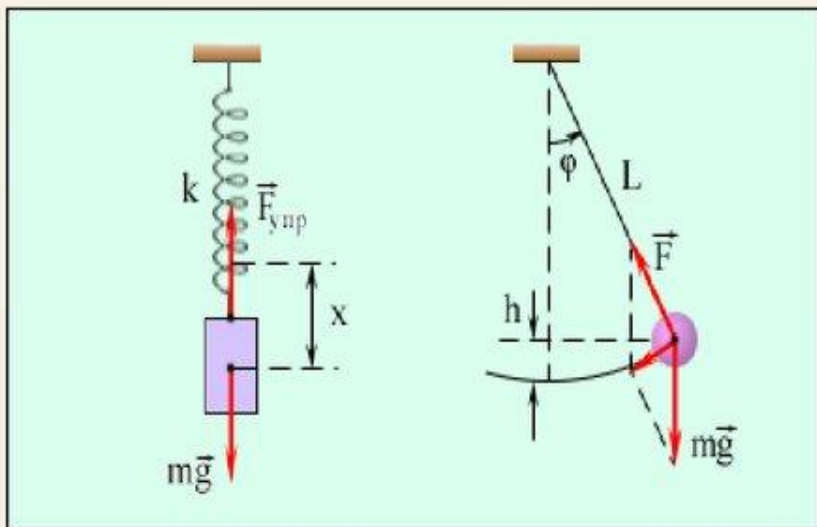
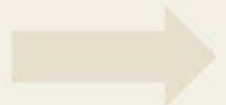
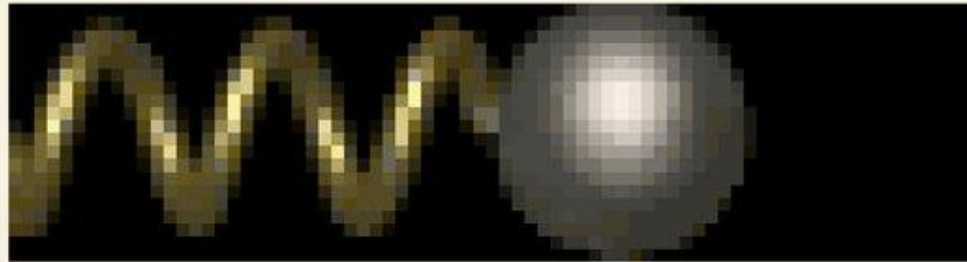


Механикалық тербелістер



Тербеліс

Механикалық тербеліс – дененің бірдей уақыт аралығында дәлме дәл немесе жуықтап қайталанып отыратын қозғалысы.



Тербелмелі қозғалыс пайда болуы үшін қажетті шарттар:

- **Денені тепе теңдік қалпынан шығарған кезде бастапқы қалпына қайтаратын күштің болуы.**
- **Үйкелістің аз болуы керек.**

Тербелістің сипаттамалары

- Дененің тепе теңдік күйден ауытқуы **ығысу** деп аталады.
- **Амплитуда** – тербелетін бөлшектің тепе теңдік қалпынан ең үлкен ауытқуы $A = x_{\max}$
 $[A] = m$
- **Период** – толық бір тербеліс жасауға кеткен уақыт. $[T] = c$



Тербелістің сипаттамалары

• **Жиілік** – бірлік уақыт ішінде жасаған тербеліс саны. (Жиілік – периодқа кері шама.)

Жүйенің еркін тербелісінің жиілігін **меншікті жиілік** дейді.

$$\nu = \frac{n}{t} \quad T = \frac{t}{n} \quad \nu = \frac{1}{T} \quad [\nu] = \Gamma\zeta \quad 1\Gamma\zeta = \frac{1}{1c}$$

Циклдің жиілік - 2π секундтағы тербеліс саны

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

Тербелістің сипаттамалары

Тербеліс фазасы– уақыт мезетіндегі тербелмелі жүйенің күйін сипаттайтын шама.

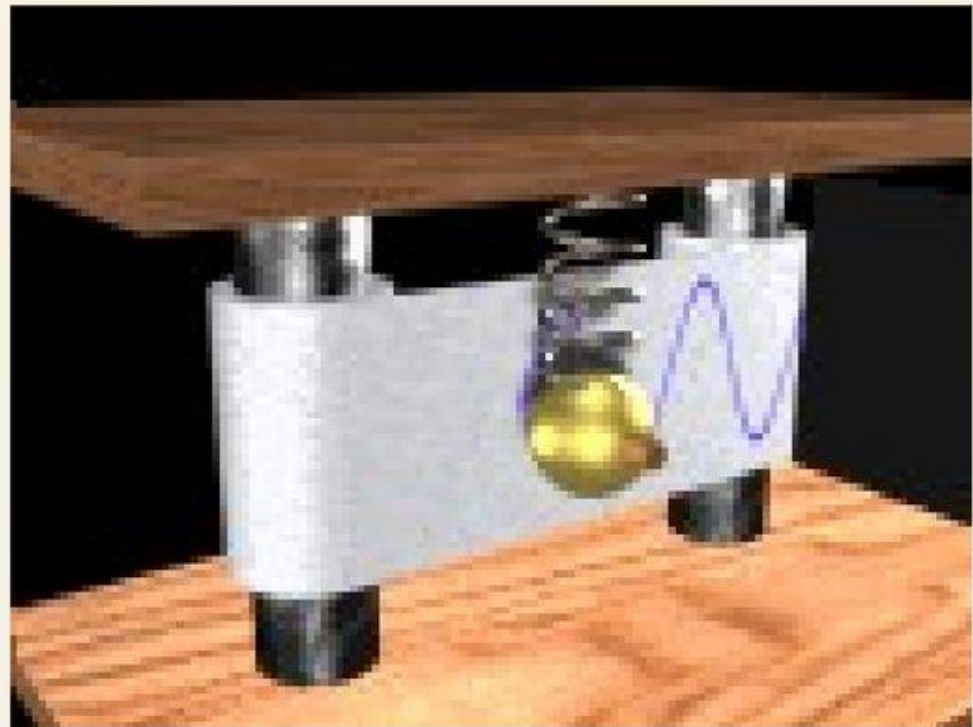
Алғашқы фазасы (ол дененің $t=0$ уақыт мезетіндегі тепе-теңдік жағдайдан ауытқуын көрсетеді). Тербеліс фазасы (амплитудамен қатар) өзгертін x шамасының берілген уақыттағы мәнін анықтайды. Фаза бұрыштық бірліктермен (градус немесе радиан) өлшенеді.

$$\varphi = [\text{rad}]$$

Гармоникалық тербеліс

Тербеліп тұрған нүктенің ығысуына пропорционал және осы ығысуға қарама-қарсы бағытталған күштер әсерінен туындайтын тербелістер **гармоникалық** болып табылады. $F = -kx$

Гармоникалық тербеліс – синус немесе косинус заңы бойынша өтетін тербелістер.



Гармоникалық тербеліс

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

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0')$$

$\varphi_0' = \varphi_0 + \pi/2$

немесе

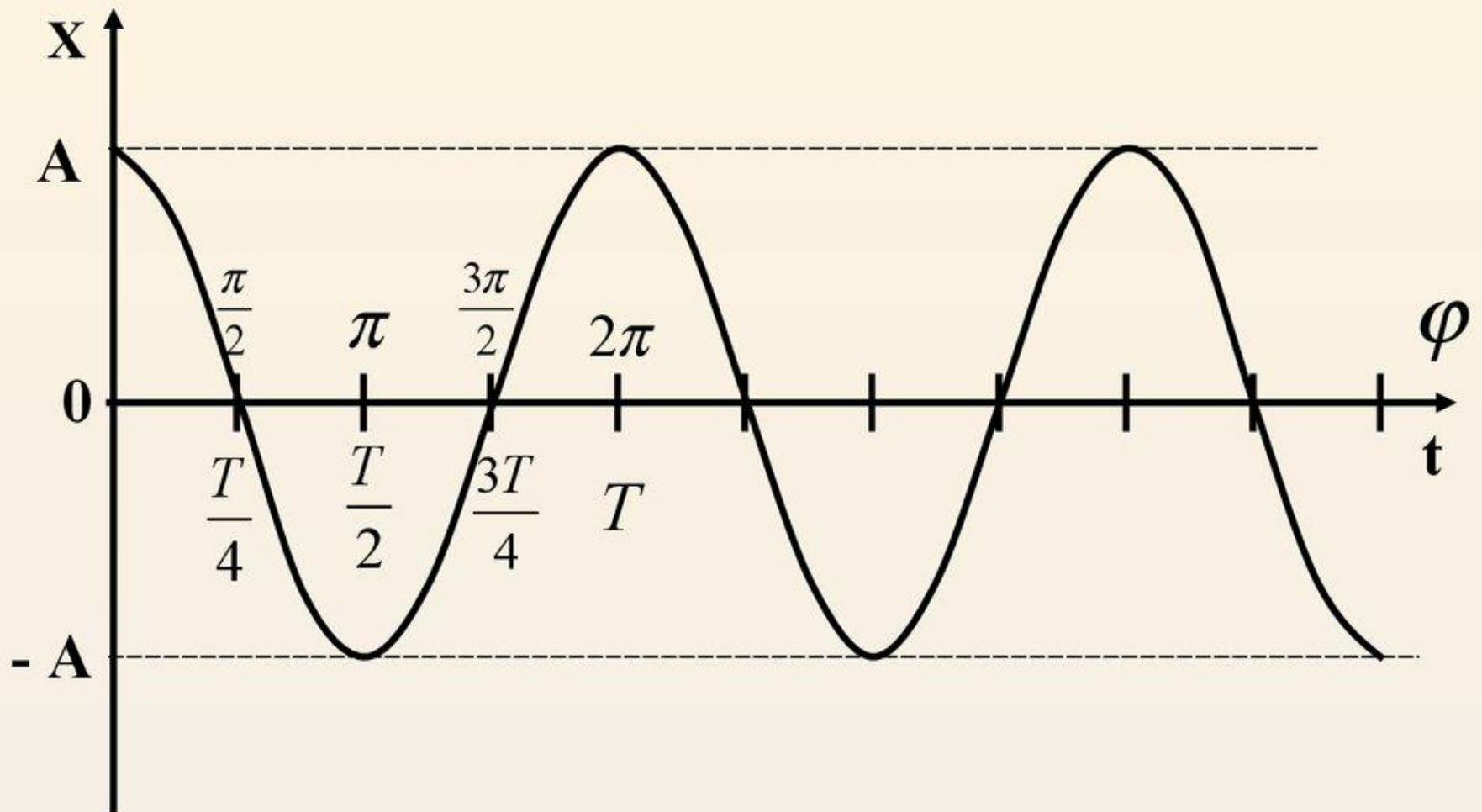
мұндағы x — уақыттың t моментіндегі тербеліп тұрған нүктенің тепе-теңдік қалпынан ауытқуы;

A — тербеліс амплитудасы - тербеліп тұрған нүктенің тепе-теңдік жағдайынан максимал ауытқуын көрсететін шама;

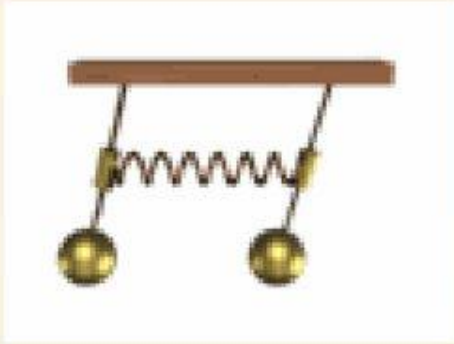
ω — циклдiк жиiлiк, 2π секунд iшiндегi болатын толық тербелiстердiң санын көрсететiн шама;

Косинус шамасы $+1$ -ден -1 -ге
дейін өзгертін болғандықтан,
 x -те A -дан $-A$ -ға дейінгі
мәндерге ие болады

Тербеліс графигі

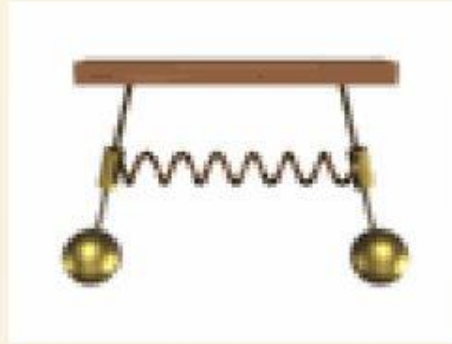


Тербеліс фазасы



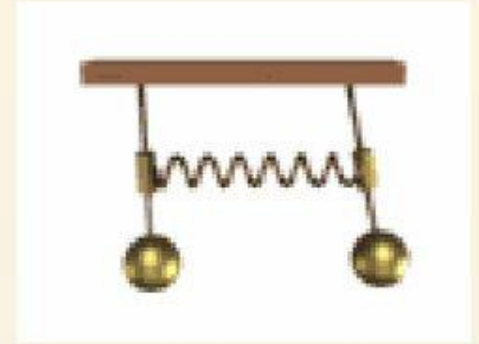
Тербеліс бірдей фазада жүреді.

$$\Delta\varphi = 0$$



Тербеліс қарама қарсы фазада жүреді.

$$\Delta\varphi = \pi$$



Тербеліс әр түрлі фазада жүреді.

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$$



Тербелістің түрлері:

- **Еркін** тербеліс дене тепе теңдік күйінен шығарылған соң сыртқа күштердің әсерінсіз болатын тербелістер.
- **Еріксіз** тербеліс сыртқы периоды күштің әрекетінен болатын тербелістер.
- **Автотербелістер** деп - өздігінен-өзі қозып, үздіксіз тербелетінін және тербеліс жиілігі осы жүйенің қасиеттеріне /параметрлеріне/ байланысты құбылысты айтады.

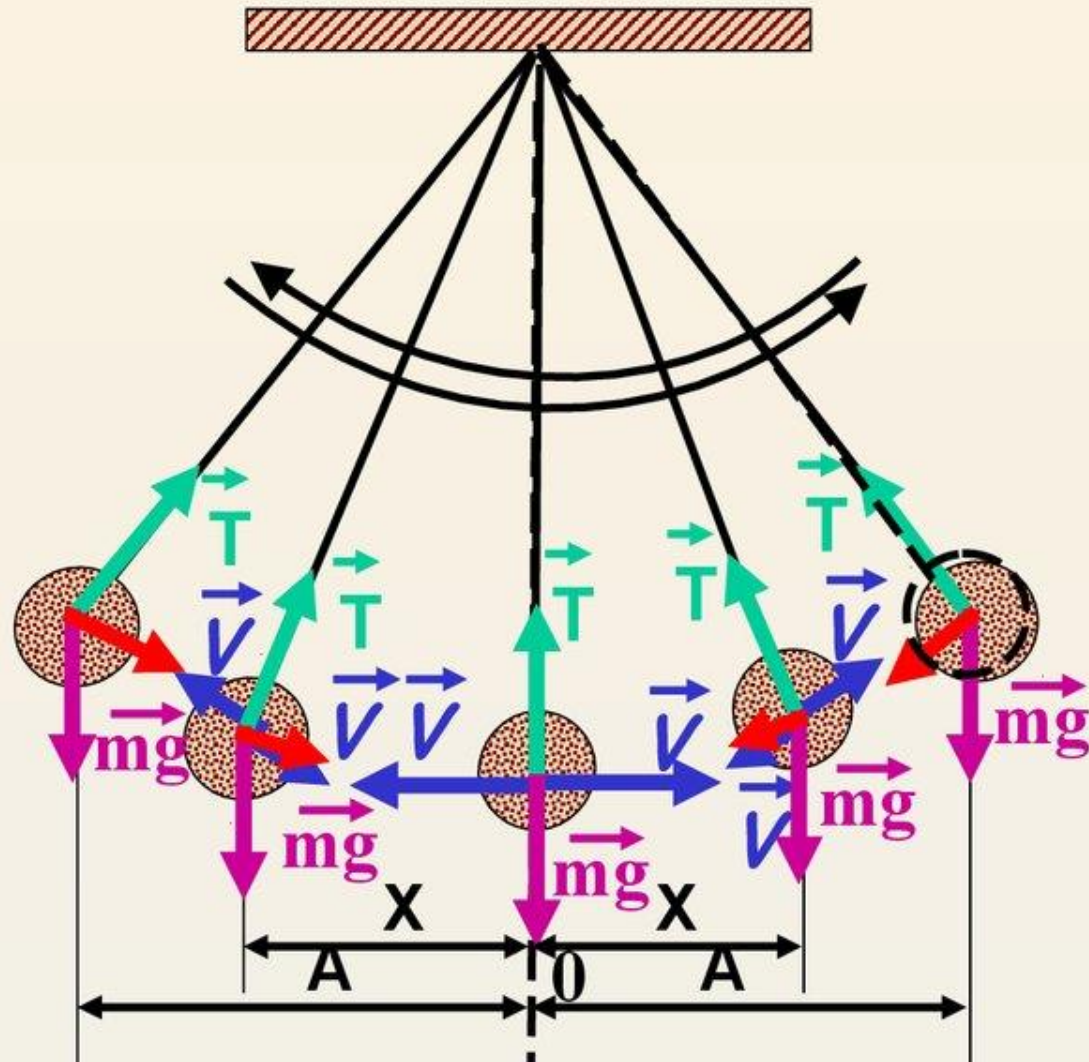
Тербелмелі жүйе

Тербелмелі жүйе – еркін тербеліс жүре алатын жүйе.(Маятник).

- Серіппелі маятник
- Математикалық маятник.



Математикалық маятник



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

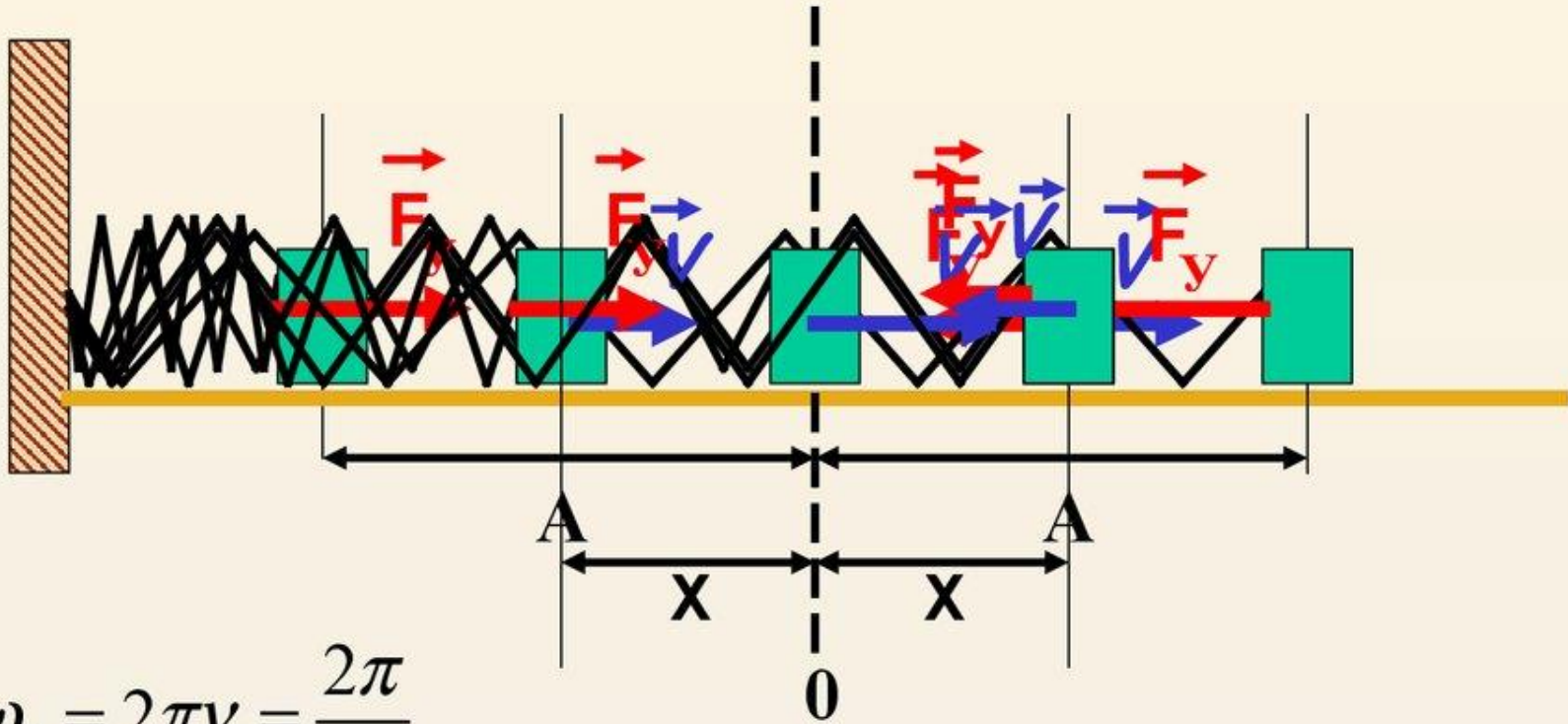
$$v = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\omega_0 = 2\pi v = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$$



Серіппелі маятник.



$$\omega_0 = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$



$$F = ma = m \frac{v^2}{R} = m \frac{\omega^2 R^2}{R} = m \omega^2 R$$

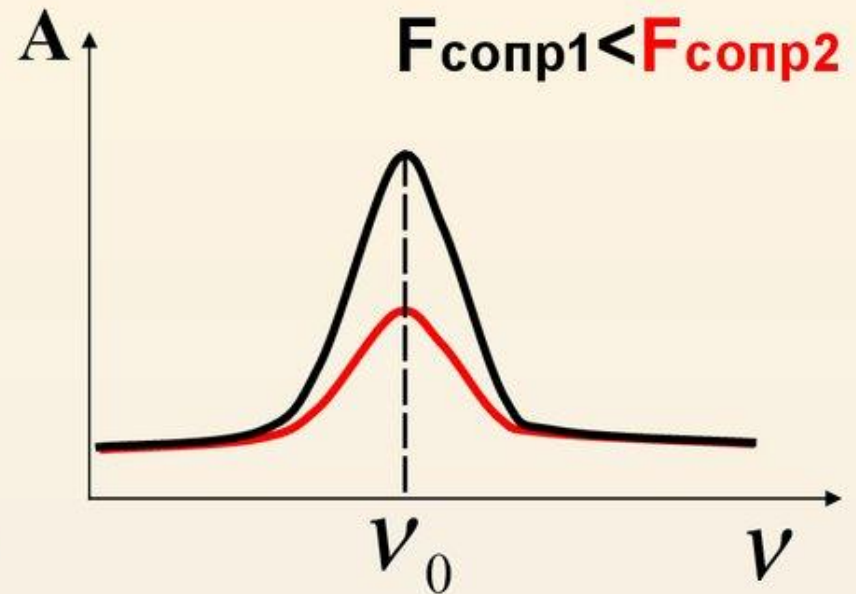
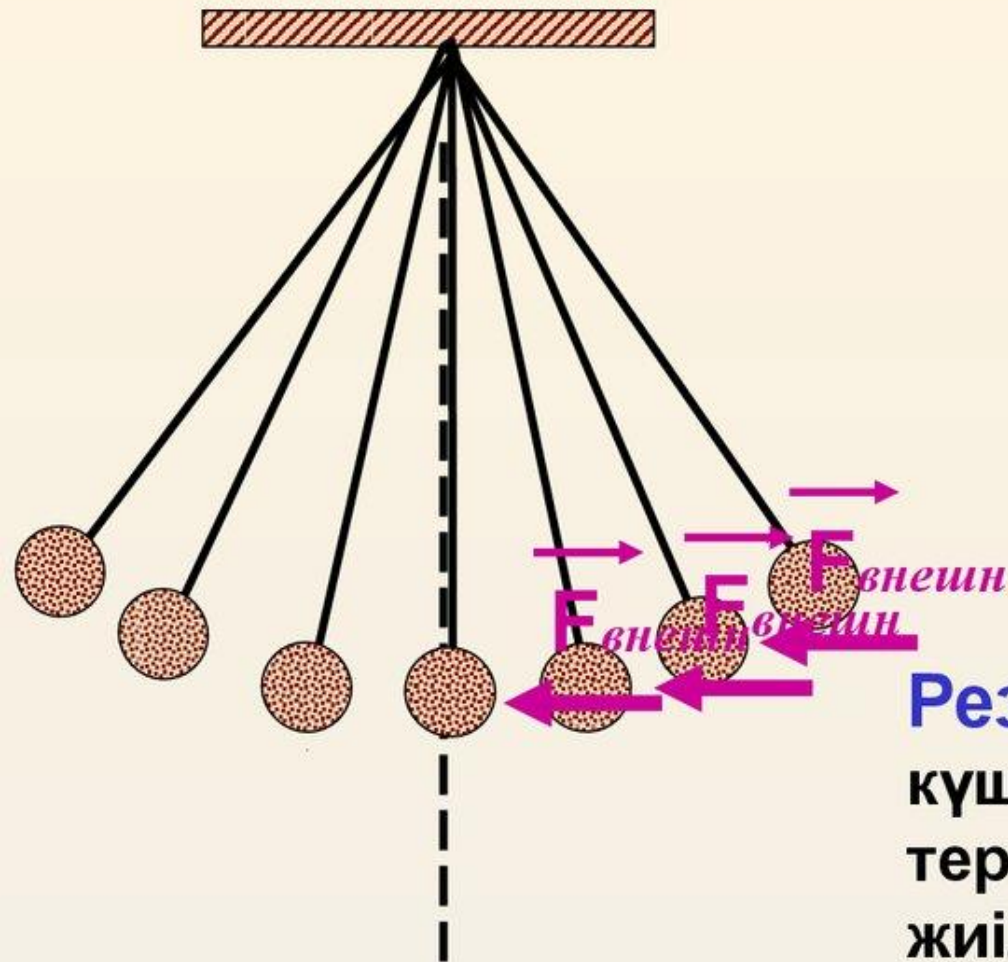
$$F = kx$$

$$m \omega^2 R = kx$$

$$m \omega^2 = k$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

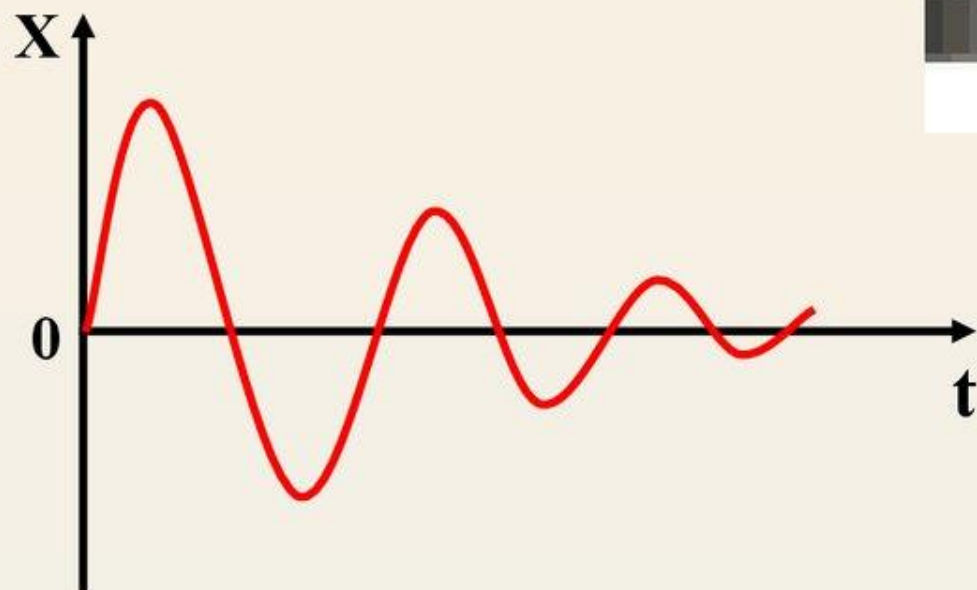
Резонанс



Резонанс – мәжбүр етуші күштің тербеліс жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі дәл келген кездегі еріксіз тербелістер амплитудасының кенет арту құбылысы

Өшетін тербеліс

Тербелістің өшу себебі –
кедергі күштері.



Тербелістегі нүкте жылдамдығы:

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0) =$$
$$= A\omega \cos(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2})$$

Υδει:

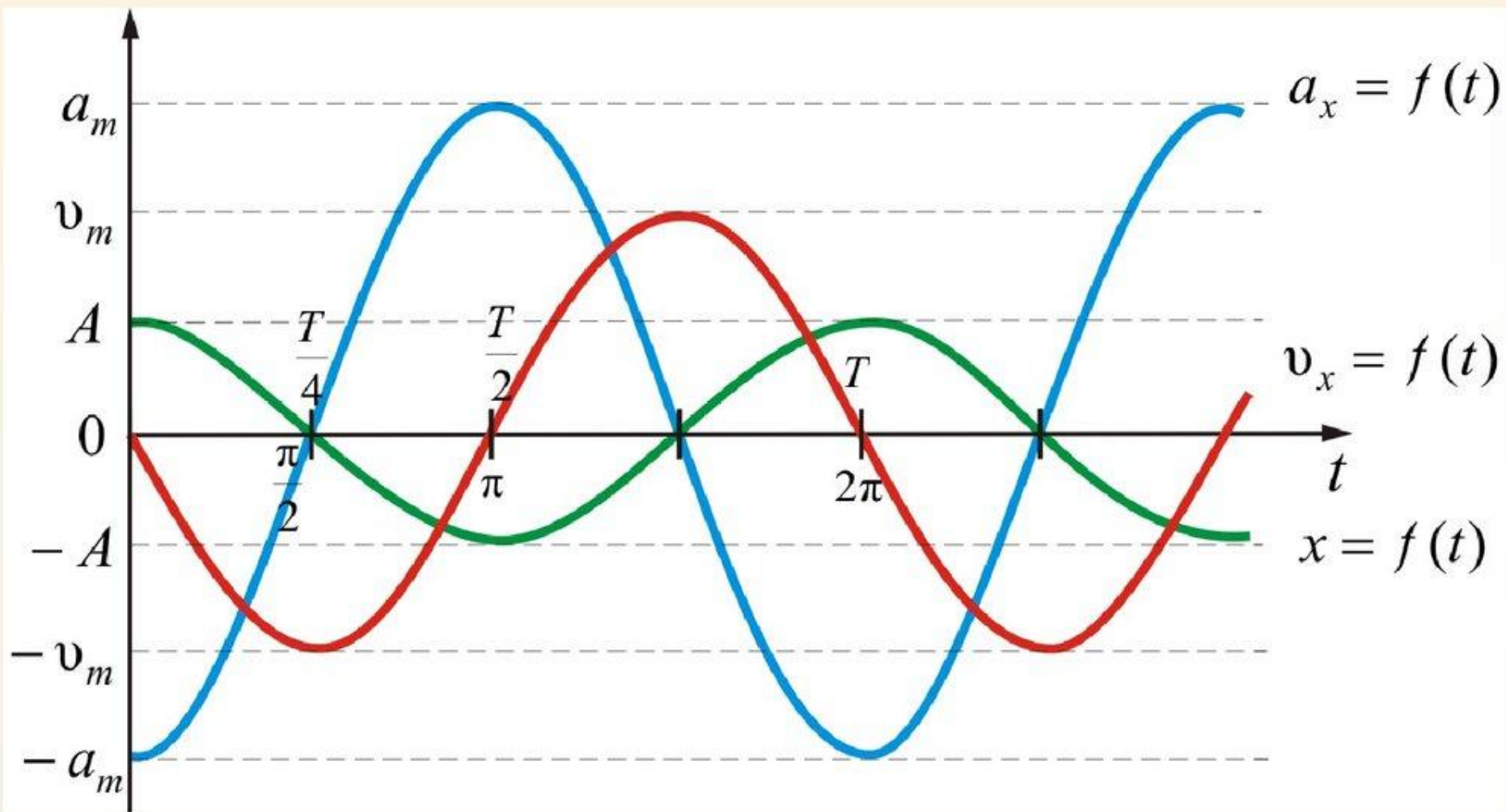
$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) =$$

$$= A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0 + \pi)$$

$$a = A\omega^2$$

$$v = \omega R$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$



Кинетикалық энергия:

$$E_{\kappa} = \frac{m v^2}{2} = \frac{m \omega^2 A^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi_0) =$$
$$= \frac{m \omega^2 A^2}{4} (1 - \cos 2(\omega t + \varphi_0)).$$

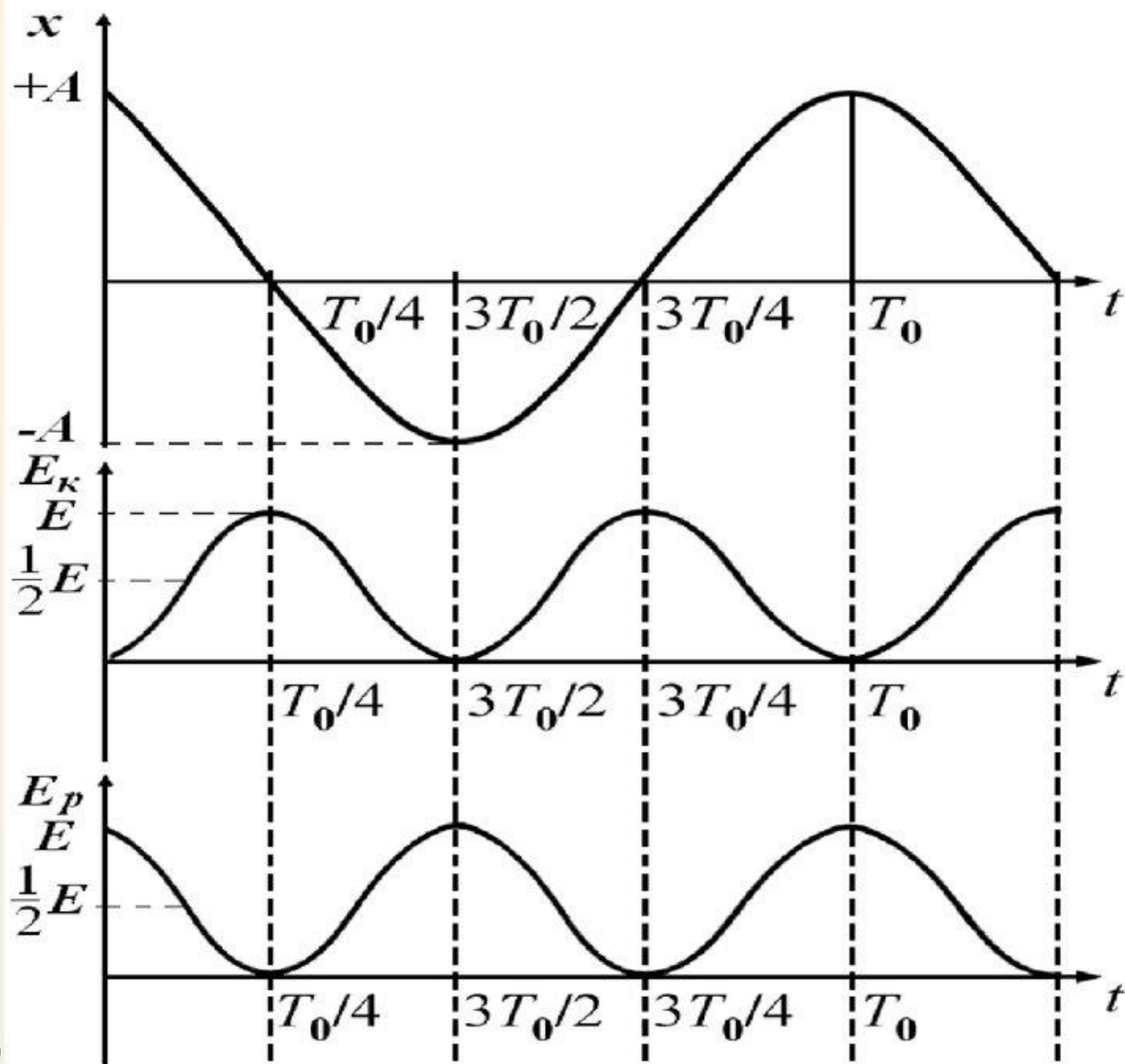
Потенциалдық энергия

$$\begin{aligned} E_p &= -\int_0^x F dx = \frac{m\omega^2 x^2}{2} = \\ &= \frac{m\omega^2 A^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi_0) = \\ &= \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 + \cos 2(\omega t + \varphi_0)). \end{aligned}$$

Толық энергия:

$$\begin{aligned} E &= E_k + E_p = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \\ &= \frac{k A^2}{2} = \text{const}, \end{aligned}$$

мұндағы $k = m\omega^2$.



Үй жұмысы

1. Тербеліс периоды

- A. Дене қозғалысы қайталанатын қозғалыс .
- B. Дене қозғалысы толық қайталанатын қозғалыс
- C. Дене қозғалысы толық қайталанып отыратын ең аз уақыт аралығы
- D. Дене қозғалысы қайталанатын қозғалыстың аралығы

2. Тербеліс жиілігі

- A. Бірлік уақыт ішіндегі тербелістер саны
- B. Өте аз уақыттағы тербелістер саны
- C. Дене қозғалысы толық қайталанып отыратын ең аз уақыт аралығы
- D. ДБір минуттағы тербелістер.

3. Тербеліс амплитудасы

- A. Дененің тепе тең күйі
- B. Дененің тербеліс күйінен ауытқуы
- C. Дененің тепе теңдік күйінен ең үлкен ығысуының мәні
- D. Дененің тепе теңдік күйінен ығысуы

4. Математикалық маятник

- A. Созылмалы салмағы бар жүк.
- B. Созылмайтын салмақсыз жіпке ілінген салмағы үлкен шар.
- C. Созылмайтын салмақсыз жіңішке ұзын жіпке ілінген кішкентай ауыр шар.
- D. Созылмады салмақсыз жіңішке ұзын жіпке ілінген кішкентай ауыр шар