

## Potovanje radijskega valovanja

Pri poskusu boš preučeval potovanje (širjenje) elektromagnetnih radijskih valov v vodi, v zraku in v valovnih vodnikih.

### Pripomočki

- Oddajnik monokromatskega radijskega valovanja v vodotesnem ohišju (frekvenca je v območju med 200 MHz in 5 GHz), na sliki 1 ima oznako "A"; lega oddajnika je označena s črtkano črto. Sprejemnik valovanja je označen z "B" in je uglašen s tvojim oddajnikom. Sprejemnik prikazuje sprejeti elektromagnetni energijski tok  $P$  v decibelih [vrednost, izražena v decibelih =  $10 \log_{10}(\frac{P}{1 \text{ mW}})$ ]. Sprejemnik zabeleži energijski tok vsakih 15 sekund. Lego detektorja označuje rdeči trikotnik. **POZOR! Sprejemnik ni vodotesen! Ohišje oddajnika je vodotesno, ne odpiraj ga!**
- Komplet kovinskih cevi (oznaka "C") z različnimi premeri (notranji premeri so  $d_1 = 41 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 46 \text{ mm}$ ,  $d_3 = 59 \text{ mm}$ ,  $d_4 = 100 \text{ mm}$ ).
- Plastična cev "D", ki ima eno krajišče zaprto in zatesnjeno.
- Plastična škatla "E" z ravnim dnom. Pri potovanju radijskih valov skozi stene škatle je sprememba njihove faze zanemarljiva.
- Zvitek alu folije "F".
- Štirje kosi stiropora "G", iz katerih sestaviš zasenčni nosilec za oddajnik, kot ga kaže slika 2.
- Merilo "H".
- Plastično vedro z vodo "I", merilna posoda "J", plastični lonček "K", papirnate brisače "L".
- Tanka vrv "M", sponka "N", lepilni trak "O", elastike "P" in lesena palica "Q".

Tvoj oddajnik in sprejemnik sta medsebojno uglašena. Sprejemnik odfiltrira valovanja vseh ostalih oddajnikov. Upoštevati pa moraš, da se radijsko valovanje odbija od vseh predmetov v prostoru, tudi od človeških teles. Oddano in odbita valovanja interferirajo. Premikanje roke ali telesa v bližini detektorja zato vpliva na energijski tok, ki ga detektor izmeri. Prav tako na meritev vpliva orientacija detektorja in oddajnika. Senčilo iz alu folije izdelaj zelo zelo natančno: valovanje lahko uhaja tudi skozi zelo majhne luknjice in špranje (npr. med folijo in škatlo na sliki 2).

Naloge od 1 do 4 so med seboj neodvisne in jih lahko opraviš v poljubnem vrstnem redu. Skiciraj vse eksperimentalne postavitev, ki jih uporabiš. Poudari pomembne podrobnosti v postavitvah. Zapiši vse fizikalne obrazce, ki jih uporabiš. Izmerjene podatke zapiši v razpredelnice in nariši grafe, kjer je primerno. Negotovosti in napak meritev ni treba določati, a poskusi eksperimente opraviti čim natančneje.

### Naloga 1. Občutljivost detektorja (1t)

Kolikšen je najmanjši merljiv energijski tok (izrazi ga v mW)?

### Naloga 2. Valovna dolžina v vodi (6t)

Izmeri valovno dolžino radijskega valovanja v vodi. Uporabiš lahko postavitev, ki jo prikazuje slika 2.

V naslednjih nalogah boš raziskoval potovanje valovanja v kovinskih ceveh (valovnih vodnikih), v katerih je snov (voda ali zrak). V tem primeru velja

$$\vec{E} = \vec{E}_0(r, \varphi) e^{-\alpha z} e^{i(kz - \omega t)}, \quad (1)$$

kjer je  $\vec{E}$  jakost električnega polja,  $\alpha$  absorpcijski koeficient, ki opisuje pojanje polja zaradi dušenja v snovi (za vodo velja  $\alpha > 0$ , za zrak privzemi  $\alpha = 0$ ), in je enačba zapisana v cilindričnih koordinatah  $r, \varphi, z$ .

Funkcija  $\vec{E}_0(r, \varphi)$  predstavlja stoječe valovanje po prečnem preseku valovnega vodnika. Različna stoječa valovanja po prečnem preseku ustrezajo različnim potovalnim načinom valovanja v valovnem vodniku. Disperzijska relacija (zveza med  $\omega$ ,  $c$  in  $k$ ) za valovanje v vodniku je podana z

$$\omega^2 = (k_*^2 + k^2) c^2, \quad (2)$$

kjer sta  $c$  hitrost svetlobe v sredstvu, ki napolnjuje valovni vodnik, in  $k_*$  pozitivna konstanta, ki je odvisna samo od premera cevi in od potovalnega načina. V nalogi lahko zanemariš vse potovalne načine razen tistega z najmanjšo vrednostjo  $k_*$ . Bodi pozoren na dejstvo, da iz disperzijske relacije sledi, da valovanje lahko potuje brez dušenja (z realno vrednostjo vzdolžne komponente valovnega vektorja  $k$ ) le pri dovolj velikih frekvencah,  $\omega \geq ck_*$ . Enačbi (1) and (2) seveda veljata tudi za manjše frekvence, kjer je  $k$  imaginaren  $k = i\mu$ , kar ustreza dušenemu (evanescentnemu) načinu.

**Naloga 3. Dušenje v vodi (3t)** Določi koeficient dušenja  $\alpha$  za vodo. Namig: radijski valovi lahko potujejo vzdolž plastične cevi, ko je ta napolnjena z vodo, če je cev tesno ovita z alu folijo. V alu folijo ovito cev pritrdi z lepilnim trakom, da se ne prevrača.

**Naloga 4a. Dušeni načini v valovnem vodniku, napolnjenem z zrakom (2t)** Postavi oddajnik v aluminiasto cev s premerom  $d_1 = 46 \text{ mm}$  in sprejemnik na izhod cevi. Izmeri odvisnost moči  $P$ , ki jo zazna sprejemnik na izhodu cevi, od oddaljenosti oddajnika  $z$  od sprejemnika. Iz izmerjene odvisnosti  $P(z)$  določi parameter  $\mu$  dušenega načina.

**Naloga 4b. (5t)** Z različnimi cevmi naredi ustrezne nize meritev in poišči odvisnost parametra  $\mu$  od premera cevi  $d$ . Predlagaj funkcijo, ki opiše odvisnost  $\mu(d)$ , in svojo hipotezo eksperimentalno preveri.

**Naloga 5. Valovna dolžina v zraku in lomni količnik vode (3t)** Izmeri valovno dolžino radijskega valovanja v zraku in izračunaj lomni količnik vode za to valovanje.