



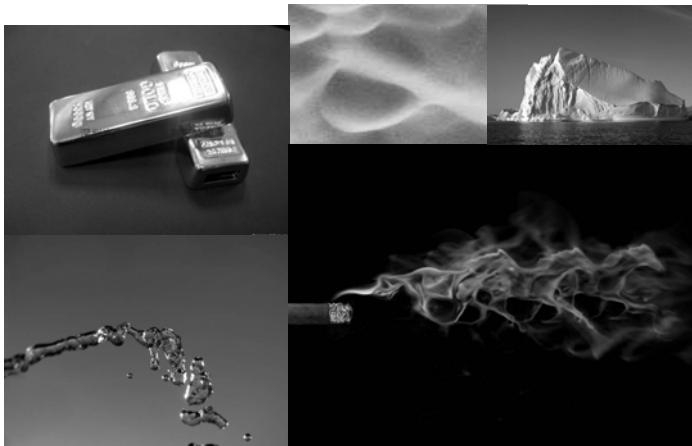
ფიზიკის შესავალი - I

ლექცია 9

მოლეკურები, ატომები, ელემენტარული ნაწილაკები
დიფუზია, ბროუნის მოძრაობა

მატერია

რისგან შედგება მატერია?



წინა ლექციაში

გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა
თავისუფალი ვარდნის აჩქარება

მოძრაობა ორბიტაზე
პირველი კოსმოსური სიჩქარე
მეორე კოსმოსური სიჩქარე

წონა და უწონობა

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

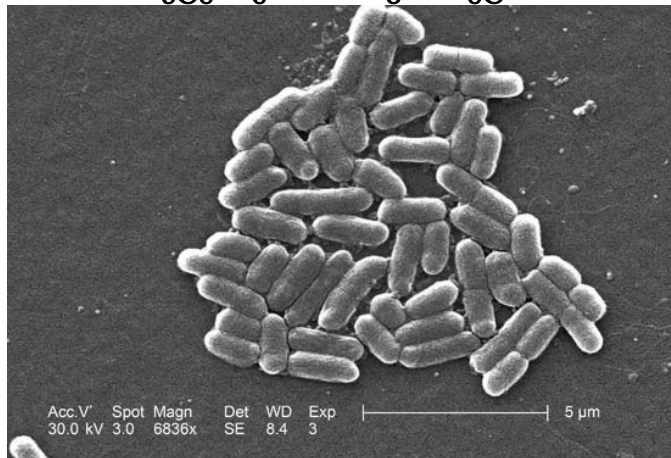
მატერიის
მიკრო სტრუქტურა:

დაკვირვება
მიკროსკოპით
(ოპტიკური, ელექტრონული)



სხვადასხვა გადიდების გამოსახულებები

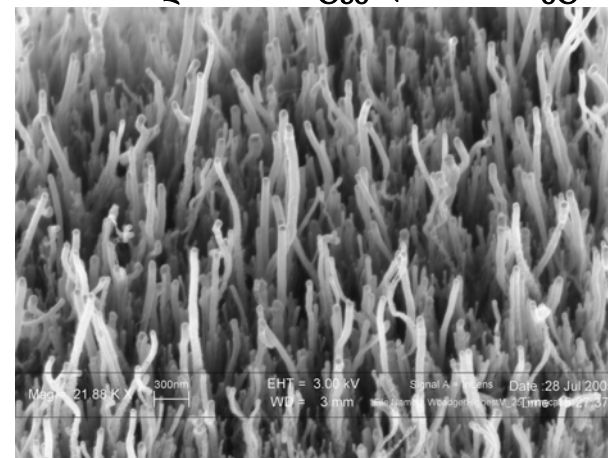
მასშტაბი: 10^{-5} მეტრი
ბაქტერიები: 10 მიკრო მეტრი



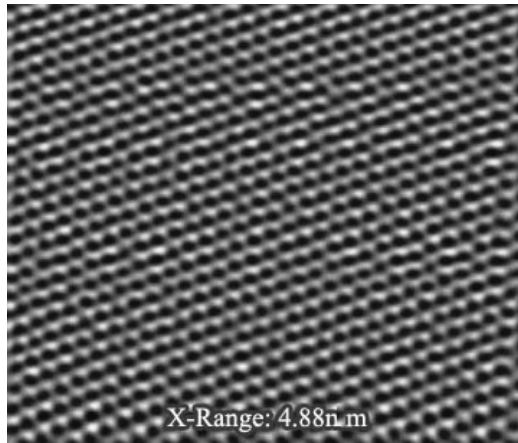
მასშტაბი: 10^{-3} მეტრი
თოვლის ფანტელი: 1 მილიმეტრი



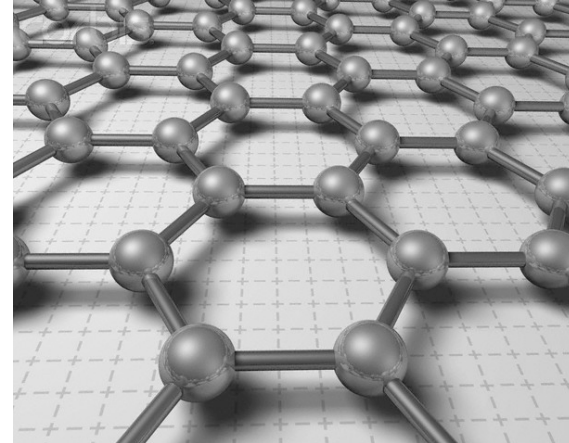
მასშტაბი: 10^{-7} მეტრი
ნახშირბადის “ნანო-ტყე” (300 ნანო მეტრი)



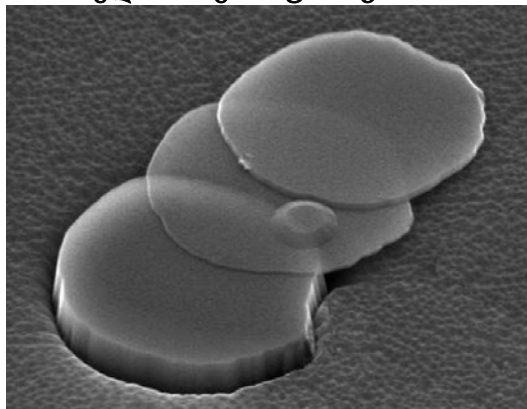
მასშტაბი: 10^{-9} მეტრი
ატომები გრაფიტის ზედაპირზე (1 ნანო მეტრი)



ატომური სტრუქტურა
გრაფიტი სქემატურად: ნახშირბადის ატომები



გრაფენი
ნობელის პრემია ფიზიკაში – 2010

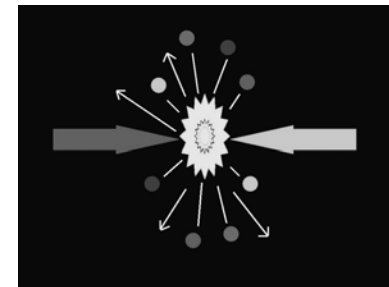


ა. გეიმი, კ. ნოვოსელოვი

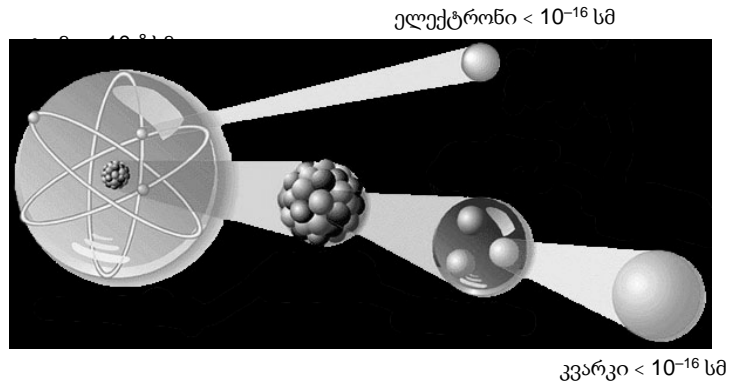
რისგან შედგება ნივთიერება?
რა არის ატომის ბირთვში?
რისგან შედგება პროტონი?

დაჯახებები მაღალ სიჩქარეზე და დაშლის პროდუქტების დაკვირვება

ექსპერიმენტები
ამაჩქარებელზე



ნივთიერება მიკროსკოპულ მასშტაბში



ელემენტარული ნაწილაკები

ფერმიონები და ბოზონები;

	2.4 MeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u up	1.27 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c charm	171.2 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t top	0 0 1 γ photon
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	91.2 GeV 0 1 Z weak force
Leptons	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV -1 1 W weak force
				Bosons (Forces)

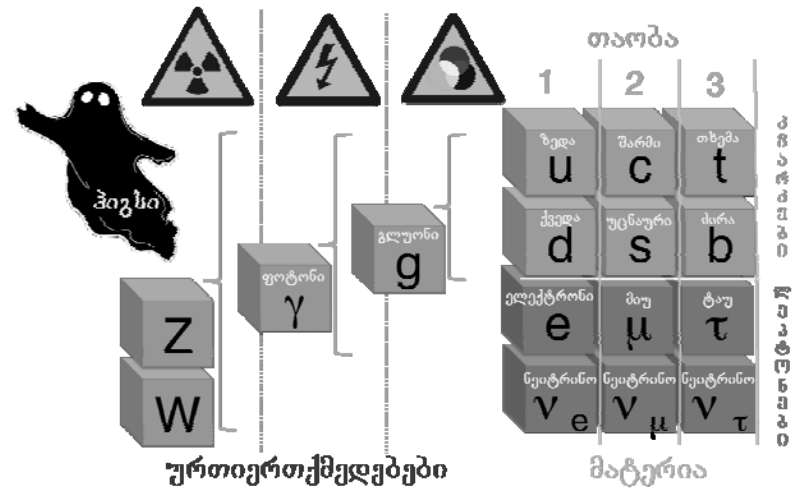
რისგან შედგება ნივთიერება?

მატერია შედგება ელემენტარული ნაწილაკებისაგან:

სტანდარტული მოდელი გვაძლევს დღეს ცნობილი ელემენტარული ნაწილაკების ოჯახებს

- ლეპტონები (ელექტრონი, ნეიტრინო, ...);
 - კვარკები;
 - ბოზონები (ფოტონი, გლუონი, W და Z ბოზონი);
- ჰიგსის ბოზონი:
(დიდ ადრონული ამაჩქარებელი 2012).

სტანდარტული მოდელი

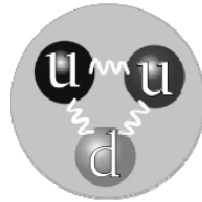


პროტონი

სამი კვარკისაგან შედგენილი ნაწილაკი

კვარკები: u u d

კვარკების შემაკავებელი ძალა:



გლუონები

(ძლიერი ურთიერთქმედება)

(ნეიტრონი: [u d d])

ატომი: მასა

მასის განაწილება წყალბადის ატომში

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

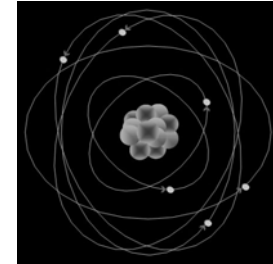
$M_{\text{ატომი}}$ – ატომის სრული მასა

$M_{\text{ბირთვი}}$ – ბირთვის მასა

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

ატომი: ზომა

ატომი შედგება ატომ-ბირთვისა და მის გარშემო მბრუნავი ელექტრონებისაგან



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

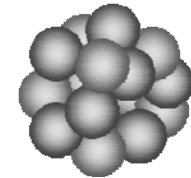
$R_{\text{ატომი}}$ – გარე ელექტრონული შრის რადიუსი

$R_{\text{ბირთვი}}$ – ბირთვის რადიუსი

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

ატომის ბირთვი

ატომის ბირთვი შესაძლებელია დაეშალოს 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;

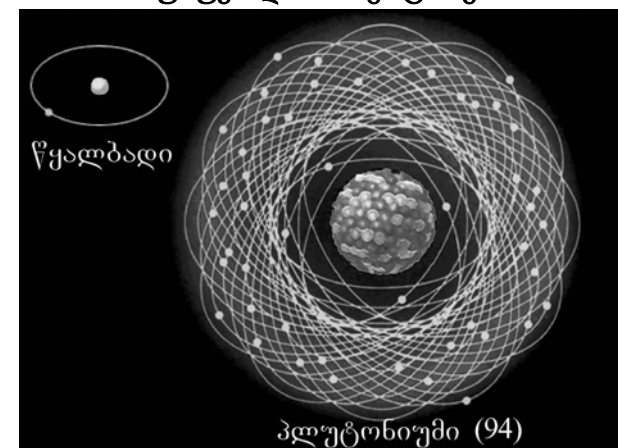
ის, თუ რომელი ქიმიური ელემენტია ატომი, განისაზღვრება ატომის ბირთვში პროტონების რაოდენობით;

- წყალბადი (H) – 1 პროტონი
- ჰელიუმი (He) – 2 პროტონი
- ჟანგბადი (O) – 8 პროტონი

ქიმიური ელემენტები (მენდელეევის) პერიოდული სისტემა

ძვირძვ. ელემენტთა პერიოდული სისტემა																VII (H)		VIII He	
1 H											9 F	10 Ne							
2 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne												
3 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar												
4 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		
5 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		
6 Cs	56 Ba	57 La	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		
7 Fr	88 Ra	89 Ac	(Ku)	(Ns)	(103)	(104)	(105)	(106)	(107)	(108)	(109)	(110)	(111)	(112)	(113)	(114)	(115)		
* ღანგისნივთები																			
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu						
** აქტინიდები																			
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	(No)	(Lr)						

ქიმიური ელემენტები მსუბუქი და მძიმე ატომები



იზოტოპები

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

წყალბადის იზოტოპები:

დეიტერიუმი (1 პროტონი + 1 ნეიტრონი)

თრითიუმი (1 პროტონი + 2 ნეიტრონი)



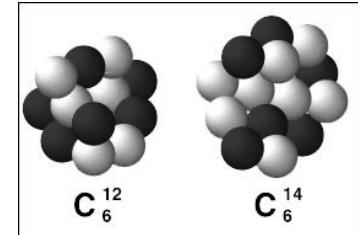
ურანი (U235)

9_uran235.wmv

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)

მოლეკულები

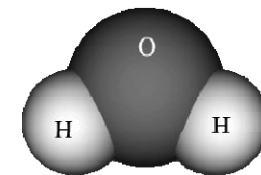
შესაძლებელია რამოდენიმე ატომი შეერთდეს და მოგვცეს ქიმიური ნაერთი - მოლეკულა.

მაგალითად:

წყალი

H₂O

წყლის მოლეკულა:
ჟანგბადის და ორი
წყალბადის ატომის
ნაერთი



ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობები

მყარ სხეულებში ატომები ირხვევიან ქაოსურად ფიქსირებული მდგომარეობის ირგვლივ;

სითხეებში მოლეკულები განლაგებული არიან მჭიდროდ, მაგრამ გადაადგილდებიან ქაოსურად;

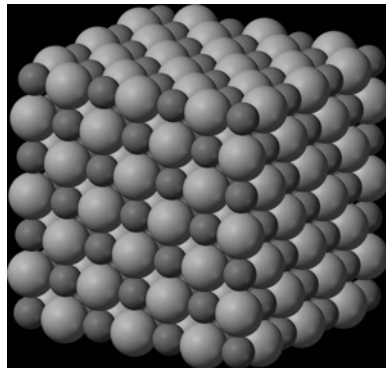
აირებში მოლეკულები დაფრინავენ თავისუფლად და ეხაჯებიან ერთმანეთს ქაოსურად;

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

მყარი სხეული

სუფრის მარილის: Na Cl

ნატრიუმის და ქლორის ატომების კრისტალური სტრუქტურა



ატომები ირხვევიან წონასწორული მდგომარეობის ირგვლივ

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;



სითხე

წყლის მოლეკულები (H₂O) სითხეში:

მოლეკულებს არ გააჩნიათ ფიქსირებული მდგომარეობა და შეუძლიათ გადაადგილება თავისუფლად სითხის მოცულობაში



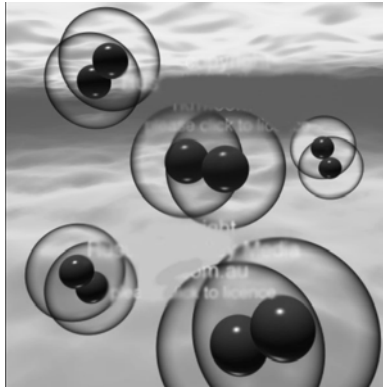
ჰაერი

ჰაერი შედგება ძირითადად აზოტისა და ჟანგბადისაგან:

N_2 (78%)

O_2 (21%)

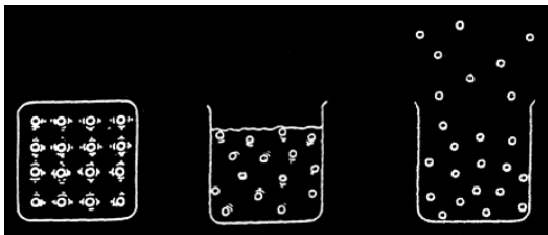
აზოტის და ჟანგბადის მოლეკულების ქაოსური მოძრაობა



ატომების მოძრაობა

ატომები მოძრაობენ ქაოსურად ყველა აგრეგატულ მდგომარეობაში.

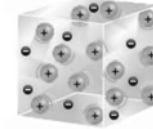
ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე იზრდება ტემპერატურის მატებასთან ერთად.



პლაზმა

პლაზმურ მდგომარეობაში აირი იონიზირებულია

ატომების იონები და ელექტრონები ერთმანეთის ვე მოძრაობენ უფლად



მიკრო და მაკრო სამყარო

მიკროსამყარო:

ატომები და მოლეკულები; ქაოსური მოძრაობა და დაჯახებები;

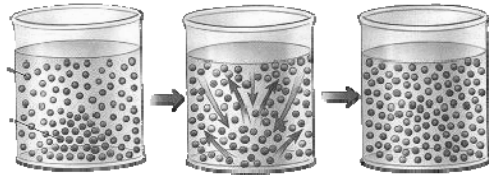
მაკროსამყარო:

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

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

დიფუზია

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

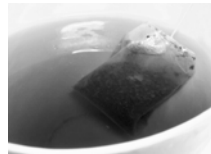


დიფუზიის მიზეზია ნივთიერებებში მოლეკულების ქაოსური მოძრაობა

დიფუზია

დიფუზიური პროცესების მაგალითები ყოფით ცხოვრებაში

ჩაის ფერის ცხელ წყალში გახსნა



მეტალების შედუღება



ყავის ან სიგარეტის სუნის ჰაერში გავრცელება და ა.შ.

დიფუზია

დიფუზია დაიკვირვება როგორც მყარ სხეულებში, ისე სითხეებში 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 სხვადასხვა სითხეში



ბროუნის მოძრაობა

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

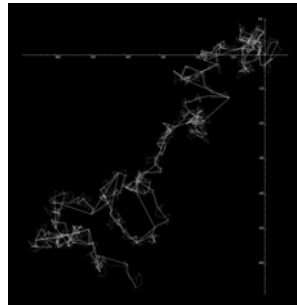
თუკი სხეულის მასა დიდია, მაშის ჯამური ძალა გაწონასწორებულია – ყოველი მხრიდან მოქმედი ძალა საშუალოდ ერთმანეთს უდრის და ტოლქმედი ნულია.

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

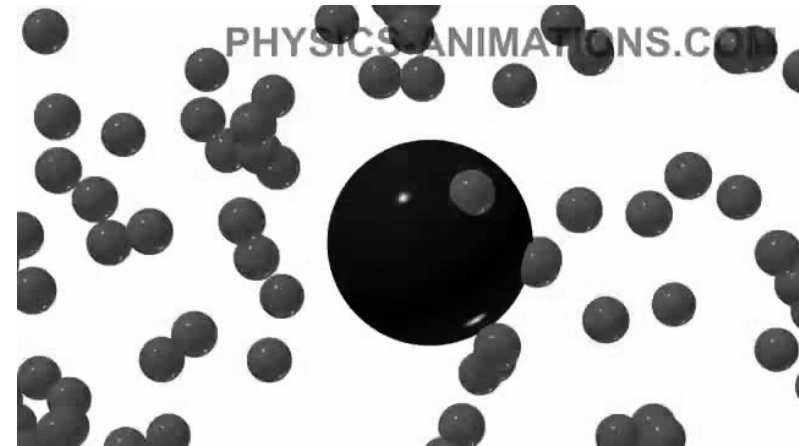
სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია: ქაოსური



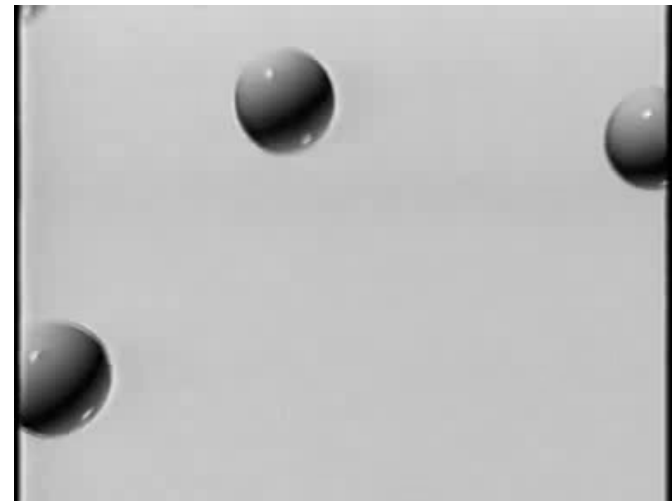
მიკროსკოპული;
მაკროსკოპული;

საშუალოდ: მეზოსკოპული ეფექტი

ბროუნის მოძრაობა



ბროუნის მოძრაობა: ექსპერიმენტი



ნივთიერების აგებულება

ატომები

ატომის ბირთვი

ელემენტარული ნაწილაკები

სტანდარტული მოდელი

აგრეგატული მდგომარეობები

დიფუზია

ბროუნის მოძრაობა

www.tevza.org/home/course/phys2013