ივანე ჯავახიშვილის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ფიზიკის შესავალი

ლექცია 12

ელექტრული მუხტი, კულონის კანონი

ელექტრული ველი და მისი დაძაბულობა

ელექტრული დენი, დენის ძალა, წინაღობა

ომის კანონი

წინაღობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება

წინა ლექციაში

სიმკვრივე და წნევა
წყლის სვეტის წნევა
ატმოსფერული წნევა

პასკალის კანონი
არქიმედეს კანონი

ბერნულის განტოლება
ზედაპირული დაჭიმულობა
კაპილარული ძალები

დაელექტროება

ქარვის ნაჭრები ბეწვზე ხახუნის შემდეგ ერთმანეთს განიზიდავენ

ქარვას უჩნდება განმზიდავი მუხტი

(600 წელი ჩვ.წ.ა.)

elektron - ქარვა (ბერძნ.)

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

$$Q = q_1 + q_2 + \ldots = \Sigma q_i = \text{constant}$$

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: $-1.6\ 10^{-19}$ კულონი

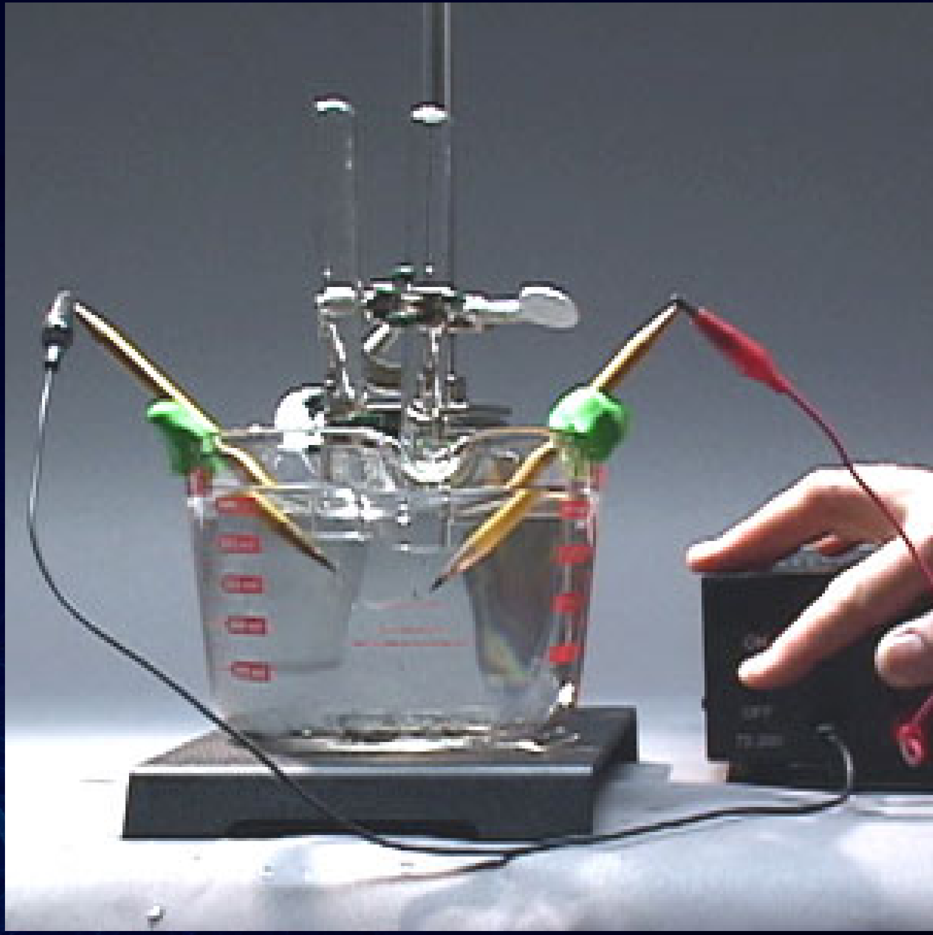
გამტარები და იზოლატორები

ყველა ნივთიერება და სხეული შეგვიძლია პირობითად გავყოთ ორ ჯგუფათ, 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



იზოლატორები

კულონის კანონი

ორი წერტილოვანი მუხტი ურთიერთქმედებს მუხტების პროპორციული და მანძილის კვადრატის უკუპროპორციული ძალით

$$F = k\,|q_1\, q_2| \,/\, r^2$$

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:

$k = 8.98755\ 10^{9}$ ნ მ^{2}/კ^{2}

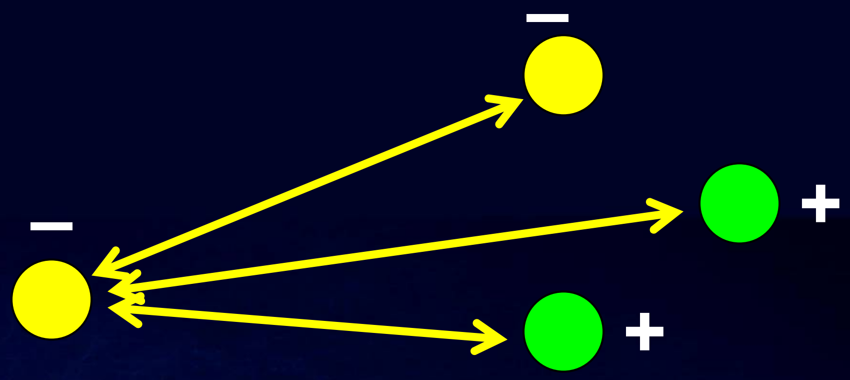
ელექტრული მუდმივა განსაზღვრავს სინათლის სიჩქარეს ვაკუუმში:

$k = 10^{-7}\ c^{2}$

სინათლის სიჩქარე:

$c = 2.997\ 10^{8}$ 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 ელექტული ველი

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

მუხტი მოთავსებულია ათვლის სისტემის სათავეში

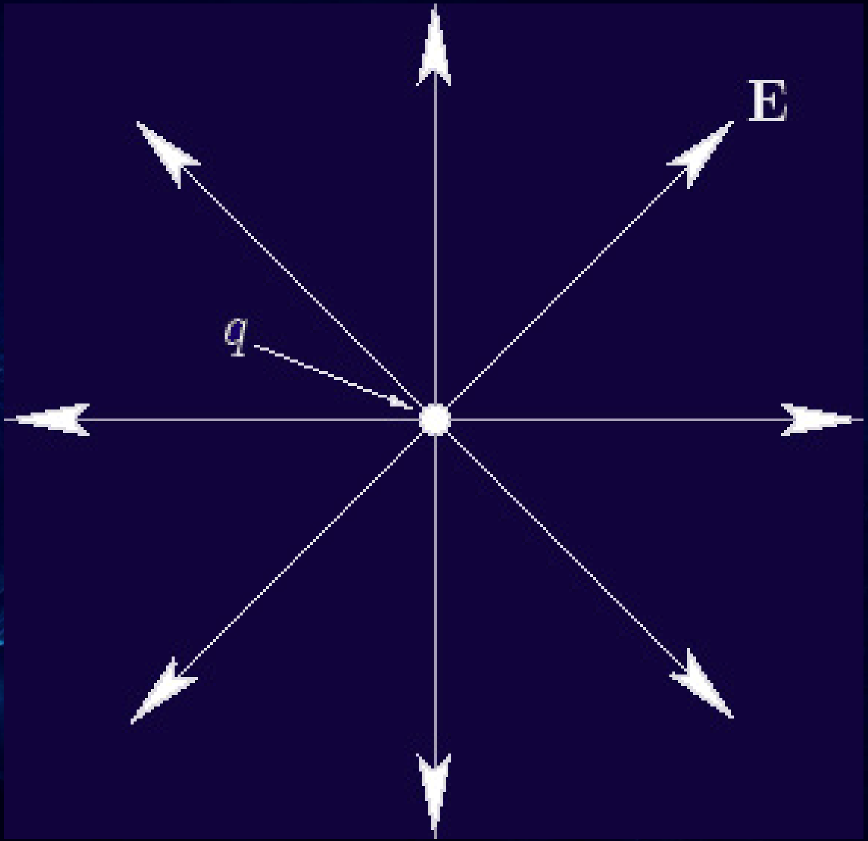
$$\vec{E} = k\, q\, \vec{r} / r^3$$

$k = 1 / 4 \pi \varepsilon_0$

ε_0 - ელექტრული მუდმივა

ელექტრონის ველი

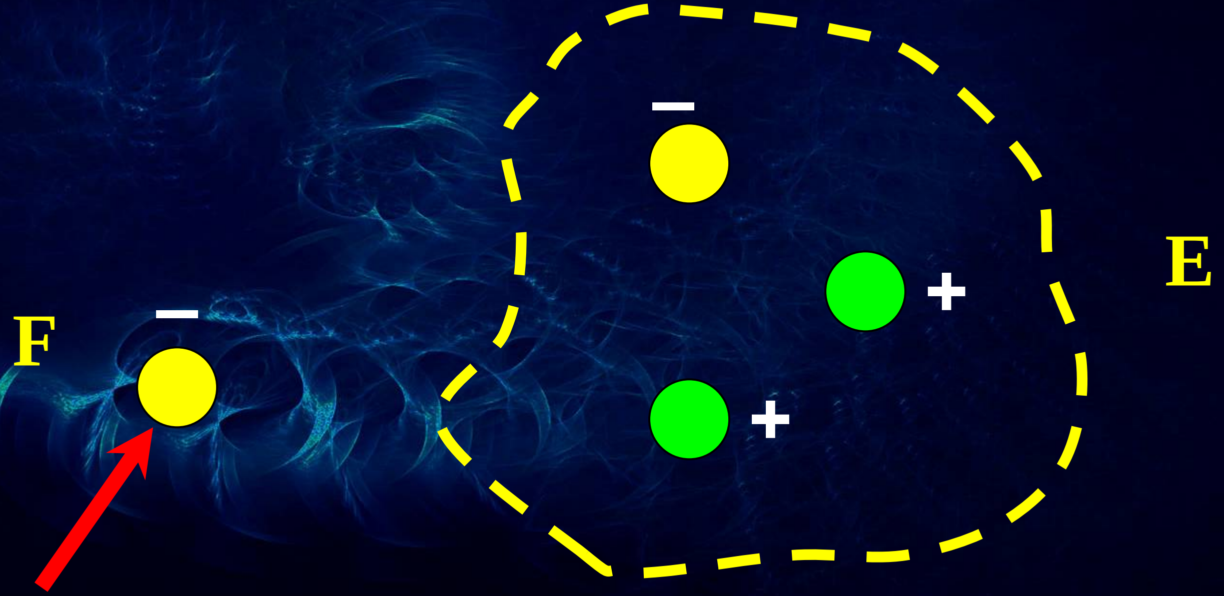
ელექტრული ველი მიმართულია წერტილოვანი მუხტიდან რადიალურად



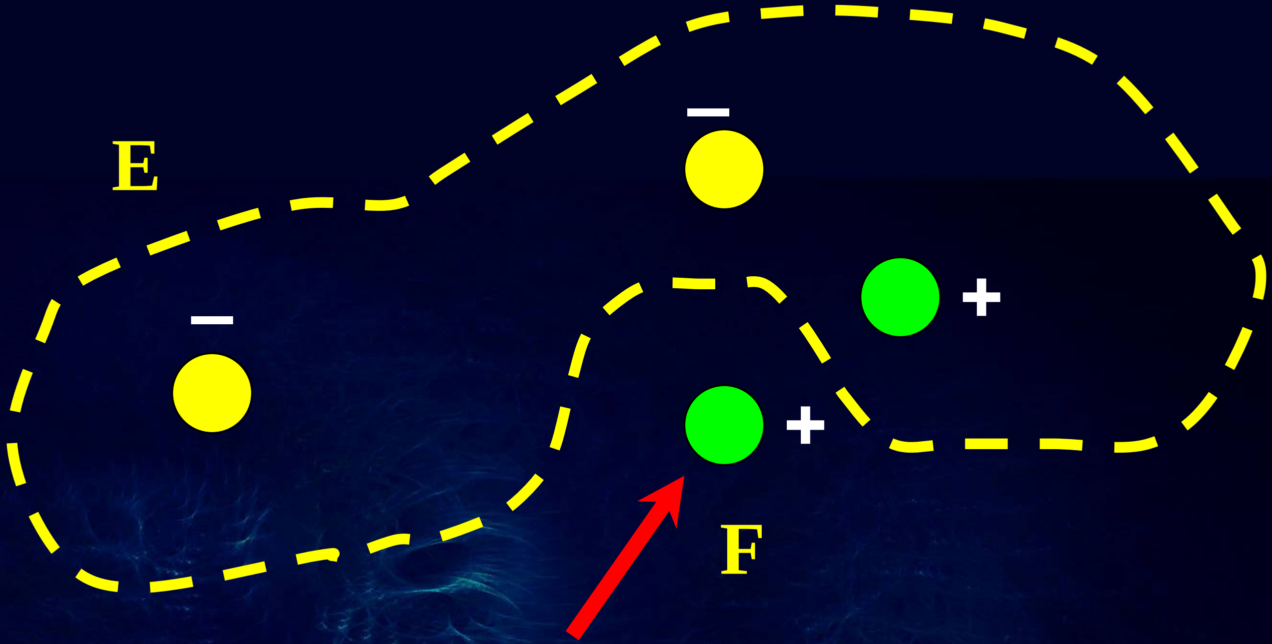
ელექტრული ველი

ელექტრული მუხტები ქმნიან ელექტრულ ველს, რომელიც მოქმედებს სხვა მუხტებზე

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



ელექტრული ველი



ძალწირები

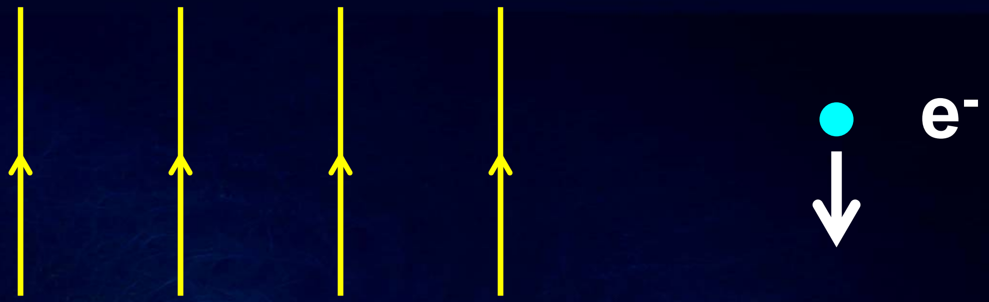
ელექტრული ძალწირი წარმოსახვითი ხაზია, რომელიც მიგვითითებს სივრცის აღებულ უბანში ელექტრულ მუხტზე მოქმედი ძალის მიმართულებას

ძალწირის მიმართულება ემთხვევა დადებით მუხტზე მოქმედ ძალას

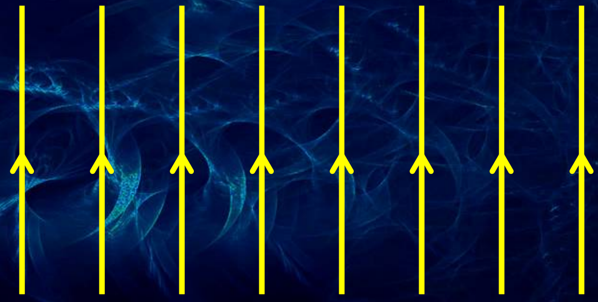
ძალწირების რაოდენობის ზრდა გვიჩვენებს ძლიერ ელექტრულ ველს

ძალწირები

სუსტი ერთგვაროვანი ელექტრული ველი

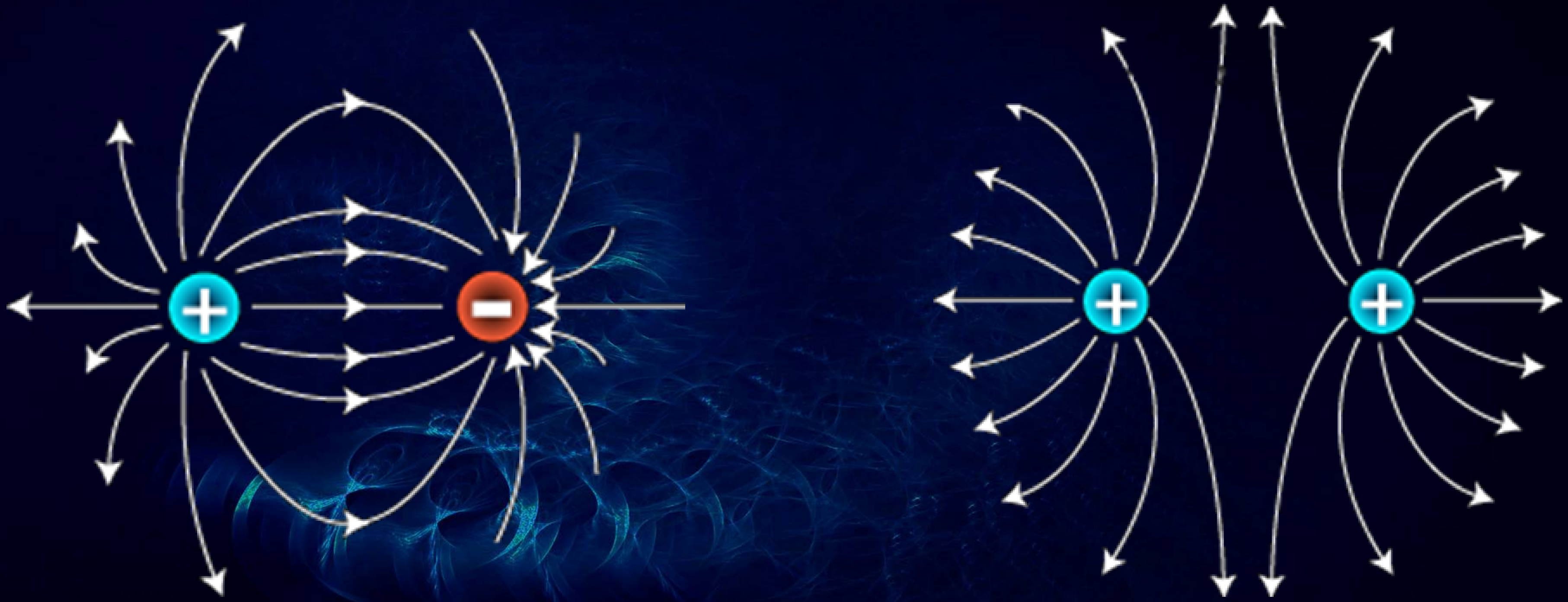


ძლიერი ერთგვაროვანი ელექტრული ველი



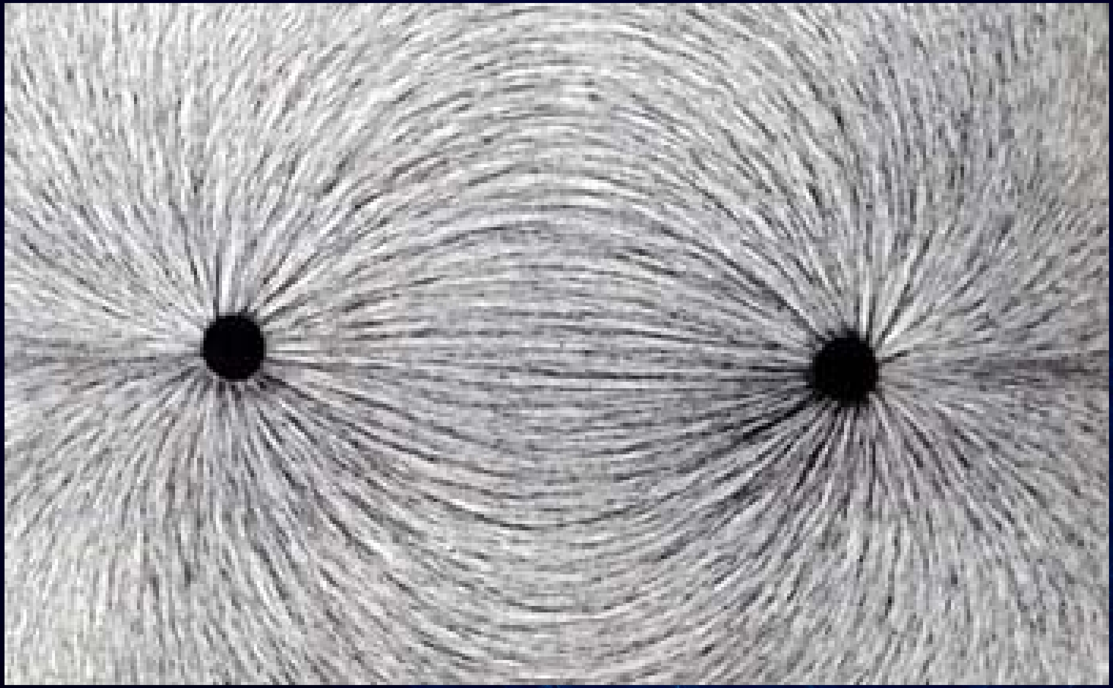
ძალწირები

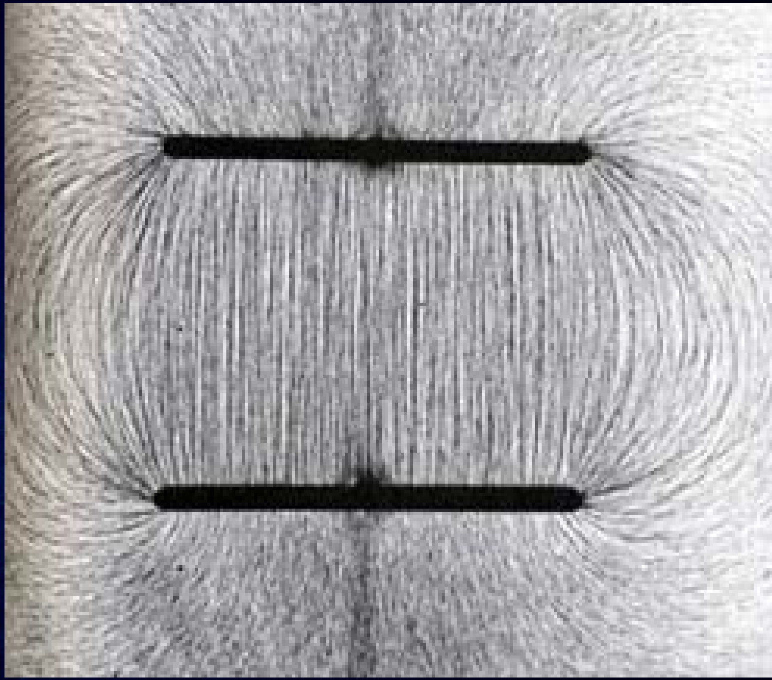
ელექტრული ძალწირები იწყებიან დადებით მუხტებზე და მთავრდებიან უარყოფითებზე



ძალწირები

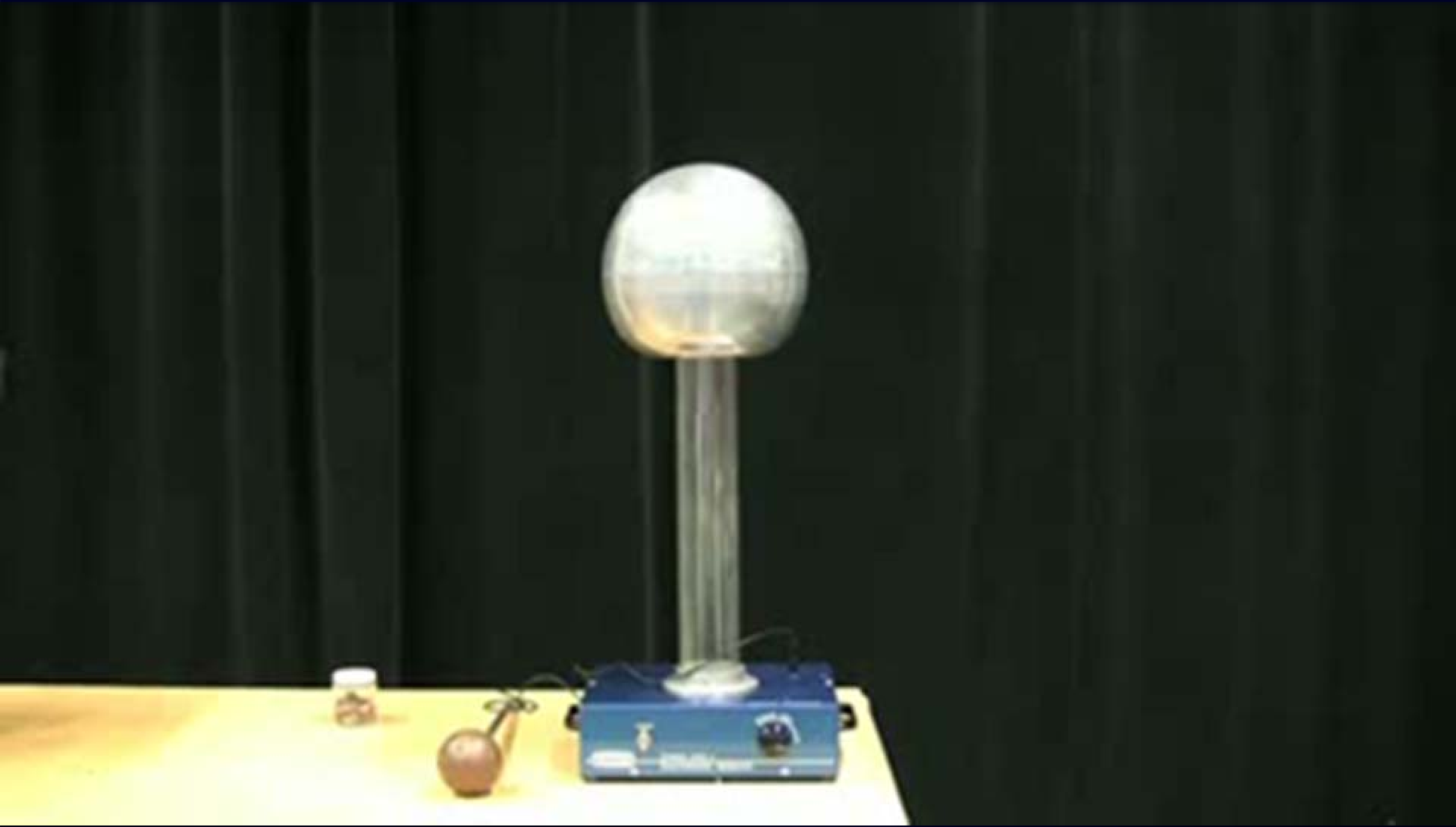
მეტალის ფხვნილის მარცვლები და ელექტრული ველი: ძალწირების ვიზუალიზაცია





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

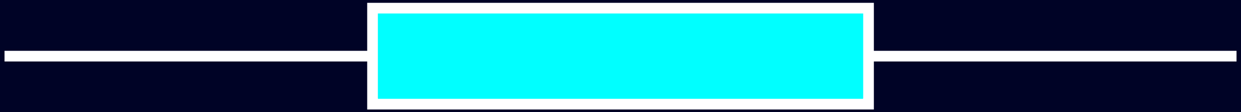
გამტარებს გააჩნიათ ელექტრული წინაღობა, ელექტრონები გადაადგილებისას მუხრუჭდებიან და განიცდიან “ხახუნს”.

ელექტრონების დაჯახებების შედეგად

ელექტრული დენი გარდაიქმნება მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიათ, ანუ გამტარი თბება.

გამტარებს ახასიათებთ ელექტრული წინაღობა: R

წინაღობა



ელექტრული წინაღობა: R

ერთეული (SI): ომი

წრფივი ერთგვაროვან წინაღობა: $E = U / L$

U - წინაღობის ბოლოებზე მოდებული ძაბვა

L - წინაღობის სიგრძე

ომის კანონი

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

$$I = U / R$$

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}

იზოლატორების წინაღობა

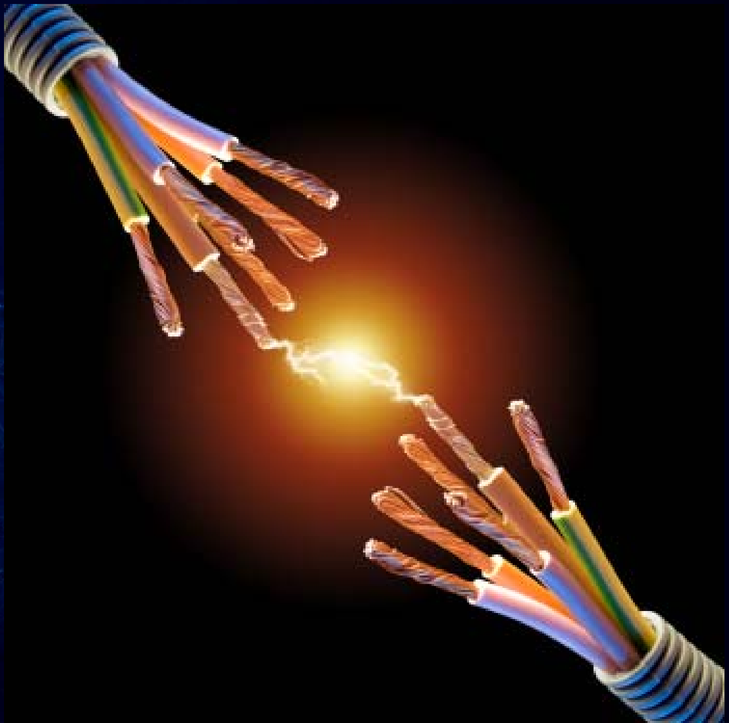
Substance	$\rho\,(\Omega \cdot m)$
Semiconductors	
Pure carbon (graphite)	3.5×10^{-5}
Pure germanium	0.60
Pure silicon	2300
Insulators	
Amber	5×10^{14}
Glass	10^{10}–10^{14}
Lucite	$>10^{13}$
Mica	10^{11}–10^{15}
Quartz (fused)	75×10^{16}
Sulfur	10^{15}
Teflon	$>10^{13}$
Wood	10^{8}–10^{11}

ომის კანონი

წინაღობის მკვეთრი ვარდნა გამტარზე მოდებული ძაბვის შემთხვევაში:

$$I \sim 1/R$$

$R \to 0$: $I \to \infty$



დენის მკვეთრი ზრდა:

მოკლე ჩართვა

მიმდევრობითი ჩართვა

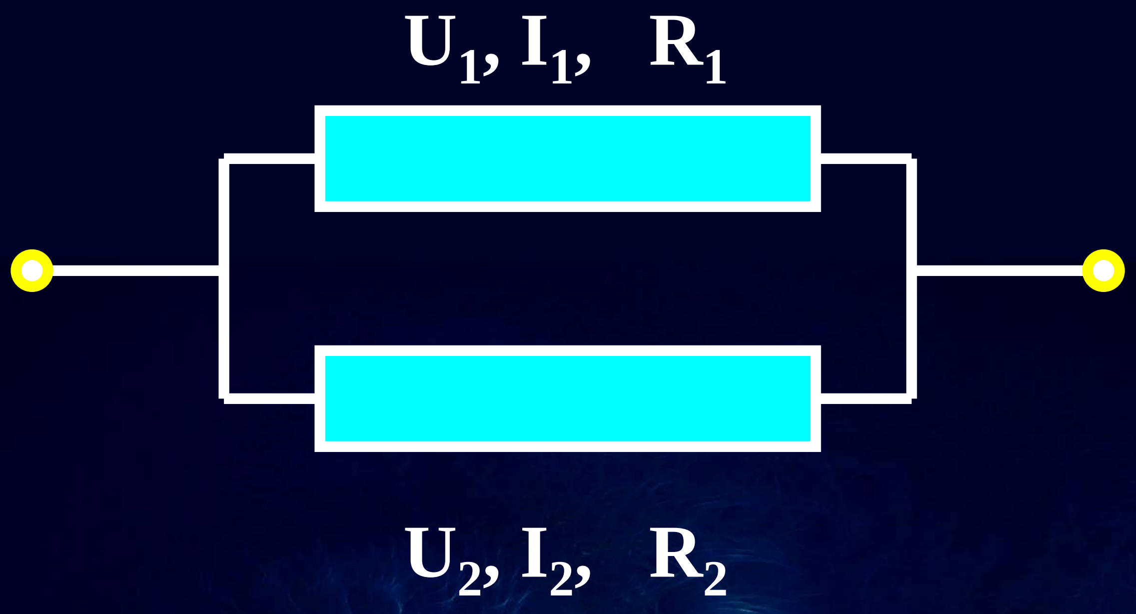
U_1, I_1, R_1 U_2, I_2, R_2

$$U = U_1 + U_2$$

$$I = I_1 = I_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

პარალელური ჩართვა



$U = U_1 = U_2$

$I = I_1 + I_2$

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

ელექტრული წინაღობა

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

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

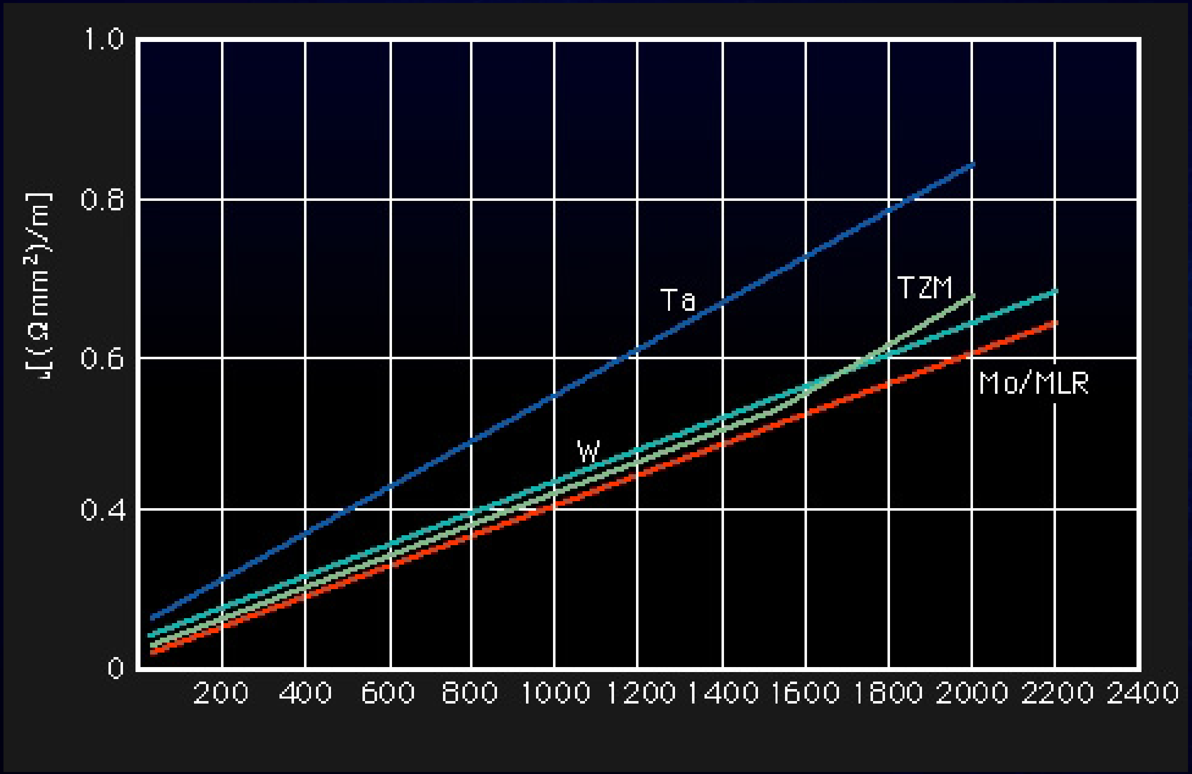
T_0 = 20 გრადუს ცელსიუსი (273+20=293K)

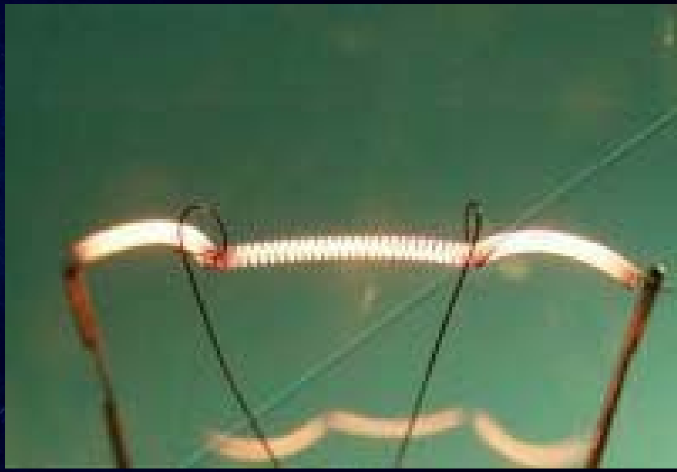
R_0 – გამტარის წინაღობა 20 გრადუს ცელსიუსზე

α – წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი

გამტარების წინაღობა

წინაღობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება: ვოლფრამის ძაფის ნათურა





ზეგამტარობა

ტემპერატურის კლებისას ელექტრული წინაღობა ეცემა

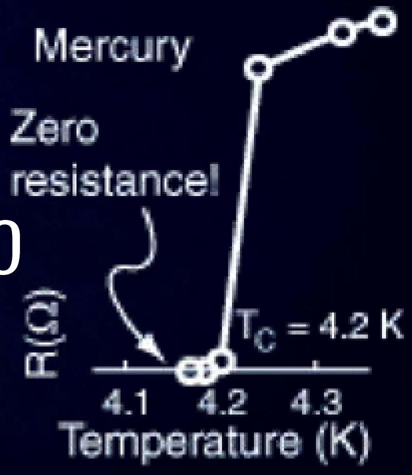
აღმოჩნდა რომ ზოგიერთი ნივთიერების

ელექტრული წინაღობა ნულდება,

ანუ ნივთიერება ხდება ზეგამტარი

მაგალითად ვერცხლისწყალი

4.2K -ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე



ზეგამტარები

ტემპერატურა, რომელზედაც ნივთიერება ხდება ზეგამტარი – კრიტიკული ტემპერატურა ეწოდება

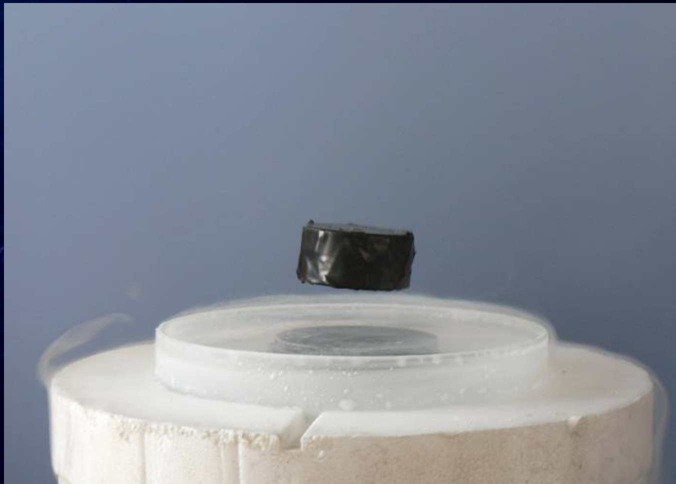
Material	Type	T_c (K)
Zinc	metal	0.88
Aluminum	metal	1.19
Tin	metal	3.72
Mercury	metal	4.15
$YBa_2Cu_3O_7$	ceramic	90
TlBaCaCuO	ceramic	125

ზეგამტარები

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

ზეგამტარები ეწინააღმდეგებიან მაგნიტურ ველში მოთავსებას: *მეისნერის ეფექტი*

ზეგამტარი არ ვარდება მაგნიტურ ველში:
მაგნიტური ლევიტაცია



ზეგამტარები

ელექტრული დენის ზეგამტარებში დანაკარგების გარეშე: მატარებლები მაგნიტურ ბალიშებზე

გილოცავთ ახალ წელს

www.tevza.org/home/course/phys2010