გიორგი გედენიძე

შესავალი თანამედროვე ფიზიკაში

XII

კლასის
სახელმძღვანელო

II მოდული

საქართველოს სახელმწიფო ჰიმნი

თავისუფლება

ლექსი დავით მაღრაძის

„ჩემი ხატია სამშობლო,
სახატე – მთელი ქვეყანა.“
განათებული მთა-ბარი
წილნაყარია ღმერთთანა.
თავისუფლება დღეს ჩვენი
მომავალს უმღერს დიდებას,
ცისკრის ვარსკვლავი ამოდის
და ორ ზღვას შუა ბრწყინდება!
დიდება თავისუფლებას!
თავისუფლებას დიდება!

გიორგი გედენიძე

შესავალი თანამედროვე ფიზიკაში

XII კლასი

II მოდული

გრიფი მიენიჭა 2012 წელს სსიპ განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნული ცენტრის მიერ

თბილისი 2012

შინაარსი

I თავი. მიკროსამყაროს კვანტური ბუნება 5
1.1 ატომის პლანეტარული მოდელი 6
1.2 ბორის პოსტულატები 8
1.3 წყალბადის ატომის მოდელი ბორის მიხედვით 10
1.4 კორპუსკულურ-ტალღური დუალიზმი. დე ბროილის ტალღის სიგრძე 12
1.5 ამოცანის ამოხსნის ნიმუში 14
1.6 შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა 16

II თავი. ასტროფიზიკა და კოსმოლოგია 17
2.1 სამყარო 18
2.2 ვარსკვლავების სიცოცხლის ციკლი 21
2.3 ზეახალი ვარსკვლავი. კომპაქტური ობიექტები 24
2.4 წარმოდგენები სამყაროს შესახებ 26
2.5 ისევ სამყაროს შესახებ 29
2.6 შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა 33

III თავი. ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა 34
3.1 ელემენტარული ნაწილაკები 35
3.2 ბუნებაში არსებული ურთიერთქმედებები 38
3.3 ლეპტონები, ადრონები, კვარკები, გლუონები 40
3.4 ელემენტარული ნაწილაკების აღმოჩენა. ელექტრონი, ფოტონი, პროტონი 43
3.5 ელემენტარული ნაწილაკების აღმოჩენა. ნეიტრონი, პოზიტრონი, ანტიპროტონი 45
3.6 ნეიტრონის დაშლა. ნეიტრინოს აღმოჩენა 47
3.7 რა და როგორ ისწავლეთ. შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა 49
3.8 ამაჩქარებლები 51
3.9 შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა 54

IV თავი. ფიზიკის განვითარების მნიშვნელობა 55
4.1 ინფორმაცია და კავშირი 57
4.2 ლაზერის მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა 60
4.3 ენერგიის წყაროები 63
4.4 სამყაროს ერთიანი სურათი 67
4.5 შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა 70

როგორ ვიხელმძღვანელოთ სახელმძღვანელოთი

პარაგრაფის ნომერი

2.4 წარმოდგენები სამყაროს შესახებ

პარაგრაფის სახელწოდება

ინდივიდუალური სამუშაო

4. ურთიერთ მიზიდულობის ძალა როგორ გავლენას ახდენს გალაქტიკების დაშორების სისწრაფეზე? პასუხი

ერთნაირ ფაზებში მერხევ წერტილთა გეომეტრიულ ადგილს **ტალღის ზედაპირი** ეწოდება. ყველაზე წინამდებარე ტალღის ზედაპირს —

წყვილებად მუშაობა

3. როგორ ფიქრობთ, წინააღმდეგობაშია თუ არა ბორის პირველი პოსტულატი კლასიკურ მექანიკასთან?

ტალღის ფრონტი.

ტალღის ზედაპირის ფორმის მიხედვით, ტალღები შეიძლება იყოს ბრტყელი, სფერული, ელიფსოიდური და სხვა. **იზოტროპულ** გარემოში წერტილოვანი წყაროდან სფერული ტალღები ვრცელდება.

იზოტროპული — ისეთი გარემოა, რომელსაც ყველა მიმართულებით ერთნაირი თვისებები აქვს.

ჯგუფებად მუშაობა

3. თქვენი ვარაუდით, თუ A ხვრელი ღია იქნება, B დახურული და დავიწყებთ B ხვრელის თანდათანობით ნელ-ნელა გაღებას,

ბრტყელი ტალღა შეიძლება განვიხილოთ როგორც სფერული ტალღა უსასრულოდ დიდი რადიუსით.

ტალღის გავრცელების მიმართულებას **სხივი** ეწოდება. **სხივი ყოველთვის ტალღის ზედაპირის მართობია.**

საზოგადოდ, გავრცელებისას ტალღის ფორმა და მდებარეობა იცვლება.

როგორ განვსაზღვროთ ტალღის ფრონტის ფორმა და მდებარეობა დროის ნებისმიერ მომენტში, თუ იგი ცნობილი იყო რაიმე საწყის მომენტში?

უმნიშვნელოვანესი დასკვნები

ატომი სტაციონარულ მდგომარეობაში არ ასხივებს. ატომის მიერ ენერგიის გამოსხივება ხდება, როდესაც ატომი მეტი ენერგიის მდგომარეობიდან ნაკლები ენერგიის მდგომარეობაში გადადის. შთანთქმა კი — როდესაც ნაკლები ენერგიის მდგომარეობიდან გადადის მეტი ენერგიის მდგომარეობაში.

საშინაო ცდა

საშინაო დავალება

შეუიარაღებელი თვალით ღამით დააკვირდით მოწმენდილ ცას.

ა. ვარსკვლავები ჩვენგან ერთნაირი მანძილითაა დაშორებული?

ბ. ყველა ვარსკვლავი ერთნაირი სიკაშკაშისაა?

გ. ვარსკვლავები ერთნაირი სიხშირითაა განაწილებული ცის სხვადასხვა მონაკვეთზე? დაახლოებით რამდენ ვარსკვლავს ხედავთ?

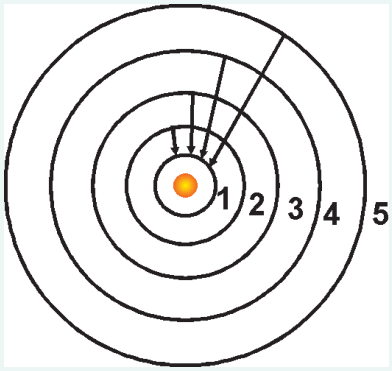
საშინაო ცდების ჩატარებამდე აუცილებლად დაკვირვებით წაიკითხეთ პარაგრაფი. დამოუკიდებლად პასუხის გაცემით განიმტკიცეთ ცოდნა მასში მოცემულ კითხვებზე.

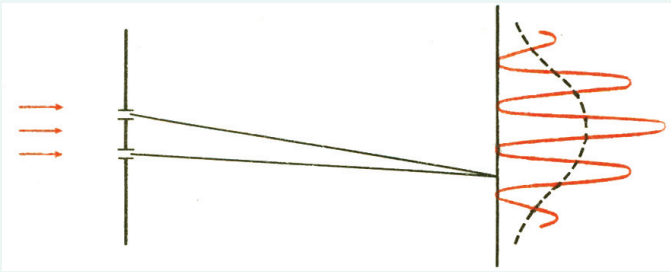
I თავი.

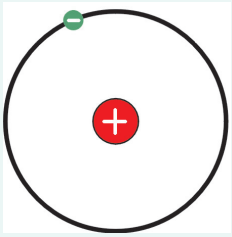
მიკროსამყაროს კვანტური ბუნება

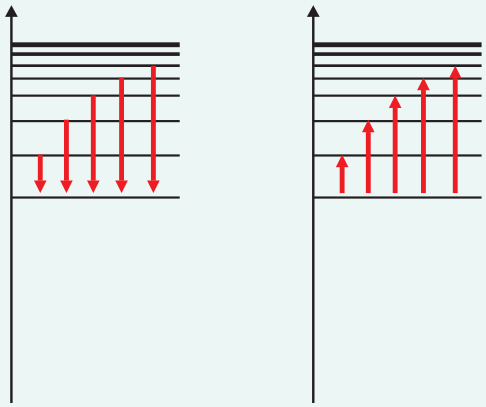
ამ თავში გაიხსენებთ და გაეცნობით

- ატომის პლანეტარულ მოდელს;
- პლანეტარული მოდელის წინააღმდეგობებს;
- ბორის პოსტულატებს;
- წყალბადის ატომის მოდელს;
- ელექტრონების დიფრაქციას;
- დე ბროილის ტალღის სიგრძეს.



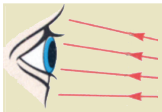




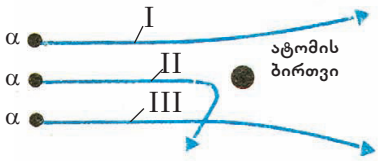


1.1 ატომის პლანეტარული მოდელი

დააკვირდით 6.1 სურათს.



1. რა ინფორმაციას იღებთ სურათიდან?
2. რომელი α ნაწილაკი მიუახლოვდა ოქროს ატომის ბირთვს ყველაზე მეტად?
3. რომელი α ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორიაა ყველაზე მეტად გამრუდებული?



სურ. 6.1. ატომის ბირთვიდან სხვადასხვა მანძილით დაშორებული α ნაწილაკების მოძრაობის ტრაექტორიები.

რეზერფორდის ცდაში იშვიათად, მაგრამ მაინც, შეამჩნიეს ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ცალკეული α-ნაწილაკების გაბნევის კუთხე მართ კუთხეს აღემატებოდა.

რეზერფორდისთვის ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგი მოულოდნელი აღმოჩნდა.

„ეს თითქმის ისევე წარმოუდგენელია, — ამბობდა რეზერფორდი, — როგორც ის, რომ ესროლოთ 15 დუიმიანი ყუმბარა თხელი ქაღალდის ფურცელს, ყუმბარა კი დაბრუნდეს უკან და მოგაყენოთ დარტყმა“.

დუიმი — სიგრძის ერთეული. 1 დუიმი=25,40 მმ.

როგორ შეიძლება ექსპერიმენტით მიღებული შედეგების ახსნა?

თუ ჩავთვლით, რომ ატომში დადებითი მუხტი განაწილებულია ისე, როგორც ტომსონი ვარაუდობდა, მაშინ ამ შედეგის წინასწარმეტყველება შეუძლებელი იყო. დადებითი მუხტის ასეთი განაწილების დროს შეუძლებელია შეიქმნას საკმარისად ძლიერი ელექტრული ველი, რომელსაც შეეძლება α-ნაწილაკის უკუგდება. მართლაც, რადგან თანაბრად დამუხტული ბირთვის ელექტრული ველის დაძაბულობა განისაზღვრება $E = k\frac{q}{R^2}$ ფორმულით, რაც ნაკლებია მისი რადიუსი მით უფრო ძლიერია ელექტრული ველი მის ზედაპირთან და მით მეტია α ნაწილაკის განზიდვის ძალა.

რეზერფორდი მიხვდა, რომ α ნაწილაკის უკუგდება შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ატომის დადებითი მუხტი და მასა მოთავსებულია სივრცის ძალიან მცირე არეში.

სხვადასხვა კუთხით გაბნეული α-ნაწილაკების დათვლით რეზერფორდმა შეძლო ბირთვის ზომების შეფასება. მისი გაანგარიშებით ბირთვის დიამეტრი 10^{-14}-10^{-15} მ რიგისაა (სხვადასხვა ბირთვს სხვადასხვა დიამეტრი აქვს). თვით ატომის ზომა 10^{-10} მ, 10-100 ათასჯერ აღემატება ბირთვის ზომას. ასე მივიდა რეზერფორდი ატომის ბირთვის (მცირე ზომის სხეულის, რომელშიც კონცენტრირებულია ატომის თითქმის მთელი მასა და მთელი დადებითი მუხტი) არსებობის იდეამდე. შემდგომში მოხერხდა ბირთვის მუხტის განსაზღვრაც. თუ ელექტრონის მუხტს ერთეულად მივიღებთ, მაშინ ბირთვის მუხტი ტოლია მოცემული ქიმიური ელემენტის რიგითი ნომრისა მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში.

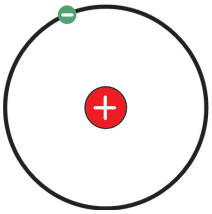
4. როგორ განვსაზღვროთ ატომში ელექტრონების რაოდენობა?

რაღაც მიზეზის გამო დედამიწის ირგვლივ წრიულ ორბიტაზე მოძრავი თანამგზავრის სიჩქარე ნულამდე შემცირდა.

5. როგორია თქვენი აზრი, რა მოხდება შემდეგ? შეძლებს თანამგზავრი ორბიტაზე მდებარეობის შენარჩუნებას? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

6. შეუძლიათ თუ არა ელექტრონებს ატომში უძრავად ყოფნა? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

წლების განმავლობაში ჩატარებული მრავალი ცდის ანალიზის შედეგად რეზერფორდმა 1911 წელს წამოაყენა ატომის შემდეგი მოდელი: **ატომი შედგება დადებითად დამუხტული ატომბირთვისაგან, რომელსაც უკავია ატომის მთელი მოცულობის უმნიშვნელოდ მცირე ნაწილი. ატომბირთვის გარშემო შედარებით დიდ მანძილზე, განსაზღვრულ ორბიტებზე მოძრაობენ ელექტრონები.** ამგვარად, ატომი წარმოდგენილი გვაქვს პატარა მასშტაბის პლანეტათა სისტემის სახით. ამიტომ ატომის ასეთ მოდელს **პლანეტარული მოდელი** ეწოდება (სურ. 7.1).



სურ. 7.1

7. რომელი ელემენტის ატომის მოდელია გამოსახული 87.1 სურათზე? რისგან შედგება იგი?

რამ „აიძულა“ რეზერფორდი ატომის აგებულების სწორედ პლანეტარული მოდელი შეექმნა და არა სხვა?

ატომის პლანეტარული მოდელის **პირდაპირი ექსპერიმენტული დასაბუთებაა** α-ნაწილაკების გაბნევის ცდები.

8. აჩქარებულია ელექტრონების მოძრაობა ატომში? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

9. რა არის ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივების წყარო?

10. როგორ შეიცვლება მანძილი ელექტრონებსა და ბირთვს შორის, თუ ატომი ენერგიას ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივებაზე დაკარგავს?

ნიუტონის მექანიკასა და მაქსველის ელექტროდინამიკაზე დამყარებული სრულიად მკაცრი გამოთვლები აჩვენებს, რომ ელექტრონი მეტად მცირე, დაახლოებით 10^{-8} წმ-ში უნდა დაეცეს ბირთვს და ატომმა არსებობა უნდა შეწყვიტოს. სინამდვილეში მსგავსი არაფერი ხდება. ატომი მდგრადია და შეუძლია განუსაზღვრელად დიდხანს იარსებოს. მიღებული წინააღმდეგობა თეორიასა და ცდას შორის შედეგია კლასიკური ფიზიკის კანონების გამოყენებისა ატომის შიგნით მიმდინარე პროცესების მიმართ.

აქედან შეიძლება ერთადერთი დასკვნის გამოტანა: **ატომური მოვლენებისათვის კლასიკური ფიზიკის კანონები არ გამოდგება.**

რეზერფორდის ცდების ანალიზით სქემატურად წარმოვადგინეთ ატომის პლანეტარული მოდელი.

1.2

ბორის პოსტულატები

1. მდგრადია თუ არა ატომური სისტემა? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?
2. რამ განაპირობა ატომის პლანეტარული მოდელის შექმნა?

კლასიკური ფიზიკის კანონების მიხედვით შეუძლებელია ისეთი ატომის არსებობა, რომელსაც პლანეტარული აგებულება აქვს.

როგორ „გავამართლოთ“ ატომის პლანეტარული მოდელის არსებობა, თუ იგი აუცილებლად უნდა დაიღუპოს?

გამოსავალი მეტად მძიმე მდგომარეობიდან იპოვა დანიელმა ფიზიკოსმა ნილს ბორმა, კვანტური წარმოდგენების შემდგომი განვითარების გზაზე, 1913 წელს. ცდისეულ ფაქტებზე დაყრდნობით, ბორმა პოსტულატების სახით ჩამოაყალიბა ახალი თეორიის ძირითადი დებულებები.

ბორის პირველი პოსტულატი: **ატომური სისტემა შეიძლება იმყოფებოდეს მხოლოდ განსაკუთრებულ სტაციონარულ, კვანტურ მდგომარეობებში, რომელსაც შეესაბამება განსაზღვრული ენერგია E_n. სტაციონარულ მდგომარეობაში ატომი არ ასხივებს.**

კლასიკური მექანიკის თანახმად, მოძრავი ელექტრონის ენერგია შეიძლება იყოს ნებისმიერი.

3. როგორ ფიქრობთ, წინააღმდეგობაშია თუ არა ბორის პირველი პოსტულატი კლასიკურ მექანიკასთან? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

მაქსველის ელექტროდინამიკის თანახმად, აჩქარებულად მოძრავი მუხტი გამოასხივებს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს.

4. როგორ ფიქრობთ, წინააღმდეგობაშია თუ არა ბორის პირველი პოსტულატი მაქსველის ელექტროდინამიკასთან? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

ბორის მეორე პოსტულატის თანახმად, **ატომის გადასვლისას ერთი სტაციონარული მდგომარეობიდან მეორეში გამოსხივდება ან შთაინთქმება ელექტრომაგნიტური ენერგიის კვანტი.**

გამოსხივება ხდება ატომის მეტი ენერგიის მდგომარეობიდან ნაკლები ენერგიის მდგომარეობაში გადასვლისას.

ენერგიის შთანთქმისას ატომი გადადის ნაკლები ენერგიის მდგომარეობიდან მეტი ენერგიის მდგომარეობაში.

ფოტონის ენერგია ტოლია ატომის ორი სტაციონარული მდგომარეობის ენერგიათა სხვაობისა: $h\nu_{mn}=E_m-E_n$ (1)
სადაც m და n სტაციონარულ მდგომარეობათა ნომრებია.

5. გამოსხივდება თუ შთაინთქმება ფოტონი, როდესაც
ა. $E_m>E_n$; ბ. $E_m<E_n$. პასუხი დაასაბუთეთ.

გამოსხივებული (ან შთანთქმული) კვანტის რხევის სიხშირე განისაზღვრება ფორმულით:

$\nu_{mn} = \frac{E_m - E_n}{h} \Rightarrow \nu_{mn} = \frac{E_m}{h} - \frac{E_n}{h}$. (2) რომელიც შეიძლება ასეც დავწეროთ

$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{hc}(E_m - E_n)$. (3)

მაქსველის ელექტროდინამიკის თანახმად, აჩქარებულად მოძრავი მუხტის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ტალღის სიხშირე ტოლი უნდა იყოს ბირთვის გარშემო მუხტის ბრუნვის სიხშირის.

6. როგორ ფიქრობთ, წინააღმდეგობაშია თუ არა ბორის მეორე პოსტულატი მაქსველის ელექტროდინამიკასთან? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

კლასიკური მექანიკის თანახმად, ელექტრონმა შეიძლება იმოძრაოს ნებისმიერი რადიუსის წრეწირზე. ბორის პირველი პოსტულატის მიხედვით, რადგან ენერგიამ შეიძლება მიიღოს მხოლოდ განსაზღვრული მნიშვნელობა, ამიტომ ატომში ორბიტების რადიუსები არ შეიძლება იყოს ნებისმიერი. ამ შეუსაბამობის დასაძლევად ბორმა შემოიღო დაკვანტვის წესი. მან დაუშვა, რომ ელექტრონის იმპულსის ნამრავლი ორბიტის რადიუსზე პლანკის მუდმივას ჯერადია $mvr = n\hbar$, სადაც $n = 1, 2, 3\ldots$, m — ელექტრონის მასაა, v ორბიტაზე ელექტრონის სიჩქარის მოდული, r — ორბიტის რადიუსი, mv — ელექტრონის იმპულსის მოდული, mvr — ელექტრონის იმპულსის მომენტის მოდული, $\hbar = 1{,}05 \cdot 10^{-34}$ ჯ·წმ პლანკის მუდმივაა ($\hbar$ — იკითხება ჰაშ ხაზიანი).

დაკვანტვის წესის გამოყენებით ბორმა შეძლო ორბიტების შესაძლო რადიუსების განსაზღვრა.

ნივთიერების ატომებზე სინათლით, რენტგენის სხივებით, α-ნაწილაკების ან ელექტრონების ნაკადის ზემოქმედებით შეიძლება გამოვიწვიოთ ატომის გადასვლა ერთი სტაციონარული მდგომარეობიდან მეორეში. ატომის მდგომარეობის ამ ცვლილებას ატომის **აღგზნება** ეწოდება.

აღგზნებულ მდგომარეობაში ატომი მეტად მცირე ხანს რჩება (წამის მემილიარდედი ნაწილი). აღგზნებული ატომი თავის ნორმალურ არააღგზნებულ მდგომარეობაში დაბრუნებისას გამოასხივებს ფოტონს, რომლის სიხშირე განისაზღვრება (2) ფორმულით.

ატომი სტაციონარულ მდგომარეობაში არ ასხივებს. ატომის მიერ ენერგიის გამოსხივება ხდება, როდესაც ატომი მეტი ენერგიის მდგომარეობიდან ნაკლები ენერგიის მდგომარეობაში გადადის. შთანთქმა კი — როდესაც ნაკლები ენერგიის მდგომარეობიდან გადადის მეტი ენერგიის მდგომარეობაში.

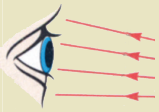
ამ საკითხებზე ინფორმაცია მოიპოვეთ ინტერნეტში მისამართზე:
http://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph2/theory.html
http://physics.ru/courses/op25part2/content/models/hydrogenatom.html

დავალება

გადაწერეთ ფორმულები $E_{\text{პოტ}} = k\frac{q_1 q_2}{R}$, $E_{\text{კინ}} = \frac{mv^2}{2}$,

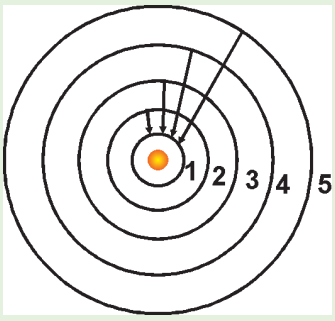
განმარტეთ ფორმულებში შემავალი თითოეული ფიზიკური სიდიდე და მიუთითეთ მათი ერთეული SI-ში.

1.3 წყალბადის ატომის მოდელი ბორის მიხედვით



1. რა ინფორმაციას იღებთ 10.1 სურათიდან?

2. რა მოხდება, როდესაც ელექტრონი გადავა მაღალი ენერგეტიკული დონიდან დაბალ ენერგეტიკულ დონეზე?



სურ. 10.1. სურათზე წყალბადის ატომში ელექტრონის ხუთი დასაშვები ორბიტაა გამოსახული. ისრებით ნაჩვენებია ელექტრონის შესაძლო გადასვლები ერთი ორბიტიდან მეორეზე.

გამოსხივებული ან შთანთქმული ფოტონის სიხშირე $\nu_{mn} = \frac{E_m}{h} - \frac{E_n}{h}$, (1)

სადაც E_m და E_n, შესაბამისად, m და n სტაციონარულ მდგომარეობებში ატომის ენერგიებია, $h=6{,}63\cdot10^{-34}$ ჯ.წმ პლანკის მუდმივაა.

3. რა უნდა ვიცოდეთ, რომ განვსაზღვროთ გამოსხივებული ან შთანთქმული ფოტონის სიხშირე?

4. რა სახის ენერგიები აქვს ელექტრონს წყალბადის ატომში? დაწერეთ ამ ენერგიების განმსაზღვრელი ფორმულები.

წყალბადის ატომის სრული ენერგია კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამის ტოლია $E = \frac{mv^2}{2} - k\frac{e^2}{r}$. (2)

ორბიტაზე მოძრაობისას ელექტრონს ცენტრისკენულ აჩქარებას ანიჭებს კულონური ძალა, რომლის მოდული $F = k\frac{e^2}{r^2}$. (3)

ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად $k\frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v^2 = \frac{ke^2}{mr}$. (4)

(4)→(2) $\Rightarrow E = \frac{ke^2}{2r} - \frac{ke^2}{r} \Rightarrow E = -\frac{ke^2}{2r}$. (5)

მივიღეთ წყალბადის ატომის სრული ენერგიის განმსაზღვრელი ფორმულა. ბორის დაკვანტვის წესის თანახმად ელექტრონის იმპულსის მომენტის მოდული

$mvr_n = n\hbar \Rightarrow v = \frac{n\hbar}{mr_n}$. (6) (6)→(4) $\Rightarrow \frac{n^2\hbar^2}{m^2r_n^2} = \frac{ke^2}{mr_n} \Rightarrow r_n = \frac{n^2\hbar^2}{kme^2}$. (7)

5. დაასახელეთ (7) ფორმულაში შემავალი ფიზიკური სიდიდეები და მათი რიცხვითი მნიშვნელობები.

6. როგორი მნიშვნელობები შეიძლება ჰქონდეს ბორის ორბიტების რადიუსს ნებისმიერი თუ დისკრეტული? პასუხი დაასაბუთეთ.

7. განსაზღვრეთ ბორის ატომში ელექტრონის ორბიტის უმცირესი რადიუსი.

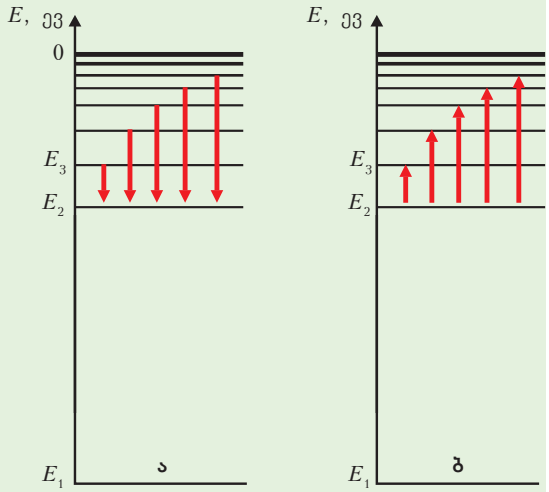
ელექტრონის ორბიტის უმცირესი რადიუსი ატომის რადიუსია. იგი $5 \cdot 10^{-11}$ მ-ია.

$$(7) \twoheadrightarrow (5) \Rightarrow E_n = -\frac{k^2 m e^4}{2n^2\hbar^2}. \qquad (8)$$

მივიღეთ ატომის სტაციონარული მდგომარეობების ენერგიის მნიშვნელობების განმსაზღვრული ფორმულა.

8. როგორი მნიშვნელობები შეიძლება ჰქონდეს ატომის სრულ ენერგიას ნებისმიერი თუ დისკრეტული?

9. განსაზღვრეთ უდაბლეს ენერგეტიკულ მდგომარეობაში ($n=1$) წყალბადის ატომის ენერგია.



სურ. 11.1.

11.1 ა და ბ სურათებზე ენერგიის ეს მნიშვნელობები გადაზომილია ვერტიკალურ ღერძზე.

წყალბადის ატომის იონიზაციისთვის — ატომიდან ელექტრონის მოსაწყვეტად — საჭიროა, მას მივანიჭოთ 13,55 ევ ენერგია. ეს ის ენერგიაა, რომელიც ატომს გააჩნია უდაბლეს ენერგეტიკულ დონეზე. ამ ენერგიას იონიზაციის ენერგია ეწოდება. უდაბლეს ენერგეტიკულ მდგომარეობაში ატომს შეუძლია ყოფნა რაგინდ დიდხანს. ატომის ყველა მდგომარეობას, როცა n=2, 3, 4 ... ატომის აღგზნებული მდგომარეობა შეესაბამება. ამ მდგომარეობებში ატომის სიცოცხლის ხანგრძლივობა 10^{-8} წმ-ის რიგისა. ამ დროის განმავლობაში ელექტრონი ატომის ბირთვის გარშემო დაახლოებით ასი მილიონი ბრუნის გაკეთებას ასწრებს.

10. როგორ განსაზღვრავთ ერთი ორბიტიდან მეორეზე ელექტრონის გადასვლისას გამოსხივებულ, ან შთანთქმული ფოტონის ენერგიას? სიხშირეს? პასუხი დაასაბუთეთ.

ფიზიკაში კვანტური წარმოდგენების შემოტანამ განაპირობა ახალი თეორიების — კვანტური მექანიკისა და კვანტური ელექტროდინამიკის ჩამოყალიბება.

ბორის პოსტულატები ამ ახალი თეორიების ძირითადი პრინციპების შედეგებია.

ბორის პოსტულატებზე დაყრდნობით დავადგინეთ, რას უდრის წყალბადის ატომში ელექტრონის ორბიტის უმცირესი რადიუსი და ენერგია, რომელიც ატომს გააჩნია უდაბლეს ენერგეტიკულ დონეზე ე. წ. ძირითად მდგომარეობაში. გამოვიყვანეთ ფორმულები, რომელთა მიხედვითაც შევძლებთ წყალბადის ატომში ელექტრონის შესაძლო ორბიტების რადიუსების და შესაბამისი ენერგიების განსაზღვრას.

ამ საკითხებზე ინფორმაცია მოიპოვეთ ინტერნეტში მისამართზე:
http://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph3/theory.html

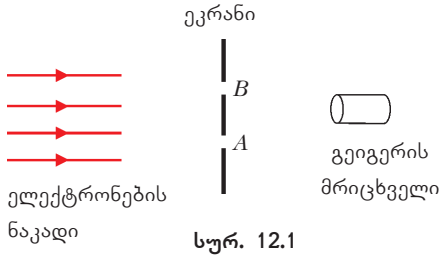
1.4 კორპუსკულურ-ტალღური დუალიზმი. დე ბროილის ტალღის სიგრძე

1. სინათლე — ელექტრომაგნიტური ტალღა — ავლენს თუ არა ნაწილაკების თვისებას? მოიყვანეთ პასუხის დამადასტურებელი მაგალითი.

დღეისათვის ცნობილია, რომ ნაწილაკებისა და ტალღების ურთიერთკავშირი, ანუ კორპუსკულურ-ტალღური დუალიზმი, არსებობს ყველა ნაწილაკსა და ტალღას შორის და თანამედროვე კვანტური თეორიის ძირითად პრინციპს წარმოადგენს.

სინათლე — ელექტრომაგნიტური ტალღა — ავლენს ნაწილაკების თვისებებს. ლოგიკურია თუ არა ვივარაუდოთ, რომ ნაწილაკები ვთქვათ — ელექტორონები ავლენენ ტალღურ თვისებებს?

2. რას ფიქრობთ ამ საკითხზე? როგორ შევამოწმოთ ჰიპოთეზის მართებულობა?



სურ. 12.1

განვიხილოთ აზრობრივი ექსპერიმენტი.

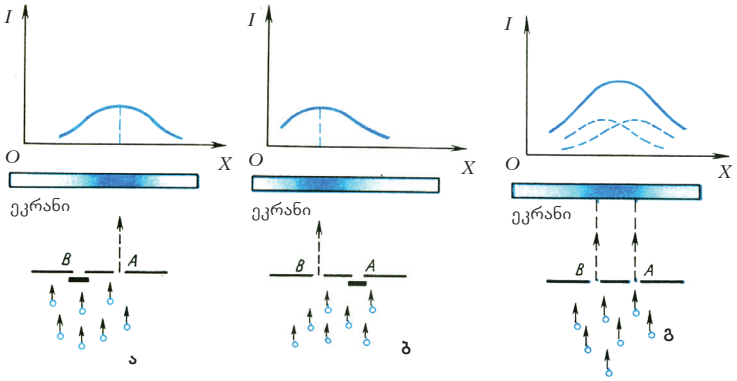
ელექტრონების ნაკადი მოძრაობს ეკრანისკენ, ეკრანს მცირე ზომის ორი A და B ხვრელი აქვს.

ეკრანის უკან გეიგერის მრიცხველი — ელექტრონების დამთვლელია მოთავსებული (სურ. 12.1).

როდესაც B ხვრელი დახურულია და A ხვრელი ღია, მაშინ მრიცხველის დათვლის სისწრაფე ყოველ წუთში, ვთქვათ, 100 ელექტრონია (სურ. 12.2,ა). როდესაც A ხვრელი დახურულია და B ხვრელი ღია მრიცხველის დათვლის სისწრაფე მაშინაც 100 ელექტრონია (სურ. 12.2,ბ).

3. თქვენი ვარაუდით, თუ A ხვრელი ღია იქნება, B დახურული და დავიწყებთ B ხვრელის თანდათანობით ნელ-ნელა გაღებას, მაშინ 1 წთ-ში რა ფარგლებში შეიცვლება მრიცხველის დათვლის სისწრაფე? პასუხი დაასაბუთეთ.

ცდა გვიჩვენებს, მრიცხველის მდებარეობის მიხედვით ზოგიერთ ადგილას შეიძლება დაფიქსირდეს დათვლის სისწრაფის შემცირება 1 წთ-ში 100-დან ნულამდე. **საკვირველია** B ხვრელის თანდათან გაღებას როგორ უნდა გამოეწვია A ხვრელში გასული ელექტრონების რაოდენობის შემცირება? უფრო მეტიც შეიძლება მოინახოს მრიცხველის ისეთი მდებარეობა, სადაც B ხვრელის თანდათან გაღებისას დათვლის სისწრაფე 1 წთ-ში იზრდება 100-დან 400-მდე. (ე. ი. ორჯერ, მეტი, ვიდრე უშუალო ჯამი ცალკეული ეფექტისა ორივე ხვრელით).

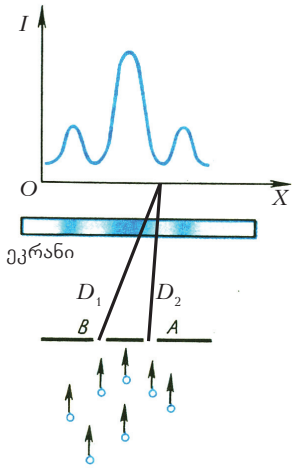


სურ. 12.2. ელექტრონების განაწილება კლასიკური ფიზიკის შესაბამისად.

12.2 სურათზე (კლასიკური ფიზიკის შესაბამისად) გამოსახულია კლასიკური მექანიკის მიხედვით ელექტრონების მოსალოდნელი განაწილების დამოკიდებულება მრიცხველის მდებარეობაზე — 13.1 სურათზე ექპერიმენტით მიღებული შედეგი.

4. თქვენი ვარაუდით, ამ გრაფიკებიდან რომელია სწორი? ახსენით რატომ ფიქრობთ ასე?

შევნიშნოთ, რომ ექსპერიმენტით მიღებული, ინტენსიობის მიხედვით ელექტრონების განაწილების სურათი ისეთივეა, როგორიც ორი ხვრელიდან გამოსული სინათლის ინტერფერენციული სურათი. ტალღები ერთმანეთს აძლიერებენ იმ წერტილებში, სადამდეც სვლათა სხვაობა D_1-D_2 ტალღის სიგრძის ნახევრის ლუწი რიცხვია. ე. ი. $D_1 - D_2 = \frac{\lambda}{2}2N$ (სურ. 13.1), სადაც λ ტალღის სიგრძეა, N ნატურალური რიცხვი.

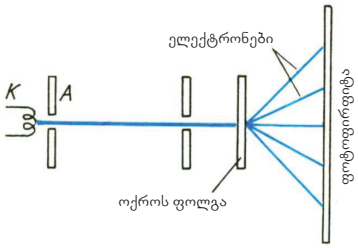


სურ. 13.1. ელექტრონების განაწილება კვანტური თეორიის შესაბამისად

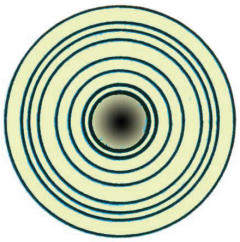
ტალღები ერთმანეთს ასუსტებენ იმ წერტილებში სადამდეც სვლათა სხვაობა ტალღის სიგრძის ნახევრის კენტი რიცხვია. ე. ი. $D_1 - D_2 = \frac{\lambda}{2}(2N+1)$.

ელექტრონი ჩვენ წარმოგვიდგენია, როგორც გარკვეული მასისა და მუხტის ნაწილაკი, როგორ შეიძლება იგი იყოს ტალღა?

ეს, რომ შესაძლებელია პირველმა მიუთითა ლუი დე ბროლმა 1924 წელს. მისი ვარაუდით, ყველა ნაწილაკს, ისე, როგორც სინათლეს უნდა ჰქონდეს ტალღური თვისებები. მანვე შემოიტანა რაოდენობრივი დამოკიდებულება ნაწილაკის ტალღის სიგრძესა და მის იმპულს შორის $\lambda = \frac{h}{P}$, სადაც λ ტალღის სიგრძეა, რომელსაც **დე ბროილის ტალღის სიგრძეს** უწოდებენ, P – ნაწილაკის იმპულსი, h პლანკის მუდმივა. დე ბროილის ჰიპოთეზის მართებულობა, პირველად შემთხვევით ექპერიმენტულად აღმოაჩინეს 1927 წელს ელექტრონების დიფრაქციის შემჩნევისას. 13.2 სურათზე ცდის სქემაა გამოსახული. 13.3-ზე ფოტოფირზე მიღებული დიფრაქციული სურათი — ცენტრალური ლაქის ირგვლივ ბნელი და ნათელი ზოლების ერთობლიობა.



სურ. 13.2


სურ. 13.3

დადგენილია, რენტგენის სხივების და ელექტრონების დე ბროილის ტალღის სიგრძე თითქმის ერთნაირია. ამიტომ ელექტრონებისა და რენტგენის სხივების დიფრაქციისას მიღებული სურათები ერთნაირი უნდა ყოფილიყო, 1928 წელს ეს ვარაუდი ექსპერიმენტულად დადასტურდა.

1.5

ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

1. განვსაზღვროთ ბორის წყალბადის ატომში ელექტრონის ორბიტის უმცირესი რადიუსი, სიჩქარე და აჩქარება მე-*n* ორბიტაზე.

? r_1, v_n, a_n

მოც.: $n=1$

$m_e=9{,}1\cdot10^{-31}$ კგ

$e=1{,}6\cdot10^{-19}$ კ

$\hbar=1{,}05\cdot10^{-34}$ ჯ.წმ

$k=9\cdot10^{9}\ \frac{ნ\cdot მ^2}{კ^2}$

ამოხსნა

წყალბადის ატომში ბორის მე-n ორბიტის რადიუსი

$$r_n=\frac{n^2\hbar^2}{km_ee^2}. \qquad (*)$$

ბორის დაკვანტის წესის თანახმად

$$m_ev_nr_n=n\hbar \Rightarrow v_n=\frac{n\hbar}{m_er_n}. \qquad (1)$$

$$(*)\twoheadrightarrow(1) \Rightarrow v_n=\frac{n\hbar km_ee^2}{m_en^2\hbar^2} \Rightarrow v_n=\frac{ke^2}{n\hbar}. \qquad (**)$$

ასეთი სიჩქარე აქვს ელექტრონს მე-n ორბიტაზე.

აჩქარება მე-n ორბიტაზე $a=\frac{v_n^2}{r_n}$. (2)

$$(*)\wedge(**)\twoheadrightarrow(2)\Rightarrow a=\frac{k^3m_ee^6}{n^4\hbar^4}. \qquad (***)$$

$\mapsto\twoheadrightarrow(*)$: $r_1=5\cdot10^{-11}$ მ.

2. განვსაზღვროთ ელექტრული ველის დაძაბულობა წყალბადის ატომის მე-4 ორბიტაზე.

?E_6

მოც.: $n=4$

$e=1{,}6\cdot10^{-31}$ კგ

$\hbar=1{,}05\cdot10^{-34}$ ჯ.წმ

$k=9\cdot10^{9}\ \frac{ნ\cdot მ^2}{კ^2}$

ამოხსნა

ელექტრული ველის დაძაბულობა მე-n ორბიტაზე

$$E=\frac{ke}{r_n^2}. \qquad (1)$$

მე-n ორბიტის რადიუსი $r_n=\frac{n^2\hbar^2}{km_ee^2}$. (2)

$$(2)\twoheadrightarrow(1)\Rightarrow E_n=\frac{k^3m_e^2e^5}{n^4\hbar^4}. \qquad (*)$$

$\mapsto\twoheadrightarrow(*)$: $E_n=2\cdot10^5$ ვ/მ.

3. განვსაზღვროთ ენერგია, რომელიც გამოიყოფა *m* მასის ელექტრონისა და *m* მასის პოზიტრონის ანიჰილაციისას.

ამოხსნა

სისტემის საწყისი ენერგია ელექტონისა და პოზიტრონის ენერგიათა ჯამის ტოლია: ე. ი. $E=2mc^2$. ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად ელექტონისა და პოზიტრონის ანიჰილაციისას — მოსპობისას — გამოსხივდება საწყისი ენერგიის ტოლი ენერგია ელექტრომაგნიტური კვანტის სახით.

4. განვსაზღვროთ რამდენჯერ განსხვავდება წითელი ფერის ფოტონების ენერგია იისფერი ფოტონების ენერგიისაგან, თუ $\lambda_{\text{წით.}}$=700 ნმ, $\lambda_{\text{იისფ.}}$=400ნ. მ.

ამოხსნა

ნებისმიერი ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძესა და სიხშირეს შორის დამოკიდებულება გამოისახება ფორმულით $\lambda = \frac{c}{\nu}$. (1)

ფოტონის ენერგია $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. (3)

(3)⇒ ფოტონის ენერგია უკუპროპოცრციული ტალღის სიგრძის. ე. ი.

$$\frac{E_{\text{იისფ.}}}{E_{\text{წით.}}} = \frac{\lambda_{\text{იისფ.}}}{\lambda_{\text{წით.}}}. \quad (*) \qquad \longmapsto (*): \quad \frac{E_{\text{იისფ.}}}{E_{\text{წით.}}} = \frac{7}{4}.$$

1.6

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

ამოხსენით ამოცანები

1. წყალბადის ატომში ელექტრონის მეოთხე ენერგეტიკული დონიდან მეორეზე გადასვლისას გამოსხივებული ფოტონის ენერგიაა $4{,}04\cdot10^{19}$ ჯ. განსაზღვრეთ ამ ტალღის სიგრძე.
2. წყალბადის ატომში ელექტრონის მეორე ენერგეტიკული დონიდან მეოთხეზე გადასვლისას შთანთქმული ფოტონის ტალღის სიგრძეა $4{,}9\cdot10^{-7}$ მ. განსაზღვრეთ ფოტონის ენერგია.
3. ბორის თეორიით წყალბადის ატომში ელექტრონის მე-n ორბიტის რადიუსი პირველი ორბიტის რადიუსთან დაკავშირებულია ფორმულით $r_n=r_1n^2$, (1) სადაც n ნატურალური რიცხვია. განსაზღვრეთ, როგორ შეიცვლება ელექ-ტრონის კინეტიკური ენერგია მეორე ენერგეტიკული დონიდან პირველზე გადასვლისას.
4. წყალბადის ატომში ელექტრონის კინეტიკური ენერგია ოთხჯერ შემცირდა. რომელი ორბიტიდან რომელზე გადავიდა ელექტრონი? პასუხი დაასაბუთეთ.
5. ბორის თეორიის თანამად მე-n ორბიტაზე ელექტრონის სრული ენერგია განისაზღვრება ფორმულით: $E_n=-\frac{13.6}{n^2}$ ევ. როგორი მინიმალური ენერგია უნდა გადაეცეს არა აღგზნებულ წყალბადის ატომს, რომ ასეთი ატომებისაგან შედგენილი აირის გამოსხივების სპექტრი შეიცავდეს ერთ სპექტრულ ხაზს?
6. დე ბროილის დამოკიდებულებიდან $\lambda=\frac{h}{p}$, , (1) სადაც λ ნაწილაკის ტალღის სიგრძეა, h პლანკის მუდმივა, p ნაწილაკის იმპულსი, მიიღეთ $E=h\nu$ (2) დამოკიდებულება, იმ ნაწილაკებისათვის, რომელთა უძრაობის მასა ნულია. (2)-ში E არის კვანტის ენერგია, ν — სიხშირე.

ტესტი

1. თერმობირთვული სინთეზისას წყალბადის ორი ^2_1H და ^3_1H იზოტოპისგან ^4_2He ბირთვთან ერთად წარმოიქმნა

ა. ელექტრონი; ბ. პროტონი; გ. ნეიტრონი;

დ. α–ნაწილაკი; ე. γ-კვანტი.

2. ელემენტის ბირთვიდან β ნაწილაკების გამოტყორცნისას ელემენტის რიგითი ნომერი

ა. არ იცვლება; ბ. ერთით მცირდება; გ. ერთით იზრდება;

დ. ორით იზრდება; ე. ორით მცირდება.

II თავი.

ასტროფიზიკა და კოსმოლოგია

ამ თავის შექმნაში აქტიურად მონაწილეობდა გიორგი გედენიძის მოსწავლე, ყოფილი კომაროველი, ასტროფიზიკოსი, თსუ-ს ასოცირებული პროფესორი **ალექსანდრე თევზაძე**

ამ თავში გაიხსენებთ და გაეცნობით

- ვარსკვლავთა სიცოცხლის ციკლს;
- სამყაროს გაფართოების დამადასტურებელ ექსპერიმენტულ ფაქტებს;
- დიდი აფეთქების თეორიას;
- სამყაროს განვითარების შესაძლებლობებს.

ასტროფიზიკა შეისწავლის მნათობთა ფიზიკურ ბუნებას, რისთვისაც უმთავრესად ფიზიკურ მეთოდებს იყენებს

კოსმოლოგია — სამყაროს, როგორც მთლიანის შესწავლა.

2.1 სამყარო

თანამედროვე ხელსაწყოებითა და მეთოდებით ხილვადი გალაქტიკების ერთობლიობას **მეტაგალაქტიკა** ეწოდება.

სამყარო ერთმანეთისგან უზარმაზარი მანძილით (მილიონობით სინათლის წელიწადი) დაშორებული უამრავი ვარსკვლავისაგან შექმნილი გალაქტიკებისაგან შედგება.

გალაქტიკები გაფანტულია სივრცეში. მათი საერთო რაოდენობა რამდენიმე მილიარდია. ჩვენი გალაქტიკის ერთ-ერთ უახლოეს — **ანდრომედას** — გალაქტიკამდე მანძილი ორ მილიონ სინათლის წელიწადს აღწევს. უშორესი გალაქტიკა კი, რომელსაც ამჟამად სწვდება ტელესკოპებით შეიარაღებული ადამიანის თვალი, რამდენიმე მილიარდი სინათლის წელიწადის მანძილზეა.

სინათლის წელიწადი — მანძილი, რომელსაც სინათლე გადის ვაკუუმში ერთი წლის განმავლობაში.

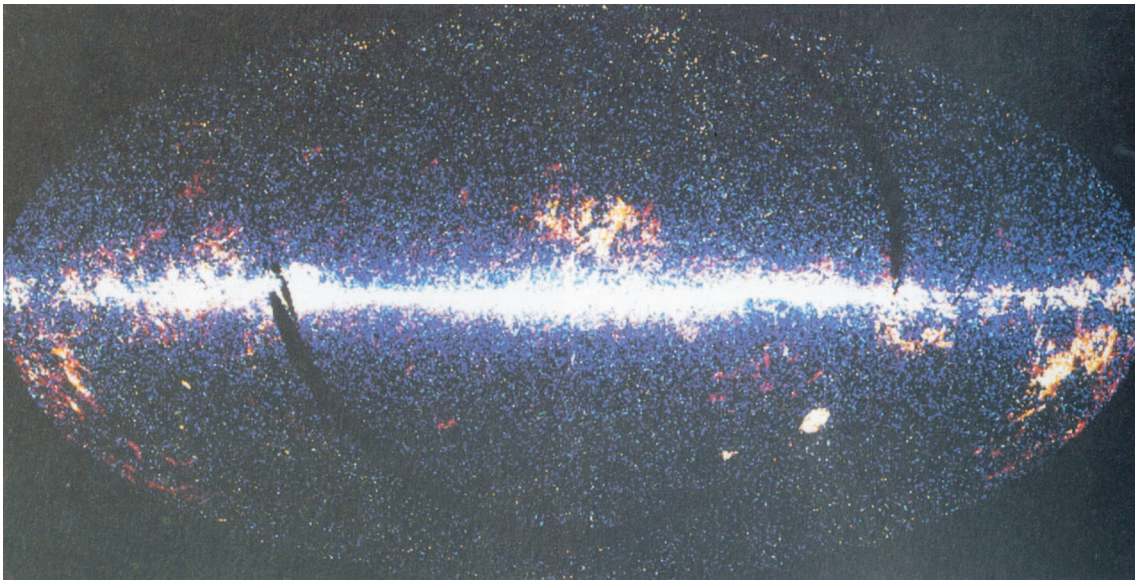
1. გამოსახეთ სინათლის წელიწადი კმ-ითა და მ-ით.

ჩვენ ვცხოვრობთ გალაქტიკაში, რომელიც ირმის ნახტომის ანუ რძის გზის სახელწოდებითაა ცნობილი.

ირმის ნახტომი — ღამით ცის თაღზე გადაჭიმული მკრთალად მოელვარე ზოლი. შედგება მილიარდობით ვარსკვლავისაგან.

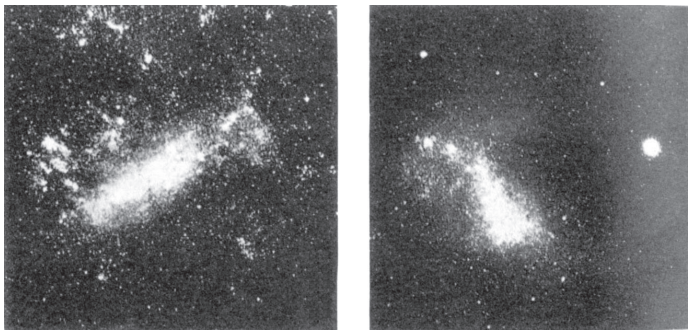
ჩრდილო ნახევარსფეროში იგი განსაკუთრებით კარგად ჩანს ივლის-სექტემბერში სამხრეთის მიმართულებით.

უმთვარო ღამით მოწმენდილ ცას **დააკვირდით** და აუცილებლად შენიშნავთ მკრთალად მბრწყინავ ზოლს, რომელიც ცამრგვალზე გადაჭიმულია ჰორიზონტიდან ჰორიზონტამდე. 18.1 სურათზე ღამის ცის სრული რუკაა გამოსახული. იგი შედგენილია ასტრონომიული თანამგზავრის „ირასის“ მონაცემებით. სურათის შუაში, მთელ სიგრძეზე, თეთრი უბანი — ჩვენი გალაქტიკაა — ირმის ნახტომი.

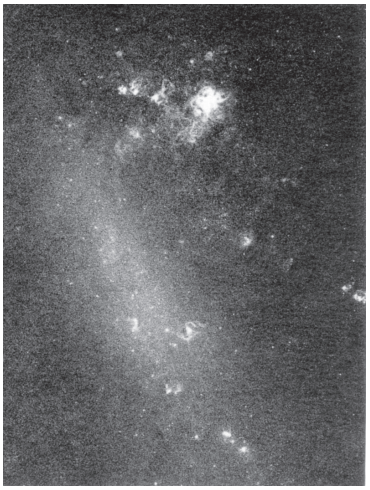


სურ. 18.1

ზოგიერთ გალაქტიკას თანამგზავრი გალაქტიკები ახლავს. მათ შორისაა ჩვენი გალაქტიკაც. მას დიდი და მცირე, მაგელანის ღრუბლებად წოდებული, ორი თანამგზავრი გალაქტიკა ახლავს. 18.1 სურათზე, ქვევით, ორი თეთრი ნაღვენთი ჩვენთან უახლოესი გალაქტიკები — მაგელანის ღრუბლებია. ისინი ცის სამხრეთ ნახევარსფეროდან ჩანს. 19.1 ა და ბ სურათებზე მაგელანის დიდი და პატარა ღრუბლებია გამოსახული. 19.2 სურათზე გამოსახული მაგელანის დიდი ღრუბელი ასტრონომების მიერ მთვარის ზედაპირიდანაა გადაღებული.



სურ. 19.1



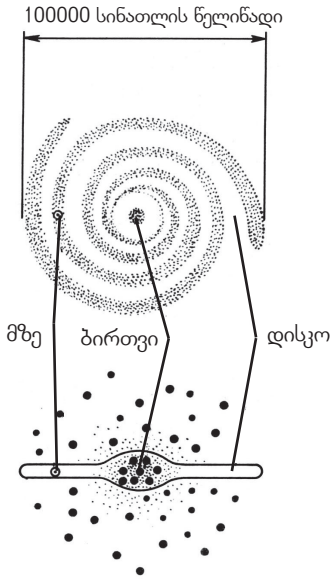
სურ. 19.2

გალაქტიკებს შორის სივრცეში ძალიან მცირე სიმკვრივის ნივთიერებაა, მაგრამ მათი საერთო მასა შეიძლება გალაქტიკების საერთო მასას აღემატებოდეს.

თითოეულ გალაქტიკაში უამრავი ვარსკვლავია. თანამედროვე გაზომვისა და გამოთვლების მიხედვით 100-200 მილიარდი. ვარსკვლავთა ნაწილი ვარსკვლავთა გროვებს ქმნის. ეს გროვები ზოგჯერ რამდენიმე ათასი ვარსკვლავისაგან შედგება. ზოგიერთ გროვას შეუიარაღებელი თვალითაც ვხედავთ.

ჩვენს გალაქტიკაში დაახლოებით 100 მილიარდი ვარსკვლავია. ვარსკვლავების განთავსების სივრცე ორმხრივ ამოზნექილ ლინზას წააგავს. ვარსკვლავთა 90%-ზე მეტი ამ ლინზის ერთ-ერთი სიბრტყის, ე. წ. გალაქტიკური ცენტრის სიახლოვეს განლაგებულია თხელ დისკოში, რომლის დიამეტრი 100 000 სინათლის წელიწადია. სიბრტყის მართობული მიმართულებით ვარსკვლავთა რაოდენობა შედარებით მცირეა. ლინზის ცენტრის მახლობლად კი ძალზე ბევრი. მზეც ამ დისკოშია და გალაქტიკის ცენტრიდან 30 000 სინათლის წელიწადითაა დაშორებული. 19.3 სურათზე სქემატურადაა გამოსახული ირმის ნახტომი და მზის მდებარეობა ამ ოჯახში.

ვარსკვლავი — გავარვარებული ციური სხეულია, რომელსაც სფეროს ფორმა აქვს და ანათებს ცენტრში მიმდინარე თერმობირთვული რეაქციის გამო.



სურ. 19.3

გალაქტიკის სტრუქტურის ჩამოყალიბებასა და განვითარებაში დიდ როლს ასრულებს გალაქტიკის მაგნიტური ველი. მაგნიტური ველის წირები გალაქტიკური სიბრტყის პარალელურია და მის სიბრტყეში მრუდდება ე. წ. სპირალების გასწვრივ. სპირალი გალაქტიკისათვის დამახასიათებელი სტრუქტურული ელემენტებია. ძირითადად ეს არის ვარსკვლავების სივრცული შემკვრივებები, რომლებიც თითქოს რამდენიმე ხვეული ტოტის სახით გალაქტიკის ცენტრიდან პერიფერიისაკენ

მიემართებიან (სურ. 19.3). ბოლო მონაცემებით, ასეთივე სტრუქტურა აქვს გალაქტიკათა 60%-ს. ერთ-ერთი, ჩვენთან უახლოესი, ანდრომედას ნისლეულია (სურ. 20.1). ნისლეულიდან ჩვენამდე მანძილი 2,3 მილიონი სინათლის წელიწადია.

გალაქტიკათა 30-35% უფრო ერთგვაროვანია და სფერული ან ელიფსური ფორმისაა.

სურ. 20.1

გალაქტიკების 10-5% მოუწესრიგებელი სტრუქტურისაა. ასეთებს მიეკუთვნება მაგელანის დიდი და პატარა ღრუბლები (სურ. 19.1).

გალაქტიკა, როგორც ერთიანი სისტემა, ერთი საერთო ღერძის გარშემო ბრუნავს. ბრუნვის პერიოდი ღერძიდან სხვადასხვა მანძილზე სხვადასხვაა. მზე და მისი მახლობელი ვარსკვლავები გალაქტიკის ცენტრის მიმართ მოძრაობენ 250 კმ/სთ სიჩქარით და ერთ გარეშემოვლას დაახლოებით 230 მილიონ წელიწადს ანდომებს. ვარაუდობენ, რომ გალაქტიკები ერთმანეთს შორდებიან, ე. ი. სამყარო ფართოვდება. თუ ეს მართლაც ასეა, მაშინ ძალიან დიდი ხნის წინათ, ალბათ, ყველა გალაქტიკა, მცირე მოცულობაში წარმოუდგენლად დიდი სიმკვრივისა და ტემპერატურის არეში უნდა ყოფილიყო. ვარაუდობენ, რომ გაფართოება დაახლოებით 13.7 მილიარდი წლის წინ დიდი აფეთქების შედეგად დაიწყო და დღესაც გრძელდება. რა მოხდება და როგორ განვითარდება მოვლენები? დასაბუთებული პასუხი ამ შეკითხვაზე მომავალმა თაობამ (ეგებ თქვენმა) უნდა გასცეს.

2. ჯერ ივარაუდეთ, შემდეგ განსაზღვრეთ, ჩვენი გალაქტიკის ვარსკვლავებიდან რამდენი „გვეკუთნის“ თითოეულს? ჩათვალეთ დედამიწაზე დაახლოებით $6{,}5 \cdot 10^9$ ადამიანი ცოცხლობს.

3. განსაზღვრეთ რამდენი ბრუნი გააკეთა მზის სისტემამ გალაქტიკის ცენტრის მიმართ, თუ მისი ასაკი დაახლოებით 5 მილიარდი წელიწადია.

საშინაო ცდა

შეუიარაღებელი თვალით ღამით დააკვირდით მოწმენდილ ცას.

ა. ვარსკვლავები ჩვენგან ერთნაირი მანძილითაა დაშორებული?

ბ. ყველა ვარსკვლავი ერთნაირი სიკაშკაშისაა?

გ. ვარსკვლავები ერთნაირი სიხშირითაა განაწილებული ცის სხვადასხვა მონაკვეთზე? დაახლოებით რამდენ ვარსკვლავს ხედავთ?

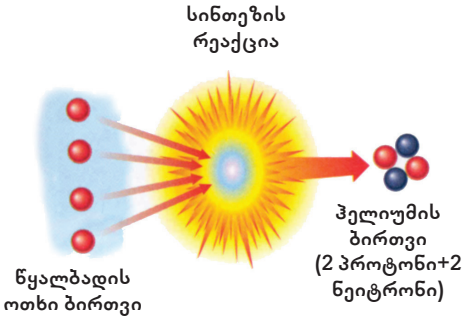
2.2 ვარსკვლავების სიცოცხლის ციკლი

1. რომელი ვარსკვლავია დედამიწასთან ყველაზე ახლოს?

2. ივარაუდეთ, ღამით მოწმენდილ ცაზე შეუიარაღებელი თვალით რამდენი ვარსკვლავის დანახვას შეძლებთ?

ღამით მოწმენდილ ცაზე შეუიარაღებელი თვალით დაახლოებით 2500 ვარსკვლავის დანახვა შეიძლება. ერთი შეხედვით, მათი განაწილება მოკლებულია ყოველგვარ სიმეტრიასა და წესრიგს. მაგრამ, თუ ყურადღებით დავაკვირდებით, დავინახავთ, რომ ვარსკვლავები ცის სხვადასხვა მონაკვეთზე ქმნიან დაჯგუფებებს — გარკვეულ კონფიგურაციებს. ამასთან, ეს კონფიგურაციები ღამიდან-ღამემდე, წლიდან-წლამდე და საუკუნიდან-საუკუნემდე თითქმის უცვლელია. მათ დღესაც უძველეს დროში შერქმეული ცხოველებისა და მითოლოგიური პერსონაჟების სახელები ჰქვიათ.

არსებობენ სხვადასხვა მასის, ზომის და ფერის ვარსკვლავები. მზე ჩვენი სამყაროს ერთ–ერთი ტიპური ვარსკვლავია. მზეზე უფრო მასიური ვარსკვლავები მოლურჯო ფერისაა, ხოლო ნაკლებად მასიური — მოწითალო.



სურ. 21.1

როგორც სხვა ვარსკვლავები, მზეც, ძირითადად, წყალბადისაგან შედგება. ეს არის საწვავი აირი. ტემპერატურა და წნევა მზის ბირთვში იმდენად მაღალია, რომ წყალბადის ბირთვების შეერთებით წარმოიქმნება ჰელიუმის ბირთვი და გამოსხივდება ენერგია (სურ. 21.1). ამ პროცესის — თერმობირთვული რეაქციის — დროს 1 წმ-ში ოთხი მილიონი ტონა წყალბადი გადამუშავდება. შედეგად, გამოიყოფა ენერგია, რომელიც უზრუნველყოფს მზის ნათებას. მზის წიაღში წარმოქმნილი ენერგია ამოდის ზედაპირზე და გამოსხივდება სივრცეში. წამში ყველა მიმართულებით გამოსხივებული ენერგია $\approx 4{,}10^{26}$ ჯ-ია.

3. რა არის საჭირო ვარსკვლავის ნათებისათვის?

ყველა ვარსკვლავს გააჩნია თავისი სიცოცხლის ციკლი, რომლის განმავლობაშიც იგი გადის სხვადასხვა ეტაპს. ვარსკვლავის ევოლუცია, ჩვეულებრივ, ხანგრძლივი პროცესია, რომლის პირდაპირი დაკვირვება ჩვენ არ შეგვიძლია დაკვირვების დროის შუალედის სიმცირის გამო (ასტრონომიული თვალსაზრისით). ნაცვლად ერთი ვარსკვლავის ევოლუციის შესწავლისა, ჩვენ ვაყალიბებთ მნათობების ევოლუციის თეორიას და შემდგომ ვცდილობთ სამყაროში აღმოვაჩინოთ ობიექტი, რომელიც არის ევოლუციის რომელიმე კონკრეტულ ეტაპზე.

ევოლუცია (ლათ.) — თანდათანობითი, უწყვეტი ცვლილების პროცესი, რომელსაც უნდა მოჰყვეს თვისებრივი ცვლილება.

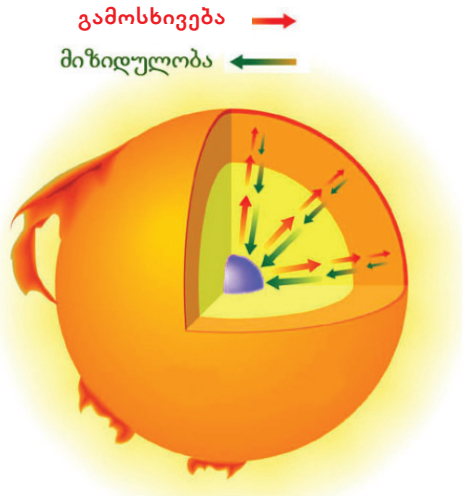
როგორ იბადება ვარსკვლავი?

ვარსკვლავები იბადებიან სამყაროში არსებული გიგანტური მოლეკულური ღრუბლების შეკუმშვის, ე.წ. გრავიტაციული კოლაფსის შედეგად — ვარსკვლავის ბირთვი კატასტროფულად სწრაფად იკუმშება. ძლიერი შეკუმშვის შედეგად, ტემპერატურა ცენტრში 15,7 მილიონ გრადუსს აღწევს და იწყება თერმობირთვული რეაქციები – იბადება მნათობი.

სურ. 22.1. ვარსკვლავთა წარმოშობის არეები მაგელანის დიდ ნისლეულში.

22.1 სურათზე გამოსახულია მაგელანის დიდ ნისლეულში გიგანტური მოლეკულური ღრუბლები, ვარსკვლავთშორის მტვერი და ვარსკვლავების ჩამოყალიბების ორი უბანი, სადაც გრავიტაციული შეკუმშვის შედეგად უკვე ანათებენ ვარსკვლავები.

ვარსკვლავის შიდა ფენები განუწყვეტლივ განიცდიან ზედა ფენების დაწოლას სიმძიმის ძალის მოქმედების გამო. ამიტომ ვარსკვლავი მუდმივად ცდილობს შეიკუმშოს. მაგრამ იგი აღარ იკუმშება, რადგან თერმობირთვული რეაქციის დაწყებასთან ერთად იწყება უზარმაზარი ენერგიის გამოსხივება, რომლის მოქმედება აწონასწორებს გრავიტაციული შეკუმშვის ძალას. ვარსკვლავის ასეთი მდგომარეობა ცნობილია ვარსკვლავური წონასწორობის სახელით (სურ. 22.2).



სურ. 22.2. ვარსკვლავური წონასწორობის მოდელი

4. როგორ ფიქრობთ, რამდენ ხანს გაგრძელდება ვარსკვლავის ნათება?

თავდაპირველად ახლადდაბადებული ვარსკვლავების უმრავლესობა ძალიან კაშკაშაა და ლურჯად ან თეთრად ანათებს. ეს მდგომარეობა მილიონობით წელიწადს გრძელდება. მაგალითად, მზის თერმობირთვული საწვავი — წყალბადი — დღეისათვის შეადგენს მზის საერთო მასის 73%, ხოლო ჰელიუმი — 25%. დროთა განმავლობაში ეს პროპორცია შეიცვლება.

5. თქვენი აზრით, როგორ შეიცვლება ეს პროპორცია? პასუხი დაასაბუთეთ.

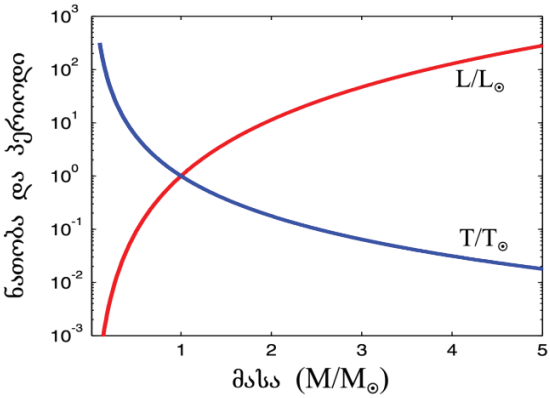
მზე დაასრულებს არსებობას, როდესაც მასში გამოილევა საწვავი. მზის მასაა $M_\odot \approx 2\times10^{30}$ კგ. შეფასებუ-

$\odot$ — მზის სიმბოლური აღნიშვნაა.

ლია, რომ ამ მასის ვარსკვლავები ანათებენ $T_{\odot} \approx 10^{10}$ წლის განმავლობაში.

რაც უფრო მასიურია ვარსკვლავი, მით მეტია მის ცენტრში წნევა და ტემპერატურა. მაღალ ტემპერატურაზე თერმობირთვული რეაქციების მიმდინარეობის ტემპი მატულობს. შესაბამისად, ვარსკვლავში უფრო სწრაფად დამთავრდება თერმობირთვული საწვავი და იგი გამოდის წონასწორობიდან. ემპირიულად შეფასებულია, რომ ვარსკვლავის ნათობა იზრდება მასის ზრდისას შემდეგი კანონით:

$L=L_{\odot}(M/M_{\odot})^{3,5}$



სურ. 23.1. ვარსკვლავების ნათობის (*L*) და სიცოცხლის ხანგრძლივობის (*T*) მასაზე დამოკიდებულება.

მაშინ, როცა მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა კლებულობს როგორც:

$T=T_{\odot}(M/M_{\odot})^{-2,5}$,

ფორმულებში $M_{\odot}$, $L_{\odot}$ და $T_{\odot}$ შესაბამისად მზის მასა, ნათობა და სიცოცხლის ხანგრძლივობაა, ხოლო M L და T სხვა ვარსკვლავის.

ვარსკვლავის ნათობა არის სრული ენერგია, რომელსაც ვარსკვლავი 1 წამში ყველა მიმართულებით ასხივებს.

23.1 სურათზე გამოსახულია სხვადასხვა მასის ვარსკვლავების ნათობისა და სიცოცხლის ხანგრძლიოვობის მრუდები.

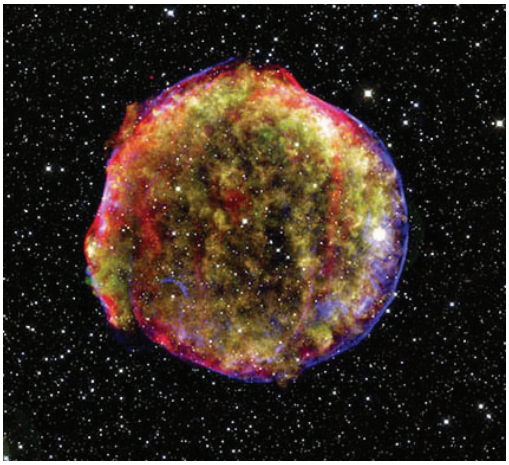
6. რო კასიოპიას მასა 40–ჯერ აღემატება მზის მასას. განსაზღვრეთ ვარსკვლავის სიცოცხლის ხანგრძლივობა.

7. განსაზღვრეთ ვარსკვლავის სიცოცხლის ხანგრძლივობა, თუ მისი ნათობა 100–ჯერ აღემატება მზის ნათობას.

2.3 ზეახალი ვარსკვლავი. კომპაქტური ობიექტები

როგორ ფქრობთ, რა მოხდება თუ ვარსკვლავს თერმობირთვული საწვავი გამოელევა? იგი უბრალოდ შეწყვეტს არსებობას?

თერმობირთვული საწვავის გამოლევის შემდეგ ვარსკვლავი კარგავს შეკუმშვის შემაკავებელ გამოსხივებას – ირღვევა მილიარდობით წლის განმავლობაში არსებული წონასწორობა. ხანდაზმული ვარსკვლავი იწყებს სწრაფ შეკუმშვას, შედეგად, მის ცენტრში კატასტროფულად იზრდება ტემპერატურა. გარკვეული ნიშნულის ზემოთ იწყება ჰელიუმის და სხვა მძიმე ქიმიური ელემენტების ბირთვული სინთეზი — სწრაფი თერმობირთვული პროცესი. ენერგიის სწრაფი გამოყოფა იწვევს ვარსკვლავის აფეთქებას. ამ აფეთქების გაელვებას **ზეახალი ვარსკვლავი** შეარქვეს. ვარსკვლავი იღუპება უზარმაზარი აფეთქებით, რომელიც ფანტავს გარე შრეებს და კუმშავს ცენტრალურ ნაწილს. ვარსკვლავის გარე ფენები იფანტებიან ნისლეულში, ხოლო ცენტრალური ნაწილი რჩება კომპაქტური ობიექტის სახით.



სურ. 24.1. SN1572 **ზეახალი ვარსკვლავის მიერ წარმოქმნილი სფერული ნისლეული დღეს ასე გამოიყურება.**

დანიელმა ასტრონომმა ტიხო ბრაგემ 1572 წელს აღმოაჩინა ზეახალი ვარსკვლავი. მასიური ვარსკვლავის აფეთქების შედეგად წარმოიქმნა სფერული დარტყმითი ტალღა, რომელიც ფართოვდება უკანასკნელი 5 საუკუნის განმავლობაში. დღეისათვის ნისლეულის დიამეტრია 550 ს.წ. 12.1 სურათზე გამოსახულია, თუ როგორ გამოიყურება ზეახალი ვარსკვლავი დღეს.

აფეთქების დროს ვარსკვლავის ბირთვისაგან წარმოიქმნება ანომალურად მკვრივი ციური სხეულები, რომლებსაც კომპაქტური ობიექტები ეწოდება. დღეისათვის ცნობილია სამი ტიპის კომპაქტური ობიეტი: თეთრი ჯუჯა, ნეიტრონული ვარსკვლავი და შავი ხვრელი.

თეთრი ჯუჯა ყველაზე ნაკლებად მკვრივი კომპაქტური ობიექტია. მისი მასა არ უნდა აღემატებოდეს ზღვრულ მნიშვნელობას ($M<1{,}4M_{\odot}$). ობიექტი ძირითადად შედგება ნახშირბადისაგან, რის გამოც მას ხშირად ცის ალმასსაც უწოდებენ.

ნეიტრონული ვარსკვლავი უფრო მასიური ობიექტია ($1{,}4M_{\odot}<M<3M_{\odot}$). ვარსკვლავი შედგება ნეიტრონებისაგან, რის გამოც მისი სიმკვრივე ატომის ბირთვის სიმკვრივის შესადარია. თუკი ნეიტრონული ვარსკვლავის მასაა 2 მზის მასა, მისი რადიუსი მზის რადიუსზე 60 000–ჯერ ნაკლებია.

შავი ხვრელები წარმოიქმნება ყველაზე მასიური ვარსკვლავების ევოლუციის ბოლოს. მათი მასა და სიმკვრივე იმდენად დიდია, რომ გრავიტაციული მიზიდულობიდან თავის დაღწევა არ შეუძლია სინათლესაც კი.

არსებობს **ჰიპოთეზა**, რომ დაახლოებით $3M_{\odot}$ მასის კომპაქტური ნარჩენებისაგან შესაძლებელია წარმოიქმნას კვარკებისაგან შედგენილი, ე. წ. კვარკული ვარსკვლავი. კვარკული ვარსკვლავი ჯერჯერობით აღმოჩენილი არ არის.

კომპაქტურ ობიექტებში თერმობირთვული რეაქციები აღარ მიმდინარეობს. შესაბამისად, ისინი ანათებენ ძალიან სუსტად ნარჩენი სითბოს ხარჯზე (თეთრი ჯუჯები და ნეიტრონული ვარსკვლავები) ან აბსოლუტურად ქვრებიან (შავი ხვრელები).

ჩინელი ასტრონომების ჩანაწერებში აღწერილია ბოლო ათასწლეულის ყველაზე კაშკაშა ზეახალი ვარსკვლავი, რომელიც აფეთქდა 1054 წელს. დღეს ამ ადგილას დაიკვირვება კიბორჩხალას ნისლეული – ნივთიერება, რომელიც გაიფანტა გიგანტური ვარსკვლავის აფეთქებისას (სურ. 25.1). ნისლეულის ცენტრალურ უბანში აღმოჩენილია პულსარი – სწრაფად მბრუნავი ნეიტრონული ვარსკვლავი, რომელიც ამ ზეახალი აფეთქების კომპაქტური ნარჩენია.

სურ. 25.1. კიბორჩხალას ნისლეული, რომლის ცენტრში აღმოჩენილია ნეიტრონული ვარსკვლავი.

ზეახალი ვარსკვლავის აფეთქებისას წარმოქმნილმა ნისლეულმა, ვარსკვლავთშორისმა მტვერმა და მოლეკულურმა ღრუბლებმა შეიძლება დასაბამი მისცენ ახალი ვარსკვლავის წარმოშობას. ამ შემთხვევაში ნივთიერება კვლავ იკუმშება და იბადება ახალი ვარსკვლავი. ასეთი ქრონოლოგიით ვარსკვლავებს ვყოფთ თაობებად. მაგალითად, მზე არის მესამე თაობის ვარსკვლავი. ეს ნიშნავს, რომ მზემდე იარსება ორმა ვარსკვლავმა, რომლებმაც ამოწურეს საწვავი და აფეთქდნენ. სავარაუდოდ, ისინი იყვნენ მზეზე გაცილებით უფრო მასიური ვარსკვლავები, რომელთა სიცოცხლის ხანგრძლივობაც არ აღემატებოდა მილიარდ წელიწადს.

1. რომელი ტიპის ვარსკვლავებია გავრცელებული ყველაზე უფრო დიდი რაოდენობით სამყაროში? დაასაბუთეთ, რატომ ფიქრობთ ასე?.

მზის ცენტრში მიმდინარე თერმობირთვული რეაქციების პირდაპირი დაკვირვება შეუძლებელია. მაგრამ თერმობირთვული რეაქციების სიჩქარის დადგენა შესაძლებელია ამ რეაქციების დროს წარმოქმნილი ნეიტრინოების მეშვეობით. ესაა ნაწილაკები, რომლებიც თითქმის დაუბრკოლებლად გამოდიან მზის ზედა ფენებში და აღწევენ დედამიწამდე. ნეიტრინოს დეტექტირება ხდება სპეციალურ ობსერვატორიებში, რომლებიც ხშირად ღრმად მიწის ქვეშაა განლაგებული. 25.2 სურათზე გამოსახულია ერთ–ერთი ასეთი ობსერვატორიის სურათი, რომელიც სამხრეთ პოლუსთან არის განლაგებული.

ნეიტრინო — უმუხტო და უმასო ელემენტარული ნაწილაკი, რომელიც სუსტად მოქმედებს ნივთიერებაზე.

სურ. 25.2. ნეიტრინული ობსერვატორია სამხრეთ პოლუსზე: ყინულის კუბი. ნეიტრინოს დეტექტორი ჩაშვებულია 2.5 კმ სიღრმის ყინულის შახტაში.

2.4 წარმოდგენები სამყაროს შესახებ

ჯერ კიდევ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე 340 წელს ბერძენმა ფილოსოფოსმა არისტოტელემ გამოთქვა მოსაზრება, რომ დედამიწა მრგვალი სფეროა. ამ მოსაზრების დასამტკიცებლად მან ორი არგუმენტი წარმოადგინა. არისტოტელე მიხვდა, რომ მთვარის დაბნელება გამოწვეული იყო დედამიწის გავლით მზესა და მთვარეს შორის. მან დააფიქსირა, რომ დედამიწის ჩრდილი მთვარეზე ყოველთვის მრგვალი იყო. ეს მხოლოდ იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, თუ დედამიწა სფერულია. დედამიწა ბრტყელი დისკი რომ იყოს, მაშინ მისი ჩრდილი წაგრძელებული და ელიფსის ფორმის იქნებოდა ერთი გამონაკლისის გარდა. თუ დაბნელება მაშინ მოხდებოდა, როცა მზე ზუსტად დისკის ცენტრის ზევით იყო, ჩრდილი მაშინაც მრგვალი იქნებოდა.

გარდა ამისა, ბერძენმა მეზღვაურებმა შეამჩნიეს, რომ პოლარული ვარსკვლავი სამხრეთში უფრო დაბლა ჩანს, ვიდრე ჩრდილოეთში. ასე იმიტომ ხდება, რომ პოლარული ვარსკვლავი ჩრდილოეთ პოლუსის თავზე მდებარეობს. შესაბამისად, ჩრდილოეთში მყოფი დამკვირვებლისთვის იგი ზუსტად დამკვირვებლის თავზე ჩანს, ეკვატორზე მყოფისთვის კი ჰორიზონტზე.

ბერძნებმა ისიც შეამჩნიეს, რომ ნაპირისკენ მომავალი გემის ჯერ აფრა გამოჩნდებოდა ხოლმე, შემდეგ კი კორპუსი. ეს ფაქტიც იმას მიუთითებს, რომ დედამიწა მრგვალია.

არისტოტელე ფიქრობდა, რომ დედამიწა იყო სამყაროს უძრავი ცენტრი, რომლის გარშემო წრიულად მოძრაობდნენ მზე, მთვარე, პლანეტები და ვარსკვლავები.

ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, მეორე საუკუნეში არისტოტელეს მოსაზრებაზე დაყრდნობით პტოლემემ დაამუშავა კოსმოლოგიური მოდელი, რომლის მიხედვითაც დედამიწა იმყოფება სამყაროს ცენტრში და ის გარემოცულია რვა სფეროთი. ესენია: მთვარის, მერკურის, ვენერას, მზის, მარსის, იუპიტერის, სატურნის და ფიქსირებული ვარსკვლავების სფეროები. იგი ფიქრობდა, რომ რადგან ვარსკვლავები ფიქსირებულია, სამყაროს აქვს ბუნებრივი საზღვარი.

უფრო მარტივი მოდელი 1514 წელს შექმნა პოლონელმა მღვდელმა კოპერნიკმა. ის ფიქრობდა, რომ სამყაროს ცენტრში მოთავსებული იყო უძრავი მზე და მის გარშემო წრიულ ორბიტებზე მოძრაობდნენ დედამიწა და პლანეტები.

ერთი საუკუნე დასჭირდა ამ იდეის აღიარებას. გერმანელმა ასტრონომმა იოჰანეს კეპლერმა და იტალიელმა გალილეო გალილეიმ მხარი დაუჭირეს კოპერნიკის მოდელს. მიუხედავად იმისა, რომ ამ მოდელით განსაზღვრული ორბიტები არ ემთხვეოდა დაკვირვებით მიღებულს.

ტელესკოპის გამოგონებამ სერიოზული გარდატეხა შეიტანა სამყაროს შესახებ წარმოდგენებში. 1609 წელს გალილეო გალილეიმ ცაზე ტელესკოპით დაკვირვების შედეგად აღმოაჩინა, რომ მაშინ უცნობი პლანეტის გარშემო ბრუნავდა რამდენიმე თანამგზავრი. მაშასადამე, ყველაფერი დედამიწის გარშემო არ ბრუნავდა. იოჰანეს კეპლერმა კი იმით გააუმჯობესა კოპერნიკის თეორია, რომ ჩათვალა, პლანეტები წრიულ ორბიტებზე კი არა, ელიფსურზე მოძრაობენ. ეს მოსაზრება დაკვირვების შედეგებს ეთანადებოდა, რაც მას უკვირდა.

კოპერნიკის მოდელმა საბოლოოდ უარყო პტოლემეს იდეა ციური სფეროებისა და სამყაროს ბუნებრივი საზღვრის შესახებ.

1687 წელს ბევრ საკითხს მოეფინა ნათელი. ნიუტონმა შექმნა თეორია იმის შესახებ, როგორ მოძრაობენ სხეულები სივრცესა და დროში. მან შექმნა აგრეთვე

უმაღლესი მათემატიკის აპარატი ამ მოძრაობის ანალიზისთვის. ნიუტონმა ჩამოაყალიბა უნივერსალური კანონი, რომლის მიხედვით სამყაროში ყოველი სხეული თავისკენ იზიდავს ყველა სხვა სხეულს და მით უფრო ძლიერად, რაც უფრო დიდი მასა აქვს ამ სხეულს და რაც უფრო მცირე მანძილია მათ შორის.

ნიუტონის თეორიის შესაბამისად, ვარსკვლავებმა უნდა მიიზიდონ ერთმანეთი, ამიტომ ისინი ვერ იქნებიან უძრავნი. ამის შემდეგ ნიუტონი იმის გარკვევას ცდილობდა ვარსკვლავების სასრული რაოდენობა არსებობდა თუ უსასრულო.

მე-20 საუკუნემდე არავის მოსვლია თავში აზრად, რომ სამყარო შეიძლება ფართოვდებოდეს ან იკუმშებოდეს.

ადამიანებს ყოველთვის სჯეროდათ, რომ სამყარო მუდამ უცვლელ მდგომარეობაში არსებობს. ზუსტად ისეთი, როგორც წარსულ დროში შეიქმნა.

ვინც ნიუტონის გრავიტაციის თეორიას იცნობდა და იზიარებდა, ხვდებოდა, რომ სამყარო არ შეიძლებოდა სტატიკური ყოფილიყო. მიუხედავად ამისა, ვერ წარმოედგინათ, რომ სამყარო შეიძლება ფართოვდებოდეს.

მიუხედავად გარკვეული რევოლუციური იდეებისა, იმ დროს როცა ადამიანთა უმეტესობას სჯეროდა სტატიკური და უცვლელი სამყაროსი, კითხვას — ჰქონდა თუ არა სამყაროს დასაწყისი და, შესაბამისად, პასუხსაც თეოლოგიური ხასიათი ჰქონდა.

თეოლოგია — მოძღვრება ღვთისა და რელიგიური დოგმატების შესახებ. ღვთისმეტყველება.

ვარსკლავები ისე შორს არიან ჩვენგან, რომ წერტილოვან სინათლის წყაროდ გვეჩვენებიან.

1. ივარაუდეთ, როგორია ამ ვარსკლავთა ზომა და ფორმა? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

როგორ ვილაპარაკოთ სხვადასხვა ტიპის ვარსკლავებზე, თუ მათ ზომით და ფორმით ერთმანეთისგან ვერ ვარჩევთ?

მათი სინათლის ფერით. ტელესკოპის მეშვეობით შესაძლებელია ცალკეული ვარსკვლავის ან გალაქტიკის სპექტრის გამოკვლევა, სინათლის სპექტრით ვიმსჯელოთ ვარსკვლავების ტემპერატურაზე.

2. გაიხსენეთ, რა არის დოპლერის ეფექტი? წითელი წანაცვლება?

1924 წელს ამერიკელმა ასტრონომმა ედვინ ჰაბლმა (1889-1953) აჩვენა, რომ ჩვენი გალაქტიკის გარდა სხვა ბევრი გალაქტიკა არსებობს და გაზომა მანძილი ამ გალაქტიკებამდე. ეს წელი შეიძლება სამყაროს თანამედროვე სურათის დათარიღების წლად მივიჩნიოთ.

1929 წელს ჰაბლმა, ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყრდნობით, გამოაქვეყნა შრომა, რომლის მიხედვით გალაქტიკების უმეტესობას წითელი წანაცვლება ახასიათებს, ედვინ ჰაბლის დასკვნით **გალაქტიკები ერთმანეთსაც შორდებიან და ჩვენც გვშორდებიან სიჩქარით, რომელიც პირდაპირპროპორციულია ჩვენამდე მანძილის.**

ეს სენსაციური აღმოჩენა იყო. იმ დროს უმეტესობას ეგონა, რომ გალაქტიკები სამყაროში უწესრიგოდ მოძრაობდნენ.

3. როგორ ფიქრობთ, თუ მათი შეხედულება მართალია, მაშინ როგორი იქნებოდა ექსპერიმენტით მიღებული შედეგი გალაქტიკების სპექტრული წანაცვლების შესახებ?

ჰაბლის ექსპერიმენტიდან გამომდინარეობს: სამყარო არ არის სტატიკური როგორც ამას აქამდე ფიქრობდნენ, იგი **ფართოვდება**.

ეს იმას ნიშნავს, რომ ოდესღაც, ადრეულ ხანაში, ათი-თორმეტი ათასი მილიონი წლის წინ ისინი ერთმანეთთან ახლოს იყვნენ. იმ დროს სამყაროს სიმკვრივე უსასრულოდ დიდი იყო. თვით სამყარო კი — უსასრულოდ პატარა. სწორედ მაშინ, როგორც ამბობენ დიდი აფეთქება მოხდა. ამ აღმოჩენით შესაძლებელი გახდა სამყაროს დასაწყისის მეცნიერული ახსნა.

დიდი აფეთქების მომენტში იმის გარდა, რომ სამყაროს „ნულოვანი" ზომა ჰქონდა, უსასრულოდ ცხელიც იყო. გაფართოებასთან ერთად ტემპერატურა თანდათან დაეცა. ეს მოსაზრება, რომ სამყარო დასაწყისში ძალიან ცხელი იყო და ცივდებოდა გაფართოებასთან ერთად, ეთანხმება დღევანდელი დაკვირვებების მონაცემებს. თუმცა მრავალი შეკითხვა კვლავ უპასუხოდ რჩება.

მაგალითად, რატომ იყო ადრეული სამყარო ასე ცხელი, რატომ არის სამყარო ერთგვაროვანი. მიუხედავად იმისა, რომ სამყარო დიდი მასშტაბით ერთგვაროვანია, არსებობს ვარსკვლავები და გალაქტიკები. რატომ? ვთქვათ, დავუშვით, რომ ვარსკვლავებისა და გალაქტიკების გაჩენა დაკავშირებული იყო სხვადასხვა სიმკვრივის არეების არსებობასთან, მაშინ ისმის კითხვა — რატომ იყო სხვადასხვა სიმკვრივის არე? და ა. შ.

თუ სამყარო ფართოვდება, **მაშინ რა მოხდება მომავალში?** — დანამდვილებით არავინ იცის.

სხვადასხვა ჰიპოთეზებისა და თეორიებიდან მოვიყვანოთ რამოდენიმე.

ზოგიერთი კოსმოლოგი ფიქრობს: სამყარო გააგრძელებს გაფართოებას, ტემპერატურა კიდევ უფრო შემცირდება, ბოლოს და ბოლოს ყველა ვარსკვლავი ჩაქრება და სამყარო გახდება ბნელი და ცივი. მთელი სამყარო ერთ ნისლეულად იქცევა, ეს შენელების თეორიის სახელწოდებითაა ცნობილი.

ვიცით გალაქტიკები ერთმანეთს იზიდავს.

4. ურთიერთ მიზიდულობის ძალა როგორ გავლენას ახდენს გალაქტიკების დაშორების სისწრაფეზე? პასუხი დაასაბუთეთ.

ზოგიერთის აზრით, დაახლოებით ტრილიონ წელიწადში ურთიერთმიზიდულობის ძალა გალაქტიკებს გააჩერებს და იმავე ძალის მოქმედებით გალაქტიკები დაიწყებენ მოძრაობას შემხვედრი მიმართულებით და სამყარო დაიწყებს შეკუმშვას, ბოლოს და ბოლოს გალაქტიკები ერთმანეთს შეეჯახება, საბოლოოდ მოხდება დიდი შეჯახება — დიდი აფეთქების საპირისპირო მოვლენა. ეს თეორია **დიდი შეჯახების** სახელითაა ცნობილი.

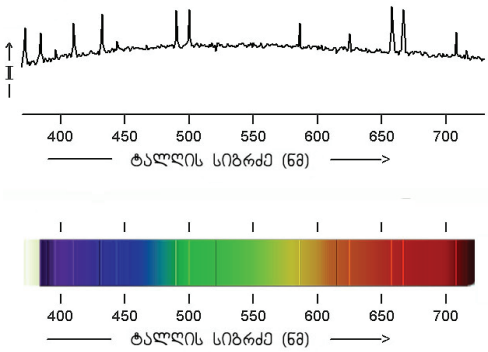
შეჯახებისას სამყარო შეიკუმშება, შემჭიდროვდება, ნივთიერების სიმკვრივის გადიდებასთან ერთად ტემპერატურა დაიწყებს გადიდებას და შეიძლება მოხდეს **ახალი დიდი აფეთქება**. დაიბადება ახალი სამყარო, რომლის აგებულება და გარე სახე შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავებული იყოს ახლანდელისგან.

ზოგიერთი მეცნიერი იმასაც ფიქრობს, რომ სამყარო გულის მსგავსად ფართოვდება, შემდეგ იკუმშება, შემდეგ ისევ ფართოვდება და ა. შ. ასე რომ ყოველ დიდ აფეთქებას დიდი შეჯახება მოჰყვება, ეს იდეა სამყაროს **პულსირების** თეორიის სახელწოდებითაა ცნობილი.

2009 წელს ბირთვულ გამოკვლევათა ევროპულ ცენტრში (ჟენევა, შვეიცარია) ამუშავდა მსოფლიოში ყველაზე მძლავრი ამაჩქარებელი. ამ მანქანით აჩქარებული ნაწილაკების დაჯახებისას მიღებულმა შედეგებმა შეიძლება შეცვალოს ჩვენი შეხედულება სამყაროზე. ამ ექსპერიმენტების შედეგებს განსაკუთრებით დიდი იმედით ელიან ქართველი ფიზიკოსებიც, რადგან მოწმდება ჩვენი თანამემამულის გიორგი დვალის ჰიპოთეზა სამყაროს ფარული განზომილებების შესახებ.

2.5

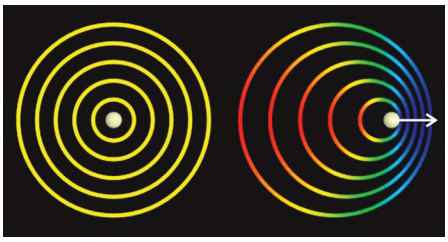
ისევ სამყაროს შესახებ



სურ 29.1. ტიპიური სპირალური გალაქტიკის გამოსხივების ელექტრომაგნიტური სპექტრი. ნაჩვენებია 350–750 ნანო მეტრი ტალღის სიგრძის გამოსხივება. სპექტრალური ხაზები მიგვანიშნებენ გალაქტიკაში წყალბადისა და სხვა ქიმიური ელემენტების არსებობაზე.

სამყაროს სტრუქტურისა და ევოლუციის შესასწავლად საჭიროა მისი თვისებების დადგენა დიდ მასშტაბებზე, ანუ მანძილებზე, რომლებიც აღემატებიან მილიონ სინათლის წელიწადს. ამ მანძილებზე ჩვენ შეგვიძლია დავაკვირდეთ მხოლოდ ძლიერად კაშკაშა ობიექტებს, მაგალითად ისეთებს, როგორებიც არიან გალაქტიკები. გალაქტიკების ჩვენგან დაშორების სიჩქარისა და მანძილის დასადგენად გამოიყენება მათი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სპექტრზე დაკვირვების მეთოდი (სურ. 29.1).

ელექტრომაგნიტური ტალღებისათვის მოქმედებს დოპლერის ეფექტი, რომლის მიხედვითაც დამზერილი ტალღის სიგრძე იზრდება, თუკი წყარო შორდება დამკვირვებელს, და მცირდება თუკი წყარო მას უახლოვდება (სურ. 29.2). ობიექტის დაშორების შემთხვევაში ტალღის სიგრძე იზრდება, რაც ნიშნავს რომ სინათლის სპექტრი წაინაცვლებს სპექტრის წითელი ბოლოსაკენ. ამ ეფექტს **წითელ წანაცვლებას** ვუწოდებთ.



სურ. 29.2. უძრავი და მოძრავი წყაროს ელექტრომაგნიტური გამოსხივება: თუკი წყარო შორდება დამკვირვებელს, მისი მიერ გამოსხივებული სინათლის ტალღის სიგრძე იზრდება, ანუ განიცდის წითელ წანაცვლებას.

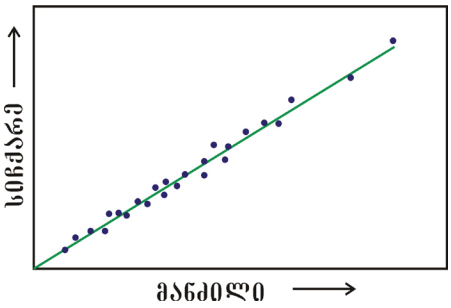
ედვინ ჰაბლმა 20–ე საუკუნის დასაწყისში აღმოაჩინა მნიშვნელოვანი კანონზომიერება. აღმოჩნდა, რომ გალაქტიკების წითელი წანაცვლება პირდაპირპროპორციულია გალაქტიკამდე მანძილის (სურ. 29.3). ამ დაკვირვების საფუძველზე ჰაბლმა დაადგინა სამყაროს გაფართოების კანონი:

$v=H_0d,$

სადაც v გალაქტიკის ჩვენგან დაშორების სიჩქარეა, d - მანძილი, ხოლო H_0 – ჰაბლის მუდმივა. დღევანდელი გაზომვებით:

H_0= 22±2 (კმ/წმ)/(მილიონ ს.წ.)

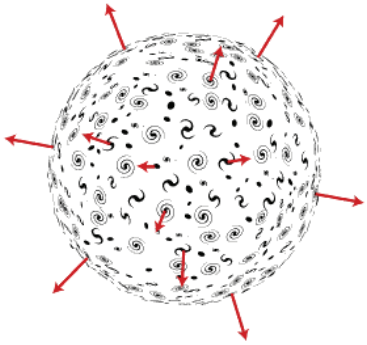
ანუ გალაქტიკა, რომელიც ჩვენგან დაშორებულია 1 მილიონი სინათლის წელიწადით, გვშორდება დაახლოებით 22 კმ/წმ სიჩქარით.



სურ. 29.3. სამყაროს გაფართოების ჰაბლის განონი. შორეული გალაქტიკები გვშორდებიან მანძლის პროპორციული სიჩქარით.

დღეისათვის ცნობილია, რომ სამყარო ფართოვდება და გალაქტიკები ერთმანეთს შორდებიან ჰაბლის კანონის მიხედვით. იმის დაშვებით, რომ ეს პროცესი გრძელდება სამყაროს დასაბამიდან, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ სამყარო წარმოიშვა მცირე ზომის მოცულობიდან მუდმივი გაფართოების შედეგად. ამ მოდელს **დიდი აფეთქების თეორიას** უწოდებენ. დიდი აფეთქების თეორიით ნაწინასწარმეტყველები იქნა რამოდენიმე

დაკვირვებითი ფაქტი, რომელიც მოგვიანებით ექსპერიმენტულად დადასტურდა. დღეისათვის კვლევის საგანს წარმოადგენს დიდი აფეთქების თეორიის საწყისი ეტაპი, ის პირველადი მცირე მოცულობა საიდანაც წარმოიქმნა სამყარო.



სურ. 30.1. სამყაროს გაფართოება სქემატურად შეგვიძლია შევადაროთ რეზინის ბუშტის ზედაპირის გაფართოებას მისი გაბერვისას. ზედაპირზე არსებული წერტილები (გალაქტიკები) თანაბრად შორდებიან ერთმანეთს. ამ შემთხვევაში რეზინის ზედაპირი ფართოვდება ყველა წერტილში.

რომელი წერტილის ირგვლივ ფართოვდება სამყარო?

შეკითხვა ბუნებრივად წარმოიქმნება სიტყვა აფეთქების გამოყენების შედეგად. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ დიდი აფეთქების მოდელში, სივრცის გაფართოება უფრო მეტად გვაგონებს რეზინის ზედაპირის გაფართოებას ბუშტის გაბერვისას, როდესაც ზედაპირი ფართოვდება ყოველ წერტილში (სურ. 30.1).

დიდი აფეთქების თეორია წინასწარმეტყველებს სამყაროს სხვადასხვა მდგომარეობას, როდესაც გაფართოების შედეგად სამყაროში ეცემა ნივთიერების საშუალო სიმკვრივე და ტემპერატურა. შესაბამისად სამყარო ევოლუციის განმავობაში გაივლის სხვადასხვა ეპოქებს. პირობითად შესაძლებელია გამოიყოს რამოდენიმე ძირითადი ეპოქა.

1. პირველადი ეპოქა (10^{-44}–10^{-12} წამი).

სამყაროს გაფართოება დაიწყო ე.წ. პლანკის მასშტაბებიდან, როდესაც სამყაროს ასაკი იყო $T \sim 10^{-44}$ წამი და ზომა $L \sim 10^{-35}$ მეტრი. ამაზე უფრო მცირე მანძილებზე და ადრეულ პერიოდში ირღვევა მიზეზ–შედეგობრიობა და აღარ მუშაობენ ჩვენთვის ცნობილი ფიზიკის კანონები. ამიტომ, დღევანდელი წარმოდგენებით, შეკითხვას რა იყო მანამდე ეკარგება აზრი. ხანმოკლე პირველადი სწრაფი გაფართოების შემდეგ სამყაროს ენერგიიდან გაჩნდა მატერია. დროის ამ მომენტს **ცხელი სამყაროს** დაბადებას ვუწოდებთ. შემდგომი გაფართოებისას სამყარომ გააგრძელა გაცივება, რის შედეგადაც ეპოქის ბოლოს გაერთიანებული ურთიერთქმედების ძალიდან გამოიყო ოთხი ფუნდამენტური ურთიერთქმედება: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, სუსტი და ძლიერი.

2. ადრეული სამყარო (10^{-12} წამი – 380 000 წელი)

სამყაროს ტემპერატურა ეცემა და შესაძლებელი ხდება ჩვენთვის ცნობილი ელემენტარული ნაწილაკების დაბადება. შემდგომი გაცივების პერიოდში წარმოიქმნებიან პროტონები და ნეიტრონები, რომლებიც მოგვიანებით ერთმანეთს უერთდებიან და ქმნიან მცირე რაოდენობით წყალბადზე მძიმე ქიმიური ელემენტების ბირთვებს. ეპოქა მთავრდება როდესაც სამყაროს ტემპერატურა ეცემა 4000 კელვინამდე, როდესაც იწყება წყალბადის იონების რეკომბინაცია და სამყარო ხდება გამჭვირვალე.

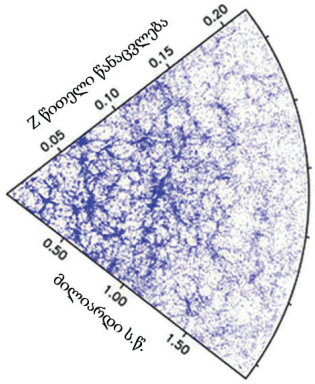
> რეკომბინაცია: პროცესი, როდესაც იონი ჩაიჭერს ელექტრონს და წარმოიქმნება ნეიტრალური ატომი. პროტონის რეკომბინაციის შედეგად მიიღება ნეიტრალური წყალბადის ატომი.

3. ბნელი ეპოქა (380 000 წელი – 150 მილიონი წელი)

ბნელ ეპოქაში ნივთიერება ნეიტრალური აირის სახითაა გავრცელებული სამყაროს მთელს მოცულობაში. ამ აირის ტემპერატურა იმდენად დაბალია, რომ ის აღარ ანათებს, ანუ სამყაროში არ გვაქვს მნათობები. ამ ფაქტის გამო სამყაროს განვითარების ამ ეტაპს ბნელი ეპოქა ეწოდება.

4. პირველი სტრუქტურების ფორმირება (150 მილიონი – 1 მილიარდი)

თავდაპირველი დიფუზიური არიებიდან ხდება პირველი ვარსკვლავების კონდენსაცია და ანთება. სამყაროში ჩნდებიან მნათობები. პირველი ვარსკვლავები და ვარსკვლავთშორისი აირი განიცდის გრავიტაციულ ფრაგმენტაციას და წარმოიქმნებიან მატერიის კუნძულები – პირველი გალაქტიკები.

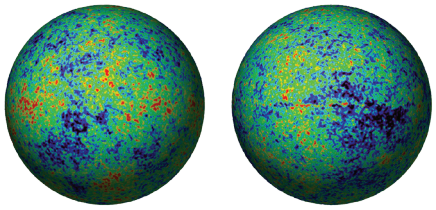


სურ. 31.1. გალაქტიკების განაწილების რუქა დედამიწიდან 2 მილიარდი ს.წ. მანძილზე. ქაოსურად განლაგებულ გალაქტიკებში შეიმჩნევა ე.წ. ბოჭკოვანი სტრუქტურა, სადაც კვანძების როლს ასრულებენ გალაქტიკების მასიური გროვები.

5. თანამედროვე ეპოქა (1 –13.7 მილიარდი წელიწადი)

განვითარების ამ ეტაპზე ყალიბდება სამყაროს თანამედროვე სურათი. ვარსკვლავები განაწილებულია გალაქტიკებში, გალაქტიკები გროვებში, გროვები ერთგვაროვნად და ქაოსურად არიან გადანაწილებული სამყაროში (სურ. 31.1).

სამყარო გაფართოებისას გადის ე.წ. რეკომბინაციის პერიოდს, როდესაც წყალბადის იონები წარმოქმნიან ატომებს. რეკომბინაცია მოხდა როდესაც სამყაროს ასაკი იყო 380 000 წელიწადი. ამ პერიოდში შეიცვალა სამყაროს ერთ–ერთი ძირითადი დაკვირვებითი თვისება: გამჭვირვალობა. გაუმჭვირვალე სამყარო რეკომბინაციის შედეგად ხდება გამჭვირვალე. შედეგად, ადრეულ სამყაროს ნათებამ შეძლო ჩვენამდე მოღწევა.



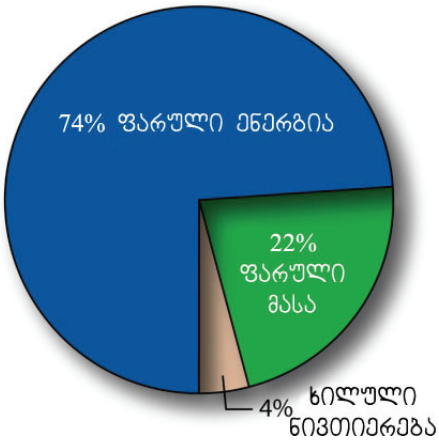
სურ. 31.2. რელიქტური ფონის გამოსხივების ორი ნახევარსფერო. სითბური გამოსხივების პიკი მოდის ელექტრომაგნიტურ ტალღებზე, რომლის სიხშირეა 160.2 გიგაჰერცი, ხოლო ტალღის სიგრძე 1.873 მილიმეტრი. წითელი და ლურჯი ლაქები შეესაბამებიან სიმკვრივის და ტემპერატურის მცირე შეშფოთებებს (0.0001%), რომლებიც გვიან ეპოქაში იწვევენ გალაქტიკების ფორმირებას.

დღეს ეს გამოსხივება დაიკვირვება ყველა მიმართულებით 1,873 მილიმეტრ ტალღის სიგრძის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ფორმით, რომელსაც **რელიქტური ფონის გამოსხივება** ეწოდება. რელიქტურ ფონში დაიმზირება უმცირესი შეშფოთებები, რომლებიც მიგვანიშნებენ ადრეულ სამყაროში გალაქტიკების ჩანასახების არსებობაზე (სურ. 3.2).

სამყაროს მომავალი დამოკიდებულია მრავალ, დღეისათვის ცნობილ, თუ ჯერ კიდევ დაუდგენელ ფაქტორზე. ამიტომაც სამყაროს მომავლის წინასწარმეტყველებისას ჩვენ მნიშვნელოვან წილად გვიხდება არსებულ თეორიულ მოდელებზე დაყრდნობა.

უკანასკნელი დაკვირვებები გვიჩვენებენ, რომ $7{,}62 \cdot 10^9$ ს.წ.-ზე მეტ მანძილებზე სამყაროს გაფართოების ჰაბლის კანონი ირღვევა. 2011 წლის ნობელის პრემია ფიზიკაში გადაეცათ მეცნიერებს ს. პერლმუტერს, ბ. შმიდტს და ა. რიის, რომლებმაც შორეული ზეახალი ვარსკვლავების დაკვირვებით დაამტკიცეს, რომ სამყაროს გაფართოება მცირედად აჩქარებულია. არანულოვანი აჩქარება მიგვანიშნებს უცნობი ტიპის ძალის არსებობაზე. ამ ძალის აღსაწერად, რომელიც გრავიტაციის საწინააღმდეგოდ მოქმედებს და სივრცის გაფართოებას იწვევს, გამოიყენება **ფარული ენერგიის** ცნება. დღეისათვის ცნობილია, რომ ფარული ენერგია, რომელსაც პირობითად ლამბდა წევრით აღნიშნავენ (λ) არ შეიძლება იყოს რაიმე უცნობი ტიპის ელემენტარული ნაწილაკების ერთობლიობა, არამედ არის თავად სივრცის (ვაკუუმის) თვისება.

უკვე რამდენიმე ათწლეულია ცნობილია, რომ სამყაროში არსებობს **ფარული მასა**, რომელიც იზიდავს მის მახლობლად არსებულ ვარსკვლავებს, მაგრამ მისი პირდაპირი დაკვირვება ვერ ხერხდება. ფარული მასის მიერ გამოწვეული მიზიდულობის ძალა მკვეთრად გამოხატულია სპირალური გალაქტიკების პერიფერიაში და გალაქტიკების მჭიდრო გროვებში. დღეისათვის ითვლება, რომ ფარული მასა შეიძლება შედგებოდეს დღემდე აღმოუჩენელი მასიური ელემენტარული ნაწილაკებისაგან, რომლებიც არ ურთიერთქმედებენ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან (CDM მოდელი).



სურ 32.1. სამყაროში ენერგიის და მატერიის განაწილების დღევანდელი წარმოდგენა (λCDM მოდელი). ხილული ნივთიერება (ატომები, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, ნეიტრინოები და შავი ხვრელებიც კი) წარმოადგენენ სამყაროს სრული ენერგიის მხოლოდ 4 პროცენტს.

დღეისათვის ყველა დაკვირვებით ფაქტს საუკეთესოდ ეთანხმება ე.წ. λCDM მოდელი (სურ. 32.1), რომელშიც სამყარო ძირითადად შედგება ფარული ენერგიისა (λ) და ფარული მასისაგან (CDM). ამ მოდელის მიხედვით სამყაროს გაფართოება გაგრძელდება მანამდე, სანამ მატერიის გაუხშოების შედეგად სამყარო არ განიცდის ე.წ. სითბურ სიკვდილს.

ალტერნატიული თეორიები გულისხმობენ ანომალურად გაუხშოებულ სამყაროში დღეისათვის უცნობი ფაქტორების ამოქმედებას: მაგალითად ვაკუუმის ენერგიიდან ახალი ტიპის მატერიის დაბადებას, ისე როგორც მოხდა ჩვენი სამყაროს პირველად ეტაპზე ცხელი სამყაროს დაბადების დროს. ზუსტი პროგნოზის გასაკეთებლად საჭიროა დღეისათვის ფარული ფაქტორების ფიზიკური ბუნების და თვისებების დეტალური დადგენა, რაც ფიზიკოსების ახალი თაობების ამოცანაა.

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

ტესტი

1. რატომ ანათებენ ვარსკვლავები?
ა. ვარსკვლავები ხვრელებია ცის თაღში;
ბ. ვარსკვლავები ციური სხეულებია, რომლებიც ირეკლავენ მზის გამოსხივებას;
გ. ვარსკვლავები ციური სხეულებია, რომლებსაც გააჩნიათ ენერგიის წყარო;
დ. ვარსკვლავების ნათება ატმოსფერული მოვლენაა.

2. სად ხდება ვარსკვლავის ენერგიის გამომუშავება?
ა. ზედაპირზე; ბ. ცენტრში; გ. შუალედურ ფენებში; დ. მთელს მოცულობაში.

3. მზის ტიპის ვარსკვლავების გამოსხივების ენერგიის წყაროა:
ა. მზეში მიმდინარე ქიმიური რეაქციები;
ბ. მზეში მიმდინარე თერმობირთვული რეაქციები;
გ. მზეში მიმდინარე რადიაქტიული დაშლის რეაქციები;
დ. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი.

4. რა ტიპის ვარსკვლავი იარსებებს უფრო დიდი ხნის განმავლობაში: მასიური თუ ჯუჯა?
ა. მასიური; ბ. ჯუჯა;
გ. სიცოცხლის ხანგრძლივობა არ არის დამოკიდებული მასაზე;
დ. სიცოცხლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ვარსკვლავის თაობაზე.

5. რომელი ვარსკვლავია დედამიწასთან ყველაზე ახლოს?
ა. პროქსიმა ცენტავრი; ბ. ალფა ცენტავრი; გ. მთვარე; დ. მზე.

6. რამდენი გალაქტიკაა სამყაროში?
ა. ერთი; ბ. რვა; გ. მილიარდობით; დ. უსასრულო რაოდენობა;

7. როდის ჩამოყალიბდა რელიქტური ფონის გამოსხივება?
ა. სამყაროში პირველი ვარსკვლავების ანთებისას;
ბ. სამყაროში წყალბადის რეკომბინაციისას;
გ. სამყაროში ელემენტარული ნაწილაკების გაჩენისას;
დ. არსებობდა სამყაროს გაჩენისთანავე;

8. შეფასებულია, რომ სამყაროს ასაკი 13.7 მილიარდი წელიწადია. როგორ შეიცვლება სამყაროს ასაკი, თუ აღმოჩნდება, რომ ჰაბლის მუდმივა დამზერილზე უფრო დიდია?
ა. არ შეიცვლება; ბ. გაიზრდება; გ. შემცირდება;

9. დაკვირვებისას აღმოჩნდა მნათობი, რომლის გამოსხივება წანაცვლებულია სპექტრის ლურჯი ბოლოსაკენ. როგორ მოძრაობს მნათობი?
ა. გვიახლოვდება; ბ. გვშორდება;
გ. მნათობის სიჩქარე დამოკიდებულია მხოლოდ დაშორებაზე;
დ. მნათობის სიჩქარის დადგენა შეუძლებელია.

III თავი.

ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა

ამ თავში გაიხსენებთ და გაეცნობით

- ბუნებაში არსებული ურთიერთქმედების ოთხ ტიპს;
- ელემენტარულ ნაწილაკებს ლეპტონებსა და ადრონებს;
- კვარკებსა და გლუონებს;
- ელექტრონს, ფოტონს, პროტონსა და ნეიტრონს;
- ანტინაწილაკებს;
- ელემენტარულ ნაწილაკთა კლასიფიკაციას;
- ამაჩქარებლებს.

3.1 ელემენტარული ნაწილაკები

რა და როგორ ისწავლეთ, შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. ნივთიერება შედგება
ა. ფოტონებისგან; ბ. ელექტრონებისგან; გ. პროტონებისგან;
დ. მოლეკულებისგან;
ე. ელექტრონებისა და მის გარშემო მოძრავი ატომბირთვისგან.

2. მოლეკულა შედგება
ა. ფოტონებისგან; ბ. ატომებისგან; გ. პროტონებისგან;
დ. ელექტრონებისგან;
ე. ელექტრონებისა და მის გარშემო მბრუნავი ატომბირთვისგან.

3. ატომი შედგება
ა. ფოტონებისგან; ბ. ელექტრონებისგან; გ. პროტონებისგან;
დ. მოლეკულებისგან;
ე. ატომბირთვისა და მის გარშემო მბრუნავი ელექტრონებისგან.

4. ქვემოთ ჩამოთვლილთაგან ელემენტარული ნაწილაკია
ა. ატომი; ბ. მოლეკულა; გ. უარყოფითი იონი; დ. ელექტრონი.

5. ქვემოთ ჩამოთვლილთაგან ელემენტარული ნაწილაკია
ა. ატომი; ბ. პროტონი; გ. უარყოფითი იონი; დ. მოლეკულა.

6. ქვემოთ ჩამოთვლილთაგან ელემენტარული ნაწილაკია
ა. ელექტრონი; ბ. პროტონი; გ. ფოტონი; დ. ყველა ჩამოთვლილი;
ე. არც ერთი ჩამოთვლილთაგან.

თუ ტესტებზე პასუხის გაცემა გაგიჭირდათ, მაშინ გაიღრმავეთ ცოდნა ამ პარაგრაფის შესწავლით. მიღებული ინფორმაციით, ფიქრით და აზროვნებით აუცილებლად შეძლებთ ტესტებზე სწორი პასუხის გაცემას.

სიტყვა ელემენტარული ორმაგ აზრს შეიცავს. ერთი მხრივ — ელემენტარული თავისთავად ნიშნავს უმარტივესს, მეორე მხრივ ელემენტარულში იგულისხმება რაღაც ფუნდამენტური, რომელიც საგანთა საფუძველია (სწორედ ასეთი აზრით უწოდებენ ახლა სუბატომურ ნაწილაკებს ელემენტარულს); ნაწილაკი, რომელზედაც ფიქრობენ რომ განუყოფელია.

> სუბატომური ნაწილაკები — ისეთი ნაწილაკებია რომლებისგანაც ატომები შედგებიან.

1. დაასახელეთ ატომების შემადგენელი ნაწილაკები.

ნივთიერებათა შედგენილობის ძიებაში აღმოაჩინეს „ელემენტარული“ მოლეკულა. შემდეგ აღმოჩნდა, რომ მოლეკულა შედგება „ელემენტარული“ ატომებისგან. საუკუნეების შემდეგ კი დაადგინეს, რომ ამ „ელემანტარულ“ ატომში არის

„ელემენტარული“ ბირთვი და ორბიტაზე მბრუნავი ელექტრონები, არც ატომის ბირთვი აღმოჩნდა ელემენტარული იგი შედგება პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან.

თანამედროვე წარმოდგენებით პროტონო, ნეიტრონი, ელექტრონი და ფოტონი მიჩნეულია, ელემენტარულ ნაწილაკებად. ეს ნაწილაკები არ შეიძლება წარმოვიდგონოთ ისეთ სისტემად, რომელიც შედგება სხვა ელემენტარული ნაწილაკებისაგან.

თავდაპირველად ამ ნაწილაკებს ისევე უყურებდნენ, როგორც დემოკრიტოსი ატომებს; მათ განუყოფელ და უცვლელ სამყაროს ძირითად აგურებად თვლიდნენ. მაგრამ გამოირკვა, **არც ერთი ნაწილაკი არ არის უკვდავი**. ნაწილაკების უმრავლესობა, რომლებსაც ახლა ელემენტარულს უწოდებენ, ცოცხლობს წამის ორ მემილიონედზე მეტ ხანს, გარედან რაიმე ზემოქმედების გარეშეც კი.

თავისუფალი ნეიტრონი საშუალოდ 15 წუთს ცოცხლობს.

მხოლოდ ოთხი ნაწილაკი ფოტონი, ელექტრონი, პროტონო და ნეიტრინო შეძლებდა თავისი უცვლელობის შენარჩუნებას, თითოეული მათგანი ერთადერთი რომ ყოფილიყო მთელ სამყაროში.

ნეიტრინო — მატერიის ძალიან მსუბუქი (შეიძლება უმასო) ელემენტარული ნაწილაკი, რომელზეც მოქმედებს მარტო სუსტი ძალა და გრავიტაცია.

2. როგორია თქვენი აზრი, არსებობს თუ არა სამყაროში უცვლელი ნაწილაკი? პასუხი დაასაბუთეთ.

3. განსაზღვრეთ ნათურას მიერ გამოსხივებული იმ ფოტონების სიცოცხლის ხანგრძლიობა, რომელიც შთანთქა 3 მ-ით დაშორებულმა მაგიდის ზედაპირმა.

4. რამდენჯერ შეიცვლებოდა ფოტონის სიცოცხლის ხანგრძლიობა თუ დაბრკოლება მისგან 300 000 კმ-ით იქნებოდა დაშორებული?

პასუხი დაასაბუთეთ.

ნეიტრინოები სხვა ნაწილაკებს მათთან სუსტი ურთიერთქმედების გამო იშვიათად ეჯახებიან, ამიტომ იშვიათად იღუპებიან.

რატომ უნდა დაიღუპოს ელექტრონი ან პროტონი სხვა ნაწილაკებთან ურთიერთქმედებისას?

გაეცანით ცხრილს რომელშიც მოცემულია ზოგიერთი ცნობა იმ ელემენატრულ ნაწილაკებზე, რომელთა სიცოცხლის ხანგრძლიობა 10^{-20} წმ-ზე მეტია. ცხრილში ნაწილაკები განლაგებულია მასის ზრდის მიხედვით. ისინი დაყოფილია ჯგუფებად. პირველ ჯგუფში მხოლოდ ფოტონია., მეორე ჯგუფში მსუბუქი ნაწილაკები რომლებსაც ლეპტონებს უწოდებენ. შემდეგ შედარებით მასიური ნაწილაკები მეზონებია, კიდევ უფრო მასიურები ბარიონების სახელწოდებითაა ცნობილი. მეზონები და ბარიონები შედიან ჯგუფში რომელსაც ადრონები ჰქვია.

ქრონოლოგიურად ელემენატრული ნაწილაკების აღმოჩენას და მათ თვისებებს შემდეგ პარაგრაფებში გაეცნობით.

ცხრილი

		ნაწილაკების დასახელება	სიმბოლო: ნაწილაკი	სიმბოლო: ანტინაწილაკი	მასა მგევრებით	ელექტრონული მუხტი	სიცოცხლის ხანგრძლივობა (წმ)
		ფოტონი	γ	γ	0	0	სტაბილურია
	ლეპტონები	ნეიტრონი ელექტრონული	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	სტაბილურია
		ნეიტრონი მიუონური	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	სტაბილურია
		ნეიტრონი ტაუ-ლეპტონური	ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	სტაბილურია
		ელექტრონი	e^-	e^+	0,51	–1	სტაბილურია
		მიუონი	μ^-	μ^+	105,66	–1	$2,2\times10^{-4}$
		ტაუ-ლეპტონი	τ^-	τ^+	1782	0	$3,4\times10^{-13}$
ადრონები	მეზონები	პი-მეზონები (პიონები)	π^0 π^+	π^0 π^-	134,96 139,57	0 1	$8,3\times10^{-17}$ $2,6\times10^{-8}$
		კა-მეზონები (კაონები)	K^+ K^0	K^- $\bar{K}^0$	493,67 497,7	1 0	1,24×10-8 K_3^0-$8,9\times10^{-11}$ K_L^0-$5,18\times10^{-8}$
		ეტა-ნოლ მეზონი	η^0	η^0	548,8	0	7×10^{-10}
	ბარიონები: ნუკლონები	პროტონი ნეიტრონი	p n	$\bar{p}$ $\bar{n}$	938,28 939,57	1 0	სტაბილურია 1000
		ჰიპერონი ლამბადა	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	11115,1	0	$2,63\times10^{-10}$
		ჰიპერონი სიგმა	Σ^+ Σ^0 Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$ $\bar{\Sigma}^0$ $\bar{\Sigma}^-$	1139,37 1192,48 1197,35	1 0 –1	8×10^{-11} $5,8\times10^{-20}$ $1,48\times10^{-10}$
	ბარიონები: ჰიპერონები	ჰიპერონი ქსი	Ξ^0 Ξ^-	$\bar{\Xi}^0$ $\bar{\Xi}^-$	1314,9 1321,3	0 –1	$2,90\times10^{-10}$ $1,64\times10^{-10}$
		ომეგა-მინუს-ჰიპერონი	Ω-	$\bar{\Omega}$-	1672,2	–1	$8,2\times10^{-11}$

ანტინ (ბერძნ.) — თავსართი, ნიშნავს საწინააღმდეგოს, დაპირისპირებულს.

ანტინაწილაკები — მატერიის ნებისმიერი სახის ნაწილაკს აქვს შესაბამისი ანტინაწილაკი, როდესაც ნაწილაკი ეჯახება ანტინაწილაკს, ხდება მათი ანიჰილაცია – ორივე ნაწილაკი გაქრება და ფოტონების სახით რჩება მხოლოდ ენერგია.

3.2 ბუნებაში არსებული ურთიერთქმედებები

1. რა არის სხეულის აჩქარების გამომწვევი მიზეზი?
2. შეიძლება თუ არა სხეულს აჩქარება მიანიჭოთ ბიძგით? მოქაჩვით? ვარაუდის მართებულობა შეამოწმეთ ცდით.
3. შეიძლება თუ არა სხეულს აჩქარება მიანიჭოს ქარმა? მოიყვანეთ ვარაუდის დამადასტურებელი მაგალითები და სუსტი ჰაერის ნაკადით ცდით შეამოწმეთ იგი.
4. შეუძლია თუ არა ჰაერის ნაკადმა ამოძრაოს გემი? უზრუნველყოს თვითმფრინავის ფრენა?
5. რა ანიჭებს ისარს აჩქარებას? ქვემეხიდან გამოტყორცნილ ჭურვს?

რა უზრუნველყოფს ავტომობილის დაძვრას და შემდეგ მოძრაობისას მისი სიჩქარის შენარჩუნებას? რა ძალა უშლის ხელს ავტომობილის სიჩქარის განუწყვეტლივ გადიდებას? რა ძალა ადუღაბებს სამშენებლო მასალებს სახლის აშენებისას? რა ძალა იწვევს ქალაქების წამებში განადგურებას? რა ძალა უზრუნველყოფს ხელ-ფეხის მოძრაობას?

არსებობს კი ბუნებაში ძალის ამდენი ნაირსახეობა? ირკვევა, რომ არა.

დავით ჭელიძე — საქართველოს 2010 წლის ჩემპიონი ახალგაზრდებს შორის

სურ. 38.1.

მეცნიერებაში დადგენილია, რომ არსებობს ოთხი ტიპის ურთიერთქმედება: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი (ბირთვული) და სუსტი.

გრავიტაციული ძალა უნივერსალურია, რადგან ყველა ნაწილაკზე მოქმედებს. გრავიტაცია უსუსტესია ოთხ ძალას შორის. მისი მნიშვნელოვანი თვისება: დიდ მანძილზე (მილიარდობით კმ-ზე) მოქმედებს და ყოველთვის მიზიდულობის ხასიათისაა.

მანძილი, რომელზეც მჟღავნდება ძლიერი ურთიერთქმედება 10^{-14} მ რიგისაა. სუსტი ურთიერთქმედება მჟღავნდება უფრო მცირე მანძილზე, არა უმეტეს 10^{-19}მ-სა.

ელექტრომაგნიტური ძალით ურთიერთქმედებს ელექტრული მუხტის მქონე ნაწილაკები და სხეულები, რომლებსაც ჭარბი ელექტრული მუხტი აქვთ. თანასახელიანი მუხტის ნაწილაკები განიზიდება, საპირისპირო მუხტის ნაწილაკები — მიიზიდება. ელექტრული ძალა გაცილებით აღემატება მსოფლიო მიზიდულობის (გრავიტაციული) ძალას. მაგ.: ორი ელექტრონი ერთმანეთს განიზიდავს ძალით,

რომელიც $\approx 10^{42}$-ჯერ აღემატება მათი გრავიტაციული მიზიდულობის ძალას.

ყოველდღიურ ცხოვრებასა და ტექნიკაში ელექტრომაგნიტური ძალები ვლინდება ყველაზე ფართოდ და მრავალფეროვნად. ესაა, დრეკადობისა და ხახუნის ძალები, ჩვენი და სხვადასხვა ცხოველის კუნთების ძალები. ელექტრომაგნიტური ძალების მეშვეობით ვხედავთ საგნებს და თვით სიცოცხლეც წარმოუდგენელია ამ ძალების გარეშე. ელექტრომაგნიტურ ძალთა მოქმედება ერთი წამითაც რომ შეწყდეს, მაშინვე შეწყდებოდა სიცოცხლეც. ძნელია, თითქმის შეუძლებელიც, ისეთი მოვლენის დასახელება, რომელიც დაკავშირებული არ არის

6. შეუძლია თუ არა გრავიტაციული მიზიდულობის ძალას ერთმანეთის მახლობლად პროტონების შეკავება? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

ელექტრომაგნიტურ ძალთა მოქმედებასთან.

ატომის ბირთვები საკმაოდ მდგრადია. თუ ბირთვებს სფეროს ფორმისას წარმოვიდგენთ, მათი დიამეტრი 10^{-14}–10^{-15} მ რიგის იქნება. ასე მცირე ზომის ბირთვში პროტონები და ნეიტრონებია „ჩაჭეჭყილი“.

რა აჩერებს თანასახელიანი ნიშნის პროტონებს ერთმანეთთან?

რადგან ატომბირთვი მდგრადი სისტემაა, ამიტომ ბირთვის შემადგენელი ნაწილაკები — პროტონები და ნეიტრონები (ხშირად მათ **ნუკლონებს** უწოდებენ) ურთიერთმიიზიდება ძალებით, რომელსაც **ბირთვული ძალები უწოდეს**. ეს ძალები დაახლოებით 100-ჯერ აღემატება ელექტრომაგნიტურ ძალებს. ისინი ბუნებაში არსებულ დღეისათვის ცნობილ ძალებს შორის ყველაზე მძლავრია, ამიტომ ბირთვული ნაწილაკების ურთიერთქმედებას ხშირად ძლიერ ურთიერთქმედებას უწოდებენ. ბირთვული ძალების მნიშვნელოვანი თვისებაა ახლოქმედება. ეს ძალები მნიშვნელოვანად იჩენს თავს ისეთ მანძილებზე, რომლებიც ბირთვის ზომის 10^{-14} მ რიგისაა. ბირთვული ძალების რაოდენობრივი თეორია ჯერჯერობით დადგენილი არ არის.

სუსტი ურთიერთქმედება, ძირითადად, ელემენტარულ ნაწილაკთა გარდაქმნას იწვევს. ეს ურთიერთქმედება 10^{14}-ჯერ უფრო სუსტია ბირთვულთან შედარებით. ამ ძალებს რაიმე ნაწილაკების ერთმანეთთან შეკავების უნარი ბმული მდგომარეობის წარმოსაქმნელად არ გააჩნია. მისი მოქმედების არე ძალიან მცირე 10^{-19} მ რიგისაა. მაგრამ სამყაროში მისი როლი უდიდესია. ძლიერ და სუსტ ურთიერთქმედებებს შემდეგ შევისწავლით.

ფიზიკოსების უმეტესობა იმედოვნებს, რომ შეიქმნება გაერთიანებული თეორია, რომელიც ამ ოთხ ძალას ახსნის როგორც ერთი ძალის განსხვავებულ ასპექტებს. დღეისათვის ცნობილი თეორია აერთიანებს ელექტრომაგნიტურ, ძლიერ და სუსტ ურთიერთქმედებებს.

3.3 ლეპტონები, ადრონები, კვარკები, გლუონები

ლეპტონები მცირე მასის ელემენატრული ნაწილაკებია, რომლებიც არ მონაწილეობენ ძლიერ ურთიერთქმედებაში.

ლეპტონი (ბერძნ.) — თხელი, მსუბუქი

ლეპტონებში შედის 12 ნაწილაკი. (ანტინაწილაკების) ჩათვლით. გვაქვს სამი სახის ნეიტრინო: ელექტონული ნეიტრინო ν_e ჩნდება ელექტრონთან ერთად e, მიონური ნეიტრინო ν_μ — μ მიუონებთან ერთად; τ-ლეპტონური ნეიტრინო ν_τ ჩნდება τ — ლეპტონებთან ერთად. τ ლეპტონს დიდი მასა აქვს, მაგრამ მაინც შეტანილია ლეპტონების ჯგუფში, რადგან, მთავარი თვისება, რომელიც მას დანარჩენ ლეპტონებთან აახლოებს ისაა რომ არ მონაწილეობს ძლიერ ურთიერთქმედებაში.

ლეპტონები მიჩნეულია ნამდვილ ელემენტარულ ნაწილაკებად. დღემდე ვერ დაადგინეს მათი ზომები: ექსპერიმენტული მონაცემებით თვლიან, რომ ელექტრონის $R<2\cdot10^{-18}$ მ.

ადრონები აერთიანებს მეზონებისა და ბარიონების ჯგუფებს.

მეზონების ჯგუფი რვა ნაწილისაგან შედგება. ყველაზე მსუბუქი მათში π-მეზონებია: დადებითი, უარყოფითი და ნეიტრალური. პიონები ბირთვული ველის კვანტებია მსგავსად ფოტონებისა, რომლებშიც ელექტრომაგნიტური ველის კვანტებია. არის კიდევ ოთხი K–მეზონი და ერთი η^0-მეზონი.

ბარიონების ჯგუფში 18 ნაწილაკი შედის. ბარიონებიდან ყველაზე ნაკლები მასა აქვს პროტონსა და ნეიტრონს. ყველაზე მეტი ომეგა-მინუს-ჰიპერონს, მისი მასა 3273-ჯერ მეტია ელექტონის მასაზე.

ძლიერ ურთიერქმედებაში მონაწილე ყველა ნაწილაკი შედგება უფრო ფუნდამენტური ნაწილაკებისაგან — **კვარკებისაგან**.

ლეპტონის, ფოტონისა და შუალედური ბოზონის გარდა ყველა ნაწილაკი შედგენილი ნაწილაკია.

შუალედური ვექტორული ბოზონები არის სუსტ ურთიერთქმედებათა ველის კვანტები.

შუალედური ვექტორული ბოზონები არის სუსტ ურთიერთქმედებათ ველის კვანტები

რისგან შედგება ეს ნაწილაკები?

პირველებმა მ. გელ-მანმა და ჯ. ცვაიგმა გამოთქვეს ჰიპოთეზა: ძლიერ ურთიერთქმედებაში მონაწილე ყველა ნაწილაკი შედგება უფრო ფუნდამენტური ნაწილაკებისაგან კვარკებისაგან. ლეპტონის, ფოტონისა და შუალედური ბოზონების გარდა ყველა უკვე აღმოჩენილი ნაწილაკი შედგენილი ნაწილაკია.

თავდაპირველად წამოყენებული იყო ჰიპოთეზა სამი კვარკის და შესაბამისად სამი ანტიკვარკის არსებობის შესახებ. ისინი აღინიშნებიან u, d, s ასოებით მათ უნდა ჰქონდეთ წილადი ელექტრონული მუხტი. u კვარკს $+\frac{2}{3}e$ მუხტი აქვს, ხოლო d და s კვარკებს აქვთ ერთნაირი $-\frac{1}{3}e$-ს ტოლი მუხტი, სადაც e ელექტრონის მუხტის მოდულია. პროტონი შედგება ორი u კვარკისა და ერთი d კვარკისაგან.

იწინასწარმეტყველეს მეოთხე c-კვარკის არსებობა, რომელსაც „მოჯადოებული“ უწოდეს. შემდეგ იწინასწარმეტყველეს და აღმოაჩინეს კიდეც b და t-კვარკები.

1. გაიხსენეთ, როგორ აღმოაჩინა რეზერფორდმა ატომის ბირთვის არსებობა?

2. თქვენი აზრით, როგორ აღმოვაჩინოთ პროტონი ან ნეიტრონი შედგენილი ნაწილაკია თუ მარტივი? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

ელექტრონების პროტონებზე და ნეიტრონებზე გაბნევით თავდაპირველად აღმოჩენილი იქნა ამ ნაწილაკებში ელექტრული მუხტის სივრცული განაწილება, შემდეგ კი გაბნეული ნაწილაკების (ელექტრონისა და ნეიტრინოს) ენერგიის 50 მგევ-მდე გაზრდით შეძლეს დაედგინათ წერტილოვანი წარმონაქმნების არსებობა პროტონებსა და ნეიტრონებში. ამგვარად დადასტურდა ნუკლონების კვარკული სტრუქტურა. ნეიტრონი შედგება ორი d და ერთი u კვარკისაგან.

3. კვარკების განაწილებით განსაზღვრეთ პროტონის და ნეიტრონის მუხტი.

მეზონი სხვაგვარადაა აგებული. ყოველი მეზონი შედგება ერთი კვარკისა და ერთი ანტიკვარკისაგან. მაგალითად, π^+-მეზონი შედგება u-კვარკისა და d-ანტიკვარკისაგან, π^--მეზონი — d-კვარკისა და u — ანტიკვარკისაგან.

ყველა ადრონი კვარკებისაგან შედგება, მაგრამ მათი გახლეჩა კვარკებად ჯერ-ჯერობით ვერ მოახერხეს. თავისუფალი კვარკები აღმოჩენილი არ არის.

ატომბირთვი პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება (წყალბადის ატომის ბირთვის გარდა). ატომბირთვის გახლეჩა და ერთი ატომბირთვის სხვა ატომბირთვად გარდაქმნა მოახერხეს.

4. თქვენი აზრით, რატომ ვერ მოახერხეს ნუკლონების კვარკებად დაშლა?

ამჟამად, ასეთი მოსაზრებაც არსებობს — თავისუფალი კვარკები ბუნებაში არ არსებობს და არც შეიძლება არსებობდეს. კვარკს არ შეუძლია ადრონიდან გამოსვლა.

მაღალი ენერგიის ნაწილაკების, მაგალითად ელექტრონის პოზიტრონთან შეხლისას წარმოიქმნება კვარკ-ანტიკვარკის წყვილი. კვარკი და ანტიკვარკი გაიბნევა ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით და თითოეული წარმოქმნის მრავალ ადრონს (უპირატესად პიონებს), ადრონების წარმოქმნა კიდევ ერთი დადასტურებაა კვარკების რეალურობისა. არც ლეპტონს და არც კვარკს, არ გააჩნია შინაგანი სტრუქტურა. ამ გაგებით ლეპტონი და კვარკი ნამდვილად ელემენტარული ნაწილაკებია. ზოგიერთი თეორიული საკითხის ასახსნელად იძულებული გახდნენ შემოეღოთ ახალი კვანტური რიცხვი „ფერი“, რამაც გაზარდა კვარკების რაოდენობა. მაგალითად, კვარკი შეიძლება იყოს წითელი, მწვანე და ლურჯი, მაგრამ ამ საკითხს ჩვენ არ განვიხილავთ.

ადრონში კვარკები ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ.

5. როგორ ფიქრობთ, ეს ურთიერთქმედება ძლიერია თუ სუსტი? პასუხი დაასაბუთეთ.

გლუონი (ინგლ.) — წებო

კვანტური თეორიის თანახმად კვარკების ურთიერთქმედება ხორციელდება განსაკუთრებული ნაწილაკების — გლუონების გაცვლით. გლუონები კვარკებს „აწებებს“.

ფოტონების მსგავსად არც გლუონებს აქვთ ელექტრული მუხტი და უძრაობის მასა. მათ გააჩნიათ ე. წ. „ფერადი“ მუხტი.

გლუონების ძლიერი ურთიერთქმედება ერთიმეორესთან და კვარკებთან, კვარკებს და გლუონებს აკავებს ადრონში.

ადრონები ძლიერთან ერთად სუსტ ურთიერთქმედებაშიც მონაწილეობენ.

ადრონების კვარკული მოდელის თვალსაზრისით ეს ნიშნავს, რომ სუსტ ურთიერთქმედებაში მონაწილეობენ კვარკები.

გლუონების გაცვლა, რომელიც აპირობებს ძლიერ ურთიერთქმედებას, ცვლის მხოლოდ კვარკის ფერს, ყველა სხვა თვისებას კი უცვლელად ტოვებს. კვარკების სუსტი ურთიერთქმედებისას ხდება მათ მიერ W^+, W^- და Z^0 ბოზონების ურთიერთგაცვლა.

როგორ ხდება კვარკულ მოდელში ნეიტრონების დაშლა სუსტი ურთიერთქმედებისას?

ეს ასე ხდება: ნეიტრონების ორი d-კვარკიდან ერთი აფრქვევს W^- — მეზონს და გარდაიქმნება u-კვარკად, რის შემდეგადაც წარმოიქმნება პროტონი, რომელიც შედგება ერთი d-კვარკისა და ორი u კვარკისაგან, W^- — მეზონი, იშლება ლეპტონებად: ელექტრონად და ანტინეიტრინოდ.

ამგვარად, სუსტი ურთიერთქმედება ახორციელებს გარკვეულ კავშირს კვარკებსა და ლეპტონებს შორის — იმ ნაწილეკებს შორის, რომლებიც პირველ რიგში ჯერჯერობით შეიძლება ჩაითვალოს ნამდვილ ელემენტარულ ნაწილაკებად.

ელემენტარული ნაწილაკების აღმოჩენა. ელექტრონი, ფოტონი, პროტონი

3.4

1897 წელს პირველი ელემენტარული ნაწილაკი — ელექტრონი e^- — აღმოაჩინა ინგლისელმა ჯოზეფ ჯონ ტომსონმა (1856-1940).

პირველი ცდები რომლებისგანაც მიღებული შედეგებით შეიძლებოდა დასკვნის გამოტანა ატომის შიგნით ელექტრული მუხტის არსებობაზე 1833 წელს ჩაატარა ინგლისელმა მაიკლ ფარადეიმ (1791-1867).

ფარადეიმ დაადგინა, ელექტროლიტში ელექტრული დენი არის იონების მიმართული მოძრაობა. მოცემული ქიმიური ელემენტის ერთ ატომზე საშუალოდ ელექტრული მუხტის ერთი და იგივე რაოდენობა მოდის. იონის მინიმალურ მუხტს ელემენტარული ელექტრული მუხტი დაარქვეს, რომლის მნიშვნელობაა $e=1{,}6\cdot10^{-19}$ კ. განსხვავებული ნივთიერების იონის მუხტი ელემენტარული მუხტის ჯერადი იქნება, ე. ი. $2e$, $3e$ და ა. შ.

ფარადეის ცდებში თითოეული იონის მუხტს არ ზომავდნენ. ამის გამო ატომის შიგნით დადებითი და უარყოფითი ელემენტარული მუხტის არსებობა 64 წლის განმავლობაში რჩებოდა ჰიპოთეზად.

1897 წელს ჯონ ტომსონი ატარებდა ცდებს გაიშვიათებულ აირებში ელექტრულ განმუხტვაზე, თერმოელექტრულ ემისიაზე და ფოტოეფექტზე. ცდების შედეგების ანალიზით ტომსონმა დაადგინა: აირებში დენის გატარებისას, ნივთიერების გახურებისას და ნებისმიერი ქიმიური ელემენტის ულტრაიისფერი სხივებით დასხივებისას ამ ნივთიერების ატომებიდან ამოიტყორცნება სავსებით ერთნაირი უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკები. ამ ნაწილაკს შემდგომში **ელექტრონი** უწოდეს.

ელექტრონის ელექტრული მუხტი პირველად 1909 წელს გაზომა ა. მაიკელსონმა (1852-1931). ელექტრონის მუხტის მოდული ტოლი აღმოჩნდა ელექტროლიზის ცდებში მიღებული ელემენტარული მუხტის. ელექტრონის მასა ბუნებაში არსებული ყველაზე მსუბუქი ელემენტის — წყალბადის ატომის მასაზე დაახლოებით 2000-ჯერ ნაკლები აღმოჩნდა, იგი ტოლია $m_e=9{,}11\cdot10^{-31}$ კგ.

ელექტრონის აღმოჩენა და ყველა ატომში მისი არსებობის დასაბუთება, არის ატომის რთული აგებულების დამტკიცების პირველი ნიშანი.

ელექტრონი (სიმბოლო $e-$) ელემენტარული ნაწილაკია.

1900 წელს აბსოლუტურად შავი სხეულის გამოსხივების ასახსნელად მაქს პლანკმა ჩამოაყალიბა ჰიპოთეზა ატომების მიერ ელექტრომაგნიტური ტალღის გამოსხივებაზე.

1. ჩამოაყალიბეთ პლანკის ჰიპოთეზა.

ალბერტ აინშტაინმა 1905 წელს ახსნა ფოტოეფექტის მოვლენა სინათლის წყვეტილი გამოსხივების შესახებ პლანკის იდეის განვითარების შედეგად. ფოტოეფექტის ექსპერიმენტულ კანონებში აინშტაინმა დაინახა დამაჯერებელი დადასტურება იმისა, რომ სინათლეს აქვს წყვეტილი სტრუქტურა და შთაინთქმება ცალკეული $h\nu$ პორციებით.

აინშტაინის თეორიის მიხედვით, **სინათლეს აქვს წყვეტილი სტრუქტურა: $E=h\nu$ სინათლის ენერგიის გამოსხივებული პორცია ინარჩუნებს თავის ინდივიდუალობას შემდგომშიც, სინათლის გავრცელების პროცესში. შთანთქმა შესაძლებელია მხოლოდ მთელი პორციის.**

ფოტონი (სიმბოლო γ) ელემენტარული ნაწილაკია.

1913 წელი. ერნესტ რეზერფორდმა (1871-1937) იწინასწარმეტყველა პროტონის არსებობა.

1919 წელი. რეზერფორდმა აღმოაჩინა პროტონი.

ატომური ბირთვების ხელოვნური გარდაქმნა პირველად განახორციელა რეზერფორდმა. ბირთვი საკმაოდ მდგრადია და არც მაღალი ტემპერატურა, არც წნევა, არც ელექტრომაგნიტური ველი ელემენტებს არ გარდაქმნის და არ ახდენს გავლენას რადიოაქტიური დაშლის სიჩქარეზე.

რეზერფორდმა ივარაუდა, რომ ბირთვის დაშლის ან გარდაქმნისათვის საჭიროა ძალიან დიდი ენერგია. იმ დროისათვის ენერგიის განსაკუთრებული კონცენტრირებული წყარო იყო რადიოაქტიური დაშლის დროს ბირთვებიდან გამოტყორცნილი α-ნაწილაკების ენერგია.

2. თქვენი აზრით, რა მოხდება თუ α-ნაწილაკი შეიჭრება სხვა ელემენტის ბირთვში?

პირველი ბირთვი, რომელიც ხელოვნურად იქნა გარდაქმნილი იყო აზოტის ბირთვი $^{14}_{7}N$.

რადიუმის მიერ გამოსხივებული დიდი ენერგიის α ნაწილაკებით აზოტის ბომბარდირებისას რეზერფორდმა აღმოაჩინა წყალბადის ატომის ბირთვები — პროტონები. პრეპარატის მიერ გამოსხივებული **50 000 α-ნაწილაკიდან ერთი ჩაიჭირება** აზოტის ბირთვით, რაც იწვევს აზოტის ბირთვის გარდაქმნას ჟანგბადის იზოტოპის ბირთვად და პროტონის გამოტყორცნას:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H.$$

შემდეგ, სხვა მკვლევარებმა აღმოაჩინეს მსუბუქი ბირთვების — ფტორის, ნატრიუმის, ალუმინის და სხვა ბირთვების გარდაიქმნები α-ნაწილაკების მოქმედებით. მძიმე ბირთვები α-ნაწილაკების ზემოქმედებით გარდაქმნას არ განიცდიან.

3. თქვენ როგორ ფიქრობთ, რატომ არ განიცდიდა დიდი მასური რიცხვის ელემენტების ბირთვები გარდაქმნას α-ნაწილაკების მოქმედებით?

პროტონი (სიმბოლო p) ელემენტარული ნაწილაკია.

ელემენტარული ნაწილაკების აღმოჩენა. ნეიტრონი, პოზიტრონი, ანტიპროტონი

3.5

1920 წელს რეზერფორდმა იწინასწარმეტყველა ატომის ბირთვში ნეიტრალური ნაწილაკის არსებობა, რომლის მასა დაახლოებით პროტონის მასის ტოლი უნდა ყოფილიყო. ამ ჰიპოთეტურ ნაწილაკს რეზერფორდმა ნეიტრონი უწოდა.

1928 წელს ინგლისელმა ფიზიკოსმა პოლ დირაკმა იწინასწარმეტყველა ელექტრონის ორეულის პოზიტრონის არსებობა.

1930 წელს პაულმა იწინასწარმეტყველა ნეიტრინოს (სიმბოლო ν) არსებობა.

1932 წელს რეზერფორდის მოწაფემ დ. ჩედვიკმა აღმოაჩინა ნეიტრონი (სიმბოლო n).

ჩედვიკი ატარებდა ცდებს: **იკვლევდა ბერილიუმის გამოსხივების თვისებებს, რომელიც წარმოიშობოდა α-ნაწილაკებით ბერილიუმის ბომბარდირებისას.**

1. გაიხსენეთ რა აღმოაჩინა რეზერფორდმა α-ნაწილაკებით აზოტის ბომბარდირებისას.

ჩედვიკმა დაადგინა, α-ნაწილაკებით ბერიულიუმის ბომბარდირებისას ბერილიუმიდან გამოდის ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკები, რომელთა მასა დაახლოებით პროტონის მასის ტოლია. ჩედვიკის ცდები ნეიტრონის არსებობის დამადასტურებელია.

თანამედროვე გაზომვებით დადგენილია თავისუფალი ნეიტრონის მასაა

m_n=1,6749286×10^{-27}კგ=1,008664902 მ.ა.ე.=939,56563 მგევ.

პროტონის მასა 0,2%-ით ნაკლებია ნეიტრონის მასაზე.

1932 წელს კ. ანდერსონმა კოსმოსურ სხივებში აღმოაჩინა პოზიტრონი, პოზიტრონის მასა ზუსტად დაემთხვა ელექტრონის მასას, მისი მუხტი ელექტრონის მუხტის მოდულს, აღმოჩენილი იქნა პირველი **ანტინაწილაკი — პოზიტრონი**.

> პოზიტრონი ან დადებითი ელექტრონი-ელექტრონის ანტინაწილაკია, მისი მასა ელექტონის მასის ტოლია, მუხტი ელექტრონის მუხტის მოდულის ტოლი, მისი სიმბოლოა e^+.

დირაკმა ისიც ივარაუდა, რომ, ელექტრონისა და პოზიტრონის დაჯახებისას მოხდება ანიჰილაცია — ორივე ნაწილაკი გაქრება და დიდი ენერგიის ფოტონები გაჩნდება. პოზიტრონისა და ელექტრონის ანიჰილაცია შემდეგნაირად მიმდინარეობს

$$e^+ + e^- \to 2\nu \ .$$

ენერგიის მუდმივობის კანონის შესაბამისად, უმეტეს შემთხვევაში ორი ფოტონი წარმოიქმნება. თითოეული ფოტონის ენერგია უნდა იყოს 0,51 მგევ — ე. ი. ელექტრონის უძრაობის ენერგიის ტოლი. დიდი ენერგიის ფოტონის ბირთვთან დაჯახებისას პოზიტრონ-ელექტრონის წყვილი წარმოიქმნება:

$$\nu \to e^+ + e^- .$$

ეს ენერგიის მასად გარდაქმნის ერთ-ერთი მაგალითია.

ელექტრონ-პოზიტრონის წყვილი შეიძლება β დაშლის დროსაც წარმოიქმნას. ამ დროს პოზიტრონთან ერთად ნეიტრინოც ჩნდება.

პოზიტრონის აღმოჩენისთანავე ბევრმა ფიზიკოსმა ჩათვალა, რომ უნდა არსებობდეს პროტონის ანტინაწილაკი ანტიპროტონი, ან უარყოფითი პროტონი (სიმბოლო $\bar{p}$). ივარაუდეს, რომ ანტიპროტონი უნდა წარმოქმნილიყო ბირთვის ისეთი პროტონებით ბომბარდირებისას რომელთა კინეტიკური ენერგია $6 \cdot 10^{10}$ ევ-ია. ანტიპროტონის წარმოქმნის ერთ-ერთ რეაქციას ასეთი სახე აქვს:

$$p+p \rightarrow p+p+\bar{p}+p.$$

ამ შემთხვევაში ენერგია უშუალოდ გარდაიქმნება უძრაობის მასაში და წყვილის პროტონისა და ანტიპროტონის კინეტიკურ ენერგიად.

ჰიპოთეზის მართებულების შესამოწმებლად საჭირო ენერგიის მისაღებად აშშ-ი ააგეს იმ დროისათვის გიგანტური ამაჩქარებელი, რომლის მეშვეობით პროტონების მიანიჭეს საჭირო $6{,}2 \cdot 10^{10}$ ევ კინეტიკური ენერგია და ამაჩქარებლის აგებიდან ერთი წლის შემდეგ 1955 წელს მიიღეს პროტონისა და ანტიპროტონის წყვილი.

აღმოჩენილია ანტინეიტრონი. ნებისმიერი ნაწილაკი და მისი ანტინაწილაკი დაჯახებისას ანიჰილაციას განიცდის.

იბადება შეკითხვა, რატომაა რომ წყალბადის ყველა ატომი შედგება დადებითი პროტონისა და უარყოფითი ელექტონისაგან და არა უარყოფითი ანტიპროტონისა და დადებითი პოზიტრონისაგან? წყალბადის ასეთ „შებრუნებულ“ ატომს ანტიწყალბადი ჰქვია, ხოლო ნივთიერებას, რომელიც აგებულია ანტინუკლონებისა და ორბიტული პოზიტრონებისაგან — ანტინივთიერება. სიმეტრიის პრინციპზე დაყრდნობით შეიძლება მოველოდეთ, რომ სამყაროში ყველა ატომის ნახევარი უნდა იყოს ანტინივთიერება. ამის გარეშე ძნელი გასაგებია, რატომ უნდა იყოს გაბატონებული დადებითი მუხტი უარყოფითზე.

არსებობს ჰიპოთეზა, იმის შესახებ, რომ ზოგიერთი გალაქტიკა შედგება ანტინივთიერებისაგან, მაგრამ ამის შესახებ დამაჯარებელი მტკიცებულებები ჯერჯერობით არ არსებობს.

ნეიტრინოს ანტინაწილაკია ანტინეიტრინო, თეორიის თანახმად ფოტონი უნდა ემთხვეოდეს თავის ანტინაწილაკს.

3.6 ნეიტრონის დაშლა. ნეიტრინოს აღმოჩენა

1. როგორ ნაწილაკს უწოდებენ ელემენტარულს?
2. რა არის ნეიტრონი?
3. არის თუ არა ნეიტრონი ელემენტარული ნაწილაკი? ახსენი, რატომ ფიქრობ ასე?
4. რა არის რადიოაქტიურობა?
5. რა ნაწილაკები გამოსხივდება რადიოაქტიური ნივთიერებიდან?

β დაშლის დროს ბირთვიდან ელექტრონი გამოიტყორცნება.

6. რისგან შედგება ატომბირთვი? არის ელექტრონი ატომბირთვში?

თუ ბირთვში ელექტრონი არ არის, საიდან გაჩნდა იგი?

ბირთვიდან ელექტრონის გამოტყორცნის შემდეგ ბირთვის მუხტი და, მაშასადამე პროტონების რაოდენობა, ერთით იზრდება. ბირთვის მასური რიცხვი არ იცვლება. ეს ნიშნავს ნეიტრონების რაოდენობის ერთით შემცირებას, ე. ი. β რადიოაქტიური ბირთვების შიგნით ნეიტრონი შეიძლება დაიშალოს პროტონად და ელექტრონად. პროტონი რჩება ბირთვში, ხოლო ელექტრონი გამოიტყორცნება გარეთ. მხოლოდ სტაბილურ ბირთვებშია ნეიტრონები მდგრადი.

ზუსტი ცდებით დადგენილია: ერთნაირი ბირთვების მიერ გამოტყორცნილი ელექტრონების კინეტიკური ენერგია განსხვავებულია. ახლად წარმოქმნილი ბირთვები კი ერთნაირი.

7. თქვენი აზრით, მართებულია თუ არა ფიზიკის ყველაზე ფუნდამენტური კანონი — ენერგიის მუდმივობის კანონი β-გამოსხივებისას? ახსენით რატომ ფიქრობთ ასე?

შექმნილი სიტუაციიდან გამოსავალი იპოვა შვეიცარიელმა ფიზიკოსმა ვ. პაულიმ. მან დაუშვა, რომ ნეიტრონის დაშლისას, ელექტრონსა და პროტონთან ერთად ჩნდება კიდევ რაღაც ნაწილაკი — „უჩინარი“, რომელსაც მიაქვს ენერგიის დანაკლისი. ეს ნაწილაკი ძალიან სუსტად ურთიერთქმედებს ნივთიერებასთან და ამიტომ შეუძლია გაიაროს ნივთიერების დიდ სისქეში ისე, რომ არ გამოამჟღავნოს თავი.

ამ ნაწილაკს არა აქვს ელექტრული მუხტი. მაშასადამე, არ შეუძლია ატომის იონიზაცია, ბირთვების გახლეჩა, ე. ი. არ შეუძლია გამოიწვიოს ის ეფექტები, რომელთა მიხედვითაც შეიძლება მსჯელობა ნაწილაკების გაჩენის შესახებ, ამიტომ ხელსაწყოებით არ რეგისტრირდება.

ენრიკო ფერმიმ ამ ნაწილაკს ნეიტრინო უწოდა, რაც „პატარა ნეიტრონს“ ნიშნავს. სხვა ნაწილაკების მსგავსად, ნეიტრინოს (სიმბოლო ν) აქვს ანტინაწილაკი, რომელსაც ანტინეიტრინო (სიმბოლო $\bar{\nu}$) ჰქვია.

თავისუფალი ნეიტრონის სიცოცხლის ხანგრძლივობა საშუალოდ 15 წუთია.

თავისუფალი ნეიტრონი თავისთავად იშლება პროტონად, ელექტრონად და გამოსხივდება ანტინეიტრინო: $n \to p + e^- + \bar{\nu}$.

ნეიტრონის ენერგია ყოველთვის მეტია პროტონისა და ელექტრონის ენერგიათა ჯამზე.

ჭარბი ენერგია მიაქვს ანტინეიტრინოს.

თეორიამ იწინასწარმეტყველა, რომ პროტონში ანტინეიტრინოს მოხვედრისას წარმოიქმნება პოზიტრონი და ნეიტრონი:

$$p + \bar{\nu} \to n + e^+.$$

ასეთი პროცესის ალბათობა ძალიან მცირეა ანტინეიტრინოს უდიდესი შეღწევადობის გამო. მიუხედავად დიდი სიძნელეებისა ნეიტრინოს და ანტინეიტრინოს არსებობა ექსპერიმენტის მეშვეობით არაპირდაპირი გზით იქნა დასაბუთებული იმ სიცხადით, რომელიც საერთოდ შესაძლებელია ელემენტარული ნაწილაკების სამყაროში. დასაბუთებულია ნეიტრონი მხოლოდ ბირთვებშია სტაბილური. თავისუფალი ნეიტრონი იშლება: პროტონად, ელექტრონად და ანტინეიტრინოდ.

8. თქვენი აზრით: ელემენტარული ნაწილაკია თუ არა ნეიტრონი? ახსენით, რატომ ფიქრობთ ასე?

თავისუფალი ნეიტრონის მასა მეტია თავისუფალი პროტონისა და ელექტრონის მასათა ჯამზე. შესაბამისად ნეიტრონის სრული ენერგია მეტია პროტონისა და ელექტრონის ენერგიათა ჯამზე. ჭარბი ენერგიის გამო თავისუფალი ნეიტრონი არამდგრადია. ვინაიდან ანტინეიტრინო არსებობს მხოლოდ სინათლის სიჩქარით წრფივად მოძრაობისას, ამიტომ მას ნეიტრონის შიგნით ყოფნა არ შეუძლია. ნეიტრონის დაშლის დროს გამოყოფილ პროტონსა და ელექტრონს კი შეუძლია შექმნას მდგრადი სისტემა — წყალბადის ატომი.

მივიღეთ, ნეიტრონის დაშლა წარმოადგენს გარდაქმნას ელემენტარული ნაწილაკების სამყაროში და არა რთული სისტემის შემადგენელ ნაწილებად დაშლას. ნეიტრონის „შიგნით“ პროტონი, ელექტრონი და ანტინეიტრინო არ არის. ისინი იბადებიან დაშლის მომენტში. ამიტომ, ამ თვალსაზრისით ნეიტრონი ითვლება ელემენტარულ ნაწილაკად. ასეა საქმე სხვა ნაწილაკების შემთხვევაშიც, რომლებიც დროის განსაზღვრულ ინტერვალს ცოცხლობენ.

მაგალითად, მიუ-მეზონი, რომელიც იშლება ელექტრონად და ორ ნეიტრონად:

$\mu^- \to e^- + \tilde{\nu}_e + \nu_\mu$, არ შედგება ამ ნაწილაკებისაგან, ისინი იბადებიან დაშლის მომენტში. ამ თვალსაზრისით მიუ-მეზონი ითვლება ელემენტარულ ნაწილაკად.

დავალება

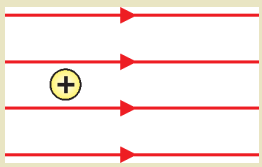
მოიპოვეთ ინფორმაცია ნეიტრონისა და ნეიტრინოს აღმოჩენის შესახებ, ისაუბრეთ სირთულეებზე, რომელთა გადალახვა გახდა საჭირო მათ აღმოსაჩენად.

3.7 რა და როგორ ისწავლეთ. შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

ამაჩქარებელი — მოწყობილობა, რომლის მეშვეობით შეიძლება დიდი ენერგიის ნაწილაკების მიღება

1. რა მოხდება თუ ერთგვაროვან ელექტრულ ველში უძრავ პროტონს გაათავისუფლებთ (სურ. 49.1)?

2. ვთქვათ, პროტონის მასაა m, მუხტი q, ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული E. განსაზღვრეთ პროტონის აჩქარება.



სურ. 49.1

თუ თქვენ სწორად შეასრულეთ მოქმედებები მიიღებთ $a = q\dfrac{E}{m}$. (1)

3. ასრულებს თუ არა ელექტრული ველი მუშაობას პროტონის გადაადგილებაზე? პასუხები დაასაბუთეთ.

4. როგორ იცვლება პროტონის კინეტიკური ენერგია? პასუხი დაასაბუთეთ.

ელექტრული ველის მიერ პროტონის გადაადგილებაზე შესრულებული მუშაობა $A=qU$, (2) პროტონის კინეტიკური ენერგიის ცვლილების ტოლია.

ე. ი. $\dfrac{mv^2}{2} = qU$, , (3) სადაც $U=Ed$ (4) d მანძილით დაშორებულ ორ წერტილს შორის ძაბვაა.

(4)⟶⟶(3)⟶⟶ $\dfrac{mv^2}{2} = qEd.$ (5)

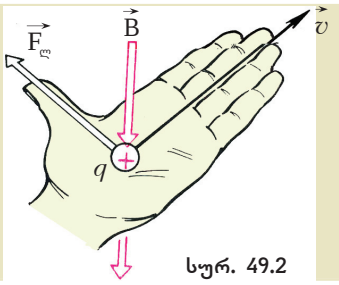
(5)⇒ დამუხტული ნაწილაკების კინეტიკური ენერგიის გასადიდებლად საჭიროა ნაწილაკმა რაც შეიძლება მეტი მანძილი გაიაროს ძლიერ ელექტროსტატიკურ ველში.

განასხვავებენ წრფივ და ციკლურ ამაჩქარებლებს. ორივეში დამუხტული ნაწილაკების აჩქარება გამოწვეულია ელექტრილი ველის მოქმედებით, ოღონდ პირველში ნაწილაკები მოძრაობენ წრფივ, მეორეში მრუდწირულ ტრაექტორიაზე.

მრუდწირულ ტრაექტორიაზე დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობა განპირობებულია მაგნიტური ველში მოძრავ მუხტზე მოქმედი ძალით.

5. რა არის ლორენცის ძალა? როგორ განისაზღვრება მისი მოდული?

6. 49.2 სურათის მიხედვით ჩამოაყალიბეთ ლორენცის ძალის მიმართულების განსაზღვრის წესი.



სურ. 49.2

დავადგინოთ, როგორ იმოძრავებს q_0 მუხტის ნაწილაკი, თუ იგი $\vec{v}$ სიჩქარით

შეიჭრა $\vec{B}$ ინდუქციის ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში ინდუქციის წირების მართობულად.

მაგნიტური ველი ნაწილაკზე მოქმედებს $F_{ლ}=|q_0|vB$ (1) ლორენცის ძალით.

ლორენცის ძალა მართობია $\vec{v}$ და $\vec{B}$ ვექტორებისა, ამიტომ არ ცვლის სიჩქარის მოდულს. (1) $\Rightarrow$ უცვლელი რჩება ლორენცის ძალის მოდულიც.

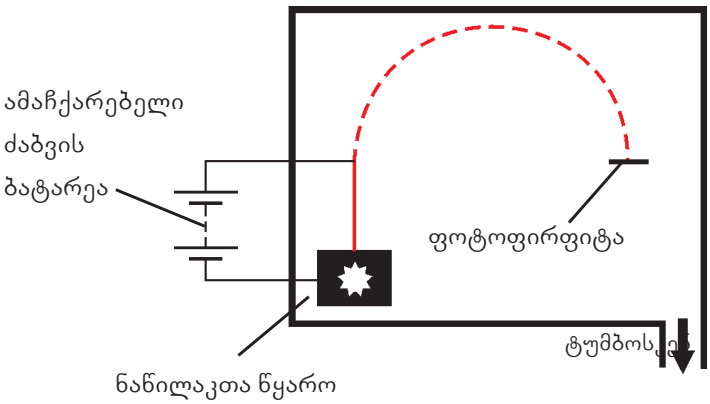
ძალა, რომლის მოდული არ იცვლება და სიჩქარის მართობულად მოქმედებს, ნაწილაკს ანიჭებს მოდულით მუდმივ ცენტრისკენულ $a = \frac{v^2}{R}$ (2) აჩქარებას. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ნაწილაკი მოდულით მუდმივი სიჩქარით მოძრაობს R რადიუსიან წრეწირზე. ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად, $F_{ლ}=ma.$ (3)

$$(1)\wedge(2)\twoheadrightarrow(3) \Rightarrow |q_0|vB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{|q_0|B}. \qquad (4)$$

$$(4) \Rightarrow \frac{|q_0|}{m} = \frac{v}{RB}. \qquad (5)$$

ნაწილაკის მუხტის შეფარდებას მის მასასთან ნაწილაკის კუთრი მუხტი ეწოდება. იგი ექსპერიმენტულად განისაზღვრება ხელსაწყოთი, რომელსაც **მას-სპექტროგრაფი** ჰქვია.

50.1 სურათზე გამოსახულია მას-სპექტროგრაფის პრინციპული სქემა. ხელსაწყოს ვაკუუმიანი კამერა მოთავსებულია $\vec{B}$ ინდუქციის მაგნიტურ ველში, რომელიც სურათის სიბრტყის მართობია, ელექტრული ველით აჩქარებული დამუხტული ნაწილაკები შედიან მაგნიტურ ველში, მოძრაობენ წრეწირის რკალზე და ეცემიან ფოტოფირფიტაზე, სადაც ტოვებენ კვალს. კვალის მეშვეობით დიდი სიზუსტით ზომავენ ნაწილაკის მოძრაობის სიმრუდის R რადიუსს. შემდეგ კი ნაწილაკის კუთრ მუხტს.



სურ. 50.1

დავალება

გაიხსენეთ, ატომში დადებითი მუხტის განაწილების შესახებ ტომსონის ჰიპოთეზის შესამოწმებლად ჩატარებული რეზერფორდის ცდები.

ამაჩქარებლები

ელექტრონების ერთ-ერთ ამაჩქარებელს რომელიც ალბათ ყველა ოჯახშია, სისტემატურად ვიყენებთ.

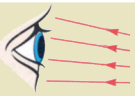
1. შეეცადეთ დაასახელოთ ეს ამაჩქარებელი.

ეს ამაჩქარებელი ტელევიზორია. მასში აჩქარებული ელექტრონების კინეტიკური ენერგია 20კევ-ს აღწევს. ელექტრონების ეს ენერგია საკმარისია დაჯახებისას ტელევიზორის ეკრანის ასანთებად და გამოსახულების მისაღებად.

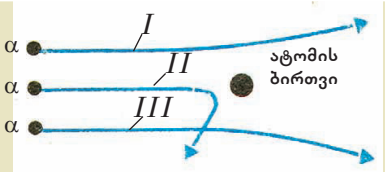
2. რა არის ელექტრონვოლტი? 1 კევ?

3. რომელ დამუხტულ ნაწილაკებს იყენებდა რეზერფორდი ატომის აგებულების დასადგენად? როგორ მოიპოვებდა ამ ნაწილაკებს?

რადიუმის მიერ გამოსხივებული α-ნაწილაკების სიჩქარე დაახლოებით სინათლის სიჩქარის 1/15 ნაწილამდეა. 1 გ რადიუმი 1 წამში ასხივებს დაახლოებით $3{,}7\cdot10^{10}$ α-ნაწილაკს, თითოეულის ენერგია 2-დან 8 მგევ-ა.



კიდევ ერთხელ დაუკვირდით 51.1 სურათს.



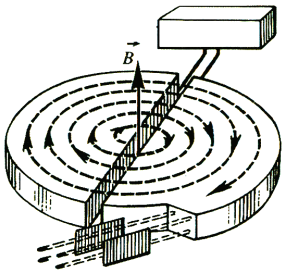
სურ. 51.1.

რეზერფორდის ცდაში იშვიათად, მაგრამ მაინც შეამჩნიეს ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ცალკეული α-ნაწილაკების გაბნევის კუთხე მართ კუთხეს აღემატებოდა, მაგრამ არ დაფიქსირებულა α-ნაწილაკის შეჭრა დიდი მასის ატომბირთვში.

4. როგორ ფიქრობთ, რეზერფორდის ცდებში რატომ ვერ შეიჭრა α-ნაწილაკი ატომბირთვში?

5. როგორ მოვიქცეთ დიდი მასის ატომბირთვის გამოსაკვლევად — ელემენტარული ნაწილაკია ატომბირთვი თუ არის მასში სხვა ნაწილაკები?

დიდი ენერგიის დამუხტული ნაწილაკების მისაღებად შეიქმნა ამაჩქარებლები. პირველ ამაჩქარებელში იყენებდნენ რამდენიმე მილიონი ვოლტის ელექტროსტატიკურ ველს. ამჟამად ძირითადად გამოყენებულია ცვლადი ელექტრული ველი. ნაწილაკების აჩქარებას ახორციელებენ სხვადასხვაგვარ წრფივ და ციკლურ ამაჩქარებელში.



სურ. 131.2

განვიხილოთ პროტონების, α-ნაწილაკების და იონების ამაჩქარებლის-ციკლოტრონის მოქმედების პრინციპი. ამ დანადგარის მოქმედება დამყარებულია ნაწილაკების მრავალჯერად აჩქარებაზე, ნაწილაკები მოძრაობენ სპირალზე (სურ. 51.2)

აჩქარებული ნაწილაკები მოძრაობენ ოდნავ დაშორებული ორ ნახევარ-ცილინდრში. ნახევარცილინდრებს ლათინური D ასოს ფორმა აქვთ, ამიტომ მათ „დუანტები“ დაარქვეს (სურ. 131.2). ნაწილაკების სიჩქარის გადიდება ხდება დუანტებს შორის ღრეჩოში, რომელშიც მაღალი სიხშირის გენერატორის მეშვეობით იქმნება ცვლადი ძაბვა, რომლის ამპლიტუდა 10^5 ვ რიგისაა.

მაგნიტური ველის ინდუქცია იონის სიჩქარის მართობია.

დავუშვათ, დუანტების შუა წერტილის მახლობლად ღრეჩოში დადებითი იონები იმ დროს გამოჩდნენ, როდესაც მარცხენა 1 დუანტს უარყოფითი მაქსიმალური პოტენციალი აქვს. მაშინ იონები ამ დუანტებისკენ გადაადგილდებიან და მასში შეიჭრებიან მაგნიტური ველის ინდუქციის მართობულად.

6. როგორ ტრაექტორიაზე დაიწყებს მოძრაობას დუანტში დამუხტული ნაწილაკები? შეიცვლება თუ არა მისი სიჩქარის მოდული? პასუხი დაასაბუთეთ.

დუანტის შიგნით ნაწილაკები ნახევარწრეწირს შემოწერენ და დროის $T/2$ მომენტში (T დუანტებს შორის ძაბვის ცვლილების პერიოდია) ისევ დუანტებს შორის ღრეჩოსთან აღმოჩნდებიან. ამ მომენტში ღრეჩოში ძაბვა მოდულით ისეთივე გახდება, როგორიც პირველი აჩქარების დროს იყო, მაგრამ მიმართულებით საპირისპირო იქნება. ასეთ ველში ნაწილაკები ისევ აჩქარდებიან. D_2 დუანტში მეტი სიჩქარით შეიჭრებიან, უფრო დიდი რადიუსის ნახევარ წრეწირს შემოწერენ და ღრეჩოსთან, მაშინ აღმოჩნდებიან როდესაც ძაბვა პირვანდელის ტოლი გახდება. ღრეჩოში ნაწილაკების ენერგია კვლავ გაიზრდება. ნაწილაკები მოძრაობენ სპირალზე (სურ. 131.2). დუანტის გამოსასვლელთან ათავსებენ მინის ფირფიტებს, რომელზედაც რამდენიმე ათეული ათასი ვოლტი მუდმივა ძაბვაა მოდებული, აჩქარებული ნაწილაკების კონა გადაიხრება და გადავა კამერაში, სადაც სამიზნეა მოთავსებული. ციკლოტრონის მეშვეობით 1 წამში დაახლოებით $3 \cdot 10^{13}$ ნაწილაკს იღებენ. რომელთა ენერგია 100 მგევ-ის რიგისაა.

7. შეადარეთ ციკლოტრონში 1 წმ-ში მიღებული ნაწილა-კების რაოდენობა და თითოეული ნაწილაკის ენერგია α-ნაწილაკებისას, რომელსაც ბუნებრივად ასხივებდა რადიოაქტიური რადიუმი.

8. ივარაუდეთ, 10^{10} ევ ენერგიის ნაწილაკის მისაღებად რამდენ ბრუნს ასრულებს და რა მანძილს გადის ნაწილაკები ციკლოტრონში.

ტექნოლოგიური პროცესების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა შექმნილიყო ამაჩქარებლები სინქროტრონი, სინქროფაზოტრონი, ტევატრონი, რომელთა მეშვეობით მიღებული ნაწილაკების ენერგია ძალიან დიდია, ერთ-ერთ ყველაზე მძლავრ ამაჩქარებლებელში აშშ-ი — ტევატრონში — აჩქარებული პროტონების ენერგია 1 ტევ-ა (1 ტევ=1000 გევ=10^{12} ევ). ურთიერთქმედი ნაწილაკების ენერგიის გასადიდებლად შეიქმნა ამაჩქარებლები, რომლებშიც ურთიერთქმედი ნაწილაკების კონებს ერთმანეთის შესახვედრად ამოძრავებენ. მეცნიერთა აზრით ეს ამაჩქარებლების განვითარების საუკეთესო გზაა.

შვეიცარიაში, ჟენევასთან ევროპის ბირთვულ კვლევათა ცენტრში ($CERN$), ამუშავდა მსოფლიოში ყველაზე მძლავრი ამაჩქარებელი — დიდი ადრონული კოლაიდერი (LHC).

ურთიერთსაპირისპიროდ მოძრავი პროტონების ენერგია დღეისათვის 4ტევ+4ტევ=8ტევ შეადგენს. დაგეგმილია ენერგიის გაზრდა 7ტევ+7ტევ სიდიდემდე. ამაჩქარებელი მიწისქვეშ ≈27 კმ სიგრძის გვირაბში მდებარეობს, პროტონების ნაკადის წრეწირზე მოძრაობას და ფოკუსირებას უზრუნველყოფს ზეგამტარი მაგნიტები. ზეგამტარი მდგომარეობის შენარჩუნებას — ძალიან დაბალ 1,9K ტემპერატურას უზრუნველყოფს »96ტონა თხევადი ჰელიუმი. პროტონების ორი ნაკადი ურთიერთსაპიროსპიროდ მოძრაობს მაგნიტების შიგნით განლაგებულ ორ პარალელურ ვაკუუმურ მილში. დაჯახება ხდება ოთხ წერტილში. თითოეული წერტილის ირგვლივ განლაგებულია ოთხი დიდი ექსპერიმენტული დანადგარი PP ურთიერთქმედების შესასწავლად.

რისთვისაც გახდა საჭირო ასეთი დიდ ენერგიებამდე პროტონების აჩქარება?

ასეთი დიდი ენერგია საჭირო ხდება ე. წ. სტანდარტული მოდელით ნაწინასწარმეტყველები ჰიგსის ნაწილაკის აღმოსაჩენად. სტანდარტულ მოდელში, რომელიც ფუნდამენტური ნაწილაკების თანამედროვე თეორიაა, ჰიგსის ნაწილაკით ხდება ყველა დანარჩენი ელემენტერული ნაწილაკებისათვის მასის „მინიჭება“. თვითონ ჰიგსის ნაწილაკის მასა ≈140 გევ უნდა იყოს.

LHC-ზე პირველი PP დაჯახებები განხორციელდა მარტში 2010 წელს.

2012 წელი ივლისი — ექპერიმენტატორებმა ერთობლივად განაცხადეს, რომ ჰიგსის ნაწილაკი აღმოჩენილია (8 ცალი).

დღეისათვის დაფიქსირებული რაოდენობა არ იძლევა საშუალებას ჰიგსის ნაწილაკის თვისებების დასადგენად. საჭიროა სტატისტიკის გაზრდა. ეს დაგეგმილია 2013 წლის ზაფხულში. ამის შემდეგ LHC გაჩერდება 2 წლით და მოხდება მისი განახლება ენერგიის და ინტენსივობის გასაზრდელად.

3.9 შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

ამოხსენით ამოცანები

1. $^{27}_{13}Al$ ბირთვის მიერ ნეიტრონის ჩაჭერის დროს წარმოიქმნება რადიოაქტიური იზოტოპი $^{24}_{11}Na$. კიდევ რა ნაწილაკი გამოსხივდება? დაწერეთ ბირთვული რეაქცია.
2. $^{24}_{11}Na$ რადიოაქტიურია ასხივებს ელექტრონებს, რომელი ბირთვი წარმოიქმნება ნატრიუმის დაშლისას?
3. სწრაფად მოძრავი პროტონებით ბორის იზოტოპის $^{11}_{5}B$ დაბომბვისას მიიღეს სხვადასხვა მხარეს მიმართული სამი ერთნაირი ნაწილაკი, დაწერეთ რეაქცია. დაასახელეთ ეს ნაწილაკები.
4. დიდი მასური რიცხვის ელემენტებში იწვევს თუ არა ბირთვულ რეაქციებს რადიოაქტიური პრეპარატების მიერ გამოსხივებული α-ნაწილაკები. ახსენით, რატომ?
5. ატომის ბირთვმა ელექტრონი შთანთქა. როგორ შეიცვლება ელემენტის რიგითი ნომერი და მასური რიცხვი?
6. უმნიშვნელო კინეტიკური ენერგიის ელექტრონისა და პოზიტრონის ანიჰილაციისას ორი ერთნაირი ფოტონი წარმოიქმნა. განსაზღვრეთ ფოტონის ტალღის სიგრძე.

ტესტი

1. რეზერფორდის მიერ ჩატარებული პირველი ბირთვული რეაქციისას $^{14}_{7}N+^{4}_{2}He\rightarrow^{17}_{8}O+x$ ჟანგბადთან ერთად წარმოიქმნა

ა. ფოტონი; ბ. α-ნაწილაკი; გ. ელექტრონი; დ. პროტონი; ე. ნეიტრონი.

2. აზოტის იზოტოპის $^{14}_{7}N$ ნეიტრონებით დაბომბვისას წარმოიქმნა ბორის იზოტოპი $^{11}_{5}B$ და

ა. ელექტრონი; ბ. პროტონი; გ. α-ნაწილაკი; დ. ნეიტრონი; ე. ორი პროტონი.

3. ნელა მოძრავი ელექტრონისა და პოზიტრონის ანიჰილაციისას წარმოიქმნება

ა. ორი ელექტრონი; ბ. ელექტრონი და ფოტონი; გ. ორი პოზიტრონი;
დ. ერთი ფოტონი; ე. ორი ფოტონი.

4. თერმობირთვული რეაქციისას წყალბადის ორი იზოტოპის $^{2}_{1}H$ და $^{3}_{1}H$ შეერთებისას წარმოიქმნა $^{4}_{2}He$ ბირთვი და

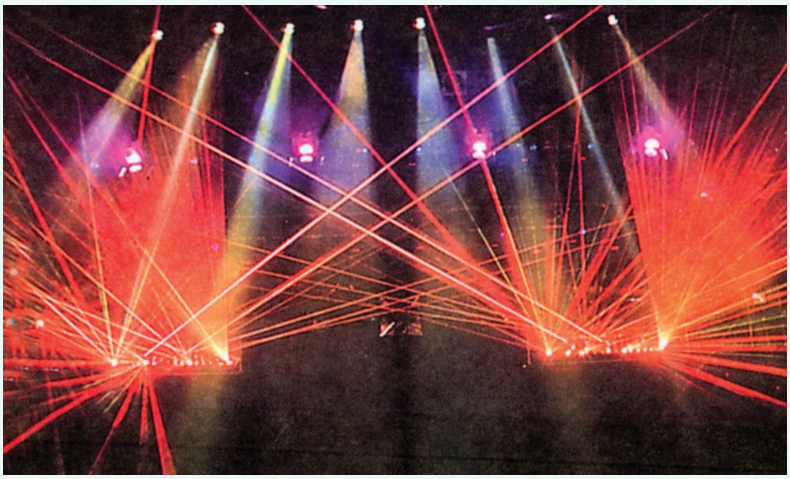
ა. ელექტრონი; ბ. პროტონი; გ. ნეიტრონი; დ. α-ნაწილაკი; ე. ფოტონი.

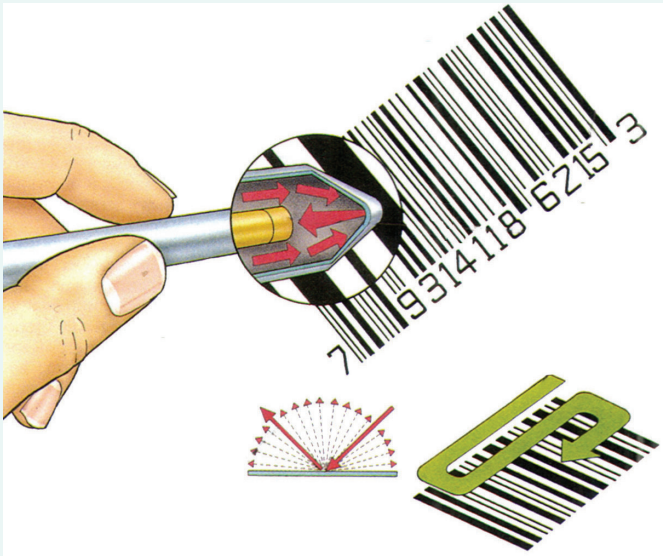
IV თავი.

ფიზიკის განვითარების მნიშვნელობა

ამ თავში გაიხსენებთ და გაეცნობით

- მოიპოვოთ ინფორმაცია იმ ტექნოლოგიური პროცესების შესახებ, რომლებიც განიცადა მორზეს აპარატმა მობილურ ტელეფონამდე;
- გაეცნოთ ლაზერს. მის მეცნიერულ და პრაქტიკულ მნიშვნელობას;
- შეძლოთ ფიზიკის თანამედროვე მიღწევებზე დაყრდნობით მოამზადოთ რეფერატი სამყაროს ერთიანი სურათის შესახებ.





გაეცანით

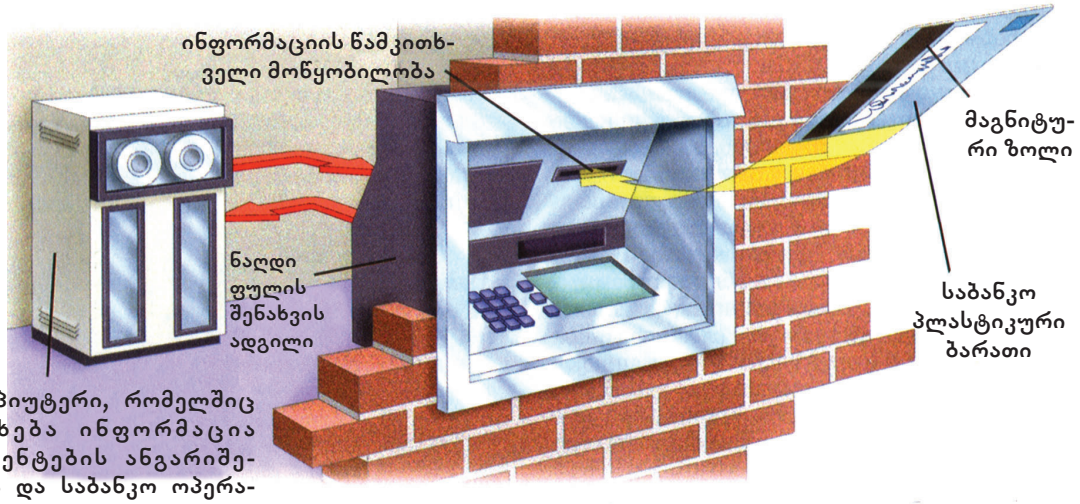
ტექნოლოგიური პროცესების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა შექმნილიყო ეგრეთ წოდებული სმარტ-ტექნოლოგიები.

სმარტ-ტექნოლოგიები ეფუძნება მიკროპროცესორების გამოყენებას. ამ ტექნოლოგიის დახმარებით იწარმოება მოწყობილობები, რომლებსაც შეუძლიათ ინფორმაციის მიღება და დამუშავება, ხოლო ინფორმაციის დამუშავების საფუძველზე — გადაწყვეტილების მიღება და გარკვეული მოქმედების შესრულება.

სმარტ-ტექნოლოგიები უფრო და უფრო მკვიდრდება ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში. თანდათან შესაძლებელი ხდება სახლიდან გაუსვლელად გადასახადების გადახდა ან ფულის კონვერტირება მომავალი მოგზაურობის წინ.

სმარტ-ტექნოლოგიები გამოყენებულია ბანკომატებში (სურ. 136.1). ბანკები თავიანთ კლიენტებზე გასცემენ პლასტიკურ ბარათებს მაგნიტური ზოლით, რომელზეც ჩაწერილია ინფორმაცია მისი მფლობელის საბანკო ანგარიშის შესახებ. პლასტიკური ბარათის ბანკომატის ღრიჭოში ჩადებისას მანქანა მაგნიტური ზოლიდან კითხულობს ინფორმაციას და მოითხოვს კლიენტის საიდენტიფიკაციო ნომერს (ე.წ. PINკოდს). შემდეგ აკრეფილ კოდს ადარებს კომპიუტერში ჩაწერილ კოდს. თუ რიცხვები ერთმანეთს დაემთხვევა, კლიენტი მსოფლიოს ნებისმიერ წერტილში აიღებს ნაღდ ფულს, გადაიხდის ნაყიდი საქონლის ღირებულებას, შეასრულებს ფულად გადარიცხვებს.

სამგზავრო პლასტიკური ბარათების მეშვეობით გამარტივდა მგზავრობის ფულის გადახდა ავტობუსებში.



კომპიუტერი, რომელშიც ინახება ინფორმაცია კლიენტების ანგარიშებისა და საბანკო ოპერაციების შესახებ. ეს კომპიუტერივე ახორციელებს ანგარიშსწორებას.

სურ. 56.1

ინფორმაცია და კავშირი

ინფორმაციის გადაცემას და ურთიერთკავშირს საზოგადოებისათვის ყოველთვის დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა. პირდაპირი ხედვის არეში სწრაფად მოკლე ინფორმაციის გადაცემისათვის ადრეულ ხანაში ხშირად ცეცხლს და კვამლს იყენებდნენ.

1. როგორია თქვენი ვარაუდი, რა მიზნით და როგორ იყენებდა ადამიანი ცეცხლს და კვამლს?
2. რომელ საშუალებას ცეცხლს თუ კვამლს მიანიჭებთ უპირატესობას დღისით? ღამით? ახსენით, რატომ?

შუა საუკუნეებში ფლოტში დაიწყეს დროშების გამოყენება. დროშის ფორმას, ფერს და სურათს გარკვეული მნიშვნელობა ჰქონდა.

შემდეგ შექმნეს ოპტიკური ტელეგრაფი. ქალაქებს შორის პირდაპირი ხედვის არეში ააგეს კოშკები, რომლებსაც გაუკეთეს ორი დიდი სახსრებიანი ფრთა — სემაფორი. ტელეგრაფისტი მიღებულ ინფორმაციას ფრთების მდებარეობის ცვლილებით მაშინვე გადასცემდა. პირველი ოპტიკური ტელეგრაფი ააგეს 1794 წელს საფრანგეთში პარიზსა და ლილის შორის. ოპტიკური ტელეგრაფით სიგნალი პეტერბურგიდან ვარშავამდე 1200 კმ-ს 15 წთ-ში ფარავდა.

ტელეგრაფი (ბერძ.) – „ტელე“ – შორს, „გრაფო“ – ვწერ.
სემაფორი (ბერძ.) – სემა – ნიშანი, ფორი – მზიდი. ა. რკინიგზის სასიგნალო მოწყობილობა, რომლის ფრთების მდებარეობა (ან შუქი) უჩვენებს მემანქანეს – თავისუფალია თუ არა გზა; ბ. მხედველობითი სიგნალიზაცია, რომელიც ხორციელდება ხელების, ალმების (ღამით – ფარნებით) მდებარეობის შეცვლით.

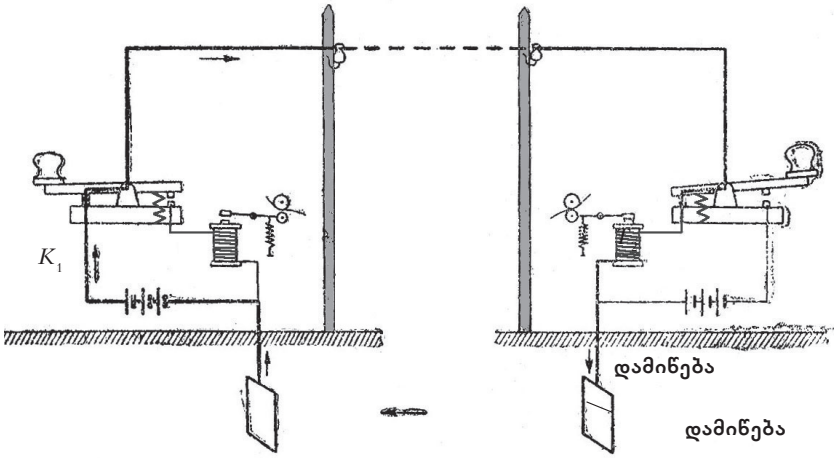
3. განსაზღვრეთ პეტერბურგიდან ვარშავამდე ოპტიკური ტელეგრაფით ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარე.

XIX საუკუნის ბოლოს ფართოდ გავრცელდა ინფორმაციის გადაცემა ელექტრული სიგნალებით. ელექტრული სიგნალები შეიძლება გადაეცეს სადენებით (კაბელებით) ან სადენების გარეშე.

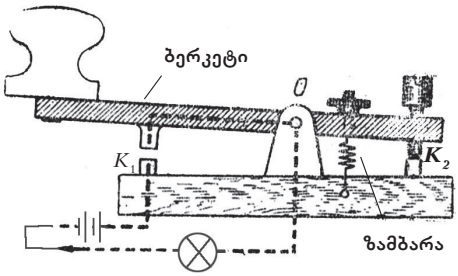
ელექტროკავშირის ყველა საშუალება — ტელეფონი, ტელეგრაფი, ტელეფაქსი, ინტერნეტი, რადიო და ტელეხედვა სტრუქტურით ერთმანეთის მსგავსია. ხაზის დასაწყისში მოწყობილობაა, რომელიც ინფორმაციას (ბგერა, გამოსახულება, ტექსტი) გარდაქმნის ელექტრულ სიგნალებად. შემდეგ მათ ამუშავებენ ისე, რომ ვარგისი იყოს შორ მანძილზე გადასაცემად. აძლიერებენ საჭირო სიმძლავრემდე და „აგზავნიან“ სადენით ან ასხივებენ სივრცეში. გზაში შორ მანძილზე სიგნალი იმდენად სუსტდება, რომ საჭიროა შუალედური გაძლიერება. ხაზის ბოლოში სიგნალი შედის მიმღებში, სადაც აძლიერებენ და ისევ გარდაქმნიან ბგერად, გამოსახულებად, ტექსტად.

ერთი ხაზით ელექტრული სიგნალებით ინფორმაციის შორ მანძილზე გადაცემა და მიღება, რომელმაც უდიდესი პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა, 1837 წელს შეძლო ამერიკელმა სამუელ მორზემ (1791-1872). მორზეს კოდითა და ტელეგრაფით შესაძლებელი გახდა ნებისმიერი შეტყობინების გადაცემა.

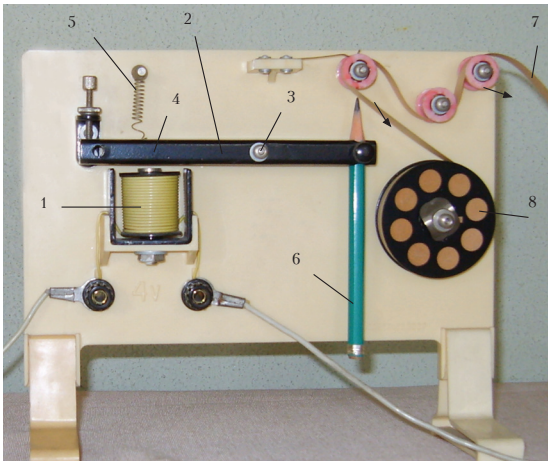
დააკვირდით 58.1 სურათს. სადგურებს შორის ტელეგრამების გაცვლისათვის აუცილებელია, რომ თითოეულ მათგანზე გასაღებიც იყოს და საწერი მოწყობილობაც. ტელეგრაფი მაშინ იწყებს მუშაობას, როდესაც ერთ-ერთ გასაღებზე ხელს აჭირინ.



სურ. 58.1. ორმხრივი სატელეგრაფო კავშირის უმარტივესი სქემა



სურ. 58.2. გასაღები.
ლითონის ბერკეტს შეუძლია ბრუნვა O ღერძის ირგვლივ. K_1 და K_2 კონტაქტებია. ზამბარის მეშვეობით ჩვეულებრივ პირობებში K_1 კონტაქტი განრთულია.

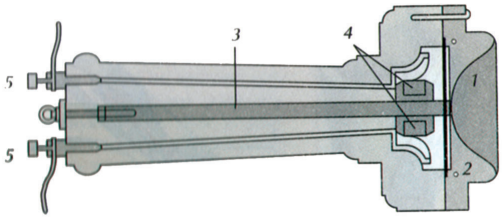


სურ. 58.3. საწერი მოწყობილობა.
1. ელექტრომაგნიტი; 2. ბერკეტი; 3. ბრუნვის ღერძი; 4. ღუზა — რკინის ფირფიტა; 5. ზამბარა; 6. საწერი მოწყობილობა; 7. ქაღალდის მოძრავი ზოლი; 8. კოჭაზე დახვეული ქაღალდი.

4. რა მოხდება ბერკეტის სახელურზე ხელის დაჭერით (სურ. 58.1, 58.2)?
5. რა მოხდება, თუ ელექტრომაგნიტის გრაგნილში გაივლის დენი (სურ. 58.1, 58.3)?
6. რა დაემართება ფანქარს, ქაღალდის ზოლს (სურ. 58.3)?
7. რაზეა დამოკიდებული ქაღალდზე ხაზის სიგრძე?
8. რა ასრულებს მეორე სადენის როლს 58.1 სურათზე გამოსახულ სქემაზე?

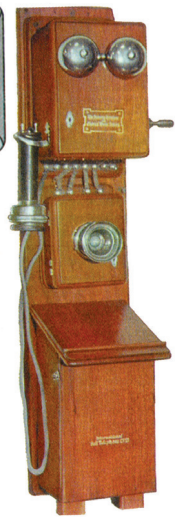
გასაღებზე ხელის მცირე ხნით დაჭერა ქაღალდზე წერტილს იძლევა, ხანგრძლივი — ტირეს. წერტილისა და ტირეს კომბინაციებით მორზემ შეადგინა პირობითი ნიშნების ცხრილი, რომელიც შეესატყვისება ანბანის ასოებს, ციფრებსა და სასვენ ნიშნებს.

XIX საუკუნის შუა წლებში მორზეს აპარატი და მისი ანბანი გამოიყენებოდა მთელ მსოფლიოში. მაგრამ 1876 წლიდან, როდესაც წარმოშობით შოტლანდიელმა ამერიკელმა მასწავლებელმა ალექსანდრე გრეიმან ბელმა (1847-1922) დააპატენტა პირველი ტელეფონი, ბევრი რამ შეიცვალა. შესაძლებელი გახდა ერთმანეთთან ლაპარაკი ჯერ მცირე მანძილზე შემდეგ კი ათასეულ კილომეტრებზე.



სურ. 59.1. ბელის ტელეფონის სქემა.

1. ტელეფონის ჩაღრმავებული ნაწილი.
2. დიაფრაგმა.
3. მაგნიტი.
4. კოჭა.
5. სადენები.

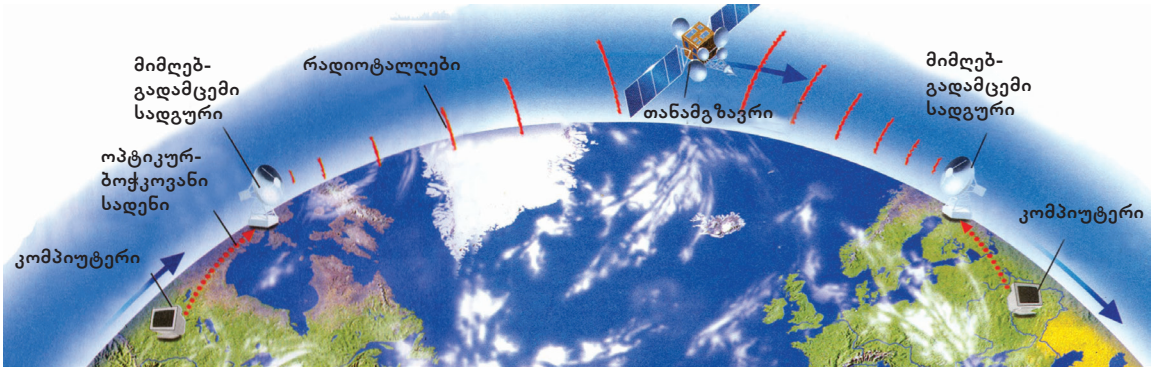


ბელის ტელეფონის აპარატი.

9. 59.1 სურათის მიხედვით აღწერეთ ბელის ტელეფონის მოქმედების პრინციპი.

თავდაპირველად ქალაქის ფარგლებში ყველა ტელეფონიდან გამოყვანილი ხაზები თავს იყრიდა სატელეფონო სადგურში, სადაც დასახელებული ნომრის მიხედვით ტელეფონისტი ერთი ტელეფონის ხაზს მეორესთან სადენით აერთებდა. ტექნოლოგური პროცესების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ხელით შესაერთებელი კომუტატორები შეეცვალათ ავტომატური სატელეფონო სადგურებით. ამჟამად თანამედროვე კომუტატორების უმრავლესობა იმართება კომპიუტერით. პრაქტიკულად შესაძლებელი გახდა ტელეფონით „მეყსეულად“ დავუკავშირდეთ დედამიწის თითქმის ყველა წერტილს.

კომპიუტერის მეშვეობით ელექტრონული ფოსტით აგზავნიან ინფორმაციას. სიგნალი ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სადენით მიდის დედამიწის ზედაპირზე



სურ. 59.2. თანამგზავრებით კავშირი

მიმღებ-გადამცემ სადგურზე, რომელიც მიღებულ ინფორმაციას გამოასხივებს ელექტრომაგნიტური ტალღების სახით. თანამგზავრი მიღებულ ინფორმაციას აძლიერებს და გამოასხივებს. სიგნალს იღებენ დედამიწაზე მიმღებ-გადამცემ სადგურზე, რომელიც შემდეგ ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სადენებით მიდის დანიშნულების ადგილამდე (სურ. 59.2).

დავალება

მოიპოვეთ დაწვრილებითი ინფორმაცია თანამგზავრებით რადიოკავშირის შესახებ. მოამზადეთ რეფერატი გაკვეთილზე წარსადგენად.

4.2 ლაზერის მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა

> სიტყვა ლაზერი მიღებულია ინგლისურ გამონათქვამში — „ინდუცირებული გამოსხივების მეშვეობით სინათლის გაძლიერება“ — შემავალი სიტყვების პირველი ასოებისაგან.

გაიხსენეთ ბორის პირველი პოსტულატი.

1. ჩვეულებრივ, როგორ მდგომარეობაშია ატომი?
2. როგორ მდგომარეობაში გადადის ატომი ენერგიის შთანთქმისას (გამოსხივებისას)?
3. როგორ განისაზღვრება გამოსხივებული ან შთანთქმული ფოტონის ენერგია?

ჩვეულებრივ პირობებში ატომების უმრავლესობა უდაბლეს ენერგეტიკულ მდგომარეობაშია (ძირითადი მდგომარეობა). ამიტომ ამ მდგომარეობაში ნივთიერებები არ ასხივებენ.

ენერგიის შთანთქმისას ატომი გადადის აღგზნებულ მდგომარეობაში. აღგზნებულ მდგომარეობაში ატომი დროის მცირე, დაახლოებით 10^{-8} წმ-ის განმავლობაშია, რის შემდეგაც თავისთავად (სპონტანურად) გადადის ძირითად მდგომარეობაში და ასხივებს სინათლის კვანტს. გამოსხივება განპირობებულია იმით, რომ ატომის აღგზნებული მდგომარეობა არამდგრადია. გარე ზემოქმედებისას ატომის აღგზნებულ მდგომარეობაში ყოფნის დრო მცირდება და აღიძვრება გამოსხივება, რომელსაც იძულებითი ანუ ინდუცირებული გამოსხივება ეწოდება.

1917 წელს ალბერტ აინშტაინმა იწინასწარმეტყველა ატომების მიერ სინათლის იძულებითი გამოსხივების შესახებ.

1960 წელს ამერიკელმა მეცნიერმა თეოდორ მაიმანმა იძულებითი გამოსხივების გამოყენებით პირველად მიიღო ლაზერის სხივი — წითელი ფერის კაშკაშა სინათლის კონა. მან საფუძველი ჩაუყარა ლაზერული ტექნოლოგიის განვითარებას და მის გამოყენებას როგორც სამეცნიერო კვლევებისას, ისე მედიცინასა და ტექნიკაში. ტექნოლოგიური პროცესების განვითარებით ლაზერების გამოყენება მრავალმხრივი გახდა.

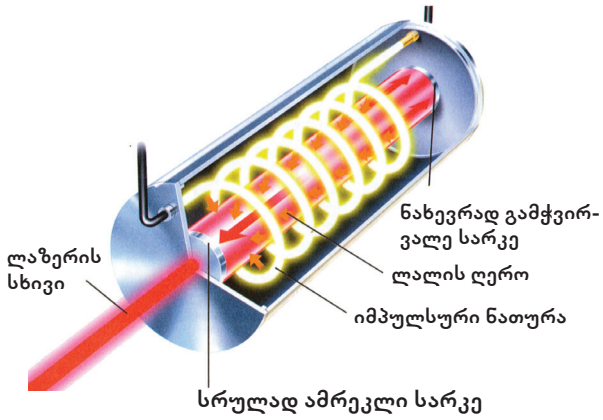
> **სკალპელი** (ლათინური) — პატარა ქირურგიული დანა.

> **ჰოლოგრამა** (ბერძნული) — მოცულობითი გამოსახულება, სურათი.

დღეისათვის ლაზერის ასობით ტიპი არსებობს, რომლებსაც იყენებენ სხვადასხვა მოწყობილობაში. ლაზერის სხივის მეშვეობით ხორციელდება სატელეფონო კავშირი, იკითხება კომპიუტერის დისკები, მღერის მუსიკალური კომპაქტ-დისკები. ქირურგიაში ლაზერული სკალპელით აკეთებენ ისეთ წვრილ ჭრილობებს, რომ ძალიან ამცირებენ სისხლის დენას. ლაზერს იყენებენ კბილის უმტკივნეულოდ მკურნალობისათვის .... მძლავრ ლაზერებს იყენებენ მრწეველობაში ძალიან მტკიცე მასალის გაჭრისა და შედუღებისათვის. ლაზერის მეშვეობით შესაძლებელია გაზომვების უდიდესი სიზუსტით შესრულება ხიდების, რკინიგზისა და გვირაბების პროექტირებისას. ლაზერი გამოიყენება ოპტიკურ-ბოჭკოვან სადენებში ტელეკომუნიკაციისათვის, მათი მეშვეობით მართავენ რაკეტებს და ქმნიან ჰოლოგრამებს. განუწყვეტლივ ფართოვდება ლაზერების

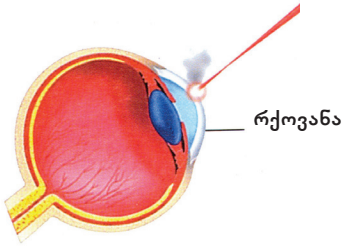
გამოყენების არე. ლაზერის სხივს იყენებენ ქსოვილის გასაჭრელად. ზუსტად გამოჭრილი დეტალებით შეკერილი ტანსაცმელი მაღალი ხარისხისაა.

ლაზერის ზოგიერთი გამოყენება 61.1 სურათზეა გამოსახული.

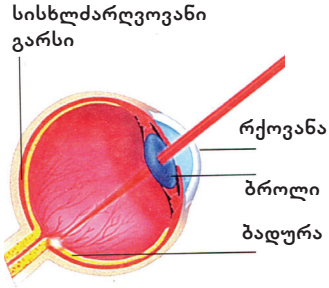


ლალის ლაზერის მოწყობილობის სქემა

ლაზერი — ზუსტი გამზომი ხელსაწყოა ისეთი გიგანტური მშენებლობისათვის, როგორიც ხიდის აგებაა

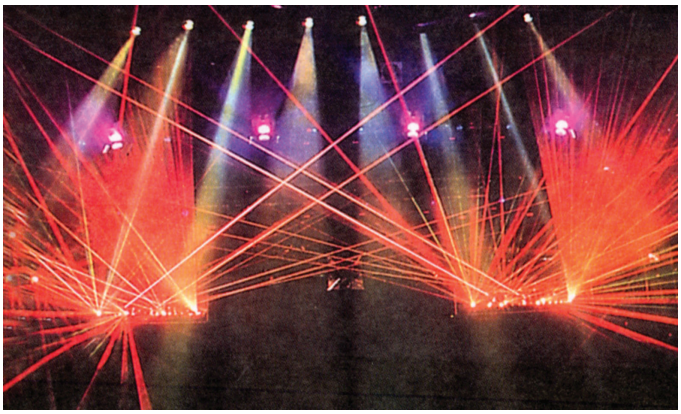


ლაზერის სხივი ცვლის რქოვანას ფორმას და აუმჯობესებს მხედველობას



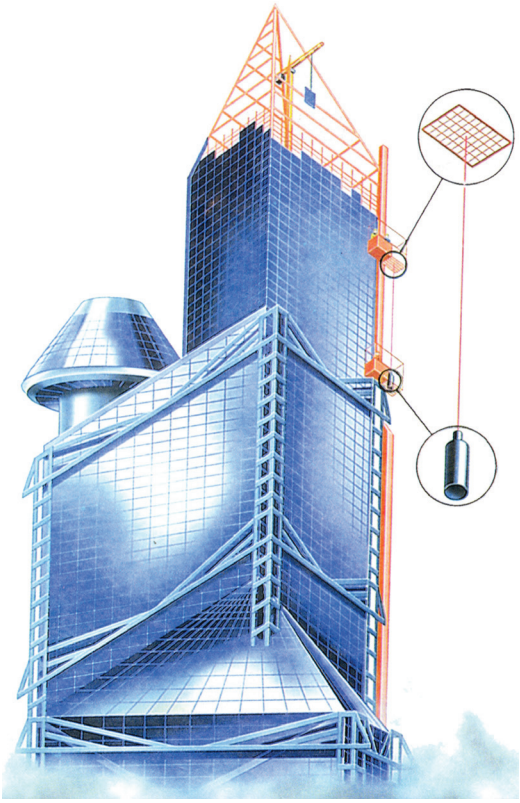
ლაზერის სხივი გადის თვალში და ბადურას ამაგრებს ადგილზე

მძლავრი ლაზერი ხვრეტს ალმასს და აძლევს მას საჭირო ფორმას

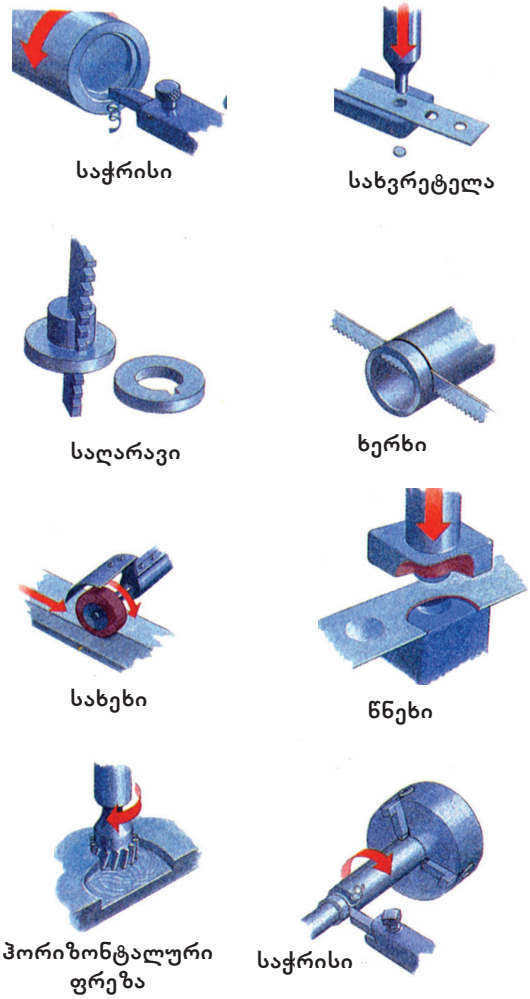


კონცერტზე ლაზერის სხივების გამოყენება აძლიერებს შთაბეჭდილებას

სურ. 61.1



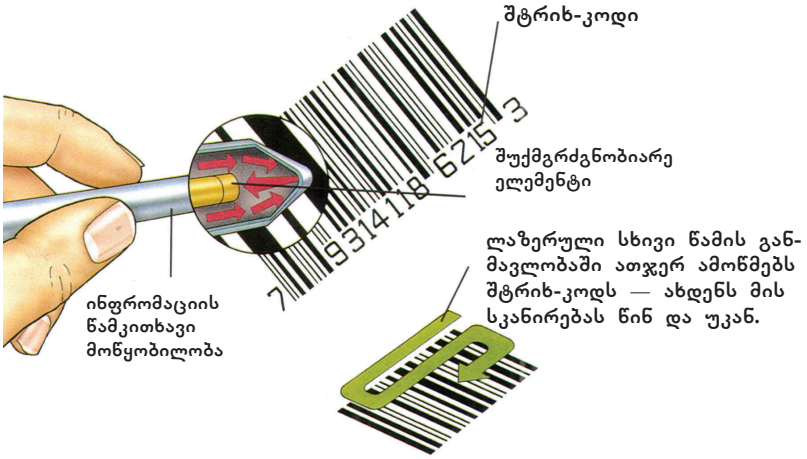
სურ. 62.1. ცათამბჯენების აგებისას შვეულის განსასაზღვრად ლაზერის სხივი შეუცვლელია



სურ. 62.2. დააკვირდით სურათებს. ყველა ამ მოწყობილობას შეცვლის ლარეზის სხივი, მაშინ როდესაც ტექნოლოგიური პროცესების განვითარების შედეგად შესაძლებელი იქნება მაღალი ხარისხის, მაგრამ იაფფასიანი ლაზერების შექმნა.

ფრეზა (ფრანგ.) — მრავალსაჭრისიანი საჭრელი იარაღი, რომელიც ბრუნავს და ისე ამუშავებს ლითონის ან სხვა მასალის ზედაპირს.

შტრიხ-კოდში დაშიფრულია ინფორმაცია საქონლის შესახებ. მისი ამოკითხვა შესაძლებელია სპეციალური სკანერის მეშვეობით ლაზერის სხივის გამოყენებით. სუპერმარკეტებსა და მაღაზიებში მოლარე სკანერს შეახებს შტრიხ-კოდს. კომპიუტერის ეკრანზე იწერება საქონლის ფასი და მოლარის მითითებით აღირიცხება გაყიდული საქონლის რაოდენობა.



სურ. 62.3

4.3 ენერგიის წყაროები

საწარმოო ძალები — მატერიალური დოვლათის წარმოების პროცესში ჩაბმული სამუშაო ძალები და წარმოების იარაღების ერთობლიობა.

სამუშაო ძალა — ადამიანის ფიზიკურ და სულიერ შესაძლებლობათა ერთობლიობა, რომელსაც ის იყენებს რაიმე სახმარი ღირებულების შესაქმნელად.

ენერგიის მოხმარების დონე საზოგადოების საწარმოო ძალების განვითარების ძირითადი მაჩვენებელია. ამასთან, წამყვან როლს ასრულებს ელექტროენერგია — ყველაზე უნივერსალური და გამოსაყენებლად ყველაზე ხელსაყრელი ენერგიის ფორმა.

არსებობს ელექტროსადგურების ორი ძირითადი ტიპი: სითბური და ჰიდროელექტრული.

სითბურ ელექტროსადგურებში ენერგიის წყაროა: ქვანახშირი, ტორფი და სხვა სათბობენერგეტიკული ნედლეული.

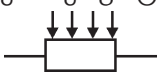
ჰიდროელექტრულ სადგურში ძირითადად გამოიყენება კაშხლით აწეული წყლის პოტენციური ენერგია.

ჰიდროელექტროსადგურებში ენერგიის გამომუშავებას უდავოდ დიდი უპირატესობა აქვს, რადგან მასში გამოიყენება ენერგიის განახლებადი წყარო — წყლის პოტენციური ენერგია. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ჰეს-ში ენერგიის გამომუშავებისას გარემო არ ბინძურდება და ეს ენერგია ყველაზე უფრო იაფია სხვა ტიპის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებულ ენერგიაზე.

ენერგეტიკაში დიდ როლს ასრულებს ატომური ელექტროსადგურები (აესი). ამჟამად ატომურ რეაქტორებში ენერგია ძირითადად მიიღება ნელი ნეიტრონების მეშვეობით ურან-235-ის დაშლით. ასეთი ურანის მოპოვება კი საკმაოდ რთულია, რადგან 1 ტ ბუნებრივ ურანში მისი შემცველობა მხოლოდ 7,14 კგ-ია. დადგენილია, რომ 4.10^6 კვტ სიმძლავრის თბოელექტროსადგურს წელიწადში 20 მლნ ტ ქვანახშირი სჭირდება, ხოლო იმავე სიმძლავრის ატომურ ელექტროსადგურს 60 ტ ურანი.

დიდი პერსპექტივა აქვს მსუბუქი ბირთვების შეერთებით გამოყოფილი ენერგიის მშვიდობიანი მიზნებისათვის გამოყენებას. თანამედროვე წარმოდგენებით, სწორედ მსუბუქი ბირთვების შეერთებით გამოყოფილი ენერგია უზრუნველყოფს ვარსკვლავების მიერ სინათლის გამოსხივებას მილიარდი წლების განმავლობაში. ჯერჯერობით ვერ მოხერხდა მართვადი თერმობირთვული რეაქციების განხორციელება, რომელიც კაცობრიობას ენერგიის ახალ, პრაქტიკულად, უშრეტ წყაროს ჰპირდება.

სურ. 63.1

მზის ენერგიის ეფექტურად გამოყენების მიზნით ადამიანმა შექმნა მზის ბატარეა, რომელიც სინათლის ენერგიას უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის. სინათლის ენერგიის უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნისათვის იყენებენ ნახევარგამტარულ მოწყობილობებს — ფოტოელემენტებს. სქემაზე ფოტოელემენტი შემდეგნაირად აღინიშნება  . ისინი დამონტაჟებულია ყველა კოსმოსურ ხომალდზე და უზრუნველყოფენ

ხომალდის ელექტრული ენერგიით მომარაგებას (სურ. 63.1). ხომალდის მზის ბატარეის სასარგებლო ფართობი რამოდენიმე ათეულ კვადრატულ მეტრს აღწევს. მზის ბატარეას წარმატებით იყენებენ ავტომატურ მეტეოსადგურებში, გადასატან რადიოსადგურებში, რადიომიმღებებში და სხვაგან. მზის ბატარეის გამოყენების ზოგიერთი მაგალითი გამოსახულია 64.1, 64.2 და 64.3 სურათებზე.

სურ. 64.1

სურ. 64.2

სურ. 64.3

მზის უზარმაზარი „ნაჩუქარი“ ენერგიის მცირე ნაწილის გამოყენებაც კი მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს კაცობრიობის ეკონომიკური და ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტას. მაგრამ მზის ენერგიის ფართო მასშტაბით გამოყენებამდე, ალბათ, ჯერ კიდევ შორსაა, ამის ძირითადი მიზეზი ისაა, რომ მზის ენერგიის სიმკვრივე დედამიწის ზედაპირზე დიდი არ არის. იგი გაფანტულია.

1. აბინძურებს თუ არა ჰელიოენერგეტიკული დანადგარი გარემოს?

2. შესაძლებელი რომ იყოს ისეთი ელექტროსადგურის აგება, რომელიც მზის ენერგიას სრულად გარდაქმნის ელექტრულ ენერგიად, მაშინ რა ფართობი დასჭირდება 1000 მგვტ სიმძლავრის ელექტროსადგურს? ჩათვალეთ, რომ იმ განედზე, სადაც ელექტროსადგურებს აგებენ, მზის სიმძლავრე 250-300 ვტ/მ^2-ია.

არსებული მეთოდებით ელექტრული ენერგიის მიღებისას ეფექტურობა მხოლოდ ≈15%-ია. ამიტომ 1000 მგვტ სიმძლავრის ელექტროსადგურის ფართობი გაცილებით მეტი, ≈23-28 კმ^2 მაინც უნდა იყოს. ეს კი საკმაოდ დიდი ფართობია.

სინათლის ენერგიის უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნა მეცნიერების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

ელექტრულ ენერგიად ქარის ენერგიასაც გარდაქმნიან.

ქარის ენერგიის მიმღებ მოწყობილობას ჩვეულებრივ დგამენ იქ, სადაც წლის განმავლობაში ქარის საშუალო სიჩქარე 4-5 მ/წმ-ს აღემატება.

ქარის ენერგიის არსებით ნაკლს წარმოადგენს ქარის ძალის უთანაბრობა, თანაც ფართობის ერთეულზე გამოყოფილი ენერგია შედარებით მცირეა. რის გამოც, ქარის

სურ. 64.4. ელექტრულ ენერგიად ქარის ენერგიასაც გარდაქმნიან.

სურ. 65.1. იმ ადგილებში, სადაც ხშირად სიცხე და პაპანაქებაა, მზის ბატარეას სახლის სახურავზე ამონტაჟებენ.

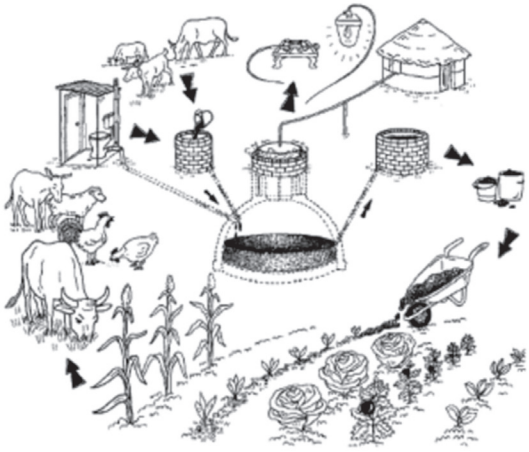
ტურბინის ფრთების ზომა, თუ კი მას საქარხნო მასშტაბით ენერგიის საწარმოებლად დავამზადებთ, პრაქტიკულად, განუხორციელებელი სიდიდისაა. ამიტომ ქარის ენერგიას იყენებენ მხოლოდ მცირე ძრავებში — „ქარძრავებში“ (სურ. 64.4). მათგან მიღებულ ელექტროენერგიას მხოლოდ დამხმარე როლის შესრულება შეუძლია და მასზე დაყრდნობა არ შეიძლება.

3. 65.2 სურათების მიხედვით იმსჯელეთ ქარის ენერგიის გამოყენებაზე.

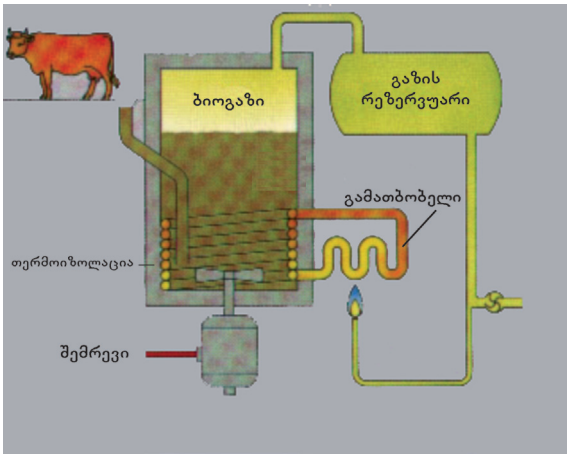
სურ. 65.2

უკანასკნელ წლებში ინტენსიურად დაიწყო განვითარება ბიოენერგეტიკამ. მისი წყარო ბიომასაა, რომელიც შეიცავს მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ყველა სახის ნივთიერებას და ორგანული ნივთიერებების ნარჩენებს. ბიომასა შეიძლება გამოიყენონ როგორც საწვავი ან მისი გადამუშავებით მიიღონ სპირტი და ბიოგაზი.

ბიოგაზი წარმოიქმნება ჟანგბადის მიწოდების გარეშე ორგანული ნივთიერებების გახრწნისას. ბიოგაზად გარდაიქმნება ნაგვის ორგანული მასის 20%. ენერგეტიკაში ბიოგაზის გამოყენება დიდ ინტერესს იწვევს, რადგან მისი 60% მეთანია. ბიოგაზის მიღება შესაძლებელია ქალაქის კანალიზაციის ჩამონადენის გადამუშავებითაც.



სურ. 65.3



სურ. 65.4

დაიწყეს ნაკელისგან გამოყოფილი ბიოგაზის აქტიური გამოყენება. 2-3 მსხვილფეხა საქონლის ნაკელისგან გამოყოფილი გაზი სავსებით საკმარისია ერთი ოჯახისათვის.

4. აღწერეთ 65.3 და 65.4 სურათებზე ბიოგაზის მიღების და გამოყენების სქემატურად გამოსახული პროცესები.

„უფასო“ ბიოგაზის გამოყენებით შესაძლებელია ენერგეტიკული რესურსების დიდი რაოდენობით დაზოგვა.

სურ. 66.1 წყალბადზე მომუშავე ექსპერიმენტული ავტომობილი

მიმდინარეობს ინტენსიური მუშაობა ავტომობილებში წყალბადის, როგორც ალტერნატიული საწვავის, გამოსაყენებლად. წყალბადი თეორიულად იდეალურ საწვავს წარმოადგენს. ჯერ ერთი მისი თბოუნარიანობა სამჯერ მეტია ბუნებრივი აირის თბოუნარიანობაზე, მეორეც, წყალბადის წვის ერთადერთი პროდუქტი სუფთა წყალია, რომელიც არ აბინძურებს გარემოს. მაგრამ ჯერ-ჯერობით წყალბადი ყოველდღიურ საწვავად ვერ გამოიყენება, რადგან მისი უსაფრთხოდ შენახვა და ტრანსპორტირება ძნელია. აირადი წყალბადი დიდ მოცულობას იკავებს, თხევადი კი იზოლირებულ კონტეინერში ინახება, რომელშიც ტემპერატურა -253^{0}C-ზე დაბალია.

გავეცანით ენერგიის როგორც ტრადიციულ, ისე არატრადიციულ წყაროებს.

დავალება

1. მოიპოვეთ ინფორმაცია ბიოგაზის მიღებისა და გამოყენების შესახებ მოამზადეთ საკითხი სემინარზე წარსადგენად.

2. მოიპოვეთ ინფორმაცია ენერგიის თანამედროვე წყაროების შესახებ. შეაფასეთ მათი გავლენა ეკოლოგიურ სიტუაციაზე.

მოამზადეთ მასალა სემინარზე წარსადგენად.

4.4 სამყაროს ერთიანი სურათი

ფიზიკის კურსის შესწავლისას ჩვენ გავეცანით ბუნების უზოგადეს კანონებს, რომლებიც მართავენ პროცესების მიმდინარეობას არა მარტო დედამიწაზე, არამედ მთელ სამყაროში.

ფიზიკის შესწავლის პროცესში შევეცადეთ „აღმოგვეჩინა“ კანონები, რომლებიც ერთმანეთთან აკავშირებს ბუნებაში მიმდინარე სხვადასხვა ფიზიკურ მოვლენას, ადგენს ამ მოვლენათა მიზეზებს და მათ შორის კავშირს.

ბუნების შესწავლა მოითხოვდა და მოითხოვს სხვადასხვა ქვეყნის მრავალი მეცნიერის დაუღალავ შრომას. მათი ერთობლივი საქმიანობა უზრუნველყოფს წარმატებებს სამყაროს კანონებისა და მოვლენების კვლევაში.

გავიხსენოთ ძველი წარმოდგენები სამყაროს ერთიანი სურათის შესახებ.

მეცნიერების უდიდეს ნაწილს დიდხანს მიაჩნდა, რომ ბუნების ერთადერთ ფუნდამენტურ კანონებს მხოლოდ ნიუტონის მექანიკის კანონები წარმოადგენდა.

1. ისაუბრეთ, თქვენი აზრით, რატომ ფიქრობდნენ ასე?

ნიუტონის მიერ აღმოჩენილი სხეულთა მოძრაობის კანონების საყოველთაო ხასიათი დაედო საფუძვლად სამყაროს ერთიან მექანიკურ სურათს.

სამყაროს მარტივი მექანიკური სურათი უძლური აღმოჩნდა ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევის დროს. გამოირკვა, რომ ისინი ნიუტონის მექანიკას არ ემორჩილებოდნენ.

მას შემდეგ, რაც მაქსველმა აღმოაჩინა ელექტრომაგნიტური ველის „ქცევის“ კანონები, მეცნიერები შეეცადნენ შეექმნათ სამყაროს ერთიანი ელექტრომაგნიტური სურათი, რომლის მიხედვითაც ყველა მოვლენის მართვა ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების კანონებით იქნებოდა შესაძლებელი.

2. ისაუბრეთ, როგორ ხორციელდება ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება.

ფარდობითობის თეორიის შექმნამ კიდევ უფრო განამტკიცა აზრი სამყაროს ელექტრომაგნიტური სურათის შესახებ. გაირკვა ელექტრომაგნიტურ ურთიერთქმედებათა გავრცელების სიჩქარის სასრულობა. შეიქმნა ახალი მოძღვრება სივრცესა და დროზე. მოინახა მოძრაობის რელატივისტური განტოლებები, რომლებიც დიდი სიჩქარეების შემთხვევაში ნიუტონის განტოლებებს ცვლიან. მცირე სიჩქარეების დროს კი მათგან ნიუტონის კანონები მიიღება.

მაგრამ მეცნიერებმა ვერ შეძლეს ნაწილაკების მოძრაობის განტოლებების და გრავიტაციული ურთიერთქმედების კანონის გამოყვანა ელექტრომაგნიტური ველის თეორიიდან და იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ ბუნების ყველა პროცესი არ შეიძლება რომელიმე ერთი თეორიით აიხსნას.

XX საუკუნის პირველ ნახევარში აღმოაჩინეს ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკები და ახალი ტიპის ურთიერთქმედებები, სხვადასხვა სახის ელემენტარული ნაწილაკები და მათი ურთიერთგარდაქმნა.

მეცნიერებს არც კი უფიქრიათ, სამყარო წარმოედგინათ ერთი ტიპის ნაწილაკებისაგან აგებული. სინამდვილეში . . .

3. ისაუბრეთ, რა იცით ამ საკითხის შესახებ.

ამ ფაქტის შემდეგ სამყაროს ერთიანობას მატერიის აღნაგობის ერთიანობაში ხედავდნენ. დადგინდა, რომ სხვადასხვა ელემენტარული ნაწილაკი მატერიის არსებობის სხვადასხვა ფორმით გამოვლინება იყო.

მაგრამ სამყაროს ერთიანობისათვის მატერიის აღნაგობის ერთიანობა არ იყო საკმარისი. იგი ნაწილაკების მოძრაობისა და ურთიერთქმედების კანონებშიც უნდა გამომჟღავნებულიყო.

მიუხედავად იმისა, რომ სხეულებს შორის ურთიერთქმედებათა გასაოცარი სხვადასხვაობაა, არსებობს სულ ოთხი ტიპის ურთიერთქმედება: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ბირთვული და სუსტი.

4. ისაუბრეთ, როდის მჟღავნდება თითოეული მათგანი. მოიყვანეთ მაგალითები.

სამყაროს ფიზიკური სურათის შესახებ კლასიკური წარმოდგენების ცვლილება მოხდა მატერიის კვანტური თვისებების აღმოჩენის შემდეგ — შეიქმნა სამყაროს თანამედროვე ფიზიკური სურათი.

კვანტური თეორიის პრინციპები სრულიად ზოგადია. იგი გამოიყენება ყველა ნაწილაკის მოძრაობის, მათი ურთიერთქმედებისა და ურთიერთგარდაქმნის აღსაწერად.

აღმოაჩინეს, რომ ყველა ნაწილაკს ტალღური თვისებებიც გააჩნია.

5. ისაუბრეთ მატერიის კორპუსკულურ-ტალღური დუალიზმის შესახებ.

თანამედროვე ფიზიკამ შესაძლებელი გახადა ბუნების ერთიანობისათვის დამახასიათებელი თვისებების ახსნა.

თუმცა ჯერ კიდევ ბევრი რამ არის ამოუცნობი. სამყაროს ერთიანი სურათის დასადგენად ინტენსიური კვლევა გრძელდება.

ფიზიკის განვითარება უდიდეს გავლენას ახდენს მეცნიერებების, ტექნიკისა და წარმოების სხვადასხვა დარგზე.

გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან ღრმა, თვისებრივი ცვლილებები განიცადა ტექნიკის ყველა ძირითადმა დარგმა. გარდაიქმნა ენერგეტიკა, შეიქმნა ატომური ელექტროსადგურები, შეიქმნა მრავალი ხელოვნური მასალა, სოფლის მეურნეობაში დამკვიდრდა მექანიზაცია და ავტომატიზაცია, გაუმჯობესდა ტრანსპორტი, უფრო მექანიზებული გახდა მშენებლობა. შეიცვალა კავშირგაბმულობა.

შეიქმნა გამოთვლითი ტექნიკა, რომელიც ყოველდღიურად უმჯობესდება. შეიქმნა კომპიუტერი, მობილური ტელეფონი.

სამედიცინო აპარატურის გამოგონებისა და გაუმჯობესების წყალობით წინ წავიდა მედიცინა.

შეიქმნა ნანოტექნიკა. ტექნოლოგიური პროცესების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა მოლეკულურ და კრისტალურ დონეზე შეეცვალათ ნივთიერებების თვისებები. მასალათა უმეტესობა რომლებთანაც ყოველდღიური შეხება გვაქვს კრისტალური აგებულებისაა, რომელთა ზომა ათიდან ას მიკრომეტრამდეა. XX საუკუნის 80-იან წლებში მიიღეს ნივთიერება შედგენილი ათასჯერ ნაკლები ზომის კრისტალებისაგან. მიღებული კრისტალის თვისებები იმდენად უჩვეულოა, რომ მათ მეტალების ახალ კლასად მიიჩნევენ, მაგალითად, მყიფე — მსხვრევადი კერამიკა ხდება დრეკადი და პლასტიკური, მეტალი იძენს უნარს ორჯერ მეტად გაიჭიმოს ისე რომ არ გაწყდეს, ხდება ათჯერ უფრო მტკიცე. სუფთა რკინაზე ნანო კრისტალის დამატებით შესაძლებელია მივიღოთ რკინის ჟანგი რომლის წინაღობა 10^{14}-ჯერ შეიძლება შეიცვალოს.

ნანოტექნოლოგია — მრეწველობის დარგი, რომელიც მოწყობილობებს ატომურ და მოლეკულურ დონეზე ქმნის.

დიდი ძვრები მოხდა ასტრონომიის განვითარებაში. აგრეთვე ბიოლოგიის, ქიმიის, გეოლოგიის, მეტეოროლოგიის, ოკეანოლოგიის და სხვა მეცნიერებების განვითარებაში.

ბიოლოგიის მკვეთრ განვითარებას უკავშირებენ მოლეკულური ბიოლოგიისა და გენეტიკის შექმნას. ამის საფუძველზე სიცოცხლეს სწავლობენ მოლეკულურ დონეზე.

ფიზიკის და ქიმიის მეცნიერების ერთობლივი მუშაობის შედეგია წინასწარ განსაზღვრული თვისებების მქონე მასალების შექმნა და ა. შ.

6. ისაუბრეთ, ქიმიის და ბიოლოგიის რომელი საკითხების შესწავლისას გამოიყენეთ ფიზიკაში ნასწავლი მასალა.

თქვენთვის ცნობილი რომელი ფიზიკური მოვლენა რომელ სამედიცინო აპარატურაში გამოიყენება?

ფიზიკა არის ბუნების შემსწავლელი ერთ-ერთი მეცნიერება.

7. ისაუბრეთ, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების კვლევის ობიექტების შესახებ. რა კავშირია მათ შორის?

დავალება

1. მოამზადეთ რეფერატი — მედიცინაში ფიზიკის გამოყენების შესახებ.

2. მოიპოვეთ ინფორმაცია ნანოტექნოლოგიების განვითარებისა და პერსპექტივების შესახებ. მოამზადეთ რეფერატი.

3. მოამზადეთ რეფერატი სამყაროს ერთიანი სურათის შესახებ ფიზიკის თანამედროვე მიღწევებზე დაყრდნობით.

ამ საკითხის შესასწავლად გამოიყენეთ თქვენთვის ხელმისაწვდომი საინფორმაციო წყარო (ბეჭდვითი, აუდიოვიზუალური, ინტერნეტი).

4.5

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

ფიზიკა მოიცავს ჩვენი ყოველდღიური ყოფა-ცხოვრების თითქმის ყველა სფეროს.

გაეცანით ქვემოთ მოყვანილ თვისებრივ ამოცანებს და თვითონ დარწმუნდით ამაში.

1. როგორია თქვენი ვარაუდი, ისეთ გამტარზე, რომელიც ძაბვის ქვეშაა, მშრალი ხელით შეხება უფრო საშიშია თუ სველით? ვარაუდის მართებულობა დაასაბუთეთ.

2. შესაძლებლად მიგაჩნიათ თუ არა მინის ორი ნაჭრის ერთმანეთზე მიწებება ისე, რომ მიწებების ადგილი არ ჩანდეს?

3. ელექტროლიზის გამოყენებით იაფფასიანი ლითონის საგნებს ხშირად ნიკელით ან ქრომით ფარავენ. ახსენით, რატომ იქცევიან ასე?

4. ახსენით, რატომ არის, რომ როდესაც ადამიანს ძალიან სცივა, უნებურად კანკალს იწყებს? გაიხსენეთ, თქვენც ხომ არ დაგმართიათ ასე?

5. ალბათ შეგიმჩნევიათ, ზაფხულში ნამი წარმოიქმნება. ზამთარში კი თრთვილი. მოწმენდილ თუ ღრუბლიან ამინდში ხდება ეს მოვლენები უფრო ხშირად? ახსენით, რატომ?

6. ჭექა-ქუხილისას რეკომენდებული არ არის ხის ქვეშ დგომა. ახსენით, რატომ?

7. როგორია თქვენი ვარაუდი, ძლიერი შტორმისას იცვლება თუ არა წყლის ტემპერატურა? ვარაუდის მართებულობა დაასაბუთეთ.

8. ცხადია, მოღრუბლულ ცას და ღრუბლებს ხშირად დაჰკვირვებიხართ. ღრუბელი ზამთარში უფრო დაბლაა თუ ზაფხულში? პასუხი დაასაბუთეთ.

9. ვფიქრობთ, მთვარეს ხშირად დაჰკვირვებიხართ და მასზე ლაქებიც შეგიმჩნევიათ. როგორია თქვენი ვარაუდი, რატომ მოჩანს მთვარეზე ლაქები?

10. ალბათ გსმენიათ, რომ რადიოაქტიურ პრეპარატებს ტყვიის სქელკედლიან კონტეინერებში ინახავენ. ახსენით, რატომ?

11. გისრიალიათ თხილამურებით? დაჰკვირვებიხართ მოთხილამურეებს შეჯიბრებისას (ეგებ ტელევიზორშიც) როდესაც დიდი სიჩქარის განვითარება სურთ? როგორ მდგომარეობაში აქვთ სხეული მოძრაობისას? ახსენით, რატომ?

12. ატმოსფერული წნევისას 8^0C-იანი წყალი ამწოვი ტუმბოს მეშვეობით დაახ-ლოებით 10 მ სიმაღლეზე აიტანეს. შესაძლებლად მიგაჩნიათ თუ არა იმავე ტუმბოთი მდუღარე წყლის ამოტუმბვა? ახსენით, რატომ?

13. ალბათ მოგისმენიათ ნაკადულის რაკრაკი. როგორია თქვენი ვარაუდი, რატომ რაკრაკებს ნაკადული?

14. როგორია თქვენი ვარაუდი, როდის ავითარებს ავტომობილის ძრავა მეტ სიმძლავრეს, თანაბარი თუ აჩქარებული მოძრაობისას?

15. როგორია თქვენი აზრი, რატომ არ არის რეკომენდებული გაოფლიანებული ადამიანისთვის ცივ და მშრალ ჰაერზე გასვლა?

ნომრის მიხედვით ცხრილში მიუთითეთ, ფიზიკასთან ერთად რომელ სფეროს მიეკუთვნება თითოეული ამოცანა?

ქიმია				
ბიოლოგია				
ტექნიკა				
სპორტი				
გეოგრაფია				
მედიცინა				
ტრანსპორტი				
ყოფა-ცხოვრება				
ასტრონომია				