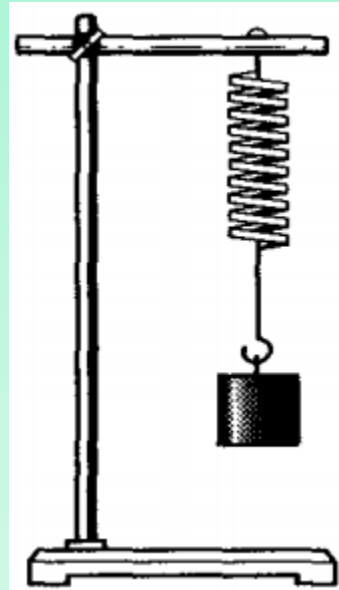
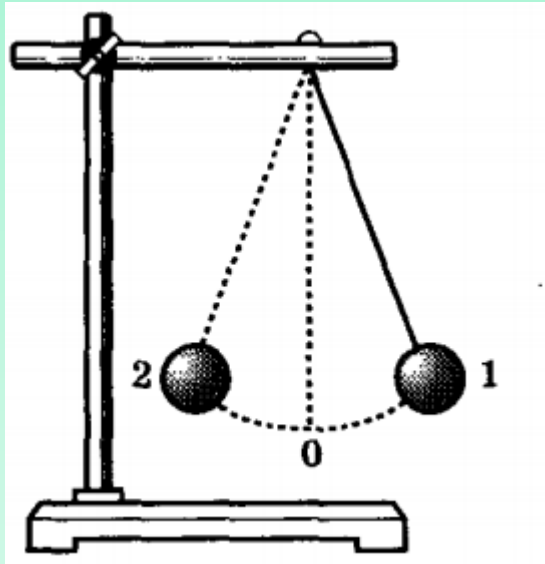


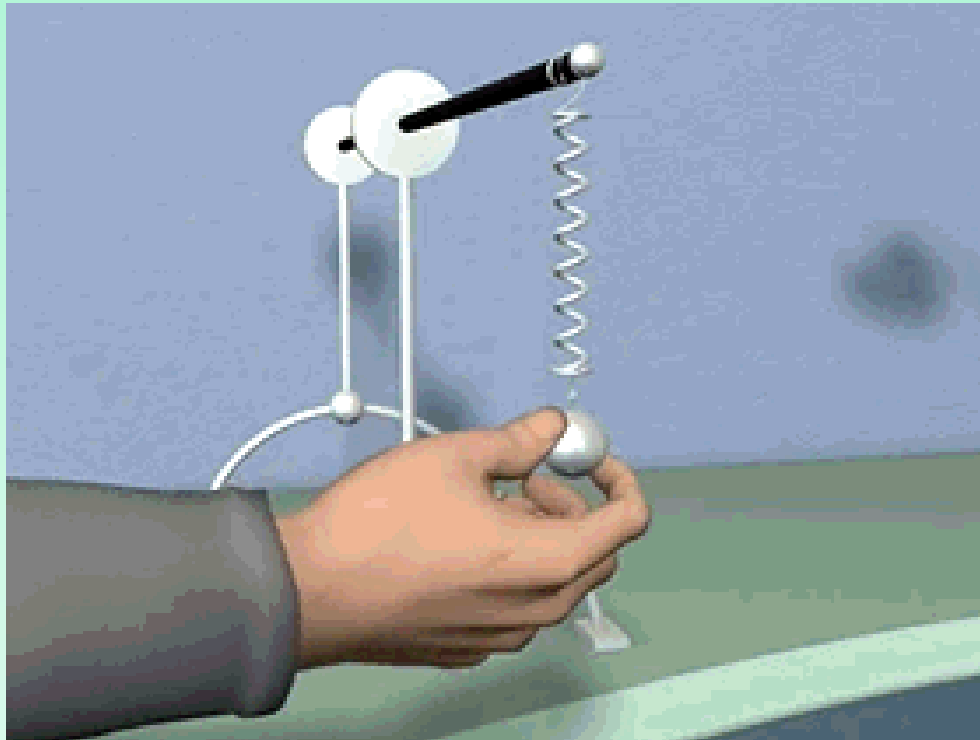
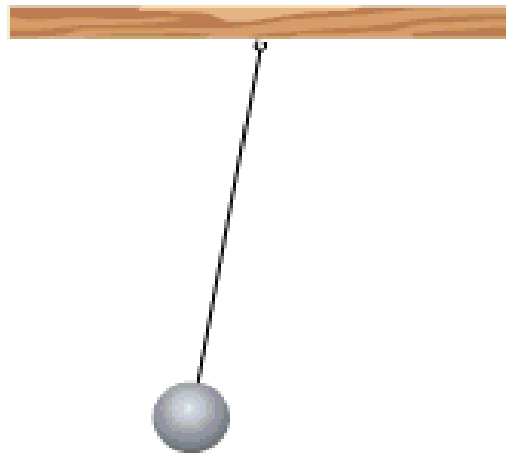
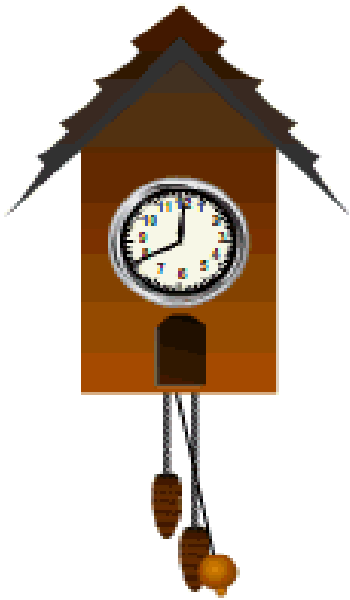
Қарағанды техникалық университеті

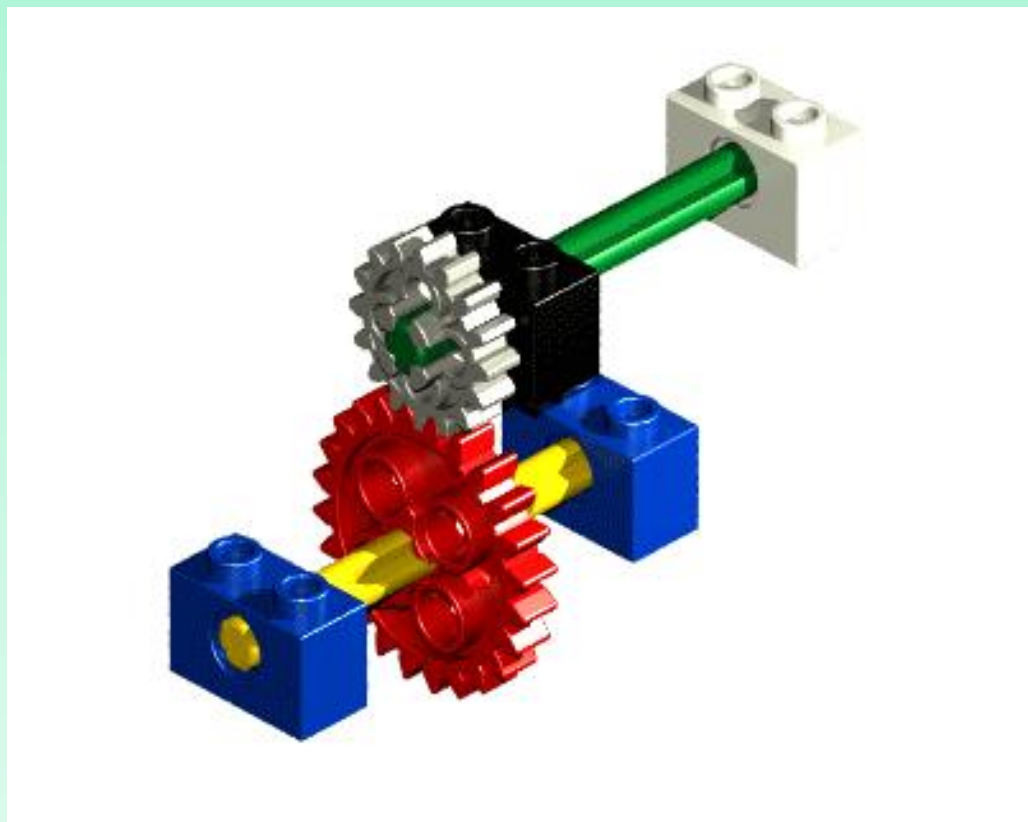
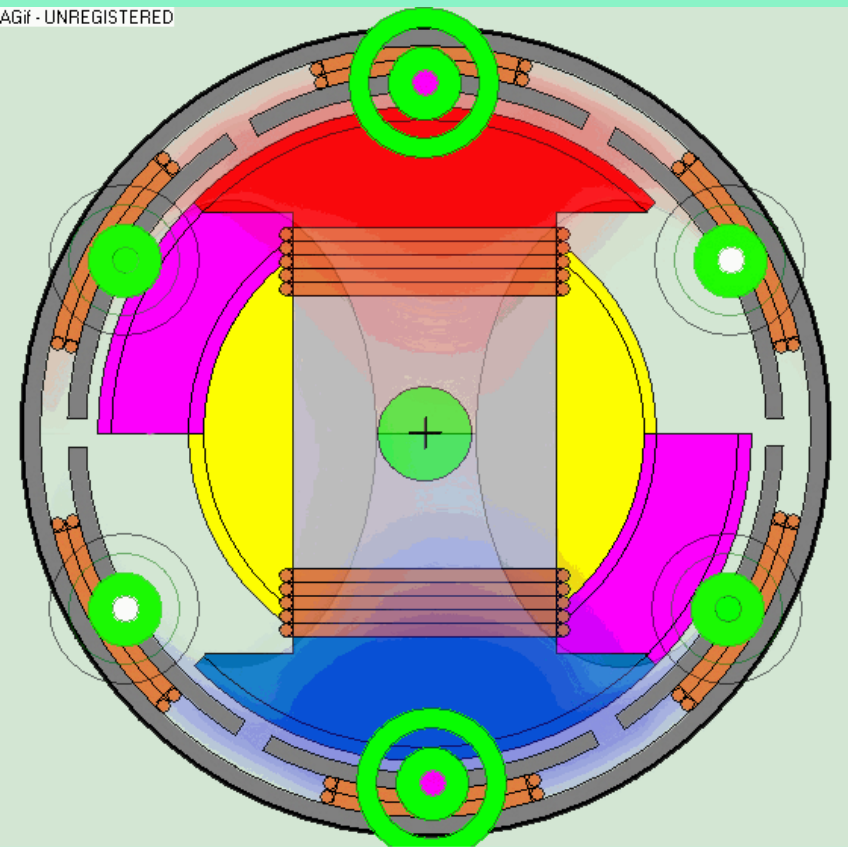
*Дәріс барлық мамандыққа
арналған*

Дәріс тақырыбы: *Механикалық тербелістер мен толқындар*



**Физика кафедрасының аға оқытушысы,
физика магистрі: Копбалина Қ.Б.**





ТЕРБЕЛІСТЕР

- Тербелістердің жалпы сипаттамалары
- Еркін гармоникалық тербелістердің дифференциалдық теңдеуі
- Өшетін тербелістердің дифференциалдық теңдеуі
- Бірбағыттағы тербелістердің қосылуы
- Өзара перпендикуляр тербелістердің қосылуы

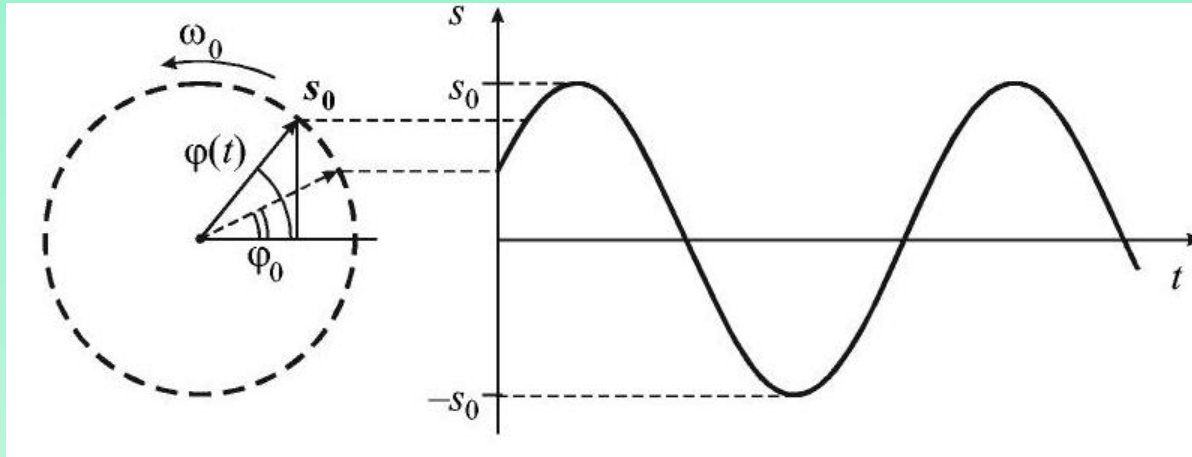
Тербеліс түрлері

- *Еркін*
- *Еріксіз*
- *Автотербелістер*

Гармоникалық тербелістер деп, синус немесе косинус заңымен жүретін тербелістерді атайды.

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Гармониялық тербелістер



$$s = s_0 \cos \varphi$$

$$\varphi = \omega t + \varphi_0$$

$$s = s_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

ЖАЛПЫ СИПАТТАМАЛАРЫ

амплитуда

циклдік жиілік

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

бастапқы фаза

$(\omega t + \varphi_0) \longrightarrow$ *тербеліс фазасы*

$$\omega = 2\pi\nu$$

тербеліс периоды

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$$

Гармоникалық тербелістердің пайда болу шарттары:

- *Серпімді немесе квазисерпімді қайтарушы күштің әсері;*
- *Үйкелістің өте аз болуы.*

Жылдамдық және үдеу:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v = \dot{x} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0) \quad v_{\max} = A\omega$$

$$a = \ddot{x} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) \quad a_{\max} = A\omega^2$$

ЕРКІН ГАРМОНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕРДІҢ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУІ:

$$F = ma_x$$

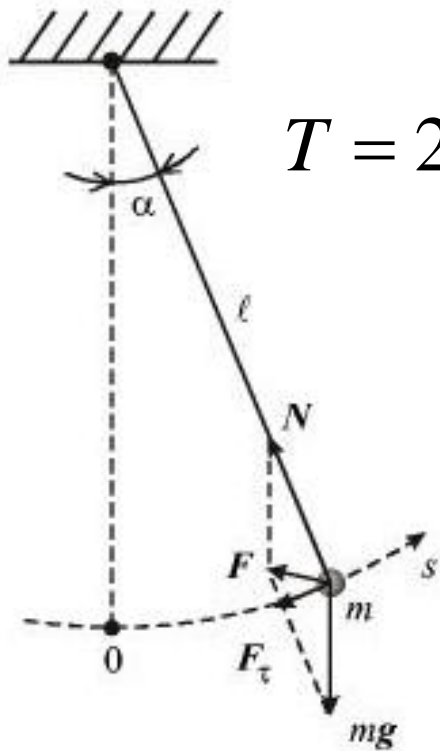
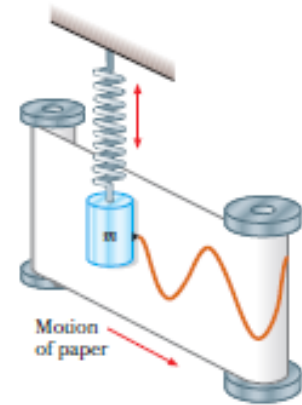
$$\frac{k}{m} = \omega_0^2$$

$$-kx = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

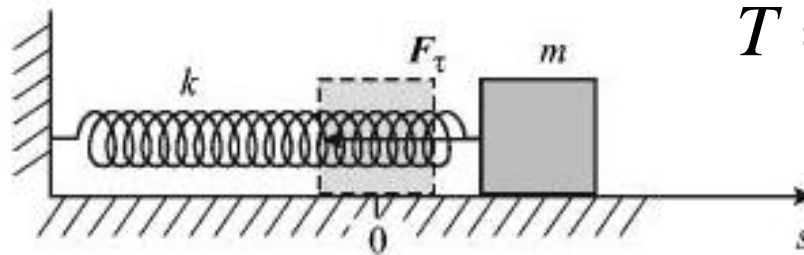
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0$$

МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ СЕРПІМДІ МАЯТНИК



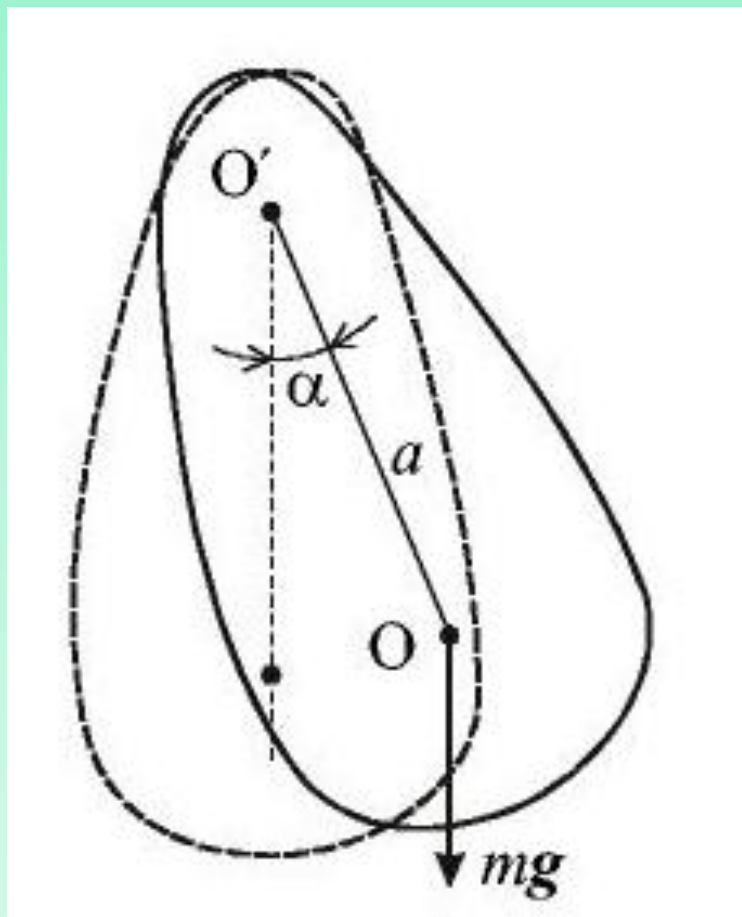
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$k = m\omega^2 = \frac{4\pi m}{T^2}$$



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

ФИЗИКАЛЫҚ МАЯТНИК



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgd}}$$

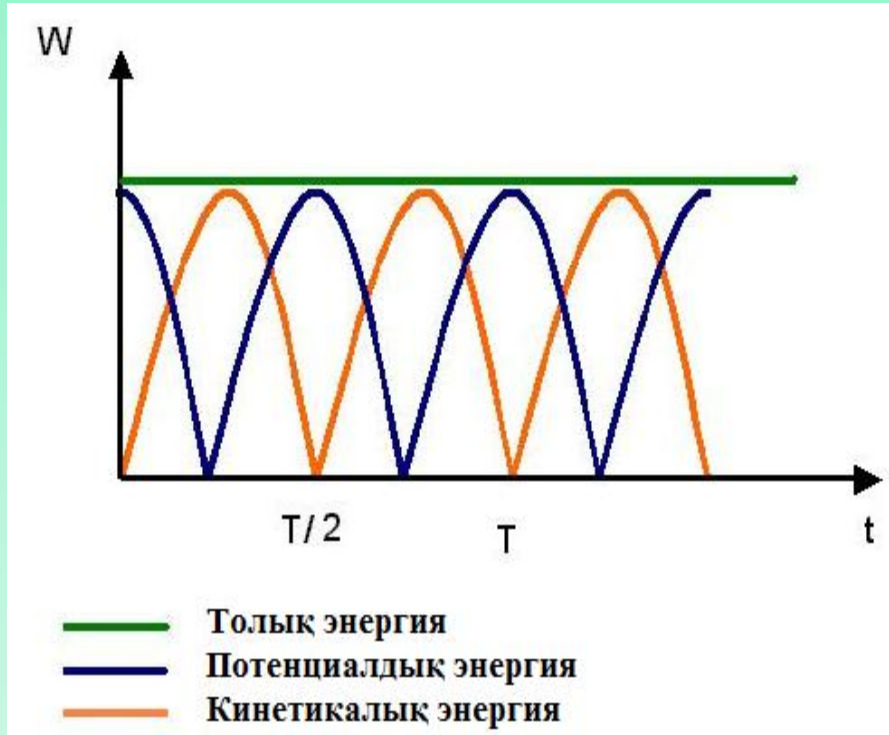
J - Инерция моменті,

d - маятниктің ұзындығы.

$L = \frac{J}{ml}$ - физикалық маятниктің келтірілген ұзындығы.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕРДІҢ ЭНЕРГИЯСЫ



$$W = W_k + W_p$$

$$W_k = \frac{m v_{\max}^2}{2} = \frac{m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)}{2}.$$

$$E_n = \frac{k x^2}{2} = \frac{m \omega^2 A^2 \sin^2 \omega t}{2}.$$

$$W = \frac{m v^2}{2} + \frac{k x^2}{2} = \frac{m \omega^2 A^2}{2} (\cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t) = \frac{m \omega^2 A^2}{2}.$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu;$$

$$E = 2\pi^2 A^2 \nu^2 m.$$

ӨШЕТІН ТЕРБЕЛІСТЕР

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\delta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0,$$

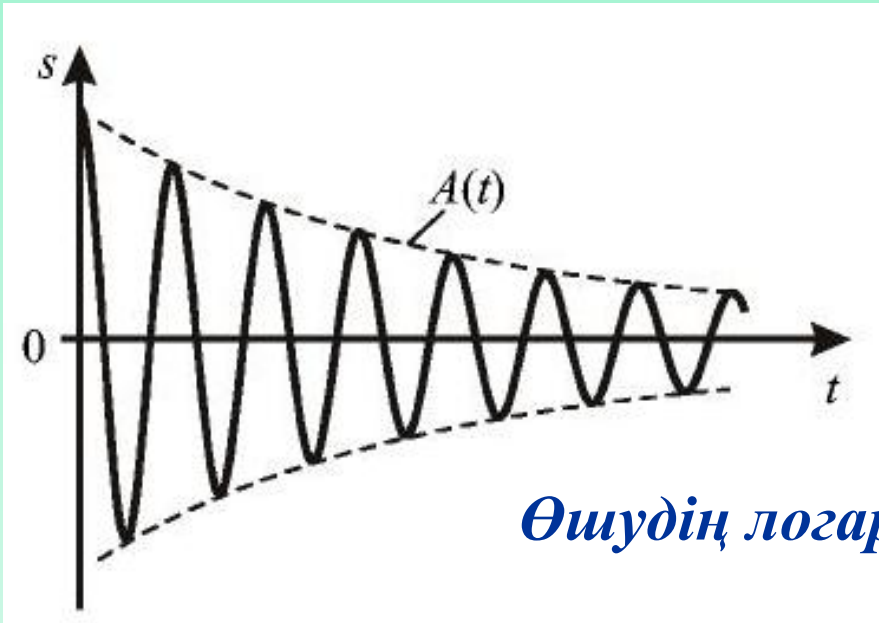
$\delta = \text{const}$ - өшу коэффициенті;

ω_0 - тербелмелі жүйенің еркін өшпейтін тербелістерінің циклдік жиілігі;

$\delta = 0$ - (энергия шығынының жоқ болуы) өздік жиілік.

өшетін тербелістер

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



Өшудің логарифмдік декременті

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2$$

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

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

ӨШЕТІН ТЕРБЕЛІСТЕР

$$\frac{A_2}{A_1} = e^{\beta\tau} = e^1 \quad \tau = \frac{1}{\beta} \quad \text{Релаксация уақыты}$$

Өшу коэффициенті – амплитуда e рет кішірейетін уақытқа кері шама.

Өшудің логарифмдік декременті – амплитуда e рет кішірейетін тербеліс санына кері шама.

$$\delta = \beta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N}$$

$$Q = \frac{\pi}{\delta} = \pi N_e$$

Тербелмелі контурдың жұмысының сапалылығын (төзімділігін) сипаттау – серпімділік күшінің үйкеліс күшінен қанша есе үлкен екенін көрсететін жүйедегі тербеліс өшуінің сандық сипаттамасы.

N_e - амплитуданың ахзаю уақытында е есе жасалатын тербелістер саны.

ЕРІКСІЗ ТЕРБЕЛІСТЕР

Сыртқы периодтық күш әсерінен пайда болатын тербелістерді еріксіз тербеліс деп атайды.

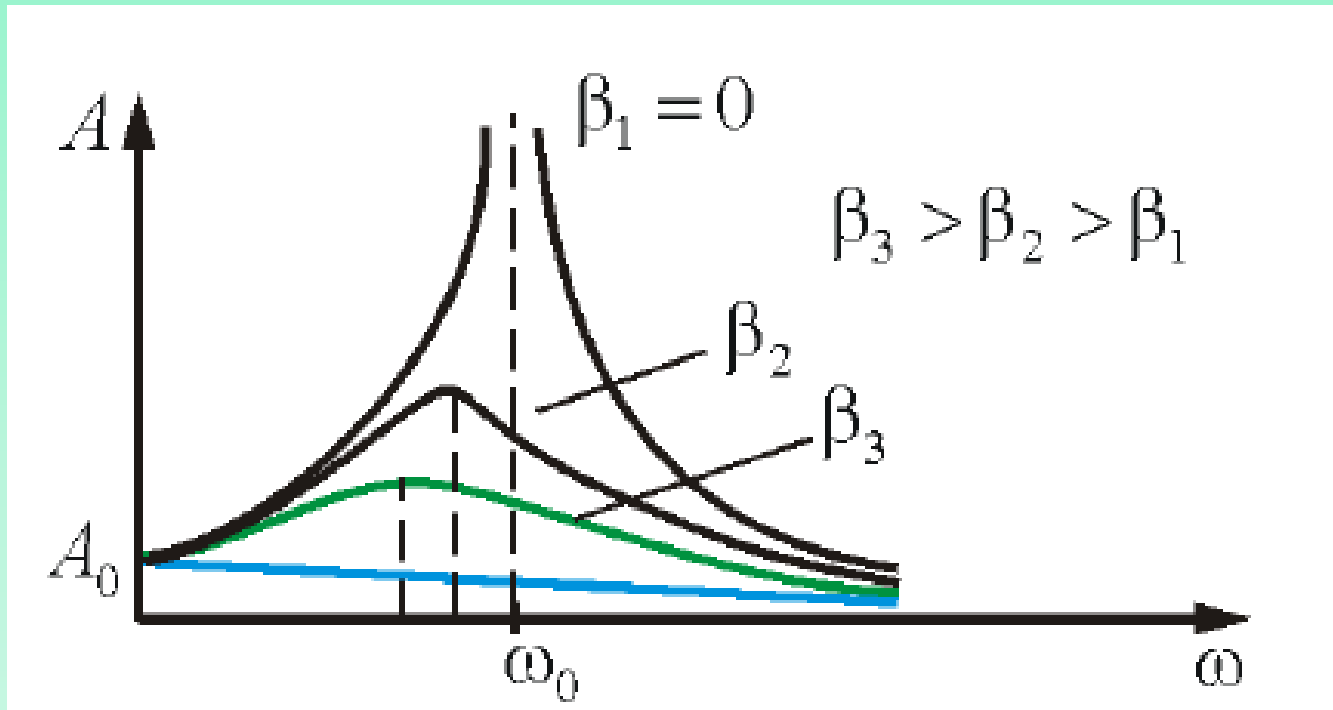
$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

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

Еріксіз тербелістер еріксіз күш жиілігі әсерінен пайда болады.

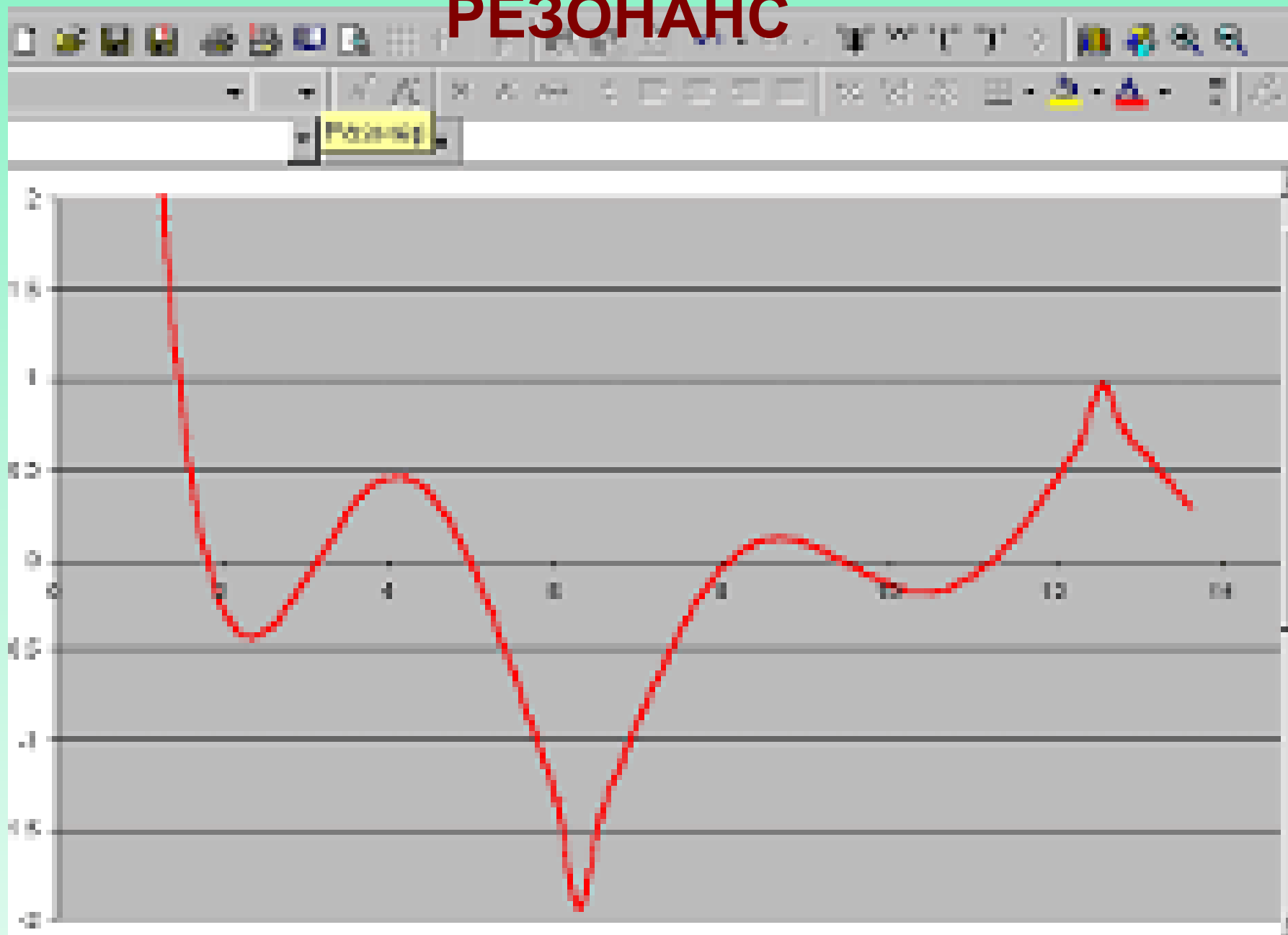
$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\beta\omega}$$

РЕЗОНАНС



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

РЕЗОНАНС

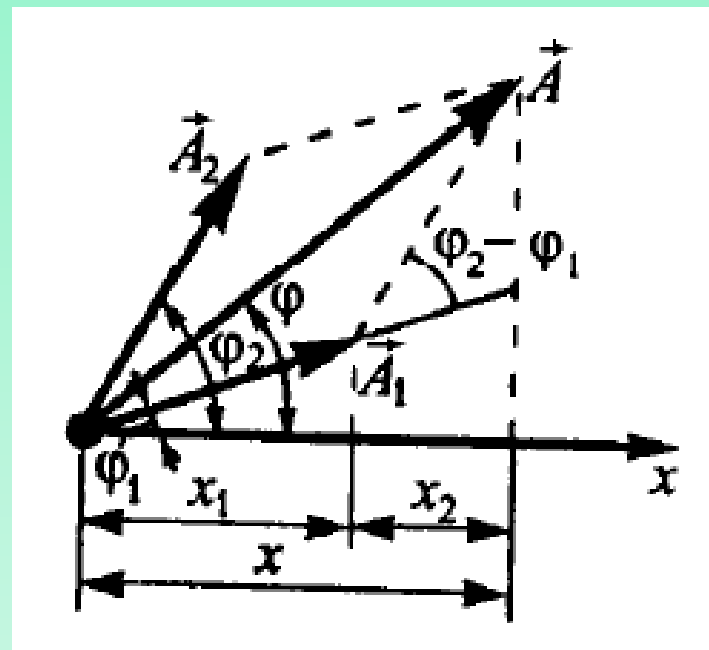
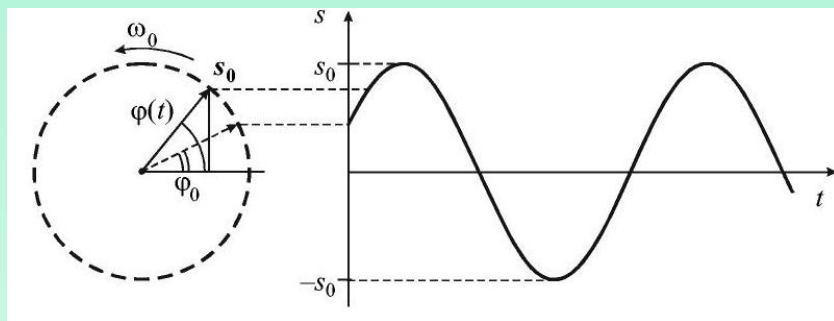


БІРБАҒЫТТАҒЫ ТЕРБЕЛІСТЕРДІ ҚОСУ

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega$$

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

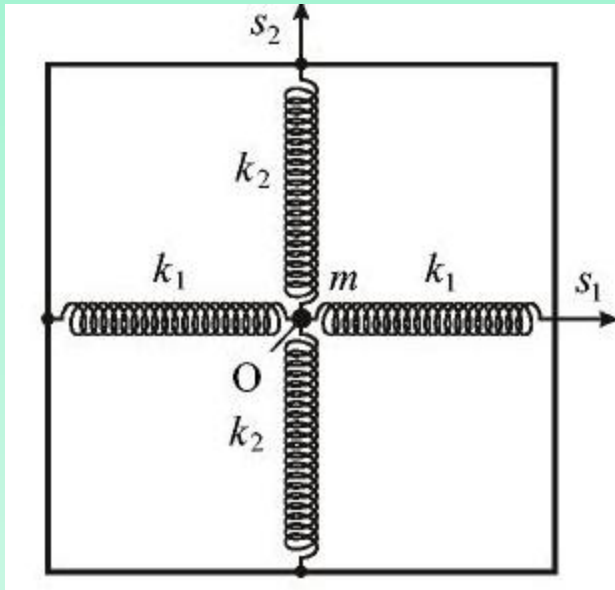


$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

ӨЗАРА ПЕРПЕНДИКУЛЯР ТЕРБЕЛІСТЕР



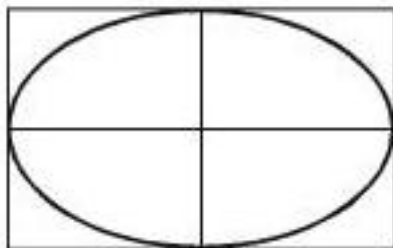
$$x = A_1 \cos(\omega t)$$
$$y = A_2 \cos(\omega t + \Delta\varphi)$$

$$\Delta\varphi = 0$$

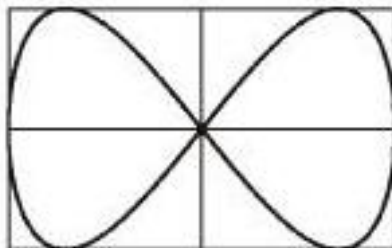
$$y = \frac{A_2}{A_1} x$$

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \quad \cos^2(\omega t) + \sin^2(\omega t) = \left(\frac{x}{A_1}\right)^2 + \left(\frac{y}{A_2}\right)^2 = 1$$

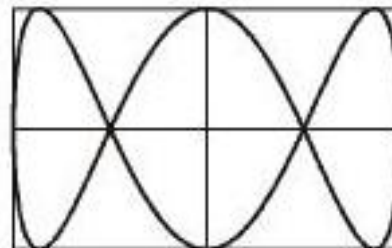
ЛИССАЖУ ФИГУРАЛАРЫ



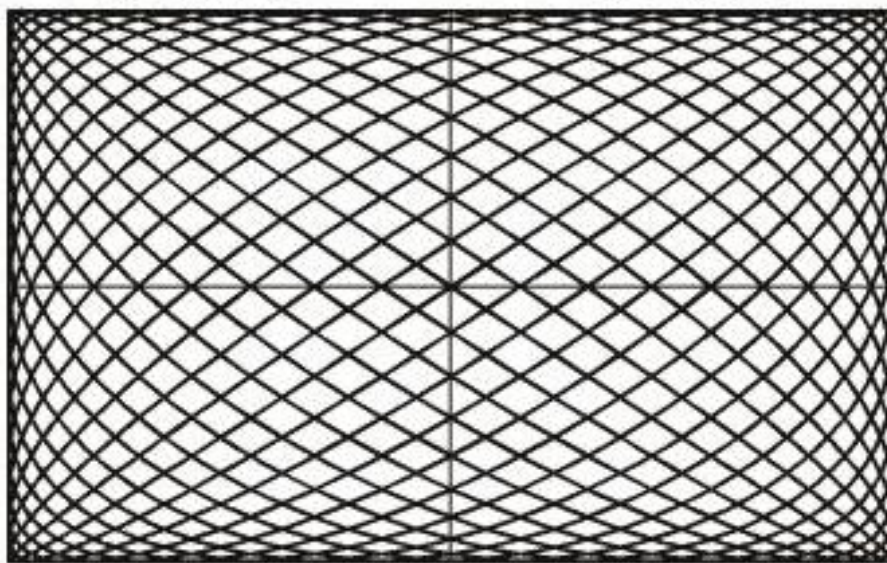
$$m = 1, n = 1$$



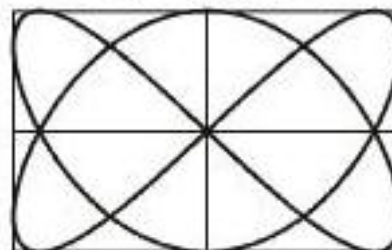
$$m = 1, n = 2$$



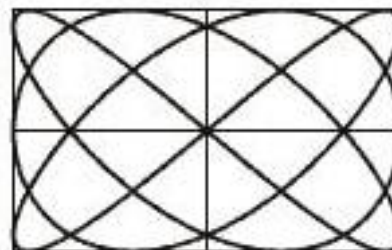
$$m = 1, n = 3$$



$$m = 19, n = 20$$



$$m = 2, n = 3$$



$$m = 3, n = 4$$



Толқын-тербелістің ортада таралу процесі

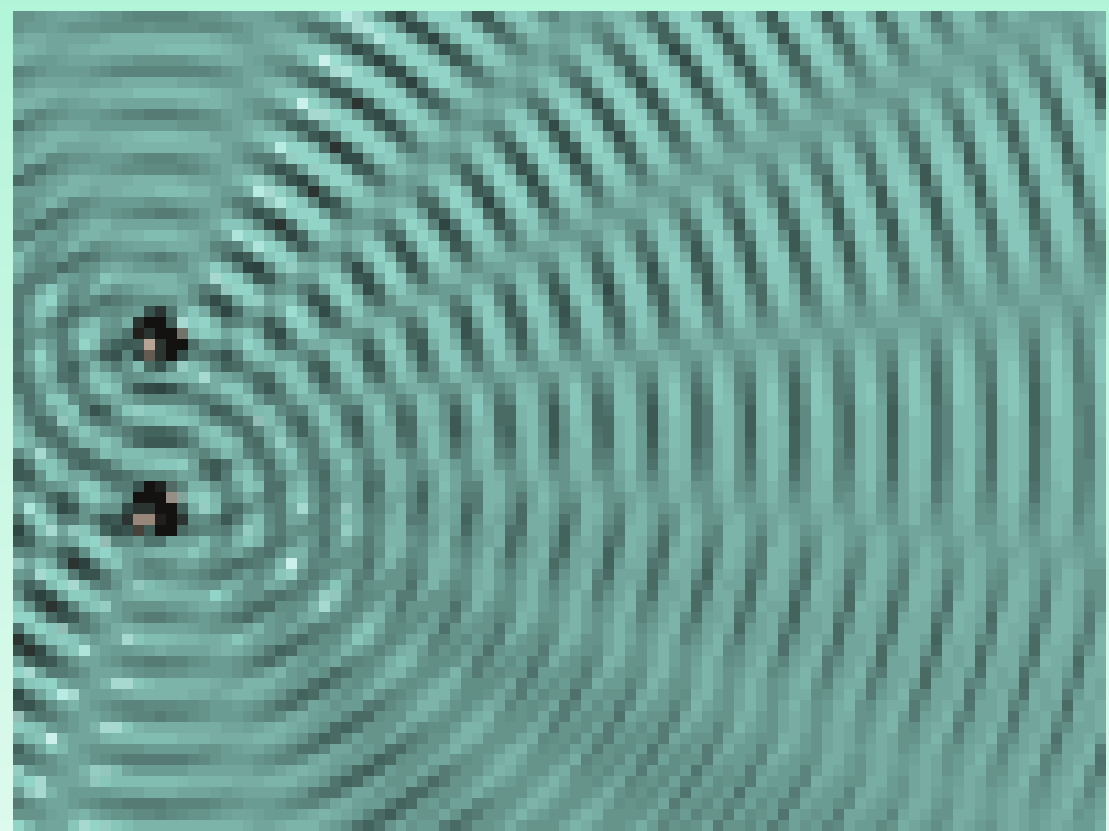




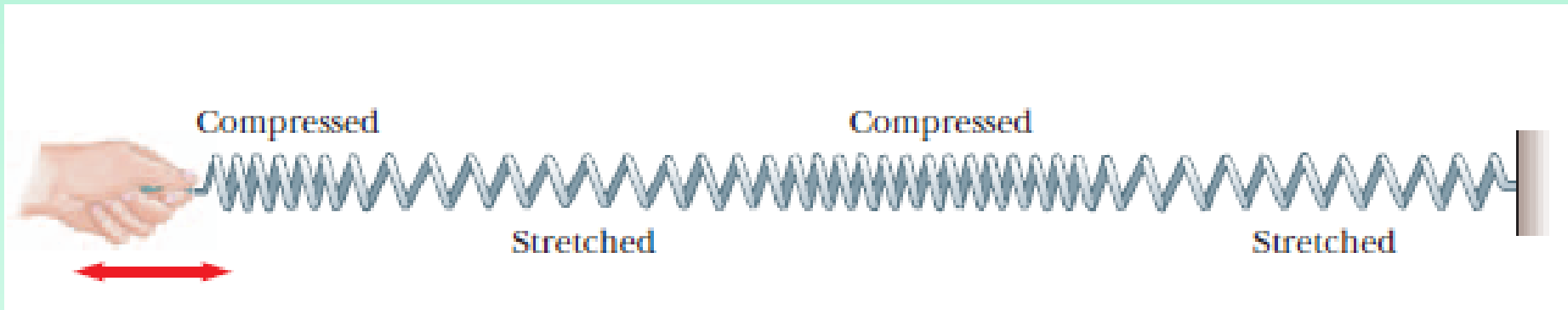
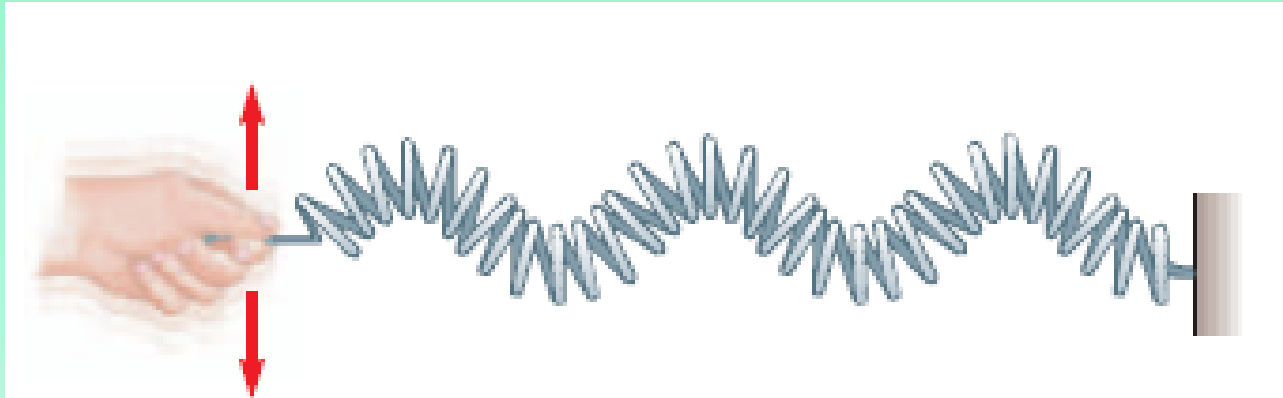
Толқынның негізгі қасиеті – зат тасымалынсыз энергия тасымалдануы

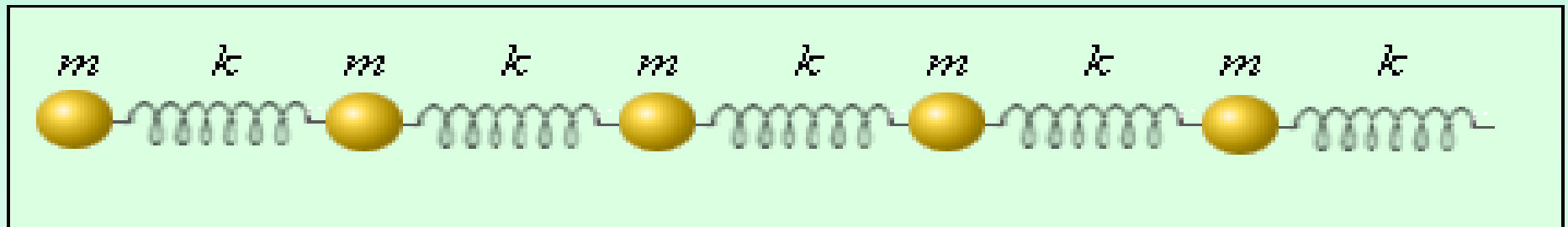
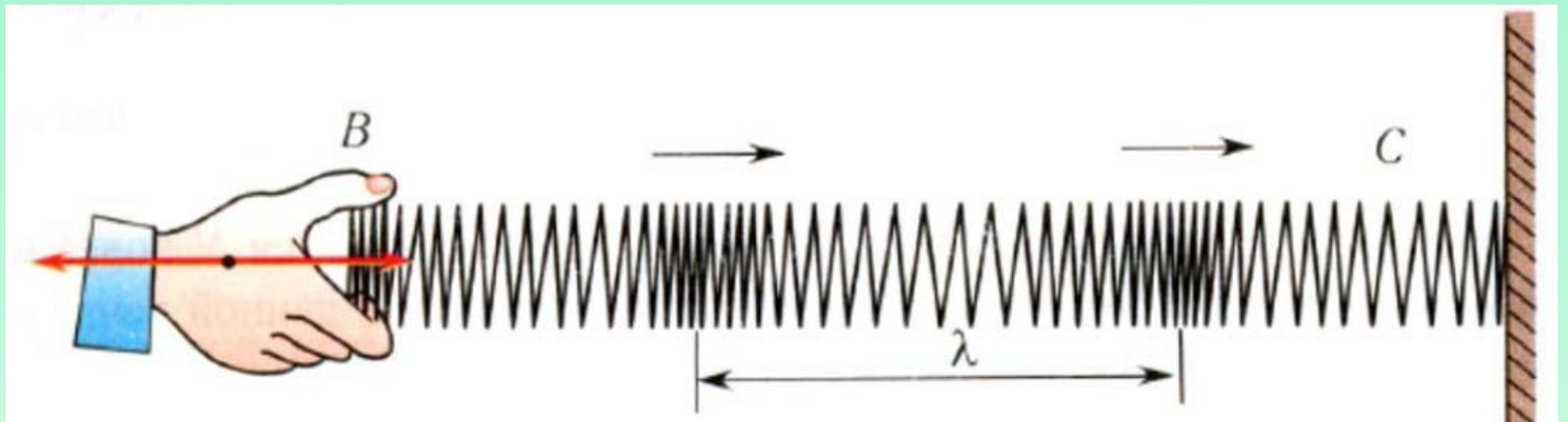
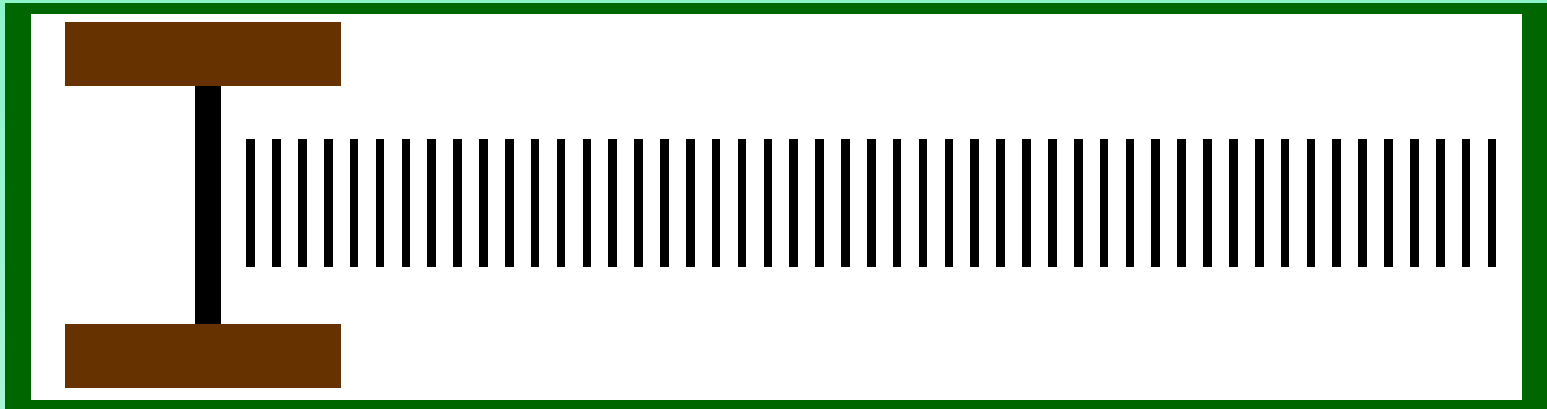
$$\lambda = \nu T = \frac{\nu}{\nu}$$



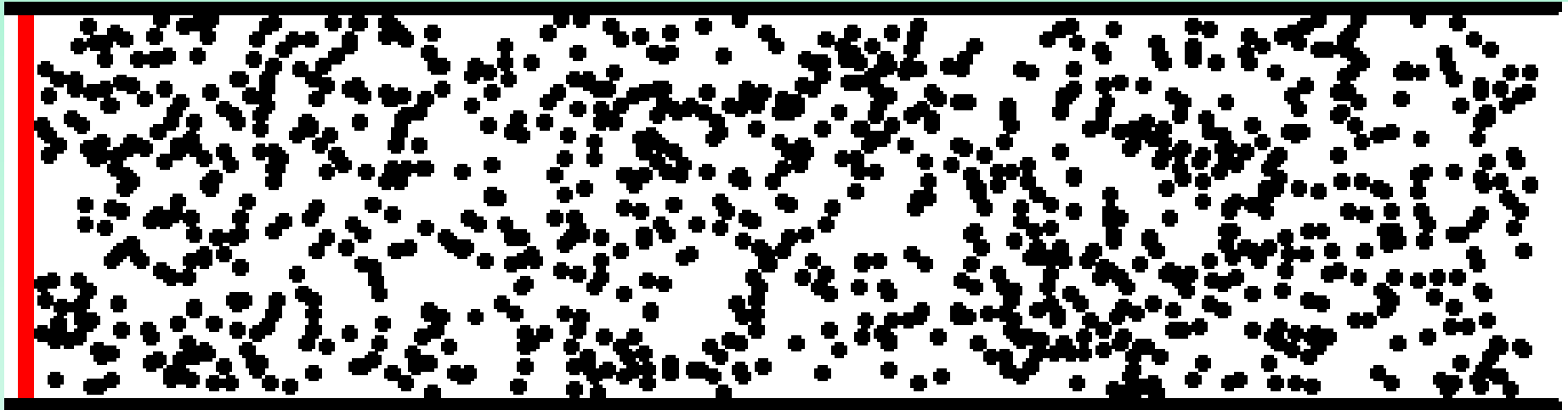


Толқындар көлденең және қума болады

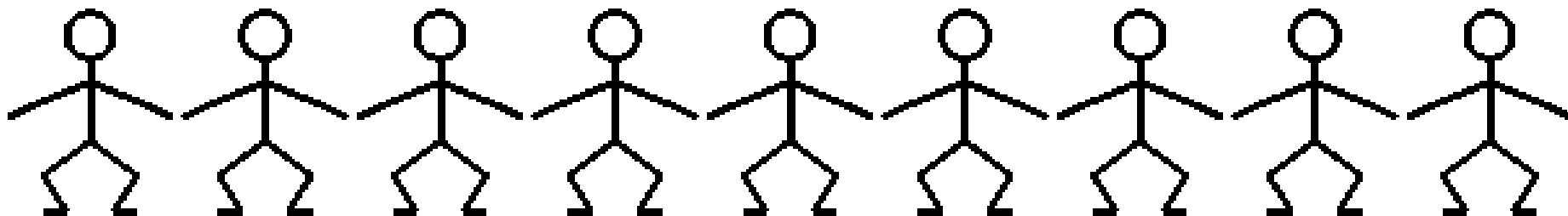




Қума толқындар деп, тербеліс бағыты толқынның таралу бағытымен сәйкес келетін толқындарды атайды.

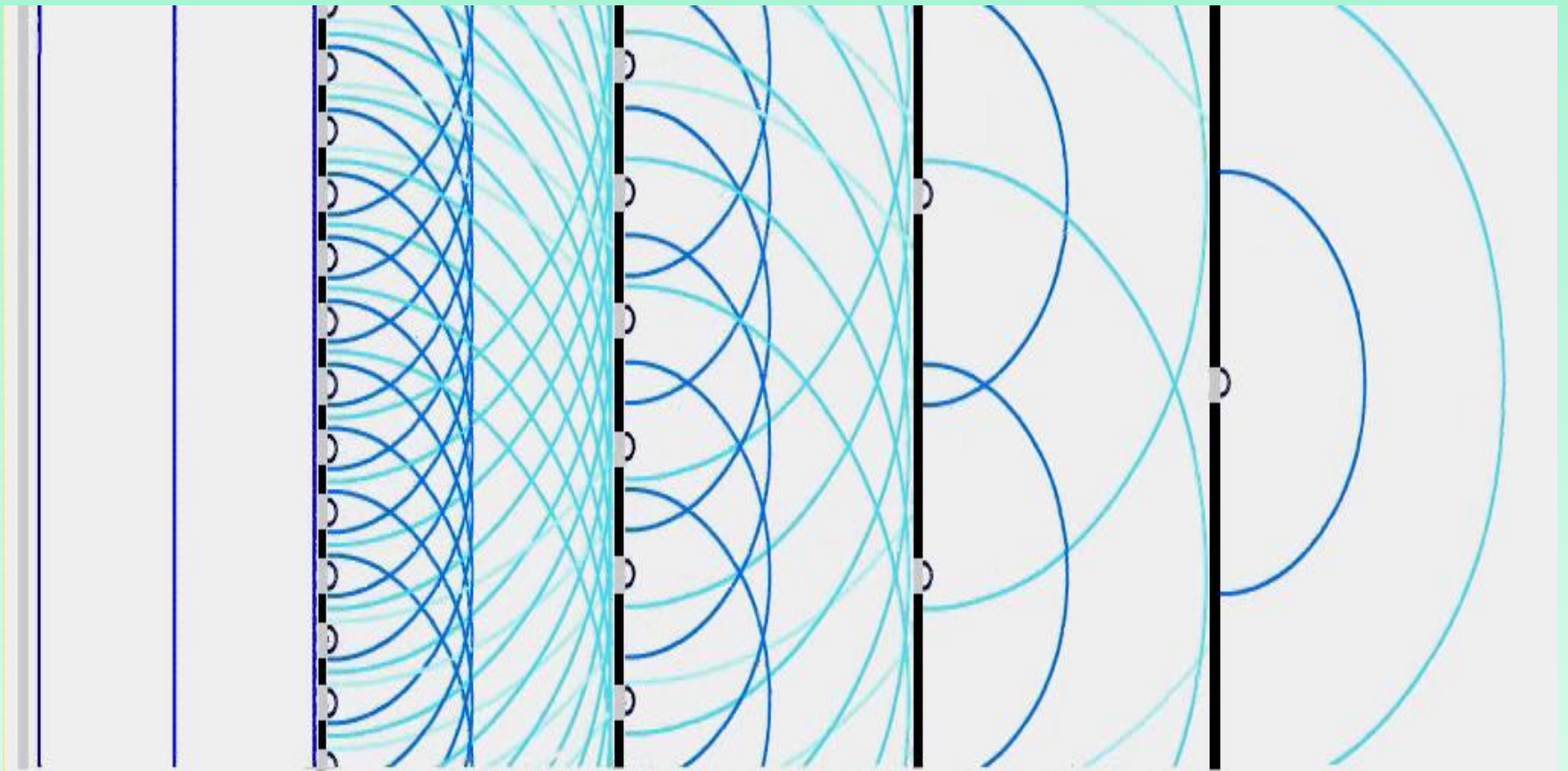


Көлденең толқындар деп, тербеліс бағыты толқын бағытына перпендикуляр болатын толқындарды атайды.

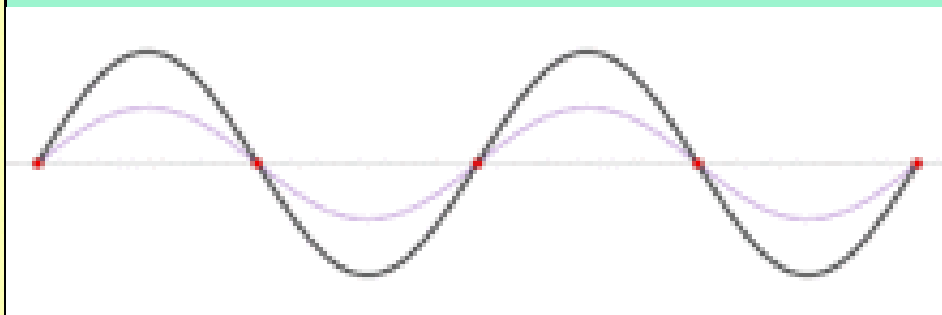
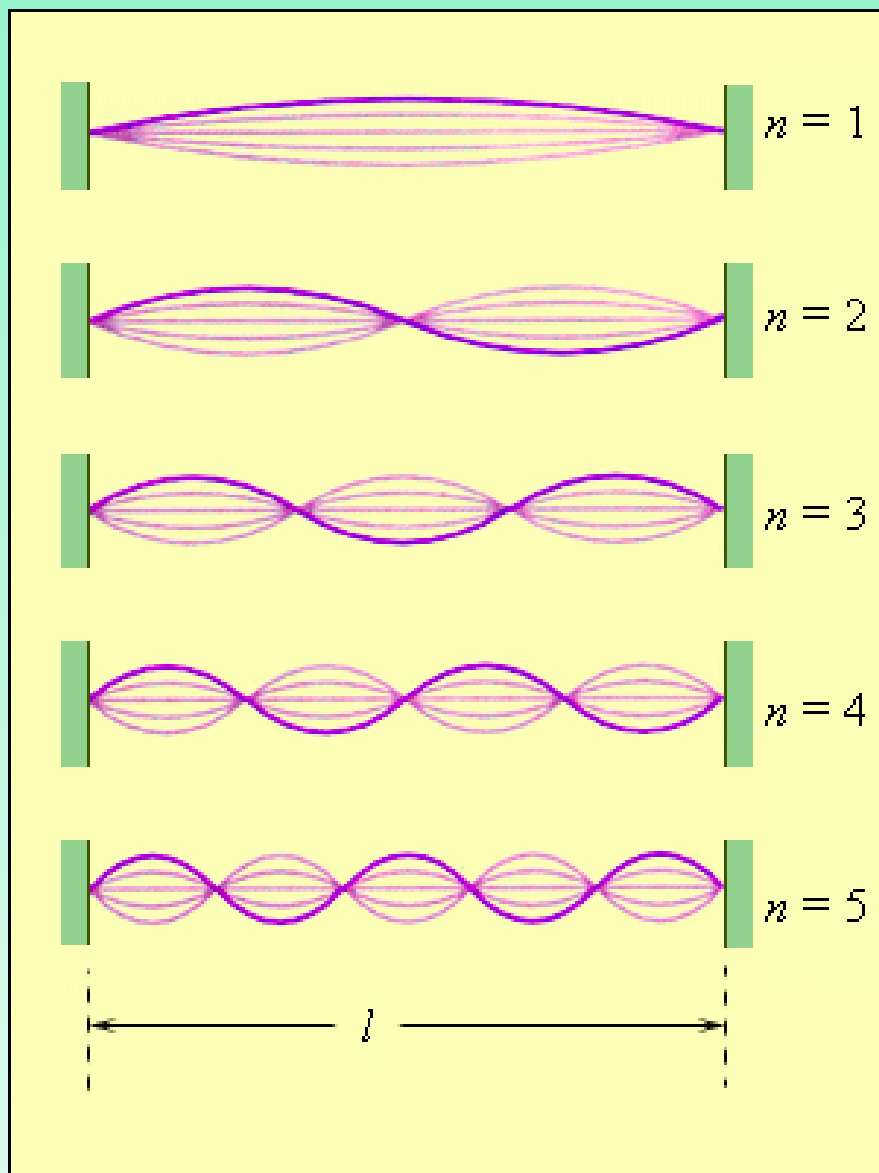


© 2002, Dan Russell

Толқын шебі (немесе толқындық бет) деп бірдей фазаларда тербелетін нүктелердің геометриялық орнын айтамыз.



Тұрғын толқын



ТОЛҚЫН ТЕҢДЕУІ

Толқын теңдеуі – тербелетін нүктенің оның координаталары мен уақытының функциясы ретінде анықтайтын қатынас.

$$\xi = A \cos \omega t$$

$$\xi(x, t) = A \cos \omega(t - \Delta t)$$

$$\Delta t = \frac{x}{v}$$

$$\xi(x, t) = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

ТОЛҚЫН ТЕНДЕУІ

$$\xi(x, t) = A \cos\left(\omega t - \omega \frac{x}{v}\right) = A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{x}{v}\right)$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} = k$$

$$\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx)$$

$$k = \frac{\omega}{v}$$

$$\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{n}$$

ТОЛҚЫНДЫҚ ТЕНДЕУ

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

$$\Delta \xi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

Дыбысты сипаттау үшін біздің дыбысты қабылдауымызбен байланысты дыбыс қаттылығы, тонның биіктігі, тембр сияқты арнайы физикалық шамалар енгізіледі.

Дыбыстың қаттылығы

Дыбыстың қаттылығы неге байланысты болатынын анықтау үшін камертонды пайдаланамыз. *Камертон* — доға тәрізді қысқа сапталған металл таяқша, оның көмегімен музыкалық дыбыс алуға болады.

Камертондардың немесе басқа гармоникалық тербеліс жасайтын денелердің шығаратын *дыбыстары музыкалық* дыбыстар деп аталады.

СӨЖ АРНАЛҒАН БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

- Еркін гармониялық механикалық тербелістің дифференциалдық теңдеуі (мысалы серіппелі маятниктің теңдеуі)
- Тербеліс периоды дегеніміз не? Математикалық маятниктің тербелісінің периодының формуласын жаз.
- Тербеліс периоды дегеніміз не? Серіппелі маятниктің тербелісінің периодының формуласын жаз.
- Механикалық еріксіз тербеліс теңдеуі.
- Тұрғын толқынның шоғыры, түйіні дегеніміз не?
- Толқындық теңдеу

- Серіппелі маятниктің потенциалдық энергиясы өрнегін жаз.
- Тербеліс жиілігі дегеніміз не?
- Егер тербелмелі контурдың катушкасының индуктивтілігін 4 есе өсіріп, конденсаторының сиымдылығын 2 есе азайтсақ оның еркін тербелісінің периоды қалай өзгереді?
- Егер тербелмелі контурдың катушкасының индуктивтілігінің және конденсаторының сиымдылығын 2 есе өсірсек оның еркін тербелісінің периоды қалай өзгереді?
- Еркін тербеліс дегеніміз не?

ҚОСЫМША ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Әбдіғаппаров Қ., Ақылбаев А. Қ. Физика Алматы, 1995 ж.
2. Жылқыбаева М. Жалпы физика курсының есептері Алматы, 1992 ж.
3. Қойшибаев Н. Оптика , Алматы 2006 ж.
4. Маженов Н.А. Оптика, Караганды, 2010 ж.

Назарларыңызға рахмет!!!