

Глава 4. Силы в механике. Основная задача динамики.

Фундаментальные

вз-е ;

грав.

Сильное

слабое

$$\frac{H}{kg^2} m^2 =$$

$$\frac{H \cdot m}{c^2 kg^2} =$$

$$= \frac{m^3}{kg \cdot c^2}$$

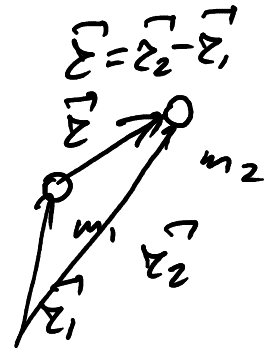
4.1. Сила грав. притяжения

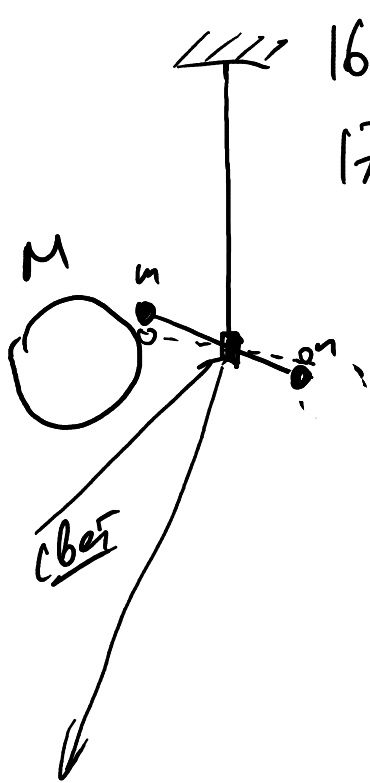
Закон всемирного тяготения :

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot c^2}$$

$$\vec{F} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{r}$$

⊗ Сила действ. на 1^ю тело





1666г. Ньютон. из анализа закон Кеплера.

1798г. Кавендиш. — кругильные весы — прямая кривая.

② m_1, m_2 — рав. масса.

Формально рав. масса и инерт. масса — разные понятия

НО из опыта: $m_{\text{рав}} = k \cdot m_{\text{ин}}$.

\Rightarrow в-д-т-м k можно добиться $k = 1$

4.2. Сила Кулона

(эл. стат. сила)

1785г. Шарль Кулон

(крутильные весы)

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{м}}{\text{Ф}}$$

⊗ СИ.

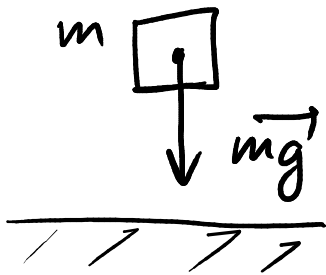
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

⊗ СИ $\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$

q_1, q_2 - точечные заряды,

4.3 Сила тяжести и вес

следствие зас. всем. тел.



Точка приложения: к центру масс тела

Направление: к центру Земли

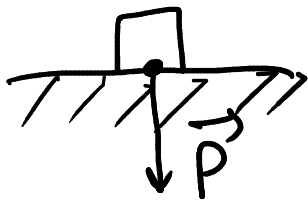
$$\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}';$$

$$g = \gamma \frac{M_3}{R_3^2} \quad \underline{h=0}$$

Вес — сила, с кот. тело действует на опору

$$\vec{g} = \frac{M}{r^3} \vec{r}$$

направ-е в
прав. радиуса



Точка приложения: к опоре

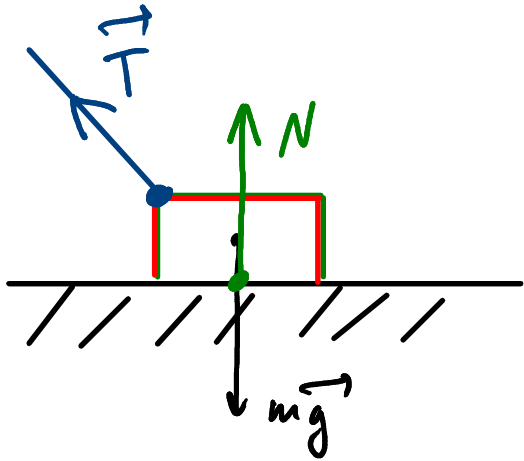
Точка контакта тела и опоры

Напр. ⊥ пов-сти контакта.

4.4. Сила реакции

Возникают при контакте тела с др-телами.

- 2 вида:
- 1) Сила реакции опоры, \vec{N} .
 - 2) Сила натяжения нити, \vec{T} .



Точка приложения — точка
контакта тела с опорой / нитью

Направление: $\vec{N} \perp$ поверхности
опоры

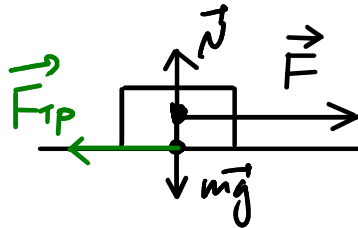
$\vec{T} \parallel$ нити

Обычно их определяют из 2^{го} 3^х.

4.5. Силы трения

Силы трения

скольжение



μ - коэффициент трения
 фактор пов-сти
 и т.д

приложена к точке контакта тела и опоры
 напр против движения

$$F_{тр} = \mu \cdot N$$

$$\vec{F}_{тр} = -\mu N \cdot \frac{\vec{v}}{v}$$

покал

уравновешивает равнодействующую прочих сил, действующих на тело.

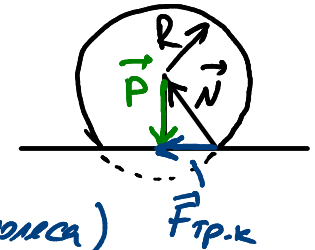
$$\vec{F}_{тр.покал} = -\sum \vec{F}_i \text{ результи.}$$

$$\exists (F_{т.п})_{\max}, \text{ т.д.}$$

$$(F_{т.п})_{\max} = \mu \cdot N$$

μ - коэффициент трения скольжения
 N - сила реакции опоры

качение



возникает вследствие деформации колеса (кокса)

напр против движения
 приложена к точке контакта

$$F_{тр.к} = \frac{f}{R} \cdot P$$

f - коэффициент трения
 R - радиус колеса
 P - прижим. сила

$$F_{рез} > F_{тр.п}^{\max} \Rightarrow \text{тело движется}$$

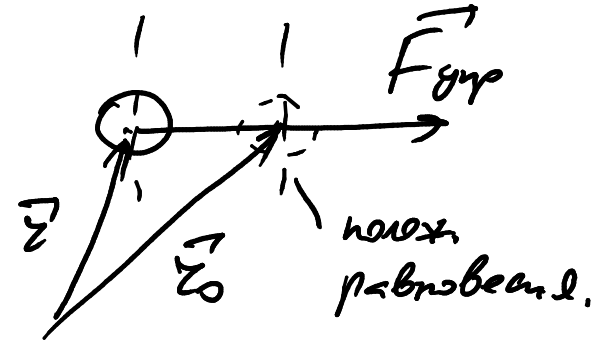
$$F_{рез} < F_{тр.п}^{\max} \Rightarrow \text{тело покоится}$$

4.6. Сила упругости

$$\boxed{\vec{F}_{\text{уп}} = -k \Delta \vec{z}}, \quad \text{где}$$

$$\Delta \vec{z} = \vec{z} - \vec{z}_0$$

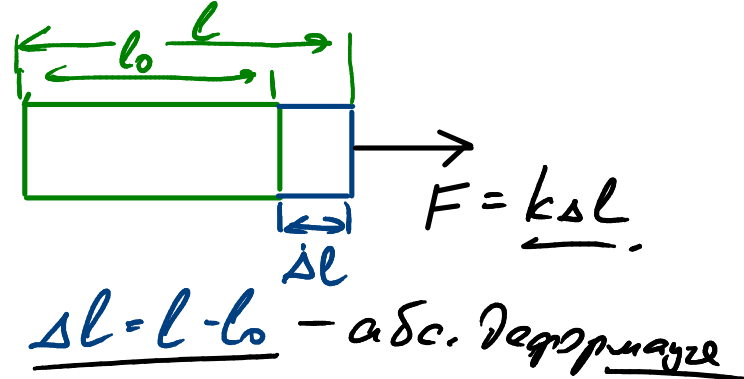
Тек. напр. м.т.
полож. равновесия



k - коэффициент упругости.

Закон Гука: $F = k \Delta l$

Сила упруг. деформации
коэффициент жесткости



k зависит от материала, геометрии.

$$\sigma = \left(\frac{F}{S} \right) = \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right) \left(\frac{k l_0}{S} \right) = E \cdot \epsilon$$

$$\boxed{\sigma = E \cdot \epsilon}$$

Зак. Гука для стн. тел.

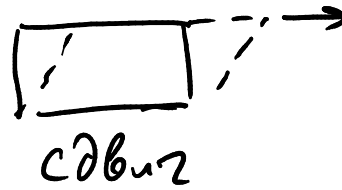
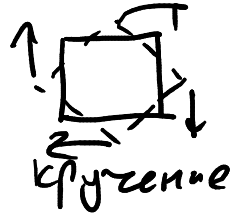
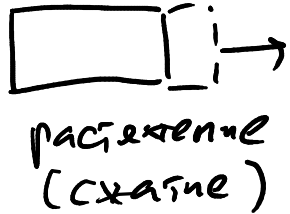
σ - механич. напряжение

E - модуль Юнга

ϵ - отн. деформация.

$$\sigma = F/S; \quad \epsilon = \frac{l-l_0}{l_0};$$

E - одна св-ва материала.



$$\sigma_{ij} = \sum_{k,l} C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

$i, j, k, l = \underline{1, 2, 3}$

4.7. Сила сопротивления

Действует на тело при поступательном движении в среде.

$$\vec{F}_{\text{сопр}} = -\nu \vec{v}$$

В общ. случае $\nu = \nu(\nu)$,
но часто можно считать

Напр. против скорости

ν - коэфф сопротивления, зависит

от среды, от формы и размеров
тела

в сист. (для малых ν)

4.8. Основная задача динамики

Сводится к решению **основного ур-я динамики** $\vec{F} = m\vec{a}$
(2^й ЗН) — динамическое ур-вие.

Возможны 2 постановки задачи:

1) Исходя из известной зависимости $\vec{z} = \vec{z}(t)$ (кинем. ур-вие), массы m . Нужно получить **силу, действующую на m .**

Задача сводится к **обратному расчету** и обычно не представляет сложности.

2) Найти кинематические др.-двиг. м.т., если известна масса м.т. m , все силы, действ. на м.т. и нач. усл. — $\vec{\Sigma}_0, \vec{v}_0$ — в нач. мом. бр.

4.9. Стандартный алгоритм решения ост. задачи динамики.

1) Сделать чертеж. Расставить все силы.

2) Выбор СО.

3) Запись 2^{го} ЗИ. (в векторной форме)

в проекции на все оси, включая выражение для сил.

4) Запись 3^{го} ЗИ и кинематич. связей; | 5) Решение СУ.

