

**Сила всемирного тяготения.**  
 На опытах обнаружено и доказано, что все тела притягиваются друг к другу с силой, называемой силой всемирного тяготения - гравитационной силой.

Ньютон обобщил законы движения небесных тел и сформулировал **закон всемирного тяготения**: между любыми двумя материальными точками действует сила всемирного тяготения, прямо пропорциональная произведению масс этих тел и обратно пропорциональная квадрату расстояния между ними.



$$F_{тяг} = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \text{ где } m_1, m_2 - \text{массы (кг)}$$

$$R - \text{расстояние (м)}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} - \text{гравитационная постоянная}$$

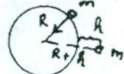
$$F_1 = F_2 \text{ (по III з. Ньютона)}$$

Физический смысл гравитационной постоянной: гравитационная постоянная равна силе, с которой притягиваются два тела по 1 кг, находящиеся на расстоянии 1 м друг от друга.

Частным случаем силы всемирного тяготения является **сила тяжести** -  $F_T$  - сила, с которой Земля (или другая планета) притягивает к себе все тела.

$$F_T = m \cdot g, \text{ где } g - \text{ускорение свободного падения (м/с}^2\text{)}$$

$F_T$  направлена к центру планеты.



$$\text{Так как } F_T = m \cdot g \text{ и } F_{тяг} = G \frac{M m}{R^2} \Rightarrow$$

ускорение свободного падения можно рассчитать по

формуле:  $g = G \frac{M}{R^2}$ , где  $M$  - масса планеты (кг),  $R$  - расстояние от центра планеты до тела (м).

Ускорение свободного падения зависит от:

1) высоты  $h$ : чем  $h$ , тем  $g$ .  
 Для Земли вблизи поверхности  $g = G \frac{M_3}{R_3^2} \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ .

2) географической широты:  $\varphi$ : чем  $\varphi$ , тем  $g$ .  
 $g_{экв.} \approx 9,78 \text{ м/с}^2$ ;  $g_{пол.} \approx 9,83 \text{ м/с}^2$ , т.к. Земля приплюснута у полюсов (геоид).

Чтобы тело преодолело притяжение планет, нужно сообщить им определенные скорости - **космические скорости** (звезда):

**Первая космическая скорость** -  $v_1$  - минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником Земли (планеты).



По II закону Ньютона:  $m a_{цс} = F_{тяг}$

$$m \frac{v^2}{R} = G \frac{M_3 m}{R^2} \Rightarrow$$

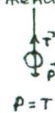
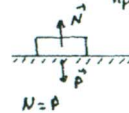
$$v^2 = G \frac{M_3}{R^2} \cdot R, \text{ т.е. } v = \sqrt{G \frac{M_3}{R}} \text{ или } v = \sqrt{g \cdot R}.$$

Если  $R \approx R_3$ , то  $v_1 \approx 7,9 \text{ км/с}$ .

**Вторая космическая скорость** -  $v_2$  - минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно покинуло Землю и стало искусственным спутником Солнца.  $v_2 \approx 11,2 \text{ км/с}$ .

**Третья космическая скорость** -  $v_3$  - минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно покинуло пределы Солнечной системы, преодолев притяжение Солнца.  $v_3 \approx 16,7 \text{ км/с}$ .

**Вес тела.**  
**Вес тела** -  $P$  - сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие притяжения к Земле.



$$[P] = \text{Н}$$

Вес тела по модулю равен силе реакции опоры или натяжения нити по III закону Ньютона.

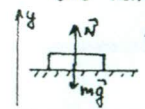
Вес тела может численно отличаться от силы тяжести.

1) Если тело лежит на неподвижной <sup>горизонтальной</sup> опоре или движется по ней горизонтально (без действия других вертикальных сил)



$$N = mg \Rightarrow P = mg. \text{ Вес тела равен силе тяжести.}$$

2) Если опора движется с телом с ускорением, направленным вверх, то вес тела увеличивается.



по I закону Ньютона:  $m \vec{a} = \vec{N} + m \vec{g}$

На ось  $y$ :  $ma = N - mg$   
 $N = m(a + g)$

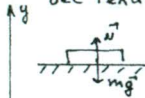
$$P = m(a + g).$$

При этом наблюдается перегрузка - явление увеличения веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса.

Коэффициент перегрузки -  $k$  - отношение веса тела при перегрузке  $P$  к "нормальному" весу тела  $P_0 = mg$  (силе тяжести).  $k = \frac{P}{mg}$ ;  $k = \frac{P}{P_0}$ .

Испытывают перегрузку космонавты, летчики при старте и посадке.

3) Если опора с телом движется с ускорением, направленным вниз, то вес тела уменьшается (меньше силы тяжести).



$$m \vec{a} = N + m \vec{g}$$

на ось  $y$ :  $-ma = N - mg$

$$N = m(g - a) \text{ или } P = m(g - a).$$

Если опора свободно падает (движется с ускорением свободного падения только под действием силы тяжести), то вес тела равен нулю.

И При этом наблюдается **невесомость** - явление исчезновения веса тела, наблюдаемое при свободном падении тела и опоры. (состояние тела, при котором его вес равен нулю).

Состояние невесомости испытывают все свободно падающие тела, космонавты при движении по орбите.

Ускорение свободного падения -  $g$  - ускорение, приобретаемое телом под действием гравитационной силы (силы тяжести) вблизи поверхности небесных тел (планет, звезд).