განათლების, მეცნიერებისა და
ახალგაზრდობის სამინისტრო

ქიმია 10

მასწავლებლის წიგნი

პირველი ნაწილი



გიული ანდრონიკაშვილი ლალი ბერიძე
ლალი ტურიაშვილი

ქიმია 10

მასწავლებლის წიგნი
პირველი ნაწილი

სახელმძღვანელო შექმნილია
საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტროს მიერ

საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო
თბილისი
2026

ქიმია
X კლასი, I ნაწილი
მასწავლებლის წიგნი

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

ავტორები:
გიული ანდრონიკაშვილი
ლალი ბერიძე
თანაავტორი:
ლალი ტურიაშვილი

საგნის ექსპერტ-კონსულტანტი: სოფიო მშვილდაძე
სამეცნიერო რეცენზენტი: თინათინ ბუთხუზი
ფსიქოლოგი-მეთოდისტი: თამარ ადეიშვილი
რედაქტორი: თამთა გრიგოლია
დამკაბადონებელი: ნანა ესართია
ყდის დიზაინერი: ნინო ხვინგია

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

სარჩევი

მოსწავლის სახელმძღვანელოს კონცეფცია 4
ქიმიის სტანდარტი საშუალო საფეხურზე 6
სწავლების პროცესში გამოსაყენებელი მიდგომები/მეთოდები 9
ექსპერიმენტული და კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება ქიმიაში 9
მოდელირების მეთოდი ქიმიის სწავლებაში 10
პრობლემაზე დაფუძნებული სწავლება (Problem-Based Learning – PBL) ქიმიის გაკვეთილზე 12
თანამშრომლობითი და ჯგუფური მეთოდები ქიმიის სწავლებაში 14
„შებრუნებული საკლასო ოთახი“ ქიმიის სწავლებაში 16
ანალოგიებისა და მეტაფორების მეთოდი ქიმიის სწავლებაში 17
პროექტზე დაფუძნებული სწავლება 19
როლური თამაშები ქიმიის სწავლებაში 21
დიფერენცირებული სწავლება ქიმიის გაკვეთილზე 23
შეფასების ტიპების ზოგადი აღწერა 25
განმავითარებელი შეფასება 25
განმსაზღვრელი შეფასება 29
ზოგიერთი შეფასების სქემა 32
ქიმიურ ლაბორატორიაში ქცევის წესები 39
საკითხები
1.1. ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი 42
1.2. ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობისას ენერგეტიკული ცვლილებების ანალიზი 58
2.1. ქიმიური რეაქციის სიჩქარე 78
2.2. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები
2.2.1. მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნების გავლენა
2.2.2. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციების გავლენა 89
2.2.3. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე ტემპერატურის გავლენა 98
2.2.4. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე კატალიზატორის გავლენა 110
2.3. ქიმიური წონასწორობა 149
2.4. წონასწორობის გადახრის პირობები. ლე შატელიეს პრინციპი 158
3.1. ჟანგვის რიცხვი 179
3.2. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ზოგადი დახასიათება 189
3.3. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ტოლობების შედგენა 196
3.4. ელექტროლიზი 206

მოსწავლის სახელმძღვანელოს კონცეფცია

სახელმძღვანელოს ძირითადი მიზანი

წინამდებარე სახელმძღვანელო შექმნილია საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტროს ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნების შესაბამისად. მოსწავლის წიგნის მთავარი მიზანია მოსწავლეებში საბუნებისმეტყველო წიგნიერების, კრიტიკული აზროვნებისა და კვლევითი უნარების განვითარება. სახელმძღვანელოში ახალი ცოდნა კონსტრუირდება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით, ექსპერიმენტული კვლევისა და ლოგიკური ანალიზის გზით.

შინაარსობრივი ხაზი და ლოგიკური თანმიმდევრობა

მასალა დაყოფილია ურთიერთდაკავშირებულ თავებად, რომლებიც თანდათანობით აფართოებს მოსწავლის შემეცნებით არეალს:

- **თავი 1. ქიმიური რეაქციის ენერგეტიკული დახასიათება:** ქიმიური რეაქციების მართვა იწყება ეგზოთერმული და ენდოთერმული პროცესების შესწავლით, ბმის ენერგიებისა და თერმოქიმიური ტოლობების გაანალიზებით.
- **თავი 2. ქიმიური კინეტიკა:** რეაქციის ენერგეტიკული დახასიათების შემდეგ მოსწავლეები ეცნობიან ქიმიური რეაქციის სიჩქარეს, სწავლობენ მასზე მოქმედ ფაქტორებს (ტემპერატურა, წნევა, კონცენტრაცია, კატალიზატორი), შექცევად რეაქციებში წონასწორობის მდგომარეობასა და მისი გადახრის პრინციპს.
- **თავი 3. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები:** განიხილება ჟანგვის რიცხვის ცნება, ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები, ნივთიერების ნალღობების, წყალხსნარების ელექტროლიზი და მისი პრაქტიკული გამოყენება.

სახელმძღვანელოს სტრუქტურული აგებულება

წიგნში გამოყენებულია მრავალფეროვანი რუბრიკები, მასალის უკეთ აღქმისა და გააზრებისათვის, რომლებიც მასწავლებელს ეხმარება საგაკვეთილო პროცესის დაგეგმვასა და მართვაში. თითოეულ რუბრიკას მკაცრად განსაზღვრული მეთოდური დატვირთვა აქვს:

- **„რას ისწავლით“:** პარაგრაფის დასაწყისშივე აცნობს მოსწავლეს სასწავლო მიზნებსა და მოსალოდნელ შედეგებს, რაც უზრუნველყოფს მოტივაციის ზრდასა და ყურადღების მობილიზებას.
- **„გაიხსენეთ“ / „გაიაზრეთ“:** მიმართულია წინარე ცოდნის გააქტიურებისკენ. მასწავლებელს ეძლევა მზა ინსტრუმენტი „გონებრივი იერიშისთვის“ და ახალი მასალის ძველთან დასაკავშირებლად.
- **„ექსპერიმენტი“:** ეს რუბრიკა სახელმძღვანელოს უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია თეორიული ცოდნის გასამყარებლად და კვლევითი უნარების განსავითარებლად. ახლავს უსაფრთხოების ნიშნები (ფეთქებადი, აალებადი, მომწამლავი და ა.შ.) და ლაბორატორიაში მუშაობის წესები, რაც აუცილებელია პრაქტიკული მუშაობისას რისკების თავიდან ასაცილებლად.

- **„მაგალითი“ / „ტიპური ამოცანების ამოხსნა“:** უზრუნველყოფს მოსწავლეთა რაოდენობრივი და ალგორითმული აზროვნების განვითარებას. ეტაპობრივად ნაჩვენებია ამოცანის ამოხსნის ნიმუშები (მაგ., თერმოქიმიური ან კინეტიკური გამოთვლები), რაც მოსწავლეს უმარტივებს დამოუკიდებელ მუშაობას.
- **„რა ისწავლეთ“ / „ახალი ტერმინები“:** პარაგრაფში განხილული მასალის საფუძველზე მიღებული დასკვნები, რაც აჯამებს გაკვეთილის მთავარ სათქმელს და ეხმარება მოსწავლეს ცოდნის სისტემატიზაციაში.
- **„ქიმია ყოფა-ცხოვრებაში“ / „ქიმიის ისტორიიდან“....** ახდენს ცოდნის ტრანსფერს და უჩვენებს საგნის პრაქტიკულ, რეალურ ცხოვრებასთან კავშირს (მაგალითად: კვებითი ღირებულება და კალორიები, მანქანის კატალიზატორები, „ჯიბის კოცონი“, ისტორიული ფაქტები ლავუაზიესა და ლე-შატელიეს ცხოვრებიდან).
- **„საშინაო აქტივობა“ / „შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები“:** ორიენტირებულია მიღებული ცოდნის განმტკიცებასა და როგორც განმავითარებელ, ისე განმსაზღვრელ შეფასებაზე.

ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრაცია და მულტიმედიური სწავლება (QR კოდები)

სახელმძღვანელოს ერთ-ერთი გამორჩეული მულტიმედიური ინსტრუმენტია სასწავლო პროცესში ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრაცია. თითოეულ თავში განთავსებულია სპეციალური QR კოდები, რომლებიც წარმოადგენს ინტერაქტიულ ხიდს ბეჭდურ წიგნსა და ციფრულ სამყაროს შორის.

QR კოდების გამოყენებას მასწავლებლისთვის შემდეგი მეთოდური დატვირთვა აქვს:

- რთული და სახიფათო პროცესების ვიზუალიზაცია: კოდებზე გადასვლით მოსწავლეებს ეძლევათ შესაძლებლობა, დინამიკაში დააკვირდნენ ისეთ ქიმიურ რეაქციებს, რომელთა რეალურ დროში ჩატარება სასკოლო ლაბორატორიაში რთულია შესაბამისი რეაქტივების სიმცირის ან უსაფრთხოების მკაცრი ნორმების გამო.
- დამოუკიდებელი სწავლების სტიმულირება: QR კოდები მოსწავლეს საშუალებას აძლევს, საკლასო ოთახს მიღმა, სახლის პირობებში მარტივად, სმარტფონის გამოყენებით, კიდევ ერთხელ გადაავლოს თვალი ექსპერიმენტებს, რაც ხელს უწყობს საგნის მიმართ ინტერესის გაღვივებასა და ცოდნის დამოუკიდებლად განმტკიცებას.

დიდაქტიკური დასკვნა მასწავლებლისთვის

აღნიშნული სახელმძღვანელო მასწავლებელს საშუალებას აძლევს, იყოს საგაკვეთილო პროცესის ფასილიტატორი. წიგნი ხელს უწყობს პრობლემაზე დაფუძნებულ სწავლებასა და სააზროვნო უნარების განვითარებას. მდიდარი ვიზუალური მასალა (სქემები, გრაფიკები, ხელოვნური ინტელექტით დამუშავებული და რეალური ფოტოები) და მკაფიო რუბრიკები უზრუნველყოფს მოსწავლეთა მაღალ ჩართულობასა და ინფორმაციის ეფექტურ ათვისებას. სახელმძღვანელო იძლევა დიფერენცირებული და ინტეგრირებული სწავლების შესაძლებლობას, სადაც თეორია, პრაქტიკა და ყოველდღიურობა ერთიან საგანმანათლებლო კონცეფციაშია გაერთიანებული.

ქიმიის სტანდარტი საშუალო საფეხურზე

ა) სწავლის შედეგები

საგნის „ქიმია“ ფარგლებში საშუალო საფეხურის შედეგების მიღწევის/კომპეტენციების განვითარების საფუძველს ქმნის ცნებების **„შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება“, „ქიმიური პროცესი“, „მდგრადი წარმოება, მოხმარება“** ურთიერთდაკავშირებული გააზრება. მათი გააზრების საფუძველზე მოსწავლეს შეუძლია:

სწავლის შედეგი	**შედეგის მიღწევის ინდიკატორები** – მოსწავლეს შეუძლია:	**სამიზნე ცნების მოცულობა** – მოსწავლე აცნობიერებს, რომ:
(1) ნივთიერების შედგენილობაში შემავალი ატომების აღნაგობასა და ქიმიურ ბმებს შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირების გააზრება ნივთიერების შედგენილობის, აღნაგობისა და თვისებების შესასწავლად, კონკრეტული პრობლემების გადასაჭრელად.	➢ ორგანული, არაორგანული ნივთიერებების შედარება შედგენილობის, აღნაგობის, თვისებებისა და რაოდენობრივი მახასიათებლების მიხედვით. ➢ ორგანული, არაორგანული ნივთიერებების შემადგენელი ნაწილაკების აღნაგობის, მათ შორის არსებული ბმის ტიპისა და კრისტალური სტრუქტურის გაანალიზება და დაკავშირება ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებთან, გამოყენებასთან; ➢ ნივთიერებების შესახებ საკუთარი მოსაზრებების დასაბუთება მათი თვისებებისა და რაოდენობრივი თანაფარდობების გათვალისწინებით; ➢ ნივთიერების შედგენილობის, თვისებებისა და რაოდენობრივი მახასიათებლების გამოყენებით პრობლემაზე ორიენტირებული, ამოცანების ამოხსნა/გადაჭრა.	სამიზნე ცნება **„შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება“** – ნებისმიერ ნივთიერებას აქვს მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი შედგენილობა, აღნაგობა, თვისებები და რაოდენობრივი მახასიათებლები. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების აღნაგობა, მათ შორის არსებული ბმის ტიპი, კრისტალური სტრუქტურა განაპირობებს ამ ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს.
(2) ნივთიერებების ურთიერთგარდაქმნების შესწავლა, ქიმიური მოვლენების მიმდინარეობის კანონზომიერებების გააზრება მრეწველობაში, ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში მიმდინარე ქიმიური პროცესების მნიშვნელობის გასაანალიზებლად.	➢ სხვადასხვა ქიმიური გარდაქმნის შედარება ექსპერიმენტული გზით; ➢ ნივთიერების ურთიერთგარდაქმნის მიზეზშედეგობრივი კავშირების ახსნა; ➢ ნივთიერებების ურთიერთგარდაქმნის მნიშვნელობის დასაბუთება მათი გამოყენების არეალის დასადგენად; ➢ ნივთიერების შედგენილობისა და თვისებების, ქიმიური პროცესების მიმდინარეობის კანონზომიერებების გამოსაკვლევად შესაბამისი ექსპერიმენტების განხორციელება, მოსალოდნელი შედეგების წინასწარ განჭვრეტა, ექსპერიმენტის შედეგებთან შედარება, დასკვნის გამოტანა.სამიზნე ცნება **„ქიმიური პროცესი“** – ორგანული, არაორგანული ნივთიერებების გარდაქმნებს მიზეზშედეგობრივი კავშირები აქვს. ამ გარდაქმნების დროს ნივთიერების შედგენილობაში შემავალ ატომებსა და ატომთა ჯგუფებს შორის არსებული ქიმიური ბმები წყდება, ახალი ბმები წარმოიქმნება, ნივთიერება გარდაიქმნება.	სამიზნე ცნება **„ქიმიური პროცესი“** – ორგანული, არაორგანული ნივთიერებების გარდაქმნებს მიზეზშედეგობრივი კავშირები აქვს. ამ გარდაქმნების დროს ნივთიერების შედგენილობაში შემავალ ატომებსა და ატომთა ჯგუფებს შორის არსებული ქიმიური ბმები წყდება, ახალი ბმები წარმოიქმნება, ნივთიერება გარდაიქმნება.

(3) ნივთიერების, ქიმიური პროცესების მნიშვნელობისა და უსაფრთხოების პრინციპების შესწავლა/გააზრება მდგრადი განვითარების ეკონომიკური და ეკოლოგიური ასპექტების გასაანალიზებლად.	➢ ეკოლოგიური პრობლემების დაკავშირება ქიმიურ პროცესებთან; ➢ ეკოლოგიური პრობლემების წარმოშობის მიზეზშედეგობრივი კავშირების ახსნა; ➢ ლოკალური და გლობალური ეკოლოგიური პრობლემების შემცირების შესაძლებლობის დასაბუთება; ➢ ახალი მასალებისა და ტექნოლოგიების შედარება მათი გამოყენების მიზნით; ➢ ახალი მასალებისა და ალერნატიული ტექნოლოგიების შესაძლებლობების განჭვრეტა ეკოლოგიურად უსაფრთხო ქიმიური პროცესების წარმართვის, გარემოს დაბინძურების შემცირებისა და რესურსების რაციონალური გამოყენების მიზნით.	სამიზნე ცნება „**მდგრადი წარმოება, მოხმარება**“ – ბიოსფეროს ეკოლოგიური პრობლემები გამოწვეულია სხვადასხვა ფაქტორით, მათ შორის უმნიშვნელოვანესია ქიმიური პროცესები და დამაბინძურებლები. ამ პრობლემების მასშტაბურობა კაცობრიობის მომავალს რისკის ქვეშ აყენებს. ამ რისკის შემცირება შესაძლებელია ნივთიერებების თვისებების შეფასებითა და ქიმიური პროცესების მართვით, ნედლეულის ოპტიმიზაციით (ნაკლები ნარჩენები, გადამუშავება), ენერგოეფექტური, ახალი ტექნოლოგიების, ბიოდეგრადირებადი და გადამუშავებადი მასალების გამოყენებით, მწვანე ინოვაციების/ტექნოლოგიების დანერგვითა და მხარდაჭერით.

ბ) სასწავლო თემები

თემები	თემის აღწერილობა
ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა	• ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი. ქიმიური რეაქციის სიჩქარე. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები (ექსპერიმენტულად შესწავლა). ქიმიური წონასწორობა და მასზე მოქმედი ფაქტორები (ექსპერიმენტულად შესწავლა). ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის კანონზომიერებების, წონასწორობის გადახრის პრინციპების მნიშვნელობა მრეწველობაში, ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში მიმდინარე რეაქციების სამართავად; • ელემენტის ჟანგვის რიცხვი არაორგანულ და ორგანულ ნაერთებში. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები, ელექტრონული ბალანსის მეთოდი. მარილების ნალღობებისა და წყალხსნარების ელექტროლიზი (ექსპერიმენტულად შესწავლა). ელექტროლიზური პროცესების მნიშვნელობა.
ორგანულ ნივთიერებათა მრავალფეროვნება	• ორგანული ნაერთების აღნაგობის თეორია. ატომური ორბიტალების ჰიბრიდიზაცია. ქიმიური ბმის ბუნება ორგანულ ნაერთებში. ატომების/ატომთა ჯგუფების ურთიერთგავლენა ორგანულ ნაერთებში; • ნახშირწყალბადების სხვადასხვა კლასის წარმომადგენელთა სპეციფიკური თვისებები, გენეტიკური კავშირები, გამოყენება. ალკადიენებისა და ციკლოალკანების ზოგადი მიმოხილვა; • ფუნქციური ჯგუფების შემცველი ორგანული ნაერთების (ერთ- და მრავალატომიანი სპირტები, ეთერები, ფენოლები, ალდეჰიდები, კეტონები, კარბონმჟავები, ესტერები, ამინები, ამინომჟავები) კლასიფიკაცია, იზომერია და ნომენკლატურა (IUPAC). ფუნქციურჯგუფიანი ორგანული ნაერთების სხვადასხვა კლასის წარმომადგენელთა მიღების მეთოდები, ფიზიკური და ქიმიური თვისებები, გამოყენება. თვისებითი რეაქციები (ექსპერიმენტულად შესწავლა); • ცხიმებისა და ნახშირწყლების (გლუკოზა, ფრუქტოზა, საქაროზა, სახამებელი, ცელულოზა) ფიზიკური და ქიმიური თვისებები, გამოყენება. ცილები, მათი მნიშვნელობა; • ორგანული ნაერთებით გამოწვეული ეკოლოგიური პრობლემები, პრევენციული ღონისძიებები, მათი რაციონალურად გამოყენება.

სწავლების პროცესში გამოსაყენებელი მიდგომები/მეთოდები

ქიმიის სწავლებისას სწავლების მეთოდების მრავალფეროვნება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან საგანი ერთდროულად მოითხოვს თეორიულ აზროვნებას, ლაბორატორიულ უნარებს, მათემატიკურ გამოთვლებსა და რეალურ სამყაროსთან კავშირის დანახვას.

ქიმიის მასწავლებლისთვის ყველაზე ეფექტური სწავლების მეთოდების მიმოხილვა:

ექსპერიმენტული და კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება ქიმიაში

ქიმია ექსპერიმენტული მეცნიერებაა, სადაც თეორია ემპირიულ დაკვირვებებს ეფუძნება. კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება მოსწავლეს პასიური მსმენელიდან აქტიურ მკვლევრად გარდაქმნის: ის სვამს კითხვებს, აყენებს ჰიპოთეზებს, გეგმავს ცდას, ატარებს ექსპერიმენტს და, მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე, გამოაქვს დასკვნები.

ეს მიდგომა მოიცავს რამდენიმე ძირითად დონესა და ფორმატს:

1. კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების 4 დონე

- **სტრუქტურირებული კვლევა:**

  არსი: მასწავლებელი სვამს კითხვას და იძლევა ინსტრუქციას, ხოლო მოსწავლეები ატარებენ ცდას და აღმოაჩენენ მათთვის აქამდე უცნობ კანონზომიერებებს.

- **მართული კვლევა:**

  არსი: მასწავლებელი სვამს მხოლოდ საკვლევ კითხვას. მოსწავლეებმა დამოუკიდებლად უნდა შეიმუშაონ ექსპერიმენტის გეგმა, შეარჩიონ ჭურჭელი/რეაქტივები და ჩაატარონ ცდა.

- **ღია კვლევა:**

  არსი: მოსწავლეები თავად სვამენ საკვლევ კითხვას, აყალიბებენ ჰიპოთეზას, გეგმავენ ექსპერიმენტს და აანალიზებენ შედეგებს.

- **დადასტურებითი კვლევა:**

  არსი: მოსწავლეებმა წინასწარ იციან შედეგი და ცდას ატარებენ ნასწავლი თეორიული მასალის პრაქტიკულად დასადასტურებლად (ტრადიციული ლაბორატორიული სამუშაო).

2. ექსპერიმენტული სწავლების ძირითადი ფორმები

- **სადემონსტრაციო ექსპერიმენტი:**

  ტარდება მასწავლებლის მიერ მთელი კლასის წინაშე. გამოიყენება მაშინ, როდესაც რეაქცია მოითხოვს სპეციალურ უსაფრთხოებას (მაგ., ტოქსიკური აირების გამოყოფა), როდესაც რეაქტივები ან ლაბორატორიული აღჭურვილობა შეზღუდულია.

  ცდის ჩატარებამდე მოსწავლეები იწერენ პროგნოზს („რა მოხდება?“), აკვირდებიან პროცესს და ბოლოს აანალიზებენ მიღებულ შედეგს.

➲ **ფრონტალური/წყვილებში ლაბორატორიული სამუშაო:**

მოსწავლეები უშუალოდ თვითონ ამზადებენ ექსპერიმენტისათვის საჭირო ჭურჭელს და თვითონვე ატარებენ ცდას(ზომავენ მოცულობებს, აკვირდებიან ფერის ცვლილებას, ნალექის წარმოქმნას ან აირის გამოყოფას), რაც ავითარებს ლაბორატორიულ უნარ-ჩვევებს.

➲ **ვირტუალური ექსპერიმენტები და სიმულაციები:**

ინტერაქტიული ციფრული ლაბორატორიების (მაგ., PhET, ChemCollective) გამოყენება. ეს საშუალებას იძლევა ჩატარდეს ისეთი ცდები, რომლებიც რეალურად სკოლაში ვერ ჩატარდება (მაგ., რადიოაქტიური დაშლა ან ატომურ დონეზე მოლეკულების დაჯახებაზე დაკვირვება).

3. კვლევის ეტაპები ქიმიის გაკვეთილზე

1. **საკვლევი კითხვის ფორმულირება**
2. **ჰიპოთეზის გამოთქმა**
3. **ცდის დაგეგმვა და ცვლადების განსაზღვრა:**

   დამოუკიდებელი ცვლადი (რას ვცვლით);

   დამოკიდებული ცვლადი (რას ვზომავთ);

   კონტროლირებადი ცვლადები (რა რჩება მუდმივი).
4. **ექსპერიმენტის ჩატარება და მონაცემების შეგროვება:** ცხრილების, გრაფიკების შევსება.
5. **ანალიზი და დასკვნა:** ჰიპოთეზის დადასტურება ან უარყოფა.

4. ამ მიდგომის უპირატესობები

- **ღრმა გაგება:** მოსწავლეს არ სჭირდება რეაქციის ფორმულების მექანიკური დაზეპირება, რადგან პროცესი საკუთარი თვალით ნახა და გამოიკვლია.
- **კრიტიკული აზროვნება:** მოსწავლე სწავლობს შეცდომების ანალიზს (მაგ., „რატომ არ მივიღე მოსალოდნელი ნალექი? ხომ არ შევცდი კონცენტრაციაში?“).
- **მაღალი მოტივაცია:** ექსპერიმენტი აღძრავს ინტერესს და სწავლის პროცესს ინტერაქტიულს ხდის.

მოდელირების მეთოდი ქიმიის სწავლებაში

ქიმიაში მოვლენათა უმრავლესობა მიკროსამყაროში (ატომები, მოლეკულები, იონები, ქიმიური ბმები) მიმდინარეობს. ვინაიდან მოსწავლეს არ შეუძლია თვალით დაინახოს ელექტრონების გადანაწილება ან მოლეკულების დაჯახება, მოდელირება ხდება მთავარი ხიდი აბსტრაქტულ თეორიულ ცნებებსა და რეალურ აღქმას შორის.

მოდელირების მეთოდი გულისხმობს რეალური ქიმიური ობიექტის, სისტემის ან პროცესის შემცირებული, გამარტივებული ან ვიზუალიზებული ანალოგის (მოდელის) შექმნასა და გაანალიზებას.

1. ქიმიური მოდელების ძირითადი სახეები

- **ფიზიკური (მატერიალური) მოდელები:**

  ბურთულოვან-ღეროვანი და სივრცული მოდელები: გამოიყენება მოლეკულების სამგანზომილებიანი სტრუქტურის, ბმების კუთხეებისა და ვალენტობის ასახსნელად (მაგ., მეთანის – ტეტრაედრული აღნაგობა ან წყლის – კუთხური მოლეკულა).

  ხელნაკეთი მოდელები: პლასტილინის, ასანთის ღერებისა და მავთულების გამოყენება ატომების ბირთვების, ელექტრონული შრეებისა თუ კრისტალური მესრის (მაგ., ნატრიუმის ქლორიდის – კუბური მესერი) შესაქმნელად.

- **გრაფიკული და სიმბოლური მოდელები:**

  ქიმიური ფორმულები და ტოლობები: ნივთიერების შემადგენლობისა და რეაქციის მიმდინარეობის აბსტრაქტული მოდელები.

  ლუისის სტრუქტურები და ელექტრონული ფორმულები: ასახავს გარე ელექტრონული შრის აგებულებასა და საზიარო ელექტრონულ წყვილებს.

  ენერგეტიკული დიაგრამები: ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების დროს ენერგიის ცვლილების, აქტივაციის ენერგიის და პროდუქტების/რეაგენტების ენერგეტიკული დონის ვიზუალური მოდელები.

- **ციფრული და კომპიუტერული მოდელები (3D & Virtual Simulations):**

  ინტერაქტიული სიმულაციები (მაგ., PhET): საშუალებას აძლევს მოსწავლეს ეკრანზე შექმნას ატომები პროტონების, ნეიტრონებისა და ელექტრონების „დამატებით“; დააკვირდეს აირების ქცევას ჭურჭელში მოცულობისა და ტემპერატურის ცვლილებისას.

  მოლეკულური დინამიკის პროგრამები: რეალურ დროში აჩვენებს, როგორ წყდება ძველი ბმები და როგორ წარმოიქმნება ახალი, ქიმიური გარდაქმნის დროს.

- **კოგნიტური / ანალოგიური მოდელები (მენტალური მოდელები):**

  აბსტრაქტული მოვლენის ახსნა ყოველდღიური ცხოვრების ანალოგიით.

2. მოდელირების გამოყენების ეტაპები გაკვეთილზე

1. **სამიზნე ობიექტის/პროცესის იდენტიფიცირება:** მასწავლებელი განსაზღვრავს, რა აბსტრაქტულ ცნებას სჭირდება მოდელირება (მაგ., კოვალენტური პოლარული ბმა).
2. **მოდელის აგება ან შერჩევა:** მოსწავლეები ინდივიდუალურად ან ჯგუფურად ქმნიან მოდელს (მაგ., აწყობენ რომელიმე მოლეკულას) ან იყენებენ ციფრულ სიმულაციას.
3. **მოდელის გამოცდა და გაანალიზება:** მოსწავლეები აკვირდებიან მოდელის თვისებებს (მაგ., როგორ არის გადაწეული ელექტრონული ღრუბელი უფრო ელექტროუარყოფითი ატომისკენ).
4. **მოდელის შეზღუდვების დადგენა (კრიტიკული ანალიზი):** უმნიშვნელოვანესი ნაბიჯია იმის გააზრება, რომ **მოდელი არ არის რეალობა**. მოსწავლეებმა უნდა იპოვონ, რითი განსხვავდება მოდელი რეალური ობიექტისგან (მაგ., პლასტილინის ბურთულები უძრავია, რეალური ატომები კი მუდმივად ირხევიან; ღეროები ბმებს გამოსახავს, თუმცა რეალურად ბმა ელექტრონული ღრუბლების გადაფარვაა და არა მყარი ჯოხი).

3. მეთოდის უპირატესობები ქიმიაში

- **სივრცითი აზროვნების განვითარება:** ეხმარება მოსწავლეებს მოლეკულების 3D სტრუქტურისა და იზომერიის აღქმაში.
- **კონკრეტიზაცია/თვალსაჩინოება:** მიკროსამყაროს ნაწილაკებს ხდის „ხელშესახებს“ და თვალსაჩინოს.
- **შეცდომების პრევენცია:** მოსწავლეები ადვილად ამჩნევენ მცდარ წარმოდგენებს (მაგ., ქიმიური ტოლობის გათანაბრებისას ატომების მოდელების დათვლით ხვდებიან, დაცულია თუ არა მასის მუდმივობის კანონი).

პრობლემაზე დაფუძნებული სწავლება (PROBLEM-BASED LEARNING – PBL) ქიმიის გაკვეთილზე

პრობლემაზე დაფუძნებული სწავლება არის მოსწავლეზე ორიენტირებული მიდგომა, სადაც სწავლის პროცესის ამოსავალი წერტილი არის რეალური, კომპლექსური და ღია (არასტრუქტურირებული) პრობლემა. ტრადიციული სწავლებისგან განსხვავებით – სადაც ჯერ თეორიას ეცნობიან და შემდეგ ხსნიან ამოცანებს – PBL-ის დროს მოსწავლეები ჯერ აწყდებიან პრობლემას და მისი გადაჭრის პროცესში **დამოუკიდებლად იძენენ** საჭირო ქიმიურ ცოდნას.

1. PBL-ის ძირითადი მახასიათებლები ქიმიაში

- **რეალური კონტექსტი:** პრობლემა ეფუძნება ყოველდღიურ ცხოვრებას, გარემოსდაცვით გამოწვევებს, ინდუსტრიას ან მედიცინას.
- **ღია ხასიათი:** პრობლემას არ აქვს მხოლოდ ერთი „სწორი“ პასუხი ან ამოხსნის ერთადერთი გზა.
- **მოსწავლის ავტონომია:** მოსწავლეები თავად განსაზღვრავენ, რა იციან, რა **არ იციან** (რა სჭირდებათ შესასწავლად) და როგორ მოიძიონ ინფორმაცია.
- **მასწავლებლის როლი:** მასწავლებელი აღარ არის „ცოდნის წყარო“, არამედ ის გვევლინება ფასილიტატორის და გზამკვლევის (სვამს მიმანიშნებელ კითხვებს, გეზს აძლევს) როლში.

2. პრობლემაზე დაფუძნებული სწავლების ეტაპები (ნაბიჯ-ნაბიჯ)

1. **პრობლემის პრეზენტაცია (სცენარის გაცნობა):**
   მოსწავლეებს ეძლევათ რეალური სიტუაციის აღწერა (სცენარი).

2. **იდეების გენერირება და ცოდნის ინვენტარიზაცია:**
   ჯგუფებში ავსებენ ცხრილს:

რა ვიცით	რა არ ვიცით	რა უნდა გავაკეთოთ

3. **საკვლევი კითხვების დასმა და დავალებების გადანაწილება:**

   მოსწავლეები ადგენენ, რომელი ქიმიური საკითხები (მაგ., pH, ხსნადობა, თერმოქიმია) უნდა შეისწავლონ პრობლემის გასაგებად.

4. **დამოუკიდებელი ძებნა და ინფორმაციის შეგროვება:**

   მოსწავლეები ეძებენ მასალებს სახელმძღვანელოებში, სამეცნიერო სტატიებში, ატარებენ ლაბორატორიულ ცდებს ან სიმულაციებს.

5. **პრობლემის გადაჭრის გზების შემუშავება და განხილვა:**

   ჯგუფში აანალიზებენ მოპოვებულ მონაცემებს და განსაზღვრავენ პრობლემის გადაჭრის ოპტიმალურ ვარიანტს.

6. **შედეგების პრეზენტაცია და რეფლექსია:**

   ჯგუფები წარადგენენ თავიანთ სტრატეგიებს, იცავენ საკუთარ პოზიციას და აფასებენ როგორც საკუთარ, ისე თანაკლასელების ნამუშევარს.

3. PBL-ის პრაქტიკული მაგალითები ქიმიაში

- **მაგალითი 1 (გარემოსდაცვითი/ეკოლოგიური):**

  სცენარი: „ადგილობრივი ფერმის გვერდით მდებარე ტბაში თევზები მასობრივად დაიხოცა. ადგილობრივი მცხოვრებლები ეჭვობენ, რომ ეს გამოწვეულია სასუქების ჩარეცხვით ან მჟავური წვიმებით.“

  მოსწავლეთა ამოცანა: დაადგინონ წყლის pH-ის, ჟანგბადის შემცველობისა და ნიტრიტების/ფოსფატების გავლენა ეკოსისტემაზე, დაგეგმონ წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზი და შესთავაზონ მუნიციპალიტეტს წყლის გაწმენდის/ნეიტრალიზაციის გეგმა.

- **მაგალითი 2 (ენერგეტიკა და თერმოქიმია):**

  სცენარი: „სატრანსპორტო კომპანიას სურს გადავიდეს უფრო ეკოლოგიურ საწვავზე. მათ არჩევანი უნდა გააკეთონ ბენზინს, მეთანსა და წყალბადს შორის.“

  მოსწავლეთა ამოცანა: შეადარონ ამ ნივთიერებების წვის თერმოქიმიური ტოლობები, გამოითვალონ 1 კგ საწვავის წვისას გამოყოფილი სითბო და წარმოქმნილი CO_2-ის რაოდენობა, შეაფასონ უსაფრთხოების რისკები და წარადგინონ ეკონომიკურ-ეკოლოგიური დასაბუთება.

- **მაგალითი 3 (ყოველდღიური/საყოფაცხოვრებო):**

  სცენარი: „სამზარეულოს მილების გაჭედვისას მოსახლეობა იყენებს მჟავურ ან ტუტე საშუალებებს. არასწორი გამოყენებისას დაზიანდა მილი და გამოიყო ტოქსიკური აირები“.

  მოსწავლეთა ამოცანა: შეისწავლონ მჟავებისა და ტუტეების ურთიერთქმედება სხვადასხვა მასალასთან (პლასტმასი, ლითონი, ორგანული ნარჩენები), განმარტონ უსაფრთხოების წესები და შექმნან საინფორმაციო ბუკლეტი მოსახლეობისთვის.

4. მეთოდის უპირატესობები

- **ტრანსფერული უნარების განვითარება:** ვითარდება კრიტიკული აზროვნება, პრობლემის გადაჭრის, გუნდური მუშაობისა და კომუნიკაციის უნარები.

- **ცოდნის მდგრადობა:** ვინაიდან მოსწავლემ ცოდნა დამოუკიდებელი ძიებითა და პრობლემის გადაჭრით „მოიპოვა“, იგი ბევრად უფრო ღრმად და დიდხანს ემახსოვრება, ვიდრე მზა თეორიის მოსმენისას.

- **მაღალი ჩართულობა:** პრობლემის რეალურობა მოსწავლეებში აჩენს განცდას, რომ ქიმია არის არა უბრალოდ „ფორმულების საგანი“, არამედ ინსტრუმენტი რეალური სამყაროს დასახმარებლად.

თანამშრომლობითი და ჯგუფური მეთოდები ქიმიის სწავლებაში

თანამშრომლობითი სწავლება არის მიდგომა, სადაც მოსწავლეები მცირე ჯგუფებში ერთობლივად მუშაობენ საერთო სასწავლო მიზნის მისაღწევად. ქიმიის გაკვეთილზე ეს მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია, რადგან რთული თეორიული ცნებების განხილვა, ამოცანების ამოხსნა და ლაბორატორიული ექსპერიმენტების ჩატარება გუნდურ მსჯელობასა და აზრთა გაზიარებას მოითხოვს.

1. თანამშრომლობითი სწავლების 5 ძირითადი ელემენტი

- **ურთიერთდამოკიდებულება:** ჯგუფის წარმატება დამოკიდებულია თითოეული წევრის ჩართულობაზე – „ყველა ერთისთვის, ერთი ყველასთვის“.
- **ინდივიდუალური პასუხისმგებლობა:** თითოეულ მოსწავლეს აქვს თავისი კონკრეტული როლი ან დავალება, რაზეც აგებს პასუხს.
- **უშუალო ინტერაქცია / პირდაპირი კომუნიკაცია:** მოსწავლეები ეხმარებიან, განუმარტავენ და ამხნევებენ ერთმანეთს.
- **სოციალური/გუნდური უნარები:** ვითარდება მოსმენის, არგუმენტირებული კამათის, კომპრომისზე წასვლისა და ლიდერობის უნარები.
- **ჯგუფური პროცესის შეფასება (რეფლექსია):** ჯგუფი აანალიზებს, რამდენად ეფექტურად იმუშავეს და რა არის გამოსასწორებელი.

2. ჯგუფური მუშაობის წამყვანი სტრატეგიები ქიმიის გაკვეთილზე

1. „ფაზლი“ / აწყობა (Jigsaw)

არსი: რთული ან დიდი მოცულობის თემა იყოფა რამდენიმე ნაწილად. მოსწავლეები ჯერ მუშაობენ „საკუთარ ჯგუფებში“, შემდეგ გადანაწილდებიან „ექსპერტთა ჯგუფებში“, სადაც სიღრმისეულად სწავლობენ თავიანთ ნაწილს. ბოლოს ბრუნდებიან პირველად ჯგუფში და ასწავლიან თანაგუნდელებს.

მაგალითი: (თემა: „ქიმიური ბმები“):

ექსპერტი ჯგუფი 1: კოვალენტური არაპოლარული და პოლარული ბმა.

ექსპერტი ჯგუფი 2: იონური ბმა.

ექსპერტი ჯგუფი 3: წყალბადური ბმა.

ექსპერტი ჯგუფი 4: მეტალური ბმა.

შედეგი: მოსწავლეები ერთმანეთს უზიარებენ ცოდნას და საბოლოოდ ყველას აქვს სრული წარმოდგენა ბმების ტიპებზე.

2. „აზროვნება – წყვილებში გაზიარება – გაზიარება“ (Think – Pair – Share)

არსი:

1. Think: მასწავლებელი სვამს კონცეპტუალურ კითხვას, მოსწავლე 1-2 წუთს ფიქრობს დამოუკიდებლად.
2. Pair: წყვილდება მეზობელთან და მსჯელობენ თავიანთ პასუხებზე.
3. Share: წყვილი თავის შეჯერებულ პასუხს უზიარებს მთელ კლასს.

3. „კარუსელი“

არსი: საკლასო ოთახში მოწყობილია რამდენიმე „სადგური“. ჯგუფები განსაზღვრული დროით გადაადგილდებიან სადგურიდან სადგურზე და ასრულებენ სხვადასხვა ტიპის დავალებას.

მაგალითი: (თემა: „ქიმიური რეაქციის სიჩქარე“):

სადგური 1: ვიდეოსიმულაცია ტემპერატურის გავლენაზე.

სადგური 2: მინილაბორატორიული ცდა კატალიზატორზე.

სადგური 3: გრაფიკის ანალიზი (კონცენტრაციის ცვლილება დროში).

სადგური 4: თეორიული ამოცანა ვანტ-ჰოფის წესზე.

4. თანატოლთა სწავლება და შეფასება

არსი: მოსწავლეები ამოწმებენ და განმარტავენ ერთმანეთის ნამუშევრებს/ამოცანებს წინასწარ შემუშავებული კრიტერიუმების (რუბრიკის) მიხედვით.

გამოყენება: ქიმიური ამოცანების ამოხსნისას (მაგ., სტექიომეტრიული ან თერმოქიმიური გამოთვლები) მოსწავლე აანალიზებს თანაკლასელის მსჯელობას და, საჭიროების შემთხვევაში, ეხმარება მის გასწორებაში.

3. როლების გადანაწილება ჯგუფში

ჯგუფური მუშაობის ეფექტურობისთვის აუცილებელია როლების მკაფიო განაწილება:

- **ფასილიტატორი/ლიდერი:** მეთვალყურეობს, რომ ჯგუფი მიჰყვეს ინსტრუქციას და ყველას ჰქონდეს აზრის გამოთქმის საშუალება.
- **მომხსენებელი:** წარადგენს ჯგუფის მიერ მომზადებულ პასუხს ან პრეზენტაციას კლასის წინაშე.
- **დროის მეთვალყურე:** აკონტროლებს გამოყოფილ დროს.
- **ლაბორანტი / რესურსების მენეჯერი:** პასუხისმგებელია ჭურჭლის, რეაქტივების მიტანა-მოწესრიგებასა და უსაფრთხოების ნორმების დაცვაზე.
- **ჩამწერი/მდივანი:** იწერს ჯგუფის დაკვირვებებს, მონაცემებსა და დასკვნებს.

4. მეთოდის უპირატესობები

- **შფოთვის შემცირება:** რთული ქიმიური ფორმულებისა და ამოცანების წინაშე მოსწავლე ჯგუფში უფრო დაცულად გრძნობს თავს, ვიდრე ინდივიდუალურად.
- **ენობრივი და კონცეპტუალური განვითარება:** როდესაც მოსწავლე ქიმიურ მოვლენას (მაგ., ელექტროლიზი) თავისი სიტყვებით უხსნის თანაკლასელს, მისი საკუთარი გაგების ხარისხი საგრძნობლად იზრდება.
- **მაღალი ჩართულობა:** პასიური მოსწავლეებიც კი ერთვებიან პროცესში, რადგან ჯგუფში მათი წვლილი თვალსაჩინოა.

„შებრუნებული საკლასო ოთახი“ ქიმიის სწავლებაში

„შებრუნებული საკლასო ოთახი“ არის შერეული სწავლების მოდელი, სადაც ტრადიციული საგაკვეთილო სტრუქტურა ამოყირავებულია: თეორიულ მასალას პირველად ეცნობიან **სახლში, გაკვეთილამდე**, ხოლო საკლასო დრო სრულად ეთმობა პრაქტიკულ გამოყენებას, ექსპერიმენტებს, ამოცანების ამოხსნასა და სიღრმისეულ დისკუსიას.

ეს მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია, რადგან მასწავლებელს აღარ უწევს ძვირფასი საგაკვეთილო დროის დახარჯვა ხანგრძლივ თეორიულ ლექციებსა თუ დაფასთან ფორმულების წერაზე.

1. მეთოდის სტრუქტურა: ორი ძირითადი ფაზა

ფაზა 1: გაკვეთილამდე (სახლში – დამოუკიდებელი მუშაობა)

რას აკეთებს მოსწავლე: ეცნობა მასწავლებლის მიერ მომზადებულ ან შერჩეულ ციფრულ რესურსებს (5-10 წუთიანი ვიდეოლექცია, 3D სიმულაცია, აუდიოფაილი, ილუსტრირებული ტექსტი).

უკუკავშირის მექანიზმი: ვიდეოს ნახვის შემდეგ მოსწავლე პასუხობს 2-3 მარტივ სადიაგნოსტიკო კითხვას (Google Forms, Quizizz, Kahoot) ან ინიშნავს, რაც ვიდეოდან გაურკვეველი დარჩა. ეს მასწავლებელს აძლევს წარმოდგენას, რა გაიგო კლასმა და რაზე უნდა გამახვილდეს ყურადღება გაკვეთილზე.

ფაზა 2: გაკვეთილზე (საკლასო ოთახში – აქტიური სწავლა)

მოკლე განხილვა (5-7 წუთი): მასწავლებელი პასუხობს მოსწავლეთა იმ კითხვებს, რაც ვიდეოდან გაურკვეველი დარჩათ.

აქტიური პრაქტიკა (30-35 წუთი): მოსწავლეები ინდივიდუალურად, წყვილებში ან ჯგუფებში ასრულებენ მაღალი სააზროვნო დონის დავალებებს – ატარებენ ლაბორატორიულ ცდებს, ხსნიან რთულ თერმოქიმიურ თუ სტექიომეტრიულ ამოცანებს, მსჯელობენ ქიმიურ მოდელებზე.

მასწავლებლის როლი: დადის ჯგუფებს შორის, ეხმარება მათ, ვისაც უჭირს (ინდივიდუალური სკაფოლდინგი) და აძლევს უშუალო განმავითარებელ შეფასებას.

2. პრაქტიკული მაგალითი (თემა: „ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი“)

საშინაო დავალება (გაკვეთილამდე):

მოსწავლეები უყურებენ 7-წუთიან ვიდეოს ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების შესახებ.

ონლაინ-ტესტში პასუხობენ მარტივ კითხვას: „რომელ რეაქციას ახლავს სითბოს გამოყოფა და რა ნიშნით აღინიშნება იგი თერმოქიმიურ ტოლობაში?“

საკლასო აქტივობა (გაკვეთილზე):

ნაბიჯი 1: მოსწავლეები ატარებენ რეალურ ლაბორატორიულ ცდას (მაგ., CaO-ს ურთიერთქმედება წყალთან და NH_4Cl-ის გახსნა).

ნაბიჯი 2: მონაცემების საფუძველზე ადგენენ თერმოქიმიურ ტოლობებს.

ნაბიჯი 3: ხსნიან ამოცანებს სითბურ ეფექტზე.

შედეგი: მასწავლებელი ასრულებს ფასილიტატორის როლს. უთითებს ამოცანების ამოხსნის გზას, მეთვალყურეობს ცდის ჩატარებას.

3. „შებრუნებული საკლასო ოთახის“ უპირატესობები

- **ინდივიდუალური ტემპი სწავლაში:** მოსწავლეს შეუძლია ვიდეოლექციას უყუროს ნებისმიერ დროს, გააჩეროს, დაახვიოს უკან ან უყუროს რამდენიმეჯერ, სანამ შინაარსს ბოლომდე არ გაიაზრებს.
- **საკლასო დროის ეფექტური გამოყენება:** დრო არ იხარჯება თეორიის პასიურ მოსმენაში; მოსწავლეები ყველაზე რთულ ნაწილს (ამოცანების ამოხსნა, ლაბორატორიული სამუშაო) აკეთებენ მასწავლებელთან ერთად და არა მარტო, სახლში.
- **გაცდენილი გაკვეთილების კომპენსირება:** ავადმყოფობის ან გაცდენის შემთხვევაში, მოსწავლე არ რჩება მხოლოდ თეორიული მასალის იმედზე, რადგან ციფრული რესურსი ყოველთვის ხელმისაწვდომია.
- **დიფერენცირებული მიდგომა:** მასწავლებელს შეუძლია გაკვეთილზე მხარდაჭერა გაუწიოს იმ მოსწავლეებს, ვინც ამას დამატებით საჭიროებს, ხოლო მოსწავლეთა ნაწილს შესთავაზოს უფრო რთული, კვლევითი დავალებები.

4. გამოწვევები და მათი გადაჭრის გზები

გამოწვევა: მოსწავლეები სახლში არ უყურებენ ვიდეოს / არ ეცნობიან მასალას.

გადაჭრა: ვიდეოები უნდა იყოს ძალიან მოკლე (5–8 წუთი) და თან ახლდეს სავალდებულო, მარტივი 2-კითხვიანი ქვიზი. ასევე, გაკვეთილის დასაწყისში შეიძლება წყვილებში სწრაფი განხილვის ჩატარება.

გამოწვევა: ტექნოლოგიებზე წვდომის არქონა.

გადაჭრა: ვიდეო-მასალის ალტერნატივად მოსწავლეს შეიძლება მიეცეს მოკლე, სურათებიანი ტექსტური გზამკვლევი ან სახელმძღვანელოს კონკრეტული პარაგრაფი.

ანალოგიებისა და მეტაფორების მეთოდი ქიმიის სწავლებაში

ქიმიაში უამრავი ცნება, პროცესი თუ კანონზომიერება სრულიად აბსტრაქტულია, რადგან ისინი ასახავს მიკროსამყაროს. მოსწავლეებს ხშირად უჭირთ ისეთი მოვლენების გააზრება, რომლებსაც ყოველდღიურ ცხოვრებაში თვალით ვერ ხედავენ. ანალოგიებისა და მეტაფორების მეთოდი სწორედ ამ აბსტრაქტულ, უცნობ ქიმიურ სამყაროს (სამიზნე ცნებას) აკავშირებს მოსწავლისთვის უკვე ნაცნობ, ყოველდღიურ გამოცდილებასთან (წყარო/ანალოგი).

ეს მეთოდი მოქმედებს პრინციპით: **„ცნობილიდან – უცნობისკენ“**.

1. ანალოგიისა და მეტაფორის ფუნქციური განსხვავება ქიმიაში

მეტაფორა: ქიმიურ მოვლენას ანიჭებს ხატოვან, ხშირად „ცოცხალ“ თვისებას, რაც მოსწავლეს ეხმარება შინაარსის სწრაფად და ემოციურად დამახსოვრებაში.

მაგალითი: „ატომის გული“ (ბირთვი), „ქიმიური ბმის გაწყვეტის ფასი“ (ენერგიის შთანთქმა), „ელექტრონული ღრუბელი“, „წყალბადის მოლეკულების ქორწინება“.

ანალოგია: წარმოადგენს ორ სტრუქტურულად მსგავს სისტემას შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირების შედარებას. იგი მოითხოვს ნაბიჯ-ნაბიჯ მსჯელობას.

მაგალითი: ქიმიური წონასწორობის შედარება ორ ჭურჭელს შორის წყლის გადაქაჩვასთან.

2. ცნობილი ქიმიური ანალოგიები და მათი გამოყენება

1. **ატომის აღნაგობა (რეზერფორდის მოდელი)**

   ანალოგია: ფეხბურთის სტადიონი.

   ახსნა: ატომი რომ უზარმაზარი სტადიონი იყოს, ბირთვი იქნება მოედნის ცენტრში დადებული მწვანე ბარდა, ხოლო ელექტრონები – ტრიბუნებზე მფრინავი მწერები. ეს მოსწავლეს ნათლად უჩვენებს, რომ ატომის უდიდესი ნაწილი სიცარიელეა.

2. **ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციები (ბმების გაწყვეტა/წარმოქმნა)**

   ანალოგია: კონსტრუქტორ „ლეგოს“ დაშლა და აწყობა.

   ახსნა: ლეგოს ფიგურის დასაშლელად (ბმების გასაწყვეტად) საჭიროა ენერგიის დახარჯვა (ენდოთერმული ფაზა). ხოლო როდესაც დეტალები თავისით, ძლიერი მიზიდულობით ერთდება (ახალი ბმების წარმოქმნა), ენერგია გამოიყოფა (ეგზოთერმული ფაზა).

3. **კატალიზატორი და აქტივაციის ენერგია**

   ანალოგია: შედარება მთაზე გადასვლა და გვირაბით სარგებლობა.

   ახსნა: რეაგენტების პროდუქტებად გარდაქმნა ჰგავს მთის გადალახვას (მაღალი ენერგეტიკული ბარიერი). კატალიზატორი არ ცვლის საწყის და საბოლოო წერტილებს (რეაგენტებსა და პროდუქტებს), არამედ ჭრის „გვირაბს“ მთაში (სთავაზობს ახალ, დაბალენერგეტიკულ გზას), რაც პროცესს საგრძნობლად აჩქარებს.

4. **ქიმიური წონასწორობა (დინამიკური წონასწორობა)**

   ანალოგია: ორმხრივი ესკალატორი ან მაღაზიაში შესული და გამოსული მყიდველები.

   ახსნა: თუ მაღაზიაში ყოველ წუთში შედის 5 ადამიანი და გამოდის 5 ადამიანი, მაღაზიაში ხალხის საერთო რაოდენობა არ იცვლება, თუმცა მოძრაობა არ შეწყვეტილა. ეს მოსწავლეს ეხმარება გაიგოს, რომ ქიმიური წონასწორობა **დინამიკურია** და რეაქცია არ გაჩერებულა, უბრალოდ პირდაპირი და საპირისპირო რეაქციების სიჩქარეები გათანაბრდა.

3. ანალოგიების მეთოდით სწავლების 4-ნაბიჯიანი მოდელი (FAR Model)

მასწავლებლის მიერ ანალოგიის ეფექტურად დასანერგად გამოიყენება **FAR მოდელი (Focus – Action – Reflection)**:

1. **Focus (ფოკუსირება):**

   შეაფასეთ სამიზნე ქიმიური ცნება (არის თუ არა იგი რთული/აბსტრაქტული?).

   შეამოწმეთ, იცნობენ თუ არა მოსწავლეები იმ მოვლენას, რომელსაც ანალოგიად იყენებთ.

2. **Action (მოქმედება/შედარება):**

   გამოყავით სამიზნე ქიმიური ცნების თვისებები.

   გამოყავით ანალოგის თვისებები.

   დააკავშირეთ ისინი ერთმანეთთან.

3. **Reflection (რეფლექსია და შეზღუდვების დადგენა):**

   უმნიშვნელოვანესი ეტაპი! განიხილეთ, **სად წყდება მსგავსება**. მოსწავლეებმა უნდა გაიაზრონ, რით არ ჰგავს ანალოგი რეალურ ქიმიურ მოვლენას.

მაგალითი: პლანეტები მოძრაობენ მკაცრად განსაზღვრულ სიბრტყეზე (ორბიტაზე), ხოლო ელექტრონები მოძრაობენ სამგანზომილებიან სივრცეში (ორბიტალებზე/ელექტრონულ ღრუბელში) და მათი ზუსტი ადგილმდებარეობის დადგენა შეუძლებელია.

4. **გადამოწმება:** შეამოწმეთ, ხომ არ შექმნა ანალოგიამ მოსწავლეებში ახალი მცდარი წარმოდგენები.

4. მეთოდის უპირატესობები და რისკები

- **უპირატესობები:**

  ამცირებს შიშსა და შფოთვას რთული ქიმიური ტერმინოლოგიის მიმართ.

  ზრდის მოტივაციასა და ინტერესს (ხშირად იყენებს იუმორსა და ვიზუალურ ნახატებს).

  ავითარებს ასოციაციურ და კრიტიკულ აზროვნებას.

- **რისკები (რა უნდა გაითვალისწინოს მასწავლებელმა):**

  თუ ანალოგიის შეზღუდვები არ განიმარტა, მოსწავლემ შეიძლება ანალოგია პირდაპირ რეალობად აღიქვას.

პროექტზე დაფუძნებული სწავლება

პროექტზე დაფუძნებული სწავლება არის კომპლექსური, მოსწავლეზე ორიენტირებული მიდგომა, სადაც სწავლა-სწავლების პროცესი აგებულია რეალური, ხანგრძლივი და პრაქტიკული პროექტის განხორციელებაზე. პრობლემაზე დაფუძნებული სწავლებისგან განსხვავებით, სადაც ყურადღება გამახვილებულია პრობლემის გადაჭრის პროცესსა და თეორიის მოძიებაზე, პროექტზე დაფუძნებული სწავლება **ყოველთვის სრულდება ხელშესახები, რეალური პროდუქტის შექმნითა და მისი საჯარო წარდგენით (პრეზენტაციით).**

1. პროექტზე დაფუძნებული სწავლების 7 ოქროს სტანდარტი

1. **მართლაც მნიშვნელოვანი პრობლემა/კითხვა:** პროექტის საფუძველია კომპლექსური, ღია საკვლევი კითხვა (მაგ., „როგორ შევიმუშაოთ სკოლის ეზოსთვის ეკოლოგიურად უსაფრთხო სასუქი?“).
2. **ხანგრძლივი კვლევის პროცესი:** მოსწავლეები რამდენიმე კვირის განმავლობაში ეძებენ ინფორმაციას, ატარებენ ცდებს და აანალიზებენ მონაცემებს.
3. **რეალურობა:** პროექტი ეხება რეალურ ცხოვრებას, ადგილობრივ საზოგადოებას ან რეალურ სამეცნიერო გამოწვევებს.
4. **მოსწავლის არჩევანი და ავტონომია:** მოსწავლეები თავად ირჩევენ პროექტის განხორციელების გზებს, როლებსა და საბოლოო პროდუქტის ფორმატს.
5. **რეფლექსია:** სწავლის პროცესში მოსწავლეები და მასწავლებელი მუდმივად აფასებენ, რა ისწავლეს, რა დაბრკოლებები შეხვდათ და როგორ გადალახეს ისინი.
6. **კრიტიკა და გადამუშავება:** ნამუშევარი გადის უკუკავშირის რამდენიმე ეტაპს თანაკლასელებისა და მასწავლებლისგან, რის შემდეგაც უმჯობესდება.
7. **საჯარო პროდუქტი:** პროექტის შედეგი წარედგინება არა მხოლოდ მასწავლებელს, არამედ ფართო აუდიტორიას (მშობლებს, სკოლას, ადგილობრივ თემს ან მოწვეულ ექსპერტებს).

2. პროექტის განხორციელების ეტაპები ქიმიის გაკვეთილზე

ეტაპი 1: პროექტის ინიცირება და საკვლევი კითხვის დასმა

მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს პრობლემურ სიტუაციას (მაგ., „ადგილობრივ მუნიციპალიტეტს სურს შეამციროს პლასტმასის ნარჩენები“) და სვამს მთავარ კითხვას: „როგორ შევიმუშაოთ ბიოდეგრადირებადი პლასტმასი რძისა და სახამებლისგან და შევაფასოთ მისი თვისებები?“

ეტაპი 2: დაგეგმვა და როლების განაწილება

მოსწავლეები იყოფიან გუნდებად, ადგენენ სამოქმედო გეგმას, ანაწილებენ ფუნქციებს (ქიმიკოს-მკვლევარი, ლაბორანტი, დიზაინერი, ფინანსისტი/მენეჯერი) და ადგენენ საჭირო რეაქტივებისა და ჭურჭლის სიას.

ეტაპი 3: კვლევა და ექსპერიმენტული ნაწილი

გუნდები მუშაობენ ლაბორატორიაში: ატარებენ სინთეზს, იკვლევენ მიღებული ბიოპლასტმასის სიმტკიცეს, წყალგამძლეობასა და დაშლის სიჩქარეს. ამ პროცესში ითვისებენ ორგანული ქიმიის საფუძვლებს, პოლიმერებისა და ფუნქციური ჯგუფების თვისებებს.

ეტაპი 4: პროდუქტის შექმნა და გადამუშავება

მოსწავლეები ამზადებენ საბოლოო პროდუქტს (მაგ., ბიოპლასტმასის პროტოტიპს, მის ტექნიკურ პასპორტს და სარეკლამო/საინფორმაციო ბუკლეტს). ატარებენ შუალედურ პრეზენტაციას და იღებენ რჩევებს.

ეტაპი 5: საჯარო პრეზენტაცია და შეფასება

ეწყობა „ქიმიურ პროექტთა გამოფენა“ ან კონფერენცია, სადაც მოსწავლეები წარადგენენ თავიანთ პროექტს დამსწრე საზოგადოების წინაშე.

3. პროექტის იდეების მაგალითები ქიმიაში

- **პროექტი 1: „მწვანე ენერგია და ალტერნატიული საწვავი“**

  პროდუქტი: სხვადასხვა მცენარეული ზეთისგან ბიოდიზელის სინთეზი, მისი წვის სითბური ეფექტის გაზომვა და შედარებითი ანალიზის ანგარიში თერმოქიმიური გამოთვლებით.

- **პროექტი 2: „საყოფაცხოვრებო ქიმიის უსაფრთხოება“**

  პროდუქტი: სახლის პირობებში დამზადებული ეკოლოგიურად სუფთა საპონი ან გასაწმენდი საშუალებები, მათი pH-ისა და ეფექტურობის ლაბორატორიული ტესტირების ოქმი და საინფორმაციო ვიდეორგოლი მოსახლეობისთვის.

- **პროექტი 3: „წყლის ხარისხის მონიტორინგი“**

  პროდუქტი: ადგილობრივი წყალსატევებიდან წყლის ნიმუშების ქიმიური ანალიზი (სიხისტე, იონური შემადგენლობა, მძიმე ლითონები) და წყლის გაწმენდის ფილტრის მოქმედი მოდელი.

4. მეთოდის უპირატესობები და გამოწვევები

უპირატესობები:

- **ინტერდისციპლინური კავშირები:** ქიმია ბუნებრივად უკავშირდება ბიოლოგიას, ფიზიკას, მათემატიკას, ეკოლოგიასა და ტექნოლოგიებს (STEM მიდგომა).

- **ღრმა საგნობრივი ცოდნა:** თეორია ისწავლება არა დაზეპირებით, არამედ პრაქტიკული საჭიროებიდან გამომდინარე.
- **21-ე საუკუნის უნარები:** ვითარდება პროექტის მართვა, ბიუჯეტირება, დროის მენეჯმენტი, ლიდერობა და საჯარო გამოსვლის უნარი.

გამოწვევები:

- **დროის რესურსი:** მოითხოვს ხანგრძლივ დროს (2 კვირიდან რამდენიმე თვემდე).
- **რესურსების მართვა:** სჭირდება ლაბორატორიული ბაზისა და მასალების წინასწარ დაგეგმვა.
- **შეფასების სირთულე:** მასწავლებელმა უნდა შეაფასოს როგორც ჯგუფური პროდუქტი, ისე თითოეული მოსწავლის ინდივიდუალური წვლილი.

როლური თამაშები ქიმიის სწავლებაში

როლური თამაშები არის აქტიური სწავლების ინტერაქციული მეთოდი, სადაც მოსწავლეები ერგებიან კონკრეტულ პერსონაჟებს, ობიექტებს ან ნაწილაკებს და მოქმედებენ წინასწარ განსაზღვრულ ან იმპროვიზებულ სცენარში. ქიმიაში ეს მეთოდი ორ ძირითად სიბრტყეში გამოიყენება: **სოციო-ქიმიური სცენარები** (რეალური სამყაროს პრობლემების განხილვა) და **მოლაპარაკე/მოქმედი ნაწილაკები** (მიკროსამყაროს გაცოცხლება).

1. როლური თამაშების ძირითადი ტიპები ქიმიის გაკვეთილზე

1. მიკროსამყაროს სიმულაცია (ქიმიური „თეატრი“ / კინესთეტიკური სწავლება)

არსი: მოსწავლეები თავად ხდებიან ატომები, ელექტრონები, იონები ან მოლეკულები და ფიზიკური მოძრაობით ასახავენ ქიმიურ პროცესებს.

მაგალითები:

ქიმიური ბმის წარმოქმნა: ორი მოსწავლე („წყალბადის ატომები“) ხელიხელჩაკიდებული მოძრაობს, რათა აჩვენონ საზიარო ელექტრონული წყვილი (კოვალენტური ბმა), ხოლო „ნატრიუმი“ გადასცემს ბურთს („ელექტრონს“) „ქლორს“ (იონური ბმა).

ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობები: მყარ სხეულში მოსწავლეები მჭიდროდ დგანან და ოდნავ ირხევიან, სითხეში – ერთმანეთს გვერდს უვლიან, ხოლო აირში – თავისუფლად დარბიან ოთახში და „ეჯახებიან“ კედლებს.

ქიმიური წონასწორობა: მოსწავლეთა ერთი ჯგუფი გადადის „პროდუქტების“ მხარეს, ხოლო მეორე ბრუნდება „რეაგენტებისკენ“ თანაბარი სიჩქარით.

2. სოციო-სამეცნიერო დებატები და სასამართლო პროცესი

არსი: მოსწავლეებს განაწილებული აქვთ რეალური პროფესიების ან დაინტერესებული მხარეების როლები და მსჯელობენ ქიმიასთან დაკავშირებულ ეთიკურ, ეკოლოგიურ თუ ეკონომიკურ საკითხებზე.

მაგალითები:

„სასამართლო პროცესი პლასტმასზე“: როლები – ქიმიკოსი-მკვლევარი, პლასტმასის ქარხნის დირექტორი, გარემოსდამცველი ეკოლოგი, მომხმარებელი და მოსამართლე. თითოეულმა უნდა წარადგინოს ქიმიურად დასაბუთებული არგუმენტები პლასტმასის წარმოების შეზღუდვის ან გაგრძელების სასარგებლოდ.

„ატომური ენერგიის კომისია“: სოფელში ატომური ელექტროსადგურის მშენებლობის განხილვა (ფიზიკოს-ქიმიკოსი, ადგილობრივი მცხოვრები, ენერგეტიკოსი, ეკოლოგი).

3. **პროფესიული როლური თამაში**

   არსი: მოსწავლეები ითავისებენ ქიმიკოს-ექსპერტის, კრიმინალისტის ან ექიმის როლს და წყვეტენ კონკრეტულ პრაქტიკულ ამოცანას.

   მაგალითი: „კრიმინალისტიკური ლაბორატორია“ – მოსწავლეები („დეტექტივ-ქიმიკოსები“) იღებენ უცნობი თეთრი ფხვნილის ნიმუშებს (შაქარი, მარილი, ცარცი, სოდა) და თვისებითი რეაქციების ჩატარებით ადგენენ „დანაშაულის ადგილზე“ ნაპოვნი ნივთიერების რაობას.

2. როლური თამაშის განხორციელების ეტაპები

1. **მომზადება და კონტექსტის შექმნა (5-10 წუთი):** მასწავლებელი აცნობს კლასს სცენარს, მიზანსა და თამაშის წესებს.
2. **როლების გადანაწილება და ინსტრუქტაჟი:** მოსწავლეები იღებენ „როლურ ბარათებს“, სადაც წერია მათი პერსონაჟის პოზიცია, ინტერესები და ძირითადი ქიმიური არგუმენტები.
3. **თამაშის პროცესი / გათამაშება (15-20 წუთი):** მოსწავლეები მოქმედებენ თავიანთი როლებიდან გამომდინარე, ატარებენ დებატებს ან კინესთეტიკურ სიმულაციას.
4. **დე-ბრიფინგი და რეფლექსია (10-15 წუთი): ყველაზე მნიშვნელოვანი ეტაპი!** მოსწავლეები გამოდიან როლებიდან და მასწავლებელთან ერთად განიხილავენ: რა ისწავლეს ქიმიური თვალსაზრისით? რა იყო სწორი/მცდარი სიმულაციაში? როგორ უკავშირდება ეს რეალობას?

3. მეთოდის უპირატესობები

- **ემპათია და ღრმა გაგება:** აბსტრაქტული ცნების „სხეულით გამოცდა“ (კინესთეტიკური სწავლა) ეხმარება იმ მოსწავლეებს, რომლებსაც უჭირთ მხოლოდ ტექსტის ან ფორმულების აღქმა.
- **კრიტიკული და არგუმენტირებული აზროვნება:** მოსწავლე სწავლობს ქიმიური ცოდნის გამოყენებას საკუთარი პოზიციის დასაცავად.
- **მაღალი ემოციური ჩართულობა:** თამაში ხსნის კომპლექსურობის შიშს და საგანს ხდის მხიარულს, დინამიკურსა და დასამახსოვრებელს.
- **კომუნიკაციური უნარები:** ვითარდება საჯარო გამოსვლის, მოსმენისა და დებატების კულტურა.

4. რა უნდა გაითვალისწინოს მასწავლებელმა (გამოწვევები)

- **აკადემიური სიზუსტე:** არსებობს რისკი, რომ თამაშისას ქიმიური სიზუსტე დაიკარგოს. მასწავლებელმა დებრიფინგისას აუცილებლად უნდა გასწიოს „სამეცნიერო კორექტირება“.
- **ხმაური და დისციპლინა:** აქტიური მოძრაობისა და დებატების გამო კლასში იმატებს ხმაური, რაც წინასწარ შეთანხმებული წესებით უნდა მართოს მასწავლებელმა.
- **მორცხვობა:** ზოგ მოსწავლეს უჭირს როლში შესვლა; ასეთ დროს ჯობს მათ თავიდან მიეცეთ მცირე ან წყვილში სამუშაო როლები.

დიფერენცირებული სწავლება ქიმიის გაკვეთილზე

დიფერენცირებული სწავლება არის მიდგომა, სადაც მასწავლებელი სწავლების პროცესს მოარგებს მოსწავლეთა მრავალფეროვან საჭიროებებს, მზაობის დონეს, ინტერესებსა და სწავლის სტილს. ქიმია კომპლექსური საგანია, რომელიც მოითხოვს როგორც აბსტრაქტულ/ანალიტიკურ აზროვნებას, ისე პრაქტიკულ უნარებსა და მათემატიკურ გამოთვლებს. ამიტომ, დიფერენცირება ამ საგანში განსაკუთრებით ეფექტურია.

დიფერენცირება ხორციელდება 4 ძირითადი კომპონენტის მიხედვით:

1. შინაარსის დიფერენცირება (რა მიეწოდება მოსწავლეს)

შინაარსის დიფერენცირება არ ნიშნავს ეროვნული სასწავლო გეგმის სტანდარტის შეცვლას, არამედ ინფორმაციის მიწოდების ფორმის მორგებას მოსწავლის მზაობაზე:

- **ინფორმაციის მიწოდების მრავალფეროვანი არხები**: თემის ახსნისას გამოიყენება ტექსტური მასალა (სახელმძღვანელო), ვიზუალური სქემები/ვიდეოები, 3D სიმულაციები ან სადემონსტრაციო ექსპერიმენტი.
- **სირთულის დონეების მიხედვით დაყოფა**:

  საბაზო დონის მოსწავლეებისთვის: ყურადღება მახვილდება ბაზისურ ცნებებზე, რეაქციის ნიშნებსა და მარტივ დეფინიციებზე (მაგ., რა არის ეგზოთერმული რეაქცია).

  მაღალი მზაობის მოსწავლეებისთვის: შინაარსი ღრმავდება მიზეზშედეგობრივი კავშირებით (მაგ., რატომ ხდება ენერგიის შთანთქმა ქიმიური ბმების გაწყვეტისას და გამოყოფა ახალი ბმების წარმოქმნისას).

2. პროცესის დიფერენცირება (როგორ სწავლობს მოსწავლე)

პროცესის დიფერენცირებისას მასწავლებელი სთავაზობს სტრატეგიებსა და აქტივობებს მოსწავლის სწავლის სტილისა და აზროვნების ტემპის გათვალისწინებით:

- **მრავალდონიანი დავალებები**:

  დონე 1 (მხარდაჭერით): თერმოქიმიური ტოლობის მიხედვით უბრალო პროპორციის შედგენა, სადაც ფორმულები და კოეფიციენტები მზად არის მოცემული

  დონე 2 (სტანდარტული): თერმოქიმიური ტოლობის დამოუკიდებლად შედგენა და მასის მიხედვით გამოყოფილი სითბოს გამოთვლა.

  დონე 3 (გაფართოებული/კომპლექსური): მრავალეტაპიანი ამოცანა, სადაც საჭიროა აირთა მოცულობის (ნ.პ.) გადაყვანა ნივთიერების რაოდენობაში (მოლი), სითბური ეფექტის გამოთვლა და მიღებული შედეგის შედარება სხვა საწვავის ეფექტურობასთან.
- **დახმარების სკაფოლდინგი**: დამატებითი მხარდაჭერის საჭიროების მქონე მოსწავლეებს ეძლევათ „დამხმარე ბარათები“ (ამოცანის ამოხსნის ნაბიჯ-ნაბიჯ ალგორითმი), ხოლო გამოწვევების მაძიებელ მოსწავლეებს ეძლევათ ღია, კვლევითი კითხვები.

3. პროდუქტის დიფერენცირება (როგორ ადასტურებს მოსწავლე ცოდნას)

მოსწავლეებს უნდა ჰქონდეთ არჩევანი, თუ რა ფორმით წარმოადგენენ მიღწეულ შედეგს:

- **ანალიტიკური/მათემატიკური გზა**: ამოცანების ამოხსნა და მათემატიკური გაანგარიშება.
- **ვიზუალური/შემოქმედებითი გზა**: ინფოგრაფიკის, პოსტერის ან კონცეპტუალური რუკის შექმნა.

- **პრაქტიკული/კვლევითი გზა**: მაგ., ვიდეორეპორტაჟის ან პრეზენტაციის მომზადება საკვები პროდუქტების ეტიკეტების ანალიზზე და ეტვოტერის სქემით მათი კალორიულობის შეფასებაზე.

4. სასწავლო გარემოს დიფერენცირება

- **მოქნილი ჯგუფები**: მოსწავლეები მუდმივად ერთსა და იმავე ჯგუფში კი არ არიან, არამედ ჯგუფდებიან აქტივობის მიხედვით:

  ერთგვაროვანი (ჰომოგენური) ჯგუფები: როცა მასწავლებელს სურს კონკრეტულ დონეზე მომუშავე მოსწავლეებს სპეციფიკური დახმარება გაუწიოს.

  შერეული (ჰეტეროგენური) ჯგუფები: როცა ძლიერი მოსწავლე ეხმარება თანაკლასელს ლაბორატორიული ცდის ჩატარებისას.

- **ინდივიდუალური სამუშაო სივრცე**: შესაძლებლობა მოსწავლისთვის – იმუშაოს წყვილში, ჯგუფში ან დამოუკიდებლად, მშვიდ გარემოში.

შეფასების ტიპების ზოგადი აღწერა

არსებობს შეფასების ორი ტიპი: განმსაზღვრელი და განმავითარებელი.

განმავითარებელი შეფასება გამოიყენება კონკრეტული თემის/საკითხის შესწავლისას. მისი მიზანია დაადგინოს, თუ რამდენად კარგად გაიგო/გაიაზრა მოსწავლემ ესა თუ ის საკითხი. ეს მასწავლებელს ეხმარება სწორად დაგეგმოს სწავლება და მიაღწიოს სასწავლო მიზნებს.

განმავითარებელი შეფასება

განმავითარებელი (ფორმატიული) შეფასება სწავლის პროცესის მუდმივი დიაგნოსტიკაა. მისი მთავარი მიზანი არა ნიშნის დაწერა, არამედ იმის დადგენაა, თუ რა ეტაპზეა მოსწავლე მოცემულ მომენტში, რა არის მისი სამიზნე ორიენტირი და რა გზით უნდა მიაღწიოს ამ მიზანს.

ქიმიისა და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების გაკვეთილებზე განმავითარებელი შეფასების ძირითადი ინსტრუმენტები 4 მთავარ კატეგორიად იყოფა:

1. სწრაფი/დიაგნოსტიკური ინსტრუმენტები (გაკვეთილის პროცესში)

ეს ინსტრუმენტები მასწავლებელს აძლევს მყისიერ სიგნალს, რამდენად გაიგო კლასმა ახსნილი მასალა.

➲ **გასასვლელი ბარათები**

- **არსი:** გაკვეთილის დასრულებამდე 3-5 წუთით ადრე მოსწავლეები პასუხობენ 1-2 მოკლე კითხვას ფურცელზე, რათა მასწავლებელმა შეაფასოს, რამდენად გაიგო კლასმა დღევანდელი მასალა.
- **სტრუქტურა:**

  კითხვა 1 (გაგება): ძირითადი კონცეფციის შემოწმება.

  კითხვა 2 (გამოყენება/რეფლექსია): გაურკვეველი საკითხის ან პრობლემის იდენტიფიცირება.
- **დანიშნულება:** მასწავლებელი აგროვებს ბარათებს და მომდევნო გაკვეთილს გეგმავს იმის მიხედვით, თუ რა ვერ გაიგო უმრავლესობამ.
- **რატომ არის ეფექტური?**

  მყისიერი დიაგნოსტიკა: მასწავლებელი რეალურ დროში ხედავს კლასის გაგების დონეს.

  მომდევნო ნაბიჯების დაგეგმვა: საშუალებას იძლევა, მომდევნო გაკვეთილი დაიწყოს სწორედ იმ შეცდომების გასწორებით, რომლებიც უმრავლესობამ დაუშვა.

➲ **„შუქნიშანი“ და თვითშეფასების ბარათები**

- **არსი:** ვიზუალური ან ციფრული ინსტრუმენტი, სადაც მოსწავლეები ფერების მეშვეობით აფიქსირებენ საკუთარ მზაობასა და გაგების დონეს.

- **გამოყენება:** ახსნის შემდეგ მასწავლებელის თხოვნით წევენ შესაბამისი ფერის ბარათს.

- **სტრუქტურა:**

  მწვანე: „სრულიად მესმის, შემიძლია სხვასაც ვასწავლო.“

  ყვითელი: „ნაწილობრივ მესმის, მაგრამ მჭირდება დამატებითი მაგალითები/ვარჯიში.“

  წითელი: „ვერ გავიაზრე, მჭირდება დახმარება.“

- **რატომ არის ეფექტური?**

  დიფერენცირებული სწავლება: მასწავლებელს შეუძლია, „მწვანე“ მოსწავლეებს მისცეს უფრო რთული დავალება ან დასვას „წითლების“ დამხმარედ.

  უსაფრთხო გარემო: მოსწავლეს არ ერიდება იმის აღიარება, რომ მასალა ვერ გაიგო.

3–2–1 რეფლექსიის ტექნიკა:

- **არსი:** მოკლე წერითი აქტივობა თემის, ექსპერიმენტის ან პრეზენტაციის დასრულების შემდეგ, რომელიც აიძულებს მოსწავლეს, მოახდინოს მიღებული ინფორმაციის კლასიფიკაცია.

- **სტრუქტურა:**

  3: სამი ახალი ფაქტი/ცნება, რაც ისწავლა.

  2: ორი საინტერესო დეტალი, რამაც დააინტერესა ან გააკვირვა.

  1: ერთი კითხვა, რომელიც ჯერ კიდევ ღიად რჩება.

- **რატომ არის ეფექტური?**

  მეტაკოგნიცია: მოსწავლე აცნობიერებს საკუთარ სასწავლო პროცესს (რა იცის და რა დარჩა გაურკვეველი).

  თვითშემოწმება: ხელს უწყობს მასალის სტრუქტურირებულად დამახსოვრებას.

TAG ტექნიკა (Tell, Ask, Give feedback)

- **არსი:** ურთიერთშეფასების სტრუქტურირებული მოდელი, რომელსაც მოსწავლეები იყენებენ თანაკლასელის ნამუშევრის შეფასებისას.

- **სტრუქტურა:**

  T (Tell – უთხარი): უთხარი თანაკლასელს რაღაც, რაც მის ნამუშევარში მოგეწონა.

  A (Ask – ჰკითხე): დასვი დამაფიქრებელი კითხვა ნამუშევრის ირგვლივ.

  G (Give –მიეცი რჩევა): მიეცი 1 კონკრეტული რჩევა გაუმჯობესებისთვის.

- **რატომ არის ეფექტური?**

  თანამშრომლობითი სწავლა: ავითარებს კრიტიკულ აზროვნებასა და სხვისი ნამუშევრის კონსტრუქციულად გაანალიზების უნარს.

  აკადემიური დიალოგი: მოსწავლეები სწავლობენ ერთმანეთთან ქიმიურ ენაზე კომუნიკაციას.

2. კონსტრუქციული უკუკავშირი

უკუკავშირი განმავითარებელი შეფასების ბირთვია. ეფექტური უკუკავშირი პასუხობს 3 კითხვას: რა გაკეთდა კარგად? რა არის გასაუმჯობესებელი? როგორ გაუმჯობესდეს?

➲ „ორი ვარსკვლავი და ერთი სურვილი“

- **არსი:** განმავითარებელი შეფასებისა და კონსტრუქციული უკუკავშირის ტექნიკა, რომელიც ნამუშევრის შეფასებისას ფოკუსირდება მოსწავლის მიღწევების აღიარებასა და ზრდის კონკრეტული გზის ჩვენებაზე. ის თავიდან არიდებს პირდაპირ კრიტიკას და უზრუნველყოფს პოზიტიურ, უსაფრთხო სასწავლო გარემოს.

- **სტრუქტურა**

  პირველი ვარსკვლავი: ნამუშევარში იმ დეტალის აღნიშვნა, რაც მოსწავლემ ძალიან კარგად შეასრულა (მტკიცებულებაზე დაფუძნებული ქება).

  მეორე ვარსკვლავი: კიდევ ერთი კონკრეტული წარმატებული ასპექტის გამოყოფა (ხაზს უსვამს პროგრესს და ამყარებს ნდობას).

  სურვილი: 1 კონკრეტული, რჩევის ფორმით ჩამოყალიბებული მითითება, თუ **რა** და **როგორ** უნდა გააუმჯობესოს მოსწავლემ.

- **რატომ არის ეს ტექნიკა ეფექტური?**

  ამცირებს სტრესს: მოსწავლე არ იღებს მხოლოდ „წითლად გადახაზულ“ შეცდომებს. ის ხედავს, რომ მისი შრომა დანახული და დაფასებულია.

  ზრდის მოტივაციას: ორი დადებითი აღნიშვნა ქმნის პოზიტიურ განწყობას, რის გამოც მოსწავლე „სურვილს“ (კრიტიკას) აღიქვამს არა სასჯელად, არამედ განვითარების შესაძლებლობად.

  კონკრეტულია: სურვილი არ არის ზოგადი (*„უკეთესად ისწავლე“*), არამედ ზუსტად მიუთითებს, რა ნაბიჯია გადასადგმელი უკეთესი შედეგის მისაღწევად.

  არ გადატვირთავს მოსწავლეს: ფოკუსირდება მხოლოდ 1 მთავარ გაუმჯობესებაზე, რაც აადვილებს რჩევის პრაქტიკაში გათვალისწინებას.

➲ წერილობითი კომენტარი ქულის გარეშე

- **არსი:** განმავითარებელი შეფასების სტრატეგია, როდესაც მასწავლებელი მოსწავლის ნამუშევარს (ტესტს, ამოცანას, ანგარიშს) უბრუნებს **მხოლოდ შინაარსობრივი რჩევებითა და კომენტარებით, ციფრული ქულის ან ნიშნის დასმის გარეშე**. ეს მეთოდი აიძულებს მოსწავლეს, ფოკუსირდეს შინაარსსა და შეცდომების გასწორებაზე.

- **სტრუქტურა:** მასწავლებლის კომენტარი იწყება იმის ხაზგასმით, თუ რამდენად სწორად შეასრულა მოსწავლემ დავალება, მიეთითება შეცდომები და ეძლევა ინსტრუქცია, რომელიც მას აძლევს ნაშრომის ჩაბარებამდე მათი გასწორების შესაძლებლობას.

- **რატომ არის ეს ტექნიკა ეფექტური?**

  „ქულის ეფექტის“ განეიტრალება: კვლევები აჩვენებს, რომ როდესაც მოსწავლე იღებს ქულასაც და კომენტარსაც, ის უყურებს მხოლოდ ქულას და კომენტარს საერთოდ არ კითხულობს. ქულის მოხსნა აიძულებს მას, წაიკითხოს ტექსტი.

  აზროვნების გაგრძელება: ნიშნის დასმა მოსწავლისთვის ნიშნავს „დავალების დასრულებას“ (დახურვას). კომენტარი ქულის გარეშე კი პროცესს ღიად ტოვებს და აიძულებს მას, დაუბრუნდეს ნამუშევარს და გაასწოროს ხარვეზი.

მოტივაციის შენარჩუნება: დაბალი ქულა მოსწავლეში იწვევს გულაცრუებას და „იარლიყის მიწებების“ შეგრძნებას. კომენტარი კი ფოკუსირებულია არა მოსწავლის უნარების ნეგატიურ შეფასებაზე, არამედ უშუალოდ დავალების გაუმჯობესებაზე.

3. თვითშეფასება და ურთიერთშეფასება

ეს ინსტრუმენტები ავითარებს მეტაკოგნიციას – მოსწავლის უნარს, გააანალიზოს საკუთარი სწავლის პროცესი.

➲ ურთიერთშეფასების ბარათები

- **არსი:** სტრუქტურული ინსტრუმენტი ჯგუფური ან წყვილური მუშაობისთვის. მოსწავლეები ცვლიან ნამუშევრებს და აფასებენ ერთმანეთის შედეგებს წინასწარ გაწერილი კრიტერიუმების მიხედვით, რაც ავითარებს კრიტიკულ აზროვნებასა და აკადემიური დიალოგის უნარს.

- **რატომ არის ეფექტური?**

  სიღრმისეული გააზრება: სხვის ნამუშევარში შეცდომის ან ძლიერი მხარის დანახვით მოსწავლე უკეთ იაზრებს საკუთარ ცოდნას.

  პასუხისმგებლობა: მოსწავლეები ხდებიან საკუთარი და თანაკლასელების სასწავლო პროცესის აქტიური მონაწილეები.

➲ სადიაგნოსტიკო ჩექლისტები

- **არსი:** წინასწარ შემუშავებული კრიტერიუმების სია, რომელსაც მოსწავლე იყენებს დავალების შესრულების დროს ან ჩაბარებამდე, რათა დამოუკიდებლად შეამოწმოს ნამუშევრის სრულყოფილება

- **რატომ არის ეფექტური?**

  დამოუკიდებლობა: ამცირებს მასწავლებელზე დამოკიდებულებას და აჩვევს მოსწავლეს თვითკონტროლს.

  გამჭვირვალობა: მოსწავლემ ზუსტად იცის, რა მოეთხოვება მაღალი შედეგის მისაღწევად.

4. სიღრმისეული და პროცესუალური ინსტრუმენტები

➲ გეზისმიმცემი/ მიმართული კითხვები (სოკრატული დიალოგი)

- **არსი:** ინტერაქციული მეთოდი, სადაც მასწავლებელი მზა პასუხის მიცემისა თუ შეცდომის პირდაპირ გასწორების ნაცვლად, სპეციალურად დასმული კითხვების ჯაჭვით მიჰყავს მოსწავლე შეცდომის გაცნობიერებამდე, მიზეზშედეგობრივი კავშირების დანახვასა და ახალი ცოდნის დამოუკიდებლად აღმოჩენამდე.

- **რატომ არის ეს ინსტრუმენტი ეფექტური?**

  ღრმა და მყარი ცოდნა: მოსწავლეს არ ავიწყდება დასკვნა, რომელიც თავისი ლოგიკური მსჯელობით გამოიტანა.

  აზროვნების განვითარება: აჩვევს მოსწავლეს კრიტიკულ, მიზეზ-შედეგობრივ მსჯელობას და ამცირებს მზა ფორმულების მექანიკურად დაზეპირების საჭიროებას.

➲ სასწავლო პორტფოლიო

- **არსი:** მოსწავლის ნამუშევრების (ლაბორატორიული ოქმები, თერმოქიმიური ამოცანები, ტესტები, კომპლექსური პროექტები, თვითრეფლექსიის ბარათები) სისტე-

მატიზებული ნაკრები, რომელიც ასახავს მის აკადემიურ ზრდასა და პროგრესს დროის გარკვეულ მონაკვეთში.

- **რატომ არის ეს ინსტრუმენტი ეფექტური?**

  პროგრესის ვიზუალიზაცია: მოსწავლე ადარებს საკუთარ თავს საკუთარ წარსულ შედეგებს და ხედავს რეალურ განვითარებას.

  მრავალმხრივი შეფასება: იძლევა მოსწავლის აკადემიური შესაძლებლობების სრულ სურათს, ერთჯერადი ტესტის მიღმა.

განმსაზღვრელი შეფასება

განმსაზღვრელი შეფასება არის სასწავლო პროცესის შემაჯამებელი ეტაპი, რომლის მთავარი მიზანია გარკვეული სასწავლო პერიოდის (თემის, სემესტრის, სასწავლო წლის) ბოლოს მოსწავლის მიღწეული ცოდნის, უნარებისა და გაგების ხარისხის შეფასება და აკადემიური დონის ოფიციალური დაფიქსირება (ქულით ან ნიშნით).

განმავითარებელი შეფასებისგან განსხვავებით, რომელიც უშუალოდ სწავლის პროცესში წარმართავს მოსწავლეს („როგორ გაუმჯობესდეს?“), განმსაზღვრელი შეფასება ზომავს საბოლოო შედეგს („რა ისწავლა მოსწავლემ?“) წინასწარ დადგენილ ეროვნულ ან კურიკულუმის სტანდარტებთან მიმართებით.

მთავარი მიზანი: გარკვეული სასწავლო ეტაპის (თემის, სემესტრის, წლის) ბოლოს მოსწავლის მიღწეული ცოდნისა და უნარების შეჯამება და აკადემიური დონის დადგენა. ის **ფორმდება ქულით/ნიშნით**.

ძირითადი ინსტრუმენტები:

1. შემაჯამებელი ტესტი / საკონტროლო წერა

არსი: სტრუქტურირებული წერითი სამუშაო, რომელიც აერთიანებს სხვადასხვა ტიპის დავალებას (დახურულ და ღია კითხვებს) და ფარავს თემის ან სემესტრის ძირითად საკვანძო საკითხებს.

კომპონენტი / დავალების ტიპი	შინაარსი ქიმიის ტესტში (თერმოქიმია)	რას ზომავს? (ბლუმის ტაქსონომია)
დახურული კითხვები	ეგზოთერმული/ენდოთერმული რეაქციების იდენტიფიცირება	ცოდნა და გაგება (დაბალი სააზროვნო უნარები)
ღია/გამოთვლითი დავალება	თერმოქიმიური ამოცანის ამოხსნა	გამოყენება და ანალიზი (საშუალო სააზროვნო უნარები).
კომპლექსური ღია საკითხი	რეაქციის ენერგეტიკული დიაგრამის აგება, კატალიზატორის გავლენის ახსნა	ანალიზი და შეფასება (მაღალი სააზროვნო უნარები)

- **რატომ არის ეს ინსტრუმენტი ეფექტური?**

  სტანდარტიზაცია: იძლევა კლასის ან ნაკადის შედეგების ობიექტური შედარების საშუალებას.

  ფართო დაფარვა: მოკლე დროში ამოწმებს თეორიული მასალისა და ფორმულების ცოდნას.

2. შეფასების რუბრიკა (Rubric)

არსი: შემოქმედებითი დავალების, პრეზენტაციის, პროექტის ან ლაბორატორიული კვლევის შეფასების დეტალური, მრავალკრიტერიუმიანი სქემა. მასში თითოეული კრიტერიუმისთვის წინასწარ არის გაწერილი მიღწევის დონეები და შესაბამისი ქულები.

კრიტერიუმი	საბაზო დონე (1-5 ქულა)	საშუალო დონე (6-10 ქულა)	მაღალი დონე (11-15 ქულა)
თეორიული გაგება	უჭირს ცნებების გამოყენება.	სწორად იყენებს ძირითად თერმოქიმიურ ცნებებს, თუმცა უშვებს მცირე უზუსტობებს.	სიღრმისეულად განმარტავს ენერგიის ცვლილებას ქიმიური ბმების გაწყვეტისა და წარმოქმნისას.
მონაცემთა დამუშავება	გამოთვლები არასრულია, აკლია ერთეულები.	გამოთვლები სწორია, იყენებს შესაბამის ერთეულებს.	გამოთვლები უშეცდომოა, შეუძლია ცდომილებების ზუსტი მათემატიკური ანალიზი.

- **რატომ არის ეს ინსტრუმენტი ეფექტური?**

  ობიექტურობა: ამცირებს მასწავლებლის სუბიექტურობას რთული, კომპლექსური დავალებების გასწორებისას.

  გამჭვირვალობა: მოსწავლემ დავალების დაწყებამდე ზუსტად იცის, რაში და როგორ ეწერება ქულა.

3. შემოქმედებითი (კომპლექსური) დავალება / პროექტი

არსი: ხანგრძლივი ან მრავალეტაპიანი დავალება, სადაც მოსწავლე რეალურ ცხოვრებასთან დაკავშირებული პრობლემის გადასაჭრელად იყენებს თემის ფარგლებში მიღებულ ყველა თეორიულ და პრაქტიკულ ცოდნას. შედეგი წარმოდგენილია საბოლოო პროდუქტის სახით.

შემოქმედებითი დავალების ეტაპი	მაგალითი თერმოქიმიაში („სწრაფი გაცხელების/გაციების პაკეტის შექმნა“)	შეფასების ფოკუსი
1. პრობლემის გააზრება	ნივთიერებების შერჩევა, რომლებიც წყალში გახსნისას გამოყოფენ ან შთანთქავენ სითბოს	რეაქციის ტიპის ლოგიკური შერჩევა
2. გამოთვლა და მოდელირება	საჭირო მასების გამოთვლა სასურველი ტემპერატურული ცვლილების მისაღწევად	თერმოქიმიური გამოთვლების სიზუსტე
3. პროდუქტის წარდგენა	უსაფრთხო, ფუნქციური პროტოტიპისა და კვლევითი ანგარიშის პრეზენტაცია	არგუმენტირებული მსჯელობა და პრეზენტაცია

- **რატომ არის ეს ინსტრუმენტი ეფექტური?**

  ფუნქციური ცოდნა: ამოწმებს არა უბრალოდ ფაქტების დაზეპირებას, არამედ ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენების უნარს.

  მაღალი სააზროვნო უნარები: ვითარდება კრიტიკული აზროვნება, შემოქმედებითობა და პრობლემის გადაჭრის უნარი.

4. ლაბორატორიული ოქმი / ანგარიში

- **არსი:** პრაქტიკული/ლაბორატორიული სამუშაოს ჩატარების შემდეგ მოსწავლის მიერ მომზადებული აკადემიური დოკუმენტი, სადაც ასახულია ექსპერიმენტის მსვლელობა, მიღებული მონაცემები, გამოთვლები და დასკვნები.

ლაბორატორიული ოქმის სექცია	შინაარსი თერმოქიმიურ კვლევაში	რა ფასდება?
მონაცემთა აღრიცხვა	საწყისი/საბოლოო ტემპერატურის, ხსნარის მოცულობისა და მასის შეტანა ცხრილში	გაზომვების სიზუსტე და მონაცემთა ორგანიზება
გრაფიკული გამოსახვა	ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების ან ენერგეტიკული დიაგრამის აგება	ვიზუალიზაციისა და გრაფიკული უნარები
ცდომილების ანალიზი	გარემოში სითბური დანაკარგით გამოწვეული ცდომილების გამოთვლა და მიზეზების ახსნა	კვლევითი და ანალიტიკური უნარები

- **რატომ არის ეს ინსტრუმენტი ეფექტური?**

  სამეცნიერო ენის განვითარება: მოსწავლე სწავლობს ექსპერიმენტული მონაცემების სტანდარტულ აკადემიურ ფორმატში გაფორმებას.

  პრაქტიკული უნარების შეფასება: იძენს ლაბორატორიულ აღჭურვილობასთან მუშაობისა და მონაცემთა ინტერპრეტაციის უნარს.

ზოგიერთი შეფასების სქემა

პროექტის შეფასების სქემა

კრიტერიუმი	ელემენტარული 1 ქულა	მისაღები 2 ქულა	ოსტატური 3 ქულა
მიზანი	არ არის კარგად გამოკვეთილი, ბუნდოვანია	ხდება ერთ მიზანზე ფოკუსირება	კარგად გამოკვეთილი მიზნები, მარტივად აღსაქმელი
ორგანიზება	სუსტად ორგანიზებული, არ არის იდეებს შორის ლოგიკური ჯაჭვი, რაც აბნევს მკითხველს/მსმენელს	გააზრებულია თანმიმდევრულობა, ორგანიზების ნიშნით, ზოგი გადასვლა იდეებს შორის არის მარტივი, ზოგი გაუგებარი	კარგად ორგანიზებული ფორმატი, ლოგიკური გადასვლა ერთი იდეიდან მეორეზე, ორგანიზება ზრდის პროექტის ეფექტურობას
შინაარსის კორექტულობა	გვხვდება ხშირი შეუსაბამო, მცდარი ინფორმაცია, შეჰყავს შეცდომაში მკითხველი/მსმენელი	ძირითადად კორექტულია, შეუსაბამო ან მცდარი ინფორმაციით	მთლიანად კორექტული, ფაქტები ზუსტი და მკაფიო
ენობრივი გამართულობა	ენობრივად გაუმართავი, ხშირი შეცდომებით	ენობრივად გაუმართავი, მცირე შეცდომებით	ენობრივად გამართულია, დაცულია პუნქტუაციის ნიშნები
კვლევა	კვლევა არაეფექტურადაა დაგეგმილი, გამოყენებული წყარო არაა სანდო, ანალიზი ზედაპირულია	კვლევა დაგეგმილია, მაგრამ ჯგუფის პოტენციალი მთლიანად არ არის გამოყენებული, შეზღუდულია წყაროები, ანალიზი მისაღებია	კვლევა სწორად არის დაგეგმილი, გამოყენებულია არა ერთი წყარო და ანალიზიც სიღრმისეულია
თვალსაჩინოებები	თვალსაჩინოებები ხშირად შინაარსთან შეუსაბამოა, ან არ არის ჯგუფის მიერ შექმნილი	თვალსაჩინოება დაკავშირებულია შინაარსთან, მაგრამ ერთფეროვანია	მრავალფეროვანი, შინაარსის შესატყვისი, აკურატულად შესრულებული

პროექტის შეფასების რუბრიკა

კომპლექსური დავალებების, STEM აქტივობებისა და ლაბორატორიული კვლევითი პროექტების შესაფასებლად (მაქსიმუმ 20 ქულა)

კრიტერიუმი	დაბალი დონე 1 ქულა	საშუალო დონე 2-3 ქულა	მაღალი დონე 4 ქულა
საკითხის აქტუალობა და მიზანი	მიზანი ბუნდოვანია; თეორიული საფუძველი და კავშირი ქიმიის კონცეფციებთან სუსტად ჩანს; ჰიპოთეზა არაარგუმენტირებულია	მიზანი გასაგებია; თეორიული მიმოხილვა შესაბამისია, თუმცა ზედაპირული; ჰიპოთეზა ჩამოყალიბებულია, მაგრამ აკლია სიღრმე	პრობლემა აქტუალურია; მიზანი, კვლევითი კითხვა და ჰიპოთეზა მკაფიოდ, ლოგიკურად და მეცნიერულადაა დასაბუთებული
ექსპერიმენტის დიზაინი და უსაფრთხოება	მეთოდოლოგია ქაოსურია; ექსპერიმენტის ეტაპები გაუწერელია; ლაბორატორიული უსაფრთხოების ნორმები უგულებელყოფილია	ექსპერიმენტის მსვლელობა აღწერილია, ჭურჭელი/რეაგენტები შერჩეულია, თუმცა უსაფრთხოების რისკები ნაწილობრივაა გათვალისწინებული	მეთოდოლოგია ზუსტია (ცვლადები, ეტაპები, რეაგენტები); უსაფრთხოების ნორმები სრულად დაცულია
მონაცემთა დამუშავება და ანალიზი	მონაცემები მწირია ან გაუფორმებელი; ქიმიური რეაქციების ტოლობები, გამოთვლები ან ერთეულები შეიცავს უხეშ შეცდომებს	მონაცემები მოწესრიგებულია (ცხრილი/ გრაფიკი); რეაქციების ტოლობები სწორია, თუმცა ანალიზი და მიზეზ-შედეგობრიობა ზერელეა	მონაცემები იდეალურადაა დამუშავებული და ვიზუალიზებული; რეაქციების ტოლობები, სტექიომეტრიული გამოთვლები უშეცდომოა
დასკვნა და რეალურ ცხოვრებასთან კავშირი	დასკვნა არ პასუხობს მიზანს/ჰიპოთეზას ან ეყრდნობა მცდარ ქიმიურ ლოგიკას; პრაქტიკული გამოყენება ვერ ჩანს	დასკვნა გამომდინარეობს მიღებული შედეგებიდან, მაგრამ პრაქტიკული ან ეკოლოგიური ღირებულება სუსტადაა გამოკვეთილი	ჩამოყალიბებულია დასაბუთებული, მეცნიერული დასკვნა; მკაფიოდაა ნაჩვენები შედეგის პრაქტიკული/ ეკოლოგიური მნიშვნელობა
პრეზენტაცია და გუნდურობა	პრეზენტაცია და სტრუქტურა არაორგანიზებულია; ქიმიური ტერმინოლოგია არაზუსტია; კითხვებზე პასუხის გაცემა უჭირთ	პრეზენტაცია ვიზუალურად გამართულია; ტერმინოლოგია ძირითადად სწორია; გუნდის წევრები ჩართულნი არიან, პასუხები არასრულია	გამართული აკადემიური ენა და ზუსტი ტერმინოლოგია; ვიზუალური მასალა (პოსტერი/სლაიდი) ეფექტურია; პასუხები ამომწურავია

18-20 ქულა 10 (უმაღლესი)	15-17 ქულა 8-9 (ძალიან კარგი)	11-14 ქულა 6-7 (კარგი)	7-10 ქულა 4-5 (დამაკმაყ.)	< 7 ქულა 1-3 (არადამაკ.)

შენიშვნა მასწავლებლისთვის: რუბრიკა განკუთვნილია როგორც ინდივიდუალური, ისე ჯგუფური პროექტების კომპლექსური შეფასებისთვის. თითოეულ კრიტერიუმში ქულა იწერება მიღწეული დონის მიხედვით.

კვლევის შეფასების სქემა

კრიტერიუმები	1-3 ქულა	4-5 ქულა	6-7 ქულა	8-10 ქულა
კვლევის მიზნის განსაზღვრა	არასწორად აყალიბებს მიზანს	ნაწილობრივ სწორად აყალიბებს მიზანს	აყალიბებს მიზანს	სრულყოფილად აყალიბებს მიზანს
საჭირო ინვენტარის განსაზღვრა	არასწორად ჩამოთვლის საჭირო მასალას	ჩამოთვლის საჭირო მასალის ნაწილს	ჩამოთვლის ძირითადად საჭირო მასალას	ჩამოთვლის ყველა საჭირო მასალას და აღჭურვილობას
კვლევის შედეგების ვარაუდი	არასწორად აყალიბებს ვარაუდს	გამოთქვამს სწორ ვარაუდს	აყალიბებს და ნაწილობრივ ასაბუთებს თავის ვარაუდს	აყალიბებს და ასაბუთებს ვარაუდს
კვლევის მიმდინარეობის აღწერა	არასწორად ჩამოთვლის კვლევის ეტაპებს	ჩამოთვლის კვლევის ზოგიერთ ეტაპს	ჩამოთვლის კვლევის ძირითად ეტაპებს	სრულად ჩამოთვლის ეტაპებს
მონაცემების აღრიცხვა	აღრიცხავს არასწორ მონაცემებს	აღრიცხავს მონაცემებს ნაწილობრივ და უსისტემოდ	აღრიცხავს მონაცემებს ნაწილობრივ და უსისტემოდ	აღრიცხავს მონაცემებს სრულად და სისტემურად
მონაცემთა ანალიზი	არასწორად აკეთებს მონაცემთა ანალიზს	აკეთებს მონაცემთა ანალიზს მცირე ხარვეზებით	აკეთებს მონაცემთა ანალიზს	აკეთებს მონაცემთა სრულ ანალიზს
დასკვნა	არასწორად აკეთებს შესაბამის ანალიზს	აკეთებს ნაწილობრივ სწორ დასკვნებს	აკეთებს ძირითადად დასკვნებს	აკეთებს სრულფასოვან დასკვნას

ჯგუფური გაკვეთილის შეფასების რუბრიკა

კრიტერიუმები	ჯგუფის მუშობა არადამაკმაყოფილებელია (1-4 ქულა)	ჯგუფის მუშაობა დამაკმაყოფილებელია (5-7 ქულა)	ჯგუფის მუშაობა კარგია (8-10 ქულა)
ჯგუფის მიერ სამუშაოს ორგანიზება	სამუშაო არ იყო ორგანიზებული. ჯგუფის წევრებს შორის არ იყო განაწილებული	სამუშაო ორგანიზებული იყო, მაგრამ ჯგუფის წევრებს შორის არათანაბრად იყო განაწილებული	სამუშაო ორგანიზებული იყო კარგად და ჯგუფის წევრებს შორის გადანაწილდა თანაბრად
ჩართულობა	ჯგუფის მხოლოდ ერთი(ორი) წევრი აქტიურობდა	ჯგუფის თითქმის ყველა წევრი აქტიურობდა	ჯგუფის ყველა წევრი აქტიურობდა
ურთიერთმოსმენისა და აზრის გაზიარების უნარი	კამათობდნენ, არ უსმენდნენ ერთმანეთს, არის ხმაური, არ იზიარებენ ერთმანეთის აზრს	ხმაურობენ, ნაკლებად იზიარებენ ერთმანეთის აზრს	ერთმანეთს უსმენენ, პატივს სცემენ სხვის აზრს
დროის ლიმიტის დაცვა	ვერ ეტევიან განსაზღვრულ დროში	უმნიშვნელოდ გადააცილეს დროს	ზუსტად ეტევიან დროში

დისკუსიის შეფასების სქემა

კრიტერიუმები	(8-10 ქულა)	(5-7 ქულა)	(1-4 ქულა)
მოსმენა	ყოველთვის უსმენს და თვალყურს ადევნებს ორატორს	ხშირად უსმენს და უყურებს ორატორს	იშვიათად უსმენს და უყურებს ორატორს
საუბარი	მკაფიოდ მეტყველებს და უყურებს მსმენელს	ძირითადად მეტყველება გასაგებია და უყურებს მსმენელს	მეტყველება არამკაფიოა, მსმენელებს უჭირთ გაგება
არავერბალური კომუნიკაცია	შეუძლია ეფექტურად აღიქვას და გამოიყენოს არავერბალური კომუნიკაციის ფორმები (თვალით, ჟესტებით, გამომეტყველებით, ხმით)	ხშირად შეუძლია დაამყაროს არავერბალური კონტაქტი	იშვიათად იყენებს არავერბალურ კომუნიკაციის ფორმებს
მონაწილეობა	უჩვენებს ინტერესს დისკუსიის თემისადმი საჭირო კომენტარებითა და აზრების გამოთქმით	ძირითადად გამოხატავს ინტერესს. კომენტარები და აზრები ყოველთვის არაა თემის გარშემო	მცირე ინტერესი აქვს. არ გამოხატავს ან ვერ უკავშირებს თავის მოსაზრებებს სადისკუსიო თემას
კოოპერაცია	თანამშრომლობს თანაკლასელებთან, აცლის სხვებს აზრის გამოთქმას და იცავს დისკუსიის წესებს	ძირითადად თანამშრომლობს თანაკლასელებთან, ზოგჯერ ერთვება სხვის საუბარში, ძირითადად იცავს დისკუსიის წესებს	იშვიათად თანამშრომლობს და იცავს დისკუსიის წესებს
მოსაზრების არგუმენტირება	მოსაზრება ორიგინალურია და გამყარებულია ფაქტებით, ცნებებით. არის ლოგიკური კავშირი საკითხთან	მოსაზრების გასამყარებლად გამოყენებულია სადავო ფაქტები და ცნებები	მოსაზრება მოკლებულია ლოგიკურ კავშირს საკითხთან და არ არის გამყარებული ფაქტებით

ჯგუფური სამუშაოს ურთიერთშეფასების ფორმა

ინსტრუქცია მოსწავლეთათვის:

გთხოვთ, შეაფასოთ თქვენი ჯგუფის საერთო მუშაობა, პროცესი და დინამიკა მარცხენა სვეტში მოცემული კრიტერიუმების მიხედვით. ფორმა ანონიმურია. მონიშნეთ (ან შემოხაზეთ) შესაბამისი ქულა თითოეული კრიტერიუმისთვის.

შეფასების სკალა:

1 — იშვიათად
2 — ნაწილობრივ
3 — უმეტესწილად
4 — სრულად

შეფასების კრიტერიუმი	1	2	3	4
ჯგუფს/ჯგუფის წევრებს კარგად ჰქონდათ გააზრებული აქტივობასთან დაკავშირებული საკითხები.				
წევრებს შეჰქონდათ მნიშვნელოვანი წვლილი მუშაობაში და აწვდიდნენ ერთმანეთს სასარგებლო, ორიგინალურ იდეებს.				
ჯგუფი იყო ორგანიზებული, მობილიზებული და შეძლო დავალების ხარისხიანად და სრულად შესრულება.				
ჯგუფური დისკუსია იყო კონსტრუქციული, წევრები ავლენდნენ თანამშრომლობის მაღალ კულტურას, ეხმარებოდნენ და პატივს სცემდნენ ერთმანეთს.				
ჯგუფი აქტიურად მონაწილეობდა ინფორმაციისა და მედია მასალების მოძიებასა და ანალიზში.				
ჯგუფმა შეძლო სამეცნიერო საკითხის (თემის) ლოკალურ კონტექსტთან დაკავშირება.				
სულ:				

მოსწავლის თვითშეფასების რუბრიკა

მონიშნეთ შესაბამისი უჯრა იმის მიხედვით ☑, თუ რამდენად კარგად აითვისეთ მოცემული სასწავლო მიზნები.

სასწავლო მიზანი (რას ისწავლით)	მჭირდება დახმარება ვერ ვიგებ, მიჭირს ახსნა	ნაწილობრივ შემიძლია მესმის, მაგრამ მიჭირს	კარგად შემიძლია დამოუკიდებლად ვასრულებ	შემიძლია სხვასაც ვასწავლო სრულყოფილად ვფლობ
გავეცანი და კარგად მესმის რეაქციის სითბური ეფექტის არსი.	☐	☐	☐	☐
შემიძლია თერმოქიმიური ტოლობის გამოყენებით რაოდენობითი გამოთვლების წარმოება.	☐	☐	☐	☐
შემიძლია შევაფასო, როგორი ენერგეტიკული ცვლილებები ხდება ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების მიმდინარეობისას.	☐	☐	☐	☐

ქიმიურ ლაბორატორიაში ქცევის წესები

სკოლის ლაბორატორიაში უსაფრთხოება უმთავრესია. საშუალო საფეხურის მოსწავლეებისთვის მნიშვნელოვანია იცოდნენ და იცავდნენ კონკრეტულ წესებს, რათა დაიცვან როგორც საკუთარი, ისე თანაკლასელების ჯანმრთელობა.

ქვემოთ ჩამოყალიბებულია ლაბორატორიაში ქცევის ძირითადი წესები:

1. მომზადება და ზოგადი წესრიგი

- **წინასწარი გაცნობა:** ლაბორატორიაში შესვლამდე ან ექსპერიმენტის დაწყებამდე, აუცილებლად წაიკითხეთ და გაიაზრეთ სამუშაოს ინსტრუქცია. თუ რამე გაუგებარია, წინასწარ ჰკითხეთ მასწავლებელს.
- **ზედმეტი ნივთები მაგიდაზე:** სამუშაო მაგიდაზე დატოვეთ მხოლოდ ექსპერიმენტისთვის საჭირო ნივთები (რვეული, კალამი და ლაბორატორიული აღჭურვილობა). ზურგჩანთები, ტანსაცმელი და მობილური ტელეფონები უნდა შეინახოთ სპეციალურად გამოყოფილ ადგილას.
- **აკრძალული ნივთიერებები:** არასოდეს შეიტანოთ ლაბორატორიაში საკვები, წყალი ან საღეჭი რეზინი. ქიმიური ორთქლი ადვილად ჯდება საკვებზე, რამაც შეიძლება მოწამვლა გამოიწვიოს.
- **ფოკუსირება:** ექსპერიმენტის დროს არ გაერთოთ საუბრით. იმოძრავეთ მშვიდად, არ ირბინოთ და არ გააკეთოთ მკვეთრი მოძრაობები, რათა შემთხვევით არ გადააგდოთ ხელსაწყოები.

2. პირადი უსაფრთხოება და აღჭურვილობა

- **დამცავი სათვალე და ხალათი:** დამცავი სათვალის გაკეთება სავალდებულოა ყველა იმ ექსპერიმენტის დროს, სადაც ვიყენებთ ქიმიურ ნივთიერებებს ან სითბოს. ხალათი კი გიცავთ თქვენ და თქვენს ტანსაცმელს.
- **ტანსაცმელი და ფეხსაცმელი:** ჩაიცვით დახურული ფეხსაცმელი (არანაირი სანდალი). მოერიდეთ ძალიან ფართო, ფრიალა ტანსაცმელს, რომელიც შეიძლება მარტივად წამოედოს ჭურჭელს ან ცეცხლს.
- **თმა და სამკაულები:** გრძელი თმა აუცილებლად შეიკარით კეფაზე. მოიხსენით გრძელი ყელსაბამები, სამაჯურები და დიდი ბეჭდები.
- **სახესთან შეხება:** ლაბორატორიაში მუშაობისას ხელთათმანებით ან დაუბანელი ხელებით არასოდეს შეეხოთ სახეს, თვალებსა და პირს.

3. ქიმიურ ნივთიერებებთან და ხელსაწყოებთან მუშაობა

- **ეტიკეტების ორმაგი შემოწმება:** ნებისმიერი რეაქტივის გამოყენებამდე, ორჯერ წაიკითხეთ მისი ეტიკეტი, რათა დარწმუნდეთ, რომ ნამდვილად იმ ნივთიერებას იყენებთ, რაც გჭირდებათ.

- **სუნის შეგრძნება (დაყნოსვა):** არასოდეს მიიტანოთ ჭურჭელი პირდაპირ ცხვირთან. სწორი მეთოდია ჭურჭლის ცხვირიდან ოდნავ მოშორებით ჭერა და ხელით ჰაერის მსუბუქად მინიავება ცხვირისკენ.

- **გაცხელების წესები:** სინჯარის ან კოლბის გაცხელებისას, მისი ღია პირი არასოდეს მიმართოთ საკუთარი თავისკენ ან სხვა ადამიანისკენ. სითხე შეიძლება უცებ ადუღდეს და ამოასხას. არასოდეს დატოვოთ ანთებული სპირტქურა ან სანთურა უყურადღებოდ.

- **მჟავასა და წყლის შერევა:** დაიმახსოვრეთ ოქროს წესი: **„მჟავა ისხმება წყალში“**. არასოდეს დაასხათ წყალი კონცენტრირებულ მჟავას, რადგან ამან შეიძლება გამოიწვიოს ძლიერი რეაქცია და სითხის შხეფების ამოფრქვევა.

- **ელექტროობა და მინა:** არ შეეხოთ ელექტროხელსაწყოებს სველი ხელებით. გამოყენებამდე ყოველთვის შეამოწმეთ მინის ჭურჭელი — არ გამოიყენოთ გაბზარული ან გატეხილი სინჯარები.

4. საგანგებო სიტუაციები და ინციდენტები

- **დაუყოვნებელი რეაგირება:** ნებისმიერი ინციდენტის დროს (გატყდა მინა, დაიღვარა სითხე, იგრძენით თავბრუსხვევა, გაიჭერით ხელი), **პირველ რიგში, შეატყობინეთ მასწავლებელს**.

- **ქიმიური დამწვრობა:** თუ ქიმიური ნივთიერება მოგხვდათ კანზე ან თვალში, დაუყოვნებლივ ჩამოიბანეთ დიდი რაოდენობის ცივი გამდინარე წყლით მინიმუმ 15 წუთის განმავლობაში. პარალელურად, სთხოვეთ მეგობარს, დაუძახოს მასწავლებელს.

- **გატეხილი მინა:** არასოდეს სცადოთ გატეხილი მინის ნამსხვრევების შიშველი ხელებით აკრეფა. ამისთვის გამოიყენება ცოცხი და აქანდაზი.

- **ინვენტარის ცოდნა:** წინასწარ უნდა იცოდეთ, სად ინახება ლაბორატორიაში პირველადი დახმარების ყუთი, ცეცხლმაქრი და სად არის უახლოესი გამოსასვლელი.

5. სამუშაოს დასრულება

- **ვენტილების დაკეტვა:** დარწმუნდით, რომ გაზის, წყლის ონკანები და ელექტროხელსაწყოები სრულად არის გამორთული.

- **ნარჩენების მართვა:** ქიმიური ნარჩენები გადაყარეთ მხოლოდ დანიშნულებისამებრ. ზოგიერთი ნივთიერების კანალიზაციაში ჩაშვება სასტიკად აკრძალულია. მიჰყევით მასწავლებლის მითითებებს სპეციალური კონტეინერების გამოყენების შესახებ.

- **დასუფთავება და ჰიგიენა:** გაასუფთავეთ სამუშაო მაგიდა, გარეცხეთ ჭურჭელი (თუ მასწავლებელი გავალებთ) და ლაბორატორიიდან გასვლამდე საგულდაგულოდ დაიბანეთ ხელები საპნით.

როგორ ვასწავლოთ უსაფრთხოების წესები სახალისოდ?

მოსწავლეებისთვის წესების უბრალოდ წაკითხვა ხშირად მოსაწყენია და ნაკლებად ამახსოვრდებათ. ამიტომ, პროცესის ინტერაქტიულად ქცევა საუკეთესო გამოსავალია:

- **თამაში „იპოვე შეცდომა“:** დაფაზე აჩვენეთ სურათი ან მოაწყვეთ პატარა სცენა, სადაც “მეცნიერი” უხეშად არღვევს წესებს (მაგალითად: უკეთია დიდი სამკაულები, თმა გაშლილი აქვს, მაგიდაზე უდევს ბუტერბროდი და ღია ჭურჭელში იხედება). მოსწავლეებმა დეტექტივებივით უნდა აღმოაჩინონ და ახსნან ყველა შეცდომა.
- **ლაბორანტის ფიცი და „მართვის მოწმობა“:** შეადგინეთ სახალისო „უსაფრთხოების კონტრაქტი“, რომელსაც მოსწავლეებმა საზეიმოდ მოაწერენ ხელს. ამის შემდეგ გადაეცით მათ პერსონალური ბეჯი – „ლაბორატორიაში დაშვების მოწმობა“, რომლის ტარებაც პრაქტიკული სამუშაოების დროს სავალდებულო იქნება.
- **როლური სიტუაციები (სიმულაციები):** დაყავით კლასი ჯგუფებად და მიეცით კონკრეტული სცენარები. მაგალითად: „თქვენს მეგობარს სინჯარიდან სითხე მაგიდაზე დაექცა. აჩვენეთ, როგორ იმოქმედებთ“. ეს მათ საგანგებო სიტუაციებისთვის ფსიქოლოგიურადაც მოამზადებს.
- **ვიქტორინა და ქვიზები:** გამოიყენეთ პლატფორმები (მაგ. Kahoot! ან Quizizz) და შექმენით სახალისო კითხვები ლაბორატორიის წესებზე. გამარჯვებულებს შეგიძლიათ სიმბოლურად „მთავარი ლაბორანტის“ სტატუსი მიანიჭოთ.

რა ძირითადი ინვენტარია საჭირო სასკოლო ლაბორატორიაში?

სრულფასოვანი პრაქტიკული გაკვეთილებისთვის ლაბორატორია რამდენიმე კატეგორიის ინვენტარით უნდა იყოს აღჭურვილი. ქვემოთ მოცემულია საბაზისო ჩამონათვალი, რომელიც ფიზიკა-ქიმია-ბიოლოგიის მარტივი ცდებისთვისაა აუცილებელი:

კატეგორია	საბაზისო ხელსაწყოები და აღჭურვილობა
უსაფრთხოება	დამცავი სათვალეები, ხალათები, ხელთათმანები, ცეცხლმაქრი, პირველადი დახმარების ყუთი.
მინის ჭურჭელი	სინჯარები, ქიმიური ჭიქები, ერლენმაიერისა და მრგვალძირა კოლბები, მინის ძაბრები.
საზომი ინსტრუმენტები	მენზურები (საზომი ცილინდრები), პიპეტები, ელექტრონული სასწორი, თერმომეტრი.
გაცხელება	სპირტქურა ან ბუნზენის სანთურა, ასანთი, ცეცხლგამძლე ბადე.
დამხმარე მოწყობილობები	ლაბორატორიული შტატივი სამაგრებით, სინჯარების სადგამი, მაშა, პინცეტი, სინჯარის ჯაგრისი.
ბიოლოგიური ინვენტარი	მიკროსკოპი, სასაგნე და მფარავი მინები, პეტრის ჯამები.

მთავარი რჩევა: *ინვენტარის განლაგება ლაბორატორიაში უნდა იყოს ლოგიკური. უსაფრთხოების აღჭურვილობა (ცეცხლმაქრი, აფთიაქი) ყველაზე თვალსაჩინო და მარტივად მისადგომ ადგილას უნდა განთავსდეს.*

1.1. ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი I: ქიმიური რეაქციის ენერგეტიკული დახასიათება

პარაგრაფი: 1.1. ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი; მდგრადი წარმოება, მოხმარება.

საკვანძო კითხვა: საიდან იძენს ენერგიას ეგზოთერმული რეაქცია და სად იკარგება ენერგია ენდოთერმული რეაქციის დროს?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე ახასიათებს და ასხვავებს ეგზოთერმულ და ენდოთერმულ რეაქციებს ექსპერიმენტული მონაცემებისა და სითბოს გამოყოფა/შთანთქმის მიხედვით;
- მოსწავლე ადგენს თერმოქიმიურ ტოლობას, ითვალისწინებს აგრეგატულ მდგომარეობასა და კოეფიციენტებს. აწარმოებს რაოდენობრივ გამოთვლებს თერმოქიმიური ტოლობის გამოყენებით;
- მოსწავლე აკავშირებს ქიმიურ ენერგიასა და რეალურ ცხოვრებას.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

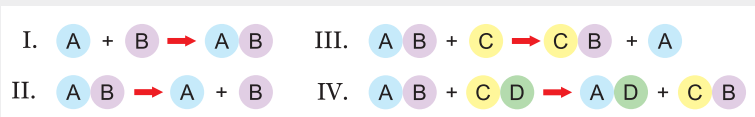
აქტივობა 1 „გაიხსენეთ“

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეთა წინარე ცოდნის გააქტიურება კითხვების საშუალებით და მათი მომზადება ახალი თემის (ქიმიური რეაქციის ენერგეტიკული დახასიათება) აღსაქმელად.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი მოსწავლეთა წინარე ცოდნის გააქტიურების მიზნით ახორციელებს საერთო საკლასო განხილვა/ფრონტალურ გამოკითხვას.

გაიხსენეთ

1. რა ნიშნებით შეიძლება ამოიცნოთ ქიმიური პროცესების მიმდინარეობა?
2. დააკვირდით სქემას, რეაქციის რომელ ტიპს მიეკუთვნება თითოეული მათგანი და განმარტეთ.



3. რომელ კანონებს ეფუძნება ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის ამსახველი ქიმიური ტოლობის შედგენა?
4. რა ენერგეტიკული ცვლილებები შეგიმჩნევიათ ქიმიური გარდაქმნის პროცესში?

1. ქიმიური რეაქციის ნიშნებია: ნალექის წარმოქმნა, აირის გამოყოფა, სითბოსა და სინათლის გამოყოფა, ფერის (ასევე სუნის) შეცვლა.

კითხვა 1 მიზნად ისახავს ქიმიური მოვლენის ფიზიკურისგან გამიჯვნას. მოსწავლეებმა უნდა გაიხსენონ რეაქციის მიმდინარეობის ვიზუალური ან სენსორული მტკიცებულებები (ფერის შეცვლა, ნალექის წარმოქმნა, აირის გამოყოფა, სითბოსა და სინათლის გამოყოფა).

2. I. შეერთების; II. დაშლის; III. ჩანაცვლების; IV. მიმოცვლის.

კითხვა 2 ავითარებს აბსტრაქტულ და მოდელურ აზროვნებას. მოსწავლეებმა ვიზუალური სქემების მიხედვით უნდა ამოიცნონ რეაქციის ძირითადი ტიპები.

3. ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის ამსახველი ქიმიური ტოლობის შედგენა ეფუძნება ა) მასის მუდმივობის კანონს და ბ) შედგენილობის მუდმივობის კანონს.

ა) მასის მუდმივობის კანონი ექსპერიმენტულად დაადგინა ფრანგმა ქიმიკოსმა ანტუან ლავუაზიემ 1789 წელს. რეაქციაში შესული ნივთიერებების (რეაგენტების) მასათა ჯამი ტოლია რეაქციის შედეგად მიღებული ნივთიერებების (რეაქციის პროდუქტების) მასათა ჯამისა.

ბ) შედგენილობის მუდმივობის კანონი – ნებისმიერ ქიმიურად სუფთა ნივთიერებას აქვს მუდმივი შედგენილობა, მიუხედავად მისი მიღების ხერხისა. ფრანგი მეცნიერის ჟოზეფ პრუსტის მიერ 1799 წელს შემოთავაზებული ნივთიერების მუდმივობის კანონი მეცნიერთა საზოგადოებამ მხოლო 10 წლის შემდეგ, 1809 წელს აღიარა.

კითხვა 3 ამოწმებს მასის მუდმივობის კანონის ცოდნას, რაც ფუნდამენტურია ქიმიური ტოლობების გასათანაბრებლად და შემდგომში თერმოქიმიური გამოთვლების სწორად საწარმოებლად.

4. სითბოს გამოყოფა ან სითბოს შთანთქმა.

კითხვა 4 წარმოადგენს გარდამავალ, დამაკავშირებელ კითხვას – „ხიდს“ ახალ თემასთან. სითბოს გამოყოფის ან შთანთქმის გახსენება მოსწავლეებს პირდაპირ ამზადებს ეგზოთერმული და ენდოთერმული პროცესების შესასწავლად.

აქტივობა 2 რეაქციების კლასიფიკაცია (დამატებითი)*

ქვემოთ მოცემულია ქიმიური ტოლობები და თითოეულს მიუწერეთ, რეაქციის რომელ ტიპს მიეკუთვნება (შეერთების, დაშლის, ჩანაცვლების თუ მიმოცვლის):

1. $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ _____ (შეერთების)
2. $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ _____ (დაშლის)
3. $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ _____ (ჩანაცვლების)
4. $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$ _____ (მიმოცვლის)
5. $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$ _____ (შეერთების)
6. $CuSO_4 + Fe \rightarrow FeSO_4 + Cu$ _____ (ჩანაცვლების)

* აქაც და შემდეგშიც, სადაც აქტივობასთან მითითებული იქნება სიტყვა „დამატებითი“, იგულისხმება მასალა, რომელიც მოსწავლის წიგნში არ არის მოცემული.

აქტივობა 3 ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების გარჩევა (დამატებითი)

აქტივობის მიზანი: ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების არსის გაგება კონტრასტულ მაგალითებზე დაყრდნობით.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი დაფაზე წერს ორ განსხვავებულ ქიმიურ პროცესს და მოსწავლეებთან ერთად განიხილავს მათ ენერგეტიკულ თავისებურებებს:

1. წვის რეაქციები (ფოსფორის, გოგირდის ან ნახშირბადის წვა): მასწავლებელი ხსნის, რომ ამ რეაქციების დასაწყებად საჭიროა საწყისი გაცხელება (ინიცირება), რის შემდეგაც რეაქცია თავისთავად გრძელდება დიდი რაოდენობით სითბოსა და სინათლის გამოყოფით. **მასწავლებელი აჯამებს, რომ ასეთ პროცესებს ეგზოთერმული რეაქციები ეწოდება.**
2. აზოტისა და ჟანგბადის ურთიერთქმედება: მასწავლებელს მოჰყავს ბუნებრივი მოვლენის – ჭექა-ქუხილის მაგალითი. იგი უხსნის მოსწავლეებს, რომ ჰაერში არსებული აზოტი ჟანგბადთან რეაქციაში შედის მხოლოდ ელექტრული განმუხტვისას (ელვა), სადაც ტემპერატურა დაახლოებით 3000°C-ს აღწევს. ამ დროს სითბო უწყვეტად შთაინთქმება. ენერგიის მიწოდება საჭიროა არა მხოლოდ რეაქციის დასაწყებად, არამედ მის გასაგრძელებლადაც. **მასწავლებელი ასკვნის, რომ ასეთ პროცესებს ენდოთერმული რეაქციები ეწოდება.**

აქტივობა 4 ექსპერიმენტი – კეთებით სწავლება

აქტივობის მიზანი: დაკვირვება ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობისას ენერგეტიკულ ცვლილებებზე.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი სვამს შეკითხვას: იცვლება თუ არა რეაქციის მიმდინარეობისას სარეაქციო არის ტემპერატურა? ამ შეკითხვაზე გასაცემად მოსწავლეები ატარებენ ქიმიურ ექსპერიმენტს და ავსებენ ლაბორატორიულ ფურცელს (იხილეთ დანართი).

ექსპერიმენტი

ექსპერიმენტის მიზანი:

დაკვირვება ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობისას ენერგეტიკულ ცვლილებებზე

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:
წყალი; კალციუმის ოქსიდი (CaO); რკინის ნაქლიბი; გოგირდის ფხვნილი; ბარიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი – $Ba(OH)_2$; ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი (NH_4Cl); კალციუმის კარბონატი ($CaCO_3$)	ფაიფურის ჯამი; ქიმიური ჭიქა; სინჯარა; ტიგელი; პიპეტი; სპირტქურა; შტატივი მომჭერი თათით; შტატივის რგოლი; გამანაწილებელი ბადე

ცდა 1

აიღეთ ფაიფურის ჯამი და ჩაყარეთ 5 გ ჩაუმქრალი კირი (კალციუმის ოქსიდი). პიპეტით დაამატეთ მცირე რაოდენობით წყალი.

ამ დროს ისეთი დიდი რაოდენობით გამოიყოფა სითბო, რომ წყალი იწყებს დუღილს (სურ. 1 ბ).



სურ. 1. კალციუმის ოქსიდის წყალთან ურთიერთქმედება (ბ)

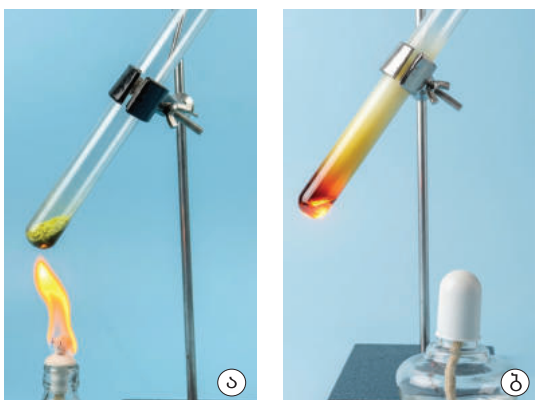


რეაქცია ძლიერ ეგზოთერმულია, სითბოს გამოყოფის გამო წყალი იწყებს დუღილს. ამ დროს არსებობს ცხელი სითხის შხეფების ამოფრქვევის რისკი. რადგან პროცესში წარმოიქმნება ტუტე, რომელიც კანსა და ქსოვილს წვავს (რასაც ადასტურებს ილუსტრაციაზე მოცემული პიქტოგრამა), თვალებისა და კანის დაცვა მნიშვნელოვანია.

ცდა 2

სინჯარაში მოათავსეთ 1,4 გ რკინის ნაქლიბისა და 0,8 გ გოგირდის ფხვნილის ნარევი. სინჯარა დაამაგრეთ შტატივზე მომჭერისა და თათის საშუალებით, გაახურეთ სპირტქურის ალზე.

ნარევს მხოლოდ საწყის ეტაპზე სჭირდება გახურება, შემდეგ პროცესი გრძელდება მკვეთრი, წითელი შეფერილობის ნათებით (სურ. 2).



სურ. 2. რკინა(II)-ის სულფიდის წარმოქმნა



- ნარევს გახურება მხოლოდ საწყის ეტაპზე სჭირდება, რის შემდეგაც რეაქცია თავისით, მკვეთრი წითელი ნათებით გრძელდება. რადგან პროცესი ძლიერ ეგზოთერმულია, როგორც კი რეაქცია დაიწყება (გაჩნდება ნათება), სპირტქურა დაუყოვნებლივ უნდა გამოვიღოთ სინჯარის ქვემოდან. სპირტქურით გაცხელების გაგრძელება გამოიწვევს სინჯარის გასკდომას (დაზღვევისთვის სინჯარის ქვეშ დგამენ ქვიშიან ჯამს).
- სინჯარის პირი პროცესის არცერთ ეტაპზე **არ უნდა იყოს** მიმართული საკლასო აუდიტორიის, მოსწავლეების ან უშუალოდ ექსპერიმენტატორისკენ.

ცდა 3

ტიგელში ჩაყარეთ 3 გ კალციუმის კარბონატი, დადგით შტატივის რგოლზე მოთავსებულ გამანაწილებელ ბადეზე და გაახურეთ სპირტქურის ალზე.

კალციუმის კარბონატი იწყებს დაშლას კალციუმის ოქსიდად და ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდად (სურ. 3).



სურ. 3. კალციუმის კარბონატის დაშლა



- ფაიფურის ტიგელს ძლიერ აცხელებენ სპირტქურის ალზე. ცხელი ტიგელი ვიზუალურად არ განსხვავდება ცივისგან, ამიტომ ცდის დასრულების შემდეგ მას ხელით არ უნდა შეეხოთ და აცადოთ ბუნებრივად გაგრილება.



მყარი ნაშთის შემოწმება (რეაქციის დასრულების შემდეგ): მას შემდეგ, რაც ტიგელი გაგრილდება, მასში დარჩენილ მყარ ნაშთს (ან ამოიღეთ პინცეტით) დაამატეთ წყალი და 1-2 წვეთი ფენოლფთალეინი. რადგან დაშლის შედეგად მიიღება კალციუმის ოქსიდი (CaO), ის წყალთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის ტუტეს ($Ca(OH)_2$) (რაც სახელმძღვანელოს პირველ ცდაში უკვე განხილულია), რის გამოც ინდიკატორი მკვეთრ ჟოლოსფერს მიიღებს. ეს საბოლოოდ დაადასტურებს, რომ ტიგელში არსებული საწყისი ნივთიერება ახალ ნივთიერებად გარდაიქმნა.

ცდა 4

ქიმიური ჭიქა მოათავსეთ ხის სველ ნაჭერზე და ჩაასხით ბარიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი. დაუმატეთ ამონიუმის ქლორიდის (ნიშადურის) ხსნარი.

ტემპერატურა იმდენად მკვეთრად ეცემა დაბლა, რომ ჭიქა ხის ნაჭერს მიეყინება (სურ. 4).



სურ. 4. ბარიუმის ჰიდროქსიდის ურთიერთქმედება ამონიუმის ქლორიდთან

- რეაქციის შედეგად გამოიყოფა ამიაკი (NH_3), ჭურჭელი არ უნდა მიიტანონ ცხვირთან ახლოს.
- რეაქციის შედეგად ტემპერატურა მკვეთრად ეცემა, სასურველია რეაქცია ჩაატაროთ ხელთათმანით.

ექსპერიმენტის ანალიზი:

როგორც ვხედავთ, პირველი ორი რეაქცია წარიმართა სითბოს გამოყოფით, მე-3 და მე-4 რეაქციები – სითბოს შთანთქმით.



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი:_____

ცდა 1

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

ჩემი დაკვირვება (რა მოხდა?):

_____

_____

ცდა 2

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

ჩემი დაკვირვება (რა მოხდა?):

_____

_____

ცდა 3

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

ჩემი დაკვირვება (რა მოხდა?):

_____

_____

ცდა 4

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

ჩემი დაკვირვება (რა მოხდა?):

შედეგების ანალიზი:

ცდის ნომერი	რეაქციის ტოლობა და ტიპი	სითბური ეფექტი
ცდა 1		
ცდა 2		
ცდა 3		
ცდა 4		

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

აქტივობა 5 „გაიაზრეთ“

აქტივობის მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ეგზოთერმული და ენდოთერმული პროცესების ერთმანეთისგან გარჩევა სარეაქციო გარემოს ტემპერატურის ცვლილებაზე დაკვირვებით.

გაიაზრეთ

- როგორ უნდა დავადგინოთ ეგზოთერმულია თუ ენდოთერმული მიმდინარე ქიმიური პროცესი?

რეაქციის მიმდინარეობისას უნდა დავაკვირდეთ სარეაქციო გარემოს (მაგალითად, სინჯარის, კოლბის ან ხსნარის) ტემპერატურის ცვლილებას თერმომეტრის საშუალებით ან, უსაფრთხოების ნორმების დაცვით, ჭურჭელზე შეხებით:

- ეგზოთერმულია პროცესი, თუ სარეაქციო ჭურჭელი თბება (ტემპერატურა იზრდება). ამ დროს მორეაგირე სისტემა სითბოს გამოყოფს გარემოში.
- ენდოთერმულია პროცესი, თუ სარეაქციო ჭურჭელი ცივდება (ტემპერატურა ეცემა) ან ტემპერატურა არ იცვლება. ამ დროს სისტემა სითბოს შთანთქავს გარემოდან.

აქტივობა 6 ტიპური ამოცანების ერთობლივი გარჩევა

აქტივობის მიზანი: რაოდენობრივი გამოთვლების წარმოება და თეორიული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენება.

აქტივობის აღწერა (დიფერენცირებული ამოცანების გადაჭრა): მასწავლებელი და მოსწავლეები ერთად არჩევენ მოსწავლის წიგნში მოცემულ ტიპურ ამოცანებს (გვ. 12-13).

ტიპური ამოცანების ამოხსნა

ამოცანა 1

კალორიმეტრში დაწვეს 1 გ ნახშირი და გაზომეს ამ დროს გამოყოფილი სითბო. იგი აღმოჩნდა 32,75 კჯ-ის ტოლი. ამ მონაცემების საფუძველზე შეადგინეთ რეაქციის თერმოქიმიური ტოლობა სითბური ეფექტის მნიშვნელობის მითითებით.

ამოხსნა:

მოც.:
$m(C) = 1$ გ
$Q_1 = 32{,}75$ კჯ

$Q = ?$

$$C(მყ) + O_2(ა) \rightarrow CO_2(ა)$$

ექსპერიმენტის მონაცემების მიხედვით, თუ 1 გ ნახშირის წვის დროს გამოიყო 32,75 კჯ სითბო, მაშინ 12 გ ანუ 1 მოლი ნახშირის წვისას წარმოიქმნება

$12 \cdot 32{,}75$ კჯ $= 393$ კჯ სითბო.

პასუხი: თერმოქიმიური ტოლობა მიიღებს სახეს:

$$C(მყ) + O_2(ა) \rightarrow CO_2(ა) + 393 \text{ კჯ}.$$

ამოცანა 2

ნახშირის წვის თერმოქიმიური ტოლობაა: $C(მყ) + O_2(ა) \rightarrow CO_2(ა) + 393$ კჯ. რა მასის ნახშირი დაიწვა, თუ რეაქციის დროს გამოიყო 589,5 კჯ სითბო?

ამოხსნა:

მოც.:
$Q_1 = 589{,}5$ კჯ
$Q = 393$ კჯ

$m(C)$?

თუ 393 კჯ სითბო გამოიყო 1 მოლი ანუ 12 გ ნახშირის წვისას, 589,5 კჯ სითბო გამოიყოფა:

$$m(C) = \frac{589{,}5 \text{ კჯ}}{393 \text{ კჯ/მოლი}} \cdot 12 \text{ გ/მოლი} = 18 \text{ გ ნახშირის წვისას.}$$

პასუხი: 18 გ.

ამოცანა 3

ფოსფორის წვის თერმოქიმიური ტოლობაა: $4P(მყ) + 5O_2(ა) \rightarrow 2P_2O_5(მყ) + 3010$ კჯ. გამოთვალეთ 62 გ ფოსფორის წვის დროს გამოყოფილი სითბო.

ამოხსნა:

მოც.:
$m(P) = 62$ გ
$Q = 3010$ კჯ

Q_1 = ?

$$n(P) = \frac{62 \text{ გ}}{31 \text{ გ/მოლი}} = 2 \text{ მოლი}$$

$n = \frac{m}{M}$ $M(P) = 31$ გ/მოლი

რეაქციის მიხედვით 4 მოლი ფოსფორის წვისას გამოიყოფა 3010 კჯ სითბო.

2 მოლის წვისას გამოიყოფა $\frac{3010 \text{ კჯ}}{4 \text{ მოლი}} \cdot 2$ მოლი = 1505 კჯ.

პასუხი: 1505 კჯ.

ამოცანა 4

რა მოცულობის ჟანგბადი (ნ.პ.) გამოიყოფა ქიმიური რეაქციის დროს, რომლის თერმოქიმიური ტოლობაა: $2KClO_3(მყ) \rightarrow 2KCl(მყ) + 3O_2(ა) - 91$კჯ, თუ ბერთოლეს მარილის ($KClO_3$) დაშლისას დაიხარჯა 182 კჯ სითბო?

ამოხსნა:

მოც.:
$Q = -91$ კჯ
$Q_1 = -182$ კჯ

$V(O_2)$ = ?

$V_M = \frac{V}{n}$ (ლ/მოლი) $V = nV_M$ (ლ)

რეაქციის მიხედვით:

3 მოლი ჟანგბადის მიღებისას შთაინთქმება 91 კჯ სითბო
x მოლი ---------- 182 კჯ სითბო

$x = 6$ მოლი

გამოთვალეთ ჟანგბადის მოცულობა:

$V(O_2) = 6$ მოლი $\cdot$ 22,4 ლ/მოლი = 134,4 ლ.

პასუხი: 134,4 ლ.

აქტივობა 7 სავარჯიშოების ამოხსნა ტიპური ამოცანების მიხედვით (დამატებითი)

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი ყოფს ჯგუფს სამ ნაწილად და ავალებს სახელმძღვანელოში მოცემული ტიპური ამოცანების ამოხსნების მიხედვით ამოხსნან შემდეგი ამოცანები:

I ჯგუფი:

1. რეაქციის თერმოქიმიური ტოლობის გათვალისწინებით გამოთვალეთ $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 890$ კჯ 24 გ მეთანის წვისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა.

$$n(CH_4) = \frac{24 \text{ გ}}{16 \text{ გ/მოლი}} = 1{,}5 \text{ მოლი}$$

1 მოლი CH_4 — 890 კჯ სითბო
1,5 მოლი CH_4 — x კჯ სითბო | $x = 1335$ კჯ

II ჯგუფი:

2. როგორ ჩაიწერება მოცემული რეაქციის $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 + Q$ თერმოქიმიური ტოლობა, თუ რეაქციაში შევიდა გოგირდ (IV)-ის ოქსიდი მოცულობით 67,2 ლ და ამ დროს გამოიყო 294 კჯ სითბო.

$$n(SO_2) = \frac{67{,}2 \text{ ლ}}{22{,}4 \text{ ლ/მოლი}} = 3 \text{ მოლი}$$

3 მოლი SO_2 — 294 კჯ სითბო
2 მოლი SO_2 — x კჯ სითბო | $x = 196$ კჯ

$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3 + 196$ კჯ

III ჯგუფი:

3. რა მოცულობის ჟანგბადი გამოიყოფა ქიმიური რეაქციის დროს, რომლის თერმოქიმიური ტოლობაა $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2 - 91$ კჯ თუ ბერთოლეს მარილის დაშლისას დაიხარჯა 182 კჯ სითბო.

3 მოლი O_2 — 91 კჯ სითბო
x მოლი O_2 — 182 კჯ სითბო | $x = 6$ მოლი

$V(O_2) = 6 \text{ მოლი} \cdot 22{,}4 \text{ ლ/მოლი} = 134{,}4 \text{ ლ}$

აქტივობა 8 იფიქრეთ და დაასაბუთეთ (დამატებითი)

აქტივობის მიზანი: თეორიული ცოდნის პრაქტიკულ სიტუაციასთან დაკავშირება.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი სვამს შეკითხვას:

? მალაქიტი ბუნებაში გავრცელებული ნივთიერებაა, მას იყენებენ საიუველირო ნაკეთობების დასამზადებლად. მალაქიტის გახურებისას წარიმართება რეაქცია:

$$Cu_2(OH)_2CO_3 \rightarrow 2CuO + H_2O + CO_2$$

თუ გახურებას შევწყვეტთ, რეაქცია შეწყდება. თქვენი აზრით ეგზოთერმულია, თუ ენდოთერმული რეაქცია? ახსენით, რატომ?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

რეაქცია ენდოთერმულია. ენდოთერმული რეაქციის წარმართვისათვის აუცილებელია სისტემისთვის სითბოს (ენერგიის) მუდმივი მიწოდება გარედან. რადგან გახურების (სითბოს წყაროს) შეწყვეტისთანავე ქიმიური პროცესიც წყდება, რაც ადასტურებს, რომ სისტემა მუდმივად შთანთქავს სითბოს გარემოდან. რეაქცია ეგზოთერმული რომ ყოფილიყო, საწყისი ინიცირების (გახურების) შემდეგ ის თავისით გაგრძელდებოდა გამოყოფილი სითბოს ხარჯზე.

აქტივობა 9 ინტეგრირებული კვლევა (სახელმძღვანელოს დახმარებით)

აქტივობის მიზანი: მოსწავლემ გაიაზროს ენერგიის მუდმივობის კანონი ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების (ფოტოსინთეზი და უჯრედული სუნთქვა) ურთიერთდაკავშირებით.

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები ადგენენ ფოტოსინთეზისა და გლუკოზის წვის თერმოქიმიურ ტოლობებს და მსჯელობენ ენერგიის შთანთქმისა და გამოყოფის კანონზომიერებებზე.

? სახელმძღვანელოში მოცემულია წყლის დაშლის და წყლის წარმოქმნის პროცესების თერმოქიმიური ტოლობები (გვ. 10). ამ ტოლობების გათვალისწინებით ჩაწერეთ ფოტოსინთეზის და მისი შებრუნებული – გლუკოზის წვის რეაქციათა ტოლობები. იმსჯელეთ, რა დამოკიდებულებაშია ერთმანეთთან გამოყოფილი და შთანთქმული სითბური ენერგიები.

⬇ სავარაუდო პასუხი:

ფოტოსინთეზი ენდოთერმული პროცესია. შთანთქავს მზის ენერგიას.

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 - Q$$

გლუკოზის წვა/უჯრედული სუნთქვა ეგზოთერმული პროცესია. გამოიყოფა ენერგია.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + Q$$

ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად რა რაოდენობის სითბოც შთაინთქება პირდაპირი რეაქციის (ფოტოსინთეზის) მიმდინარეობისას, ზუსტად იმავე რაოდენობის სითბო გამოიყოფა შებრუნებული რეაქციის (გლუკოზის წვის) დროს. ანუ, შთანთქმული და გამოყოფილი სითბური ენერგიები მოდულით ერთმანეთის ტოლია.

აქტივობა 10 „გამოთვალეთ თქვენი საყვარელი პროდუქტის კალორიულობა!“

შენიშვნა მასწავლებლისთვის: სახელმძღვანელოში (გვ. 11-12) მოცემული რუბრიკის „ქიმიის ისტორიიდან“ გაანალიზება არ წარმოადგენს ეროვნული სასწავლო გეგმით გათვალისწინებულ სავალდებულო მოთხოვნას. მასზე ყურადღების გამახვილება რეკომენდებულია მხოლოდ დროის არსებობის შემთხვევაში, მოსწავლეთა შინაგანი მოტივაციის ამაღლებისა და საგანთაშორისი კავშირების დემონსტრირების მიზნით).

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა პრაქტიკაში გამოიყენონ ამერიკელი აგროქიმიკოსის, ვილბურ ოლინ ეტვოტერის მიერ შექმნილი სქემა და გაიაზრონ საკვები პროდუქტების ენერგეტიკული ღირებულების გამოთვლის პრინციპი.

აქტივობის აღწერა და მიმდინარეობა:

ნაბიჯი 1 – ეტიკეტის შერჩევა: მასწავლებელი მოსწავლეებს სთხოვს, გაკვეთილზე წარმოადგინონ ნებისმიერი შეფუთული საკვების (მაგალითად: ორცხობილა, შოკოლადი, წვენი) ეტიკეტი, რომელზეც ასახულია პროდუქტის კვებითი ღირებულება.

ნაბიჯი 2 – მონაცემების ამოწერა: მოსწავლეებმა ეტიკეტიდან უნდა ამოიწერონ 100 გრამ პროდუქტში არსებული ნახშირწყლების, ცილებისა და ცხიმების რაოდენობა გრამებში.

ნაბიჯი 3 – ისტორიული სქემის გამოყენება: 1896 წელს შექმნილი ეტვოტერის სქემის მიხედვით, მოსწავლეები დამოუკიდებლად ითვლიან თითოეული საკვები ნივთიერების ენერგეტიკულ წილს:

- ნახშირწყლების მასა (გრამებში) მრავლდება 4-ზე;
- ცილების მასა (გრამებში) მრავლდება 4-ზე;
- ცხიმების მასა (გრამებში) მრავლდება 9-ზე.

ნაბიჯი 4 – შედეგების შედარება: მოსწავლეები აჯამებენ მიღებულ რიცხვებს და თავიანთ გამოთვლილ კალორიულობას (კკალ) ადარებენ უშუალოდ ეტიკეტზე მითითებულ ენერგეტიკულ ღირებულებას.

ნაბიჯი 5 – შემაჯამებელი დისკუსია: მოსწავლეები მსჯელობენ ანტუან ლავუაზიესა და იუსტუს ფონ ლიბიხის მოსაზრებაზე, რომლის მიხედვითაც საკვები ორგანიზმისთვის წარმოადგენს ისეთივე საწვავს, როგორსაც შეშა ღუმელისთვის.

ეს აქტივობა მოსწავლეებს დაეხმარება, თვალსაჩინოდ დაინახონ კავშირი ქიმიის ისტორიასა და მათ ყოველდღიურ ყოფა-ცხოვრებას შორის.

მოსწავლის თვითშეფასების რუბრიკა

მონიშნეთ შესაბამისი უჯრა იმის მიხედვით ☑, თუ რამდენად კარგად აითვისეთ მოცემული სასწავლო მიზნები.

სასწავლო მიზანი (რას ისწავლით)	მჭირდება დახმარება ვერ ვიგებ, მიჭირს ახსნა	ნაწილობრივ შემიძლია მესმის, მაგრამ მიჭირს	კარგად შემიძლია დამოუკიდებლად ვასრულებ	შემიძლია სხვასაც ვასწავლო სრულყოფილად ვფლობ
გავეცანი და კარგად მესმის რეაქციის სითბური ეფექტის არსი.	☐	☐	☐	☐
შემიძლია თერმოქიმიური ტოლობის გამოყენებით რაოდენობითი გამოთვლების წარმოება.	☐	☐	☐	☐
შემიძლია შევაფასო, როგორი ენერგეტიკული ცვლილებები ხდება ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების მიმდინარეობისას.	☐	☐	☐	☐

მოსწავლის თვითშეფასების რუბრიკა

მონიშნეთ შესაბამისი უჯრა იმის მიხედვით ☑, თუ რამდენად კარგად აითვისეთ მოცემული სასწავლო მიზნები.

სასწავლო მიზანი (რას ისწავლით)	მჭირდება დახმარება ვერ ვიგებ, მიჭირს ახსნა	ნაწილობრივ შემიძლია მესმის, მაგრამ მიჭირს	კარგად შემიძლია დამოუკიდებლად ვასრულებ	შემიძლია სხვასაც ვასწავლო სრულყოფილად ვფლობ
გავეცანი და კარგად მესმის რეაქციის სითბური ეფექტის არსი.	☐	☐	☐	☐
შემიძლია თერმოქიმიური ტოლობის გამოყენებით რაოდენობითი გამოთვლების წარმოება.	☐	☐	☐	☐
შემიძლია შევაფასო, როგორი ენერგეტიკული ცვლილებები ხდება ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების მიმდინარეობისას.	☐	☐	☐	☐

საშინაო აქტივობა — პასუხებით

1. ჩამოთვლილთაგან რომელი მიეკუთვნება ეგზოთერმულ და რომელი – ენდოთერმულ პროცესებს? პასუხი დაასაბუთეთ.

1	კირის ჩაქრობა	
2	ყინულის ლღობა	
3	სპირტის აქროლება	
4	გოგირდმჟავას ხსნარის განზავება	
5	ნატრიუმის ურთიერთქმედება წყალთან	



1	კირის ჩაქრობა	ეგზოთერმული
2	ყინულის ლღობა	ენდოთერმული
3	სპირტის აქროლება	ენდოთერმული
4	გოგირდმჟავას ხსნარის განზავება	ეგზოთერმული
5	ნატრიუმის ურთიერთქმედება წყალთან	ეგზოთერმული

1. კირის ჩაქრობა კალციუმის ოქსიდის წყალთან ურთიერთქმედების ქიმიური რეაქციაა, რომლის დროსაც წყალი დუღილს იწყებს დიდი რაოდენობით გამოყოფილი სითბოს გამო.

2. ყინულის ლღობა მყარი აგრეგატული მდგომარეობიდან თხევადში გადასვლის ფიზიკური პროცესია. გასალღობად საჭიროა სითბოს მიწოდება.

3. სპირტის აქროლება (აორთქლება) ენდოთერმულია, რადგან ამ დროს სპირტი შთანთქავს სითბოს (ენერგიას) გარემოდან, რათა თხევადი მდგომარეობიდან აირადში (ორთქლად) გადაიქცეს. სწორედ ამიტომ ვგრძნობთ სიგრილეს, როდესაც კანზე სპირტს ვისვამთ (მაგალითად, სამედიცინო მანიპულაციის წინ). სპირტი ჩვენი სხეულიდან იღებს სითბოს ასაორთქლებლად, ხოლო ჩვენი კანი ამ სითბოს კარგავს და შესაბამისად გრილდება. ყინულის დნობის მსგავსად, აქაც ენერგიის გარედან მიღებაა საჭირო.

2. იზიარებთ თუ არა ანტუან ლავუაზიეს აზრს, რომ „საკვები ისეთივე საწვავია ორგანიზმისათვის, როგორც შეშა – ღუმელისათვის“. ამის გათვალისწინებით რა შეგიძლიათ თქვათ ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების შესახებ. რომელ მათგანს აქვს ყველაზე მეტი ენერგეტიკული ღირებულება? დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.



ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები ფიზიოლოგიური საწვავია ორგანიზმისათვის. ყველაზე მეტი ენერგეტიკული ღირებულება ცხიმებს აქვს.

3. შეადგინეთ მაგნიუმის წვის თერმოქიმიური ტოლობა, თუ 2,4 გ მაგნიუმის წვისას გამოიყო 60,16 კჯ სითბო.



ამოხსნა:

$2Mg(მყ) + O_2(ა) \rightarrow 2MgO(მყ)$

მოც.:
$m(Mg) = 2,4$ გ
$Q_1 = 60,16$ კჯ
$Q = ?$

თუ 0,1 მოლი Mg-ის წვისას გამოიყო 60,16 კჯ სითბო
2 მოლი „----------“ Q კჯ

$$Q = \frac{60,16 \text{ კჯ}}{0,1 \text{ მოლი}} \cdot 2 \text{ მოლი} = 1203,2 \text{ კჯ}$$

პასუხი: $2Mg(მყ) + O_2(ა) \rightarrow 2MgO(მყ) + 1203,2$ კჯ

4. მეთანი ბუნებრივი აირის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია (~97%). რა მასის მეთანი უნდა დაიწვას 1780 კჯ სითბოს მისაღებად? რეაქციის სითბური ეფექტი 890 კჯ-ის ტოლია.



ამოხსნა

მოც.:
$Q_1 = 1780$ კჯ
$Q = 890$ კჯ
$m(CH_4) = ?$

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 890$ კჯ

1 მოლი მეთანის წვისას გამოიყოფა 890 კჯ სითბო.

n მოლი ---------- 1780 კჯ

$$n(CH_4) = \frac{1780}{890} = 2 \text{ მოლი}$$

$m(CH_4) = 2$ მოლი $\cdot$ 16 გ/მოლი = **32 გ**

5. აცეტილენის ჟანგბადში წვის რეაქცია გამოყენებულია მეტალების ჭრისა და შედუღებისათვის. მისი სრული წვის რეაქციის თერმოქიმიური ტოლობაა:

$$2C_2H_2(ა) + 5O_2(ა) \rightarrow 4CO_2(ა) + 2H_2O(თხ) + 2610 \text{ კჯ}.$$

გამოთვალეთ, რა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა, თუ რეაქციაში შევიდა:

ა) 1 მოლი აცეტილენი
ბ) 0,5 მოლი ჟანგბადი
გ) 11,2 ლ (ნ.პ.) აცეტილენი
დ) 224 ლ (ნ.პ.) ჟანგბადი



ამოხსნა (ა):

მოც.:
$n(C_2H_2) = 1$ მოლი
$Q = 2610$ კჯ
$Q_1 = ?$

$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O + 2610$ კჯ

თერმოქიმიური ტოლობის მიხედვით 2 მოლი აცეტილენის წვისას გამოიყოფა 2610 კჯ სითბო.

1 მოლის შემთხვევაში $Q_1 = \frac{2610 \text{ კჯ}}{2 \text{ მოლი}} \cdot 1 \text{ მოლი} = 1305$ კჯ.

პასუხი: 1305 კჯ.

ამოხსნა (ბ)

მოც.:

$n(O_2) = 0,5$ მოლი

$Q = 2610$ კჯ

$Q_1 = ?$

თერმოქიმიური ტოლობის მიხედვით 5 მოლ ჟანგბადში წვისას გამოიყოფა 2610 კჯ სითბო.

0,5 მოლ ჟანგბადში –

$$Q_1 = \frac{2610 \text{ კჯ}}{5 \text{ მოლი}} \cdot 0,5 \text{ მოლი} = 261 \text{ კჯ}.$$

პასუხი: 261 კჯ.

ამოხსნა (გ):

მოც.:

$V(C_2H_2) = 11,2$ ლ

$Q = 2610$ კჯ

$Q_1 = ?$

$$n(C_2H_2) = \frac{11,2 \text{ ლ}}{22,4 \text{ ლ/მოლი}} = 0,5 \text{ მოლი}$$

2 მოლი აცეტილენის წვისას გამოიყოფა 2610 კჯ. სითბო. 0,5 მოლის შემთხვევაში –

$$Q_1 = \frac{2610 \text{ კჯ}}{2 \text{ მოლი}} \cdot 0,5 \text{ მოლი} = 652,5 \text{ კჯ}.$$

პასუხი: **652,5 კჯ.**

ამოხსნა (დ):

მოც.:

$V(O_2) = 224$ ლ

$Q = 2610$ კჯ

$Q_1 = ?$

$$n(O_2) = \frac{224 \text{ ლ}}{22,4 \text{ ლ/მოლი}} = 10 \text{ მოლი}$$

5 მოლ ჟანგბადში წვისას გამოიყოფა 2610 კჯ სითბო. 10 მოლ ჟანგბადში წვისას –

$$Q_1 = \frac{2610 \text{ კჯ}}{5 \text{ მოლი}} \cdot 10 \text{ მოლი} = 5220 \text{ კჯ}.$$

პასუხი: **5220 კჯ.**

6. რა შემთხვევაში გამოიყოფა მეტი სითბო – 1 მოლი მეთანის, თუ 1 მოლი აცეტილენის წვისას?



$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 890$ კჯ

$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O + 2610$ კჯ

1 მოლი მეთანის წვისას გამოიყოფა 890 კჯ სითბო,

1 მოლი აცეტილენის წვისას – $\frac{2610 \text{ კჯ}}{2 \text{ მოლი}} \cdot 1$ მოლი = 1305 კჯ სითბო.

პასუხი: აცეტილენის წვისას მეტი სითბო გამოიყოფა.

1.2. ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობისას ენერგეტიკული ცვლილებების ანალიზი

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი I: ქიმიური რეაქციის ენერგეტიკული დახასიათება

პარაგრაფი: 1.2. ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობისას ენერგეტიკული ცვლილებების ანალიზი.

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი, მდგრადი წარმოება და მოხმარება.

საკვანძო კითხვა: როგორ გამოითვლით ქიმიური რეაქციის სითბურ ეფექტს ბმის ენერგიებზე დაყრდნობით და როგორ გამოიყენებთ ამ ცოდნას ყოფა-ცხოვრებაში ენერგეტიკული პროცესების მართვისთვის?

მისაღწევი შედეგები:

- შეუძლია ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობისას მიმდინარე ენერგეტიკული ცვლილებები დაუკავშიროს ქიმიური ბმის გაწყვეტისას და წარმოქმნისას შთანთქმულ და გამოყოფილ ენერგიებს;
- მოსწავლე იყენებს ცხრილურ მონაცემებს (ბმის ენერგიებს) რეაქციის ჯამური სითბური ეფექტის თეორიულად გამოსათვლელად;
- სათანადო გამოთვლების საფუძველზე შეუძლია იმსჯელოს მოცემული რეაქციის მიმდინარეობისას სითბო გამოიყოფა თუ შთაინთქმება.



მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **კითხვების მრავალფეროვნება**

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეთა წინარე ცოდნის გააქტიურება თერმოქიმიური პროცესების (ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციები, სითბური ეფექტი, ქიმიური ბმის ენერგია) შესახებ და შეძენილი თეორიული ცოდნის საფუძველზე, სხვადასხვა ბუნებრივი თუ ქიმიური პროცესის ანალიზისა და კლასიფიცირების უნარის განვითარება.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი სვამს შეკითხვებს წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად:

- როგორ რეაქციას ვუწოდებთ ეგზოთერმულს?
- როგორ რეაქციას ვუწოდებთ ენდოთერმულს?
- რას ეწოდება რეაქციის სითბური ეფექტი?
- რომელი სიდიდეებით გამოსახავენ მას?
- როგორი რეაქციის ტოლობაა თერმოქიმიური ტოლობა?
- როგორ ადგენენ რეაქცია ენდოთერმულია, თუ ეგზოთერმული?
- რა არის ქიმიური ბმის ენერგია?

მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს ჩამოთვლილი ქიმიური პროცესებიდან განმარტონ – რომელია ეგზოთერმული/ენდოთერმული?

ა) ბუნებრივი აირის წვა
ბ) კირქვის თერმული დაშლა
გ) ფოტოსინთეზი
დ) გლუკოზის ჟანგვა
ე) ნატრიუმის ტუტის წყალში გახსნა
ვ) სუნთქვა

სავარაუდო პასუხები:

- ეგზოთერმული პროცესები (სითბო გამოიყოფა):
  ა) ბუნებრივი აირის წვა: წვის რეაქციები ყოველთვის ეგზოთერმულია, რადგან ამ დროს გარემოში დიდი რაოდენობით სითბო და სინათლე გამოიყოფა.
  დ) გლუკოზის ჟანგვა: უჯრედული სუნთქვის ანუ გლუკოზის ჟანგვის (წვის) პროცესი ეგზოთერმულია და ორგანიზმს ენერგიით ამარაგებს.
  ე) ნატრიუმის ტუტის წყალში გახსნა: ტუტეების წყალში გახსნისას სარეაქციო ჭურჭელი ძლიერ ცხელდება, რაც სითბოს გამოყოფაზე მიუთითებს.
  ვ) სუნთქვა: სუნთქვის პროცესში ორგანიზმში მიმდინარეობს ნივთიერებათა ჟანგვა, რა დროსაც წარმოქმნილი ენერგია (სითბო) ათბობს სხეულსა და უზრუნველყოფს სასიცოცხლო პროცესებს.
- ენდოთერმული პროცესები (სითბო შთაინთქმება):
  ბ) კირქვის თერმული დაშლა: დაშლის რეაქციების უმეტესობა, მათ შორის კირქვის (კალციუმის კარბონატის) გამოწვა, რეაქციის წარმართვისთვის გარედან სითბოს უწყვეტ მიწოდებას მოითხოვს.
  გ) ფოტოსინთეზი: ეს პროცესი ძლიერ ენდოთერმულია, რადგან მცენარეები ნახშირორჟანგისა და წყლისგან გლუკოზის სინთეზისთვის მზის ენერგიას შთანთქავენ.

კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 2 მაგალითების ერთობლივი გარჩევა:

აქტივობის მიზანი: ბმის ენერგიების მონაცემების საშუალებით რეაქციის სითბური ეფექტის დადგენა.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი მიმართავს კლასს, რომ დავადგინოთ ქიმიური რეაქცია ენდოთერმულია თუ ეგზოთერმული, საჭიროა რამდენიმე ეტაპის გავლა.

I ეტაპი – რეაქციის ტოლობის შედგენა, სადაც ზუსტად იქნება დაცული რეაგენტებისა და პროდუქტების მოლური თანაფარდობა.

II ეტაპი – ნივთიერებების გამოსახვა სტრუქტურული ფორმულების საშუალებით, სადაც აუცილებლად უნდა ჩანდეს რა ტიპის ბმებია მოლეკულაში (ერთმაგი, ორმაგი, სამმაგი).

III ეტაპი – ბმის ენერგიის განსაზღვრა (ცხრილის საშუალებით). ცხრილში ვპოულობთ რეაგენტში და პროდუქტებში თითოეული ბმის ენერგიას.

IV ეტაპი – გაწყვეტილი ბმების ჯამური ენერგიის გამოთვლა – ვკრიბავთ ყველა ბმის ენერგიას, რომელიც იშლება რეაგენტებში.

V ეტაპი – წარმოქმნილი ბმების ჯამური ენერგიის გამოთვლა – იკრიბება ყველა ბმის ენერგია, რომელიც წარმოიქმნება პროდუქტებში.

VI ეტაპი – სითბური ენერგიის გამოთვლა.

VII ეტაპი – თერმოქიმიური ტოლობის შედგენა.

ამ ეტაპების გათვალისწინებით მასწავლებელი და მოსწავლეები ერთად განიხილავენ სახელმძღვანელოში მოცემულ მაგალითებს (გვ 16-17):

წყალბადისა და ქლორის ნარევზე მზის სხივების მოქმედებით წარმოიქმნება ქლორწყალბადი.

I ეტაპი – რეაქციის ტოლობის შედგენა;

II ეტაპი – სტრუქტურული ფორმულების ჩაწერა;

III ეტაპი – ცხრილებში ბმის ენერგიების მოძებნა;

H—H	436 კჯ/მოლი
Cl—Cl	242 კჯ/მოლი
H—Cl	431 კჯ/მოლი

IV ეტაპი – გაწყვეტილი ბმების ჯამური ენერგიის გამოთვლა:

1 მოლი წყალბადის და 1 მოლი ქლორის ბმის ენერგიების ჯამია: 242 + 436 = 678კჯ

ე.ი. მოცემულ რეაქციაში ბმის გაწყვეტაზე დახარჯული ჯამური ენერგიაა 678 კჯ.

V ეტაპი – წარმოქმნილი ბმების ჯამური ენერგიის გამოთვლა:

1 მოლი – ის წარმოქმნისას გამოიყოფა 431კჯ ენერგია. ვინაიდან მოცემულ რეაქციაში გამოიყო 2 მოლი, ბმების წარმოქმნისს გამოყოფილი ენერგია იქნება: 2X431= 862 კჯ.

VI ეტაპი – სითბური ეფექტის გამოთვლა: –678კჯ + 862კჯ = +184კჯ

VII ეტაპი – თერმოქიმიური ტოლობის გამოსახვა:

თერმოქიმიური ტოლობა გამოისახება შემდეგნაირად: H_2(ა) + Cl_2(ა) → 2HCl (ა) + 184 კჯ.

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 3 **პრაკტიკუმი (სახელმძღვანელოს დახმარებით)**

აქტივობის მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს წინარე ნიმუშზე (ალგორითმზე) დაყრდნობით შებრუნებული რეაქციის სითბური ეფექტის გამოთვლა, შესაბამისი თერმოქიმიური ტოლობის სწორად შედგენა და მიღებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ლოგიკური დასკვნის დამოუკიდებლად გამოტანა.

აქტივობის აღწერა: სახელმძღვანელოში განხილული მაგალითის (ქლორწყალბადის მიღების თერმოქიმიური ტოლობის შედგენა) მიხედვით, ყველა ეტაპის დაცვით, გამოთვალეთ შებრუნებული რეაქციის (ქლორწყალბადის დაშლა) სითბური ეფექტი და შეადგინეთ მისი თერმოქიმიური ტოლობა. შეავსეთ სამუშაო ფურცელი.
შედეგებზე დაყრდნობით გამოიტანეთ დასკვნა.

აქტივობა 4 „ქიმიური ენერგია ჩვენს ყოველდღიურობაში“

აქტივობის მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს თეორიული ცოდნის დაკავშირება ყოველდღიურ ყოფა-ცხოვრებასთან და ნაცნობი მაგალითების ანალიზის საფუძველზე გაიაზროს, თუ როგორ და რა კანონზომიერებით გარდაიქმნება ქიმიური ენერგია ენერგიის სხვა ფორმებად (მექანიკურ, სითბურ, ელექტრულ, სინათლისა და ბგერით ენერგიებად).

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს დაასახელონ მაგალითები ყოველდღიური ყოფა-ცხოვრებიდან, როდესაც ქიმიური ენერგია გადადის სხვა სახის ენერგიაში.

სავარაუდო პასუხები:

- შიგაწვის ძრავის მუშაობა (ქიმიური ენერგია → მექანიკურ და სითბურ ენერგიად)

  ავტომობილის დაქოქვისას და მოძრაობისას, ძრავაში იწვის საწვავი (ბენზინი ან დიზელი). საწვავში არსებული ქიმიური ბმების გაწყვეტით მიღებული ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურ (კინეტიკურ) ენერგიად, რაც მანქანას ამოძრავებს. პარალელურად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბოც.

- საკვების გადამუშავება ორგანიზმში (ქიმიური ენერგია → კინეტიკურ და სითბურ ენერგიად)

  ადამიანის მიერ მიღებული საკვები მდიდარია ქიმიური ენერგიით. უჯრედული სუნთქვისა და მეტაბოლიზმის პროცესში ორგანიზმი ამ ენერგიას ითვისებს და გარდაქმნის სითბოდ (სხეულის ნორმალური ტემპერატურის შესანარჩუნებლად) და მექანიკურ ენერგიად (კუნთების, გულის მუშაობისთვის და სამოძრაოდ).

- ფოიერვერკის აფეთქება: ქიმიური ენერგია → სინათლის, ბგერით და სითბურ ენერგიად.

- გაჯეტების ელემენტები (სმატფონი, პლანშეტი..): ქიმიური ენერგია → ელექტრულ ენერგიად)

  როდესაც მოწყობილობას (მაგალითად, სმარტფონს) ვიყენებთ, მის ლითიუმ-იონურ ბატარეაში მიმდინარეობს ქიმიური რეაქცია. ამ რეაქციის შედეგად ქიმიური ენერგია გარდაიქმნება ელექტრულ ენერგიად, რომელიც შემდეგ ეკრანის სინათლედ და ხმად იქცევა.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 5 **დიფერენცირებული დავალება: „ქიმიური ბმის ენერგია და სითბური ეფექტი“**

(მოცემული აქტივობა შედგენილია საშინაო აქტივობის №3 დავალების მიხედვით)

აქტივობის მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ქიმიური ბმის ენერგიის მონაცემების გამოყენებით პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სითბური ეფექტის გამოთვლა, შესაბამისი თერმოქიმიური ტოლობების შედგენა და მიღებული შედეგების გაანალიზება საკუთარი აკადემიური მზაობის შესაბამისად.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი კლასს სთავაზობს სამი სხვადასხვა სირთულის (დონის) დავალებას. მოსწავლეები დამოუკიდებლად ირჩევენ მათთვის სასურველ დონეს, ან მასწავლებელი თავად ანაწილებს მათ წინარე ცოდნისა და უნარების გათვალისწინებით.

I დონე (საბაზისო — ნაბიჯ-ნაბიჯ მიყოლა, მოითხოვს დახმარებას):
დავალება: დადგენილი ალგორითმის მიხედვით გამოთვალეთ მარტივი ნივთიერებებისგან ფტორწყალბადის (HF) წარმოქმნის სითბური ეფექტი.

ინსტრუქცია:

- დაწერეთ H_2 და F_2-ის ურთიერთქმედების გათანაბრებული ქიმიური ტოლობა.
- სახელმძღვანელოს ცხრილიდან ამოიწერეთ H–H, F–F და H–F ბმების ენერგიების მაჩვენებლები.
- გამოთვალეთ რეაქციისას გაწყვეტილი და წარმოქმნილი ბმების ჯამური ენერგიები.
- იპოვეთ მათ შორის სხვაობა და დაწერეთ ფთორწყალბადის წარმოქმნის თერმოქიმიური ტოლობა.

II დონე (საშუალო – სტანდარტული, მოითხოვს დამოუკიდებელ ანალიზს):
დავალება: გამოთვალეთ და ერთმანეთს შეადარეთ პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სითბური ეფექტები.
ინსტრუქცია:

- ცხრილის მონაცემებზე დაყრდნობით, დამოუკიდებლად გამოთვალეთ ჯერ მარტივი ნივთიერებებისგან HF-ის წარმოქმნის, ხოლო შემდეგ შებრუნებული პროცესის – რთული ნივთიერებიდან (HF) მარტივი ნივთიერებების (H_2 და F_2) წარმოქმნის სითბური ეფექტი.
- დაწერეთ ორივე პროცესის თერმოქიმიური ტოლობა.
- შეადარეთ მიღებული შედეგები ერთმანეთს და ჩამოაყალიბეთ დასკვნა: რა კანონზომიერება არსებობს პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სითბურ ეფექტებს შორის?

III დონე (მაღალი – კომპლექსური, მოითხოვს სიღრმისეულ მსჯელობასა და შედარებას):
დავალება: გამოთვალეთ პირდაპირი/შებრუნებული რეაქციების სითბური ეფექტები და დააკავშირეთ ნივთიერების თერმულ მდგრადობასთან.
ინსტრუქცია:

- შეასრულეთ მე-2 დონის დავალება (გამოთვალეთ HF-ის წარმოქმნა/დაშლის ენერგიები და შეადარეთ ერთმანეთს).
- დამატებით, იგივე პრინციპით გამოთვალეთ სხვა ჰალოგენწყალბადის – მაგალითად, ქლორწყალბადის (HCl) — წარმოქმნისა და დაშლის სითბური ეფექტები.
- მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით, იმსჯელეთ: რომელი მოლეკულა უფრო მდგრადია თერმულად — HF თუ HCl და რა კავშირშია ეს მოვლენა ქიმიური ბმის ენერგიასთან?

აქტივობის დასასრული: მუშაობის დასრულების შემდეგ, სხვადასხვა დონეზე მომუშავე მოსწავლეები ავსებენ სამუშაო ფურცელს, ერთმანეთს უზიარებენ მიღებულ შედეგებს და მასწავლებლის ფასილიტაციით გამოაქვთ სათანადო საერთო დასკვნები.



სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

კვლევის მიზანი:_____

I ეტაპი — რეაქციის ტოლობის შედგენა

_____

II ეტაპი — სტრუქტურული ფორმულების ჩაწერა:

_____

III ეტაპი — ცხრილებში ბმის ენერგიების მოძებნა

_____

IV ეტაპი — გაწყვეტილი ბმების ჯამური ენერგიის გამოთვლა:

_____

V ეტაპი — წარმოქმნილი ბმების ჯამური ენერგიის გამოთვლა:

_____

VI ეტაპი — სითბური ეფექტის გამოთვლა:

_____

VII ეტაპი — თერმოქიმიური ტოლობის გამოსახვა.

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____



გასასვლელი ბარათი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

გთხოვთ, გაკვეთილის დასრულებამდე უპასუხოთ ქვემოთ მოცემულ კითხვებს.
ეს დაეხმარება მასწავლებელს გაიგოს, რამდენად კარგად აითვისეთ დღევანდელი მასალა.

1. თქვენი სიტყვებით ახსენით, რა მთავარი განსხვავებაა ეგზოთერმულ და ენდოთერმულ რეაქციებს შორის?

_____

_____

2. დაასახელეთ ეგზოთერმული ან ენდოთერმული პროცესის ერთი პრაქტიკული მაგალითი ყოფაცხოვრებიდან ან ბუნებიდან:

_____

_____

3. თუ ქიმიური ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგია აღემატება ახალი ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილ ენერგიას, როგორია რეაქცია? (აღნიშნეთ ✓)

☐ ეგზოთერმული ☐ ენდოთერმული

4. რა იყო თქვენთვის დღეს ყველაზე გაუგებარი ან რის გამეორებას ისურვებდით შემდეგ გაკვეთილზე?

_____

_____

1. წყალბადის ზეჟანგის 3%-იანი წყალხსნარი მედიცინაში გამოიყენება ანტისეპტიკურ საშუალებად. იგი ნელა იშლება წყლისა და ჟანგბადის წარმოქმნით. მისი დაშლის პროცესის ამსახველი ტოლობაა:

$$2H_2O_2(\text{ხს}) \rightarrow 2H_2O(\text{თხ}) + O_2(\text{ა})$$

$$2H–O–O–H \rightarrow 2H–O–H + O=O$$

გამოთვალეთ რეაქციის სითბური ეფექტი და დაწერეთ მისი თერმოქიმიური ტოლობა. გამოიყენეთ ბმის ენერგიის მონაცემები (ცხრ. 1, გვ. 15).



$2H–O–O–H \rightarrow 2H–O–H + O=O$

საწყის ნივთიერებაში არის ოთხი O–H და ორი O–O ბმაა. ბმის ენერგიათა მონაცემების გამოყენებით ბმების გაწყვეტაზე იხარჯება:

$$463 \cdot 4 + 146 \cdot 2 = 2144 \text{ კჯ}$$

მიღებულ ნივთიერებებში ოთხი O–H და ერთი O=O ბმა. ბმის ენერგიათა ჯამი იქნება:

$$463 \cdot 4 + 495 = 2347 \text{ კჯ}$$

პროდუქტების წარმოქმნისას გამოიყო 2347 კჯ ენერგია.

რეაქციის სითბური ეფექტი იქნება ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილ ენერგიას გამოკლებული ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგია:

$$2347 - 2144 = 203 \text{ კჯ}$$

თერმოქიმიურ ტოლობას ექნება შემდეგი სახე:

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2 + 203 \text{ კჯ}.$$

2. მეთანის წვა ეგზოთერმული პროცესია.

$CH_4(\text{ა}) + 2O_2(\text{ა}) \rightarrow CO_2(\text{ა}) + 2H_2O(\text{ა}) + Q$

ა) ბმების გაწყვეტისა და წარმოქმნის ენერგიების გათვალისწინებით ახსენით, რატომაა ეს რეაქცია ეგზოთერმული?

ბ) გამოთვალეთ 1 გ მეთანის წვისას გამოყოფილი ენერგია.



▶ ა) $CH_4(\text{ა}) + 2O_2(\text{ა}) \rightarrow CO_2(\text{ა}) + 2H_2O(\text{ა})$

საწყის ნივთიერებებში არის ოთხი C–H და ორი O=O ბმა. ბმის ენერგიების მონაცემების გამოყენებით (მოსწ. წიგნი გვ. 15, ცხრ. 1) რეაგენტებში ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგია ტოლია $4 \cdot 413 + 2 \cdot 495 = 2642$ კჯ.

მიღებულ პროდუქტებში არის ორი C=O და ოთხი O–H ბმა. ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგია იქნება: $2 \cdot 799 + 4 \cdot 463 = 3450$ კჯ.

რეაქცია ეგზოთერმულია, რადგან გამოყოფილი სითბო ჭარბობს შთანთქმულ ენერგიას:

$$3450 - 2642 = +808 \text{ კჯ}.$$

თერმოქიმიური ტოლობაა:

$CH_4(ა) + 2O_2(ა) \rightarrow CO_2(ა) + 2H_2O(ა) + \mathbf{808}$ **კჯ.**

ბ) თერმოქიმიური ტოლობის მიხედვით რეაქციის სითბური ეფექტი 808 კჯ-ია, როდესაც წყალი აირად მდგომარეობაშია.

1 მოლი (16 გ) მეთანის წვისას გამოიყოფა 808 კჯ სითბო

1 გ მეთანის წვისას გამოიყოფა 808/16 = **50,5 კჯ.**

3. გამოიყენეთ ბმის ენერგიის მონაცემები (გვ. 15, ცხრ. 1) და გამოთვალეთ მარტივი ნივთიერებებიდან HF-ის წარმოქმნის სითბური ეფექტი. დაწერეთ თერმოქიმიური ტოლობა.



$H_2(ა) + F_2(ა) \rightarrow 2HF(ა)$

	H_2	F_2	HF
რაოდენობა	1 მოლი	1 მოლი	2 მოლი
ბმის ენერგია	436 კჯ/მოლი	159 კჯ/მოლი	565 კჯ/მოლი
ენერგიის განსაზღვრა	ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგიაა 595 კჯ		ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგიაა 1130 კჯ

სითბური ეფექტია: 1130 – 595 = 535 კჯ

თერმოქიმიური ტოლობაა: $H_2 + F_2 \rightarrow 2HF + 535$ კჯ

შემოქმედებითი დავალება

თემა I – ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი I – ქიმიური რეაქციების ენერგეტიკული დახასიათება

საკითხი – რეაქციის სითბური ეფექტი

მიზანი – ბუნებრივი აირის (მეთანი – CH_4), გათხევადებული აირის (პროპან-ბუტანის ნარევი ან პირობითად C_3H_8 / C_4H_{10}), ბენზინისა (C_8H_{18}) და წყალბადის (H_2) წვის რეაქციებში ქიმიური ბმის ენერგიების გათვალისწინებით სითბური ეფექტის გამოთვლა და შედარება.

საკვანძო შეკითხვა:

- როგორ გამოითვლით ქიმიური რეაქციის სითბურ ეფექტს და როგორ გამოიყენებთ მიღებულ ცოდნას ყოფა-ცხოვრებაში მიმდინარე წვის პროცესების სამართავად?

პირობა: ნავთობპროდუქტები კაცობრიობისთვის ენერგიის ერთ-ერთი უმთავრესი წყაროა. მათ გარეშე წარმოუდგენელია დღევანდელი ყოფა-ცხოვრება და სამრეწველო საქმიანობა. ტრანსპორტის უდიდესი ნაწილი საწვავად ნახშირწყალბადების – ბუნებრივი აირის, ბენზინის (პირობითად C_8H_{18}) წვის ენერგიას იყენებს. ენერგიის ალტერნატიულ წყაროდ სამომავლოდ სახელდება წყალბადი, თუმცა მის გამოყენებას გარკვეული რისკები ახლავს თან. თქვენ რომელ საწვავს მიანიჭებდით უპირატესობას და რატომ? ამისათვის გამოითვალეთ და შეადარეთ ზემოთ მოცემული ნივთიერებების წვის სითბური ეფექტი, განაზოგადეთ დასკვნები და ნამუშევარი წარმოადგინეთ პოსტერის სახით

ნაშრომში/ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- როგორ გამოითვლით ქიმიური რეაქციის სითბურ ეფექტს წვის რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებების ბმის ენერგიის გათვალისწინებით;
- რომელ საწვავს მიანიჭებდით უპირატესობას და რატომ;
- როგორ გამოიყენებთ რეაქციის სითბური ეფექტის ცოდნას ყოფა-ცხოვრებაში მიმდინარე წვის პროცესების სამართავად.

მოსწავლის სამოქმედო გეგმა

დავალების მიზანი: საინფორმაციო პოსტერი შექმნა, სადაც წარმოდგენილი იქნება სხვადასხვა საწვავის (CH_4, C_8H_{18}, და H_2 ა.შ.) წვის სითბური ეფექტების გამოთვლა, მათი შედარება და არგუმენტირებული დასკვნა საუკეთესო საწვავის შერჩევის შესახებ.

რესურსები:

რესურსი 1. ცხრილი 1 (სახელმძღვანელო იხ. გვ. 15)

რესურსი 2. ტელე-სკოლა: ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციები. https://www.youtube.com/watch?v=TV_Qn_RUyvs

რესურსი 3. სილქნეტის საშინაო სკოლა ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციები. რეაქციის სითბური ეფექტი. https://www.youtube.com/watch?v=BkzVwdBqloo

ტელე-სკოლა: ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციები

რეაქციის სითბური ეფექტი

ნაბიჯი 1: მონაცემების შეგროვება და ტოლობების შედგენა

1. ჩაწერეთ და გაათანაბრეთ თითოეული ნივთიერების წვის ქიმიური რეაქციის ტოლობა:
   - მეთანი: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
   - ოქტანი (ბენზინი): $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$
   - წყალბადი: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
2. მოიძიეთ ცხრილში შესაბამისი ქიმიური ბმების ენერგიის მნიშვნელობები (C–H, C–C, O=O, C=O, O–H, H–H).

ნაბიჯი 2: სითბური ეფექტის გამოთვლა

1. თითოეული რეაქციისთვის დაითვალეთ:

- **საწყის ნივთიერებებში ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგია (E_1):** შეკრიბეთ რეაგენტების მოლეკულებში ყველა არსებული ბმის ენერგია.
- **პროდუქტებში ახალი ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგია (E_2):** შეკრიბეთ პროდუქტების მოლეკულების ყველა ბმის ენერგია.

2. გამოთვალეთ რეაქციის სითბური ეფექტი ($Q = E_2 - E_1$).
3. გადაიყვანეთ მიღებული ენერგია **1 გრამ საწვავზე** (კუთრი თბოტევადობა/ენერგეტიკული სიმკვრივე), რათა შედარება იყოს ობიექტური (რადგან 1 მოლი ბენზინი ბევრად მეტს იწონის, ვიდრე 1 მოლი წყალბადი).

ნაბიჯი 3: შედარებითი ანალიზი და მსჯელობა

უპასუხეთ პოსტერზე შემდეგ კითხვებს:

- **ენერგეტიკული ეფექტიანობა:** რომელ საწვავს აქვს ყველაზე მაღალი სითბური ეფექტი 1 გრამზე გაანგარიშებით?
- **ეკოლოგიური გავლენა:** რა პროდუქტები გამოიყოფა თითოეული საწვავის წვისას გარემოში?
- **პირადი არჩევანი:** რომელ საწვავს მიანიჭებდით უპირატესობას და რატომ?

ნაბიჯი 4: პოსტერის დიზაინი და გაფორმება

რესურსი: როგორ შექმნით პოსტერს?

http://mastsavlebeli.ge/?p=7931 https://www.youtube.com/watch?v=R-CHOwORQYU

სტრუქტურა:

- სათაური: მკაფიო და მიმზიდველი (მაგ., „მომავლის საწვავი: ენერგია, ეკოლოგია და არჩევანი“).
- გამოთვლების ბლოკი: გარკვევით წარმოდგენილი რეაქციები და ბმის ენერგიების გაანგარიშება.
- შედარებითი დიაგრამა/ცხრილი: საწვავების ენერგეტიკული ეფექტიანობისა და ეკოლოგიურობის თვალსაჩინო შედარება.
- დასკვნითი ნაწილი: თქვენი არგუმენტირებული პოზიცია და რეკომენდაციები ყოფა-ცხოვრებაში წვის პროცესების ეფექტიანად მართვისთვის.

როგორ შექმნით პოსტერს?

ა ზოგადი ინფორმაცია

თემა – ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა.

საკითხი – რეაქციის სითბური ეფექტი.

მიზანი: ბუნებრივი აირის (მეთანი – CH_4), გათხევადებული აირის (პროპან-ბუტანის ნარევი ან პირობითად C_3H_8 / C_4H_{10}), ბენზინისა (C_8H_{18}) და წყალბადის (H_2) წვის რეაქციებში ქიმიური ბმის ენერგიების გათვალისწინებით სითბური ეფექტის გამოთვლა და შედარება.

სამიზნე ცნებები და მკვიდრი წარმოდგენები:

1. სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება

- **მკვიდრი წარმოდგენა 1:** ნივთიერების (საწვავის: CH_4, C_8H_{18}, H_2) ქიმიური შედგენილობა და მოლეკულის აღნაგობა განსაზღვრავს მასში არსებული ქიმიური ბმების ტიპსა და რაოდენობას.
- **მკვიდრი წარმოდგენა 2:** ქიმიური ბმის ენერგია და მოლეკულის აღნაგობა პირდაპირ განაპირობებს ნივთიერების ქიმიურ თვისებებს, მათ შორის მის ენერგეტიკულ ტევადობასა და წვისუნარიანობას.

2. სამიზნე ცნება: ქიმიური პროცესი

- **მკვიდრი წარმოდგენა 1:** წვის რეაქციის (ქიმიური პროცესის) დროს საწყისი ნივთიერებების ქიმიური ბმები წყდება (ენერგიის შთანთქმა) და ახალი ბმები წარმოქმნება (ენერგიის გამოყოფა).
- **მკვიდრი წარმოდგენა 2:** რეაქციის სითბური ეფექტი წარმოადგენს ბმების გაწყვეტასა და წარმოქმნაზე დახარჯულ/გამოყოფილ ენერგიათა სხვაობას, რაც საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად გამოითვალოს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა.

3. სამიზნე ცნება: მდგრადი წარმოება, მოხმარება

- **მკვიდრი წარმოდგენა 1:** სხვადასხვა ტიპის საწვავის მოხმარებას ახლავს განსხვავებული ეკოლოგიური შედეგები (CO_2-ის ემისიები სათბურის ეფექტის გამწვავებით, **ტრადიციული საწვავის შემთხვევაში, წყალბადისგან განსხვავებით**, რომლის წვისას მხოლოდ წყლის ორთქლი წარმოიქმნება).
- **მკვიდრი წარმოდგენა 2:** ენერგიის ალტერნატიული წყაროების (მაგ., წყალბადის) გამოყენება უზრუნველყოფს გარემოსდაცვით მდგრადობას, თუმცა მოითხოვს უსაფრთხოებისა და ტრანსპორტირების რისკების ეფექტიან მართვას.

4. საბოლოო პროდუქტი: პოსტერი.

ბ შემოქმედებითი დავალების განხორციელების ეტაპები (ეტაპობრივი მხარდაჭერა)

I ეტაპი: კომპლექსური დავალების პირობისა და პროდუქტის (პოსტერის) გაცნობა

- მოსწავლეები ეცნობიან დავალების პირობასა და საკვანძო შეკითხვას.
- განიხილება, თუ რა კრიტერიუმებს უნდა აკმაყოფილებდეს საინფორმაციო/სამეცნიერო პოსტერი (ვიზუალური მხარე, დიაგრამები, გამოთვლების მკაფიო წარმოდგენა, დასკვნები).

II ეტაპი: ცოდნის კონსტრუირება და დავალებაზე მუშაობა

ნაბიჯი 1: წვის რეაქციების ქიმიური ტოლობების შედგენა და გათანაბრება (CH_4, C_8H_{18}, და H_2 ა.შ.).

ნაბიჯი 2: საწყის ნივთიერებებში ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგიისა და პროდუქტებში ბმების წარმოქნისას გამოყოფილი ენერგიის გაანგარიშება.

ნაბიჯი 3: სხვადასხვა საწვავის კუთრი სითბოს (1 გრამზე ან 1 მოლზე გამოყოფილი ენერგიის) შედარებითი ანალიზი.

ნაბიჯი 4: ეკოლოგიური, ეკონომიკური და უსაფრთხოების რისკების შეფასება (მაგ., CO_2-ის ემისიები ბენზინის/მეთანის შემთხვევაში, ხოლო წყალბადის წვისას მხოლოდ H_2-ს წარმოქმნა).

პასუხები:

ნაბიჯი 1.

1. მეთანი: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

2. ოქტანი (ბენზინი): $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$

3. წყალბადი: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

ნაბიჯი 2.

1. $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგია:

$4(C–H) = 4 \cdot 413 = 1652$ კჯ

$2(O=O) = 2 \cdot 495 = 990$ კჯ

ჯამი: $1652 + 990 = 2642$ კჯ

ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგია:

$2(C=O) = 2 \cdot 799 = 1598$ კჯ

$4(O–H) = 4 \cdot 463 = 1852$ კჯ

ჯამი: $1598 + 1852 = 3450$ კჯ

სითბური ეფექტი: $Q = 3450 – 2642 =$ **808 კჯ**

გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ერთ გრამ მეთანზე შეადგენს 51 კჯ-ს.

2. $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$

ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგია:

$14(C–C) = 14 \cdot 346 = 4844$ კჯ

$36(C–H) = 36 \cdot 413 = 14868$ კჯ

$25(O=O) = 25 \cdot 495 = 12375$ კჯ

ჯამი: $4844 + 14868 + 12375 = 32087$ კჯ

ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგია:

32(C=O) = 32 • 799 = 25 568 კჯ

36(O-H) = 36 • 463 = 16 668 კჯ

ჯამი: 25 568 + 16 668 = 42 236 კჯ

სითბური ეფექტი: Q = 42 236 – 32 087 = **10 149 კჯ**

1 მოლი ბენზინისთვის სითბური ეფექტი იქნება 10 149 : 2 = 5 074,5 კჯ/მოლი გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ერთ გრამ ბენზინზე შეადგენს 45 კჯ-ს.

3. $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგია (E):

2(H–H) = 2 • 436 = 872 კჯ

1(O=O) = 1 • 495 = 495 კჯ

ჯამი: 872 + 495 = 1367 კჯ

ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგია:

4(O–H) = 4 • 463 = 1852 კჯ

ჯამი: 1852 კჯ

სითბური ეფექტი: Q = 1852 – 1367 = **485 კჯ**

გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ერთ გრამ წყალბადზე შეადგენს 121,5 კჯ-ს.

ნაბიჯი 3. (კითხვები და სავარუდო პასუხები)

უპასუხეთ პოსტერზე შემდეგ კითხვებს:

- **ენერგეტიკული ეფექტიანობა:** რომელ საწვავს აქვს ყველაზე მაღალი სითბური ეფექტი 1 გრამზე გაანგარიშებით?

  გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ერთ გრამ მეთანზე შეადგენს 51კჯ-ს, ერთ გრამ ბენზინზე – 45 კჯ-ს, ხოლო ერთ გრამ წყალბადზე – 121,5კჯ-ს.

- **ეკოლოგიური გავლენა:** რა პროდუქტები გამოიყოფა თითოეული საწვავის წვისას გარემოში?

  მეთანის წვის შედეგად გარემოში გამოიყოფა ნახშირორჟანგი და წყლის ორთქლი. მიუხედავად იმისა, რომ ბენზინთან შედარებით ის უფრო „სუფთა“ საწვავად ითვლება (ნაკლებ მავნე მინარევს შეიცავს), გამოყოფილი ნახშირორჟანგი მაინც პირდაპირ უწყობს ხელს სათბურის ეფექტის გაძლიერებასა და გლობალურ დათბობას. გარდა ამისა, თავად მეთანის გაჟონვა ატმოსფეროში (მოპოვების ან ტრანსპორტირების დროს) ბევრად უფრო საშიშია ეკოლოგიისთვის, რადგან დაუწვავი მეთანი ნახშირორჟანგზე გაცილებით ძლიერი სათბურის აირია.

  ბენზინის წვისას გარემოში ასევე გამოიყოფა დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგი და წყლის ორთქლი, რაც აძლიერებს სათბურის ეფექტს. თუმცა, მეთანისგან განსხვავებით, ბენზინის წვის პროცესი ხშირად არასრულია და ატმოსფეროში დამატებით ხვდება ტოქსიკური ნივთიერებები, როგორიცაა: მხუთავი აირი (ნახშირბადის მონოქსიდი), აზოტის ოქსიდები, დაუწვავი ნახშირწყალბადები და ჭვარტლი. აზოტის ოქსიდები იწვევს მჟავა წვიმებსა და ფოტოქიმიურ სმოგს, რაც სერიოზულ

ზიანს აყენებს როგორც ადამიანის სასუნთქ სისტემას, ისე მცენარეულ საფარსა და ნიადაგს.

წყალბადის მთავარი ეკოლოგიური უპირატესობა ის არის, რომ მისი წვისას გარემოში მხოლოდ და მხოლოდ წყლის ორთქლი გამოიყოფა. ტრადიციული საწვავებისგან (მეთანი, ბენზინი) განსხვავებით, მისი გამოყენება არ წარმოქმნის ნახშირორჟანგს, მხუთავ აირს, აზოტის ოქსიდებსა და სხვა ტოქსიკურ ნივთიერებებს. შესაბამისად, იგი არ უწყობს ხელს სათბურის ეფექტის გამწვავებას, გლობალურ დათბობასა და ჰაერის დაბინძურებას, რაც უზრუნველყოფს გარემოსდაცვით მდგრადობას. მიუხედავად იმისა, რომ წყალბადის წვა აბსოლუტურად ეკოლოგიური პროცესია, მისი საერთო გავლენა გარემოზე დამოკიდებულია მისი წარმოების გზებზე.

- **პირადი არჩევანი:** რომელ საწვავს მიანიჭებდით უპირატესობას და რატომ?

  ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე, გრძელვადიან პერსპექტივაში უპირატესობას წყალბადს მივანიჭებდი. მართალია, დღეს მისი უსაფრთხო შენახვა ფეთქებადობის გამო რთულია, მაგრამ მისი ენერგეტიკული ეფექტიანობა მნიშვნელოვნად აღემატება სხვა საწვავებისას, გარემოსდაცვითი მდგრადობის უზრუნველყოფა კი (წვისას მხოლოდ H_2O-ს წარმოქმნა) სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ჩვენი პლანეტისთვის.

  ქიმიური რეაქციების სითბური ეფექტის ცოდნას ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოვიყენებ საწვავის მოხმარების ეფექტიანად სამართავად – მაგალითად, გავაცნობიერებ, რომ საწვავის შერჩევისას ყურადღება უნდა მივაქციოთ არა მხოლოდ მის რაოდენობას, არამედ ქიმიურ შედგენილობას, ენერგეტიკულ ეფექტიანობას და მის გავლენას ჩვენს გარემოზე.

შეფასების რუბრიკა (SOLO ტაქსონომიის მიხედვით)

სოლო ტაქსონომიის დონეები	სოლო ტაქსონომიის დონის აღწერა
დონე 1 პრესტრუქტურული მოსწავლეს საერთოდ ვერ გაუაზრებია საკითხი, იყენებს შეუსაბამო, არარელევანტურ ინფორმაციას ან/და საერთოდ აცდენილია საკითხს.	მოსწავლეს ვერ გაუაზრებია დავალების შინაარსი; ვერ ადგენს წვის რეაქციის ტოლობებს და ვერ ითვლის სითბურ ეფექტს.
დონე 2 უნისტრუქტურული მოსწავლეს შეუძლია მხოლოდ ერთი ასპექტის განხილვა და მარტივი, აშკარა/ცხადი კავშირების დამყარება. მოსწავლეს შეუძლია ტერმინოლოგიის გამოყენება, ზეპირად გადმოცემა (გახსენება), მარტივი ინსტრუქციების/ ალგორითმების შესრულება; პარაფრაზირება, ამოცნობა, დასახელება ან დათვლა.	მოსწავლე ითვლის მხოლოდ ერთი რომელიმე საწვავის (მაგ., CH_4) წვის სითბურ ეფექტს, თუმცა ვერ ადარებს მას სხვა საწვავებს და ვერ გამოაქვს დასკვნები.
დონე 3 მულტისტრუქტურული მოსწავლეს შეუძლია რამდენიმე ასპექტის განხილვა განცალკევებულად, ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. მას შეუძლია ჩამოთვლა, აღწერა, კლასიფიცირება, კომბინირება; მეთოდების, სტრუქტურის გამოყენება; პროცედურების შესრულება, სხვ.	მოსწავლე სწორად ითვლის ყველა მოცემული საწვავის წვის სითბურ ეფექტს ბმის ენერგიების მიხედვით, თუმცა უჭირს არგუმენტირებული არჩევანის გაკეთება და ეკოლოგიურ/უსაფრთხოების ასპექტებთან დაკავშირება.
დონე 4 მიმართებითი მოსწავლეს შეუძლია გაიაზროს კავშირი რამდენიმე ასპექტს შორის, აგრეთვე ისიც, თუ როგორ ერგება/შეეხამება ეს ასპექტები ერთმანეთს და ქმნის მთელს, მთლიანობას. მისი ნააზრევი დასტრუქტურებულია და ამგვარად, მოსწავლეს აქვს იმის უნარი, რომ შეადაროს, დააკავშიროს, გააანალიზოს, გამოიყენოს თეორია, ახსნას საკითხი მიზეზებისა და შედეგების კუთხით.	მოსწავლე ითვლის და ადარებს ყველა საწვავის სითბურ ეფექტს; მსჯელობს, თუ რომელ საწვავს ანიჭებს უპირატესობას ენერგეტიკული, ეკოლოგიური და უსაფრთხოების კრიტერიუმების გათვალისწინებით; ხსნის სითბური ეფექტის ცოდნის მნიშვნელობას ყოფა-ცხოვრებაში.
დონე 5 გაფართოებული აბსტრაქტული მოსწავლეს შეუძლია სტრუქტურის განზოგადება მოცემულის/შეთავაზებულის მიღმა, სტრუქტურის აღქმა მრავალი სხვადასხვა კუთხიდან/ თვალთახედვით და იდეების გადატანა ახალ სფეროში. მას შეუძლია განზოგადება, ჰიპოთეზის წამოყენება, კრიტიკა ან თეორიის ჩამოყალიბება.	მოსწავლე სიღრმისეულად აანალიზებს წყალბადის, როგორც მომავლის ენერგომატარებლის, პოტენციალს და რისკებს (შენახვა, ტრანსპორტირება, ფეთქებადობა); გვთავაზობს წვის პროცესების მართვისა და ენერგოეფექტურობის გაზრდის ინოვაციურ გზებს.

პოსტერის პრეზენტაციის შეფასების რუბრიკა

თემა: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა (შემოქმედებითი დავალება)

შეფასების კრიტერიუმი	სრულყოფილი (4 ქულა)	დამაკმაყოფილებელი (3 ქულა)	ნაწილობრივი (2 ქულა)	განვითარებადი (1 ქულა)	შეუსრულებელი (0 ქულა)
ქიმიური გამოთვლები (ბმის ენერგიების მიხედვით)	ზუსტად და უშეცდომოდ არის გამოთვლილი ყველა მოთხოვნილი ნივთიერების წვის სითბური ეფექტი ბმის ენერგიების გათვალისწინებით.	გამოთვლები ძირითადად სწორია, თუმცა დაშვებულია უმნიშვნელო მექანიკური შეცდომა 1-2 საწვავის სითბური ეფექტის დათვლისას.	გამოთვლებში დაშვებულია არსებითი შეცდომები ან წარმოდგენილია მხოლოდ ზოგიერთი საწვავის სითბური ეფექტის გამოთვლა.	გამოთვლები სრულიად არასწორია, ან წარმოდგენილია მხოლოდ მცირე, ფრაგმენტული მცდელობა. უჭირს ბმის ენერგიების კონცეფციის გამოყენება.	დავალების ეს ნაწილი საერთოდ არ არის შესრულებული. სითბური ეფექტის გამოთვლის არანაირი მცდელობა არ არის წარმოდგენილი.
საწვავის შედარება და არგუმენტირებული არჩევანი	ლოგიკურად ადარებს საწვავებს ერთმანეთს, აკეთებს მკაფიო არჩევანს და გამოთვლებზე/რისკებზე დაყრდნობით მყარად ასაბუთებს უპირატესობას.	აკეთებს არჩევანს და ასაბუთებს მას, თუმცა არგუმენტაცია ნაკლებად ეყრდნობა მიღებულ გამოთვლებს ან რისკების ანალიზს.	საწვავების შედარება ზედაპირულია, არჩევანი გაკეთებულია, მაგრამ დასაბუთება სუსტია ან არალოგიკური.	არ არის გაკეთებული მკაფიო არჩევანი კონკრეტულ საწვავზე, ან არჩევანი გაკეთებულია, მაგრამ დასაბუთება სრულიად არარეალისტურია.	საწვავების შედარება, განხილვა ან რაიმე სახის არჩევანი საერთოდ არ არის ნახსენები.
ცოდნის პრაქტიკული გამოყენება (ყოფა-ცხოვრებაში ტრანსფერი)	ნათლად და კონკრეტული მაგალითებით ხსნის, თუ როგორ გამოიყენებს სითბური ეფექტის ცოდნას ყოფა-ცხოვრებაში მიმდინარე წვის პროცესების ეფექტიანად სამართავად.	საუბრობს ყოფა-ცხოვრებაში წვის პროცესების მართვაზე, თუმცა მოყვანილი მაგალითები ან კავშირი სითბურ ეფექტთან ზოგადი ხასიათისაა.	ცდილობს დააკავშიროს ცოდნა პრაქტიკასთან, მაგრამ უჭირს რელევანტური მაგალითების მოყვანა წვის მართვასთან დაკავშირებით.	პრაქტიკულ გამოყენებაზე საუბარი ძალზე მწირია და გაუგებარი. მოყვანილი მაგალითები აცდენილია სითბური ეფექტის თემას.	ყოფა-ცხოვრებაში მიმდინარე წვის პროცესების მართვაზე და ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენებაზე საერთოდ არ არის საუბარი.
პოსტერის დიზაინი და პრეზენტაციის უნარები	პოსტერი ვიზუალურად მიმზიდველია, ტექსტი/დიზაინი დაბალანსებულია. საუბრობს დამაჯერებლად, იცავს დროს და ამყარებს თვალის კონტაქტს.	პოსტერი ინფორმაციულია, თუმცა ოდნავ გადატვირთულია. მოსწავლე ფლობს მასალას, მაგრამ პრეზენტაციისას ზოგჯერ კითხულობს.	პოსტერის სტრუქტურა დარღვეულია. საუბრობს გაუბედავად, უჭირს აუდიტორიასთან ეფექტიანი კომუნიკაცია.	პოსტერი არ პასუხობს მინიმალურ სტანდარტებს. პრეზენტაციის უნარები სუსტია, უჭირს აზრის გადმოცემა, ტექსტს კითხულობს.	პოსტერი საერთოდ არ არის შექმნილი/წარმოდგენილი და/ან მოსწავლე უარს ამბობს დავალების პრეზენტაციაზე.

რეკომენდაცია მასწავლებლისთვის:
რუბრიკის გამოყენებისას შეგიძლიათ თითოეული კრიტერიუმის ქულა შეკრიბოთ (მაქსიმუმ 16 ქულა) და შემდეგ გადაიყვანოთ 10-ქულიან ან განმავითარებელი შეფასების შესაბამის სისტემაში თქვენი სკოლის შიდა სტანდარტის მიხედვით.

1. ჩამოთვლილთაგან რომელი მიეკუთვნება ეგზოთერმულ და რომელი – ენდოთერმულ პროცესებს? პასუხი დაასაბუთეთ.

ა) ავტომობილის ძრავაში წვის რეაქცია
ბ) კირქვის გამოწვა
გ) კონდენსაცია
დ) წყლის აორთქლება



ეგზოთერმულია – (ა); (გ). ენდოთერმული – (ბ); (დ).

ა) ავტომობილის ძრავაში წვის რეაქცია ეგზოთერმულია, ვინაიდან მიმდინარეობს საწვავის წვის ქიმიური პროცესია, გამოყოფილი სითბო გადადის მექანიკურ ენერგიაში, რის ხარჯზეც ავტომობილი მოძრაობს.

ბ) კირქვის გამოწვა ენდოთერმული რეაქციაა, რადგან კირქვის დაშლას მუდმივად სჭირდება სითბოს მიწოდება.

გ) კონდენსაცია ეგზოთერმული პროცესია, აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას გამოყოფილი სითბო განიბნევა გარემოში.

დ) წყლის აორთქლება ენდოთერმული პროცესია, საჭიროებს ენერგიის მიწოდებას.

2. 18 გ ალუმინის ურთიერთქმედებისას ჟანგბადთან გამოიყო 547 კჯ სითბო. როგორ ჩაიწერება ამ რეაქციის თერმოქიმიური ტოლობა?



ამოხსნა:

მოც.:
$m(Al) = 18$ გ
$Q_1 = 547$ კჯ

$Q = ?$

$$\overset{18\text{ გ}}{4Al} + 3O_2 \rightarrow \underset{Q}{\overset{547\text{ კჯ}}{2Al_2O_3}}$$
$$\underset{4\cdot 27\text{ გ}}{}$$

$Q = 3282$ კჯ

$$4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3 + 3282 \text{ კჯ}$$

3. კალციუმის კარბონატის დაშლის თერმოქიმიური ტოლობაა:

$CaCO_3(მყ) \rightarrow CaO(მყ) + CO_2(ა) - 178$ კჯ

გამოთვალეთ რეაქციაში შესული კალციუმის კარბონატისა და წარმოქმნილი კალციუმის ოქსიდის მასები, თუ დაშლის შედეგად შთანთქმული სითბოს რაოდენობაა 712 კჯ.



ამოხსნა:

მოც.:
$Q_1 = -712$ კჯ
$Q = -178$ კჯ

$m(CaCO_3) = ?$
$m(CaO) = ?$

$$CaCO_3(მყ) \rightarrow CaO(მყ) + CO_2(ა) - 178 \text{ კჯ}$$

1 მოლი $CaCO_3$-ის დაშლისას შთანთქმული სითბოა 178 კჯ სითბო.
n მოლი $(CaCO_3)$ ---------- 712 კჯ სითბო

$$n(CaCO_3) = n(CaO) = \frac{712\text{ კჯ}}{178\text{ კჯ}} = 4 \text{ მოლი}$$

$m(CaCO_3) = 4$ მოლი $\cdot$ 100 გ/მოლი $= 400$ გ
$m(CaO) = 4$ მოლი $\cdot$ 56 გ/მოლი $= 224$ გ

პასუხი: 400 გ; 224 გ.

4. რეაქციის თერმოქიმიური ტოლობაა: $2Cu(მყ) + O_2(ა) \rightarrow 2CuO(მყ) + 310$ კჯ.
გამოთვალეთ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა:
ა) 0,5 კგ სპილენძის ჟანგვისას
ბ) 0,5 კგ სპილენძ(II)-ის ოქსიდის წარმოქმნისას



ა) **ამოხსნა:**

მოც.:
$Q = 310$ კჯ
$m(Cu) = 0,5$ კგ
$Q_1 = ?$

$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO + 310$ კჯ

$$n(Cu) = \frac{m}{M} = \frac{500\ г}{64\ г/моль} = 7,8\ моль$$

2 მოლი სპილენძის წვისას გამოიყოფა 310 კჯ სითბო,
შესაბამისად, 7,8 მოლის სპილენძის წვისას გამოიყოფა:

$$Q_1 = \frac{310\ кДж}{2} \cdot 7,8 = 1209\ кДж$$

პასუხი: 1209 კჯ.

ბ) **ამოხსნა:**

მოც.:
$Q = 310$ კჯ
$m(Cu) = 0,5$ კგ
$Q_1 = ?$

$$n(CuO) = \frac{m}{M} = \frac{500\ г}{80\ г/моль} = 6,25\ моль$$

2 მოლი CuO-ს წარმოქმნისას გამოიყოფა 310 კჯ სითბო,
შესაბამისად, 6,25 მოლი სპილენძ(II)-ის ოქსიდის
წარმოქმნისას გამოიყოფა:

$$Q_1 = \frac{310\ кДж}{2} \cdot 6,25 = 968,75\ кДж.$$

პასუხი: 968,75 კჯ.

5. გოგირდ(IV)-ის ოქსიდის ჟანგვის რეაქციის ტოლობაა:

$$2SO_2(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2SO_3(ა) + Q.$$

გამოთვალეთ რეაქციის სითბური ეფექტი, თუ რეაქციაში შევიდა გოგირდ(IV)-ის ოქსიდი მოცულობით 33,6 ლ (ნ.პ.) და ამ დროს გამოიყო 147 კჯ სითბო.



ამოხსნა:

მოც.:
$Q_1 = 147$ კჯ
$V(SO_2) = 33,6$ ლ
$Q = ?$

$$n(SO_2) = \frac{33,6\ л}{22,4\ л/моль} = 1,5\ моль$$

1,5 მოლი SO_2 გამოყოფს 147 კჯ სითბოს
2 მოლი SO_2 .....Q კჯ სითბო | $Q = 196$ კჯ

რეაქციის სითბური ეფექტია 196 კჯ

$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 + 196$ კჯ

პასუხი: 196 კჯ.

6. აზოტიანი სასუქების წარმოებაში ამიაკის ჟანგვა ერთ-ერთი საფეხურია. ამ რეაქციის თერმოქიმიური ტოლობაა:

$$4NH_3(ა) + 5O_2(ა) \rightarrow 4NO(ა) + 6H_2O\ (ა) + 902\ კჯ.$$

გამოთვალეთ წარმოქმნილი აზოტ(II)-ის ოქსიდის მოცულობა, თუ რეაქციის დროს გამოიყოფა 1127 კჯ სითბო.



ამოხსნა:

$$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O + 902\ კჯ$$

მოც.:
$Q = 902$ კჯ
$Q_1 = 1127$ კჯ
$V(NO)$

4 მოლი NO-ს წარმოქმნისას გამოიყოფა 902 კჯ.
x მოლი .....1127 კჯ

$x = 5$

$V(NO) = 5$ მოლი . 22,4 ლ/მოლი = 112 ლ

პასუხი: **112 ლ.**

7. მეთანისა და ქლორისაგან სამრეწველო მეთოდით ქლოროფორმის ($CHCl_3$) მიღების რეაქციაა:

$$CH_4(ა) + 3Cl_2(ა) \rightarrow CHCl_3(ა) + 3HCl(ა)$$

გამოიყენეთ ბმის ენერგიის მონაცემები (გვ. 15, ცხრ. 1). ახსენით, რეაქცია ეგზო- თერმულია თუ ენდოთერმული. შეადგინეთ თერმოქიმიური ტოლობა.



ამოხსნა:

$CH_4(ა) + 3Cl_2(ა) \rightarrow CHCl_3(ა) + 3HCl(ა)$

საწყის ნივთიერებებში არის ოთხი C–H და სამი Cl–Cl ბმა, ხოლო რეაქციის პროდუქტებში ერთი C–H, სამი C–Cl, და სამი H–Cl ბმა.

ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგიაა:

$$-(4 \cdot 413 + 3 \cdot 242) = -2378\ კჯ$$

პროდუქტებში ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგიაა:

$$413 + 3 \cdot 330 + 3 \cdot 431 = 2696\ კჯ$$

სითბური ეფექტია: $2696 - 2378 = 318$ კჯ

თერმოქიმიური ტოლობაა: $CH_4(ა) + 3Cl_2(ა) \rightarrow CHCl_3(ა) + 3HCl(ა) + 318$ კჯ.

8. გამოიყენეთ ბმის ენერგიის მონაცემები (გვ. 15, ცხრ. 1). დაადგინეთ მარტივი ნივთიერებებიდან HBr-ის წარმოქმნის სითბური ეფექტი. დაწერეთ თერმოქიმიური ტოლობა. დაასაბუთეთ, რატომ არის ბრომწყალბადის წარმოქმნისა და მისი დაშლის რეაქციების სითბური ეფექტის მნიშვნელობები ტოლი და ნიშნით საწინააღმდეგო.



	H_2	Br_2	HBr
რაოდენობა	1 მოლი	1 მოლი	2 მოლი
ბმის ენერგია	436 კჯ/მოლი	193 კჯ/მოლი	366 კჯ/მოლი
ენერგიის განსაზღვრა	ბმების გაწყვეტაზე დახარჯული ენერგიაა 629 კჯ		ბმების წარმოქმნისას გამოყოფილი ენერგიაა 732 კჯ

თერმოქიმიური ტოლობაა: $H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr + 103$ კჯ

2.1. ქიმიური რეაქციის სიჩქარე

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი II: ქიმიური კინეტიკა

პარაგრაფი: 2.1. ქიმიური რეაქციის სიჩქარე.

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი.

საკვანძო კითხვა: რატომ მიმდინარეობს სხვადასხვა ქიმიური გარდაქმნა განსხვავებულ დროში?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე განასხვავებს ჰომოგენურ და ჰეტეროგენურ ქიმიურ რეაქციებს და ასახელებს შესაბამის მაგალითებს;
- მოსწავლე განმარტავს ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარეს და მის დამოკიდებულებას რეაგენტებისა და პროდუქტების კონცენტრაციის ცვლილებაზე დროის ინტერვალში; მოსწავლე იყენებს რეაქციის სიჩქარის გამოსათვლელ ფორმულას რაოდენობრივი ამოცანების ამოსახსნელად.
- მოსწავლე აანალიზებს შეხების ზედაპირის ფართობის გავლენას ჰეტეროგენური რეაქციის სიჩქარეზე.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **ქიმიურ მოვლენათა შედარება მათი მიმდინარეობის დროის მიხედვით**

აქტივობის მიზანი: ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ცნების გაცნობა.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი აჩვენებს ფოტოებს სახელმძღვანელოდან (სტალაქტიტებისა და სტალაგმიტების წარმოქმნა, დაჟანგული გემი, დაღვინების პროცესი, ფეიერვერკი....). (გვ. 22, სურ. 1-6). (ასევე მოსწავლეებს შეუძლიათ მოიყვანონ დროის სხვადასხვა ინტერვალში მიმდინარე ქიმიური რეაქციის მაგალითები).

მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს, დაალაგონ ეს პროცესები სისწრაფის მიხედვით.

მასწავლებელი სვამს შეკითხვებს.

სადისკუსიო კითხვები და სავარაუდო პასუხები:

? რა არის საერთო ამ მოვლენებს შორის?

სავარაუდო პასუხი:

- ყველა მათგანი წარმოადგენს ქიმიურ პროცესს (ქიმიურ რეაქციას), სადაც საწყისი ნივთიერებები სხვა, ახალ ნივთიერებებად გარდაიქმნება.

? თქვენი აზრით, რატომ სჭირდება სტალაქტიტის წარმოქმნას ათასობით წელი, ხოლო ფეიერვერკის აფეთქებას წამები?

სავარაუდო პასუხი:

- ნივთიერებებს განსხვავებული ბუნება აქვს, განსხვავებულია მათი შედგენილობა, აღნაგობა, შემადგენელ ატომთა შორის ბმების სიმტკიცე. ზოგიერთი რეაქცია თავისთავად ძალიან ნელია, გარემო პირობების შეცვლა (მაგალითად, მაღალი ტემპერატურა ან შეხების დიდი ზედაპირი) სჭირდება დასაჩქარებლად.

? რა არის მთავარი განსხვავება ქიმიურ მოვლენებს შორის დროის თვალსაზრისით?

სავარაუდო პასუხი:

- მიმდინარეობის ხანგრძლივობა, ანუ პროცესის სიჩქარე.

? როგორ შეგვიძლია შევადაროთ ერთმანეთს სხვადასხვა ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის სიჩქარე?

სავარაუდო პასუხი:

- უნდა დავაკვირდეთ, თუ რა რაოდენობის ნივთიერება იხარჯება ან წარმოიქმნება დროის კონკრეტულ მონაკვეთში (მაგალითად, 1 წამში ან 1 წუთში).

მასწავლებელი არ აძლევს მზა განმარტებას, არამედ მოსწავლეები ლოგიკურად მიჰყავს დასკვნამდე, რომ რეაქციები სხვადასხვა დროში მიმდინარეობს, რაც ნიშნავს, რომ მათ აქვს განსხვავებული სიჩქარე.

რეაქციები სხვადასხვა დროში მიმდინარეობს. ზოგის დამთავრებას მიკროწამები სჭირდება, ზოგის – მილიონი წელი. რატომ ხდება ასე? ამაზე პასუხს ქიმიური კინეტიკა იძლევა, რომელიც შეისწავლის ქიმიურ რეაქციას. უფრო მეტიც, ქიმიური კინეტიკა იძლევა გასაღებს, თუ როგორ ვმართოთ რეაქცია.

რეაქციის სიჩქარის რაოდენობითი დახასიათებისათვის იყენებენ არა მის მიმდინარეობის დროს, არამედ ნივთიერების რაოდენობის ცვლილებას მოცულობის ერთეულში.

კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 2 ექსპერიმენტი (კეთებით სწავლება)

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები ატარებენ (ან აკვირდებიან) ექსპერიმენტს სახელმძღვანელოს მიხედვით (გვ. 23).

ექსპერიმენტი

ექსპერიმენტის მიზანი:
დაკვირვება ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:
ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარი ($Na_2S_2O_3$); ბარიუმის ქლორიდის ხსნარი ($BaCl_2$); მარილმჟავა (HCl)	სინჯარები; სინჯარების სადგამი; პიპეტი

ცდა

მოათავსეთ ორი სინჯარა სინჯარების სადგამში. ორივე მათგანში პიპეტით ჩაასხით 2 მლ ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარი. პირველ სინჯარას დაამატეთ რამდენიმე წვეთი ბარიუმის ქლორიდის ხსნარი, მეორეს – რამდენიმე წვეთი მარილმჟავა.

რას შეამჩნევთ? რა განსხვავებაა სინჯარებში მიმდინარე პროცესებს შორის?

შედეგების გაანალიზება:

პირველ სინჯარაში მყისიერად გამოიყო ნალექი (სურ. 7), ე.ი. რეაქცია წარიმართა სწრაფად.

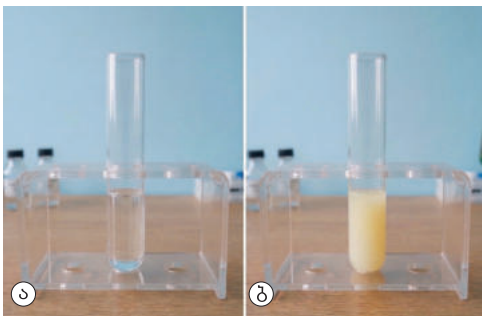
$$Na_2S_2O_3 + BaCl_2 \rightarrow BaS_2O_3\downarrow + 2NaCl$$

მეორე სინჯარაში რეაგენტის დამატებისას არავითარი ცვლილება არ შეინიშნება (სურ. 8ა). მხოლოდ 2-3 წუთის შემდეგ თანდათან შეიმღვრევა სინჯარის შიგთავსი, ნალექის წარმოქმნის გამო (სურ. 8ბ). გამოყოფილი აირია SO_2.

$$Na_2S_2O_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + SO_2\uparrow + S\downarrow + H_2O$$



სურ. 7. ნატრიუმის თიოსულფატისა და ბარიუმის ქლორიდის ურთიერთქმედება



სურ. 8. ნატრიუმის თიოსულფატისა და მარილმჟავას ურთიერთქმედება

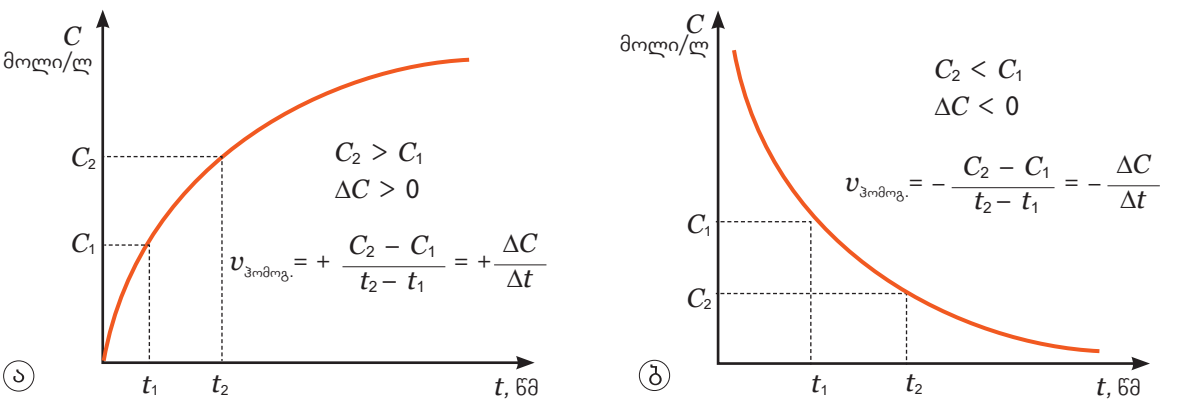
ექსპერიმენტის ანალიზი:

ნალექის გამოყოფის სხვადასხვა დრო მიუთითებს, რომ სინჯარებში ქიმიური რეაქციები განსხვავებული სიჩქარით წარიმართა.

აქტივობა 3 გრაფიკის ანალიზი

აქტივობის მიზანი: გრაფიკის ანალიზის მიხედვით რეაქციის სიჩქარის არსის დადგენა.

აქტივობის აღწერა (გრაფიკული ანალიზი): მასწავლებელი მოსწავლეებს სთავაზობს სახელმძღვანელოს მე-9 სურათზე მოცემულ ორ გრაფიკს: (ა) პროდუქტის კონცენტრაციის ზრდა და (ბ) საწყისი ნივთიერების კონცენტრაციის კლება.



სურ. 9. მოლური კონცენტრაციების ცვლილება ქიმიურ რეაქციაში: (ა) რეაქციის პროდუქტის მიხედვით; საწყისი ნივთიერების მიხედვით (ბ).

- დააკვირდით გრაფიკს და უპასუხეთ: რატომ იწერება რეაგენტის მიხედვით სიჩქარის გამოთვლისას მინუს ნიშანი ფორმულაში $-\frac{\Delta C}{\Delta t}$?

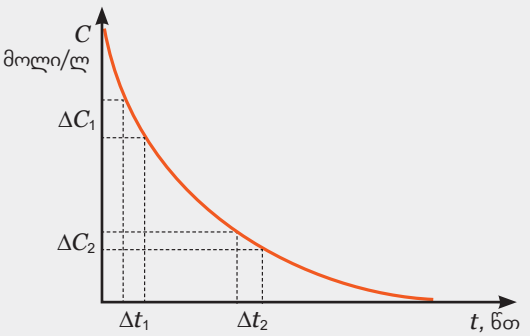
  მოსწავლეებმა უნდა იმსჯელონ, რომ ΔC უარყოფითია, სიჩქარე კი ყოველთვის დადებითი სიდიდე უნდა იყოს.

- დააკვირდით კონცენტრაციის მრუდს დროის ინტერვალებში. როგორ იცვლება თავად რეაქციის სიჩქარე დროთა განმავლობაში? რატომ ნელდება რეაქცია?

აქტივობა 4 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

- დააკვირდით დიაგრამაზე (სურ.10) რეაგენტის კონცენტრაციის ცვლილებას აღნიშნულ Δt_1 და Δt_2 ინტერვალებში და გამოიტანეთ ზოგადი დასკვნა ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ცვლილების შესახებ.



სურ. 10. საწყისი ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილება რეაქციის მიმდინარეობის პროცესში

სიჩქარე განისაზღვრება კონცენტრაციის ცვლილებით დროის ერთეულში:

$$\upsilon_1 = \frac{\Delta C_1}{\Delta t_1} \qquad \upsilon_2 = \frac{\Delta C_2}{\Delta t_2}$$

Δt_1 ნაკლებია, ვიდრე Δt_2.. იმავდროულად ΔC_1 მეტია, ვიდრე ΔC_2, რაც ადასტურებს, რომ სიჩქარე რეაქციის მიმდინარეობასთან ერთად მცირდება: $\upsilon_1 > \upsilon_2$.

აქტივობა 5 ტიპური ამოცანების ერთობლივი გარჩევა

აქტივობის მიზანი: ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარის გამოსათვლელი ფორმულის საშუალებით ამოცანების ამოხსნა.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი და მოსწავლეები ერთად არჩევენ მოსწავლის წიგნში მოცემულ ტიპურ დავალებებს

ტიპური ამოცანების ამოხსნა

ამოცანა 1

რეაქცია მიმდინარეობს ტოლობით A+B→C. A-ს საწყისი მოლური კონცენტრაცია იყო 2,8 მოლი/ლ, B-ს – 2,5 მოლი/ლ. 1/2 საათის შემდეგ A-ს კონცენტრაცია გახდა 2,5 მოლი/ლ. როგორი იქნება B-ს კონცენტრაცია ამ დროს? გამოთვალეთ რეაქციის საშუალო სიჩქარე მოცემული დროის შუალედში.

ამოხსნა:

მოც.:
C_A = 2,8 მოლი/ლ
C_B = 2,5 მოლი/ლ
C'_A = 2,5 მოლი/ლ
Δt = 1/2 სთ (0,5 სთ)

C'_B = ? $\upsilon_{საშ.}$ = ?

$$\upsilon_{საშ.} = \frac{\Delta C}{\Delta t} \text{ მოლი/ლ·სთ (ან მოლი/ლ·წთ)}$$

რეაქცია მიმდინარეობს ტოლობით:

$$A + B \longrightarrow C$$

რადგან ქიმიურ ტოლობაში მოლური თანაფარდობაა 1:1, ამიტომ A და B ნივთიერების მოლური კონცენტრაციების ცვლილება ერთნაირი იქნება.

რეაქციის დაწყებიდან 1/2 საათის შემდეგ A-ს კონცენტრაცია გახდა 2,5 მოლი/ლ, ე.ი. შემცირდა 0,3 მოლი/ლ-ით:

$$\Delta C_A = 2,5 - 2,8 = -0,3 \text{ მოლი/ლ.}$$

ამავე დროის განმავლობაში, ტოლობის თანახმად, B-ს კონცენტრაციაც შემცირდება 0,3 მოლი/ლ-ით და გახდება:

$$C'_B = 2,5 - 0,3 = 2,2 \text{ მოლი/ლ.}$$

$$\upsilon_{საშ.} = -\frac{-0,3 \text{ მოლი/ლ}}{0,5 \text{ სთ}} = 0,6 \text{ მოლი/ლ·სთ}$$

პასუხი: C'_B = 2,2 მოლი/ლ, $\upsilon_{საშ.}$ = 0,6 მოლი/ლ·სთ.

ამოცანა 2

წყალბადის ჰალოგენთან ურთიერთქმედების შედეგად დროის ერთეულში ერთეულ მოცულობაში წარმოიქმნა: I რეაქციაში – 3,65 გ ქლორწყალბადი, II რეაქციაში – 3,2 გ იოდწყალბადი, III რეაქციაში – 4,05 გ ბრომწყალბადი. რომელი რეაქცია წარიმართა უფრო დიდი სიჩქარით?

ამოხსნა:

მოც.:
n(HCl) = 3,65 გ
n(HI) = 3,2 გ
n(HBr) = 4,05 გ

რეაქცია მიმდინარეობს ერთნაირი სქემით:

$$H_2(ა) + X_2(ა) \rightarrow 2HX(ა)$$

$$n = \frac{m}{M}$$

M(HCl) = 36,5 გ/მოლი
M(HI) = 128 გ/მოლი
M(HBr) = 81 გ/მოლი

I. $n(HCl) = \frac{3,65 \text{ გ}}{36,5 \text{ გ/მოლი}} = 0,1$ მოლი

II. $n(HI) = \frac{3,2 \text{ გ}}{128 \text{ გ/მოლი}} = 0,025$ მოლი

III. $n(HBr) = \frac{4,05 \text{ გ}}{81 \text{ გ/მოლი}} = 0,05$ მოლი

პასუხი: უფრო დიდი სიჩქარით წარიმართა I რეაქცია, რადგან დროის ერთეულში ერთეულ მოცულობაში წარმოიქმნა მეტი რაოდენობით ნივთიერება (0,1 მოლი).

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 6 რაოდენობრივი გამოთვლები

აქტივობის მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარის რაოდენობრივი გამოთვლა რეაგენტის ხარჯვის მიხედვით.

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები ინდივიდუალურად ხსნიან ფოსგენის მიღების ამოცანას, სადაც ქლორის საწყისი და საბოლოო კონცენტრაციების და დროის ცვლილების საფუძველზე ითვლიან რეაქციის საშუალო სიჩქარეს.

მაგალითი – საშუალო სიჩქარის გამოთვლა რეაგენტის ხარჯვის მიხედვით

ფოსგენი ($COCl_2$) ქიმიურ მრეწველობაში მიიღება შემდეგი რეაქციით:

$$CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2.$$

რეაქციის დაწყებიდან 2 წუთის შემდეგ ქლორის მოლური კონცენტრაცია იყო 0,019 მოლი/ლ, 14 წუთის შემდეგ გახდა 0,018 მოლი/ლ-ის ტოლი. გამოვთვალოთ რეაქციის საშუალო სიჩქარე.

რადგან რეაგენტის (ქლორის) მოლური კონცენტრაცია შემცირდა, შესაბამისად, ცვლილება იქნება უარყოფითი:

$$\Delta C = 0{,}018 \text{ მოლი/ლ} - 0{,}019 \text{ მოლი/ლ} = -0{,}001 \text{ მოლი/ლ}.$$

რეაქციის საშუალო სიჩქარე იქნება:

$$\upsilon_{\text{საშ.}} = -\frac{\Delta C}{\Delta t} = -\frac{-0{,}001 \text{ მოლი/ლ}}{14 \text{ წთ} - 2 \text{ წთ}} = 8{,}3 \cdot 10^{-5} \text{ მოლი/ლ·წთ}.$$

▶ ფოსგენი $Cl–\overset{\overset{O}{\|}}{C}–Cl$ მომწამლავი აირია. პირველად იგი, როგორც ქიმიური იარაღი, გამოიყენეს პირველი მსოფლიო ომის დროს. დღეს ფოსგენი მნიშვნელოვანი ნივთიერებაა პოლიმერული მასალების წარმოებაში.

აქტივობა 7 ჰეტეროგენური რეაქციები (დამატებითი)

აქტივობის მიზანი: ჰეტეროგენური რეაქციის სიჩქარეზე მყარი ნივთიერების დაქუცმაცების ხარისხის გავლენის დადგენა და მისი შედარება ჰომოგენურ რეაქციასთან.

აქტივობის აღწერა: განიხილავენ მყარი ნივთიერების დაქუცმაცების ეფექტს. ადარებენ მარმარილოს მსხვილი ნატეხებისა და ფხვნილის მარილმჟავაში გახსნის სიჩქარეებს (სურ. 11), ასევე თუთიის გრანულებისა და მტვრის გოგირდთან ურთიერთქმედებას.

მასწავლებელი სვამს კითხვას:

? რატომ რეაგირებს ფხვნილი უფრო სწრაფად? რა როლს ასრულებს შეხების ზედაპირის ფართობი?

სავარაუდო პასუხი:

- ნივთიერების დაქუცმაცებისას (ფხვნილად ქცევისას) მკვეთრად იზრდება სხვა ნივთიერებასთან შეხების ზედაპირის საერთო ფართობი. ჰეტეროგენური რეაქცია (მაგალითად, მყარი ნივთიერებისა და სითხის ურთიერთქმედება) მიმდინარეობს მხოლოდ ფაზათა გაყოფის საზღვარზე, ანუ ნივთიერებათა შეხების ზედაპირზე. რაც უფრო დიდია შეხების ფართობი, მით მეტია მორეაგირე ნაწილაკების (ატომების, მოლეკულების, იონების) ერთმანეთთან ეფექტური შეჯახების რიცხვი დროის ერთეულში, შესაბამისად, რეაქციაც უფრო სწრაფად მიმდინარეობს.

? როგორ ჩაიწერება ამ რეაქციებისთვის საშუალო სიჩქარის ფორმულა?

პასუხი:

- ფორმულა ჩაიწერება: $\upsilon_{\text{საშ. ჰეტ.}} = \pm\frac{\Delta n}{S\Delta t}$ მოლი/წმ ·მ^3.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 8 **შემთხვევის ანალიზი (რეალურ ცხოვრებასთან კავშირი):**

აქტივობის აღწერა (რეალური შემთხვევის ანალიზი): სახელმძღვანელოს რუბრიკის „ქიმია ყოფა-ცხოვრებაში“ მიხედვით, მასწავლებელი განიხილავს 1998 წელს კანზასის შტატში მომხდარ ინციდენტს, სადაც წისქვილკომბინატში მარცვლეულის მტვერი აფეთქდა ნაპერწკლისგან.

? რატომ ფეთქდება ჰაერში გაფანტული ფქვილის მტვერი, მაშინ როცა ტომარაში მოთავსებული ფქვილი უსაფრთხოა? როგორ უკავშირდება ეს ჰეტეროგენულ რეაქციებსა და შეხების ზედაპირის ფართობს?

ამავე თემაზე მასწავლებელმა შესთავაზოს მოსწავლეებს მოკლე შემოქმედებითი დავალება.

შემოქმედებითი დავალება

აქტივობის მიზანი: თეორიული მასალის (რეაქციის სიჩქარე, ჰეტეროგენული რეაქციები, შეხების ზედაპირის ფართობის გავლენა) გამოყენება რეალური, ცხოვრებისეული პრობლემის გადასაჭრელად. იგი მოითხოვს ცოდნის ტრანსფერს (დეკლარატიული და პროცედურული ცოდნის გადატანას ახალ კონტექსტში), ავითარებს არგუმენტირებული მსჯელობის, კომუნიკაციისა (შესაბამისი აუდიტორიისთვის ბროშურის შექმნა) და პრობლემის გადაჭრის უნარებს. მოსწავლეებს უწევთ გაიაზრონ, რომ ქიმიური კინეტიკა არ არის მხოლოდ ფორმულები, არამედ იგი წარმოადგენს „ქიმიური რეაქციების მართვის საშუალებას“ ადამიანის უსაფრთხოებისთვის.

დავალების პირობა მოსწავლეებისთვის:

„თქვენ ხართ შრომის უსაფრთხოების სპეციალისტი, რომელიც მიიწვიეს ახალგახსნილ ხის გადამამუშავებელ საწარმოში ან წისქვილკომბინატში. ადმინისტრაციას სჭირდება უსაფრთხოების ბროშურა/პრეზენტაცია მუშებისთვის. თქვენი მიზანია შექმნათ საინფორმაციო ბროშურა, რომელშიც:

1. მარტივად ახსნით, რა არის ქიმიური რეაქციის სიჩქარე და რატომ არის ჰაერში შეწონილი წვრილი მტვერი (ნახერხი ან ფქვილი) აფეთქების მაღალი რისკის მატარებელი (დაეყრდენით ჰეტეროგენურ რეაქციებში მყარი ნივთიერების დაწილადების მნიშვნელობას).
2. გაავლებთ პარალელს 1998 წლის კანზასის ინციდენტთან.
3. შეიმუშავებთ 3-4 პრაქტიკულ რეკომენდაციას საწარმოსთვის (ქიმიური კინეტიკის მართვის კუთხით), თუ როგორ ავიცილოთ თავიდან ჰეტეროგენული რეაქციის უმართავი აჩქარება და აფეთქება.

სავარუდო ტექსტი შრომის უსაფრთხოების საინფორმაციო ბროშურისთვის

უხილავი საფრთხე: რატომ არის მტვერი ფეთქებადი და როგორ დავიცვათ თავი?

1. რა ხდება რეალურად? ჩვენს საწარმოში (წისქვილკომბინატი/ხის საამქრო) ჰაერში ხშირად ტრიალებს ფქვილის ან ნახერხის უხილავი მტვერი. ერთი შეხედვით, ფქვილი და ნახერხი სრულიად უსაფრთხოა, თუმცა რეალურად ის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს.

- **ქიმიური რეაქციის სიჩქარე:** ეს არის დრო, რომლის განმავლობაშიც საწყისი ნივთიერებები გარდაიქმნება პროდუქტებად (ამ შემთხვევაში, მტვრის წვა/ჟანგვა).
- **შეხების ზედაპირის ეფექტი:** მყარ და აირად ნივთიერებებს (მაგალითად, ფქვილსა და ჰაერში არსებულ ჟანგბადს) შორის მხოლოდ ნივთიერებათა შეხების ზედაპირზე მიმდინარეობს ჰეტეროგენული რეაქცია.
- **დაწილადების პრინციპი:** როდესაც მყარი ნივთიერება (მარცვლეული ან ხე) ქუცმაცდება წვრილ მტვრად, მისი შეხების ზედაპირის ფართობი უზარმაზარი ხდება. ჰაერში გაფანტულ თითოეულ მიკროსკოპულ ნაწილაკს გარშემო აკრავს ჟანგბადი, ამიტომ მცირე სითბოზე ან ნაპერწკალზეც კი რეაქციის სიჩქარე იმდენად იზრდება, რომ წვა მყისიერად ვრცელდება და იწვევს აფეთქებას.

2. **გაკვეთილი წარსულიდან:** კანზასის ტრაგედია იმის დასადასტურებლად, რომ ეს მხოლოდ თეორია არ არის, გავიხსენოთ 1998 წლის ტრაგიკული შემთხვევა აშშ-ში. კანზასის შტატში მარცვლეულის მტვრის აფეთქებამ სავალალო შედეგები გამოიწვია. წისქვილკომბინატების სამანქანო დანადგარებიდან წარმოქმნილმა მცირე ნაპერწკალმაც კი შეიძლება გამოიწვიოს ჰაერში არსებული მარცვლეულის მტვრის მყისიერი აალება და აფეთქება.
3. **პრაქტიკული რეკომენდაციები:** როგორ ვმართოთ ქიმიური კინეტიკა ჩვენს საწარმოში?

ვინაიდან უკვე ვიცით, როგორ მოქმედებს პროცესის მიმდინარეობაზე რეაქციის სიჩქარე, წარმოგიდგენთ 4 მთავარ წესს ამ პროცესის უმართავი აჩქარების თავიდან ასაცილებლად:

- მტვრის კონცენტრაციის შემცირება (რეაგენტის მოცილება): საამქროში უნდა დამონტაჟდეს მძლავრი გამწოვი და სავენტილაციო სისტემები, რათა ჰაერში შეწონილი მტვრის რაოდენობა მინიმუმამდე დავიდეს და არ შეიქმნას კრიტიკული მასა.
- ნაპერწკლებისა და სითბოს წყაროს იზოლირება: მანქანა-დანადგარები უნდა იყოს დამიწებული და ტექნიკურად გამართული, რათა გამოირიცხოს ნაპერწკლის წარმოქმნა, რაც რეაქციის დაწყების (აალების) ინიციატორია. საამქროში იკრძალება მოწევა და ღია ცეცხლის გამოყენება.
- ტენიანობის კონტროლი: ჰაერის ოპტიმალური ტენიანობის შენარჩუნება (ან სპეციალური წყლის მფრქვევანების გამოყენება) დაამძიმებს მტვრის ნაწილაკებს და ძირს დასცემს მათ, რაც შეამცირებს ჰაერში ჟანგბადთან მათი კონტაქტის (შეხების) ზედაპირს.
- რეგულარული დასუფთავება: იატაკსა და დანადგარებზე დაგროვილი მტვრის მუდმივი დასუფთავება სველი წესით, რათა კვლავ არ გაიფანტოს ჰაერში.

საშინაო აქტივობა — პასუხებით

1. რეაქცია მიმდინარეობს აირად ფაზაში ტოლობით: A + 3B → 2C + D. რეაგენტების საწყისი კონცენტრაციებია: C(A) = 5 მოლი/ლ, C(B) = 8 მოლი/ლ. გამოთვალეთ რეაქციაში მონაწილე ყველა ნივთიერების კონცენტრაცია იმ მომენტისათვის, როდესაც A ნივთიერების კონცენტრაცია გახდა 3 მოლი/ლ-ის ტოლი.



ამოხსნა:

მოც.:
C_1(A) = 5 მოლი/ლ
C_1(B) = 8 მოლი/ლ
C_2(A) = 3 მოლი/ლ

C_2(B) = ?
C_2(C) = ?
C_2(D) = ?

A + 3B → 2C + D

ΔC(A) = 5 − 3 = 2 მოლი რეაქციაში ტოლობის მიხედვით

$$\overset{2\text{ მოლი}}{A} + \overset{6\text{ მოლი}}{3B} \rightarrow \overset{4\text{ მოლი}}{2C} + \overset{2\text{ მოლი}}{D}$$

პასუხი: C_2(B) = 8 − 6 = 2 მოლი/ლ
C_2(C) = 4 მოლი/ლ
C_2(D) = 2 მოლი/ლ

2. მოცემულია ქიმიური რეაქცია: A + 2B → C
შეიცვლება თუ არა ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარის რიცხვითი მნიშვნელობა, თუ მას გამოვითვლით:
ა) A ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილების მიხედვით
ბ) B ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილების მიხედვით?
პასუხი დაასაბუთეთ.



ა) $\upsilon_{საშ} = -\frac{\Delta C_A}{\Delta t}$.

ბ) B ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილება 2-ჯერ მეტია: $\Delta C_B = 2\Delta C_A$, ამიტომ სიჩქარის ცვლილებაც 2-ჯერ მეტი იქნება. $\upsilon_{საშ} = -\frac{\Delta C_B}{\Delta t} = -2\frac{\Delta C_A}{\Delta t}$.

3. რეაქცია მიმდინარეობს ტოლობით: A + 2B → 3C.
A ნივთიერების კონცენტრაცია 7,5 მოლი/ლ-დან 20 წთ-ის შემდეგ გახდა 3,5 მოლი/ლ. გამოთვალეთ რეაქციის საშუალო სიჩქარე:
ა) A ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილების მიხედვით
ბ) B ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილების მიხედვით
პასუხი დაასაბუთეთ.

ა) $\upsilon_{\text{საშ}} = -\frac{3,5 - 7,5}{20} = 0,2$ მოლი/ლ·წთ.

ბ) ვინაიდან B ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილება 2-ჯერ მეტია, ამიტომ სიჩქარეც იქნება 2-ჯერ მეტი.

$\upsilon_{\text{საშ}} =$ 0,4 მოლი/ლ·წმ.

4. რეაქციაში: A + B → C განსაზღვრეს A ნივთიერების კონცენტრაცია ყოველ 2 წმ-ში. გადახაზეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში, გამოთვალეთ რეაქციის საშუალო სიჩქარე ყოველ 2 წმ-ში და შეავსეთ ცხრილი. ცხრილში მოცემული მონაცემების მიხედვით ააგეთ A ნივთიერების:

ა) კონცენტრაციის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი

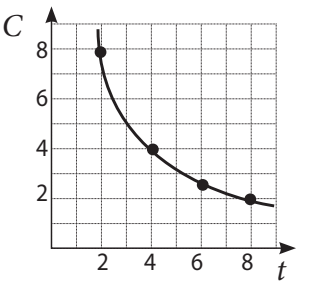
ბ) რეაქციის საშუალო სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი

დრო წმ-ში	A ნივთიერების კონცენტრაცია (მოლი/ლ)	საშ. სიჩქარე (მოლი/ლ.წმ)
2	8	
4	4	
6	2,5	
8	2	

$\upsilon_{1(\text{საშ.})} = -\frac{4 - 8}{2} = 2$ მოლი/ლ·წმ

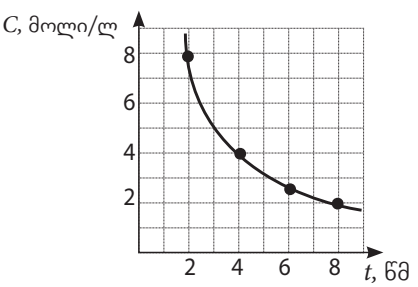
$\upsilon_{2(\text{საშ.})} = -\frac{2,5 - 4}{2} = 0,75$ მოლი/ლ·წმ

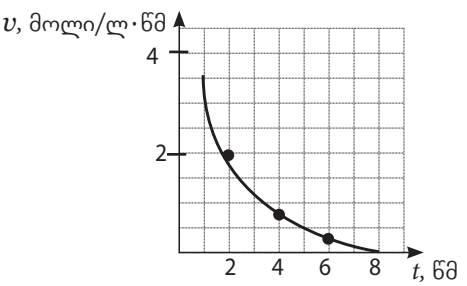
$\upsilon_{3(\text{საშ.})} = -\frac{2 - 2,5}{2} = 0,25$ მოლი/ლ·წმ



A ნივთიერების კონცენტრაციის შემცირებასთან ერთად მცირდება ერთსა და იმავე დროის შუალედში კონცენტრაციის ცვლილება; $\upsilon_{\text{საშ}} = -\frac{\Delta C}{\Delta t}$ მცირდება რეაქციის საშუალო სიჩქარე.

დრო წმ-ში	A ნივთიერების კონცენტრაცია მოლი/ლ	საშ. სიჩქარე მოლი/ლ.წმ
2	8	
4	4	2 მოლი/ლ·წმ
6	2,5	0,75 მოლი/ლ·წმ
8	2	0,25 მოლი/ლ·წმ







ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

_____

_____

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

2.2. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები

2.2.1. მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნების გავლენა

2.2.2. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციების გავლენა

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი II: ქიმიური კინეტიკა

პარაგრაფი: 2.2.1. მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნების გავლენა. 2.2.2. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციების გავლენა.

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი.

საკვანძო კითხვა: როგორ შეგვიძლია ვმართოთ ქიმიური რეაქციის სიჩქარე მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნების, კონცენტრაციისა და წნევის ცვლილებით?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე ახასიათებს ნივთიერებათა ბუნების გავლენას რეაქციის სიჩქარეზე მათი აქტივობისა და ქიმიური ბმის ენერგიის გათვალისწინებით.
- მოსწავლე ექსპერიმენტულად იკვლევს და ხსნის კონცენტრაციისა და წნევის გავლენას ნაწილაკთა შეჯახებების სიხშირეზე.
- მოსწავლე ადგენს კინეტიკურ განტოლებას მოქმედ მასათა კანონის საფუძველზე და აწარმოებს რაოდენობრივ გამოთვლებს.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **„გაიხსენეთ“**

აქტივობის მიზანი: მოსწავლის ინტერესის აღძვრა და წინარე ცოდნის (მეტალთა აქტივობის მწკრივი, პერიოდულობის სისტემა, ბმის ენერგია) მობილიზება.

გაიხსენეთ

- მოცემულ გარდაქმნებში (ა), (ბ) მეტალთა აქტივობა ახსენით მათი მდებარეობით პერიოდულობის ცხრილში და ატომთა ელექტრონული აღნაგობის გათვალისწინებით.

K და Ca პერიოდული სისტემის IV პერიოდის ერთმანეთის გვერდით მდგომი მეტალური ელემენტებია. კალიუმი ტუტე მეტალია, გარე სავალენტო შრეზე აქვს ერთი ელექტრონი; კალციუმი ტუტემიწა მეტალია, სავალენტო შრეზე ორი ელექტრონით. პერიოდულ სისტემაში მდებარეობის შესაბამისად, კალციუმს აქვს უფრო მცირე ატომური რადიუსი და მაღალი იონიზაციის ენერგია, ვიდრე კალიუმს. რაც განაპირობებს კალიუმის მაღალ აქტივობას და ვლინდება ქიმიურ რეაქციებში (წყლიდან ინტენსიურად გამოყოფს წყალბადს).

გაიხსენეთ

- ჰალოგენწყალბადების წარმოქმნისას ფთორის განსაკუთრებით მაღალი აქტივობა ახსენით მოლეკულაში ქიმიური ბმის ენერგიის მნიშვნელობის გათვალისწინებით (იხ. გვ. 15, ცხრ. 1).



ჰალოგენწყალბადების წარმოქმნისას ფთორის განსაკუთრებით მაღალი აქტივობა (სიბნელეშიც კი ფეთქებით მიმდინარე რეაქცია წყალბადთან) განპირობებულია ფთორის მოლეკულაში ბმის ენერგიის განსაკუთრებით დაბალი მნიშვნელობით ქლორთან შედარებით.

$E(F_2)$ = 159 კჯ/მოლი

$E(Cl_2)$ = 242 კჯ/მოლი.

გაიხსენეთ

- ახსენით (დ) მჟავათა განსხვავებული მოქმედება მათი ბუნების გათვალისწინებით;
- დაწერეთ მოცემული (ა; ბ; გ; დ) ქიმიური გარდაქმნის შესაბამისი რეაქციათა ტოლობები და დაასახელეთ მიღებული პროდუქტები.



მარილმჟავა ძლიერი მჟავაა, ძმარმჟავა – სუსტი. ამიტომ წყალბადის გამოყოფა მარილმჟავასთან ხსნარში წყალბადიონთა მაღალი კონცენტრაციის გამო უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს.

(ა) $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2\uparrow$

$Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$

(ბ) $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow$

$Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$

(გ) $H_2 + F_2 \rightarrow 2HF$

$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$

(დ) $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$

$Zn + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2Zn + H_2\uparrow$

კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 3 ექსპერიმენტი –კეთებით სწავლება

აქტივობის მიზანი: ექსპერიმენტისა და მოდელირების გზით კონცენტრაციის გავლენის დამოუკიდებლად აღმოჩენა და გააზრება.

მსვლელობა: მოსწავლეები ჯგუფებში ატარებენ პარაგრაფში მოცემულ ექსპერიმენტს: ორ ქიმიურ ჭიქაში ასხამენ სხვადასხვა კონცენტრაციის (0,1 მოლი/ლ და 0,01 მოლი/ლ) მარილმჟავას და აგდებენ ერთნაირი მასის მაგნიუმის ლენტს. მოსწავლეები აკვირდებიან აირის გამოყოფის ინტენსივობას და აკეთებენ ჩანაწერებს.

ექსპერიმენტი

ექსპერიმენტის მიზანი:

დაკვირვება – ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე კონცენტრაციის გავლენა

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**
მაგნიუმის ლენტი (Mg); მარილმჟავას 0,1 მოლი/ლ კონცენტრაციის ხსნარი (HCl); მარილმჟავას 0,01 მოლი/ლ კონცენტრაციის ხსნარი (HCl)	250 მლ ქიმიური ჭიქა – 2 ცალი

ცდა

აიღეთ ორი ქიმიური ჭიქა. ერთში ჩაასხით მარილმჟავას 0,1 მოლი/ლ კონცენტრაციის ხსნარი, ხოლო მეორეში – 0,01 მოლი/ლ კონცენტრაციის ხსნარი. თითოეულში მოათავსეთ ერთნაირი მასის მაგნიუმის ლენტი.

რას შეამჩნევთ? რა განსხვავებაა ჭიქებში მიმდინარე პროცესებს შორის?



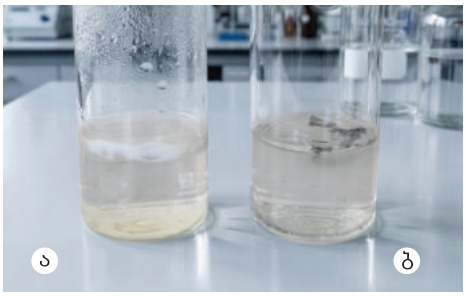
სურ. 2. მარილმჟავას ხსნარები და მაგნიუმის ლენტები

ექსპერიმენტის ანალიზი:

აირის გამოყოფის სხვადასხვა ინტენსივობა მიუთითებს:

პირველ შემთხვევაში (სურ. 3 ა) რეაქცია მეტი სიჩქარით მიმდინარეობს; მაგნიუმის ლენტი სწრაფად იხსნება, რაც დუღილის შთაბეჭდილებას ქმნის და ხსნარი მღვრიე და ქაფიანი ხდება.

მარჯვენა ჭიქაში კი (სურ. 3 ბ) რეაქციაში შეუსვლელი მაგნიუმის ლენტი დიდხანს რჩება ხსნარში.



სურ. 3. მაგნიუმის რეაქცია (ა) 0,1 მოლი/ლ კონცენტრაციის მარილმჟავასთან, (ბ) 0,01 მოლი/ლ კონცენტრაციის მარილმჟავასთან

აქტივობა 4 ტიპური ამოცანების ერთობლივი გარჩევა

აქტივობის მიზანი: რაოდენობრივი გაანგარიშებები მოქმედ მასათა კანონის საფუძველზე.

აქტივობის არწერა: მასწავლებელი და მოსწავლეები ერთად არჩევენ მოსწავლის წიგნში მოცემულ ტიპურ ამოცანებს.

ტიპური ამოცანების ამოხსნა

ამოცანა 1

მოცემულია რეაქცია: $2NO(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2NO_2(ა)$

როგორ შეიცვლება რეაქციის სიჩქარე, თუ აზოტ(IV)-ის ოქსიდისა და ჟანგბადის კონცენტრაციებს გავზრდით 5-ჯერ?

ამოხსნა:

$$2NO(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2NO_2(ა)$$

$$\upsilon = kC_{NO}^2 \cdot C_{O_2}$$

$$\upsilon' = k(5C_{NO})^2 \cdot 5C_{O_2} = 125kC_{NO}^2 \cdot C_{O_2}$$

სიჩქარე გაიზრდება

$$\frac{\upsilon'}{\upsilon} = \frac{125kC_{NO}^2 \cdot C_{O_2}}{kC_{NO}^2 \cdot C_{O_2}} = 125$$

პასუხი: რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება 125-ჯერ.

ამოცანა 2

მოცემულია რეაქცია: $2Fe(მყ) + 3Cl_2(ა) \rightarrow 2FeCl_3(მყ)$

როგორ შეიცვლება რეაქციის სიჩქარე, თუ სისტემაში წნევას გავზრდით 4-ჯერ?

ამოხსნა:

$$2Fe(მყ) + 3Cl_2(ა) \rightarrow 2FeCl_3(მყ)$$

$$\upsilon = kC_{Cl_2}^3$$

თუ სისტემაში წნევას გავზრდით 4-ჯერ, ქლორის კონცენტრაციაც გაიზრდება 4-ჯერ და რეაქციის სიჩქარე გახდება:

$$\upsilon' = k(4C_{Cl_2})^3 = 64kC_{Cl_2}^3$$

აქედან $\frac{\upsilon'}{\upsilon} = 64$

პასუხი: წნევის 4-ჯერ გაზრდით რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება 64-ჯერ.

ამოცანა 3

მოცემულია რეაქცია: $2H_2(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2H_2O(ა)$.

რამდენჯერ უნდა გაიზარდოს ჟანგბადის კონცენტრაცია მოცემულ რეაქციაში, რომ წყალბადის კონცენტრაციის 4-ჯერ შემცირებისას რეაქციის სიჩქარე არ შეიცვალოს?

ამოხსნა:

$$2H_2(ა) + O_2(ა) \longrightarrow 2H_2O(ა)$$

მოცემული რეაქციის სიჩქარე ტოლია: $\upsilon = kC_{H_2}^2 \cdot C_{O_2}$

თუ წყალბადის კონცენტრაციას 4-ჯერ შევამცირებთ, რეაქციის სიჩქარის გამოსახულება მიიღებს სახეს:

$$\upsilon' = k\left(\frac{C_{H_2}}{4}\right)^2 \cdot C_{O_2} = k\frac{C_{H_2}^2}{16} \cdot C_{O_2}$$

დავუშვათ, x-ჯერ უნდა გავზარდოთ მოცემულ რეაქციაში ჟანგბადის კონცენტრაცია, რომ წყალბადის კონცენტრაციის 4-ჯერ შემცირებისას რეაქციის სიჩქარე არ შეიცვალოს, ე.ი. დაცული იყოს ტოლობა: $\upsilon = \upsilon'$

მაშინ $$k C^2_{H_2} \cdot C_{O_2} = k \frac{C^2_{H_2}}{16} \cdot x C_{O_2}$$

$$x = 16$$

იმავე შედეგის მიღება შეიძლება მარტივი მსჯელობითაც: წყალბადის კონცენტრაციის 4-ჯერ შემცირება რეაქციის სიჩქარეს 16-ჯერ ამცირებს. სიჩქარე რომ არ შეიცვალოს, ჟანგბადის კონცენტრაცია უნდა გაიზარდოს 16-ჯერ.

პასუხი: 16-ჯერ უნდა გაიზარდოს ჟანგბადის კონცენტრაცია.

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 5 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

- იმსჯელეთ, სარეაქციო ჭურჭლის მოცულობის შეცვლა, სხვა პირობების (წნევისა და ტემპერატურის) შეცვლის გარეშე, გამოიწვევს თუ არა რეაქციის სიჩქარის შეცვლას. პასუხი დაასაბუთეთ.

იმავე პირობებში სარეაქციო ჭურჭლის მოცულობის შეცვლა არ გამოიწვევს რეაქციის სიჩქარის შეცვლას, ვინაიდან რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და კონცენტრაციაზე, რომლიც უცვლელი წნევის პირობებში არ იცვლება და არა ჭურჭლის მოცულობაზე.

აქტივობა 6 „კინეტიკური მტკიცებულებები“

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა შეძლონ მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნების, კონცენტრაციისა და წნევის გავლენის გააზრება კრიტიკული ანალიზისა და არგუმენტირების გზით.

აქტივობის აღწერა:

ნაბიჯი 1: მასწავლებელი დაფაზე წერს (ან ბარათებს არიგებს) წინასწარ მომზადებულ რამდენიმე მტკიცებულებას.

ნაბიჯი 2: მოსწავლეები წყვილებში განიხილავენ თითოეულ მტკიცებულებას და წყვეტენ, ის **ჭეშმარიტია** თუ **მცდარი**, რის შემდეგაც რვეულში წერენ დასაბუთებას პარაგრაფში მოცემული თეორიის (მაგალითად, მოქმედ მასათა კანონის) მიხედვით.

ნაბიჯი 3: იმართება საერთო საკლასო განხილვა.

სადისკუსიო მტკიცებულებების ნიმუშები (მასწავლებლისთვის წინასწარ მიწოდებული პასუხებით):

1. **მტკიცებულება:** „თუ დახშულ ჭურჭელში მიმდინარე რეაქციისას წნევას გავზრდით, ნებისმიერი ქიმიური რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება“.

   სწორი პასუხი: ***მცდარია.***
   დასაბუთება: წნევის ცვლილება გავლენას ახდენს მხოლოდ იმ რეაქციებზე, რომლებშიც თუნდაც ერთი აირადი ნივთიერება მონაწილეობს.

2. მტკიცებულება: „რკინისა და მაგნიუმის ერთნაირი ზომის ფირფიტების მარილმჟავაში ჩაშვებისას, მაგნიუმი უფრო სწრაფად იხსნება, რადგან მისი კონცენტრაცია მეტია“.

სწორი პასუხი: ***მცდარია.***
დასაბუთება: მიზეზი არა კონცენტრაცია, არამედ მორეაგირე ნივთიერების ბუნებაა (მეტალთა განსხვავებული აქტივობა).

3. მტკიცებულება: „ნახშირის (მყარი ნივთიერების) წვისას, ჟანგბადის კონცენტრაციის გაზრდა დააჩქარებს პროცესს, მაგრამ თავად ნახშირის რაოდენობის (მასის) ზრდა რეაქციის სიჩქარის კინეტიკურ განტოლებაში არ აისახება“.

სწორი პასუხი: ***ჭეშმარიტია.***
დასაბუთება: მოქმედ მასათა კანონი არ ითვალისწინებს მყარ მდგომარეობაში მყოფ ნივთიერებას, რადგან ის მხოლოდ ზედაპირით რეაგირებს და მისი კონცენტრაცია უცვლელი რჩება.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 7 **ბიოქიმიური კინეტიკა და მედიცინა (ინტეგრირებული)**

აქტივობის მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს მოქმედ მასათა კანონის საფუძველზე შედგენილი კინეტიკური განტოლების გამოყენება რეალურ, ინტერდისციპლინურ (ბიოლოგიურ და სამედიცინო) სიტუაციებში და აწარმოოს შესაბამისი რაოდენობრივი გამოთვლები.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს ქიმიური კინეტიკის პრაქტიკულ მნიშვნელობას მედიცინაში, კერძოდ, სუნთქვის პროცესსა და მხუთავი აირით მოწამვლის მართვაში.

მოსწავლეები ინდივიდუალურად ან წყვილებში მუშაობენ მოცემულ ამოცანებზე:

ამოცანა 1. ორგანიზმის ტემპერატურაზე (37^0C) ჰაერის ჟანგბადი იხსნება ფილტვებში არსებულ სისხლში. მისი კონცენტრაცია სუნთქვისას მუდმივია და არის $1{,}6\cdot10^{-6}$ მოლი/ლ. ასევე მუდმივია ჰემოგლობინის კონცენტრაცია სისხლში – $8\cdot10^{-6}$ მოლი/ლ. დაადგინეთ ოქსიჰემოგლობინის წარმოქმნის სიჩქარე, თუ რეაქციის სიჩქარის მუდმივაა $2{,}1\cdot10^{-6}$ ლ/მოლი·წმ. ოქსიჰემოგლობინის წარმოქმნის ტოლობაა:

$$\underset{\text{ჰემოგლობინი}}{Hb} + O_2 \rightarrow \underset{\text{ოქსიჰემოგლობინი}}{HbO_2}.$$

ამოხსნა: $\upsilon = k C_{Hb} \cdot C_{O_2}$

$\upsilon = 2{,}1\cdot10^{-6}\cdot8\cdot10^{-6}\cdot1{,}6\cdot10^{-6} = 2{,}688\cdot10^{-17}$ მოლი/ლ·წმ

ამოცანა 2. მხუთავი აირით მოწამვლისას საჭიროა ოქსიჰემოგლობინის წარმოქმნის სიჩქარის გაზრდა $1{,}1\cdot10^{-16}$ მოლი/ლ·წმ-მდე. რეაქციის სიჩქარის მუდმივაა $2{,}1\cdot10^{-6}$ ლ/მოლი·წმ. გაითვალისწინეთ, რომ მუდმივია ჰემოგლობინის კონცენტრაცია სისხლში – $8\cdot10^{-6}$ მოლი/ლ. გამოთვალეთ ჟანგბადის საჭირო კონცენტრაცია მხუთავი აირით მოწამვლისას.

ამოხსნა: $\upsilon = k C_{Hb} \cdot C_{O_2}$

$$C_{O_2} = \frac{\upsilon}{k C_{Hb}} = \frac{1{,}1\cdot10^{-16}}{2{,}1\cdot10^{-6}\cdot\ 8\cdot10^{-6}} = 6{,}55\cdot10^{-6} \text{ მოლი/ლ}$$

- პირველ ამოცანაში მოსწავლეებმა უნდა დაწერონ რეაქციის სიჩქარის ტოლობის შესაბამისი კინეტიკური განტოლება, ჩასვან მონაცემები და გამოთვალონ ოქსიჰემოგლობინის წარმოქმნის სიჩქარე.
- მეორე ამოცანაში მოსწავლეებმა უნდა გარდაქმნან კინეტიკური განტოლება, რათა იპოვონ უცნობი ცვლადი (ჟანგბადის საჭირო კონცენტრაცია) მოწამვლის დროს სამიზნე სიჩქარის მისაღწევად.
- ბოლოს, მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად აჯამებს, თუ რატომ სჭირდება დაზარალებულს ჟანგბადის გაზრდილი დოზა გადაუდებელი სამედიცინო დახმარებისას.

საშინაო აქტივობა პასუხებით

1. რეაქცია მიმდინარეობს აირად ნივთიერებებს შორის ტოლობით: $A + B \rightarrow C$.
შეიცვლება თუ არა რეაქციის სიჩქარე და როგორ, თუ:

ა) A ნივთიერების კონცენტრაციას გავზრდით 2-ჯერ, B-ს კონცენტრაციას კი დავტოვებთ უცვლელად
ბ) A-ს კონცენტრაციას გავზრდით 2-ჯერ, B-ს კონცენტრაციას კი 2-ჯერ შევამცირებთ
გ) ორივე ნივთიერების კონცენტრაციას გავზრდით 2-ჯერ?

ა) რეაქციიის სიჩქარე გაიზრდება 2-ჯერ.
ბ) არ შეიცვლება;
გ) რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება 4-ჯერ.

2. რეაქცია მიმდინარეობს ხსნარში ტოლობით: $A + B \rightarrow C$.
ცხრილში მოცემულია ცდის მონაცემები:

ნივთიერებები	კონცენტრაცია (მოლი/ლ)	
	საწყისი	20 წთ-ის შემდეგ
A	3	?
B	2,8	2
C	0	?

გამოთვალეთ:

ა) A და C ნივთიერებების კონცენტრაციები 20 წთ-ის შემდეგ
ბ) რეაქციის საშუალო სიჩქარე დროის მოცემულ შუალედში
ცხრილი გადახაზეთ სამუშაო რვეულში და შეავსეთ.

ა)

ნივთიერებები	კონცენტრაცია (მოლ/ლ)	
	საწყისი	20 წთ-ის შემდეგ
A	3	2,2
B	2,8	2
C	0	0,8

ბ) $\upsilon_{\text{საშ.}} = \frac{0,8}{20} = 0,04$ მოლი/ლ·წთ

3. გააანალიზეთ, როგორ შეიცვლება $C(მყ) + O_2(ა) \rightarrow CO_2(ა)$ რეაქციის სიჩქარე, თუ ჟანგბადის ნაცვლად ავიღებთ იმავე მოცულობის ჰაერს.



ჰაერის შემადგენლობაში ჟანგბადი 1/5 ნაწილია. თუ ჟანგბადის ნაცვლად ავიღებთ იმავე მოცულობის ჰაერს, ჟანგბადის კონცენტრაცია შემცირდება 5-ჯერ, ამიტომ რეაქციის სიჩქარეც 5-ჯერ შემცირდება.

4. როგორ შეიცვლება $2CO(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2CO_2(ა)$ რეაქციის სიჩქარე დახშულ ჭურჭელში, თუ წნევას გავზრდით 2-ჯერ? პასუხი დაასაბუთეთ.



$$\upsilon = k C_{CO}^2 \cdot C_{O_2}$$

$$\upsilon' = k(2C_{CO})^2 \cdot 2C_{O_2} = 8kC_{CO}^2 \cdot C_{O_2}$$

$$\frac{\upsilon'}{\upsilon} = \textbf{8-ჯერ გაიზრდება.}$$

5. გამოთვალეთ, როგორ შეიცვლება $2SO_2(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2SO_3(ა)$ რეაქციის სიჩქარე, თუ სისტემის მოცულობას შევამცირებთ 3-ჯერ.



$$\upsilon_1 = k C_{SO_2}^2 \cdot C_{O_2}$$

სისტემის მოცულობის 3-ჯერ შემცირებით, თითოეული ნივთიერების კონცენტრაცია 3-ჯერ იზრდება, ამიტომ:

$$\upsilon_2 = k(3C_{SO_2})^2 \cdot 3C_{O_2} = 27kC_{SO_2}^2 \cdot C_{O_2}$$

შედეგად, $\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \textbf{27-ჯერ გაიზრდება}$.

6. $2NO(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2NO_2(ა)$ მოცემული რეაქციის სიჩქარე იმ მომენტისათვის, როდესაც $C(NO) = 0{,}3$ მოლი/ლ და $C(O_2) = 0{,}15$ მოლი/ლ-ის ტოლია, არის $1{,}2 \cdot 10^{-3}$ მოლი/ლ·წმ. დაადგინეთ რეაქციის სიჩქარის მუდმივა.



ამოხსნა:

მოც.:

$C_{NO} = 0{,}3$ მოლი/ლ

$C_{O_2} = 0{,}15$ მოლი/ლ

$\upsilon = 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ მოლი/ლ·წმ

$k = ?$

$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$

$$\upsilon = k C_{NO}^2 \cdot C_{O_2}$$

$$1{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ მოლი/ლ·წმ} = k \cdot 0{,}3^2 \frac{\text{მოლი}^2}{\text{ლ}^2} \cdot 0{,}15 \text{ მოლი/ლ}$$

$$k = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ მოლი/ლ·წმ}}{0{,}0135 \frac{\text{მოლი}^3}{\text{ლ}^3}} = \textbf{8,9} \cdot \textbf{10}^{-2} \frac{\text{ლ}^2}{\textbf{მოლი}^2 \cdot \textbf{წმ}}$$



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

_____

_____

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

2.2.3. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე ტემპერატურის გავლენა

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი II: ქიმიური კინეტიკა

პარაგრაფი: 2.2.3. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე ტემპერატურის გავლენა.

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი.

საკვანძო კითხვა: როგორ და რატომ მართავს ტემპერატურის ცვლილება ქიმიური რეაქციების სიჩქარეს და რა მნიშვნელობა აქვს ამ კანონზომიერებას ცოცხალ ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე აანალიზებს ტემპერატურის გავლენას რეაქციის სიჩქარეზე და ხსნის მას ნაწილაკების ენერგიის და ეფექტური შეჯახებების ცვლილებით;
- მოსწავლე იყენებს ვანტ-ჰოფის მათემატიკურ ფორმულას რაოდენობრივი გამოთვლებისთვის;
- მოსწავლე აკავშირებს ბუნებასა და და ყოფა-ცხოვრებაში ენერგეტიკული ბარიერის (აქტივაციის ენერგიის) არსებობას ბუნებაში მიმდინარე პროცესების სტაბილურობასა და ყოფა-ცხოვრებასთან როგორ ვმართოთ ქიმიური რეაქციები.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 „გაზიანი სასმელი და ტემპერატურა“

აქტივობის მიზანი: ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების დადგენა.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი აჩვენებს მოსწავლეებს ორ ერთნაირ გაზიანი სასმელის (მაგ: კოკა-კოლას), რომელთაგან ერთი ახლახან გამოიღეს მაცივრიდან, ხოლო მეორე იდგა მზეზე. მასწავლებელი სვამს კითხვას: „რა მოხდება, თუ ორივეს ერთდროულად გავხსნით? რომელში უფრო სწრაფად და მძაფრად წარიმართება აირის გამოყოფის პროცესი?“

კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 2 „ვანტ-ჰოფის წესის აღმოჩენა და მათემატიკური ანალიზი“ – კეთებით სწავლება

აქტივობის მიზანი: რაოდენობრივი გამოთვლების წარმოება და თეორიული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენება

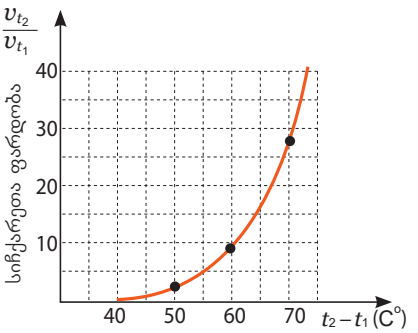
აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან ვანტ-ჰოფის წესს და „მაგალითს“ (გვ. 36). მასწავლებელი დაფაზე წერს ფორმულას. კლასი მუშაობს ჯგუფურად სახელმძღვანელოს ტიპური ამოცანების გარჩევაზე.

მაგალითი – რეაქციის სიჩქარის ცვლილების გამოთვლა ვანტ-ჰოფის წესით

რამდენჯერ გაიზრდება ქიმიური რეაქციის სიჩქარე ტემპერატურის 40°C-დან 70°C-მდე გაზრდისას, თუ რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი 3-ის ტოლია?

$$\frac{\upsilon_{70^\circ}}{\upsilon_{40^\circ}} = 3^{\frac{70-40}{10}} = 3^3 = 27$$

ტემპერატურის 30°C-ით მომატებისას ქიმიური რეაქციის სიჩქარე გაიზარდა 27-ჯერ.



სურ. 2. ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკი. $\gamma = 3$.

ტიპური ამოცანების ამოხსნა

ამოცანა 1

რამდენი გრადუსით უნდა გავზარდოთ ტემპერატურა, რომ რეაქციის სიჩქარე გაიზარდოს 8-ჯერ, თუ $\gamma = 2$.

ამოხსნა:

მოც.:

$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = 8$

$\gamma = 2$

$\Delta t = ?$

$8 = 2^{\frac{\Delta t}{10}}$

$8 = 2^x \quad x = 3$

$\frac{\Delta t}{10} = 3 \quad \Delta t = 30^\circ C$

პასუხი: 30°C.

ამოცანა 2

ტემპერატურის 30°C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე გაიზარდა 27-ჯერ. რას უდრის რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი?

ამოხსნა:

მოც.:

$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = 27$

$\Delta t = 30^\circ C$

$\gamma = ?$

$27 = \gamma^{\frac{30}{10}}$

$\gamma^3 = 3^3$

$\gamma = 3$

$$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

პასუხი: რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი $\gamma = 3$.

ამოცანა 3

60^0C-ზე რეაქცია მიმდინარეობს 2 წუთისა და 40 წამის განმავლობაში. რამდენ ხანში დამთავრდება ეს რეაქცია 100^0C-ზე, თუ ტემპერატურის აღნიშნულ ინტერვალში რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი 2-ის ტოლია.

ამოხსნა:

$$\frac{\upsilon_{100^0}}{\upsilon_{60^0}} = 2^{\frac{100-60}{10}} = 2^4 = 16$$

100^0C-ზე რეაქცია 16-ჯერ უფრო სწრაფად წარიმართება. თუ 60^0C-ზე რეაქცია მთავრდებოდა 2 წთ-სა და 40 წმ-ში, ე.ი. $2 \cdot 60 + 40 = 160$ წმ-ში, რადგან რეაქციის სიჩქარე დროის უკუპროპორციულია, 100^0C-ზე რეაქცია დამთავრდება $\frac{160 \text{ წმ}}{16} = 10$ წმ-ში.

პასუხი: 10 წმ-ში.

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 3 „თეორიიდან პრაქტიკაში“

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა გაიაზრონ ტემპერატურის როლი ქიმიურ პროცესებში ყოფითი მაგალითების ანალიზით.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი მოსწავლეებს ყოფს სამ ჯგუფად. სამივე ჯგუფი იყენებს ვანტ-ჰოფის წესს, რათა დაადგინოს, თუ როგორ იცვლება სურსათის გაფუჭების სიჩქარე ტემპერატურის ცვლილებისას. სამუშაოს დასრულების შემდეგ ჯგუფები ადარებენ მიღებულ შედეგებს და გამოაქვთ დასკვნა.

I ჯგუფი – სიტუაცია 1

? მაცივარში ტემპერატურა 5^0C-ია და რძე ამ პირობებში ინახება 8 დღის განმავლობაში. ელექტროენერგია გაითიშა, ოთახში ტემპერატურა 25^0C-ია. ჩათვალეთ, რომ ამ კონკრეტული ბიოქიმიური პროცესის ტემპერატურული კოეფიციენტია $\gamma = 2$. გამოთვალეთ, რამდენჯერ დაჩქარდა რძის გაფუჭების პროცესი და რამდენ დღეში ამჟავდება ის ოთახის ტემპერატურაზე.

ამოხსნა:

ტემპერატურის ცვლილება: $\Delta t = 25^0 - 5^0 = 20^0$ C.
მოცემული ტემპერატურული კოეფიციენტით ($\gamma = 2$), ტემპერატურის 20^0C-ით გაზრდისას, რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება

$$2^{\frac{20}{10}} = 4\text{-ჯერ}$$

რადგან პროცესი 4-ჯერ დაჩქარდა, შენახვის დრო 4-ჯერ შემცირდება.
8/4 = **2 დღე.**

II ჯგუფი – სიტუაცია 2

? უმი ხორცი საყინულეში -15^0C ტემპერატურაზე უსაფრთხოდ ინახება 162 დღის განმავლობაში. პროდუქტი გასადნობად დატოვეს სამზარეულოს მაგიდაზე, ოთახის ტემპერატურაზე (25^0C). ჩათვალეთ, ტემპერატურული კოეფიციენტია $\gamma = 3$. გამოთვალეთ, რამდენჯერ დაჩქარდა ქიმიური პროცესები და რამდენ დღეში გაფუჭდება ხორცი ოთახის ტემპერატურაზე.

ამოხსნა:

ტემპერატურის ცვლილება: $\Delta t = 25^0 - (-15^0) = 40^0C$.

მოცემული ტემპერატურული კოეფიციენტით ($\gamma = 3$), ტემპერატურის 40^0C-ით გაზრდისას, რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება

$$3^{\frac{40}{10}} = 81\text{-ჯერ}$$

რადგან პროცესი 81-ჯერ დაჩქარდა, შენახვის დრო შემცირდება 162/81 = **2 დღემდე.**

III ჯგუფი – სიტუაცია 3

? უმი ხორცი საყინულეში -15^0C ტემპერატურაზე უსაფრთხოდ ინახება 162 დღის განმავლობაში. ხორცი გადაიტანეს მაცივრის ქვედა განყოფილებაში, სადაც ტემპერატურა 5^0C-ია. ჩათვალეთ, რომ ტემპერატურული კოეფიციენტია $\gamma = 3$. გამოთვალეთ, რამდენჯერ დაჩქარდა ქიმიური პროცესები და რამდენ დღეში გაფუჭდება ხორცი მაცივრის ქვედა განყოფილებაში.

ამოხსნა:

ტემპერატურის ცვლილება: $\Delta t = 5^0 - (-15^0) = 20^0C$.

მოცემული ტემპერატურული კოეფიციენტით ($\gamma = 3$), ტემპერატურის 40^0C-ით გაზრდისას, რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება

$$3^{\frac{20}{10}} = 9\text{-ჯერ}$$

რადგან პროცესი 9-ჯერ დაჩქარდა, შენახვის დრო შემცირდება 162/9 = **18 დღემდე.**

შენიშვნა (მოსწავლეებისთვის): მიუხედავად იმისა, რომ ვანტ-ჰოფის განტოლება მათემატიკურად ზუსტად აღწერს ტემპერატურის ცვლილების გავლენას ქიმიურ კინეტიკაზე, რეალურ ცხოვრებაში უმი ხორცი ოთახის ტემპერატურაზე 2 დღეზე გაცილებით სწრაფად (რამდენიმე საათში) ხდება საკვებად უვარგისი. ეს გამოწვეულია მიკროორგანიზმებისა და ბაქტერიების სწრაფი გამრავლებით, რაც პროდუქტის გაფუჭებას აჩქარებს.

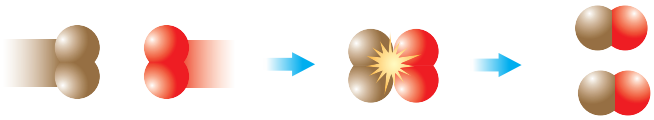
აქტივობა 4 „მოლეკულების შეჯახების მოდელირება და ენერგეტიკული ბარიერი“ (დამატებითი)

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა შეჯახებათა თეორიისა და როლური სიმულაციის/მოდელირების საშუალებით გაანალიზონ ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის მექანიზმი, ტემპერატურის გავლენა რეაქციის სიჩქარეზე და აქტივაციის ენერგიის როლი ეფექტური შეჯახებების განხორციელებაში.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი აძლევს მასალას და დაფაზე გამოსახავს შეჯახებათა თეორიის თანახმად მოლეკულათა სწორ და არასწორ ორიენტაციებს და ხნის, შეჯახებათა თეორიის თანახმად, აზოტისა და ჟანგბადის მოლეკულებს შორის ქიმიური რეაქცია რომ

წარიმართოს და წარმოიქმნას აზოტის მონოქსიდი (NO), მხოლოდ შეჯახება საკმარისი არ არის. მოლეკულებს უნდა ჰქონდეს საკმარისი ენერგია და, რაც მთავარია, სწორი სივრცული ორიენტაცია. ხსნის, თუ როდის არის შეჯახება ეფექტური და როდის – არა.

სწორი ორიენტაცია (ეფექტური შეჯახება)

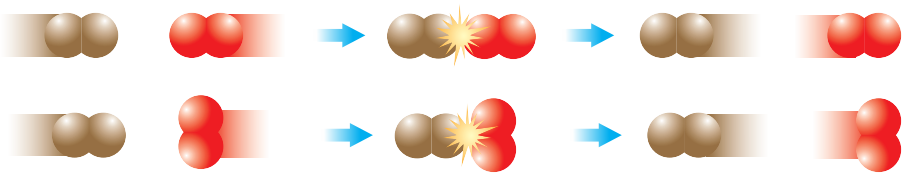


სწორი ორიენტაცია

იმისათვის, რომ რეაქცია წარიმართოს და ორი 2NO მოლეკულა წარმოიქმნას, აზოტისა და ჟანგბადის მოლეკულები ერთმანეთს უნდა დაეჯახონ პარალელურად.

აზოტის ორივე ატომი ერთდროულად კონტაქტში შედის ჟანგბადის ორ ატომთან. ძველი ბმები (N≡N) და O=O) იწყებს გაწყვეტას, ხოლო მათ პარალელურად წარმოიქმნება ორი ახალი (N=O) ბმა. რეაქცია წარმატებით სრულდება.

არასწორი ორიენტაცია (არაეფექტური შეჯახება)

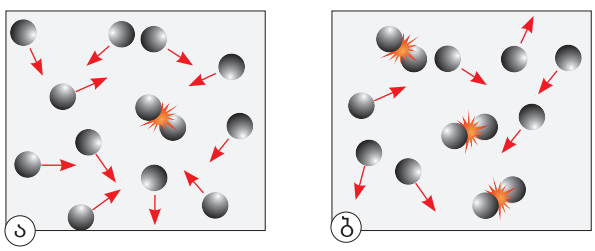


არასწორი ორიენტაცია

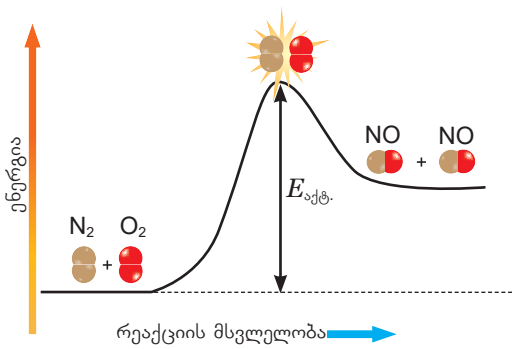
თუ მოლეკულები ერთმანეთს არახელსაყრელი კუთხით ეჯახებიან, რეაქცია არ წარიმართება, იმ შემთხვევაშიც კი, თუ მათ საკმარისი კინეტიკური ენერგია აქვთ. მოლეკულები უბრალოდ აირეკლებიან ერთმანეთისგან.

მოლეკულები ერთმანეთს ეჯახებიან ერთ ხაზზე. ამ დროს მხოლოდ ერთი N ატომი ეხება ერთ O ატომს, რაც არ არის საკმარისი ორივე მოლეკულის დასაშლელად. ერთი მოლეკულა მეორეს შუაში ეჯახება. არც ეს ქმნის სათანადო პირობებს ორი ახალი ბმის ერთდროულად წარმოსაქმნელად.

მოსწავლეები ასევე აკვირდებიან სახელმძღვანელოს სურათებს (სურ. 3 და სურ. 4). მასწავლებელი სთავაზობს როლურ თამაშს/მოდელირებას: მოსწავლეების ნაწილი განასახიერებს მოლეკულებს. დაბალ ტემპერატურაზე ისინი ნელა მოძრაობენ და მათი შეჯახება ეფექტური არ არის. ტემპერატურის მატებისას მოძრაობა ჩქარდება. მასწავლებელი შემოიტანს „აქტივაციის ენერგიის“ (ბარიერის) ცნებას.



სურ. 3. ტემპერატურის გავლენა ნაწილაკების შეჯახებათა სიხშირეზე (ა) დაბალ ტემპერატურაზე, (ბ) ტემპერატურის გაზრდისას



სურ. 4. აზოტისა და ჟანგბადის ურთიერთქმედების ენერგეტიკული დიაგრამა

დიფერენცირებული მიდგომა (სირთულის მიხედვით):

დონე 1 (საბაზისო): მოსწავლეები ხსნიან, რატომ იზრდება რეაქციის სიჩქარე ტემპერატურის მატებისას ნაწილაკების შეჯახების სიხშირის ზრდით.

დონე 2 (საშუალო): მოსწავლეები გრაფიკზე (სურ. 4) აჩვენებენ, რა არის აქტივაციის ენერგია (აქტ.) და რატომ არ სრულდება ყოველი შეჯახება რეაქციით.

დონე 3 (გაფართოებული): მოსწავლეები აანალიზებენ აზოტისა და ჟანგბადის მაგალითს – რატომ სჭირდება აზოტის მოლეკულის სამმაგი ბმის გაწყვეტას განსაკუთრებით მაღალი ენერგია (315 კჯ/მოლი) და რა მოხდებოდა, ეს ბარიერი რომ არ არსებობდეს.

პასუხები

დონე 1 (საბაზისო)

საკითხი: რეაქციის სიჩქარის ზრდა ტემპერატურის მატებასთან ერთად.

- **განმარტება:** ტემპერატურის მომატებისას იზრდება ნაწილაკების (მოლეკულების) კინეტიკური ენერგია, რის გამოც ისინი უფრო სწრაფად იწყებენ მოძრაობას (**სურ. 3ბ**).
- სწრაფი მოძრაობის შედეგად, დროის ერთეულში **იზრდება ნაწილაკების შეჯახებათა სიხშირე** (რაოდენობა).
- რაც უფრო ხშირად ეჯახებიან მოლეკულები ერთმანეთს, მით მეტია ეფექტური შეჯახების ალბათობა, რაც პირდაპირ ზრდის ქიმიური რეაქციის სიჩქარეს.

დონე 2 (საშუალო)

საკითხი: აქტივაციის ენერგია ($E_{აქტ}$) და არაეფექტური შეჯახებები.

- **აქტივაციის ენერგია ($E_{აქტ}$):** ეს არის ენერგიის მინიმალური ოდენობა (ენერგეტიკული ბარიერი), რომელიც სჭირდებათ მორეგირე ნივთიერებებს (N_2 და O_2), რათა გაწყდეს არსებული ქიმიური ბმები და დაიწყოს რეაქცია (სურ. 4). გრაფიკზე ეს არის განსხვავება საწყისი ნივთიერებების ენერგიის დონესა და გარდამავალი მდგომარეობის (პიკის) ენერგიას შორის.

რატომ არ სრულდება ყოველი შეჯახება რეაქციით:

- **არასაკმარისი ენერგია:** ყველა შეჯახებულ მოლეკულას არ გააჩნია საკმარისი კინეტიკური ენერგია ენერგეტიკული ბარიერის ($E_{აქტ}$) გადასალახავად.
- **არასწორი სივრცითი ორიენტაცია:** მოლეკულები შეჯახებისას სივრცეში ხელსაყრელი კუთხით უნდა იყვნენ მიმართულნი, რათა ძველი ბმების გაწყვეტა და ახლის წარმოქმნა მოხერხდეს.

დონე 3 (გაფართოებული)

საკითხი: აზოტის სამმაგი ბმა, მაღალი ენერგეტიკული ბარიერი და მისი მნიშვნელობა.

- **სამმაგი ბმის სიმტკიცე:** აზოტის მოლეკულაში (N_2) აზოტის ატომები დაკავშირებულია ძალიან მტკიცე **სამმაგი კოვალენტური ბმით** (N≡N). ამ ბმის გაწყვეტას სჭირდება განსაკუთრებით მაღალი ენერგია, რის გამოც რეაქციას აქვს მაღალი აქტივაციის ბარიერი.

რა მოხდებოდა, ეს ბარიერი რომ არ არსებობდეს:

- ეს ენერგეტიკული ბარიერი რომ არ არსებობდეს (ან ძალიან დაბალი იყოს), დედამიწის ატმოსფეროში არსებული აზოტი (N_2) და ჟანგბადი (O_2) ოთახის ტემპერატურაზეც კი **მყისიერად შევიდოდნენ რეაქციაში**.
- ატმოსფეროში წარმოიქმნებოდა აზოტის ტოქსიკური ოქსიდები (NO, NO_2).
- NO_2 ჰაერის ტენთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნის მჟავებს (მჟავა წვიმებს), ატმოსფეროში დაიხარჯებოდა სიცოცხლისთვის საჭირო ჟანგბადი და დედამიწაზე **არსებული ფორმით სიცოცხლე შეუძლებელი გახდებოდა**.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 3 **„კრიოგენული ტექნოლოგიები მედიცინაში“** (რეალურ ცხოვრებასთან კავშირი)

აქტივობის მიზანი: არგუმენტირებული მსჯელობის უნარის განვითარება და ქიმიის ყოფა-ცხოვრებასთან დაკავშირება.

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები ეცნობიან ტექსტს თხევად აზოტში (–196^{0}C) ბიოლოგიური მასალის შენახვის (კრიოპრეზერვაციის) შესახებ.

მასწავლებლის კითხვები
დეკლარატიული კითხვა:

? რა ტემპერატურაზე ინახება ღეროვანი უჯრედები ან კვერცხუჯრედები კრიოგენულ ავზებში?

სავარაუდო პასუხი:
ბიოლოგიური მასალა (ღეროვანი უჯრედები, კვერცხუჯრედები, სპერმატოზოიდები) კრიოგენულ ავზებში ინახება თხევადი აზოტის გარემოში, –196°C ტემპერატურაზე.

პროცედურული კითხვა:

? ვანტ-ჰოფის წესზე დაყრდნობით, ახსენით, როგორ იცვლება უჯრედში მეტაბოლური პროცესების (ქიმიური რეაქციების) სიჩქარე ასეთ დაბალ ტემპერატურაზე?

სავარაუდო პასუხი:

- ვანტ-ჰოფის წესის თანახმად, ტემპერატურის ყოველი 10°C-ით შემცირებისას ქიმიური რეაქციის სიჩქარე 2-4-ჯერ მცირდება. სხეულის ნორმალური ტემპერატურიდან (~37°C) –196°C-მდე გაციებისას, ტემპერატურათა შორის სხვაობა იმდენად დიდია (230 გრადუსზე მეტი), რომ უჯრედში მიმდინარე მეტაბოლური პროცესებისა და ნებისმიერი ქიმიური რეაქციის სიჩქარე ეცემა და პრაქტიკულად **ნულს უტოლდება**. ამ ტემპერატურაზე ქიმიური პროცესები სრულად ჩერდება.

პირობისეული კითხვა:

? რატომ არის შესაძლებელი უჯრედების სასიცოცხლო ფუნქციების განუსაზღვრელი ვადით შენარჩუნება ამ მეთოდით და როგორ ეხმარება ეს მედიცინას?

სავარაუდო პასუხი:

- ვინაიდან –196°C-ზე ყველა ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესი (მათ შორის დაბერება და უჯრედის კვდომა) შეჩერებულია, უჯრედი თავის სტრუქტურასა და პოტენციალს დროში „აკონსერვებს“ და დაუზიანებლად ინახება გალღობამდე.
- ეს მეთოდი მედიცინაში უმნიშვნელოვანესია, რადგან ექიმებს ეძლევათ ბიოლოგიური მასალის მომავლისთვის შენახვის შესაძლებლობა. მაგალითად: რეპროდუქციული უჯრედების შენახვა ინ ვიტრო განაყოფიერებისთვის; ასევე, ღეროვანი უჯრედების ან ჭიპლარის სისხლის შენახვა, რაც მომავალში ონკოლოგიური (მაგ. ლეიკემია) ან გენეტიკური დაავადებების სამკურნალოდ გამოიყენება.

აქტივობა 4 შეჯამება

აქტივობის მიზანი: შემოწმება, რამდენად კარგად აითვისეს მოსწავლეებმა პარაგრაფში გადმოცემული მასალა.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი ურიგებს მოსწავლეებს სამუშაო ფურცლებს (იხ. დანართი) და სთხოვს მოსწავლეებს უპასუხონ თეორიულ შეკითხვებს და აწარმოონ რაოდენობითი გამოთვლები

მოსწავლის სამუშაო ფურცელი კითხვებითა და სავარაუდო პასუხებით

ნაწილი I: თეორიული გააზრება

1. **შეავსეთ გამოტოვებული ადგილი:**

   ვანტ-ჰოფის წესის თანახმად, ტემპერატურის ყოველი 10^{0}C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე იზრდება ____ჯერ.

პასუხი: ტემპერატურის ყოველი 10^{0}C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე იზრდება **2-4-ჯერ**.

2. **განმარტეთ ტერმინი:** რა არის აქტივაციის ენერგია და როგორ მოქმედებს იგი რეაქციის სიჩქარეზე?

პასუხი: აქტივაციის ენერგია მინიმალური ენერგიაა, რომელიც უნდა გააჩნდეს ნაწილაკს ეფექტური შეჯახებისა და ქიმიური გარდაქმნის განსახორციელებლად. რაც უფრო მცირეა აქტივაციის ენერგია, მით მაღალია რეაქციის სიჩქარე.

3. **აზრობრივი ამოცანა:** რატომ არ მიმდინარეობს წყალბადსა და ჟანგბადს შორის წყლის წარმოქმნის რეაქცია 25^{0}C-ზე, ხოლო 700^{0}C-ზე იგი აფეთქებით მთავრდება?

პასუხი: 700^{0}C-ზე მკვეთრად იზრდება აქტიურ მოლეკულათა რაოდენობა, რაც იწვევს ეფექტურ შეჯახებათა მკვეთრ ზრდას და პროცესის აფეთქებით წარმართვას.

ნაწილი II: გამოთვლითი დავალებები

? 1. ტემპერატურის 60^{0}C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე გაიზარდა 64-ჯერ. გამოთვალეთ რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი (γ).



$$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

$$64 = \gamma^{\frac{60}{10}} = \gamma^3$$

$$\gamma = 2$$

? 2. 50^{0}C ტემპერატურაზე ქიმიური რეაქცია მთავრდება 120 წამში. რამდენ წამში დამთავრდება ეს რეაქცია 70^{0}C-ზე, თუ ტემპერატურული კოეფიციენტი $\gamma = 2$?



ტემპერატურის ცვლილება $\Delta t = 70^0\text{C} - 50^0\text{C} = 20^0\text{C}$.
სიჩქარის გაიზარდა

$$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = 2^{\frac{20}{10}} = 2^2 = 4\text{-ჯერ}$$

რადგან დრო სიჩქარის უკუპროპორციულია, რეაქციის ხანგრძლივობა შემცირდება 4-ჯერ და დამთავრდება:

$$\frac{120}{4} = 30 \text{ წმ-ში.}$$

? 3. 50^{0}C ტემპერატურაზე რეაქციის სიჩქარეა 0,9 მოლი/ლ·წმ. იპოვეთ რეაქციის სიჩქარე 0^{0}C-ზე, თუ $\gamma = 3$.



ტემპერატურის ცვლილება $\Delta t = 0^0\text{C} - 50^0\text{C} = -50^0\text{C}$.
სიჩქარის შემცირება:

$$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = 3^{\frac{-50}{10}} = 3^{-5} = \frac{1}{243}.$$

სიჩქარე შემცირდება 243-ჯერ და გახდება

$$\upsilon_{t_2} = \frac{0{,}9}{243} = 0{,}0037 \text{ მოლი/ლ·წმ.}$$

მოსწავლის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: _____ / _____ / _____

ნაწილი I: თეორიული გააზრება

1. შეავსეთ გამოტოვებული ადგილი:

ვანტ-ჰოფის წესის თანახმად, ტემპერატურის ყოველი 10^{0}C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე იზრდება ____ჯერ.

2. განმარტეთ ტერმინი:

რა არის **აქტივაციის ენერგია** ($E_{აქტ}$) და როგორ მოქმედებს იგი რეაქციის სიჩქარეზე?

_____

_____

3. აზრობრივი ამოცანა:

რატომ არ მიმდინარეობს წყალბადსა და ჟანგბადს შორის წყლის წარმოქმნის რეაქცია 25^{0}C-ზე, ხოლო 700^{0}C-ზე იგი აფეთქებით მთავრდება?

_____

_____

ნაწილი II: გამოთვლითი დავალებები

ამოცანა 1. ტემპერატურის 25^{0}C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე გაიზარდა 64-ჯერ. გამოთვალეთ რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი (γ).

_____

_____

_____

ამოცანა 2. 50^{0}C ტემპერატურაზე ქიმიური რეაქცია მთავრდება 120 წამში. რამდენ წამში დამთავრდება ეს რეაქცია 70^{0}C-ზე, თუ ტემპერატურული კოეფიციენტი γ = 2?

_____

_____

_____

ამოცანა 3. 50^{0}C ტემპერატურაზე რეაქციის სიჩქარეა 0,9 მოლი/ლ·წმ. იპოვეთ რეაქციის სიჩქარე 0^{0}C-ზე, თუ γ = 3.

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

ანალიტიკური შეფასების რუბრიკა

შეფასების კრიტერიუმი	მაღალი დონე (3-4 ქულა)	საშუალო დონე (2 ქულა)	დაბალი დონე (1 ქულა)
თეორიული ცნებების გააზრება	უშეცდომოდ განმარტავს ვანტ-ჰოფის წესს, აქტივაციის ენერგიასა და ტემპერატურულ კოეფიციენტს.	განმარტავს ცნებებს, თუმცა უშვებს მცირე უზუსტობებს ან ხარვეზებს განმარტებებში.	ვერ განმარტავს ძირითად ქიმიურ ცნებებს ან დაშვებული აქვს არსებითი შეცდომები.
შინაარსობრივი მსჯელობა და ანალიზი	სიღრმისეულად და ლოგიკურად ასაბუთებს ტემპერატურის გავლენას მოლეკულების შეჯახებასა და ენერგეტიკულ ბარიერზე.	მსჯელობა ზედაპირულია, თუმცა ძირითადი მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები სწორად აქვს გააზრებული.	ვერ აკავშირებს ტემპერატურის ცვლილებას მოლეკულურ დონეზე მიმდინარე პროცესებთან.
მათემატიკური გამოთვლები	სწორად იყენებს ვანტ-ჰოფის ფორმულას; ამოხსნის მსვლელობა, სიდიდეების ერთეულები და პასუხები ზუსტია.	ფორმულას იყენებს სწორად, თუმცა უშვებს მცირე გამოთვლით ან არითმეტიკულ შეცდომას.	ვერ იყენებს ვანტ-ჰოფის ფორმულას ან ამოხსნის მსვლელობა სრულიად მცდარია.
დავალების ორგანიზება	ნამუშევარი სტრუქტურულად გამართულია, პასუხები მკაფიოდ და თანმიმდევრულად არის ჩამოყალიბებული.	ნამუშევარი ნაწილობრივ ორგანიზებულია, პასუხები ადგილ-ადგილ არათანმიმდევრულია.	ნამუშევარი ქაოსურია და მსჯელობის მიყოლა გაძნელებულია.

შენიშვნა მასწავლებლისთვის: ქულების მაქსიმალური რაოდენობაა 16. მიღებული ქულები შესაძლებელია გადაიყვანოთ 10-ბალიან შეფასების სისტემაში შესაბამისი პროპორციით.

საშინაო აქტივობა — პასუხებით

1. ტემპერატურის 30°C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე გაიზარდა 64-ჯერ. გამოთვალეთ, რამდენჯერ გაიზრდება ამ რეაქციის სიჩქარე ტემპერატურის 10°C-ით გაზრდისას.



ამოხსნა:

მოც.:

$\Delta t = 30^0C$

$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = 64$

$\gamma = ?$

$$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = \gamma^3$$

$$\gamma^3 = 64$$

$$\gamma = 4$$

2. 50°C-ზე რეაქცია მთავრდება 125 წამში ($\gamma = 3$), 70°C-ზე რეაქცია რამდენ წამში დამთავრდება?



ტემპერატურის $70 - 50 = 20^0C$-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება

$$\frac{\upsilon_{70^0}}{\upsilon_{50^0}} = 3^{\frac{70-50}{10}} = 3^2 = 9\text{-ჯერ.}$$

რადგან სიჩქარე გაიზარდა 9-ჯერ, რეაქციის მიმდინარეობის დრო შემცირდება 9-ჯერ და დამთავრდება $\frac{125 \text{ წმ}}{9} = 13{,}89$ წმ-ში.

3. 30°C ტემპერატურაზე რეაქციის სიჩქარეა 0,4 მოლი/ლ·წმ. გამოთვალეთ, როგორი იქნება ამ რეაქციის სიჩქარე 0°C-ზე, თუ ტემპერატურის 10°C-ით აწევისას იგი იზრდება 3-ჯერ.



ამოხსნა:

მოც.:

$\upsilon_{30^0C} = 0{,}4$ მოლი/ლ·წმ

$\gamma = 3$

$\upsilon_{0^0C} = ?$

$$\frac{\upsilon_{0^0C}}{\upsilon_{30^0C}} = 2^{\frac{0-30}{10}} = 3^{-3} = \frac{1}{27}$$

ტემპერატურის 30°C-დან 0°C-მდე შემცირებისას რეაქციის სიჩქარე მცირდება 27-ჯერ და გახდება:

$\upsilon_{0^0C} = 0{,}4$ მოლი/ლ·წმ $\cdot \frac{1}{27} =$ **0,0148 მოლი/ლ·წმ.**

2.2.4. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე კატალიზატორის გავლენა

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი II: ქიმიური კინეტიკა

პარაგრაფი: 2.2.4. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე კატალიზატორის გავლენა.

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი; მდგრადი წარმოება, მოხმარება.

საკვანძო კითხვა: როგორ შეუძლია ნივთიერებას შეცვალოს რეაქციის სიჩქარე ისე, რომ თავად პროცესის ბოლოს უცვლელი დარჩეს და რა როლი აქვს ამ მოვლენას ცოცხალ ორგანიზმებსა თუ მრეწველობაში?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე განმარტავს კატალიზატორის არსს და მის გავლენას აქტივაციის ენერგიაზე;
- ერთმანეთისგან ასხვავებს ჰომოგენურ და ჰეტეროგენულ კატალიზს;
- აცნობიერებს და არგუმენტირებულად მსჯელობს ფერმენტების (ბიოკატალიზატორების) სპეციფიკურობასა და ტემპერატურულ დამოკიდებულებაზე ცოცხალ სისტემებში.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები**

აქტივობის მიზანი: რეაქციის სიჩქარეზე უკვე ნასწავლი ფაქტორების (კონცენტრაცია, ტემპერატურა, შეხების ზედაპირი) დამოკიდებულების გახსენება.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი კლასს ახსენებს კონკრეტული მაგალითით სხვადასხვა ფაქტორების გავლენას რეაქციის სიჩქარეზე. მარმარილოს ნატეხი მარილმჟავასთან ურთიერთქმედებს შემდეგნაირად:

$$CaCO_3(მყ.) + 2HCl(ხს.) \rightarrow CaCl_2(მყ.) + H_2O(თხ.) + CO_2(ა.)$$

სვამს კითხვებს:

? როგორ შიცვლება რეაქციის სიჩქარე, თუ

ა) გავზრდით ტემპერატურას;
ბ) განვაზავებთ მჟავას;
გ) მარმარილოს ნატეხებს კიდევ უფრო დავაქუცმაცებთ.

პასუხი:

ა) ტემპერატურის გაზრდით რეაქციის სიჩქარე გაიზრდება;
ბ) მჟავას განზავებით მისი კონცენტრაცია შემცირდება, შესაბამისად რეაქციის სიჩქარეც შემცირდება;
გ) $CaCO_3$-ის დანაწევრებით შეხების ზედაპირი გაიზრდება, შესაბამისად, რეაქციის სიჩქარეც გაიზრდება.

აქტივობა 2 პრობლემური სიტუაცია

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებში იმ წარმოდგენის შექმნა, რომ რეაქციის აჩქარება შესაძლებელია ტემპერატურის გაზრდის გარეშეც (რაც კრიტიკულია ცოცხალი ორგანიზმებისთვის).

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი კლასს უყვება რეალურ ამბავს: წყალბადის პეროქსიდი (H_2O_2) ოთახის ტემპერატურაზე უკიდურესად ნელა იშლება. თუმცა, თუ მას ჭრილობაზე დავისხამთ, მომენტალურად იწყება მისი დაშლა და აირის გამოყოფა.

სადისკუსიო კითხვები:

? რა ნივთიერება ხვდება პეროქსიდს სისხლსა თუ ქსოვილებში, რომელიც ამ პროცესს ასე აჩქარებს?

სავარაუდო პასუხი:

ეს ნივთიერება არის კატალაზა – ფერმენტი (ბიოლოგიური კატალიზატორი), რომელიც უხვად არის სისხლსა და ცოცხალ ქსოვილებში. კატალაზა მყისიერად შლის წყალბადის პეროქსიდს წყლად და თავისუფალ ჟანგბადად. სწორედ გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტუკები იწვევს ჭრილობაზე სითხის ინტენსიურ აქაფებას.

? თუ ჭრილობასთან რეაქციის შემდეგ დარჩენილ სითხეს შევამოწმებთ, დაგვხვდება თუ არა მასში ისევ ის ნივთიერება, რომელმაც რეაქცია აჩქარა?

სავარაუდო პასუხი:

დიახ, დაგვხვდება. რადგან კატალაზა ასრულებს კატალიზატორის როლს, მისი მთავარი თვისებაა, რომ მონაწილეობს რეაქციის დაჩქარებაში, მაგრამ თავად არ იხარჯება და არ იცვლება რეაქციის პროცესში. შესაბამისად, რეაქციის დასრულების შემდეგ დარჩენილ სითხეში (რომელიც ძირითადად წარმოქმნილი წყალია) კატალაზა კვლავ საწყისი სახით და რაოდენობით იქნება.

კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 3 ექსპერიმენტი – კეთებით სწავლება

აქტივობის მიზანი: ქიმიური რეაქციის სიჩქარის შეცვლა სხვადასხვა კატალიზატორის თანაობისას.

აქტივობის აღწერა: დაკვირვება წყალბადის პეროქსიდის დაშლის რეაქციაზე სხვადასხვა კატალიზატორის თანაობისას.

მოსწავლეები ატარებენ ექსპერიმენტს და ავსებენ ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელს (იხილეთ დანართი).

ექსპერიმენტი

ექსპერიმენტის მიზანი:

დაკვირვება წყალბადის პეროქსიდის დაშლის რეაქციაზე სხვადასხვა კატალიზატორის თანაობისას

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:
წყალბადის პეროქსიდის10%-იანი ხსნარი (H_2O_2); მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდი (MnO_2); რკინა(II)-ის ქლორიდის წყალხსნარი ($FeCl_2$); მშრალი აქტიური საფუარი	ქიმიური ჭიქა 4 ცალი; სპირტქურა; მბჟუტავი კვარი; შპატელი; საზომი ცილინდრი

ცდის მსვლელობა:

აიღეთ ოთხი ერთნაირი ზომის ქიმიური ჭიქა და თითოეულში ჩაასხით 10 მლ წყალბადის პეროქსიდის ხსნარი.

ცდა 1. (სურ.1) პირველ ჭიქაში შეიტანეთ მბჟუტავი კვარი. ჭიქაში წყალბადის პეროქსიდის დაშლა ნელა მიმდინარეობს, ამიტომ არ დაგროვდება იმდენი ჟანგბადი, რომ მბჟუტავი კვარის ანთება გამოიწვიოს.

ცდა 2. (სურ. 2) მეორე ჭიქაში ჩაასხით 2 მლ რკინა(II)-ის ქლორიდის ხსნარი. წყალბადის პეროქსიდის დაშლა სწრაფად წარიმართება და დაგროვილი ჟანგბადი გამოიწვევს მბჟუტავი კვარის ანთებას.



სურ. 1. წყალბადის პეროქსიდის დაშლა უკატალიზატოროდ



სურ. 2. წყალბადის პეროქსიდის დაშლა კატალიზატორის – რკინა(II)-ის ქლორიდის – თანაობისას

ცდა 3. (სურ. 3) მესამე ჭიქაში ჩაყარეთ მცირე რაოდენობით მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის ფხვნილი. წყალბადის პეროქსიდის დაშლა იმდენად სწრაფად მოხდება, რომ მბჟუტავი კვარი სწრაფად აალდება.

ცდა 4. (სურ. 4) მეოთხე ჭიქაში ჩაყარეთ მცირე რაოდენობით საფუარი.

წყალბადის პეროქსიდის ხსნარი აქაფდება ჟანგბადის ბუშტუკების სწრაფი გამოყოფის გამო.



სურ. 3. წყალბადის პეროქსიდის დაშლა კატალიზატორის – მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის – თანაობისას



სურ. 4. წყალბადის პეროქსიდის დაშლა ფერმენტ კატალაზას თანაობისას

ექსპერიმენტის ანალიზი:

მე-2 ჭიქაში – კატალიზურ აქტივობას ავლენს რკინა(II)-ის ქლორიდის ხსნარი;

მე-3 ჭიქაში – მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის ფხვნილი;

მე-4 ჭიქაში – საფუარის შემადგენლობაში შემავალი ფერმენტი – კატალაზა.
ფერმენტები ცოცხალ სისტემებში არსებული ცილოვანი ბუნების ბიოკატალიზატორებია.

ექსპერიმენტის შედეგები კარგად ასახავს ცხრილის მონაცემებს.

ცხრილი 1. H_2O_2-ის დაშლის რეაქციის ფარდობითი სიჩქარე სხვადასხვა კატალიზატორის თანაობისას

კატალიზატორი	რეაქციის ფარდობითი სიჩქარე 25°C-ზე
უკატალიზატოროდ	1
$FeCl_2$ (ჰომოგენური კატალიზი)	10^4
MnO_2 (ჰეტეროგენური კატალიზი)	10^5
ფერმენტი კატალაზა	10^{12}

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 4 ცნებების დიფერენციაცია და ექსპერიმენტის რეფლექსია

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა შეძლონ ჰომოგენური და ჰეტეროგენური კატალიზის მექანიზმების ერთმანეთისგან გამიჯვნა, ახალი ტერმინების (ინჰიბიტორი, პრომოტორი, შხამი) სისტემატიზაცია და ფერმენტების სპეციფიკის გააზრება.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი სვამს შეკითხვებს:

ექსპერიმენტის ანალიზი
გაიხსენეთ მე-2 ჭიქაში ($FeCl_2$-ის წყალხსნარი) და მე-3 ჭიქაში (MnO_2-ის ფხვნილი) მიმდინარე წყალბადის პეროქსიდის დაშლის პროცესები.

? ახსენით აგრეგატული მდგომარეობების მიხედვით, რატომ მიეკუთვნება პირველი ჰომოგენურ, ხოლო მეორე – ჰეტეროგენურ კატალიზს?

? **სავარაუდო პასუხი:**
მე-2 ჭიქაში წყალბადის პეროქსიდიც და $FeCl_2$-ის კატალიზატორიც თხევად მდგომარეობაშია (ხსნარებია), რაც ჰომოგენური კატალიზის მაგალითია. მე-3 ჭიქაში წყალბადის პეროქსიდის ხსნარს ემატება მყარი კატალიზატორი (MnO_2-ის ფხვნილი), რაც ჰეტეროგენური კატალიზია, რადგან ნივთიერებები სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაშია.

? როგორ შეიცვლება რეაქციის სიჩქარე მესამე ჭიქაში, თუ MnO_2-ის ფხვნილის ნაცვლად ერთ მთლიან ნატეხს გამოვიყენებთ? დააკავშირეთ პასუხი კატალიზატორის ზედაპირის ფართობთან.

⬇ **სავარაუდო პასუხი:**
მთლიანი ნატეხის გამოყენებისას რეაქციის სიჩქარე შემცირდება. ჰეტეროგენური კატალიზის სიჩქარე პირდაპირ კავშირშია კატალიზატორის შეხების ზედაპირის ფართობთან – რაც უფრო დაქუცმაცებულია იგი, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს რეაქცია.

ცნებების შედარებითი დახასიათება:

? რატომ იყენებენ კვების მრეწველობაში კატალიზატორების ნაცვლად ინჰიბიტორებს (კონსერვანტებს, ანტიოქსიდანტებს)? როგორ მოქმედებენ ისინი საკვების ვარგისიანობის ვადაზე?

სავარაუდო პასუხი:

კატალიზატორისგან განსხვავებით, ინჰიბიტორი მკვეთრად ამცირებს რეაქციის სიჩქარეს. კვების მრეწველობაში გამოყენებული კონსერვანტები და ანტიოქსიდანტები ანელებენ პროდუქტის დაჟანგვისა და გაფუჭების პროცესებს, რითაც ზრდიან შენახვის ვადას.

? ახსენით პრინციპული განსხვავება პრომოტორებსა და კატალიზური შხამებს შორის. რატომ იწვევს კატალიზური შხამები კატალიზატორის აქტივობის სპობას?

სავარაუდო პასუხი:

პრომოტორი აძლიერებს კატალიზატორის მოქმედებას, თუმცა თავად კატალიზატორს არ წარმოადგენს. კატალიზური შხამი კი სპობს ან ამცირებს კატალიზატორის აქტივობას, რადგან მასთან წარმოქმნის გაცილებით უფრო მდგრად ნაერთებს, ვიდრე უშუალოდ მორეაგირე ნივთიერებები.

ფერმენტების სპეციფიკის გააზრება:

? სახელმძღვანელოს ტექსტზე დაყრდნობით, გამოყავით ის მთავარი თვისებები, რითაც ბიოკატალიზატორები აღემატება არაორგანულ კატალიზატორებს. ყურადღება გაამახვილეთ რეაქციის აჩქარების მასშტაბზე.

სავარაუდო პასუხი:

ფერმენტები გაცილებით ეფექტურია და ქიმიურ რეაქციებს 10^{10}-10^{13}-ჯერ აჩქარებენ, მაშინ როცა არაორგანული კატალიზატორები რეაქციებს მხოლოდ რამდენიმე ათასჯერ აჩქარებენ. გარდა ამისა, ფერმენტები გამოირჩევიან მაღალი სპეციფიკურობით – მათი აღნაგობა ზუსტად შეესაბამება იმ ნივთიერების მოლეკულის სტრუქტურას, რომელზეც უნდა იმოქმედოს.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 5 რეაქციის სიჩქარის რეგულირება – სადისკუსიო კლუბი (ინტეგრირებული)

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა გააღრმავონ და განაზოგადონ ცოდნა ქიმიური რეაქციის სიჩქარის რეგულირების მექანიზმებზე (კატალიზატორები, პრომოტორები, კატალიზური შხამები) და შეძლონ თეორიული ცოდნის დაკავშირება სამრეწველო, ბიოლოგიურ, ეკოლოგიურ და ყოველდღიურ მოვლენებთან არგუმენტირებული დისკუსიის გზით.

შეკითხვა 1 (ინდუსტრიული კონტექსტი):

? ქიმიურ საწარმოებში, სადაც პროდუქციის მისაღებად კატალიზატორებს იყენებენ, აუცილებელია მორეაგირე ნივთიერებების წინასწარ, საგულდაგულოდ გასუფთავება. რა საფრთხეს შეიცავს დაუსუფთავებელი ნედლეულის გამოყენება კატალიზური პროცესისთვის?

სავარაუდო პასუხი:

დაუსუფთავებელი მორეაგირე ნივთიერებები შეიძლება შეიცავდეს მინარევებს, რომლებსაც კატალიზური შხამები ეწოდება (მაგალითად, დარიშხანის, ვერცხლისწყლის და ტყვიის ნაერთები). ეს შხამები კატალიზატორთან უფრო მდგრად ნაერთებს წარმოქმნის, ვიდრე თავად რეაგენტები, რაც იწვევს კატალიზატორის „მოწამვლას“ და მისი აქტივობის სრულ სპობას ან შემცირებას. წინასწარი გასუფთავება აგვაცილებს ამ პრობლემას.

შეკითხვა 2 (ყოველდღიური ცხოვრების კონტექსტი):

? სუპერმარკეტში შეძენილი საკვები პროდუქტების ეტიკეტზე ხშირად ვკითხულობთ, რომ ისინი შეიცავენ „კონსერვანტებსა“ და „ანტიოქსიდანტებს“. ქიმიური კინეტიკის ენაზე რომ ვთქვათ, რა ნივთიერებებია ისინი და რა არის მათი მთავარი დანიშნულება?

სავარაუდო პასუხი:

კონსერვანტები და ანტიოქსიდანტები წარმოადგენენ ინჰიბიტორებს. კატალიზატორისგან განსხვავებით, რომელიც აჩქარებს რეაქციას, ინჰიბიტორი მკვეთრად ამცირებს ქიმიური რეაქციის სიჩქარეს. კვების მრეწველობაში მათი დამატება ანელებს საკვების გაფუჭებისა და დაჟანგვის არასასურველ პროცესებს, რითაც იზრდება პროდუქტის შენახვის ვადა.

შეკითხვა 3 (ეკოლოგიური კონტექსტი):

? საავტომობილო კატალიზატორებში გამოიყენება ისეთი ძვირფასი მეტალები, როგორებიცაა პლატინა, პალადიუმი და როდიუმი. რატომ არის აუცილებელი მანქანებში ასეთი ძვირადღირებული მოწყობილობის არსებობა და რა ქიმიურ გარდაქმნებს უზრუნველყოფენ ისინი?

სავარაუდო პასუხი:

ავტომობილის გამონაბოლქვი შეიცავს გარემოსთვის საშიშ, ტოქსიკურ ნივთიერებებს – მხუთავ აირს (CO), აზოტისა და გოგირდის ოქსიდებს და რეაქციაში შეუსვლელ ნახშირწყალბადებს. ჰეტეროგენური კატალიზატორები ავტომობილის ძრავიდან გამონაბოლქვ აირებს გარდაქმნის უვნებელ ნივთიერებებად: ნახშირორჟანგად (CO_2), წყლად (H_2O), აზოტად (N_2) და ჟანგბადად (O_2). ამის გარეშე, ატმოსფეროში ტოქსიკური ნივთიერებების კონცენტრაცია კრიტიკულად გაიზრდებოდა.

შეკითხვა 4 (ბიოლოგიური კონტექსტი):

? ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიური რეაქციების უმრავლესობა ფერმენტების (ბიოკატალიზატორების) მონაწილეობით ხორციელდება. ახსენით, რატომ არის ადამიანის ჯანმრთელობისთვის უკიდურესად სახიფათო სხეულის ტემპერატურის 40°C-ზე მაღლა აწევა?

სავარაუდო პასუხი:

ფერმენტები ცილოვანი ბუნების ნივთიერებებია და მათი კატალიზური აქტივობა მაქსიმალურია სხეულის ნორმალურ ტემპერატურაზე, დაახლოებით 37°C-ზე. 40°C-ზე მაღალი ტემპერატურა იწვევს ცილის სტრუქტურის რღვევას (დენატურაციას), რის გამოც ფერმენტები კარგავენ კატალიზურ უნარს. შედეგად, სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ბიოქიმიური რეაქციები ორგანიზმში ჩერდება, რაც სიცოცხლეს საფრთხეს უქმნის.

შეკითხვა 5 (სიღრმისეული გააზრებისთვის):

? რკინის კატალიზური მოქმედების გასაძლიერებლად ხშირად ამატებენ კალიუმის ან ალუმინის ოქსიდებს, მიუხედავად იმისა, რომ თავად ამ ოქსიდებს დამოუკიდებლად კატალიზური აქტივობა არ გააჩნია. რა ეწოდება ასეთ ნივთიერებებს და რა არის მათი ფუნქცია?

სავარაუდო პასუხი:

ასეთ ნივთიერებებს პრომოტორები ეწოდება. პრომოტორები თავად არ წარმოადგენენ მოცემული რეაქციის კატალიზატორებს, თუმცა მათი დამატება აძლიერებს ძირითადი კატალიზატორის (ამ შემთხვევაში, რკინის) მოქმედებას და ზრდის კატალიზური პროცესის საერთო ეფექტურობას.

შეფასების რუბრიკა (SOLO ტაქსონომიის მიხედვით)

საკითხი: ქიმიური კინეტიკა, კატალიზატორები, ინჰიბიტორები, კატალიზური შხამები, პრომოტორები, ფერმენტები და დენატურაცია.

მიზანი: რეალურ კონტექსტებში (სამრეწველო, ყოფითი, ეკოლოგიური, ბიოლოგიური) ქიმიური რეაქციის სიჩქარის რეგულირების მექანიზმების გააზრება და არგუმენტირებული მსჯელობა.

სოლო ტაქსონომიის დონეები	სოლო ტაქსონომიის დონის აღწერა
დონე 1 **პრესტრუქტურული** მოსწავლეს საერთოდ ვერ გაუაზრებია საკითხი, იყენებს შეუსაბამო, არარელევანტურ ინფორმაციას ან/და საერთოდ აცდენილია საკითხს.	მოსწავლეს არ აქვს წარმოდგენა კატალიზატორებისა და რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორების შესახებ; პასუხები არასწორია ან აცდენილია შინაარსს. • ვერ განასხვავებს კატალიზატორს და რეაგენტს (მაგ., თვლის, რომ კატალიზატორი რეაქციაში იხარჯება ან პროდუქტად გარდაიქმნება). • ვერ ხსნის ტემპერატურის გავლენას ბიოლოგიურ პროცესებზე ან ფიქრობს, რომ ტემპერატურის მატება ყოველთვის უსასრულოდ აჩქარებს რეაქციას.
დონე 2 **უნისტრუქტურული** მოსწავლეს შეუძლია მხოლოდ ერთი ასპექტის განხილვა და მარტივი, აშკარა/ცხადი კავშირების დამყარება. მოსწავლეს შეუძლია ტერმინოლოგიის გამოყენება, ზეპირად გადმოცემა (გახსენება), მარტივი ინსტრუქციების/ ალგორითმების შესრულება; პარაფრაზირება, ამოცნობა, დასახელება ან დათვლა.	მოსწავლე ასახელებს მხოლოდ ერთ იზოლირებულ ფაქტს ან მარტივ ცნებას, ვერ ამყარებს კავშირებს. • იცის, რომ კატალიზატორი აჩქარებს რეაქციას, ხოლო ინჰიბიტორი ანელებს მას (თუმცა ვერ ახსნის მოქმედების მექანიზმს). • იცის, რომ კონსერვანტები ინახავს საჭმელს, • ან რომ მაღალი სიცხისას (40°C) ადამიანი ავად ხდება.
დონე 3 **მულტისტრუქტურული** მოსწავლეს შეუძლია რამდენიმე ასპექტის განხილვა განცალკევებულად, ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. მას შეუძლია ჩამოთვლა, აღწერა, კლასიფიცირება, კომბინირება; მეთოდების, სტრუქტურის გამოყენება; პროცედურების შესრულება, სხვ.	მოსწავლე ჩამოთვლის რამდენიმე დამოუკიდებელ ფაქტს/ცნებას, თუმცა უჭირს მათ შორის სიღრმისეული მიზეზშედეგობრივი კავშირების დამყარება. • ასახელებს კატალიზურ შხამებს (მაგ. ვერცხლისწყალი, ტყვია) და პრომოტორებს, მაგრამ ვერ ხსნის მათ შორის ფუნქციურ განსხვავებას. • იცის, რომ ავტომობილის კატალიზატორი შეიცავს პლატინას/პალადიუმს და მავნე აირებს ამცირებს, ხოლო ორგანიზმში რეაქციებს ფერმენტები აჩქარებენ.

სოლო ტაქსონომიის დონეები	სოლო ტაქსონომიის დონის აღწერა
დონე 4 **მიმართებითი** მოსწავლეს შეუძლია გაიაზროს კავშირი რამდენიმე ასპექტს შორის, აგრეთვე ისიც, თუ როგორ ერგება/შეეხამება ეს ასპექტები ერთმანეთს და ქმნის მთელს, მთლიანობას. მისი ნააზრევი დასტრუქტურებულია და ამგვარად, მოსწავლეს აქვს იმის უნარი, რომ შეადაროს, დააკავშიროს, გააანალიზოს, გამოიყენოს თეორია, ახსნას საკითხი მიზეზებისა და შედეგების კუთხით.	მოსწავლე აკავშირებს ცნებებს, ხსნის მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს და იყენებს თეორიას სხვადასხვა კონტექსტში. • **ინდუსტრიული:** ხსნის, რომ კატალიზური შხამები მტკიცედ ებმებიან კატალიზატორის აქტიურ ცენტრებს და აქვეითებენ მის ეფექტურობას, რის გამოც აუცილებელია ნედლეულის გასუფთავება. • **ბიოლოგიური:** ხსნის, რომ 40°C-ზე მაღალი ტემპერატურა იწვევს ცილოვანი ფერმენტების დენატურაციას (სტრუქტურის რღვევას), რის გამოც წყდება სასიცოცხლო რეაქციები. • **ეკოლოგიური და ყოფითი:** განმარტავს ავტოკატალიზატორის ჰეტეროგენულ მოქმედებას (CO, NO_x-ის გარდაქმნა CO_2, N_2-ად) და ინჰიბიტორების როლს დაჟანგვის შენელებაში.
დონე 5 **გაფართოებული აბსტრაქტული** მოსწავლეს შეუძლია სტრუქტურის განზოგადება მოცემულის/ შეთავაზებულის მიღმა, სტრუქტურის აღქმა მრავალი სხვადასხვა კუთხიდან/ თვალთახედვით და იდეების გადატანა ახალ სფეროში. მას შეუძლია განზოგადება, ჰიპოთეზის წამოყენება, კრიტიკა ან თეორიის ჩამოყალიბება.	მოსწავლე ახდენს ცოდნის გენერალიზებას, გადააქვს ის ახალ კონტექსტში, მოიძიებს ინფორმაციას ინოვაციურ კატალიზატორებზე და აკეთებს პროგნოზებს და აფასებს ეკოლოგიურ/ტექნოლოგიურ შედეგებს. • მსჯელობს „მწვანე ქიმიის“ პრინციპებზე: როგორ ამცირებს კატალიზატორების გამოყენება ენერგიის დანახარჯებსა და გარემოს დაბინძურებას. • აკავშირებს ფერმენტულ ინჰიბირებას ფარმაკოლოგიასთან (როგორ მოქმედებს მედიკამენტები, როგორც ფერმენტების სპეციფიკური ინჰიბიტორები). • აფასებს ძვირფასი მეტალების (Pt, Pd, Rh) ჩანაცვლების აუცილებლობასა და ალტერნატიული ინოვაციური კატალიზატორების შექმნის პერსპექტივებს.



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

_____

_____

მონაცემთა აღრიცხვისა და დაკვირვების ცხრილი

ჭიქა	**დამატებული ნივთიერება**	**დაკვირვების შედეგები** *(რა მოხდა მბჟუტავ კვართან / ხსნართან დაკავშირებით)*	**რეაქციის სიჩქარე** *(უკატალიზატოროდ / სწრაფი / ძალიან სწრაფი)*
1	არაფერი (მხოლოდ H_2O_2)		
2	$FeCl_2$-ის ხსნარი		
3	MnO_2-ის ფხვნილი		
4	მშრალი საფუარი		

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

კითხვა 1: რატომ არ აალდა მბჟუტავი კვარი პირველ ჭიქაში, ხოლო მეორე და მესამე ჭიქებში კი სწრაფად აინთო? რომელი აირი გამოიყოფა ამ დროს?

პასუხი:

_____

_____

კითხვა 2: ტექსტისა და მიღებული შედეგების მიხედვით, დაალაგეთ ჭიქები რეაქციის სიჩქარის ზრდის მიხედვით (ნელიდან ყველაზე სწრაფისკენ):

პასუხი: ჭიქა № ____ < ჭიქა № ____ < ჭიქა № ____ < ჭიქა № ____

კითხვა 3: დააკავშირეთ მე-2 და მე-3 ჭიქებში მიმდინარე კატალიზის ტიპები (ჰომოგენური /ჰეტეროგენური) ნივთიერებათა აგრეგატულ მდგომარეობასთან. რატომ არის $FeCl_2$ ჰომოგენური, ხოლო MnO_2 ჰეტეროგენური კატალიზატორი?

პასუხი:

_____

_____

კითხვა 4: რა განსაკუთრებული ბიოლოგიური ნივთიერება (ფერმენტი) შედის საფუარის შემადგენლობაში, რამაც მე-4 ჭიქაში რეაქციის მყისიერად აჩქარება და აქაფება გამოიწვია?

პასუხი:

_____

_____

კითხვა 5 (თეორიული ცოდნის შემოწმება): თუ რეაქციის დასრულების შემდეგ მესამე ჭიქიდან გამოვყოფთ და ავწონით გამოყენებულ MnO_2-ის ფხვნილს, შეიცვლება თუ არა მისი მასა და ქიმიური თვისებები საწყისთან შედარებით? დაასაბუთეთ კატალიზატორის განმარტებიდან გამომდინარე.

პასუხი:

_____

_____

საბოლოო დასკვნა

ჩამოაყალიბეთ დასკვნა იმის შესახებ, თუ როგორ მოქმედებენ კატალიზატორები ქიმიურ რეაქციებზე და რით განსხვავდება ბიოკატალიზატორების (ფერმენტების) ეფექტურობა ჩვეულებრივი არაორგანული კატალიზატორებისგან.

პასუხი:

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

საშინაო აქტივობა პასუხებით

1. მარტივი ნივთიერებებიდან წყლის სინთეზის რეაქციის სიჩქარე შეიძლება გაიზარდოს კატალიზატორის თანაობისას. შეიცვლება თუ არა ამ დროს რეაქციის სითბური ეფექტი? თქვენი ვარაუდი დაასაბუთეთ.

სითბური ეფექტი არ შეიცვლება. რეაქციის სითბური ეფექტი რეაგენტებისა და პროდუქტების ბმის ენერგიების სხვაობის ტოლია, რომელიც კატალიზატორის თანაობისას არ იცვლება.

2. დავუშვათ, ქიმიურ რეაქციაში კატალიზატორად გამოიყენეთ 3 გრამი მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდი (MnO_2). რეაქციის დასრულების შემდეგ აწონეთ ეს ნივთიერება. რამდენი გრამი იქნება MnO_2 მასა რეაქციის შემდეგ და შეიცვლება თუ არა მისი ქიმიური თვისებები?

კატალიზატორის (MnO_2) მასა რეაქციის შემდეგ არ შეიცვლება – დარჩება ისევ 3 გრამი. მისი ქიმიური თვისებებიც არ იცვლება.

3. საშინაო ექსპერიმენტი:

როგორც იცით, ფერმენტები აჩქარებს სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან რეაქციებს ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედებში. ზოგიერთი მათგანის მოქმედებას შეგიძლიათ თქვენ თვითონ დააკვირდეთ მარტივი ცდით სახლის პირობებში.

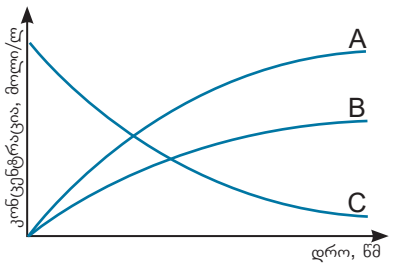
აიღეთ პლასტმასის ორი ჭიქა. ჩაასხით ორივეში მცირე რაოდენობით აფთიაქში შეძენილი წყალბადის ზეჟანგი. პირველში მოათავსეთ გახეხილი სტაფილო ან გახეხილი კარტოფილი. მეორე ჭიქაში წყალბადის ზეჟანგის ხსნარში მოათავსეთ მოხარშული სტაფილოს ან კარტოფილის ნაჭერი.

რა განსხვავებას შეამჩნევთ ჭიქებში მიმდინარე ქიმიურ პროცესებს შორის. ახსენით ექსპერიმენტის შედეგი.

როგორც იცით, ფერმენტები აჩქარებს სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან რეაქციებს ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედებში. ზოგიერთი მათგანის მოქმედებას შეგიძლიათ თქვენ თვითონ დააკვირდეთ მარტივი ცდით სახლის პირობებში.

აიღეთ პლასტმასის ორი ჭიქა. ჩაასხით ორივეში მცირე რაოდენობით აფთიაქში შეძენილი წყალბადის ზეჟანგი. პირველში მოათავსეთ გახეხილი სტაფილო ან გახეხილი კარტოფილი. მეორე ჭიქაში წყალბადის ზეჟანგის ხსნარში მოათავსეთ მოხარშული სტაფილოს ან კარტოფილის ნაჭერი.

1. გრაფიკზე მოცემულია მრუდები, რომლებიც გვიჩვენებს ქიმიური რეაქციის დროს A, B, C ნივთიერებების კონცენტრაციის ცვლილებას დროში.



ქვემოთ მოცემული რეაქციებიდან რომელს შეესაბამება ეს გრაფიკი?

ა) $A + B \rightarrow C$
ბ) $B + C \rightarrow A$
გ) $A \rightarrow B + C$
დ) $C \rightarrow A + B$

(დ)

2. რეაქცია მიმდინარეობს ტოლობით $A+2B \rightarrow 3C$. ცდის მონაცემები მოცემულია ცხრილში:

კონცენტრაცია	A	B	C
საწყისი	0,5 მოლი/ლ	1 მოლი/ლ	?
20 წუთის შემდეგ	0,2 მოლი/ლ	?	?

გადახაზეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში და შეავსეთ. გამოთვალეთ რეაქციის საშუალო სიჩქარე დროის მოცემულ შუალედში:
ა) B ნივთიერების კონცენტრაციის შემცირების მიხედვით
ბ) C ნივთიერების კონცენტრაციის ზრდის მიხედვით
გააანალიზეთ, შეიცვალა თუ არა რეაქციის სიჩქარე და რატომ?

კონცენტრაცია	A	B	C
საწყისი	0,5 მოლი/ლ	1 მოლი/ლ	0
20 წუთის შემდეგ	0,2 მოლი/ლ	0,4 მოლი/ლ	0,9

ა) A ნივთიერების კონცენტრაცია შემცირდა 0,3 მოლი/ლ-ით. B ნივთიერებისა შემცირდებოდა $0,3 \cdot 2 = 0,6$ მოლი/ლ-ით. კონცენტრაცია გახდებოდა 0,4 მოლი/ლ, ხოლო რეაქციის საშუალო სიჩქარე

$$\upsilon_{\text{საშ.}} = \frac{0,6}{20} = 0,03 \text{ მოლი/ლ}\cdot\text{წთ.}$$

ბ) C ნივთიერების კონცენტრაცია გაიზარდა $0,3 \cdot 3 = 0,9$ მოლი/ლ-ით. რეაქციის საშუალო სიჩქარე

$$\upsilon_{\text{საშ.}} = \frac{0,9}{20} = 0,045 \text{ მოლი/ლ}\cdot\text{წთ.}$$

3. შეადგინეთ მოცემული რეაქციის $2NO(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2NO_2(ა)$ კინეტიკური განტოლება. როგორ შეიცვლება რეაქციის სიჩქარე, თუ სისტემის წნევას შევამცირებთ 4-ჯერ? პასუხი დაასაბუთეთ.



$$\upsilon_1 = k C_{NO}^2 \cdot C_{O_2}$$

თუ წნევას 4-ჯერ შევამცირებთ, რეაგენტების კონცენტრაციებიც შემცირდება 4-ჯერ.

$$\upsilon_2 = k\left(\frac{C_{NO}}{4}\right)^2 \cdot \frac{C_{O_2}}{4} = \frac{kC_{NO}^2 C_{O_2}}{64}$$

სიჩქარე შემცირდება 64-ჯერ.

4. შეადგინეთ მოცემული რეაქციის $3Ca(მყ) + N_2(ა) \rightarrow Ca_3N_2(მყ)$ კინეტიკური განტოლება. როგორ შეიცვლება რეაქციის სიჩქარე, თუ სისტემის წნევას სამჯერ შევამცირებთ? პასუხი დაასაბუთეთ.



$$\upsilon_1 = k C_{N_2}$$

$$\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \frac{1}{2}; \qquad \upsilon_2 = k\,\frac{C_{N_2}}{3}.$$

პასუხი: სიჩქარე შემცირდება 3-ჯერ

5. შეადგინეთ მოცემული რეაქციის $S(მყ) + O_2(ა) \rightarrow SO_2(ა)$ კინეტიკური განტოლება. როგორ შეიცვლება რეაქციის სიჩქარე, თუ სისტემის მოცულობას 5-ჯერ გავზრდით? პასუხი დაასაბუთეთ.



ამოხსნა:

$$\upsilon_1 = k C_{O_2}$$

თუ წნევას 5-ჯერ გაზრდით, ჟანგბადის კონცენტრაცია გაიზრდება 5-ჯერ.

$$\upsilon_2 = k\,5C_{O_2}$$

$$\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = 5.$$

პასუხი: სიჩქარე გაიზრდება 5-ჯერ.

6. შეადგინეთ მოცემული რეაქციის
$2H_2(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2H_2O(ა)$ კინეტიკური განტოლება. რამდენჯერ უნდა გაიზარდოს ჟანგბადის კონცენტრაცია სისტემაში, რომ წყალბადის კონცენტრაციის 3-ჯერ შემცირებისას რეაქციის სიჩქარე არ შეიცვალოს? პასუხი დაასაბუთეთ.



ამოხსნა:

$$\upsilon_1 = k C^2_{H_2} \cdot C_{O_2}$$

ვთქვათ, ჟანგბადის კონცენტრაცია უნდა გაიზარდოს x-ჯერ.

$$\upsilon_1 = \upsilon_2$$

$$\upsilon_2 = k\left(\frac{C_{H_2}}{3}\right)^2 x \cdot C_{O_2}.$$

$$k C^2_{H_2} \cdot C_{O_2} = k\frac{C^2_{H_2}}{9} x \cdot C_{O_2}; \qquad x = 9.$$

პასუხი: ჟანგბადის კონცენტრაცია უნდა გაიზარდოს 9-ჯერ.

7. შეადგინეთ მოცემული რეაქციის
$2NO(ა) + O_2(ა) \rightarrow 2NO_2(ა)$ კინეტიკური განტოლება. რამდენჯერ უნდა გავზარდოთ წნევა, რომ რეაქციაში აზოტის დიოქსიდის წარმოქმნის სიჩქარე გაიზარდოს 125-ჯერ? პასუხი დაასაბუთეთ.



ამოხსნა:

$$\upsilon_1 = k C^2_{NO} \cdot C_{O_2}$$

თუ წნევა იზრდება x-ჯერ, მაშინ $\upsilon_2 = k(xC_{NO})^2 \cdot xC_{O_2}$

$$\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = 125 = \frac{kx^2 C^2_{NO} x C_{O_2}}{k C^2_{NO} C_{O_2}} = x^3$$

$x^3 = 125$

$x = 5$

პასუხი: წნევა უნდა გავზარდოთ 5-ჯერ, სიჩქარე რომ გაიზარდოს 125-ჯერ.

8. რამდენი გრადუსით უნდა გავზარდოთ აირად ფაზაში მიმდინარე რეაქციის ტემპერატურა, რომ სიჩქარე გაიზარდოს 729-ჯერ, თუ სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი 3-ის ტოლია?



ამოხსნა:

$$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = \gamma^{\frac{\Delta t}{10}} \qquad 729 = 3^6 = 3^{\frac{\Delta t}{10}} \qquad \textbf{პასუხი:}\ \Delta t = 60^0C$$

9. ტემპერატურის 50⁰C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე გაიზარდა 243-ჯერ. როგორია ამ რეაქციის სიჩქარის ტემპერატურული კოეფიციენტი?

ამოხსნა:

$$\frac{\upsilon_{t_2}}{\upsilon_{t_1}} = \gamma^{\frac{\Delta t}{10}}$$

$$243 = \gamma^{\frac{50}{10}}$$

$$3^5 = \gamma^5$$

პასუხი: $\gamma = 3$.

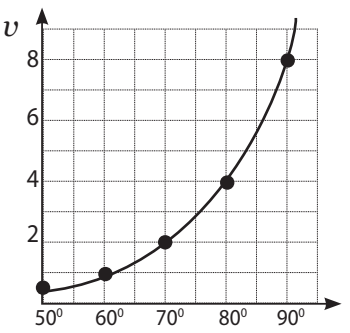
10. 50⁰C-ზე ქიმიური რეაქციის სიჩქარეა 0,5 მოლი/ლ·წმ. ააგეთ გრაფიკი, რომელიც გამოხატავს რეაქციის სიჩქარის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე, თუ ტემპერატურის 10⁰C-ით გაზრდისას რეაქციის სიჩქარე ორმაგდება.

მოც.:

υ_{t_1} = 0,5 მოლი/ლ·წმ

შევადგინოთ ცხრილი:

t	υ მოლი/ლ·წმ
50	0,5
60	1
70	2,0
80	4,0
90	8,0



შემოქმედებითი დავალება

თემა I – ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი II – ქიმიური კინეტიკა

საკითხი – ქიმიური რეაქციის სიჩქარე. რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები

მიზანი – ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნების, შეხების ზედაპირის, კონცენტრაციისა და კატალიზატორის გავლენის შესწავლა

საკვანძო შეკითხვა:

- როგორ წარმოაჩენთ თვალსაჩინოდ სხვადასხვა ფაქტორების გავლენას ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე და როგორ გამოიყენებთ მიღებულ ცოდნას ყოფა-ცხოვრებასა და მრეწველობაში მიმდინარე პროცესების სამართავად.

პირობა: მეტალური ნატრიუმი აქტიურად შედის რეაქციაში, მაშინ როდესაც მაგნიუმი იგივე პირობებში წყალთან არ რეაგირებს. წვის რეაქციები ჟანგბადის არეში უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ვიდრე ჰაერზე. წყალბადის ზეჟანგის დაშლის პროცესი მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის თანაობისას ჩქარდება. როგორც ხედავთ, ქიმიური რეაქციის სიჩქარე შეგიძლიათ აკონტროლოთ სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით. ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორების გავლენის შესასწავლად ჩაატარეთ ქიმიური ექსპერიმენტები, გაანალიზეთ შედეგები და ნაშრომი წარმოადგინეთ „PowerPoint“-ის საშუალებით.

ნაშრომში/ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- როგორ გამოითვლით ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარეს ერთ-ერთი მორეაგირე ნივთიერების მოლური კონცენტრაციის ცვლილების საფუძველზე?
- რა გავლენას ახდენს ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნება, შეხების ზედაპირი, კონცენტრაცია, ტემპერატურა, კატალიზატორი (ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე);
- როგორ გამოიყენებთ ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორების შესახებ მიღებულ ცოდნას ყოფა-ცხოვრებასა და მრეწველობაში მიმდინარე პროცესების სამართავად?

მასწავლებლის გზამკვლევი

საკითხი: ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები

მიზანი: სხვადასხვა ფაქტორების (ნივთიერების ბუნება, კონცენტრაცია, ტემპერატურა, შეხების ზედაპირი, კატალიზატორი) გავლენის შესწავლა ქიმური რეაქციის სიჩქარეზე.

სამიზნე ცნებები და მკვიდრი წარმოდგენები

1. სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება

მკვიდრი წარმოდგენები:

- ნივთიერების ქიმიური ბუნება, ელექტრონული აღნაგობა და ქიმიური ბმის ტიპი განასხვავებს მათ რეაქციისუნარიანობას (მაგ. ნატრიუმისა და მაგნიუმის განსხვავებული აქტივობა წყალთან).
- მყარი ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა და დაქუცმაცების ხარისხი (შეხების ზედაპირის ფართობი) განსაზღვრავს ნაწილაკების ურთიერთქმედების ეფექტურობას.

2. სამიზნე ცნება: ქიმიური პროცესი
მკვიდრი წარმოდგენები:

- ქიმიური რეაქციის სიჩქარე განისაზღვრება დროის ერთეულში მორეაგირე ნივთიერებების ან პროდუქტების კონცენტრაციის ცვლილებით.
- რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედებს მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნება, კონცენტრაცია, ტემპერატურა, შეხების ზედაპირის ფართობი და კატალიზატორი.
- კატალიზატორი აჩქარებს რეაქციას აქტივაციის ენერგიის შემცირებით, ხოლო თავად ქიმიურად არ იხარჯება.

3. სამიზნე ცნება: მდგრადი წარმოება, მოხმარება
მკვიდრი წარმოდგენები:

- ქიმიური კინეტიკის კანონზომიერებების ცოდნა იძლევა მრეწველობაში სასურველი პროცესების ოპტიმიზაციისა (აჩქარების) და არასასურველი პროცესების (მაგ. კოროზია, საკვების გაფუჭება) შენელების საშუალებას.
- კატალიზატორების გამოყენება და რეაქციის პირობების მართვა ამცირებს ენერგოდანახარჯებს და ხელს უწყობს მდგრად, ეკოლოგიურ წარმოებას.

4. საბოლოო პროდუქტი: PowerPoint-ში გაკეთებული პრეზენტაცია.

ქიმიური ექსპერიმენტის შესრულებისას კლასი გაყოფილია 5 ჯგუფად და თითოეული ჯგუფი ასრულებს თითო ექსპერიმენტს. ექსპერიმენტის ჩატარების ინსტრუქცია თითოეული ჯგუფისთვის მოცემულია ცალ-ცალკე. ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცლები ჯგუფების მიხედვით და მოსწავლის თვითშეფასების ფურცელი მოცემულია დანართად. თვითშეფასების ფურცელის შევსება მოსწავლეს დაეხმარება უკეთ გაიაზროს საკუთარი ცოდნა.

მოსწავლის სამოქმედო გეგმა

რესურსები:

- სახელმძღვანელო პარაგრაფი 2.1-2.2
- **მოსწავლის სახელმძღვანელოში მოცემული ელექტრონული რესურსები:** ექსპერიმენტები კონცენტრაციის გავლენა რეაქციის სიჩქარეზე; ტემპერატურის გავლენა რეაქციის სიჩქარეზე.
- მასწავლებლის წიგნში მოცემული ექსპერიმენტის ჩატარების ინსტრუქცია.
- **როგორ შევქმნათ პრეზენტაცია PowerPoint** https://www.youtube.com/watch?v=QpyRQZoDOUU

ნაბიჯი 1: ქიმიური რეაქციის სიჩქარის გაგება და ფორმულის გამოყენება: თეორიული საფუძვლები და გამოთვლები.

- გაეცანით ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარის ცნებას.
- ჩაწერეთ საშუალო სიჩქარის გამოთვლის ფორმულა მოლური კონცენტრაციისა (ΔC) და დროის (Δt) ცვლილების მიხედვით: $\upsilon_{\text{საშ}} = \pm\frac{\Delta C}{\Delta t}$.
- ახსენით, რატომ იწერება მინუს (–) ნიშანი, როდესაც სიჩქარეს ითვლით საწყისი (რეაგენტი) ნივთიერების მიხედვით.

ნაბიჯი 2: **რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორების გამოკვლევა:** ექსპერიმენტების ჩატარება და მონაცემების ანალიზი.

- რეაქციის სიჩქარის მორეაგირე ნივთიერების ბუნებაზე დამოკიდებულების შესწავლა;
- მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციის გავლენა რეაქციის სიჩქარეზე;
- ტემპერატურის გავლენა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე;
- შეხების ზედაპირის გავლენა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე;
- კატალიზატორის გავლენა რეაქციის სიჩქარეზე.

ნაბიჯი 3: **ცოდნის დაკავშირება ყოფა-ცხოვრებასა და მრეწველობასთან:** პრაქტიკული გამოყენება.

- მოიყვანე მაგალითები, თუ როგორ ვიყენებთ ამ ფაქტორებს პროცესების **შესანელებლად** (მაგ. პროდუქტების შენახვა მაცივარში, კოროზიისგან დაცვა).
- მოიყვანე მაგალითები, თუ როგორ ვიყენებთ ფაქტორებს პროცესების **გასააქტიურებლად/საჩქარებლად** (მაგ. სამრეწველო კატალიზატორები, წვის მართვა).

ნაბიჯი 4: **PowerPoint პრეზენტაციის აწყობა და წარდგენა:** პრეზენტაციის მომზადება.

- სტრუქტურულად დაალაგე მიღებული შედეგები სლაიდებზე (ფორმულები, ექსპერიმენტის ფოტოები/ვიდეოები, გრაფიკები).
- მოემზადე პრეზენტაციისთვის, სადაც ხაზგასმით წარმოაჩენ დავალების სამივე საკვანძო მოთხოვნას.

შემოქმედებითი დავალების განხორციელების ეტაპები (ეტაპობრივი მხარდაჭერა)

ეტაპი I. კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა და გააზრება

- **მასწავლებლის აქტივობა:** მოსწავლეებისათვის დავალების პირობის, საკვანძო შეკითხვისა და შეფასების კრიტერიუმების (SOLO ტაქსონომია) გაცნობა; პრეზენტაციის ფორმატზე შეთანხმება.
- **სარეკომენდაციო შეკითხვები მოსწავლეებს:**
  - რა არის ამ დავალების საბოლოო პროდუქტი?
  - რა ძირითადი ქიმიური ცნებები უნდა წარმოაჩინოთ პრეზენტაციაში?

ეტაპი II. ცოდნის გააქტიურება და ექსპერიმენტული კვლევა (ნაბიჯ-ნაბიჯ)

ნაბიჯი 1: **ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარე (გამოთვლები)**

აქტივობა: მოსწავლეები იმუშავებენ ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ფორმულაზე

$$\upsilon_{\text{საშ}} = \pm\frac{\Delta C}{\Delta t}.$$

მხარდაჭერა:

- გააზრება, თუ რატომ იწერება მინუს (–) ნიშანი რეაგენტების კონცენტრაციის ცვლილებისას.
- 1-2 პრაქტიკული ამოცანის ამოხსნა მოლური კონცენტრაციის ცვლილების საფუძველზე სიჩქარის შესაფასებლად.

ნაბიჯი 2: **ექსპერიმენტების ჩატარება და ანალიზი**

აქტივობა: ექსპერიმენტების ჩატარება ქიმიურ რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორების

გავლენის დასადგენად.

1. **მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნება**
2. **კონცენტრაცია**
3. **ტემპერატურა**
4. **შეხების ზედაპირის ფართობი**
5. **კატალიზატორი**

აქტივობის აღწერა: სასსურველია თითოეულმა ჯგუფმა ერთი ფაქტორის გავლენა განიხილოს და შემდეგ ერთმანეთს გაუზიარონ შედეგები.

მონაცემების, ცდის მსვლელობის და ანალიზის შეტანა სამუშაო ფურცელში.

ნაბიჯი 3: კინეტიკის ცოდნის დაკავშირება რეალურ ცხოვრებასთან

აქტივობა: ჯგუფური დისკუსია თემაზე: *„როგორ ვმართოთ ქიმიური პროცესები?“*

მხარდაჭერა:

- პროცესების **შენელება:** საკვების შენახვა მაცივარში (ტემპერატურა), ლითონის დაცვა კოროზიისგან (ინჰიბიტორები).
- პროცესების **აჩქარება:** სამრეწველო კატალიზატორები (მაგ. ამიაკის სინთეზი), ცეცხლის მართვა ჰაერის ნაკადით.

ეტაპი III. კომპლექსური დავალების პროდუქტის (PowerPoint) შექმნა და წარდგენა

ნაშრომის სტრუქტურირებისას აუცილებლად გასათვალისწინებელია:

- ✓ შესავალი, თემა და საკვლევი შეკითხვა;
- ✓ ქიმიური რეაქციის საშუალო სიჩქარის განმარტება, ფორმულა და გაანგარიშების მაგალითი;
- ✓ ექსპერიმენტების შედეგები და ანალიზი (ილუსტრაციებით/დიაგრამებით);
- ✓ კინეტიკური კანონზომიერებების გამოყენება ყოფა-ცხოვრებასა და მრეწველობაში (მდგრადი წარმოების კონტექსტი);
- ✓ დასკვნა.

პრეზენტაცია და უკუკავშირი:

- ✓ მოსწავლეები წარადგენენ ნაშრომს კლასის წინაშე.
- ✓ მასწავლებელი აფასებს ნაშრომს SOLO ტაქსონომიის ანალიტიკური რუბრიკის მიხედვით და აძლევს განმავითარებელ უკუკავშირს.

ქიმიური ექსპერიმენტის (ცდის) ჩატარების ინსტრუქცია №1

თემა: **რეაქციის სიჩქარის მორეაგირე ნივთიერების ბუნებაზე დამოკიდებულების შესწავლა**

მიზანი: მარილმჟავას სხვადასხვა მეტალებთან ურთიერთქმედების რეაქციის სიჩქარეების შედარება.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლებები

მეტალთა ქიმიური აქტივობის მიხედვით, სხვადასხვა მეტალი მჟავასთან (მარილმჟავა HCL) განსხვავებული სიჩქარით ურთიერთქმედებს. რაც უფრო აქტიურია მეტალი აქტივობის მწკრივში, მით უფრო სწრაფად ჩაანაცვლებს ის წყალბადს მჟავადან:

- **მაგნიუმი (Mg):**

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow$$

(რეაქცია მიმდინარეობს ძალიან სწრაფად და ენერგიულად)

- **თუთია (Zn):**

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

(რეაქცია მიმდინარეობს საშუალო/ზომიერი სიჩქარით)

- **რკინა (Fe):**

$$Fe+ 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$$

(რეაქცია მიმდინარეობს ნელა)

- **სპილენძი (Cu):**

$$Cu + HCl \rightarrow$$ რეაქცია არ მიმდინარეობს

(სპილენძი აქტივობის მწკრივში წყალბადის მარჯვნივაა, რის გამოც მჟავადან წყალბადს ვერ გამოაძევებს)

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიული მუშაობისთვის

პერსონალური დაცვის საშუალებები: აუცილებლად გამოიყენეთ ლაბორატორიული ხალათი, ხელთათმანები და დამცავი სათვალე.

სიფრთხილე მჟავასთან: მარილმჟავას კანზე მოხვედრისას დაუყოვნებლივ ჩამოიბანეთ დიდი რაოდენობით ცივი წყლით.

უსაფრთხოება აირებთან მუშაობისას (H_2): რეაქციისას გამოიყოფა წყალბადი (ფეთქებადი აირი), არ მიიტანოთ ღია ცეცხლი სინჯარებთან.

მინის ჭურჭელთან მოპყრობა: შეამოწმეთ სინჯარები გაბზარვაზე და მოათავსეთ ისინი სპეციალურ შტატივში.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (ფაქტორი, რომელსაც ჩვენ ვცვლით): **მეტალის ბუნება / ტიპი** (Mg, Zn, Fe, Cu).

დამოუკიდებელი (დამოკიდებული) ცვლადი (ფაქტორი, რომელსაც ვზომავთ/ვაკვირდებით): **რეაქციის სიჩქარე / წყალბადის გამოყოფის ინტენსივობა (სისწრაფე)**.

საკონტროლო (მუდმივი) ცვლადები (ფაქტორები, რომლებიც უცვლელი რჩება):

1. მჟავას მოცულობა და კონცენტრაცია (ყველა სინჯარაში ჩასხმულია დაახლოებით 5 მლ ერთნაირი კონცენტრაციის მარილიანმჟავა).

2. მეტალების ზომა და ზედაპირის ფართობი (გამოიყენება ერთნაირი ზომის ნაჭრები/ბურთულები).
3. გარემო ტემპერატურა (ექსპერიმენტი ტარდება ერთსა და იმავე ოთახის ტემპერატურაზე).

4 რეაქტივები და ჭურჭელი/ხელსაწყოები

რეაქტივები	ჭურჭელი და ხელსაწყოები
• მარილმჟავას ხსნარი (HCl) • მაგნიუმის ნაჭრები (Mg) • თუთიის ნაჭრები (Zn) • რკინის ნაჭრები (Fe) • სპილენძის ნაჭრები (Cu)	• 4 ცალი სინჯარა • სინჯარების შტატივი • საზომი ცილინდრი (5 მლ-ისთვის) • პინცეტი

5 მუშაობის მსვლელობა (პროცედურა)

1. აიღეთ ოთხი სინჯარა და მოათავსეთ შტატივში.
2. ჩაასხით თითოეულ მათგანში დაახლოებით 5 მლ მარილმჟავას ხსნარი.
3. ერთდროულად (ან თანმიმდევრობით) მოათავსეთ სინჯარებში ერთნაირი ზომის მაგნიუმის, თუთიის, რკინისა და სპილენძის ნაჭრები.
4. დააკვირდით რეაქციის მიმდინარეობას (ბუშტუკების/წყალბადის გამოყოფის ინტენსივობას).
5. დაკვირვების შედეგები შეიტანეთ ცხრილში.

5 მონაცემთა აღრიცხვა (ცხრილი)

მეტალი	წყალბადის წარმოქმნის სისწრაფე (სწრაფად გამოიყოფა, ნელა გამოიყოფა, არ გამოიყოფა)
Mg	სწრაფად გამოიყოფა (ძალიან ინტენსიურად)
Zn	საშუალო სიჩქარით (ზომიერად) გამოიყოფა
Fe	ნელა გამოიყოფა
Cu	არ გამოიყოფა

6 მოსალოდნელი შედეგები და დასკვნა

მოსალოდნელი შედეგი: ყველაზე ენერგიულად და სწრაფად რეაქცია წარიმართება Mg-ის შემცველ სინჯარაში, შედარებით ნელა Zn-თან, კიდევ უფრო ნელა Fe-თან, ხოლო Cu-ის სინჯარაში ცვლილება (ბუშტუკების გამოყოფა) საერთოდ არ დაფიქსირდება.

საბოლოო დასკვნა: ქიმიური რეაქციის სიჩქარე პირდაპირ დამოკიდებულია მორეაგირე ნივთიერების (მეტალის) ქიმიურ ბუნებაზე. რაც უფრო აქტიურია მეტალი ელექტროქიმიური აქტივობის რიგში, მით უფრო სწრაფად ურთიერთქმედებს ის მჟავასთან და მით მეტი სიჩქარით გამოიყოფა წყალბადი.

თემა: **მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციის გავლენა რეაქციის სიჩქარეზე**

მიზანი: სხვადასხვა კონცენტრაციის ნატრიუმის თიოსულფატის ($Na_2S_2O_3$) განზავებული ხსნარის ურთიერთქმედების შესწავლა გოგირდმჟავასთან (H_2SO_4) და ამ ფაქტორის გავლენის დადგენა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლება

ნატრიუმის თიოსულფატისა და გოგირდმჟავას ურთიერთქმედებისას ხსნარი დროთა განმავლობაში იმღვრევა, რაც გამოწვეულია თავისუფალი (ელემენტარული) გოგირდის გამოყოფით:

$$H_2SO_4 + Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2SO_4 + SO_2 + S + H_2O$$

ხსნარის ამღვრევის (სიმღვრივის გაჩენის) სიჩქარე პირდაპირ მიუთითებს რეაქციის სიჩქარეზე. რაც უფრო სწრაფად გაჩნდება სიმღვრივე, მით მეტია რეაქციის სიჩქარე.

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიული მუშაობისთვის

მოცემულ ექსპერიმენტში გამოიყენება ქიმიური რეაქტივები, კერძოდ განზავებული გოგირდმჟავა (H_2SO_4) და რეაქციის პროდუქტი გოგირდის დიოქსიდი (SO_2), რომელიც წარმოადგენს მძაფრი სუნის მქონე ტოქსიკურ აირს. უსაფრთხო მუშაობისთვის აუცილებელია შემდეგი წესების მკაცრი დაცვა:

პერსონალური დაცვის საშუალებები:

ხალათი და ხელთათმანები: აუცილებლად გამოიყენეთ დამცავი ლაბორატორიული ხალათი და რეზინის/ნიტრილის ხელთათმანები, რათა თავიდან აიცილოთ მჟავის კანზე მოხვედრა.

დამცავი სათვალე: გამოიყენეთ დამცავი სათვალე თვალების დასაცავად ხსნარების შემთხვევითი შხეფებისგან.

ქიმიურ ნივთიერებებთან მუშაობა:

სიფრთხილე მჟავასთან: მიუხედავად იმისა, რომ გოგირდმჟავა განზავებულია (1:100), მას მაინც შეუძლია გამოიწვიოს კანის გაღიზიანება ან ტანსაცმლის დაზიანება. კანზე მოხვედრის შემთხვევაში, დაუყოვნებლივ ჩამოიბანეთ დიდი რაოდენობით ცივი წყლით.

უსაფრთხოება აირებთან მუშაობისას (SO_2): რეაქციის შედეგად გამოიყოფა გოგირდის დიოქსიდი (SO_2) – უფერო, მახრჩობელა სუნის მქონე გაზი. **კატეგორიულად აკრძალულია ჭურჭელზე პირდაპირ დახრა და აირის შესუნთქვა.** სასურველია რეაქცია ჩატარდეს გამწოვ კარადაში ან კარგად განიავებად ოთახში.

მინის ჭურჭელთან მოპყრობა:

ექსპერიმენტის დაწყებამდე შეამოწმეთ, რომ სინჯარები და ქიმიური ჭიქები არ იყოს გაბზარული.

არ მოუჭიროთ ხელი სინჯარებს ზედმეტად ძლიერად და მოათავსეთ ისინი სპეციალურ სადგამში (შტატივში).

მოწესრიგებულობა და ჰიგიენა:

რეაქციის დასრულების შემდეგ, ნარჩენი ნივთიერებები გადაღვარეთ მხოლოდ სპეციალურად გამოყოფილ ქიმიური ნარჩენების ჭურჭელში (და არა პირდაპირ ნიჟარაში, თუ ეს ინსტრუქციით არ არის დაშვებული).

სამუშაოს დასრულებისას კარგად გარეცხეთ ჭურჭელი და საპნით დაიბანეთ ხელები.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

მეცნიერული სიზუსტისთვის მნიშვნელოვანია მკაფიოდ განვსაზღვროთ ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი (ფაქტორი, რომელსაც ჩვენ ვცვლით): ნატრიუმის თიოსულფატის ($Na_2S_2O_3$) კონცენტრაცია. ექსპერიმენტში მას ვცვლით საწყისი ხსნარის მოცულობისა (5 მლ, 10 მლ, 15 მლ) და დამატებული წყლის რაოდენობის ვარირებით (ჯამური მოცულობის 15 მლ-მდე მიყვანით).

დამოკიდებული ცვლადი (ფაქტორი, რომელიც იცვლება დამოუკიდებელი ცვლადის გავლენით და რომელსაც ვზომავთ): რეაქციის სიჩქარე, რომელიც იზომება დროის ინტერვალით (t, წამებში) – ხსნარების შერევიდან თვალსაჩინო სიმღვრივის წარმოქმნამდე.

საკონტროლო (მუდმივი) ცვლადები (ფაქტორები, რომლებიც უცვლელი უნდა დარჩეს სიზუსტისთვის):

- მჟავას მოცულობა და კონცენტრაცია (ყველა სინჯარაში ემატება ზუსტად 5-5 მლ გოგირდმჟავა).
- ნატრიუმის თიოსულფატისა და წყლის ნარევის საბოლოო ჯამური მოცულობა (ყოველთვის 15 მლ რეაქციაში შესვლამდე).
- გარემო ტემპერატურა (ექსპერიმენტი ტარდება ერთსა და იმავე ოთახის ტემპერატურაზე).

3 რეაქტივები და ჭურჭელი/ხელსაწყოები

რეაქტივები	ჭურჭელი და ხელსაწყოები
• ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარი (1:100) • განზავებული გოგირდმჟავა (1:100) • გამოხდილი წყალი	• 6 ცალი დიდი ზომის სინჯარა • 3 ცალი 50 მლ-იანი ქიმიური ჭიქა • საზომი ცილინდრი • წამზომი (წამმზომი)

4 მუშაობის მსვლელობა (პროცედურა)

1. მოამზადეთ და დანომრეთ 6 დიდი სინჯარა (№1-დან №6-მდე).
2. №1, №2 და №3 სინჯარებში ჩაასხით ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარი შესაბამისად: 5 მლ, 10 მლ და 15 მლ.
3. კონცენტრაციის შესაცვლელად, №1 სინჯარას დაამატეთ 10 მლ წყალი, №2 სინჯარას – 5 მლ წყალი, ხოლო №3 სინჯარას წყალი არ დაამატოთ (0 მლ). ამით სამივე სინჯარაში სითხის ჯამური მოცულობა 15 მლ გახდა.
4. №4, №5 და №6 სინჯარებში ჩავასხით 5-5 მლ განზავებული გოგირდმჟავა.
5. წყვილებად დაყოფილ ხსნარებს (№1 და №4) ერთდროულად ჩაასხით ქიმიურ ჭიქაში და დაუყოვნებლივ ჩართეთ წამზომი.
6. პირველივე სიმღვრივის ნიშნების გაჩენისთანავე გამორთეთ წამზომი და ჩაინიშნეთ დრო.
7. ანალოგიური პროცედურა გაიმეორეთ მომდევნო წყვილებისთვის (№2 და №5; №3 და №6).

5 მონაცემთა აღრიცხვა (ცხრილი)

სინჯარების წყვილი	აღებული რაოდენობა (მლ)	მიმატებული წყლის რაოდენობა (მლ)	გოგირდმჟავას რაოდენობა (მლ)	ხსნარების შერევიდან სიმღვრივის წარმოქმნამდე გასული დრო (t, წმ)
№1 და №4	5	10	5	[*ჩაწერეთ თქვენი დრო*]
№2 და №5	10	5	5	[*ჩაწერეთ თქვენი დრო*]
№3 და №6	15	0	5	[*ჩაწერეთ თქვენი დრო*]

6 მოსალოდნელი შედეგები და დასკვნა

მოსალოდნელი შედეგი: ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას ყველაზე მეტი დრო დასჭირდება №1 და №4 წყვილის ამღვრევას (სადაც თიოსულფატი ყველაზე მეტად იყო განზავებული წყლით), ხოლო ყველაზე სწრაფად (უმცირეს დროში) აიმღვრევა №3 და №6 წყვილი, სადაც თიოსულფატის კონცენტრაცია მაქსიმალური იყო.

საბოლოო დასკვნა: ქიმიური რეაქციის სიჩქარე პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციასთან. რაც უფრო **მაღალია** საწყისი ნივთიერების (ამ შემთხვევაში ნატრიუმის თიოსულფატის) კონცენტრაცია ხსნარში, მით უფრო **მცირე დრო** იხარჯება პროდუქტის (გოგირდის ნალექის) წარმოქმნაზე, რაც იმას ნიშნავს, რომ **რეაქციის სიჩქარე იზრდება**. ეს აიხსნება ნაწილაკების სიმჭიდროვის გაზრდით, რაც იწვევს მათ შორის ეფექტური შეჯახებების სიხშირის მატებას.

ქიმიური ექსპერიმენტის (ცდის) ჩატარების ინსტრუქცია №3

თემა: **ტემპერატურის გავლენა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე**

მიზანი: ნატრიუმის თიოსულფატისა ($Na_2S_2O_3$) და გოგირდმჟავას (H_2SO_4) ურთიერთქმედების მაგალითზე რეაქციის სიჩქარის შედარება სხვადასხვა ტემპერატურულ პირობებში.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლება

ტემპერატურის მატებასთან ერთად იზრდება მოლეკულების კინეტიკური ენერგია, რაც იწვევს მათ უფრო ხშირ და აქტიურ შეჯახებას. რეაქციის შედეგად გამოიყოფა თავისუფალი გოგირდი, რომელიც ხსნარს ამღვრევს:

$$H_2SO_4 + Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2SO_4 + SO_2 + S + H_2O$$

რეაქციის სიჩქარის კრიტერიუმად აღებულია დროის ის ინტერვალი, რომელიც სჭირდება ხსნარების შერევიდან თვალსაჩინო სიმღვრივის (გოგირდის ნალექის) გაჩენას.

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიული მუშაობისთვის

ამ ექსპერიმენტში, წინა ცდის მსგავსად, გამოიყენება გოგირდმჟავა (H_2SO_4) და გამოიყოფა მავნე აირი გოგირდის დიოქსიდი (SO_2). თუმცა, **ხსნარების გაცხელების გამო, რისკები საგრძნობლად იზრდება** (ცხელი ორთქლი, დამწვრობის საფრთხე, აირის უფრო სწრაფი გამოყოფა). შესაბამისად, აუცილებელია შემდეგი წესების დაცვა:

უსაფრთხოება გაცხელებისას (წყლის აბაზანასთან მუშაობა):

დამწვრობის პრევენცია: სინჯარების წყლის აბაზანიდან ამოსაღებად გამოიყენეთ სპეციალური მაშები ან დამჭერები და არა შიშველი ხელები.

თერმომეტრის სიფრთხილით გამოყენება: არ გამოიყენოთ თერმომეტრი ხსნარების ინტენსიური შერევისთვის (მოსარევად), რათა იგი არ გატყდეს.

ორთქლისგან თავის დაცვა: მოერიდეთ ცხელი წყლის აბაზანიდან ამომავალ ორთქლთან პირდაპირ კონტაქტს, რათა თავიდან აიცილოთ სახის ან ხელების დამწვრობა.

მავნე აირებთან მუშაობა (SO_2):

ტემპერატურის მატებასთან ერთად, აირადი გოგირდის დიოქსიდი (SO_2) ბევრად უფრო სწრაფად გამოყოფა და ვრცელდება. **ექსპერიმენტი აუცილებლად უნდა ჩატარდეს გამწოვ კარადაში** ან ძალიან კარგად განიავებად სივრცეში, რათა თავიდან აიცილოთ სასუნთქი გზების გაღიზიანება.

ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები:

ატარეთ დამცავი სათვალე, ხალათი და ხელთათმანები მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში. ცხელი მჟავას კანზე მოხვედრა ბევრად უფრო სახიფათოა და მყისიერ ქიმიურ და თერმულ დამწვრობას იწვევს.

მინის ჭურჭლის თერმული მდგრადობა:

დარწმუნდით, რომ გამოყენებული სინჯარები და ქიმიური ჭიქები განკუთვნილია გაცხელებისთვის (თერმოგამძლე მინა). ცივი მინის ჭურჭლის ცხელ წყალში მოთავსებამ შეიძლება მისი გასკდომა გამოიწვიოს.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (რასაც ჩვენ ვცვლით): ხსნარების ტემპერატურა. ექსპერიმენტში ვიყენებთ სამ სხვადასხვა რეჟიმს: ოთახის ტემპერატურა (25^{0}C), თბილი (40^{0}C) და ცხელი (60^{0}C).

დამოკიდებული ცვლადი (რასაც ვზომავთ): რეაქციის სიჩქარე, რომელიც გამოისახება სიმღვრივის წარმოქმნამდე გასულ დროში (t, წამებში).

საკონტროლო ცვლადები (რაც უცვლელი უნდა დარჩეს):

- ნატრიუმის თიოსულფატის საწყისი მოცულობა და კონცენტრაცია (ყველა ცდაში 10 მლ).
- მჟავას საწყისი მოცულობა და კონცენტრაცია (ყველა ცდაში 10 მლ).
- რეაქციის ჯამური მოცულობა (ყოველთვის 20 მლ).
- ჭურჭლის ტიპი და ზომა, სადაც ხსნარები უნდა შეურიოთ.

4 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ჭურჭელი და ხელსაწყოები
• ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარი $Na_2S_2O_3$ (1:100) • განზავებული გოგირდმჟავა H_2SO_4 (1:100)	• 6 ცალი დიდი ზომის სინჯარა • 3 ცალი 50 მლ-იანი ქიმიური ჭიქა • 1 ცალი 500 მლ-იანი ქიმიური ჭიქა (წყლის აბაზანისთვის) • საზომი ცილინდრი, თერმომეტრი, წამზომი

5 მუშაობის მსვლელობა

მოამზადეთ და დანომრეთ 6 დიდი სინჯარა. №1, №2 და №3 სინჯარებში ჩაასხით 10-10 მლ ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარი. №4, №5 და №6 სინჯარებში ჩაასხით 10-10 მლ გოგირდმჟავა.

ცდა 1 (ოთახის ტემპერატურა): №1 და №4 სინჯარების შიგთავსი ერთდროულად ჩაასხით ქიმიურ ჭიქაში, ჩავრთეთ წამზომი და ჩავინიშნეთ სიმღვრივის გაჩენის დრო.

ცდა 2 (≈40°C): №2 და №5 სინჯარები მოათავსეთ თბილი წყლით სავსე 500 მლ-იან ჭიქაში. თერმომეტრით აკონტროლეთ ტემპერატურა და სასურველი ნიშნულის მიღწევისას ხსნარები სწრაფად შეურიეთ ერთმანეთს ქიმიურ ჭიქაში. ჩაინიშნეთ დრო.

ცდა 3 (≈60°C): №3 და №6 სინჯარები ანალოგიურად გააცხელეთ წყლის აბაზანაში ოთახის ტემპერატურაზე 40°C გრადუსით მაღალ ნიშნულამდე. შერევისთანავე ჩართეთ წამზომი და დავაფიქსირეთ დრო.

6 მონაცემთა აღრიცხვის ცხრილი

სინჯარების წყვილი	აღებული $Na_2S_2O_3$-ის რაოდენობა (მლ)	მჟავას რაოდენობა (მლ)	ტემპერატურა (°C)	სიმღვრივის წარმოქმნამდე გასული დრო (t, წმ)
№1 და №4	10	10	≈25°C	[*ჩაწერეთ დრო*]
№2 და №5	10	10	≈40°C	[*ჩაწერეთ დრო*]
№3 და №6	10	10	≈60°C	[*ჩაწერეთ დრო*]

7 მოსალოდნელი შედეგები და დასკვნა

მოსალოდნელი შედეგი: ყველაზე მეტი დრო დასჭირდა რეაქციის მიმდინარეობას ოთახის ტემპერატურაზე (№1 და №4 წყვილი). ტემპერატურის მატებასთან ერთად, სიმღვრივის გაჩენის დრო საგრძნობლად შემცირდა. №3 და №6 წყვილმა (65°C-ზე) ყველაზე სწრაფად მოგვცა თვალსაჩინო ნალექი.

საბოლოო დასკვნა: ქიმიური რეაქციის სიჩქარე პირდაპირდამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ტემპერატურის **გაზრდა** იწვევს რეაქციის დროის **შემცირებას**, რაც ნიშნავს, რომ **რეაქციის სიჩქარე იზრდება**. ეს ადასტურებს ქიმიურ კინეტიკაში არსებულ წესს, რომლის მიხედვითაც ტემპერატურის მატება ზრდის აქტიური მოლეკულების რაოდენობასა და ეფექტური შეჯახებების სიხშირეს.

ქიმიური ექსპერიმენტის (ცდის) ჩატარების ინსტრუქცია №4

თემა: **შეხების ზედაპირის გავლენა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე**

მიზანი: თუთიის მარცვლებს, ნაქლიბს, ფხვნილსა და მარილმჟავას შორის მიმდინარე რეაქციების სიჩქარეების შედარება.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლება

მყარ რეაგენტებსა და ხსნარებს შორის რეაქცია მიმდინარეობს მხოლოდ მათი შეხების ზედაპირზე. მყარი ნივთიერების დაქუცმაცებისას (დანაწევრებისას) მისი ჯამური შეხების ზედაპირი მკვეთრად იზრდება, რაც ხელს უწყობს რეაქციის უფრო სწრაფად მიმდინარეობას.

თუთიისა და მარილმჟავას ურთიერთქმედებისას გამოიყოფა წყალბადი ბუშტუკების სახით, რომლის წარმოქმნის ინტენსივობითაც (სისწრაფით) ვსაზღვრავთ რეაქციის სიჩქარეს:

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიაში

ინდივიდუალური დაცვა: ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია დამცავი ხალათის, ხელთათმანებისა და დამცავი სათვალის გამოყენება.

მჟავასთან მუშაობა: მარილმჟავას (HCl) ხსნარი კოროზიულია და კანზე მოხვედრისას იწვევს გაღიზიანებას. ის უნდა ჩაისხას ფრთხილად. კანზე მოხვედრის შემთხვევაში, სასწრაფოდ ჩამოიბანეთ დაზიანებული ადგილი დიდი რაოდენობით გამდინარე წყლით.

მყარ ნივთიერებებთან მუშაობა: თუთიის ფხვნილთან მუშაობისას მოერიდეთ მტვრის ნაწილაკების შესუნთქვას ან თვალში მოხვედრას.

აირების გამოყოფა: რეაქციისას გამოიყოფა წყალბადი (H_2), რომელიც აალებადი აირია. ექსპერიმენტის სიახლოვეს არ უნდა იყოს ღია ცეცხლის წყარო.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (რასაც ჩვენ ვცვლით): თუთიის (Zn) დაქუცმაცების ხარისხი (მყარი ნივთიერების შეხების ზედაპირის ფართობი). ექსპერიმენტში ვიყენებთ თუთიას სამი სხვადასხვა ფორმით: მარცვლები, ნაქლიბი და ფხვნილი.

დამოკიდებული ცვლადი (რასაც ვზომავთ): რეაქციის სიჩქარე, რომელიც ფასდება ვიზუალურად – წყალბადის აირის წარმოქმნის სისწრაფითა და ბუშტუკების გამოყოფის ინტენსივობით.

საკონტროლო ცვლადები (რაც უცვლელი უნდა დარჩეს):

თუთიის მასა / რაოდენობა სამივე სინჯარაში.

მარილმჟავას ხსნარის მოცულობა (ყველა სინჯარაში 5-5 მლ).

მარილმჟავას კონცენტრაცია.

გარემო ტემპერატურა (ცდა ტარდება მუდმივ ოთახის ტემპერატურაზე).

4 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები
• მარილმჟავას ხსნარი (HCl) • თუთიის მარცვლები (Zn) • თუთიის ნაქლიბი (Zn) • თუთიის ფხვნილი (Zn)	• სამი სინჯარა • სინჯარების სადგამი • საზომი ცილინდრი (მჟავას დოზირებისთვის)

5 მუშაობის მსვლელობა

1. აიღეთ სამი სინჯარა და მოათავსეთ სადგამში.
2. პირველ სინჯარაში მოათავსეთ თუთიის რამდენიმე მარცვალი.
3. მეორე სინჯარაში მოათავსეთ იგივე რაოდენობის (მასის) თუთიის ნაქლიბი.
4. მესამე სინჯარაში მოათავსეთ იგივე რაოდენობის (მასის) თუთიის ფხვნილი.
5. სამივე სინჯარას სათითაოდ დაამატეთ 5-5 მლ მარილმჟავას ხსნარი.
6. დააკვირდით სინჯარებში მიმდინარე რეაქციებს (წყალბადის ბუშტუკების გამოყოფას) და შედეგები შევიტანეთ ცხრილში.

6 მონაცემთა აღრიცხვის ცხრილი

ნივთიერება	წყალბადის წარმოქმნის სისწრაფე / ინტენსივობა
თუთიის მარცვლები	[*შეაფასეთ ვიზუალურად, მაგ: ნელი / სუსტი ბუშტუკები*]
თუთიის ნაქლიბი	[*შეაფასეთ ვიზუალურად, მაგ: საშუალო*]
თუთიის ფხვნილი	[*შეაფასეთ ვიზუალურად, მაგ: ძალიან სწრაფი / მძაფრი რეაქცია*]

7 მოსალოდნელი შედეგები და დასკვნა

მოსალოდნელი შედეგი: მესამე სინჯარაში (თუთიის ფხვნილი) რეაქცია წარიმართება ყველაზე სწრაფად და მძაფრად, წყალბადის ბუშტუკების უხვი გამოყოფით. მეორე სინჯარაში (ნაქლიბი) რეაქცია იქნება საშუალო სიჩქარის, ხოლო პირველ სინჯარაში (მარცვლები) – ყველაზე ნელი.

საბოლოო დასკვნა: ქიმიური რეაქციის სიჩქარე პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მორეაგირე ნივთიერებათა შეხების ზედაპირის ფართობთან. მყარი ნივთიერების დაქუცმაცების ხარისხის **გაზრდა** (მარცვლებიდან ფხვნილამდე) **ზრდის** შეხების ზედაპირს, რაც იწვევს რეაქციის სიჩქარისა და წყალბადის წარმოქმნის სისწრაფის **მატებას**.

თემა: **კატალიზატორის გავლენა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე**

მიზანი: კატალიზატორის (MnO_2) თანაობისას და მის გარეშე მიმდინარე ბერთოლეს მარილის ($KClO_3$) დაშლის რეაქციების სიჩქარეების შედარება.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლება

ბერთოლეს მარილი (კალიუმის ქლორატი) გაცხელებით იშლება და გამოყოფს ჟანგბადს. კატალიზატორის – მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის (MnO_2) დამატება საგრძნობლად ამცირებს რეაქციისთვის საჭირო ენერგიას და მკვეთრად აჩქარებს პროცესს, თუმცა თავად კატალიზატორი რეაქციაში არ იხარჯება. ჟანგბადის (O_2) გამოყოფას ვაფიქსირებთ სინჯარაში მბჟუტავი ხის ჩხირის შეტანით (ჟანგბადში ჩხირი აინთება):

$$2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2KCl + 3O_2$$

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიაში

აფეთქების პრევენცია: ბერთოლეს მარილიდან ჟანგბადის მიღების რეაქციას მნიშვნელოვნად აჩქარებს ორგანული ნივთიერებების თანაობა. რეაგენტები (ბერთოლეს მარილი და მანგანუმის ორჟანგი) უნდა იყოს ზედმიწევნით სუფთა და არ უნდა შეიცავდეს ორგანულ მინარევებს, წინააღმდეგ შემთხვევაში მოსალოდნელია **აფეთქება**.

ფრთხილი დაფხვნა: ბერთოლეს მარილის ძალიან ფრთხილად უნდა დაიფქვას როდინში, **გასრისვით** და არა დანაყვით (დარტყმით), რადგან დარტყმითმა ძალამ ან ხახუნმა შესაძლოა გამოიწვიოს აფეთქება.

ინდივიდუალური დაცვა: სავალდებულოა დამცავი ხალათის, ხელთათმანებისა და დამცავი სათვალის გამოყენება.

სპირტქურასთან მუშაობა: სინჯარები სპირტქურის ალზე ჯერ უნდა გაცხელდეს თანაბრად (მთლიანად) და შემდეგ ძლიერად, რათა თავიდან ავიცილოთ მინის მკვეთრი გაფართოება და გატეხვა. სინჯარის პირი არ უნდა იყოს მიმართული ადამიანისკენ.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (რასაც ჩვენ ვცვლით): კატალიზატორის – მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის (MnO_2) არსებობა რეაქციაში.

დამოკიდებული ცვლადი (რასაც ვზომავთ): რეაქციის სიჩქარე, რომელიც ფასდება ჟანგბადის გამოყოფის დაწყების დროითა და ინტენსივობით (მბჟუტავი ჩხირის აალების სისწრაფით).

საკონტროლო ცვლადები (რაც უცვლელი უნდა დარჩეს):

ბერთოლეს მარილის საწყისი მასა ორივე სინჯარაში (დაახლოებით 0.5 გრამი).

გაცხელების ინტენსივობა და ტემპერატურა (ორივე სინჯარა ცხელდება ერთი და იმავე სპირტქურის ალზე).

4 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები
• ბერთოლეს მარილი ($KClO_3$) • მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდი (MnO_2)	• როდინი, შპატელი, ფაიფურის ჯამი • ფილტრის ქაღალდი, ორი სინჯარა • შტატივი მომჭერით, სპირტქურა • მბჟუტავი ხის ჩხირი

5 მუშაობის მსვლელობა

1. როდინში ფრთხილად ცალ-ცალკე დასრისეთ ბერთოლეს მარილი და მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდი.
2. მოამზადეთ კატალიზატორისა და მარილის ნარევი მასური თანაფარდობით 1:2 (ერთი წილი მანგანუმის ორჟანგი და ორი წილი ბერთოლეს მარილი), მოათავსეთ ფაიფურის ჯამში და შპატელით კარგად შეურიეთ.
3. შტატივზე დახრილ მდგომარეობაში, ერთმანეთთან მჭიდროდ დაამაგრეთ ორი სუფთა, მშრალი სინჯარა.
4. **პირველ სინჯარაში** ჩაყარეთ დაახლოებით 0,5 გრამი სუფთა ბერთოლეს მარილი.
5. **მეორე სინჯარაში** ჩაყარეთ იმავე რაოდენობის ბერთოლეს მარილისა და მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის წინასწარ მომზადებული ნარევი.
6. ორივე სინჯარა ერთდროულად გააცხელეთ სპირტქურის ალზე – ჯერ სუსტად (თანაბარი გათბობისთვის), შემდეგ კი ძლიერად.
7. ორივე სინჯარაში პერიოდულად შეიტანეთ მბჟუტავი ხის ჩხირი ჟანგბადის გამოყოფის შესამოწმებლად.

6 მონაცემთა აღრიცხვა და დაკვირვება

სინჯარა	სინჯარის შიგთავსი	დაკვირვება (მბჟუტავი ჩხირის რეაქცია)
სინჯარა №1	მხოლოდ ბერთოლეს მარილი ($KClO_3$)	ჩხირის აალება და ჟანგბადის გამოყოფა მნიშვნელოვნად დაგვიანდა.
სინჯარა №2	ბერთოლეს მარილი + კატალიზატორი (MnO_2)	ჟანგბადის ინტენსიური გამოყოფა და ჩხირის სწრაფი აალება დაფიქსირდა თითქმის დაუყოვნებლივ.

7 საბოლოო დასკვნა

კატალიზატორი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე. მანგანუმ(IV)-ის ოქსიდის (MnO_2) თანაობა **მკვეთრად აჩქარებს** ბერთოლეს მარილის დაშლის პროცესს, რის გამოც ჟანგბადი გაცილებით უფრო მოკლე დროში და დაბალ ტემპერატურაზე გამოიყოფა, ვიდრე სუფთა მარილის გაცხელებისას. ექსპერიმენტმა დაადასტურა, რომ კატალიზატორი ზრდის რეაქციის სიჩქარეს, თუმცა თავად საბოლოო პროდუქტების სახესა და რაოდენობას არ ცვლის.

შეფასების რუბრიკა (SOLO ტაქსონომიის მიხედვით)

სოლო ტაქსონომიის დონეები	1. შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება	2. ქიმიური პროცესი	3. მდგრადი წარმოება, მოხმარება
დონე 1 პრესტრუქტურული მოსწავლეს საერთოდ ვერ გაუაზრებია საკითხი, იყენებს შეუსაბამო, არარელევანტურ ინფორმაციას ან/და საერთოდ აცდენილია საკითხს.	ვერ აკავშირებს ნივთიერების ბუნებას ან შეხების ზედაპირს რეაქციის მსვლელობასთან. იყენებს არასწორ ტერმინოლოგიას.	ვერ განმარტავს ქიმიური რეაქციის სიჩქარეს და ვერ ასახელებს მასზე მოქმედ ძირითად ფაქტორებს.	ვერ აკავშირებს რეაქციის სიჩქარის მართვას და ქიმიური კინეტიკის პრინციპებს რეალურ ცხოვრებასთან ან წარმოებასთან.
დონე 2 უნისტრუქტურული მოსწავლეს შეუძლია მხოლოდ ერთი ასპექტის განხილვა და მარტივი, აშკარა/ცხადი კავშირების დამყარება. მოსწავლეს შეუძლია ტერმინოლოგიის გამოყენება, ზეპირად გადმოცემა (გახსენება), მარტივი ინსტრუქციების/ ალგორითმების შესრულება; პარაფრაზირება, ამოცნობა, დასახელება ან დათვლა.	ასახელებს მხოლოდ ერთ ფაქტორს (მაგ. მხოლოდ დაქუცმაცებას) ნივთიერების შინაგან თვისებებთან კავშირის გარეშე.	იცის მხოლოდ სიჩქარის ზოგადი განმარტება ან ასახელებს სიჩქარეზე მოქმედ მხოლოდ ერთ ფაქტორს.	მოჰყავს ყოფა-ცხოვრებიდან მხოლოდ ერთი მარტივი მაგალითი (მაგ. პროდუქტის მაცივარში შენახვა) სიღრმისეული განმარტების გარეშე.
დონე 3 მულტისტრუქტურული მოსწავლეს შეუძლია რამდენიმე ასპექტის განხილვა განცალკევებულად, ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. მას შეუძლია ჩამოთვლა, აღწერა, კლასიფიცირება, კომბინირება; მეთოდების, სტრუქტურის გამოყენება; პროცედურების შესრულება, სხვ.	აღწერს რამდენიმე ფაქტორს (ბუნება, შეხების ზედაპირი), თუმცა ვერ ხსნის მიზეზებს ატომურ/ მოლეკულურ დონეზე.	ითვლის საშუალო სიჩქარეს ფორმულით, ჩამოთვლის ექსპერიმენტის ფაქტორებს, თუმცა ვერ აკავშირებს მათ ერთმანეთთან.	ასახელებს რეაქციის აჩქარება/შენელების რამდენიმე მაგალითს ყოფასა და მრეწველობაში, თუმცა მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის გარეშე.

სოლო ტაქსონომიის დონეები	1. შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება	2. ქიმიური პროცესი	3. მდგრადი წარმოება, მოხმარება
დონე 4 **მიმართებითი** მოსწავლეს შეუძლია გაიაზროს კავშირი რამდენიმე ასპექტს შორის, აგრეთვე ისიც, თუ როგორ ერგება/შეეხამება ეს ასპექტები ერთმანეთს და ქმნის მთელს, მთლიანობას. მისი ნააზრევი დასტრუქტურებულია და ამგვარად, მოსწავლეს აქვს იმის უნარი, რომ შეადაროს, დააკავშიროს, გააანალიზოს, გამოიყენოს თეორია, ახსნას საკითხი მიზეზებისა და შედეგების კუთხით.	ხსნის, თუ როგორ განსაზღვრავს ნივთიერების აღნაგობა და შეხების ზედაპირის ფართობი რეაქციის სიჩქარეს.	გააზრებულად გამოითვლის სიჩქარეს, ანალიზებს ყველა ფაქტორს ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით და ხსნის კატალიზატორისა და კონცენტრაციის როლს.	მსჯელობს, თუ როგორ გამოიყენება კინეტიკის ცოდნა პროცესების მართვისთვის და ასაბუთებს ენერგოეფექტურობას.
დონე 5 **გაფართოებული აბსტრაქტული** მოსწავლეს შეუძლია სტრუქტურის განზოგადება მოცემულის/შეთავაზებულის მიღმა, სტრუქტურის აღქმა მრავალი სხვადასხვა კუთხიდან/ თვალთახედვით და იდეების გადატანა ახალ სფეროში. მას შეუძლია განზოგადება, ჰიპოთეზის წამოყენება, კრიტიკა ან თეორიის ჩამოყალიბება.	პროგნოზირებს უცნობი ნივთიერებების რეაქციის სიჩქარეს მათი პერიოდულ სისტემაში მდებარეობისა და სტრუქტურის მიხედვით.	გვთავაზობს რეაქციის სიჩქარის გაზომვის ალტერნატიულ ექსპერიმენტულ გზებს და ხსნის პროცესებს შეჯახებათა თეორიისა და აქტივაციის ენერგიის ჭრილში.	გვთავაზობს სამრეწველო პროცესის ოპტიმიზაციის ან გარემოსდაცვითი პრობლემის გადაჭრის ინოვაციურ მოდელს კინეტიკური ფაქტორების გამოყენებით.



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი I ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

მეტალი	წყალბადის წარმოქმნის სისწრაფე (სწრაფად გამოიყოფა, ნელა გამოიყოფა, არ გამოიყოფა)
Mg	
Zn	
Fe	
Cu	

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი **II** ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

სინჯარების წყვილი	**აღებული რაოდენობა (მლ)**	**მიმატებული წყლის რაოდენობა (მლ)**	**გოგირდმჟავას რაოდენობა (მლ)**	**ხსნარების შერევიდან სიმღვრივის წარმოქმნამდე გასული დრო (*t*, წმ)**
№1 და №4	5	10	5	
№2 და №5	10	5	5	
№3 და №6	15	0	5	

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი **III** ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

სინჯარების წყვილი	**აღებული $Na_2S_2O_3$-ის რაოდენობა (მლ)**	**მჟავას რაოდენობა (მლ)**	**ტემპერატურა (°C)**	**სიმღვრივის წარმოქმნამდე გასული დრო (t, წმ)**
№1 და №4	10	10	≈25°C	
№2 და №5	10	10	≈40°C	
№3 და №6	10	10	≈60°C	

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი **IV** ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

ნივთიერება	**წყალბადის წარმოქმნის სისწრაფე / ინტენსივობა**
თუთიის მარცვლები	
თუთიის ნაქლიბი	
თუთიის ფხვნილი	

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი **V** ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

სინჯარა	**სინჯარის შიგთავსი**	**დაკვირვება (მბჟუტავი ჩხირის რეაქცია)**
სინჯარა №1	მხოლოდ ბერთოლეს მარილი ($KClO_3$)	
სინჯარა №2	ბერთოლეს მარილი + კატალიზატორი (MnO_2)	

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____



მოსწავლის თვითშეფასების ფურცელი

თემა: რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

I. როგორ ვიმუშავე გაკვეთილზე? (შეაფასე შენი თავი და მონიშნე ✓):

კრიტერიუმი	**ყოველთვის**	**ხშირად**	**იშვიათად**
ყურადღებით ვუსმენდი ახსნას	☐	☐	☐
აქტიურად ვმონაწილეობდი ექსპერიმენტში	☐	☐	☐
ვაკვირდებოდი შედეგებს	☐	☐	☐
ვმუშაობდი ჯგუფთან ერთად	☐	☐	☐

II. რა გავიგე დღეს? (მონიშნე ✓ ის, რაც უკვე კარგად გესმის):

☐ ტემპერატურა მოქმედებს რეაქციის სიჩქარეზე
☐ ზედაპირის ფართობი ზრდის რეაქციის სიჩქარეს
☐ ნივთიერების ბუნება განსაზღვრავს რეაქციის სიჩქარეს
☐ ჯერ კიდევ მჭირდება განმარტება

III. საკუთარი შეფასება (შეაფასე შენი ცოდნა):

დონე	**მონიშნე**
ყველაფერი კარგად გავიგე	☐
თითქმის ყველაფერი გავიგე	☐
ნაწილობრივ გავიგე	☐
დახმარება მჭირდება	☐

IV. რა იყო ყველაზე საინტერესო?

_____

V. რა გამიჭირდა?

_____

VI. რა მინდა უკეთ გავიგო მომავალში?

_____

VII. თვითშეფასება ქულებით

რამდენ ქულას დაუწერდი შენს თავს? **ჩემი ქულა**: _____(1-დან10-მდე); რატომ?

_____

VIII. დამატებითი კომენტარი

რა მოგეწონა ან რას შეცვლიდი გაკვეთილზე?

_____

2.3. ქიმიური წონასწორობა

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი II: ქიმიური კინეტიკა

პარაგრაფი: 2.3. ქიმიური წონასწორობა.

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი.

საკვანძო კითხვა: ხორციელდება თუ არა ყველა ქიმიური რეაქცია რეაგენტების სრული გარდაქმნით და როგორ შეგვიძლია ვმართოთ პროცესები, რომლებიც ორმხრივად მიმდინარეობს?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლეს შეუძლია განასხვავოს შექცევადი და შეუქცევადი რეაქციები;
- ახსნას წონასწორობის დინამიკური არსი;
- სწორად ჩაწეროს წონასწორობის მუდმივას გამოსახულება და გამოიყენოს იგი პრაქტიკული პრობლემის (ამიაკის გამოსავლიანობის გაზრდა) თეორიული მოდელირებისთვის.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **„გაიაზრეთ“**

გაიაზრეთ

- ხორციელდება თუ არა ყველა ქიმიური რეაქცია რეაგენტების სრული გარდაქმნით რეაქციის პროდუქტებად?

ყველა ქიმიური რეაქცია არ ხორციელდება რეაგენტების სრული გარდაქმნით რეაქციის პროდუქტებად. თუ რეაქციის პროდუქტები იმავე პირობებში ერთმანეთთან ურთიერთქმედებს საწყისი რეაგენტების წარმოქმნით, რეაქცია შექცევადია და რეაგენტები რეაქციის პროდუქტებად სრულად არ გარდაიქმნება.

აქტივობა 2 **„პრობლემური სიტუაცია“**

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებში იმ წარმოდგენის გააქტიურება, რომ ყველა რეაქცია ბოლომდე არ მიმდინარეობს.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი დაფაზე წერს ორ რეაქციას: ბერთოლეს მარილის დაშლას ($2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$) და კალციუმის კარბონატის დაშლას დახურულ ჭურჭელში ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$).

სადისკუსიო კითხვები (დეკლარატიული და პროცედურული):

? **1.** რატომ არის, რომ პირველ შემთხვევაში რეაქცია მხოლოდ მაშინ წყდება, როცა მარილი სრულად დაიშლება, ხოლო მეორე შემთხვევაში (დახურულ ჭურჭელში) გარკვეულ მომენტში რეაქცია თითქოს „ჩერდება“, თუმცა ჭურჭელში საწყისი ნივთიერებაც რჩება?

სავარაუდო პასუხი:

- **პირველი რეაქცია** – $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$**:** ეს რეაქცია **შეუქცევადი პროცესია**. გარდა ამისა, წარმოქმნილი ჟანგბადი (O_2) ტოვებს რეაქციის არეს (თუ ჭურჭელი ღიაა), რის გამოც შებრუნებული რეაქცია ვერ წარიმართება. შესაბამისად, რეაქცია გრძელდება მანამ, სანამ საწყისი ნივთიერება (ბერთოლეს მარილი) სრულად არ დაიშლება.
- **მეორე რეაქცია** $CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$**:** ეს არის **შექცევადი რეაქცია**, რადგან ის მიმდინარეობს **დახურულ ჭურჭელში**, გამოყოფილი ნახშირბადის ორჟანგი (CO_2) სისტემიდან არ გადის. CO_2-ის დაგროვებასთან ერთად იწყება და ჩქარდება შებრუნებული რეაქციაც ($CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$). გარკვეულ მომენტში პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სიჩქარეები გათანაბრდება ($\upsilon_{\text{პირდ.}} = \upsilon_{\text{შებრ.}}$) და დამყარდება **ქიმიური წონასწორობა**. ამ დროს ნივთიერებათა კონცენტრაციები აღარ იცვლება, რეაქცია გარეგნულად „შეჩერებული“ ჩანს, ჭურჭელში კი ერთდროულად რჩება საწყისი ნივთიერებაც ($CaCO_3$) და პროდუქტებიც (CaO და CO_2).

? **2.** რა პირობები განაპირობებს რეაქციის შეუქცევადობას (ნალექი, აირი, წყლის წარმოქმნა, დიდი სითბო)?

სავარაუდო პასუხი:

- ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს ბოლომდე (არის პრაქტიკულად შეუქცევადი), როდესაც წარმოქმნილი პროდუქტები ვეღარ შედიან ურთიერთქმედებაში საწყისი ნივთიერებების აღსადგენად. ამას განაპირობებს შემდეგი ფაქტორები:

1. **აირის გამოყოფა (ღია სისტემაში):** თუ რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება აირი, რომელიც ტოვებს რეაქციის არეს, შებრუნებული რეაქციისთვის საჭირო კომპონენტი სისტემაში აღარ რჩება.
2. **ნალექის წარმოქმნა:** წყალხსნარებში რეაქციისას უხსნადი ნივთიერების წარმოქმნის დროს იონები გამოიყოფა ხსნარიდან, რაც ხელს უშლის შებრუნებულ პროცესს.
3. **სუსტი ელექტროლიტის (წყლის –** H_2O**) წარმოქმნა:** ძლიერ მდგრადი, მცირედ დისოცირებული მოლეკულების წარმოქმნა (მაგ. ნეიტრალიზაციის რეაქციაში: $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$) აკავშირებს იონებს და რეაქციას შეუქცევადს ხდის.
4. **დიდი რაოდენობით სითბოს გამოყოფა (ძლიერი ეგზოთერმული რეაქცია):** როდესაც რეაქციისას გამოიყოფა უზარმაზარი ენერგია, წარმოქმნილი ნივთიერებები გადადიან ენერგეტიკულად გაცილებით მდგრად (დაბალენერგიულ) მდგომარეობაში. შებრუნებული რეაქციის წასამართად საჭირო გახდებოდა ძალიან დიდი ენერგიის მიწოდება, რის გამოც პროცესი პრაქტიკულად მხოლოდ პირდაპირი მიმართულებით მიდის.

აქტივობა 3 რეაქციების დახარისხება შექცევადობის მიხედვით

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა შეძლონ სიტყვიერად აღწერილი ქიმიური პროცესების მიხედვით შესაბამისი რეაქციის ტოლობების სწორად შედგენა, გათანაბრება და შექცევადობის მიხედვით დახარისხება.

აქტივობის აღწერა: დაწერეთ შესაბამისი რეაქციების ტოლობები და დაახარისხეთ შექცევად და შეუქცევად რეაქციებად:

1. მაგნიუმის ლენტის წვა;
2. კირქვის დაშლა გახურებით;
3. იოდწყალბადმჟავას წარმოქმნა წყალბადისა და იოდისაგან.
4. ამიაკის წარმოქმნა აზოტისა და წყალბადისაგან;
5. მეთანის წვა.



1) $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$	შეუქცევადი
2) $CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$	შექცევადი
3) $H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$	შექცევადი
4) $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$	შექცევადი
5) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	შეუქცევადი

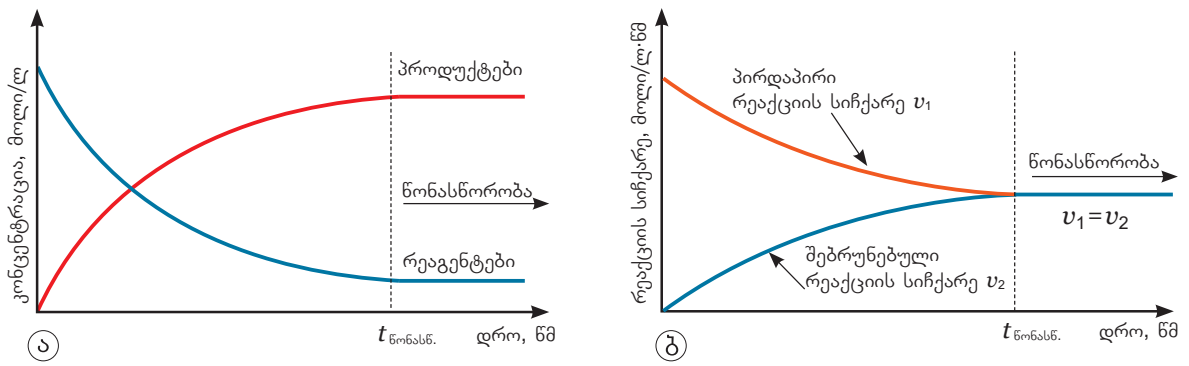


კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 4 ქიმიური წონასწორობა და მისი დინამიკური ბუნება

აქტივობის მიზანი: ქიმიური წონასწორობის დინამიკური ბუნებისა და წონასწორობის მუდმივას არსის დამოუკიდებლად აღმოჩენა.

აქტივობის აღწერა (მონაცემთა ანალიზი და მოდელირება): მოსწავლეები წყვილებში ან ჯგუფებში აანალიზებენ სახელმძღვანელოს სურათ 2-ს (კონცენტრაციისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების მრუდებს).



სურ. 2. შექცევად რეაქციებში (ა) კონცენტრაციისა და (ბ) რეაქციის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების მრუდი

სადისკუსიო კითხვები (პირობისეული და კრიტიკული აზროვნების):

? 1. გრაფიკული ანალიზი: რა ემართება პირდაპირი რეაქციის სიჩქარეს (υ_1) და შებრუნებული რეაქციის სიჩქარეს (υ_2) დროთა განმავლობაში?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- ✓ **პირდაპირი რეაქციის სიჩქარე (υ_1):** დროთა განმავლობაში მცირდება, რადგან საწყისი რეაგენტების კონცენტრაცია იკლებს.
- ✓ **შებრუნებული რეაქციის სიჩქარე (υ_2):** ნულიდან იწყება და დროთა განმავლობაში იზრდება, რადგან სისტემაში პროდუქტების კონცენტრაცია იმატებს.
- ✓ **წონასწორობის მომენტში ($t_{\text{წონასწ}}$):** ორივე რეაქციის სიჩქარე გათანაბრდება ($\upsilon_1 = \upsilon_2$) და დროის განმავლობაში მუდმივი რჩება.

? 2. შეიძლება თუ არა ვთქვათ, რომ წონასწორობის მომენტში ($\upsilon_1 = \upsilon_2$) რეაქცია შეწყდა? დაასაბუთეთ, რატომ არის წონასწორობა დინამიკური (მოძრავი).

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- ✓ **არა, რეაქცია არ შეწყვეტილა.**
- ✓ წონასწორობისას ორივე რეაქცია მიმდინარეობს **თანაბარი სიჩქარით** ($\upsilon_1 = \upsilon_2$), რის გამოც ნივთიერებათა კონცენტრაციები აღარ იცვლება.
- ✓ წონასწორობას ეწოდება **დინამიკური (მოძრავი)**, რადგან პირდაპირი და შებრუნებული პროცესები უწყვეტად გრძელდება, თუმცა სისტემის შემადგენლობა უცვლელია.

? 3. მოქმედ მასათა კანონის საფუძველზე ($\upsilon_1 = k_1 C_A^a \cdot C_B^b$), როგორ მივიღებთ წონასწორობის მუდმივას (K) გამოსახულებას? რაზე მიგვანიშნებს, $K > 1$ თუ $K < 1$ ან?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

განვიხილოთ ზოგადი შექცევადი რეაქცია: $a\text{A} + b\text{B} \rightleftarrows c\text{C} + d\text{D}$.

მოქმედ მასათა კანონის მიხედვით:

- ✓ პირდაპირი რეაქციის სიჩქარე: $\upsilon_1 = k_1 C_A^a \cdot C_B^b$
- ✓ შებრუნებული რეაქციის სიჩქარე: $\upsilon_2 = k_2 C_C^c \cdot C_D^d$
- ✓ წონასწორობის მდგომარეობაში ($\upsilon_1 = \upsilon_2$):

$$k_1 C_A^a \cdot C_B^b = k_2 C_C^c \cdot C_D^d$$

- ✓ სიჩქარის მუდმივების შეფარდებით მივიღებთ წონასწორობის მუდმივას (K):

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b}$$

- ✓ K-ს მნიშვნელობის განმარტება:

  $K > 1$ წონასწორობა გადახრილია პროდუქტების წარმოქმნისკენ (წონასწორულ ნარევში ჭარბობს პროდუქტების კონცენტრაცია).

  $K < 1$ წონასწორობა გადახრილია საწყისი ნივთიერებებისკენ (წონასწორულ ნარევში ჭარბობს რეაგენტები).

  $K = 1$ პროდუქტებისა და რეაგენტების კონცენტრაციების ნამრავლები თანაბარია.

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 4 **ტიპური ამოცანების ერთობლივი გარჩევა**

აქტივობის მიზანი: რაოდენობრივი გამოთვლების წარმოება და თეორიული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენება.

აქტივობის აღწერა (დიფერენცირებული ამოცანების გადაჭრა): კლასი მუშაობს სახელმძღვანელოში მოცემული ტიპური ამოცანების ნიმუშებზე.

ტიპური ამოცანების ამოხსნა

ამოცანა 1

მოცემულ რეაქციაში $A + 2B \rightleftarrows C + D$ წონასწორობის დამყარების შემდეგ ნივთიერებების კონცენტრაციებია: [A] = 0,4 მოლი/ლ; [B] = 0,5 მოლი/ლ; [C] = 0,25 მოლი/ლ; [D] = 0,8 მოლი/ლ. გამოთვალეთ წონასწორობის მუდმივა. რეაქციაში ყველა ნივთიერება აირადია.

ამოხსნა:

მოც.:
[A] = 0,4 მოლი/ლ
[B] = 0,5 მოლი/ლ
[C] = 0,25 მოლი/ლ
[D] = 0,8 მოლი/ლ

K = ?

რადგან პირობაში მოცემულია წონასწორული კონცენტრაციები, გამოვიყენებთ წონასწორობის მუდმივას განტოლებას და ჩავსვამთ შესაბამის მნიშვნელობებს:

$$A + 2B \rightleftarrows C + D$$

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]^2} \qquad K = \frac{0{,}25 \cdot 0{,}8}{0{,}4 \cdot 0{,}5^2} = 2$$

წონასწორობის მუდმივა 2-ის ტოლია.

პასუხი: $K = 2$.

ამოცანა 2

რეაქციაში $2A + B \rightleftarrows C$ წონასწორობის პირობებში რეაგენტების წონასწორული კონცენტრაციებია: [A] = 0,5 მოლი/ლ, [B] = 0,2 მოლი/ლ. გამოთვალეთ C ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაცია, თუ წონასწორობის მუდმივა 1-ის ტოლია. რეაქციაში მონაწილე ყველა ნივთიერება აირადია.

ამოხსნა:

მოც.:
[A] = 0,5 მოლი/ლ
[B] = 0,2 მოლი/ლ
K = 1

[C] = ?

C ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაცია აღვნიშნოთ x-ით და წონასწორობის მუდმივას განტოლებაში ჩავსვათ შესაბამისი მნიშვნელობები.

$$2A + B \rightleftarrows C$$

$$K = \frac{[C]}{[A]^2[B]} \qquad 1 = \frac{x}{0{,}5^2 \cdot 0{,}2} \qquad x = 0{,}05$$

პასუხი: [C] = 0,05 მოლი/ლ.

ამოცანა 3

რეაქციაში $SO_2(ა) + NO_2(ა) \rightleftarrows SO_3(ა) + NO(ა)$

SO_2-ის და NO_2-ის საწყისი კონცენტრაციებია: $C(SO_2) = 6$ მოლი/ლ; $C(NO_2) = 7$ მოლი/ლ.

გამოთვალეთ SO_2-ის წონასწორული კონცენტრაცია, თუ წონასწორობის მუდმივა 1-ის ტოლია.

ამოხსნა:

მოც.:
$C(SO_2) = 6$ მოლი/ლ
$C(NO_2) = 7$ მოლი/ლ
$K = 1$

$[SO_2] = ?$

$SO_2 + NO_2 \rightleftarrows SO_3 + NO$

დავუშვათ, წონასწორულ ნარევში აღმოჩნდა x მოლი/ლ SO_3.

წონასწორულ ნარევში იქნება ასევე x მოლი/ლ NO,

$(6 - x)$მოლი/ლ SO_2 და $(7 - x)$მოლი/ლ NO_2,

მაშინ

$$K = \frac{[SO_3]\,[NO]}{[SO_2]\,[NO_2]} = 1 \qquad 1 = \frac{x^2}{(6 - x)\cdot(7 - x)} \quad \Big| \quad x = 3{,}23$$

$$[SO_3] = 3{,}23 \text{ მოლი/ლ}$$

3,23 მოლი SO_3 მიღებაზე, ტოლობის თანახმად, იხარჯება 3,23 მოლი SO_2, ამიტომ წონასწორულ ნარევში დარჩება

$$[SO_2] = 6 - 3{,}23 = 2{,}77 \text{ მოლი/ლ.}$$

პასუხი: 2,77 მოლი/ლ SO_2.

აქტივობა 5 წონასწორობის მუდმივას გამოთვლა

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა შეძლონ სხვადასხვა ტიპის ქიმიური რეაქციების ტოლობების სწორად შედგენა, გათანაბრება და შექცევადი პროცესებისთვის წონასწორობის მუდმივას მათემატიკური გამოსახულების ჩაწერა.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი ყოფს კლასს სამ ჯგუფად და თითოულ ჯგუფს აძლევს დავალებას:

ამოცანის პირობა: მოცემული ქიმიური რეაქციისთვის შეადგინეთ ქიმიური ტოლობები და ჩაწერეთ რას უდრის $K_წ$.

I ჯგუფი

ა) ამიაკის (NH_3) ჟანგვისას ქლორით წარმოიქმნება აზოტი და ქლორწყალბადი.

პასუხი: $2NH_3 + 3Cl_2 \rightleftarrows 6HCl + N_2 + Q$

$$K_წ = \frac{[HCl]^6\,[N_2]}{[NH_3]^2\,[Cl_2]^3}$$

II ჯგუფი

ბ) აცეტილენის (C_2H_2) ჰიდრირებისას კატალიზატორის თანაობით წარმოიქმნება ეთილენი.

პასუხი: $C_2H_2 + H_2 \rightleftarrows C_2H_4 + Q$

$$K_წ = \frac{[C_2H_4]}{[C_2H_2]\,[H_2]}$$

III ჯგუფი

გ) მყარი მაგნიუმის კარბონატის ($MgCO_3$) დაშლით ღებულობენ მყარ მაგნიუმის ოქსიდს და ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდს.

პასუხი: $MgCO_3 \rightleftarrows MgO + CO_2 - Q$

$K_c = [CO_2]$

აქტივობა 6 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

- იცვლება თუ არა პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სიჩქარეები წონასწორობის მიღწევამდე და როგორ? პასუხი დაასაბუთეთ.

წონასწორობის მიღწევამდე პირდაპირი რეაქციის სიჩქარე მცირდება ვინაიდან რეაგენტების კონცენტრაცია მცირდება; შებრუნებული რეაქციის სიჩქარე იზრდება პროდუქტების კონცენტრაციის ზრდის გამო.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 7 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

- მოცემულია ორი რეაქცია:

  $2NO_2(ა) \rightleftarrows N_2O_4(ა)$

  $Cl_2(ხს) + H_2O(თხ) \rightleftarrows HClO(ხს) + HCl\ (ხს)$

  შეადარეთ პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციის სიჩქარეები წონასწორობის მდგომარეობაში. პასუხი დაასაბუთეთ.

წონასწორობის მდგომარეობაში პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციის სიჩქარეები ტოლია.

აქტივობა 8 შემოქმედებითი დავალება

აქტივობის მიზანი: მიღებული ცოდნის რეალურ, ცხოვრებისეულ კონტექსტთან დაკავშირება.
დავალების პირობა: წარმოიდგინეთ, რომ ხართ ქიმიური ქარხნის წამყვანი ინჟინრები. თქვენი მიზანია ამიაკის სინთეზის შექცევად რეაქციაში (მაქსიმალურად გაზარდოთ პროდუქტის გამოსავლიანობა.
მოამზადეთ **საინჟინრო მოხსენება ან პრეზენტაცია**, სადაც წონასწორობის მუდმივასა და კონცენტრაციების გრაფიკული ანალიზის საფუძველზე დაასაბუთებთ, თუ როგორ უნდა შეინარჩუნოთ სისტემა ოპტიმალურ რეჟიმში.

საშინაო აქტივობა — პასუხებით

1. დავუშვათ, $2SO_2(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2SO_3(ა)$ რეაქციის წონასწორობის დროს 1 წმ-ში წარმოიქმნა გოგირდ(VI)-ის ოქსიდის n მოლეკულა. ამავე დროის განმავლობაში გოგირდ(VI)-ის ოქსიდის რამდენი მოლეკულა დაიშალა და ჟანგბადის რამდენი მოლეკულა წარმოიქმნა?



ამოხსნა:

$$\underset{}{2SO_2} + \underset{0,5n \text{ მოლი}}{O_2} \rightleftarrows \underset{n \text{ მოლი}}{2SO_3}$$

იმავე დროის განმავლობაში წარმოიქმნა ჟანგბადის $0,5n$ მოლეკულა და დაიშალა გოგირდ(VI)-ის ოქსიდის n მოლეკულა.

2. გამოსახეთ წონასწორობის მუდმივა შემდეგი რეაქციებისათვის:

$$N_2(ა) + 3H_2(ა) \rightleftarrows 2NH_3(ა)$$

$$2NO(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2NO_2(ა)$$



ამოხსნა: $K = \dfrac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ $\qquad K = \dfrac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}$

წონასწორობის მუდმივა არის პირდაპირი და შექცეული რეაქციის სიჩქარეთა მუდმივების ფარდობა. $K > 1$ ნიშნავს, რომ წონასწორობა გადახრილია პროდუქტების წარმოქმნის მხარეს. $K < 1$ – წონასწორობა გადახრილია საწყისი ნივთიერებების მხარეს.

3. დავუშვათ, რომ რეაქციამ $2NO\,(ა) + O_2\,(ა) \rightleftarrows 2NO_2\,(ა)$ მიაღწია წონასწორობის მდგომარეობას და დროის ერთეულში წონასწორულ ნარევში წარმოიქმნა 0,01 მოლი NO_2. რა რაოდენობის NO და O_2 დაიხარჯება დროის ამავე მონაკვეთში? რა რაოდენობის NO_2 დაიშლება და დაშლის შედეგად რა რაოდენობის NO და O_2 წარმოიქმნება? გადაიტანეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში და შეავსეთ.

შეიცვლება თუ არა წონასწორული ნარევის შედგენილობა დროთა განმავლობაში? პასუხი დაასაბუთეთ.



ნივთიერებები	დაიხარჯება დროის ერთეულში	წარმოიქმნება დროის ერთეულში
NO	0,01	0,01
O_2	0,005	0,005
NO_2	0,01	0,01

არ შეიცვლება. წონასწორული ნარევის მდგომარეობა შეიცვლება, თუ შეიცვლება რეაქციის პირობები – წონასწორობაზე მომქმედი რომელიმე ფაქტორი.

4. $2SO_2(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2SO_3(ა)$

გარკვეულ ტემპერატურაზე სისტემაში წონასწორული კონცენტრაციები ტოლია:
$[SO_2] = 0,04$ მოლ/ლ
$[O_2] = 0,06$ მოლ/ლ
$[SO_3] = 0,02$ მოლ/ლ
ა) გამოთვალეთ წონასწორობის მუდმივას მნიშვნელობა;
ბ) გამოთვალეთ გოგირდ(IV)-ის ოქსიდისა და ჟანგბადის საწყისი კონცენტრაციები.



ამოხსნა:

ა) პასუხი: $K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{0,02^2}{0,04^2 \cdot 0,06} = 4,17$

ბ) რეაქციის შედეგად წონასწორულ ნარევში აღმოჩნდა $[SO_3] = 0,02$ მოლი/ლ. მის მისაღებად დაიხარჯებოდა 0,02 მოლი/ლ SO_2 და 0,01 მოლი/ლ ჟანგბადი.
საწყის ნარევში აღებული იყო $C_{SO_2} = 0,04 + 0,02 = 0,06$ მოლი/ლ
და $C_{O_2} = 0,06 + 0,01 = 0,07$ მოლი/ლ.

პასუხი: $C_{SO_2} = 0,06$ მოლი/ლ
$C_{O_2} = 0,07$ მოლი/ლ

5. რეაქციაში $A + B \rightleftarrows C$ წონასწორული კონცენტრაციებია $[A] = 0,5$ მოლი/ლ, $[B] = 2$ მოლი/ლ. გამოთვალეთ C ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაცია ($K = 1$). რეაქციაში მონაწილე ყველა ნივთიერება ხსნარშია.

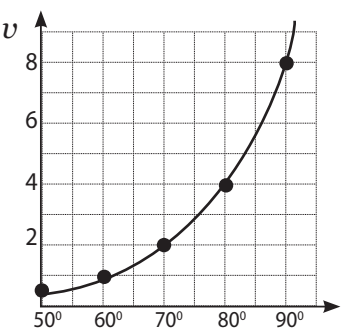


ამოხსნა: $K = \frac{[C]}{[A][B]}$ $\quad 1 = \frac{[C]}{0,5 \cdot 2}$

პასუხი: $[C] = 1$ მოლი/ლ

შევადგინოთ ცხრილი:

t	υ მოლი/ლ·წმ
50	0,5
60	1
70	2,0
80	4,0
90	8,0



2.4. წონასწორობის გადახრის პირობები. ლე შატელიეს პრინციპი

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი II: ქიმიური კინეტიკა

პარაგრაფი: 2.4. წონასწორობის გადახრის პირობები. ლე შატელიეს პრინციპი (ტემპერატურის, წნევისა და კონცენტრაციის გავლენა).

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 საათი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი; მდგრადი წარმოება, მოხმარება.

საკვანძო კითხვა: როგორ რეაგირებს წონასწორობაში მყოფი ქიმიური სისტემა გარე პირობების ცვლილებაზე და როგორ შეგვიძლია ამ პრინციპების გამოყენება მრეწველობაში პროდუქტის გამოსავლიანობის გასაზრდელად?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე სწორად აყალიბებს ლე შატელიეს პრინციპს;
- პროგნოზირებს ტემპერატურის, წნევისა და კონცენტრაციის ცვლილების ეფექტს შექცევად სისტემებზე;
- არგუმენტირებულად ასაბუთებს ქიმიური წონასწორობის მართვის მნიშვნელობას სამრეწველო პროცესებში (მაგალითად, სასუქების წარმოებაში).

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **„წონასწორობა მოძრაობაში“**

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებში იმ წარმოდგენის შექმნა, რომ წონასწორობა სტატიკური კი არა, მოძრავია და გარე ძალას შეუძლია მისი დარღვევა.

აქტივობის აღწერა (პრობლემური სიტუაცია): მასწავლებელი კლასს სთხოვს, წარმოიდგინონ ორი ადამიანი, რომლებიც მოძრავ ბილიკზე (ესკალატორზე) საპირისპირო მიმართულებით ერთი და იმავე სიჩქარით დარბიან და ერთ ადგილზე დგანან (დინამიკური წონასწორობა).

დასმული პრობლემა: რა მოხდება, თუ ბილიკის სიჩქარეს უცებ გავზრდით? რის გაკეთება მოუწევს ადამიანს წონასწორობის შესანარჩუნებლად?

სადისკუსიო კითხვები:

? **1.** რა არის ქიმიური წონასწორობის მთავარი პირობა კონცენტრაციებისა და სიჩქარეების თვალსაზრისით?

სავარაუდო პასუხი:

- **სიჩქარეების თვალსაზრისით:** დინამიკური წონასწორობის დროს პირდაპირი რეაქციის სიჩქარე უტოლდება შებრუნებული რეაქციის სიჩქარეს.

- **კონცენტრაციების თვალსაზრისით:** მორეაგირე (საწყისი) ნივთიერებებისა და რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტების კონცენტრაციები დროში აღარ იცვლება (მუდმივი რჩება), თუმცა რეაქცია გრძელდება.

? **2.** თუ წონასწორულ სისტემაში რომელიმე ნივთიერებას გარედან დავამატებთ, შეიცვლება თუ არა პირდაპირი ან შებრუნებული რეაქციის სიჩქარე?

სავარაუდო პასუხი:
- დიახ, შეიცვლება. წონასწორულ სისტემაში დამატებითი კომპონენტის შეტანა არღვევს არსებულ წონასწორობას.



კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 2 **სხვადახვა ფაქტორის გავლენა წონასწორობაზე – ჯგუფური მუშაობა**

აქტივობის მიზანი: ლე შატელიეს პრინციპის არსის აღმოჩენა და სამი ძირითადი ფაქტორის (კონცენტრაცია, წნევა, ტემპერატურა) გავლენის გაანალიზება მოდელირებისა და მონაცემთა ინტერპრეტაციის გზით.

აქტივობის აღწერა (ჯგუფური მუშაობა/ მოდელირება): კლასი იყოფა 3 ექსპერტთა ჯგუფად. თითოეული ჯგუფი სახელმძღვანელოს ტექსტზე დაყრდნობით იკვლევს ერთ კონკრეტულ ფაქტორს:

ჯგუფი 1 (კონცენტრაცია): იკვლევს, როგორ მოქმედებს რეაგენტის ან პროდუქტის დამატება/მოცილება სისტემაზე.

ჯგუფი 2 (წნევა): აანალიზებს აირადი ფაზების მოცულობებს (კოეფიციენტების ჯამს) და ადგენს წნევის გაზრდა/შემცირების ეფექტს.

ჯგუფი 3 (ტემპერატურა): აკავშირებს ეგზოთერმულ (+Q) და ენდოთერმულ (–Q) პროცესებს ტემპერატურის ცვლილებასთან.

სადისკუსიო კითხვები:

პირობისეული: რატომ არ ახდენს წნევის შეცვლა გავლენას ისეთ რეაქციებზე, სადაც მარცხენა და მარჯვენა მხარეს აირადი ნივთიერებების მოლთა (მოცულობათა) რაოდენობა ტოლია?

კრიტიკული აზროვნების: ლე შატელიეს პრინციპის მიხედვით, რატომ ცდილობს სისტემა ყოველთვის „საწინააღმდეგო“ რეაქციით უპასუხოს გარე ქმედებას? (მაგალითად, გათბობისას რატომ მიდის რეაქცია სითბოს შთანთქმის მიმართულებით?)

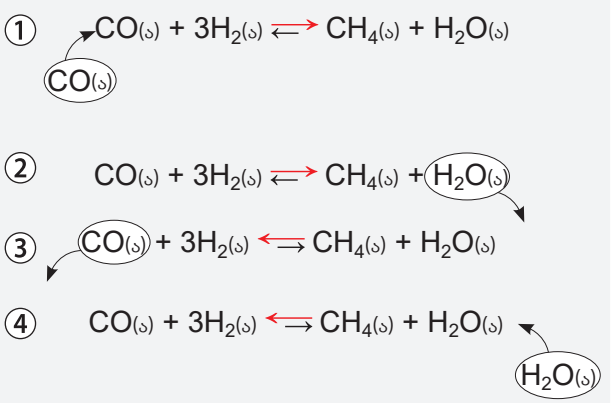
აქტივობა 3 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

დააკვირდით ქიმიურ ტოლობას.

1. ახსენით თითოეული რეაქციის გამოსახულებაში წონასწორობის დამრღვევი ფაქტორების მოქმედება. ყურადღება მიაქციეთ წითელი ისრის მიმართულებას. შეესაბამება თუ არა იგი დამრღვევი ფაქტორის მოქმედებებს?
2. დაირღვევა თუ არა წონასწორობა, თუ სარეაქციო ჭურჭელში:
   ა) შევიტანთ დამატებით H_2-ს?
   ბ) სარეაქციო არიდან გამოვიტანთ CH_4-ს?

პასუხი დაასაბუთეთ.



1. ① იზრდება CO-ს კონცენტრაცია, რაც იწვევს წონასწორობის გადახრას მარჯვნივ, მისი შემცირების მიმართულებით. შეესაბამება.

   ② წყალი სცილდება სარეაქციო არეს, რაც იწვევს წონასწორობის გადახრას მარჯვნივ, მისი წარმოქმნის მიმართულებით. შეესაბამება.

   ③ CO გამოდის სარეაქციო არიდან. წონასწორობა გადაიხრება მარცხნივ, მისი წარმოქმნის მიმართულებით. შეესაბამება.

   ④ წყლის კონცენტრაცია იზრდება, რაც წონასწორობას გადახრის მარცხნივ, მისი კონცენტრაციის შემცირების მიმართულებით. შეესაბამება.

2. **ა)** თუ შევიტანთ დამატებით H_2-ს, წონასწორობა დაირღვევა – გადაიხრება მარჯვნივ, წყალბადის კონცენტრაციის შემცირების მიმართულებით.

   ბ) სარეაქციო არიდან თუ გამოვიტანთ CH_4-ს, წონასწორობა დაირღვევა – გადაიხრება მარჯვნივ, მეთანის კონცენტრაციის ზრდის მიმართულებით.

აქტივობა 4 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

- წონასწორულ სისტემაში ერთ-ერთი ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილება არღვევს წონასწორობას. გარკვეული დროის შემდეგ მყარდება ახალი წონასწორობა, რომელშიც ნივთიერებათა წონასწორული კონცენტრაციები განსხვავებული იქნება, წონასწორობის მუდმივა კი – უცვლელი. ახსენით მიზეზი.

ერთ-ერთი ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილებით დაირღვევა წონასწორობა. ახალ წონასწორობაში, ქიმიური ტოლობის შესაბამისად, შეცვლილი იქნება ყველა ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაციები. მაგრამ K-ს გამოსახულებაში მათი ფარდობა დარჩება უცვლელი, ამიტომ წონასწორობის მუდმივა არ შეიცვლება.

აქტივობა 5 ექსპერიმენტი – კეთებით სწავლება

კლასი იყოფა 3 ნაწილად, თითოეული ჯგუფი იკვლევს წონასწორობაზე მოქმედ სხვადასხვა ფაქტორს.

I ჯგუფი

თემა: ქიმიურ წონასწორობაზე მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციის გავლენის შესწავლა.

მიზანი: რკინა(III)-ის ქლორიდისა და კალიუმის თიოციანატის ურთიერთქმედების მაგალითზე პროდუქტებისა და რეაგენტების კონცენტრაციის ცვლილების გავლენის შესწავლა ქიმიურ წონასწორობაზე ლე შატელიეს პრინციპის მიხედვით.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლება

რკინა(III)-ის ქლორიდისა და კალიუმის თიოციანატის ურთიერთქმედება შექცევადი პროცესია. რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება სისხლისფერი წითელი შეფერილობის მქონე კომპლექსური ნივთიერება – რკინა(III)-ის როდანიდი:

$$FeCl_3 + 3KCNS \rightleftarrows Fe(CNS)_3 + 3KCl$$

ლე შატელიეს პრინციპის თანახმად, თუ წონასწორობაში მყოფ სისტემაზე მოვახდენთ გარე ზემოქმედებას (შევცვლით კონცენტრაციას), წონასწორობა გადაიხრება იმ რეაქციის მიმართულებით, რომელიც ასუსტებს ამ ზემოქმედებას. ხსნარის ფერის ინტენსივობის ცვლილება (გამუქება ან გაღიავება) მიგვითითებს წონასწორობის გადახრის მიმართულებაზე.

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიაში

ინდივიდუალური დაცვა: ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია დამცავი ხალათის, ხელთათმანებისა და დამცავი სათვალის გამოყენება.

ქიმიკატებთან მუშაობა: რკინა(III)-ის ქლორიდი ($FeCl_3$) და კალიუმის თიოციანატი (KCNS) წარმოადგენენ ქიმიურად აქტიურ ნივთიერებებს. მოერიდეთ მათ კანზე, თვალში ან ტანსაცმელზე მოხვედრას. ნივთიერების კანზე მოხვედრისას სასწრაფოდ ჩამოიბანეთ დიდი რაოდენობით გამდინარე წყლით.

ორგანოლეპტიკური აკრძალვა: კატეგორიულად აკრძალულია ლაბორატორიაში არსებული ხსნარების გემოს გასინჯვა ან მათი ორთქლის პირდაპირი, მკვეთრი შესუნთქვა.

ჭურჭლის დაზიანება: სინჯარების შენჯღრევისას იყავით ფრთხილად, რათა თავიდან აიცილოთ მათი ერთმანეთზე ან მაგიდაზე დარტყმა და გატეხვა.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (რასაც ჩვენ ვცვლით): სისტემაში არსებული კონკრეტული მორეაგირე ნივთიერებების ან პროდუქტების კონცენტრაცია (საწყის ხსნარზე $FeCl_3$-ის ნაჯერი ხსნარის, KCNS-ის ნაჯერი ხსნარის ან მყარი KCl-ის დამატებით).

დამოკიდებული ცვლადი (რასაც ვზომავთ/ვაკვირდებით): ქიმიური წონასწორობის გადახრის მიმართულება, რაც ვლინდება ხსნარის წითელი შეფერილობის ინტენსივობის ცვლილებაში (გამუქება/გაღიავება).

საკონტროლო ცვლადები (რაც უცვლელი უნდა დარჩეს):

საწყისი განზავებული ხსნარის მოცულობა თითოეულ სინჯარაში (მოცულობის 1/3 ნაწილი).

სინჯარების დიამეტრი (ვიზუალური შედარების სიზუსტისთვის აღებულია ერთნაირი დიამეტრის ჭურჭელი).

სინჯარა №1 (საკონტროლო ნიმუში, რომელიც რჩება უცვლელი შედარებისთვის).

გარემო ტემპერატურა (ცდა ტარდება მუდმივ ოთახის ტემპერატურაზე).

4 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები
• რკინა(III)-ის ქლორიდის ხსნარი ($FeCl_3$) • კალიუმის თიოციანატის ხსნარი (KCNS) • მყარი კალიუმის ქლორიდი (KCl) • გამოხდილი წყალი	• 100 მლ და 50 მლ ქიმიური ჭიქები • 4 ცალი ერთნაირი დიამეტრის სინჯარა • სინჯარების სადგამი (შტატივი) • შპატელი და საზომი პიპეტი

5 მუშაობის მსვლელობა

1. 100 მლ-იან ქიმიურ ჭიქაში ჩავასხით 2 მლ რკინა(III)-ის ქლორიდის განზავებული ხსნარი და დავუმატეთ 2 მლ კალიუმის თიოციანატის ხსნარი. მივიღეთ ინტენსიური წითელი შეფერილობის ნარევი.
2. მიღებული ხსნარი ჭიქაშივე განვაზავეთ 60 მლ გამოხდილი წყლით.
3. ავიღეთ 4 ერთნაირი სინჯარა, დავნომრეთ ისინი და თითოეულში მოცულობის 1/3-მდე ჩავასხით მომზადებული ხსნარი.
4. **№1 სინჯარა** დავტოვეთ საწყის მდგომარეობაში შესადარებლად.
5. **№2 სინჯარას** დავუმატეთ 2 მლ რკინის ქლორიდის ნაჯერი ხსნარი.
6. **№3 სინჯარას** დავუმატეთ 2 მლ კალიუმის თიოციანატის ნაჯერი ხსნარი.
7. **№4 სინჯარაში** შპატელით ჩავყარეთ მცირე რაოდენობით მყარი კალიუმის ქლორიდი.
8. ოთხივე სინჯარა ფრთხილად შევანჯღრიეთ და შევადარეთ მათი ფერები №1 სინჯარასთან. შედეგები შევიტანეთ ცხრილში.

6 მონაცემთა აღრიცხვისა და დაკვირვების ცხრილი

სინჯარის №	დამატებული ნივთიერება	შეფერილობის ცვლილება (№1-თან შედარებით)	წონასწორობის გადახრის მიმართულება
№1	არაფერი (საკონტროლო)	საწყისი წითელი შეფერილობა	სისტემა წონასწორობაშია
№2	რკინა(III)-ის ქლორიდი ($FeCl_3$)	შეფერილობა მკვეთრად გამუქდა (წითელი გაძლიერდა)	პირდაპირი რეაქციისკენ (მარჯვნივ)
№3	კალიუმის თიოციანატი (KCNS)	შეფერილობა მკვეთრად გამუქდა (წითელი გაძლიერდა)	პირდაპირი რეაქციისკენ (მარჯვნივ)
№4	მყარი კალიუმის ქლორიდი (KCl)	შეფერილობა გაღიავდა (წითელი ფერი შესუსტდა)	შექცევადი რეაქციისკენ (მარცხნივ)

7 შედეგების ახსნა და საბოლოო დასკვნა

შედეგების ანალიზი:

- **№2 და №3 სინჯარებში** საწყისი ნივთიერებების ($FeCl_3$ და KCNS) კონცენტრაციის გაზრდით, ლე შატელიეს პრინციპის თანახმად, სისტემამ სცადა მათი შემცირება, რის გამოც წონასწორობა გადაიხარა პირდაპირი (პროდუქტების წარმოქმნის) მიმართულებით. გაიზარდა წითელი შეფერილობის მქონე $Fe(CNS)_3$-ის კონცენტრაცია, რამაც გამოიწვია ხსნარის გამუქება.
- **№4 სინჯარაში** პროდუქტის – კალიუმის ქლორიდის (KCl) – კონცენტრაციის გაზრდამ აიძულა სისტემა, წონასწორობა გადაეხარა საწყისი ნივთიერებების წარმოქმნის (მარცხნივ, შექცევადი რეაქციის) მიმართულებით. შედეგად, წითელი კომპლექსის რაოდენობა შემცირდა და ხსნარი გაღიავდა.

საბოლოო დასკვნა: ქიმიური წონასწორობა დინამიკურია და მასზე მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაცია პირდაპირ გავლენას ახდენს. საწყისი ნივთიერებების კონცენტრაციის **გაზრდა** წონასწორობას გადახრის **პირდაპირი რეაქციის (მარჯვნივ)** მიმართულებით, ხოლო რეაქციის პროდუქტების კონცენტრაციის **გაზრდა** – **შექცევადი რეაქციის (მარცხნივ)** მიმართულებით.

II ჯგუფი

თემა: ქიმიურ წონასწორობაზე მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციის გავლენის შესწავლა. შექცევადი ჰიდროლიზის რეაქციაში ქიმიური წონასწორობის გადახრის შესწავლა.

მიზანი: სტიბიუმ(III)-ის ქლორიდის ($SbCl_3$) ჰიდროლიზის მაგალითზე წყლისა და მჟავას კონცენტრაციის ცვლილების გავლენის შესწავლა ქიმიურ წონასწორობაზე ლე შატელიეს პრინციპის მიხედვით.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლება

სტიბიუმის ქლორიდის წყალში გახსნისას მიმდინარეობს შექცევადი ჰიდროლიზის რეაქცია, რომლის დროსაც წარმოიქმნება წყალში უხსნადი, თეთრი ფერის ნალექი – სტიბიუმის ოქსიქლორიდი (SbOCl):

$$SbCl_3 + H_2O \rightleftarrows SbOCl + 2HCl$$

სისტემაში ნივთიერებათა დამატებით (კონცენტრაციის შეცვლით) წონასწორობა გადაიხრება, რაც ვიზუალურად ვლინდება ხსნარის ამღვრევით (ნალექის გაჩენით) ან ნალექის გახსნით.

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიაში

მჟავასთან მუშაობა: ექსპერიმენტში გამოიყენება განზავებული მარილმჟავა (HCl), რომელიც კოროზიულია. მოერიდეთ კანზე ან ტანსაცმელზე მის მოხვედრას. კანზე მოხვედრისას სასწრაფოდ ჩამოიბანეთ დიდი რაოდენობით წყლით.

ინდივიდუალური დაცვა: სავალდებულოა დამცავი ხალათის, სათვალისა და ხელთათმანების გამოყენება.

ტოქსიკურობა: სტიბიუმის ნაერთები ტოქსიკურია, ამიტომ კატეგორიულად აკრძალულია ხსნარებთან უხელთათმანოდ შეხება ან მათი ორთქლის შესუნთქვა.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (რასაც ჩვენ ვცვლით): სისტემაში დამატებული კომპონენტების კონცენტრაცია (წყლის ან მარილმჟავას ხსნარის პერიოდული დამატებით).

დამოკიდებული ცვლადი (რასაც ვაკვირდებით): ქიმიური წონასწორობის მიმართულება, რომელიც ვლინდება ხსნარის მდგომარეობით (თეთრი სიმღვრივის გაჩენა ან გაქრობა/გამჭვირვალობა).

საკონტროლო ცვლადები (რაც უცვლელი უნდა დარჩეს):

სტიბიუმის ქლორიდის საწყისი მოცულობა (5 მლ).

მარილმჟავას საწყისი კონცენტრაცია (HCl 2:1 განზავება).

რეაქციის ტემპერატურა (ოთახის ტემპერატურა).

4 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები
• სტიბიუმ(III)-ის ქლორიდის ხსნარი ($SbCl_3$)) • განზავებული მარილმჟავა (2:1) • გამოხდილი წყალი	• 100 მლ ქიმიური ჭიქა • პიპეტი/წვეთოვანი.

5 მუშაობის მსვლელობა და დაკვირვება

1. 100 მლ-იან ქიმიურ ჭიქაში ჩავასხით 5 მლ $SbCl_3$-ის ხსნარი.
2. წვეთწვეთობით დავუმატეთ გამოხდილი წყალი თეთრი ფერის სიმღვრივის (SbOCl) წარმოქმნამდე. **დაკვირვება:** წყლის (საწყისი ნივთიერების) დამატებამ წონასწორობა გადახარა მარჯვნივ, პროდუქტების წარმოქმნისკენ.
3. მიღებულ ამღვრეულ ხსნარს წვეთწვეთობით დავუმატეთ განზავებული მარილმჟავა სიმღვრივის სრულ გაქრობამდე. **დაკვირვება:** მჟავას (პროდუქტის) კონცენტრაციის გაზრდამ წონასწორობა გადახარა მარცხნივ, ნალექი გაიხსნა და ხსნარი კვლავ გამჭვირვალე გახდა.
4. მიღებულ გამჭვირვალე ხსნარს ხელახლა დავუმატეთ წყალი. **დაკვირვება:** ხსნარი კვლავ აიმღვრა, რაც ადასტურებს წონასწორობის ხელახალ გადახრას პროდუქტების მიმართულებით.

6 საბოლოო დასკვნა (ლე შატელიეს პრინციპი)

ექსპერიმენტმა დაადასტურა ლე შატელიეს პრინციპი. საწყისი ნივთიერების (წყლის) კონცენტრაციის **გაზრდა** წონასწორობას გადახრის **პირდაპირი რეაქციის (მარჯვნივ)** მიმართულებით. ხოლო რეაქციის პროდუქტის (მარილმჟავას) კონცენტრაციის **გაზრდა** წონასწორობას გადახრის **შექცევადი რეაქციის (მარცხნივ)** მიმართულებით.

III ჯგუფი

თემა: ქიმიურ წონასწორობაზე ტემპერატურის გავლენის შესწავლა.

მიზანი: სახამებლის ბუბკოსა და იოდის სპირტხსნარის ურთიერთქმედების მაგალითზე ტემპერატურის ცვლილების გავლენის შესწავლა ქიმიურ წონასწორობაზე.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციის განტოლება

იოდის მოლეკულები სახამებელთან წარმოქმნიან ლურჯი შეფერილობის მქონე კომპლექსურ ნაერთს. ეს რეაქცია შექცევადია და მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით (ეგზოთერმულია).

ლე შატელიეს პრინციპის მიხედვით, სისტემის გაცხელება წონასწორობას გადახრის ენდოთერმული (სითბოს შთანთქმის, მარცხნივ) მიმართულებით, ხოლო გაცივება – ეგზოთერმული (მარჯვნივ) მიმართულებით.

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიაში

ღია ალთან მუშაობა: ექსპერიმენტში გამოიყენება სპირტქურა. გაცხელებისას სინჯარა უნდა გვეჭიროს სინჯარის საჭერელით და პერიოდულად შევანჯღრიოთ. სინჯარის პირი არ უნდა იყოს მიმართული საკუთარი თავის ან სხვებისკენ.

იოდთან მუშაობა: იოდის სპირტხსნარმა შეიძლება გამოიწვიოს კანის ფერის ცვლილება და დამწვრობა, მოერიდეთ მასთან პირდაპირ კონტაქტს.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (რასაც ჩვენ ვცვლით): სისტემის ტემპერატურა (სპირტქურის ალზე გაცხელება და შემდგომი გაცივება).

დამოკიდებული ცვლადი (რასაც ვზომავთ/ვაკვირდებით): ქიმიური წონასწორობის მიმართულება, რაც ვლინდება ხსნარის ლურჯი შეფერილობის გაქრობით ან ხელახლა გაჩენით.

საკონტროლო ცვლადები (რაც უცვლელი უნდა დარჩეს):

სახამებლის ბუბკოს საწყისი რაოდენობა.

იოდის სპირტხსნარის დოზირება (2 წვეთი).

პირველი სინჯარა (რომელიც რჩება ოთახის ტემპერატურაზე შესადარებლად).

4 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები
• სახამებლის ბუბკო • იოდის სპირტხსნარი	• 50 მლ ქიმიური ჭიქა • ორი სინჯარა • სპირტქურა • სინჯარის დამჭერი

5 მუშაობის მსვლელობა და დაკვირვება

1. ქიმიურ ჭიქაში მოვათავსეთ სახამებლის ბუბკო და დავუმატეთ 2 წვეთი იოდის სპირტხსნარი, რის შედეგადაც სახამებელი ლურჯად შეიფერა.
2. მიღებული ლურჯი ხსნარი გავყავით ორ სინჯარაში.
3. **პირველი სინჯარა** დავტოვეთ უცვლელად, შესადარებლად.
4. **მეორე სინჯარა** გავაცხელეთ სპირტქურის ალზე. **დაკვირვება:** გაცხელებისას ლურჯი შეფერილობა სრულად გაქრა. წონასწორობა გადაიხარა მარცხნივ, კომპლექსის დაშლის მიმართულებით.

5. ამის შემდეგ, მეორე სინჯარა გავაცივეთ. **დაკვირვება:** ხსნარი ხელახლა შეიფერა ლურჯად. წონასწორობა დაბრუნდა მარჯვნივ, კომპლექსის წარმოქმნის მიმართულებით.

6 საბოლოო დასკვნა და წონასწორობის გადანაცვლება

სახამებლისა და იოდის კომპლექსის წარმოქმნა ეგზოთერმული პროცესია. ტემპერატურის **გაზრდა** (გაცხელება), ლე შატელიეს პრინციპის თანახმად, ქიმიურ წონასწორობას გადახრის **შექცევადი რეაქციის (მარცხნივ)** მიმართულებით, რის გამოც შეფერილობა ქრება. ხოლო ტემპერატურის **შემცირება** (გაციება) წონასწორობას აბრუნებს **პირდაპირი რეაქციის (მარჯვნივ)** მიმართულებით და შეფერილობა კვლავ აღდგება.

აქტივობა 6 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

- მოცემულია რეაქცია: $H_2(ა) + Cl_2(ა) \rightleftarrows 2HCl(ა) + Q$.
  იმსჯელეთ, დაირღვევა თუ არა სისტემის წონასწორობა ტემპერატურის გაზრდით? წნევის გაზრდით?
- იმსჯელეთ, რა ფაქტორები განაპირობებს ქიმიური წონასწორობის დარღვევას და როგორ.

ერთ-ერთი ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილებით დაირღვევა წონასწორობა. ახალ წონასწორობაში შეცვლილი იქნება, ქიმიური ტოლობის შესაბამისად, ყველა ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაციები. მაგრამ *K*-ს გამოსახულებაში მათი ფარდობა დარჩება უცვლელი, ამიტომ წონასწორობის მუდმივა არ შეიცვლება.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 7 „გაიაზრეთ“დიფერენცირებული დავალება

აქტივობის მიზანი: თეორიული წესების პრაქტიკულ ამოცანებში გადატანა დიფერენცირებული მიდგომით.

აქტივობის აღწერა (სავარჯიშოების ეტაპობრივი გადაჭრა): მასწავლებელი მოსწავლეებს სთავაზობს სახელმძღვანელოს საშინაო აქტივობის ამოცანებზე დაფუძნებულ დიფერენცირებულ სამუშაოს:

დონე ა (საბაზისო): რეაქციისთვის $N_2(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2NO(ა) - Q$ განსაზღვრეთ წონასწორობის მიმართულება მხოლოდ ჟანგბადის კონცენტრაციის გაზრდისას (მარტივი ფაქტორი).

დონე ბ (საშუალო): რეაქციისთვის $2CO(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2CO_2(ა) + Q$ განსაზღვრეთ წონასწორობის გადახრა ერთდროულად ორი პირობის: წნევის გაზრდისა და სისტემის გაცივების შემთხვევაში.

დონე გ (გაფართოებული): ახსენით, რატომ უწოდებენ ჰაბერ-ბოშის აღმოჩენას „პურს ჰაერიდან“ ქიმიური ტექნოლოგიის თვალსაზრისით და დაასაბუთეთ ოპტიმალური პირობების შერჩევის აუცილებლობა (რატომ გამოიყენება მაღალი წნევა და ზომიერი ტემპერატურა კატალიზატორთან ერთად).

აქტივობა 8 **თეორიის პრაქტიკაში ტრანსფერი** – „ეკოლოგია და მრეწველობა – მდგრადი განვითარების გამოწვევები“ (როლური თამაში ან დებატები).

აქტივობის მიზანი: ქიმიური მრეწველობის სარგებლისა და ეკოლოგიური ზიანის გაანალიზება მდგრადი განვითარების მიზნების კონტექსტში.

აქტივობის აღწერა: კლასი იყოფა სამ ჯგუფად.

ჯგუფი 1 *(ინჟინრები/აგრონომები):* იცავენ პოზიციას, რომ ამიაკის ფართომასშტაბიანი წარმოება (ჰაბერ-ბოშის პროცესი) აუცილებელია მოსახლეობის საკვებით უზრუნველსაყოფად.

ჯგუფი 2 *(ეკოლოგები):* განიხილავენ ინდუსტრიის უარყოფით მხარეებს – ენერგიის მაღალი მოხმარება, ემისიები, ნიადაგისა და წყლის დაბინძურება.

ჯგუფი 3 *(მდგრადი განვითარების ექსპერტები):* სთავაზობენ კომპრომისულ გადაწყვეტილებებს სახელმძღვანელოს ტექსტზე დაყრდნობით (მაგალითად: დანადგარების გაგრილებისას წყლის რეცირკულაცია, ტექნოლოგიების დახვეწა ჰაერის დაბინძურების შესამცირებლად, როგორც ეს მე-5 და მე-6 სურათების აღწერაშია).

აქტივობა 9 **შემოქმედებითი დავალება**

თემა: „ჰაბერ-ბოშის პროცესი: კაცობრიობის გადარჩენა თუ ეკოლოგიური დილემა? – ლე შატელიეს პრინციპი მდგრადი წარმოების სამსახურში“

დავალების პირობა:

წარმოიდგინეთ, რომ ხართ ქიმიურ-ინდუსტრიული კონსორციუმისა და გარემოსდაცვითი საბჭოს გაერთიანებული ექსპერტთა ჯგუფის წევრი. თქვენი ამოცანაა მოამზადოთ **ინტერაქტიული ანალიტიკური პოსტერი / მულტიმედიური პრეზენტაცია / პროექტის განაცხადი**, რომელიც პასუხობს ორ მთავარ გამოწვევას:

1. **მეცნიერულ-ტექნოლოგიური მხარე:** როგორ გვეხმარება ლე შატელიეს პრინციპი ამიაკის სინთეზის მართვაში, რამაც თავის დროზე კაცობრიობა შიმშილს გადაარჩინა?
2. **მდგრადი განვითარების მხარე:** როგორ გავხადოთ ამიაკისა და სასუქების წარმოება მდგრადი (მწვანე), ეკოლოგიური ზიანისა და ენერგოდანახარჯების შემცირებით?

დავალების სტრუქტურა და შინაარსი (რას უნდა მოიცავდეს ნამუშევარი):

1. **მეცნიერული და ტექნოლოგიური ანალიზი (ქიმიური ნაწილი):**

- **ქიმიური განტოლება და თერმოქიმიური ნიშანი:** ჩაწერეთ ამიაკის სინთეზის შექცევადი რეაქციის განტოლება, მიუთითეთ თერმოქიმიური ნიშანი (+Q ან –Q) და აირადი ნივთიერებების მოცულობები/კოეფიციენტები.
- **ლე შატელიეს პრინციპის გამოყენება:** გრაფიკულად და ქიმიური წონასწორობის კანონზომიერებებით ახსენით, თუ როგორ მოქმედებს ტემპერატურის, წნევისა და კონცენტრაციის ცვლილება ამიაკის გამოსავლიანობაზე.
- **ინჟინრის არჩევანი:** დაასაბუთეთ, თუ რატომ ირჩევენ ქარხანაში კონკრეტულ „ოპტიმალურ პირობებს“ (ტემპერატურა, წნევა, კატალიზატორი) და რა როლს ასრულებს ეს აზოტის ფიქსაციაში.

2. **ეკოლოგიური და მდგრადი განვითარების ანალიზი:**

- **სარგებელი:** დაასაბუთეთ ამიაკის ფართომასშტაბიანი წარმოების აუცილებლობა სურსათით უზრუნველსაყოფად.

- **გამოწვევები:** გააანალიზეთ ინდუსტრიის უარყოფითი მხარეები – მაღალი ენერგომოხმარება, სათბურის აირების ემისია, ნიადაგისა და წყლის დაბინძურება.
- **მდგრადი გადაწყვეტილებები:** შემოგთავაზეთ კომპრომისული ინოვაციური გზები წარმოების „გასამწვანებლად“ (მაგ., წყლის რეცირკულაცია გაგრილებისას, ჰაერის დაბინძურების შემცირების ტექნოლოგიები).

შეფასების ინდიკატორები (კრიტერიუმები):

მოსწავლეს შეუძლია:

- **სწორად ჩამოაყალიბოს და განმარტოს** ლე შატელიეს პრინციპი ქიმიური წონასწორობის მაგალითზე.
- **პროგნოზირება გაუკეთოს** ტემპერატურის, წნევისა და კონცენტრაციის ცვლილების ეფექტს ამიაკის სინთეზის შექცევად სისტემაში (თერმოქიმიური ნიშნისა და კოეფიციენტების გათვალისწინებით).
- **არგუმენტირებულად დაასაბუთოს** ქიმიური წონასწორობის მართვის მნიშვნელობა სამრეწველო პროცესებში.
- **გააანალიზოს და შეაფასოს** ქიმიური მრეწველობის როლი მდგრადი განვითარების მიზნების კონტექსტში (სარგებლისა და ეკოლოგიური ზიანის ბალანსი).
- **შეთავაზოს** ეკოლოგიურად უსაფრთხო და რესურსდამზოგავი კომპრომისული ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები.

საშინაო აქტივობა პასუხებით

1. რა ფაქტორები გადახრის წონასწორობას რეაქციაში: $N_2(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2NO(ა) - Q$

ა) რეაგენტების მხარეს

ბ) რეაქციის პროდუქტის მხარეს?

ა) ტემპერატურის შემცირება. NO-ს კონცენტრაციის გაზრდა, ან აზოტისა და ჟანგბადის კონცენტრაციების შემცირება.

ბ) ტემპერატურის გაზრდა. აზოტისა და ჟანგბადის კონცენტრაციების გაზრდა ან NO-ს კონცენტრაციის შემცირება.

2. $2CO(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2CO_2(ა) + Q$

მოცემულ რეაქციაში რომელ მხარეს გადაიხრება წონასწორობა (მარჯვნივ თუ მარცხნივ), თუ:

1) დავამატებთ CO_2-ს
2) გავზრდით მოცულობას
3) გავზრდით წნევას
4) მოვაცილებთ CO_2-ს
5) გავზრდით ტემპერატურას?

პასუხი დაასაბუთეთ.

1) CO_2-ის დამატებისას წონასწორობა **გადაიხრება მარცხნივ**, რადგან გაიზარდა პროდუქტის კონცენტრაცია.
2) **გადაიხრება მარცხნივ**, რადგან მოცულობის გაზრდა იწვევს წნევის შემცირებას და წონასწორობა გადაიხრება აირად ნივთიერებათა რაოდენიბის მატების მხარეს.
3) **გადაიხრება მარჯვნივ.** წნევის გაზრდით წონასწორობა გადაიხრება აირად ნივთიერებათა რაოდენობის შემცირების მხარეს.
4) **გადაიხრება მარჯვნივ.** CO_2 გამოდის სარეაქციო არიდან. წონასწორობა გადაიხრება მარცხნივ, მისი წარმოქმნის მიმართულებით.
5) **გადაიხრება მარცხნივ.** ტემპერატურის გაზრდა გამოიწვევს წონასწორობის გადახრას ენდოთერმული რეაქციის უპირატესი წარმართვის მიმართულებით.

3. წყალბადსა და იოდს შორის ურთიერთქმედების რეაქცია შექცევადია:

$$H_2(ა) + I_2(ა) \rightleftarrows 2HI(ა) - Q$$

გააანალიზეთ:

ა) რომელ მხარეს გადაინაცვლებს წონასწორობა ტემპერატურის გაზრდისას?

ბ) ჩამოთვლილთაგან რომელი ფაქტორი გამოიწვევს HI-ის გამოსავლიანობის გაზრდას: წყალბადის რაოდენობის გაზრდა; იოდის რაოდენობის შემცირება; იოდწყალბადის მოცილება წარმოქმნისთანავე?
დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.

გ) რატომ არ მოქმედებს წნევის ცვლილება პროდუქტის რაოდენობაზე? დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.

ა) ტემპერატურის ზრდისას წონასწორობა გადაიხრება მარჯვნივ, ენდოთერმული რეაქციის მხარეს.

ბ) გამოსავლიანობას გაზრდის წყალბადის რაოდენობის გაზრდა და იოდწყალბადის მოცილება წარმოქმნისთანავე.

გ) რეაქცია მიმდინარეობს აირადი ნივთიერებების რაოდენობის ცვლილების გარეშე, წნევა არ მოქმედებს წონასწორობაზე.

4. $Br_2(ხს) + H_2O(თხ) \rightleftarrows HBr(ხს) + HBrO(ხს)$
მოცემული რეაქციის წონასწორობაზე როგორ გავლენას მოახდენს
ა) HBr-ის დამატება
ბ) NaOH-ის დამატება?

ა) HBr-ის დამატება წონასწორობას გადახრის მარცხნივ;

ბ) NaOH-ის დამატება წონასწორობას გადახრის მარჯვნივ.



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი I ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

_____

_____

მონაცემთა აღრიცხვისა და დაკვირვების ცხრილი:

სინჯარის №	**დამატებული ნივთიერება**	**შეფერილობის ცვლილება (№1-თან შედარებით)**	**წონასწორობის გადახრის მიმართულება**
№1	არაფერი (საკონტროლო)		
№2	რკინა(III)-ის ქლორიდი ($FeCl_3$)		
№3	კალიუმის თიოციანატი (KCNS)		
№4	მყარი კალიუმის ქლორიდი (KCl)		

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი II ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

_____

_____

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი III ჯგუფისთვის

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

ექსპერიმენტის ცვლადები:

დამოუკიდებელი ცვლადი _____

დამოკიდებული ცვლადი _____

საკონტროლო ცვლადი _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

_____

_____

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

_____

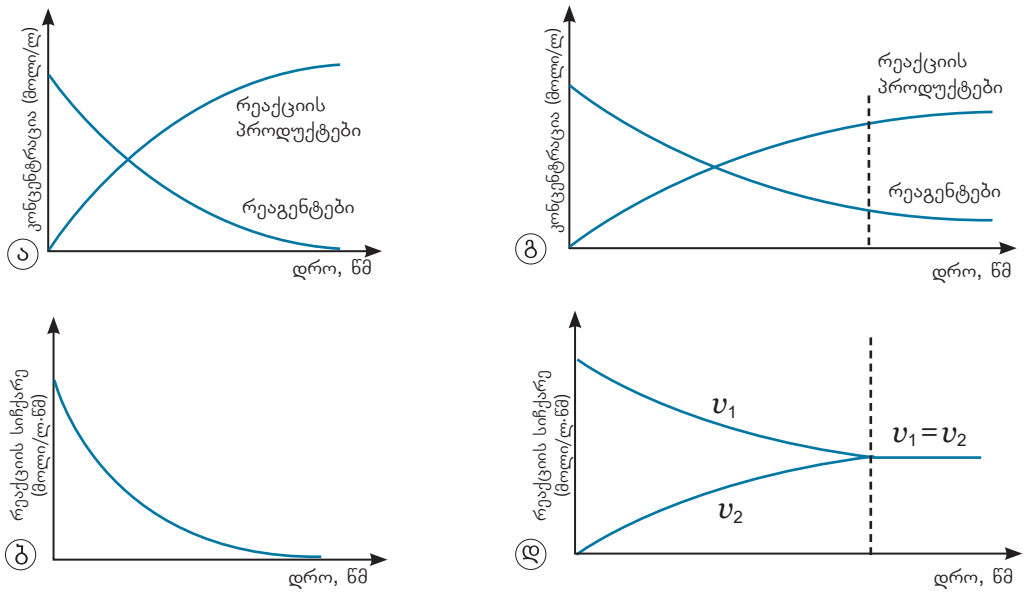
_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

1. დიაგრამებზე (სურ. 1) ასახულია შეუქცევადი და შექცევადი რეაქციების სიჩქარეებისა და ნივთიერებათა კონცენტრაციის ცვლილება დროში.



სურ. 1

ა) რომელი დიაგრამები ეკუთვნის შექცევად და შეუქცევად რეაქციებს? პასუხი დაასაბუთეთ.

ბ) შეუქცევადი თუ შექცევადი რეაქციების მიმართ გამოიყენებთ გამოთქმას: „რეაქცია დამთავრდა“ ან „წონასწორობა დამყარდა“? პასუხი დაასაბუთეთ.

გ) რა შინაარსის მატარებელია ცნებები – ქიმიური წონასწორობა, წონასწორული კონცენტრაციები?

დ) რატომ უწოდებენ ქიმიურ წონასწორობას დინამიკურს? ახსენით.

ა) (ა) და (ბ) დიაგრამები ეკუთვნის შეუქცევად რეაქციებს. მრუდები გვიჩვენებს, რომ რეაქციის მიმდინარეობისას რეაგენტები სრულად დაიხარჯა და რეაქცია შეწყდა. (გ) მრუდი გვიჩვენებს, რომ რეაგენტებისა და რეაქციის პროდუქტების კონცენტრაციების ცვლილება გარკვეული დროის შემდეგ შეწყდა. (დ) მრუდის მიხედვით, პირდაპირი და შექცეული რეაქციების სიჩქარეები ტოლი გახდა. ორივე შემთხვევაში დამყარდა წონასწორობა. ე.ი. (გ) და (დ) მრუდები ეკუთვნის შექცევად რეაქციებს.

ბ) ტერმინი „რეაქციის დამთავრება“ ეკუთვნის შეუქცევად რეაქციებს. ტერმინი „წონასწორობის დამყარება“ – მხოლოდ შექცევად რეაქციებს. წონასწორობის დამყარება არ ნიშნავს რეაქციის შეწყვეტას. რეაქციები გრძელდება, მაგრამ ტოლი სიჩქარით, ამიტომ კონცენტრაციები წონასწორობის დროს არ იცვლება.

გ) ქიმიური წონასწორობა მყარდება მაშინ, როცა პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სიჩქარეები ერთმანეთს უტოლდება. წონასწორობის დროს რეაქციები არ წყდება. თითოეული ნივთიერების რამდენი მოლეკულაც წარმოიქმნება, იმდენივე, იხარჯება შებრუნებული რეაქციების დროს. ამიტომ მათი კონცენტრაციები უცვლელი რჩება და მათ უწოდებენ წონასწორულ კონცენტრაციებს.

დ) წონასწორობის მდგომარეობაში პირდაპირი დაშებრუნებული რეაქციები უწყვეტად მიმდინარეობს, მაგრამ ტოლი სიჩქარით, ამიტომ წონასწორობა დინამიკურია.

2. რომელ რეაქციაში (რეაქციებში) იწვევს წნევის გაზრდა წონასწორობის გადახრას რეაქციის პროდუქტის მხარეს?

ა) CH_4(ა) ⇄ C(მყ) + $2H_2$(ა)

ბ) $2CH_4$(ა) ⇄ C_2H_2(ა) + $3H_2$(ა)

გ) CO(ა) + $2H_2$(ა) ⇄ CH_3OH(ა)

პასუხი დაასაბუთეთ.



(გ) მცირდება აირად მოლეკულათა რიცხვი.

3. რომელ რეაქციებში იწვევს წნევის შემცირება პროდუქტის გამოსავლიანობის გაზრდას?

ა) $2H_2O$(ა) ⇄ $2H_2$(ა) + O_2(ა)

ბ) $CaCO_3$(მყ) ⇄ CaO(მყ) + CO_2 (ა)

გ) $3H_2$(ა) + N_2(ა) ⇄ $2NH_3$(ა)

დ) $COCl_2$(ა) ⇄ CO(ა) + Cl_2(ა)



(ა); (ბ); (დ).

წონასწორობა გადაიხრება აირად ნივთიერებათა რაოდენობის (მოლეკულათა რაოდენობის) ზრდის მიმართულებით.

4. რომელი რეაქციის (რეაქციების) წონასწორობაზე არ მოახდენს გავლენას წნევის გაზრდა?

ა) $2NO_2$(ა) ⇄ N_2O_4(ა)

ბ) H_2(ა) + Cl_2(ა) ⇄ 2HCl(ა)

გ) $2SO_2$(ა) + O_2(ა) ⇄ $2SO_3$ (ა)

დ) CO(ა) + H_2O(ა) ⇄ CO_2(ა) + H_2(ა)

პასუხი დაასაბუთეთ.



(ბ); (დ). ამ შექცევად რეაქციებში არ იცვლება აირად ნივთიერებათა რაოდენობა.

5. რომელი რეაქციის (რეაქციების) წონასწორობა გადაიხრება მარცხნივ ტემპერატურის გაზრდისას?

ა) $2CO(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2CO_2(ა) + Q$

ბ) $4HNO_3(ხს) \rightleftarrows 4NO_2(ა) + 2H_2O(თხ) + O_2(ა) - Q$

გ) $CaCO_3(მყ) \rightleftarrows CaO(მყ) + CO_2(ა) - Q$



(ა). ტემპერატურის გაზრდისას წონასწორობა გადაიხრება ენდოთერმული რეაქციის მიმართულებით.

6. ახსენით, რომელი ფაქტორები გამოიწვევს წონასწორობის გადახრას მარჯვნივ.

$S(მყ) + H_2(ა) \rightleftarrows H_2S(ა) + Q$

ა) წნევის გაზრდა
ბ) წნევის შემცირება
გ) გოგირდწყალბადის რაოდენობის შემცირება
დ) წყალბადის კონცენტრაციის გაზრდა



(გ); (დ). წნევა არ მოქმედებს წონასწორობაზე, რადგან არ იცვლება აირად მოლეკულათა რიცხვი.

7. რკინის შენადნობების მიღებისას მნიშვნელოვანია მაგნიტური რკინაქვიდან (Fe_3O_4) ნახშირბად(II)-ის ოქსიდით (CO) რკინის აღდგენის რეაქცია. მოცემულ რეაქციაში რომელი ფაქტორის გავლენით გადაიხრება წონასწორობა მარჯვნივ?

$$Fe_3O_4(მყ) + 4CO(ა) \rightleftarrows 3Fe(მყ) + 4CO_2(ა) + Q$$

ა) ტემპერატურის შემცირებით
ბ) ტემპერატურის გაზრდით
გ) წნევის შემცირებით
დ) წნევის გაზრდით
ე) კატალიზატორის შეყვანით



(ა) წნევა არ მოქმედებს, რეაქცია არ არის კატალიზური.

8. $2SO_2(ა) + O_2(ა) \rightleftarrows 2SO_3(ა) + Q$

როგორ უნდა შეიცვალოს წნევა და ტემპერატურა, რომ რეაქციის წონასწორობა გადაიხაროს SO_3-ის წარმოქმნის მიმართულებით?

ა) წნევა გაიზარდოს, ტემპერატურა შემცირდეს
ბ) წნევა გაიზარდოს, ტემპერატურა გაიზარდოს

გ) წნევა შემცირდეს, ტემპერატურა გაიზარდოს
დ) წნევა შემცირდეს, ტემპერატურა შემცირდეს
პასუხი დაასაბუთეთ.



(ა). წნევა უნდა გაიზარდოს: ტოლობის მარცხნივ არის 3 მოლი აირი, მარჯვნივ – 2 მოლი; წნევის მომატება წონასწორობას გადახრის ნაკლები მოცულობისკენ (მარჯვნივ). ტემპერატურა უნდა შემცირდეს: პირდაპირი რეაქცია ეგზოთერმულია, ამიტომ ტემპერატურის შემცირება წონასწორობას გადახრის სითბოს გამოყოფისკენ (SO_3-ის წარმოქმნისკენ).

9. ახსენით, როგორ გავლენას მოახდენს მჟავას დამატება მოცემული რეაქციის წონასწორობაზე:

$$Cl_2(ხს) + H_2O(თხ) \rightleftarrows HCl(ხს) + HClO(ხს)$$

ა) წონასწორობას გადახრის მარჯვნივ
ბ) წონასწორობას გადახრის მარცხნივ
გ) წონასწორობა არ დაირღვევა



(ბ) ამ რეაქციაზე მჟავას დამატებით წონასწორობა გადაიხრება მარცხნივ მჟავების კონცენტრაციების შემცირების მიმართულებით.

10. ახსენით, როგორ გავლენას მოახდენს ტუტის დამატება მოცემული რეაქციის წონასწორობაზე:

$$Cl_2(ხს) + H_2O(თხ) \rightleftarrows HCl\ (ხს) + HClO(ხს)$$

ა) წონასწორობას გადახრის მარჯვნივ
ბ) წონასწორობას გადახრის მარცხნივ
გ) წონასწორობა არ დაირღვევა



(ა). ტუტის დამატებისას მჟავების რეაქციაში შესვლა და მათი კონცენტრაციის შემცირება გადახრის წონასწორობას მჟავების წარმოქმნის მიმართულებით.

11. რეაქციაში: $2NO(ა) + Cl_2(ა) \rightleftarrows 2NOCl(ა)$
აზოტ(II)-ის ოქსიდისა და ქლორის საწყისი კონცენტრაციები, შესაბამისად, 0,5 მოლი/ლ და 0,2 მოლი/ლ-ის ტოლია. გამოთვალეთ წონასწორობის მუდმივას მნიშვნელობა, თუ წონასწორობის დამყარების მომენტისათვის რეაქციაში შევიდა 20% NO.



ამოხსნა

მოც.: $C_{NO} = 0,5$ მოლი/ლ
$C_{Cl_2} = 0,2$ მოლი/ლ
$\varphi(NO) = 20\%$ (0,2)
$K = ?$

$$\underset{\text{2 მოლი}}{2NO} + \underset{\text{1 მოლი}}{Cl_2} \rightleftarrows \underset{\text{2 მოლი}}{2NOCl}$$

ამოცანის პირობიდან გამომდინარე, წონასწორობის დამყარების მომენტისათვის რეაქციაში შევიდა 20% (0,2) NO.

ე.ი. 0,5 მოლი · 0,2 = 0,1 მოლი NO

რეაქციის ტოლობის თანახმად, 0,1 მოლი NO რეაგირებს 0,05 მოლ Cl_2-თან და მიიღება 0,1 მოლი NOCl.

წონასწორულ ნარევში თითოეული ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაცია იქნება:

$[NO] = 0,5 - 0,1 = 0,4$ მოლი/ლ

$[Cl_2] = 0,2 - 0,05 = 0,15$ მოლი/ლ

$[NOCl] = 0,1$ მოლი/ლ

წონასწორობის მუდმივას გამოსახულება მიიღება სახეს:

$$K = \frac{[NOCl]^2}{[NO]^2\,[Cl_2]} = \frac{0,1^2}{0,4^2 \cdot 0,15} = 0,417$$

პასუხი: 0,417.

12. A(ა) + B(ა) ⇄ C(ა) + D(ა) რეაქციაში წონასწორობის დამყარების მომენტისათვის A, B, C და D ნივთიერებების წონასწორული კონცენტრაციები, შესაბამისად, იყო 6, 2, 4 და 3 მოლი/ლ. წონასწორულ სისტემაში შეიტანეს 4 მოლი/ლ B ნივთიერება. დაადგინეთ ნივთიერებათა ახალი წონასწორული კონცენტრაციები.



ამოხსნა

მოც.: $[A] = 6$ მოლი/ლ
$[B] = 2$ მოლი/ლ
$[C] = 4$ მოლი/ლ
$[D] = 3$ მოლი/ლ
$C_B = 4$ მოლი/ლ
$A]' = ?$ $[B]' = ?$
$[C]' = ?$ $[D]' = ?$

$$A(ა) + B(ა) \rightleftarrows C(ა) + D(ა)$$

წონასწორული კონცენტრაციების მნიშვნელობების დახმარებით ვითვლით წონასწორობის მუდმივას:

$$K = \frac{[C]\,[D]}{[A]\,[B]} = \frac{4 \cdot 3}{6 \cdot 2} = 1$$

წონასწორულ ნარევში შეიტანეს 4 მოლი/ლ B ნივთიერება. შედეგად B-ს კონცენტრაცია გახდა:

$$C_{\text{B}} = 2 + 4 = 6 \text{ მოლი/ლ}$$

გარკვეული დროის შემდეგ ახალი წონასწორული მდგომარეობა დამყარდება, სხვა იქნება წონასწორული კონცენტრაციების მნიშვნელობები, მაგრამ წონასწორობის მუდმივა (K) არ შეიცვლება.

დავუშვათ, ახალი წონასწორობის დამყარების მომენტისათვის რეაქციაში შევიდა x მოლი B ნივთიერება. ტოლობის თანახმად, x მოლ B-სთან რეაქციაში შევა x მოლი A ნივთიერება, მიიღება x მოლი C და x მოლი D ნივთიერებები.

ახალ წონასწორულ მდგომარეობაში თითოეული ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაცია იქნება:

$$[\text{A}]' = (6 - x)\text{მოლი/ლ} \qquad [\text{C}]' = (4 + x)\text{მოლი/ლ}$$
$$[\text{B}]' = (6 - x)\text{მოლი/ლ} \qquad [\text{D}]' = (3 + x)\text{მოლი/ლ}$$

$$K = \frac{[\text{C}]'\,[\text{D}]'}{[\text{A}]'[\text{B}]'} \qquad 1 = \frac{(4 + x)(3 + x)}{(6 - x)(6 - x)} \quad \Big| \quad x = 1{,}26$$

ახალი წონასწორული კონცენტრაციების მნიშვნელობები იქნება:

$$[\text{A}]' = [\text{B}]' = 6 - 1{,}26 = 4{,}74 \text{ მოლი/ლ}$$
$$[\text{C}]' = 4 + 1{,}26 = 5{,}26 \text{ მოლი/ლ}$$
$$[\text{D}]' = 3 + 1{,}26 = 4{,}26 \text{ მოლი/ლ}$$

პასუხი: $[\text{A}]' = [\text{B}]' = 4{,}74$ მოლი/ლ; $[\text{C}]' = 5{,}26$ მოლი/ლ; $[\text{D}]' = 4{,}26$ მოლი/ლ

13. ნახშირის ურთიერთქმედება ნახშირბად(IV)-ის ოქსიდთან შექცევადი რეაქციაა:

$$\text{C(მყ)} + \text{CO}_2\text{(ა)} \rightleftarrows 2\text{CO(ა)} - \text{Q}$$

რა პირობებშია მხუთავი აირის (CO) წარმოქმნა მინიმალური? პასუხი დაასაბუთეთ.



წნევა უნდა იყოს მაღალი: რეაქციის მარცხენა მხარეს გვაქვს 1 მოლი აირი (CO_2), ხოლო მარჯვნივ – 2 მოლი აირი (CO). წნევის გაზრდისას ლე შატელიეს პრინციპით წონასწორობა გადაიხრება ნაკლები მოცულობისკენ (მარცხნივ), რაც შეამცირებს CO-ის გამოსავლიანობას.

ტემპერატურა უნდა იყოს დაბალი: პირდაპირი რეაქცია ენდოთერმულია. ტემპერატურის დაწევისას წონასწორობა გადაიხრება ეგზოთერმული, ანუ შებრუნებული რეაქციის მიმართულებით (მარცხნივ), რაც ასევე მინიმუმამდე დაიყვანს CO-ის წარმოქმნას.

მხუთავი აირის წარმოქმნა მინიმალურია დაბალ ტემპერატურასა და მაღალ წნევაზე.

3.1. ჟანგვის რიცხვი

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი III: ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები

პარაგრაფი: 3.1. ჟანგვის რიცხვი

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი.

საკვანძო კითხვა: რატომ გახდა საჭირო ქიმიაში „ჟანგვის რიცხვის“ შემოტანა, თუკი უკვე ვფლობდით „ვალენტობის“ ცნებას და როგორ გვეხმარება ელემენტთა ელექტროუარყოფითობა ნაერთების ფორმულების გაშიფვრაში?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე განმარტავს ჟანგვის რიცხვის არსს და განასხვავებს მას ვალენტობისა და იონის მუხტისგან;
- მოსწავლე დამოუკიდებლად ადგენს ელემენტის ჟანგვის რიცხვს როგორც იონურ, ისე კოვალენტურ ნაერთებსა და რთულ იონებში, ალგებრული ჯამის წესის გამოყენებით;
- მოსწავლე აანალიზებს ბმის პოლარობის, ელექტროუარყოფითობისა და ჟანგვის რიცხვის ნიშნის (+ ან –) ურთიერთკავშირს.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **„გაიხსენეთ“**

მასწავლებელი ახსენებს მოსწავლეებს ვალენტობის საშუალებით ფორმულების შედგენას და იმასაც, რომ ვალენტობის ცნებას არ ვიყენებთ იონური ნაერთებისათვის.

გაიხსენეთ

- როგორია იონური ნაერთების ბუნება და ახსენით, რატომ არ გამოიყენება ვალენტობის ცნება იონური ნაერთებისათვის.

- **იონური ნაერთების ბუნება:** იონური ნაერთები წარმოიქმნება მეტალებსა და არამეტალებს შორის (რომელთა ელექტროუარყოფითობებს შორის სხვაობა დიდია). ამ დროს ელექტრონები გადადის მეტალის ატომიდან არამეტალის ატომზე, რის შედეგადაც წარმოიქმნება საპირისპიროდ დამუხტული ნაწილაკები – იონები (კატიონები და ანიონები). ეს იონები ერთმანეთს მიიზიდავს ელექტროსტატიკური ძალებით და ქმნის არა იზოლირებულ მოლეკულებს, არამედ მყარ, უსასრულო კრისტალურ მესერს.

- **რატომ არ გამოიყენება ვალენტობა:** ვალენტობის კლასიკური განმარტება გულისხმობს ატომის მიერ წარმოქმნილი **საზიარო ელექტრონული წყვილების** (ანუ კონკრეტული კოვალენტური ბმების) რიცხვს. რადგან იონურ ნაერთებში (მაგალითად, სუფრის მარილში – NaCl) ატომებს შორის საერთოდ არ არსებობს საზიარო ელექტრონული წყვილები და თითოეული იონი კრისტალურ მესერში სივრცითად ერთდროულად გარშემორტყმულია რამდენიმე საპირისპირო ნიშნის მქონე იონით (მაგალითად, Na^+-ის ერთი იონი გარშემორტყმულია Cl^--ის 6 იონით).

- **დასკვნა ახალ თემაზე გადასასვლელად:** ამიტომ, იონურ ნაერთებში „ვალენტობის“ (ბმების რიცხვის) ნაცვლად, ვიყენებთ ჟანგვის რიცხვს, რომელიც კოვალენტური და იონური ნაერთებისთვის თანაბრად გამოსადეგია.

ამ პასუხით თქვენ ზუსტად აჩვენებთ მოსწავლეებს ლოგიკურ ჯაჭვს: *ძველი ცოდნის შეზღუდვა (ვალენტობა მხოლოდ კოვალენტურში მუშაობს) ახალი ინსტრუმენტის საჭიროება (რატომ გვჭირდება ჟანგვის რიცხვი).*

კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 2 **მონაცემთა ანალიზი:**

აქტივობის მიზანი: ჟანგვის რიცხვისა და ნაწილობრივი მუხტებს შორის კავშირის დადგენა

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები აკვირდებიან სახელმძღვანელოს 1-ელ სურათს (წყლის მოლეკულის ნაწილობრივი მუხტები და ჟანგვის რიცხვი) და პასუხობენ შეკითხვას:

? შეადარეთ (ა) და (ბ) სურათები. როგორ ემთხვევა ჟანგვის რიცხვის ნიშნები (+ და –) ნაწილობრივი მუხტის ნიშნებს? იფიქრეთ, რატომ გამოისახება ჟანგვის რიცხვი მთელი რიცხვით, ხოლო ნაწილობრივი მუხტი – არა?“



სურ. 1. წყლის მოლეკულაში წყალბადისა და ჟანგბადის
(ა) ნაწილობრივი მუხტი და (ბ) ჟანგვის რიცხვი

სავარაუდო პასუხი:

ნაწილობრივი მუხტი (δ^+ და δ^-) მიუთითებს, რომ კოვალენტური პოლარული ბმის დროს საერთო ელექტრონული წყვილი გადახრილია უფრო ელექტროუარყოფითი ატომის ჟანგბადისკენ. რადგან ელექტრონი სრულად არ გადასულა და ატომებს შორის ელექტრონული სიმკვრივეა გადანაწილებული, მუხტი ერთ მთელზე ნაკლებია.

ჟანგვის რიცხვი არის პირობითი. როდესაც ნაწილობრივ მუხტს მთელ რიცხვად გარდავქმნით, ვუშვებთ, თითქოს საერთო ელექტრონული წყვილი მთლიანად გადავიდა ჟანგბადზე (ანუ ბმა სრულად იონურად წარმოგვიდგენია). ამიტომ ნიშნები (+ და –) უცვლელი რჩება, ხოლო ნაწილობრივი მუხტი პირობითად მთელ რიცხვს უტოლდება.

აქტივობა 3 „გაიაზრეთ“ – „კანონზომიერების აღმოჩენა“ (ცხრილებზე მუშაობა):

ცხრილი 1.
ჟანგვის რიცხვი იონურ ნაერთებში

ნაერთი	ჟანგვის რიცხვი	
Na_2O	+1	–2
CaO	+2	–2
$ZnCl_2$	+2	–1
Ca_3N_2	+2	–3
$AlCl_3$	+3	–1
Al_2S_3	+3	–2

ცხრილი 2.
ჟანგვის რიცხვი პოლარულ-კოვალენტურ ნაერთებში

ნაერთი	ჟანგვის რიცხვი	
HCl	+1	–1
HF	+1	–1
HBr	+1	–1
H_2S	+1	–2
NH_3	–3	+1
CH_4	–4	+1

გაიაზრეთ

- დააკვირდით ცხრილებს (1 და 2) და იმსჯელეთ, რომელი ელემენტი ავლენს დადებით და რომელი უარყოფით ჟანგვის რიცხვს. ახსენით მიზეზი.

კლასი იყოფა ჯგუფებად. თითოეული ჯგუფი აანალიზებს **ცხრილებს 1-2**.

მოსწავლეებმა უნდა უპასუხონ კითხვას: რომელი ელემენტები ავლენენ ყოველთვის დადებით მუხტს და რა კავშირი აქვს ამას მათ ელექტროუარყოფითობასთან?

პასუხი: მეტალები ყოველთვის აღმდგენია, გასცემს ელექტრონებს და აქვს მხოლოდ დადებითი ჟანგვის რიცხვი. არამეტალებთან წყალბადი ავლენს +1 ჟანგვის რიცხვს. არამეტალებს, რომლებიც იღებს ელექტრონებს იონურ ნაერთებში, ან რომლისკენაცაა გადმოწეული ელექტრონები პოლარულ-კოვალენტურ ნაერთებში, აქვს უარყოფითი ჟანგვის რიცხვი.

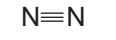
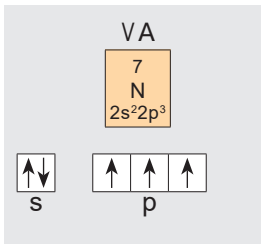
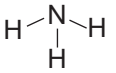
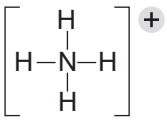
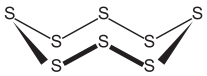
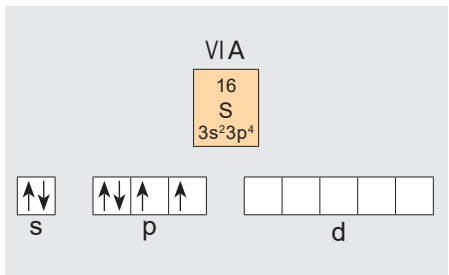
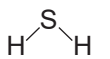
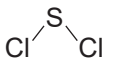
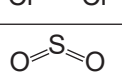
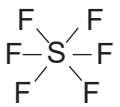
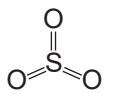
დასკვნის გამოტანა: ჯგუფები დამოუკიდებლად აყალიბებენ წესს, რომ უფრო ელექტრო-უარყოფითი ატომი იზიდავს ელექტრონებს და იღებს უარყოფით ჟანგვის რიცხვს, ხოლო ნაკლებად ელექტროუარყოფითი – დადებითს.

აქტივობა 4 „გაიაზრეთ“

გაიაზრეთ

- გოგირდისა და აზოტის ატომთა ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულების დახმარებით (ცხრ. 3) ახსენით მათ ნაერთებში ჟანგვის რიცხვისა და ვალენტობის მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობები. გაიაზრეთ, ზოგ შემთხვევაში რატომ არ ემთხვევა ერთმანეთს ჟანგვის რიცხვისა და ვალენტობის მნიშვნელობები.

ცხრილი 3. აზოტისა და გოგირდის ატომთა ჟანგვის რიცხვისა და ვალენტობის მნიშვნელობები

ქიმიური ფორმულა	სტრუქტურული ფორმულა	ატომის ვალენტობა	ჟანგვის რიცხვი	ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა
N_2		III	0	
NH_3		III	–3	
NH_4^+		IV	–3	
S_8		II	0	
H_2S		II	–2	
SCl_2		II	+2	
SO_2		IV	+4	
SF_6		VI	+6	
SO_3		VI	+6	



ვალენტობა განისაზღვრება ატომთა შორის დამყარებული კოვალენტური ბმების რიცხვით, ჟანგვის რიცხვი კი მოცემული ატომიდან გადაწეული ან მისკენ გადმოწეული ელექტრონების რიცხვით. უპირატესად ემთხვევა. როდესაც ბმა არაპოლარულ-კოვალენტურია (N_2; S_8) ან ატომი ბმას ამყარებს დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით (NH_4^+), ვალენტობა და ჟანგვის რიცხვი ერთმანეთს არ ემთხვევა.



ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 5 „მაგალითი“

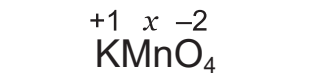
აქტივობის მიზანი: ჟანგვის რიცხვის განსაზღვრა ნაერთებში.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი განიხილავს სახელმძღვანელოში მოცემულ მაგალითს სვამს შეკითხვებს:

- რა არის ჟანგვის რიცხვი?
- როგორ გამოვითვლით მარტივი და რთული ნივთიერებების ჟანგვის რიცხვს?

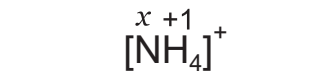
მაგალითი – ჟანგვის რიცხვის განსაზღვრა

გამოვთვალოთ მანგანუმის ჟანგვის რიცხვი კალიუმის პერმანგანატში:



$$+1 + x + 4\cdot(-2) = 0$$
$$x = +7$$

დავადგინოთ აზოტის ჟანგვის რიცხვი ამონიუმის იონში:



$$x + 4 = +1$$
$$x = -3$$

მაგალითის განხილვის შემდეგ მასწავლებელი იყენებს სამივე ტიპის ცოდნაზე მიმართულ კითხვებს:

1. რით განსხვავდება ჟანგვის რიცხვისა და იონის მუხტის ჩაწერის ფორმატი?

პასუხი:

ჟანგვის რიცხვის ჩაწერისას ჯერ იწერება ნიშანი (+ ან –), ხოლო შემდეგ რიცხვი (მაგალითად, $\overset{+3}{Al}$). ის ძირითადად ელემენტის სიმბოლოს თავზე იწერება. იონის მუხტის ჩაწერისას ჯერ იწერება რიცხვი, ხოლო შემდეგ ნიშანი (მაგალითად, Al^{3+}). ის იწერება ელემენტის სიმბოლოს მარჯვნივ, ზედა ინდექსად.

2. სახელმძღვანელოს ნიმუშის მიხედვით ($KMnO_4$-ის მაგალითი), გამოთვალეთ ქრომის ჟანგვის რიცხვი დიქრომატ-იონში ($Cr_2O_7^{2-}$). რა ალგებრულ განტოლებას გამოიყენებთ ამისათვის?

პასუხი:

ქრომის ჟანგვის რიცხვის გამოთვლა დიქრომატ-იონში ($Cr_2O_7^{2-}$): დიქრომატ-იონში ჟანგბადის ჟანგვის რიცხვია –2, ხოლო იონის საერთო მუხტია -2. ქრომის ჟანგვის რიცხვის (x) გამოსათვლელად ვადგენთ განტოლებას: $2x + 7(-2) = -2$; $x = +6$. ქრომის ჟანგვის რიცხვია +6.

3. ცხრილი 3-ის მიხედვით, აზოტის მოლეკულაში (N) აზოტის ვალენტობა არის III, ხოლო ჟანგვის რიცხვი – 0. რატომ არ ემთხვევა ისინი ერთმანეთს და რა შემთხვევაში იქნება ჟანგვის რიცხვი ნულის ტოლი?

პასუხი:

ვალენტობა მიუთითებს წარმოქმნილი ქიმიური ბმების რაოდენობაზე (აზოტის მოლეკულაში ატომებს შორის სამმაგი ბმაა – N≡N, შესაბამისად ვალენტობა III-ია). ჟანგვის რიცხვი კი განისაზღვრება ელექტრონების გადაწევით. ვინაიდან N_2 შედგება ორი ერთნაირი (თანაბარი ელექტროუარყოფითობის მქონე) ატომისგან, საზიარო ელექტრონული წყვილები სიმეტრიულადაა განაწილებული და არცერთი ატომისკენ არ იწევს. შესაბამისად, ჟანგვის რიცხვი 0-ია.

ჟანგვის რიცხვი ყოველთვის ნულის ტოლია მარტივ ნივთიერებებში (როდესაც ნივთიერება შედგება ერთი და იმავე ქიმიური ელემენტის ატომებისგან, მაგ., N_2, O_2, Cl_2, Fe).

აქტივობა 6 ექსპერიმენტი (დამატებითი)

ეს ექსპერიმენტი იდეალურია „კეთებით სწავლების“ პრინციპისთვის, რადგან მოსწავლეები თვალსაჩინოდ (ფერების ცვლილებით) ხედავენ, თუ როგორ იცვლება ერთი და იმავე ელემენტის (მანგანუმის) ჟანგვის რიცხვი სხვადასხვა გარემოში.

თემა: „მანგანუმის „ქამელეონი“ და მისი ჟანგვის რიცხვები“.

მიზანი: ნივთიერებების ფერის ცვლილებაზე დაკვირვებით, მოსწავლეებმა დაუკავშირონ ვიზუალური ეფექტი მანგანუმის ატომის ჟანგვის რიცხვის ცვლილებას.

1 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები
• კალიუმის პერმანგანატის ($KMnO_4$) ძალიან განზავებული (ღია იისფერი) ხსნარი • ნატრიუმის ტუტე ($NaOH$) • გლუკოზის ხსნარი ან შაქრის სიროფი (როგორც აღმდგენი)	• ქიმიური ჭიქა 4 ცალი • მინის წკირი

2 მიმდინარეობა (მოსწავლეების მიერ შესასრულებელი ნაბიჯები)

1. ქიმიურ ჭიქაში ერთმანეთს შეურიეთ გლუკოზისა და ნატრიუმის ტუტის წყალხსნარი.
2. მიღებულ ნარევს დაუმატეთ კალიუმის პერმანგანატის ($KMnO_4$) იისფერი ხსნარი და ენერგიულად მოურიეთ.
3. დააკვირდით ფერების თანმიმდევრულ ცვლილებას:
   იისფერი/ვარდისფერი → მწვანე → მურა-მოყავისფრო ნალექი.

3 მონაცემთა ანალიზი და კვლევის კითხვები (ექსპერიმენტის შემდგომი სამუშაო)

მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს, შეავსონ შემდეგი სამუშაო ცხრილი ექსპერიმენტის შედეგების ასახსნელად:

ხსნარის ფერი	ნივთიერება / იონი	მანგანუმის ჟანგვის რიცხვის გამოთვლა (აჩვენეთ მსვლელობა)
იისფერი (საწყისი)	$KMnO_4$ ან MnO_4^-	$+1 + x + 4\cdot(-2) = 0 \Rightarrow x = +7$
მწვანე (შუალედური)	K_2MnO_4 ან MnO_4^{2-}	$2\cdot(+1) + x + 4\cdot(-2) = 0 \Rightarrow x = +6$
მურა (საბოლოო)	MnO_2 (ნალექი)	$x + 2\cdot(-2) = 0 \Rightarrow x = +4$

4 საკვლევი კითხვები არგუმენტირებული მსჯელობისთვის:

1. როგორ შეიცვალა მანგანუმის ჟანგვის რიცხვი ექსპერიმენტის მსვლელობისას – შემცირდა თუ გაიზარდა?
2. ელექტრონების მიერთება მოხდა მანგანუმის ატომის მიერ თუ გაცემა, თუკი მისი ჟანგვის რიცხვი +7-დან +4-მდე შეიცვალა?

დასკვნა: ჩამოაყალიბეთ თეორიული წესი – რა კავშირია ელემენტის ჟანგვის რიცხვსა და მის მიერ ელექტრონების მიერთება/გაცემას შორის?

აქტივობა 7 **დიფერენცირებული პრაქტიკული სამუშაო**

მოსწავლეებს ეძლევათ არჩევანი საშინაო აქტივობიდან (გვ. 67, სავარჯიშოები 3 და 4):

დონე ა (საბაზისო): ჟანგვის რიცხვების განსაზღვრა ბინარულ ნაერთებში (HF, $ZnBr_2$, CaH_2).

დონე ბ (გაფართოებული): ნახშირბადის ვალენტობისა და ჟანგვის რიცხვის შედარება სხვადასხვა ორგანულ და არაორგანულ ნაერთებში (CCl_4, CH_4, C_2H_6).

აქტივობა 8 **შემოქმედებითი დავალება – „ელემენტის ქიმიური დღიური ან კომიქსი“**

მიზანი: მოსწავლემ რეალურ, შემოქმედებით კონტექსტში მოახდინოს ელექტროუარყოფითობის, ბმების პოლარობისა და ჟანგვის რიცხვის ცნებების ინტეგრირება და ტრანსფერი.

ეს მეთოდური ჩარჩო საშუალებას გაძლევთ, გაკვეთილის მსვლელობისას თავად დაარეგულიროთ დრო, უპირატესობა მიანიჭოთ მოსწავლეთა მიერ „კეთებით სწავლებას“ და უზრუნველყოთ ფასილიტაცია მასალის პირდაპირი ლექციური გადაცემის ნაცვლად.

კონტექსტი და პროდუქტი: მოსწავლემ უნდა აირჩიოს ერთი „ცვლადი ხასიათის“ მქონე არამეტალი (მაგალითად, აზოტი ან გოგირდი) ან გარდამავალი მეტალი (მაგ. მანგანუმი) და შექმნას მისი ილუსტრირებული დღიური/კომიქსი.

შინაარსი: კომიქსში პერსონაჟი (მაგ. აზოტი) მოგზაურობს სხვადასხვა მოლეკულურ სამყაროში (NH_3, N_2, HNO_3). ყოველი სტუმრობისას ის იცვლის „ნიღაბს“ (ჟანგვის რიცხვს). მოსწავლემ ნარატივში უნდა ახსნას, თუ რატომ ართმევენ მას ელექტრონებს ჟანგბადის ატომები და რატომ ართმევს თავად ელექტრონებს წყალბადს.

გთავაზობთ ნიმუშს, თუ როგორ შეიძლება შექმნან კომიქსი.

სათაური: „აზოტის თავგადასავალი მოლეკულურ სამყაროში“

ჩანაწერი 1: სტუმრად ამიაკის ქალაქში (NH_3)

„დღეს სამ წყალბადთან მიწევს მუშაობა. ისინი ჩემზე სუსტები არიან, მათი ელექტროუარყოფითობა დაბალია. მე უფრო ძლიერი ვარ და მათი ელექტრონული წყვილები ჩემკენ გადმოვიქაჩე! თავს ენერგიულად ვგრძნობ.“

მოსწავლე ხატავს აზოტს გამარჯვებული სახით და უკეთებს წარწერას: „ჩემი დღევანდელი ნიღაბია –3“.

ჩანაწერი 2: შეხვედრა ტყუპისცალთან (N_2)

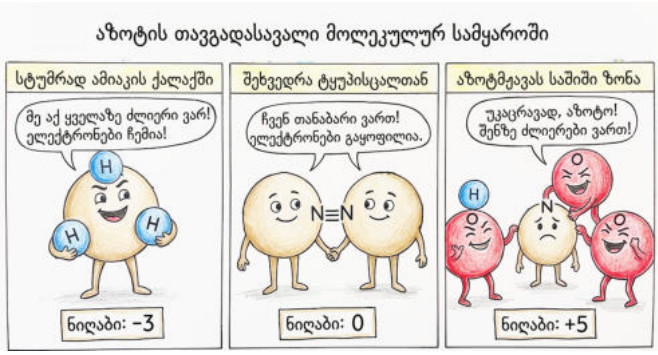
„გზად მეორე აზოტის ატომს გადავაწყდი. ჩვენი ძალები ზუსტად თანაბარია, ერთნაირი ელექტროუარყოფითობა გვაქვს. ვერც მან წამართვა ელექტრონები და ვერც მე, იძულებულები ვართ, მეგობრულად გავიზიაროთ.“

მოსწავლე ხატავს ორ ზუსტად ერთნაირ ფიგურას, რომლებიც ხელს ართმევენ ერთმანეთს. წარწერა: „ნიღაბი 0“.

ჩანაწერი 3: აზოტმჟავას საშიში ზონა (HNO_3)

„აქ მოხვედრა არ მიყვარს... ირგვლივ სულ ჟანგბადები არიან. ისინი საშინლად ხარბები და ჩემზე ბევრად ძლიერები (ელექტროუარყოფითები) არიან. ყოველმხრივ მექაჩებიან და ჩემი ელექტრონები თავისკენ წაიღეს. ღამის სულ გამქურდეს!“

მოსწავლე ხატავს შეშინებულ ან „გაძარცვულ“ აზოტს, რომელსაც გარს ეხვევიან დიდი ჟანგბადები. წარწერა: „ნიღაბი +5“



შეფასების ინდიკატორები (სამიზნე ცნებების მიხედვით)

იმისათვის, რომ მასწავლებელმა შეაფასოს, რამდენად ღრმად გაიაზრა მოსწავლემ მასალა, ის უნდა დაეყრდნოს შემდეგ ინდიკატორებს:

დეკლარატიული დონე: მოსწავლე განმარტავს ჟანგვის რიცხვის არსს და განასხვავებს მას ვალენტობისა და იონის მუხტისგან.

პროცედურული დონე: მოსწავლე დამოუკიდებლად ადგენს ელემენტის ჟანგვის რიცხვს როგორც იონურ, ისე კოვალენტურ ნაერთებსა და რთულ იონებში, ალგებრული ჯამის წესის გამოყენებით.

პირობისეული დონე/ანალიზი: მოსწავლე აანალიზებს ბმის პოლარობის, ელექტროუარყოფითობისა და ჟანგვის რიცხვის ნიშნის (+ ან –) ურთიერთკავშირს.

საშინაო აქტივობა პასუხებით

1. ახსენით, რამ განაპირობა ჟანგვის რიცხვის ცნების შემოტანა ქიმიაში.

ვალენტობის ცნება არ გამოიყენება იონურ ნაერთებში. ვალენტობის ცნების გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ კოვალენტური ნაერთებისათვის იმ შემთხვევაში, თუ ზუსტად ვიცით ნაერთში ატომთა შორის წარმოქმნილი ქიმიური ბმების რიცხვი. ვალენტობის ნაცვლად, როგორც იონური, ისე კოვალენტური ნაერთებისათვის გამოიყენება საერთო ცნება – **ჟანგვის რიცხვი**, რომლის განსაზღვრა საჭიროებს მხოლოდ ნაერთის ქიმიური ფორმულის ცოდნას და არა ბმების რიცხვის დადგენას.

2. რატომ ავლენს არამეტალთა ატომების უმეტესობა მუდმივ უარყოფით ჟანგვის რიცხვს და ცვლად დადებით ჟანგვის რიცხვს? გამოთქვით თქვენი ვარაუდი.

არამეტალების ატომებს გარე დონეზე აქვს ელექტრონების რაოდენობა 3-დან 7-ის ჩათვლით, მას შეუძლია ბმების დამყარებისას გამოიყენოს მათი ნაწილი და გამოავლინოს დადებითი ჟანგვის რიცხვის სხვადასხვა მნიშვნელობა. უარყოფითი ჟანგვის რიცხვის გამოყენებისას მისკენ გადმოწეულია ან მიერთებული აქვს ელექტრონების ერთი და იგივე რაოდენობა, რაც მას 8 ელექტრონიანი დასრულებული შრის შესავსებად სჭირდება.

3. განსაზღვრეთ ელემენტების ჟანგვის რიცხვი ნაერთებში:
F_2, HF, Br_2, $ZnBr_2$, Fe_2O_3, $FeCl_3$, NaH, CaH_2, FeS_2.



ნაერთები	ჟანგვის რიცხვი
F_2	0
HF	+1, –1
Br_2	0
$ZnBr_2$	+2, –1
Fe_2O_3	+3, –2
$FeCl_3$	+3, –1
NaH	+1, –1
CaH_2	+2, –1
FeS_2	+2, –1

4. განსაზღვრეთ ნახშირბადის ვალენტობა და ჟანგვის რიცხვი შემდეგ ნაერთებში:
CCl_4, CH_4, CO, CO_2, CS_2, C_2H_6.



	ჟანგვის რიცხვი	ვალენტობა
CCl_4	+4	IV
CH_4	+4	IV
CH_3OH	–2	IV
CO	+2	III
CO_2	+4	IV
CS_2	+4	IV

5. ნაწილაკთა რომელ წყვილშია აზოტის ჟანგვის რიცხვი ერთნაირი?

ა) NH_3 და N_2H_4 გ) NH_3 და $[NH_4]^+$

ბ) NH_3 და HNO_2 დ) $[NH_4]^+$ და HNO_3



(გ).

6. გამოთვალეთ ელემენტთა ჟანგვის რიცხვი შემდეგ იონებში: Mn^{2+}, MnO_4^-, MnO_4^{2-}, $Cr_2O_7^{2-}$, AlO_2^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, NO_2^-.



$\overset{+2}{Mn^{2+}}$ $\overset{+7}{MnO_4^-}$ $\overset{+6}{MnO_4^{2-}}$ $\overset{+6}{Cr_2O_7^{2-}}$ $\overset{+3}{AlO_2^-}$ $\overset{+6}{SO_4^{2-}}$ $\overset{+5}{NO_3^-}$ $\overset{+3}{NO_2^-}$



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

ექსპერიმენტის მიზანი: _____

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მუშაობის მსვლელობა:

_____

_____

_____

_____

_____

მონაცემთა აღრიცხვისა და დაკვირვების ცხრილი

ხსნარის ფერი	**ნივთიერება / იონი**	**მანგანუმის ჟანგვის რიცხვის გამოთვლა (აჩვენეთ მსვლელობა)**

შედეგების ანალიზი და დასკვნა:

_____

_____

_____

_____

_____

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

_____

_____

3.2. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ზოგადი დახასიათება

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი III: ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები

პარაგრაფი: 3.2. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ზოგადი დახასიათება

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი

საკვანძო კითხვა: როგორ შეიცვალა ისტორიული წარმოდგენა ჟანგვა-აღდგენაზე ატომის ელექტრონული თეორიის შემოტანით და როგორ ამოვიცნოთ რეაქციაში მჟანგავი და აღმდგენი?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე განმარტავს ჟანგვის, აღდგენის, მჟანგავისა და აღმდგენის ცნებებს ელექტრონული თეორიის თვალსაზრისით.;
- მოსწავლე დამოუკიდებლად ადგენს ელემენტთა ჟანგვის რიცხვებს ქიმიურ განტოლებაში, ახდენს ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების იდენტიფიცირებას (ჟანგვის რიცხვის ცვლილების მიხედვით) და წერს ელექტრონულ ბალანსს;
- მოსწავლე აანალიზებს ელემენტის პერიოდულობის ცხრილში მდებარეობისა და მისი ჟანგვის რიცხვის მიხედვით (მაქსიმალური/მინიმალური), შეუძლია თუ არა ნივთიერებას გამოავლინოს მხოლოდ მჟანგავი, მხოლოდ აღმდგენი ან ორმხრივი ბუნება.

მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

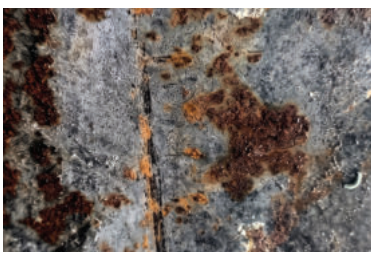
აქტივობა 1 **„გაიხსენეთ“ (სურათების ანალიზი)**

მიზანი: ყოველდღიური მოვლენების (ჟანგვა, წვა) ქიმიურ კონტექსტში მოყვანა.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი იყენებს სახელმძღვანელოს (გვ. 68) 1-ელ და მე-2 სურათებს (რკინის ჟანგვა ჰაერზე და რკინის წვა ჟანგბადში). მოსწავლეები წყვილებში აკვირდებიან სურათებს და ავსებენ ვენის დიაგრამას, რათა იპოვონ მსგავსება და განსხვავება წვასა და ნელ ჟანგვას შორის.

გაიხსენეთ

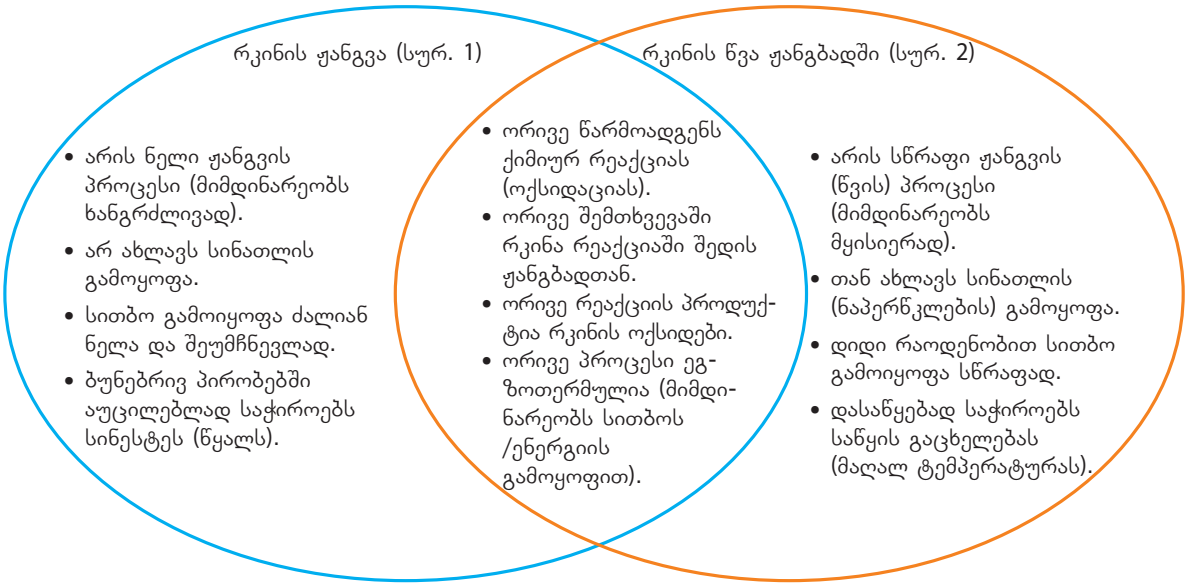
- დააკვირდით სურათებს (1; 2). რა აქვს საერთო და განმასხვავებელი რკინის წვასა და ჟანგვას?



სურ. 1. რკინის ჟანგვა ჰაერზე



სურ. 2. რკინის წვა ჟანგბადში



კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 2 ექსპერიმენტი (დამატებითი)

ექსპერიმენტის მიზანი: ჟანგვის და აღდგენის რეაქციებზე დაკვირვება.

1 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები
• სპილენძის ფირფიტა	• სპირტქურა • ასანთი • პინცეტი

2 მიმდინარეობა (მოსწავლეების მიერ შესასრულებელი ნაბიჯები)

პინცეტით აიღეთ სპილენძის ფირფიტა და შეიტანეთ სპირტქურის ალის ზედა ნაწილში. დააკვირდით ფერის ცვლილებას. სპილენძის ფირფიტა შავად შეიფერება. გამოიტანეთ ფირფიტა სპირტქურის ალის ზედა ნაწილიდან და შეიტანეთ ქვედა ნაწილში. ფირფიტა ისევ შეიფერება წითლად.

3 ექსპერიმენტის ანალიზი

სპირტქურის ალის ზედა ნაწილში სპილენძის ფირფიტა იჟანგება ჰაერის შემადგენლობაში არსებული ჟანგბადის საშუალებით. მიღებული შავი ფენა წარმოადგენს სპილენძ(II)-ის ოქსიდს.

$$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$$

სპირტქურის ალის ქვედა ნაწილში სპილენძ(II)-ის ოქსიდი აღდგება სპირტქურაში არსებული ეთილის სპირტის არასრული წვის შედეგად გამოყოფილი ნახშირბადის საშუალებით:

$$2CuO + C \rightarrow 2Cu + CO_2$$

პირველ რეაქციაში სპილენძი აღმდგენია, ჟანგბადი მჟანგავი, მეორეში – სპილენძი მჟანგავი, ნახშირბადი აღმდგენი.

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 3 **„გააზრება“**

გაიაზრეთ

ახსენით, რატომ არის ყველაზე ძლიერი მჟანგავი ფთორი და ყველაზე ძლიერი აღმდგენი – ცეზიუმი.

ჟანგვის უნარი პერიოდებში მარცხნიდან მარჯვნივ, ხოლო ჯგუფებში ქვემოდან ზემოთ იზრდება, ამიტომ ფთორი ყველაზე ძლიერი მჟანგავია. აღდგენის უნარი პერიოდებში მარჯვნიდან მარცხნივ, ხოლო ჯგუფებში ზემოდან ქვემოთ იზრდება. ყველაზე ძლიერი აღმდგენია ცეზიუმი.

მასწავლებელი იყენებს სამივე ტიპის ცოდნაზე მიმართულ კითხვებს:

1. რატომ ეწოდება ელემენტს აღმდგენი, თუკი ის თავად განიცდის ჟანგვის პროცეს?

სავარაუდო პასუხი:

ელემენტს ეწოდება **აღმდგენი**, რადგან ის თავისი მოქმედებით **სხვა ნივთიერებას აღადგენს** – ანუ მას გადასცემს ელექტრონებს.

საკუთარი თავის ჟანგვა: ელექტრონების გაცემისას თავად ელემენტი კარგავს უარყოფით მუხტებს (მისი ჟანგვის რიცხვი იზრდება), რაც განმარტებით სწორედ **ჟანგვის პროცესია**.

სხვისი აღდგენა: მის მიერ გაცემულ ელექტრონებს იერთებს რეაქციის მეორე მონაწილე, რის შედეგადაც ეს მეორე ნივთიერება **აღდგება**.

2. სახელმძღვანელოს ნიმუშის მიხედვით, დაწერეთ ელექტრონული ბალანსი რეაქციისთვის: $C + O_2 \rightarrow CO_2$. მიუთითეთ მჟანგავი და აღმდგენი.

პასუხი:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

$\overset{0}{C} - 4\bar{e} \rightarrow \overset{+4}{C}$	1	აღმდგენი
$\overset{0}{O_2} + 4\bar{e} \rightarrow 2\overset{-2}{O}$	1	მჟანგავი

3. საშინაო აქტივობის მე-4 კითხვის მიხედვით, დაასაბუთეთ, რატომ შეიძლება ფთორის ატომი (F) იყოს მხოლოდ მჟანგავი, ხოლო ფთორის იონი (F^-) – მხოლოდ აღმდგენი? გამოიყენეთ პერიოდულობის ცხრილი და ელექტრონული გარსების ცნება.

სავარაუდო პასუხი:

- ფთორის ატომისა და ფთორიდ-იონის ჟანგვა-აღდგენითი თვისებები პირდაპირ გამომდინარეობს პერიოდულ სისტემაში ფთორის მდებარეობიდან და მისი გარე ელექტრონული შრის აღნაგობიდან.
- **ფთორის ატომი (F) – მხოლოდ მჟანგავი:**

  ელექტრონული გარსი: ფთორი მდებარეობს პერიოდული სისტემის II პერიოდის VIIA (მე-17) ჯგუფში. მისი ატომის გარე ელექტრონულ შრეზე იმყოფება 7 ელექტრონი ($2s^2 2p^5$).

  მიზეზი: მდგრადი 8-ელექტრონიანი შრის (ინერტული აირის, ნეონის კონფიგურაციის) მისაღწევად მას აკლია მხოლოდ 1 ელექტრონი. ამასთანავე, ფთორი პერიოდულობის ცხრილში **ყველაზე ელექტროუარყოფითი ელემენტია**, რის გამოც ქიმიურ რეაქციებში მას ელექტრონის გაცემა არ შეუძლია – მას მხოლოდ ელექტრონის მიერთების უნარი აქვს ($F + e \rightarrow F^-$).

  შედეგი: რადგან ატომი მხოლოდ იერთებს ელექტრონს (თავად აღდგება), იგი არის **მხოლოდ მჟანგავი**.

- **ფთორიდ-იონი (F^-) – მხოლოდ აღმდგენი:**

  ელექტრონული გარსი: 1 ელექტრონის მიერთებით ფთორიდ-იონს გარე შრეზე უკვე აქვს შევსებული, მაქსიმალურად მდგრადი 8-ელექტრონიანი ოქტეტი ($2s^2 2p^6$).

  მიზეზი: რადგან ფთორი მე-2 პერიოდის ელემენტია, მას არ გააჩნია d-ორბიტალები და შესაბამისად არ შეუძლია გარე შრის გაფართოება ან დადებითი ჟანგვის რიცხვების გამოვლენა. ის მეტ ელექტრონს ვეღარ დაიმატებს (F^{-2} იონი ბუნებაში არ არსებობს). ერთადერთი, რაც მას შეუძლია, არის კუთვნილი ელექტრონის გაცემა ($2F^- - 2e \rightarrow F_2$).

  შედეგი: რადგან იონს მხოლოდ ელექტრონის გაცემა შეუძლია (თავად იჟანგება), იგი არის **მხოლოდ აღმდგენი**.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 4 **შემოქმედებითი დავალება „სასამართლო პროცესი: ელექტრონის გატაცების საქმე“**

აქტივობის მიზანი: მეტაფორული და შემოქმედებითი აზროვნების გამოყენებით ჟანგვა-აღდგენის პროცესის არსის გათავისება.

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები ქმნიან როლურ თამაშს ან პატარა პიესას/სცენარს: მოსამართლე (მასწავლებელი ან მოსწავლე) განიხილავს „სისხლის სამართლის საქმეს“. ბრალდებული არის ჟანგბადი (ან ქლორი), რომელსაც ბრალი ედება ნატრიუმისთვის (ან რკინისთვის) ელექტრონების ძალადობრივად წართმევაში („გატაცებაში“).

მოსწავლეებმა როლებში უნდა გამოიყენონ ქიმიური არგუმენტები:

- *დაცვის მხარე (ჟანგბადი):* ამტკიცებს, რომ ეს ბუნებრივი მოვლენაა, რადგან მისი ელექტროუარყოფითობა უფრო მაღალია და მას ოქტეტის შევსება სჭირდებოდა (მჟანგავის როლი).

- *დაზარალებული მხარე (მეტალი):* ჩივის, რომ ელექტრონების დაკარგვის გამო მისი ჟანგვის რიცხვი გაიზარდა და ის დაიჟანგა (აღმდგენის როლი).

აქტივობა 5 „ჟანგბადი ჩვენ ირგვლივ: მტერი თუ მოყვარე?“

მიზანი: მოსწავლემ შეძლოს თეორიული ცოდნის (ჟანგვა-აღდგენა, მჟანგავი/აღმდგენი) ტრანსფერი ყოველდღიურ მოვლენებზე (რკინის დაჟანგვა, ვაშლის გაყავისფერება, საკვების შენახვა) და შეაფასოს საკუთარი და თანაკლასელის ნაშრომი.

აქტივობის მსვლელობა (ცოდნის ტრანსფერი)

1. **რეალური ქეისების განხილვა**: მოსწავლეებს ეძლევათ სამი ყოველდღიური სიტუაცია:
   - **ქეისი A (კოროზია)**: ეზოში დატოვებული რკინის ლურსმანი/ველოსიპედი დაჟანგდა.
   - **ქეისი B (საკვები)**: გაჭრილი ვაშლი ჰაერზე გაყავისფერდა, თუმცა მასზე ლიმონის წვენის (ვიტამინი C) დაწვეთებამ პროცესი შეაჩერა.
   - **ქეისი C (სამზარეულო)**: გაზქურაზე ბუნებრივი აირის (მეთანის) წვა.

2. **დავალება მოსწავლეებს**:
   - განსაზღვრეთ, თითოეულ ქეისში რომელი ნივთიერება მოქმედებს როგორც მჟანგავი და რომელი როგორც აღმდგენი.
   - ახსენით, ელექტრონული თეორიის მიხედვით, ვინ გასცა და ვინ მიიღო ელექტრონები.
   - შესთავაზეთ ყოველდღიური გამოსავალი: როგორ ავიცილოთ თავიდან უარყოფითი ჟანგვითი პროცესები (მაგ. რკინის კოროზია ან საკვების გაფუჭება)?

შეფასების ინსტრუმენტი (ურთიერთშეფასების რუბრიკა)

მოსწავლეები ცვლიან ნაშრომებს და აფასებენ ერთმანეთს წინასწარ განსაზღვრული კრიტერიუმებით (მაქსიმუმ 10 ქულა):

კრიტერიუმი	ინდიკატორი	ქულა
ცოდნის ტრანსფერი	სწორად დააკავშირა თეორიული ცნებები (ჟანგვა/აღდგენა) რეალურ მოვლენებთან (ჟანგვა, წვა).	3
ქიმიური ანალიზი	სწორად განსაზღვრა მჟანგავი და აღმდგენი ელემენტები/ნივთიერებები.	3
პრაქტიკული გადაჭრა	მოიფიქრა ლოგიკური ყოველდღიური გამოსავალი პროცესის შესაჩერებლად (მაგ. შეღებვა, ანტიოქსიდანტი).	2
დასაბუთება	მსჯელობს მკაფიოდ და იყენებს სწორ ქიმიურ ტერმინოლოგიას.	2

ამ აქტივობით მოსწავლე ხედავს, რომ სახელმძღვანელოს ქიმიური ფორმულები პირდაპირ კავშირშია მის სამზარეულოსთან, ეზოსთან და საკვებთან.

ურთიერთშეფასება მოსწავლეს ეხმარება კრიტიკულად შეაფასოს საკუთარი და თანატოლების ცოდნა.

1. მოიძიეთ ინფორმაცია ჟანგვისა და აღდგენის პროცესებზე თავდაპირველი წარმოდგენების შესახებ და ახსენით, რა ცვლილებები განიცადა ამ წარმოდგენებმა ატომის აღნაგობის ელექტრონული თეორიის დამკვიდრების შემდეგ.

თავდაპირველად ჟანგვა ჟანგბადის მიერთებას ეწოდებოდა, ხოლო აღდგენა-ჟანგბადის ჩამოცილებას. დღეისათვის ჟანგვა განიხილება, როგორც ელექტრონის გაცემის, ხოლო აღდგენა-ელექტრონის მიერთების პროცესი.

2. გაიხსენეთ შეერთებისა და დაშლის რეაქციების რამდენიმე მაგალითი და გააანალიზეთ, რომელი მათგანია ჟანგვა-აღდგენის რეაქცია?

შეერთების რექციებია:

$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ ჟანგვა-აღდგენის

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ არ არის ჟანგვა-აღდგენის

დაშლის რეაქციებია:

$2HgO \rightarrow 2Hg + O_2$ ჟანგვა-აღდგენის

$Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O$ არ არის ჟანგვა-აღდგენის

3. როგორ იცვლება ელემენტთა მჟანგავი და აღმდგენი უნარი ქიმიური ელემენტების პერიოდულობის ცხრილის პერიოდებსა და ჯგუფებში?

პერიოდში მარცხნიდან მარჯვნივ მჟანგავი უნარი იზრდება, აღმდგენი – მცირდება. ჯგუფებში ზევიდან ქვევით მჟანგავი უნარი მცირდება, აღმდგენი – იზრდება.

4. დაასაბუთეთ, შეიძლება თუ არა რომელიმე რეაქციაში მჟანგავის როლში გამოვიდეს:

ა) ფთორის ატომი
ბ) ფთორის იონი
გ) რკინის ატომი
დ) რკინის იონი Fe^{3+}

(ა) და (დ)

F^- ელექტრონს ვეღარ შეიერთებს; Fe – ელექტრონს არ იერთებს.

F და Fe^{3+} არიან მჟანგავები, იერთებენ ელექტრონს და აღდგებიან.

5. დაასაბუთეთ, შეიძლება თუ არა რომელიმე რეაქციაში აღმდგენის როლში გამოვიდეს:

ა) სპილენძის ატომი
ბ) სპილენძის იონი Cu^{2+}
გ) ქლორის ატომი
დ) ქლორის იონი Cl^-

(ა); (გ) და **(დ)**

(ა) სპილენძის ატომი (Cu^0): **შეუძლია**. თავისუფალ მდგომარეობაში მეტალების ჟანგვის ხარისხი ნულია. მას შეუძლია მხოლოდ გასცეს ელექტრონები და გადავიდეს დადებით ჟანგვის რიცხვში (+1 ან +2), შესაბამისად, ის ტიპური აღმდგენია.

(ბ) სპილენძის იონი (Cu^{2+}): ***არ შეუძლია***. სპილენძისთვის +2 არის მაქსიმალური სტაბილური ჟანგვის ხარისხი. მას აღარ შეუძლია დამატებითი ელექტრონების გაცემა. ის მხოლოდ იერთებს ელექტრონებს (აღდგება) და გამოდის მჟანგავის როლში.

(გ) ქლორის ატომი (Cl^0): **შეუძლია**. მიუხედავად იმისა, რომ ქლორი ძლიერი ელექტროუარყოფითი ელემენტია, მას შეუძლია ელექტრონების გაცემა უფრო ძლიერ მჟანგავებთან (მაგალითად, ფტორთან ან ჟანგბადთან) ურთიერთქმედებისას, რის შედეგადაც იღებს დადებით ჟანგვის ხარისხებს (+1, +3, +5, +7).

(დ) ქლორის იონი (Cl^-): **შეუძლია**. –1 არის ქლორის მინიმალური ჟანგვის ხარისხი. მას გარე ენერგეტიკული შრე სრულად აქვს შევსებული და აღარ შეუძლია ელექტრონების მიერთება. ვინაიდან მას შეუძლია მხოლოდ ელექტრონების გაცემა, ის მხოლოდ აღმდგენის როლს ასრულებს.

6. ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან – $KMnO_4$, H_2O_2, HCl, NO, HNO_3, F_2, H_2S, O_2, SO_2, $FeSO_4$, Na_2SO_3 – რომელია:

ა) მხოლოდ მჟანგავი

ბ) მხოლოდ აღმდგენი

გ) მჟანგავიც და აღმდგენიც

პასუხი დაასაბუთეთ.

ა) მხოლოდ მჟანგავია	$KMnO_4$, HNO_3, F_2
ბ) მხოლოდ აღმდგენი	H_2S
გ) მჟანგავიც და აღმდგენიც	H_2O_2, NO, O_2, SO_2, Na_2SO_3, $FeSO_4$, HCl

7. როგორ იცვლება გოგირდის აღმდგენი უნარი რიგში – H_2S, S, SO_2, SO_3. მათ შორის რომელია ყველაზე ძლიერი მჟანგავი? ყველაზე ძლიერი აღმდგენი? დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.

აღმდგენი უნარი მცირდება. H_2S მხოლოდ აღმდგენია, SO_3 – მხოლოდ მჟანგავი.

8. გააანალიზეთ ყოველდღიურ ცხოვრებასა და ბუნებაში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენის პროცესები და გამოთქვით მოსაზრება მათ დადებით თუ უარყოფით შედეგებზე.

სასიცოცხლო პროცესები, ქიმიური სამრეწველო პროცესები ძირითადად ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებია. დადებითია, მაგალითად, შეშის წვა, გლუკოზის ჟანგვა ორგანიზმში; უარყოფითი – კოროზია.

3.3. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ტოლობების შედგენა

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი III: ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები

პარაგრაფი: 3.3. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ტოლობების შედგენა

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი, მდგრადი წარმოება, მოხმარება.

საკვანძო კითხვა: როგორ უზრუნველყოფს ელექტრონული ბალანსის მეთოდი მასის მუდმივობისა და მუხტის შენარჩუნების კანონების დაცვას რთულ ქიმიურ გარდაქმნებში?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე აყალიბებს ელექტრონული ბალანსის ძირითად პრინციპს (გაცემული და მიერთებული ელექტრონების რიცხვის ტოლობა);
- მოსწავლე ნაბიჯ-ნაბიჯ მიჰყვება ალგორითმს: განსაზღვრავს ჟანგვის რიცხვებს, ადგენს ჟანგვისა და აღდგენის სქემებს, პოულობს უმცირეს საერთო ჯერადს და სწორად სვამს კოეფიციენტებს ქიმიურ განტოლებაში;
- მოსწავლე აანალიზებს ნივთიერების თვისებებს (მჟანგავ-აღდგენით ბუნებას).



მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 **აქტივობა „სასწორის პრინციპი“ (კრიტიკული აზროვნება)**

მიზანი: ახალი მეთოდის (ელექტრონული ბალანსის) საჭიროების გაცნობიერება.

მასწავლებელი დაფაზე წერს გაუთანაბრებელ ჟანგვა-აღდგენის რეაქციას (მაგალითად, სახელმძღვანელოს პირველ ნიმუშს: $NH_3 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$) და სთხოვს მოსწავლეებს, სცადონ მისი გათანაბრება უბრალო შერჩევის (ინტუიციური) მეთოდით.

ფასილიტაცია: როდესაც მოსწავლეები დაინახავენ, რომ ატომების დაბალანსება ერთ მხარეს არღვევს მეორე მხარეს, მასწავლებელი შემოიტანს მთავარ იდეას: „ქიმიაში ატომები ვერ გათანაბრდება, თუ ჯერ მათ შორის მოძრავი ელექტრონები არ დავაბალანსეთ“.

კვლევისა და ახალი ცოდნის აგება

აქტივობა 2 **მაგალითის ერთობლივი გარჩევა:**

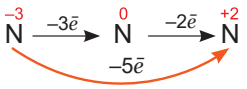
აქტივობის მიზანი: ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ტოლობის შედგენა ელექტრონული ბალანსის მეთოდით

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად იყენებენ 1-ელ ცხრილს და ნაბიჯ-ნაბიჯ ეტაპებად არჩევენ მოსწავლის წიგნში მოცემულ მაგალითს.

მაგალითი – **ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების ტოლობის შედგენა**

1. $\overset{-3}{N}H_3 + \overset{0}{O}_2 \rightarrow \overset{+2}{N}\overset{-2}{O} + H_2\overset{-2}{O}$

$\overset{-3}{N} - 5\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{N}$	4	დაიჟანგა, აღმდგენი
$\overset{0}{O}_2 + 4\bar{e} \rightarrow 2\overset{-2}{O}$	5	აღდგა, მჟანგავი



$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

2. $\overset{0}{Cu} + H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+2}{Cu}(\overset{+5}{N}O_3)_2 + \overset{+2}{N}O + H_2O$

$\overset{0}{Cu} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Cu}$	3	დაიჟანგა, აღმდგენი
$\overset{+5}{N} + 3\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{N}$	2	აღდგა, მჟანგავი

$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

ამ რეაქციაში აზოტმჟავას მხოლოდ ნაწილი იხარჯება ჟანგვით პროცესზე, დარჩენილი ნაწილი ასრულებს მჟავა არის როლს – მჟავას ანიონი იკავშირებს რეაქციის დროს წარმოქმნილ კატიონებს.

ცოდნის განმტკიცება და გააზრება

აქტივობა 3 **ექსპერიმენტი –კეთებით სწავლება**

მიზანი: ჟანგვა-აღდენით რექციებზე დაკვირვება, ელექტრონული ბალანსის მეთოდით კოეფიციენტების შერჩევა, მჟავგავისა და აღმდგენის ინდენტიფიცირება.

ექსპერიმენტი

ექსპერიმენტის მიზანი:

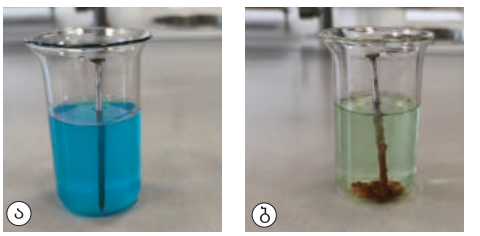
დაკვირვება ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებზე

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**
შაბიამნის ხსნარი ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$); რკინის ლურსმანი; ვერცხლის ნიტრატის ხსნარი ($AgNO_3$); თუთიის გრანულები; სპილენძის ფირფიტა; ამონიუმის დიქრომატის ფხვნილი – $(NH_4)_2Cr_2O_7$	ქიმიური ჭიქა 3 ცალი; ფაიფურის ჯამი; ასანთი

ცდა 1

აიღეთ ქიმიური ჭიქა და ჩაასხით შაბიამნის ხსნარი. მოათავსეთ მასში რკინის ლურსმანი (სურ 1 ა).

გარკვეული დროის შემდეგ ფერს შეიცვლის როგორც ხსნარი, ასევე ლურსმანი (სურ 1 ბ).



სურ. 1. რკინის რეაქცია შაბიამნის ხსნართან

ცდა 2

აიღეთ ორი ქიმიური ჭიქა. ერთში მოათავსეთ თუთიის გრანულები, მეორეში – სპილენძის ფირფიტა. ორივეს დაამატეთ ვერცხლის ნიტრატის ხსნარი (სურ. 2 ა).

რამდენიმე წუთში თუთიაც და სპილენძიც დაიფარება ვერცხლის შავი ფერის ნაფიფქით (სურ. 2 ბ).

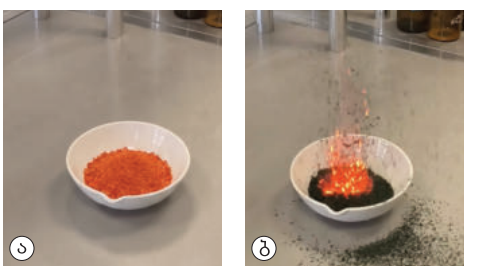


სურ. 2. თუთიისა და სპილენძის ურთიერთქმედება ვერცხლის ნიტრატის ხსნართან

ცდა 3

ამონიუმის დიქრომატის ფხვნილი მოათავსეთ ფაიფურის ჯამში (სურ. 3 ა). მიეცით კონუსის ფორმა და კონუსის წვეროსთან მიიტანეთ ანთებული ასანთი.

წარიმართება ვულკანური ამოფრქვევის მსგავსი პროცესი (სურ. 3 ბ). ფერის ცვლილებას და მოცულობის ზრდას იწვევს რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი ქრომ(III)-ის ოქსიდი, აზოტი და წყლის ორთქლი.



სურ. 3. ამონიუმის დიქრომატის დაშლის რეაქცია

ექსპერიმენტის ანალიზი:

1. დაწერეთ შესაბამის რეაქციათა ტოლობები
2. ელექტრონული ბალანსის მეთოდით შეარჩიეთ კოეფიციენტები
3. დაადგინეთ მჟანგავი და აღმდგენი

ექსპერიმენტი 1: **რკინის ურთიერთქმედება შაბიამნის ხსნართან**

ექსპერიმენტის მსვლელობა

1. ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხით შაბიამნის ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) ლურჯი ხსნარი.
2. ხსნარში მოათავსეთ გასუფთავებული რკინის (Fe) ლურსმანი.
3. დააყოვნეთ რამდენიმე წუთი და დააკვირდით ცვლილებებს.

ანალიზი და ელექტრონული ბალანსი

რეაქციის სქემა:

$$Fe + CuSO_4 \rightarrow FeSO_4 + Cu$$

ელექტრონული ბალანსი:

$Fe^0 - 2e \rightarrow Fe^{+2}$ | 1 (აღმდგენი, იჟანგება)

$Cu^{+2} + 2e \rightarrow Cu^0$ | 1 (მჟანგავი, აღდგება)

დასკვნა: რკინა უფრო აქტიური მეტალია, ვიდრე სპილენძი, ამიტომ მან გამოაძევა სპილენძი მისი მარილის ხსნარიდან. ლურსმანი დაიფარა წითელი ფერის სპილენძით, ხოლო ხსნარმა ფერი შეიცვალა Fe^{2+} იონების წარმოქმნის გამო.

ექსპერიმენტი 2: მეტალების ურთიერთქმედება ვერცხლის ნიტრატთან

ცვლადების განსაზღვრა

დამოუკიდებელი ცვლადი: მეტალის ფირფიტის/გრანულის მასალა (Zn და Cu).

დამოკიდებული ცვლადი: ვერცხლის ნალექის (შავი ნაფიფქის) წარმოქმნა.

ექსპერიმენტის მსვლელობა

1. აიღეთ ორი ქიმიური ჭიქა და ორივეში ჩაასხით ვერცხლის ნიტრატის ($AgNO_3$) ხსნარი.
2. პირველ ჭიქაში მოათავსეთ თუთიის გრანულები, მეორეში კი – სპილენძის ფირფიტა.
3. დააკვირდით თუთიის გრანულებისა და სპილენძის ფირფიტის ზედაპირზე ვერცხლის კრისტალების წარმოქმნას.

ანალიზი და ელექტრონული ბალანსი

ა) თუთიის შემთხვევა:

$$Zn + 2AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2Ag$$

$Zn^0 - 2e \rightarrow Zn^{+2}$ | 1 (აღმდგენი)

$Ag^+ + e \rightarrow Ag^0$ | 2 (მჟანგავი)

ბ) სპილენძის შემთხვევა:

$$Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$$

$Cu^0 - 2e \rightarrow Cu^{+2}$ | 1 (აღმდგენი)

$Ag^+ + e \rightarrow Ag^0$ | 2 (მჟანგავი)

დასკვნა: Zn და Cu უფრო აქტიური მეტალებია, ვიდრე ვერცხლი (Ag), რის გამოც მოხდა ჩანაცვლების რეაქცია.

ექსპერიმენტი 3: ამონიუმის დიქრომატის დაშლა („ვულკანი“)

ცვლადების განსაზღვრა

დამოუკიდებელი ცვლადი: საწყისი ენერგია (ასანთის ალით გააქტიურება).

დამოკიდებული ცვლადი: ნივთიერების ფერის შეცვლა (ნარინჯისფერიდან მწვანემდე), მოცულობის ზრდა, აირის გამოყოფა.

ექსპერიმენტის მსვლელობა

1. ფაიფურის ჯამზე მოათავსეთ ამონიუმის დიქრომატის $(NH_4)Cr_2O_7$ ნარინჯისფერი ფხვნილი კონუსისებურად.
2. კონუსის წვეროსთან მიიტანეთ ანთებული ასანთი რეაქციის დასაწყებად.

ანალიზი და ელექტრონული ბალანსი

რეაქციის ტოლობა:

$$(NH_4)Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$$

ელექტრონული ბალანსი:

$$\overset{-3}{(NH_4)_2}\overset{+6}{Cr_2}O_7 \rightarrow \overset{0}{N_2} + \overset{+3}{Cr_2}O_3 + 4H_2O$$

$2\overset{-3}{N} - 6\bar{e} \rightarrow \overset{0}{N_2}$	1	აღმდგენი, აზოტი ამონიუმის იონში
$2\overset{+6}{Cr} + 6\bar{e} \rightarrow 2\overset{+3}{Cr}$	1	მჟანგავი, ქრომი დიქრომატში

დასკვნა: ეს არის შიგამოლეკულური ჟანგვა-აღდგენის რეაქცია. ნარინჯისფერი ფხვნილი დაიშალა მწვანე ფერის ქრომ(III)-ის ოქსიდად, გამოიყო აზოტი და წყლის ორთქლი, რამაც გამოიწვია „ვულკანის“ ეფექტი.

შენიშვნა: ექსპერიმენტის ჩატარებისას აუცილებლად დაიცავით უსაფრთხოების წესები!

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 4 **შემოქმედებითი დავალება:** „ინფოგრაფიკა ან ალგორითმული პოსტერი: ელექტრონული ბალანსის გადარჩენის გზამკვლევი“

აქტივობის მიზანი: პროცედურული ცოდნის სტრუქტურირება, ვიზუალური კომუნიკაციისა და შემოქმედებითი უნარების განვითარება.

აქტივობის არწერა: მოსწავლეები ინდივიდუალურად ან წყვილებში ქმნიან ვიზუალურ პოსტერს, ციფრულ ინფოგრაფიკას (მაგ. Canva-ს გამოყენებით) ან ნაბიჯ-ნაბიჯ „ინსტრუქციას“ მათთვის, ვისაც უჭირს ქიმიური ტოლობების გათანაბრება.

შინაარსი: პოსტერი უნდა იყოს ფერადი და მარტივად გასაგები. მასზე ნაჩვენები უნდა იყოს ერთი რთული რეაქციის მაგალითი (მაგ. 75-ე გვერდზე მოცემული სავარჯიშოებიდან), სადაც ისრებით, ფერებითა და მოკლე კომენტარებით ახსნილი იქნება თითოეული ნაბიჯი. განსაკუთრებული აქცენტი უნდა გაკეთდეს „ხაფანგებზე“ (მაგალითად, როდის უნდა გავამრავლოთ ელექტრონების რიცხვი ინდექსზე, როგორც $\overset{0}{N}_2$ ან $\overset{0}{Cl}_2$ -ის შემთხვევაში).

საშინაო აქტივობა — პასუხებით

1. დაწერეთ გოგირდ(IV)-ის ოქსიდის მონაწილეობით მიმდინარე რეაქციათა ტოლობები, რომლებშიც გოგირდის ჟანგვის რიცხვი:

ა) არ იცვლება

ბ) იზრდება

გ) მცირდება

ა) $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$

ბ) $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$

გ) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S + 2H_2O$

2. შეურჩიეთ კოეფიციენტები ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს:

ა) $H_2S + SO_2 \rightarrow S + H_2O$

ბ) $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$

გ) $H_2S + O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$

დ) $SO_3 + HBr \rightarrow Br_2 + SO_2 + H_2O$

დააკვირდით გოგირდის ჟანგვის რიცხვის ცვლილებას და დაასკვენით, რომელი ნივთიერებაა მხოლოდ მჟანგავი, მხოლოდ აღმდგენი. რომელია მჟანგავიც და აღმდგენიც.

ა) $2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$

ბ) $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$

გ) $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$

დ) $SO_3 + 2HBr \rightarrow Br_2 + SO_2 + H_2O$

H_2S მხოლოდ აღმდგენია, SO_3 მხოლოდ მჟანგავი, SO_2 – აღმდგენიც და მჟანგავიც.

3. შეურჩიეთ კოეფიციენტები მოცემულ რეაქციებს:

ა) $Fe + HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$

ბ) $Fe + Cl_2 \rightarrow FeCl_3$

ახსენით, $FeCl_2$-ის მისაღებად გავარვარებულ რკინაზე რატომ ატარებენ ქლორწყალბადს და არა ქლორს?

ა) $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$

$\overset{0}{Fe} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Fe}$	1
$\overset{+1}{2H^+} + 2\bar{e} \rightarrow \overset{0}{H_2}$	1

ბ) $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$

$\overset{0}{Fe} - 3\bar{e} \rightarrow \overset{+3}{Fe}$	2	ქლორის გატარებისას მიიღებდნენ $FeCl_3$-ს, ვინაიდან Cl_2 უფრო ძლიერი მჟანგავია, ვიდრე HCl და რკინას ჟანგავს +3-მდე.
$\overset{0}{Cl_2} + 2\bar{e} \rightarrow 2\overset{-1}{Cl}$	3	

4. თითოეულ რეაქციაში ნივთიერებებს შეურჩიეთ კოეფიციენტები ელექტრონული ბალანსის მეთოდით. ახსენით, რა როლს ასრულებს რეაქციაში მარილმჟავა?

ა) $Cl_2 + H_2O \rightleftarrows HCl + HClO$

ბ) $HCl + HClO_3 \rightarrow Cl_2 + H_2O$

გ) $HCl + KMnO_4 \rightarrow Cl_2 + MnCl_2 + KCl + H_2O$



ა) $Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HClO$

$\overset{0}{Cl_2} + 2\bar{e} \rightarrow 2\overset{-1}{Cl}$	1	მჟანგავი
$\overset{0}{Cl_2} - 2\bar{e} \rightarrow 2\overset{+1}{Cl}$	1	აღმდგენი

მარილმჟავა პროდუქტია

ბ) $5HCl + HClO_3 \rightarrow 3Cl_2 + 3H_2O$

$\overset{-1}{Cl} - \bar{e} \rightarrow \overset{0}{Cl}$	5	აღმდგენი
$\overset{+5}{Cl} + 5\bar{e} \rightarrow \overset{0}{Cl}$	1	მჟანგავი

მარილმჟავა აღმდგენია

გ) $16HCl + 2KMnO_4 \rightarrow 5Cl_2 + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$

$2\overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Mn}$	2	მჟანგავი
$2\overset{-1}{Cl} - 2\bar{e} \rightarrow 2\overset{0}{Cl_2}$	5	აღმდგენი

მარილმჟავა აღმდგენია

5. რეაქციაში ნივთიერებებს შეურჩიეთ კოეფიციენტები ელექტრონული ბალანსის მეთოდით. მიუთითეთ, თითოეულ რეაქციაში რომელი ნივთიერებაა მჟანგავი, რომელი – აღმდგენი, რომელი ქმნის სარეაქციო არეს.

ა) $NO_2 + H_2O \rightleftarrows HNO_3 + HNO_2$

ბ) $KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$

გ) $Zn + HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + N_2 + H_2O$

დ) $NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + H_2O$

ე) $Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$



ა) $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$

$\overset{+4}{N} - \bar{e} \rightarrow \overset{+5}{N}$	1	აღმდგენი
$\overset{+4}{N} + \bar{e} \rightarrow \overset{+3}{N}$	1	მჟანგავი

სარექციო მჟავა არეს ქმნის H_2O.. მჟანგავი და აღმდგენი ერთი და იგივე ნივთიერებაა

ბ) $2KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$

$\overset{+7}{Mn} + \bar{e} \rightarrow \overset{+6}{Mn}$	4	1	მჟანგავი
$\overset{+7}{Mn} + 3\bar{e} \rightarrow \overset{+4}{Mn}$			მჟანგავი
$\overset{-2}{2O} - 4\bar{e} \rightarrow \overset{0}{O_2}$	4	1	აღმდგენი

გ) $5Zn + 12HNO_3 \rightarrow 5Zn(NO_3)_2 + N_2 + 6H_2O$

$\overset{0}{Zn} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Zn}$	5	აღმდგენი
$\overset{+5}{2N} + 10\bar{e} \rightarrow \overset{0}{N_2}$	1	მჟანგავი

სარექციო მჟავა არეს ქმნის HNO_3.

დ) $NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$

$\overset{-3}{N} - 4\bar{e} \rightarrow \overset{+1}{N}$	1	აღმდგენი
$\overset{+5}{N} + 4\bar{e} \rightarrow \overset{+1}{N}$	1	მჟანგავი

ე) $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

$\overset{0}{Cu} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Cu}$	1	აღმდგენი
$\overset{+6}{S} + 2\bar{e} \rightarrow \overset{+4}{S}$	1	მჟანგავი



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი:_____

ცდა 1

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

მსვლელობა და დაკვირვება (რა მოხდა?):

_____

_____

ცდა 2

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

მსვლელობა და დაკვირვება (რა მოხდა?):

_____

_____

ცდა 3

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

მსვლელობა და დაკვირვება (რა მოხდა?):

_____

_____

ექსპერიმენტის ანალიზი:

ცდის ნომერი	ელექტრონული ბალანსის მეთოდით გათანაბრებული შესაბამისი რეაქციის ტოლობა
ცდა 1	
ცდა 2	
ცდა 3	

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

3.4. ელექტროლიზი

თემა I: ქიმიური რეაქციები და მათი მართვა

თავი III: ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები

პარაგრაფი: 3.4. ელექტროლიზი

რეკომენდებული ხანგრძლივობა: 2-3 გაკვეთილი.

სამიზნე ცნება: შედგენილობა, აღნაგობა, თვისება; ქიმიური პროცესი; მდგრადი წარმოება, მოხმარება.

საკვანძო კითხვა: როგორ აიძულებს ელექტრული დენი იონებს, განახორციელოს ბუნებრივი პირობებისთვის „შეუძლებელი“ ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები?

მისაღწევი შედეგები:

- მოსწავლე განმარტავს ელექტროლიზის არსს, იონების მიმართულ მოძრაობას ელექტროდებისკენ (კათოდი და ანოდი) და ასახელებს მის სამრეწველო გამოყენებას;
- მოსწავლე დამოუკიდებლად ადგენს ელექტროლიზის (როგორც ნალღობის, ისე წყალხსნარის) ნახევარრეაქციებსა და ჯამურ განტოლებებს კათოდზე და ანოდზე იონთა განმუხტვის რიგითობის წესების დაცვით;
- აფასებს ელექტროლიზის პრაქტიკულ მნიშვნელობას მრეწველობაში, ეკოლოგიასა და ტექნოლოგიებში.



მოტივაციისა და წინარე ცოდნის გააქტიურება

აქტივობა 1 „უკუღმა მოძრავი კინოფილმი“

აქტივობის მიზანი: ელექტროლიზის, როგორც ენერგეტიკულად იძულებითი პროცესის არსის გაგება.

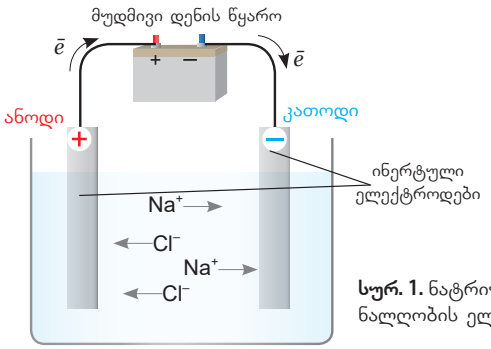
აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი აჩვენებს მოსწავლეებს ნატრიუმისა და ქლორის ურთიერთქმედების სქემას (ენერგიის გამოყოფით) და სვამს კითხვას: „შეგვიძლია თუ არა სუფრის მარილი ისევ დავაბრუნოთ საწყის ელემენტებად – მეტალურ ნატრიუმად და ტოქსიკურ ქლორად? რა ძალაა ამისთვის საჭირო?“

ფასილიტაცია: მოსწავლეები მიდიან დასკვნამდე, რომ სპონტანური რეაქციის შესაბრუნებლად საჭიროა გარედან ენერგიის (ელექტრული დენის) მუდმივი მიწოდება.

აქტივობა 2 „ვიზუალური გამოცანა და დისკუსია“

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეთა დაინტერესება (მოტივაციის ამაღლება) და იონების მოძრაობის შესახებ წინარე ცოდნის გააქტიურება; ელექტრული ველის მოქმედებით იონთა ქაოსური მოძრაობის მიმართულ მოძრაობად გარდაქმნისა და დენის ტიპის (მუდმივი/ცვლადი) გავლენის გააზრება ელექტროლიზის პროცესზე.

აქტივობის აღწერა: მასწავლებელი აჩვენებს ელექტროლიზერის სქემას (სურ. 1) და სვამს კითხვებს:



სურ. 1. ნატრიუმის ქლორიდის ნალღობის ელექტროლიზის სქემა

მასწავლებელი იყენებს სამივე ცოდნაზე მიმართულ კითხვებს:

? 1. დეკლარატიული კითხვა: რა განსხვავებაა თავისუფალ იონებსა და ელექტროდებისკენ მიმართულ იონებს შორის?

⬇ მოსწავლის სავარაუდო პასუხი:

თავისუფალი იონები ქაოსურად მოძრაობს ხსნარში, ხოლო მიმართული იონები ელექტროდებისკენ მიდის.

მასწავლებლის განმარტება: ქაოსური (თავისუფალი) მოძრაობა – ელექტროლიტური დისოციაციის შემდეგ, გარეგანი ელექტრული ველის არარსებობისას, იონები ხსნარში ან ნალღობში ასრულებს უწესრიგო სითბურ მოძრაობას.

მიმართული მოძრაობა: მუდმივი დენის წყაროს ჩართვისას იქმნება ელექტრული ველი, რომელიც იონებს აიძულებს იმოძრაოს მიზანმიმართულად – საწინააღმდეგო მუხტის მქონე ელექტროდისკენ (კათოდის ან ანოდისკენ).

? 2. პროცედურული კითხვა: რომელი იონი მიემართება კათოდისკენ და რომელი ანოდისკენ?

⬇ მოსწავლის სავარაუდო პასუხი:

დადებითი იონი მიდის კათოდისკენ, ხოლო უარყოფითი – ანოდისკენ.

მასწავლებლის განმარტება: კათოდი (უარყოფითი ელექტროდი, K–): იზიდავს დადებითად დამუხტულ იონებს – **კატიონებს** (მაგალითად: Na^+, Cu^{2+}), მასზე მიმდინარეობს აღდგენის პროცესი (ელექტრონების მიერთება).

ანოდი (დადებითი ელექტროდი, A+): იზიდავს უარყოფითად დამუხტულ იონებს – **ანიონებს** (მაგალითად: Cl^-, SO_4^{2-}), სადაც მიმდინარეობს ჟანგვის პროცესი (ელექტრონების გაცემა).

? 3. პირობისეული კითხვა: რა მოხდება, თუ მუდმივი დენის წყაროს ცვლადი დენით ჩავანაცვლებთ?

⬇ მოსწავლის სავარაუდო პასუხი:

ელექტროლიზი არ მოხდება / იონები აირევა.

მასწავლებლის განმარტება: ცვლადი დენის დროს პოლაროობა (ელექტროდების მუხტი) წამში მრავალჯერ იცვლება (მაგალითად, სტანდარტული დენისას – წამში 50-ჯერ იცვლება კათოდი და ანოდი).

იონებს აქვს მასა და ინერცია, რის გამოც ვერ მოასწრებს კონკრეტულ ელექტროდამდე მიღწევას და განმუხტვას; ისინი დაიწყებენ ელექტროდებს შორის **რხევით მოძრაობას**.

შედეგი: ნივთიერებათა გამოყოფა (ელექტროლიზი) ელექტროდებზე **არ წარიმართება** (ან მიიღება ორივე ელექტროდზე პროდუქტების ნარევი).

აქტივობა 3 მოდელირება და ცხრილების ანალიზი (მეტალთა აქტივობის მწკრივი კათოდზე)

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეთა მიერ მეტალთა ელექტროქიმიური ძაბვის მწკრივისა და შესაბამისი ცხრილების ანალიზის საფუძველზე წყალხსნარებში კათოდური პროცესების კანონზომიერების აღმოჩენა; სხვადასხვა აქტივობის მეტალის კატიონების (Na^+, Zn^{2+}, Cu^{2+}) აღდგენის უნარისა და ამ პროცესში წყლის მოლეკულების კონკურენტული როლის გააზრება.

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები მუშაობენ მცირე ჯგუფებში. ეცნობიან ცხრილებს 1 და 2 (გვ.77).

ცხრილი 1. მეტალთა ელექტროქიმიური ძაბვის მწკრივი

ძლიერ აქტიური მეტალები							ნაკლებ აქტიური მეტალები									პასიური მეტალები				
Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Pb	(H_2)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
კათოდზე აღდგება წყლის მოლეკულები $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$							კათოდზე აღდგება მეტალთა კატიონები და წყლის მოლეკულები $Mn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Mn$ $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$									კათოდზე აღდგება მეტალთა კატიონები $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu$				

ცხრილი 2. მეტალთა კატიონების დაყოფა აქტივობის მიხედვით

მეტალთა კატიონები	კათოდზე აღდგება
Li^+, K^+, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+}	წყლის მოლეკულები
Mn^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}	მეტალთა კატიონები წყლის მოლეკულებთან ერთად
Cu^{2+}, Hg^{2+}, Ag^+, Pt^{2+}, Au^{3+}	მეტალთა კატიონები

მასწავლებელი ავალებს მოსწავლეებს შეადარონ, Na^+, Zn^{2+} და Cu^{2+}იონების ქცევა კათოდზე წყალხსნარებში.

მოსწავლეები ჯგუფებში აანალიზებენ სახელმძღვანელოს 1-ელ და მე-2 ცხრილებს და ადარებენ:

- ✓ Na^+ **(ძლიერ აქტიური მეტალი):** კათოდზე **არ აღდგება**. მის ნაცვლად აღდგება წყლის მოლეკულები და გამოიყოფა აირადი წყალბადი (H_2).
- ✓ Zn^{2+} **(საშუალო/ნაკლებად აქტიური მეტალი):** კათოდზე **აღდგება მეტალის კატიონები წყლის მოლეკულებთან ერთად** (ერთდროულად ილექება მეტალური თუთია და გამოიყოფა წყალბადი).
- ✓ Cu^{2+} **(პასიური მეტალი):** კათოდზე **აღდგება მხოლოდ მეტალის კატიონები** და ილექება სუფთა სპილენძი.

კითხვები დისკუსიისთვის:

? 1. რატომ არ აღდგება Na^+ იონი წყალხსნარში, ხოლო Cu^{2+} აღდგება?

⬇ მოსწავლის სავარაუდო პასუხი:

ნატრიუმი აქტიური მეტალია და წყალხსნარიდან არ აღდგება, ხოლო სპილენძი პასიურია, აღდგება და ილექება.

მასწავლებლის განმარტება:

რაც უფრო აქტიურია მეტალი, მით უფრო ადვილად გასცემს ელექტრონებს (იჟანგება), მაგრამ მით უფრო **ძნელად იერთებს ელექტრონებს (აღდგება)** მისი იონი.

ნატრიუმი მდებარეობს ძაბვის მწკრივის დასაწყისში (Al-ის ჩათვლით), ამიტომ Na^+ იონის აღდგენის უნარი ბევრად ჩამოუვარდება წყლის მოლეკულების აღდგენის უნარს.

სპილენძი მდებარეობს წყალბადის მარჯვნივ (პასიურ მეტალებში), ამიტომ Cu^{2+} იონს წყლის მოლეკულაზე მეტი სწრაფვა აქვს ელექტრონის მიერთებისკენ და კათოდზე პრიორიტეტულად აღდგება.

? 2. რა როლს ასრულებს წყლის მოლეკულა ძლიერ აქტიური მეტალების შემთხვევაში?

⬇ მოსწავლის სავარაუდო პასუხი:

წყალი ცვლის რეაქციას და მისგან გამოიყოფა წყალბადი.

მასწავლებლის განმარტება:

ძლიერ აქტიური მეტალების (Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al) მარილთა წყალხსნარებში თავად იღებს ელექტრონებს კათოდიდან.

$$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-$$

შედეგად, კათოდზე მეტალის ნაცვლად გამოიყოფა აირადი წყალბადი (H_2), ხოლო ხსნარში წარმოიქმნება ჰიდროქსიდიონები (OH^-), რაც კათოდთან არეს ტუტიანს ხდის.

აქტივობა 4 ანიონების ჟანგვის თანმიმდევრობის ანალიზი (ცხრილი 3) და ექსპერიმენტული/ვირტუალური დაკვირვება

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეთა მიერ ანიონების ჟანგვის უნარისა (ცხრილი 3) და ანოდის ტიპის (ინერტული/ხსნადი) ანალიზის საფუძველზე ანოდური პროცესების კანონზომიერების აღმოჩენა; ჟანგბადშემცველი და უჟანგბადო მჟავას ნაშთების ქცევის შედარება და ხსნადი ანოდის პრინციპის გააზრება $CuSO_4$-ის მაგალითზე.

ცხრილი 3. ანიონების ჟანგვა

მჟავას ნაშთის ანიონები					ჰიდროქსიდის და მჟავას ნაშთის ანიონები				
SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	PO_4^{3-}	NO_3^-	F^-	OH^-	Cl^-	Br^-	I^-	S^{2-}
წყალხსნარებში არ იჟანგება, იჟანგება მხოლოდ წყალი ჟანგბადის გამოყოფით: $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$					ადვილად იჟანგება. მაგალითად, $4OH^- - 4e \rightarrow O_2 + 2H_2O$ $2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$				

აქტივობის აღწერა:

1. მოსწავლეები მასწავლებელთან ერთად აანალიზებენ ჟანგბადშემცველი და უჟანგბადო მჟავას ნაშთების ჟანგვის უნარს და მიდიან დასკვნამდე:

უჟანგბადო მჟავას ნაშთის ანიონები (S^{2-}, I^-, Br^-, Cl^-): ადვილად იჟანგებიან ანოდზე და გამოიყოფიან თავისუფალი სახით (მაგ., $2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$).

ჟანგბადშემცველი ანიონები (SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, CO_3^{2-}) **და** F^-**:** წყალხსნარებში **არ იჟანგებიან**. მათ ნაცვლად ანოდზე იჟანგება წყლის მოლეკულები და გამოიყოფა აირადი ჟანგბადი (O_2):

$$2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$$

2. მოსწავლეები მასწავლებელთან ერთად ადარებენ ინერტულ (გრაფიტი, ოქრო, პლატინა) და ხსნად (სპილენძი, ნიკელი) ანოდებზე მიმდინარე პროცესებს და სთავაზობს ინერტული და ხსნადი ანოდების შედარების ცხრილს.

მახასიათებელი	ინერტული (უხსნადი) ანოდი	ხსნადი ანოდი
მასალა	გრაფიტი, პლატინა (Pt), ოქრო (Au).	აქტიური მეტალები: სპილენძი (Cu), ნიკელი (Ni), თუთია (Zn).
ანოდის ქცევა	თვითონ **არ იჟანგება**; ემსახურება მხოლოდ ელექტრონების გატარებას.	თვითონ **იჟანგება (იხსნება)** და გადადის ხსნარში იონების სახით.
ანოდზე მიმდინარე პროცესი	იჟანგება ხსნარში არსებული ანიონი ან წყლის მოლეკულა.	იჟანგება მეტალი $Me^0 - n\bar{e} \rightarrow Me^{n+}$

3. მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად განიხილავს $CuSO_4$-ის ელექტროლიზის სქემას ინერტულ და ხსნად ანოდებზე.

ა) ინერტულ (გრაფიტის) ანოდზე:

- **კათოდი** K(–): (აღდგენა) $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \overset{0}{Cu}$ 2
- **ანოდი** A(+): (ჟანგვა) $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow \overset{0}{O}_2 + 4H^+$ 1
- **ჯამური იონური ტოლობა:** $2Cu^{2+} + 2H_2O \rightarrow 2Cu + 4H^+ + O_2$
- **ჯამური მოლეკულური ტოლობა:**

$$2CuSO_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{ელექტროლიზი}} 2Cu + 2H_2SO_4 + O_2$$

დასკვნა: ხსნარში წარმოიქმნება გოგირდმჟავა, ელექტროდებზე გამოიყოფა ჟანგბადი და სპილენძი.

ბ) ხსნად სპილენძის (Cu) ანოდზე:

- **ანოდი** A(+): $Cu^0 - 2\bar{e} \rightarrow Cu^{2+}$ (სპილენძის ანოდი იჟანგება და იხსნება).
- **კათოდი** K(–): $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$ (ხსნარიდან სპილენძის იონები აღდგება კათოდზე).
- **ჯამური პროცესი:** $Cu_{(\text{ანოდი})} \xrightarrow{\text{ელექტროლიზი}} Cu_{(\text{კათოდი})}$

დასკვნა: მარილის კონცენტრაცია ხსნარში უცვლელი რჩება; სპილენძი გადადის ანოდიდან კათოდზე (რაფინირების/გალვანოსტეგიის საფუძველი).

აქტივობა 5 ექსპერიმენტი – „ელექტროლიზი ლაბორატორიაში“ – კეთებით სწავლება ელექტროლიზის პროცესებზე დაკვირვება მარილთა წყალხსნარებში

აქტივობის მიზანი: კალიუმის იოდიდის (KI), ნატრიუმის სულფატის (Na_2SO_4) და სპილენძ(II)-ის სულფატის ($CuSO_4$) წყალხსნარების ელექტროლიზის კანონზომიერებების შესწავლა ინერტული (გრაფიტის) და აქტიური (სპილენძის) ანოდების გამოყენებით.

1 თეორიული საფუძველი და რეაქციები

ელექტროლიზი არის ჟანგვა-აღდგენითი პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს ელექტროლიტის ხსნარში ან ნალღობში მუდმივი დენის გატარებისას.

კათოდზე (–) მიმდინარეობს აღდგენის პროცესი. თუ მარილის შემადგენლობაში აქტიური მეტალის კატიონია (მაგ: Na^+, K^+), იგი პასიური მჟანგავია, კათოდზე აღდგება წყალი და გამოიყოფა წყალბადი (H_2). თუ ნაკლებად აქტიური მეტალია (მაგ: Cu^{2+}), აღდგება თავად მეტალი.

ანოდზე (+) მიმდინარეობს ჟანგვის პროცესი. უჟანგბადო მჟავას ანიონები (მაგ: I^-) თავად იჟანგებიან. ჟანგბადიანი მჟავის ანიონების (SO_4^{2-}) შემთხვევაში კი ინერტულ ანოდზე იჟანგება წყალი და გამოიყოფა ჟანგბადი (O_2). ხსნადი (აქტიური) ანოდის შემთხვევაში, ანოდი თავად განიცდის გახსნას (ჟანგვას).

2 ⚠ უსაფრთხოების წესები ლაბორატორიაში

ელექტროუსაფრთხოება: ექსპერიმენტში გამოიყენება მუდმივი დენის წყარო. ჩართულ წრედში ელექტროდებს ხელით არ შეეხოთ. წრედის აწყობა და დაშლა აწარმოეთ მხოლოდ გამორთულ მდგომარეობაში.

ქიმიური უსაფრთხოება: კალიუმის იოდიდი, ნატრიუმის სულფატი და განსაკუთრებით სპილენძის სულფატი საჭიროებს ფრთხილ მოპყრობას. გამოიყენეთ ხალათი, დამცავი სათვალე და ხელთათმანები.

ინდიკატორები: ფენოლფტალეინის და ლაკმუსის ხსნარები გამოიყენეთ ეკონომიურად (მხოლოდ რამდენიმე წვეთი). მოერიდეთ ხსნარების თვალში ან კანზე მოხვედრას.

3 ექსპერიმენტის ცვლადები

დამოუკიდებელი ცვლადი (რასაც ჩვენ ვცვლით): ელექტროლიტის ტიპი (მარილის ხსნარი) და ანოდის ბუნება (ინერტული გრაფიტი ცდებში 1-3, აქტიური სპილენძი ცდაში 4).

დამოკიდებული ცვლადი (რასაც ვზომავთ/ვაკვირდებით): პროდუქტები კათოდსა და ანოდზე (აირის გამოყოფა, მეტალის დალექვა) და ხსნარის არე/ფერი ელექტროდებთან.

საკონტროლო ცვლადები (რაც უცვლელი უნდა დარჩეს):

- ელექტრული დენის ძაბვა/წყარო.
- ელექტროლიზერი.
- ხსნარების საწყისი მოცულობა.

4 რეაქტივები და ხელსაწყოები

რეაქტივები	ხელსაწყოები და ინდიკატორები
კალიუმის იოდიდის ხსნარი (KI) ნატრიუმის სულფატის ხსნარი (Na_2SO_4) სპილენძ(II)-ის სულფატის ხსნარი ($CuSO_4$)	ელექტროლიზერი გრაფიტის ელექტროდები სპილენძის ელექტროდი მუდმივი დენის წყარო სადენები ფენოლფტალეინის ხსნარი ლაკმუსის ხსნარი

5 მუშაობის მსვლელობა

ცდა 1: კალიუმის იოდიდის (KI) წყალხსნარის ელექტროლიზი

1. ელექტროლიზერში ჩაასხით KI-ის ხსნარი მოცულობის ნახევრამდე და დაამატეთ 2-3 წვეთი ფენოლფტალეინი.
2. ჩაუშვით გრაფიტის ელექტროდები და შეაერთეთ დენის წყაროსთან.
3. **დაკვირვება:** კათოდთან ხსნარი შეფერადდა ჟოლოსფრად (ტუტე არე, OH^- და გამოიყო წყალბადი (H_2). ანოდთან ხსნარმა მიიღო მოყავისფრო-ყვითელი შეფერილობა თავისუფალი იოდის (I_2) გამოყოფის გამო.

   კათოდი (–): $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$

   ანოდი (+): $2I - 2e \rightarrow I_2$

ცდა 2: ნატრიუმის სულფატის (Na_2SO_4) წყალხსნარის ელექტროლიზი

1. ელექტროლიზერში ჩაასხით Na_2SO_4-ის ხსნარი და დაამატეთ ლაკმუსის ინდიკატორი.
2. ჩართეთ წრედში გრაფიტის ელექტროდები.
3. **დაკვირვება:** კათოდზე ინტენსიურად გამოიყო წყალბადი და ხსნარი გალურჯდა (ტუტე არე). ანოდზე გამოიყო ჟანგბადი (O_2) და ხსნარი გაწითლდა (მჟავა არე, H^+). ფაქტობრივად მიმდინარეობს წყლის ელექტროლიზი.

   კათოდი (–): $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (ლაკმუსი ლურჯდება)

   ანოდი (+): $2H_2O - 4e \rightarrow O_2\uparrow + 4H^+$ (ლაკმუსი წითლდება)

ცდა 3: სპილენძის სულფატის ($CuSO_4$) ელექტროლიზი ინერტული ანოდით

1. ელექტროლიზერში ჩაასხით $CuSO_4$-ის ხსნარი და ჩაუშვით გრაფიტის ელექტროდები და დაამატეთ ლაკმუსის ხსნარი.
2. **დაკვირვება:** კათოდზე გამოიყო წითელი ფერის მეტალური სპილენძი (Cu). ანოდზე კი გამოიყო ჟანგბადის ბუშტუკები (O_2).

   კათოდი (-): $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu\downarrow$

   ანოდი (+): $2H_2O - 4e \rightarrow O_2\uparrow + 4H^+$

ცდა 4: ელექტროლიზი ხსნადი ანოდით (სპილენძის ანოდი)

1. წინა ცდის გაგრძელებად, ანოდად (დადებით პოლუსზე) დააერთეთ ის ელექტროდი, რომელიც წინა ცდაში სპილენძით დაიფარა (აქტიური ანოდი).
2. გაატარეთ დენი.
3. **დაკვირვება:** ანოდზე სპილენძის საფარი დაიშალა და გაიხსნა ხსნარში ($Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$), ხოლო კათოდზე ხელახლა დაილექა მეტალი. ხსნარში მარილის კონცენტრაცია უცვლელი დარჩა.

6 მონაცემთა აღრიცხვისა და დაკვირვების ცხრილი

ცდა	ხსნარი	ანოდის ტიპი	პროდუქტი კათოდზე	პროდუქტი ანოდზე	არე ელექტროდებთან
1	KI	ინერტული (გრაფიტი)	H_2	I_2	კათოდთან: ტუტე (ხსნარი ჟოლოსფერია)
2	Na_2SO_4	ინერტული (გრაფიტი)	H_2	O_2	კათოდთან: ტუტე; ანოდთან: მჟავა
3	$CuSO_4$	ინერტული (გრაფიტი)	Cu	O_2	ანოდთან: მჟავა არე (H^+) (ხსნარი ჟოლოსფერია)
4	$CuSO_4$	აქტიური (სპილენძი)	Cu	ანოდის გახსნა	ნეიტრალური (კონცენტრაცია მუდმივია)

7 საბოლოო დასკვნა

წყალხსნარების ელექტროლიზის პროდუქტების ბუნება დამოკიდებულია როგორც მარილის შემადგენლობაზე, ისე ელექტროდის ტიპზე. აქტიური მეტალების კატიონები კათოდზე არ აღდგებიან და მათ ნაცვლად აღდგება წყალი. ინერტული ანოდის შემთხვევაში იჟანგება ან უჟანგბადო მჟავას ანიონი, ან წყალი (ჟანგბადიანი ანიონებისას). ხსნადი ანოდის გამოყენებისას კი (ცდა 4) თავად ანოდის მეტალი იჟანგება და გადადის ხსნარში კატიონების სახით.

ცოდნის ტრანსფერი და შეფასება

აქტივობა 4 **შემოქმედებითი დავალება „სამეცნიერო რეპორტაჟი: რაფიელ აგლაძე და მანგანუმის იმპერია“** (ინტეგრირებული ისტორიასა და ეროვნულ კონტექსტთან)

მიზანი: სამეცნიერო ცოდნის დაკავშირება ლოკალურ კონტექსტთან (STEM მიდგომა), ეროვნული სიამაყის განცდისა და კვლევითი/მედია უნარების განვითარება.

აქტივობის აღწერა: მოსწავლეები სახელმძღვანელოს გვერდზე 81 მოცემული საინფორმაციო ბლოკის („მისტერ მანგანეზი“) საფუძველზე ამზადებენ სამეცნიერო-პოპულარულ სტატიას ან მოკლე ვიდეო-რეპორტაჟს.

შინაარსი: ნაშრომში მოსწავლეებმა უნდა წარმოაჩინონ:

1. ვინ იყო რაფიელ აგლაძე და რა წვლილი მიუძღვის მას ქართული ელექტროქიმიური სკოლის დაარსებაში.

2. როგორ გამოიყენება ელექტროლიზის მეთოდი ჭიათურის მანგანუმის მადნიდან სუფთა ლითონისა და კალიუმის პერმანგანატის ($KMnO_4$) მისაღებად.
3. რა ეკონომიკური და სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს ელექტროლიზს თანამედროვე საქართველოსა და მსოფლიოსთვის.

აქტივობა 5 „ელექტროლიზის თეორიული და პრაქტიკული ასპექტები“

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეთა მიერ ელექტროლიზის პროცესების შესახებ მიღებული ცოდნის კომპლექსურად შეფასება სამივე დონეზე (დეკლარატიული, პროცედურული, პირობისეული); მიზეზშედეგობრივი კავშირების დამყარების, პრობლემის გადაჭრისა და ცოდნის რეალურ, ტექნოლოგიურ და ეკოლოგიურ კონტექსტში (მწვანე წყალბადი, გალვანოტექნიკა, ქართული სამეცნიერო სკოლა) ტრანსფერის უნარის შემოწმება.

მასწავლებელი მოსწავლეებს ურიგებს სამუშაო ფურცელს და სთხოვს უპასუხონ კითხვებს. მასქავლებელი იყენებს სამივე ტიპის ცოდნაზე მიმართულ კითხვებს.

1 დეკლარატიული კითხვები (ფაქტობრივი ცოდნა)

? 1. რა არის ელექტროლიზი და ელექტროლიზერი?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- **ელექტროლიზი** – ეს არის ჟანგვა-აღდგენითი პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს ელექტროდებზე ელექტროლიტის ნალღობში ან წყალხსნარში მუდმივი ელექტრული დენის გატარებისას.
- **ელექტროლიზერი** – სპეციალური ჭურჭელი/ხელსაწყო, რომელშიც მოთავსებულია ელექტროლიტი (ხსნარი ან ნალღობი) და ელექტროდები (კათოდი და ანოდი) და რომელშიც ტარდება ელექტროლიზის პროცესი.

? 2. რომელი მეტალები მიიღება მხოლოდ ნალღობის ელექტროლიზით?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- ძლიერ აქტიური მეტალები (რომლებიც მეტალთა ელექტროქიმიურ ძაბვის მწკრივში მდებარეობენ ალუმინის ჩათვლით): **ლითიუმი (Li), კალიუმი (K), ბარიუმი (Ba), კალციუმი (Ca), ნატრიუმი (Na), მაგნიუმი (Mg), ალუმინი (Al)**. წყალხსნარებიდან მათი მიღება შეუძლებელია, რადგან კათოდზე მეტალის კატიონების ნაცვლად აღდგება წყლის მოლეკულები.

? 3. რა განსხვავებაა გალვანოსტეგიასა და გალვანოპლასტიკას შორის?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- **გალვანოსტეგია** – ელექტროლიზის საშუალებით ლითონის ნაკეთობის ზედაპირის დაფარვა სხვა მეტალის (მაგალითად, ქრომის, ნიკელის, ოქროს, სპილენძის) თხელი, დამცავი ან დეკორატიული ფენით, კოროზიისგან დასაცავად ან გარეგნული იერის გაუმჯობესების მიზნით.
- **გალვანოპლასტიკა** – ელექტროლიზის საშუალებით საგნებისა და რელიეფური ობიექტების ზუსტი ასლების (ყალიბების) დამზადება. ამ დროს ცვილისგან ან პლასტმასისგან დამზადებულ მოდელს ფარავენ გრაფიტის გამტარი ფენით და მასზე ელექტროლიზით დაალექავენ მეტალის სქელ ფენას, რომელსაც შემდეგ აცილებენ ფუძეს.

2 პროცედურული კითხვები (მოქმედებისა და ალგორითმის ცოდნა)

? 1. როგორ დაადგენთ, რომელი იონი განიმუხტება პირველად კათოდზე, თუ ხსნარი შეიცავს Ag^+, Zn^{2+}, Cu^{2+} იონებს?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- **ალგორითმი/წესი:** კათოდზე იონების აღდგენა (განმუხტვა) მიმდინარეობს მეტალების **აქტივობის შემცირების მიმართულებით** (ანუ ელექტროქიმიურ ძაბვის მწკრივში მარჯვნიდან მარცხნივ – პასიურიდან აქტიურისაკენ).
- **თანმიმდევრობა:**
  1. პირველად განმუხტება Ag^+ (ყველაზე პასიური მეტალის კატიონი, ადვილად აღდგება): $Ag^+ + \bar{e} \rightarrow Ag^0$
  2. მეორედ განმუხტება Cu^{2+}: $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$
  3. ბოლოს განმუხტება Zn^{2+} (წყლის მოლეკულებთან ერთად, რადგან საშუალო აქტივობის მეტალია): $Zn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Zn^0$

? 2. როგორ უნდა ჩავატაროთ ელექტროლიზის პროცესი, რომ რკინის კოვზი დაიფაროს სპილენძით?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- **კათოდი (–):** რკინის კოვზი (რომელზეც უნდა დაილექოს სპილენძი).
- **ანოდი (+):** სპილენძის (Cu) ფირფიტა (ხსნადი ანოდი).
- **ელექტროლიტი:** სპილენძ(II)-ის მარილი, მაგალითად სპილენძის სულფატის ($CuSO_4$) წყალხსნარი.
- **პროცესის მსვლელობა:**

  ანოდზე: $Cu^0 - 2\bar{e} \rightarrow Cu^{2+}$ (სპილენძის ანოდი იჟანგება და იხსნება).

  კათოდზე: $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$ (ხსნარიდან სპილენძის იონები აღდგება რკინის კოვზის ზედაპირზე).

? 3. როგორ გამოითვლება ანოდზე გამოყოფილი აირის მოცულობა, თუ ცნობილია ელექტროლიზში მონაწილე მარილის რაოდენობა?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

ნაბიჯი 1: ჩავწეროთ ელექტროლიზის სრული ქიმიური რეაქციის ტოლობა და გავათანაბროთ კოეფიციენტები.

ნაბიჯი 2: რეაქციის მიხედვით ვიპოვოთ მოლური თანაფარდობა საწყის მარილსა და ანოდზე გამოყოფილ აირს შორის.

ნაბიჯი 3: საწყისი მარილის მასიდან (m) ან ნივთიერების რაოდენობიდან (ν) გამოვითვალოთ ანოდზე გამოყოფილი აირის მოლთა რაოდენობა ($\nu_{აირი} = m/M$).

ნაბიჯი 4: მიღებული მოლთა რაოდენობა გადავიყვანოთ მოცულობაში ნორმალურ პირობებში (ნ.პ.) ფორმულით: $V = \nu_{აირი} \cdot 22{,}4$ ლ/მოლი

3 პირობისეული კითხვები (გააზრება და მსჯელობა)

? 1. რატომ არის შეუძლებელი მეტალური ნატრიუმის მიღება NaCl-ის წყალხსნარის ელექტროლიზით, მაშინ როცა ნალღობის ელექტროლიზით ეს შესაძლებელია?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- **წყალხსნარში:** ნატრიუმი ძლიერ აქტიური მეტალია და მისი კატიონი (Na^+) ძნელად აღდგება. წყალხსნარში კათოდთან Na^+ იონებთან ერთად იმყოფებიან წყლის მოლეკულები. რადგან წყლის მოლეკულები ბევრად ადვილად აღდგება, კათოდზე Na^+-ის ნაცვლად აღდგება წყალი და გამოიყოფა აირადი წყალბადი:

$$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-.$$

- **ნალღობში:** არ არის წყლის მოლეკულები, სისტემაში არიან მხოლოდ და იონები. ამიტომ კათოდს სხვა არჩევანი არ აქვს და აუცილებლად აღადგენს ნატრიუმის იონებს ($Na^+ + \bar{e} \rightarrow Na$).

? 2. რატომ უწოდებენ წყალბადს „მწვანეს“, როდესაც მას წყლის ელექტროლიზით განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენებით იღებენ?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- წყალბადს „მწვანეს“ უწოდებენ **ეკოლოგიური სისუფთავის გამო** პროდუქტის წარმოების მთელ ციკლში:
  1. ელექტროლიზის პროცესისთვის საჭირო ელექტროენერგია მიიღება ნულოვანი ემისიის მქონე განახლებადი წყაროებიდან (მზის პანელები, ქარის ტურბინები).
  2. პროცესში გამოიყენება მხოლოდ წყალი, ხოლო ერთადერთი თანამდევი პროდუქტი სუფთა ჟანგბადია (O_2).
  3. შემდგომში ამ წყალბადის საწვავად გამოყენებისას (წვისას) გამონაბოლქვის სახით გამოიყოფა მხოლოდ წყლის ორთქლი.

? 3. რა ეკონომიკური უპირატესობა მოუტანა საქართველოს რაფიელ აგლაძის მიერ ჭიათურის მანგანუმის ელექტროლიზური დამუშავების ტექნოლოგიის დანერგვამ?

⬇ სავარაუდო პასუხი:

- მეთოდის გამოგონებამდე ჭიათურის მანგანუმის მადანი ექსპორტზე გადიოდა დაბალფასიანი უბრალო ნედლეულის სახით.
- რ. აგლაძის ინოვაციურმა ელექტროლიზურმა მეთოდმა საშუალება მისცა ქვეყანას, ეწარმოებინა უმაღლესი სისუფთავის მეტალური მანგანუმი და მისი ძვირადღირებული ნაერთები (მაგალითად, კალიუმის პერმანგანატი, რომელიც გამოიყენება მედიცინასა და მრეწველობაში).
- ევროპაში პირველად განხორციელდა ელექტროლიზით მანგანუმის მიღება, რამაც საქართველო ელექტროქიმიური კვლევების მსოფლიო ცენტრად აქცია და საფუძველი ჩაუყარა ადგილობრივ სამრეწველო სკოლას.

შეფასების რუბრიკა SOLO ტაქსონომიის მიხედვით

სოლო ტაქსონომიის დონეები	აღწერა და მოსწავლის მიღწევის ინდიკატორი
დონე 1 პრესტრუქტურული მოსწავლეს საერთოდ ვერ გაუაზრებია საკითხი, იყენებს შეუსაბამო, არარელევანტურ ინფორმაციას ან/და საერთოდ აცდენილია საკითხს.	მოსწავლეს არ აქვს წარმოდგენა ელექტროლიზზე; ვერ პასუხობს კითხვებს ან იძლევა მცდარ პასუხს (მაგ., ერევა კათოდი და ანოდი, ვერ ასახელებს რეაქციებს).
დონე 2 უნისტრუქტურული მოსწავლეს შეუძლია მხოლოდ ერთი ასპექტის განხილვა და მარტივი, აშკარა/ცხადი კავშირების დამყარება. მოსწავლეს შეუძლია ტერმინოლოგიის გამოყენება, ზეპირად გადმოცემა (გახსენება), მარტივი ინსტრუქციების/ ალგორითმების შესრულება; პარაფრაზირება, ამოცნობა, დასახელება ან დათვლა.	ასახელებს მხოლოდ ცალკეულ დასახელებებს ან ფაქტებს (მაგ., იცის მხოლოდ ელექტროლიზის განმარტება ან ასახელებს ერთ-ერთ მეტალს), თუმცა ვერ ხსნის პროცესის არსს.
დონე 3 მულტისტრუქტურული მოსწავლეს შეუძლია რამდენიმე ასპექტის განხილვა განცალკევებულად, ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. მას შეუძლია ჩამოთვლა, აღწერა, კლასიფიცირება, კომბინირება; მეთოდების, სტრუქტურის გამოყენება; პროცედურების შესრულება, სხვ.	ჩამოთვლის რამდენიმე ფაქტს ან წესს (მაგ., ასახელებს იონთა განმუხტვის თანმიმდევრობას, სწორად არჩევს კათოდსა და ანოდს გალვანოსტეგიისთვის), მაგრამ უჭირს მიზეზშედეგობრივი კავშირების ახსნა.
დონე 4 მიმართებითი მოსწავლეს შეუძლია გაიაზროს კავშირი რამდენიმე ასპექტს შორის, აგრეთვე ისიც, თუ როგორ ერგება/შეეხამება ეს ასპექტები ერთმანეთს და ქმნის მთელს, მთლიანობას. მისი ნააზრევი დასტრუქტურებულია და ამგვარად, მოსწავლეს აქვს იმის უნარი, რომ შეადაროს, დააკავშიროს, გააანალიზოს, გამოიყენოს თეორია, ახსნას საკითხი მიზეზებისა და შედეგების კუთხით.	აკავშირებს თეორიულ ცოდნას პროცესებთან; ხსნის, რატომ არ აღდგება წყალხსნარში, გამოითვლის აირის მოცულობას და ასაბუთებს ხსნადი ანოდის გამოყენებას.
დონე 5 გაფართოებული აბსტრაქტული მოსწავლეს შეუძლია სტრუქტურის განზოგადება მოცემულის/შეთავაზებულის მიღმა, სტრუქტურის აღქმა მრავალი სხვადასხვა კუთხიდან/ თვალთახედვით და იდეების გადატანა ახალ სფეროში. მას შეუძლია განზოგადება, ჰიპოთეზის წამოყენება, კრიტიკა ან თეორიის ჩამოყალიბება.	ახდენს ცოდნის სრულ ტრანსფერს ახალ კონტექსტში; მსჯელობს „მწვანე წყალბადის“ ეკოლოგიურ მნიშვნელობაზე და აფასებს რ. აგლაძის ღვაწლს ქვეყნის ინდუსტრიულ განვითარებაში.

ანალიტიკური შეფასების რუბრიკა

შეფასების კრიტერიუმი	დაბალი დონე (1-2 ქულა)	საშუალო დონე (3-4 ქულა)	მაღალი (5 ქულა)
ფაქტობრივი ცოდნა (დეკლარატიული)	უჭირს ელექტროლიზის განმარტება, ვერ ასხვავებს გალვანოსტეგიასა და გალვანოპლასტიკას.	განმარტავს ძირითად ცნებებს, თუმცა უშვებს მცირე ცდომილებებს მეტალთა ჩამოთვლისას.	ზუსტად განმარტავს ცნებებს, ასახელებს ნალღობის ელექტროლიზით მისაღებ მეტალებს და ხსნის მათ განსხვავებებს.
ალგორითმის გამოყენება (პროცედურული)	ვერ ადგენს იონთა განმუხტვის თანმიმდევრობას, უჭირს ამოცანის ეტაპების განსაზღვრა.	სწორად განსაზღვრავს კათოდურ/ანოდურ პროცესებს, თუმცა უშვებს მცირე შეცდომას გამოთვლებში.	უცდომელად ადგენს განმუხტვის თანმიმდევრობას, სწორად გეგმავს სპილენძით დაფარვის პროცესს და ითვლის აირის მოცულობას.
მსჯელობა და გააზრება (პირობისეული)	ვერ ხსნის წყლის მოლეკულების მონაწილეობას და ვერ აკავშირებს ელექტროლიზს რეალურ ცხოვრებასთან.	ხსნის NaCl-ის ხსნარისა და ნალღობის განსხვავებას, თუმცა უჭირს „მწვანე წყალბადის“ არგუმენტირება.	სიღრმისეულად ასაბუთებს წყალხსნარისა და ნალღობის განსხვავებას, აანალიზებს „მწვანე წყალბადის“ ეკოლოგიურობას და რაფიელ აგლაძის წვლილს.



ექსპერიმენტის სამუშაო ფურცელი

მოსწავლის სახელი, გვარი: _____

თარიღი: ____ / ____ / _____

გავეცანი უსაფრთხოების წესებს ☐

ექსპერიმენტის მიზანი:_____

ცდა 1

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მსვლელობა და დაკვირვება:

_____

_____

ცდა 2

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მსვლელობა და დაკვირვება:

_____

_____

ცდა 3

რეაქტივები:	**ხელსაწყოები:**

მსვლელობა და დაკვირვება:

_____

_____

ცდა 4

რეაქტივები:	ხელსაწყოები:

მსვლელობა და დაკვირვება:

მონაცემთა აღრიცხვისა და დაკვირვების ცხრილი

ცდა	ხსნარი	ანოდის ტიპი	პროდუქტი კათოდზე	პროდუქ-ტი ანოდზე	არე ელექტროდებთან
1	KI	ინერტული (გრაფიტი)			
2	Na_2SO_4	ინერტული (გრაფიტი)			
3	$CuSO_4$	ინერტული (გრაფიტი)			
4	$CuSO_4$	აქტიური (სპილენძი)			

შეფასება (მასწავლებლისთვის):

საშინაო აქტივობა — პასუხებით

1. ელექტროლიტის წყალხსნარი შეიცავს Mg^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}-იონებს. ელექტროლიზის ჩატარებისას როგორი თანმიმდევრობით განიმუხტება ისინი კათოდზე?



კათოდზე განიმუხტება შემდეგი თანმიმდევრობით: Hg^{2+}, Ni^{2+}, Mg^{2+}.

2. ელექტროლიტის წყალხსნარი შეიცავს F^-, Cl^-, OH^-, I^--იონებს. ელექტროლიზის ჩატარებისას როგორი თანმიმდევრობით განიმუხტება ისინი ანოდზე? გაითვალისწინეთ წყლის მოლეკულების როლი ელექტროლიზის დროს.



ანოდზე განიმუხტება შემდეგი თანმიმდევრობით: I^-, Cl^-, OH^-,
ფთორი წყალხსნარში ვერ გამოიყოფა ანოდზე, იჟანგება წყლის მოლეკულები

3. იმსჯელეთ, რა პროცესები წარიმართება ინერტულ ელექტროდებზე შემდეგ ნივთიერებათა წყალხსნარების ელექტროლიზის დროს:

ა) $CuCl_2$ ბ) Na_2SO_4; გ) $Zn(NO_3)_2$



ა) კათოდზე გამოიყოფა სპილენძი, ანოდზე ქლორი;

ბ) კათოდზე გამოიყოფა წყალბადი, ანოდზე ჟანგბადი;

გ) კათოდზე გამოიყოფა თუთია და წყალბადი, ხოლო ანოდზე ჟანგბადი.

4. თუ გსურთ ფოლადის ნაკეთობის ზედაპირი დაფაროთ ნიკელით, როგორ მოიქცევით? ელექტროლიზერში რომელი ელექტროლიტის ხსნარს ჩაასხამთ? ელექტროდებად რას გამოიყენებთ?



ელექტროლიზერში უნდა ჩავასხათ ნიკელის რომელიმე ხსნადი მარილი, ანოდად დაგვჭირდება ნიკელი, კათოდის როლს თვითონ ნაკეთობა შეასრულებს.

5. სპილენძ(II)-ის სულფატის წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს ინერტულ ელექტროდებზე რომელი ნივთიერებები გამოიყოფა? პასუხი დაასაბუთეთ.

ა) Cu, SO_2 გ) Cu, O_2
ბ) Cu, H_2 დ) H_2, O_2



(გ) $2CuSO_4 + 2H_2O \rightarrow 2Cu + 2H_2SO_4 + O_2$

6. რკინა (II)-ის სულფატის 300 მლ ხსნარიდან ელექტროლიზის შედეგად ანოდზე გამოიყო 1,344 ლ (ნ.პ.) ჟანგბადი. დაადგინეთ საწყისი ხსნარის მოლური კონცენტრაცია, თუ კათოდზე რკინა სრულად აღდგა.



ამოხსნა:

$FeSO_4$-ის ხსნარის ელექტროლიზის სქემაა:

$$\overset{0,12\ \text{მოლი}}{2FeSO_4} + 2H_2O \longrightarrow \underset{\text{K}}{2Fe} + \underset{\text{A}}{\overset{0,06\ \text{მოლი}}{O_2}} + 2H_2SO_4$$

$$n(O_2) = \frac{1,344\ \text{გ}}{22,4\ \text{გ/მოლი}} = 0,06\ \text{მოლი}$$

$$n(FeSO_4) = 0,06 \cdot 2 = 0,12\ \text{მოლი}$$

$$C(FeSO_4) = \frac{n}{V} = \frac{0,12\ \text{მოლი}}{0,3\ \text{ლ}} = 0,4\ \text{მოლი/ლ}$$

პასუხი: 0,4 მოლი/ლ.

1. გააანალიზეთ, რა აქვს საერთო და განმასხვავებელი ვალენტობასა და ჟანგვის რიცხვს.



ვალენტობა განისაზღვრება ქიმიური ბმების რიცხვით და ეს ცნება მხოლოდ კოვაკენტური ნაერთებისთვის გამოიყენება. ჟანგვის რიცხვი განისაზღვრება ერთი ატომიდან მეორე ატომისკენ მთლიანად ან ნაწილობრივ გადაწეული ელექტრონების რიცხვით. უმრავლეს შემთხვევაში კოვალენტურ ნაერთებში ბმების რიცხვი, ე.ი. ვალენტობისა და ჟანგვის რიცხვის მნიშვნელობა ემთხვევა ერთმანეთს. მაგრამ მარტივ ნივთიერებებში ან თუ ნაერთებში ატომთა შორის არის არაპოლარულ-კოვალენტური ბმა, ასევე, დონორულ-აქცეპტორული ბმის წარმოქმნის შემთხვევაში ისინი ერთმანეთს არ დაემთხვევა.

2. დაასახელეთ ნივთიერებები, რომლებშიც აზოტის ატომებს აქვს განსხვავებული ჟანგვის რიცხვი.

ა) N_2O_4, NO_2 გ) $NaNO_3$, N_2O_5

ბ) NH_3, NH_4Cl დ) NO_2, KNO_2



(დ)

3. იწვის თუ არა ჟანგბადში SF_6? პასუხი დაასაბუთეთ.



ჟანგბადში SF_6 არ იწვის, რადგან SF_6-ში გოგირდს აქვს უმაღლესი ჟანგვის ხარისხი და ვეღარ დაიჟანგება, ხოლო ფთორი ყველაზე ძლიერი მჟანგავია და ჟანგბადით არ იჟანგება.

4. ჟანგვის რიცხვის ზრდის მიხედვით დაალაგეთ მანგანუმის ნაერთები: Mn_2O_3, Mn, Mn_2O_7, MnO_2, $MnSO_4$, K_2MnO_4. როგორია ჟანგვა-აღდგენის უნარი სხვადასხვა ჟანგვის რიცხვის შემთხვევაში?



	ჟანგვის რიცხვი	ჟანგვა-აღდგენითი უნარი
Mn	0	მხოლოდ აღმდგენია
$MnSO_4$	+2	მჟანგავიცაა და აღმდგენიც
Mn_2O_3	+3	მჟანგავიცაა და აღმდგენიც
MnO_2	+4	მჟანგავიცაა და აღმდგენიც
K_2MnO_4	+6	მჟანგავიცაა და აღმდგენიც
Mn_2O_7	+7	მხოლოდ მჟანგავია

5. დაადგინეთ, რომელი სქემა გამოსახავს აღდგენის პროცესს:

ა) $SO_2 \rightarrow S$

ბ) $HCl \rightarrow Cl$

გ) $KNO_2 \rightarrow KNO_3$

(ა)

$\overset{+4}{S} + 4e \rightarrow \overset{0}{S}$

6. აღდგენას ასახავს სქემა:

ა) $\overset{+2}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{Fe}$

ბ) $\overset{-2}{S} \rightarrow \overset{+4}{S}$

გ) $\overset{+5}{N} \rightarrow \overset{+2}{N}$

დ) $2\overset{-1}{Cl} \rightarrow \overset{0}{Cl_2}$

(გ)

7. ჟანგვას ასახავს სქემა:

ა) $\overset{0}{P} \rightarrow \overset{-3}{P}$

ბ) $\overset{-4}{C} \rightarrow \overset{+4}{C}$

გ) $\overset{0}{O_2} \rightarrow 2\overset{-2}{O}$

დ) $2\overset{+1}{H} \rightarrow \overset{0}{H_2}$

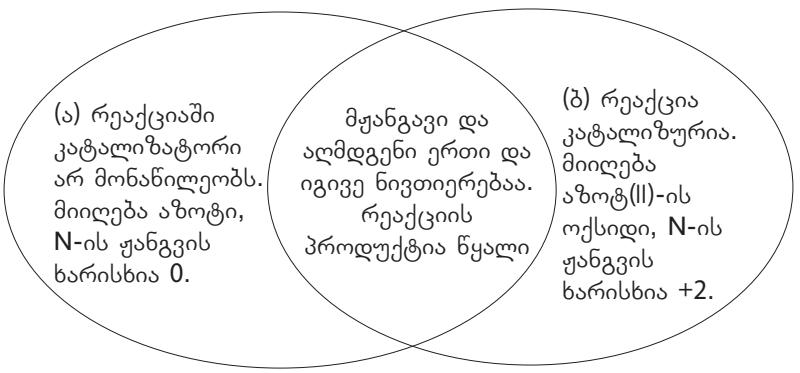
(ბ)

8. მოცემულია ამიაკის ჟანგბადთან რეაქციები:

ა) $NH_3 + O_2 \xrightarrow{t} N_2 + H_2O$

ბ) $NH_3 + O_2 \xrightarrow{t,\ \text{კატ.}} NO + H_2O$

გადახაზეთ რვეულში ვენის დიაგრამა და ჩაწერეთ მსგავსება და განსხვავება.



9. მიუთითეთ ორი ელემენტის ელექტრონული ფორმულა, რომლებიც ყველაზე ძლიერი მჟანგავია მოცემულ ცხრილში.

ჯგუფები	15 (VA)	16 (VIA)	17 (VIIA)	18 (VIIIA)
ელექტრონული ფორმულები	...$2s^2 2p^3$	...$2s^2 2p^4$	...$2s^2 2p^5$	...$2s^2 2p^6$
	...$3s^2 3p^3$	... $3s^2 3p^4$	... $3s^2 3p^5$	... $3s^2 3p^6$



...$2s^2 2p^4$; ...$2s^2 2p^5$

10. ელემენტების ელექტრონული კონფიგურაციის დაბოლოებაა:

ა) ...$3s^2 3p^3$ გ) ...$3s^2 3p^5$

ბ) ...$3s^2 3p^4$ დ) ...$3s^2 3p^6$

რომელი ელემენტი ავლენს ყველაზე ძლიერ მჟანგავ უნარს? პასუხი დაასაბუთეთ.



(გ) ქლორი. პერიოდულობის ცხრილში ჟანგვითი უნარი ძლიერდება მარცხნიდან მარჯვნივ, ქლორი ყველაზე ძლიერი მჟანგავია ფთორისა და ჟანგბადის შემდეგ.

11. დაასაბუთეთ, რომელი ელემენტი არ შეიძლება იყოს აღმდგენი, თუ ელემენტის ელექტრონული კონფიგურაციის დაბოლოებაა:

ა) ...$2s^2 2p^0$ გ) ...$3s^2 3p^1$

ბ) ...$2s^2 2p^4$ დ) ...$2s^2 2p^5$



(დ) ფთორი მხოლოდ მჟანგავია.

12. შეარჩიეთ კოეფიციენტები ელექტრონული ბალანსის მეთოდით. რა ბუნებას ავლენს SO_2 ამ რეაქციებში?

ა) $SO_2 + NO_2 \rightarrow SO_3 + NO$

ბ) $SO_2 + H_2S \rightarrow S + 2H_2O$

გ) $SO_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HCl$



ა) $SO_2 + NO_2 \rightarrow SO_3 + NO$

$\overset{+4}{S} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+6}{S}$	1	აღმდგენი
$\overset{+4}{N} + 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{N}$	1	მჟანგავი

$SO_2 + NO_2 \rightarrow SO_3 + NO$

SO_2 აღმდგენია.

ბ) $SO_2 + H_2S \rightarrow S + 2H_2O$

$\overset{-2}{S} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{0}{S}$	2	აღმდგენი
$\overset{+4}{S} + 4\bar{e} \rightarrow \overset{0}{S}$	1	მჟანგავი

$SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S + 2H_2O$

SO_2 მჟანგავია.

გ) $SO_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HCl$

$\overset{+4}{S} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+6}{S}$	1	აღმდგენი
$\overset{0}{Cl_2} + 2\bar{e} \rightarrow 2\overset{-1}{Cl^-}$	1	მჟანგავი

$SO_2 + Cl_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl$

SO_2 აღმდგენია.

13. რეაქციაში $P + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + NO$ მჟანგავისა და აღმდგენის კოეფიციენტებია:

ა) 2, 3 გ) 5, 3

ბ) 4, 3 დ) 4, 5



(გ)

$P + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + NO$

$\overset{0}{P} - 5\bar{e} \rightarrow \overset{+5}{P}$	3	აღმდგენი
$\overset{+5}{N} + 3\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{N}$	5	მჟანგავი

$3P + 5HNO_3 + 2H_2O \rightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$

14. ელექტრონული ბალანსის მეთოდით შეარჩიეთ კოეფიციენტები:

ა) $HI + KIO_3 \rightarrow I_2 + KI + H_2O$

ბ) $H_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow S + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

გ) $AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$

დ) $CH_4 + CO_2 \rightarrow CO + 2H_2$

ე) $Cu(NO_3)_2 \rightarrow CuO + NO_2 + O_2$

ვ) $H_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow O_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

ზ) $FeCl_3 + KI \rightarrow FeCl_2 + I_2 + KCl$

ა) $HI + KIO_3 \rightarrow I_2 + KI + H_2O$

$\overset{-1}{I} - \bar{e} \rightarrow \overset{0}{I}$	5	აღმდგენი
$\overset{+5}{I} + 5\bar{e} \rightarrow \overset{0}{I}$	1	მჟანგავი

$6HI + KIO_3 \rightarrow 3I_2 + KI + 3H_2O$

5 მოლი HI აღმდგენია, 1 მოლი ქმნის მჟავა არეს. KIO_3 მჟანგავია

ბ) $H_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow S + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

$\overset{-2}{S} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{0}{S}$	5	აღმდგენი
$\overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Mn}$	2	მჟანგავი

$5H_2S + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5S + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$

გ) $AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$

$2\overset{-2}{O} - 4\bar{e} \rightarrow \overset{0}{O_2}$	1	აღმდგენი
$\overset{+1}{Ag} + \bar{e} \rightarrow \overset{0}{Ag}$	2	მჟანგავი
$\overset{+5}{N} + \bar{e} \rightarrow \overset{+4}{N}$		მჟანგავი

$2AgNO_3 \rightarrow 2Ag + 2NO_2 + O_2$

დ) $CH_4 + CO_2 \rightarrow CO + 2H_2$

$\overset{-4}{C} - 6\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{C}$	1	აღმდგენი
$\overset{+4}{C} + 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{C}$	1	მჟანგავი
$4\overset{+1}{H} + 4\bar{e} \rightarrow 4\overset{0}{H}$		მჟანგავი

$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$

ე) $Cu(NO_3)_2 \rightarrow CuO + NO_2 + O_2$

$\overset{+5}{N} + 1\bar{e} \rightarrow \overset{+4}{N}$	4	მჟანგავი
$2\overset{-2}{O} - 4\bar{e} \rightarrow \overset{0}{O_2}$	1	აღმდგენი

$2Cu(NO_3)_2 \rightarrow 2CuO + 4NO_2 + O_2$

ვ) $H_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow O_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

$2O^{-} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{0}{O_2}$	5	აღმდგენი
$\overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Mn}$	2	მჟანგავი

$5H_2O_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5O_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$

ზ) $FeCl_3 + KI \rightarrow FeCl_2 + I_2 + KCl$

$\overset{+3}{Fe} + 1\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Fe}$	2	მჟანგავი
$2I^- - 2\bar{e} \rightarrow \overset{0}{I_2}$	1	აღმდგენი

$2FeCl_3 + 2KI \rightarrow 2FeCl_2 + I_2 + 2KCl$

15. ახსენით, რა განსხვავებაა HNO_2-ის მონაწილეობით მიმდინარე რეაქციებში:

ა) $2HNO_2 + 2HI \rightarrow 2NO + I_2 + 2H_2O$

ბ) $2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3$

გ) $3HNO_2 \rightarrow HNO_3 + 2NO + H_2O$

ა) HNO_2 მჟანგავია;

ბ) HNO_2 აღმდგენია;

გ) HNO_2 მჟანგავიცაა და აღმდგენიც.

16. კალიუმის ჰიდროქსიდის წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს არ იცვლება:

ა) ხსნარის მასა
ბ) ხსნარში წყლის მასა
გ) ხსნარის კონცენტრაცია
დ) ხსნარში კალიუმის ჰიდროქსიდის მასა

პასუხი დაასაბუთეთ.

(დ)

კალიუმის ჰიდროქსიდის (KOH) წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს იშლება მხოლოდ წყალი. კათოდზე (K^+ იონის ნაცვლად, რადგან ის ძლიერ აქტიური ლითონია) აღდგება წყალი და გამოიყოფა წყალბადი; ანოდზე იჟანგება ჰიდროქსილის იონები და გამოიყოფა ჟანგბადი. ჯამური პროცესი არის წყლის ელექტროლიზი. ვინაიდან ელექტროლიზის დროს სისტემიდან აირების (H_2 და O_2) სახით გადის და იხარჯება მხოლოდ წყალი, ვიღებთ შემდეგ სურათს:

ხსნარში წყლის მასა მცირდება; ხსნარის საერთო მასა მცირდება; ხსნარის კონცენტრაცია იზრდება, რადგან წყალი შემცირდა, ხოლო მასში გახსნილი ნივთიერების მასა იგივე დარჩა; კალიუმის ჰიდროქსიდის (KOH) მასა არ იცვლება, რადგან ის რეაქციაში არ იხარჯება და, ფაქტობრივად, მხოლოდ ელექტროგამტარობისთვისაა საჭირო.

17. ჩამოთვლილი ნაერთებიდან რომელი ნივთიერება (ნივთიერებები) წარმოიქმნება რკინა(II)-ის სულფატის წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს? პასუხი დაასაბუთეთ.

ა) რკინა
ბ) ჟანგბადი
გ) წყალბადი
დ) გოგირდ((IV)-ის ოქსიდი
ე) გოგირდი
ვ) რკინა(VI)-ის ოქსიდი

(ა), (ბ) და **(გ)**

რკინა(II)-ის სულფატის ($FeSO_4$) წყალხსნარის ელექტროლიზის პროცესში ხსნარში გვაქვს Fe^{2+} და SO_4^{2-} იონები, ასევე წყლის მოლეკულები (H_2O).

კათოდზე (–): რკინა მეტალთა აქტივობის რიგში საშუალო აქტივობის მეტალებს მიეკუთვნება. ასეთი მარილების წყალხსნარების ელექტროლიზისას კათოდზე ერთდროულად აღდგება როგორც მეტალის კატიონი, ისე წყალი. ამიტომ გამოიყოფა თავისუფალი რკინა და აირადი წყალბადი.

ანოდზე (+): სულფატ-იონი (SO_4^{2-}) ჟანგბადშემცველი მჟავას ნაშთია, ამიტომ ანოდზე ის არ იჟანგება. მის ნაცვლად იჟანგება წყალი და გამოიყოფა აირადი ჟანგბადი.
შესაბამისად, დანარჩენი ჩამოთვლილი ნივთიერებები (გოგირდის ოქსიდები, გოგირდი, რკინის სხვა ოქსიდები) ამ ელექტროლიზის დროს არ წარმოიქმნება.

18. დაადგინეთ შესაბამისობა მარილის ფორმულასა და მისი წყალხსნარის ელექტროლიზის დროს ელექტროდებზე წარმოქმნილ პროდუქტებს შორის.
გადახაზეთ ცხრილი სამუშაო რვეულში და მიუთითეთ შესაბამისობა.

მარილი	ელექტროდებზე წარმოქმნილი პროდუქტები
ა) $CuCl_2$ ბ) $Pb(NO_3)_2$ გ) $Al_2(SO_4)_3$ დ) KBr	1. წყალბადი და ჟანგბადი
	2. წყალი და ჟანგბადი
	3. წყალბადი და ჰალოგენი
	4. მეტალი, წყალბადი, ჟანგბადი
	5. მეტალი, წყალბადი, ჰალოგენი
	6. მეტალი, ჰალოგენი



მოცემული ცხრილის მიხედვით მარილებსა და ელექტროლიზის პროდუქტებს შორის შესაბამისობა ასეთია:

ა	6
ბ	4
გ	1
დ	3

(ა) $CuCl_2$ – **6.** მეტალი, ჰალოგენი
სპილენძი (Cu) პასიური მეტალია, მისი კატიონი აქტიურია, ამიტომ კათოდზე გამოიყოფა თავად მეტალი. ქლორიდ-იონი (Cl^-) უჟანგბადო მჟავას ნაშთია, რის გამოც ანოდზე გამოიყოფა ჰალოგენი (Cl_2).

(ბ) $Pb(NO_3)_2$ – **4.** მეტალი, წყალბადი, ჟანგბადი
ტყვია (Pb) საშუალო აქტივობის მეტალია, ამიტომ კათოდზე პარალელურად აღდგება როგორც მეტალი, ისე წყალი (გამოიყოფა წყალბადი). ნიტრატ-იონი (NO_3^-) ჟანგბადშემცველია, ამიტომ ანოდზე იჟანგება წყალი და გამოიყოფა ჟანგბადი.

(გ) $Al_2(SO_4)_3$ – **1.** წყალბადი და ჟანგბადი. ალუმინი (Al) აქტიური მეტალია, ამიტომ კათოდზე მეტალის ნაცვლად მხოლოდ წყალი აღდგება და გამოიყოფა წყალბადი. სულფატ-იონი (SO_4^{-2}) ჟანგბადშემცველია, ამიტომ ანოდზე წყალი იჟანგება და გამოიყოფა ჟანგბადი (ფაქტობრივად მიმდინარეობს წყლის ელექტროლიზი).
(დ) KBr – **3.** წყალბადი და ჰალოგენი. კალიუმი ძლიერ აქტიური ლითონია, შესაბამისად კათოდზე გამოიყოფა წყალბადი. ბრომიდ-იონი (Br^-) უჟანგბადო მჟავას ნაშთია, ამიტომ ანოდზე გამოიყოფა ჰალოგენი (Br_2).

19. ჩაატარეს კალიუმის ჰიდროქსიდის წყალხსნარის ელექტროლიზი. დაწერეთ ელექტროლიზის ტოლობა. აღწერეთ კათოდზე და ანოდზე მიმდინარე პროცესები. რა მასის აირი გამოიყოფა ანოდზე, თუ კათოდზე გამოიყო 5,6 ლ (ნ.პ.) წყალბადი?



ამოხსნა:

კათოდზე გამოიყო წყალბადი. ანოდზე გამოიყო ჟანგბადი. ხორციელდება წყლის ელექტროლიზი.

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

კათოდზე გამოყოფილი წყალბადის რაოდენობაა:

$$n(H_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{5{,}6 \text{ ლ}}{22{,}4 \text{ ლ/მოლი}} = 0{,}25 \text{ მოლი}$$

რეაქციის ტოლობის მიხედვით, ანოდზე გამოყოფილი ჟანგბადის რაოდენობა 2-ჯერ ნაკლებია წყალბადის რაოდენობაზე:

$$n(O_2) = 0{,}25 \text{ მოლი} : 2 = 0{,}125 \text{ მოლი}$$

ანოდზე გამოყოფილი აირის (ჟანგბადის) მასა იქნება:

$$m(O_2) = nM = 0{,}125 \text{ მოლი} \cdot 32 \text{ გ/მოლი} = 4 \text{ გ.}$$

პასუხი: 4 გ.

20. ტუტე მეტალის ქლორიდის ხსნარის ელექტროლიზის დროს წარმოიქმნა 1,02 გ ტუტე და 112 მლ (ნ.პ.) წყალბადი. დაადგინეთ ტუტე მეტალის მოლური მასა და დაასახელეთ იგი.



ამოხსნა:

მოც.: $m(MeOH) = 1{,}02$ გ
$V(H_2) = 112$ მლ (0,112 ლ) ნ.პ-ში
$M(Me) = ?$

$$2MeCl + 2H_2O \longrightarrow H_2 + 2MeOH + Cl_2$$

$$n(H_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{0{,}112 \text{ ლ}}{22{,}4 \text{ ლ/მოლი}} = 0{,}005 \text{ მოლი}$$

$$n(MeOH) = 0{,}005 \text{ მოლი} \cdot 2 = 0{,}01 \text{ მოლი}$$

თუ კათოდზე გამოიყო 0,005 მოლი წყალბადი, ხსნარში წარმოიქმნება 0,01 მოლი ტუტე.

$$n(MeOH) = 0{,}01 \text{ მოლი}$$

$$M(MeOH) = \frac{1{,}02 \text{ გ}}{0{,}01 \text{ მოლი}} = 102 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(Me) = M(MeOH) - M(OH) = 102 - 17 = 85 \text{ გ/მოლი}$$

$$M(Rb) = 85 \text{ გ/მოლი}$$

პასუხი: ტუტე მეტალია რუბიდიუმი (Rb).

ინტეგრირებული პროექტი (ფიზიკა/ქიმია):

დენის ქიმიური კვალი – ელექტროლიზერის მოდელირება და ელექტროდული რეაქციების კვლევა

პროექტის შინაარსი

1. **პროექტის სათაური:** ელექტრული დენი სითხეებში, ელექტროლიზი.
2. **პროექტის აქტუალობა:** პროექტი მოსწავლეებს მისცემს მინიმალურ ცოდნას სითხეებში ელექტრული დენის შესახებ. მოსწავლეები ელექტროლიზერის შექმნით გაიზრებენ ელექტროლიტებში მიმდინარე პროცესებს და ელექტროლიზის პრაქტიკულ გამოყენებას მრეწველობასა და ტექნიკაში.
3. **მთავარი იდეა:** მოსწავლეებმა წარმოადგინონ თვალსაჩინოდ ხსნარებში მიმდინარე პროცესები და გაიაზრონ როგორ გამოიყენებენ მიღებულ ცოდნას ყოფა-ცხოვრებაში მიმდინარე პროცესების სამართავად.
4. **საკვლევი კითხვა**: როგორ წარმოვაჩინოთ ელექტროლიზის ხელსაწყოს მოდელის საშუალებით ელექტროლიზის არსი და ელექტროლიზის გამოყენება?
5. **პროექტის მიზანი:**
   - მოსწავლემ შეძლოს კვლევის მიზნის ჩამოყალიბება;
   - განსაზღვროს კვლევისთვის საჭირო და შესაბამისი ინფორმაციის მოძიება;
   - მოსწავლემ შეძლოს დენის ქიმიური მოქმედების შესწავლა, აღწეროს ელექტროლიტების წყალხსნარებში მოლეკულების იონებათ დაშლა;
   - ახსნას წყალხსნარებში მუხტის გადამტანი იონების წარმოქმნისა და ელექტრული დენის (იონური გამტარობა) წარმოშობის მიზეზი;
   - მოსწავლემ გააანალიზოს და შეაფასოს მრეწველობასა და ტექნიკაში ელექტროლიზური პროცესების მნიშვნელობა;
   - მოსწავლემ შეძლოს ელექტროლიზის პროცესთან დაკავშირებული რაოდენობრივი გამოთვლების შესრულება.
6. **მოსალოდნელი შედეგი:** პროექტის საფუძველზე მოსწავლეები გაიაზრებენ ელექტრული დენის არსებობის პირობებს სხვადასხვა გარემოში, კერძოდ სითხეებში. შეძლებენ ელექტროლიზის პროცესის აღწერას და მნიშვნელობის შეფასებას მრეწველობასა და ტექნიკაში, კოროზიის აცილების საქმეში. შეძლებენ მიღებული ცოდნის დაკავშირებას ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა სფეროს/ პროფესიასთან. გაიაზრებენ ელექტროლიზის მნიშვნელობას და ფართოდ გამოყენებას წარმოებაში (გალვანოპლასტიკა, გალვანოსტეგია, ჰიდროელექტრომეტალურგია და სხვა) .

პროექტის განხორციელების ეტაპები:

☑ **საინფორმაციო შეხვედრა კოლეგებთან:** მოსწავლეთა შერჩევა და დაყოფა ჯგუფებად; ცალკეულ ჯგუფებთან მასწავლებელთა მიერ პროექტის იდეის, თემის გაცნობა.

☑ **ჯგუფების აქტივობა**: გადანაწილება მოსწავლეებში და საჭირო ინფორმაციის მოძიება:

1. ელექტრული დენი სითხეებში. ელექტროლიტები. ელექტროლიზი და მისი გამოყენება მრეწველობაში.
2. მოძიებული ინფორმაციის დახარისხება და შესაბამისი სლაიდების შექმნა.
3. გალვანოპლასიკა, გალვანოსტეგია, ელექტროლიზი მრეწველობაში.
4. შესაბამისი ვიდეოს ნახვა და ელექტროლიზერის შექმნა.

☑ **მუშაობა ჯგუფებში:** დაგეგმილი ცდების ჩატარება. დაკვირვება.

☑ **შეჯამება და დასკვნების გამოტანა:** ელექტროლიზის პროცესის აღწერა ფიზიკის და ქიმიის კუთხით. ფარადეის კანონების შემოწმება.

☑ **დაგეგმილი კონფერენცია:** წარდგენა სკოლის საზოგადოებასთან. მოძიებული მასალის წარმოდგენა ჯგუფების მიერ.

☑ **პროექტების გაცნობა ფართო საზოგადოებისთვის.**

I ეტაპი — თემის გაცნობა. ინფორმაციის მოძიება

➢ თემის გაცნობა, გადანაწილება მოსწავლეებში და საჭირო ინფორმაციის მოძიება.

➢ მასწავლებელი მოსწავლეებს აძლევს მიმართულებას, ესაუბრება სხვადასხვა ნივთიერების განსხვავებული ელექტრული თვისებების შესახებ.

➢ აჩვენებს ვიდეომასალებს ელექტრული დენის არსებობის შესახებ სხვადასხვა გარემოში და კერძოდ, სითხეებში: რა აუცილებელი პირობაა საჭირო სითხეებში დენის არსებობისათვის, როგორი გამტარობა აქვს სითხეებს, რა პროცესია ელექტროლიზი და როგორ გამოიყენება წარმოებაში.

➢ ფიზიკისა და ქიმიის მასწავლებლები მოსწავლეებს აძლევენ კონკრეტულ დავალებას: მოსწავლეებმა სხვადასხვა საკომუნიკაციო საშუალებით უნდა მოიპოვონ ინფორმაციები ელექტროლიზისა და მისი გამოყენების შესახებ.

➢ მოძიებული ინფორმაციის დახარისხება და სლაიდების შექმნა.

➢ ციფრული რესურსი „ელექტროლიზის ხელსაწყოს შექმნა“.

ჯგუფების აქტივობები:

აქტივობა №1: მასწავლებლები და მთელი კლასი.

აქტივობის მიზანი: წინარე ცოდნის გააქტიურება.

აქტივობა №2. ახალი მასალის მიწოდება აქტიური ლექციისა და ექსპერიმენტის საშუალებით.

აქტივობის მიზანი: მოსწავლე ეცნობა ელექტროლიზის არსს; რა ხდება წყალში ელექტრული დენის გატარებისას; რა პროცესები მიმდინარეობს კათოდზე და ანოდზე ნალღობისა და წყალხსნარის ელექტროლიზისას;

აქტივობა №3: ახალი მასალის განმტკიცება. ექსპერიმენტი.

აქტივობის მიზანი: ელექტროლიზერის მოდელის შექმნა. მისი საშუალებით სხვადასხვა მარილთა წყალხსნარების ელექტროლიზზე დაკვირვება.

აქტივობა №4: მონაცემთა ანალიზი და ინტერპრეტაცია.

აქტივობის მიზანი: მოსწავლეებმა გაანალიზონ და გამოიტანონ შესაბამისი დასკვნები ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებიდან.

აქტივობა №5: პრეზენტაცია.

აქტივობის აღწერა: ჯგუფები საკუთარ შედეგებს და დასკვნებს წარმოადგენენ პრეზენტაციის სახით.

➢ მოსწავლეები უყურებენ ვიდეორგოლს, სადაც ნაჩვენებია, თუ როგორ უნდა შექმნა ელექტროლიზერი.

II ეტაპი — ელექტროლიზერის შექმნა. ექსპერიმენტი

- მინი ლექცია – რა პროცესია ელექტროლიზი, რა გამოყენება აქვს მას (გალვანოსტენია, გალვანოპლასტიკა), რას წარმოადგენს ელექტროლიზერი, როგორ შევქმნათ ის საკუთარი ხელით?
- ელექტროლიზერის შექმნა (პლასტმასის ქილა თავისი თავსახურით, გრაფიტის ფანქრები, სათლელი, ელექტრო სადენები თავისი მომჭერებით, გალვანური ელემენტი სიმძლავრით 9-12W).
- უკვე შექმნილ ელექტროლიზერში სხვადასხვა ექსპერიმენტის ჩატარება (ელექტროლიზის პროცესზე დაკვირვება სხვადასხვა მარილთა წყალხსნარში: სპილენძის ქლორიდი, კალიუმის იოდიდი, ნატრიუმის ქლორიდი, შაბიამანი).
  - ჩაასხით მოცემული მარილების წყალხნარები ელექტროლიზერში (თითოეული მარილისთვის ცდა ტარდება ცალ-ცალკე);
  - ჩართეთ დენის წყარო;
  - დააკვირდით კათოდზე და ანოდზე მიმდინარე პროცესებს;
  - აღწერეთ და ჩაწერეთ ელექტროდებზე მიმდინარე რეაქციების ტოლობები;
  - გააანალიზეთ, რომელიც ნივთიერებები გამოიყო კათოდზე, ანოდზე და რომელი დარცა ხსნარში.
- მარილის წყალხსნარის ელექტროლიზის შემთხვევაში, კათოდზე გამოყოფილი მეტალის რაოდენობის დამოკიდებულების შესწავლა დენის გავლის დროზე, დენის ძალაზე წრედში და მარილის კონცენტრაციაზე ხსნარში.
  - ჩაასხით თქვენ მიერ დამზადებულ ელექტროლიზერში შაბიამნის წყალხსნარი;
  - ჩართეთ ჩამრთველი და 2-3 წუთის შემდეგ გამორთეთ; ამოიღეთ ფანქრის გულები ხსნარიდან და დააკვირდით კათოდის ზედაპირს; ცდა გაიმეორეთ რამდენჯერმე;
  - დააკვირდით კათოდზე დალექილი სპილენძის ფენის სისქე როგორაა დამოკიდებული:
    ა) დენის გავლის დროზე; დააყოვნეთ დიდხანს (დენის ძალა წრედში და შაბიამნის კონცენტრაცია უცვლელია);
    ბ) დენის ძალაზე წრედში: ცვალეთ დენის ძალა წრედში რეოსტატის საშუალებით (დენის გავლის დრო და შაბიამნის კონცენტრაცია უცვლელია);
    გ) შაბიამნის კონცენტრაციაზე ხსნარში (დენის გავლის დრო და დენის ძალა წრედში უცვლელია);
  - გააანალიზეთ, რაზეა დამოკიდებული ელექტროდებზე გამოყოფილი ნივთიერების რაოდენობა?

III ეტაპი — ელექტროლიზზე დაკვირვება და ცდის ანალიზი

- მოსწავლეებმა ცდებზე დაკვირვების და ანალიზის შედეგად წარმოადგინეს შედეგები და დაასკვნეს:
  - გაიაზრეს, მარილების წყალში გახსნის შედეგად როგორ წარმოიქმნება დადებითი და უარყოფითი იონები. თუ მარილის წყალხნარში ელექტრულ ველს შევქმნით, მასში დენის წყაროს სხვადასხვა პოლუსთან მიერთებულ ელექტროდებს კათოდს (–) და ანოდს (+) ჩავუშვებთ, დადებითი იონები კათოდისაკენ, ხოლო უარყოფითი იონები ანოდისაკენ დაიწყებს მოძრაობას. შედეგად მარილის წყალხსნარში დენი გაივლის.

- კათოდზე აღდგენის პროცესი მიმდინარეობს; ანოდზე კი – ჟანგვის.
- მოსწავლეებმა დაასკვნეს, რომ ელექტროლიზის დროს იონებად დაშლილ მოლეკულათა რაოდენობა დამოკიდებულია ხსნარის კონცენტრაციაზე.

დასკვნა

- მოსწავლეებმა გაიაზრეს, რა არის ელექტროლიზი და როგორ გამოიყენება მრეწველობასა და ტექნიკაში.
- რა არის გალვანოპლასტიკა, გალვანოსტეგია და მათი გამოყენება.
- ჰიდრომეტალურგიის დანიშნულება, გამოყენება.
- მარილთა წყალხსნარებში არსებული ქაოსურად მოძრავი დადებითი და უარყოფითი იონები ელექტრული ველის შექმნისას კათოდისა და ანოდისაკენ გადაადგილდება.
- მოსწავლეებმა შეიძინეს მინიმალური ცოდნა ელექტრული დენის სითხეებში არსებობის შესახებ.
- შეამოწმეს ფარადეის კანონები და დაასკვნეს: შაბიამნის წყალხსნარის ელექტროლიზის შედეგად კათოდზე გამოყოფილი სპილენძის რაოდენობა დამოკიდებულია დენის გავლის დროზე, დენის ძალასა და შაბიამნის კონცენტრაციაზე.

იქ, სადაც ახლა შენ ცხოვრობ, დაახლოებით 8000 წლის წინათ დაიბადა და განვითარდა ღვინის წარმოება - ეს საოცარი ქიმიური პროცესი. საქართველო მსოფლიოში კულტურული ვაზის, Vitis vinifera-ს, წარმოშობის პირველ კერად არის აღიარებული, რაც არქეოლოგიური მონაცემებით ძვ.წ. 6000-4000 წლებით თარიღდება. შულავერში აღმოჩენილი უძველესი ყურძნის წიპწები ცოცხალი დასტურია იმისა, რომ საქართველოს მიწაზე უკვე იმ დროიდან არსებობდა მეღვინეობის განვითარებული კულტურა.

ბუნებრივი პროცესების წყალობით ყურძნის ტკბილი წვენი ცვლილებას განიცდის - საფუარის მეშვეობით შაქრები ეთილის სპირტად და ნახშირორჟანგად გადაიქცევა. სწორედ ამ ჯადოსნურ ალკოჰოლურ დუღილს ეფუძნება ღვინის დაბადება, თუმცა ქართული მეღვინეობა ამ პროცესს უნიკალურ ხასიათს სძენს. ამაში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს ქვევრი – ძველთაძველი თიხის ჭურჭელი, რომელიც საუკუნეების განმავლობაში სრულყოფდა ყურძნის წვენის ღვინოდ გარდაქმნის პროცესს. ქვევრი ცოცხალი ორგანიზმივით ქმნის იდეალურ მიკროგარემოს, სადაც ღვინო სუნთქავს, მწიფდება, იწმინდება და თავის განუმეორებელ ხასიათს იძენს.

ეს მეთოდი იმდენად ღირებულია, რომ 2013 წელს იუნესკომ (UNESCO) ის კაცობრიობის არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის ნუსხაში შეიტანა. ეს წიგნი გაგიხსნის ამ საოცარი სამყაროს კარს, გაგაცნობს ღვინის შექმნის ქიმიურ საიდუმლოებებს და დაგეხმარება უკეთ გაიაზრო ქართული კულტურული მემკვიდრეობის მნიშვნელობა. შენ შეძლებ იმის აღმოჩენას, თუ როგორ უკავშირდება მეცნიერება ჩვენს წარსულს, აწმყოსა და მომავალს.

