



FIZIKA KAFEDRASII



Fizika II

2019

MEXANIK VA ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

1 – ma'ruza

**K.P.Abduraxmanov,
V.S.Xamidov, M.F.Raxmatullaeva**



**TÁBIYIY HÁM
ANÍQ PÁNLER
KAFEDRASÍ**



Fizika II

2023

MEXANIKALÍQ HÁM ELEKTROMAGNIT TERBELISLER

1 – lekciya. Terbelmeli háreketler.

**Qaraqalpaq tiline awdarmalağan
S.G. Kaypnazarov**



Lekciya rejesi

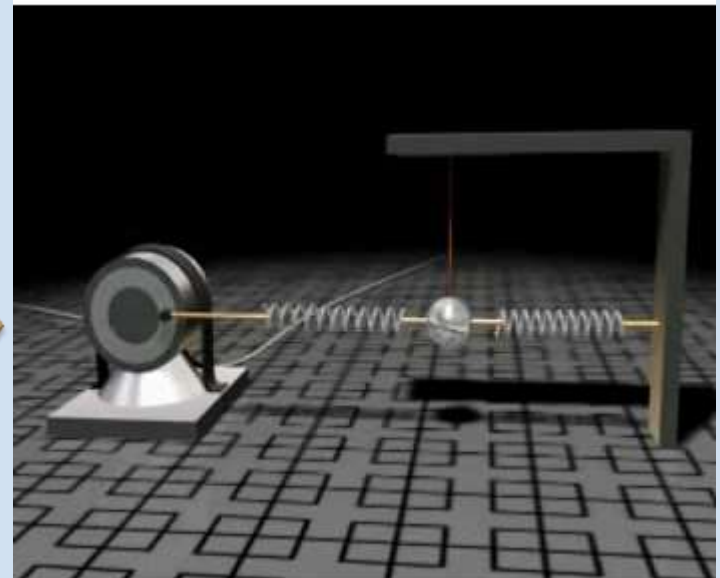
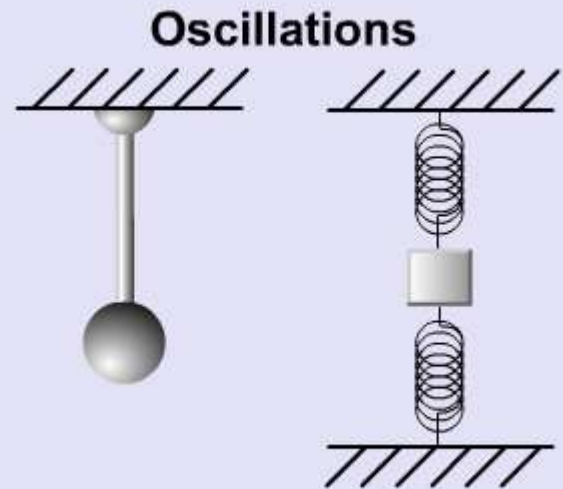
- *Garmonikalıq terbelmeli háreket kinematikası hám dinamikası.**
- *Garmonikalıq terbelmeli háreket energiyası.**
- *Matematikalıq, fizikalıq, prujinalı mayatnikler hám elektromagnit terbeliw konturı.**
- *Terbelislerdi qosıw.**

Terbelmeli prosesler

Waqıt boyınsha anıq qaytalanatúğın háreket yaki procesler *terbelmeli procesler* dep ataladı.

Baslanğısh uzatılğan energiya esabına, keyinshellı terbeliw sistemasına sırtqı tásir kórsetpesten júz beretuğın terbelisler *erkin yaki menshikli terbelisler* dep ataladı.

Dáwirli ózgeretuğın sırtqı tásir astında júz beretuğın terbelisler *májbúriy terbelisler* dep ataladı.



Garmonikalıq terbelisler

Garmonikalıq terbelislerde terbeliwshi shamalar waqıt ótiwi menen sinus yaki kosinius nızamlarına boysınǵan halda ózgeredi.

Garmonikalıq terbelistiń teńlemesi

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

A – terbelis amplitudası – terbeliwshi shamanıń maksimal mánisi, **ω** - cikllıq jiyilik.



Terbelis fazası berilgen waqıt momentindegi terbeliwshi shamanıń mánisin belgileydi.

φ $t = 0$ waqıt momentindegi terbelistiń baslanğısh fazası:
 $(\omega t + \varphi)$ t waqıt momentindegi terbelis fazası.

T terbelis dáwiri dep terbeliwshi sistema halatı tákrarlanıwınıń eń kishi dáwirine ayıladı (bir tolıq terbeliw júz beredi) hám terbeliw fazası 2π ge asadı.

$$\omega(t + T) + \varphi = (\omega t + \varphi) + 2\pi$$

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

Terbeliw dáwirine keri bolǵan shama, birlik waqıt ishindegi tolıq terbelisler sanın belgileydi hám ol ***terbelisler jiyiligi*** dep ataladı.

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

$$[n] = \left[\frac{1}{c} \right] = [c^{-1}] = [\text{Hz}]$$

Garmonikalıq terbelislerdiń differential teńlemesi

S terbeliwshi shamadan waqıt boyınsha alıńǵan *birinshi* (tezlik) hám *ekinshi* (tezleniw) tuwındılar da sol cikllıq jiyilik penen garmonikalıq terbeledi:

$$\dot{s} = \frac{ds}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi) = A\omega \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\ddot{s} = \frac{d^2s}{dt^2} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) = A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi + \pi)$$

$$\frac{d^2s}{dt^2} + \omega^2 s = 0 \quad \text{yaki} \quad \ddot{s} + \omega^2 s = 0$$

Teńleme seshimi

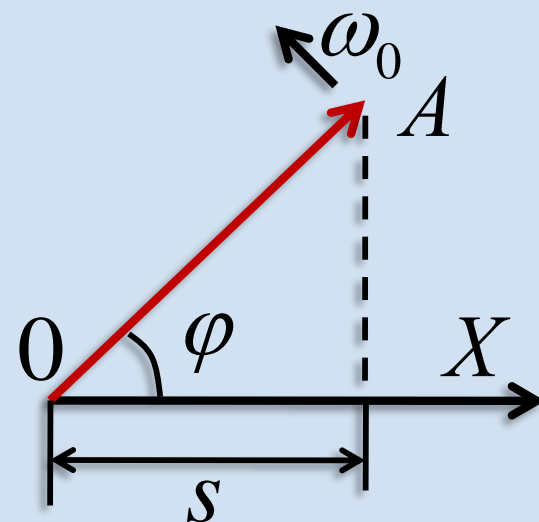
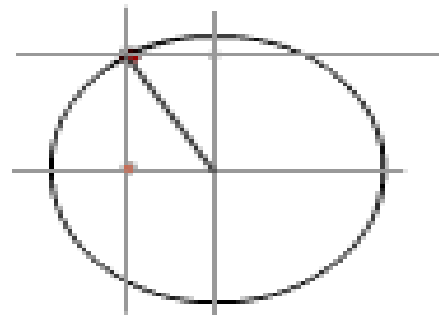
$$s = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Vektor diagrammalar usılı

**X kósherindegi qálegen
O noqattan φ múyesh astında
alıńan vektordıń moduli
terbeliwshi shamanıń
A amplitudasına teń.**

**Egerde usı vektor O noqat
átirapında ω múyeshlik tezlik
penen aylanatuǵın bolsa,
ol waqıtta vektordıń X kósherine
proekciyası tómendegi nızam
boyınsha terbeledi:**

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



Mexanikalıq garmonikalıq terbelisler

Orın awıstırıw:

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

Tezlik:

$$v = \dot{x} = -A\omega \cos(\omega t + \varphi + \pi/2)$$

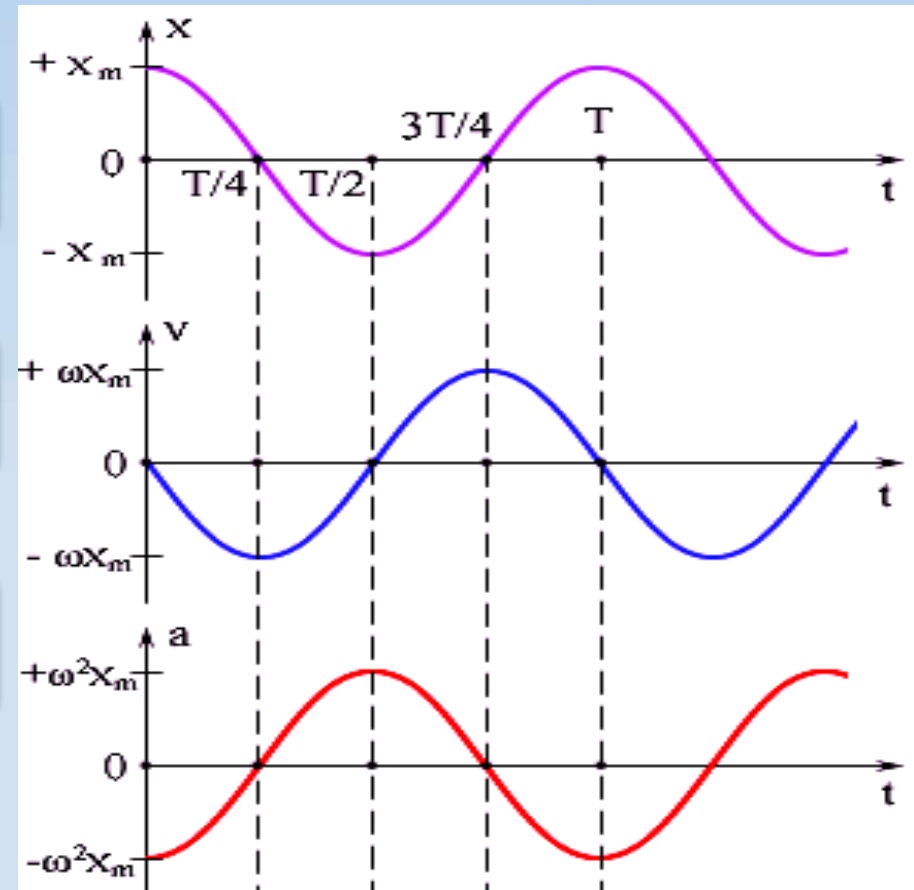
Tezleniw:

$$a = \dot{v} = \ddot{x} = A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi + \pi)$$

**Tezlik hám tezleniwlerdiń
amplitudaları tómendegishe**

$$v_m = A\omega$$

$$a_m = v_m \omega = A\omega^2$$



Tezlik fazası orın awıstırıw fazasınan $\pi/2$ ge parq qıladı, tezleniw fazası orın awıstırıw fazasınan π ge parq qıladı.

m massalı terbelip atırğan materiallıq noqatqa tásir etiwshi kúsh

$$a = A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi + \pi) = \\ = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$$

$$F = ma$$

$$F = ma = mA\omega^2 \cos(\omega t + \varphi + \pi) = \\ = -m\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -m\omega^2 x$$

Materiallıq noqatqa tásir etiwshi kúsh materiallıq noqat orın awıstırıwına proporcional hám orın awıstırıwğa keri tamangá (teń salmaqlılıq noqatına) bağıtlangán

$$F = ma = -m\omega^2 x$$

Garmonikalıq terbelip atırǵan materiallıq noqattıń energiyası

Kinetikalıq energiya

$$v = A\omega \cos(\omega t + \varphi + \pi/2)$$

$$v = A\omega \sin(\omega t + \varphi)$$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{mA^2\omega^2}{4} (1 - \cos 2(\omega t + \varphi))$$

Potenciallıq energiya

$$F = ma = mA\omega^2 \cos(\omega t + \varphi + \pi)$$

$$F = -m\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$F = -m\omega^2 x$$

$$U = -\int_0^x F dx = \frac{mA^2\omega^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{mA^2\omega^2}{4} (1 + \cos 2(\omega t + \varphi))$$

$$W = K + U = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

Tolıq energiya ózgermesten qaladı, waqıt ótiwi menen tek kinetikalıq energiya, potenciallıq energiyaǵa ótedi hám kerisi júz beredi.

Garmonikalıq oscillyatorlar

→ Prujinalı mayatnik

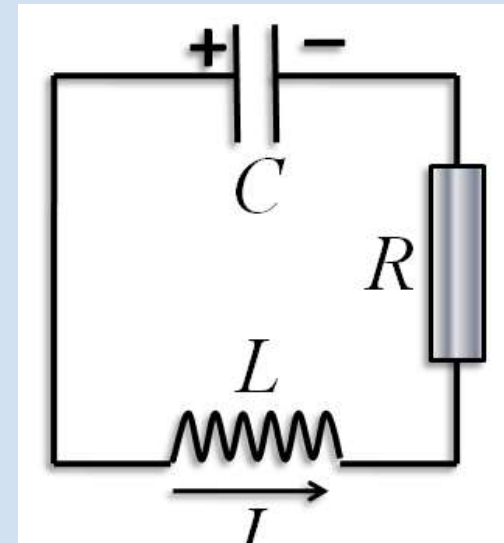
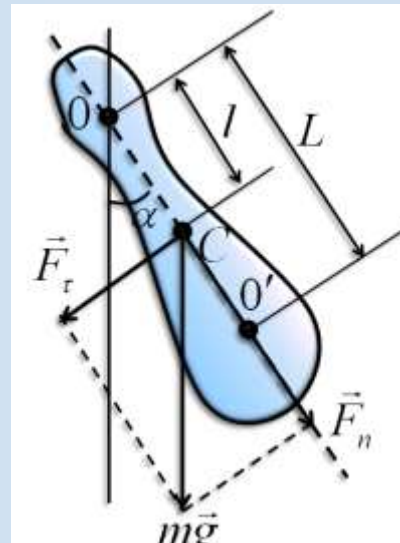
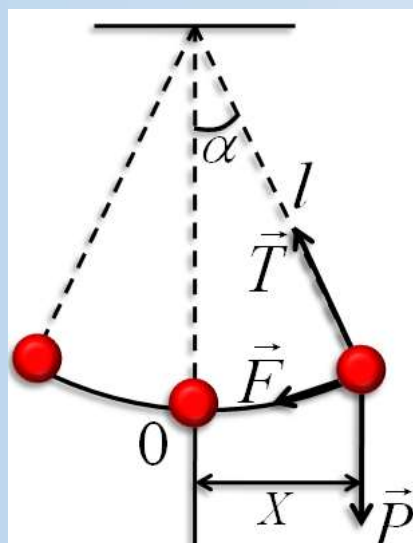
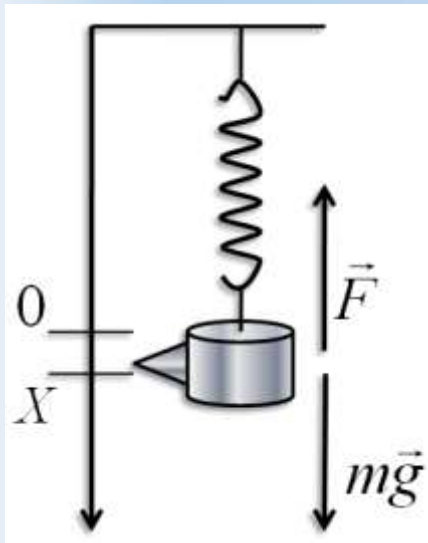
→ Matematikalıq mayatnik

→ Fizikalıq mayatnik

→ Elektr terbeliw konturı

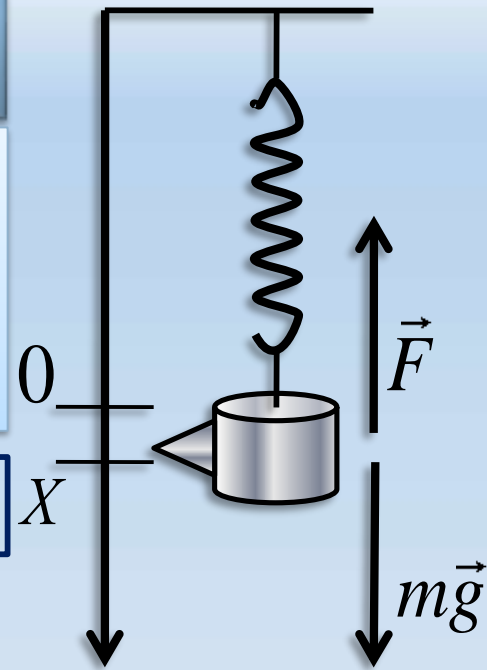
Terbeliwi tómendegi
differencial teńleme menen
ańlatılatuǵın sistemalar
garmonikalıq oscillyatorlar
dep ataladı.

$$\ddot{s} + \omega^2 s = 0$$



Prujinalı mayatnik

Prujinalı mayatnik – joqarı tárepi qozǵalmas etip bekkemlengen spirallı prujinaniń tómenine ilingen m – massalı júksheden ibarat, ol elastik kúsh $F = -kx$ tásirinde garmonikalıq terbelmeli háreket qıladı.



Mayantiktiń háreket teńlemesi

$$m\ddot{x} = -kx \quad \text{или} \quad \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

Terbeliw jıyiligi hám dáwiri

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

Potenciallıq energiya

$$U = \frac{m\omega^2 x^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

Súykeliw kúshi esapqa alıńandaǵı háreket teńlemesi

$$F_{TP} = -r\dot{x}$$

r – qarsılıq koefficienti



$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x}$$
$$\ddot{x} + \frac{r}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

Matematikalıq mayatnik

Matematikalıq mayatnik – awırılıǵı esapqa alınbaytuǵın l uzınlıqtalıǵı sozılmaıtuǵın jipke asılǵan m massalı materiallıq noqat, ol awırılıq kúshi tásirinde garmonikalıq terbelmeli háreket qıladı.

Qaytarıwshı kúsh

$$F = P \sin \alpha \approx mg\alpha = mg \frac{x}{l}$$

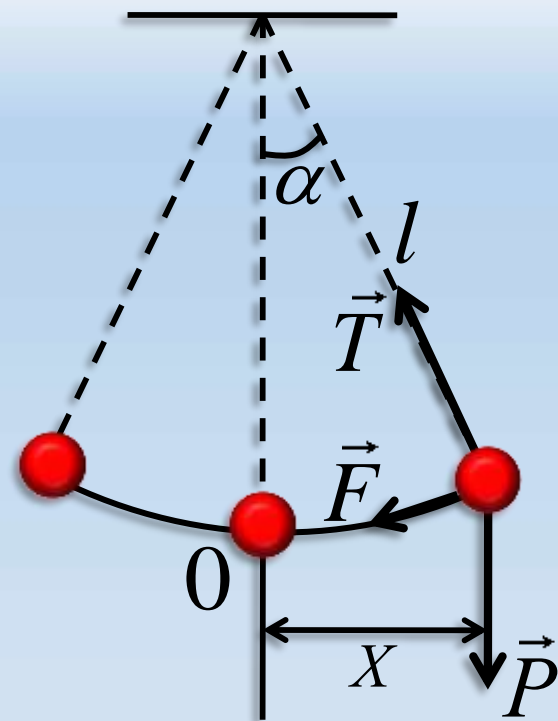
Mayatniktiń háreket teńlemesi

$$m\ddot{x} = -F = -mg \frac{x}{l}$$

$$\ddot{x} + \frac{g}{l}x = 0$$

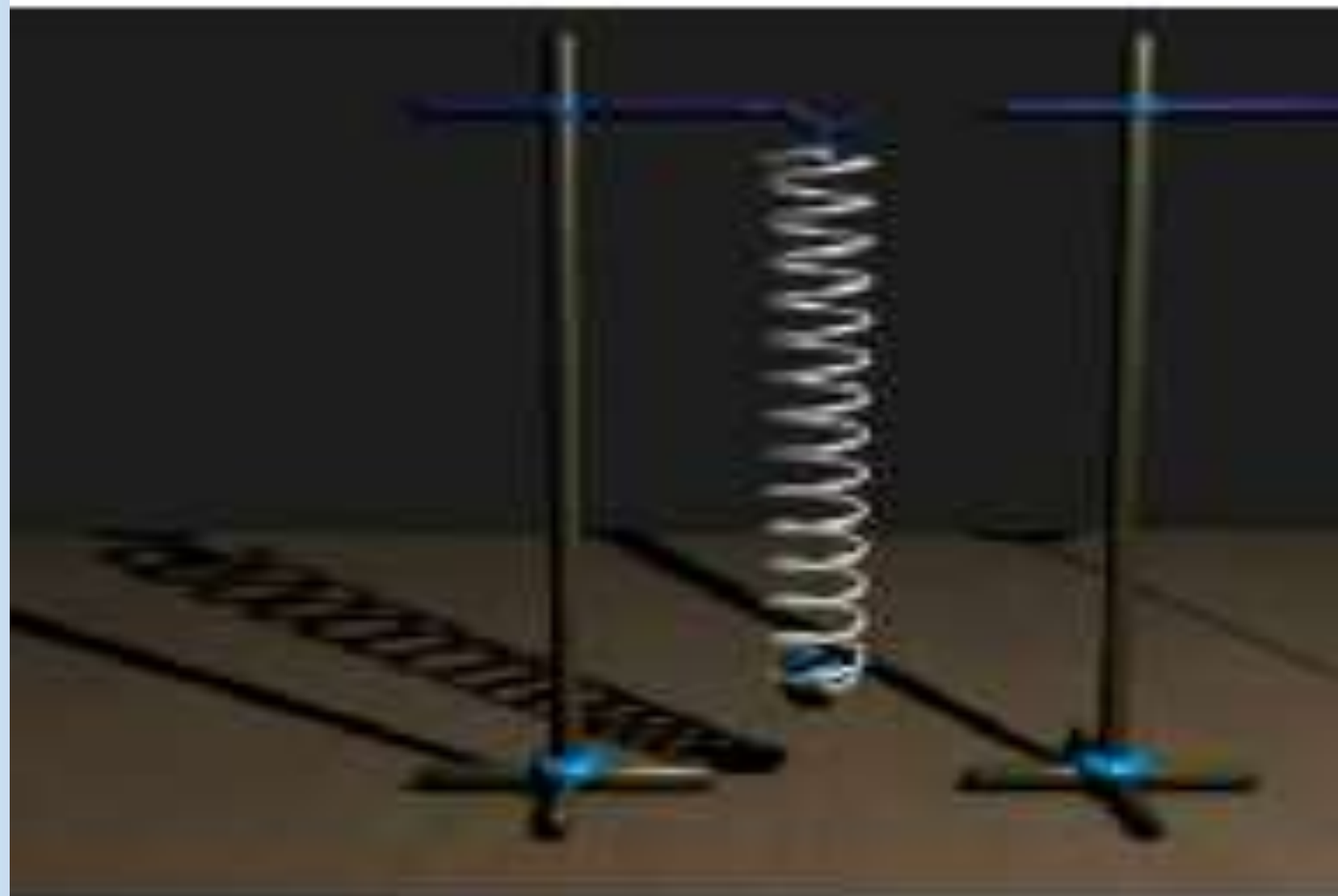
Terbeliw jıyılıǵı hám dáwiri

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



α kishi múyeshlerde

$$x \approx l\alpha$$



Fizikalıq mayatnik

Fizikalıq mayatnik dep, dene massa orayınan ótpeytuǵın, awırılıq kósheri átirapında awırılıq kúshi tásirinde terbeletuǵın qattı denegge ayıladı.

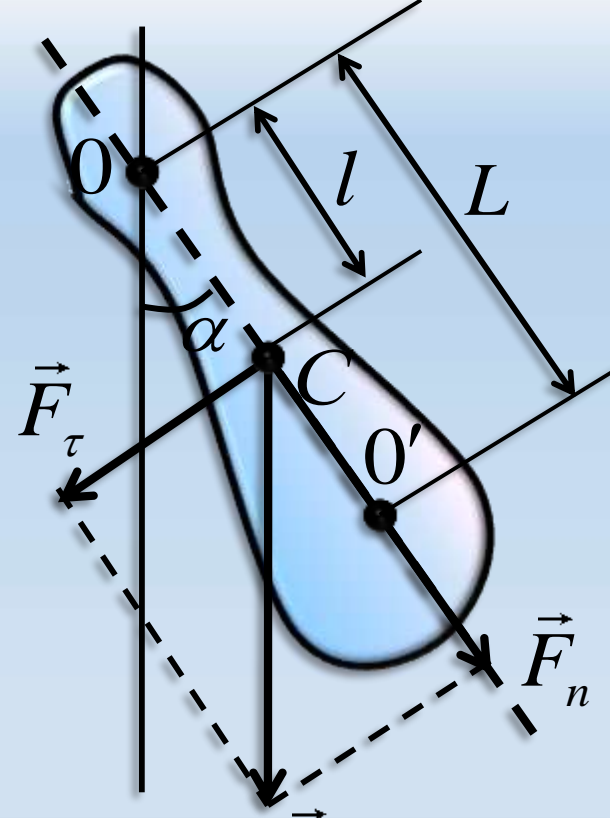
Fizikalıq mayatnik teń salmaqlılıq halatınan α múyeshke awdırlıǵanda oǵan tómendegi qaytarıwshı kúsh momenti tásir etedi

$$M = J\beta = J\ddot{\alpha}$$

Kishi múyesh astında qaytarıwshı kúsh tómendegige teń boladı:

$$M = F_{\tau}l = -mgl \sin \alpha \approx -mgl\alpha$$

$$F_{\tau} = -mg \sin \alpha$$



J – O ildiriliw noqatınan ótken kósherge salıstırǵanda mayatniktiń inerciya momenti, l - ildiriliw noqatı hám C mayatniktiń massa orayı arasındaǵı aralıq, β - múyeshli tezleniw.

Fizikalıq mayatnik

Mayatniktiń háreket teńlemesi

$$J\ddot{\alpha} + mgl\alpha = 0 \quad \ddot{\alpha} + \frac{mgl}{J}\alpha = 0$$

Garmonikalıq terbelisler teńlemesi

$$\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

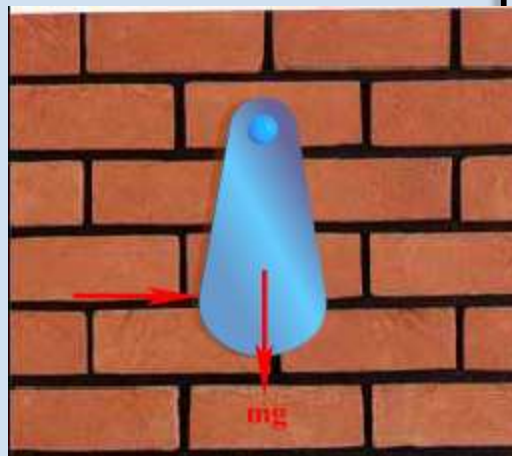
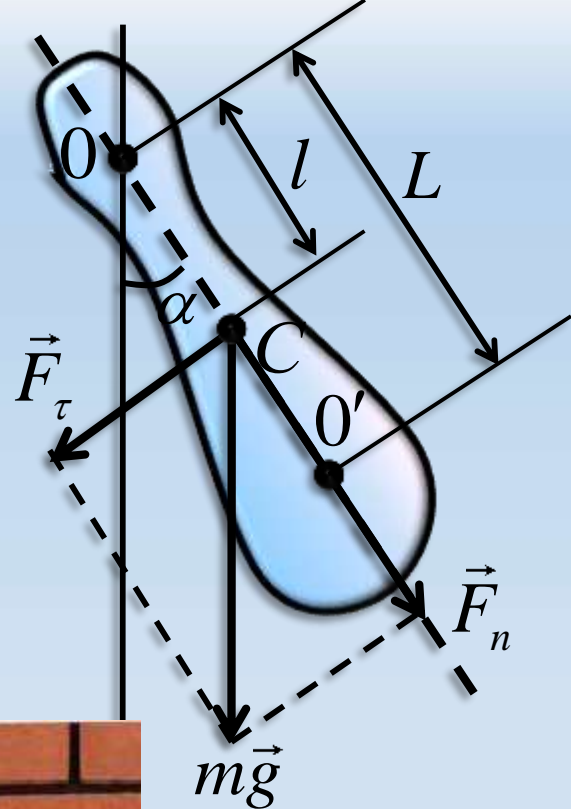
Terbelistiń jıyiligi, dáwiri

$$\omega = \sqrt{\frac{mgl}{J}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$L = \frac{J}{ml}$$



Fizikalıq mayatniktiń keltirilgen uzınlıǵı — sol fizikalıq mayatnik terbeliw dáwirine iye bolǵan matematikalıq mayatniktiń uzınlıǵı.



Elektromagnit terbeliw konturi

Elektromagnit terbeliw konturi dep, L induktivli katushka, C sıyımlılıqlı kondensator hám R qarsılıqtan quralğan elektr shınjırına aytıladı.

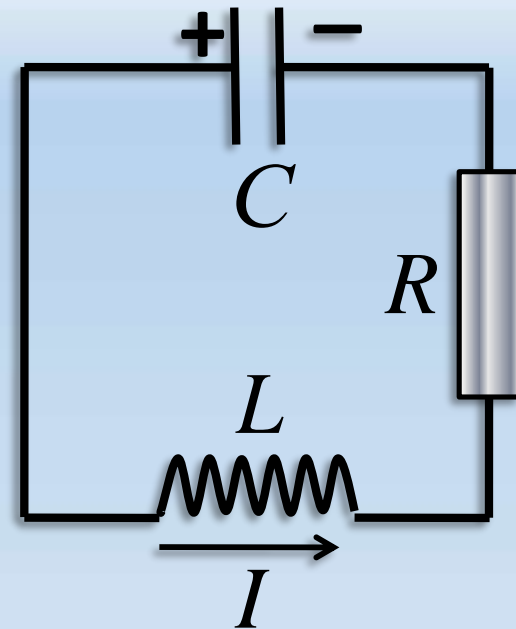
Shınjırdağı zaryad, tok kúshi hám kernewdiń dáwirli ózgeriwi elektr terbelisler dep ataladı.

Shınjırdıń bir bólimi ushın Om nızamı

$$IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{si} \quad \text{ulıu} \quad IR = -\frac{q}{C} - L \frac{dI}{dt}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{q}{C}$$

t qálegen waqıt momentinde qaplamalardağı potenciallar ayırması.

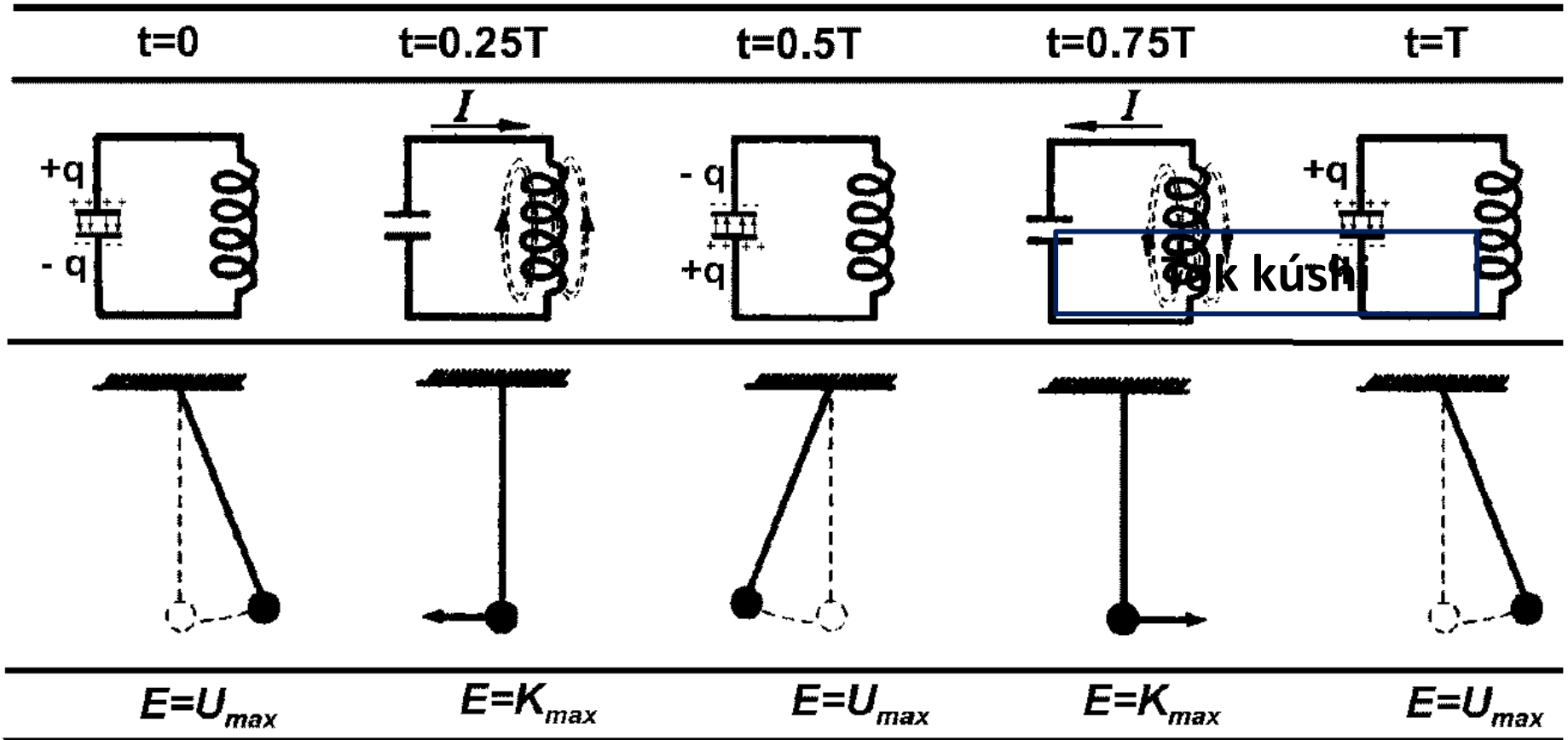


Tok kúshi

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Terbeliw konturında zaryad terbeliwiniń differential teńlemesi:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0 \quad \text{yaki} \quad \ddot{q} + \frac{R}{L} \dot{q} + \frac{1}{LC} q = 0$$



Terbeliw konturında erkin garmonikalıq terbelisler

Zaryadtıń erkin garmonikalıq terbeliwi
differencial teńlemesi

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{LC} q = 0$$

Teńlemenıń seshimi – garmonikalıq nızam
kórinisindegi zaryadtıń ózgeriw nızamı

$$q = q_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$$

Terbeliw dáwiri – Tomson ańlatpası

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Terbeliw jiyiligi

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Garmonikalıq nızam kórinisindegi tok kúshi hám kernewdiń ózgeriwi

$$I = \frac{dq}{dt} = -\omega q_{\max} \sin(\omega t + \varphi) = I_{\max} \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$
$$U = \frac{q}{C} = U_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$$

Elektr hám mexanikalıq shamalar arasındalıq uqsaslıqlar

Elektr shamalar		Mexanikalıq shamalar	
Kondensator zaryadı	$q(t)$	Koordinata	$x(t)$
Shınjırdağı tok	$i = \frac{dq}{dt}$	Tezlik	$v = \frac{dx}{dt}$
Induktivlik	L	Massa	m
Sıyımlılıqqa keri bolğan shama	$\frac{1}{C}$	Qattılıq	k
Kondensatordağı kernew	$U = \frac{q}{C}$	Elastik kúsh	kx
Kondensatordıń elektr maydan energiyası	$\frac{q^2}{2C}$	Prujinanıń potentsiallıq energiyası	$\frac{kx^2}{2}$
Katushkanıń magnit maydan energiyası	$\frac{LI^2}{2}$	Kinetikalıq energiya	$\frac{mv^2}{2}$
Magnit ağımı	LI	Impuls	mv

Garmonikalıq terbelislerdi qosıw

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

+

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

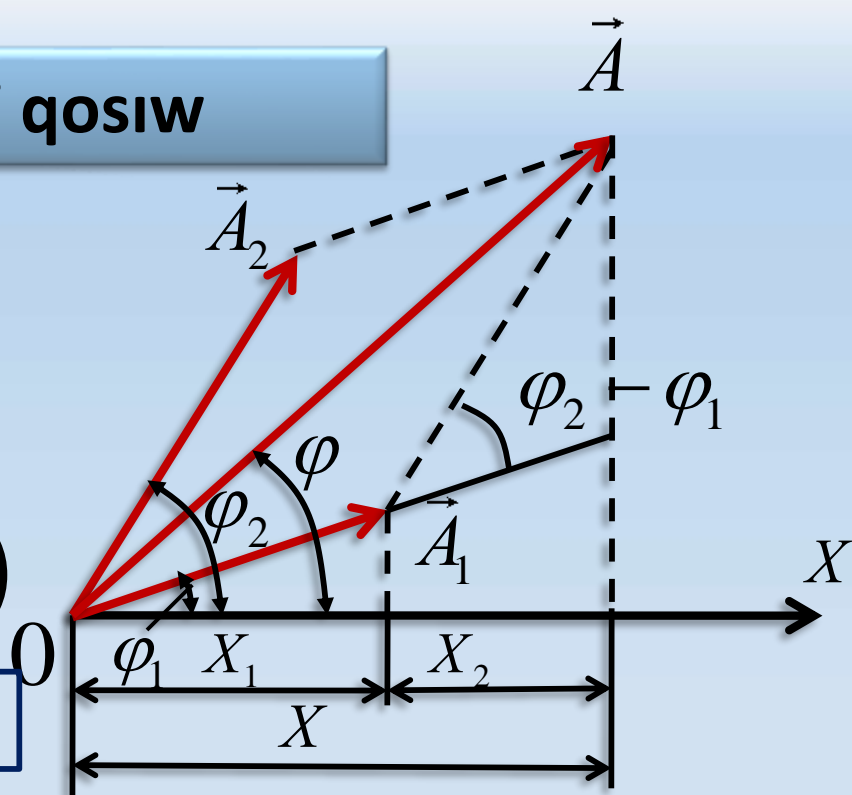
$$x = x_1 + x_2 = \underline{A} \cos(\omega t + \varphi)$$

Juwmaqlawshı amplituda

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (\varphi_2 - \varphi_1) = \text{const}$$

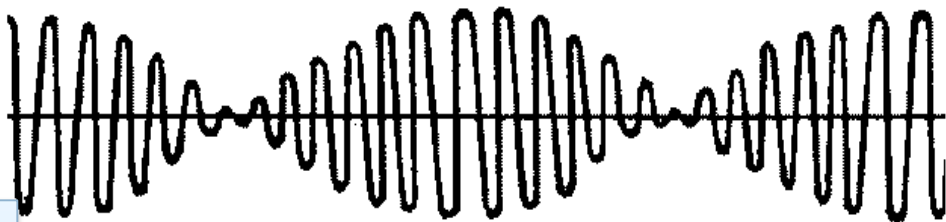
$$\text{tg } \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

Noqatlıq baslanğısh faza



Birdey bağıttağı hám birdey jıyilikli *eki garmonikalıq terbelislerdiń jıyındısı* sol bağıtta hám sol jıyiliktegi *qosılǵan garmonikalıq terbelis*.

Tepkiler



Bir-birine jaqın jiyilikli eki garmonikalıq terbelislerdi qosqanda payda bolatuǵın terbelisler amplitudasınıń dáwirli ózgeriwi *tepkiler* dep ataladı.

$$\begin{aligned} x_1 &= A \cos \omega t \\ &+ \\ x_2 &= A \cos (\omega + \Delta \omega) t \\ &= \end{aligned}$$

$$x = \left(2A \cos \frac{\Delta \omega}{2} t \right) \cos \omega t$$

Tepkiler jiyiligi

$$\omega_{\text{teпки}} = \Delta \omega$$

Tepkiler amplitudası

$$A_{\text{teпки}} = \left| 2A \cos \frac{\Delta \omega}{2} t \right|$$

- tepkili terbelisler teńlemesi

Birdey jiyilikli ózara perpendikulyar bolǵan garmonikalıq terbelislerdi qosıw

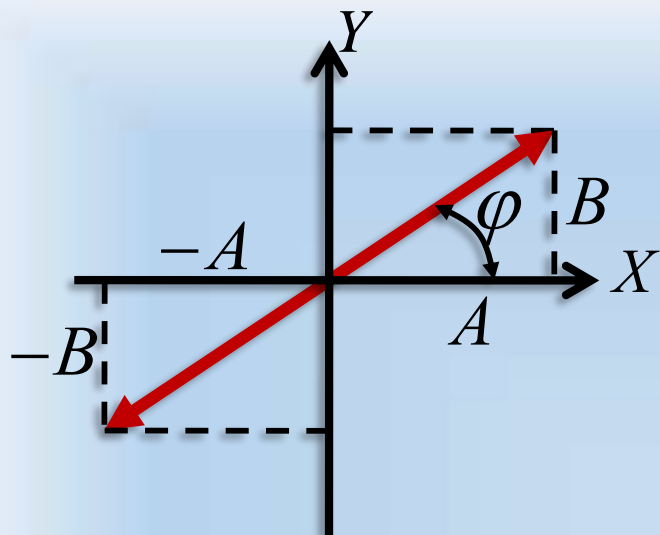
X hám Y kósherler baǵıtında ózara perpendikulyar bolǵan, birdey jiyilikli eki garmonikalıq terbelislerdi alamız.

$$x = A \cos \omega t, \quad y = B \cos (\omega t + \alpha)$$

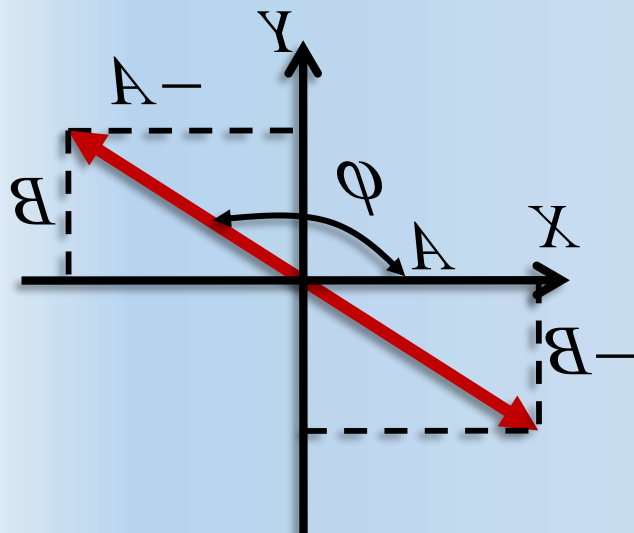
bul jerde α - terbelisler fazaları ayırması, A hám B — olardıń amplitudaları.

Juwmaqlawshı terbeliw traektoriyası teńlemesi – koordinatalar kósherlerine salıstırǵanda qálegen jaylasqan ellips teńlemesi. Bunday terbelisler *elliptik polyarlanǵan terbelisler* dep ataladı.

$$\frac{x^2}{A^2} - \frac{2xy}{AB} \cos \alpha + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2 \alpha$$



$$m = 0, \pm 2, \pm 4$$



$$m = \pm 1, \pm 3$$

Sızıqlı polyarlanğan terbelisler

Egerde fazalar ayırması tómendegige teń bolsa,

$\alpha = m\pi$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2$)
ol halda ellips tuwrı sızıq kesindisine aylanadı

$$y = \pm \frac{B}{A} x$$

(+) belgisi m niń nol hám jup mánislerine tuwrı keledi hám (-) belgi m niń taq mánislerine tuwrı keledi.

Juwmaqlawshı terbelisler ω jiyilikli hám tómendegi amplitudalı garmonikalıq terbelis

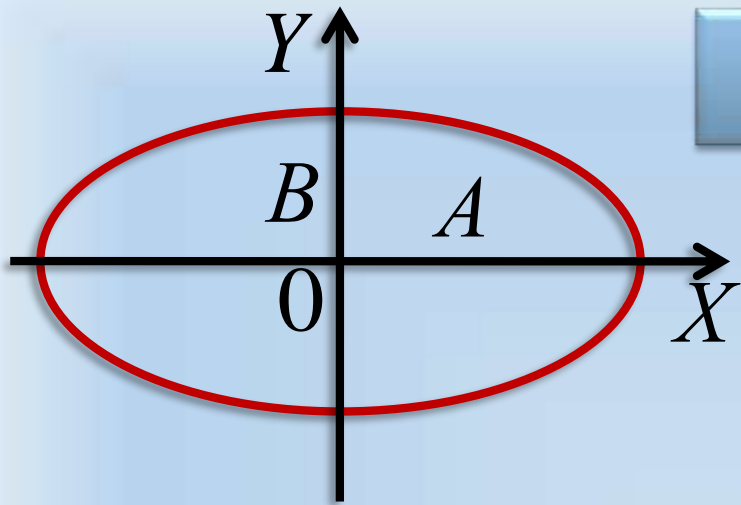
$$\sqrt{A^2 + B^2}$$

Ol x kósher menen tómendegi múyesh astında bolğan tuwrı sızıqta terbeledi

$$\varphi = \arctg \left(\frac{B}{A} \cos m\pi \right)$$

Bunday terbelisler *sızıqlı polyarlanğan terbelisler* dep ataladı.

Cirkulyar polyarlangan terbelisler



Egerde fazalar ayırması tómendegige teń bolsa

$$\alpha = (2m + 1) \frac{\pi}{2} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2)$$

ol halda traektoriya teńlemesi tómendegishe ańlatıladı:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$$

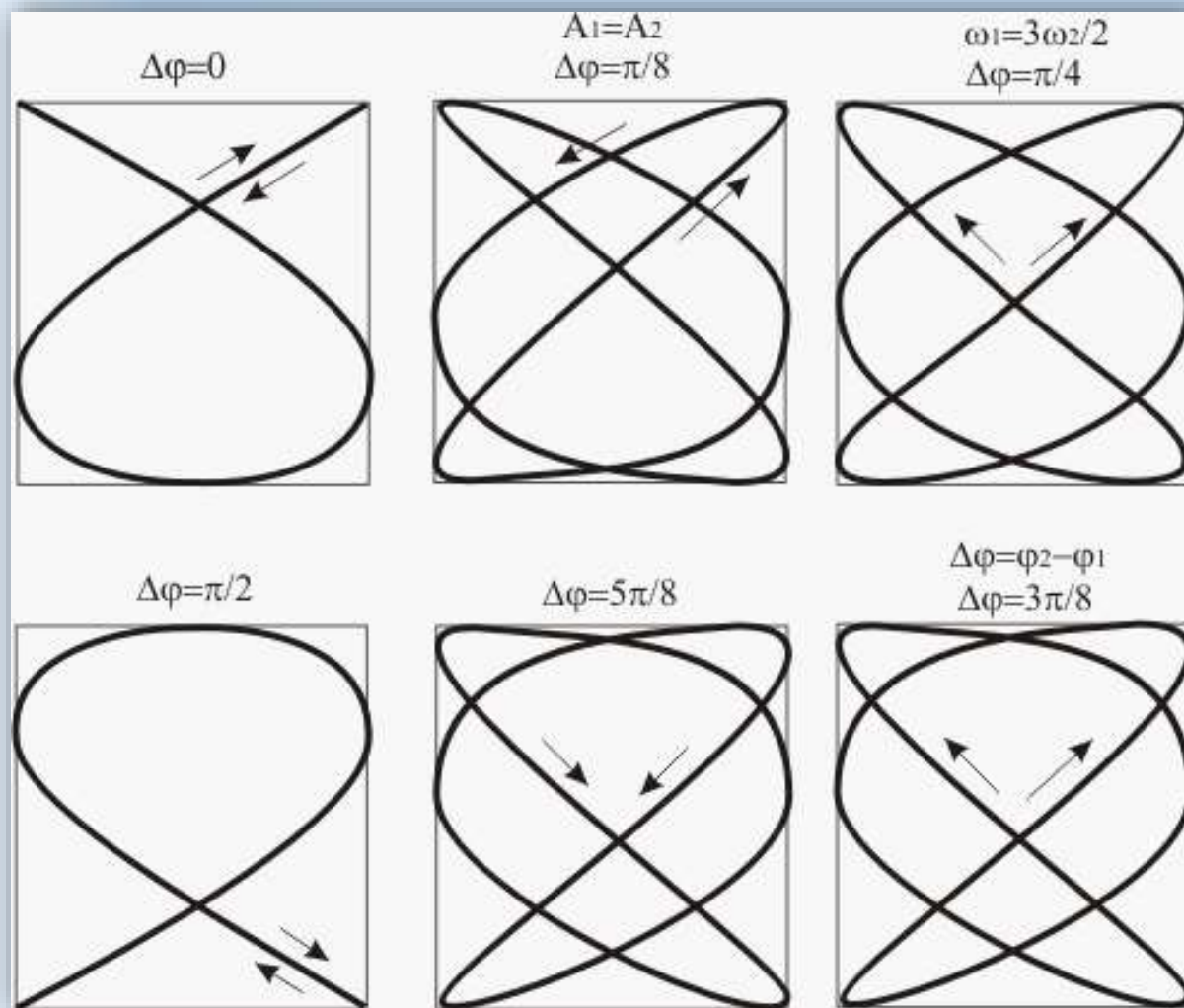
Bul, yarım kósherleri A hám B amplitudalarǵa teń bolǵan, tiykarǵı kósherleri koordinata kósherleri menen sáykes túsetuǵın, *ellips teńlemesi*.

Eger A=B bolsa ellips aylanbaǵa aylanadı. Bunday terbelisler *cirkulyar polyarlangan* yaki *aylanba boylap polyarlangan terbelisler* dep ataladı.

Lissaju figuralari

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

$$y = B \cos(q\omega t + a)$$

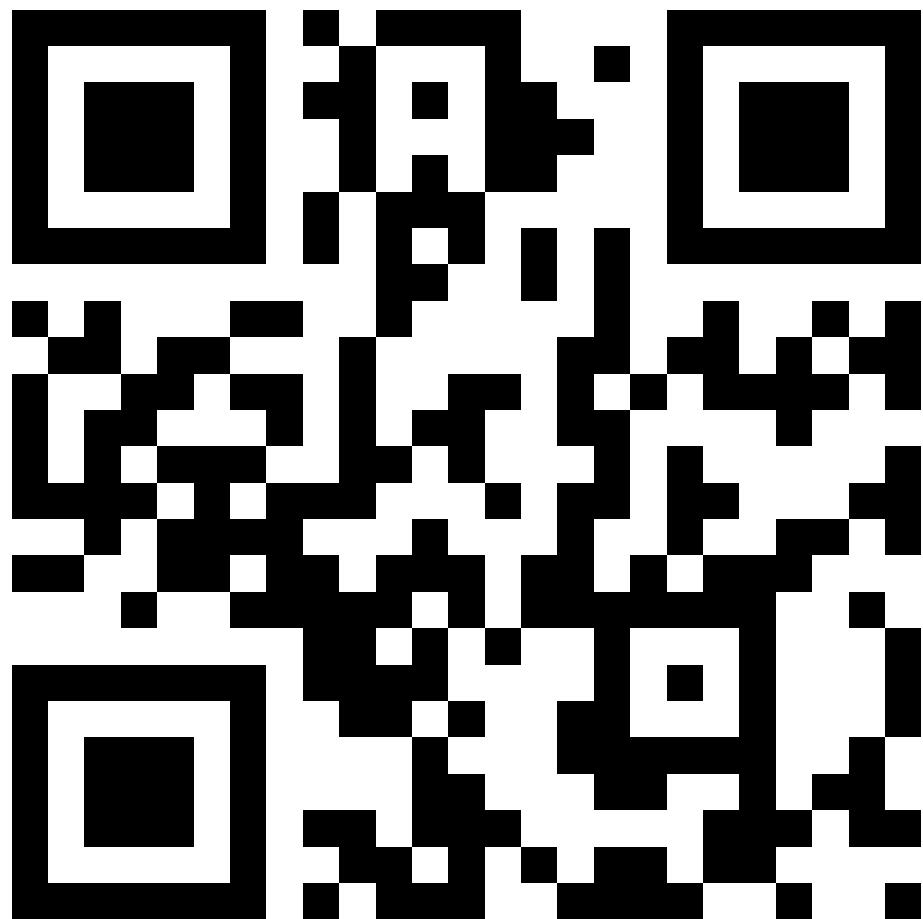


X hám Y koordinata mánisleri birdey T_0 waqıt aralıqlarına hám terbeliw dáwiriniń eń kishi shamalarına qaytalanıp turadı.

$$T_1 = \frac{2\pi}{p\omega} \text{ u } T_2 = \frac{2\pi}{q\omega}$$

PAYDALANÍLGAN ÁDEBIYATLAR

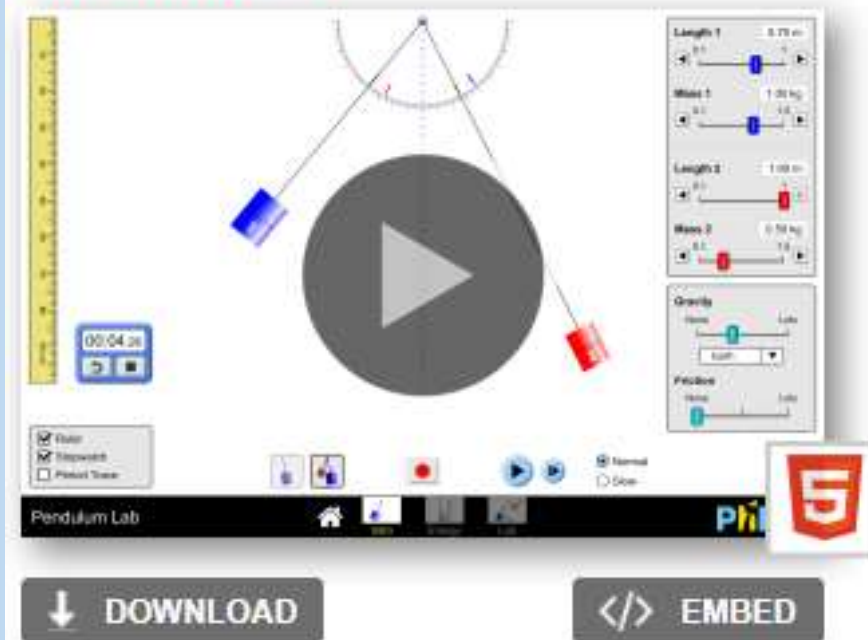
1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. "Aloqachi nashriyoti". 2018 y. O'zR OO'MTV 2017.24.08 dagi "603"-sonli buyrug'i.
2. B.A.Ibragimov, G.Q.Atajanova. "FIZIKA". Oqiwliq. Tashkent. 2018 j.
3. Q.P.Abduraxmanov, O'.Egamov. "FIZIKA". Darslik. Toshkent. O'quv-ta'lim metodika" bosmaxonasi. 2015 y. O'zROO'MTV 2009.26.02. dagi "51"-sonli buyrug'i.
4. Douglas C. Giancoli. Physics. Principles with Applicathions. 2004 USA ISBN-13 978-0-321-62592-2.
5. Physics for Scientists and Engineers, Raymond A. Serway, John W. Jewett. 9th Edition, 2012.
6. S.G. Kaypnazarov. "Fizika I kursi boyinsha prezentaciyaliq multimediali shiniğıwlar toplami". Elektron oqıw qollanba. Nókis. 2022 j. O'zR OO'MTV 2021.31.05 dagi "237"-sonli buyrug'i.
7. "Fizika-1 kursi bo'yicha taqdimot multimediali ma'ruzalar to'plami". Elektron o'quv qo'llanma. Toshkent. 2019 y. O'zR OO'MTV 2019.04.10 dagi "892"-sonli buyrug'i.



PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/pendulum-lab>

Pendulum Lab



- Periodic Motion
- Simple Harmonic Motion
- Conservation of Energy

DONATE

PhET is supported by

THE
NROC
PROJECT

and educators like you.



PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/masses-and-springs>

Masses and Springs



Spring Constant 1: Small, Large
Spring Constant 2: Small, Large
Natural Length: ☒
Equilibrium Position: ☒
Movable Line: ☐
Gravity: 9.8
Damping: 0

Masses and Springs

DOWNLOAD

EMBED

- Periodic Motion
- Hooke's Law
- Conservation of Energy

[DONATE](#)

PhET is supported by

Brain POP

and educators like you.

