

Táto rovnica je však rovnocenná s tromi skalárnymi rovnicami

$$s \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{mG}{m-2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{2(m-1)}{m-2} G \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

alebo

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{2(m-1)}{m-2} \frac{G}{s} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (20a)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \frac{G}{s} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{G}{s} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad (20b)$$

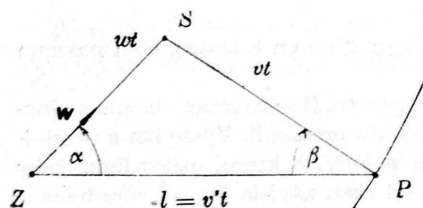
z ktorých vyplýva, že v pevnom, pružnom a izotropnom hmotnom prostredí môžu postupovať pozdĺžne rovinné vlny rýchlosťou $v_1 = \sqrt{\frac{G}{s} \cdot \frac{2(m-1)}{m-2}}$ a priečne rovinné vlny rýchlosťou inou, $v_2 = \sqrt{\frac{G}{s}}$. Keďže priemerná hodnota Poissonovej konštanty je $m = 3$, je približne $v_1 = 2v_2$.

Tento poznatok má veľký praktický význam pre štúdium zemetrasení. Ak ohnisko zemetrasenia je ďaleko, seizmograf (prístroj na registrovanie malých pohybov zemského povrchu) zaznačí najprv príchod pozdĺžnej vlny a až potom príchod priečnej vlny. Pre príslušný časový interval platí:

$$\Delta t = \frac{d}{v_2} - \frac{d}{v_1} = d \left(\frac{1}{v_2} - \frac{1}{2v_2} \right) = \frac{d}{2v_2}$$

z čoho pre vzdialenosť ohniska zemetrasenia vychádza: $d = 2v_2 \Delta t$.

8.8. Vplyv vetra na rýchlosť a intenzitu zvuku. Predstavme si, že v dostatočnej výške nad zemským povrchom bodový zdroj rozruchu Z a pozorovateľ P sú vo vzájomnej vzdialenosti l a vzhľadom na zemský povrch v pokoji (obr. 8.18). Okrem toho si predstavme, že vzduch sa v blízkosti zdroja



Obr. 8.18

a pozorovateľa pohybuje všade rovnakou rýchlosťou w , ktorá so spojnicou ZP zvierá uhol α . Keď zdroj Z na začiatku počítania času vyšle krátky zvukový signál, príslušná tlaková vlna prejde miestom pozorovateľa P v určitom čase t , takže rýchlosť šírenia sa rozruchu v smere ZP je $v' = l/t$. Zvuk sa však v tomto prípade šíri vo všetkých smeroch rovnakou rýchlosťou v , danou vzorcom (8.5.5), nie vzhľadom na

zemský povrch, ale vzhľadom na súradnicový systém, ktorý sleduje pohyb vzduchu ako celku. Preto stred S vzduchom sa šíriacej tlakovej vlny, ktorá má tvar gule, v čase t je v mieste s polohovým vektorom $\mathbf{r} = \mathbf{w}t$ a polomer gule je vt . Z obr. 8.18 vyplýva vzťah $l = v't = wt \cos \alpha + vt \cos \beta$, podľa ktorého

$$v' = v \cos \beta + w \cos \alpha \quad (1)$$

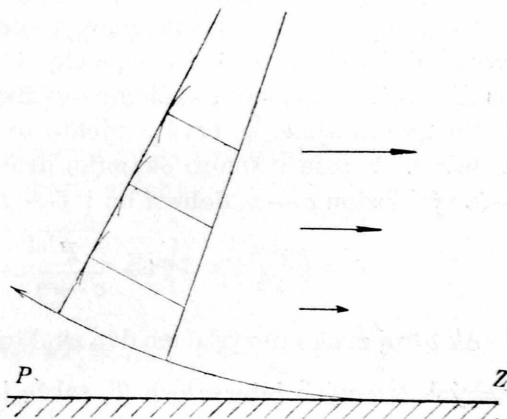
Za predpokladu, že rýchlosť pohybu vzduchu (rýchlosť vetra) je malá vzhľadom na rýchlosť zvuku vo vzduchu, môžeme s istou aproximáciou písať aj

$$v' = v + w \cos \alpha \quad (2)$$

Veľmi dobre známym poznatkom je, že ak vietor veje od zdroja zvuku k pozorovateľovi, pozorovateľ vníma slabé zvukové signály omnoho lepšie, ako v prípade opačnom, čiže ak vietor duje na opačnú stranu. Rozdiel intenzít prijímaného zvuku je taký veľký, že ho nemožno vysvetliť tým, že dráha prebehnutá zvukovou vlnou v pohybujúcom sa vzduchu je v oboch prípadoch rôzna.

Veľké zoslabenie zvuku sa v prípade, že vietor veje od pozorovateľa k zdroju, vysvetľuje tým, že rýchlosť vetra pôsobením rôznych prekážok a vplyvom vnútorného trenia tesne nad zemou je menšia ako vo väčšej výške. To má za následok, že vlnoplochy, ktoré vo väčšej vzdialenosti od zdroja sú už približne rovinné a ktoré by za bezvetria boli na zemský povrch kolmé, vplyvom vetra sú od pozorovateľa odklonené, ako je to znázornené na obr. 8.19. Pretože sa vlnenie šíri vždy kolmo na vlnoplochy, zvuková energia, ktorá sa zo zdroja Z začala šíriť v smere vodorovnom, šíri sa ďalej pozdĺž stúpajúcej krivky, takže sa k pozorovateľovi, ktorý je v mieste P , prípadne nijaká zvuková energia nedostane.

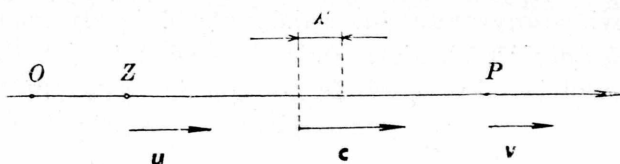
Podobný vplyv ako vietor má na šírenie sa zvuku aj vertikálne rozloženie teploty v ovzduší, lebo rýchlosť zvuku vo vzduchu [pozri vzorec (8.5.5)] sa s klesajúcou teplotou znižuje. Obyčajne sa teplota vzduchu s výškou nad zemským povrchom znižuje, čo má na intenzitu zvuku prijímaného pozorovateľom podobný vplyv ako vietor, ktorý vane od pozoro-



Obr. 8.19

vatela k zdroju zvuku. Po západe Slnka, najmä za bezvetria a keď sú mračná nízko, môže sa však stať, že vertikálne rozloženie teploty nad zemským povrchom je opačné. V tom prípade čiary, pozdĺž ktorých sa šíri zvuková energia, sú nútené sledovať zemský povrch a zvuk sa šíri dobre aj na veľké vzdialenosti. Tento vplyv rozloženia teploty ovzdušia na šírenie sa zvuku vysvetľuje aj známy poznatok, že slabé zdroje zvuku možno niekedy počuť len v malej vzdialenosti, inokedy v podstatne väčšej.

8.9. Dopplerov jav. V predošlom článku sme sa zaoberali javmi, pri ktorých zdroj zvukového vlnenia a pozorovateľ boli v relatívnom pokoji, a vzduch, nositeľ zvukových vln, bol vzhľadom na túto dvojicu v pohybe. V tomto článku sa budeme zaoberať prípadmi opačnými. Budeme najprv predpokladať,



Obr. 8.20

že vzduch je síce vzhľadom na zemský povrch v pokoji, zato však zdroj alebo pozorovateľ, prípadne zdroj aj pozorovateľ, sa nejakým spôsobom pohybujú.

Rozriešime najprv prípad jednoduchší. Budeme predpokladať, že zdroj Z a pozorovateľ P sa pohybujú pozdĺž osi X rýchlosťami u a v , počítanými kladne v smere osi X , a že pozorovateľ v smere osi X je pred zdrojom zvuku (obr. 8.20). Rýchlosť postupu vlnenia vo vzduchu budeme označovať v tomto článku zas písmenom c .

Ak zdroj zvuku vyslal po sebe, v časovom intervale T , dva veľmi krátke zvukové signály, príslušné vlnoplochy, ktoré dohánajú pozorovateľa, pretínajú os X v bodoch, ktorých vzájomná vzdialenosť je $\lambda' = cT - uT = (c - u)T$.

Predpokladajme, že prvá z týchto dvoch vlnoploch zastihne pozorovateľa v čase t . Pretože v tomto okamihu druhá vlnoplocha doháňa ešte pozorovateľa rýchlosťou $c - v$, dohoní ho v čase $t + T'$, pričom

$$T' = \frac{\lambda'}{c - v} = \frac{c - u}{c - v} T \quad (1)$$

Ak zdroj zvuku nevyslal len dva zvukové signály, ale vysiela ich stále a v rovnakých časových intervaloch T , takže ich frekvencia je $\nu = \frac{1}{T}$, frekvencia, s ktorou ich prijíma pozorovateľ, je :