

# Силы в механике



---

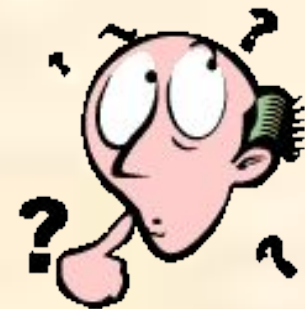
Для изучения  
темы в курсе 10  
класса

---



# Виды сил в природе

---



- **Сила** - количественная мера действия одного тела (или поля) на другое, вызывающее ускорение.
- *Типы сил или взаимодействий:*
- гравитационные;
- электромагнитные;
- сильные и слабые.

# Фундаментальные взаимодействия

- 
- **Фундаментальные взаимодействия** – взаимодействия, которые не могут быть сведены к другим, более простым видам взаимодействия.
  - **Гравитационное взаимодействие** присуще всем частицам. Оно определяет процесс образования и структуру Вселенной.
  - **Электромагнитное взаимодействие** связывает между собой только заряженные частицы. Оно объединяет атомы и молекулы в веществе.
  - **Сильное взаимодействие** определяет связи только между адронами. Оно обуславливает связь протонов и нейтронов в атомном ядре.
  - **Слабое взаимодействие** ответственно за взаимодействие всех частиц, кроме фотона. Оно определяет реакции термоядерного синтеза на Солнце.

Законы фундаментальных сил просты и  
выражаются точными формулами.

Например, формула *гравитационной силы*  
*взаимодействия* двух *материальных точек*,  
имеющих массы  $m_1$  и  $m_2$  :

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

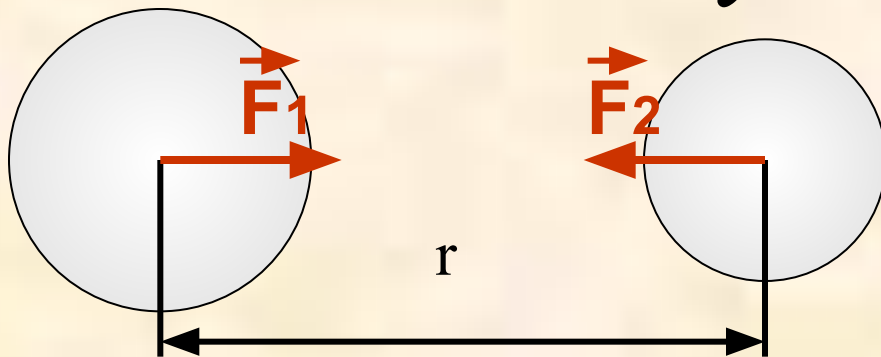
где  $r$  – расстояние между точками,  
 $G$  – гравитационная постоянная.



# Закон Всемирного тяготения

Исаак Ньютон

- Любые два тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.



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

# Закон всемирного тяготения

---

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

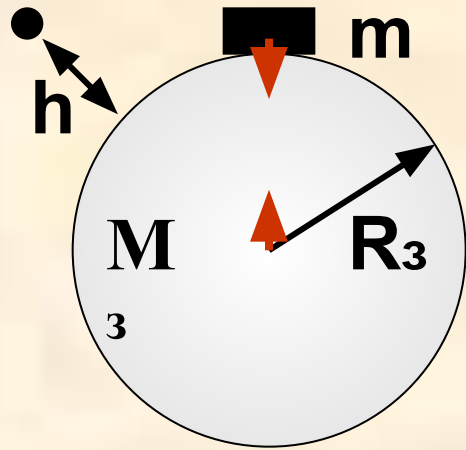
**Гравитационная постоянная** – величина, численно равная силе взаимодействия двух тел массами по 1 кг, находящихся на расстоянии 1 м друг от друга.

$$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$$

**1798 г. Генри Кавендиш**

# Сила тяжести

- **Сила тяжести** – сила, с которой все тела притягиваются к Земле.



$$g = 9,8 \frac{M}{c^2}$$

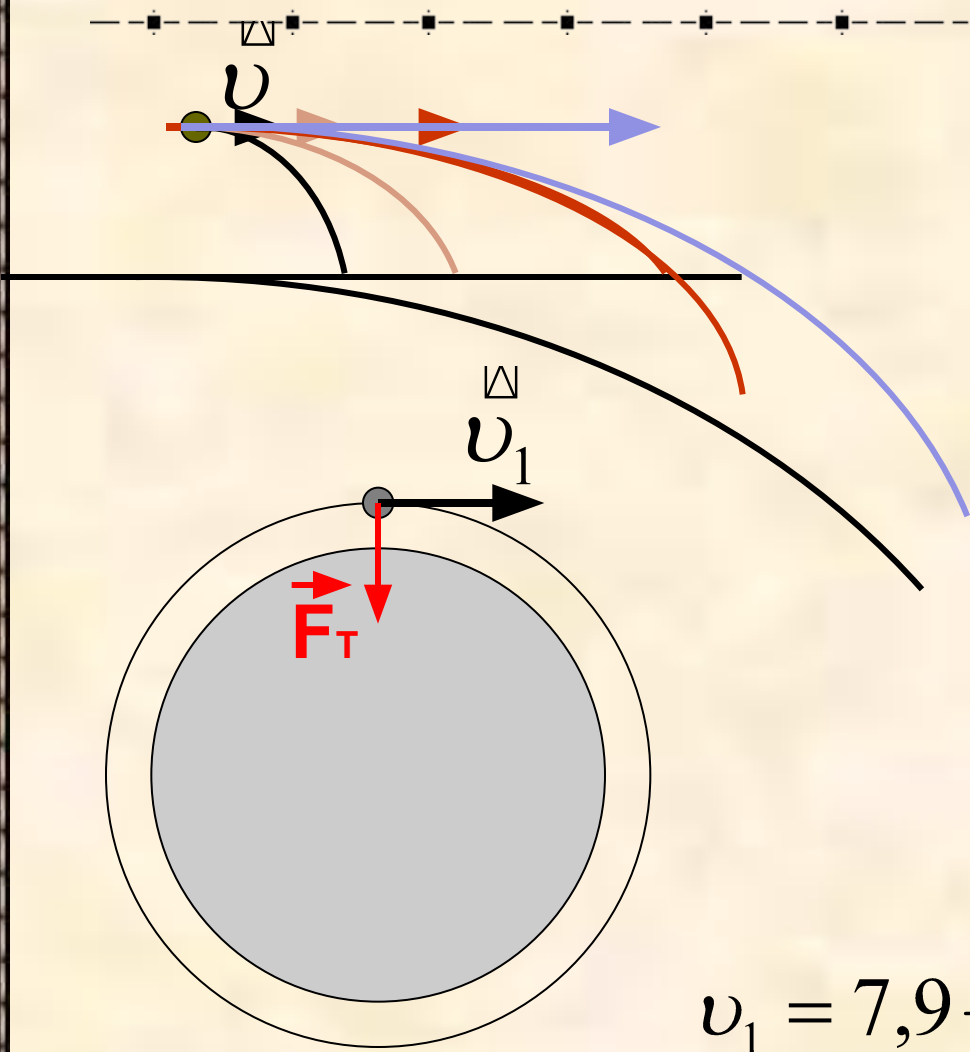
$$F_T = G \frac{M_3 m}{R_3^2}$$

$$F_T = mg$$

$$g = G \frac{M_3}{R_3^2}$$

$$g' = G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}$$

# Первая космическая скорость



$$F_T = G \frac{M_3 m}{R_3^2}$$

$$F_T = ma_y = m \frac{v_1^2}{R_3}$$

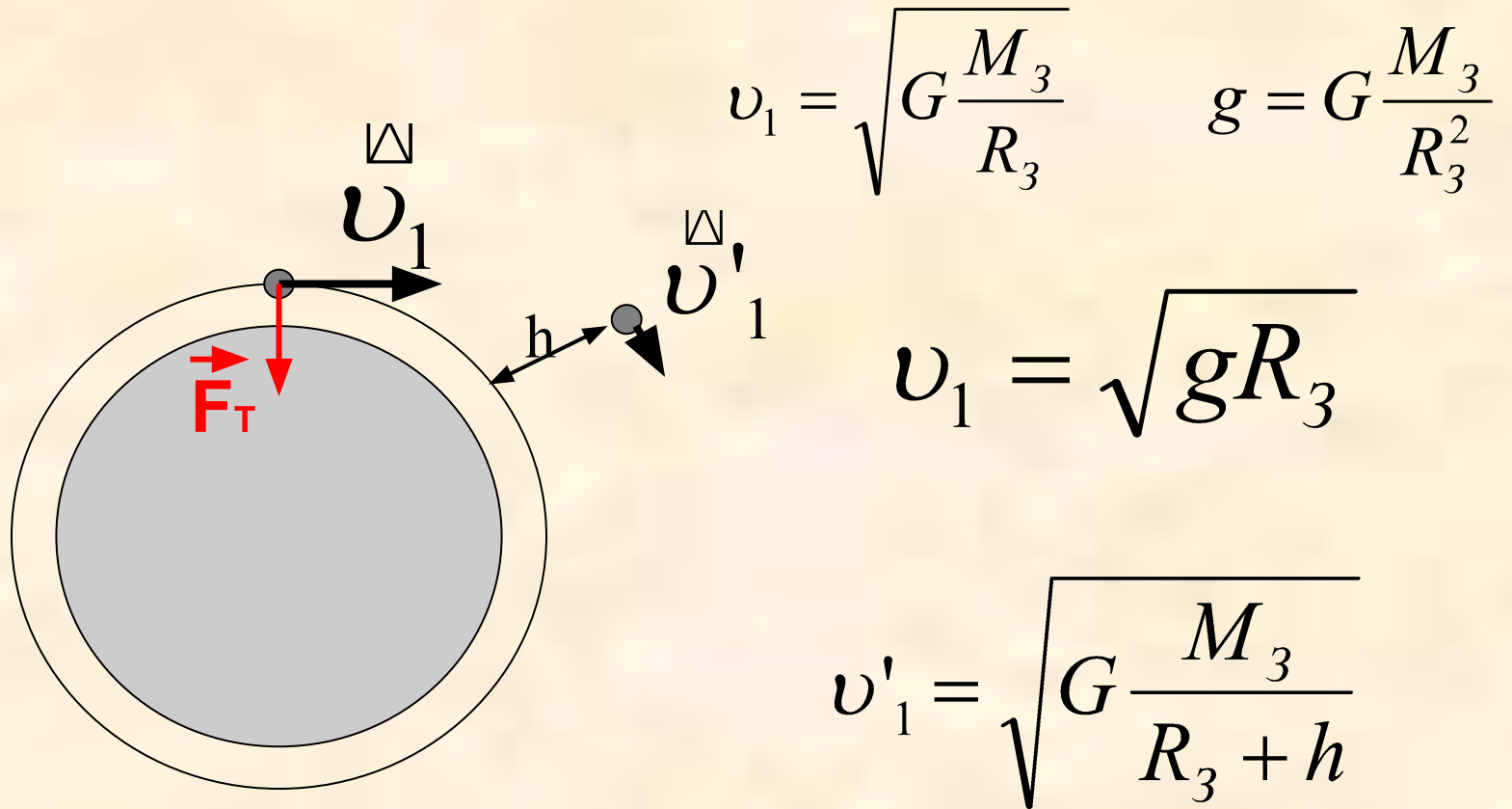
$$m \frac{v_1^2}{R_3} = G \frac{M_3 m}{R_3^2}$$

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}$$

$$v_1 = 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$



# Первая космическая скорость



# Космические скорости



$$v_1 = 7,9 \frac{\text{KM}}{\text{c}}$$

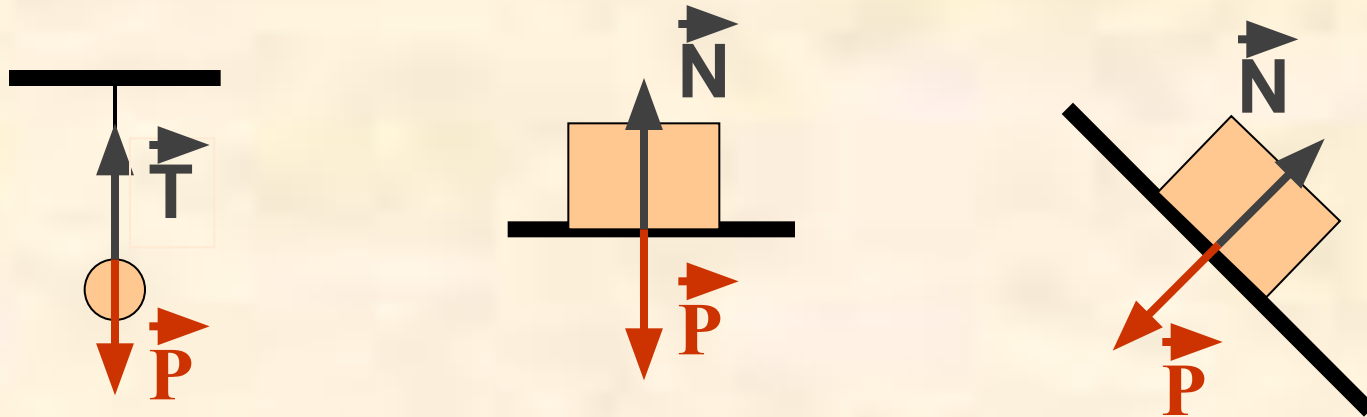
$$v_2 = \sqrt{2G \frac{M_3}{R_3}}$$

$$v_2 = 11,2 \frac{\text{KM}}{\text{c}}$$

# Вес тела

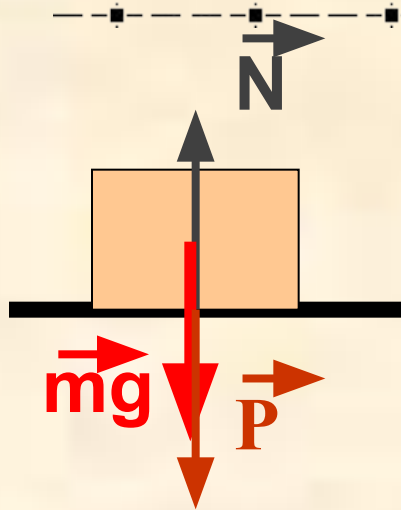
- **Вес тела** – это сила, с которой тело действует на опору или подвес.

$$[P] = H$$



- **Сила натяжения** ( $T$ ) - сила упругости, действующая на тело со стороны нити или пружины.

# Вес тела



$$a = 0$$

$$0 = mg + N$$

2 закон Ньютона

$$P = -N$$

3 закон Ньютона

$$P = mg$$

- **Сила нормальной реакции опоры ( $N$ )** - сила упругости, действующая на тело со стороны опоры перпендикулярно ее поверхности.

# Сила тяжести и вес тела

---

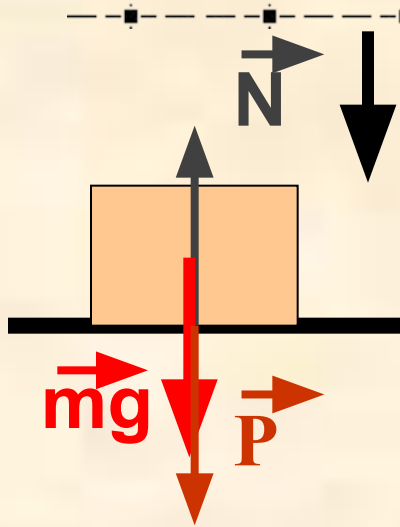
*Вес и сила тяжести равны друг другу, но приложены к разным точкам: вес к подвесу или опоре, сила тяжести – к самому телу.* Это равенство справедливо, если подвес (опора) и тело покоятся относительно Земли (или движатся равномерно и прямолинейно).



# Вес тела

$$\boxed{a \neq 0}$$

$$\boxed{a} \quad \boxed{g}$$



$$ma = mg + N$$

2 закон Ньютона

$$ma = mg - N; N = m(g - a)$$

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

3 закон Ньютона

$$P = m(g - a)$$

если  $a = g$ , то  $P = 0$

- **Невесомость** - состояние, при котором тело движется только под действием силы тяжести.

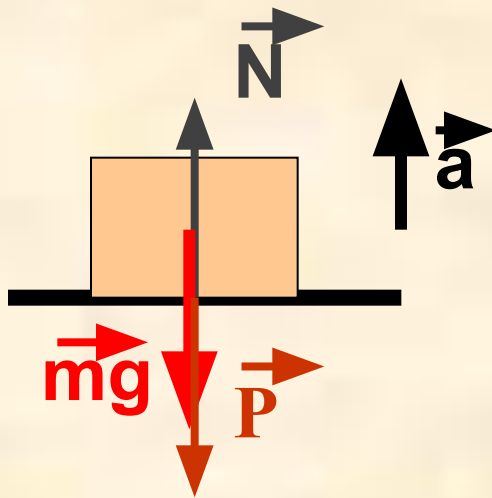
Пример: космический корабль на орбите.

# Вес тела

$$\overset{\boxtimes}{a} \neq 0 \quad \overset{\boxtimes}{a} \uparrow \downarrow \overset{\boxtimes}{g}$$

$$\overset{\boxtimes}{ma} = \overset{\boxtimes}{mg} + \overset{\boxtimes}{N}$$

2 закон Ньютона



$$ma = N - mg$$

$$N = m(g + a)$$

$$\overset{\boxtimes}{P} = -\overset{\boxtimes}{N}$$

3 закон Ньютона

$$P = m(g + a)$$

• **Перегрузка** – явление увеличения веса тела.

$$k = \frac{m(g + a)}{mg} = \frac{g + a}{g} \quad - \text{коэффициент перегрузки}$$

# Д.З.

---

П.27-29, 31, 33 прочитать,  
стр.95, 101, 106 ЕГЭ, стр.99, С2, 104 С1,  
конспект урока сдают сегодня до 20-00

Абрамов А., Бака М., Бурцев В., Ваймер К. Гвоздев А.,  
Мезенцев И., Федорова А., Чегренец Н., Шарипов Э.,  
Самулин М., Гурчинский А.

# Упругие силы

*Электромагнитные силы* проявляют себя как *упругие силы и силы трения*.

Под действием внешних сил возникают **деформации** (т.е. изменение формы и размера твердого тела под действием внешних сил) тел. Если после прекращения действия внешних сил восстанавливаются прежние форма и размеры тела, то это упругая деформация.

- **Упругая деформация** – деформация, исчезающая после прекращения действия внешней силы (резина, сталь, человеческое тело, кости и сухожилия).



# Упругие силы

- **Сила упругости** - сила, возникающая при деформации тела и восстанавливающая первоначальные размеры и форму тела при прекращении внешнего воздействия.
- **Предел упругости** – максимальное напряжение в материале, при котором деформация еще является упругой.
- **Предел прочности** – максимальное напряжение, возникающее в теле до его разрушения.



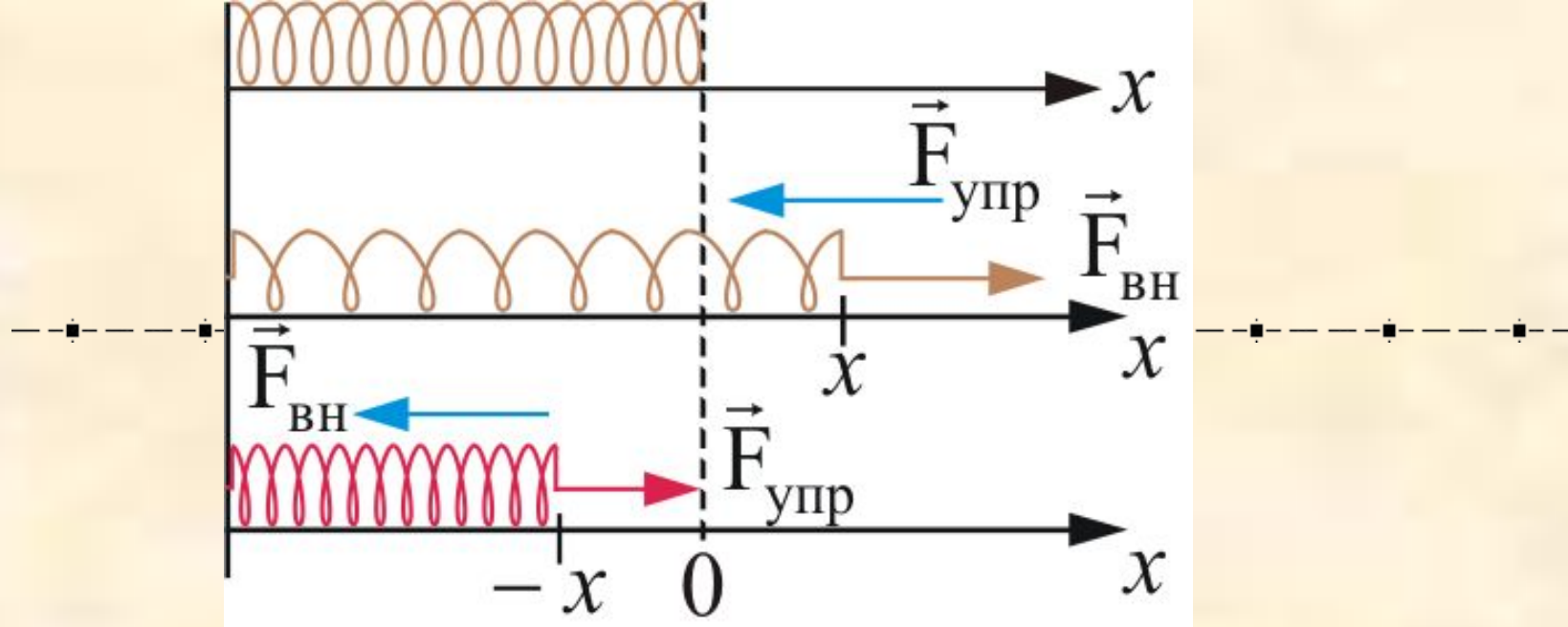
# Упругие силы

При превышении предела упругости деформация становится **пластической или неупругой**, т.е. первоначальные размеры и форма тела полностью не восстанавливаются.

• **Пластическая деформация** – деформация, сохраняющаяся после прекращения действия внешней силы (свинец, алюминий, воск, пластилин, замазка, жевательная резинка).

Рассмотрим упругие деформации.

В деформированном теле возникают упругие силы, уравновешивающие внешние силы. Под действием **внешней силы** –  $F_{\text{вн}}$  пружина получает **удлинение**  $x$ , в результате в ней возникает **упругая сила** –  $F_{\text{упр}}$ , **уравновешивающая**  $F_{\text{вн}}$ .



*Удлинение пружины пропорционально внешней силе и определяется законом Гука:*

$$x = \frac{1}{k} F_{\text{вн.}}$$

$k$  – жесткость пружины. Видно, что чем больше  $k$ , тем меньшее удлинение получит пружина под действием данной силы.

Так как  $F_{\text{упр.}} = -F_{\text{вн.}}$

---

ТО **закон Гука** МОЖНО записать в виде:

$$x = -\frac{1}{k} F_{\text{упр.}}$$

отсюда

$$F_{\text{упр.}} = -kx.$$

- **При упругой деформации модуль силы упругости прямо пропорционален изменению длины тела.**



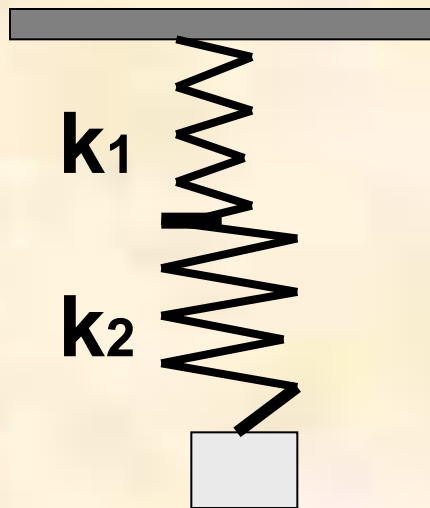
**Гук Роберт (1635 – 1703)**  
*знаменитый английский физик,  
сделавший множество  
изобретений и открытий в  
области механики,  
термодинамики, оптики.*

Его работы относятся к теплоте, упругости, оптике, небесной механике. Установил постоянные точки термометра – точку таяния льда, точку кипения воды. Усовершенствовал микроскоп, что позволило ему осуществить ряд микроскопических исследований, в частности наблюдать тонкие слои в световых пучках, изучать строение растений. Положил начало физической оптике.

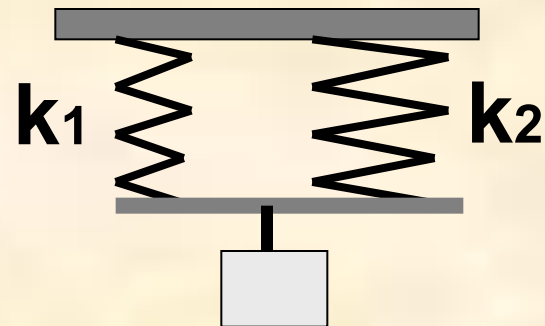


# Закон Гука

$$F_{\text{упр}} = -kx$$
$$F = -F_{\text{упр}}$$



$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$



$$k = k_1 + k_2$$





# Сила трения

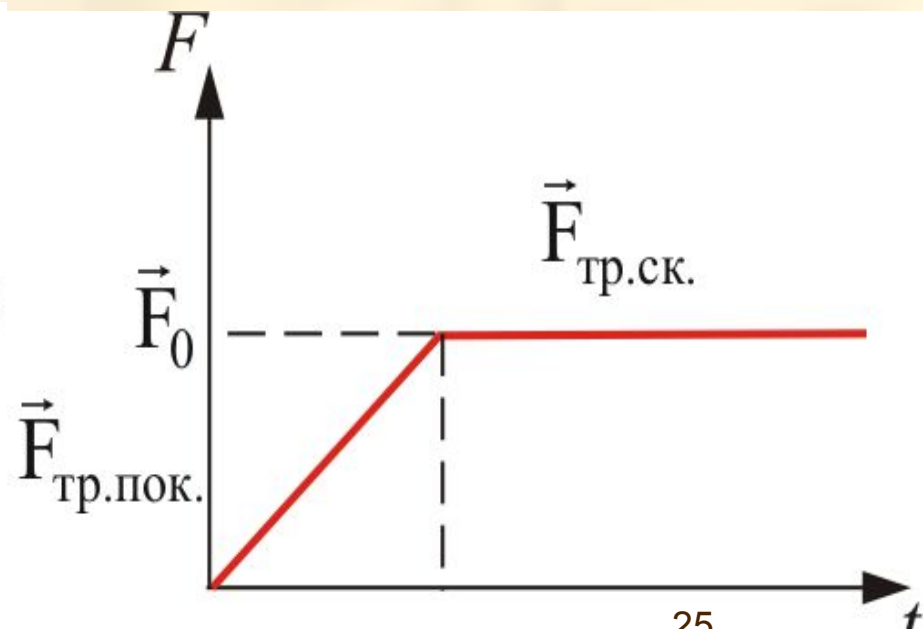
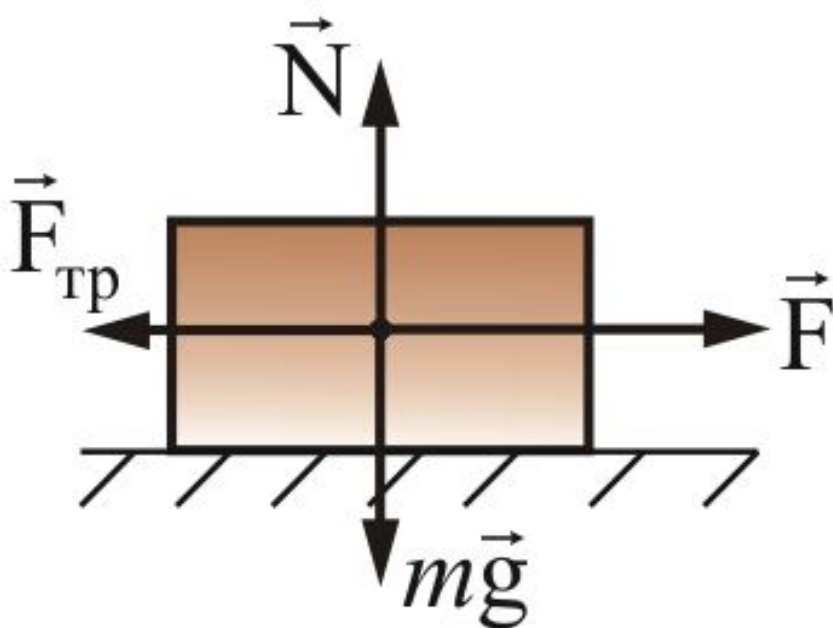
- **Сила трения** - сила, возникающая при соприкосновении поверхностей тел, препятствующая их относительному перемещению, направленная вдоль поверхности соприкосновения (сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого или при попытке сдвинуть тело с места, приложенная к движущемуся телу и направленная против движения).

Различают *сухое* и *жидкое* (или *вязкое*) *трение*.

- **Жидким** (вязким) называется трение между твёрдым телом и жидкой или газообразной средой или ее слоями.

**Сухое трение**, в свою очередь, подразделяется на *трение скольжения и трение качения*.

*Рассмотрим законы сухого трения.*



# Силы трения



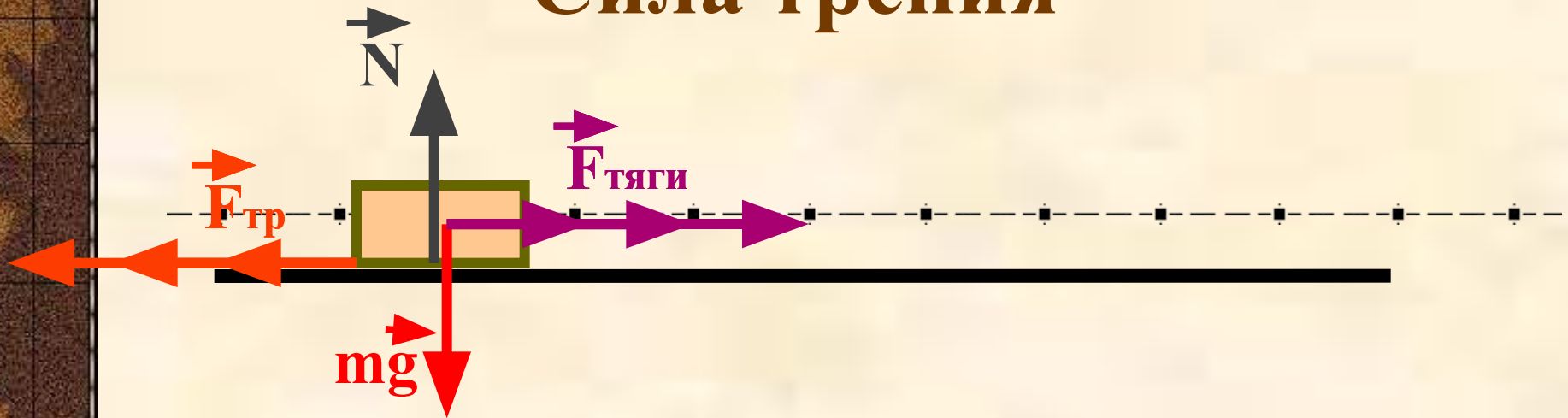
-----

Подействуем на тело внешней силой, постепенно увеличивая ее модуль. Вначале брусок будет оставаться неподвижным, значит, внешняя сила  $\vec{F}$  уравнивается некоторой силой  $F_{тр.}$

• В этом случае  $F_{тр.}$  - **сила трения покоя** - сила трения, препятствующая возникновению движения одного тела по поверхности другого.

Когда модуль внешней силы, а, следовательно, и модуль силы трения покоя превысит значение  $F_0$ , тело начнет скользить по опоре, *трение покоя  $F_{тр.пок.}$  сменится трением скольжения  $F_{тр.ск.}$*

# Сила трения



- Силу трения, действующую между двумя телами, неподвижными относительно друг друга называют **силой трения покоя**.
- Наибольшее значение силы трения, при котором скольжение еще не наступает, называется **максимальной силой трения покоя**.

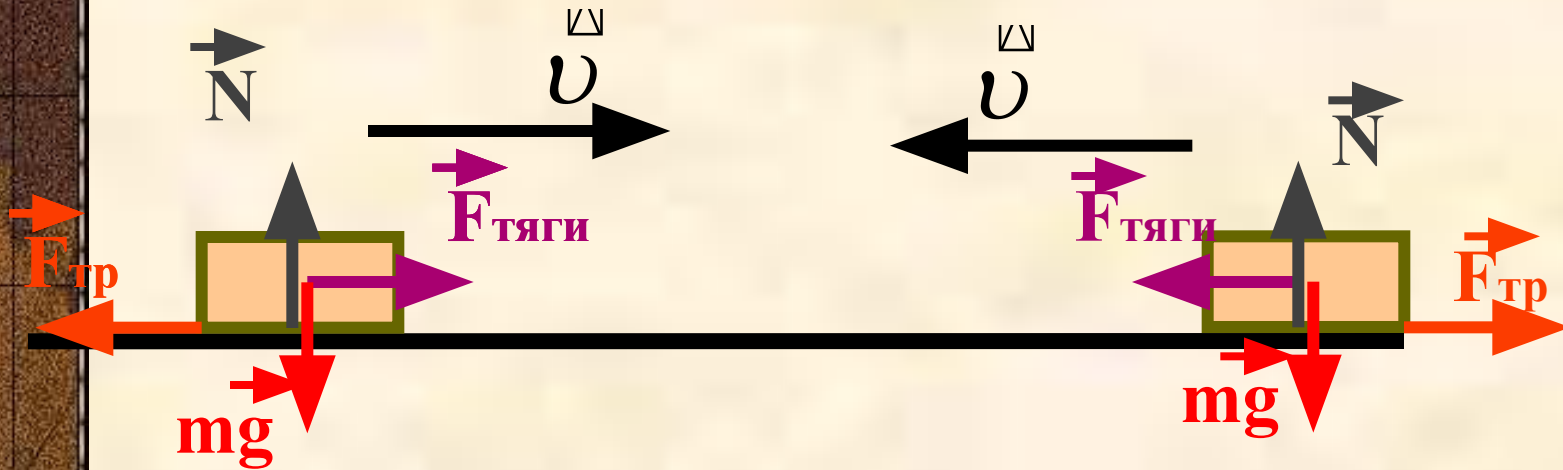
$$F_{тр.п.маx} = \mu N$$

Сила трения не зависит от площади соприкосновения тел и **пропорциональна силе нормальной реакции опоры N**.



# Сила трения

- **Сила трения скольжения** всегда направлена противоположно направлению относительной скорости соприкасающихся тел.



$$F_{\text{тр}} \approx F_{\text{тр.п.мах}} = \mu N$$

$\mu$  – коэффициент трения – зависит от природы и состояния трущихся поверхностей.



# Сила трения



- *Трение качения* возникает между шарообразным телом и поверхностью, по которой оно катится.

Сила трения качения подчиняется тем же законам, что и скольжения, но коэффициент трения  $\mu$  здесь значительно меньше.

Д.З.

---

П.34, 36 прочитать ,  
стр.109, 117 ЕГЭ, стр.112(1,2), 121 (1,2) + конспект урока  
прислать до 18-00 7.12

Ворман П., Воронина А., Готов Д., Кадушкин К.,  
Малюков А., Павликов Н., Сухачев А.