

ქიმიკა 9

საერთაშორისო სკოლებისთვის

მოსწავლის წიგნი



საბაზო **გ ა ნ ა თ ლ ე ბ ა**

სასწავლო რესურსები საუკეთესო შედეგებისთვის

ქიმია საერთაშორისო სკოლებისთვის 9

მოსწავლის წიგნი

მთარგმნელი და ადაპტაციის ავტორი ნათია არაბული

რედაქტორი თინათინ ბაქრაძე

დიზაინერები: ია მახათაძე, თინა ხუციშვილი

ტექნიკური დიზაინერი გიორგი ლომსაძე

პირველი გამოცემა, 2024

© სულაკაურის გამომცემლობა, 2024

ყველა უფლება დაცულია.

შპს „სულაკაურის გამომცემლობა“

მისამართი: დავით აღმაშენებლის 150, თბილისი 0112

ტელ.: 291 09 54, 291 11 65

ელფოსტა: info@sulakauri.ge

ISBN 978-9941-37-567-5

Chemistry 9

Student's Book

© Pearson Education Limited 2019

This translation of **Chemistry 9** is published by arrangement with Pearson Education Limited.

The rights of Mark Levesley, Sue Kearsey, Penny Johnson, Sarah Longshaw, Ian Bradley to be identified as authors of this work have been asserted by them in accordance with the Copyright, Designs and Patents Act 1988.

The rights of Iain Brand, Sue Kearsey, Sue Robilliard, Penny Johnson to be identified as authors of this work have been asserted by them in accordance with the Copyright, Designs and Patents Act 1988.

© Sulakauri Publishing, 2024

All rights reserved.

www.sulakauri.ge

სარჩევნი

გაეცანი მოსწავლის წიგნის სტრუქტურას	4		
1.1 მომავლის მასალები	5	3.1 ქიმია და ხელოვნება	37
1.1 კერამიკის შესახებ	6	3.1 იონები	38
1.2 პოლიმერები	8	3.1 ამინდის კონტროლი (STEM)	40
1.2 ექსპერტის შეფასება	10	3.2 ენერჯის მიმოცვლა	42
1.3 კომპოზიტური მასალები	12	3.3 რეაქციის სიჩქარე	44
1.3 მასალები ავტომობილების წარმოებისთვის (STEM)	14	3.4 ქიმიური რეაქციების ტოლობები	46
1.4 მასალებთან დაკავშირებული პრობლემები	16	3.4 რიცხვის ჩანერა სტანდარტული ფორმით	48
1.5 გადამუშავებული მასალები	18	3.5 წონასწორობა	50
1.5 მასალების ნაკლოვანებები	20	3.5 ფრესკები	52
		4.1 იყავი ობიექტური	53
2.1 დემონტაჟი	21	4.1 ნახშირბადის „ჩაჭერა“	54
2.1 აფეთქების ტიპები	22	4.2 ელექტროლიზის კვლევა	55
2.2 რეაქციისუნარიანობა	24	4.3 ნანონანილაკები	56
2.3 ენერჯია და რეაქციები	26		
2.3 პროცენტული შემცველობის ცვლილება	28	ლექსიკონი	57
2.4 ჩანაცვლება	30	პერიოდული სისტემა	60
2.5 მეტალების ექსტრაქცია	32		
2.5 მასალების მენეჯმენტი (STEM)	34		
2.5 ალფრედ ნობელი	36		

გაეცანი მოსწავლის ნიშნის სტრუქტურას

1.2 აქსეპტის შიდა ნაწილი

როგორ ფასდება/მონდება მეცნიერის აღმოჩენა?

- თვითნაყოფი აღმოჩენების წარსაღწეად მეცნიერები:
 - მონაწილეობენ შეხვედრებსა და კონფერენციებში
 - წერენ სტატებს და ინტერვიუებში გამოაქვეყნებენ მათ;
 - წერენ წიგნებს;
 - აქვეყნებენ სამეცნიერო სტატიებს ჟურნალებში.

სამეცნიერო სტატიაში დეტალურად აღწერილი კვლევითი სამუშაოს ტიპები: **მეცნიერება**, **ექსპერიმენტი**, **შედეგი** და **დასკვნა**. სტატიაში თან ახლავს დანართი, რომელიც ჩამოიხსნება კვლევაში გამოყენებული რესურსების სია.

- 1 დასახელებულია, რომელიც მეცნიერები საზოგადოებას თვითნაყოფი აღმოჩენების აცნობენ.
- 2 ასტინი, რას ნიშნავს პოპოლია და დასკვნა სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოში.

სამეცნიერო ნაშრომების უზეტესობას გამოქვეყნებამდე ამომწებენ სხვა სპეციალისტები. ისინი აფასებენ ნაშრომის დედებით და უარყოფით მოსაზრებს და ამის მიხედვით ასტინას, რამდენად მნიშვნელოვანია მისი გამოქვეყნება.

სამეცნიერო სტატიებში მონიშნავს:

- ექსპერიმენტის მსვლელობა (მაგ., კონტროლირებული და თუ არა ცვალებადი);
- შედეგები (მაგ., იყო თუ არა გამოშვები განმეორებადი);
- დასკვნა (მაგ., არის თუ არა დასკვნა ვალდერი და გამოიმდინარებს თუ არა შედეგებიდან).

ეს პროცესი, რომელიც ცნობილია ექსპერტის შეფასების სახელწოდებით, ნაქვეყნებია B დიფერენციალური შეფასებით მნიშვნელოვანია, რადგან მეცნიერები ზოგჯერ უშედეგო შედეგებს და გამოაქვეყნებენ არასწორ დასკვნებს. ყოფილა ისეთი შემთხვევები, როცა მკვლევარს საკუთარი იდეების დასახელებულად კვლევის შედეგები შეუცვლია, ან არასწორად გადმოუცა. მნიშვნელოვანი, რომ სხვა მეცნიერებმა შეამოწმონ შედეგები. ზოგ შემთხვევაში კი განთავსებენ ექსპერიმენტები. კვლევების რამდენჯერმე შემოწმებული და განმეორებული შედეგები მეცნიერებისთვის უფრო ავლადი მისაღებაა.

ექსპერტის შეფასება დიდ დროსა და ხარჯებს მოითხოვს. ზოგჯერ განსაკუთრებით ავტორიტეტული მეცნიერების ნაშრომებს ნაკლები ყურადღებით ან სერიოზო არ ამომწებენ. ასეთ შემთხვევაში არ არის განმეორებული შედეგის გამოქვეყნება, რამაც შეუძლებს, პრობლემები გამოიწვიოს.



A | სტეფანი კოლერი (1923-2014)

არსებობს ბევრი სამეცნიერო ჟურნალი, მათ შორის ისეთიც, რომელიც ცხება სამეცნიერო განაღლებას. პოლემიკური კვლავის შექმნელმა სტეფანი კოლერმა 1959 წელს აღმოაჩინა ნაილონის კოლაში მიღების შედეგი. მან დაწერა სტატია და გამოქვეყნა ჟურნალში Journal for Chemical Education გამოქვეყნებამდე სტატია შეუფასეს ექსპერტებმა. მეცნიერის შეიქმნა მიღლი მსოფლიოს ქიმიის შედეგობების ყურადღება მიიპყრო ჯერ კიდევ იმ დროს, როცა ინტერნეტ არ არსებობდა.

- 3 რატომ არის აუცილებელი, რომ მეცნიერებმა წარმოადგინონ მათ მერ ნატარებულ ექსპერიმენტების დეტალური აღწერა?
- 4 ა. რას ნიშნავს ექსპერტის შეფასება? ბ. ასტინი ექსპერტის შეფასების მნიშვნელობა.

გვერდის ნაკითხვის შემდეგ უნდა შეგეძლოს დასაწყისში დასმულ შეკითხვაზე პასუხის გაცემა.

გვერდის ყველაზე მნიშვნელოვანი სიტყვები გამოუქებულია. მათ განმარტებებს ნახავ წიგნის ბოლოს დართულ ლექსიკონში.

შეკითხვები მოცემულია ყველა გვერდზე, ასე რომ, შეგიძლია, კითხვის პროცესშივე უპასუხო.

10

ტოქსიკური ნივთიერებები

ქარხნები გამოყოფენ გარემოში ტოქსიკური ნივთიერებებს. 1956 წელს იაპონიაში, მინამატას ქიმიურ დაფორმირებს სერიოზული ნერვული პრობლემების შექმნა დაიწყო. რაოდენობის ზრდა. კვლემა მიიყვანა ქარხნამდე, რომელიც უშვებდა ქიმიკატებს ქაიფური მრეწველობისთვის, რა დროსაც ზღვაში ხედილიდ ვერცხლსწლის ნაერთები. მათ მათივედენ მყოფიარსებობა და ასე ხედილიდენ ეს ნაერთები კვებით ვაჭები. ტოქსინები არ იშლებოდა და იმის გამო, რომ უფრო დიდი ცხოველები ქამდენ პატარა ცხოველებს, ნაერთების კონცენტრაცია გამარდა ცხოველებში, რომლებიც კვებით ვაჭები უფრო მოის იდენ. ამ პროცესს ბიომეგალიფიკაცია/ბიოგადიდება ეწოდება.

- 5 ა. ასტინი, როგორ ხედება ადამიანის ორგანიზმში ქარხნებიდან წყალში მოხვედრილი დამაბინძურებლები? ბ. რატომ იზრდება შხამების დენე კვებით ვაჭები?

ბიომეგალიფიკაცია: ქარხნის გამოყოფილი ტოქსიკური ნივთიერებები წყალში ხედება. ნაერთები ხედება ადამიანები. ნივთიერების მრავალფეროვნების რეაქტიური ქამრ უფრო მსხვილი იდენები. ქამრ მოსახლეობა. ნივთიერებები ვაჭებში ხედება. ნივთიერებები ვაჭებში ხედება.

C | ადამიანებს, რომლებიც მიირთმევენ ავტოლოგი თევზს მინამატაში, აღმოაჩინდა ვერცხლსწლის ძალიან მაღალი შეკვლელობა.

რუბრიკაში „ფაქტი“ მოგიტხრობთ განსახილველ საკითხთან დაკავშირებულ საინტერესო ამბებს.

ბიოდვერადირებადობა

თანამედროვე მასალების უმეტესობა ხანგრძლივი გამოყენებისთვის არის გათვლილი და ისეა დამზადებული, რომ მრეწველიდ არ იშლება. ასეთ მასალებს ეწოდებათ **არაბიოდვერადირებადი** და შეიქმნა გამოიწვიონ დამბინძურების პრობლემები. მაგ., პოლიეთილენის გადართლი პარკები დიდი ხნის განმავლობაში არ იშლება, უფროდრად არასეთიტიკურია და შეიქმნა ზიანი მიყვინის ხმელეთისა და ზღვის ორგანიზმებს.

არაბიოდვერადირებადი პოლიმერების დანამ შეიქმნა შეამკვირის ნაერთების რაოდენობა და ნარმოქმნის სასარგებლო ენერჯია. თუმცა, პოლიმერების წვისას გამოიყოფა ტოქსიკური აირები, რომლებიც აბინძურებენ ატმოსფეროს. უკეთესი გამოსავალია **ბიოდვერადირებადი** მასალების გამოყენება, რომლებიც იშლება მინამი. ბევრი მასალი მოიღვერადირებადი პოლიმერი დამზადებულია მცენარეებისგან მოღვეული ადღენიდი რესურსებისგან, ეს ხელს უწყობს წვლილი ნაყოფის შესაღველი რესურსების დამოუკიდებლობას.

- 6 დასახელებული არაბიოდვერადირებადი პოლიმერების ერთი დედეებით და ერთი უარყოფითი თვისება.
- 7 აღწერე სიმინის სახამლებიდან დამზადებული ბიოდვერადირებადი ჩაიისთვის გამოყენების ორი უპირატესობა.

E | ბიოდვერადირებადი პოლიმერები იშლება ნაგებობებში

ფაქტი

პოლიეთილენის 13 მილიარდი პარკიანი, რომელიც ყოველწლიურად მზადდება, თითოეულის გამოყენების საშუალო დრო 20 წელია. დამალს კი 1000 წელზე მეტი სჭირდება. ღვემა და ხეობისთვის შეიქმნა პოლიეთილენის პარკები მედებებზე მინამარდ და მათი გადავალაქვის დაბინძორო.

D

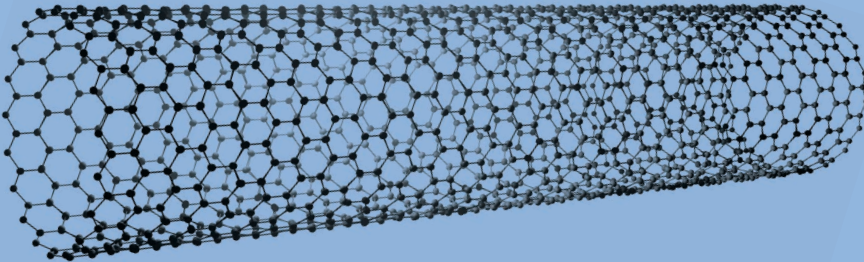
17

რუბრიკა „შემიძლია“ გეხმარება მიღებული ცოდნის შეფასებაში. ყურადღებით ნაკითხე თითოეული წინადადება და დაფიქრდი, რამდენად მართებულია ისინი შენს შემთხვევაში.

1.1 მომავლის მასალები

ადამიანი ოდითგანვე იყენებდა ქიმიურ რეაქციებს მისთვის საჭირო მასალების დასამზადებლად. მეცნიერები დღესაც აგრძელებენ მუშაობას სპეციფიკური თვისებებისა და დანიშნულების მქონე ახალი მასალების აღმოსაჩენად და შესაქმნელად. ცოტა ხნის წინ მათ შექმნეს ნახშირბადის ნანომილები, რომლებიც ფოლადზე 100-ჯერ უფრო მტკიცეა და ყველა სხვა ცნობილ ნივთიერებაზე ბევრად მსუბუქი (ნაკლებად მკვრივი), მოქნილი აეროგელები.

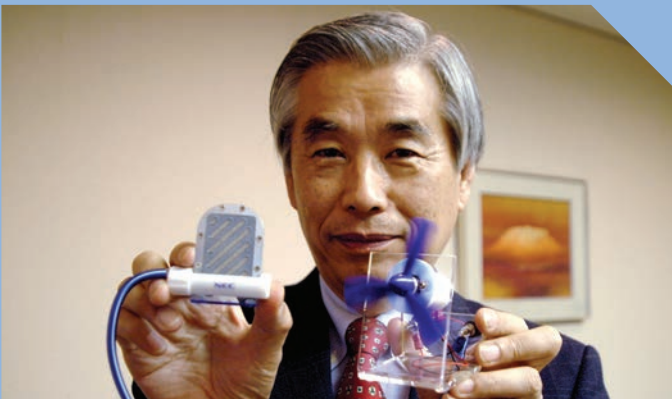
ნებისმიერი ახალი მასალის აღმოჩენა და განვითარება დიდ ხარჯებთან არის დაკავშირებული, ამიტომ მეცნიერების ჯგუფები ერთმანეთს ეჯიბრებიან მთავრობებისა და დიდი კორპორაციებისგან კვლევებისთვის საჭირო დაფინანსების მისაღებად. გადანყვეტილების მიღებამდე დამფინანსებლები გულდასმით შეისწავლიან წარმოდგენილ იდეებს.



B | ნახშირბადის ნანომილები შედგება მხოლოდ ნახშირბადის ატომებისგან. მათი სიგრძე რამდენიმე მილიმეტრია, ხოლო დიამეტრი ადამიანის თმის ღერისაზე 50000-ჯერ მცირეა. ისინი უაღრესად მსუბუქი და მტკიცეა და კარგად ატარებენ სითბოსა და ელექტროენერგიას.



A | აეროგელი ძალიან მსუბუქია, მაგრამ უძლებს დიდ დატვირთვას და არის თერმოიზოლატორი. აეროგელის ამ ბლოკის მასა მხოლოდ 2 გრამია, თუმცა შეუძლია გაუძლოს 2,5 კგ მასის აგურის დაწოლას. აეროგელები გამოიყენება სპორტულ ჩოგნებში, ასევე ბევრი სხვა დანიშნულებით.



C | ნახშირბადის ნანომილების გამოყენება უამრავი სხვადასხვა დანიშნულებით შეიძლება. სიმტკიცის, სიმსუბუქისა და ღია სტრუქტურების წყალობით, მათ შეუძლიათ წყალბადის შენახვა მაღალი წნევის ქვეშ (ბატარეის შემცველი მინი სანავის ელემენტში გამოსაყენებლად).

- 1** რა წარმოიქმნება ყველა ქიმიურ რეაქციაში?
- 2** დაასახელე მყარი ნივთიერების 4 ფიზიკური თვისება.
- 3** დაასახელე დენის კარგი გამტარი ორი ნივთიერება და დენის არაგამტარი ორი ნივთიერება.
- 4** ა. რისგან შედგება ყველა ნივთიერება?
ბ. რა არის ქიმიური ბმა?
- 5** დაასახელე „ელექტრონული ტანსაცმლის“ გამოყენების ერთი შესაძლო სფერო.

1.1 კერამიკის შესახებ

რატომ არის სასარგებლო კერამიკა?

კერამიკა არის სხვადასხვა სახეობის მყარი, გრძელვადიანი მოხმარების, არამეტალური ბუნების ცეცხლგამძლე მასალა, რომელიც ძირითადად გაცხელებისა და შემდგომი გაცივების გზით იღებს ფორმას. მისი სახეობებია ტრადიციული სამშენებლო აგური, ფაიფური, მინა, ასევე შედარებით თანამედროვე მასალები, რომლებიც გამოიყენება ხელოვნური ძვლებისა და კოსმოსური ხომალდების დამცავი საფარების წარმოებაში.

ყველა სახეობის კერამიკას აქვს ერთნაირი ფიზიკური თვისებები:

- შეკუმშვისას მტკიცე, მაგარი და მსხვრევადი
- ცეცხლგამძლე, მაღალი ლღობის ტემპერატურით
- კარგი თბო- და ელექტროიზოლატორები
- ნაკლებად რეაქციისუნარიანი



A | კერამიკის სხვადასხვა სახეობა და მათი გამოყენება (ა) მინა მყარი, ხისტი, ინერტული, შეიძლება იყოს გამჭვირვალე, ამიტომ იდეალურია ფანჯრების, ბოთლებისა და ქილების, დასამზადებლად. (ბ) ფაიფური შეკუმშვისას არის ხისტი, მაგარი; ელექტროიზოლატორი; გამოიყენება ელექტროსადენების პილონებზე დასამაგრებლად. (გ) კერამიკა არის ცეცხლგამძლე, რის გამოც გამოიყენება მაღალი ხარისხის ავტომობილებში მუხრუჭებისთვის.

1 ფაიფური არის ელექტროიზოლატორი.

- ა. ახსენი, რას ნიშნავს ეს.
- ბ. რატომ განაპირობებს ეს თვისება ფაიფურის ვარგისობას მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების საყრდენი ბოძების დასამზადებლად?
- გ. დაასახელე კიდევ ერთი ელექტროიზოლატორი

2 დაასახელე კერამიკის ორი თვისება, რომელთა გამოც ისინი ფართოდ გამოიყენება ხელოვნური ძვლის დასამზადებლად.

3 კერამიკისგან ამზადებენ ფინჯნებსა და კათხებს.

- ა. დაასახელე ორი თვისება, რომელთა გამოც კერამიკა გამოიყენება ამ მიზნით.
- ბ. დაასახელე კერამიკის ერთი თვისება, რომელიც არც ისე სასარგებლოა ამ მიზნით მის გამოსაყენებლად.

ფაქტი



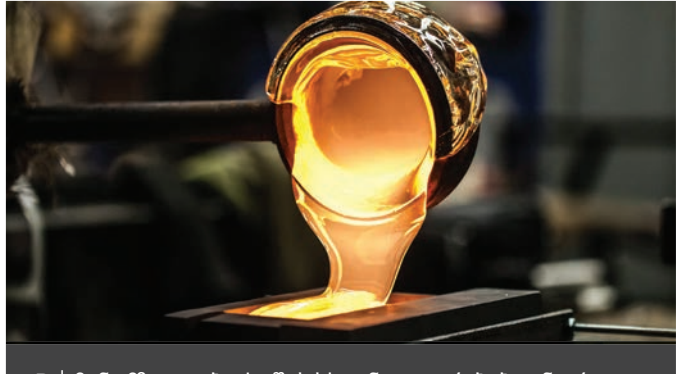
დედამინის ატმოსფეროში შემოსვლისას კოსმოსური ხომალდის ზედაპირის ტემპერატურა 3000°C-ზე მეტია. მის შიგნით ტემპერატურის ზრდის თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება სპეციალური თბოსაიზოლაციო კერამიკული ფილები.

კერამიკის წარმოება

ტრადიციული ნედლეული კერამიკის მისაღებად არის თიხა (თიხის ჭურჭლის დასამზადებლად) და ქვიშა (მინის წარმოებაში).



C | ფაიფურისა და თიხის ნაკეთობები მზადდება თიხის სხვადასხვა სახეობისგან და მუშავდება გამოსაწვავ ღუმელებში 1000°C ტემპერატურაზე.



D | მინა მზადდება ქვიშის სხვა ნივთიერებებთან ერთად 1600°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელების გზით. სხვადასხვა სახეობის მინა მიიღება ქვიშის შერევით სხვადასხვა ნივთიერებასთან.

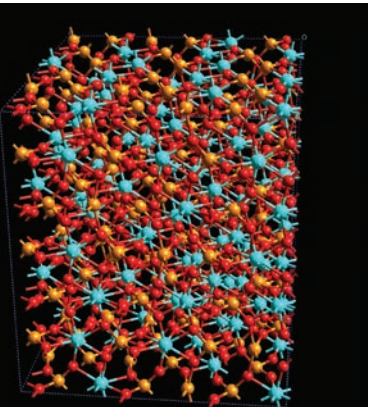
თიხის თერმული დამუშავებისას წარმართება ქიმიური რეაქცია და წარმოიქმნება ახალი ნაერთები, როგორცაა ფაიფური. გაცივების პროცესში ფორმირებული **კრისტალები** ერთმანეთს უკავშირდება და ქმნის კერამიკას. კრისტალების ზომები დამოკიდებულია გაცივების სიჩქარეზე. ნელი გაცივება წარმოქმნის დიდი ზომის კრისტალებს, რადგან ატომებს აქვთ უფრო მეტი დრო ბადისებური კრისტალური მესრის წარმოსაქმნელად. ეს მოგვარონებს გრანიტში დიდი ზომის კრისტალების წარმოქმნის პროცესს მაგმის ნელი გაცივებისას.

კრისტალური მესერი შეიცავს ატომების დიდ რაოდენობას. ეს არის მონესრიგებული სტრუქტურა, სადაც ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ძლიერი ბმებით. მაგალითი ნაჩვენებია E ფოტოზე. კერამიკის სიხისტის ერთ-ერთი მიზეზი არის სწორედ ის, რომ ბევრი ატომი ერთმანეთს უკავშირდება ძლიერი, მტკიცე ბმებით და წარმოიქმნება ასევე ხისტე, მტკიცე, უძრავი სტრუქტურა. ბმების სიმტკიცით აიხსნება კერამიკის ლღობის მაღალი ტემპერატურაც. აღსანიშნავია, რომ მინის შემთხვევაში განსხვავებული სიტუაციაა, აქ ატომებს არ აქვთ რეგულარული აღნაგობა, თუმცა ისინი აქაც ძლიერი ბმებით არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული.

- 4** დაასახელე კერამიკის სამი სხვადასხვა სახეობა და მათი გამოყენების სფეროები.
- 5**
 - ა. დაასახელე ორი ნედლეული, რომლებიც გამოიყენება კერამიკის წარმოებაში.
 - ბ. დაასახელე ერთი მსგავსება და ერთი განსხვავება ფაიფურისა და მინის წარმოებაში.
- 6**
 - ა. ახსენი, რატომ შეიცავს X ფაიფური გაცილებით მცირე ზომის კრისტალებს, ვიდრე Y ფაიფური.
 - ბ. ახსენი, რატომ წარმოიქმნება უფრო დიდი ზომის კრისტალები ფაიფურის სხვაგვარად წარმოების შემთხვევაში.
- 7**
 - ა. დაახასიათე ერთი სიტყვით კერამიკული მასალების უმრავლესობის სტრუქტურა.
 - ბ. რისი აღმნიშვნელია სხვადასხვა ფერის ფიგურები E დიაგრამაზე?
- 8** ახსენი, რატომ არის ფაიფური მტკიცე და აქვს ლღობის მაღალი ტემპერატურა.

შემიძლია...

- კერამიკის სახეობების დასახელება და მათი გამოყენების სფეროების ჩამოთვლა;
- ახსნა იმისა, თუ რატომ გამოიყენება კერამიკის ზოგიერთი სახეობა კონკრეტული მიზნით;
- ახსნა იმისა, თუ რა დამოკიდებულებაა კერამიკის თვისებებსა და მათ სტრუქტურას შორის.

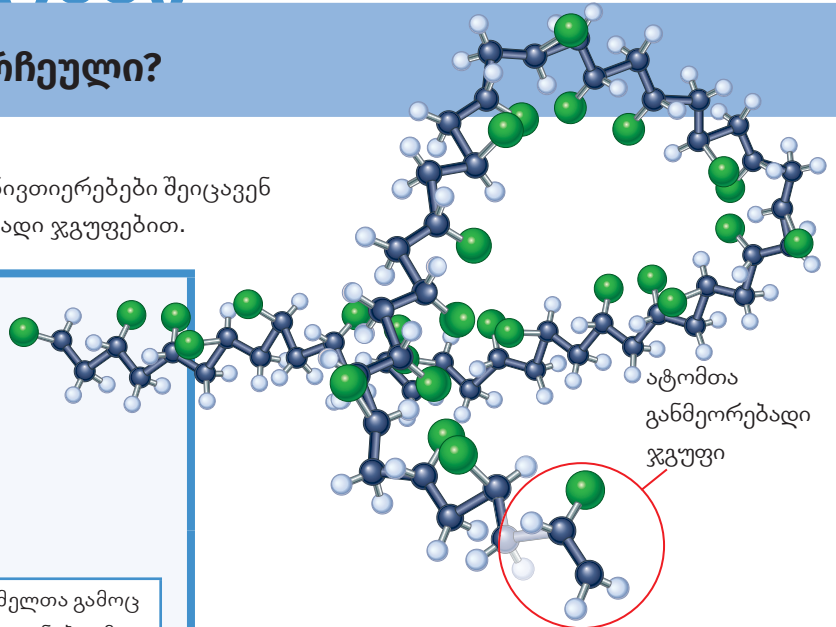


E | ეს კრისტალური მესერი, რომელსაც არ აქვს განსაზღვრული ზომა, შეიცავს ერთმანეთთან დაკავშირებულ სილიციუმის, ჟანგბადის, ალუმინის და სხვა ელემენტების მილიონობით ატომს.

1.2 პოლიმერები

რით არის პოლიმერები გამორჩეული?

A დიაგრამაზე ნაჩვენებია ტიპური პოლიმერი. ეს ნივთიერებები შეიცავენ გრძელჯაჭვიან მოლეკულებს ატომთა განმეორებადი ჯგუფებით.



- 1 რა არის პოლიმერი?
- 2 დიაგრამაზე ნაჩვენებ პოლიმერში:
 - ა. რამდენი სახის ატომია გამოსახული?
 - ბ. როგორ არიან ატომები ერთმანეთთან დაკავშირებული?
- 3 დასაზე ქვემოთ მოცემული ცხრილი

საგანი	პოლიმერის სახელწოდება	თვისებები, რომელთა გამოც პოლიმერი გამოიყენება ამ მიზნით

შეარჩიე სამი საგანი B ფოტოზე და შეავსე ცხრილი.

A | მოლეკულები, ზოგადად, შეიცავენ ატომების ფიქსირებულ რაოდენობას, მაგრამ პოლიმერში ატომთა განმეორებადი ჯგუფი ნიშნავს, რომ მათი სიგრძე შეიძლება იცვლებოდეს. ჩვენ მათ ვუწოდებთ „გრძელჯაჭვიან მოლეკულებს“.



B | ყველა ეს ნივთი დამზადებულია პოლიმერებისგან. ბევრ მათგანს აქვს მსგავსი თვისებები: სიმტკიცე, ცვეთამდედგობა, მოქნილობა, წყალგაუმტარობა, არიან არარეაქციისუნარიანები და თბო- და ელექტროიზოლატორები.

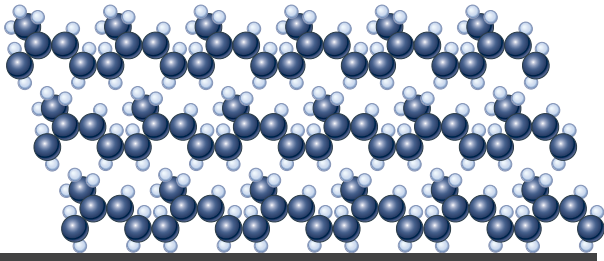
კაუჩუკი არის პოლიმერი, რომელიც მიიღება კონკრეტული ხეებისგან. გაცხელებული კაუჩუკი რბილი და ნებოვანია, გაცივებისას მყარდება და ხდება მყიფე, მსხვრევადი. ასეთი კაუჩუკი გამოიყენება ნებოს მისაღებად, მაგრამ არ გამოიყენება მანქანის საბურავების წარმოებაში.

კაუჩუკის თვისებები შეიძლება შეიცვალოს ვულკანიზაციის გზით. გოგირდთან ერთად გაცხელებისას წარმართული რეაქციის შედეგად გრძელ მოლეკულებს შორის ჩნდება „ნაკერები“, კაუჩუკი ხდება უფრო მტკიცე და მისი თვისებები აღარ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე.

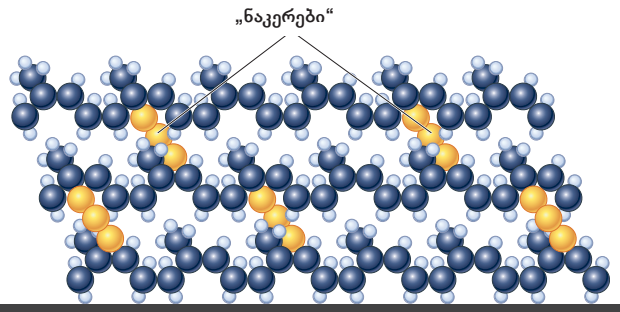


C | ბუნებრივი კაუჩუკი მიიღება კაუჩუკის ხეებისგან.

ფაქტი
სილიციუმის შემცველი პოლიმერი არის დენადი, დრეკადი, ადვილად ინელება. აპოლო-8-ის ასტრონავტები მას კოსმოსურ ხომალდში ინსტრუმენტების მოძრაობის შესაჩერებლად იყენებდნენ.



D | როდესაც ნატურალური კაუჩუკი ცხელდება, მისი მოლეკულები იწყებენ სრიალს ერთმანეთის გასწვრივ, რის გამოც კაუჩუკი აღარ იბრუნებს სანყის ფორმას გაჭიმვის შემდეგ. მასალას, რომელიც ინარჩუნებს ახალ ფორმას, ეწოდება პლასტიკური.



ვულკანიზებულ კაუჩუკში ჩაკერილი გოგირდის ატომები აჩერებენ მოლეკულების მოძრაობას ერთმანეთის გასწვრივ, ამიტომ განვლვის შემდეგ პოლიმერი იბრუნებს სანყის ფორმას. ასეთ მასალას ელასტიკური ეწოდება.

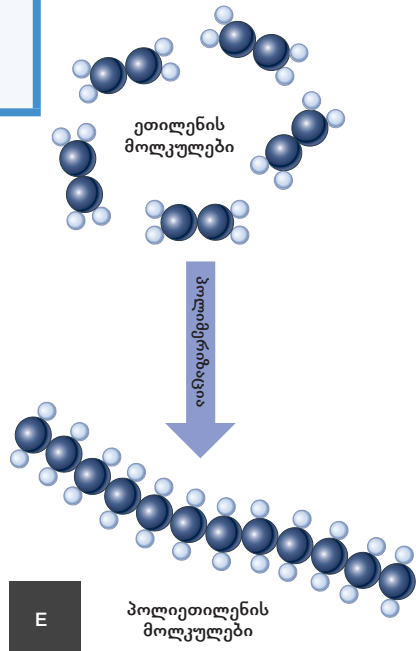
- 4**
- ა. ახსენი, რატომ არის ვულკანიზებული კაუჩუკი ელასტიკური და არა პლასტიკური.
 - ბ. ახსენი, რა დაემართება კაუჩუკს, თუ მასში გაჩნდება ძალიან ბევრი ჩაკერება. პასუხში გამოიყენე სიტყვა „მოლეკულები“.

კაუჩუკი არის ბუნებრივი პოლიმერი. ბუნებრივი პოლიმერებია ასევე დნმ, ცილები, სახამებელი და ცელულოზა. მეცნიერებმა შექმნეს არაერთი სინთეზური პოლიმერი, რისთვისაც, ძირითადად, იყენებდნენ ნედლი ნავთობისგან მიღებულ ნედლეულს. ამ პოლიმერებს იღებენ ლაბორატორიებსა და ქარხნებში ადიტიური პოლიმერიზაციით, რაც გულისხმობს მცირე ზომის მოლეკულების – მონომერების შეერთებით ადიტიური პოლიმერის მიღებას. F დიაგრამაზე ნაჩვენებია პოლიეთილენის მიღება ეთილენიდან.

ადიტიური პოლიმერიზაციის დროს ენერგია გამოიყოფა გარემოში და ინვესტ ტემპერატურის მატებას. რეაქციებს, რომელთა დროსაც ენერგია გამოიყოფა გარემოში, ეგზოთერმული ეწოდება. (რეაქციებს, რომელთა დროსაც გარემოდან სითბო შთაინთქმება, ენდოთერმული ეწოდება).

სინთეზური პოლიმერი	მონომერი	თვისებები	გამოყენება
პოლივინილქლორიდი (PVC)	ქლორეთილენი	იაფი, კარგი იზოლაციური	თერმომედეგი შესაფუთი მასალა, სადრენაჟო მილები, საიზოლაციო მასალები
პოლიპროპილენი	პროპილენი/პროპენი	მტკიცე, წყალგაუმტარი, მოქნილი, ცვეთადეგი	ტექსტილი, თოკები, მანქანის კორპუსის ნაწილები
პოლიტეტრაფტორეთილენი (ტეფლონი)	ტეტრაფტორეთილენი	მტკიცე, თბოგამძლე ზედაპირი ხახუნის დაბალი კოეფიციენტი	ქვაბებისა და ლუმელში საცხობი ფორმების მისვის სანინალმდეგო შიდა ზედაპირები

- 5** ა. რა კავშირია ნედლ ნავთობსა და სინთეზურ პოლიმერებს შორის?
- ბ. B ფოტოზე მოძებნე ბუნებრივი პოლიმერი.
- 6** ა. აღწერე, რა ხდება F ფოტოზე ნაჩვენებ რეაქციაში.
- ბ. დახაზე A დიაგრამაზე ნაჩვენები პოლიმერის მისაღებად საჭირო მონომერი.
- 7** ზემოთ მოცემულ ცხრილში შეარჩიე პოლიმერი, რომლისგანაც შეიძლება სასტუმროს ხალიჩის დამზადება. პასუხი დაასაბუთე.
- 8** რატომ არის პოლიეთილენის მიღება ეგზოთერმული პროცესი?
- 9** აღწერე განსხვავება კრისტალურ მესერს, მოლეკულასა და გრძელჯაჭვიან მოლეკულას შორის.



E პოლიეთილენის მოლეკულები

F | ადიტიური პოლიმერიზაციის დროს ეთილენის მოლეკულები ერთიანდება და წარმოქმნის პოლიმერს, სახელად პოლიეთილენი. აღსანიშნავია, რომ პოლიმერის სახელი ინარჩუნება მონომერის სახელზე პრეფიქსი „პოლის“ დამატებით.

შემიძლია...

- რამდენიმე პოლიმერისა და მათი გამოყენების სფეროების დასახელება;
- პოლიმერების ზოგიერთი მთავარი თვისების ახსნა.

1.2 ექსპერტის შეფასება

როგორ ფასდება/მონმდება მეცნიერის აღმოჩენა?

თავიანთი აღმოჩენების წარსაადგენად მეცნიერები:

- მონაწილეობენ შეხვედრებსა და კონფერენციებში;
- წერენ სტატიებს და ინტერნეტსივრცეში განათავსებენ მათ;
- წერენ წიგნებს;
- აქვეყნებენ სამეცნიერო სტატიებს ჟურნალებში.

სამეცნიერო სტატიაში დეტალურადაა აღწერილი კვლევითი სამუშაოს ეტაპები – მიზანი, ჰიპოთეზა, ექსპერიმენტი, შედეგები და დასკვნა. სტატიას თან ახლავს დანართი, რომელშიც ჩამოთვლილია კვლევაში გამოყენებული რესურსების სია.

- 1** დაასახელე ორი გზა, რომლითაც მეცნიერები საზოგადოებას თავიანთ აღმოჩენებს აცნობენ.
- 2** ახსენი, რას ნიშნავს ჰიპოთეზა და დასკვნა სამეცნიერო კვლევით სამუშაოში.

სამეცნიერო ნაშრომების უმეტესობას გამოქვეყნებამდე ამონმებენ სხვა სპეციალისტები. ისინი აფასებენ ნაშრომის დადებით და უარყოფით მხარეებს და ამის მიხედვით ასკვნიან, რამდენად მიზანშეწონილია მისი გამოქვეყნება.

სამეცნიერო სტატიებში მონმდება:

- ექსპერიმენტის მსვლელობა (მაგ., კონტროლდებოდა თუ არა ცვლადები);
- შედეგები (მაგ., იყო თუ არა გაზომვები განმეორებადი);
- დასკვნა (მაგ., არის თუ არა დასკვნა ვალიდური და გამომდინარეობს თუ არა შედეგებიდან).

ეს პროცესი, რომელიც ცნობილია ექსპერტის შეფასების სახელწოდებით, ნაჩვენებია B დიაგრამაზე. ასეთი შეფასებები მნიშვნელოვანია, რადგან მეცნიერები ზოგჯერ უშვებენ შეცდომებს და გამოაქვთ არასწორი დასკვნები. ყოფილა ისეთი შემთხვევებიც, როცა მკვლევარს საკუთარი იდეების დასასაბუთებლად კვლევის შედეგები შეუცვლია, ან არასწორად გადმოუცია. მნიშვნელოვანია, რომ სხვა მეცნიერებმა შეამოწმონ შედეგები, ზოგ შემთხვევაში კი გაიმეორონ ექსპერიმენტები. კვლევების რამდენჯერმე შემოწმებული და განმეორებული შედეგები მეცნიერებისთვის უფრო ადვილად მისაღებია.

ექსპერტის შეფასება დიდ დროსა და ხარჯებს მოითხოვს. ზოგჯერ განსაკუთრებით ავტორიტეტული მეცნიერების ნაშრომებს ნაკლები ყურადღებით ან საერთოდ არ ამონმებენ. ასეთ შემთხვევებში არ არის გამორიცხული მცდარი იდეების გამოქვეყნება, რამაც შეიძლება, პრობლემები გამოიწვიოს.



A | სტეფანი კვლევი (1923-2014)

არსებობს ბევრი სამეცნიერო ჟურნალი, მათ შორის ისეთიც, რომელიც ეხება სამეცნიერო განათლებას. პოლიმერ კეულარის შემქმნელმა სტეფანი კვლევიმა 1959 წელს აღმოაჩინა ნაილონის კოლბაში მიღების მეთოდი. მან დაწერა სტატია და გამოაქვეყნა ჟურნალში Journal for Chemical Education გამოქვეყნებამდე სტატია შეაფასეს ექსპერტებმა. მეცნიერის მეთოდმა მთელი მსოფლიოს ქიმიის პედაგოგების ყურადღება მიიპყრო ჯერ კიდევ იმ დროს, როცა ინტერნეტი არ არსებობდა.

- 3** რატომ არის აუცილებელი, რომ მეცნიერებმა წარმოადგინონ მათ მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტების დეტალური აღწერა?
- 4**
 - ა. რას ნიშნავს ექსპერტის შეფასება?
 - ბ. ახსენი ექსპერტის შეფასების მნიშვნელობა.

იბუზავე მეცნიერით

B | ექსპერტის შეფასების მიზანია მეთოდების, შედეგების, დასკვნებისა და სამეცნიერო ნაშრომის ავთენტურობის შემოწმება.



მეცნიერები ატარებენ კვლევას რაიმე მოსაზრების (ჰიპოთეზის) შესამოწმებლად. შემდეგ ისინი წერენ ნაშრომს, სადაც აღწერენ შესრულებულ სამუშაოს, შედეგებსა და დასკვნებს.

თუ შემოწმების დროს წარმოიშვა რაიმე სახის პრობლემა, გაცივმა რეკომენდაცია რევიზიისთვის, სტატია იგზავნება ჟურნალში და უბრუნდება ავტორს. ხელახალი რევიზიის შემდეგ სტატია თავიდან იგზავნება ჟურნალში და ისევ მონმდება.



თუ ყველაფერი სწორია, მეცნიერები სტატიას რეკომენდაციას უწევენ, რის შემდეგაც ის იბეჭდება ჟურნალში.

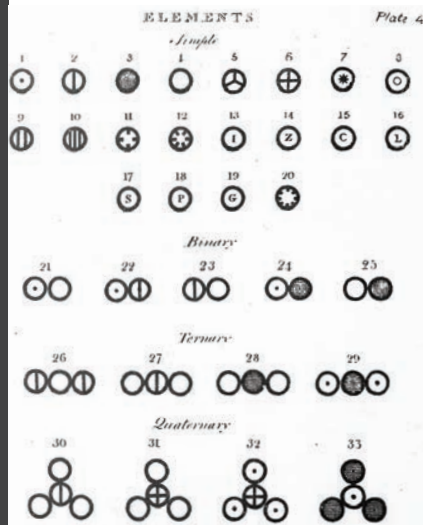


ნაშრომი გაიგზავნა სამეცნიერო ჟურნალში. რედაქტორები კითხულობენ სტატიას და თუ მას საინტერესოდ და ღირებულად მიიჩნევენ, უგზავნიან ექსპერტ-მეცნიერებს შეფასებისთვის.

ექსპერტები ეცნობიან სტატიის შინაარსს და ამოწმებენ მის ავთენტურობას (ხომ არ არის გამოყენებული სხვა მეცნიერების ნამუშევრები). ისინი ასევე ამოწმებენ დასკვნების ვალიდურობას. ზოგჯერ მონაცემების სანდოობის შესამოწმებლად იმეორებენ აღწერილ ექსპერიმენტებს.

2012 წელს აღმოჩნდა, რომ მეცნიერმა ჰიუნგ-ინ მუნმა როგორღაც მოახერხა, თავად შეეფასებინა საკუთარი სტატიები და მათ უმაღლესი შეფასება მიანიჭა! მოგვიანებით, როდესაც ტყუილი გამოაშკარავდა, მისი ყველა ნაშრომი უკან გამოითხოვეს.

C | ჯონ დალტონმა ატომთა შეერთების გზების შესახებ მოსაზრება გამოაქვეყნა 1800-იან წლებში, როცა ნაშრომებს ექსპერტები არ აფასებდნენ. დღეს ცხადი გახდა, რომ დალტონის მეთოდებით მისი მონაცემების გამეორება შეუძლებელია. ზოგი ამას მეთოდის აღწერისას დაშვებულ უზუსტობად თვლის, ზოგის აზრით კი მან იცრუა, თავისი შედეგების ატომთა თეორიისთვის მოსარგებლად.



5

დაასახელე მიზეზები, რის გამოც ზოგიერთი სტატია არასდროს არ მონმდება სათანადოდ ექსპერტის მიერ.

6

რატომ შეიძლება მეცნიერებმა დაწერიონ გამოგონილი მონაცემების შემცველი სტატიები?

7

დახაზე ცხრილი და მასში შეიტანე ექსპერტის შეფასების დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

შემიძლია...

- ექსპერტის შეფასების პროცესის აღწერა;
- ექსპერტის შეფასების დადებითი და უარყოფითი მხარის აღწერა.

1.3 კომპოზიტური მასალები

რაში გამოიყენება კომპოზიტური მასალები?

კომპოზიტური მასალა (მაგ., ბეტონი, ქალაღი, ფირფიცარი) სხვადასხვა თვისების მქონე ორი ან მეტი მასალის კომბინაციაა. მაგ., ლამინირებული მინა შეიცავს მინისა და გამჭვირვალე პოლიმერისგან შემდგარ ფენებს. მინა მყარია, პოლიმერი კი – მოქნილი, დრეკადი. ლამინირებული მინა არის ხისტი და ცვეთამდეგი, მაგრამ ინარჩუნებს მთლიანობას დარტყმისას (არ იმსხვრევა).

ბევრი კომპოზიტური მასალა მზადდება ბოჭკოების შერევით თხევად ფისთან, რომელიც შემდგომ მყარდება. სხვადასხვა ბოჭკოსა და ფისისგან მზადდება განსხვავებული თვისებებისა და დანიშნულების კომპოზიტური მასალები.



A | კომპოზიტური უსაფრთხო მინა გვიცავს მინის ნამსხვრევებით მიღებული დაზიანებისგან.



B | მინარმირებული პლასტმასა არის კომპოზიტი – მინაბოჭკოვანი პოლიესტერის ფისი. ის გამოიყენება ნაგებობის მშენებლობასა და რემონტში, რადგან არის მტკიცე, მსუბუქი და ოდნავ დრეკადი. მინაბოჭკო ადვილად იღებს სხვადასხვა ფორმას, რომლებიც მყარდება ფისთან ერთად.



C | კევლარი, ერთ-ერთი ყველაზე მტკიცე პოლიმერული ბოჭკო, პოლიმერულ ფისთან შეერთებისას წარმოქმნის ძალიან მტკიცე და მსუბუქ მასალებს. მისი კომპოზიტები გამოიყენება სარბოლო ავტომანქანებისა და ისეთი ჩქაროსნული ხომალდების კორპუსის ასაგებად, როგორცაა ეს ტალღის მჭრელი ტრიმარანი.

- 1 რა არის კომპოზიტური მასალა?
- 2 რას ნიშნავს მინარმირებული პლასტმასა?
- 3 მინარმირებული პლასტმასის რომელი თვისების გამო ამზადებენ მისგან ნაგებობის კორპუსს?
- 4 რა თვისებები უნდა ჰქონდეს კომპოზიტს მისგან სარბოლო მანქანის კორპუსის დასამზადებლად?

ბეტონი

ბეტონი არის კომპოზიციური მასალა, რომელიც უკვე ათასწლეულებია, გამოიყენება. ის მზადდება ცემენტის, ქვიშის, ხრეშისა და წყლისგან. ცემენტის ფხვნილისა და წყლის შერევით მიიღება მასალა, რომელიც ისხმება ფორმებში, შემდეგ კი მყარდება. გამაგრებული ცემენტი არ არის ძალიან მტკიცე, ამიტომ მას უმატებენ ხრეშს, რაც ანიჭებს ბეტონს სიმტკიცეს და სიმყარეს. სამშენებლო პროექტებში ასევე ამატებენ ფოლადის არმატურებს. ამგვარად გამაგრებული ბეტონი მეტ სიმტკიცეს იძენს და აღარ იზზარება წნევის ქვეშ.

ცემენტის ძირითადი კომპონენტია კალციუმის ოქსიდი (ჩაუქმრალი კირი), რომელიც მიიღება კალციუმის კარბონატის (კირქვის) გამოწვით. თერმული დაშლის რეაქციაა:



კალციუმის კარბონატი → კალციუმის ოქსიდი + ნახშირორჟანგი

რეაქცია მიდის მაღალ ტემპერატურაზე და არის ენდოთერმული. ეს იმას ნიშნავს, რომ სითბო შთაინთქმება გარემოდან და ეს ენერგია ინახება პროდუქტებში.



D | ბეტონი არის მაგარი, ცვეთამედეგი და ადვილად ჩამოსასხმელი მასალა, რომელიც გამოიყენება გზების დასაგებად, ხიდების და შენობების მშენებლობაში.

რეაქციის ტოლობაში მოცემულია ნივთიერებების ქიმიური ფორმულები. ფრჩხილებში მითითებულია მათი მდგომარეობის აღმნიშვნელი სიმბოლოები (მყ – მყარი, თხ – თხევადი, ა – აირი, ხს – წყალხსნარი).

- 5** ახსენი, რატომ არის ბეტონი კომპოზიციური მასალა.
- 6** თუთიის კარბონატის გაცხელებისას წარიმართება ენდოთერმული რეაქცია. ახსენი, რას ნიშნავს ეს.

როდესაც ბეტონის ნარევეს უმატებენ წყალს, ის რეაქციაში შედის ბეტონში არსებულ კალციუმის ოქსიდთან. რეაქცია ეგზოთერმულია. ეგზოთერმული რეაქციის დროს ენერგია გამოიყოფა გარემოში, რის გამოც გარემოს ტემპერატურა იზრდება.

- 7** შეხედე D ფოტოს. ახსენი, რატომ არის საჭირო ფოლადის ბადე ბეტონის გასაუმჯობესებლად ამ კონკრეტულ შემთხვევაში.
- 8** როდესაც მინაარმირებული პლასტმასა, მინაბოჭკოვანი პოლიესტერის ფისი მყარდება, ის ცხელდება.
 - ა. რა ტიპის რეაქციაა ეს?
 - ბ. ახსენი, რა ხდება ამ დროს ენერგიის ტრანსფერის კუთხით.



E | ბეტონი გამყარებისას ცხელდება, ვინაიდან რეაქცია ეგზოთერმულია. სითბო შეიძლება გამოიწვიოს ბეტონის გაფართოება და ბზარების გაჩენა.

ფაქტი

ამ თვითმფრინავის კორპუსი დამზადებულია სპეციალური გრაფიტის ბოჭკოს კომპოზიტისგან, რომელიც შთანთქავს რადიოტალღებს, რითაც შეუძლებელ ხდის თვითმფრინავის დაფიქსირებას რადარებზე.

შემიძლია...

- კომპოზიციური მასალების დახასიათება;
- ზოგიერთი კომპოზიციური მასალის გამოყენების შესახებ მსჯელობა;
- თერმული დაშლის, ეგზოთერმული და ენდოთერმული რეაქციების აღწერა.

1.3 მასალები ავტომობილების წარმოებისთვის

როგორ ირჩევენ მასალებს ავტომობილების წარმოებისთვის?

ავტომობილის ასაწყობად ბევრი სხვადასხვა მასალაა საჭირო. მასალების შემქმნელი მეცნიერები და დიზაინერები ერთად მუშაობენ მანქანის თითოეული ნაწილისთვის საუკეთესო მასალის შესარჩევად. ისინი კარგად უნდა ერკვეოდნენ მასალების თვისებებში და იცოდნენ, რა თვისებებია საჭირო მანქანის სხვადასხვა ნაწილისთვის. სწორედ გამოყენებული მასალები განსაზღვრავს ავტომობილის ეფექტურობას. მაგ., მძიმე მანქანა მეტ სანჯავს მოიხმარს.



A | ამ ავტომობილების კორპუსები დამზადებულია ფოლადისგან.

1

დაასახელე ორი თვისება მასალისა, რომლისგანაც უნდა დამზადდეს:

- ა. ფანჯრები
- ბ. საბურავები
- გ. სავარძლის შალითები

2

მასალების თვისებების შესახებ შენი ცოდნის საფუძველზე წინა კითხვაში მითითებული სამივე შემთხვევისთვის დაასახელე შესაბამისი მასალა. პასუხი დაასაბუთე.

მასალათმცოდნეობა

მასალათმცოდნეები არიან ადამიანები, რომლებსაც საუნივერსიტეტო განათლება აქვთ ქიმიის, ფიზიკის ან მასალათმცოდნეობაში. ისინი შეიძლება მუშაობდნენ ერთი კონკრეტული (მაგ., მეტალების, კერამიკის, პოლიმერების ან კომპოზიტების) მიმართულებით. აუცილებელია, მათ ჰქონდეთ ინფორმაციის ანალიზის, ცოდნის გამოყენებისა და კომუნიკაციის კარგი უნარები.

მასალათმცოდნეები პროექტებისთვის მასალებს მათი თვისებების სიღრმისეულ ცოდნაზე დაყრდნობით ირჩევენ. მათ შეიძლება შექმნან ახალი მასალები ან ახალი დანიშნულებით გამოიყენონ უკვე არსებული. ზოგიერთი მეცნიერი იკვლევს ხარვეზიან მასალებს, მათი გაუმჯობესების მიზნით.

მასალის შერჩევა

მანქანების უმრავლესობის კორპუსი დამზადებულია ფოლადისგან. ზოგიერთი წარმოება იყენებს ალუმინის შენადნობებს.

მასალა	სიმკვრივე (კგ/მ3)	სიმტკიცე (მგბა)	მაქს. ტემპ (°C)	ფარდობითი ფასი
ალუმინის შენადნობი	2700	270	150–250	\$\$\$\$
ნახშირბადის ბოჭკოს კომპოზიტი	1600	1730	80–215	\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
კერამიკა	3800	170	1500	\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
პოლიპროპილენი	1100	33	50–80	\$
ფოლადი	7900	585	500–650	\$

B | მანქანებში გამოყენებული მასალების ზოგიერთი თვისება



C | ამ ავტომობილის კორპუსი დამზადებულია ნახშირბადის ბოჭკოს კომპოზიტისგან. მისი მასაა 1200 კგ, მაქსიმალური სიჩქარეა 400 კმ/სთ (248 მილი/სთ). მისი ფასი 70-ჯერ აღემატება საოჯახო ავტომობილის ფასს.

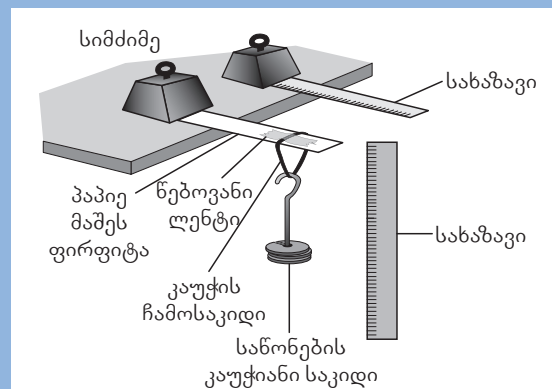
- 3** იმსჯელე, რატომ უნდა იყოს ავტომობილის სავალი ნაწილი (მთავარი ჩარჩო) მაგარი.
- 4** გამოიყენე B ცხრილის მონაცემები და მასალების თვისებების შესახებ ცოდნაზე დაყრდნობით:
 - ა. დაასახელე მანქანის კორპუსში ფოლადის ნაცვლად ალუმინის გამოყენების ერთი დადებითი და ერთი უარყოფითი მხარე;
 - ბ. დაასახელე ორი მიზეზი, თუ რატომ გამოიყენება პოლიპროპილენი მანქანის ბამპერის დასამზადებლად მიუხედავად იმისა, რომ ის არ არის ფოლადივით მაგარი;
 - გ. ახსენი, რატომ არ ამზადებენ მანქანის კორპუსს კერამიკისგან.
- 5** ახსენი, რატომ ღირს C ფოტოზე ნაჩვენები მანქანა გაცილებით ძვირი ჩვეულებრივ მანქანასთან შედარებით.

პრაქტიკული

ნახშირბადის ბოჭკოს კომპოზიტური მასალის თვისებები დამოკიდებულია ნახშირბადის ბოჭკოს შრეების რაოდენობაზე, მათ ურთიერთგანლაგებაზე და ამ შრეების დამაკავშირებელი ფისის ტიპზე. მასალათმცოდნეები სახავენ მასალების თვისებების შესახებ მონაცემების შეგროვებისა და ანალიზის გზებს, ასევე, აფასებენ ამ მონაცემებს, რათა დარწმუნდნენ, რომ ისინი საკმარისად ღირებულია ახალი პროდუქტების მისაღებად.

პაპიე მაშე არის კომპოზიტური მასალა, რომელიც მზადდება ქაღალდისა და ნებოსგან. შენ უნდა შეისწავლო ამ მასალის ზოგიერთი თვისება.

1.
 - ა. იმუშავე ჯგუფში; დაამზადეთ პაპიე მაშეს ნიმუშები და შეამოწმეთ ისინი.
 - ბ. დაამზადე რადენიმე 20 სმ × 5 სმ ზომის ნიმუში. თითოეულ ნიმუშში უნდა იყოს ქაღალდის ფენების სხვადასხვა რაოდენობა.
 - გ. როდესაც ქაღალდის ფირფიტები გაშრება, შეადარე მათი მოქნილობა (D დიაგრამა).
 - დ. დაწერე შენი კვლევის დასკვნა.
 - ე. შეაფასე თქვენ მიერ შეგროვებული მტკიცებულებები. იყო თუ არა ადვილი თქვენი ნიმუშების ობიექტური შედარება? შეიძლება თუ არა მიღებული შედეგის გაუმჯობესება კვლევითი სამუშაოს გამეორების შემთხვევაში?
2. ახლა დაგეგმე სხვა კვლევა. შეგიძლია გამოიკვლიო სხვა ტიპის ქაღალდი ან ნებო.



D