### 10.2. A villamos fluxus

Ha villamos mező erősségének abszolút értéke az egységnyi felületen merőlegesen áthaladó mezővonalak száma, akkor egy adott felületen merőlegesen áthaladó mezővonalak számát (amivel a ψ villamos fluxust jellemezhetjük) az alábbiakban határozhatjuk meg.

Ha a mezővonalak egy A felületen haladnak keresztül, és a mezővonalak ⊥-ek a felületre és a mező homogén (a mezővonalak párhuzamosak és mindenütt azonos a sűrűségük) azaz térerősség állandó (10.2.1. ábra) akkor a mezővonalak száma

.

### Ha a mező homogén, de az adott felülettel α szöget zár be (10.2.2. ábra), akkor

,

ahol  a felület normálvektora.



A

E



10.2.1. ábra Homogén villamos mező felületre merőleges mezővonalakkal

A









10.2.2. ábra Homogén villamos mező a felülettel  szöget bezáró mezővonalakkal

Változó esetében: , vagy pontosabban:

, (10.2.1)

ahol En a térerősség vektor felületre merőleges komponense.

A fluxus mértékegysége:

.

### Gauss tétele

A gyakorlatban felmerül a kérdés, hogy mennyi az erővonalak száma egy R sugarú gömbön, ha annak középpontjában van egy pontszerű töltés, vagy más szóval mekkora a fluxusa egy pontszerű töltésnek. Ennek megállapításához vegyünk egy Q töltésű pozitív pontszerű töltést, és vegyük körül egy R sugarú gömbbel (10.2.3. ábra). A gömb felszínén a térerősség:

,

és a mezővonalak, azaz a térerősség vektorok merőlegesek a gömb felszínére, melynek nagysága:

.

Így a felszínen a fluxus:

,

azaz:

. (10.2.2)

Q

R

10.2.3. ábra Pontszerű töltés fluxusának meghatározásához szükséges segédábra

Ha a pontszerű töltést nem gömbbel, hanem egy tetszőleges térbeli felülettel vesszük körül (10.2.4. ábra) akkor a mezővonalak száma ugyanaz, mint a gömb esetében, mert a mezővonalak töltéseken erednek és végződnek, töltés pedig csak egy van a gömbben.

Q

10.2.4.. ábra A pontszerű töltést körülvevő tetszőleges felület

A fluxus a gömbfelületen:

,

és a fluxus a tetszőleges felületen:

,

így:

.

Ha a zárt felületen belül több töltés helyezkedik el:

. (10.2.3)

Ez a Gauss tétele.

### 

### 5.1.5. Coulomb törvénye:

Vegyünk két pontszerű töltést egymástól r távolságra (10.2.5. ábra). Ezek erővel hatnak egymásra.





r

Q1

Q2

10.2.5. ábra Két töltött test között ható erő

A két ponttöltés között ható erőt a Coulomb törvény adja meg:

,

ahol . A ponttöltés térerősségénél már bemutatott módon az arányossági tényező egy másik alakját használva kapjuk:

. (10.2.4)

Az erő iránya: két azonos előjelű töltés között taszító, két ellentétes előjelű között pedig vonzó erő lép fel.

### Potenciál és feszültség

A villamos mező jellemzésére a térerősség vektor alkalmas, azonban mivel általában háromdimenziós vektorról van szó, ezért minden pontban a mező (tér) jellemzésére három adat szükséges. Egy egyszerűbb alternatívát kínál a potenciál bevezetése az alábbiak szerint.

**Potenciál:**

Tekintsünk egy pontszerű töltést valahol a térben, majd keressünk egy olyan pontot, vagy felületet, ahol egy próbatöltés egyensúlyban van, azaz a ráható erők eredője zérus. Ezt a pontot, vagy felületet, nevezzük el azt vonatkoztatási pontnak, vagy felületnek. Vigyünk egy pozitív próbatöltést a vonatkoztatási pontból a tér ellenében egy A (10.2.6. ábra) pontba. Ekkor a munkavégzés legyen WVA. Ez a munka jellemző az A pontra, a vonatkoztatási pontra és a próbatöltés nagyságára. Ez természetesen újra három adat, azonban ez a szám csökkenthető az alábbiak szerint.

Q

A

B

V

10.2.6. ábra Ponttöltés és a vonatkoztatási pont

A vonatkoztatási pont többnyire a Föld felszíne, esetleg a végtelen távoli pont. A próbatöltés legyen az egységnyi pozitív töltés, amit ha az előbbi próbatöltést Q’-vel jelöljük, az alábbi eredményt kapjuk:

,

ahol UA az A pont potenciálja.

A potenciál definíciója:

**Egy pont potenciálja az a munka, amit akkor végzünk amikor az egységnyi pozitív próbatöltést a tér ellenében a vonatkoztatási pontból az adott pontba visszük.**

A definíció akkor is érvényes, ha azt a munkát nézzük, amit a tér végez, miközben az egységnyi pozitív próbatöltést a pontból a vonatkoztatási pontba viszi. Természetesen mindkét esetben állandó sebességű mozgatásról van szó, a gyorsítási munkával nem kell számolnunk.

A potenciál mértékegysége:

.

A munka értelmezéséből, és az  összefüggésből, és abból, hogy egységnyi pozitív próbatöltéssel dolgozunk, következik, hogy:

. (10.2.5)

Csak ponttöltésre érvényes:

. (10.2.6)



Ha az ábrán egy másik, B pontot is tekintünk, akkor annak a potenciálja az előzőhöz hasonlóan

.

A tér azon pontjait, amelyeke a potenciál állandó ekvipotenciális pontoknak, és a felületeket amit alkotnak ekvipotenciális felületeknek nevezzük

**Feszültség:**

Két pont potenciáljának különbsége:

.

Mértékegysége a potenciálénak megfelelően V.

**Zárt görbén végzett munka:**

Vigyünk egy próbatöltést az 10.2.7. ábrán látható A pontból először B-n keresztül C-be. Az A-B mozgás történjen ekvipotenciális görbén (vagy felületen), ami ponttöltés estében egy olyan körív (vagy gömbfelület) amelynek középpontjában helyezkedik el a ponttöltés. Ezen a szakaszon a munkavégzés zérus, mert az erő sugárirányú, az elmozdulás pedig arra merőleges. A B-C elmozdulás a mezővonalak irányában történik, ennek során a tér végez munkát.

Q

= 0

A

D

B

C

= 0

10.2.7. ábra Munkavégzés elektrosztatikus térben

Másodszor az út legyen A-D-C. Ebben az esetben a D-C szakasz ismét egy körív (amelyen a munka zérus), vagy gömbfelület, és az A-D szakasz sugárirányú (amelyen atér végez pontosan akkora munkát mint a B-C szakaszon. Ezek alapján:

WABC =WADC.

Ha a testet az A-B-C-D-A úton mozgatjuk az eredő munka zérus lesz, mert:

WABCDA=WABC+WCDA,

és mivel

WCDA=-WADC,

valamint

WABC =WADC,

ezért

WABCDA=WADC+WCDA=0.

Zárt görbén a tér által (v. ellenében) végzett munka zérus.

Az elektromos vektortér konzervatív vektortér.

**Homogén villamos mező:**

Vegyünk két vezető síklapot és helyezzük el azokat egymással párhuzamosan, majd kapcsoljunk rájuk U feszültséget úgy, hogy a felső legyen pozitív. Ekkor a kialakuló villamos tér párhuzamos vonalakkal jellemezhető (azaz homogén, mivel a térerősség nagysága mindenütt állandó), az 10.2.8. ábra szerint.

-

+

d, U

E

UAB

A

BB

dAB

10.2.8. ábra Homogén villamos mező

Az 5.1.8 egyenletből következik, hogy

,

és az is, ha veszünk két pontot (A és B) az 10.2.8. ábrán, akkor az ott alkalmazott jelölésekkel:

.