

$$\vec{\vartheta} = \dot{\vec{r}} = \dot{x}'\vec{i}' + \dot{y}'\vec{j}' + \dot{z}'\vec{k}' + \dot{x}_0\vec{i} + \dot{y}_0\vec{j} + \dot{z}_0\vec{k} = (\dot{x}'\vec{i}' + \dot{y}'\vec{j}' + \dot{z}'\vec{k}') + (\dot{x}_0\vec{i} + \dot{y}_0\vec{j} + \dot{z}_0\vec{k}) = \vec{\vartheta}' + [\vec{\omega}\vec{r}] + \vec{\vartheta}_0 \quad (3)$$

жылдамдықтарды қосу заңы, яғни бір санақ жүйесінен екінші санақ жүйесіне көшкенде жылдамдықтардың өзгеру заңы.

Бір санақ жүйесінен екінші санақ жүйесіне көшкендегі үдеулерді қосу заңын қарастырайық. Ол үшін (3) теңдеуден туынды алайық.

$$\vec{a} = \dot{\vec{\vartheta}} = (\dot{\vec{\vartheta}}' + [\dot{\vec{\omega}}\vec{r}] + \dot{\vec{\vartheta}}_0)' = (\dot{x}'\vec{i}' + \dot{y}'\vec{j}' + \dot{z}'\vec{k}')' + [\dot{\vec{\omega}}(\dot{x}'\vec{i}' + \dot{y}'\vec{j}' + \dot{z}'\vec{k}')] + (\dot{x}_0\vec{i} + \dot{y}_0\vec{j} + \dot{z}_0\vec{k})' = \ddot{x}'\vec{i}' + \ddot{x}'\dot{\vec{i}}' + \ddot{y}'\vec{j}' + \ddot{y}'\dot{\vec{j}}' + \ddot{z}'\vec{k}' + \ddot{z}'\dot{\vec{k}}' + [\dot{\vec{\omega}}(\dot{x}'\vec{i}' + \dot{y}'\vec{j}' + \dot{z}'\vec{k}')]' + [\dot{\vec{\omega}}(\dot{x}'\vec{i}' + \dot{y}'\vec{j}' + \dot{z}'\vec{k}')] + (\ddot{x}_0\vec{i} + \ddot{y}_0\vec{j} + \ddot{z}_0\vec{k}) = \vec{a}' + [\dot{\vec{\omega}}(\dot{x}'\vec{i}' + \dot{y}'\vec{j}' + \dot{z}'\vec{k}')] + [\dot{\vec{\omega}}\vec{r}] + [\dot{\vec{\omega}}\dot{\vec{\vartheta}}] + \vec{a}_0$$

$$\text{Сонда: } \vec{a} = \vec{a}' + [\dot{\vec{\omega}}\vec{r}] + [\dot{\vec{\omega}}\dot{\vec{\vartheta}}] + 2[\dot{\vec{\omega}}\dot{\vec{\vartheta}}] + \vec{a}_0 \quad (4)$$

(4) теңдеу үдеулерді қосу заңы деп аталады.

Мұндағы:  $\vec{a}_t = [\dot{\vec{\omega}}\vec{r}]$  - тангенциал үдеуі

$\vec{a}_n = \dot{\vec{\omega}}[\dot{\vec{\vartheta}}]$  - нормаль үдеуі

$\vec{a}_k = 2[\dot{\vec{\omega}}\dot{\vec{\vartheta}}]$  - Королүс күшінің үдеуі

## Лекция №3. Динамика

### 3.1. Масса туралы түсінік. Күш.

### 3.2. Инерциялық санақ жүйесі. Галилейдің салыстырмалылық принципі. Галилейдің түрлендірулері.

### 3.3. Ньютон заңдары.

### 3.4. Динамиканың негізгі есебі және бастапқы берілгендер рөлі. Классикалық механикадағы себептілік принципі.

**Масса** деп – дененің ілгерілемелі қозғалыс кезіндегі инерттілігін және гравитациялық қасиеттерін сипаттайтын скаляр шаманы айтады.

**Инерттілік** – дененің бастапқы күйі (жылдамдығын) сақтау, яғни сыртқы әсерге қарсылық қабілетін айтады. Дененің массасы үлкен болған сайын ол инертті.

Сонымен қатар, неғұрлым массасы үлкен дененің өзіне басқа денелерді тарту қабілеті жоғары болады, бұл гравитациялық дене.

#### Массаның қасиеттері:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n = \sum_{i=1}^n m_i$$

1) Масса үшін аддитивтілік қасиет орындалады

Макроскопиялық жүйенің жалпы массасы оны құрайтын барлық бөлшектердің массалар қосындысына тең болады.

2) Дененің инертті массасы оның гравитациялық массасына тең болады.

**Күш** – дененің бір – біріне механикалық әсерлесуін сипаттайтын векторлық шама.  $F - [ Н ]$

Классикалық механикада күштердің келесі қасиеттері орындалады:

1) Суперпозиция принципі: Жүйеге бірнеше күш бірмезгілде әсер етсе тең әсерлі күш ( қорытқы күш ) барлық күштердің векторлық қосындысымен анықталуы. Бағыты параллелограм әдісімен анықталады.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

3) Күштердің тәуелсіз заңы. Жүйеге бір мезгілде бірнеше күш әсер ететін болсын, әрбір күштің әсері дене тыныштықтама әлде қозғалыстама , денеге басқа күштер әсер етеме әлде әсер етпейме, оған тәуелсіз болады.

4) Денеге әсер етуші күштердің тең әсер етуші күші 0-ге тең болған жағдайда жүйенің механикалық күйі өзгермейді.

### 3.2. Инерциялық санақ жүйесі. Галилейдің салыстырмалылық принципі. Галилейдің түрлендірулері.

Табиғат құбылыстары қандай да бір санақ жүйесіне қатысты оқып үйреніледі. Түрлі санақ жүйелерінде табиғат құбылысын сипаттайтын заңдар

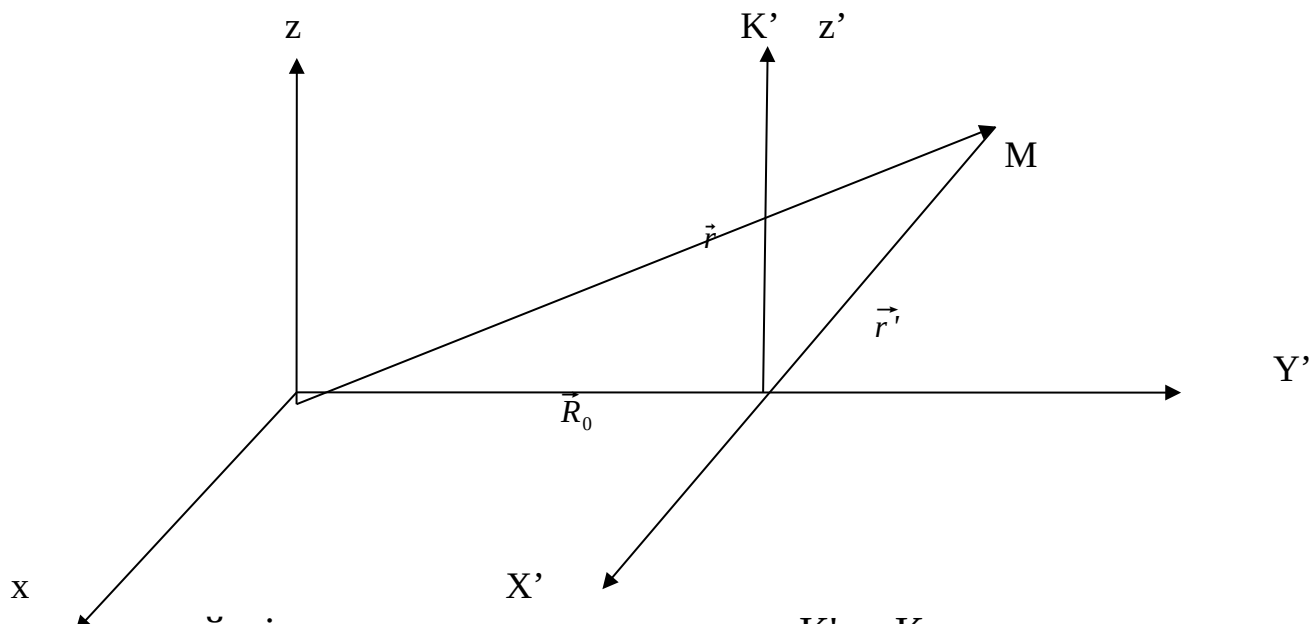
соның ішінде механикалық жүйенің қозғалысын сипаттайтын заңдар да әр түрлі болуы мүмкін. Кездейсоқ таңдап алына салған санақ жүйелерінде қарапайым құбылысты сипаттайтын заңдарды өзі күрделеніп кетеді. Олай болса табиғат заңдары неғұрлым қарапайым сипатталатын санақ жүйелерін іздеу қажет болатындығы өзімен - өзі түсінікті.

Қозғалыстың ең қарапайым түрі еркін дененің яғни, қандай да бір сыртқы әсерге ұшырамаған дененің қозғалысы. Еркін дене тыныштық күйін немесе кеңістіктегі бағытына тәуелсіз бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын шексіз ұзақ уақыт аралығында сақтайтын санақ жүйелері инерциялды санақ жүйелері деп аталады. Инерциялды санақ жүйесінде еркін дене қозғалысының жоғарыда қарастырылып өткен ерекшеліктері, мұндай санақ жүйесінде уақыт біртекті ал кеңістіктің изотропты болғандығын көрсетеді.

Бір ИСЖ-не қатысты бірқалыпты түзу сызықты қозғалатын келесі санақ жүйесінде инерциялды болады. Бұл санақ жүйесінде де еркін дене өзінің бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын сақтайды. Табиғат құбылыстарын зерттеуде барлық ИСЖ толығымен эквивалентті, қандай да бір ерекше «абсолют» санақ жүйесі болмайды.

Тәжірибеде ИСЖ-де тек еркін қозғалыс заңдары тек еркін табиғат құбылыстарын сипаттайтын барлық заңдарда бірдей орындалмайтындығын көрсетеді. Жасалған тұжырым **Галилейдің салыстырмалық принципінің** мазмұнын құрайды.

К



К санақ жүйесі тыныштықта тұрған, ал К' К-мен салыстырғанда бірқалыпты  $v_0$  тұрақты жылдамдықпен бірқалыпты түзу сызықты қозғалып бара жатқан санақ жүйесі.

Суреттен көрініп тұрғандай

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}_0(1)$$

К санақ жүйесінің басынан К' санақ жүйесінің басына жүргізілген радиус векторы  $t=t'$  уақыт мезетінде  $\vec{R}=\vec{R}_0$ . Егер  $t=t'$  уақыт мезетінде екі санақ жүйесінің басы беттесетін болса

$$\vec{r}=\vec{r}'+\vec{R}_0 \quad (1)$$

Осы өрнектің координатада проекциясы

$$\left. \begin{aligned} x &= x' \\ y &= y' + \square_0 t \\ z &= z' \end{aligned} \right\} (1^i)$$

**Материалдық нүктенің жылдамдығын тапсақ**

$$\vec{\vartheta} = \dot{\vec{r}} = (\vec{r}' + \vec{R}_0)' = \vec{\vartheta}' + \square_0 \quad (2)$$

(2) өрнектің проекциясы:

$$\left. \begin{aligned} \square_x &= \dot{x}' \\ \square_y &= \dot{y}' + \square_0 \\ \square_z &= \dot{z}' \end{aligned} \right\} (2^i)$$

**Материалдық нүктенің үдеуі:**

$$\vec{a} = \dot{\square} = (\vec{\vartheta}' + \square_0)' = \vec{a}' \quad (3)$$

(3) өрнектің проекциялары:

$$\left. \begin{aligned} \vec{a}_x &= \vec{a}'_x \\ \vec{a}_y &= \vec{a}'_y \\ \vec{a}_z &= \vec{a}'_z \end{aligned} \right\} (3^i)$$

$(1^i), (2^i), (3^i)$  Галилейдің салыстырмалық принципі деп аталады.

### 3.3 Ньютон заңдары.

**1-ші заңы.** Тең әсерлі күш 0-ге тең болса, дене бастапқы күйін сақтайды; бастапқыда тыныш тұрса тыныштық күйде болады, бастапқыда бірқалыпты түзу сызықты қозғалса, сол қозғалысын сақтайды.

**2-ші заңы.** Тең әсерлі күш 0-ге тең болмаса дене үдеумен қозғалады. Дененің үдеуі тең әсерлі күшке тура пропорционал, массаға кері пропорционал.

$$m \frac{d(\vec{r})}{dt^2} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \quad \text{немесе} \quad m \ddot{\vec{r}} = \vec{F} \quad (1)$$

**3-ші заңы.** Екі дене бір-біріне шамасы жағынан тең, бағыты жағынан қарама-қарсы күштермен әсер етеді. Әсер бар жерде қарсы әсер бар.

$$\vec{F}_{1.2} = -\vec{F}_{2.1}$$

### 3.4. Динамиканың негізгі есебі және бастапқы берілгендердің рөлі. Классикалық механикада себептілік принципі.

Динамикалық есептерді шешуге механикалық жүйенің инерциялды санақ жүйесіне қатысты қозғалысын қарастырғанда жүйені еркін және еріксіз механикалық жүйелер деп бөліп қарастырады.

**Еркін механикалық жүйе** деп кез-келген берілген уақыт мезетінде жүйені құрайтын бөлшектердің орнын анықтайтын радиус вектор мен жылдамдық векторлары тәуелсіз ерікті анықталатын жүйені айтады.

**Еріксіз механикалық жүйе** деп берілген уақыт мезетінде жүйені құрайтын бөлшектердің орнын анықтайтын радиус вектор мен жылдамдық векторы алдын ала берілген теңдеу бойынша анықталатын қозғалысты айтады. Еркін механикалық жүйенің қозғалыс заңдары Ньютонның заңдарымен анықталады.

Динамиканың негізгі есебі 2 түрлі болуы мүмкін. 1-ші тура есеп, 2-шісі кері есеп.

**1. Тура есеп** - әрбір бөлшектің орнын анықтайтын радиус векторды берілген масса және сыртқы, ішкі күштердің көмегімен анықтау, яғни 2-ші ретті дифференциалдық теңдеуді шешу.

$$\frac{d(\vec{r})^2}{dt^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i^{(c)} + \sum_{j=1, k=1}^n \vec{F}_{jk}^{(iu)}}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (2)$$

**2. Кері есеп** - берілген радиус векторы және масса арқылы жүйеге әсер ететін толық күштерді анықтау.

$$F = m \frac{d(\vec{r})^2}{dt^2} \quad (3)$$

Олай болса динамикада бастапқы уақыт мезетіндегі шарттар және берілгендер белгілі болған жағдайда динамиканың негізгі есебінің көмегімен алдағы уақыт мезетіндегі кез келген уақыттағы механикалық жүйенің күйін дәл анықтауға болады, яғни механикалық жүйенің күйін дәл анықтауда бастапқы уақыт мезетіндегі берілгендердің маңызы зор. Сонымен классикалық механикада механикалық жүйенің бастапқы уақыт мезетіндегі күйін сипаттайтын шамалар (координаталары мен импульстері, жылдамдықтары) және жүйенің күйін өзгертетін әсерлер белгілі болған жағдайда жүйенің алдағы кез келген уақыт мезетіндегі күйін сипаттайтын шамаларды (координаталары мен импульстер, жылдамдықтарды) дәл