

Динамика

- **Динамиката** – е раздел от механиката, който изучава причините за възникване или прекратяване на механичното движение на телата
- **Аристотел**
 - Естествено състояние на телата е състоянието на покой
 - Причината за движение е силата
 - Силата е пропорционална на скоростта
- **Галилей – принцип на инерцията**
 - Ако едно тяло не изпитва външни въздействия, то се намира в състояние на покой или се движи праволинейно равномерно
- **Нютон** изгражда динамиката върху три принципа, формулирани като обобщение на опитни факти



Исак Нютон (1643 - 1727)

**Математически принципи
на философията на
природата (1687)**

Създава динамиката като наука

Динамика

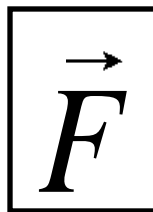
- Принципи на Нютон
 - **Първи принцип** на Нютон
 - **Втори принцип** на Нютон
 - Маса, сила, импулс на тяло, импулс на сила
 - **Трети принцип** на Нютон
- Фундаментални взаимодействия
 - Закон на Нютон за гравитационното взаимодействие
- Видове сили
 - **Гравитационна сила** и **сила на тежестта**
 - **Тегло (нормален натиск)** и **реакция на опората**
 - **Сили на триене при покой и хлъзгане**
 - **Центростремителна сила**
- Приложение на принципите на Нютон
 - движение на тяло по хоризонтална и наклонена равнина със и без сили на триене

Първи принцип на Нютон

- **Първи принцип на Нютон:** Всяко тяло запазва състоянието си на покой или равномерно праволинейно движение дотогава, докато външно въздействие не го изведе от това състояние.
- В първия принцип на механиката се съдържат следните твърдения:
 - На всички тела е присъщо свойството **инертност** т.е. да поддържат състоянието си на покой или на праволинейно равномерно движение. **Инертността** на телата се характеризира с физичната величина **маса**
 - Външното въздействие се характеризира с физичната величина **сила**
 - Съществува поне една **инерциална отправна система**.

Сила

- **Силата** е физична величина представляваща количествена мярка за взаимодействието на телата в механиката
 - Осъществява външното въздействие върху телата!
- **Силата** е векторна физична величина



- **Големината на силата** се измерва чрез:
 - **динамично** чрез ускоренията които създават на пробно тяло
 - **статично** чрез уравновесяване на действието на две сили
 - предизвиканите **деформации**
- **Посоката на силата** съвпада с посоката на ускорението, което създава
- Всяка **сила** има **приложна точка** – точката от тялото в която е приложена!
- Мерна единица - **Нютон**

Сила

- **Резултантна на всички приложени върху едно тяло сили** – векторната им сума
 - Всяка сила придава ускорение независимо от останалите – **принцип за независимост на действието на силите**

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

- **Силата** може да бъде зададена като съотношение зависещо от характеристиките на телата, разстоянията между тях и др. Такива съотношения се наричат **закони на силата**.

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Маса на тяло

- Свойството на телата да запазват състоянието си на покой или праволинейно равномерно движение в отсъствие на външно въздействие от други тела се нарича **инертност** или **инерция**.
 - Първият принцип на Нютон се нарича **закон на инерцията**
- **Масата** m на материална точка е физична величина представляваща количествена мярка за **инертността** на телата
 - **масите** се сравняват чрез ускоренията, които получават под действието на една и съща сила
 - по-голямо ускорение – по-малка **маса**
 - по-малко ускорение – по-голяма **маса**
 - скаларна величина
 - адитивна величина
 - единицата за **маса** е **килограм - kg**
 - в класическата механика **масата** е постоянна величина!

Инерциална отправна система

- **Инерциална отправна система** – отправна система, спрямо която е в сила първият принцип на Нютон
 - Отправни системи, които се движат равномерно и праволинейно спрямо **инерциална отправна система** са **инерциални отправни системи**
 - Отправни системи които се движат с ускорение спрямо инерциалната отправна система са **неинерциални**.
- **Хелиоцентрична отправна система** – с начало в центъра на Слънцето и оси насочени към три отдалечени звезди.
 - **Нормалното ускорение** на движение на Слънчевата система около центъра на Галактиката е около
$$\sim 10^{-10} \text{ m / s}^2$$
 - **най - добрата инерциална система!**

Втори принцип на Нютон (първа формулировка)

- **Първа формулировка** (Ойлер, 1752): Ускорението на едно тяло е право пропорционално на **резултантната (равнодействаща) сила**, която му действа, и е обратно пропорционално на неговата **маса**:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \vec{F} = m \vec{a}$$

- Използвайки определението на **ускорението**

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \Rightarrow \vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

– Отчетено е, че **масата** е постоянна величина!

Сила

- **Силата** се измерва в **нютони** – силата, която придава на тяло с маса 1 kg ускорение 1 m/s^2

$$1 N = 1 kg \cdot \frac{m}{s^2}$$

Втори принцип на Нютон (*първа формулировка*) – векторна и скаларна форма

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F} = F_X \vec{i} + F_Y \vec{j} + F_Z \vec{k}$$

$$\vec{a} = a_X \vec{i} + a_Y \vec{j} + a_Z \vec{k} \Rightarrow m\vec{a} = ma_X \vec{i} + ma_Y \vec{j} + ma_Z \vec{k}$$

$$F_X \vec{i} + F_Y \vec{j} + F_Z \vec{k} = ma_X \vec{i} + ma_Y \vec{j} + ma_Z \vec{k}$$

$$\Rightarrow \vec{i} : F_X = ma_X$$

$$\vec{j} : F_Y = ma_Y$$

$$\vec{k} : F_Z = ma_Z$$

Импулс на тяло

- **Импулс на тяло** (Хюйгенс, 1669) – векторна физична величина, която се дефинира чрез произведението на масата на тялото и скоростта му

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

- Основна динамична характеристика на телата
- Единица за измерване

$$kg \cdot m / s$$

Втори принцип на Нютон (втора формулировка)

- **Втора формулировка** (**оригинална на Нютон**): Скоростта с която се изменя **импулса** на едно тяло (първата производна на импулса на тялото по времето), е равна на **резултантната сила** действаща върху него:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

- валидно и в случая на променлива маса!
- Получаване на първата формулировка от втората

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

Втори принцип на Нютон (трета формулировка)

- **Трета формулировка:** Изменението на **импулса на тялото** за интервал от време dt е равно на **импулса на силата** през същият интервал от време:

$$\vec{F} dt = d\vec{p}$$

- В случай когато силата е функция на времето през времето на удара може да се замени със **средна сила**

$$\vec{F}_{AV} \Delta t = \Delta \vec{p}$$

Трети принцип на Нютон



- **Първа формулировка:** Силите на взаимодействие между две тела са равни по големина, противоположни по посока и действуват в направление на правата, която ги съединява

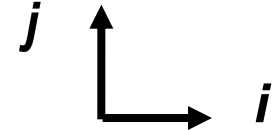
$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

- **Втора формулировка:** Всяко действие поражда равно по големина и противоположно по посока противодействие.
 - **Принцип за действието и противодействието**
 - Силите на действие и противодействие имат **една и съща природа!**



Приложение на принципите на механиката при решаване на задачи в равнината

- Известни са: маса на тялото m и резултантната сила F : търси се: ускорението a и закона за движението
- **Избираме инерциална отправна система**
- **Определяме *тялото*, което ще разглеждаме**
- **Изобразяваме всички сили действащи върху *тялото***
- **Записваме втория принцип на Нютон във *векторна форма*** 
- **Записваме втория принцип на Нютон в *скаларна форма***
 - Всички сили и ускорения разлагаме по компоненти
 - Решава се получената система от уравнения, за да се определят търсените величини 

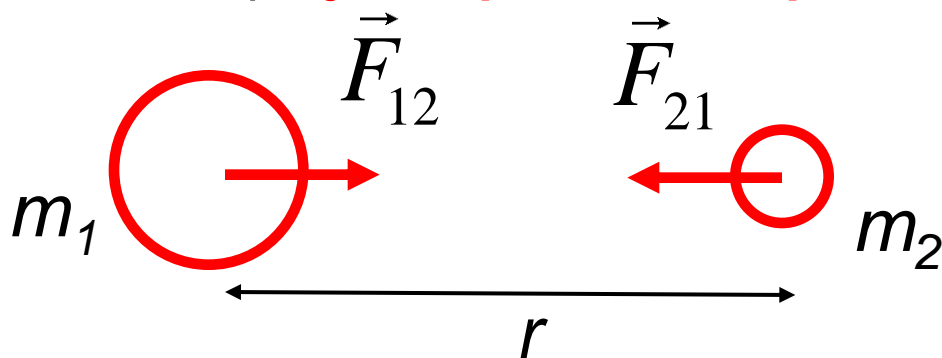


Закон на Нютон за гравитационното взаимодействие – **гравитационни сили**

- Между всеки две тела (материални точки) действуват сили на взаимно привличане (**гравитационни сили**), чиято големина е пропорционална на произведението от масите на телата и обратнопропорционална на квадрата на разстоянието между тях:

$$F = F_{12} = F_{21} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

където γ е **универсалната гравитационна константа**



$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Пример 1: Гравитационна сила

- Мъж с маса 80 kg стои на разстояние 2m от жена с маса 50 kg. Пресметнете големината на **гравитационната сила** между тях?

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} = \left(6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \right) \frac{(80kg)(50kg)}{(2m)^2} = 6,67 \cdot 10^{-8} N$$

Сила на тежестта

- **Сила на тежестта G** – **гравитационната сила** с която Земята действа върху тяло с маса m близо до земната повърхност, ако се пренебрегне денонощното въртене на Земята

$$G = m g$$

- Определяне на **земното ускорение g**
 - M е масата на Земята
 - R е радиуса на Земята

$$G = m g = \gamma \frac{M m}{R^2} \Rightarrow g = \gamma \frac{M}{R^2}$$

- Всички тела близо до земната повърхност се ускоряват с едно и също **земно ускорение g** , независимо от техните маси!


Пример 2: Пресмятане на земното ускорение

- Гравитационна константа
- Маса на Земята
- Радиус на Земята
- Земно ускорение

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

$$M = 5,98 \cdot 10^{24} kg$$

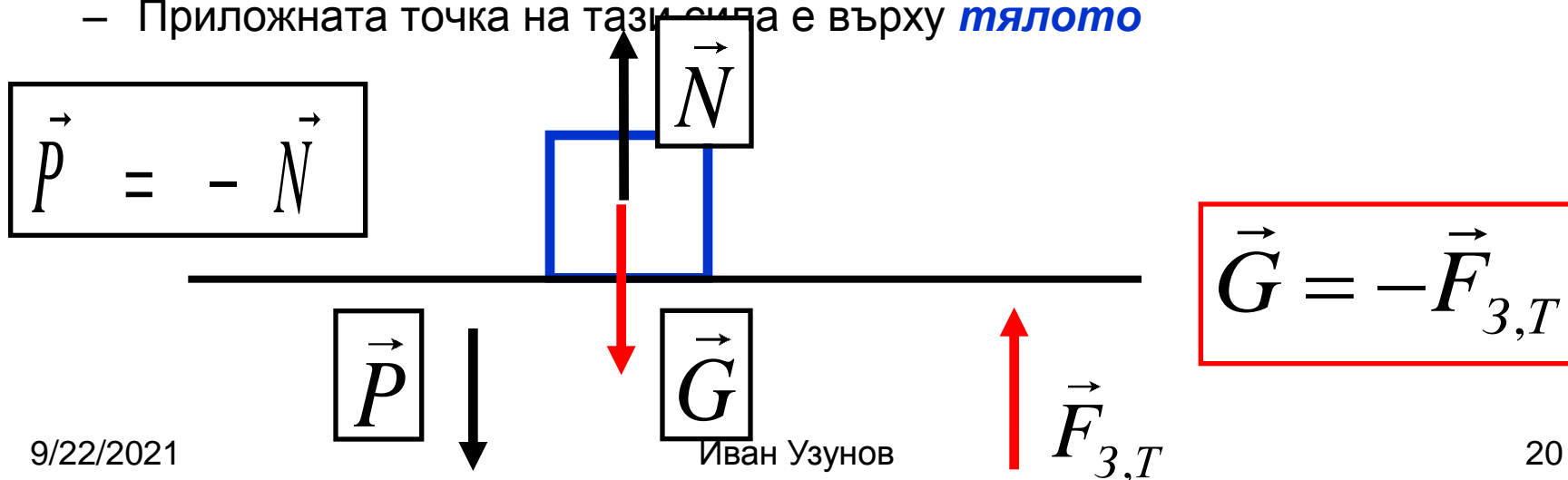
$$R = 6,37 \cdot 10^6 m$$


$$g = \gamma \frac{M}{R^2} =$$

$$= \left(6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \right) \frac{(5,98 \cdot 10^{24} kg)}{(6,37 \cdot 10^6 m)^2} \approx 9,8 \frac{m}{s^2}$$

Неподвижно тяло върху хоризонтална равнина: **сила на тежестта**, **тегло**, **реакция на опората** и сила с която тялото привлича Земята

- **Сила на тежестта** \vec{G}
- Сила с която тялото привлича Земята $\vec{F}_{3,T}$
- **Тегло** \vec{P} – сила на натиск, с която дадено тяло натиска върху опора, на която то е поставено
 - Приложната точка на тази сила е върху **опората**
- **Реакция на опората** \vec{N} силата на противодействие на опората срещу теглото (в съответствие с третият принцип на Нютон).
 - Приложната точка на тази сила е върху **тялото**



Сила на триене при покой – законы на Амонтон -Кулон

- Големината на **максималната сила на триене на покой** е пропорционална на големината на **реакцията на опората**

$$F_{S, MAX} = \mu_s N$$

където μ_s се нарича **“коефициент на статично триене”**

– **Коефициентът на статично триене** зависи от вида и състоянието на триещите се повърхности (Стойности: 0,3-1)

- Максималната сила на триене на покой** $F_{S, MAX}$ не зависи от площта на триещите се повърхности
- Ако увеличим приложената сила F , повече от величината $F_{S, MAX}$ тялото ще започне да се движи.

Сила на триене при хлъзгане – закони на Амонтон -Кулон

- Големината на **силата на триене при хлъзгане** е правопропорционална на големината на реакцията на опората

$$F_K = \mu_K N$$

където μ_K се нарича **“коефициент на кинетично триене”**

– **Коефициент на кинетично триене** не зависи от скоростта на движение

- Силата на триене при хлъзгане** не зависи от площта на триещите се повърхности
- Силата на триене при хлъзгане** е по-малка от **максималната сила на триене на покой**

Сила на триене и приложена сила

- Имаме $\mu_s > \mu_k$. Често двата коефициента са близки поради това се говори за един коефициент на триене.

$$F_{s, MAX} = \mu_s N$$

Сила на триене

*Сила на триене
при покой*

$$F_s = F$$

μ_s

коефициент на статично триене

μ_k

коефициент на кинетично триене

Приложена сила

*Сила на триене
при хлъзгане*

$$F_k = \mu_k N$$

Движение на тяло по окръжност – центростремителна сила

- При движение по окръжност има **нормално ускорение**

$$a_n = v^2 / R$$

- Центростремителна сила** създава **нормално ускорение**:

$$F = m a_n = m v^2 / R$$

- насочена към центъра на окръжността и е перпендикулярна на скоростта
- изменя посоката на скоростта, но не и нейната големина
- Примери
 - Пресмятане на първата космическа скорост – необходимата скорост за превръщане на едно тяло в спътник на Земята
 - Получаване на третия закон на Кеплер