

Динаміка

Кінематика вивчає способи опису руху і не цікавиться причинами, які його викликають.

Динаміка вивчає закони руху, причини, які викликають рух і впливають на нього.

В центрі динаміки – сила і система відліку (СВ).

Кількість СВ – нескінченна.

В різних СВ закони механіки мають різний вигляд. Виникає задача – відшукати таку СВ, в якій закони механіки мали б більш простий вигляд.
I закон Ньютона: завжди можна знайти таку СВ, в якій прискорення МТ цілком обумовлене лише взаємодією МТ з іншими тілами.

Вільна МТ (частинка), на яку не діє ніяке інше тіло, рухається відносно такої СВ прямолінійно та рівномірно ("по інерції"). Таку СВ називають інерціальною (УСВ).

I закон Н. $\equiv$ закон інерції Галілея – Ньютона: існують СВ, які наз. інерційними, в яких при відсутності дії з боку інших тіл частинка зберігає стаціонарний стан руху: рухається рівномірно і прямолінійно або покоїться.

Усунування УСВ підтверджується досвідом.

Спочатку вважали, що УСВ є Земля. Потім – геліоцентрична система (система Коперника). Потім – система зірок. Потім – реліктове випромінювання. З цією метою шукали ефір.

1. Взаємодія тіл
2. Сила
3. 4 типи взаємодії
4. Динаміка - розділ механіки
5. Межі застосування класичної механіки (динаміки)
6. Маса
7. Імпульс
8. Ізольована система (замкнена система)
9. Імпульс ізольованої системи



$$t_1: \vec{v}_1 \text{ та } \vec{v}_2 \quad (\vec{r}_1 \text{ та } \vec{r}_2)$$

Через певний проміжок часу Δt : $\vec{v}_1'$ та $\vec{v}_2'$ ($\vec{r}_1'$ та $\vec{r}_2'$)

$$\Delta \vec{p}_1 = m_1 \Delta \vec{v}_1 \text{ та } \Delta \vec{p}_2 = m_2 \Delta \vec{v}_2 \text{ де } \Delta \vec{v}_{1,2} = \vec{v}_{1,2}' - \vec{v}_{1,2} \quad (1)$$

Зростає

Пружина однаково діє на обидві МТ, та $\Delta \vec{p}_1$ і $\Delta \vec{p}_2$ протилежно напрямлені

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2 \Rightarrow m_1 \Delta \vec{v}_1 = -m_2 \Delta \vec{v}_2 \quad (2)$$

$$\frac{m_1 \cdot \Delta \vec{v}_1}{\Delta t} = -\frac{m_2 \cdot \Delta \vec{v}_2}{\Delta t} \Rightarrow m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2 \quad (3)$$

$$\boxed{\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}} \quad (4)$$

Висновки: 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$(1) \rightarrow (2): m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' \Rightarrow \boxed{\vec{p} = \vec{p}'}$$

Повний імпульс ізол. системи зберігається (не змінюється)
у часі - закон збереження імпульсу

Закони Ньютона
(стор. 2-5).

10. Момент імпульсу МТ: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$

11. Момент сили МТ: $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$

12. Рівняння моментів для МТ

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}; \quad \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{p} + \vec{r} \times \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{r} \times \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{M}$$

$\vec{v} \parallel \vec{r}$

$$\boxed{\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}}$$

СВ, які рухаються із прискоренням або обертаються відносно УСВ, називаються неінерціальними (НУСВ).

Важливою особливістю УСВ є визначені властивості симетрії часу і простору в них: в УСВ час однорідний, а простір однорідний і ізотропний.

По відношенню до НУСВ простір не є однорідним та ізотропним, а час — однорідним.

Для УСВ справедливий принцип відносності.

Галілея: всі УСВ по своїм механічним властивостям еквівалентні одна одній. Або: ніякими механічними дослідами, які проводяться всередині даної УСВ, не можна встановити, поспіється ця система або рухається прямилинійно і рівномірно. Або: в усіх УСВ властивості простору і часу однакові. Або: в усіх УСВ всі закони механіки однакові.

Перетворення при переході від однієї УСВ до іншої:

(Перетворення Галілея).

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{v}_0 t \quad (1)$$

$$t' = t \quad (2)$$

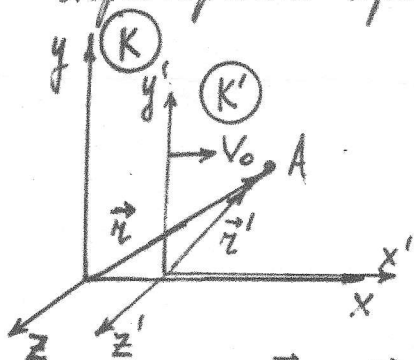
$$(1) \Rightarrow \begin{cases} x' = x - v_0 t \\ y' = y; \quad z' = z \end{cases} \quad (3)$$

Продиференціюємо (3):

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_0 \quad (4)$$

Продиференціюємо (4): $\vec{a}' = \vec{a} \quad (5)$

Прискорення інваріантне в усіх УСВ.



II закон Ньютона

В УСВ будь-яке прискорення тіла викликане дією на нього якихось інших тіл. Зміна стаціонарного стану руху тіла є результатом взаємодії з іншими тілами.

Вплив іншого тіла (або тіл), який викликає прискорення частинки, називається силою.

Причиною прискорення тіла є дія на нього сили.

Всі сили в механіці підрозділяються на контактні сили (сила тиску, тертя) та сили, які викликають під дією полів (сила гравітації, ел. магн.).

Міра інертності тіла називається масою. Інертність проявляється у тому, що тіло «проявляє опір» на намагання змінити його стан.

Властивості маси: 1) маса - величина адитивна: маса збірного тіла дорівнює сумі мас його складових частин; 2) маса тіла - величина стала, яка не змінюється при його русі.

Сила є причиною прискорення тіла

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (1)$$

Імпульс частинки: $\vec{p} = m \vec{v}_0$. Імпульс сили:

$$\text{II закон Н.: } d\vec{p}/dt = \vec{F} \quad (2) \quad \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

(2) має більш загальний характер, ніж (1);

(2) можна застосувати і для $v \sim c$ - шв. світла.

Принцип суперпозиції: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$

де $\vec{F}_i$ - сила, з якою на дану МТ діяло би i -е тіло у відсутності інших тіл.

III закон Ньютона.

Дія тіл одне на інше має характер взаємодії.

Сили, з якими дві МТ взаємодіють між собою, завжди рівні за модулем і протилежні за напрямом, діють вздовж прямої, яка з'єднує ці точки:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Сили взаємодії завжди діють паралельно.

Обидві сили прикладені до різних МТ.

Обидві сили мають однакову природу.

Принцип дальності класичної механіки: миттєва передача взаємодії. Сучасна точка зору на швидкість передачі взаємодії - теорія близькодії.

13. Імпульс системи мат. точок (СМТ)

6.

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$$

4. Момент імпульсу СМТ (відносно т.О, яку обирають за погатак СК)

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^n \vec{L}_i = \sum_{i=1}^n \vec{r}_i \times \vec{p}_i$$

5. Сила, що діє на СМТ

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i, \text{ де } \vec{F}_i = \sum_j \vec{F}_{ij}^{(e)} + \sum_{j \neq i} \vec{F}_{ij}^{(i)} \quad (F_{ii} = 0, \vec{F}_{ij} = -\vec{F}_{ji})$$

$$\vec{F}_{ij} + \vec{F}_{ji} = 0 \quad \text{геом. всьма всіх внутр. сил, що діють у системі,} = 0$$

$$\vec{F}_1^{(i)} + \vec{F}_2^{(i)} + \dots + \vec{F}_n^{(i)} = 0. \text{ Тоді } \vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i^{(e)}$$

Сила, яка діє на СМТ, дорівнює сумі зовн. сил, які діють на МТ

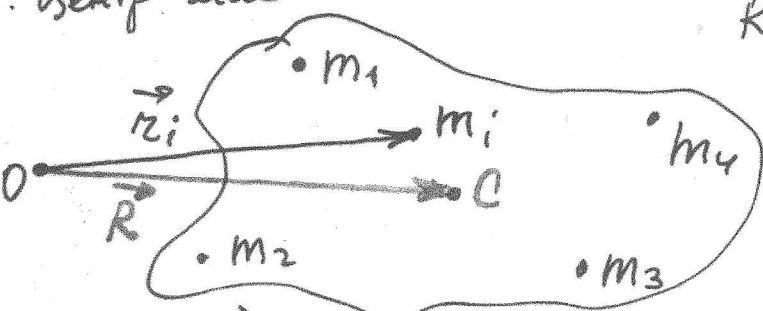
$$\text{Момент сили, що діє на СМТ, } \vec{M} = \vec{M}^{(e)} + \vec{M}^{(i)} = \vec{M}^{(e)}$$

Рівняння руху СМТ

Якщо $\vec{p} = \sum_i \vec{p}_i$ та рівняння руху 1-ї МТ має вигляд $\frac{d\vec{p}_i}{dt} = \vec{F}_i$

то $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_i \frac{d\vec{p}_i}{dt} = \sum_i \vec{F}_i = \vec{F}^{(e)}$ Сума зовнішніх сил

Центр мас



$$\vec{R} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} \quad (1)$$

Продиф. (1) по часу та помножимо на m

$$m \vec{R} = m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots$$

або $m \cdot \vec{V}_c = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots = \vec{p}$ Умн. ц.м. дорівнює повному імпульсу СМТ

$$\boxed{\vec{p} = m \vec{V}_c} \quad (2) \quad \vec{V}_c = \frac{1}{m} \sum m_i \vec{v}_i$$

Було $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}^{(e)}$ (3). Продиф (2) і порівняємо з (3):

$$\boxed{\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{V}_c}{dt} = \vec{F}^{(e)}} \quad \text{Теорема руху ц.м.:}$$

Ц.м. будь-якої системи частинок рухається так, якби вся маса системи концентрована в одній точці - ц.м. і до неї прикладені всі зовнішні сили.

Якщо СМТ ізольована ($\vec{F}^{(e)} = 0$), то $\frac{d\vec{V}_c}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{V}_c = \text{const.}$

Для замкненої системи ц.м. рухається прямолінійно та рівномірно або знаходиться в стані спокою.