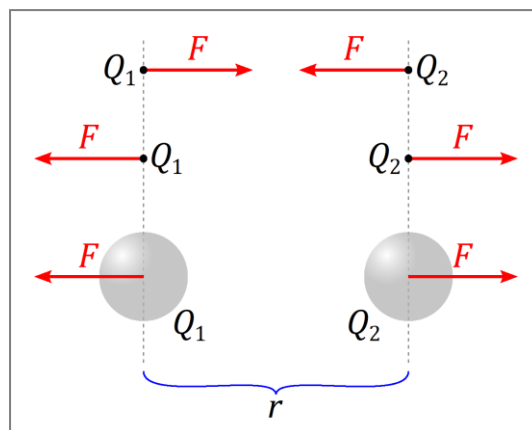


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

Coulomb törvénye

Láttuk, hogy az ellentétes töltésű testek vonzzák, az azonos töltésűek pedig taszítják egymást. Kísérletekkel megállapítható, hogy a két pontszerű, elektromos töltéssel rendelkező test között *vákuumban* fellépő erő nagysága a két test töltésétől (Q_1 és Q_2), valamint a köztük levő távolságtól (r) függ:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad (1)$$



Ezt az összefüggést *Coulomb törvényének* nevezzük. A Coulomb-törvény gömb alakú testekre is érvényes, ha a töltés a testeken egyenletesen oszlik el. Ilyenkor azonban a képletben szereplő r a gömbök középpontjának távolságát jelöli. Az (1) képletben szereplő k és a

$$k = \frac{F \cdot r^2}{Q_1 \cdot Q_2}$$

összefüggéssel definiálható arányossági tényező értéke a mérések szerint:

$$k = 8,988 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

Gyakran használjuk ennek kerekített értékét is:

$$k \approx 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

Szokás a Coulomb-törvényben szereplő k arányossági tényezőt a

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}$$

alakban is felírni. Az ebben szereplő ϵ_0 tényezőt a *vákuum permittivitásának* nevezzük. Értéke az előző összefüggést átrendezve határozható meg:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot k} \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}.$$

Ha a két töltéssel rendelkező test között valamilyen szigetelő van, az erő a vákuumban mérhető erőnél mindig kisebb. A mérések szerint *a vákuumban mért erő és a szigetelőben mérhető erő hányadosa az adott szigetelőre jellemző állandó:*

$$\frac{F_{\text{vákuum}}}{F_{\text{szigetelő}}} = \text{állandó}.$$

Ezt a hányadost az adott anyag *relatív permittivitásának* nevezzük. A relatív permittivitás jele ε_r . Képlettel:

$$\varepsilon_r = \frac{F_{\text{vákuum}}}{F_{\text{szigetelő}}}. \quad (2)$$

A relatív permittivitás mértékegysége:

$$[\varepsilon_r] = \frac{[F_{\text{vákuum}}]}{[F_{\text{szigetelő}}]} = \frac{\text{N}}{\text{N}} = 1.$$

Az (1) és (2) összefüggéseket felhasználva a szigetelőben levő, elektromosan töltött, pontszerű testek között ható erő nagysága:

$$F_{\text{szigetelő}} = \frac{F_{\text{vákuum}}}{\varepsilon_r},$$

$$F_{\text{szigetelő}} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

A szigetelő relatív permittivitásának és a vákuum permittivitásának a szorzatát az adott *szigetelő permittivitásának* nevezzük, jele ε . Képlettel:

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0.$$

A permittivitás mértékegysége:

$$[\varepsilon] = [\varepsilon_r] \cdot [\varepsilon_0] = 1 \cdot \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}.$$

Az előzőek alapján *Coulomb törvényének* (vákuumban és szigetelőkben egyaránt érvényes) *általános alakja:*

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Kiegészítések

1. A Coulomb-féle törvényt egymástól függetlenül négy kutató is felismerte.

Joseph *Priestley* (1733–1804) angol fizikus, kémikus elméleti úton jutott el a törvény megfogalmazásához. Eredményét 1767-ben megjelent könyvében közölte. Priestley fedezte fel egyébként az oxigént, az ammóniát, a sósavgázt, a kén-dioxidot és a szén-monoxidot.

Henry *Cavendish* (1731–1810) angol fizikus 1772-ben ugyanazzal a gondolatmenettel jutott eredményhez, mint Priestley. Cavendish mérésekkel is igazolta a kapott összefüggést, de eredményeit nem publikálta. Felfedezései sokáig kéziratban maradtak, és kiadásukra csak 1879-ben került sor. Cavendish igazolta elsőként közvetlen mérésekkel a Newton-féle gravitációs törvényt is 1797–98-ban.



John *Robison* (1739–1805) skót fizikus 1769-es mérései szintén korábbiak, mint Coulomb mérései, ő azonban más értéket kapott vonzás, illetve taszítás esetén.

Charles *Coulomb* (1736–1806) francia fizikus méréseinek eredményei 1784-ben jelentek meg. A törvény végül is az ő nevét viseli.

2. A Coulomb-törvényhez vezető méréseket Cavendish és Coulomb is *torziós ingával* végezte el. Ez az eszköz egy vékony fémszálla függesztett szigetelőrúd végén elhelyezett fémgolyóból és egy tőle elszigetelt másik fémgolyóból áll. Az egész rendszert egy átlátszó bura veszi körül, hogy a légmozgások hatását ki lehessen küszöbölni. A fémgolyók között ható erőt a fémszál elcsavarodásának mértékéből lehet meghatározni.



3. A permittivitás, illetve a relatív permittivitás régebbi elnevezése dielektromos állandó, illetve relatív dielektromos állandó. Néhány kiadványban még ma is ezt az elnevezést használják.
4. A mérések szerint a gázok relatív permittivitása gyakorlatilag 1 körüli érték, tehát a gázokban (így a levegőben is) gyakorlatilag ugyanakkora erő hat az elektromosan töltött testek között, mint vákuumban
5. Két 0,5 C töltésű pontszerű test 10 cm távolságból akkora erővel taszítaná egymást, amely megegyezik 2250 olyan vonat súlyával, amelyek mindegyike 100 db, egyenként 100 tonnás kocsiból áll. (Lásd a *Példákban*.) Ennek a gigantikus erőnek a következtében például nem lehet 1 coulomb nagyságú töltést egy néhány centiméter átmérőjű fémgömbön felhalmozni, mivel a gömb két fele hasonló nagyságrendű erővel taszítaná egymást.

Példák

1. Mekkora erővel hatna egymásra vákuumban két, egyenként 0,5 C töltésű, pontszerű test 10 cm távolságból?

$$Q_1 = Q_2 = 0,5 \text{ C}$$

$$r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$F = ?$$

Megoldás

Coulomb törvénye alapján:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \approx 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{0,5 \text{ C} \cdot 0,5 \text{ C}}{(0,1 \text{ m})^2} = 2,25 \cdot 10^{11} \text{ N}.$$

A két test $2,25 \cdot 10^{11}$ N, azaz 225 000 000 000 N erővel taszítaná egymást.

2. Két pontszerű, egyenként 60 nC töltésű test vákuumban $9,6 \cdot 10^{-4}$ N erővel taszítja egymást. Mekkora a köztük levő távolság?

$$Q_1 = Q_2 = Q = 60 \text{ nC} = 60 \cdot 10^{-9} \text{ C} = 6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$F = 9,6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

$$r = ?$$

Megoldás

Coulomb törvénye szerint:

$$F = k \cdot \frac{Q^2}{r^2}.$$

Ebből a keresett távolság:

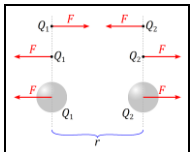
$$r^2 = k \cdot \frac{Q^2}{F} \quad \Rightarrow \quad r = \sqrt{k \cdot \frac{Q^2}{F}} = \sqrt{\frac{k}{F}} \cdot Q.$$

Az adatokat behelyettesítve:

$$r = \sqrt{\frac{k}{F}} \cdot Q = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}}{9,6 \cdot 10^{-4} \text{ N}}} \cdot 6 \cdot 10^{-8} \text{ C} \approx 0,184 \text{ m}.$$

A két pontszerű test távolsága tehát 18,4 cm.

Képek jegyzéke

	Rajz a Coulomb-törvényhez © http://fizikakonyv.hu/rajzok/0406.svg
	Priestley arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Priestley.jpg
	Rajz Cavendish-ről W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Henry_Cavendish,_Chemist._1731-1810_Wellcome_M0014171.jpg
	Robison arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Robison.png
	Coulomb arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_de_Coulomb.png
	Coulomb-féle torziós inga © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0118.jpg

Jelmagyarázat:

© **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.