



# ღაზერები

საგანი: კოსმოლოგია და ელემენტარული ნაწილაკები

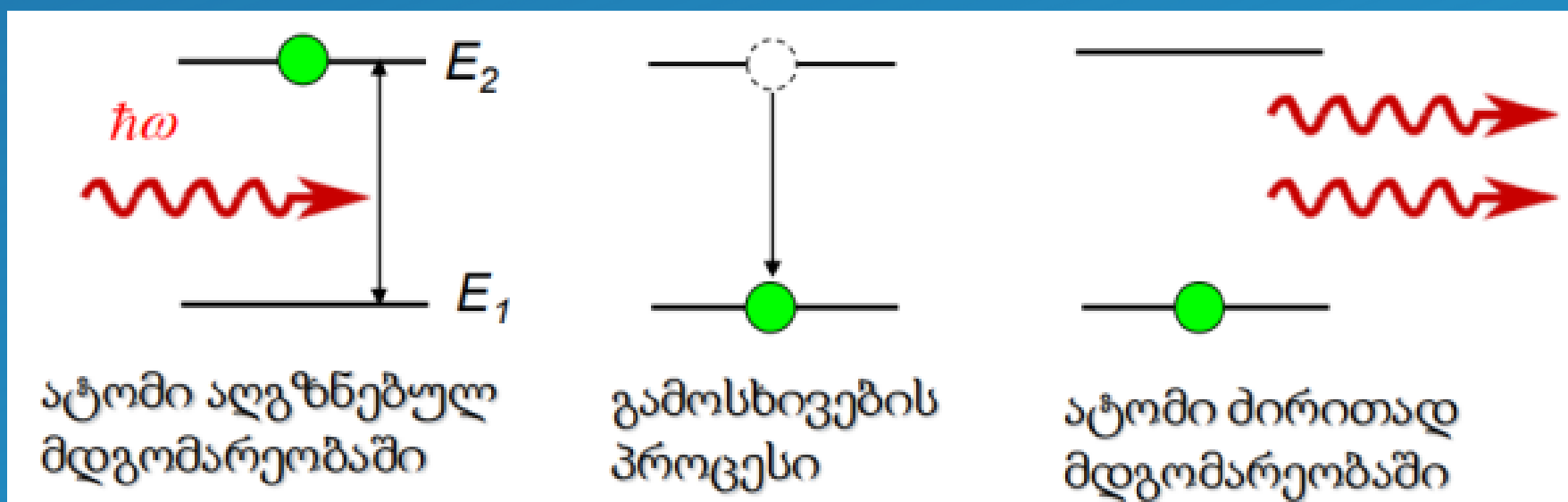
ლექტორი: მერაბ გოგბერაშვილი

სტუდენტი: მარიამ ცინდელიანი



# ინდუცირებული გამოსხივება

დასაწყისისთვის განვიხილოთ ინდუცირებული გამოსხივება, ე.წ. კვანტის დაბადება. გამოსხივებულ რეზონანსულ კვანტს დახვდა ალგზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომი. ამ დროს კვანტი ურთიერთქმედებს ალგზნებულ მდგომარეობაში მყოფ ატომთან და ატომი გადადის ძირითად მდგომარეობაში. ამ გადასვლის შედეგად, იგივე ამ ენერგიის ცვლილების შედეგად, იბადება კვანტი, რომელიც პირველადი კვანტის იდენტურია. საბოლოო მდგომარეობაში გვაქვს ერთი არაალგზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომი და უკვე ორი ერთნაირი კვანტი. ამ კვანტებს ერთნაირი ექნებათ სიხშირე და გავრცელების ფაზა, ტალღის პოლარიზაცია და სიჩქარე. თუ ჩვენ ასეთ პროცესს მრავალჯერადად გავიმეორებთ, ჩვენ შეგვიძლია, ასეთ გარემოს გამოსავალზე სინათლის ინტენსივობის გაძლიერების ეფექტი მივიღოთ. ანუ შევუშვათ სინათლე რაღაც გარემოში და გამოსავალზე მივიღოთ გაძლიერებული სინათლე. საზოგადოდ, ჩვენ ვიცით, რომ რაღაც გარემოში გავლის შედეგად სინათლის ინტენსივობა მცირდება გარემოს მიერ მისი მთანთქმის გამო. თუ კვანტს ჩვენ დავახვედრებთ ისეთ გარემოს, რომ გვექონდეს ალგზნებული ატომები, გამოსავალზე მისი ინტენსივობა გაიზრდება. სპონტანური გამოსხივებისგან განსხვავებით, ესენი კოჰერენტული გამოსხივებებია. საუბარია ნელ-ნელა მიდის ლაზერებისკენ.



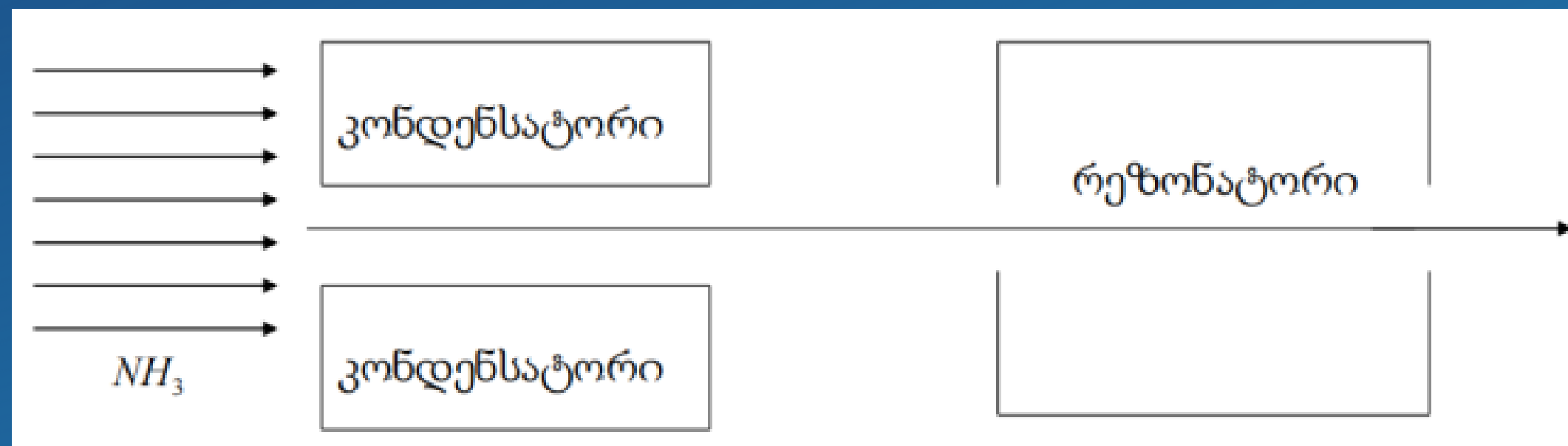




# მოლეკულურ კვანტური გენერატორები

ამ მიმართულებით პირველად მეცნიერებმა გააკეთეს მოლეკულური კვანტური გენერატორები. არსებობს ამიაკი, რომელსაც ძალიან ახლოს აქვს ძირითადი და აღგზნებული დონეები. შეიძლება ითქვას, რომ მოცემულ ტემპერატურაზე ძირითადი და აღგზნებული დონეები თითქმის გათანაბრებულია. იგი ძალიან მცირე ენერგიით ახერხებს გადასვლას. აქვს ერთი განმასხვავებელი თვისება, რომ აღგზნებულ და ძირითად მდგომარეობაში ყოფნისას, მოლეკულის დიპოლური მომენტი საპირისპირო ნიშნისაა. ამ მოვლენის გამოყენება დაედო სწორედ საფუძვლად მოლეკულური კვანტური გენერატორის შექმნას. მოცემულ ტემპერატურაზე ამიაკი ვაქციოთ წნევით ნაკადად და შევუშვათ კონდენსატორის ფირფიტებს შორის, სადაც არის ელექტრული ველის დაძაბულობა. ნაწილი მოლეკულების იქნება ძირითად მდგომარეობაში და ნაწილი აღგზნებულში. ამ ნაკადის სეპარაცია მოხდება, რადგან ელ.ველის დაძაბულობა სხვადასხვა ნიშნით იმოქმედებს და ეს ნაკადი გაიხლიჩება ორად. შესაბამისად ერთ კონდენსატორში, რომელიც არის დამაგროვებელი ცილინდრი, შევლენ აღგზნებულ მდგომარეობაში მყოფი მოლეკულები და მეორე კონდენსატორში შევლენ ძირითად მდგომარეობაში მყოფი მოლეკულები. მოვახდინეთ მათი განცალკეება. გვაინტერესებს ის მოლეკულები, რომლებიც აღგზნებულ მდგომარეობაში არიან, ჩვენ შევქმენით ფორმალური გარემო, სადაც აღგზნებულ მდგომარეობაში მყოფი მოლეკულები მეტია ვიდრე ძირითადში. ტემპერატურა ფორმალურად გავხადეთ უარყოფითი. ასეთი გარემო უკვე მზად არის იმისთვის, რომ მასში სინათლის გატარების შემთხვევაში გამოსავალზე მივიღოთ გაძლიერების ეფექტი.



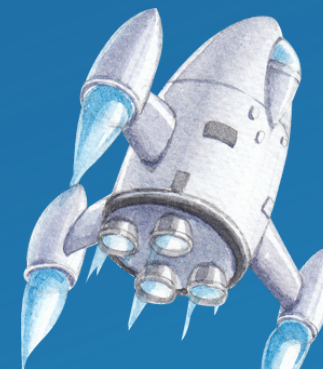


კონდენსატორის გავლის შემდეგ ეს ნაკადი შედის რეზონატორში, რომელიც არის მეტალის ყუთი და თუკი მასში გაჩნდა ელ. მაგნიტური ტალღა, რომლის ტალღის სიგრძის ნახევარი მთელი რიცხვის ჯერადი იქნება, მაშინ იგი რეზონატორის კუთხეებიდან აირეკლება და რეზონატორში დამყარდება მდგრადი ტალღა. დონეების სიახლოვე განაპირობებს გამოსხივების ტალღის სიგრძეს სანტიმეტრულ დიაპაზონის არეში. ამ ტალღის სიგრძის ნახევრის ჯერადი ზომის მეტალის ყუთში შესული გამოსხივება რეზონირებას დაიწყებს, ერთი რომელიღაც მოლეკულა სპონტანურ გამოსხივებას განახორციელებს. გაჩნდება ერთი ფოტონი, რომელიც რეზონატორის კედლების შიგნით დაიწყებს სირბილს. ამ დროს დაეჯახება ადგზნებულ მდგომარეობაში მყოფ მოლეკულას და ინდუცირებული გამოსხივების გზით აიძულებს, რომ გამოასხივოს მისი იდენტური ფოტონი ეს ფოტონი გეომეტრიული პროგრესიით გაიზრდება და დაგროვდება თანამიმართული სიმფაზური, კოჰერენტული გამოსხივების ფოტონები. რომელიმე კედლის გახსნისას რეზონატორიდან გამოედინებიან მაღალი ინტენსივობის ფოტონების ნაკადი, რომელთა სიხშირული დიაპაზონი არის სანტიმეტრული ანუ მიკროტალღურ დიაპაზონში. მოხდა დაახლოებით ავოგადროს რიცხვჯერ გამრავლება კვანტის ინტენსივობისა. მიკროტალღური გამოსხივების გაძლიერება იძულებითი გამოსხივების გზით - ხელსაწყო, რომელსაც დაერქვა ლაზერი.





# ლაზერები



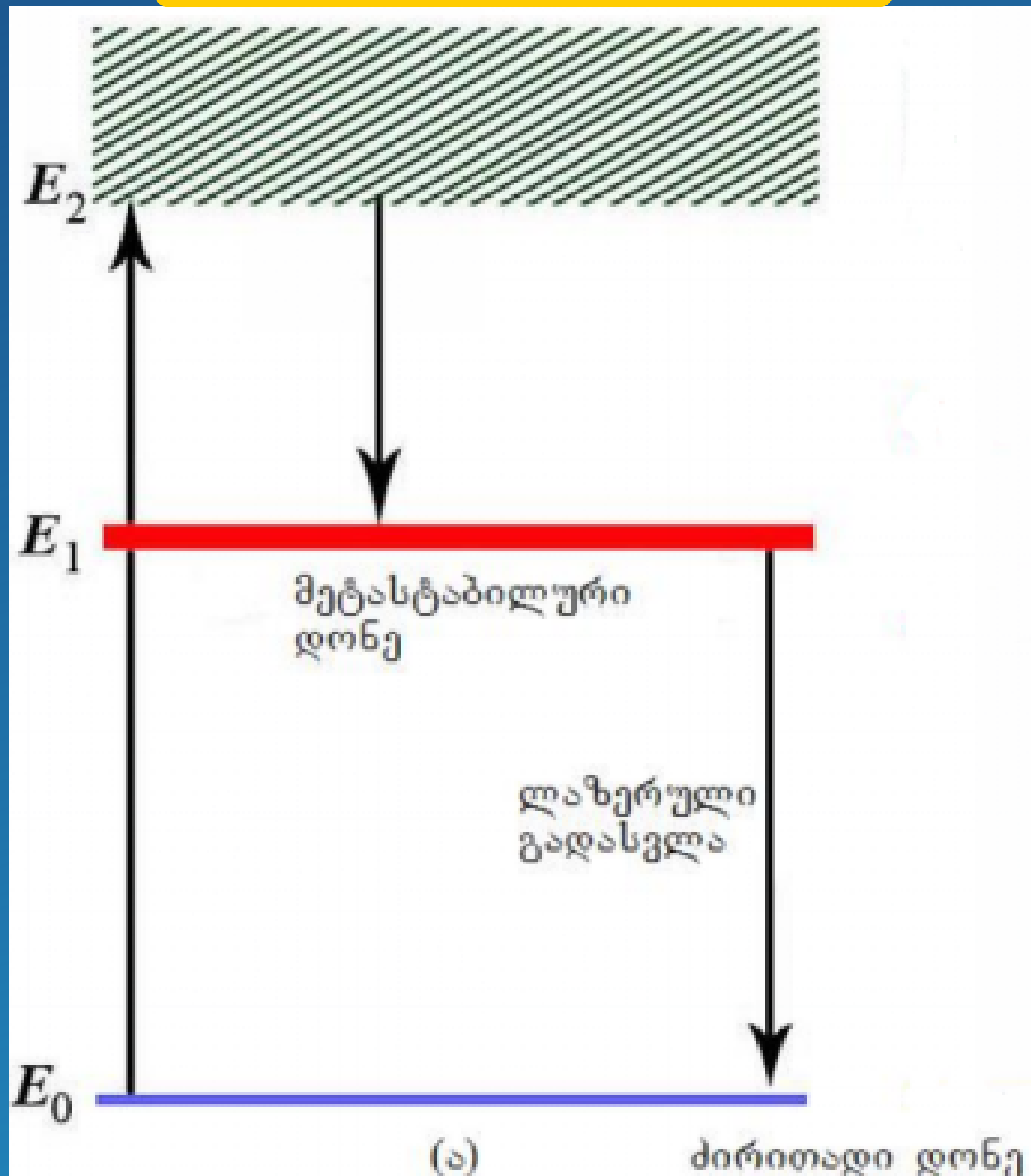
60-იან წლებში შეიქმნა ახალი ტიპის კვანტური გენერატორები, რომლებიც ელექტრომაგნიტურ ტალღათა გაძლიერებას ოპტიკურ არეში ახდენენ. მისი აბრევიატურაც ასე იწოდება (LASER) სინათლის გაძლიერება იძულებითი გამოსხივების გზით.

მოდით, გავერკვიოთ ლაზერების ფიზიკაში:





## სამდონიანი დატუმბვის სქემა:



რომელიმაც ატომის ენერგეტიკული დონეებია წარმოდგენილი ნახაზზე. ყოველი შემდგომი დონე იძენს გარკვეულ სიგანეს. დონის გაგანიერება დაკავშირებულია კვანტურ მექანიკასთან, რომელიც გვუბნება, რომ მიკროსამყაროში არსებობს ე.წ. განუზღვრელობის თანაფარდობა, რაც ნიშნავს იმას, რომ თუკი ჩვენ აღგზნებულ მდგომარეობაში გვაქვს ატომი, ის ამ აღგზნებულ მდგომარეობაში ვერ გაძლებს დიდხანს, მალევე გადავა ძირითად მდგომარეობაში.

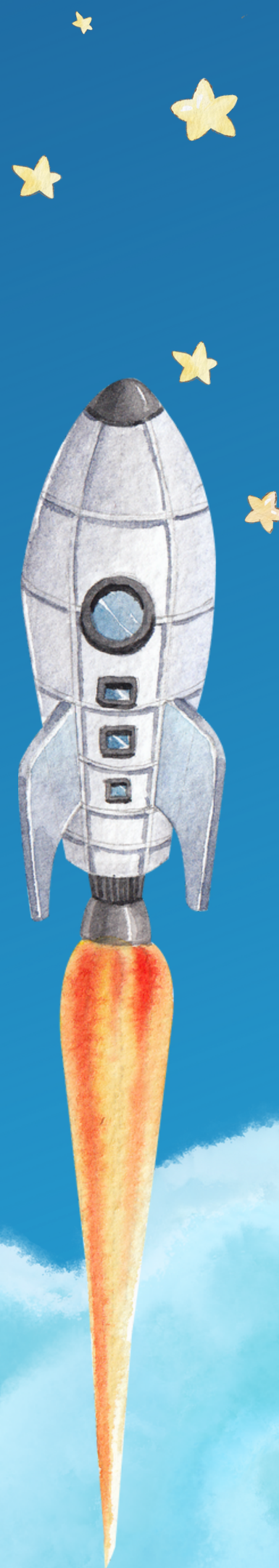
დრო, რომლის განმავლობაშიც აღგზნებულ მდგომარეობაში გაძლებს, პირდაპირ კავშირშია იმ ენერგიასთან, რომელიც ამ მდგომარეობას შეესაბამება, უფრო სწორად ამ ენერგიის ცდომილებასთან. გამოდის, რომ, რაც უფრო დიდია  $\Delta E$ , მით ნაკლებია  $\Delta T$ , ე.ი მოცემულ ენერგეტიკულ დონეზე ყოფნის ხანგრძლივობა:

$$\Delta t \Delta E \sim h, \Delta t \sim h / \Delta E$$

ჩვენი მიზანია, რომ ძირითად მდგომარეობაში მყოფი ელექტრონები გადავიყვანოთ აღგზნებულ ენერგეტიკულ მდგომარეობაში. თუკი ჩვენ კვანტს რეზონანსულად დავასხივებთ და გადავიყვანთ ყველა ელექტრონს  $E_0$ - დან  $E_1$  ენერგეტიკულ დონეზე, მაშინვე ჩაერთვება უკან გადმოსვლის ალბათობა.

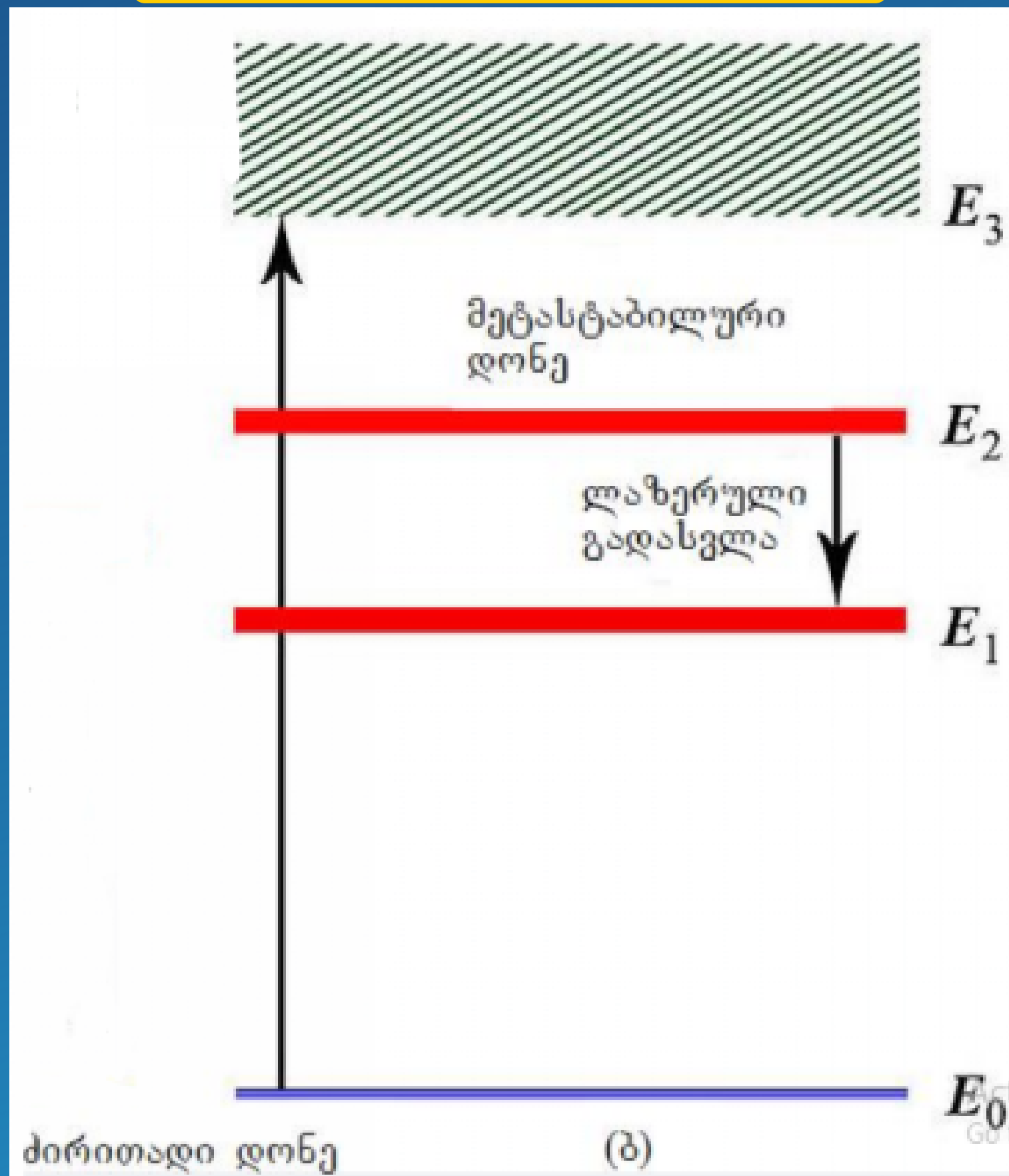


დროის ერთეულში რამდენი ელექტრონიც გადავა ადგზნებულ მდგომარეობაში იმდენივე დაბრუნდება უკან, გამრავლების ეფექტი არ განხორციელდება. ატომში შევქმენით ხელოვნური პირობა, რომ  $E_0$ -სა და  $E_2$  ენერგეტიკულ დონეებს შორის გავაჩინოთ შესაძლებლობა, რომ მოთავსდეს ერთი ენერგეტიკული დონე, თანაც ისეთი, რომ ელექტრონების ადგზნების მეორე მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობა იქნება მეტი, ვიდრე პირველში გადასვლის ალბათობა.  $E_1$  დონეს ისეთნაირად შევარჩევთ, რომ  $E_2$ -დან  $E_1$ -ზე გადმოსვლის ალბათობა გაცილებით მეტი იყოს  $E_2$ -დან  $E_0$ -ზე გადმოსვლის ალბათობაზე.  $E_2$  დონეზე გადმოსული ელექტრონების უმრავლესობა ძირითად მდგომარეობაში კი არ დაბრუნდება, არამედ პატარა კვანტის გამოსხივებით ჩამოვა  $E_1$  დონეზე ( $E_2 - E_1$ ).  $E_1$  დონის სიცოცხლის ხანგრძლივობა  $\tau_1$  გაცილებით მეტია  $E_2$ -ის სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე -  $\tau_2$ -ზე,  $\tau_1 \gg \tau_2$ . გარკვეული დროის განმავლობაში მიღწეულია ინვერსიული დასახლება. რაღაც დროის გასვლის შემდეგ ერთი რომელიღაც ელექტრონი, სპონტანურად გადმოვა ძირითად მდგომარეობაში და გამოასხივებს სიხშირის კვანტს, რომელსაც შთანთქამს მეზობელი და გამოასხივებს ინდუცირებული გამოსხივების მექანიზმით მეორე ასეთივე კვანტს, ახლა უკვე გვაქვს 2 კვანტი, რაც შემდეგ პროგრესიით გაიზრდება და მოხდება მეტასტაბილურ მდგომარეობაში მყოფი ატომების ბევრი კვანტის ერთბაშად გამოსხივება, ამ გამოსხივების ეფექტს უწოდებენ სწორედ სინათლის გაძლიერებას, ანუ ლაზერს. ამ დროს ხდება მაღალი ინტენსივობის მქონე კვანტების გამოსხივება. ასეთი მექანიზმი აქვს მძლავრ ლაზერებს. არსებობს ასევე გაზური და ნახევარგამტარული ლაზერები, თუმცა იდეა იგივეა, მისი შესრულების მექანიზმი იცვლება.

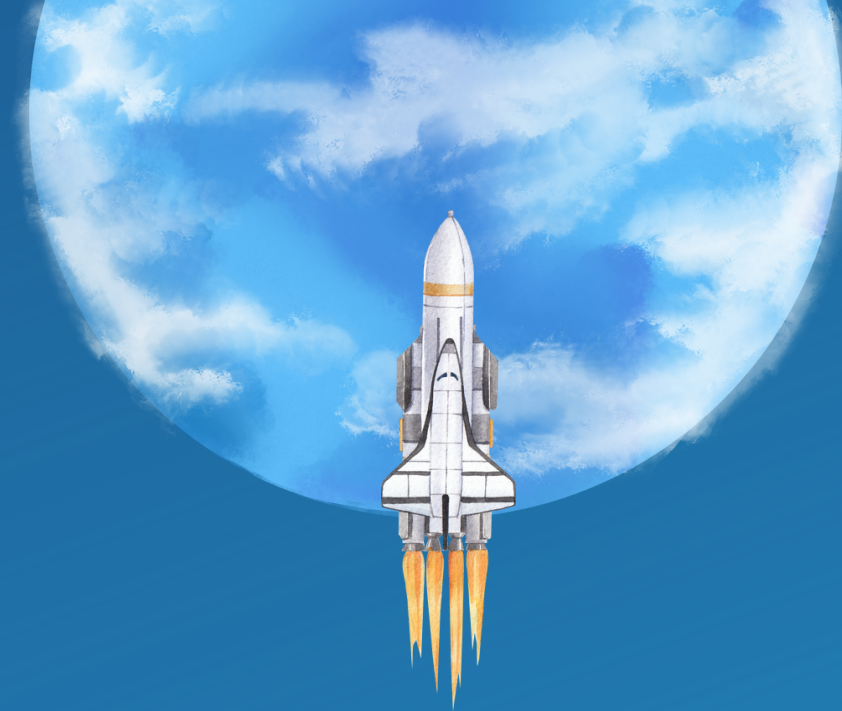




## ოთხდონიანი დატუმბვის სქემა:

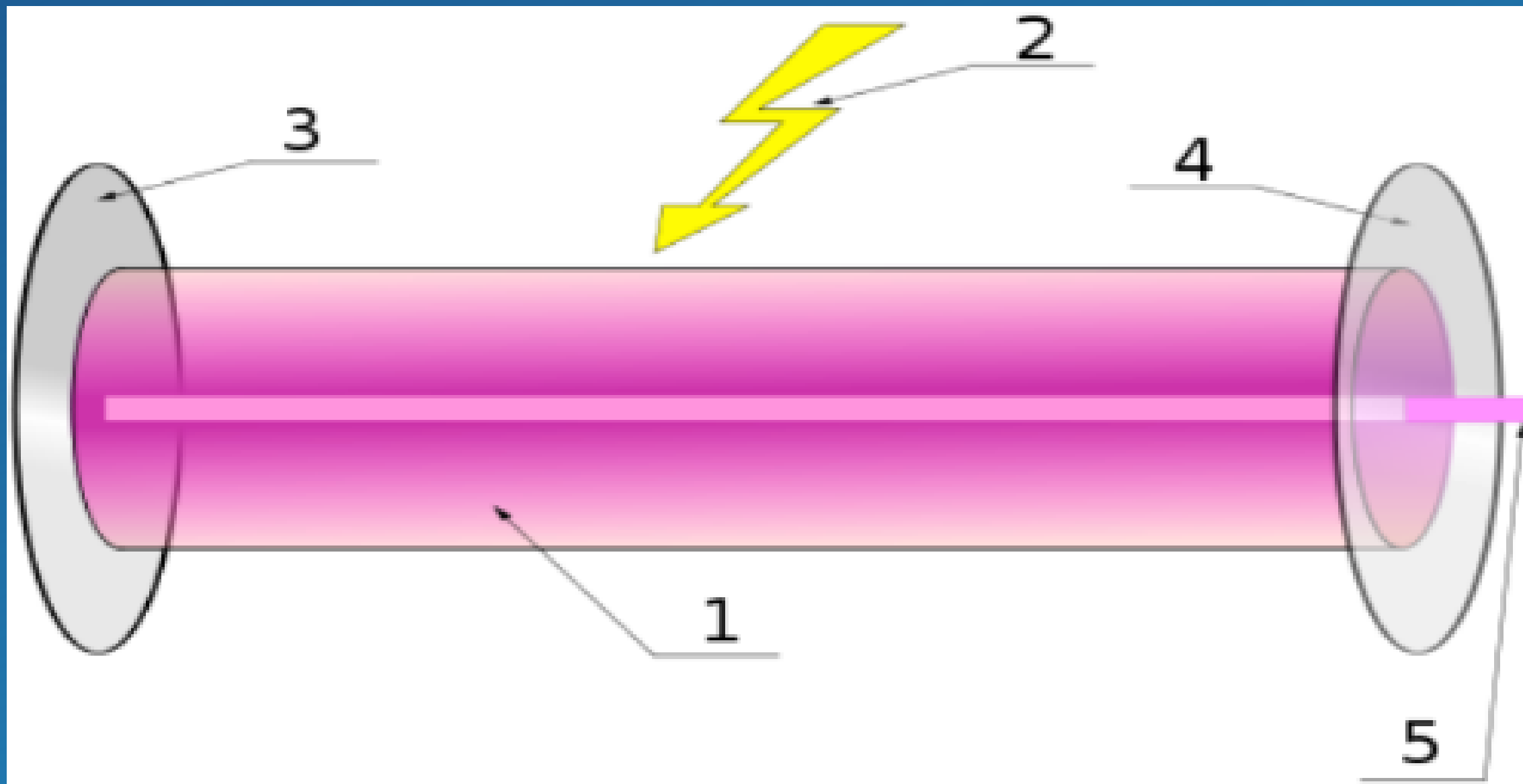


ოთხდონიან სისტემაში კიდევ ერთი  
მეტასტაბილური დონეა ჩამატებული.  $E_3$   
დონის სიგანე კიდევ უფრო მეტი იქნება,  
ვიდრე იყო  $E_2$ -ისა, ამიტომ იქნება ნაკლებ  
ენერგოტევადი, ნაკლები ენერგიით  
შეგვიძლია ლაზერის დატენვა, უფრო  
ფართოზოლოვანი გამომსხივებლით,  
ხოლო რაც უფრო ფართოზოლოვანია,  
მით უფრო ეკონომიურია.





# გაბურღი ღაბურღი



- 1) აქტიური გარემო
- 2) დატუმბვის ენერგია
- 3) აბსოლუტურად ამრეკლავი სარკე
- 4) ნახევრად ამრეკლავი სარკე
- 5) ღაზურული სხივი



# ლაზერის მოქმედების პრინციპი:

გვაქვს გაუმჯობესებული მილი, რომლის ორივე ბოლო არის დაფარული. ერთი ბოლო დაფარულია აბსოლუტურად ამრეკლავი ზედაპირით, ხოლო მეორე ბოლო ნახევრად ამრეკლავი სარკისებური ზედაპირით.

ეს მოწყობილობა არის ფაქტობრივად მიკროტალღური გამოსხივების დროს განხილული რეზონატორი. ხილული სინათლის ტალღის სიგრძე არის ნანომეტრების რიგის, ამიტომ ტალღის სიგრძის ნახევრად ჯერადი მეტალის მოწყობილობა რომ გავაკეთოთ, შეუძლებელია. ასეთი სისტემა უნდა უზრუნველყოს ოპტიკურმა გარემომ, მაგალითად ამრეკლავმა სარკემ. გაზური ლაზერი რომ განვიხილოთ, მილის შიგნით არის ჰელიუმის და ნეონის გაზი მოთავსებული და მათ ენერგეტიკული მდგომარეობები აქვთ. ეს გაზი უნდა გათბეს რაღაც ტემპერატურაზე, რომ მექანიკური დაჯახებების შედეგად ერთი ატომი აღაგზნოს ენერგეტიკულ დონეზე და მოხდეს მეტასტაბილური დონის დასახლება. ამისთვის გამოიყენება დასხივება და იწყება გამთბარი ატომის ენერგეტიკულ დონეზე გადასვლა. ერთი კვანტი გავრცელდება სარკის მიმართულებით, აირეკლება და წამოვა საპირისპირო მიმართულებით. კვანტი ზედაპირიდანაც აირეკლება და ასეთი მრავალჯერადი არეკვლის შედეგად, ეს კვანტი გასწორდება და აირეკლება მართობულად სარკული ზედაპირის მიმართ. როგორც კი მართობულად აირეკლება, მეორე კვანტიც, რომელსაც ინდუცირებული გამოსხივებული პრინციპიდან გამომდინარე დაბადებს, ასეთი მიმართულებით დაიწყებს მოძრაობას. სხვა კვანტებიც, რომლებიც დაიბადებიან, დაიწყებენ რეზონატორში ერთი სარკიდან არეკვლას და მეორესთან მისვლას. როგორც კი ინტენსივობა გაიზრდება, ნახევრად გამჭვირვალე სარკე ვეღარ შეაკავებს და გაჟონავს, კვანტები გამოვლენ გარეთ და მივიღებთ ლაზერის გამოსხივებას.



# გამოყენებული ლიტერატურა:



ატომური ფიზიკა - ჯემალ მებონია



ატომური ფიზიკა - ზაალ მაჭავარიანი







გმადლობთ  
ყურადღებებისთვის!