

ІМПУЛЬС

Імпульс тіла. Імпульс сили

Розглянемо II закон Ньютона та проведемо деякі перетворення:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{v}_0)}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{\Delta t}$$
$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$

Визначимо нову фізичну величину:

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ - **імпульс тіла** – добуток маси тіла на його швидкість

$\vec{p}$ - вектор; $\vec{p} \uparrow \vec{v}$; одиниця імпульсу тіла: $[p] = \frac{кг \cdot м}{с}$

Повернемося до II закону Ньютона. Тепер, використовуючи поняття імпульсу тіла, його можна записати у вигляді:

$$\boxed{\vec{F} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}} \quad (1) \quad \left. \begin{array}{l} \text{Це теж формулювання} \\ \text{II закону Ньютона} \end{array} \right\}$$

$\Downarrow$

Сила, що діє на тіло, дорівнює швидкості зміни імпульсу тіла

Визначимо ще одну величину:

$\vec{F} \cdot \Delta t$ - **імпульс сили** – добуток сили на час її дії.

Одиниця імпульсу сили: $[F \cdot \Delta t] = Н \cdot с$

Тоді можна записати:

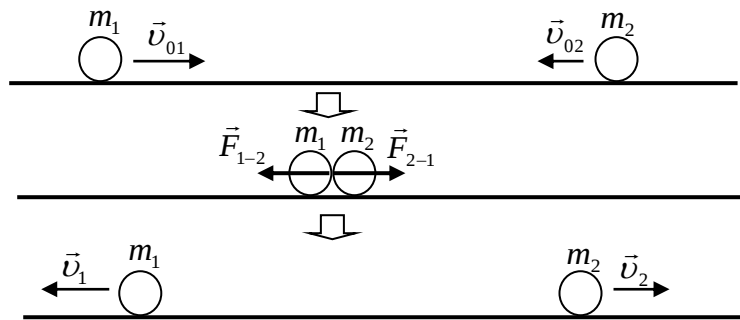
$$\boxed{\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}} \quad (2) \quad \left. \begin{array}{l} \text{Це теж формулювання} \\ \text{II закону Ньютона} \end{array} \right\}$$

$\Downarrow$

Імпульс сили, що діє на тіло, дорівнює зміні імпульсу тіла

Закон збереження імпульсу

Розглянемо взаємодію двох тіл масами m_1 та m_2 , при якому їх швидкості змінюються від $\vec{v}_{01}$, $\vec{v}_{02}$ до $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$.



Запишемо для цього випадку II закон Ньютона у формі (1) для 1-ого та 2-ого тіл:

$$\vec{F}_{1-2} = \frac{m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{01}}{\Delta t} ; \quad \vec{F}_{2-1} = \frac{m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{02}}{\Delta t}$$

та III закон Ньютона:

$$\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$$

Тоді можемо отримати:

$$\begin{aligned} \frac{m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{01}}{\Delta t} &= - \frac{m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{02}}{\Delta t} \Rightarrow m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{01} = -m_2 \vec{v}_2 + m_2 \vec{v}_{02} \\ m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} &= m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \\ \text{сума імпульсів} & \quad \text{сума імпульсів} \\ \text{тіл до взаємодії} & \quad \text{тіл після взаємодії} \end{aligned}$$

Робимо висновок:

Сума імпульсів тіл зберігається

Це ми розглянули приклад взаємодії тільки двох тіл. Але такий самий висновок можна отримати, якщо розглянути взаємодію багатьох тіл у так званій **замкненій системі тіл**.

Замкнена система тіл – це система тіл, в якій тіла системи взаємодіють тільки між собою, а сумарна дія на систему зовнішніх тіл, тобто тіл, які не входять у цю систему, дорівнює нулю.

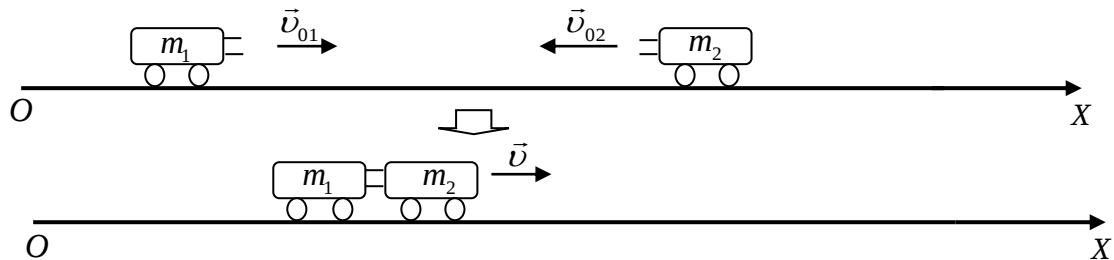
Тоді ми можемо підсумково сформулювати **закон збереження імпульсу**:

Сума імпульсів усіх тіл замкненої системи зберігається при будь-яких взаємодіях тіл системи між собою.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \text{const}$$

Розглянемо приклад використання закону збереження імпульсу для так званого не пружного удару – взаємодії тіл, після якої вони рухаються разом.

Нехай тіла масою m_1 та m_2 рухаються зі швидкостями $\vec{v}_{01}$, $\vec{v}_{02}$ та після не пружного удару рухаються разом зі спільною швидкістю $\vec{v}$.



Запишемо закон збереження імпульсу для цього випадку у векторній формі:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

Тепер запишемо його у проекції на вісь OX :

$$m_1 v_{01} - m_2 v_{02} = (m_1 + m_2) v$$

звідси маємо:

$$v = \frac{m_1 v_{01} - m_2 v_{02}}{m_1 + m_2}$$

Звідси ми бачимо, що: $v > 0 \Rightarrow \vec{v} \uparrow \uparrow OX \Rightarrow \vec{v} \uparrow \uparrow \vec{v}_{01}$, якщо $m_1 v_{01} > m_2 v_{02}$

$v < 0 \Rightarrow \vec{v} \uparrow \downarrow OX \Rightarrow \vec{v} \uparrow \uparrow \vec{v}_{02}$, якщо $m_1 v_{01} < m_2 v_{02}$

Таким чином, швидкість тіл після взаємодії співпадає за напрямком зі швидкістю того тіла, яке до взаємодії мало більший імпульс.

Контрольні питання

1. Що таке імпульс тіла?
2. Запишіть формулу для імпульсу тіла.
3. Імпульс тіла це вектор чи скаляр?
4. З напрямком якого вектору співпадає напрямок вектору імпульсу тіла?
5. Яка одиниця виміру імпульсу?
6. Сформулюйте II закон Ньютона за формулою (1).
7. Що таке імпульс сили?
8. Запишіть формулу для імпульсу сили.
9. Сформулюйте II закон Ньютона за формулою (2).
10. Для якої системи тіл виконується закон збереження імпульсу?
11. Що таке замкнена система тіл?
12. Сформулюйте закон збереження імпульсу.
13. Що таке не пружний удар?
14. Як рухаються тіла після не пружного удару?

Завдання

Завдання 1

Оберіть вірний варіант закінчення вислову.

Імпульс тіла це

- а) добуток маси тіла на його швидкість; б) добуток маси тіла на його прискорення;
в) відношення маси тіла до його швидкості; г) добуток швидкості тіла на його прискорення; д) сума маси тіла та його швидкості.

Завдання 2

Оберіть вірний варіант закінчення вислову.

Імпульс сили це

- а) добуток маси тіла на його швидкість; б) добуток маси тіла на час її дії;
в) добуток сили на час її дії; г) добуток сили на масу тіла; д) добуток сили на швидкість тіла.

Завдання 3

Оберіть вірну формулу для імпульсу тіла:

- а) $m\vec{a}$; б) $\vec{F}\Delta t$; в) $\vec{F}\vec{v}$; г) $m\vec{v}$; д) $m\Delta t$

Завдання 4

Оберіть вірний варіант для одиниці імпульсу тіла:

- а) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}$; б) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$; в) $\frac{\text{м}}{\text{с}}$; г) $\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$; д) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$

Завдання 5

Оберіть вірну формулу для імпульсу сили:

- а) $m\vec{v}$; б) $m\Delta t$; в) $\vec{v}\Delta t$; г) $m\vec{a}$; д) $\vec{F}\Delta t$

Завдання 6

Оберіть вірний варіант для одиниці імпульсу сили:

- а) $\text{кг} \cdot \text{с}$; б) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$; в) $\frac{\text{Н}}{\text{с}}$; г) $\text{Н} \cdot \text{с}$; д) $\text{м} \cdot \text{с}$

Завдання 7

Оберіть вірну формулу II закону Ньютона:

- а) $\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{v}$; б) $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$; в) $\vec{p}\Delta t = \Delta\vec{F}$; г) $\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$; д) $\vec{F} = m\vec{v}$

Завдання 8

Оберіть вірний варіант відповіді:

Закон збереження імпульсу виконується у

- а) нерухомій системі тіл; б) рухомій системі тіл; в) замкненій системі тіл;
г) стані невагомості; д) системі гравітаційних сил

Завдання 8

Запишіть словами наступні символні записи, (вам допоможе тема «Скаляри та вектори»):

$\vec{v} \uparrow \uparrow OX$; $\vec{v} \uparrow \downarrow OX$

Завдання 9

Встановіть відповідність між значеннями p, v, m (усі величини вказані у системі СІ)

- | | |
|-------------------------------|--------|
| 1) $m = 2,5; p = 12,5; v = ?$ | а) 9,6 |
| 2) $v = 15; p = 81; m = ?$ | б) 5 |
| 3) $m = 1,2; v = 8; p = ?$ | в) 1,5 |
| 4) $v = 3,5; p = 11,2; m = ?$ | г) 3,2 |
| | д) 5,4 |

ЛІНГВОКОМЕНТАР

Нові граматичні форми з дієсловами, які зустрічаються у тексті

«Імпульс»

Конструкції	Моделі
Визначити що Визначимо + <i>З.в.</i> (O^4)	Визначимо нову фізичну величину. (майб. час).
Провести що Проведемо + <i>З.в.</i> (O^4)	Проведемо перетворення. (майб. час).
Повернутися до чого Повернемося + до <i>Р.в.</i> (O^2)	Повернемося до II закону Ньютона. (майб. час).
Записати що Запишемо + <i>З.в.</i> (O^4)	Запишемо II закон Ньютона. (майб. час).
Що зберігається <i>Н.в.</i> + зберігається	Сума імпульсів тіл зберігається .
Розглянути що Розглянемо + <i>З.в.</i> (O^4)	Розглянули приклад. Розглянемо взаємодію. (майб. час).
Що входить у що <i>Н.в.</i> + входять + у <i>З.в.</i> (O^4)	Тіла входять у систему.
Що співпадає за чим <i>Н.в.</i> + співпадає + <i>О.в.</i> (O^5)	Швидкість співпадає за напрямком.

Список основних дієслів уроку:

визначати I – визначити (що?) II

проводити II – провести (що?) I

повертатися I – повернутися (до чого?) I

записувати I – записати (що?) I

зберігатися I – зберегтися I

розглядати I – розглянути (що?) I

входити II – увійти (у що?) I

співпадати I – співпасти (за чим?) I