



აკადემიური უნივერსიტეტი
1918

საქართველოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ფიზიკის შესავალი (1)

ლექცია 9

მოლეკულური, ატომური, ელემენტარული ნაწილაკები
დიფუზია, ბროუნის მოძრაობა

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაბე / 2017

ლექცია: 9 გვერდი: 2

წინა ლექციაში

გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა
თავისუფალი ვარდნის აჩქარება

მოძრაობა ორბიტაზე
პირველი კოსმოსური სიჩქარე
მეორე კოსმოსური სიჩქარე

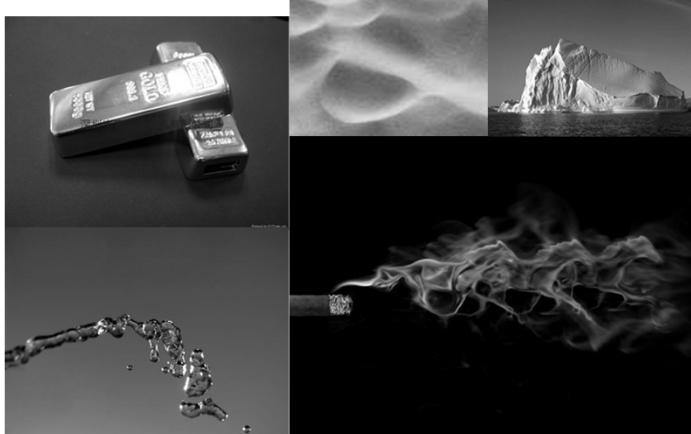
წონა და უწონობა

„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაბე / 2017

ლექცია: 9 გვერდი: 3

მატერია

რისგან შედგება მატერია?



„ფიზიკის შესავალი (1)“ / ალ. თევზაბე / 2017

ლექცია: 9 გვერდი: 4

მატერია

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

არისტოტელეს ფილოსოფია

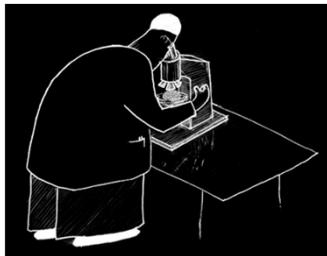
არსებობს უმცირესი ზომის ნაწილაკი,
რომლისგანაც შედგება ნებისმიერი მატერია: ატომი
შეიძლება მატერიის დაშლა ატომებამდე
ატომის დაშლა შეუძლებელია

მატერია მიკროსკოპში

მატერიის
მიკრო სტრუქტურა:

დაკვირვება
მიკროსკოპით
(ოპტიკური, ელექტრონული)

სხვადასხვა გადიდების გამოსახულებები

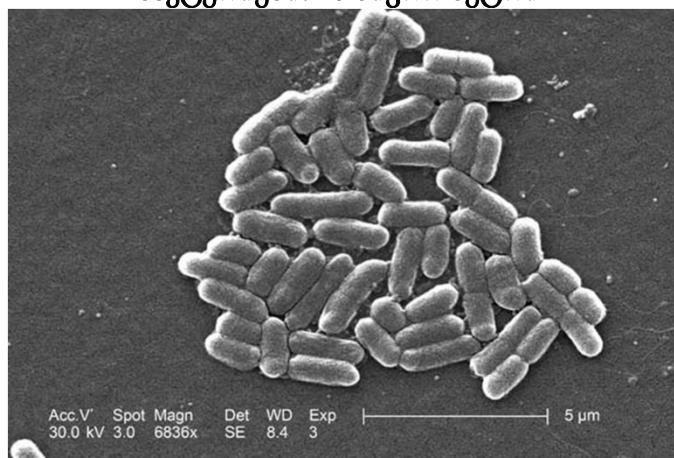


მასშტაბი: 10^{-3} მეტრი

თოვლის ფანტელი: 1 მილიმეტრი

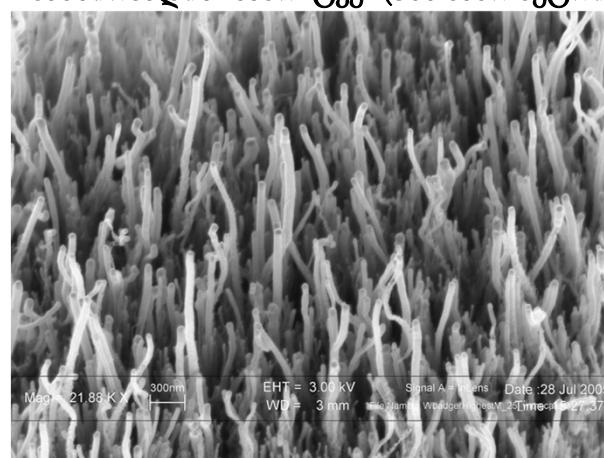


მასშტაბი: 10^{-5} მეტრი
ბაქტერიები: 10 მიკრო მეტრი

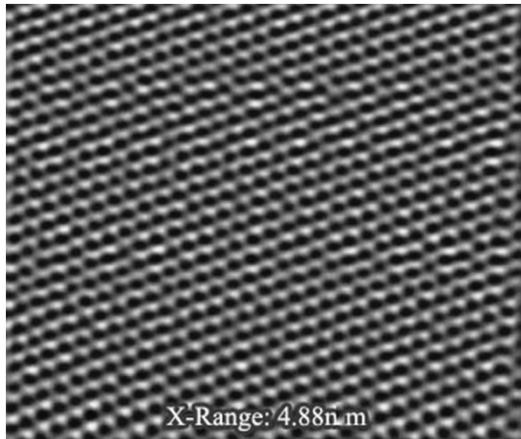


მასშტაბი: 10^{-7} მეტრი

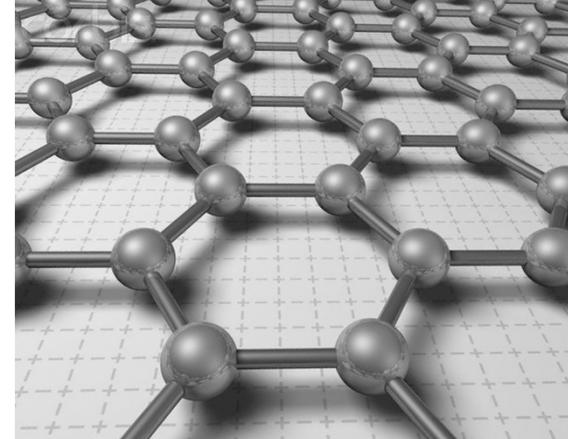
ნახშირბადის “ნანო-ტყე” (300 ნანო მეტრი)



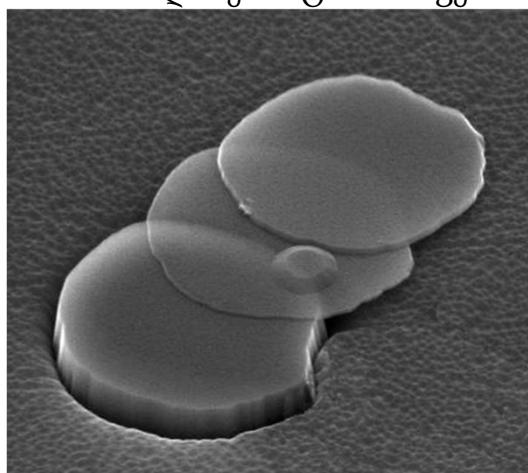
მასშტაბი: 10^{-9} მეტრი
ატომები გრაფიტის ზედაპირზე (1 ნანო მეტრი)



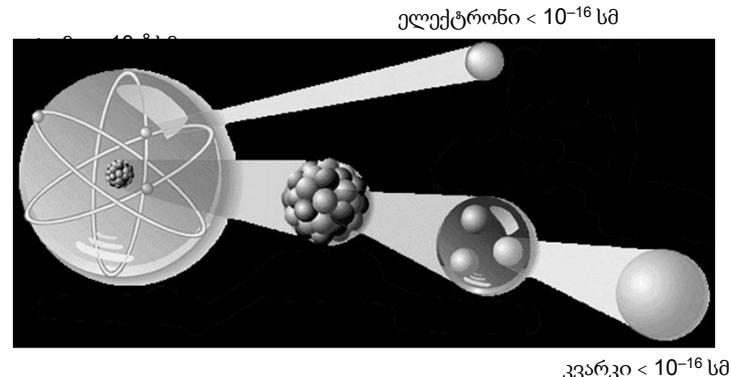
ატომური სტრუქტურა
გრაფიტი სქემატურად: ნახშირბადის ატომები



გრაფენი (2010)
ნახშირბადის ერთატომიანი ფენა



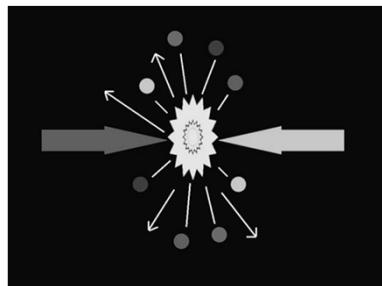
ნივთიერება მიკროსკოპულ მასშტაბში



რისგან შედგება ნივთიერება?
 რა არის ატომის ბირთვში?
 რისგან შედგება პროტონი?

დაჯახებები მაღალ სიჩქარეზე და დაშლის
 პროდუქტების დაკვირვება

ექსპერიმენტები
 ამაჩქარებელზე



ელემენტარული ნაწილაკები

1	2	3	
u up 2.3 M $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	c charm 1.27 G $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	t top 173.1 G $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	Mass: eV/c^2 Charge Spin Name Higgs strong nuclear force
d down 4.8 M $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	s strange 95 M $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	b bottom 4.2 G $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	g gluon 0 0 1 electromagnetic force
e electron 0.511 M $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	μ muon 105.7 M $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	τ tau 1.78 G -1 $\frac{1}{2}$	γ photon 0 0 1 weak nuclear force
ν_e e neutrino <2.2 0 $\frac{1}{2}$	ν_μ μ neutrino 0.17 0 $\frac{1}{2}$	ν_τ τ neutrino <15.5 0 $\frac{1}{2}$	W W boson 80.4 G ± 1 $\frac{1}{2}$
			Z Z boson 91.2 G 0 $\frac{1}{2}$

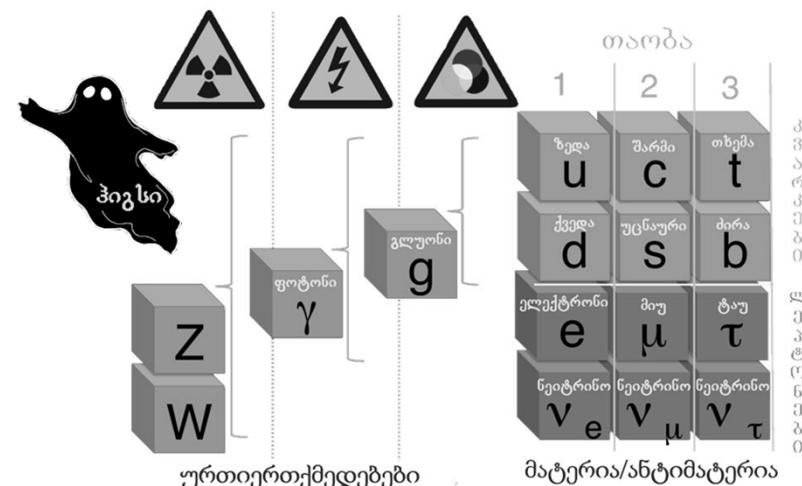
ფერმიონები
 ბოზონები

„ელემენტარული“ ნაწილაკები

ელემენტარული ნაწილაკების
 სტანდარტული მოდელი გვაძლევს
 დღეს ცნობილი ელემენტარული ნაწილაკების
 ოჯახებს

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

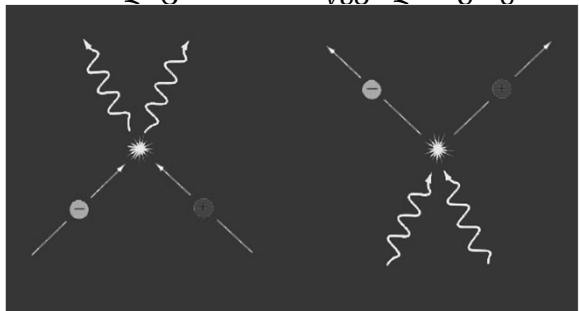
სტანდარტული მოდელი



ელემენტარული ნაწილაკები

ნაწილაკი-ანტინაწილაკის წყვილები
(მაგ. ელექტრონი+პოზიტრონი)

ანიჭილაცია



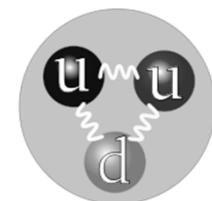
წყვილის გაჩენა

პროტონი

სამი კვარკისაგან შედგენილი ნაწილაკი

კვარკები: u დ d

კვარკების შემაკავებელი ძალა:



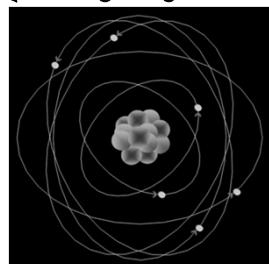
გლუონები
(ძლიერი ურთიერთქმედება)

(ნეიტრონი: [u d d])

ატომი: ზომა

ატომი შედგება ატომ-ბირთვისა და მის გარშემო
მზრუნავი ელექტრონებისაგან

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



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

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

ატომი: მასა

მასის განაწილება წყალბადის ატომში

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

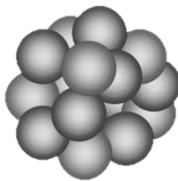
$M_{\text{ატომი}}$ – ატომის სრული მასა

$M_{\text{ბირთვი}}$ – ბირთვის მასა

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

ატომის ბირთვი

ატომის ბირთვი შესაძლებელია
დავშალოთ ნუკლონებათ



არსებობს ორი ტიპის ნუკლონი:

- დადებითად დამუხტული პროტონი
- ნეიტრალური ნეიტრონი

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;

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 |

ქიმიური ელემენტები

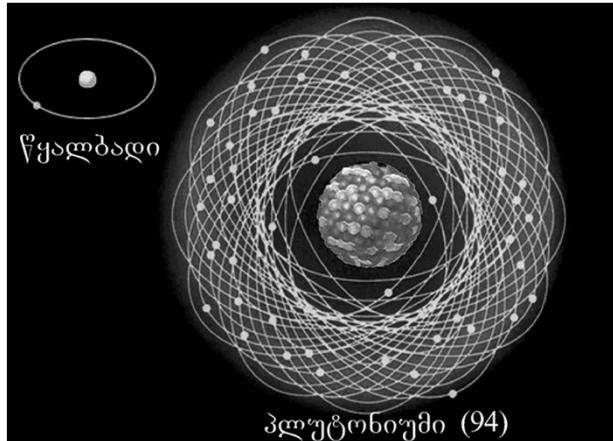
(მენდელეევის) პერიოდული სისტემა

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1 H	2 Be	3 B	4 C	5 N	6 O	(H)	7 He
2 Li	3 Be	4 B	5 C	6 N	7 O	8 F	9 Ne
3 Na	4 Mg	5 Al	6 Si	7 P	8 S	9 Cl	10 Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
4	5 Cu	6 Zn	7 Ga	8 Ge	9 As	10 Se	11 Br
Rb	27 Sr	28 Y	29 Zr	40 Nb	41 Mo	42 Tc	43 Ru
5	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	54 Xe
Cs	55 Ba	56 La	57 Hf	58 Ta	59 W	74 Re	75 Os
6	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At
7	Fr	Ra	Ac**	(Ku) ¹⁰⁴	(Ns) ¹⁰⁵	106	107
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk
						Cf	Es
						Fm	Md
						(No)	(Lr)

* ძალისადგილი
** ძალისადგილი
*** ძალისადგილი
**** ძალისადგილი

79 Au

ქიმიური ელემენტები მსუბუქი და მძიმე ატომები



იზოტოპები

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

წყალბადის იზოტოპები:

დეიტერიუმი (1 პროტონი + 1 ნეიტრონი)
თრითოიუმი (1 პროტონი + 2 ნეიტრონი)

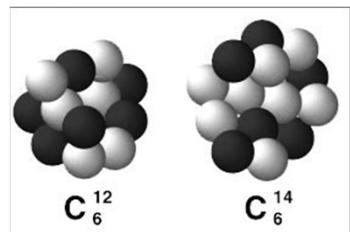


იზოტოპები

სხვადასხვა ქიმიურ ელემენტს შეიძლება გააჩნდეს სხვადასხვა რაოდენობით იზოტოპი:

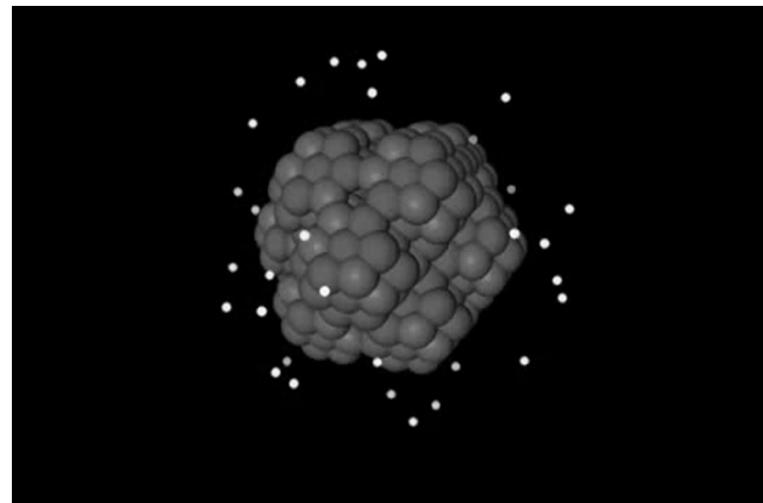
ნახშირბადი:

ურანი: U234, U235, U238



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

ურანი (U235)



მოლეკულები

შესაძლებელია რამოდენიმე ატომი შეერთდეს და მოგვცეს ქიმიური ნაერთი - მოლეკულა.

მაგალითად:

წყალი

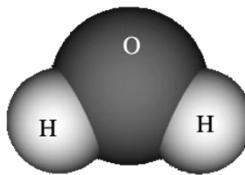
H_2O

წყლის მოლეკულა:

ჟანგბადის და ორი

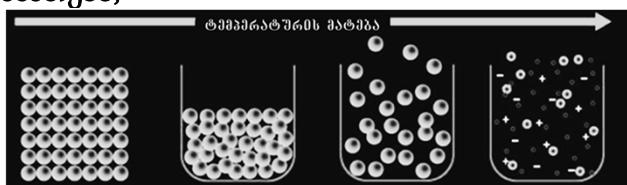
წყალბადის ატომის

ნაერთი



ნივთიერების მდგომარეობები

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



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;

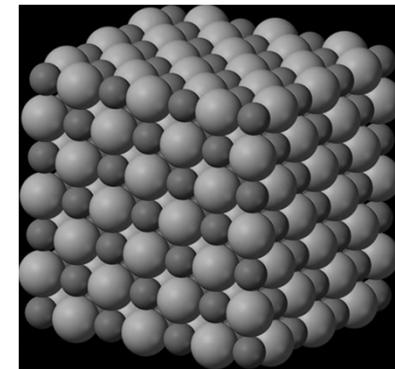
პლაზმაში ატომები იონიზირებულია:

დადებითი იონები და უარყოფითი ელექტრონები გადაადგილდებიან აირების მსგავსად;

მყარი სხეული

სუფრის მარილის: $NaCl$

ნატრიუმის და ქლორის ატომების კრისტალური სტრუქტურა



ატომები
ირხევიან
წონასწორული
მდგომარეობის
ირგვლივ

სითხე

წყალის მოლეკულები (H_2O) სითხეში:

მოლეკულებსა არ
გააჩნიათ ფიქსირებული
მდგომარეობა და
შეუძლიათ
გადაადგილება
თავისუფლად
სითხის
მოცულობაში



პლაზმა

პლაზმურ მდგომარეობაში
აირი იონიზირებულია

ატომების იონები და
ელექტრონები ერთმანეთის ველში
მოძრაობენ თავისუფლად

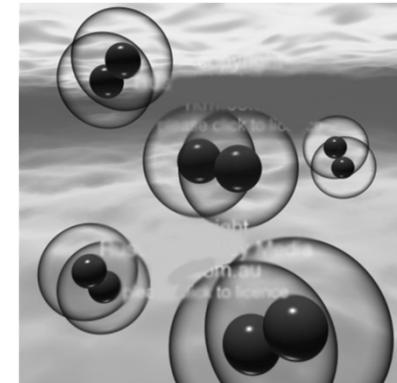


ჰაერი

ჰაერი შედგება ძირითადად აზოტისა და
ჟანგბადისაგან:

N_2 (78%)
 O_2 (21%)

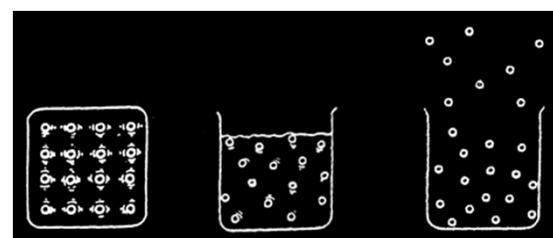
აზოტის და ჟანგბადის
მოლეკულების
ქაოსური მოძრაობა



ატომების მოძრაობა

ატომები მოძრაობენ ქაოსურად ყველა აგრეგატულ
მდგომარეობაში.

ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე იზრდება
ტემპერატურის მატებასთან ერთად.



მიკრო და მაკრო სამყარო

მიკროსამყარო:

ატომები და მოლეკულები;
ქაოსური მოძრაობა და დაჯახებები;

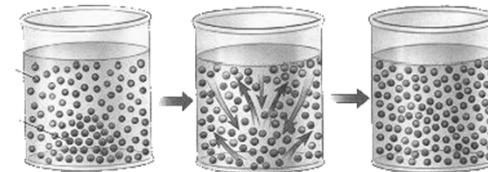
მაკროსამყარო:

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

მიკრო სამყაროს ფიზიკა განაპირობებს მაკრო
სამყაროს თვისებებს: მაგალითად დიფუზია

დიფუზია

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



დიფუზიის მიზეზია ნივთიერებებში მოლეკულების
ქაოსური მოძრაობა

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;

დიფუზია

დიფუზიური პროცესების მაგალითები ყოფით
ცხოვრებაში



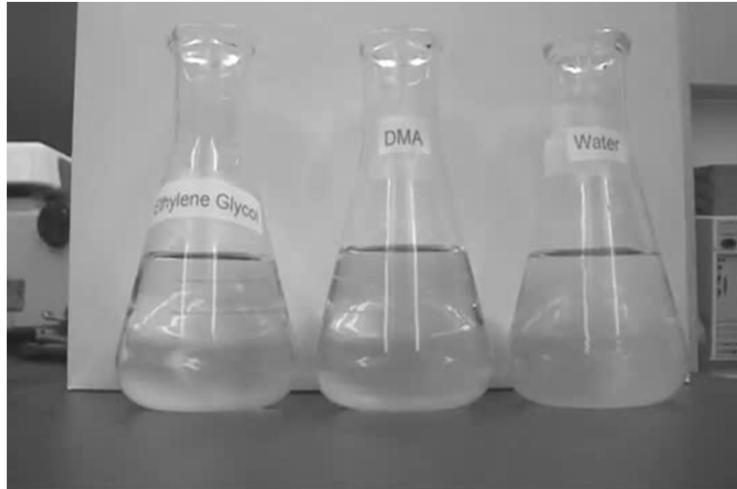
ჩაის ფერის ცხელ წყალში გახსნა

მეტალების შედუღება

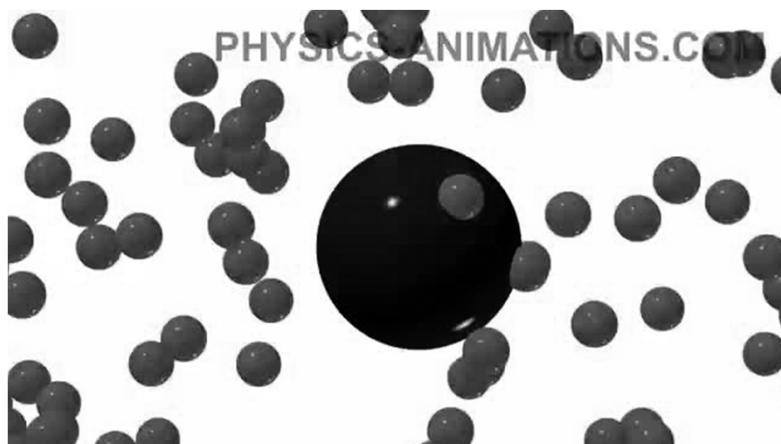


ყავის ან სიგარეტის სუნის ჰაერში გავრცელება და ა.შ.

დიფუზია სხვადასხვა სითხეში



ბროუნის მოძრაობა



ბროუნის მოძრაობა

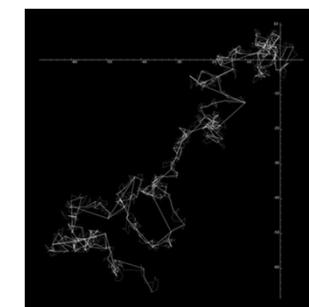
სითხეებში და გაზებში სხეულს სხვადასხვა მხრიდან ქაოსურად ეჯახებიან მოლეკულები ან ატომები.

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.

ბროუნის მოძრაობა

ბროუნის მოძრაობა არის მაკროსკოპული სხეულის მოძრაობაში მიკროსკოპული ქაოსური ძალების გამოვლენა



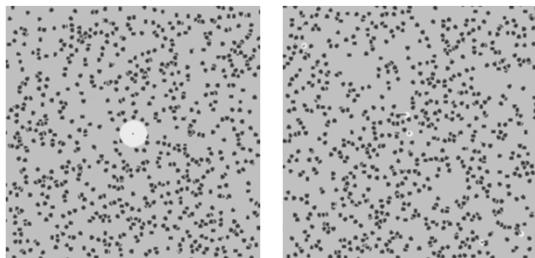
სხეულის მოძრაობის
ტრაექტორია: ქაოსური

მიკროსკოპული;
მაკროსკოპული;
საშუალედო: მეზოსკოპური ეფექტი

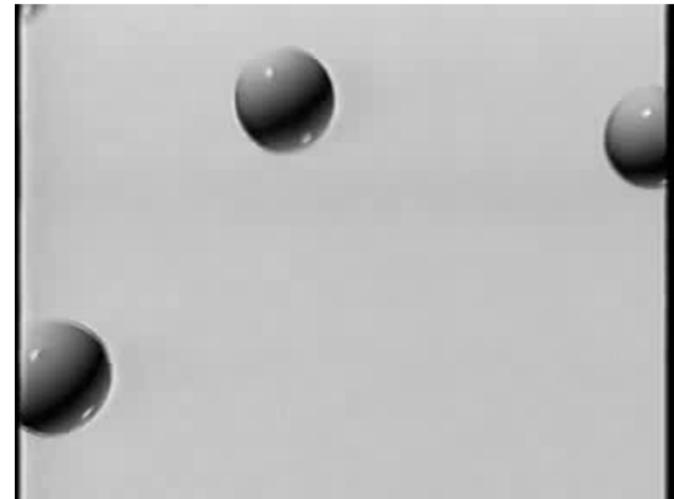
ბროუნის მოძრაობა

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



ბროუნის მოძრაობა: ექსპერიმენტი



ნივთიერების აგებულება

ატომები
ატომის ბირთვი
ელემენტარული ნაწილაკები
სტანდარტული მოდელი

აგრეგატული მდგომარეობები
დიფუზია
ბროუნის მოძრაობა

www.tevza.org/home/course/phys2017