1. Основи на електростатиката

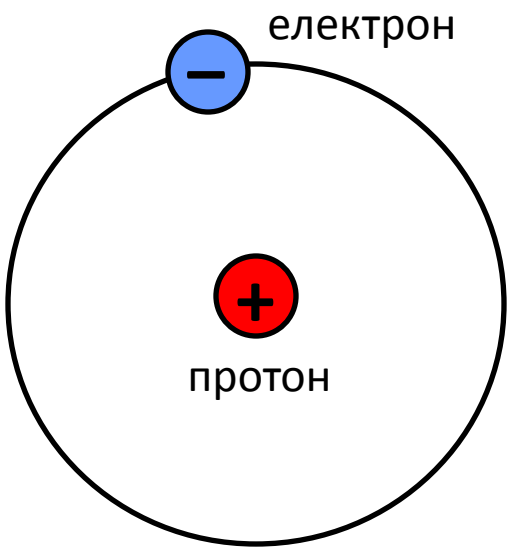
CC BY-SA Майя Маркова, www.mayamarkov.com

Електричен заряд

Някои от градивните частици на веществото имат свойството **електричен заряд** (количество електричество). Зарядът бива два вида, които наричаме положителен и отрицателен заряд. Зарядът се означава с **Q** или **q** и се измерва в кулони **C**.

Закон за запазване на заряда: в затворена система общият заряд остава постоянен.

Протоните имат положителен заряд, а електроните – отрицателен. Когато в дадено тяло електроните не са точно колкото протоните, заряд придобива цялото тяло – наелектризира се.



Най-простият атом е водородният. Ядрото му е един протон (с положителен заряд). Около него обикаля един електрон (с отрицателен заряд).

Неподвижни и свободни заряди

За по-кратко наричаме заряди и самите заредени тела. Когато са прикрепени, ги наричаме **неподвижни**, а когато не са прикрепени и могат да се движат – **свободни**.

Електростатиката изучава взаймодействията на неподвижни заряди. Техният заряд се нарича **статично електричество**.

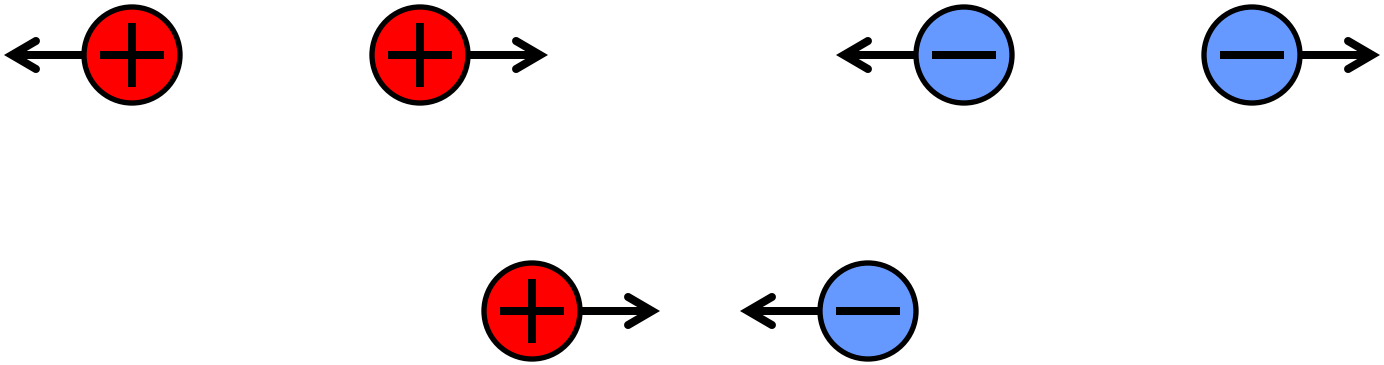
Ако не е посочено друго, ще смятаме, че зарядът е съсредоточен в центъра на тялото – **точков заряд**.

Образи: Pixabay

Електрично поле и електрична сила

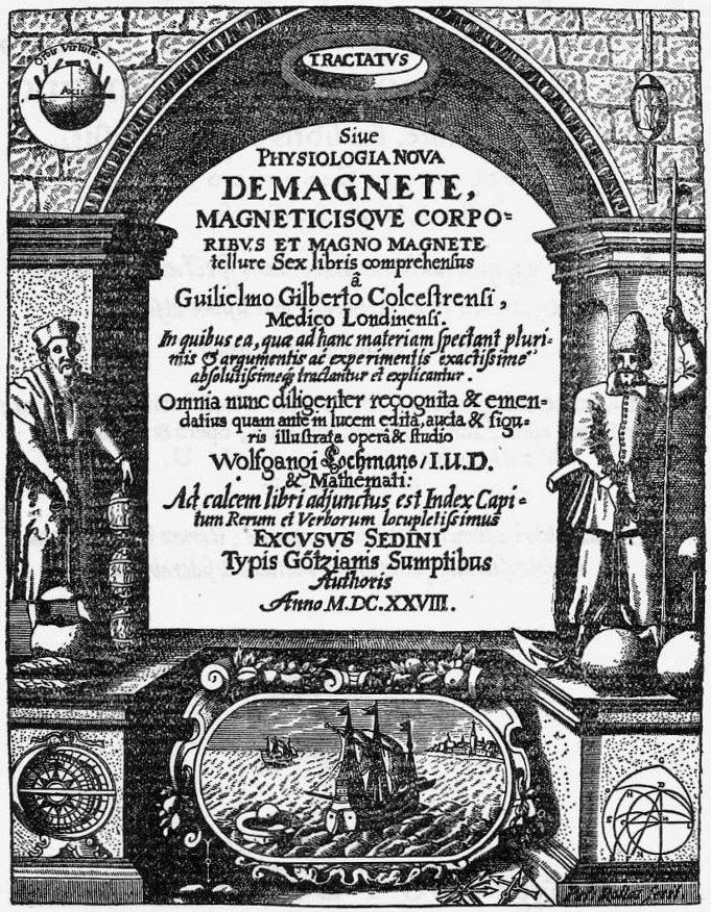
Понеже зарядите си взаимодействат от растояние, казваме, че те създават около себе си **електрично поле**. Взаимодействието между зарядите се нарича **електрична сила** и се означава с **F**. Като всяка сила тя е векторна величина (т.е. освен големина има и посока) и се мери в нютони N.

Ако двата заряда са **едноименни** (и двата са положителни или и двата са отрицателни), електричната сила е на отблъскване. Ако двата заряда са **разноименни** (единият е положителен, а другият – отрицателен), силата е на привличане.



Как се наелектризират телата

Как може да се получи различен брой протони и електрони? Например като допрем и разтъркаме две тела. Ако те са направени от подходящ материал, много е вероятно електрони да преминат от едното тяло в другото. Тогава двете тела ще придобият противоположни заряди.


TRACTATVS

Siue
PHYSIOLOGIA NOVA
DE MAGNETE,
MAGNETICISQVE CORPORIBVS ET MAGNO MAGNETE tellure Sex libris comprehensus
à
Guilielmo Gilberto Colcestrensi,
Medico Londinensi.
In quibus ea, quæ ad hanc materiam spectant pluriminis & argumentis ac experimentis exactissimè absolutissimeq; tractantur et explicantur.
Omnia nunc diligenter recognita & emendatius quam antè in lucem edita, aucta & figuris illustrata operâ & studio
Wolfgangi Lochmani, I.V.D.
& Mathematici:
Ad calcem libri adjunctus est Index Capitum Rerum et Verborum locupletissimus
EXCVSVS SEDINI
Typis Gotziani Sumptibus Authoris
Anno M.DC.XXVIII.

Това е корицата на книгата “За магнита и магнитните тела” от английския физик и лекар Уилям Гилбърт, издадена през 1600 г. В нея той описва как кехлибарът, ако се натърка с кожа (с козина), започва да привлича дребни предмети. Кехлибар на латински е “електрум”. Оттам идват термините електричен и електричество.

Можем ли да видим електричеството

Някои животни имат сетивни органи, с които усещат електричното поле. Ние, хората, нямаме тази способност. Можем обаче да засичаме електричното поле с уреди. Освен това понякога можем да видим как наелектризираните тела се привличат или отблъскват.

Ако натъркаме гребен в косата си, той ще се наелектризира и ще привлича малки късчета хартия. Този опит е подобен на описания от Гилбърт, но вместо кехлибар използваме пластмаса, а вместо животинска козина – собствената си коса.

Наелектризирана котка

Козината на тази котка, заредена със статично електричество, е привлякла многобройни късчета стиропор.

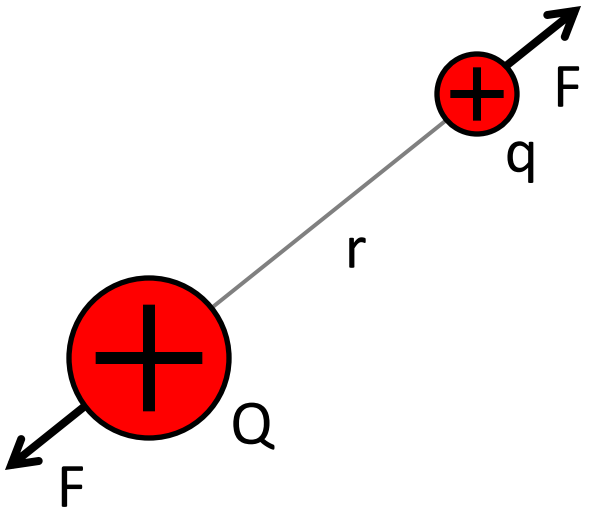
Снимка Sean McGrath / www.flickr.com

Закон на Кулон

Нека имаме два точкови заряда **Q** и **q** на растояние **r**. Те си взаймодействат с електрична сила **F**. Чрез опити Кулон е установил, че тази сила е право пропорционална на големините на зарядите и обратно пропорционална на квадрата от разстоянието между тях:

$$F = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon\, r^2}$$

Тази формула се нарича **закон на Кулон**. В нея има **4π**, понеже полето е сферично, а **ε** е свойство на средата, наречено **диелектрична проницаемост** (ще се обсъжда по-нататък).



Когато разстоянието между двата заряда клони към безкрайност, електричната сила клони към нула.

Интензитет на електричното поле

Електричното поле се изследва, като в него се въвеждат **пробни заряди** – положителни заряди, който са толкова малки, че не променят забележимо изследваното поле. Пробния заряд означаваме с **q**, а много по-големия заряд-източник на полето – с **Q**.

Силата, с която електричното поле действа на единица заряд, се нарича **интензитет** на полето и се означава с **E**:

$$E = \frac{F}{q}$$

Интензитетът се мери в нютони на кулон или по-често във волтове на метър, което е същото (за волтовете – малко по-нататък). Интензитетът също като силата е векторна величина. Според закона на Кулон

$$E = \frac{Q\cancel{q}}{4\pi\varepsilon\, r^2\, \cancel{q}} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\, r^2}$$

Т.е. интензитетът на дадено електрично поле зависи от големината на заряда-източник и разстоянието до него. На безкрайно разстояние от източника интензитетът на полето става нула.

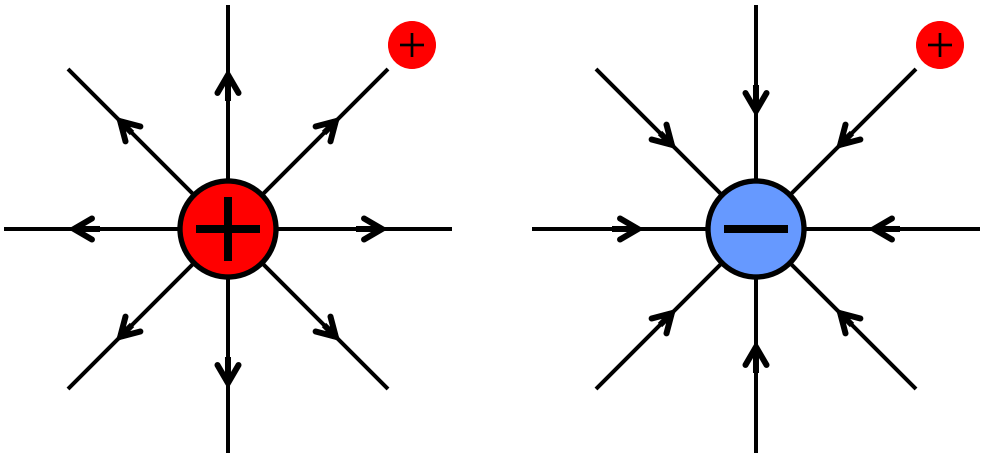
Силови линии на електричното поле

Електричното поле се изобразява чрез **силови линии**. Те са криви, прокарани така, че допирателните към тях във всяка точка да съвпадат с електричната сила. Силовите линии са мислени – не съществуват в реалността, също като паралелите и меридианите. Ако пробният заряд е свободен, той ще се движи по силовите линии.

Върху силовите линии със стрелки се означава посоката на електричната сила, действаща на пробния заряд.

Силовите линии излизат от зарядите или се събират в тях като лъчи. Една силова линия никога не пресича друга.

Силови линии на електрични полета, създадени от точкови заряди. Горе вдясно е показан пробният заряд.



Електрично поле с два заряда-източници

Ако зарядите-източници са два или повече, техните електрични полета си взаймодействат и дават по-сложно електрично поле, чийто интензитет във всяка точка е сума от отделните интензитети.

Ето как изглеждат силовите линии на поле, създадено от два противоположни точкови заряда на неголямо разстояние един от друг.

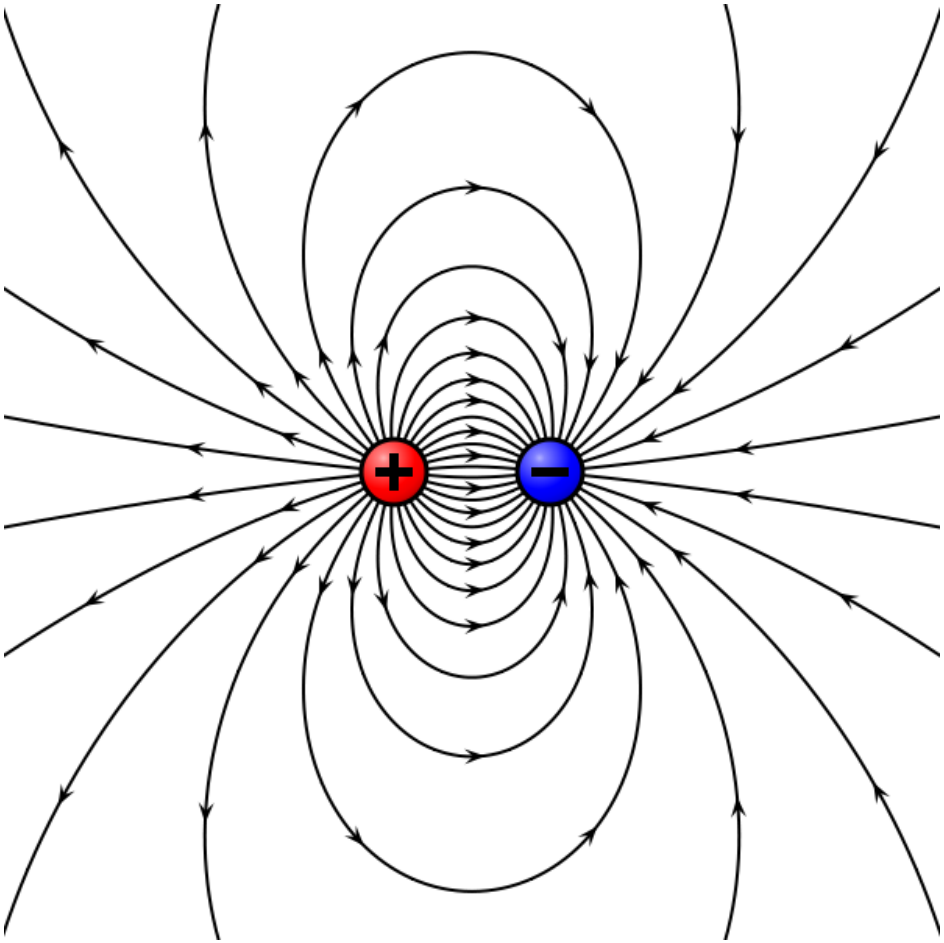
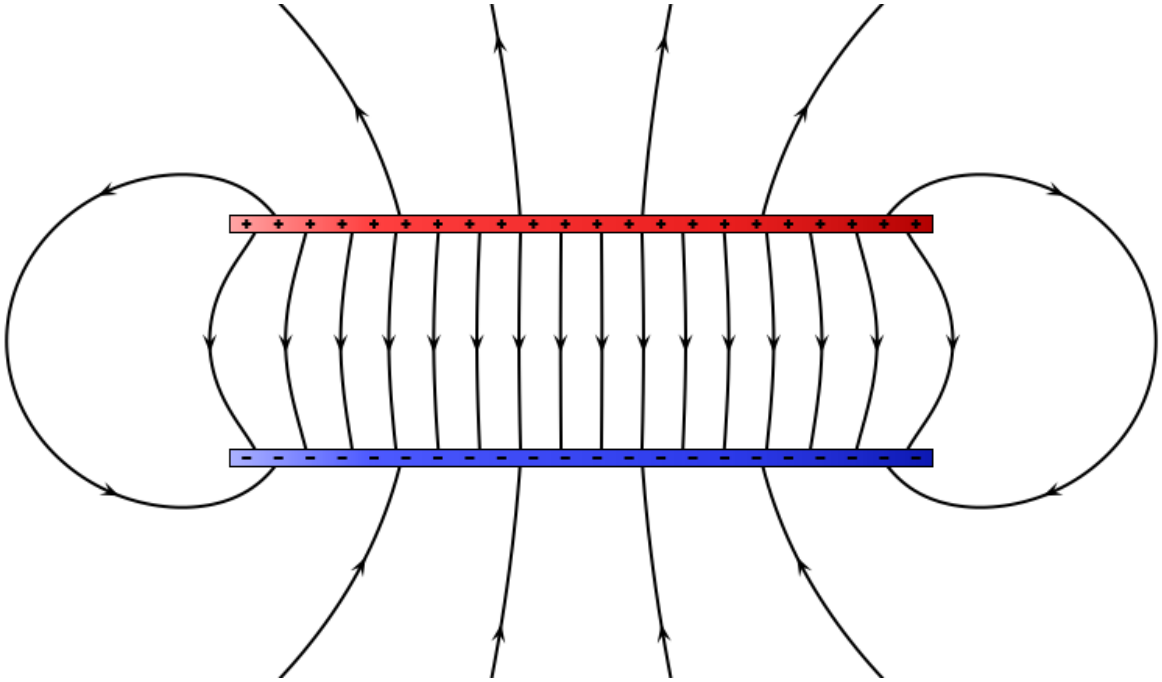


Схема Geek3/ Wikimedia

Еднородно и нееднородно електрично поле

Ако интензитетът на полето е еднакъв във всичките му точки, то се нарича **еднородно** или хомогенно поле. Ако интензитетът се променя според мястото, полето се нарича **нееднородно**.

Повечето полета са нееднородни поради зависимостта на интензитета от разстоянието до източника. Еднородно поле се създава само при специални условия – между две успоредни плоскости с разноименни заряди.



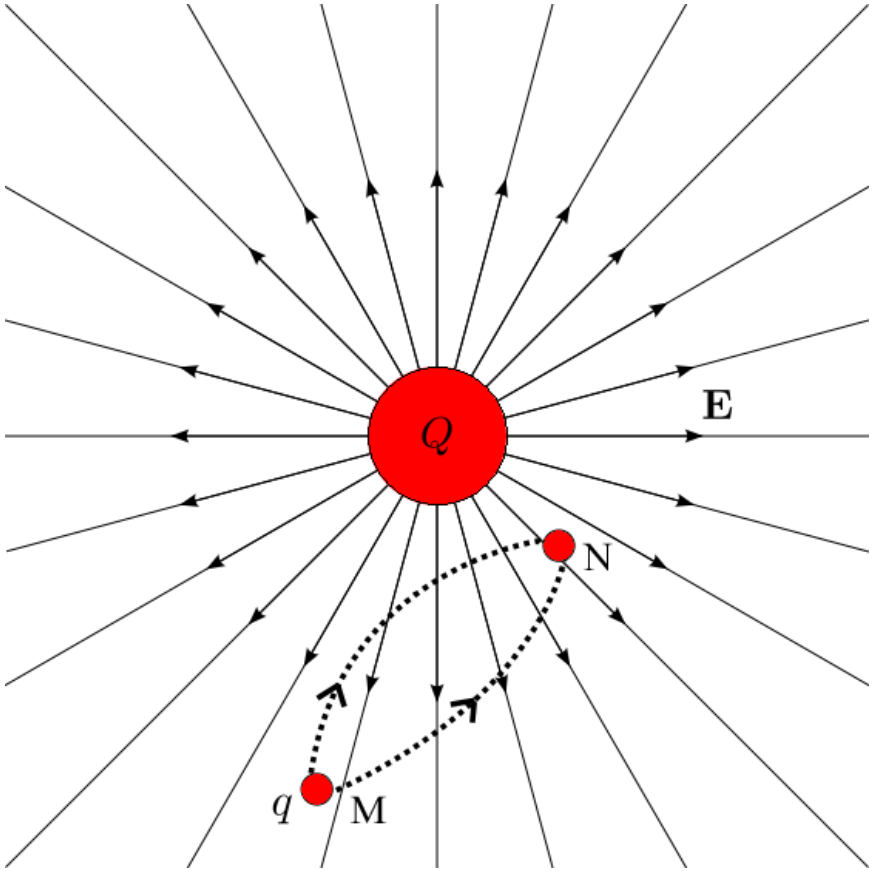
Електрично поле, създадено от две успоредни кръгли плочи. Полето е еднородно между плочите, но не и в другите точки на пространството. (Geek3/ Wikimedia)

Електрична потенциална енергия

В електричното поле зарядите имат **потенциална енергия W**. За да я намерим, трябва да проследим как електричната сила върши **работа A**, като мести свободни заряди насам-натам из полето. Ако тя премести заряд от точка M в точка N, промяната в потенциалната енергия на заряда е равна на работата, взета със знак минус:

$$W_N - W_M = - A_{MN}$$

Извършената работа зависи от началното и крайното положение на заряда, но не и от траекторията му.



Илюстрация Wtshymanski / Wikimedia)

На колко е равна потенциалната енергия

И така, при преместване на заряд от точка M в точка N се получава разлика в потенциалната му енергия, равна на работата на електричната сила със знак минус:

$$W_N - W_M = - A_{MN}$$

Да си представим, че електричната сила изтласка заряда чак в безкрайността. Тогава новата му потенциална енергия $W_\infty = 0$, понеже самата електрична сила на безкрайно разстояние става нула. Получаваме

$$0 - W_M = - A_{M\infty}$$

и оттам

$$W_M = A_{M\infty}$$

Следователно електричната потенциална енергия на даден заряд в дадена точка е равна на работата, която трябва да свърши електричната сила, за да пренесе заряда от тази точка в безкрайността.

Електричен потенциал

Потенциалната енергия на единица положителен заряд се нарича **електричен потенциал**. Бележи се с **V** и е много важна характеристика на полето:

$$V = \frac{W}{q}$$

Потенциалът се мери във волтове V, като 1 волт = 1 джаул / 1 кулон (1V = 1J/1C). Той е скаларна (числова) величина.

Ако електричното поле е създадено от точков заряд Q, потенциалът на всяка точка от полето е право пропорционален на заряда и обратно пропорционален на разстоянието до него:

$$V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\, r}$$

Електрично напрежение

Разликата в потенциалите на две точки от електричното поле се нарича потенциална разлика или **електрично напрежение** и се означава с **U**:

$$U_{MN} = V_M - V_N$$

където M и N са двете точки, между които се мери напрежението.

Напрежението също като потенциала е скаларна величина и се мери с волтове. То е равно на работата, която върши електричната сила, за да пренесе единица положителен заряд от точка M в точка N:

$$U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q}$$

Следователно, ако точките M и N лежат върху една силова линия и са на разстояние l една от друга, то

$$U_{MN} = El \qquad E = \frac{U}{l}$$

Последните формули дават връзката между напрежение и интензитет.