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

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

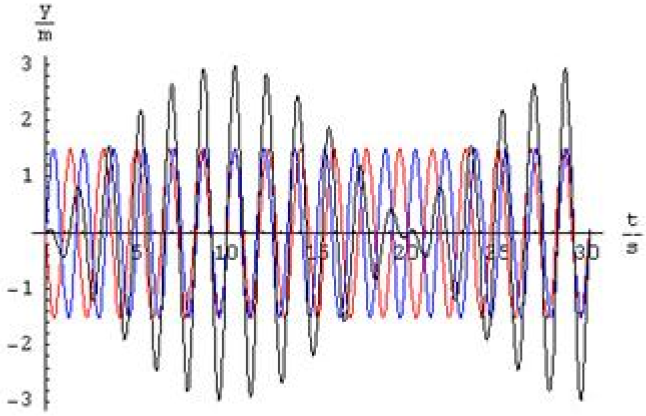
Výraz $\sin\frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}$ se v rovnici kmitavého pohybu vyskytuje běžně. Jestliže platí $\omega_1 \doteq \omega_2$, pak $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ je střední (průměrná) úhlová frekvence, která je navíc skoro stejná jako každá z úhlových frekvencí 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 $y = 2 y_m \cos\frac{(\omega_2 - \omega_1)t + \varphi_{02} - \varphi_{01}}{2} . \sin\frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}$ se vztahem popisující kmitání harmonického oscilátoru, je zřejmé, že výraz $2 y_m \cos\frac{(\omega_2 - \omega_1)t + \varphi_{02} - \varphi_{01}}{2}$ 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 zázněje), 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: $f_R = 2 f_a = f_1 - f_2$.

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



Obr. 11

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.