

predavanje 5: Dopplerov efekt. Ultrazvuk. Uvod u elektromagnetizam. (odgovoreno prema popisu pitanja za prvi kolokvij 2007/2008)

1. Ukratko objasnite slijedeće pojmove: Što je zvuk, kako se definira razina jakosti zvuka, što je ultrazvuk, a što infrazvuk. Dopplerov efekt. (obavezno).

Valovi **zvuka** su longitudinalni valovi u čvrstim tijelima, tekućinama i plinovima. Kako se zvučni val širi, čestice sredstva titraju i tako nastaju promjene u gustoći i tlaku i to duž smjera širenja.

Jakost zvuka (I) je intenzitet zvučnog vala tj. energija koja se prenese u jedinici vremena kroz jedinicu površine okomitu na smjer širenja vala. Razina jakosti zvuka izražena u decibelima (dB).

Zvučni valovi frekvencije niže od 20 Hz nazivaju se **infrazvuk**, a više od 20 kHz **ultrazvuk**.

Infrazvučni valovi nastaju npr. pri potresima tla, a ultrazvuk se može dobiti elastičnim titrajima u kristalima.

Dopplerov efekt je pojava promjene detektirane frekvencije vala kada se izvor i / ili detektor gibaju relativno prema sredstvu kroz koje se širi val.

Ako se izvor giba brzinom v_i , a detektor brzinom v_D , onda će detektor registrirati frekvenciju:

$$f' = f \frac{v \pm v_d}{v \mp v_I}$$

→ + Detektor k izvoru, - detektor od izvora

→ + Izvor od detektora, - izvor k detektoru

gdje je f frekvencija vala koji emitira izvor.

2. Što je jakost zvuka? Kako se računa razina buke? Što je glasnoća zvuka?

Jakost zvuka (I) je intenzitet zvučnog vala tj. energija koja se prenese u jedinici vremena kroz jedinicu površine okomitu na smjer širenja vala. Razina jakosti zvuka izražena u decibelima (dB).

Uzima se da je najmanja jakost zvuka koju možemo čuti (prag čujnosti) $I_0 = 10^{-12} \text{ W / m}^2$, dok je najveća jakost zvuka koja ne oštećuje uho 10 W / m^2 .

Razina (nivo) zvuka (buke) je fizikalna veličina, a računa se po formuli: $L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$ [dB],

gdje je I jakost zvuka (buke), a I_0 prag čujnosti. Dakle, zvuk na pragu čujnosti ima razinu 0 dB, a zvuk od 120 do 130 dB počinje uzrokovati bol u uhu.

Glasnoća zvuka je osjet jakosti zvuka u našem uhu. Ona ovisi o intenzitetu i frekventnom spektru zvuka. Zvukovi iste jakosti a različitih frekvencija uhu se čine različito glasnim. Stoga za određivanje razine glasnoće treba nepoznate glasnoće usporediti s nekim referentnim zvukom. Za tu se svrhu koristi zvuk frekvencije 1000 Hz. Jedinica za razinu glasnoće zvuka je **fon**.

3. Što su udari, nađite frekvenciju udara.

Kad se izvor vala giba brže od brzine vala koju izvor emitira, $v_I > v$, npr. kad se brzina aviona približava brzini zvuka, valna duljina teži nuli, valne fronte se preklapaju. Dolazi dovelikog zgušnjavanja zraka ispred aviona, koji djeluje velikom silom na zrak. Po trećem Newtonovu zakonu, jednakom silom zrak djeluje na avion i dolazi do velikog porasta otpora zraka—zvučni zid. Kad se probije zvučni zid, konstruktivnom interferencijom nastaju valne fronte pod kutom θ i formiraju **udarni val (shockwave)**. Udarни val je popraćen naglom promjenom akustičkog tlaka—nagli porasti i nagli pad tlaka proizvede snažan zvuk.

Ja se nadam da je ovo odgovor na prvo podpitanje, jer je pitanje cudno postavljeno. Za frekvenciju neam pojma. Ko skuzi nek javi.

4. Što je Dopplerov efekt?

Kada su izvor vala i prijemnik nepokretni u odnosu prema sredstvu kroz koje se val širi, frekvencija valova koje prijemnik prima jednaka je frekvenciji titranja izvora.

Dopplerov efekt je pojava promjene detektirane frekvencije vala kada se izvor i / ili detektor gibaju relativno prema sredstvu kroz koje se širi val. Ako se izvor giba brzinom v_I , a detektor brzinom v_D , onda će detektor registrirati frekvenciju:

$$f' = f \frac{v \pm v_D}{v \mp v_I}$$

→ + Detektor k izvoru, - detektor od izvora

→ + Izvor od detektora, - izvor k detektoru

gdje je f frekvencija vala koji emitira izvor.

Predznaci u relaciji se odabiru tako da je $f' > f$ za gibanje izvora i detektora jednog prema drugome.

Neznam jel se ovo dalje traži ali ja sam zapisa (copy/paste):

detektor se giba, a izvor miruje

Detektor (D) se giba k izvoru (I) koji emitira sferne valove, valne duljine λ i frekvencije f , brzina širenja vala je $v = f\lambda$. Frekvencija koju opaža detektor je jednaka brzini kojom detektor nailazi na valne fronte. Kad detektor miruje, broj valnih fronti koje detektor izbroji u jedinici vremena je jednak frekvenciji $f = (vt / \lambda) / t = f$. Kad se detektor giba prema izvoru, brzinom v_D , broj valnih fronti na koje detektor naiđe (u vremenu t) se poveća, pa detektor opaža veću frekvenciju:

$$f' = \frac{(vt + v_D t) / \lambda}{t} = \frac{v + v_D}{\lambda} = \frac{v + v_D}{v} f$$

Kad se detektor giba brzinom v_D od izvora broj valnih fronti na koje naiđe za vrijeme t se smanji, pa detektor opaža manju frekvenciju:

$$f' = \frac{(vt - v_D t) / \lambda}{t} = \frac{v - v_D}{\lambda} = \frac{v - v_D}{v} f$$

← v_D [D] v_D → [I] $f' = \frac{v \pm v_D}{v} f$

detektor miruje, a izvor se giba

Detektor (D) miruje, a izvor (I) koji emitira kuglaste valove, valne duljine λ , frekvencije f čija je brzina širenja $v=f\lambda$, se giba brzinom v_I .

Frekvencija koju opaža detektor je jednaka brzini kojom detektor nailazi na valne fronte.

Za vrijeme od jednog perioda T , val prijeđe udaljenost $\lambda=vT$, a izvor se pomakne za $v_I T$, pa se zato

valna duljina skрати za $v_I T$: $\lambda' = \lambda - v_I T$ kad se izvor vala giba k detektoru, λ se poveća za isti iznos

$\lambda' = \lambda + v_I T$ ako se izvor giba od detektora.

$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{\lambda \mp v_I T} = \frac{v}{v \mp v_I} f$$

Kad se izvor približava detektor, opaža veću frekvenciju od one kojom titra izvor (valne fronte više nisu koncentrične sfere).

detektor se giba, i izvor se giba

Detektor se giba brzinom v_D , a izvor brzinom v_I . Zbog gibanja izvora detektor prima u jedinici

vremena $f' = \frac{v}{v \mp v_I} f$ titraja, a zbog gibanja detektora frekvencija što je opaža detektor je $\frac{v \pm v_D}{v}$ puta

veća (ili manja) od $f' = \frac{v}{v \mp v_I} f$ i jednaka je:

$$f' = f \frac{v \pm v_D}{v \mp v_I} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{+ Detektor k izvoru, - detektor od izvora} \\ \longrightarrow \text{+ Izvor od detektora, - izvor k detektoru} \end{array}$$

Ako se i sredstvo kojim se val širi giba brzinom v_s :

$$f' = f \frac{v \pm v_D \pm v_s}{v \mp v_I \mp v_s}$$