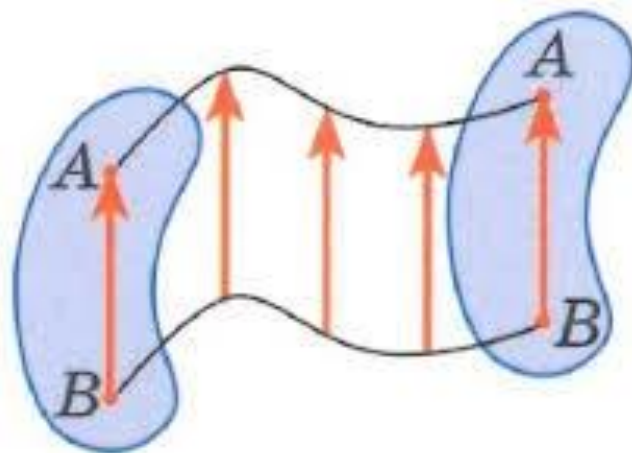


# 3-MA'RUZA. QATTIQ JISMNING ILGARINLANMA VA QO'ZG'ALMAS O'Q ATROFIDAGI AYLANMA HARAKATI

## REJA:

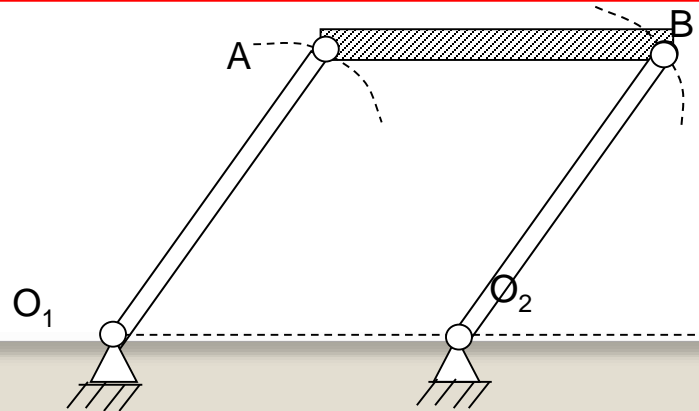
- *Qattiq jismning ilgarinlanma harakati.*
- *Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati*
- *Aylanma harakat burchak tezligi*
- *Aylanma harakat burchak tezlanishi.*
- *Aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi.*

Kinematikada statikadagidek qattiq jismni mutlaq qattiq jism deb qaraladi. Jismning istalgan ikki nuqtasining oralig'i hamma vaqt o'zgarmasdan qolsa, bunday qattiq jismga mutlaq qattiq jism deyiladi. Bundan buyon jism yoki qattiq jism deganda mutlaq qattiq jism tushuniladi. Qattiq jism harakatini kinematik o'rganish bu harakatlanayotgan jismni harakat tenglamalarini tuzish va harakatni xarakterlaydigan kinematik xarakteristikalarini o'rganishdan iborat bo'ladi. Butun jismning harakatlanishi kinematik elementlari: harakat qonuni, tezlik va tezlanishlari ma'lum bo'lgandan keyin jism bo'laklarining harakati o'rganiladi. Jismni tashkil etuvchi bo'laklarning xarakterlariga xos bo'lgan qonuniyatlar aniqlanadi.



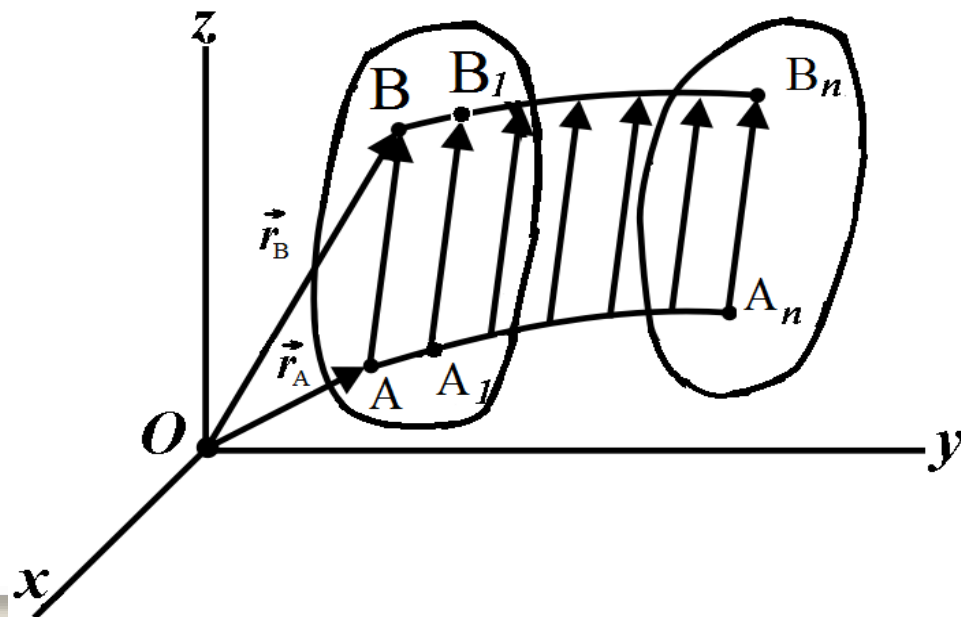
## QATTIQ JISMNING ILGARINLANMA HARAKATI.

Jismda olingan har qanday kesma harakat davomida hamma vaqt o'z-o'ziga parallel qolsa, jismning bunday harakatiga ilgariylanma harakat deyiladi. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining traektoriyalari istalgan egri chiziq bo'lishi mumkin. Masalan to'g'ri chizikli relsda harakatlanayotgan vagon kuzovining harakati ilgariylanma harakat bo'lib, kuzov nuqtalarining traektoriyalari to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi.





**Teorema.** *Ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil chiziq (traektoriya) chizadi va har onda miqdor hamda yo'nalishlari jihatdan bir xil tezlikka va bir xil tezlanishga ega bo'ladi*



Teoremani isbotlash uchun berilgan OXYZ qo'zg'almas hisoblash sistemasiga nisbatan ilgari lanma harakatni tekshiramiz. Jismning ixtiyoriy A va B nuqtalarini olib, ularning radius vektorlarini o'tkazamiz.

SHakldan

$$\bar{r}_B = \bar{r}_A + \overline{AB} \quad (3.1)$$

Ammo AB kesmaning uzunligi va yo'nalishi o'zgarmaydi, chunki qattiq jism ta'rifiga ko'ra AB uzunligi o'zgarmas bo'lib, ilgari lanma harakat ta'rifiga ko'ra doimo o'z-o'ziga parallel qoladi, ya'ni

$$\overline{AB} = \textit{const}$$



SHuning uchun tenglamadagi  $\bar{r}_B$  va  $\bar{r}_A$  vektorlarni o'zgarganda ularning uchlaridagi A va B nuqtalarining chizgan  $AA_1$  va  $BB_1$  traektoriyalari o'zaro teng  $AA_1=BB_1$  va  $AA_1 \parallel BB_1$  bo'ladi. (3.1) dan vaqtga nisbatan hosila olamiz.

$$\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \frac{d\bar{r}_A}{dt} + \frac{d\bar{A}\bar{B}}{dt} \quad \text{bunda} \quad \frac{d\bar{A}\bar{B}}{dt} = 0$$

bo'lgani uchun

$$\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \frac{d\bar{r}_A}{dt} \quad (3.2)$$

A va B nuqtalar ixtiyoriy nuqta bo'lgani uchun ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalarining tezliklari bir xilda bo'ladi degan natijaga kelamiz. (3.2) dan vaqtga nisbatan hosila olamiz.

$$\frac{d\bar{v}_B}{dt} = \frac{d\bar{v}_A}{dt} \quad \text{bundan} \quad \bar{a}_B = \bar{a}_A \quad (3.3)$$

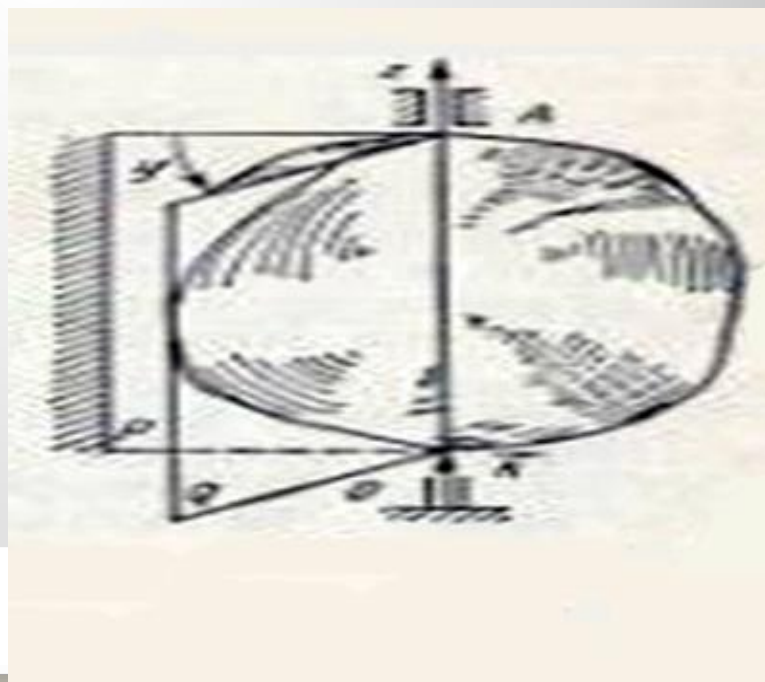


**Harakatlanuvchi qattiq jismning ikkita nuqtasi doimo qo'zg'almasdan qolsa, uning bunday harakati qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat deyiladi.**

$\varphi = f(t)$  - jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{yoki} \quad \omega = \dot{\varphi} = f'(t)$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{d\varphi}{dt} \right) = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$



## Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatdagi nuqtalarning tezlik va tezlanishi

$M$  nuqta chizgan aylana radiusi  $R = CM$ ;  $ds = MM_1$   
matematikadan ma'lumki:  $ds = R d\varphi$  ning ikki tomonini  $dt$  ga bo'lamiz:

$$\frac{ds}{dt} = R \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{bu erda} \quad \frac{ds}{dt} = v, \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega$$

Natijada  $v = \omega \cdot R$  kelib chiqadi.

Demak, aylanma harakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasining tezligi uning burchak tezligi bilan tekshirilayotgan nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa ko'paytmasiga teng. Ixtiyoriy nuqta tezligi **chiziqli tezlik** deb ataladi.

- Aylanma harakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlanishini urinma va normal tashkil etuvchilardan iborat deb qarash mumkin

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = \frac{d\omega}{dt} R = R \cdot \varepsilon; \quad a_n = \frac{v^2}{\rho} = \frac{(\omega R)^2}{R} = \omega^2 R$$

bu erda

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon \quad \rho = R$$

Shuning uchun

$$a_{\tau} = \varepsilon \cdot R \quad , \quad a_n = \omega^2 \cdot R \quad , \quad a = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

bo'ladi.

**Demak**, chiziqli tezlik, urinma, normal va to'la tezlanishlarning tabiiy usulda aniqlanishi mos ravishda formulalardan

iborat  $\operatorname{tg} \mu = \frac{|a_{\tau}|}{a_n} = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$  dan ko'ramizki, burchak tezligi bilan

burchak tezlanishi jismning hamma nuqtalari uchun bir xil bo'lgani sababli tezlanish bilan normal tezlanish (radius) orasidagi burchak  $\mu$  o'zgarmasdan qoladi.

### *Ilgarilanma harakat*

Traektoriya (to'g'ri chiziq aylana)

Har onda miqdori va yo'nalishlari jixatidan bir xil tezlik

$$V_B = V_A \quad \text{va}$$

Bir xil taezlanishga  $\overline{a_B} = \overline{a_A}$  ega bo'ladi.

Harakat tenglamasi

$$x_c = f_1(t); y_c = f_2(t); z_c = f_3(t)$$

### **Qattiq jismning sodda harakat turlari**

### **Tezlik, tezlanish, troektoriya, harakat tenlamasi**

#### *Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat*

Traektoriya (aylana)  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$

Burchak tezligi  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{d\varphi}{dt} \right) = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

Burchak tezlanishi

Tezligi

$$v = R\omega$$

Tezlanishi

$$a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

Harakat tenglamasi

$$\varphi = f(t)$$

**1- Ekspert varag'i**  
*Qattiq jismni ilai-  
lanma harakati  
haqida ma'lumot*

**2- Ekspert varag'i**  
*Qattiq jismni  
qo'zg'almas o'q  
atrofidagi aylanma  
harakati haqida  
ma'lumot*

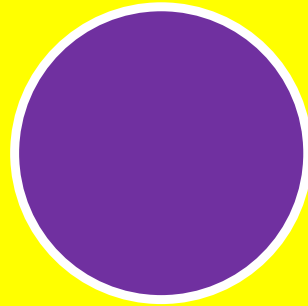
**3- Ekspert varag'i**  
*Aylanma harakatni  
burchak tezligi  
haqida ma'lumot*

**4- Ekspert varag'i**  
*Aylanma harakatning  
burchak tezlanishi  
haqida ma'lumot*

**5- Ekspert varag'i**  
*Qo'zg'almas o'q atrfidagi  
aylanma harakatidagi jism  
nuqtalarining tezligi va  
tezlanishi haqida ma'lumot*

**“Tushunchalar tahlili” metodi (javobi)**

<b><i>Tushincha</i></b>	<b><i>Mazmuni</i></b>
Ilgarilanma harakat	Jismda olingan har qanday kesma jism harakati davomida hamma vaqt o'z-o'ziga parallel qolsa, jismning bunday harakati
Ilgarilanma harakatiga oid teorema	Ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil chiziq (traektoriya) chizadi va har onda miqdor hamda yo'nalishlari jihatdan bir xil tezlikka va bir xil tezlanishga ega bo'ladi.
Qattiq jismning ilgarilanma harakat tenglamasi	$x_c = f_1(t); y_c = f_2(t); z_c = f_3(t)$
Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat	Harakatlanuvchi qattiq jismning ikkita nuqtasi doimo qo'zg'almasdan qolsa, uning bunday harakati
Aylanish o'qi	Qo'zg'almas nuqtalardan o'tgan to'g'ri chiziq
Aylanish burchagi	Jism $AZ$ o'q atrofida harakatlanganda $\Pi$ tekislik $\Pi_0$ tekislikka nisbatan $\varphi$ burchakka buriladi
Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat tenlamasi	$\varphi = f(t)$
Burchak tezligi	Aylanish burchagi $\varphi$ dan olingan birinchi xosila
Burchak tezlanishi	Vaqt birligi ichida jismning burchak tezligi o'zgarishi bilan xarakterlanadigan kattalik
Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdai jism nuqtalarining tezligi	$v = R\omega$
Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarining tezlanishi	$a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$



**E'TIBORINGIZ UCHUN  
RAXMAT!**

