

tom pri danom objeme sály potrebnú zvukovú absorpciu stien. Pravda — ako vyplýva z predchádzajúceho — je samozrejmé, že v blízkom okolí rečníka (zdroja zvuku) majú byť steny zvuk pomerne dobre odrážajúce a na odľahlom konci sály steny zvuk podstatne viac pohlcujúce. Na odľahlom konci sály sú nebezpečné najmä zaoblené steny, ktoré koncentrujú zvuk do jedného miesta a vedľa nechávajú priestory zvukom nepresýtené.

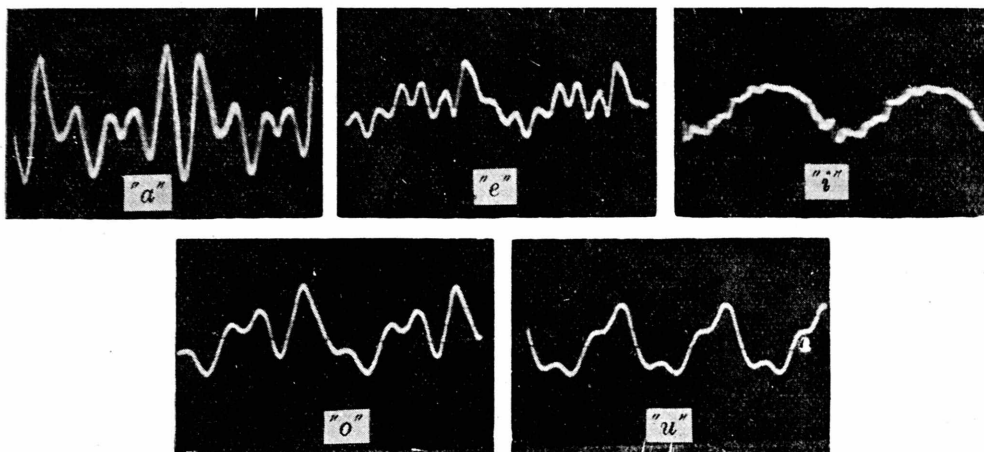
**9.9. Vznik a zloženie ľudského hlasu.** Ľudský hlas vzniká podobným spôsobom ako zvuk v píšťale jazýčkovej. V hrtane sú dve pružné blany, nazývané *hlasivky*, ktoré sú pri hovorení a spievaní napnuté, takže potom je medzi nimi úzka *hlasová štrbina*. Prúdom vzduchu z pľúc sa hlasivky rozkmitajú, čím vo vzduchu na druhej strane hlasiviek vzniká pravidelné kolísanie tlaku, ktoré sa šíri cez ústa do okolia ako zvukové vlnenie nazývané ľudským hlasom.

Výška hlasu závisí od dĺžky hlasiviek (u mužov asi 18 mm, u žien asi 12 mm), a od ich napätia, ktoré sa pôsobením príslušného svalstva v istých hraniciach môže meniť. Tieto hranice určujú výškový rozsah ľudského hlasu, ktorý sa rovná asi dvom oktávam, ale u rôznych osôb v rôznych polohách. Bas má tónový rozsah  $F — e^1$ , tenor  $c — a^1$ , alt  $f — e^2$  a soprán  $c^1 — a^2$ .

Rôzne zafarbenie ľudského hlasu, podľa ktorého rozoznávame najmä samohlásky, vzniká rezonanciou dutiny hrtanovej, ústnej a nosnej. Ich značný útlm na mäkkých stenách spôsobuje, že tieto dutiny sú schopné zosilňovať široký obor tónov okolo ich vlastných tónov, tzv. *formantov*. Vlastný tón nepremennej dutiny hrtanovej je tzv. *vedľajší formant* s frekvenciou asi 400 Hz (tón  $g^1$ ). *Hlavný formant*, vlastný tón ústnej dutiny, sa môže meniť polohou jazyka, zubov a perí v širokom rozsahu asi od 175 Hz ( $f$ ) do 3 700 Hz ( $b^4$ ). Dutina nosná má len menší vplyv, ktorý sa prejavuje napríklad pri nádche. V zložitom zvuku, ktorý vzniká pri hlasivkách, zosilňujú sa v spomenutých rezonančných dutinách hlavne frekvencie v okolí formantov. Keďže hlavný formant je meniteľný, môže sa tým meniť aj zloženie ľudského hlasu, čím práve vznikajú rôzne samohlásky. Najnižší je formant samohlásky *u*, asi 175 Hz (tón  $f$ ). Pri obyčajnej reči je v tejto samohláske len základný tón. Tým je vysvetlené, že zvuk napríklad ladičky, v ktorom je prakticky tiež len základný tón, budí dojem samohlásky *u*. Formanty ostatných samohlások sú postupne vyššie, pre *o* asi 400 Hz ( $g^1$ ), pre *a* 800 Hz ( $g^2$ ), pre *e* 2 300 Hz ( $d^4$ ) a pre *i* 3 700 Hz ( $b^4$ ). Grafický záznam kolísania tlaku vzduchu pri vyslovovaní jednotlivých samohlások je reprodukován na *obr. 9.10*. Vidíme na ňom zreteľne, že pri súvisle a obvyklým spôsobom hovorenej reči všetky samohlásky sú zvuky s rovnakou základnou frekvenciou, ku ktorej sa pridávajú formanty — najvyšší pri vyslovovaní samohlásky *i*. Pri hovore šeptom sú hlasivky popustené.

takže základný tón nevzniká. Vzduchovým prúdom unikajúcim z pľúc sa rozochvievajú len tri rezonančné dutiny, čo na porozumenie reči stačí.

Spoluhlásky vznikajú alebo ako šelesty pri prúdení vzduchu cez zúžené miesta (napríklad spoluhláska *s* je súbor veľmi vysokých tónov vznikajúcich pri prúdení vzduchu medzi zubami), alebo tým, že pery, zuby alebo jazyk náhle otvárajú cestu pre vzduch prúdiaci z pľúc, čím vznikajú len krátko trvajúce nepravidelné zvuky.



Obr. 9.10

Z povedaného jasne vyplýva, že na to, aby reprodukováný ľudský hlas bol dostatočne zrozumiteľný, treba, aby príslušné zariadenia dostatočne rovnomerne reprodukovali tóny aj pomerne vysokých frekvencií. Podľa skúsenosti na dokonalý prenos reči telefónom alebo rozhlasovým reproduktorom treba, aby membrána správne reprodukovala tóny až do výšky asi 8 000 Hz. Ak sa však uspokojíme len s porozumením reči, ako je to pri telefonovaní, stačí, ak membrána reprodukuje správne tóny do výšky asi 2 600 Hz. So znižovaním tejto hranice zrozumiteľnosť reči klesá a končí už pri frekvencii asi 1 000 Hz.

### Úlohy na cvičenie

1. Stojaté vlnenie vzniklo interferenciou dvoch proti sebe postupujúcich vlnení s frekvenciou 475 Hz. Vzdialenosť susedných uzlov bola 1,5 m. Aká je rýchlosť postupu vlnenia v danom prostredí? (1 425 m/s)
2. Aký najvyšší základný tón môže vydávať ocelová struna 25 cm dlhá, keď jej pevnosť v ťahu je 25 kp/cm<sup>2</sup> a merná hmotnosť  $s = 7,8$  g/cm<sup>3</sup>? ( $v = 1 144$ /s).
3. Rýchlosť zvuku v ocelevej tyči je  $v = 5 100$  m/s. Treba vypočítať modul pružnosti ocele v ťahu, keď jej merná hmotnosť je  $s = 7,8$  g/cm<sup>3</sup>. ( $E = 2,07 \cdot 10^6$  kp/cm<sup>2</sup>)