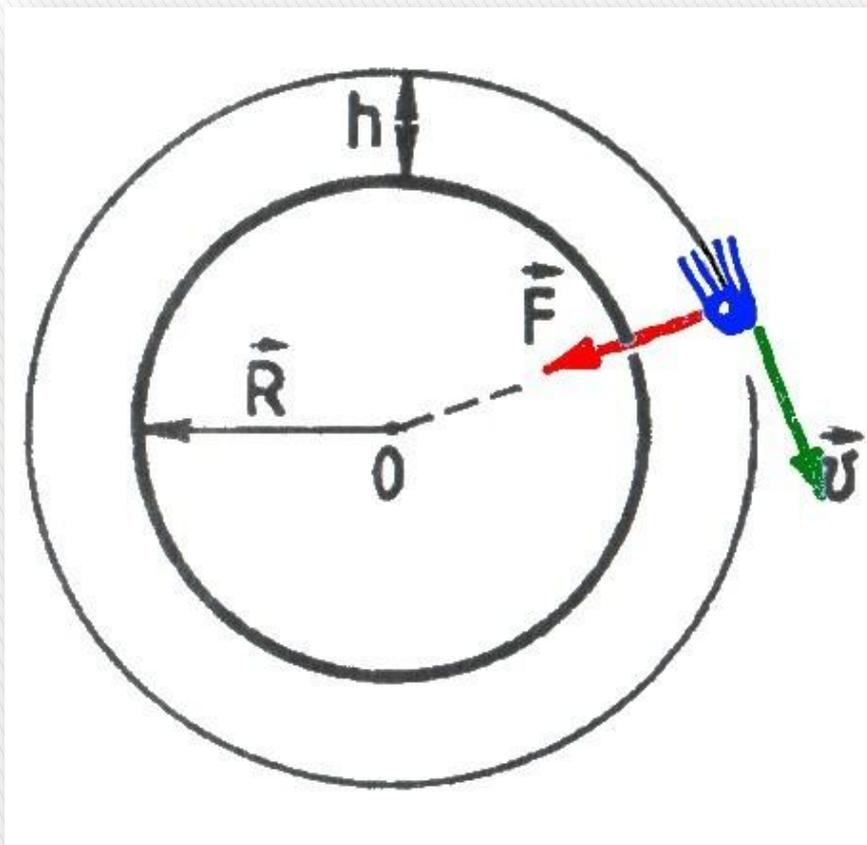


# ПЕРВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ. ВЕС И НЕВЕЕСОМОСТЬ

Физика, 10  
класс

Рахматуллин Радик Акрамович,  
учитель физики МОУ «Александровская СОШ», 2010

# ПЕРВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ



На больших высотах воздух сильно разрежен и оказывает незначительное сопротивление движущимся в нём телам.

Поэтому можно считать, что на спутник действует только одна гравитационная сила, направленная к центру Земли.

По второму закону Ньютона  $ma = F$ .

Центростремительное ускорение спутника определяется формулой

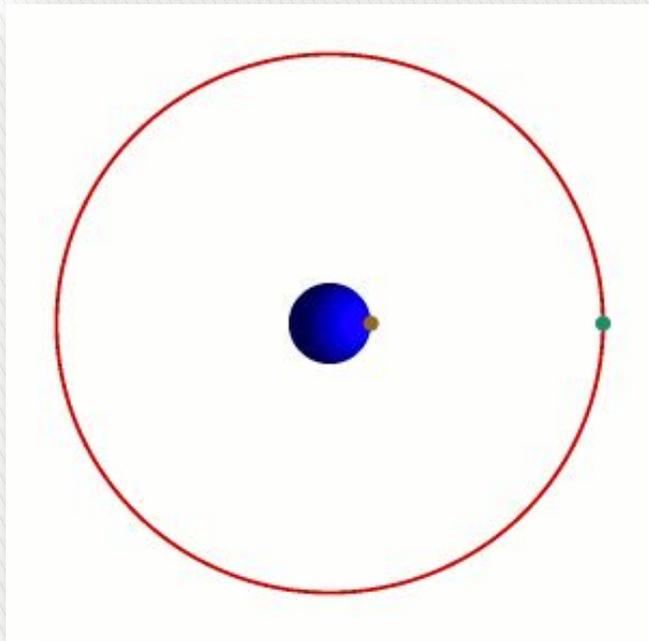
$a = \frac{v^2}{R+h}$ , где  $h$  — высота спутника над Землей. Сила же, действующая на спутник, согласно закону всемирного тяготения определяется формулой  $F = G \frac{mM}{(R+h)^2}$ , где  $M$  — масса Земли.

Подставив значения  $F$  и  $a$  во второй закон Ньютона, получим

$$\frac{mv^2}{R+h} = \frac{GmM}{(R+h)^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

Из полученной формулы следует, что скорость спутника зависит от его высоты над поверхностью Земли: чем больше эта высота, тем с меньшей скоростью он будет двигаться по **круговой орбите**.



Примечательно то, что эта скорость не зависит от массы спутника. Значит, спутником Земли может стать любое тело, если ему сообщить определённую скорость. В частности, при  $h = 2000$  км скорость  $u \approx 6900$  м/с.

Скорость, которую необходимо сообщить телу у поверхности планеты, чтобы оно стало её спутником, движущимся по круговой орбите, называется **первой космической скоростью**.

Первую космическую скорость  $v_1$  можно найти, если  
принять  $h = 0$ :

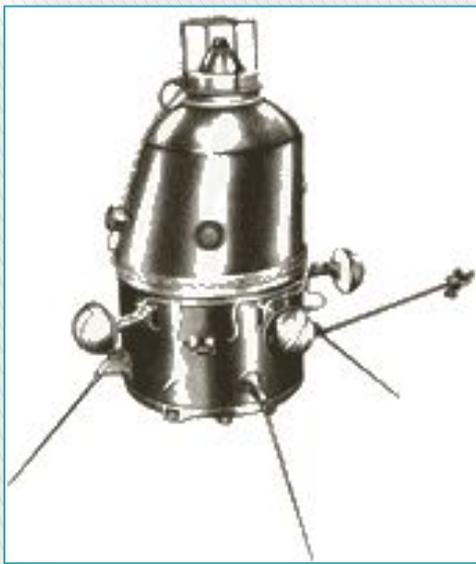
$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Подставив в эту формулу значение  $G$  и значение величин  
 $M$  и  $R$  для Земли, можно вычислить первую космическую  
скорость для спутника Земли:

$$v_1 \approx 8 \text{ км/с}$$



Если такую скорость сообщить телу в горизонтальном направлении у поверхности Земли, то при отсутствии атмосферы оно станет искусственным спутником Земли, обращающимся вокруг неё по круговой орбите. Такую скорость спутникам способны сообщать только мощные космические ракеты.



Спутник Луны  
«Луна-10»

В настоящее время вокруг Земли  
обращаются тысячи искусственных  
спутников.

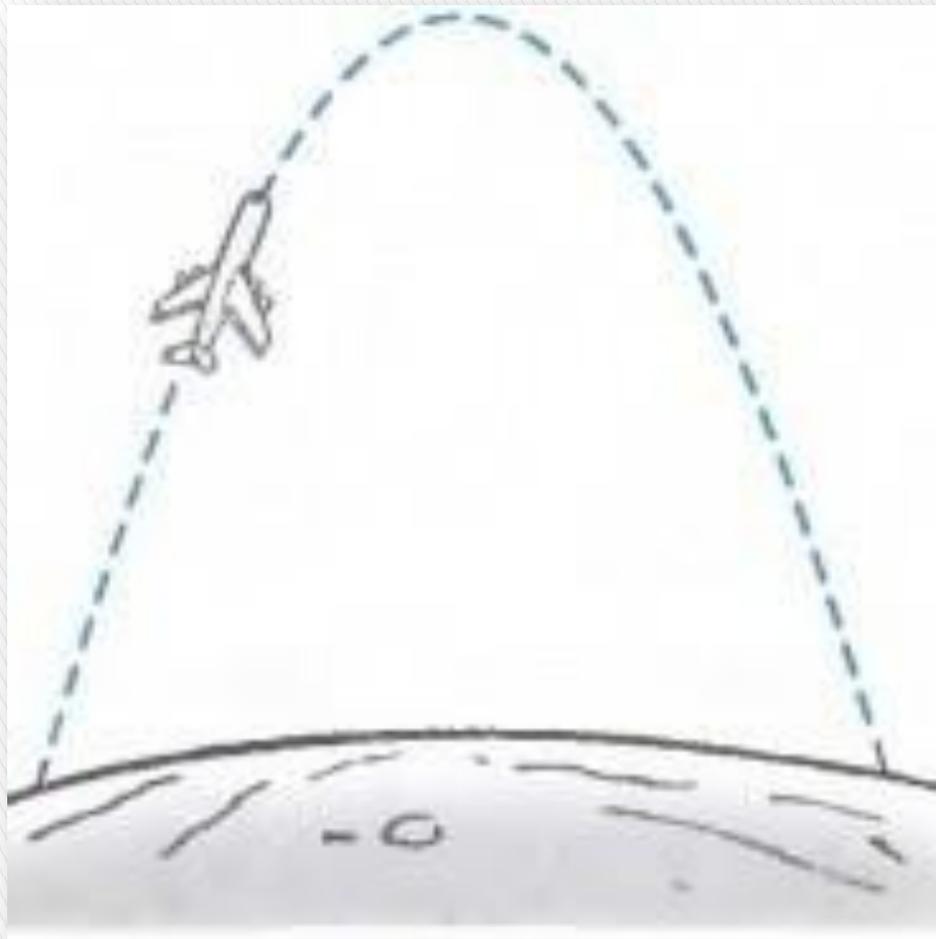
Руками человека за годы освоения  
космоса создавались и искусственные  
спутники Луны, планет Венера и Марс,  
а также Солнца.



Спутник Венеры  
«Венера-4»



Спутник Марса «Маринер»



Представим себе взмывающий вверх самолёт.

Он и находящиеся в нём люди и предметы имеют одну и ту же скорость. Если

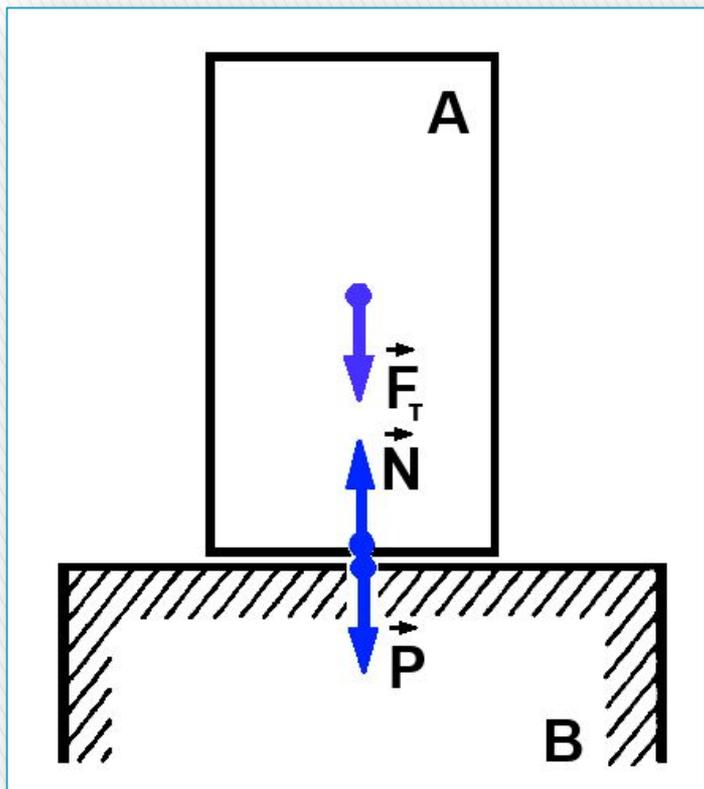
бы в некоторый момент взаимодействие самолёта с воздухом прекратилось, то

он сам, люди и все предметы внутри его начали бы свободно падать,

двигаясь с одним и тем же ускорением, направленным к

центру Земли. Движение происходило бы по

одинаковым параболам.



Пусть тело А находится на горизонтальной опоре В.

Силу тяжести обозначим через  $F_m$ , а вес – через  $P$ .

Модуль силы реакции опоры  $N$  равен модулю веса  $P$  и направлена в сторону, противоположную весу  $P$ .

Сила  $N$  приложена не к опоре, а к находящемуся на ней телу.

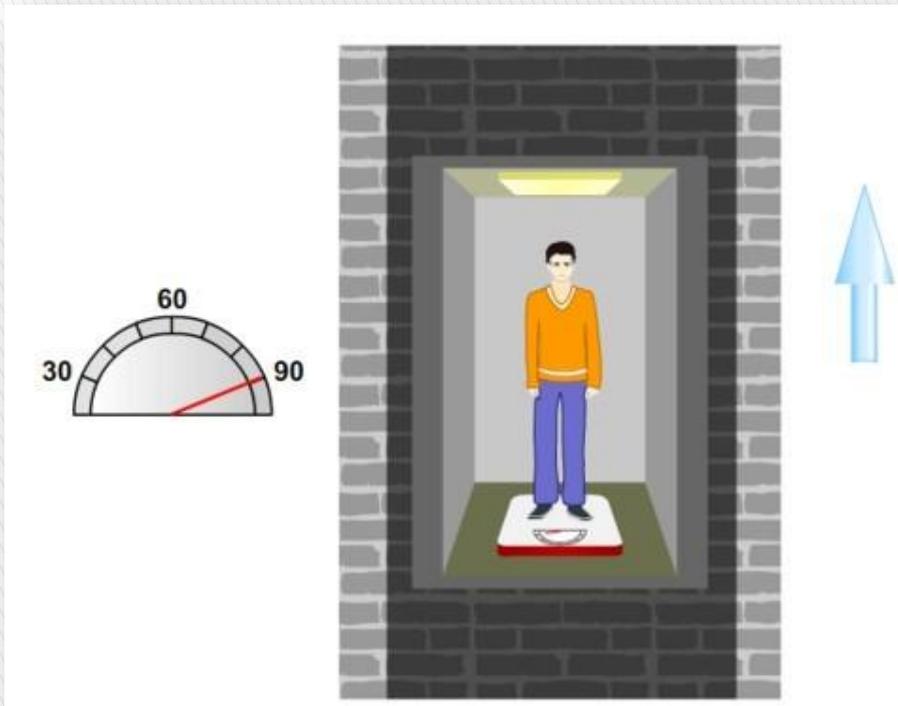
В то время как сила тяжести  $F_m$  обусловлена воздействием тела и Земли, вес  $P$  появляется в результате совсем другого взаимодействия: взаимодействия тела А и опоры В.

Поэтому вес обладает особенностями, существенно отличающими его от силы тяжести.

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

Пусть мальчик (тело) находится на весах в лифте, движущемся с ускорением ***a***.

Согласно II закону Ньютона  $ma = F_T + N$ , где  $m$  – масса тела.



*Увеличение веса при в самом начале движения вверх*

Если ускорение направлено вверх, то выражая проекции векторов, получаем

$$ma = -F_T + N.$$

Так как  $N = P$ , то

$$ma = -F_T + P.$$

Отсюда находим, что вес тела  $P = ma + mg$  или

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

Значит, вес тела при ускоренном движении вверх увеличивается.



Пусть мальчик находится на весах в лифте, который покоится или движется равномерно (т.е. ускорение лифта равно нулю:  $a = 0$ ).

$$ma = -Fm + P,$$

где  $m$  – масса тела.

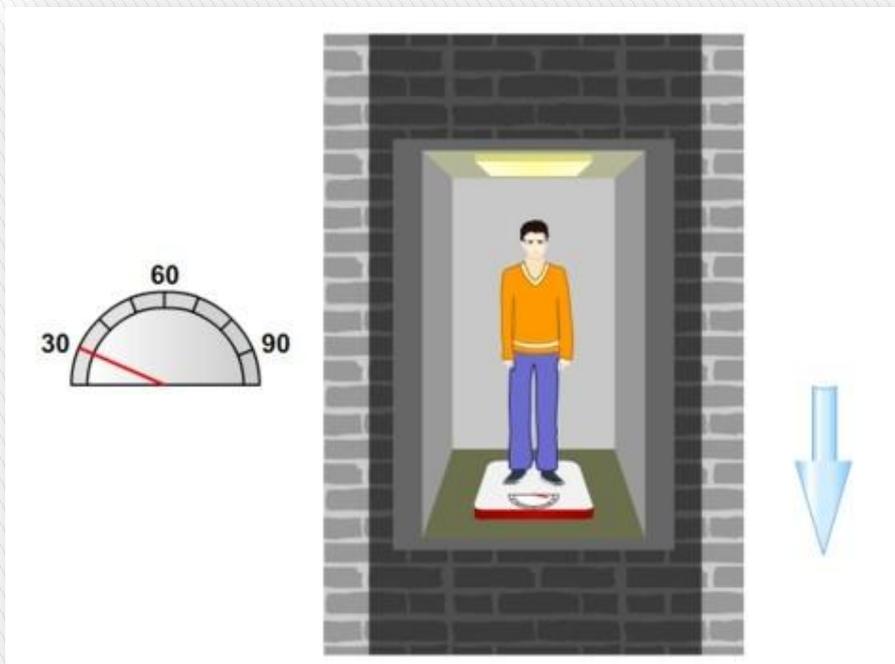
$$\text{Получим, } 0 = -Fm + P,$$

$$\text{или } P = F = mg$$

*Вес мальчика в покоящемся или движущемся равномерно лифте*

Значит, вес тела в данном случае определяется формулой

$$P = mg$$



*Уменьшение веса в самом начале движения вниз*

Если ускорение направлено вниз, то выражая проекции векторов, получаем

$$ma = F_T - N.$$

Так как  $N = P$ , то

$$ma = F_T - P.$$

Отсюда находим, что

вес тела  $P = ma - mg$  или

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

Значит, вес тела при ускоренном движении вниз уменьшается.

Подобные явления наблюдаются и на спутнике, обращающемся вокруг Земли. Сам спутник и все находящиеся в нем тела, включая космонавта, обращаясь вокруг Земли, как бы непрерывно свободно падают на Землю. Вследствие этого все находящиеся на спутнике тела не давят на подставки, а подвешенные к пружине не растягивают ее. Все предметы находятся в состоянии невесомости.

Наоборот, при разгоне космического корабля, когда он выходит на орбиту, или при торможении во время посадки вес космонавта увеличивается в несколько раз по сравнению с его силой тяжести, и он испытывает сильные *перегрузки*.



*Невесомость в космосе*

Спутник падает свободно, т.е.

$$a = g,$$

Тогда вес тел в спутнике (и самого спутника)  $P =$

$$m(g - g) = 0.$$

Вес тела зависит от ускорения, с которым движется опора, и появление этого ускорения эквивалентно изменению ускорения свободного падения.