

Student	

1. DOMAĆA ZADAĆA

ZADATAK 4.

Definirajte Dopplerov efekt. Automobil vozi cestom brzinom od 70 km/h. Iza njega dolazi drugi automobil brzinom od 120 km/h. Iživciran sporošću prvog automobila, vozač drugog automobila trubi i pretječe prvi automobil. Ako njegova truba emitira zvuk frekvencije 600 Hz, koju frekvenciju čuje vozač prvog automobila prije pretjecanja, a koju poslije?

ODGOVOR I RJEŠENJA:

UVOD

Dopplerov efekt (ili Dopplerov pomak), je pojava koja je dobila ime po austrijskom fizičaru Christianu Doppleru koji ga je predložio 1842. godine u Pragu.

To je promjena frekvencije vala za promatrača koji se kreće u odnosu na izvor vala. To se obično čuje kada iz vozila koje se primiče, prolazi, a potom i odmiče od promatrača (slušatelja), trubi sirena.

Primljena frekvencija je veća (u odnosu na emitirane frekvencije) tijekom približavanja, identična je u trenutku prolaska, a niža u vrijeme odmicanja.

Relativne promjene u frekvenciji mogu se objasniti na sljedeći način. Kada se izvor valova se kreće prema promatraču, svaki sljedeći valni vrh se emitira iz pozicije bliže promatrača u odnosu na prethodnu. Stoga svaki val dolazi malo ranije do promatrača nego prethodni val. Stoga je vrijeme između dolaska uzastopnih valova do promatrača smanjeno, što uzrokuje povećanje frekvencije.

Dok putuju, razmak između uzastopnih valnih fronti je smanjen, tako da se valovi "zbijaju". Isto tako, ako se izvor valova udaljava od promatrača, svaki val se emitira iz pozicije dalje od promatrača u odnosu na prethodnu, tako da se vrijeme dolaska između uzastopnih valova povećava, i smanjuje se učestalost. Udaljenost između uzastopnih valnih fronti je povećana, tako da se valovi "raširuju".

Za valove koji propagiraju u mediju, kao što su zvučni valovi, brzine promatrača i izvora su relativne u ovisnosti

o mediju u kojem se valovi prenose. Ukupni Dopplerov efekt, dakle može nastati iz gibanja izvora, gibanja promatrača, odnosno gibanja medija. Svaki od tih učinaka je analiziran odvojeno. Za valove koji ne zahtijevaju medij, kao što su svjetlo ili sile teže u općoj relativnosti, uzima se u obzir samo relativna razlika u brzini između promatrača i izvora.

U klasičnoj fizici, gdje su brzine izvora i primatelja u odnosu na medij niže od brzine valova u mediju, odnos između promatrane frekvencije f i emitirane frekvencije f_0 je zapisan ovako :

$$f = \left(\frac{c \pm v_p}{c \mp v_i} \right) f_0$$

gdje je

- c – brzina valova u mediju (brzina zvuka)
- v_p – brzina primatelja, pozitivna ako se primatelj giba prema izvoru
- v_i – brzina izvora, pozitivna ako se izvor udaljava od primatelja

Frekvencija se smanjuje, ako se bilo primatelj bilo izvor, udaljava jedan od drugoga.

U elektroakustici frekvencije zvukova koje je izvor emitira se zapravo ne mijenjaju. Da bi razumjeli što se događa, razmotrite sljedeće analogije.

Bacač baca lopticu jednom u svakoj sekundi u smjeru primatelja. Pretpostavimo da loptice putuju konstantnom brzinom. Ako bacač miruje, primatelj će dobiti jednu lopticu svake sekunde. Međutim, ako se bacač kreće prema primatelju, on će primati loptice češće jer će loptice biti manje udaljene. Obrnuto vrijedi ako se bacač kreće od primatelja. Dakle, za posljedicu imamo utjecaj na valnu duljinu, a također i na primljenu frekvenciju. Također se može reći da je brzina vala ostaje konstantna dok se valna duljina mijenja, stoga se frekvencije također mijenja.

Ako se izvor udaljava od promatrača i emitira valove frekvencije f_0 , tada relativno mirujući promatrač stacionaran u odnosu na medij detektira valove frekvencije f

$$f = \left(\frac{c}{c + v_i} \right) f_0$$

gdje je v_i pozitivna ako se izvor udaljava od slušatelja, odnosno negativna ako se izvor giba prema promatraču.

U slučaju pokretnog promatrača i stacionarnog izvora

$$f = \left(\frac{c + v_p}{c} \right) f_0$$

gdje je v_p pozitivna ako se slušatelj giba prema izvoru, odnosno negativna ako se slušatelj udaljava od izvora.

Sve je zapravo onda generalno u formuli

$$f = \left(\frac{c + v_p}{c + v_i} \right) f_0$$

Sa relativno sporo gibajućim izvorom u odnosu na c jednačbu možemo aproksimirati izrazom

$$f = \left(1 - \frac{v_{s,r}}{c} \right) f_0$$

gdje je

$$v_{s,r} = v_s - v_r$$

Neke od primjena su :

- mjerenje temperature
- radar
- u astronomiji
- medicinski pregledi
- mjerenje protoka krvi
- podvodna akustika
- mjerenje vibracija

RJEŠENJE ZADATKA

ZADATAK 4.

$$v_{i,2.automobil} = 120 \frac{km}{h} = \frac{120 m}{3,6 s}$$

$$v_{p,1.automobil} = 70 \frac{km}{h} = \frac{70 m}{3,6 s}$$

$$f_0 = 600 Hz$$

Frekvenciju koju čuje vozač prvog automobila prije nego ga pretekne drugi automobil je

$$f = \left(\frac{c+v_p}{c-v_i} \right) f_0 = \left(\frac{343 \frac{m}{s} + \frac{70m}{3,6 s}}{343 \frac{m}{s} - \frac{120m}{3,6 s}} \right) 600 Hz = 702,260 Hz.$$

Frekvenciju koju čuje vozač prvog automobila nakon što ga pretekne drugi automobil je

$$f = \left(\frac{c-v_p}{c+v_i} \right) f_0 = \left(\frac{343 \frac{m}{s} - \frac{70m}{3,6 s}}{343 \frac{m}{s} + \frac{120m}{3,6 s}} \right) 600 Hz = 515,855 Hz.$$

REFERENCE:

- (1) www.wikipedia.org
- (2) B. Ivančević; Predavanja iz elektroakustike, 2011/2012