

ДИНАМИКА. НЬЮТОН ЗАКОНЫ.

□ **Динамиканың мақсаты**

- Динамика дене (нүкте) қозғалысының себебін, оның заңдарын тексереді.
- Барлық қозғалыс салыстырмалы, өйткені әртүрлі санақ жүйесінен қарағанда бір қозғалыстың өзі, оның себептері түрліше түсіндіріледі. Ал кейбір санақ жүйесі тұрғысынан қозғалыс себебі оңай түсіндіріледі. Сондай санақ жүйелерінің бірі Жер.
- Динамика механиканың негізгі тарауы, ол Ньютон заңдарына негізделеді. Бұл заңдар оған дейінгі ғылымдардың және Ньютонның өзінің бақылауларының ғылыми тұжырымы ретінде оның 1687 ж. шыққан «Табиғи философияның математикалық бастамасы» деген еңбегінде келтірілген.
- **Онда динамиканың негізгі мақсаты- материалдық нүктенің оны қоршайтын денелермен әсерлесуі белгілі болса, оның қозғалыс заңын анықтау, яғни оның координаттары уақыттың функциясы ретінде өрнектелетіндігі айтылады.**
- Әрине материалдық нүктенің қозғалыс заңы белгілі болса, онда оның қоршаған денелермен әсерлесу сипатын білу динамиканың екінші кезеңдегі мақсаты болмақ.
- Бұлардың екеуінің де шешуі Ньютон заңдарын қарастырмас бұрын кинематикалық шамалардан басқа (координаталар, жылдамдық, үдеу) динамикалық параметрлер (күш, масса) ұғымын енгізуіміз керек.

■ Ньютонның бірінші заңы. Инерциялық санақ жүйесі

- Кез – келген денелердің жылдамдығы шама жағынан да, бағыты да оған басқа денелер әсер еткенде ғана жерге қатысты өзгереді. Айталық, жоғары лақтырылған доптың үдеу алу себебі біздің қолымыздың бұлшық еттерінің әсерінен болады. Оны қағып алып, тоқтату үшін де қолмен әсер етеміз.
- Атылған оқ от алған газдың әсерінен жылдамдық алса, ауаның салдарынан жылдамдығын азайтады. Жоғары лақтырылған тастың жылдамдығы жердің тарту күшінің салдарынан кемиді. Осы айтылған мысалдарда және басқа да денелердің жылдамдықтарының өзгеруі, яғни үдеу алуы сол денелерге басқа денелердің әсер ету салдарынан.
- Егер сол денеге басқа денелер әсер етпесе не болар еді? Онда дене жерге қатысты тыныштықта, немесе оған қатысты бірқалыпты және түзу сызықпен, яғни үдеусіз қозғалар еді.
- Әрине сыртқы әсерді мүлде жоғалту мүмкін емес. Әсіресе қозғалатын дене мен екінші дененің арасындағы үйкелісті жою мүмкін емес. Жазық бетпен домалаған болат шардың жолына құм сепсек, ол тез тоқтайды. Егер сол шарды жылтыратып өңдеп, жазық шынының бетімен домалатсақ, ол қозғалысын, әрі жылдамдығының шамасын ұзақ уақыт сақтайды.



- Денелердің қозғалысын алғаш рет тәжірибе жүзінде XVI ғасырдың аяғында XVII ғасырдың басында зерттеген Галилей болды. Оның еңбектерінің негізінде Ньютон қозғалыстың мынадай бірінші заңын тұжырымдады: **егер бір денеге екінші бір дене әсер етпесе, ол тыныштық күйін сақтайды немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалады.**
- Бірқалыпты түзу сызықты қозғалыспен тыныштық күйге ортақ шарт-денелердің үдеуінің нольге тең болуы. Олай болса дене Жерге қатысты үдеу алу үшін, оған басқа денелер әсер етуі керек.
- Сырттан әсер болмағанда денелердің жылдамдықтарын сақтау қасиетін **инерция** деп атайды. (латынның «inertia» - әрекетсіздік деген сөзінен алынған). Сондықтан жоғарыдағы заңды **инерция заңы**, ал сыртқы әсер болмаса да денелердің қозғалуын инерция бойынша қозғалу деп атайды.
- Егер денелердің әр нүктесіне әртүрлі әсер болса, онда ол бөліктер түрлі үдеу алады да, белгілі уақыттан кейін түрлі жылдамдықпен қозғалады. Соның салдарынан денелердің қозғалысының сипаты толық өзгереді. Мысалы, шауып келе жатқан аттың үстіндегі адам ат кілт тоқтағанда, алға қарай еңкейеді. Оның себебі аттың белі мен адам бөксесінің жылдамдығы үйкеліс салдарынан бірдей күрт азаяды, ал адам кеудесі басының жылдамдығы алғашқыдай болғандықтан (өзгермейді) бөкседен жылдамырақ қозғалып, алға ұмтылады.

□ Егер ат тұрған орнынан үркіп қозғалса, яғни жылдамдығы күрт артса, онда алғашқыға керісінше, адамның бөксесі атпен бірдей жылдамдық алғандықтан алға қарай қозғалса, оның басы мен кеудесінің жылдамдығы нольге тең болғандықтан (ат алғашқыда тыныштықта тұрады) инерциясын сақтап, «орнында қалып қояды», сондықтан артқа қарай шалқаяйды.

□ Мұндай мысалдарды тұрмыстан жиі келтіруге болады. Шалғы орақпен шөп шабу, күрекпен топырақты күреп лақтыру, төсек – орындардың шаңын қағу, термометрден сынаптан сілкілеп түсіру осы денелердің инерция қасиетіне сүйенеді.

□ Осы заман тұрғысынан Ньютонның бірінші заңы былай айтылады: «егер денеге әсер етуші қорытқы күш нольге тең болса (денеге әсер етуші барлық күштердің векторлық қосындысы нольге тең), онда денелердің үдеуі нольге тең және дененің жылдамдығы тұрақты болады», яғни немесе, . Бұл заңда күш туралы анықтама берілмейді, мұнда денелердің әсері туралы ұғым ғана айтылады.

□ Динамикада қаралатын қозғалыстар үшін санақ жүйесінің ролі зор, өйткені бір қозалыс түрлі санақ жүйесінде әртүрлі қабылданады. Олай болса, инерция

- Бір-біріне қатысты үдеумен қозғалатын екі санақ жүйесін қарастыралық. Дене (материалдық нүкте) оның біреуіне қатысты тыныштықта болса, екіншісіне қатысты белгілі бір үдеумен қозғалады. Олай болса, Ньютон заңы екі санақ жүйесінде бірдей орындалмайды.
- **Классикалық механикада барлық еркін денелер бірқалыпты және түзу сызықты қозғалатын жүйені инерциялық санақ жүйесі деп атайды.**
- **Бұл анықтамадан Ньютонның бірінші заңы орындалатын санақ жүйесін инерциялық деп атайды да, ол заң орындалмайтын санақ жүйесін инерциялық емес деп атайды.** Инерциялық санақ жүйесі көптеп кездеседі. Соның бірі гелиоцентрлік (гелиос-гректің «күн» деген сөзі) санақ жүйесі немесе Коперник жүйесі. Бұл жүйенің бас нүктесі Күннің центрінде, ал координат осьтері бір жазықтықта жатпайтын үш жұлдызға қарай бағытталған түзулер болады. Коперник жүйесі біздің планеталар жүйесінің масштабында қозғалатын денелер үшін өте дәл инерциалық санақ жүйесі болады. Онымен салыстырғанда Жердің өзін инерциялық емес деп алуға болады, өйткені Жер Күнге және жұлдыздарға қатысты формасы эллипс тәрізді қисық траекториямен қозғалады. Ал қисық сызықты қозғалысқа әр уақытта үдеу тән. Оның үстіне Жер тәулігіне өз осінен де айналады. Олай болса, Жерге қатысты алынған санақ жүйесі Күн жүйесі бойынша үдеумен қозғалады, сондықтан инерциялық деп алуға болмайды. Әйтсе де бұл қасиет оның бетіндегі денелерге онша әсер етпегендіктен, көптеген мәселелерді шешуде Жерді инерциялық жүйе деп алу келісілген.

■ **Ньютонның екінші заңы, оның жаңа түрі**

- Ньютонның екінші заңы – ілгерілемелі қозғалыс динамикасының негізгі заңы, ол күштің салдарынан материалдық нүктенің дененің механикалық қозғалысы қалай өзгереді деген сұраққа жауап береді.
- Массасы тұрақты бір денеге бірнеше күштер әсер етсін делік . Бұл айтқанды төменгі тәжірибелер арқылы бақылайық.
- 1-тәжірибе. Тегіс горизонталь беттің үстіндегі А арбаша сол бетпен үйкеліссіз қозғалсын. А арбашаға шамасы динамометрмен өлшенетін горизонталь бағытта тұрақты күші әсер етеді.
- күштің әсерінен арбаша бірқалыпты үдемелі қозғалады, олай болса үдеуді табу үшін бірдей уақыт аралығында жүрілген жолдарды өлшеу қажет. Осы арбаға бірнеше күшпен әсер етіп (шамалары әр түрлі, бірақ бағыттары бірдей), тәжірибені бірнеше рет қайталаймыз да мынадай қорытынды жасаймыз:
- барлық жағдайда үдеудің бағыты күшпен бағыттас:
- 2. күш шамасының үдеудің мәніне қатынасы әр уақытта тұрақты.

$$F / a = \text{const}$$

- 2 - тәжірибе. Арбашаға бір жүк салып, оның тұрақты күштің салдарынан қандай үдеумен қозғалатынын табайық. Массасы әртүрлі жүк орналастырып, тәжірибені бірнеше рет қайталаймыз. Соның нәтижесінде мынадай қорытынды жасауға болады:

- масса артқан сайын тұрақты күштің әсерінен дененің алатын үдеуі кемиді:

- $$a = \frac{1}{m} (F = \text{const})$$

- 2. күш шамасының үдеу шамасына қатынасы әр уақытта арба мен жүк массаларының қосындысына пропорционал.
- Осы тәжірибелердің негізінде Ньютонның екінші заңын былай тұжырымдауға болады:
- Дененің үдеуі оған әсер етуші күшке тура пропорционал да, оның массасына кері пропорционал және үдеу күшпен бағыттас:

$$a = k \frac{F}{m}$$

- мұнда - денеге әсер етуші күш, m – дененің массасы, K - өлшем бірліктеріне тәуелді пропорционалдық коэффициент. Осы формуладағы барлық шамаларды бірдей бірліктер жүйесімен өлшесек, ал ондай жүйе СИ жүйесі болғандықтан, $K=1$ болады. Онда F формуланы деп жазады
$$a = \frac{F}{m}$$

- Масса неғұрлым үлкен болған сайын, дене соғұрлым инертті келеді, яғни оның ілгерілемелі қозғалысын өзгерту сонша қиын. Бұл заңға Ньютон төмендегідей анықтама берді: қозғалыстың өзгеруі әсер етуші күшке тура пропорционал және күштің бағытымен өзгереді.
- Бұл жерде Ньютон қозғалыстың өзгерісі дегенде үдеуді айтып отыр.
- **Ньютонның екінші заңын векторлық түрде координаталар арқылы жазуға болады:**

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right) = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

формулананың негізінде $a_x = \frac{d^2 x}{dt^2}$ $a_y = \frac{d^2 y}{dt^2}$ $a_z = \frac{d^2 z}{dt^2}$

олай болса $F = m \cdot a = m \frac{d^2 r}{dt^2}$

Бұл заңды дененің импульсі ретінде

өрнектеуге болады, ол үшін $a = \frac{dv}{dt}$ екенін

$$F = m \cdot a = m \frac{dv}{dt}$$

Классикалық механика түсінігі $F = \frac{d}{dt}(m \cdot v)$

бойынша масса $mv = K$ уақты шама, онда $F = \frac{dK}{dt}$

ал (2-2) бойынша болғандықтан,

- нүктенің (бөлшектің) қозғалыс теңдеуі, бұл Ньютонның екінші заңының жалпылама түрі: материалдық нүктенің импульсінің уақыт бойынша туындысы күшке тең.

- Импульстің үдеу мен жылдамдықтан өзгешелігі сол, ол қозғалатын дененің ғана сипаттамасы. (2-6) формуладан

$$d(mv) = F \cdot dt$$

$\int \vec{F} \cdot dt$ өте аз уақыт dt ішіндегі күш импульсі, онда (2-8) теңдеуі дене импульсінің өзгерісі оған әсер етуші күш импульсіне тең деп оқылады

Ньютонның үшінші заңы. Импульстің сақталу заңы

- Денелердің (материалдық нүктелердің) өзара әсерлесуі Ньютонның үшінші заңымен сипатталады:
- **Материалдық нүктелердің (денелердің) бір – біріне әсер ету күштері модульдері (шама) жағынан тең, бағыттары қарама – қарсы және сол нүктелерді (денелерді) қосатын түзудің бойымен бағытталады**

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

- Бұл күштер тең болғанымен, теңгерілген күштер емес. Өйткені олар әртүрлі денелерге (нүктелерге) әсер етеді, соның салдарынан олар түрлі үдеу алады. Егер күштер бір денеге әсер етсе қорытқы күш 0-ге тең болады да,
- Төмендегідей мысалдар қарастырайық.
- а) Шананы сүйреген адамға шана қандай әсер етсе, адам шанаға сондай күшпен әсер етеді. Адам мен шана жерге қатысты қозғалғандықтан, оларға жер күшпен әсер етсе, адам мен шана жерге күшпен әсер етеді.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}$$
- б) Адам қайықтан жағаға секіріп түскенде, қайыққа күшпен әсер еткендіктен, ол артқа қарай қозғалады. Ал қайық адамға алдыңғы күшке қарама-қарсы күшпен әсер етеді, олай болса екеуі әр бағытта үдеумен қозғалады. Ньютонның 2,3 заңдарын пайдаланып

$$m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

$$\frac{a_1}{a_2} = -\frac{m_2}{m_1}$$
- немесе

- жазамыз, яғни әсерлеуші денелердің үдеулерінің қатынастары олардың массаларының қатынастарына кері пропорционал.
- Импульстің сақталу заңын қорыту заңын үшін кейбір ұғымдармен танысайық.
- **Материалдық нүктелер мен денелердің жиынтығынан тұратын біртұтас затты механикалық жүйе деп атайды.**
- Бір механикалық жүйедегі материалдық нүктелердің (денелердің) өзара әсерлесу күшін **ішкі күштер** деп атайды. Жүйедегі материалдық нүктелелерге (денелерге) одан тысқары денелердің әсерін **сыртқы күштер** деп атайды.
- Сыртқы күштер әсер етпейтін механикалық жүйені **тұйық (немесе оқшауланған)** жүйе деп атайды.
- Бірақ табиғатта абсолют оқшауланған жүйе кездеспейді. Әйтсе де, жүйе денелерінің сыртқы денелермен әсерлесу күші оның ішкі күштерінен әлдеқайда кем болса, ондай жүйені оқшауланған деп алуға болады. Оған жер мен одан белгілі биіктікте тұрған тас жатады. Массалары m_1, m_2, \dots, m_n жылдамдықтары v_1, v_2, \dots, v_n n денеден тұратын оқшауланған жүйені қарастыралық. - денеге әсер етуші сыртқы күштердің қортық күші. n денеден тұратын механикалық жүйенің өр денесіне Ньютонның екінші заңын қолданайық

$$\text{бұдан} \quad \frac{d}{dt}(m_1 v_1) = F_1' + F_1 \quad \frac{d}{dt}(m_2 v_2) = F_2' + F_2 \quad \frac{d}{dt}(m_n v_n) = F_n' + F_n$$

Бұл теңдеулерді мүшелеп қосайық:

$$\frac{d}{dt}(m_1 v_1 + m_2 v_2 + \dots + m_n v_n) = F_1 + F_2 + \dots + F_n$$

немесе
$$\frac{dK}{dt} = F_1 + F_2 + \dots + F_n$$

Біз тұйық жүйе қарастырып отырғандықтан

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \mathbf{0} \quad \text{олай болса} \quad \frac{dK}{dt} = \frac{d}{dt}(m_1 v_1 + m_2 v_2 + \dots + m_n v_n) = 0$$

Немесе
$$\frac{dK}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{d}{dt}(m_i v_i) = 0 \quad \text{бұдан} \quad K = \sum_{i=1}^n m_i v_i = \text{const}$$

- Импульстің сақталу заңының бұл өрнегі былай оқылады: тұйық жүйені құрайтын денелер импульстерінің векторлық қосындысы тұрақты шама немесе денелерден тұратын тұйық жүйенің импульс векторы уақыт өткен сайын өзгермейді. Бұл заң классикалық механиканың ұана емес, сонымен бірге табиғаттың түбегейлі заңы болып саналады.

■ ҚОРЫТЫНДЫ СҰРАҚТАР:

- Динамика нені түсіндіреді?
- Кинематика мен динамиканың айырмашылықтарын түсіндіріңіздер
- Денелердің өзара әсерін физикалық тұрғыдан қалай түсіндіресіздер?
- Ньютонның бірінші заңын тұжырымдаңыздар және түсіндіріңіздер
- Инерцияның физикалық мағынасы қандай? Инерциялық және инерциялық емес санақ жүйелерінің өзара айырмашылықтары қандай? Мысалдар келтіріңіздер
- Күш дегеніміз не? Күштердің қандай түрлерін білесіздер
- Массаның физикалық мағынасы қандай және оны қалай өлшейміз?
- Дене импульсінің формуласын жазыңыздар
- Қозғалыстың пайда болу себебін түсіндіріңіздер
- Ньютонның 2-ші заңын тұжырымдаңыздар, векторлық түрде өрнектеңіздер
- Ньютонның 2-ші заңын түсіндіретін құбылыстарға мысалдар келтіріңіздер

- ▣ Ньютонның III заңын тұжырымдаңыздар.
Ньютонның III заңын түсіндіретін құбылыстарға мысалдар келтіріңіздер.
- ▣ Ішкі және сыртқы күштер дегеніміз не?
- ▣ Импульстің сақталу заңының математикалық өрнегін қорытып шығарыңыздар және түсіндіріңіздер