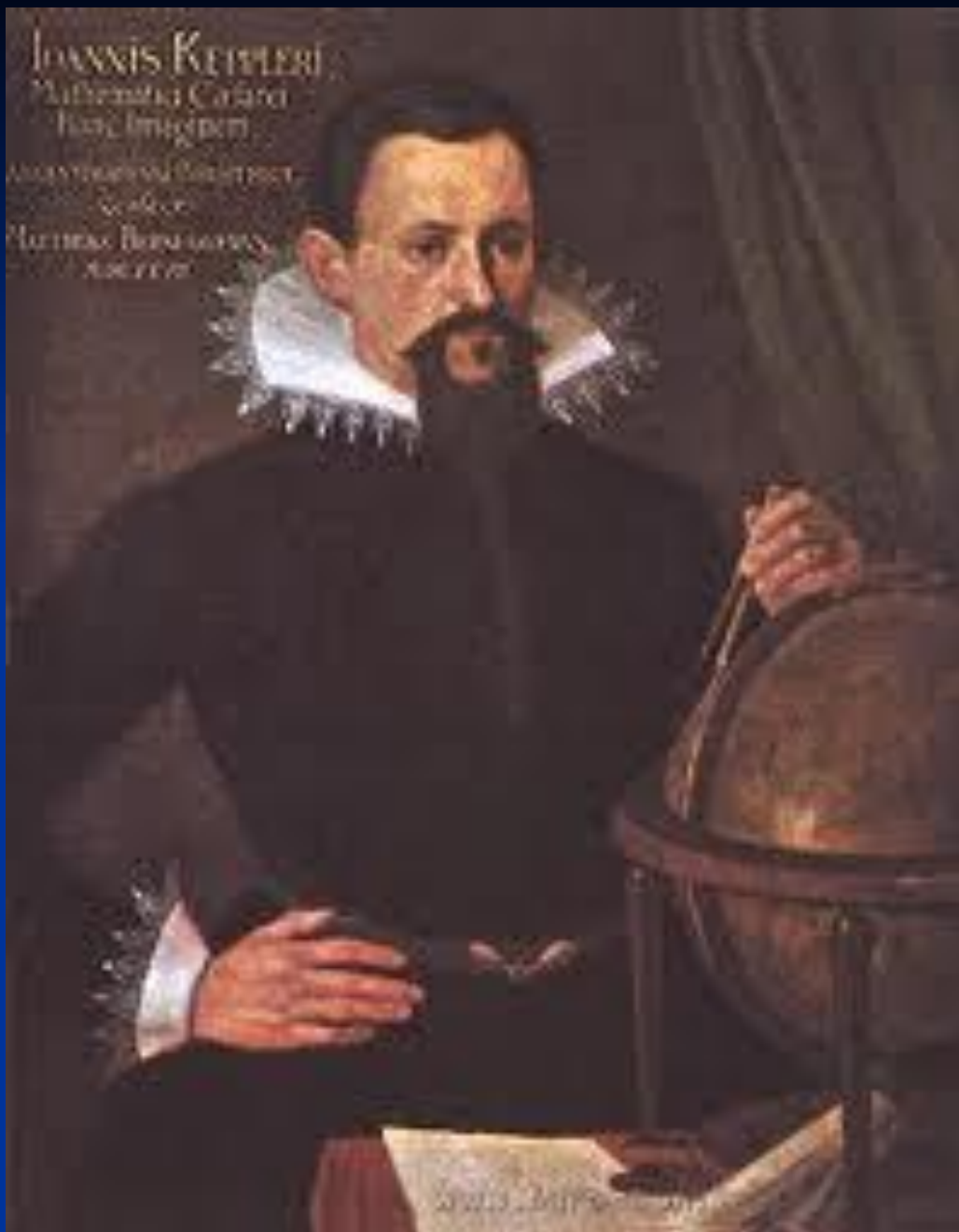


# **Гравитационные силы**

- **Силы гравитационного притяжения существуют между всеми материальными телами во Вселенной. Эта сила позволяет существовать большим скоплениям массы, то есть звездам и планетам. Многие явления в природе объясняются действием сил всемирного тяготения. Движение планет в Солнечной системе, движение искусственных спутников Земли, траектории полета баллистических ракет, движение тел вблизи поверхности Земли, исчезновение материи и энергии в области черной дыры – все эти явления находят объяснение на основе закона всемирного тяготения и законов динамики.**





Иоганн  
Кеплер  
(1571—1630)

# Формулировка закона всемирного тяготения.

- *Все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними*

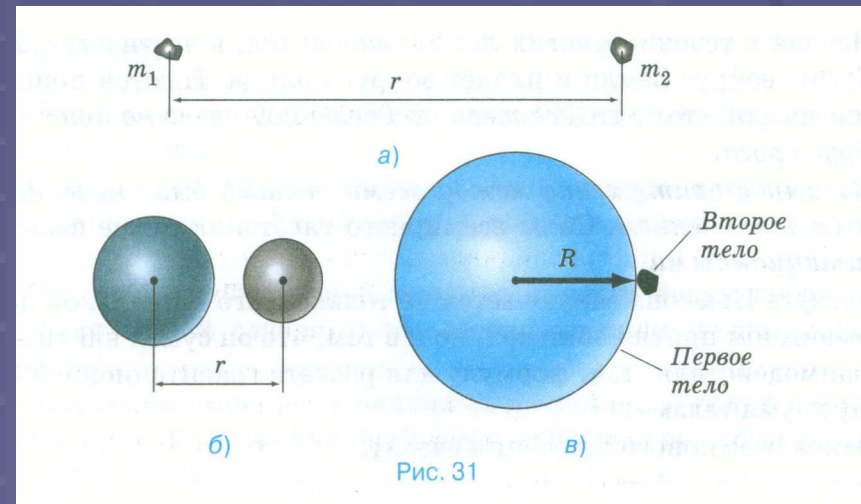
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$F$  – сила гравитационного притяжения  
 $m_1, m_2$  – массы взаимодействующих тел, кг  
 $r$  – расстояние между телами (центрами масс тел), м  
 $G$  – коэффициент (гравитационная постоянная)  $\approx 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

# Граница применимости закона

Закон всемирного тяготения справедлив только для:

- а) тел, размеры которых значительно меньше, чем расстояния между ними;
- б) тел, имеющих форму шара;
- в) для шара большого радиуса, взаимодействующего с телами, размеры которых значительно меньше размеров шара.



# Физический смысл гравитационной постоянной $G$

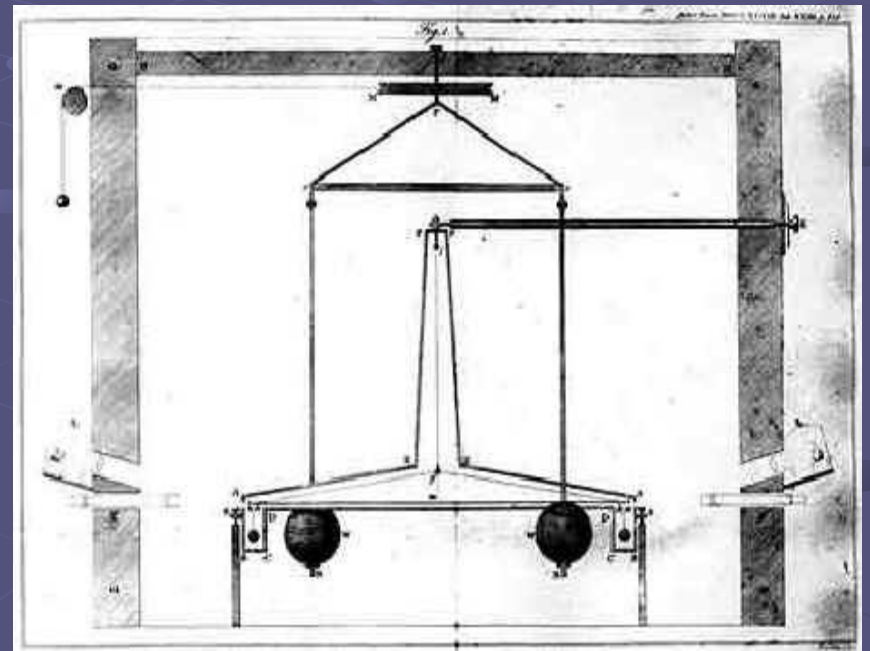
Коэффициент пропорциональности  $G$  одинаков для всех тел в природе. Его называют гравитационной постоянной :  
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н м}^2/\text{кг}^2$  (СИ) Гравитационная постоянная численно равна силе притяжения между двумя точечными телами массой **1** кг каждое, если расстояние между ними равно **1** м.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н м}^2/\text{кг}^2 \text{ (СИ)}$$



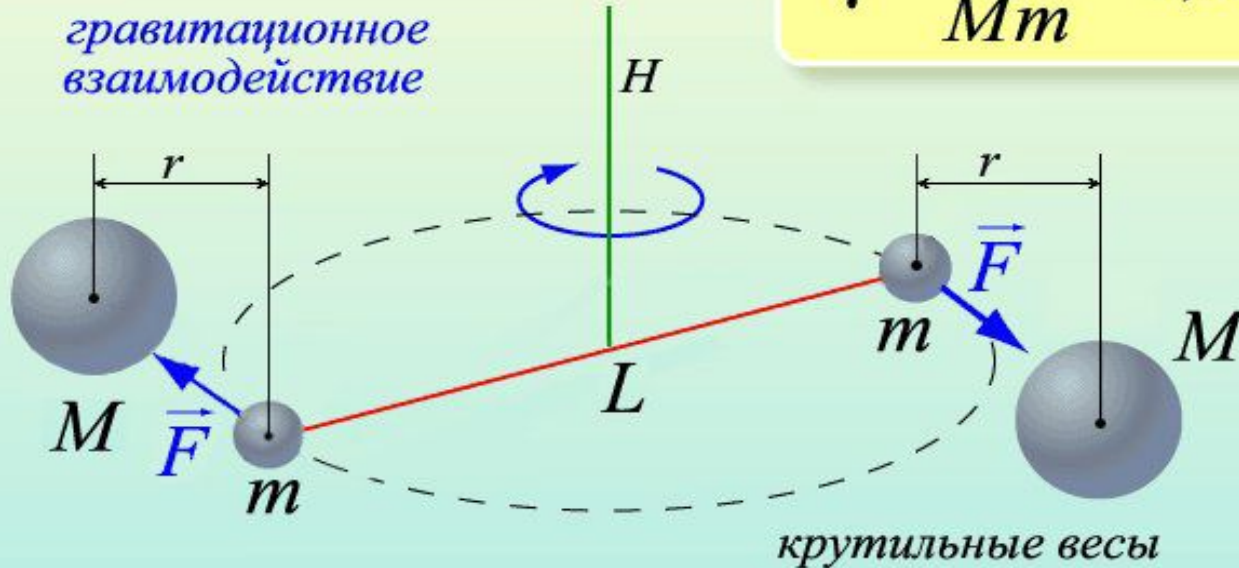
# Торсионные весы, на которых Генри Кавендиш в 1797 г. впервые измерил постоянную всемирного тяготения $G$

Английский ученый лорд Кавендиш в 18 веке проделал опыт по измерению гравитационной постоянной с помощью крутильных весов. Этот опыт доказал также, что гравитационное взаимодействие существует между любыми телами.



# Опыт Кавендиша

$$\gamma = \frac{Fr^2}{Mm} = 6,65 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$



*H* – тонкая нить

*L* – двухметровый стержень

*m* – свинцовые шары (диаметром 5 см и массой 775 г)

*M* – свинцовые шары (диаметром 20 см и массой 49,5 кг)

*r* – расстояния между большими и малыми шарами



Современные  
торсионные  
весы, на  
которых ученые  
из  
Вашингтонского  
университета,  
уточняют  
значение  
постоянной  
всемирного  
тяготения  $G$ .



# Исаак Ньютон (1643-1727)

- Исаак Ньютон (портрет работы неизвестного художника). Без преувеличения один из величайших научных умов за всю историю человечества. Именно Ньютону мы обязаны той картиной физического мира, которая сложилась к сегодняшнему дню.



# Надгробие на могиле Ньютона

«Здесь покоится сэр Исаак Ньютон, дворянин, который почти божественным разумом первый доказал с факелом математики движение планет, пути комет и приливы океанов. Он исследовал различие световых лучей и проявляющиеся при этом различные свойства цветов... Пусть смертные радуются, что существует такое украшение рода человеческого».





- Знаменитой яблони в родовом поместье Ньютона в Вулсторпе (графство Линкольншир, Англия) давно нет, однако путем черенкования от нее произведено уже не одно поколение новых яблонь. Эта, например, растет во дворе колледжа Бэбсон в Уэлсли (штат Массачусетс, США)

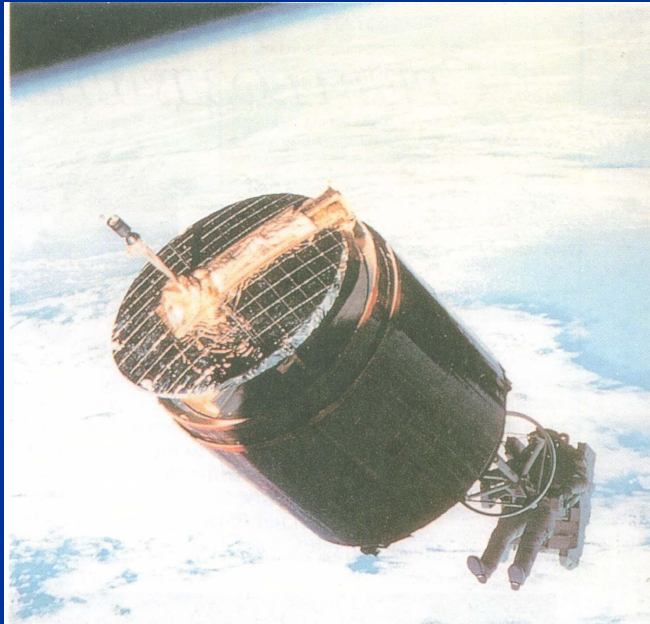


Примеры проявления  
силы всемирного  
тяготения

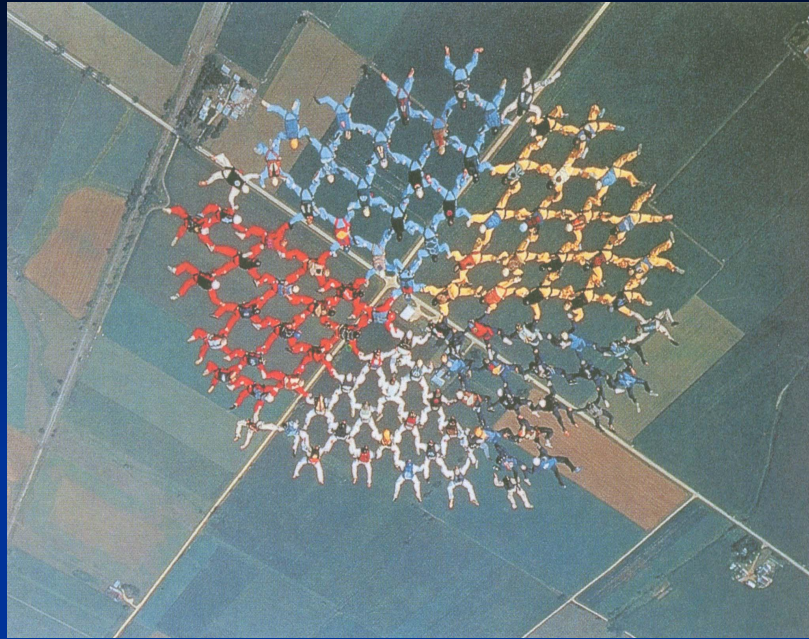
$$F = G \frac{Mm}{r^2} = mg$$

Одним из проявлений силы всемирного тяготения является *сила тяжести*. Так принято называть силу притяжения тел к Земле вблизи ее поверхности.

Сила тяжести направлена к центру Земли. В отсутствие других сил тело свободно падает на Землю с ускорением свободного падения.

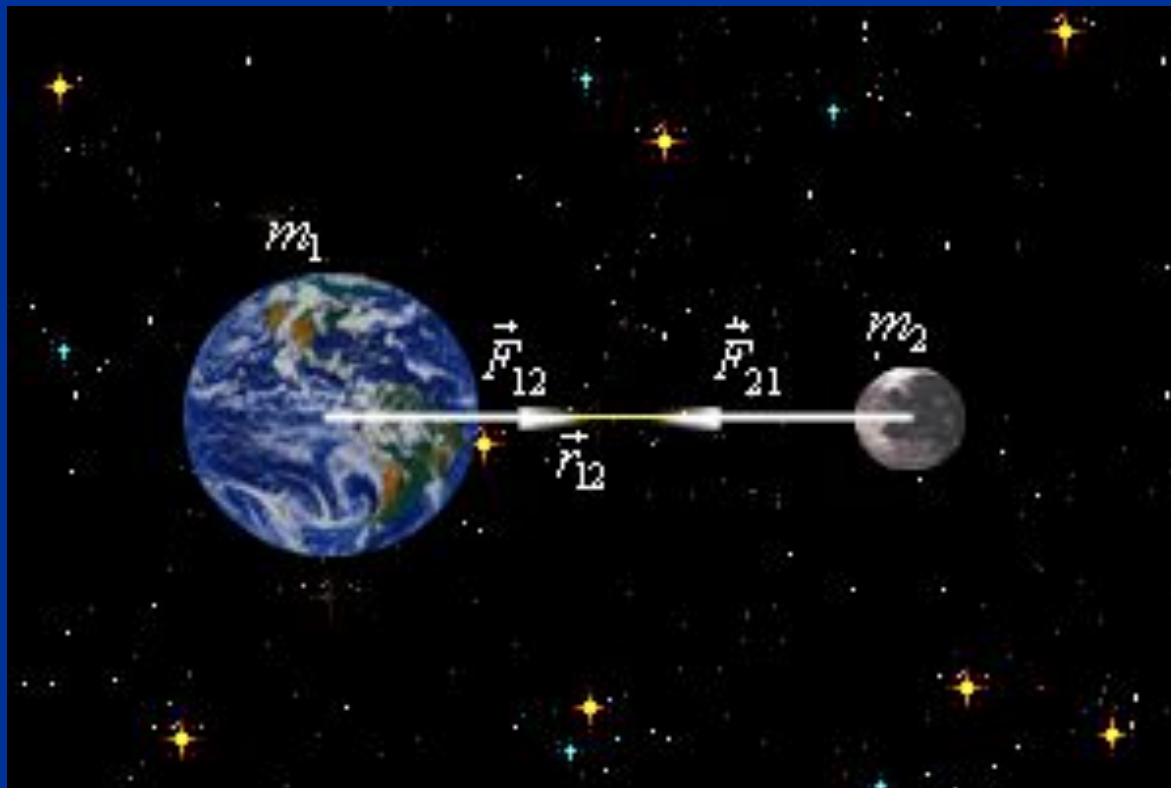






На этом снимке 93 парашютиста, держась друг за друга, летят вниз со скоростью 180 км/ч. Образовать подобную фигуру в воздухе и падать с одинаковой скоростью им помогают законы физики.

Приливы и отливы морей и океанов является  
следствием гравитационного взаимодействия



$$g = G \frac{M}{R^2}$$

# Ускорение свободного падения на Земле

- Значение ускорения свободного падения на поверхности однородной шарообразной планеты можно определить, если известны масса  $M$  и радиус  $R$  планеты:
- Если применить эту формулу для вычисления ускорения свободного падения на поверхности Земли, мы получим

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

$$g = (6,6742 \cdot 10^{-11}) \frac{5,9736 \cdot 10^{24}}{(6,371 \cdot 10^6)^2} = 9,822 \text{ м/с}^2$$

# Ускорение свободного падения зависит

- От высоты над поверхностью Земли;
- От широты местности ( Земля неинерциальная система отсчета );
- От плотности пород земной коры;
- От формы Земли (приплюснута у полюсов ).

# Практическое применение ускорения свободного падения

- На одной и той же широте местности значения  $g$  могут быть различны. Связано это с различиями в плотности земных недр. Там, например, где земные недра имеют большую плотность (например, где залегает месторождение железной руды), значение  $g$  будет больше среднего:  $g > g_{\text{ср}}$ . Отклонение  $g$  от среднего значения называют гравитационной аномалией. На этом основана гравиметрическая разведка недр Земли.

$$g_{\text{Л}} = G \frac{M_{\text{Л}}}{R_{\text{Л}}^2} = G \frac{M_{\text{З}} 3,7^2}{T_{\text{З}}^2 81} = 0,17 g = 1,66 \text{ м/с}^2.$$

## Ускорение свободного падения на Луне

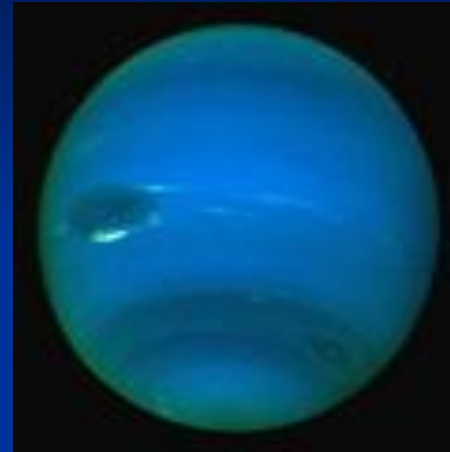
Собственное гравитационное поле Луны определяет ускорение свободного падения  $g_{\text{Л}}$  на ее поверхности. Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а ее радиус приблизительно в 3,7 раза меньше радиуса Земли. Поэтому ускорение  $g_{\text{Л}}$  определится выражением:

$$g_{\text{Л}} = G \frac{M_{\text{Л}}}{R_{\text{Л}}^2} = G \frac{M_{\text{З}} 3,7^2}{T_{\text{З}}^2 81} = 0,17 g = 1,66 \text{ м/с}^2.$$



# Применение закона при открытии НОВЫХ ПЛАНЕТ

Истинная орбита планеты Уран не совпала с расчетной на основе закона всемирного тяготения. Возмущение было вызвано наличием ещё одной планеты, находящейся за Ураном. Таким образом были обнаружены планеты Нептун и Плутон.



# МОУ СОШ им. К.Карданова с.Аушигер

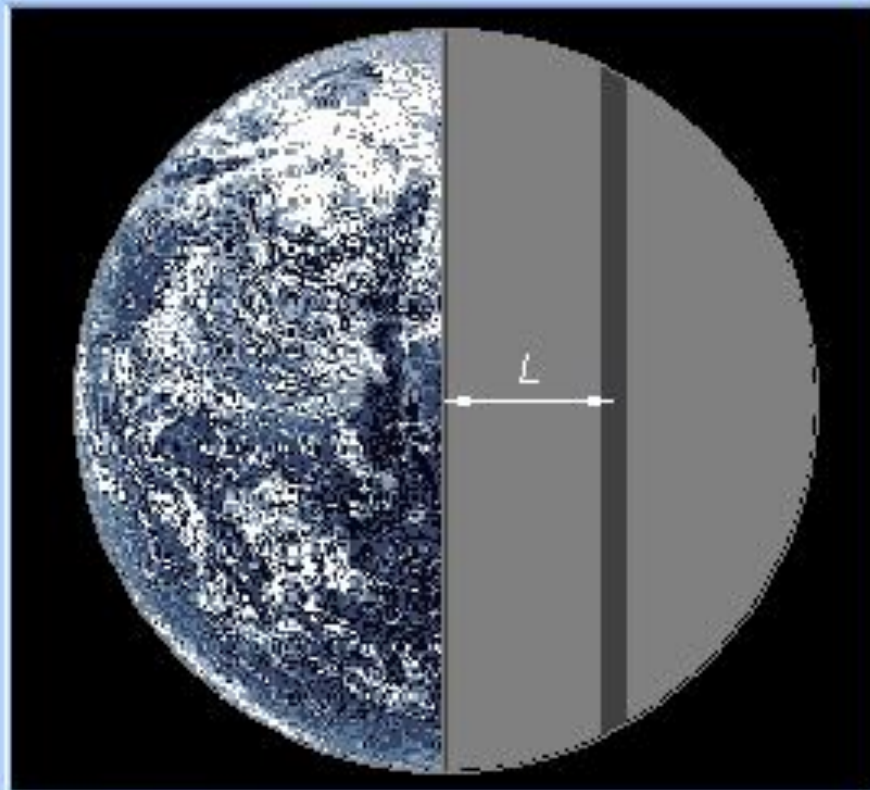




Карданов  
Кубати  
Локманович –  
Герой  
Советского  
Союза, генерал-  
майор авиации  
1917

# МОДЕЛЬ №1

## «Гравитация внутри Земли»

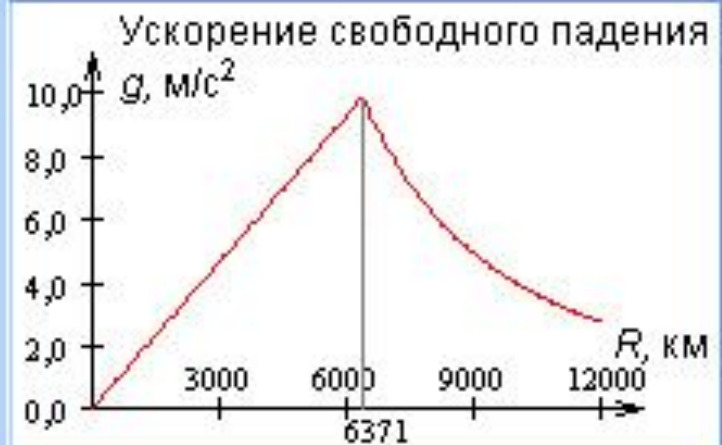


Старт

Расстояние от центра Земли до

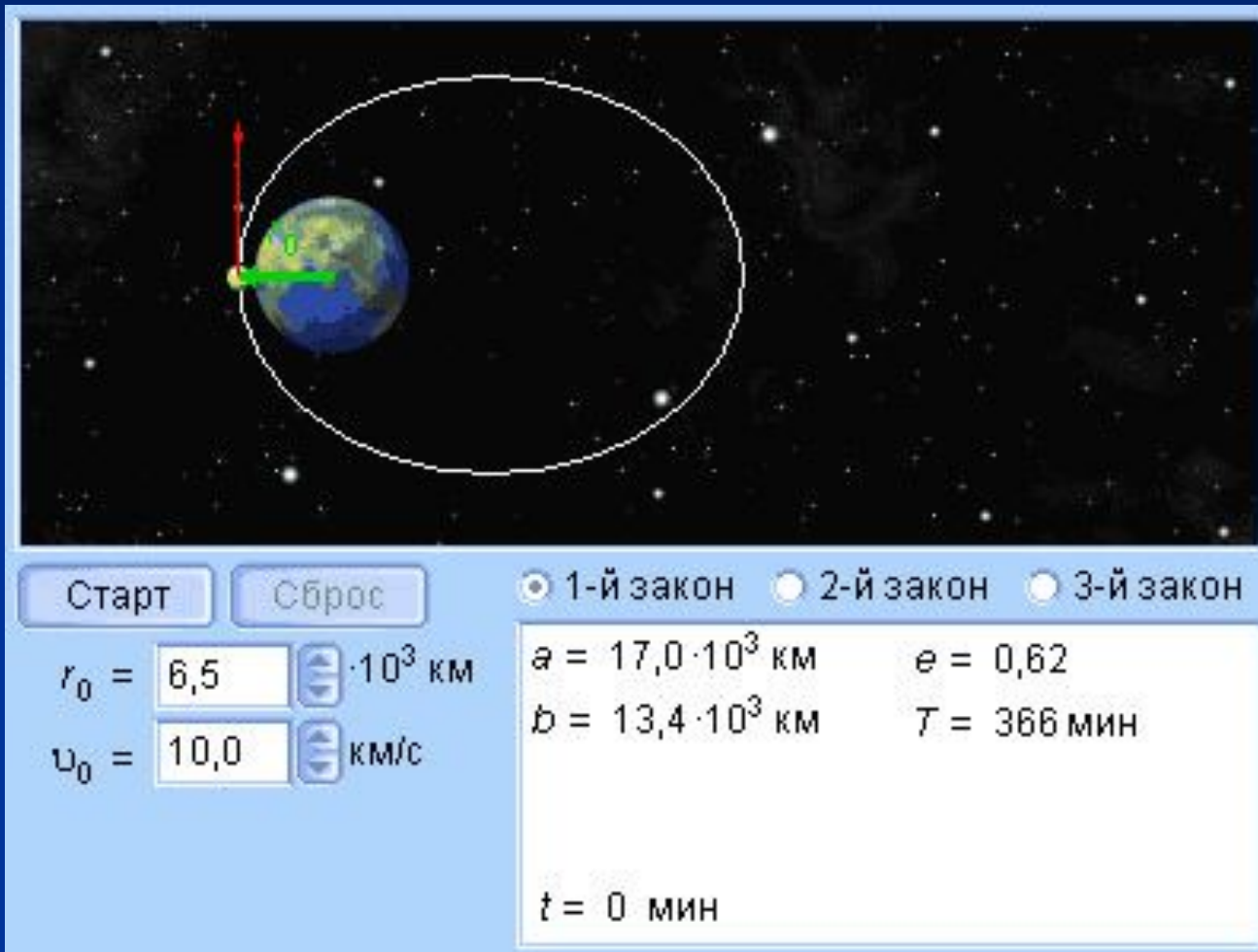
Сброс

центра тоннеля,  $L = 3000$  км



# МОДЕЛЬ №2

## «Законы Кеплера»



Старт    Сброс

$r_0 = 6,5 \cdot 10^3$  км

$v_0 = 10,0$  км/с

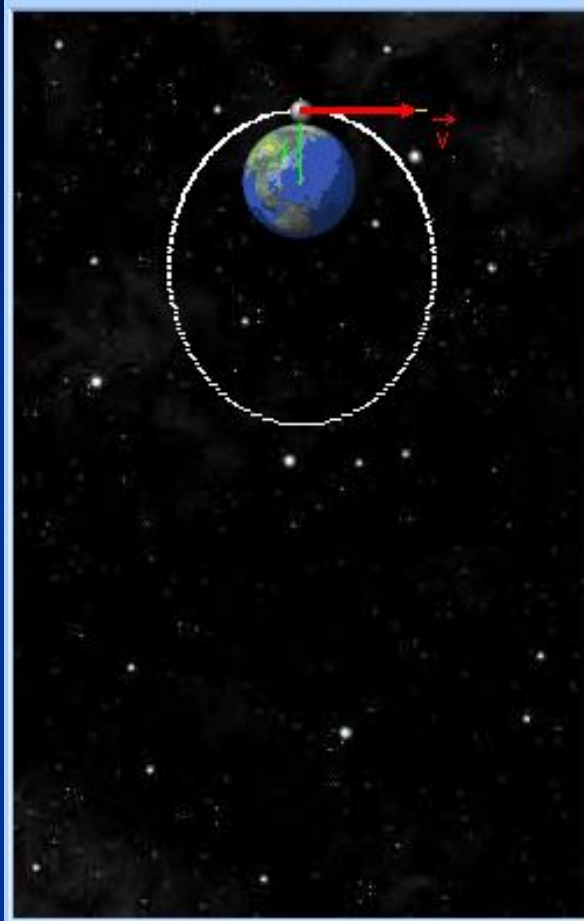
1-й закон     2-й закон     3-й закон

$a = 17,0 \cdot 10^3$  км     $e = 0,62$

$b = 13,4 \cdot 10^3$  км     $T = 366$  мин

$t = 0$  мин





Тип орбиты:  
эллипс

$T = 4,56$  ч

$t = 0.0$  ч

$v = 9800$  м/с

$r = 6400$  км

$\alpha = 0$  °

Старт

Сброс

# МОДЕЛЬ №3 «Движение спутников в поле тяготения Земли»







**Где-то в мирах есть чёрные дыры,  
Они обладают зловещею силой.  
Втянут звезду - и как не бывало.  
Даже Вселенная будто пропала.**



**А шарик земной лихо кружится —  
Он среди звёзд один веселится.  
Не ведает - чёрные дыры  
Полны сногшибательной силы.**

## Кратковременная контрольная работа.

- 1. На каком расстоянии сила притяжения двух шариков массами по 1 г равна  $6,7 \cdot 10^{-17}$  Н?  
А) 1 см; Б) 1 м; В) 1 км; Г) 10 см.
- 2. Космическая ракета удаляется от Земли. Как изменится сила тяготения, действующая со стороны Земли на ракету, при увеличении расстояния до центра Земли в 3 раза?  
А) увеличится в 3 раза; Б) уменьшится в 3 раза;  
В) уменьшится в 9 раз; Г) не изменится.
- 3. Масса Луны примерно в 81 раз меньше массы Земли. Чему равно отношение силы всемирного тяготения  $F_1$ , действующей со стороны Земли на Луну, к силе  $F_2$ , действующей со стороны Луны на Землю?  
А) 81; Б) 9; В) 1; Г) 1/81.
- 4. Камень свободно падает с высоты 80 м. Сколько времени продолжалось свободное падение?  
А) 80 с; Б) 8 с; В) 4 с; Г) 40 с.
- 5. Как изменится сила притяжения между двумя телами, если расстояние между ними удвоится, а масса одного тела уменьшится в два раза.  
А) увеличится в 4 раза; Б) уменьшится в 4 раза;  
В) уменьшится в 8 раз; Г) увеличится в 8 раз.







