

## ELEKTROMÁGNESES HULLÁMOK KELETKEZÉSE ÉS TULAJDONSÁGAI

A XIX. sz. közepére már gazdag elektromosságtani ismeretanyag halmozódott fel. Időszerűvé vált, hogy – hasonlóan ahhoz, ahogyan a XVII. sz. végén a mechanika területén Newton tette – valaki ezt is összefüggő matematikai rendszerbe foglalja.

Az elektromágneses mező átfogó elméletének matematikai kidolgozása **J. C. Maxwell** (mekszvel) skót fizikus nevéhez fűződik (1873).

Maxwell felismerte, hogy az elmélet ellentmondásmentességéhez a Faraday által felfedezett nyugalmi indukciós jelenség fordítottjának is léteznie kell a természetben.

**Faraday felfedezése szerint a változó mágneses mező körül örvényes elektromos mező keletkezik.**

**Maxwell feltételezése szerint pedig a változó elektromos mező körül örvényes mágneses mező jön létre.**

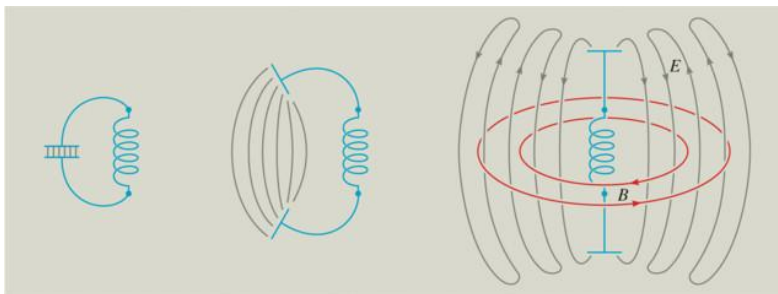
Így a periodikusan változó elektromos mező hasonló módon változó mágneses mezőt kelt, ez újra változó elektromos mezőt hoz létre és így tovább. Maxwell számításai szerint ez az elektromos töltéstől elszakadó, térben tovaterjedő elektromágneses mező – más néven elektromágneses sugárzás\* – a transzverzális hullámok tulajdonságaival rendelkezik. Az elektromágneses hullám\* vákuumbeli terjedési sebességére a számításokból

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

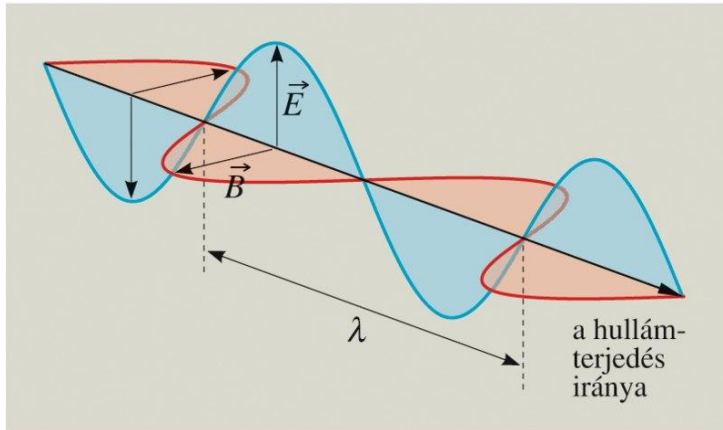
érték adódott, ami megegyezett a fény korábbi mérésekkel meghatározott terjedési sebességével.

Maxwell elméletéből így arra is lehetett következtetni, hogy a fény is elektromágneses hullám.

Maxwell elmélete mindaddig feltételezés maradt, amíg H. Hertz német fizikusnak 1888-ban (már Maxwell halála után) kísérletekkel sikerült igazolnia az elektromágneses hullámok létezését és azok Maxwell által „megjósolt” tulajdonságait: a visszaverődést, a törést, az interferenciát, az elhajlást és a polarizációt.



A zárt rezgőkört nyitott rezgőkörre (adóantennává) alakíthatjuk át, amely alkalmas arra, hogy az elektromágneses mezőt a térbe kisugározza



Elektromos és mágneses hullám az adótól távol

Bebizonyítható, hogy az adótól nagyobb távolságban az elektromágneses hullám két, egymásra merőleges síkban polarizált, egymással megegyező fázisú elektromos és mágneses hullámból áll. Az egyikben az elektromos térerősség, a másikban a mágneses indukció változik periodikusan a távolság és az idő függvényében. A vevőantennában az elektromos térerősség hoz létre elektromos áramot, ezért az elektromos térerősségre merőleges helyzetben nem folyik benne áram.

### A teljes elektromágneses színekép

A fizikai ismeretek bővülésével bebizonyosodott, hogy az elektromágneses hullámoknak sokféle megjelenési formája létezik.

**Az elektromágneses hullámok hullámhossz (vagy frekvencia) szerinti sorozatát teljes elektromágneses színeképnek nevezzük.**

Erről ad áttekintést a 63.1. táblázat. Az egyes tartományoknak nincs éles határa, átfedéseik is vannak.

**Az elektromágneses hullámok mindegyikénél elektromos és mágneses mezők terjednek a hullámok terjedési tulajdonságaival, légtüres térben  $c=3 \cdot 10^8$  m/s sebességgel.**

A hullámhossz ( $\lambda$ ), a terjedési sebesség ( $c$ ) és a frekvencia ( $f$ ) közötti kapcsolat:  $\lambda \cdot f = c$

A különböző frekvenciájú elektromágneses hullámok – bár természetük és alaptulajdonságaik megegyeznek – lényeges eltéréseket is mutatnak keletkezésük, az anyagokkal való kölcsönhatásuk és gyakorlati felhasználhatóságuk tekintetében. **A hosszú-, közép-, rövidhullámú és ultrarövid-hullámú (URH)-tartomány** a hang és kép átvitelében játszik fő szerepet.

A **mikrohullámok\*** egyik alkalmazása a radar, amely pontos távolság- és iránymérést tesz lehetővé (például a repülésnél).

A dm és cm nagyságú hullámok egyenes vonalú terjedésük és az ionoszférán való áthaladásuk folytán hasznosíthatók a rádiócsillagászatban\*. A nagy rádiótávcsövek összegyűjtik, majd felerősítik a világűrben érkező rádióhullámokat, így képezik le az égi objektumokat.

A mikrohullámú sütőben nagyfrekvenciás rezgésbe jönnek a víz dipólmolekulái, ezáltal átmelegsznek az ételek, miközben a porcelán- vagy üvegedény nem melegszik fel. A kialakuló elektromágneses állóhullám csomópontjaiban nincsen rezgés, ezért kell az egyenletes melegítéshez a forgótányér.

Forgótányér nélkül kb. 3 cm-enként váltakoznak a meleg és hideg pontok. Tilos a mikrohullámú sütőbe jó vezetőanyagokat (például fém evőeszközt) tenni, mert erős áramok, szikrakisülések jönnek létre!

			HULLÁMHOSSZ (M)	FREKVENCIA (HZ)
Rádióhullámok	Kisfrekvencia		$10^4$	$10^4$
	Nagyfrekvencia	Hosszúhullám	$10^3$	$10^5$
		Középhullám	$10^2$	$10^6$
		Rövidhullám	10	$10^7$
		URH	1	$10^8$
		Mikrohullám	$10^{-3}$	$10^{11}$
Optikai színek	Infravörös	Látható fény	$10^{-6}$	$10^{14}$
	Ultraibolya		$10^{-7}$	$10^{15}$
Sugarak	Röntgen-sugár		$10^{-9}$	$10^{17}$
	$\gamma$ -sugár		$10^{-11}$	$10^{19}$
	Kozmikus sugarak		$10^{-13}$	$10^{21}$

A teljes elektromágneses színek a hullámhosszak és frekvenciák nagyságrendjével

A mikrohullámok hőhatását hasznosítják a gyógyászatban is. A szövetek belső melegedése, a vérrellátás fokozása jótékony hatású bizonyos mozgásszervi betegségeknel.

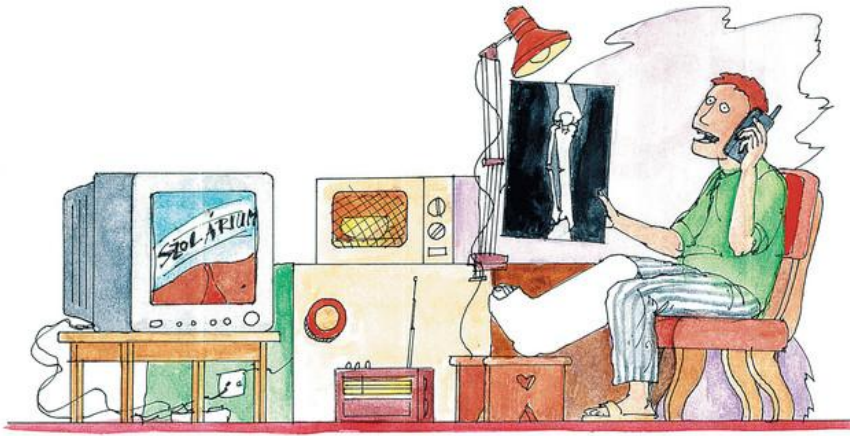
A fény **infravörös\*** tartományát elsősorban melegítő hatása alapján érzékeljük és hasznosítjuk (a napsugárzás melege, infralámpa stb.). Ma már gyakori az infravörös fényképezés, filmfelvétel (ami sötétben vagy ködön át is történhet).

A **látható fénnel** külön fejezetben foglalkozunk.

Az **ultraibolya** fény már erőteljesebb változásokat hoz létre az élő szövetekben. A Nap vagy a kvarclámpák ultraibolya sugárzása segíti a D-vitamin képződését, a barnulást, de szemgyulladást, bőrrákot is okozhat. A levegő ózonrétege elnyeli a Földre érkező UV-sugárzás\* káros komponensét. A légkörben keletkezett ózonlyuk ezért nagy veszélyt jelent az emberiség számára. Vegyük komolyan az ezzel kapcsolatos orvosi tanácsokat!

A **röntgensugárzást\*** 1895-ben fedezte fel Wilhelm Konrad Röntgen (1845–1923) német fizikus. Megfigyelte, hogy katódsugárcső nagy sebességű elektronjainak hirtelen lefékeződése során a cső mellett elhelyezett fluoreszkáló ernyő világít. Röntgen a sugárzás felfedezéséért és vizsgálatáért elsőként kapott fizikai Nobel-díjat (1901). Kristályok rácspontjainak távolsága a röntgensugárzás hullámhosszának nagyságrendjébe esik. Ezért sikerült a röntgensugárzás hullámtermészetét a kristályokon történő elhajlás segítségével igazolni. A röntgensugárzást nagy áthatolóképessege\* alapján az élő szervezet, sőt fémek átvilágítására is használják. A szövetekre káros, roncsoló hatású, ezért gondoskodni kell a védekezésről. A röntgenvizsgálatok során ma már felvételeket készítenek, így csak pillanatszerű a sugárzás hatása.

A **gamma-sugárzás\*** és **kozmosis sugárzás\*** az atommagbéli folyamatok eredménye. A magfizikában erről még a későbbiekben lesz szó. A gamma-sugárzást nagy energiája miatt például fémek átvilágítására, a gyógyászatban pedig daganatos sejtek elpusztítására alkalmazzák.



x) Az elektromágneses hullámok milyen alkalmazásai figyelhetők meg a képen?

## **OLVASD EL!**

### **Információátvitel rádióhullámokkal**

Az emberiség életében talán a legfeltűnőbb változásokat a rádióhullámok felfedezése és alkalmazása hozta. Lehetővé vált a hang vagy kép fénysebességgel történő továbbítása. Helyszíni közvetítésben azonnal követhetjük a Föld bármely helyén az eseményeket, légüres téren keresztül is információkat cserélhetünk a Holdon járó emberrel vagy a Mars felszínét kutató automatákkal. A mobiltelefonok elterjedésével pedig mindennapi gyakorlattá vált, hogy az emberek rádióhullámok útján tartanak egymással kapcsolatot.

a)

#### **Hang továbbítása rádióhullámokkal**

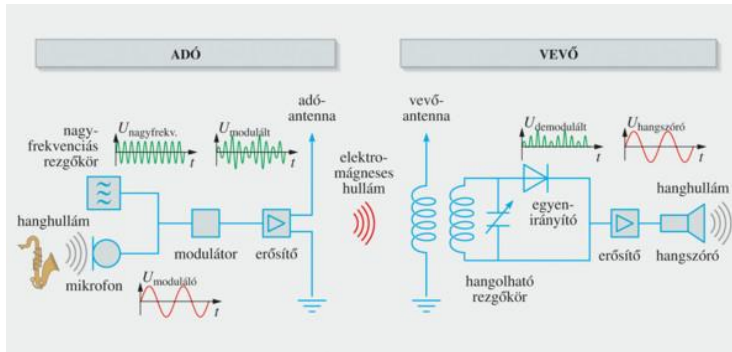
Tekintsük át a rádió adás-vétel egyik módjának, az amplitúdómodulációnak a lényegét. A gondolatmenet könnyebben követhető, ha közben a megvalósítás elvét szemléltető ábrát is figyeljük.

Minden adó rezgőkörében előállítanak egy az adóra jellemző nagyfrekvenciájú, csillapítatlan elektromágneses rezgést. Például a középhullámú Kossuth-adónál ez 540 kHz. A beszéd, zene sokkal kisebb frekvenciájú rezgéseit (20 Hz – 20 kHz) mikrofon segítségével olyan feszültségingadozásokká alakítják, amelyek időbeli lefolyása megegyezik a hangrezgésekével. Az így nyert hangfrekvenciás feszültség pillanatnyi értékei szerint növelik-csökkentik, szaknyelven modulálják\*\* az adó nagyfrekvenciás rezgésének amplitúdóját (AM).

Az adó a modulált rezgést elektromágneses hullám útján kisugározza a vevőkhöz, ezáltal gerjesztő hatást gyakorol azok rezgőköreire. Mivel a rádióvevőket egyidejűleg különböző frekvenciájú adók rezgése is éri, rezonanciát kell létrehoznunk vevőnk rezgőköre és az általunk kiválasztott adó rezgőköre között. A rádióvevőknél szokásos módon ez az állomáskereső gomb forgatásával valósul meg, ami általában egy forgókondenzátor kapacitásának változtatását jelenti. (Ha vevőnk rezgőköre egynél több, egymáshoz közeli frekvenciájú adó rezgőkörével is rezonál, akkor együtt halljuk ezek adásait.)

Ahhoz, hogy hallható hangot kapjunk, a vevő rezgőkörében megjelenő modulált nagyfrekvenciás rezgésből még le kell választani az eredeti hangnak megfelelő hangfrekvenciás jelet. Ezt a modulált nagyfrekvenciás feszültség egyenirányításával, demodulálásával\*\* érik el. Az így kapott lüktető egyenfeszültség amplitúdója éppen az eredeti hangfrekvenciás feszültség változását követi, és ezt az ingadozást fogja – felerősítés után – a hangszóró membránja is átvenni, vagyis a hangszóró az eredeti hangot adja vissza.

A hangfrekvenciás feszültséggel a vivőhullám\*\* amplitúdója helyett annak frekvenciáját is lehet növelni-csökkenteni, vagyis modulálni (FM), a vevőben a frekvenciamodulált hullámból is különválasztható a moduláló hangjel. A frekvenciamodulációt általában a jobb hangminőségű URH adásoknál alkalmazzák.



Az amplitúdómodulált rádió adás-vétel elve

b)

### Kép továbbítása rádióhullámokkal

A képátvitel a hangátvitelhez hasonló elven történik, csupán a nagyfrekvenciás vivőhullámot a kép jellemzőit tartalmazó feszültséggel modulálják.

A felvevőkamerában a képbontó cső alakítja át a képeket elektromos jelekké. A kamera lencserendszere a képet a képbontó cső mozaiklemezére vetíti, amelynek felületét fényérzékeny szemcsék borítják. A szemcsékből a fény erősségével arányos mennyiségű elektron válik ki. A mozaiklemezen tehát a kép elektromos lenyomata áll elő. A mozaiklemez szemcséit sorban balról jobbra és felülről lefelé haladva egy elektronsugár pásztázza végig, és egymás után semlegesíti a pozitív szemcséket. Minden semlegesítődés a mozaiklemezzel párhuzamos fémlemezen egy kis áramlökést jelent, melynek nagysága arányos a szemcse megvilágítottságával. A meghatározott sorrendben következő képelemeket így alakítják áram-, illetve feszültség-ingadozássá (videojel), amellyel a vivőhullámot modulálják.

A vevőképcső is katódsugárcső, amelynek képernyője a becsapódó elektronok helyén fényt bocsát ki. A vivőhullám szinkronizáló impulzusaival érik el, hogy a vevő képcsővének elektronsugara az adó elektronsugarával szinkronban haladjon a képernyő mentén. A vivőhullámról leválasztott moduláló jellel pedig az elektronsugár erősségét szabályozzák, amely így a vevő képernyőjén pontról-pontra az adó képernyőjén lévőhöz hasonló képet rajzol fel.

Ahhoz, hogy a képelemet ne külön lássuk, a képernyőt 625 sorra és 830 oszlopra bontják. A mozihoz hasonló folytonos mozgásérzet eléréséhez másodpercenként 25 képet továbbítanak. Ez összesen 107 képjel továbbítását jelenti másodpercenként. A vivőhullám frekvenciájának legalább egy nagyságrenddel nagyobbak kell lennie. Ebből már kiszámíthatjuk, hogy a televízió képtovábbítása 10 m-nél rövidebb elektromágneses hullámokkal (az URH-sávban) történhet.

A színes televízió képernyőjén minden képelem egy piros, zöld és kék fényt kibocsátó szemcséből áll. Mindhárom színt külön elektronsugár villantja fel, és az egyes színek erőssége határozza meg a létrejövő keverékszínt.

c)

### Gyakorlati megfigyelések

A célirányos kísérleti vizsgálatok mellett a rádió és televízió vétel gyakorlati tapasztalatai is számos példát szolgáltatnak az elektromágneses hullámok terjedési tulajdonságaira.

A földi sugárzású adások esetén a többemeles tévéantennát az adó által sugárzott hullám polarizációs síkjába állítják (vízszintes vagy függőleges síkba), és az adó irányába fordítják. A vevő dipól\*\* (amelyről a jelet levezetik) hossza megegyezik a hullámhossz felével, ez biztosítja az adó és vevő közötti rezonanciát. A vele párhuzamos elemek a visszaverődés és interferencia útján történő jelerősítést szolgálják.

A műholdas televíziózásnál a tévéadók a Föld körül keringő műholdakra továbbítják a modulált elektromágneses hullámokat, a műholdak pedig a vivőfrekvenciák megváltoztatása és felerősítés után a földfelszín bizonyos tartományába sugározzák a jeleket. Ezeket a vevőkészülékek parabolaantennákkal\* fogják fel. Az antennák gyűjtőpontjába helyezett vevőfejek széles frekvenciasávra érzékeny rezgőkörrel nagyszámú adó jeleket továbbítják a beltéri egységhez. Itt történik hangolt rezgőkörrel a kívánt csatorna kiválasztása.

A rádióvevőnél az állomáskereső (általában egy forgókondenzátor) segítségével állítunk be rezonanciát a vevő és a kiválasztott adó rezgőköre között.

Az épületek falai nagyrészt szigetelőanyagok, ezért rajtuk áthaladnak a rádióhullámok. Alagútban, aluljáróban viszont elhallgat a zsebrádió vagy autórádió, mert a felettünk elhelyezkedő vezetőanyagok visszaverik az elektromágneses hullámokat. A vezető felületekről (például hegyoldalról) visszaverődő hullám a tévében egy második képet is létrehozhat (szellemkép).

A rövidhullámú adók hullámait jól visszaveri a napsugárzás hatására képződő magas légköri vezető réteg, az ionoszféra. Mivel ennek határvonala erősen ingadozik, az egyenes vonalban terjedő és az ionoszféráról visszavert hullámok interferenciája hol erősítést, hol gyengítést eredményez. Ez a kellemetlen, úgynevezett fading-hatás (féding) különösen éjszakai rövidhullámú adásoknál tapasztalható.

A hullámok egyenes vonalú terjedése miatt az adókat vagy olyan helyre (pl. hegytetőre) telepítik, ahonnan azokat a vevők jól „látják”, vagy átjátszóadókat, erősítőket alkalmaznak. Minél nagyobb az adó hullámhossza, annál jelentősebb a hullámok **elhajlása**, ezért általában akkor is van vétel, ha nincsen közvetlen rálátás az adóra. A hosszúhullámok a földfelszín görbületét több ezer kilométeren át is követik.



## GONDOLKOZZ ÉS VÁLASZOLJ!

1. *Mi a szerepe a homorú fémfelületnek*
  - a) a hőszugárzónál?
  - b) a parabolaantennánál?
2. *Lehet-e az ablaküvegen átjövő napfénytől barnulni?*
3. *Miért használnak hegesztésnél védőszemüveget?*  
*Válaszolj az x). kérdésre is!*

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_vlna&l=hu](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_vlna&l=hu)

U. I.: Jegyzeteljétek ki a leckét! Ami vastagítva van föltétlenül kerüljön be a füzetbe!

A válaszaitokat az alábbi e-mail címre küldjétek el!

[tofalvi\\_emese2010@yahoo.com](mailto:tofalvi_emese2010@yahoo.com)