

თავი II

ნიუტონის მექანიკის ტრიუმფი. „სითბომზადის“ თეორია და მისი მარცხი. სითბური მოვლენები და კლასიკური მექანიკა. ენერჯისა და მასის შენახვის კანონები და მატერიალისტური დიალექტიკა. მექანიციზმი. ელექტრული და მაგნიტური მოვლენების მექანიკური თვალსაზრისით ახნის ცდები. ნიუტონი სინათლის კორპუსკულური ბუნების შესახებ. სინათლის ტალღური ბუნება. ეთერი, როგორც სინათლის გავრცელების ჰიპოთეზურ-მატერიალური საფუძველი

ნიუტონის მექანიკა უდიდესი გადატრიალება იყო ბუნებათმცნიერების განვითარების ისტორიაში: თავიანთი აღმოჩენებით გალილეიმ და ნიუტონმა დაასრულეს ის მრავალსაუკუნოვანი კვლევა, რომელიც მატერიის მოძრაობის უმარტივესი ფორმის, მექანიკური პროცესის ირგვლივ მიმდინარეობდა. ნიუტონის გენიალური, ნათელი და ლოგიკურად შესანიშნავად ჩამოყალიბებული თეორია გარკვეულ წარმოდგენებს იძლეოდა ძალის, მასის, დროისა და სივრცის შესახებ და ქმნიდა სხვადასხვა კონკრეტული ამოცანის გადაჭრის შესაძლებლობას მექანიკასა და ასტრონომიაში. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი, რომელიც სრულიად ახალ ასპექტში წარმოგვიდგენდა სამყაროს, ბადებდა აზრს ნიუტონის კანონების ფიზიკის ყველა სფეროში გამოყენების შესახებ.

ნიუტონის მექანიკის ავტორიტეტი დღითიდღე იზრდებოდა; პროცესები, რომელნიც ყოველდღიურ ცხოვრებაში დაიკვირვებოდა, დამაკმაყოფილებლად იხსნებოდა ამ თეორიის მიხედვით; ხოლო მას შემდეგ, რაც ნიუტონის მექანიკის ძირითადი ცნებები გამოყენებულ იქნა სითბური მოვლენების აღწერის საქმეში, აზრი ამ თეორიის უნივერსალურობის შესახებ კიდევ უფრო მეტად გაიზარდა.

თავის მხრივ, სითბური მოვლენის შესწავლას უდიდესი ისტორია აქვს. მექანიკური პროცესების გვერდით, ადამიანმა უკვე ანტიკური ხანიდან მიაქცია ყურადღება იმ ფაქტს, რომ ბუნებაში სხეულები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან სითბოს და სიცივის მიხედვით; მაგრამ მხოლოდ ამ განსხვავების შემჩნევა არ იყო საკმარისი სითბური მოვლენების დასახასიათებლად, ეს გზა ჩვენს შეგმნებებზეა დამოკიდებული და არაზუსტ ხასიათს ატარებს. ასე მაგალითად, ორი ადამიანი რომ შევიდეს ერთ და იმავე ოთახში, ერთს შესაძლოა შესცივდეს, მეორეს კი – პირიქით, ეს დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორ გარემოში იმყოფებოდნენ ისინი ამ ოთახში შესვლის წინ. ასეთი სუბიექტური ორაზროვნებისგან გვათავისუფლებს თერმომეტრი, რადგანაც სხეულის გამთბარობის ხარისხი განისაზღვრება ამ დროს თერმომეტრთან მიმართებაში. თერმომეტრის პირველი მარტივი მოდელი შექმნა

გალილეიმ. საჭიროა აღინიშნოს, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც თერმომეტრის საშუალებით ვსაზღვრავთ ამა თუ იმ სხეულის გათბობის ხარისხს, არ იქნება სწორი ვიფიქროთ, რომ ამ სხეულს და თერმომეტრს გააჩნიათ თითქოს სითბოს ერთი და იგივე რაოდენობა. საქმე ისაა, რომ სხვადასხვა ნივთიერებებისა და სხვადასხვა სხეულების გათბობის ერთი და იმავე ხარისხის მისაღწევად საჭიროა სითბოს სხვადასხვა რაოდენობა. სწორედ ამ ფაქტის გამოსახატავად შემოიტანეს „ხვედრითი სითბოტევადობის“ ცნება.

ცდები გვიჩვენებს, რომ ბუნებაში ადგილი აქვს სითბოს გადასვლას მეტად თბილი სხეულიდან ნაკლებად თბილ სხეულში. ასე მაგალითად, თუ ავიღებთ რკინის ორ ღეროს და ერთს გავახურებთ მაღალ ტემპერატურამდე, ხოლო მეორეს დავტოვებთ იმავე ტემპერატურაზე და მოვათავსებთ შემდეგ ერთმანეთზე, რამდენიმე ხნის შემდეგ მათი ტემპერატურები გათანაბრდება. ამის მსგავსი მოვლენები ხშირად გვხვდება ყოველდღიურ ცხოვრებაში. სწორედ მათ გამო წარმოიშვა ინტერესი ერთი სხეულიდან მეორეში სითბოს გადასვლის მექანიზმის გარკვევის მიმართ.

სხეულზე სითბოს გარკვეული რაოდენობის გადაცემით ან წართმევით იცვლება მისი შინაგანი ენერგია, რომელიც სხეულის შემადგენელი მოლეკულებისა და ატომების მოძრაობით განისაზღვრება. ე. ი. სხეულის შინაგანი ენერგია შეიძლება შეიცვალოს იმისდა მიხედვით, თუ რა პირობებში იქნება მოთავსებული სხეული. თუ სხეული იზოლირებულ მდგომარეობაშია, მაშინ იგი თავის ტემპერატურას უცვლელად შეინარჩუნებს. ამ პრინციპზეა აგებული მაგალითად, თერმოსი.

ამრიგად, ის, რომ სხეულის შინაგანი ენერგია იცვლება, როდესაც სითბო გადადის ერთი სხეულიდან მეორეში, ემპირიული ფაქტია. ბუნებრივია, ისმება კითხვა სითბურ მოვლენათა არსის შესახებ. საინტერესოა, სხეულში შინაგანი ენერგიის ცვლილებასთან ერთად რა ცვლილებებს აქვს კიდევ ადგილი.

სითბური მოვლენების პირველი სერიოზული შესწავლა დაიწყო გალილეის პერიოდიდან; დაკვირვებებმა უჩვენა, რომ სხეულში სითბოს რაოდენობის გაზრდა არ იწვევს მისი მასის გაზრდას, რადგანაც გახურებამდე და გახურების შემდეგ სხეულები ერთსა და იმავეს იწონიან; რომ ავიღოთ, მაგალითად, რკინის ნაჭერი, ავწონოთ იგი, შემდეგ გავახუროთ და ისევ ავწონოთ, წონაში ვერავითარ განსხვავებას ვერ აღმოვაჩინოთ. ამ გარემოებამ განაპირობა აზრი ერთგვარი უწონადო სითბის, ე. წ. „სითბომზადის“ არსებობის შესახებ. ამ ჰიპოთეზის მიხედვით, რომელიც პირველად გალილეიმ წამოაყენა, ითვლებოდა, რომ არსებობს თავისებური სახის, უწონადო და უფორმო ნივთიერება, რომელსაც შეუძლია გადასვლა ერთი სხეულიდან მეორეში და რომლის რაოდენობაც სხეულში განაპირობებს ამ უკანასკნელის გათბობის ხარისხს. ასეთი თვალსაზრისი სითბოს შესახებ გაბატონებული იყო მთელი მეთვრამეტე საუკუნის მანძილზე.

საწინააღმდეგო აზრი სითბური მოვლენების შესახებ გამოთქმული ჰქონდა ფ. ბეკონს (1561–1626). ბეკონი უარყოფდა სითბომზადის მსგავსი რაიმე განსაკუთრებული ნივთიერების არსებობის ფაქტს და თვლიდა, რომ სითბური მოვლენების ახსნა უნდა მომხდარიყო სხეულში მყოფი უხილავი ნაწილაკების შინაგანი მოძრაობის საფუძველზე. მას პირველს ეკუთვნის აზრი იმის შესახებ, რომ სხეულის გათბობის ხარისხს განსაზღვრავს მოძრავ ნაწილაკთა სიჩქარე. ბეკონის თვალსაზრისს ემხრობოდნენ თავის დროზე ნიუტონი, რ. ბოილი (1627–1691), შემდგომ კი მ. ლომონოსოვიც (1711–1765), მაგრამ მეცნიერთა უმრავლესობა იზიარებდა მაინც ჰიპოთეზას „სითბომზადის“ არსებობის შესახებ და ამიტომაც იყო, რომ მთელი მეთვრამეტე საუკუნის განმავლობაში ძალაში დარჩა „სითბომზადის“ თეორია.

პირველ წინააღმდეგობებს ეს თვალსაზრისი წააწყდა ხახუნის საშუალებით სითბოს წარმოშობის მოვლენებთან დაკავშირებით. აშკარა იყო, რომ ხახუნი წარმოადგენდა სითბოს მიღების ამოუწურავ წყაროს; მაგრამ, თუ სითბო „სითბომზადის“ მსგავს რაიმე მატერიალურ სუბსტანციას წარმოადგენდა, მაშინ შეუძლებელი გამოდიოდა „არაფრისაგან“ სითბოს ასეთი დიდი რაოდენობით მიღების ფაქტის ახსნა. თანდათან იმაგრებდა საფუძველს აზრი სითბოს ისეთი თეორიის შესახებ, რომელიც დაკავშირებული იქნებოდა მოძრაობასთან. მოძრაობის შესახებ კი მთავარ ცოდნას ნიუტონის მექანიკა იძლეოდა. ამრიგად, მომწიფდა სითბური მოვლენების კლასიკური მექანიკის საფუძველზე ახსნის საკითხი.

ნებისმიერ მექანიკურ პროცესს ახლავს თან ხახუნის მოვლენა; ე. ი. ნებისმიერი მექანიკური პროცესის დროს სითბო წარმოიშობა. ბუნებაში არ არსებობს ხახუნისაგან თავისუფალი მექანიკური პროცესი; ამიტომ ისმება კითხვა ამ ორი სახის მოვლენის, ხახუნისა და მექანიკური პროცესის ურთიერთკავშირის ხასიათის შესწავლის შესახებ. ამ დროისათვის უკვე ცნობილი იყო მოვლენები, სადაც კინეტიკური ენერჯია გადადიოდა პოტენციურში და, პირიქით. ამის გამო, მექანიკურ პროცესებთან დაკავშირებით სითბოს წარმოშობის ფაქტმა დაბადა აზრი იმის შესახებ, რომ შესაძლოა სითბოც წარმოადგენს ენერჯიის გარკვეულ ფორმას, რომელიც კინეტიკურ და პოტენციურ ენერჯიებთან ერთად მონაწილეობს მექანიკურ პროცესში. ეს იდეა პირველად წამოაყენა გერმანელმა ექიმმა მაიერმა (1814–1878), ხოლო შემდგომ ექსპერიმენტულად დაადასტურა ჯოულმა (1818–1889). ამრიგად, დადგინდა, რომ სითბო არის ენერჯიის ახალი ფორმა, რომელიც განსხვავდება მექანიკური ენერჯიის (კინეტიკური და პოტენციური) ფორმისგან; გარკვეულ პირობებში ხდება მექანიკური ენერჯიის სითბურ ენერჯიაში გადასვლა და, პირიქით. ჯოულმა განსაზღვრა ამ ურთიერთგარდაქმნადობის ხასიათიც; მან ექსპერიმენტულად დაადგინა, რომ არსებობს სითბოს მექანიკური ეკვივალენტი, რაც ნიშნავს, რომ ყოველთვის მექანიკური ენერჯიის გარკვეული რაოდენობა გადადის სითბოს გარკვეულად შესაბამის რაოდენობაში; თანაც ხახუნის საშუალებით მიღებული სითბოს

რაოდენობა ხახუნზე დახარჯული მექანიკური ენერჯის პროპორცია. „სითბოს მექანიკური თეორიის უდავოდ დიდ მონაპოვარს წარმოადგენს, რომ მან ენერჯის შენახვის კანონი ახალი საბუთებით განამტკიცა და იგი ხელახლა წინა რიგში წამოსწია“ (1.33). „ამან კიდევ ერთხელ დაამტკიცა დამატებითი ფიზიკური მეთოდების გზით დეკარტეს დებულება, რომ სამყაროში არსებულ მოძრაობათა რაოდენობა უცვლელია“, – წერდა ფ. ენგელსი (1.16).

ჯოჯოხის მიერ სითბოს მექანიკური ეკვივალენტის დადგენას უდიდესი ევრისტიკული მნიშვნელობა ჰქონდა; ამ აღმოჩენის შემდეგ ადვილი გახდა უკვე დანახვა იმისა, რომ ბუნებაში არსებობენ ენერჯის სხვა ფორმებიც, როგორცაა: მზის ენერჯია, ელექტრული ენერჯია, ქიმიური ენერჯია და სხვ. გაირკვა ისიც, რომ ბუნებაში, სხვადასხვა მოვლენათა მიმდინარეობის დროს, ყოველთვის ადვილი აქვს ერთი სახის ენერჯის გადასვლას მეორეში, თანაც ისე, რომ ენერჯის საერთო ჯამი ამ დროს არ იცვლება.

ენერჯის მუდმივობის კანონი ამ პერიოდის უდიდესი აღმოჩენა იყო; ამ კანონმა ერთგვარად შეაკავშირა ერთმანეთისგან ერთი შეხედვით სრულიად განსხვავებული, თითქოსდა იზოლირებული პროცესები და შესაძლებელი გახდა ამით დიალექტიკურ მთლიანობაში ბუნების გააზრება. ამის გამო იყო სწორედ, რომ ფ. ენგელსი „ბუნების დიალექტიკაში“ ხაზგასმით აღნიშნავდა მატერიალისტური დიალექტიკის ჩამოყალიბების საქმეში ენერჯის შენახვის კანონის აღმოჩენის უდიდეს მნიშვნელობას.

ის ფაქტი, რომ ბუნების სხვადასხვა მოვლენებში ადვილი აქვს ყოველთვის ენერჯის ფორმათა ურთიერთგარდაქმნის პროცესს და რომ ბუნებაში არ არსებობს არც ერთი ისეთი მოვლენა, სადაც ენერჯის გარდაქმნას არ შევხვდებით, თავისთავად მიუთითებს უკვე ენერჯის ცნების უდიდეს მნიშვნელობაზე ფიზიკური პროცესებისათვის.

ამ პერიოდისათვის ცნობილი იყო შენახვის ორი კანონი: ერთი – მასის შენახვის კანონი და მეორე – ენერჯის მუდმივობის კანონი. მასის შენახვის კანონს ზოგჯერ ნივთიერების შენახვის კანონსაც უწოდებენ; ე. ი. ნივთიერების ცნება გაიგივებული იყო მასის ცნებასთან. ამ ორი კანონიდან ერთი გვეუბნებოდა, რომ ფიზიკური მოვლენების დროს ინახებოდა ნივთიერება, რომელსაც ჰქონდა წონა, ხოლო მეორე – ენერჯია, რომელსაც წონა არ გააჩნდა. იგრძნობოდა, რომ მასისა და ენერჯის შენახვის ეს კანონები ბუნების ფუნდამენტურ კანონებს წარმოადგენდა.

თუ გავაანალიზებთ მეცნიერული აზრის განვითარების ძირითად ეტაპებს, დავინახავთ, რომ მეცნიერულ აზრში მომხდარი ყოველი რევოლუციური გადატრიალება დიდ როლს ასრულებს ფილოსოფიური პოზიციის ჩამოყალიბებაში. ასე რომ, არისტოტელეს ფიზიკა, პტოლემეოსის გეოცენტრული სისტემა, არისტარხისა და კოპერნიკის ჰელიოცენტრული თეორია, გალილეის აღმოჩენები თუ

ნიუტონის მექანიკა იყო არა მხოლოდ მეცნიერული აზრის, არამედ ფილოსოფიურ შეხედულებათა უდიდესი გარდატეხის წერტილებიც. გალილეით დაიწყო არა მხოლოდ სამყაროს ახალი მეცნიერული კვლევა, რის შედეგადაც ერთმანეთს დაუკავშირდა თეორია და ექსპერიმენტი, არამედ საფუძველი ჩაეყარა აგრეთვე ახალ ფილოსოფიურ პრობლემატიკასაც. გნოსეოლოგიური ხასიათის სიმწვავე, რომელიც რაციონალისტებისა და ემპირისტების კამათს ახლდა თან, გარკვეულად განპირობებული იყო სწორედ იმდროინდელი მეცნიერული აზრით, შემთხვევითი არ იყო, რომ ლაიბნიცი (1646–1776), სპინოზას (1632–1677) რაციონალიზმიდან გამომდინარე, ხოლო ნიუტონი, მექანიკური პროცესების კვლევის გამო, მივიდნენ ერთ და იმავე აზრამდე დიფერენციალური აღრიცხვის შემოღების საჭიროების შესახებ; სწორედ იმიტომ, რომ ისინი სხვადასხვა მხრიდან მივიდნენ ამ საკითხის გადაწყვეტამდე, მათ სხვადასხვა ასპექტი წამოსწიეს წინ უსასრულოდ მცირეთა ბუნების კვლევის საკითხში.

მართალია, გალილეის მიერ ინერციის პრინციპის ჩამოყალიბების შემდეგ, ფაქტობრივად, მოხდა მეცნიერული და ფილოსოფიური აზრის ძირეული გადატრიალება, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ბუნების საგნებსა და მოვლენებზე არსებული ზოგიერთი შეხედულება, რომელსაც ჯერ კიდევ ანტიკური ხანიდან ჩაეყარა საფუძველი, დიდხანს შემორჩა კიდევ მეხსიერებაში კაცობრიობის აზროვნებას. ასე მაგალითად, თავის დროზე მთელი ნატურფილოსოფია მიმართული იყო იქით, რათა ბუნების საგნებისა და მოვლენების ახსნა დაეყვანა მარტივ, ფუნდამენტურ საწყისთა კვლევაზე. ეს მარტივი, ელემენტარული საწყისები განიხილებოდნენ ყოველივე არსებულის მიზეზებად. სამყაროს ახსნის ასეთი იდეა ყველაზე მკაფიოდ იყო გამოთქმული დემოკრიტეს ატომიზმში და შემდგომ სხვადასხვა ფორმით თითქმის დღევანდელობამდე იქნა შენარჩუნებული. ყველაზე აქტიურად ამ პოზიციამ მექანიკური პროცესების შესწავლის დროს იჩინა თავი; მაგრამ უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ადამიანის გონება უკვე ადრეული პერიოდიდანვე ჩასწვდა იმ ფაქტს, რომ მექანიკური მოვლენები არ წარმოადგენდნენ ბუნებაში არსებულ მოვლენათა ერთადერთ სახეს, რომ არსებობენ სხვა ტიპის მოვლენებიც; ჩვენ არ შევხებით ახლა დისკუსიებს ამ საკითხის ირგვლივ, მათ გარკვეული წვლილი შეიტანეს ფიზიკის განვითარების ისტორიაში, აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ ყველა სახის ფიზიკური მოვლენის განხილვის დროს მთელი ორი ათასი წლის მანძილზე, არისტოტელედან დაწყებული და შემდგომ, შენარჩუნებული იყო დემოკრიტესეული პოზიცია ბუნების მოვლენათა ელემენტარული საწყისის საფუძველზე ახსნის შესახებ; ოღონდ ეს „საწყისი“ სხვადასხვა შემთხვევაში სხვადასხვანაირად იყო გაგებული.

მექანიკურ პროცესებში, ანტიკური ხანიდან დაწყებული, მოძრაობის მთავარ მიზეზად აღიარებული იყო ძალა. მოხდა ისე, რომ ნიუტონის მექანიკამაც მოვლენათა ახსნის მთავარ ფაქტორად ისევ ძალა შემოიტანა – ძალა, რომელიც ყოველთვის

მიმართული იყო ურთიერთმოქმედ სხეულთა შემაერთებელ სწორზე და დამოკიდებული იყო მათ შორის არსებულ მანძილის კვადრატზე (მსოფლიო მიზიდულობის კანონი). ასეთი ძალა, რომლის რეალური არსებობის ფაქტი შესანიშნავად დასტურდებოდა ექპერიმენტით, მართალია, პრინციპულად განსხვავდებოდა ანტიკური ხანიდან შემოტანილი ძალის ცნებისაგან, მაგრამ იძლეოდა ფიზიკურ პროცესთა ძალზედ მოხერხებული და მარტივი აღწერის გარანტიას და ქმნიდა დემოკრიტესეული თვალსაზრისის შენარჩუნების საფუძველს. სწორედ ამ გარემოებამ განაპირობა ის, რომ გაჩნდა ბუნებაში არსებული ყველა მოვლენის ნიუტონის ძალის ცნების საშუალებით ახსნის ტენდენცია და ყურადღება აღარ მიექცა იმას, თუ რაოდენ იყო ასეთი ახსნა შესაძლებელი ნებისმიერი პროცესის შემთხვევაში; დიდი იყო სურვილი იმისა, რომ ნიუტონის ძალა ყოფილიყო ბუნებაში მოქმედი ერთადერთი ტიპის ძალა და შესაძლებელი ყოფილიყო ყველა მოვლენის ნიუტონის მექანიკის საშუალებით აღწერა. ბუნების ერთფეროვნების შესახებ ასეთმა პოზიციამ განაპირობა მექანიკური თვალსაზრისი ფილოსოფიაში, რომელსაც მეცნიერული აზრის შემდგომ განვითარებასთან ერთად აუცილებელი მარცხი ელოდა.

მაგრამ სითბური მოვლენების შესწავლასთან დაკავშირებით ჯერ კიდევ არ გამომჟღავნებულა მექანიკური თვალსაზრისის ნაკლი. პირიქით, სითბური პროცესები დაემორჩილა ნიუტონისეულ წარმოდგენებს მოძრაობაზე; გაირკვა, რომ გაზის გათბობის ხარისხი პირდაპირპროპორციულია მისი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგიისაა. ე. ი. სითბო მექანიკური ენერგიისაგან განსხვავებული რაღაც ახალი ფორმა კი არ არის, არამედ წარმოადგენს მოძრავ მოლეკულათა კინეტიკურ ენერგიას. ამრიგად, კინეტიკური თეორიის თანახმად, სხეულის ნებისმიერ ტემპერატურას შეესაბამება მისი მოლეკულების სრულიად განსაზღვრული საშუალო კინეტიკური ენერგია, რომელიც არის მისი ტემპერატურის ზომა. რა თქმა უნდა, ამ ფაქტმა კიდევ უფრო მეტად გაუსვა ხაზი ნიუტონის მექანიკის როლს სამყაროს სურათის აგების საქმეში და გააძლიერა რწმენა კლასიკური ფიზიკისადმი. პრაქტიკული დადასტურება, რომელიც აირთა კინეტიკურმა თეორიამ პოვა, მიღებულ იქნა, როგორც ნიუტონის მექანიკის უნივერსალური ხასიათის მაჩვენებელი ფაქტი. ამ თეორიის საშუალებით კარგად აიხსნა აირებთან და სითხეებთან დაკავშირებული მთელი რიგი მოვლენები. მათ შორის ყველაზე საინტერესო იყო ბროუნის მოძრაობა. ეს მოძრაობა აღმოაჩინა ინგლისელმა ბოტანიკოსმა რ. ბროუნმა (1773–1858), რომელიც მიკროსკოპის საშუალებით აკვირდებოდა მტვრის ნაწილაკების მოძრაობას წყალში. ამ დაკვირვებების დროს ბროუნმა შენიშნა, რომ მტვრის ნაწილაკები ძალზედ ქაოსურად მოძრაობდნენ; კინეტიკური თეორიის საშუალებით შესაძლებელი გახდა ამ ქაოსური მოძრაობის მიზეზის ახსნა. საქმე ისაა, რომ მტვრის ნაწილაკთა მოძრაობა ფაქტიურად არის სითხის მოლეკულათა ქაოსური მოძრაობის განმეორება. თვით სითხის მოლეკულები

მიკროსკოპის ქვეშ არ დაიკვირვება, მაგრამ ისინი ეჯახებიან მტვრის ნაწილაკებს, რომელნიც მიკროსკოპის ქვეშ კარგად ჩანან და იწვევენ მათ მოძრაობას. ამრიგად, მტვრის ნაწილაკთა მოძრაობა ქმნის სითხის მოლეკულათა მოძრაობის თვალსაჩინო მაგალითს; ე. ი. ბროუნის ნაწილაკებზე დაკვირვება საშუალებას გვაძლევს წარმოდგენა ვიქონიოთ სითხის მოლეკულათა მოძრაობის ხასიათზე. ბროუნის ეს მოძრაობა კინეტიკური თეორიის შესანიშნავი დადასტურებაა.

კინეტიკური თეორია ნიუტონის მექანიკის აშკარა გამარჯვება იყო. იგი ამართლებდა აზრს ბუნებაში ყველა მოვლენის მექანიკური თვალსაზრისით ახსნის შესაძლებლობის შესახებ. ერთ-ერთი ძირითადი მომენტი, რომელიც ამ პოზიციას ახლდა თან, იყო მოვლენათა შორის არსებული მიზეზობრივი კავშირის შესახებ ჩამოყალიბებული აზრი, რომელიც გამომდინარეობდა იქიდან, რომ ნიუტონის მექანიკა საშუალებას იძლევა ზუსტად განისაზღვროს ნებისმიერი მოძრავი სხეულის მომავალი მდებარეობა, თუკი ცნობილი იქნება მოძრაობის საწყისი პირობები და სხეულზე მოქმედი ძალა. ამ გზით ხდება, მაგალითად, პლანეტათა მდებარეობის წინასწარმეტყველება, რასაც ცდაც ადასტურებს. ასევე, სხვა მექანიკური პროცესების დროსაც შეგვიძლია ვიწინასწარმეტყველოთ მომავალი. კინეტიკურმა თეორიამაც არ დაარღვია კლასიკური მექანიკის ეს წარმოდგენები მიზეზობრიობის შესახებ; აღმოჩნდა, რომ სითხური მოვლენები ისეთივე სპეციფიკით მიმდინარეობს, როგორც მექანიკური პროცესები. ამან, რა თქმა უნდა, კიდევ უფრო მეტად განამტკიცა რწმენა ბუნების მოვლენათა ერთგვაროვნების შესახებ, კერძოდ, მომავლის ზუსტი წინასწარმეტყველების ასპექტში.

ნიუტონის მექანიკის უნივერსალურობის საკითხი საფუძვლიანი ეჭვის ქვეშ დადგა მხოლოდ ელექტრობის შესწავლასთან დაკავშირებით. მაგნეტიზმისა და ელექტრობის საფუძვლიანი კვლევა პირველად დაიწყო ვ. გილბერტმა (1540–1603) და ამ კვლევის საფუძველზე აღიარა შემდგომ ბუნებაში ახალი ძალის, ელექტრული ძალის, არსებობის ფაქტი. 30 წლის შემდეგ ამ მიმართულებით კვლევა გააგრძელა ა. კირხერმა (1601–1680), მაგრამ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი შედეგები ამ კვლევას არ მოჰყოლია. სამაგიეროდ, საგრძნობი წვლილი ელექტრობის საკითხების კვლევაში შეიტანა გერმანელმა ფიზიკოსმა ო. გერიკემ (1602–1682), რომელმაც ემპირიულად დაადგინა ელექტრული ურთიერთქმედების (მიზიდვა-განზიდვა) არსებობა და გარკვეული მოსაზრებები გამოთქვა ელექტრული გამტარობისა და ელექტრული ინდუქციის თაობაზე. მათ შემდეგ ინგლისელმა მეცნიერმა რ. ბოილმა (1627–1691) დაადგინა, რომ ელექტრობის მატარებელი არის ბუნებაში ყველა სხეული და რომ ელექტრული მოვლენები დაიკვირვება სიცარიელეშიც.

1750–1780 წლებში განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო ელექტრულ მოვლენათა კვლევის საკითხს. წარმოიშვა აზრი, რომ ელექტრობის ერთი სხეულიდან მეორეში გადასვლა და ორგვარი სახის (დადებითი და უარყოფითი) ელექტრობის

არსებობა აეხსნათ ე. წ. „ელექტრული სითხის“ ცნების საშუალებით. იმის გამო, რომ სხეულის მასა დამუხტულ და დაუმუხტავ მდგომარეობაში ერთი და იგივე იყო, დაუშვეს, რომ ელექტრული სითხე, „სითბომბადოს“ მსგავსად, უწონადო ნივთიერებას წარმოადგენდა. ელექტრული სახეების არსებობის დაშვების საფუძველზე კარგად იხსნებოდა როგორც სხეულის ელექტრულად ნეიტრალური მდგომარეობა (ეს ნიშნავდა იმას, რომ სხეულში ორივე სითხის რაოდენობა ტოლი იყო), ასევე განზიდვისა (ე. ი. ორივე სხეულში ერთი და იმავე სახის სითხეა) და მიზიდვის (სხეულებში სხვადასხვა სახის სითხეა) მოვლენები. ამ თვალსაზრისიდან გამომდინარე, გამტარებად ითვლებოდა სხეულები, რომელთა შიგნითაც ელექტრულ სითხეებს შეეძლო თავისუფალი მოძრაობა, ხოლო იზოლატორებად ისინი – რომლებშიც ეს სითხეები ვერ იმოძრაებდა. ის მარტივი ემპირიული მონაცემები, რომელნიც ამ პერიოდისთვის ელექტრულ მოვლენათა სფეროში დაიკვირვებოდა, კარგად იხსნებოდა აღნიშნული მოსაზრებების საფუძველზე. ასე რომ, პირველ ხანებში (ისევე, როგორც თავის დროზე სითბომბადის თეორია) აზრი ელექტრული სითხეების არსებობის შესახებ პრინციპული ხასიათის წინააღმდეგობებს არ შეხვედრია. მხოლოდ გარკვეული დროის შემდეგ გამოჩნდა წინააღმდეგობის მომცველი ემპირიული ფაქტები.

ამკარაა, რომ ელექტრული სითხეების არსებობის დაშვება გამოწვეული იყო ნიუტონის მექანიკის საფუძველზე ელექტრული მოვლენების ახსნის სურვილით. მაგრამ, რადგანაც მექანიკურ პროცესთა ხასიათი განპირობებული იყო ნიუტონის მიერ შემოტანილი მიზიდულობის ძალის სპეციფიკით, ამიტომ აპრიორულად მიიღეს, რომ ელექტრული ურთიერთქმედების ძალასაც იგივე ბუნება უნდა ჰქონოდა, რაც ძალას გრავიტაციული მიზიდულობის შემთხვევაში. ეს აზრი კიდევ უფრო მეტად განმტკიცდა მას შემდეგ, როდესაც შ. კულონის (1736–1806) მიერ დადგინდა დამუხტულ სხეულებს შორის მოქმედი ელექტრული ძალის ხასიათი:

$F = \frac{e_1 e_2}{r^2}$ და აღმოჩნდა, რომ იგი ნიუტონის გრავიტაციული მიზიდულობის ძალის

განსაზღვრების ანალოგიურია: $F = \gamma \frac{\mu_1 \mu_2}{r^2}$; ე. ი. გამოვიდა, რომ როგორც გრავიტაციული მიზიდულობის, ასევე ელექტრული ურთიერთქმედების შემთხვევაში, ძალა დამოკიდებულია მანძილის კვადრატზე. მაგრამ ელექტრული და გრავიტაციული ძალების ამ მსგავსების გვერდით, მათ შორის განსხვავებაცაა. პირველ რიგში, ეს განსხვავება გამოიხატება იმაში, რომ ელექტრულ ურთიერთქმედებას გააჩნია არა მხოლოდ მიზიდულობის, არამედ განზიდულობის ხასიათიც; მაშინ როდესაც, გრავიტაციული ურთიერთქმედება მხოლოდ მიზიდულობით ხასიათდება. გარდა ამისა, გრავიტაციას ყოველთვის და ყველგან აქვს ადგილი, ელექტრული ურთიერთქმედება კი დაიკვირვება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სხეულები დამუხტულნი იქნებიან. ასე რომ, სრული იგივეობრიობა მათ შორის არ არსებობს.

მართალია, პირველ ხანებში, როგორც აღვნიშნეთ, მექანიკის პრინციპების საფუძველზე ელექტრული და მაგნიტური მოვლენების ახსნა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი სახის წინააღმდეგობებს არ წაწყდომია, მაგრამ მაინც იგრძნობოდა, რომ მექანიციზმს ელექტრობისა და მაგნეტიზმის სფეროში უჭირდა. მიუხედავად ამისა, ნიუტონის მექანიკის ავტორიტეტი იმდენად დიდი იყო, რომ ისევ რჩებოდა რწმენა მის საფუძველზე ამ მოვლენათა ახსნის შესაძლებლობის შესახებ. მექანიკურმა თვალსაზრისმა განაპირობა იმ პერიოდისათვის ე. წ. „მექანიკური მატერიალიზმი“, თავისებური გამოვლენა პოვა კანტის მეტაფიზიკაში, გარკვეულად აისახა მეტაფიზიკური მატერიალიზმის სხვადასხვა ფორმაში და ცალკეული მომენტებით ზოგჯერ თავს იჩენს დღესაც.

ელექტრობის შესახებ ცოდნის განვითარებასთან ერთად იზრდებოდა სამყაროს მექანიკური სურათის წინაშე წამოჭრილ წინააღმდეგობათა რიცხვი. პირველი სერიოზული წინააღმდეგობანი გამოჩნდნენ ელექტრული დენის აღმოჩენასთან ერთად. მექანიკური თვალსაზრისის მიხედვით, ითვლებოდა, რომ ყველა სახის ურთიერთქმედება ბუნებაში დამოკიდებულია ძალაზე, რომელიც განისაზღვრება ურთიერთმოქმედ სხეულთა შორის არსებული მანძილით და მიმართულია ამ სხეულთა შემაერთებელ სწორზე (ან მიზიდულობა, ან განზიდულობა) გრავიტაციის, ელექტროსტატიკისა და მაგნეტიზმის ძალებს გააჩნდათ სწორედ ასეთი ხასიათი; ისინი ემორჩილებოდნენ ნიუტონისა და კულონის კანონებს. რაიმე სხვა ტიპის ძალას ამ პერიოდისათვის არ იცნობდნენ.

სიახლე დაიწყო ფარადეის, მაქსველისა და ჰერცის შრომებით (1800–1890), როდესაც გაირკვა ბუნებაში სხვა ძალის არსებობის ფაქტი. ეს ძალა ახასიათებს დენიანი გამტარის რგოლისა და მის შიგნით მოთავსებული მაგნიტური ისრის ურთიერთქმედებას. აღმოჩნდა, რომ, თუ დენიანი გამტარის რგოლში მოვათავსებთ მაგნიტურ ისარს, მაშინ მასზე მოქმედებს ძალა, რომელიც გამტარის მდებარეობის სიბრტყის პერპენდიკულარულად იქნება მიმართული. ასეთი ტიპის ურთიერთქმედება ახალი ტიპის ურთიერთქმედებას წარმოადგენს. ექსპერიმენტი მიუთითებს იმაზე, რომ ძალა ამ დროს არ არის მიმართული გამტარის მონაკვეთებისა და მაგნიტური ისრის დიპოლების შემაერთებელ სწორზე (როგორც ეს უნდა ყოფილიყო კლასიკური წარმოდგენების მიხედვით), არამედ პერპენდიკულარულია დენიანი გამტარისა. ე. ი. მიმართულების მიხედვით, ეს ძალა ახალი ტიპისაა. აღმოჩნდა, რომ იგი სიდიდის მიხედვითაც თავისებურ ხასიათს ამჟღავნებს. ასე მაგალითად, თუ მექანიკური ძალები დამოკიდებული არიან მხოლოდ ურთიერთმოქმედ სხეულთა შორის არსებულ მანძილზე, ამ ახალი ტიპის ძალის სიდიდე დამოუკიდებელი იქნება ელექტრული მუხტის მოძრაობის სიჩქარეზე. აღმოჩნდა კიდევ ერთი ახალი ემპირიული ფაქტი: კერძოდ, გაირკვა, რომ თუ ნებისმიერ დამუხტულ ბურთულას დავატრიალებთ წრეწირზე, მაშინ ამ

წრეწირის ცენტრში მოთავსებულ მაგნიტურ ისარზე იმოქმედებს ძალა (ისევე, როგორც დენიანი გამტარის შემთხვევაში), რომლის სიდიდე მით მეტია, რაც მეტი იქნება მუხტის მოძრაობის სიჩქარე. ეს ორი ფაქტორი, ძალის მიმართულების ხასიათი და სიდიდით სიჩქარისაგან მისი დამოკიდებულება, მეტყველებს იმაზე, რომ საქმე გვაქვს ახალი ტიპის ურთიერთქმედებასთან. პირველ ხანებში უჭირდათ მაინც უარი ეთქვათ კლასიკური მექანიკის უნივერსალურ ხასიათზე; ნიუტონის პრინციპების საფუძველზე დანახული ბუნება მარტივი ჩანდა და გასაგები, მაგრამ როგორი დიდიც არ უნდა იყოს ჩვენი სურვილი, შევინარჩუნოთ ძველი პრინციპები ახალი მოვლენების ახსნისას, მაინც, თუ ეს პრინციპები არ გამოხატავენ ამ ახალ მოვლენათა ნამდვილ არსს, ადრე თუ გვიან მოგვიხდება მათზე უარის თქმა. ასე მოხდა ამ შემთხვევაშიც. გაირკვა, რომ ელექტრული მოვლენები თვისებრივად ახალ მოვლენებს წარმოადგენს და ამის გამო არავითარ შემთხვევაში არ მოხერხდება მათი ჩატევა კლასიკურ წარმოდგენებში; ამაზე აშკარად მეტყველებდა ახალი და ახალი ემპირიული ფაქტები.

ერთ-ერთ სერიოზულ ამოცანად ამ დროისათვის დადგა სინათლის გავრცელების ხასიათის გარკვევის საკითხი. როგორია სინათლის გავრცელების ბუნება, არის იგი მყისიერი, თუ მიმდინარეობს დროში ისევე, როგორც სხვა მოძრაობები? ყოველდღიური დაკვირვებებიდან გამომდინარე შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ სინათლე ვრცელდება მყისიერად. ასე მაგალითად, ჭექა-ქუხილის დროს, როგორც წესი, დამკვირვებელი გაცილებით უფრო ადრე იღებს სინათლის შეგრძნებას, ვიდრე ბგერისას. თუმცა ეს მოვლენა შეიძლება აიხსნას იმითაც, რომ სინათლის გავრცელების სიჩქარე მეტია ბგერის გავრცელების სიჩქარეზე.

პირველად, სინათლის სიჩქარის განსაზღვრის გზა მოგვცა გალილეიმ; მაგრამ იმ დროისათვის შედეგის მიღება არ მოხერხდა, ორ საუკუნე ნახევრის შემდეგ კი დედამიწაზე სინათლის გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრის მიზნით პირველი ექსპერიმენტი ჩაატარა ფრანგმა ფიზიკოსმა ი. ფიზომ (1819–1896); კიდევ უფრო ადრე კი სინათლის სიჩქარე ასტრონომიული დაკვირვებების საფუძველზე განსაზღვრა რეომიურმა (1683–1757). შემდგომ კიდევ ბევრჯერ იყო სინათლის სიჩქარის განსაზღვრის ცდები. ბოლოს კი ყველაზე ზუსტად ჩაითვალა ამერიკელი ფიზიკოსის ა. მაიკელსონის (1852–1931) მიერ მიღებული შედეგი, რომლის მიხედვითაც სინათლის სიჩქარე (c) 300 000 კმ/წმ-ის ტოლია.

სინათლის სიჩქარე 300 000 კმ/წმ-ის ტოლია ვაკუუმში. ბუნებრივია ისმება კითხვა, როგორია იგი სხვა გარემოში, მაგალითად, ჰაერში ან რომელიმე ნივთიერებაში გავლის დროს? ის, რომ სინათლის გავრცელებას აქვს სწორხაზოვანი ხასიათი, აშკარა ოპტიკური ფაქტია. მაგალითად, თუ ჩვენ ავიღებთ სინათლის წყაროს და ავაფარებთ მას რაიმე ეკრანს პატარა, ვიწრო ხვრელით, დავინახავთ, რომ ეკრანის მეორე მხარეს სინათლე გავრცელდება სწორხაზოვნად; თანაც ისე, რომ, თუ მისი

გავრცელების გზაზე მოვათავსებთ მეორე ეკრანს, მაშინ ამ უკანასკნელის ჩაბნელებულ ფონზე აშკარად გამოიკვეთება განათებული ლაქა. ეს ფაქტი, უდავოდ, სინათლის გავრცელების სწორხაზოვნებაზე მიუთითებს.

დაკვირვებებმა ცხადყვეს, რომ სინათლე ვაკუუმსა და ჰაერში დაახლოებით ერთნაირად ვრცელდება; მაგრამ მაშინ, როდესაც სინათლე ვაკუუმიდან გადადის ნივთიერებაში, მდგომარეობა იცვლება. კერძოდ, აღმოჩნდა, რომ ასეთი გადასვლის შემთხვევაში სინათლის სწორხაზოვანი გავრცელების სურათი ირღვევა და არეკვლისა და გარდატეხის მოვლენებთან გვაქვს საქმე; ვაკუუმიდან ნივთიერების ზედაპირზე, მაგალითად, მინის ფირფიტაზე, სინათლის დაცემის შემდეგ ნაწილი სინათლისა აირეკლება, ხოლო ნაწილი შეიცვლის მიმართულებას, რომელიც სხივს ჰქონდა ვაკუუმში გავრცელების დროს და ახალი მიმართულებით გააგრძელებს გზას ნივთიერებაში. ამ ოპტიკური მოვლენების მექანიკური თვალსაზრისით აღწერის მიზნით დაშვებული იყო, რომ სინათლე შედგება ერთგვარი ნაწილაკებისგან, ე. წ. კორპუსკულებისგან, რომელთა მოძრაობა თითქოს მთლიანად ემორჩილება ნიუტონის კანონებს. სინათლის გარდატეხისა და არეკვლის მოვლენები ასეთი თვალსაზრისით აღიწერებოდა დამაკმაყოფილებლად. სინათლის კორპუსკულური ბუნების შესახებ პირველი მოსაზრება ნიუტონს ეკუთვნის.

ნიუტონი აკვირდებოდა სინათლის არეკვლისა და გარდატეხის მოვლენებს. ამ დაკვირვებების დროს მან შეამჩნია, რომ მინის პრიზმაში მზის სხივის გავლის დროს მზის სინათლე იშლება სხვადასხვა ფერებად, ხდება დისპერსია და მიიღება მზის სხივის სპექტრი; ანალოგიურად იმისა, როგორც წვიმის შემდეგ ჩნდება ხოლმე ცისარტყელა ჰაერში, სადაც პრიზმის როლს ასრულებენ წყლის წვეთები. მზის სინათლის სპექტრში ფერთა განლაგება იწყება წითელი ზოლით და მთავრდება იისფრით. ნიუტონი ფიქრობდა, რომ თეთრი სინათლე, რომელიც თავის თავში ფარულად მოიცავდა ყველა ამ ფერს ერთად, შედგებოდა სხვადასხვა ტიპის კორპუსკულებისგან; თანაც ისე, რომ კორპუსკულათა თითოეულ ტიპს შეესაბამებოდა სპექტრის ერთი, გარკვეული ფერი; ეს უკანასკნელი თავისი არსებით მთლიანად მარტივი იყო და შემდგომში აღარავითარ დაშლას აღარ განიცდიდა. პრიზმის ზედაპირზე მოხვედრისას კორპუსკულათა თითოეული ტიპი თავისებურად ურთიერთქმედებდა და ამის გამო ხდებოდა სწორედ თეთრი სინათლის დაშლა. ეს პროცესი შექცევად ხასიათს ატარებდა, რადგანაც შესაძლებელი იყო მიღებული სპექტრის ისევ შეკრება და შეერთება თეთრ სხივად. ამრიგად, ნიუტონმა მოახერხა დისპერსიის მოვლენის მექანიკური თვალსაზრისით ახსნა.

ამ პერიოდისათვის სინათლის შესახებ არსებობდა მეორე თვალსაზრისიც, რომელიც ეკუთვნოდა ნიდერლანდელ ფიზიკოს ხ. ჰიუგენსს (1629–1695) და რომელიც ავითარებდა აზრს სინათლის გავრცელების ტალღური ხასიათის შესახებ. ჰიუგენსის შრომებში პირველად იყო გადმოცემული სინათლის ტალღური თეორია,

რომელიც ერთი ძირითადი პუნქტით პრინციპულად განსხვავდება სინათლის შესახებ დღეისათვის არსებული წარმოდგენებისაგან. ეს განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ სინათლე ჰიუგენსთან განიხილება როგორც გამჭვირვალე, თხელი, ჰაეროვანი ეთერის რხევითი პროცესი; ე. ი. სინათლე სივრცეში ვრცელდება როგორც ეთერის ტალღა. მაგრამ ისმება კითხვა, რა არის საერთოდ ტალღა? მაგალითად, თუ ავიღებთ ქვას და ჩავაგდებთ მას წყნარი ზედაპირის მქონე ტბაში, დავინახავთ, რომ ქვის ჩაშვების ადგილიდან ტბის ზედაპირზე გავრცელდებიან ამობურცული და ჩაზნექილი რგოლები. აი, სწორედ ეს მოძრაობა არის ტალღური პროცესი; საჭიროა აღინიშნოს, რომ იგი განსხვავდება თვით წყლის ნაწილების მოძრაობისგან (ეს უკანასკნელნი იმოძრავენ ზემოთ და ქვემოთ); ე. ი. ტალღური პროცესი არის არა თვით ნივთიერების ნაწილების მოძრაობა, არამედ ნივთიერების ნაწილთა მოძრაობის გავრცელება. ეს აშკარად გამოჩნდება, მაგალითად, იმ შემთხვევაში, თუ წყლის ზედაპირზე ქვის ნაცვლად დავაგდებთ პლასტმასის მსუბუქ ბურთულას; ბურთულა დაიწყებს ზემოთ და ქვემოთ რხევას წყლის ზედაპირზე, მაგრამ არ გადაადგილდება თავისი ადგილიდან; სამაგიეროდ, ბურთულის ეს მოძრაობა გადაეცემა წყლის გვერდით მყოფ ნაწილებს და თანდათან ვრცელდება მთელ ზედაპირზე. ბურთულას მოძრაობის ეს გავრცელება არის ტალღა.

როგორც ვხედავთ, ტალღური მოძრაობა არის მოძრაობის სრულიად ახალი ტიპი. იგი ხასიათდება ისეთი ცნებებით, როგორცაა ტალღის სიგრძე და ტალღის გავრცელების სიჩქარე. ტალღის სიგრძე არის მანძილი ორ მეზობელ ამოზნექილობას ან ჩაზნექილობას შორის, ტალღის გავრცელების სიჩქარე კი დამოკიდებულია იმ ნივთიერების ბუნებაზე, რაშიც მიმდინარეობს ტალღური პროცესი. რა თქმა უნდა, სხვადასხვა ნივთიერებისთვის ეს სიჩქარე იქნება სხვადასხვა.

ტალღური პროცესის აღმოჩენისა და „ტალღის“ ცნების შემოტანით ჯერ კიდევ არ დარღვეულა სამყაროს მექანიკური სურათი; ტალღა, ჩვენს მიერ მოყვანილ მაგალითში, წარმოადგენს ნივთიერების ნაწილების მექანიკურ მოძრაობას და როგორც მექანიკური მოვლენა შესაძლოა აიხსნას ნიუტონის პრინციპების საფუძველზე. ასევე, ბგერითი ტალღებიც წარმოადგენენ მექანიკური ტიპის ტალღებს, რადგანაც ისინი განპირობებული არიან ჰაერის ნაწილაკების რხევით. ე. ი. ტალღური პროცესი, ამ მაგალითებში, ნივთიერების მდგომარეობის (ნაწილაკთა რხევის) გავრცელებას წარმოადგენს.

ტალღები შეიძლება იყვნენ გასწვრივი და განივი. გასწვრივი ეწოდება ტალღას, რომლის გავრცელების მიმართულება ემთხვევა ნივთიერების ნაწილთა რხევის მიმართულებას. ასეთია, მაგალითად, ბგერითი ტალღები; მაგრამ, თუ ტალღა ვრცელდება ნივთიერების ნაწილთა რხევის პერპენდიკულარული მიმართულებით, ისე, როგორც ეს ხდება წყლის ზედაპირზე რაიმე საგნის დაცემისას, მაშინ ამოვობენ, რომ ტალღა არის განივი. არსებობენ სფერული ტალღები, რომელნიც წარმოიქმნებიან

ერთგვაროვან გარემოში ბურთულის რხევის გამო. სფერული ეწოდება ამ ტალღებს იმიტომ, რომ რხევითი ბურთულიდან ტოლი მანძილით დაშორებულ სივრცის ყველა წერტილს აქვს ერთი და იგივე ყოფაქცევა. რხევის ცენტრიდან დიდ მანძილზე დაშორების შემთხვევაში შეგვიძლია სფერული ტალღების ნაცვლად ვილაპარაკოთ ბრტყელ ტალღებზე.

ასეთი წარმოდგენები იყო ტალღურ პროცესებზე სინათლის ტალღური ბუნების შესახებ აზრის გამოთქმის წინ. ამიტომ ჰიუგენსმა, რომელმაც პირველმა გამოთქვა ეს აზრი, სინათლე წარმოიდგინა სწორედ ასეთი ტიპის მექანიკური ტალღების სახით; ასე რომ, თუ ნიუტონის თეორიის თანახმად სინათლე წარმოადგენდა გარკვეული სიჩქარით მოძრავი კორპუსკულების ნაკადს, ჰიუგენსის თეორიის მიხედვით სინათლის გავრცელება იყო ბგერის ან წყლის ტალღების გავრცელების მსგავსი პროცესი; მაგრამ წყლის ან ბგერით ტალღებს გააჩნიათ თავიანთი მატერიალური საფუძველი, ანუ შესაბამისი ნივთიერი გარემო, სადაც ხდება ტალღური პროცესის გავრცელება; ბგერითი ტალღების შემთხვევაში ეს არის ჰაერი, ხოლო წყლის ტალღების შემთხვევაში – წყალი. ანალოგიურად ამისა სინათლის ტალღების ჰიპოთეზურ, მატერიალურ საფუძველად აღიარებულ იქნა ეთერი; სინათლის ტალღური თეორიის მიმდევრები თვლიდნენ, რომ ეთერი წარმოადგენდა სწორედ იმ მატერიალურ გარემოს, რომელიც განაპირობებდა სივრცეში სინათლის ტალღების გავრცელების პროცესს. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ეთერი, მათი აზრით, იყო უწონადო, უფორმო სახის ნივთიერება; ამ ნივთიერებით გავსებული იყო მთელი სამყარო და ამის გამო შესაძლებელი იყო თითქოს სინათლის ტალღების გავრცელება ყველგან.

„ეთერის“ არსებობის შესახებ წამოყენებული ჰიპოთეზა, მართალია, უარყოფდა ნიუტონისეულ წარმოდგენებს სინათლის კორპუსკულური ბუნების შესახებ და განიხილავდა სინათლის გავრცელებას, როგორც ტალღურ პროცესს, მაგრამ ითვლებოდა მაინც, რომ ეს ტალღური პროცესი მექანიკური ხასიათის იყო; ამიტომ „ეთერის“ შემოტანასთან ერთად დადგა მისი მექანიკური სტრუქტურის კვლევის საკითხი. ერთი რამ აშკარა იყო, ეთერი უნდა ყოფილიყო ისეთი, რომ მას განეპირობებინა სინათლის მექანიკური ხასიათის ტალღა. გარდა ამისა, ახსნას ითხოვდა აგრეთვე სინათლის სწორხაზოვანი გავრცელების მოვლენაც, რომელიც კარგად იყო გაგებული კორპუსკულური თეორიის მიხედვით. სინათლის ტალღური თეორიის მიღების შემთხვევაში, ამასთან დაკავშირებით, უნდა გვეფიქრა, რომ ჯერ არ იყო კიდევ ნაპოვნი ისეთი ტიპის წინააღობა, რომელზეც სინათლის გავრცელების შემთხვევაში დაირღვეოდა სწორხაზოვნება და გამომჟღავნდებოდა ტალღური ხასიათი. რაც შეეხება სინათლის არეკვლისა და გარდატეხის მოვლენებს ან დისპერსიას, მათი ახსნა შეიძლებოდა ტალღური თეორიითაც. ასე მაგალითად, თუ კორპუსკულურმა თეორიამ სხვადასხვა ტიპის კორპუსკულათა არსებობის არსებობის

დაშვების საფუძველზე ახსნა სინათლის სხვადასხვა ფერთა არსებობა, სამაგიეროდ, ტალღური თეორიის მიხედვით დაუშვეს სხვადასხვა სიგრძის ტალღათა არსებობა და ამით ახსნეს თეთრი სინათლის სპექტრული გაშლის მოვლენა. ასევე, იმის გამო, რომ ტალღური პროცესი სხვადასხვა სიჩქარით ვრცელდება სხვადასხვა ნივთიერებაში, შესაძლებელია, რომ სინათლის არეკვლისა და გარდატეხის პროცესები აიხსნას, როგორც ტალღური ფრონტის ერთი ნივთიერებიდან მეორეში გადასვლის დროს წარმოქმნილი მოვლენები და სხვ.

ამრიგად, ნიუტონისა და ჰიუგენსის დროს სინათლის კორპუსკულური თუ ტალღური თეორიის უპირატესობის შესახებ დავა ვერ გადაწყდა; იმ დროისათვის არ არსებობდა ისეთი ექსპერიმენტული ფაქტი, რომელიც აიხსნებოდა მხოლოდ ერთ-ერთი თეორიის საშუალებით და წინააღმდეგობაში ჩააგდებდა მეორე თეორიას; ამიტომ თავისუფლად შეიძლებოდა ორივე თეორიით სარგებლობა; თუმც ნიუტონის დროს მაინც მეტი უპირატესობა ეძლეოდა კორპუსკულურ თეორიას. გნოსეოლოგიური თვალთახედვით მეტად საინტერესოა ოპტიკური მოვლენების შესახებ ცოდნის განვითარების ეს ეტაპი, რომელიც სინათლის ტალღური და კორპუსკულური თეორიების ტოლუფლებიანობაში გამოიხატა და რომელსაც, როგორც მოგვიანებით გამოირკვა, ჰქონდა თურმე თავისი ონტოლოგიური საფუძველი.

შემდგომი ეტაპი ფიზიკის განვითარების ისტორიაში არის სამყაროს ელექტრომაგნიტური სურათის შექმნა, რომელსაც მოჰყვა ფუნდამენტური ცვლილებანი ფილოსოფიის სფეროშიც; განვითარდა ჩვენი წარმოდგენები დიალექტიკის ისეთ ძირითად კატეგორიებზე, როგორიცაა დრო და სივრცე, ახლებურ ასპექტში წარმოგვიდგა ფიზიკაში ცოდნის მიღების გზები და მეთოდები.

ნიუტონის ფიზიკამ უდიდესი როლი შეასრულა მე-18 საუკუნის ფილოსოფიური აზრის ჩამოყალიბებაში. ექსპერიმენტულმა ბუნებისმეტყველებამ, რომელსაც კლასიკური ფიზიკით ჩაეყარა საფუძველი, წინა პლანზე წამოსწია ცდის როლი შემეცნების პროცესში; ამასთან დაკავშირებით, ფ. ბეკონის მატერიალისტურ ემპირიზმში ახლებურ ასპექტში დადგა ცოდნის პრობლემა. ბეკონმა, რომელიც ანტიკური ხანის მოაზროვნეებიდან ყველაზე მეტად აფასებდა ძველ ბერძენ მატერიალისტებსა და ნატურფილოსოფოსებს, მიზნად დაისახა გაეთავისუფლებინა ადამიანის გონება ყოველგვარი სქოლასტიკური ხასიათის დებულებებისაგან და შექმნა ემპირიული გზით მიღებული ცოდნის მეთოდოლოგია. სწორედ ამ აზრს ემსახურებოდა მისი „ახალი ორგანონი“, რომელიც ბეკონმა არისტოტელეს სილოგიზმს დაუპირისპირა. ბეკონის სამუშაო დევიზი იყო „ანალიზი და არა აბსტრაგირება!“ (14.27); ამიტომ იგი გულისტკივილით აღნიშნავდა, რომ „დავიწყებას მიეცნენ ანაკსაგორი და დემოკრიტე, რომელნიც თავიანთ გონებას მთლიანად უმორჩილებდნენ ბუნებას და ჩვენც მოგვიწოდებდნენ ღრმად ჩაწვდომოდით

ობიექტურ სამყაროში არსებულ მოვლენათა საიდუმლოს“ და ეს „მაშინ, როდესაც სკოლებსა და უნივერსიტეტებში აქტიურად ეწევიან პლატონისა და არისტოტელეს ფილოსოფიის პროპაგანდას“ (14.27). „მე ადამიანის გონებაში ვაგებ სამყაროს ჭეშმარიტ სურათს, ისეთს, როგორც არის იგი სინამდვილეში და არა ისეთს, როგორსაც უკარნახებს თითოეული მისი გონება“, – წერდა ბეკონი. ბეკონის ფილოსოფიური შეხედულებები განსაზღვრა ნიუტონის ფიზიკამ, სწორედ იმდროინდელმა მიღწევებმა ფიზიკაში ათქმევინეს ბეკონს, რომ „მეცნიერული ცოდნა მიიღება ცდიდან, მაგრამ არა უშუალოდ გრძნობადი აღქმის მონაცემებიდან, არამედ მიზანდასახულად ორგანიზებული ცდიდან, ექსპერიმენტიდან“ (14.33). მაგრამ შემეცნების პროცესში ცდის როლის წინა პლანზე წამოწევა, რომელიც უდავოდ პროგრესული ნაბიჯი იყო ფილოსოფიაში, ბეკონთან მატერიალისტური ემპირიზმით დამთავრდა; ბეკონი პრინციპულად დაუპირისპირდა დეკარტეს რაციონალიზმს, გარკვეულად არასწორ ასპექტში წარმოადგინა არისტოტელეს სილოგიზმი და არადამაკმაყოფილებელი შეფასება მისცა დედუქციის მეთოდს. მართალია, ბეკონი, როგორც თვითონ აღნიშნავდა, მიზნად ისახავდა „გონებაში სამყაროს ჭეშმარიტი სურათის“ აგებას და ამდენად შორს იდგა თითქოს ყოველგვარი სუბიექტივიზმისგან, მაგრამ ცდის როლის აბსოლუტიზაციამ, მასთან მატერიალიზმის ფორმით დაწყებული ემპირიზმი დ. იუმის (1711–1776) იდეალისტურ ემპირიზმამდე მიიყვანა. იუმმა კი ინდუქციის გზით მიღებული ცოდნის ობიექტური ხასიათი მთლიანად უარყო.

რაც შეეხება დედუქციის მეთოდს, იმდროინდელი ფიზიკა შედარებით ღარიბი იყო ამ მეთოდის სასარგებლოდ მეტყველი ფაქტებით. ამიტომ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სფეროში მისი მნიშვნელობის საკითხი არც დასმულა. სამაგიეროდ, დედუქციის მეთოდი წინა პლანზე წამოსწია მე-18 საუკუნის რაციონალიზმმა, რომელიც რ. დეკარტეს (1596–1650) დუალისტური შეხედულებებისა და ბ. სპინოზას (1632–1677) მატერიალისტური მსოფლმხედველობის გავლით ლაიბნიცის (1646–1716) ობიექტური იდეალიზმის ფორმაში გამოხატულ რაციონალიზმამდე მივიდა.

ფილოსოფიაში ამ ორი დიდი მიმდინარეობის (ემპირიზმი და რაციონალიზმი) სინთეზი იყო ი. კანტის (1724–1804) ფილოსოფია; მართალია, ტრანსცენდენტალურის ბაზაზე და აპრიორიზმის გამო აგნოსტიციზმის ფორმით, მაგრამ მაინც სწორად იყო გააზრებული კანტთან შემეცნების პროცესში გრძნობადისა და რაციონალურის ურთიერთმიმართების საკითხი. რაც შეეხება ბუნებისმეტყველებას, მხოლოდ მე-20 საუკუნის ფიზიკაში გამოიკვეთა აშკარად ცოდნის მიღების პროცესში ინდუქციისა და დედუქციის მეთოდთა ობიექტური შეფასების საფუძველი; შემდგომში ფიზიკის სფეროში შემეცნების გზების ამ თავისებურებაზე წერდა აინშტაინი.