



**FIZIKA KAFEDRASI**



**Fizika II**

**2019**

# **MEXANIK VA ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR**

**2 – ma'ruza**

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



**TÁBIYIY HÁM  
ANÍQ PÁNLER  
KAFEDRASÍ**



**Fizika II**

**2023**

# **MEXANIKALÍQ HÁM ELEKTROMAGNIT TERBELISLER**

**2 – lekciya. Elektromagnit terbelisler.**

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



# Lekciya rejesi

- **Sóniwshi mexanikalıq terbelisler.**
- **Terbelislerdiń sóniw koefficienti.**
- **Sóniwdiń logarifmik dekrementi hám sistemanıń hasıllıǵı.**
- **Májbúriy mexanikalıq terbelisler.**
- **Májbúriy elektromagnit terbelisler.**
- **Rezonans hádiysesi.**
- **Tok hám kerdewdiń rezonansı hám olardıń radiotexnikada qollanılıwı.**

# Sóniwshi terbelisler

Terbeliw sisteması energiyasınıń sarp bolıwı nátiyjesinde, waqıt ótiwi menen áste-aqırın terbelis amplitudasınıń páseyiw procesi *terbelistiń sóniwi* dep ataladı.

## Terbelis sóniwiniń sebepleri

Mexanikalıq sistemalarda – *súykeliw hádiysesiniń barlıǵı.*

Elektr sistemalarında – *jıllılıq hám elektromagnit tolqınlar nurlanıwına baylanıslı energiyanıń joǵalıwı hámde elektr hám magnit gisterizisi esabına dielektrik hám ferromagnetiklerde jıllılıq sarplanıwı.*

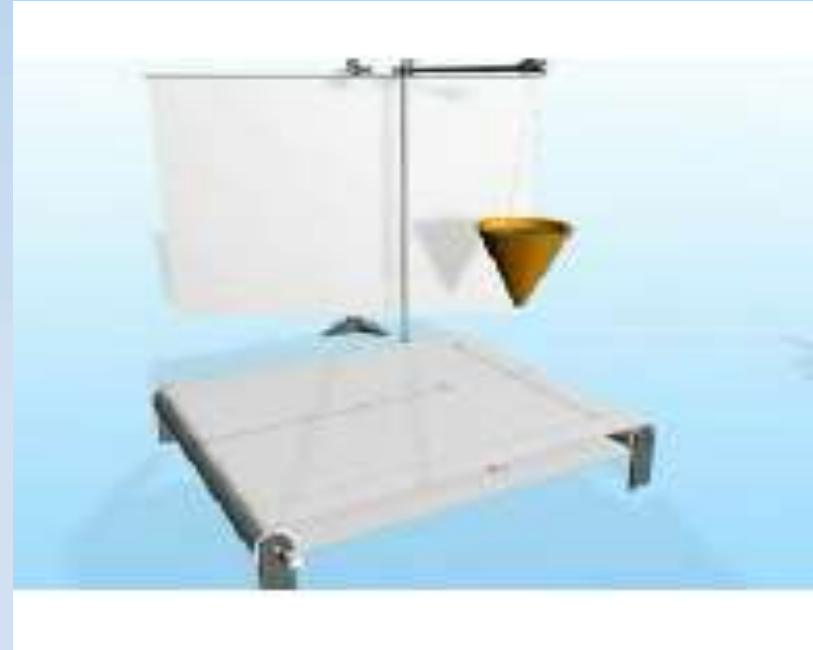
# Sistema erkin sóniw terbelisiniń differential teńlemesi

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = 0$$

Differential teńlemeniniń sheshimi:

$$s = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

$s$  – terbeliwshi shama,  
 $\delta$  – sóniw koefficienti,  
 $\omega_0$  – erkin sóniw terbelisiniń cikllıq jiyiligi ( $\delta = 0$  bolǵanda).





Ortalıqtıń qarsılıǵı kishi  
bolǵanda  $\delta^2 \ll \omega_0^2$

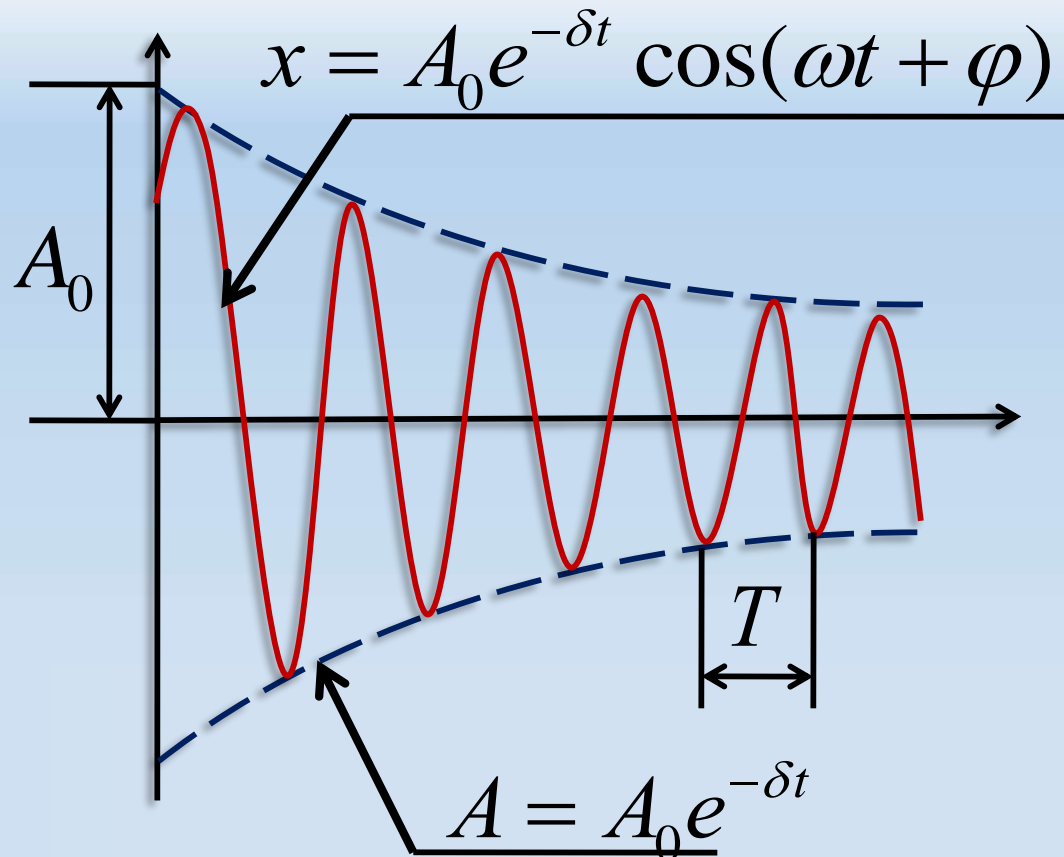
Sóniwshi terbelisler  
amplitudası

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

Sóniwshi terbelisler  
jiyiligi

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

Sóniwshi terbelisler amplitudasınıń e márte  
kemeyiwine ketken waqıt aralıǵı *relaksaciya*  
*waqtı* dep ataladı.



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

# Sóniw dekrementi

*Sóniw dekrementi* – bul sızıqlı sistemalarda terbelistiń baslanǵısh hám aqırǵı halatları amplitudalarınıń qatnasın kórsetiwshi shama.

Sóniw dekrementi-

$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = \frac{A_0 e^{-\delta t}}{A_0 e^{-\delta(t+T)}} = \frac{1}{e^{-\delta T}} = e^{\delta T}$$

$$A(t) = A_0 e^{-\delta t},$$

$$A(t+T) = A_0 e^{-\delta(t+T)}$$

— waqıtları bir dáwirge parq qılatuǵın eki izbe-iz terbelislerdiń amplitudaları.

Sóniwdiń logarifmik dekrementi-

$$\theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N}$$

$N$  – amplitudanıń  $e$  márte kemeyiwine ketken waqıttaǵı terbelisler sanı.



# Terbeliwshi sistemanıń hasılıǵı

*Terbeliwshi sistemanıń hasılıǵı* dep,  $t$  qálegen waqıt momentindegi sistemanıń  $W(t)$  terbelis energiyasınıń  $t$  dan  $t + T$  waqıt aralıǵındaǵı energiyanıń kemeyiwine qatnasın  $2\pi$  ge kóbeymesine teń  $Q$  – ólshemsiz shamaǵa aytıladı (bir shártli sóniwshi terbelis dáwirinde):

$$Q = 2\pi \frac{W(t)}{W(t) - W(t + T)}$$

$$Q = 2\pi \frac{\text{terbeliwshi sistemadaǵı energiya zapası}}{\text{bir dáwir dawamındaǵı energiya joǵalıwı}}$$

$W(t)$  energiya  $A(t)$  amplituda kvadratına proporcional -

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

## Terbeliw sistemasınıń hasılıǵı

$$Q = 2\pi \frac{A^2(t)}{A^2(t) - A^2(t+T)} = 2\pi \frac{A_0^2 e^{-2\delta t}}{A_0^2 e^{-2\delta t} - A_0^2 e^{-2\delta(t+T)}} =$$
$$2\pi \frac{e^{-2\delta t}}{e^{-2\delta t} - e^{-2\delta(t+T)}} = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\delta T}} = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\theta}}$$

Sóniwdiń logarifmik dekrementiniń kishi mánislerinde

$$\theta \ll 1 \Rightarrow 1 - e^{-2\theta} \approx 2\theta$$

x tiń kishi  
mánislerinde  
 $1 - e^{-x} \approx x$

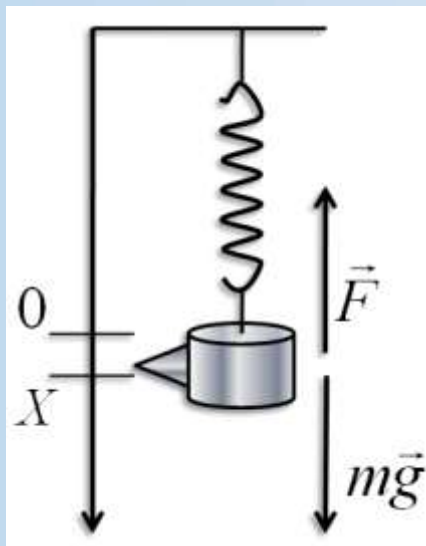
$$Q = \frac{\pi}{\theta} = \pi N = \frac{\pi}{\delta T} = \frac{\omega_0}{2\delta}$$

# Erkin sóniwshi terbelisler

## Prujinalı mayatnik

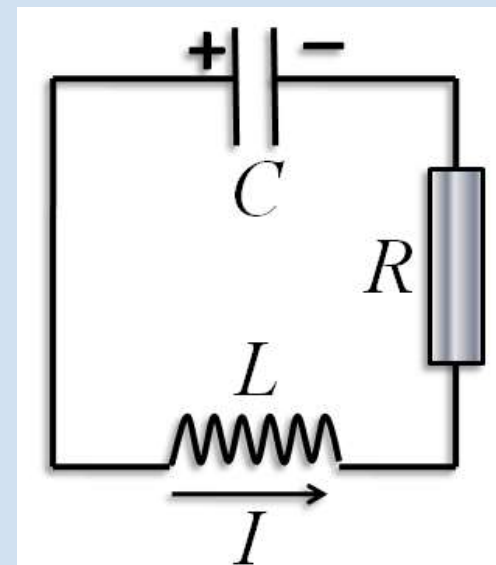
**Mexanikalıq terbelis** —  $F = -kx$  elastiklik kúshi hám súykeliw kúshi —  $F = -r\dot{x} = -rv$  tásirinde  $m$  massalı prujinalı mayatniktiń kishi terbelisleri.

( $r$  — qarsılıq  
koefficienti)



## Terbelmeli kontur

**Elektromagnit terbelisler** —  $R$  qarsılıq,  $L$  induktivlik hám  $C$  sıyımlılıqtan ibarat bolǵan **terbelis konturındaǵı** terbelisler.



# Erkin sóniwshi terbelisler

	Prujinalı mayatnik	Terbelis konturı
Terbeliwshi shama	$x$ teń salmaqlılıq halatına salıstırǵanda jıljıwlar	$q$ zaryad
Terbelistiń differential teńlemesi	$\ddot{x} + \frac{r}{m} \dot{x} + \frac{k}{m} x = 0$ $\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{r}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = 0$	$\ddot{q} + \frac{R}{L} \dot{q} + \frac{1}{LC} q = 0$ $\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0$
Sónbeytuǵın terbelislerdiń menshikli jıyiligi - $\omega_0$	$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
$\delta$ - sóniw koefficienti	$\delta = \frac{r}{2m}$	$\delta = \frac{R}{2L}$

# Erkin sóniwshi terbelisler

	Prujinalı mayatnik	Terbelis konturı
<b>Sóniwshi terbelisler jiyiligi</b> $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{r^2}{4m^2}}$	$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$
<b>Q - hasıllıq</b> $Q = \frac{\omega_0}{2\delta}$	$Q = \sqrt{\frac{km}{r}}$	$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$
<b>Terbelisler amplitudası</b>	$A = A_0 e^{-\delta t}$	$q = q_0 e^{-\delta t}$
<b>Terbelis nızamı</b>	$x = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi)$	$q = q_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi)$

# Sinusoidal kúsh tásirindegi májbúriy terbelisler

Garmonikalıq nızamlılıq ózgeriwindegi faktorlar tási astında júz beretuǵın terbelisler *májbúriy terbelisler* dep ataladı.

$$x(t) = x_0 \cos \omega t$$

Májbúriy garmonikalıq terbelislerdiń differential teńlemeleri

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = x_0 \cos \omega t$$
$$\ddot{s} + 2\delta \dot{s} + \omega_0^2 s = x_0 \cos \omega t$$

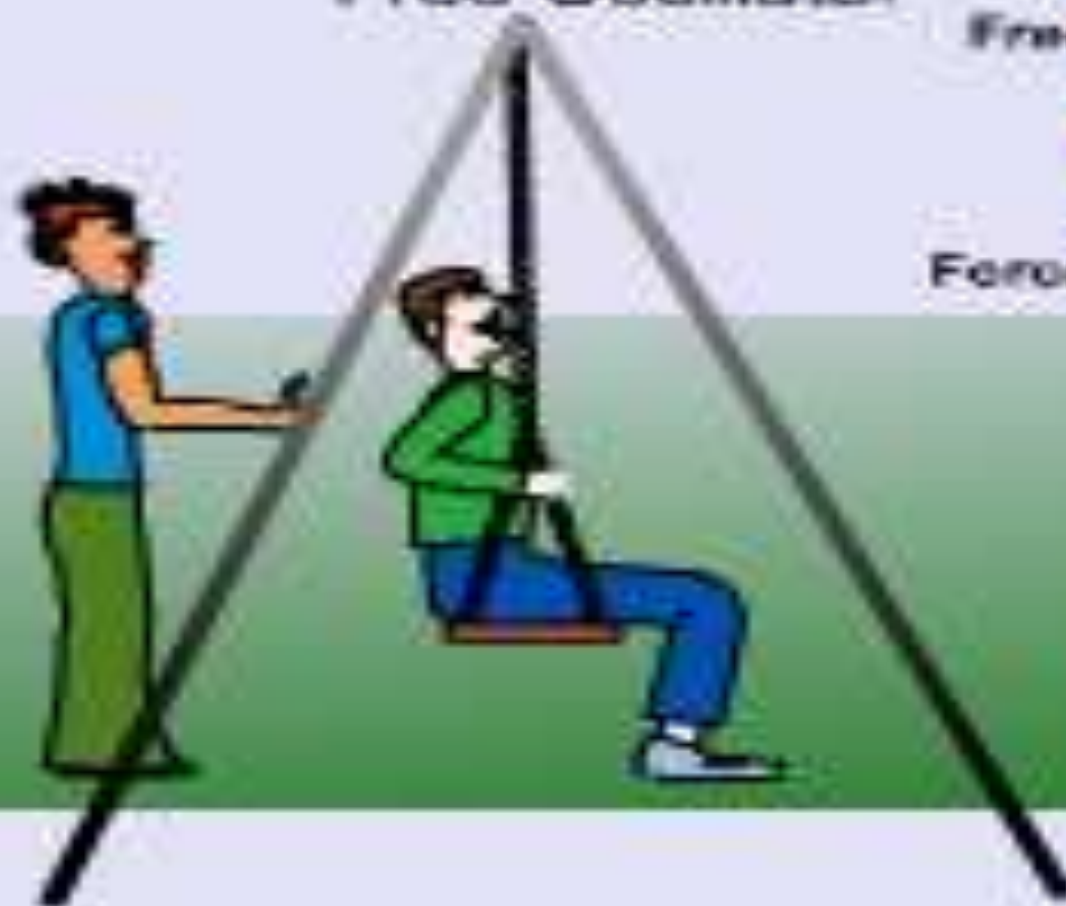
$\delta$  – sóniw koefficienti

$\omega_0$  – terbelistiń menshikli jiyiligi

$\omega$  – májbúr etiwshi faktordıń jiyiligi

# Oscillations

## Free Oscillator





# Differencial teńlemeninń sheshimi

*Teńlemeninń sheshimi* bir tekli teńlemeninń *ulıwma sheshimi* hám bir tekli bolmağan teńlemeninń *menshikli sheshimleri* jıyındısına teń.

Bir tekli teńlemeninń ulıwma sheshimi (erkin terbelisler)

$$s_0 = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega_0 t + \varphi)$$



Bir tekli bolmağan teńlemeninń menshikli sheshimi

$$s_1 = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Májbúr etiwshi kúsh tásirindegi háreket eki terbelistinń superpoziciyasın súwretleydi:

$\omega_0$  menshikli jiyilikli sistema hám  $\omega$  jiyilikli májbúr etiwshi kúsh.

# Májbúriy terbelislerdiń amplituda hám fazaları

Teńlemenіń sheshimi, ulıwma kóriniste, *bir tekli teńlemenіń ulıwma sheshimi* hám bir tekli bolmaǵan teńlemenіń *menshikli sheshimleri* jıyındısına teń.

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi) + \frac{f_0}{\omega_0^2 - \omega^2 + 4\delta^2 \omega^2} \cos \omega t$$

**Májbúriy terbelistiń  
amplitudası**

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$$

**Májbúriy terbelistiń fazası**

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

# Mexanikalıq májbúriy terbelislerdiń differencial teńlemesi

$$F(t) = F_0 \cos \omega t \quad - \text{májbúr etiwshi kúsh}$$

$$f_0 = \frac{F_0}{m}$$

$$\ddot{x} + \frac{r}{m} \dot{x} + \frac{k}{m} x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t \quad \Rightarrow \quad \ddot{x} + 2\delta \dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t$$

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + F_0 \cos \omega t \quad \Rightarrow \quad m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t$$

$r$  – qarsılıq koeficienti

$k$  – qattılıq koeficienti

$\omega_0$  – terbelistiń menshikli jiyiligi

$\omega$  – májbúr etiwshi faktordıń jiyiligi

# Elektr májbúriy terbelislerdiń differencial teńlemesi

$$U = U_m \cos \omega t$$

- májbúr etiwshi faktor – sırtqı EQK yaki  
ózgermeli kernew

$$\ddot{q} + \frac{R}{L} \dot{q} + \frac{1}{LC} q = \frac{U_m}{L} \cos \omega t$$

- differencial teńleme

$$q = q_m \cos(\omega t - \varphi)$$

- teńlemenıń sheshimi

**Maksimal zaryad**

$$q_m = \frac{U_m}{\omega \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

**Terbelis fazası**

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{\frac{1}{\omega C} - \omega L}$$

$\alpha$  — zaryad hám túsirilgen kernew arasındaǵı faza jılıwı

$q$ - elektr zaryadı,  $R$  – qarsılıq,

$L$ - induktivlik,  $C$  - elektr sıyımlılıǵı

# Tok kúshiniń ózgeriwi

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

$$q = q_m \cos(\omega t - \varphi)$$

Zaryadnan waqıt boyınsha  
birinshi tuwındını alamız

Tok kúshiniń amplitudası  
yaki maksimal tok

$$I = \frac{dq}{dt} = -\omega q_m \sin(\omega t - \alpha) = I_m \cos(\omega t - \alpha + \frac{\pi}{2})$$

$$I_m = \omega q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Ulıwma halda

$$I = I_m \cos(\omega t - \varphi)$$

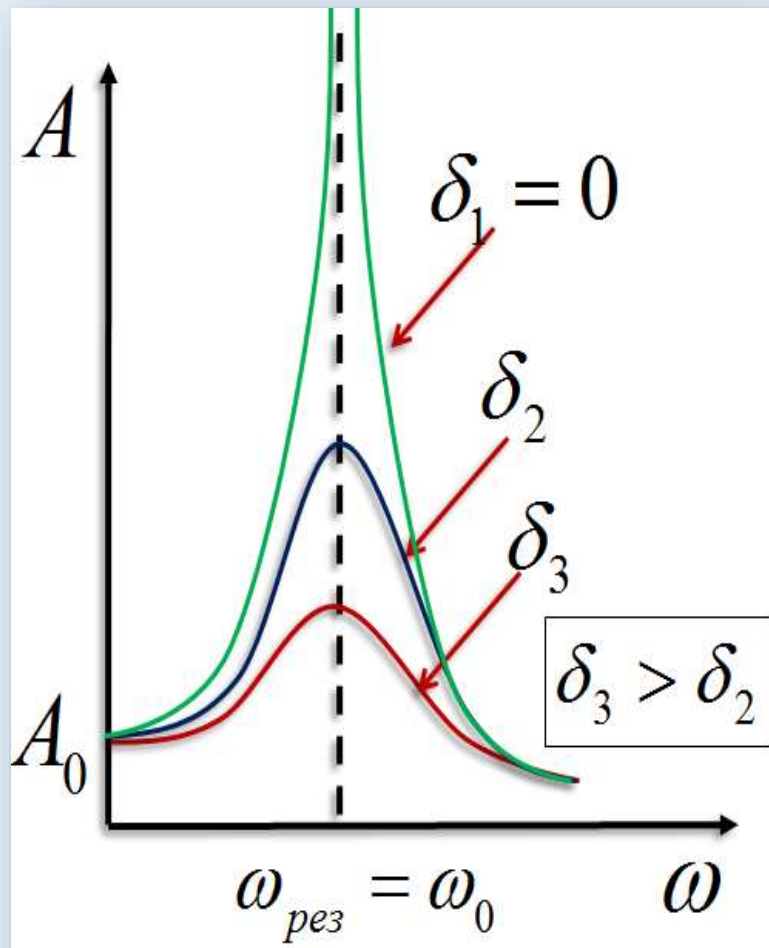
$$\varphi = \alpha - \frac{\pi}{2}$$

- tok hám túsirilgen kernew arasındaǵı  
faza jılıwı

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \left( \alpha - \frac{\pi}{2} \right) = -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

# Rezonans

Májbúr etiwshi kúsh jiyiligi terbeliw sistemasınıń menshikli jiyiligine jaqınlasqanda májbúriy terbelisler amplitudasınıń birden artıwı hádiyesi – *rezonans hádiyesi* dep ataladı.



$$A_{pez} = \frac{f_0}{2\delta\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}$$

Rezonans amplitudası

$$\omega_{pez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$$

Rezonans jiyiligi

# Rezonans

Májbúriy terbelislerdiń amplitudası ańlatpasın kórip shıǵamız

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

1. Májbúr etiwshi kúsh jiyiligi nolge teń bolsın  $\omega = 0$

Terbelis júz bermeydi, jılǵıw statikalıq deformaciyáǵa teń boladı.

$$A_0 = \frac{F_0}{m\omega_0^2}$$

Egerde sóniw baqlanbasa, sóniw koefficienti nolge teń boladı. Terbelis amplitudası, májbúr etiwshi kúsh jiyiligi artıwı menen artadı hám tómendegi halda sheksiz úlkeyedi.

$$\omega = \omega_0$$



# 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 kursı boyınsha prezentaciyalıq multimedialı shınıǵıwlar toplamı". Elektron oqıw qollanba. Nókis. 2022 j. O'zR OO'MTV 2021.31.05 dagi "237"-sonli buyrug'i.
7. "Fizika-1 kursı 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/legacy/resonance>

**Resonance**



- Resonance
- Harmonic Motion
- Oscillator

**DONATE**

PhET is supported by  
**THE WILLIAM AND FLORA  
HEWLETT FOUNDATION**  
and educators like you.

↓ **DOWNLOAD**

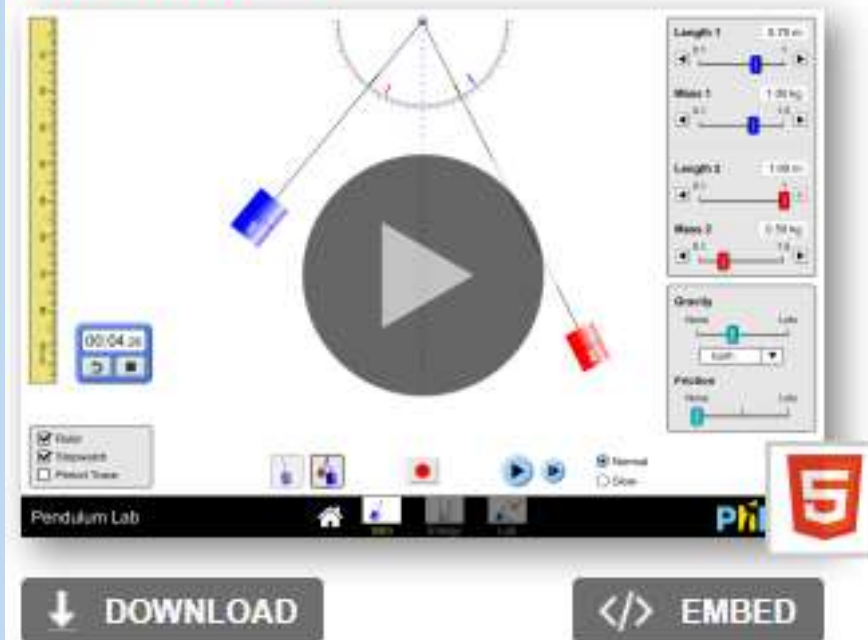
**</> EMBED**

Social media icons: a green square with a person icon, Facebook (f), Twitter (bird), and Pinterest (P).

# 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: None, Earth, Moon  
Damping: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10  
Play, Pause, Stop, Reset, Info, Help

Masses and Springs

↓ DOWNLOAD

</> EMBED

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

**DONATE**

PhET is supported by

Brain POP

and educators like you.

