

$$p_1(x, t) = p \sin(\omega \cdot t - k \cdot x), \text{ direktni} \quad (1.36)$$

$$p_2(x, t) = p \sin(\omega \cdot t + k \cdot x), \text{ reflektovani.} \quad (1.37)$$

Pod opisanim uslovima u cevi će doći do interferencije direktnog i reflektovanog zvučnog talasa i nastaće novi talas za koji se dobija:

$$p(x, t) = p_1(x, t) + p_2(x, t) = 2p \cos(kx) \sin(\omega t) \quad (1.38)$$

Kao što se može videti iz izraza (1.38) rezultatni talas u cevi, koji se u ovom slučaju naziva *stojeći*, ima istu frekvenciju, ali mu se amplituda menja po kosinusnom zakonu i njena maksimalna vrednost je duplo veća nego kod direktnog i reflektovanog talasa pojedinačno.

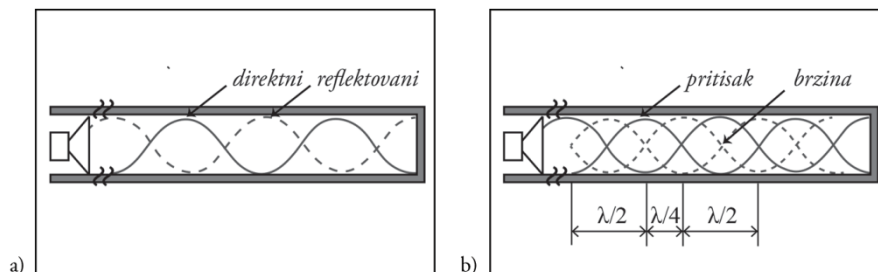
Detaljnijom analizom izraza $2p \cos(kx)$, koji predstavlja amplitudu stojećeg talasa dolazimo do zaključka da duž cevi, odnosno duž ose x , postoje mesta gde je amplituda minimalna i mesta gde je maksimalna. Mesta minimalne amplitude pritiska se nazivaju *čvorovi* stojećeg talasa (amplituda jednaka nuli ako nema gubitaka u cevi) i data su izrazom:

$$x_{m(\min)} = \pm(2m - 1) \frac{\lambda}{4}, \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (1.39)$$

dok se mesta maksimalne amplitude stojećeg talasa nazivaju *trbusi* i za njih važi relacija:

$$x_{m(\max)} = \pm m \frac{\lambda}{2}, \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (1.40)$$

Na slici 1.35b su prikazane promene amplitude stojećeg talasa pritiska duž koordinate x (puna linija). Čvorovi i trbusi stojećeg talasa se tokom vremena uvek nalaze na istim mestama duž cevi, iz čega se zaključuje da se ovaj talas ne prostire, pa je zato i dobio ime *stojeći talas*. Razmak između uzastopnih čvorova ili trbuha stojećeg talasa je $\lambda/2$, a razmak između susednog švora i trbuha $\lambda/4$.



Slika 1.35 – Superpozicija direktnog i reflektovanog zvučnog talasa u dugačkoj zatvorenoj cevi: a) direktni i reflektovani talasi b) stojeći talasi pritiska i brzine čestica

Ako bi umesto zvučnog pritiska posmatrali promenu brzine čestica v duž cevi, dobili bi opet stojeći talas, koji je u odnosu na stojeći talas pritiska i vremenski i prostorno pomenen za ugao $\pi/2$ [6]. To znači da se čvorovi talasa brzine čestica nalaze na mestima trbuha talasa pritiska i obratno, slika 1.35b.

Na mestima čvorova talasa njihova amplituda (isto je i za pritisak i za brzinu čestica) je uvek jednaka nuli dok se na mestima trbuha menja u vremenu po kosinusnom zakonu, između maksimalnih graničnih vrednosti $-A$ i $+A$, brzinom definisanom frekvencijom f .

Na slici 1.36 prikazan je stojeći talas u četiri trenutka vremena takva da je $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$. Kao što se vidi, amplituda talasa na mestu neparnih trbuha se promenila od vrednosti $A = 3$ jedinice, preko vrednosti $A = 2$ jedinice, $A = 1$ jedinica do vrednosti $A = -1$ jedinica. Na parnim trbusima isti je korak i opseg promena, samo su vrednosti suprotnog znaka.

Ovde treba istaći činjenicu da stojeći talasi u cevi pri kojima dolazi do značajnih oscilacija vazdušnog stuba nastaju samo na određenim, tačno definisanim frekvencijama. Te frekvencije se nazivaju *frekvencije rezonanse cevi* ili *sopstvene frekvencije cevi*, a definisane su njenom dužinom i graničnim uslovima na njenim krajevima (zatvorena ili otvorena cev). Na