

- drgania harmoniczne tłumione;

- Ruch drgający tłumiony. Ruch drgający masy m (np. przyczepionej do nieważkiej sprężyny) odbywa się w ośrodku, w którym występuje siła oporu (np. opór powietrza) proporcjonalna do do prędkości drgającej masy, $F_t = bv$. Wielkość $\frac{b}{2m} = \beta$ nazwiemy współczynnikiem tłumienia. Uzasadnij równanie opisujące ten ruch:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 2\beta\frac{dx(t)}{dt} + \omega_o^2x(t) = 0,$$
 gdzie ω_o jest nazywane częstością drgań własnych, czyli częstością kołową drgań harmoniczych gdy nie ma tłumienia.
- Znajdź rozwiązanie równania drgań tłumionych (przedstawionego wyżej) dla przypadku gdy współczynnik tłumienia jest mniejszy od częstości drgań własnych..
 Odpowiedź: $x(t) = Ae^{-\beta t} \sin(\sqrt{\omega_o^2 - \beta^2}t + \varphi)$. Narysuj wykres $x(t)$.
 Przestudiuj dokładnie sposób rozwiązania przedstawiony w abc... *równania_różniczkowe.pdf*, rozdz. 2.3.2
- Po upływie czasu $t = 15$ s amplituda drgań kamertonu zmniejszyła się 100 razy. Znaleźć współczynnik tłumienia drgań β .
- Drgania w obwodzie elektrycznym. Rozpatrz obwód elektryczny rozpatrywany w poprzednim zestawie, który zawiera oprócz kondensatora i cewki opór R połączony z nimi szeregowo. Zapisz równanie opisujące zmiany ładunku $q(t)$ na okładkach kondensatora uwzględniając istnienie oporu elektrycznego spełniającego prawo Ohma $U_R = iR$, pokaż że jest to równanie harmoniczne z tłumieniem, podaj jego rozwiązanie $q(t)$. Jaki wzór opisuje okres oscylacji ładunku?
- Pokaż, że zmiana w czasie t energii całkowitej $E = E_p + E_k$ drgań tłumionych wyraża się, w przypadku gdy tłumienie jest b. małe ($\beta \ll \omega_o$, $\omega \approx \omega_o$), wzorem $E(t) = E_o e^{-2\beta t}$, gdzie $E_o = \frac{1}{2}A^2m\omega_o^2$.
 Wskaz.: dla małego tłumienia czynnik $e^{-\beta t}$ może być uważny za stały w czasie, cała lokalna zmienność $x(t)$ pochodzi praktycznie od zmienności czynnika $\sin \omega t$.
- Kulka o masie $m = 100$ g zawieszona na nieważkiej sprężynie o współczynniku sprężystości $k_1 = 0.1$ N/m wykonuje drgania w ośrodku o współczynniku tłumienia $\beta = 0.01$ 1/s. Jaką sprężynę (o jakim współczynniku sprężystości k_2) i jak (szeregowo, równolegle?) należy dołączyć aby drgania nie mogły zachodzić w danym ośrodku?
 Wskaz.: pamiętaj o warunku, przy którym rozwiązanie równania ruchu ma charakter oscylacyjny ($\omega_o > \beta$).