

***Rázy

Zvláštní případ [složeného kmitání](#) vzniká, když se skládají dvě [kmitání](#), jejichž [úhlové frekvence](#) se velmi málo liší (tj. $\omega_1 \doteq \omega_2$). [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.

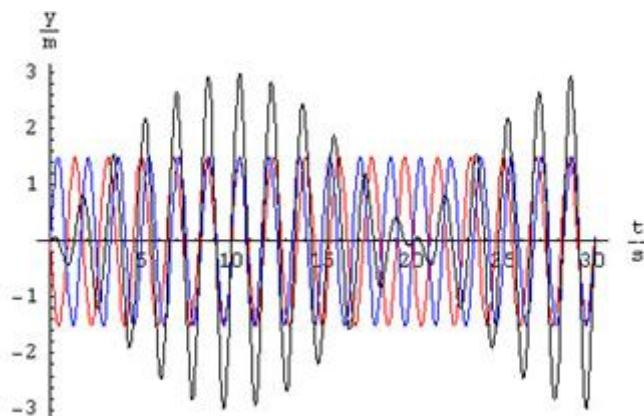
Výraz $\sin \frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}$ se v rovnici [kmitavého pohybu](#) vyskytuje běžně. Jestliže platí $\omega_1 \doteq \omega_2$, pak $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ je střední (průměrná) úhlová frekvence, která je navíc skoro stejná jako každá z úhlových frekvencí ω_1 a ω_2 . [Frekvence](#) výsledného kmitání tedy je $f = \frac{f_1 + f_2}{2}$.

Fakt, že platí $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \doteq \omega_1$ resp. $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \doteq \omega_2$ 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: $f_n = 2f_a = f_1 - f_2$.

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.