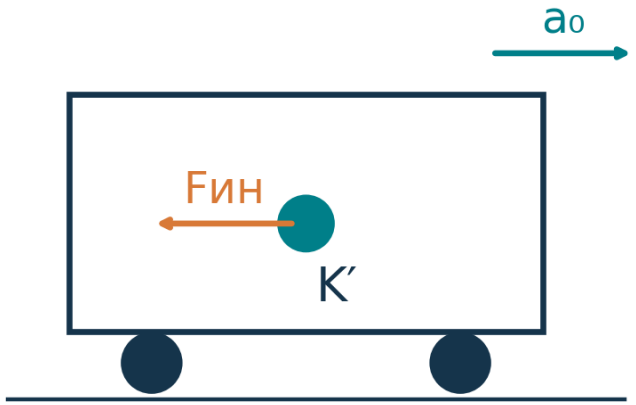
10-ДӘРІС

Инерциялық емес санақ жүйелері



Ілгерілемелі қозғалыс және айналу
Инерция күштері

Исатаев М.С.

Дәрістің мақсаты, нәтижелері және мазмұны

Мақсаты

Үдемелі қозғалатын жүйедегі қозғалысты инерция күштерін ескеріп сипаттау.

Оқыту нәтижелері

Инерция күштерінің бағытын анықтайды.
Үдемелі жүйеде қозғалыс теңдеуін құрады.
Кориолис пен центрден тепкіш күшті табады.

Мазмұны

1. Инерциялық және инерциялық емес жүйелер.
2. Ілгерілемелі қозғалыстағы инерция күші.
3. Айналмалы жүйедегі үдеулер.
4. Центрден тепкіш, Кориолис және Эйлер күштері.

Қарастыру шегі: классикалық механика, $v \ll c$. Массасы тұрақты материалдық нүкте алынады.

Инерция күші не үшін енгізіледі?

Инерциялық емес санақ жүйесі инерциялық жүйеге қатысты үдеумен қозғалады.

$$m\vec{a}' = \Sigma\vec{F} + \vec{F}_{ин}$$

$\Sigma\vec{F}$ денелердің өзара әсерлесу күштерін білдіреді. $\vec{F}_{ин}$ санақ жүйесінің үдемелі қозғалысын ескереді.

Инерция күші өзара әсерлесуден туындамайды және оған жұп қарсы күш сәйкес келмейді. Ньютонның үшінші заңы өзара әсерлесу күштері үшін сақталады.

Ілгерілемелі қозғалыстағы түрлендірулер

$$\vec{r} = \vec{R}(t) + \vec{r}'$$

$$\vec{v} = \vec{V}_0 + \vec{v}'$$

$$\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}'$$

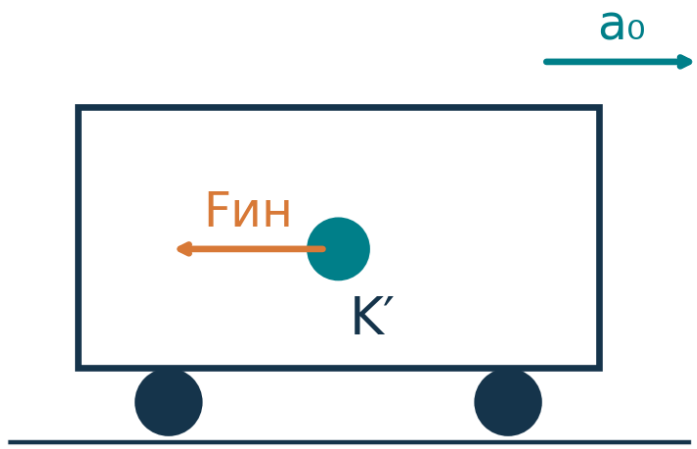
$\vec{R}$ жүйелердің бастау нүктелерін қосады. $\vec{V}_0 = d\vec{R}/dt$, $\vec{a}_0 = d\vec{V}_0/dt$. Штрих салыстырмалы шамаларды белгілейді.

Бұл слайдта K′ осьтері K осьтеріне параллель және айналмайды.

Ілгерілемелі инерция күші

$$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}_0$$

Күш санақ жүйесінің үдеуіне қарама-қарсы бағытталады және дене массасына пропорционал болады.



Арба оңға үдегенде, арбаға қатысты еркін дененің үдеуі солға бағытталады.

Мысал: лифттегі дененің көрінерлік салмағы

$$N - mg = ma_0$$

Жоғары бағытталған үдеу: $N = m(g + a_0)$

Төмен бағытталған үдеу: $N = m(g - a_0)$

$m = 70$ кг, $a_0 = 2$ м/с², $g = 9{,}81$ м/с²
Жоғары үдегенде $N = 826{,}7$ Н
Төмен үдегенде $N = 546{,}7$ Н

a_0 төменгі екі өрнекте үдеудің модулі. Еркін құлауда $N = 0$.

Айналмалы жүйедегі үдеулердің қосылуы

$$\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}' + 2\vec{\omega} \times \vec{v}' + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}') + \vec{\varepsilon} \times \vec{r}'$$

$\vec{a}_0$ бастапқы нүктенің үдеуі
$\vec{a}'$ салыстырмалы үдеу
$2\vec{\omega} \times \vec{v}'$ Кориолис үдеуі
$\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}')$ центрге тартқыш мүше
$\vec{\varepsilon} \times \vec{r}'$ айналудың бұрыштық үдеуінен туатын мүше

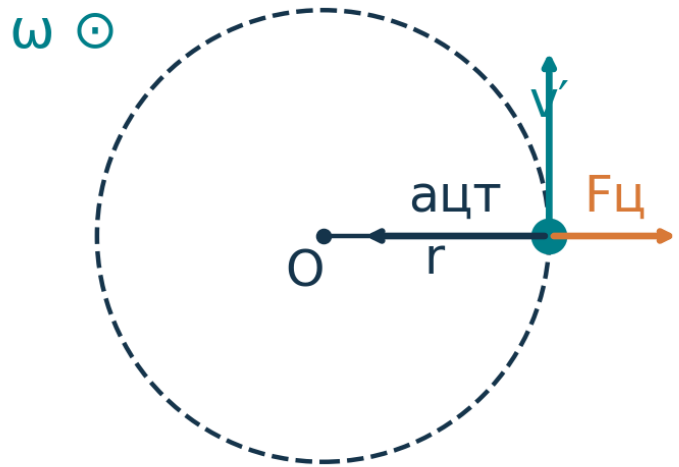
$\vec{\varepsilon} = d\vec{\omega}/dt$. Барлық векторлар бір координаталық базисте жазылады.

Центрден тепкіш инерция күші

$$\vec{F}_{ц} = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}')$$

$$F_{ц} = m\omega^2 r_{\perp}$$

$r_{\perp}$ айналу осіне дейінгі қашықтық. Күш осьтен сыртқа қарай бағытталады.



Инерциялық жүйедегі центрге тартқыш үдеу оське қарай бағытталады.

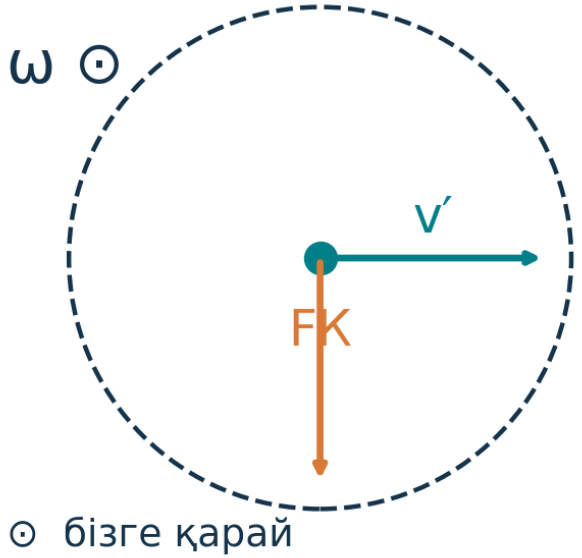
Кориолис күші

$$\vec{F}_К = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$$

$$F_К = 2m\omega v' \sin\alpha$$

α бұрыштық жылдамдық пен салыстырмалы жылдамдық арасындағы бұрыш.

$\vec{F}_К \cdot \vec{v}' = 0$. Кориолис күші салыстырмалы қозғалыста жұмыс атқармайды.



Эйлер күші және қозғалыстың жалпы теңдеуі

$$\vec{F}_Э = -m\vec{\varepsilon} \times \vec{r}'$$

$$m\vec{a}' = \Sigma\vec{F} - m\vec{a}_0 - 2m\vec{\omega} \times \vec{v}' - m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}') - m\vec{\varepsilon} \times \vec{r}'$$

Бұрыштық жылдамдық тұрақты болса, $\vec{\varepsilon} = 0$ және Эйлер күші жойылады.

Дене айналмалы жүйеге қатысты тыныштықта болса, $\vec{v}' = 0$ және Кориолис күші нөлге тең болады.

Сандық мысал: айналмалы платформа

$m = 0{,}20$ кг, $\omega = 2$ рад/с
$r_\perp = 0{,}50$ м, $v' = 0{,}30$ м/с, $\alpha = 90°$

$F_ц = m\omega^2 r_\perp = 0{,}40$ Н

$F_К = 2m\omega v' = 0{,}24$ Н

Дене радиус бойымен сыртқа қозғалады. Центрден тепкіш күш радиус бойымен, Кориолис күші оған перпендикуляр бағытталады.

Қорытынды және өзін өзі тексеру

Инерция күштері үдемелі санақ жүйесінде Ньютон теңдеуін қолдануға мүмкіндік береді. Олардың түрі жүйенің қозғалысына тәуелді.

1. Инерциялық емес санақ жүйесін қалай анықтаймыз?
2. Ілгерілемелі инерция күші қай бағытқа бағытталады?
3. Центрден тепкіш күш пен центрге тартқыш үдеу қалай ажыратылады?
4. Кориолис күші қандай жағдайларда нөлге тең болады?
5. Эйлер күші қашан пайда болады?