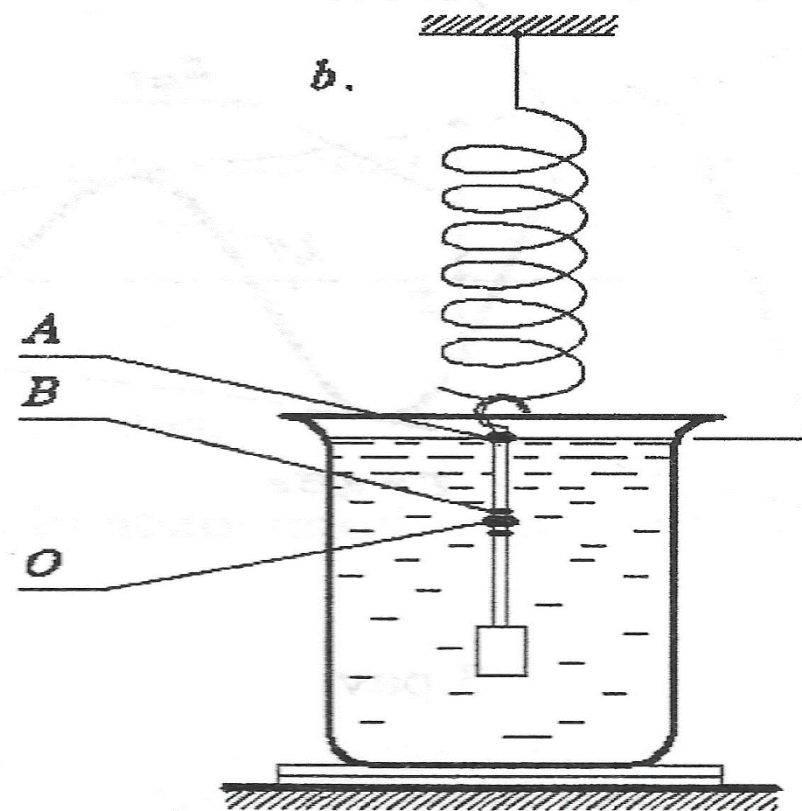
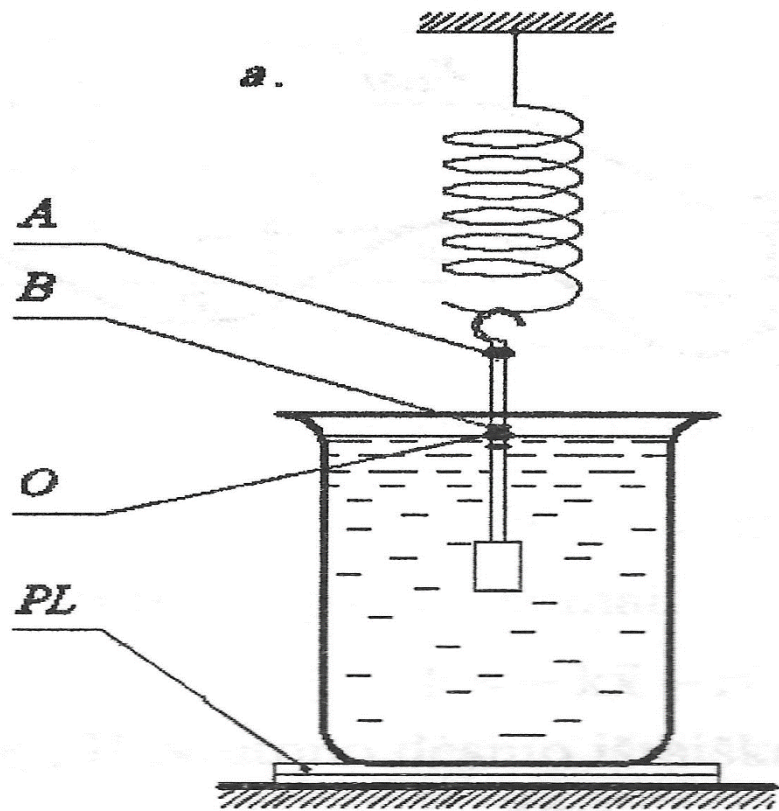




Slopstamieji svyravimai



Spyruoklinę svyruoklę ištempus skystyje ir paleidus, ją **veiks dvi jėgos, kurių atstojamoji suteiks svyruoklei pagreitį**

(II-as Niutono dėsnis):

$$\vec{F}_{tamp\,r} + \vec{F}_{tr} = m\vec{a} \quad (1)$$

- Kur

$$\vec{F}_{tamp\,r} = -k \cdot \vec{x} \quad (2)$$

$$\vec{F}_{tr} = -r \cdot \vec{v} \quad (3)$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} \quad (4)$$

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2} \quad (5)$$

(2), (3), (4), (5) lygtis įstatę į (1) lygtį ir suprojektavę į x ašį, bei padalinę iš masės m ir įvedę pažymėjimus

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2$$

$$\frac{r}{m} = 2 \cdot \beta$$

r – pasipriešinimo koeficientas,
 β – slopinimo koeficientas.

**Gauname slopinamųjų
(*slopstamųjų*) svyravimų
diferencialinę lygtį**

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \cdot \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 \cdot x = 0 \quad (6)$$

Ši lygtis turės realų sprendinį tik, kai slopstamųjų svyravimų ciklinis dažnis ω bus teigiamas:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} > 0 ,$$

t. y. $\omega_0 > \beta$.

Slopstamųjų svyravimų lygtis

(diferencialinės lygties (6) sprendinys)

$$x = A_0 \cdot e^{-\beta \cdot t} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

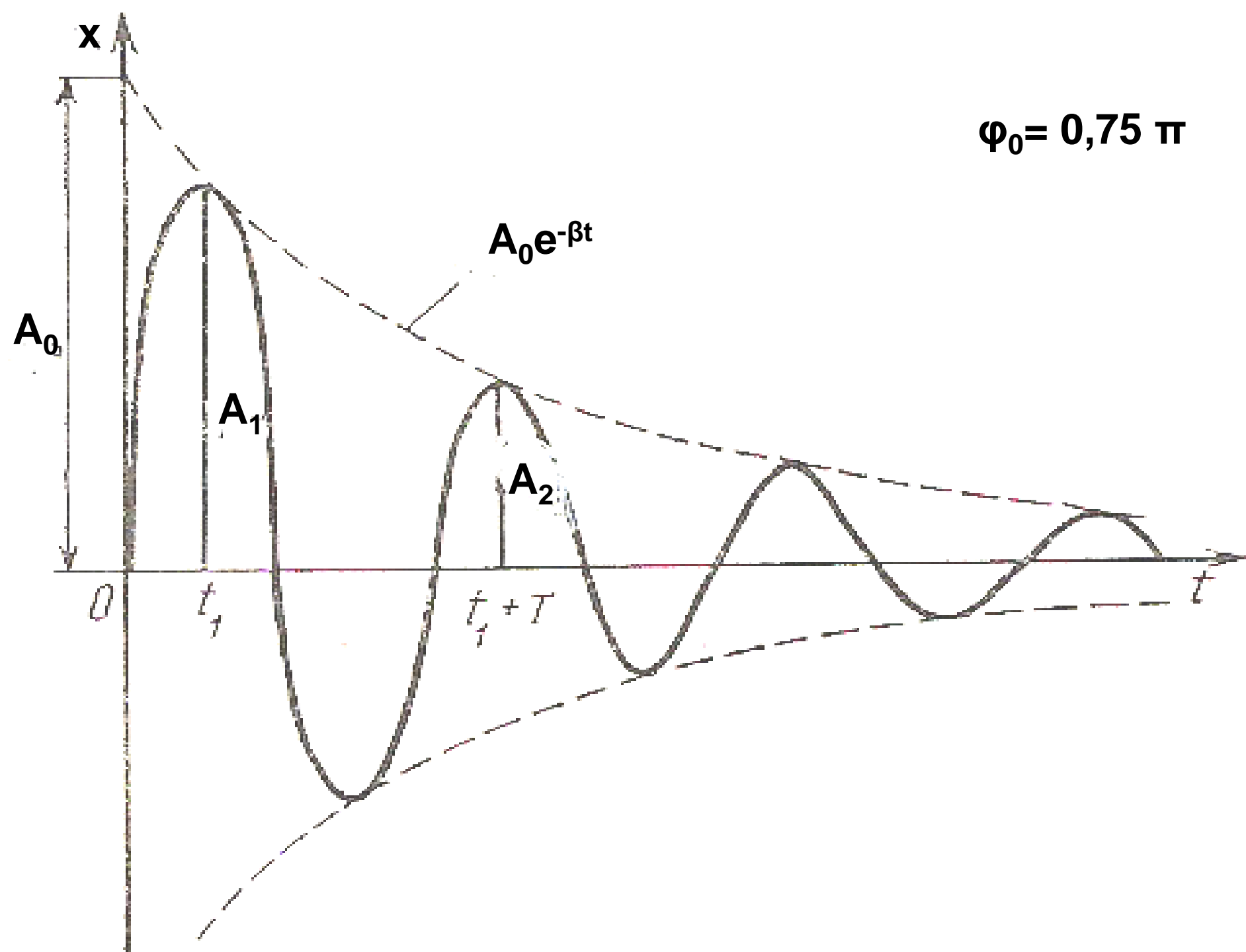
Čia

$$A = \pm A_0 \cdot e^{-\beta \cdot t}$$

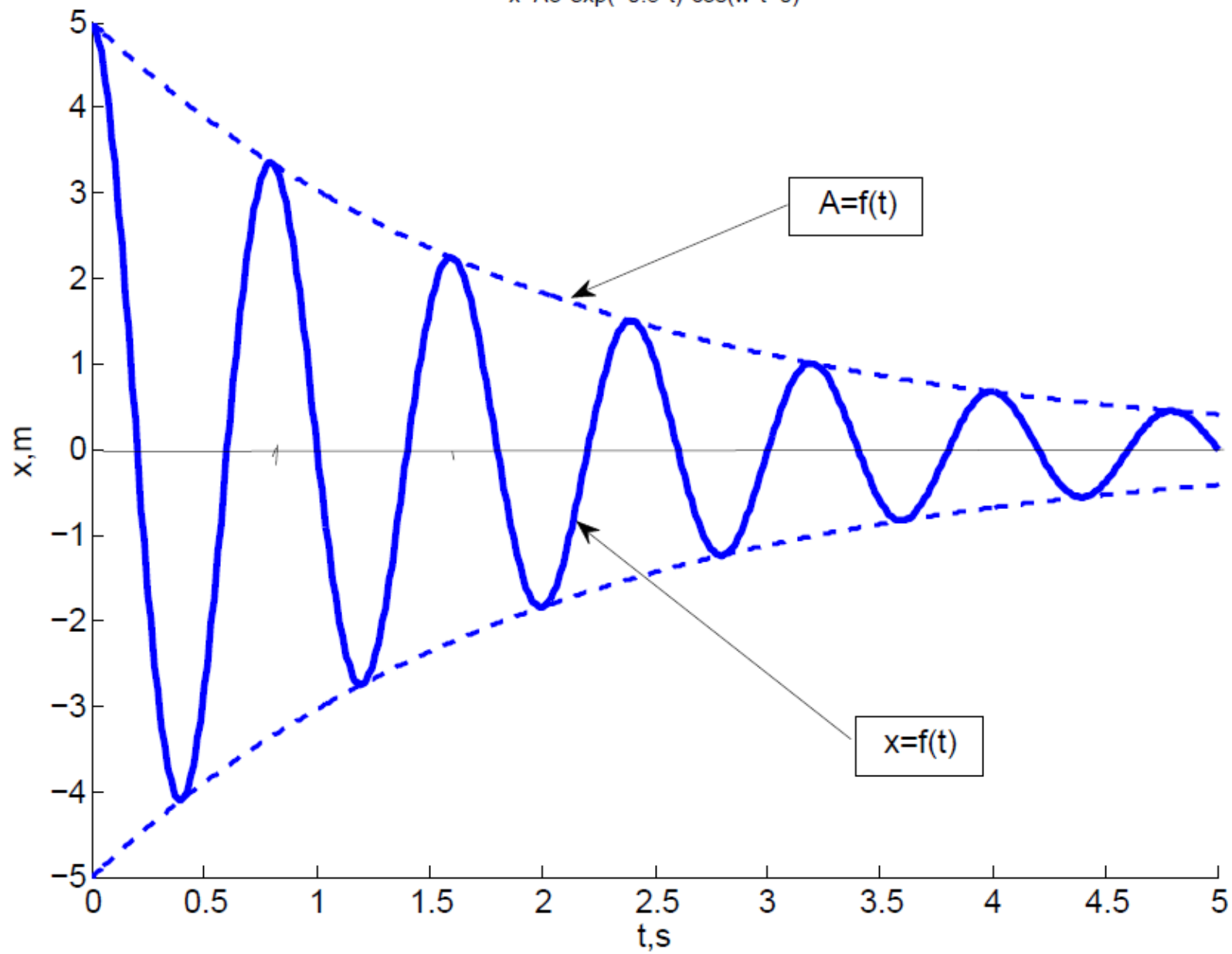
slopstamųjų svyravimų amplitudė, kuri
laikui bėgant eksponentiškai mažėja;

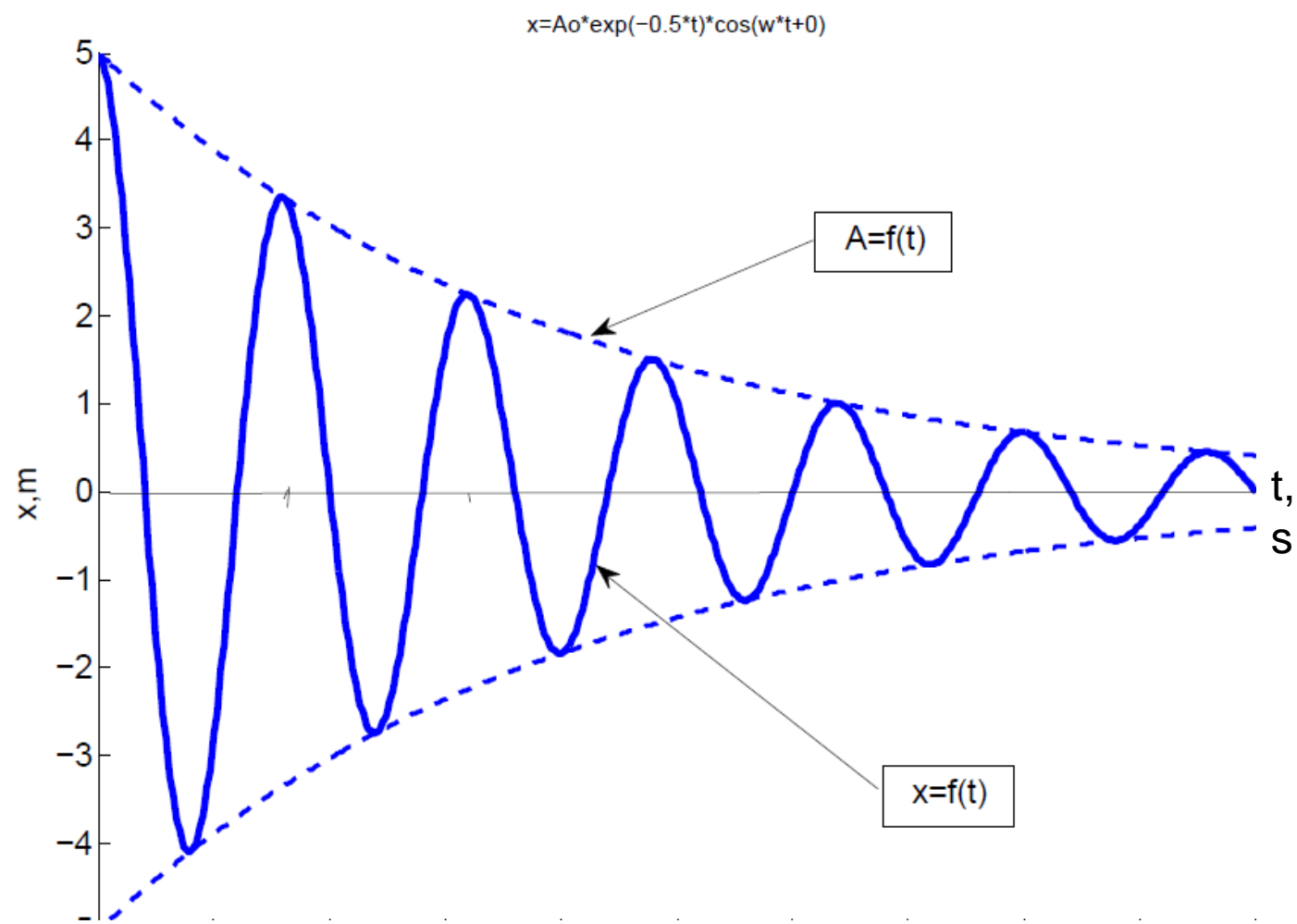
A_0 – pradinė slopstamųjų svyravimų
amplitudė.

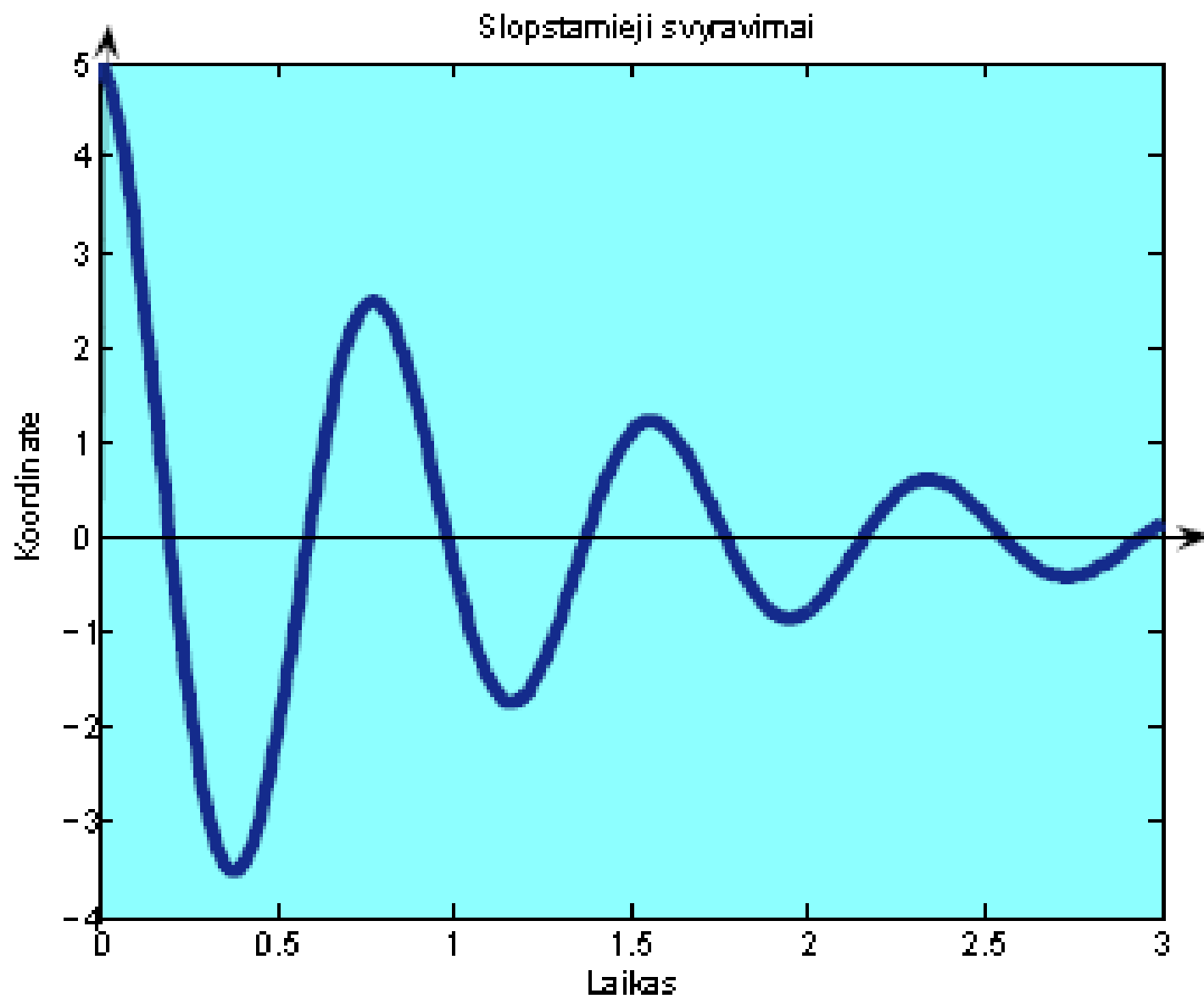
Koordinatė x kinta pagal ***cos*** (arba
sin) dėsnį.

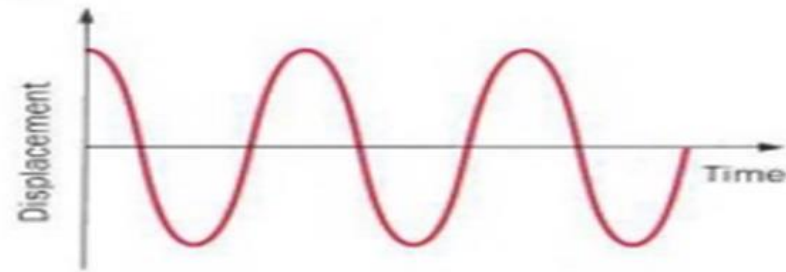


$$x = A_0 \cdot \exp(-0.5 \cdot t) \cdot \cos(\omega \cdot t + 0)$$

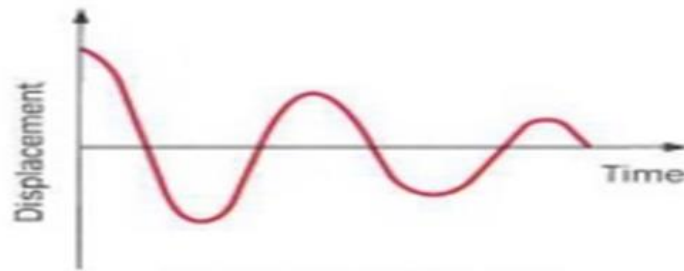








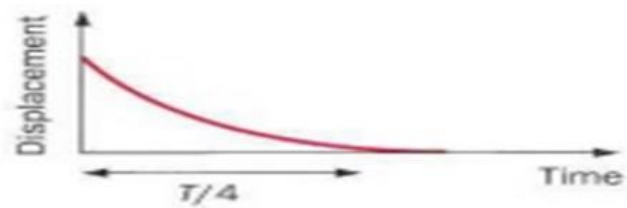
(a) Free oscillation



(b) Lightly damped



(c) Heavily damped



(d) Critically damped

Slopstamųjų svyravimų amplitudės mažėjimo spartą nusako **logaritminis slopinimo dekrementas** δ , kuris yra lygus dviejų gretimų amplitudžių (besiskiriančiu periodu) santykio natūriniam logaritmui:

$$\delta = \ln\left(\frac{A(t)}{A(t+T)}\right) = \beta \cdot T$$

Logaritminis slopinimo dekrementas yra atvirkščias dydis svyravimų skaičiui, kuris įvyksta per laiko tarpą, per kurį amplitudė sumažėję e kartų:

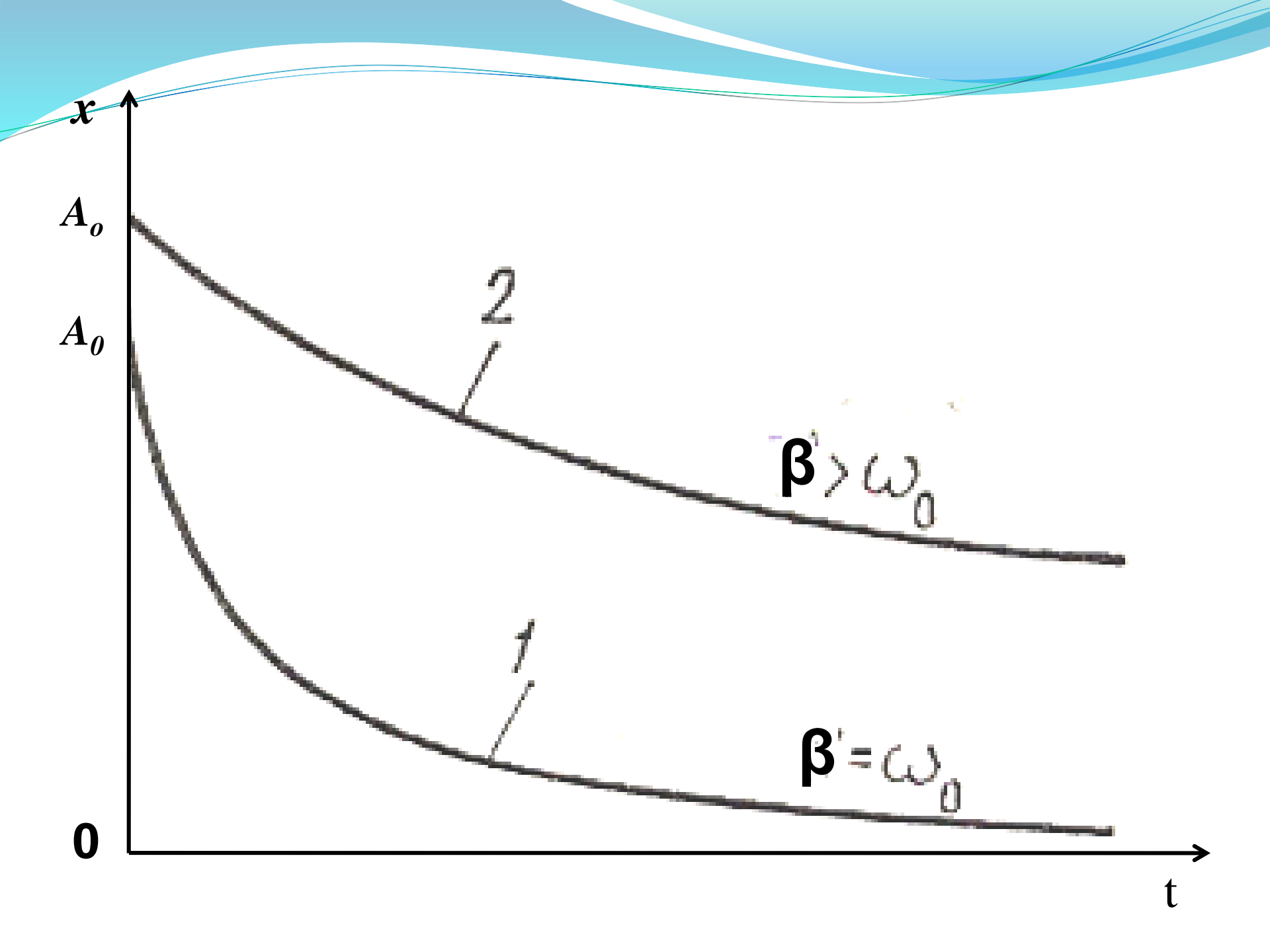
$$\delta = \frac{1}{N_e}$$

Aperiodinis procesas -

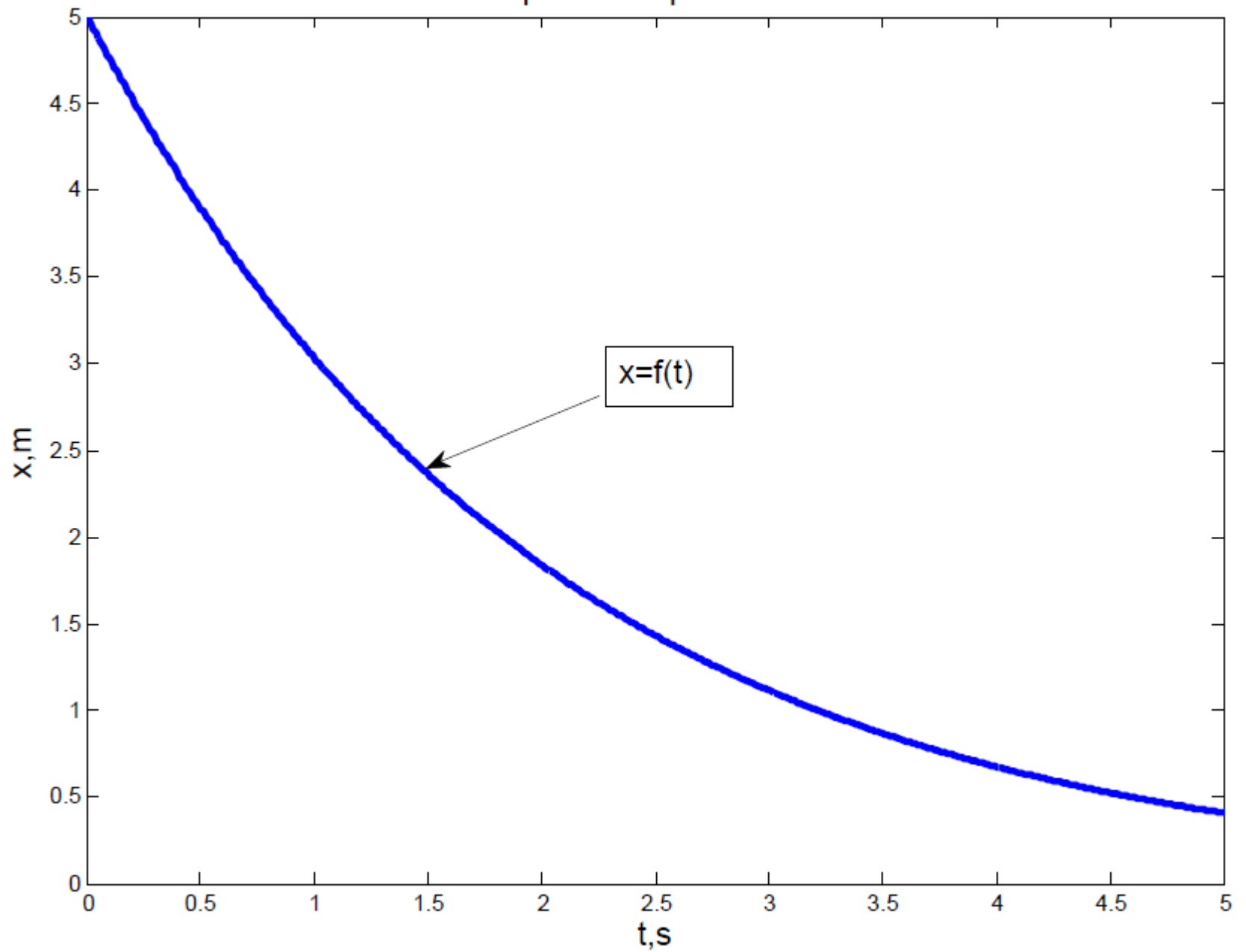
tai lėtas sistemos grįžimas į pusiausvyros padėtį, nevykstant svyravimams.

Aperiodinį procesą stebėsime,
kai

$$\omega \leq 0, \text{ t.y. } \omega_0 \leq \beta .$$



Aperiodinis procesas





PRIVERSTINIAI SVYRAVIMAI

Priverstiniais vadiname tokius svyravimus, kurie atsiranda sistemoje, ją veikiant išorinei, periodiškai kintančiai jėgai:

$$F = F_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) .$$

Sistemą veikiančių jėgų atstojamoji jai suteikia pagreitį:

$$\vec{F}_{k.tampr} + \vec{F}_{tr} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Priverstinių svyravimų diferencialinė lygtis

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \cdot \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 \cdot x = \frac{F_o}{m} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Priverstinių (*nusistovėjusių*) svyravimų lygtis

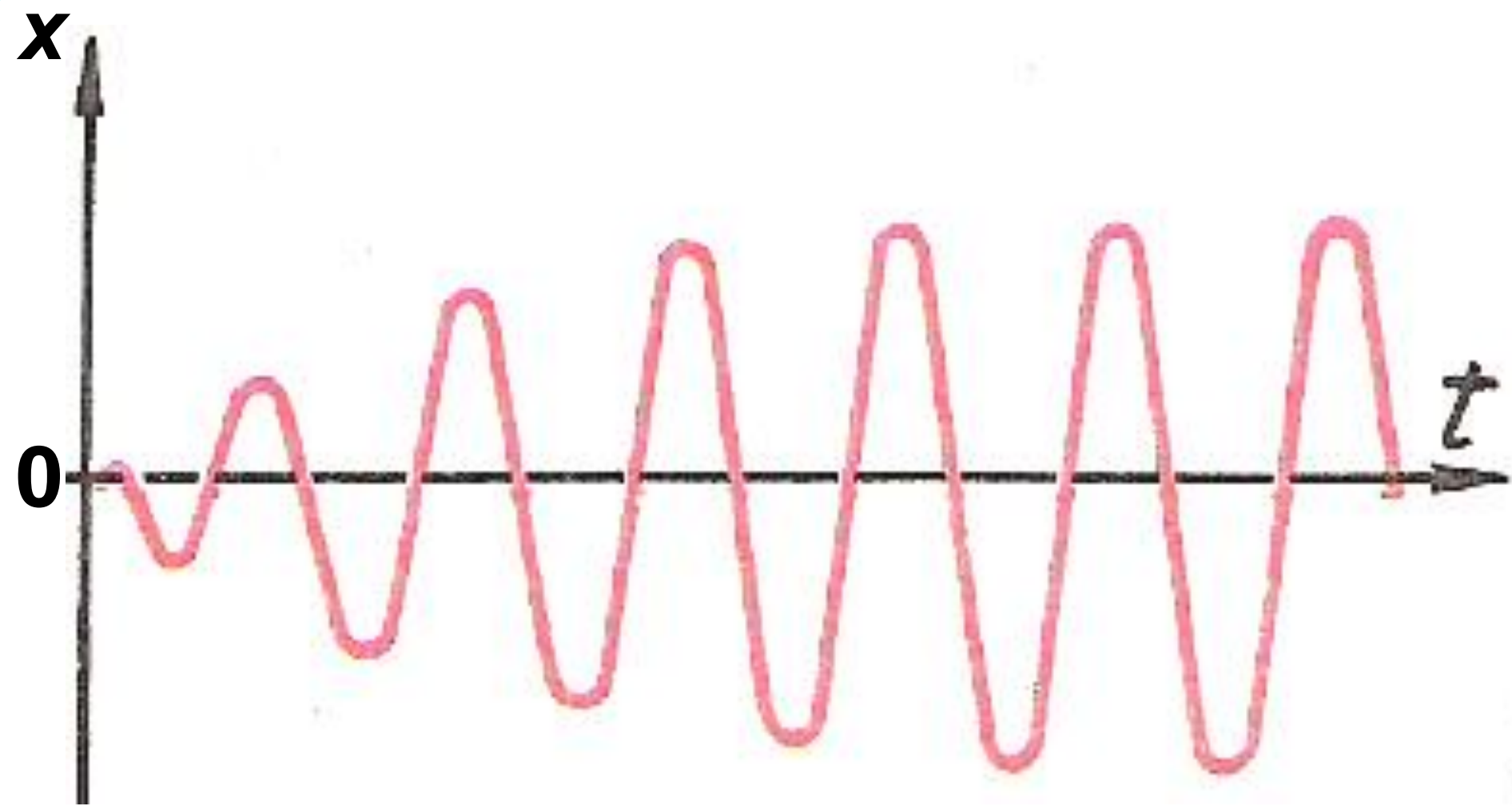
$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \Psi_0)$$

Priverstinių svyravimų amplitudė:

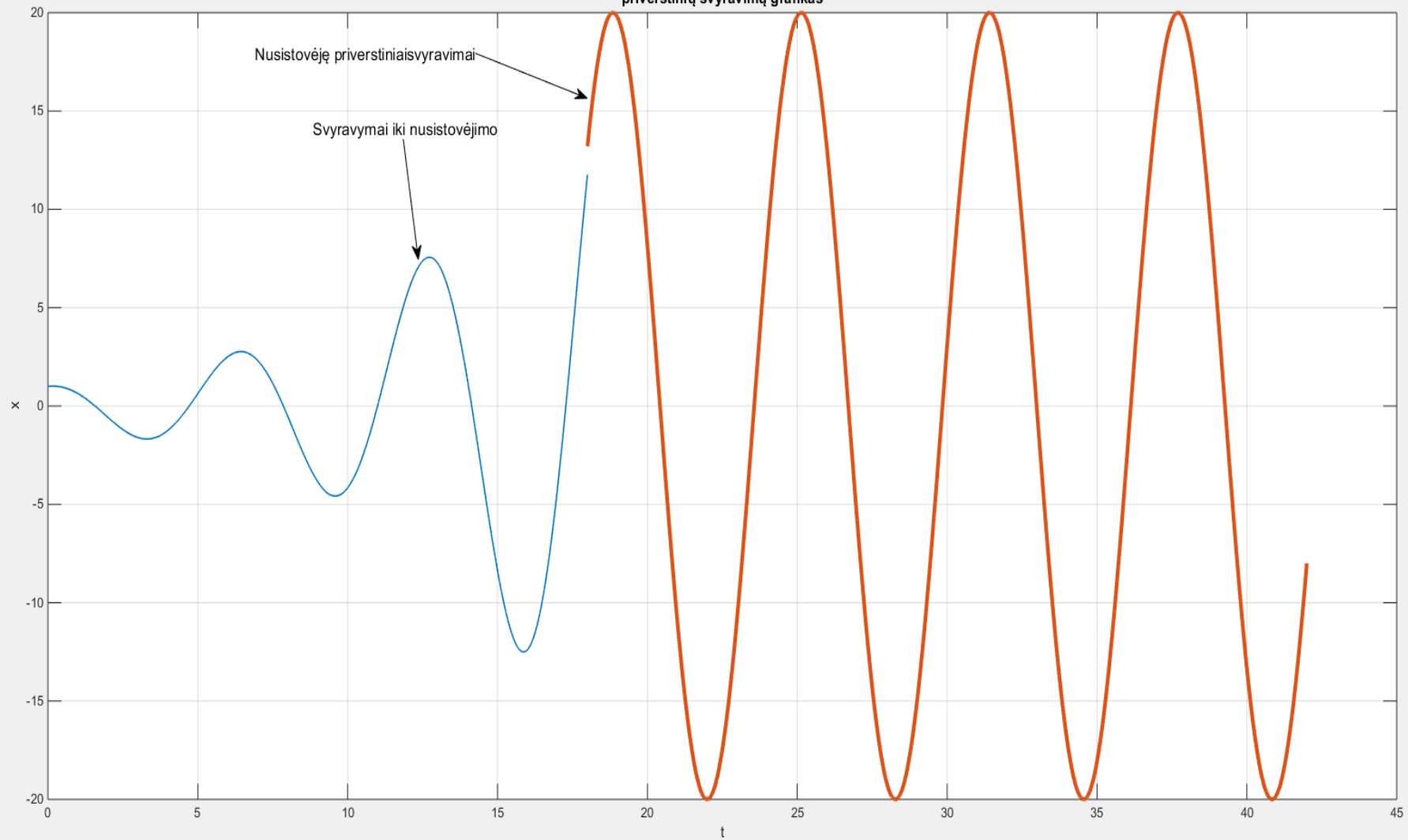
$$A = \frac{\frac{F_0}{m}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2}}$$

Pradinė svyravimų fazė:

$$\operatorname{tg} \Psi_0 = \frac{2 \cdot \beta \cdot \omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)}$$



priverstinių svyravimų grafikas

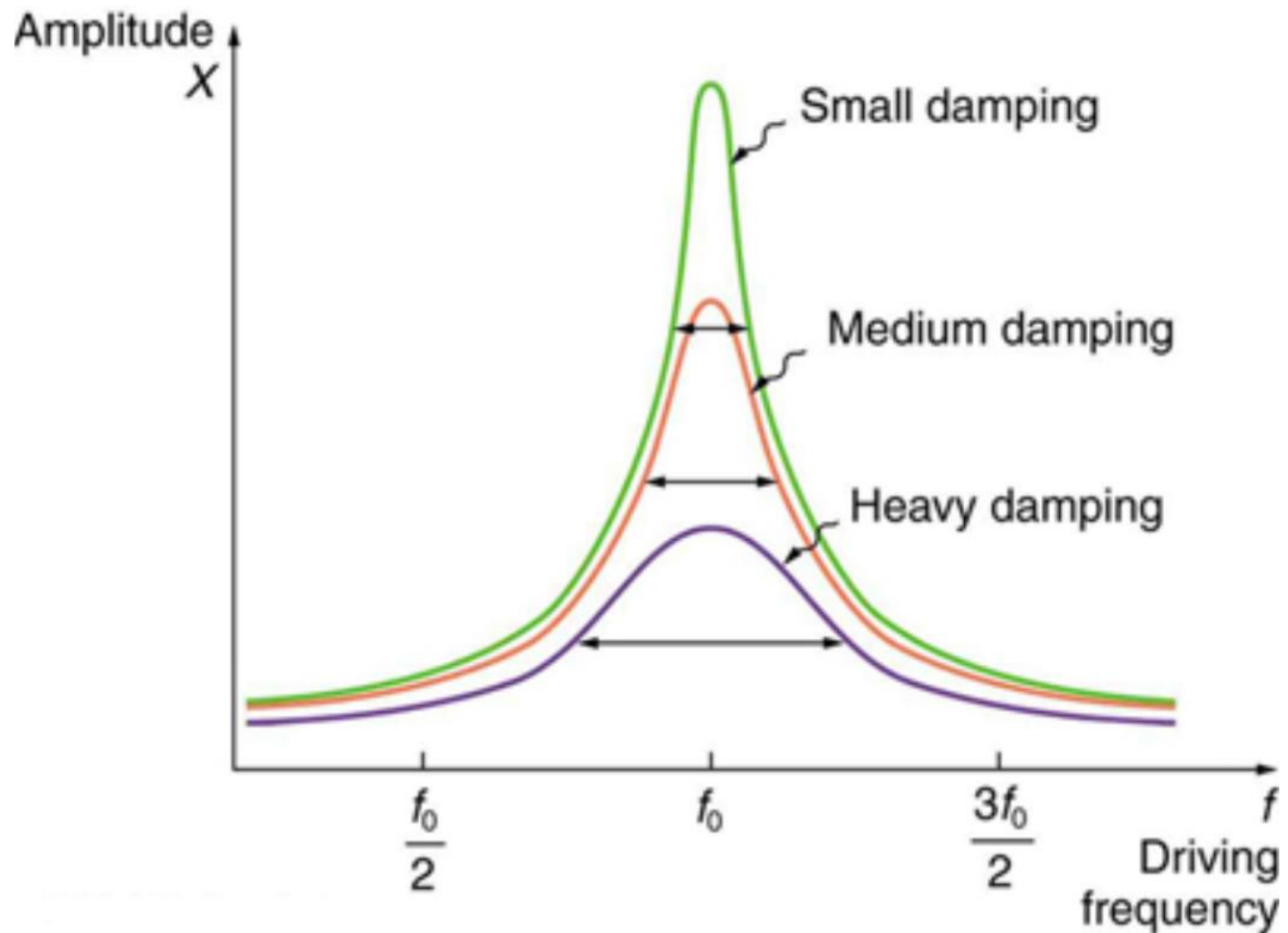


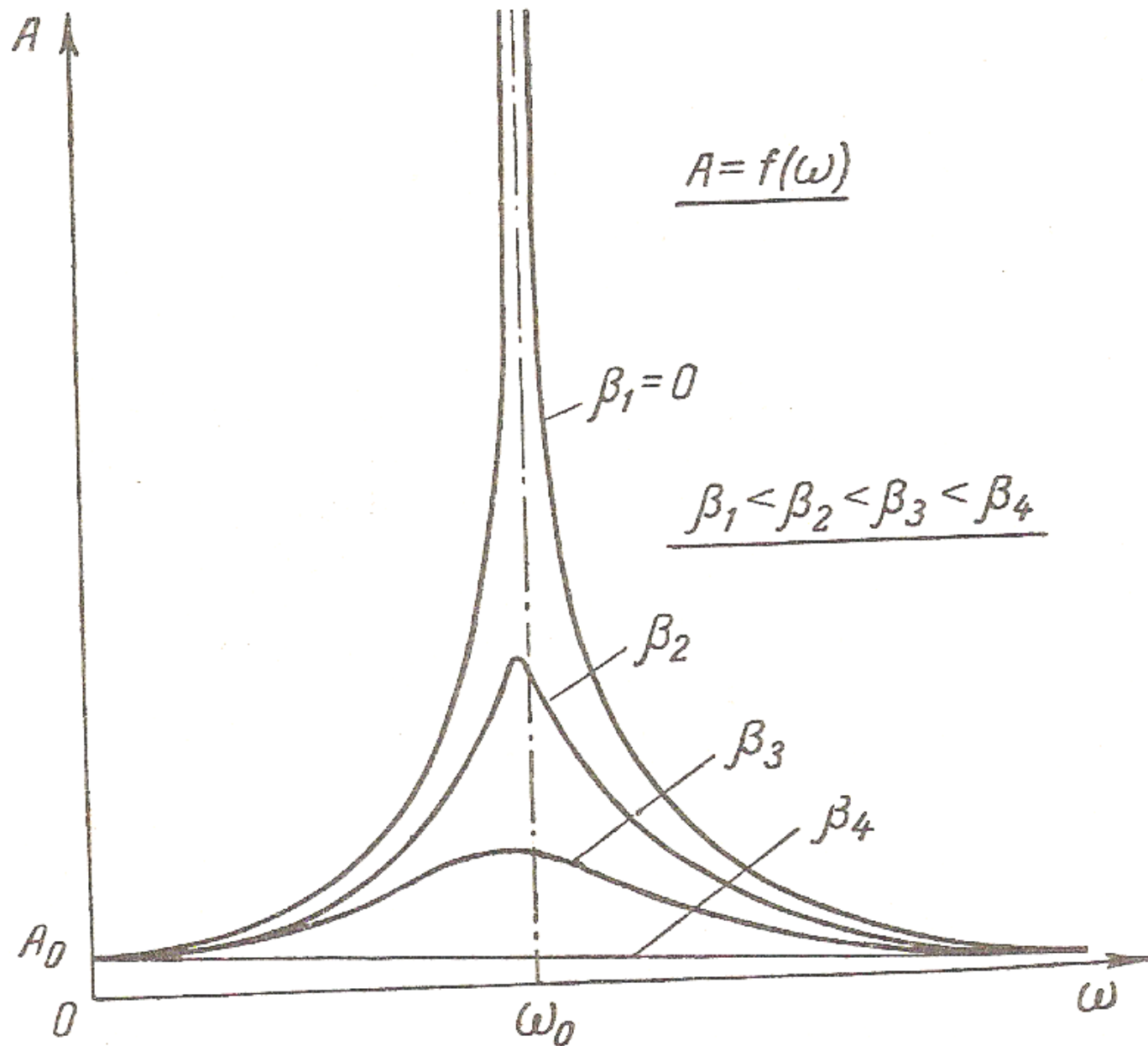
Priverstinių svyravimų
amplitudės didėjimas, kai
priverčiančiosios jėgos ciklinis
dažnis artėja prie reikšmės

$$\omega_{rez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \ ,$$

vadinamas **rezonanso reiškiniu**.

Rezonansas

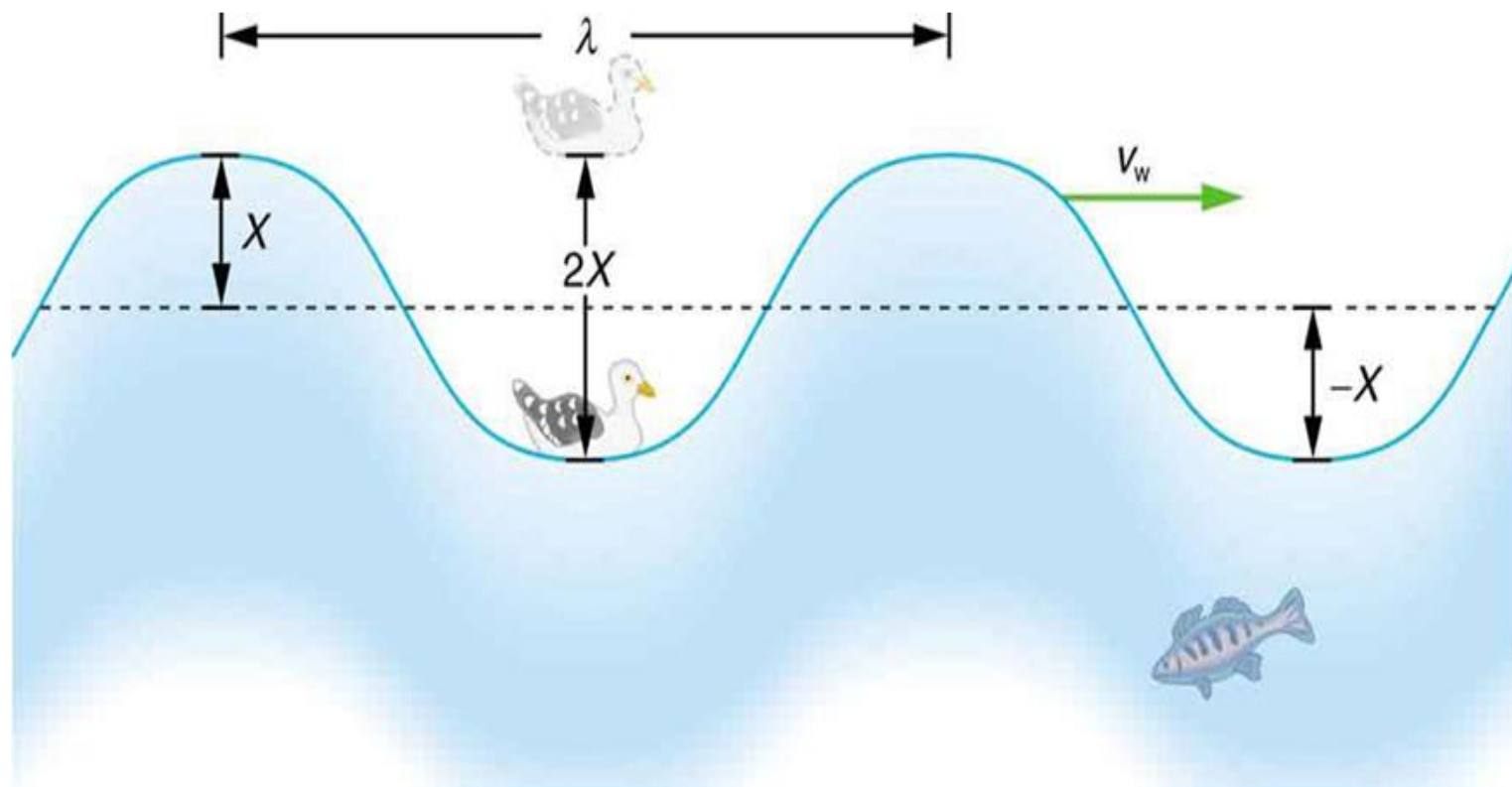






MECHANINÈS BANGOS

- **Bangavimas** – tai svyravimų skidimas aplinkoje.
- **Mechanine banga** vadiname mechaninį trikdį plintantį aplinkoje ir perdušantį energiją.
- Mechaninės bangos:
 1. **tamprios bangos** – tamprių deformacijų plitimas;
 2. **bangos skysčių paviršiuje.**

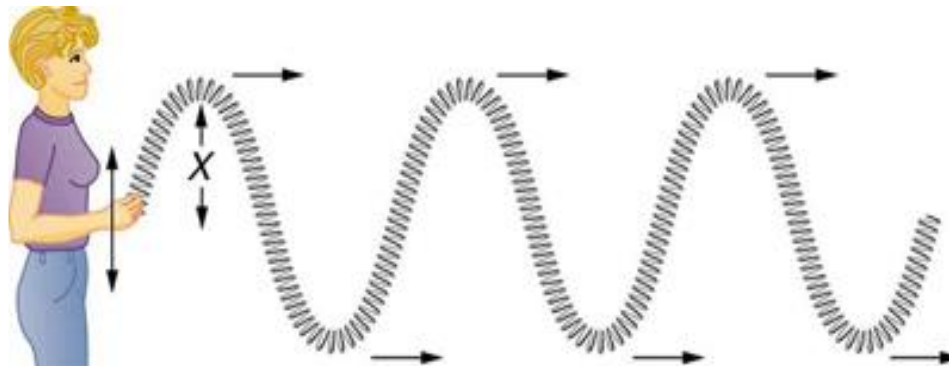
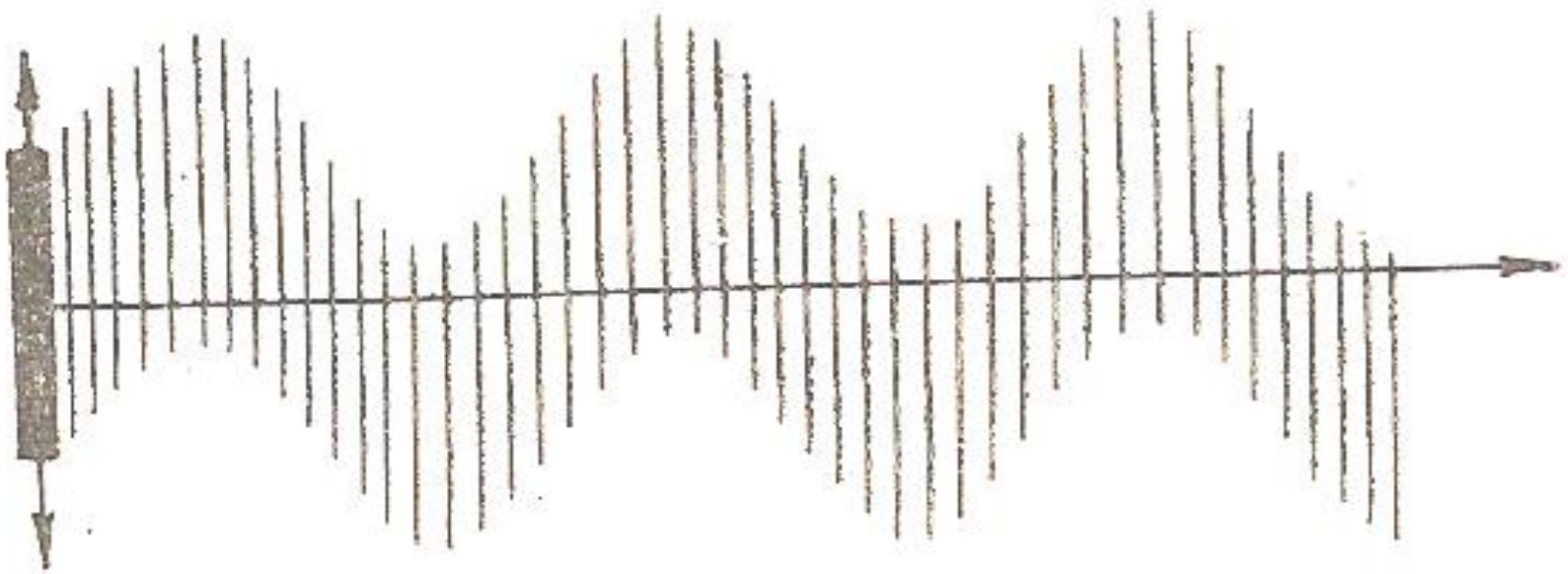


- Bangos, priklausomai nuo dalelių svyravimo bangos plitimo krypties atžvilgiu, yra skirstomos į :

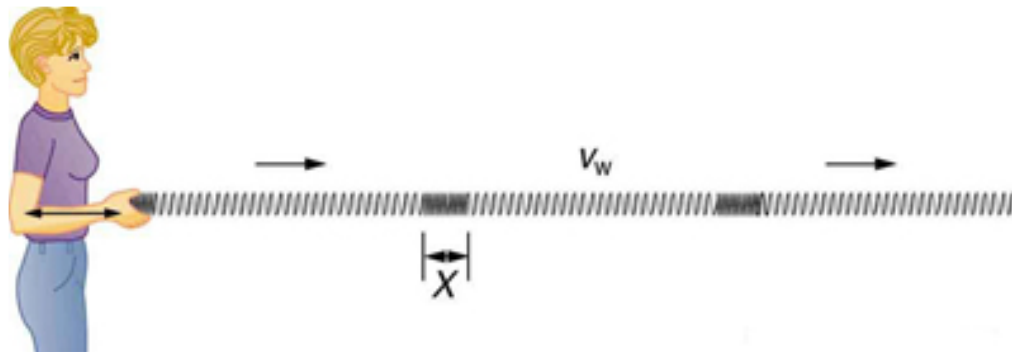
a) **skersines bangas** – aplinkos dalelės svyruoja statmenai bangos plitimo kryptčiai;

b) **išilgines bangas** – aplinkos dalelės svyruoja išilgai bangos sklidimo krypties.

Skersinė banga

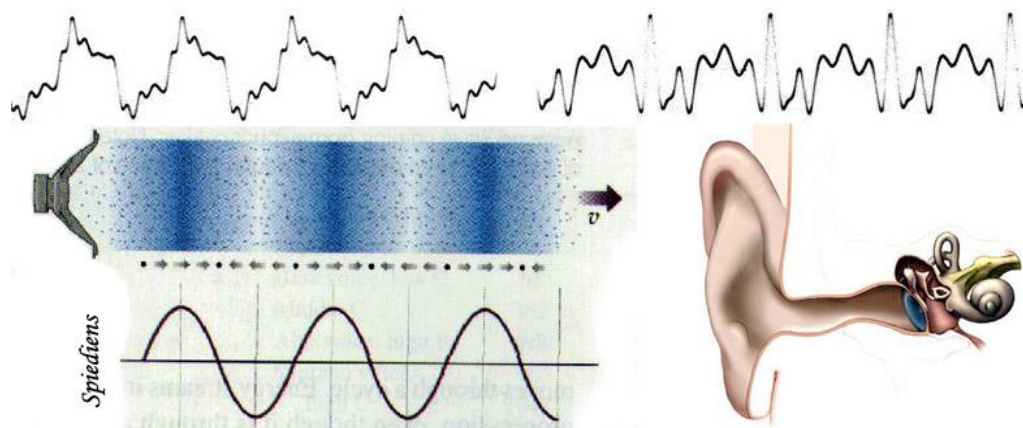





Išilginė banga



Garso bangos

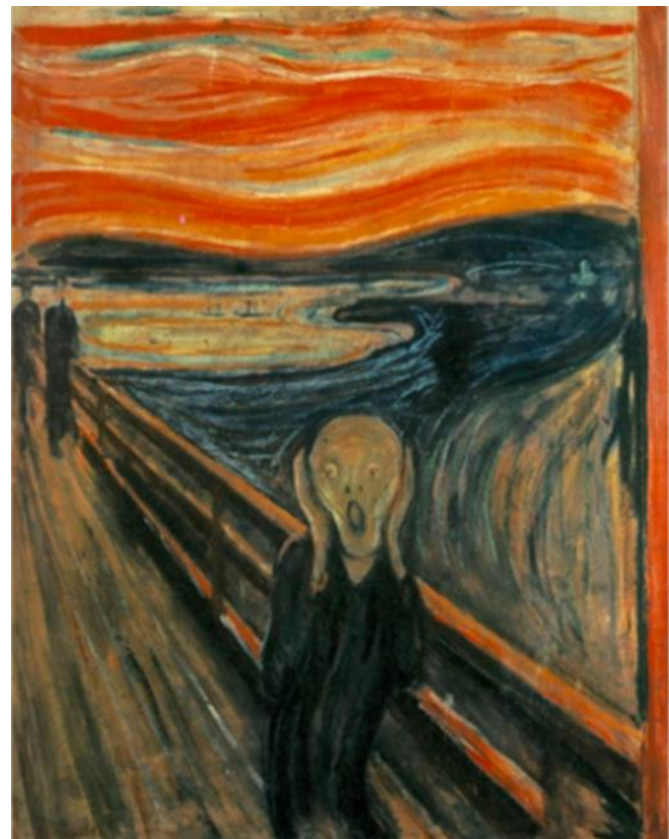
- Garso bangos (akustinės bangos) yra išilginės bangos.
- Jas sukuria dalelės, svyruojančios išilgai bangų sklidimo krypties ir sudarančios didelio bei mažo slėgio sritis (sutankėjimus ir praretėjimus).
- Jos sklinda kietaisiais kūnais ($v=5000$ m/s pliene), skysčiais ($v=1483$ m/s vandenyje) bei dujomis ($v=340$ m/s ore) ir užima platų dažnio diapazoną.
- **Žmogaus ausis junta bangas, kurių dažnis yra nuo 20 iki 20 000 Hz** (garsinio dažnio diapazonas). Jos vadinamos garsu.
- Kitos aukštesnio ir žemesnio dažnio bangos vadinamos **ultragarsu** ($f > 20000$ Hz) ir **infragarsu** ($f < 16-20$ Hz).
- Garso bangas tiriantis mokslas vadinamas akustika.

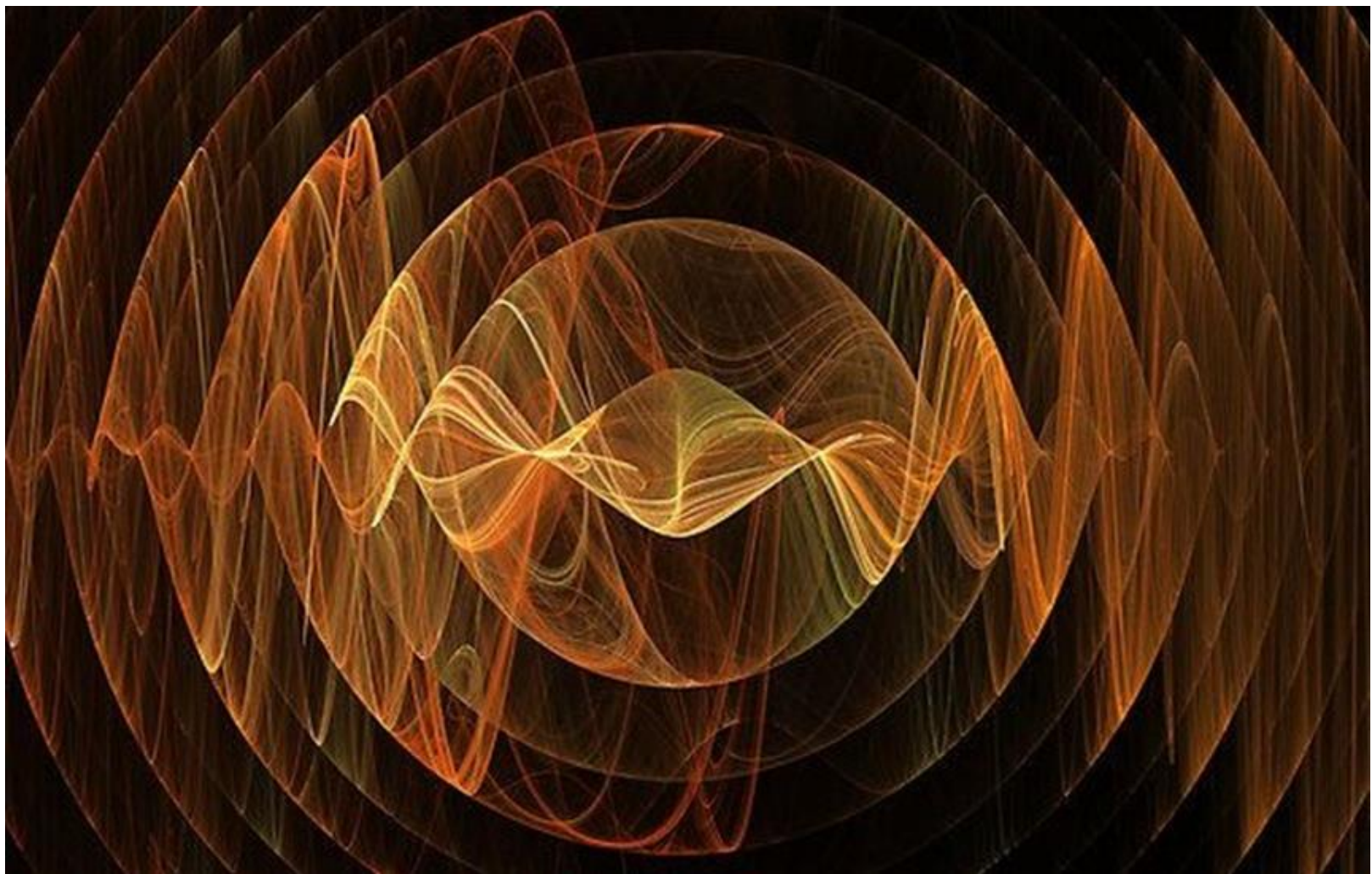


Gyvenamoji vieta (Išorės triukšmo lygis)	Rekomenduojamas maksimalus triukšmo lygis
 Gyvenvietė, apie 60 dB	Miegoti: 25-30 dB Gyventi: 30-35 dB Dirbti: 35-50 dB
 Miesto cen- tras, apie 70 dB	Miegoti: 25-30 dB Gyventi: 30-35 dB Dirbti: 35-50 dB
 Pramoninis rajonas, virš 70 dB	Miegoti: 25-30 dB Gyventi: 30-35 dB Dirbti: 35-50 dB

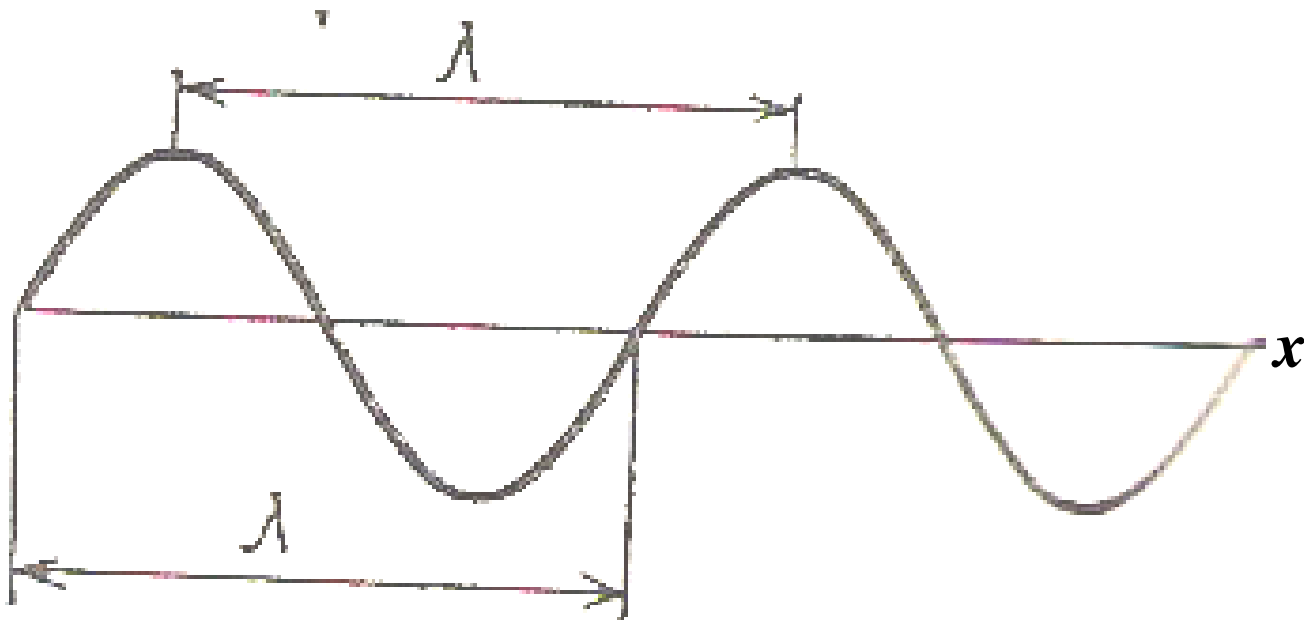
Stipriausias kada nors pasaulyje užfiksuotas garsas

- 1883 m. išsiveržus **Krakatau** ugnikalniui (Indonezijoje) prietaisai užfiksavo maždaug **200db** garsą (apie 160 km atstumu nuo epicentro).
- Tai buvo katastrofiškai pražūtingas ir didžiausias kada nors užfiksuotas garsas Žemėje.
- Krakatau sprogimo sukelta garso banga mūsų planetą apskriejo net keturis kartus.





- **Bangos ilgiu** λ vadinamas artimiausias atstumas bangoje tarp dviejų dalelių, svyruojančių ta pačia faze.



- **Bangos paviršiumi** vadiname geometrinę vietą taškų, virpančių vienoda faze.
- Pagal bangos paviršiaus formą bangos yra skirstomos į **plokščias** ir **sferines**.
- Bangos paviršius, skiriantis virpančią aplinką nuo dar nevirpančios, vadinamas **bangos frontu**.

Plokščios bangos lygtis

$$s = f(x, t)$$

$$s = A \cdot \cos \omega(t - x / v)$$

arba

$$s = A \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot x) ,$$

kur k – ciklinis bangos skaičius ($k = 2\pi/\lambda$).

Sferinės bangos lygtis

$$s = \frac{A}{r} \cdot \cos \omega(t - r / v)$$

v - **fazinis greitis**, tai greitis, kuriuo plinta fiksuota bangos fazė

$$v = dx/dt .$$



STOVINČIOS BANGOS

- **Stovinti banga** gaunama interferuojant dviem, vienai priešais kitą sklindančioms bangoms, kurių amplitudės yra vienodos.
- **Stovinti banga**, skirtingai nuo sklindančios, **energijos neperneša.**

- **Bangų interferencija**, tai koherentinių bangų sudėtis, kai vienuose erdvės taškuose bangos viena kita sustiprina (*turime **max***), o kituose susilpnina (*turime **min***).
- **Koherentinėmis** vadinamos bangos, kurių ilgiai (*ar dažniai*) yra vienodi ir fazių skirtumas yra pastovus laikui bėgant:

$$\lambda_1 = \lambda_2$$

$$\Delta\varphi = \text{const.}$$

- Dvi plokščios bangos, sklinda viena prieš kitą:

$$s_1 = A \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot x)$$

$$s_2 = A \cdot \cos(\omega \cdot t + k \cdot x)$$

joms interferavus, gaunama stovinti banga.

Stovinčios bangos lygtis:

$$s = s_1 + s_2 = 2 \cdot A \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Čia $2 \cdot A \cdot \cos(k \cdot x)$ – stovinčios bangos amplitudė.

- **Maksimali stovinčios bangos amplitudė lygi $2A$ ir vadinama bangos pūpsniu.**
- **Minimali stovinčios bangos amplitudė lygi 0 ir vadinama bangos mazgu.**

Stovinčios bangos amplitudės kitimas

