

გეზნიეჩუღი პროცესი



WWW.A-LIBRARY.ORG
2019

მეცნიერული პროცესი

“ანარქისტები მეცნიერებას ეყრდნობიან და იბრძვიან ცრურწმენების წინააღმდეგ. ავტორიტარიზმის მომხრეებს სურთ ცოდნა ხალხის სამართავად გამოიყენონ, ანარქისტები კი ცდილობენ, ცოდნა ხალხს მიაწოდონ და ამით საშუალება მისცენ გაერთიანდნენ და ერთად იბრძოლონ საერთო მიზნის მისაღწევად. ანარქისტების მიზანია ხალხის გათავისუფლება და არა მათი მართვის ბერკეტების ხელში ჩაგდება.”

მიხეილ ბაკუნინი

ანარქიზმი უფრო მეტია, ვიდრე იდეოლოგია, ის მსოფლმხედველობაა, კომპასი ჭეშმარიტების ძიებაში. ამას მოწმობს მეცნიერების ისტორია, რომელიც უფრო და უფრო ანგრევს იერარქიულ და დომინაციურ მსოფლმხედველობას, რომელიც იდგა ზებუნებრივი, უზენაესი, ყოვლისმცოდნე და ყოვლისშემძლე უცნაური ახირების მქონე არსებების დაშვებაზე.

ჩვენ არ გთავაზობთ სკანდალურ “მეცნიერულ ფაქტებს”, თითქოს მეცნიერებმა “ლორისა და ადამიანის ჰიბრიდი შექმნეს”, ან “ბრიტანელმა მეცნიერებმა დაამტკიცეს რომ”..., ან მარსზე სიცოცხლე აღმოაჩინეს, ან “კიბოს წამალი”, რათა თქვენი კლიკების ხარჯზე გაზრდილი რეიტინგით და რეკლამებით მეტი ფული ვიშოვოთ. ჩვენ უნივერსალურ მეთოდებს გიზიარებთ, აზროვნების წესს, რათა თანამედროვე, ჭარბი ინფორმაციის ეპოქაში შევძლოთ ჭეშმარიტების გარჩევა მცდარისაგან.

წინამდებარე ტექსტი, რომელიც არის ფრაგმენტი წიგნიდან Biology. Neil A. Campbell, Jane B. Reece, 7th Ed. სწორედ ამ მიზანს ემსახურება, სხვა, უკვე გამოქვეყნებულ ტექსტებთან ერთად. მეცნიერულ მეთოდებზე და მეცნიერების ფილოსოფიაზე ტექსტებს მომავალშიც შემოგთავაზებთ. ყველა ეს ტექსტი შეგიძლიათ იხილოთ ანარქისტული ბიბლიოთეკის ვებ გვერდზე www.a-library.org კატეგორია: მეცნიერება

*გარეკანზე გამოყენებულია [მარკ როტკოს](#) კომპოზიცია

ანარქისტული ბიბლიოთეკის კოლექტივი, 2019

ბიოლოგები სიცოცხლის შესწავლისას კვლევის სხვადასხვა მეთოდს მიმართავენ

მეცნიერება ცოდნის შექმნის გზაა. ის განვითარდა ჩვენი ცნობისმოყვარეობის შედეგად, შევიცნოთ საკუთარი თავი, სიცოცხლის სხვა ფორმები, ჩვენი პლანეტა და მთლიანად სამყარო - ეს არის ჩვენი შინაგანი მოთხოვნილება.

მეცნიერების “გული” არის კვლევა - ინფორმაციის მოძიება და ახსნა. კვლევისას ცდილობენ პასუხის მოძებნას კონკრეტულ საკითხებზე. ცნობისმოყვარეობა და ინტერესი ბუნების მიმართ ამოძრავებდა დარწმუნს მის კვლევებში. იგი ეძებდა პასუხს იმაზე, როგორ ხდება სახეობების შეგუება გარემოსთან. ცნობისმოყვარეობა ამოძრავებს გენეტიკოსებსაც, როცა ისინი დნმ-ის ანალიზზე მუშაობენ. მათი კვლევა გვეხმარება სიცოცხლის ერთიანობისა და მრავალფეროვნების შესწავლაში მოლეკულურ დონეზე. სწორედ ასეთი ცნობისმოყვარე გონება განაპირობებს პროგრესს ბიოლოგიაში. არ არსებობს წარმატებული მეცნიერული კვლევის მზარეცეპტი. არც ერთი მეცნიერული მეთოდი არ არის სახელმძღვანელო, რომელსაც მკვლევარმა მკაცრად უნდა მისდიოს.

ყველა მეცნიერულ კვლევაში - კვლევის კარგად დაგეგმვასთან, წინააღმდეგობების დაძლევისასთან, მოთმინების უნართან, ლოგიკასთან, თანამშრომლობასთან და შეჯიბრთან ერთად ბევრია შემთხვევითი მოვლენა, სურპრიზი და თავგადასავალი. ამ მრავალფეროვნების გამო მეცნიერება გაცილებით ნაკლებად „დალაგებულია“, ვიდრე ადამიანების უმეტესობა თვლის. შევჩერდეთ იმ თვისებებზე, რომლითაც მეცნიერული მიდგომა განსხვავდება ბუნების აღწერისა და ახსნის სხვა გზებისგან.

ბიოლოგიაში შერწყმულია მეცნიერული კვლევის ორი მთავარი მიმართულება: აღწერითი მეცნიერება და ჰიპოთეზებზე აგებული მეცნიერება. აღწერითი მეცნიერება ძირითადად ბუნების აღწერაზეა დაფუძნებული. ჰიპოთეზებზე აგებული მეცნიერება, ძირითადად ბუნების ახსნაზეა დაფუძნებული. მეცნიერულ კვლევათა უმეტესობა ამ ორი სახის კვლევის შერწყმაზეა აგებული.

აღწიბითი მეცნიერება

მას ხანდახან თვალსაჩინოებების მეცნიერებას ეძახიან. აღწერითი მეცნიერება აღწერს ბუნებრივ სტრუქტურებს და პროცესებს იმ მაქსიმალური სიზუსტით, რომლის შესაძლებლობასაც იძლევა დაკვირვებები და მიღებული შედეგების ანალიზი. მაგალითად, აღწერითი მეცნიერების მეშვეობით თანდათან ჩამოყალიბდა ჩვენი წარმოდგენა უჯრედის აგებულებაზე. აღწერითი მეცნიერების მეშვეობით თანდათან ივსება მონაცემთა ბაზა სხვადასხვა სახეობის გენომის შესახებ.

მონაცემების ტიპები

დაკვირვება არის აზროვნების უნარის გამოყენება ინფორმაციის შეგროვებაში პირდაპირი ან არაპირდაპირი (სხვადასხვა ინსტრუმენტების, მაგალითად, მიკროსკოპის მეშვეობით) გზით. ხელსაწყოები ჩვენი თვალსაწიერს აფართოებენ. მონაცემები არის დაფიქსირებული დაკვირვებები. მონაცემი ინფორმაციის ერთეულია, რომელსაც ეყრდნობა მეცნიერული კვლევა. მონაცემები ბევრ ადამიანს წარმოუდგენია ციფრების ან დიაგრამების სახით. მაგრამ ბევრი მონაცემი აღწერითი ხასიათისა ანუ თვისობრივი მონაცემებია. მაგალითად, ჯეინ გუდალი გამბიის ჯუნგლებში ათწლეულების განმავლობაში აკვირდებოდა შიმპანზეების ქცევას. საველე დაკვირვებები მან დღიურებში ჩანერა (სურათი 1.24). მან თავისი დაკვირვებები ასევე დააფიქსირა ფოტოების და ფილმების მეშვეობით. ეს თვისობრივი და არა რაოდენობრივი მონაცემები იყო. თვისობრივი მონაცემებთან ერთად გუდალმა კვლევისას ცხოველის ქცევაზე უამრავი რაოდენობრივი მონაცემი გამოიყენა. რაოდენობრივი მონაცემები მის დღიურებში გაზომვების სახითაა წარმოდგენილი. გადახედეთ თქვენი უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში ნებისმიერ მეცნიერულ ჟურნალს და ნახავთ ტაბულებისა და დიაგრამების სახით რაოდენობრივი მონაცემების უამრავ მაგალითს.

ინდუქცია აღწერით მეცნიერებაში

აღწერითი მეცნიერების მეშვეობით ვაკეთებთ დასკვნებს, რომლებიც დაფუძნებულია ლოგიკური აზროვნების გარე-



▲ სურათი 1.24. ჯეინ გუდალი შიმპანზეს ქცევაზე ხარისხობრივი მონაცემების შეგროვების დროს. გუდალი ინერდა დაკვირვებებს საველე დღიურებში. ხშირად იხატავდა ცხოველთა ქცევის ამსახველ სურათებს.

ვეულ ტიპზე. მას ინდუქცია ან ინდუქციური აზროვნება (ლოგიკის ნაირსახეობა, სადაც განზოგადება ხდება კონკრეტული დაკვირვებების დიდ რიცხვზე დაყრდნობით) ეწოდება. ინდუქციის მაგალითია: — „მზე ყოველთვის ამოდის აღმოსავლეთიდან“, ან - „ყველა ორგანიზმი უჯრედებისგან შედგება“. ბოლო განზოგადება დამყარებულია ორსაუკუნოვან დაკვირვებებზე. უჯრედზე დაკვირვებები დაიწყო იმ პერიოდში, როცა ბიოლოგებმა მიკროსკოპის მეშვეობით პირველად აღმოაჩინეს უჯრედები სხვადასხვა ორგანიზმში. აღწერითი მეცნიერების შემადგენელი ნაწილებია — გულმოდგინე დაკვირვება და მონაცემთა ანალიზი. ინდუქციურ განზოგადებასთან ერთად ისინი ბუნების შესწავლის საფუძველია.

ჰიპოთეზებზე დაფუძნებული მეცნიერება

დაკვირვებისა და ინდუქციის მეშვეობით აღწერით მეცნიერებაში ხდება ბუნებრივი მოვლენების მიზეზებისა და ახსნის მოძიება. ცნობისმოყვარე გონებას ებადება კითხვები. მაგალითად, რა არის გალაპავოსის მთიულების მოდიფიკაციების მიზეზი? რა აიძულებს მცენარის ფესვებს გაიზარდოს სიღრმეში, ღეროს კი — სიმალღეში? რითი აიხსნება ის, რომ მზე ყოველთვის აღმოსავლეთიდან ამოდის? მეცნიერებაში ასეთ კითხვებს, როგორც წესი, თან სდევს ჰიპოთეზური ახსნა და ამ ჰიპოთეზის ტესტირება (შემომნება).

ჰიპოთეზის როლი კვლევაში

მეცნიერებაში ჰიპოთეზა არის კარგად შედგენილ კითხვაზე

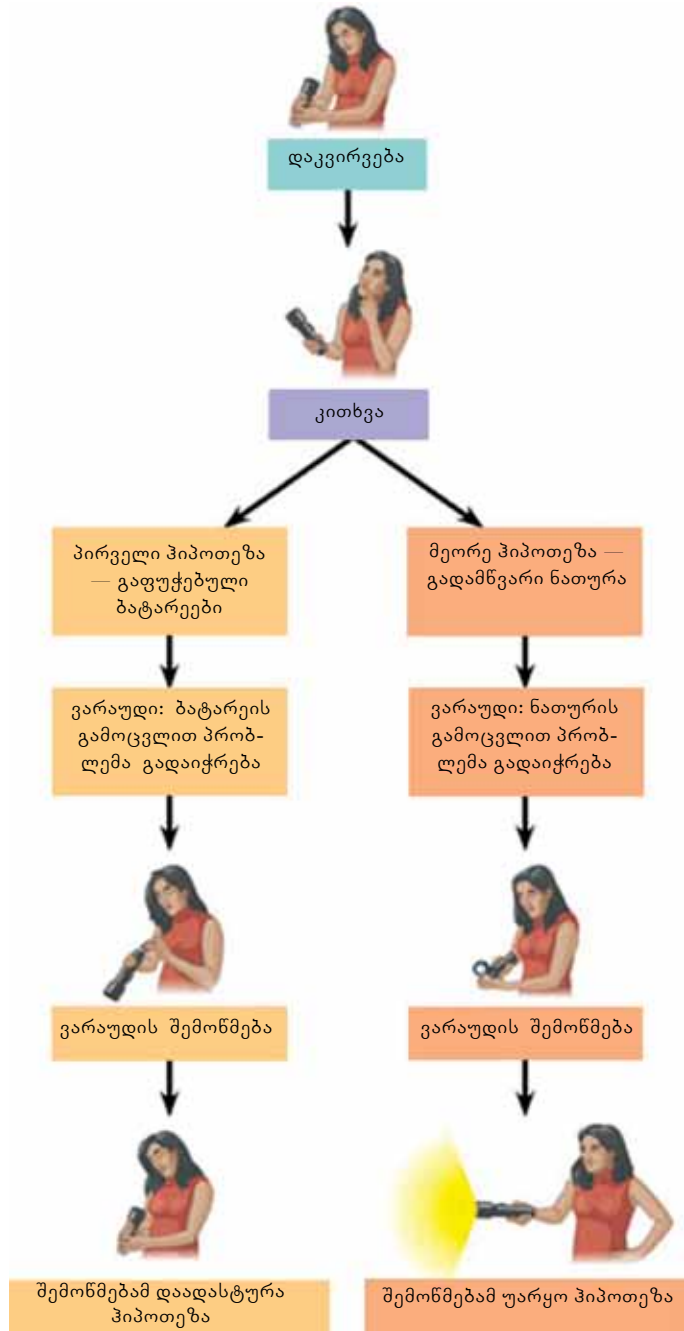
სავარაუდო პასუხი ანუ სავარაუდო ახსნა. როგორც წესი, ეს კარგად დამუშავებული პოსტულატია, რომელიც ეყრდნობა აღწერილობითი მეცნიერებისთვის მისანვლოდ მონაცემებს და წარსულ გამოცდილებას. მეცნიერული ჰიპოთეზების მეშვეობით კეთდება პროგნოზები, რომელთა შემოწმება შეიძლება დამატებითი დაკვირვებებით ან კარგად დაგეგმილი ექსპერიმენტებით.

ყოველდღიური პრობლემების გადასაჭრელად ყოველი ჩვენგანი იყენებს ჰიპოთეზებს. მაგალითად, თქვენი ფარანი გაფუჭდა ველზე მუშაობის დროს. ეს არის დაკვირვება. კითხვა ნათელია: რატომ არ მუშაობს ფარანი? არსებობს ამის ორი რეალური ჰიპოთეზა, რომელიც წარსულ გამოცდილებას ეყრდნობა. პირველი: ფარანის ბატარეები გაფუჭდა, და მეორე: ნათურა გადაინვა. ორივე ვარიანტის მეშვეობით ხდება სიტუაციის წინასწარი გააზრება. ორივე სავარაუდო ვარიანტი შეიძლება ექსპერიმენტით შევამოწმოთ. მაგალითად, ჰიპოთეზიდან გაფუჭებული ბატარეის თაობაზე გამომდინარეობს, რომ ბატარეის გამოცვლით პრობლემა გადაიჭრება.

1.25. სურათი ასახავს ამ სიტუაციას. რა თქმა უნდა, რეალურ ცხოვრებაში, როცა გვინევს პრობლემის გადაწყვეტა ჰიპოთეზების, პროგნოზებისა და ექსპერიმენტების მეშვეობით, იშვიათად ვაანალიზებთ სიტუაციას ასეთი თანმიმდევრობით. ჰიპოთეზებზე დაფუძნებული მეცნიერება ეყრდნობა ადამიანის თვისებას, სხვადასხვა ხერხებით ახსნას მოვლენები და წარმოქმნილი სირთულეების გადაჭრას.

დედუქცია ჰიფოთეზებზე აგებულ მეცნიერებაში მიღებული „თუ..... მაშინ“ ლოგიკაა.

ჰიფოთეზებზე აგებული მეცნიერება მოიცავს ლოგიკის ნაირსახეობას რომელსაც დედუქციას ეძახიან. დედუქცია ინდუქციის საპირისპიროა. ინდუქციური ლოგიკა არის კონკრეტულ დაკვირვებაზე დაყრდნობით განზოგადებული დასკვნების გამოტანა. დედუქციური დასკვნების გაკეთებისას, ლოგიკა მოქმედებს საპირისპირო მიმართულებით — განზოგადოებულიდან კონკრეტულამდე. განზოგადებული ვარაუდის ექსტრაპოლაციას (გავრცელებას) ვახდენთ კონკრეტულ შედეგზე. თუ ვარაუდი სწორი იყო, ვიღებთ მოსალოდნელ შედეგს. თუ ყველა ორგანიზმი უჯრედული აგებულებისაა (ვარაუდი 1) და ადამიანი კი ორგანიზმს წარმოადგენს (ვარაუდი 2), მაშინ ადამიანიც უჯრედული აგებულებისაა (დედუქციური დასკვნა კონკრეტული შემთხვევისთვის). ჰიპოთეზებზე აგებულ მეცნიერებაში დედუქცია, როგორც წესი, წინასწარმეტყველების ფორმითაა მოცემული ანუ ხდება იმის წინასწარმეტყველება, რა შედეგებს უნდა ველოდოთ ექსპერიმენტების ან დაკვირვებების ჩატარების შემდეგ, თუ კონკრეტული ჰიპოთეზა (ვარაუდი) სწორი იყო. შემდეგ ხდება ჰიპოთეზის ექსპერიმენტული შემოწმება (ტესტირება) იმის გასარკვევად, მივიღებთ თუ არა მოსალოდნელ შედეგს. დედუქციურ აზროვნებას აქვს „თუ-მაშინ“ ლოგიკის ფორმა. ფარანის მაგალითის შემთხვევაში: თუ ჰიპოთეზა გაფუჭებულ ბატარეაზე მართალია და ბატარეას შევცვლით, მაშინ ფარანმა უნდა იმუშაოს.



▲ **სურათი 1.25.** ჰიპოთეზებზე დაფუძნებული კვლევის მაგალითი

ახლოს გავეცნოთ ჰიპოთეზებს მეცნიერულ კვლევებში

ფარანის მაგალითი მეცნიერული ჰიპოთეზების ორი მნიშვნელოვანი თვისების კარგ ილუსტრაციაა: პირველი, ჰიპოთეზის შემოწმებაა შესაძლებელი უნდა იყოს: უნდა არსებობდეს იდეის ვარგისიანობის შემოწმების რაღაც გზა. მეორე: უნდა შეიძლებოდეს ჰიპოთეზის იყოს უარყოფა (ფალ-



◀ სურათი 1.26
ნესტრიანი ფუტკარი
და უნესტრო ყვავილის
ბუზი, რომელიც ჰვავს
ფუტკარს



სიფიცირება); უნდა არსებობდეს რაღაც დაკვირვება ან ექსპერიმენტი, რომელიც გვიჩვენებს, რომ ეს იდეა სინამდვილეს არ შეესაბამება. ჰიპოთეზა, რომ გაფუჭებული ბატარეა არის ფარანის გაფუჭების ერთადერთი მიზეზი, შეიძლება უარყოფით ძველი ბატარეების ახლით შეცვლით. მაგრამ შეეცადეთ გამოიმუშავოთ ტესტი შემდეგი ჰიპოთეზის უარყოფისთვის: უხილავმა მოჩვენებებმა გააფუჭეს თქვენი ფარანი. უარყოფს თუ არა მოჩვენებების ჰიპოთეზას ფარანის შეკეთება ნათურის გამოცვლის გზით? არა, თუ ცელქი მოჩვენებები აგრძელებენ თავის ხრიკებს.

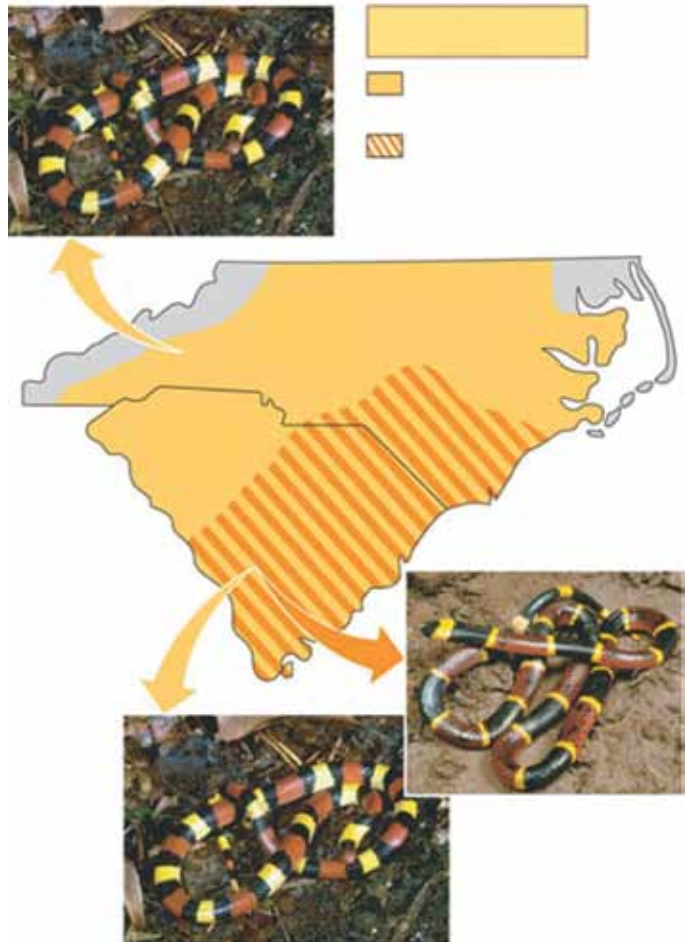
ფარანის მაგალითი ჰიპოთეზებზე დაფუძნებული მეცნიერების მეორე მთავარი თვისების ილუსტრაცია არის. იდეალურია ორი ან მეტი ალტერნატიული ჰიპოთეზის შედგენა და ისეთი ექსპერიმენტების დასახვა, რომელთა საშუალებით გამოირიცხება შესაძლებელი ვარაუდები. იმ ორ ჰიპოთეზასთან ერთად, რომელთა შემონახვა ნაჩვენებია 1.25 სურათზე, შეიძლება არსებობდეს ჰიპოთეზა, რომ გაფუჭდა ბატარეებიცა და ნათურაც. ამ დამატებითი ჰიპოთეზის შემოტანის მერე რა უნდა ვივარაუდოთ 1.25 სურათზე გამოსახული ექსპერიმენტის შემთხვევაში? რა დამატებითი ექსპერიმენტები უნდა დავსახოთ, რომ შევამოწმოთ ფარანის გაფუჭების მრავალი მიზეზი?

ფარანის მაგალითიდან გამომდინარეობს კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი დასკვნა ჰიპოთეზებზე დაფუძნებული მეცნიერების შესახებ. მიუხედავად იმისა, რომ ნათურის გადანვის ჰიპოთეზა ჩვენთვის ყველაზე მისაღებია, უნდა ვიცოდეთ, რომ ტესტი ადასტურებს არა ამ ჰიპოთეზის სისწორეს, არამედ არ ახდენს მის უარყოფას. იქნებ ძველი ნათურა სულაც არ ყოფილა გადამწვარი და უბრალოდ არასწორედ იყო ჩაყენებული, ახალი კი სწორად დავაყენეთ. შეგვიძლია ვცადოთ

ამ ჰიპოთეზის უარყოფა, თუ ვსინჯავთ შემდეგ ექსპერიმენტს – მოვხსნით ძველ ნათურას და შევეცდებით მის სწორად დაყენებას. მაგრამ ექსპერიმენტების სიმრავლე ვერც ერთ ჰიპოთეზას ვერ დაადასტურებს ისე, რომ საეჭვო აღარ იყოს ნებისმიერი ჰიპოთეზის შემონახვა ექსპერიმენტის მეშვეობით შეუძლებელია. ჰიპოთეზა სარწმუნოა, თუ რამდენიმე ტესტით ვერ მოხერხდა მისი გამორიცხვა (უარყოფა), მაშინ, როცა სხვა ჰიპოთეზები ამ ტესტირებით გამოირიცხა.

მითი მეცნიერულ მეთოდზე

გაფუჭებული ფარანის შემთხვევაში მოქმედებების თანმიმდევრობა (სურათი 1.25) გამოხატავს მეცნიერული კვლევის იდეალიზებულ პროცესს, რომელსაც მეცნიერულ მეთოდს უწოდებენ. შეგვიძლია შევნიშნოთ ამ პროცესის ელემენტები



▲ სურათი 1.27. კაროლინას სამეფო გველისა და მარჯნის გველის გავრცელების გეოგრაფიული რეგიონი. ალისფერი სამეფო გველის (*Lampropeltis triangulum*) მიერ შხამიანი აღმოსავლეთის მარჯნისფერი ასპიტის გამაფრთხილებელი შეფერილობის (*Micrurus fulvius*) მიმიკრია. ეს ორი გველი ჩრდილოეთი და სამხრეთი კაროლინის ბევრ რეგიონში ბინადრობს. ამავე დროს სამეფო გველის გეოგრაფიული რეგიონი ჩრდილოეთით და დასავლეთით სცდება მარჯნისფერი ასპიტის გავრცელების გეოგრაფიული რეგიონის ფარგლებს.

მეცნიერულ ნაშრომთა უმეტესობაში, მაგრამ ასეთი მკვეთრად გამოხატული ფორმით, იშვიათად. ძალიან ცოტაა ისეთი მეცნიერული კვლევა, რომელიც მკაცრად მისდევს ამ ნაბიჯების თანმიმდევრობას ანუ მეცნიერული მეთოდების „სახელმძღვანელოს“. მაგალითად, მეცნიერმა შეიძლება დაგეგმოს ექსპერიმენტი, მაგრამ უკან დაიხიოს, როცა დაინახავს, რომ კარგი ექსპერიმენტის განსახორციელებლად მეტი დაკვირვების ჩატარებაა საჭირო. სხვა შემთხვევებში დაკვირვებების შედეგად კარგად ჩამოყალიბებული კითხვების დასმას შეიძლება დიდი დრო დასჭირდეს, სანამ ამ მიმართულებით ჩატარებული სხვა კვლევების მეშვეობით სხვა კუთხით დაინახავთ ადრინდელ დაკვირვებებს. მაგალითად, დარვინი აგროვებდა გალაპავოსის მთიულეების სახეობათა კოლექციას. გავიდა წლები, სანამ დამკვიდრდა ბუნებრივი გადარჩევის იდეა და ბიოლოგებმა შეძლეს ამ ფრინველების ისტორიაზე მნიშვნელოვანი საკითხების ჩამოყალიბება.

მეტიც, მეცნიერები ზოგჯერ ცვლიან კვლევის მიმართულებას, როცა ხვდებიან, რომ „სხვა ხეს უვლიდნენ“ საკითხის არასწორი დაყენებით. მაგალითად, მე-20 საუკუნის დასაწყისში შიზოფრენიისა და მანიაკალურ — დეპრესიული ფსიქოზის (ახლა ორპოლუსიან ფსიქოზს უწოდებენ) შესწავლისას მკვლევარები არასწორი გზით მიდიოდნენ. ყურადღებას ამახვილებდნენ ცხოვრების მანძილზე გადატანილ სტრესებზე, რომლებიც მკვლევართა აზრით, ამ დარღვევის ჩამოყალიბებას იწვევდა. ამ დაავადებების გამომწვევი მიზეზებისა და მკურნალობის გზების დადგენა მოხერხდა, როცა შეძლეს საკითხის სხვაგვარად დაყენება: როგორ მოქმედებს დაავადების განვითარებაზე ტვინის მუშაობის კონკრეტული ქიმიური დარღვევები. პათოსნად რომ ვთქვათ, ისტორიული პერსპექტივიდან უკეთ ჩანს ასეთი „შებრუნებები“ მეცნიერულ კვლევებში. არსებობს მეორე მიზეზი, რატომ არ უნდა მივყვეთ კვლევის ჩატარების ყველა საფეხურს, თუ სამეცნიერო კვლევისას კარგი შედეგების მიღება გვინდა. უმეტეს შემთხვევაში აღწერითი მეცნიერებაში შთამბეჭდავ შედეგებს აღწევდნენ ეგრეთ წოდებული „მეცნიერული მეთოდის“ საფეხურების გავლის გარეშე.

ლაბორატორიული კვლევის დროს, რა თქმა უნდა, მნიშვნელოვანია ექსპერიმენტის ჩატარება მეცნიერული მეთოდის გათვალისწინებით, მაგრამ ასევე მნიშვნელოვანია არ მივყვეთ სტერეოტიპებს მეცნიერებაში ანუ მეცნიერული კვლევის მკაცრ სისტემას.

ცალკეულ მაგალითებზე დაფუძნებული მეცნიერული მეთოდი: მცნიერული კვლევა: გვლის პაპილატიაში მიმიკრიის შესწავლა

ახლა, როცა განვიხილეთ აღწერითი მეცნიერებისა და ჰიპოთეზებზე დაფუძნებული მეცნიერების ძირითადი ნიშნები, შევძლებთ იმის გარკვევას, კვლევის რომელ მეთოდს მივმართავთ კონკრეტული საკითხის შესწავლის დროს.

ეს ისტორია დაიწყო აღწერითი მეცნიერებისთვის დამახასიათებელი დაკვირვებებისა და განზოგადოებების გამოტანით. შხამიანი ცხოველები ხშირად არიან მკვეთრი შეფერილი-

ობის. ამ ცხოველებს ისეთი გარეგანული ნიშნები ახასიათებს, რომლებიც ადვილად შესამჩნევია მათ საარსებო გარემოში.

ასეთ შეფერილობას გამაფრთხილებელს უწოდებენ, ის „სახიფათო სახეობების“ გამაფრთხილებელი სიგნალია პოტენციური მტაცებლისთვის. მაგრამ ბუნებაში არსებობს მიმიკრია (მიმსგავსება). ეს მატყუარები გარეგნულად ისევე გამოიყურებიან, როგორც შხამიანი სახეობები, მაგრამ სინამდვილეში უვნებლები არიან. მაგალითისთვის გამოდგება ყვავილის ბუზი, მას არ გააჩნია ნესტარი, არ არის შხამიანი, მაგრამ შეფერილობით ფუტკარს ჰგავს (**სურათი 1.26**).

რა არის ასეთი მიმიკრიის (მსგავსების) ფუნქცია? რა უპირატესობას აძლევს ის ცხოველს? 1862 წელს ბრიტანელმა მეცნიერმა ჰენრი ბეიტსმა წამოაყენა ჰიპოთეზა, რომ ასეთი მიმსგავსება, როგორც ყვავილის ბუზს აქვს, სასარგებლოა ამ ბუზებისთვის. მტაცებელი მას ერიდება, რადგანაც თვლის, რომ ის შხამიანია. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ეს „ეშმაკობა“ შეიძლება ევოლუციური ადაპტაცია იყოს, რომელიც ამცირებს მიმიკრიული ცხოველის დაღუპვის რისკს. ეს ინტუიციური ჰიპოთეზა იყო. მისი შემოწმება ექსპერიმენტულად, განსაკუთრებით სავლელ ექსპერიმენტების მეშვეობით, იმ დროს ძნელი იყო. მაგრამ 2001 წელს ბიოლოგებმა დავით და კერი ფენინგებმა უილიამ ჰერკობთან ერთად, რომელიც მაშინ ჩრდილოეთ კაროლინის უნივერსიტეტის ბაკალავრი იყო, დაგეგმეს მარტივი, მაგრამ დახვეწილი სავლელ ექსპერიმენტი. ამ ექსპერიმენტით მოხერხდა მიმიკრიის შესახებ ბეიტის ჰიპოთეზის შემოწმება.

მეცნიერებმა შეისწავლეს მიმიკრიის მიზეზები ჩრდილოეთი და სამხრეთი კაროლინის გველებში. შხამიან გველს, რომელსაც მარჯნისფერი ასპიტი ჰქვია (აშშ-ს აღმოსავლეთითაა გავრცელებული), აქვს გამაფრთხილებელი შეფერილობა: მონაცვლეობითი მკვეთრი წითელი, ყვითელი და შავი ფერის რგოლები. მტაცებლები იშვიათად ესხმიან თავს ამ გველს. როგორც ჩანს, არა იმიტომ, რომ გამოცდილებით სწავლობენ, ის სახიფათოა (ასეთი გამოცდილების მიღება შეუძლებელია, ვინაიდან ამ გველის პირველივე ნაკბენი სასიკვდილოა), არამედ იმიტომ, რომ ბუნებრივი გადარჩევის შედეგად გაიზარდა მემკვიდრეობითი ინსტინქტის მქონე მტაცებლების რიცხვი. ინსტინქტი კარნახობს მტაცებლებს, რომ ამ შეფერილობას უნდა მოერიდონ.

უშხამო გველი, რომელსაც სამეფო გველი ჰქვია, მარჯნის გველის მსგავსი შეფერილობისაა. ორივე, სამეფო გველიც და მარჯნისფერი ასპიტის ბინადრობს კაროლინაში, მაგრამ სამეფო გველის გეოგრაფიული რეგიონი უფრო ფართოა. ის ბინადრობს იმ რეგიონებშიც, სადაც მარჯნისფერი ასპიტი არ არის გავრცელებული.

კაროლინაში გველების გეოგრაფიული გავრცელების შემოწმებით მოხერხდა მიმიკრიის ჰიპოთეზის ძირითადი ვარაუდის შემოწმება. მიმიკრიამ უნდა დაიცვას სამეფო გველი მტაცებლებისგან, მაგრამ მარტო იმ რეგიონებში, სადაც მარჯნისფერი ასპიტიც არის გავრცელებული. მიმიკრიის ჰიპოთეზიდან გამომდინარეობს, რომ მტაცებელი უფრო ხშირად თავს დაესხმის სამეფო გველს იმ არეალში, სადაც არ არის მარჯნისფერი ასპიტი და იშვიათად იქ, სადაც მარჯნისფერი ასპიტიც არის გავრცელებული.

ხელოვნური გველების მემკვიდრეობით ჩატარებული საველე ექსპერიმენტები

მიმიკრიის ჰიპოთეზის შესამოწმებლად ჰერკომბმა მავთულისგან გააკეთა ასეულობით ხელოვნური გველი. მავთული დაფარული იყო თიხისმაგვარი ნივთიერებით — პლასტილინით. მან ხელოვნური გველის ორი მოდელი შექმნა: ექსპერიმენტული ჯგუფი სამეფო გველისთვის დამახასიათებელი ნითელი, შავი და ყვითელი რგოლებით და საკონტროლო ჯგუფი რომელშიც მარტო ყავისფერი გველები შედიოდა. საკონტროლო ჯგუფი შესადარებლად გამოიყენეს.

მკვლევარებმა ხელოვნური გველების ეს ორი ჯგუფი (თითოეულ ჯგუფში გველების თანაბარი რაოდენობა იყო) მოათავსეს სამხრეთი და ჩრდილოეთი კაროლინის ბუნებრივ პირობებში. გველები იმ ადგილებშიც მოათავსეს, სადაც მარჯნისფერი ასპიტი არ ბინადრობს (იხილეთ სურათი 1.27). ოთხი კვირის შემდეგ მეცნიერებმა შეაგროვეს ხელოვნური გველები და აღრიცხეს მტაცებლების კლანჭებისა და კბილების ანაბეჭდების რაოდენობა. ამით დაადგინეს, რომელ გველებზე და რამდენჯერ მოხდა თავდასხმა. ყველაზე ხშირად გველებს თავს ესხმოდნენ მელიები, კოიოტები და მაჩვები, მაგრამ შავმა დათვამაც რამდენჯერმე სცადა ხელოვნური გველების დაჭერა (სურათი 1.28).

ამ მონაცემებმა დაადასტურა მიმიკრიის ჰიპოთეზის ძირითადი ვარაუდი. იმ რეგიონებში, სადაც მარჯნისფერი ასპიტია გავრცელებული, მტაცებლები რგოლებიან ხელოვნურ სამეფო გველებს იშვიათად ესხმოდნენ თავს ყავისფერ ხელოვნურ გველებთან შედარებით. 1.29 სურათი ამ საველე ექსპერიმენტის შემაჯამებელია. მომავალში სამეცნიერო ექსპერიმენტის საილუსტრაციოდ გამოვიყენებთ 1.29 სურათის მსგავს ფორმას.

კონტროლირებადი ექსპერიმენტების დაგეგმვა

გველის მიმიკრიაზე ჩატარებული ექსპერიმენტი იმის მაგალითია, როგორ გეგმავენ მეცნიერები ექსპერიმენტს ერთი ცვლადის შესამოწმებლად და სხვა არასასურველი ცვლადების, ჩვენს შემთხვევაში მტაცებლების რიცხვის გასანეიტრალებლად. ასეთ ექსპერიმენტს საკონტროლო ექსპერიმენტს უწოდებენ. ხელოვნური სამეფო გველები (ექსპერიმენტული ჯგუფი) შედარებულია საკონტროლო ჯგუფთან (ყავისფერი ხელოვნური გველები). იდეალურია, თუ ექსპერიმენტული და საკონტროლო ჯგუფი განსხვავდება ერთი ნიშნით, რომლის მოქმედების გამოსავლენად იგეგმება ექსპერიმენტი – ჩვენს შემთხვევაში გველის შეფერილობის გავლენა მტაცებლების ქცევაზე.

რა მოხდება, თუ მკვლევარი ვერ შეძლებს ექსპერიმენტის კონტროლს? საკონტროლო ჯგუფის გარეშე (ყავისფერი ხელოვნური გველები), სხვადასხვა გეოგრაფიულ რეგიონში თავდასხმების რაოდენობა ხელოვნურ სამეფო გველებზე არაფრის მთქმელია. ვერ გამოვიტანთ დასკვნას, როგორ მოქმედებს სხვადასხვა რეგიონში მობინადრე გველის შეფერილობა მტაცებლის ქცევაზე. იქნებ აღმოსავლეთ და სამხრეთ რეგიონებში ბინადარი გველებს მტაცებელი თავს ნაკლებად ესხმიან უბრალოდ იმიტომ, რომ იქ ნაკლებია მტაცებლები;



(ა) ხელოვნური სამეფო გველი



(ბ) ხელოვნური ყავისფერი გველი, რომელზეც თავდასხმა იყო მტაცებლის მხრიდან

▲ სურათი 1.28. ხელოვნური გველები, რომლებიც მიმიკრიის ჰიპოთეზის შესამოწმებლად გამოიყენეს საველე ექსპერიმენტში. შეიძლება დაინახოთ შავი დათვის კბილების ანაბეჭდი (ბ).

ბი; ან იქნებ უფრო თბილი კლიმატის გამო ამ რეგიონებში მტაცებლები ნაკლებად მშივრები არიან. ხელოვნური ყავისფერი გველების საშუალებით მკვლევარებმა აიცილეს მტაცებლების სიმჭიდროვისა და კლიმატის გავლენის ფაქტორები. ამ ფაქტორებს უნდა ჰქონოდათ ერთნაირი ეფექტი საკონტროლო და ექსპერიმენტულ ჯგუფებზე. სამხრეთ და აღმოსავლეთ რეგიონებში მტაცებლები მეტად ესხმოდნენ ყავისფერ ხელოვნურ გველებს, ვიდრე სამეფო გველებს. კარგად დაგეგმილმა ექსპერიმენტმა გვაჩვენა, რომ შეფერილობა ერთადერთი ფაქტორია, რომლის გამო მტაცებლები ნაკლებად ესხმიან სამეფო გველის შეფერილობის მქონე ხელოვნურ გველებს, რომლებიც მოათავსეს მარჯნისფერი ასპიტის საცხოვრებელ რეგიონში. დათვლილი იყო არა თავდასხმათა აბსოლუტური უმართებულოა, რომელიც განხორციელდა ხელოვნურ სამეფო გველებზე, არამედ სხვაობა ხელოვნურ ყავისფერ და ხელოვნურ სამეფო გველებზე თავდასხმებს შორის.

მართებული არა არია ვიფიქროთ, რომ გამოთქმა — კონტროლირებადი ექსპერიმენტი ნიშნავს, რომ მეცნიერი ექსპერიმენტს აბსოლუტურად აკონტროლებს, ყველა თვისება, გარდა ერთისა, რომლის შემოწმებაც უნდა მეცნიერს, უცვლელი რჩე-

სურათი 1.29.

ექსპერიმენტი:

დევიდ ფენინგმა და მისმა კოლეგებმა დაამზადეს ხელოვნური გველები მიმიკრიის ჰიპოთეზის იმ ვარაუდის შესამოწმებლად, რომ სამეფო გველებისთვის მიმიკრიას სარგებლობა მოაქვს მარტო შხამიანი მარჯნისფერი ასპიტის გავრცელების რეგიონებში. რუკაზე X-ით აღნიშნულია ის რეგიონები, სადაც მკვლევარებმა მოათავეს ხელოვნური სამეფო გველები (ექსპერიმენტული ჯგუფი) და ხელოვნური ყავისფერი გველების (საკონტროლო ჯგუფი) თანაბარი რაოდენობა. მკვლევარებმა ოთხ კვირაში შეაგროვეს ხელოვნური გველები და აღრიცხეს თავდასხმების რაოდენობა კლანჭების და კბილების ანაბეჭდების რაოდენობის მიხედვით. (სურათი 1.28)

შედეგები:

მარჯნისფერი ასპიტის გავრცელების რეგიონებში მტაცებლები გაცილებით იშვიათად ესხმოდნენ ხელოვნურ სამეფო გველებს, ვიდრე ხელოვნურ ყავისფერ გველებს. იმ რეგ თავს იონებში, სადაც მარჯნის გველი არ ბინადრობს „სამეფო გველის“ გამაფრთხილებელ შეფერილობას დიდი ეფექტი არ ჰქონდა. პირიქით, ამ რეგიონებში ხელოვნურ სამეფო გველებზე მეტი თავდასხმები იყო, ვინაიდან მკვეთრი შეფერილობის გამო მისი დანახვა მტაცებელს უადვილდებოდა.

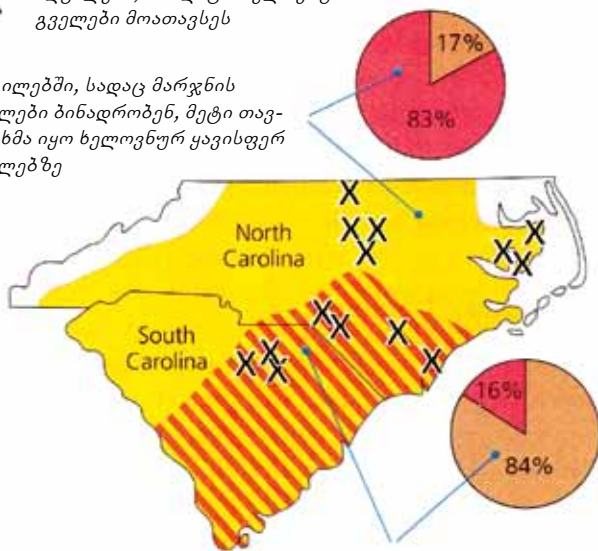


თავდასხმები ხელოვნურ სამეფო გველებზე %

თავდასხმების ხელოვნურ ყავისფერ გველებზე %

X ადგილები, სადაც ხელოვნური გველები მოათავეს

ადგილებში, სადაც მარჯნის გველები ბინადრობენ, მეტი თავდასხმა იყო ხელოვნურ ყავისფერ გველებზე



ადგილებში, სადაც მარჯნის გველები არ ბინადრობენ, მეტი თავდასხმა იყო ხელოვნურ სამეფო გველებზე.

დასკვნა:

საველე ექსპერიმენტი ადასტურებს მიმიკრიის ჰიპოთეზას და ადასტურებს (არ უარყოფს) მთავარ ვარაუდს, რომ მარჯნისფერი ასპიტების იმიტაცია სასარგებლოა მარტო მათი გავრცელების არეალში. ექსპერიმენტით ასევე შემოწმდა ალტერნატიული ჰიპოთეზა, რომ მტაცებლები საერთოდ ერიდებიან მკვეთრად შეფერილობებიან გველებს იმისდა მიუხედავად ცხოვრობენ თუ არა ამ რეგიონში იმავე შეფერილობის შხამიანი გველები. ეს ჰიპოთეზა გამოირიცხა ხელოვნურგოლებიან გველებზე თავდასხმების დიდი რაოდენობით იმ რეგიონებში, სადაც შხამიანი მარჯნისფერი ასპიტები არ ბინადრობენ.

◀ შეკითხვა: ახდენს თუ არა გავლენას შხამიანი მარჯნისფერი ასპიტების ყოფნა რეგიონში მათ მსგავს სამეფო გველებზე თავდასხმების რაოდენობაზე?

ბა. ეს შეუძლებელია არა მარტო საველე კვლევების დროს, არამედ უფრო რეგულირებად ლაბორატორიულ პირობებში. მკვლევარები აკონტროლებენ არასასურველ ცვალებად ეფექტებს არა მათი გამორიცხვით გარემოს ფაქტორების რეგულაციის მეშვეობით, არამედ მათი გავლენის გამორიცხვით საკონტროლო ჯგუფების მეშვეობით.

ბა ზღუდავს მეცნიერულ კვლევას

მეცნიერული კვლევა ბუნების შესწავლის მძლავრი იარაღია, მაგრამ არსებობს შეზღუდვებიც. გარკვეულ საკითხებს კვლევა ვერ პასუხობს. ეს შეზღუდვები გამოწვეულია მეცნიერების მოთხოვნით, რომ შესაძლებელი იყოს ჰიპოთეზების შემოწმება და უარყოფა. დაკვირვებები და ექსპერიმენტები კი განმეორებადი უნდა იყოს.

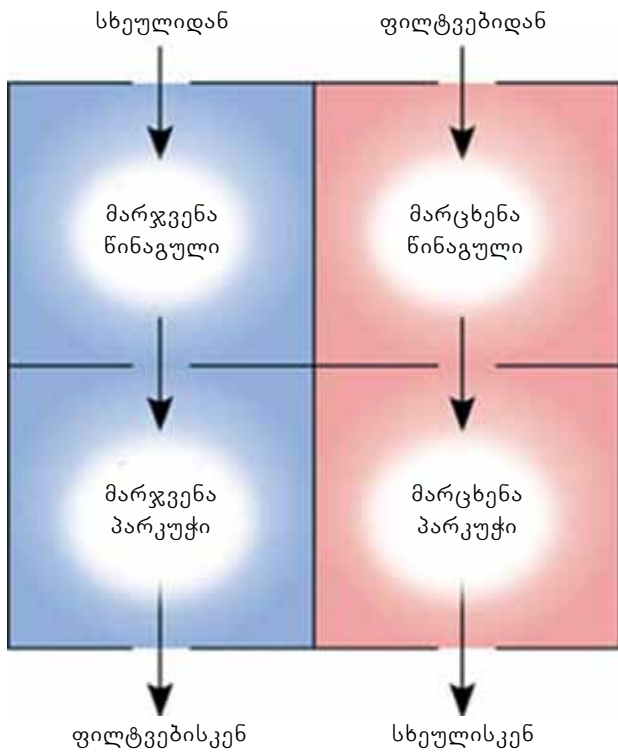
დაკვირვება, რომლის დამტკიცებაც შეუძლებელია, საინტერესო და შტამბეჭდავი შეიძლება იყოს, მაგრამ მეცნიერულად დადასტურებულად არ ჩაითვლება. სარეკლამო ფარგლებში შეიძლება დაგვაჯერონ, რომ ხანდახან ძალისთავიანი ადამიანები იბადებიან ან თქვენი კლასელები უცხოპლანეტელები არიან.

მონმის დაუდასტურებელი ჩვენება ან კომპიუტერული კოლაჟი შტამბეჭდავია, მაგრამ არასარწმუნო. მეცნიერებაში ექსპერიმენტებისა და დაკვირვებების შედეგები მარტო მაშინ არის სარწმუნო, თუ გამოვრების კრიტერიუმს აკმაყოფილებს. მეცნიერებმა, რომლებიც კაროლინაში გველის მიმიკრიას იკვლევდნენ, მსგავსი მონაცემები მიიღეს, როცა მარჯნისფერი ასპიტისა და სამეფო გველის სახეობებზე ექსპერიმენტები გაიმეორეს არიზონაში. თქვენც უნდა შეძლოთ მსგავსი მონაცემების მიღება, თუ ამ ექსპერიმენტს გაიმეორებთ.

და ბოლოს, შეზღუდვები მეცნიერებაში გამოწვეულია მისი სწრაფვით რეალიზმისკენ — ის ეძებს ბუნებრივ მიზეზს ბუნების ფენომენების ასახსნელად. მეცნიერებას არ შეუძლია არც დაადასტუროს და არც გამორიცხოს ჰიპოთეზა, რომ კეთილი ანგელოზები თუ ავი, სულელები, ან მოჩვენებები არიან შტორმის, ცისარტყელას, დაავადების ან განკურნების მიზეზი. ასეთი ზებუნებრივი ახსნა, მარტივად რომ ვთქვათ, სცდება მეცნიერების საზღვრებს.

მეცნიერული თეორიები

„ეს, უბრალოდ, თეორიაა“ — თეორიის ცნების ყოველდღიური გამოიყენება ხშირად შეუმოწმებელ სპეკულაციებს უკავშირდება. მაგრამ ცნებას „თეორია“ აქვს სულ სხვა დატვირთვა მეცნიერებაში. რა არის მეცნიერული



▲ სურათი 1.30 სისხლის მიმოქცევის მოდელირება ადამიანის ობსაკნიან გულში

თეორია და რითი განსხვავდება ის ჰიპოთეზისა ან ჩვეულებრივი სპეკულაციისგან?

პირველი, მეცნიერული თეორია გაცილებით უფრო ფართო ცნებაა, ვიდრე ჰიპოთეზა. ჰიპოთეზა: „მიმიკრია უშხამო გველებში არის ადაპტაცია, რომელიც იცავს მათ მტაცებლებისგან“. თეორია: „ეპოლუციური ადაპტაციები ბუნებრივი გადარჩევის შედეგია“. დარვინის ბუნებრივი გადარჩევის თეორია მოიცავს ადაპტაციების უამრავ ნაირგვარობას მიმიკრიის ჩათვლით.

მეორე, თეორია საკმაოდ განზოგადებული უნდა იყოს, რომ მისგან განვითარდეს მრავალი ახალი, კონკრეტული, შემონმბადი ჰიპოთეზა. მაგალითად, პეტერ და როზმარი გრანტებმა, პრინსტონის უნივერსიტეტის თანამშრომლებმა, დარვინის ბუნებრივი გადარჩევის თეორიის გავლენით შეამონმეს გალაპაგოსის მთიულების ნისკარტების ფორმის ცვლილების კონკრეტული ჰიპოთეზა. ნისკარტები იცვლებოდა იმისდა მიხედვით, რა საკვების მოპოვება უხდებოდათ ფრინველებს ამა თუ იმ კუნძულზე.

და მესამე, ნებისმიერ ჰიპოთეზასთან შედარებით, თორიას, როგორც წესი, ადასტურებს გაცილებით მეტი თვალსაჩინოება (ფაქტი). მეცნიერებაში მიღებული თეორიები (მაგალითად, ბუნებრივი გადარჩევის თეორია) დაფუძნებულია დაკვირვებათა მრავალფეროვნებაზე და დადასტურებულია მრავალი ფაქტით. დაკვირვება ზოგად თეორიებზე დღესაც გრძელდება კონკრეტული უარყოფადი ჰიპოთეზების შემონმებით, რომლებსაც ეს თეორიები წარმოშობენ.

მიუხედავად მონაცემების სიმრავლისა, რომლებიც ადასტურებენ ფართოდ აღიარებულ თეორიებს, მეცნიერები ხანდახან ცვლიან ან უარყოფენ თეორიებს, თუ მათ კვლევის ახალი მეთოდების საშუალებით მიღებული მონაცემები არ ადასტურებს. მაგალითად, ცოცხალი ორგანიზმების 5 სამეფოდ დაყოფის თეორია ახალი მეთოდების გამოყენების შემდეგ შეიცვალა. ამ მეთოდების მეშვეობით შესაძლებელი გახდა კვლევები უჯრედულ და მოლეკულურ დონეზე და ნათესაობის დადგენა ორგანიზმებს შორის მოლეკულურ დონეზე. თუ არსებობს “სიმართლე” მეცნიერებაში, ის პირობითია და დამყარებულია ამ მომენტისთვის ჩვენთვის მისაწვდომ მონაცემებზე.

მოდელირება მეცნიერებაში

ბიოლოგიის კურსის გავლისას შეიძლება მუშაობა მოგინოთ მოდელირებაზე. იქნებ დაგჭირდეთ ქრომოსომებზე დაყრდნობით უჯრედის გაყოფის მოდელირება ან მოგინოთ ბაქტერიის პოპულაციათა ზრდის წინასწარი დაგეგმვა მათემატიკური მოდელების მეშვეობით. მეცნიერები აგებენ მოდელებს, რომლებიც მათი იდეების ნაკლებად აბსტრაქტული გამოხატვაა. მაგალითად, თეორიების ან ისეთი ბუნებრივი ფენომენების, როგორცაა ბიოლოგიური პროცესები. მეცნიერულ მოდელებს ბევრი ფორმა აქვს: დიაგრამები, გრაფიკები, სამგანზომილებიანი ობიექტები, კომპიუტერული პროგრამები ან მათემატიკური ტოლობები.

მოდელის ციპის შერჩევა

მოდელის ციპის შერჩევა დამოკიდებულია იმაზე, როგორ ვაპირებთ მის გამოყენებას ობიექტის, იდეის ან პროცესის ასახვად და წარსადგენად. ზოგიერთი მოდელი ძალიან მიახლოებულია სინამდვილესთან. სხვა მოდელების გამოყენება უფრო ადვილია, თუ ისინი სიმბოლური და სქემატურნი. მაგალითად, 1.30 სურათზე მოცემული მარტივი სქემა ადამიანის გულის საკნებში სისხლის მიმოქცევის მოდელია. მისი დახმარებით შეგვიძლია ცოცხალი ადამიანის გულს არ შევხვოთ. მეცნიერებმა გულის მუშაობის მრავალი მოდელი შექმნეს, რომლებიც ქირურგს ოპერაციის მომზადებაში ეხმარება.

რასაც არ უნდა გამოხატავდეს მოდელი, მისი დანიშნულებაა მისაწვდომი მონაცემების ასახვა, ახალი დაკვირვებების შედეგების თავმოყრა, სამომავლო ექსპერიმენტების შედეგების წინასწარმეტყველება და იმ პროცესის ეფექტური ასახვა და წარდგენა, რომელსაც მოდელი გამოსახავს.

მეცნიერების კულტურა

მხატვრული და ანიმაციური ფილმები ხანდახან მეცნიერებს წარმოგვიდგენენ მარტოხელა სულების სახით, რომლებიც იზოლირებულ ლაბორატორიებში მუშაობენ. სინამდვილეში მეცნიერება ფრიად სოციალური სამუშაოა. მეცნიერთა უმეტესობა ჯგუფებად მუშაობს. ამ ჯგუფებში შედიან როგორც ბაკალავრები, ისე მაგისტრები.

მეცნიერებაში წარმატების მისაღწევად კარგია, თუ მეცნიერს უადვილდება ურთიერთობა (სურათი 1.31). კვლევის



▲ **სურათი 1.31. მეცნიერება და სოციალური პროცესი.** ნიუ-იორკის უნივერსიტეტის ლაბორატორიის უფროსი ბოტანიკოსი გლორია კორუჩი ასწავლის თავის ერთ-ერთ სტუდენტს მოლეკულური ბიოლოგიის მეთოდებს. შედეგილი მასალა, რომელსაც ამ სურათზე ხედავთ, დნმ-ის ფრაგმენტია. მისი თვისებები სხვადასხვა ადამიანში განსხვავებულია.

ვითადა არის ობიექტური ან უეჭვლი, მაგრამ ის განაგრძობს განვითარებას ექსპერიმენტებზე, დაკვირვებებსა და ჰიპოთეზებზე დაყრდნობით.

მეცნიერება, ცოდნა და საზოგადოება

კავშირი მეცნიერებასა და საზოგადოებას შორის უფრო მკაფიო ხდება, თუ ამ სურათში ტექნოლოგიებს ჩავრთავთ. მეცნიერება და ტექნოლოგიები ზოგჯერ კველვის მსგავს მეთოდებს მიმართავენ, მაგრამ მათი მიზანი განსხვავებულია. მეცნიერების მიზანია ბუნების ფენომენის გაგება. ტექნოლოგიები კი იყენებენ მეცნიერულ მიღწევებს კონკრეტული მიზნებისთვის. ბიოლოგები და სხვა მეცნიერები საუბრობენ აღმოჩენებზე, ტექნოლოგები კი — გამოგონებებზე. ამ გამოგონებებით სარგებლობენ მეცნიერები. ისინი იყენებენ ახალ ტექნოლოგიებს თავიანთ მუშაობაში. სისტემურ ბიოლოგიაში ინფორმაციული ტექნოლოგიების მნიშვნელობა ამის ერთ-ერთი მაგალითია. ასე რომ მეცნიერება და ტექნოლოგიები ერთმანეთზე დამოკიდებულიები.

მეცნიერებისა და ტექნოლოგიის მყარი ერთიანობას უდიდეს გავლენას ახდენს საზოგადოებაზე. მაგალითად, 50 წლის წინ უოტსონის და კრიკის მიერ დნმ-ის სტრუქტურის

შედეგები არ იქნება აღიარებული, ვიდრე მას სხვა მეცნიერებს არ გააცნობენ სემინარების, პუბლიკაციებისა და ვებსაიტების მეშვეობით.

სამეცნიერო საზოგადოებისთვის დამახასიათებელია კოოპერაცია და შეჯიბრი. მეცნიერები, რომლებიც ერთ საკითხზე მუშაობენ, ხშირად ამონებენ ერთმანეთის შედეგებს დამატებითი დაკვირვებებით ან ექსპერიმენტებით. როცა რამდენიმე მეცნიერი იკვლევს ერთ და იმავე საკითხს, სახეზეა შეჯიბრის ყველა შემადგენელი ნაწილი. მეცნიერებს ახარებს, თუ პირველებმა მიაღწიეს შედეგებს მნიშვნელოვანი ექსპერიმენტის ან აღმოჩენის დროს.

ბიოლოგების საზოგადოება მეცნიერთა დიდი საზოგადოების ნაწილია. ის დროის შესაბამისად იცვლება. მაგალითად, კარიერის გაკეთების შესაძლებლობების გაზრდამ გაზარდა ბიოლოგიაში მომუშავე ქალების რიცხვი, რაც, თავის მხრივ, მოქმედებს ზოგ მეცნიერულ მიმართულებაში კვლევების ხასიათზე. რამდენიმე ათწლეულის წინათ ბიოლოგები ცხოველების რეპროდუქციული ქცევის შესწავლისას ძირითადად იკვლევდნენ მამრების კონკურენციას მდედრის დასაუფლებლად. ბოლო კვლევებში კი ხაზგასმულია მდედრის მნიშვნელოვანი როლი მამრის შერჩევაში. მაგალითად, ფრინველთა მრავალ სახეობაში დედლები ირჩევენ მამლებს მათი კაშკაშა შეფერილობის მიხედვით. მკვეთრი შეფერილობა გამრავლების კარგი უნარისა და სიჯანსაღის მაჩვენებელია, რაც მდედრისთვის ჯანსაღი შთამომავლობის გაჩენის გარანტიაა.

ზოგიერთი ფილოსოფოსი ამტკიცებს, რომ მეცნიერება მოიქცა კულტურისა და პოლიტიკის გავლენის ქვეშ და „ბუნების შემეცნების“ სხვა გზებთან შედარებით დაკარგა ობიექტურობა. მეორე მხარეს არიან ექსტრემისტები რომელთა აზრით მეცნიერული თეორია დაკანონებული უნდა იყოს და ბუნების შემეცნების სხვა გზები უნდა გამოირიცხოს. სინამდვილეში რეალობა სადღაც შუაშია – მეცნიერება იმ-



▲ **სურათი 1.32. დნმ ტექნოლოგიები და დანაშაულის გამოძიება.** გამოძიებლებს დანაშაულის გამოძიებისას შეუძლიათ მსხვერპლის ან დამნაშავის სისხლიდან ან სხეულის ქსოვილებიდან გამოყოფონ დნმ და მიიღონ მოლეკულური „ანაბეჭდები“. შედეგილი „ზოლები“, რომლებსაც ამ სურათზე ხედავთ, დნმ-ის ფრაგმენტებია. ამ ფრაგმენტების სტრუქტურა ყველა ადამიანში განსხვავებულია.

დადგენამ და ღწმ-ის გენების გაშიფრვამ შექმნა ახალი მიმართულება — საინჟინრო გენეტიკა, რომელმაც შეცვალა მრავალი მიმართულება: მედიცინა, სოფლის მეურნეობა და მეტყევეობა (სურათი 1.32). უოტსონი და კრიკი ალბათ ფიქრობდნენ, რომ მათ აღმოჩენას დიდი გავლენა ექცენება ცხოვრებაზე, მაგრამ ძნელი წარმოსადგენია სცოდნოდან ამ გავლენის მასშტაბები. ტექნოლოგიების განვითარების მიმართულებები იმდენად არ არის დამოკიდებული ცნობისმოყვარეობაზე, რომელიც განაპირობებს ფუნდამენტური მეცნიერების განვითარებას, რამდენადაც ადამიანების მოთხოვნებსა და საზოგადოების მდგომარეობაზე დროის კონკრეტულ მონაკვეთში. დებატები ტექნოლოგიაში ძირითადად ეხება იმას „უნდა გავაკეთოთ ეს, თუ არა“, ვიდრე „შეიძლება თუ არა ამის გაკეთება“. ტექნოლოგიურ მიღწევებთან ერთად გაჩნდა რთული არჩევანი. მაგალითად, რა შემთხვევებში შეიძლება ღწმ-ის ტექნოლოგიის გამოყენება ადამიანის მემკვიდრეობითი დაავადებების გამოსავლენად? ეს ტესტირება ყოველთვის ნებაყოფლობითი უნდა იყოს, თუ არსებობდეს ისეთი შემთხვევები, როცა ის სავალდებულო უნდა გახდეს? სადაზღვევო კომპანიებს და სამსახურის ხელმძღვანელობას უნდა ჰქონდეს თუ არა უფლება ამ ინფორმაციის გამოყენებისა, ისევე როგორც სხვა ინფორმაციის ჯანმრთელობის შესახებ?

ეს ეთიკური პრობლემები ისევე ეხება პოლიტიკას, ეკონომიკასა და კულტურას, როგორც მეცნიერებასა და ტექნოლოგიებს. მეცნიერებსა და ინჟინრებს ევალებათ პოლიტიკოსების, ბიუროკრატების, კორპორაციის ლიდერებისა და სხვა ადამიანების განათლება იმაზე, თუ როგორ მუშაობს მეცნიერება და რა პოტენციური საშიშროება და პოტენციური წარმატება მოაქვს კონკრეტულ ტექნოლოგიებს. მეცნიერება-ტექნოლოგია-საზოგადოებას შორის რთული კავშირის განხილვა ნებისმიერი ბიოლოგიის კურსის მნიშვნელობას ზრდის.

ჯანცოცხლა შიმშილმა 1.5

1. დაწერეთ წინადადება რომელიც აკავშირებს ორ თემას „მეცნიერული კვლევა“ და „მეცნიერება, ტექნოლოგია და საზოგადოება“.

ჯანცოცხლა 1.6

თემები, რომლებიც ბიოლოგიის ჯანცოცხლათა საფუძვლს ქმნიან

ბიოლოგია სხვა მეცნიერებებთან შედარებით მეტ დისციპლინათა ცოდნას ითხოვს, ნაწილობრივ ცოცხალი სისტემების სირთულის გამო, ნაწილობრივ კი იმიტომ, რომ ბიოლოგიაში გაერთიანებულია რამდენიმე მეცნიერება. ბიოლოგისთვის აუცილებელია ქიმიის, ფიზიკის ადა მათემატიკის ცოდნა. თანამედროვე ბიოლოგია მრავალდარგიან სპორტს მოგვავაგონებს (ათჟიღს?) საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში. სხვა მეცნიერებებთან შედარებით ბიოლოგია ყველაზე უფრო დაკავშირებულია ჰუმანიტარული და სოციალურ მეცნიერებებთან. თუ შესასწავლად ბიოლოგიას აირჩევთ, თქვენ ნამდვილად „საჭირო ადგილზე საჭირო დროს“ აღმოჩნდებით.

არა აქვს მნიშვნელობა, რამ მოგიყვანათ ბიოლოგიაში, თქვენ ყველა შემთხვევაში აღმოაჩენთ, რომ სიცოცხლის შესწავლა საოცრად მიზიდველი და საინტერესოა. მაგრამ ეს მუდმივად ცვალებადი საგანი ხანდახან პროფესიონალ ბიოლოგებსაც აშინებს. როგორ უნდა შეძლოს დამწყებმა სტუდენტმა სიცოცხლეზე ლოგიკური წარმოდგენის ჩამოყალიბება იმის მაგივრად, რომ უიმედოდ შეეცადოს ამ საგნში არსებული მრავალი დეტალის დამახსოვრებას? ერთი გამოსავალია ნასწავლი მასალის თემებად გაერთიანება, (რომლებიც მთელ ბიოლოგიაზე ვრცელდება) და სიცოცხლეზე ბიოლოგიური (მეცნიერული) აზროვნების ჩამოყალიბება. ეს გამოგადგებათ ათწლეულების მერეც, როცა სახელმძღვანელოებში დაფიქსირებული კონკრეტული ინფორმაცია დაძველდება და დავიწყებას მიეცემა. 1.1 ტაბულაზე მოცემულია ზოგადი თემების ჩამონათვალი, რომლებზეც ამ თავშიც იყო ლაპარაკი. ამ თემებს ჩვენს წიგნში კვლავ დავუბრუნდებით. მათი გაცნობა სიცოცხლის შესწავლაში და სიცოცხლის შესახებ საკუთარი კითხვების ჩამოყალიბებაში დაგეხმარებათ.