

Лекція 2. **Закони динаміки. Сили та види взаємодій**

Пла

1. Вибір системи відліку для опису руху. Перший закон Ньютона - закон інерції.
2. Взаємодія тіл і прискорення. маса як міра інертності, імпульс , та сила. Другий закон Ньютона – результуюча сила, що діє на тіла
3. Третій закон Ньютона – сили при взаємодії тіл.
4. Закон всесвітнього тяжіння-як прояв гравітаційної взаємодії
5. Сили та види взаємодій в природі

1. Вибір системи відліку для опису руху. Перший закон Ньютона

Рух одного і того ж тіла буде по різному описуватись в різних СВ

Приклад траєкторій



для спостерігача в вагоні



Для спостерігача на

I закон Ньютона – це вибір серед можливих СВ так званих інерційних СВ (ІСВ), тобто таких, в яких тіло рухається по інерції (не змінює швидкості свого руху - рухається рівномірно та прямолінійно, якщо воно не є з іншими тіпами, або їх взаємодія ском.)

$\vec{V} = const$ ($\vec{a} = 0$)

Зрозуміло, що інерційних СВ існує дуже багато, так як люба СВ, що рухається рівномірно, прямолінійно також є

2. Взаємодія тіл і прискорення. Маса як міра інертності. Імпульс та сила. Другий закон Ньютона

Нехай ми вибрали ІСВ, тоді, тіло буде рухатись з прискоренням \vec{a} , тільки тоді

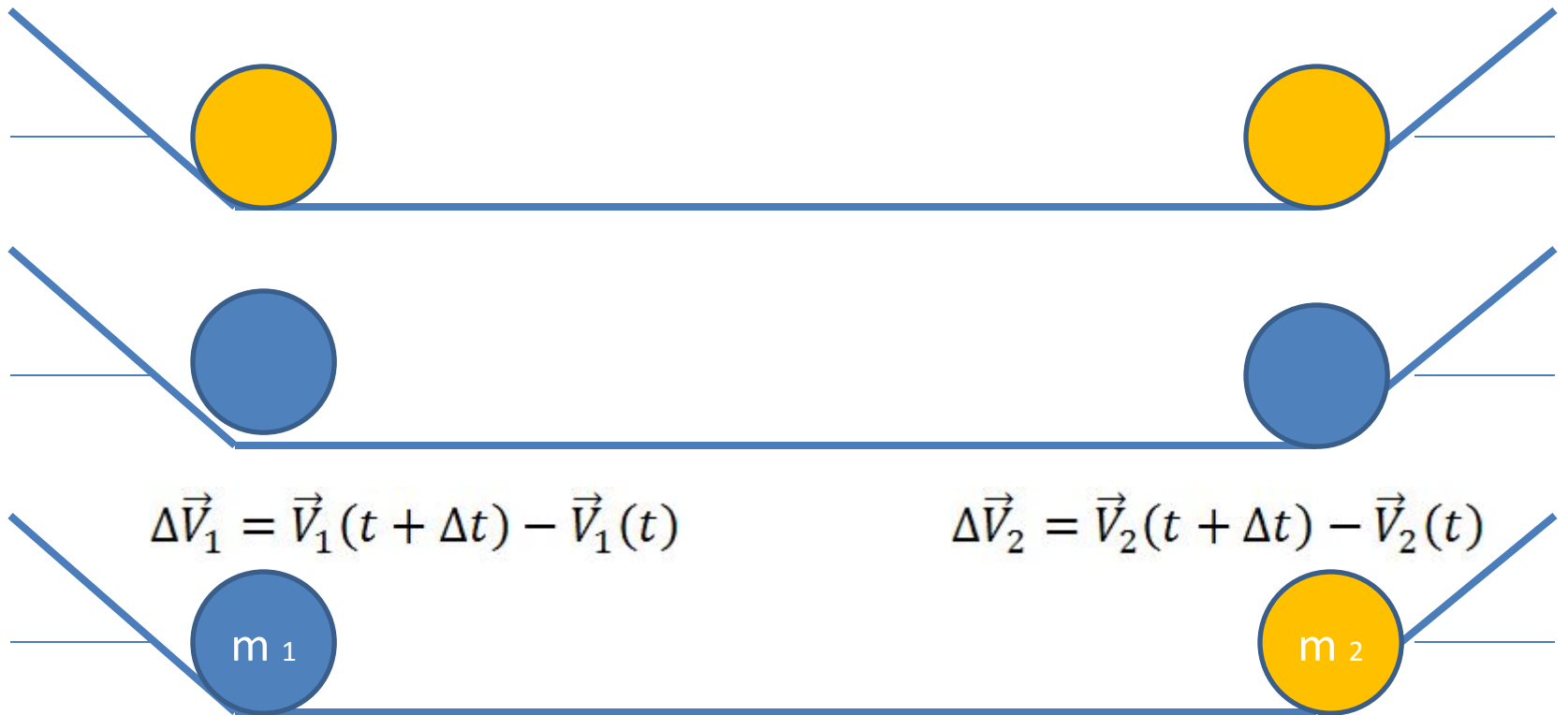
коли воно взаємодіє з іншим тілом, або кажуть, що на нього діє сила.

Виразимо цю силу кількісно. Але спочатку проведемо уявний експеримент

з шарами однакового радіуса (2- більярдних, 2 сталєних,)



2. Взаємодія тіл і прискорення. Маса як міра інертності. Імпульс та сила. Другий закон Ньютона



Результат експерименту по взаємодії тіл

Кожне тіло має свою **інертну**

характеристику, яку називають **масою**

Знайти масу **любого тіла** можна по взаємодії з тілом

відомої маси

$[m] = 1 \text{ кг}$ (килограм)

Базовною масою 1 кг знаходиться в Луврі в палаті

мір та ваг

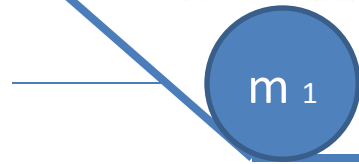
$$m_1 > m_2$$

m

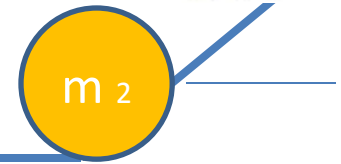
$$\begin{cases} \frac{\Delta \vec{V}_2}{|\Delta \vec{V}_2|} = - \frac{\Delta \vec{V}_1}{|\Delta \vec{V}_1|} \\ \frac{\Delta \vec{V}_2}{\Delta \vec{V}_1} = \frac{m_1}{m_2} \end{cases}$$

2. Взаємодія тіл і прискорення. Маса як міра інертності. Імпульс та сила

$$\Delta \vec{V}_1 = \vec{V}_1(t + \Delta t) - \vec{V}_1(t)$$



$$\Delta \vec{V}_2 = \vec{V}_2(t + \Delta t) - \vec{V}_2(t)$$



Кожне тіло має свою **інертну**

характеристичну масу

$$m_1 > m_2$$

m

Знайти масу любого тіла можна по взаємодії з тілом

відомої маси

Маса має

$$[m] = 1 \text{ кг (кілограм)}$$

розмірність

З результатів експерименту

маємо:

$$\begin{cases} \frac{\Delta \vec{V}_2}{|\Delta \vec{V}_2|} = - \frac{\Delta \vec{V}_1}{|\Delta \vec{V}_1|} \\ \frac{|\Delta \vec{V}_2|}{|\Delta \vec{V}_1|} = \frac{m_1}{m_2} \end{cases}$$

$$m_2 \Delta \vec{V}_2 = -m_1 \Delta \vec{V}_1$$

$$\Delta m_2 \vec{V}_2 = -\Delta m_1 \vec{V}_1$$

$$\Delta \vec{P}_2 = -\Delta \vec{P}_1$$

$$\frac{\Delta \vec{P}_2}{\Delta t} = - \frac{\Delta \vec{P}_1}{\Delta t}$$

$$\vec{F}_{\text{сп}} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

Назвемо **імпульсом** добуток маси на

швидкість

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

(це іноді називають "кількістю руху")

Щоб характеризувати інтенсивність взаємодії в

часі

$$\Delta t$$

поділимо приріст імпульсу на

- проміжок часу

взаємодії

і назвемо цю величину **середньою силою за час**

взаємодії **момент часу**

$$\vec{F}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

3. Другий закон Ньютона

$$\Delta \vec{V}_1 = \vec{V}_1(t + \Delta t) - \vec{V}_1(t)$$



$$\Delta \vec{V}_2 = \vec{V}_2(t + \Delta t) - \vec{V}_2(t)$$



Кожне тіло має свою **інертну** m **характеристичну** масу $m_1 > m_2$

Знайти масу любого тіла можна по взаємодії з тілом відомої маси

Маса має розмірність $[m] = 1 \text{ кг (килограм)}$

$$\begin{cases} \frac{\Delta \vec{V}_2}{|\Delta \vec{V}_2|} = - \frac{\Delta \vec{V}_1}{|\Delta \vec{V}_1|} \\ \frac{\Delta \vec{V}_2}{\Delta \vec{V}_1} = \frac{m_1}{m_2} \end{cases}$$

В кожен момент часу зміна імпульсу тіла може бути результатом взаємодії не одним

тілом, а з N іншими тілами і не тільки є $\sum_{i=1}^N \vec{F}(t) = \frac{d\vec{P}}{dt}$ нь. Тому загальний в

Це II закон Ньютона

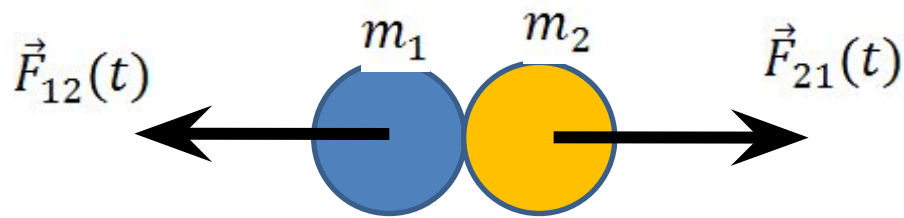
В класичній механіці (при швидкості тіл значно менших за швидк $v \ll c$ світла) $m = \text{const}$

маса тіл постійна

II закон Ньютона часто дають в вигляді $\sum_{i=1}^N \vec{F}(t) = m\vec{a}$

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m\vec{V})}{dt} = m \frac{d\vec{V}}{dt} = m\vec{a}$$

3. Третій закон Ньютона



Кожне тіло має свою **інертну**

характеристику — **масу**

$$m_1 > m_2$$

Знайти масу любого тіла можна по взаємодії з тілом
відомої маси

Маса має

$$[m] = 1 \text{ кг (кілограм)}$$

розмірність

Розглянемо взаємодію

двох тіл

$$m \begin{cases} \frac{\Delta \vec{V}_2}{|\Delta \vec{V}_2|} = - \frac{\Delta \vec{V}_1}{|\Delta \vec{V}_1|} \\ \frac{|\Delta \vec{V}_2|}{|\Delta \vec{V}_1|} = \frac{m_1}{m_2} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Delta(m_2 \vec{V}_2) &= -\Delta(m_1 \vec{V}_1) \\ \frac{\Delta \vec{P}_2}{\Delta t} &= -\frac{\Delta \vec{P}_1}{\Delta t} \end{aligned}$$

$$\vec{F}_{cp2} = -\vec{F}_{cp1}$$

$$\vec{F}_{cp} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

Середня сила
взаємодії

$$\vec{F}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

сила взаємодії в момент t

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}_2}{\Delta t} = - \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}_1}{\Delta t}$$

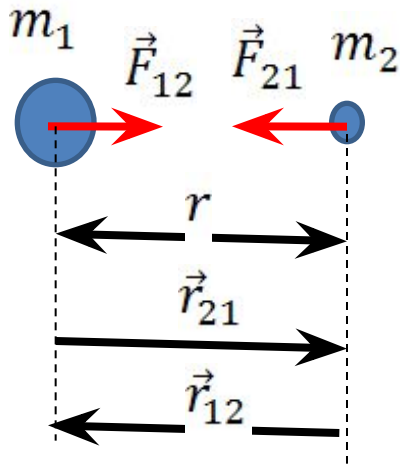
Це також виконується для взаємодії не тільки при
зіткненнях.

Тому III закон Ньютона: тіла взаємодіють з
силами

$$\vec{F}_{12}(t) = -\vec{F}_{21}(t)$$

рівними за величиною, але спрямованими

4. Закон всесвітнього тяжіння-як прояв гравітаційної взаємодії

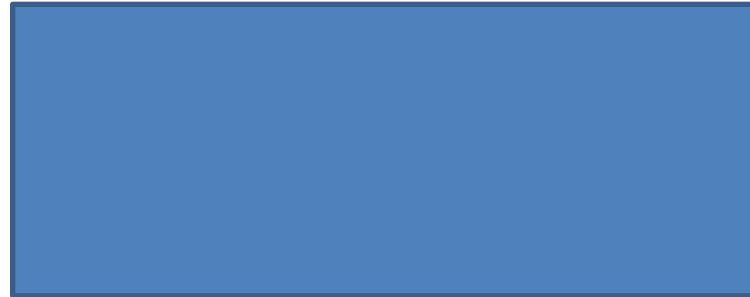


Всі тіла у Всесвіті притягуються друг до друга з силою,
величина якої дорівнює:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

де

Враховуючи напрямок сил:



Межі застосовності закону всесвітнього

тяжіння - тільки для

МТ
на

відстанях

$$(10^{-10} < r < 10^{20}) \text{ м}$$

5. Сили та види взаємодій в природі

В природі дуже багато сил взаємодій, але всі вони зводяться до чотирьох фундаментальних видів взаємодій

Далекодійчі взаємодії:

- 1) **Гравітаційна взаємодія** найбільш універсальна взаємодія
“всі тіла у Всесвіті притягуються друг до друга”
- 2) **Електромагнітна взаємодія** між тілами, що мають електричний заряд

Близькодійчі взаємодії:

- 3) **Сильна взаємодія** (ядерні сили) визначають характер взаємодії нуклонів всередині ядра
- 4) **Слабка взаємодія** визначають перетворення елементарних частинок за участю нейтрино

Одиницею вимірювання сили є ньютон $[F]=N = \text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$

5. Сили та види взаємодій в природі

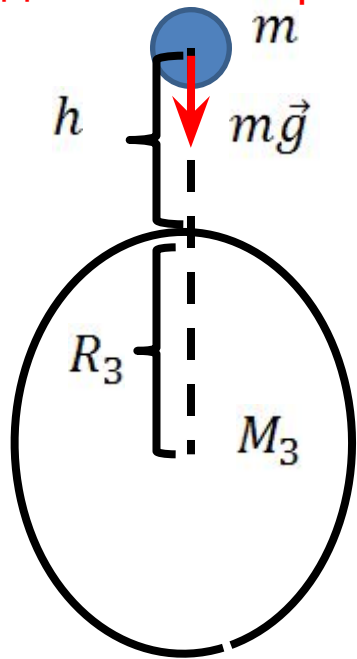
1) Сили гравітаційної взаємодії – розглянуті раніше

$$\vec{F}_{21} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r}$$

2) Сила тяжіння – сила з якою Земля (або інші планети) притягують тіла

до своєї поверхні (частков...

$$|\vec{F}| = G \frac{m M_3}{(R_3 + h)^2} = mg \rightarrow g = G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}$$



Якщо $h \rightarrow \infty ; g \rightarrow 0$

$$h \rightarrow 0 \quad g = G \frac{M_3}{R_3^2}$$

Якщо вважати Землю сферою, то

$$g = const = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Але Земля - еліпсоїд Для Луни

$$g_e \approx 9,79 \text{ м/с}^2 \quad g_{\text{л}} \approx 9,83 \text{ м/с}^2$$

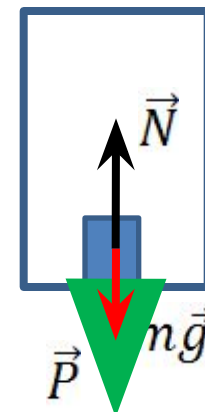
$$g_{\text{л}} \approx 1,62 \text{ м/с}^2$$

3) Вага тіла \vec{P} – сила з якою тіло давить на опору, або розтягує підтримує. Підтримується не до тіла, а до навколишнього середовища,

$$\vec{N} = -\vec{P}$$

а середовище дає реакцію. Вага може бути більше, або менше сили тяжіння і

навіть дорівнювати нулю в стані



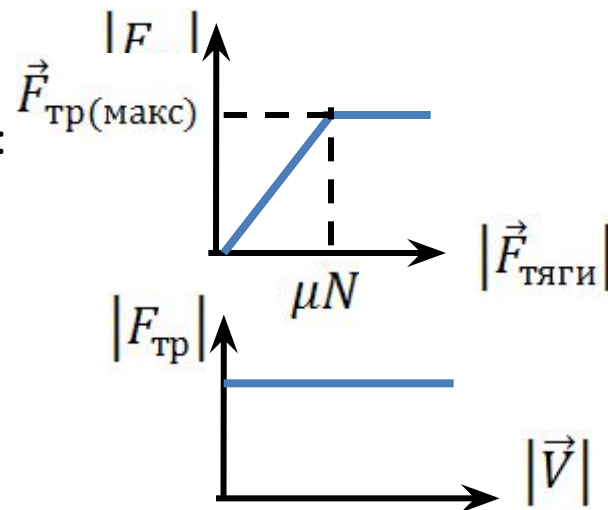
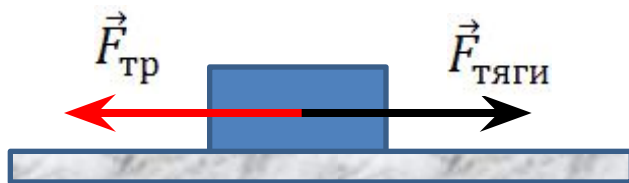
5. Сили та види взаємодій в природі

4) Сили

Розрізняють сухе тертя та в'язке

тертя. **Сухе тертя** - це тертя між поверхнями твердих тіл,

поділяється на тертя покою ($\vec{V} = 0$) та тертя ковзання: Сухе тертя покою дорівнює $\vec{F}_{\text{тяги}}$, але не більше $\vec{F}_{\text{тр(макс)}}$



Сухе тертя ковзання спрямована в протилежний бік до швидкості і $F_{\text{тр}} = \mu N$; де μ - коефіцієнт тертя, N - сила з якою притискуються поверхні

В'язке тертя (опір середовища) - це тертя між шарами рідини або газу

або між поверхнею твердого тіла та шарами рідини або газу

- відсутнє тертя покою

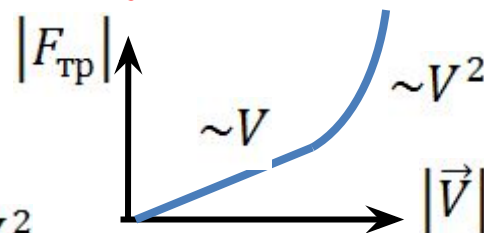
- залежить від величини

швидкості

малі швидкості (ламінарному обтіканні) $F_{\text{тр}} = -r_1 V$

великі швидкості (турбулентне обтікання)

$$F_{\text{тр}} = -r_2 V^2$$



Сили тертя – це макроскопічний прояв електромагнітної

5. Сили та види взаємодій в природі

5) **Сила пружності** виникає при деформаціях тіл.

Це також **макроскопічний прояв електромагнітної взаємодії**

Основні види деформацій – стиск (розтягнення) та зсув, (всі інші походять від них)

Розрізняють пружні та пластичні

деформації

При пружних деформаціях тіло повертає форму та об'єм після зняття зовнішньої

сили. З дослідів відомий закон Гука:

при пружних деформаціях виникає сила прямо пропорційна величині деформації:

$$F_{\text{пр}} = -kx, \text{ де } k - \text{ коефіцієнт пружності системи } [k] = \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$