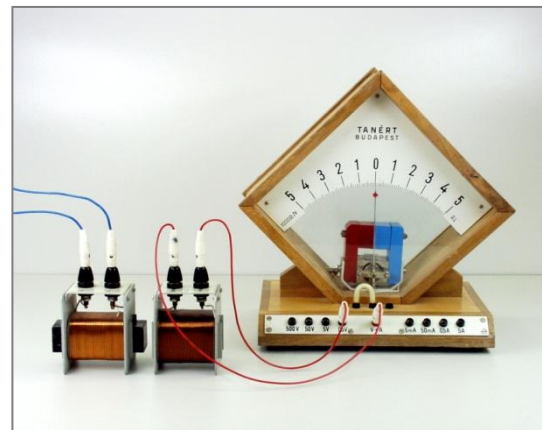
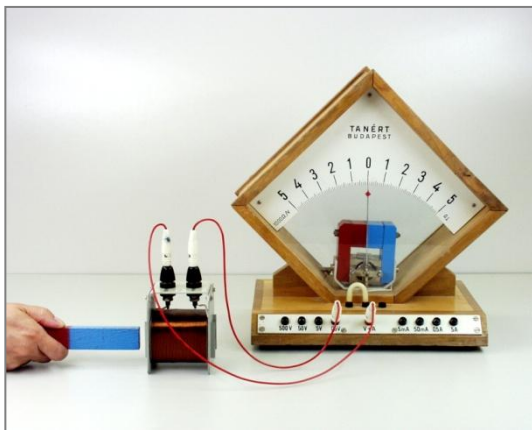


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

Az elektromágneses indukció

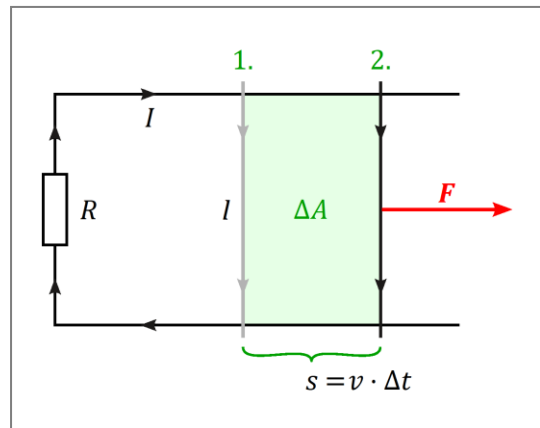
Ha egy tekercs belsejébe egy mágnesrudat tolunk, akkor a tekercsben feszültség keletkezik (indukálódik). A mágnes kihúzásakor ezzel ellentétes feszültség jön létre. Ha egy vezető mágneses mezőben úgy mozgatunk, hogy a vezető mozgás közben keresztezze az indukcióvonalakat, akkor a vezetőben feszültség indukálódik. Azt a jelenséget, melynek során a mágneses mezőben levő vezetőben mechanikai mozgás segítségével feszültséget keltünk, *mozgási indukciónak* nevezzük. Kísérletekkel igazolható, hogy a mozgási indukció létrejöttékor csak a vezető és a mágneses mező egymáshoz viszonyított mozgása játszik szerepet. Feszültség indukálódik például akkor is, ha az álló mágnes közelében mozgatjuk a tekercset.



Mechanikai mozgás nélkül is indukálható feszültség egy tekercsben. Két egymás közelébe (esetleg közös vasmagra) helyezett tekercsnél az egyikben folyó áram erősségének megváltoztatásakor a másik tekercsben feszültség indukálódik. Ilyenkor azonban nincs mechanikai mozgás, ezért ezt a jelenséget *nyugalmi indukciónak* nevezzük.

A mozgási és a nyugalmi indukciót közös elnevezéssel *elektromágneses indukciónak* nevezzük.

Az indukált feszültség nagysága egy gondolkísérlet alapján, elméleti úton meghatározható. Homogén mágneses mezőben az ábra szerint elhelyezünk két párhuzamos, egymástól l távolságra fekvő vezetőket. A vezetékpár egyik végéhez egy R ellenállást kapcsolunk. A két vezetőken egy arra merőleges huzal elcsúsztatható úgy, hogy végei



eközben folyamatosan érintkeznek a vezetékpárral. A mágneses indukció a rajz síkjára merőleges. (Ezt a rajzon nem jelöltük be.) Ha a mozgatható huzalt állandó v sebességgel elcsúsztatjuk, akkor az valamekkora Δt idő alatt

$$s = v \cdot \Delta t$$

utat tesz meg. A mozgás közben az áramkörben feszültség indukálódik, amely az ellenálláson keresztül áramot hoz létre. Az áram azonban áthalad a mozgattott l hosszúságú huzalon is, így a huzalra a mágneses mezőben erő hat. Ennek nagysága:

$$F = I \cdot B \cdot l.$$

A huzal állandó sebességű mozgatásához ugyanekkora erőt kell kifejtenünk. Az általunk végzett munka a rajz jelöléseivel:

$$W = F \cdot s = I \cdot B \cdot l \cdot s. \quad (1)$$

Az általunk végzett munka következtében áram folyt az R ellenálláson. Az elektromos áram által az R ellenálláson Δt idő alatt végzett munka:

$$W = U \cdot I \cdot \Delta t. \quad (2)$$

A két munkavégzés egyenlő, így az (1) és (2) összefüggésből:

$$U \cdot I \cdot \Delta t = I \cdot B \cdot l \cdot s.$$

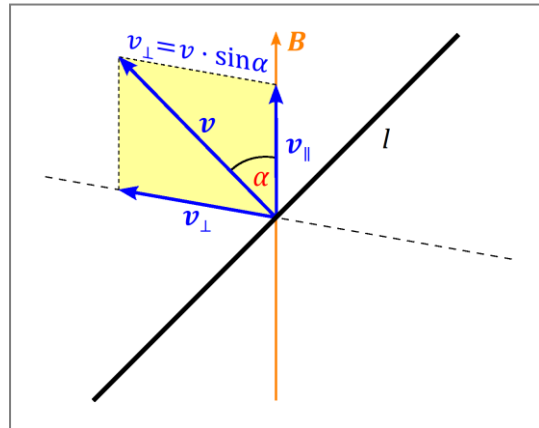
Mindkét oldalt osztva az $I \cdot \Delta t$ szorzattal:

$$U = \frac{I \cdot B \cdot l \cdot s}{I \cdot \Delta t} = \frac{B \cdot l \cdot s}{\Delta t}. \quad (3)$$

Az $s/\Delta t$ hányados helyett v -t írva:

$$U = B \cdot l \cdot v.$$

Igazolható, hogy ha a v sebesség az indukció irányára nem merőleges, akkor csak a sebességnek az indukcióvektorra merőleges összetevőjét kell az előző képletben számításba venni. Ebből az ábra alapján adódik, hogy ha a homogén mágneses mezőben az indukcióvonalakra merőleges, l hosszúságú vezetőt v nagyságú sebességgel mozgatjuk úgy,



hogy a sebesség az indukcióvonalakkal α szöget zár be, és a vezetékre merőleges, akkor a vezetékben indukált feszültség nagysága:

$$U = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha.$$

Ezt az összefüggést *Neumann-féle törvénynek* nevezzük.

Az indukált feszültség nagyságára a Neumann-törvénynél általánosabb összefüggés is levezethető. A (3) összefüggésből kiindulva és az $l \cdot s = \Delta A$ összefüggést felhasználva

$$U = \frac{B \cdot l \cdot s}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta A}{\Delta t} = \frac{B \cdot (A_2 - A_1)}{\Delta t} = \frac{B \cdot A_2 - B \cdot A_1}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

tehát az indukált feszültség

$$U = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

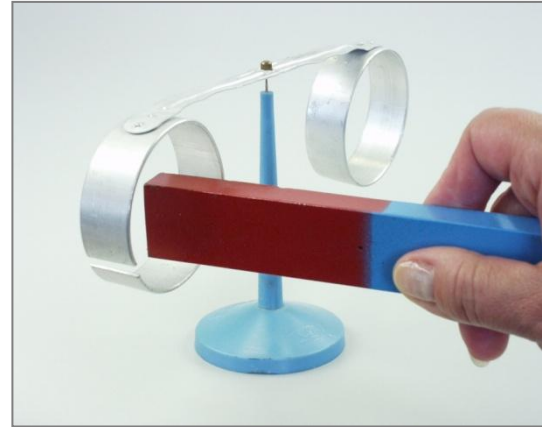
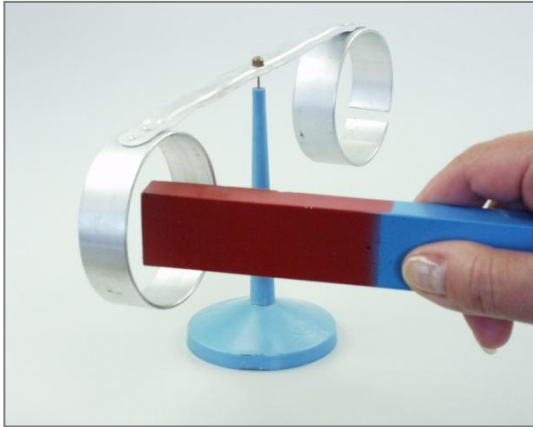
Kísérletekkel és elméleti megfontolásokkal is igazolható, hogy valójában az *elektromágneses indukció létrejöttében minden esetben a bekövetkező fluxusváltozásnak van szerepe*. Az egyetlen menetből álló vezetékhurokban indukált feszültség nagysága az indukció minden formájánál az előbbieken kapott összefüggés alapján számítható ki.

Ha a feszültség egy N menetes tekercsben indukálódik, akkor az egyes menetekben indukálódott feszültségek összeadódnak. Ha az N menetszámú tekercsben a Δt idő alatt bekövetkező fluxusváltozás $\Delta \Phi$, akkor a tekercsben indukált (átlagos) feszültség nagysága:

$$U = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

Ezt az összefüggést *Faraday-féle indukciós törvénynek* nevezzük.

Ha a fényképen látható eszköz alumíniumból készült, zárt gyűrűjébe hirtelen betoltunk egy rúd mágnest, akkor a gyűrű a sebességgel megegyező irányba tért ki. A mágnes gyors kihúzásakor a gyűrű ismét a mágnes mozgását követő irányba mozdult el.



A kísérletet a másik, de elvágott gyűrűvel megismételve a jelenség nem észlelhető, tehát a mozgást nem a kezünk által keltett légáramlat okozta. A jelenséget *Lenz törvénye* alapján lehet megmagyarázni: *Az indukált áram iránya mindig olyan, hogy akadályozza az indukciót létrehozó mozgást, változást.*

Kiegészítések

1. Michael Faraday (1791–1867) angol fizikus

1831. augusztus 29-én fedezte fel a nyugalmi indukciót. A fényképen eredeti eszköze látható. Ez valójában két egymástól elszigetelt tekercs, amelyet Faraday közös, gyűrű alakú vasmagra tekercselt. A két tekercset A-val és B-vel jelölte jegyzeteiben. „Ekkor összeköttem az A oldal egyik



huzaldarabjának a végét a teleppel. Rögtön megmutatkozott a tűre gyakorolt különös hatás: a tű kilengett, oszcillált, majd ismét visszatért kiindulási helyzetébe. Amikor az A oldal összeköttetését megszüntettem a teleppel, a tű ismét nyugtalanul viselkedett.” – írta laboratóriumi naplójában Faraday.

Ezt követően kísérletek sorozatán át jutott el 1831. október 17-én a mozgási indukció felfedezéséhez. A mozgási indukció felfedezése tette lehetővé a generátorok

megalkotását. E felfedezés nyomán az elektromosság felhasználása a 19. század második felében ipari méreteket öltött, és kialakult az elektrotechnika.

2. Franz Ernst *Neumann* (1798–1895)

német fizikus 1845-ben fogalmazta meg a róla elnevezett törvényt. Neumann foglalkozott a kristályok belső szerkezetének vizsgálatával is.



3. Heinrich Friedrich Emil *Lenz* (1804–1865) német származású,

Oroszországban tevékenykedő fizikus

a róla elnevezett törvényt 1834-ben fogalmazta meg.

4. A Faraday-féle indukciós törvény szerint az indukált feszültség független a tekercs, illetve a vezetőkeret ellenállásától. Eszerint egy kis ellenállású keretben ugyanakkora feszültség keletkezik, mint egy ugyanakkora méretű, de nagy fajlagos ellenállású huzalból készült vezetőkeretben. Határesetben a keret ellenállása végtelen nagy is lehet, azaz nincs is szükség a vezetékre.

5. A *magnószalag* mágneses jelek sorozataként tárolja a hangot. Lejátszáskor a szalag elhalad a lejátszófejbe szerelt tekercs előtt, amelyben emiatt feszültség indukálódik. Ezt a feszültséget felerősítve és hangszóróra vezetve visszahallgatható a szalagon levő felvétel. Ezen az elven működik a videomagnó is, itt azonban a hang mellett a képet is rögzítik a szalagon. Napjainkban a digitális hang- és képrögzítés szinte teljesen kiszorította ezt a megoldást.

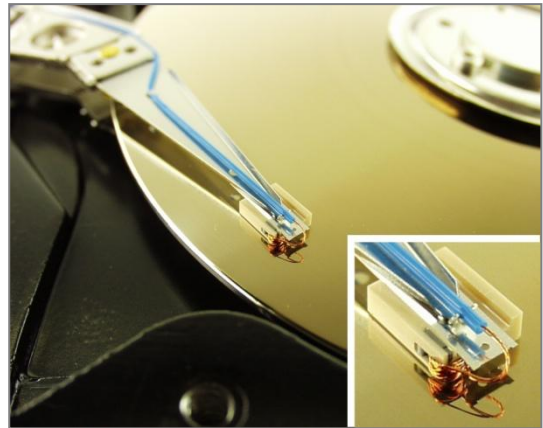


A *mágneskártya* (bankkártya) is egy mágneseshatár tartalmaz, és ezen rögzítik a különféle adatokat. A leolvasóban egy apró tekercs előtt halad el a kártya, és az ebben indukált feszültséget érzékeli a



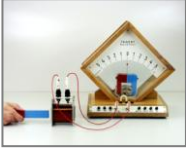
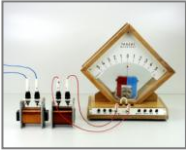
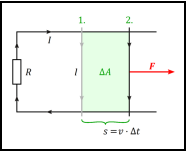
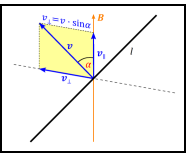
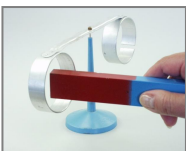
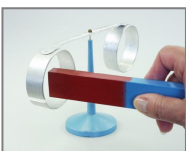


kártyaolvasóhoz csatlakozó célszámítógép. (Az újabb kártyák már egy mikrocipet is tartalmaznak, ez elektromos érintkezőkön keresztül csatlakozik a kártyaolvasóhoz.)





A *mágneslemezek*en (floppi, merevlemez) szintén mágneses jelek formájában tárolják az adatokat. Íráskor a lemez mágnesezettségét egy parányi tekercssel pontról pontra megváltoztatják. A forgó lemez ezen apró mágneses tartományai olvasáskor az olvasófej tekercsében feszültséget indukálnak, és a lemezegység



elektronikája ezt a feszültséget dolgozza fel. Mivel a mai merevlemezeken sokmilliárd bit adat van, így ezek a lemezek legalább ugyanennyi mágnespólust tartalmaznak. Napjainkban a floppilemezeket már nem használják, és a merevlemezeket is fokozatosan kiszorítják a félvezető-memóriákat tartalmazó háttértárolók.

Képek jegyzéke

	<p>Mozgási indukció tekercsben © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0185.jpg</p>
	<p>Nyugalmi indukció tekercsben © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0186.jpg</p>
	<p>Rajz a Neumann-törvény levezetéséhez (B és v merőleges) © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0539.svg</p>
	<p>Rajz a Neumann-törvényhez (B és v nem merőleges) © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0540.svg</p>
	<p>A Lenz-törvény szemléltetése (zárt gyűrű) © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0187.jpg</p>
	<p>A Lenz-törvény szemléltetése (felvágott gyűrű) © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0188.jpg</p>
	<p>Faraday indukciós tekercse (1831.) © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0190.jpg</p>
	<p>Neumann arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Franz_Ernst_Neumann_by_Rudolf_Hoffmann_1856_(cropped).jpg</p>

	<p>Lenz arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emil_Lenz.jpg</p>
	<p>Mágnetofon W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TEAC_A-2300s.jpg</p>
	<p>Bankkártyák © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0191.jpg</p>
	<p>Merevlemezés egység író/olvasó feje © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0192.jpg</p>

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.