

### \*\*\*Rázy

Zvláštní případ [složeného kmitání](#) vzniká, když se skládají dvě [kmitání](#), jejichž [úhlové frekvence](#) se velmi málo liší (tj.  $\omega_1 \approx \omega_2$ ). [Amplituda výchylky](#) výsledného kmitání se periodicky zvětšuje a zmenšuje (viz obr. 11). Tomuto složenému kmitání se říká **rázy**. Je-li první kmitání popsáno rovnicí  $y_1 = y_m \sin(\omega_1 t + \varphi_{01})$ , druhé pak rovnicí  $y_2 = y_m \sin(\omega_2 t + \varphi_{02})$ , je výsledné kmitání popsáno rovnicí:  $y = y_1 + y_2$ . Po dosazení a použití vztahu mezi goniometrickými funkcemi, lze postupně psát:

$$y = y_m \sin(\omega_1 t + \varphi_{01}) + y_m \sin(\omega_2 t + \varphi_{02}) = 2y_m \cos \frac{(\omega_2 - \omega_1)t + \varphi_{02} - \varphi_{01}}{2} \cdot \sin \frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}.$$

Kdyby amplitudy dílčích kmitání nebyly stejné, fyzikální popis by se příliš nezměnil. Jen by se zkomplikoval popis matematický.

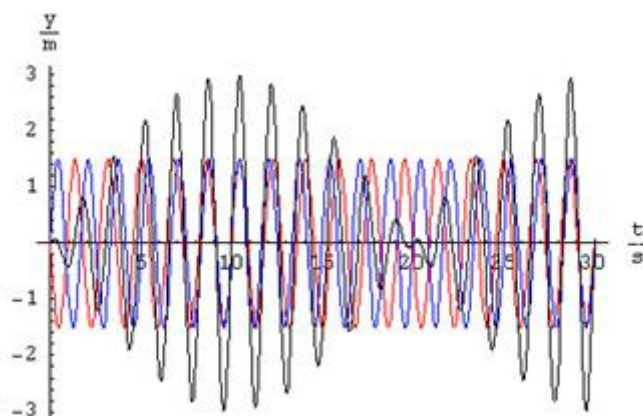
Výraz  $\sin \frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}$  se v rovnici [kmitavého pohybu](#) vyskytuje běžně. Jestliže platí  $\omega_1 \approx \omega_2$ , pak  $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$  je střední (průměrná) úhlová frekvence, která je navíc skoro stejná jako každá z úhlových frekvencí  $\omega_1$  a  $\omega_2$ . [Frekvence](#) výsledného kmitání tedy je  $f = \frac{f_1 + f_2}{2}$ .

Fakt, že platí  $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \approx \omega_1$  resp.  $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \approx \omega_2$  je zřejmý. Sečteme-li dvě skoro stejná čísla, dostaneme skoro dvojnásobek tohoto čísla; vydělíme-li součet dvěma, získáme skoro jedno z uvažovaných dvou (skoro stejných) čísel.

Kdybychom odhlédli od dalších činitelů, kteří se vyskytují ve výsledné rovnici, mohli bychom říci, že výsledné kmitání má skoro stejnou frekvenci, jako každé z kmitáních dílčích. To je vidět i na obr. 11: v jeho levé části se všechny tři zobrazené grafy téměř překrývají (nebereme-li v úvahu různé amplitudy).

Srovnáme-li vztah  $y = 2y_m \cos \frac{(\omega_2 - \omega_1)t + \varphi_{02} - \varphi_{01}}{2} \cdot \sin \frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}$  se vztahem popisující kmitání [harmonického oscilátoru](#), je zřejmé, že výraz  $2y_m \cos \frac{(\omega_2 - \omega_1)t + \varphi_{02} - \varphi_{01}}{2}$  lze považovat za amplitudu složeného kmitání. Vzhledem k tomu, že tento výraz není konstantní, není konstantní ani amplituda. Ta se mění s úhlovou frekvencí  $\omega_a = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$  resp. s frekvencí  $f_a = \frac{f_1 - f_2}{2}$ . Pokud nás ale zajímá, s jakou frekvencí vznikají rázy (s jakou frekvencí uslyšíme záněže), zajímají nás vlastně maxima intenzity. Vzhledem k tomu, že během jedné [periody](#) dosáhne složené kmitání maximální amplitudy dvakrát, je frekvence rázů (nebo-li počet rázů za jednu [sekundu](#)) dvojnásobná:  $f_R = 2f_a = f_1 - f_2$ .

Amplituda se tedy mění s menší frekvencí, než je frekvence kmitavého pohybu.



Při postupném přibližování frekvencí se frekvence rázů zmenšuje, až při  $f_2 = f_1$  rázy zanikají. Tohoto jevu se využívá v technické praxi např. při měření frekvence.

[Vlastnosti zvuku](#) jsou založeny na vlastnostech [mechanického kmitání](#), a proto k rázům dochází i u zvukového signálu. Vzniknou-li rázy (u [zvuku](#) nazývané **zázněje**) jsou slyšitelné [uchem](#) - vnímáme periodické zesilování a zeslabování zvuku. Jestliže budeme frekvenci jednoho [zdroje zvuku](#) měnit, zvuk bude stále méně kolísat, až rázy (zázněje) zaniknou zcela. Pak jsou oba zdroje zvuku naladěny na stejnou frekvenci.

Tohoto jevu lze využít např. k ladění [hudebních nástrojů](#).

---

© **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.