

## **Az antennaelmélet tárgykörének, hagyományos tantermi szemléltető eszközeinek, a témakört feldolgozó mérési gyakorlat feladatlapjának bemutatása**

A belső motiváció kialakításának és fenntartásának lehetőségei a szakmai alapismeretek oktatási folyamatában 2. rész

*Kabács Imre alosztályvezető, oktató  
Magyar Honvédség Altiszti Akadémia  
Repülő Altiszti Oktatási Osztály  
Repülésbiztosító Alosztály  
cím: 5008 Szolnok Szandaszőlős Kilián út 1.  
e-mail: [kabacs.imre@gmail.com](mailto:kabacs.imre@gmail.com)  
tel: +36 56 505 100-7909*

*Kulcsszavak: mérési gyakorlat, az elméleti ismeretek gyakorlatba való átültetése, a megismert törvényszerűségek igazolása, elmélet-gyakorlat interakciója, körültekintő-, biztonságos munkavégzés.*

### **Összefoglaló**

A cikksorozat első részében a tanulói aktivitást, motivációt elősegítő lehetőségeket próbáltam meg összegezni. Ebben a második gondolatkörben kitűzött céloom, az antennaelmélet tárgyköréhez kapcsolódó tantermi szemléltető eszközöknek, a témakört feldolgozó mérési gyakorlat feladatlapjának a bemutatása. A feladatlap az egyes mérésekhez kapcsolódó elméleti összefoglalókat is tartalmazza.

A bemutató az OKJ -54 szintkódú Honvéd Altiszt Repülésbiztosító szakmairány tantervében lévő mérési gyakorlatok fejlesztő munkáján alapul.

## **Introduction to aerial theory, its traditional classroom tools and the task sheet of evaluation practice**

### **Abstract**

In the first article I tried to summarize the possibilities helping the activity and motivation of the students.

In the second article my goal is to introduce the subject of aerial theoretic, its traditional classroom visual aids, and the worksheet of the measurement class work elaborating the topic. The worksheet is built up in a way which also includes the theoretical summaries related to the certain measurements.

The show is based on development work of the measurement practices included in the -54 level NTR (National Training Register) non-commissioned officer Flight Insurance specialization's curriculum.

### **1. Bevezető**

Mi motivált a feladatlap elkészítésében? A nagymértékű elvonatkoztatást igénylő tananyagtartalom a szemléltetés által, a közvetlenül megtapasztalt jelenség tényszerű magyarázatát vizuális információvá sűríti úgy, hogy az személyes élményként érzékelhető. Ebben a tanulási helyzetben, a tetten érhető „fizika” tapasztalásában, a kérdéskör legfontosabb összefüggései szemléletesen jelennek meg. Ezen gondolat mentén volt lehetőségem az új (2012-ben létrehozott) OKJ-54 –es Honvéd Altiszt Repülésbiztosító szakmairány képzésének

kerettantervében azt mérési gyakorlati tantárgyat létrehozni, melyben a tanulók az elméletet követően már önálló gyakorlatként végeznek el egyszerűbb antenna és tápvonal méréseket. Mindehhez a technikai háttér ugyan szerény, de az elméleti alapokat elmélyítő mérési feladatok elvégzésére alkalmas.

### **1.1. A szakmairány képzési tantervének és a mérések szerepének áttekintése**

#### **10295-12 Repülésbiztosító alapismeretek modul tantárgyai:**

Repülésbiztosítás alapjai

Elektrotechnikai ismeretek

Mérési gyakorlat I.

Csapatkiképzés módszertana, Csapatkiképzés módszertana – gyakorlat

#### **10296-12 Repülésbiztosító szakismeretek, szaktevékenységek modul tantárgyai:**

Híradástechnikai ismeretek

Repülésbiztosító rendszertechnikai ismeretek

#### **Mérési gyakorlat II.**

Repülésbiztosító eszközök üzemeltetése, üzemeltetése

Szakmai gyakorlat

(54 863 02 Kerettanterv Honvéd Altiszt ágazat/szakmairány megjelölésével, 334-365.)

A kerettanterv a fenti két modulban - alapozó- és szakismeretek - csoportosítja a tantárgyakat.

A fentiekben említett Mérési gyakorlat II. tantárgynak kettős szerepe van:

1. az elméleti szakismeretekhez – Híradástechnika – kapcsolódva segíti elő a rendszerezést, a gyakorlatban használható tudás megszerzését;
2. az üzemeltetés, üzemeltetés tantárgy ismereteinek elsajátításához biztosít jártasságot a műszerkezelésben, a rádiófrekvenciás mérések elvégzésében.

#### **Mérési gyakorlat II. tantárgy (28óra) A tantárgy tanításának célja:**

A Híradástechnikai ismeretek tantárgy tanulása során elsajátított elméleti ismeretek rendszerezése és elmélyítése, a nagyfrekvenciás mérések megalapozása. A repülőtéri

rendszerek technikai kiszolgálásához szükséges szakszerű, körültekintő és technológiai fegyelmet követő magatartás jegyek kialakítása és erősítése.

### **Témakörök**

**Életvédelem, baleset elhárítás (2óra)** Életmentés, elsősegélynyújtás; Általános munka- és tűzvédelmi rendszabályok; A mérés során betartandó biztonsági rendszabályok

**Rádiófrekvenciás mérések (26óra)** Nagyfrekvenciás jelgenerátor kezelőszervei, kezelőszervek használata, a jelgenerátor alkalmazása a mérés során. Antennajellemzők mérése (iránykarakterisztika, irányélesség, nyereség, előre-, hátra viszony, sáv szélesség). Tápvonal jellemzők mérése (csillapítás, hullámimpedancia, elektromos hossz, rövidülési tényező).

**A képzési helyszín jellege, javasolt felszerelése** Szaktanterem/villamos mérőlabor

### **A tantárgy elsajátítása során alkalmazott módszerek, tanulói tevékenységformák**

A mérési feladatokhoz szükséges elméleti ismeretek önálló ismétlése, rendszerezése, az ismeretek feladattal vezetett gyakorlati alkalmazása. Kapcsolási rajz-, mérési összeállítás vázlatának értelmezése. Önálló szakmai munkavégzés felügyelet mellett.

### **A tantárgy értékelésének módja**

Gyakorlati tevékenységet kizárólag az életvédelmi és biztonsági rendszabályok betartásával végezhetnek az altiszt-jelöltek. A tantárgy záró osztályzatának megállapítása a gyakorlati tevékenység során nyújtott teljesítmény, (elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazása, körültekintő munkavégzés, biztonsági rendszabályok betartása) és a beadandó mérési jegyzőkönyv értékelése alapján történik (54 863 02 Kerettanterv 334-365.).

## **1.2. A villamos mérésekről általában**

A villamos szakember munkatevékenységének szinte minden fázisában van valamilyen célú és funkciójú mérés. Úgy a munka megkezdésekor, a folyamat közben, mint a tevékenység végén.

Mérni annyit jelent, mint meghatározni, hogy a mérendő mennyiségben hányszor van meg az adott paraméter mértékegysége. A mérés során a mért mennyiséget jellemző mérőszám meghatározása a cél, melyhez megfelelő mérőeszköz megválasztása szükséges. A mérésnél előzetesen egyeztetni kell a számérték kifejezéséhez alapul vett mértékegységet (Lükő-Molnár: 2015).

### **A műszaki ismeretsajátítás területei**

Balogh Andrásné úttörő jellegű munkája a tanulói-szakmai tevékenységeket is érintő három képzési szakasz sorrendjének variációira vonatkozik. „Az elektronikai szakképzés három területen folyik; elméleti órákon, **laboratóriumi méréseken** és szakmai gyakorlatokon. A három terület közös célja, hogy a jövőbeni szakembert elvégzendő tevékenységeire felkészítse, szakértelmét formálja. Kialakítson egy olyan tudásszerkezetet, amelyben az elektronika különböző megjelenési formái reprezentálódnak és egymást előhívják” (Lükő - Molnár, 2015: 9).

### **A mérés szerepe a tanulás formális és informális formájában egyaránt kettős**

A mérések teremtik meg az elmélet és gyakorlat közötti kölcsönhatást. Ez az interakció, mint két irányban ható fejlesztő folyamat teszi lehetővé egy részről az elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazását, másrészt pedig a gyakorlatban megtapasztaltak útján történő elméleti kérdésfeltevést, a törvényszerűségek leírását (deduktív/induktív gondolkodási folyamat).

A munka világában gyakoribb az utóbbi induktív megismerési folyamat, probléma megoldási feladat. A technológiai változások olyan munkaerőt igényelnek, akik egy-egy új feladat megoldásához meg tudják állapítani, hogy milyen információkra (elméleti alapokra) van szükségük, és ezeket önállóan képesek megszerezni és felhasználni. (Balogh Andrásné, 1998: 159).

Ez a megközelítés azt mutatja számomra, hogy az általánosan alkalmazott - az elméleti ismeretek elsajátítása mindig előzze meg a gyakorlatot - időrendiséget néhány esetben megtervezett módon, tudatosan meg kell fordítanunk a szükséges kompetenciák (problémamegoldás, önálló fejlődés, ismeretszerzés, információfeldolgozás képessége) kialakításához, fejlesztéséhez.

### **Pedagógiai – didaktikai szempontból a mérés lehet**

- az ismeretek forrásai (tapasztalásos tanulás);
- a tanultak igazolása, ellenőrzése (deduktív módszerű tanítás-tanulás, illetve gyakorlat szerzése;
- alkalmazás összetett tevékenységben (pl. összeszerelés), ahol már jártassággal kell bírni, hogy képes legyen a diagnosztizálás, probléma megoldásos feladatot elvégezni;
- szakmai tevékenység, ahol a mérési jártasság teszi lehetővé a diagnosztizálás, problémamegoldás feladatainak teljesítését, mint pl. összeszerelés, üzembe helyezés, hibakeresés, hibaelhárítás) (Lükő-Molnár, 2015: 1).

## Az alábbi feladatlap alapján vezetett tanulói tevékenységek szerepe a szakképesítés megszerzésében

A feladatlap méréseinek elvégzésével biztosíthatjuk az antenna elmélet ismereteinek elmélyítését, a gyakorlatban való alkalmazását, a megismert törvényszerűségek igazolását. A tanulók megismerik a nagyfrekvenciás eszközök szerelvényeinek tulajdonságait, alkalmazásuk manuális fogásait. A mérési gyakorlat teszi lehetővé a laborgyakorlat során alkalmazott jelgenerátorok, mérőműszerek kezelésében való jártasság megszerzését. A későbbi műszaki tevékenységhez szükséges technológiai fegyelem, körültekintő műszaki munkavégzés alapjait sajátítják el a tanulóink e keretek között.

## 2. Mérési feladatlap

### Laborgyakorlat

#### Antenna elmélethez kapcsolódó mérési feladatok



1. ábra. A feladatlap mérési feladatainak eszközei, forrás: saját fotók

### 2.1. A mérési feladatlap célja

Biztosítja az antenna elméleti ismeretek gyakorlatba történő átültetését, az alapvető műszerkezelési jártasságnak és az alkalmazható tudásnak a megszerzését.

### **I. Nappali képzésben, szakképző évfolyamokon**

- a tanulók által az antenna és tápvonal elmélet tárgykör tárgyalása során elsajátított, ismeretek igazolása, gyakorlati alkalmazása;
- a nagyfrekvenciás szerelvények megismerése, szerelésükben, az alkalmazott műszerek kezelésében való jártasság megszerzése, a későbbi szakmai tevékenységekhez szükséges kompetenciák fejlesztése. (kifejtve a következő pontban);
- személyes kompetenciák (felelősségtudat, pontosság, önfejlesztés) és módszerkompetenciák (okok feltárása, problémamegoldás, visszacsatolási készség, rendszerekben való gondolkodás) fejlesztése;
- általános és speciális biztonsági rendszabályok ismeretének megszerzése, betartásuk, betartatásuk igényének kialakítása. Életvédelmi ismeretek, a műszaki munkavégzésre vonatkozó általános szabályok, nagyfrekvenciás szerelvények, műszerek kezelésére vonatkozó biztonsági rendszabályok ismerete és alkalmazása;
- a repülőtéri rendszerek technikai kiszolgálásához szükséges szakszerű, körültekintő és technológiai fegyelmet követő magatartás jegyek kialakítása és erősítése.

### **II. Felnőttképzésben**

Az adott rádiókommunikációs, rádiónavigációs vagy rádiólokációs eszköz üzemeltető és üzembentartó tanfolyami résztvevők számára biztosítani:

- a szükséges alapismeretek felelevenítését;
- a gyártók által előírt nagyfrekvenciás ellenőrző mérések alapjainak elsajátítását, a szükséges mérőeszközök kezelésére való felkészítést;
- a mérések elvégzéséhez szükséges biztonsági előírások elsajátítását.

#### **2.2. A mérési feladatléírások általános tartalma**

A műszaki munkavégzésre vonatkozó általános előírásokat, az életvédelmi ismereteket és az adott mérőlabor sajátosságait magába foglaló biztonsági előírásokat a feladatlap nem tartalmazza!

A nagyfrekvenciás szerelvények, műszerek kezelésére vonatkozó általános biztonsági előírásokon kívül az adott eszközre vonatkozó előírásokat is tanulmányoznunk kell a tevékenység megkezdése előtt!

### **A feladatlap, egy adott mérési feladata tartalmazza**

- a mérés tárgyát;
- a szükséges eszközök felsorolását;
- a mérés célját;
- a mérés elvégzéséhez szükséges alapismeretek kulcsszavait, és a kapcsolódó ismeretek rövid összefoglalóját;
- a mérési elrendezés összeállítását, szükséges segédeszközök előkészítését;
- a mérés folyamatát;
- a megfelelő méréshatárok, jelszintek és jelformák beállítását;
- a mérendő mennyiségek rögzítéséhez szükséges táblázatok, vázlatok elkészítését;
- az elkészítendő mérési jegyzőkönyv formájára és tartalmára vonatkozó instrukciókat.

### **2.3. A feladatlap használata**

1. A kiválasztott mérési feladat megkezdése előtt tanulmányozzuk az arra vonatkozó elméleti ismeretek összefoglalóját!
2. Tanulmányozzuk a mérési feladatot!
3. Ismerjük meg, tartsuk be és tartassuk be a biztonsági előírásokat!

#### **Fontos!**

A megadott típusú eszközök egy adott mérőlabor eszköztárát képezik, így szükséges a helyi eszközök felmérése, hiszen a felsoroltakon kívül egyéb jelgenerátor típusok, és más frekvenciatartomány is megfelelhet a feladat elvégzéséhez.

A műszerek kiválasztása során sohasem szabad elfeledkeznünk az eszközök műszaki leírásainak, kezelési utasításainak tanulmányozásáról.

A feladatok megkezdése előtt ellenőrizzük a felhasználni kívánt műszerek, csatlakozók állapotát, sajátítsuk el használatukat, végezzük el lehetőség szerinti kalibrációjukat. Ismerjük meg a helyi adottságokat is magába foglaló biztonsági rendszabályokat, és tartsuk be, tartassuk be azokat. Végezzük munkánkat nyugodtan, körültekintően!

Tekintsük át, a rendelkezésre álló műszereket, jelgenerátorokat, majd készítsünk egy „saját” mérési tervet az alábbiak szerint!

4. Fogalmazzuk meg saját szavainkkal a feladattervet és írásban rögzítsük a mérés lépéseit. Ugyanígy írjuk le a számításokhoz használatos összefüggéseket, a számított várható mérési eredményeket, az adatok felvételéhez szükséges táblázatokat!

5. Rajzoljuk le a kísérleti mérési összeállítást!

#### **6. 2.4. A feladatlap az alábbi kísérleti mérési feladatokat tartalmazza**

Elektromágneses hullámjelenség vizsgálata;

1. Elektromágneses hullám szabadtéri terjedési sebességének igazolása és a hullámhossz meghatározása állóhullám segítségével;
2. Interferencia jelenségének vizsgálata, a szabad térben terjedő elektromágneses hullám hullámhosszának meghatározása a jelenség felhasználásával;

Antennajellemzők mérése;

3. megfordíthatóság, vagy reciprocitás elve;
4. polarizációs illesztettség, a vételi jelszint változása változó polarizáció mellett;
5. iránykarakterisztika;
  - dipólus iránykarakterisztikájának felvétele;
  - monopólus iránykarakterisztikájának felvétele;
  - dipólus reflektorral iránykarakterisztikájának felvétele;
  - Yagi antenna iránykarakterisztikájának felvétele;
6. irányélesség;
7. antennanyereség;
8. előre-hátra viszony.

#### **2.5. A feladatok megkezdése előtt**

**A mérések megkezdése előtt olvassuk el és értelmezzük a biztonsági rendszabályokat!**

A műszaki munkavégzésre vonatkozó általános előírásokat, az életvédelmi ismereteket, a mérőlabor sajátosságait és az adott típusú mérőeszközök használatára vonatkozó előírásokat a feladatlap nem tartalmazza!

**Nagyfrekvenciás mérésekre vonatkozó általános biztonsági rendszabályok:** Fokozottan kell figyelni saját biztonságunk és a berendezés megóvása érdekében az alábbiakra!

A mérés összeállítása előtt ellenőrizni kell: a berendezések, kábelek, csatlakozók, csatlakozó aljzatok állapotát!

Sérült, illetve sérült szigetelésű hálózati kábellel rendelkező berendezést áram alá helyezni szigorúan tilos!



Sérült nagyfrekvenciás kábel alkalmazása a jelgenerátor meghibásodásával, károsodásával járhat!

A mérés összeállítása során a nagyfrekvenciás jelgenerátor, mérőműszerek kikapcsolt állapotban vannak!

Az eszközöket feszültségmentes, kikapcsolt állapotban készítjük elő:

- kezdeti méréshatár a legnagyobbra állítva;
- teljesítmény, feszültség beállító potenciométerek „MINIMUM” bal szélső helyzetben.

A JELGENERÁTORT CSAK CSATLAKOZTATOTT (VAGYIS ILLESZTETTEN LEZÁRT) ÁLLAPOTBAN LEHET BEKAPCSOLNI! Ellenkező esetben az illesztetlenül lezárt jelgenerátor kimeneti erősítő fokozata tönkremehet a visszavert káros teljesítmény hatására.

Az alkalmazott kábelek, a jelgenerátor, a csatlakozók hullámimpedanciája: 50  $\Omega$

### **3. Példák a feladatlapok mérései köréből**

#### **3.1. Elektromágneses hullám szabadtéri sebességének igazolása állóhullám segítségével (Heinrich Hertz kísérlete 1888)**

##### **A Mérés tárgya**

A hullámhosszt, frekvenciát és a fénysebességet tartalmazó összefüggés alapján a szabad térben terjedő elektromágneses hullámok terjedési sebességének igazolása állóhullám létrehozásának segítségével. A mérésben Heinrich Hertz 1888-ban megvalósított kísérletét végezzük el.

##### **Felhasznált eszközök, melyek a további mérési összeállításban is szükségesek**

- Nagyfrekvenciás jelgenerátor TR-0614/B /1-520MHz /;
- Adó-, vevőantenna RV-UM dipól 50 $\Omega$ , vagy egyénileg készített dipólantenna 446MHz-re méretezve;
- Oszilloszkóp CS-4125 20MHz;
- Nagyfrekvenciás mérőfej /V40.25 1kHz-1000MHz/, vagy detektordióda /SO-4100 5J/, vagy egyénileg készített detektor germánium tús-dióda felhasználásával.

### Kizárólag ebben az összeállításban szükséges

Egy darab legalább 50\*50cm nagyságú fémrács, fémlap, vagy ilyen méretű alufóliával burkolt kartonpapír. (a visszaverő felületként, vagy reflektorként használt)

### A mérés célja

Elmélyíteni a kapcsolódó elméleti ismereteket, elsajátítani az alapvető műszerkezelési fogásokat, jártasságot szerezni a rádiófrekvenciás mérési elvek gyakorlati alkalmazása terén.

A hullámhossz, frekvencia és a terjedési sebesség összefüggésének gyakorlatban való alkalmazása. A haladó és visszavert hullámokról, az állóhullámról elsajátított ismeretek elmélyítése, alkalmazása.

Heinrich Hertz 1888-ban állóhullámmal elvégzett kísérletének megismétlése, a kísérlet jelentőségének megismerése.

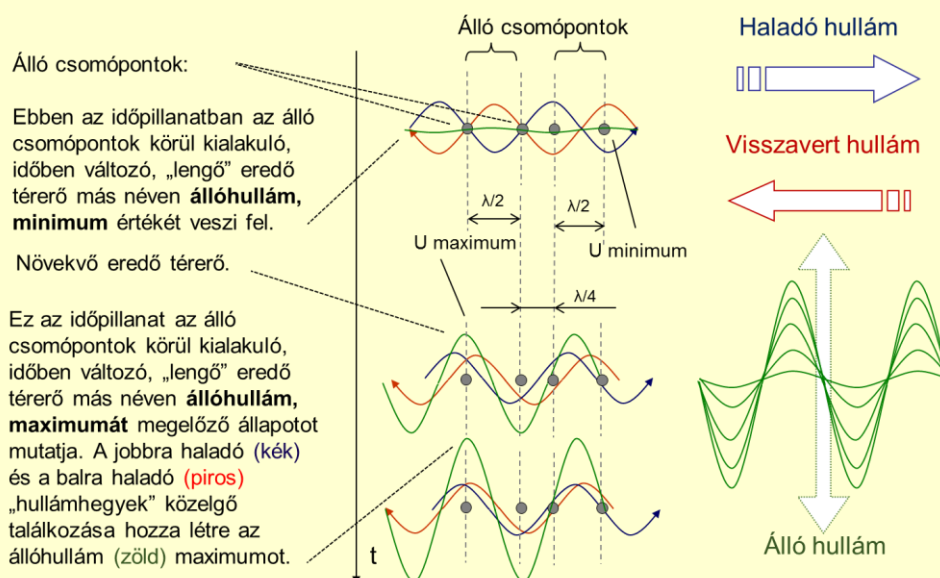
### A méréshez szükséges alapismeretek kulcsszavai

**Frekvencia, EM terjedési sebesség, hullámhossz, állóhullám.**

### A kapcsolódó elmélet összefoglalása:

## Álló hullám

A haladó és visszavert hullámok eredőjeként, álló csomópontok körül minimum és maximum amplitúdó értékeket vesz fel.



2. ábra Állóhullám kialakulásának ábrázolása, forrás: saját ábra

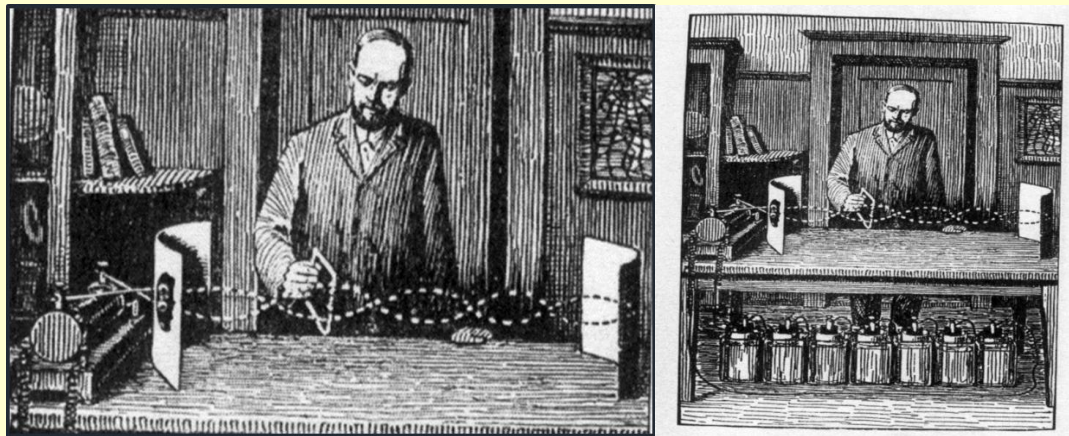
Tulajdonképpen Hertz kísérleti mérését ismételjük meg. Tekintsük át munkáját!

Hertz eredményének jelentősége abban állt, hogy az elektromágneses hullámok addig elméleti feltevésként meglévő tulajdonságait, azt hogy a villamos rezgések a térben hullámszerűen terjednek, kísérletével igazolta. A gyakorlati felhasználásról nem gondolkodott, hanem megmérte az alkalmazott elektromágneses hullámok hullámhosszát, terjedési sebességét, és kimutatta, hogy a visszaverődési és törési képességük ugyanolyan, mint a fényé és a hőhullámoké.

Az elektromos és mágneses mező szabad térben való terjedését James Clerk Maxwell 1864-ben matematikai egyenletekbe foglalva írta le. A korszak tudósai számára Hertz mérése által nyert bizonyosságot, hogy a rádióhullámok a fényvel azonos természetűek és annak sebességével terjednek.

*Maxwell (1865):*

*„Ez az érték közel van a fénysebességhez, ami azt mutatja, erős okunk van feltételezni, hogy a fény is (beleértve a hő és egyéb sugárzásokat) egy elektromágneses hullám, ami elektromágneses mezőben terjed.” (Dobosné 2016)*



3. ábra. A nagy német fizikus állóhullámokkal bizonyította be, hogy az elektromágneses hullámok a fény sebességével terjednek a térben (Greguss 1985)

Figyeljük meg Hertz mérési összeállítását!

Baloldalon az adóantenna egy hajlított fémlap segítségével, irányítottan sugározza ki az elektromágneses teljesítményt. Jobb oldalon parabola „tükörként” visszaverő felületet helyezett el. Az asztal fölött szaggatott vonallal berajzolt vonalak egy haladó (kisugárzott) és egy a „fém-tükörrel” visszavert hullámot ábrázolnak. Hertz vevőantennája egy hullámhossz területű fémgyűrű, melyen egy helyütt átfűrészelve szikraközt képezett ki. A fémkarika

mérete az adott frekvenciára rezonáns vevőantennát képez, a szikraközön megjelenő elektromos kisülés pedig az elektromos térerő jelenlétét mutatja.

**A kísérlet során Hertz** állóhullámot hozott létre egy haladó és egy visszavert hullám segítségével. A vevőantennaként használt fémgyűrűn elektromos ív keletkezett az állóhullám maximum helyein. Maxwell összefüggései alapján tudta, hogy a maximumhelyek távolsága a hullámhossz fele. (Mi is tudjuk az állóhullámra vonatkozó ismereteinkből, hogy a minimumok és maximumok távolsága fél hullámhossz.) Az elektromos térerő maximumok távolságának mérése alapján meghatározott hullámhossz segítségével Hertz kiszámolta az addig ismeretlen rádióhullám terjedési sebességét a  $\lambda = \frac{c}{f}$  összefüggés alapján, ahol „ $\lambda$ ” (lambda) az alkalmazott adófrekvenciához tartozó szabadtéri hullámhossz, „ $c$ ” a fény terjedési sebessége levegőben, „ $f$ ” az adófrekvencia.

( $\lambda$  lambda - hullámhossz az elektromágneses hullám által egy periódus ideje  $T = \frac{1}{f}$  [s] alatt megtett távolság.

---

*Állóhullám: Az egymással szemben haladó hullámok találkozásából létrejövő eredő hullámot nevezzük állóhullámnak.*

*Miért nevezzük állóhullámnak?*

*Legfontosabb jellemzője az, hogy álló csomópontok körül veszi fel, maximum és minimum értékeit. (A minimumhelyek és a maximumhelyek távolsága  $\lambda/2$ )*

---

### **Előkészületek**

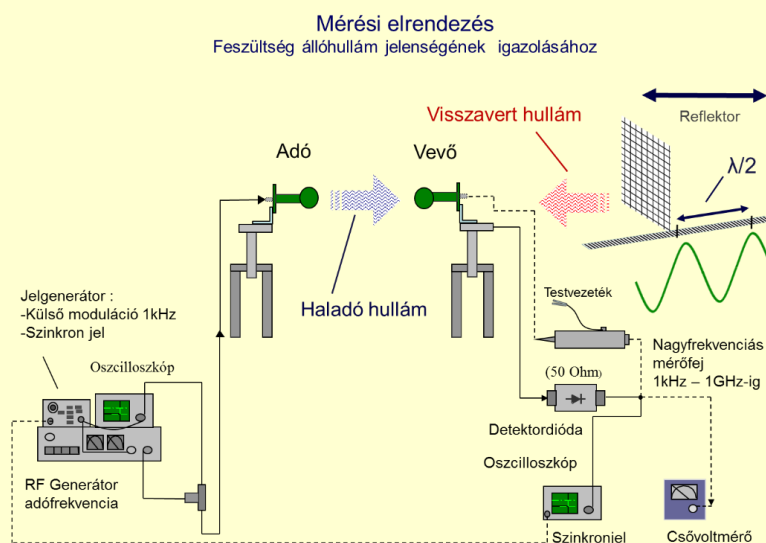
A rendelkezésre álló dipólantennákat rögzítsük az állványokra, s azokat helyezzük egymással szemben körülbelül 1m-es távolságban, úgy hogy az antennák főirányai egybe essenek!

Az adó-vevő antennák 2-3m-es környezetében ne legyenek nagyobb méretű fémtárgyak, mivel az azokról történő visszaverődés meghamisítja mérésünket!

### A mérés összeállításának lépései

1. A jelgenerátort csatlakoztassuk az egyik dipólantennához (ez lesz az adóantenna, amely akár irányított antenna, például reflektoros dipólantenna, Yagi antenna, vagy sarokreflektor is lehet).
2. A másik antennát csatlakoztassuk megfelelően hosszú koaxiális kábelen az oszcilloszkóphoz, a nagyfrekvenciás mérőfejen, vagy a detektordiódán keresztül! (ez lesz a vevőantenna).
3. Amennyiben nagyfrekvenciás teljesítménymérőt alkalmazunk a vett jelszint mérésére, akkor a termisztoros teljesítménymérő-fejet csatlakoztassuk a vevőantennára!
4. A hangfrekvenciás jelgenerátor SYNC (szinkron) csatlakozóaljzatát összekötjük, az oszcilloszkóp EXT TRIG (külső trigger, vagy szinkron) csatlakozó aljzatával, egy BNC-BNC koaxiális kábel segítségével. / Az oszcilloszkópon: Triggering váltókapcsoló EXT (külső trigger) helyzetbe kapcsolva/  
(A külső szinkronnal biztosítható, hogy változó jelszint mellett is állóképet lássunk az oszcilloszkópon. Az állókép szükséges a pontos feszültség érték leolvasásához.)
5. Helyezzünk el egy mérőszalagot a vevőantenna mögött! (Ennek segítségével mérjük a feszültség minimum, vagy maximum távolságokat.)
6. Helyezzük el a reflektort a vevőantenna mögött, kézben tartva, vagy pedig azt állványra rögzítve. (később látni fogjuk, hogy akár a vevőantennát, akár a reflektort mozgatjuk, a mérés eredménye ugyanaz lesz.)

### A mérési összeállítás



4. ábra Mérési összeállítás az állóhullám jelenségének igazolásához, forrás: saját ábra



5. ábra. A méréshez felhasznált eszközök, forrás: saját kép

### A mérés menete

A jelgenerátor körülbelül öt perces bemelegedése után beállítjuk az alkalmazott adófrekvenciát, a szükséges kisugárzott rádiófrekvenciás jelszintet (ez itt maximálisan 20mW) és a kiválasztott külső amplitúdó moduláció modulációs mélységét. A funkciógenerátor szolgáltatja a külső moduláló jelet, amely lehet például 1kHz-es szinuszos feszültség. Értékét úgy állítsuk be, hogy a kisugárzott jelben túlvezérlést, torzulást ne okozzon. Az oszcilloszkóp amplitúdó felbontását a legalacsonyabb (általában 1-5mV/osztás), az időtartományú felbontását pedig állítsuk olyan értékre, mellyel az egy 1kHz-es jel csúctól-csúcsig vett értékét kényelmesen le tudjuk olvasni (például 0,1-0,2ms/osztás).

*Az amplitúdó modulációra azért van szükségünk, mert az oszcilloszkóp nem „látja” a 446MHz-es rádiófrekvenciájú jelet, viszont meg tudja jeleníteni a detektor dióda segítségével a rádiófrekvenciára „ültetett” 1kHz-es moduláló jelfeszültséget. Ez a feszültség érték, melyet az oszcilloszkópról olvasunk le arányos lesz a rádiófrekvenciás teljesítmény értékével!*

A fenti beállításokat elvégezve annyi feladatunk maradt, hogy a vevőantenna mögött mozgatva a visszaverő fémrácsot – egyidejűleg haladó és visszavert hullámokat létrehozva – az állóhullám minimum, vagy maximum helyeinek távolságát olvassuk le a mérőszalag segítségével! Ha a reflektor rácsot állványra rögzítettük, ebben az esetben nem azt, hanem a

vevőantennát mozgatva állapítjuk meg a feszültség minimum, illetve maximum helyeket és azok távolságát!

### **A mérési adatok felhasználása, értelmezése, a levonható következtetések összegzése**

A feszültség minimumok, vagy maximumok távolságának mérésével a beállított adófrekvenciának megfelelő fél-hullámhosszt kapjuk meg. Ebből az eredményből és a leolvasott beállított adófrekvenciából, a hullámhosszra vonatkozó  $\lambda = \frac{c}{f}$  összefüggés felhasználásával „c” az elektromágneses hullám terjedési sebessége kifejezhető.

*( $\lambda = \frac{c}{f}$  ahol „ $\lambda$ ” (lambda) az alkalmazott adófrekvenciához tartozó szabadtéri hullámhossz, „c” a fény terjedési sebessége levegőben, „f” az adófrekvencia.)*

*( $\lambda$  lambda - hullámhossz az elektromágneses hullám által egy periódus  $T = \frac{1}{f}$  alatt megtett távolság.*

A mérés útján meghatározott hullámhossz és az alkalmazott üzemi frekvencia értékének a felhasználásával, számítással igazoltuk az állóhullámokról tanultakat, és az elektromágneses hullám levegőben, vagy vákuumban való terjedési sebességére vonatkozó ismereteinket.

**A mérési feladatban megtapasztalható jelenség rövid videóinak elérése:**

#### **Állóhullám kísérlete**

<https://drive.google.com/open?id=0BwAwIgPBRQe-c2NRVVdYU2ZJbjQ>

### **3.2. A többutas terjedés jelenségének vizsgálata, a szabad térben terjedő elektromágneses hullám, hullámhosszának meghatározása a jelenség felhasználásával.**

#### **A Mérés tárgya**

A többutas elektromágneses hullámterjedés során kialakuló vételi jelszint változások megfigyelése, törvényszerűségeinek igazolása.

#### **Felhasznált eszközök**

Az előzőekben (1-es pontban) felsorolt eszközökkel megvalósított összeállítást egészítsük ki az alábbiakkal.

#### **Kizárólag ebben az összeállításban szükséges**

1db koaxiális jelösszegző, vagy más néven T osztó (BMC 50Ω);

1db antenna (két vevőantennára lesz szükségünk);

2db azonos hosszúságú (azonos elektromos hosszúságú) koaxiális kábel;  
mérőszalag.

#### **A mérés célja**

Elmélyíteni a kapcsolódó elméleti ismereteket, elsajátítani az alapvető műszerkezelési fogásokat, jártasságot szerezni a rádiófrekvenciás mérési elvek gyakorlati alkalmazása terén.

A fizikában interferenciaként, a híradástechnikában pedig (interferencia-fading) elhalkulásként megnevezett jelenség megértése, mérésben történő igazolása. A közvetlen és közvetett elektromágneses hullámok találkozása által létrejövő térerő ingadozások, kioltási és jelösszegző távolságok meghatározása mérés útján.

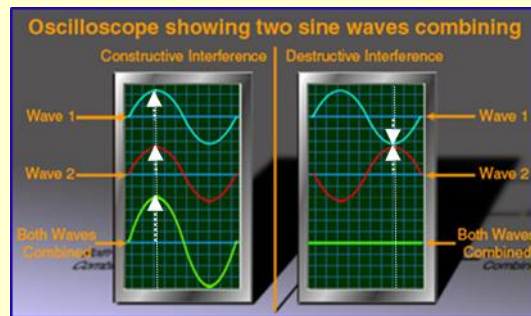
#### **A méréshez szükséges alapismeretek kulcsszavai**

**Frekvencia, fázis, elektromágneses hullámterjedés, többutas terjedés, hullámhossz, állóhullám, szuperpozíció, interferencia, fading.**



### A kapcsolódó elmélet összefoglalása:

Az alábbi ábrán jól látható, hogy azonos amplitúdóval (azonos nagyságú, kilengésű, legnagyobb kitérésű) rendelkező hullámok találkozásakor a két hullám eredője (szuperpozíciója, waves combined) azonos és ellentétes fázisú találkozáskor milyen értékeket vesz fel.



6. ábra. Azonos amplitúdójú hullámok találkozási által létrejövő eredő hullámok, forrás:

Superposition of Waves [www.acoustics.salford2016](http://www.acoustics.salford2016)

A hullámok pillanatnyi összege azonos fázis, és amplitúdó esetén kétszeres amplitúdót hoz létre az egyes időpillanatokban. A teljes kioltást pedig, amely azonos amplitúdójú, de ellentétes fázisú hullámok találkozási során jön létre, az ábra jobb oldalán figyelhetjük meg.

Egy időpillanatra könnyen meghatározhatjuk két hullám vektoriális összegét a fenti ábrán látható oszcilloszkópos megjelenítés segítségével, egy függőleges segédvonal mentén.

A gyakorlatban ritkán fordul elő a fenti egyszerűen ábrázolható állapot. Részleges jelösszegződések és kioltások jönnek létre a két szélső fázishelyzet (azonos és ellentétes fázis) között, és a hullámok amplitúdóinak értéke sem feltétlenül azonos. Mindemellett az elektromágneses hullámterjedés során, a többszörös visszaverődések következtében nem két, hanem több hullám eredője határozza meg egy pontban kialakuló térerőt.

A mérésben két jelúton érkező hullám találkozásának eredménye szemléletesen tetten érhető, és alkalmas a jelenség elvi alapjainak igazolására.

---

*A visszaverődések következtében létrejövő több utas terjedés*

*következményei:*

*A különböző úthosszt megtett hullámok a vételi pontban összeadódnak és eltérő fázisuk miatt erősíthetik, vagy gyengíthetik egymást. Ezt a térerőt*

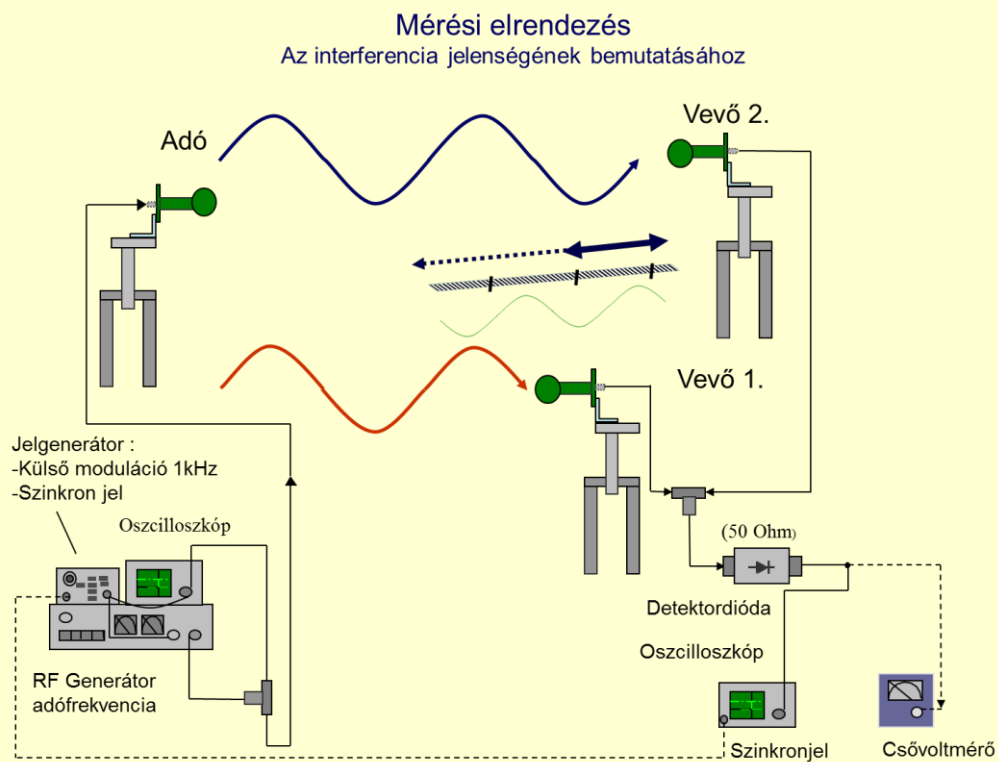
*változást a vevőben elhalkulásként érzékeljük, ez a jelenség a fading.*

*(Babosa, Danyi, Kvasz 2003)*

### Az előkészületek, a mérés összeállításának lépései

1. Az előző (1-es pont) mérési összeállítását kiegészítjük egy újabb vevőantennával;
2. A két darab vevőantenna jeleit azonos hosszúságú, vagy azonos elektromos hosszúságú koaxiális kábelen keresztül „T” elemmel összegezzük;
3. A koaxiális kábelrel összekötött vevőantennákat egy vonalban helyezük el, úgy hogy az adóantennától érkező elektromágneses hullámok azonos fázisban érkezenek a vevőantenna rendszerünkre;
4. a vevő antennákra merőlegesen mérőszalagot helyezünk el.

### A mérési összeállítás



7. ábra. Mérési elrendezés az interferencia beállításához, forrás: saját ábra

**A mérés menete**

Az adó által kisugárzott rádiófrekvenciás teljesítménnyel arányos feszültséget kettő darab vevőantenna összegzett jeleként jelenítjük meg. Az egy vonalban elhelyezett vevőantennák összegzett jelét az oszcilloszkópon a már megismert (1. pont) beállítások mellett látnunk kell.

*A két antennából álló vevőantenna rendszerünk főiránya a két antenna együttes hosszának felezőpontjára húzott merőleges lesz!*

Amennyiben a jelgenerátor, modulációt biztosító funkciógenerátor, és az oszcilloszkóp beállításait is ellenőriztük és ennek ellenére nem látunk megfelelő vett jelszintet az oszcilloszkópon, akkor az egyik antenna elemet meg kell fordítanunk ( $180^\circ$ -al elfordítanunk) a kettő közül.

*Azonos fázisban csak akkor összegződnek a két antennáról érkező rádiófrekvenciás jelek, ha a két dipólantenna feszültségeloszlása azonos. Tehát egy időpillanatban azonos polaritású feszültség jelenik meg a kimenetükön.*

Tehát a kiinduló alaphelyzetben az oszcilloszkópon jelmaximumot látunk! Az egy vonalban lévő vevőantennák közül az egyiket úgy mozgatjuk tetszőlegesen az adóhoz közelítve, vagy attól távolodva, hogy a sugárzók, párhuzamosak maradjanak. Miközben lassan mozgatjuk az antennákat, figyeljük a vett teljesítménnyel arányos feszültségértéket az oszcilloszkópon! Mikor a vételi jel nulla értékét olvassuk le, akkor rögzítjük a két vevőantenna közötti távolságot a mérőszalag segítségével.

**A mérési adatok felhasználása, értelmezése, a levonható következtetések összegzése**

A teljes kioltást előidéző  $180^\circ$ -os fázishelyzet a két antennára érkező elektromágneses hullám között! Tehát ez a szabadtéri elektromágneses hullámterjedés fél hullámhossz értéke. Előfordul, hogy a teljes kioltást, vagyis a nulla feszültség értéket nem tudjuk létrehozni az oszcilloszkópon. *Mi lehet ennek az oka?*

A teljes kioltás kizárólag idealizált körülmények között jöhet létre. Olyan helyen ahol a környező tárgyakról, falakról nincs visszavert jel, vagy annak mértéke a közvetlenül vevőantennára jutó teljesítményhez képest elhanyagolható. *Ilyen körülmények úgynevezett nagyfrekvenciás „süketszobában hozhatók létre.*

*Miért beszélünk szabadtéri hullámhosszról? Azért mert amikor az elektromágneses energia nem levegőben, hanem szigetelőanyagban terjed (koaxiális kábel dielektrikum), akkor a terjedési sebesség, így a hullámhossz is megváltozik. Egy másik fontos tény, hogy bizonyos hullámvezetőkben, ahol az energia folytonos oda-vissza verődéssel terjed (mint a lézerfény az optikai kábelben), ott is megváltozik a terjedési sebesség (vagy csoportsebesség) pontosan az oda-visszaverődések következtében megtett többletútnak köszönhetően. Az így megváltozott hullámhossz kizárólag a hullámvezető belsejében érvényes.*

**A mérési feladatban megtapasztalható jelenség rövid videóinak elérése:****Interferencia kísérlete**

<https://drive.google.com/open?id=0BwAwIgPBRQe-NDY0Skpzb3A0VDg>

**5. A teljes feladatlap** (a teljes feladatlap elérése)

Terjedelmi okokból a további tanulói kísérletek leírásai, illetve a teljes mérési feladatlap az alábbi hivatkozás segítségével érhető el.

<https://drive.google.com/open?id=0BwAwIgPBRQe-TXNoX0xGOFNuZVk>

**6, A tanulói kísérletek során megtapasztalható jelenségek rövid bemutatása**

(1-1,5 perces videók segítségével)

A fenti feladatokat leginkább tanulói kísérleteknek nevezhetjük, mivel a mérések a gyártók által szolgáltatott adatokhoz képest pontatlanok a mérés körülményeinek (káros visszaverődések) és a detektorok, műszerek frekvenciafüggésének, pontatlanságának köszönhetően. Azonban a nagyfrekvenciás eszközök üzemeltetése során jelentkező problémákhoz kapcsolódó elektromágneses jelenségek és a főbb antennajellemzők megtapasztalására ezek a mérési összeállítások megfelelőek.

Az alábbi rövid – a kísérletekben megtapasztalható jelenségek gyors megtekintését segítő - videókat azok megnevezésére kattintva, vagy böngészőbe másolva érhetjük el.

**A mérési feladatalap rövid videóinak elérése:****Állóhullám kísérlete**

<https://drive.google.com/open?id=0BwAwIgPBRQe-c2NRVVdYU2ZJbjQ>

**Interferencia kísérlete**

<https://drive.google.com/open?id=0BwAwIgPBRQe-NDY0Skpzb3A0VDg>

**Antennajellemzők rövid bemutatása kísérleti mérésekben**

<https://drive.google.com/open?id=0BwAwIgPBRQe-ZEFuNGMxZ3hPOE0>

## Irodalomjegyzék

- Armando Garcia Dominguez (1990): EA5BWL Antennák méretezése Műszaki könyvkiadó Budapest
- Babosa Antal-Danyi Vilmos-Kvasz Mihály (2003): Híradástechnika, Nemzeti Tankönyvkiadó-Tankönyvmester Kiadó, Budapest
- Dr. Istvánffy Edvin (1967): Tápvonalak, antennák, hullámterjedés, Tankönyvkiadó, Budapest,
- dr. Tolnai János HA5LQ (2006): Rádióamatőr vizsgára felkészítő tananyag. Lektorálta: dr. Gschwindt András HA5WH. Budapest [http://www.puskas.hu/r\\_tanfolyam/r\\_tananyag.html](http://www.puskas.hu/r_tanfolyam/r_tananyag.html)
- Antennák, tápvonalak [http://www.puskas.hu/r\\_tanfolyam/antennak\\_tapvonalak.pdf](http://www.puskas.hu/r_tanfolyam/antennak_tapvonalak.pdf)
- Géher Károly (2000): Híradástechnika, Műszaki könyvkiadó, Budapest,
- Greguss Ferenc (1985): Élhetetlen feltalálók, halhatatlan találmányok II. kötet, Móra Ferenc Könyvkiadó.
- Haraszi Jenő, Muhari István (1981): Repülési hírközlés, I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- John H. Bryant Heinrich (1988): Hertz The Beginning of Microwaves, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York.
- Karl Rothammel (1977): Antennakönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.  
(<http://ha5cfj.hu/dm2abk/content.html>)
- Klaus Beuth, Eugen Huber (szerk.) (1994): Elektrotechnikai szakismeretek, Híradástechnika 1-2 B+V Lap-és könyvkiadó Kft.
- Muhari István (1980): Rádiótechnikai Mérések, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Nagy Ferenc Csaba (2005): Hírközlési alapismeretek, Skandi-wald könyvkiadó, Budapest.
- Öveges József (1979): Kísérletezzünk és gondolkodjunk! Gondolat Kiadó, Budapest.
- Simonyi Károly (1998): A fizika Kultúrtörténete a kezdetektől 1990-ig, Akadémia Kiadó, Budapest.
- Sztróckay Kálmán (1941): Száz kísérlet, Magyar könyvbarátok, Budapest.
- Tordai György (2002): Elektronikus Mérések Rádió-vevőkészülékek, Nemzeti tankönyvkiadó-Tankönyvmester Kiadó, Budapest.

## Források

- 54 863 02 Kerettanterv Honvéd Altiszt ágazat/szakmairány megjelölésével 334-365. oldal  
Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal Szakképzési kerettantervek  
[https://www.nive.hu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=440](https://www.nive.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=440) 2016.10.31.  
Babosa Antal-Danyi Vilmos-Kvasz Mihály (2003): Híradástechnika Nemzeti Tankönyvkiadó-Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 170.

Balogh Andrásné (1998): Az elektronika szakmódszertani elveinek változása, 159.

[http://mpt.bme.hu/user/baloghne/el\\_modsz.pdf](http://mpt.bme.hu/user/baloghne/el_modsz.pdf) 2016. 10. 25.

Dobosné Júlia (2016): Elektromágneses hullámok előadás 10. dia.

<http://slideplayer.hu/slide/3081518/> 2016.04.20.

Dr. habil. Lükő István, Dr. Molnár György (2015): Szakmódszertani ismeretek villamos szakmacsoportos mérnökök számára. A mérés, mint szakmai tevékenység szerepe a villamos szakmák gyakorlatában 1. lap [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412b2/2013-0002\\_szakmodszertani\\_ismeretek\\_villamos\\_szakmacsoportos\\_mernokok\\_szamara/SV/ssves323g.htm](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412b2/2013-0002_szakmodszertani_ismeretek_villamos_szakmacsoportos_mernokok_szamara/SV/ssves323g.htm) 2016.10.23

Dr. habil Lükő István, Dr. Molnár György (2015): Szakmódszertani ismeretek villamos szakmacsoportos mérnökök számára, A technikai fejlődés és következményei 9. oldal

[file:///C:/Users/Imre/Downloads/2013-](file:///C:/Users/Imre/Downloads/2013-0002_szakmodszertani_ismeretek_villamos_szakmacsoportos_mernokok_szamara%20(6).pdf)

[0002\\_szakmodszertani\\_ismeretek\\_villamos\\_szakmacsoportos\\_mernokok\\_szamara%20\(6\).pdf](0002_szakmodszertani_ismeretek_villamos_szakmacsoportos_mernokok_szamara%20(6).pdf)  
2016.10.25.

Dr. Istvánffy Edvin (1967): Távvezetékek, antennák, hullámterjedés Tankönyvkiadó, Budapest, 440-442.

Karl Schultheiss Ultrarövidhullámú készülékek Műszaki Könyvkiadó Budapest 163-164.

Rádióamatőr vizsgára felkészítő tananyag pukas.hu antennák távvezetékek (2006)

[http://www.puskas.hu/r\\_tanfolyam/antennak\\_tavvezetek.pdf](http://www.puskas.hu/r_tanfolyam/antennak_tavvezetek.pdf) 2016.04.30.

#### **Az ábrák forrásai**

3. ábra: Greguss Ferenc (1985): Élhetetlen feltalálók, halhatatlan találmányok II. kötet Móra Ferenc Könyvkiadó 372. oldal

6. ábra Superposition of Waves [www.acoustics.salford](http://www.acoustics.salford.ac.uk/feschools/waves/super.php#phase) (2016)

<http://www.acoustics.salford.ac.uk/feschools/waves/super.php#phase> 2016.04.28.