

موج‌های ضربه‌ای

شما ممکن است "غرش صوتی" را که به علت پرواز هواپیما با سرعتی سریع‌تر از سرعت صوت پیش‌آید تجربه کرده باشید. به طور کیفی می‌توانیم از شکل ریز ببینیم که چرا این وضع پیش می‌آید. فرض کنید v_s نشان دهنده تندی هواپیمایی نسبت به هوا باشد به طوری که همواره مثبت است. حرکت هواپیما در هوا صوتی ایجاد می‌کند، اگر v_s کمتر از v تندی صوت باشد، موج‌ها در جلوی هواپیما با طول موجی که با معادله‌ی زیر داده می‌شود با هم جمع می‌شوند:

$$\lambda_{\text{in front}} = \frac{v - v_s}{f_s}$$

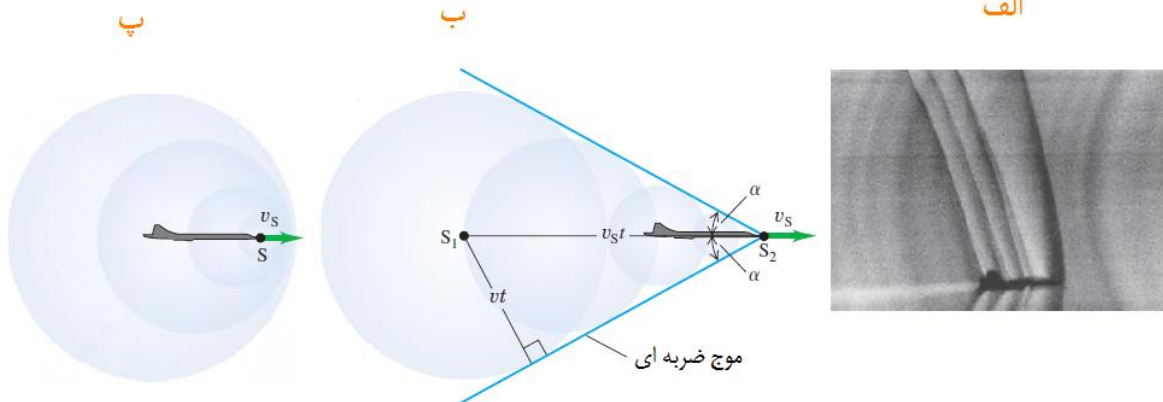
وقتی تندی هواپیما به تندی صوت نزدیک شود، طول موج به صفر نزدیک می‌شود و قله‌های موج روی یکدیگر جمع می‌شوند (**شکل الف**). هواپیما باید نیروی بزرگی وارد کند تا هوا را در جلوی خود متراکم کند؛ از قانون سوم نیوتون، هوا نیروی بزرگ برابری به عقب روی هواپیما وارد می‌کند. از این رو، وقتی هواپیما به تندی صوت نزدیک می‌شود افزایش زیادی در کشش آنرودینامیکی (مقاومت هوا) وجود دارد، پدیده‌ای که به "دیوار صوتی" معروف است.

شکل ب مقطع آنچه را که اتفاق می‌افتد نشان می‌دهد. وقتی هواپیما حرکت می‌کند، هوای اطراف را جابه‌جا می‌کند و صوت ایجاد می‌شود. دسته‌ای از قله‌های موج از دماغه‌ی هواپیما گسیل می‌شوند، که هر یک در دایره‌ای به مرکز مکان هواپیما در وقتی قله را گسیل کرده است گسترده می‌شود. پس از زمان قله‌ی گسیل شده از نقطه‌ی در دایره‌ای به شعاع گسترده شده و هواپیما مسافت بیشتری تا مکان را پیموده است. می‌توانید ببینید که قله‌های دایره‌ای در نقطه‌هایی در امتداد خطی که زاویه‌ی با جهت سرعت هواپیما می‌سازد تداخل سازنده می‌کنند و این به دامنه‌ی قله‌ی موج بسیار بزرگی در امتداد این خط می‌انجامد. این قله با دامنه‌ی بزرگ را موج ضربه‌ای می‌نامند (**ب**).

از مثلث قائمه در **شکل ب** دیده می‌شود که زاویه‌ی با رابطه‌ی زیر داده می‌شود

$$\sin \alpha = \frac{vt}{v_s t} = \frac{v}{v_s}$$

در این رابطه تندی چشمه (اندازه‌ی سرعت آن) نسبت به هوا و همواره مثبت است. نسبت عدد ماخ نامیده می‌شود. این عدد در همه‌ی تندی‌های فراصوتی بیش‌تر از یک است، و در معادله‌ی بالا معکوس عدد ماخ است. اولین دیوار صوتی توسط هواپیمای در سال 1947 در 1/06 ماخ شکسته شد.



<http://physics-dept.talif.sch.ir>

مرجع: فیزیک دانشگاهی ویرایش 12 جلد اول نشر علوم نوین