



ფიზიკის შესავალი, ალ. თევზაძე, 2011

ლექცია/გვერდი: 13/1

## ფიზიკის შესავალი

### ლექცია 12

ელექტრული მუხტი, კულონის კანონი  
ელექტრული ველი და მისი დამაბულობა  
ელექტრული დენი, დენის ძალა, წინაღობა  
ომის კანონი  
წინაღობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება

ფიზიკის შესავალი, ალ. თევზაძე, 2011

ლექცია/გვერდი: 13/1

## წინა ლექციაში

პასკალის კანონი  
არქიმედეს კანონი

ბერნულის განტოლება  
ზედაპირული დაჭიმულობა  
კაპილარული ძალები

ფიზიკის შესავალი, ალ. თევზაძე, 2011

ლექცია/გვერდი: 13/2

## დაელექტროება

ქარვის ნაჭრები ბეწვზე ხახუნის შემდეგ ერთმანეთს განიზიდავენ

ქარვას უჩნდება განიზიდავი მუხტი

(600 წელი ჩვ.წ.ა.)

**elektron - ქარვა (ბერძნ.)**



ფიზიკის შესავალი, ალ. თევზაძე, 2011

ლექცია/გვერდი: 13/3

## ელექტრული მუხტი

არსებობს ორი ტიპის ელექტრული მუხტი  
დადებითი და უარყოფითი

სხვადასხვა ნიშნის ელექტრული მუხტები ერთმანეთს მიიზიდავენ (დადებითი და უარყოფითი)

ერთიდაიგივე ნიშნის ელექტრული მუხტები ერთმანეთს განიზიდავენ

## ელექტრული მუხტის შენახვა

ჩაკეტილი სისტემის ელექტრული მუხტების  
ალგებრული ჯამი მუდმივია

$$Q = q_1 + q_2 + \dots = \sum q_i = \text{constant}$$

თუ სისტემის ჯამური მუხტი **ნულია**, მაშინ ამბობენ  
რომ სისტემა **ელექტრულად ნეიტრალურია**

## ელექტრული მუხტი

სხეულის ელექტრული მუხტი შედგება მისი  
ელექტრონების და პროტონების ელექტრული  
მუხტების ჯამისაგან

ელექტრონი: უარყოფითი მუხტი ( $q_e < 0$ )

პროტონი: დადებითი მუხტი ( $q_p > 0$ )

ერთი ელექტრონის და ერთი პროტონის  
ელექტრული მუხტების ჯამი ნულია:

$$q_e + q_p = 0$$



## ელექტრული მუხტი

სხეულის ელექტრული მუხტის ცვლილება  
შესაძლებელია ელექტრონის მუხტის ჯერადი  
სიდიდით

ელექტრული მუხტის ცვლილება ნიშნავს სხეულს  
წავართვათ ან გადავცეთ ელექტრონები

მუხტის ერთეული (SI): **კულონი**

ელექტრონის მუხტი:  $-1.6 \cdot 10^{-19}$  **კულონი**

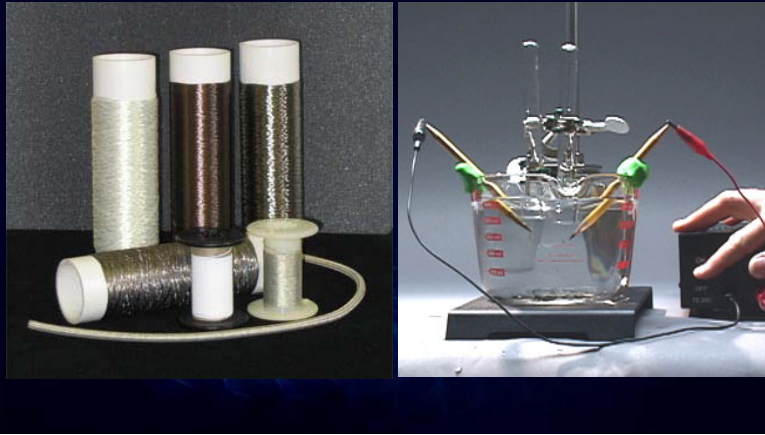
## გამტარები და იზოლატორები

ყველა ნივთიერება და სხეული შეგვიძლია  
პირობითად გავყოთ ორ ჯგუფად, იმის მიხედვით  
ატარებენ თუ არა ისინი თავისუფლად  
ელექტრონებს, ანუ ელექტრულ მუხტს

სხეულებს, რომლებიც **ატარებენ** ელექტრულ მუხტს  
**გამტარები** ეწოდებათ

სხეულებს, რომლებიც **ეწინააღმდეგებიან**  
ელექტრული მუხტის გადაადგილებას –  
**იზოლატორები** ეწოდებათ

## გამტარები



## იზოლატორები



## კულონის კანონი

ორი წერტილოვანი მუხტი ურთიერთქმედებს მუხტების პროპორციული და მანძილის კვადრატის უკუპროპორციული ძალით

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$k$  - ელექტრული მუდმივა,  $q_1$   $q_2$  - მუხტები,  $r$  - მანძილი წერტილოვან მუხტებს შორის.

კულონის ძალა მიმზიდავია თუ  $q_1 q_2 < 0$

კულონის ძალა განმზიდავია თუ  $q_1 q_2 > 0$

## ელექტრული მუდმივა

ფუნდამენტური ელექტრული მუდმივა:

$$k = 8.98755 \cdot 10^9 \text{ ნ მ}^2/\text{კ}^2$$

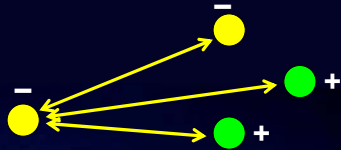
ელექტრული მუდმივა განსაზღვრავს სინათლის სიჩქარეს ვაკუუმში:

$$k = 10^{-7} \text{ კ}^2$$

სინათლის სიჩქარე:

$$c = 2.997 \cdot 10^8 \text{ მ/წმ}$$

## ელექტრული ძალების სუპერპოზიცია



მუხტზე მოქმედი ელექტრული ძალა ტოლია სისტემაში არსებულ წერტილოვან მუხტებთან ურთიერთქმედების ძალების ჯამს

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \Sigma \vec{F}_i$$

## ელექტრული ველი

ელექტრული ურთიერთქმედების გადამტანი ველი: ელექტრული მუხტი ქმნის ელექტრულ ველს, რომელიც მოქმედებს მეორე ელექტრულ მუხტზე

ელექტრული ველი ვექტორული სიდიდეა:  $\vec{E}$

$q$  მუხტზე მოქმედი ძალა:  $\vec{F} = q \vec{E}$

## ელექტრული ველი

წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველი

$$E = k q / r^2$$

მუხტი მოთავსებულია ათვის სისტემის სათავეში

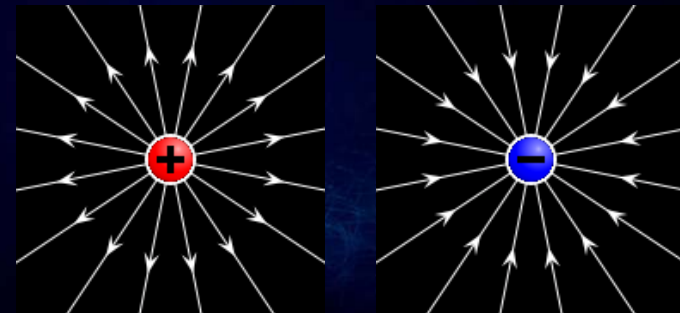
$$\vec{E} = k q \vec{r} / r^3$$

$$k = 1 / 4 \pi \epsilon_0$$

$\epsilon_0$  - ელექტროსტატიკური მუდმივა

## ელექტრონის ველის ძალწირები

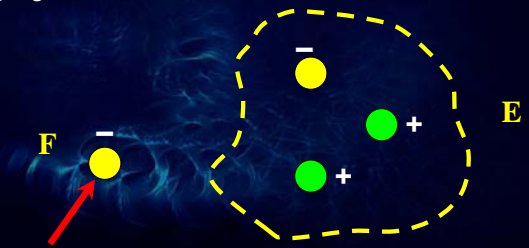
ელექტრული ველი მიმართულია წერტილოვანი მუხტიდან რადიალურად



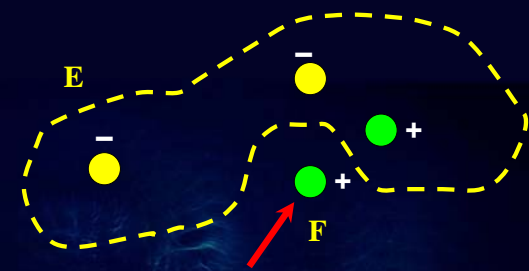
### ელექტრული ველი

ელექტრული მუხტები ქმნიან ელექტრულ ველს, რომელიც მოქმედებს სხვა მუხტებზე

ელექტრული მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველი არ მოქმედებს მის წარმომშობ ელექტრულ მუხტზე



### ელექტრული ველი



### ძალწირები

ელექტრული ძალწირი წარმოსახვითი ხაზია, რომელიც მიგვითითებს სივრცის ადებულ უბანში ელექტრულ მუხტზე მოქმედი ძალის მიმართულებას

ძალწირის მიმართულება ემთხვევა დადებით მუხტზე მოქმედ ძალას

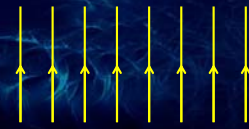
ძალწირების რაოდენობის ზრდა გვიჩვენებს ძლიერ ელექტრულ ველს

### ძალწირები

სუსტი ერთგვაროვანი ელექტრული ველი



სუსტი ერთგვაროვანი ელექტრული ველი



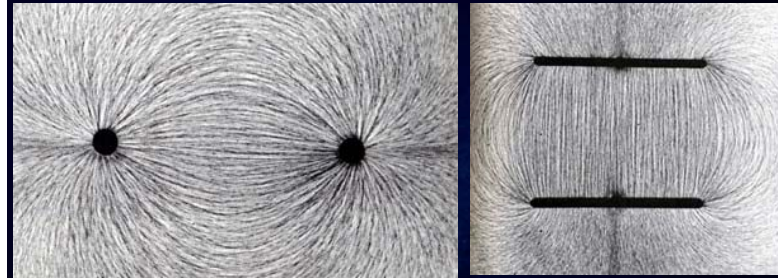
### ძალწირები

ელექტრული ძალწირები იწყებიან დადებით მუხტებზე და მთავრდებიან უარყოფითებზე



### ძალწირები

მეტალის ფხვნილის მარცვლები და ელექტრული ველი: ძალწირების ვიზუალიზაცია



### ელექტროსტატიკური ველი



### ელექტროსტატიკური ველი



## ელექტროსტატიკური ველი



## ელექტრული დენი

გამტარი ატარებს ელექტრულ მუხტს, ანუ ელექტრონებს. გამტარებში მუხტის გადატანის პროცესს ელექტრული დენი ეწოდება.

ელექტრული დენი ტოლია გამტარში გადატანილი მუხტის ფარდობას დროის ინტერვალზე, რომლის განმავლობაშიც ეს გადატანა მოხდა

$$I = \Delta Q / \Delta t$$

ერთეული (SI): ამპერი

## ელექტრული დენი

გამტარის ელექტრულ გამტარობას განაპირობებს ნივთიერებაში თავისუფალი ელექტრონების არსებობა

ელექტრონები მოძრაობენ ქაოსურად

გარეშე ელექტრულ ველში ელექტრონების ქაოსურ მოძრაობას უჩნდება რეგულარული დრეიფის სიჩქარე: ელექტრული დენი

ელექტრონების გადაადგილების მიმართულება საწინააღმდეგოა დენის მიმართულების

## ელექტრული წინაღობა

გამტარებს გააჩნიათ ელექტრული წინაღობა, ელექტრონები გადაადგილებისას მუხრუჭდებიან და განიცდიან “ხახუნს”.

ელექტრონებთან დაჯახებების შედეგად ელექტრული დენი გარდაიქმნება მოლეკულების ქაოსურ მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიად, ანუ გამტარი თბება.

გამტარებს ახასიათებთ ელექტრული წინაღობა: R

## წინალობა



ელექტრული წინალობა:  $R$   
ერთეული (SI): ომი

წრფივი ერთგვაროვან წინალობა:  $U = E L$

$U$  - წინალობის ბოლოებზე მოდებული ძაბვა

$L$  - წინალობის სიგრძე

## ომის კანონი

გამტარში გამავალი დენი პროპორციულია გამტარის ბოლოებზე მოდებული ძაბვის და უკუპროპორციულია გამტარის ელექტრული წინალობის

$$I = U / R$$

## გამტარების წინალობა

Substance		$\rho (\Omega \cdot m)$
<b>Conductors</b>		
Metals	Silver	$1.47 \times 10^{-8}$
	Copper	$1.72 \times 10^{-8}$
	Gold	$2.44 \times 10^{-8}$
	Aluminum	$2.75 \times 10^{-8}$
	Tungsten	$5.25 \times 10^{-8}$
	Steel	$20 \times 10^{-8}$
	Lead	$22 \times 10^{-8}$
	Mercury	$95 \times 10^{-8}$
Alloys	Manganin (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%)	$44 \times 10^{-8}$
	Constantan (Cu 60%, Ni 40%)	$49 \times 10^{-8}$
	Nichrome	$100 \times 10^{-8}$

## იზოლატორების წინალობა

Substance		$\rho (\Omega \cdot m)$
<b>Semiconductors</b>		
Pure carbon (graphite)		$3.5 \times 10^{-5}$
Pure germanium		0.60
Pure silicon		2300
<b>Insulators</b>		
Amber		$5 \times 10^{14}$
Glass		$10^{10} - 10^{14}$
Lucite		$> 10^{15}$
Mica		$10^{11} - 10^{15}$
Quartz (fused)		$75 \times 10^{16}$
Sulfur		$10^{15}$
Teflon		$> 10^{15}$
Wood		$10^8 - 10^{11}$



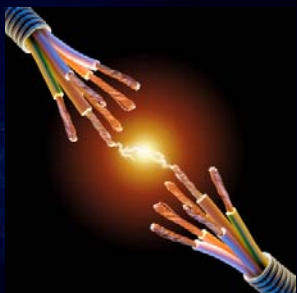
### ომის კანონი

წინააღმდეგობის მქონე ვარდნა გამტარზე მოდებული ძაბვის შემთხვევაში:

$$I \sim 1 / R$$

$$R \rightarrow 0 : I \rightarrow \infty$$

დენის მქონე ვარდნა:  
*მოკლე ჩართვა*



### მიმდევრობითი ჩართვა

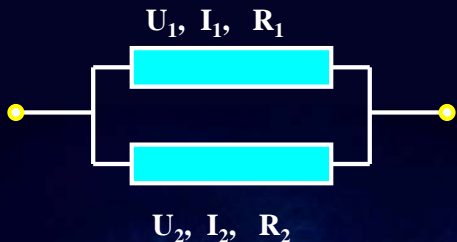


$$U = U_1 + U_2$$

$$I = I_1 = I_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

### პარალელური ჩართვა



$$U = U_1 = U_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2$$

### ელექტრული წინააღმდეგობა

გამტარის ელექტრული წინააღმდეგობა დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე: რაც მეტია წინააღმდეგობა, მით უფრო უჭირთ ელექტრონებს დანაკარგების გარეშე გადაადგილება

$$R(T) = R_0 ( 1 + \alpha(T-T_0) )$$

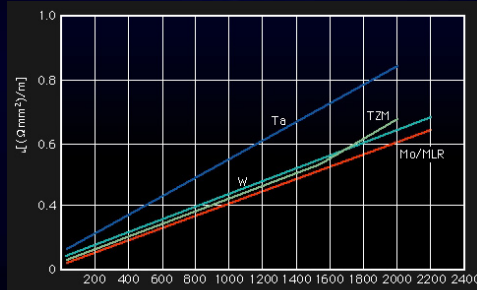
$T_0 = 20$  გრადუს ცელსიუსი (  $273+20=293K$  )

$R_0$  – გამტარის წინააღმდეგობა 20 გრადუს ცელსიუსზე

$\alpha$  – წინააღმდეგობის ტემპერატურული კოეფიციენტი

## გამტარების წინაღობა

წინაღობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება:  
ვოლფრამის ძაფის ნათურა



## ზეგამტარობა

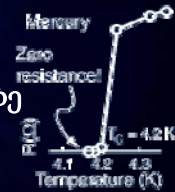
ტემპერატურის კლებისას ელექტრული წინაღობა ეცემა

აღმოჩნდა რომ ზოგიერთი ნივთიერების

ელექტრული წინაღობა ნულდება,  
ანუ ნივთიერება ხდება **ზეგამტარი**

მაგალითად ვერცხლის წყალი

4.2K -ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე



## ზეგამტარები

ტემპერატურა, რომელზედაც ნივთიერება ხდება  
ზეგამტარი – კრიტიკული ტემპერატურა ეწოდება

Material	Type	$T_c$ (K)
Zinc	metal	0.88
Aluminum	metal	1.19
Tin	metal	3.72
Mercury	metal	4.15
$YBa_2Cu_3O_7$	ceramic	90
TlBaCaCuO	ceramic	125

## ზეგამტარები

ელექტრული დენი ჩაკეტილ ზეგამტარ კონტურში  
შეიძლება ინახებოდეს წლობით ან საუკუნეობით  
დანაკარგების გარეშე

ზეგამტარები ეწინააღმდეგებიან მაგნიტურ ველში  
მოთავსებას: *მაისნერის ეფექტი*

ზეგამტარი არ ვარდება

მაგნიტურ ველში:

მაგნიტური ლევიტაცია



## ზეგამტარები

ელექტრული დენის ზეგამტარებში დანაკარგების გარეშე: მატარებლები მაგნიტურ ბალიშებზე



[www.tevza.org/home/course/phys2011](http://www.tevza.org/home/course/phys2011)

