

Cursul 4.1.2 Acustica: Bangul sonic

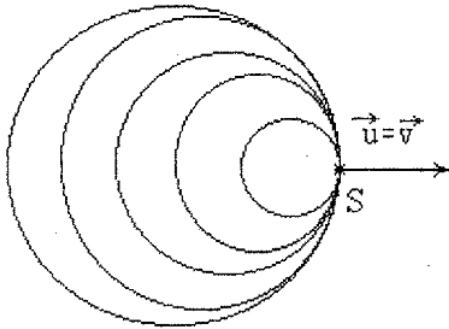


Fig. 1 Sursa se deplasează cu viteza sunetului. Toate fronturile de undă sunt tangente în S.

O dacă sursa unui sunet se deplasează cu viteză inferioară vitezei u a sunetului, atunci se modifică frecvența sunetului perceput la observator. Fenomenul se numește efect Dopple. În situația în care sursa se deplasează cu o viteză egală tocmai cu viteza sunetului, v , atunci sursa S se află întotdeauna într-un punct în care sunt tangente toate fronturile de undă emisă de S (vezi figura 1), din moment ce atât S cât și fronturile de unde se deplasează deodată

$u = v$. egal cu b. Dacă viteza sursei S este chiar superioară vitezei sunetului $u > v$ (în cazul avioanelor supersonice) atunci nu există nici o undă înaintea sursei care se află în vârful unui con determinat de înfășurătoare a tuturor fronturilor de undă emisă de S de-a lungul traiectoriei sale (vezi figura 2). Energia tuturor fronturilor de unde se acumulează pe înfășurarea lor generând ceea ce se numește o undă de șoc, percepută ca o bubitură după care se aude zgomotul de motor. Se poate calcula unghiul conului dacă se cunoaște viteza sursei u . Din figura 2 se vede că sinusul unghiului θ este dat de raportul segmentelor S_1A și respectiv S_1S . Ce reprezintă distanțele străbătute de sunet și respectiv de sursă în același interval de timp

$$\sin(\theta) = \frac{S_1A}{S_1S} = \frac{v \cdot t}{u \cdot t} = \frac{v}{u} . \quad (1)$$

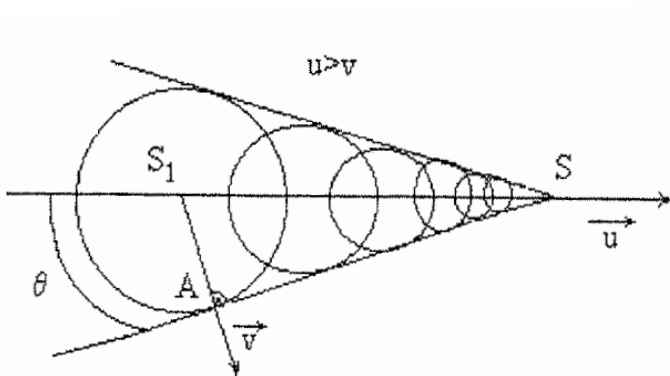


Fig. 2 Conul undei de șoc produs atunci când sursa se deplasează cu o viteză $u > v$ (viteza sunetului).

Inversul sinusului raportul u/v , supraunitar se numește numărul lui Mach și arată de câte ori este mai mare viteza sursei față de viteza sunetului.

$$Mach = \frac{u}{v} > 1 . \quad (2)$$

Un avion supersonic generează de fapt două unde de șoc, prima este asociată cu botul și ce-a de-a doua cu coada avionului (vezi Fig. 3). Presiunea aerului în regiunea de suprapresiune diferă față de cea atmosferică, iar această variație a presiunii este cea care produce senzația auzită de observator în cazul unei unde de șoc. Creșterea presiunii cu Δp se petrece într-un interval de timp foarte scurt, τ , după care scade cu Δp sub valoarea presiunii atmosferice (p_0) pentru a reveni apoi brusc la p_0 . Variația presiunii în funcție de timp are forma literei N de tipar, după cum se vede din figura 3 jos. Cele mai pronunțate schimbări de presiune se produc atunci când cele două unde de șoc ajung la urechea observatorului. Fiecare undă generează un sunet exploziv. În schimb, dacă cele două unde de șoc sunt prea apropiate, atunci se aude clar numai prima dintre ele, cea asociată botului avionului. Senzația neplăcută produsă de unda de șoc este datorată intervalului scurt τ de creștere a presiunii de durată totală T a perturbației și de variația de presiune Δp . Valoarea tipică pentru intervalul de creștere este $\tau = 3$ ms, iar durata totală a perturbației, T poate fi de la 0,1 secunde pentru un avion de vânătoare supersonic britanic până la 0,4 secunde pentru un Concorde. În undă de șoc a unui astfel de avion aflat la 20 de km distanță de Observator variația de presiune poate fi $\Delta p = 100$ de Pa față de valoarea presiunii atmosferice normale p_0 .

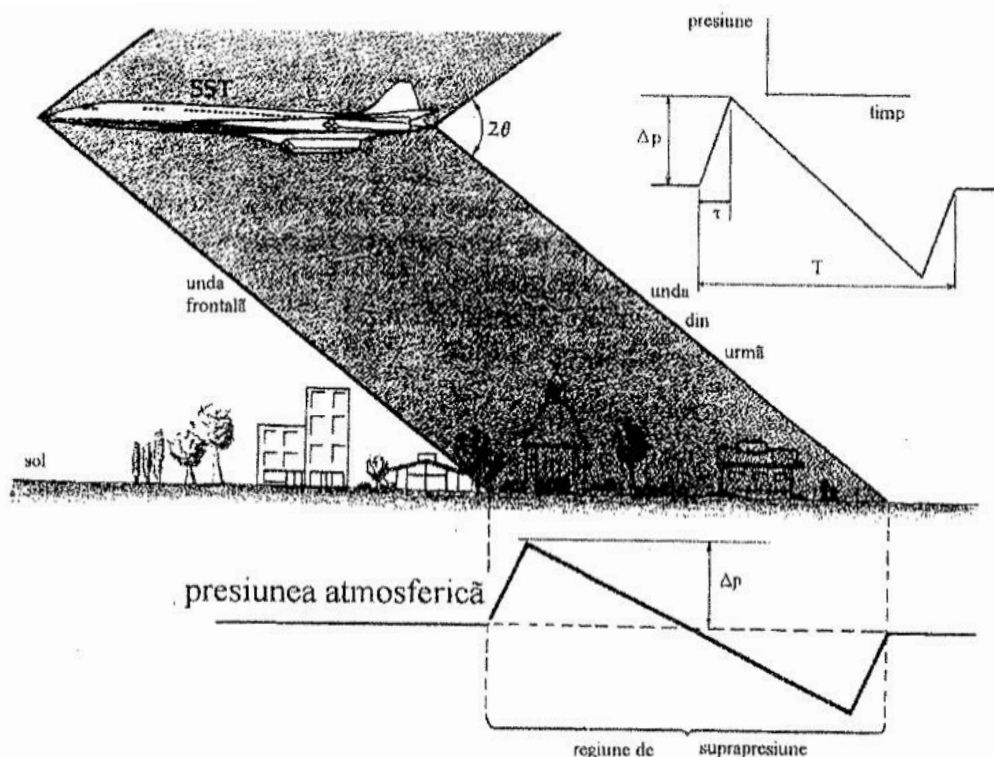


Fig. 3 Undele de șoc asociate produse de un avion care se deplasează cu viteză supersonică (sus). Variația presiunii în unda de șoc.