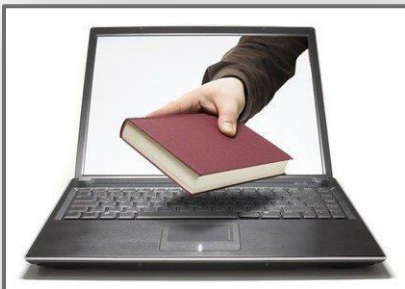




**FIZIKA KAFEDRASI**



**Fizika I**

**2018**

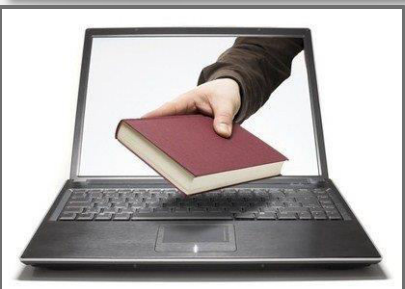
# **MEXANIKA**

**4 – ma'ruza**

**K.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov**



**TÁBIYIY HÁM  
GUMANITAR  
PÁNLER  
KAFEDRASÍ**



**Fizika I**

**2020**

# **MEXANIKA**

## **4 – lekciya**

**Qaraqalpaq tiline awdarmalağan**

**S.G. Kaypnazarov**



# Lekciya rejesi

- Qattı deneniń aylanbalı háreketi.
- Kúsh momenti.
- Impuls momenti.
- Impuls momentiniń saqlanıw nızamı.
- Qattı dene aylanbalı háreket dinamikası.
- Qattı dene aylanbalı háreketi dinamikasınıń tiykarǵı teńlemesi.
- Inerciya momentin esaplaw. Shteyner teoreması.

# Qattı dene aylanbalı háreketi. Kúsh momenti

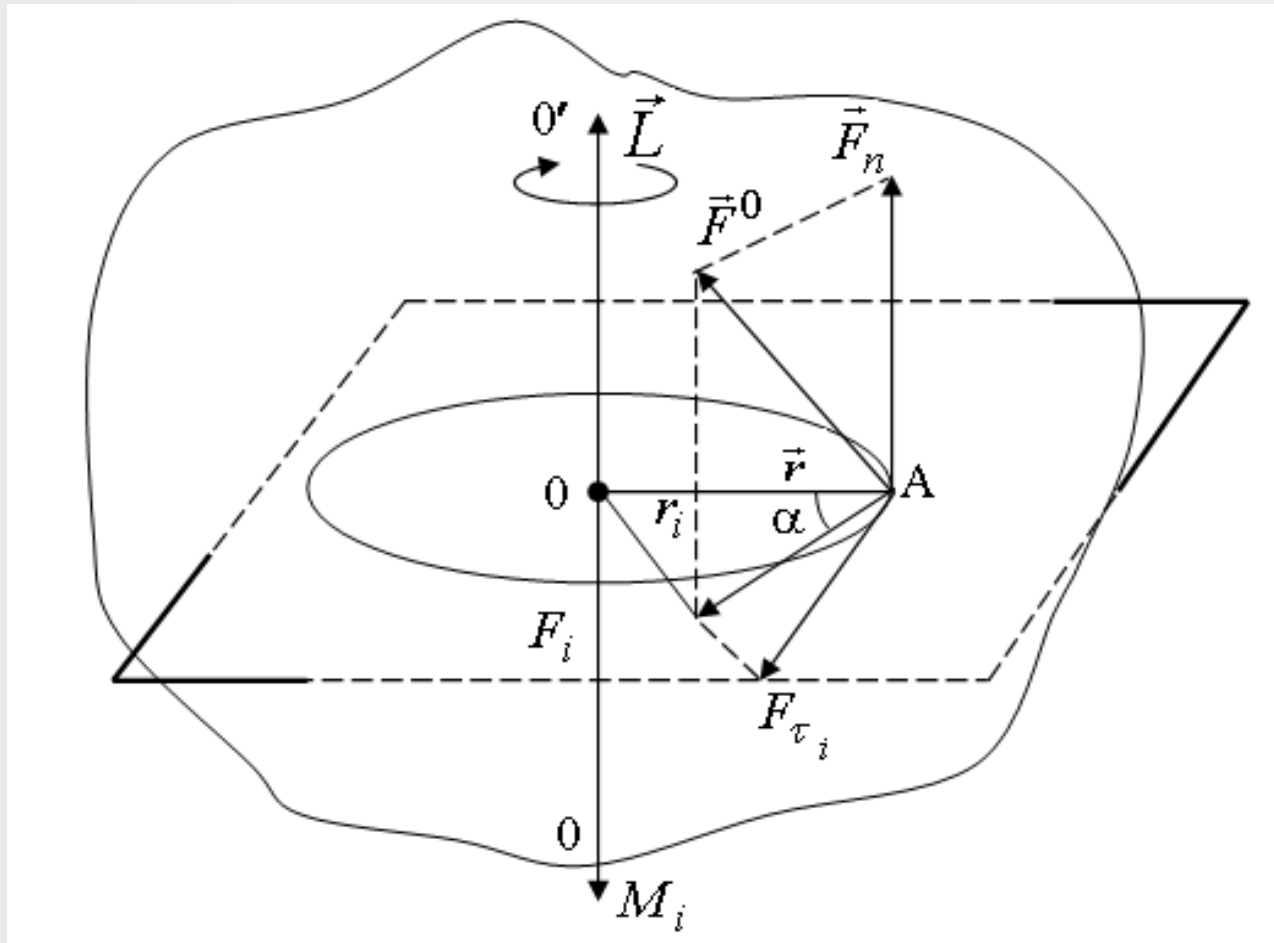
Qattı dene aylanbalı háreket dinamikasınıń tiykarǵı shamaları – kúsh momenti hám impuls momenti túsiniikleri bir – biri menen tıǵız baylanıslı. *Kúsh momenti* noqatqa salıstırǵanda bolsa, *impuls momenti* kósherge salıstırǵanda boladı.

Kúsh momenti aylanıw orayına salıstırǵanda bolǵanı ushın vektorlıq shama. Impuls momenti kósherge salıstırǵanda bolǵanı ushın vektorlıq shama bolmaydı.

$OO'$  aylanıw kósherine ornatılǵan qattı denegge qálegen sırtqı kúsh tásirín kórip shıǵamız. Aylanıw kósherinde  $O$  bas noqat yaki polyusti belgilep alamız. Sistemanıń massa orayınan ótken  $OO'$  kósherge bekkemlengen deneniń, sol kósherden  $r$  aralıqta jaylasqan bazı bir  $A$  noqatına qálegen baǵıtta  $\vec{F}^O$  kúshti qoyamız. Bul kúsh vektorı menen ústpe-úst túsken sızıqtı *kúshtiń tásir sızıǵı* dep ataymız.

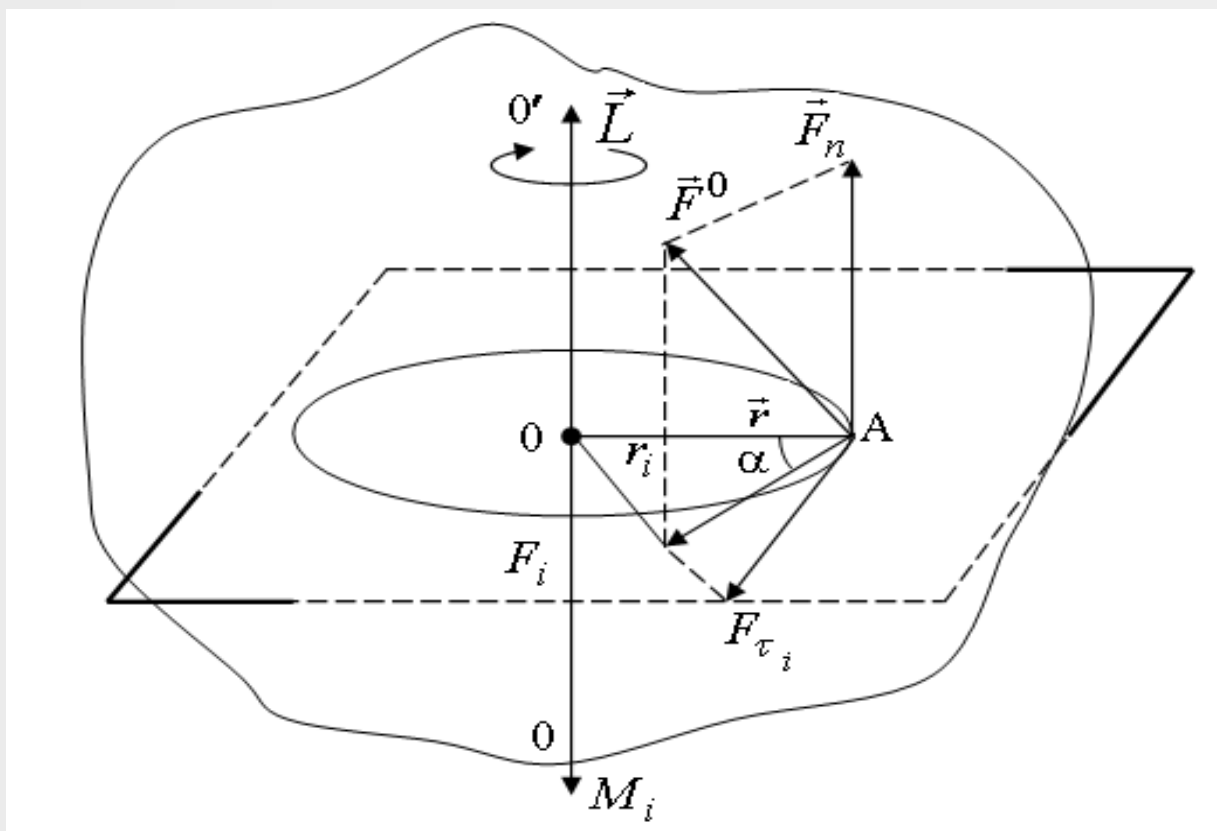
# Kúsh momenti

Aylanıw kósherine perpendikulyar bolǵan tegislikte jatıwshı kúshtiń  $\vec{F}_i$  qurawshısı deneniń aylanıwına sebep boladı.



# Kúsh momenti

Sırtqı kúshтіń  $\vec{F}_n$  - qurawshısı  $00'$  kósher boylap deneniń ilgerilemeli háreketin júzege keltiredi. Kúshтіń  $\vec{F}_{\tau i}$  -tangencial qurawshısı tásirinde  $m_i$  massalı  $A$  noqat  $\vec{r}$  radiuslı aylanbanı sızadı.



## Kúsh momenti

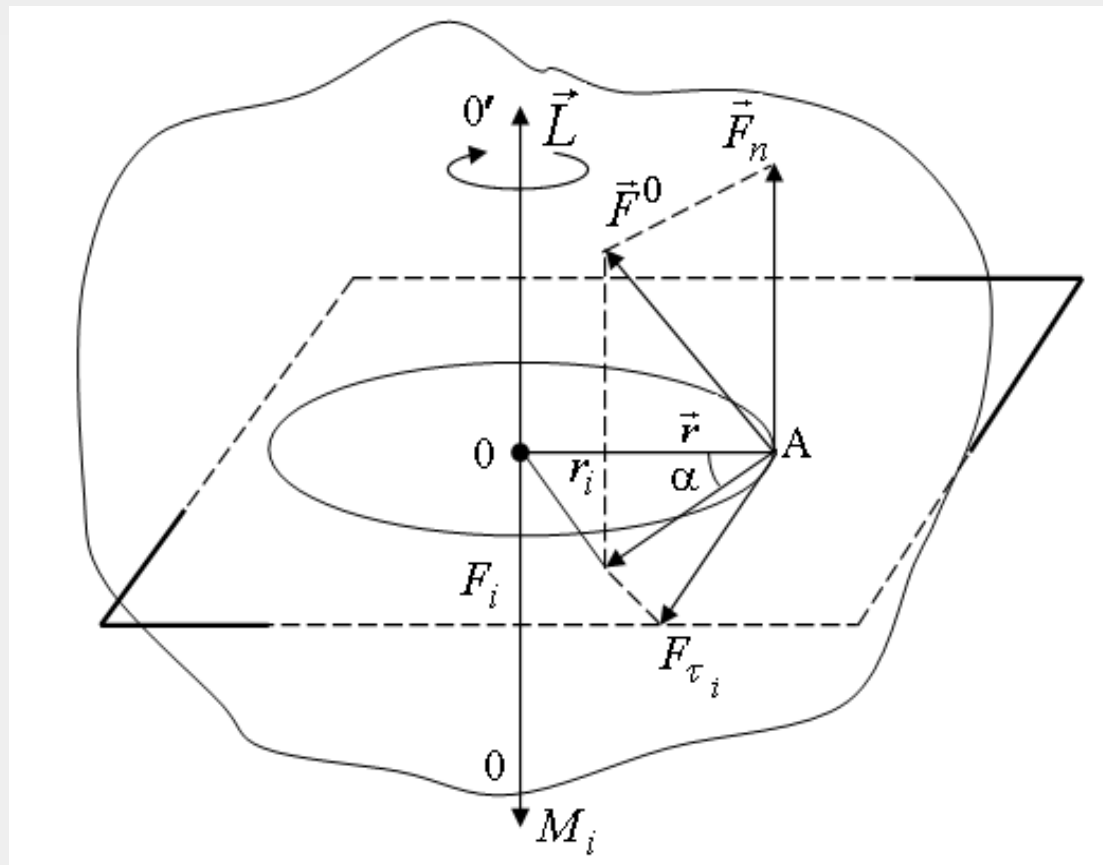
Kúshtiń aylandırıw effekti  $00'$  kósher menen kúshtiń tásir sıızığı arasındaqı aralıq úlken bolıwı menen artıp baradı. Radius – vektor  $\vec{r}_i$  diń  $\vec{F}_i$  kúshke vektorlıq kóbeymesi kúshtiń qálegen qozǵalmas  $00'$  kósherge salıstırǵanda *kúsh momenti* dep ataladı.  $\vec{M}_i = [\vec{r}_i \cdot \vec{F}_i]$  Kúsh momentiniń moduli tómendegige teń

$$[\vec{M}_i] = \vec{F}_i \vec{r}_i \sin \alpha$$

Kúsh momentiniń baǵıtı burǵı qádesine muwapıq  $00'$  kósher boyınsha baǵıtlanǵan.

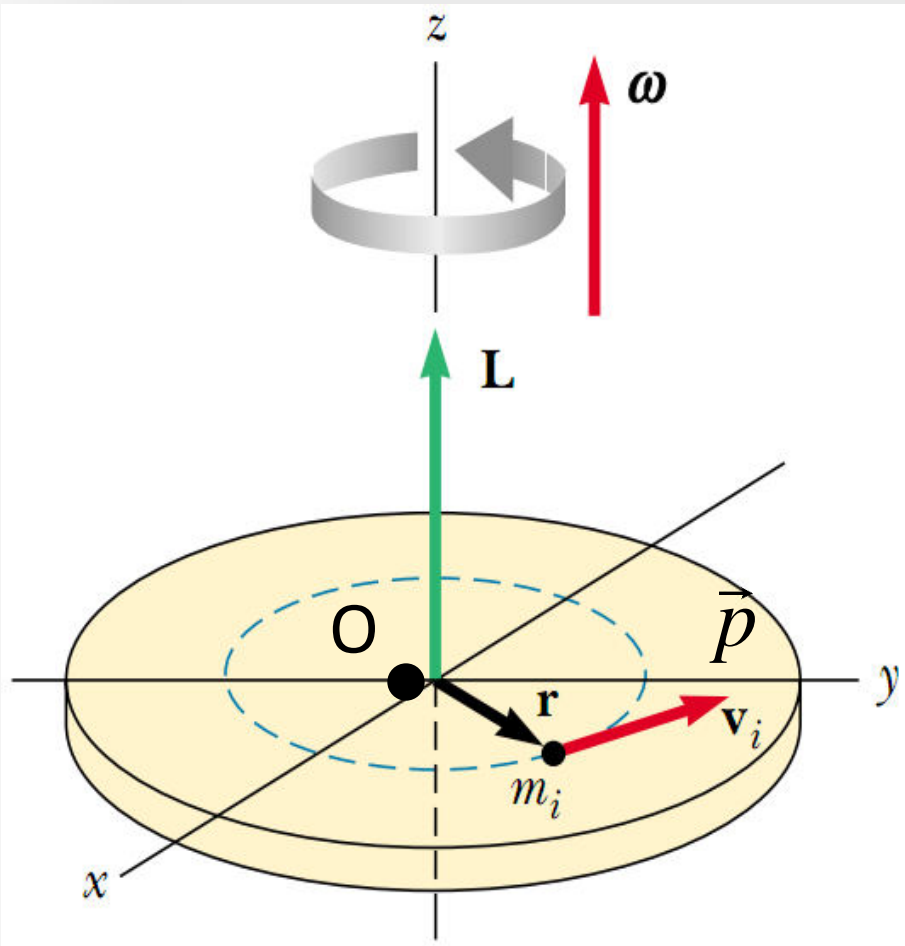
Kúshtiń iyini:

$$d = r \sin \alpha$$





# Impuls momenti



$m$  massalı materiallıq noqat  $P$  impulske iye boladı.  
Qozğalmas  $O$  noqatqa salıstırğanda  $A$  materiallıq noqattıñ impuls momenti radius – vektordıñ materiallıq noqat impulsiniñ vektorlıq kóbeymesine teñ fizikalıq shamağa ayıladı:

$$\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m\vec{v}]$$

# Impuls momenti

$$\begin{aligned}\vec{L} &= [\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m \cdot \vec{v}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ p_x & p_y & p_z \end{vmatrix} = \\ &= \vec{i} (p_y z - p_z y) + \vec{j} (p_x z - p_z x) + \vec{k} (p_y x - p_x y)\end{aligned}$$

**Berilgen kósherge salıstırǵanda qattı deneniń impuls momenti bólek bólekshelerdiń impuls momentleri jıyındısına teń:**

$$L_z = \sum_{i=1}^n m_i v_i r_i = \sum_{i=1}^n m_i \omega r_i^2 = J_z \omega$$

# Impuls momentiniń saqlanıw nızamı

**Tuyıq sistemaniń impuls momenti waqıt ótiwi menen turaqlı boladı:**

$$\vec{L} = \text{const}$$

**Berilgen kósherge salıstırǵanda qattı deneniń impuls momenti sol kósherge salıstırǵanda dene inerciya momentiniń múyeshlik tezlikke kóbeymesine teń.**

$$J_z \omega = \text{const}$$

# Impulstíń saqlanıw nızamı

Qálegen bóleksheler sistemasın alayıq. Bólek bóleksheler impulsleriniń vektorlıq jıyındısı sıpatında sistemaniń impulsi túsinigin kiritemiz. Tuyıq sistemaniń impulsi waqıt ótiwi menen turaqlı qaladı.

$$\vec{p}_C = \sum_i \vec{p}_i$$

Waqıt boyınsha integrallaymız

$$\frac{d\vec{p}_C}{dt} = \sum_i \frac{d\vec{p}_i}{dt}$$

Nyutonniń ekinshi nızamın qollanıw arqalı

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \dot{\vec{p}} \quad \text{tómendegige iye bolamız} \quad \frac{d\vec{p}_i}{dt} = \sum_k \vec{F}_{ik} + \vec{F}_i$$

$$\frac{d\vec{p}_C}{dt} = \vec{F} \quad \vec{p}_C = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$$

# Qattı dene aylanbalı háreket dinamikası

Materiallıq noqat impulsiniń aylanıw kósherine salıstırǵanda *inerciya momenti* onıń massasın aylanıw radiusı kvadratına kóbeymesine teń bolǵan fizikalıq shama.

$$J_i = m_i r_i^2$$

Aylanıw kósherine salıstırǵanda sistemanıń inerciya momenti  $n$  materiallıq noqatları massalarınıń kórilip atırǵan kósherge shekemgi bolǵan aralıqları kvadratları kóbeymeleriniń jıyındısına teń fizikalıq shama.

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

$$J = \int_0^m r^2 dm$$

*Inerciyanıń bas momenti* – massa orayınan ótetuǵın, aylanıwdıń bas kósherine salıstırǵanda *inerciya momenti esaplanadı*.

# Qattı dene aylanbalı háreket dinamikasınıń tiykarǵı teńlemesi

Egerde aylanıw kósheri massa orayı arqalı ótetuǵın bas inerciya kósherine sáykes tússe, ol halda tómendegi vektorlıq teńlik orınlı boladı:

$$\vec{M} = J \cdot \vec{\beta} \qquad M_z = J_z \cdot \beta$$

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \dot{\vec{L}}$$

bul jerde  $J$  — dene inerciyasınıń bas momenti esaplanadı.

# Qattı dene aylanbalı háreket dinamikasınıń tiykarǵı teńlemesi

$\vec{F}$  kúsh tásirinde deneniń sheksiz kishi  $d\varphi$  múyeshke burılıwında, kúsh túsirilgen noqat  $ds = r d\varphi$  jol basadı hám atqarılǵan jumıs tómendegige teń boladı:

$$dA = F \sin \alpha r d\varphi = M_z d\varphi$$

ol halda

$$dA = dK = d\left(\frac{J_z \omega^2}{2}\right) = J_z \omega d\omega$$

$$M_z d\varphi = J_z \omega d\omega \Rightarrow M_z \frac{d\varphi}{dt} = J_z \omega \frac{d\omega}{dt}$$



$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \dot{\vec{L}} \quad \text{yoki} \quad \vec{M} = \frac{dJ}{dt} \vec{\omega} + J \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

0

$$J \frac{d\vec{\omega}}{dt} = I \vec{\beta} = \sum \vec{M}$$

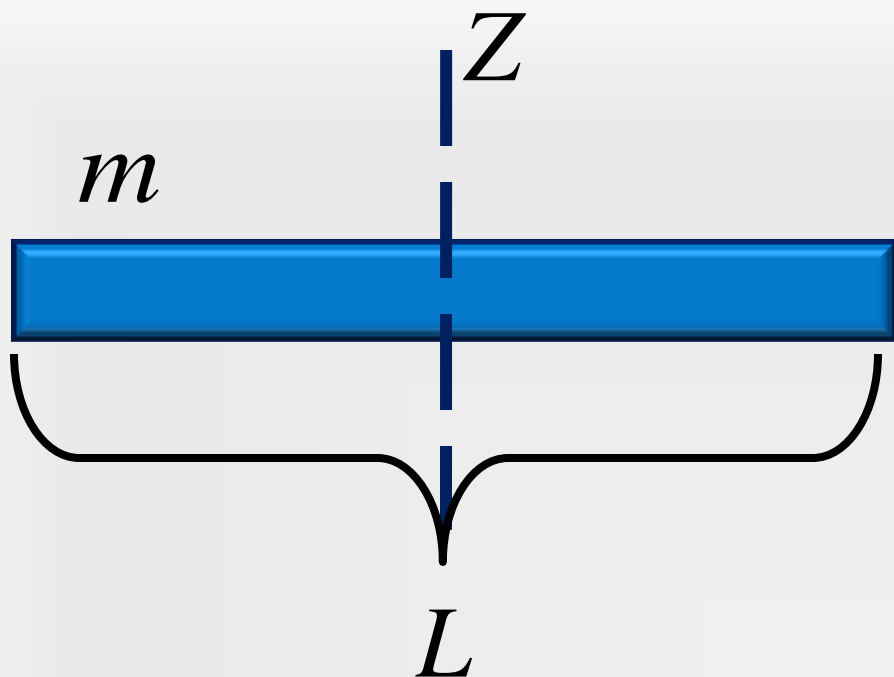
# Inerciya momentin esaplaw. Shteyner teoreması.

Egerde massa orayınan ótetuǵın kósherge salıstırǵanda deneniń inerciya momenti anıq bolsa, ol halda, qálegen basqa parallel kósherlerge salıstırǵanda inerciya momenti *Shteyner teoreması* arqalı anıqlanadı:

qálegen  $z$  kósherge salıstırǵanda deneniń inerciya momenti  $J$  deneniń  $C$  massa orayı arqalı ótetuǵın parallel kósherlerge salıstırǵanda inerciya momenti hám  $m$  dene massasınıń kósherler arasındaǵı aralıqtıń kvadratına kóbeymesi jıyındısına teń:

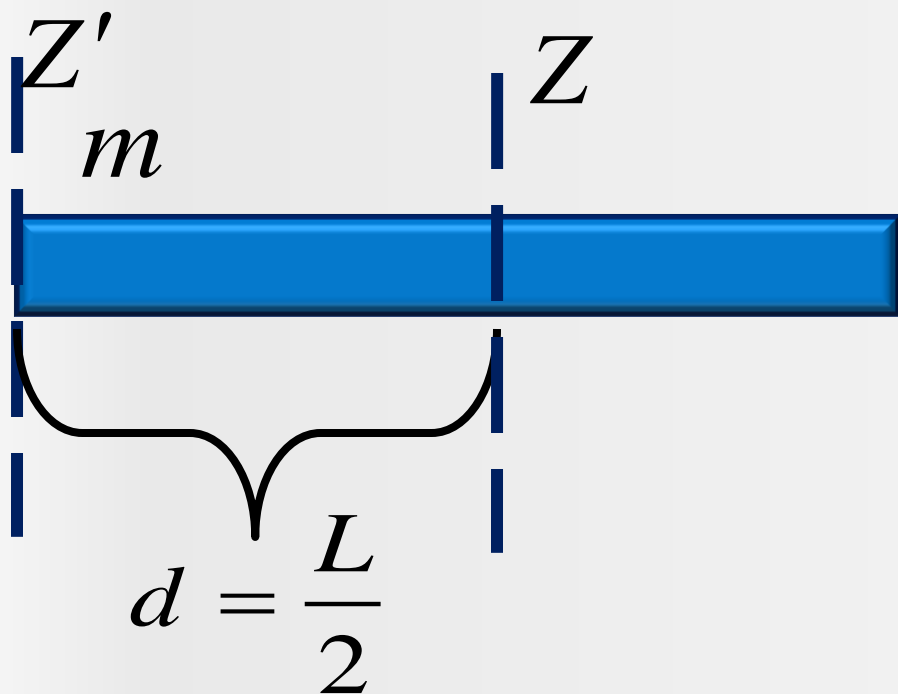
$$J_z = J_c + md^2$$





$$J_c = \frac{1}{12} mL^2$$

$$J_z = J_c + md^2$$

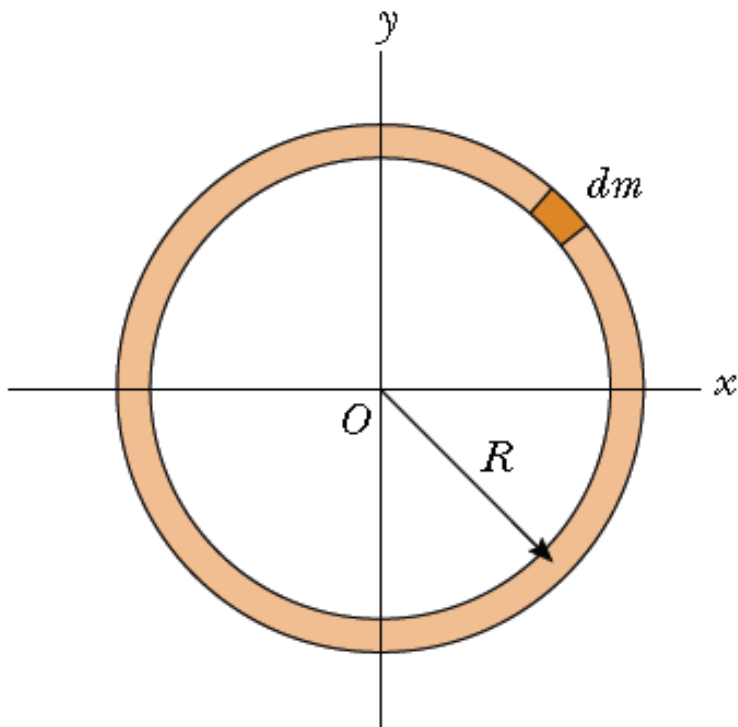


$$J_z = \frac{1}{12} mL^2 + m \left( \frac{L}{2} \right)^2 = \frac{1}{3} mL^2$$

# Radiusı R bolğan jińishke júziktıń inerciya momentin esaplaw

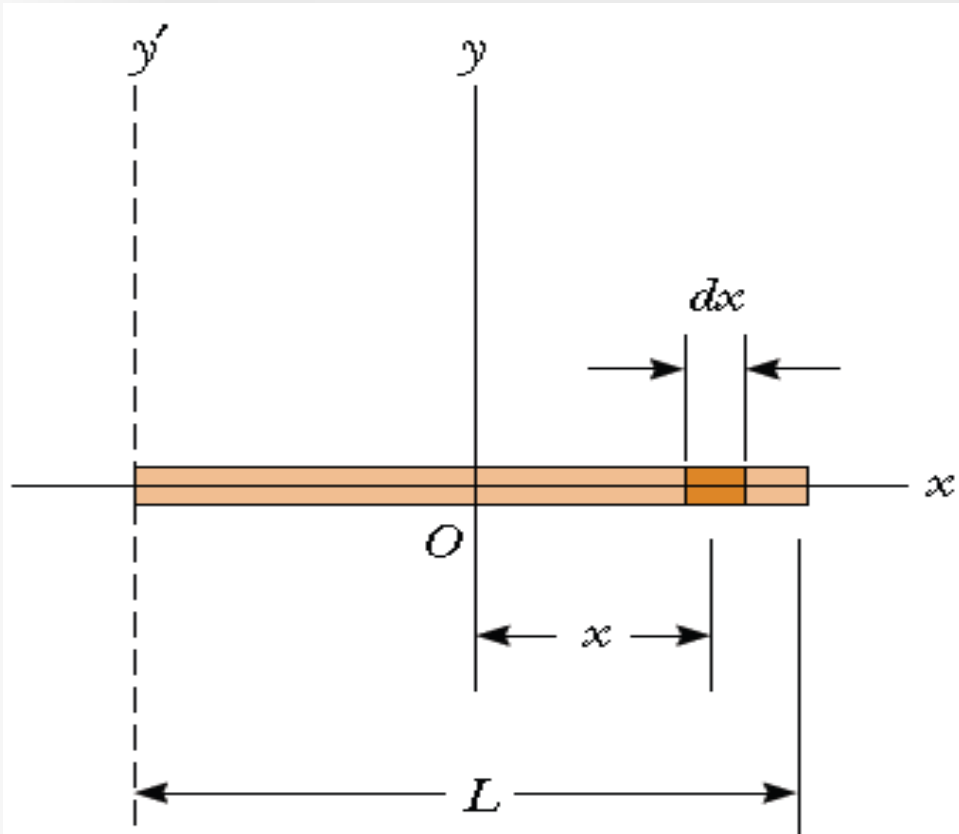
$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C$$

$$I = \lim_{\Delta m_i \rightarrow 0} \sum_i r_i^2 \Delta m_i = \int r^2 dm = \int \rho r^2 dV$$



$$I_z \Big|_{r=R} = \int r^2 dm = R^2 \int dm = mR^2$$

# Sterjenniń ortasınan ótiwshi kósherge salıstırǵanda inerciya momentin esaplaw



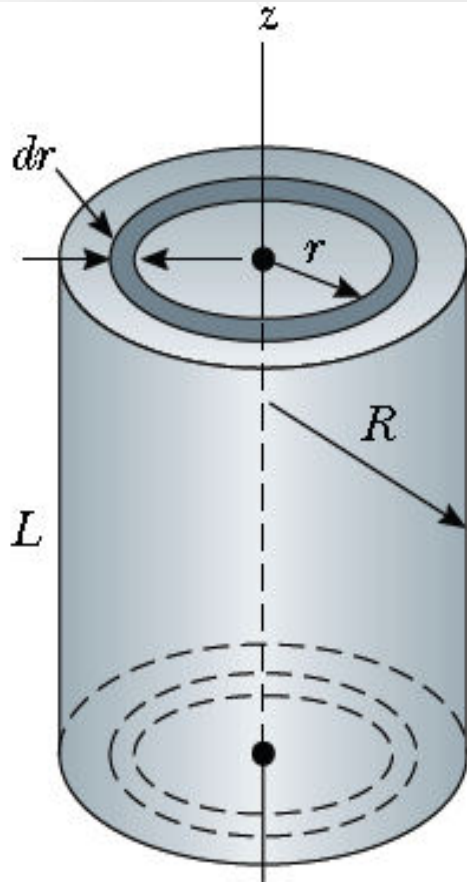
$$dm = \lambda dx = \frac{m}{L} dx \quad r^2 = x^2$$

$$I_y = \int r^2 dm = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} x^2 \cdot \frac{m}{L} dx =$$

$$= \frac{m}{L} \cdot \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} x^2 dx = \frac{m}{L} \cdot \frac{x^3}{3} \Bigg|_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} =$$

$$= \frac{m}{3L} \left[ \left( \frac{L}{2} \right)^3 - \left( -\frac{L}{2} \right)^3 \right] = \frac{m}{3L} \cdot \left[ \frac{L^3}{8} + \frac{L^3}{8} \right] = \frac{m}{3L} \cdot \frac{2L^3}{8} = \frac{1}{12} mL^2$$

# Cilindrdiń Z (orayınan) kósherinen ótiwshi kósherge salıstırǵanda inerciya momentin esaplaw



$$dV = L \cdot dS = L \cdot d(\pi r^2) = L \cdot 2\pi r dr$$

$$dm = \rho dV = 2\pi\rho L r dr$$

$$\begin{aligned} I_z &= \int_m r^2 dm = \int_r r^2 (2\pi\rho L r dr) = 2\pi\rho L \cdot \int_0^R r^3 dr = \\ &= 2\pi\rho L \cdot \frac{r^4}{4} \Big|_0^R = \frac{1}{2} \pi\rho L R^4 \end{aligned}$$

$$V = \pi R^2 L$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi R^2 L}$$

$$I_z = \frac{1}{2} \pi\rho L R^4 = \frac{1}{2} \pi \cdot \frac{m}{\pi R^2 L} \cdot L R^4 = \frac{1}{2} m R^2$$

# Ilgerilemeli hám aylanbalı háreketlerdiń tiykargı shamaları

Ilgerilemeli háreket		Aylanbalı háreket	
Massa	$m$	Inerciya momenti	$J$
Orın awıstırıw	$d\vec{r}$	Múyeshlik orın awıstırıw	$d\vec{\varphi}$
Tezlik	$\vec{v} = \dot{\vec{r}}$	Múyeshlik tezlik	$\vec{\omega} = \dot{\vec{\varphi}}$
Tezleniw	$\vec{a} = \dot{\vec{v}}$	Múyeshlik tezleniw	$\vec{\beta} = \dot{\vec{\omega}}$
Kúsh	$\vec{F}$	Kúsh momenti	$\vec{M}$
Impuls	$\vec{P}$	Kúsh impulsı	$\vec{L}$
Jumıs	$dA = F_s ds$	Jumıs	$dA = M_2 d\varphi$
Kinetikalıq energiya	$m v^2 / 2$	Kinetikalıq energiya	$J_z \omega^2 / 2$
Dinamikanıń tiykargı teńlemesi	$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ $\vec{F} = m\vec{a}$	Dinamikanıń tiykargı teńlemesi	$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$ $\vec{M} = J \cdot \vec{\beta}$

# PAYDALANÍLGAN ÁDEBIYATLAR

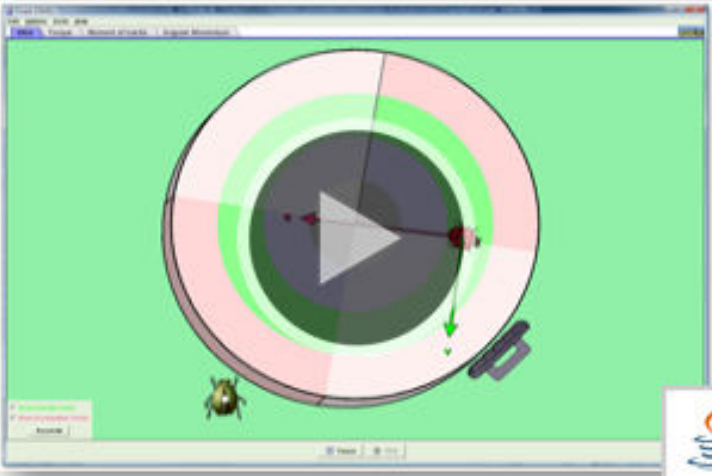
1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. “Aloqachi nashriyoti”. 2018 y. O‘zR OO‘MTV 2017.24.08 dagi “603”-sonli buyrug‘i.
2. B.A.Ibragimov, G.Q.Atajanova. “FIZIKA”. Oqiwliq. Tashkent. 2018 j.
3. Q.P.Abduraxmanov, O‘.Egamov. “FIZIKA”. Darslik. Toshkent. O‘quv-ta‘lim metodika” 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. “Umumiy Fizika fani bo‘yicha taqdimot multimediali ma‘ruzalar to‘plami”. Elektron o‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2012 y. O‘zR OO‘MTV 2012.15.08 dagi “332/1”-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/legacy/torque>


**Torque**



- Rotation
- Torque
- Moment of Inertia

[DONATE](#)

PhET is supported by



**NORTON**  
and educators like you.

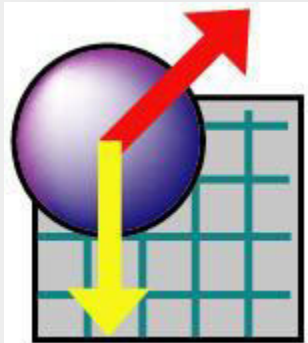
[DOWNLOAD](#) [EMBED](#)



Scan me



# PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR



- Interactive Physics - Design Simulation Technologies
- Dástúr fizikalıq proceslerdi janlı kóriniste súwretlew imkanın berip, onda tezleniw, orın awıstırıw, kúsh hám tezlik vektorlarınıń bağıtların, tezliktiń, tezleniwdiń, kúshtiń hám basqa shamalardıń waqıt boyınsha ózgeriw grafigin súwretlew múmkin.

<https://www.design-simulation.com/IP/index.php>