

### \*\*\*Rázová vlna

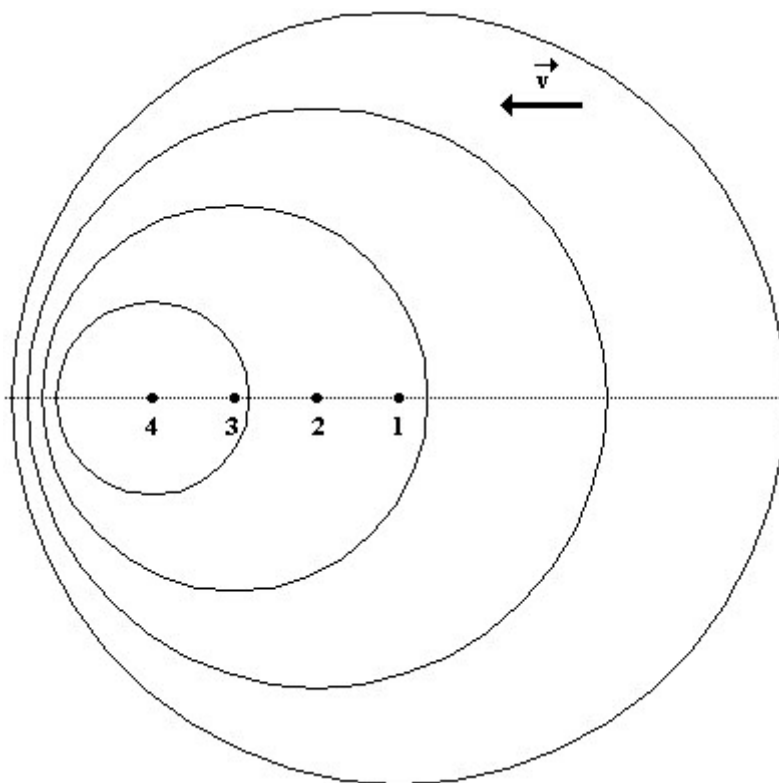
Pohybuje-li se ve [vzduchu](#) těleso [rychlostí](#) o velikosti větší než je velikost [zvuku](#) ve vzduchu, může vzniknout zajímavý jev, kterému se říká **zvukový (sonický) třesk** neboli **rázová vlna**. Tento jev ale vzniká poměrně řídce, ačkoliv jsou splněny výše uvedené podmínky.

Rázová vlna bývá občas slyšet za letícím [letadlem](#).

Pohybuje-li se těleso vzduchem (obecně plynem), který se nachází v [klidu](#) (ve stavu [rovnováhy](#)), pak toto těleso nutně svým [pohybem](#) stav rovnováhy naruší. Vznikne tzv. porucha [rovnovážného stavu](#), která se počne vzduchem šířit. Jestliže tyto poruchy trvají dostatečně dlouho, nebo se opakují s dostatečně velkou periodou, dokážeme je vnímat sluchem a nazýváme je zvuk.

Když se bude těleso pohybovat konstantní rychlostí menší než [velikost rychlosti](#) zvuku v daném prostředí, pak se poruchy, které těleso způsobí, budou šířit všemi směry a vytvoří se přibližně kulová [vlna](#) (viz obr. 58).

Vzhledem k tomu, že uvažujeme pohyb letadla, které je od nás velmi daleko, je na obrázcích zakresleno pouze jako bod.



Obr. 58

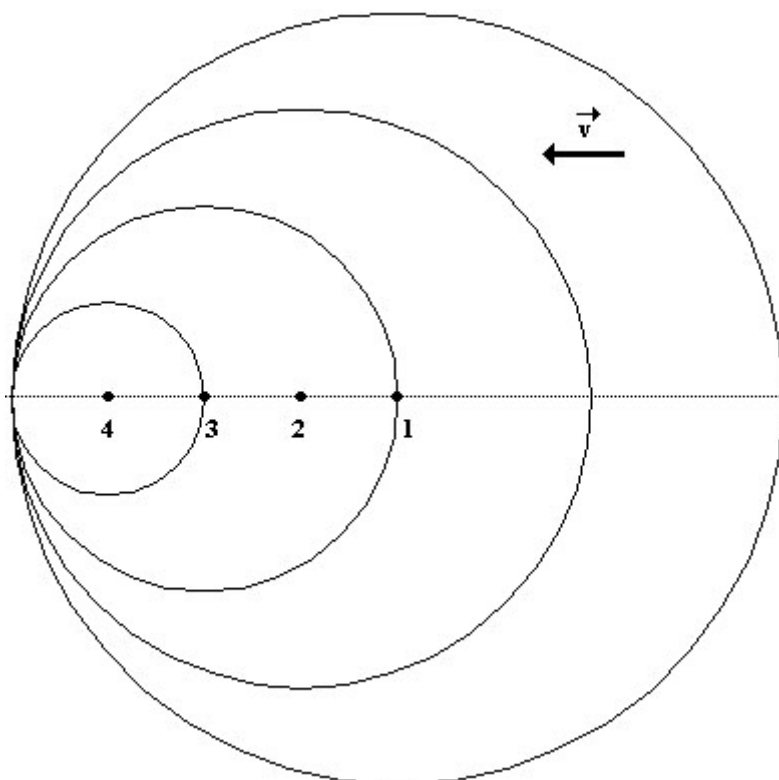
Vztah mezi velikostí rychlosti pohybu tělesa  $v$  a velikostí rychlosti zvuku  $v_z$  v daném prostředí a v dané výšce vyjadřuje tzv. **Machovo číslo**  $M$ :  $M = \frac{v}{v_z}$ ;  $[M] = 1$ .

Mohou nastat 3 případy:

1.  $v < v_z$  - tato rychlost tělesa se nazývá **podzvuková (subsonická) rychlost** a  $M < 1$
2.  $v = v_z$  - těleso se pohybuje [rychlostí zvuku](#) (v daném prostředí) a  $M = 1$  (viz obr. 59)
3.  $v > v_z$  - tato rychlost tělesa se nazývá **nadzvuková (supersonická) rychlost** a  $M > 1$  (viz obr. 60)

Stálé zdůrazňování faktu, že se jedná o rychlost zvuku v daném prostředí a v dané výšce, není zbytečné. Velikost rychlosti zvuku se totiž např. ve vzduchu výrazně mění s rostoucí nadmořskou

výškou: klesá totiž hustota vzduchu. Proto Machovo číslo, které je platné pro výšku např. 1 kilometr není možné použít pro výšku např. 10 kilometrů.



Obr. 59

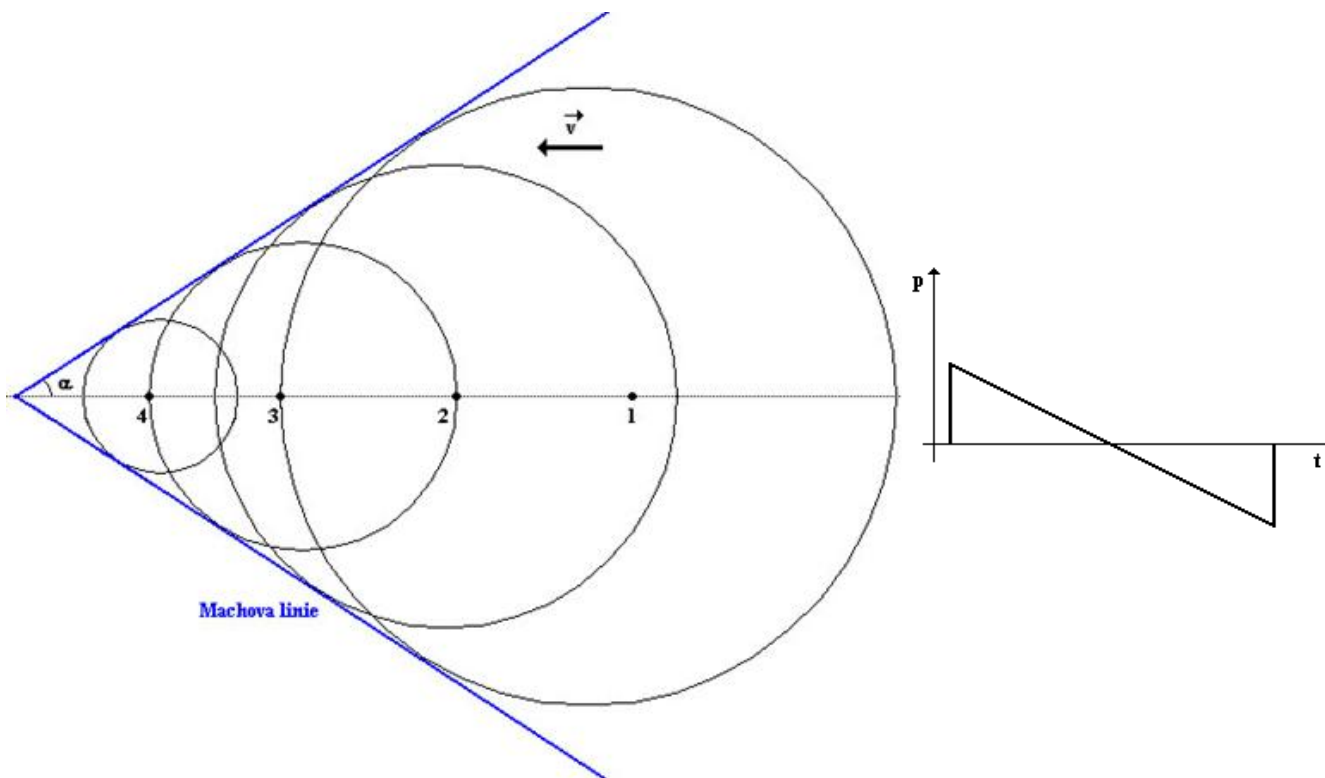
Překročí-li letadlo velikost rychlosti zvuku, pak poruchy, které svým pohybem způsobuje, nechává za sebou. Poruchy se totiž šíří rychlostí zvuku a letadlo se pohybuje do prostředí, které je v klidu, tj. není narušeno žádnou zvukovou vlnou. Kdybychom se nacházeli na úrovni pohybu letadla a letadlo by se pohybovalo směrem k nám, mohli bychom letadlo pouze vidět, nikoliv slyšet.

Na obr. 60 je zobrazena situace, kdy velikost rychlosti tělesa převyšuje velikost rychlosti zvuku. Z tohoto obrázku je patrné, že šířící se poruchy vytváří kužel. Jelikož je prostředí (vzduch) vně kužele v klidu, dochází pohybem tělesa do tohoto prostředí ke skokové změně hustoty prostředí a tedy i jeho tlaku. Tato skoková změna tlaku (porucha) se nazývá **rázem**, který se šíří prostředím jako rázová vlna. Skokový nárůst tlaku se postupně v daném místě vyrovnává, což má za následek, že časový průběh rázové vlny má tvar písmene N (viz obr. 61).

Z obr. 60 je zřejmé, že nejhlasitěji bude rázová vlna vnímána přímo pod **dráhou** pohybujícího se tělesa, protože se rázová vlna velmi rychle tlumí při šíření vzduchem; přímo pod dráhou tělesa urazí nejkratší vzdálenost směrem k pozorovateli. Navíc se uplatňuje vliv lomu zvukových **paprsků**, takže pod dráhou letadla je hladina akustického tlaku výrazně vyšší (dosahuje hodnot až 136 dB) než v oblastech přilehlých.

I když je rázová vlna vytvářena tělesem po celou dobu jeho nadzvukového pohybu, případný pozorovatel může slyšet rázovou vlnu pouze jedenkrát, a to v okamžiku protnutí **Machovy linie** (viz obr. 60) s místem pozorovatele. Úhel  $\alpha$ , který svírá Machova linie se směrem pohybu tělesa, je dán vztahem  $\sin \alpha = \frac{v_z}{v}$ .

Není pravda, že rázovou vlnu (zvukový třesk) slyšíme pouze v okamžiku překročení rychlosti zvuku.



Obr. 60

Obr. 61

Kromě letícího letadla je možné se s rázovou vlnou setkat např. při výstřelu ze zbraně, různých explozích, praskání biče, ...

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); **Jaroslav Reichl, Martin Všeticka**

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.