

*Исаев А.*

**ФИЗИКАЛЫК ПРАКТИКУМ II.**

*Исаев А.*

**ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ II.**

*A. Isaev*

**PHYSICAL PRACTICAL II.**

УДК: 530.1(076.5)

*Бул иш университетибиздин окуу жана изилдөө лабораторияларынын заманбап аспаптары менен окурмандарыбызды тааныштыруу максатында, көрсөтмө усулдары түзүлүшүндө жазылып сунушталууда. Бул иште «PASCО» атындагы америкалык илимий-изилдөө фирмасынын жабдыктары колдонулду.*

**Негизги сөздөр:** механикалык энергия, потенциалдык энергия, кинетикалык энергия, импульс.

*Работа написана в стиле методических указаний (лабораторных работ) с целью ознакомить читателей с современными приборами учебной и исследовательской лабораторий университета. Здесь использованы приборы американской научно-исследовательской фирмы «PASCО».*

**Ключевые слова:** механическая энергия, потенциальная энергия, кинетическая энергия, импульс.

*The work is written in the style guidelines (labs) to familiarize readers with the modern instruments of teaching and research university laboratories. Here we use the instruments of the american research company «PASCО».*

**Key words:** mechanical energy, potential energy, kinetic energy, momentum.

**№ II.1 ЛАБОРАТОРДУК ИШ.  
МЕХАНИКАЛЫК ЭНЕРГИЯ САКТАЛУУ ЗАКОНУ.**

**Максаты:** Физика кубулушунун закон ченемдүүлүктөрүн окуп үйрөнүү.

Үйдө карай ыргытылган шарчанын кинетикалык энергиясынын потенциалдык энергияга айлануусу.



II.1.1-Сүрөт.

**Жабдылышы :**

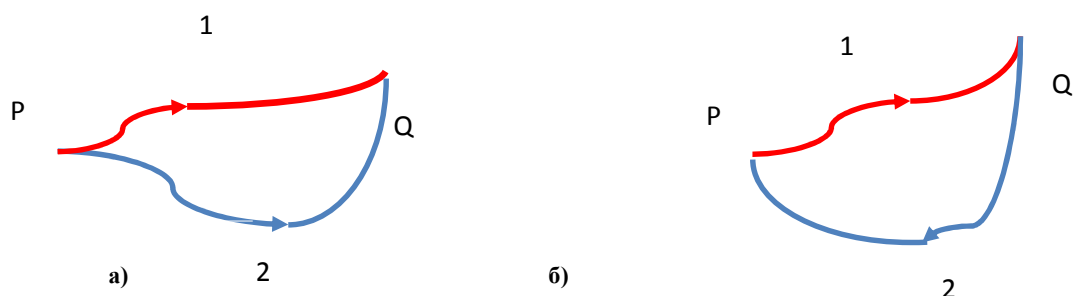
- Атуучу түзүлүш жана пластикалык шарча (топ).
- Метрдик сызгыч (рулетка) жана жөнөкөй сызгыч.
- фотосенсор жана тирөөч (оптикалык).
- Тик маятник.
- Ак кагаз А3-форматында.
- Кара кагаз (копирка) .

**Кыскача теориялык маалымат :**

Консервативдүү күчтөр: бөлүкчөгө таасир эткен жердин тартуу күчүнүн аткарган жумушу, бөлүкчөнүн оордук күчүнүн бийиктик аралыгынын өзгөрүүсүнө көбөйтүлөт. Түшүп бара жаткан бөлүкчөнүн, бийиктик өзгөрүүсү боюнча  $g$ 'нын туруктуу болорун кабыл алганбыз. Жалпы түрдө да бөлүкчөлөрдүн которулушу үчүн натыйжа бирдей экендиги анык. Башкача айтканда тартуу күчтөрдүн аткарган жумушу бир гана баштапкы жана акыркы чекит координаталарына байланыштуу болуп, басып өтүлгөн жолунан көз карандысыз экендиги далилденген. Мындай күчтөр - консервативдүү (сакталуучу) деп аталат. Мисалы: электростатикалык, пружинанын жыйрылуу-түртүү күчтөрү.

Демек консервативдүү күчтөрдүн аткарган жумушун төмөнкүчө туюнтка алабыз II.1.2-Сүрөт (а).

$$W_{PQ}(1 \text{ боюнча}) = W_{PQ}(2 \text{ боюнча}) \quad (\text{II.1.1})$$



II. 1.2-Сүрөт.

Консервативдүү күчтүн, жогоруудагы шарттардан келип чыккан дагы бир өзгөчөлүгү бар. Нерсенин II.1.2-Сүрөт (б) деги сыяктуу, P'ден Q'га чейинки жолу боюнча жана Q'дан P'ге аткарылган жумуштардын туюнтмасы төмөнкүчө жазылат.

$$\begin{aligned} W_{PQ}(1 \text{ боюнча}) &= -W_{QP}(2 \text{ боюнча}) \\ W_{PQ}(1 \text{ боюнча}) + W_{QP}(2 \text{ боюнча}) &= 0 \end{aligned} \quad (\text{II.1.2})$$

Бул шарт консервативдүү күчтөрдүн өзгөчөлүгүн белгилөөдө.

Башкача айтканда бир нерсеге таасир этип жаткан консервативдүү күчтүн туюк жол боюнча жасаган жалпы жумушунун нөлгө барабар экендигин көрсөтөт.

Жердин тартуу күчү консервативдүү экенин көрсөтөлүк. Массасы  $m$  болгон нерсени  $y_i$  ден  $y_s$  бийиктигине чыгарылсын дейли. Жердин тартуу күчүнүн жумушу төмөнкүчө берилет:

$$W_{g1} = -m \cdot g \cdot (y_s - y_i) \quad (\text{II.1.3})$$

Эгерде бийиктиктин багытын ылдыйдан өйдө карай  $o\text{z}$  деп тандап алсак, анда жердин тартуу күчүнө барабар болгон оордук күчү терс белгиси менен берилет.

$$W_{g2} = m \cdot g \cdot (y_i - y_s), y_s > y_i \Rightarrow W_{g2} = -m \cdot g \cdot (y_s - y_i)$$

Бул туюнтмада,  $W_g$  нин бир гана баштапкы жана акыркы  $y$ -координатына көз каранды болуп, басып өтүлгөн жолуна көз каранды эмес экендиги анык. Буга кошумча  $y_i$  жана  $y_s$  бирдей бийиктикте болсо, же нерсе туюк жол боюнча айланып келсе,  $y_i = y_s$  жана  $W_g = 0$  болот. Мисал үчүн абанын сүрүүлүсү жок эсе кылып өйдө карай баштапкы ылдамдык менен бир нерсе ыргытылса, кайра кайтып келген нерсенин кинетикалык энергиясы ошол эле болот. Консервативдүү күчтөргө дагы бир мисал, пружинанын жыйрылуу-түртүү күчү.

$$F_s = -k \cdot x$$

Консервативдүү болбогон күчтөр үчүн :

Бир нерсенин күч таасири алдында эки чекит арасындагы басып өтүлгөн жолдун аткарылган жумушу, жолдон көз каранды болсо, анда мындай күчтөр консервативдүү эмес деп аталат.

$$\begin{aligned} W_{PQ}(1 \text{ боюнча}) &\neq W_{PQ}(2 \text{ боюнча}) \\ W_{PQ}(1 \text{ боюнча}) &\neq -W_{QP}(2 \text{ боюнча}) \\ W_{PQ}(1 \text{ боюнча}) + W_{QP}(2 \text{ боюнча}) &\neq 0 \end{aligned} \quad (\text{II.1.4})$$

Таюда, нерселердин тийишкен беттери арасында жаралган сүрүлүү күчү консервативдүү эмес кучтөр мисалына кирет. Мындай күчтөрдүн аткарган жумушу басып өткөн жолуна байланыштуу болот.

Эки чекит арасында аткарылган жумуш, терс жана сүрүлүү күчтүн жол узундугунун көбөйтүндүүсүнө барабар болот.

### Потенциалдык энергия.

Консервативдүү күчтүн аткарган жумушу, басып өткөн жолдон жана ылдамдыктан көз карандысыз экендиги аныкталды. Аткарылган жумуш, нерсенин баштапкы жана акыркы координаталарына байланыштуу болуп муну бир  $U$ -потенциалдык энергиянын функциясы катары кабыл алабыз. Ошого карата аткарылган жумуш потенциалдык энергиянын азаюсуна барабар болушу керек. Башкача айтканда,

нерсени  $x$ -огу боюнча кыймыл аракеттендирген  $\vec{F}$  күчтүн аткарган жумушу төмөнкүчө туюнтулат:

$$W_{KO} = \int_{x_i}^{x_s} F_x dx = -\Delta U = U_i - U_s \quad (\text{II.1.5})$$

Эки жана үч өлчөмдүү мейкиндикте жалпы ордун алмаштырууда аткарылган жумуш  $U_i - U_s$  ке барабар. Бул жерде  $U = U(x, y, z)$  болот.

$$W = \int_i^s \vec{F} \cdot d\vec{S} = U_i - U_s \quad (\text{II.1.6})$$

Кыскача,  $\Delta U = U_s - U_i$  жана  $\Delta U = U_s - U_i = -\int_{x_i}^{x_s} F_x dx$  деп туюнталабыз.

Мында  $F_x$ ,  $\vec{F}$  тин ордун алмаштыруу багытындагы түзүчүүсү.

Негизинен,  $x_i$  ни баштапкы чекит кылып алсак, анда туюнтмабыз:

$$U_s(x) = -\int_{x_i}^{x_s} F_x dx + U_i \text{ деп жазылат.}$$

### Механикалык энергиянын сакталуусу.

Нерсе,  $\vec{F}_x$  консервативдүү күчтүн таасири алдында  $x$ -огу боюнча кыймылдап бара жатат дейли. Эгерде нерсеге бир гана күч таасир этип жатса, анда иш-энергия теоремасына карата кинетикалык энергиянын өзгөрүүсү төмөнкүчө берилет:

$$W_{KO} = \Delta K \text{ Күч консервативдүү болгондуктан } W_{KO} = -\Delta U \text{ жаза алабыз.}$$

$$\text{Ошентип } \Delta K = -\Delta U \text{ veya } \Delta K + \Delta U = \Delta(K + U) = 0 \text{ болот.}$$

Бул, механикалык энергиянын сакталуу закону деп айтылат.

$$K_i + U_i = K_s + U_s \quad (\text{II.1.7})$$

Ал эми, системанын механикалык энергиясы  $E$  кинетикалык жана потенциалдык энергиялардын суммасы болуп толук механикалык энергиянын сакталуусу деп аталат:

$$E_i = E_s \text{ бул жерде } E = K + U \quad (\text{II.1.8})$$

Демек, ишти аткарып жаткан күч консервативдүү болсо, механикалык энергиясы сакталуу закону боюнча бир системанын толук механикалык энергиясы туруктуу калаарын айтат. Мындай консервативдүү

системада канчалык кинетикалык энергия жогорууласса (азайса) ошончолук потенциалдык энергия азаят (жогоруулайт) деген ой жүгүртүүгө алып келет.

Топтун толук механикалык энергия  $U$  потенциалдык жана  $K$  кинетикалык энергиялардын суммасына барабар. Топ өйдө карай ыргытылганда баштапкы  $U$  потенциалдык энергия нөл деп алынат жана кинетикалык энергия болсо  $K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2$  болот, бул жерде  $m$ —топтун массасы,  $v_0$  —топтун баштапкы чыгыш ылдамдыгы. Топ максималдуу бийиктикке жеткенде.

$h_{\max}$ , акыркы  $K$  - нөл жана  $U = m \cdot g \cdot h$  барабар болот, мында  $g$ —жердин тартуу күчүнө байланыштуу ылдамдануу. Энергиянын сакталуусу, баштапкы  $K$ 'нын, акыркы  $U$  экендигини тастыктайт.

**Кыскача теориялык маалымат:**

Кинетикалык энергияны эсептөөдө төмөнкүчө иш аракеттерди аткаруу зарыл:

Горизонт боюнча топтун алган аралыгы  $x = v_0 \cdot t$  болсо,  $y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$  бийиктиги аркылуу

$t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}}$  учуу убакытын табып,  $v_0 = \frac{x}{t}$  баштапкы ылдамдыгы эсептелинет. Мында  $x$  менен  $y$  тажрыйба аркылуу өлчөнөт. Аба сүрүлүүсү эске алынбайт.

**Ишти аткаруу тартиби:**

**Эсептөөлөр:**

**П.1.1-Таблица.**

Баштапкы ылдамдыкты фотосенсорду колдонбостон табуу.

Баштапкы бийиктик  $y_0 = 0,984(м)$

Эсептелинген учуу убакыты  $t = 0,45 с$

Кагаздын четине чейинки аралык  $x_0 = 1,926(м)$

Баштапкы ылдамдык  $v_0 = 4,67 \pm 0,01(м/с)$

№	$x_i(м)$	$\Delta x_i = x_i - \bar{x}(м)$	$\Delta x_i^2 \cdot 10^{-6}(м^2)$
1	0,166	-0,009	81
2	0,172	-0,003	9
3	0,177	+0,002	4
4	0,178	+0,003	9
5	0,180	+0,005	25
$\bar{x}$	0,175		$\sum \Delta x_i^2 = 128(м^2)$

$$x_{жалпы} = x_0 + \bar{x}; \quad x_{жалпы} = 2,101 м; \quad v_0 = \frac{x_{жалпы}}{t}; \quad y = \frac{g \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}}$$

$$\Delta x = \delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2 \cdot 10^{-6}}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{128 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 4}} = 2,5 \cdot 10^{-3} м = 0,003 м$$

$$x_{жалпы} = 2,101 \pm 0,003(м); \quad v_0 = \frac{2,101}{0,45} = 4,67 м/с;$$

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = \frac{1 \cdot \Delta x}{t \cdot x} \Rightarrow \Delta v_0 = \frac{1}{0,45} \cdot 4,67 \cdot \frac{0,003}{2,101} = 0,0148 м/с$$

$$\Delta v_0 = 0,0148 = 0,01 \frac{м}{с} \Rightarrow v_0 = 4,67 \pm 0,01 \frac{м}{с}$$

$$m_{\text{пластикалык}} = 9,6 \text{ г} = 0,0096 \text{ кг}$$

II.1.2-Таблица.

<i>h</i> – бийиктик	1,053 м
Топтун оордугу $m \cdot g$	0,094 Н
$K_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$	0,105 Дж
Акыркы потенциалдык энергия $U = m \cdot g \cdot h$	0,099 Дж
$\varepsilon = \left  \frac{U - K}{K} \right  \cdot 100\%$	5,7%

Теориядан :

$$E = K + U; \quad \text{эгерде толук механикалык энергия сакталса, анда} \quad \Delta E = 0 \Rightarrow E = const$$

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2; \quad \frac{m \cdot v_1^2}{2} + m \cdot g \cdot h_1 = \frac{m \cdot v_2^2}{2} + m \cdot g \cdot h_2 \Rightarrow v_1 = v_2; \quad (\text{II.1.9})$$

$$h_2 = h_{\text{max}} - \text{максималдуу бийиктик.}$$

Акыркы потенциалдык жана баштапкы кинетикалык энергиялары арасында салыштырмалуу ката аз болуусу зарыл. Мунун себеби аба сүрүлүүсүнүн таасири:

$$\varepsilon = 5.7\%$$

II.1.3-Таблица.

Фотосенсорлорду колдонуу аркылуу баштапкы ылдамдык :  $y = h = 0,1 \text{ м}$

№	$t_i (с)$	$\Delta t_i = t_i - \bar{t} (с)$	$\Delta t_i^2 \cdot 10^{-8} (с^2)$
1	0,0228	-0,0001	1
2	0,0231	+0,0002	4
3	0,0229	0	0
$\bar{t}$	0,0229		$\Sigma = 5$

$$\Delta t = \delta = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 2}} = 0,91 \cdot 10^{-4} \approx 0,0001 \text{ с}; \quad y = v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{y + \frac{g \cdot t^2}{2}}{t};$$

$$v_0 = \frac{0,1 + \frac{9,8 \cdot 0,0229^2}{2}}{0,0229} = 4,48 \frac{м}{с}$$

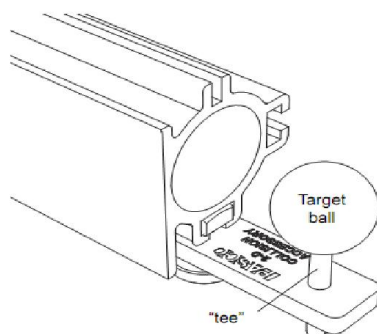
$$m_{\text{пластикалык}} = 9,6 \text{ г} = 0,0096 \text{ кг}$$

II.1.4-Таблица.

<i>h</i> – бийиктик	1,053 м
Топтун оордугу $m \cdot g$	0,094 Н
$K_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$	0,096 Дж
Акыркы потенциалдык энергия $U = m \cdot g \cdot h$	0,099 Дж
$\varepsilon = \left  \frac{U - K}{K} \right  \cdot 100\%$	3,1%

№ П.2 ЛАБОРАТОРДУК ИШ.

**Максаты:** Эки өлчөмдүү мейкиндикте серпилгичтүү жана серпилгичтүү эмес кагылышууда импульстун сакталуусун көрсөтүү.



П.2.1-Сүрөт.

**Жабдылышы:**

- Атуучу түзүлүш жана эки пластикалык топ.
- Сызгыч.
- Майлуу кагаз.
- Топту кармоо үчүн тирөөч.
- Баллистикалык маятник.
- Серпилгичтүү эмес кагылышуу үчүн изолента.
- Кара кагаз (копирка).

**Кыскача теориялык маалымат**

Импульс жана кагылышуулар. Эки өлчөмдүү мейкиндикте (тегиздик) импульстун сакталуусу. Тышкы чөйрөдөн таасирленбөөчү бир жабык бөлүкчөлөрдүн системасы үчүн (сызыктуу) импульс сакталуусу байкалат. Импульстун сакталуу закону, бөлүкчөлөрдүн кагылышуусу жана ракетанын кыймыл аракетин сыяктуу маселелер үчүн өзгөчө пайдалары бар. Бөлүкчөлөр системасынын масса борборун бир бөлүкчө катары элестетип кыймыл аракетин аныктайбыз.

**Импульс** . Массасы  $m$  болгон  $\vec{v}$  ылдамдыгы менен кыймыл аракеттенген нерсенин импульсу  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$  бул туюнтма  $v \ll c$  абалда колдонулат. Ал эми релятивистикалык абал үчүн  $\vec{p} = m \cdot \vec{v} / \sqrt{1 - v^2/c^2}$  (П.2.1) деп берилет.

Импульстун вектордук чоңдук экенин көрүп жатабыз. Чени болсо  $ML/T$  , СИ системасында  $кг \cdot м/с$  менен өлчөнөт.

Бөлүкчө (нерсе) башаламан багытта кыймылдап жатса  $\vec{p}$  ни үч түзүчүүгө бөлүп алышат :

$$p_x = m \cdot v_x \quad p_y = m \cdot v_y \quad p_z = m \cdot v_z \quad (П.2.2)$$

Ньютодун II законун колдонсок, нерсеге таасир эткен күч импульстун убакыт боюнча өзгөрүүсүнө, башкача айтканда импульстун туундусуна барабар болот:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (П.2.3)$$

Жогоруудагы туюнтмада, натыйжалоочу күч  $\vec{F} = 0$  болсо импульс туруктуу калары жөнүндө сөз кылынат  $\vec{p} = const$  . Мындан улам  $\vec{F} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}$  Ньютодун II законун түздөн-түз колдонуулусу аркылуу

деп жаза алабыз. Демек таасир эткен тышкы күч нөлгө барабар болгон учурда нерсенин ылдамдануусу да нөл болот. Буга карата нерсе же тынч абалын сактайт же туруктуу бир ылдамдыкта кыймылдап кете берет.

Нерсенин импульсунун өзгөрүүсүн табуу үчүн төмөнкүчө интегралды алуубуз керек :

$$d\vec{p} = \vec{F} \cdot dt \quad \Delta\vec{p} = \vec{p}_s - \vec{p}_i = \int_{t_i}^{t_s} \vec{F} dt \quad (\text{II.2.4})$$

$t_i$  убакытында  $\vec{p}_i$  импульсу ,  $t_s$  убакытында  $\vec{p}_s$  импульсу деп белгилеп алабыз.

$\Delta t = t_s - t_i$  убакыт өзгөрүүсүндө таасир эткен  $\vec{F}$  күчүн, импульс (түртүү) деп атайбыз. Импульс төмөнкүчө көрсөтүлүүчү бир вектор:

$$\vec{I} = \int_{t_i}^{t_s} \vec{F} dt = \Delta\vec{p} \quad (\text{II.2.5})$$

Көрүлгөндөй  $\vec{F}$  күчүнүн таасири бөлүкчөнүн импульсунун өзгөрүүсүнө барабар.

**Импульс-момент теоремасы** катары билинген туюнтма, Ньютондун II законуна ылайык экендиги да шексиз. Бул теоремада импульстун күч-убакыт сызык графигинин алдындагы аянт импульс болот.  $\Delta t = t_s - t_i$  убакыт аралыгында күч нөлгө барабар болбогондугу жана чени боюнча  $ML/T$  болору анык.

Эгер төмөнкү интегралды  $\langle \vec{F} \rangle$  орточо күчү болсун десек.

**Эскертүү :** Орус илимий булактарында импульс  $\vec{P} = m \cdot \vec{v}$  , импульстун моменти  $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$  ,  $v \ll c$  болгон учурда.

$$\langle \vec{F} \rangle = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_i}^{t_s} \vec{F} dt \quad (\text{II.2.6})$$

$\Delta t = t_s - t_i$  өзгөрүүдө деп :  $\vec{I} = \Delta\vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$  жазалабыз.

Көбүнчө физикалык абалдарда , импульстук божомол туютмасы колдонулат. Бул божомолдо, кыска мөөнөт ичинде бөлүкчөгө таасир этип күч башка күчтөрдөн чоңураак болуп элестетилет. Мындай абал өзгөчө кыска мөөнөтүү кагылышууда колдонулат жана **импульсивдүү күчтөр** деп аталат. Мисал үчүн бейсбол тобуна жасалып жаткан сокку убакыты 0,01с арасында жана чыбыктын топко таасир эткен орточо күчү бир канча миң ньютонго чейин барат. Бул да тартуу күчүнөн бир канча чоңураак болуп импульстук болжолдун тууралыгын тастыктайт. Болжолдуу колдонуп жатканда  $\vec{p}_i$  жана  $p_s$  ин кагылышуудан бир замат мурда жана кийинки импульстар экендигини эске алуубуз керек. Ошон үчүн импульстук божомолдо кагылышуу убакыты өтө кичине болот.

**Эки бөлүкчөдөн турган системанын импульсунун сакталуусу.**

Бири биринен таасирленип, тышкы чөйрөдөн изоляцияланган эки бөлүкчөнү элестетелик. Башкача айтканда бөлүкчөлөр өз ара күчтөрүн бирибирине колдонууда болуп, тышкы чөйрөнүн күчү жок эсе. (Бирок тартуу жана сүрүлүү күчтөрү дайыма болгондуктан, жерге байланыштуу лабораторияда мындай изоляцияланган система боло албайт). Ошондо  $t$  көз ирмеминде 1 жана 2 бөлүкчөлөрдүн импульстары катары менен  $\vec{p}_1$  ve  $\vec{p}_2$  болсун десек. Ньютондун II законун колдонсок ар бир бөлүкчө үчүн төмөнкүчө жаза алабыз.

$$\vec{F}_{12} = \frac{d\vec{p}_1}{dt} \quad \text{ve} \quad \vec{F}_{21} = \frac{d\vec{p}_2}{dt} \quad (\text{II.2.7})$$

Бул жерде  $\vec{F}_{12}$ , 2чи бөлүкчөнүн 1ге жана  $\vec{F}_{21}$  1чи бөлүкчөнүн 2ге таасир эткен күчтөрү. Мындай күчтөр тартуу, электростатикалык же башка күчтөрдүн түрлөрү боло алат.  $\vec{F}_{12}$  жана  $\vec{F}_{21}$  күчтөрүнүн

чоңдуктары бирдей жана багыттары карама каршы болгондугу сүйлөнөт. Булар тартуу-түртүү түгөйлөрү,  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ . Мындай дагы туюнтсак болот:

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0 \text{ veya } \frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{p}_1 + \vec{p}_2) \quad (\text{II.2.8})$$

Жалпы импульстун убакытка карата алынган туундусу нөл болгондуктан, жалпы импульстун туруктуу калаарына алып келет:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \text{const} \quad (\text{II.2.9})$$

Мындай вектордук барабардык, түзүүчүлөр арасында да барабар болуп келет. Башка сөз менен  $x, y$  жана  $z$  багыттарындагы импульстардын түзүүчүлөрү бирибиринен көз карандысыз сакталып келишет;

$$P_{ix} = P_{sx} \quad P_{iy} = P_{sy} \quad P_{iz} = P_{sz} \quad (\text{II.2.10})$$

**Импульстун сакталуусу** болуп билинген законго төмөнкүчө аныктама бере алабыз:

**Аныктама:** Зарядсыз  $m_1$  жана  $m_2$  массалуу эки бөлүкчөдөн турган изоляцияланган системанын жалпы импульсу сакталат. Жөнөкөй айтканда, изоляцияланган зарядсыз эки бөлүкчө кагылышканда жалпы импульсу туруктуу кала берет.

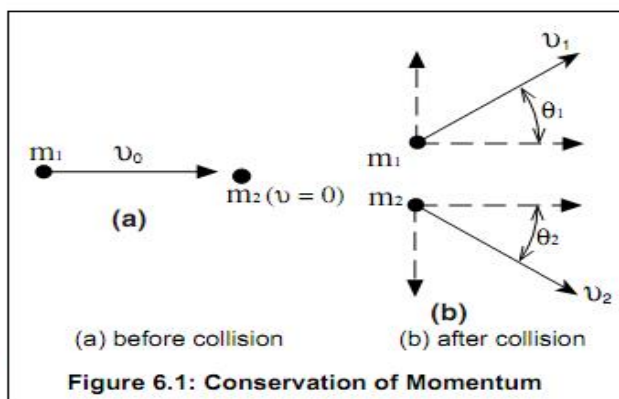
$\vec{v}_{1i}$  жана  $\vec{v}_{2i}$ , 1 жана 2 номердүү бөлүкчөлөрдүн баштапкы ылдамдыктары,  $\vec{v}_{1s}$  жана  $\vec{v}_{2s}$  да кагылышуудан кийинки ылдамдыктары болсун десек.

Жогоруда изоляцияланган системанын импульсунун сакталуусу төмөнкүчө өзгөрөт :

$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1s} + m_2 \vec{v}_{2s} \quad \text{же} \quad \vec{p}_i + \vec{p}_i = \vec{p}_s + \vec{p}_s \quad (\text{II.2.11})$$

Башкача, изоляцияланган системанын жалпы импульсу эмне болбосун ар дайым системанын баштапкы жалпы импульсуна барабар болот. Импульстун сакталуусуна мындай дагы аныктама берсе болот, изоляцияланган системада ички күчтөр гана таасир этишет (тартуу-түрткүү сыяктуу), тышкы күч болсо нөлгө барабар болот.

Тынч абалда турган бир топко экинчи топту ыргытып кагылыштырганда, топтор карама-каршы багытта кыймылдай башташып, жердин тартуу күчү менен ылдый карай да түшүүшөт. Бул жерде эки өлчөмдүү кыймыл аракет көрүлүүдө. Ошондуктан тик (вертикалдык) багытта импульс (түзүчүүсү) сакталбайт, горизонттук тегиздикте болсо таасир этүүчү тышкы күч болбогодуктан (аба сүрүлүүсү эске алынбайт) импульс (түзүчүүсү) сакталат.



II.2.2-Сүрөт.

Кагылышуудан мурдагы жалпы импульс, 1чи топтун ылдамдыгынын багытына дал келгендиктен,  $x$  – огуна да ошого карата жарыш (параллель) белгилеп алсак.



Кагылышуудан мурдагы импульс:  $\vec{p}_{мурда} = m_1 \cdot v_0 \cdot \vec{i}$  жана кагылышуудан кийинки импульс болсо ,

$$\vec{p}_{кийин} = (m_1 \cdot v_{1x} + m_2 \cdot v_{2x}) \cdot \vec{i} + (m_1 \cdot v_{1y} - m_2 \cdot v_{2y}) \cdot \vec{j} \quad (\text{II.2.12})$$

Мында  $v_{1x} = v_1 \cdot \cos \theta_1; v_{1y} = v_1 \cdot \sin \theta_1; v_{2x} = v_2 \cdot \cos \theta_2; v_{2y} = v_2 \cdot \sin \theta_2$

Кагылышуудан мурда  $y$  – огу боюнча эч кандай импульстун же анын түзүчүүсүнүн болбогонун көрсөтөт. Башкача  $m_1 \cdot v_{1y} = m_2 \cdot v_{2y}$

Кагылышуудан мурда  $x$  – огу боюнча импульсун кагылышуудан кийинки  $x$  – огу боюнча импульсу менен тең десек төмөнкүдөй болот:  $m_1 \cdot v_0 = m_1 \cdot v_{1x} + m_2 \cdot v_{2x}$ ;

Серпилгичтүү кагылышууда импульс сыяктуу энергия да сакталат.

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 \quad (\text{II.2.13})$$

Энергия сакталса кагылышуудан кийинки массасы бирдей болгон эки топтун жолунун багыттары бири бирине тик ( $90^\circ$ ) болот.

**Эсептөөлөр:**

Баштапкы ылдамдыкты аныктоо үчүн  $v_0$  – Атуучу түзүлүштөн атыш жасайбыз жана төмөнкүчө өлчөөлөрдү , эсептөөлөрдү жүргүзөбүз.

1)  $m_{пластикалык} = 9,6 \text{ г} = 0,0096 \text{ кг}; x = 50,8 \text{ см} = 0,508 \text{ м}; y_0 = 17 \text{ см} = 0,170 \text{ м}.$

Мындан  $y = \frac{g \cdot t^2}{2} \Rightarrow t_{yчyy} = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}}$

2)  $t_{yчyy} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,170}{2}} = 0,186 \text{ с}; x = v_0 \cdot t_{yчyy} \Rightarrow v_0 = \frac{x}{t_{yчyy}} = \frac{0,508}{0,186} = 2,73 \text{ м/с}; v_0 = 2,73 \text{ м/с}$

**II.2.1-Таблица.**

(Атуучу Түзүлүштүн пружинасын кыска аралыкка жыйрылтканда)

№	$\theta_1(^{\circ})$	$S_1(\text{м})$
1	70°	0,062
2	61°	0,071
3	55°	0,077
4	40°	0,057
5	34°	0,067
$\bar{\theta}_1$	52°	0,067

**II.2.2-Таблица.**

№	$\theta_2(^{\circ})$	$S_2(\text{м})$
1	13°	0,454
2	14°	0,455
3	13°	0,464
4	14°	0,476
5	13°	0,480
$\bar{\theta}_2$	13.4°	0,466

**Эсептөөлөр:**  $v_1 = \frac{S_1}{t} = \frac{0,067}{0,186} = 0,36 \text{ м/с}; v_2 = \frac{S_2}{t} = 2,51 \text{ м/с}.$

$v_{1x} = v_1 \cdot \cos \theta_1 = 0,36 \cdot \cos 52^\circ = 0,36 \cdot 0,616 = 0,22 \text{ м/с};$

$v_{2x} = v_2 \cdot \cos \theta_2 = 2,51 \cdot \cos 13,4^\circ = 2,51 \cdot 0,972 = 2,44 \text{ м/с};$

$v_{1y} = v_1 \cdot \sin \theta_1 = 0,36 \cdot \sin 52^\circ = 0,36 \cdot 0,79 = 0,28 \text{ м/с};$

$v_{2y} = v_2 \cdot \sin \theta_2 = 2,51 \cdot \sin 13,4^\circ = 2,51 \cdot 0,23 = 0,58 \text{ м/с};$

$m_{1\text{пластикалык}} = m_{2\text{пластикалык}} = 0,0096 \text{ кг}; x$  – карата импульстун сакталуусу.

$$m_1 \cdot v_0 = m_1 \cdot v_{1x} + m_2 \cdot v_{2x}; \quad 0,0096 \cdot 2,73 = 0,0096 \cdot 0,22 + 0,0096 \cdot 2,44$$

$$0,026 \text{ кг} \cdot \text{м/с} \approx 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

$$\frac{m_1 \cdot v_0^2}{2} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot v_2^2}{2}; \quad \frac{0,0096 \cdot 2,73^2}{2} = \frac{0,0096 \cdot 0,36^2}{2} + \frac{0,0096 \cdot 2,51^2}{2};$$

$$0,036 \text{ Дж} \neq 0,031 \text{ Дж}$$

$y$  – карата импульстун сакталуусу.

$$0 = m_2 \cdot v_{2y} - m_1 \cdot v_{1y} \Rightarrow 0 = (0,0096 \cdot 0,58 - 0,0096 \cdot 0,28) \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

$$0 \neq 0,0029 \text{ кг} \cdot \text{м/с} - \text{каталуу.}$$

**П.2.3-Таблица.**

Баштапкы $x$ -импульс	$0,026 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$	Акыркы $x$ -импульс	$0,025 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$	%ката	3,8%
$y$ -импульс топ 1	$0,027 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$	$y$ -импульс топ 2	$0,056 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$	%ката	10%
Баштапкы $K_{\text{Кин. энергия}}$	$0,036 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$	Акыркы $U_{\text{Пот. энергия}}$	$0,031 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$	%ката	13%

**Корутунду:** Натыйжалар каталуу болуп чыкты, тажрыйба кайталануусу зарыл.

**Маалымат булактары:**

1. Fundamentals of Physics, R. Resnick-D.Halliday, Toppan Company LTD, Totyo, Japan, 1985.
2. Physics For Scientists & Engineers with Modern Physics, Raymond A. Serway.
3. Механика, молекулярная физика и термодинамика, Е.В.Полицинский, конспект лекций, 2010.

**Рецензент:** д.т.н., профессор Маймеков З.К.