

ФИЗИКАНЫҢ ӘДІСТЕМЕСІ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

ӘОЖ 530.145

А.С.Кудусов, Э.Қ.Мүсенова, А.Қыстаубаева,
Т.Е.Сейсембекова, Г.Б.Нұрышова

*Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті
(E-mail: akudusov@mail.ru)*

Сақталу заңдарын пайдалана отырып есептер шығару

Мақалада импульс пен энергияның сақталу заңдары негізінде қатты емес және қатты денелердің соқтығысуы қарастырылды. Центрлік масса жүйесінде қатты соқтығысуды зерттеудің техникасы көрсетілген. Энергия мен импульстің сақталу заңдары әрекет етуші күштердің белгісіз болған жағдайда да, сондай-ақ әр түрлі физикалық шамалардың арасындағы қатынасты оңай табуға мүмкіндік береді. Денелердің суммалық кинетикалық байланыс энергиясы да соқтығысу кезінде импульс ретінде сақталады, денелер байланыстан кейін бірдей жылдамдықпен қозғалады, олардың импульсі сақталады, бірақ суммалық кинетикалық энергиясы кемиді де ішкі энергияға өтеді. Егер соқтығысу центрлік болса, онда барлық жағдайда есептің толығымен математикалық шешімі болады.

Кілт сөздер: мақсаттың шешімінің әдісі, сақталу заңдары, майысқақ тартыстар, оғаш тапсырмалар, органның әрекеттестігі.

Қазіргі таңда білім беру жүйесін реформалаудың маңызды бағыттары қатарына білім сапасын көтеру мәселесі жетекші орын алады. Жалпы білім беретін мектептерде білім сапасын арттыру, білім беру мазмұнын жетілдіру, оқыту үрдісін жаңа сапалық деңгейге көтеру мұғалімдердің әдістемелік шеберліктерін арттыру сияқты факторлармен байланысты.

Орта мектептің аса маңызды міндеті жеткіншек ұрпаққа ғылыми негіздерінен тереңдете тиянақты білім беру, оларды практикада қолданудың дағдыларын қалыптастыру, білім беру мазмұнының политехникалық бағытын күшейту болып табылады. Физикалық теорияны меңгеруде оның мағынасын терең түсініп, қолдану жолдарын іздестіруде оқушыларға жаттығу ретінде сыныпта немесе үйлерінде өз бетінше түрлі есептер шығарудың мәні ерекше.

Физика есептерінің түрлері де, оларды шығарудың алгоритмдері де көп. Есепті шығару — күрделі процесс. Білім алушы есептерді тақырып бойынша шығара алмайтын болса, ол физиканы терең түсіне алмайды. Сондықтан оқу бағдарламасын меңгеру үшін физикалық есептер мен жаттығулар шығарулары керек-ақ.

Көптеген есептер денелердің соқтығысуы немесе құраушы бөлшектерге бөлінуіне байланысты құрастырылады. Бұндай есептерді шығару барысында мынаны ескеру қажет. Егерде жүйенің соңғы күйі бастапқы күйінен Δt аз уақыт аралыққа бөлінсе, онда тартылыс немесе үйкеліс сияқты сыртқы күштердің $F\Delta t$ импульстерін ескермей, жүйені тұйық деп қарастыруға болады. Алайда соқтығысу кезінде қатты өзгертін сыртқы күштердің импульстерін жалпы жағдайда ескерусіз қалдыруға болмайды, өйткені аз Δt -уақыттың үлкен F көбейтіндісі үлкен шама ие болып шығуы мүмкін. Мысалы, қозғалмай тұрған қабырғамен шардың соқтығысуы кезінде соқтығысудың өте қысқа уақыт мерзімінде импульсінің соңғы өзгерісі шар мен қабырғаның деформациясы пайда болатын үлкен серпімділік күштің импульсімен анықталады [1].

Импульстің сақталу заңын жазу кезінде белгілердің дұрыс қойылуын қадағалау керек. Кейбір бағыт оң деп қабылданады. Дене импульсінің проекциясы оң таңбасымен белгіленеді, ал егер құраушының бағыты таңдап алынған бағытпен қарама-қарсы болса, онда теріс таңбасымен алынады.

Есеп шартында қозғалыс бағыты көрсетілмеген жағдайда белгілеулерді өз бетінше таңдап алуға болады. Егер шешу нәтижесінде импульстің проекциясы оң болып шығатын болса, онда қозғалыстың бағыты дұрыс тандалған, ал егер теріс болса, онда дұрыс тандалмаған деп есептеледі.

Денелердің соқтығысуы әдетте екі қарапайым модельдің біреуімен сипатталады: абсолютті серпімді немесе абсолютті серпімді емес соқтығысулар. Бірінші жағдайда соқтығысу кезінде импульспен бірге әсерлесуші денелердің жалпы кинетикалық энергиясы да сақталады, екінші жағдайда денелер әсерлесуден кейін бірдей жылдамдықпен қозғалады, олардың да импульстері сақталады, бірақ жалпы кинетикалық энергиясы азаяды. Оның жартысы ішкі энергияға ауысады. Егер соқтығысу кез келген ортада өтсе, онда осы және басқа жағдайларда, есеп толығымен математикалық түрде берілген және оның шешімі бар болады. Центрілік емес соқтығысудың теориясы қарапайым модельден шығады. Сондықтан, осы тақырыпқа арналған есептердің шарттарында бір ғана шешімді табуға мүмкіндік беретін қосымша мәліметтер де міндетті түрде берілуі керек [2].

Центрілік емес соғу теориясы қарапайым модельдерге жатпайды, сондақтан бұл тақырыптағы есептердің шартында бір ғана шешім алатын қосымша мәліметтер болуы керек.

№ 1 мысал. Массалары бірдей қозғалыстағы шар қозғалмайтын сондай шармен соқтығысады. Егер шарлар абсолютті қатты және тегіс болса, соқтығысу кезіндегі шарлардың ең үлкен ауытқу бұрышы қандай болады [3].

Шешуі:

Есептің шарты бойынша шарлардың массалары $m_1 = m_2 = m$ бір-біріне тең. Шар ϑ_{01} жылдамдықпен горизонталь бағытта қозғалды деп есептейік. Шарларға сыртқы әсерлер болмағандықтан, жүйені тұйық жүйе деп алуға болады. Сонда импульстің сақталу заңы мен энергияның сақталу заңын пайдалана отырып, мынадай теңдеулер жазылады.

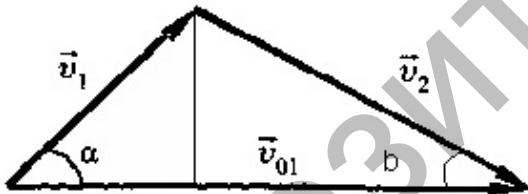
$$\begin{cases} m\vec{\vartheta}_{01} + \vec{0} = m\vec{\vartheta}_1 + m\vec{\vartheta}_2 \\ \frac{1}{2}m\vartheta_{01}^2 = \frac{1}{2}m\vartheta_1^2 + \frac{1}{2}m\vartheta_2^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \vec{\vartheta}_{01} = \vec{\vartheta}_1 + \vec{\vartheta}_2; \\ \vartheta_{01}^2 = \vartheta_1^2 + \vartheta_2^2. \end{cases} \quad (1.1)$$

Төмендегі 1-суреттен $\vartheta_{01}^2 = \vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + 2\vartheta_1\vartheta_2 \cos \alpha$ және бұдан екінші теңдеуді алсақ, онда $2\vartheta_1\vartheta_2 \cos \alpha = 0$ тең болады. Соқтығысудан кейінгі жылдамдық нөлге тең болмағандықтан, $\vec{\vartheta}_1$ және $\vec{\vartheta}_2$ арасындағы бұрыш 90° тең болмайды.

Есептің шешімі қарапайым, бірақ оқушылар жылдамдық проекцияны көп жағдайда ось бойынша жазады.

$$\begin{cases} \vartheta_{01} = \vartheta_{x1} + \vartheta_{x2} & x \text{ ось бойынша;} \\ 0 = \vartheta_{y1} + \vartheta_{y2} & y \text{ ось бойынша;} \end{cases} \quad (1.2)$$

$$\frac{1}{2}m\vartheta_{01}^2 = \frac{1}{2}m\vartheta_1^2 + \frac{1}{2}m\vartheta_2^2.$$



1-сурет

Бұл жүйені шеше отырып, алынған шешуді күрделі тригонометриялық тепе-теңдікті пайдалану арқылы, күрделі жолмен алуға да болады.

Есептің шартын күрделендіріп, есепті жалпы түрде қайта шешіп көрейік:

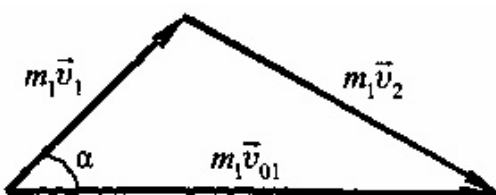
№ 1 мысал: массасы m_1 шар ϑ_{01} жылдамдықпен массасы m_2 ($m_2 < m_1$) тыныштықта тұрған шарға қарай қозғалады. Егер шарлар абсолют қатты және тегіс болса, соқтығысу кезінде m_1 шардың ең үлкен ауытқу бұрышын анықтаңдар [4].

№ 1 мүмкін шешімі.

Шарларға сыртқы әсерлердің барлығы айтылмағандықтан, импульстің сақталу заңын қолдануға болады деген шешімге келуге болады. Импульстің сақталу заңы: $m_1\vec{\vartheta}_{01} + \vec{0} = m_1\vec{\vartheta}_1 + m_2\vec{\vartheta}_2$.

Мысалы, 2-суретте осы қатынас көрсетілген. Импульс векторлары үш бұрышты құрайды. Косинустар теоремасына сәйкес оны былай жазуға болады:

$$\cos \alpha = \frac{m_1^2(\vartheta_{01}^2 + \vartheta_1^2) - m_2^2\vartheta_2^2}{2m_1^2\vartheta_{01}\vartheta_1}. \quad (1.3)$$



2-сурет

Есептің шарты бойынша шарлар абсолют қатты және тегіс болғандықтан, онда үйкеліске жұмсалатын механикалық энергия болмайды, сол себепті механикалық энергияның сақталу заңына сүйене отырып,

$$\frac{1}{2} m \vartheta_{01}^2 = \frac{1}{2} m_1 \vartheta_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \vartheta_2^2.$$

Бұдан

$$\begin{aligned} m_1(\vartheta_{01}^2 - \vartheta_1^2) &= m_2 \vartheta_2^2 \\ \cos \alpha &= \frac{m_1^2(\vartheta_{01}^2 + \vartheta_1^2) - m_2 m_1(\vartheta_{01}^2 - \vartheta_1^2)}{2m_1^2 \vartheta_{01} \vartheta_1}. \end{aligned} \quad (1.4)$$

Қарастырып отырған есептен алынатын ақпараттың молдығын сақталу заңы көмегімен ала алмаймыз. Алынған өрнекті зерттейік.

Бұл өрнек кез келген m_1, m_2 ($m_2 < m_1$) мәндері мен ϑ_{01} үшін орындалады, бірақ шарлар дөңгелек және соқтығысу кезіндегі бағыттар әр түрлі болуы мүмкін, сол себепті есептің шарты бойынша ең үлкен ауытқу бұрышын анықтау қажет.

Математикадағы дифференциалдау операциясын пайдалана отырып, минимум немесе максимумды шарттары жеңіл анықталады. Алынған нәтижеге қарап, $\cos \alpha = f(\vartheta_1)$ ϑ_1 функциясы болатынына көз жеткізуге болады. Функцияны экстремумде зерттейік, алдын ала m_1 -ге қысқартайық:

$$\cos \alpha = \frac{m_1(\vartheta_{01}^2 + \vartheta_1^2) - m_2(\vartheta_{01}^2 - \vartheta_1^2)}{2m_1 \vartheta_{01} \vartheta_1} = \frac{(m_1 + m_2)\vartheta_1^2 + (m_1 - m_2)\vartheta_{01}^2}{2m_1 \vartheta_{01} \vartheta_1}. \quad (1.5)$$

ϑ_1 бойынша:

$$f'(\vartheta_1) = \frac{(m_1 + m_2)\vartheta_1 - (m_1 - m_2)\vartheta_{01}^2}{2m_1 \vartheta_{01} \vartheta_1^2} = 0; \quad (1.6)$$

$$\vartheta_1 = \vartheta_{01} \sqrt{\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}}. \quad (1.7)$$

ϑ_1 жылдамдығының алынған мәні үшу бұрышы косинусының ең аз мәнге сәйкес екені көрініп тұр, сол себепті ең аз ауытқу бұрышы нөл градуста болғандықтан, үшудың максимум бұрышы да сәйкес болады. Жылдамдықтың алынған мәнін қойып, (1.5)-теңдеуден косинустың мәнін анықтауға болады.

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^2}. \quad (1.8)$$

Массалары бір-біріне тең болған кезде ауытқу бұрышы 90° -қа тең болады.

Есепті шешу үшін дифференциалдау амалының қолдануға жүгінейік. Бұл есеп басқа жолмен 10 сынып оқушысы масса центрі көмегімен де шеше алады, бірақ шешу жолы күрделі болады. Бұндай шешімнің жолын көрсетейік.

№ 2 мүмкін шешімі.

Сыртқы күштер жайлы айтылмағандықтан, олардың соқтығысу кезіндегі әрекеттесуін ескермеуге болады. Яғни екі шар жүйесінің центрлік массалары тұрақты ϑ_1 жылдамдығының бағытына қарай қозғалады. N нүктелік денелердің масса центрі жүйесінің жылдамдығы келесі формула бойынша анықталады.

$$v_{cm} = \frac{\sum_i^N m_i v_i}{\sum_i^N m_i}.$$

Бұл жағдайда масса центрі жылдамдығы $v_{cm} = \frac{m_1 v_{01}}{m_1 + m_2}$ тең.

Масса центрі есептеуінің жүйесіне (ЕЖ) көшейік. Жылдамдықтарды қосу заңын пайдаланып, $\vec{v}_{01} = \vec{v}_{01} + \vec{v}_{цм}$ және $\vec{v}_{02} = \vec{v}_{02} + \vec{v}_{цм}$ деп жазуға болады. Масса центрі үшін формуланы $\vec{v}_{02} = 0$; $v_{02} = 0$ ескере отырып, ЕЖ шарлардың масса центрлері мынадай жылдамдықтармен бір-біріне жақындайды.

$$\begin{aligned}\vec{u}_{01} &= \frac{m_2 \vec{v}_{01}}{m_1 + m_2}; \\ \vec{u}_{02} &= -\frac{m_1 \vec{v}_{01}}{m_1 + m_2}.\end{aligned}\quad (1.9)$$

ЕЖ-де шарлардың масса центрлерінің толық импульсі соқтығысуға дейінгі және кейінгі мәндері нөлге тең, сәйкесінше

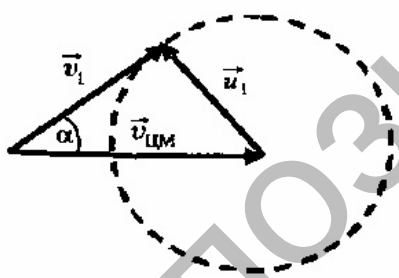
$$\begin{aligned}m_1 u_{01} &= m_2 u_{02}; \\ m_1 u_1 &= m_2 u_2; \\ \frac{m_1 u_{01}^2}{2} + \frac{m_2 u_{02}^2}{2} &= \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2};\end{aligned}$$

соқтығысқанға дейінгі жылдамдықтар $\Rightarrow u_{01} = u_1$, $u_{02} = u_2$.

Соқтығысудан кейін денелердің жылдамдық модульдары центрлік массаға қатысты өзгеріссіз қалады. Бірінші шардың жылдамдық модулі соқтығысудан кейін бірінші шардың соқтығысуға дейінгі жылдамдық модуліне тең, бірақ оның бағыты өзгереді. Шарлардың соқтығысуға дейінгі өзара орналасуына қарай бұл векторлардың арасындағы бұрыш 0° -ден 180° -қа дейін (мандай алды соғу) өзгереді.

Қозғалмайтын ЕЖ-ге қайтып оралайық. Масса центрінің жылдамдығы өзгермегендіктен және бірінші шардың бастапқы қозғалысына қарай бағытталғандықтан, бірінші шардың соқтығысудан кейінгі жылдамдығын мынадай түрде жазуға $\vec{v}_1 = \vec{u}_1 + \vec{v}_{цм}$ болады.

Векторлық шамалардың геометриялық бейнелері (3-сур.) көрсетілген. Жылдамдық векторлары арасындағы байланысты көрсете отырып, \vec{u}_1 және $\vec{\Theta}_0$ векторларының модулі белгісіз екенін ескере отырып, оларды жоғарыда көрсетілген қатынастар арқылы анықтауға болады. $\vec{\Theta}_0$ векторының бағыты белгілі ол ($\vec{\Theta}_{01}$ бағытына сәйкес), ал \vec{u}_1 және $\vec{\Theta}_0$ векторлары бағыттарының арасындағы бұрыш 0 -ден 180° -қа дейін өзгеруі мүмкін.

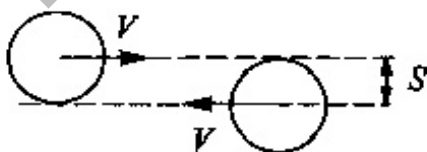


3-сурет

Байқасак, көптеген нүктелердің барлығы \vec{u}_1 векторы соңы болуы мүмкін, яғни $\vec{\Theta}_1$ векторының (ұшы) соңы \vec{u}_1 вектор модуліне тең шеңбер радиусы болып табылады. 3-суретте көрсетілгендей, $\vec{\Theta}_0 = \vec{\Theta}_{цм}$ жылдамдық векторымен $\vec{\Theta}_1$ жылдамдық векторларының ең үлкен ауытқу бұрышына шардың бастапқы бағыттағы жылдамдықтарының \vec{u}_1 және $\vec{\Theta}_1$ арасындағы бұрыш 90° .

$$\sin \alpha = \frac{u_1}{v_0} = \frac{\frac{m_2 v_{01}}{m_1 + m_2}}{\frac{m_1 v_{01}}{m_1 + m_2}} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Сонда массалары бір-біріне тең болғанда олардың арасындағы ауытқу бұрышы 90° -қа тең болатындығы дәлелденеді.



4-сурет

№ 2 мысал. 4-суретте көрсетілгендей, радиустары R бірдей екі шар бірдей жылдамдықта бір-біріне қарама-қарсы қозғалады. Шарлардың масса центрлері қозғалысының сызықтарының ара қашықтығы $S = R$. Соқтығысудан кейін әрбір шарлардың қайсысының жылдамдық векторлары қандай β бұрышына бұрылады? Шарды тегіс деп, соққыны серпімді деп есептеуге болады [4].

Шешуі: Соқтығысқаннан кейінгі шарлар жылдамдығын \vec{V}_1 және \vec{V}_2 деп белгілейік.

Импульстің және энергияның сақталу заңдарына сүйене отырып,

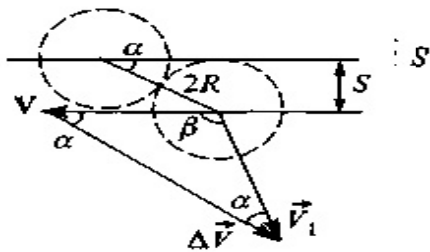
$$0 = mV_1 + mV_2;$$

$$mV^2 = \frac{1}{2}mV_1^2 + \frac{1}{2}mV_2^2. \tag{1.10}$$

$V_1 = V_2 = V$, яғни соқтығысқаннан кейін шарлардың жылдамдық модульдері өзгеріссіз қалады. Соққы қысқа уақытта өтетіндіктен, әрбір шардың импульсінің өзгерісі соққы кезіндегі шарлардың масса центрлерін қосатын сызыққа параллель жүреді деп есептеп, суреттен

$$\beta + 2\alpha = \pi;$$

$$\sin \alpha = \frac{S}{2R}.$$



5-сурет

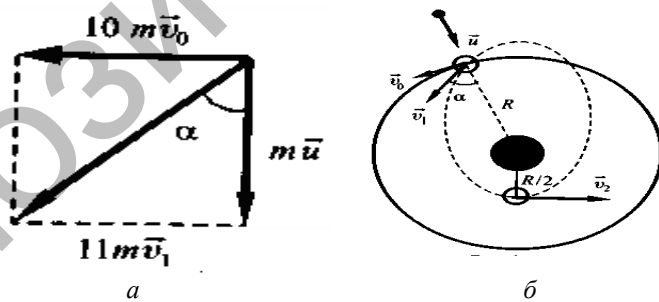
Бұдан

$$\beta = \pi - 2 \arcsin \frac{S}{2R} = \frac{2}{3}\pi. \tag{1.11}$$

Біз жоғарыда импульстің сақталу заңы мен энергияның сақталу заңдарын қарастырдық. Егер тақырыпта импульс моментінің сақталу заңы қарастырылмаса, онда алға қойылған мақсат шешілмейді.

№ 3 мысал. Планетаға түзу бойымен ұшатын массасы M метеорит масса центрі арқылы өтетін R тең шеңбер бойымен айналатын автоматты космостық станцияға құлайды. Станция массасы метеорит массасынан 10 есе артық. Соқтығысу нәтижесінде метеорит планетаға дейін минимум ара қашықтықта $R/2$ жаңа орбитаға өтетін станцияда қалып қояды. Соқтығысқанға дейінгі метеориттің жылдамдығын анықтаңдар [5].

Шешуі. Метеориттің массасы m -ге тең болса, онда соқтығысқанға дейінгі станция массасы $10m$ -ге тең, ал соқтығысқаннан кейін — $11m$. Кинематикадағы шеңбер бойымен бір қалыпты қозғалған дененің центрге тартқыш үдеуі $a = \frac{v_0^2}{R}$, Ньютонның екінші заңы бойынша, $F = 10ma$ және бүкіл әлемдік тартылыс заңдарына $F = G \frac{M}{R^2} 10m$ сүйене отырып: $v_0^2 = G \frac{M}{R^2}$.



6-сурет

Соқтығысу кезінде метеорит пен станция арасындағы әрекеттесу күші олардың Жермен гравитациялық байланыс күшінен едәуір көп болса, онда импульстің сақталу заңын пайдалануға болады: $10m\vec{v}_0 + m\vec{u} = 11m\vec{v}_1$. 6-суретте (а) импульс векторларын көрсетіп, Пифагор теоремасын пайдалана отырып: $m^2u^2 + (10m)^2v_0^2 = (11m)^2v_1^2$, бұдан

$$v_1^2 = \frac{u^2}{121} + \frac{100}{121}v_0^2. \tag{1.12}$$

Метеорит станциямен қосылғаннан кейін, оның қозғалысы Жермен гравитациялық өзара әсерлесу күшінің әсерінен іске асырылады. 6-суретте (б) станцияның соқтығысқаннан кейінгі орналасуын сол мезеттегі Жерден ең аз аралыққа өтетіндігін көрсету керек. Осы мезеттер үшін

механикалық энергияның сақталу заңдарын жазайық. Массалары m_1 және m_2 екі материалдық нүктенің гравитациялық байланыс энергиясын ескере отырып (немесе біртектес шарлар), мына формула арқылы: $G \frac{M}{R} 11m + \frac{11mv_1^2}{2} = -G \frac{M}{R/2} 11m + \frac{11mv_2^2}{2}$.

Енді (1.12) ескере отырып,

$$v_2^2 = \frac{u^2}{121} + \frac{100v_0^2}{121} + 2v_0^2. \quad (1.13)$$

Одан кейін импульстің сақталу заңын пайдаланайық. Егер станция қозғалысын Жер центріне қатысты қарастырсақ, онда уақыт мезеттері үшін импульс моментінің сақталу заңы метеоритпен соқтығысқаннан кейінгі мезеттегі метеориттің станциямен біріккеннен кейінгі олардың жылдамдықтары Жермен гравитациялық өзара әсерлесу күшінің әсерінен іске асырылады.

$$11mv_1 R \sin a = 11mv_2 R / 2. \quad (1.14)$$

Импульстің сақталу заңына сүйене отырып, $\sin a = \frac{10mv_0}{11mv_1}$; $v_2 = \frac{20}{11}v_0$ алуға болады.

Сонда

$$u = \sqrt{\frac{58GM}{R}}. \quad (1.15)$$

Есепті шығару үшін оның мазмұнын мұқият оқу керек. Есептің талап етіп отырған шартына сәйкесті есепті шығаруға қажетті мәліметтерді талдай алу қажет.

Әдебиеттер тізімі

- 1 *Архипов В.В., Ещанова А.М., Камбарова Ж.Т., Кудусов А.С.* Нестандартные физические задачи // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Физика. — 2009. — № 2 (54). — С. 69–77.
- 2 *Кудусов А.С., Мусенова Э.К.* Стандартты емес есептерді шығару әдістемесі // Қарағанды ун-нің хабаршысы. Физика сер. — 2012. — № 3 (67). — 72–77-б.
- 3 *Краснов М.С.* Решение сложных и нестандартных задач по физике. Эвристические приемы поиска решений. — М.: ИЛЕКСА, 2009. — 360 с.
- 4 *Кобушкин В.К.* Методика решения задач по физике. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1966. — 107 с.
- 5 *Кротов С.С.* Задачи московских физических олимпиад. — М.: Наука; Физмат. лит., 2007. — 192 с.

А.С.Кудусов, Э.К.Мусенова, А.Кыстаубаева,
Т.Е.Сейсембекова, Г.Б.Нурышова

Решение задач с использованием законов сохранения

В статье на основе законов сохранения импульса и энергии рассмотрены неупругие и упругие столкновения тел. Показана техника исследования упругих столкновений в системе центра масс. Законы сохранения энергии и импульса позволяют достаточно просто устанавливать соотношения между различными физическими величинами при столкновении тел. Кроме того, законы сохранения могут быть использованы даже в тех случаях, когда действующие силы неизвестны. При соударении сохраняется как импульс, так и суммарная кинетическая энергия взаимодействующих тел, тела после взаимодействия движутся с одной и той же скоростью, их импульс сохраняется, но суммарная кинетическая энергия уменьшается, так как часть ее переходит во внутреннюю энергию. Если соударение центральное, то и в том, и другом случае задача полностью описана математически и имеет решение.

A.S.Kudusov, E.K.Musenova, A.Kystaubayeva,
T.E.Seisembekova, G.B.Nuryshova

Solving of problems using the conservation laws

On the basis of the laws of conservation of momentum and energy are considered inelastic and elastic collisions of bodies. Research shows the technique of elastic collisions in the center of mass. Conservation laws of energy and momentum provide an easy way to install the relation between different physical quantities in the collision of bodies that often conservation laws can be used even in cases where the acting forces are unknown. Upon collision stored as momentum and the total kinetic energy of the interacting bodies, body after interaction move with the same speed as their momentum is conserved, but the total kinetic energy is reduced because the part of it goes into the internal energy. If central collision, then in fact, and in other cases, the problem is fully described mathematically and has a solution.

References

- 1 Arkhipov V.V., Eshchanova A.M., Kambarova Zh.T., Kudusov A.S. *KSU bull. Physics series*, 2009, 2 (54), p. 69–77.
- 2 Kudusov A.S., Musenova E.K. *KSU bull. Physics series*, 2012, 3 (67), p. 72–77.
- 3 Krasnov M.S. *Heuristic methods of search for solving*, Moscow: ILEKSA, 2009, 360 p.
- 4 Kobushkin V.K. *Solving method for physical problems*, Leningrad: LSU publ., 1966, 107 p.
- 5 Krotov S.S. *Problems of Moscow physical Olympiads*, Moscow: Nauka, Phys.-math. Lit., 2007, 192 p.