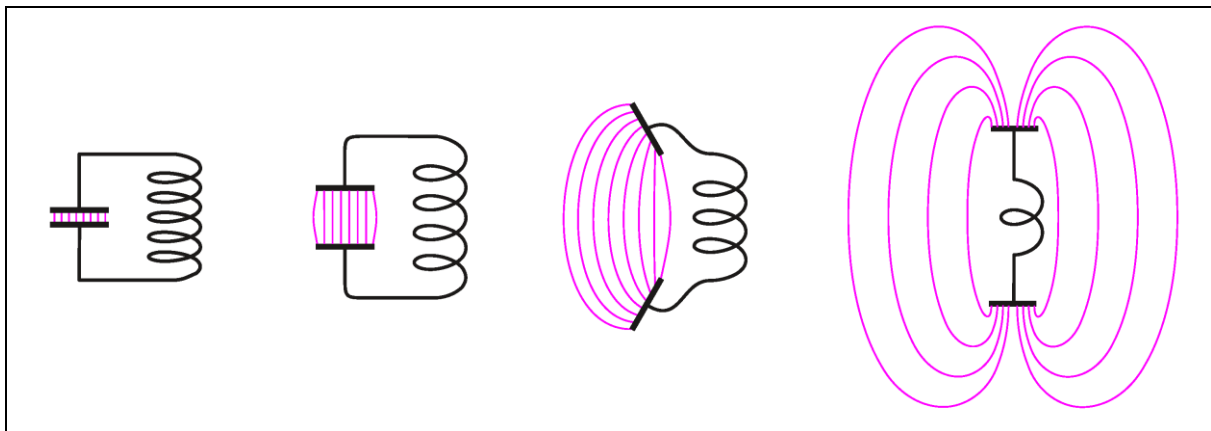


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

## Az elektromágneses hullámok

Az elektromágneses rezgéseknél a rezgőkör energiája periodikusan hol a kondenzátor fegyverzetei közti elektromos mezőben, hol a tekercs belsejében kialakuló mágneses mezőben koncentrálódik. Bizonyos esetekben (például a rádióadásnál) arra van szükség, hogy az elektromos, illetve a mágneses mező változásai nagyobb távolságban is észlelhetők legyenek, tehát az elektromos és a mágneses mező ne csak a rezgőkör kondenzátorára és a tekercsére összpontosuljon.

Ez a feladat a zárt rezgőkör nyitott rezgőkörre történő alakításával oldható meg. Ha egy rezgőkör kondenzátorlemezeit (gondolatban) fokozatosan távolabb húzzuk egymástól, akkor a lemezek közti elektromos mező egyre nagyobb teret tölt be. Hasonlóan a tekercs meneteinek fokozatos széthúzásával, a mágneses mező is egyre nagyobb teret tölt be.



Határesetben a rezgőkörből kialakul a dipólus (dipólusantenna, dipólantenna), amely valójában egyetlen, megfelelő hosszúságú vezetékből áll.

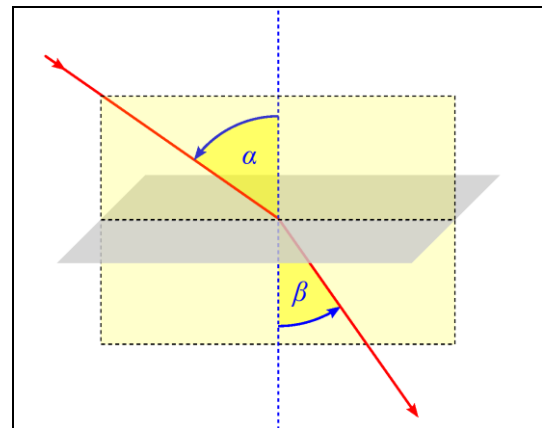
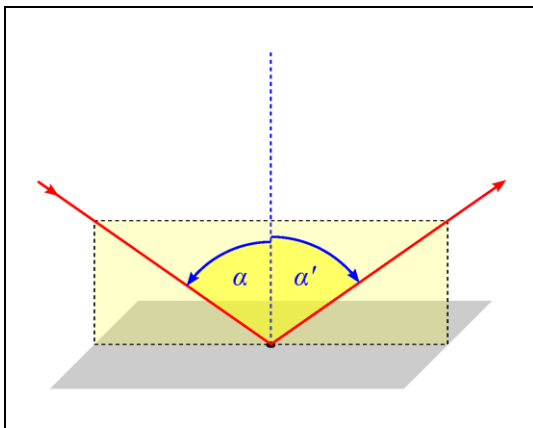
A dipólus egyrészt abban különbözik a zárt rezgőkörtől, hogy a kapacitás és az önindukció nem egyetlen helyre koncentrálódik, másrészt a dipólus jelentős mennyiségű energiát sugározhat ki a környezetébe. Ha ugyanis a dipólust egy oszcillátor rezgőkörének közelében helyezük el, akkor az indukció miatt *a dipólusban is elektromágneses rezgések alakulnak ki, amelyeket a dipólus elektromágneses hullám formájában szétsugároz.*

Elméleti úton is igazolható, és kísérletekkel is megmutatható, hogy az *elektromágneses hullámok vákuumban*

$$c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

*sebességgel egyenes vonalban terjednek.* Ez a sebesség megegyezik a fény vákuumban mérhető sebességével. (Emiatt ezt a sebességértéket röviden fénysebességnek hívjuk.) Homogén és izotróp közegben az elektromágneses hullámok ennél lassabban, de egyenes vonalban haladnak.

Az elektromágneses hullámok új közeg határához érve részben visszaverődnek, részben behatolnak az új közegbe. A visszaverődésre érvényesek a mechanikai hullámoknál megismert visszaverődési törvények: *Az elektromágneses hullámok visszaverődésekor a beeső sugár, a beesési merőleges és a visszavert sugár egy síkban van, továbbá a beesési szög és a visszaverődési szög egyenlő nagyságú.*



Az új közegbe belépő elektromágneses hullámok (a merőlegesen érkező hullámok kivételével) megváltoztatják irányukat. Erre az irányváltoztatásra érvényesek a mechanikai hullámoknál már megismert törési törvények: *Az elektromágneses hullámok törésekor a beeső sugár, a beesési merőleges, valamint a megtört sugár egy síkban van, továbbá a beesési szög szinuszának és a törési szög szinuszának a hányadosa állandó, azaz*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{állandó.}$$

Ha a hullám az 1. közegből lépett át a 2. közegbe, akkor a *Snellius–Descartes-féle törvényben* szereplő állandót a 2. közegnek az 1. közegre vonatkozó *törésmutatójának* nevezzük, és  $n_{21}$ -gyel jelöljük. Emiatt:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}.$$

Igazolható, hogy a terjedési sebességek hányadosa elektromágneses hullámoknál is megegyezik a törésmutatóval:

$$n_{21} = \frac{c_1}{c_2}.$$

A megfigyelések és kísérletek szerint az elektromágneses hullámoknál is létrejöhet *interferencia*, *állóhullám* és *hullámelhajlás*, továbbá megfigyelhető a *Doppler-hatás*. Az elektromágneses hullámoknál is kimutatható a *polarizáció*, tehát az elektromágneses hullám *transzverzális hullám*.

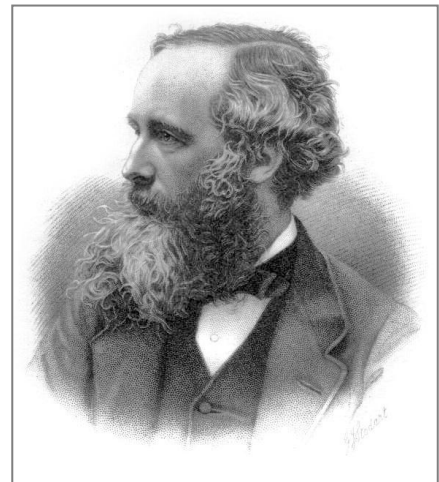
## Kiegészítések

1. A *dipólus* görög-latin eredetű összetett szó. A di- jelentése: kettő-, a pólusé: sarok. A dipólus onnan kapta a nevét, hogy a rezgések során a rúd (vezeték) két vége váltakozva ellentétes töltésű.
2. Az elektromágneses hullámok terjedési sebessége  $\varepsilon$  permittivitású és  $\mu$  permeabilitású anyagban

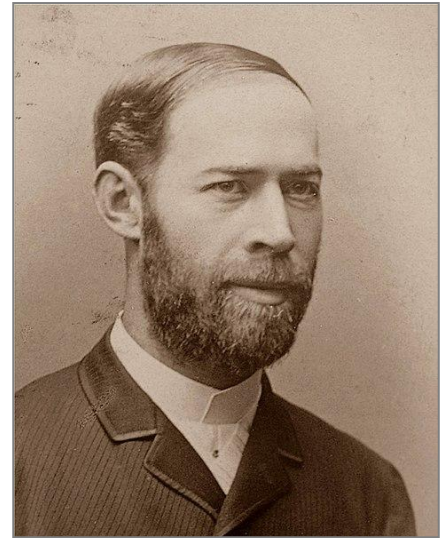
$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}. \quad (1)$$

nagyságú.

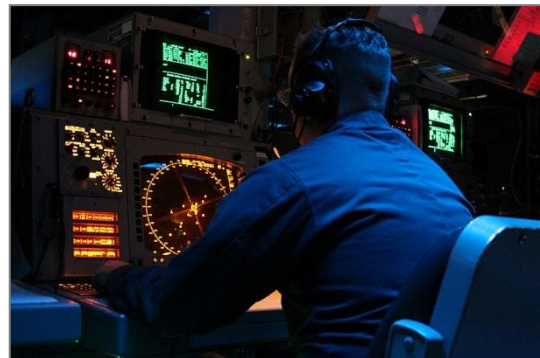
3. James Clerk *Maxwell* (1831–1879) skót fizikus 1873-ban megjelent *A treatise on electricity and magnetism* című munkájában megadta az elektromágneses jelenségek teljes matematikai alapjait jelentő Maxwell-egyenleteket. Ezek alapján tudományosan megjósolta az akkor még ismeretlen elektromágneses hullámok létezését. Egyenleteiből azt is meghatározta, hogy ezek a hullámok az (1) összefüggésnek megfelelő sebességgel haladnak.



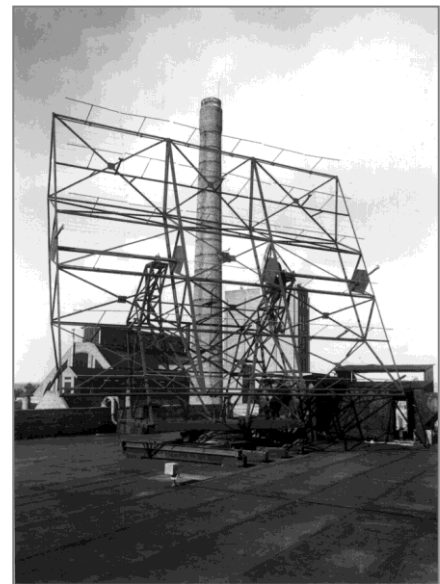
4. Az elektromágneses hullámok létezését az 1880-as években Heinrich *Hertz* (1857–1894) német fizikus mutatta ki kísérleteivel. Hertz kísérletileg is igazolta a hullámok Maxwell által megjósolt tulajdonságait. Kimutatta a hullámok visszaverődését, törését, polarizálhatóságát. Sikerült állóhullámokat, és így interferenciát is létrehozni. Tiszteletére róla nevezték el a frekvencia SI-egységét.



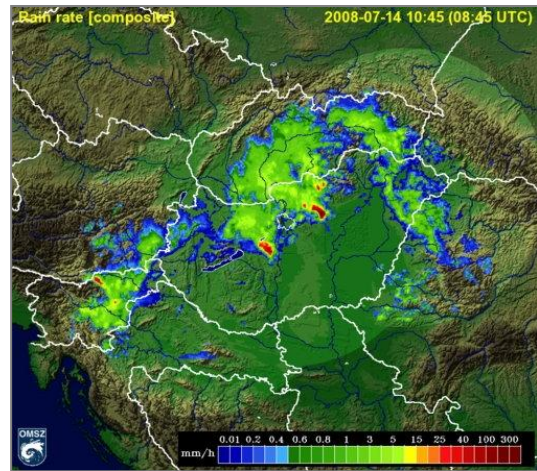
5. Az elektromágneses hullámok visszaverődését használják ki a radarnál. (A radar a **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging, azaz rádiós érzékelés és bemérés angol kifejezés rövidítése.) A radarjelek kibocsátása és a különféle tárgyakról visszaverődött hullámok visszaérkezése közti időből a fénysebesség ismeretében a visszaverődő tárgy (repülő, hajó, jéghegy, közeli égitestek) távolsága kiszámítható.



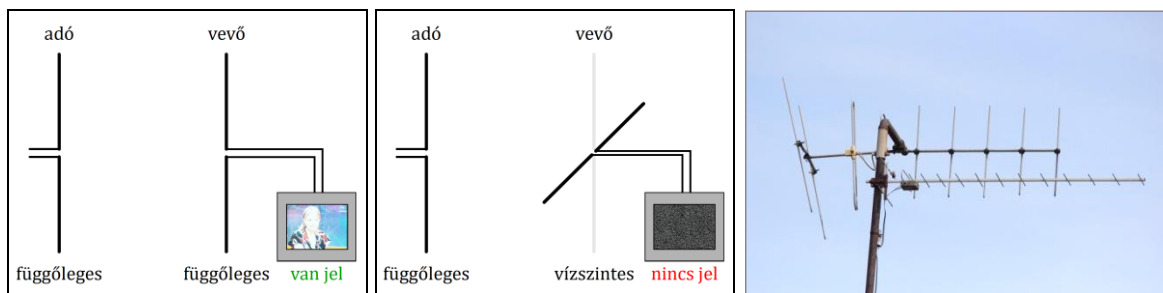
6. *Bay Zoltán* (1900–1992) magyar fizikusnak és kutatócsoportjának 1946. február 6-án sikerült a Holdra kisugárzott és onnan visszaverődött radarhullámokat kimutatnia. Bay ekkor az Egyesült Izzó kutatólaboratóriumának vezetője volt. Az elsőbbség azonban az amerikai John Hibbett *DeWitt* (1906–1999) csoportjáé lett, akik 1946. január 10-én végzett hasonló kísérleteikkel megelőzték Bay Zoltánt. Bay kutatásai egyébként teljesen függetlenek voltak az amerikaiak kísérleteitől. (A képen a Bay-féle kísérlet antennája látható.)




7. Rövid hullámhosszúságú elektromágneses hullámokkal, a visszaverődés és a Doppler-hatás alapján működik a *traffipax*. Ugyanezt az elvet használják a viharok felhőzetének feltérképezésére, a szélsébség és a csapadék mérésére a meteorológiában is. (A képen az [Időkép.hu](http://Időkép.hu) radarképe látható egy zivatarláncról, amely a Nagykanizsa–Miskolc útvonalon haladt át Magyarország felett.)



8. Az elektromágneses hullámok polarizáltságára utal például, hogy a (földi sugárzású) televíziónál a vevő- és az adóantenna dipólusának párhuzamosnak kell lennie. Ha a két dipólus merőleges, a vétel gyakorlatilag megszűnik. (A jelenségről készített, [A tv-adás polarizáltsága](#) című videó a hivatkozásra kattintva megnézhető.)



## Képek jegyzéke

	<b>A nyitott rezgőkör létrehozása</b> © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0589.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0589.svg</a>
	<b>Az elektromágneses hullámok visszaverődése</b> © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0357.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0357.svg</a>
	<b>Az elektromágneses hullámok törése</b> © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0367.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0367.svg</a>
	<b>Maxwell arcképe</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Clerk_Maxwell_big.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Clerk_Maxwell_big.jpg</a>
	<b>Hertz arcképe</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HEINRICH_HERTZ.JPG">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HEINRICH_HERTZ.JPG</a>
	<b>Radar a London-Heathrow repülőtéren</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:British_Airways_Boeing_777-236ER;_G-VIIG@LHR;05.06.2010_576bi_(4688303011).jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:British_Airways_Boeing_777-236ER;_G-VIIG@LHR;05.06.2010_576bi_(4688303011).jpg</a>
	<b>Radarképernyő</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:USS_Shiloh_-_Radar_console_in_the_Combat_Information_Center.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:USS_Shiloh_-_Radar_console_in_the_Combat_Information_Center.jpg</a>
	<b>A Bay-féle holdradar kísérlet antennája</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antenna_of_Hungarian_Moon-radar.gif">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antenna_of_Hungarian_Moon-radar.gif</a>

	<p><b>Dőjárásradarkép (Eredeti forrás: <a href="http://www.idokep.hu">www.idokep.hu</a>)</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0753.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0753.jpg</a></p>
	<p><b>A rádióhullámok polarizáltságának kimutatása (párhuzamos antennák)</b>  © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0590.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0590.svg</a></p>
	<p><b>A rádióhullámok polarizáltságának kimutatása (merőleges antennák)</b>  © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0591.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0591.svg</a></p>
	<p><b>Függőleges (fent) és vízszintes (lent) dipólusú tv-antennák</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1050.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1050.jpg</a></p>

**Jelmagyarázat:**

- © **Jogvédelem** anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.