http://vk.com/ege100ballov

II. Динамика

1. Второй закон Ньютона

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots$$

В инерциальных системах отсчета (ИСО)

m — масса материальной точки,

$\vec{a}$ — ускорение этой материальной точки,

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots = \vec{F}_{равн}$ — сумма всех сил, действующих на эту материальную точку (*равнодействующая сила*).

ИСО — системы отсчета, относительно которых любая материальная точка, свободная от действия сил, не имеет ускорения.

Инерциальной может приближенно считаться:

- Система отсчета, связанная с поверхностью Земли (если не требуется учитывать вращение Земли и силы притяжения к Солнцу и планетам)
- Система отсчета, с центром в центре Земли, оси которой направлены на звезды (если надо учесть вращение Земли вокруг своей оси, но вращение вокруг Солнца и притяжение к Солнцу и планетам можно не учитывать).
- Система отсчета, с центром в центре Солнца, оси которой направлены на звезды (если можно не учитывать вращение солнечной системы вокруг ядра галактики и притяжение к другим звездам).

2. Теорема о движении центра масс

$$M_{сист}\vec{a}_{ц.м.} = \vec{F}_1^{внеш} + \vec{F}_2^{внеш} + \vec{F}_3^{внеш} + \ldots$$

в ИСО

Внешние силы — силы, действующие на тела, входящие в систему, со стороны тел, не входящих в эту систему.

$M_{сист}$ — масса системы материальных точек (масса тела или системы тел),

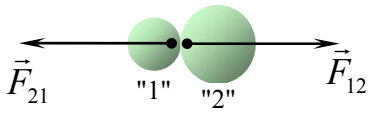
$\vec{a}_{ц.м.}$ — ускорение центра масс этой системы,

$\vec{F}_1^{внеш} + \vec{F}_2^{внеш} + \ldots$ — сумма внешних сил, действующих на эту систему.

3. Третий закон Ньютона

Если одно тело (1) действует на другое тело (2) силой ($\vec{F}_{12}$), то второе тело (2) обязательно действует на первое (1) такой силой $\vec{F}_{21}$, что →

- $F_{21} = F_{12}$
- $\vec{F}_{21} \uparrow\downarrow \vec{F}_{12}$
- $\vec{F}_{21}$ и $\vec{F}_{12}$ — лежат на одной прямой
- $\vec{F}_{21}$ и $\vec{F}_{12}$ — имеют одну природу: например, если $\vec{F}_{12}$ - сила трения, то $\vec{F}_{21}$ тоже сила трения.



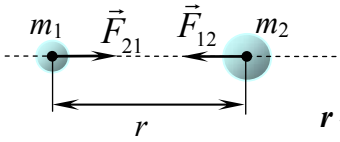
$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

4. Силы, которые могут действовать на тело, можно разделить на две группы:

- Силы, действующие на тело со стороны тел, соприкасающихся с ним (действие через контакт).
- Силы, действующие на тело со стороны тел, не соприкасающихся с ним (действие через силовые поля: гравитационное, электрическое или магнитное) — гравитационная, электрическая или магнитная сила.

5. Гравитационная сила

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



$F_{21} = F_{12} = F_{грав}$ — сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками или однородными шарами (сферами), массы которых m_1 и m_2 .

т. е. телами, размеры которых пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между ними.

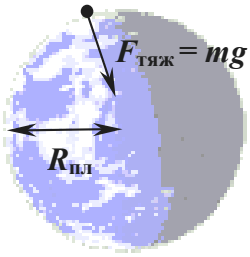
r — расстояние между этими материальными точками, или *центрами* шаров (сфер).

γ — гравитационная постоянная $\gamma \approx 6{,}67\cdot10^{-11}$ Н·м^2/кг^2 — измеряется в специальных экспериментах, очень важная величина (фундаментальная константа)

$$F_{тяж} \approx F_{гравнаповерхн.} = \gamma\frac{M_{пл}}{R_{пл}^2}\cdot m = gm$$

g - ускорение свободного падения на поверхности планеты →

$$g = \gamma\frac{M_{пл}}{R_{пл}^2}$$



Первая космическая скорость — скорость спутника, который вращается вокруг планеты по круговой орбите минимального возможного радиуса $r \approx R_{пл}$

Для такого спутника по II закону Ньютона: $ma = F_{тяж}$

Ускорение спутника — центростремительное ускорение (т. к. он равномерно движется по окружности) $a = a_ц = \upsilon^2/r$, сила тяжести $F_{тяж} = mg$.

Учитывая, что $r \approx R_{пл}$, получим:

$$m\frac{\upsilon^2}{R_{пл}} = mg \Rightarrow \upsilon_I = \sqrt{gR_{пл}}$$

Вес тела — сила, с которой это тело, благодаря наличию у него массы, давит на подставку, на которой лежит, или действует на подвес, на котором висит.

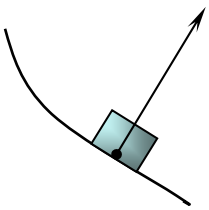
Перегрузка — превышение весом величины mg. Возникает в ракетах, лифтах и пр. при движении с ускорением, направленным вверх.

Невесомость — состояние, в котором вес равен нулю (т. е. тело не давит на подставку). Невесомость может возникать не только при отсутствии гравитационной силы, но и в лифтах, самолетах, космических кораблях и пр., движущихся с $\vec{a} = \vec{g}$.

http://vk.com/ogo100ballov

6. Силы, действующие через контакт (со стороны прикасающихся тел)

6.1. Если к телу прикасается **твердая поверхность**, то со стороны этой поверхности на тело могут действовать две силы:

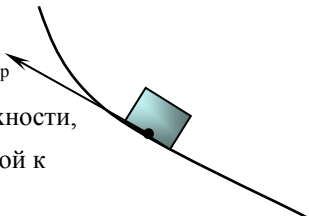


$\vec{N}$ - **сила нормальной реакции**

$\vec{N}$ - направлена всегда перпендикулярно к поверхности, со стороны которой она действует.

Эта сила мешает телу "пройти сквозь поверхность" (т. е. ограничивает область возможного движения тела).
По своей природе она является силой упругости.
Сила нормальной реакции действует всегда, когда между телом и поверхностью есть контакт.

Сила трения - $\vec{F}_{тр}$



$\vec{F}_{тр}$ - направлена всегда параллельно поверхности, со стороны которой действует (по касательной к поверхности, если поверхность не плоская).

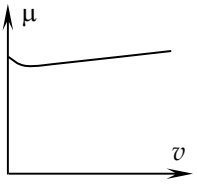
Эта сила мешает телу скользить по поверхности (иногда делает скольжение совсем невозможным).
По своей природе она является результатом взаимного притяжения молекул тела и поверхности, а также зацепления микронеровностей тела и поверхности.

Сила трения может отсутствовать: $\boldsymbol{F_{тр} = 0}$, если
1. В задаче указано, что "поверхность гладкая".
2. Тело "не стремится скользить", т. е. оно не скользило бы по поверхности даже, если бы поверхность вдруг стала абсолютно гладкой и скользкой.

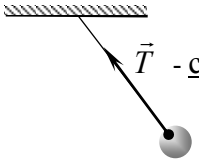
$F_{тр} = \mu N$ — *Если происходит скольжение*

$F_{тр} \le \mu N$ — *Если нет скольжения*

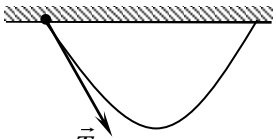
μ - **коэффициент трения** между телом и поверхностью. Он зависит от материала, степени шероховатости тела и поверхности, а также от скорости тела относительно поверхности v. (см. график)



6.2. Если к телу прикреплена **нерастяжимая натянутая нить** (трос, веревка и т. п.), то со стороны этой нити на тело действует **сила реакции нити** (сила натяжения нити)



$\vec{T}$ - сила реакции нити - направлена всегда по нити (или по касательной к нити, если нить не прямолинейна).



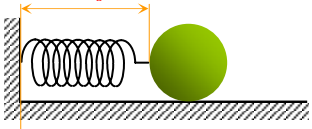
$\vec{T}$ - сила, действующая на потолок со стороны веревки, прикрепленной к нему.

Если мысленно разделить нить на две части, то сила реакции будет действовать со стороны одной части нити на другую часть этой нити. (В этом случае чаще употребляют название "сила натяжения нити".)

Деформация считается упругой, если после прекращения действия деформирующих сил тело возвращается к начальной форме

6.3. Если к телу прикасается **упруго деформированное тело** (пружина, упругий стержень, резиновый шнур и т. п.), то со стороны упруго деформированного тела действует **сила упругости** ($\vec{F}_{упр}$) на тела, мешающие ему вернуться в недеформированное состояние. (Если мысленно рассечь деформированное тело на части, то со стороны одной части на другую тоже может действовать сила упругости.)

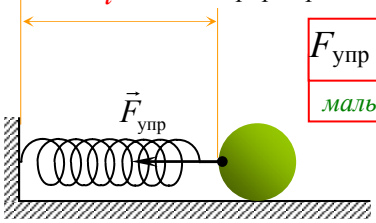
l_0 - *длина недеформированной (свободной) пружины*



$\Delta l = l - l_0$ - удлинение пружины

k - коэффициент жесткости пружины

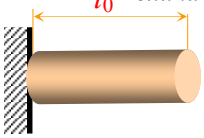
l - *длина деформированной пружины*



$F_{упр} = k \cdot |\Delta l|$ — *При малых упругих деформациях*

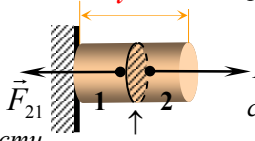
сила упругости, действующая со стороны части "2" на часть "1".

l_0 - *длина недеформированного стержня*



$\varepsilon = \dfrac{|\Delta l|}{l_0} = \dfrac{|l - l_0|}{l_0}$ - относительное удлинение стержня

l - *длина деформированного стержня*



$\vec{F}_{12}$ - *сила упругости, действующая со стороны части "1" на часть "2".*

S - *площадь поперечного сечения стержня* ($S \perp \vec{F}_{упр}$)

$\sigma = \dfrac{F_{упр}}{S}$ - механическое напряжение, возникающее в стержне

Из закона Гука:

$$\frac{F_{упр}}{S} = E\frac{|\Delta l|}{l_0} \Rightarrow F_{упр} = \frac{ES}{l_0}|\Delta l|$$

Значит, для упругого стержня $F_{упр} = k \cdot |\Delta l|$,
где $k = ES/l_0$ - коэффициент жесткости упругого стержня.

Закон Гука: $\sigma = E \cdot \varepsilon$ — *При малых упругих деформациях*

E - модуль упругости (модуль Юнга) материала стержня.