

8 Лекция

Инерциялық емес санақ жүйелері

10.1. Инерциялық күштер

10.2. Түзусызықты ілгерілемелі қозғалыстағы инерциялық емес санақ жүйелері.

10.3. Инерциялық емес айналыстағы санақ жүйелері.

Инерциялық емес санақ жүйесі деп, инерциялық санақ жүйесіне салыстырғанда үдемелі қозғалатын жүйені айтады.

Біз қозғалысты релятивистік емес механика шеңберінде ғана қарастырамыз, бұл жерде Галилей түрлендірулері және басқа да кеңістіктік – уақыттық қатынастар инерциялық санақ жүйелеріндегідей орындалады деп есептелінеді.

Инерция күші. Инерциялық санақ жүйелерінде күш материялық денелердің әсерлесуінің нәтижесі деп есептейміз, денеге үдеу беретін осы күш. Инерциялық емес санақ жүйелерінде денені санақ жүйесінің қозғалыс күйін қарапайым өзгерте отырып үдетуге болады. Осыған байланысты бұл жерде Ньютонның бірінші заңы орындалмайды деп есептейміз. Ньютонның үшінші заңы да орындалмайды.

Механикада тарихи мынадай жағдай қалыптасқан: инерциялық емес санақ жүйесінде дененің үдеуін «кәдімгі» әсерлесу күшінен басқа, инерция күші деп аталатын күш те туғыза алады деп есептелінеді. Ньютонның екінші заңы бұл жағдайда өзгеріссіз алынады, бірақ әсерлесу күшімен бірге инерция күшін де ескеруіміз керек. Осыған байланысты инерциялық емес санақ жүйелерінде Ньютонның екінші заңы былай беріледі.

$$m\vec{a}' = \vec{F} + \vec{F}_{ин}, \quad (128)$$

бұл жерде $\vec{a}'$ – инерциялық емес санақ жүйесіндегі үдеу, $\vec{F}$ – «кәдімгі» күш, $\vec{F}_{ин}$ – инерция күші.

Қандай да бір дененің инерциялық емес және инерциялық санақ жүйелеріндегі қозғалыс теңдеулерін жазайық:

$$m\vec{a}' = \vec{F} + \vec{F}_{ин} \quad (129)$$

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad (130)$$

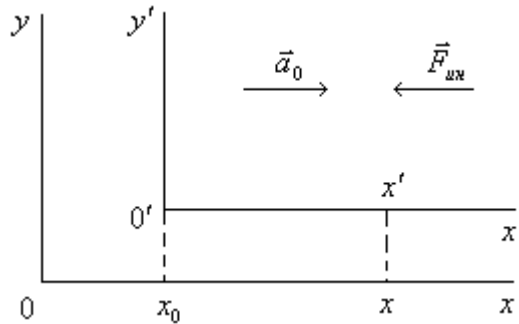
мұндағы «кәдімгі» әсерлесу күші $\vec{F}$ екі санақ жүйелерінде де бірдей; $\vec{a}'$ және $\vec{a}$ – сәйкесінше инерциялық емес және инерциялық санақ жүйелеріндегі үдеулер.

(129) және (130) теңдеулерден инерция күшін табуға болады:

$$\vec{F}_{ин} = m(\vec{a}' - \vec{a}). \quad (131)$$

Инерциялық санақ жүйесіне салыстырғандағы $\vec{a}$ үдеу абсолюттік үдеу деп, ал инерциялық емес санақ жүйесіне салыстырғандағы $\vec{a}'$ үдеу салыстырмалы үдеу деп аталады.

Түзусызықты ілгерілемелі қозғалыстағы инерциялық емес санақ жүйелері. Инерциялық емес санақ жүйесі, инерциялық санақ жүйесінің x өсі бойымен түзусызықты қозғалсын делік (11 сурет).



11 Сурет.

Қандай да бір нүктенің координаталарының арасындағы байланыс мынадай формулалармен беріледі

$$x = x_0 + x', \quad y = y'; \quad z = z'; \quad t = t'. \quad (132)$$

Бірнеше түрлендірулерден кейін келесі формулаларды аламыз.

$$v = v_0 + v' \quad (133)$$

және

$$a = a_0 + a', \quad (134)$$

мұндағы v мен a сәйкесінше абсолюттік жылдамдық және үдеу, v_0 мен a_0 тасымал жылдамдық және үдеу, ал v' мен a' салыстырмалы жылдамдық және үдеу.

(134) өрнекті қолдана отырып (131) формуланың көмегімен түзусызықты қозғалыстағы инерциялық емес санақ жүйесіндегі инерция күші өрнегін былай жазуға болады

$$F_{ин} = m(a' - a) = -ma_0, \quad (135)$$

немесе векторлық түрде

$$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}_0, \quad (136)$$

былайша айтқанда инерция күші инерциялық емес жүйенің тасымал үдеуіне кері бағытталған.

Инерциялық емес айналыстағы санақ жүйелері. Түзу сызықтың бойымен қозғалатын инерциялық емес координат жүйелеріндегі абсолюттік, тасымал және салыстырмалы жылдамдықтар мен сәйкесінше үдеулердің арасындағы қатынастардың ұқсас екенін біз көргенбіз (133) және (134) формулалар). Айналыстағы жүйелерге қатысты мәселе күрделірек. Басқы айырмашылық, айналыстағы координат жүйесінің әртүрлі нүктелерінің тасымал жылдамдықтарының әртүрлі болуында. Абсолюттік жылдамдық бұрынғысынша тасымал және салыстырмалы жылдамдықтардың қосындысы болып табылады:

$$\vec{V} = \vec{V}_o + \vec{V}', \quad (137)$$

ал абсолюттік үдеу мұндай қарапайым түрде берілмейді.

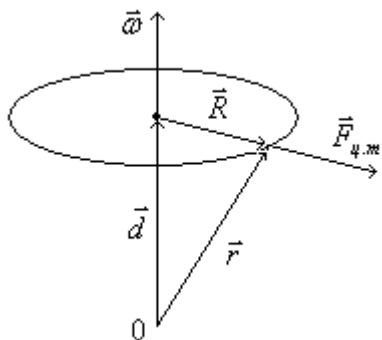
Айналыстағы координат жүйесінің бір нүктесінен екінші нүктесіне орын ауыстырғанда нүктенің тасымал жылдамдығы өзгереді. Сондықтан, егерде тіпті нүктенің қозғалыс кезіндегі салыстырмалы жылдамдығы өзгермегенмен де, ол тасымалдан өзгеше үдеуді қабылдайды. Осыған байланысты, айналыстағы координат жүйесі үшін абсолюттік үдеу үшін өрнекке тасымал және салыстырмалы үдеулердің қосындысынан өзге, a_K кориолис үдеуі деп аталатын тағы бір үдеу кіреді:

$$\vec{a} = \vec{a}_o + \vec{a}' + \vec{a}_K, \quad (138)$$

мұндағы $\vec{a}_o = \vec{\omega} \times \vec{v}_o = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ – тасымал үдеу, $\vec{a}' = \frac{dv'_x}{dt} \vec{i}'_x + \frac{dv'_y}{dt} \vec{i}'_y + \frac{dv'_z}{dt} \vec{i}'_z$ – салыстырмалы үдеу, $a_K = 2\vec{\omega} \times \vec{V}'$ – кориолис үдеуі. Тасымал үдеуді басқаша түрде көрсетуге болады

$$\vec{a}_o = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) = -\omega^2 \vec{R}, \quad (139)$$

мұндағы $\vec{R}$ – айналу өсіне перпендикуляр вектор (12 сурет). Сонымен, тасымал үдеу центртгетарқыш болып табылады.



12 Сурет

(131) жалпы формула бойынша (138) өрнектің көмегімен айналыстағы координат жүйесіндегі инерция күшін табуға болады

$$\vec{F}_{ин} = m(\vec{a}' - \vec{a}) = m(-\vec{a}_o - \vec{a}_K) = m\omega^2 \vec{R} - 2m\vec{\omega} \times \vec{v}' = \vec{F}_{ц.м.} + \vec{F}_K. \quad (140)$$

Тасымал үдеумен байланысты $\vec{F}_{ц.м.} = m\omega^2 \vec{R}$ инерция күші центрден тепкіш инерция күші деп аталады. Ол айналу өсінен әрі радиус бойымен бағытталған (12 сурет). Кориолис үдеуімен байланысты $\vec{F}_K = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$ инерция күші Кориолис күші деп аталады. Ол бұрыштық және салыстырмалы жылдамдықтардың векторлары жататын жазықтыққа перпендикуляр.