ხსნის რძემჟავური დუღილის არსს კუნთოვან მუშაობაში, თუმცა მსჯელობა ნაკლებად არის მიბმული ორგანიზმის ენერგეტიკულ ადაპტაციასა და დაღლილობაზე	ლოგიკურად და არგუმენტირებულად ხსნის ანაერობული პროცესების როლს ადამიანის ორგანიზმში ფიზიკური დატვირთვისა და ჟანგბადის დეფიციტის დროს.
ბიომრავალფეროვნება (აფასებს მიკროორგანიზმების მეტაბოლურ მრავალფეროვნებას და მათ პრაქტიკულ გამოყენებას).	მხოლოდ ჩამოთვლის ცალკეულ პროდუქტებს; ვერ აკავშირებს მათ მიკროორგანიზმების მეტაბოლურ თავისებურებებთან.	ზოგადად აღწერს მიკროორგანიზმების როლს კვების მრეწველობასა თუ ბიოტექნოლოგიაში, თუმცა მეტაბოლური მრავალფეროვნების ანალიზი არასრულია.	სრულყოფილად აფასებს მიკროორგანიზმების მეტაბოლურ მრავალფეროვნებას და მკაფიოდ ასაბუთებს მათ პრაქტიკულ გამოყენებას მრეწველობაში.

5. დანართები

ბლოკი 1. სამუშაო ფურცლები

დანართი 1.1. სამუშაო ფურცელი N 1

სამუშაო ფურცელი N 1

ექსპერიმენტის მიზანი: დავადგინოთ კავშირი ფიზიკურ დატვირთვას, სუნთქვის სიხშირესა და ენერგიის ხარჯვას შორის.

მონაცემების შეგროვება: *მოსვენებულ მდგომარეობაში დათვალეთ პულსი 1 წუთის განმავლობაში. მოსვენებულ მდგომარეობაში ადამიანის პულსი სუნთქვის სიხშირეზე დაახლოებით ოთხჯერ მეტია, ამიტომ სუნთქვის სიხშირის დაახლოებითი მნიშვნელობის გამოსათვლელად პულსი გაყავით ოთხზე. დააფიქსირეთ მონაცემები ცხრილში. შემდეგ 45 წამის განმავლობაში ჩაიმუხლეთ. დროის გასვლის შემდეგ კიდევ დათვალეთ პულსი.*

მდგომარეობა	პულსი (1 წთ-ში)	სუნთქვის სიხშირე
მოსვენებული (სკამზე ჯდომისას)		
დატვირთვის შემდეგ (45 წმ ჩაჯდომა)		

უპასუხეთ კითხვებს თქვენი ყოველდღიური გამოცდილებითა და მიღებული მონაცემების საფუძველზე:

1. როგორ შეიცვალა პულსი და სუნთქვის სიხშირე ვარჯიშის შემდეგ? რატომ ფიქრობთ, რომ ასე მოხდა?

   პასუხი:.....
   .....

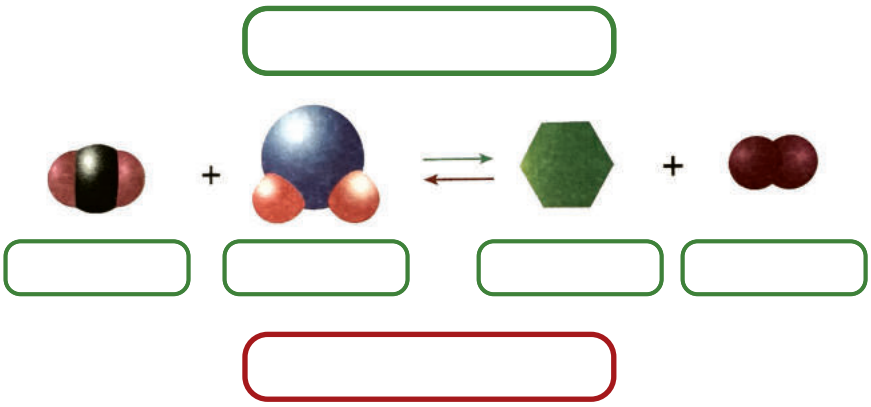
2. თქვენი აზრით, რა კავშირია სუნთქვის სიხშირის ცვლილებასა და მიღებული ენერგიის რაოდენობას შორის?

   პასუხი: .....
   .....

შეავსეთ გამოტოვებული ადგილები: როდესაც კუნთი მუშაობს, მას სჭირდება მეტი _____ _____ (ენერგია / წყალი). ამისთვის სხეულს სჭირდება მეტი _____ (ჟანგბადი / ნახშირორჟანგი), რომელსაც ფილტვებიდან უჯრედებამდე სისხლი აწვდის.

დანართი 1.2:

სამუშაო ფურცელი N2 შეავსეთ გამოტოვებული ადგილები (აქტივობა 4)



დანართი 1.3.

სამუშაო ფურცელი 3. აქტივობა 7

1. გამოითვალეთ და შეადარეთ ხელსაწყოების ეფექტურობა (მქკ):

ბენზინის ძრავი: 100 ჯოული საწვავის ენერგიიდან მხოლოდ 25 ჯოული ხმარდება მანქანის მოძრაობას.

მქკ = _____ %

მიტოქონდრია: 1 მოლი გლუკოზის დაშლისას გამოყოფილი 2870 კჯ ენერგიიდან 1159 კჯ აკუმულირდება ატფ-ში.

მქკ = _____ %

2. გაიაზრე ჰომეოსტაზური როლი:

რა ემართება მიტოქონდრიაში დარჩენილ 55–60% ენერგიას?

(მონიშნე სწორი პასუხი)

ა) იკარგება და ორგანიზმს აზიანებს.

ბ) გამოიყოფა სითბოს სახით და სხეული ინარჩუნებს ტემპერატურას.

3. რატომ არის მიტოქონდრია „უფრო ჭკვიანი ძრავი“, ვიდრე ავტომობილის შიდაწვის ძრავი?

პასუხი: _____

_____

დანართი 1.4. (აქტივობა 8)

სამუშაო ფურცელი 4.

შეადარეთ 112-ე გვერდზე მოცემული ორი ილუსტრაცია: ჰიდროელექტროსადგურის კაშხალი და მიტოქონდრიის შიდა მემბრანა (ატფ-სინთეთაზასთან ერთად). გამოიყენეთ ფიზიკისა და ბიოლოგიის ცოდნა და უპასუხეთ დასმულ კითხვებს.

ა) რა სახის ენერგია აქვს დაგროვებული წყალს კაშხლით შეგუბებულ წყალსაცავში?

ბ) რა სახის ენერგიად გარდაიქმნება წყლის ენერგია კაშხლიდან ვარდნის/მოძრაობის დროს?

გ) რა სახის ენერგიად გარდაიქმნება საბოლოოდ წყლის ენერგია ტურბინისა და გენერატორის ამუშავების შედეგად? ----------

დ) რა სახის ენერგიად გარდაიქმნება მიტოქონდრიის მემბრანათაშორის სივრცეში **პროტონების მოძრაობის** ენერგია, როდესაც ისინი ატფ-სინთეთაზას არხში გაივლიან? რა ქიმიურ ბმაში აკუმულირდება იგი?

ე) შეავსეთ შედარებითი ცხრილი, რათა დაინახოთ ანალოგია ფიზიკურ და ბიოლოგიურ სისტემებს შორის:

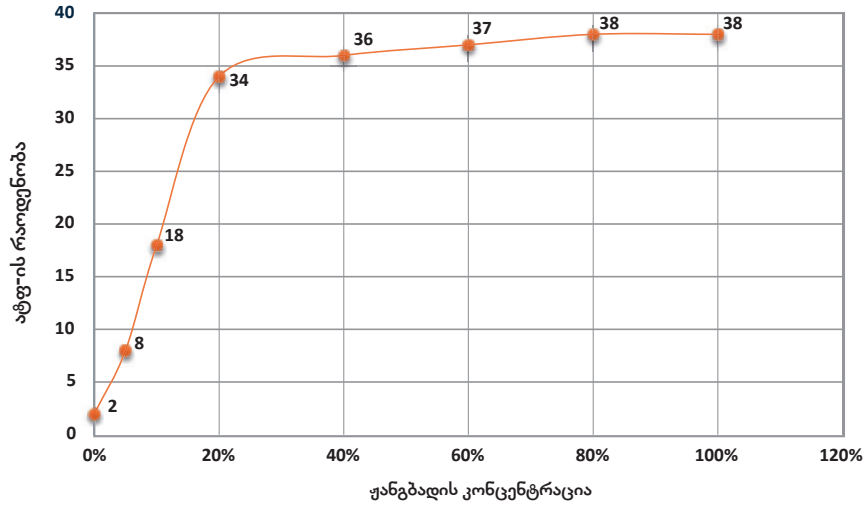
კომპონენტი / პროცესი	ჰიდროელექტროსადგური	მიტოქონდრია (უჯრედი)
რა ქმნის ბარიერს?	კაშხლის კედელი	
რა გროვდება ბარიერის მიღმა?	წყლის მასა	
რა ფუნქციას ასრულებს „ტურბინა“?	წყლის ნაკადით მბრუნავი ტურბინა	
რა არის საბოლოო პროდუქტი/ენერგია?	ელექტროენერგია	

დანართი 1.5.

სამუშაო ფურცელი 5: გრაფიკის ანალიზი

თარიღი: _____

ინსტრუქცია: ყურადღებით დააკვირდით გრაფიკს, გააანალიზეთ მონაცემები და უპასუხეთ კითხვებს.



ა) გრაფიკის მიხედვით, დაასახელეთ:

- **დამოუკიდებელი ცვლადი (X ღერძი):** _____
- **დამოკიდებული ცვლადი (Y ღერძი):** _____

ბ) გაიხსენეთ, რას უდრის ჰაერში ჟანგბადის კონცენტრაცია? რა ერთეულებით იზომება ის?

პასუხი: _____

გ) რომელი ნივთიერების რაოდენობით მსჯელობენ უჯრედში გამოთავისუფლებული ენერგიის რაოდენობაზე?

პასუხი: _____

დ) როგორ იცვლება ატფ-ის რაოდენობა ჟანგბადის კონცენტრაციის 5%-დან 20%-მდე ზრდის ინტერვალში? რა ბიოლოგიური პროცესი „ერთვება“ ამ დროს უჯრედში?

პასუხი: _____

ე) ჟანგბადის რომელი კონცენტრაციის შემდეგ წყვეტს ატფ-ის რაოდენობა მკვეთრ ზრდას?

პასუხი: _____

ვ) რატომ გადის გრაფიკი „პლატოზე“ (სტაბილურ დონეზე) ჟანგბადის კონცენტრაციის შემდგომი ზრდის მიუხედავად? დაასაბუთეთ პასუხი მიტოქონდრიის მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე:

პასუხი: _____

ზ) რას უდრის ატფ-ის რაოდენობა, როდესაც ჟანგბადის კონცენტრაცია 0%-ია? ახსენით მიზეზი — დასახელეთ პროცესი, რომელიც ამ დროს მიმდინარეობს უჯრედში:

პასუხი: _____

თ) წარმოიდგინეთ სპორტსმენი, რომელიც ასრულებს მაქსიმალური დატვირთვის ვარჯიშს (მაგ. 100-მეტრიანი სპრინტი). გრაფიკის რომელი მონაკვეთი აღწერს მის კუნთებში ატფ-ის რაოდენობას ვარჯიშის პიკზე და რატომ?

პასუხი: _____

ი) მთაში, 8000 მეტრ სიმაღლეზე, ჰაერში ჟანგბადის კონცენტრაცია ბევრად მცირდება. მიუხედავად იმისა, რომ მთამსვლელმა საკვების სახით საკმარისი გლუკოზა მიიღო, ის განიცდის ენერგიის მკვეთრ ნაკლებობას. რატომ ვერ გამოიმუშავებს მისი ორგანიზმი საჭირო რაოდენობის ატფ-ს?

პასუხი: _____

_____

ბლოკი 2. სამუშაო ფურცლებზე პასუხები



დანართი 2.1. რესურსი მასწავლებლისთვის — კითხვებზე პასუხი (მოსწავლის წიგნი გვ. 104)

1. **როგორ ფიქრობთ, რა კავშირი შეიძლება იყოს სუნთქვის სიხშირესა და კუნთის უჯრედებში ენერგიის წარმოქმნას შორის?**

პასუხი: ინტენსიური სირბილისას კუნთებს სჭირდებათ მეტი ენერგია (ატფ). ამ ენერგიის მისაღებად კი უჯრედებმა მეტი ჟანგბადი ჟანგბადი უნდა მოიხმარონ, რათა დაშალონ გლუკოზა. ამიტომ, ორგანიზმის სუნთქვის სიხშირე მაღალია. ამ გზით კუნთებს მეტი ჟანგბადი მიეწოდება.

2. **ორივე სპორტსმენი ენერგიის მისაღებად გლუკოზას იყენებს. რა მიზეზით შეიძლება განსხვავდებოდეს მათი კუნთების მუშაობის ეფექტურობა?**

პასუხი: მარათონელს სირბილის დროს ჟანგბადი საკმარისად მიწოდება, რაც ბევრად ეფექტურია, ხოლო სპრინტერის ორგანიზმი (მოკლე დისტანციაზე სირბილის დროს) გადადის ანაერობულ (უჟანგბადო) რეჟიმზე, სადაც ნაკლები ენერგია გამოიყოფა და გროვდება რძემჟავა, რაც კუნთების სწრაფ დაღლას იწვევს.

3. **თქვენი აზრით, რა ხდება კუნთში მაშინ, როდესაც ჟანგბადის მიწოდება არ არის საკმარისი?**

პასუხი: იწყება გლიკოლიზის პროცესი, პროდუქტად მიიღება რძემჟავა, რაც იწვევს კუნთების წვას, ტკივილს.



დანართი 2.4. სამუშაო ფურცელი N 4-ის პასუხები

ა. დაგუბებულ წყალს აქვს პოტენციური ენერგია;

ბ. წყლის ვარდნის დროს წყლის პოტენციური ენერგია მის კინეტიკურ ენერგიაში გადადის;

გ. წყლის ენერგია ჯერ მექანიკურ და შემდეგ ელექტრულ ენერგიად გარდაიქმნება;

დ. მიტოქონდრიის მემბრანაში წყალბადის პროტონებს აქვთ პოტენციური ენერგია, ეს ენერგია გარდაიქმნება ატფ-სინთაზას კინეტიკურ ენერგიად, შემდეგ კი ატფ-ში ქიმიური ბმების ენერგიის სახით გროვდება.

ე·

ჰიდროელექტროსადგური (ჰესი)	**მიტოქონდრიის შიდა მემბრანა**
კაშხალში დაგროვილი წყალი	მემბრანათაშორის სივრცეში დაგროვილი წყალბადის იონები
წყლის პოტენციური ენერგია	პროტონმოძრავი ძალა / ელექტროქიმიური პოტენციალი
კაშხლის ტურბინა	ატფ-სინთაზას პროტონული არხი / ფერმენტი
ელექტროენერგია	ატფ-ის მაკროერგულ ბმებში აკუმულირებული ქიმიური ენერგია



დანართი 2.5. სამუშაო ფურცელი N 5-ის პასუხები

ა) დამოუკიდებელი ცვლადი: ჟანგბადის კონცენტრაცია (X ღერძი).

დამოკიდებული ცვლადი: ატფ-ის მოლეკულების რაოდენობა (Y ღერძი).

ბ) ჰაერში ჟანგბადის მოცულობითი წილი 21%-ია. ჟანგბადის კონცენტრაცია იზომება პროცენტებით (%).

გ) უჯრედში გამოთავისუფლებული ენერგიის რაოდენობაზე მსჯელობენ სინთეზირებული ატფ-ის რაოდენობის მიხედვით.

დ) ჟანგბადის კონცენტრაციის 5%-დან 20%-მდე ზრდის ინტერვალში ატფ-ის რაოდენობა მკვეთრად იცვლება (იზრდება 2-დან 34-მდე). ამ დროს უჯრედში „ირთვება“ და აქტიურად მიმდინარეობს უჯრედული სუნთქვის ჟანგბადიანი ეტაპი (კრებსის ციკლი და ელექტრონების სატრანსპორტო ჯაჭვი). ატფ-ის რაოდენობის მკვეთრი ზრდა წყდება, როდესაც ჟანგბადის კონცენტრაცია 20%-ს აღემატება.

ე) როდესაც ჟანგბადის კონცენტრაცია 0%-ია, ატფ-ის რაოდენობა ტოლია 2-ის. ამ დროს მიმდინარეობს უჯრედული სუნთქვის მხოლოდ უჟანგბადო ეტაპი — გლიკოლიზი.

ვ) გრაფიკზე მრუდის გადასვლა სტატიკურ ფაზაში (პლატო) მიუთითებს იმაზე, რომ მიტოქონდრიამ მიაღწია თავის მაქსიმალურ სიმძლავრეს. რადგან, ატფ-ის წარმომქმნელი ყველა ფერმენტი (მათ შორის ატფ-სინთაზა) ბოლომდეა დატვირთული; ან ამოიწურა სინთეზისთვის საჭირო სხვა სუბსტრატების — ადფ-ისა და გლუკოზის მარაგი.

ზ) სისტემაში გლუკოზის რაოდენობის შემცირებით გრაფიკი განიცდის დეფორმაციას და დაიხრება X ღერძისკენ. ჟანგბადის რაოდენობის შემდგომი გაზრდის მიუხედავად, ატფ-ის რაოდენობა აღარ გაიზრდება, რადგან გლუკოზა ხდება მალიმიტირებელი რეაგენტი.

თ) სპრინტს შეესაბამება გრაფიკის საწყისი მონაკვეთი, სადაც ჟანგბადის გამოყენება 0%-ია. ვინაიდან სირბილი სულ 10-12 წამს გრძელდება, კუნთები ენერგიას (ატფ-ს) გამოიმუშავებენ ძალიან სწრაფად, უჟანგბადოდ — მხოლოდ გლიკოლიზისა და უჯრედში უკვე არსებული კრეატინფოსფატური მარაგების ხარჯზე. მიტოქონდრიები და ჟანგბადის ტრანსპორტი ამ უმოკლეს დროში პროცესში სრულფასოვნად ჩართვას უბრალოდ ვერ ასწრებს.

ი) 8000 მეტრის სიმაღლეზე, ატმოსფერული წნევის ვარდნისა და ჟანგბადის მწვავე დეფიციტის გამო, მიტოქონდრიები წყვეტს მუშაობას და უჯრედები გადადის მხოლოდ გლიკოლიზურ ენერგოწარმოებაზე. მიუხედავად ორგანიზმში გლუკოზის არსებობისა, გამოყოფილი ატფ-ის ეფექტურობა დაახლოებით 18-ჯერ მცირდება, რის გამოც ორგანიზმი განიცდის ენერგეტიკულ შიმშილს. ამას თან ახლავს კუნთებში რძემჟავას (ლაქტატის) დაგროვება, რაც იწვევს ფიზიკურ სისუსტეს.

(შეახსენეთ მოსწავლეებს რომ პასუხი ამ სიტუაციის მხოლოდ ზედაპირული ახსნაა, რეალურ სიტუაციაში პროცესები უფრო კომპლექსურია).

ჟანგბადის ნაკლებობისას აერობული ფაზის ბლოკირების თავიდან ასაცილებლად კრიტიკულად მნიშვნელოვანია მთამსვლელების ნელი კლიმატური აკლიმატიზაცია. ორგანიზმი ამ ბუნებრივ გამოწვევას დროთა განმავლობაში ჰომეოსტაზურად უმკლავდება სისხლში ერითროციტების (წითელი უჯრედების) და ჰემოგლობინის რაოდენობის გაზრდით (ჟანგბადის ტევადობის გასაზრდელად), ხოლო ექსტრემალურ სიმაღლეებზე — გარედან ჟანგბადის ხელოვნური მიწოდებით (ჟანგბადის ბალონები).

ბლოკი 3. რუბრიკების პასუხები



დანართი 3.1. ჩართულ კითხვებზე პასუხები და რეკომენდაციები

ჩართული კითხვების გამოყენება ყველაზე ეფექტურია უშუალოდ ახალი მასალის გადაცემის პროცესში (ტექსტში, ვიდეოში ან ლექციის დროს). როდესაც მოსწავლე კითხულობს ან ისმენს ახალ მასალას, მისი სამუშაო მეხსიერება იტვირთება. თუ ინფორმაციის ნაკადი არ შეჩერდა, ხდება კოგნიტური გადატვირთვა. ამ დროს ჩართული კითხვა ,,აიძულებს“ მოსწავლეს, გააკეთოს მოკლე პაუზა, გადაამუშაოს ახლახან მიღებული ინფორმაცია, დააკავშიროს ის წინარე ცოდნასთან და მხოლოდ ამის შემდეგ გადავიდეს მომდევნო მონაკვეთზე. ეს პაუზა ხელს უშლის ზედაპირულ/მექანიკურ კითხვას.

1. კვების როგორი ტიპი აქვთ ქლოროფილის შემცველ ორგანიზმებს?

ასეთ ორგანიზმებს კვების ავტოტროფული ტიპი აქვთ — არაორგანული ნივთიერებებიდან ქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს;

მეთოდური რეკომენდაცია: სთხოვეთ მოსწავლეებს დაასახელონ ქლოროფილის შემცველი ორგანიზმები არა მხოლოდ მცენარეებიდან, არამედ სხვა სამეფოებიდანაც (მაგ. ციანობაქტერიები, წყალმცენარეები).

2. გაიხსენეთ, რომელი ნივთიერებების დაშლის დროს გამოთავისუფლდება უჯრედებში ენერგია.

   უჯრედში ენერგია თავისუფლდება ნახშირწყლების, ლიპიდების, ცილების დაშლის დროს;

3. დააკვირდით სქემას, როგორია გლიკოლიზის ენერგეტიკული გამოსავალი?

   გლიკოლიზის ეტაპზე გამოიყოფა 2 ატფ;

4. დეტალურად აღწერეთ გზა, რომელსაც გაივლის ნახშირორჟანგი მიტოქონდრიიდან უჯრედშორის სივრცემდე.

   მიტოქონდრიის მატრიქსი → მიტოქონდრიის შიდა მემბრანა → მემბრანათშორისი სივრცე → მიტოქონდრიის გარე მემბრანა → ციტოზოლი → პლაზმური მემბრანა;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: დაუსვით მოსწავლეებს კითხვა: რა გზით გადის CO_2 ყველა ამ მემბრანას — სჭირდება თუ არა მას ცილა გადამტანი თუ ატფ-ის ენერგია. გაიხსენებს უჯრედული ტრანსპორტის სახეებს.

5. ენერგეტიკული თვალსაზრისით, უჯრედული სუნთქვის რომელი ეტაპია ყველაზე მომგებიანი?

   ენერგეტიკული თვალსაზრისით ყველაზე მომგებიანია ელექტრონების ტრანსპორტის ეტაპი;

6. *როგორ ფიქრობთ, სითბოს სახით გამოთავისუფლებული ენერგია უბრალოდ ,,დანაკარგია" უჯრედისთვის თუ სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ,,ხარჯი"? დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.*

   სითბოს სახით გამოთავისუფლებული ენერგია სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ,,ხარჯია", რომელიც ათბობს სხეულს.

7. *შეაფასეთ რძემჟავა და სპირტული დუღილის პროცესების პრაქტიკული მნიშვნელობა კვების მრეწველობაში.*

   სპირტული დუღილი საფუძვლად უდევს მეღვინეობასა და პურის წარმოებას, დუღილის პროდუქტები — ალკოჰოლი და ნახშირორჟანგი — განაპირობებს სასმელების ხარისხს და ცომის აფუებას. რძემჟავური დუღილი საფუძვლად უდევს რძის პროდუქტებისა და მწნილების წარმოებას, რადგან გამოყოფილი რძემჟავა იწვევს ცილების დენატურაციას და მათ გამოლექვას (ხაჭო და ყველი). ასევე ქმნის მჟავა არეს, რომელიც ბუნებრივად აკონსერვებს საკვებს და იცავს მას გაფუჭებისგან.

დანართი 3.2. პასუხები ,,უპასუხეთ კითხვებს" რუბრიკაზე და რეკომენდაციები

ქვემოთ მოცემული კითხვები ძირითადად აფასებს **დეკლარაციულ** (ფაქტების, ეტაპებისა და ლოკალიზაციის ცოდნა) და **პროცედურულ ცოდნას** (პროცესების თანმიმდევრობა და პროდუქტების წარმოქმნა). კითხვების გამოიყენეთ მოსწავლეების თვითშეფასებისთვის, თავად შეამოწმონ საკუთარი ცოდნა — სწორად ახსოვთ თუ არა ეტაპები, ფერმენტები და პროდუქტები, რაც უზრუნველყოფს **მეტაკოგნიტური უნარების** გააქტიურებას.

1. პლასტიკური ცვლის რეაქციებში მარტივი ნივთიერებებისგან რთული ორგანული ნაერთები წარმოიქმნება, ამ დროს ენერგია იხარჯება. ენერგეტიკული ცვლის რეაქციების შედეგად რთული ორგანული ნივთიერებები იშლება და ენერგია გამოთავისუფლდება;

2.

უჯრედული სუნთქვის ეტაპები	პროდუქტები
გლიკოლიზი	პიროყურძნის მჟავა, ატფ
კრებსის ციკლი	ნახშირორჟანგი, ატომური წყალბადი, ატფ
ელექტრონების ტრანსპორტი	ატფ, წყალი

3. გლიკოლიზის ეტაპს ჟანგბადი არ სჭირდება;

4. გლიკოლიზი — მიმდინარეობს ციტოზოლში, პროცესში ჩართულია 10 ფერმენტი;

   კრებსის ციკლი — მიმდინარეობს მიტოქონდრიის მატრიქსში. პროცესში 8 ფერმენტია ჩართული;

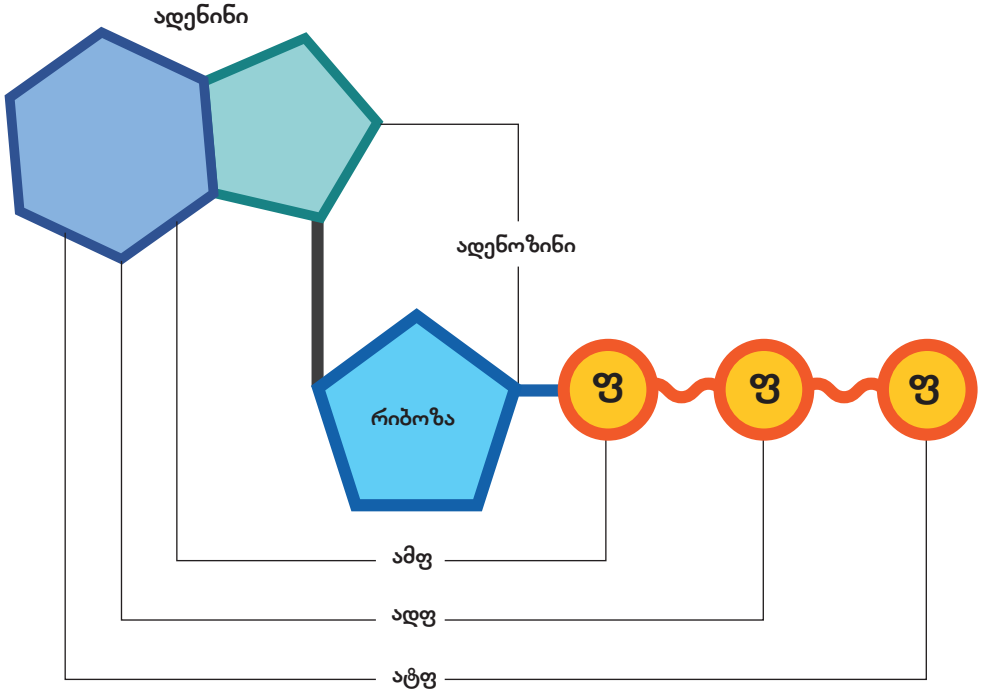
   ელექტრონების ტრანსპორტი — მიმდინარეობს მიტოქონდრიის შიდა მემბრანაზე, პროცესში ჩართულია ცილებისგან წარმოქმნილი ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვი;

5. ატფ-ში აკუმულირებული ქიმიური ბმების ენერგია უჯრედში გარდაიქმნება მექანიკურ, ელექტრულ, ქიმიურ ენერგიად.

დანართი 3.3: საშინაო დავალებების პასუხები და რეკომენდაციები

1. აერობული ორგანიზმები ერთი მოლეკულა გლუკოზის დაშლის შედეგად 38 მოლეკულა ატფ-ს წარმოქმნიან, ანაერობები კი 2-ს.

2.



3.

ა) ცელულოზა + ჟანგბადი = ნახშირორჟანგი + წყალი + ენერგია;

   გლუკოზა + ჟანგბადი = ნახშირორჟანგი + წყალი + ენერგია.

ბ) ცელულოზაში აკუმულირებული ქიმიური ბმების ენერგია ქაღალდის წვის დროს გარდაიქმნება სითბურ და სინათლის ენერგიად;

გ) გამოთავისუფლებული ენერგია სითბოს სახით გაიფანტებოდა.

დანართი 3.4. რუბრიკა ეს საინტერესოა

1. დაკონსერვებული პროდუქტი → ბოტულოტოქსინი → სასუნთქი კუნთების დამბლა → ჟანგბადის დეფიციტი → ატფ-ის სინთეზის შეწყვეტა.

   დონეების მიხედვით ორგანიზებული ჯაჭვი — სინაფსი → სასუნთქი კუნთები → აირთა ცვლა → ქსოვილების ჟანგბადით მომარაგება → უჯრედული ენერგეტიკა.

2. ტოქსინი ბლოკავს კუნთების ინერვაციას. მუშაობის შეწყვეტის გამო უჯრედი კარგავს ენერგიას და განიცდის დეფიციტს.

3. ბოტულოტოქსინი მოქმედებს სინაფსებზე (ორგანოს დონეზე), ხოლო CO და ციანიდი — მიტოქონდრიაში.

4. ბოტოქსი (ბოტულოტოქსინის მცირე დოზები) მედიცინასა და კოსმეტოლოგიაში გამოიყენება მიმიკური ნაოჭებისა და სპაზმების სამკურნალოდ.

5. ანტიოქსიდანტები ანეიტრალებენ თავისუფალ რადიკალებს. პროდუქტები: კენკრა, ციტრუსი, მწვანილი.

6. ანტიოქსიდანტები იცავენ მიტოქონდრიის მემბრანას რადიკალებისგან, ინარჩუნებენ ატფ-ის სინთეზს და აცილებენ უჯრედის სიკვდილს.

7. რადიკალების ზომიერი მატება იწვევს აპოპტოზს (პროგრამირებულ სიკვდილს), ხოლო ჭარბი რაოდენობა — ნეკროზს. ანტიოქსიდანტი ამცირებს სტრესს და იცავს უჯრედს.

ბლოკი 4. დამატებითი რესურსები მასწავლებლისთვის

აქტივობების ჩატარება შესაძლებელია ერთდროულად, ქიმიის, ფიზიკისა და ბიოლოოგიის მასწავლებლების მონაწილოებით. წარმოდგენილი რესურის კი მოკლე მასალაა ბიოლოგიის მასწავლებლისთვის, თუ გადაწყვეტს რომ მთლიანი საკითხი დამოუკუდებლად განახორციელოს.

დანართი 4.1. რესურსი მასწავლებლისთვის: ატფ/ადფ-ის ციკლის ბიოქიმიური არსი

რატომ არის ატფ/ადფ-ის ციკლი უჯრედის სიცოცხლის მთავარი მაჩვენებელი?

უჯრედში არ არის ენერგიის მარაგი — მასში მიმდინარეობს ენერგიის გარდაქმნის უწყვეტი პროცესი. როდესაც უჯრედს სჭირდება ენერგია (მაგალითად, ცილის ასაწყობად ან ნივთიერების ტრანსპორტირებისთვის), ატფ-ის მოლეკულას წყლის მონაწილეობით ჩამოცილდება მესამე, ყველაზე არასტაბილური ფოსფატის ჯგუფი. ამ დროს გამოიყოფა ენერგია, ხოლო ატფ გარდაიქმნება **ადფ-ად** (ადენოზინდიფოსფატად). საკვების (გლუკოზის) დაშლისას გამოყოფილი ენერგიით უჯრედი ადფ-ს ხელახლა უერთებს ფოსფატის ჯგუფს და ისევ იღებს ატფ-ს.

მეტაბოლური მარკერი და სიცოცხლისუნარიანობა:

ატფ-ის თითოეული მოლეკულა წამზე ნაკლებს ცოცხლობს და წუთში ძალიან ბევრჯერ გადის ამ დაშლა-აღდგენის წრედს. დღე-ღამის განმავლობაში ჩვენი სხეული იმდენივე კილოგრამ ატფ-ს შლის და ხელახლა ასინთეზებს, რამდენსაც თავად იწონის.

თუ უჯრედში ატფ-ის ხელახალი სინთეზი შეწყდა, არსებული ატფ წამიერად ამოიწურება, ATP/ADP ფარდობა მკვეთრად დაეცემა, უჯრედული პროცესები მყისიერად გაჩერდება და დადგება ბიოლოგიური სიკვდილი. სწორედ ამიტომ, თანამედროვე ლაბორატორიულ პრაქტიკაში უჯრედის სიცოცხლისუნარიანობის (*Cell Viability*) დადგენის მთავარი ბიოქიმიური მარკერი სწორედ ატფ-ის არსებობა და ATP/ADP ბალანსია.

უჯრედის ენერგეტიკული მუხტი (Energy Charge — EC)

ეს არის ფორმულა, რომლითაც ბიოქიმიაში იზომება უჯრედის სიცოცხლისუნარიანობა და მეტაბოლური მარკერი:

$$EC = \frac{([ATP] + 0.5\,[ADP])}{([ATP] + [ADP] + [AMP])}$$

[ATP], [ADP], [AMP] — შესაბამისი ნუკლეოტიდების კონცენტრაციებია უჯრედში (AMP — ადენოზინმონოფოსფატია, სრულად განმუხტული ფორმა).

ნორმა (ცოცხალი უჯრედი): EC მერყეობს 0.8 — 0.95 ფარგლებში.

კრიტიკული ზღვარი / სიკვდილი: EC < 0.5 (როდესაც ატფ-ის აღდგენა ვეღარ ხერხდება).

დანართი 4.2. დამატებითი საკითხავი ინტეგრირებისთვის
რა მნიშვნელობა აქვს მუხტების განცალკევებას?

ელექტრონების ტრანსპორტირებისას პროტონული ტუმბოები მატრიქსიდან მემბრანათაშორის სივრცეში აქტიურად გაოტუმბავენ დადებითად დამუხტულ წყალბადის იონებს (H^+).

მემბრანის **გარე მხარეს** გროვდება დადებითი მუხტი (+), ხოლო **შიდა მხარეს** (მატრიქსში) რჩება უარყოფითი მუხტი (-). იქმნება **მემბრანული პოტენციალთა სხვაობა (Δφ)** — ანუ **ძაბვა** მემბრანის შიდა და გარე ზედაპირებს შორის.

თვალსაჩინოებისთვის: მემბრანა ემსგავსება დატენილ **კონდენსატორს** ან **აკუმულატორს**. ძაბვა მემბრანაზე შეადგენს დაახლოებით 150-180 მილივოლტს (მვ).

რა აიძულებს პროტონებს მოძრაობას?

პროტონებზე მოქმედებს ორი ფიზიკური ფაქტორი ერთდროულად:

ელექტრული ძალა: დადებითი მუხტი (+) გარედან განიზიდება და მიიზიდება შიდა უარყოფითი მუხტისკენ (-).

კონცენტრაციული (ქიმიური) გრადიენტი პროტონების სიმჭიდროვე გარეთ ბევრად მეტია, ვიდრე შიგნით (pH გრადიენტი).

რა არის ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ემძ)

ამ ორი ძალის ჯამი ქმნის **პროტონმამოძრავებელ ძალას (Proton-Motive Force — PMF)**, რომელიც ფიზიკური არსით არის წყაროს **ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ემძ)**.

სწორედ ეს ემძ წარმოადგენს იმ „ქიმიურ-ელექტრულ წნევას“, რომელსაც სურს H^+ იონების უკან, მატრიქსში დაბრუნება.

ნაბიჯი 3: ატფ-სინთაზას „ჩართვა“ და დენის აღძვრა

როგორ ირთვება ატფ-სინთაზა?

მემბრანა თავისთავად იზოლატორია და პროტონებს უბრალოდ ასე არ ატარებს. ერთადერთი „ღია კარი“ არის **ატფ-სინთაზას პროტონული არხი**.

როდესაც ელექტრომამოძრავებელი ძალა კრიტიკულ ზღვარს აღწევს, H^+ იონები იწყებენ იძულებით დინებას არხში.

ენერგიის გარდაქმნის ჯაჭვი:

პროტონული დენი: H^+ იონების ნაკადი არხში არის **ნამდვილი ელექტრული დენი** (მუხტების მიმართული მოძრაობა).

მექანიკური ბრუნვა: ეს დენი გადის სინთაზას მბრუნავ ნაწილში (როტორში) და **ატრიალებს მას** (როგორც წყლის ნაკადი ატრიალებს წისქვილის ბორბალს).

ქიმიური ბმა: ბრუნვითი მექანიკური ენერგია აიძულებს ფერმენტს, შეაერთოს ადფ და ფოსფატი — იქმნება ატფ-ის ქიმიური ბმა.

როგორ აიხსნება მემბრანის დადებითი და უარყოფითი მუხტის მოქმედების შედეგი: წარმოიდგინეთ, რომ მიტოქონდრიის მემბრანა ბატარეაა. პროტონების გადატუმბვით მემბრანის გარეთ დადებითი მუხტი გროვდება, შიგნით კი უარყოფითი. მათ შორის იქმნება **პოტენციალთა სხვაობა (ძაბვა)**.

ეს მუხტების განსხვავება აჩენს **ელექტრომამოძრავებელ ძალას (ემძ-ს)**, რომელიც პროტონებს შიგნით შემოჭრისკენ უბიძგებს. ერთადერთი გზა ატფ-სინთაზას არხია. როდესაც პროტონები ამ ემძ-ს წყალობით არხში გაივლიან, იქმნება პროტონული დენი, რომელიც სინთაზას ტურბინასავით ატრიალებს და ატფ-ს აწყობს.

ენერგიის მუდმივობის კანონი: ენერგია არ ჩნდება არაფრისგან და არ ქრება — ის მხოლოდ ფორმას იცვლის. დაგროვილი (პოტენციური) ენერგია გარდაიქმნება მოძრაობის (კინეტიკურ) ენერგიად, ხოლო შემდეგ — სასარგებლო ენერგიად.

ძირითადი ცნების მარტივი განმარტება

პოტენციალური ენერგია — დაგროვილი ენერგია, რომელიც მზადაა სამუშაოს შესასრულებლად, როდესაც სისტემას მიეცემა საშუალება. დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებულ სხეულებს (წყალი კაშხალში) დედამიწის მიზიდულობის გამო აქვთ მასის პროპორციული პოტენციალური ენერგია.

ენერგიის გარდაქმნა კაშხალსა და მიტოქონდრიაში:

დაგროვილი წყალი → პოტენციალური ენერგია → წყლის ვარდნა → ელექტროენერგია / დენი

წყალი/პროტონი → სიმაღლე/მუხტი → კინეტიკური → ელექტროენერგია/ატფ

1. ჰიდროელექტროსადგური (კაშხალი)

დაგროვება: ტუმბოები ან მდინარე წყალს აგროვებს მაღალ კაშხალში.

პოტენციალური ენერგია: კაშხლის მიღმა არსებულ წყალს აქვს **გრავიტაციული პოტენციალური ენერგია** ($E_p = mgh$), რადგან ის დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზეა.

გარდაქმნა (კინეტიკური ენერგია): როდესაც კარს ვხსნით, წყალი უზარმაზარი სიჩქარით ეშვება დაბლა — პოტენციური ენერგია გადადის **კინეტიკურ ენერგიაში** და ატრიალებს ტურბინას.

შედეგი: ტურბინა გვაძლევს **ელექტროენერგიას**.

2. მიტოქონდრიის შიდა მემბრანა

პროტონული ტუმბოები (სუნთქვითი ჯაჭვი) H^+ იონებს გაოტუმბავენ მემბრანათაშორის სივრცეში.

მემბრანის გარეთ დაგროვილ იონებს H^+ აქვთ **ელექტროქიმიური პოტენციალური ენერგია** (დადებითი მუხტების სიმჭიდროვე + pH გრადიენტი).

როდესაც იხსნება ატფ-სინთაზას პროტონული არხი, პროტონები გადადიან მატრიქსში — პოტენციალური ენერგია გადადის **პროტონების მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიაში** და ატრიალებს ატფ-სინთაზას როტორს.

მბრუნავი ფერმენტი წარმოქმნის ატფ-ის ქიმიურ ბმებს.

პოტენციალთა სხვაობა და ძაბვა (Δφ): პროტონების გადატუმბვით მემბრანის გარეთ გროვდება დადებითი მუხტი (+), შიგნით — უარყოფითი (-). იქმნება **მემბრანული პოტენციალი (დაახლოებით** 150-200 მვ).

ელექტრომამოძრავებელი ძალა (პროტონმამოძრავებელი ძალა): ელექტრული ველისა და pH გრადიენტის ერთობლიობა ქმნის ძალას, რომელიც აიძულებს წყალბადის კატიონებს უკან დაბრუნდეს.

ეტაპი	ჰიდროელექტროსადგური	მიტოქონდრია
რა გროვდება?	გარკვეული რაოდენობის წყალი	H^+კატიონები მემბრანის გარეთ
რა ქმნის პოტენციალს?	სიმაღლეთა სხვაობა (გრავიტაცია)	მუხტებს შორის სხვაობა (ელექტრული ძაბვა, დაახლოებით 180 მვ).
ენერგიის ტიპი	გრავიტაციული პოტენციალური ენერგია	ელექტროქიმიური პოტენციალური ენერგია
ტურბინა	მექანიკური ტურბინა	ატფ-სინთაზას ნანოტურბუნა
საბოლოო პროდუქტი	ელექტროენერგია	ატფ-ის ქიმიური ენერგია

ენერგიის გარდაქმნა მიტოქონდრიაში	ენერგიის გარდაქმნა ჰიდროელექტროსადგურში
გარე და შიდა მემბრანებს შორის სივრცეში დაგროვილ წყალბადის პროტონებს აქვთ დიდი პოტენციური ენერგია, მიისწრაფვის კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით	კაშხალში დაგროვილ წყალს აქვს დიდი პოტენციური ენერგია და მიისწრაფვის ქვემოთ, მიზიდულობის ძალის გამო.
პროტონების ნაკადი აიძულებს ატფ-სინთაზას როტორს დატრიალდეს. ამ დროს მექანიკური ენერგია მიიღება	კაშხალიდან გადმოვარდნილი წყალი ეცემა ტურბინას, ატრიალებს მას, ამ დროს წყლის პოტენციური ენერგია წყლისა და ტურბინი კინეტიკურ ენერგად გარდაიქმნება.
ფერმენტის დატრიალების მექანიკური ენერგია ადფ-ისა და ფოსფორმჟავადან ატფ-ის წარმოქმნას ხმარდება.	ტურბინის მექანიკური ენერგია გენერატორში ელექტროენერგიად გარდაიქმნება.

დამატებითი სადისკუსიო კითხვები:

- წარმოიდგინეთ, რომ კაშხალი გაიბზარა და წყალმა გვერდიდან გაჟონა. რა დაემართება ტურბინას?
- ახლა წარმოიდგინეთ, რომ მიტოქონდრიის მემბრანა დაზიანდა (მასზე იმოქმედა შხამმა/ტოქსინმა). რა დაემართება H^+ იონების პოტენციალურ ენერგიას და ატფ-ის სინთეზს?

სასურველი პასუხი:

- ტურბინა გაჩერდება, რადგან წყალი მასში აღარ გაივლის!
- პროტონები უსისტემოდ გადავლენ, პოტენციალური ენერგია სითბოდ გაიფანტება და ატფ-ის სინთეზი შეწყდება.

7.3.2. ფოტოსინთეზი

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: ფოტოსინთეზი

საკვანძო კითხვა: *რატომ ითვლება ფოტოსინთეზი სიცოცხლის ერთადერთ „ენერგეტიკულ“ ხიდად მზესა და დედამიწის ცოცხალ სამყაროს შორის.*

სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისებები, ბიომრავალფეროვნება.

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე აღწერს ფოტოსინთეზის ფაზებს, ასახელებს რეაგენტებსა და პროდუქტებს;
- მოსწავლე ადგენს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს გარემო ფაქტორებსა (სინათლის ინტენსივობა, ტალღის სიგრძე/ფერი) და ფოტოსინთეზის სიჩქარეს შორის;
- მოსწავლე გეგმავს კვლევას, განსაზღვრავს ცვლადებს, აანალიზებს მონაცემებს და აფასებს ექსპერიმენტის ვალიდურობას.

ხანგრძლივობა: წარმოდგენილი აქტივობები, რესურსები და სცენარი ატარებს **სარეკომენდაციო ხასიათს** და გაწერილია 2-3 სთ. კლასის საჭიროებების, მოსწავლეთა ინტერესების, დროის, რესურსებისა და სკოლის მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის შესაბამისად სასურველია, აქტივობების თანმიმდევრობის, მათი შინაარსისა და სტრუქტურის ცვლილება.

შემოთავაზებული 5E მოდელი წარმოადგენს გაკვეთილის დაგეგმვის ერთ-ერთ შესაძლო გზას. აღნიშნული რესურსებისას და ინსტრუმენტების მორგება შესაძლებელია სწავლების ნებისმიერ სხვა კონსტრუქტივისტულ მეთოდოლოგიასთან.

2. აქტივობების დაგეგმვა

გამოწვევის ეტაპი

აქტივობა 1: ენერგიის მუდმივობის კანონი და ფოტოსინთეზი

მიზანი: წინარე ცოდნის გააქტიურება და ინტეგრირება ფიზიკასთან (**ენერგიის მუდმივობის კანონი**). კრიტიკული აზროვნების გააქტიურება ინტერესის აღმძვრელი კითხვის საშუალებით.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 115-116.

აღწერა: მასწავლებელი სვამს კითხვას: რატომ ვერ მოძებნით თქვენს კვებით რაციონში საკვებ პროდუქტს, რომელსაც პირდაპირი ან ირიბი კავშირი არ აქვს მზის ენერგიასთან? (მოსწავლის წიგნი გვ. 115). მოსწავლეები ცდილობენ დაასახელონ გამონაკლისები (სავარაუდოდ ხორცი, სოკო) საკუთარი კვების რაციონიდან. შემდეგ მასწავლებელი ახსენებს ენერგიის მუდმივობის კანონს. მოსწავლეები ეცნობიან გვ. 116 შესავალი აქტივობის ტექსტს. მასწავლებელი აჯამებს აქტივობას.

რეკომენდაცია: წაახალისეთ მოსწავლეები გამოთქვან ვარაუდები, ჩამოწერონ წებოვან ფურცელზე. არ მისცეთ მზა პასუხი, აუხსენით რომ თავად შეაფასებენ საკუთარ ჰიპოთეზას საკითხის შესწავლის შემდეგ. შეახსენეთ ენერგიის მუდმივობის კანონი: განუმარტეთ, რომ ენერგია არც არაფრისგან წარმოიქმნება და არც უკვალოდ ქრება, ის მხოლოდ იცვლის ფორმას (მაგალითად, სინათლის ენერგია გარდაიქმნება ქიმიურ, ხოლო ქიმიური — მოძრაობის ან სითბურ ენერგიად). ამ ცოდნაზე დაყრდნობით, მზა პასუხის გაცემის გარეშე, დასვით დამატებითი კითხვა: *„თუ ენერგია არაფრისგან არ იქმნება, როგორ ფიქრობთ, რატომ უწოდებენ ფოტოსინთეზს ‘ენერგეტიკულ ხიდს’ მზესა და დედამიწას შორის?“* — და აღნიშნეთ, რომ ამ კითხვაზე ზუსტ პასუხსაც გაკვეთილის მსვლელობისას, ფოტოსინთეზის მექანიზმის გაცნობის შემდეგ მიხვდებიან.

აქტივობა 2: „ჭკვიანი სახვევების“ გაცნობა

მიზანი: მოსწავლეთა დაინტერესება პრობლემური სიტუაციის გაანალიზებით. ფოტოსინთეზისა და უჯრედული სუნთქვის პროცესების დაკავშირება თანამედროვე ბიოტექნოლოგიასთან;

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 116–117, „ჭკვიანი სახვევის“ ილუსტრაცია.

აღწერა: მასწავლებელი აჩვენებს „ჭკვიანი სახვევის“ ილუსტრაციას მოსწავლის წიგნიდან და სვამს კითხვას: *„როგორ შეიძლება წყალმცენარემ და სინათლემ დაჩქაროს ქსოვილების აღდგენა?“* მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდებს და ცდილობენ დააკავშირონ ჟანგბადის გამოყოფა უჯრედულ სუნთქვასა და რეგენერაციასთან. მასწავლებელი სვამს დამატებით კითხვას: *„ილუსტრაციაზე დაკვირვებით, როგორ ფიქრობთ, რა თვისებების გამო შეურჩიეს სახვევს ეს სახელი?“* მოსწავლეები ეცნობიან შესაბამის ტექსტს და მსჯელობენ მიღებულ შედეგებზე.

რეკომენდაცია: დატოვეთ სივრცე მსჯელობისთვის, ნუ მისცემთ მზა განმარტებას. მიეცით საშუალება, ილუსტრაციაზე არსებულ დეტალებზე დაკვირვებით თავად მივიდნენ დასკვნამდე, რატომ არის ეს სახვევი „ჭკვიანი“ და რა პერსპექტივებს აჩენს ის პაციენტებისთვის. შეახსენეთ, რომ „ჭკვიანი სახვევები" კვლევის ეტაპს გადის. დააკავშირეთ ორი სასიცოცხლო პროცესი, განუმარტეთ მოსწავლეებს, რომ ეს მაგალითი იდეალურად აჩვენებს ფოტოსინთეზისა და უჯრედული სუნთქვის ურთიერთკავშირს. სახვევში არსებული მიკროწყალმცენარეები სინათლის მოხვედრისას იწყებენ ფოტოსინთეზს და ჭრილობაზე გამოყოფენ სუფთა ჟანგბადს. ხაზი გაუსვით სამკურნალო ეფექტს, აუხსენით, რომ ჟანგბადი აჩქარებს ქსოვილების უჯრედულ სუნთქვასა და რეგენერაციას, ამასთანავე კლავს ანაერობულ ბაქტერიებს, რაც ხელს უშლის ინფექციის გავრცელებას.

აქტივობა 3: ქრომატოგრამის განხილვა

მიზანი: ფოთლის პიგმენტური შემადგენლობის ვიზუალიზაცია წინასწარ მომზადებული ქრომატოგრამის გამოყენებით; ქრომატოგრაფიის, როგორც დაყოფის თვისობრივი მეთოდის, გაცნობა და მოსწავლეთა ინტერესის აღძვრა პრობლემური კითხვების დასმით;

რესურსი: მოსწავლის წიგნი, წინასწარ მომზადებული, გამშრალი ქრომატოგრაფიული ქაღალდი (სადაც მკაფიოდ ჩანს განცალკევებული ზოლები: ქლოროფილი, კაროტინოიდები/ქსანტოფილი), მწვანე ფოთოლი, ჭიქა გამხსნელით და მწვანე ექსტრაქტი.

აღწერა: მასწავლებელი უჩვენებს მოსწავლეებს მწვანე ფოთოლს და სვამს კითხვას: *„მხოლოდ მწვანე პიგმენტებს შეიცავს მცენარის ფოთოლი, თუ მასში სხვა ფერის პიგმენტებიც არის?“* დროის დაზოგვის მიზნით, პიპეტით დააწვეთებს ექსტრაქტს ქაღალდზე, ჩაუშვებს ჭიქაში და პარალელურად აჩვენებს წინასწარ მომზადებულ, გამშრალ ქრომატოგრამას, სადაც ჩანს ყვითელი და ნარინჯისფერი ზოლებიც. მასწავლებელი განმარტავს, რომ ეს პიგმენტები მცენარისთვის მზის ენერგიის მიმღები „ანტენებია“ და სვამს კითხვებს:

- *თუ ფოთოლში რამდენიმე სხვადასხვა პიგმენტია, როგორ ფიქრობთ, იყენებს თუ არა მცენარე სინათლის ყველა ფერს (სპექტრს) თანაბრად?*
- *თუ ქლოროფილი მზის ენერგიას შთანთქავს, რატომ არის ფოთოლი მაინცდამაინც მწვანე და არა, სხვა რომელიმე ფერი?*
- რა იყო თქვენთვის მოულოდნელი ფოთლის შეფერილობასთან დაკავშირებით?

რეკომენდაცია: აუხსენით მოსწავლეებს, რომ ქრომატოგრაფია არის ნივთიერებების დაყოფის თვისობრივი მეთოდი, რომელიც ნარევს კომპონენტებად შლის მოლეკულური მასისა და ნივთიერების ხსნადობის მიხედვით. **დააკავშირეთ ბუნებრივ მოვლენებთან და რეალურ სიტუაციასთან**: აღნიშნეთ, რომ ყვითელი და ნარინჯისფერი პიგმენტები (ქსანტოფილი და კაროტინი) ზაფხულშიც არის

ფოთოლში, უბრალოდ მათ დიდი რაოდენობით მწვანე ქლოროფილი ფარავს. ნუ გაცემთ მზა პასუხებს სინათლის სპექტრსა და მწვანე ფერზე; ეს კითხვები გამოიყენეთ, როგორც „გამოკვლევის“ ეტაპთან დამაკავშირებელი, სადაც მოსწავლეები ჯგუფურად შეისწავლიან ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზას. ბოლო კითხვა დაგეხმარებათ მეტაკოგნიტური უნარების განვითარებისთვის.

გამოკვლევის ეტაპი

აქტივობა 4: ფერთა სპექტრი და ფოტოსინთეზი — კვლევიდან თეორიულ მოდელამდე

მიზანი: მოსწავლემ სიმულაციაში სინათლის ფერების (ტალღის სიგრძის) ცვლილებითა და მიღებული მონაცემების გვ. 118-ის დიაგრამასთან შედარებით დაადგინოს და ახსნას ფოტოსინთეზის ინტენსივობის დამოკიდებულება სინათლის სპექტრზე.

რესურსი: კომპიუტერი/პლანშეტი, ინტერნეტი, პროექტორი/ინტერაქტიული დაფა (სადემონსტრაციოდ). ფოტოსინთეზის ვირტუალური ლაბორატორია (სიმულატორი, სადაც იცვლება სინათლის ფილტრი/ტალღის სიგრძე და ითვლება გამოყოფილი ბუშტუკები). სამუშაო ფურცელი N 1 (დანართი 1.1), მოსწავლის წიგნი (გვ. 118 — ქლოროფილის მიერ სინათლის შთანთქმის დიაგრამა).

აღწერა: მასწავლებელი სვამს კითხვას: „როგორ იმოქმედებს სინათლის ფერის ცვლილება ფოტოსინთეზის სიჩქარეზე?“ მოსწავლეები სამუშაო ფურცელში წერენ ვარაუდს. სიმულაციაში მანძილის/ინტენსივობის პარამეტრს ტოვებენ მუდმივად, ცვლიან მხოლოდ სინათლის ფერს (წითელი, ლურჯი, მწვანე) და იწერენ ვირტუალური წამზომით აღრიცხული ბუშტუკების რაოდენობას. სიმულაციის დასრულების შემდეგ მიღებულ შედეგებს ადარებენ მოსწავლის წიგნის 118-ე გვერდზე მოცემულ გრაფიკს. ამოწმებენ, ემთხვევა თუ არა ვირტუალურ ლაბორატორიაში მიღებული პიკები (წითელი/ლურჯი) ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრის დიაგრამას. მოსწავლეები აყალიბებენ დასკვნას იმის შესახებ, თუ რატომ ირეკლავს ქლოროფილი მწვანე სინათლეს და რატომ იყენებს ეფექტურად წითელსა და ლურჯს.

რეკომენდაცია: დიაგრამა (გვ. 118) განიხილეთ ვირტუალური ცდის შემდეგ, მოსწავლეს უნდა დარჩეს აღმოჩენის განცდა და ჯერ თვითონ ნახოს, რომ მწვანე ფილტრზე ვირტუალური მცენარე თითქმის არ გამოჰყოფს ჟანგბადს. შეახსენეთ, რომ ვირტუალურ სლაიდერზე მანძილის ან სინათლის ინტენსივობის მაჩვენებელი არ გადააადგილონ, ვიდრე ფერებს ცვლიან, რათა ექსპერიმენტის შედეგები იყოს სანდო. მიანიშნეთ, რომ ჟანგბადის რაოდენობა ფოტოსინთეზის სიჩქარის ზუსტ მაჩვენებელს არ წარმოდაგენს, თუმცა შეიძლება ვიმსჯელოთ მისი სიჩქარის ცვლილების ტენდენციაზე.

აქტივობა 5: ფოტოსინთეზის ინტენსივობის ექსპერიმენტული კვლევა

მიზანი: ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე მოქმედი გარემო ფაქტორების დადგენა რეალური და ვირტუალური კვლევის გზით; ცვლადების იდენტიფიცირება და მონაცემთა შეგროვება.

რესურსი: სამუშაო ფურცელი 2 და 3. (დანართი 1.2, დანართი 1.3.)

წარმოადგენს ელოდეაზე ჩასატარებელი რეალური ექსპერიმენტის ანალოგიას.

აღწერა: მოსწავლეები ჯგუფებში ასრულებენ ექსპერიმენტებს, იკვლევენ ფოტოსინთეზის ინტენსივობის დამოკიდებულებას სინათლის წყაროდან დაშორებაზე და სინათლის ინტენსივობაზე. მონაცემების შეგროვებისა და დასკვნების ჩამოყალიბების შემდეგ აკეთებენ პრეზენტაციას. კლასის საჭიროებებიდან გამომდინარე და რესურსების შესაბამისად შესაძლებელია მოსწავლეებმა იმუშაონ რეალურ ან ვირტუალურ ექსპერიმენტზე.

რეკომენდაცია რეალური ექსპერიმენტისთვის:

აუხსენით, რომ მეცნიერული სიზუსტისთვის მხოლოდ დამოუკიდებელი ცვლადი (ამ შემთხვევაში, სინათლის ინტენსივობა) უნდა იცვლებოდეს, ხოლო ყველა სხვა ფაქტორი უცვლელი (კონტროლირებადი) უნდა იყოს. ნუ მიუთითებთ წინასწარ ტემპერატურის მატებაზე. მიეცით მოსწავლეებს საშუალება, თავად შენიშნონ თერმომეტრის ჩვენების ცვლილება. ეს განავითარებს მათში დაკვირვებისა და მონაცემთა ანალიზის უნარებს. დაეხმარეთ მოსწავლეებს ექსპერიმენტის თეორიულ მასალასთან დაკავშირებაში. აჩვენეთ, რომ: სინათლის ინტენსივობა პირდაპირ მოქმედებს სინათლის ფაზის რეაქციებზე; ტემპერატურის მატება გავლენას ახდენს სიბნელის ფაზის რეაქციებზე, სადაც ნახშირორჟანგის ფიქსაციას ფერმენტები წარმართავენ.

ცდომილების განხილვა: საკლასო დისკუსიისთვის გამოიყენეთ დ პუნქტი. წაახალისეთ ის მოსწავლეები, რომლებიც ეჭვქვეშ დააყენებენ კვლევის ვალიდურობას. აუხსენით, რომ მეცნიერებაში მეთოდის ხარვეზის აღმოჩენა და მისი გაუმჯობესების გზების ძიება (LED განათება, წყლის აბაზანა) ისეთივე მნიშვნელოვანი მიღწევაა, როგორც თავად ექსპერიმენტის ჩატარება.

ახსნის ეტაპი

აქტივობა 6: ფოტოსინთეზის სინათლისა და სიბნელის ფაზის რეაქციების გაცნობა.

მიზანი: ახსნის ეტაპზე მიღებული ემპირიული მონაცემების გაანალიზება. მოვლენათა შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირების დამყარება და მათი დაკავშირება ფოტოსინთეზის თეორიულ მოდელთან.

რესურსი: ვიდეო

აღწერა: ჯგუფების პრეზენტაციების შემდეგ მასწავლებელი სვამს მიმართულების მიმცემ კითხვებს:

„რატომ მივიღეთ სინათლის შთანთქმის სპექტრში მწვერვალები ლურჯ და წითელ უბანში?“

მოსწავლეები პაუზებით ნახავენ ვიდეოს, სადაც დეტალურად არის აღწერილი ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზის რეაქციები. საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებელი დასვამს დამაზუსტებელ კითხვებს.

„რა განსხვავებაა სინათლისა და სიბნელის ფაზებს შორის რეაგენტებისა და პროდუქტების მიხედვით?“

მოსწავლეები ჯგუფებში ან წყვილებში შექმნიან კონცეპტუალურ რუკას. მასწავლებელი აკეთებს ცნებების და ტერმინების (ქლოროფილი, ფოტოლიზი, თილაკოიდი, სტრომა) საბოლოო განმარტებას.

რეკომენდაცია: ქლოროპლასტებში არსებული ძირითადი პიგმენტები სინათლეს შთანთქავს შერჩევითად. ისინი მაქსიმალურად შთანთქავენ სპექტრის ლურჯ და წითელ ტალღებს, რის გამოც ამ განათებაზე ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა (წყლის ფოტოლიზი და ჟანგბადის გამოყოფა) ყველაზე სწრაფად მიმდინარეობს. მწვანე ფერს პიგმენტები თითქმის არ შთანთქავენ (ირეკლავენ), ამიტომ რეაქცია მკვეთრად ფერხდება.

სინათლის სიმძლავრის ზრდა ან მანძილის შემცირება პირდაპირ ზრდის ფოტონების რაოდენობას, რომლებიც ხვდებიან თილაკოიდის მემბრანის ფოტოსისტემებს. ეს აჩქარებს ელექტრონების ტრანსპორტირებას და ჟანგბადის წარმოქმნას.

ყურადღება მიაქციეთ, რომ მოსწავლეებმა დამოკიდებულ ცვლადად ყოველთვის სწორად მონიშნონ

გამოყოფილი ჟანგბადის (ან ბუშტუკების) რაოდენობა, რომელიც პროცესის ინტენსივობის საზომია.

დაუკავშირეთ ეს ექსპერიმენტი სახელმძღვანელოს მომდევნო გვერდზე მოცემულ სქემას (ფოტოსინთეზის ფაზები). აჩვენეთ მოსწავლეებს, რომ გამოყოფილი ჟანგბადი სწორედ სინათლის ფაზის პროდუქტია (წყლის ფოტოლიზის შედეგი).



ცოდნის გაღრმავებისა და ტრანსფერის ეტაპი



აქტივობა 7: მიღებული ცოდნის სხვა კონტექსტში გადატანა

მიზანი: შეძენილი ცოდნის ტრანსფერი ახალ კონტექსტში. ფოტოსინთეზის ბიოქიმიური პრინციპების დაკავშირება თანამედროვე ბიოტექნოლოგიებთან (ბიონიკა, „ხელოვნური ფოთოლი“) და გლობალურ გამოწვევებთან (ალტერნატიული ენერგეტიკა, კოსმოსური ბიორეაქტორები).

რესურსი: სამუშაო ფურცელი N 4 (დანართი 1.4.)

აღწერა: მასწავლებელი კლასს ჰყოფს ოთხ ჯგუფად და მოსწავლეებს სთავაზობს სადისკუსიო ქეისებს რუბრიკიდან „ეს საინტერესოა“: მოსწავლეები მუშაობენ სამუშაო ფურცლებზე, მსჯელობენ, როგორ წყვეტს ფოტოსინთეზის პრინციპების ტექნოლოგიური კოპირება გლობალურ ეკოლოგიურ და ენერგეტიკულ პრობლემებს.

რეკომენდაცია: ხაზი გაუსვით იმას, რომ ბიონიკა და ასტრობიოლოგია არ არის მხოლოდ თეორია — ეს არის ბუნებრივი პროცესის, ფოტოსინთეზის ტექნოლოგიური ტრანსფერი რეალური პრობლემების გადასაჭრელად. ჯგუფური მუშაობისას ყურადღება გაამახვილეთ „მოდელის შეზღუდვების“ კრიტიკულ ანალიზზე, რაც მოსწავლეებს განუვითარებს კრიტიკულ აზროვნებას.



შეფასების ეტაპი



აქტივობა 8: გაკვეთილის შეჯამება, შეფასება.

მიზანი: მოსწავლეთა მიერ შეძენილი ცოდნისა და კვლევითი უნარების შეფასება/თვითშეფასება, საწყის პრობლემურ კითხვასთან დაბრუნებისა და სიღრმისეული რეფლექსიის გზით.

რესურსი: რეფლექსიის ბარათები, განმავითარებელი შეფასების კითხვარი.

აღწერა: მოდულის შემაჯამებელ ნაწილში მასწავლებელი მოსწავლეებს კვლავ უბრუნებს გაკვეთილის დასაწყისში დასმულ **საკვანძო კითხვას:** *„რატომ ითვლება ფოტოსინთეზი ერთადერთ ენერგეტიკულ ხიდად მზესა და დედამიწის ცოცხალ სამყაროს შორის?“.* მოსწავლეები ინდივიდუალურად ან წყვილებში 3–4 წუთის განმავლობაში ავსებენ რეფლექსიის ბარათს, სადაც ადარებენ თავიანთ საწყის ვარაუდს ახალ, ექსპერიმენტულ და ტექნოლოგიურ კონტექსტში გააზრებულ ცოდნას.

რეკომენდაცია: წაახალისეთ მოსწავლეები, პასუხის დაწერისას გამოიყენონ ექსპერიმენტის შედეგები (სინათლის სპექტრი, ქლოროფილის როლი) და ბიონიკური მაგალითები. ეს დაგეხმარებათ შეაფასოთ, რამდენად ხედავს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს მზის ენერგიას, ქლოროპლასტს, ბიოსფეროს მდგრადობასა და მომავლის ტექნოლოგიებს შორის.

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

აქტივობების ციკლი საშუალებას გაძლევთ სასწავლო პროცესის დიფერენცირება განახორციელოთ სხვადასხვა მიმართულებით:

ა) მოსწავლეთა აღქმის სტილის გათვალისწინებით, მიეცით არჩევანი — ჩაატარონ რეალური ექსპერიმენტი ან იმუშაონ ვირტუალურ სიმულატორში.

ბ) ჯგუფური მუშაობისას დააბალანსეთ დავალებები —ანალიზისთვის კი შესთავაზეთ დამაზუსტებელი

კითხვები. ხოლო მაღალი მზაობის მოსწავლეები ჩართეთ ცდომილების ანალიზსა და ბიონიკური მოდელების შეზღუდვების კვლევაში დამხმარე რესურსების გარეშე.

გ) **გაღრმავების** ეტაპზე მიეცით ჯგუფებს საშუალება, აირჩიონ მათთვის საინტერესო ქეისი (კოსმოსი, მედიცინა თუ ეკოლოგია), ხოლო **შეფასების** ეტაპზე ინდივიდუალური რეფლექსიით შეაფასეთ თითოეული მოსწავლის პერსონალური პროგრესი.

4. შეფასება

შეფასების მთავარი მიზანია მოსწავლის მიერ კვლევითი უნარების დემონსტრირებისა და აზროვნების ტრანსფორმაციის შეფასება, როგორ გადადის ის ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზიდან სიღრმისეულ მიზეზ-შედეგობრივ გააზრებამდე. განმავითარებელი შეფასება ხორციელდება მთელი ციკლის განმავლობაში, სადაც მასწავლებელი აკვირდება კვლევის პროცესს, არგუმენტაციის ხარისხსა და ინდივიდუალურ პროგრესს საწყის ვარაუდთან შედარებით.

ფასდება*:*

საგნობრივი ცოდნა: ფოტოსინთეზის ფაზების, რეაგენტებისა და პროდუქტების ურთიერთკავშირი; ქლოროფილის მიერ სინათლის შთანთქმისა და არეკვლის პრინციპი;

კვლევითი უნარები: ცვლადების იდენტიფიცირება, მონაცემთა აღრიცხვა, გრაფიკებთან შედარება და ცდომილების წყაროების (მაგ. ტემპერატურული ცვლილება) აღმოჩენა;

კრიტიკული აზროვნება: ბუნებრივი პროცესის ტექნოლოგიურ მოდელებთან (ხელოვნური ფოთოლი, ჭკვიანი სახვევი) შედარებისა და მოდელის შეზღუდვების დანახვის უნარი.

მეტაკოგნიცია და რეფლექსია: საკუთარი წინარე ვარაუდებისა და ახალი ექსპერიმენტული ცოდნის შედარების უნარი.

რის მიხედვით ფასდება:

დეკლარატიული ცოდნა: იცნობს ფოტოსინთეზის ზოგად ქიმიურ ტოლობას, სინათლისა და სიბნელის ფაზების მიმდინარეობის ადგილს (თილაკოიდი, სტრომა).

პროცედურული ცოდნა: იცის, როგორ ჩაატაროს ვირტუალური ან რეალური ცდა, როგორ მართოს ცვლადები როგორ ააგოს და წაიკითხოს მონაცემთა დიაგრამა.

პირობისეული ცოდნა: ხსნის, **რატომ** არის ფოტოსინთეზი ერთადერთი ენერგეტიკული ხიდი მზესა და სიცოცხლეს შორის; აცნობიერებს, **როდის და როგორ** შეიძლება ფოტოსინთეზის პრინციპების გამოყენება ბიოტექნოლოგიაში, კოსმოსურ მისიებში თუ მედიცინაში.

როგორ ფასდება*:*

მიმდინარე განმავითარებელი კომენტარი (გამოკვლევისა და ახსნის ეტაპებზე): მასწავლებლის ზეპირი უკუკავშირი ჯგუფური მუშაობისა და ექსპერიმენტში ცვლადების სწორად მართვის დროს.

კვლევის სამუშაო ფურცლების შეფასება (გამოკვლევისა და ცოდნის გაღრმავების ეტაპებზე): მონაცემთა სიზუსტის, გრაფიკული ანალიზისა და ბიონიკურ ქეისებზე მსჯელობის ხარისხის მიხედვით.

თვითშეფასება და რეფლექსიის ბარათი (შეფასების ეტაპზე): მოსწავლის მიერ საკუთარი ჰიპოთეზის შეფასება, რამდენად შეიცვალა მისი წარმოდგენა გაკვეთილის დასაწყისიდან ბოლომდე.

შეფასების რუბრკა 1. ვირტუალური ლაბორატორია — ექსპერიმენტი

სოლო ტაქსონომიის დონე	კვლევის უნარების გამოვლენა	მოსწავლის ქცევის აღწერა
პრესტრუქტურული	ვერ აგროვებს მონაცემებს ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით.	ვერ ავსებს ცხრილებს. ვერ აკავშირებს გამოყოფილ ბუშტუკებს ფოტოსინთეზის სიჩქარესთან.
უნისტრუქტურული	ფოკუსირდება მხოლოდ ერთ იზოლირებულ ფაქტზე.	ადგენს მხოლოდ ერთ კანონზომიერებას, მაგ: 100 ვატიანი ნათურით განათებისას მცენარემ მეტი ჟანგბადი გამოყო, მაგრამ ვერ ხედავს ფერისა და მანძილის როლს.
მულტისტრუქ-ტურული	სწორად ავსებს სამივე ცხრილს, მაგრამ უჭირს მიზეზშედეგობრივი კავშირების დამყარება.	იცის, რომ ფერიც, მანძილიც და სიმძლავრეც ცვლის შედეგებს, თუმცა ვერ ხსნის რატომ (მაგ. ვერ აკავშირებს მწვანე ფერის არეკვლასთან ან სინათლის ნაკადთან).
მიმართებითი	აკავშირებს სხვადასხვა ასპექტს ერთმანეთთან, აყალიბებს დასკვნას.	სრულყოფილად ხსნის, რომ ჟანგბადის გამოყოფა მიუთითებს ფოტოსინთეზის სიჩქარეზე. ასაბუთებს, რომ ქლოროფილი მწვანე სინათლეს ირეკლავს, ხოლო მანძილის შემცირება და სიმძლავრის მატება ზრდის ფოტოსინთეზის ინტენსივობას.
გაფართოებული აბსტრაქტული	მიღებული ცოდნა გადააქვს სრულიად ახალ, პრაქტიკულ ან გლობალურ კონტექსტში.	მსჯელობს, როგორ გამოიყენება ეს მონაცემები თანამედროვე აგროტექნოლოგიებში (სათბურებში ეფექტური LED განათებების შერჩევა წითელ და ლურჯ სპექტრში მოსავლიანობის გასაზრდელად).

შეფასების რუბრიკა 2. რეალური ექსპერიმენტისთვის

სოლო ტაქსონომიის დონე	კვლევის უნარების გამოვლენა	მახასიათებლები ამ კვლევის კონტექსტში
პრესტრუქტურული	ვერ აკავშირებს ცვლადებს და კვლევის მიზანს.	ვერ ასახელებს ცვლადებს. ვერ ხვდება, რატომ გამოიყოფა ბუშტუკები ან რა როლს ასრულებს ნათურა.
უნისტრუქტურული	ხედავს მხოლოდ ერთ ზედაპირულ კავშირს.	აკეთებს მხოლოდ მარტივ დაკვირვებას: „რაც უფრო ძლიერია ნათურა, მით მეტი ბუშტუკი ამოდის“.
მულტისტრუქ-ტურული	აფიქსირებს რამდენიმე ფაქტს, მაგრამ უჭირს ხარვეზების დანახვა.	სწორად სვამს ცვლადებს (ა და ბ პუნქტები), მაგრამ ვერ ამჩნევს თერმომეტრის ჩვენების მატებას და მის გავლენას ფერმენტებზე.
მიმართებითი	ხედავს კომპლექსურ კავშირებს და მსჯელობს მეთოდის შეზღუდვაზე.	ასაბუთებს, რომ ტემპერატურის მატება ფერმენტების აქტივობას ცვლის (გ პუნქტი). ხვდება, რომ მეთოდი არ არის ზუსტი (დ პუნქტი) და გვთავაზობს წყლის აბაზანას ან LED განათებას.
გაფართოებული აბსტრაქციის	მიღებული ცოდნა გადააქვს სამეცნიერო და პრაქტიკულ სიტუაციებში.	მსჯელობს როგორ უნდა დაიგეგმოს ექსპერიმენტული სათბური, სადაც სინათლის ფაქტორი დამოუკიდებლად იქნება რეგულირებული კლიმატ-კონტროლისგან.

შეფასების რუბრიკა 3: მოსწავლის რეფლექსიის ბარათი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____ თარიღი: _____

ჩემი ვარაუდის შედარება:

გაკვეთილის დასაწყისში ვფიქრობდი, რომ...----------

(გაიხსენეთ, რა პასუხი გქონდათ თავდაპირველად საკვანძო კითხვაზე)

ჩატარებული ცდებისა და მოდელების გაცნობის შემდეგ, ვიცი, რომ... ----------
----

საკვანძო კითხვა: რატომ ითვლება ფოტოსინთეზი ერთადერთ ენერგეტიკულ ხიდად მზესა და დედამიწის ცოცხალ სამყაროს შორის?

არგუმენტი 1 ----------

(როგორ გარდაიქმნება მზის ენერგია ქლოროპლასტში და სინათლის რომელი ფერის ტალღებია საჭირო?)

არგუმენტი 2 ----------

(რა მოუვიდოდა დედამიწის ცოცხალ სამყაროსა და ატმოსფეროს ფოტოსინთეზის გარეშე?)

არგუმენტი 3 ----------

(როგორ იყენებს ადამიანი ფოტოსინთეზის შესახებ ცოდნას მომავლის ტექნოლოგიებში — მაგ. ხელოვნურ ფოთოლში, კოსმოსში ან მედიცინაში?)

3. თვითშეფასება:

ყველაზე საინტერესო აღმოჩენა: ----------

კვლევის ან მოდელირების პროცესში ყველაზე მეტად გამიჭირდა: ----------
----
----

1. **დანართები**

ბლოკი I. სამუშაო ფურცლები

დანართი 1.1.

სამუშაო ფურცელი 1

საკვლევი კითხვა: რა კავშირია სინათლის ფერსა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობას შორის?

ჰიპოთეზა: ----------

დამოუკიდებელი ცვლადი ----------;

დამოკიდებული ცვლადი ----------;

კონტროლირებადი ცვლადი/ცვლადები ----------.

მონაცემები ჩაინიშნეთ ცხრილში

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის	დრო	ჟანგბადის რაოდენობა განათების შესაბამისად
100 W	50 სმ	1 წთ	ლურჯი —
100 W	50 სმ	1 წთ	წითელი —
100 W	50 სმ	1 წთ	მწვანე —

უპასუხეთ კითხვებს:

ა) მზის სინათლის სხივებიდან რომელია ყველაზე ნაკლებეფექტური ფოტოსინთეზის პროცესისთვის? დაასაბუთეთ ვირტუალური ლაბორატორიიდან მიღებული მონაცემებით და დაუკავშირეთ ეს ფენომენი ფოთლის ფერს.

ბ) რომელ ფაქტორზე დაკვირვებით მიხვდით, რომ ფოტოსინთეზის ინტენსივობა მაღალია ან დაბალი?

გ) რომელი ცვლადის მართვა (ცვლილება ან ფიქსაცია) მიგაჩნიათ ყველაზე მნიშვნელოვნად ექსპერიმენტის სიზუსტისთვის და რატომ არის აუცილებელი ამ ცვლადების ზუსტი კონტროლი რეალურ სამეცნიერო ლაბორატორიაში?

დანართი 1.2.

სამუშაო ფურცელი N 2

ნაწილი 1: სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის მანძილის გავლენა ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე

იმუშავეთ სიმულაციაში. შეავსეთ სამუშაო ფურცელი:

საკვლევი კითხვა: რა კავშირია სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის მანძილსა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობას შორის?

ჰიპოთეზა: ----------

დამოუკიდებელი ცვლადი: _____

დამოკიდებული ცვლადი: _____

კონტროლირებადი ცვლადები: _____

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის	დრო	ჟანგბადის რაოდენობა (ლურჯი განათება)	პროცესის ინტენსივობა
40 W	50 სმ	1 წთ		
40 W	100 სმ	1 წთ		

დასკვნა: _____

ნაწილი 2: ნათურის სიმძლავრის გავლენა

საკვლევი კითხვა: რა კავშირია ნათურის სიმძლავრესა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობას შორის?

ჰიპოთეზა _____

დამოუკიდებელი ცვლადი: _____

დამოკიდებული ცვლადი: _____

კონტროლირებადი ცვლადები: _____

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის	დრო	ჟანგბადის რაოდენობა (ლურჯი განათება)	პროცესის ინტენსივობა
40 W	50 სმ	1 წთ		
100 W	50 სმ	1 წთ		

დასკვნა: _____

- რატომ მცირდება გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკების რაოდენობა მცენარისა და სინათლის წყაროს შორის მანძილის 50 სმ-დან 100 სმ-მდე გაზრდისას? რა ემართება სინათლის ენერგიის ნაკადს ამ დროს?
- რა ახალი დასკვნა გააკეთეთ ფოტოსინთეზის მიმდინარეობაზე მოქმედი გარემო ფაქტორების შესახებ ამ ვირტუალური სიმულაციის დახმარებით, რაც აქამდე მხოლოდ სახელმძღვანელოს ტექსტიდან იცოდით?

დანართი 1.3.

სამუშაო ფურცელი N3 *(რეალური ექსპერიმენტისთვის)*

კლასი: _____ **ჯგუფი/მოსწავლე:** _____ **თარიღი:** _____

საკვლევი კითხვა: რა კავშირია სინათლის ინტენსივობასა და ფოტოსინთეზის სიჩქარეს შორის?

ა. განსაზღვრეთ ექსპერიმენტის ცვლადები:

საკვლევი კითხვა: რა გავლენას ახდენს სინათლის ინტენსივობის ცვლილება ფოტოსინთეზის სიჩქარეზე?

დამოუკიდებელი ცვლადი : ----------

დამოკიდებული ცვლადი: ----------

კონტროლირებადი ცვლადი: ----------

შედეგების სიზუსტისთვის ბუშტუკები სინათლის თითოეული ინტენსივობისთვის დათვალეთ სამჯერ. გამოთვალეთ საშუალო მნიშვნელობა და შეიტანეთ ცხრილში

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი	ხსნარის კონცენტრაცია	გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკების საშუალო რაოდენობა (1 წთ)	პროცესის ინტენსივობა
60 W	10 სმ	$NaHCO_3$ 0.5%		
100 W	10 სმ	$NaHCO_3$ 0.5%		
150W	10 სმ	$NaHCO_3$ 0.5%		

ბ) რა დამოკიდებულება არსებობს ცვლადებს შორის? ----------

გ) შესაძლოა, სხვა პარამეტრს რაიმე გავლენა ჰქონოდა ცდის შედეგზე? როგორ შეიძლება თავიდან ავიცილოთ ამ პარამეტრის ცვლილება? ----------
---

დ) შეიძლება ეს მეთოდი ფოტოსინთეზის სიჩქარის გაზომვის ზუსტ მეთოდად ჩაითვალოს? პასუხი დაასაბუთეთ. ----------
---

დანართი 1. 4.

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 1) — „ხელოვნური ფოთოლი“ (ბიონიკა)



(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის ტექსტი: „ხელოვნური ფოთოლი — მომავლის ეკოლოგიური ენერგია“)

ჯგუფის წევრები: _____

ფოტოსინთეზის რომელ კონკრეტულ ბიოქიმიურ პროცესს იმეორებს „ხელოვნური ფოთოლი“ წყლის დასაშლელად და რომელ ფაზაში მიმდინარეობს ეს პროცესი ბუნებრივ ქლოროპლასტში?

პასუხი: ----------

რა არის ამ ტექნოლოგიის მთავარი პრაქტიკული სარგებელი კაცობრიობისთვის და რა პროდუქტს იღებენ მისი მეშვეობით?

პასუხი: ----------

ტექსტზე დაყრდნობით, დაასახელეთ „ხელოვნური ფოთლის“, როგორც მოდელის, **ორი მთავარი შეზღუდვა** ცოცხალ ფოთოლთან შედარებით:

შეზღუდვა 1: _____

შეზღუდვა 2: _____

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 2) კოსმოსური ბიორეაქტორები (ასტრობიოლოგია)



(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის ტექსტი: წყალმცენარეები კოსმოსის ათვისების სამსახურში)

ჯგუფის წევრები: _____

1. ფოტოსინთეზის რომელ ფაზებს ეფუძნება ბიორეაქტორში ნახშირორჟანგის შთანთქმა და ჟანგბადის წარმოქმნა?

   პასუხი: ----------

2. როგორ უზრუნველყოფს ეს მოდელი კოსმოსური ხომალდის შიგნით ნარჩენების გადამუშავებას?

   პასუხი: ----------

3. ტექსტზე დაყრდნობით, რომელი **გარემო ფაქტორები** უქმნის საფრთხეს ამ ბიოსისტემის გამართულ მუშაობას კოსმოსში (რას ვერ აკონტროლებს მოდელი იდეალურად)?

   ფაქტორი 1 *(ფიზიკური გარემო):* _____

   ფაქტორი 2 *(უკრედული უსაფრთხოება):* _____

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 3) — „ნეირო-წყალმცენარეები“

(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნიდან ტექსტი: ,,წყალმცენარეები მომავლის ნევროლოგიაში“)

ჯგუფის წევრები: _____

1. წყალმცენარეების რომელ ცილა-პიგმენტს იყენებენ მეცნიერები ნეირონებში სინათლის საშუალებით ელექტრული სიგნალის წარმოქმნისთვის?

   პასუხი: ----------

2. რა სამედიცინო პოტენციალი აქვს ამ ტექნოლოგიას ადამიანის ნერვული დაავადებების მკურნალობაში?

   პასუხი: ----------

3. შეადარეთ პიგმენტის როლი წყალმცენარესა და ნეირონში. რა არის ამ მოდელის **მთავარი ფუნქციური შეზღუდვა**?

   (ახდენს თუ არა ის ნეირონში ფოტოსინთეზს და ორგანული ნივთიერების სინთეზს?)

   პასუხი: ----------

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 4)

ბიომიმეტური მედიცინა (სახვევები და ოფთალმოლოგია)

(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის ტექსტი: „ჭკვიანი სახვევები“ და ,,მცენარეული პიგმენტები ოფთალმოლოგიაში“)

ჯგუფის წევრები: _____

ფოტოსინთეზის რომელ პროდუქტს ეფუძნება ქსოვილების სწრაფი აღდგენა?

პასუხი: ----------

პიგმენტების რომელ ფიზიკურ თვისებას ეფუძნება თვალის დაცვა?

პასუხი: ----------

2. როგორ ეხმარება ეს ორი მიმართულება ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვასა და მკურნალობას?

   პასუხი: ----------

3. დაასახელეთ ამ ორი მოდელის **შეზღუდვები**:

   „ჭკვიანი სახვევის“ შეზღუდვა: ----------

   ოფთალმოლოგიური პიგმენტის შეზღუდვა: ----------

ბლოკი 2: სამუშაო ფურცლების შევსებული ვერსიები

დანართი 2.1.

სამუშაო ფურცელი N 1

საკვლევი კითხვა: რა კავშირია სინათლის ფერსა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობას შორის?

ცვლადები: დამოუკიდებელი — სინათლის ფერი; დამოკიდებული-ჟანგბადის რაოდენობა (ფოტოსინთეზის ინტენსივობა); კონტროლირებადი — ნათურის სიმძლავრე (100 W), მანძილი (50 სმ), დრო (1 წთ).

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის	დრო	ჟანგბადის რაოდენობა განათების შესაბამისად
100 W	50 სმ	1 წთ	ლურჯი — 16
100 W	50 სმ	1 წთ	წითელი — 13
100 W	50 სმ	1 წთ	მწვანე — 7

დასკვნა: მოცემულ პირობებში ფოტოსინთეზის ინტენსივობა ყველაზე მაღალია ლურჯ განათებაზე, ხოლო ყველაზე დაბალი — მწვანე განათებაზე.

დანართი 2.2.

სამუშაო ფურცელი N2

ნაწილი 1:

საკვლევი კითხვა: რა კავშირია სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის მანძილსა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობას შორის?

ცვლადები: დამოუკიდებელი — მანძილი მცენარესა და სინათლის წყაროს შორის; დამოკიდებული — ჟანგბადის რაოდენობა; კონტროლირებადი — ნათურის სიმძლავრე (40 W), დრო (1 წთ), განათების ფერი (ლურჯი).

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის	დრო	ჟანგბადის რაოდენობა (ლურჯი განათება)
40 W	50 სმ	1 წთ	11
40 W	100 სმ	1 წთ	7

დასკვნა: მოცემულ პირობებში რაც უფრო მცირეა მანძილი სინათლის წყარომდე, მით უფრო მაღალია ფოტოსინთეზის ინტენსივობა, რადგან მცენარე იღებს მეტ სინათლის ენერგიას.

ნაწილი 2:

საკვლევი კითხვა: რა კავშირია ნათურის სიმძლავრესა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობას შორის?

ცვლადები: დამოუკიდებელი — ნათურის სიმძლავრე; დამოკიდებული — ჟანგბადის რაოდენობა; კონტროლირებადი — მანძილი (50 სმ), დრო (1 წთ), განათების ფერი (ლურჯი).

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი სინათლის წყაროსა და მცენარეს შორის	დრო	ჟანგბადის რაოდენობა (ლურჯი განათება)
40 W	50 სმ	1 წთ	11
100 W	50 სმ	1 წთ	15

დასკვნა: მოცემულ პირობებში რაც უფრო მაღალია ნათურის სიმძლავრე, მით მეტია ფოტონების ნაკადი და მით უფრო მაღალია ფოტოსინთეზის ინტენსივობა.

დანართი 2.3.

სამუშაო ფურცელი N 3

საკვლევი კითხვა: რა გავლენას ახდენს სინათლის ინტენსივობის ცვლილება ფოტოსინთეზის სიჩქარეზე?

ა) დამოუკიდებელი ცვლადი : სინათლის ინტენსივობა (ნათურის სიმძლავრე).

დამოკიდებული ცვლადი: ფოტოსინთეზის ინტენსივობა (ფასდება გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკების რაოდენობით 1 წუთში).

კონტროლირებადი ცვლადი: წყლის საწყისი ტემპერატურა, მანძილი სინათლის წყარომდე (10 სმ), ხსნარის კონცენტრაცია, დრო (5 წთ).

ნათურის სიმძლავრე	მანძილი	ხსნარის კონცენტრაცია	გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკების საშუალო რაოდენობა (1 წთ)	პროცესის ინტენსივობა
60 W	10 სმ	$NaHCO_3$ 0.5%	დაბალი	ზომიერი
100 W	10 სმ	$NaHCO_3$ 0.5%	საშუალო	მზარდი
150W	10 სმ	$NaHCO_3$ 0.5%	მაღალი	მაქსიმალური (გარკვეულ ზღვრამდე)

ბ) სინათლის ინტენსივობის (ნათურის სიმძლავრის) ზრდასთან ერთად, იზრდება ფოტოსინთეზის ინტენსივობაც.

გ) ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას წყლის ტემპერატურა მატულობდა, ვინაიდან ჩვეულებრივი ნათურა, სინათლესთან ერთად, გამოყოფს სითბურ ენერგიასაც და ათბობს სისტემას.

დ) ფოტოსინთეზის სიჩქარე ტემპერატურაზეცაა დამოკიდებული, რადგან მის სიბნელის ფაზას (კალვინის ციკლი) ფერმენტები წარმართავენ. ტემპერატურის მატება ოპტიმალურ ზღვრამდე აჩქარებს ფერმენტულ რეაქციებს, რაც ზრდის ბუშტუკების რაოდენობას.

ექსპერიმენტში ტემპერატურის ცვლილების (ცდომილების) თავიდან ასაცილებლად საჭიროა:

- ქილის მოთავსება გარე წყლიან აბაზანაში;
- LED ნათურების გამოყენება, რომლებიც სითბოს თითქმის არ გამოყოფენ;
- მოცემული სახით ეს მეთოდი **ზუსტ მეთოდად ვერ ჩაითვლება**, რადგან ირღვევა კვლევის მთავარი პრინციპი — ერთდროულად იცვლებოდა ორი ფაქტორი (სინათლე და ტემპერატურა), რაც შედეგების ვალიდურობას ეჭვქვეშ აყენებს.

დანართი 2.4.

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 1) — „ხელოვნური ფოთოლი“ (ბიონიკა)

(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის ტექსტი: „ხელოვნური ფოთოლი — მომავლის ეკოლოგიური ენერგია“)

ჯგუფის წევრები: _____

ფოტოსინთეზის რომელ კონკრეტულ ბიოქიმიურ პროცესს იყენებს „ხელოვნური ფოთოლი“ წყლის დასაშლელად და რომელ ფაზაში მიმდინარეობს ეს პროცესი ბუნებრივ ქლოროპლასტში?

პასუხი: იყენებს წყლის ფოტოლიზს, რომელიც ბუნებრივ ქლოროპლასტში მიმდინარეობს სინათლის ფაზაში.

რა არის ამ ტექნოლოგიის მთავარი პრაქტიკული სარგებელი კაცობრიობისთვის და რა პროდუქტს იღებენ მისი მეშვეობით?

პასუხი: მთავარი სარგებელია ეკოლოგიურად სუფთა, ალტერნატიული ენერგიის მიღება. პროცესის შედეგად იღებენ წყალბადს, რომელიც გამოიყენება როგორც უსაფრთხო საწვავი და ჟანგბადს.

ტექსტზე დაყრდნობით, დაასახელეთ „ხელოვნური ფოთლის“, როგორც მოდელის, **ორი მთავარი შეზღუდვა** ცოცხალ ფოთოლთან შედარებით:

შეზღუდვა 1: არ აქვს ცოცხალი ფოთლის მსგავსად დაზიანებისას **თვითაღდგენის** უნარი — დროთა განმდეგობაში ცვდება და გამოუსადეგარი ხდება.

შეზღუდვა 2: ვერ ახდენს **ნახშირორჟანგის შთანთქმასა და ფიქსაციას** (არ მიმდინარეობს სიბნელის ფაზა და გლუკოზის სინთეზი).

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 2) კოსმოსური ბიორეაქტორები (ასტრობიოლოგია)

(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის ტექსტი: წყალმცენარეები კოსმოსის ათვისების სამსახურში)

ჯგუფის წევრები: _____

1. ფოტოსინთეზის რომელ ფაზებს ეფუძნება ბიორეაქტორში ნახშირორჟანგის შთანთქმა და ჟანგბადის წარმოქმნა?

პასუხი: ჟანგბადის წარმოქმნა ეფუძნება **სინათლის ფაზის რეაქციებს** (წყლის ფოტოლიზს), ხოლო ნახშირორჟანგის შთანთქმა და გამოყენება — **სიბნელის ფაზის რეაქციებს.**

2. როგორ უზრუნველყოფს ეს მოდელი კოსმოსური ხომალდის შიგნით ნარჩენების გადამუშავებასა და ავტონომიურ სიცოცხლეს?

პასუხი: წყალმცენარეები შთანთქავენ ასტრონავტების მიერ ამოსუნთქულ ნახშირორჟანგს და გამოყოფენ სუნთქვისთვის საჭირო ჟანგბადს. გარდა ამისა, გამრავლებული წყალმცენარეების ბიომასა გამოიყენება როგორც ცილებით მდიდარი საკვები.

3. ტექსტზე დაყრდნობით, რა **გარემო ფაქტორები** უქმნის საფრთხეს ამ ბიოსისტემის გამართულ მუშაობას კოსმოსში (რას ვერ აკონტროლებს მოდელი იდეალურად)?

ფაქტორი 1 *(ფიზიკური გარემო):* **უწონადობა (მიკროგრავიტაცია)** — აფერხებს სითხეში უკრედების თანაბარ გადანაწილებას, სინათლისა და აირების შთანთქმას.

ფაქტორი 2 *(უკრედული უსაფრთხოება):* **კოსმოსური რადიაცია** — აზიანებს წყალმცენარეების დნმ-ს და აფერხებს მათ გამრავლებას/ფოტოსინთეზს.

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 3) — „ნეირო-წყალმცენარეები“
(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნიდან ტექსტი: ,,წყალმცენარეები მომავლის ნევროლოგიაში“)

ჯგუფის წევრები: _____

1. წყალმცენარეების რომელ ცილა-პიგმენტს იყენებენ მეცნიერები ნეირონებში სინათლის საშუალებით ელექტრული სიგნალის წარმოქმნისთვის?

   პასუხი: ცილა როდოპსინს.

2. რა სამედიცინო პოტენციალი აქვს ამ ტექნოლოგიას ადამიანის ნერვული დაავადებების მკურნალობაში?

   პასუხი: იძლევა საშუალებას, სინათლის სხივით საშუალებით „ვაკონტროლოთ“ (ჩავრთოთ ან გამოვრთოთ) კონკრეტული ნეირონები, რაც ეხმარება მეცნიერებს პარკინსონის დაავადების, მხედველობის დაზიანებებისა და სხვა ნევროლოგიური დარღვევების მკურნალობაში.

3. შეადარეთ პიგმენტის როლი წყალმცენარესა და ნეირონში. რა არის ამ მოდელის **მთავარი ფუნქციური შეზღუდვა**?

   (ახდენს თუ არა ის ნეირონში ფოტოსინთეზს და ორგანული ნივთიერების სინთეზს?)

   პასუხი: მოდელის მთავარი შეზღუდვაა ის, რომ ნეირონში ეს პიგმენტი **არ ახდენს ფოტოსინთეზს** და ვერ წარმოქმნის ორგანულ ნივთიერებებს (გლუკოზას/ატფ-ს). ის ასრულებს მხოლოდ *სინათლით მართვადი იონური ჩამრთველის* ფუნქციას (წარმოქმნის მხოლოდ ელექტრულ იმპულსს). გარდა ამისა, სინათლეს უჭირს ტვინის ღრმა ქსოვილებში შეღწევა.

სამუშაო ფურცელი 4 (ჯგუფი 4) ბიომიმეტური მედიცინა (სახვევები და ოფთალმოლოგია)
(გამოიყენეთ მოსწავლის წიგნის ტექსტი: „ჭკვიანი სახვევები“ და ,,მცენარეული პიგმენტები ოფთალმოლოგიაში“)

ჯგუფის წევრები: _____

ფოტოსინთეზის რომელ პროდუქტს ეფუძნება ქსოვილების სწრაფი აღდგენა?

პასუხი: ეფუძნება სინათლის ფაზის პროდუქტს — **ჟანგბადს**, რომელიც აჩქარებს უჯრედების სუნთქვასა და რეგენერაციას.

პიგმენტების რომელ ფიზიკურ თვისებას ეფუძნება თვალის დაცვა?

პასუხი: პიგმენტების **შერჩევითი შთანთქმის სპექტრს** — კერძოდ, მაღალენერგეტიკული ლურჯი ტალღების შთანთქმისა და ფილტრაციის უნარს.

2. როგორ ეხმარება ეს ორი მიმართულება ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვასა და მკურნალობას?

   პასუხი: ჭკვიანი სახვევი“ აწვდის ჟანგბადს ღრმა ჭრილობებს და აჩქარებს შეხორცებას, ხოლო ოფთალმოლოგიური პიგმენტები იცავენ თვალის ბადურას ეკრანის მავნე გამოსხივებისა და დეგენერაციისგან.

3. დაასახელეთ ამ ორი მოდელის **შეზღუდვა**:

   „ჭკვიანი სახვევის“ შეზღუდვა: სრულად დამოკიდებულია **გარე სინათლესა და ტენიანობაზე** — ბნელ ოთახში ან ტანსაცმლის ქვეშ ფოტოსინთეზი და ჟანგბადის გამოყოფა წყდება.

   ოფთალმოლოგიური პიგმენტის შეზღუდვა: პიგმენტი ასრულებს მხოლოდ **პასიური ფილტრის** როლს და სინათლის ენერგიას ქიმიურ ენერგიად (გლუკოზად) ვერ გარდაქმნის (არ მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი).

დანართი 2.5. პასუხები შესავალი აქტივობის კითხვებზე

კითხვა: რა კავშირია საკვებიდან მიღებულ ენერგიასა და მზის ენერგიას შორის?

ადამიანის საკვები (მცენარეული თუ ცხოველური) საბოლოო ჯამში მზის ენერგიიდან მოდის. მცენარეები ფოტოსინთეზის საშუალებით მზის სინათლის ენერგიას გარდაქმნიან ქიმიური ბმების ენერგიად (გლუკოზად), რომელსაც შემდეგ სხვა ორგანიზმები საკვებად იყენებენ.

კითხვა: გაკვეთილის ბოლოს გეცოდინებათ „ჭკვიანი სახვევის“ მოქმედების პრინციპები. (ილუსტრაციაზე დაკვირვებით) როგორ ფიქრობთ, რა თვისებების გამო შეურჩიეს მას ეს სახელი?

ეს სახვევი შეიცავს მიკროწყალმცენარეებს. სინათლის მოხვედრისას წყალმცენარეები იწყებენ ფოტოსინთეზს და პირდაპირ ჭრილობის ზედაპირზე გამოყოფენ სუფთა ჟანგბადს. ჟანგბადი აჩქარებს ქსოვილების რეგენერაციას და კლავს ანაერობულ (უჟანგბადო გარემოში მცხოვრებ) მავნე ბაქტერიებს, რაც ხელს უშლის ინფექციის გავრცელებას.

დანართი 2.6. ჩართული კითხვების პასუხები

1. დააკვირდით ილუსტრაციას, ძირითადად რომელ სხივებს შთანთქავს ქლოროფილი?

   ქლოროფილი ძირითადად წითელსა და ლურჯ-იისფერ სხივებს შთნთქავს;

2. აღწერეთ გზა, რომელსაც ჟანგბადის მოლეკულა გაივლის თილაკოიდიდან გარემოში გამოყოფამდე.

   თილაკოიდის მემბრანა → სტრომა → ქლოროპლასტის მემბრანა → ციტოზოლი → პლაზმური მემბრანა → ფოთლის ბაგეები.

3. როგორ შეესაბამება ფოთლის სტრუქტურა მის ფინქციებს?

   ეპიდერმისის უჯრედები უპრობლემოდ ატარებს მზის სინათლეს ფოთლის სიღრმეში. ქლოროპლასტებით მდიდარი მესრისებური ქსოვილის უჯრედები მაქსიმალურად შთანთქავს სინათლეს. ღრუბლისებრი ქსოვილი უზრუნველყოფს აირების (ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის) თავისუფალ მოძრაობას. ბაგეები არეგულირებს აირების მიმოცვლასა და წყლის აორთქლებას. გამტარი ქსოვილები (ქსილემა და ფლოემა) შეუფერხებლად ატარებს წყალს ფესვიდან ფოთოლში და შაქრებს ფოთლიდან ფესვებისკენ.

4. რატომ არ არის სასურველი საძინებელ ოთახში დიდი ზომის ფოთლების მქონე ოთახის მცენარის მოთავსება?

   ღამე მცენარე სუნთქავს და მოიხმარს ჟანგბადს, ათავისუფლებს ნახშირორჟანგს. თუმცა, ვერ აწარმოებს ფოტოსინთეზს. ამიტომ ოთახში იზრდება CO_2-ის კონცენტრაცია.

დანართი 2.7. პასუხები — ,,უპასუხეთ კითხვებს“

კითხვები წარმოადგენს გაკვეთილზე შეძენილი დეკლარატიული ცოდნის შეფასების ინსტრუმენტს. იმისთვის, რომ კითხვებზე პასუხის გაცემა არ დავიდეს ფაქტების უბრალო გახსენებამდე, უმჯობესია ის გამოიყენოთ თვითშეფასების ეტაპზე. მოსწავლეებს მიეცეთ საშუალება, თავდაპირველად დამოუკიდებლად უპასუხონ კითხვებს, ხოლო შემდეგ შეადარონ საკუთარი პასუხები მოცემულ პასუხებს. ამით ხელს შეუწყობთ საკუთარი ცოდნის კრიტიკულად შეფასების უნარის განვითარებას.

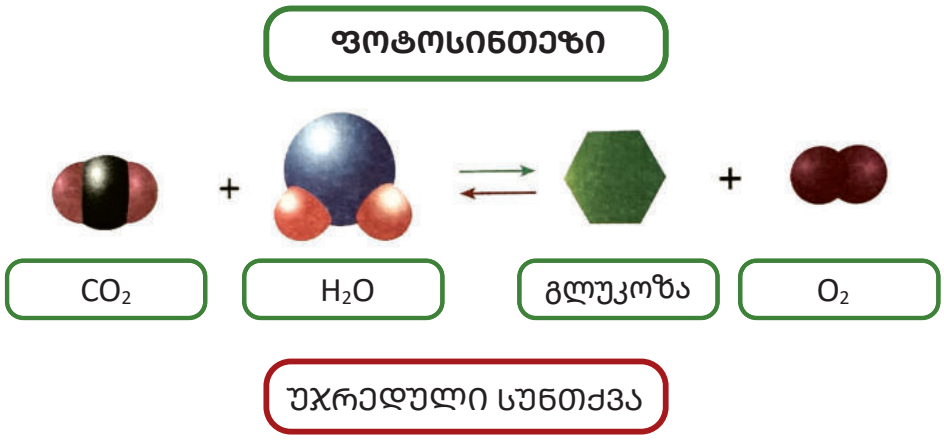
პასუხები:

1. მწვანე სინათლე ყველაზე ნაკლებად ეფექტურია ფოტოსინთეზისთვის;
2. ფოტოსინთეზის რეაგენტებია: ნახშირორჟანგი და წყალი. პროდუქტებია: გლუკოზა და ჟანგბადი;
3. სინათლის ფაზის რეაქციების შედეგად მიიღება: ატფ, ჟანგბადი და ატომური წყალბადი. სიბნელის ფაზის რეაქციების შედეგად მიიღება: გლუკოზა;

4. ფოტოსინთეზის პროცესში მონაწილეობს ფოთლის ძირითადი (მესრისებრი და ღრუბლისებრი) ქსოვილი;
5. ატფ-ის ენერგია ხმარდება გლუკოზის წარმოქმნას.

დანართი 2.8. საშინაო დავალების პასუხები

საშინაო დავალებები შეგიძლიათ გამოიყენოთ როგორც დამოუკიდებლად შესასრულებელი დავალება, ან მოდელის რომელიმე ეტაპზე ცოდნის ან უნარების შესაფასებლად. დავალებები ამოწმებს სხვადასხვა კატეგორიის ცოდნას. ამიტომ იძლევა სასწავლო პროცესის დიფერენცირების საშუალებასაც.

1. მეცნიერებს აინტერესებდათ რეაქციის პროდუქტების — მოლეკულური ჟანგბადისა და გლუკოზის ჟანგბადის წარმომავლობა. ექსპერიმენტმა დაადასტურა, რომ მოლეკულური ჟანგბადი წყლის მოლეკულიდან წარმოიქმნება.
2. „ფოტო“ — სინათლეს ნიშნავს, ,,ლიზისი“ — დაშლას.
3. 

4. მცენარის უჯრედში წარმოქმნილი ატფ იხარჯება ნივთიერებების სინთეზზე, ნივთიერებებისა და ორგანელების ტრანსპორტზე, მცენარის ზრდა-განვითარებაზე;
5. მიკრომილაკების საშუალებით ქლოროპლასტები სინათლისკენ მოძრაობენ.

ბლოკი 3 დამატებითი რესურსი მასწავლებლისთვის

დანართი 3.1. ქრომატოგრაფია

მწვანე და მარადმწვანე მცენარეების ფოთლები — საჭიროა შესადარებლად, სხვადასხვა მცენარეს პიგმენტების განსხვავებული შემცველობა ახასიათებს, რაც ქაღალდზე განსხვავებულ ზოლებს მოგვცემს.

აცეტონი — მცენარეული პიგმენტები ჰიდროფობიურია. აცეტონი აუცილებელია მათი უჯრედებიდან ექსტრაქციისთვის და ქაღალდის კაპილარებში ასატანად.

ფილტრის ქაღალდი — საჭიროა პიგმენტების გადასანაწილებლად. ვინაიდან სხვადასხვა პიგმენტს განსხვავებული მოლეკულური მასა და აცეტონში ხსნადობა აქვს, ისინი ქაღალდზე სხვადასხვა სიჩქარით იმოძრავებენ.

ცხელი წყლის აბაზანა და საცობიანი კოლბა — აცეტონი მალე ორთქლდება. თბილი წყალი აჩქარებს ფოთლიდან ფერის ექსტრაქციას, ხოლო საცობი ხელს უშლის გამხსნელის გაქრობას.

ქიმიური ჭიქა და მინის წკირი — ქაღალდის ზოლის ვერტიკალურად დასაკიდებად, რათა მან თანაბრად შეიწოვოს სითხე.

პრაქტიკული რჩევები



აცეტონი იოლად აალებადია. თუ წყლის აბაზანას იყენებთ, არავითარ შემთხვევაში არ გამოიყენოთ ღია ცეცხლი (სპირტქურა). წყალი წინასწარ გააცხელეთ ჩაიდანში ან გამოიყენეთ ელექტროქურა.

თუ სკოლის ლაბორატორიაში აცეტონი არ არის ხელმისაწვდომი, შეგიძლიათ გამოიყენოთ 96%-იანი სამედიცინო სპირტი ან აცეტონზე დამზადებული ფრჩხილის ლაქის მოსაშორებელი სითხე. ფილტრის ქაღალდის ნაცვლად კი ჩვეულებრივი ყავის ფილტრის გამოყენებაც შეიძლება.

ინსტრუქციაში მითითებულია, რომ წვეთი რამდენჯერმე უნდა დაემატოს. მოსწავლეებს მკაფიოდ აუხსენით: დააწვეთეთ ექსტრაქტის ერთი მცირე წვეთი ქაღალდზე, დაელოდეთ მის **სრულ გაშრობას** და მხოლოდ ამის შემდეგ დააწვეთეთ იმავე ადგილზე მეორედ და მესამედ. თუ სველზე დაამატებენ, ლაქა გაფართოვდება და ფერები ერთმანეთში აირევა.



ჭიქაში აცეტონი უნდა ჩაისხას ძალიან მცირე რაოდენობით (მაგ. 0.5 — 1 სმ სიმაღლეზე). ქაღალდზე დასმული მწვანე ლაქა არავითარ შემთხვევაში არ უნდა ჩაიძიროს სითხეში, წინააღმდეგ შემთხვევაში პიგმენტები ჭიქაში ჩაირეცხება და ქაღალდზე აღარ ავა.

დანართი 3.2. ციფრული რესურსები ფოტოსინთეზის ინტენსივობის ექსპერიმენტული კვლევისთვის

7.3.3. მატრიცული რეაქციები: რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია, ტრანსლაცია

1. ზოგადი მიმოხილვა

საკითხი: მატრიცული რეაქციები — რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია, ტრანსლაცია

საკვანძო კითხვები:

- *როგორ უზრუნველყოფს დნმ-ის სტრუქტურა გენეტიკური ინფორმაციის ზუსტ გაორმაგებასა და შენახვას?*
- *როგორ გარდაიქმნება დნმ-ში ჩაწერილი კოდი ფუნქციის შემსრულებელ ცილად?*
- *რა გავლენას ახდენს გენეტიკური კოდის ცვლილება (მუტაცია) ორგანიზმის ნიშან-თვისებებსა და ბიომრავალფეროვნებაზე?*

სამიზნე ცნებები: სასიცოცხლო თვისება, ბიომრავალფეროვნება.

მისაღწევი შედეგები სამიზნე ცნებების შესაბამისად:

- მოსწავლე ხსნის მატრიცული რეაქციების (რეპლიკაცია, ტრანსკრიპცია, ტრანსლაცია) არსს, ეტაპებსა და ბიოლოგიურ მნიშვნელობას;
- მოსწავლე აკავშირებს დნმ-ის/რნმ-ის ნუკლეოტიდურ თანმიმდევრობას ცილის ამინომჟავურ შედგენილობასთან (გამოიყენებს გენეტიკურ კოდს);

- მოსწავლე აანალიზებს ექსპერიმენტულ მონაცემებს (მეზელსონ-სტალის კვლევა) და აყალიბებს დასკვნებს;
- მოსწავლე ხსნის მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს გენოტიპურ ცვლილებასა და ფენოტიპურ გამოვლინებას/ბიომრავალფეროვნებას შორის.

ხანგრძლივობა: ქვემოთ ჩამოთვლილი აქტივოების განხორციელება სასურველია 2 გაკვეთილზე. აქტივობები სარეკომენდაციო ხასიათისაა და სასურველია მათი კლასის საჭიროებებზე მორგება.

2. აქტივობების დაგეგმვა

აქტივობები წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად და მოტივაციის ასამაღლებლად

აქტივობა 1: ნანოანტენა — კავშირი დნმ-სა და ცილას შორის

მიზანი: მოსწავლეთა დაინტერესება, პრობლემურ კითხვებზე დაფიქრება და დნმ-ისა და ცილებს შორის კავშირის გააზრება მატრიცული რეაქციების შესწავლამდე.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 126

აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან მოსწავლის წიგნის (პარაგრაფი 3.3) შესავალ აქტივობას. მასწავლებელი სვამს კითხვას: *„როგორ ფიქრობთ, რატომ დასჭირდათ მეცნიერებს მაინცდამაინც დნმ-ის გამოყენება ცილების სტრუქტურის შესახებ ინფორმაციის მისაღებად?“ მოსწავლეები მცირე ჯგუფებში მუშაობენ კითხვებზე..*

რეკომენდაცია: შესავალი აქტივობისთვის გამოიყენეთ „იფიქრე — დაწყვილდი — გაუზიარე“ მეთოდი, რათა ყველა მოსწავლე ჩაერთოს ნანოანტენის ირგვლივ დასმულ პრობლემურ კითხვებზე მსჯელობაში; ამასთან, სასურველია 5 ნანომეტრის მასშტაბის განმარტება მარტივი ანალოგიით (მაგ., თმის ღერთან შედარებით).

კითხვები და სასურველი პასუხები

კითხვა: ჩამოთვალეთ, რა დანიშნულება აქვთ ცილებს უჯრედში?

სასურველი პასუხი: ცილებს აქვთ განსხვავებული ფუნქციები: სტრუქტურული, ფერმენტული (კატალიზური), სატრანსპორტო, დამცველობითი, სასიგნალო, მოძრაობითი და ენერგეტიკული.

კითხვა: როგორ აისახება ცილების სტრუქტურული ცვლილებები ადამიანის ჯანმრთელობაზე?

სასურველი პასუხი: ცილის სტრუქტურის ცვლილება (დენატურაცია ან გენეტიკური მუტაციით გამოწვეული არასწორი თანმიმდევრობა) იწვევს მისი ფუნქციის დაკარგვას, რაც ხშირად სხვადასხვა დაავადების, ნივთიერებათა ცვლის დარღვევის მიზეზი ხდება.

კითხვა: როგორ ფიქრობთ, რა პერსპექტივები გააჩნია დნმ-ის ნანონაწილაკების მონაცემებს ფარმაკოლოგიაში?

სასურველი პასუხი: ნანონაწილაკებს შეუძლიათ რეალურ დროში დააფიქსირონ უჯრედში მიმდინარე პათოლოგიური ცვლილებები. ფარმაკოლოგიაში ეს იძლევა პერსპექტივას, შეიქმნას მიზანმიმართული (წერტილოვანი) თერაპია, სადაც წამალი უშუალოდ დაზიანებულ ცილას ან უჯრედს მიეწოდება, ჯანსაღი ქსოვილების დაზიანების გარეშე.

აქტივობა 2: ინფორმაციის კოდირება — დნმ-ის ,,ენა“

მიზანი: მოსწავლეებმა გაიაზრონ დნმ-ის, როგორც ინფორმაციის უნივერსალური და უზარმაზარი ტევადობის მატარებლის როლი, დაინახონ კავშირი ბიოლოგიას, ინფორმაციულ ტექნოლოგიებსსა და ლიტერატურას შორის. მცირე ზომის ტექსტი ჩაწერონ დნმ-ის კოდში.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი (გვ. 126).

აღწერა: მასწავლებელი სვამს კითხვას: *„წარმოიდგინეთ, რომ ერთ-ერთი ნივთიერების რამდენიმე გრამს შეუძლია დაიტიოს შოთა რუსთაველის „ვეფხისტყაოსანი“, შექსპირის სონეტები, მუსიკალური ალბომებიც კი! როგორ ფიქრობთ, რა ნივთიერებაზეა საუბარი?“ მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდებს. მივლენ პასუხამდე, რომ ეს ნივთიერება დნმ-ია. მასწავლებელი ხსნის როგორ შეიძლება ლიტერატურული ნაწარმოების, ან უბრალოდ ტექსტის ჩაწერა გენეტიკურ კოდში.*

ბოლოს ასრულებენ მარტივი დავალებას — ნუკლეოტიდების ენაზე ჩაწერონ საკუთარი სახელის პირველი ასო ან მოკლე სიტყვა — დნმ-ის ჯაჭვად. ეს მათ აჩვენებს, თუ როგორ ხდება ციფრული და ენობრივი ინფორმაციის კოდში გადაწერა.

რეკომენდაცია:

ნაბიჯი 1: ანბანიდან ორობით კოდში (კომპიუტერის ენა) — აუხსენით მოსწავლეებს, რომ კომპიუტერი ნებისმიერ ასოს ჯერ ინახავს 0-ებისა და 1-ების 8-ნიშნა კომბინაციით (ASCII კოდი).

მაგალითად: ასო **„ა“** ორობით კოდში არის 01000001.

ნაბიჯი 2: 0-ებითა და 1-ებით ნუკლეოტიდების ჩაწერა (დნმ-ის ენა) — ვინაიდან დნმ-ს 4 სახის ნუკლეოტიდი აგებს, ყოველი ორციფრიანი წყვილს შეესაბამება 1 ნუკლეოტიდი:

A (ადენინი), 01 = C (ციტოზინი), 10 = G (გუანინი), 11 = T (თიმინი).

ნაბიჯი 3: პრაქტიკული სავარჯიშო — „საიდუმლო სიტყვა“ — გადავიყვანეთ ასო **„ა“** (01000001) დნმ-ის კოდში:

01 → C, 00 → A, 00 → A, 01 → C

შედეგი: ასო „ა“ დნმ-ის ენაზე ჩაიწერება, როგორც C-A-A-C.

მოსწავლემ უკვე მიიღო 1 ჯაჭვი (მაგ. C-A-A-C), ახლა ეს უნდა დაუკავშიროთ გაორმაგებას (რეპლიკაციას):

რეკომენდაცია: განუმარტეთ მოსწავლეებს, რომ რომ ეს პირობითი მონაცემთა კოდირებაა და არა უჯრედში მოქმედი ბუნებრივი გენეტიკური კოდი.

აქტივობები ახალი ცოდნის ასაგებად

აქტივობა 3: დნმ-ის ნახევრადკონსერვატიული რეპლიკაციის კვლევა და მოდელირება (მეზელსონ-სტალის ექსპერიმენტი)

მიზანი: მოსწავლემ გაიაზროს დნმ-ის ნახევრადკონსერვატიული რეპლიკაციის მექანიზმი აზოტის იზოტოპების გამოყენების მაგალითზე. შეძლოს დნმ-ის მოლეკულის მასის დაკავშირება ცენტრიფუგირების სინჯარაში ფრაქციების განაწილებასთან.

რესურსი: დაფა და ფერადი მარკერები: **წითელი** — N — 15 (მძიმე იზოტოპი), **მწვანე** — N — 14 (მსუბუქი იზოტოპი). ორფეროვანი ლეგოს კუბები ან ბარათები დნმ-ის ჯაჭვების მოდელირებისთვის. სინჯარის სქემა/საილუსტრაციო თვალსაჩინოება (ფიზიკური ანალოგიისთვის: წყლის, ქვიშისა და ნახერხის ნარევი). სამუშაო ფურცლები.

აღწერა: მასწავლებელი დაფაზე იყენებს ფერად კოდირებას: წითლად აღნიშნავს დნმ-ის მძიმე (N — 15) ჯაჭვებს, ხოლო მწვანედ — მსუბუქ (N — 14) ჯაჭვებს. დაფაზე ეტაპობრივი ხატვის ტექნიკით აჩვენებს რეპლიკაციის ჩანგლის გახსნას და თაობებს შორის გარდამავალ საფეხურებს: **A შტამი** (ორივე წითელი ჯაჭვი) → **B შტამი** (წითელი + მწვანე ჯაჭვი) → **C შტამი** (ნაწილი წითელი + მწვანე, ნაწილი ორ-მწვანე).

მასწავლებელი სვამს სადისკუსიო კითხვას: *„თუ სინჯარაში წყლის, ქვიშისა და ნახერხის ნარევს ჩავყრით, როგორ განაწილდებიან ისინი?“*

მოსწავლეები მსჯელობენ სიმკვრივესა და მასაზე. მსჯელობენ დნმ-ის ფრაქციების განაწილებაზე სინჯარაში (დიდი მასის მქონე — ფსკერზე, ჰიბრიდული — შუაში, მცირე მასის მქონე — ზედაპირზე).

მოსწავლეები წყვილებში აწყობენ და შლიან ორფეროვან ლეგოს კუბებს. პრაქტიკულად ხედავენ, რატომ არის C ბაქტერიების დნმ-ის ზუსტად 50% სრულად მსუბუქი (ორივე მწვანე) და 50% — საშუალო მასის (წითელ-მწვანე).

მასწავლებელი სვამს პრობლემურ კითხვას: *„უოტსონისა და კრიკის მოდელი რომ მცდარი ყოფილიყო და რეპლიკაციას ჰქონოდა კონსერვატიული ხასიათი, როგორ ზოლებს დავინახავდით სინჯარაში?“*

მოსწავლეები აკეთებენ პროგნოზს (ორი ცალკეული ზოლი: სულ ზემოთ და სულ ქვემოთ) და ადარებენ მას ექსპერიმენტის რეალურ შედეგს.

მოსწავლეები აკავშირებენ თეორიულ ვარაუდს (ჯაჭვების შემადგენლობას) პრაქტიკული ექსპერიმენტის შედეგებთან (ზოლებთან). აქტივობა სრულდება მეტაკოგნიტური შეკითხვით: *„რატომ ითვლება მეზელსონისა და სტალის კვლევა „საეტაპო მნიშვნელობის ექსპერიმენტად› ბიოლოგიის ისტორიაში?“*

რეკომენდაცია:

- აუცილებლად შეინარჩუნეთ ერთი და იგივე ფერები (N – 15 და N — 14-ისთვის) მთელი აქტივობის განმავლობაში, რათა მოსწავლეებს არ აერიოთ შვილეული და მშობლიური ჯაჭვები;
- ფიზიკის ცნებებთან (სიმკვრივე/მასა) პარალელის გავლება თავიდან აგაცილებთ ზოლების მდებარეობის მექანიკურ დამახსოვრებას;
- ლეგოს კუბების ან სხვა მანიპულატივების გამოყენება მოსწავლეს დაეხმარება მათემატიკური პროპორციების ადვილად აღქმაში;
- დისკუსიისას აღნიშნეთ, რომ ნებისმიერ თეორიულ მოდელს (უოტსონ-კრიკის) სჭირდება გაზომვადი ექსპერიმენტით დამტკიცება.

პასუხები და რეკომენდაციები

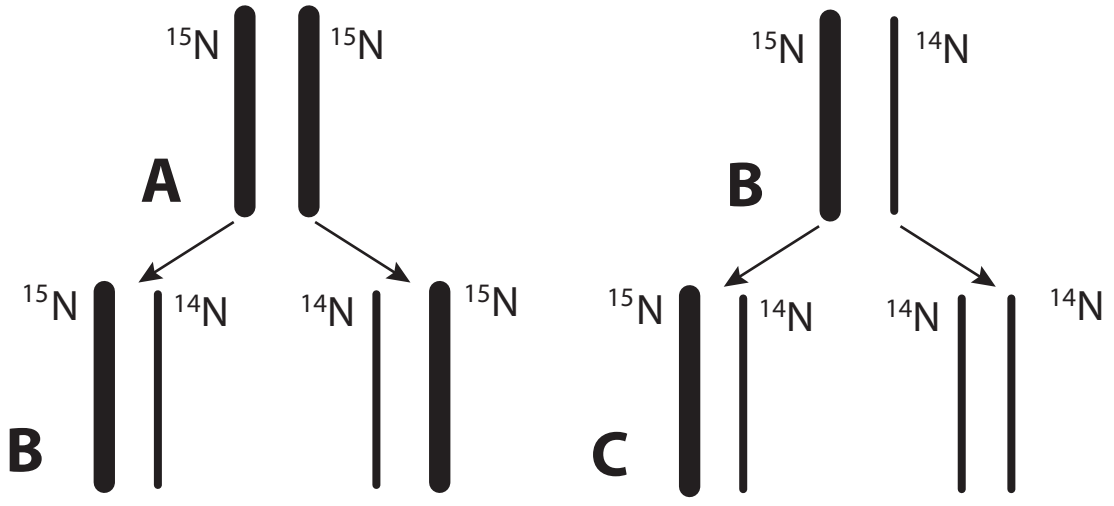
ა. ბაქტერიების დნმ-ის გაორმაგება N-14-იან გარემოში.

ბ. სინჯარის ფსკერიდან დნმ-ის მოლეკულის ფრაქციის დაშორების მანძილს მისი მოლეკულის სიმძიმე განსაზღვრავს;

გ. ბაქტერიების დნმ-ის მოლეკულური მასის შემცირების მიზეზი ისაა, რომ N-14-იან გარემოში ბაქტერიების გამრავლებისას მისი დნმ-ის მძიმე ჯაჭვებზე მსუბუქი შვილეული ჯაჭვები დაშენდა.

დავალება №2

ა. A ბაქტერიების დნმ-ს რეპლიკაციის შემდეგ B შტამი მიიღება. B ბაქტერიების დნმ-ის რეპლიკაცია კი C ბაქტერიების წარმოქმნას შეესაბამება:



ბ. A ბაქტერიების დნმ შეიცავს ორ მძიმე ჯაჭვს; B ბაქტერიების დნმ შეიცავს ერთ მძიმე და ერთ მსუბუქ ჯაჭვს. C ბაქტერიების დნმ-ის მოლეკულების ერთი ნაწილი შეიცავს ორივე, ორივე მსუბუქ ჯაჭვს, ხოლო მეორე ნაწილი — ერთ მძიმე და ერთ მსუბუქ ჯაჭვს.

გ. ამ მონაცემების მიხედვით, ცენტრიფუგის სინჯარაში ორი ფრაქციის გაჩენა მოსალოდნელი იყო: C ბაქტერიების ორი მსუბუქი ჯაჭვის მქონე დნმ-მა სინჯარაში ცალკე ფრაქცია (ზედა) წარმოქმნა, ხოლო დნმ-მა, რომელიც ერთ მსუბუქ და ერთ მძიმე ჯაჭვს შეიცავდა- ცალკე ფრაქცია (ქვედა).

დ. უოტსონისა და კრიკის ჰიპოთეზამ მეზელსონისა და სტალის ექსპერიმენტულ გამოცდას „გაუძლო“

აქტივობები მიღებული ცოდნის შესაფასებლად

აქტივობა 4: მატრიცული სინთეზის ჯაჭვი — დნმ, ი-რნმ და ტ-რნმ.

მიზანი: მოსწავლეებმა შეძლონ კომპლემენტარობის პრინციპით დნმ-დან ი-რნმ-ის და ტ-რნმ-ის ანტიკოდონების აგება.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 134 საკლასო აქტივობა N 2.

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ დავალებაზე წყვილებში.

რეკომენდაცია: სთხოვეთ მოსწავლეებს, შეადარონ დნმ-ისა და ტ-რნმ-ის თანმიმდევრობები და უპასუხონ კითხვებს:

1. რა მსგავსება და განსხვავებაა მათ შორის?
2. რატომ გვჭირდება შუამავალი ი-რნმ-ის ჯაჭვი?

(მოსწავლემ უნდა გაიაზროს, რომ დნმ ბირთვიდან ვერ გამოდის, ტ-რნმ კი ციტოპლაზმაში მუშაობს, და ი-რნმ არის ერთადერთი „მატრიცა“, რომელიც ინფორმაციას ბირთვიდან რიბოსომამდე მიიტანს).

პასუხი:

დნმ: აგც თცა გცა ათა აგც

ი-რნმ: უცგ აგუ ცგუ უაუ უცგ

ტ-რნმ: აგც უცა გცა აუა აგც

აქტივობა 5. ტრანსლაცია და გენეტიკური კოდის ცვლილების ეფექტი.

მიზანი: ი-რნმ-ის მიხედვით ცილის პირველადი სტრუქტურის აგება და მუტაციის გავლენის ანალიზი.

რესურსი: მოსწავლის წიგნი გვ. 134, N 3

აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ მოსწავლის წიგნის დავალებებზე წყვილებში ან მცირე ჯგუფებში.

რეკომენდაცია: გამოიყენეთ კონცეპტუალური რუკა ან აზრობრივი ჯაჭვის მეთოდი და დავალების განხილვისას მოსწავლეებთან ერთად შექმენით 4-საფეხურიანი ლოგიკური ჯაჭვი:

ა) **გენოტიპის ცვლილება:** ი-რნმ-ის კოდონის შეცვლა (მაგალითად, როგორც „გ“ პუნქტში, ცისტეინის ნაცვლად ტრიპტოფანის ჩასმა) ნიშნავს, რომ დნმ-ში მოხდა წერტილოვანი მუტაცია და გაჩნდა **ახალი ალელი (გენის ვარიანტი).**

ბ) **ფენოტიპის ცვლილება:** ახალი ალელი აკოდირებს ახალ, განსხვავებული სტრუქტურის მქონე ცილას, რაც ორგანიზმში იწვევს ახალი ნიშან-თვისების (ფენოტიპის) გამოვლენას.

გ) **ინდივიდუალური მრავალფეროვნება:** პოპულაციაში ჩნდებიან ინდივიდები ამ ახალი ნიშან-თვისებით. სწორედ ეს არის პოპულაციის შიგნით არსებული მემკვიდრული (გენეტიკური) ცვალებადობა.

დ) ბიომრავალფეროვნება: ბუნებრივი გადარჩევის პროცესში, თუ ეს ახალი ნიშან-თვისება ორგანიზმისთვის სასარგებლო აღმოჩნდება გარემო პირობებში, ის განმტკიცდება, თაობებს გადაეცემა და დროთა განმავლობაში საფუძველს ჩაუყრის ახალ ფორმებს, სახეობებსა და ეკოსისტემურ მრავალფეროვნებას.

იმის შესამოწმებლად, სწორად გაიგეს თუ არა მოსწავლეებმა ეს კავშირი, მასწავლებელმა უნდა დასვას კითხვა: *„თუ ი-რნმ-ში კოდონი შეიცვალა, მაგრამ გენეტიკური კოდის თვისების (გადაგვარებულობის) გამო ცილაში ამინომჟავა იგივე დარჩა, იქნება თუ არა ეს ცვლილება ბიომრავალფეროვნების/ევოლუციის საფუძველი?“*

სავარაუდო პასუხი: არა, რადგან თუ ცილის პირველადი სტრუქტურა და ნიშან-თვისება არ შეიცვალა, ბუნებრივი გადარჩევისთვის ეს ცვლილება უხილავი რჩება. ბიომრავალფეროვნებას მხოლოდ ისეთი ცვლილებები აფართოებს, რომლებიც რეალურად ცვლიან ცილის თვისებებს.

სწორი პასუხი

ი — რნმ: აცუ გცუ უგუ ცუც ააა აგუ

ა) ტრეონინი — ალანინი — ცისტეინი — ლეიცინი — ლიზინი — სერინი

ბ) უგა სტოპ კოდონია და ცილის სინთეზი შეწყდება;

გ) თუ უგგ კოდონს ჩავსვამთ, ცისტეინს ტრიპტოფანი ჩაანაცვლებს;

დ) კოდონების ასეთი ცვლილება შეიძლება გახდეს ახალი ცილის წარმოქმნის მიზეზი.

რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: მოსწავლეებს აუხსენით, რომ ყველა ცვლილება არ ცვლის ცილას; ყველა ცილის ცვლილება არ ცვლის ნიშან-თვისებას; ნიშნის ყველა თვისება არ ვრცელდება პოპულაციაში. (მუტაციებს მომდევნო ნაწილში გაეცნობიან).

3. სასწავლო პროცესის დიფერენცირება

თითქმის ყველა აქტივობა იძლევა სასწავლო პროცესის დიფერენცირების საშუალებას: ვიზუალური ანალოგიები და ლეგოს კუბებით მოდელირება ეხმარება მოსწავლეებს რთული თემების ადვილად გაგებაში, ხოლო მეზელსონ-სტალის ექსპერიმენტი და ი-რნმ ტექნოლოგიების ანალიზი მათთვის იქნება საინტერესო, ვისაც უფრო მეტად აინტერესებს საგანი.

რუბრიკა ,,ეს საინტერესოა“ მოიცავს დამატებით საკითხავ მასალას. მოცემული ინფორმაცია თეორიულ ბიოლოგიას უშუალოდ აკავშირებს თანამედროვე მედიცინასთან, გლობალურ გამოწვევებსა (COVID-19, ანტიბიოტიკრეზისტენტობა) და ყოველდღიურობასთან. მოსწავლეს აჩვენებს, რომ მატრიცული რეაქციები რეალური, სიცოცხლის გადამრჩენი ტექნოლოგიების საფუძველია.

რუბრიკა შეგიძლიათ გამოიყენოთ დიფერენცირებული სწავლებისთვის (ბიოლოგიით დაინტერესებული მოსწავლეებისთვის).

ტექსტი კატალინ კარიკოზე გამოდგება გაკვეთილის დასაწყისში მოტივაციის ასამაღლებლად — დასვით პრობლემური კითხვა: *„როგორ გახდა შესაძლებელი უჯრედის საკუთარი რიბოსომების იძულება, რომ მათ ვირუსის ცილა დაესინთეზებინათ?“*

ანტიბიოტიკებთან დაკავშირებულ ტექსტზე დაყრდნობით, არასავალდებულო სახით მოსწავლეებს მიეცით დავალება: *„შეადარეთ, რატომ მოქმედებს ანტიბიოტიკი ბაქტერიის რიბოსომაზე და არა ადამიანისაზე?“* (კავშირი პროკარიოტულ/ეუკარიოტულ რიბოსომებს შორის განსხვავებასთან).

4.შეფასება

შეფასების ინსტრუმენტი — მეზელსონისა და სტალის ექსპერიმენტის განხილვისთვის

სოლო დონეები	**მოსწავლის მიღწევის აღწერა**
პრესტრუქტურული	მოსწავლე ვერ იგებს დავალების შინაარს, ვერ აღწერს ილუსტრაციებს.
უნისტრუქტურული	მოსწავლე ფოკუსირებულია მხოლოდ ერთ, იზოლირებულ ასპექტზე და პროცესის ერთიან სურათს ვერ აღიქვამს. იცის, რომ ექსპერიმენტში გამოიყენება აზოტის იზოტოპები, ან იცის, რომ ცენტრიფუგირება ნარევის დაყოფის ერთ-ერთი მეთოდია. შეუძლია აღწეროს ექსპერიმენტის გამომსახველი ილუსტრაცია, თუმცა ვერ ხსნის მათ შორის ლოგიკურ კავშირს.
მულტისტრუქტურული	მოსწავლე ასახელებს რამდენიმე დამოუკიდებელ ფაქტს. თუმცა მათ შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირის დანახვა უჭირს (იცის „რა“, მაგრამ ვერ ხსნის „რატომ“). ცალ-ცალკე სწორად აღწერს, რომ N-14-იან გარემოში დნმ-ის მასა მცირდება და სინჯარაში ზოლების მდებარეობას სიმძიმე განსაზღვრავს. სწორად ჩამოთვლის A, B და C ბაქტერიების ჯაჭვების შემადგენლობას (რომელი შეიცავს მძიმე და რომელი მსუბუქ ჯაჭვებს), თუმცა უჭირს ამის დამოუკიდებლად გააზრება მოდელირების (მაგ. ლეგოს კუბების) გარეშე.
მიმართებითი	მოსწავლე აკავშირებს ფაქტებს ერთმანეთთან, ხედავს სტრუქტურულ მთლიანობას და აკეთებს ანალიზს მოცემული კონტექსტის ფარგლებში. ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს, კერძოდ ხსნის, რომ გარემოდან აღებული ნუკლეოტიდების ძველ ჯაჭვებზე დაშენება ცვლის მოლეკულის მასას, რაც პირდაპირ აისახება ცენტრიფუგის სინჯარაში ფრაქციების გადანაწილებაზე. უშეცდომოდ ხსნის, რატომ გაჩნდა C ბაქტერიების რეპლიკაციისას სინჯარაში ზუსტად ორი ფრაქცია (ზედა და ქვედა) და ამას მიაწერს ჯაჭვების კონკრეტულ კომბინაციებს (აკავშირებს თეორიულ ვარაუდს პრაქტიკულ შედეგთან).
გაფართოებული აბსტრაქციის	მოსწავლეს შეუძლია მიღებული ცოდნის განზოგადება, ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ალტერნატიული სცენარების პროგნოზირება და პროცესის ახალ კონტექსტში გადატანა. ზუსტად ასაბუთებს, როგორ შეიცვლებოდა სინჯარაში ზოლების განაწილების სურათი რეპლიკაციის კონსერვატიული მოდელის შემთხვევაში. დამოუკიდებლად პროგნოზირებს რეპლიკაციის შემდგომი თაობების ფრაქციულ გადანაწილებაზე და ასკვნის თეორიისა და ექსპერიმენტის მტკიცებულებით კავშირზე.

5.დანართები



დანართი 1 — უპასუხე კითხვებს — პასუხები

რუბრიკა „უპასუხეთ კითხვებს“ აფასებს მოსწავლის **დეკლარატიულ ცოდნასა** და ძირითადი ტერმინოლოგიის გააზრებას, რის გამოც მისი გამოყენება უმჯობესია ძირითადი ცნებებისა და პროცესების გაგების სწრაფი დიაგნოსტირებისთვის და გამართული ბიოლოგიური ენით მსჯელობის წასახალისებლად

1. რეპლიკაციის პროცესში ახალი ჯაჭვების მატრიცაა ძველი ჯაჭვები, ტრანსკრიპციის პროცესში — დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვი, ტრანსლაციის პროცესში კი ი-რნმ;
2. დნმ-ის ჯაჭვებს შორის წყალბადურ ბმებს წყვეტს ფერმენტი ჰელიკაზე;
3. ი-რნმ-ის სინთეზეიმიმდინარეობს ბირთვში;

4. ტ-რნმ შეიცავს ორ ფუნქციურ უბანს. ანტიკოდონის შესაბამისი ამინომჟავა ამინომჟავას დამკავშირებელ საიტს უკავშირდება, ტ-რნმ ანტიკოდონით კოდონს ამოიცნობს;
5. სტოპ — კოდონი ცილის სინთეზის დასრულებას მიანიშნებს, სტარტ-კოდონი კი დაწყებას.



დანართი 2 — ჩართული კითხვები — პასუხები

1. დაასახელეთ თქვენთვის უკვე ცნობილი რიბონუკლეინის მჟავები.

   ი-რნმ, ტ-რნმ, რ-რნმ.

2. რა სტრუქტურული და ქიმიური სხვაობაა რიბონუკლეინის მჟავებსა და დნმ-ს შორის?

	ნახშირწყალი	აზოტოვანი ფუძე	ჯაჭვების რაოდენობა
დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ)	დეზოქსირიბოზა	თიმინი	2
რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ)	რიბოზა	ურაცილი	1

3. რომელი ნუკლეოტიდი დაუკავშირდება დნმ-ის ადენინიან ნუკლეოტიდს?

   ტრანსკრიპციის დროს ადენინს დაუკავშირდება ურაცილიანი ნუკლეოტიდი.

4. ბირთვის მემბრანის აგებულების რომელი თავისებურება უადვილებს ი-რნმ-ს საკმაოდ დიდ მოლეკულას ბირთვიდან გამოღწევას?

   ბირთვის მემბრანის დიდი ფორები შეუფერხებლად ატარებს ი-რნმ-სა და რიბოსომის სუბერთეულებს.

5. ახსენით, როგორ არის დაკავშირებული გენეტიკური კოდი უჯრედის/ორგანიზმის თვისებებთან?

კოდი ტრიპლეტია, რომელიც განსაზღვრავს კონკრეტულ ამინომჟავას. ამინომჟავების რაობა, რაოდენობა და თანმიმდევრობა კი ცილების სტრუქტურასა და თვისებებს. ცილები კი თავის მხრივ ორგანიზმის ნიშნებსა და თვისებებს განსაზღვრავს.



დანართი 3 — საშიანო დავალების პასუხები და რეკომენდაციები

1. დავალება აფასებს მოსწავლის **დეკლარატიულ ცოდნას** ტრანსკრიპციისა და ტრანსლაციისთვის აუცილებელი სტრუქტურების (დნმ/ბირთვი და რიბოსომები) შესახებ, **პროცედურულ უნარს** — ააგოს ლოგიკური მიზეზშედეგობრივი ჯაჭვი უჯრედულ აგებულებასა და ბიოლოგიურ პროცესებს შორის, და **პირობისეულ ცოდნას**, რადგან მოითხოვს იმის გააზრებას, თუ *როდის* და *რატომ* კარგავენ სპეციალიზებული უჯრედები (მაგ. ზრდასრული ერითროციტები და თრომბოციტები) ბირთვსა და ორგანელებს თავიანთი ძირითადი ფუნქციის შესასრულებლად

პასუხი: ზრდასრულ ერითროციტებსა და თრომბოციტებში ტრანსკრიპციისა და ტრანსლაციის პროცესები არ მიმდინარეობს. მათ არ აქვთ ბირთვი;

2. დავალება აფასებს მოსწავლის **დეკლარატიულ ცოდნას** (ბიოპოლიმერებისა და სუფიქსების *-ოზა/-აზა* წესებს), **პროცედურულ ცოდნას** (ნივთიერებათა კლასიფიკაციის ალგორითმს), **მეტაკოგნიტურთ უნარს**, რადგან დასაბუთების მოთხოვნა აიძულებს მოსწავლეს, გააცნობიეროს და შეაფასოს საკუთარი აზროვნების სტრატეგია.

   პასუხი: გ, ე.

3. დავალება აფასებს მოსწავლის **დეკლარატიულ ცოდნას** (პოლისომის განმარტებასა და რიბოსომების ფუნქციას), **პროცედურულ უნარს** (ილუსტრაციიდან ინფორაციის ამოკითხვასა და პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სინთეზის დინამიკის გაანალიზებას), **პირობისეულ ცოდნას** (იმის გააზრებას, *როდის* და

რატომ სჭირდება უჯრედს ცილის მასობრივი სინთეზი და რომელ ქსოვილში/ჯირკვალში უნდა ეძებოს იგი) და **მეტაკოგნიტურ უნარს**, „რა ნაბიჯებით მივედი პასუხამდე?“, „რომელი მინიშნება იყო გადამწყვეტი?“, „რას შევცვლიდი შემდეგ?“.

პასუხი: პოლისომას ჯირკვლოვანი ქსოვოვილის უჯრედებში უნდა დავაკვირდეთ, რადგან მათში ინტენსიურად მიმდინარეობს ფერმენტების სინთეზი;

4. დავალება აფასებს მოსწავლის **დეკლარატიულ ცოდნას** (კომპლემენტარობის პრინციპსა და ტ-რნმ-ის მეორად სტრუქტურას), **პროცედურულ უნარს** (სქემატური გამოსახულების ანალიზს, A და B უბნებს შორის ნუკლეოტიდური ურთიერთქმედების შედარებას), **პირობისეულ ცოდნას** (იმის გააზრებას, თუ *როგორ* და *რატომ* განსაზღვრავს ნუკლეოტიდების მოლეკულური თვისებები მთლიანი მოლეკულის სივრცულ კონფორმაციას).

პასუხი: A უბანი შეიცავს კომპლემენტარულ აზოტოვან ფუძეებს, B უბანი — არა. ტ-რნმ იღებს სამყურა ფოთლის ფორმას.

7.3.4. მესამე თავის შემაჯამებელი დავალებები

დავალებების განაწილება შეფასების მიზნების მიხედვით:

- **ცოდნა და გაგება:** დავალება 4;
- **გამოყენება და ანალიზი:** დავალებები 1, 3, 6, 9, 10, 11;
- **მონაცემთა ინტერპრეტაცია და ექსპერიმენტული უნარები:** დავალება — 2, 5, 7, 8.

დავალებების განაწილება ცოდნის კატეგორიების მიხედვით:

- **დეკლარატიული ცოდნა:** დავალებები 4;
- **პროცედურული ცოდნა:** დავალებები 2, 7;
- **პირობისეული ცოდნა:** დავალებები 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11.

დავალებების პასუხები, შეფასება და მეთოდური რეკომენდაციები

დავალება 1

სწორი პასუხის ვერსია: მზის სინათლის სხივებიდან ყველაზე ნაკლებ ეფექტური ფოტოსინთეზის პროცესისთვის მწვანე სხივებია. მცენარეები მწვანე სხივებს აირეკლავენ. ამიტომ ფოტოსინთეზი ინტენსივობა ყველაზე მაღალია წითელსა და იისფერ-ლურჯ სინათლეზე. ამიტომ ფერმერმა უნდა გამოიყენოს წითელი, ლურჯი ან იისფერი განათება;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: მოსწავლეს, რომელსაც უჭირს რჩევის ჩამოყალიბება, აჩვენეთ ქლოროფილის მიერ სინათლის შთანთქმის გრაფიკი და მიმართეთ კონკრეტული კითხვით: *„რომელ ფერებს შთანთქავს ქლოროფილი ყველაზე მეტად და რატომ არ გამოადგება მცენარეს მწვანე განათება?“*.

დავალება 2:

სწორი პასუხის ვერსია: ენგელმანს სურდა გაერკვია, სინათლის სპექტრის რომელ უბანს იყენებს მცენარე ფოტოსინთეზისთვის. ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ სპიროგირა ფოტოსინთეზისთვის იყენებს ლურჯ და წითელ სხივებს, რადგან აერობულმა ბაქტერიებმა სწორედ ამ უბნებში მოიყარა თავი.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ლოგიკური ჯაჭვის ასაგებად გამოიყენეთ მიმართულების მიმცემი კითხვები: *„რატომ მოგროვდნენ ბაქტერიები მაინცდამაინც წითელ და ლურჯ უბნებთან? რა გამოიყო იქ და რომელი პროცესის შედეგად?“*.

დავალება 3:

სწორი პასუხის ვერსია: ა) მხუთავი აირი მტკიცე კავშირს ქმნის ჰემოგლობინის რკინის იონებთან, რის გამოც ვენურ სისხლი ჟანგბადის კონცენტრაცია უნდა ყოფილიყო დაბალი. ანალიზი განსხვავებულ შედეგს აჩვენებს, შესაბამისად, პაციენტი არ უნდა იყოს მოწამლული მხუთავი აირით. ციანიდით მოწამვლისას სისხლში იბლოკება უჯრედული სუნთქვის ჟანგბადიანი ეტაპი და უჯრედი ვეღარ ითვისებს სისხლიდან ჟანგბადს. დასკვნა: პაციენტი მოწამლულია ციანიდით.

ბ) მიტოქონდრიაში დაიბლოკა უჯრედული სუნთქვის ჟანგბადიანი ეტაპი.

გ) რადგან უჯრედში დაბლოკილია უჯრედული სუნთქვის ჟანგბადიანი ეტაპი, უჯრედი ენერგიას იღებს გლიკოლიზის გზით -ამ დროს წარმოქმნილი პიროყურძნის მჟავა რძემჟავად გარდაიქმნება.

დ) უჯრედი ენერგიას იღებს გლიკოლიზის გზით.

მეთოდური რეკომენდაციები მასწავლებლისთვის: ციანიდით მოწამვლისას მეტაბოლური გზების გადართვის უკეთ გასააზრებლად, სთხოვეთ მოსწავლეებს ააგონ ლოგიკური ჯაჭვი: ჟანგბადიანი ეტაპის ბლოკირება → უჯრედის გადართვა გლიკოლიზზე → პიროყურძნის მჟავას გარდაქმნა რძემჟავად. დაუსვით კითხვა: რატომ რჩება ვენური სისხლი ალისფერი, თუ უჯრედმა ჟანგბადის ათვისება შეწყვიტა?

დავალება 4

სწორი პასუხის ვერსია: A სინჯარაში ბაქტერიები მოგროვდნენ წყლის ზედაპირზე, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ისინი აერობები არიან. B სინჯარაში ბაქტერიები ფსკერზე განლაგდნენ. წყალში ჟანგბადი ცუდად იხსნება და ფსკერზე მისი რაოდენობა მინიმალურია, ე.ი. ეს ბაქტერიები ობლიგატური ანაერობები არიან. C სინჯარაში ბაქტერიები განაწილდნენ სითხის მთელ მოცულობაში, რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი ფაკულტატური ანაერობები არიან;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ცნებების გააზრებისთვის გამოიყენეთ სინჯარის ზონალური ანალიზი: სთხოვეთ მოსწავლეს ახსნას ჟანგბადის კონცენტრაციის განსხვავება ზედაპირსა და ფსკერზე, რის შემდეგაც დააკავშირებინეთ ეს მონაცემი ბაქტერიების მეტაბოლიზმთან.

დავალება 5:

სწორი პასუხის ვერსია: A — ნაწილი პლასტიკურ ცვლას შეესაბამება, რადგან ამ დროს, ატფ იხარჯება მარტივი ნივთიერებებიდან რთული ნივთიერებების სინთეზზე, B — ნაწილი გამოსახავს ენერგეტიკულ ცვლას, რადგან ამ დროს ატფ წარმოიქმნება;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებელს: ანაბოლიზმისა და კატაბოლიზმის ერთიანობის საჩვენებლად გამოიყენეთ „ბატარეის მოდელი“: სთხოვეთ მოსწავლეს სქემაზე ისრებით აღნიშნოს, როდის იტენება ატფ (ენერგეტიკული ცვლა) და როდის დახარჯული ენერგია ხმარდება სინთეზს (პლასტიკური ცვლა).

დავალება 6:

სწორი პასუხის ვერსია: ა. ფოტოსინთეზის პროცესი უკეთესად წარიმართებოდა A მცენარეში, რომელიც მზეზე დგას და იღებს სინათლის სპექტრის მისთვის საჭირო ფერებს;

ბ. თუ ფოთლის ქვედა ზედაპირს ზეთით დავფარავთ, შეფერხდება აირების მიმოცვლა (მცენარეების უმრავლესობას ბაგეები ფოთლის ფირფიტის ქვედა ზედაპირზე აქვს) ამიტომ მცენარეში ფოტოსინთეზის ინტენსივობა შემცირდება;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: ფოთლის ანატომიასა და ფოტოსინთეზს შორის კავშირის დასანახად დაუსვით მიმართულების მიმცემი კითხვა: «რომელი სტრუქტურით შედის

ფოთოლში ნახშირორჟანგი, და რა დაემართება ფოტოსინთეზის ინტენსივობას, თუ ,,შესასვლელს“ ფიზიკურად დავხშობთ (ზეთით დავფარავთ)?“

დავალება 7:

სწორი პასუხის ვერსია: პირველ კულტურას დავამატებდი იზოტოპით მონიშნულ თიმინს, მეორეს კი იზოტოპით მონიშნულ ურაცილს. თუ ახლადწარმომქნილ ვირუსში თიმინი აღმოჩნდება, ე.ი. ის დნმ-ის შემცველი ყოფილა, თუ ურაცილი — რნმ-ის შემცველი;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებელს: ნუკლეინის მჟავების იდენტიფიცირებისთვის სთხოვეთ მოსწავლეებს შეადარონ დნმ-ისა და რნმ-ის აზოტოვანი ფუძეები. დაუსვით კითხვა: *„რომელი აზოტოვანი ფუძეა მხოლოდ დნმ-ისთვის და რომელი — რნმ-ისთვის დამახასიათებელი, და როგორ გვეხმარება ეს მარკერები ვირუსის გენომის ტიპის ამოცნობაში?“*

დავალება 8:

სწორი პასუხის ვერსია: მაღალ ტემპერატურაზე ფოტოსინთეზის პროცესში მონაწილე ფერმენტები დენატურირდება, რის გამოც კარგავს კატალიზურ აქტივობას;

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებელს: გრაფიკის დაღმავალი ტოტის მცდარი ინტერპრეტაციის თავიდან ასაცილებლად, დასვით პრობლემური კითხვა: *„რა ემართება ცილის (ფერმენტის) მესამეულ სტრუქტურასა და აქტიურ ცენტრს ოპტიმუმზე მაღალ ტემპერატურაზე?“*.

დავალება 9.

სწორი პასუხის ვერსია: ა. თერმოგენინი — სითბოს წარმომქმნელი;

ბ. ვეულებრივ რჟიმში მუშაობისას მიტოქონდრიაში იჭანგება წყალბადის ატომი და გარდაიქმნება წყალბადის კატიონად. ფოსფოლირილდება ადფ, რის შედეგად მიიღება ატფ;

გ. თერმოგენინი ერთმანეთისგან თიშავს ატფ-ის სინთეზსა და ელექტრონების ტრანსპორტს;

დ. ატფ-ის წარმოქმნის თვალსაზრისით ენერგოეფექტურობა მცირდება, რადგან ენერგია სითბოს სახით იფანტება;

ე. ზა ამთრის პერიოდში არქტიკული მელას ორგანიზმისთვის მნიშვნელოვანია გათბობა, ამიტომ მის მიტოქონდრიებში ცილა თერმოგენინი აქტიურ მდგომარეობაშია. წყალბადის კატიონები ატფ-სინთაზას გვერდის ავლით, თერმოგენინის არხით ბრუნდება მატრიქსში რიდ გამოც აღარ ხდება ჟანგვითი ფოსფორილირება და ენერგია სითბოდ გარდაიქმნება.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის: რთული მოლეკულური მექანიზმის გასაგებად გამოიყენეთ „კაშხლისა და წყლის გამშვების“ ანალოგია: მიტოქონდრიის შიდა მემბრანა არის კაშხალი, ხოლო პროტონები — დაგუბებული წყალი. *ჩვეულებრივ რეჟიმში* წყალი გადის წისქვილზე (ატფ-სინთაზა) და ატრიალებს მას (წარმოიქმნება ატფ). *თერმოგენინის რეჟიმში:* კაშხალში იღება დამატებითი მილსადენი (თერმოგენინის არხი), წყალი წისქვილის გვერდის ავლით მიედინება, მექანიკური სამუშაო (ატფ) ვერ სრულდება და მთელი ენერგია გამოიყოფა სითბოს სახით.

დავალება 10 . სწორი პასუხის ვერსია:

ა. ,,უკუღმა“ წარიმართება ტრანსკრიპცია;

ბ. მატრიცის როლს ასრულებს რნმ;

გ. ამ დროს დასინთეზდება დნმ;

დ. ვირუსი გამოიყენებდა ატფ-ს, ნუკლეოტიდებს, რიბოსომებსა და ტ-რნმ-ს;

მეთოდური რეკომენდაციები მასწავლებლისთვის: ვირუსისა და მასპინძლის რესურსების გამოსაყოფად გამოიყენეთ „მიტაცებული ინფრასტრუქტურის“ ანალოგია: სთხოვეთ მოსწავლეს ჩამოთვალოს, რა შეაქვს ვირუსს უჯრედში (მხოლოდ გენეტიკური კოდი/ფერმენტი) და რას იყენებს უჯრედისგან (ატფ, რიბოსომები, ტ-რნმ, ნუკლეოტიდები).

დავალება 11:

სწორი პასუხის ვერსია: ეს შესაძლებელია გენეტიკური კოდის უნივერსალობის გამო. რადგან ყველა ორგანიზმში ერთი და იგივე ტრიპლეტი ერთსა და იმავე ამინომჟავას აკოდირებს, სხვა სახეობის უჯრედსაც შეუძლია უშეცდომოდ წაიკითხოს გადატანილი გენი და დაასინთეზოს საჭირო ცილა.

მეთოდური რეკომენდაცია მასწავლებელს: გენეტიკური კოდის უნივერსალობის უკეთ გასააზრებლად გამოიყენეთ «ინფორმაციული ენის» ანალოგია: სთხოვეთ მოსწავლეებს იმსჯელონ, რატომ შეუძლია სხვადასხვა ორგანიზმს (მაგ. ბაქტერიასა და ადამიანს) ერთი და იგივე გენეტიკური ინსტრუქციის წაკითხვა და მის საფუძველზე იდენტური ცილის სინთეზი.

შეფასების რუბრიკა

სამიზნე ცნება მიღწევის დონეები	დაბალი დონე	საშუალო დონე	მაღალი დონე
სტრუქტურა და ფუნქცია	ფრაგმენტულად ფლობს ცოდნას უჯრედის სტრუქტურების შესახებ და ვერ აკავშირებს მათ გარე ფაქტორების ზემოქმედებით გამოწვეულ ცვლილებებთან.	ზოგადად ახასიათებს ორგანელების აგებულებასა და ფუნქციებს შორის შესაბამისობას, თუმცა უჭირს ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორების ზემოქმედებით გამოწვეული სტრუქტურული დაზიანებების დეტალური ახსნა.	სრულყოფილად აღწერს და აკავშირებს უჯრედულ სტრუქტურებსა და ორგანელებს მათ ფუნქციებთან; ღრმად აანალიზებს ტოქსიკური ნივთიერებების, ტემპერატურისა და გარე ფაქტორების ზემოქმედებით გამოწვეულ სტრუქტურულ დარღვევებს.
სასიცოცხლო თვისება	უჭირს უჯრედის სასიცოცხლო თვისებებისა და მეტაბოლური პროცესების ერთმანეთთან დაკავშირება	სწორად პასუხობს სტანდარტულ კითხვებს ფოტოსინთეზისა და მეტაბოლიზმის პროცესების შესახებ, თუმცა უჭირს რთული მოლეკულური მექანიზმების ახსნა.	საფუძვლიანად აანალიზებს ფოტოსინთეზის, უჯრედული სუნთქვის, მეტაბოლური პროცესების ნუკლეინის მჟავებისა და გენეტიკური კოდის უნივერსალობის მექანიზმებს.
ჯანმრთელობა და დაავადება	უჭირს ჰომეოსტაზის დარღვევებით, ტოქსინებითა და მავნე გარემო ფაქტორებით გამოწვეული პათოლოგიებისა და უჯრედული ცვლილებების ახსნა.	ზოგადად ხვდება უჯრედული პროცესების დარღვევით გამოწვეული პათოლოგიების არსს, თუმცა მსჯელობა მეტაბოლურ გადართვებზე ნაკლებად ღრმა და კომპლექსურია.	აცნობიერებს და ხსნის უჯრედული მეტაბოლიზმის დარღვევით გამოწვეულ პათოლოგიურ ცვლილებებს, აფასებს ჰომეოსტაზისა და ნორმალური ფუნქციონირების მნიშვნელობას.
ბიომრავალ-ფეროვნება	ვერ აკავშირებს უჯრედულ სტრუქტურებსა და მეტაბოლურ განსხვავებებს ორგანიზმების მრავალფეროვნებასა და ადაპტაციასთან.	ზოგადად ადარებს ორგანიზმების უჯრედულ აქტივობასა და გარემო პირობებთან ადაპტაციას, თუმცა უჭირს ბიომრავალფეროვნებასთან დაკავშირებული მექანიზმების სრულად ახსნა	ღრმად აანალიზებს სხვადასხვა ორგანიზმის (აერობები, ანაერობები, არქტიკული მელა, მცენარეული და ცხოველური სისტემები) უჯრედულ თავისებურებებსა და მეტაბოლურ ადაპტაციებს, აფასებს მათ როლს ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებაში.

დანართი: დამატებითი რესურსი მასწავლებლისთვის

რა არის თერმოგენინი?

თერმოგენინი (ცნობილი როგორც **UCP1** — *Uncoupling Protein 1* ან განმცალკევებელი ცილა-1) წარმოადგენს ტრანსმემბრანულ ცილა-გადამტანს, რომელიც ლოკალიზებულია **მყარი ყავისფერი ცხიმოვანი ქსოვილის (BAT — Brown Adipose Tissue)** მიტოქონდრიების შიდა მემბრანაზე.

ნორმალური უჯრედული სუნთქვა (შეუღლებული პროცესი):

სუნთქვის ჯაჭვში ელექტრონების ტრანსპორტის დროს პროტონები გადადიან მიტოქონდრიის მატრიქსიდან მემბრანათაშორის სივრცეში. იქმნება ელექტროქიმიური (პროტონული) გრადიენტი. ნორმალურ პირობებში, პროტონები მატრიქსში უკან დაბრუნებას ახერხებენ **მხოლოდ ატფ-სინთაზას გავლით**, რაც იწვევს ადფ-ის ფოსფორილირებას ატფ-ად (ჟანგვითი ფოსფორილირება).

როგორ მოქმედებს თერმოგენინი: როდესაც თერმოგენინი აქტიურდება, ის ქმნის სპეციფიკურ პროტონულ არხს შიდა მემბრანაში. პროტონები ბრუნდებიან მატრიქსში **ატფ-სინთაზას გვერდის ავლით**. ელექტროქიმიური პოტენციალის ენერგია აღარ იხარჯება ატფ-ის ქიმიური ბმების ფორმირებაზე; ის სრულად გარდაიქმნება **სითბურ ენერგიად**.

რა იწვევს თერმოგენინის აქტივაციას და როგორ რეგულირდება მისი მოქმედება: გარემოს დაბალი ტემპერატურისას ორგანიზმის თერმორეცეპტორები სიგნალს გადასცემენ ჰიპოთალამუსს.

ჰიპოთალამუსი ააქტიურებს სიმპათიკურ ნერვულ სისტემას, რომელიც ყავისფერ ცხიმოვან ქსოვილში გამოყოფს ნეირომედიატორ **ნორადრენალინს**.

ნორადრენალინი უკავშირდება ადრენორეცეპტორებს, რის შედეგადაც უჯრედში იწყება ტრიგლიცერიდების დაშლა თავისუფალ ცხიმოვან მჟავებად.

თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავები პირდაპირ უკავშირდებიან თერმოგენინს და ხსნიან პროტონულ არხს.

თერმოგენინის ეკოლოგიური და ევოლუციური მნიშვნელობა — ყინვის პირობებში მხოლოდ კანკალით სითბოს გამომუშავება ენერგეტიკულად არაფექტურია. ყავისფერი ცხიმი და თერმოგენინის მაღალი ექსპრესია საშუალებას აძლევს მათ, შეინარჩუნონ სხეულის მუდმივი ტემპერატურა 38^{0}C გარემოს 50 ^{0}C ტემპერატურის პირობებშიც კი.

მოზამთრე ცხოველები (მაგ. დათვი, ზღარბი, ციყვი) გამოღვიძებისას სწორედ თერმოგენინის მეშვეობით ინარჩუნებენ სითბოს.

ახალშობილებს კანკალის უნარი სუსტად აქვთ განვითარებული, ამიტომ სხეულის მასის დაახლოებით 5%-ს ყავისფერი ცხიმი შეადგენს, რაც მათ ჰიპოთერმიისგან იცავს.

8. გამოყენებული ლიტერატურა

1. აქტიური სწავლება ბიოლოგიაში: წინასატრენინგო მასალა. 2017. მასწავლებელთა და სკოლის დირექტორთა პროფესიული განვითარების პროგრამა.
2. განვითარებისა და სწავლების თეორიები. 2009. მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი.
3. ედიშერაშვილი, ნ. 2017. შეფასების რუბრიკის შექმნის ძირითადი პრინციპები.
4. ეფექტიანი სწავლება: თეორია და პრაქტიკა. 2010. გამოცდების ეროვნული ცენტრი.
5. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო. ეროვნული სასწავლო გეგმა — მოქმედი რედაქცია;
6. სააზროვნო უნარების განვითარების ეფექტური სტრატეგიები. 2009.
7. სასწავლო და პროფესიული გარემო. 2009. მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი.
8. სწავლება და შეფასება. 2009. მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი.
9. ხუნძაყიშვილი, მ., ბივერი, ს. 2018. განმავითარებელი შეფასება და დიფერენცირებული სწავლება.
10. Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2014). Molecular Biology of the Cell (6th ed.). W. W. Norton & Company.
11. Bergmann, J., & Sams, A. 2012. Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day. International Society for Technology in Education (ISTE).
12. Bishop, J. L., & Verleger, M. A. 2013. The flipped classroom: A survey of the research. ASEE National Conference Proceedings, Atlanta, GA.
13. Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Orr, R. B. 2020. Biology: A Global Approach (12th ed.). Pearson.
14. Herreid, C. F. 2007. Start with a Story: The Case Study Method of Teaching College Science. NSTA Press.
15. Lundberg, C. A., & Frost, C. E. 2007. Case Method as a Strategy for Fostering Student Learning. New Directions for Teaching and Learning.
16. Rose, D. H., & Meyer, A. 2002. Teaching Every Student in the Digital Age: Universal Design for Learning. Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
17. Wiggins, G., & McTighe, J. 2005. Understanding by Design. Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
18. Interactive teaching methods: challenges and perspectives. 2017.
19. https://biologycorner.com/

დღეს მეცნიერები დიდი ინტერესით იკვლევენ ბაქტერიოფაგებს - ვირუსებს, რომლებიც ბაქტერიებს ანადგურებენ. შესაძლოა, სწორედ ისინი იქცნენ მომავლის მედიცინის ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან იარაღად.

ინფექციური დაავადებების სამკურნალოდ ბაქტერიოფაგების გამოყენების შესაძლებლობა ერთი-ერთმა პირველმა ქართველმა მეცნიერმა, გიორგი ელიავამ (1892–1937) დაინახა. 1918–1921 წლებში, როგორც ახალგაზრდა მეცნიერი, იგი საქართველოს დემოკრატიული რესპუბლიკის მთავრობამ მიავლინა პარიზში, პასტერის ინსტიტუტში, სადაც მან გაიცნო კანადელი ფრანგი მეცნიერი ფელიქს დერელი. დერელი ბაქტერიოფაგების არსებობას ვარაუდობდა, თუმცა ამის დამადასტურებელი საკმარისი მტკიცებულება არ გააჩნდა. გიორგი ელიავამ ჩატარებული კვლევებით მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა ამ იდეის მეცნიერულ დასაბუთებაში.

1923 წელს გიორგი ელიავამ დააარსა ბაქტერიოლოგიური ინსტიტუტი, რომელიც მოგვიანებით ელიავას სახელობის ბაქტერიოფაგიის, მიკრობიოლოგიისა და ვირუსოლოგიის ინსტიტუტად ჩამოყალიბდა. დღეს ამ ინსტიტუტში დაცულია ბაქტერიოფაგების მსოფლიოში ერთ-ერთი უმდიდრესი კოლექცია, ხოლო ფაგოთერაპიის მიმართულებით ჩატარებული კვლევებით ის საერთაშორისო მნიშვნელობის მქონე სამეცნიერო ცენტრია.

მეცნიერები იმედოვნებენ, რომ ანტიბიოტიკური რეზისტენტობის მზარდი კრიზისის ფონზე ფაგები მომავალში ბაქტერიული ინფექციების მკურნალობის ერთ-ერთი ეფექტური საშუალება გახდება. ამიტომაც, თითქმის ასი წლის წინ დაწყებული კვლევები დღეს სულ უფრო აქტუალური ხდება.

ბაქტერიოფაგების მოქმედების საიდუმლოს გაგება შეუძლებელია ბიოქიმიის გარეშე, რომლის შესწავლასაც შენ ახლა იწყებ. ვინ იცის, მომავალში შეიძლება შენც იმ მეცნიერებს შორის აღმოჩნდე, რომლებიც ახალი მიღწევებით ადამიანების ჯანმრთელობის დაცვაში მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანენ.

