



ფიზიკის შესავალი

ლექცია 12

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

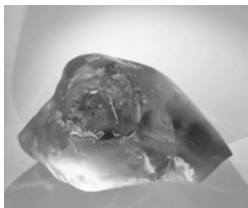
დაელექტროება

ქარვის ნაჭრები ბეწვზე ხახუნის შემდეგ ერთმანეთს განიზიდავენ

ქარვას უჩნდება განმზიდავი მუხტი

(600 წელი ჩვ.წ.ა.)

elektron - ქარვა (ბერძნ.)



წინა ლექციაში

პასკალის კანონი
არქიმედეს კანონი

ბერნულის განტოლება
ზედაპირული დაჭიმულობა
კაპილარული ძალები

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 მუხტის ცვლილება
შესაძლებელია ელექტრონის მუხტის ჯერადი
სიდიდით

ელექტრული მუხტის ცვლილება ნიშნავს სხეულს
წაგართვათ ან გადაავცეთ ელექტრონები

მუხტის ერთეული (SI): კულონი

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

ელექტრული მუხტი

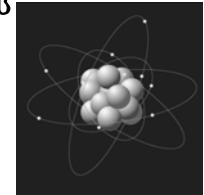
სხეულის ელექტრული მუხტი შედგება მისი
ელექტრონების და პროტონების ელექტრული
მუხტების ჯამისაგან

ელექტრონი: უარყოფითი მუხტი ($q_e < 0$)

პროტონი: დადებითი მუხტი ($q_p > 0$)

ერთი ელექტრონის და ერთი პროტონის
ელექტრული მუხტების ჯამი ნულია:

$$q_e + q_p = 0$$



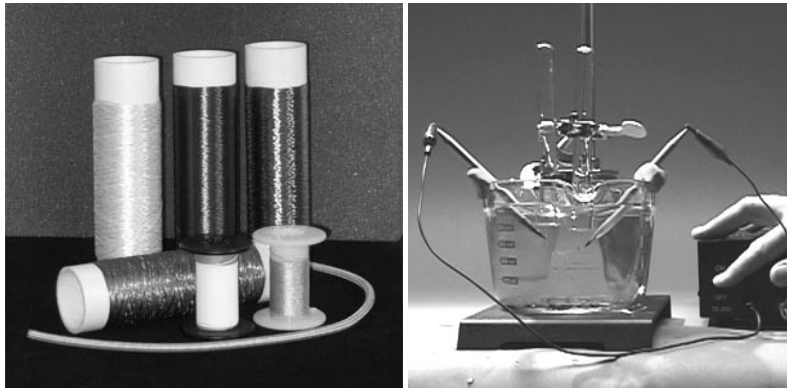
გამტარები და იზოლატორები

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

სხეულები, რომლებიც ეწინააღმდეგებიან
ელექტრული მუხტის გადაადგილებას –
იზოლატორები ეწოდებათ

გამტარები



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 $q_1 q_2 > 0$

იზოლატორები



ელექტრული მუდმივა

ფუნდამენტური ელექტრული მუდმივა:

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

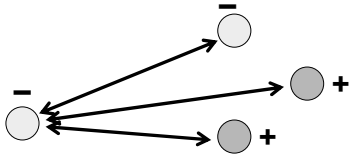
ელექტრული მუდმივა განსაზღვრავს სინათლის სიჩქარეს ვაკუუმში:

$$k = 10^{-7} \text{ ც}^2$$

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

წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველი

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

მუხტი მოთავსებულია ათვის სისტემის სათავეში

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

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

ϵ_0 - ელექტროსტატიკური მუდმივა

ელექტრული ველი

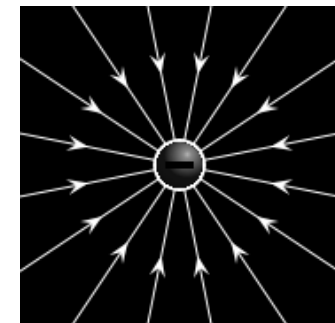
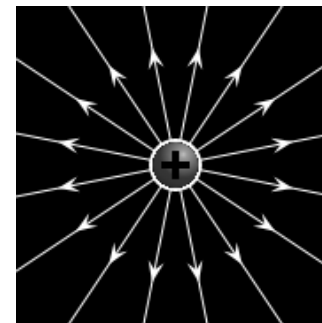
ელექტრული ურთიერთქმედების გადამტანი ველი: ელექტრული მუხტი ქმნის ელექტრულ ველს, რომელიც მოქმედებს მეორე ელექტრულ მუხტზე

ელექტრული ველი ვექტორული სიდიდეა: \vec{E}

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

ელექტრონის ველის ძალწირები

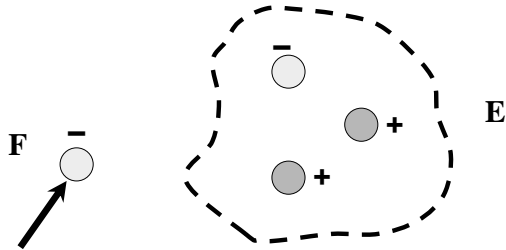
ელექტრული ველი მიმართულია წერტილოვანი მუხტიდან რადიალურად



ელექტრული ველი

ელექტრული მუხტები ქმნიან ელექტრულ ველს, რომელიც მოქმედებს სხვა მუხტებზე

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



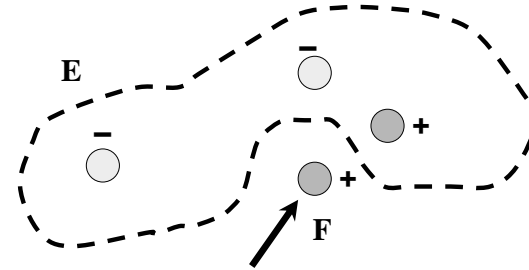
ძალწირები

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

ძალწირის მიმართულება ემთხვევა დადებით მუხტზე მოქმედ ძალას

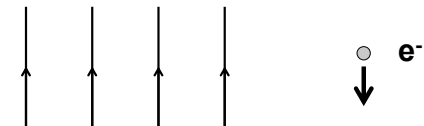
ძალწირების რაოდენობის ზრდა გვიჩვენებს ძლიერ ელექტრულ ველს

ელექტრული ველი

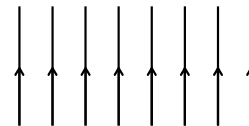


ძალწირები

სუსტი ერთგვაროვანი ელექტრული ველი

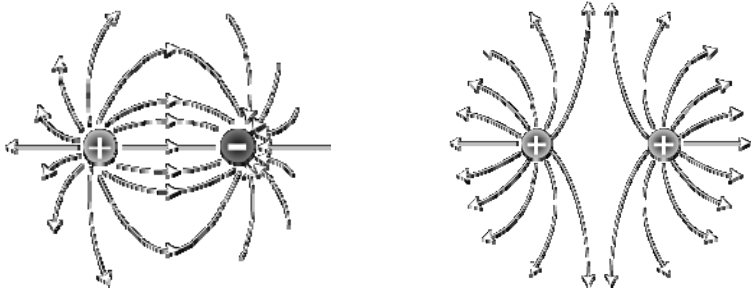


სუსტი ერთგვაროვანი ელექტრული ველი



ძალწირები

ელექტრული ძალწირები იწყებიან დადებით მუხტებზე და მთავრდებიან უარყოფითებზე

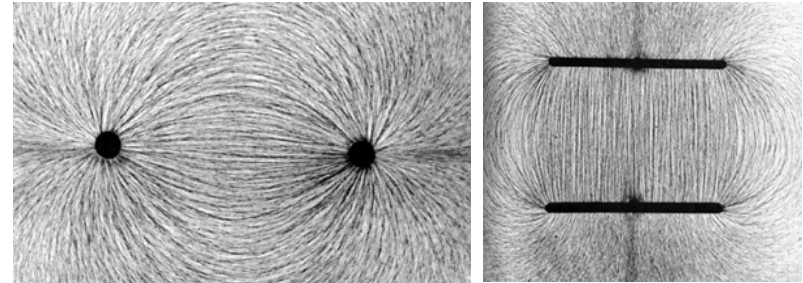


ელექტროსტატიკური ველი

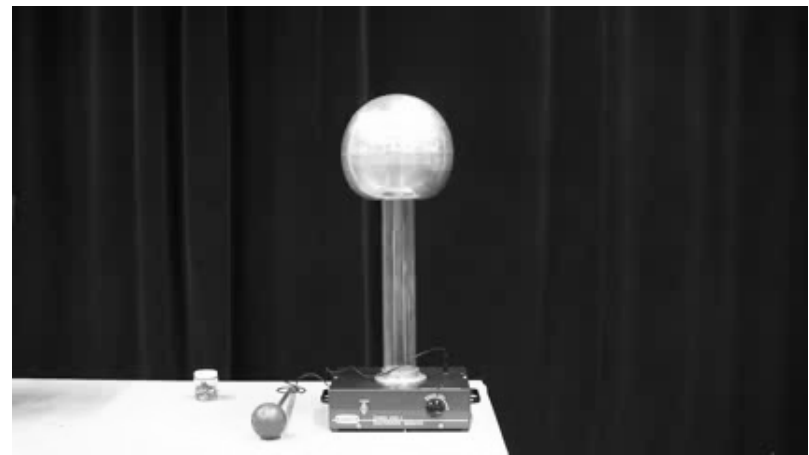


ძალწირები

მეტალის ფხვნილის მარცვლები და ელექტრული ველი: ძალწირების ვიზუალიზაცია



ელექტროსტატიკური ველი



ელექტროსტატიკური ველი



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 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 წინაღობა

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

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

გამტარებს ახასიათებთ ელექტრული წინაღობა: R

წინაღობა



ელექტრული წინაღობა: R
ერთეული (SI): ომი

წრფივი ერთგვაროვან წინაღობა: $U = E L$

U - წინაღობის ბოლოებზე მოდებული ძაბვა
 L - წინაღობის სიგრძე

გამტარების წინაღობა

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

ომის კანონი

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

$$I = U / R$$

იზოლატორების წინაღობა

Substance	$\rho (\Omega \cdot m)$
Semiconductors	
Pure carbon (graphite)	3.5×10^{-3}
Pure germanium	0.60
Pure silicon	2300
Insulators	
Amber	5×10^{14}
Glass	$10^{10}-10^{14}$
Lucite	$>10^{13}$
Mica	$10^{11}-10^{15}$
Quartz (fused)	75×10^{16}
Sulfur	10^{15}
Teflon	$>10^{13}$
Wood	10^8-10^{11}

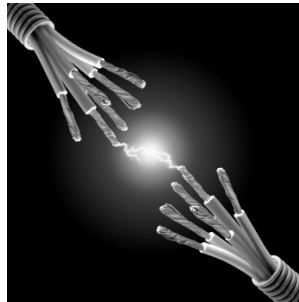
ომის კანონი

წინააღმდეგობის მკვეთრი ვარდნა გამტარზე მოდებული ძაბვის შემთხვევაში:

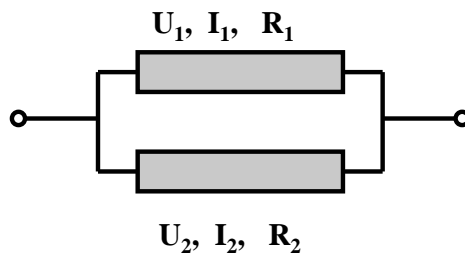
$$I \sim 1/R$$

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

დენის მკვეთრი ზრდა:
მოკლე ჩართვა



პარალელური ჩართვა

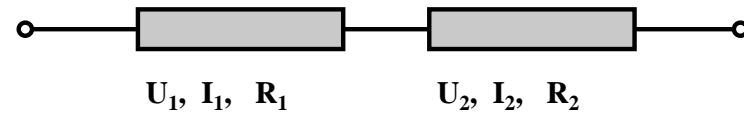


$$U = U_1 = U_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

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

მიმდევრობითი ჩართვა



$$U = U_1 + U_2$$

$$I = I_1 = I_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

ელექტრული წინააღმდეგობა

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

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

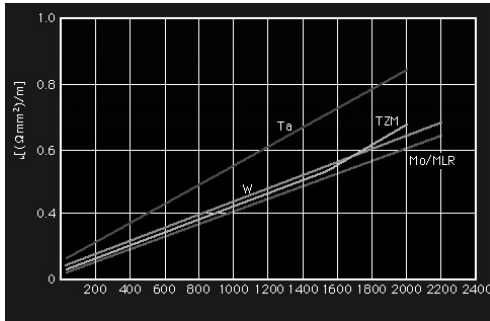
$T_0 = 20$ გრადუს ცელსიუსი ($273+20=293K$)

R_0 – გამტარის წინააღმდეგობა 20 გრადუს ცელსიუსზე

α – წინააღმდეგობის ტემპერატურული კოეფიციენტი

გამტარების წინაღობა

წინაღობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება:
ვოლფრამის ძაფის ნათურა



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

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

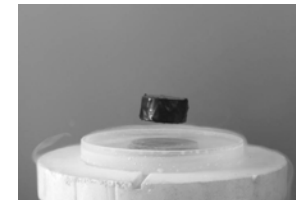


ზეგამტარები

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

ზეგამტარები ეწინააღმდეგებიან მაგნიტურ ველში
მოთავსებას: *მეისნერის ეფექტი*

ზეგამტარი არ ვარდება
მაგნიტურ ველში:
მაგნიტური ლევიტაცია



ზეგამტარები

ელექტრული დენის ზეგამტარებში დანაკარგების
გარეშე: მატარებლები მაგნიტურ ბალიშებზე



www.tevza.org/home/course/phys2012