

ფიზიკის შესავალი (1)

ლექცია 9

მოლეკულები, ატომები,
ელემენტარული ნაწილაკები
დიფუზია, ბროუნის მოძრაობა

1

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაძე / 2025

ლექცია: 9 გვერდი: 2

წინა ლექციაში

გრაფიტაციული მიზიდულობის ძალა
თავისუფალი ვარდნის აჩქარება

მოდრაობა ორბიტაზე
პირველი კოსმოსური სიჩქარე
მეორე კოსმოსური სიჩქარე

წონა და უწონობა

2

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაძე / 2025

ლექცია: 9 გვერდი: 3

მატერია

რისგან შედგება მატერია?

3

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაძე / 2025

ლექცია: 9 გვერდი: 4

მატერია

ძველი ბერძნული წარმოდგენები

სამყაროში ნებისმიერი სხეული შედგება ოთხი
ძირითადი სუბსტანციისაგან:
მიწა, წყალი, ჰაერი, ცეცხლი

არისტოტელეს ფილოსოფია

არსებობს უმცირესი ზომის ნაწილაკი,
რომლისგანაც შედგება ნებისმიერი მატერია: *ატომი*
შეიძლება მატერიის დაშლა ატომებამდე
ატომის დაშლა შეუძლებელია

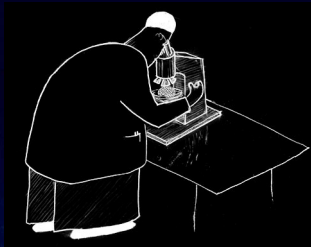
4

მატერია მიკროსკოპში

მატერიის მიკრო
სტრუქტურა:

დაკვირვება
მიკროსკოპით
(ოპტიკური, ელექტრონული)

სხვადასხვა გადიდების გამოსახულებები



5

მასშტაბი: 10^{-3} მეტრი

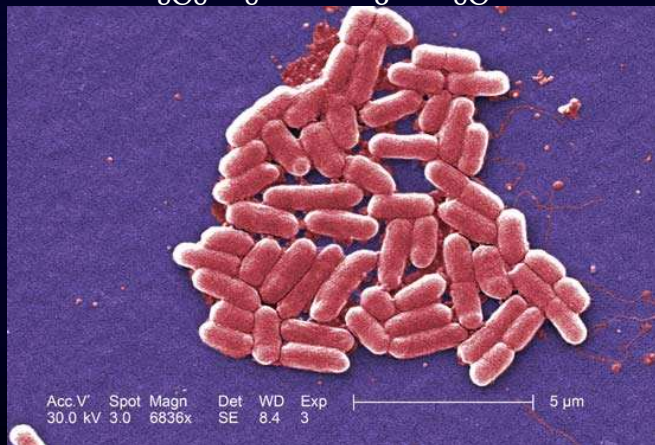
თოვლის ფანტელი: 1 მილიმეტრი



6

მასშტაბი: 10^{-5} მეტრი

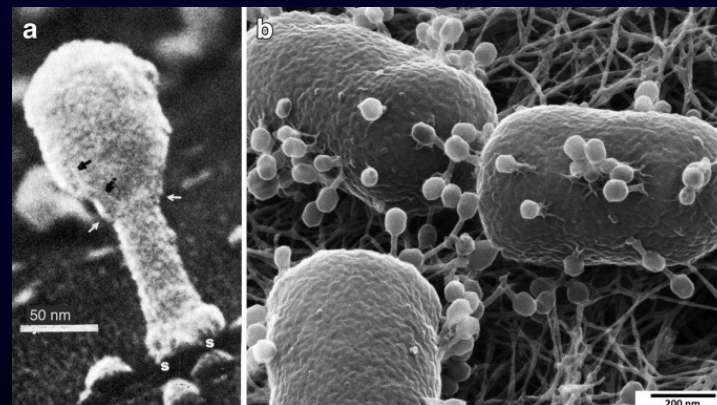
ბაქტერიები: 10 მიკრო მეტრი



7

მასშტაბი: 10^{-8} მეტრი

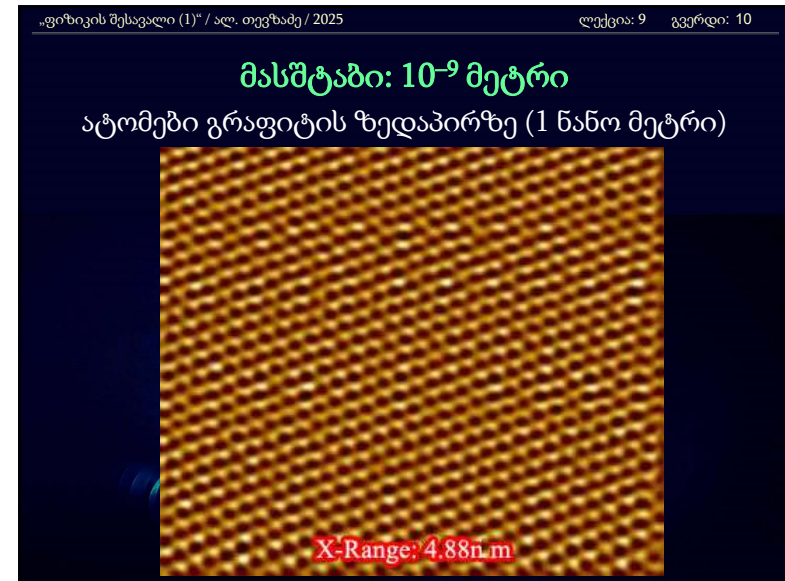
ვირუსები: ბაქტერიოფაგი - 50 ნანო მეტრი



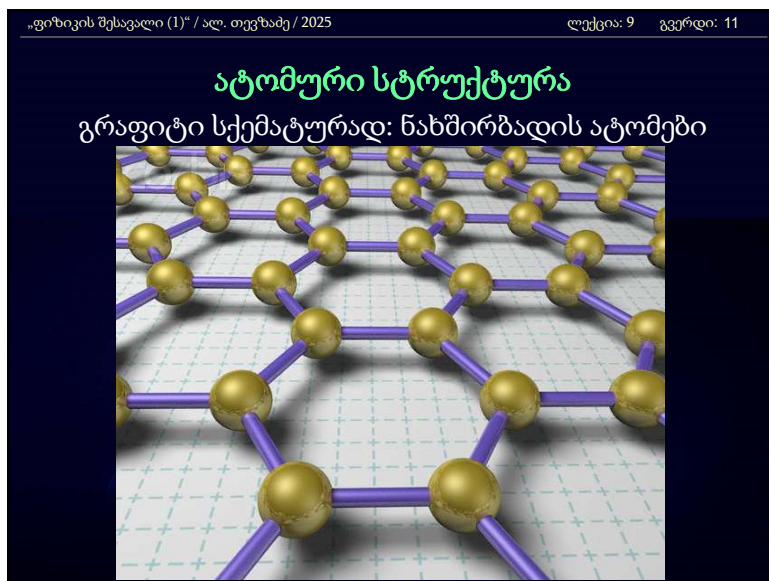
8



9



10

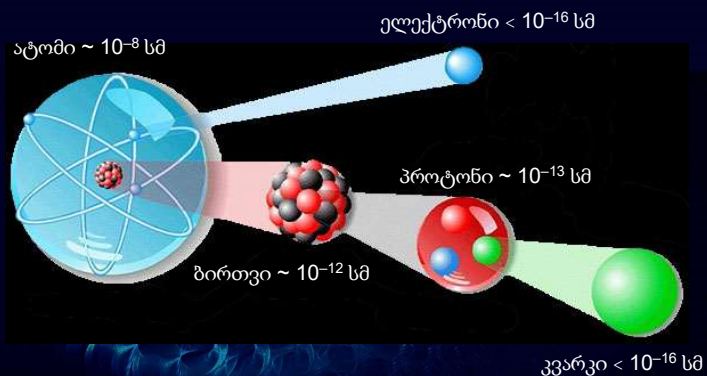


11



12

ნივთიერება მიკროსკოპულ მასშტაბში



13

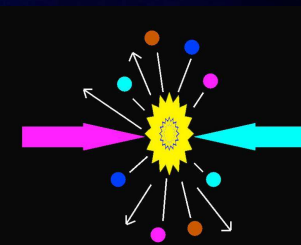
რისგან შედგება ნივთიერება?

რა არის ატომის ბირთვი?

რისგან შედგება პროტონი?

დაჯახებები მაღალ სიჩქარეზე და დაშლის პროდუქტების დაკვირვება

ექსპერიმენტები
ამაჩქარებელზე



14

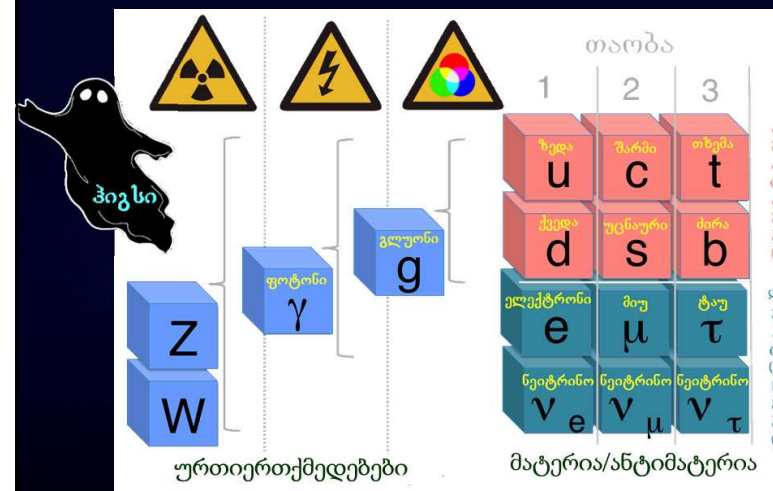
„ელემენტარული“ ნაწილაკები

ელემენტარული ნაწილაკების
სტანდარტული მოდელი გვამღერს
დღეს ცნობილი ელემენტარული ნაწილაკების
ოჯახებს

- ლეპტონები (ფერმიონები: ელექტრონი, მიუონი,...);
- კვარკები (ფერმიონები)
- ბოზონები (ფოტონი, გლუონი, W და Z ბოზონი);
ჰიგსის ბოზონი;

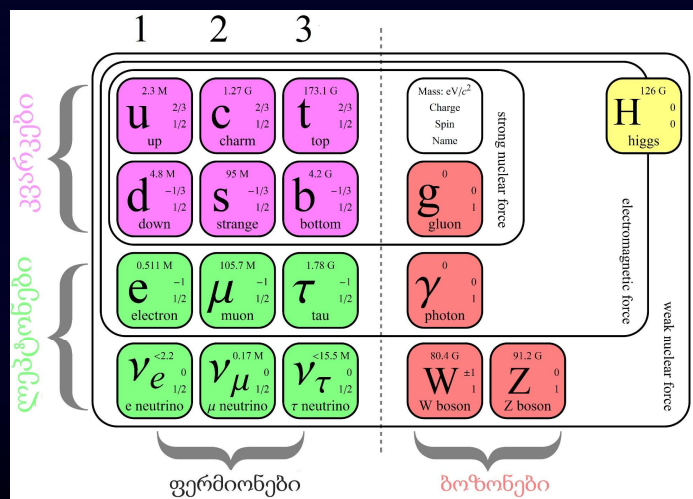
15

სტანდარტული მოდელი



16

ელემენტარული ნაწილაკები

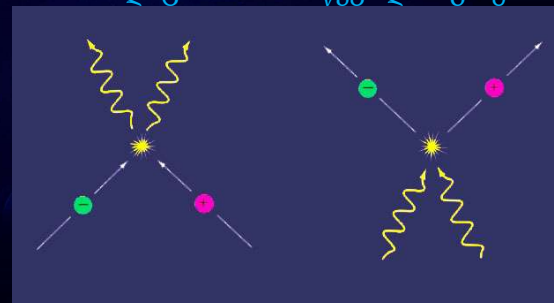


17

ელემენტარული ნაწილაკები

ნაწილაკი-ანტინაწილაკის წყვილები
(მაგ. ელექტრონი+პოზიტრონი)

ანიჰილაცია წყვილის გაჩენა



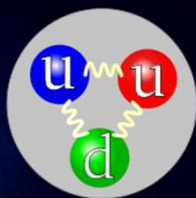
18

პროტონი

სამი კვარკისაგან შედგენილი ნაწილაკი

კვარკები: **u u d**

კვარკების შემაკავებელი ძალა:



გლუონები

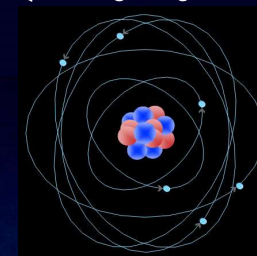
(ძლიერი ურთიერთქმედება)

(ნეიტრონი: [u d d])

19

ატომი: ზომა

ატომი შედგება ატომ-ბირთვისა და მის გარშემო
მბრუნავი ელექტრონებისაგან



$$R_{\text{ატომი}} = 100\,000 R_{\text{ბირთვი}}$$

$R_{\text{ატომი}}$ – გარე ელექტრონული შრის რადიუსი

$R_{\text{ბირთვი}}$ – ბირთვის რადიუსი

$$R_{\text{ატომი}} \sim 1 \text{ \AA}, \quad 1 \text{ \AA} (\text{ანგსტრომი}) = 10^{-10} \text{ მ} = 0.1 \text{ ნმ}$$

20

ატომი: მასა

მასის განაწილება წყალბადის ატომში

$$M_{\text{ბირთვი}} = 0.9995 M_{\text{ატომი}}$$

$M_{\text{ატომი}}$ – ატომის სრული მასა

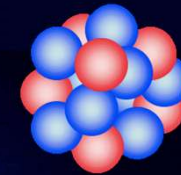
$M_{\text{ბირთვი}}$ – ბირთვის მასა

წყალბადის ატომის მასის 99.95% თავმოყრილია ბირთვში. უფრო მძიმე ქიმიური ელემენტებისათვის ეს პროცენტული თანაფარდობა უფრო დიდია

21

ატომის ბირთვი

ატომის ბირთვი შესამლებელია
დავშალოთ ნუკლონებათ



არსებობს ორი ტიპის ნუკლონი:

- დადებითად დამუხტული **პროტონი**
- ნეიტრალური **ნეიტრონი**

22

ატომის ელექტრონული გარსი

ატომის ბირთვის ირგვლივ დიდი სიჩქარით
ბრუნავენ ელექტრონები, ანუ ქმნიან ე.წ.

ელექტრონულ ღრუბელს

ელექტრონი უარყოფითად დამუხტული
ელემენტარული ნაწილაკია;

ნეიტრალურ ატომში ელექტრონების რაოდენობა
უდრის ატომის ბირთვში პროტონების რაოდენობას;

ატომის **ელექტრონული გარსის** თვისებები
განაპირობებს ნივთიერების **ქიმიურ თვისებებს**;

23

ატომები

სხვადასხვა ტიპის ატომები:

სხვადასხვა ქიმიური ელემენტები;

ის, თუ რომელი ქიმიური ელემენტია ატომი,
განისაზღვრება ატომის ბირთვში პროტონების
რაოდენობით;

წყალბადი (H) – 1 პროტონი

ჰელიუმი (He) – 2 პროტონი

ჟანგბადი (O) – 8 პროტონი

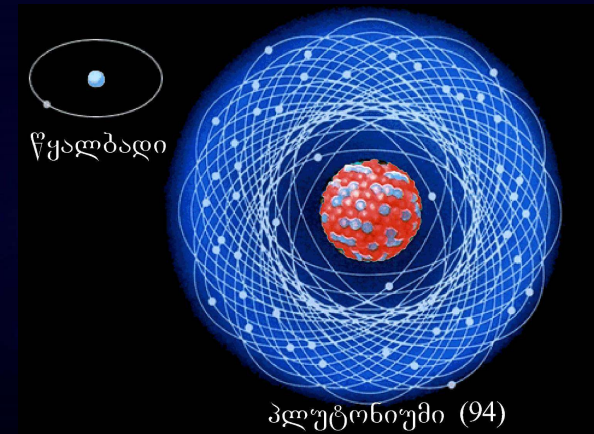
24

ქიმიური ელემენტები (მენდელეევის) პერიოდული სისტემა

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1 H	2 He										
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne				
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar				
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn
31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd
49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy
67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu							
72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi
84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am
96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr				

25

ქიმიური ელემენტები მსუბუქი და მძიმე ატომები



26

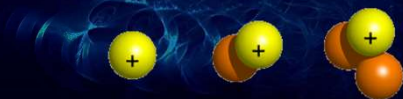
იზოტოპები

ორ ატომს ეწოდება ერთიდაიგივე ქიმიური ელემენტის იზოტოპი, თუკი მათში პროტონების რაოდენობა ტოლია, ხოლო ნეიტრონების რაოდენობა – განსხვავებული

წყალბადის იზოტოპები:

დეიტერიუმი (1 პროტონი + 1 ნეიტრონი)

თრიტიუმი (1 პროტონი + 2 ნეიტრონი)

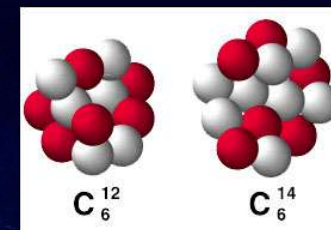


27

იზოტოპები

სხვადასხვა ქიმიურ ელემენტს შეიძლება გააჩნდეს სხვადასხვა რაოდენობის იზოტოპი:

ნახშირბადი:

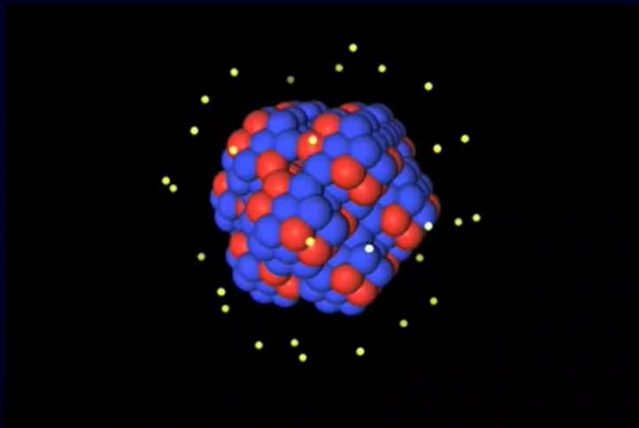


ურანი: U234, U235, U238

იზოტოპებს გააჩნიათ ერთიდაიგივე ქიმიური თვისებები, მაგრამ განსხვავებული თვისებები ბირთვული რეაქციებისას (მაგ. ბირთვის სპონტანური დაშლა: რადიოაქტიულობა)

28

ურანი (U235)



29

მოლეკულები

შესაძლებელია რამოდენიმე ატომი შეერთდეს და მოგვცეს ქიმიური ნაერთი - მოლეკულა.

მაგალითად:

წყალი

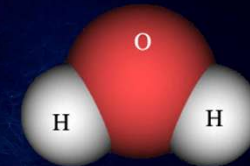
H_2O

წყლის მოლეკულა:

ჟანგბადის და ორი

წყალბადის ატომის

ნაერთი



30

ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობები

მყარ სხეულებში ატომები ირხევიან ქაოსურად ფიქსირებული მდგომარეობის ირგვლივ;

სითხეებში მოლეკულები განლაგებული არიან მჭიდროდ, მაგრამ გადაადგილდებიან ქაოსურად;

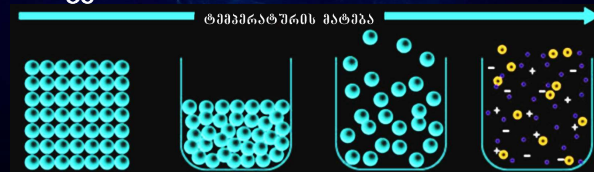
აირებში მოლეკულები დაფრინავენ თავისუფლად და ეხაჯებიან ერთმანეთს ქაოსურად;

პლაზმაში ატომები იონიზირებულია: დადებითი იონები და უარყოფითი ელექტრონები გადაადგილდებიან აირების მსგავსად;

31

ნივთიერების მდგომარეობები

- **მყარი სხეული** ინარჩუნებს ფორმას და მოცულობას;
- **სითხე** ინარჩუნებს მოცულობას;
- **აირი** ავსებს ნებისმიერი ფორმის და მოცულობის ჭურჭელს;
- **პლაზმა** ავსებს ნებისმიერი ფორმის ჭურჭელს და ასხივებს;



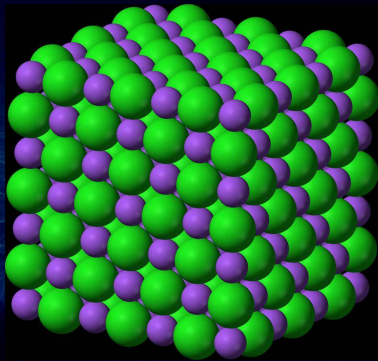
32

მყარი სხეული

სუფრის მარილის: NaCl

ნატრიუმის და ქლორის ატომების კრისტალური სტრუქტურა

ატომები
ირხევიან
წონასწორული
მდგომარეობის
ირგვლივ

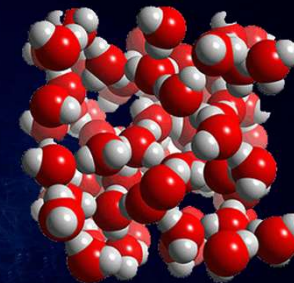


33

სითხე

წყლის მოლეკულები (H_2O) სითხეში:

მოლეკულებს არ
გააჩნიათ ფიქსირებული
მდგომარეობა და
შეუძლიათ
გადაადგილება
თავისუფლად
სითხის
მოცულობაში



34

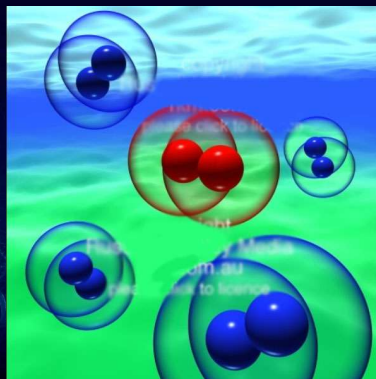
ჰაერი

ჰაერი შედგება ძირითადად აზოტისა და
ჟანგბადისაგან:

N_2 (78%)

O_2 (21%)

აზოტის და ჟანგბადის
მოლეკულების
ქაოსური მოძრაობა

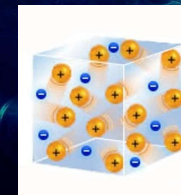


35

პლაზმა

პლაზმურ მდგომარეობაში
აირი იონიზირებულია

ატომების იონები და
ელექტრონები ერთმანეთის ველში
მოძრაობენ თავისუფლად

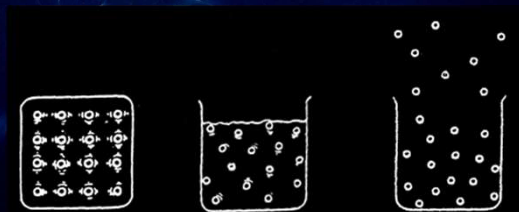


36

ატომების მოძრაობა

ატომები მოძრაობენ ქაოსურად ყველა აგრეგატულ მდგომარეობაში.

ატომების და მოლეკულების აოსური მოძრაობის სიჩქარე იზრდება ტემპერატურის მატებასთან ერთად.



37

მიკრო და მაკრო სამყარო

მიკროსამყარო:

ატომები და მოლეკულები;
ქაოსური მოძრაობა და დაჯახებები;

მაკროსამყარო:

მყარი სხეული, სითხე, აირი;
სიმკვრივე, წნევა, ტემპერატურა;

მიკრო სამყაროს ფიზიკა განაპირობებს მაკრო სამყაროს თვისებებს: *მაგალითად დიფუზია*

38

დიფუზია

შეხებაში მყოფი ორი სხვადასხვა ნივთიერების მოლეკულები დროთა განმავლობაში ერთმანეთში ირევა. ამ პროცესს ფიზიკური დიფუზია ეწოდება.



დიფუზიის მიზეზია ნივთიერებებში მოლეკულების ქაოსური მოძრაობა

39

დიფუზია

დიფუზია დაიკვირვება როგორც მყარ სხეულებში, ისე სითხეებსა და აირებში

დიფუზიის სიჩქარე დამოკიდებულია მოლეკულების **ქაოსური მოძრაობის სიჩქარესა** და **მანძილზე**, რომელზედაც მოლეკულები გადაადგილდებიან

დიფუზია ყველაზე სწრაფად მიმდინარეობს აირებში, შემდეგ სითხეებში, ხოლო ყველაზე ნელია მყარ სხეულებში;

40

დიფუზია

დიფუზიური პროცესების მაგალითები ყოფით ცხოვრებაში

ჩაის ფერის ცხელ წყალში გახსნა



მეტალების შედუღება



ყავის ან სიგარეტის სუნის ჰაერში გავრცელება და ა.შ.

41

დიფუზია სხვადასხვა სითხეში

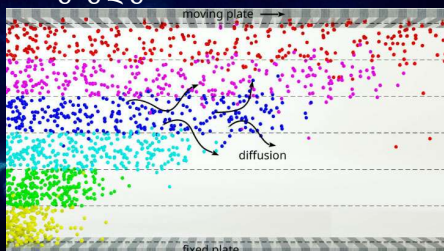


42

სიბლანტე

სითხეში სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავს ფენების ერთმანეთთან „ხახუნი“

ქაოსური მოძრაობის გამო ატომი გადაადგილდება სხვა სიჩქარით მოძრავ ფენაში და იწვევს იმ ფენის აჩქარებას ან შენელებას



43

ბროუნის მოძრაობა

სითხეებში და გაზებში სხეულს სხვადასხვა მხრიდან **ქაოსურად ეჯახებიან** მოლეკულები ან ატომები.

თუკი სხეულის მასა დიდია, მაშის ჯამური ძალა გაწონასწორებულია – ყოველი მხრიდან მოქმედი ძალა საშუალოდ ერთმანეთს უდრის და ტოლქმედი ნულია.

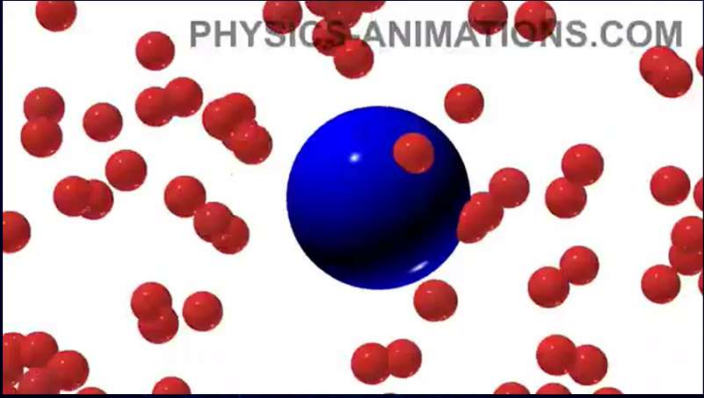
თუკი სხეულის ზომა პატარაა, მაშინ დაჯახებების რიცხვი ნაკლებია და შეიძლება წარმოიშვას ძალთა ტოლქმედი, რომელიც მოქმედებს სხეულზე ცვალებადი მიმართულებით.

44

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაძე / 2025

ლექცია: 9 გვერდი: 45

ბროუნის მოძრაობა



45

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაძე / 2025

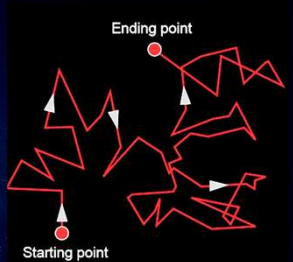
ლექცია: 9 გვერდი: 46

ბროუნის მოძრაობა

ბროუნის მოძრაობა არის **მაკროსკოპული** სხეულის მოძრაობაში **მიკროსკოპული** ქაოსური ძალების გამოვლენა

სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია: ქაოსური

მიკროსკოპული;
მაკროსკოპული;
საშუალოდ: **მეზოსკოპული ეფექტი**



46

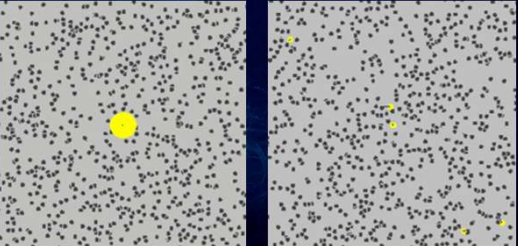
„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაძე / 2025

ლექცია: 9 გვერდი: 47

ბროუნის მოძრაობა

ნაწილაკის კოორდინატი **$x(t)$** („ქაოსური“ სიდიდე)
საშუალო კვადრატული გადახრა: **$\langle x(t)^2 \rangle = 2 D t$**
ნაწილაკის „მოგზაურობის“ მანძილი: **$L \sim t^{1/2}$**

სხვადასხვა მასის ნაწილაკების ბროუნის მოძრაობა



47

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაძე / 2025

ლექცია: 9 გვერდი: 48

ბროუნის მოძრაობა: ექსპერიმენტი



48

ნივთიერების აგებულება

ატომები

ატომის ბირთვი

ელემენტარული ნაწილაკები

სტანდარტული მოდელი

აგრეგატული მდგომარეობები

დიფუზია

ბროუნის მოძრაობა

www.tevza.org/home/course/phys2025