



**Закон  
Всемирного  
Тяготения**

# План изучения физических законов:

1. История открытия закона
2. Круг явлений, описываемых данным законом
3. Формулировка и математическое выражение закона;
4. Опыты, подтверждающие справедливость закона;
5. Примеры учета и применения на практике;
6. Условия (границы) применимости закона;

# 1. Как был открыт закон всемирного тяготения



Датский астроном Тихо Браге (1546-1601), долгие годы наблюдавший за движением планет, накопил огромное количество интересных данных, но не сумел их обработать.

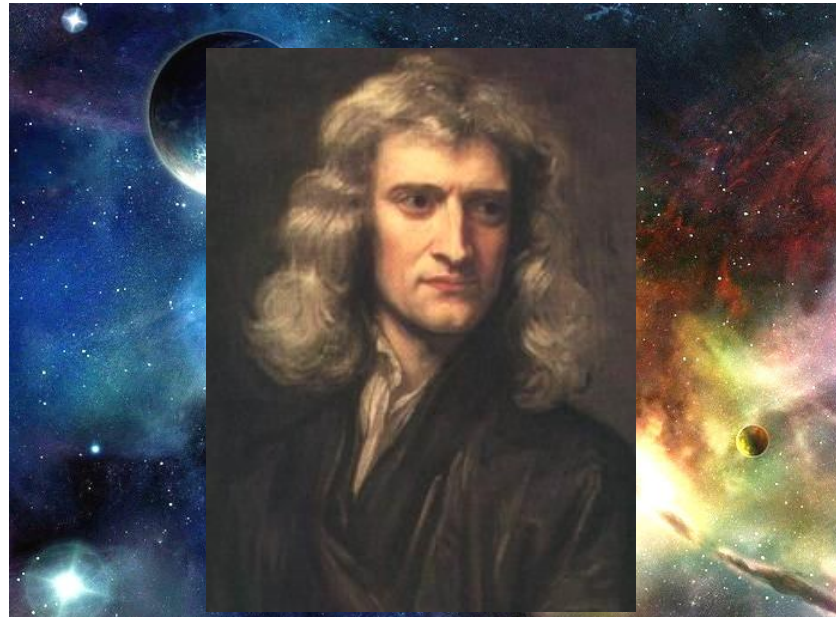


# Как был открыт закон всемирного тяготения



Иоганн Кеплер (1571-1630), используя идею Коперника о гелиоцентрической системе и результаты наблюдений Тихо Браге, установил законы движения планет вокруг Солнца, однако и он не смог объяснить динамику этого движения.

# Как был открыт закон всемирного тяготения



Исаак Ньютон открыл этот закон в возрасте 23 лет, в 1658г, но целых 9 лет не публиковал его, так как имевшиеся тогда неверные данные о расстоянии между Землей и Луной не подтверждали его идею. Лишь в 1667 году, после уточнения этого расстояния, закон всемирного тяготения был наконец-то отдан в печать.

# Сила всемирного тяготения



Гипотеза Ньютона:

«Причина, вызывающая падение камня на Землю, движение Луны вокруг Земли и планет вокруг Солнца, одна и та же».



# Как был открыт закон всемирного тяготения

Ньютон предположил, что ряд явлений, казалось бы, не имеющих ничего общего (падение тел на Землю, обращение планет вокруг Солнца, движение Луны вокруг Земли, приливы и отливы и т. д.), вызваны одной причиной.



Окинув единым мысленным взором «земное» и «небесное», Ньютон предположил, что существует единый закон всемирного тяготения, которому подвластны все тела во Вселенной — от яблок до планет!

В 1667 г. Ньютон высказал предположение, что между всеми телами действуют силы взаимного притяжения, которые он назвал силами всемирного тяготения.



Исаак Ньютон – английский физик и математик, создатель теоретических основ механики и астрономии. Он открыл закон всемирного тяготения, разработал дифференциальное и интегральное исчисления, изобрел зеркальный телескоп и был автором важнейших экспериментальных работ по оптике. Ньютона по праву считают создателем классической физики.

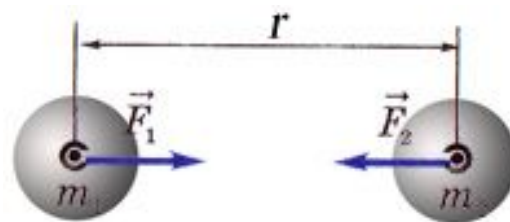


В 1687 г. Ньютон открыл один из фундаментальных законов механики, получивший название

## Закона всемирного тяготения:

«Два любых тела притягиваются друг к другу с силами, модули которых прямо пропорциональны произведению их масс и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними,

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



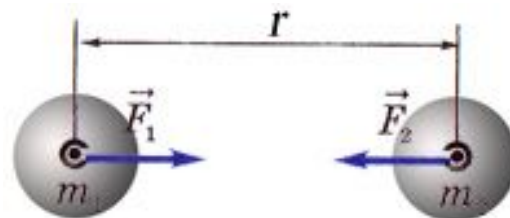
где  $m_1$  и  $m_2$  - массы взаимодействующих тел,  $r$  - расстояние между телами,  $G$  - коэффициент пропорциональности, одинаковый для всех тел в природе и называемый постоянной всемирного тяготения, или гравитационной постоянной».

# 1. Формулировка Закона всемирного тяготения:

«Два любых тела притягиваются друг к другу с силами, модули которых прямо пропорциональны произведению их масс и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними»,

## 2. Формула, выражающая закон:

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

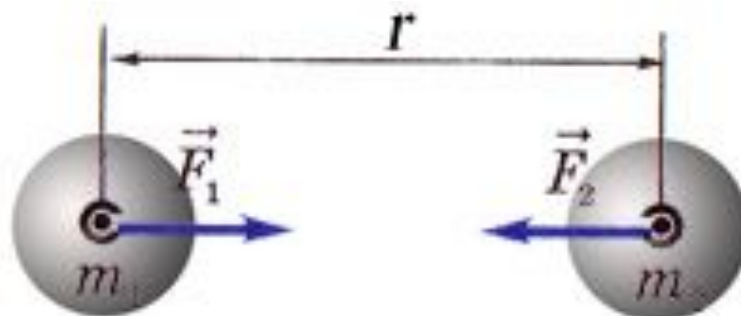


где  $m_1$  и  $m_2$  - массы взаимодействующих тел,  $r$  - расстояние между телами,  $G$  - коэффициент пропорциональности, одинаковый для всех тел в природе и называемый постоянной всемирного тяготения, или гравитационной постоянной.

## 2. Формула, выражающая закон:

Но ведь сила – это векторная величина!

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



где  $[m_1]$  и  $[m_2]$  = кг, массы взаимодействующих тел,

$[r]$  = м – расстояние между центрами тел,

$G$  – гравитационная постоянная



## Запомни, что ...

**Гравитационное взаимодействие** – это взаимодействие, свойственное всем телам Вселенной и проявляющееся в их взаимном притяжении друг к другу.



**Гравитационное поле** – особый вид материи, осуществляющий гравитационное взаимодействие.

## Механизм гравитационного взаимодействия



Каждое тело массой  $M$  создает вокруг себя поле, которое называют гравитационным.

Если в некоторую точку этого поля поместить пробное тело массой  $m$ , то гравитационное поле действует на данное тело с силой  $F$ , зависящей от свойств поля в этой точке и от величины массы пробного тела.

## Механизм гравитационного взаимодействия



Скорость распространения гравитационного взаимодействия конечна. Она равна скорости света и составляет 300 000 км/с

Это означает, что тело  $m$  не сразу «почувствует» изменение направления гравитационной силы со стороны тела  $M$  при его «внезапном» перемещении...



## 4. Опыты, подтверждающие справедливость закона;

### справедливость закона;

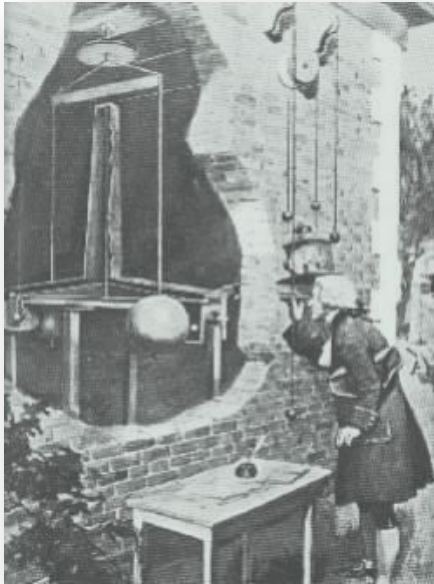
В 1798 Генри Кавендиш сконструировал крутильные весы и измерил с их помощью силу притяжения двух сфер, подтвердив закон всемирного тяготения; определил массу и среднюю плотность Земли.

HENRY CAVENDISH WEIGHS THE EARTH



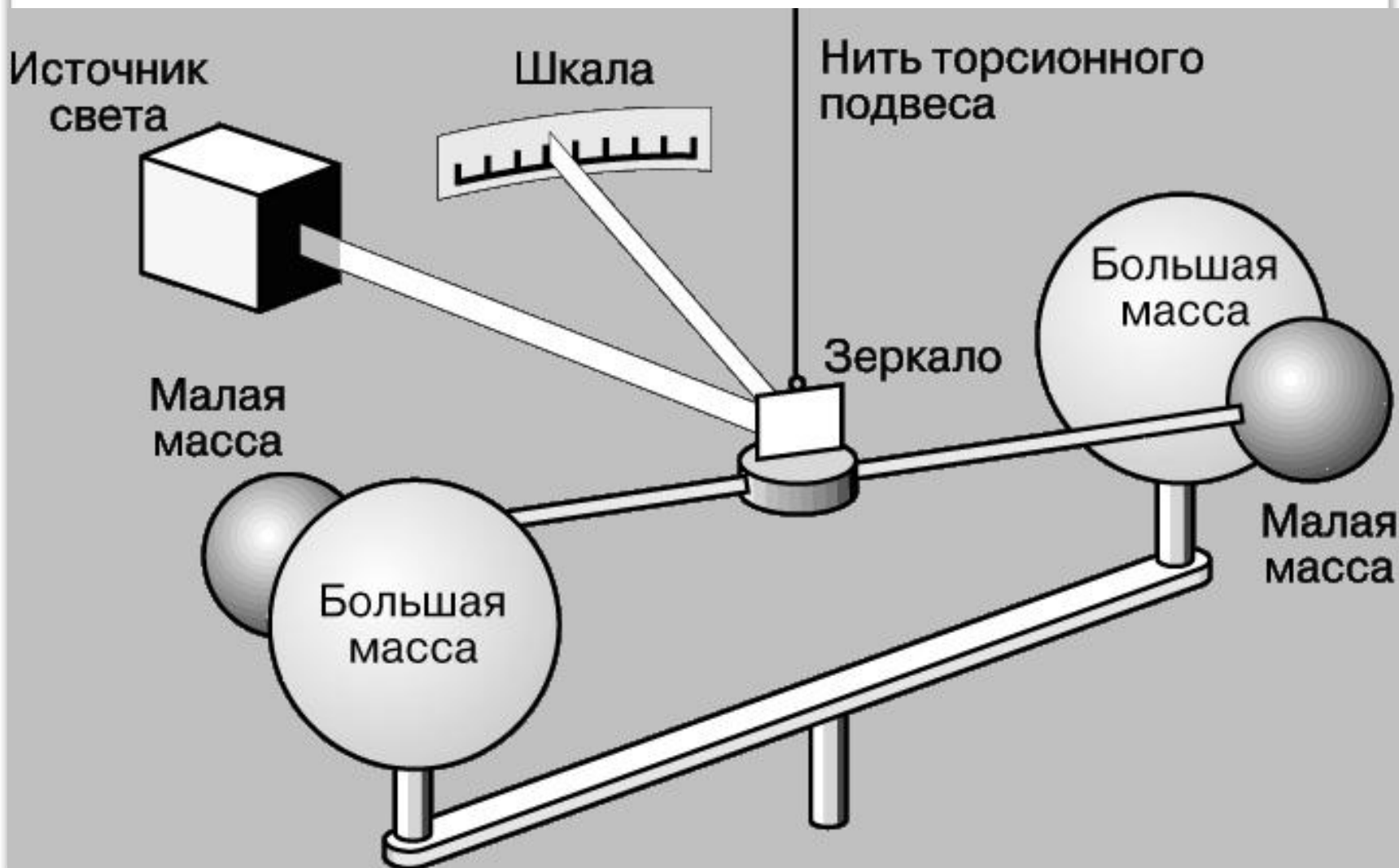
This is how Cavendish weighed the Earth on a mass in 1798. In each end of a delicate, suspended wire he attached a lead sphere, and to each end he further attached a smaller lead sphere weighing 130 pounds. The big balls attracted the little ones, first on one side and then on the other, and by measuring this attraction through a spy-glass from outside, Cavendish worked out the pull of the big balls. Then, knowing the pull of the Earth and the weight of the balls, he worked out how strong the Earth's pull was, and was able to calculate the Earth's mass, 59.72 trillion tons.

## 4. Эксперимент Генри Кавендиша по определению гравитационной постоянной.



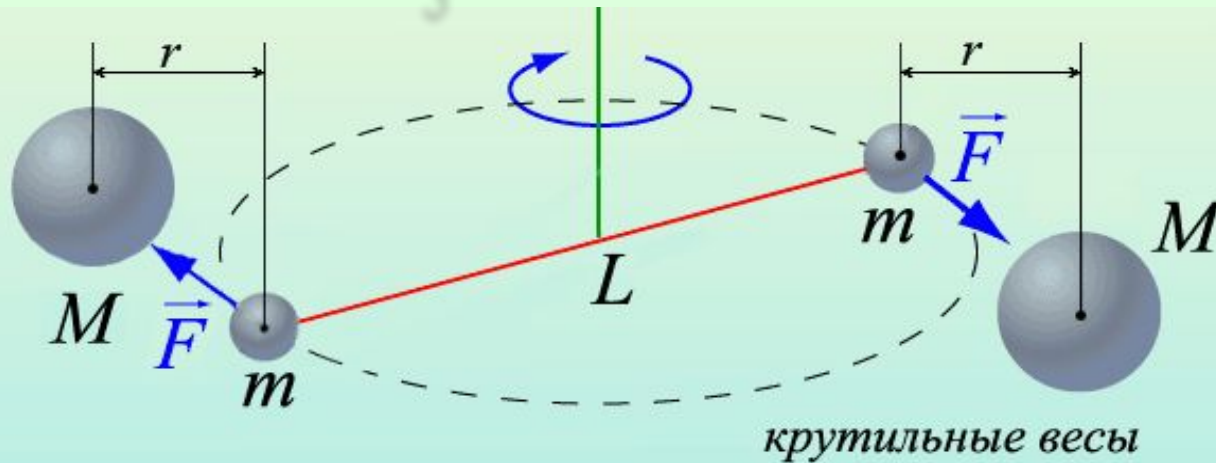
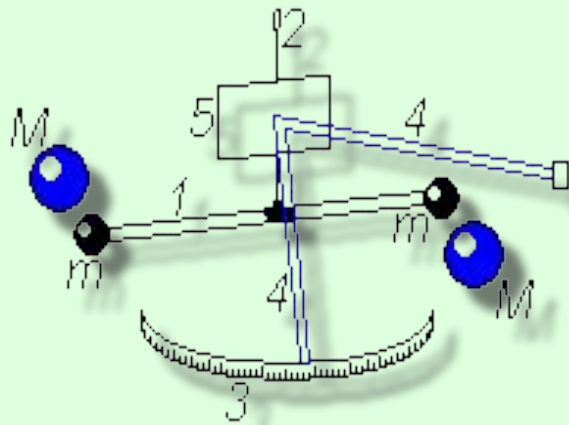
Английский физик Генри Кавендиш в 1798г. определил, насколько велика сила притяжения между двумя объектами. В результате была достаточно точно определена гравитационная постоянная, что позволило Кавендишу впервые определить массу Земли.

# Схема опытов Г. Кавендиша





# Опыт Кавендиша



- 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

**G** – гравитационная постоянная, она численно равна силе гравитационного притяжения двух тел массой по 1 кг, находящихся на расстоянии 1 м одно от другого.

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

Сила взаимного притяжения тел всегда направлена вдоль прямой, соединяющей эти тела.

# Вращение планет вокруг Солнца



# 5. Примеры учета и применения закона на практике:

5.1. Действие силы тяжести на все тела на Земле - проявление закона Всемирного тяготения.



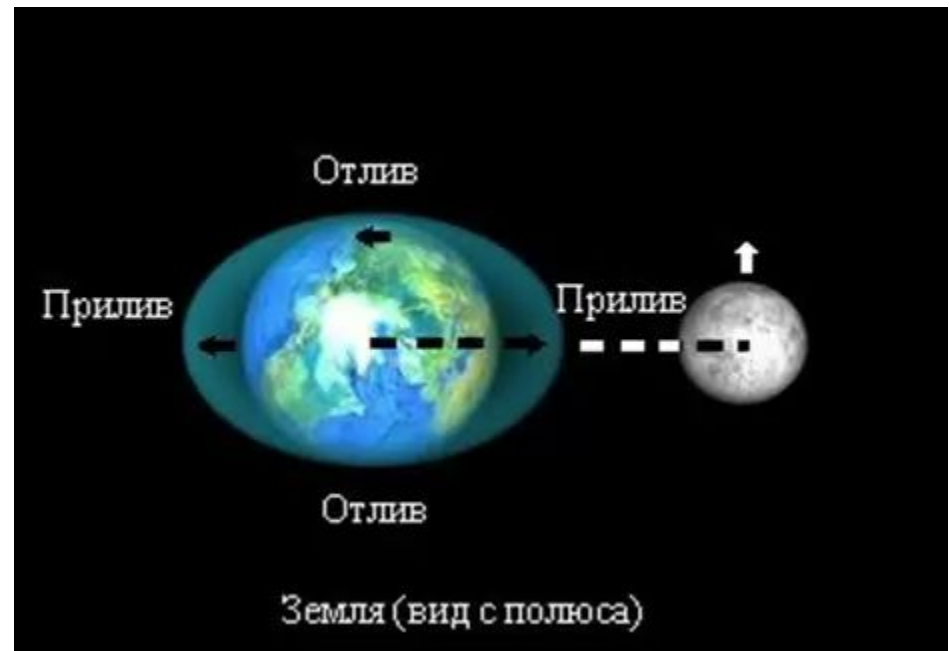
5.2. Расчёты орбит, скоростей планет, искусственных спутников Земли (ИСЗ) (Связь, Интернет, GPS, разведка)

5.3. Учёт тяготения при сближении искусственных массивных тел (например, орбитальной станции МКС и космических грузовиков)



# 5. Примеры учета и применения закона на практике:

5.4. Явление приливов и отливов – проявления закона Всемирного тяготения.



## ***Факты:***

- 1. Падение тел на землю*
- 2. Приливы и отливы*
- 3. Движение Земли вокруг Солнца*
- 4. Движение Луны вокруг Земли*

# Применение закона:

1. ***Закономерности движения планет и их спутников***
2. ***Космонавтика. Расчет движения спутников.***



## 6. Условия (границы) применимости закона;

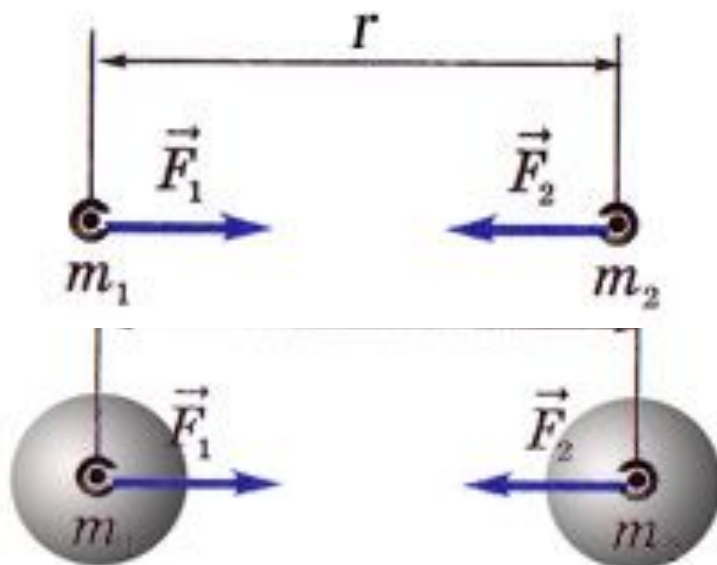
- Закон всемирного тяготения применим только к телам, которые **можно считать материальными точками**, либо к телам, **имеющим сферическую (шарообразную) форму**.
- Для тел, которые не могут считаться материальными точками, необходимы специальные процедуры.



## 6. Границы применимости закона

Закон всемирного тяготения имеет определенные границы применимости; он **применим для:**

- 1) материальных точек;
- 2) тел, имеющих форму шара;
- 3) шара большого радиуса, взаимодействующего с телами, размеры которых много меньше размеров шара.





## Подумай и ответь

1. Почему Луна не падает на Землю?
2. Почему мы замечаем силу притяжения всех тел к Земле, но не замечаем взаимного притяжения между самими этими телами?
3. Как двигались бы планеты, если бы сила притяжения Солнца внезапно исчезла?
4. Как двигалась бы Луна, если бы она остановилась на орбите?
5. Притягивает ли Землю стоящий на ее поверхности человек? Летящий самолет? Космонавт, находящийся на орбитальной станции?



## Подумай и ответь

6. Некоторые тела (воздушные шары, дым, самолеты, птицы) поднимаются вверх, несмотря на тяготение. Как вы думаете, почему? Нет ли здесь нарушения закона всемирного тяготения?
7. Что нужно сделать, чтобы увеличить силу тяготения между двумя телами?
8. Какая сила вызывает приливы и отливы в морях и океанах Земли?
9. Почему мы не замечаем гравитационного притяжения между окружающими нас телами?

# Мини-тест

1. Какая сила заставляет Землю и другие планеты двигаться вокруг Солнца? Выберите правильное утверждение.
  - А. Сила инерции.
  - В. Центросремительная сила.
  - С. Сила тяготения.
2. Какая сила вызывает приливы и отливы в морях и океанах Земли? Выберите правильное утверждение.
  - А. Сила давления воды на дно морей и океанов.
  - В. Сила тяготения.
  - С. Сила атмосферного давления.
3. Что нужно сделать, чтобы увеличить силу тяготения между двумя телами? Выберите правильное утверждение.
  - А. Отдалить оба тела друг от друга.
  - Б. Сблизить оба тела.





## Расчётные задачи

1. Космический корабль массой 8 т приблизился к орбитальной космической станции массой 20 т на расстояние 500 м. Найдите силу их взаимного притяжения.
2. На каком расстоянии сила притяжения между двумя телами, массой по 1000 кг каждое, будет равна  $6,67 \cdot 10^9$  Н?
3. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 1 м друг от друга и притягиваются с силой  $6,67 \cdot 10^{-15}$  Н. Какова масса каждого шарика?

# Вопрос-ответ

Составьте вопросы и затем дайте ответ к фрагментам 1-4 на рисунке.

  
$$F = G \frac{M_s m}{R_s^2}$$
 **1**

  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ**  
$$F = G \frac{mM}{r^2}$$
 **2**  
**СХЕМА ОПЫТА**  
$$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Нм}^2}{\text{кг}^2}$$

  
$$F \neq G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$
 **3**

**ОБРАЗОВАНИЕ ПРИЛИВОВ**

  
Луна  
Земля  
прилив  
прилив **4**

# Рефлексия

## Заполнение концептуальной таблицы

Фамилия, имя	Что знал?	Что узнал?	С чем не согласен?	Что непонятно?

Обмен мнениями, цитаты из таблиц с рефлексией. Подведение итогов урока.

