

Megjegyzések az elektromágneses indukció kérdéséhez

Az elektromágneses indukcióval kapcsolatban számos kísérletet végezhetünk. Áramvezető, tekercs, drótkeret mozgása mágneses térben, az elektromágneses áramának ki-bekapcsolása, csökkentése vagy növelése mind egy-egy lehetőség az indukció kimutatására. Ezeknek a jelenségeknek összefoglalása a gimnáziumi tankönyv szerint így hangzik:

A vezetőben feszültség indukálódik, valahányszor a vezető erővonalakat metsz, vagy a vezető által körülvelt felületen átmenő erővonalak száma megváltozik.

Az így szétválasztott kísérletekben azonban több közös vonás fedezhető fel:

1. A jelenséget vagy a mágneses tér megváltozása vagy az áramvezető egészének, illetve egy darabjának a mágneses térhez viszonyított mozgása hozta létre.

2. Az indukció jelenségét mindig a vezető körbe kapcsolt galvanométerrel mutattuk ki.

Célszerűnek látszik tehát egy olyan mennyiséget keresnünk, amellyel ezen kísérleti eredményeket egységesen kapcsolatba tudjuk hozni.

Ha egy tekercset vagy drótkeretet, akár azoknak csak egy részét mágneses térben mozgatjuk, minden esetben erővonalakat is metszünk. Ennél azonban sokkal fontosabb az a tény, hogy a teljes áramkört egy felületnek tekintve, minden esetben megváltozik a felületen áthaladó erővonalak száma. Akkor is, ha egy homogén térben egy felület erővonalakra merőleges vetületének nagyságát megváltoztatjuk, és akkor is, ha a mágneses térerősséget (az erővonalak sűrűségét) növeljük vagy csökkentjük.

Egy bizonyos felületen áthaladó erővonalak száma viszont a mágneses fluxus (Φ), amelyet tehát

homogén mágneses tér esetén a

(1) $\Phi = H \cdot F$ szorzat (H a mágneses térerősség, F a felület nagysága);

inhomogén mágneses tér esetén a

(2) $\Phi = \sum H_i \Delta F_i$ összeg ad meg. Ez utóbbinál a teljes felületre kell összegezni olyan kicsi ΔF_i -ket választva, hogy azokon belül a terület homogénnek lehessen tekinteni.

Az előző megfontolásokból látszik, hogy az indukció létrejötte a fluxusváltozással hozható kapcsolatba. Ezt a gondolatot fejezi ki a Neumann-törvény is, mikor csupán fluxusváltozásról beszél:

(3) $U_{ind} = 10^{-8} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ volt, ahol Φ oersted \cdot cm²-ben értendő.

A kísérleteket tehát így foglalhatjuk össze: fluxusváltozáskor a vezetőben feszültség indukálódik. Jegyezzük meg azt is, hogy nem a fluxus nagysága, hanem időbeli megváltozásának nagysága a mérvadó.

A Neumann-törvény kifejezetten a fluxusváltozás és az indukált feszültség között létesít kapcsolatot. Sokszor szó esik azonban áram-indukálásról, ill. indukált áramról is, és a legtöbbször nincs tisztázva, hogy melyik az ok és melyik az okozat, ez pedig szükséges a jelenség alaposabb megismeréséhez. A kísérletek során az indukciót mindig fémes vezetőben létrehozott árammal, galvanométeren mutattuk ki. Felvetődhet az a kérdés, ha nem helyezünk áramvezetőt a mágneses térbe, hanem csak egy kiválasztott tetszőleges felületen megváltozik a fluxus, akkor mi történik? Ha a fizikai tereket objektív valóságnak és nemcsak matematikai bűvészkedésnek fogjuk fel, akkor csak azt válaszolhatjuk, hogy indukció akkor is van, ha mérőeszközeinkkel nem is észleljük.

Végezzük el a következő elvi kísérletet: egy elektromágnesbe vezessünk váltakozó áramot. Ekkor a mágneses térerősség is periódikusan fog változni. Helyezzünk el a térben egy elektront. A váltakozó mágneses tér hatására az elektron mozogni kezd. Ez viszont csak akkor történhet meg, ha potenciáltér van jelen.

Ez a gondolatkísérlet légbőlkapottnak tűnhetik, de hogy a valóságban is elvégezhető, azt a világon százezrekre használt ilyen elven működő elektrongyorsítók, az ún. betatronok bizonyítják. Ezeknél több MHz-es frekvenciával változó mágneses tér által indukált elektromos körfeszültség nagy energiákra gyorsítja az elektronokat.

Mind az elméleti, mind a kísérleti eredmények az indukált feszültség elsőbbségére mutatnak rá. Ezek alapján az elektromágneses indukciós törvényt így fogalmazhatjuk meg:

A mágneses fluxus megváltozása egy tetszőleges felületen elektromos körfeszültséget indukál a felület szélé mentén. A feszültség nagyságát a Neumann-törvény adja meg.

Nincs tehát szó áram-indukálásáról. Ha azonban áramvezetőt helyezünk az általunk kiválasztott felület szélére (és lehet, hogy ennek a felületnek csak egy részében lesz mágneses erőter), akkor abban a körfeszültség hatására áram fog folyni, amelyet indukált áramnak nevezünk, és amelynek nagysága az áramkör ellenállásától függ, míg a körfeszültség mint láttuk, csak az időegységre eső fluxusváltozástól.

Az indukciós törvény ilyen alakja egységesebbé teszi a jelenségek megfogalmazását és tisztázza az indukció fizikai tartalmát.

Horváth Péter