

2 МОДУЛЬ

МАТЕРИАЛЬНОЕ ТЕЛЕСЬ (ТЕЛЕСА) ДИНАМИКАСЫ. ЗАКОНА. СЕРВЕТАЛУ ЗАКОНА. ЖҰМЫС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ

4 лекция

Күштер. Ньютон заңдары. Күштердің түрлері.

4.1 Күштер. Ньютон заңдары. Масса. Релятивистік қозғалыс теңдеуі.
Релятивистік импульс және релятивистік масса

4.2 Механикадағы күштердің түрлері

4.3 Гравитациялық күштер. Бүкіләлемдік тартылыс заңы. Ауырлық күші

4.4 Салмақ

4.5 Серпимділік күштері. Гук заңы

Күш ұғымының пайда болуы

Өзара әсерлесу. Күштер материялы денелер арқылы жасалады. Сондықтан, күштер арқылы материялы денелер бір біріне әсер етеді деуге болады, яғни олар өзара әсерлеседі. Бұл жерде күш әсерлесудің интенсивтілігінің векторлық сандық өлшемі ретінде көрініп тұр.

Күшті өлшеу. Күш – вектор ретінде. Күшті өлшеуге болады. Күштер материялы денелердің қозғалыс жылдамдығын өзгертіп қана қоймай, оларды деформацияға да ұшырата алады. Деформацияланған дененің ең қарапайым және көрнекті мысалы ретінде сығылған немесе керілген серіппені келтіруге болады. Оны күшті өлшеудің эталоны ретінде пайдалану ыңғайлы. Күштер тек сандық мәндерімен ғана емес, сонымен бірге бағытымен де сипатталады. Күштер параллелограмм ережесі бойынша қалыптасады, яғни, векторлар сияқты. Осыған орай, күштің вектор екендігі дәлелденеді және, үдеу өлшеуінен тәуелсіз түрде күштерді өлшеу процедурасы бекітіледі.

Ньютонның 1-2 заңдары. Бәрімізге белгілі, бірінші заң бойынша, басқа денелерден әжептәуір алыста тұрған дене тыныштық күйін немесе, бірқалыпты тұзусызықты қозғалысын сақтайды, ал екінші заң денеге түскен күштің әсерінен пайда болатын үдеудің өрнегін мына түрде береді

$$m \left(\frac{d\vec{V}}{dt} \right) = \vec{F}, \quad (28)$$

мұнда m – дененің массасы, $\frac{d\vec{V}}{dt}$ – үдеуі.

Ньютон заңын бейнелеуші (28) теңдеуі жай ғана күштің анықтамасы деген көзқарас қалыптасқан. Ньютонның екінші заңы (28) тек егер күштің бұл заңға тәуелсіз анықтамасы болса ғана жеке заң ретінде қарастырыла алады. Мұндай тұжырымды тәжірибе толығымен қуаттайды, сондықтан, (28) күштің анықтамасы емес, ал нағыз заң болып табылады. Бұл заңның физикалық

мазмұны күштің қандай да бір нақты бейнесі бар екендігінде емес, ал күштің координаталардың уақыт бойынша екінші туындысын анықтайтындығында:

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

Масса. Эксперименттер нәтижелері көрсететіндей, үдеу бағыты бойынша күшпен сай келеді. Бір күш әртүрлі денелерге әртүрлі үдеу береді. Әртүрлі күштер бір ғана денеге әртүрлі үдеу береді. Алайда, күштің үдеуге қатынасы қашанда бір ғана шамаға тең:

$$\frac{F}{a} = \text{const} = m \quad (29)$$

Егер (29) арасалмағын векторлық формада жазсақ, онда (28) теңдеуді аламыз. Бұл теңдеуді басқадай формада қайтадан жазуға болады:

$$\left(\frac{d\vec{P}}{dt} \right) = \vec{F}, \quad \vec{P} = m\vec{V} \quad (30)$$

Массаның жылдамдыққа көбейтіндісі $\vec{P} = m\vec{V}$ импульс (қозғалыс мөлшері) деп аталады.

Күштің (29)-дегі үдеуге қатынасының мәнін анықтайтын дененің қасиеті дененің инерттілігі деп аталады, ал осы қатынастың мәні – инерттік масса немесе жай ғана масса делінеді.

Ньютонның үшінші заңы. Екі дененің өзара әсерлесуі кезінде олардың бірі екіншісіне тура сонша күшпен, бірақ екіншісіне қарама-қарсы бағытталғандай, біріншісінің екіншісіне қатысы сияқты әсер етеді:

$$\vec{F}_1 = - \vec{F}_2 \quad (31)$$

Релятивистік қозғалыс теңдеуі. Релятивистік қозғалыс теңдеуі келесі формуламен өрнектеледі:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 \vec{V}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) = \vec{F} \quad (32)$$

Бұл теңдеу Ньютонның қозғалыс теңдеуінің жинақтау қорытындысы. Оны неғұрлым ыңғайлы етіп былай жазуға болады:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}, \quad \vec{p} = m\vec{V}, \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (33)$$

мұндағы m шамасы **релятивистік масса**, немесе жай ғана **масса** деп аталады; m_0 – тыныштық массасы; $\vec{p}$ **релятивистік импульс** немесе, жай ғана **импульс** делінеді.

Механикадағы күштердің түрлері. Классикалық механикада негізінен гравитациялық және электромагниттік күштер, сонымен қатар серпімділік күштері мен үйкеліс күштері қарастырылады. Серпімділік және үйкеліс күштерінің табиғаты электромагнитті.

Гравитациялық күштер. Бүкіләлемдік тартылыс заңы

Бұл заң бойынша, бір бірінен r қашықтықта тұрған m_1 және m_2 нүктелік массалар арасындағы тартылыс күші F мынадай түрде анықталады:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (34)$$

мұндағы $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ – гравитация тұрақтысы.

Жер бетіне таяу өріс. Жер радиусын R_0 арқылы, ал оның жоғарғы бетінен массасы m материялы нүктеге дейінгі қашықтықты h деп белгілейік, сонымен қатар, $h \ll R_0$. Онда **ауырлық күші** былайша анықталады:

$$F = \frac{GMm}{(R_0 + h)^2}, \quad (35)$$

мұнда M – Жердің массасы.

Ауырлық күшін белгілі дәлдікпен биіктікке тәуелсіз тұрақты шама деп есептеуге болады, ендеше

$$F_a = \frac{GMm}{(R_0)^2} = mg, \quad (36)$$

мұнда $g = \frac{GM}{R_0^2} = 9,81 \text{ м/с}^2$ – Жер бетіне таяу жердегі еркін түсудің үдеуі.

Салмақ. Дененің ілгішке немесе тірекке әсер ету күшін дененің салмағы деп атаймыз және оны P әрпімен белгілейік. Егерде дене мен тірек (ілгіш) жерге салыстырғанда тыныштықта тұратын болса, онда салмақ mg -ға тең,

$$F_a = P = mg. \quad (37)$$

Егерде олардың қозғалысы қандайда бір a үдеумен жүретін болса, онда $P \neq mg$. Бұл жағдайда дененің салмағы келесі өрнекпен анықталады:

$$\vec{F} = m(\vec{g} - \vec{a}). \quad (38)$$

Осы өрнекті қозғалыс бағытына проекцияласақ келесі формуланы аламыз

$$F = m(g \pm a), \quad (39)$$

бұл жерде «+» a жоғары бағытталғанда, «-» a төмен бағытталғанда.

Серпімділік күші. Гук заңы. Кез келген нақты дене оған түсірілген күштің әсерінен деформацияланады, яғни, өзінің көлемі мен формасын өзгертеді. Егер күш әсері тоқтатылғаннан соң дене өзінің бастапқы көлемі мен формасына қайтып оралса, деформация **серпімді** деп аталады.

Тәжірибе көрсететіндей, кішігірім деформация кезінде Δl серіппесінің ұзаруы созушы күшке пропорционал боп шығады: $\Delta l \sim F$. Тиісінше, серпімді күш серіппенің ұзаруына пропорционал болады:

$$F = k\Delta l \quad (40)$$

Пропорционалдық коэффициент k серіппенің қатандық коэффициенті деп аталады.

Серпімділік күші мен деформация арасындағы пропорционалдық туралы ұйғарым **Гук заңы** деген атауға ие.