

7 лекция

Соқтығысулар.

- 7.1. Соқтығысу кезіндегі сақталу заңдары.
- 7.2. Серпімді соқтығысу.
- 7.3. Серпімсіз соқтығысу.

Соқтығысу деп кеңістіктің салыстырмалы түрде аздаған ғана облысында салыстырмалы түрде аздаған ғана уақыт аралығында жүретін екі немесе өте көп материялық денелердің, бөлшектердің және т.с. әсерлесуін айтады.

Соқтығысуды қарастыру кезінде ең басты нәрсе процестің өзін білу емес, оның нәтижесі. Соқтығысуға дейінгі мезет бастапқы күй, ал одан кейінгі-соңғы күй деп аталады. Бастапқы және соңғы күйлерді сипаттайтын шамалар арасында, әсерлесудің сипатымен тәуелсіз белгілі қатынастар орнатылады. Осы қатынастардың бар екендігі, соқтығысуға қатынасатын денелер мен бөлшектердің жиынтығының энергияның, импульстің және импульс моментінің сақталу заңдары орындалатын тұйық жүйені құрайтындығы болып табылуын көрсетуінде. Ендеше, бөлшектер немесе денелердің бастапқы және соңғы күйлерін сипаттайтын шамалар арасындағы қатынастар, соқтығысу кезіндегі энергияның, импульстың және импульс моменттерінің сақталу заңдарымен өрнектеледі.

Импульстың сақталу заңы. Өртүрлі денелердің импульстерінің соқтығысуға дейінгісін $\vec{P}_i$ арқылы, ал соқтығысудан кейінгісін $\vec{p}'_j$ арқылы белгілейік ($i=1, 2, 3 \dots n$; $j=1, 2, 3 \dots k$). Тұйық жүйенің импульсі сақталатындығын біле отырып мынаны жазуға болады:

$$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \sum_{j=1}^k \vec{p}'_j \quad (92)$$

Осы заң релятивистік және релятивистік емес жағдайларда да орындалады.

Энергияның сақталу заңы. Соқтығысу кезіндегі энергияның сақталу заңы мына өрнекпен беріледі:

$$\sum_{i=1}^n (E_{i_{\text{ишкі}},i} + E_{\kappa,i}) = \sum_{j=1}^k (E'_{i_{\text{ишкі}},j} + E'_{\kappa,j}), \quad (93)$$

бұл жерде $E_{i_{\text{ишкі}}}$ – денелердің ішкі энергиясы, E_{κ} - олардың ілгерілемелі қозғалыстарының кинетикалық энергиясы, i мен j соқтығысуға дейінгі және соқтығысудан кейінгі денелердің сандары және соларға сәйкес энергияларды сипаттайды.

Бұл жерде айта кететін бір мәселе, $E_{i_{\text{ишкі}}}$ (ішкі энергия) соқтығысу кезінде пайда болатын жылу энергиясынан және соқтығысатын денелерді құрайтын бөлшектердің өзара әсерлесу потенциалы энергияларының қосындысынан тұрады. Біздің қарастырып отырғанымыз тек релятивистік емес жағдай. Ал,

тікелей соқтығысатын денелердің арасындағы әсерлесу потенциалы энергиясын біз қарастырмаймыз, өйткені денелер соқтығысуға дейін және соқтығысудан кейін әсерлесіп тұр деп есептелінбейді.

Импульс моментінің сақталу заңы. Соқтығысу кезіндегі импульс моментінің сақталу заңы мына өрнекпен беріледі

$$\sum_{i=1}^n (\vec{L}_i + \vec{L}_{i\text{ишкі}}) = \sum_{j=1}^k (\vec{L}'_j + \vec{L}'_{i\text{ишкі},j}) \quad (94)$$

бұл жерде $\vec{L}$ – соқтығысуға қатысатын денелердің импульс моменттері, ал $\vec{L}_{i\text{ишкі}}$ олардың ішкі импульс моменттері.

Серпімді соқтығыс. Егер де соқтығысу кезінде денелердің ішкі энергиясы өзгермейтін болса, онда соқтығысу серпімді деп аталады. Ішкі энергия абсолютті түрде өзгермейтін болса, соқтығысу абсолют серпімді соқтығысу деп аталады.

Релятивистік емес жағдайдағы денелердің соқтығысын қарастырайық. Координат жүйесін таңдаған кезде соқтығысуға дейінгі екі дененің біреуі тыныштықта тұр деп есептейік, былайша айтқанда $\vec{p}_2 = 0$.

Ендеше (92) және (93) формулаларды қолдана отырып энергияның және импульстің сақталу заңдарын былай жазуға болады:

$$\frac{p_1^2}{2m_1} = \frac{p_1'^2}{2m_1} + \frac{p_2'^2}{2m_2} \quad (95)$$

$$\vec{p}_1 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2', \quad (96)$$

бұл жерде кинетикалық энергия импульс $[mv^2/2 = P^2/(2m)]$ арқылы өрнектелген және серпімді соқтығыс кезінде ішкі энергия өзгермейді деп есептелінген. (95) және (96) өрнектерді бірге шеше отырып келесі теңдеуді аламыз:

$$p_2' = \left[\frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right] p_1 \cos \theta, \quad (97)$$

бұл жерде P_1 бірінші дененің (массасы m_1) соқтығысқа дейінгі импульсі, P_2' екінші дененің (массасы m_2) соқтығыстан кейінгі алған импульсі, ал θ $\vec{P}_1$ мен $\vec{P}_2'$ векторларының арасындағы бұрыш. Осы алынған өрнек қарастырылып отырған есепті толығымен шеше алады деп есептеуге болады.

Мандайлық соқтығыс. $\theta=0$ болсын. Осы жағдайда соқтығысу мандайлық (центрлік) деп аталады.

$\theta = 0$ деп есептей отырып (97) өрнектен келесі формуланы аламыз:

$$p_2' = \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) p_1, \quad (98)$$

ал (98) формуладан мына формуланы шығарып аламыз:

$$E'_{K2} = \left[\frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} \right] E_{K1}. \quad (99)$$

Көрініп тұрғандай, энергияның максимал берілуі денелердің массалары тең болған кезде жүзеге асырылады. Бұл жағдайда

$$E'_{K2} = E_{K1}, \quad (100)$$

былайша айтқанда бірінші дененің энергиясы толығымен екіншіге беріледі. Бірінші дене бұл кезде тоқтайды.

Осы нәтижені импульстің сақталу заңы (96) мен (98) формуладан да шығарып алуға болады. $m_1 = m_2$ деп есептей отырып (98) формуладан

$$\vec{P}'_2 = \vec{P}_1 \quad (101)$$

өрнегіне келеміз. Осыны (96) формулаға қойсақ

$$\vec{P}'_1 = 0 \quad (102)$$

теңдігін аламыз.

(99) формуланы зерттей отырып соқтығысатын денелердің массалары бір-бірінен өте алшақ болған жағдайда ($m_1 \geq m_2$ немесе $m_2 \geq m_1$) берілетін энергияның өте аз болатындығын көрсетуге болады, б.а. екі жағдайда да $E'_{K2} \leq E_{K1}$.

Серпімсіз соқтығыс. Соқтығысу кезінде денелердің ішкі энергиясы өзгеретін болса, онда соқтығысу серпімсіз деп аталады. Егер де соңғы күйде бүкіл энергия ішкі энергияға ауысып кететін болса, соқтығысу абсолют серпімсіз соқтығысу деп аталады.

Абсолют серпімсіз соқтығысуды қарастырайық. Бұл жағдайда соқтығысатын денелер бір бірімен қосылып бір дене болып кетеді. Массасы m_2 екінші дене соқтығысуға дейін тыныштықта тұр деп есептеп, келесі сақталу заңдарын жазуға болады:

$$E_{iшкі,1} + E_{iшкі,2} + E_{K,1} = E'_{iшкі,(1+2)} + E'_{K,(1+2)} \quad (103)$$

$$\vec{P}_1 = \vec{P}'_{(1+2)} \quad (104)$$

бұл жерде $E_{iшкі,1}$ және $E_{iшкі,2}$ - бірінші және екінші денелердің соқтығысуға дейінгі ішкі энергиялары, $E_{K,1}$ қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясы, $\vec{P}_1$ - оның импульсі, $E'_{iшкі,(1+2)}$, $E'_{K,(1+2)}$ және $\vec{P}'_{(1+2)}$ - қосылып кеткен денелердің ішкі және кинетикалық энергиясы және импульсі.

Осы теңдеулерді қолданып бірнеше есептерді шығаруға болады. Мысалы (104) теңдеуді пайдаланып қосылу нәтижесінде алынған дененің жылдамдығын табуға болады:

$$v_2 = v'_{(1+2)} = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right) v_1.$$

Осы формулалардың көмегімен ішкі энергияға айналған кинетикалық энергияны да есептеуге болады:

$$\Delta E_K = \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v_2^2}{2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} E_{K1}.$$

2 Модуль үшін студенттердің өздік жұмысы (СӨЖ)

1. Үйкеліс күштері және олардың түрлері.
2. Қатты дененің деформациясы. Гук заңы.
3. Массасы айнымалы денелердің қозғалыстары.