



ჰეილარ ალიევი

აზერბაიჯანელი ხალხის სართო პრეზენტი ლიდერი

მირზალი მურგუშოვი, რასიმ აბდურაზაგოვი
როვზან ალიევი, დილბარ ალიევა

ფიზიკა



ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლების მე-9 კლასისათვის ფიზიკის საგნის
სახელმძღვანელო

გთხოვთ სახელმძღვანელოსთან დაკავშირებული თქვენი გამოხმაურება,
შენიშვნები და წინადადებები გამოგზავნოთ bn@bakineshr.az და
derslik@edu.gov.az ელექტრონულ მისამართებზე.
წინასწარ მადლობას მოგახსენებთ ჩვენთან თანამშრომლობისათვის!

B

A

K

I



N

Ə

Ş

R

ბაკო – 2017

1. ელექტრული დენი სხვადასხვა გარემოში

1.1. მეტალების ელექტროგამტარობის კლასიკური ელექტრონული თეორია	8
1.2. მეტალების წინააღობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე	11
სავარჯიშო	14
1.3. ელექტრული დენი ელექტროლიტებში	15
პროექტი	18
სავარჯიშო 1.2	19
პრაქტიკული სამუშაო. ელექტროლიზის შესწავლა	20
1.4. ელექტრული დენი ვაკუუმში	21
სავარჯიშო 1.3	24
1.5. ელექტრული დენი აირებში. არათავისთავადი განმუხტვა	25
1.6. აირების თავისთავადი განმუხტვა და მისი სახეები	28
სავარჯიშო 1.4	31
1.7. ნახევარგამტარები. ნახევარგამტარების საკუთარი გამტარობა	32
1.8. ნახევარგამტარების მინარევული გამტარობა	35
1.9. p-n-გადასვლა. ნახევარგამტარული დიოდი	38
1.10. ნახევარგამტარული ხელსაწყოები	42
სავარჯიშო 1.5	45
1.11. ელექტრული დენი სხვადასხვა გარემოში (გაკვეთილი-პრეზენტაცია)	46
შემაჯამებელი დავალებები	47

2. მაგნიტური ველი

2.1. მაგნიტური მოვლენები. მუდმივი მაგნიტები	48
2.2. მაგნიტური ველი. მაგნიტური ველის წყარო	52
სავარჯიშო 2.1	54
2.3. მაგნიტური ველის ინდუქცია	55
2.4. დედამიწის მაგნიტური ველი	58
2.5. წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ველი	60
სავარჯიშო 2.2	63
2.6. წრიული დენიანი გამტარისა და დენიანი კოჭას მაგნიტური ველი	64
2.7. ელექტრომაგნიტი და მისი გამოყენება	67
სავარჯიშო 2.3	70
2.8. დენების მაგნიტური ურთიერთქმედება	71
2.9. მაგნიტური ველის მოქმედება წრფივ დენიან გამტარზე. მაგნიტური ინდუქციის მოდული	73
სავარჯიშო 2.4	76
2.10. მაგნიტური ველის მოქმედება დენიან ჩარჩოზე	77
2.11. ამპერის ძალის გამოყენება: ელექტროძრავა და ელექტრული საზომი ხელსაწყოები	80
სავარჯიშო 2.5	83

2.12. მაგნიტური ველის მოქმედება მოძრავ მუხტებზე. ლორენცის ძალა	84
სავარჯიშო 2.6	86
2.13. ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა	87
2.14. ინდუქციური დენის მიმართულება	90
პრაქტიკული სამუშაო. ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის შესწავლა	92
სავარჯიშო 2.7	93
2.15. ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობა	94
2.16. გრაფიტაციული, ელექტრული და მაგნიტური ველების შედარება (გაკვეთილი- პრეზენტაცია)	96
2.17. დედამიწის რომელი ველის ზემოქმედების ქვეშ ვიმყოფებით: გრაფიტაციული, ელექტრული თუ მაგნიტური? (გაკვეთილი-დებატები)	100
შემაჯამებელი დავალებები	106

3. სინათლის მოვლენები

3.1. სინათლის წყაროები	107
3.2. სინათლის წრფივი გავრცელება	110
3.3. მოვლენები, რომლებიც სინათლის წრფივი გავრცელების კანონის საფუძველზე აიხსნება	113
სავარჯიშო 3.1	116
3.4. სინათლის გავრცელების სიჩქარე და მისი განსაზღვრის მეთოდები	117
სავარჯიშო 3.2	119
3.5. სინათლის არეკვლის კანონი	120
3.6. გამოსახულების აგება ბრტყელ სარკეში	123
პროექტი	126
სავარჯიშო 3.3	127
3.7. სფერული სარკე	128
3.8. გამოსახულების აგება სფერულ სარკეში	131
3.9. სინათლის გარდატეხა. სინათლის გარდატეხის კანონი	133
სავარჯიშო 3.4	137
3.10. სინათლის სხივის სვლა მინის ბრტყელპარალელურ ფირფიტაში და მინის სამწახანაგა პრიზმაში	138
პრაქტიკული სამუშაო. მინის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა	140
3.11. სრული შინაგანი არეკვლა	141
სავარჯიშო 3.5.	144
3.12. ლინზები	145
3.13. სხეულის გამოსახულების აგება თხელ ლინზებში	148
სავარჯიშო 3.6.	152
3.14. თხელი ლინზის ფორმულა	153
პრაქტიკული სამუშაო. შემკრები ლინზის ფოკუსური მანძილისა და ოპტიკური ძალის განსაზღვრა	155
სავარჯიშო 3.7	156
3.15. თვალი და მხედველობა	157
3.16. მხედველობის დეფექტები. სათვალე	162
3.17. ფოტოაპარატი	165
სავარჯიშო 3.8	168
შემაჯამებელი დავალებები	169

4. ატომი და ატომის ბირთვი

4.1. რადიაქტიურობა	171
4.2. ატომი – ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა.....	174
4.3. ლაზერი	177
პროექტი	179
სავარჯიშო 4.1	180
4.4. ატომის ბირთვი – ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა. ბირთვის მასური და მუხტის რიცხვები	181
4.5. იზოტოპები	183
4.6. იზოტოპების გამოყენება (გაკვეთილი-პრეზენტაცია)	186
სავარჯიშო 4.2	186
4.7. ატომის ბირთვის რადიაქტური გარდაქმნები: α -, β - და γ -გამოსხივება. რადიაქტიური ნანაცვლების წესი	187
სავარჯიშო 4.3	188
4.8. რადიაქტიური დაშლის კანონი	189
4.9. ატომურ-ბირთვული მოვლენების დამახასიათებელი ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდე და მათი საზომი ერთეულები	191
სავარჯიშო 4.4	193
4.10. ბირთვის ბმის ენერგია. მასის დეფექტი	193
4.11. ბირთვული რეაქციები	196
სავარჯიშო 4.5	198
4.12. ურანის ბირთვის გაყოფა.....	199
4.13. ჯაჭვური ბირთვული რეაქცია	201
სავარჯიშო 4.6	204
4.14. რადიაქტიური გამოსხივების მოქმედება. გამოსხივების შთანთქმული დოზა.....	205
4.15. ბირთვული რეაქტორი	207
სავარჯიშო 4.7	210
4.16. ენერგიის ალტერნატიული წყაროები (გაკვეთილი-პრეზენტაცია).....	211
4.17. თერმობირთვული რეაქციები	213
სავარჯიშო 4.8	215
4.18. არის თუ არა ბირთვული იარაღი საერთაშორისო მშვიდობის გარანტია (გაკვეთილი-დებატები)	215
შემაჯამებელი დავალებები	217
ტერმინების ლექსიკონი	218

1

კვლევა. სხვადასხვა დავალებები, ლაბორატორიული სამუშაოები და ცდები, რომლებიც მიმართულია მოვლენების მიზეზშედეგობრივი კავშირების გამოვლენისაკენ.



განმარტება.
გაკვეთილის ძირითადი
მინიარსი: ძირითადი
ცნებები, ახსნა-
განმარტებები თემის
ირგვლივ,
განსაზღვრებები და
წყესები.

**შეძენილი ცოდნის
გამოყენება.**
დავალებები და ცდები
შეძენილი ცოდნის
გასამყარებლად.

რა შეიტყვეთ?
შეძენილი ინფორმაციის განზოგადება საკვანძო სიტყვების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები.
ახალი სიტყვები და
ტერმინები.

9

სავარჯიშოები. შეძენილი ცოდნის გა-
საღრმავებლად და განსამტკიცებლად.



პრაქტიკული სამუშაო. თემასთან დაკავშირებული ექსპერიმენტები.



პროექტი. პროექტები ექსპერიმენტული ხასიათისაა. მათ განსაზოორციელებლად შესაძლებელია სზვადასზვა ნყაროს გამოყენება.



შემაჯამებელი დავალებები.
თითოეულ თავთან დაკავშირებული
კითხვები და დავალებები.



1

ელექტრული დენი სხვადასხვა გარემოში

1.1

მეტალის ელექტროგამტარობის კლასიკური ელექტრონული თეორია

როგორც თქვენთვის ცნობილია, ელექტრული დენი მეტალებში თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობაა.



• დაინყებს თუ არა მოწესრიგებულად მოძრავე თავისუფალი ელექტრონების ნაკადი ჭურჭელში ჩადინებას და ჭურჭლის შეესებას, თუ გამტარს, რომელშიც დენი გადის, გადავჭრით და გადაჭრის ადგილს ჭურჭლისკენ მივმართავთ?

ალბათ, მიგიტყვევიათ ყურადღება, სინათლის ანთების დროს ჩამრთველ ლილაკზე თითის დაჭერა და ნათურის ანთება ერთდროულად ხდება.



• საინტერესოა, რა სიჩქარით მოძრაობენ თავისუფალი ელექტრონები ჩამრთველიდან ნათურისკენ?

ჰიპოთეზა – „მეტალების ელექტროგამტარობა თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობაა“ – პირველმა გამოთქვა გერმანელმა ფიზიკოსმა კარლ რიკემ. ამ ჰიპოთეზის სამართლიანობა მან დაამტკიცა 1901 წელს, როდესაც კლასიკური ექსპერიმენტი ჩაატარა.

კვლევითი სამუშაო

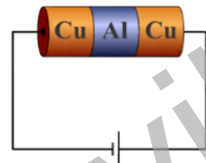
1

კ. რიკეს ექსპერიმენტის შედეგი.

სამუშაოს მსვლელობა: ყურადღებით გაეცანით ქვემოთ მოყვანილ

კ. რიკეს ექსპერიმენტის მოკლე აღწერას და ექსპერიმენტის შედეგების მიხედვით ჩამოაყალიბეთ თქვენი ჰიპოთეზა.

(ა)



მუდმივი დენის წყაროსთან მიმდევრობით აერთებენ ერთმანეთზე მჭიდროდ მიჭერილ ერთნაირი ზომის მეტალის სამ ცილინდრს. განაპირა ცილინდრები სპილენძისაა, შუა – ალუმინის (ა). ერთი წლის განმავლობაში ცილინდრებში უწყვეტად გადიოდა დენი. ამის შემდეგ შეისწავლეს მათი ზედაპირები, რომლებიც ერთმანეთს ეხებოდა. გაირკვა, რომ მიუხედავად იმისა, რომ ცილინდრებში ელექტრული დენი ხანგრძლივად გადიოდა, არ მოხდა სპილენძის ატომების გადასვლა ალუმინში და ალუმინის ატომების გადასვლა სპილენძში.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

• რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება კვლევითი სამუშაოს შედეგების მიხედვით: რომელი მუხტის გადამტანების მოძრაობა ქმნის ელექტრულ დენს მეტალის გამტარებში? რატომ?

მეტალების ელექტროგამტარობის კლასიკური ელექტრონული თეორია პირველად შემოთავაზებული იყო 1900-1904 წლებში გერმანელი მეცნიერის პაულ დრუდეს (1863-1906), ინგლისელი მეცნიერის ჯონ ჯონ ტომსონისა (1856-1940) და ჰოლანდიელი მეცნიერის ჰენდრიკ ლორენცის (1853-1928) მიერ.

კლასიკური ელექტრონული თეორიის თანახმად, ელექტრული გამტარობის უნარის მიხედვით ნივთიერებები იყოფა სამ ჯგუფად: გამტარებად, დიელექტრიკებად და ნახევარგამტარებად.

• **გამტარი** არის ნივთიერება რომელიც კარგად ატარებს ელექტრულ დენს. გამტარებს მიეკუთვნება: მეტალები, ელექტროლიტები, პლაზმა და სხვ. დენის გატარება შეუძლია ასევე ტენიან ჰაერს, ცხოველებისა და ადამიანების სხეულებს.

• **დიელექტრიკი** არის ნივთიერება, რომელსაც არ გააჩნია თავისუფალი მუხტის გადამტანები და შედგება მხოლოდ ბმული მუხტებისაგან. ეს მუხტები ძლიერ იონურ-ელექტრონულ ბმებს ქმნიან და მხოლოდ უმნიშვნელო გადაადგილება შეუძლიათ წონასწორობის მდგომარეობის მიდამოში. ამიტომ დიელექტრიკები არ ატარებენ ელექტრულ დენს. დიელექტრიკებს მიეკუთვნება: აირები, ზოგიერთი სითხე (დისტილირებული წყალი, ზეთი და სხვ.), მინა, კაუჩუკი, კერამიკა და სხვ.

• **ნახევარგამტარი** არის ნივთიერება, რომელშიც მუხტის თავისუფალი გადამტანების რაოდენობა დამოკიდებულია გარე ზემოქმედებაზე (ტემპერატურაზე, განათებაზე, ნივთიერებაში მინარევების შეტანაზე და ა. შ.). ნახევარგამტარებს მიეკუთვნება: გერმანიუმი, სილიციუმი, კალა, ზოგიერთი ოქსიდი (ჟანგბუდი) და სულფიდი, ტელურიდი და სხვ.

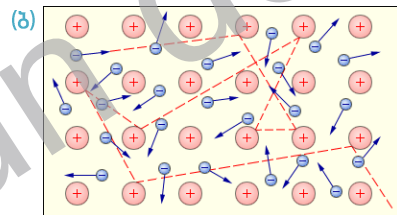
რა არის მეტალების ელექტრული გამტარობის ფიზიკური მექანიზმი?

მეტალის გამტარების ელექტროგამტარობის ფიზიკური მექანიზმი განსაზღვრულია კლასიკური ელექტრონული თეორიის ძირითადი დებულებებით:

• **მეტალები** ფიზიკური სისტემებია, რომლებსაც კრისტალური სტრუქტურა აქვს. ჩვეულებრივ მდგომარეობაში მეტალის თითოეული ატომი ელექტრონის დაკარგვისას დადებით იონად გადაიქცევა. ეს იონები კრისტალური მესრის კვანძებშია განლაგებული და რხევით მოძრაობას ასრულებენ წონასწორობის გარკვეული სერტილის მიდამოში. ამიტომ მათ არ შეუძლიათ მეტალში ელექტრული დენის შექმნაში მონაწილეობა.

• ელექტრონები, რომლებმაც დაკარგეს ატომის ბირთვთან კავშირი, თავისუფლად გადაადგილდებიან ატომებს (იონებს) შორის სივრცეში. ამ ელექტრონებს თავისუფალი ელექტრონები ეწოდება. განსაზღვრულია, რომ ზოგიერთ მეტალში თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაცია $10^{26} - 10^{28} \frac{1}{\text{მ}^3}$ -ს შეადგენს.

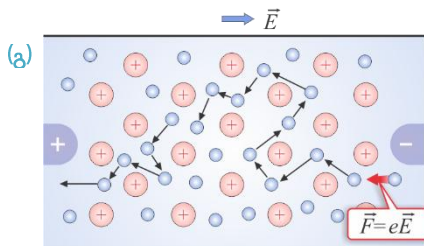
• თუ მეტალში ელექტრული ველი არ არსებობს, თავისუფალი ელექტრონები მრავალრიცხოვანი დაჯახების გამო ქაოსურად მოძრაობენ. ეს მოძრაობა აირის მოლეკულების სითბური მოძრაობის მსგავსია. ამიტომ მეტალებში არსებული თავისუფალი ელექტრონები განიხილება, როგორც **ელექტრონული აირის** მოდელი. ნახატზე წყვეტილი ხაზით ნაჩვენებია ელექტრონული აირის ერთი ელექტრონის მოძრაობის ტრაექტორია (ბ).



• ელექტრული ველი, რომელიც დენის წყაროსთან გამტარის შეერთების შემდეგ ამ გამტარში აღიძვრება, ელექტრონების ქაოსურ მოძრაობას მონესრიგებულ, მიმართულ მოძრაობად გადააქცევს. ამ დროს თითოეული ელექტრონის მიმართული მოძრაობის სიჩქარე დამოკიდებულია ორ ფაქტორზე:

- ა) იონებთან დაჯახების რაოდენობაზე;
- ბ) ელექტრულ ველზე.

თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობის სიჩქარე ძალიან პატარაა ($\approx 0,1 \div 10 \frac{\text{მმ}}{\text{წმ}}$). ამის მიზეზია დიდი რაოდენობის დაჯახება კრისტალური მესრის იონებთან, რომელსაც მოძრაობის დროს განიცდიან თავისუფალი ელექტრონები. ეს დაჯახებები ამუხრუჭებს თავისუფალი ელექტრონების მოძრაობას (გ).



ამგვარად, ელექტრული დენი მეტალის გამტარებში არის თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობის შედეგი, რაც არ იწვევს მეტალის ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებას.

მაგრამ თუ გამტარში ელექტრონები ასეთი მცირე სიჩქარით მოძრაობენ, ჩამოთვლზე თითის დაჭერა რატომ იწვევს ნათურის მყისიერ ანთებას?

გამტარში დენის გავრცელების სიჩქარე თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობის სიჩქარე არ არის.

გამტარში დენის სიჩქარე მასში ელექტრული ველის გავრცელების სიჩქარის ტოლია. ელექტრული ველი გამტარში ძალიან დიდი სიჩქარით – ვაკუუმში სინათლის გავრცელების სიჩქარით – ვრცელდება: $\approx 3 \cdot 10^8$ მ/წმ.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. რა დროის განმავლობაში მიაღწევს დენი ბაქოდან ბელაქანამდე, თუ ელექტრული სადენების სიგრძეა 450 კმ, სადენებში ელექტრული დენის გავრცელების სიჩქარე კი – $2,5 \cdot 10^5$ კმ/წმ?

რა შეიტყვით

გადანერეთ სამუშაო რვეულში და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ელექტროგამტარობის მიხედვით ნივთიერებები იყოფა სამ ჯგუფად:
2. ელექტრონული აირის მოდელი არის...
3. გამტარში ელექტრონების სიჩქარე არის...
4. მეტალის კლასიკური ელექტრონული თეორიის ძირითადი დებულებებია...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება რიკეს ექსპერიმენტიდან? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. ჩვეულებრივ მდგომარეობაში რატომ არის მეტალები ელექტრულად ნეიტრალური?
3. რის გაკეთებაა საჭირო, რომ მეტალში ელექტრული ველი გავრცელდეს?
4. როგორ შეგვიძლია განვსაზღვროთ მეტალების კლასიკური ელექტრონული თეორიის ძირითადი დებულებები?

1.2 მეტალის ნინალობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

ცნობილია, რომ გამტარის ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია მის ელექტრულ ნინალობაზე: რაც ნაკლებია გამტარის ნინალობა, მით უკეთესად ატარებს იგი დენს.



- დაფიქრებულხართ თუ არა, რატომ არის გამათბობლის სპირალები დამზადებული არა სპილენძის ან ალუმინისაგან, რომელთაც მცირე ნინალობა აქვთ, არამედ სპეციალურად შერჩეული მეტალისაგან?
- შეიძლება თუ არა, გამტარის ნინალობა დამოკიდებული იყოს მის პარამეტრებზე, მაგალითად ტემპერატურაზე? რატომ?

კვლევითი სამუშაო

1

გამტარის ნინალობის მის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შემოწმება.

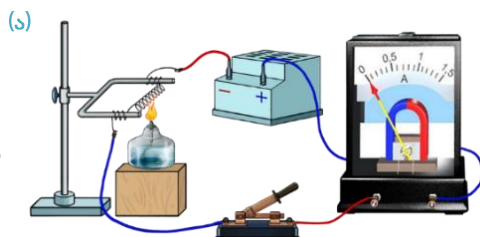
სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო, გამათბობლის სპირალი, ამპერმეტრი, სპირტქურა (ან სანთელი), ასანთი, შტატივი, ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. აანწყვეთ ნახატზე წარმოდგენილი მიმდევრობითი ელექტრული წრედი (ა).
2. ჩართეთ ჩამრთველი და ჩაინიშნეთ ამპერმეტრის ჩვენება. სპირტქურის საშუალებით 1-2 წთ-ის განმავლობაში გაათბეთ დენიანი სპირალი და დააკვირდით, როგორ შეიცვლება სპირალში გამავალი დენის ძალა.
3. ჩააქრეთ სპირტქურა. დააკვირდით, როგორ იცვლება დენის ძალის მნიშვნელობა სპირალის გაცივების პროცესში.

მისჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ იცვლება დენის ძალის მნიშვნელობა დენიანი სპირალის გაცხელებისა და გაცივების პროცესში?
- რა დასკვნებამდე მიხვედით კვლევითი სამუშაოს შესრულების შემდეგ?

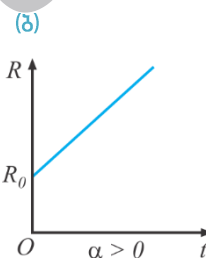


კვლევითი სამუშაოს შედეგებიდან ჩანს, რომ მეტალის გამტარის ტემპერატურის ცვლილების დროს იცვლება მისი ნინალობაც: ტემპერატურის მატებისას გამტარის ნინალობა იზრდება, ხოლო ტემპერატურის კლებისას – მცირდება.

რატომ იზრდება გამტარის გაცხელების დროს გამტარის ნინალობა? კლასიკური ელექტრონული თეორიის თანხმად, მეტალის გამტარის გაცხელების დროს იზრდება მეტალის კრისტალურ მესერში არსებული დადებითი იონების რხევის ამპლიტუდა. ამის გამო მკვეთრად იზრდება მონესრიგებულად მოძრავი თავისუფალი ელექტრონების იონებთან დაჯახების რაოდენობა, ე. ი. გაცხელებისას გამტარის ნინალობა იზრდება, ამიტომ დენის ძალა მეტალის გამტარში მცირდება. დაბალი ტემპერატურების ინტერვალში მეტალის გამტარების ნინალობა წრფივად არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე და ეს დამოკიდებულება განსაზღვრულია ფორმულით (ბ):

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta t) \text{ ან } R = R_0(1 + \alpha \Delta T). \quad (1.1)$$

აქ R_0 გამტარის ნინალობაა 0°C -ის (273 K -ის) დროს, R – გამტარის ნინალობა t (T) ტემპერატურის დროს, Δt – ტემპერატურის ცვლილება, რომელიც



გამტარის საბოლოო და საწყისი ტემპერატურების სხვაობის ტოლია ($\Delta t = t_{\text{საბ.}} - t_{\text{საწყ.}}$), α – წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი.

• წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი რიცხობრივად გამტარის წინალობის ფარდობითი ცვლილების ტოლია მისი 1°C -ით (1 K -ით) გათბობისას:

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta t} = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta T}. \quad (1.2)$$

გამტარის წინალობის ფარდობითი ცვლილება ტემპერატურის ცვლილების პირდაპირპროპორციულია:

$$\frac{R - R_0}{R_0} = \alpha \Delta t = \alpha \Delta T. \quad (1.3)$$

სუფთა მეტალებისთვის წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი (α) ყოველთვის 0-ზე მეტია და ტოლია:

$$\alpha \approx \frac{1}{273} \frac{1}{^\circ\text{C}} = \frac{1}{273} \frac{1}{\text{K}}.$$

(1.1) გამოსახულების ანალოგიურად, შეიძლება გამტარის კუთრი წინალობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების ფორმულის დაწერა:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta t) \text{ ან } \rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T). \quad (1.4)$$

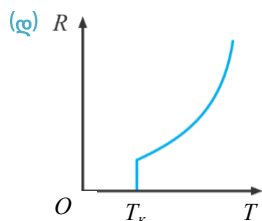
მეტალების წინალობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება გამოიყენება სპეციალურ ხელსაწყოებში, მაგალითად, წინალობურ თერმომეტრებში (ა). ეს



თერმომეტრები სუფთა მეტალებისგანაა დამზადებული და ძალიან მაღალი და ძალიან დაბალი ტემპერატურების გაზომვის საშუალებას იძლევა. მაგალითად, პლატინის თერმომეტრს შეუძლია ტემპერატურის

გაზომვა -264°C -იდან 1064°C -მდე ინტერვალში, სპილენძის თერმომეტრს – 50°C -იდან 180°C -მდე ინტერვალში.

შესაძლებელია თუ არა ისეთი მაღალი გამტარობის მიღწევა მეტალის გამტარში, რომ მისი წინალობა 0-ის ტოლად ჩაითვალოს? ზოგიერთი მეტალის გამტარის წინალობა დაბალ ტემპერატურებზე ნახტომისებრად ეცემა 0-მდე. ეს ეფექტი მეტალებში 1911 წელს აღმოაჩინა ჰოლანდიელმა მეცნიერმა კამერლინგ-ონესმა. მან ექსპერიმენტულად დაადგინა, რომ ვერცხლისწყლის წინალობა $4,15\text{ K}$ -ის დროს ნახტომისებრად ეცემა 0-მდე. შემდეგი კვლევების შედეგად ეს თვისება სხვა გამტარებსაც აღმოაჩნდა.



• ტემპერატურას, რომელზეც გამტარის წინალობა 0-მდე ეცემა, **კრიტიკული ტემპერატურა** ეწოდება, ხოლო ელექტროგამტარობას ამ დროს **ზეგამტარობა** ეწოდება (ბ).

თუ შევრულ ზეგამტარში ელექტრულ დენს აღვძრავთ, მაშინ დენის წყაროს მოქმედების შეწყვეტის შემდეგაც დენი დიდი ხნის განმავლობაში იარსებებს.



შაიკ კამერლინგ-ონესი
(1853-1926)
შოლანდიელი მეცნიერი

- სწავლობდა ნივთიერების თვისებებს ძალიან დაბალი ტემპერატურის პირობებში, შეიმუშავა თხევადი ჰელიუმის მიღების ტექნოლოგია. ამ სფეროში მიღწეული შედეგებისთვის 1913 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია.

შეაქანილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოხსენით ამოცანა მოყვანილი ნიმუშის მიხედვით.

ნიმუში. სპილენძის გამტარის წინალობა 0°C ტემპერატურაზე 4 ომის ტოლია. განსაზღვრეთ გამტარის წინალობა 80°C ტემპერატურის დროს ($\alpha_{\text{სპ}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$).

მოცემულია	ამოხსნა
$t_0 = 0^{\circ}\text{C}$, $R_0 = 4 \text{ ომი}$, $t = 80^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\text{სპ}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$, $R \rightarrow ?$	$R = R_0(1 + \alpha \Delta t)$. $\Delta t = t - t_0$.
	გამოთვლა $R = 4 \text{ ომი} \cdot \left(1 + 4,3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot 80^{\circ}\text{C}\right) = 5,376 \text{ ომი}$
	პასუხი: 5,376 ომი.

ამოცანა. ალუმინის გამტარის წინალობა 0°C ტემპერატურაზე 4,8 ომის ტოლია. განსაზღვრეთ გამტარის წინალობა 110°C ტემპერატურის დროს ($\alpha_{\text{ალ}} = 3,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$).

რა შეიტყვეთ



- სამუშაო რეველში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი რიცხობრივად ტოლია ...
2. გამტარის წინალობის ფარდობითი ცვლილება ...
3. ტემპერატურას, რომლის დროსაც გამტარის ელექტრული წინალობა 0-მდე ეცემა ...
4. ზეგამტარობა ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. კლასიკური ელექტრონული თეორიის მიხედვით, რატომ იზრდება გამტარის წინალობა მისი გაცხელების დროს?
2. რას უდრის წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი?
3. როგორ გამოითვლება გამტარის წინალობის ფარდობითი ცვლილება?
4. რა არის ზეგამტარობა?

1. გამტარში ელექტრონი $\nu = 0,06 \frac{\text{სმ}}{\text{წმ}}$ სიჩქარით მოძრაობს. რა მანძილით დაშორდება ის დენის წყაროს 24 სთ-ის განმავლობაში?
2. სპილენძის გამტარის წინალობა 0°C ტემპერატურაზე 4 ომია. განსაზღვრეთ გამტარის წინალობა 180°C ტემპერატურის დროს ($\alpha_{\text{სპ.}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$).
3. ვაკუუმში ელექტრული ველი $300000 \frac{\text{კმ}}{\text{წმ}}$ სიჩქარით ვრცელდება. რა დროში გავრცელდება ის დედამიწის რადიუსის ტოლ მანძილზე ($R_{\text{დედ.}} = 6,4 \cdot 10^6 \text{მ}$), და დედამიწიდან მზემდე მანძილზე (დედამიწიდან მზემდე საშუალო მანძილი ($R_{\text{დედ.-მზე}} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{მ}$ -ია)?
4. როგორ შეიძლება აიხსნას ჯოულ-ლენცის კანონი ელექტრონული თეორიის საფუძველზე?
5. რომელი გამოსახულებით განისაზღვრება წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი (R_0 გამტარის წინალობაა 0°C -ზე, Δt – ტემპერატურის ცვლილება, R – გამტარის წინალობა $t^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს)?

ა) $\frac{R-R_0}{\Delta t}$

ბ) $\frac{(R-R_0)\Delta t}{R_0}$

გ) $\frac{R-R_0}{R_0}$

დ) $\frac{R-R_0}{R_0\Delta t}$

ე) $\frac{(R-R_0)\Delta t}{R}$

1.3 ელექტრული დენი ელექტროლიტებში

მეტალები, მათში თავისუფალი ელექტრონების არსებობის გამო, კარგად ატარებენ ელექტრულ დენს.

- ატარებენ თუ არა ელექტრულ დენს არამეტალები, მაგალითად, ჩვეულებრივი წყალი? რატომ?
- დისტილირებული წყალი?
- არსებობს თუ არა სუფრის მარილში თავისუფალი მუხტის გადამტანები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია ელექტრული დენის წარმოქმნა?

კვლევითი სამუშაო

1

რატომ ატარებს ელექტრულ დენს ხსნარი, რომელიც ორი დიელექტრიკის შერევითაა მიღებული?

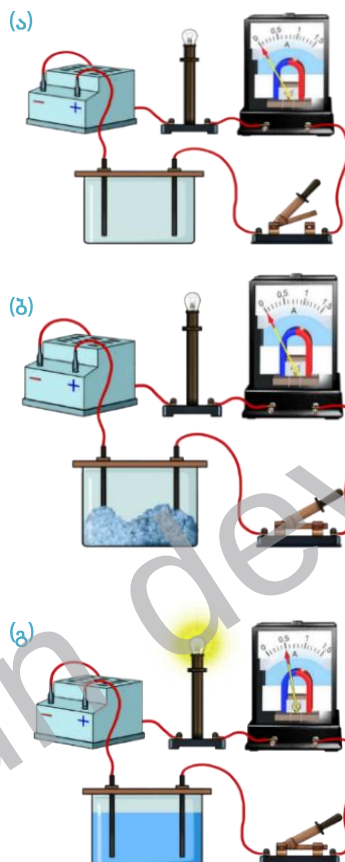
სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო, ნახშირის ელექტროდებიანი ჭურჭელი, ნათურა, ამპერმეტრი, მშრალი სუფრის მარილი (NaCl , 200-300 გ), დისტილირებული წყალი (1 ლ), კოვზი, ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. აანწყვეთ ელექტრული წრედი, რისთვისაც მიმდევრობით შეაერთეთ დენის წყარო, ნათურა, ამპერმეტრი, ჩამრთველი და ელექტროდებიანი ჭურჭელი, რომელშიც სუფრის მარილია ჩაყრილი (ა).
2. ელექტროდები ჭურჭელში ჩაუშვით ისე, რომ ისინი სუფრის მარილს შეეხო. ჩართეთ ჩამრთველი და დააკვირდით ამპერმეტრის ჩვენებას, აგრეთვე მიაქციეთ ყურადღება, ანთია ნათურა თუ არა (ბ).
3. ამოიღეთ ჭურჭლიდან სუფრის მარილი, ჩაასხით დისტილირებული წყალი და გააკვირეთ, გადის თუ არა წრედში ელექტრული დენი.
4. დისტილირებულ წყალს დაამატეთ სუფრის მარილი, მოურიეთ, შეკარით ელექტრული წრედი და დააკვირდით მომხდარ მოვლენებს (გ).

იმჯელეთ შედეგები:

- რა გაირკვა კვლევითი სამუშაოს დროს: დისტილირებული წყალი და სუფრის მარილი გამტარებია თუ დიელექტრიკები?
- რა მოხდა უცნაური ელექტრულ წრედში ამ ორი ნივთიერების შერევის შემდეგ? რატომ?

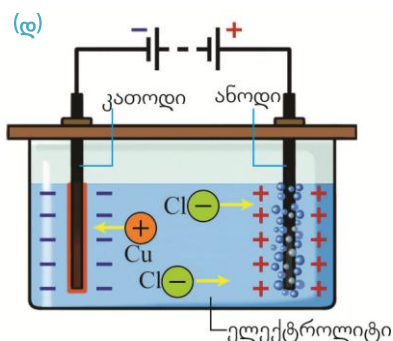


ელექტროლიტური დისოციაცია. ზოგიერთი ნივთიერების მოლეკულები და-დებითი და უარყოფითი იონებისაგან შედგენილი მდგრადი სისტემებია. ასეთ სისტემებს ემნიან დადებით და უარყოფით იონებს შორის მოქმედი ელექ-

ტრული ურთიერთქმედების ძალები. მაგალითად, ნატრიუმის დადებითი იონი (Na^+) და ქლორის უარყოფითი იონი (Cl^-) სუფრის მარილის მოლეკულაში, სპილენძის დადებითი იონი (Cu^{+2}) და ქლორის უარყოფითი იონი (2Cl^-) სპილენძის ქლორიდის მოლეკულაში (CuCl_2) ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემებია. ელექტრულ ველში მოთავსებისას ისინი არ ატარებენ ელექტრულ დენს მათში მუხტის თავისუფალი გადამტანების არარსებობის გამო. ანუ ეს ნივთიერებები დიელექტრიკებია. მაგრამ ამ ნივთიერებების წყალში გახსნის შემდეგ იონების ურთიერთმიზიდულობა მკვეთრად სუსტდება და ნივთიერების მოლეკულები დადებით და უარყოფით იონებად იშლება; ხსნარში წარმოიქმნება მუხტის თავისუფალი გადამტანები, კონკრეტულად – იონები და ხსნარი გამტარი ხდება:

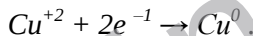
- ნივთიერებების (მარილების, მჟავების ან ტუტეების) ხსნარებს (ან ნაღობებს), რომლებიც ელექტრულ დენს ატარებენ, **ელექტროლიტები** ეწოდება.
- წყალში გახსნილი ნივთიერების ნეიტრალური მოლეკულების დაშლას დადებით და უარყოფით იონებად **ელექტროლიტური დისოციაცია** ეწოდება.

იონური გამტარობის ბუნება. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ ელექტროლიტში დენის გავლის დროს ხდება ნივთიერების გამოყოფა. ნახატზე წარმოდგენილია ერთ-ერთი ასეთი ექსპერიმენტის სქემა (დ): ნახშირის ორი ელექტროდი მიერთებულია დენის წყაროს პოლუსებთან. დადებით პოლუსთან შეერთებულ ელექტროდს ანოდი ეწოდება, უარყოფითთან შეერთებულს – კათოდი. ელექტროდებს ათავსებენ ელექტროლიტურ აბაზანაში, მაგალითად, სპილენძის ქლორიდის წყალხსნარში. წრედი იკვრება. ელექტროლიტში წარმოქმნილი ელექტრული ველი იონების მიმართულ მოძრაობას აღძრავს: სპილენძის დადებითი იონები კათოდისაკენ მოძრაობენ, ხოლო ქლორის უარყოფითი იონები – ანოდისაკენ.



- ელექტრული დენი ელექტროლიტებში დადებითი და უარყოფითი იონების მიმართული (მონესრიგებული) მოძრაობაა.

კათოდთან მისული იონები მისგან ელექტრონს იერთებენ, ნეიტრალურ ატომად გადაიქცევიან და კათოდის ზედაპირზე ილექებიან, წარმოქმნიან სპილენძის ფენას:



უარყოფითი იონები ჭარბ ელექტრონებს გადასცემენ ანოდს, ნეიტრალდება და ანოდის ზედაპირზე აირის ბუშტუკების სახით გამოიყოფა ქლორი (იხ. დ).



ე. ი. იონური გამტარობისთვის მუხტის გადატანასთან ერთად დამახასიათებელია ნივთიერების მასის გადატანა:

- ელექტროლიტებში ელექტრული დენის გავლის დროს ელექტროდებზე ნივთიერების გამოყოფას **ელექტროლიზი** ეწოდება.

ინგლისელმა მეცნიერმა მაიკლ ფარადეიმ (1791-1867) განსაზღვრა, რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული ელექტროლიზის დროს ელექტროდებზე გამოყოფილი ნივთიერების მასა. ამ დამოკიდებულებას **ელექტროლიზის კანონი** ეწოდება:

• ელექტროლიზის დროს ელექტროდებზე გამოყოფილი ნივთიერების მასა ელექტროლიტში გასული ელექტრული მუხტის სიდიდის პირდაპირპროპორციულია:

$$m = kq$$

რადგან $q = It$, მივიღებთ:

$$m = kIt.$$

აქ m ელექტროდის ზედაპირზე გამოყოფილი ნივთიერების მასაა, q – ელექტროლიტში გასული ელექტრული მუხტის სიდიდე, I – დენის ძალა ნრედში, k – პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელსაც ნივთიერების ელექტროქიმიური ეკვივალენტი ეწოდება. SI სისტემაში ელექტროქიმიური ეკვივალენტის ერთეულია

$$[k] = \frac{[m]}{[q]} = 1 \frac{\text{კგ}}{\text{კ}}.$$

ელექტროქიმიური ეკვივალენტის რიცხვითი მნიშვნელობა ელექტროლიტში 1 კულონი მუხტის გავლის დროს ელექტროდზე გამოყოფილი ნივთიერების მასის ტოლია. სხვადასხვა ნივთიერების ელექტროქიმიური ეკვივალენტის მნიშვნელობა სხვადასხვაა (ცხრილი 1.1).

ცხრილი 1.1. ზოგიერთი ნივთიერების იონების ელექტროქიმიური ეკვივალენტი

ნივთიერება	ვალენტობა	ელექტროქიმიური ეკვივალენტი k , $\left(\frac{\text{კგ}}{\text{კ}}\right)$
ვერცხლისწყალი	1	2,0736
ვერცხლი	1	1,1179
ტყვია	2	1,0736
ბრომი	1	0,8282
ოქრო	3	0,6812
სპილენძი	1	0,6588
სპილენძი	2	0,3294
კალა	2	0,6150
პლატინა	4	0,5058
ქლორი	1	0,3674
თუთია	2	0,3388
ნიკელი	2	0,3041
ნიკელი	3	0,2027
ნატრიუმი	1	0,2383
რკინა	3	0,1929
OH ჯგუფი	1	0,1763
გოგირდი	2	0,1661
ალუმინი	3	0,0932
ჟანგბადი	2	0,0829
წყალბადი	1	0,01045

კვლევითი საშუალო

2

გამოთვალეთ გამოყოფილი ქრომის მასა.

ამოცანა. ელექტროლიტურ აბაზანაში ფოლადის ფირფიტის ქრომით დაფარვის (ქრომირების) პროცესი $I = 2$ ა დენის დროს მიმდინარეობდა. განსაზღვრეთ ფოლადის ფირფიტის ზედაპირზე $t = 3$ სთ-ის განმავლობაში გამოყოფილი ქრომის ფენის მასა ($k_{\text{ქრომი}} = 18 \cdot 10^{-8} \frac{\text{კგ}}{\text{კ}} \cdot \text{კლ}$).

რა შეიტყვით



• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ ნინადადებები:

1. ელექტროლიტი არის ...
2. ელექტროლიტური დისოციაცია არის ...
3. ელექტრული დენი ელექტროლიტებში არის ...
4. ელექტროლიზი არის ...
5. ელექტროლიზის კანონი – ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორია ელექტროლიტური დისოციაციის მექანიზმი?
2. რა არის ელექტროლიტი? რით განსხვავდება მისი ელექტროგამტარობა მეტალების ელექტროგამტარობისაგან?
3. ახსენით ელექტროლიზის პროცესი.
4. ჩამოაყალიბეთ ელექტროლიზის კანონი.

პროექტი

ელექტრონული რესურსების გამოყენებით მოამზადეთ ელექტრონული პრეზენტაცია თემაზე: „ელექტროლიზის პრაქტიკული გამოყენება“.

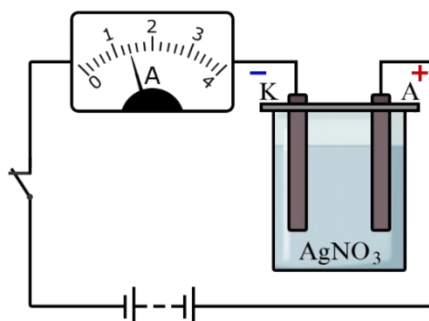
ელექტრონული რესურსის ნიმუშები:

1. infourok.ru/ ფარადის კანონები ელექტროლიზისათვის.
2. anl.az/el/pp_teeo.pdf
3. www.muallim.edu.az/arxiv/2011/.../melumat.pd.
4. library.atgti.az/categories/chemistry/Umumi_kimya.pdf და სხვ.

საპარჯიშო

1.2

- ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის ელექტროლიზის დროს გამოიყო 7,84 გ ვერცხლი. განსაზღვრეთ ხსნარში გასული ელექტრული მუხტის სიდიდე ($k_{\text{ვერცხ.}} = 1,12 \cdot 10^{-6} \frac{\text{კბ}}{\text{კ}}$).
- ელექტროლიტურ აბაზანაში 6 ა დენის ძალის დროს 10 წთ-ის განმავლობაში გამოიყო 1,224 გ თუთია. განსაზღვრეთ თუთიის ელექტროქიმიური ეკვივალენტი.
- შაბიამნის ხსნარის ელექტროლიზის დროს 50 წთ-ის განმავლობაში კათოდზე გამოიყო 1,98 გ სპილენძი. როგორი იყო ამ პროცესის დროს დენის ძალის მნიშვნელობა? ($k_{\text{სპილ.}} = 0,33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{კბ}}{\text{კ}}$)?
- ნახატზე წარმოდგენილია ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის ელექტროლიზის სქემა. მითითებული მონაცემების მიხედვით განსაზღვრეთ დრო, რომლის განმავლობაშიც კათოდზე გამოიყო 2,52 გ ვერცხლი.

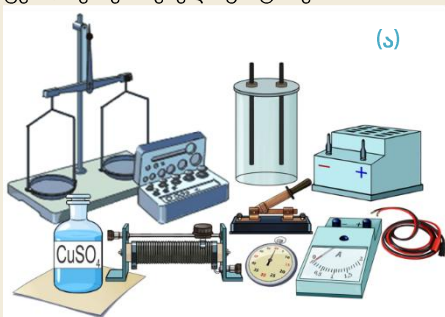


- ვერცხლის ნიტრატის ხსნარში 1 კ მუხტის გავლის დროს კათოდზე გამოიყო 1,11 მგ ვერცხლი. რამდენი ვერცხლი გამოიყოფა კათოდზე ხსნარში 1500 კ მუხტის გავლისას?

პრაქტიკული სამუშაო

ელექტროლიზის პროცესის გამოკვლევა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო, ელექტროლიტური აბაზანა, სპილენძის სულფატის (CuSO_4) წყალხსნარი, ელექტროდები, წამმზომი, რეოსტატი, ჩამრთველი, სასწორი, საწონები, ხელსახოცები, შემადგენელი გამტარები (ა).



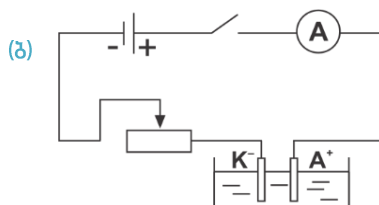
(ა)

ყურადღება!

- არ დაგავიწყდეთ, რომ ელექტროდი, რომლის მასაც უნდა განსაზღვროთ, კათოდი და დენის წყაროს უარყოფით პოლუსს უერთდება;
- კვლევისას სამუშაოს დროს წრედში დენის ძალის მნიშვნელობის შენარჩუნება შეგვიძლია რეოსტატის დახმარებით;
- სამუშაო რეჟიმში გადაიხაზეთ ცხრილი 1.2. და ჩაინიშნეთ გაზომვების შედეგები.

სამუშაოს მსვლელობა:

- სასწორით განსაზღვრეთ კათოდის მასა m_1 .
- გადაიხაზეთ სამუშაო რეჟიმში მოცემული სქემა და მის მიხედვით ააწყვეთ ელექტრული წრედი (ბ).



(ბ)

- ელექტროდები მოათავსეთ ხსნარიან აბაზანაში. ერთდროულად ჩართეთ ჩამრთველი და წამმზომი. რეოსტატის დახმარებით წრედში შეინარჩუნეთ 2 ა დენის ძალა.
- 8 წთ-ის შემდეგ გამოართეთ ჩამრთველი, ხელსახოცით გაამშრალეთ კათოდი და სასწორით განსაზღვრეთ მისი მასა - m_2 .
- ცდა კიდევ ორჯერ გაიმეორეთ: კათოდი, რომლის მასაც უნდა განსაზღვროთ, ყოველთვის დენის წყაროს უარყოფით პოლუსთან მიაერთეთ.
- ფორმულით $m = m_2 - m_1$ გამოთვალეთ გამოყოფილი სპილენძის (Cu) მასა 8 წთ-ის, 16 წთ-ისა და 24 წთ-ის განმავლობაში.
- გამოთვალეთ ზემოთ მითითებული დროების განმავლობაში ელექტროლიტში გასული მუხტის რაოდენობა $q = It$ ფორმულის მიხედვით.

ცხრილი 1.2.

ცდის ნომერი	კათოდის მასა		კათოდზე გამოყოფილი სპილენძის მასა	დრო		დენის ძალა	ელექტრული მუხტი
	m_1 , (კგ)	m_2 , (კგ)	m , (კგ)	t , (წთ)	t , (წმ)	I , (ა)	q , (კ)
1				8			
2				16			
3				24			

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ არის დამოკიდებული ელექტროდზე გამოყოფილი სპილენძის მასა ელექტროლიტში გასული მუხტის რაოდენობაზე? ეს დამოკიდებულება გამოსახეთ გრაფიკულად.

1.4 ელექტრული დენი ვაკუუმში

თქვენ იცით, რომ პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება ორთქლის ტურბინები, იცით მათი მუშაობის პრინციპი, რომელიც დაფუძნებულია დუღილის ტემპერატურამდე გაცხელებული წყლის ორთქლის ენერგიის გამოყენებაზე.



- რას ნიშნავს სითხის აორთქლება?
- საინტერესოა, ხდება თუ არა თავისუფალი ელექტრონების აორთქლება გავარვარებული მეტალის ზედაპირიდან?
- როგორ შეიძლება გამოვიყენოთ ეს ელექტრონული ორთქლი, თუ მისი არსებობა მართლაც შესაძლებელია? შემოგვთავაზეთ ჰიპოთეზები.

კვლევითი სამუშაო

1

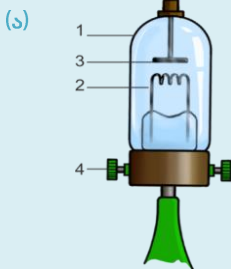
ვაკუუმში დიელექტრიკა თუ გამტარი?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო, ელექტრომეტრი, მინის ღერი, სადემონსტრაციო ორელექტროდიანი ვაკუუმური მილაკი, შემაერთებული გამტარები.

სადემონსტრაციო ორელექტროდიანი ვაკუუმური მილაკის აგებულება:

მილაკი მინის ბალონია (1). მასში ჩასმულია ორი გამტარი –

ელექტროდები: კათოდი (2) და ანოდი (3). კათოდი ან უშუალოდ ცხელდება, ან დამატებითი გამაცხელებელი სპირალის საშუალებით, რომელიც მის ქვევითაა მოთავსებული. მილაკი დენის წყაროსთან (ა) ერთდება ორი მომჭერით (4).



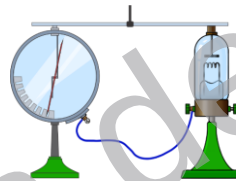
სამუშაოს მსვლელობა:

1. მიაერთეთ ელექტრომეტრის მეტალის ღერი ვაკუუმური მილაკის ერთ-ერთ ელექტროდს, ხოლო ელექტრომეტრის ძირი – მილაკის მეორე ელექტროდს (ბ).
2. დამუხტეთ ელექტრომეტრი და დააკვირდით, განიმუხტება იგი თუ არა.
3. მიაერთეთ ვაკუუმური მილაკის მომჭერები დენის წყაროსთან და დააკვირდით მოვლენებს, რომლებიც ვაკუუმური მილაკის კათოდის სპირალის გაცხელების პარალელურად მოხდება.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ არ განიმუხტა დამუხტული ელექტრომეტრი ვაკუუმური მილაკის ელექტროდებთან მიერთების შემდეგ?
- რა ხდება კათოდის სპირალის გაცხელების დროს მილაკში? რატომ?

(ბ)



თერმოელექტრონული ემისია. მეტალში ზედაპირთან არსებულმა ელექტრონებმა შეიძლება დატოვონ მეტალი, ანუ აორთქლდნენ, როგორც სითხის მოლეკულები.

• მეტალის ზედაპირიდან ელექტრონების აორთქლებას **ელექტრონული ემისია** ეწოდება (ლათინური სიტყვა ემისია „დატოვება“ ან „გასხივება“ ნიშნავს). აორთქლებული ელექტრონები მეტალის ზედაპირთან გროვდებიან და ელექტრონულ ღრუბელს წარმოქმნიან.

ემისიის ერთი მარტივი და მნიშვნელოვანი სახეობაა თერმოელექტრონული ემისია.

• მაღალ ტემპერატურამდე გაცხელებული მეტალის ზედაპირიდან ელექტრონების ამოფრქვევის მოვლენას **თერმოელექტრონული ემისია** ეწოდება.

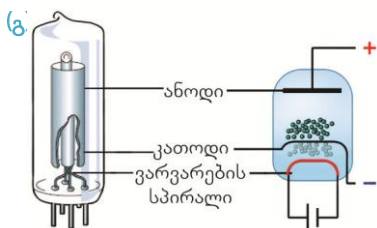
მეტალის გაცხელების დროს მისი თავისუფალი ელექტრონების კინეტიკური ენერგია იზრდება, შედეგად ელექტრონები, რომელთა ენერგია მკვეთრად გაიზარდა, მეტალს ტოვებენ.

როგორ შეიძლება პრაქტიკული მიზნებისათვის თერმოელექტრონული ემისიის გამოყენება?

თუ შეკრულ ელექტრულ წრედში ჩავრთავთ მოწყობილობას, რომელშიც თერმოელექტრონული ემისიის მოვლენა ჩნდება და შევქმნით აორთქლებული ელექტრონების მიმართულ მოძრაობას, ეს მოწყობილობა უზრუნველყოფს ამ წრედში დენის გავლას რომელიმე მიმართულებით.

ვაკუუმური დიოდი. ჭურჭელს, რომლიდანაც ამოტუმბულია ჰაერი, რომელშიც განთავსებულია ორი ელექტროდი – ანოდი და კათოდი და რომლის მუშაობაც დაფუძნებულია თერმოელექტრონული ემისიის მოვლენაზე, **ორელექტროდიანი მილაკი**, ანუ **ვაკუუმური დიოდი** ეწოდება.

ვაკუუმური დიოდის ძირითადი თვისება ის არის, რომ მასში ელექტრონებს მხოლოდ ერთი მიმართულებით შეუძლიათ გადაადგილება – კათოდისკენ. ელექტრონები, რომლებიც გაცხელებული კათოდის ზედაპირიდან ამოიფრქვევა, მის ირგვლივ ელექტრონულ ღრუბელს ქმნიან. თუ კათოდს



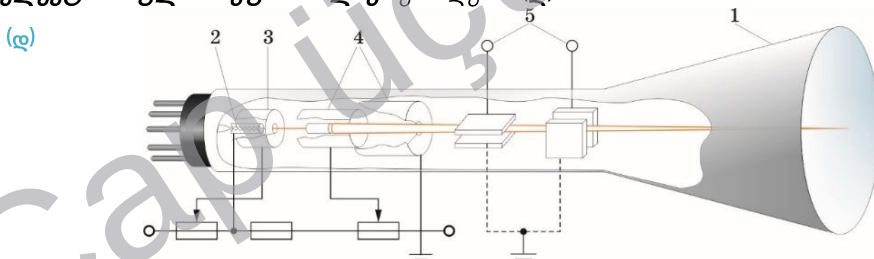
დენის წყაროს უარყოფით პოლუსთან მივაერთებთ, ხოლო ანოდს – დადებით პოლუსთან, ელექტრული ველის მოქმედებით, რომელიც ამ ელექტროდებს შორის აღიძვრება, კათოდისკენ ამოიფრქვეული ელექტრონები ანოდისკენ მოძრაობას დაიწყებენ. როდესაც ისინი ანოდს მიაღწევენ, წრედი შეიკვრება და მასში დენი გაივლის. ნახატზე მოცემულია

ორელექტროდიანი ვაკუუმური მილაკის ჭრილი და მისი პირობითი აღნიშვნა სქემაზე (გ).

თუ კათოდს დენის წყაროს დადებით პოლუსთან მივაერთებთ, ხოლო ანოდს – უარყოფით პოლუსთან, ამოიფრქვეული ელექტრონები კათოდის ზედაპირზე დაბრუნდებიან და წრედი არ შეიკვრება, ანუ წრედში დენი არ გაივლის. ე. ი. საპირისპირო მიმართულების დენი წრედში ვერ აღიძვრება. დღეს მილაკიანი დიოდი ნახევარგამტარულმა დიოდმა ჩაანაცვლა.

ელექტრონულ-სხივური მილაკი. დიდი ხნის განმავლობაში ელექტრონულ-სხივური მილაკი კომპიუტერის, რადიოლოკატორის, ელექტრონული მიკროსკოპის, ტელევიზორისა და სხვა ხელსაწყოების მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილი იყო.

ვაკუუმურ მოწყობილობას, რომელიც აჩქარებული ელექტრონების ვიწრო კონის მართვით ელექტრულ სიგნალს ხილულ გამოსახულებად გარდაქმნის, **ელექტრონულ-სხივური მილაკი** ეწოდება (დ).



ელექტრონულ-სხივური მილაკი კონუსის ფორმის მინის ვაკუუმირებული მოცულობაა (1), რომლის განიერი კედელი ეკრანის ფუნქციას ასრულებს. მილაკის ვიწრო ნაწილში განლაგებულია ელექტრონების სწრაფი ნაკადის წყარო – „ელექტრონული ქვემეხი“. ის შედგება კათოდისაგან (2), რომელიც ცხელდება, ცილინდრის ფორმის მმართველი ელექტროდისა (3) და ანოდისაგან (4). გაცხელებული კათოდიდან ამოფრქვეული ელექტრონები ჩქარდებიან ელექტრულ ველში, რომელიც ანოდსა და კათოდს შორისაა შექმნილი. ძაბვა ანოდსა და კათოდს შორის 500 ვ-იდან 20 კვ-მდეა. ასეთ ძლიერ ელექტრულ ველში ელექტრონები დიდ კინეტიკურ ენერგიას იძენენ. ელექტრონების კონა გაივლის ანოდში, დიდი სიჩქარით ეჯახება ეკრანს და იწვევს მის ნათებას. ერთმანეთის მიმართ მართობულად განლაგებული კონდენსატორების სისტემას (5) შეუძლია ელექტრონების კონის გადახრა ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით. თუ გადამხრელი კონდენსატორების შემონაფენებზე გარკვეული კანონით შევცვლით ძაბვას, იმავე კანონის მიხედვით შეიცვლება ელექტრონების კონით ეკრანზე შექმნილი გამოსახულება. ამ გამოსახულებას ვხედავთ მონიტორების, ოსცილოგრაფებისა და ტელევიზორების ეკრანებზე.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო

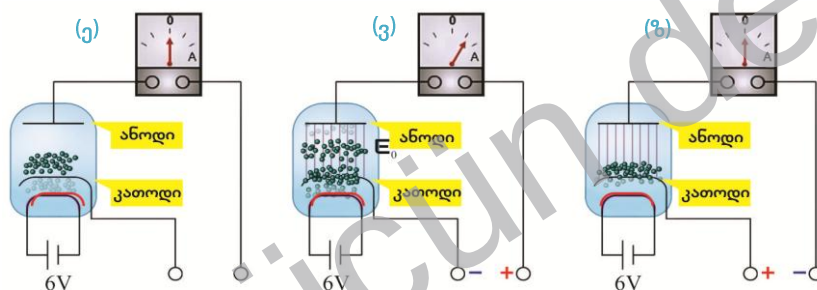
2

რისთვის გამოიყენება ვაკუუმური დიოდი?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყაროს წრედში ვაკუუმური დიოდის ჩართვის სქემა.

სამუშაოს მსვლელობა: მოყვანილი სქემების მიხედვით გაარკვეით, გადის თუ არა დენი მუდმივი დენის წყაროს წრედში, რომელშიც ჩართულია ვაკუუმური დიოდი:

- კათოდის სპირალი ცხელდება 6 ვ ძაბვის დენის წყაროს სამუშალებით, მაგრამ წრედის ბოლოები თავისუფალია (ა).
- ვაკუუმური დიოდის ანოდი დენის წყაროს დადებით პოლუსთანაა მიერთებული, კათოდი – უარყოფით პოლუსთან (ბ).
- ვაკუუმური დიოდის ანოდი დენის წყაროს უარყოფით პოლუსთანაა მიერთებული, კათოდი – დადებით პოლუსთან (გ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რისთვის არის საჭირო დიოდში ვარვარების სპირალი?
- დენის წყაროს რომელ პოლუსებთან უნდა მივაერთოთ კათოდი და ანოდი, რომ წრედში დენმა გაიაროს და რა შემთხვევაში არ გაივლის წრედში დენი? რატომ? გაგვაცანით თქვენი მოსაზრებები.

რა შეიტყვითრა?

- სამუშაო რვეულში გადანიშნეთ და დაასრულეთ წინადადებები:
 1. თერმოელექტრონული ემისია არის ...
 2. ვაკუუმური დიოდი არის ...
 3. ელექტრონულ-სხივური მილაკი არის ...
- გადანიშნეთ სამუშაო რვეულში და დაასრულეთ წინადადებები:

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

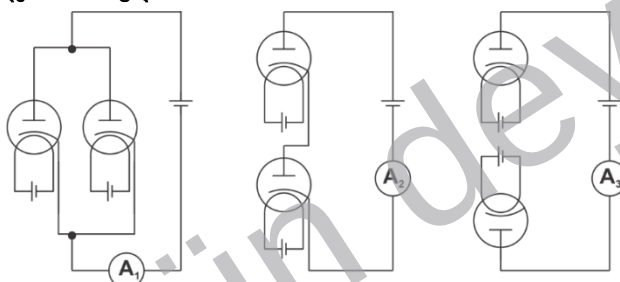
1. როგორ მივიღოთ ვაკუუმში თავისუფალი ელექტრონები?
2. რატომ ქმნიან ორელექტროდიან ელექტრონულ მილაკში ვაკუუმს?
3. როგორ მუშაობს და რა მიზნებისთვის გამოიყენება ვაკუუმური დიოდი?
4. კონდენსატორის რომელი შემონაფენისკენ იხრება ელექტრონების კონა ელექტრონულ-სხივურ მილაკში გავლის დროს?

საპარჯიშო

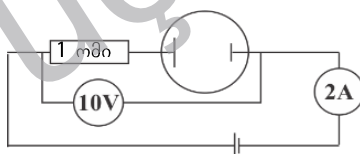
1.3

1. ნახატზე წარმოდგენილია ვაკუუმური დიოდის ელექტრულ წრედში ჩართვის სქემა. რა შემთხვევაში გაივლის ანოდურ წრედში დენი: ბატარეა 1-ის პოლუსების გადანაცვლებისას თუ ბატარეა 2-ის პოლუსების გადანაცვლებისას?
2. იმუშავენ თუ არა კოსმოსში ვაკუუმური დიოდი, რომლის მინის ბალონი გატეხილია? რატომ?
3. ელექტრონულ-სხივური მილაკის ეკრანზე ელექტრონების კონა სხვადასხვა გამოსახულებას ქმნის. რა არის ელექტრონების ნაკადის წარმოქმნის მიზეზი:
 - ა) კათოდის ზედაპირიდან ელექტრონების ემისია ელექტროლიზის დროს;
 - ბ) კათოდის ზედაპირიდან ელექტრონების ამოფრქვევა თერმოელექტრონული ემისიის შედეგად;
 - გ) ანოდის ზედაპირიდან ელექტრონების ამოფრქვევა თერმოელექტრონული ემისიის შედეგად;
 - დ) კათოდის ზედაპირიდან ელექტრონების ემისია კათოდისა და ანოდს შორის არსებული ელექტრული ველის მოქმედებით;
 - ე) კათოდის ზედაპირიდან ელექტრონების ემისია ელექტრონების დაჯახების შედეგად.
4. როგორია ამპერმეტრის ჩვენებების ურთიერთდამოკიდებულება მოცემულ წრედებში, რომლებშიც ერთნაირი დიოდებია ჩართული ($U = \text{const}$)?

- A) $I_1 < I_2 < I_3$
- B) $I_1 > I_2 > I_3$
- C) $I_1 > 0; I_2 = I_3$
- D) $I_1 > I_2; I_3 = 0$
- E) $I_1 < I_2; I_3 = 0$



5. რომელ გარემოშია ორი დამუხტული ნაწილაკის ურთიერთქმედება უფრო ძლიერი:
 - ა) აირში; ბ) სითხეში; გ) მეტალში; დ) ვაკუუმში; ე) მინაში.
6. განსაზღვრეთ დიოდის წინალობა ნახატზე მოცემული ინფორმაციის მიხედვით.



1.5

ელექტრული დენი აირეზში. არათავისუფალი განმეორება

გაკვეთილის სათაურმა შეიძლება თქვენი გაკვირვება გამოიწვიოს: აირეზი ხომ დიელექტრიკებია. დიელექტრიკები კი ელექტრულ დენს არ ატარებენ, რადგან მათში არ არის ელექტრული მუხტის თავისუფალი გადამტანები (იხ. გვ. 9).



- რომელ გამტარობაზე შეიძლება ამ შემთხვევაში ლაპარაკი?
- რა პირობებში შეიძლება აირეზმა გაატარონ ელექტრული დენი?

კვლევითი სამუშაო

1

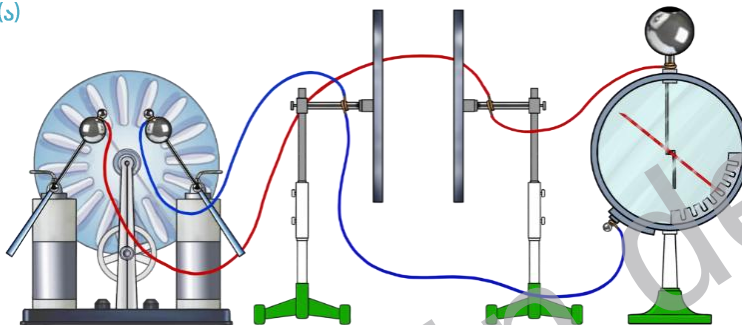
აირეზი დიელექტრიკებია!

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტროფორული მანქანა, სადემონსტრაციო ბრტყელი კონდენსატორი, ელექტრომეტრი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ბრტყელი კონდენსატორის ერთი შემონაფენი შეაერთეთ ელექტრომეტრის მეტალის ღერთან, მეორე შემონაფენი – ელექტრომეტრის კორპუსის მომჭერთან (ა).
2. ელექტროფორული მანქანის საშუალებით კონდენსატორის შემონაფენები დამუხტეთ საპირისპირო ნიშნის ელექტრული მუხტებით. ამ დროს ელექტრომეტრი გვაჩვენებს, რომ კონდენსატორის ფირფიტებს შორის აღიძრა ელექტრული ველი.
3. კონდენსატორის შემონაფენები ერთმანეთს დაუახლოეთ და შეახეთ. დააკვირდით მომხდარ მოვლენებს.
4. დააშორეთ კონდენსატორის შემონაფენები. მათ შორის გაჩნდება ჰაერის ფენა (მივიღებთ ჰაერის კონდენსატორს). ხელმოერედ დამუხტეთ კონდენსატორის შემონაფენები საპირისპირო ნიშნის მუხტებით. ელექტრომეტრი გვაჩვენებს, რომ კონდენსატორის შემონაფენებს შორის ისევ აღიძრა ელექტრული ველი. არ შეეხეთ ხელსაწყოებს და რამდენიმე წუთის განმავლობაში დააკვირდით ელექტრომეტრის ისარს.

(ა)



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- დამუხტული შემონაფენების ერთმანეთთან შეხების შემდეგ რატომ ეცემა ელექტრომეტრის ჩვენება ნულამდე?
- რატომ არ შეიცვალა ელექტრომეტრის ისარმა მდებარეობა, ანუ რატომ რჩება ჰაერის კონდენსატორი დამუხტული დიდი ხნის განმავლობაში?

ჩვეულებრივ პირობებში აირი (ჰაერი) დიელექტრიკია: მისი შემადგენელი ატომები და მოლეკულები ნეიტრალურია. აირი ელექტრული დენის გამტარი გახდება, თუ მასში გაჩნდება მუხტის თავისუფალი გადამტანები.

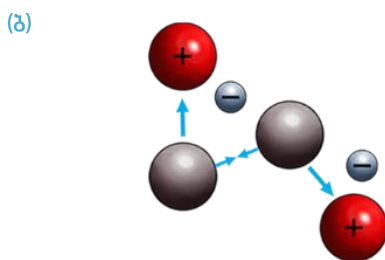
არსებობს აირებში მუხტის თავისუფალი გადამტანების შექმნის ორი ხერხი:

1. აირის მოლეკულების იონიზაცია გარე ზემოქმედებით. გარე ზემოქმედებას, რომელიც იწვევს აირის ნეიტრალური ატომებისა და მოლეკულების იონიზაციას, **იონიზატორი** ეწოდება. გარე ზემოქმედების იონიზატორებია: მაღალი ტემპერატურა, გამოსხივება, მაღალი სიჩქარის ნაწილაკებით „დაბომბვა“ და სხვ.

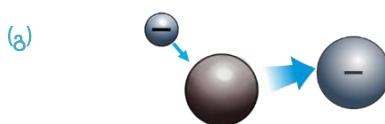
2. აირში გარეშე დამუხტული ნაწილაკების (ელექტრონების, იონების) შეტანა. მაგალითად, ანთებული სანთლის ალიდან ჰაერში გადადის მუხტის თავისუფალი გადამტანები – დადებითი და უარყოფითი იონები.

როგორ ხდება ჰაერის იონიზება გარე ზემოქმედებით?

მაღალ ტემპერატურამდე გაცხელებული აირის ატომებს ისეთი დიდი სიჩქარე აქვთ, რომ ერთმანეთთან შეჯახების შემდეგ ელექტრონებად და დადებითი იონებად იშლება (ბ).



ამ პროცესში აირში წარმოიქმნება უარყოფითი იონებიც – თავისუფალი ელექტრონების მიერთების შემდეგ აირის ნეიტრალური ატომები უარყოფით იონებად გადაიქცევა (გ). ასე ხდება აირის იონიზაცია. იონიზებული აირის ელექტრულ ველში მოთავსებისას თავისუფალი ელექტრონები, აგრეთვე დადებითი და უარყოფითი იონები იწყებენ მიმართულ მოწესრიგებულ მოძრაობას და უზრუნველყოფენ აირის ელექტროგამტარობას.



- აირებში ელექტრული დენის გავლას **აირის განმუხტვა** ეწოდება. ელექტრული დენი აირებში ელექტრონების, დადებითი და უარყოფითი იონების მოწესრიგებული (მიმართული) მოძრაობაა.

იონიზატორის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ელექტრონებთან მიახლოებისას დადებითი იონები ისევ ნეიტრალურ ატომებად გარდაიქმნება. ამ პროცესს რეკომბინაცია ეწოდება. მუხტების რეკომბინაციის შედეგად აირი ისევ დიელექტრიკად გადაიქცევა და გარე ელექტრული ველის არსებობის მიუხედავად, აირის განმუხტვა შეწყდება.

- აირის განმუხტვას, რომელიც იონიზატორის მოქმედებით ხდება, **არათავისთავადი განმუხტვა** ეწოდება.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

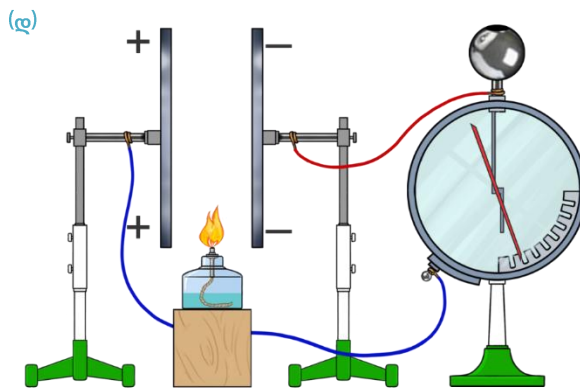
2

აირის განმუხტვა არის მოქმედებით.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტროფორული მანქანა, სადემონსტრაციო ბრტყელი კონდენსატორი, სპირტქურა (ან სანთელი), ელექტრომეტრი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. კონდენსატორის ფირფიტები მიაერთეთ ელექტრომეტრთან და შემდეგ ელექტროფორული მანქანის საშუალებით დამუხტეთ.
2. ფირფიტებს შორის მოათავსეთ ანთებული სპირტქურის ალი. რამდენიმე წუთის შემდეგ კონდენსატორს სპირტქურა მოაშორეთ. დააკვირდით, როგორ შეიცვლება ფირფიტებს შორის ჰაერის ელექტროგამტარობა (დ).



იმსჯელო შედეგებზე:

- რა დაინახეთ, როდესაც სპირტქურის ალი კონდენსატორის დამუხტულ ფირფიტებს შორის აღმოჩნდა?
- რა მოხდა სპირტქურის მოშორების შემდეგ? რატომ?

რა შეიტყავით

• **სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:**

1. აირები ჩვეულებრივ პირობებში დიელექტრიკებია, იმიტომ რომ ...
2. იონიზებულ აირში მუხტის თავისუფალი გადამტანებია ...
3. აირის განმუხტვა არის ...
4. აირის არათავისთავადი განმუხტვა არის ...

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. ჩვეულებრივ პირობებში, რატომ არის აირები დიელექტრიკები?
2. რას ნიშნავს აირის იონიზაცია?
3. რა არის აირის განმუხტვა?
4. როგორ უწყობს ხელს სპირტქურის ალი აირის ელექტროგამტარობას?
5. რა არის აირის არათავისთავადი განმუხტვა?

1.6

აირის თავისთავადი განმუხტვა და მისი სახეები



2011 წელს პარიზში შესაძლებელი იყო საინტერესო მოვლენის დაკვირვება. ეიფელის კოშკზე მუხის დაცემამ გამოიწვია კოშკის საყრდენების თავისთავადი ნათება, რამაც ძალიან გააკვირვა თვითმხილველები.

ზოგიერთ თქვენგანს, ალბათ, უნახავს უცნაური ატმოსფერული მოვლენა ღამით: მაღალი ძაბვის გადამცემი სადენების ბოლოების ირგვლივ გვირგვინის ფორმის ნათება.



• რა არის ჰაერში ელვის გავრცელების მიზეზი?

• რა პირობებში წარმოიშობა სადენების ბოლოების ირგვლივ გვირგვინისებრი ნათება?

პვეპითი საფუძვარი

1

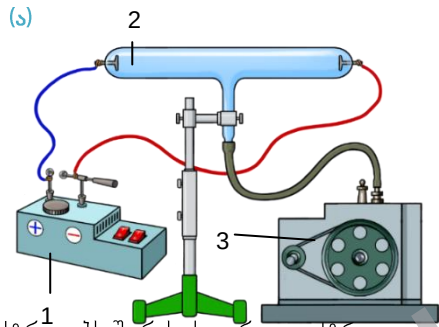
აირის განმუხტვა ალის მოქმედების გარეშე სამუშაოსთვის საჭიროა: მაღალი ძაბვის მუდმივი დენის წყარო, ორელექტროდიანი მილაკი, კამოვსკის ტუმბო, შტატივი, შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ორელექტროდიანი მილაკი (2) დაამაგრეთ შტატივზე და მისი ელექტროდები შეაერთეთ დენის წყაროს (1) პოლუსებთან. მილაკის გამოსასვლელი მიაერთეთ ტუმბოსთან (3) (ა).
2. ჩართეთ დენის წყარო, შექმენით მილაკის ელექტროდებს შორის ძლიერი ელექტრული ველი და დააკვირდით ელექტროდებს შორის სივრცეში წარმოქმნილ მოვლენებს.
3. ჩართეთ ტუმბო, დაიწყეთ მილაკიდან ჰაერის გამოტუმბვა და დააკვირდით მოვლენებს.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ არ ხდება აირის განმუხტვა ორელექტროდიანი მილაკში მის ელექტროდებს შორის ძლიერი ელექტრული ველის შექმნის შემდეგ?
- რას გზავდა ელექტროდებს შორის სივრცეში მილაკიდან ჰაერის გამოტუმბვის პროცესში?
- რატომ დაიწყო ჰაერის განმუხტვის პროცესი გარე იონიზატორის მოქმედების გარეშე?



გარკვეულ პირობებში აირებს გარე იონიზატორის მოქმედების გარეშე აქვთ ელექტრული დენის გატარების უნარი.

• აირში ელექტრული დენის გავლას გარე იონიზატორის მოქმედების გარეშე თავისთავადი განმუხტვა ეწოდება.

როგორ ხდება თავისთავადი განმუხტვა? ნორმალურ პირობებში აირი დიელექტრიკია, მაგრამ ამ დროს მასში მაინც არის მცირე რაოდენობის თავისუფალი ელექტრონები.

ძლიერი ელექტრული ველის მოქმედებით თავისუფალი ელექტრონები დიდ სიჩქარეს იძენენ და წეიტრალურ ატომებთან ან მოლეკულებთან დაჯახებისას მათი გარკვეული ნაწილის იონიზაციას იწვევენ.

იონიზაციის შედეგად წარმოქმნილი ახალი ელექტრონები ელექტრული ველის მოქმედებით აჩქარდებიან და თავის მხრივ იწვევენ სხვა ატომებისა და

მოლეკულების იონიზაციას. აირში წარმოიქმნება ელექტრონებისა და იონების ნაკადები: ელექტრონები ანოდისაკენ მოძრაობენ, დადებითი იონები – კათოდისაკენ (ბ). მაგრამ აირის განმუხტვის პროცესი ამით არ მთავრდება. დადებითი იონები, რომლებმაც ელექტრული ველის მოქმედებით დიდი სიჩქარე, ანუ კინეტიკური ენერგია, შეიძინეს, კათოდს ეჯახებიან და მისი ზედაპირიდან ამოაგდებენ ელექტრონებს, რომლებიც აირის ზედაპირიდან განმუხტვის პროცესში ერთვებიან.

ამ პროცესს **დარტყმითი იონიზაცია** (ან **იონიზაცია დაჯახების შედეგად**) ეწოდება.

ამგვარად, აირის თავისთავადი განმუხტვა ხდება დარტყმითი იონიზაციისა და კათოდის ზედაპირიდან ელექტრონების ემისიის საშუალებით.

არსებობს აირის თავისთავადი განმუხტვის ოთხი სახეობა: **მბჟუტავი (მლვივარი) განმუხტვა, ნაპერწკლური განმუხტვა, ელექტრული რკალი და გვირგვინისებრი განმუხტვა.**

• **მბჟუტავ განმუხტვაზე** დაკვირვება შესაძლებელია ორელექტროდიან მინის მილაკში ანოდსა და კათოდს შორის აირის (ჰაერის) მცირე წნევის დროს. მას მანათობელი ზოლების სახე აქვს. მბჟუტავი განმუხტვა თქვენ ჩატარებული კვლევითი სამუშაოს დროს ნახეთ. აირებში ამ სახეობის განმუხტვა ფართოდ გამოიყენება, როგორც სინათლის წყარო სარეკლამო გაფორმებაში. თუ მილაკში ნეონის აირს ჩავტუმბავთ, მილაკის ნათება ნითელი ფერის იქნება, თუ – არგონს, მილაკი მოლურჯო ფერით გაანათებს (გ).

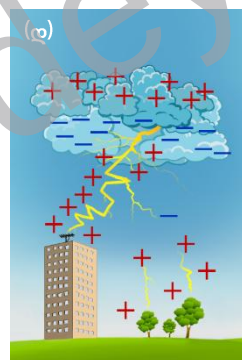
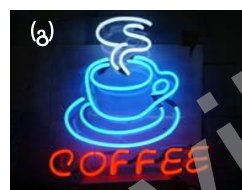
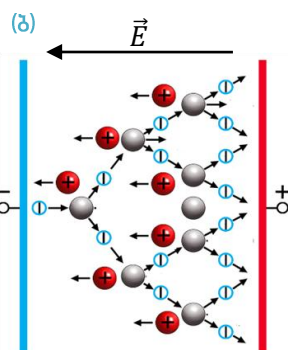
• **ნაპერწკლური განმუხტვა** აღიძვრება ელექტროდებს შორის ჰაერში მაღალი წნევის დროს, ზიგზაგის ფორმის ვიწრო მანათობელი არხების სახით. ასეთი განმუხტვის მაგალითებად შეიძლება მოვიყვანოთ სინთეტიკური მასალისაგან დამზადებული ტანსაცმლის ჩაცმის ან გახდის დროს წარმოქმნილი ნაპერწკლები; ნაპერწკალი, რომელიც წარმოიქმნება ელექტროფორული მანქანის კონდუქტორების ერთმანეთთან მიახლოებისას; აგრეთვე ელვის გაჩენა ჭექა-ქუხილის დროს.

როგორ წარმოიქმნება ისეთი საინტერესო ბუნებრივი მოვლენა, როგორიცაა ელვა?

• **ელვა** აირის თავისთავადი განმუხტვაა, რომელიც ღრუბელსა და დედამიწის ზედაპირს შორის ან საპირისპირო ნიშნით დამუხტულ ორ ღრუბელს შორის წარმოიშობა.

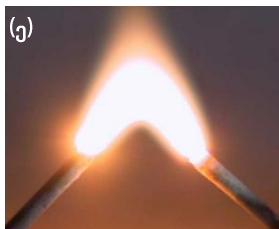
როდესაც დედამიწიდან აღმავალი ჰაერის ნაკადი დიდი სიჩქარით გაივლის ღრუბელში, ხახუნის გამო ღრუბელი იმუხტება. ჰაერის დადებითი იონები ღრუბლის ზედა ნაწილში გროვდება, ხოლო წყლის უარყოფითი იონები – ღრუბლის ქვედა ნაწილში. ღრუბლის დამუხტულ ნაწილებს შორის ძლიერი ელექტრული ველი აღიძვრება.

როდესაც ერთი ღრუბლის დადებით პოლუსსა და მეორე ღრუბლის უარყოფით პოლუსს შორის, ან ღრუბელსა და დედამიწის ზედაპირზე არსებულ



სხეულს შორის ძაბვა გარკვეულ მნიშვნელობას მიაღწევს, ხდება ჰაერის გარღვევა, ამ დროს უარყოფითი მუხტები დედამიწაზე გადმოდის, ხოლო დადებითი მუხტები – ღრუბელზე. ხდება განმუხტვა ჰაერში. დიდი სიჩქარით მოძრავი მუხტების ნაკადები იწვევს ნათებას, ისმის ქუხილის ხმა. ქუხილის მიზეზია ჰაერის სწრაფი გაფართოება (დ). განმუხტვის არხში ტემპერატურა $20\ 000^{\circ}\text{C}$ -ს აღწევს, დენის ძალა – $500\ 000$ ა-ს, ძაბვა კი შეიძლება 10^9 ვ იყოს. მანათობელი ტენილი ხაზები რამდენიმე კილომეტრზე ვრცელდება და მრავალრიცხოვანი განმტოება აქვს. სწორედ ეს არის ელვა.

- **ელექტრული რკალი** – თუ ნახშირის ორ ელექტროდს, რომლებიც დენის წყაროსთანაა მიერთებული, ერთმანეთს შევახებთ და ნელა დავაშორებთ, ძალიან კაშკაშა რკალისებრ ნათებას დავინახავთ (ე). ამ განმუხტვის დროს ძალიან დიდი დენი აღიძვრება. ელექტრული რკალის წარმოქმნის მიზეზია თერმოელექტრონული ემისია, რომელიც გაცხელებული ელექტროდის ზედაპირიდან ხდება. რკალისებრი განმუხტვა გამოიყენება შედუღების სამუშაოებსა და კინოპროექტორებში.



• **გვირგვინისებრი განმუხტვა** – გვირგვინისებრი განმუხტვის დროს მანათობელი არე გვირგვინს წააგავს. ის, როგორც წესი, მაღალი ძაბვის გადამცემი გამტარების ბოლოების ახლოს წარმოიქმნება. ამ დროს გამტარებთან ხდება ჰაერის იონიზაცია, რომელსაც მანათობელი გვირგვინის ფორმა აქვს. გვირგვინისებრი განმუხტვა უმეტესად მაღალი ძაბვის გადამცემი ხაზების ახლოს ჩნდება.

- **პლაზმა** ნაწილობრივ ან მთლიანად იონიზებული აირია.

მთლიანობაში პლაზმა ნეიტრალური აირია, რადგან მასში დადებითი და უარყოფითი ნაწილაკების რაოდენობა თითქმის ერთნაირია. პლაზმა შეიძლება იყოს დაბალტემპერატურული და მაღალტემპერატურული. მას ახასიათებს მაღალი ელექტრული გამტარობა. ამ თვისებით პლაზმა ძალიან ახლოსაა ზეგამტარებთან. სამყაროში პლაზმა ფართოდაა გავრცელებული: ვარსკვლავები და მათი ატმოსფერო მაღალტემპერატურულ პლაზმას წარმოადგენს.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება



კვლევის საფუძავი

2

განმუხტვის რომელი სახეობაა?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტროფორული მანქანა.

უსაფრთხოების წესები: ელექტროფორულ მანქანასთან მუშაობისას კონდუქტორები მხოლოდ პლასტიკის სახელურებით უნდა ვამოძრავოთ.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. ელექტროფორული მანქანის კონდუქტორები 3-5 სმ-ით დააშორეთ ერთმანეთს (ვ).

2. აამოქმედეთ ელექტროფორული მანქანა, 10 წმ-ის განმავლობაში დამუხტეთ კონდუქტორები და დააკვირდით მოვლენებს.

(ვ)





კვლევითი საშუალო

2

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი სახეობის განმუხტვას დააკვირდით?
- დაასახელეთ მუხტის ძირითადი გადამტანები ამ განმუხტვის დროს.

რა შეიტყვეთ



• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. აირის თავისთავადი განმუხტვა არის ...
2. დარტყმითი იონიზაცია არის ...
3. არსებობს აირის თავისთავადი განმუხტვის ოთხი სახეობა: ...
4. პლაზმა არის ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. აირის როგორ განმუხტვას ეწოდება თავისთავადი?
2. როგორ ხდება დარტყმითი იონიზაცია?
3. რომელი სახეობის განმუხტვა ხდება ატმოსფერული წნევის დროს?
4. რით განსხვავდება მზუუტავი განმუხტვა ელექტრული რკალისაგან?
5. როგორ ხდება ნაპერნკლური განმუხტვა?

სავარჯიშო

1.4

1. ვთქვათ, ჭექა-ქუხილმა და წვიმამ მინდორში მოგისწროთ. იქვე მაღალი მუხა დგას. შეიძლება თუ არა მუხის ქვეშ თავის შეფარება? რატომ?
2. აირებში ელექტრული მუხტის გადამტანია:
 - ა) ელექტრონები, დადებითი და უარყოფითი იონები;
 - ბ) მხოლოდ უარყოფითი იონები;
 - გ) მხოლოდ დადებითი იონები;
 - დ) მხოლოდ უარყოფითი და დადებითი იონები.
3. ელექტროდი არის ...
 - ა) სითხე, რომელიც ელექტრულ დენს ატარებს;
 - ბ) ელექტრული მუხტის გადამტანი;
 - გ) მეტალის გამტარი;
 - დ) აირი, რომელიც ელექტრულ დენს ატარებს;
 - ე) განათების მოწყობილობა.
5. განმუხტვის რომელი სახეობა გამოყენებული ელექტრულ შედუღებაში?
 - ა) მზუუტავი განმუხტვა;
 - ბ) ნაპერნკლური განმუხტვა;
 - გ) გვირგვინისებრი განმუხტვა;
 - დ) ელექტრული რკალი;
 - ე) არათავისთავადი განმუხტვა.

1.7

ნახევარგამტარები.

ნახევარგამტარების საკუთარი გამტარობა

როგორც იცით, ელექტრული გამტარობის მიხედვით ნივთიერებები სამ ჯგუფად იყოფა: გამტარები, დი-ელექტრიკები და ნახევარგამტარები. ნახევარგამტარები ქიმიური ელემენტებია, რომლებიც ქიმიური ელემენტების პერიოდულ სისტემაში მეტა-ლებსა და დიელექტრიკებს შორის, ძირითადად პერი-ოდული სისტემის ცენტრალურ ნაწილშია განლაგე-ბული. ნახევარგამტარების ატომის განმასხვავებელი ნიშანია მათში 3-იდან 6-მდე სავალენტო ელექტრონის არსებობა.



- ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემის რომელი ჯგუფების ელემენტები მიეკუთვნება ნახევარგამტარებს?
- რომელი ნაწილაკები შეიძლება იყოს ელექტრული მუხტის ძირითადი გადამტანები ნახევარგამტარში გამავალ დენში? რატომ?

კვლევის საშუალო

1

ქიმიური ელემენტები, რომლებიც ნახევარგამტარებს მიეკუთვნება.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემა.

- სამუშაოს მსვლელობა: 1. გაარკვიეთ, ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემის რომელი ელემენტები მიეკუთვნება ნახევარგამტარებს და მათი პირობითი აღნიშვნები თანმიმდევრულად ჩაინერეთ სამუშაო რეგულში.
2. ქიმიის კურსიდან მიღებულ ცოდნაზე დაყრდნობით, თქვენ მიერ შერჩეული თითოეული ქიმიური ელემენტისთვის აღნიშნეთ ამ ელემენტის დამახასიათებელი, თქვენი აზრით, მნიშვნელოვანი ქიმიური თვისებები.

იმსჯელო შედეგებზე:

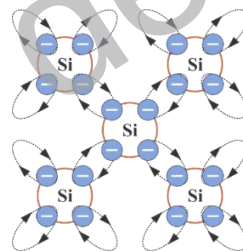
- რომელი ქიმიური ელემენტები მიაკუთვნეთ ნახევარგამტარებს? რატომ?
- თქვენ მიერ შერჩეული ქიმიური ელემენტების ატომებში რომელი ქიმიური კავშირები განსაზღვრავს მათ ნახევარგამტარულ თვისებებს?

რით განსხვავდება ნახევარგამტარების შინაგანი აგებულება მეტალებისა და დიელექტრიკების აგებულებისაგან? ნახევარგამტარებს მიეკუთვნება: „ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემის“ ცენტრალური ნაწილის (IV, V და VI ჯგუფების) 12 ელემენტი (ა, პერიოდულ სისტემაში ეს ჯგუფები ვარდისფრა-დაა გაფერადებული); II და IV, აგრეთვე III და V ჯგუფების ელემენტების ნაერთები; ასევე, შეიძლება ითქვას, ყველა არაორგანული ნივთიერება.

(ა)

II	III	IV	V	VI	VII	VIII
4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O		
	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	
	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	
	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
		82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	

(ბ)



ნახევარგამტარების – ცენტრალური ნაწილის ელემენტების – ატომებში სავალენტო ელექტრონების კავშირი ბირთვთან უფრო ძლიერია, ვიდრე სავა-ლენტო ელექტრონების კავშირი ბირთვთან მეტალების ატომებში, მაგრამ უფრო სუსტია, ვიდრე სავალენტო ელექტრონების კავშირი ბირთვთან დი-ელექტრიკების ატომებში.

ნახევარგამტარული ნივთიერების თვისებებს განსაზღვრავს მის ატომებს შორის კოვალენტური (ანუ წყვილელექტრონული) ქიმიური კავშირი. ამ კავშირის შექმნაში თითოეული ატომის თითო ელექტრონი მონაწილეობს.

როგორ წარმოიქმნება ეს კავშირი (ბმა)? მაგალითისთვის განვიხილოთ სილიციუმის კრისტალი. სილიციუმში IV ჯგუფის ელემენტია. მისი ატომის გარე ელექტრონულ ორბიტაზე ოთხი სავალენტო ელექტრონია. მყარ მდგომარეობაში სილიციუმის კრისტალურ მესერში თითოეული ატომი ოთხ „მეზობელ“ ატომთანაა დაკავშირებული. ამ დროს სილიციუმის თითოეული ატომის სავალენტო ელექტრონები საერთო ორბიტებს ქმნიან „მეზობელი“ ატომის სავალენტო ელექტრონებთან (თითოეულ ორბიტაზე ორი სავალენტო ელექტრონი მოძრაობს). „საერთო“ ელექტრონები ერთმანეთთან აკავშირებენ სილიციუმის ატომებს კრისტალურ მესერში და ატომებს შორის ქმნიან კოვალენტურ, ანუ ეგრეთ წოდებულ წყვილელექტრონულ ბმას (ბ).

ნახევარგამტარების საკუთარი ელექტროგამტარობის ბუნება.

ნახევარგამტარი არის ნივთიერება, რომლის თვისებები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გარე ზემოქმედებაზე. თუ ნახევარგამტარი სუფთაა, ანუ არ შეიცავს მინარევებს, მის გამტარობას საკუთარი გამტარობა ეწოდება. არსებობს ორი სახის საკუთარი გამტარობა:

1. ელექტრონული, ანუ n-ტიპის, გამტარობა არის ელექტროგამტარობა, რომელსაც წარმოშობს სუფთა ნახევარგამტარის თავისუფალი ელექტრონების მოძრაობა. **n** – სანყისი ასოა ლათინური სიტყვისა *negativus* („უარყოფითი“).

ჩვეულებრივ პირობებში (მაგალითად, ოთახის ტემპერატურაზე) ნახევარგამტარის ელექტრონული წინაღობა მეტია მეტალის წინაღობაზე, რადგან თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობა ნახევარგამტარში ნაკლებია, ვიდრე მეტალში. ელექტრულ ველში მოთავსებისას ნახევარგამტარის თავისუფალი ელექტრონები მოწესრიგებულად გადაადგილდებიან კრისტალურ მესერში და წარმოქმნიან ელექტრონულ გამტარობას – ნახევარგამტარში სუსტი ელექტრული დენი აღიძვრება. თუმცა ვიცით, რომ ყველაზე კარგი ელექტრონული გამტარობა მეტალებს აქვს.

2. ხვრელური, ანუ p-ტიპის, გამტარობა არის ელექტროგამტარობა, რომელიც აღიძვრება სუფთა ნახევარგამტარებში ხვრელების მოძრაობის გამო. **p** – სანყისი ასოა ლათინური სიტყვისა *positivus* („დადებითი“).

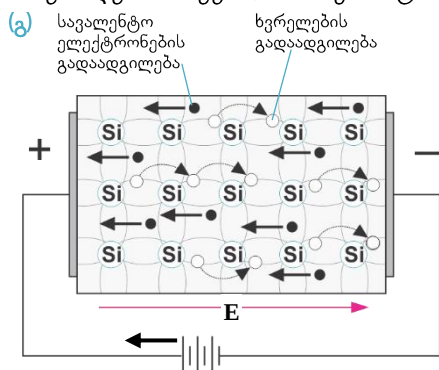
როდესაც ნახევარგამტარი გარე ზემოქმედებას განიცდის, მაგალითად, ცხელდება, სავალენტო ელექტრონების ნაწილი დიდ კინეტიკურ ენერგიას იძენს. ამის გამო ნახევარგამტარის კრისტალში ერთდროულად ორი მოვლენა ხდება:

1) სავალენტო ელექტრონები შეძენილი ენერგიის ხარჯზე წყდებიან კოვალენტური ბმიდან და ტოვებენ ატომებს. შედეგად კრისტალში თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობა მკვეთრად იზრდება, ხოლო ნახევარგამტარის წინააღობა მკვეთრად მცირდება;

2) როდესაც სავალენტო ელექტრონი ტოვებს ატომს, კოვალენტურ ბმაში ჩნდება „ცარიელი“ ადგილი, რომელსაც **ხვრელი** ეწოდება. ატომი დადებით იონად გადაიქცევა. მეზობელი ატომების თავისუფალი ელექტრონები, რომლებიც ასევე მოსწყდნენ თავიანთ ატომებს, ამ ხვრელში გადახტებიან და განწყვეტილ კავშირს აღადგენენ. დადებითი იონი ისევ ნეიტრალურ ატომად გადაიქცევა. გადახტარი ელექტრონი თავის ადგილზე ახალ ხვრელს და დადებით იონს ქმნის.

ამგვარად, ახალი ხვრელები, რომლებიც სავალენტო ელექტრონების გადახტომების შედეგად ჩნდება, მთელ კრისტალში ქმნიან ხვრელების უწყვეტ ჯაჭვს.

მოძრაობას. რადგან ხვრელის გაჩენის ადგილზე დადებითი იონიც ჩნდება, შეიძლება ითქვას, რომ კრისტალში დადებითი იონების უნესრიგო მოძრაობა წარმოიშობა.



ნახევარგამტარული კრისტალის მუდმივი დენის წყაროში ჩართვისას თავისუფალი ელექტრონები იწყებენ მოწესრიგებულ მოძრაობას ველის დაძაბულობის ვექტორის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ხოლო დადებითად დამუხტული ხვრელები დაძაბულობის ვექტორის მიმართულებით მოძრაობენ – აღიძვრება ელექტრული დენი (ა). ასეთია ნახევარგამტარების საკუთარი გამტარობის წარმოშობის მექანიზმი.

• სუფთა ნახევარგამტარების ელექტროგამტარობა თანაბარი რაოდენობის თავისუფალი ელექტრონებისა და ხვრელების მოძრაობით იქმნება.

შეკენილი ცოდნის გაოყენება

კვლევიტი საშუაო

2

ამოცანა. შეადარეთ ერთმანეთს ნახევარგამტარებისა და მეტალების ელექტროგამტარობა და დაასრულეთ ცხრილი.

ელექტროგამტარობა	მეტალები	ნახევარგამტარები
შინაგანი აგებულება	...	...
ელექტრული მუხტის გადამტანები	...	...
ელექტროგამტარობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე	ტემპერატურის გაზრდა იწვევს ელექტროგამტარობის შემცირებას	...
ელექტროგამტარობა აბსოლუტური 0 ტემპერატურის დროს	...	...
ხდება თუ არა ნივთიერების გადატანა ელექტროგამტარობის პროცესში?	...	...

იმსჯელეთ შედეგებზე:

• რა მსგავსება და განსხვავებაა მეტალებისა და ნახევარგამტარების ელექტროგამტარობაში?

რა შეიტყვი

• საშუაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ნახევარგამტარულ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ...
2. ნახევარგამტარის საკუთარი ელექტროგამტარობა არის ...
3. ელექტრონული გამტარობა ნახევარგამტარებში არის ...
4. ხვრელური გამტარობა ნახევარგამტარებში არის ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელ ნივთიერებებს ეწოდება ნახევარგამტარები?
2. „ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემის“ რომელ ჯგუფებს მიეკუთვნება ნახევარგამტარები? რით განსხვავდება ისინი სხვა ჯგუფის ელემენტებისაგან?
3. რა არის კოვალენტური, ანუ წყვილელექტრონული, კავშირი (ბმა)?
4. რომელი მუხტის გადამტანების მოწესრიგებული მოძრაობა ქმნის ელექტრულ დენს ნახევარგამტარებში?

1.8

ნახევარგამტარების მინარეჟული გამტარობა

ნახევარგამტარების თვისებების შესწავლის დროს გაირკვა, რომ მათი ელექტროგამტარობა სრულიად განსხვავდება სხვა გარემოს – მეტალების, სითხეების, აირებისა და ვაკუუმის – ელექტროგამტარობისაგან. ისიც გაირკვა, რომ ნახევარგამტარების ელექტროგამტარობაზე დიდი გავლენის მოხდენა შეუძლია გარე ზემოქმედებას: ზემოქმედების შედეგად გამტარობა შესაძლოა მნიშვნელოვნად შეიცვალოს. ასეთი ზემოქმედების ერთ-ერთი სახეა ნახევარგამტარის შემადგენლობაში სხვა ნივთიერების – მინარევის – შეტანა.

• რა ხდება უჩვეულო სუფთა ნახევარგამტარის ელექტროგამტარობასთან დაკავშირებით მასში მინარევის დამატების შემდეგ?

კვლევითი სამუშაო

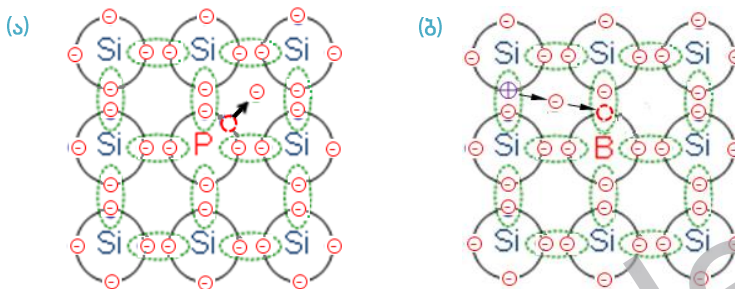
1

როგორ იცვლება მუხტის გადამტანთა რაოდენობა სუფთა ნახევარგამტარში მინარევის დამატების შემდეგ?

სამუშაოსთვის საჭიროა: სილიციუმისა და ფოსფორის (Si-P) და სილიციუმისა და ბორის (Si-B) ნაერთებში ატომების კოვალენტური კავშირების (ბმების) სქემატური გამოსახულებები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. გაარკვიეთ, რა ცვლილება მოხდა სუფთა ნახევარგამტარის სილიციუმის (Si IV ჯგუფის ელემენტია) კრისტალში მინარევის სახით V ჯგუფის ელემენტის ფოსფორის (P) დამატების შემდეგ (ა).
2. გაარკვიეთ სილიციუმის (Si) კრისტალში მომხდარი ცვლილებები მინარევის სახით III ჯგუფის ელემენტის ბორის (B) დამატების შემდეგ (ბ).



იმჯერეთ შედეგებზე:

- რამდენი სავალენტო ელექტრონი აქვს V ჯგუფის ელემენტს ფოსფორს (P)?
- რომელი მუხტის გადამტანების რაოდენობა გაიზარდა სილიციუმის (Si) კრისტალში მინარევის სახით ფოსფორის (P) დამატების შემდეგ? რატომ?
- რამდენი სავალენტო ელექტრონი აქვს III ჯგუფის ელემენტს ბორს (B)?
- როგორ შეიცვლება მუხტის გადამტანების რაოდენობა სილიციუმის (Si) კრისტალში მინარევის სახით ბორის (B) დამატების შემდეგ?

სუფთა ნახევარგამტარში უმნიშვნელო რაოდენობის მინარევის დამატების შემდეგ მისი გამტარობა მკვეთრად იზრდება.

ამის მიზეზი ის არის, რომ საკუთარ გამტარობასთან ერთად ნახევარგამტარში აღიძვრება დამატებითი, მინარეველი გამტარობა. თუ მინარევის ატომში სავალენტო ელექტრონების რაოდენობა მეტია ნახევარგამტარის ატომში სავალენტო ელექტრონების რაოდენობაზე, მინარევის დონორული მინარევი ეწოდება (ლათინური სიტყვა *dono* ნიშნავს „გავცემ“).

თუ მინარევის ატომის სავალენტო ელექტრონების რაოდენობა ნაკლებია ნახევარგამტარის ატომის სავალენტო ელექტრონების რაოდენობაზე, მინარევს **აქცეპტორული მინარევი** ეწოდება (ლათინური სიტყვა *accepto* ნიშნავს „ვიღებ“).

დონორული მინარევი ნახევარგამტარულ კრისტალს დამატებითი ელექტრონებით ამარაგებს: ის ადვილად გასცემს თავის სავალენტო ელექტრონებს, რითაც ზრდის ნახევარგამტარში თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობას.

მაგალითად, სილიციუმის კრისტალში მინარევის სახით 5-ვალენტიანი ელემენტის – ფოსფორის – დამატების დროს ფოსფორის ოთხი სავალენტო ელექტრონი კოვალენტურ კავშირს ქმნის სილიციუმის ოთხ მეზობელ ატომთან, ფოსფორის მეხუთე ელექტრონი კი ბმის გარეშე რჩება. ატომთან სუსტი კავშირის გამო მას შეუძლია ადვილად დატოვოს ატომი და თავისუფლად დაიწყოს მოძრაობა (იხ. ა).

თუ 4-ვალენტიანი სილიციუმის კრისტალში ზოგიერთ ატომს 5-ვალენტიანი ფოსფორის ატომი ჩანაცვლებს, მინარევის (ფოსფორის) თითოეული ატომიდან, სითბური მოძრაობის გამო, ერთი ელექტრონი გათავისუფლდება. გარე ზემოქმედების შედეგად შეიძლება სილიციუმის ატომის ელექტრონებმაც დატოვონ კოვალენტური ბმები. ამ დროს მათ ადგილზე ხვრელები გაჩნდება. კრისტალში ელექტრული ველის შექმნის შემდეგ ყველა ეს მუხტი ამოძრავდება და აღიძვრება ელექტრული დენი. ამ შემთხვევაში ნახევარგამტარში მუხტის ძირითადი გადამტანები ელექტრონები იქნება, ხოლო ხვრელები – მუხტის არაძირითადი გადამტანები.

- ნახევარგამტარს, რომელშიც დონორული მინარევია, ელექტრონულ-მინარეველი გამტარობა (n-ტიპის გამტარობა) აქვს.

აქცეპტორული მინარევი ნახევარგამტარულ კრისტალს დამატებითი ხვრელებით ამარაგებს: იგი სილიციუმის მეზობელი ატომიდან იერთებს სავალენტო ელექტრონებს, რითაც ზრდის ნახევარგამტარში ხვრელების რაოდენობას.

მაგალითად, სილიციუმის კრისტალში მინარევის სახით სამვალენტიანი ბორის დამატებისას ბორის ატომის სავალენტო ელექტრონები მხოლოდ სამ წყვილელექტრონულ კავშირს ქმნიან სილიციუმის მეზობელ ატომებთან. მეოთხე წყვილელექტრონული კავშირის შესაქმნელად მათ ერთი ელექტრონი აკლიათ. ამიტომ მის ადგილზე ხვრელი წარმოიქმნება. ამ ხვრელში შეიძლება მოხვდეს მეზობელი სილიციუმის ატომის ელექტრონი. ამ შემთხვევაში მეზობელი ატომიდან მიღებული ელექტრონის ხარჯზე ბორის სამვალენტიანი ატომი უარყოფით იონად გადაიქცევა. ამით მისი ბმები სილიციუმის მეზობელ ატომებთან შეივსება. სამაგიეროდ, სილიციუმის ატომში, რომელმაც ელექტრონი გასცა, ხვრელი გაჩნდება (იხ. ბ).

ამგვარად, სამვალენტიანი მინარევი სილიციუმის ატომს ართმევს ელექტრონს, რითაც კრისტალში დამატებით ხვრელს ქმნის. ამის გამო ხვრელების რაოდენობა მეტია თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობაზე. ამიტომ ნახევარგამტარებში, რომლებშიც აქცეპტორული მინარევია, მუხტის ძირითადი გადამტანები ხვრელებია, ხოლო თავისუფალი ელექტრონები მუხტის არაძირითადი გადამტანებია.

- ნახევარგამტარს, რომელშიც აქცეპტორული მინარევია, ხვრელურ-მინარეველი გამტარობა (p-ტიპის გამტარობა) აქვს.

შპქანილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოხსენით ამოცანა მოყვანილი ინფორმაციის გამოყენებით:

ცნობილია, რომ 1 მ^3 მოცულობის გერმანიუმის კრისტალში დაახლოებით 10^{28} ატომია. ოთახის ტემპერატურაზე თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაცია სუფთა გერმანიუმში არის $n = 10^{17} \text{ მ}^{-3}$. გერმანიუმის კრისტალს მინარევის სახით ვამატებთ გერმანიუმის რაოდენობის 1% (0,01 ნაწილს) 5-ვალენტურიან დარიშხანს.

ეს ნიშნავს, რომ გერმანიუმის კრისტალის ყოველ 1 მ^3 მოცულობაში მინარევის 10^{26} ატომი შევიყვანეთ. თუ გათვალისწინებით, რომ დარიშხანის ერთი ატომი ერთ თავისუფალ ელექტრონს ქმნის, თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაცია კრისტალში იქნება $n = 10^{26} \text{ მ}^{-3}$. ეს რაოდენობა 10^9 -ჯერ, ე. ი. მილიარდჯერ, მეტია სუფთა გერმანიუმის კრისტალში თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაციაზე.

ამოცანა. რა ტიპის მინარეველი ნახევარგამტარი მიიღება, თუ 4-ვალენტურიანი გერმანიუმის სუფთა კრისტალს მისი რაოდენობის 0,8% სამვალენტურიანი ინდიუმის (In) მინარევის დავამატებთ?

რამდენად განსხვავდება მუხტის ძირითადი გადამტანების რაოდენობა ამ ნახევარგამტარში შესაბამისი გადამტანების რაოდენობისაგან სუფთა გერმანიუმის კრისტალში?

რა შეიტყვეთ

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. დონორული მინარევეები ...
2. აქცეპტორული მინარევეები ...
3. ნახევარგამტარებს დონორული მინარევეით ...
4. ნახევარგამტარებს აქცეპტორული მინარევეით ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორ იქმნება მინარეველ ნახევარგამტარში ელექტრონული გამტარობა?
2. როგორ იქმნება მინარეველ ნახევარგამტარში ხვრელური გამტარობა?
3. რა გავლენას ახდენს მინარევი ნახევარგამტარის ელექტრულ წინააღობაზე?
4. როგორი ტიპის გამტარობას მივიღებთ გერმანიუმში, თუ მას დარიშხანს, ბორს ან ფოსფორს დავამატებთ?

1.9

p-n-გადასვლა. ნახევარგამტარული დიოდი (ღამათაჰითი საკითხავი)

რთული ელექტრული მოწყობილობების (მობილური ტელეფონის, ნოუტბუქის, მიკროტალღური ღუმლის, სარეცხი მანქანის, წვესანურის, ტელევიზორისა და სხვ.) ინტეგრალური ელექტრული

სქემების ძირითადი

შემადგენელია ნახევარ-

გამტარული ელემენტები.

ნახევარგამტარული

მოწყობილობები

შეუცვლელია თანამედროვე

მეცნიერებასა და ტექნიკაში,

რადიოტექნიკაში, საწარმოო

უბნების ავტომატიზების,

რობოტიზებისა და სხვა

სფეროებში.



- რატომ გამოიყენება ასე ფართოდ ნახევარგამტარული მოწყობილობები?
- რა უპირატესობა აქვს ნახევარგამტარებს სხვა გამტარებთან შედარებით?

კვლევის საშუალო

1

რატომ არ გადის ელექტრული დენი?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო (4 ვ), ამპერმეტრი, ნახევარგამტარული დიოდი (ნახევარგამტარული ელემენტების ნაკრებიდან „ელექტრული დენი ნახევარგამტარებში“), ჩამრთველი, შემართებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

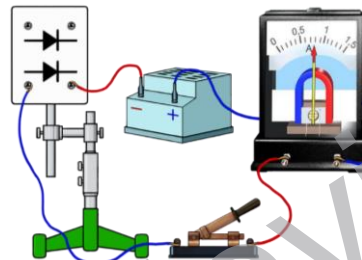
1. მიაერთეთ ნახევარგამტარული დიოდის მომჭერები ელექტრულ წრედთან, ჩართეთ ჩამრთველი და გაარკვიეთ, გადის თუ არა წრედში ელექტრული დენი (ა).

2. არ შეცვალეთ წრედი, მხოლოდ დიოდის მომჭერებთან მიერთებულ გამტარებს შეუცვალეთ ადგილები და დააკვირდით წრედში მომხდარ ცვლილებას.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ შემთხვევაში ატარებს ნახევარგამტარული დიოდი ელექტრულ დენს?
- რა დასკვნამდე მიგიყვანათ სამუშაომ?
- როგორი გამტარობა აქვს ნახევარგამტარულ დიოდს: საკუთარი თუ მინარევული?

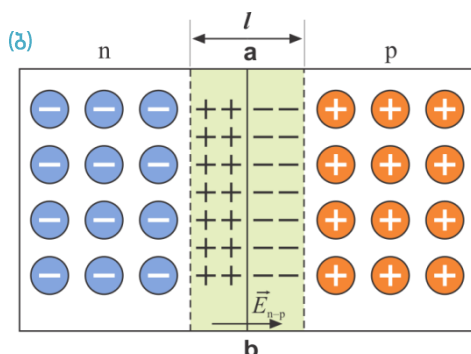
(ა)



ელექტრონულ-ხვრელური გადასვლა (ანუ **p-n-გადასვლა**). p-ტიპის ნახევარგამტარის n-ტიპის ნახევარგამტართან შეხების დროს მათი შეხების ზედაპირზე წარმოიქმნება ელექტრონულ-ხვრელური გადასვლა (ანუ p-n-გადასვლა). ამ დროს ელექტრონები n-ტიპის კრისტალიდან და ხვრელები p-ტიპის კრისტალიდან მოძრაობას იწყებენ და ახდენენ დიფუზიის შეხების საზღვრის მოპირდაპირე მხარეებში.

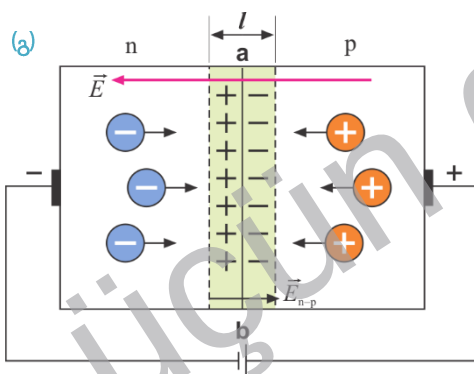
ამის შედეგად შეხების საზღვრის n-ნაწილში იზრდება დადებითი მუხტის რაოდენობა, ხოლო p-ნაწილში – უარყოფითი მუხტის რაოდენობა, ანუ

ნახევარგამტარული კრისტალის p-n-გადასვლაში წარმოიქმნება სხვადასხვა-სახელიანი მუხტების მოსაზღვრე ფენები (ბ).

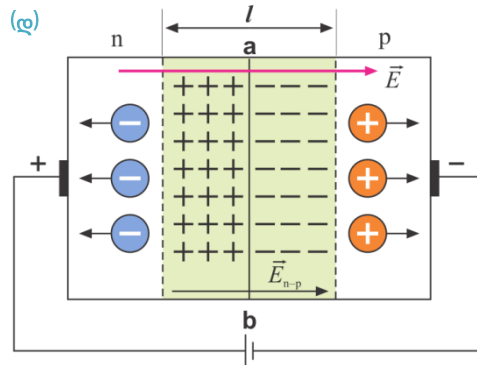


ელექტრული ველი ($\vec{E}_{n-p}$), რომელიც ამ ფენებს შორის აღიძვრება, ხელს უშლის კრისტალების შეხების ab საზღვარზე ელექტრონების შემდგომ გადასვლას n-ნაწილიდან p-ნაწილში და ხვრელების გადასვლას p-ნაწილიდან n-ნაწილში. თუ ამ კრისტალს მუდმივი დენის წყაროსთან მივაერთებთ, ის დენს კარგად გაატარებს მხოლოდ ერთი მიმართულებით. გავარკვიოთ ეს მიმართულება.

პირდაპირი გადასვლა. დავუშვათ n-ტიპის კრისტალი მიერთებულია დენის წყაროს უარყოფით პოლუსთან, p-ტიპის კრისტალი – დენის წყაროს დადებით პოლუსთან. ამ დროს დენის წყაროს მიერ შექმნილი ელექტრული ველის მოქმედებით n-ტიპის კრისტალის ელექტრონები და p-ტიპის კრისტალის ხვრელები ერთმანეთის შემხვედრი მიმართულებით, ab საზღვრისკენ ამოძრავდებიან. ელექტრონები ab საზღვართან შეავსებენ ხვრელებს, რითაც შეამცირებენ ფენის სისქეს, ე. ი. კრისტალის საერთო წინააღობას (გ). ამ შემთხვევაში p-n-გადასვლას **პირდაპირი p-n-გადასვლა** ეწოდება.

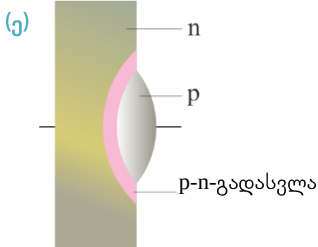


არაპირდაპირი p-n-გადასვლა. დავუშვათ, n-ტიპის კრისტალი მიერთებულია დენის წყაროს დადებით პოლუსთან, ხოლო p-ტიპის კრისტალი – უარყოფითთან (დ).



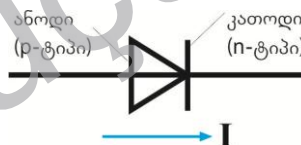
ამ შემთხვევაში დენის წყაროს მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მიმართულება ემთხვევა მუხტების ორმაგი ფენის ველის დაძაბულობის ვექტორის მიმართულებას. დენის წყაროს ელექტრული ველის მოქმედებით n-ტიპის კრისტალის ელექტრონები და p-ტიპის კრისტალის ხვრელები ერთმანეთის საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობენ – ab საზღვრიდან კრისტალის ბოლოებისკენ. ამის შედეგად მუხტების ორმაგი ფენის სისქე ab საზღვართან იზრდება, ანუ იზრდება კრისტალის საერთო წინაღობაც. შეიძლება ითქვას, რომ ამ დროს წრედში ელექტრული დენი არ გადის (იხ. სქემა დ). ამ შემთხვევაში p-n-გადასვლას **არაპირდაპირი p-n-გადასვლა** ეწოდება.

• **ნახევარგამტარული დიოდი** არის ხელსაწყო, რომელიც შედგება ერთი p-n-გადასვლისა და ორი კონტაქტისაგან ელექტრულ წრედში მის ჩასართავად (ე).



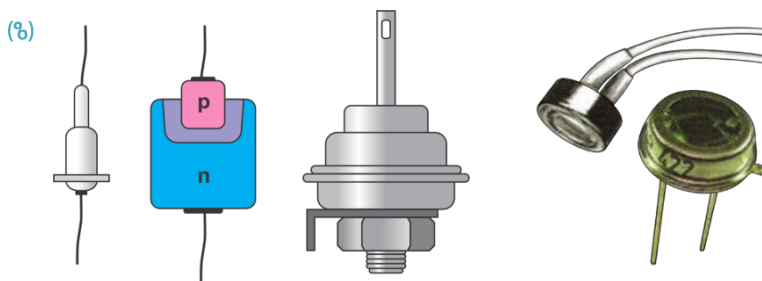
ნახევარგამტარულ დიოდს ამზადებენ გერმანიუმის ან სილიციუმის კრისტალისაგან, რომელსაც, მასში მინარევის არსებობის გამო, n-ტიპის გამტარობა აქვს. კრისტალის ზედაპირზე ინდიუმის წვეთია შედნობილი. ინდიუმის ატომების დიფუზიის გამო ძირითად კრისტალში p-ტიპის გამტარობის ფენა წარმოიქმნება. n-ტიპის გამტარობის კრისტალის ძირითად ნაწილსა და p-ტიპის

გამტარობის ზედაპირული ფენის საზღვარზე წარმოიქმნება p-n-გადასვლა. ინდიუმის კრისტალზე მირჩილული კონტაქტი ანოდი, ხოლო გერმანიუმის (ან სილიციუმის) კრისტალზე მირჩილული კონტაქტი – კათოდი. ამგვარად, ნახევარგამტარული დიოდი, რომელიც p-n-გადასვლისაგან შედგება, მუდმივ დენს მხოლოდ ერთი მიმართულებით ატარებს. ნახევარგამტარული დიოდის ცალმხრივი გამტარობის მიმართულება ელექტრულ სქემებზე ნაჩვენებია პირობითი აღნიშვნით (ვ).



მექანიკური ზემოქმედების ან ტენიისაგან დასაცავად დიოდი მეტალის ან პლასტიკის ჰერმეტიკ კორპუსშია მოთავსებული.

ნახევარგამტარულ დიოდს ვაკუუმურ დიოდთან შედარებით რამდენიმე უპირატესობა აქვს: მინიატურული ზომები, ელექტრული ენერგიის ეკონომიური მოხმარება, ექსპლუატაციის დიდი ვადა (ზ).



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

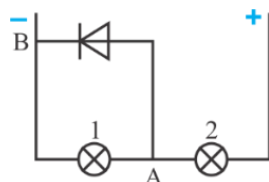
2

რომელი ნათურა ანათებს უკეთესად?

ნახატზე მოცემულია ელექტრული წრედის ნაწილი, რომელიც ნახევარგამტარული დიოდისა და ორი ნათურისაგან შედგება.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ნათურა ანათებს უკეთესად? რატომ?



რა შეიტყვეთ

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ელექტრონულ-ხვრელური გადასვლა (ან p-n-გადასვლა) არის ...
2. პირდაპირი გადასვლა არის ...
3. არაპირდაპირი გადასვლა არის ...
4. ნახევარგამტარული დიოდი არის ...

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. რა არის ელექტრონულ-ხვრელური გადასვლა?
2. როგორ წარმოიქმნება მუხტების ორმაგი ფენა ორი სხვადასხვა გამტარობის კრისტალის კონტაქტის საზღვარზე?
3. რა როლს ასრულებს p-n-გადასვლაში მუხტების ორმაგი ფენა?
4. რა არის p-n-გადასვლის ძირითადი თვისება?
5. რაზეა დაფუძნებული ნახევარგამტარული დიოდის მუშაობა?

- იცით თუ არა, რომ კოსმოსური აპარატები, რომლებიც ხანგრძლივად მოძრაობენ დედამიწის ირგვლივ ორბიტაზე ან საპლანეტათშორისო სივრცეში, ელექტრულ ენერგიას ნახევარგამტარული მოწყობილობების დახმარებით იღებენ?
- იცით თუ არა, რომ ბოლო თაობის მობილურ ტელეფონებს ნახევარგამტარული მოწყობილობები აქვს, რომლებიც აკუმულატორების განმუხტვის შემთხვევაში მათ დამატებითი ელექტრული ენერგიით უზრუნველყოფს?



- ნახევარგამტარების რომელი თვისებები განაპირობებს მათ ასეთ საინტერესო და მნიშვნელოვან შესაძლებლობებს?

კვლევაში საშუაო

1

ნახევარგამტარს შეუძლია წრედში დენის ძალის შეცვლა.

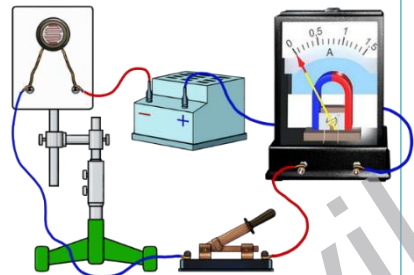
სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო (4 ვ), ამპერმეტრი, ფოტორეზისტორი (ხელსაწყოების ნაკრებიდან „ელექტრული დენი ნახევარგამტარებში“), ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ხელსაწყოები შეაერთეთ მიმდევრობით, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები (ა).
2. ფოტორეზისტორის ზედაპირი სინათლისაგან წიგნით დაფარეთ, ჩართეთ ჩამრთველი და გაარკვიეთ, გადის თუ არა წრედში ელექტრული დენი.
3. ჩართული წრედის დროს მოაშორეთ წიგნი ფოტორეზისტორს და დააკვირდით წრედში მომხდარ ცვლილებას.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

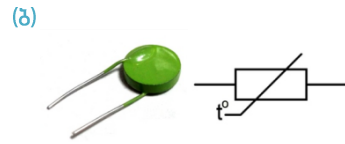
- რა დასკვნის გაკეთება შეგიძლიათ: როგორ არის დამოკიდებული ნახევარგამტარული ფოტორეზისტორის წინააღობა განათების ინტენსივობაზე?
- როგორ ახსნით ფოტორეზისტორის მუშაობის პრინციპს?



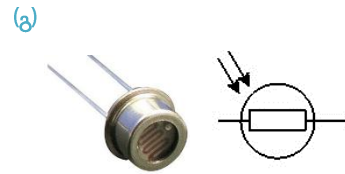
თერმორეზისტორი და ფოტორეზისტორი – მარტივი ნახევარგამტარული ხელსაწყოებია, რადგან ისინი მხოლოდ ერთი ნახევარგამტარისაგან შედგება, რომელსაც საკუთარი გამტარობა აქვს.

თერმო- და **ფოტორეზისტორები** არ ქმნიან ელექტრულ დენს. სითბოს ან განათების მოქმედებით ისინი იცვლიან წინააღობას, რითაც ზრდიან ან ამცირებენ წრედში გამავალი დენის ძალას. სითბოს ან განათების მოქმედებით ნახევარგამტარული კრისტალის სავალენტო ელექტრონები წყდებიან კოვალენტური ბმებიდან. შედეგად კრისტალში იზრდება თავისუფალი ელექტრონებისა და ხვრელების რაოდენობა, ნახევარგამტარის ელექტრული წინააღობა მცირდება, ე. ი. იზრდება მისი გამტარობა.

• **თერმორეზისტორი** არის წინაღობა, რომელიც ტემპერატურის ცვლილებისას ფართო ინტერვალში იცვლის საკუთარ წინააღობას. ნახატზე ნაჩვენებია თერმორეზისტორის სახე და ელექტრულ სქემებზე მისი პირობითი აღნიშვნა (ბ).



• **ფოტორეზისტორი** არის წინაღობა, რომელიც განათების ცვლილებისას ფართო ინტერვალში იცვლის საკუთარ წინააღობას. ნახატზე ნაჩვენებია ფოტორეზისტორის სახე და ელექტრულ სქემებზე მისი პირობითი აღნიშვნა (გ).



თერმორეზისტორებისა და ფოტორეზისტორების მაღალი მგრძნობელობა ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე რადიოელექტრონიკასა და რობოტოტექნიკაში, ტელემექანიკასა და თანამედროვე მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვა სფეროებში.

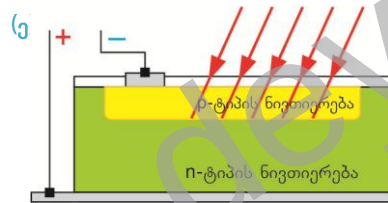
თერმოელემენტი და **ფოტოელემენტი** ნახევარგამტარული ხელსაწყოებია, რომლებიც დამზადებულია რამდენიმე მინარევული ნახევარგამტარისაგან. თერმო- და ფოტოელემენტები ელექტრული დენის წყაროებია.

ნახევარგამტარული თერმოელემენტი

შედგება **p-** და **n-**ტიპის რამდენიმე ნახევარგამტარული კრისტალისაგან (დ).



ამ კრისტალების ზედა მხარე მიმაგრებულია სითბოგამტარ ფირფიტაზე (ნაჩვენებია ყვითელი ფერით), ქვედა მხარე – მეტალის ორ სხვადასხვა კონტაქტთან. ეს კონტაქტები (აღნიშნულია მწვანე ფერით) ჰაერის საშუალებით ცივდება. სითბოგამტარ ფირფიტაზე გადაცემული სითბოს მოქმედებით p-ტიპის ნახევარგამტარში იზრდება ხვრელების რაოდენობა, ხოლო n-ტიპის ნახევარგამტარში – ელექტრონების რაოდენობა. ეს ნაწილაკები განიზიდება კრისტალის იმავე ნიშნის მუხტის მქონე ნაწილაკებისაგან და კრისტალის ქვედა ნაწილისაკენ გადაადგილდება. შედეგად კრისტალზე მიმაგრებულ მეტალის კონტაქტებზე სხვადასხვა ნიშნის მუხტები გროვდება – ვიღებთ ეკოლოგიურად სუფთა დენის წყაროს.



ნახევარგამტარული ფოტოელემენტი შედგება მინარევის შემცველი სილიციუმის n-ტიპის კრისტალისაგან, რომლის ზედაპირზე შექმნილია p-ტიპის გამტარობის უბანი (ე).

როგორც იცით, p-n-გადასვლის საზღვარზე ელექტრონებისა და ხვრელების დიფუზიის გამო საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტების ფენა წარმოიქმნება. ამიტომ ეს კონტაქტი შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც დენის ხანმოკლე წყარო. თუ p-n-გადასვლაზე გაგრძელდება გარედან ზემოქმედება – მისი განათება, გაგრძელდება ელექტრონებისა და ხვრელების წარმოქმნა და

მივიღებთ უწყვეტად მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა დენის წყაროს, მაგალითად, მზის ბატარეას.

თერმო- და ფოტოელემენტები დენის ძირითადი წყაროა დედამიწაზე და კოსმოსში გამოყენებული მრავალი ხელსაწყოებისთვის.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევის სამუშაო

2

შევამოწმოთ ფოტოელემენტის მუშაობა

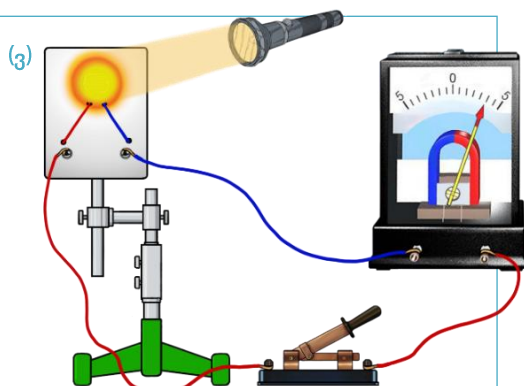
სამუშაოსთვის საჭიროა: გალვანომეტრი, ფოტოელემენტი (ლაბორატორიული ნაკრებიდან „ელექტრული დენი ნახევარგამტარებში“), ჩამრთველი, ჯიბის ფარანი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ააწყვეთ წრედი, რომელიც შედგება ფოტოელემენტის, ჩამრთველისა და გალვანომეტრისაგან (ვ).
2. გაარკვეით, აღიძვრება თუ არა წრედში დენი ჩამრთველის ჩართვის შემდეგ.
3. ფარნით გაანათეთ ფოტოელემენტის ზედაპირი ჩართული ჩამრთველის დროს და დააკვირდით წრედში მომხდარ ცვლილებას.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა მოხდა წრედში ფოტოელემენტის ზედაპირის განათების შემდეგ?
- როგორ ახსნით მომხდარი მოვლენის მიზეზს?



რა შეიტყვით

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. თერმორეზისტორი არის ...
2. თერმოელემენტი არის ...
3. ფოტორეზისტორი არის ...
4. ფოტოელემენტი არის ...

შეამოწმოთ თქვენი ცოდნა

1. რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან რეზისტორი და თერმორეზისტორი?
2. ნახევარგამტარის რომელ თვისებაზეა დამყარებული თერმორეზისტორის მუშაობის პრინციპი?
3. რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან თერმოელემენტი და თერმორეზისტორი?
4. რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან ფოტორეზისტორი და ფოტოელემენტი?
5. ნახევარგამტარის რომელ თვისებაზეა დამყარებული ფოტორეზისტორის მუშაობის პრინციპი?
6. რატომ ითვლება ეკოლოგიურად სუფთა დენის წყაროდ ფოტოელემენტი?

საპარჯიშო

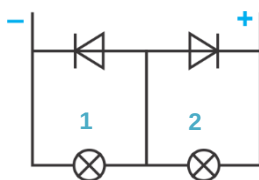
1.5

1. რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან ნახევარგამტარში არსებული ხვრელი და დადებითი იონი? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. როგორი გამტარობა აქვს ნახევარგამტარს, რომელშიც ხვრელებისა და ელექტრონების რაოდენობა ერთნაირია?

1 – p-ტიპის;
 2 – n-ტიპის;
 3 – საკუთარი;
 4 – მინარეული.

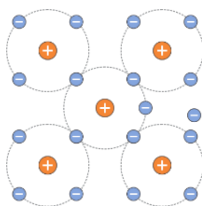
ა) მხოლოდ 3
 ბ) მხოლოდ 4
 გ) 1, 2, 3 და 4
 დ) 1 და 2
 ე) 3 და 4

3. სქემაზე მოცემული ნათურებიდან რომელი ანთია და რომელი არა? რატომ?

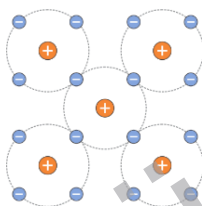


4. ნახატზე ნაჩვენებია ნივთიერების ატომებისა და სავალენტო ელექტრონების ურთიერთგანლაგება (ა და ბ). როგორი ტიპის გამტარობა აქვს ამ ნახევარგამტარებს?

(ა)



(ბ)



1.11

ელექტრული დენი სხვადასხვა გარემოში

(გააკეთილი-პრეზენტაცია)

მოამზადეთ პრეზენტაცია თემაზე „ელექტრული დენი სხვადასხვა გარემოში“. პრეზენტაციის მომზადების პროცესში შეგიძლიათ ისარგებლოთ მოცემული გეგმით.

პრეზენტაციის მომზადების გეგმა.

უზრუნველყოფა: Microsoft Office PowerPoint-ის ერთ-ერთი პროგრამა, Promethean-ის ან „MimioStudio“-ს ელექტრონული დაფების ActivInspire.

პრეზენტაციაში გამოიყენეთ ქვემოთ მოყვანილი საკვანძო სიტყვები და საკვანძო წინადადებები.

საკვანძო სიტყვები და საკვანძო წინადადებები.

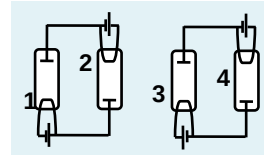
1. იონი	12. ელექტრული რკალი	23. აქცეპტორული მინარევი	34. ელექტრონული ღრუბელი
2. თავისუფალი ელექტრონები	13. არათავისთავადი განმუხტვა	24. ელექტროდები	35. ზეგამტარობა
3. მინარევი	14. დიელექტრიკი	26. ნაპერკლური განმუხტვა	36. დარტყმითი იონიზაცია
4. ხვრელები	15. ნახევარგამტარი	27. საკუთარი გამტარობა	37. ელექტროლიზი
5. ტემპერატურის გაზრდით წინაღობა იზრდება	16. გამტარი	28. რკალური განმუხტვა	38. ვაკუუმი
6. რეკომბინაცია	17. დონორული მინარევი	19. სავალენტო ელექტრონები	39. ელექტრონულ-სხივური მილაკი
7. კოვალენტური კავშირი	18. თავისთავადი განმუხტვა	30. ელვა (მეხი)	40. წინააღობის მკვეთრი ცვლილება გარე ზემოქმედების შედეგად
8. გაცხელების დროს წინააღობის შემცირება	19. ემისია	31. ვაკუუმური დიოდი	41. ცალმხრივი გამტარობა
9. გამტარი	20. ელექტროლიტი	32. კათოდი	42. n-ტიპის გამტარობა
10. p-ტიპის გამტარობა	21. გვირგვინისებრი განმუხტვა	33. ელექტროლიტური დისოციაცია	43. დადებითი და უარყოფითი იონი
11. კრისტალური მესერი	22. თერმოელექტრული ემისია	23. აქცეპტორული მინარევი	44. მუხტის ძირითადი და არადირექტული გადამტანები

1-ლი სლაიდი	ელექტრული დენი სხვადასხვა გარემოში მოამზადა (სახელი, გვარი, კლასი)
მე-2 სლაიდი	. ელექტრული დენი მეტალებში
მე-3 სლაიდი	. ელექტრული დენი ელექტროლიტებში
მე-4 სლაიდი	. ელექტრული დენი ვაკუუმში
მე-5 სლაიდი	. ელექტრული დენი აირებში
მე-6 სლაიდი	. ელექტრული დენი ნახევარგამტარებში

შემაჯავებელი დავალებები

1. ნახატზე მოცემულია ორი ელექტრული წრედის სქემა, რომლებშიც ვაკუუმური დიოდებია ჩართული. რომელ დიოდში გაივლის ელექტრული დენი?

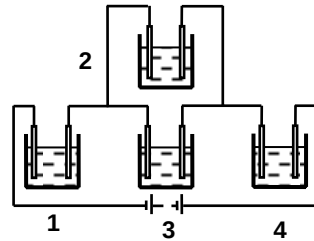
- ა) მხოლოდ 2; ბ) მხოლოდ 4; გ) 3 და 4; დ) 1 და 4;
ე) მხოლოდ 3.



2. ნახატზე მოცემულია ელექტრული წრედის სქემა, რომელიც ოთხი ელექტროლიტური აბაზანისაგან შედგება.

ელექტროლიტია CuSO_4 -ის წყალხსნარი. რომელ აბაზანაში და რომელ ელექტროდზე გამოიყოფა სპილენძი?

- ა) მხოლოდ კათოდის ზედაპირზე მე-2 აბაზანაში;
ბ) კათოდის ზედაპირზე მე-2 და მე-3 აბაზანებში;
გ) კათოდის ზედაპირებზე ყველა აბაზანაში;
დ) კათოდის ზედაპირებზე 1-ლ, მე-3 და მე-4 აბაზანებში;
ე) კათოდის ზედაპირებზე 1-ლ და მე-4 აბაზანებში.



3. აირის თავისთავადი და არათავისთავადი განმუხტვის დროს რომელი მოვლენის შედეგად წარმოიქმნება მუხტის თავისუფალი გადაძანები?

1 – თერმოელექტრონული

ემისიის;

2 – დარტყმითი იონიზაციის;

3 – გარე იონიზატორის

მოქმედების;

4 – კონდენსატორის ფირფიტებს

შორის შეტანილი სანთლის

ალიდან გამოყოფილი იონების

ხარჯზე.

- ა) არათავისთავადი განმუხტვა – 3 და 4; თავისთავადი განმუხტვა – 2;
ბ) არათავისთავადი განმუხტვა – 2 და 4; თავისთავადი განმუხტვა – 1 და 2;
გ) არათავისთავადი განმუხტვა – 1, 3 და 4; თავისთავადი განმუხტვა – 2;
დ) არათავისთავადი განმუხტვა – 4; თავისთავადი განმუხტვა – 2;
ე) არათავისთავადი განმუხტვა – 1 და 4; თავისთავადი განმუხტვა – 1 და 2.

4. რა შემთხვევაში იზრდება მუდმივი დენის წრედში დენის ძალა?

- 1 – წრედში ჩართული რეზისტორის გაცხელების დროს;
2 – წრედში ჩართულ ელექტროლიტურ აბაზანაში ელექტროლიტის გაცხელების დროს;
3 – წრედში ჩართული ნახევარგამტარის გაცხელების დროს.

- ა) მხოლოდ 1;
ბ) 1 და 3;
გ) 1, 2 და 3;
დ) მხოლოდ 2;
ე) 2 და 3.

5. ელექტრული დენი წარმოიქმნება:

- ა) იონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 2 და 4;
ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 1, 3 და 4;
ბ) იონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 2 და 3;
ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 1 და 4;
გ) იონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 4;
ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 1, 2, 3 და 4;
დ) იონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 1, 2, 3 და 4;
ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 4;
ე) იონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 1, 3 და 4
ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობით – 2 და 3.
- 1 – მეტალებში;
2 – ელექტროლიტებში;
3 – ვაკუუმურ ხელსაწყოებში;
4 – აირებში.

2.1

მაგნიტური მოვლენები. მუდმივი მაგნიტები

აღბათ, გინახავთ, მეტალის წვრილი საგნებით (მაგალითად, ხრახნებით, ქანჭიკებით, ქანჩებით, ლურსმნებითა და სხვ.) სარგებლობის დროს როგორ იყენებენ მაგნიტურ სამაჯურს, რომლითაც მოხერხებულად აკავებენ ამ საგნებს.



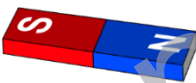
- რა არის მაგნიტი? სად გინახავთ კიდევ მისი გამოყენება?
- რომელ სხეულებს იზიდავს მაგნიტი და რომელს არა?
- როგორ იქმნება მაგნიტი და რა თვისებები აქვს მას?

ჯერ კიდევ ძველმა ბერძნებმა იცოდნენ, რომ არსებობს განსაკუთრებული მინერალი, რომელსაც რკინის საგნების მიზიდვა შეუძლია. ეს მინერალი, რომელიც ჩვენთვის ცნობილია, როგორც მაგნიტი, მოიპოვებოდა რკინის საბადოებზე, რომლებიც თანამედროვე თურქეთის ტერიტორიაზე, ქალაქ მაგნეზიასთან ახლოს იყო ძვ. წ. 600-იან წლებში (ბერძნულად სიტყვა მაგნიტი ნიშნავს – „ქვა მაგნეზიიდან“). შემდგომში მაგნიტურ მოვლენებს ადამიანებმა მაგნეტიზმი უწოდეს, მაგნიტურ მინერალებს – ბუნებრივი მაგნიტები. ყოფილი მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად ადამიანებმა სხვადასხვა ფორმის ხელოვნური მუდმივი მაგნიტების დამზადება ისწავლეს.

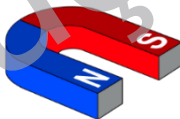
• ნივთიერებებს, რომლებიც ხანგრძლივად ინარჩუნებენ მაგნიტურ თვისებებს, **მუდმივი მაგნიტები** ან უბრალოდ **მაგნიტები** ეწოდება.

ფიზიკურ ლაბორატორიებში ყველაზე ხშირად იყენებენ ზოლისებრ, ნალისებრ და რგოლისებრ მუდმივ მაგნიტებს (ა).

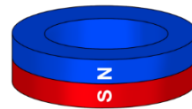
(ა)



ზოლისებრი
მაგნიტი



ნალისებრი მაგნიტი



რგოლისებრი
მაგნიტი

კვლევითი სამუშაო

1

სხეული, რომელსაც მაგნიტური თვისებები აქვს.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი მაგნიტი, სხვადასხვა სხეული: შურუბი, მინის ბურთულა, ლურსმანი, მონეტა, ქაღალდის ნაჭერი, საშლელი, ასანთი და სხვ.

სამუშაოს მსვლელობა:

მიუახლოეთ მაგნიტი მაგიდაზე დანაწობილ სხვადასხვა სხეულს (ბ). გაარკვეით, რომელ სხეულს მიიზიდავს მაგნიტი და რომელს არა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- მიახლოების დროს რომელი სხეული მიიზიდა მაგნიტმა და რომელი დარჩა მაგიდაზე? რატომ?

(ბ)



სხეულებს, რომლებიც რკინის, ფოლადის, ნიკელის, თუჯის ან მათი შენადნობებისგანაა დამზადებული, მაგნიტი იზიდავს. მინის, ხის, პლასტმასის, სპილენძის, ალუმინის სხეულებს მაგნიტი არ იზიდავს.

რა თვისებები აქვს მუდმივ მაგნიტებს?

კვლევითი სამუშაო

2

მაგნიტის რომელ ნაწილს აქვს უფრო ძლიერი მაგნიტური მოქმედების უნარი?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ზოლისებრი და ნაღისებრი მაგნიტები, ლურსმნები ან შურუბები.

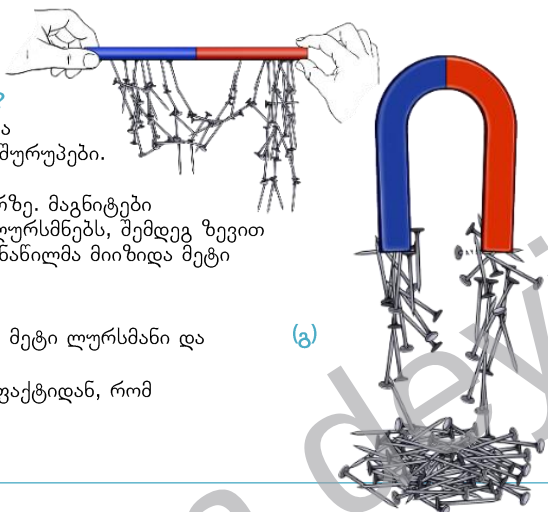
სამუშაოს მსვლელობა:

დაყარეთ ლურსმნები მაგიდის ზედაპირზე. მაგნიტები რიგრიგობით მიუახლოეთ და შეახეთ ლურსმნებს, შემდეგ ზევით ასწიეთ და ნახეთ, მაგნიტის რომელმა ნაწილმა მიიზიდა მეტი ლურსმანი (გ).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- მაგნიტის რომელმა ნაწილმა მიიზიდა მეტი ლურსმანი და რომელმა საერთოდ არ მიიზიდა?
- რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება იმ ფაქტიდან, რომ ლურსმნებმაც მიიზიდა ერთმანეთი?

(გ)



• მაგნიტის ნაწილებს, რომლებსაც ყველაზე დიდი მაგნიტური მოქმედება ახასიათებს, მაგნიტის **პოლუსები** ეწოდება.

პოლუსებისგან დაშორებისას მაგნიტის მოქმედება თანდათან სუსტდება და მიზიდული ლურსმნების რაოდენობა მცირდება. მაგნიტის ცენტრალური ნაწილი სხეულებს არ იზიდავს.

სამუშაოს მსვლელობის დროს გაირკვა, რომ მაგნიტებს სხვა სხეულების დამაგნიტების უნარი აქვს, მაგალითია რკინის ლურსმნები. დამაგნიტებული ლურსმნები თვითონ იზიდავენ ერთმანეთს.

რამდენი პოლუსი აქვს მაგნიტს და როგორ შეიძლება მათი განსაზღვრა?

კვლევითი სამუშაო

3

მაგნიტის პოლუსების განსაზღვრა.

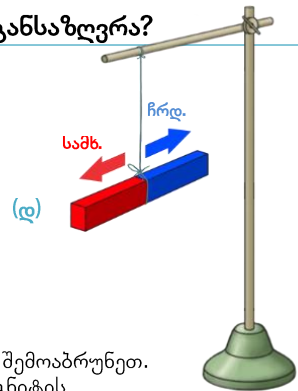
სამუშაოსთვის საჭიროა: არამაგნიტური მასალის შტატივი, აბრეშუმის ძაფი, ზოლისებრი მაგნიტი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მაგნიტი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში დაკიდეთ შტატივზე ისე, რომ ძაფზე თავისუფლად შემობრუნება შეეძლოს (ყურადღება მიაქციეთ, რომ მაგნიტთან ახლოს არ იყოს რკინის საგნები). გარკვეით, რომელ მხარეს არის მიმართული მაგნიტის ბოლოები, როდესაც მაგნიტი წონასწორობაშია (გაჩერებულია).
2. მაგნიტი გამოიყვანეთ წონასწორობის მდგომარეობიდან – ოდნავ შემობრუნეთ. ნახეთ, რომელ მხარეს იქნება მიმართული მაგნიტის ბოლოები მაგნიტის განწონასწოვრების შემდეგ.

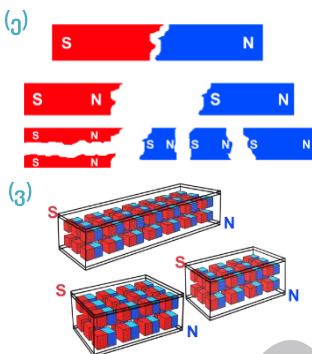
იმსჯელო შედეგებზე:

- რა მდგომარეობაში ჩერდება ძაფზე დაკიდებული მაგნიტი: დედამიწის რომელი პოლუსებისკენ არის მიმართული მისი ბოლოები?



კვლევიტმა სამუშაომ დაგვანახვა, რომ ძაფზე დაკიდებული მაგნიტი, ბრუნვის მიმართულების მიუხედავად, ერთსა და იმავე მდგომარეობაში ჩერდება – მისი პოლუსები დედამიწის ჩრდილოეთი-სამხრეთი მიმართულების გასწვრივაა მიმართული. ეს იმასთან არის დაკავშირებული, რომ დედამიწას ორი მაგნიტური პოლუსი აქვს (იხ. §2.4). ამიტომ მაგნიტის პოლუსს, რომელიც დედამიწის ჩრდილოეთი გეოგრაფიული პოლუსისკენ არის მიმართული, ჩრდილოეთი პოლუსი **N** (ინგლისური სიტყვიდან – North) უწოდეს, ხოლო დედამიწის სამხრეთი გეოგრაფიული პოლუსისკენ მიმართულს – სამხრეთი პოლუსი **S** (სიტყვიდან – South). როგორც წესი, ლაბორატორიული მაგნიტის პოლუსების აღსანიშნავად ორი ფერის საღებავს იყენებენ: ლურჯს (ან თეთრს) – ჩრდილოეთ პოლუსისთვის (**N**) და წითელს – სამხრეთ პოლუსისთვის (**S**). ფერების საზღვარი მაგნიტის შუა ხაზს შეესაბამება.

არსებობს თუ არა ერთპოლუსიანი მაგნიტი? თუ მაგნიტს ნებისმიერად დავანანევრებთ, თითოეული ნაწილი პატარა მაგნიტად გადაიქცევა, რომელ-



საც ორი პოლუსი აქვს – ჩრდილოეთი და სამხრეთი (დ). ეს ნიშნავს, რომ ნებისმიერი მაგნიტი დიდი რაოდენობის პატარა ორპოლუსიანი მაგნიტებისგან შედგება (ე).

ყოველ მაგნიტს აუცილებლად ორი პოლუსი აქვს: ჩრდილოეთი (**N**) და სამხრეთი (**S**). მაგნიტების სხვადასხვასახელიანი პოლუსები ერთმანეთს იზიდავენ, ხოლო ერთსახელიანი პოლუსები – განიზიდავენ.

მაგნიტური ისარი პატარა მუდმივი მაგნიტია, რომელსაც ორი პოლუსი აქვს. მას თხელი ფურცლოვანი ფოლადისგან ამზადებენ. ისარს შუაში მინის საყრდენი აქვს. ამ საყრდენით მას მეტალის

ვერტიკალური ღერძის წვერზე ათავსებენ, რაც ისარს საშუალებას აძლევს, თავისუფლად იბრუნოს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ნებისმიერი მიმართულებით. ისრის ჩრდილოეთი პოლუსი ყოველთვის დედამიწის ჩრდილოეთი გეოგრაფიული პოლუსისკენ არის მიმართული, ისრის სამხრეთი პოლუსი – დედა-

მინის სამხრეთი გეოგრაფიული პოლუსისკენ. მაგნიტური ისარი კომპასის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია (ვ).

როგორ არის სხეულის მაგნიტური თვისებები დამოკიდებული ტემპერატურაზე? გარკვეულ ტემპერატურამდე გაცხელების შემდეგ მუდმივი მაგნიტი კარგავს მაგნიტურ თვისებებს.

ტემპერატურას, რომელზეც მუდმივი მაგნიტები მაგნიტურ თვისებებს კარგავენ, **კიურის წერტილი** ეწოდება. მაგალითად, რკინისთვის კიურის წერტილია 769°C .

აღსანიშნავია, რომ მუდმივი მაგნიტის თვისებები სხვადასხვა მეცნიერის მიერ ჩატარებული მრავალრიცხოვანი კვლევითი სამუშაოს შედეგადაა აღმოჩენილი. ერთ-ერთი ასეთი მეცნიერია ინგლისელი ფიზიკოსი და ექიმი უილიამ გილბერტი.

შეპიჯილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო 4

როგორ მოქმედებს ერთმანეთზე მაგნიტის პოლუსები?

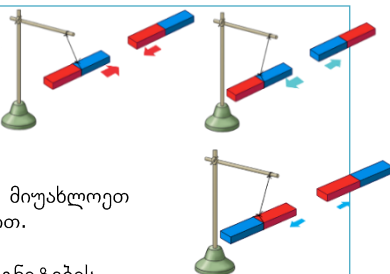
სამუშაოსთვის საჭიროა: არამაგნიტური მასალის შტატივი, ორი ზოლისებრი მაგნიტი, აბრეშუმის ძაფი.

სამუშაოს მსვლელობა:

ერთი მაგნიტი ძაფით დაკიდეთ შტატივზე. მეორე მაგნიტი მიუახლოეთ მას ჯერ იმავე პოლუსით, შემდეგ სანინალმდეგო პოლუსით.

დააკვირდით მოვლენებს.

იმსჯელეთ შედეგებზე: • როგორი ურთიერთქმედება იყო მაგნიტების ერთნაირ და სხვადასხვა პოლუსებს შორის?



უილიამ გილბერტი
(1544 – 1603)
ინგლისელი ფიზიკოსი
და ექიმი

- თავის წიგნში „მაგნიტზე, მაგნიტურ სხეულებსა და დიდ მაგნიტზე – დედამიწაზე“, რომელიც 1600 წელს გამოიცა, მან მუდმივი მაგნიტის თვისებები ჩამოაყალიბა.

რა შეიტყავთ?

- გამოიყენეთ საკვანძო სიტყვები და სამუშაო რვეულში ჩამოწერეთ მუდმივი მაგნიტის თვისებები.

საკვანძო სიტყვები • მუდმივი მაგნიტი • მაგნიტის პოლუსი • მაგნიტის ჩრდილოეთი პოლუსი • მაგნიტის სამხრეთი პოლუსი • ერთპოლუსიანი მაგნიტი • კიურის წერტილი • მაგნიტის შუა ხაზი.

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რით განსხვავდება ხელოვნური მაგნიტი ბუნებრივისაგან?
2. რა ხასიათისაა მაგნიტებს შორის ურთიერთქმედება?
3. შესაძლებელია თუ არა ერთპოლუსიანი მაგნიტის მიღება?
4. როგორ არის შესაძლებელი მაგნიტის პოლუსების განსაზღვრა, თუ ისინი ცნობილი არ არის?
5. ჩამოთვალეთ მუდმივი მაგნიტის ძირითადი თვისებები.

2.2 მაგნიტური ველი. მაგნიტური ველის წყარო

ცნობილია, რომ სხეულებს შეუძლიათ ურთიერთქმედება ერთმანეთთან შეხების გარეშე. მე-7 კლასში თქვენ გაიცემთ, რომ იმის გამო, რომ სხეულებს მასა აქვთ, ისინი ერთმანეთს იზიდავენ გრავიტაციული ველის საშუალებით, შეხების გარეშე; მე-8 კლასში გაიცემთ, რომ დაშორებული უძრავი ელექტრული მუხტები მათ მიერ შექმნილი ელექტრული ველის საშუალებით ურთიერთქმედებენ. გამტარში მოწესრიგებულად მოძრავი ელექტრული მუხტები (ანუ ელექტრული დენი გამტარში) კი მაგნიტურ ურთიერთქმედებებში მონაწილეობენ. ე. ი. ელექტრული დენი თავის ირგვლივ წარმოქმნის მაგნიტურ ველს.



- როგორი სახისაა მაგნიტური ველის მოქმედება: მიზიდვის თუ განზიდვის?
- როგორ წარმოიშობა მაგნიტებისა და დამაგნიტებული სხეულების მაგნიტური ველი? არსებობს თუ არა ბუნებაში მაგნიტური მუხტები, რომლებიც მაგნიტური ველის წყაროა?

კვლევითი სამუშაო

1

(ა)

ერსტედის აღმოჩენა.

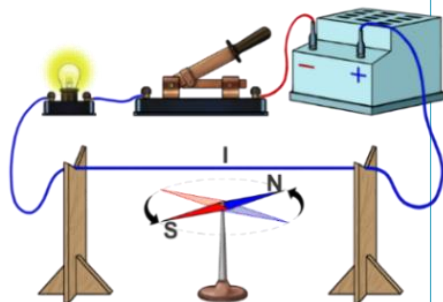
სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო, მაგნიტური ისარი სადგამით, ხის სადგამი (2 ცალი), ნათურა, ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. აანწყვეთ ნახატზე წარმოდგენილი ელექტრული წრედი. ყურადღება მიაქციეთ მაგნიტური ისრის მდგომარეობას გამორთული ჩამრთველის დროს.
2. ჩართეთ ჩამრთველი და დააკვირდით ცვლილებებს, რომლებიც ხდება წრედში დენის აღძვრის შემდეგ (ა).
3. გამორთეთ ჩამრთველი და ყურადღება მიაქციეთ მაგნიტური ისრის მდგომარეობას.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ მხარესაა მიმართული მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთი და სამხრეთი პოლუსები გამორთული ჩამრთველის დროს?
- როგორ შეიცვალა მაგნიტური ისრის მდგომარეობა წრედში დენის აღძვრის შემდეგ? რატომ?



თქვენ მიერ შესრულებული კვლევითი სამუშაო პირველად დანიელმა მეცნიერმა ჰანს ერსტედმა ჩაატარა 1820 წელს: წრედში დენის არარსებობის დროს მაგნიტური ისრის ბოლოები დედამიწის ჩრდილოეთი და სამხრეთი პოლუსებისკენაა მიმართული. თუ გამტარს მაგნიტური ისრის პარალელურად მოვათავსებთ და წრედს შევკრავთ, მაგნიტური ისარი 90° -ით შემობრუნდება და გამტარის მართობულ მდგომარეობას დაიკავებს. წრედის განწყვეტის შემდეგ ისარი სანაყის მდგომარეობას უბრუნდება. ერსტედმა აღმოაჩინა, რომ დენიანი გამტარი თავის ირგვლივ ქმნის მაგნიტურ ველს. ერსტედის კვლევებზე დაყრდნობით ფრანგმა მეცნიერმა ანდრე ამპერმა გამოთქვა ჰიპოთეზა „წრიულ მოლეკულურ დენებზე“. ამ ჰიპოთეზის მიხედვით, ბუნებაში არ არსებობს „მაგნიტური მუხტი“, რომელიც მაგნიტურ ველს ქმნის; ატომებისა და მოლეკულების შიგნით არსებობს წრიული დენები. შემდგომში გაირკვა, რომ ამ ელემენტარულ დენებს ატომში მოძრავი ელექტრონები ქმნიან. თუ ელემენტარული დენების ელექტრონების ბრუნვის სიბრტყეები მოწესრიგებუ-

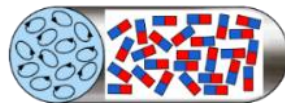
ლად დალაგდება, მათ მიერ შექმნილი ელემენტარული მაგნიტური ველები შეიკრიბება.

შედეგად ნივთიერება მაგნიტურ თვისებებს შეიძენს (ბ). მაგალითად, მუდმივი მაგნიტის ან მაგნიტური ველის მოქმედებით მაგნიტდება რკინა, ფოლადი და სხვ. როდესაც ელემენტარული დენების სიბრტყეები უნესრიგოდაა განლაგებული, მათ მიერ შექმნილი ელემენტარული მაგნიტური ველები აკომპენსირებენ და ანეიტრალებენ ერთმანეთის მოქმედებას (გ). ისეთ ნივთიერებებს, როგორ-

(ბ)



(გ)



• **მაგნიტური ველი** არის მატერიის სახე, რომელიც წარმოიქმნება ელექტრული მუხტის მოძრაობის დროს.

მაგნიტური ველი, ისევე როგორც ელექტრული ველი, უხილავია. მისი აღმოჩენა მხოლოდ მაგნიტური თვისებების მქონე სხეულზე მოქმედებით შეიძლება. აღსანიშნავია განსხვავება – ელექტრულ ველს ქმნის ნებისმიერი ელექტრული მუხტი და მისი აღმოჩენა შეიძლება სხვა მუხტზე მოქმედებით. მაგნიტს კი ორი პოლუსი აქვს და ერთდროულად სხვა მაგნიტის ორივე პოლუსთან ურთიერთქმედებს.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

მაგნიტური ველის მოქმედება.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ზოლისებრი მაგნიტი, მაგნეტიკი, მინის ღერი, აბრეშუმის ქსოვილი.

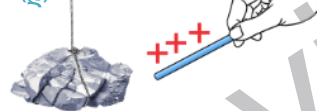
სამუშაოს მსვლელობა:

1. აბრეშუმის ქსოვილზე ხახუნით დამუხტეთ მინის ღერი და მიუახლოეთ ძაფზე დაკიდებულ მაგნეტიკს. დაფიქრდით მოვლენის მიზეზზე (დ).
2. გარკვეული მანძილიდან მიუახლოეთ ზოლისებრი მაგნიტის ერთი პოლუსი, მაგალითად, ჩრდილოეთი პოლუსი, მაგნეტიკს და ყურადღებით დააკვირდით მოვლენების განვითარებას (ე).

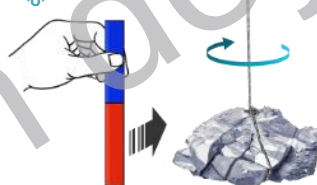
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- აღიძვრება თუ არა ურთიერთქმედება დამუხტულ მინის ღერსა და მაგნეტიკს შორის მინის ღერის მიახლოებისას? რატომ?
- რომელი მაგნიტის მაგნიტური ველი მოქმედებს მეორე მაგნიტზე: ზოლისებრი მაგნიტისა თუ მაგნეტიკის?

(დ)



(ე)



რა შეიტყვით?

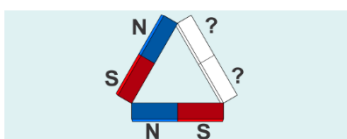
- სამუშაო რვეულში ჩაინერეთ მოცემული საკვანძო სიტყვების შინაარსი. საკვანძო სიტყვები • მაგნიტური ველი • წრიული მოლეკულური დენები • ერსტედის ცდა • მაგნიტური ველის წყარო •

- რომელი ფიზიკური ველი აღიძვრება გამტარში დენის გავლის დროს?
- რა არის ამპერის ჰიპოთეზის შინაარსი? რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან მაგნიტური და არამაგნიტური სხეულები ამ ჰიპოთეზის მიხედვით?
- რა არის მაგნიტური ველის წყარო? რით განსხვავდება ის ელექტრული ველის წყაროსაგან?

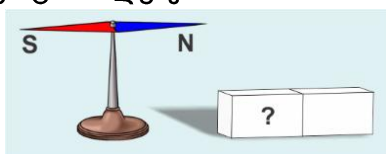
საპარჯიშო

2.1

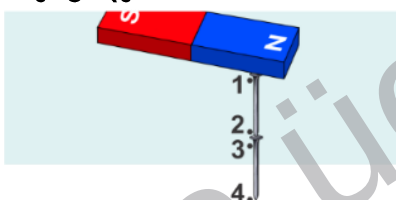
- ნახატზე მოცემულ „მაგნიტურ წრედში“ განსაზღვრეთ უცნობი მაგნიტის პოლუსები.



- რით შეიძლება გავარკვეოთ რკინის ღერის დამაგნიტების არსებობა: აბრეშუმის ძაფით, კომპასით, მინის ღერით თუ რკინის ნაქლიბით?
- მაგნიტური ისრის ზოლისებრ მაგნიტთან მიახლოებისას ისარი ნახატზე ნაჩვენებ მდგომარეობაში ჩერდება. განსაზღვრეთ ზოლისებრი მაგნიტის პოლუსები.



- განსაზღვრეთ დამაგნიტებული ლურსმნის მაგნიტური პოლუსები 1, 2, 3 და 4 წერტილებში.



- როგორც ნახატიდან ჩანს, ძაფზე ორი ნემსია დაკიდებული. მათთან მაგნიტის მიახლოების ან დაშორების დროს ისინი ერთმანეთს განიზიდავენ. რატომ?



- როგორ ურთიერთქმედებენ მაგნიტების ერთსახელიანი და სხვადასხვასახელიანი პოლუსები?

- ერთსახელიანი – მიიზიდება, სხვადასხვასახელიანი – განიზიდება;
- ერთსახელიანიც და სხვადასხვასახელიანიც განიზიდება;
- ერთსახელიანიც და სხვადასხვასახელიანიც მიიზიდება;
- ერთსახელიანი – განიზიდება, სხვადასხვასახელიანი – მიიზიდება;
- ერთსახელიანი პოლუსები არ ურთიერთქმედებენ, სხვადასხვასახელიანი – მიიზიდება.

2.3 მაგნიტური ველის ინდუქცია

ცნობილია, რომ ელექტრული ველის მოქმედების სიდიდე მასში მოთავსებულ ელექტრულ მუხტზე განისაზღვრება ელექტრული ველის დაძაბულობით. ელექტრული ველის დაძაბულობა ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელია, ის ვექტორული სიდიდეა და ტოლია იმ ძალისა, რომლითაც ველი მოქმედებს ერთეულოვან დადებით მუხტზე. მაგნიტური ველიც მოქმედებს მაგნიტზე, რომელიც ველშია შეტანილი, ე. ი. მაგნიტურ ველსაც აქვს მახასიათებელი, რომელიც მისი მოქმედების სიდიდეს განსაზღვრავს.

- რით განსხვავდება მაგნიტური ველის ძალური მახასიათებელი ელექტრული ველის დაძაბულობისაგან?
- როგორია მაგნიტური ველის მოქმედების მიმართულება? როგორ შეიძლება ამ მიმართულების განსაზღვრა?

კვლევითი საშუალო

1

განვსაზღვროთ მაგნიტური ველის მოქმედების მიმართულება.

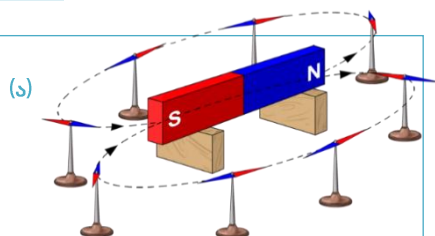
სამუშაოსთვის საჭიროა: ზოლისებრი მაგნიტი, პატარა მაგნიტური ისრები (6-8 ცალი), ხის საყრდენები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ზოლისებრი მაგნიტი ხის საყრდენებზე მოათავსეთ (ყურადღება მიაქციეთ, რომ ირგვლივ რკინის საგნები არ იყოს). ზოლისებრი მაგნიტის ველის სხვადასხვა წერტილში განლაგეთ მაგნიტური ისრები.
2. სამუშაო რეეულში წყვეტილი ხაზით გამოსახეთ მაგნიტური ისრების სხვადასხვა მდგომარეობის საერთო სურათი, რომელიც მათ მაგნიტური ველის მოქმედებით აქვთ (ა).

იმაჯელო შედეგებზე:

- რა კანონზომიერებით ორიენტირდება ზოლისებრი მაგნიტის მაგნიტურ ველში შეტანილი მაგნიტური ისრები?
- რას ფიქრობთ მაგნიტური ველის მოქმედების მიმართულებაზე?



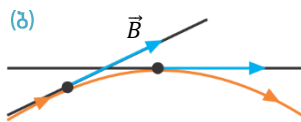
მაგნიტური ველის ძალური მახასიათებელი. მაგნიტური ველის მოქმედების ძალურ მახასიათებლად მიღებულია მაგნიტური ველის ინდუქცია (ან მაგნიტური ინდუქცია). ის აღინიშნება $\vec{B}$ ასოთი და ახასიათებს მაგნიტური ველის მოქმედებას მასში მოთავსებულ მაგნიტზე (ან სხეულზე, რომელსაც მაგნიტური თვისებები აქვს). მაგნიტური ინდუქცია ვექტორული სიდიდეა.

• მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მიმართულებად ველის მოცემულ წერტილში მიღებულია ამ წერტილში მოთავსებული მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთი პოლუსის მიმართულება.

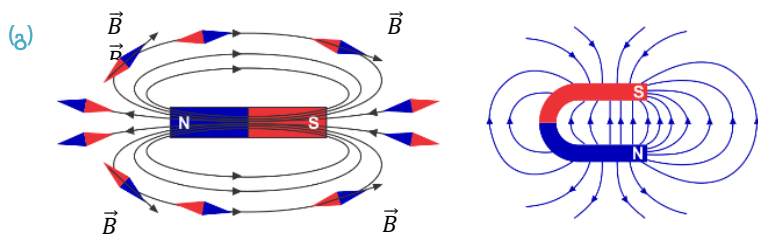
მაგნიტური ინდუქციის წირები. როგორც იცით, მაგნიტური ველი უხილავია, მაგრამ მასზე წარმოდგენის შექმნა შესაძლებელია მაგნიტური ინდუქციის წირების (ან მაგნიტური ინდუქციის ძალწირების) საშუალებით:

• მაგნიტური ველის ინდუქციის წირი ისეთი წირია, რომლის ნებისმიერ წერტილში მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი $\vec{B}$ მიმართულია ამ წერტილში გავლებული მხების გასწვრივ (ბ).

მაგნიტის ირგვლივ განლაგებული მაგნიტური ისრები წარმოდგენას იძლევა მაგნიტური ინდუქციის წირის ფორმაზე. მაგნიტური ინდუქციის წირები გამოდის ზოლისებრი მაგნიტის ჩრდილოეთი პოლუსიდან და შედის სამხრეთ პოლუსში.

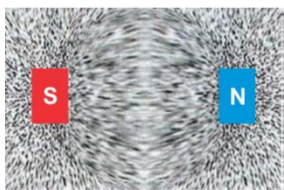


მაგნიტის შიგნით წირები ერთდება. ნახატზე წარმოდგენილია მაგნიტური ინდუქციის წირების გამოსახულება ზოლისებრი და ნალისებრი მაგნიტებისთვის (გ).



• მაგნიტური ველი გრიგალური ველია, რადგან მაგნიტური ველის ინდუქციის წირები ყოველთვის შეკრული წირებია – მათ არც დასაწყისი აქვს და არც დასასრული.

რადგან მაგნიტური ინდუქციის ვექტორს სივრცის ყოველ წერტილში გარკვეული მიმართულება აქვს, ცხადია, მაგნიტური ველის ყოველ წერტილში შესაძლებელია მხოლოდ ერთი მაგნიტური ინდუქციის წირის გავლება. ეს ნიშნავს, რომ მაგნიტური ინდუქციის წირები არ იკვეთება.



(დ) მაგნიტური ველი

მაგნიტური ველის უფრო თვალსაჩინოდ წარმოდგენა შეიძლება რკინის ნაქლიბის საშუალებით. ნაქლიბის ყოველი ფრაგმენტი მაგნიტურ ველში პატარა მაგნიტურ ისრად გადაიქცევა. ეს ისრები მაგნიტური ველის მოქმედებით მაგნიტური ინდუქციის წირების გასწვრივ ლაგდება. რკინის ნაქლიბით შექმნილი სურათი თვალსაჩინოს ხდის მაგნიტური ველის ინდუქციის წირებს (დ). ამ სურათს მაგნიტური სპექტრი ეწოდება. შესაძლებელია ისეთი მაგნიტური ველის შექმნა, რომლის მაგნიტური ინდუქციის წირები ერთმანეთის პარალელურია და ისინი თანაბრადაა განაწილებული. ასეთ ველს ერთგვაროვანი მაგნიტური ველი ეწოდება. ერთგვაროვანი მაგნიტური ველის მაგალითია ნალისებრი მაგნიტის პოლუსებს შორის არსებული ველი (იხ. გ).

შეკენილი ცოდნის გამოყენება



კვლეპითი საშუალო

2

მაგნიტური ველის ინდუქციის წირების სურათის მიღება.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ზოლისებრი მაგნიტი (2 ცალი), ნალისებრი მაგნიტი, მინის ფირფიტა, რკინის ნაქლიბი.

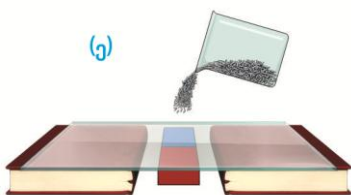
1. მინის ფირფიტა ორ წიგნზე დადეთ. მინის ქვეშ მოათავსეთ ზოლისებრი მაგნიტი. რკინის ნაქლიბი დაყარეთ მინის ზედაპირზე (ე) და ფანქრით ფრთხილად დააკაკუნეთ მინის კიდეზე. დააკვირდით რკინის ნაქლიბით შექმნილ „მაგნიტურ სპექტრს“ (იხ. დ).
2. მინის ქვეშ მოათავსეთ ორი ზოლისებრი მაგნიტის ერთსახელიანი პოლუსები, მაგალითად, ორი ჩრდილო (N) პოლუსი, გაიმეორეთ ცდა და შეადარეთ მიღებული „მაგნიტური სპექტრი“ წინა გამოსახულებას (ვ).



კვლევითი სამუშაო

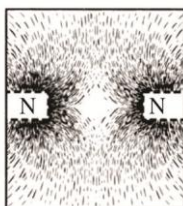
2

- მინის ქვეშ მოათავსეთ ნალისებრი მაგნიტი, კიდევ ერთხელ გაიმეორეთ ცდა და დააკვირდით სურათს, რომელიც მაგნიტური ველის მოქმედებით შეიქმნა (ზ).
- ჩაიხატეთ „მაგნიტური სპექტრები“, რომლებიც სამივე ცდის დროს მიიღეთ.

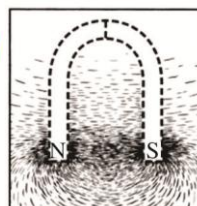


(ე)

(ვ)



(ზ)



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა განსხვავებაა მიღებულ „მაგნიტურ სპექტრებს“ შორის?
- რა კანონზომიერებები დაინახეთ „მაგნიტური სპექტრების“ ფორმების მიხედვით?

რა შეიტყვით



- სამუშაო რეულში ჩაინერეთ მოცემული საკვანძო სიტყვების შინაარსი: • მაგნიტური ინდუქცია • მაგნიტური ინდუქციის მიმართულება • მაგნიტური ინდუქციის წირები • მაგნიტური სპექტრი • ერთგვაროვანი მაგნიტური ველი •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- რომელი მიმართულებაა მიღებული მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულებად?
- შეადარეთ ელექტრული და მაგნიტური ველის ძალური მახასიათებლები: რაშია მათი მსგავსება და განსხვავება?
- გაარკვიეთ მუდმივი მაგნიტის პოლუსები მაგნიტური ინდუქციის წირების ფორმის მიხედვით.

ა

?... ?... ?... ?...



ბ

?... ?... ?... ?...



გ

?... ?... ?... ?...



2.4 დედამიწის მაგნიტური ველი

როგორც იცით, აბრეშუმის ძაფზე დაკიდებული ზოლისებრი მაგნიტი ან კომპასის ისარი, თუ მათ ახლოს მაგნიტური თვისებების მქონე სხეულები არ არის, ისეთ მდგომარეობაში ჩერდება, რომ მათი ჩრდილოეთი პოლუსი დედამიწის ჩრდილოეთი გეოგრაფიული პოლუსისკენაა მიმართული, ხოლო სამხრეთი პოლუსი – დედამიწის სამხრეთი გეოგრაფიული პოლუსისკენ.

- რატომ არის კომპასის ისარი მიმართული დედამიწის ჩრდილოეთი და სამხრეთი პოლუსებისკენ?
- აბსოლუტურად ერთნაირად არის თუ არა კომპასის ისარი მიმართული დედამიწის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში?

კვლევითი სამუშაო

1

შეგიძლიათ თუ არა დამზადოთ კომპასი?

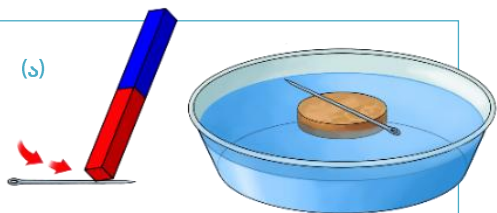
სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი მაგნიტი, ნემსი, მინის ჭურჭელი წყლით, კორპის საცობი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. საცობი მოათავსეთ წყლის ზედაპირზე.
2. ნემსი 20-25-ჯერ გაუხახუნეთ მაგნიტს. ამ ხერხით დამაგნიტებული ნემსი დადეთ საცობზე. თქვენ უკვე შექმენით „კომპასი“.
3. დააკვირდით, როგორ ამოძრავებს საცობს „კომპასის“ ისარი, აგრეთვე რომელ მხარეს არის მიმართული მისი ბოლოები (ა).
4. „ისრიაინი“ საცობი დაატრიალეთ. ყურადღება მიაქციეთ, საით იქნება მიმართული „ისარი“ საცობის გაჩერების შემდეგ.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ გავარკვეით, რომელია დამზადებული კომპასის ისრის ჩრდილო და სამხრეთი პოლუსები?
- რომელი მომართულებით გაჩერდა კომპასის „ისარი“? რატომ?

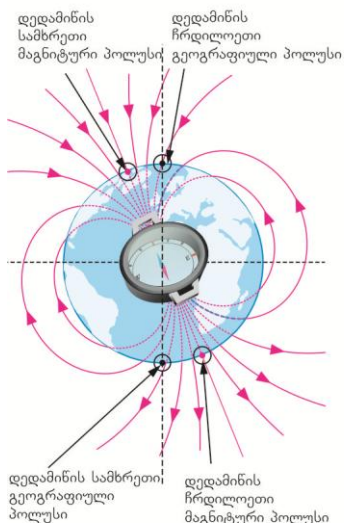


დედამიწის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში (დედამიწის პოლუსებისა და რკინის მადნით მდიდარი რაიონების გარდა) მაგნიტური ისარი ჩრდილოეთი-სამხრეთის მიმართულებით ჩერდება. ეს ნიშნავს, რომ ჩვენს პლანეტას მაგნიტური თვისებები აქვს და ირგვლივ სივრცეში ძლიერ მაგნიტურ ველს ქმნის. დედამიწის ჩრდილოეთი მაგნიტური პოლუსი განლაგებულია დედამიწის სამხრეთი გეოგრაფიული პოლუსის გვერდით (ანტარქტიდაზე), სამხრეთი მაგნიტური პოლუსი – ჩრდილოეთი გეოგრაფიული პოლუსის გვერდით (კანადის ჩრდილოეთით) (ბ).

მაგნიტოსფერო. დედამიწის მაგნიტური ველი დედამიწის ატმოსფეროს მეშვიდე შრეა (ფენაა) და მას მაგნიტოსფერო ეწოდება (გ). ამ ფენას „ვან ალენის სარტყელი“ ეწოდა ამერიკელი ასტროფიზიკოსის ჯეიმს ალფრედ ვან ალენის პატივსაცემად, რომელმაც პირველმა აღმოაჩინა მისი არსებობა. ეს შრე დედამიწის ზედაპირიდან ათეულ ათას კილომეტრზე ვრცელდება და წარმოქმნის ბარიერს მზის მომაკვდინებელი ენერგიისათვის, მაგნიტური კოსმოსური გამოსხივებისათვის; იცავს ყოველივე ცოცხალს დედამიწის ზედაპირზე (დ).

აღნიშნავთ, რომ მზის სისტემაში, დედამიწის გარდა, მაგნიტური ველი აქვს პლანეტებს იუპიტერსა და სატურნს. მთვარეს მაგნიტური ველი არ აქვს.

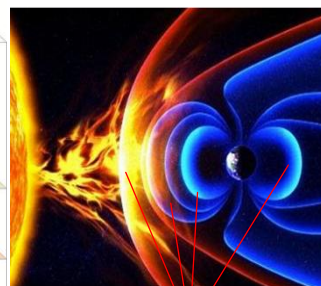
(ბ)



(გ)

მაგნიტოსფერო	<70 000 კმ
ეგზოსფერო	>1000 კმ
თერმოსფერო	150-600 კმ
მეზოსფერო	80 კმ
სტრატოსფერო	30 კმ
ტროპოსფერო	15 კმ

(დ)

ვან ალენის
სარტყელი

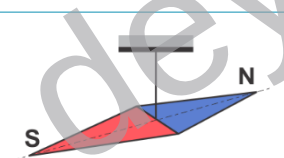
მაგნიტური სარტყელი. მაღალსიჩქარიანი დამუხტული ნაწილაკების ნაწილი, რომელიც მზის ატმოსფეროში მძლავრი აფეთქებების შემდეგ კოსმოსურ სივრცეში გამოიყვანება, „ვან ალენის სარტყელში“ გადის და დედამიწის ატმოსფეროში ხვდება. ამ ნაწილაკების მიერ შექმნილი მაგნიტური ველი დედამიწის მაგნიტურ ველს აძლიერებს და წამოიქმნება მაგნიტური ქარიშხალი. მაგნიტური ქარიშხლის დროს ფერხდება რადიოკავშირი, ადამიანების ჯანმრთელობის მდგომარეობა უარესდება, ხოლო ჩრდილოეთი პოლუსის მახლობელ ტერიტორიებზე წარმოიქმნება პოლარული ციალი და ა.შ.

შეჯინილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუაო

2

ამოცანა. რა მიმართულება ექნება დედამიწის ჩრდილოეთ ან სამხრეთ მაგნიტურ პოლუსებზე ძაფზე დაკიდებულ მაგნიტურ ისარს?



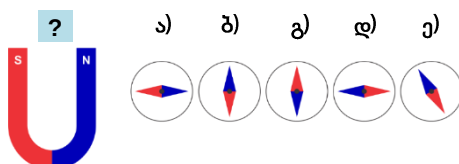
რა შეიტყვით?

• **სამუშაო რეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:**

1. კომპასის ისარი მიმართულია დედამიწის ჩრდილოეთი პოლუსისკენ იმიტომ, რომ ...
2. კომპასის ისარი მიმართულია დედამიწის სამხრეთი პოლუსისკენ იმიტომ, რომ ...
3. „ვან ალენის სარტყელი“ ... დედამიწას.
4. „მაგნიტური ქარიშხალი“ ...

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

- როგორ იქნება მიმართული ნალისებრი მაგნიტის პოლუსებს შორის მოთავსებული მაგნიტური ისრის ბოლოები?



- რა მოხდებოდა დედამიწის მაგნიტური ველის გაქრობის შემთხვევაში?
- რა არის მაგნიტური ქარიშხლის წარმოშობის მიზეზი?
- როგორ იქნება მიმართული მაგნიტური ისრის ბოლოები მთვარის ზედაპირზე?

2.5 წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ველი

როგორც იცით, ნებისმიერი დენიანი გამტარის ირგვლივ იქმნება მაგნიტური ველი. მაგრამ დენიანი გამტარები შეიძლება სხვადასხვა ფორმის იყოს, მათში გამავალი დენის ძალაც შესაძლოა განსხვავდებოდეს.



- რით განსხვავდება ასეთი დენიანი გამტარების მაგნიტური ველები ერთმანეთისაგან?
- შესაძლებელია თუ არა მაგნიტური ველის მოქმედების გაძლიერება?

კვლევითი სამუშაო

1

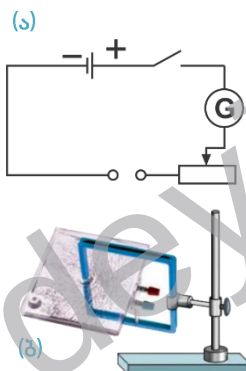
წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ინდუქციის წირები.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ლაბორატორიული ნაკრები „მაგნიტური ველი“, მუდმივი დენის წყარო, გალვანომეტრი, რეოსტატი, ჩამრთველი, რკინის ნაქლიბი, მაგნიტური ისრები (4-5 ცალი), არამაგნიტური შტატივი, შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. აანწყვეთ ნახატზე მოცემული წრედი (ა). 2. შტატივზე დაამაგრეთ მოწყობილობა, რომელიც შედგება დენიანი ჩარჩოს ვერტიკალურ ნაწილზე მართობულად დამაგრებული ფირფიტისაგან (ეს მოწყობილობა არის ლაბორატორიულ ნაკრებში) (ბ). 3. მიერთეთ მოწყობილობის კლემებთან წრედის თავისუფალი ბოლოები და ჩართეთ ჩამრთველი. ფირფიტის ზედაპირზე დაყარეთ რკინის ნაქლიბი და დააკვირდით წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ველის ძალწირების ფორმას. 4. გამოორთეთ ჩამრთველი და რკინის ნაქლიბის მაგივრად დენიანი გამტარის ირგვლივ მოათავსეთ მაგნიტური ისრები. შეკარით წრედი და განსაზღვრეთ ინდუქციის ვექტორის მიმართულება წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ველის სხვადასხვა წერტილში. 5. შეცვალეთ დენის მიმართულება გამტარში (ამისათვის გადაანაცვლეთ კლემებთან მიერთებული გამტარები) და გაიმეორეთ ცდა მაგნიტური ისრების გამოყენებით. ყურადღება მიაქციეთ მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულებას.

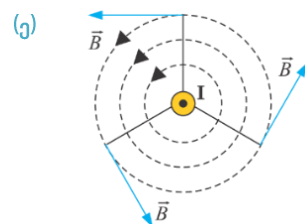
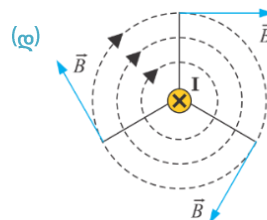
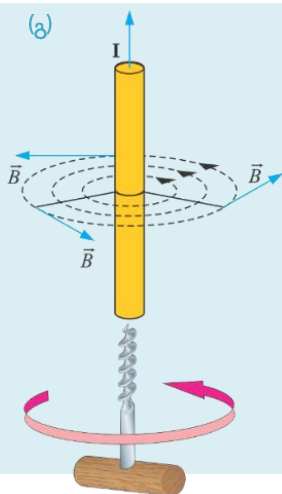
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორი ფორმა აქვს წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ინდუქციის წირებს?
- როგორ იცვლება მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულება გამტარში დენის გაგლის დროს – ვერტიკალურად ქვევით და ვერტიკალურად ზევით?



წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ინდუქციის წირები. კვლევამ გვიჩვენა, რომ წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ინდუქციის წირები წარმოადგენს კონცენტრულ წრეწირებს დენიანი გამტარის ირგვლივ, რომლებიც განლაგებულია გამტარის პერპენდიკულარულ სიბრტყეებში. გამტარში დენის მიმართულების შეცვლისას მაგნიტური ისრები 180° -ით შემობრუნდება. ეს ნიშნავს, რომ დენის მიერ შექმნილი მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულება დამოკიდებულია გამტარში დენის მიმართულებაზე. მაგნიტური ისრების გამოყენების გარეშე მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულება შეგვიძლია განვსაზღვროთ ორი წესით: *მარჯვენა ხრახნის (ბურღის) წესით* ან *მარჯვენა ხელის წესით*.

მარჯვენა ხრახნის (ბურღის) წესი წრფივი დენიანი გამტარისთვის: თუ მარჯვენა ხრახნის (ბურღის) გადაადგილების მიმართულება ემთხვევა გამტარში დენის მიმართულებას, ბურღის ტარის ბრუნვის მიმართულება გვაჩვენებს ამ დენის მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მიმართულებას (ა).



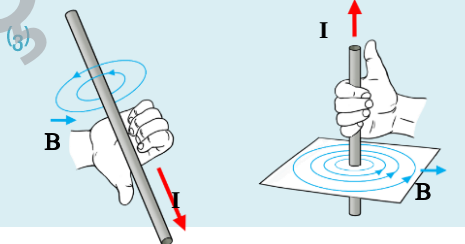
თუ დენიანი გამტარი ნახატის სიბრტყის მართობულია (პერპენდიკულარულია), მას ნახატზე აღნიშნავენ წრეწირში ჩახატული წერტილით ან ჯვრით:

თუ დენი მიმართულია პერპენდიკულარულად, ჩვენგან ფურცლისკენ, მას აღნიშნავენ წრეწირში ჩახატული ჯვრით (ბ);

ხოლო თუ დენი მიმართულია პერპენდიკულარულად, ფურცლიდან ჩვენკენ, მას აღნიშნავენ წრეწირში ჩახატული წერტილით (გ).

ასეთი დენებისთვის მარჯვენა ბურღის წესის გამოყენებით ადვილად შეგვიძლია განვსაზღვროთ, რომ ჩვენგან ფურცლის მართობულად მიმართული დენის მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი მიმართულია საათის ისრის ბრუნვის მიმართულებით (იხ. ბ); ფურცლის სიბრტყის მართობულად, ჩვენკენ მომართული დენის მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი მიმართულია საათის ისრის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით (იხ. გ).

მარჯვენა ხელის წესი წრფივი დენიანი გამტარისთვის: თუ წარმოვიდგენთ, რომ დენიანი გამტარი გვიჭირავს მარჯვენა ხელში ისე, რომ ცერი მიმართულია დენის გასწვრივ, დანარჩენი ოთხი მოხრილი თითი მიმართული იქნება მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულებით (დ).



ყურადღება! • მაგნიტური ველის ინდუქციის წირები, რომლებიც ნახატის სიბრტყის მართობულია, სქემებზე გამოისახება ჯვრებისა და წერტილების სისტემის სახით. თუ მაგნიტური ინდუქციის ვექტორს ისრის სახით წარმოვიდგენთ (**ზ**), ჩვენსენ მომართულ ინდუქციის ვექტორს წერტილის სახე ექნება (თითქოს ჩვენსენ მომავალი ისრის წვერს ვხედავთ), ჩვენგან მიმართულ ინდუქციის ვექტორს – ჯვრის სახე, (თითქოს ჩვენგან მიმავალი ისრის ბოლოს ვხედავთ) (იხ. **ზ**). მაგალითად, ნახატზე მაგნიტური ინდუქციის წირები, ნახატის სიბრტყეში, გამოსახულია ჯვრებითა და წერტილებით გამტარის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს, გამტარში დენის მიმართულების მიხედვით (**თ**). ეს აღნიშვნები გაკეთებულია მარჯვენა ხელის წესის ან ბურლის წესის შესაბამისად.

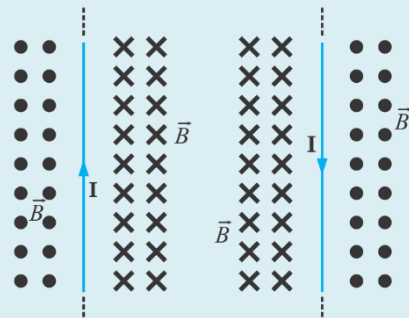
(ზ)

B ინდუქციის ვექტორი



- **B** მიმართულია პერპენდიკულარულად, ნახატის სიბრტყიდან ჩვენსენ
- × **B** მიმართულია პერპენდიკულარულად, ჩვენგან ნახატის სიბრტყისკენ

(თ)



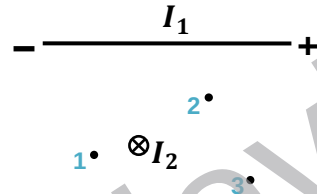
შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. სამუშაო რეეულში გადაიხაზეთ მოცემული სქემები და განსაზღვრეთ:

- I_1 დენის მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულება;
- I_2 დენის მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მიმართულება წერტილებში 1, 2 და 3.



რა შეიტყავით?

• სამუშაო რეეულში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. მარჯვენა ხელის წესი წრფივი დენიანი გამტარისათვის: ...;
2. მარჯვენა ბურლის წესი წრფივი დენიანი გამტარისათვის: ...;
3. მაგნიტური ინდუქციის წირები, რომლებიც მიმართულია პერპენდიკულარულად, ნახატის სიბრტყიდან ჩვენსენ ...;
4. მაგნიტური ინდუქციის წირები, რომლებიც მიმართულია პერპენდიკულარულად, ჩვენგან ნახატის სიბრტყისკენ ...

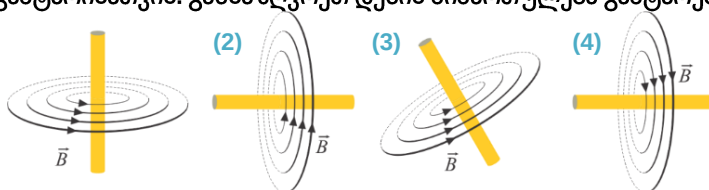
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რაზეა დამოკიდებული დენის მიერ შექმნილი ველის მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულება?
2. როგორია მარჯვენა ხელის წესი წრფივი დენიანი გამტარისათვის?
3. როგორ გამოისახება წრფივი დენიანი გამტარი სქემაზე, თუ ის მიმართულია ნახატის სიბრტყის მართობულად?
4. როგორ არის მიმართული ინდუქციის ვექტორი მაგნიტური ველის ნებისმიერ წერტილში, თუ დენიანი გამტარი ნახატის სიბრტყის მართობულია?

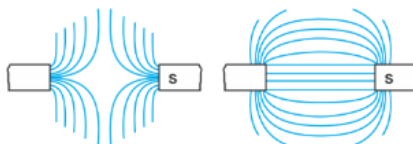
სავარჯიშო

2.2

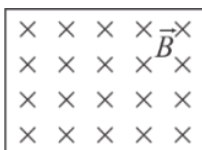
1. ნახატზე წარმოდგენილია მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულება ოთხი დენიანი გამტარისათვის. განსაზღვრეთ დენის მიმართულება გამტარებში.



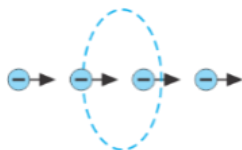
2. ნახატზე წარმოდგენილია მუდმივი მაგნიტების ინდუქციის წირები. განსაზღვრეთ მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულება და მაგნიტების უცნობი პოლუსები.



3. ნახატზე წარმოდგენილია ერთგვაროვანი მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორი. ნახატის სიბრტყის რომელ მხარეს არის მაგნიტური ველის ჩრდილოეთი პოლუსი: ნახატის სიბრტყის წინ თუ უკან?



4. ნახატზე ნაჩვენებია ელექტრონების ნაკადის მიმართულება. განსაზღვრეთ ელექტრონების ნაკადის მიერ შექმნილი მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მიმართულება.



5. დენიანი გამტარი ნახატის სიბრტყის მართობულია, რომელ სქემაზეა სწორად ნაჩვენები ამ დენის მაგნიტური ველის ინდუქციის წირები?



- ა) 1 და 2; ბ) 3 და 4; გ) მხოლოდ 3; დ) 2 და 3; ე) 1 და 4.



- რა განსხვავებაა წრიული ფორმის დენიანი გამტარის მაგნიტურ ველსა და წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტურ ველს შორის?
- რა არის კოჭა? როგორ წარმოგიდგენიათ დენიანი კოჭას მაგნიტური ინდუქციის წირები?
- როგორ გავარკვეოთ წრიული დენიანი გამტარისა და დენიანი კოჭას ინდუქციის წირების მიმართულება?

კვლევითი სამუშაო

1

წრიული დენის მაგნიტური სპექტრი

სამუშაოსთვის საჭიროა: ლაბორატორიული ნაკრები „მაგნიტური ველი“, მუდმივი დენის წყარო, გალვანომეტრი, რეოსტატი, ჩამრთველი, რკინის ნაქლიბი, შემაერთებელი გამტარები.

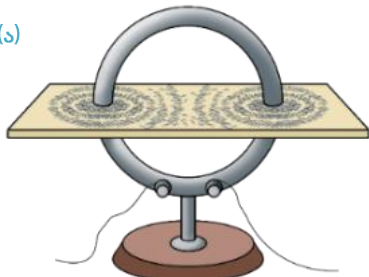
სამუშაოს მსვლელობა:

1. აანწყვეთ მიმდევრობითი ელექტრული წრედი (იხ. გვ. 60) და წრედის თავისუფალი ბოლოები მიაერთეთ წრიული გამტარის კლემებს.
2. დაყარეთ რკინის ნაქლიბი ფირფიტის ზედაპირზე, რომელიც დამაგრებულია წრიულ გამტარზე და გადის მის ცენტრზე. ჩართეთ ჩამრთველი. ფრთხილად დააკაკუნეთ ფირფიტაზე და დააკვირდით მიღებულ წრიული დენის მაგნიტურ სპექტრს (ა).
3. შეცვალეთ წრიული დენის მიმართულება და დააკვირდით მომხდარ ცვლილებებს.

იმსჯელებზე შედეგები:

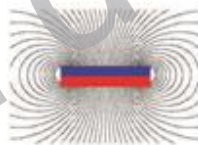
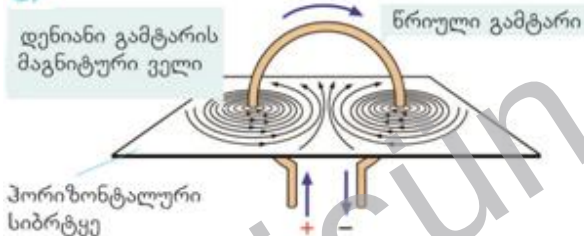
- როგორი ფორმა აქვს წრიული დენის მაგნიტურ სპექტრს?
- რა დაინახეთ წრიული დენის მიმართულების შეცვლის შემდეგ?
- როგორ შეიძლება წრიული დენის მაგნიტური ველის ინდუქციის წირების მიმართულების განსაზღვრა?

(ა)



წრიული დენის მაგნიტური ველი. წრიული დენის მაგნიტური სპექტრი იმ სურათის მსგავსია, რომელსაც მუდმივი ზოლისებრი მაგნიტის ინდუქციის წირები ქმნის (ბ).

(ბ)

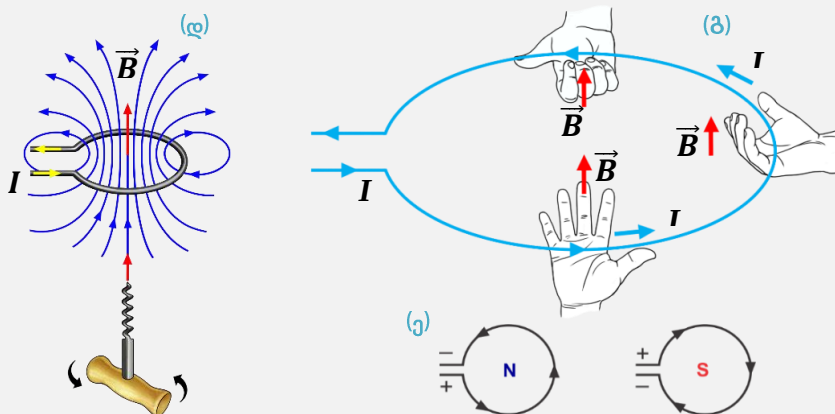


წრიული დენის მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულებას განსაზღვრავს დენის მიმართულება და მისი დადგენა შეიძლება მაგნიტური ისრის საშუალებით. თუ მაგნიტური ისარი არ გვაქვს, შეიძლება გამოვიყენოთ მარჯვენა ხელის წესი ან ბურღის წესი.

ბურღის წესი წრიული დენისათვის: თუ ბურღის ტარს წრიული დენის მიმართულებით ვაბრუნებთ, ბურღის წვერის გადაადგილების მიმართულება გვიჩვენებს მაგნიტური ველის ინდუქციის წირების მიმართულებას წრის შიგნით (დ).

მარჯვენა ხელის წესი წრიული დენისათვის: თუ წარმოვიდგენთ, რომ მარჯვენა ხელი მოვკიდეთ წრიულ დენიან გამტარს ისე, რომ ცერი მიმართულია დენის გასწვრივ, დანარჩენი ოთხი მოხრილი თითი მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულებას გვიჩვენებს (გ).

წრიული დენის სიბრტყის ის მხარე, საიდანაც მაგნიტური ინდუქციის წირები გამოდის, მაგნიტური ველის ჩრდილოეთი პოლუსია, ის მხარე, რომელშიც მაგნიტური ინდუქციის წირები შედის, სამხრეთი პოლუსია (ე).

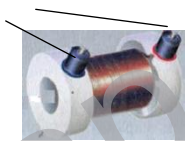


დენიანი კოჭას მაგნიტური ველი.

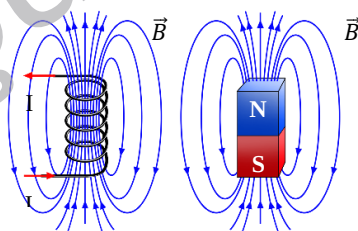
რა არის კოჭა? კოჭას მივიღებთ, თუ პლასტმასის ან მუყაოს გულარზე იზოლირებული გამტარის მრავალ ხვიას დავახვევთ. კოჭას თავისუფალი ბოლოები მიერთებულია კლემებთან (ვ). შეგვიძლია ვთქვათ, რომ კოჭა წრიული გამტარია.

დენიანი კოჭას მაგნიტური ინდუქციის წირების გამოსახულება შეიძლება ვნახოთ რკინის ნაქლიბის საშუალებით. ამისთვის მოსახერხებელია გამოვიყენოთ კოჭას გამარტივებული ვარიანტი – ორგანული მინის ფირფიტის ორ რიგად გაკეთებულ ხვრელებში გავატაროთ გამტარი. ფირფიტის ზედაპირზე დავყაროთ რკინის ნაქლიბი. მუდმივი დენის წყაროსთან კოჭას მიერთების შემდეგ რკინის ნაქლიბი ფირფიტის ზედაპირზე წარმოქმნის დენიანი კოჭას მაგნიტური ინდუქციის წირების სურათს. ეს სურათი ზოლისებრი მუდმივი მაგნიტის ინდუქციის წირების მსგავსია (ზ).

(ვ)
კოჭა

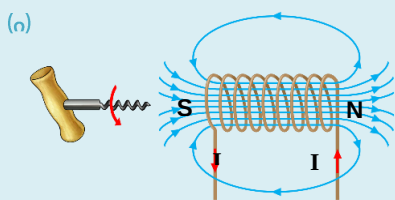


(ზ)

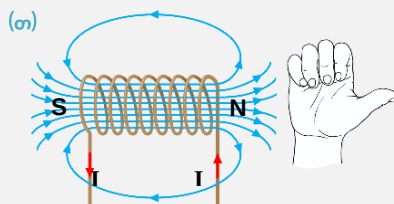


დენიან კოჭას, ისევე როგორც ზოლისებრ მაგნიტს, ორი პოლუსი აქვს: ჩრდილოეთი და სამხრეთი. დენიანი კოჭას პოლუსები განლაგებულია მის კიდეებზე და მათი განსაზღვრა ადვილად შეიძლება მარჯვენა ხელის წესით ან ბურლის წესით.

ბურლის წესი დენიანი კოჭასთვის: თუ ბურღს კოჭაში გამავალი დენის მიმართულებით დავატრიალებთ, ბურღის წვერის გადაადგილების მიმართულება გვიჩვენებს მაგნიტური ველის ინდუქციის წირების მიმართულებას კოჭას შიგნით (ი).



მარჯვენა ხელის წესი დენიანი კოჭასთვის: თუ კოჭას მარჯვენა ხელით დავიჭერთ ისე, რომ ოთხი მოხრილი თითი მიმართული იქნება ხვებში დენის მიმართულებით, გამართული ცერი გვიჩვენებს მაგნიტური ველის ინდუქციის წირების მიმართულებას კოჭას შიგნით (თ).

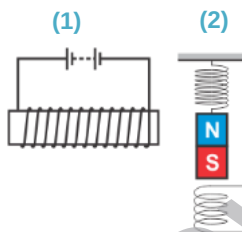


შეპენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევის საშუალო 2

ამოცანა. საშუალო რვეულში გადაიხაზეთ მოცემული სქემები.

1. დახაზეთ დენიანი კოჭას მაგნიტური ინდუქციის წირები, აღნიშნეთ მათი მიმართულება და განსაზღვრეთ კოჭას მაგნიტური პოლუსები (1).
2. კოჭას ზევით დრეკად ზამბარაზე დაკიდებულია მაგნიტი (2). როგორ „მოიქცევა“ მაგნიტი წრედის შეკვრის შემდეგ? რატომ?



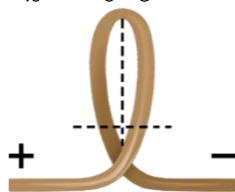
რა შევითყვით

• საშუალო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. წრიული დენიანი გამტარის მაგნიტური ველი არის ...
2. ბურღის წესი დენიანი კოჭასთვის: ...
3. მარჯვენა ხელის წესი დენიანი კოჭასთვის: ...

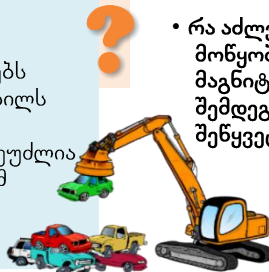
შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. რით განსხვავდება დენიანი კოჭას მაგნიტური სპექტრი წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური სპექტრისაგან?
2. ჩამოაყალიბეთ ბურღის წესი დენიანი კოჭასთვის.
3. როგორ არის შესაძლებელი წრიული დენის ან დენიანი კოჭას მაგნიტური ველის პოლუსების შეცვლა?
4. ნახატის მიხედვით განსაზღვრეთ წრიული დენის მაგნიტური ველის პოლუსები.



2.7 ელექტრომაგნიტი და მისი გამოყენება

ალბათ, ყურადღება მიგიქცევიათ ფილმის კადრებისთვის, სადაც ამავე სპეციალური მაგნიტური მონწყობილობის საშუალებით იღებს მეტალის მძიმე საგანს, მაგალითად ავტომობილს და საჭირო ადგილზე გადააქვს. ე. ი. ამ მონწყობილობას, საჭიროების შემთხვევაში, შეუძლია ძლიერი მაგნიტური მოქმედება, შემდეგ კი ამ მოქმედების შეწყვეტა (განმაგნიტება).



- რა აძლევს ამ მონწყობილობებს ძლიერი მაგნიტური მოქმედების, შემდეგ კი ამ მოქმედების შეწყვეტის უნარს?

პვლეპითი საშუალო 1

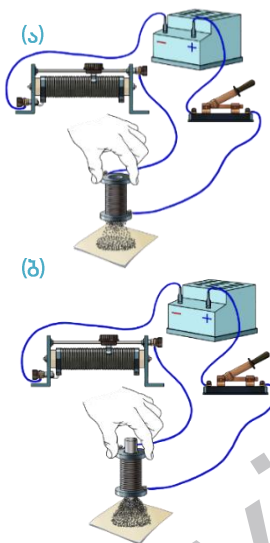
რაზე დამოკიდებულია დენიანი კოჭას მაგნიტური მოქმედება?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ორი კოჭა სხვადასხვა რაოდენობის ხვიებით, დენის წყარო, რეოსტატი, ჩამრთველი, რკინის ნაქლიბი, რკინის გულარი, შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. აანწყვეთ დენის წყაროს, რეოსტატის, კოჭასა და ჩამრთველისაგან შედგენილი მიმდევრობითი ელექტრული წრედი. 2. ჩართეთ ჩამრთველი და დენიანი კოჭას ერთი ბოლო (რომელზეც წინასწარ ქაღალდი დაანებეთ), შეახეთ რკინის ნაქლიბს. კოჭა ზევით ასწიეთ და დააკვირდით მოვლენებს (ა). 3. რეოსტატის საშუალებით გაზარდეთ ან შეამცირეთ კოჭაში გამავალი დენის ძალა. დააკვირდით, როგორ იცვლება დენიანი კოჭას მაგნიტური მოქმედება. 4. ცდა გაიმეორეთ მეორე კოჭას გამოყენებით, რომელზეც ხვიების რაოდენობა მეტია. 5. მოათავსეთ კოჭაში რკინის გულარი და გაიმეორეთ ცდა. დააკვირდით, როგორ შეიცვალა კოჭას მაგნიტური მოქმედება ამ შემთხვევაში (ბ).

იმსჯელები შედეგებზე:

- როგორ არის დამოკიდებული დენიანი კოჭას მაგნიტური მოქმედება დენის ძალაზე, ხვიათა რიცხვსა და კოჭაში რკინის გულარის არსებობაზე?



1820 წელს ფრანგმა მეცნიერმა ა. ამპერმა დენიანი კოჭას მაგნიტური ველის შესწავლის დროს დაადგინა, რომ კოჭას მაგნიტური მოქმედება დამოკიდებულია მასში გამავალი დენის ძალაზე: დენის ძალის გაზრდით იზრდება კოჭას მაგნიტური მოქმედება, ხოლო კოჭაში დენის შეწყვეტით კოჭა კარგავს მაგნიტურ თვისებებს.

1825 წელს ინგლისელმა გამომგონებელმა უ. სტერჯენმა დენიან კოჭაში რკინის გულარი მოათავსა და დაადგინა, რომ კოჭას მაგნიტური მოქმედების უნარი გაიზარდა.



უილიამ სტერჯენი
(1783-1850)
ინგლისელი ფიზიკოსი და
გამომგონებელი

- პირველი ელექტრომაგნიტისა და ელექტროძრავის გამომგონებელი.

1828 წელს ამერიკელმა ფიზიკოსმა ჯ. ჰენრიმ დაადგინა, რომ ელექტრო-მაგნიტის ხვეების რიცხვის გაზრდით შეიძლება მნიშვნელოვნად გავზარდოთ მისი მაგნიტური მოქმედების უნარი. ამ თვისების გამოყენებით მან შექმნა ელექტრომაგნიტური ამწე, რომელსაც რკინის მძიმე ტვირთის აწევა შეეძლო.

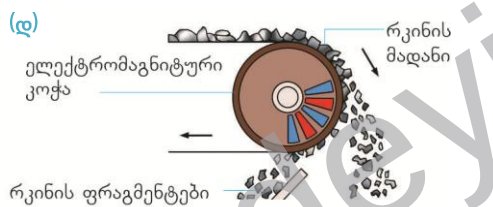


ჯოზეფ ჰენრი
(1797-1878)
ამერიკელი ფიზიკოსი
და გამომგონებელი.

• პირველი ელექტრომაგნიტური ამწეს გამო-გონებული. 1831 წელს მან წარმოადგინა ელექტრომაგნიტური ამწე, რომელსაც შეეძ-ლო 1000 კგ ტვირთის აწევა. ეს ამწე ინახე-ბა სმიტსონის უნივერსიტეტის მუზეუმში, ვაშინგტონში.

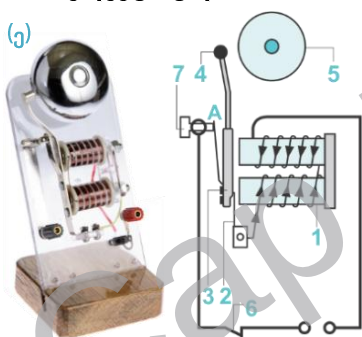
• კოჭას, რომელსაც რკინის გულარი აქვს, **ელექტრომაგნიტი ეწოდება.**

ელექტრომაგნიტის მაგნიტური მოქმედება მნიშვნელოვნად არის დამოკი-დებული ხვეების რაოდენობასა და დენის ძალაზე, რომელიც ხვეებში გადის. ცდებით დადგინდა, რომ ხვეების რაოდენობისა და მათში გამავალი დენის ძალის გაზრდით ელექტრომაგნიტის მაგნიტური მოქმედების უნარი იზრდება, დენის შეწყვეტის შემდეგ კი ელექტრომაგნიტი კარგავს მაგნიტურ თვისებებს (განმაგნიტდება). ყოფა-ცხოვრებაში, ტექნიკაში, წარმოებაში, მედიცინასა და სხვაგან ფართოდ გამოიყენება ელექტრომაგნიტის ამ თვისების საფუძველზე შექმნილი მრავალი ხელსაწყო და მოწყობილობა. მაგალითად, რკინის მძიმე ნივთების გადასატვირთად გამოიყენება ელექტროამწეები (ა). საბადოებზე რკინის ფრაგმენტებისა და სხვა შემადგენელი ელემენტების განცალკე-ვებისათვის გამოიყენება ელექტრომაგნიტური სეპარატორები (მბრუნავი ელექტრომაგნიტური კოჭა) (დ).



ჩვენი სასკოლო ზარის ძირითადი ნაწილიც ელექტრომაგნიტია. გავეცნოთ მის მოწყობილობას და მუშაობის პრინციპს.

ელექტრული ზარის მოწყობილობა და მუშაობის პრინციპი. ელექტრული



ზარის ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია: ელექ-ტრომაგნიტი (1), ფოლადის დრეკადი ზამბარა (2), მასთან მიერთებული რკინის ლუზა (3), ლუ-ზის ბოლოზე დამაგრებული პატარა ჩაქუჩი (4), მეტალის ზარხუფი, რომელიც ხმას გამოსცემს (5). ელექტროზარის ჩამრთველზე (6) თითის და-ჭერის დროს წრედი იკვრება, ელექტრომაგნიტში გადის დენი და ის მაგნიტდება. ლუზაზე დამაგ-რებული ჩაქუჩი ელექტრომაგნიტისკენ მიიზი-დება და ეჯახება ზარხუფს, რომელიც ხმას გა-მოსცემს. მაგრამ ელექტრომაგნიტისკენ მოძრა-

ობის დროს ღუზა შორდება კონტაქტს (7) და წრედი A წერტილში განწყდება: ელექტრული დენი წრედში წყდება და ელექტრომაგნიტი განმაგნიტდება (ე).

ამ დროს დრეკადი ზამბარა უკან აბრუნებს ღუზას, რითაც წრედი A წერტილში ისევ შეიკვრება და პროცესი მეორდება. ეს პროცესი მეორდება მთელი იმ ხნის განმავლობაში, სანამ ელექტროზარის ჩამრთველს თითხ ვაჭერთ.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევის საშუალო 2

ელექტრომაგნიტური ამნის მოდელი.

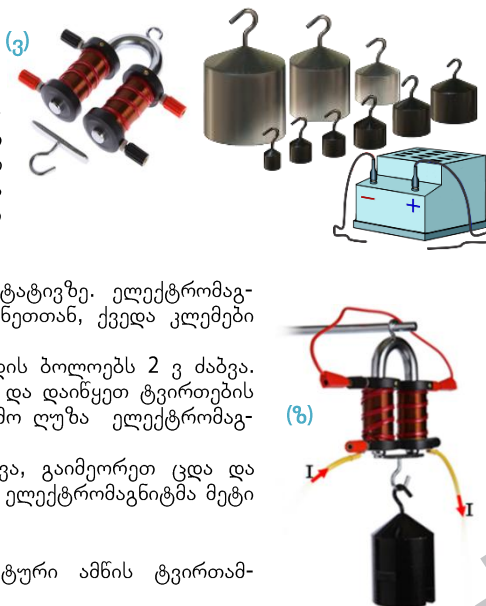
სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტრომაგნიტური ამნის მოდელი (ელექტრომაგნიტები – 2 ცალი, რკინის ღუზა, რომელსაც კავი აქვს), ტვირთების ნაკრები (ვ), დენის წყარო (გამმართველი), შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ელექტრომაგნიტური ამნე დაკიდეთ შტატივზე. ელექტრომაგნიტის ზედა კლემები შეაერთეთ ერთმანეთთან, ქვედა კლემები მიაერთეთ გამმართველთან (ზ).
2. ჩართეთ გამმართველი, მიანოდეთ წრედის ბოლოებს 2 ვ ძაბვა. მიადეთ რკინის ღუზა ელექტრომაგნიტს და დაინწყეთ ტვირთების დაკიდება, ვიდრე ტვირთის სიმძიმის გამო ღუზა ელექტრომაგნიტს არ მოსწყდება.
3. მიანოდეთ წრედის ბოლოებს 4 ვ ძაბვა, გაიმეორეთ ცდა და გაარკვიეთ, რომელ შემთხვევაში შეაკავა ელექტრომაგნიტმა მეტი ტვირთი.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რაზეა დამოკიდებული ელექტრომაგნიტური ამნის ტვირთამწეობა?



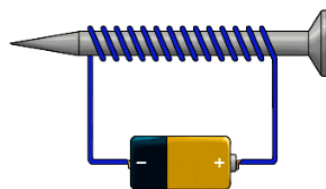
რა შევითყვით

• **სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:**

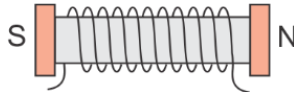
1. ელექტრომაგნიტი არის ...
2. ელექტრომაგნიტის მაგნიტური მოქმედება დამოკიდებულია: ა) ..., ბ) ...
3. ელექტრომაგნიტები გამოიყენება ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

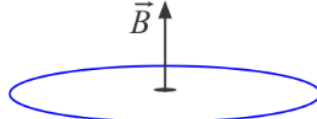
1. როგორ არის შესაძლებელი დენიანი კოჭას მაგნიტური მოქმედების გაზრდა?
2. რა არის ელექტრომაგნიტი და რა მიზნებისთვის გამოიყენება?
3. ახსენით ელექტრული ზარის მუშაობის პრინციპი.
4. დაახვეთ რკინის ღურსმანს იზოლირებული გამტარი და მისი ბოლოები შეაერთეთ ბატარეასთან. მიიღებთ მარტივ ელექტრომაგნიტს. გაარკვიეთ ამ ელექტრომაგნიტის პოლუსები.



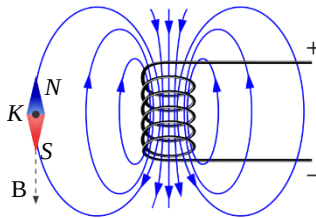
1. ნახატზე ნაჩვენებია დენიანი კოჭას მაგნიტური ველის პოლუსები. განსაზღვრეთ კოჭაში გამავალი დენის მიმართულება.



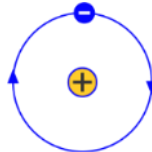
2. წრიული დენიანი გამტარის მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორი ზევითაა მიმართული. განსაზღვრეთ გამტარში დენის მიმართულება.



3. ნახატზე წარმოდგენილია დენიანი კოჭას მაგნიტური ინდუქციის წირები. სწორად არის თუ არა ნაჩვენები ინდუქციის ვექტორის მიმართულება K წერტილში?



4. ნახატზე წარმოდგენილია წყალბადის ატომის სქემატური გამოსახულება. განსაზღვრეთ ატომის მაგნიტური ველის პოლუსები.



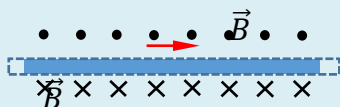
5. რა ხერხითაა შესაძლებელი დენიანი კოჭას მაგნიტური პოლუსების შეცვლა?

6. როგორ არის შესაძლებელი დენიანი კოჭას მაგნიტური მოქმედების გაზრდა?

1. დენის ძალის გაზრდით;
 2. სვეების რაოდენობის შემცირებით;
 3. კოჭაში ალუმინის გულარის შეტანით;
 4. კოჭაში რკინის გულარის შეტანით;
 5. სვეების რაოდენობის გაზრდით.
- ა) 1, 4 და 5; ბ) 2 და 3; გ) 1, 2 და 3; დ) მხოლოდ 5; ე) 1 და 5.

2.8 დენების მაგნიტური ურთიერთქმედება

ნახატზე წარმოდგენილია დენიანი გამტარის გარკვეული ნაწილი და მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულება.



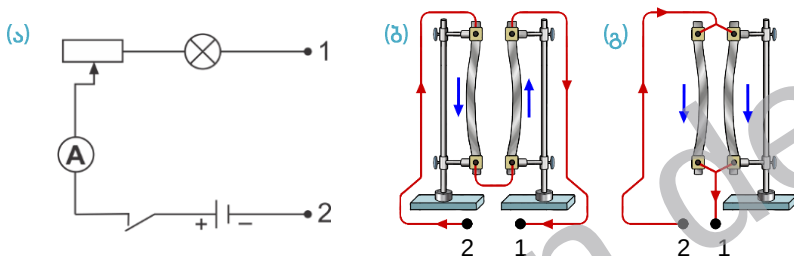
- მაგნიტური ველის რომელი პოლუსებია განლაგებული დენიანი გამტარის „ზედა“ და „ქვედა“ მხარეს?
- როგორი ურთიერთქმედება აღიძვრება დენიან გამტარებს შორის, თუ ერთი დენიანი გამტარის პარალელურად მეორე ასეთივე დენიან გამტარს მოვთავსებთ? რატომ?

კვლევის საშუალო 1

დენიანი გამტარების მაგნიტური ურთიერთქმედება.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ალუმინის ფოლგისაგან დამზადებული ორი გამტარი, მუდმივი დენის წყარო, რეოსტატი, ნათურა, ამპერმეტრი, ჩამრთველი, დიელექტრიკული შტატივი (2 ცალი), შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. ააწყვეთ მიმდევრობით შეერთებული დენის წყაროს, რეოსტატის, ამპერმეტრის, ნათურისა და ჩამრთველისაგან შედგენილი ელქტრული წრედი. ნათურის მომჭერი 1 და დენის წყაროს მომჭერი 2 თავისუფალი დატოვეთ (ა). 2. ალუმინის ფოლგისაგან გამოჭრილი გამტარები მომჭერების საშუალებით ერთმანეთის პარალელურად დაამაგრეთ შტატივებზე და ამავე მომჭერებთან მიაერთეთ შემაერთებელი გამტარები, როგორც ნაჩვენებია ნახატზე (ბ). 3. შეკარით წრედი, რისთვისაც წრედის გამოსასვლელებთან 1 და 2 მიაერთეთ შემაერთებელი გამტარების თავისუფალი ბოლოები. განსაზღვრეთ რა სახის ურთიერთქმედება ხდება პარალელურ დენიან გამტარებს შორის. 4. შეისწავლეთ, როგორ იცვლება პარალელურ გამტარს შორის ურთიერთქმედება წრედში დენის ძალის გაზრდისა და შემცირების დროს, მათ შორის მანძილის ცვლილების დროს. 5. განწყვიტეთ წრედი და პარალელური გამტარები ისე შეაერთეთ, რომ მათში ერთი და იმავე მიმართულების დენი გადიოდეს (გ). შეკარით წრედი და გაარკვიეთ, რა სახის ურთიერთქმედება წარმოიქმნება პარალელურ გამტარებს შორის.



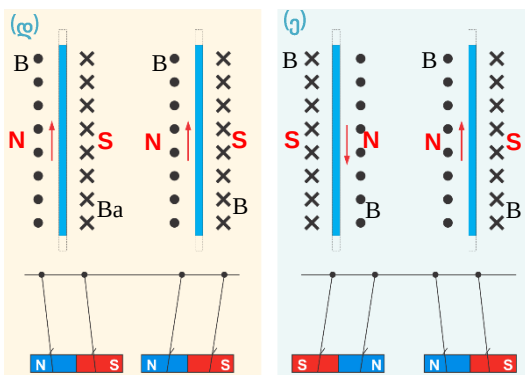
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ განიზიდება პარალელური გამტარები, როცა მათში დენები საპირისპირო მიმართულებისა და რატომ მიიზიდება, როდესაც მათში ერთი მიმართულების დენები გადის?
- როგორ არის დამოკიდებული პარალელური დენების ურთიერთქმედება დენის ძალასა და გამტარებს შორის მანძილზე?

1820 წელს ამპერმა პარალელურ დენიან გამტარებზე მრავალრიცხოვანი ცდის შედეგად განსაზღვრა, რომ ამ გამტარებს შორის, როგორც მუდმივი მაგნიტებს შორის, მაგნიტური ურთიერთქმედება არსებობს:

- დენიანი გამტარები თავიანთ ირგვლივ წარმოქმნილი მაგნიტური ველის საშუალებით ურთიერთქმედებენ.

დენიან გამტარებს შორის მაგნიტური ურთიერთქმედება შეიძლება მიზიდვის ან განზიდვის ხასიათის იყოს. ეს დამოკიდებულია გამტარებში გამავალი დენების მიმართულებებზე. ბურლის (ან მარჯვენა ხელის) წესის გამოყენებით შეგვიძლია ადვილად ვნახოთ, რომ, თუ პარალელურ გამტარებში ერთი და იმავე მიმართულების დენები გადის, მათ შორის სივრცეში წარმოიქმნება



მაგნიტური ველები საწინააღმდეგო პოლუსებით. ამ დროს გამტარები მიიზიდავენ ერთმანეთს, როგორც ძაფებზე დაკიდებული მუდმივი მაგნიტები (ა). პარალელურ გამტარებში საპირისპირო მიმართულების დენების დროს მათ შორის აღიძვრება მაგნიტური ველების ერთნაირი პოლუსები და გამტარები განიზიდება (ბ).

პარალელური დენიანი გამტარების ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება მაგნიტური ურ-

თიერთქმედების ძალით.

• მაგნიტური ურთიერთქმედების ძალის სიდიდე დამოკიდებულია პარალელურ გამტარებში გამავალი დენების სიდიდეზე, გამტარების სიგრძესა და მათ შორის მანძილზე.

$$F_{\text{მაგნ.}} \sim \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{r}$$

აქ $F_{\text{მაგნ.}}$ პარალელურ დენიან გამტარებს შორის მაგნიტური ურთიერთქმედების ძალის სიდიდეა, I_1 და I_2 – გამტარებში გამავალი დენის ძალები, l – გამტარების სიგრძე, r – მანძილი მათ შორის.

SI სისტემაში დენის ძალის საზომი ერთეულის განსაზღვრება შემოტანილია დენიანი გამტარების მაგნიტური ურთიერთქმედების საშუალებით:

1 ამპერი არის მუდმივი დენის ძალა, რომელიც ორ პარალელურ, უსასრულოდ გრძელ, 1 მეტრით დაშორებულ გამტარებში გავლისას მათი ყოველი 1 მეტრი სიგრძის მონაკვეთებს შორის ვაკუუმში აღძრავს $2 \cdot 10^{-7}$ ნიუტონი სიდიდის ურთიერთქმედების ძალას.

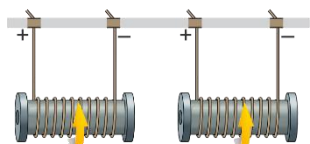
შეპენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. სამუშაო რეულში დახატეთ მოცემული სქემა და განსაზღვრეთ:

- მაგნიტური ველის პოლუსები დენიანი კოჭების ბოლოებზე;
- მაგნიტური ურთიერთქმედების ხასიათი დენიან კოჭებს შორის;
- როგორ შეიცვლება მაგნიტური ურთიერთქმედების ხასიათი მარცხენა კოჭაში დენის მიმართულების შეცვლის შემდეგ?



რა შეიტყავით?

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. დენიანი გამტარები ერთმანეთზე ახდენენ ...
2. პარალელური დენიანი გამტარების მაგნიტური ურთიერთქმედების ძალა ...
3. დენის ძალის ერთეული SI სისტემაში 1 ა - ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. აღიძვრება თუ არა მაგნიტური ურთიერთქმედება პარალელურ გამტარებს შორის, თუ ერთ მათგანში დენი არ გადის? რატომ?
2. აღიძვრება თუ არა ელექტრული ურთიერთქმედების ძალა პარალელურ დენიან გამტარებს შორის? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. რომელ შემთხვევაშია დენიან კოჭებს შორის მაგნიტური ურთიერთქმედების ძალა მეტი: როდესაც კოჭები ერთმანეთის პირდაპირაა თუ როდესაც ერთმანეთის გვერდითაა? რატომ?

2.9

მაგნიტური ველის მოქმედება წრფივ დენიან გამტარზე. მაგნიტური ინდუქციის მოდული



- ამპერის აზრით, რა არის მაგნიტური ველის წარმოქმნის წყარო?
- შეიძლება თუ არა, ამპერის მოსაზრებაზე დაყრდნობით გამოვთქვათ მეორე მოსაზრება: „ყველა მაგნიტური ურთიერთქმედების საფუძველი არის მაგნიტური ველის მოქმედება ელექტრულ დენზე“? რატომ?

ამპერმა ცდებით დაადგინა, რომ ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში ინდუქციის წირების მართობულად ან მათ მიმართ რამე კუთხით მოთავსებულ დენიან გამტარზე მაგნიტური ველი გარკვეული ძალით მოქმედებს.

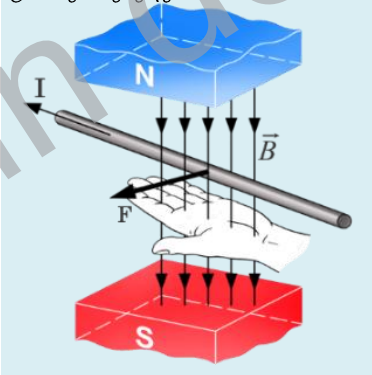
ამ ძალას ამპერის ძალა ეწოდება და მისი მიმართულება დამოკიდებულია მუდმივი მაგნიტის ინდუქციის წირებისა და გამტარში გამავალი დენის მიმართულებაზე. ამპერის ძალის მიმართულება განისაზღვრება მარცხენა ხელის წესით.

რის ტოლია ამპერის ძალის მოდული?
ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მოთავსებულ დენიან გამტარზე მოქმედი ამპერის ძალის მოდული დენის ძალის, მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მოდულის, გამტარის სიგრძისა და დენის მიმართულებასა და მაგნიტური ინდუქციის ვექტორს შორის კუთხის სინუსის ნამრავლის ტოლია:

$$F = IBlsin\alpha.$$

სადაც F ამპერის ძალის მოდულია, I – დენის ძალა გამტარში, B – მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მოდული, l – გამტარის იმ ნაწილის სიგრძე, რომელიც მაგნიტურ ველშია, α – კუთხე დენის მიმართულებასა და მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულებას შორის.

მარცხენა ხელის წესი ამპერის ძალისათვის. მარცხენა ხელი მაგნიტურ ველში ისე უნდა მოვათავსოთ, რომ მაგნიტური ინდუქციის წირები ხელისგულში შედიოდეს, ხოლო გაშლილი ოთხი თითი დენის გასწვრივ იყოს მიმართული. ამ დროს 90° -ით გადახრილი ცერი გვიჩვენებს ამპერის ძალის მიმართულებას, რომელიც დენიან გამტარზე მოქმედებს.



როგორც ფორმულიდან ჩანს, თუ დენიანი გამტარი მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის პარალელურია ($\alpha = 0^\circ$ ან $\alpha = 180^\circ$), დენიან გამტარზე ამპერის ძალა არ მოქმედებს (რადგან $\sin 0^\circ = 0$ და $\sin 180^\circ = 0$): $F = 0$.

თუ დენიანი გამტარი მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მართობულია, ამპერის ძალას მაქსიმალური მნიშვნელობა ექნება, რადგან თუ $\alpha = 90^\circ$ $\sin 90^\circ = 1$:

$$F_{\text{მაგნ.}} = IBl.$$

რის ტოლია მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მოდული? მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მოდული ტოლია ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში ველის ინდუქციის წირების მართობულად მოთავსებულ დენიან გამტარზე მოქმედი ამპერის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობის შეფარდებისა გამტარში გაშვებული დენის ძალისა და გამტარის l სიგრძის ნამრავლთან:

$$B = \frac{F_{\text{მაგნ.}}}{I \cdot l}.$$

SI სისტემაში მაგნიტური ველის ინდუქციის ერთეულს ეწოდება ტესლა (1 ტლ), სერბი მეცნიერის ნიკოლა ტესლას პატივსაცემად.

1 ტლ არის ისეთი ერთგვაროვანი მაგნიტური ველის ინდუქცია, რომელიც მასში მოთავსებული მაგნიტური ინდუქციის წირების მართობული გამტარის 1 მ სიგრძის მონაკვეთზე, რომელშიც 1 ა დენი გადის, 1 ნ ძალით მოქმედებს:

$$[B] = 1 \frac{\text{ნ}}{\text{ა} \cdot \text{მ}} = 1 \frac{\text{კგ}}{\text{ა} \cdot \text{ნ} \cdot \text{მ}^2} = 1 \text{ტლ}.$$

ყურადღება! • მაგნიტური ველის ინდუქცია მაგნიტური ველის მახასიათებელია და არ არის დამოკიდებული მასში შეტანილი გამტარის სიგრძეზე და ამ გამტარში გაშვებული დენის ძალაზე, არამედ დამოკიდებულია თვითონ მაგნიტურ ველზე, მის ბუნებაზე. ეს ნიშნავს, რომ ამ ველის

მაგნიტური ინდუქცია არ არის დამოკიდებული $\frac{F_{\text{მაგნ.}}}{I \cdot l}$ -ზე, რადგან ამპერის ძალა ($F_{\text{მაგნ.}}$), რომელიც ველში მოთავსებულ დენიან გამტარზე მოქმედებს, დენისა ძალისა და გამტარის სიგრძის პირდაპირპროპორციულია.

შეჯინილი ცოდნის გამოყენება



კვლევითი სამუშაო

2

მაგნიტური ველის მოქმედება დენიან გამტარზე.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მცირე ზომის ნალისებრი მაგნიტი (2 ცალი), დიდი ზომის ნალისებრი მაგნიტი (2 ცალი), მუდმივი დენის წყარო, რეოსტატი, ჩამრთველი, მოკლე მსხვილი გამტარი (ab), შემაერთებული გამტარები, არამაგნიტური შტატივი.

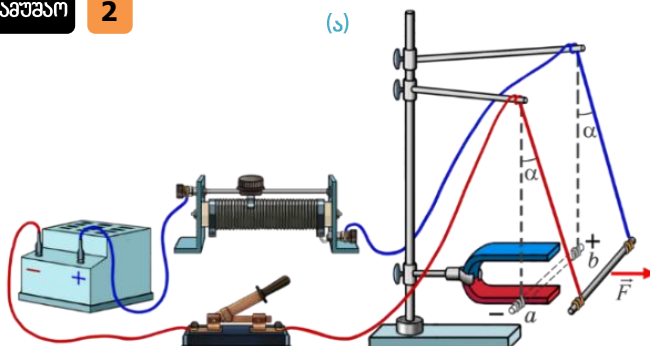
უსაფრთხოების წესები: სამუშაოს ყოველი ეტაპის დაწყების წინ ელექტრული წრედი განწყვეტილი უნდა იყოს.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ნალისებრი მაგნიტი დაამაგრეთ შტატივზე ისე, რომ მიგნიტური ინდუქციის წირები მის პოლუსებს შორის ვერტიკალურად იყოს მიმართული. შემაერთებელ სადენებზე დაკიდებული მსხვილი გამტარი მოათავსეთ ნალისებრი მაგნიტის პოლუსებს შორის, მაგნიტური ინდუქციის წირების მართობულად (ა).



(ა)



2. ჩართეთ ჩამრთველი და დააკვირდით მოვლენებს.
3. გაარკვიეთ, როგორ არის ამპერის ძალის მიმართულება დამოკიდებული:
 - ა) მაგნიტის გადაბრუნებით გამოწვეული მაგნიტის პოლუსების მდებარეობის ცვლილებაზე;
 - ბ) დენის წყაროს კლემებზე შემაერთებული სადენების ადგილის ცვლილებაზე.
4. გაარკვიეთ, რომელ სიდიდეებზე და როგორ არის დამოკიდებული ამპერის ძალის მოდული:
 - ა) გამტარში გამავალი დენის ძალაზე, რომლის შეცვლა შესაძლებელია რეოსტატის საშუალებით;
 - ბ) მაგნიტური ველის ინდუქციაზე, რომლის ცვლილება შესაძლებელია ერთი მაგნიტის მეორე, უფრო მძლავრი მაგნიტით შეცვლით;
 - გ) გამტარის სიგრძეზე, რომლის შეცვლა შესაძლებელია მეორე ისეთივე მაგნიტის დამატებით (რაც გამოიწვევს ველში შეტანილი განტარის სიგრძის გაზრდას).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რაზეა დამოკიდებული ამპერის ძალის მიმართულება, რომლითაც მაგნიტური ველი მოქმედებს დენიან გამტარზე?
- რაზეა დამოკიდებული ამპერის ძალის მოდული?

რა შეიტყავით?

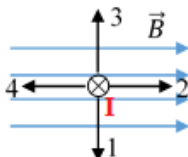
• სამუშაო რვეულში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ამპერის ძალის მიმართულება დამოკიდებულია ...
2. მარცხენა ხელის წესი ამპერის ძალისათვის – ...
3. ამპერის ძალის მოდული ტოლია – ...

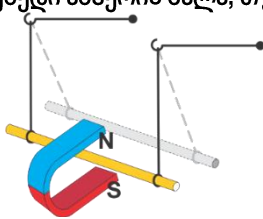
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. მოვათავსოთ წრფივი დენიანი გამტარი მაგნიტურ ველში ველის ინდუქციის წირების მართობულად:
 - ა) როგორ კუთხეს (გრადაუსებში) შექმნის დენიანი გამტარი ამპერის ძალის მიმართულებასთან?
 - ბ) როგორ კუთხეს (გრადაუსებში) შექმნის ინდუქციის ვექტორი ამპერის ძალის მიმართულებასთან?
2. ჩამოაყალიბეთ მარცხენა ხელის წესი ამპერის ძალისათვის.
3. რა სიდიდეა მიღებული მაგნიტური ველის ძალურ მახასიათებლად?

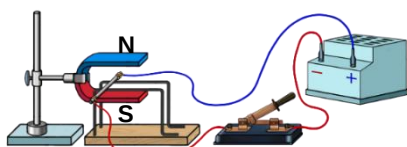
1. დენიანი გამტარი მოთავსებულია ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები. როგორ არის მიმართული დენიან გამტარზე მოქმედი ამპერის ძალა?



2. წრფივი დენიანი გამტარი, რომლის სიგრძეა 2 მ, მოთავსებულია 60 მტლ ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში, ინდუქციის წირების მართობულად. გამოთვალეთ გამტარზე მოქმედი ამპერის ძალა, თუ დენის ძალა გამტარში 2 ა-ია.



3. განსაზღვრეთ დენის მიმართულება გამტარში, რომელიც მაგნიტურ ველში გადაადგილდა.
4. ელექტრული წრედის ჩაკეტვის შემდეგ ალუმინის დენიანი გამტარი დიელექტრიკულ რელსებზე გადაადგილდება. რომელი მიმართულებით და რატომ გადაადგილდება გამტარი?

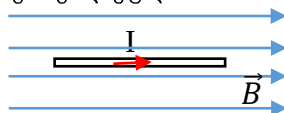


5. ნახატზე მოცემულია დენიანი გამტარი, რომელიც მოთავსებულია ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში. განსაზღვრეთ მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მიმართულება.



6. ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მოთავსებული გამტარის სიგრძეა 3 მ, მასში გადის 2 ა დენი, მაგნიტური ველის ინდუქციაა 5 ტლ. განსაზღვრეთ დენიან გამტარზე მოქმედი ამპერის ძალის მოდული და მიმართულება.

- ა) $F = 30$ ნ, ჩვენგან ნახატის სიბრტყისკენ მიმართული პერპენდიკულარი;
- ბ) $F = 30$ ნ, ნახატის სიბრტყიდან ჩვენკენ მიმართული პერპენდიკულარი;
- გ) $F = 30$ ნ, ინდუქციის წირების გასწვრივ;
- დ) $F = 0$, არ მოქმედებს;
- ე) $F = 30$ ნ, ინდუქციის წირების სანინალმდეგოდ.



2.10 მაგნიტური ველის მოქმედება დენიან ჩარჩოზე

თქვენ შეისწავლეთ ამპერის ძალის მოქმედება წრფივ დენიან გამტარზე, რომელიც მაგნიტურ ველშია მოთავსებული.



- როგორ განისაზღვრება ამპერის ძალის მიმართულება, რომელიც ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მოთავსებულ წრფივ დენიან გამტარზე მოქმედებს?
- რა შემთხვევაში არ მოქმედებს წრფივ დენიან გამტარზე მაგნიტური ველი, რომელშიც გამტარია მოთავსებული?
- მოქმედებს თუ არა ამპერის ძალა დენიან ჩარჩოზე, რომელიც მაგნიტურ ველშია მოთავსებული? როგორ მოძრაობს ჩარჩო ამ ძალის მოქმედებით რატომ?

კვლევითი სამუშაო

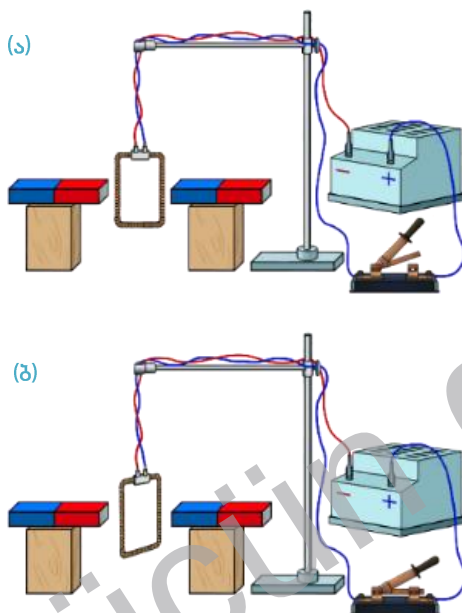
1

მაგნიტური ველის მოქმედება დენიან ჩარჩოზე.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო (გამმართველი), ზოლისებრი მაგნიტი (2 ცალი), გამტარი ჩარჩო, რომელზეც რამდენიმე ხვიაა, ხის ძელაკი (2 ცალი), ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები, არამაგნიტური შტატივი.

სამუშაოს მსვლელობა:

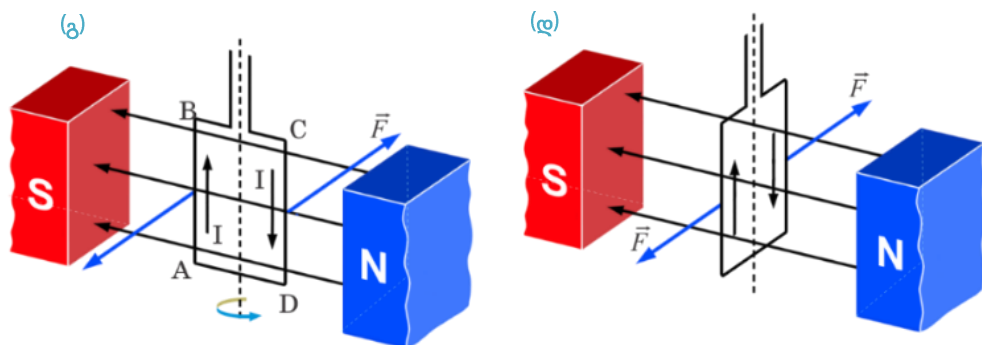
1. შემაერთებელი გამტარებით მიაერთეთ ჩარჩო დენის წყაროსთან და მოათავსეთ ვერტიკალურად მუდმივი მაგნიტის პოლუსებს შორის (ა).
2. ჩაერთეთ ჩამრთველი და დააკვირდით მაგნიტურ ველში დენიანი ჩარჩოს მოძრაობას (ბ).
3. ცდა გაიმეორეთ, ოღონდ ამჯერად შეცვალეთ ჩარჩოში დენის მიმართულება.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ხდება, როდესაც მაგნიტურ ველში მოთავსებულ ჩარჩოში დენი არ გადის?
- რა ხდება, როდესაც მაგნიტურ ველში მოთავსებულ ჩარჩოში დენი გადის? რატომ?
- რა ხდება ჩარჩოში გამავალი დენის მიმართულების შეცვლის დროს? რატომ?

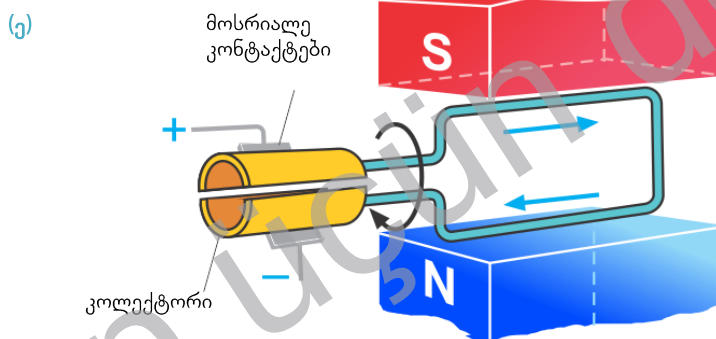
მართკუთხა ჩარჩო, რომელზეც რამდენიმე სვიაა და რომელსაც ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ ბრუნვა შეუძლია, მაგნიტურ ველშია მოთავსებული. როდესაც ჩარჩოში დენი არ გადის, ჩარჩო უძრავია. თუ ჩარჩოს სიბრტყეს მაგნიტური ინდუქციის წირების პარალელურად მოვათავსებთ და მასში დენს გავატარებთ, ჩარჩო მობრუნებას დაიწყებს. ეს იმიტომ ხდება, რომ ჩარჩოს ვერტიკალურ AB და CD გვერდებზე მაგნიტური ინდუქციის წირების მართობული ამპერის ძალები მოქმედებს. მათი მოქმედების მიმართულება დამოკიდებულია დენის მიმართულებაზე. ეს წყვილი ძალა ჩარჩოს ანიჭებს ბრუნვით მოძრაობას ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ (ა).



ჩარჩოში დენის მიმართულების შეცვლისას ამპერის ძალები ჩარჩოს საწინააღმდეგო მიმართულებით შემოაბრუნებს.

როდესაც ჩარჩოს სიბრტყე ჰორიზონტალური მაგნიტური ინდუქციის წირების მართობულია, ჩარჩოს ვერტიკალურ გვერდებზე მოქმედი ამპერის ძალები ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ მიიმართება და ჩარჩო გაჩერდება (ბ).

იმისათვის, რომ ჩარჩომ ერთი გარკვეული მიმართულებით იბრუნოს, საჭიროა, პერიოდულად ვცვალოთ დენის მიმართულება ჩარჩოში. ამ მიზნით ჩარჩოზე მიმაგრებულია მეტალის ნახევარცილინდრები – კოლექტორები (გ).



მოსრილე კონტაქტები ნახევარცილინდრების ზედაპირს ეხება. ეს კონტაქტები დენის წყაროს სხვადასხვა პოლუსთანაა მიერთებული და უზრუნველყოფს ჩარჩოში დენის გავლას. ჩარჩოს 180° -ით მობრუნების შემდეგ ნა-

ხევარცილინდრები ადგილებს ცვლიან. შედეგად იცვლება ჩარჩოში გამავალი დენის მიმართულება და ჩარჩო აგრძელებს იმავე მიმართულებით ბრუნვას, წრედში დენის შეწყვეტამდე.

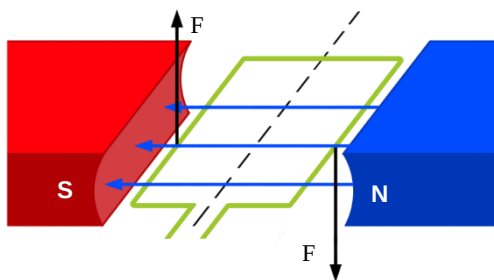
შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. სამუშაო რვეულში გადახატეთ მოცემული სურათი და ...

- განსაზღვრეთ ჩარჩოში დენის მიმართულება;
- აჩვენეთ, რის გაკეთებაა საჭირო ჩარჩოს ბრუნვის მიმართულების შესაცვლელად;
- მოჰყევით, რის გაკეთებაა საჭირო ჩარჩოს უწყვეტად ბრუნვისათვის.



რა შეიტყვით?

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

- როდესაც დენიანი ჩარჩოს სიბრტყე მაგნიტური ინდუქციის ჰორიზონტალური წირების პარალელურია, ...
- როდესაც ჩარჩოს სიბრტყე მაგნიტური ინდუქციის ჰორიზონტალური წირების მართობულია, ...
- დენიანი ჩარჩოს მაგნიტურ ველში უწყვეტი ბრუნვის უზრუნველსაყოფად ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- რა არის მაგნიტურ ველში მოთავსებული დენიანი ჩარჩოს ბრუნვის მიზეზი?
- ენერგიის რა გარდაქმნები ხდება მაგნიტურ ველში დენიანი ჩარჩოს ბრუნვის დროს?
- როგორ იცვლება დენის მიმართულება მაგნიტურ ველში მბრუნავ ჩარჩოში?

2.11

ამპერის ძალის გამოყენება: ელექტროძრავა და ელექტრული საზომი ხელსაწყოები

ძნელია ჩვენი ყოველდღიური ცხოვრების წარმოდგენა ელექტრული ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების გარეშე. მაგალითად, ვენტილატორი, ელექტრული ტუმბო, მტვერსასრუტი, მიქსერი, ნვენსანური, ბურლი, ამწე, ელექტრომატარებელი და სხვ. ელექტრული ხელსაწყოებია, რომლებსაც ვიყენებთ.



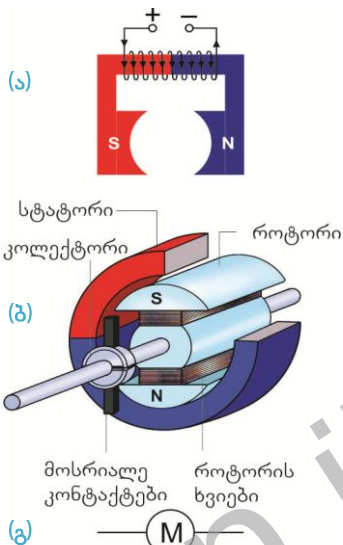
- ენერგიის რომელი გარდაქმნები ხდება ამ ელექტრულ მოწყობილობებში?
- რომელი ფიზიკური მოვლენის საფუძველზე ხდება ენერგიის ეს გარდაქმნები?



ელექტროძრავა. ელექტროძრავას განსაკუთრებული ადგილი უკავია მრავალ ელექტრულ ხელსაწყოთა და მოწყობილობათა შორის, რომლებიც ყოფაცხოვრებაში, ტექნიკასა და წარმოებაში გამოიყენება.

• ელექტროძრავა არის მოწყობილობა, რომელიც ელექტრულ ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის.

მისი მუშაობის პრინციპი ეფუძნება დენიანი ჩარჩოს მაგნიტურ ველში ბრუნვის ეფექტს ამპერის ძალის მოქმედებით. არსებობს სხვადასხვა კონსტრუქციის ელექტროძრავები, მაგრამ მათ შორის ყველაზე გავრცელებულია ე. წ. კოლექტორული ძრავა. ამ ტიპის ძრავა შედგება სამი ძირითადი ნაწილისგან: სტატორის, როტორისა და კოლექტორისაგან.



სტატორი (ლათინური სიტყვისაგან *sto* – „ვდგავარ“) ელექტროძრავას უძრავი ნაწილია, რომელიც წარმოადგენს ძრავას კორპუსზე მიმაგრებულ მუდმივ მაგნიტს ან რკინისგულარიან კოჭას (ელექტრომაგნიტს). სტატორს ზოგჯერ ინდუქტორს უწოდებენ. სტატორი ძლიერ მაგნიტურ ველს ქმნის (ა).

როტორი (ლათინური სიტყვისაგან *roto* – „ვბრუნავ“) ძრავას მოძრავი ნაწილია, რომელიც სტატორის შიგნითაა მოთავსებული. როტორი შედგება ელექტრომაგნიტისაგან, რომელსაც ცილინდრული გულარის ფორმა აქვს. ზოგჯერ მას ლუზას უწოდებენ. როტორისთვის დენის მისაწოდებლად და მისი უწყვეტად ბრუნვის უზრუნველსაყოფად გამოყენებულია კოლექტორები და მოსრიალე კონტაქტები.

როგორ უზრუნველყოფენ კოლექტორები და მოსრიალე კონტაქტები როტორის უწყვეტ ბრუნვას? როტორი, მასში დენის გავლის დროს, ამპერის ძალის მოქმედებით იწყებს ბრუნვას სტატორის შიგნით და ასრულებს მექანიკურ მუშაობას (ბ). როტორის ბრუნვის სიჩქარე

დამოკიდებულია როტორში გამავალი დენის ძალაზე, ასევე ხვეების რაოდენობაზე როტორსა და სტატორში.

სქემებზე ელექტრულ ძრავას გამოსახვენ წრენიროში ჩანერილი ასოს სახით (გ). სითბურ ძრავასთან შედარებით, ელექტროძრავები უფრო ეკოლოგიური და ეფექტურია. ისინი არ აბინძურებენ გარემოს, თითქმის უხმაუროდ მუშაობენ და ეკონომიურებია. ელექტროძრავების მქვ 90%-ზე მეტია.

კვლევის საშუალო

1

ელექტროძრავას შემადგენელი ნაწილები და მისი მუშაობის პრინციპი.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო, მუდმივი დენზე მომუშავე ელექტროძრავას მოდელი, რეოსტატი, ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები.

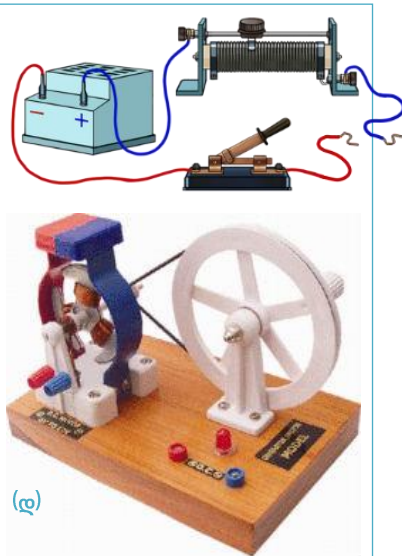
სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაათვალიერეთ ელექტროძრავას მოდელი და განსაზღვრეთ მისი ძირითადი ნაწილები (დ).
2. შეადგინეთ მიმდევრობითი წრედი, რომელიც დენის წყაროს, ელექტროძრავას მოდელის, რეოსტატისა და ჩამრთველისაგან შედგება.
3. შეკარით წრედი. გაარკვეით, როგორ არის როტორის ბრუნვის სიჩქარე დამოკიდებული დენის ძალაზე, რომლის გაზრდა ან შემცირება შეგვიძლია რეოსტატის საშუალებით.

იმსჯელთ შედეგებზე:

- რომელ ფიზიკურ მოვლენაზეა დაფუძნებული ელექტროძრავას მუშაობა?
- როგორ არის დამოკიდებულის ძრავას ბრუნვის სიჩქარე ძრავაში გამავალი დენის ძალაზე?

(დ)

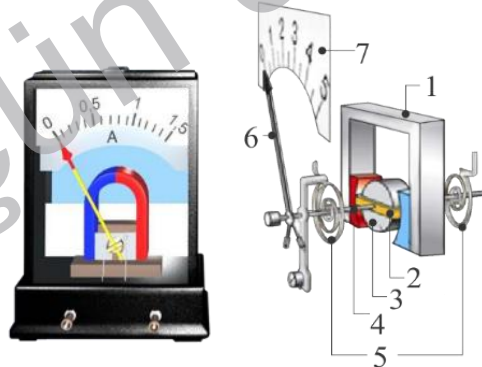


(დ)

ელექტრული საზომი ხელსაწყოები. არსებობს სხვადასხვა სისტემის ელექტრული საზომი ხელსაწყო: მაგნიტოელექტრული, ელექტრომაგნიტური და ელექტროდინამიკური. ყველა ამ ხელსაწყოს მუშაობა დაფუძნებულია დენიან გამტარზე მაგნიტური ველის მოქმედებაზე. განსაკუთრებით ხშირად გამოიყენება მაგნიტოელექტრული სისტემის ელექტრული საზომი ხელსაწყოები.

მაგნიტოელექტრული სისტემის საზომი ხელსაწყოები. თქვენთვის კარგად ცნობილი ამპერმეტრი, გალვანომეტრი, ვოლტმეტრი – მაგნიტოელექტრული სისტემის საზომი ხელსაწყოებია (ე).

ნალისებრი მაგნიტის (1) პოლუსებს შორის მოთავსებულია ჩარჩო, რომელზეც გამტარის ხვეებია (2). ჩარჩოს შიგნით ფოლადის მოძრავი ცილინდრული გულარია (3). დენის არარსებობის დროს ჩარჩოს ღერძზე (4) მიმაგრებული სპირალური ზამბარები (5) ღერძს ისე აკავებენ, რომ ღერძზე მიმაგრებული ისარი (6) ხელსაწყოს სკალის 0 დანაყოფზე (7) იდგეს.



(ე) ამპერმეტრი და მისი აგებულება

წრედში ხელსაწყოს ჩართვის შემდეგ ჩარჩოში გაივლის ელექტრული დენი და ხელსაწყოს მაგნიტის მაგნიტური ველი მასზე ამპერის ძალით იმოქმედებს. შედეგად ჩარჩო ისართან ერთად შემობრუნდება ფოლადის გულარის ირგვლივ. ამ დროს სპირალური ზამბარა დაიგრისება და შექმნის დამატებით დრეკადობის ძალას. როდესაც დრეკადობის ძალის მიერ შექმნილი მამრუნებელი მომენტი ამპერის ძალის მიერ შექმნილ მამრუნებელ მომენტს გაუტოლდება, ჩარჩოს შემობრუნება შეწყდება და ისარი სკალის გარკვეულ დანაყოფზე გაჩერდება. თუ გაიზრდება ხელსაწყოში გამავალი დენის ძალა, გაიზრდება ჩარჩოზე მოქმედი ამპერის ძალაც. ჩარჩო მეტად შემობრუნდება და მეტად გადახრის ისარს.

ანალოგიურად არის მოწყობილი ვოლტმეტრის მექანიზმი. დანიშნულებიდან გამომდინარე, ვოლტმეტრის წინალობა ამპერმეტრის წინალობაზე გაცილებით დიდია.

რატომ არის ვოლტმეტრის წინალობა ამპერმეტრის წინალობაზე დიდი? წრედში დენის ძალის გასაზომად ამპერმეტრი მიმდევრობით ირთვება. ამის გამო ამპერმეტრის წინალობა ძალიან პატარა უნდა იყოს, რომ გავლენა არ მოახდინოს წრედში გამავალი დენის ძალის სიდიდეზე; თუ მისი წინალობა დიდი იქნება, ის შეამცირებს წრედში გამავალი დენის საერთო ძალას.

ვოლტმეტრი წრედში ან მომხმარებელთან პარალელურად ირთვება, რადგან მათ ბოლოებზე ზომავს ძაბვას. ვოლტმეტრის წინალობა ძალიან დიდი უნდა იყოს, რომ არ შეცვალოს დენის ძალა წრედში, ამიტომ მასში ძალიან პატარა დენმა უნდა გაიაროს.

ელექტრომაგნიტური პრინციპით მომუშავე ხელსაწყოებში დენიანი კოჭას მაგნიტური ველი მოქმედებს ფოლადის გულარზე, რომელიც მბრუნავ ღერძზეა დამაგრებული (ვ).

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევის საშუალო

2

ელექტრომაგნიტური სისტემის ხელსაწყოს მუშაობის პრინციპი.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტრომაგნიტური სისტემის ხელსაწყოს მექანიზმის გამოსახულება.

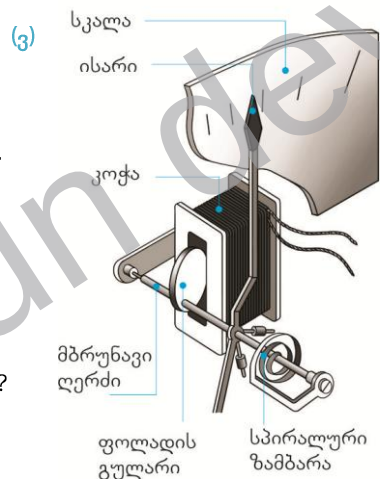
სამუშაოს მსვლელობა:

ნახატზე წარმოდგენილია ელექტრომაგნიტური სისტემის ხელსაწყოს საზომი მექანიზმი (იხ. ვ).

ყურადღებით შეისწავლეთ ნახატი და შეეცადეთ, ახსნათ ხელსაწყოს მუშაობის პრინციპი.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა მსგავსება და განსხვავებაა ელექტრომაგნიტური და მაგნიტოელექტრული სისტემის ხელსაწყოების მუშაობის პრინციპში?



რა პიიტყვით?

• სამუშაო რეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ელექტროძრავა არის ...
2. ელექტროძრავას ძირითადი ნაწილებია ...
3. ელექტრული საზომი ხელსაწყოების მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ...
4. მაგნიტოელექტრული სისტემის ელექტრული საზომი ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი ...
5. ელექტრომაგნიტური სისტემის ელექტრული საზომი ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი ...

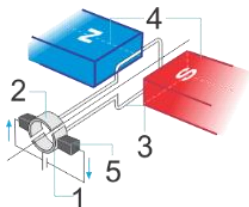
შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. ენერგიის როგორი გარდაქმნები ხდება სითბურ და ელექტრულ ძრავებში?
2. რომელი ძრავა ეკოლოგიურად უფრო ეფექტური: სითბური თუ ელექტრული? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. რომელ ძრავას აქვს მაღალი მქც: სითბურს თუ ელექტრულს? რატომ?
4. რომელ ფიზიკურ მოვლენაზეა დაფუძნებული ელექტრული საზომი ხელსაწყოების მუშაობა?
5. რა განსხვავებაა მაგნიტოელექტრული და ელექტრომაგნიტური სისტემების ხელსაწყოების საზომ მექანიზმებს შორის?
6. რატომ არის ვოლტმეტრის ელექტრული წინაღობა გაცილებით მეტი ამპერმეტრის ელექტრულ წინაღობაზე?

საკვარჯიშო

2.5

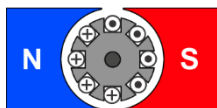
1. ნახატზე წარმოდგენილია ელექტრული ძრავას აგებულების გამარტივებული სქემა.



სქემის საფუძველზე:

- ა) განსაზღვრეთ, ელექტროძრავას რომელი ნაწილებია ციფრებით აღნიშნული.
- ბ) ასახეინთ ძრავას მუშაობის პრინციპი.

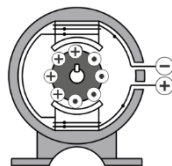
2. ნახატზე ნაჩვენებია ელექტროძრავას განივი ჭრილი, რომლის ხეივებშიც გადის დენი. რომელი მიმართულებით ბრუნავს როტორი: საათის ისრის თუ საწინააღმდეგო მიმართულებით?



3. რა მოხდება, თუ ვოლტმეტრს წრედში მიმდევრობით ჩავრთავთ? რა მოხდება, თუ ამპერმეტრს წრედში პარალელურად ჩავრთავთ? რატომ?

4. რატომ არ შეიძლება მაგნიტოელექტრული სისტემის ხელსაწყო ამპერმეტრის „+“ კლემად დენის წყაროს „-“ კლემასთან მიჯაერთო?

5. ნახატზე ნაჩვენებია ელექტროძრავას განივი ჭრილი. განსაზღვრეთ ელექტრომაგნიტის (სტატორის) პოლუსები და როტორის ბრუნვის მიმართულება.



2.12 მაგნიტური ველის მოქმედება მოძრავ მუხტებზე. ლორენცის ძალა



- რატომ მოქმედებს მაგნიტური ველი დენიან გამტარზე და არ მოქმედებს გამტარზე, რომელშიც დენი არ გადის?
- მაგნიტური ველი გამტარზე მოქმედებს თუ გამტარში მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკებზე?

კვლევითი სამუშაო 1

მაგნიტური ველის მოქმედება მოძრავი დამუხტული ნაწილაკების ნაკადზე.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მინის ორელექტროდიანი მილაკი, რომლიდანაც ჰაერია ამოტუმბული, მაღალი ძაბვის დენის წყარო (გამმართველი), ზოლისებრი მუდმივი მაგნიტი, შემაერთებული გამტარები, შავი ფერის ეკრანი, არამაგნიტური შტატივი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაამაგრეთ მინის მილაკი შტატივზე; მის უკან მოათავსეთ შავი ეკრანი.
2. მილაკის ელექტროდები მიაერთეთ გამმართველთან, შეკარით წრედი და ელექტროდებზე ძაბვა ნელა გაზარდეთ მილაკში დამუხტული ნაწილაკების ნაკადის განათებული ზოლის (ა) გამოჩენამდე.
3. მილაკს მიუახლოეთ მაგნიტის ჯერ ერთი პოლუსი, შემდეგ – მეორე და დააკვირდით დამუხტული ნაწილაკების ნაკადს (ბ და გ).

იმსჯელო შედეგებზე:

- რომელი ნაწილაკების ნაკადი წარმოიქმნება მილაკში, რომელშიც გაიშვიათებული ჰაერია, თუ მის ელექტროდებზე მაღალ ძაბვას მოვდებთ?
- რატომ იცვლება დამუხტული ნაწილაკების ნაკადის ტრაექტორია მაგნიტის პოლუსის მიახლოების დროს?
- მაგნიტის რომელი პოლუსი იზიდავს და რომელი განიზიდავს დამუხტული ნაწილაკების ნაკადს? არის თუ არა ეს მიზიდვა და განიზიდვა დაკავშირებული ამპერის ძალასთან?



რადგან ელექტრული დენი დამუხტული ნაწილაკების მოწესრიგებული მოძრაობაა, ხოლო მაგნიტური ველი დენზე მოქმედებს, ე. ი. ის ყოველ დამუხტულ ნაწილაკზეც მოქმედებს. ამგვარად, ამპერის ძალა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც თითოეულ ნაწილაკზე მოქმედი ძალების ჯამი.

• ძალას, რომლითაც მაგნიტური ველი მოქმედებს მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე, **ლორენცის ძალა** ეწოდება. მას სახელი ეწოდა შოლანდიელი ფიზიკოსის ჰენდრიკ ანტონ ლორენცის პატივსაცემად.



ჰენდრიკ ანტონ ლორენცი
(1853-1928)
შოლანდიელი ფიზიკოსი

- ცნობილია თავისი ნაშრომებით ელექტროდინამიკასა და ოპტიკაში. იგი ნივთიერების ელექტრონული აგებულების თეორიის ფუძემდებელია.

ლორენცის ძალა. ლორენცის ძალის მოდული შეგვიძლია განვსაზღვროთ ფორმულით:

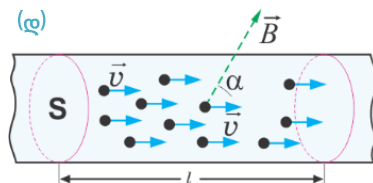
$$F_{\text{ლ}} = \frac{F_s}{N}.$$

აქ F_s ამპერის ძალაა, N – თავისუფალი დამუხტული ნაწილაკების საერთო რაოდენობა მაგნიტურ ველში მოთავსებულ l სიგრძის გამტარში. თუ ერთი ნაწილაკის მუხტის მოდულია q , ხოლო ყველა ნაწილაკის საერთო მუხტის მოდული – Nq , დენის ძალა გამტარში იქნება $I = \frac{Nq}{t}$. აქ t დროა, რომელიც დამუხტულ ნაწილაკს სჭირდება გამტარის l სიგრძის მონაკვეთის (დ) გასავლელად. ამიტომ მივიღებთ:

$$F_{\text{ლ}} = \frac{F_s}{N} = \frac{IBl \sin \alpha}{N} = \frac{NqBl \sin \alpha}{Nt} = \frac{qBl \sin \alpha}{t}.$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $\frac{l}{t} = v$, მივიღებთ ლორენცის ძალის მოდულის გამოსათვლელ ფორმულას:

$$F_{\text{ლ}} = qBv \sin \alpha.$$

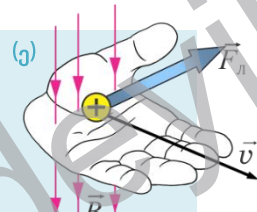


აქ v მაგნიტურ ველში დამუხტული ნაწილაკის მოწესრიგებული მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა, α – კუთხე მაგნიტური ინდუქციის $\vec{B}$ ვექტორსა და დადებითი მუხტის სიჩქარის $\vec{v}$ ვექტორს შორის. თუ დამუხტული ნაწილაკი მაგნიტურ ველში მაგნიტური ველის ინდუქციის წირების მართობულად მოძრაობს, ლორენცის ძალას მაქსიმალური მნიშვნელობა ექნება:

$$F_{\text{ლ მაქ}} = qBv.$$

ლორენცის მაქსიმალური ძალა $\vec{B}$ და $\vec{v}$ ვექტორების პერპენდიკულარულია და მისი მიმართულება განისაზღვრება მარცხენა ხელის წესით.

მარცხენა ხელის წესი ლორენცის ძალისთვის: მაგნიტურ ველში მარცხენა ხელი მოათავსეთ ისე, რომ მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი ხელისგულში შედიოდეს, ხოლო ოთხი გაშლილი თითი მიმართული იყოს დადებითი მუხტის მოძრაობის მიმართულებით (ანუ უარყოფითი მუხტის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ). ამ დროს 90° -ით გაშლილი ცერი მუხტზე მოქმედი ლორენცის ძალის მიმართულებას გვიჩვენებს (ე).



თუ დამუხტული ნაწილაკი მაგნიტურ ველში მაგნიტური ინდუქციის წირების პარალელურად მოძრაობს ($\alpha = 0^\circ$ ან $\alpha = 180^\circ$), ლორენცის ძალა 0-ის ტოლი იქნება:

$$F_{\text{ლ}} = 0.$$

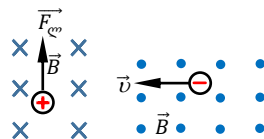
შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. მოცემული გამოსახულების მიხედვით განსაზღვრეთ:

- ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში შესული დადებითი მუხტის სიჩქარის მიმართულება;
- ლორენცის ძალის მიმართულება, რომელიც იმოქმედებს ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში შეჭრილ უარყოფით მუხტზე.



რა შეიტყვით?

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. მაგნიტურ ველში მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე ...
2. ლორენცის ძალის მოდული ...
3. მარცხენა ხელის წესი ლორენცის ძალისათვის ...

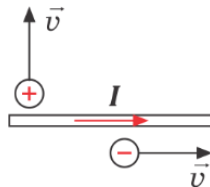
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორ განისაზღვრება მაგნიტურ ველში მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე მოქმედი ძალის მოდული?
2. დამუხტული ნაწილაკი მაგნიტურ ველში შეიჭრა ინდუქციის წირების მართობული მიმართულებით. როგორი ტრაექტორიით იმოძრაავს ნაწილაკი?
3. დაუმუხტავი ნაწილაკი მაგნიტურ ველში შეიჭრა ინდუქციის წირების მართობული მიმართულებით. როგორი ტრაექტორიით იმოძრაავს ნაწილაკი?
4. დამუხტული ნაწილაკი მაგნიტურ ველში შეიჭრა ინდუქციის წირების პარალელური მიმართულებით. როგორი ტრაექტორიით იმოძრაავს ნაწილაკი?

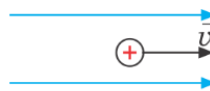
სამუშაო

2.6

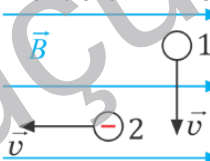
1. ელექტრონი მოძრაობს $B = 10$ მტლ ინდუქციის მაგნიტურ ველში, ინდუქციის წირების მართობულად, $v = 4 \cdot 10^3$ მ/წმ სიჩქარით. გამოთვალეთ ნაწილაკზე მოქმედი ლორენცის ძალის მოდული ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ კ).
2. ნახატზე წარმოდგენილია ნაწილაკები, რომლებიც წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტურ ველში მოძრაობენ. განსაზღვრეთ მათზე მოქმედი ლორენცის ძალის მიმართულება.



3. განსაზღვრეთ მაგნიტური ინდუქციის წირების მიმართულებით მოძრავ დადებით მუხტზე მოქმედი ლორენცის ძალის მიმართულება.



4. როგორ ტრაექტორიაზე გააგრძელებენ მოძრაობას მაგნიტურ ველში დაუმუხტავი ნაწილაკი 1 და უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკი 2?



5. მაგნიტურ ველში, რომლის ინდუქცია $B = 1,6$ მტლ-ს, ინდუქციის წირების მიმართ 30° -იანი კუთხით შეიჭრა ელექტრონი, რომლის სიჩქარე $5,6 \cdot 10^3$ მ/წმ-ია. გამოთვალეთ მასზე მოქმედი ლორენცის ძალის მოდული ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ კ).

2.13 ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა



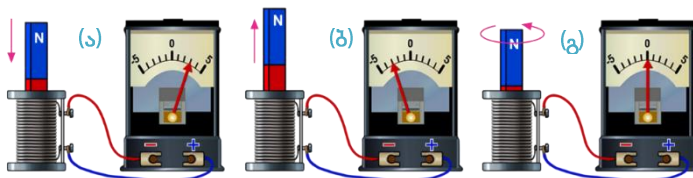
- რაში მდგომარეობს ერსტედის მიერ ჩატარებული ცდის არსი?
- ამპერის ჰიპოთეზის მიხედვით, რა არის მაგნიტური ველის წყარო?
- შეუძლია თუ არა მაგნიტურ ველს, შექმნას ელექტრული დენი?

კვლევითი სამუშაო 1

რა წარმოქმნის ელექტრულ დენს კოჭაში?

სამუშაოსთვის საჭიროა: კოჭა, ზოლისებრი მაგნიტი, გალვანომეტრი, შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. კოჭას მომჭერები მიაერთეთ გალვანომეტრთან. 2. კოჭაში ჩაუშვით და ამოსწიეთ ზოლისებრი მაგნიტი. ამ დროს ყურადღება მიაქციეთ გალვანომეტრის ისარს (ა და ბ). 3. კოჭაში ჩაუშვით ზოლისებრი მაგნიტი მაგიდის ზედაპირთან შეხებადღე და ისე, რომ არ მოშორდეს მაგიდის ზედაპირს, შემოაბრუნეთ. ამ მოძრაობის დროს დააკვირდით გალვანომეტრის ისარს (გ).

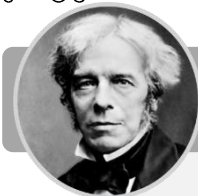


იმსჯელეთ შედეგებზე:

- კოჭაში მაგნიტის მოძრაობის დროს გალვანომეტრის ისარი ხან მარჯვნივ იხრება, ხან მარცხნივ. რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება ამ ფაქტიდან?
- როდესაც მაგნიტი გაჩერებულია ან კოჭას შიგნით ბრუნავს, გალვანომეტრის ისარი 0-ზე დგას. რას ნიშნავს ეს?
- რა ვარაუდები შეიძლება გამოითქვას ამ სამუშაოს შემდეგ?

ერსტედის მიერ ჩატარებული ცდებით (1820 წელს) დადასტურდა, რომ ელექტრული დენი თავის ირგვლივ ქმნის მაგნიტურ ველს. ცდების შედეგებზე დაყრდნობით ამპერმა გამოთქვა ჰიპოთეზა „მოლეკულური დენების“ შესახებ.

თუ ელექტრული დენი ქმნის მაგნიტურ ველს, შეუძლია თუ არა მაგნიტურ ველს, შექმნას ელექტრული დენი? ინგლისელმა მეცნიერმა მაიკლ ფარადეიმ 1831 წელს პირველმა გასცა პასუხი ამ შეკითხვას. მრავალრიცხოვანი ცდის შედეგად მან გაარკვია, რომ ცვლადი მაგნიტური ველი შეკრულ გამტარ კონტურში წარმოქმნის ელექტრულ დენს.



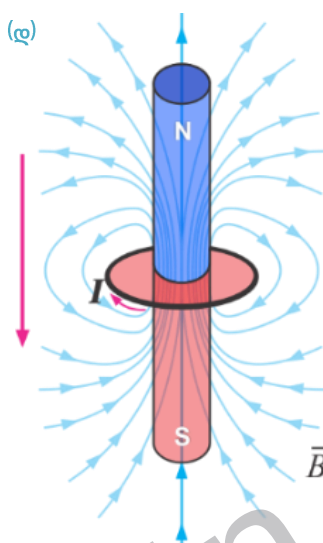
მაიკლ ფარადეი
(1791–1867)
ინგლისელი ფიზიკოსი

- აღმოაჩინა ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა, შექმნა ელექტრული დენის გენერატორის პირველი კონსტრუქცია, აღმოაჩინა ელექტროლიზის კანონები. ცდებით დაამტკიცა ელექტრული მუხტის მუდმივობის კანონი, გამოთქვა იდეა სინათლის ელექტრომაგნიტური ბუნების შესახებ. მან მეცნიერებაში შემოიტანა ისეთი ცნებები, როგორებიცაა: „კათოდი“, „ანოდი“, „იონი“, „ელექტროლიზი“, „ელექტროლიტი“.

ჩატარებული სამუშაოს დროს თქვენც გაიმეორეთ ფარადეის ზოგიერთი ცდა. გაირკვა, რომ კოჭაში მაგნიტის შეტანის ან კოჭადან მაგნიტის გამოტანის დროს კოჭას ხვრებში აღიძვრება ელექტრული დენი. მაგნიტის მოძრაობის დროს გალვანომეტრის ისრის გადახრა ხან ერთ, ხან მეორე მხარეს ნიშნავს კოჭას ხვრებში აღძრული ელექტრული დენის მიმართულების ცვლილებას. თუ მაგნიტი კოჭაში უძრავადაა ან ერთსა და იმავე ადგილზე ბრუნავს, ხვრებში დენი არ აღიძვრება. აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მხოლოდ კოჭას გასწვრივ მაგნიტის ნებისმიერი მოძრაობისას აღიძვრება კოჭას ხვრებში ელექტრული დენი. ამ მოვლენას *ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა* ეწოდება, ხოლო შეკრულ ხვიაში ამ დროს აღძრულ ელექტრულ დენს – *ინდუქციური დენი*.

• ელექტრული დენის აღძვრას შეკრულ ხვრებში, რომლებიც ცვლად მაგნიტურ ველშია მოთავსებული, *ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა* ეწოდება, ამ დროს აღძრულ ელექტრულ დენს კი – *ინდუქციური დენი*.

რას ნიშნავს მაგნიტური ველის ცვლილება? მაგნიტური ველის ცვლილება არის შეკრული კონტურით შემოსაზღვრულ ზედაპირში გამავალი, მაგნიტური ველის ინდუქციის წირების რაოდენობის ცვლილება (გაზრდა ან შემცირება) (დ).



მაგნიტური ველის შეცვლა შესაძლებელია არა მხოლოდ მუდმივი მაგნიტის მოძრაობით შეკრული კოჭას შიგნით, არამედ სხვა ხერხებითაც. მაგალითად, თუ მუდმივ მაგნიტს ელექტრომაგნიტით შევცვლით, მაგნიტური ველის ცვლილება, რომელშიც კოჭაა მოთავსებული, შეიძლება ელექტრომაგნიტში გამავალი დენის ძალის ცვლილებით. ან, თუ შეკრული კონტური მოძრაობის დროს გადაკვეთს მუდმივი მაგნიტის ინდუქციის წირებს. ამ შემთხვევებში კონტურში ინდუქციური დენი აღიძვრება. მაგრამ თუ კოჭა ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში ინდუქციის წირების გასწვრივ გადაადგილდება, მასში ინდუქციური დენი არ აღიძვრება, რადგან მუდმივი მაგნიტის ველის ინდუქციის წირების რაოდენობა, რომელიც კოჭას განივკვეთში გადის, არ იცვლება.

კვლევითი სამუშაო

2

ინდუქციური დენის აღდგრა კოჭაში.

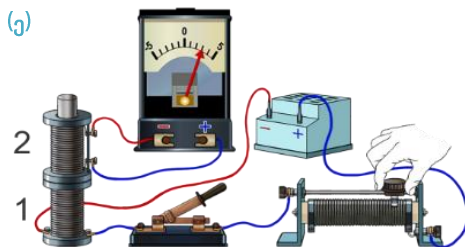
სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო, რეოსტატი, კოჭა (2 ცალი), რკინის გრძელი გულარი, ჩამრთველი, გალვანომეტრი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაამზადეთ ელექტრომაგნიტი: კოჭას (1) შიგნით მოათავსეთ რკინის გულარი. მიმდევრობით შეაერთეთ ელექტრომაგნიტის კლემები, რეოსტატი, ჩამრთველი და მუდმივი დენის წყარო.
2. მეორე კოჭა (2) მიაერთეთ გალვანომეტრთან და ჩამოაცვით რკინის გულარის თავისუფალ ნაწილს (ე).
3. ჩართეთ და გამორთეთ ჩამრთველი, შემდეგ ჩართული ჩამრთველის დროს რეოსტატის ცოცხას გადაადგილებით ცვალებით 1-ლ კოჭაში გამავალი დენის ძალა. ამ პროცესის დროს ყურადღებით დააკვირდით გალვანომეტრის ჩვენებას, რომელიც მე-2 კოჭასთანაა მიერთებული.

იმსჯელები შედეგებზე:

- რატომ იწვევს ელექტრომაგნიტში დენის ძალის ცვლილება ინდუქციური დენის აღდგრას მე-2 კოჭაში?
- რა გავლენას ახდენს დენის ძალის გაზრდა და შემცირება 1-ლ კოჭაში მე-2 კოჭაში აღძრული ინდუქციური დენის მიმართულებაზე?



რა შეიტყვით?

• სამუშაო რვეულში გადანიშნეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა არის ...
2. ინდუქციური დენი არის ...
3. მაგნიტური ველის ცვლილება ნიშნავს ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა არის ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა?
2. აღიძვრება თუ არა ინდუქციური დენი, როდესაც კოჭა მასში მოთავსებულ მაგნიტთან ერთად მოძრაობს? რატომ?
3. აღიძვრება თუ არა ინდუქციური დენი შეკრულ კონტურში, თუ ის მოძრაობს მუდმივი მაგნიტის ველში, როგორც ნაჩვენებია ნახატზე? პასუხი დაასაბუთეთ.



2.14 ინდუქციური დენის მიმართულება

ცნობილია, რომ გამტარში დენის წარმოშობისათვის აუცილებელია მასში მუხტის თავისუფალი გადაძვანებისა და ელექტრული ველის არსებობა, რომელიც მათ მონესრიგებულ მოძრაობას იწვევს. ელექტრული დენის მიმართულებას ელექტრული ველის მიმართულება განსაზღვრავს. მეტალის თავისუფალი ელექტრონები ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის სანინალმდეგო მიმართულებით მოძრაობენ, მაგრამ ელექტრული დენის მიმართულებად მიღებულია ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მიმართულება, ანუ დადებითი მუხტების მოძრაობის მიმართულება.

- რომელი ველი აღძრავს ინდუქციურ დენს შეკრულ კონტურში: ცვლადი მაგნიტური ველი თუ ელექტრული ველი?
- როგორ შეიძლება ინდუქციური დენის მიმართულების განსაზღვრა?

კვლევის საფეხები 1

ლენცის ცდა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ლენცის მონწყობილობა, მუდმივი მაგნიტი (ზოლისებრი ან ნალისებრი).

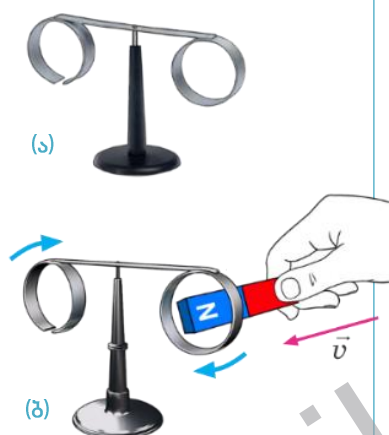
ლენცის მონწყობილობის აღწერა: მონწყობილობის ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია: ღერი, რომელზეც დამაგრებულია ალუმინის ორი რგოლი – ერთი შეკრული, მეორე ღია. ღერს ათავსებენ წვერიან სადგამზე (ა).

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მაგნიტის ერთ-ერთი პოლუსი ნელა შეიტანეთ შეკრულ რგოლში და დააკვირდით მოვლენებს (ბ).
2. მაგნიტი გააჩერეთ რგოლის შიგნით, შემდეგ ნელა გამოიტანეთ რგოლიდან. დააკვირდით ცვლილებებს.
3. ცდა გაიმეორეთ მაგნიტის მეორე პოლუსის გამოყენებით.
4. ცდა გაიმეორეთ ღია რგოლის გამოყენებით: შეიტანეთ და გამოიტანეთ მაგნიტი ღია რგოლში. შეადარეთ მოვლენები.

მისჯელეთ შედეგებზე:

- რა ხდება შეკრულ რგოლში მაგნიტის შეტანის დროს?
- რა ხდება, როდესაც რგოლში მაგნიტი უძრავია?
- რა ხდება შეკრული რგოლიდან მაგნიტის გამოტანის დროს?
- რა განსხვავებებს ვხედავთ, როდესაც ცდას ღია რგოლით ვიმეორებთ?
- რა დასკვნების გაკეთება შეიძლება ამ ცდებიდან?



ინდუქციური დენის წარმოქმნის მიზეზი. ინდუქციურ დენს, ისევე როგორც სხვა ელექტრულ დენებს, ელექტრული ველი აღძრავს.

როგორ წარმოიქმნება ელექტრული ველი, რომელიც ინდუქციურ დენს აღძრავს?

რა თქმა უნდა, ამ ველს ცვლადი მაგნიტური ველი ქმნის. ცვლადი მაგნიტური ველის ირგვლივ სივრცეში ყოველთვის ჩნდება გრიგალური ელექტრული ველი.

შეკრულ კონტურში (მაგალითად, კოჭაში) თავისუფალი ელექტრონების მონესრიგებული მოძრაობის, ე. ი. ინდუქციური დენის, წარმოქმნის მიზეზი არის არა მაგნიტური ველი, არამედ გრიგალური ელექტრული ველი.

გრიგალური ელექტრული ველი მკვეთრად განხვავდება ელექტროსტატიკური ველისაგან:

ა) ელექტროსტატიკურ ველს უძრავი ელექტრული მუხტი ქმნის, გრიგალურ ელექტრულ ველს – ცვლადი მაგნიტური ველი;

ბ) ელექტროსტატიკური ველის დაძაბულობის წირები დადებით მუხტზე იწყება და უარყოფით მუხტზე მთავრდება, გრიგალური ელექტრული ველის დაძაბულობის წირებს არც დასაწყისი აქვს და არც ბოლო. ისინი, მაგნიტური ინდუქციის წირების მსგავსად, ჩაკეტილი წირებია.

როგორ არის შესაძლებელი ინდუქციური დენის მიმართულების განსაზღვრა?

ჩატარებულ სამუშაოში თქვენ ნახეთ, რომ შეკრულ რგოლში მაგნიტის შეტანისას რგოლი მაგნიტისგან განიზიდება, ხოლო გამოტანის დროს, პირიქით, მაგნიტისკენ მიიზიდება. ეს ეფექტი მეორდება მაგნიტის ორივე პოლუსისათვის. მაგრამ თუ რგოლის შიგნით მაგნიტი უძრავია, რგოლსა და მაგნიტს შორის არავითარი ურთიერთქმედება არ ხდება. ღია რგოლში მაგნიტის შეტანის ან გამოტანის დროსაც არ ხდება არანაირი ურთიერთქმედება. ეს იმით აიხსნება, რომ მხოლოდ შეკრული კონტურის გამჭოლი მაგნიტური ველის ცვლილებისას აღიძვრება კონტურში ინდუქციური დენი.

ამრიგად, ინდუქციური დენი მხოლოდ შეკრულ კონტურში აღიძვრება.

მაგნიტის შეტანის დროს რგოლში აღძრულ ინდუქციურ დენს ისეთი მიმართულება აქვს, რომ მის მიერ შექმნილი მაგნიტური ველი ეწინააღმდეგება რგოლის გამჭოლი მაგნიტური ველის ზრდას, ხოლო რგოლიდან მაგნიტის გამოტანის დროს აღძრული ინდუქციური დენი ისეთი მიმართულებისაა, რომ თავისი მაგნიტური ველით ეწინააღმდეგება მუდმივი მაგნიტის მაგნიტური ველის შემცირებას.

1833 წელს რუსმა მეცნიერმა ემილ ლენცმა შეისწავლა ეს მოვლენები და დაადგინა ინდუქციური დენის მიმართულების განსაზღვრის ზოგადი წესი – ლენცის წესი:

• ინდუქციურ დენს ისეთი მიმართულება აქვს, რომ მის მიერ შექმნილი მაგნიტური ველი ეწინააღმდეგება იმ მაგნიტური ველის წებისმიერ ცვლილებას, რომელიც ამ ინდუქციურ დენს წარმოშობს.

ეს ნიშნავს, რომ თუ გარე მაგნიტური ველი გაძლიერებას იწყებს, ინდუქციური დენის მაგნიტური ველი მის „შესუსტებას“ შეეცდება. ამ დროს ინდუქციური დენის მაგნიტური ინდუქცია გარე მაგნიტური ველის მაგნიტური ინდუქციის საწინააღმდეგოდაა მიმართული (ა). თუ გარე მაგნიტური ველი შესუსტებას იწყებს, ინდუქციური დენის მაგნიტური ველი მის „გაძლიერებას“ შეეცდება. ამ დროს ინდუქციური დენის მაგნიტური ინდუქცია მიმართულია გარე მაგნიტური ველის ინდუქციის მიმართულებით (ბ).

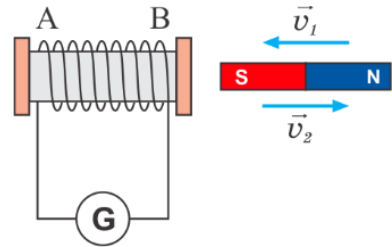


კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. მაგნიტური ველის რომელი პოლუსები წარმოიშობა კოჭას A და B პოლოებზე, თუ კოჭაში მუდმივი მაგნიტის სამხრეთ პოლუსს შევითანთ და გამოვიტანთ (ე)?

(ე)



რა შეიტყვით

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ცვლადი მაგნიტური ველი თავის ირგვლივ გარემოში ყოველთვის ...
2. განსხვავება გრიგალურ ელექტრულ ველსა და ელექტროსტატიკურ ველს შორის ...
3. ლენცის წესი ინდუქციური დენის მიმართულების განსაზღვრისათვის - ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რატომ განიზიდება შეკრული კონტური მასში მუდმივი მაგნიტის შეტანის დროს?
2. რატომ არ აღიძვრება ურთიერთქმედება მოძრავ მუდმივ მაგნიტსა და ღია კონტურს შორის? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. რაზეა დამოკიდებული ინდუქციური დენის მიმართულება?
4. ჩამოაყალიბეთ ლენცის წესი.

პრაქტიკული სამუშაო

ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის შესწავლა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: გალვანომეტრი, რამდენიმეხვიანი შეკრული კონტური, მაგნიტი (ზოლისებრი ან ნალისებრი), შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. კონტური მიაერთეთ გალვანომეტრის კლემებს.
2. სამუშაოს შედეგების რეგისტრირებისათვის სამუშაო რვეულში გადაიხაზეთ მოყვანილი ცხრილი:

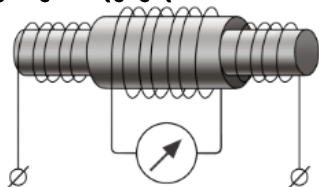
№	ინდუქციური დენის აღძვრის ხერხი	გალვანომეტრის ისრის გადახრა (მარჯვნივ, მარცხნივ)
1	კონტურში მაგნიტის ჩრდილოეთი პოლუსის შეტანით	
2	კონტურიდან მაგნიტის ჩრდილოეთი პოლუსის გამოტანით	
3	კონტურში მაგნიტის სამხრეთი პოლუსის შეტანით	
4	კონტურიდან მაგნიტის სამხრეთი პოლუსის გამოტანით	
5	კონტურში მაგნიტის შეტანით	
6	კონტურიდან მაგნიტის გამოტანით	

3. კონტური ვერტიკალურად მოათავსეთ მაგიდის ზედაპირზე. მაგნიტის ჩრდილოეთი პოლუსი კონტურში შეიტანეთ და გამოიტანეთ. დაკვირვების შედეგები ჩაწერეთ ცხრილში.
4. მაგნიტის სამხრეთი პოლუსი კონტურში შეიტანეთ და გამოიტანეთ. დაკვირვების შედეგები ჩაწერეთ ცხრილში.
5. მაგნიტი ვერტიკალურად მოათავსეთ მაგიდის ზედაპირზე. კონტური ჩამოაცვით მაგნიტს და მის გასწვრივ ამოძრავეთ. დაკვირვების შედეგები ჩაწერეთ ცხრილში.

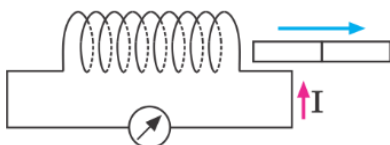
საპარჯიშო

2.7

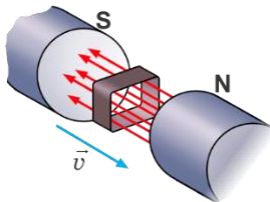
1. ორი უძრავი კოჭა ისეა განლაგებული, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები. ერთ-ერთ კოჭასთან მიერთებული გალვანომეტრი აჩვენებს, რომ კოჭაში ინდუქციური დენი აღიძრა. რა შემთხვევაშია ეს შესაძლებელი?



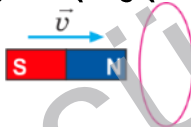
2. ნახატის მიხედვით განსაზღვრეთ ზოლისებრი მაგნიტის პოლუსები.



3. ოთხკუთხა შეკრული კონტური მაგნიტის პოლუსებს შორის მოძრაობს, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები. აღიძვრება თუ არა კონტურში ინდუქციური დენი? რატომ?



4. აღიძვრება თუ არა ინდუქციური დენი კოჭაში, რომელიც ერთგვაროვან ველში ასრულებს გადატანით მოძრაობას? რატომ?
5. ზოლისებრი მაგნიტი უახლოვდება შეკრულ კონტურს, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები. განსაზღვრეთ კონტურში აღძრული ინდუქციური დენის მიმართულება.



2.15 ნივთიერების მაგნიტური პოლარიზაცია

როგორც შეიტყვეთ, დენიან კოჭაში რკინის გულარის არსებობა იწვევს მისი მაგნიტური მოქმედების გაძლიერებას.



- როგორ შეიცვლება დენიანი კოჭას მაგნიტური ველი, თუ მასში რიგრიგობით შევიტანთ ფოლადის, მინის, მშრალი ხის, პლასტმასის, სპილენძისა და ალუმინის გულარს?
- დამოკიდებულია თუ არა დენიანი გამტარის მაგნიტური ველი იმ სივრცის თვისებებზე, რომელშიც ვრცელდება? პასუხი დაასაბუთოთ.

პლავიტი საშუაო

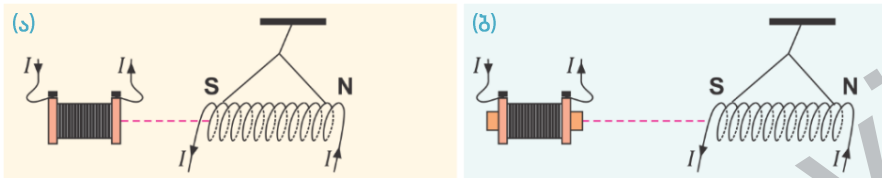
1

დამოკიდებულია თუ არა მაგნიტური ველი გარემოს თვისებებზე?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო, კოჭა (2 ცალი), არამაგნიტური შტატივი, აბრეშუმის ძაფი, რკინის გულარი, სპილენძისა და მინის გულარები, შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მუდმივი დენის წყაროსთან მიაერთეთ ორი კოჭა: ერთი უძრავი, მეორე აბრეშუმის ძაფზე დაკიდებული.
2. შეკარით წრედი და ძაფზე დაკიდებული კოჭა (ნახატზე სქემატურად არის ნაჩვენები) მიუახლოეთ უძრავ კოჭას (ა). ყურადღება მიაქციეთ, რა მანძილიდან იწყება მაგნიტური ურთიერთქმედება.
3. ცდა გაიმეორეთ: უძრავ კოჭაში მოათავსეთ რკინი გულარი. დააკვირდით, როგორ შეიცვალა მაგნიტური ურთიერთქმედება (ბ).
4. ცდა გაიმეორეთ: რკინის გულარი რიგრიგობით შეცვალეთ სპილენძისა და მინის გულარით და შედეგი შეადარეთ წინა ცდების შედეგებს.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ შემთხვევაში გაძლიერდა და როდის შესუსტდა დენიან კოჭებს შორის მაგნიტური ურთიერთქმედება?
- რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება კვლევითი სამუშაოს შემდეგ: როგორ არის მაგნიტური ველი დამოკიდებული მის ირგვლივ არსებული ნივთიერების თვისებებზე?

კვლევითი სამუშაოს დროს თქვენ გაარკვიეთ, რომ დენიანი კოჭას მაგნიტურ ველში მოთავსებული ნივთიერება (გულარი) ცვლის მაგნიტურ ველს: რკინის გულარი მაგნიტურ ველს მნიშვნელოვნად აძლიერებს, სპილენძისა და მინის გულარები მაგნიტურ ველს ასუსტებს.

• ნივთიერებებს, რომლებსაც მაგნიტური ველის შეცვლა შეუძლია, **მაგნეტიკები** ეწოდება.

რატომ არის განსხვავებული ის ცვლილებები, რომელსაც მაგნეტიკები იწვევს მაგნიტურ ველში? დენიან კოჭაში გულარის არარსებობის დროს მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი აღვნიშნოთ $\vec{B}_0$ -ით (ითვლება, რომ მაგნიტური ინდუქციის მოდული ჰაერში ტოლია მაგნიტური ინდუქციის მოდულისა ვაკუუმში).

დენიან კოჭაში გულარის შეტანის დროს მასში აღიძვრება დამატებითი მაგნიტური ველი ინდუქციით $\vec{B}_{\text{ძ}}$. ამიტომ კოჭას ჯამური მაგნიტური ველის ინდუქცია იქნება:

$$\vec{B}_0 + \vec{B}_{\text{ძ}} = \vec{B}.$$

ნივთიერებების მაგნიტური თვისებები განსხვავებულია. ეს თვისებები ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობა ეწოდება.

ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობა გვიჩვენებს, რამდენჯერ განსხვავდება ერთგვაროვანი მაგნიტური ველის მაგნიტური ინდუქციის მოდული ნივთიერებაში ამ ველის მაგნიტური ინდუქციის მოდულისაგან ვაკუუმში B_0 :

$$\mu = \frac{B_0 + B_{\text{ძ}}}{B_0} = \frac{B}{B_0}, \quad B = \mu B_0.$$

აქ μ (მიუ) ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობაა. მას განზომილება არ აქვს.

მაგნიტური თვისებების მიხედვით ნივთიერებები იყოფა სამ სახეობად:

1. პარამაგნიტური ნივთიერებები – ნივთიერებები, რომელთა მაგნიტური შეღწევადობა უმნიშვნელოდ მეტია ერთზე ($\mu > 1$). პარამაგნიტურ ნივთიერებებს (Al, Li, O₂, Na და სხვ.) მუდმივი მაგნიტები სუსტად იზიდავენ.

2. დიამაგნიტური ნივთიერებები – ნივთიერებები, რომელთა მაგნიტური შეღწევადობა უმნიშვნელოდ ნაკლებია ერთზე ($\mu < 1$). დიამაგნიტურ ნივთიერებებს (Cu, Ag, Au და ყველა ინერტულ აირს) მუდმივი მაგნიტები სუსტად განიზიდავს.

3. ფერომაგნიტური ნივთიერებები – ნივთიერებები, რომელთა მაგნიტური შეღწევადობა გაცილებით მეტია ერთზე ($\mu \gg 1$). ფერომაგნიტურ ნივთიერებებს (Gd, Fe, Ni, Co და ზოგიერთ მათ შენადნობს) მუდმივი მაგნიტები ძლიერად იზიდავენ. ყველა ფერომაგნიტური ნივთიერება კრისტალური ნივთიერებაა.

ცხრილ 2.1-ში მოცემულია ზოგიერთი ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობა.

ცხრილი 2.1. ზოგიერთი ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობა.

დიამაგნიტური ნივთიერებები	μ	პარამაგნიტური ნივთიერებები	μ	ფერომაგნიტური ნივთიერებები	μ
ვისმუტი	0,999834	ჰაერი	1,000038	რკინა	8000
სპილენძი	0,999990	ალუმინი	1,000023	ნიკელი	1100
ოქრო	0,999964	ჟანგბადი	1,0000019	ნიკელისა და რკინის შენადნობი	250000

ყოველი ფერომაგნიტური ნივთიერებისთვის არსებობს ზღვრული ტემპერატურა, რომელსაც კიურის წერტილი ეწოდება. ამ ტემპერატურაზე მეტად გაცხელებისას ნივთიერება კარგავს ფერომაგნიტურ თვისებებს და პარამაგნიტური ხდება.

მაგალითად, რკინისათვის კიურის ტემპერატურა 769°C-ია, ამიტომ 800°C-მდე გაცხელებული რკინის ლურსმნები განიმუხტება.

კვლევითი სამუშაო

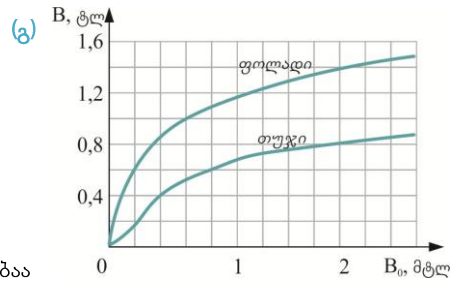
2

ამოცანა

მოცემული გრაფიკების მიხედვით განსაზღვრეთ ფოლადისა და თუჯის მაგნიტური შეღწევადობა, რომელიც გარე მაგნიტური ველის ინდუქციის $B_0 = 2,2$ მტლ მნიშვნელობას შეესაბამება (ა).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

რომელი ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობაა მეტი?



რა შეიტყვეთ

სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. მაგნეტიკები - ...
2. ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობა არის ...
3. პარამაგნეტიკები - ...
4. დიამაგნეტიკები - ...
5. ფერომაგნეტიკები - ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორია ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობის ფიზიკური აზრი?
2. მაგნიტური თვისებების მიხედვით რომელ სახეობებად იყოფა ნივთიერებები?
3. რით განსხვავდება ფერომაგნიტური ნივთიერებები პარა- და დიამაგნიტური ნივთიერებებისაგან?

2.16 გრავიტაციული, ელექტრული და მაგნიტური ველების შეღწევა (გაკვეთილი-პრეზენტაცია).

მოამზადეთ ელექტრონული პრეზენტაცია გრავიტაციული, ელექტრული და მაგნიტური ველების თვისებების განზოგადებული შედარების შესახებ. პრეზენტაციის მომზადების დროს შეგიძლიათ ისარგებლოთ საკვანძო სიტყვებით (ან წინადადებებით), შედარებითი ცხრილების 2.2-ისა და 2.3-ის მონაცემებითა და გეგმით.

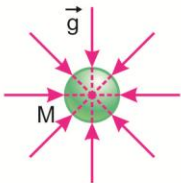
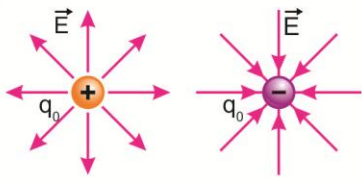
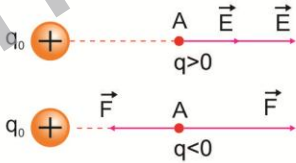
საკვანძო სიტყვები და წინადადებები

ელექტრული მუხტი
მასა
მაგნიტური ველი
ელექტრული ველის
დაძაბულობა
ძალური მახასიათებელი
გრავიტაციული ველის
დაძაბულობა
მაგნიტური ველის
ინდუქცია
ამპერის კანონი
გრავიტაციული ველის
ძალნიერების მიმართულება

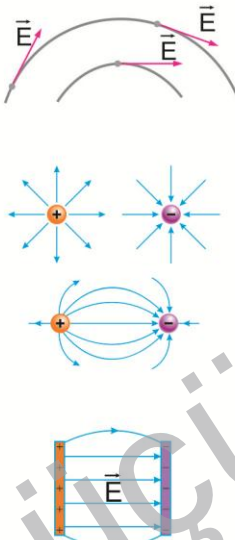
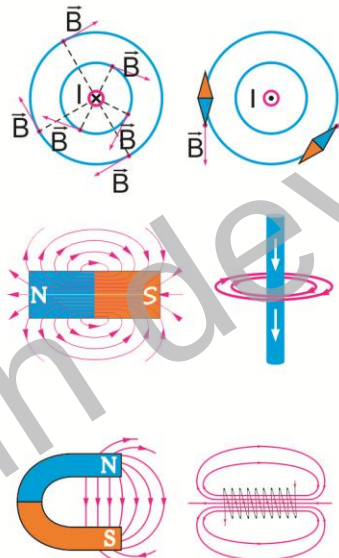
ძალა, რომლითაც
გრავიტაციული ველი
მოქმედებს სხეულზე
ძალა, რომლითაც
ელექტრული ველი
მოქმედებს მუხტზე
მაგნიტური ველის
ძალნიერების მიმართულება
ელექტრული ველის
ძალნიერების მიმართულება
მუშაობა, რომელიც
სრულდება ელექტრულ
ველში მუხტის
გადაადგილების დროს
საცდელი სხეული

კულონის კანონი
ამპერის ძალა
ლორენცის ძალა
კულონის ძალა
მსოფლიო მიზიდულობის ძალა
მუშაობა, რომელიც სრულდება
სხეულის გადაადგილებაზე
გრავიტაციულ ველში
საცდელი მუხტი
მსოფლიო მიზიდულობის კანონი

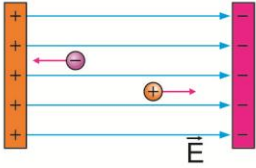
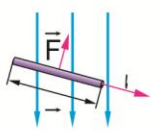
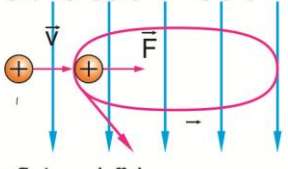
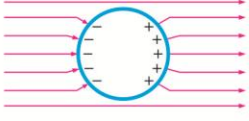
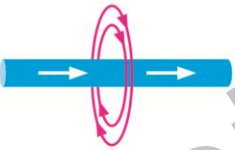
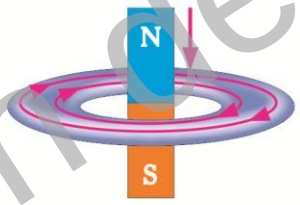
ცხრილი 2.2 გრავიტაციული და ელექტრული ველების მახასიათებლების შედარებითი ცხრილი

	ველის მახასიათებლები	გრავიტაციული ველი	ელექტრული ველი
1.	წყარო	გრავიტაციული მუხტი, M	უძრავი ელექტრული მუხტი, q_0
2.	რაზე მოქმედებს	საცდელ მასაზე, m	ელექტრულ მუხტზე, q
3.	ძირითადი ფორმულა, რომლითაც ეს მოქმედება განისაზღვრება	მსოფლიო მიზიდულობის კანონი ფორმულა $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	კულონის კანონი $F = k \frac{ q_1 q_2}{r^2}$
4.	ველის ძალური მახასიათებელი	გრავიტაციული ველის დაძაბულობა	ელექტრული ველის დაძაბულობა
	მიმართულება		
	მოდული	$g = \frac{F}{m}$	$E = \frac{F}{q}$
	ერთეული	$[g] = 1 \frac{6}{38}$	$[E] = 1 \frac{6}{3}$
5.	ველის დაძაბულობის მოდული	რომელიც შექმნილია ნერტი- ლოვანი გრავიტაციული მუხტით $g = G \frac{M}{r^2}$	რომელიც შექმნილია ნერტილო- ვანი ელექტრული მუხტით, ვაკუუმში $E = k \frac{ q_0 }{r^2}$
6.	ძალა, რომლითაც ველი მოქმედებს მუხტზე	$\vec{F}_T = m\vec{g}$ 	$\vec{F} = q\vec{E}$ 
7.	ველის მუშაობა	$A = mgh$	$A = qEd$

ცხრილი 2.3. ელექტრული და მაგნიტური ველების მახასიათებლების შედარებითი ცხრილი

შესადარებელი ელემენტები	ელექტრული ველი	მაგნიტური ველი
1	2	3
1. რა ქმნის ველს	ელექტრული მუხტი	მუდმივი მაგნიტები ან დენიანი გამტარი
2. რა გამოიყენება ველის შესწავ- ლისთვის	წერტილოვანი საცდელი მუხტი	მოკლე დენიანი გამტარი ან მაგნიტური ისარი
3. ველის ძალური მახასიათებელი	ელექტრული ველის დაძაბულობა $\vec{E}$	მაგნიტური ველის ინდუქცია $\vec{B}$
მიმართულება		
მოდული	$ \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	$ \vec{B} = \frac{F_{\vec{a}}}{Il}$
ერთეული	$[E] = 1 \frac{6}{3}$	$[B] = 1 \frac{6}{3 \cdot 9} = 1 \text{ ტლ}$
4. ველის ქალწირები		

ცხრილ 2.3-ის გაგრძელება

1	2	3
5. ველის მოძველება	მუხტზე  $\vec{F} = \vec{E}$ 	წრფივ დენიან გამტარზე  მარცხენა ხელის წესით: $\vec{F}_A = \vec{B} \cdot \sin \alpha$ მოდრავ დამუხტულ ნაწილაკზე  მარცხენა ხელის წესით: $\vec{F}_A = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \cdot \sin \alpha$
6. ნივთიერება ველში	გამტარები  შიგნით ველი არ არის დიელექტრიკები $\epsilon = \frac{E_0}{E}$ ველი ϵ-ჯერ სუსტდება.	$\mu = \frac{B}{B_0}$ პარამაგნეტიკები: $\mu > 1$, ველი ძლიერდება. დიამაგნეტიკები: $\mu < 1$, ველი სუსტდება. ფერომაგნეტიკები: $\mu \gg 1$, ველი მნიშვნელოვნად ძლიერდება.
7. ველის ურთიერთკავშირი	ელექტრული ველი დენს ქმნის. დენი კი მაგნიტურ ველს ქმნის. 	მაგნიტური ველის ცვლილება შეეწუღება გამტარ კონტურში აღძრავს დენს. 

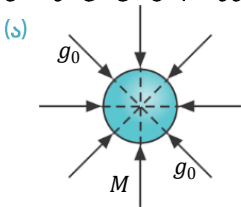
პრეზენტაციის მომზადება

1-ლი სლაიდი	- პრეზენტაციის თემის სახელწოდება - მომზადა (კლასი, მოსწავლის სახელი და გვარი)
მე-2 სლაიდი	- გრავიტაციული ველის წყარო - ელექტრული ველის წყარო - მაგნიტური ველის წყარო
მე-3 სლაიდი	- რის საშუალებით ვიკვლევთ გრავიტაციულ ველს? - რის საშუალებით ვიკვლევთ ელექტრულ ველს? - რის საშუალებით ვიკვლევთ მაგნიტურ ველს?
მე-4 სლაიდი	- გრავიტაციული ველის ძალური მახასიათებელი: მიმართულება, მოდული - ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელი: მიმართულება, მოდული - მაგნიტური ველის ძალური მახასიათებელი: მიმართულება, მოდული
მე-5 სლაიდი	- გრავიტაციული ველის ძალწირები - ელექტრული ველის ძალწირები - მაგნიტური ველის ძალწირები
მე-6 სლაიდი	- ძალა, რომლითაც გრავიტაციული ველი მოქმედებს საცდელ სხეულზე - ძალა, რომლითაც ელექტრული ველი მოქმედებს საცდელ მუხტზე - ძალა, რომლითაც მაგნიტური ველი მოქმედებს დენიან გამტარზე
მე-7 სლაიდი	- სხეულები გრავიტაციულ ველში - გამტარები და დიელექტრიკები ელექტრულ ველში - მაგნეტიკები მაგნიტურ ველში
მე-8 სლაიდი	სხვადასხვა ფიზიკური ველის ურთიერთკავშირი

2.17

დედამიწის როგორი ველის ზემოქმედების ქვეშ ვიყოფებით: გრავიტაციული, ელექტრული თუ მაგნიტური? (ბაკვეთილი-დებატები)

გრავიტაციული ველის წყაროა მასა. გრავიტაციული ველის ძალური მახასიათებელია გრავიტაციული ველის დაძაბულობა. გრავიტაციული ველის დაძაბულობა ვექტორული სიდიდეა ($\vec{g}_0$). ის მიმართულია ველის ნებისმიერი წერტილიდან ველის წყაროსაკენ (ა). გრავიტაციული ველის ნებისმიერ წერტილში დაძაბულობის მოდული დამოკიდებულია ველის შემქმნელი სხეულის მასასა (M) და სხეულის ცენტრიდან ამ წერტილამდე მანძილზე (r):



$$g_0 = G \frac{M}{r^2}.$$

სხეულებს შორის გრავიტაციული ურთიერთქმედების სიდიდე განისაზღვრება ნიუტონის მიერ აღმოჩენილი მსოფლიო მიზიდულობის კანონით:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}.$$

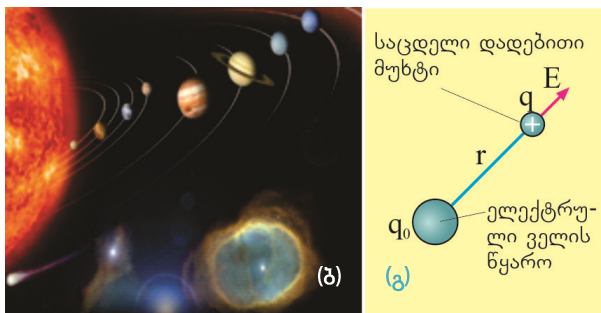
გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას ყოველთვის მიზიდვის ხასიათი აქვს. დედამიწის გრავიტაციულ ველში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა, რომელიც სხეულს თავისუფალი ვარდნის აჩქარებას ($\vec{g}$) ანიჭებს:

$$\vec{F} = m\vec{g}.$$

მსოფლიო მიზიდულობის ძალა განსაზღვრავს სხვადასხვა სისტემის მოძრაობას სამყაროში, მათ შორის პლანეტების მოძრაობას მზის სისტემაში (ბ).

- რა განსხვავებაა გრავიტაციული ველის დაძაბულობასა და თავისუფალი ვარდნის აჩქარებას შორის?
- რის ტოლია დედამიწის ზედაპირზე გრავიტაციული ველის დაძაბულობა და თავისუფალი ვარდნის აჩქარება?
- რა განსხვავებაა სხეულის მასასა და მის წონას შორის?
- რას ნიშნავს სხეულის თავისუფალი ვარდნა და რა დროს ვარდება სხეული თავისუფლად?

ელექტრული ველის წყაროა ელექტრული მუხტი. ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელია ელექტრული ველის დაძაბულობა. ელექტრული ველის დაძაბულობა ვექტორული სიდიდეა ($\vec{E}$). ელექტრული ველის დაძაბულობის მიმართულება ველის ნებისმიერ წერტილში ემთხვევა ამ წერტილში შეტანილ საცდელ დადებით მუხტზე მოქმედი ძალის მიმართულებას (ა).



წერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული ველის მოცემულ წერტილში პირდაპირპროპორციულია ამ მუხტის სიდიდისა (q_0) და უკუპროპორციულია წერტილისა და მუხტს შორის მანძილის კვადრატისა:

$$E = k \frac{|q_0|}{r^2}.$$

მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედება განისაზღვრება კულონის კანონით:

$$F = k \frac{|q_0||q|}{r^2}.$$

მუხტებს შორის ელექტრულ ურთიერთქმედებას (მუხტების ნიშნის მიხედვით) შეიძლება ჰქონდეს როგორც მიზიდვის, ისე განზიდვის სახე. ელექტრულ ველში მოთავსებულ საცდელ მუხტზე (q) მოქმედებს ელექტრული ძალა:

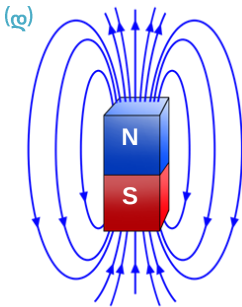
$$\vec{F} = |q|\vec{E}.$$

- როგორ არის დამოკიდებული ელექტრული ველის დაძაბულობა ამ ველში მოთავსებულ საცდელ მუხტზე?

- რა არის ელექტროსტატიკური ინდუქცია?
- არსებობს თუ არა გრავიტაციული ურთიერთქმედება დამუხტულ ნაწილაკებს შორის? პასუხი დაასაბუთეთ.

რა აქვთ საერთო და რით განსხვავდება ელექტრული და გრავიტაციული ველები?

მაგნიტურ ველს მოძრავი ელექტრული მუხტები ქმნის. მაგნიტური ველის ძალური მახასიათებელია მაგნიტური ველის ინდუქცია. მაგნიტური ინდუქცია (B) ვექტორული სიდიდეა. მაგნიტური ველის ძალწირები ჩაკეტილი წირებია – ისინი ჩრდილოეთ პოლუსიდან გამოდიან და სამხრეთ პოლუსში შედიან. ამიტომ ამბობენ, რომ მაგნიტური ველი გრიგალური ველია (დ). ინდუქციის წირების მიმართულების განსაზღვრა შესაძლებელია მარჯვენა ხრახნის (ბურღის) ან მარჯვენა ხელის წესით.



მაგნიტური ველის ინდუქციის მოდული ტოლია ველში შეტანილ დენიან გამტარზე მოქმედი მაქსიმალური ძალის ($F_{\text{მაქს}}$) შეფარდებისა დენის ძალისა (I) და

გამტარის სიგრძის (l) ნამრავლზე:

$$B = \frac{F_{\text{მაქს}}}{I \cdot l}.$$

ურთიერთქმედება პარალელურ დენიან გამტარებს შორის განისაზღვრება მაგნიტური ურთიერთქმედების ძალით:

$$F_{\theta} \sim \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{r}.$$

მაგნიტური ურთიერთქმედება შეიძლება იყოს როგორც მიზიდვის, ისე განზიდვის ხასიათის.

ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მოთავსებულ დენიან გამტარზე მოქმედებს ამპერის ძალა, რომელიც დენის ძალის, მაგნიტური ინდუქციის მოდულის, გამტარის აქტიური სიგრძისა (ველში მოთავსებული გამტარის უბნის სიგრძის) და დენის მიმართულებასა და მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულებას შორის კუთხის სინუსის ნამრავლის ტოლია:

$$F_{\theta} = IBls \sin \alpha.$$

- რა არის მაგნიტური ველის წყარო: არსებობს თუ არა მაგნიტური მუხტები?
- რა არის ელექტრომაგნიტი?
- რაში მდგომარეობს ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა? რით განსხვავდება ინდუქციური დენი ჩვეულებრივი ელექტრული დენისაგან?
- რა ძალით მოქმედებს მაგნიტური ველი მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე, რომელიც ამ ველში შეიჭრება? რაზეა დამოკიდებული ამ ძალის მოდული?

დეზატეპი

- ტექსტის წაკითხვის შემდეგ გაიყავით ორ ჯგუფად. იმსჯელეთ შემოთავაზებულ თემებზე, გამოთქვით თქვენი მოსაზრებები.

1. როგორია ჩვენთვის დედამიწის გრავიტაციული ველის მოქმედება?



• მომხრე

- დედამიწის გრავიტაციული ველი არ აძლევს დაშორების საშუალებას თავის თანამგზავს – მთვარეს. მთვარე ირეკლავს მზის სხივებს და ღამით დედამიწის ზედაპირს ანათებს.
- მთვარესა და დედამიწას შორის გრავიტაციული ურთიერთქმედება მრავალი ქვეყნის სანაპიროზე ზღვებისა და ოკეანეების მოქცევას იწვევს. ამ ტერიტორიებზე აქტიურად იყენებენ მოქცევის ელექტროსადგურებს. ისინი ეკოლოგიურად სუფთა ენერგიის მიღების საშუალებას იძლევა.
- დედამიწის იმ რაიონებში, სადაც სასარგებლო წიაღისეულის ბევრი საბადოა თავმოყრილი, თავისუფალი ვარდნის აჩქარების მნიშვნელობა ჩვეულებრივზე მეტია, რაც გეოლოგებს სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების აღმოჩენის საშუალებას აძლევთ. ე. ი. დედამიწის გრავიტაციული ველის მოქმედებას ჩვენთვის სარგებლობა მოაქვს.



• წინააღმდეგი

- მთვარე და დედამიწა ერთმანეთს იზიდავს. ეს მიზიდულობა მსოფლიო ოკეანეში მოქცევებისა და მიქცევების მიზეზი. მოქცევის დროს ოკეანეში წყლის დონე იმატებს და ფარავს სანაპიროს მახლობელ ტერიტორიებს. ეს დიდ მატერიალურ ზარალს იწვევს. შესაძლებელია ადამიანის მსხვერპლი.
- დედამიწა მზის ირგვლივ საკიდისა და საყრდენის გარეშე ბრუნავს, ე. ი. ის ყოველთვის თავისუფალი ვარდნის მდგომარეობაშია. ჩვენც დედამიწის ზედაპირზე ვცხოვრობთ, ამიტომ მასთან ერთად განვიცდით თავისუფალ ვარდნას. მუდმივად თავისუფალი ვარდნის მდგომარეობაში ყოფნა უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის შინაგან ორგანოებსა და სისხლის მიმოქცევაზე, აძლიერებს გულისცემასა და წნევას.
- ჩვენ განვიცდით დედამიწის გრავიტაციული ველის მავნე ზემოქმედებას.

2. როგორია ჩვენთვის დედამიწის ელექტრული ველის მოქმედება?

 • მომხრე	- ელექტრული ველის ძაღწირები დადებით მუხტზე იწყება და უარყოფითზე მთავრდება. დედამიწა უარყოფითად არის დამუხტული. ატმოსფეროს ზედა ფენებს დადებითი ელექტრული მუხტი აქვს. ამიტომ დედამიწის ელექტრული ველის ძაღწირები ვერტიკალურად ქვევითაა მიმართული. - ღრუბლებსა და დედამიწის ზედაპირზე არსებულ ობიექტებს (მწიწბები, ხეები, წყალსატევები და სხვ.) შორის აღძრული ელექტრული ველი მეხის გაჩენის მიზეზია. მეხის მართვის შესაძლებლობის არსებობის შემთხვევაში შეიძლება მისი ენერგიის ეფექტურად გამოყენება. ხელოვნური მეხის (ელვის) მიღება შესაძლებელია ლაბორატორიაში ელექტროფორული მანქანის გამოყენებით. - ელექტრული ველი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ჩვენს ცხოვრებაში. ელექტრული ველი ადამიანის მეგრძნებების ყველა პროცესში მონაწილეობს: თვალი ხედავს სინათლეს. სინათლე კი ელექტრული და მაგნიტური ველების ცვლილებაა სივრცეში. შეხების მეგრძნებას იწვევს ხელის სხეულიზე ხახუნი და დეფორმაცია, რომლებსაც ასევე ელექტრული ბუნება აქვთ. სმენა ჰაერის წწევის ცვლილების ზემოქმედებაა სმენით მეგრძნაზე. ჰაერის მოლეკულების მოქმედებაც ელექტრული ბუნებისაა. ყნოსვა ქიმიური პროცესია. ქიმიური პროცესი მოლეკულების გარდაქმნა და ურთიერთქმედებაა. აქაც ელექტრული ძაღები მონაწილეობს.
 • წინააღმდეგი	- დედამიწის ელექტრულ ველს შეუძლია უარყოფითი ზემოქმედება მოახდინოს ცოცხალ ორგანიზმებზე, მათ შორის ადამიანზე. დედამიწის ელექტრული ველის მოქმედებით ადამიანის სხეული იმუხტება – მასზე ელექტრული მუხტი გროვდება და თუ მას რეზინისძირიანი ფეხსაცმელი აცვია, იგი ცოცხალ კონდენსატორად გადაიქცევა. განუწყვეტელი დამუხტვა და განმუხტვა უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის შინაგანი ორგანოების ნორმალურ ფუნქციონირებაზე, მაგალითად, გულზე, სისხლის მიმოქცევის სისტემაზე და სხვ. - გაელვება ყოველ ჩვენგანში იწვევს საფრთხის განცდას. მეხის დაცემა იწვევს ხანძარს, აზიანებს ელექტროგადამცემ ბოძებსა და ქარხნის მიღებს. - ჩვენ განვიცდით დედამიწის ელექტრული ველის მავნე ზემოქმედებას.

3. როგორ ზემოქმედებას ახდენს დედამიწის მაგნიტური ველი?

 • მომხრე	- დენიან კოჭაზე მაგნიტური ველის მოქმედება გამოიყენება ელექტრულ საზომ ხელსაწყოებში, ელექტროძრავებში. მაგნიტური ველის მოქმედება მოძრავ მუხტზე გამოიყენება ციკლოტრონებში (დამუხტული ნაწილაკების ამაჩქარებელში) და მასსპექტროგრაფებში (დამუხტული ნაწილაკის მასის განსაზღვრისათვის). - დედამიწის მაგნიტური ველი იცავს ადამიანებს მზის რადიაციის მავნე მოქმედებისაგან, მოგზაურებს ეხმარება გზის გაკვლევაში, თევზებსა და ფრინველებს – სივრცეში ორიენტირებაში. მაგნიტური ტომოგრაფია ექიმებს ეხმარება სწორი დიაგნოზის დასმაში. - ჩვენ ვიმყოფებით დედამიწის მაგნიტური ველის სასარგებლო ზემოქმედების ქვეშ.
 • წინააღმდეგი	- მაგნიტური ველი ნეგატიურ გავლენას ახდენს ნერვულ სისტემაზე, ანელებს მის აქტივობას. - დედამიწის მაგნიტური ველის ხანმოკლე ცვლილებები იწვევს მაგნიტურ ქარიშხალს. მაგნიტური ქარიშხლები დაკავშირებულია მზის აქტივობასთან. ეს უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე. - ადამიანები, რომლებიც მაღალსართულიანი სახლების ზედა სართულებზე ცხოვრობენ, მეტად განიცდიან დედამიწის მაგნიტური ველის უარყოფით ზეგავლენას, ამიტომ ადამიანებს, რომლებიც კერძო სახლებში ცხოვრობენ, ნაკლებად აქვთ ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული პრობლემები. დედამიწის მაგნიტური ველის მუდმივი ზემოქმედება უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის ტვინის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე. - ჩვენ განვიცდით დედამიწის მაგნიტური ველის უარყოფით ზემოქმედებას.

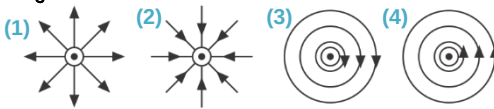
1. მაგნიტური ისარი, რომელსაც ნახატის მართობული ლერძის ირგვლივ ბრუნვა შეუძლია, მუდმივ მაგნიტს მიუახლოვს.



ამ დროს ისარი...

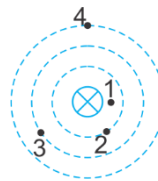
- არ შეიცვლის თავის მდგომარეობას;
- მობრუნდება 180° -ით;
- მობრუნდება 90° -ით, საათის ისრის ბრუნვის მიმართულებით;
- იბრუნებს თავისი ლერძის გარშემო;
- მობრუნდება 90° -ით, საათის ისრის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

2. მუდმივი დენი ნახატის სიბრტყიდან ჩვენკენ არის მომართული. რომელ ნახატზეა სწორად ნაჩვენები მისი მაგნიტური ინდუქციის წირები?



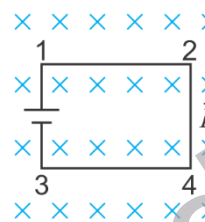
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
- ე) მუდმივი დენი მაგნიტურ ველს არ ქმნის.

3. ნახატზე მოცემულია წრფივი დენიანი გამტარის მაგნიტური ინდუქციის წირების გამოსახულება. რომელ წერტილშია მაგნიტური ველი უფრო სუსტი?



- 1
 - 2
 - 3
 - 4
- ე) ყველა წერტილში ერთნაირია.

4. ელექტრული წრედი, რომელიც დენის წყაროსა და ოთხი ჰორიზონტალური წრფივი გამტარისგან შედგება, ერთგვაროვან მაგნიტურ ველშია მოთავსებული. მაგნიტური ველის ძაღწირები ნახატის სიბრტყის მართობულია. განსაზღვრეთ 4-3 გამტარზე მოქმედი ამპერის ძალის მიმართულება.



- $\rightarrow$
 - $\leftarrow$
 - $\uparrow$
 - $\downarrow$
- ე) ამპერის ძალა არ მოქმედებს.

5. მუდმივი მაგნიტი პირველი 3 წმ-ის განმავლობაში შეკრულ კონტურში შეაქვთ. შემდეგი 3 წმ განმავლობაში მაგნიტი უძრავია. ამის შემდეგ 3 წმ-ის განმავლობაში მაგნიტი კონტურიდან გამოაქვთ. დროის რომელ შუალედში აღიძვრება კონტურში ინდუქციური დენი?

- მხოლოდ 0-3 წმ შუალედში;
- მხოლოდ 3-6 წმ შუალედში;
- 0-3 წმ და 3-6 წმ შუალედებში;
- მხოლოდ 6-9 წმ შუალედში;
- 0-9 წმ შუალედში.

სინათლის მოვლენები

3

3.1 სინათლის წყაროები

მოვლენები,
რომლებსაც ნათელ,
მზიან ამინდში
ვხვდებით

- რომელი ფიზიკური მოვლენებია ამ მრავალფეროვნების მიზეზი?
- რატომ შეგვიძლია საგნების დანახვა დღისით და ვერ ვხედავთ მათ სიბნელეში?



კვლევითი სამუშაო

1

რომელი საგნები ასხივებენ სინათლეს?

შეადგინეთ კლასში არსებული საგნების სია და გაარკვიეთ: რომელი მათგანი ასხივებს სინათლეს და რომელი არა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- სინათლის რომელი წყაროები იცით?
- შეგხვედრიათ თუ არა საგნები, რომლებიც სიბნელეში სინათლეს ასხივებენ? დაასახელეთ მაგალითები.

ფიზიკის ნაწილს, რომელიც სინათლესთან დაკავშირებულ მოვლენებს შეისწავლის, ოპტიკა ეწოდება (ბერძნული სიტყვიდან *optos* – „ნილული“). სინათლე ძალიან მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ჩვენს ცხოვრებაში. ჩვენი გარემომცველი სამყაროს შესახებ ინფორმაციის 90%-ს სინათლის საშუალებით ვიღებთ.

რა არის სინათლე? ძველი ბერძნების წარმოდგენით, სინათლე განსაკუთრებული ნივთიერებაა, რომელიც თვალებიდან გამოედინება. თვალი ამ ნივთიერებას გარკვეული საგნისაკენ მიმართავს და ნივთიერების სხეულთან შეხების პროცესში ადამიანს ამ სხეულის დანახვის შეგრძნება უჩნდება. მაშინ რატომ ვერ ხედავს ადამიანი ღამით? დიდი ხნის განმავლობაში ადამიანს არ ჰქონდა ამ კითხვაზე პასუხი. მხოლოდ მე-17 საუკუნეში ი. ნიუტონმა გამოთქვა შემდეგი ჰიპოთეზა: სინათლე არის ნაწილაკების (კორპუსკულების) ნაკადი, რომელიც მანათობელი სხეულებიდან გამოიტყორცნება. კორპუსკულური

წარმოდგენების მიხედვით, საგნებიდან გამოტყორცნილი ნაწილაკები თვალში ხვდება და დანახვის შეგრძნებას იწვევს.

თითქმის იმავე დროს ჰოლანდიელმა მეცნიერმა ჰ. ჰიუგენსმა წამოაყენა სინათლის ტალღური თეორია. ამ თეორიით, სინათლე ტალღებია, რომლებიც სინათლის წყაროში წარმოიშობა და განსაკუთრებულ გარემოში ვრცელდება, რომელსაც **ეთერი** ეწოდება (ამ საკითხს უფრო დანვრილებით შემდეგ კლასებში შევისწავლით).

სინათლის წყაროები. საგნებს, რომლებიც სინათლეს ასხივებენ, სინათლის წყაროები ეწოდება. არსებობს მრავალი სახეობის სინათლის წყარო:

- **სინათლის სითბური წყაროები.** მზისა და ვარსკვლავების ზედაპირი, სანთლის, აირის ან კოცონის ალი, ვარვარების ნათურის სპირალი, ლავა, რომელიც ვულკანის კრატერიდან გადმოედინება და სხვ. სინათლის სითბური წყაროები.

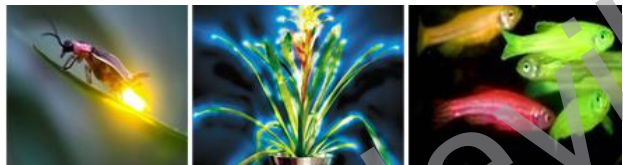
ეს სინათლე-რეაქცია...

- ამოფრქვეული ვულკანის კრატერიდან ამომავალი აირის ტემპერატურა 1100-1200°C-ია, აირის წვის ალის ტემპერატურა – 1600-1850°C, ვარვარების ნათურის ძაფის ტემპერატურა – 2500-2700°C, ხოლო ტემპერატურა ვარსკვლავების ზედაპირზე – 3000-30000°C.

- **სინათლის ცივი წყაროები.** მანათობელი თევზები, ჭიები, სხვადასხვა მცენარეები სინათლის ცივი წყაროებია.

არსებობს ისეთი საგნები, რომლებიც სინათლის წყაროდ გადაიქცევა მისი ზედაპირის სინათლით განათების შემდეგ. ამ სხეულებს **ფოტოლუმინოფორები** ეწოდება (ლათინური სიტყვიდან *lumen* – „სინათლე“), მათ ნათებას კი – **ფოტოლუმინესცენცია**. ფოტოლუმინოფორები ფართოდ გამოიყენება სარეკლამო განათებებში. საგზაო ნიშნებსა და სპეციალურ ტანსაცმელზე გამოყენებული ლუმინოფორული ნივთიერება ავტომობილის ფარებით განათების დროს ანათებს და ხელს უწყობს უსაფრთხო მოძრაობას.

სინათლის ცივი წყაროები



ფოტოლუმინესცენცია

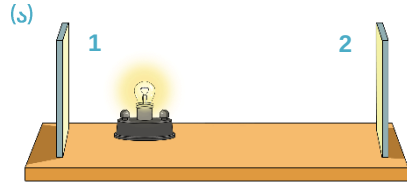


ლაზერი



სინათლის ერთ-ერთი თანამედროვე წყაროა **ლაზერი**. ლაზერი შეუცვლელი სინათლის წყაროა ტელევიზიასა და მედიცინაში, მანქანათმშენებლობასა და ხელსაწყოთმშენებლობაში, სამხედრო ტექნიკაში, მეტროლოგიასა და ასტროფიზიკაში.

• სინათლის ნერტილოვანი წყაროები. სინათლის წყარო შეიძლება სხვადასხვა ზომის იყოს. მაგალითად, ჯიბის ფარნის ნათურის სპირალის სიგრძე ერთ სანტიმეტრზე ნაკლებია, მზის დისკოს რადიუსი კი დაახლოებით $6,960 \cdot 10^8$ მ-ია. მაგრამ სინათლის წყაროს ხილული ზომა დამოკიდებულია არა მარტო მის გეომეტრიულ ზომაზე, არამედ დამკვირვებელსა და სინათლის წყაროს შორის მანძილზეც. მაგალითად, ბევრი ვარსკვლავის გეომეტრიული ზომები მზის ზომებზე მეტია, მაგრამ ამ ციურ სხეულებს ჩვენ ნერტილის სახით ვხედავთ, რადგან ისინი დედამიწიდან ძალიან დიდი მანძილითაა დაშორებული. მაღალ ბოძზე დაკიდებული ნათურა, მზე და ვარსკვლავები ჩვენთვის სინათლის ნერტილოვანი წყაროებია. თუ სინათლის მოვლენებს ფირფიტა 2-ზე ვაკვირდებით, მაშინ პატარა ნათურის სპირალის შეგვიძლია სინათლის ნერტილოვან წყაროდ მივიჩნიოთ. მაგრამ იგივე ნათურა არ იქნება სინათლის ნერტილოვანი წყარო ფირფიტა 1-თვის (ა).



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

სინათლის როგორი წყარო მივიღეთ?

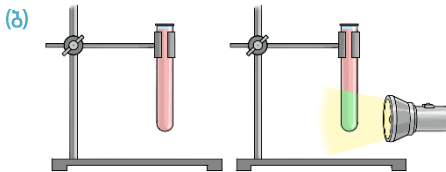
სამუშაოსთვის საჭიროა: სინჯარა, ჯიბის ფარანი, ფოტოლუმინოფორული ნივთიერება, წყალი (100 მლ), შტატივი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. სინჯარა ნახევარზე მეტად შეავსეთ წყლით. დაამატეთ მცირეოდენი ფოტოლუმინოფორული ნივთიერება, სინჯარის ყელს თითი დააფარეთ და შეანჯღრიეთ. შემდეგ სინჯარა შტატივზე დაამაგრეთ (ბ).
2. ჩართეთ ფარანი, გაანათეთ სინჯარა და დააკვირდით მოვლენებს.

იმჯელეთ შედეგებზე:

- რა ფერის ნარევი მიიღეთ წყალში ლუმინოფორული ნივთიერების დამატების შემდეგ?
- რა ფერისაა ნარევის ნათება მისი თეთრი სინათლით განათების დროს?
- ამ სამუშაოს შესრულების დროს სინათლის რომელი წყაროები გამოიყენეთ?



რა შეიტყვით?

- სამუშაო რეულში დაწერეთ მოცემული საკვანძო სიტყვების განმარტებები.
- საკვანძო სიტყვები: • სინათლის წყარო • სინათლის ნერტილოვანი წყარო • ლაზერი • ფოტოლუმინოფორი • ოპტიკა •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა სახის სინათლის წყაროები არსებობს?
2. მოიყვანეთ სინათლის სითბური წყაროების მაგალითები.
3. რა შემთხვევაში შეიძლება ჩაითვალოს სინათლის წყარო ნერტილოვნად? მოიყვანეთ მაგალითები.
4. რატომ ანათებს გზებზე გავლებული გამყოფი ხაზები ღამით, ავტომობილის ფარების სინათლით განათების დროს?
5. არის თუ არა მთვარე სინათლის წყარო?

3.2 სინათლის წრფივი გავრცელება



დილით შეიძლება მზის სხივების დანახვა, რომლებიც ტყეში ხეების ტოტებს შორის აღწევს. სინათლის კონეები სხვადასხვა მიმართულებით ვრცელდება, თითქმის ხეების უკან სინათლის ნერტილოვანი წყარო იყოს მოთავსებული.



- რა მიმართულებით და როგორი ფორმით ვრცელდება სინათლე მოცემული წყაროდან?
- რატომ ვერ ვხედავთ სინათლის წყაროს, რომელიც გაუმჭვირვალე საგნის უკან არის მოთავსებული?

კვლევითი სამუშაო

1

რატომ ჩანს მხოლოდ ერთი ქინძისთავი?

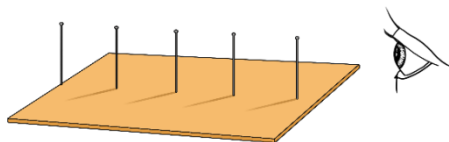
სამუშაოსთვის საჭიროა: მუყაოს ფურცელი, ქინძისთავები (5-6 ცალი), სახაზავი, ფანქარი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მაგიდის ზედაპირზე დადეთ მუყაოს ფურცელი და მასში, ერთმანეთისგან რამდენიმე სანტიმეტრის დაშორებით, ჩაარჭვეთ ორი ქინძისთავი.
2. დანარჩენი ქინძისთავები ჩაარჭვეთ მათ შორის ისე, რომ ქინძისთავების რიგის გასწვრივ ყურებისას მხოლოდ ერთი ქინძისთავი დაინახოთ.
3. ამოიღეთ ქინძისთავები და პირველი ორი ქინძისთავის კვალზე სახაზავით სწორი ხაზი გაავლეთ.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორაა განლაგებული ამ ხაზის მიმართ სხვა ქინძისთავების კვალი? რატომ?



ნერტილოვანი S წყაროდან გავრცელებული სინათლის კონა შეგვიძლია ვაჩვენოთ SA და SC სხივებით ან ცენტრალური SB სხივით (დ). თუ სინათლის მოვლენების შესწავლის დროს საჭიროა სინათლის კონის გავრცელების მიმართულების ჩვენება, უმჯობესია მისი გამოსახვა ცენტრალური სხივის საშუალებით.



თუ სინათლის გავრცელებას რთული ფორმა აქვს, მაშინ უმჯობესია სინათლის კონა ორი შემომსაზღვრელი სხივის საშუალებით გამოვსახოთ. სინათლესთან დაკავშირებული მრავალი მოვლენის შესწავლის დროს გამოიყენება სინათლის პარალელური სხივები. ძალიან დაშორებული სინათლის წყაროებიდან, მაგალითად, მზიდან და ვარსკვლავებიდან, გამოსხივებული სინათლე შეიძლება სინათლის პარალელურ სხივებად ჩავთვალოთ.

როგორ ვრცელდება სინათლის სხივი? თუ დავაკვირდებით მზის სხივებს, რომლებიც ხის ტოტებში გადის, სინათლის სხივებს, რომლებიც ალუმინის ფოლგაში გაკეთებულ ხვრელში გადის, მივხვდებით, რომ სინათლის სხივი წრფივად ვრცელდება. ადამიანებმა დიდი ხანია იციან, რომ სინათლე სწორი ხაზის გასწვრივ ვრცელდება. ძველ მესოპოტამიაში (ჩვ. წ. აღ-მდე 5000 წლით ადრე) სინათლის ამ თვისებას კოშკების მშენებლობის დროს იყენებდნენ, ძველ ეგვიპტეში (ჩვ. წ. აღ-მდე 3000 წლით ადრე) – პირამიდების მშენებლობის დროს.

როგორ გარემოში ვრცელდება სინათლე წრფივად? ინარჩუნებს თუ არა სინათლე წრფივად გავრცელების თვისებას რამდენიმე გარემოში გავლის დროსაც?

კვლევითი სამუშაო

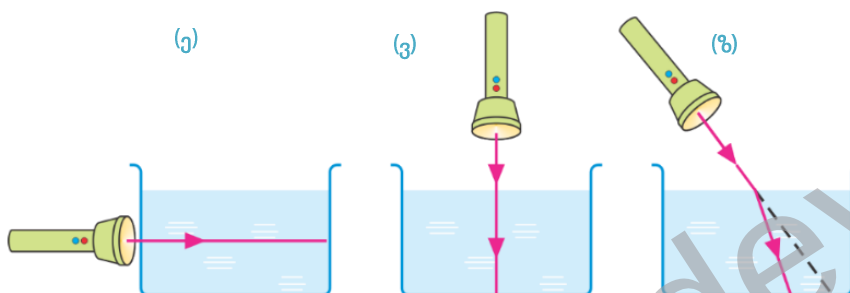
2

როგორ გარემოში ვრცელდება სინათლე წრფივად?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ლაზერული ფარანი, მინის აკვარიუმი წყლით, რძე (50 მლ).

სამუშაოს მსვლელობა:

1. აკვარიუმში ჩაამატეთ რძე. მიიღეთ შემღვრეულ წყალს. ჩართეთ ლაზერული ფარანი, მიუახლოეთ აკვარიუმის კედელს და დააკვირდით წყალში ლაზერის სხივის გავრცელების ტრაექტორიას (ე).
2. დაიჭირეთ ფარანი აკვარიუმის ზევით ისე, რომ სხივი ვერტიკალურად გადიოდეს ორ გარემოში – ჰაერსა და წყალში (ვ). დააკვირდით სხივის ტრაექტორიას ორივე გარემოში.
3. მიმართეთ ლაზერის სხივი კუთხით წყლის ზედაპირისკენ და დააკვირდით სხივის გავრცელების ტრაექტორიას (ზ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ გარემოში ვრცელდება სინათლის სხივი წრფივად?

როგორც კვლევების შედეგად გაირკვა, წყალში სინათლის სხივი წრფივად ვრცელდება. შეიძლება იმის თქმა, რომ წყლის მთლიან მოცულობას ერთნაირი ფიზიკური თვისებები აქვს, რომ წყალი ერთგვაროვან გარემოს წარმოადგენს. ე. ი. ერთგვაროვან გარემოში სინათლე წრფივად ვრცელდება.

მრავალრიცხოვანი ცდით დადგინდა სინათლის წრფივი გავრცელების კანონი:

- **ვაკუუმსა და ერთგვაროვან გარემოში სინათლე წრფივად ვრცელდება.**

სრულდება თუ არა სინათლის წრფივი გავრცელების კანონი არაერთგვაროვან გარემოში? სინათლის წრფივი გავრცელების კანონი არაერთგვაროვან გარემოში (გარემო, რომელიც რამდენიმე ერთგვაროვანი გარემოსაგან შედ-

გება) სრულდება იმ შემთხვევაში, როდესაც სინათლე არაერთგვაროვანი გარემოს ზედაპირს მართობულად ეცემა (იხ. ვ), ყველა სხვა შემთხვევაში სინათლის სხივის მიმართულება იცვლება (იხ. ზ).

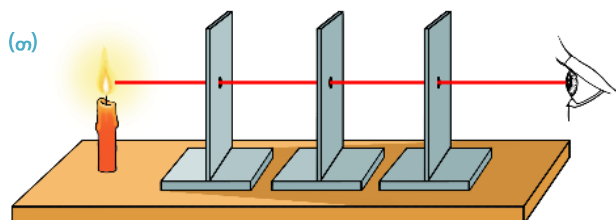
შეკენილი ცოლის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო 3

ჰაერში სინათლის წრფივი გავრცელების კანონის შემოწმება.

სამუშაოსთვის საჭიროა: სანთელი, სადგამზე დამაგრებული მუყაოს ფირფიტები (3 ცალი), მეტალის ლერი (დიამეტრი ≈ 4 მმ).

სამუშაოს მსვლელობა: 1. მუყაოს ფირფიტებზე ერთსა და იმავე ადგილას გააკეთეთ ერთნაირი დიამეტრის (≈ 5 მმ) ნახვრეტები. 2. ანთეთ სანთელი და მოათავსეთ მიყოლებით დალაგებული ფირფიტების უკან. 3. დაარეგულირეთ ფირფიტების მდებარეობა ისე, რომ შეძლოთ ნახვრეტებში გამავალი სხივის დანახვა (თ). 4. არ შეცვალოთ ფირფიტების მდებარეობა და შეამოწმეთ, გაივლის თუ არა მეტალის ლერი სამივე ნახვრეტში. 5. წანაცვლელ ერთ-ერთი ფირფიტა და გაიმეორეთ ცდა.



იმსჯელებზე:

- რას ნიშნავს, როდესაც სინათლის სხივს ვხედავთ და ამ დროს სამივე ნახვრეტში მეტალის ლერიც გადის?
- რატომ აღარ ჩანს სანთლის ნათება ერთ-ერთი ფირფიტის წანაცვლების შემდეგ?
- ამ სამუშაოს შემდეგ რა დასკვნამდე მიხვედით ჰაერში სინათლის გავრცელების შესახებ?

რა შეიტყვეთ



• სამუშაო რვეულში დანერეთ მოკლე ესე მოცემული საკვანძო სიტყვების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: • სინათლის სხივი • ერთგვაროვანი გარემო • სინათლის წრფივი გავრცელების კანონი • ვაკუუმი •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რით განსხვავდება სინათლის კონა და სინათლის სხივი?
2. რა არის სინათლის წრფივი გავრცელების კანონის არსი?
3. როგორ შეგვიძლია ერთი წრფის გასწვრივ დავდგათ სამი სადგამი სინათლის წრფივი გავრცელების კანონის გამოყენებით?

3.3 მოვლენები, რომლებიც სინათლის წრფივი გავრცელების კანონის საფუძველზე აიხსნება

მასწავლებელი კლასს აძლევს ამოცანას: თქვენ მხოლოდ 1 მ სიგრძის სახაზავი გაქვთ. ვინ შეძლებს ამ სახაზავის გამოყენებით გაზომოს ფიჭვის სიმაღლე სკოლის ეზოში ისე, რომ ხეზე არ აძვრეს?

– მე, – უპასუხა აგილმა და მოუყვა, როგორ შეიძლება ხის სიმაღლის გამოთვლა მისი ჩრდილის სიგრძის მიხედვით...

მასწავლებელი და მოსწავლეები დააკმაყოფილა მისმა პასუხმა. დასვენებაზე ეზოში გასულმა მოსწავლეებმა ხის სიმაღლე აგილის მეთოდით განსაზღვრეს.



- თქვენ როგორ განსაზღვრავდით ფიჭვის სიმაღლეს მისი ჩრდილის სიგრძის მიხედვით?
- სინათლის რომელი თვისება იწვევს საგნების ჩრდილის გაჩენას? რომელ საგნებს აქვს მკვეთრი ჩრდილი და რომელს – ნაკლებად გამოხატული?

კვლევითი სამუშაო

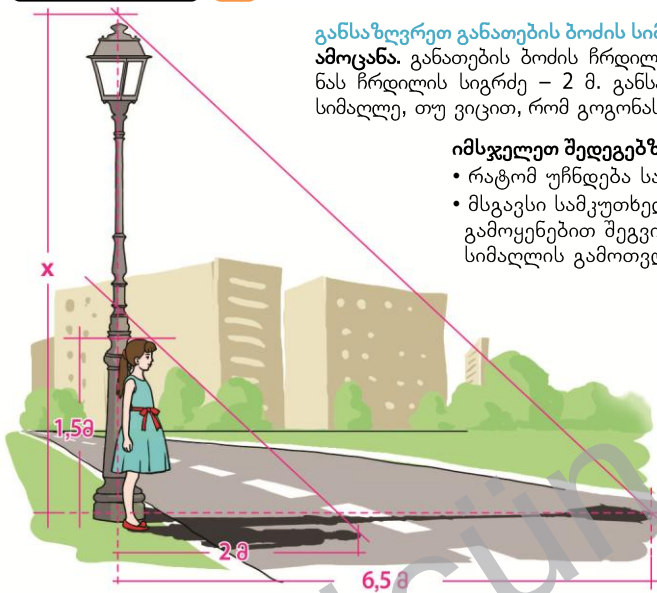
1

განსაზღვრეთ განათების ბოძის სიმაღლე.

ამოცანა. განათების ბოძის ჩრდილის სიგრძე 6,5 მ-ია, გოგონას ჩრდილის სიგრძე – 2 მ. განსაზღვრეთ განათების ბოძის სიმაღლე, თუ ვიცით, რომ გოგონას სიმაღლე 1,5 მ-ია.

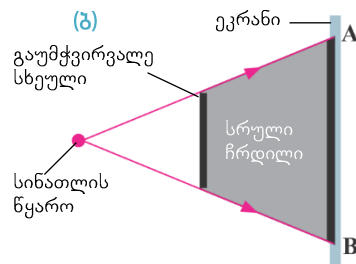
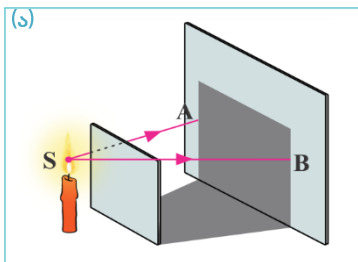
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ უჩნდება საგნებს ჩრდილი?
- მსგავსი სამკუთხედების რომელი თვისების გამოყენებით შეგვიძლია განათების ბოძის სიმაღლის გამოთვლა?



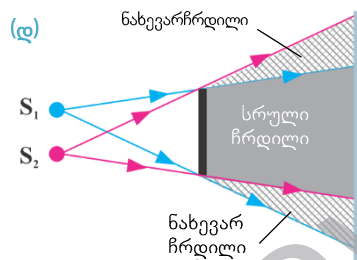
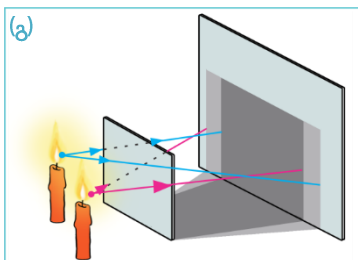
სინათლის წრფივი გავრცელების კანონმა საშუალება მოგვცა, აგვეხსნა ზოგიერთი მოვლენა, რომელიც სინათლის თვისებებთანაა დაკავშირებული. დადგენილია, რომ ყველა არაგამჭვირვალე სხეული, რომლებსაც სინათლის სხივები ეცემა, ჩრდილს წარმოქმნის. თუ ეს საგნები წერტილოვანი სინათლის წყაროთია განათებული, ეკრანზე სრული ჩრდილი წარმოიქმნება.

ეს იმიტომ ხდება, რომ სხეულის წერტილოვანი სინათლის წყაროთი განათების დროს სხივები სხეულში ვერ გადის და მის უკან ჩრდილის მკვეთრი არე წარმოიქმნება (ა და ბ).

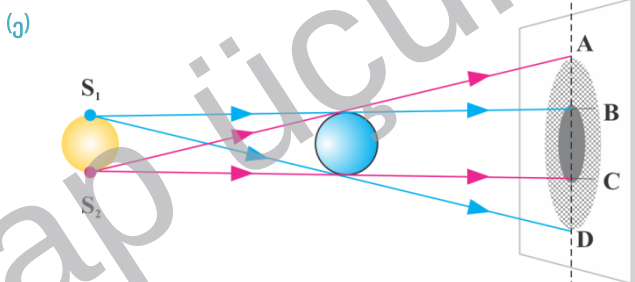


• **სრული ჩრდილი** არის სივრცის ნაწილი სხეულის უკან, სადაც არ ხდება წერტილოვანი სინათლის წყაროს სინათლე.

სხეულის ერთდროულად რამდენიმე წერტილოვანი სინათლის წყაროთი ან ერთი არაწერტილოვანი წყაროთი (წყაროს ზომები დაბრკოლების ზომების თანაზომადია, იმავე რიგისაა) განათების დროს ეკრანზე მკვეთრ ჩრდილთან ერთად ნახევარჩრდილიც გაჩნდება, რომელსაც გადაბნეული საზღვრები აქვს. ნახევარჩრდილი ეკრანის იმ ნაწილში ჩნდება, საიდანაც სინათლის წყარო ნაწილობრივ ჩანს. ნახატზე მოცემულია ჩრდილისა და ნახევარჩრდილის სქემატური გამოსახულება, რომელიც სინათლის ორი წერტილოვანი წყაროთი (სანთლებით) საგნის განათების დროს წარმოიქმნა (გ და დ).



დიდი ზომის სინათლის წყაროს ყოველი წერტილი სინათლის წერტილოვანი წყაროა. თითოეული ამ წერტილოვანი სინათლის წყაროდან წამოსული სინათლის სხივებით წარმოქმნილი ჩრდილების ზედდების შედეგად ეკრანის ნაწილზე სრული ჩრდილი (BC) წარმოიქმნება, ნაწილზე კი, სადაც ჩრდილების ზედდება არ ხდება, წარმოიქმნება ნაწილობრივ განათებული ნახევარჩრდილოვანი ადგილები (AB და CD) (ე).



• **ნახევარჩრდილი** არის სივრცის ნაწილი იმ სხეულის უკან, რომელიც რამდენიმე წერტილოვანი სინათლის წყაროთი ან დიდი ზომის სინათლის წყაროთია განათებული.

შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

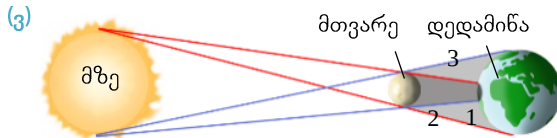
ახსენით მზის დაბნელების მიზეზი.

სამუშაოს მსვლელობა:

ნახატზე წარმოდგენილია მზის დაბნელების სქემატური გამოსახულება (ვ). ყურადღებით შეისწავლეთ სქემა და გაარკვეით მზის დაბნელების მიზეზი.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- მზის დაბნელების დროს რომელი ციური სხეული ქმნის დედამიწის ზედაპირზე სრულ ჩრდილსა და ნახევარჩრდილს?
- რომელი ციფრებით არის აღნიშნული დედამიწის ზედაპირზე მზის სრული და ნაწილობრივი დაბნელების უბნები?
- დედამიწის რომელ რაიონებში მცხოვრები ადამიანები აკვირდებიან მზის სრულ დაბნელებას? რატომ?
- რას ხედავენ ადამიანები, რომლებიც დედამიწის იმ რაიონებში ცხოვრობენ, სადაც ნახევარჩრდილი წარმოიქმნება?
- რას ნიშნავს მთვარის დაბნელება? დახატეთ მთვარის დაბნელების სქემა და ახსენით, რატომ ვხედავთ მთვარეს ძირითადად ნახევარმთვარის სახით?



რა შეიტყვით?



• სამუშაო რვეულში დაწერეთ მოკლე ესე მოცემული საკვანძო სიტყვების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: • ნახევარჩრდილი • მზის დაბნელება • სრული ჩრდილი • მთვარის დაბნელება •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. შეიძლება თუ არა ეკრანზე მივიღოთ:
 - ა) მხოლოდ სრული ჩრდილი;
 - ბ) მხოლოდ ნახევარჩრდილი;
 - გ) გაუმჭვირვალე სხეულის სრული ჩრდილიც და ნახევარჩრდილიც? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. რატომ არ წარმოქმნის ქირურგის ხელები ოპერაციის დროს საოპერაციო არეში ჩრდილს?

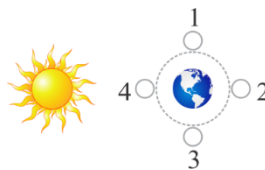
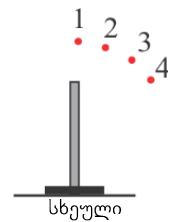


3. შეადარეთ მზის სრული და ნაწილობრივი დაბნელება. აღნიშნეთ მათი მსგავსი და განმასხვავებელი ნიშნები.
4. შეადარეთ მთვარისა და მზის დაბნელება: რა მსგავსება და რა განსხვავებაა მათ შორის?

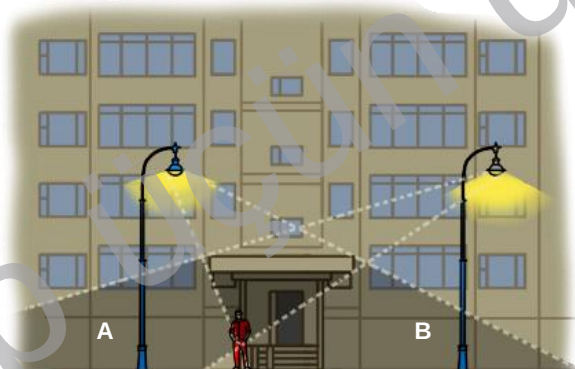
1. სინათლეს ასხივებენ: დამდნარი მეტალი, კომპიუტერის მონიტორი, ვარვარების ნათურა, სანთელი, სარეკლამო მილაკი. ამ მანათებლებიდან რომელია სინათლის სითბური წყარო და რომელი – ცივი წყარო?
2. სინათლის ორი წერტილოვანი წყარო და ერთი ბურთი მოთავსებულია ეკრანის წინ, როგორც ეს ნახატზეა ნაჩვენები. ეკრანზე სად მიიღება ბურთის სრული ჩრდილი და ნახევარჩრდილი?



3. როგორი თანაფარდობა იქნება ჩრდილების სიგრძეებს შორის, რომლებიც მიიღება სინათლის 1, 2, 3 და 4 წყაროებით ვერტიკალური საგნის რიგრიგობით განათების შემდეგ?
4. რომელ წერტილში უნდა იყოს მთვარე, რომ მზის სრული დაბნელება წარმოიქმნას?



5. მზიან დღეს 10 მ სიმაღლის ფიჭვის ჩრდილის სიგრძე 25 მ-ია, ხოლო შენობის ჩრდილის სიგრძე – 150 მ. როგორია შენობის სიმაღლე?
6. სადარბაზო შესასვლელის საჩიხი ქუჩის განათების ორი ფარნით ნათდება. საჩიხის ქვეშ მდგარი ბავშვი...
 ა) სრულ ჩრდილშია;
 ბ) ნახევარჩრდილშია, რადგან მხოლოდ B ნათურით ნათდება;
 გ) ნახევარჩრდილში, რადგან მხოლოდ A ნათურით ნათდება;
 დ) ორივე ნათურით ნათდება;
 ე) ორივე ნათურის ნახევარჩრდილშია.



3.4 სინათლის გავრცელების სიჩქარე და მისი განსაზღვრის მეთოდები

თქვენ არაერთხელ დაკვირვებიათ ელვის ნათებას და ალბათ, დაფიქრებულხართ:



- ელვის დროს რატომ ვხედავთ ჯერ ნათებას, ხოლო შემდეგ ქუხილის ხმა გვესმის?
- საინტერესოა, შესაძლებელია თუ არა ელვიდან გავრცელებული სინათლის სიჩქარის გაზომვა? როგორ შეიძლება ამის გაკეთება?

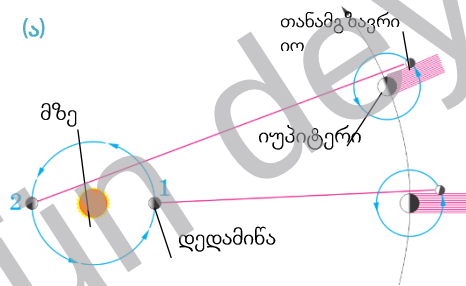
რადგან დედამიწის ზედაპირზე არსებულ ობიექტებს შორის მანძილის გასაზღვრად სინათლეს უმცირესი დრო სჭირდება, დიდი ხნის განმავლობაში ითვლებოდა, რომ სინათლის სიჩქარე უსასრულოდ დიდია. ამიტომ მიაჩნდათ, რომ სინათლე მყისიერად ვრცელდება. პირველად სინათლის გავრცელების სიჩქარე მე-17 საუკუნის მეორე ნახევარში გაზომეს. მიიღეს ძალიან დიდი, მაგრამ სასრული რიცხვი. მოგვიანებით მრავალი სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით ჩატარებული გაზომვების შედეგად გაირკვა, რომ სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში 300000 კმ/წმ-ია. გავეცნოთ ზოგიერთ ამ მეთოდს.

სინათლის გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრის ასტრონომიული მეთოდი. სინათლის გავრცელების სიჩქარე პირველად დანიელმა მეცნიერმა ოლე რემერმა (1644 – 1710) გაზომა 1676 წელს. იგი პლანეტა იუპიტერის თანამგზავრს – იოს აკვირებოდა. მან აღმოაჩინა, რომ იო იუპიტერის ირგვლივ ერთ სრულ ბრუნს 42 საათსა და 28 წუთს ანდომებს. იუპიტერის ჩრდილიდან გამოსვლის შემდეგ მზის სხივებით განათებული იო პლანეტის წინ გაივლის და ისევ მის ჩრდილში ხვდება. ამ დროს იწყება იოს დაბნელება. რემერმა ზუსტად იცოდა დრო (საათი ჰქონდა დანიშნული), როდესაც იო იუპიტერის ჩრდილიდან უნდა გამოსულიყო. პირველი დაკვირვება რემერმა ჩაატარა, როდესაც დედამიწა მზის ირგვლივ ორბიტის 1-ლ წერტილში იმყოფებოდა. ხოლო ხუთი თვის შემდეგ ჩატარებული დაკვირვების დროს, როდესაც დედამიწა თავისი ორბიტის მე-2 წერტილში იმყოფებოდა, აღმოაჩინა, რომ იო იუპიტერის ჩრდილიდან მოსალოდნელზე 22 წუთით გვიან გამოვიდა (ა). რემერმა ეს შემდეგნაირად ახსნა: იმისთვის, რომ სინათლე იოდან დედამიწამდე მე-2 წერტილში მოაღწიოს, დედამიწის ორბიტის დიამეტრის ტოლი მანძილი უნდა გაიაროს, რისთვისაც დამატებითი დროა საჭირო. დედამიწის ორბიტის დიამეტრი მე-17 საუკუნეში ჩატარებული არცთუ ზუსტი გამოთვლებით $d_{დედ.} \approx 2,84 \cdot 10^8$ კმ. რემერმა საკუთარი დაკვირვებებისა და გამოთვლების შედეგად მიიღო, რომ სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში ძალიან დიდი, მაგრამ სასრული რიცხვი:

$$c = \frac{d_{დედ.}}{t} = \frac{2,84 \cdot 10^8 \text{ კმ}}{22 \text{ წთ}} = \frac{2,84 \cdot 10^8 \text{ კმ}}{1320 \text{ წმ}} \approx 215000 \frac{\text{კმ}}{\text{წმ}} = 2,15 \cdot 10^8 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}.$$

$$c \approx 215000 \frac{\text{კმ}}{\text{წმ}} = 2,15 \cdot 10^8 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}.$$

აქ c სინათლის გავრცელების სიჩქარეა ვაკუუმში.



სინათლის გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრის ლაბორატორიული მეთოდი.
 სინათლის სიჩქარე ლაბორატორიული მეთოდით პირველად 1849 წელს გაზომა ფრანგმა ფიზიკოსმა არმან ლუი ფიზომ (1819 – 1896). მან ამისათვის გამოიყენა დანადგარი, რომელიც შედგებოდა სინათლის წყაროს, კბილანებიანი მბრუნავი დისკოს, ლინზისა და სარკეების სისტემისაგან (ბ).

ფიზოს ცდის მიხედვით სინათლის სიჩქარე $c = 3,13 \cdot 10^8$ მ/წმ.

თანამედროვე ელექტრონული მოწყობილობების გამოყენებით სინათლის სიჩქარე დიდი სიზუსტითაა გაზომილი:

$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ მ/წმ} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ მ/წმ.}$$

• **ვაკუუმში სინათლის გავრცელების სიჩქარე** ბუნებაში შესაძლებელი ყველაზე დიდი სიჩქარეა. ეს სიჩქარე არ არის დამოკიდებული ათვლის სისტემის არჩევაზე.

ჰაერში სინათლის გავრცელების სიჩქარე უმნიშვნელოდ განსხვავდება ვაკუუმში სინათლის სიჩქარისგან. თუმცა სხვადასხვა გარემოში სინათლის გავრცელების სიჩქარე განსხვავებულია და განსხვავდება სინათლის სიჩქარისაგან ვაკუუმში. მაგალითად:

$$v_{\text{წყალი}} \approx 2,25 \cdot 10^8 \text{ მ/წმ};$$

$$v_{\text{მინა}} \approx 2,0 \cdot 10^8 \text{ მ/წმ};$$

$$v_{\text{ალმასი}} \approx 1,25 \cdot 10^8 \text{ მ/წმ};$$

$$v_{\text{კანადური ბალზამი}} \approx 1,95 \cdot 10^8 \text{ მ/წმ.}$$

ფიზოს დანადგარის აგებულება და მუშაობის პრინციპი. წყაროდან გამოსული სინათლის სხივი ირეკლება ნახევრად გამჭვირვალე სარკიდან (1), გაივლის თანაბარი სიჩქარით მბრუნავი დისკოს (2) კბილანებს შორის და დაეცემა სარკეს (3), რომელიც L მანძილით არის დისკოსგან დაშორებული (ბ). სარკიდან არეკლილი სხივი ისევ კბილანებიან დისკოსთან ბრუნდება, რომელიც ისეა დამზადებული, რომ ყოველი კბილანის სიგანე კბილანებს შორის მანძილის ტოლია. იმ დროის განმავლობაში, ვიდრე სინათლის სხივი მივა სარკე 3-მდე, აირეკლება და უკან დაბრუნდება, დისკო ერთი კბილანათი შემობრუნდება და დახურავს იმ გასასვლელს კბილანებს შორის, რომელშიც სხივმა გაიარა. ამის გამო სინათლის სხივი მბრუნავ დისკოს ვერ გაივლის და ოკულარში სინათლეს ვერ დავინახავთ. ეს ნიშნავს, რომ დროის შუალედი t_1 , რომელიც სინათლის სხივს სჭირდება სარკემდე L მანძილის გასასვლელად და უკან დასაბრუნებლად, ტოლია t_2 დროის შუალედისა, რომელიც მბრუნავ დისკოს სჭირდება ჭრილებს შორის მანძილის ნახევრით შემობრუნებისთვის:

$$t_1 = t_2.$$

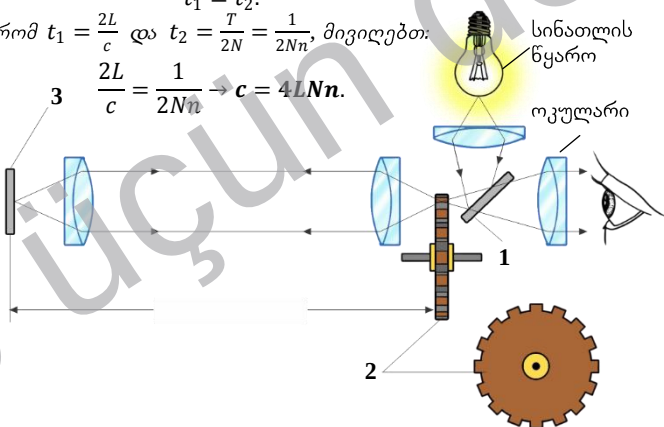
თუ გავითვალისწინებთ, რომ $t_1 = \frac{2L}{c}$ და $t_2 = \frac{T}{2N} = \frac{1}{2Nn}$, მივიღებთ:

$$\frac{2L}{c} = \frac{1}{2Nn} \rightarrow c = 4LNn.$$

აქ L მანძილია

კბილანებიან დისკოსა და სარკე 3-ს შორის, t – კბილანებიანი დისკოს ბრუნვის პერიოდი, n – კბილანებიანი დისკოს ბრუნვის სიხშირე, N – დისკოზე კბილანების რაოდენობა.

(ბ)



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

გამოთვალეთ სინათლის გავრცელების სიჩქარე.

ამოცანა. ფიზოს დანადგარში დისკოს კბილანების რაოდენობაა $N = 720$, მანძილი დისკოსა და სარკეს შორის $L = 8633$ მ. პირველად, როდესაც სინათლის სხივმა დისკო ვერ გაიარა, დისკოს ბრუნვის სიხშირე იყო $n = 12,67 \frac{\text{ბრუნ}}{\text{წმ}}$. გამოთვალეთ სინათლის გავრცელების სიჩქარე ჰაერში.

იმსჯელეთ შედეგზე:

- რა შედეგი მიიღეთ სინათლის სიჩქარის გამოთვლის შემდეგ?
- როგორ შეიცვლება სინათლის სიჩქარის მნიშვნელობა, თუ სარკე v სიჩქარით დაინყებს დისკოდან დამორებას ან მასთან მიახლოებას? პასუხი დაასაბუთეთ.

რა შეიტყვით?

• სამუშაო რვეულში დაწერეთ მოკლე ესე მოცემული საკვანძო სიტყვების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: • სინათლის სიჩქარე • რემერის ცდა • ფიზოს ცდა •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

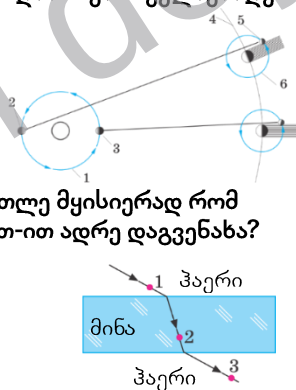
1. რატომ ვერ ახერხებდა ადამიანი სინათლის სიჩქარის გაზომვას?
2. ახსენით პირველი მცდელობა, რომელიც ადამიანმა განახორციელა სინათლის სიჩქარის განსასაზღვრად.
3. როგორია სინათლის გავრცელების სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობა?
4. ბაქოს „ცეცხლოვანი კომპების“ სახურავიდან დამკვირვებელი ლაზერული დანადგარის სინათლის სხივს ბაბადლის მთის მწვერვალზე დაყენებული სარკისაკენ „აგზავნის“. მანძილი დამკვირვებელსა და სარკეს შორის 234 კმ-ია. რა დროის შემდეგ დაინახავს დამკვირვებელი სარკიდან არეკლილ სინათლის სხივს ($c = 3 \cdot 10^5 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$)?

კვლევითი სამუშაო

3.2

1. მანძილი მზეს და პლუტონს შორის $\approx 5,9 \cdot 10^9$ კმ-ია. რა დროში მივა სინათლის სხივი მზიდან პლუტონამდე?
2. თანავარსკვლავედ ცენტავრის ყველაზე ახლო α -ვარსკვლავიდან დედამიწამდე სინათლე 4,3 წლის შემდეგ აღწევს. რა მანძილია დედამიწიდან α -ვარსკვლავამდე?
3. ნახატზე მოცემულია რემერის მეთოდით სინათლის სიჩქარის გაზომვის სქემა. რომელ წერტილშია დაკვირვების დროს დედამიწა, როდესაც თანამგზავრ იოს დაბნელება დაგვიანებით იწყება?
4. რატომ ამბობენ ვარსკვლავების შესწავლისას ასტრონომები: „ჩვენ ვარსკვლავების წარსულს ვსწავლობთ“?
5. მზის სხივები დედამიწამდე მანძილს 8 წთ-ში გადის. სინათლე მყისიერად რომ ვრცელდებოდეს, შევძლებდით თუ არა მზის ამოსვლა 8 წთ-ით ადრე დაგვეჩვენა?
6. შეადარეთ სინათლის სიჩქარეები 1, 2 და 3 წერტილში.

- A) $v_3 > v_1 > v_2$ B) $v_3 > v_2 > v_1$ C) $v_1 = v_3 > v_2$
D) $v_1 = v_3 < v_2$ E) $v_1 = v_3 = v_2$



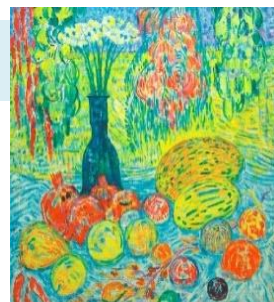
3.5 სინათლის არეკვლის კანონი

ყველამ იცის, რომ მზიან ამინდში სარკის გამოყენებით შეიძლება მზის ათინათით ითამაშო.



- რა არის მზის ათინათის წარმოქმნის მიზეზი?

ხშირად მხატვრის ქმნილება გვხიბლავს როგორც გამოსახულებით, ისე ფერთა სიუხვით.



- ყოველთვის გარკვევით ჩანს თუ არა გამოსახულება მხატვრულ ტილოზე?
- ნახატის სხვადასხვა კუთხიდან დათვალიერების დროს ფერები ხან მკვეთრი და კაშკაშა გვეჩვენება, ხან ჩამქრალი და მქრქალი. რატომ?

ს. ბაპლულზადე, „ნესეები“

კვლევაში სამუშაო

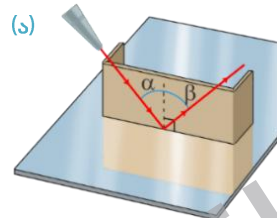
1

როგორ ირეკლება სინათლე სარკიდან?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მართკუთხა ფორმის მუყაო, მარკერი, სახაზავი, ლაზერული ფარანი, ბრტყელი სარკე.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მუყაოს შუა ნაწილში, მისი რომელიმე გვერდის პერპენდიკულარულად, გაავლეთ წყვეტილი ხაზი.
2. მოკეცეთ მუყაოს ბოლოები მართი კუთხით, როგორც ნახატზე და სარკეზე ისე დადეთ, რომ წყვეტილი ხაზი სარკის ზედაპირის პერპენდიკულარული იყოს (ა).
3. ლაზერის სხივი მიმართეთ პერპენდიკულარის სარკესთან შეხების წერტილისაკენ, მუყაოს ზედაპირის გასწვრივ. ყურადღება მიაქციეთ, როგორ ირეკლება სხივი სარკის ზედაპირიდან.
4. დააკვირდით, როგორ იცვლება კუთხე სარკიდან არეკლილ სხივსა და სარკის პერპენდიკულარს შორის (არეკვლის კუთხე) სარკეზე დაცემულ სხივსა და სარკის პერპენდიკულარს შორის კუთხის (დაცემის კუთხის) ცვლილების დროს.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- შეიძლება თუ არა ვთქვათ, რომ დაცემული სხივი, არეკლილი სხივი და დაცემის წერტილში გავლენილი ზედაპირის პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეშია განლაგებული?
- რა კავშირი ჩანს სხივის დაცემის α კუთხესა და არეკვლის β კუთხეს შორის?
- რა დასკვნამდე მივყავართ ბრტყელი სარკიდან სხივის არეკვლის მოვლენაზე დაკვირვებას?

რატომ ვხედავთ სხეულს? სხეულს ვხედავთ მასზე დაცემული სინათლის არეკვლის გამო, რომელიც შემდეგ ჩვენს თვალში ხვდება. სხვადასხვა სხეული სინათლეს განსხვავებულად ირეკლავს. მაგალითად, ბრტყელ სარკეზე დაცემული პარალელური სხივები ისევ პარალელურად ირეკლება. თუ თვალი წერტილ 1-შია, სარკიდან არეკლილი სხივები ხვდება თვალში და ჩვენ სარკეში ვხედავთ სხეულის გამოსახულებას. თუ თვალი წერტილ 2-ში ან 3-შია, არეკლილი სხივები ვერ ხვდება თვალში და საგნის ანარეკლს ვერ ვხედავთ (ბ).

ასეთ არეკვლას სარკული არეკვლა ეწოდება. სხივების არეკვლა წყლის უძრავი ზედაპირიდან ასევე სარკული არეკვლაა (გ).

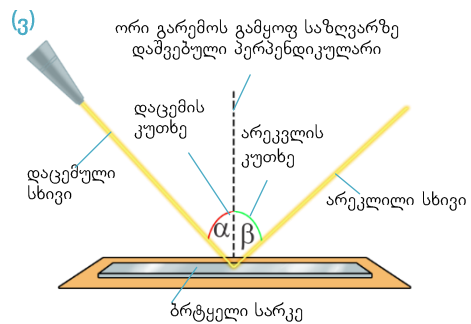
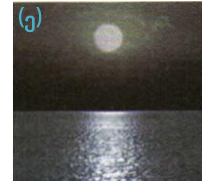
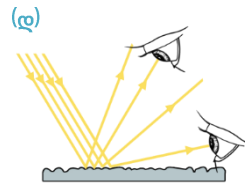
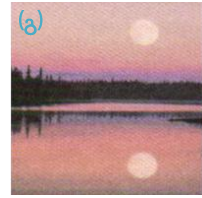
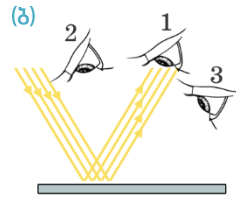
როდესაც სინათლის პარალელური სხივები სხეულის ხაოიან ზედაპირს ეცემა, არეკლილი სხივები სხვადასხვა მიმართულებით გაიბნევა. ასეთ არეკვლას დიფუზიური არეკვლა ან სხივების გაბნევა ეწოდება (დ). ზღვის ზედაპირზე წარმოქმნილი „მთვარის ბილიკი“ სინათლის დიფუზიური გაბნევის მაგალითია (ე).

რომელი კანონით ხდება სინათლის არეკვლა? სინათლის არეკვლის კანონის დასადგენად თქვენი დაკვირვებების შედეგების მიხედვით შეიძლება ითქვას, რომ:

- დაცემული სხივი, არეკლილი სხივი და სხივის დაცემის წერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეში მდებარეობს. დაცემის კუთხე არეკვლის კუთხის ტოლია: $\beta = \alpha$ (ვ).

დაცემული სხივი სინათლის წყაროდან სარკის ზედაპირის გარკვეულ წერტილში დაცემული სხივია, არეკლილი სხივი – ამ წერტილიდან არეკვლის შემდეგ წარმოქმნილი სხივი.

დაცემულ სხივსა და პერპენდიკულარს შორის კუთხეს სხივის დაცემის კუთხე ეწოდება (α კუთხე), ხოლო კუთხეს არეკლილ სხივსა და ამავე პერპენდიკულარს შორის – არეკვლის კუთხე (β კუთხე).



შეაქმიანი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

სამუშაოსთვის საჭიროა: ოპტიკური დისკო, ბრტყელი სარკე.

სამუშაოს მსვლელობა:

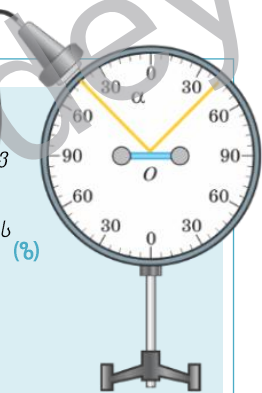
1. ოპტიკური დისკოს ცენტრში დაამაგრეთ ბრტყელი სარკე და სინათლის წყაროდან გამოშვებული სხივი ისე მიმართეთ სარკის ცენტრისკენ, რომ სხივის დაცემის კუთხე 30° იყოს. განსაზღვრეთ სხივის არეკვლის კუთხე.

2. დისკოს კიდის გასწვრივ სინათლის წყაროს გადაადგილებით განსაზღვრეთ 45° , 50° , 60° და სხივის დაცემის სხვა კუთხეების შესაბამისი არეკვლის კუთხეები.

იმსჯელები შედეგებზე:

- რა დასკვნებამდე მიხვედით ჩატარებული სამუშაოს შემდეგ?

ხელსაწყოს აღწერა. ოპტიკური დისკო მრგვალი ფირფიტაა, რომლის ირგვლივ დატანილია დანაყოფები. დანაყოფებზე აღნიშნულია შესაბამისი კუთხეები. დისკოს კიდეზე დამაგრებულია სინათლის წყარო, რომელიც შეიძლება კიდის გასწვრივ გადაადგილოთ. წყარო სინათლის ვიწრო კონას ასხივებს (თ).

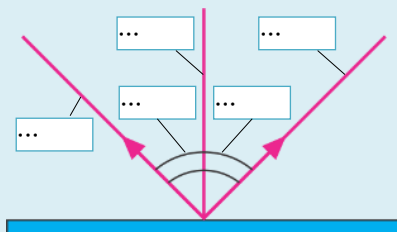


რა შეიტყვი?



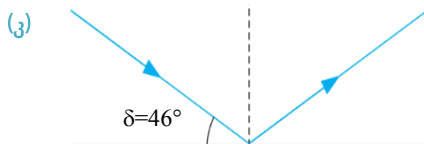
- სამუშაო რვეულში ჩაწერეთ სინათლის არეკვლის კანონის განმარტება და სქემაზე მოცემული ნერტილების ნაცვლად ჩაწერეთ დასახელებული საკვანძო სიტყვები.

საკვანძო სიტყვები: • დაცემული სხივი • არეკლილი სხივი • დაცემის კუთხე • არეკვლის კუთხე • დაცემის ნერტილში აღმართული პერპენდიკულარი •

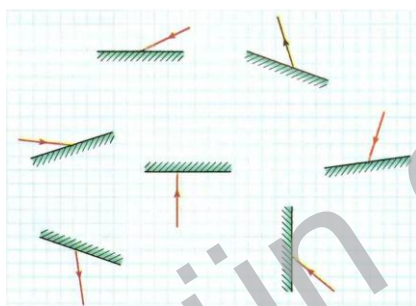


შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რით განსხვავდება სინათლის სარკული არეკვლა დიფუზიური არეკვლისაგან?
2. მზის სხივი, რომელიც სარკის ზედაპირს ეცემა, ზედაპირთან ქმნის $\delta = 46^\circ$ -იან კუთხეს (ვ). განსაზღვრეთ სარკიდან სხივის არეკვლის კუთხე.



3. დაცემულ და არეკლილ სხივებს შორის კუთხე 80° -ია. განსაზღვრეთ დაცემის კუთხე.
4. სამუშაო რვეულში გადაიხაზეთ მოცემული ნახატები და თითოეულზე გაავლეთ, შესაბამისად, დაცემული ან არეკლილი სხივები.



3.6 გამოსახულების აზეზა პრტიელ სარკეში

ალბათ, ყოველდღე, სახლიდან გასვლის წინ, სარკეში ათვალიერებთ თქვენს თავს და თმასა და ტანსაცმელს ინესრიგებთ.



- რა განსხვავებებს ამჩნევთ თქვენსა და სარკეში თქვენს გამოსახულებას შორის?
- სად და სარკის ზედაპირიდან რა მანძილზე მიიღება თქვენი გამოსახულება?
- რა თანაფარდობაა თქვენს ზომებსა და სარკეში თქვენი გამოსახულების ზომებს შორის?

კვლევითი სამუშაო

1

სად მიიღება საგნის გამოსახულება?

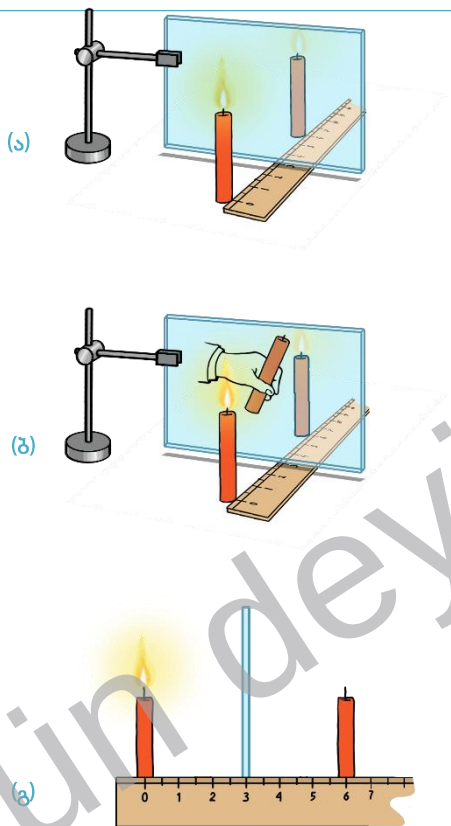
სამუშაოსთვის საჭიროა: სანთელი (2 ცალი), შტატივზე ვერტიკალურად დამაგრებული მინის ფირფიტა, სანთებელა, სახაზავი, ფანქარი, ფურცელი (A3 ფორმატის).

სამუშაოს მსვლელობა: 1. მინის ფირფიტის წინ, ფურცელზე, ანთებული სანთელი მოათავსეთ. მინაში, როგორც სარკეში, სანთლის გამოსახულება გამოჩნდება (ა).

2. მინის უკანა მხარეს, სახაზავის გასწვრივ, იმავე ზომის ჩამქრალი სანთელი დადგით და ამოძრავით, ვიდრე მისი მდებარეობა ანთებული სანთლის გამოსახულებას არ დაემთხვევა (ბ). 3. რეგულში ჩაიხატეთ ამ სამუშაოს სქემა. გაზომეთ და ნახაზზე აღნიშნეთ მანძილები მინიდან ანთებულ და ჩამქრალ სანთლებამდე (გ).

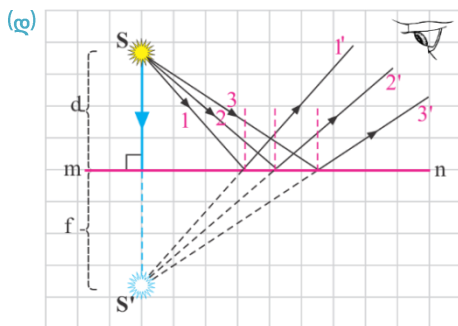
იმსჯელები შედეგებზე:

- რა მდებარეობა ექნება ჩამქრალ სანთელს მინის მეორე მხარეს, როცა ისიც ანთებული მოგვეჩვენება?
- რა დამოკიდებულება დაადგინეთ მინიდან ანთებული და ჩამქრალი სანთლების დაშორებებს შორის?
- რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება კვლევითი სამუშაოს შემდეგ მინის ფირფიტაში საგნის გამოსახულების მიღებასთან დაკავშირებით?



როგორ მიიღება საგნის გამოსახულება პრტიელ სარკეში?

• სარკეს, რომელსაც პრტიელი ზედაპირი აქვს, **პრტიელი სარკე** ეწოდება. მანძილი საგნიდან სარკემდე აღინიშნება d ასოთი, ხოლო მანძილი გამოსახულებიდან სარკემდე – f ასოთი (დ). სარკეში საგნის გამოსახულების ასაგებად სინათლის არეკვლის კანონს იყენებენ.

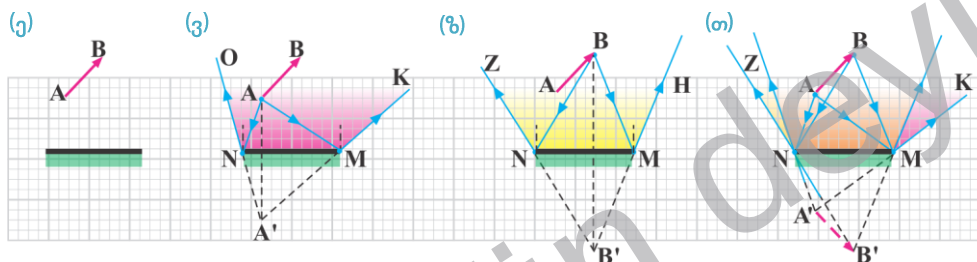


• ბრტყელი სარკის მი ზედაპირზე სინათლის S წერტილოვანი წყაროდან გამოსული განშლადი (დივერგენტული) 1, 2 და 3 სხივები სარკეზე დაცემის შემდეგ დაცემის წერტილებიდან შესაბამისად 1', 2' და 3' სხივების სახით აირეკლება. დამკვირვებელი სინათლის S წყაროს გამოსახულებას დაინახავს, თუ არეკლილი სხივები მის თვალში მოხვდება.

როდესაც სარკიდან არეკლილი სხივები 1', 2' და 3' დამკვირვებლის თვალში ხვდება, მას ეჩვენება, რომ სხივები გამოდის არა ნამდვილი წყაროდან, არამედ S' წერტილიდან, რომელიც სარკის უკანაა განლაგებული. ეს წერტილი სარკიდან არეკლილი სხივების გაგრძელებების გადაკვეთის წერტილია სარკის სიბრტყის უკან. ამიტომ S' წერტილს, რომლიდანაც სინამდვილეში სინათლის სხივები არ გამოდის, S წერტილის წარმოსახვითი გამოსახულება ეწოდება (იხ. დ).

• **წარმოსახვითი გამოსახულება** არის გამოსახულება, რომელიც არეკლილი სხივების გაგრძელებების გადაკვეთით მიიღება. „კვლევის სამუშაო 1-ში“ თქვენ განსაზღვრეთ ბრტყელი სარკის თვისებები, რომლებიც ქვემოთ არის ჩამოთვლილი:

- ბრტყელ სარკეში მიიღება საგნის წარმოსახვითი გამოსახულება;
- ბრტყელ სარკეში საგნის წარმოსახვითი გამოსახულება პირდაპირია და იგივე ზომები აქვს, რაც საგანს;
- საგანი და მისი გამოსახულება ბრტყელი სარკის მიმართ სიმეტრიულადაა განლაგებული; მანძილი საგნიდან სარკემდე გამოსახულებიდან სარკემდე მანძილის ტოლია ($f = d$).

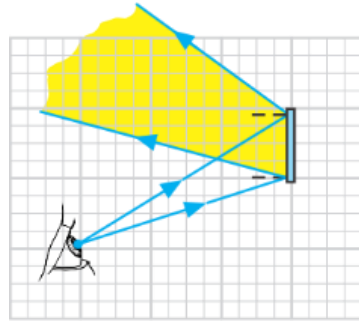


როგორ განისაზღვრება სივრცის ის არე, საიდანაც თვალი ბრტყელ სარკეში საგნის გამოსახულებას დაინახავს? სივრცის ნაწილს, საიდანაც შესაძლებელია ბრტყელ სარკეში მიღებული საგნის გამოსახულების დანახვა, ხედვის არე ეწოდება. საგნის წარმოსახვითი გამოსახულება მთლიანად ჩანს ხედვის არის ნებისმიერი წერტილიდან. ნახატზე მოცემულია AB საგნისა და ბრტყელი სარკის განლაგება (ე). ამ საგნის გამოსახულებისთვის ხედვის არის განსაზღვრავად საგნის A წერტილიდან სარკის უკიდურეს N და M წერტილებამდე გავავლოთ სხივები AN და AM. ეს სხივები დივერგენტულად აირეკლება სარკის განაპირა წერტილებიდან და წარმოქმნის A წერტილის გამოსახულების ხედვის არეს ONM. თუ თვალი ამ არის ნებისმიერ წერტილშია, ის A წერტილის წარმოსახვითი გამოსახულებას A'-ს დაინახავს

(ვ). შემდეგ იმავე წესით ავაგოთ ხედვის არე B წერტილის გამოსახულებისათვის (ზ). სივრცის ნაწილი ZNMK, მთლიანობაში, AB საგნის წარმოსახვითი ხედვის არეა A'B' გამოსახულებისათვის (თ).

როგორ განვსაზღვროთ სივრცის ის ნაწილი, რომელსაც თვალი მოცემული წერტილიდან ხედავს ბრტყელ სარკეში? ამ მიზნით თვალი სინათლის წერტილოვან წყაროდ ჩავთვალოთ და მისგან სარკის

(ი)



განაპირა წერტილებამდე ორი სხივი გავავლოთ. სარკიდან არეკლილი ეს ორი სხივი თვალისთვის ხილულ არეს ქმნის (სქემაზე ნაჩვენებია ყვითელი ფერით) (ი). ნებისმიერ წერტილს ან საგანს, რომელიც სივრცის ამ ნაწილში იქნება მოთავსებული, თვალი მოცემული წერტილიდან დაინახავს, ხოლო ამ ნაწილის გარეთ მოთავსებული საგნები თვალისთვის უხილავი იქნება.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

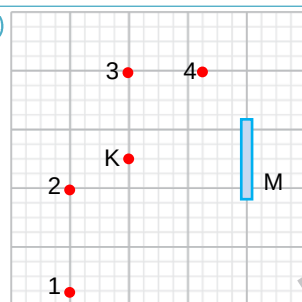
კვლევითი სამუშაო

2

რომელი წერტილი გამოჩნდება?

1, 2, 3 და 4 წერტილებიდან რომელი გამოჩნდება M ბრტყელ სარკეში, თუ K წერტილიდან შევხედავთ (ვ)? პასუხი დაასაბუთეთ სქემატური გამოსახულებით.

(ვ)



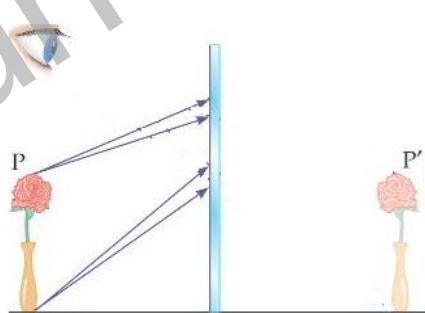
რა შეიტყავით?

• სამუშაო რეჟულში ააგეთ ნებისმიერი ვექტორის გამოსახულება ბრტყელ სარკეში და მოცემული საკვანძო სიტყვებით აღნიშნეთ ნახაზის შესაბამისი ადგილები.

საკვანძო სიტყვები: • წარმოსახვითი გამოსახულება • ბრტყელი სარკე • თვალისთვის ხილული არე • ხედვის არე •

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. რატომ მიიღება ბრტყელ სარკეში საგნის წარმოსახვითი გამოსახულება?
2. ნახატზე მოცემულია ბრტყელი სარკის წინ მოთავსებული ლარნაკი და მისი განაპირა წერტილებიდან გამომავალი სხივები. გავვლებთ სხივების გაგრძელებები. შეძლებს თუ არა თვალი ლარნაკის გამოსახულების დანახვას?
3. მინიმალური რაოდენობის რამდენი სხივია საჭირო, რომ ავაგოთ წერტილოვანი წყაროს გამოსახულება ბრტყელ სარკეში? რატომ?
4. საგანსა და ბრტყელ სარკეს შორის მანძილი 2 მ-ია. რა მანძილია ამ საგანსა და მის გამოსახულებას შორის?



დავაშადათ სარკეებიანი პერისკოპი.

პერისკოპი არის ხელსაწყო, რომელიც გამოიყენება ობიექტებზე დაკვირვებისათვის, როდესაც ისინი პირდაპირი ხედვის არეში არ არიან (მაგალითად, ტრანშეიდან, წყლის სიღრმიდან). პერისკოპის კონსტრუქციაში გამოიყენება ბრტყელი სარკეები (ა). დავაშადათ ეს ხელსაწყო.

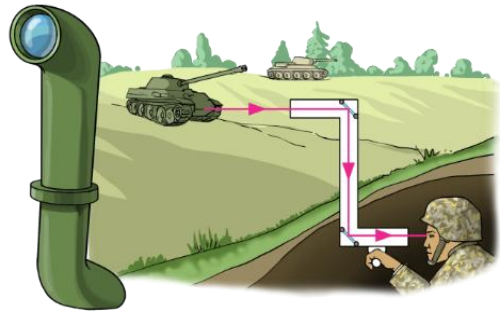
სამუშაოსთვის საჭიროა: მუყაოს ფურცელი ზომით 32 X 50 სმ, ორი ბრტყელი სარკე ზომით 6 X 10 სმ, რეგულის

უჯრედებიანი ფურცელი, მაკრატელი, ფანქარი, სახაზავი, ნებოვანი ლენტა.

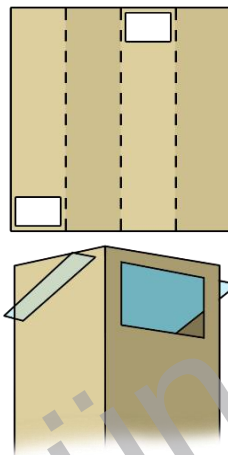
სამუშაოს მსვლელობა:

1. მუყაოს ფურცელზე სახაზავის გამოყენებით გაავლეთ ოთხი პარალელური წყვეტილი ხაზი, ერთმანეთისაგან 8 სმ-იანი ინტერვალით. შემდეგ მუყაოს ფურცლიდან ამოჭერით ორი მართკუთხედი (ანუ ფანჯარა), როგორც ეს ნახატზეა (ბ) ნაჩვენები.
2. რეგულის ფურცლისგან გამოჭერით ტოლფერდა მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის კათეტი 6 სმ-ია. სამკუთხედი დადეთ მუყაოს ფურცელზე, ფანჯრის გასწვრივ და გაავლეთ ხაზი სამკუთხედის ჰიპოტენუზის გასწვრივ. იგივე გაიმეორეთ ფანჯრის გასწვრივ შემდეგ ზოლში და მუყაოს ფურცლის მოპირდაპირე გვერდთან, სადაც მეორე ფანჯარაა. ამ ხაზების გასწვრივ მუყაოს ფურცელზე გააკეთეთ ჭრილები. გადაკეცეთ მუყაოს ფურცელი წყვეტილი ხაზების გასწვრივ და მიღებული პრიზმა შეანებეთ ნებოვანი ლენტით.
3. შესაბამის ჭრილებში მოათავსეთ სარკეები. პერისკოპი მზადაა. დადეთ პერისკოპი რამე დაბრკოლების (მაგალითად, ლობის ან ფანჯრის რაფის) უკან. მიუახლოეთ თვალი ქვედა ფანჯარას (ოკულარს), ზედა ფანჯარა დაბრკოლების ზემოდან მიმართეთ დაკვირვების ობიექტისაკენ და დარწმუნდით, რომ პერისკოპი მუშაობს (გ). თქვენი პერისკოპი კლასში მოიტანეთ.

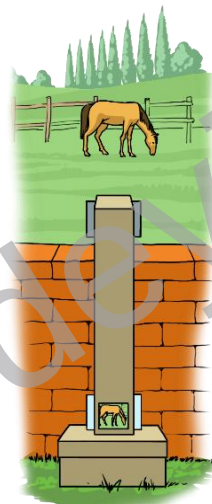
(ა)



(ბ)



(გ)

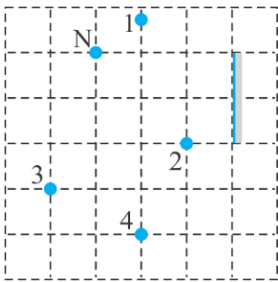


საპარჯიშო

3.3

1. როგორი უნდა იყოს სხივის დაცემის კუთხე, რომ დაცემულ და არეკლილ სხივებს შორის კუთხემ 50° შეადგინოს?

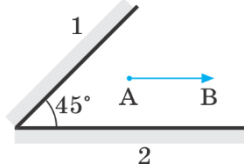
2. რომელ წერტილებს დაინახავს თვალი ბრტყელ სარკეში N წერტილიდან?



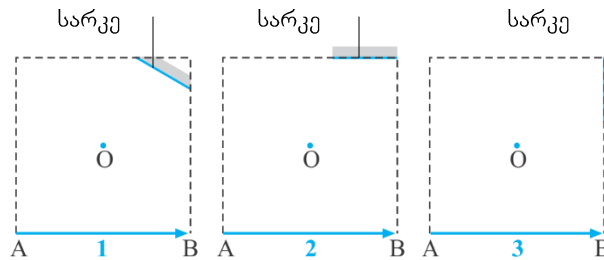
3. ამოირჩიეთ ბრტყელ სარკეში მიღებული გამოსახულების დამახასიათებელი სწორი გამოთქმები.

1. – ნამდვილი;
2. – წარმოსახვითი;
3. – საგნის ზომისაგან განსხვავებული;
4. – პირდაპირი;
5. – ამობრუნებული;
6. – საგანი და გამოსახულება სიმეტრიულია სარკის მიმართ.

4. AB საგანი ირეკლება 1-ლი ბრტყელი სარკიდან, შემდეგ – მე-2 ბრტყელი სარკიდან. როგორი იქნება საგნის გამოსახულება მე-2 სარკეში? დახაზეთ საგნის გამოსახულების მიღების სქემა.

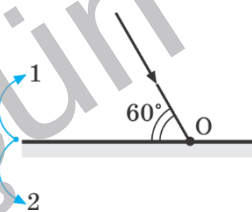


5. რომელ ნახატზე დაინახავს თვალი O წერტილიდან ბრტყელ სარკეში AB საგნის მთლიანად? პასუხი დაასაბუთეთ ნახაზის საშუალებით.



6. რა მიმართულებით და რამდენი გრადუსით უნდა შემოვებრუნოთ ბრტყელი სარკე O წერტილის ირგვლივ, რომ დაცემული სხივი იმავე მიმართულებით აირეკლოს?

- ა) მე-2 მიმართულებით, 30° -ით;
- ბ) მე-2 მიმართულებით, 60° -ით;
- გ) მე-2 მიმართულებით, 45° -ით;
- დ) 1-ლი მიმართულებით, 30° -ით;
- ე) 1-ლი მიმართულებით, 60° -ით.



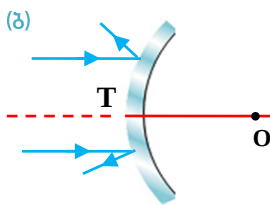
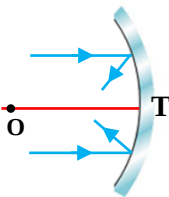
შემხვედრი ავტომატების ფარების სინათლეს შეუძლია 70-100 მ მანძილიდან „დაგვაბრმავოს“. მაგრამ თუ ნათურას ფარიდან ამოვიღებთ და ისე ავანთებთ, მის ნათებას 2-3 მ მანძილიდან თუ დავინახავთ.



- რა აძლიერებს და აძლევს გარკვეულ მიმართულებას სინათლის სხვადასხვა წყაროს (ავტომობილის ფარების, ჯიბის ფარის, პროექტორის, შუქურის) სხივებს?

ბრტყელი სარკეების გარდა არსებობს სფერული სარკეები. სარკულ ზედაპირს, რომელსაც სფეროს სეგმენტის ფორმა აქვს, **სფერული სარკე** ეწოდება.

(ა) არსებობს ორი სახის სფერული სარკე: **ჩაზნექილი** და **ამოზნექილი**.



ჩაზნექილი სფერული სარკე არის სარკე, რომელიც სფერული სეგმენტის შიდა ზედაპირიდან ირეკლავს სინათლის სხივებს (ა).

ამოზნექილი სფერული სარკე არის სარკე, რომელიც სფერული სეგმენტის გარე ზედაპირიდან გააბნევს სინათლის სხივებს (ბ).

სფერული სარკე ხასიათდება ქვემოთ ჩამოთვლილი მახასიათებლებით:

- სფეროს ცენტრს, რომლისგანაც ამოჭრილია სეგმენტი, სფერული სარკის ოპტიკური ცენტრი ეწოდება. ნახატზე ოპტიკური ცენტრი O ასოთია აღნიშნული (ა).

- სეგმენტის მწვერვალს (წერტილი T) სფერული სარკის პოლუსი ეწოდება.

- მანძილს ოპტიკური ცენტრიდან სარკის პოლუსამდე სფერული სარკის სიმრუდის რადიუსი ეწოდება და აღინიშნება R ასოთი.

- ნებიმიერ წრფეს, რომელის სფერული სარკის ოპტიკურ ცენტრზე გადის, სფერული სარკის ოპტიკური ღერძი ეწოდება. ერთ-ერთ ოპტიკურ ღერძს მთავარ ოპტიკურ ღერძს უწოდებენ:

- წრფეს, რომელიც გადის სფერული სარკის ოპტიკურ ცენტრსა და სარკის პოლუსზე, **მთავარი ოპტიკური ღერძი** ეწოდება.

- წერტილს, სადაც სფერული სარკიდან არეკვლის შემდეგ იკვეთება მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად დაცემული სხივები, **სარკის მთავარი ფოკუსი** ეწოდება და აღინიშნება F ასოთი (დ). ჩაზნექილი სარკის მთავარი ფოკუსი ნამდვილია, რადგან ამ წერტილში სარკიდან არეკილი სხივები თვითონ იკვეთება.

ამოზნექილი სარკის ზედაპირზე დაცემული, მისი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები არეკვლის შემდეგ გაიბნევა. არეკილი სხივების გაგრძელებები იკვეთება გარკვეულ წერტილში, რომელიც სარკის ზედაპირის უკან მდებარეობს.

– ამ წერტილს ამოზნექილი სარკის მთავარი ფოკუსი ეწოდება (ე). ამოზნექილი სარკის მთავარი ფოკუსი წარმოსახვითია, რადგან ამ წერტილში იკვეთება არა სარკიდან არეკლილი სხივები, არამედ მათი გაგრძელებები.

– სიბრტყეს, რომელიც სარკის მთავარ ფოკუსზე გადის და მთავარი ოპტიკური ღერძის მართობულია, სარკის **ფოკალური სიბრტყე** ეწოდება. სხვა ოპტიკური ღერძების ფოკალურ სიბრტყესთან გადაკვეთის წერტილებიც სარკის ფოკუსებია ამ ოპტიკური ღერძის მიმართ.

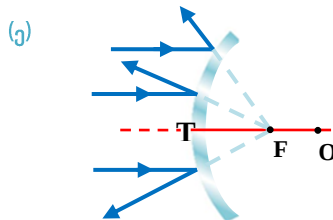
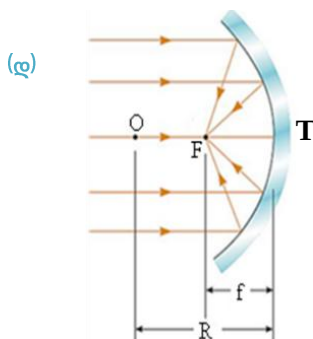
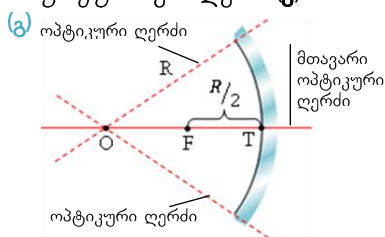
– მანძილს მთავარი ფოკუსიდან სარკის მწვერვალამდე (FT მანძილს) სარკის **ფოკუსური მანძილი** ეწოდება და აღინიშნება F ასოთი. ეს მანძილი სფერული სარკის სიმრუდის რადიუსის ნახევარის ტოლია:

$$F = \frac{R}{2}.$$

სფერული სარკეების პრაქტიკული გამოყენება. პრაქტიკაში უფრო ხშირად გამოიყენება ჩაზნექილი სფერული სარკეები. ისინი ძირითადად გამოიყენება პარალელური სხივების მისაღებად ან პარალელური სხივების ფოკუსირებისათვის (შესაკრებად). პარალელური სხივების მისაღებად ნათურას ჩაზნექილი სარკის ფოკუსში ათავსებენ. ჩაზნექილი სარკის ზედაპირიდან, ანუ რეფლექტორიდან (სიტყვა „რეფლექტორი“ „ამრეკლავს“ ნიშნავს), სინათლე, რომელიც ნათურის ვარვარების ძაფიდან გამოდის, სარკის მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად ირეკლება. სარკის ამ თვისებას იყენებენ ავტომობილის ფარებში, ჯიბის ფარნებში, შუქურებზე და პროექტორებში (ვ).

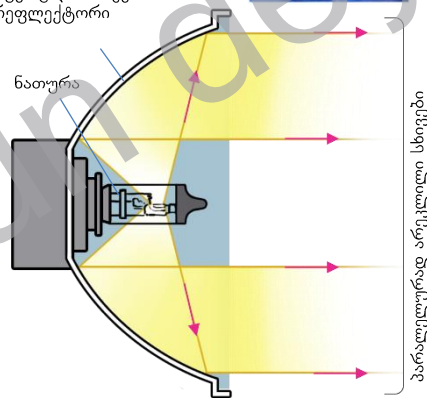
ზოგჯერ საჭირო ხდება პარალელური სხივების შეკრება. როგორც იცით, სარკეზე დაცემული პარალელური სხივები სარკის ფოკუსში იკრიბება. ჩაზნექილი სარკის ამ თვისებას იყენებენ ტელესკოპ-რეფლექტორში.

ტელესკოპი არის ხელსაწყო, რომელიც გამოიყენება შორს განლაგებულ ციურ სხეულებზე (ვარსკვლავებზე, პლანეტებზე, ასტეროიდებზე და სხვ.) დაკვირვებისათვის.



(ვ) ავტომობილის ფარის ნათების სქემა

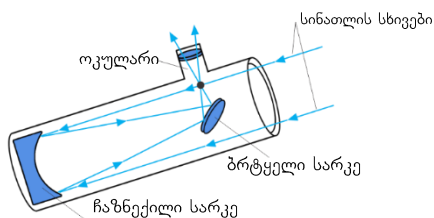
სფერული სარკე – რეფლექტორი



ნახატზე წარმოდგენილია შამახის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის ტელესკოპი, რომლის რეფლექტორის დიამეტრი 2 მ-ია და ნაჩვენებია მასში სხივების გავლის სქემა (ზ).



(ზ)



შეპენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

დააკვირდით სხივების არეკვლის მოვლენას სფერულ სარკეში.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ოპტიკური დისკო

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ოპტიკური დისკოს ცენტრში მოათავსეთ ჩაზნეილი სარკე და სინათლის წყაროდან მისკენ რამდენიმე პარალელური სხივი მიმართეთ. სინათლის წყარო დისკოს კიდეის გასწვრივ ამოძრავეთ და გააჩერეთ, როდესაც სინათლის წყაროს ცენტრალური სხივი დაცემული სხივის გასწვრივ აირეკლება სარკიდან. ყურადღება მიაქციეთ განაპირა სხივების გადაკვეთის წერტილს (თ).
2. ცდა გაიმეორეთ ამოზნეილი სარკის გამოყენებით: სარკე დისკოს ცენტრში მოათავსეთ და მისკენ რამდენიმე პარალელური სხივი მიმართეთ. ყურადღება მიაქციეთ განაპირა სხივების არეკვლის მიმართულებას (კ).

(თ)



(კ)



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი მიმართულებით ირეკლება სხივები, რომლებიც მთავარი ოპტიკური ღერძის გასწვრივ ეცემა ჩაზნეილ და ამოზნეილ სარკეებს?
- რა კანონზომიერებით გავრცელდება პარალელური სხივები სფერული სარკის ზედაპირიდან არეკვლის შემდეგ?

რა შეიტყვით



- სამუშაო რვეულში დაწერეთ მოცემული საკვანძო სიტყვების მოკლე განმარტებები:

საკვანძო სიტყვები: • სფერული სარკე • ჩაზნეილი სარკე • ამოზნეილი სარკე • მთავარი ოპტიკური ღერძი • სარკის მთავარი ფოკუსი • ფოკალური სიბრტყე • სიმრუდის რადიუსი • ფოკუსური მანძილი • რეფლექტორი • ტელესკოპი •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

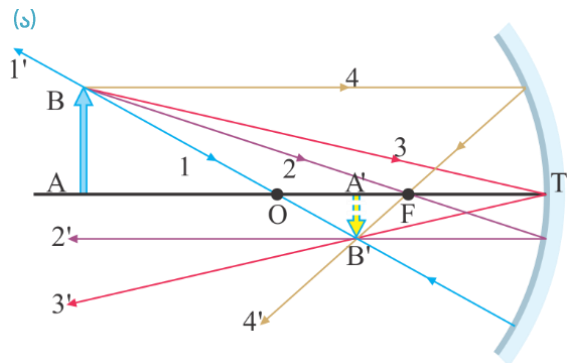
1. რომელ წერტილს ეწოდება ჩაზნეილი სარკის ფოკუსი?
2. რომელ წერტილს ეწოდება ამოზნეილი სარკის ფოკუსი?
3. სად გამოიყენება ამოზნეილი სარკე? მოიყვანეთ მაგალითები.
4. რამდენი ფოკუსი აქვს სფერულ სარკეს?
5. მოამზადეთ მოკლე ცნობა შამახის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის ტელესკოპის შესახებ. გამოიყენეთ ინტერნეტის რესურსები.

3.8 გამოსახულების აგება სფერულ სარკეში



- არის თუ არა განსხვავება ბრტყელ და სფერულ სარკეებში მიღებულ გამოსახულებებს შორის?
- საგნის ნამდვილი გამოსახულება მიიღება თუ წარმოსახვითი ჩაზნექილ და ამოზნექილ სარკეებში? როგორ შეგვიძლია ამის განსაზღვრა?
- როგორ ავაგოთ საგნის გამოსახულება სფერულ სარკეში?

თუ ვიცით სფერული სარკიდან არეკლილი რომელიმე სხივის მიმართულება, შევძლებთ ამ სარკეში ნებისმიერი საგნის გამოსახულების აგებას. ამ მიზნით საჭიროა, ავაგოთ საგნის განაპირა წერტილების გამოსახულებები. ამისთვის ავირჩიოთ საგნის განაპირა წერტილებიდან გამოსული ის სხივები, რომელთა არეკვლის შემდეგ მარტივ გეომეტრიულ სურათს მივიღებთ. ამის გათვალისწინებით, სხეულის B წერტილის გამოსახულების ასაგებად მოსახერხებელია ქვემოთ მითითებული სხივების არჩევა (ა): 1. სხივი 1, რომელიც სარკის ოპტიკურ ცენტრზე გადის. ეს სხივი ოპტიკურ ცენტრზე გავლის შემდეგ იმავე მიმართულებით ბრუნდება, რა მიმართულებითაც ეცემა სარკის ზედაპირს (სხივი $1'$). 2. სხივი 2, რომელიც ფოკუსში გადის. ეს სხივი მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად ბრუნდება (სხივი $2'$). 3. სხივი 3, რომელიც სარკის პოლუსს ეცემა და მთავარი ოპტიკური ღერძის მიმართ სიმეტრიულად აირეკლება სარკის ზედაპირიდან (სხივი $3'$). 4. სხივი 4 სარკის მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურია. ეს სხივი არეკვლის შემდეგ სარკის ფოკუსში გაივლის (სხივი $4'$).



ვხედავთ, რომ ყველა ეს არეკლილი სხივი B' წერტილში გადის, რომელიც მოცემული საგნის B წერტილის გამოსახულებაა. ამიტომ გამოსახულების აგების გეომეტრიული სურათის გამარტივების მიზნით საკმარისია ჩამოთვლილი სხივებიდან ნებისმიერი ორის გამოყენება. აღვნიშნავთ, რომ მოცემული საგნის განაპირა A წერტილი, რომელიც სარკის მთავარ ოპტიკურ ღერძზეა, გამოსახულებას ისევ მთავარ ოპტიკურ ღერძზე მოგვცემს (წერტილი A') (იხ. ა).

ვხედავთ, რომ ყველა ეს არეკლილი სხივი B' წერტილში გადის, რომელიც მოცემული საგნის B წერტილის გამოსახულებაა. ამიტომ გამოსახულების აგების გეომეტრიული სურათის გამარტივების მიზნით საკმარისია ჩამოთვლილი სხივებიდან ნებისმიერი ორის გამოყენება. აღვნიშნავთ, რომ მოცემული საგნის განაპირა A წერტილი, რომელიც სარკის მთავარ ოპტიკურ ღერძზეა, გამოსახულებას ისევ მთავარ ოპტიკურ ღერძზე მოგვცემს (წერტილი A') (იხ. ა).

გამოსახულების აგება ჩაზნექილ სარკეში. ყველა შემთხვევაში, როცა საგნიდან სარკემდე მანძილ d -სა და ფოკუსურ მანძილ F -ს შორის დამოკიდებულება აკმაყოფილებს პირობას $d > F$, ჩაზნექილი სარკე საგნის ნამდვილ გამოსახულებას გვაძლევს, რადგან ამ დროს გამოსახულება არეკლილი სხივების გადაკვეთით მიიღება. თუ მანძილი საგნიდან სარკემდე ნაკლებია სარკის ფოკუსურ მანძილზე ($d < F$), ჩაზნექილი სარკე წარმოსახვით გამოსახულებას გვაძლევს, რადგან ეს გამოსახულება მიიღება არა არეკლილი სხივების გადაკვეთით, არამედ მათი გაგრძელებების გადაკვეთით სარკის უკანა მხარეს.

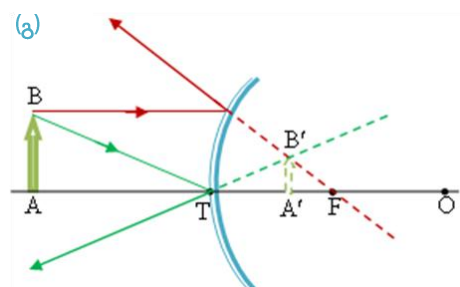
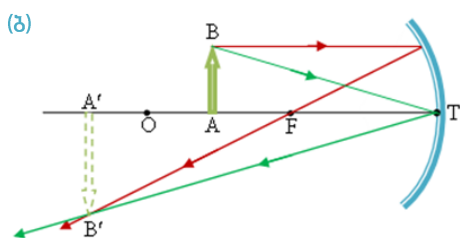
მოყვანილი შემთხვევებიდან ხუთში საგნის გამოსახულება ბრტყელ სარკეში ნამდვილია, ერთში – წარმოსახვითი.

1. თუ საგანი სარკიდან ძალიან არის დაშორებული: $d \rightarrow \infty$. ითვლება, რომ უსასრულობიდან მოსული სხივები თითქმის პარალელურია, ამიტომ არეკვლის შემდეგ სარკის ფოკუსში იკრიბება: $f = F$.

2. თუ საგანი სარკის ზედაპირიდან სიმრუდის (ანუ ოპტიკურ) ცენტრზე მეტად არის დაშორებული: $d > R$, მიიღება ნამდვილი, ამობრუნებული და შემცირებული გამოსახულება სარკის სიმრუდის ცენტრსა და ფოკუსს შორის ($R > f > F$) (იხ. ა).

3. თუ საგანი სარკის სიმრუდის ცენტრშია მოთავსებული: $d = R$, მიიღება ნამდვილი, ამობრუნებული და საგნის ზომის გამოსახულება სარკის სიმრუდის ცენტრში ($f = R$).

4. თუ საგანი მოთავსებულია სარკის სიმრუდის ცენტრსა და ფოკუსს შორის: $R > d > F$, მიიღება ნამდვილი, ამობრუნებული და გადიდებული გამოსახულება სარკის სიმრუდის ცენტრის გარეთ ($f > R$) (ბ). აქ გამოვიყენეთ ორი სხივი, რომლებიც **B** წერტილიდან გამოდის: პირველი სხივი მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურია, მეორე კი ის, რომელიც სარკის პოლუსს ეცემა.



ლუსსა და ფოკუსს შორის (გ). AB საგნის გამოსახულების ასაგებად ისევ ორი სხივი გამოვიყენეთ.

5. როდესაც საგანი სარკის პოლუსშია მოთავსებული: $d = F$, გამოსახულება უსასრულობაში მიიღება: $f \rightarrow \infty$.

6. თუ საგანი სარკის ფოკუსსა და პოლუსს შორისაა მოთავსებული: $d < F$, მიიღება საგნის წარმოსახვითი, პირდაპირი, გადიდებული გამოსახულება სარკის ზედაპირის უკან.

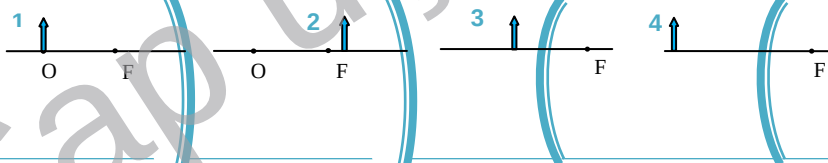
გამოსახულების აგება ამოზნეილ სარკეში. რადგან ამოზნეილ სარკეს ფოკუსი და სიმრუდის (ოპტიკური) ცენტრი წარმოსახვითი აქვს, ყველა შემთხვევაში, საგნსა და სარკეს შორის მანძილის მიუხედავად, მიიღება პირდაპირი და შემცირებული წარმოსახვითი გამოსახულება სარკის ზედაპირის უკან, პო-

შეპენილი ცოდნის გამოყენება



კვლევითი სამუშაო

ააგეთ საგნის გამოსახულება სფერულ სარკეში. ნახატზე მოცემულია საგნისა და სფერული სარკის ურთიერთგანლაგების ოთხი სქემა. გადაიხაზეთ სქემები სამუშაო რვეულში და ააგეთ ამ საგნების გამოსახულებები.





კვლევითი სამუშაო

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი საგნის გამოსახულება მიიღეთ ნამდვილი და რომლის – წარმოსახვითი? რატომ?
- სად მიიღება საგნის გამოსახულება ამოხსნიელ სარკეში?

რა შეიტყავთ?



- სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ პირობები, თუ ისინი ჩაზნექილ სარკესთანაა დაკავშირებული: „თუ $d \rightarrow \infty$ “, „თუ $d > R...$ “, „თუ $d = R...$ “, „თუ $R > d > F...$ “, „თუ $d = F...$ “, „თუ $d < F...$ “.

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- რით განსხვავდება ჩაზნექილ სარკეში მიღებული ნამდვილი გამოსახულება წარმოსახვითი გამოსახულებისგან?
- რატომ მიიღება ამოხსნიელ სარკეში, საგანსა და სარკეს შორის მანძილის მიუხედავად, წარმოსახვითი გამოსახულება?
- რომელი სხივების გამოყენებაა მოსახერხებელი სფერულ სარკეში გამოსახულების ასაგებად? რატომ?

3.9

სინათლის გარდატეხა. სინათლის გარდატეხის კანონი

თუ ფანქარს წყლიან ჭიქაში დახრილად ჩავდებთ, მოგვეჩვენება, რომ ჰერისა და წყლის საზღვარზე ის გატეხილია.



- რატომ გვეჩვენება სხეული გატეხილი ორი გამჭვირვალე გარემოს საზღვარზე?



კვლევითი სამუშაო

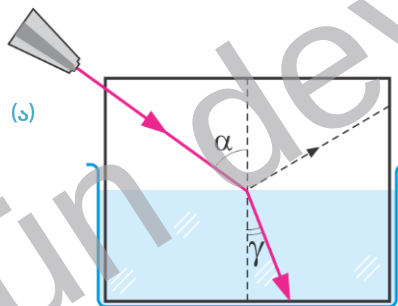
1

რა ხდება, როდესაც სხივი ორი გამჭვირვალე გარემოს საზღვარს ეკვება?

სამუშაოსთვის საჭიროა: პლასტმასის თხელი თეთრი ფირფიტა, წყლიანი აკვარიუმი, სახაზავი, ლაზერული ფარანი, რძე (50 მლ), ფანქარი.

სამუშაოს მსვლელობა:

- აკვარიუმში წყალს დაამატეთ იმდენი რძე, რომ წყალი ოდნავ აიმაღლეს.
- ფირფიტის შუაში გაავლეთ მისი ორი გვერდის მართობული წყვეტილი ხაზი და ფირფიტა წყალში ჩაუშვით ისე, რომ წყვეტილი ხაზი წყლის ზედაპირის მართობული იყოს (ა).
- ლაზერის სხივი მიმართეთ ფირფიტის სიბრტყის გასწვრივ, წყლის ზედაპირთან ხაზის გადაკვეთის ნერტილისკენ. ყურადღება მიაქციეთ წყალში სხივის გავრცელების მიმართულებას.
- დააკვირდით, როგორ იცვლება წყალში სხივის გავრცელების მიმართულებასა და პერპენდიკულარს შორის კუთხე (გარდატეხის კუთხე) სხივის დაცემის კუთხის ცვლილებასთან ერთად.





კვლევის საშუალო

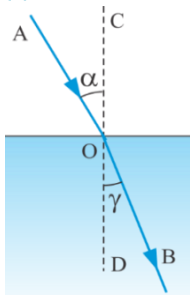
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- შეიძლება თუ არა იმის მტკიცება, რომ წყალი-ჰაერი საზღვარზე დაცემული სხივი, გარდატეხილი სხივი და სხივის დაცემის ნერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეშია?
- რა დამოკიდებულებაა α და γ კუთხეებს შორის, რომლებსაც დაცემული და გარდატეხილი სხივები ქმნიან წყლის ზედაპირის პერპენდიკულართან?
- რა ზოგადი დასკვნის გაკეთება შეიძლება ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფ საზღვარზე სხივის გარდატეხის მოვლენასთან დაკავშირებით?

რატომ იცვლის მიმართულებას სინათლის სხივი ორი გამჭვირვალე გარემოს გამყოფი საზღვრის გავლისას? ორი გამჭვირვალე, სხვადასხვა სიმკვრივის გარემოს გამყოფ საზღვარზე (მაგალითად, საზღვარზე ჰაერი-წყალი, ჰაერი-მინა, მინა-წყალი და სხვ.) სინათლის სხივის დაცემის დროს სინათლის ნაწილი საზღვრის ზედაპირიდან აირეკლება, მეორე ნაწილი კი საზღვარს გაივლის და გავრცელების მიმართულებას შეიცვლის.

- ორი გარემოს გამყოფი საზღვრის გავლისას სინათლის სხივის გავრცელების მიმართულების ცვლილებას სინათლის გარდატეხა ეწოდება (ბ).

(ბ)



აქ AO დაცემული სხივია, OB – გარდატეხილი სხივი, CD – ორი გარემოს გამყოფი საზღვრის პერპენდიკულარი დაცემის O ნერტილში, α – დაცემის კუთხე, γ (გამა) – გარდატეხის კუთხე. რადგან წყლის სიმკვრივე ჰაერის სიმკვრივეზე მეტია, სინათლის სხივი, რომელიც ჰაერიდან წყალში გადადის, მიმართულებას იცვლის და CD პერპენდიკულარისკენ იხრება (იხ. ბ). თუ წყალს უფრო მეტი სიმკვრივის გარემოთი, მაგალითად მინით, შევცვლით, გარდატეხილი სხივი უფრო მეტად გადაიხრება პერპენდიკულარისკენ.

როდესაც სინათლის სხივი ნაკლები სიმკვრივის გამჭვირვალე გარემოდან მეტი სიმკვრივის გამჭვირვალე გარემოში გადადის, გარდატეხის კუთხე დაცემის კუთხეზე

ნაკლებია.

სინათლის სხივი, რომელიც ორი გამჭვირვალე, სხვადასხვა სიმკვრივის გარემოს გამყოფ საზღვარს პერპენდიკულარულად ეცემა, მეორე გარემოში გარდატეხის გარეშე გადის.

ჩატარებული სამუშაოს შედეგების მიხედვით თქვენ დაადგინეთ: პირველი, ჰაერი-წყალი საზღვრის ზედაპირზე დაცემული სხივი, გარდატეხილი სხივი და სხივის დაცემის ნერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეშია განლაგებული; მეორე, დაცემის კუთხის გაზრდა იწვევს გარდატეხის კუთხის გაზრდას, დაცემის კუთხის შემცირება – გარდატეხის კუთხის შემცირებას. თუ დაცემისა და გარდატეხის კუთხეებს ტრანსპორტირით გავზომავთ, ვნახავთ, რომ ამ კუთხეების სინუსების შეფარდება არ იცვლება:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n.$$

აქ მუდმივი სიდიდე n გარდატეხის ფარდობითი მაჩვენებელია. ამგვარად, სინათლის გარდატეხის კანონი ორი დებულებისაგან შედგება:

- დაცემული სხივი, გარდატეხილი სხივი და დაცემის ნერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეშია განლაგებული.

• **დაცემის კუთხის სინუსის შეფარდება გარდატეხის კუთხის სინუსთან ორი მოცემული გარემოსთვის მუდმივი სიდიდეა.**

გარდატეხის ფარდობითი მაჩვენებლის მნიშვნელობა არ არის დამოკიდებული სინათლის დაცემისა და გარდატეხის კუთხეზე, და დამოკიდებულია მოცემული ორი გარემოს თვისებებზე:

$$n = \frac{n_2}{n_1},$$

სადაც n_1 და n_2 შესაბამისად პირველი და მეორე გარემოს გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებლებია.

• მოცემული გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელს ვაკუუმის მიმართ ამ გარემოს **გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი** ეწოდება. გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი გამოხატავს, რამდენჯერ ნაკლებია სინათლის გავრცელების სიჩქარე ამ გარემოში სინათლის სიჩქარეზე ვაკუუმში:

$$n = \frac{c}{v}.$$

ცხრილ 3.1-ში მოყვანილია სხვადასხვა გარემოს გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებლები.

ცხრილი 3.1.

ნივთიერება	n	ნივთიერება	n
ალმასი	2,42	სკიპიდარი	1,47
მინა	1,57	გლიცერინი	1,47
ქვამარილი	1,54	ეთილის სპირტი	1,36
კვარცი	1,54	წყალი	1,33
მცენარეული ზეთი	1,52	ყინული	1,31
პლექსიგლასი	1,50	ჰაერი	1,00029

ამგვარად, ორი გარემოს გამყოფ საზღვარზე სინათლის გარდატეხის კანონი, ზოგადი სახით, შეიძლება შემდეგნაირად ჩავწეროთ:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}.$$

როგორც გამოსახულებიდან ჩანს, გარემოს გარდატეხის მაჩვენებლების შეფარდება ამ გარემოებში სინათლის გავრცელების სიჩქარეების შეფარდებასთან ტოლია.

ეს ნიშნავს, რომ სინათლის გარდატეხა ორი გამჭვირვალე გარემოს საზღვარზე იმის შედეგია, რომ სინათლე სხვადასხვა გარემოში სხვადასხვა სიჩქარით ვრცელდება. სინათლე ნაკლები სიჩქარით ვრცელდება გარემოში, რომელსაც გარდატეხის დიდი მაჩვენებელი აქვს, ანუ **ოპტიკურად მეტად მკვრივ გარემოში**, ხოლო მეტი სიჩქარით ვრცელდება გარემოში, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელი პატარაა, ანუ **ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივ გარემოში**.

კვლევითი სამუშაო

2

სინათლის გარდატეხის კანონის შემოწმება.

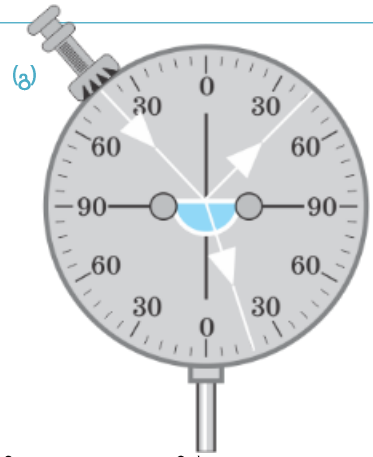
სამუშაოსთვის საჭიროა: ოპტიკური დისკო, ნახევარცილინდრის ფორმის მინის ფირფიტა, ტრანსპორტირი, ოთხნიშნა მათემატიკური ცხრილი (ბრადისის ცხრილი).

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მინის ფირფიტა დაამაგრეთ დისკოზე. სინათლის სხივი გარკვეული კუთხით, მაგალითად 42° -იანი კუთხით, მიმართეთ მისი ზედაპირისკენ (გ).
2. განსაზღვრეთ გარდატეხის კუთხეები, რომლებიც 30° , 45° , 60° -იან დაცემის კუთხეებს შეესაბამება. დაცემის კუთხის ცვლილება შესაძლებელია სინათლის წყაროს გადაადგილებით ოპტიკური დისკოს კიდის გასწვრივ.
3. ოთხნიშნა მათემატიკური ცხრილების გამოყენებით გამოთვალეთ დაცემისა და გარდატეხის კუთხეების სინუსების შეფარდება.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა კანონზომიერება აღმოაჩინეთ სინათლის გარდატეხაზე დაკვირვების დროს?



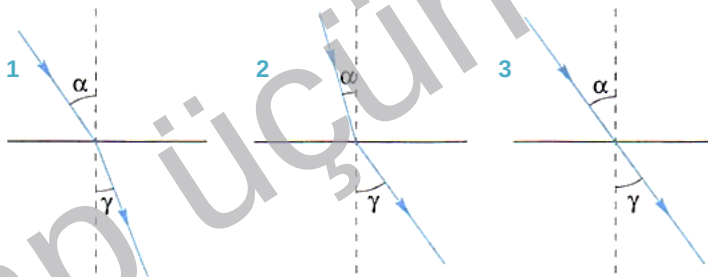
რა შეიტყვეთ

- სამუშაო რვეულში დაწერეთ მოკლე ინფორმაცია მოცემული საკვანძო სიტყვების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: • სინათლის გარდატეხა • სინათლის გარდატეხის კანონი • გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი • ოპტიკურად მეტად მკვრივი გარემო • ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივი გარემო •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. ცარიელ ფინჯანში ჩადეთ მონეტა და ისეთი კუთხიდან შეხედეთ, რომ ფინჯნის კიდე მონეტა დაფაროს (მონეტა არ უნდა ჩანდეს). თუ ფინჯანში წყალს ჩაასხამთ, მონეტა გამოჩნდება. რატომ? პასუხი დაასაბუთეთ სქემატური გამოსახულებით.
2. რა არის გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებლის ფიზიკური აზრი?
3. რა შემთხვევაში იქნება გარდატეხის კუთხე დაცემის კუთხეზე მეტი?
4. მოცემული ნახატების მიხედვით შეადარეთ სხვადასხვა გარემოს ოპტიკური სიმკვრივეები და გარდატეხის მაჩვენებლები.



საპარჯიშო

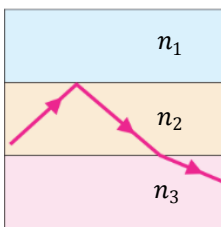
3.4

1. სინათლის სხივი ჰაერიდან მინაში გადადის. განსაზღვრეთ გარდატეხის კუთხე და მინაში სინათლის გავრცელების სიჩქარე, თუ დაცემის კუთხე 60° -ია.

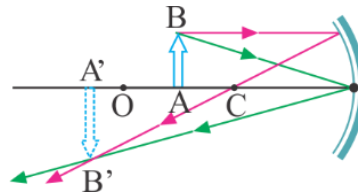
2. რა კუთხით უნდა მივმართოთ სხივები ალმასისკენ, წყლისა და მინისაკენ, რომ ჰაერში გამოსვლის შემდეგ ისინი ერთმანეთის პარალელური იყოს, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები?



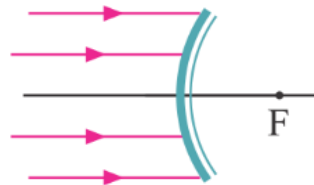
3. სინათლის სხივი ვრცელდება სამ გარემოში, რომელთა გარდატეხის მაჩვენებლებია n_1 , n_2 და n_3 , როგორც ნახატზეა ნაჩვენები. როგორი თანაფარდობაა გარდატეხის მაჩვენებლებს შორის?



4. ნახატზე წარმოდგენილია სფერულ სარკეში საგნის გამოსახულების აგების სქემა. განსაზღვრეთ სარკის ფოკუსური მანძილი, საგნიდან სარკემდე მანძილი და გამოსახულებიდან სარკემდე მანძილი.



5. სქემატურად აჩვენეთ ამოზნექილ სარკეზე დაცემული სხივების შემდგომი გზა.



6. სინათლის სხივი n_1 გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე გარემოდან n_2 გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე გარემოში გადადის. როგორი თანაფარდობაა ამ გარემოებში სინათლის გავრცელების სიჩქარეებსა და გარემოთა გარდატეხის მაჩვენებლებს შორის?

ა) $n_1 v_1 = n_2 v_2$

ბ) $n_1 v_2 = n_2 v_1$

გ) $n_1 n_2 = v_1 v_2$

დ) $n_1 + n_2 = v_1 + v_2$

ე) $n_1 - n_2 = v_1 - v_2$

3.10

სინათლის სხივის სვლა მიწის ბრტყელ პარალელურგვერდებთან ფირფიტაში და მიწის სამხანაზა პრიზმაში

თუ ფანქარს დავეხდათ მიწის სქელი ფირფიტიდან, რომელიც ფანქარზე დევს, მისი ნაწილი, რომელსაც მინა ფარავს, ნანაცვლებული მოგვეჩვენება.



- რამდენჯერ გარდატყდება სინათლის სხივი, რომელიც მიწის ფირფიტაში გადის? იცვლება თუ არა ამ დროს სინათლის სხივის გავრცელების მიმართულება?

კვლევის საფეხი

1

სინათლის სხივის სვლა მიწის ბრტყელ პარალელურგვერდებთან ფირფიტაში.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ტრაპეციის ფორმის მიწის პარალელურგვერდებთან ფირფიტა, ქინძისთავი (4 ცალი), ქალაღის სქელი ფურცელი, ფანქარი, ტრანსპორტირი, სახაზავი.

სამუშაოს მსვლელობა:

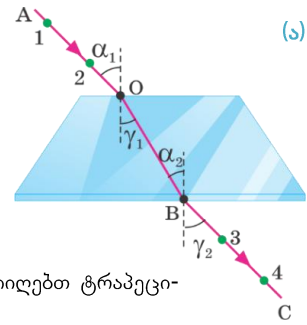
1. ფურცელზე შემოხაზეთ მიწის ფირფიტის კონტური (მიიღებთ ტრაპეციას) და ფირფიტა ფურცლიდან აიღეთ.
2. გაავლეთ ტრაპეციის პატარა გვერდის მიმართ დახრილი ვექტორი **AO**. შემდგომში ეს ვექტორი სხივის დაცემის მიმართულება იქნება (ა).
3. ფირფიტა დააბრუნეთ თავის ადგილზე და სხივის დაცემის ვექტორზე, ერთმანეთისგან დაშორებით, ჩაარჭეთ ორი ქინძისთავი, 1 და 2 (იხ. ა).
4. ფირფიტის დიდი გვერდის მხრიდან, მაგიდის ზედაპირის გასწვრივ, შეხედეთ ქინძისთავებს 1 და 2 ისეთი კუთხით, რომ ქინძისთავი 2 ფარავდეს ქინძისთავს 1.
5. ფირფიტის დიდი გვერდის მხრიდან ჩაარჭეთ ქინძისთავები 3 და 4 ისე, რომ ქინძისთავმა 4 დაფაროს დანარჩენი სამი, თითქმის ქინძისთავები ერთ ხაზზეა ჩამსკრივებული.
6. აიღეთ მიწის ფირფიტა და ქინძისთავები ფურცლიდან. გაავლეთ **BC** წრფე, რომელიც ტრაპეციის დიდი ფუძიდან გამოდის და გაივლის ქინძისთავებით 3 და 4 ფურცელზე დატოვებულ კვალს.
7. მიწის ფირფიტაზე სხივის დაცემისა და ფირფიტიდან მისი გამოსვლის წერტილები შეაერთეთ **OB** მონაკვეთით. მიიღებთ სინათლის სხივის გზას მიწის ფირფიტაში. ყველა გავლებულ მონაკვეთზე აღნიშნეთ სხივის გავრცელების მიმართულება.
8. გაავლეთ ფირფიტის პერპენდიკულარები სხივის დაცემისა და ფირფიტიდან გამოსვლის წერტილებში. ტრანსპორტირით გაზომეთ დაცემისა (α_1 და α_2) და გარდატეხის (γ_1 და γ_2) კუთხეები. გაზომვის შედეგები შეიტანეთ ცხრილ 3.2-ში და შეადარეთ მათი მნიშვნელობები.

ცხრილი 3.2

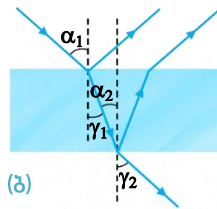
გამყოფი საზღვარი	დაცემის კუთხე (α)	გარდატეხის კუთხე (γ)
ჰაერი-მიწა	$\alpha_1 =$	$\gamma_1 =$
მიწა-ჰაერი	$\alpha_2 =$	$\gamma_2 =$

იმსჯელები შედეგებზე:

- რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება მიწა-ჰაერი და ჰაერი-მიწა გარემოების გამყოფ საზღვარზე სხივის დაცემისა და გარდატეხის კუთხეების შედარების შემდეგ?
- რის თქმა შეიძლება მიწის ბრტყელ პარალელურგვერდებთან ფირფიტაში შემავალი და ფირფიტიდან გამოშვებული სხივების შესახებ?



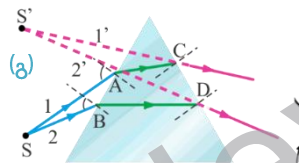
სინათლის სხივის სვლა მინის ბრტყელ პარალელურ-გვერდებიან ფირფიტაში. ფირფიტას, რომლის გვერდები პარალელური სიბრტყეებია, ბრტყელპარალელური ფირფიტა ეწოდება. სინათლის სხივი, რომელიც მინის ასეთ ფირფიტას გარკვეული კუთხით ეცემა, გამყოფ საზღვრებზე მინა-ჰაერი და ჰაერი-მინა აირეკლება და გარდატყდება კიდეც (ბ). ამ დროს, როდესაც სხივი ჰაერიდან მინაში გადადის, გარდატყდის კუთხე γ_1 ნაკლებია დაცემის კუთხეზე α_1 , ხოლო მინიდან ჰაერში გადასვლის დროს გარდატყდის კუთხე γ_2 მეტია დაცემის კუთხეზე α_2 .



ეს იმით აიხსნება, რომ ამ გარემოებს გარდატყდის სხვადასხვა მაჩვენებელი აქვს (განსხვავებულია მათში სინათლის გავრცელების სიჩქარეც): თუ სინათლის სხივი გარდატყდის პატარა მაჩვენებლის მქონე გარემოდან გარდატყდის დიდი მაჩვენებლის მქონე გარემოში გადადის, გარდატყდის კუთხე დაცემის კუთხეზე ნაკლები იქნება. პირიქით, თუ სინათლის სხივი გარდატყდის დიდი მაჩვენებლის გარემოდან გარდატყდის პატარა მაჩვენებლის გარემოში გადადის, გარდატყდის კუთხე დაცემის კუთხეზე მეტი იქნება. ბრტყელ პარალელურგვერდებიან ფირფიტაზე დაკვირვების შემდეგ თქვენ გაარკვიეთ მისი სხვა თვისებებიც:

- სინათლის სხივი ბრტყელპარალელური ფირფიტიდან იმავე კუთხით გამოდის, რა კუთხითაც ეცემა მის ზედაპირს;
- მინის ფირფიტიდან გამოსული სხივი დაცემული სხივის პარალელურად ვრცელდება, მაგრამ წანაცვლებულია მის მიმართ.

სინათლის სხივის სვლა მინის სამწახნაგა პრიზმაში. მინის სამწახნაგა პრიზმაში გავლის შემდეგ სინათლის გავრცელების მიმართულება იცვლება. როდესაც სხეულს ასეთი პრიზმის საშუალებით შევხედავთ, მოგვეჩვენება, რომ მან მდებარეობა შეიცვალა. სხეულიდან გამომავალი სხივები 1 და 2 პრიზმას A და B წერტილებში ეცემა, გარდატყდება და პრიზმის შიგნით AC და BD მიმართულებით გავრცელდება. როდესაც სხივები პრიზმის მეორე წახნაგს მიაღწევს, ისინი ისევ გარდატყდება და პრიზმიდან გადის. ამის შედეგად დამკვირვებელი სინათლის წყაროს ხედავს სხივების გაგრძელებების 1' და 2' გადაკვეთის წერტილში, სხვა სიტყვებით: სხეულს დავინახავთ წანაცვლებულს პრიზმის გარდამტეხი წახნაგებით შექმნილი კუთხის მხარეს. პრიზმის გვერდითა წახნაგებზე დაცემული სხივები პრიზმის გავლის შემდეგ მიმართულებას იცვლის და პრიზმის ფუძისკენ იხრება (გ).



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

სინათლის სხივის გავლა მინის პრიზმაში.

დახაზეთ მინის პრიზმაზე დაცემული სხივის გავრცელების შემდგომი გზა (დ).

იმსჯელები შედეგებზე:

- რომელი მიმართულებით გავრცელდება პრიზმიდან გამოსული სხივი? რატომ?
- დაწერეთ სინათლის გარდატყდის კანონი მინის პრიზმისათვის.



რა შიიტყვით

• **სამუშაო რეველში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები.**
 ბრტყელპარალელური ფირფიტის ძირითადი თვისებებია: ...
 მინის სამწახნაგა პრიზმაზე სინათლის სხივის დაცემის შემდეგ ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. დახატეთ მოცემულ გარემოში გარდატეხილი სხივების შემდგომი გავრცელების გზის მიახლოებითი სურათი.
2. რომელ შემთხვევაშია გარდატეხის კუთხე დაცემის კუთხეზე მეტი?
3. შეიძლება თუ არა, დაცემულმა სხივმა მინის ბრტყელპარალელური ფირფიტა გარდატეხის გარეშე გაიაროს?



პრაქტიკული სამუშაო

3.1

მინის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: სახაზავი, სამკუთხა სახაზავი, ტრაპეციის ფორმის მინის ფირფიტა, მუყაოს ფურცელი, თეთრი ქაღალდის ფურცელი, ქინძისთავები (4 ცალი), ფანქარი.

სამუშაოს მსვლელობა:

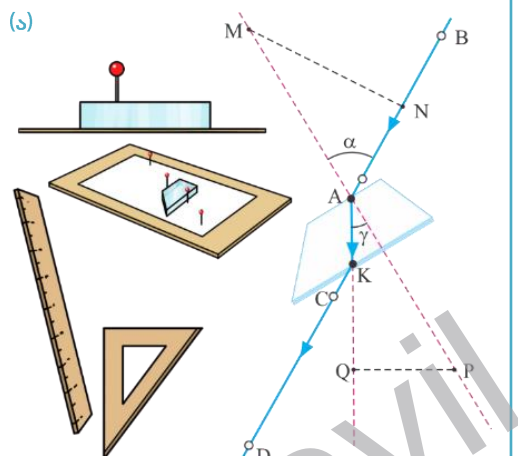
1. თეთრი ფურცელი დადეთ მუყაოზე და ზევიდან დაადეთ მინის ფირფიტა.
2. ქინძისთავი ჩაარჩეთ A წერტილში ისე, რომ ფირფიტის ერთ-ერთ პარალელურ გვერდს ეხებოდეს. შეხედეთ ქინძისთავის ქვედა ნაწილს ფირფიტის მეორე მხრიდან (ა).
3. არ შეცვალოთ თვალის მდგომარეობა, ფრთხილად შემოაბრუნეთ ფირფიტა ისე, რომ ფირფიტის უკან დანახული ქინძისთავის ნაწილი დაემთხვეს ფირფიტის ზევით დარჩენილ ქინძისთავის ნაწილს.
4. დანარჩენი ქინძისთავები ისე ჩაარჩეთ B, C და D წერტილებში, რომ D ქინძისთავმა სამივე სხვა ქინძისთავი დაფაროს, თითქოს ისინი ერთი ხაზის გასწვრივ იყოს ჩამწკრივებული (ბ).
5. ქინძისთავები ამოაძრეთ და ფანქრით მონიშნეთ მათი კვალი. შემდეგ შემოხაზეთ მინის ფირფიტის კონტური და ფირფიტა ფურცლიდან აიღეთ.
6. გაავლეთ ხაზები A და B, შემდეგ C და D წერტილებზე ტრაპეციის ზედაპირებამდე. მონიშნეთ მათი ზედაპირთან გადაკვეთის წერტილები A და K. A წერტილიდან გაავლეთ ზედაპირის მართობული AM და AP ტოლი მონაკვეთები. ააგეთ მართკუთხა სამკუთხედები: AMN და APQ (იხ. ჰ).
7. ჩატარეთ საჭირო გაზომვები და გამოთვალეთ მინის გარდატეხის მაჩვენებელი:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}; \sin \alpha = \frac{MN}{AM}; \sin \gamma = \frac{PQ}{AP}.$$

აქედან მივიღებთ: $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{MN}{AM} \cdot \frac{AP}{PQ}$, რადგან $AM = AP$, ე. ი. $n = \frac{MN}{PQ}$.

გამოდის, რომ მინის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრისათვის საკმარისია გავზომოთ MN და PQ მანძილები (იხ. ჰ).

8. რეველში დახაზეთ ჩატარებული სამუშაოს სქემა და გარდატეხის მაჩვენებლის თქვენ მიერ მიღებული მნიშვნელობა შეადარეთ ცხრილში მოცემულ მნიშვნელობას.



3.11 სრული შინაგანი არეკვლა

თუ ალმასს (ბრილიანტს) ყურადღებით დავაკვირდებით, ვნახავთ, რომ ის გაპრიალებული მრავალნახნაგებისაგან შედგება.



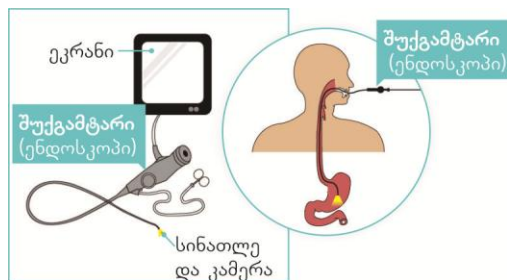
- რატომ გამოიყენება საიუველირო ნაკეთობებში გაპრიალებული მრავალნახნაგა ალმასი?



თანამედროვე მედიცინაში ქირურგიული ჩარევის გარეშე შინაგანი ორგანოების, მაგალითად საცლაპავი მილის, შესასწავლად გამოიყენება წვრილი ელასტიკური მილი – შუქგამტარი (ენდოსკოპი). ამ მილში ერთი ბოლოდან შესული სინათლის სხივი მეორე ბოლოდან გამოდის და გამოსაკვლევ არეს ანათებს.



- სინათლესთან დაკავშირებული რა მოვლენა ხდება შუქგამტარ მილში?



პლავივითი სამუშაო 1

რატომ გვეჩვენება, რომ საგანი მთლიანი არ არის?

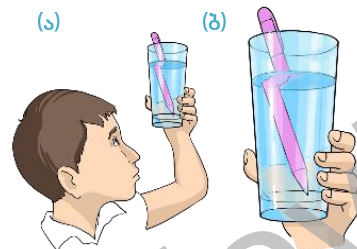
სამუშაოსთვის საჭიროა: თხელკედლიანი მინის ჭიქა, წყალი (200 მლ), ფანქარი.

სამუშაოს მსვლელობა:

- ჭიქა ნახევარამდე შეავსეთ წყლით და დადგით მაგიდაზე. ფანქარი დახრილად ჩაუშვით წყალში და დახედეთ ზემოდან, როგორ გამოიყურება ის საზღვართან ჰაერი-წყალი.
- ჭიქა თვლებს სიმაღლეზე ასწიეთ და 25-30 სმ-ის დაშორებით გააჩერეთ. შეხედეთ გვერდიდან, როგორ არის წანაცვლებული ფანქრის წყლისზედა და წყალში ჩაძირული ნაწილები (ა).
- ჭიქა თანდათან ზევით ასწიეთ. დააკვირდით, როგორ იცვლება სურათი (ბ).

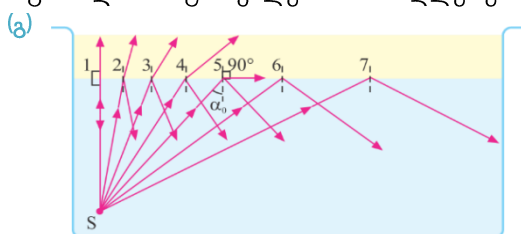
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როდის გვეჩვენება ფანქარი უფრო „გატეხილი“: წყლის ზედაპირის ზევით თუ ქვევითაა ყურების დროს? რატომ?
- როგორ იცვლებოდა სურათი ჭიქის ზევით აწევის დროს?
- ჭიქის ზევით აწევის დროს დადგება მომენტი, როდესაც მხოლოდ ფანქრის ჩაძირულ ნაწილს და მის ანარეკლს დაინახავთ. რატომ? სინათლის რომელი მოვლენა ხდება ამ დროს?



თქვენ უკვე იცით, რომ როდესაც სინათლის სხივი გარდატეხის დიდი მაჩვენებლის მქონე გარემოდან გარდატეხის პატარა მაჩვენებლის მქონე გარემოში (მაგალითად, საზღვარზე წყალი-ჰაერი) გადადის, გარდატეხილი სხივი შორდება ზედაპირის პერპენდიკულარს: გარდატეხის კუთხე მეტია დაცემის კუთხეზე.

როგორ იცვლება გარდატეხის კუთხე სინათლის სხივის დაცემის კუთხის ზრდასთან ერთად? კვლევითი სამუშაოების შედეგად თქვენ დაადგინეთ, რომ დაცემის კუთხის გაზრდა იწვევს სინათლის სხივის გარდატეხის კუთხის გაზრდას: თუ თვალების სიმაღლეზე ოდნავ მაღლა აწეულ ჭიქას ნელ-ნელა



წინ გავნეთ, ფანქარი უფრო გადატეხილი მოგვეჩვენება (გ, სხივები 2-4). გარკვეული კუთხით დაცემული სხივები მეორე გარემოში (ჰაერში) აღარ გარდატეხება, ამ დროს გარდატეხის კუთხე 90° იქნება (ე. ი. სხივი წყალი-ჰაერი საზღვრის გასწვრივ გავრცელდება, იხ. გ, სხივი 5).

უფრო მეტი კუთხით დაცემული სხივები მთლიანად აირეკლება წყლის შიდა ზედაპირიდან (იხ. გ, სხივი 6-7) – მოხდება სინათლის სრული შინაგანი არეკვლა. დაცემის კუთხე α_0 -ს, რომელიც 90° -იან გარდატეხის კუთხეს შეესაბამება, სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე ეწოდება. ამ შემთხვევაში გარდატეხის კანონს შემდეგი სახე ექნება:

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$$

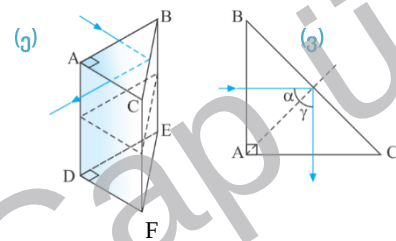
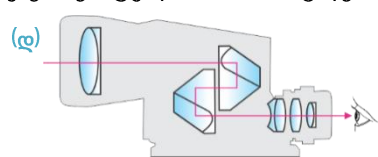
მაგრამ, რადგან $\sin 90^\circ = 1$, მივიღებთ:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

ყოველი ორი გარემოსათვის (მაგ., მინა-ჰაერი, ალმასი-მინა და სხვ.) არსებობს გარკვეული სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე. ცდებით დადგინდა, რომ მინა-ჰაერის საზღვარზე ეს კუთხე $\approx 42^\circ$ -ია, ე. ი. თუ სხივის დაცემის კუთხე მინა-ჰაერის საზღვარზე $\approx 42^\circ$ -ზე მეტია, მინაში სრული შინაგანი არეკვლა მოხდება.

სინათლის სრული შინაგანი არეკვლის მოვლენა ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ოპტიკურ ხელსაწყოში, შუქგამტარ მილებსა და საიუველირო საქმიანობაში.

მაგალითად, სინათლის სხივი, რომელიც ბინოკლის ერთ-ერთ ძირითად ნაწილს – მინის პრიზმებს – ეცემა, სრული შინაგანი არეკვლის გამო რამდენჯერმე იცვლის მიმართულებას (დ).



როგორ ხდება სრული შინაგანი არეკვლა მინის პრიზმაში? ოპტიკურ ხელსაწყოში მინის პრიზმა ისეა განლაგებული, რომ მისი ფუძე ტოლფერდა სამკუთხედი და სინათლის სხივი მის გვერდით ზედაპირს პერპენდიკულარულად ეცემა (ე):

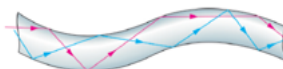
($AB=AC$; $\angle BAC = 90^\circ$).

სინათლის სხივი გარდატეხის გარეშე შედის პრიზმაში (რადგან დაცემის კუთხე 90° -ია) და პრიზმის მეორე ნახნავს (საზღვარზე მინა-ჰაერი) 45° -იანი კუთხით ეცემა. მინა-ჰაერი საზღვრისათვის ეს კუთხე მეტია სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრულ კუთხეზე, ამიტომ სინათლის სხივი ჰაერში

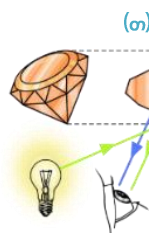
არ გადის – სრულად ირეკლება და $\gamma = 45^\circ$ -იანი კუთხით გამოდის პრიზმის ACDF წახნაგიდან (იხ. **ე** და **ვ**).

სხვადასხვა მანძილზე და რთულად მისადგომ ადგილებში სინათლის სხივის მისაყვანად გამოიყენება შუქგამტარი. შუქგამტარი არის გამჭვირვალე ბოჭკო ან მცირე დიამეტრის ელასტიკური მილი, რომელიც გარედან უფრო პატარა ოპტიკური სიმკვრივის გარსითაა დაფარული. ასეთ ბოჭკოებში სინათლე მრავალჯერად სრულ შინაგან არეკვლას განიცდის (**ზ**).

(ზ)



საუკუნეებია, იუველიერები სინათლის სრული შინაგანი არეკვლის მოვლენას იყენებენ ბუნებრივი ძვირფასი ქვების მიმზიდველობისა და ღირებულების გასაზრდელად. როგორც წესი, ადამიანები ძვირფას ქვებს კარგი განათების დროს ათვალიერებენ. მიუხედავად იმისა, რომელი მხრიდანაა სინათლის წყარო, ძვირფასი ქვის ზოგიერთი წახნაგის ში-



(თ)

(ი)



და ზედაპირი სარკესავით ირეკლავს ქვაში შეღწეულ სხივებს, რითაც სიკაშკაშის (ნათების) ეფექტს ქმნის ქვაში. თუ ქვას მოაბრუნებთ, „შინაგანი სარკეების“ როლს უკვე სხვა წახნაგები შეასრულებენ (**თ**). ამიტომაც დამუშავებული ალმასი, რომელსაც ბრილიანტს უწოდებენ, ბრწყინავს, იმის მიუხედავად, რომელი მხრიდან და რამდენადაა განათებული (**ი**).

შემაჯავებელი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

დავაკვირდეთ სინათლის სრულ შინაგან არეკვლას.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ოპტიკური დისკო, ნახევარცილინდრის ფორმის მინის ფირფიტა, ტრანსპორტირი, ოთხნიშნა მათემატიკური ცხრილი (ბრადისის ცხრილი).

სამუშაოს მსვლელობა: 1. ოპტიკური დისკოს ცენტრში

დაამაგრეთ მინის ნახევარცილინდრული ფირფიტა.

სინათლის სხივი მიმართეთ მისი რადიუსის გასწვრივ და

დააკვირდით სხივის გარდატეხას საზღვარზე მინა-ჰაერი (**კ**).

2. სინათლის წყარო დისკოს კიდის გასწვრივ ისე გადაადგილეთ, რომ სინათლის სხივი

ზღვრული კუთხით დაეცეს ფირფიტის მინა-ჰაერი გამყოფ შიდა ზედაპირს. ამ დროს

გარდატეხილი სხივი ამ ორი გარემოს გამყოფი საზღვრის გასწვრივ გავრცელდება. დაცემის

ზღვრული კუთხე ტრანსპორტირით გაზომეთ. 3. კიდევ გადაადგილეთ სინათლის წყარო

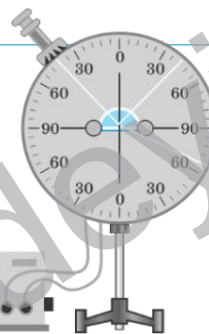
დისკოს კიდის გასწვრივ ისე, რომ სხივის დაცემის კუთხე ზღვრულ კუთხეზე მეტი გახდეს.

სამუშაო რვეულში დახატეთ ჩატარებული ცდის სქემა.

იმსჯელო შედეგებზე:

- რის ტოლია მინისთვის სინათლის სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე?
- რომელია სინათლის სხივის დაცემის კუთხე, რომლიდანაც იწყება სხივის სრული შინაგანი არეკვლა საზღვარზე მინა-ჰაერი?

(კ)



რა შეიტყვეთ



• სამუშაო რეულში დაწერეთ მოცემული საკვანძო სიტყვების განმარტებები.

საკვანძო სიტყვები: „ზღვრული კუთხე...“; „სრული შინაგანი არეკვლა...“; „შუქგამტარი...“.

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

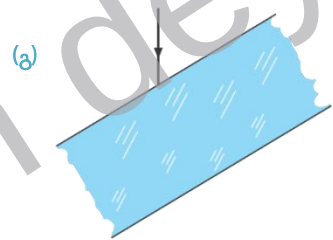
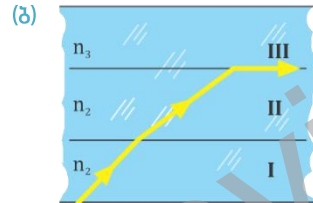
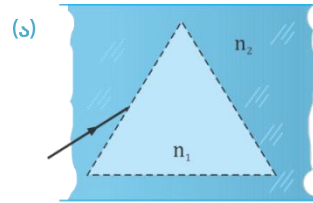
1. რა არის სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე? რაზეა დამოკიდებული ამ კუთხის სიდიდე?
2. შესაძლებელია თუ არა მოხდეს სინათლის სრული შინაგანი არეკვლა სინათლის სხივის ჰაერიდან ალმასში გადასვლის დროს? რატომ?
3. მოიყვანეთ სრული შინაგანი არეკვლის გამოყენების მაგალითები.

საპარჯიშო

3.5

1. დახატეთ სინათლის სხივის სვლა მინის პრიზმაში (ა). პრიზმის გარდატეხის მაჩვენებელი ნაკლებია გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელზე ($n_1 < n_2$).
2. სინათლის გავრცელების სიჩქარე ალმასში $1,22 \cdot 10^8$ მ/წმ-ია. განსაზღვრეთ სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე, თუ სინათლე ალმასიდან ჰაერში გადის.
3. ნახატზე ნაჩვენებია სინათლის სხივის გავრცელების გზა სამ ბრტყელპარალელურ გარემოში, რომელთა გარდატეხის მაჩვენებლებია n_1 , n_2 და n_3 . განსაზღვრეთ თანაფარდობა გარდატეხის მაჩვენებლებს შორის (ბ).
4. კრისტალის სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე 34° -ია. განსაზღვრეთ მისი გარდატეხის მაჩვენებელი.
5. სინათლის სხივი ჰაერიდან ეცემა ბრტყელპარალელურ ფირფიტას. დახატეთ სხივის გაგრძელება (გ).
6. წყლის, მინისა და ალმასის გარდატეხის მაჩვენებლები ჰაერის მიმართ შესაბამისად ტოლია $n_1 = 1,33$, $n_2 = 1,5$ და $n_3 = 2,42$. რომელი ნივთიერებისთვის არის სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე ყველაზე პატარა?

- ა) წყლისათვის;
- ბ) ალმასისთვის;
- გ) მინისათვის;
- დ) ერთნაირია ყველასთვის;
- ე) ერთნაირია მინისა და წყლისათვის, მაგრამ ნაკლებია, ვიდრე ალმასისთვის.



3.12 ლინზები

ზოგჯერ მზიან დღეებში ტურისტების მიერ დატოვებული მინის ბოთლები ან მათი ნამსხვრევები ტყეში ხანძრის გაჩენის მიზეზი ხდება.



• როგორ შეუძლია მინის ბოთლს ტყეში ხანძრის გაჩენა?



ზოგჯერ ახლო მანძილიდანაც შეუძლებელია სხეულის ცალკეული ნაწილების, მაგალითად, ყვავილის მტვრის, დანახვა. ამ დროს მიკროსკოპის (1) დახმარებით შეგვიძლია ნაწილაკის თვალთან მოახლოებაც და გადიდებაც. ზოგჯერ სხეულები ისეა ჩვენგან დაშორებული, რომ შეუძლებელი ხდება მათზე დაკვირვება. მაგალითად, ციური სხეულები. ასეთ შემთხვევაში შეგვიძლია ციური სხეული „მოვიახლოოთ“ და გავადილოთ ტელესკოპის (2) საშუალებით.



• რა „გვიახლოებს“ და „ადიდება“ სხეულებს ამ ოპტიკურ ხელსაწყოებში (მიკროსკოპში, ტელესკოპში და სხვ.)?
• რომელი ოპტიკური გამადიდებელი ხელსაწყოები იცით?



(1)

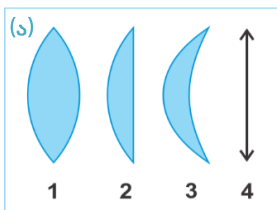


(2)

ოპტიკური ხელსაწყოების ერთ-ერთი ძირითადი ნაწილია ლინზა. ლინზა მომდინარეობს ლათინური სიტყვიდან *lens* და „ოსპს“ ნიშნავს.

• გამჭვირვალე სხეულს, რომელიც სფერული ზედაპირებითაა შემოსაზღვრული (ზოგჯერ ერთ-ერთი ზედაპირი შეიძლება ბრტყელი იყოს), ლინზა ეწოდება. ფორმის მიხედვით ლინზები ორ ჯგუფად იყოფა: ამოზნექილი და ჩაზნექილი.

• ლინზას, რომელიც ცენტრში უფრო სქელია, ვიდრე კიდეებთან, ამოზნექილი ლინზა ეწოდება. ეს ლინზები შესაძლოა იყოს ორმხრივამოზნექილი, ბრტყელამოზნექილი და ჩაზნექილ-ამოზნექილი (ა). სინათლის სხივები, რომლებიც მინის ამოზნექილ ლინზას ჰაერიდან ეცემა, მასში გარდატყდება და ერთ წერტილში იკრიბება. ამიტომ ასეთ ლინზას შემკრები ლინზა ეწოდება. ასეთი ლინზის მაგალითია გამადიდებელი მინა (ლუპა) (ბ).

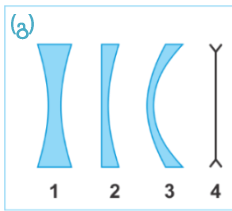


1. ორმხრივამოზნექილი ლინზა.
2. ბრტყელამოზნექილი ლინზა.
3. ჩაზნექილ-ამოზნექილი ლინზა.
4. თხელი ამოზნექილი ლინზის პირობითი აღნიშვნა.



• ლინზას, რომელიც ცენტრში უფრო თხელია, ვიდრე კიდეებთან, ჩაზნექილი ლინზა ეწოდება.

ეს ლინზები შეიძლება იყოს ორმხრივჩაზნექილი, ბრტყელჩაზნექილი ან ჩაზნექილ-ამოზნექილი (გ). სინათლის სხივები, რომლებიც მინის ჩაზნექილ ლინზას ჰაერიდან ეცემა, მასში გარდატყდება და გაიბნევა. ამიტომ ასეთ ლინზას გამბნევი ლინზა ეწოდება. ამ ლინზებში საგნები დაპატარავებული ჩანს (დ).



1. ორმხრივჩაზნეილი ლინზა.
2. ბრტყელჩაზნეილი ლინზა.
3. ჩაზნეილ-ამოზნეილ ლინზა.
4. თხელი ჩაზნეილი ლინზის პირობითი აღნიშვნა.

(დ)



სფერული ლინზის (ლინზა, რომელიც ორი სფერული ზედაპირითაა შემოსაზღვრული) ძირითადი ელემენტები.

– ლინზას, რომლის სისქე გაცილებით ნაკლებია მისი შემოსაზღვრელი ზედაპირების სიმრუდის რადიუსებზე R_1 და R_2 , **თხელი ლინზა** ეწოდება.

განვიხილოთ თხელი ლინზები (იხ. ა და გ).

– **წრფეს, რომელიც გადის ლინზის შემოსაზღვრელი სფერული ზედაპირების ცენტრებზე O_1 და O_2 , ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძი** ეწოდება.

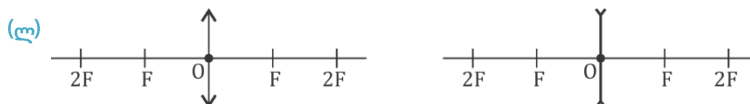
– O წერტილს, რომელიც ლინზის ცენტრში, მთავარ ოპტიკურ ღერძზეა, **ლინზის ოპტიკური ცენტრი** ეწოდება (ე). სინათლის სხივები, რომლებიც ოპტიკურ ცენტრზე გადის, არ გარდატყდება.

– ნებისმიერ წრფეს, რომელიც ლინზის ოპტიკურ ცენტრზე გადის, **ოპტიკური ღერძი** ეწოდება (ვ).

– შემკრებ ლინზაზე დაცემული მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები გარდატეხის შემდეგ ერთ წერტილში იკრიბება, რომელსაც ლინზის **მთავარი ფოკუსი** ეწოდება და აღინიშნება F ასოთი. შემკრები ლინზის მთავარი ფოკუსი ნამდვილია, რადგან მასში ლინზაში გარდატეხილი სხივები იკვეთება (ზ). იმისათვის, რომ გავარკვიოთ, რატომ აქვს მინის ამოზნეილ ლინზას შემკრები თვისებები, საკმარისია, სხივების სვლა ლინზაში შევადაროთ სხივების სვლას მინის ორ პრიზმაში (თ).

– წერტილს, რომელშიც გარდატეხის შემდეგ გამბნევ ლინზაზე დაცემული, მისი მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები იკვეთება, **გამბნევი ლინზის მთავარი ფოკუსი** ეწოდება. გამბნევი ლინზის მთავარი ფოკუსი წარმოსახვითია, რადგან ამ წერტილში იკვეთება არა სხივები, არამედ მათი გაგრძელებები (ი). იმის გასაგებად, რატომ აქვს მინის ჩაზნეილ ლინზას გამბნევი თვისებები, საკმარისია, სხივების სვლა ლინზაში შევადაროთ სხივების სვლას მინის ორ პრიზმაში (კ).

რისია, სხივების სვლა ლინზაში შევადაროთ სხივების სვლას მინის ორ პრიზმაში (კ).



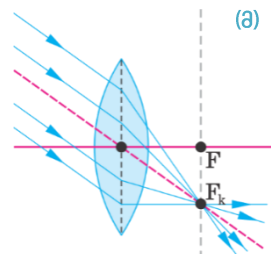
შემკრები და გამბნევი თხელი ლინზის ელემენტები სქემატურად ნაჩვენებია ნახატზე (ლ). გამბნევი ლინზის ფოკუსში იკვეთება იმ სხივების გაგრძელებები, რომლებიც გარდატეხამდე ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური იყო.

– მანძილს ლინზის ოპტიკურ ცენტრსა და ლინზის ფოკუსს შორის **ლინზის ფოკუსური მანძილი** ეწოდება. ფოკუსური მანძილი აღინიშნება F ასოთი.

ყველა ლინზას ორი მთავარი ფოკუსი აქვს. თუ ლინზა ერთგვაროვან გარემოშია მოთავსებული, ფოკუსები ლინზის ორივე მხარესაა განლაგებული და მისგან თანაბარი მანძილითაა დაშორებული (იხ. ლ).

– სიბრტყეს, რომელიც ლინზის მთავარ ფოკუსზე გადის და მთავარი ოპტიკური ღერძის პერპენდიკულარულია, **ფოკალური სიბრტყე** ეწოდება. ლინზის ნებისმიერი სხვა, არამთავარი, ოპტიკური ღერძის ფოკალურ სიბრტყესთან გადაკვეთის წერტილიც ლინზის ფოკუსია ამ ღერძისათვის (იხ. ლ).

ყველა ოპტიკური ღერძის პარალელურად დაცემული სხივები შემკრები ლინზის გავლის შემდეგ იკრიბება ამ ოპტიკური ღერძის ფოკალურ სიბრტყესთან გადაკვეთის წერტილში, ანუ ამ ღერძის შესაბამის ფოკუსში (იხ. მ).



შეკრიბილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

განსაზღვროთ ლინზის მთავარი ფოკუსი.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ოპტიკური დისკო, შემკრები და გამბნევი მინის ლინზები.

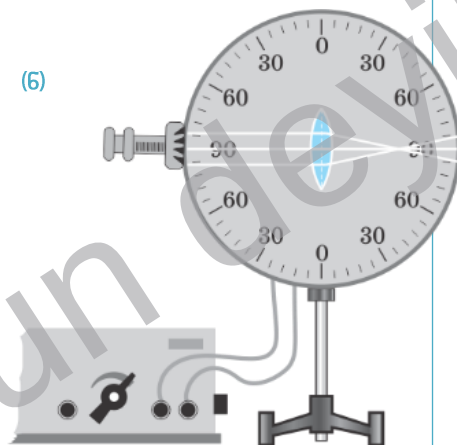
სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაამაგრეთ შემკრები ლინზა ოპტიკური დისკოს ცენტრში. სინათლის წყაროდან გამომავალი პერალელური სხივები მიმართეთ ლინზაზე, მისი მთავარი ოპტიკური ღერძის გასწვრივ და დააკვირდით სხივების სვლას ლინზაში გარდატეხის შემდეგ (ნ).
2. შემკრები ლინზა შეცვალეთ გამბნევი ლინზით და გაიმეორეთ ცდა.
3. სამუშაო რეგულში დახატეთ სხივების სვლა შემკრები და გამბნევი ლინზებში.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ განსაზღვრეთ შემკრები ლინზის მთავარი ფოკუსი?
- შეძელით თუ არა გამბნევი ლინზის მთავარი ფოკუსის განსაზღვრა? ლინზის რომელ მხარეს აღმოჩნდა მისი მთავარი ფოკუსი?

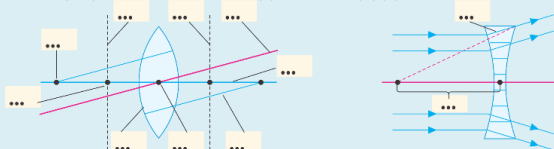
(ნ)



რა შეიტყვი?



• სამუშაო რეულში გადაიხაზეთ სქემები და წერტილების ნაცვლად ჩანერეთ შესაბამისი საკვანძო სიტყვები.



საკვანძო სიტყვები: • შემკრები ლინზა • გამბნევი ლინზა • მთავარი ოპტიკური ღერძი • მთავარი ფოკუსი • ფოკალური სიბრტყე • ფოკუსური მანძილი • ოპტიკური ცენტრი • სიმრუდის რადიუსი •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. ჩამოთვალეთ შემკრები და გამბნევი ლინზების მსგავსი და განსხვავებული ნიშნები.
2. რამდენი ოპტიკური ღერძი და ფოკუსი აქვს ლინზებს?
3. რატომ არის შემკრები ლინზის ფოკუსი ნამდვილი, ხოლო გამბნევი ლინზის ფოკუსი – წარმოსახვითი?
4. რომელ ამოზნექილ ლინზას აქვს უფრო დიდი ფოკუსური მანძილი: ლინზას, რომელსაც სიმრუდის დიდი რადიუსი აქვს, თუ ლინზას, რომელსაც სიმრუდის პატარა რადიუსი აქვს? რატომ?

3.13

სხეულის გამოსახულების აზება თხელ ლინზაში

თუ შორს მდებარე საგანს, მაგალითად მშენებარე სახლს, გამადიდებელი ლინზით შევხედავთ, მას ამოზნექულსა და დაპატარავებულს დავინახავთ. მაგრამ თუ იმავე ლინზით პატარა, ახლოს მდებარე საგანს, მაგალითად საფოსტო მარკას, შევხედავთ, ის პირდაპირი და გადიდებული გამოჩნდება.



- რატომ გამოიყურება სხეულები სხვადასხვანაირად ერთსა და იმავე ლინზაში?
- ამ სხეულებიდან რომლის გამოსახულებაა გამადიდებელ ლინზაში ნამდვილი და რომლის – წარმოსახვითი? რატომ?



კვლევითი სამუშაო

1

როგორი გამოსახულება მივიღეთ ლინზაში?

სამუშაოსთვის საჭიროა: შემკრები ლინზა, რომლის ფოკუსური მანძილიც ვიცით, სანთელი, სანთებელა, ეკრანი.

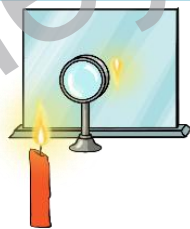
სამუშაოს მსვლელობა:

1. მაგიდის ზედაპირზე მოათავსეთ ეკრანი, შემკრები ლინზა და ანთებული სანთელი. ლინზას სანთელი ორმაგ ფოკუსურ მანძილზე მეტად დააშორეთ (ა).
2. ანთებული სანთელი დაუახლოეთ და დააშორეთ ლინზას, ვიდრე ეკრანზე სანთლის ალის მკაფიო გამოსახულებას არ მიიღებთ.
3. სანთელი ლინზის ფოკუსსა და ორმაგ ფოკუსს შორის მოათავსეთ და ამოძრავეთ ლინზის მიმართ ეკრანზე მისი ალის მკაფიო გამოსახულების მიღებამდე.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა განსხვავებები დაინახეთ სანთლის ალსა და ეკრანზე მის გამოსახულებას შორის?
- რა აზრი გაქვთ ეკრანზე საგნის ნამდვილი და წარმოსახვითი გამოსახულების მიღების შესაძლებლობასთან დაკავშირებით?

(ა)

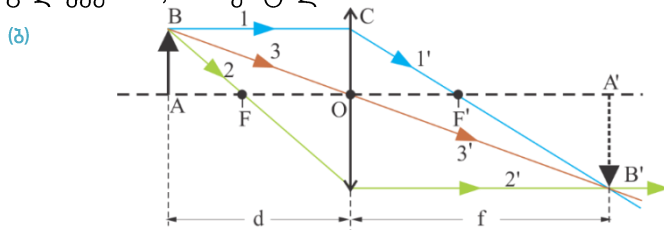


თუ ვიცით სხეულიდან არეკლილი რომელიმე სხივის სვლა ლინზაში გარდატეხის შემდეგ, შევძლებთ ამ სხეულის გამოსახულების აგებას. ამისათვის საჭიროა, ავაგოთ სხეულის უკიდურესი წერტილების გამოსახულებები. ამ წერტილებიდან გამოსული სხივები ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ ადვილი იყოს მათი სვლის აგება ლინზაში გარდატეხის შემდეგ. ამის გათვალისწინებით, მაგალითად, უკიდურესი B წერტილის გამოსახულების ასაგებად მოსახერხებელია შემდეგი სხივების გამოყენება (ბ):

1. სხივი 1, რომელიც ლინზას მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად ეცემა. ეს სხივი შემკრებ ლინზაში გარდატეხის შემდეგ ლინზის ფოკუსში გაივლის (სხივი 1').

2. სხივი 2, რომელიც ლინზის ფოკუსში გადის. ეს სხივი შემკრებ ლინზაში გარდატეხის შემდეგ ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად გავრცელდება (სხივი 2').

3. სხივი 3, რომელიც ლინზის ოპტიკურ ცენტრში გადის. ეს სხივი, რომელიც ლინზის ოპტიკურ ცენტრში გადის, გარდატეხის გარეშე გავრცელდება (სხივი 3'). ამგვარად, B წერტილის გამოსახულება მიიღება 1', 2' და 3' სხივების გადაკვეთით, B' წერტილში.



ყურადღება! გამოსახულების აგების სქემის გასამარტივებლად საკმარისია ზემოთ აღნიშნული სხივებიდან რომელიმე ორის გამოყენება. აღვნიშნავთ, რომ ლინზის მთავარ ოპტიკურ ღერძზე განლაგებული საგნის უკიდურესი A წერტილის გამოსახულება (A') ისევე მთავარ ოპტიკურ ღერძზე მიიღება. აქ d მანძილია სხეულიდან ლინზამდე, f – მანძილი გამოსახულებიდან ლინზამდე (იხ. ბ).

გამოსახულების აგება თხელ შემკრებ ლინზაში. ყველა შემთხვევაში, როდესაც სხეულიდან ლინზამდე მანძილი ლინზის ფოკუსურ მანძილზე მეტია $d \geq F$, შემკრებ ლინზაში ნამდვილი გამოსახულება მიიღება, რადგან გამოსახულება გარდატეხილი სხივების გადაკვეთით მიიღება. ნამდვილი გამოსახულება ყოველთვის ამობრუნებულია. ხოლო იმ შემთხვევაში, როდესაც მანძილი სხეულიდან ლინზამდე ფოკუსურ მანძილზე ნაკლებია $d < F$, შემკრებ ლინზაში წარმოსახვითი გამოსახულება მიიღება. გამოსახულება მიიღება არა გარდატეხილი სხივების, არამედ მათი გაგრძელებების გადაკვეთით. წარმოსახვითი გამოსახულება ყოველთვის პირდაპირია.

ქვემოთ ჩამოთვლილი შემთხვევებიდან შემკრები ლინზა ხუთ შემთხვევაში ნამდვილ გამოსახულებას იძლევა, ერთში კი – წარმოსახვით გამოსახულებას:

1. როდესაც სხეული უსასრულოდ არის დაშორებული ლინზიდან: $d \rightarrow \infty$. სხეულის ნამდვილი გამოსახულება წერტილია და ლინზის ფოკუსში მიიღება (ლინზაში გარდატეხილი სხივები ლინზის ფოკუსში იკრიბება): $f = F$.

2. როდესაც სხეული ორმაგ ფოკუსურ მანძილზე მეტადაა დაშორებული ლინზიდან: $d > 2F$. მიიღება სხეულის ნამდვილი, შემცირებული და ამობრუნებული გამოსახულება ლინზის ფოკუსსა და ორმაგ ფოკუსს შორის: $2F > f > F$.

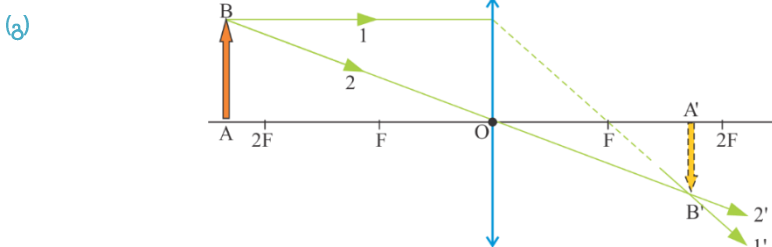
3. როდესაც სხეული ლინზის ორმაგ ფოკუსშია: $d = 2F$. $f = 2F$ წერტილში მიიღება სხეულის ნამდვილი და ამობრუნებული გამოსახულება, რომლის ზომები სხეულის ზომების ტოლია.

4. როდესაც სხეული განლაგებულია ლინზის ფოკუსსა და ორმაგ ფოკუსს შორის: $2F > d > F$. მიიღება სხეულის ნამდვილი, გადიდებული და ამობრუნებული გამოსახულება. გამოსახულება მიიღება ლინზის ორმაგი ფოკუსის გარეთ: $f > 2F$.

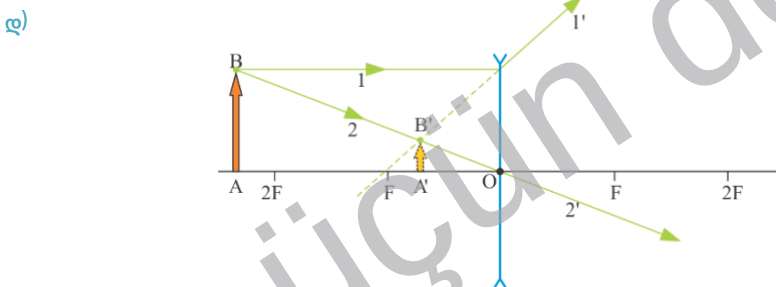
5. როდესაც სხეული განლაგებულია ლინზის ფოკუსში: $d = F$. გამოსახულება მიიღება უსასრულობაში, რადგან ლინზაში გარდატეხილი სხივები პარალელურად გავრცელდება და პირობითად უსასრულობაში გადაიკვეთება: $f \rightarrow \infty$.

6. როდესაც სხეული მოთავსებულია ლინზასა და მის ფოკუსს შორის: $d < F$. მიიღება სხეულის წარმოსახვითი, პირდაპირი და გადიდებული გამოსახულება ლინზის იმავე მხარეს, სადაც სხეულია მოთავსებული. მაგალითად, გამადიდებული მინით მარკის დათვალიერების დროს ჩვენ მარკის წარმოსახვით გამოსახულებას ვაკვირდებით.

ქვემოთ მოცემულ სურათზე წარმოდგენილია თხელ შემკრებ ლინზაში გამოსახულების აგების ერთ-ერთი შემთხვევა (ა).



აქ გამოყენებულია B წერტილიდან გამომავალი ორი სხივი: **1** – სხივი, რომელიც ლინზას მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად ეცემა, გარდატეხის შემდეგ ლინზის მთავარ ფოკუსში გაივლის (სხივი **1'**). **2** – სხივი, რომელიც ლინზის ოპტიკურ ცენტრში გადის და რომელიც არ გარდატეხება (სხივი **2'**). ამ ორი სხივის გადაკვეთა ლინზაში გავლის შემდეგ იძლევა AB საგნის A'B' გამოსახულებას (იხ. ა).



გამოსახულების აგება გამბნევ ლინზაში. რადგან გამბნევ ლინზას წარმოსახვითი ფოკუსი აქვს, ყველა შემთხვევაში, საგანსა და ლინზას შორის მანძილის მიუხედავად, წარმოსახვითი, შემცირებული და პირდაპირი გამოსახულება მიიღება. გამოსახულება ლინზის იმავე მხარესაა, რომელზეც საგანი.

ნახაზზე მოცემულია თხელ გამბნევ ლინზაში AB საგნის გამოსახულების აგების სქემა ხელსაყრელი სხივების გამოყენებით (იხ. დ).

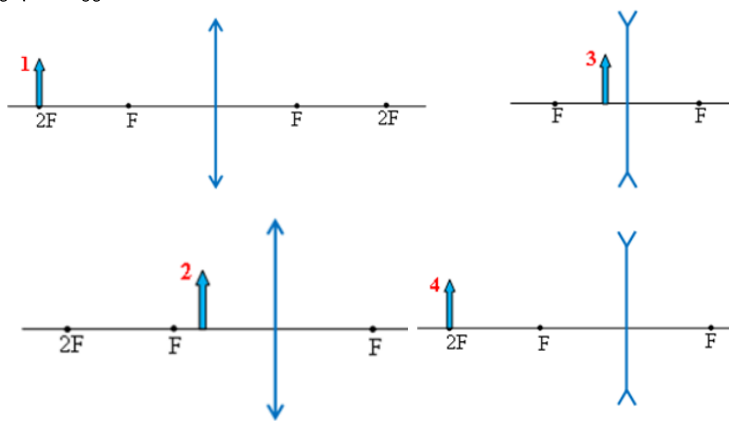
შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ააგეთ გამოსახულება ბრტყელ ლინზაში.

ნახატზე წარმოდგენილია საგნისა და თხელი ლინზის ურთიერთგანლაგების ოთხი სურათი. სამუშაო რეულში გადახაზეთ და ააგეთ სხეულების გამოსახულებები. გამოიყენეთ ხელსაყრელი სხივები.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი სხეულის გამოსახულება მიიღეთ ნამდვილი, რომლის – წარმოსახვითი? რატომ?
- სად მიიღეთ სხეულების გამოსახულებები გამბნევ ლინზაში?

რა შეიტყვით?

- სამუშაო რეულში გადაწერეთ და დაამთავრეთ პირობები, იმის გათვალისწინებით, რომ ისინი შემკრები ლინზისთვისაა გამოთქმული:

„როდესაც $d \rightarrow \infty$...“;

„როდესაც $d > \dots$ “;

„როდესაც $d = 2F \dots$ “;

„როდესაც $2F > d > F \dots$ “;

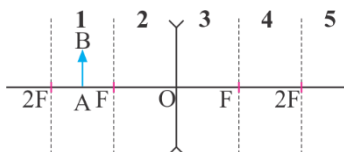
„როდესაც $d = F \dots$ “;

„როდესაც $d < F \dots$ “.

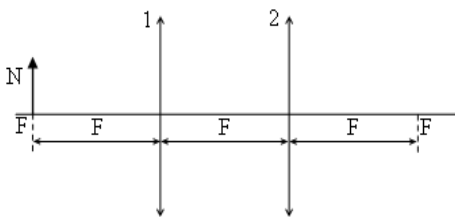
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. ლინზაში სხეულის გამოსახულების აგების დროს რომელი სხივების გამოყენებაა მიზანშეწონილი? რატომ?
2. სად უნდა მოვათავსოთ სხეული, რომ შემკრები ლინზაში იმავე ზომის გამოსახულება მივიღოთ?
3. სად უნდა იყოს მოთავსებული სხეული, რომ შემკრები ლინზაში მისი გამოსახულება ვერ დავინახოთ? რატომ?
4. შეადარეთ ლინზებში მიღებული ნამდვილი და წარმოსახვითი გამოსახულებები: რა მსგავსება და განსხვავებაა მათ შორის?
5. რატომ არ მიიღება გამბნევ ლინზაში ნამდვილი გამოსახულება?

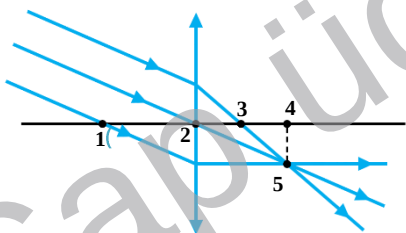
1. ნახატზე ნაჩვენებია საგნის მდებარეობა გამზნევი ლინზის მიმართ. ციფრებით აღნიშნულ რომელ ნაწილში მიიღება მისი გამოსახულება?



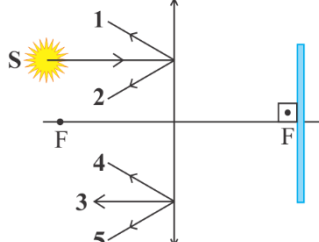
2. ორი ერთნაირი თხელი ლინზა ისე განალაგეს, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები. ამ სისტემის ფოკუსში მოთავსებული N სხეულის გამოსახულების სიმაღლე h -ის ტოლია, ხოლო მანძილი გამოსახულებიდან სხეულამდე არის d . როგორ შეიცვლება გამოსახულების სიმაღლე და მანძილი d , თუ ლინზა 1-ს ავიღებთ? პასუხი დაასაბუთეთ სქემატური გამოსახულებით.



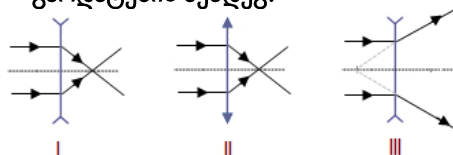
3. ნახატზე ნაჩვენებია ლინზის ზედაპირზე დაცემული პარალელური სხივები. განსაზღვრეთ ლინზის ფოკუსი, ფოკუსური მანძილი და ლინზის ოპტიკური ღერძი.



4. თხელი ლინზის ფოკუსში მოთავსებულია ბრტყელი სარკე. რომელი ციფრით არის აღნიშნული სარკიდან არეკვლის შემდეგ ლინზაში გასული სინათლის სხივის სვლა, რომელიც ლინზის ზედაპირს S სინათლის წყაროდან მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელურად ეცემა?



5. რომელ ნახატზეა სწორად ნაჩვენები მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივების სვლა ლინზაში მათი გარდატეხის შემდეგ?



6. სხეული მოთავსებულია ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძის T წერტილში. ლინზის ფოკუსი F წერტილშია. რომელი გამონათქვამია მართებული?



- 1 – საგნის გადაადგილებისას T წერტილიდან F წერტილისაკენ გამოსახულების სიმაღლე მცირდება;
- 2 – საგნის გადაადგილებისას F წერტილიდან 2F წერტილისაკენ გამოსახულების სიმაღლე იზრდება;
- 3 – თუ საგანი შორდება 2F წერტილს, გამოსახულების სიმაღლე მცირდება;

ა) 1 და 2
ბ) მხოლოდ 3

გ) მხოლოდ 1
დ) 2 და 3

3.14 ოსელი ლინზის ფორმულა

სხეულიდან ლინზამდე მანძილის ცვლილების დროს იცვლება მანძილიც ლინზიდან გამოსახულებამდე.



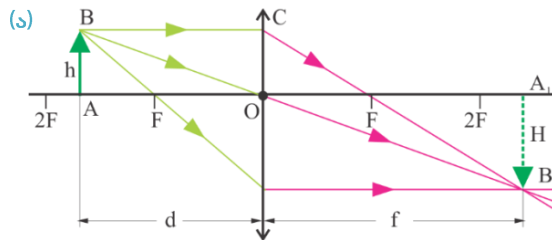
• როგორი კანონზომიერებით ხდება ეს ცვლილებები? როგორ ვიპოვოთ კავშირი ამ ცვლილებებს შორის?

კვლევითი სამუშაო

1

განსაზღვრეთ მანძილი საგნიდან ლინზამდე.

ამოცანა. საგნის გამოსახულება ეკრანზე, რომელიც შემკრები ლინზიდან $f = 52$ სმ-ითაა დაშორებული, საგანზე 4-ჯერ დიდია (ა). განსაზღვრეთ მანძილი საგნიდან ლინზამდე.



მოცემულია	ამოხსნა
$f = 52$ სმ $= 0,52$ მ $H = 4$ h	ABO და A ₁ B ₁ O სამკუთხედები მსგავსი სამკუთხედებია, ამიტომ: $\frac{H}{h} = \frac{f}{d} \rightarrow d = \frac{fh}{H}.$
d -?	გამოთვლა
პასუხი:	...

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რის ტოლია საგნიდან ლინზამდე მანძილი?
- როგორ არის შესაძლებელი ფოკუსური მანძილის განსაზღვრა ამ მონაცემების მიხედვით?
- არსებობს თუ არა რამე კანონზომიერება, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს მანძილს საგნიდან ლინზამდე, მანძილს ლინზიდან გამოსახულებამდე და ლინზის ფოკუსურ მანძილს?

კანონზომიერებას, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს მანძილს საგნიდან ლინზამდე, მანძილს ლინზიდან გამოსახულებამდე და ლინზის ფოკუსურ მანძილს, გამოხატავს ლინზის ფორმულა. კვლევითი სამუშაოს ამოცანის ამოხსნისას თქვენ უკვე დაინყეთ ამ ფორმულის გამოყვანა. ABO და A₁B₁O სამკუთხედების მსგავსებიდან გამომდინარეობს:

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}, \quad (1)$$

COF და A₁B₁F სამკუთხედების მსგავსებიდან გამომდინარეობს:

$$\frac{H}{h} = \frac{f - F}{F}. \quad (2)$$

(1)-ლი და მე-(2) გამოსახულებების შედარებით მივიღებთ:

$$\frac{f}{d} = \frac{f - F}{F}.$$

აქედან

$$fF = df - dF \text{ ან } df = fF + dF.$$

თუ ბოლო ტოლობის ორივე მხარეს გავყოფთ $f d F$ ნამრავლზე, მივიღებთ:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (3)$$

მე-(3) გამოსახულება ბრტყელი შეშვრები ლინზის ფორმულაა. თუ შეშვრები ლინზაში საგნის გამოსახულება წარმოსახვითია, $\frac{1}{f}$ გამოსახულების წინ იწერება „-“ ნიშანი. თხელი ლინზის ფორმულაში სიდიდეს

$$\frac{1}{F} = D \quad (4)$$

ლინზის ოპტიკური ძალა ეწოდება:

• ფოკუსური მანძილის შებრუნებულ სიდიდეს **ლინზის ოპტიკური ძალა** ეწოდება. ოპტიკური ძალის საზომი ერთეული SI სისტემაში არის დიოპტრი (1 დპტრ).

1 დიოპტრი არის იმ ლინზის ოპტიკური ძალა, რომლის ფოკუსური მანძილი 1 მ-ია:

$$[D] = \frac{1}{[F]} = \frac{1}{\theta} = 1 \text{ დპტრ.}$$

მე-(3) და მე-(4) გამოსახულებების გათვალისწინებით, თხელი ლინზის ფორმულა შეიძლება შემდეგნაირად ჩავწეროთ:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (5)$$

ყურადღება! ლინზის ოპტიკური ძალა და ფოკუსური მანძილი არ არის დამოკიდებული საგნიდან ლინზამდე მანძილზე და ლინზიდან გამოსახულებამდე მანძილზე, არამედ დამოკიდებულია სფერული ლინზის ზედაპირების სიმრუდის რადიუსებზე, მასალაზე, რომლისგანაცაა დამზადებული ლინზა და იმ გარემოს გარდატენის მაჩვენებელზე, რომელშიც ლინზა მოთავსებულია. მიღებულია, რომ შეშვრები ლინზის ფოკუსური მანძილი და ოპტიკური ძალა დადებითი სიდიდეებია ($F > 0$, $D > 0$), ხოლო გამბნევი ლინზის ფოკუსური მანძილი და ოპტიკური ძალა – უარყოფითი ($F < 0$, $D < 0$).

რადგან გამბნევი ლინზის ფოკუსი და გამოსახულება გამბნევ ლინზაში წარმოსახვითია, თხელი ლინზის ფორმულაში $\frac{1}{F}$ და $\frac{1}{f}$ გამოსახულებების წინ იწერება „-“ ნიშანი. ამის გათვალისწინებით, თხელი გამბნევი ლინზის ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}. \quad (6)$$

საგნისა და ლინზაში მისი გამოსახულების ზომების შესადარებლად იყენებენ სიდიდეს, რომელსაც ლინზის წრფივი გამადიდებლობა ეწოდება:

• ლინზის წრფივი გამადიდებლობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გამოსახულების წრფივი ზომის საგნის წრფივ ზომასთან შეფარდების ტოლია. ლინზის წრფივი გამადიდებლობა აღინიშნება ასოთი Γ (გამა):

$$\Gamma = \frac{H}{h}. \quad (7)$$

(1)-ლი გამოსახულებიდან ჩანს, რომ:

$$\Gamma = \frac{f}{d}. \quad (8)$$

• ლინზის წრფივი გამადიდებლობა ლინზიდან გამოსახულებამდე მანძილის ლინზიდან საგნამდე მანძილთან შეფარდების ტოლია.

წრფივ გამადიდებლობას მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობა აქვს; მას განზომილება არ გააჩნია.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

გამოსახულება ნამდვილია თუ წარმოსახვითი?

ამოცანა. 2 სმ მანძილიდან ლუპით, რომლის ოპტიკური ძალაა +4,5 დპტრ, საგნის დათვალიერების დროს მის გადიდებულ გამოსახულებას ვხედავთ. განსაზღვრეთ მანძილი ლუპიდან გამოსახულებამდე. როგორია გამოსახულება – ნამდვილი თუ წარმოსახვითი?

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ფორმულით უნდა გამოვთვალოთ მანძილი ლუპიდან გამოსახულებამდე?
- როგორ განვსაზღვროთ, გამოსახულება ნამდვილია თუ წარმოსახვითი?

რა შეიტყვეთ

- სამუშაო რვეულში ჩაწერეთ მოცემული საკვანძო სიტყვების განმარტებები და შესაბამისი მათემატიკური გამოსახულებები.

საკვანძო სიტყვები: • ლინზის ფორმულა • ლინზის ოპტიკური ძალა • ლინზის წრფივი გამადიდებლობა • დიოპტრი •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორ განვსაზღვროთ ლინზის ფოკუსური მანძილი?
2. რაზეა დამოკიდებული ლინზის ოპტიკური ძალა?
3. დანერეთ თხელი შემკრები ლინზის ფორმულა, რომელიც წარმოსახვით გამოსახულებას იძლევა.
4. როგორ განვსაზღვროთ ლინზის გამადიდებლობა?

პრაქტიკული სამუშაო

3.2

შემკრები ლინზის ფოკუსური მანძილისა და ოპტიკური ძალის განსაზღვრა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: სადგარზე დამაგრებული შემკრები ლინზა, სინათლის წყარო (ნათურა ან სანთელი), ეკრანი, საზომი ლენტა.

სამუშაოს მსვლელობა:

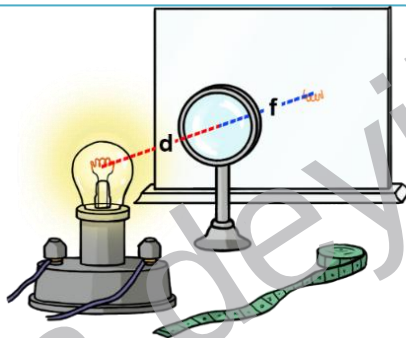
1. მაგიდის ერთ კიდეზე ნათურა დადგით, მეორეზე – ეკრანი. მათ შორის წრფეზე მოათავსეთ ლინზა.
2. ჩართეთ ნათურა და დაიწყეთ ლინზის გადაადგილება წრფის გასწვრივ, ვიდრე ეკრანზე ნათურის ვარვარების ძაფის მკაფიო გამოსახულება არ გამოჩნდება.
3. გაზომეთ მანძილები ნათურიდან ლინზამდე და ლინზიდან ეკრანამდე.
4. ლინზის ფორმულის გამოყენებით განსაზღვრეთ შემკრები ლინზის ფოკუსური მანძილი და ოპტიკური ძალა:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

5. ცვალეთ მანძილი ნათურიდან ლინზამდე და ცდა რამდენჯერმე გაიმეორეთ.

6. სამუშაო რვეულში გადაიხაზეთ ცდის სქემა და ცხრილი. გაზომვის შედეგები შეიტანეთ ცხრილში:

ცდის №	d, (მ)	f, (მ)	F, (მ)	D, (დპტრ)
1				
2				
3				



1. შემკრები ლინზის საშუალებით ეკრანზე მიიღეს სანთლის ალის გამოსახულება. განსაზღვრეთ ლინზის ფოკუსური მანძილი და ოპტიკური ძალა, თუ მანძილი სანთლიდან ლინზამდე 4 მ-ია, ხოლო მანძილი ლინზიდან ეკრანამდე – 1 მ.
2. შემკრები ლინზის საშუალებით ეკრანზე მიიღეს სინათლის წერტილოვანი წყაროს გამოსახულება. როგორია ლინზის წრფივი გამადიდებლობა, თუ მანძილი სინათლის წყაროდან ლინზამდე 1,5 მ-ია, ხოლო მანძილი ლინზიდან გამოსახულებამდე – 3 მ?
3. გამბნევ ლინზაში მიღებული საგნის წარმოსახვითი გამოსახულების წრფივი ზომა 45 სმ-ია. განსაზღვრეთ ლინზის გამადიდებლობა, თუ საგნის წრფივი ზომა 15 სმ-ია.
4. წვრილი შრიფტით დაწერილ ტექსტს მოსწავლე 5 დპტრ ოპტიკური ძალის ლუპის დახმარებით კითხულობს. ლუპის დაშორება ტექსტიდან 2 სმ-ია. ლუპიდან რა მანძილზე ხედავს მოსწავლე ტექსტის გამოსახულებას? ეს გამოსახულება ნამდვილია თუ წარმოსახვითი?
5. მანძილი საგნიდან ლინზამდე 5-ჯერ მეტია ლინზის ფოკუსურ მანძილზე. რამდენჯერაა შემცირებული საგნის გამოსახულება საგანთან შედარებით?
6. შემკრები ლინზიდან საგნამდე მანძილი 2-ჯერ მეტია ლინზის ფოკუსურ მანძილზე. მანძილი საგნიდან მის გამოსახულებამდე 20 სმ-ია. განსაზღვრეთ ლინზის ოპტიკური ძალა.
ა) 20 დპტრ ბ) 25 დპტრ გ) 22 დპტრ დ) 10 დპტრ ე) 15 დპტრ

3.15 თვალი და მხედველობა

1896 წელს ამერიკელმა ფსიქოლოგმა ჯონ სტრეტონმა საკუთარ თავზე ასეთი ექსპერიმენტი ჩაატარა: მან გაიკეთა სათვალე, რომელშიც საგნების ამობრუნებულ გამოსახულებას ხედავდა. შედეგად სტრეტონის ცნობიერებაში სამყარო გადატრიალდა: ის ყველა საგანს „თავდაყირა“ ხედავდა, დაერღვა თვალების კავშირი მეგრძნების სხვა ორგანოებთან, თავბრუსხვევის შეგრძნება გაუჩნდა. ორგანიზმის ეს დარღვევები ოთხი დღე გაგრძელდა. შემდეგ მეცნიერმა თავი ნორმალურად იგრძნო – საგნებს ჩვეულებრივად ხედავდა, ისე, როგორც ექსპერიმენტამდე. მაგრამ სათვალის მოხსნის შემდეგ მან სამყარო ისევ ამობრუნებული დაინახა. თუმცა რამდენიმე საათის შემდეგ ნორმალური მხედველობა აღუდგა.



- რატომ ხედავდა მეცნიერი სათვალის გაკეთების შემდეგ ყველა საგანს გადაბრუნებულს?
- ადამიანი მხოლოდ თვლებით ხედავს თუ ამაში გონებაცაა ჩართული?



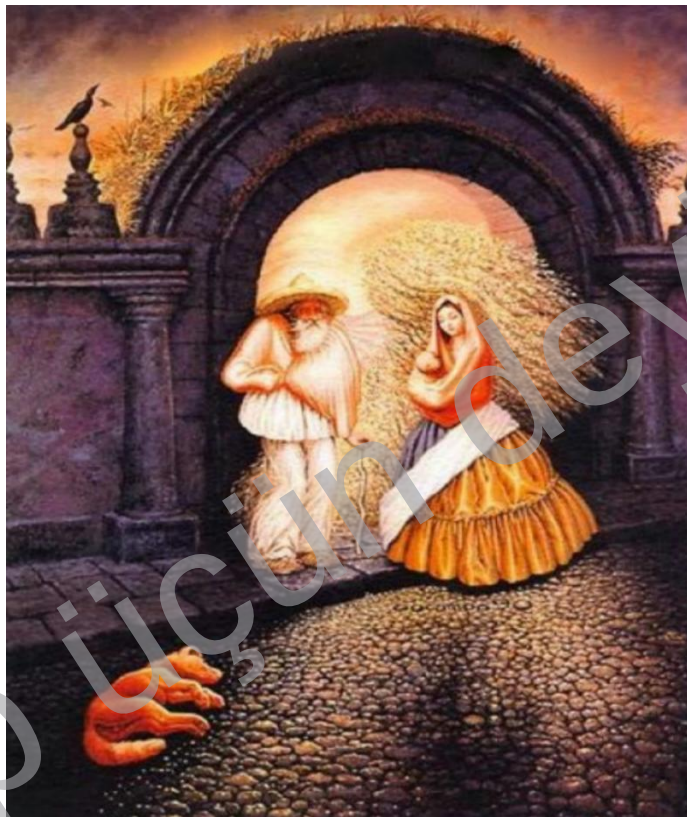
კვლევითი სამუშაო

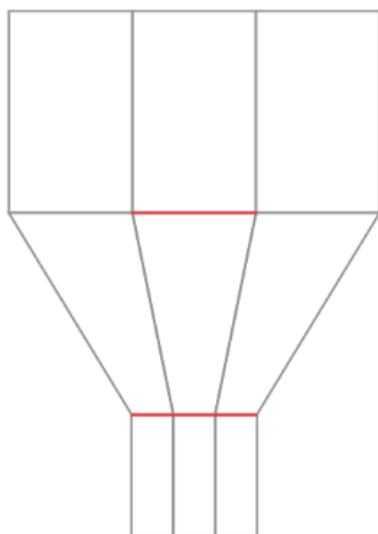
1

მხედველობითი ილუზიები
სამუშაოს მსვლელობა:

- რამდენი ადამიანის გამოსახულებას ხედავთ ნახატზე (1)?

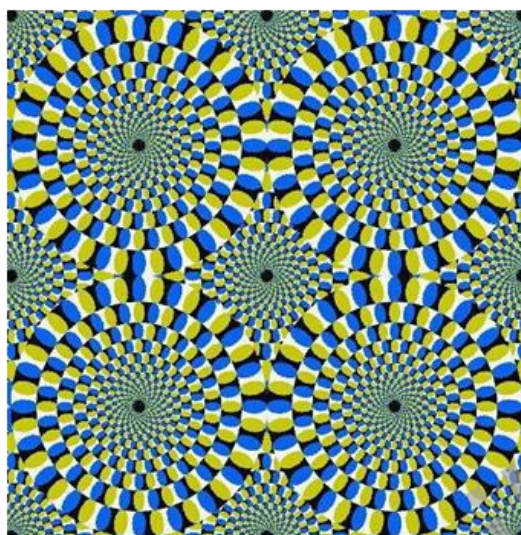
ავტორი: ოქტავიო ოკამპო





(2) • რომელი წითელი ხაზია უფრო გრძელი?

- ნახატზე ხედავთ მბრუნავ წრეებს (3).
სინამდვილეში ბრუნავს თუ არა წრეები?
ავტორი: აკიოში კიტაკა



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა დაინახეთ პირველი შეხედვით წარმოდგენილ ნახატზე?
- პირველ ნახატზე რატომ ვხედავთ თავიდან ორი ადამიანის გამოსახულებას, შემდეგ კი, ნახატის დაკვირვებით დათვალიერების მერე – 9 ადამიანის გამოსახულებას?
- მეორე გამოსახულებაზე წითელი ხაზების სიგრძის სახაზავით გაზომვის შემდეგ გაირკვა, რომ ისინი ერთნაირი სიგრძისაა. რატომ მოგეჩვენა თავიდან ხაზები სხვადასხვა სიგრძის?
- მესამე ნახატზე გამოსახული დისკები, ერთი შეხედვით, ბრუნავს, ხოლო თუ თითოეულს ცალ-ცალკე დავაკვირდებით, დავინახავთ, რომ ისინი უძრავია. რატომ?
- გაიაზრეთ თვალთ მძლეული ინფორმაცია და შეაფასეთ მისი მრავალფეროვნება.

როგორც იცით, გარემომცველი სამყაროს შესახებ ინფორმაციის 90%-ს ადამიანი მხედველობის ორგანოების საშუალებით იღებს. თვალი, როგორც მხედველობის ორგანო, სრულყოფილი და რთული აგებულების და ამავედროულად მარტივი ოპტიკური სისტემაა.

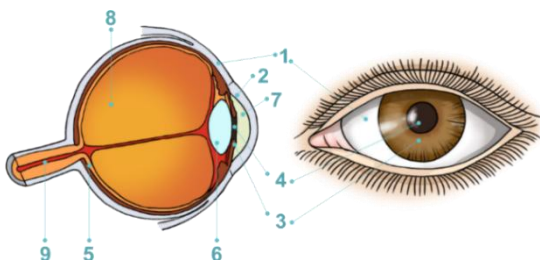
რა ნაწილებისაგან შედგება ადამიანის თვალი? ადამიანის თვალი ძალიან ფაქიზი ორგანოა. თვალის – თვალის კაკლის – (ა) დიამეტრი დაახლოებით 2,5 სმ-ია. ის გარემოცულია გარსით, რომელსაც სკლერა ეწოდება (1). სკლერა, რომელიც შემაერთებული ქსოვილისაგან შედგება, თვალს იცავს გარე ზემოქმედებისგან, ასევე იცავს მის მთლიანობას. სკლერა გაუმჭირია,

გამჭვირვალეა მხოლოდ მისი წინა, ამოზრცული ნაწილი. მას *რქოვანა გარსი* ეწოდება (2).

რქოვანა გარდატეხს და თვალში ატარებს თვალზე დაცემული სინათლის სხივების 50-70 %-ს. რქოვანა გარსის უკან *ფერადი გარსია* (3). ფერადი გარსი ადამიანებს სხვადასხვა ფერის აქვთ: ცისფერი, რუხი, მომწვანო, ყავისფერი და სხვ.

(ა) ადამიანის თვალის აგებულება

1. სკლერა (ცილოვანი გარსი)
2. რქოვანა გარსი
3. ფერადი გარსი (ირისი)
4. გუგა
5. ბადურა
6. ბროლი
7. წინა კამერა
8. შიდა კამერა
9. მხედველობის ნერვის დაბოლოებები



ფერადი გარსის ცენტრში მოთავსებულია *გუგა* (4). გუგის დიამეტრი ადამიანის ნებისგან დამოუკიდებლად იცვლება: მკვეთრი განათების დროს გუგის დიამეტრი პატარავდება და ხელს უშლის თვალში სხივების შეღწევას, სუსტი განათების დროს – იზრდება და ხელს უწყობს სუსტი სინათლის თვალში სრულად შეღწევას. თვალის ფსკერის შიდა ზედაპირი დაფარულია *შუქ-მგრძნობიარე ბადით* (5) (რომელსაც ზოგჯერ ბადურას უწოდებენ). ის *მხედველობის ნერვის* დაბოლოებებისა და კვანძებისაგან შედგება (9). ფერადი გარსის უკან განლაგებულია *ბროლი*, რომელიც ფაქტობრივად ბუნებრივი ორმხრივამოზნეჩილი ლინზაა. ბროლი თვალს ორ ნაწილად ყოფს: წინა ნაწილი (*წინა კამერა*), რომელიც გამჭვირვალე სითხით არის შევსებული და უკანა ნაწილი (*შიდა კამერა*) (8), რომელიც მინისებრი სხეულითაა შევსებული.

თვალის შემადგენელი გამჭვირვალე ელემენტები: რქოვანა გარსი, წინა კამერა, ბროლი და შიდა კამერა ქმნიან თვალის ოპტიკურ სისტემას, რომლის საშუალებითაც ხდება თვალში მოხვედრილი სინათლის სხივების გარდატეხა.

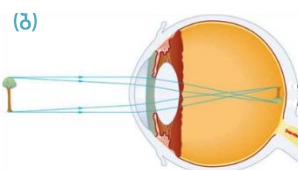
ცხრილ 3.2-ში მოცემულია თვალის ოპტიკური სისტემის შემადგენელი ელემენტების გარდატეხის მაჩვენებლები.

ცხრილი 3.2.

თვალის ელემენტები	რქოვანა გარსი	წინა კამერა (გამჭვირვალე სითხე)	ბროლი	შიდა კამერა (მინისებრი სხეული)
გარდატეხის მაჩვენებელი	1,376	1,336	1,386	1,337

როგორ ხდება თვალი? სინათლის სხივები, რომლებიც საგნიდან თვალს ეცემა, მის ოპტიკურ სისტემაში გარდატეხდება და თვალის ბადურაზე საგნის ნამდვილ, შემცირებულ და ამობრუნებულ გამოსახულებას ქმნის (ბ).

საგანმდე მანძილის ცვლილების მიუხედავად, მისი გამოსახულება თვალის ბადურაზე ყოველთვის მკაფიოა. ამის მიზეზია ბროლის უნარი შეიცვალოს ფორმა (თავისი ამოზნეჩილობა).



ამოზნეილობის შეცვლა ნიშნავს ბროლის სიმრუდის რადიუსისა და ფოკუსური მანძილის, ანუ ოპტიკური ძალის, შეცვლას.

• თვალის ბროლის თვისებას, შეიცვალოს ოპტიკური ძალა, **აკომოდაცია** ეწოდება.

აკომოდაციის უნარის გამო თვალი მკაფიოდ ხედავს როგორც შორს, ისე ახლოს მდებარე საგნებს – მყისიერად ეგუება დაკვირვების ობიექტამდე მანძილის ცვლილებას (ლათინურიდან *accomodatio* – „შეგუება“).

მაგალითად, თუ შედარებით ახლოს მდებარე საგანს ვუყურებთ, ბროლის ამოზნეილობა იზრდება და მასში გამავალი სხივები მეტად გარდატყდება (ა). ამის გამო ბადურაზე საგნის ნამდვილი, შემცირებული და ამოზრუნებული გამოსახულება მიიღება. საგანსა და თვალს შორის მანძილის ზრდასთან ერთად ბროლის ამოზნეილობა

მცირდება და ბადურაზე ისევ საგნის ნამდვილი, შემცირებული და ამოზრუნებული გამოსახულება მიიღება (ბ). მართალია, ბადურაზე საგნის ამოზრუნებული გამოსახულება მიიღება, მაგრამ ჩვენ პირდაპირ გამოსახულებას ვხედავთ. ეს იმიტომ ხდება, რომ დანახვის პროცესში შეგრძნების სხვა ორგანოებიც მონაწილეობს:

ბადურაზე მიღებული გამოსახულების მოქმედებით ნერვული ბოჭკოების დაბოლოებები ალიგზნება, ეს ალიგზნება გადაეცემა თავის ტვინის უბანს, რომელიც ადამიანის მხედველობით შეგრძნებას უზრუნველყოფს და სადაც ხდება მიღებული ვიზუალური ინფორმაციის ანალიზი – ხდება საგნის ზომების, ფერის, განათების, მისი დაშორების შეფასება. ამის შედეგად ტვინი აყალიბებს დანახული გარემოს რეალურ სურათს. ე. ი. ტვინისთვის თვალი დანახვის ერთ-ერთი ინსტრუმენტია.

შეპენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

თვალის ბროლის აკომოდაციის უნარის შესწავლა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: თეთრი ფურცელი (ზომები 7 x 7 სმ), მარკერი, სანერი კალამი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ფურცლის შუა ნაწილში გააკეთეთ ხვრელი და მის ირგვლივ პერიმეტრზე დაწერეთ რამდენიმე ციფრი, მაგალითად „2 4 5 9 6“; დაფაზე მარკერით დაწერეთ ნებისმიერი სიტყვა, მაგალითად „ლინზა“.
2. ფურცელი წინ დაიდეთ ისე, რომ ციფრებს მკაფიოდ ხედავდეთ (მაგალითად, 25 სმ მანძილზე). ამ მდგომარეობაში დახუჭეთ ერთი თვალი, მეორე თვალით ხვრელიდან შეხედეთ დაფაზე დაწერილ სიტყვას. ყურადღება მიაქციეთ, რამდენად მკაფიოდ ხედავთ ციფრებს ფურცელზე და სიტყვას დაფაზე.
3. ყურადღება გადაიტანეთ ფურცელზე დაწერილ ციფრებზე. რამდენად მკაფიოდ ჩანს ერთდროულად ფურცელზე დაწერილი ციფრები და დაფაზე დაწერილი სიტყვა.

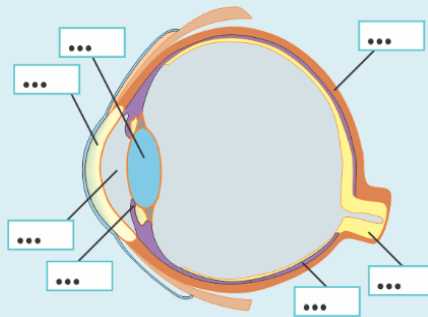
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ხვრელიდან დაფაზე ყურების დროს რა უფრო მკაფიოდ ჩანს: ციფრები თუ სიტყვა?
- რომელი ნაწერი უფრო მკაფიოდ ჩანს, როდესაც მზერა დაფიდან ფურცელზე გადაგვაქვს?
- როგორ იცვლის ბროლი ფორმას შორს და ახლოს ყურების დროს?

რა შაიტყვით?



• სამუშაო რვეულში გადაიხატეთ თვალის აგებულების გამოსახულება და წერტილების ნაცვლად ჩანერეთ შესაბამისი სიტყვა, მოცემული საკვანძო სიტყვებიდან.



საკვანძო სიტყვები: • სკლერა • ბადურა • გუგა • რქოვანა გარსი • ბროლი • მხედველობის ნერვის დაბოლოებები • ფერადი გარსი • მინისებრი სხეული •

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. რატომ უნდა ფოკუსირდებოდეს თვალზე დაცემული სინათლის სხივები თვალის ბადურაზე?
2. სხეულის როგორი გამოსახულება მიიღება ბადურაზე: წარმოსახვითი თუ ნამდვილი?
3. რა „მოვალეობა“ აქვს გუგას?
4. რომელი ელემენტებისაგან შედგება თვალის ოპტიკური სისტემა?
5. არსებობს ასეთი გამოთქმა: „ადამიანი თვალით არ ხედავს, თვალი დანახვის ინსტრუმენტია“. მართებულია თუ არა ეს აზრი?

3.16

მხედველობის დეფექტები. სათვალე

ალბათ, დაკვირვებისათვის, ზოგიერთ ადამიანს კითხვის დროს ტექსტი თვალეებიდან შორს უჭირავს.



- მხედველობის რომელი დეფექტი აქვთ ამ ადამიანებს?

ზოგიერთ ადამიანს, პირიქით, კითხვის დროს ტექსტი თვალეებთან ახლოს მიაქვს.

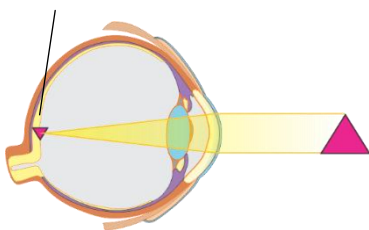


- მხედველობის რომელი ნაკლოვანება აქვთ ამ ადამიანებს?

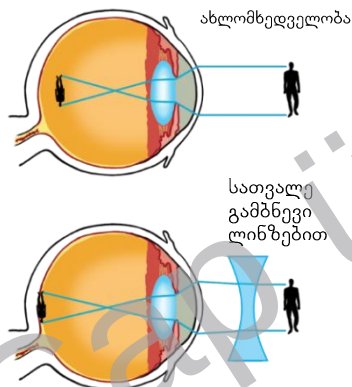


თუ თვალს რამე დეფექტი არ აქვს, მისი ოპტიკური სისტემის ფოკუსი ყოველთვის თვალის ბადურის ზედაპირზეა (ა). ასეთი თვალი მკაფიოდ და დაძაბვის გარეშე ხედავს. ის არ იღლებს შორს განლაგებულ საგნებზე დაკვირვების დროს. მაგრამ ბევრ ადამიანს მხედველობის დეფექტი აქვს. მათ შორის ყველაზე გავრცელებულია ორი ნაკლი. ეს არის ახლომხედველობა და შორსმხედველობა.

- (ა) ფოკუსი ბადურის ზედაპირზე მდებარეობს

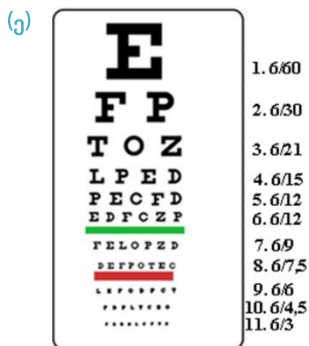
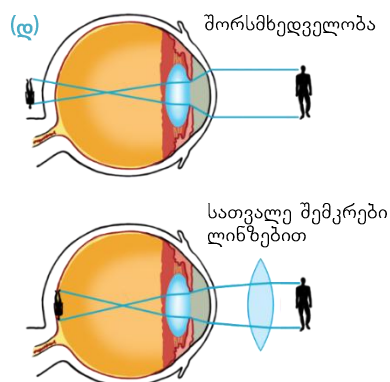


(ბ)



ახლომხედველობა. ახლომხედველი თვალის ოპტიკური სისტემის ფოკუსი განლაგებულია არა ბადურაზე, არამედ მის წინ. ამიტომ ადამიანებს, რომლებსაც ახლომხედველობის დეფექტი აქვთ, არ შეუძლიათ მკაფიოდ დაინახონ შორს განლაგებული საგნები. საგნის ცალკეული დეტალების დასანახად ისინი იძულებული არიან, საგანი თვალეებთან ახლოს მიიტანონ. ჩატარებული გამოკვლევებიდან გაირკვა, რომ ახლომხედველი თვალის ოპტიკური ძალა მეტია ნორმალური თვალის ოპტიკურ ძალაზე. ამ ნაკლოვანების აღმოსაფხვრელად საჭიროა თვალის ოპტიკური ძალის შემცირება. ახლომხედველობის პრობლემის მოგვარება შეიძლება სათვალეთ, რომელსაც გამზნევი ლინზები აქვს. უარყოფითი „-“ ოპტიკური ძალის ლინზებიანი სათვალე (მაგალითად, -2 დპტრ, -2,5 დპტრ და ა. შ) ამცირებს თვალის ოპტიკურ ძალას და თვალის ბადურაზე საგნის ისეთივე გამოსახულება მიიღება, როგორიც ნორმალურ თვალში (ბ).

ყურადღება! ნორმალური თვლისთვის ყველაზე კომფორტულია 25 სმ-ით დაშორებულ საგნებზე დაკვირვება. ამ მანძილს ხედვის საუკეთესო მანძილი ეწოდება. თუ ნორმალური თვალი ხანგრძლივად აკვირდება ახლოს განლაგებულ საგნებს, ის შეიძლება ახლომხედველი გახდეს. კითხვა, წერა, ხატვა და ხაზვა, ტელევიზორისა და კომპიუტერის მონიტორის ყურება ახლო მანძილიდან, ცუდი განათების პირობებში, ძალიან საზიანოა, განსაკუთრებით სასკოლო ასაკში. ამ დროს ხდება თვალისა და მისი ოპტიკური სისტემის დეფორმირება, თვალი ადვილად ხდება ახლომხედველი – ამ ასაკში თვალის სკლერას საკმარისი სიმყარე არ აქვს შეძენილი.



ჩინეთის სკოლებში მერხებზე ამაგრებენ მეტალის შემზღუდველებს, რომელიც ბავშვებს არ აძლევს საშუალებას, ძალიან დაბლა დახარონ თავი, უყალიბებენ ხედვის ოპტიმალური მანძილიდან წერისა და კითხვის ჩვევას (ა).

შორსმხედველობა. შორსმხედველი თვალის ოპტიკური სისტემის ფოკუსი განლაგებულია არა ბადურაზე, არამედ მის უკან. ამიტომ შორსმხედველ თვალს დაძაბვის გარეშე (ბროლის ამოწევილობის შეცვლის გარეშე) არ შეუძლია ახლოს მდებარე საგნების დანახვა. ასეთი თვალის ოპტიკური ძალა ნორმალური თვალის ოპტიკურ ძალაზე ნაკლებია. ამ ნაკლოვანების გამოსწორებისათვის საჭიროა თვალის ოპტიკური ძალის გაზრდა. შემკრები ლინზებიანი სათვალის დახმარებით შესაძლებელია შორსმხედველობის კორექტირება. სათვალის ლინზებს, რომელთა ოპტიკური ძალა დადებითია „+“ (მაგალითად, +2 დპტრ, +2,5 დპტრ და ა. შ.), შეუძლია თვალის ოპტიკური ძალის გაზრდა და საგნის გამოსახულება თვალის ბადურაზე მიიღება (დ). შორსმხედველობის ერთ-ერთი მიზეზი თვალის ბროლის ელასტიკურობის შემცირებაა. ამ დროს, თვალის კუნთების დაძაბვის მიუხედავად, ბროლის სისქე (ამოზრცულობა) არ იცვლება.

სამედიცინო დაწესებულებებში თვალის მხედველობის უნარს ამოწმებენ სნელენის ცხრილის მეშვეობით. ცხრილი შედგება 11-12 სტრიქონისაგან, რომლებზეც ნების-

მიერი ასოებია დაწერილი. პირველ სტრიქონში ყველაზე დიდი ზომის ასოებია, შემდეგ, სტრიქონიდან სტრიქონში გადასვლასთან ერთად ასოების ზომა თანდათან მცირდება (ე). ნორმალური თვალი პირველი სტრიქონის ასოებს დაუძაბავად ხედავს 60 მ მანძილიდან, მე-9 სტრიქონის ასოებს – 6 მ მანძილიდან. არსებობს ცხრილები, რომლებშიც ასოები სხვანაირადაა განლაგებული.

რის მაჩვენებელია სნელენის ცხრილის მარჯვენა მხარეს მოყვანილი ციფრები? პირველ სვეტში ჩამონერილი ციფრები სტრიქონის რიგითი ნომერია.

მეორე სვეტში ჩამონერილი ციფრები აღნიშნავს გამოსაკვლევ თვალსა და ცხრილს შორის მანძილს (6 მ), ხოლო დახრილი ხაზის შემდეგ, მესამე სვეტის ციფრები, აღნიშნავს მანძილს, საიდანაც ნორმალურ თვალს ამ სტრიქონის ასოების დანახვა შეუძლია.

შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

ონლაინ შეამონმეთ თქვენი მხედველობა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: კომპიუტერი, ინტერნეტგვერდი EyeExamOnline.com (ან http://www.eyexamonline.com/ru/exam-right-eye_what-letters-are-clear.html).

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მოძებნეთ სნელენის ცხრილი და მონიტორის წინ 1 მ მანძილზე დაჯექით.
2. ჯერ შეამონმეთ მარჯვენა თვალი. ამისთვის დახუჭეთ მარცხენა თვალი და იმ სტრიქონზე დაანაკაუნეთ, რომელსაც დაძაბვის გარეშე ხედავთ. ეს სტრიქონი ცხრილის ქვემოთ აისახება (ვ).
3. ახლა მარცხენა თვალი შეამონმეთ. ამისათვის მარჯვენა თვალი დახუჭეთ და ცდა გაიმეორეთ.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი თვალით ხედავთ უკეთესად?
- ცხრილის რომელ სტრიქონებს დაინახავთ უფრო მკაფიოდ, თუ თვალი ახლომხედველია?
- ცხრილის რომელ სტრიქონებს დაინახავთ უფრო მკაფიოდ, თუ თვალი შორსმხედველია?

(f)



რა შეიტყვით?

- სამუშაო რვეულში ჩანერთ საკვანძო სიტყვების მოკლე განმარტებები.

საკვანძო სიტყვები: • ნორმალური თვალი • ხედვის საუკეთესო მანძილი • შორსმხედველობა • ახლომხედველობა • სნელენის ცხრილი •

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა არის ახლომხედველობის არსი?
2. თვალის რომელ ნაწილში მიიღება შორს და ახლოს განლაგებული საგნის გამოსახულება შორსმხედველობის დროს?
3. ექიმის რეცეპტში წერია: „სათვალე: მარცხენა თვალი +2 დპტრ, მარჯვენა თვალი -1,5 დპტრ“. ეს რას ნიშნავს, რა დეფექტი აქვს თვალებს? რა ფოკუსური მანძილები აქვს ამ სათვალის ლინზებს?

3.17 ფოტოაპარატი

ყველას გვიყვარს დასვენების ადგილებში პეიზაჟებისა თუ სხვა საინტერესო მოვლენების ფოტოგრაფირება. ზოგი ამას ფოტოაპარატით აკეთებს, ზოგი – მობილური ტელეფონის ფოტოკამერით.



- რა აქვს მსგავსი ამ აპარატების ოპტიკურ სისტემებს?
- რას გახსენებთ ფოტოაპარატის მუშაობის პრინციპი?

კვლევითი სამუშაო

1

ავაწყოთ „ფოტოაპარატი“.

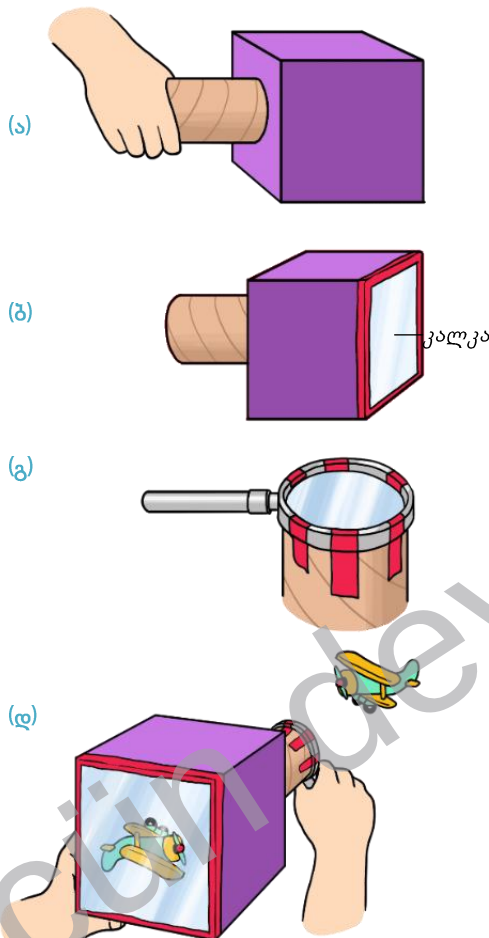
სამუშაოსთვის საჭიროა: კვადრატული ფორმის მუქი ფერის მუყაოს ყუთი ერთი ლია გვერდით (შეგიძლიათ გამოიყენოთ წვეთის ყუთი), მუყაოს მილი, ლუბა, მაკრატელი, ნებო, კალკა, ნებოვანი ლენტა.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ყუთის ძირზე მაკრატლით გააკეთეთ ნახვრეტი. ნახვრეტი ისეთი ზომის იყოს, რომ მასში მუყაოს მილს შეეძლოს ბრუნვა (ა).
2. დაფარეთ ყუთის ლია გვერდი – დაანებეთ კალკა (ბ).
3. დაამზადეთ ობიექტივი: მილის ლია ბოლოზე ნებოვანი ლენტით დაამაგრეთ ლუბა (გ).
4. მიმართეთ აპარატის ობიექტივი კარგად განათებული საგნისკენ და დააკვირდით კალკის ეკრანს (დ).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

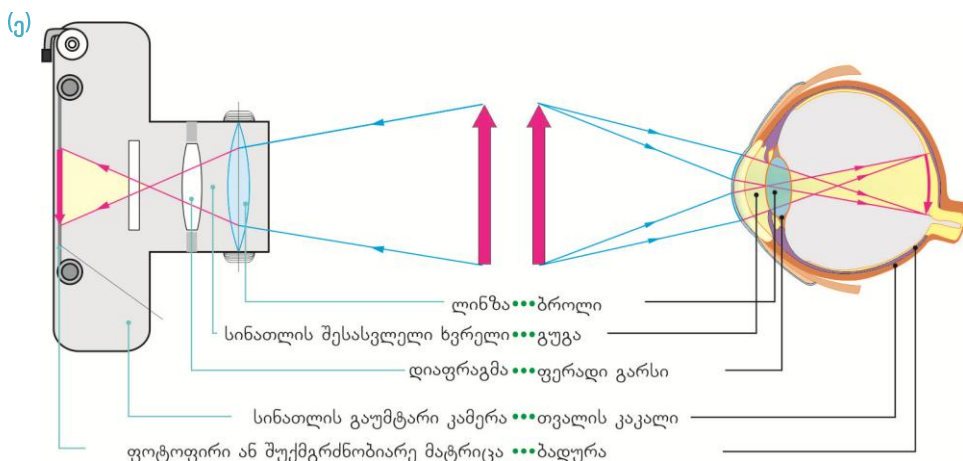
- რატომ მიიღეთ აპარატში საგნის შებრუნებული გამოსახულება?
- სამუშაო რეგულში დახატეთ საგნის გამოსახულების მიღების სქემა.



თვალის ყოველმხრივი შესწავლის შემდეგ, მისი აგებულებისა და მუშაობის პრინციპის საფუძველზე, ადამიანებმა დაამზადეს ხელსაწყო, რომელიც იძლევა და ინახავს საგნის გამოსახულებას – ფოტოაპარატი.

ფოტოაპარატი არის ოპტიკური მოწყობილობა, რომელიც აფიქსირებს (იმახსოვრებს) საგნის წამდვილ გამოსახულებას.

ქვემოთ მოცემულია თვალისა და ფოტოაპარატის აგებულებისა და მუშაობის პრინციპის გამარტივებული შედარებითი სქემა (ე).



ფოტოაპარატები ორ ძირითად ჯგუფად იყოფა: ჩვეულებრივი ფოტოფირიანი და ციფრული ფოტოაპარატები. შეიძლება ითქვას, რომ ისინი ერთნაირადაა მოწყობილი: შუქგაუმტარი კამერა, ობიექტივი, დიაფრაგმა, შუქმგრძნობიარე ელემენტი. ჩვეულებრივი და ციფრული აპარატები განსხვავდება ფოტომგრძნობიარე ელემენტით: ჩვეულებრივ ფოტოაპარატში ეს ფოტოფირია, ციფრულში – შუქმგრძნობიარე მატრიცა. მატრიცა მილიონობით შუქმგრძნობიარე უჯრედისაგან შედგება. ამ უჯრედებში მოთავსებულია ფოტოელემენტები, რომლებსაც პიქსელები ეწოდება.

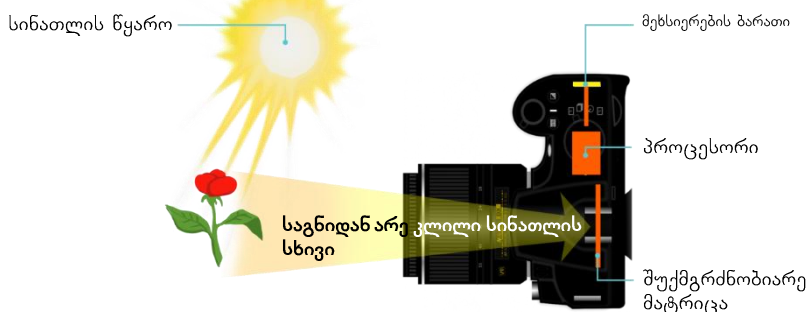
ფოტოაპარატის შუქგაუმტარი კამერა იცავს ფოტოფირს (ან შუქმგრძნობიარე მატრიცას) სინათლის სხივებისაგან, როდესაც არ ხდება გადაღება. კამერის წინა კედელზე განლაგებულია ობიექტივი. ობიექტივი იძლევა გადასაღები ობიექტის ნამდვილ გამოსახულებას ფოტოფირზე ან შუქმგრძნობიარე მატრიცაზე. რადგან, როგორც წესი, საგანი ობიექტივის ორმაგი ფოკუსის გარეთაა ($d > 2F$), მიიღება მისი ნამდვილი შემცირებული გამოსახულება ფოკუსსა და ორმაგ ფოკუსს შორის ($F < f < 2F$), კამერის უკანა კედელზე. ამიტომ ფოტოფირი ან შუქმგრძნობიარე მატრიცა კედელზე თავსდება, ანუ იქ, სადაც გამოსახულება მიიღება (იხ. ე). გადაღების დაწყების წინ არეგულირებენ ფოტოაპარატის მკაფიოობას, ანუ ობიექტივს გადაადგილებენ წინ ან უკან ფირზე (ან მატრიცაზე) მკაფიო გამოსახულების მიღებამდე, რაც თვალის აკომოდაციას შეესაბამება.

ჩვეულებრივ ფოტოაპარატში, საგნიდან წამოსული სხივების მოქმედებით, ფოტოფირის ქიმიურ შემადგენლობაში ხდება თვალისთვის უხილავი ცვლილებები. სპეციალური ქიმიური ხსნარებით („გასამჟღავნებელითა“ და „ფიქსაჟით“) ფოტოფირის დამუშავების შემდეგ მასზე ჩნდება საგნის გამოსახულება. შემდეგ ეს გამოსახულება გადააქვთ ფოტოქალაქზე და ბეჭდავენ რეალურ ფოტოს.

ციფრულ ფოტოაპარატში ხდება სინათლის გარდაქმნა ელექტრულ სიგნალად. შუქმგრძნობიარე მატრიცაზე სინათლის მოქმედება მის ყოველ უჯრედში აღძრავს ელექტრულ სიგნალს. სიგნალის სიდიდე დამოკიდებულია დაცემული სინათლის ინტენსივობაზე. ელექტრული სიგნალები გადაეცემა

პროცესორს, გარკვეული დამუშავების შემდეგ ისევ გამოსახულებად გარდაიქმნება და ინახება მეხსიერების ბარათზე (3).

(3)



შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. ფოტოაპარატის ობიექტივიდან გადასაღებ საგნამდე მანძილი 6 მ-ია, ხოლო ობიექტივიდან გამოსახულებამდე მანძილი – 6 სმ. განსაზღვრეთ ობიექტივის ოპტიკური ძალა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ფორმულით გამოითვლება შემკრები ლინზის ფოკუსური მანძილი?
- რა ერთეულებში იზომება ლინზის ოპტიკური ძალა?
- რის ტოლია ობიექტივის ფოკუსური მანძილი და ოპტიკური ძალა?

რა პიიტყვით?



- სამუშაო რვეულში გადაიხაზეთ ცხრილი. შეადარეთ ფოტოაპარატი თვალს, გამოიყენეთ მოცემული საკვანძო სიტყვები და ცარიელ უჯრებში ჩაწერეთ თვალის ელემენტების შესაბამისი ფოტოაპარატის ელემენტების დასახელებები.

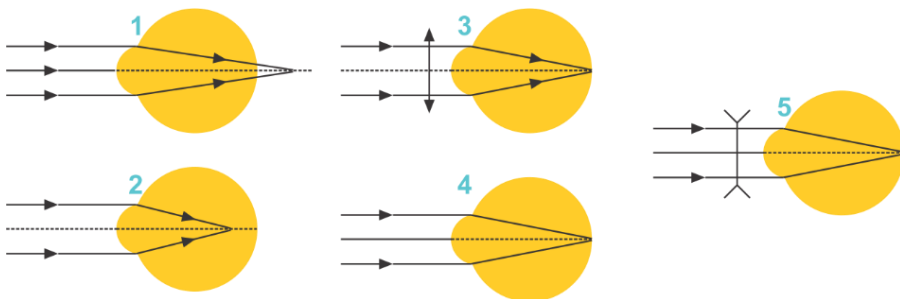
საკვანძო სიტყვები: • ობიექტივი • ფოტოფირი ან შუქმგრძნობიარე მატრიცა • სინათლის შესასვლელი ხვრელი • დიაფრაგმა •

თვალი	ფოტოაპარატი
რქოვანა გარსი, წინა კამერა, ბროლი და მინისებრი სხეული	
გუგა	
ფერადი გარსი	
ბადურა	

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. სად და როგორ მიიღება გამოსახულება ფოტოაპარატის ობიექტივი?
2. რომელი მოქმედებით ხდება ფოტოაპარატში იგივე მოვლენა, რომელიც ხდება თვალში ბროლის აკომოდაციის გამო?
3. რომელი სახეობის ფოტოკამერაა გამოყენებული მობილურ ტელეფონებში: ჩვეულებრივი თუ ციფრული? პასუხი დაასაბუთეთ.

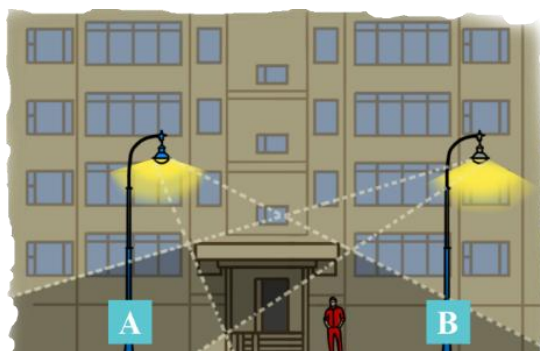
1. წარმოდგენილი ნახატებიდან რომელი შეესაბამება შორსმხედველ თვალს სათვალით და სათვალის გარეშე?



2. წარმოდგენილი ნახატებიდან რომელი შეესაბამება ახლომხედველ თვალს სათვალით და სათვალის გარეშე?
3. როდის არის თვალის ბროლის ფოკუსური მანძილი მეტი: როდესაც კითხულობთ თუ როდესაც ტელევიზორს უყურებთ? რატომ?
4. მოხუცი იყენებს სათვალეს, რომლის ლინზების ოპტიკური ძალა $+6$ დპტრ-ია. როგორია ამ ლინზების ფოკუსური მანძილი? რა სახის მხედველობის ნაკლოვანება აქვს მოხუცს?
5. ფანჯრიდან ქუჩაში ყურების დროს შეუძლებელია ერთდროულად მკაფიოდ დავინახოთ ახლოს და შორს მდებარე საგნები: როცა ახლოს მკაფიოდ ვხედავთ, შორს განლაგებული საგნები ბუნდოვანია და პირიქით. რატომ?
6. განსაზღვრეთ ფოტოაპარატის ობიექტივის გამადიდებლობა, თუ ამ ობიექტივით 2 მ სიმაღლის სხეულის გამოსახულების სიმაღლე 2 სმ-ია.
ა) 1 ბ) 0,1 გ) 0,01 დ) 10 ე) 0,001

1. სადარბაზო შესასვლელის საჩიხი ქუჩის განათების ორი ფარნით ნათდება. საჩიხის გვერდით მდგარი ბავშვი ...

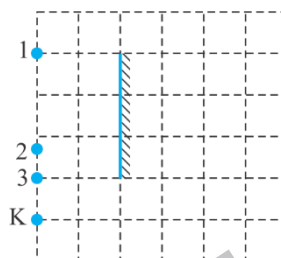
- ა) საჩიხის სრულ ჩრდილშია;
- ბ) ნახევარჩრდილშია, რადგან მხოლოდ B ნათურით ნათდება;
- გ) ნახევარჩრდილშია, რადგან მხოლოდ A ნათურით ნათდება;
- დ) ორივე ნათურით ნათდება;
- ე) ორივე ნათურის ნახევარჩრდილშია.



2. ასტრონომები შეისწავლიან ვარსკვლავიდან წამოსულ სინათლის სხივებს, რომელიც დედამიწიდან $l = 8$ პარსეკი მანძილითაა დაშორებული. გაითვალისწინეთ, რომ 1 პარსეკი $\approx 3,26$ სინათლის წელია (სინათლის წელი არის მანძილი, რომელსაც სინათლე ერთი წლის განმავლობაში გადის ვაკუუმში). განსაზღვრეთ მანძილი დედამიწიდან ვარსკვლავამდე ($c = 3 \cdot 10^8$ კმ/წმ).

- ა) $\approx 8 \cdot 10^8$ კმ;
- ბ) $\approx 16 \cdot 10^8$ კმ;
- გ) $\approx 7,5 \cdot 10^{13}$ კმ;
- დ) $\approx 15 \cdot 10^{13}$ კმ;
- ე) $\approx 25 \cdot 10^{13}$ კმ.

3. რომელი არ გამოჩნდება 1-ლი, მე-2 და მე-3 წერტილებიდან, თუ ბრტყელ სარკეს K წერტილიდან შევხედავთ?



4. განსაზღვრეთ მოცემული გარემოს გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი, თუ ცნობილია, რომ მასში სინათლის გავრცელების სიჩქარე $1,5 \cdot 10^8 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ -ის ტოლია.

(სინათლის გავრცელების სიჩქარე ვაკუუმში $c = 3 \cdot 10^8$ მ/წმ).

- ა) 2 ბ) 1,5 გ) 4,5 დ) 0,5 ე) 3

5. რამდენჯერ გარდატეხდება სინათლის სხივი, რომელიც ჰაერიდან გარკვეული კუთხით ეცემა წყლის ზედაპირს მინის ჭიქაში ($\alpha \neq 90^\circ$)?

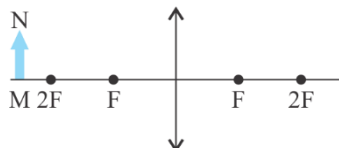
- ა) 2 ბ) 1 გ) 5 დ) 3 ე) 4

6. შემკრები ლინზის ფოკუსური მანძილი F, საგნიდან ლინზამდე მანძილი - d. საგნის როგორი გამოსახულება მიიღება, თუ სრულდება პირობა $F < d < 2F$?

- ა) ნამდვილი, საგნის ზომის;
- ბ) წარმოსახვითი, შემცირებული;
- გ) ნამდვილი, შემცირებული;
- დ) ნამდვილი, გადიდებული;
- ე) წარმოსახვითი, გადიდებული.

7. ნახაზის მიხედვით განსაზღვრეთ მანძილი MN საგნის გამოსახულებიდან ლინზამდე.

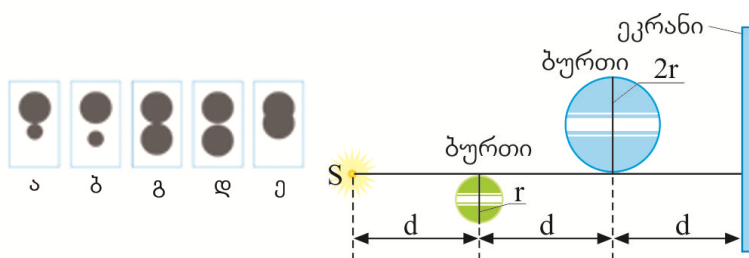
- ა) $F < f < 2F$, ნამდვილი, ამობრუნებული და შემცირებული;
 ბ) $f < F$, ნამდვილი, ამობრუნებული და გადიდებული;
 გ) $f = F$, წარმოსახვითი, პირდაპირი და შემცირებული;
 დ) $f = 2F$, ნამდვილი, ამობრუნებული და საგნის ზომის;
 ე) $f > 2F$, ნამდვილი, ამობრუნებული და გადიდებული.



8. მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები ლინზაში გარდატეხის შემდეგ ლინზიდან 40 სმ-ით დაშორებულ წერტილში იკვეთება. განსაზღვრეთ ლინზის ოპტიკური ძალა.

- ა) 4 დპტრ. ბ) 0,4 დპტრ. გ) 0,5 დპტრ. დ) 0,25 დპტრ. ე) 2,5 დპტრ.

9. სინათლის წერტილოვანი წყარო S და ორი ბურთი, რადიუსებით r და $2r$, მოთავსებულია ეკრანის წინ, როგორც ეს ნახატზეა ნაჩვენები. როგორ ჩრდილებს წარმოქმნის ბურთები ეკრანზე? (პასუხი დაასაბუთეთ).



10. მონახეთ შესაბამისობები:

- I – მანძილი შემკრები ლინზიდან ნამდვილ გამოსახულებამდე;
 II – შემკრები ლინზის გადიდება;
 III – შემკრები ლინზის ფოკუსური მანძილი;
 IV – მანძილი შემკრები ლინზიდან სხეულამდე.

$$1 - \frac{F}{d-F}; \quad 2 - \frac{dF}{d-F}; \quad 3 - \frac{Ff}{f-F}; \quad 4 - \frac{fd}{f+d}.$$

- ა) I – 2, II – 1, III – 4, IV – 3
 ბ) I – 1, II – 3, III – 2, IV – 4
 გ) I – 3, II – 2, III – 4, IV – 1
 დ) I – 1, II – 2, III – 4, IV – 3
 ე) I – 3, II – 1, III – 2, IV – 4

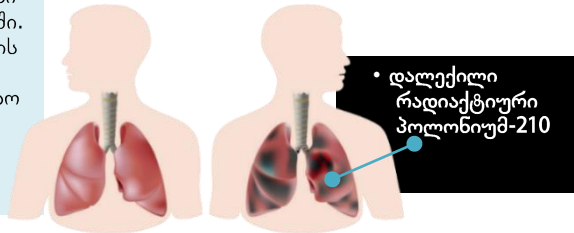
ატომი და ატომის ბირთვი

4

4.1 რადიაქტივობა

ალბათ, გაგიგიათ ასეთი გამოთქმა: „მონევა ნელი სიკვდილია“. მაგრამ, ალბათ, არ გაქვთ გაგონილი, რომ თამბაქოს შემადგენლობაში ადამიანის ორგანიზმისთვის სასიკვდილოდ საშიში ქიმიური ელემენტი პოლონიუმ-210-ია. მონევის დროს ამ ელემენტის ნაწილაკები ორგანიზმში იღექება: ყელში, ფილტვებში. დაგროვილი ნაწილაკების რადიაქტიური გამო ადამიანს მომაკვდინებელი დაავადება – ფილტვებისა და ყელის კიბო ემართება.

- რით განსხვავდება რადიაქტიური ქიმიური ელემენტი სხვა ქიმიური ელემენტებისაგან?
- რატომ არის რადიაქტიური ქიმიური ელემენტი ადამიანისთვის საშიფათო?
- რას ნიშნავს რადიაცია?



კვლევითი სამუშაო

1

რეზერფორდის ექსპერიმენტის შედეგი

სამუშაოს მსვლელობა:

ქვემოთ მოყვანილია ინგლისელი ფიზიკოსის რეზერფორდის ექსპერიმენტის მოკლე აღწერა. ყურადღებით წაიკითხეთ და ექსპერიმენტის შედეგის მიხედვით ჩამოაყალიბეთ თქვენი მოსაზრებები.

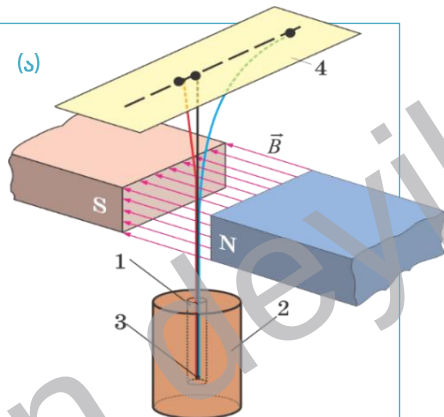
ტყვიის კონტეინერში (2), რომელსაც ვინჩო გამოსასვლელი არხი (1) აქვს, ათავსებენ რადიაქტიურ ნივთიერება რადიუმს (3). არხის გამოსასვლელთან მძლავრ მაგნიტურ ველს ქმნიან, რომლის მაგნიტური ინდუქციის ნიშნები არხის პერპენდიკულარულია.

ფოტოფირფიტის (4) ზედაპირზე, რომელიც გამოსასვლელი არხის წინაა მოთავსებული, სამი მუქი ლაქა გაჩნდა (ა). ერთი ლაქა ზუსტად არხის წინ გაჩნდა, დანარჩენი ორი – ამ ლაქის აქეთ-იქით.

ეს ნიშნავს, რომ რადიაქტიური ნივთიერება ბუნებრივად ასხივებს და ამ გამოსხივებას რთული სტრუქტურა აქვს.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- კიდევ რა შედეგები გამოიმდინარეობს ამ ექსპერიმენტიდან:
- ა) რატომ გაიყო არხიდან გამომავალი რადიაქტიური გამოსხივება მაგნიტური ველის მოქმედებით სამ მდგენელად?
- ბ) რა შეიძლება ითქვას გამოსხივებული ნაწილაკების ელექტრულ მუხტზე, მარცხენა ხელის ნების გათვალისწინებით?



ფრანგმა ფიზიკოსმა ანრი ბეკერელმა რადიაქტივობის მოვლენა 1886 წელს აღმოაჩინა. იგი კვლევებს ატარებდა ურანის მარილების გამოყენებით და აღმოაჩინა, რომ ურანის მარილები უხილავ სხივებს ასხივებენ, რომლებიც ფოტოფორფიტის გაშავებასა და ჰაერის იონიზაციას იწვევენ.

1898 წელს ცოლ-ქმარმა პიერ და მარია კიურიმ აღმოაჩინა, რომ ურანის გარდა ძლიერი გამოსხივების უნარი ბევრ სხვა ელემენტსაც აქვს (მაგალითად, პოლონიუმს, რადიუმს, თორიუმს). ამ გამოსხივებას მათ რადიაქტივობა უწოდეს.

• **ბუნებრივი რადიაქტივობა** არის მოვლენა, როდესაც ხდება ატომების ბირთვების თავისთავადი დაშლა. ამ დროს წარმოიქმნება გამოსხივება, რომელსაც **რადიაქტიური გამოსხივება** ეწოდება.

მრავალრიცხოვანი ცდით გაირკვა, რომ რადიაქტივობის თვისება მხოლოდ ნივთიერების ატომის ბირთვის შემადგენლობასთანაა დაკავშირებული. ნივთიერებაზე მოქმედი გარე ფაქტორები, როგორებიცაა მექანიკური წნევა, ტემპერატურა, ელექტრული და მაგნიტური ველები და სხვ., ამ თვისებაზე გავლენას არ ახდენს.



ანრი ანტუან ბეკერელი
(1852–1908)
ფრანგი ფიზიკოსი

- აღმოაჩინა რადიაქტივობა. ამ სფეროში მიღწევებისათვის 1903 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია.



პიერ კიური
(1859–1906)
ფრანგი ფიზიკოსი

- რადიაქტივობის თეორიის ერთ-ერთი ფუძემდებელი. ამ სფეროში მიღწევებისათვის 1903 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია.



მარია სკლადოვსკაია-კიური
(1867–1934)
პოლონური წარმოშობის
ფრანგი ფიზიკოსი

1911 წელს ქიმიკში, ქიმიური ელემენტების პოლონიუმისა და რადიუმის აღმოჩენისათვის.

- რადიაქტივობის თეორიის ერთ-ერთი ფუძემდებელი. ნობელის პრემიები მიენიჭა: 1903 წელს ფიზიკის დარგში, რადიაქტივობის მოვლენის აღმოჩენისათვის;

1899 წელს ინგლისელი მეცნიერის ერნესტ რეზერფორდის ხელმძღვანელობით შეისწავლეს რადიაქტიური გამოსხივების ფიზიკური ბუნება (ამ ცდის სქემასა და მსვლელობას თქვენ კვლევითი სამუშაოს დროს გაეცანით; იხ. კვლევითი სამუშაო-1). გაირკვა, რომ რადიუმის რადიაქტიურ გამოსხივებას (რადიაქტიურ დაშლას) რთული სტრუქტურა აქვს: გამოსხივება სხვადასხვა ნაწილაკების ნაკადია. ამ ნაკადის მაგნიტურ ველში გავლის დროს ნაწილაკები ლორწვის ძალის მოქმედებით სხვადასხვა მიმართულებით იხრებიან. გამოსხივების ნაწილი, რომელიც ნეიტრალური ნაწილაკებისაგან შედგება, არ იცვლის მოძრაობის მიმართულებას. მას **γ-გამოსხივება** ეწოდება.

გამოსხივების ნაწილი, რომელიც დადებითი მუხტის მქონე ნაწილაკებისაგან შედგება, გავრცელების მიმართულებიდან იხრება, მარცხენა ხელის წესის შესაბამისად, ცერა თითის მიმართულებით. ამ გამოსხივებას ***α-გამოსხივება*** ეწოდება. უარყოფითი ნაწილაკებისაგან შედგენილი მესამე ნაწილი, ***β-გამოსხივება***, *α-გამოსხივების* საპირისპირო მიმართულებით იხრება (იხ. ა).

დადგინდა, რომ ***α-გამოსხივება*** ჰელიუმის ატომის ბირთვების ნაკადია. მისი შეღწევის უნარი ძალიან მცირეა და 0,1 მმ სისქის ქაღალდიც კი მისთვის გადაულახავი დაბრკოლებაა. ***β-გამოსხივება*** ძალიან დიდი სიჩქარის მქონე ელექტრონების ნაკადია. მას უფრო დიდი შეღწევის უნარი აქვს – მის შესაკავებლად რამდენიმე მილიმეტრი სისქის თუთიის ფირფიტაა საჭირო.

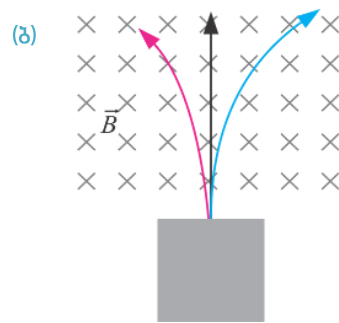
γ-გამოსხივება ელექტრომაგნიტური გამოსხივებაა. მაგნიტური ველი მასზე არ მოქმედებს, რადგან ის ელექტრულად ნეიტრალურია. მისი შეღწევის უნარი ძალიან დიდია: 1 სმ სისქის ტყვიის ფენას მხოლოდ მისი შესუსტება შეუძლია.

შეპენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. ნახატზე წარმოდგენილია ქიმიური ელემენტის – რადიუმის დაშლის პროცესი (ბ). მაგნიტურ ველში გადახრის მიმართულების მიხედვით განსაზღვრეთ, რომელია *α*-, *β*- და *γ*-გამოსხივება.



რა შეიტყავით?

• სამუშაო რვეულში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ბუნებრივი რადიაქტივობა არის ...
2. რადიაქტიური გამოსხივება არის ...
3. *α*-გამოსხივება არის ...
4. *β*-გამოსხივება არის ...
5. *γ*-გამოსხივება არის ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელი მეცნიერების კვლევებმა მიგვიყვანეს რადიაქტივობის აღმოჩენამდე?
2. რით განსხვავდება რადიაქტიური ქიმიური ელემენტი ჩვეულებრივი ელემენტისაგან?
3. რომელი დამუხტული ნაწილაკების ნაკადებისაგან შედგება რადიაქტიური გამოსხივება?
4. რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან *α*-, *β*- და *γ*-გამოსხივებები?

4.2 ატომი – ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა

ატომის ბირთვისა და ატომის აგებულებას თქვენ ნაწილობრივ უკვე გაეცანით მე-6 კლასის ფიზიკისა და მე-7 კლასის ქიმიის სახელმძღვანელოებში.

- რომელი ნაწილაკებისაგან შედგება ატომი?
- რომელი ნაწილაკებისაგან შედგება ატომის ბირთვი?
- ზოგადად, რატომ არის ატომი ნეიტრალური?
- რას ნიშნავს „ატომის პლანეტური მოდელი“? როგორ მივიდნენ მეცნიერები ამ იდეამდე?

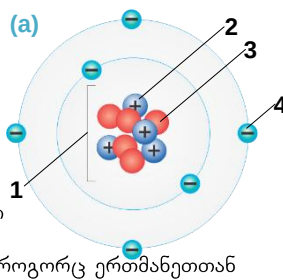
კვლევათი საშუაო 1

ატომის აგებულების რომელი მოდელია წარმოდგენილი?

ამოცანა. ნახატზე წარმოდგენილია ატომის აგებულების ერთ-ერთი მოდელის სქემა (ა). სქემა საშუაო რეგულში გადაიხაზეთ და გაარკვეით, რომელი ნაწილაკებია ციფრებით აღნიშნული.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

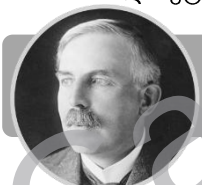
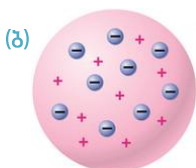
- ატომის აგებულების რომელი მოდელის სქემაა წარმოდგენილი ნახატზე?
- სქემის მიხედვით, რომელი ნაწილაკებისაგან შედგება ატომი, როგორც ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა?



ჯოზეფ ჯონ ტომსონი
(1856–1940)
ინგლისელი ფიზიკოსი

- **ძირითადი ნაშრომები:** აირების იონიზაცია რენტგენის გამოსხივების მოქმედებით, კათოდური და ანოდური გამოსხივების აღმოჩენა. 1906 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია.

ატომის აგებულების მოდელი ტომსონის მიხედვით. მე-19 საუკუნის ბოლოს მეცნიერებმა იცოდნენ, რომ ატომს ელექტრონეიტრალური სტრუქტურა აქვს – ერთნაირი რაოდენობის დადებითი და უარყოფითი ნაწილაკებისაგან შედგება. ინგლისელმა მეცნიერმა ჯოზეფ ჯონ ტომსონმა 1897 წელს აღმოაჩინა ელექტრონი და დაადგინა, რომ ელექტრონის მასა 2000-ჯერ ნაკლებია წყალბადის ატომის მასაზე. ერთი მხრივ, ამ ფაქტზე დაყრდნობით და იმის გათვალისწინებით, რომ ატომი ელექტრულად ნეიტრალურია, ტომსონმა 1903 წელს წარმოადგინა ატომის აგებულების პირველი მოდელი. ამ მოდელის მიხედვით, ატომი დაახლოებით 10^{-10} მ რადიუსის სფეროა. დადებითი მუხტი თანაბარი სიმკვრივეთაა განაწილებული ამ სფეროს მთლიან მასაში, ხოლო უარყოფითად დამუხტული ელექტრონები ისეა განაწილებული, როგორც „ქიშმიში პუდინგში“ (ბ). ატომის აგებულების ტომსონისეულმა მოდელმა ზოგიერთი მოვლენის, მაგალითად ატომის იონიზაციის, ელექტროლიზის, ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემისა და სხვ., ახსნის შესაძლებლობა გააჩინა. მაგრამ ამ მოდელით ვერ აიხსნა რადიაქტივობა, ელექტრომაგნიტური მოვლენები და სხვ.

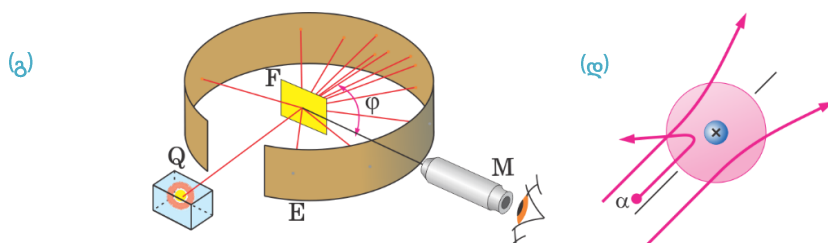


ერნესტ რეზერფორდი
(1871–1937)
ინგლისელი ფიზიკოსი

- ატომის აგებულების პლანეტური მოდელის შემქმნელი. 1908 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია.

ატომის აგებულების მოდელი რეზერფორდის მიხედვით. 1910-1911 წლებში რეზერფორდმა გააკეთა, რომ ატომს სრულიად სხვა აგებულება აქვს. მან რამდენიმე ექსპერიმენტი ჩაატარა: მძიმე ქიმიური ელემენტების ატომები α -ნაწილაკებით „დაბომბა“. ლოგიკური იყო იმის მოლოდინი, რომ α -ნაწილაკების უმრავლესობა ატომებთან შეჯახების შემდეგ გაიბნეოდა, რადგან ტომსონის მოდელის მიხედვით, დადებითი მუხტები ატომის მთელ მასაში თანაბრადაა განაწილებული.

რეზერფორდის ერთ-ერთი ცდის სქემა წარმოდგენილია (გ) ნახატზე. ტყვიის კონტეინერიდან (Q) გამოსული α -ნაწილაკების წვრილი ნაკადი ოქროს ფოლგის (F) ზედაპირისკენაა მიმართული. ფოლგაში გასული და მისგან არეკლილი α -ნაწილაკები ეკრანის (E) ზედაპირზე ხვდება, რომელიც სპეციალური ნივთიერებითაა დაფარული. ეკრანზე დაჯახების ადგილები ნათებას (სცინტილაციას) იწყებს. ამ ნათებებს ოპტიკური ხელსაწყოთი (M) აკვირდებიან (იხ. გ). ცდის დროს მოულოდნელი იყო, რომ ოქროს ფოლგაზე დაჯახებული α -ნაწილაკების ძირითადად ნაწილმა ფოლგაში მიმართულების შეუცვლელად გაიარა, ნაწილმა გარკვეული კუთხით შეიცვალა მიმართულება და მხოლოდ იშვიათ შემთხვევაში (2000-იდან ერთი) α -ნაწილაკი უკან დაბრუნდა ფოლგიდან 180° -ით არეკვლის შემდეგ (დ).



ამ ცდის შედეგების მიხედვით გაირკვა, რომ ატომის აგებულების ტომსონისეული მოდელი მართებული არ არის. რეზერფორდის მიხედვით, ატომის მასის დიდი ნაწილი და დადებითი მუხტები თანაბრად კი არ არის განაწილებული ატომის მთლიან მოცულობაში, არამედ მის ცენტრშია თავმოყრილი. ელექტრონებსა და დადებითი მუხტს შორის სიცარიელეა. ატომის მცირე ნაწილს, სადაც ატომის დადებითი მუხტებია თავმოყრილი, რეზერფორდმა ატომის ბირთვი უწოდა. ამგვარად, რეზერფორდის მოდელის მიხედვით, ატომს შემდეგი აგებულება აქვს:

- შეიძლება ითქვას, რომ ატომის თითქმის მთელი მასა მის ბირთვშია თავმოყრილი, რომლის ზომები ატომის ზომასთან შედარებით ძალიან მცირეა. შემდგომში გაირკვა, რომ ბირთვის დიამეტრი $\approx 10^{-15}$ მ-ია.

- ატომის ბირთვს დადებითი მუხტი აქვს (q_N), რომელიც e ელემენტარული მუხტისა და ელემენტების პერიოდულ სისტემაში ამ ელემენტის რიგითი ნომრის (Z) ნამრავლის ტოლია: $q_N = Ze$.

- ელექტრონები ბირთვის ირგვლივ წრიულ ორბიტებზე მოძრაობენ. ელექტრონების რაოდენობა ნეიტრალურ ატომში Z -ის ტოლია. ეს მოდელი ძალიან ჰგავს მზის სისტემის მოდელს. ამიტომ ხშირად მას ატომის პლანეტურ მოდელს უწოდებენ.

მაგრამ ატომის ამ მოდელის მიხედვით ძნელია ატომის არსებობის ხანგრძლივობის ახსნა. კლასიკური ფიზიკის კანონების მიხედვით, ელექტრონი, რომელიც წრიულ ორბიტაზე მოძრაობს, ენერგიას უნდა ასხივებდეს.

ამ შემთხვევაში ელექტრონი თანდათან უნდა მიუახლოვდეს ბირთვს და ბოლოს მის ზედაპირზე აღმოჩნდეს. ამით ატომმა, წესით, არსებობა უნდა შეწყვიტოს. სინამდვილეში კი ატომი, როგორც სისტემა, ხანგრძლივად არსებობს.

ატომის აგებულების მოდელი ბორის მიხედვით. გამოსავალი ამ რთული მდგომარეობიდან, რომლის ახსნა რეზერფორდმა ვერ შეძლო, მონახა დანიელმა ფიზიკოსმა ნილს ბორმა. მან პოსტულატების (დებულებებისა და აქსიომების, რომლებსაც დამტკიცება არ სჭირდება) სახით ჩამოაყალიბა ძირითადი კანონები, რომლებიც სრულყოფდა ატომის აგებულების თეორიას.

პირველი პოსტულატი: ატომს, როგორც ნაწილაკების სისტემას, ხანგრძლივად არსებობა მხოლოდ განსაკუთრებულ სტაციონარულ (კვანტურ) მდგომარეობებში შეუძლია. ყოველ ამ მდგომარეობას გარკვეული ენერგია შეესაბამება. სტაციონარულ მდგომარეობაში ატომი არ ასხივებს და არ შთანთქავს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს.

მეორე პოსტულატი: ატომი ასხივებს, როდესაც მეტი ენერგიის სტაციონარული მდგომარეობიდან ნაკლები ენერგიის სტაციონარულ მდგომარეობაში გადადის. და პირიქით, როდესაც ატომი შთანთქავს ენერგიას, ის ნაკლები ენერგიის სტაციონარული მდგომარეობიდან მეტი ენერგიის სტაციონარულ მდგომარეობაში გადადის. ამ დროს მისი ელექტრონი რომელიმე დაბალი ორბიტიდან უფრო მაღალ ორბიტაზე გადადის.



ნილს ჰენრიკ დავიდ ბორი
(1885–1962)
დანიელი ფიზიკოსი

- დიდი დამსახურება აქვს ატომის ბირთვისა და ბირთვული რეაქციების თეორიის განვითარებაში. 1922 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია.

შპაქნილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. სამუშაო რვეულში დახატეთ ჟანგბადისა (მე-8 ელემენტი) და ქლორის (მე-17 ელემენტი) ატომების პლანეტური მოდელების სქემატური გამოსახულებები. განსაზღვრეთ თითოეული ელემენტის ბირთვისა და ელექტრონების საერთო მუხტი.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რამდენი ელექტრონული ორბიტა აქვს შესაბამისად ჟანგბადისა და ქლორის ატომებს?
- რამდენი კულონია თითოეული ამ ელემენტის ბირთვის ელექტრული მუხტი?

რა შეიტყვეთ



- სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები: 1. ტომსონის მოდელის მიხედვით, ატომი ...; 2. რეზერფორდის მოდელის მიხედვით, ატომი ...; 3. ბორის პირველი პოსტულატი - ...; 4. ბორის მეორე პოსტულატი - ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა იყო ატომის ტომსონისეული მოდელის მთავარი ნაკლი?
2. რა არის ატომის რეზერფორდისეული მოდელის ძირითადი დებულებები?
3. რა სირთულე შეხვდა ატომის რეზერფორდისეულ მოდელს?
4. ჩამოაყალიბეთ ბორის ატომური მოდელის პოსტულატები.

4.3 ლაზერი

ცნობილია, რომ გავარვარებული სხეულები სინათლის ასხივებენ.

- შეგიძლიათ ასეთი გამოსხივების მაგალითების დასახელება?
- რატომ ასხივებენ სინათლეს გავარვარებული სხეულები?

კვლევითი სამუშაო

1

გამოსხივება თავისთავადია თუ იძულებითი?

რესურსი: სინათლის სხვადასხვა წყაროს ფოტოები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. შეისწავლეთ მოცემული გამოსახულებები და განსაზღვრეთ, რომელ მათგანზეა სინათლის გამოსხივება თავისთავადი და რომელზე – იძულებითი.
2. ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი გადაიხაზეთ სამუშაო რეულში და შეავსეთ თქვენი დაკვირვების შესაბამისად.



ცისარტყელა



ელექტრონათურის სინათლე



სანთლის სინათლე



კოცონის სინათლე



მზის გამოსხივება



გაზის ნათება



ლაზერის გამოსხივება



პოლარული ნათება



ტელევიზორის ეკრანის ნათება

სინათლის თავისთავადი გამოსხივება

სინათლის იძულებითი გამოსხივება

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ნიშნით მიხედვით განასხვავებენ სინათლის თავისთავად და იძულებით გამოსხივებას? რატომ?

სპონტანური გამოსხივება. ძალიან გაცხელებული (გავარვარებული) სხეულის მიერ სინათლის გამოსხივება ბორის თეორიის მიხედვით შემდგენილია აიხსნება: სხეულის გაცხელების დროს მისი შემადგენელი ატომების ელექტრონები დამატებით ენერგიას იძენენ და უფრო მაღალი ენერგიის ორბიტაზე გადადიან. ატომის ასეთ მდგომარეობას „აღგზნებული“ ეწოდება. მაგრამ ატომს არ შეუძლია ხანგრძლივად აღგზნებულ მდგომარეობაში იყოს, ის მდგრად მდგომარეობაში ბრუნდება და შეძენილ დამატებით ენერგიას ასხივებს. ამ თავისთავად გამოსხივებას სპონტანური გამოსხივება ეწოდება. სპონტანური გამოსხივება მოუწესრიგებელია: ხდება სხვადასხვა სიხშირის სინათლის გამოსხივება სხვადასხვა მიმართულებით. ამიტომ, როგორც წესი, ასეთი გამოსხივება სუსტია. ელექტრონათურის, სანთლის, ცისარტყელას, კოცონის, მზის, პოლარული ნათებისა და სხვ. გამოსხივება სპონტანური გამოსხივებებია.

იძულებითი გამოსხივება. 1919 წელს ამერიკელმა ფიზიკოსმა ა. აინშტაინმა გამოთქვა იდეა გარე ზემოქმედების შედეგად აღგზნებული ატომის მიერ ხილული სინათლის გამოსხივების შესახებ.

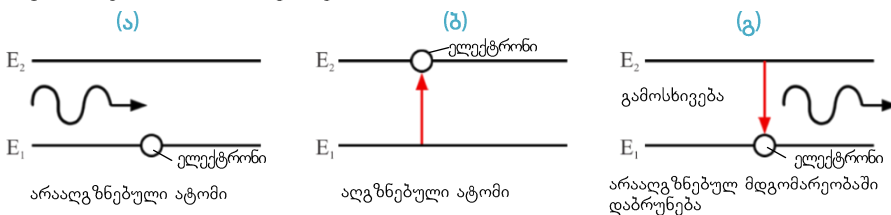
• ატომის გადასვლას მაღალი ენერგეტიკული მდგომარეობიდან დაბალში გარე ზემოქმედების შედეგად და არა სპონტანურად (თავისთავად), **იძულებითი გამოსხივება** ეწოდება.

1954 წელს რუსმა ფიზიკოსებმა ნ. ბასოვმა და ა. პროხოროვმა, აგრეთვე ამერიკელმა ჯ. ტაუნსმა ელექტრომაგნიტური ტალღების გასაძლიერებლად დაამზადეს პირველი გენერატორი, რომელიც იძულებითი გამოსხივების პრინციპზე მუშაობდა.

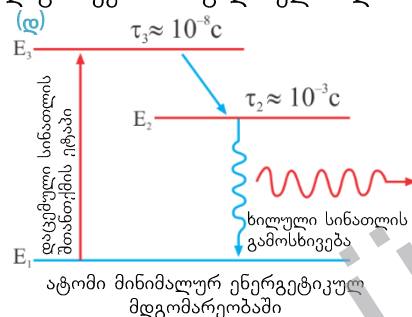
1960 წელს კი ამერიკელმა მეცნიერმა ტ. მეიმანმა იძულებითი გამოსხივების პრინციპით მიიღო სინათლის მოწესრიგებული და რეგულირებადი, მაღალი სიხშირისა და ენერგიის გამოსხივების წყარო – **ლაზერი**.

• სიტყვა ლაზერი წარმოქმნილია ინგლისური წინადადების – **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** – სიტყვების პირველი ასოებისაგან რაც ნიშნავს: „სინათლის გაძლიერება ინდუცირებული გამოსხივების საშუალებით“.

ლაზერის მუშაობის პრინციპი. ჩვეულებრივ პირობებში ატომი მინიმალურ, ანუ არალგზნებულ, ენერგეტიკულ მდგომარეობაშია. ასეთი ატომი ენერგიას არ ასხივებს: მისი ელექტრონი სტაციონარულ ორბიტაზეა (ა). თუ ატომს დავასხივებთ, ის ენერგიას შთანთქმავს, ალგზნდება და უფრო მაღალ ენერგეტიკულ მდგომარეობაში გადავა: ამ დროს მისი ელექტრონი მაღალ ორბიტაზე გადავა (ბ). მაგრამ ალგზნებულ მდგომარეობაში ატომი ძალიან მცირე ხანს (10^{-8} წმ) რჩება, ენერგიას გამოასხივებს და მინიმალურ ენერგეტიკულ მდგომარეობაში დაბრუნდება (გ).



ატომის მიერ გამოსხივებული ენერგიის გასაძლიერებლად საჭიროა ალგზნებული ატომების რაოდენობის გაზრდა. ამ მიზნით ატომები ჯერ დაბალი (1-ლი) ენერგეტიკული დონიდან მე-3 ენერგეტიკულ დონეზე გადაყავთ, საიდანაც ატომები თავისთავად სწრაფად გადადიან მე-2 ენერგეტიკულ დონეზე, სადაც უფრო დიდხანს შეუძლიათ არსებობა, ამიტომ ხდება მათი დაგროვება. ამ გადასვლის დროს გამოყოფილ ენერგიას კრისტალური მესერი შთანთქმავს და გამოსხივება არ ხდება. შემდეგ ნივთიერებაზე სინათლის სხივით ზემოქმედებენ. მისი ალგზნებული ატომები მე-2 ენერგეტიკული დონიდან ენერგიას ასხივებენ და 1-ლ ენერგეტიკულ დონეზე ბრუნდებიან (დ).



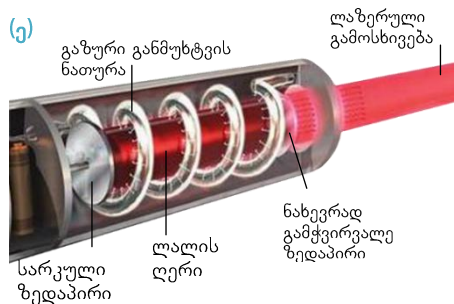
ამ მეთოდით – სამდონიანი იძულებითი გამოსხივებით – მიიღეს ლაზერული გამოსხივება ლალის კრისტალით.

ლალისკრისტალიანი ლაზერის აგებულება და მუშაობის პრინციპი. ლალის კრისტა-

ლისგან ამზადებენ ღერს, რომლის ბოლოები პარალელური სიბრტყეებია. ერთი ბოლო ამრეკლი სარკული ზედაპირია, მეორე – ნახევრად გამჭვირვალე ზედაპირი. ღერი მოთავსებულია სპირალის ფორმის გაზური განმუხტვის ნათურის (რომელსაც იმპულსურ ნათურასაც უწოდებენ) შიგნით, მისი ღერძის გასწვრივ. ნათურა მოლურჯო-მომწვანო ფერის სინათლეს ასხივებს. ნათურის

ხანმოკლე ანთებიდან გარკვეული დროის შემდეგ კრისტალის ალგზნებული ატომების ელექტრონები მაღალ ენერგეტიკულ დონეზე გადადიან. შემდეგ ატომები იწყებენ თავისთავად დაბრუნებას დაბალ ენერგეტიკულ დონეზე, რადროსაც ხდება ხილული სინათლის სპონტანური გამოსხივება.

ეს გამოსხივება ლალის კრისტალში ვრცელდება, მისი კედლებიდან სრული შინაგანი არეკვლის გამო იკრებება და ძლიერდება. შედეგად კრისტალის ნახევრად ნითელი ფერის მძლავრი სხივი გამოდის (ე).



გამჭვირვალე ბოლოდან ლაზერის

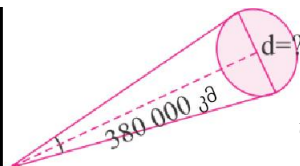
შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუაო

2

რა დიამეტრის იქნება განათებული ლაქა?

ამოცანა. დედამიწის ზედაპირიდან მთვარის ზედაპირისკენ მიმართულია ლაზერის მძლავრი წვრილი სხივი. სხივის გაშლის კუთხე $\alpha = 10^{-5}$ რად, მანძილი დედამიწიდან მთვარემდე 380 000 კმ-ია (ვ). რა დიამეტრის განათებულ ლაქას მივიღებთ მთვარის ზედაპირზე?



$$\alpha = 10^{-5} \text{ რად}$$

$$tg \frac{\alpha}{2} tg \frac{10^{-5} \text{ რად}}{2} = 5 \cdot 10^{-6}$$

რა შეიტყვეთ



- სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები: 1. სპონტანური გამოსხივება არის ... 2. იძულებითი გამოსხივება არის ... 3. ლაზერული გამოსხივება არის ... 4. ლალის კრისტალში ლაზერული გამოსხივების მისაღებად ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რით განსხვავდება ლაზერის გამოსხივება ჩვეულებრივი სინათლისაგან?
2. როგორ მიიღება ლაზერული გამოსხივება?
3. ახსენით ლალის ლაზერის აგებულება და მუშაობის პრინციპი.



პროექტი

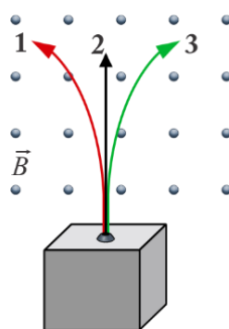


მოამზადეთ კომპიუტერული პრეზენტაცია თემაზე: „ლაზერების გამოყენება“.

რესურსები:

1. http://www.laser-portal.ru/content_5
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ применение лазеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/применение_лазеров) ლაზერების გამოყენება
3. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/120.html>
4. <http://proiz-teh.ru/lt-lazer-praktika.html>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=aeHomJrxj-I>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=nB9AqToLFz8> და სხვ.

1. ნახატზე წარმოდგენილია ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მოთავსებული ნივთიერების რადიაქტიური დაშლის სქემა. განსაზღვრეთ α -, β - და γ -გამოსხივების გადახრის მიმართულებები.



2. რა არის α -, β - და γ -გამოსხივებები?

- ა) α -გამოსხივება ელექტრომაგნიტური ტალღაა;
 β -გამოსხივება ელექტრონების ნაკადია;
 γ -გამოსხივება ჰელიუმის ბირთვების ნაკადია.
- ბ) α -გამოსხივება ელექტრონების ნაკადია;
 β -გამოსხივება ჰელიუმის ბირთვების ნაკადია;
 γ -გამოსხივება ელექტრომაგნიტური ტალღაა.
- გ) α -გამოსხივება ელექტრომაგნიტური ტალღაა;
 β -გამოსხივება ჰელიუმის ბირთვების ნაკადია;
 γ -გამოსხივება ელექტრონების ნაკადია.
- დ) α -გამოსხივება ჰელიუმის ბირთვების ნაკადია;
 β -გამოსხივება ელექტრონების ნაკადია;
 γ -გამოსხივება ელექტრომაგნიტური ტალღაა.
- ე) α -გამოსხივება ჰელიუმის ბირთვების ნაკადია;
 β -გამოსხივება ელექტრომაგნიტური ტალღაა;
 γ -გამოსხივება ელექტრონების ნაკადია.

3. რადიაქტივობის აღმოჩენამ გააჩინა ასეთი ჰიპოთეზა:

- 1 – ატომი ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემაა, რომელსაც რთული სტრუქტურა აქვს;
 - 2 – შესაძლებელია ერთი ქიმიური ელემენტის მეორე ქიმიურ ელემენტად გარდაქმნა;
 - 3 – დადებითი მუხტი თანაბრადაა განაწილებული ატომის მოცულობაში, ელექტრონებიც თანაბრადაა განაწილებული მოცულობაში, მაგრამ ისე, როგორც „ქიმიში პუდინგში“.
- ა) 1 და 2; ბ) მხოლოდ 3; გ) მხოლოდ 1; დ) მხოლოდ 2; ე) 1 და 3.

4. რას ეფუძნება ატომის პლანეტური მოდელი?

- ა) მაგნიტურ ველში α - და β -სხივების გადახრის ცდას;
- ბ) ატომებისა და მოლეკულების ფოტოებს;
- გ) ელექტრულ ველში α - და β -სხივების გადახრის ცდას;
- დ) მზის სისტემის სხეულების მექანიკური მოძრაობის გაანგარიშებას;
- ე) α -ნაწილაკების გაბნევის ცდას.

5. ქიმიური ელემენტები U, Ge, Ca, Sh, Al, Cu, Au, Si დალაგეთ მათ ატომში შემავალი ელექტრონების რაოდენობის ზრდის მიხედვით.

4.4

ატომის ბირთვი – ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა. ბირთვის მასური და მუხტის რიცხვი

ატომის აგებულების მოდელების გაცნობის შემდეგ ნივთიერება შეგვიძლია სქემატურად ნაწილაკების ფიზიკურ სისტემად წარმოვიდგინოთ, რომელშიც რთული კავშირებია.

• როგორ გამოვსახოთ სქემატურად ნივთიერების შემადგენელ ნაწილაკებს შორის კავშირები?

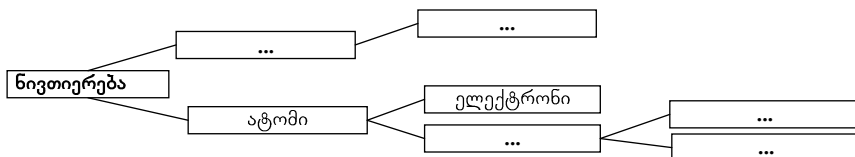
კვლევითი სამუშაო

1

რომელი სიტყვებია გამოტოვებული?

სამუშაოს მსვლელობა: ნახატზე სქემატურად არის წარმოდგენილი ფიზიკური სისტემის (ნივთიერების) შემადგენელ ნაწილაკებს შორის კავშირები. გადაიხაზეთ სქემა და შეავსეთ: ნერტილების ნაცვლად ჩაწერეთ შესაბამისი საკვანძო სიტყვები.

საკვანძო სიტყვები: • ბირთვი • ატომი • პროტონი • მოლეკულა • ნეიტრონი •



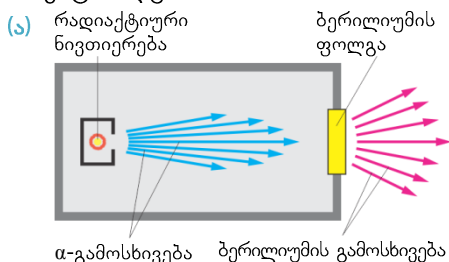
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ნაწილაკებისაგან შედგება ატომი – ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა?
- არის თუ არა ატომის ბირთვი დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა? რატომ?

ე. რეზერფორდმა და მისმა მოსწავლეებმა სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის ატომებზე α -ნაწილაკებით ზემოქმედებაზე ჩატარებული დაკვირვებების შედეგად აღმოაჩინეს ნაწილაკები, რომლებიც განაცხადებდა ატომის ბირთვი.

პროტონის აღმოჩენა. 1919 წელს, აზოტის ატომების α -ნაწილაკებით დაბომბვისას რეზერფორდმა აღმოაჩინა, რომ აზოტის ატომების ბირთვები დაიშალა და ჟანგბადის ატომები და წყალბადის ატომის ბირთვები წარმოიქმნა. შემდგომში ჩატარებულ ყველა ექსპერიმენტში α -ნაწილაკებისა და ბორის, ფთორის, ლითიუმის, ნატრიუმისა და სხვა ქიმიური ელემენტების ატომების ურთიერთქმედებისას აღმოჩნდა, რომ ამ ელემენტების ატომის ბირთვის დაშლის დროსაც წყალბადის ატომის ბირთვი წარმოიქმნება. ამით დადგინდა, რომ ნაწილაკი, რომელიც წყალბადის ატომის ბირთვია, ყველა ქიმიური ელემენტის ბირთვის შემადგენელი ნაწილია. ამ ნაწილაკს პროტონი უწოდეს (*protos* ბერძნულად „პირველად“ ნიშნავს). ის p ასოთი აღინიშნება და ელექტრონის მუხტის ტოლი დადებითი ელექტრული მუხტი აქვს. პროტონის მასა $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ კგ და ის 1836-ჯერ მეტია ელექტრონის მასაზე. მაგრამ ბირთვი არ შეიძლება მხოლოდ პროტონებისგან შედგებოდეს. ეს რომ ასე იყოს, ბირთვის მასა $m = Z \cdot m_p$ იქნებოდა (Z – პერიოდულ სისტემაში ელემენტის რიგითი ნომერი, ანუ პროტონების რაოდენობა). სინამდვილეში ბირთვის მასა გაცილებით მეტია, ე. ი. ბირთვში კიდევ უნდა იყოს

ნაწილაკი, რომლის მასა პროტონის მასაზე მეტია და რომელიც ელექტრო-ნეიტრალურია.



ნეიტრონის აღმოჩენა. 1932 წელს α -ნაწილაკებისა და ბერილიუმის ატომების ურთიერთქმედების შესწავლის დროს აღმოაჩინეს ახალი გამოსხივება (ა).

ამ გამოსხივებას, რომელსაც ბერილიუმის გამოსხივება ეწოდება, დიდი ენერგია და შეღწევის უნარი აქვს და არ განიცდის ელექტრული და მაგნიტური ველების მოქმედებას. ბერილიუმის გამოსხი-

ვების ამ თვისების მიხედვით ინგლისელმა ფიზიკოსმა ჯეიმს ჩედვიკმა დაასკვნა, რომ ეს გამოსხივება ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკების ნაკადია. ასე აღმოაჩინეს ატომის ბირთვის შემადგენელი ახალი ნაწილაკი – **ნეიტრონი** (ანუ ელექტრულად ნეიტრალური). ნეიტრონს n ასოთი აღნიშნავენ.

ნეიტრონის მასა დაახლოებით პროტონის მასის ტოლია: $m_p = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ კგ.

ბირთვის მასური და მუხტის რიცხვები. ნეიტრონის აღმოჩენის შემდეგ რუსმა მეცნიერმა დიმიტრი ივანენკომ და გერმანელმა მეცნიერმა ვერნერ ჰაიზენბერგმა 1932 წელს წარმოადგინეს ბირთვის პროტონ-ნეიტრონული მოდელი. ამ მოდელის მიხედვით:

- **ატომის ბირთვი** არის ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების მდგრადი სისტემა, რომელიც პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება. პროტონებსა და ნეიტრონებს, რომლებიც ბირთვს ქმნიან, ნუკლონები ეწოდება. ნუკლონი წარმოდგება ლათინური სიტყვიდან და ნიშნავს „ნაწილაკი, რომელიც ბირთვს ეკუთვნის“.

რა უზრუნველყოფს ბირთვის მდგრადობას? როგორ არის შესაძლებელი ბირთვის მდგრადობა, რომელიც ერთი ნიშნით დამუხტული ნაწილაკებისაგან შედგება?

ჰაიზენბერგმა ეს ნუკლონებს შორის ძლიერი ბირთვული ძალების არსებობით ახსნა, რომლებსაც არაელექტრული ბუნება აქვს.

- **ბირთვული ძალები** ეწოდება ძალებს, რომლებიც ნაწილაკებს (პროტონებსა და ნეიტრონებს) ბირთვში აკავებენ.

ბირთვული ძალები, ვინაიდან მათ არ აქვთ ელექტრული ბუნება, ახლოქმედებით ხასიათდება. ანუ ბირთვული ძალების მოქმედების რადიუსი ატომის ზომების თანაზომადია: $\approx 10^{-15}$ მ. ბირთვული ძალები, რომლებიც ბირთვში ნუკლონებს შორის მოქმედებს, სიდიდით რამდენიმე ათასჯერ აღემატება კულონის ძალას, რომელიც ამ მანძილზე მოქმედებს ერთნაირი ნიშნით დამუხტულ პროტონებს შორის.

- **ბირთვის მასური რიცხვი** ბირთვში ნუკლონების რაოდენობის ტოლია. აღინიშნება A ასოთი. მასური რიცხვი (A) = პროტონების რაოდენობა (Z) + ნეიტრონების რაოდენობა (N):

$$A = Z + N.$$

ამ გამოსახულებიდან ადვილია ნებისმიერი ელემენტის ბირთვში ნეიტრონების რაოდენობის განსაზღვრა:

$$N = A - Z.$$

მასური რიცხვი ქიმიური ელემენტის ზედა ინდექსის სახით იწერება.

• ბირთვის მუხტის რიცხვი ბირთვში პროტონების რაოდენობის ტოლია. ის აღინიშნება ასოთი Z და იწერება ქიმიური ელემენტის ქვედა ინდექსის სახით.

ამგვარად, ნებისმიერი ქიმიური ელემენტი შეგვიძლია ჩავწეროთ A_ZX , სახით, სადაც X ქიმიური ელემენტის სიმბოლოა. მაგალითად, თუ ჟანგბადის ბირთვის მასური რიცხვი $A = 16$, ხოლო მუხტის რიცხვი $-Z = 8$, დავწერთ: ${}^{16}_8O$.

რადგან პროტონის მასური რიცხვი არის 1 მასის ატომური ერთეული (1 მაე = $1,6605 \cdot 10^{-27}$ კგ), ხოლო მუხტის რიცხვი 1 ელემენტარული მუხტის ტოლია, პროტონი 1_1p . სიმბოლოთი აღინიშნება. ნეიტრონი 1_0n : სიმბოლოთი აღინიშნება: მისი მასური რიცხვია 1 მაე, ხოლო მუხტის რიცხვი 0-ის ტოლია.

შეჯინილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ქიმიური ელემენტების სიმბოლოების „ნაკითხვა“.

ამოცანა. განსაზღვრეთ მოცემული ორი ქიმიური ელემენტის მახასიათებლები მათი სიმბოლოების მიხედვით:

${}^{56}_{26}Fe$	${}^{10}_4Be$
• პროტონების რაოდენობა – ... • ნეიტრონების რაოდენობა – ... • ელექტრონების რაოდენობა – ... • ბირთვის მასა: ... • მასური რიცხვი – ...	• პროტონების რაოდენობა – ... • ნეიტრონების რაოდენობა – ... • ელექტრონების რაოდენობა – ... • ბირთვის მასა: ... • მასური რიცხვი – ...

რა შეიტყვით?

- სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები: 1. ატომის ბირთვი არის ... 2. ნუკლონი არის ... 3. ბირთვის მასური რიცხვი არის ... 4. ბირთვის მუხტის რიცხვი არის ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელ ნაწილაკს ეწოდება პროტონი?
2. რატომ ეწოდება ბირთვში შემავალ მეორე ნაწილაკს ნეიტრონი?
3. როგორ განვსაზღვროთ ქიმიური ელემენტის ბირთვში შემავალი ნეიტრონების რაოდენობა?
4. რატომ არ იწვევს დადებითად დამუხტულ პროტონებს შორის მოქმედი კულონური განზიდვის ძალა პროტონების ერთმანეთისგან დაშორებას და ბირთვის დაშლას?

4.5 იზოტოპები

როდესაც გვსმით, რომ გაბალაში უძველეს სამარხში არქეოლოგებმა ადამიანის ძვლები აღმოაჩინეს, რომელთა ასაკი 5000 წელია, მაშინვე ჩნდება კითხვა:

- საინტერესოა, როგორ შეძლეს მეცნიერებმა ამ უძველესი აღმოჩენის ასაკის ასე ზუსტად განსაზღვრა?



კვლევის საფუძველი 1

დავეხმაროთ ისტორიკოსებს უძველესი აღმოჩენების ასაკის განსაზღვრაში.

სამუშაოს მსვლელობა: თუ მოცემულ ტექსტს ყურადღებით წაიკითხავთ, თქვენ თვითონ შეძლებთ არქეოლოგიურ სამარხში აღმოჩენილი ადამიანის ძვლების ასაკის დადგენას.

„მრავალი არქეოლოგიური ნამარხის ასაკის დადგენა ხდება რადიაციური ნახშირბადის მეთოდით. ეს მეთოდი ეფუძნება ორგანულ ნივთიერებაში ნახშირბადის რადიაციური იზოტოპის C-14-ის რაოდენობის განსაზღვრას. ყველა ცოცხალი ორგანიზმი (ადამიანი, ცხოველები, მცენარეები) სიცოცხლის განმავლობაში ატმოსფეროდან მიღებულ ჩვეულებრივ ნახშირბადთან ერთად ნახშირბადის რადიაციურ იზოტოპ C-14-საც იღებენ. ორგანიზმის დაღუპვის შემდეგ მისი რადიაციური იზოტოპით შევსება წყდება და იწყება უკვე მიღებული იზოტოპის დაშლა. თუ თანამედროვე ხესა და 5000 წლის წინანდელი ხის ნამარხს შევადარებთ, ვნახავთ, რომ ნამარხ ხეში რადიაციური ნახშირბადის C-14-ის რაოდენობა ორჯერაა შემცირებული. ამ მეთოდით შესაძლებელია ნახშირბადის შემცველი ობიექტის ასაკის დადგენა 70 000 – 100 000 წლის ფარგლებში“.

ამოცანა. უძველესი ნამარხის გათხრების დროს არქეოლოგებმა ადამიანის ძვლები აღმოაჩინეს. ნამარხის ლაბორატორიული შესწავლისას გაირკვა, რომ მასში ნახშირბადის რადიაციური იზოტოპის C-14-ის რაოდენობა 8-ჯერ ნაკლები იყო, ვიდრე თანამედროვე ადამიანის ორგანიზმშია. განსაზღვრეთ ნამარხის ასაკი.

მისჯელეთ შედეგებზე:

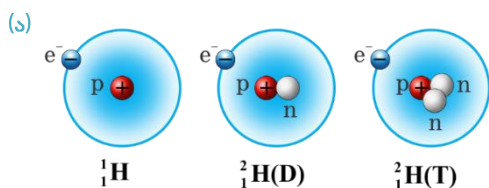
- რა არის იზოტოპი? რით განსხვავდება იზოტოპი ჩვეულებრივი ქიმიური ელემენტისაგან?
- რა არის რადიაციური იზოტოპი?

იზოტოპები.

• **იზოტოპები** არის ატომები, რომლებსაც ერთნაირი რაოდენობის პროტონები აქვს, მაგრამ განსხვავდებიან მასური რიცხვით.

იზოტოპები, ანუ მასური რიცხვით განსხვავებული ატომები, ქიმიური ელემენტების პერიოდულ სისტემაში ერთ უჯრედიან განლაგებული და ერთნაირი ქიმიური თვისებები აქვთ. ბუნებაში შეიძლება ერთი ქიმიური ელემენტის ორი და მეტი იზოტოპი არსებობდეს.

იზოტოპები ერთმანეთისაგან მხოლოდ ბირთვში არსებული ნეიტრონების რაოდენობით განსხვავდება. რადგან ნეიტრონები ელემენტის ქიმიურ თვისებებზე არანაირ გავლენას არ ახდენენ, მოცემული კონკრეტული ქიმიური ელემენტის ყველა იზოტოპს ერთნაირი ქიმიური თვისებები აქვს. მაგალითად, წყალბადს სამი იზოტოპი აქვს. იზოტოპი ${}^1_1\text{H}$ (**პროტიუმი-H**) მხოლოდ 1 პროტონისაგან შედგება. მის ბირთვში ნეიტრონი არ არის. იზოტოპი ${}^2_1\text{H}$ (**დეიტერიუმი-D**) 1 პროტონისა და 1 ნეიტრონისაგან შედგება. იზოტოპი ${}^3_1\text{H}$ (**ტრიტიუმი-T**) 1 პროტონისა და 2 ნეიტრონისაგან შედგება (**ა**). მაგრამ რადგან იზოტოპებს ბირთვში განსხვავებული რაოდენობის

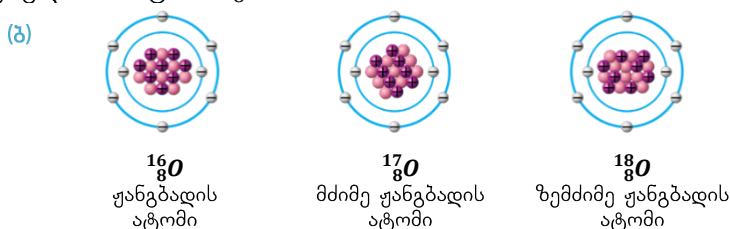


ნეიტრონები აქვთ, განსხვავებული აქვთ ფიზიკური თვისებებიც. მაგალითად, მძიმე წყალი (დეიტერიუმის და ჟანგბადის ნაერთი D_2O) განსხვავდება ჩვეულებრივი წყლისაგან: მძიმე წყალი ნორმა-

ლური ატმოსფერული წნევის დროს $101,2^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე დუღს, ხოლო $3,8^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე იყინება.

• ატომებს, რომლებსაც ბირთვში ერთი და იმავე რაოდენობის პროტონები აქვთ, მაგრამ განსხვავებული აქვთ მასური რიცხვი (ანუ ნეიტრონების რაოდენობა) **იზოტოპები** (ბერძნული სიტყვებიდან *izos* – „ერთნაირი“ და *topos* – „ადგილი“) ეწოდება.

იზოტოპები ყველა ქიმიურ ელემენტს აქვს. მაგალითად, ბუნებაში ჟანგბადი სამი იზოტოპისაგან შედგება: ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$ (ბ). უფრო მეტად გავრცელებულია იზოტოპი ${}^{16}_8\text{O}$ – 99,8%.

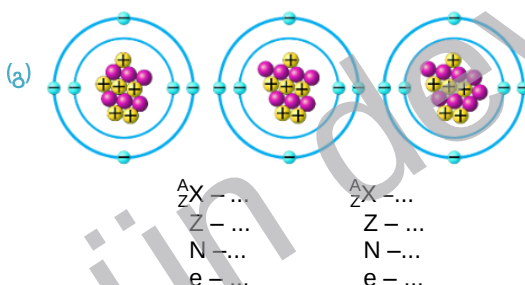


როგორც წესი, იზოტოპის დასახელებაში მის მასურ რიცხვს იყენებენ, მაგალითად, ურანის იზოტოპებია: ურან-235, ურან-238, ურან-239 და სხვ.

შეჯინილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო 2

ამოცანა. ნახატზე წარმოდგენილია სამი იზოტოპის პლანეტური მოდელის სქემატური გამოსახულება (ა). გადაიხაზეთ სქემები სამუშაო რვეულში და წერტილების ნაცვლად ჩანერეთ შესაბამისი იზოტოპის სიმბოლო და მასში პროტონების, ნეიტრონებისა და ელექტრონების რაოდენობა.



რა შეიტყვით?

- სამუშაო რვეულში დაწერეთ მოკლე ესე მოცემული საკვანძო სიტყვების გამოყენებით: • იზოტოპი • ატომი • მასური რიცხვი • მუხტის რიცხვი • მეცნიერება და ტექნიკა • წარმოება •

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

რა არის იზოტოპი?

- რატომ არ განსხვავდება ერთი ელემენტის იზოტოპები ქიმიური თვისებებით?
- რისთვის იყენებენ რადიოაქტიურ იზოტოპებს?
- რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან ურანის იზოტოპების ${}^{235}_{92}\text{U}$ -ისა და ${}^{239}_{92}\text{U}$ -ის ბირთვები?

4.6 იზოტოპების გამოყენება (ბაკპეტილი-პრაზენტაცია)

მომზადეთ პრეზენტაცია თემაზე „იზოტოპების გამოყენება“. მომზადების დროს შეგიძლიათ ისარგებლოთ მოცემული გეგმით.

პრეზენტაციის მომზადების გეგმა: პრეზენტაციის დროს შეგიძლიათ გამოიყენოთ ერთ-ერთი პროგრამა: *Microsoft Office PowerPoint*, *ActivInspire*, *Promethean* ან *MimioStudio* ელექტრონული დაფები..

პრეზენტაციაში გამოიყენეთ მოცემული საკვანძო სიტყვები და წინადადებები:

- იზოტოპი
- ელემენტების პერიოდული სისტემა
- მეცნიერების სფეროები
- მდგრადი
- ნახშირბადის იზოტოპები
- არქეოლოგიური კვლევები
- იზოტოპური ინდიკატორები
- მასური რიცხვი
- პროტონების რაოდენობა
- სოფლის მეურნეობის დარგი
- მოქმედებს ქიმიური რეაქციის მსვლელობაზე
- ურანის იზოტოპები
- მედიცინაში გამოყენება
- გოგირდის იზოტოპები
- ნეიტრონების რაოდენობა
- ბუნებრივი იზოტოპები
- წყალბადის იზოტოპები
- ჟანგბადის იზოტოპები
- გარდაქმნები ცოცხალ უჯრედებში
- წინასწარ განსაზღვრული თვისებების ნივთიერების მიღება
- ელექტრონების რაოდენობა
- რადიოაქტიური იზოტოპები
- ნიშანდებული ატომი
- ბერილიუმის იზოტოპები
- აზოტის იზოტოპები
- ორგანიზმის ქსოვილები
- ნახშირბადის შენაერთები

1-ლი სლაიდი	• იზოტოპების გამოყენება • მოამზადა (კლასი, სახელი და გვარი)
მე-2 სლაიდი	იზოტოპების გამოყენება სოფლის მეურნეობაში
მე-3 სლაიდი	იზოტოპების გამოყენება მედიცინაში
მე-4 სლაიდი	იზოტოპების გამოყენება ქიმიაში
მე-5 სლაიდი	იზოტოპების გამოყენება ბიოლოგიაში
მე-6 სლაიდი	იზოტოპების გამოყენება არქეოლოგიაში

სავარჯიშო

4.2

1. მოცემული ატომების იზოტოპებში განსაზღვრეთ ელექტრონების, პროტონებისა და ნეიტრონების რაოდენობა: $^{209}_{82}\text{Pb}$, $^{239}_{92}\text{U}$, $^{18}_{8}\text{O}$.
2. რომელი ქიმიური ელემენტის ბირთვი შედგება 20 პროტონისა და 20 ნეიტრონისაგან?
3. რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან პლუტონიუმის იზოტოპები $^{244}_{94}\text{Pu}$ და $^{247}_{94}\text{Pu}$?
4. არგონის მასური რიცხვია 40. რამდენი პროტონი და ნეიტრონია მის ბირთვში?
5. როგორია იზოტოპის $^{210}_{82}\text{Pb}$ ბირთვის მუხტი?

4.7

ატომის ბირთვის რადიოაქტიური გარდაქმნები: α , β - და γ -გამოსხივება. რადიოაქტიური ნაწილაკების წარმოშობა

რადიოაქტიური გამოსხივების ბუნებისა და მექანიზმის შესწავლისას მეცნიერებმა, რომ გამოსხივების დროს რადიოაქტიური ელემენტი სერიოზულ ცვლილებას განიცდის. ხოლო ბირთვის აგებულების აღმოჩენის შემდეგ ცნობილი გახდა, რომ რადიოაქტიური გამოსხივება ბირთვის შემადგენლობის ცვლილებას იწვევს.

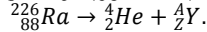
- რომელი რადიოაქტიური გამოსხივება იწვევს ელემენტის ბირთვის შემადგენლობის ცვლილებას?
- α -გამოსხივება, β -გამოსხივება თუ γ -გამოსხივება?
- როგორია ელემენტის ატომის ბირთვის შემადგენლობის ცვლილების შედეგი?

კვლევის საფუძველი

1

სრულდება თუ არა ბირთვის მასური და მუხტის რიცხვის მუდმივობის კანონი?

ამოცანა. 1903 წელს, ინგლისელმა მეცნიერმა რეზერფორდმა აღმოაჩინა, რომ α -ნაწილაკის (${}^4_2\text{He}$) თავისთავადი (სპონტანური) გამოსხივების დროს რადიუმ-226 სხვა ქიმიურ ელემენტად გარდაიქმნება. ეს რეაქცია შემდეგნაირად იწერება:



განსაზღვრეთ მიღებული Y ელემენტის მასური და მუხტის რიცხვი; გამოიყენეთ დაშლის რეაქციის სქემა და ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ ბირთვად გადაიქცევა რადიოაქტიური რადიუმ-226-ის ბირთვი α -ნაწილაკის (${}^4_2\text{He}$) სპონტანური გამოსხივების დროს?
- რით განსხვავდება ამ ბირთვის მასური და მუხტის რიცხვი რადიუმ-226-ის მასური და მუხტის რიცხვისაგან?
- რა კანონზომიერებები დანახვით რადიოაქტიური ბირთვული რეაქციის შესწავლის შემდეგ?

ცდების შედეგების საფუძველზე, რომლებიც პიერ და მარია კიურიმ, ერნესტ რეზერფორდმა და ინგლისელმა ქიმიკოსმა სოდიმ ჩაატარეს, აღმოჩენილ იქნა რადიოაქტიური ქიმიური ელემენტების უცნაური თვისებები:

1. ქიმიური ელემენტები α - ან β -გამოსხივების შედეგად სხვა ქიმიურ ელემენტებად გადაიქცევა. რადიოაქტიური გარდაქმნების დროს ბირთვის მასური და მუხტის რიცხვი იწარმოება: რეაქციამდე ბირთვის მასური რიცხვი და მუხტის რიცხვი იგივეა, რაც რეაქციის შედეგად მიღებული ნაწილაკების ჯამური მასური რიცხვი და ჯამური მუხტის რიცხვი.

2. ქიმიური ელემენტების რადიოაქტიურ გარდაქმნას თან ახლავს ენერგიის გამოყოფა. ენერგიის გამოყოფა ხდება უწყვეტად და შესაძლოა წლები გაგრძელდეს.

3. რადიოაქტიური გარდაქმნის პროცესზე არანაირ გავლენას არ ახდენს გარე ზემოქმედება (ტემპერატურისა და წნევის ცვლილება, ქიმიური რეაქციები, ელექტრული და მაგნიტური ველები და სხვ.).

4. რადიოაქტიური გარდაქმნები ხდება თავისთავად – სპონტანურად.

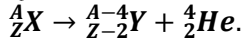
• ერთი რადიოაქტიური ბირთვის მეორე ბირთვად თავისთავად გარდაქმნას **რადიოაქტიური გარდაქმნა** ეწოდება.

ატომის ბირთვული მოდელის თანახმად, რადიოაქტიური გარდაქმნების დროს ხდება ქიმიური ელემენტის ბირთვის გარდაქმნა. მართლაც, α -ნაწილაკი (${}^4_2\text{He}$) ხომ დადებითად დამუხტული ნაწილაკია და ის მხოლოდ ბირთვიდან შეიძლება გამოსხივდეს (და არა ატომის ელექტრონული ორბიტიდან). β -გამოსხივების დროს ბირთვიდან ელექტრონი გამოსხივდება (${}^0_{-1}e$) და ბირთვის მასური რიცხვი არ იცვლება, ხოლო ბირთვის მუხტის რიცხვი შეიცვლება.

ამგვარად, არსებობს ორი სახის რადიოაქტიური გარდაქმნა: რადიოაქტიური α -გარდაქმნა და რადიოაქტიური β -გარდაქმნა.

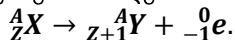
ყურადღება! ბირთვში ელექტრონები არ არის. ისინი ბირთვის β -რადიაციური დაშლის დროს ბირთვის შემადგენელი ნეიტრონიდან წარმოიქმნება.

რადიაციური წანაცვლების წესი. რადიაციური α -გარდაქმნის დროს X ბირთვი α -ნაწილაკს (${}^4_2\text{He}$) ასხივებს და ახალ Y ბირთვად გარდაიქმნება, ანუ ხდება რადიაციური წანაცვლება:



როგორც ვხედავთ, α -გარდაქმნის დროს ბირთვის მუხტის რიცხვი 2 ერთეულით მცირდება, ხოლო მასური რიცხვი – 4 ერთეულით. შედეგად ელემენტი ორი უჯრით გადაინაცვლებს პერიოდული სისტემის დასაწყისისკენ.

რადიაციური β -გარდაქმნის დროს X ბირთვი β -ნაწილაკს (${}^0_{-1}e$) ასხივებს და ახალ Y ბირთვად გარდაიქმნება – ხდება რადიაციური წანაცვლება:



როგორც ვხედავთ, β -გარდაქმნის დროს ბირთვის მუხტის რიცხვი ერთი ერთეულით იზრდება, ხოლო მასური რიცხვი უცვლელი რჩება. შედეგად ელემენტი ერთი უჯრით წანაცვლდება პერიოდული სისტემის ბოლოსაკენ.

γ -გამოსხივების დროს არც მასური რიცხვი იცვლება და არც მუხტის რიცხვი – რადიაციური წანაცვლება არ ხდება.

• ყველა ბირთვული რეაქციისათვის სრულდება მასური და მუხტის რიცხვის აბსოლუტური მნიშვნელობების მუდმივობის კანონი.

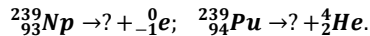
შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევაში სამუშაო

2

რომელ ბირთვად გარდაიქმნება?

ამოცანა. განსაზღვრეთ უცნობი ბირთვი, რომელიც რადიაციური გარდაქმნის რეაქციის დროს წარმოიქმნა:



რა შეიტყვით

• სამუშაო რვეულში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. რადიაციური დაშლა არის ...;
2. სპონტანური დაშლა არის ...;
3. რადიაციური α -დაშლის დროს ...;
4. რადიაციური β -დაშლის დროს...;
5. რადიაციური γ -გარდაქმნის დროს ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რატომ იწვევს რადიაციური გამოსხივება ელემენტის ბირთვის ცვლილებას?
2. რა განსაკუთრებული თვისებები აქვს რადიაციურ ქიმიურ ელემენტებს?
3. რა გარდაქმნა ხდება α -გამოსხივების დროს?
4. როგორი რადიაციური წანაცვლება ხდება β -გარდაქმნის დროს?
5. რატომ არ ხდება რადიაციური წანაცვლება γ -გამოსხივების დროს?

სავარჯიშო

4.3

1. ბუნებრივი რადიაციური გარდაქმნის დროს ${}^{208}_{84}\text{Po}$ -ის ბირთვი α -ნაწილაკს ასხივებს. რომელი ელემენტის ბირთვად გარდაიქმნა პოლონიუმის ბირთვი? დაწერეთ შესაბამისი რეაქცია.
2. რადიაციური გამოსხივების დროს ${}^{230}_{90}\text{Th}$ -ის ბირთვი ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ -ის ბირთვად გარდაიქმნა. რომელ ნაწილაკს ასხივებს თორიუმის ბირთვი? დაწერეთ შესაბამისი რეაქცია.

3. რომელი იზოტოპი მიიღება, თუ რადიოაქტიური იზოტოპი $^{133}_{51}\text{Sb}$ ერთმანეთის მიყოლებით გამოასხივებს ოთხ β -ნაწილაკს? დაწერეთ შესაბამისი რეაქცია.

4. რომელი იზოტოპი მიიღება, თუ რადიოაქტიური იზოტოპი $^{234}_{90}\text{Th}$ ერთმანეთის მიყოლებით გამოასხივებს სამ α -ნაწილაკს? დაწერეთ შესაბამისი რეაქცია.

5. ქიმიური ელემენტების რომელი წყვილია იზოტოპები?

ა) ^1_1H и ^4_2He ბ) $^{244}_{94}\text{Pu}$ и $^{247}_{94}\text{Pu}$ გ) ^3_1H и ^4_2He დ) $^{231}_{91}\text{Pa}$ и $^{264}_{106}\text{Rf}$ ე) $^{209}_{84}\text{Po}$ и ^2_1H

4.8 რადიოაქტიური დაშლის კანონი

ჩვენ გავარკვეთ, რომ რადიოაქტიური იზოტოპების ბირთვები სპონტანურად იშლება.

• შეიძლება თუ არა იმ ბირთვების რაოდენობის კლების სიჩქარის წინასწარ განსაზღვრა, რომლებსაც რადიოაქტიური დაშლა არ განუცდიათ?

კვლევის საშუალო

1

შევემნათ ბირთვების რადიოაქტიური გარდაქმნის მოდელი.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ქაღალდის 100 ცალი, ცალ მხარეს გაფერადებული კვადრატები (ზომით 1 X 1 სმ) – ისინი „რადიოაქტიური იზოტოპის ბირთვებია“, ჭიქა.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. კვადრატები („ბირთვები“) ჭიქაში მოათავსეთ, რამდენჯერმე შეანჯღრიეთ, შემდეგ მაგიდის ზედაპირზე გადმოყარეთ.

2. დაითვალოთ იმ კვადრატების რაოდენობა, რომლებსაც ზედა მხარე გაფერადებული აქვთ, შედეგი ცხრილ 4.1-ში ჩანერეთ და ეს კვადრატები ისევ ჭიქაში ჩაყარეთ – ეს „ბირთვებია, რომლებსაც რადიოაქტიური დაშლა არ განუცდიათ“. დანარჩენი კვადრატები ცალკე გადადეთ – ეს „გარდაქმნილი ბირთვებია“. 3. ჭიქა ძლიერად შეანჯღრიეთ, კვადრატები მაგიდის ზედაპირზე გადმოყარეთ, ისევ დაითვალოთ იმ კვადრატების რაოდენობა, რომელთა ზედა მხარე გაფერადებულია და შედეგი ცხრილში ჩანერეთ. ასე გააგრძელოთ ცდა, ვიდრე მაგიდაზე მხოლოდ გაუფერადებელი კვადრატები არ გადმოიყრება. 4. ცდის შედეგები ჩანერეთ ცხრილში და ააგეთ ჭიქიდან გადმოცვნილი ფერადი კვადრატების რაოდენობასა და ცდის შესაბამისი ეტაპის რიგით ნომერს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი.

(ცხრილი 4.1.

ცდის ეტაპის ნომერი (n)	0	1	2	3	4	5	...
ჭიქიდან გადმოცვნილი ფერადი კვადრატების რაოდენობა, ანუ იმ ბირთვების რაოდენობა, რომლებიც არ გარდაიქმნენ (N).	100	...	...	...	...	...	...

იმსჯელო შედეგებზე:

- ცდის ყოველ ეტაპზე ჭიქიდან გადმოყრილი კვადრატების საერთო რაოდენობიდან რამდენი იყო ფერადი, ანუ რამდენმა „ბირთვმა არ განიცადა გარდაქმნა“?
- როგორ იცვლებოდა ეს რაოდენობა ცდის ყოველ შემდეგ ეტაპზე? გამოჩნდა თუ არა ამ ცვლილებებში რამე კანონზომიერება?

იზოტოპის რადიოაქტიური დაშლის სიჩქარე არ არის დამოკიდებული ნივთიერების მასაზე, ანუ იზოტოპის ბირთვების რაოდენობაზე. ყოველი რადიოაქტიური იზოტოპისთვის არსებობს განსაზღვრული დრო, რომლის განმავლობაშიც მისი ბირთვების ნახევარი იშლება.

• დროის შუალედს, რომლის განმავლობაშიც იშლება რადიაქტიური ბირთვების ნახევარი, **ნახევარდაშლის პერიოდი** ეწოდება.

ნახევარდაშლის პერიოდი აღინიშნება T ასოთი და SI სისტემაში მისი საზომი ერთეულია **წამი**.

დავუშვათ, საწყის მომენტში ($t_0 = 0$) იზოტოპში N_0 ბირთვია. დროის შუალედის შემდეგ, რომელიც ნახევარდაშლის პერიოდის ტოლია ($t_1 = T$), დაუშლელი ბირთვების რაოდენობა იქნება $N_1 = \frac{N_0}{2}$. დროის შუალედის შემდეგ, რომელიც ორი ნახევარდაშლის პერიოდის ტოლია ($t_2 = 2T$), იზოტოპის დაუშლელი ბირთვების რაოდენობა იქნება $N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{N_0}{4}$, კიდევ გარკვეული დროის შემდეგ ($t_3 = 3T$) იზოტოპის დაუშლელი ბირთვების რაოდენობა იქნება $N_3 = \frac{N_2}{2} = \frac{N_0}{8}$ და ა. შ. ამგვარად, დროის შუალედის შემდეგ, რომელიც ტოლია $t_n = nT$, იზოტოპის დაუშლელი ბირთვების რაოდენობა, რადიაქტიური დაშლის კანონის მიხედვით, იქნება:

$$N = \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}}$$

რადიაქტიური დაშლის კანონი ე. რეზერფორდმა და ფ. სოდიმ 1902 წელს აღმოაჩინეს. ეს კანონი საშუალებას გვაძლევს, დროის ნებისმიერ მომენტში განვსაზღვროთ დაუშლელი რადიაქტიური ბირთვების რაოდენობა.

ყოველ რადიაქტიურ იზოტოპს გარკვეული ნახევარდაშლის პერიოდი აქვს. მაგალითად, ურან-238-ის ნახევარდაშლის პერიოდი 4,5 მილიარდი წელია, ხოლო რადიუმ-226-ის – 1600 წელი.

შეჯინილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო

2

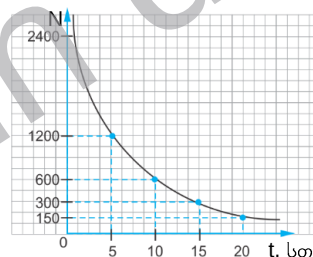
რადიაქტიური დაშლის გრაფიკული წარმოდგენა

ამოცანა ამოხსნით მოყვანილი ნიმუშის მიხედვით.

ნიმუში. დროის $t_0 = 0$ მომენტში რადიაქტიური იზოტოპის ბირთვების რაოდენობაა 2400.

იზოტოპის ნახევარდაშლის პერიოდია $T = 5$ საათი. იზოტოპის რამდენი დაუშლელი ბირთვი დარჩება 20 საათის შემდეგ? ააგეთ რადიაქტიური იზოტოპის დაუშლელი ბირთვების რაოდენობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

დრო (t)	დაუშლელი ბირთვების რაოდენობა (N)
$t_0 = 0$	$N_0 = 2400$
$t_1 = T = 5$ საათი	$N_1 = \frac{N_0}{2} = \frac{1000}{2} = 1200$
$t_2 = 2T = 10$ საათი	$N_2 = \frac{N_0}{4} = \frac{1000}{4} = 600$
$t_3 = 3T = 15$ საათი	$N_3 = \frac{N_0}{8} = \frac{1000}{8} = 300$
$t_4 = 4T = 20$ საათი	$N_4 = \frac{N_0}{16} = \frac{1000}{16} = 150$



ამოცანა. დროის $t_0 = 0$ მომენტში იზოტოპის დაუშლელი ბირთვების რაოდენობა 2000 იყო. იზოტოპის ნახევარდაშლის პერიოდია $T = 10$ დღე-ღამე. იზოტოპის რამდენი დაუშლელი ბირთვი დარჩება 50 დღე-ღამის შემდეგ? ააგეთ რადიაქტიური იზოტოპის დაუშლელი ბირთვების რაოდენობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

რა შავიყვით

- სამუშაო რეგულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები: 1. ნახევარდაშლის პერიოდი არის ... 2. რადიოაქტიური დაშლის კანონი – ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რას გამოხატავს ნახევარდაშლის პერიოდი?
2. რა არის რადიოაქტიური დაშლის კანონის არსი?
3. შეიძლება თუ არა რადიოაქტიური იზოტოპის ბირთვების სრული დაშლისთვის საჭირო დროის წინასწარ განსაზღვრა? პასუხი დაასაბუთეთ.

4.9

ატომურ-ბირთვული რაქაქციების დამახასიათებელი ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდე და მათი საზომი ერთეულები

მექანიკური, სიბურთი და ელექტრული მოვლენების შესწავლისას თქვენ გაცნობიან ამ მოვლენების დამახასიათებელ ძირითად ფიზიკურ სიდიდეებსა და მათ საზომ ერთეულებს SI სისტემაში. მეცნიერები სწავლობდნენ ამ ერთეულებს შორის კავშირებს და ბევრი კანონზომიერება აღმოაჩინეს.



- რომელია მექანიკაში მანძილის, მასისა და ენერგიის საზომი ერთეულები SI სისტემის მიხედვით?
- რომელი ერთეულებით არის მოხერხებული ატომურ-ბირთვული მოვლენების დამახასიათებელი ძირითადი ფიზიკური სიდიდეების, მაგალითად, მანძილის, მასის, ენერგიის გაზომვა?

სიგრძის ერთეული ატომურ-ბირთვულ მოვლენებში. ვინაიდან ატომურ-ბირთვულ მოვლენებში ძალიან მცირე მანძილებთან გვაქვს საქმე, სიგრძის ერთეულად მიღებულია **ფემტომეტრი** ან **ფერმი** (ამერიკელი ფიზიკოსის ენრიკო ფერმის პატივსაცემად, რომელსაც დიდი დამსახურება მიუძღვის თანამედროვე ფიზიკის განვითარებაში):

$$1 \text{ ფმ} = 10^{-15} \text{ მ.}$$

ენერგიის ერთეული ატომურ-ბირთვულ მოვლენებში. 1905 წელს ალბერტ აინშტაინი მივიდა დასკვნამდე, რომ ნაწილაკების სისტემის მასა სისტემის ენერგიის (შინაგანი ენერგიის) პროპორციულია:

$$E = mc^2.$$

აქ m ნაწილაკების სისტემის მასაა, E – ამ სისტემის ენერგია, c – სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში. როგორც ფორმულიდან ჩანს, სისტემის ენერგიის ცვლილებისას ΔE -თი სისტემის მასაც Δm -ით შეიცვლება:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} \rightarrow \Delta E = \Delta mc^2.$$

ატომურ-ბირთვულ მოვლენებში ენერგიის საზომი ერთეულია **ელექტრონ-ვოლტი (ეე)**, **კილოელექტრონვოლტი (კეე)** და **მეგაელექტრონვოლტი (მეე)**.

• **ელექტრონვოლტი** იმ კინეტიკური ენერგიის ტოლია, რომელსაც ელექტრონი შეიძენს ორ წერტილს შორის აჩქარებული მოძრაობის დროს, თუ ძაბვა წერტილებს შორის 1 ვოლტია:

$$1 \text{ ეე} = eU = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ კ} \cdot 1 \text{ ვ} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ ჯ},$$

$$1 \text{ კეე} = 10^3 \text{ ეე} = 1,6022 \cdot 10^{-16} \text{ ჯ}. \quad 1 \text{ მეე} = 10^6 \text{ ეე} = 1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ ჯ}.$$

აქედან მივიღებთ:

$$1\text{ჯ} = \frac{1}{1,6022 \cdot 10^{-13}} \text{მეგ} = 6,2414 \cdot 10^{12} \text{მეგ}.$$



ალბერტ აინშტაინი
(1879–1955)
გერმანული წარმოშობის
ამერიკელი მეცნიერი

- თანამედროვე ფიზიკის თეორიის ფუძემდებელი, ფიზიკის დარგში ნობელის პრემიის ლაურეატი.

შეკინილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

რამდენჯერ შეიცვალა ნაწილაკების სისტემის ენერგია?

ნიმუში. ნაწილაკების სისტემის მასა შეიცვალა 1 მაე-თი:

$$\Delta m = 1 \text{ მაე}$$

გამოთვალეთ, რამდენი მეგ-ით შეიცვალა ამ სისტემის შინაგანი ენერგია (გამოთვლები ჩაატარეთ 0,0001 სიზუსტით).

მოცემულია	ამოხსნა
$\Delta m = 1 \text{ ა.ე. მ.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ კგ},$ $c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}},$ $\Delta E \rightarrow ?$	$\Delta E = \Delta mc^2$
გამოთვლა	
$\Delta E = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ კგ} \cdot 2,9979^2 \cdot 10^{16} \frac{\text{მ}^2}{\text{წმ}^2} = 14,9235 \cdot 10^{-11} \text{ ჯ} = 14,9235 \cdot 10^{-11} \cdot 6,2414 \cdot 10^{12} \text{ მეგ} = 931,5 \text{ მეგ}.$	
პასუხი. ნაწილაკების სისტემის მასის 1 მაე-თი ცვლილების დროს სისტემის შინაგანი ენერგია 931,5 მეგ-ით შეიცვლება.	

ამოცანა. რამდენით შეიცვლება ნაწილაკების სისტემის შინაგანი ენერგია, თუ სისტემის მასა 4 მაე-თი შეიცვლება? (გამოთვლები ჩაატარეთ 0,0001 სიზუსტით)

რა შეიტყვით?



• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ფემტომეტრი ან ფერმი არის ...; 2. კავშირი სისტემის შემადგენელი ნაწილაკების მასასა და ენერგიას შორის ...; 3. ელექტრონვოლტი არის ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორ მანძილებზეა ლაპარაკი ატომურ-ბირთვულ მოვლენებში და რა ერთეულებით იზომება ეს მანძილები?
2. რა ერთეულებით იზომება მასა ატომურ-ბირთვული მოვლენების დროს?
3. რა ერთეულებით იზომება ენერგია ატომურ-ბირთვული მოვლენების დროს?
4. რამდენი მეგაელექტრონვოლტია ერთი ჯიული?
5. შეგვიძლია თუ არა ბირთვის ენერგიის ცვლილების გამოთვლა, თუ ვიცით ბირთვის მასური რიცხვის ცვლილება ბირთვული დაშლის დროს? პასუხი დაასაბუთეთ.

საპარჯიშო

4.4

1. ელექტრონის მასა $9,11 \cdot 10^{-31}$ კგ-ის ტოლია, პროტონის მასა – $1,67 \cdot 10^{-27}$ კგ-ის. გამოსახეთ ეს სიდიდეები მასის ატომური ერთეულებით (მაე).
2. ბირთვში პროტონებს შორის მანძილი 1 ფმ-ა. გამოთვალეთ კულონური ურთიერთქმედების ძალა პროტონებს შორის.
3. რადონის ნახევარდაშლის პერიოდია 3,8 დღე-ღამე. რამდენი დღე-ღამის შემდეგ შემცირდება რადონის მასა 4-ჯერ?
4. რადიუმის ნახევარდაშლის პერიოდია 1600 წელი. ამ ნივთიერების რადიოაქტიური ბირთვების რა ნაწილი არ იქნება დაშლილი 3200 და 4800 წლის შემდეგ?
5. რამდენით შეიცვლება ნაწილაკების სისტემის ენერგია, თუ მისი მასა 25 მაე-თი შეიცვლება? (გამოთვლები 0,0001 სიზუსტით ჩაატარეთ)
6. ელემენტმა ${}_{42}^{90}\text{X}$ და 2β -დაშლა განიცადა. განსაზღვრეთ მიღებული ახალი Y ელემენტის მასური და მუხტის რიცხვები.

4.10

ბირთვის გრის ენერგია. მასის დეფიციტი

როგორც იცით, ატომის ბირთვი ერთმანეთთან ბმაში მყოფი ნაწილაკების სისტემაა.



- რომელი ნაწილაკებისაგან შედგება ატომის ბირთვი – ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების სისტემა?
- შესაძლოა, ბირთვის მასა მისი შემადგენელი ნაწილაკების მასათა ჯამია. როგორ გგონიათ, ასეა თუ არა ეს?

კვლევითი სამუშაო

1

განსაზღვრეთ „ბირთვის“ მასა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: ატომის მოდელის კონსტრუქტორის ბურთულები (8 წითელი და 10 თეთრი), სასწორი, საწონები, პოლიეთილენის პაკეტი.

სამუშაოს მსვლელობა:

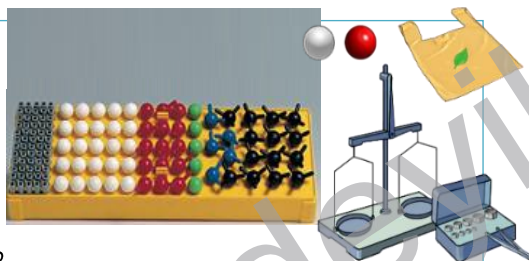
1. სამუშაო რეულში გადაიხაზეთ ცხრილი 4.2

წითელი ბურთულების – „ნეიტრონების“ – მასა, (კგ)	თეთრი ბურთულების – „პროტონების“ – მასა, (კგ)	წითელი და თეთრი ბურთულების საერთო მასა – „ბირთვის“ მასა

2. აწონეთ წითელი ბურთულები, შედეგი ჩაწერეთ ცხრილში. ეს „ნეიტრონების“ მასა იქნება.
3. აწონეთ თეთრი ბურთულები, შედეგი ჩაწერეთ ცხრილში. ეს „პროტონების“ მასა იქნება.
4. ჩაყარეთ ბურთულები პაკეტში, აწონეთ და შედეგი ცხრილში შეიტანეთ. ეს „ბირთვის“ მასა იქნება.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა თანაფარდობა აღმოაჩინეთ „ბირთვის“ მასასა და მისი შემადგენელი „პროტონების“ და „ნეიტრონების“ მასებს შორის?
- შეიძლება თუ არა, რომ ბირთვის მასა ნაკლები იყოს მისი შემადგენელი პროტონებისა და ნეიტრონების მასების ჯამზე? რატომ?



მრავალრიცხოვანი ცდის შედეგად ერთი უცნაური ფაქტი გამოიკვეთა: ბირთვის მასა ყოველთვის ნაკლებია მისი შემადგენელი ნუკლონების (პროტონებისა და ნეიტრონების) მასების ჯამზე.

$$M_{\text{ბირთ}} < Zm_p + Nm_n$$

ეს ნიშნავს, რომ ბირთვის შემადგენელი ნუკლონების მასების ჯამსა და ბირთვის მასას შორის არსებობს სხვაობა – მასის დეფექტი:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{\text{ბირთ}} \quad (1)$$

აქ $M_{\text{ბირთ}}$ ბირთვის მასაა, Z და N – შესაბამისად პროტონებისა და ნეიტრონების რაოდენობა ბირთვში, m_p – პროტონის მასა, m_n – ნეიტრონის მასა, Δm – მასის დეფექტი.

ნუკლონებისგან ბირთვის წარმოქმნისას რატომ მცირდება ბირთვის მასა მასის დეფექტის ტოლი სიდიდით? მასის შემცირება ნუკლონებისაგან ბირთვის წარმოქმნის დროს ნიშნავს ნუკლონებს შორის ურთიერთქმედების ენერგიის შემცირებას ბმის ენერგიის ტოლი სიდიდით ($E_{\text{ბმ}}$).

• **ბირთვის ბმის ენერგია** არის მინიმალური ენერგია, რომელიც საჭიროა ბირთვის ცალკეულ ნუკლონებად დასაშლელად.

ბირთვის ბმის ენერგიის გამოსათვლელად იყენებენ ა. აინშტაინის ფორმულას, რომელიც მასასა და ენერგიას აკავშირებს:

$$E_{\text{ბმ}} = \Delta E = \Delta mc^2$$

ან

$$E_{\text{ბმ}} = [Zm_p + Nm_n - M_{\text{ბირთ}}] \cdot c^2 \quad (2)$$

სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის ბირთვების ბმის ენერგიის გამოსათვლელად მე-(2) ფორმულაში პროტონისა და ბირთვის მასის ნაცვლად უნდა ჩავწეროთ წყალბადის ბირთვის მასა (m_H) და ქიმიური ელემენტის ატომის მასა (M_A). ამ დროს მე-(2) ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$E_{\text{ბმ}} = [Zm_H + Nm_n - M_A] \cdot c^2 \quad (3)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ 1 მაე 931,5 მევ ენერგიას შეესაბამება, მე-(3) ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$E_{\text{ბმ}} = [Zm_H + Nm_n - M_A] \cdot 931,5 \text{ მევ} \quad (4)$$

ცხრილ 4.3-ში მოცემულია ზოგიერთი ნაწილაკისა და ქიმიური ელემენტის ატომის მასა.

ცხრილი 4.3.

ნაწილაკი და ქიმიური ელემენტი	მასა	ქიმიური ელემენტი	მასა
	მაე		მაე
ელექტრონი (${}_{-1}^0e$)	0,0005486	ლითიუმი (${}_{3}^7\text{Li}$)	6,941
პროტონი (${}_{1}^1p$)	1,0072765	ნახშირბადი (${}_{6}^{12}\text{C}$)	12,0
ნეიტრონი (${}_{0}^1n$)	1,008665	ნახშირბადი (${}_{6}^{13}\text{C}$)	13,003354
წყალბადი (${}_{1}^1\text{H}$)	1,007825	ურანი (${}_{92}^{235}\text{U}$)	235,04418
დეიტერიუმი (${}_{1}^2\text{H}$)	2,014102	ურანი (${}_{92}^{238}\text{U}$)	238,05113
ტრიტიუმი (${}_{1}^3\text{H}$)	3,016062	ნეპტუნი (${}_{93}^{239}\text{Np}$)	239,05320
ჰელიუმი (${}_{2}^4\text{He}$)	4,002603	პლუტონიუმი (${}_{94}^{239}\text{Pu}$)	239,05242
ჰელიუმი (${}_{2}^3\text{He}$)	3,016042		

ბირთვის მდგრადობა ხასიათდება სიდიდით, რომელსაც ბმის კუთრი ენერგია ეწოდება.

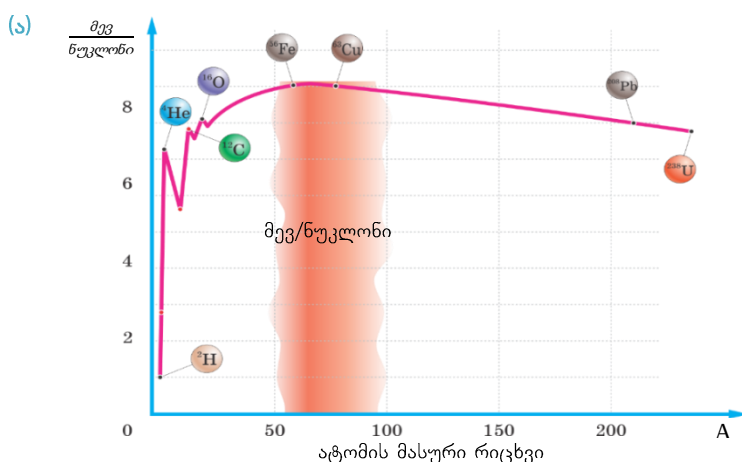
- ბირთვის ბმის კუთრი ენერგია ეწოდება ერთი ნუკლონის შესაბამის ბმის ენერგიას.

$$\varepsilon = \frac{E_{CB}}{A}$$

აქ A ბირთვში ნუკლონების რაოდენობაა, ε – ბმის კუთრი ენერგია. ბმის კუთრი ენერგიის საზომი ერთეულია:

$$[\varepsilon] = \frac{[E_{CB}]}{[A]} = 1 \frac{\text{მეგ}}{\text{ნუკლონი}}$$

წყალბადის ბირთვის ბმის კუთრი ენერგია ნულის ტოლია, რადგან მისი ბირთვი ერთი პროტონისაგან შედგება. მაქსიმალური ბმის კუთრი ენერგია, დაახლოებით 8,5 მეგ/ნუკლონი, აქვს ელემენტებს, რომელთა მასური რიცხვი $28 \leq A \leq 138$. შუალედშია. მასური რიცხვის შემდგომი გაზრდა იწვევს ბმის კუთრი ენერგიის შემცირებას (ა).



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. გამოთვალეთ მასის დეფექტი და ბმის ენერგია ბირთვისათვის ${}^4_2\text{He}$.

რა შეიტყვეთ?

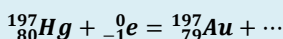
- სამუშაო რეგულში გადანერეთ მოცემული საკვანძო სიტყვები მოიყვანეთ მათი განმარტებები: 1. მასის დეფექტი არის ...; 2. ბმის ენერგია არის ...; 3. ბმის კუთრი ენერგია არის ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რატომ არის ბირთვის მასა მისი შემადგენელი ნუკლონების მასების ჯამზე ნაკლები? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. როგორ გამოვთვალოთ მასის დეფექტი?
3. დეიტერიუმის ბირთვის, ანუ წყალბადის იზოტოპის, ბმის ენერგიაა 1,1 მეგ/ნუკლონი. რას ნიშნავს ეს?
4. რა განსხვავებაა ბმის ენერგიასა და ბმის კუთრი ენერგიას შორის?

4.11 ბირთვული რაქაქიეპი

შუა საუკუნეებში (მე-7-16 საუკუნეებში) ალქიმიკოსები „ფილოსოფიური ქვის“ საიდუმლოს ამოცნობაზე ოცნებობდნენ, უნდოდათ მიეგნოთ ქიმიური რეაქციისათვის, რომლითაც ვერცხლისწყალს ოქროდ გააქცევდნენ. შემდგომ ასწლეულებშიც ცდილობდნენ ქიმიკოსები ამის მიღწევას (ქიმიური ელემენტების პერიოდულ სისტემაში ვერცხლისწყალი ოქროსთან ყველაზე ახლოს განლაგებული და იაფი ელემენტია). ბოლოს და ბოლოს, 1940 წელს ქიმიკოსმა ჰარვარდის უნივერსიტეტიდან (ბოსტონი, აშშ) ალმოაჩინა ვერცხლისწყლის ოქროდ გადაქცევის მეთოდი. ეს მეთოდი ემყარება ვერცხლისწყლის რადიოაქტიური იზოტოპის ვერცხლისწყალ-197-ის ($_{80}^{197}\text{Hg}$) β -ნაწილაკებით დაბომბვას:



მაგრამ მიღებული ოქროს იზოტოპი 5-10 წუთის შემდეგ ისევ ვერცხლისწყლად გადაიქცა.

- ?
- რას ნიშნავს იზოტოპების დაბომბვა ნაწილაკებით?
 - რომელი ნაწილაკით დაბომბვის დროს არის შესაძლებელი ბირთვის გარდაქმნა სხვა ქიმიური ელემენტის ბირთვად?
 - რომელ ქიმიურ ელემენტებს შეუძლია თავისთავად სხვა ქიმიურ ელემენტად გარდაქმნა? რატომ?

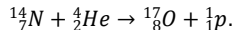
პლავითი საფუძო

1

პირველი ბირთვული რეაქცია!

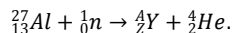
ამოცანა. პირველი ბირთვული რეაქცია 1919 წელს განახორციელა რეზერფორდმა.

α -ნაწილაკებით ($_{2}^4\text{He}$) აზოტის $_{7}^{14}\text{N}$ ბირთვის დაბომბვისას მან ჟანგბადის ბირთვი $_{8}^{17}\text{O}$ და ერთი პროტონი ($_{1}^1\text{p}$) მიიღო:



ალუმინის $_{13}^{27}\text{Al}$ ბირთვის ნეიტრონით დაბომბვის დროს მიიღეს სხვა ბირთვი და α -ნაწილაკი ($_{2}^4\text{He}$).

განსაზღვრეთ ბირთვული რეაქციის შედეგად მიღებული Y ელემენტის მასური და მუხტის რიცხვი:



იმსჯელეთ შედეგებზე:

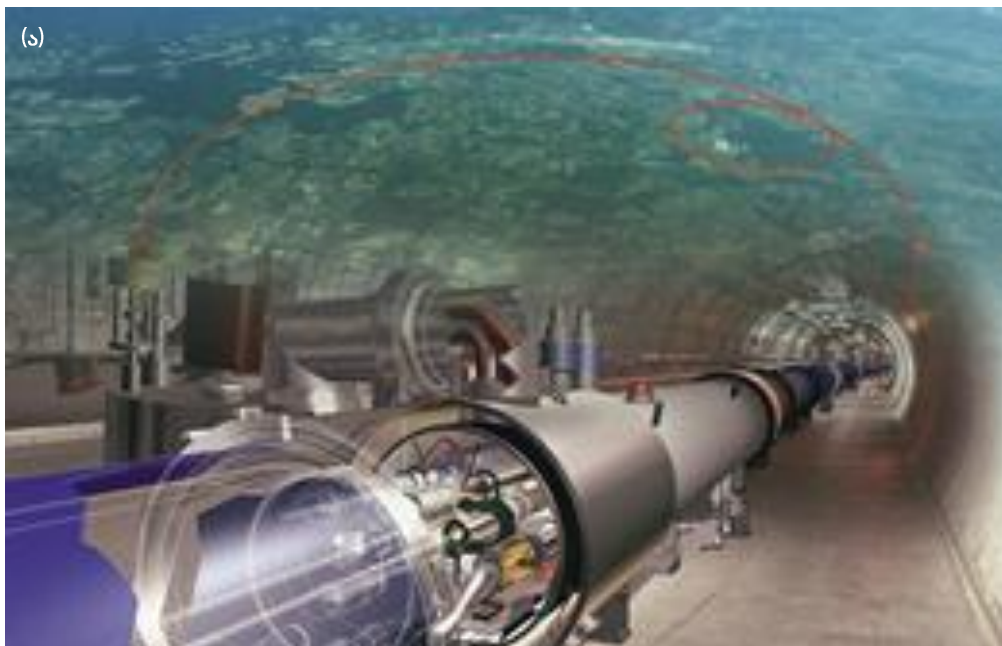
- რატომ ეწოდება რეაქციას, რომელიც ნაწილაკებით ატომის დაბომბვის დროს ხდება, ბირთვული რეაქცია?

ბირთვის გარდაქმნა სხვა ბირთვად მხოლოდ რადიოაქტიური გარდაქმნის გზით არ ხდება. ბირთვის შემადგენლობა იცვლება ბირთვების ერთმანეთთან და ბირთვების სხვა ნაწილაკებთან ურთიერთქმედების დროსაც.

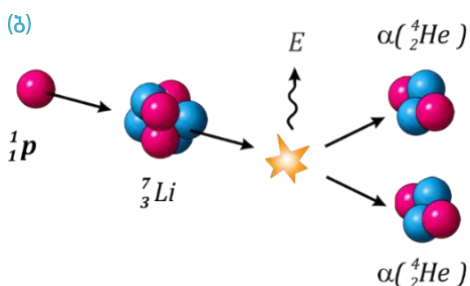
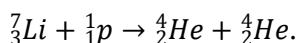
• რომელიმე ნაწილაკთან ურთიერთქმედების დროს ატომის ბირთვის გარდაქმნას სხვა ატომის ბირთვად **ბირთვული რეაქცია** ეწოდება.

ბირთვული რეაქციის წარმოქმნისათვის საჭიროა, ურთიერთმოქმედი ნაწილაკები ან ბირთვები ერთმანეთს ბირთვული ძალების მოქმედების მანძილზე (10^{-15} მ) მიუახლოვდნენ. ამისათვის აუცილებელია ამ ნაწილაკებს დიდი კინეტიკური ენერგია მივანიჭოთ. ამ მიზნით შექმნილია სპეციალური დანადგარი, რომელსაც **ელემენტარული ნაწილაკების ამაჩქარებელი** ეწოდება.

ნახატზე წარმოდგენილია ელემენტარული ნაწილაკების ამაჩქარებლის მინისტქემა დანადგარის ბლოკსქემა (ა). მისი სიგრძე რამდენიმე ათეული კილომეტრია.



ასეთ ამაჩქარებლებში, მაგალითად α -ნაწილაკი იძენს კინეტიკურ ენერგიას, რომელიც ასეულ ათასჯერ მეტია რადიაციული დაშლის დროს წარმოქმნილი α -ნაწილაკის ენერგიაზე. აჩქარებული ნაწილაკის (პროტონის) გამოყენებით პირველი ბირთვული რეაქცია 1932 წელს განხორციელდა. ეს იყო ლითიუმის ბირთვის გარდაქმნა ჰელიუმის ორ ბირთვად (ბ):



ამ რეაქციაში წარმოქმნილი ჰელიუმის ბირთვების კინეტიკური ენერგია მეტია აჩქარებული პროტონის კინეტიკურ ენერგიაზე. ეს ნიშნავს, რომ ლითიუმის ბირთვის შინაგანი ენერგიის ნაწილი ჰელიუმის წარმოქმნილ ბირთვებს გადაეცა, რის გამოც მათი კინეტიკური ენერგია გაიზარდა.

ნეიტრონის აღმოჩენამ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა ბირთვული რე-

აქციების შესწავლაში. ელექტრონეიტრალური ნეიტრონი აჩქარების გარეშეც დაუბრკოლებლად შედის ატომის ბირთვში და მას სხვა ბირთვად აქცევს.

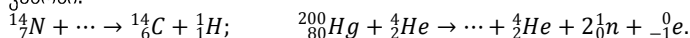
ბირთვულ რეაქციაში მონაწილე ელემენტების მასური რიცხვებისა და მუხტის რიცხვების ჯამები რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ ერთნაირია. ეს ბირთვულ რეაქციაში მასური და მუხტის რიცხვის აბსოლუტური მნიშვნელობის მუდმივობის კანონია.

კვლევითი სამუშაო

2

დაასრულეთ ბირთვული რეაქციების ჩანაწერები.

ამოცანა. დაასრულეთ ბირთვული რეაქციები. გამოიყენეთ მასური და მუხტის რიცხვის მუდმივობის კანონი:



რა შეიტყვით?

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ბირთვული რეაქცია არის ...
2. ელემენტარული ნაწილაკების ამაჩქარებელი არის ...
3. მასური რიცხვის შენახვის კანონი - ...
4. მუხტის რიცხვის შენახვის კანონი - ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რით განსხვავდება ბირთვული რეაქცია რადიოაქტიური დაშლისაგან?
2. რა მიზნით გამოიყენება ელემენტარული ნაწილაკების აჩქარება?
3. რატომ შეუძლია ნეიტრონს ბირთვული რეაქციის გამოწვევა ნებისმიერ დროს, ხოლო α - და β -ნაწილაკებს მხოლოდ მას შემდეგ, რაც დიდი კინეტიკურ ენერგიას შეიძენენ?
4. რომელი მუდმივობის კანონები სრულდება ბირთვული რეაქციების დროს?

სავარჯიშო

4.5

1. განსაზღვრეთ რკინის იზოტოპის ${}^{56}_{26}Fe$ -ის ბმის კუთრი ენერგია, თუ მისი ატომური მასაა 55,9355 მაე.
2. განსაზღვრეთ ტრიტიუმის მასის დეფექტი, ბმის ენერგია და ბმის კუთრი ენერგია.
3. დაასრულეთ მოცემული ბირთვული რეაქციები:
 - 1) ${}^9_4Be + {}^4_2He \rightarrow {}^{12}_6C + \dots$;
 - 2) $\dots + {}^1_1H \rightarrow {}^{22}_{11}Na + {}^4_2He$;
 - 3) ${}^{55}_{25}Mn + {}^1_1H \rightarrow \dots + {}^1_0n$;
 - 4) ${}^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow \dots + 3 \cdot {}^1_0n + {}^{143}_{55}Cs$.
4. დაასრულეთ მოცემული ბირთვული რეაქციები:
 - 1) ${}^{18}_8O + {}^1_1H \rightarrow \dots + {}^1_0n$;
 - 2) $\dots + {}^4_2He \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^1_1H$;
 - 3) ${}^{56}_{26}Fe + {}^2_1H \rightarrow \dots + {}^4_2He$;
 - 4) ${}^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow {}^{95}_{38}Sr + \dots + {}^{139}_{54}Xe$.

4.12 ურანის ბირთვის გაყოფა

ბირთვის აგებულების, აგრეთვე ნუკლონებს შორის ბმის ენერგიის ბირთვის მასურ რიცხვზე დამოკიდებულების დადგენის შემდეგ მეცნიერები ბირთვის უფრო ღრმად შესწავლას შეუდგნენ. ისინი სწავლობდნენ პროცესებს, რომლებიც მაღალი სიჩქარის ნაწილაკებით: α -ნაწილაკებით, ნეიტრონებითა და β -ნაწილაკებით სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების ბირთვების დაბომბვის დროს წარმოიშობოდა. ამ კვლევებმა მეცნიერები მოულოდნელ აღმოჩენამდე მიიყვანეს. გაირკვა, რომ ნეიტრონებით დაბომბვის დროს მძიმე ბირთვები ორ ნამსხვრევად – საშუალო მასის ქიმიური ელემენტების ბირთვებად – იყოფა; ამავე დროს წარმოიქმნება ახალი ნეიტრონებიც.

• რომელი ძალების მოქმედებით იყოფა ბირთვი ორ ნაწილად: ნუკლონებს შორის მოქმედი მძლავრი ბირთვული ძალების თუ ელექტრული ბუნების კულონური ძალების?

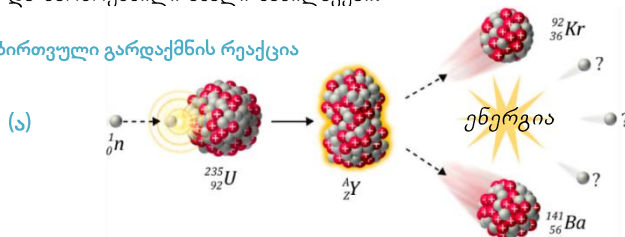
კვლევითი სამუშაო

1

ურანის ბირთვის ნეიტრონებით დაბომბვის დროს მოულოდნელი რამ მოხდა...

ამოცანა. 1938 წელს გერმანელმა მეცნიერებმა ოტო განმა და ფრიც შტრასმანმა აღმოაჩინეს **ურანის მძიმე ბირთვების გაყოფა** მათი ნეიტრონებით დაბომბვის დროს. ამ რეაქციის დროს ურანის იზოტოპი ურან-235 ჩაიტყვის ნეიტრონს და სხვა იზოტოპად გადაიქცევა. მაგრამ ეს იზოტოპი არამდგრადობის გამო ორ ნაწილად იყოფა – პერიოდული სისტემის შუა ნაწილის ელემენტების ბირთვებად. რეაქციის დროს კიდევ სამი ერთნაირი ნაწილაკი წარმოიშობა (ა). განსაზღვრეთ ამ ბირთვული რეაქციის დროს მიღებული იზოტოპი A_ZY და წარმოქმნილი ახალი ნაწილაკები.

დანერეთ ბირთვული გარდაქმნის რეაქცია



იმსჯელეთ შედეგებზე:

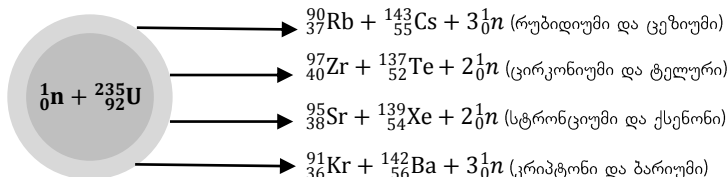
- რა მოხდება, თუ თითოეული ახლად წარმოქმნილი ნაწილაკი ურან-235-ის ბირთვს დაეჯახება?
- რა არის უჩვეულო ამ რეაქციაში: რით განსხვავდება ადრე შესწავლული სხვა ბირთვული რეაქციებისაგან?

მძიმე ბირთვების გაყოფა. ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ მძიმე ბირთვების ნეიტრონებით დაბომბვის დროს, მაშინ როდესაც ეს პროცესი ერთნაირ პირობებში მიმდინარეობს, უცნაური მოვლენები ხდება:

- წარმოიქმნება პერიოდული სისტემის შუა ნაწილის ქიმიური ელემენტები;
- წარმოიქმნება ნეიტრონების ახალი თაობა;
- ახალი ნეიტრონები ბირთვული გაყოფის ახალ რეაქციებს იწვევენ, შედეგად იზრდება წარმოქმნილი ნეიტრონების რაოდენობა.
- გამოიყოფა დიდი რაოდენობის ენერგია.

მაგალითად, ურან-235-ის ბირთვისა და ნეიტრონის დაჯახების დროს შეიძლება წარმოიქმნას სხვადასხვა ბირთვები და ახალი ნეიტრონები, ამ დროს აგრეთვე გამოიყოფა დიდი რაოდენობის ენერგია, ე. ი. შეიძლება განხორციელდეს (ბ) ნახატზე წარმოდგენილი ნებისმიერი ბირთვული რეაქცია.

(ზ)



ურანის ბირთვის გაყოფის მექანიზმი. ამ გაყოფის მექანიზმი ნილს ბორმა ბირთვის წვეთოვან მოდელზე დაყრდნობით ახსნა. მისი აზრით, ბირთვი სითხის წვეთს მოგვაგონებს, რომელიც ელექტრულად დამუხტული ნუკლონებისაგან შედგება. ნეიტრონის დაჯახების შემდეგ ეს წვეთი ალიგზდება. ირდევვა ბალანსი ნუკლონებს შორის მოქმედ მიზიდულობის ბირთვულ ძალებსა და პროტონებს შორის მოქმედ კულონური განზიდვის ძალებს შორის. ბირთვი დეფორმირდება და ნაგრძელებულ ფორმას მიიღებს, რაც ნუკლონების ერთმანეთისგან დაშორებას გამოიწვევს. ამის გამო ნუკლონებს შორის მოქმედი კულონური განზიდვის ძალები გადააჭარბებს მიზიდულობის ბირთვულ ძალებს და ბირთვი ორ ნაწილად გაიყოფა (იხ. ა). ურანის ბირთვის გაყოფის დროს უფრო ნაკლები მასის ატომების ბირთვები წარმოიქმნება, მაგალითად ბარიუმისა და კრიპტონის ბირთვები. რადგან ნაწილაკების საერთო მასა, ბირთვული რეაქციის დროს მცირდება, ხდება მასის შემცირების ეკვივალენტური რაოდენობის ენერგიის გამოყოფა.

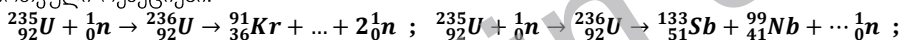
ბირთვის გაყოფის პროცესს თან ახლავს ახალი თაობის ორი-სამი ნეიტრონის წარმოქმნა (კონკრეტული რეაქციაში მათი რაოდენობა შეიძლება მეტიც იყოს). მძიმე ბირთვებში ნეიტრონების რაოდენობა პროტონების რაოდენობაზე მეტია. ბირთვის გაყოფის შედეგად მიღებული საშუალო მასის ბირთვებში ნეიტრონების რაოდენობის შეფარდება პროტონების რაოდენობასთან ნაკლებია, ვიდრე ანალოგიური შეფარდება მძიმე ბირთვებისათვის. ამიტომ ჭარბი ნეიტრონები გამოსხივდება.

შეპენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. ურან-235-ის ბირთვის ნეიტრონებით დაბომბვის დროს წარმოიქმნება ორი ახალი ბირთვი და გამოსხივდება სხვადასხვა რაოდენობის ნეიტრონები. შეავსეთ მოცემული ბირთვული რეაქციები:



რა შეიტყვით?

• **სამუშაო რვეულში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:**

1. მძიმე ბირთვების ნეიტრონებით დაბომბვის დროს ...;
2. ნეიტრონის შთანთქმის შემდეგ ურანის ბირთვის ორ ნაწილად გაყოფის მიზეზია ...
3. ურანის ბირთვის გაყოფის დროს ენერგიის გამოსხივების მიზეზია ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელი უფრო ეფექტურია: ურანის ბირთვების დაბომბვა პროტონებით თუ ნეიტრონებით? რატომ?
2. რატომ წარმოიქმნება ურანის ბირთვის გაყოფის დროს ახალი თაობის ნეიტრონები?
3. ურანის ბირთვის გაყოფის დროს რატომ გამოსხივდება დიდი რაოდენობის ენერგია?

4.13 ჯაჭვური ბირთვული რეაქცია. ატომური ბომბი

მძიმე ქიმიური ელემენტების ბირთვების გაყოფის პროცესის შესწავლამ სხვა აღმოჩენებიც გამოიწვია. სამწუხაროდ, პირველივე აღმოჩენას კაცობრიობის წინააღმდეგ მიმართული მასობრივი განადგურების იარაღის – ატომური ბომბის შექმნა მოჰყვა. ალბათ, გაგნითა ატომური ტრაგედიის შესახებ, რომელიც იაპონიის ქალაქებში ჰიროსიმასა და ნაგასაკიში მოხდა.



- რამდენი ადამიანი დაიღუპა ამ ქალაქებზე მხოლოდ ორი ატომური ბომბის ჩამოგდების შედეგად?
- საიდან წარმოიქმნა ასეთი „გამანადგურებელი ძალა“ 4 ტონა მასის ატომურ ბომბში, რომელმაც ფერფლად აქცია ადამიანები, დაანგრია შენობები, სასაფლაოდ გადააქცია ქალაქები?

კვლევითი საფუძაო

1

პირველი 30 წამის განმავლობაში ქალაქის მოსახლეობის 30% დაიღუპა!

ამოცანა. 1945 წლის 6 აგვისტოს ამერიკელმა სამხედროებმა იაპონურ ქალაქ ჰიროსიმაში ატომური ბომბი ჩამოაგდეს. აფეთქების ეპიცენტრის ირგვლივ პირველი 30 წამის განმავლობაში დაინვა და ფერფლად იქცა ქალაქის მოსახლეობის 30%. შემდეგი ერთი კვირის განმავლობაში რადიოაქტიური გამოსხივებისაგან ქალაქის მოსახლეობის კიდევ 28% დაიღუპა. აფეთქების დღეს ჰიროსიმაში 260 000 ადამიანი ცხოვრობდა.

განსაზღვრეთ აფეთქების პირველ 30 წამსა და შემდეგი კვირის განმავლობაში დაღუპული ადამიანების რაოდენობა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

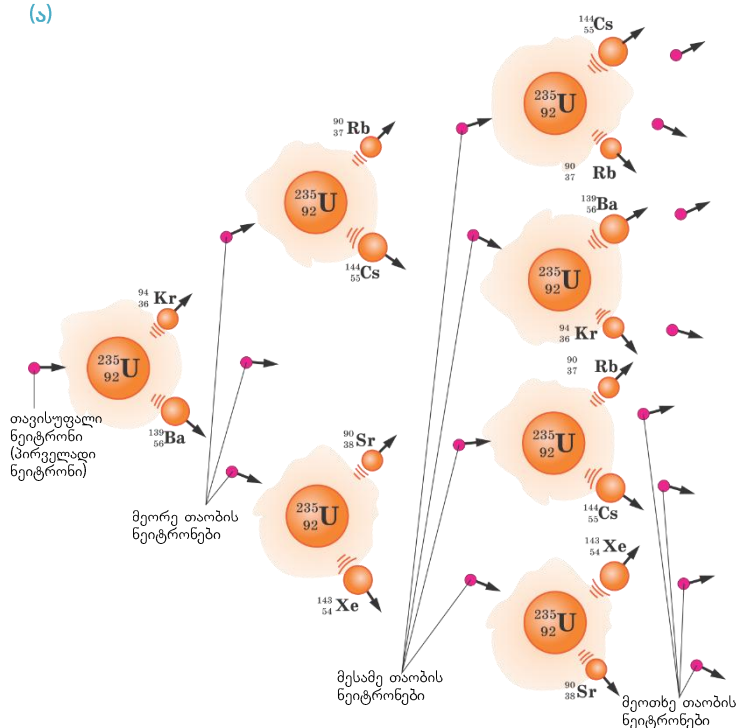
- საიდან წარმოიქმნა აფეთქების დროს ასეთი დიდი ენერგია, რომელმაც ამდენი ადამიანი გაანადგურა?
- რომელი გამოსხივების მომაკვდინებელი მოქმედება განიცადეს ადამიანებმა, რომლებიც აფეთქების შემდგომი ერთი კვირის განმავლობაში დაიღუპნენ?



ჯაჭვური ბირთვული რეაქცია. „ახალი თაობის“ ნეიტრონები, რომლებიც ურანის ბირთვის გაყოფის დროს წარმოიქმნება, ურანის სხვა ბირთვებთან დაჯახების შემდეგ მათ დაშლასაც იწვევენ. ყოველი ასეთი რეაქციის შემდეგ წარმოიქმნება ნეიტრონების ახალი თაობა, რომელსაც ასევე აქვს უნარი, გამოიწვიოს ბირთვების გაყოფა და ა. შ. ასე რომ, პირველადი ნეიტრონების მოქმედება ურანის ბირთვების გაყოფის გრძელ ჯაჭვს წარმოქმნის (ა).

• **ჯაჭვური რეაქცია** არის ურანის გაყოფილი ბირთვების რაოდენობის ზეგავისებრი ზრდა.

(ა)



ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის წარმოქმნის აუცილებელი პირობები. ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის განხორციელებისათვის აუცილებელია ორი პირობის შესრულება:

1. ჯაჭვური რეაქციის დროს ნეიტრონების რაოდენობის გამრავლების კოეფიციენტი ერთის ტოლი ან ერთზე მეტი უნდა იყოს.

• **ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი** ეწოდება ჯაჭვური რეაქციის ამ თაობის ნეიტრონების რაოდენობის შეფარდებას წინა თაობის ნეიტრონების რაოდენობასთან:

$$k = \frac{N_{\text{ეს თაობა}}}{N_{\text{წინა თაობა}}}$$

ე. ი. ჯაჭვირი ბირთვული რეაქციის განსახორციელებლად ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი $k \geq 1$ უნდა იყოს. თუ $k > 1$, იმ ნეიტრონების რაოდენობა, რომლებიც ბირთვის გაყოფას იწვევენ, თანდათან იზრდება და იწყება უმართავი ბირთვული რეაქცია, რომელიც აფეთქებით მთავრდება. თუ ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი $k < 1$, ნეიტრონების რაოდენობა თანდათან მცირდება და ბირთვების დაშლის რეაქცია წყდება. თუ ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი $k = 1$, ნეიტრონების რაოდენობა, რომლებიც ბირთვის გაყოფას იწვევენ, არ იცვლება და შესაძლებელია ჯაჭვური რეაქციის მართვა.

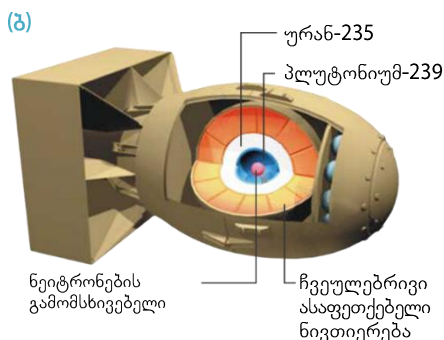
2. ურანის მასა გარკვეულ, ანუ კრიტიკულ, მასაზე ნაკლები არ უნდა იყოს. კრიტიკული მასა უზრუნველყოფს ნეიტრონების შემდგომ დაჯახებებს ურანის ბირთვებთან და, შესაბამისად, ჯაჭვური რეაქციის წარმოქმნას.

თუ მასა კრიტიკულზე ნაკლები იქნება, ურანის ბირთვებთან ნეიტრონების დაჯახება არ მოხდება.

• ურანის მასის მინიმალურ რაოდენობას, რომელიც აუცილებელია ჯაჭვური რეაქციის წარმოქმნისათვის, **კრიტიკული მასა** ეწოდება.

ურანის იზოტოპის ურან-235-თვის $^{235}_{92}\text{U}$ კრიტიკული მასა 48 კგ-ია, პლუტონიუმის იზოტოპ $^{239}_{94}\text{Pu}$ -თვის – 10 კგ.

ატომური ბომბი. ატომური ბომბის აფეთქება ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის შედეგია. ამ დროს რეაქცია ყველაზე მარტივი მეთოდით ხორციელდება. იღებენ ორი მძიმე ბირთვული ქიმიური ელემენტისაგან დამზადებულ სხეულს, რომელთა მასა კრიტიკულ მასაზე ოდნე ნაკლებია (ბ): პირველი ურანის იზოტოპის ურან-235-საგან დამზადებული კაფსულაა, მეორე – პლუტონიუმ-239, რომელიც ამ კაფსულაშია მოთავსებული. ცალკე, თითოეულ მათგანში ჯაჭვური რეაქცია არ ხდება, რადგან მათი მასა კრიტიკულზე ნაკლებია. მაგრამ უმნიშვნელო სიმძლავრის ჩვეულებრივი აფეთქება, ბომბის შიგნით, აერთიანებს ამ ნივთიერებებს და იწყება უმართავი ბირთვული რეაქცია – ბირთვული აფეთქება. აფეთქების დროს ტემპერატურა მკვეთრად იზრდება მილიონ გრადუსამდე, ურანის კაფსულა და სხვა ნივთიერებები ორთქლად იქცევა. ცხელი პლაზმა დიდი სიჩქარით ფართოვდება, ნეავს და ანადგურებს ყველაფერს გავრცელების გზაზე.



შპქენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო

2

დაასრულეთ ამოხსნა ამოცანის პირობისა და ამოხსნის პრინციპის გაცნობის შემდეგ.

ამოცანა. რამდენ ენერგიას გამოყოფს ურანის 48 კგ მასის იზოტოპი ურან-235 ჯაჭვური რეაქციის დროს?

ამოხსნა. ურანის ბირთვის ბმის კუთრი ენერგია ტოლია $\epsilon_{\text{ურანი}} = 7,6 \frac{\text{მეგ}}{\text{ნუკლონი}}$, დაშლის შედეგად მიღებული საშუალო მასის ბირთვების ბმის კუთრი ენერგია ტოლია $\epsilon_{\text{ნარ}} = 8,5 \frac{\text{მეგ}}{\text{ნუკლონი}}$ (იხ. თემა 4.9). სხვაობა ამ ენერგიებს შორის:

$$\epsilon = (8,5 - 7,6) \frac{\text{მეგ}}{\text{ნუკლონი}} = 0,9 \frac{\text{მეგ}}{\text{ნუკლონი}}$$

ურან $^{236}_{92}\text{U}$ -ის ერთი ბირთვის დაშლის დროს გამოყოფილი ენერგია იქნება $\epsilon = 0,9 \text{ მეგ} \cdot 236 \approx 200 \text{ მეგ}$, რადგან ყოველ გაყოფაში 236 ნუკლონი მონაწილეობს. 1 კგ მასის ურანის იზოტოპ ურან-235-ში არის $N = \frac{6,02 \cdot 10^{26}}{235} = 2,6 \cdot 10^{24}$ ცალი ბირთვი. ამ რაოდენობის ბირთვების დაშლის დროს გამოყოფილი სრული ენერგია იქნება:

$$\epsilon = 200 \cdot 2,6 \cdot 10^{24} \text{ მეგ} = 5,2 \cdot 10^{26} \text{ მეგ} = 8,3 \cdot 10^{13} \text{ ჯ.}$$

გამოთვალეთ: რამდენი ენერგია გამოიყოფა ატომური ბომბის აფეთქების დროს, რომელიც 48 კილოგრამ ურან-235-ში ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის გამო მოხდა.

რა შეიტყვით?

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. ჯაჭვური ბირთვული რეაქცია არის ...
2. ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი არის ...
3. კრიტიკული მასა არის ...
4. ატომური ბომბი არის ...

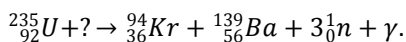
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელ რეაქციას ეწოდება ჯაჭვური ბირთვული რეაქცია?
2. რა პირობებია აუცილებელი ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის წარმოშობისათვის?
3. რომელი ბირთვული რეაქციაა გამოყენებული ატომურ ბომბში?
4. პირველად სად გამოიყენეს ატომური ბომბი და რა შედეგებით დასრულდა აფეთქება?

სამკარგო

4.6

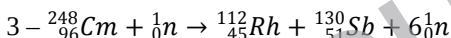
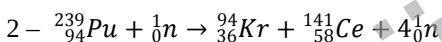
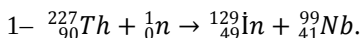
1. რომელი ძალების მოქმედება იწვევს ბირთვის ნამსხვრევების დიდი სიჩქარით მოძრაობას?
2. ნაწილაკის დაჯახების შემდეგ ურანის ბირთვი ორ ნამსხვრევად დაიშალა. ამ დროს წარმოიქმნა სამი ახალი ნეიტრონი და γ -გამოსხივება. რომელი ნაწილაკი დაეჯახა ურანის ბირთვს?



3. რომელი მოსაზრებაა სწორი?

- 1 – ურანის ბირთვის გაყოფის დროს წარმოიქმნება ბირთვის ორი ნამსხვრევი.
 - 2 – ურანის ბირთვის გაყოფის დროს გამოიყოფა დიდი რაოდენობის ენერგია.
 - 3 – ურანის ბირთვის გაყოფის დროს წარმოიქმნება ახალი თაობის ნეიტრონები.
 - 4 – ურანის ბირთვი ადვილად იშლება პროტონების დაჯახების დროს.
 - 5 – ურანის ბირთვი ადვილად იშლება ნეიტრონების დაჯახების დროს.
- ა) 1, 2, 3 და 4;
ბ) 1, 2, 3 და 5;
გ) 1, 3, 5;
დ) 1, 2, 3, 4 და 5;
ე) 1, 2, 5.

4. მოცემული რეაქციებიდან რომელია ბირთვის გაყოფის ჯაჭვური რეაქცია? რატომ?



5. რამდენი ენერგია გამოიყოფა ატომური ბომბის აფეთქების დროს, რომელიც 10 კილოგრამ პლუტონიუმ-239-ში ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის გამო მოხდა?

4.14

რადიაქტიური გამოსხივების მოქმედება. გამოსხივების შთანთქმული დოზა

2007 წლის 6 აგვისტოს „პიროსიმის მსხვერპლთა“ მემორიალზე ამოკვეთეს იმ 5221 ადამიანის სახელი, ვინც ქალაქის 260 000 მოსახლიდან გადარჩა ატომური აფეთქების შემდეგ. ეს ნიშნავს, რომ აფეთქების შემდგომი 62 წლის განმავლობაში რადიაციით მიყენებული ზიანის გამო თანდათან კიდე 100 000 ადამიანი დაიღუპა.

- როგორია რადიაქტიური გამოსხივების შემადგენლობა?
- არის თუ არა რადიაქტიური გამოსხივება თქვენს კლასში, სახლში, ზღვის სანაპიროზე, ხილსა და ბოსტნულებში?
- სახიფათოა თუ არა ადამიანისთვის ყველა სახის რადიაქტიური გამოსხივება?

რადიაქტიური გამოსხივება და მისი შემადგენლობა. გარკვეულ პირობებში რადიაქტიური გამოსხივების ზემოქმედება შეიძლება სახიფათო იყოს ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის. გამოსხივების ზემოქმედების შედეგი დამოკიდებულია გამოსხივების სახეობასა და მის ინტენსივობაზე. ზოგჯერ სუსტ გამოსხივებასაც შეუძლია ცოცხალი ქსოვილის ნორმალური ფუნქციონირების დარღვევა. მაგალითად, ბირთვული გამოსხივება ინვესს ცოცხალი ქსოვილების ატომებიდან ელექტრონების ამოგლეჯას, ანუ ატომების იონიზაციას და ქსოვილის ეს ნაწილი ზიანდება. ცოცხალ ორგანიზმში ზიანდება ნერვული სისტემა, ირღვევა ნივთიერებათა ცვლისა და ახალი უჯრედების წარმოქმნის პროცესი, ქვეითდება შთამომავლობის მოცემის უნარი. ორგანიზმი ავადდება სისხლის ნაკლებობით (მკვეთრად ეცემა ჰემოგლობინი), კიბოთი და სხივური დაავადებით, რომლებსაც შეუძლიათ ორგანიზმის დაღუპვა გამოიწვიონ.

რადიაქტიურ გამოსხივებას რთული შემადგენლობა აქვს. ის შეიძლება შედგებოდეს α - და β -ნაწილაკებისაგან, γ - და რენტგენის გამოსხივებისაგან, მძიმე ელემენტების პროტონების, ნეიტრონებისა და იონებისაგან. α -ნაწილაკს არ შეუძლია ჩვეულებრივ ფურცელსა და ადამიანის კანში შეღწევა, მაგრამ ღია ჭრილობიდან, საკვებიდან და სასუნთქი გზებიდან ორგანიზმში მისი მოხვედრა ძალიან სახიფათოა.

β -ნაწილაკებს შეღწევის მეტი უნარი აქვს: მათ შეუძლიათ ადამიანის კანში გავლა და ქსოვილებში რამდენიმე სანტიმეტრზე შეღწევა, ქსოვილებისთვის სერიოზული ზიანის მიყენება.

განსაკუთრებული შეღწევის უნარი აქვს γ - და რენტგენის გამოსხივებას, აგრეთვე ნეიტრონებს. მათგან დასაცავად რკინაბეტონისა და ტყვიის სქელკედლიან საფარს იყენებენ. ამიტომ ამ სახის გამოსხივება განსაკუთრებით სახიფათოა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის.

გამოსხივების მოქმედებისაგან დაცვის ყველაზე მარტივი გზაა გამოსხივების წყაროდან რაც შეიძლება შორს ყოფნა, რადგან გამოსხივების ინტენსივობა წყაროსგან დაშორებისას მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულად მცირდება.

გამოსხივების შთანთქმული დოზა. ცოცხალ ორგანიზმზე გამოსხივების მოქმედება ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც გამოსხივების შთანთქმული დოზა ეწოდება.

• გამოსხივების შთანთქმული დოზა ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც სხეულის მიერ შთანთქმული ენერგიის სხეულის მასასთან შეფარდების ტოლია:

$$D = \frac{E}{m}.$$

აქ D გამოსხივების შთანთქმული დოზაა, E – სხეულის მიერ შთანთქმული გამოსხივების ენერგია, m – სხეულის მასა, რომელმაც გამოსხივება შთანთქა.

გამოსხივების შთანთქმული დოზის საზომი ერთეული SI ერთეულთა სისტემაში არის გრეი (გრ).

$$[D] = \frac{[E]}{[m]} = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}} = 1 \text{ გრ.}$$

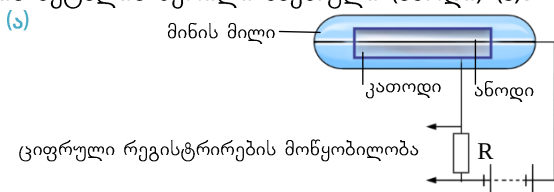
• სხეულის მიერ შთანთქმული, ანუ მიღებული, დოზა არის 1 გრეი, თუ სხეულის თითოეულმა კილოგრამმა მაიონიზებული გამოსხივების 1 ჯ ენერგია მიიღო.

პრაქტიკაში გამოსხივების დოზას ხშირად რენტგენებით (რ) გამოხატავენ:

$$1 \text{ რ} \approx 0,01 \text{ გრ.}$$

მზის რადიაცია, კოსმოსის გამოსხივება, დედამიწის ქერქისა და გარემოს რადიაცია გამოსხივების ბუნებრივ ფონს ქმნის, რის გამოც ადამიანი შთანთქმული დოზის გარკვეულ რაოდენობას იღებს. ამ დოზის წლიური ნორმა ყოველი ადამიანისთვის 0,002 გრეის შეადგენს. ადამიანის მიერ ხანმოკლე დროის განმავლობაში მიღებული გამოსხივების დოზა 3-10 გრეი მომაკვდინებლად ითვლება.

დოზიმეტრები. რადიაქტიური დაშლის შესახებ ინფორმაციის მისაღებად გამოიყენება მრიცხველები – დეტექტორები, რომლებიც გამოსხივების შემადგენლობაში არსებული ნაწილაკებისა და γ -გამოსხივების რეგისტრირებას ახდენენ. პრაქტიკაში განსაკუთრებით ხშირად გამოიყენება გაიგერის მრიცხველი – დოზიმეტრი, რომელიც ავტომატურად ითვლის გამოსხივებულ ნაწილაკებს. მრიცხველი შედგება მინის მილისაგან, რომელიც შიგნიდან მეტალის ფოლგითაა (კათოდი) დაფარული. მილის ღერძის გასწვრივ გადის მეტალის წვრილი მავთული (ანოდი) (ა).



ანოდსა და კათოდს შორის მაღალი ძაბვაა. მილი შევსებულია ნეონის ან არგონის აირით. აირის წნევა მილში დაბალია. რადიაქტიური გამოსხივების შემადგენლობაში შემავალი დამუხტული ნაწილაკები მილში მოხვედრის დროს იწვევენ არსებული აირის იონიზაციას: წარმოქმნილი ელექტრონები ანოდისაკენ მიემართებიან, დადებითი იონები – კათოდისაკენ. მილში გამავალი დენი მკვეთრად იზრდება და ციფრული მოწყობილობის საშუალებით რეგისტრირდება (იხ. ა).

შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

2

ამოცანა. ბირთვული კვლევების ლაბორატორიაში მომუშავე მეცნიერის მიერ 1 საათის განმავლობაში შთანთქმული გამოსხივების საშუალო დოზა (რაოდენობა) 14 მკგრ-ს შეადგენს. რამდენად საშიშვლოა მეცნიერის მიერ მიღებული გამოსხივება, თუ მას წლის განმავლობაში 260 სამუშაო დღე აქვს და სამუშაო დღის ხანგრძლივობა 6 საათს შეადგენს? შთანთქმული გამოსხივების დოზის ზღვრული მნიშვნელობა ადამიანისთვის 50 მკგრ-ია.

რა შიიტყვით?

• სამუშაო რვეულში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. რადიოაქტიური გამოსხივების შემადგენლობა: ...
2. გამოსხივების შთანთქმული დოზა არის ...
3. გამოსხივების შთანთქმული დოზის ბუნებრივი ფონი არის ...
4. დოზიმეტრი არის ...

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. რატომ არის რადიოაქტიური გამოსხივება სახიფათო ადამიანისა და სხვა ცოცხალი ორგანიზმებისთვის?
2. რომელი გამოსხივებისგან დაცვაა ძალიან რთული?
3. როგორ არის შესაძლებელი რადიოაქტიური გამოსხივებისგან დაცვა?
4. რას ნიშნავს გამოსხივების შთანთქმული დოზა და როგორია ადამიანისთვის სასიკვდილო დოზა?
5. როგორ არის შესაძლებელი გამოსხივების შთანთქმული დოზის რაოდენობის განსაზღვრა?

4.15 ბირთვული რეაქტორი

თქვენ გაიგეთ, რომ ჯაჭვური რეაქციის დროს ურანის ბირთვი, რომელმაც ნეიტრონი შთანთქმა, ახალი თაობის 2-3 ნეიტრონის წარმოქმნის, ბირთვი ორ ნამსხვრევად იყოფა და 200 მეგ ენერგიას ასხივებს. ახალი თაობის ნეიტრონებს კი ურანის სხვა ბირთვები შთანთქავენ. ახალი ნეიტრონებისა და ბირთვების ნამსხვრევების წარმოქმნა და ენერგიის გამოსხივება ზეავისებრად იზრდება.

- რა ხდება უმართავი ბირთვული რეაქციის დროს?
- შესაძლებელია თუ არა ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის მართვა და წარმოქმნილი ენერგიის ადამიანის სასარგებლოდ გამოყენება? როგორ შეიძლება ამის გაკეთება?

კვლევათი სამუშაო

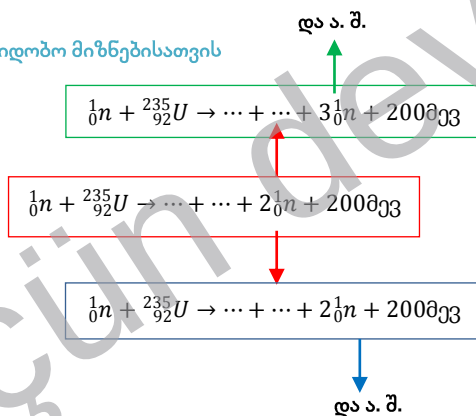
1

შეიძლება თუ არა ბირთვული ენერგიის სამშვიდობო მიზნებისათვის გამოყენება?

ამოცანა. სამუშაო რვეულში გადაიწერეთ მოცემული დაუსრულებელი ბირთვული რეაქცია. ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემის გამოყენებით წერტილების ნაცვლად ჩაწერეთ რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი ნამსხვრევების შესაბამისი ელემენტების სიმბოლოები.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ არის შესაძლებელი მოცემული ბირთვული ჯაჭვური რეაქციის მართვა?
- შეიძლება თუ არა ბირთვული რეაქციის დროს წარმოქმნილი ენერგიის სხვა სახის ენერგიად გარდაქმნა? გამოთქვით ჰიპოთეზები.



ბირთვული ენერგიის გამოყენების ძირითადი პრობლემა მართვადი ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის მიღებაა – როდესაც ენერგია მცირე დოზებით გამოიყოფა დიდი ხნის განმავლობაში და არა დიდი რაოდენობით მცირე დროის განმავლობაში, როგორც აფეთქების დროს.

ამისთვის საჭიროა, დროის ერთეულში დაშლილი ბირთვების რაოდენობა უცვლელი იყოს. მოწყობილობას, რომელშიც შესაძლებელია ასეთი რეაქციის განხორციელება, ბირთვული რეაქტორი ეწოდება.

• **ბირთვული რეაქტორი** არის მოწყობილობა, რომელიც მართვადი ბირთვული რეაქციის მიღების და საჭირო დროის განმავლობაში შენარჩუნების საშუალებას იძლევა.

ბირთვული რეაქტორის შემადგენელი ძირითადი ელემენტებია:

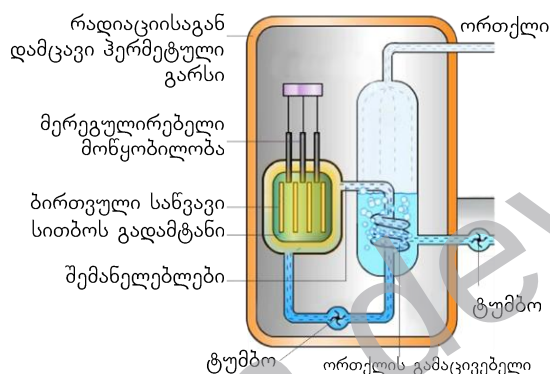
1) **ბირთვული საწვავი** ($^{235}_{92}\text{U}$; $^{238}_{92}\text{U}$; $^{239}_{94}\text{Pu}$ და სხვა), რომელიც სპეციალურ ამპულაებშია და რომელსაც რეაქტორის აქტიურ ზონაში ათავსებენ;

2) **ნეიტრონების შემნელებლები** (მძიმე ან ჩვეულებრივი წყალი, გრაფიტი ან სხვა) – ანელებენ სწრაფ ნეიტრონებს, უზრუნველყოფენ მათ ურთიერთქმედებას ბირთვულ საწვავთან;

3) **სითბოს გადამტანი** (ცივი წყალი ან თხევადი ნატრიუმი) – ბირთვული რეაქციის დროს გამოყოფილი სითბო ორთქლის ტურბინისაკენ გადააქვს;

4. **მარეგულირებელი მოწყობილობა** (ლერები, რომლებიც კადმიუმს ან ბორს შეიცავს) – რეაქციის პროცესში მართავს ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტს: აქტიურ ზონაში ლერების მთლიანად ჩაძირვის დროს ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი იქნება $k < 1$. თუ ლერებს მთლიანად გამოვიტანთ აქტიური ზონიდან, ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი $k > 1$ იქნება (იხ. თემა 4.13). რადიაციის (γ-გამოსხივების, ნეიტრონების ნაკადისა და სხვ.) თავიდან ასაცილებლად რეაქტორი გარედან ჰერმეტიკული დამცავი გარსითაა დაფარული (ა).

(ა) ბირთვული რეაქტორის ძირითადი ელემენტები



პირველი ბირთვული რეაქტორი 1942 წელს შეიქმნა ამერიკის შეერთებულ შტატებში ენრიკო ფერმის ხელმძღვანელობით. ევროპაში პირველი რეაქტორი ამოქმედდა ყოფილ საბჭოთა კავშირში 1946 წელს იგორ კურჩატოვის ხელმძღვანელობით. ამ სამეცნიერო ჯგუფის ერთ-ერთი წევრი იყო ცნობილი აზერბაიჯანელი მეცნიერი, რადიოქიმიკოსი აბას აბასალი ოღლუ ჩაიხორსკი.



აბას აბასალი ოღლუ ჩაიხორსკი (1917–2008)

ყოფილი სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის წამდგენი წევრი

• ყოფილ საბჭოთა კავშირში მისი სახელი გასაიდუმლოებული იყო. მრავალი წლის (1961–1989) განმავლობაში იყო ბირთვული რეაქტორების უსაფრთხოების სახელმწიფო კომიტეტის თავმჯდომარე. შექმნა ქიმიური ელემენტების ახალი პერიოდული სისტემა.

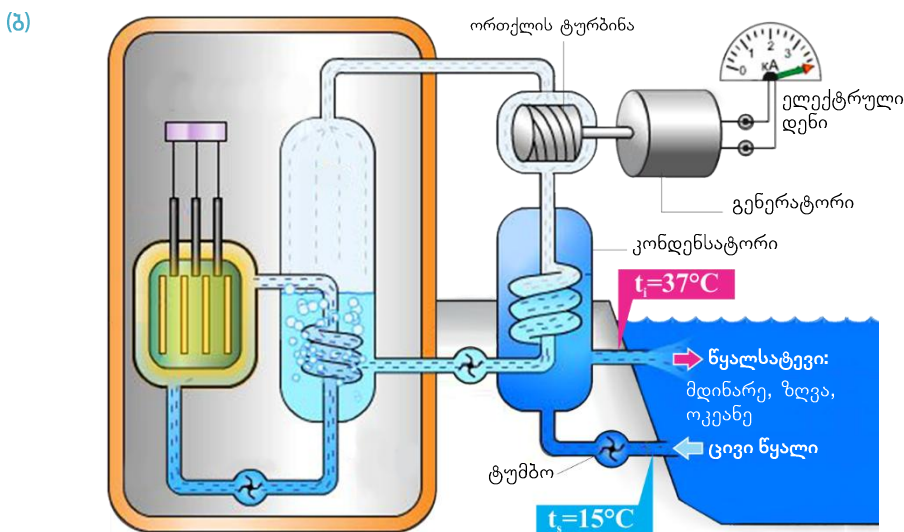
კვლევითი სამუშაო

2

როგორ მუშაობს ატომური ელექტროსადგური?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ატომური ელექტროსადგურის (აეს-ის) პრინციპული სქემა.

სამუშაოს მსვლელობა: ყურადღებით დაათვალიერეთ აეს-ის პრინციპული სქემა (ბ) და გაერკვიეთ მისი მუშაობის პრინციპი.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ენერგიის რომელი თანმიმდევრული გარდაქმნა ხდება აეს-ში?
- რა პირობები უნდა სრულდებოდეს ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის დროს აფეთქების თავიდან ასაცილებლად?
- ახსენით აეს-ში ელექტროენერგიის მიღების ტექნოლოგია.
- კიდევ სად გამოიყენება ბირთვული რეაქტორი?

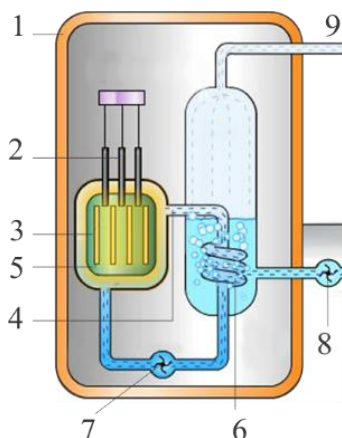
რა შეიტყვით?

- სამუშაო რვეულში გადაიწერეთ და დაასრულეთ წინადადებები: 1. ბირთვული რეაქტორი არის ... 2. ბირთვული საწვავია ... 3. მარეგულირებელი ღერები ... 4. სითბოს გადამტანი ... 5. ნეიტრონების შემაწებელი ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა არის ბირთვული რეაქტორი და რა მიზნით იყენებენ მას?
2. როგორ არეგულირებენ ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტს ბირთვულ რეაქტორში?
3. რის ხარჯზე გამოიყოფა ენერგია ბირთვულ რეაქტორში?
4. რა მსგავსება და რა განსხვავებაა ატომურ ელექტროსადგურსა და თბოელექტროსადგურს შორის?

1. ადამიანის დაავადებული ორგანოების დასხივების დროს ცოცხალი ქსოვილის ყოველი $1 \text{ გ } 10^8 \text{ ა-ნაწილაკს}$ შთანთქავს. როგორია ქსოვილის ყოველი 1 გ-ის დასხივების დოზა, თუ ერთი α -ნაწილაკის ენერგიაა $8,3 \cdot 10^{-13} \text{ ჯ}$?
2. γ -გამოსხივების წყაროსგან დასხივების დოზა $1 \text{ წმ-ში } 98,5 \cdot 10^{-4} \text{ გრ-ის ტოლია}$. განსაზღვრეთ ადამიანის მიერ $1 \text{ სთ-ის განმავლობაში მიღებული დასხივების დოზა}$. რამდენად საშიფათოა მისთვის ეს დოზა?
3. ნახატზე მოცემულია ბირთვული რეაქტორის სქემა. რეაქტორის რომელ ნაწილებს შეესაბამება ნახატზე აღნიშნული ციფრები?



4. რომელი ციფრით არის აღნიშნული ნახატზე სითბოს გადამტანი? რა ფუნქცია აქვს სითბოს გადამტანს და რა ნივთიერება გამოიყენება მასში?
5. ენერგიის რომელი თანმიმდევრული გარდაქმნებით მიიღება ელექტრული ენერგია ატომურ ელექტროსადგურებში? დანომრეთ ენერგიის გარდაქმნის საფეხურები.

4.16 ენერგიის ალტერნატიული წყაროები (გაკვეთილი-პრეზენტაცია)

მოამზადეთ კომპიუტერული პრეზენტაცია ენერგიის ალტერნატიულ წყაროებზე. პრეზენტაციის მომზადების დროს შეგიძლიათ ისარგებლოთ მოცემული გეგმითა და მასალებით.

ენერგიის ალდგენადი (განახლებადი) და არაალდგენადი წყაროები

კაცობრიობის წარმოშობიდან დღემდე საკუთარი მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად ადამიანები ენერგიის სხვადასხვა წყაროს იყენებდნენ. ენერგიის წყარო ორი სახისაა: ალდგენადი (განახლებადი) და არაალდგენადი.

ენერგიის არაალდგენადი წყაროები

• **ბუნებრივი აირი** – ენერგიის იაფი წყაროა. წარმოებასა და ყოფა-ცხოვრებაში ბუნებრივი აირის გამოყენება უკვე წინა ასწლეულებში დაიწყო. ჯერ კიდევ ცივილიზაციის გარიჟრაჟზე ადამიანები ხედავდნენ, რომ დედამიწის წიაღიდან აირები ამოდის. ჩვენს ნეოთალრიცხვამდე ასწლეულებით ადრე აფშერონის ნახევარკუნძულზე, კასპიის ზღვის ჩრდილო-დასავლეთ სანაპიროზე, ზღვის ზედაპირზე თითქმის მუდმივი ნათება ჩანდა, რომელიც ბუნებრივი შუქურა იყო გემებისათვის.



• **ქვანახშირი** – ბუნებრივი საწვავია. არსებობს შავი, მურა და პრილა (ანტრაციტი). ფართოდ გამოიყენება საცხოვრებელი, სამუშაო და სასწავლო ნაგებობების გასათბობად, აგრეთვე თბოელექტროსადგურებში.



• **ნავთობი** – დედამიწაზე ყველაზე მნიშვნელოვან ენერგეტიკულ რესურსად ითვლება. ნავთობი შეუცვლელი ნედლეულია თბოსადგურებისა და სატრანსპორტო საშუალებებისათვის. აზერბაიჯანული ნავთობის ისტორიული ფესვები შორეულ წარსულშია. მე-8 საუკუნიდან გვაქვს არაბი მოგზაურების ცნობები ბაქოს მახლობლად „თეთრი“ და „შავი“ ნავთობის არსებობის შესახებ. არსებობს იტალიელი მოგზაურის მარკო პოლოს (მე-13-14 სს.) ცნობა ბაქოს ნავთობის ირანში, ცენტრალურ აზიაში, თურქეთსა და ინდოეთში გატანასა და ამით მიღებულ შემოსავალზე.



• **ბირთვული საწვავი** – ძირითადი საწვავია, რომელსაც ატომური ელექტროსადგურები იყენებენ. ურანის საბადოები ხელს უწყობს იაფი ენერგიის წარმოებას. მსოფლიოში ურანის ყველაზე დიდი საბადოები აქვთ ყაზახეთს, ავსტრალიასა და კანადას.



ენერგიის ალდგენადი წყაროები

• **მზის ენერგია** – დედამიწის ზედაპირზე დაცემული ენერგიის რაოდენობა მრავალჯერ აღემატება ნავთობის, გაზისა და სხვა საწვავით გამოყენებული ენერგიის რაოდენობას. მზის ენერგიის გამოყენების ყველაზე ეფექტური ტექნოლოგიაა მზის ბატარეა. მზიანი საათების რაოდენობა



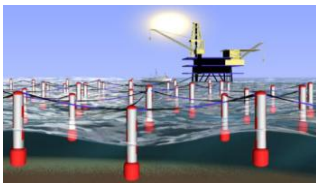
ჩვენს ქვეყანაში წელიწადში 2400-3200 საათია, ხოლო დედამიწის 1 მ² ფართობზე დაცემული მზის ენერგია 1500-2000 კვტ.სთ-ია.



• **ქარის ენერგია** – ეკოლოგიურად სუფთა და ამოუწურავი ენერგიაა. 2009 წელს ხიზის რაიონის სოფელ შურაბადთან ამენდა ქარის ორი ელექტროსადგური (ქეს). ამ ელექტროსადგურებმა წლის განმავლობაში 7 მილიონი კვტ.სთ ელექტროენერგია გამოიმუშავეს. ამ ელექტროენერგიით ხიზის რაიონის მოთხოვნები 50%-ით დაკმაყოფილდა და თან ეს ენერგია ეკოლოგიურად სუფთა – „მწვანე“ – ენერგიაა.



• **წყლის ენერგია** – წარმოებული ენერგიით ჰესებს მეორე ადგილი უკავიათ. ეს ენერგია ინარმოება გამოლევადი, მაგრამ აღდგენადი რესურსის – წყლის ხარჯზე. აზერბაიჯანში მდინარე მტკვარზე სამი დიდი ჰესია ამენებული.



• **ზღვისა და ოკეანის ენერგია** – ეს ენერგია ზღვებისა და ოკეანეების მოქცევებისა და მიქცევების, ტალღებისა და დინებების ხარჯზე მიიღება. ეს ამოუწურავი და ყველაზე იაფი ენერგიის წყარო მცირე ზედაპირიდან დიდი რაოდენობის ენერგიის მიღების საშუალებას იძლევა.

პრეზენტაციის მომზადების გეგმა

1-ლი სლაიდი	• პრეზენტაციის თემა • მოამზადა (კლასი, სახელი და გვარი)
მე-2 სლაიდი	• რა არის ალტერნატიული ენერგია?
მე-3 სლაიდი	• ენერგიის ამოწურვადი წყაროები: დასახელებთ მაგალითები • ენერგიის არააღდგენადი წყაროების გამოყენების ტექნოლოგია
მე-4 სლაიდი	• ენერგიის ამოუწურავი წყაროები: მოიყვანეთ მაგალითები • ენერგიის აღდგენადი წყაროების გამოყენების ტექნოლოგია
მე-5 სლაიდი	• ალტერნატიული ენერგიის აღდგენადი წყაროები აზერბაიჯანში, მათი გამოყენების შესაძლებლობები და პერსპექტივები
მე-6 სლაიდი	• ალტერნატიული ენერგიის არააღდგენადი წყაროები აზერბაიჯანში მათი გამოყენების შესაძლებლობები და პერსპექტივები.

რესურსები:

1. www.azerbaijan.az/.../oilStrategy_02_a.html
2. www.azerbaijan.az/portal/.../oilStrategy_a.html
3. azens.az/menu.../42-azaerbaydzan-neftinin-tarixi
4. www.azerbaijans.com/content_772_az.html
5. https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергия_большой_океана
6. <http://www.qlobalenerji.az/page.php?sh>
7. www.ecosol.bsu.edu.az/.../alternativ_enerji_mn...
8. anl.az/down/meqale/xalqgazeti/.../89346.htm
9. https://az.wikipedia.org/wiki/Nüvə_energetikası
10. irp.science.az/?l=news,42/lang,az/

4.17 თერმობირთვული რეაქცია

ქიმიური ელემენტების ბირთვების ბმის კუთრი ენერგიის ბირთვის მასურ რიცხვზე დამოკიდებულების გრაფიკის შესწავლამ (იხ. თემა 4.10) აჩვენა, რომ ბირთვული ენერგიის მიღება შეიძლება როგორც მძიმე ელემენტების ბირთვების დაშლით, ისე მსუბუქი ელემენტების ბირთვების შერწყმით (სინთეზით).



- რატომ გამოიყოფა ბირთვული რეაქციის დროს დიდი რაოდენობის ენერგია?

კვლევითი საფუძავი

1

გამოთვალეთ ენერგია, რომელიც მსუბუქი ბირთვების შერწყმის დროს გამოიყოფა.

ამოცანა. დეიტერიუმის (2_1H) და ტრიტიუმის (3_1H) ბირთვების შერწყმის დროს წარმოიქმნება ჰელიუმის ბირთვი და გამოსხივდება ერთი ნეიტრონი. დაწერეთ სინთეზის ბირთვული რეაქცია და გამოთვალეთ რეაქციის დროს გამოყოფილი ენერგიის სიდიდე, რომელიც თითოეულ ნუკლონზე მოდის, ე. ი. ბმის კუთრი ენერგია (ნაწილაკების მაე-ს მნიშვნელობა მონახეთ ცხრილ 4.3-ში).

იმაჯვალეთ შედეგებზე:

- რომელი რეაქციის დროს არის ერთ ნეიტრონზე მოსული გამოყოფილი ენერგიის რაოდენობა მეტი: ურანის ბირთვის დაშლისას თუ ორი მსუბუქი ბირთვის შერწყმის დროს?

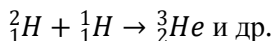
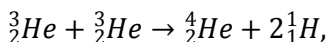
სინთეზის ბირთვული რეაქცია. ორი ბირთვის შერწყმისთვის (სინთეზისთვის) საჭიროა, ბირთვებმა გადალახონ კულონური განზიდვის ძალა, რომელიც ერთიან პოტონებს შორის მოქმედებს და ერთმანეთს ბირთვული ძალების მოქმედების მანძილზე (10^{-15} მ) დაუახლოვდნენ. ამისათვის ბირთვებს ძალიან დიდი კინეტიკური ენერგია უნდა ჰქონდეთ. ასეთი ენერგიის ბირთვების მისაღებად სინთეზის რეაქცია ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე ($\approx 10^8 \div 10^9$ K) უნდა მიმდინარეობდეს, რადგან ნივთიერების გაცხელების დროს მისი შემადგენელი ნაწილაკების სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია იზრდება.

• მსუბუქი ბირთვების შერწყმის (სინთეზის) რეაქციას, რომელიც ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, **თერმობირთვული რეაქცია** ეწოდება.

გამოკვლევებიდან გამოჩნდა, რომ თერმობირთვული რეაქციების შედეგად დიდი ენერგია გამოიყოფა. ამ დროს ერთ ნუკლონზე მოსული გამოყოფილი ენერგიის რაოდენობა 3,5-ჯერ მეტია, ვიდრე ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის დროს გამოყოფილი ერთ ნუკლონზე მოსული ენერგია. ამიტომ შეიძლება თერმობირთვული რეაქცია კაცობრიობისთვის ენერგიის ამოუწურავი წყარო გახდეს. ძირითადი პრობლემა იმ მოწყობილობის დამზადებაა, რომელშიც შესაძლებელი იქნება ამ რეაქციის განხორციელება, რომელსაც შეეძლება ასეულ მილიონ გრადუსამდე გაცხელებული პლაზმის შეკავება – მართლად თერმობირთვული რეაქციის დამზადება. დედამიწის პირობებში ამ პრობლემის ტექნიკური გადაწყვეტა ჯერ ვერ მოხერხდა. თუმცა ამისათვის ხელსაყრელი პირობებია მზეზე და სხვა ვარსკვლავებზე, რომელთა ცენტრში ტემპერატურა ≈ 13 მილიონ გრადუსია. ამ ტემპერატურაზე ყველა ატომი იონიზებულია და ნივთიერება პლაზმის მდგომარეობაშია – მხოლოდ ბირთვებისაგან შედგება. ბირთვებს დიდი კინეტიკური ენერგია აქვთ, ისინი მუდმივად ეჯახებიან სხვა ბირთვებს. ამის გამო მზეზე და სხვა ვარსკვლავებზე

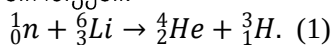
სინთეზის რეაქცია თავისთავად მიმდინარეობს და დიდი რაოდენობის ენერგია გამოიყოფა.

კვლევების მიხედვით, სავარაუდოდ, მზისა და სხვა ვარსკვლავების შიგნით შემდეგი სახის ბირთვული სინთეზის რეაქციები ხდება:



• მზე და სხვა ვარსკვლავები თვითმართვადი ბუნებრივი თერმობირთვული რეაქტორებია.

წყალბადის ბომბი. წყალბადის ბომბის აფეთქების დროს უმართავი თერმობირთვული რეაქცია მიიღეს. ბომბის ქობინი (თავაკი) დეიტერიუმისა და ლითიუმის ნარევისაგან შედგება, რომელსაც LiD ჰქვია. დეტონატორად გამოყენებულია ატომური ბომბი. დასაწყისში წყალბადის ბომბის შიგნით აფეთქებენ ატომურ ბომბს. შედეგად მკვეთრად იზრდება ტემპერატურა და ნარმოიქმნება ნეიტრონების მძლავრი ნაკადი. ხდება ნეიტრონებისა და ლითიუმის შერწყმა. ბირთვული სინთეზის რეაქციის შემდეგ ნარმოიქმნება ჰელიუმისა და ტრიტიუმის ბირთვები:



დეიტერიუმის ან ლითიუმის ბირთვის ნეიტრონთან შერწყმის შედეგად მაღალი ტემპერატურის დროს იწყება უმართავი თერმობირთვული რეაქცია – გამოიყოფა დიდი რაოდენობის ენერგია და წყალბადის ბომბი ფეთქდება (ა).

შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

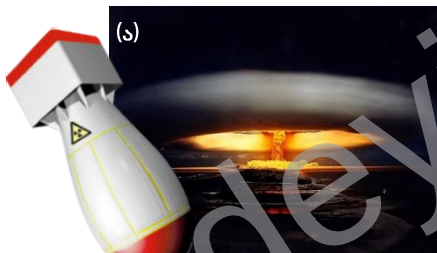
2

რამდენი ენერგია გამოიყოფა წყალბადის ბომბის აფეთქების დროს?

ამოცანა. გამოთვალეთ, წყალბადის ბომბის აფეთქების შემდეგ გამოყოფილი ენერგიის რა ნაწილი მოდის ერთ ნუკლონზე (1) (ელემენტისა და ნაწილაკების მათ-ს მნიშვნელობები მოძებნეთ ცხრილ 4.3-ში).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

რომელი ბომბის აფეთქების შემდეგ არის ერთ ნუკლონზე მოსული გამოყოფილი ენერგიის რაოდენობა მეტი: ატომური თუ წყალბადის?



რა შეიტყვით?

• სამუშაო რვეულში გადაინერეთ და დაასრულეთ წინადადებები:

1. თერმობირთვული რეაქცია არის ...; 2. მზე და სხვა ვარსკვლავები ...; 3. წყალბადის ბომბი არის ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელი რეაქციები მიეკუთვნება თერმობირთვულ რეაქციებს?
2. რა სირთულეები არსებობს დედამიწის პირობებში თერმობირთვული რეაქციის განხორციელების საკითხში?
3. რა არის მზისა და სხვა ვარსკვლავების ენერგიის წყარო?
4. რა საერთო და განმასხვავებელი ნიშნები აქვს წყალბადისა და ატომურ ბომბებს?

საპარჯიშო

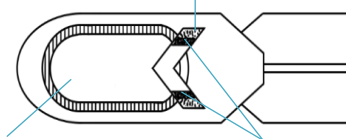
4.8

- რომელი ნაწილაკი წარმოიქმნება მოცემული თერმობირთვული რეაქციის დროს? რა რაოდენობის ენერგია გამოიყოფა სინთეზის რეაქციის დროს?

$${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \dots$$
- რით განსხვავდება თერმობირთვული და ჯაჭვური რეაქციები? სად ხდება ეს რეაქციები?
- გამოთვალეთ მოცემული თერმობირთვული რეაქციის დროს ყოველ ცალკეულ ნეიტრონზე მოსული გამოყოფილი ენერგიის რაოდენობა.

$${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^1_1\text{H}$$
- ნახატზე წარმოდგენილია წყალბადის ბომბის გამარტივებული სქემა. სქემაზე დაყრდნობით ახსენით ბომბის ასამოქმედებელი მექანიზმი.

ფეთქებადი ნივთიერება



წყალბადის ბომბის სანაწი: ურან-235-ს განთავსების ადგილები, სადაც მათი ლითიუმი და დეიტერიუმი ($\text{Li} + \text{D}$) მასა კრიტიკულ მასაზე ნაკლებია.

4.18

არის თუ არა ბირთვული იარაღი საერთაშორისო მშვიდობის გარანტია? (ბაკვეთილი-დებატები)

ბირთვულ იარაღს ძალიან დიდი გამანადგურებელი ძალა აქვს. ბირთვული აფეთქება კატასტროფულ შედეგებს გამოიწვევს სოციალურ, სანარმოო და ეკოლოგიურ სფეროებში. 21-ე საუკუნის ქვეყნები მტრის თავდასხმისაგან დასაცავად ყველაზე საიმედო გზას ბირთვული იარაღის ფლობაში ხედავენ.



- შეუძლია თუ არა ყველა ქვეყანას, მათ შორის აზერბაიჯანსაც, ჰქონდეს ბირთვული იარაღი?
- არის თუ არა ბირთვული იარაღის ქონისა და მისი მიტანის საშუალებების უფლების გამოყენების საჭიროება?
- გამოდგება თუ არა ბირთვული იარაღის ქონა გარანტიად ქვეყნებს შორის მშვიდობიანი თანაარსებობის კომპრომისული გზების მოძებნის საკითხში?
- შეუძლია თუ არა ბირთვულ ქვეყანას გავლენის მოხდენა საერთაშორისო შეთანხმებებზე?

დებატები

- განიხილეთ პრობლემური საკითხები და სახელმძღვანელოში მოყვანილი ფაქტების ჩამონათვალში შეიტანეთ დამატებები.

- ყველა ქვეყანას, მათ შორის აზერბაიჯანს, შეუძლია ჰქონდეს ბირთვული იარაღი.



• მომხრე

ბირთვული იარაღი თავდაცვის ყველაზე ეფექტური იარაღია. ნებისმიერ ქვეყანას, მათ შორის აზერბაიჯანსაც, აქვს თავისი მინის დაცვის უფლება. ჩვეულებრივი იარაღით ამის გაკეთება ზოგჯერ რთულია.



• წინააღმდეგი

რა თქმა უნდა, ყველა ქვეყანას, მათ შორის აზერბაიჯანსაც, აქვს ბირთვული იარაღის ქონის უფლება. მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ აზერბაიჯანმა აუცილებლად უნდა გამოიყენოს ეს უფლება. რომელიმე ქვეყნის წინააღმდეგ ბირთვული იარაღის გამოყენება ამ ქვეყნის მხრიდან აზერბაიჯანის მიმართ იმავე მოქმედებას გამოიწვევს. რთული წარმოსადგენი არ არის, რა კატასტროფული შედეგები მოელის ამ არცთუ დიდ ქვეყანას.

2. აუცილებელია უარის თქმა ბირთვულ იარაღსა და მის გამოყენებაზე.



• მომხრე

1) ბირთვულ იარაღზე უარის თქმა გამოიწვევს ამ იარაღის გამოყენებაზე უარის თქმას მონიწილადეგის მხრიდანაც. რაც უფრო ცოტა ქვეყანას ექნება ბირთვული იარაღი, მით ნაკლებია მისი გამოყენების რისკიც;
2) განუწყვეტლივ გაიზრდება იმ ქვეყნების რაოდენობა, რომლებსაც ბირთვული იარაღის ფლობის სურვილი არ ექნებათ;
3) ბირთვული იარაღის რაოდენობა გეომეტრიული პროგრესიით შემცირდება.



• წინააღმდეგი

ამ პრინციპს სერიოზული ნაკლოვანება აქვს: არ არის რაციონალური, რადგან ისედაც ნათელია, რომ რომელიმე ქვეყნის მხრიდან სხვა ქვეყნის წინააღმდეგ ბირთვული იარაღის გამოყენება დედამიწაზე ბირთვულ კატასტროფას გამოიწვევს.

3. ბირთვული იარაღი ქვეყნებს შორის მშვიდობიანი ურთიერთობის კომპრომისული გზების ძიების გარანტიაა.



• მომხრე

ბირთვული ქვეყნებისთვის ხელსაყრელი არ არის ერთმანეთს შორის კონფლიქტი, რადგან ამან შესაძლოა სერიოზული დანაკარგები გამოიწვიოს. ამიტომ ბირთვული იარაღი საერთაშორისო სტაბილურობის შენარჩუნების საშუალებაა.



• წინააღმდეგი

რა მოხდება, თუ ბირთვული ქვეყნის პრეზიდენტი ნერვიული ადამიანი გახდება? არის თუ არა ამ შემთხვევაში გარანტია, რომ იგი მშვიდობიანი კომპრომისის ძიებას დაიწყებს და ბირთვულ იარაღს არ გამოიყენებს? არა!

4. ბირთვულ ქვეყანას შეუძლია საერთაშორისო შეთანხმებებზე გავლენის მოხდენა.



• მომხრე

ჩვეულებრივ, საერთაშორისო ფორუმებზე პრობლემის მოგვარების გზებს ბირთვული ქვეყნები განსაზღვრავენ. თუ ყველა ქვეყანას ბირთვული იარაღი ექნება, ქვეყნებს შორის დამყარდება და შენარჩუნდება საერთაშორისო ამოცანების გადანაცვლებაზე ზემოქმედების ბალანსი.



• წინააღმდეგი

საერთაშორისო ამოცანების გადანაცვლების დროს ყველაფერს ბირთვული იარაღი არ განსაზღვრავს. დღეს დიპლომატიური მოლაპარაკების დროს ქვეყნის ეკონომიკურ სიძლიერესა და ქვეყნის პოტენციალს უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვს.

შემაჯამებელი დავალებები

1. ქიმიური ელემენტების პერიოდული სისტემის მიხედვით განსაზღვრეთ ვოლფრამის ატომში პროტონების, ნეიტრონებისა და ელექტრონების რაოდენობა.



A)	B)	C)	D)	E)
პროტონები - 110	პროტონები - 74	პროტონები - 74	პროტონები - 184	პროტონები - 110
ნეიტრონები - 74	ნეიტრონები - 110	ნეიტრონები - 110	ნეიტრონები - 74	ნეიტრონები - 74
ელექტრონები - 184	ელექტრონები - 184	ელექტრონები - 74	ელექტრონები - 184	ელექტრონები - 110

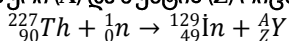
2. რამდენით შეიცვლება ბირთვის მასური რიცხვი β -გამოსხივების დროს?

- ა) არ შეიცვლება;
- ბ) შემცირდება 1 ერთეულით;
- გ) გაიზრდება 1 ერთეულით;
- დ) შემცირდება 2 ერთეულით;
- ე) გაიზრდება 2 ერთეულით

3. რომელი ფორმული გამოითვლება მასის დეფექტი?

- ა) $\Delta m = \frac{F}{g}$
- ბ) $\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_N$
- გ) $\Delta m = \frac{M}{N_A}$
- დ) $\Delta m = \frac{F}{a}$
- ე) $\Delta m = \rho V$

4. განსაზღვრეთ მოცემული ბირთვული რეაქციის შემდეგ წარმოქმნილი იზოტოპი, მისი მასური (A) და მუხტის (Z) რიცხვები:



- ა) A = 98; Z = 90
- ბ) A = 99; Z = 40
- გ) A = 98; Z = 40
- დ) A = 99; Z = 51
- ე) A = 51; Z = 99

5. რადიაქტიური იზოტოპის ნახევარდაშლის პერიოდია 2 წელი. იზოტოპის 1500 ბირთვიდან რამდენი გაიყოფა 2 წთ-ის განმავლობაში?

- ა) 1500
- ბ) 375
- გ) 750
- დ) 500
- ე) 300

ა

აკომოდაცია – თვალის ბროლის თვისება შეიცვალოს თავისი ოპტიკური ძალა.

ამოზნექილი ლინზა – ლინზა, რომლის ცენტრალური ნაწილი უფრო სქელია, ვიდრე კიდეები. ის შეიძლება იყოს ორმხრივამოზნექილი, ბრტყელამოზნექილი ან ჩაზნექილ-ამოზნექილი.

ამოზნექილი სფერული სარკე – სარკე, რომელიც სხივებს სფერული სეგმენტის გარე სარკული ზედაპირიდან გააბნევს.

1 ამპერი – ეს არის მუდმივი დენის ძალა, რომელიც ორ უსასრულოდ გრძელ პარალელურ გამტარში გავლის დროს, როდესაც გამტარები ვაკუუმშია მოთავსებული ერთმანეთისაგან 1 მ მანძილზე, ყოველი 1 მეტრი სიგრძის მონაკვეთებს შორის აღძრავს $2 \cdot 10^{-7}$ ნიუტონი სიდიდის ურთიერთქმედების ძალას.

ამპერის ძალა – ძალა, რომლითაც მაგნიტური ველი მოქმედებს დენიან გამტარზე და რომელიც დენის ძალის, მაგნიტური ინდუქციის მოდულის, გამტარის სიგრძისა და დენის მიმართულებასა და მაგნიტური ინდუქციის ვექტორს შორის კუთხის სინუსის ნამრავლის ტოლია:

$$F_A = IBlsin\alpha.$$

არათავისთავადი განმუხტვა – გაზური განმუხტვა, რომელიც იონიზატორის მოქმედებით მიმდინარეობს.

ატომის ბირთვი – არის ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების მდგრადი სისტემა, რომელიც შედგება პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან. ბირთვის შემადგენელ პროტონებსა და ნეიტრონებს ნუკლონები ეწოდება.

ბ

ბირთვის ბმის ენერგია – მინიმალური ენერგია, რომელიც საჭიროა ბირთვის ცალკეულ ნუკლონებად დასაშლელად.

$$E_{\text{ბმ}} = \Delta E = \Delta mc^2 \text{ ან } E_{\text{ბმ}} = [Zm_p + Nm_n - M_{\text{ბირთ}}] \cdot c^2$$

ბირთვის მასური რიცხვი ბირთვში ნუკლონების საერთო რაოდენობის ტოლია. მასური რიცხვი აღინიშნება A ასოთი. მასური რიცხვი (A) = პროტონების რიცხვი (Z) + ნეიტრონების რიცხვი (N): $A = Z + N$.

ბირთვის მუხტის რიცხვი ბირთვში პროტონების რაოდენობის ტოლია. მუხტის რიცხვი აღინიშნება Z ასოთი და იწერება ელემენტის ქიმიური სიმბოლოს ქვედა ინდექსის სახით.

ბირთვული რეაქტორი – მოწყობილობა, რომელიც მართვადი ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის მიღებისა და საჭირო დროის განმავლობაში შენარჩუნების საშუალებას იძლევა.

ბირთვული ძალები – ძალები, რომლებიც ნაწილაკებს (პროტონებსა და ნეიტრონებს) ბირთვში აკავებენ. მათი მოქმედების მანძილი 10^{-15} მ-ზე ნაკლებია.

ბმის კუთრი ენერგია – ბირთვში ერთი ნუკლონის ბმის ენერგია:

$$\varepsilon = E_{\text{ბმ}}/A.$$

გ
გაზური განმუხტვა – ელექტრული დენის გავლა აირში (გაზში).

გამბნევი ლინზის მთავარი ფოკუსი – წერტილი, რომელშიც გარდატეხის შემდეგ გამბნევი ლინზაზე დაცემული, მისი მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები იკვეთება. გამბნევი ლინზის მთავარი ფოკუსი წარმოსახვითია, რადგან ამ წერტილში იკვეთება არა სხივები, არამედ მათი გაგრძელებები.

გამოსხივების შთანთქმული დოზა – ფიზიკური სიდიდე, რომელიც სხეულის მიერ შთანთქმული ენერგიის მის მასასთან შეფარდების ტოლია:

$$D = \frac{E}{m}.$$

დ

დიამაგნეტიკები – ნივთიერებები, რომელთა მაგნიტური შეღწევადობა ერთზე ნაკლებია ($\mu < 1$). დიამაგნეტიკებს (Cu, Ag, Au და ყველა ინერტული აირი) მუდმივი მაგნიტები სუსტად განიზიდავენ.

დიელექტრიკები – ნივთიერებები, რომლებშიც მუხტის თავისუფალი გადამტანები არ არის: მათში მხოლოდ ბმული მუხტებია.

ე

ელექტროლიზი – ელექტროლიტში დენის გავლის დროს ელექტროდებზე ნივთიერების გამოყოფის პროცესი.

ელექტროლიტები – ნივთიერებების (მარილების, მჟავებისა და ტუტეების) ხსნარები (ან ნალღობები), რომლებიც ელექტრულ დენს ატარებენ.

ელექტროლიტური დისოციაცია – პროცესი, როდესაც წყალში შეტანილი ნივთიერების ნეიტრალური მოლეკულები დადებით და უარყოფით იონებად იშლება.

ელექტრომაგნიტური ინდუქცია – ელექტრული დენის აღძვრის მოვლენა ცვლად მაგნიტურ ველში მოთავსებულ შეკრულ სხივებში. აღძრულ დენს *ინდუქციური დენი* ეწოდება.

ელექტრონვოლტი იმ კინეტიკური ენერგიის ტოლია, რომელსაც ელექტრონი ველის ორ წერტილს შორის აჩქარებული მოძრაობის დროს შეიძენს, თუ ამ წერტილებს შორის ძაბვა 1 ვ-ია.

ელექტროძრავა – მოწყობილობა, რომელიც ელექტრულ ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის.

ვ

ვაკუუმი – სივრცე, რომელშიც ძლიერ გაიშვიათებული (10^{-3} – 10^{-8} მმ. ვწყ.სვ) ჰაერია. ჰაერის მოლეკულები თითქმის არ ურთიერებენ.

ვაკუუმური დიდი – მინის ვაკუუმირებული ბალონი, რომელშიც ანოდი და კათოდა და რომლის მუშაობა თერმოელექტრონული ემისიის მოვლენაზეა დაფუძნებული.

ზ

ზეამტარობა – ფიზიკური მოვლენა: გარკვეულ ტემპერატურაზე, რომელსაც *კრიტიკული ტემპერატურა* ეწოდება, გამტარის ელექტრული წინააღობის ნახტომისებრი ვარდნა ნულამდე.

თ

თავისთავადი განმუხტვა – ელექტრული დენის გავლა აირში (გაზში) გარე იონიზატორის მოქმედების გარეშე.

თერმობირთვული რეაქცია – მსუბუქი ბირთვების შერწყმის რეაქცია, რომელიც ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს.

თერმოელექტრონული ემისია – მაღალ ტემპერატურამდე გაცხელებული მეტალის ზედაპირიდან ელექტრონების ამოფრქვევის მოვლენა.

თვალის ოპტიკური სისტემის შემადგენელი გამჭვირვალე ელემენტებია: რქოვანა გარსი, წინა კამერა, ბროლი და უკანა კამერა, რომლებიც თვალში მოხვედრილ სინათლის სხივს გარდატეხენ.

თხელი ლინზა – ლინზა, რომლის სისქე გაცილებით ნაკლებია ლინზის ზედაპირების სიმრუდის R_1 და R_2 რადიუსებზე.

ი

იზოტოპები – ატომები, რომელთა ბირთვებში ერთნაირი რაოდენობის პროტონებია, მაგრამ განსხვავებული აქვთ ბირთვის მასური რიცხვი (ბერძნულად *izos* – „ერთნაირი“ და *topos* – „ადგილი“).

ინდუქციური დენი – ცვლად მაგნიტურ ველში მოთავსებულ შეკრულ კონტურში ელექტრული დენის წარმოქმნას ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა ეწოდება, ხოლო ამ დროს აღძრულ დენს – ინდუქციური დენი.

ლ

ლინზა – გამჭვირვალე სხეული, რომელიც სფერული ზედაპირებითაა შემოსაზღვრული (ზოგჯერ ერთი ზედაპირი შეიძლება ბრტყელი იყოს).

ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძი – ლინზის შემოსაზღვრელი სფერული ზედაპირების O_1 და O_2 ცენტრებზე გასავალი წრფე.

ლინზის ოპტიკური ცენტრი – O წერტილი, რომელიც ლინზის ცენტრში ლინზის მთავარ ოპტიკურ ღერძზე მდებარეობს.

ლინზის ოპტიკური ძალა – ლინზის მთავარი ფოკუსური მანძილის შებრუნებული სიდიდე. ოპტიკური ძალის საზომი ერთეული SI სისტემაში არის დიოპტრი (1 დპტრ). 1 დიოპტრი არის იმ ლინზის ოპტიკური ძალა, რომლის ფოკუსური მანძილი 1 მეტრია:

$$[D] = \frac{1}{[F]} = \frac{1}{\text{მ}} = 1 \text{ დპტრ.}$$

ლინზის (ან სფერული სარკის) ფოკალური სიბრტყე – სიბრტყე, რომელიც ლინზის მთავარ ფოკუსზე გადის და ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძის პერპენდიკულარულია.

ლინზის წრფივი გადიდება – ფიზიკური სიდიდე, რომელიც სხეულის გამოსახულების წრფივი ზომის სხეულის წრფივ ზომასთან შეფარდების ტოლია. ლინზის წრფივი გადიდება აღინიშნება Γ (გამა) ასოთი:

$$\Gamma = \frac{H}{h}.$$

ლორენცის ძალა – ძალა, რომელითაც მაგნიტური ველი მასში მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე მოქმედებს:

$$F_{\text{ლ}} = qvB \sin \alpha.$$

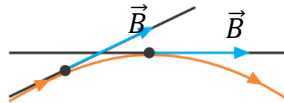
მ

მაგნიტიკები – ნივთიერებები, რომლებსაც მაგნიტური ველის შეცვლა შეუძლიათ.

მაგნიტური ველი – მატერიის სახე, რომელიც ელექტრული მუხტის მოძრაობის დროს წარმოიქმნება.

მაგნიტური ველის ინდუქცია (ან მაგნიტური ინდუქცია) მაგნიტური ველის ძალური მახასიათებელია. მაგნიტური ინდუქცია აღინიშნება B ასოთი და ახასიათებს მაგნიტური ველის მოქმედებას მაგნიტზე (ან მაგნიტური თვისებების მქონე სხეულზე), რომელიც ამ ველშია მოთავსებული. მაგნიტური ინდუქცია ვექტორული ფიზიკური სიდიდეა. ველის მაგნიტური ინდუქციის ვექტორის მიმართულება ველის მოცემულ წერტილში მოთავსებული მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთი პოლუსის მიმართულებას ემთხვევა.

მაგნიტური ინდუქციის წირები – მაგნიტური ველის ის წირებია, რომლის ყოველ წერტილში გავლებული მხები ველის ამ წერტილში მაგნიტური ველის ინდუქციის E ვექტორის გასწვრივაა მიმართული.



მარცხენა ხელის წესი ამპერის ძალისათვის – მარცხენა ხელი მაგნიტურ ველში ისე უნდა მოვათავსოთ, რომ მაგნიტური ინდუქციის წირები ხელისგულში შედიოდეს, გაშლილი ოთხი თითი კი მიმართული იყოს დენის მიმართულებით. ამ დროს 90° -ით გადახრილი ცერი დენიან გამტარზე მოქმედი ამპერის ძალის მიმართულებას გვიჩვენებს.

მარცხენა ხელის წესი ლორენცის ძალისათვის – მარცხენა ხელი მაგნიტურ ველში ისე უნდა მოვათავსოთ, რომ მაგნიტური ინდუქციის წირები ხელისგულში შედიოდეს, გაშლილი ოთხი თითი კი მიმართული იყოს დადებითი მუხტის მოძრაობის მიმართულებით (ანუ უარყოფითი მუხტის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ). ამ დროს 90° -ით გადახრილი ცერი მოძრავ მუხტზე მოქმედი ლორენცის ძალის მიმართულებას გვიჩვენებს.

მასის დეფექტი – ბირთვის შემადგენელი ნუკლონების მასების ჯამსა და ბირთვის მასას შორის სხვაობა:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{\text{ბირთვი}}$$

აქ $M_{\text{ბირთვი}}$ ბირთვის მასაა, Z და N – შესაბამისად, პროტონებისა და ნეიტრონების რაოდენობა ბირთვში, m_p – პროტონის მასა, m_n – ნეიტრონის მასა, Δm – მასის დეფექტი.

მუდმივი მაგნიტები, ანუ **მაგნიტები** – ნივთიერებები, რომლებიც ხანგრძლივად ინარჩუნებენ მაგნიტურ თვისებებს.

6

ნახევარგამტარები – ნივთიერებები, რომლებშიც თავისუფალი მუხტის გადამტანების რაოდენობა დამოკიდებულია გარე ზემოქმედებაზე (ტემპერატურაზე, განათებაზე, მათ შემადგენლობაში მინარევების შეტანაზე და სხვ.).

ნახევარდაშლის პერიოდი – დროის შუალედი, რომლის განმავლობაშიც იშლება არსებული რადიოაქტიური ბირთვების ნახევარი.

ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი – ჯაჭვური რეაქციის ამ ეტაპზე ნეიტრონების რაოდენობის შეფარდება წინა ეტაპზე ნეიტრონების რაოდენობასთან:

$$k = N_{\text{ეს თაობა}} / N_{\text{წინა თაობა}}$$

ნივთიერების მაგნიტური შეღწევადობა გვიჩვენებს, რამდენჯერ განსხვავდება ერთგვაროვანი მაგნიტური ველის მაგნიტური ინდუქციის მოდული ნივთიერებაში ამ ველის მაგნიტური ინდუქციის მოდულისაგან ვაკუუმში B_0 :

$$B_0 + B$$

ო

ოპტიკა (ბერძნული სიტყვიდან *optos* – „ხილული“) – ფიზიკის ნაწილი, რომელიც სინათლესთან დაკავშირებულ მოვლენებს შეისწავლის.

პ

პარამაგნიტური ნივთიერებები (პარამაგნეტიკები) – ნივთიერებები, რომელთა მაგნიტური შეღწევადობა უმნიშვნელოდ მეტია ერთზე ($\mu > 1$). პარამაგნიტურ ნივთიერებებს (Al , Li , O_2 , Na და სხვ.) მუდმივი მაგნიტი სუსტად იზიდავს.

რ

რადიაქტივობა – ატომების მიერ თავისთავად, გარე ზემოქმედების გარეშე, გამოსხივების მოვლენა. თვითონ გამოსხივებას რადიაქტიური გამოსხივება ეწოდება.

რადიაქტიური გარდაქმნა – ერთი რადიაქტიური ბირთვის თავისთავადი გარდაქმნა მეორე ბირთვად.

როტორი (ლათინური სიტყვიდან *roto* – „ვბრუნებ“) – ძრავას მოძრავი ნაწილი, რომელიც მოთავსებულია სტატორში. როტორი – ცილინდრის ფორმის ჩარჩოები – ელექტრომაგნიტია. ზოგჯერ მას ღუზას უწოდებენ.

ს

სინათლის არეკვლის კანონი – დაცემული სხივი, არეკლილი სხივი და სხივის დაცემის წერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეშია განლაგებული. დაცემის კუთხე არეკვლის კუთხის ტოლია: $\alpha = \beta$.

სინათლის გარდატეხა – სინათლის სხივის გავრცელების მიმართულების ცვლილება გარემოთა გამყოფ საზღვარზე ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლის დროს.

სინათლის გარდატეხის კანონი – შედგება ორი დებულებისაგან: 1) დაცემული სხივი, გარდატეხილი სხივი და ორი გარემოს გამყოფ სიბრტყეზე დაცემის წერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეშია განლაგებული. 2) დაცემის კუთხის სინუსის შეფარდება გარდატეხის კუთხის სინუსთან მუდმივი სიდიდეა მოცემული ორი გარემოსათვის:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n.$$

სინათლის წერტილოვანი წყარო – სინათლის წყარო, რომლის ზომები მოცემულ პირობებში შეგვიძლია უგულებელვყოთ.

სნელენის ცხრილი – სამედიცინო დაწესებულებებში გამოიყენება ადამიანის მხედველობის ხარისხის შესამოწმებლად. შედგება 11-12 სტრიქონისაგან, რომლებშიც ნებისმიერი ასოებია დაწერილი. ყველაზე დიდი ზომის ასოები პირველ სტრიქონშია, შემდეგ სტრიქონებში ასოების ზომა მცირდება. ნორმალური თვალი პირველი სტრიქონის ასოებს დაუძაბავად ხედავს 60 მ მანძილიდან, ხოლო მე-9 სტრიქონის ასოებს – 6 მ მანძილიდან.

სტატორი (ლათინური სიტყვისაგან *sto* – „ვდგავარ“) – ელექტრული ძრავას უძრავი ნაწილი – ძრავას კორპუსზე მიმაგრებული მუდმივი მაგნიტი ან ელექტრომაგნიტი (რკინისგულარებიანი კოჭები). ზოგჯერ სტატორს *ინდუქტორს* უწოდებენ. სტატორი მძლავრ მაგნიტურ ველს ქმნის.

სფერული სარკე – სფერული, რომლის ზედაპირს სფეროს სეგმენტის ფორმა აქვს და რომელიც სარკულად ირეკლავს სინათლეს.

ტ

1 ტესლა – ისეთი ერთგვაროვანი მაგნიტური ველის მაგნიტური ინდუქციაა, რომელიც მისი მაგნიტური ინდუქციის წირების პერპენდიკულარულად მოთავსებულ 1 მ სიგრძის გამტარზე, რომელშიც 1 ა დენი გადის, 1 ნ ძალით მოქმედებს:

$$[B] = 1 \frac{\text{ნ}}{\text{ა} \cdot \text{მ}} = 1 \frac{\text{კგ}}{\text{ა} \cdot \text{წმ}^2} = 1 \text{ტლ.}$$

ფ

ფერომაგნეტიკები (ფერომაგნიტური ნივთიერებები) – ნივთიერებები, რომელთა მაგნიტური შეღწევადობა გაცილებით მეტია ერთზე ($\mu \gg 1$). ფერომაგნეტიკებს Gd, Fe, Ni, Co და ზოგიერთ მათ შენადნობს) მუდმივი მაგნიტი ძლიერ იზიდავს. ყველა ფერომაგნეტიკი კრისტალური ნივთიერებაა.

შ

შემკრები ლინზის მთავარი ფოკუსი – წერტილი, სადაც შემკრებ ლინზაზე დაცემული მთავარი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივები გარდატეხის შემდეგ იკრიბება. ის აღინიშნება F ასოთი. შემკრები ლინზის მთავარი ფოკუსი ნამდვილია, რადგან მასში ლინზაში გარდატეხილი სხივები იკვეთება.

ჩ

ჩაზნექილი ლინზა – ლინზა, რომლის ცენტრალური ნაწილი უფრო თხელია, ვიდრე კიდეები. ის შეიძლება იყოს ორმხრივჩაზნექილი, ბრტყელჩაზნექილი ან ჩაზნექილ-ამოზნექილი.

ჩაზნექილი სფერული სარკე – ეს არის სარკე, რომელიც სხივებს სფერული სეგმენტის შიდა სარკული ზედაპირიდან ირეკლავს.

ც

წარმოსახვითი გამოსახულება – გამოსახულება, რომელიც ლინზის გავლის შემდეგ გარდატეხილი ან სარკიდან არეკლილი სხივების გაგრძელებების გადაკვეთით მიიღება.

წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი რიცხობრივად გამტარის წინალობის ფარდობითი ცვლილების ტოლია მისი 1°C -ით (1 K -ით) გათბობის დროს:

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta t} = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta T}.$$

გამტარის წინალობის ფარდობითი ცვლილება ტემპერატურის ცვლილების პირდაპირპროპორციულია:

$$\frac{R - R_0}{R_0} = \alpha \Delta t = \alpha \Delta T.$$

სუფთა მეტალების წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი α ყოველთვის 0-ზე მეტია და ტოლია:

$$\alpha \approx \frac{1}{273^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{273\text{ K}}.$$

FİZİKA – 9

Ümumtəhsil məktəblərinin 9-cu sinfi üçün “Fizika” fənni üzrə dərslik
Gürcü dilində

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər: **Mirzəli İsmayıl oğlu Murquzov**
Rasim Rəşid oğlu Abdurazaqov
Rövşən Mirzə oğlu Əliyev
Dilbər Zirək qızı Əliyeva

Tərcüməçi **Q.Kareli**
Redaktor **L.Kadakidze**
Bədii redaktor **T.Məlikov**
Texniki redaktor **Z.İsayev**
Dizayner **E.Çikarışvili**
Rəssamlar **M.Hüseynov, E.Məmmədov**
Korrektor **N.Mçedlişvili**

Dərsliyin gürcü dilində nəşri “Deogene” nəşriyyatı ilə birgə həyata keçirilmişdir.

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 03.06.2016-cı il tarixli
369 №-li əmri ilə təsdiq olunmuşdur.

© Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi – 2017

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri və yaxud onun hər
hansı hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq, elektron informasiya
vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

Hesab-nəşriyyat həcmi 12,25. Fiziki çap vərəqi 14. Səhifə sayı 224.
Kağız formatı 70×100¹/₁₆. Ofset kağızı. Məktəb qarnituru. Ofset çapı.
Tiraj 200. Pulsuz. Bakı – 2017.

“Bakı” nəşriyyatı
Bakı, AZ 1001, H.Seyidbəyli küç. 30