



Закон всемирного тяготения. Сила тяжести

Силы в природе

СИЛЫ

```
graph TD; A[СИЛЫ] --> B[Гравитационные силы]; A --> C[Сильное взаимодействие]; A --> D[Слабое взаимодействие]; A --> E[Электромагнитные силы];
```

действуют между всеми телами, и все тела притягиваются друг к другу.

Гравитационные
силы

действуют между всеми частицами, имеющими заряд электрические заряды

Электромагнитные
силы

Сильное
взаимодействие

проявление ядерных сил, область действия не распространяется за пределы атомных ядер.

Слабое
взаимодействие

взаимодействие, которое вызывает взаимные превращения элементарных частиц

Из истории открытия закона всемирного тяготения...



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



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.

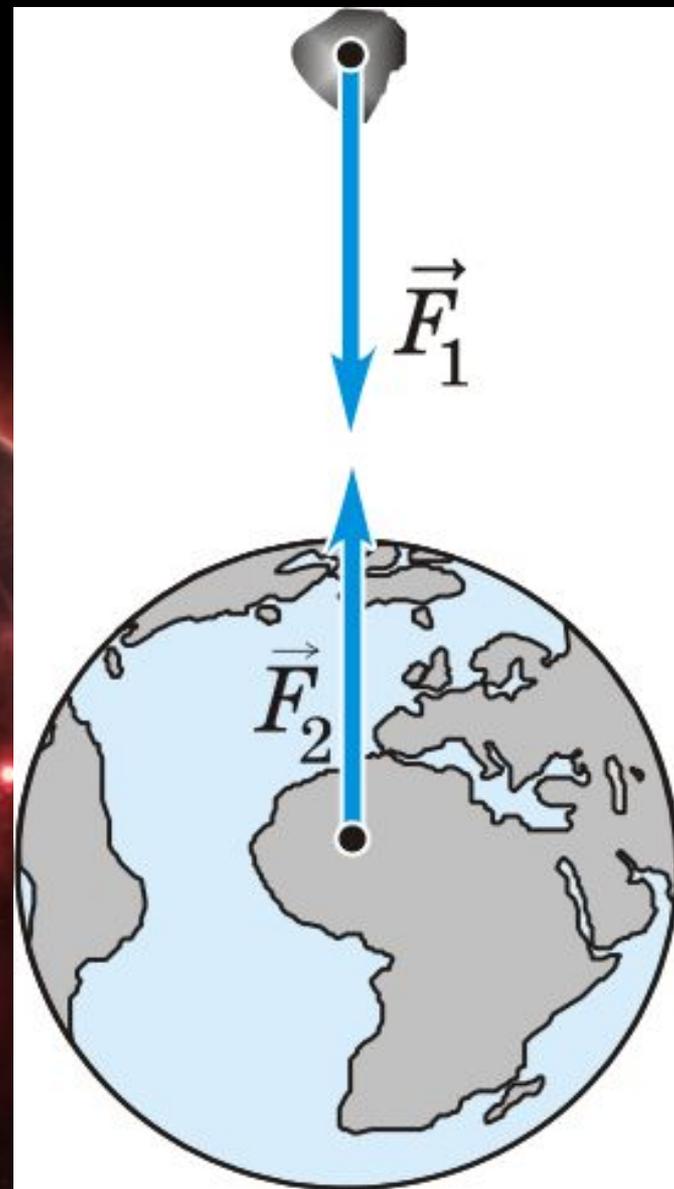


Исаак Ньютон открыл этот закон в возрасте 23 лет, но целых 9 лет не публиковал его, так как имевшиеся тогда неверные данные о расстоянии между Землей и Луной не подтверждали его идею. Лишь в 1667 году, после уточнения этого расстояния, *закон всемирного тяготения был* наконец отдан в печать.

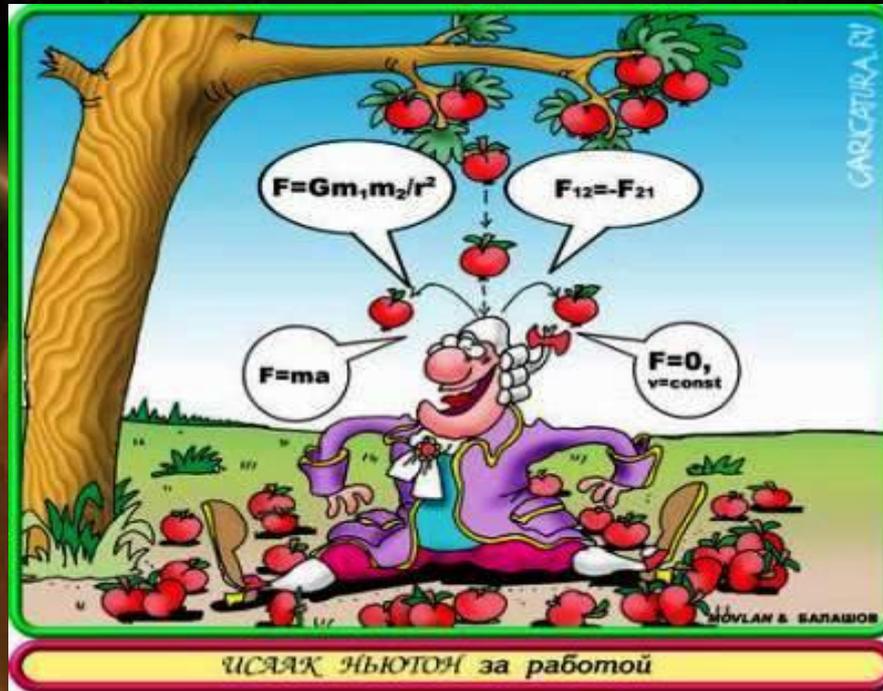
Одним из первых учёных, кто понял, что не только Солнце притягивает к себе планеты, но и планеты притягивают к себе Солнце, был английский учёный Роберт Гук.

Он писал:

«Все небесные тела имеют притяжение, или силу тяготения к своему центру, вследствие чего они не только притягивают собственные части и препятствуют им разлетаться, как наблюдаем на Земле, но притягивают также все другие небесные тела, находящиеся в сфере их действия».



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!

Запомни, что ...

Всемирное тяготение – взаимное притяжение между всеми телами Вселенной

Гравитационные силы – силы всемирного тяготения.

Гравитационное поле – особый вид материи, осуществляющий гравитационное взаимодействие.

Вывод закона всемирного тяготения

1. Зависимость силы тяготения от массы тела

$$\vec{F}_p = m\vec{a}$$

(второй закон Ньютона)

$$F_1 = m_1 g$$

$$g = \text{const}$$

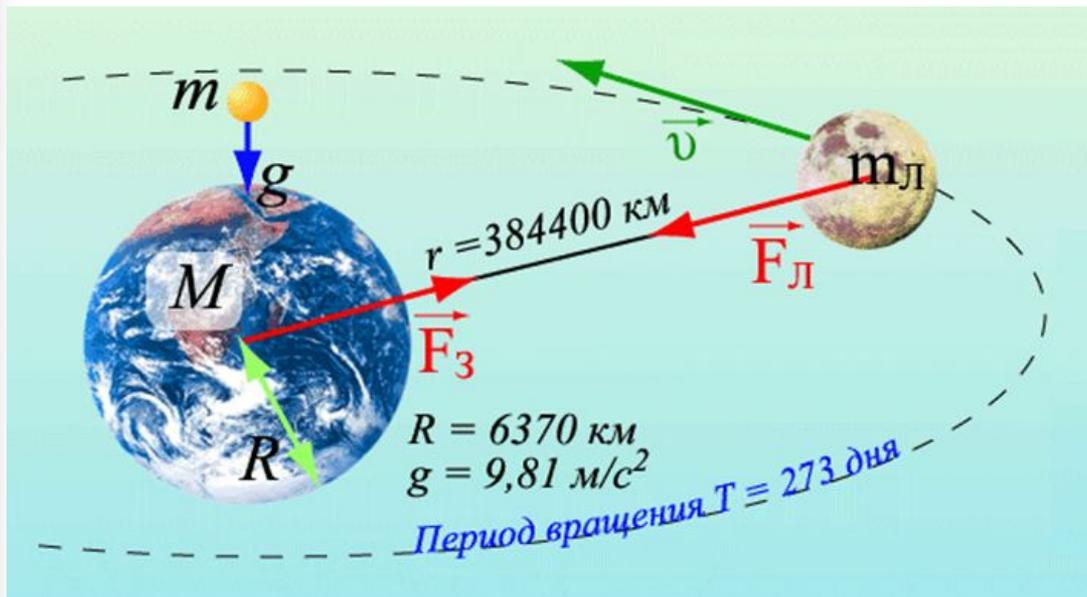
$$F_1 = F_2$$

(третий закон Ньютона)

$$F \sim m_1 \cdot m_2$$

Вывод закона всемирного

2. Зависимость силы тяготения от расстояния



Центростремительное ускорение Луны равно:

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$\frac{g}{a} = \frac{9,8}{0,0027} = 60^2$$

$$\frac{R}{R_з} = \frac{3,84 \times 10^8}{6,371 \times 10^6} \approx 60. \quad \Longrightarrow$$

$$R = 60 R_з$$

$$F \sim \frac{1}{R^2}$$

Сила тяготения между двумя телами уменьшается пропорционально квадрату расстояния между этими телами.

Закон всемирного тяготения

Сила взаимного притяжения двух тел прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

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

m_1, m_2 - массы взаимодействующих тел,
 R - расстояние между ними,
 G - гравитационная постоянная

$$[G] = \left[\frac{\text{Н} \times \text{м}^2}{\text{кг}^2} \right].$$

Гравитационная постоянная численно равна силе притяжения между двумя материальными точками массами 1 кг, если расстояние между ними составляет 1 метр.

Силы тяготения направлены вдоль прямой, проходящей через центры взаимодействующих тел.



Первое экспериментальное измерение гравитационной постоянной было осуществлено Генри Кавендишем в 1798 году.

Опыт Кавендиша



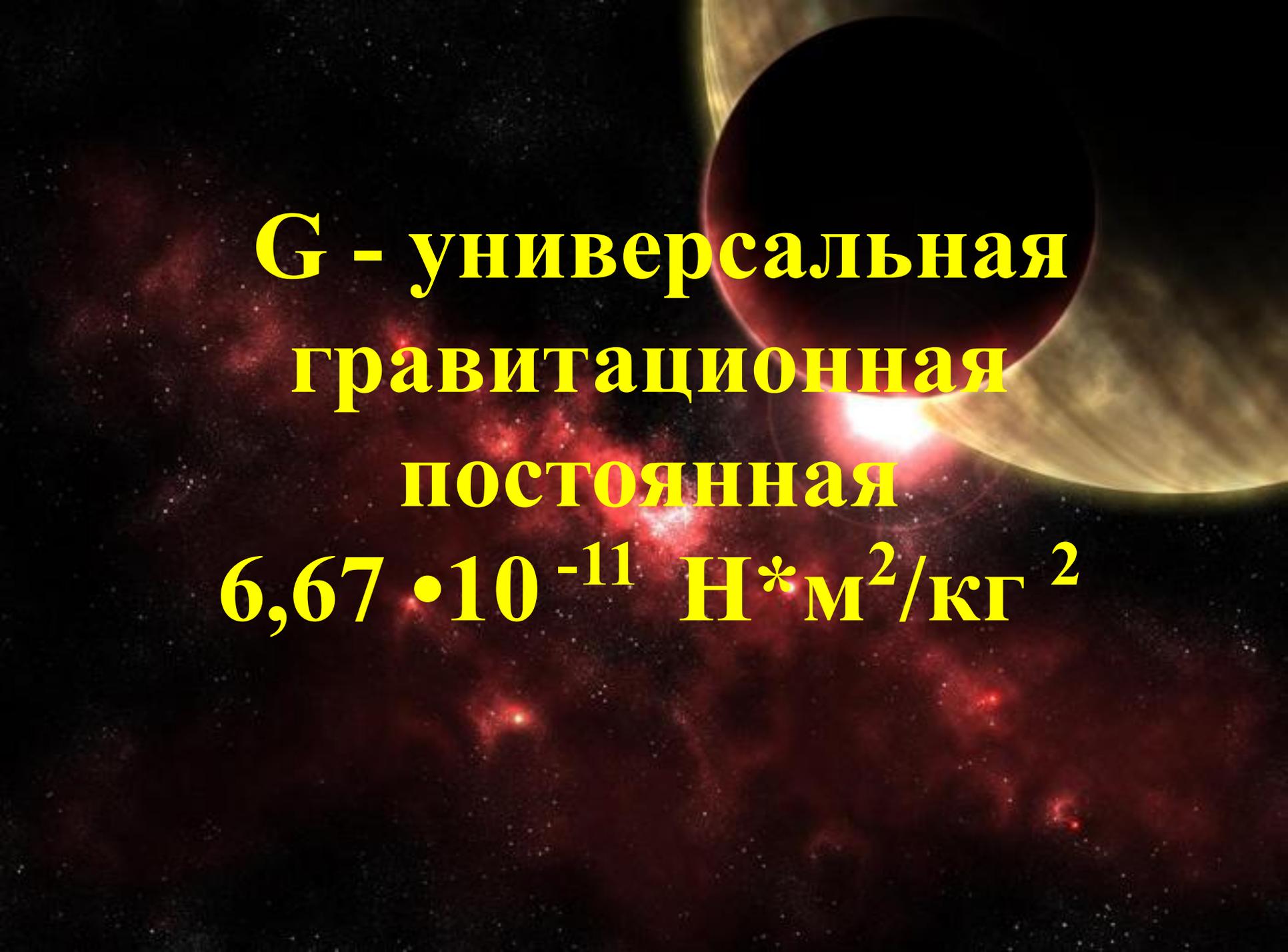
Генри Кавендиш



Экспериментальная установка –
крутильные весы



Измерив силу взаимодействия между шарами m и M по углу закручивания нити и зная массу шаров и расстояние между ними, Кавендиш определил гравитационную постоянную.

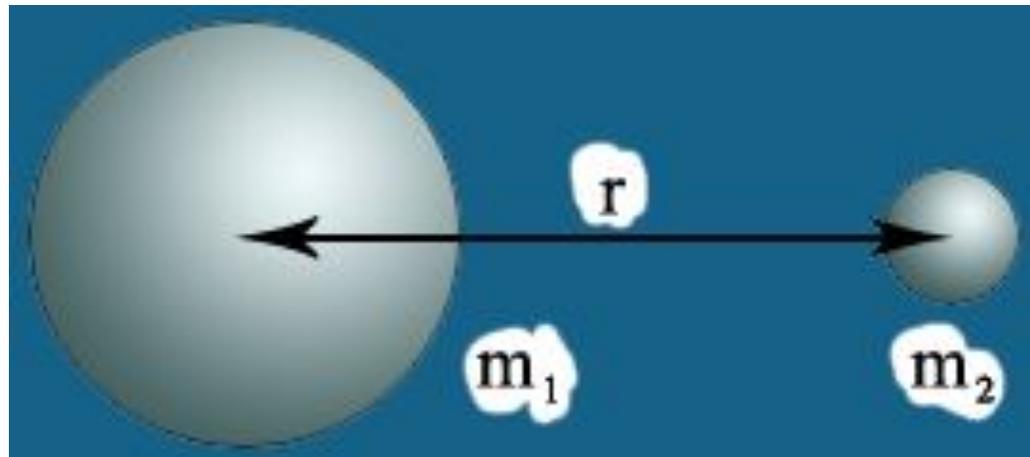
The background of the slide is a cosmic scene. It features a dark, star-filled space with a prominent red and orange nebula or galaxy structure. A large, bright yellow star is visible on the right side, partially obscured by a large, dark planet or moon. The text is overlaid on this background in a bright yellow color.

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

Границы применимости закона всемирного тяготения

Закон дает точный результат, в трех случаях:

- 1) Если оба тела имеют форму шара и являются однородными.
- 2) Если размеры тел ничтожно малы, по сравнению с расстоянием между ними.
- 3) Если одно из тел обладает формой шара и его размеры многократно больше размеров второго тела любой формы.



Механизм гравитационного взаимодействия

В настоящее время механизм гравитационного взаимодействия представляется следующим образом.

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.

Гравитационное поле

СУЩЕСТВУЕТ
ВОКРУГ
ЛЮБОГО ТЕЛА

ОСУЩЕСТВЛЯЕТ
ПРИТЯЖЕНИЕ
МЕЖДУ ТЕЛАМИ

СВОЙСТВА

ВСЕПРОНИКАЮЩ
АЯ
СПОСОБНОСТЬ

ХАРАКТЕРИЗУЕТС
Я

ГРАВИТАЦИОННЫ
М
ЗАРЯДОМ -
МАССОЙ

Значение закона всемирного тяготения:

- Объясняет движение планет
- Объясняет морские приливы и отливы
- Позволил открыть новые планеты – Нептун и Плутон
- Можно предсказывать солнечные и лунные затмения
- Можно объяснить строение Солнечной системы

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 **0,1 м** друг от друга и притягиваются с силой $6,67 \cdot 10^{-15}$ Н. Какова масса каждого шарика?

 Решайте

1. Определите число оборотов первого искусственного спутника Земли за сутки, если радиус его орбиты равен 7340 км?

(Ответ: 14)

*2. На экваторе некоторой планеты тела весят втрое меньше, чем на полюсе. Период обращения планеты вокруг своей оси равен 55 мин. Найдите плотность планеты, считая ее однородным шаром.

(Ответ: 19450 кг/м³)

*3. У поверхности Земли на тело действует сила всемирного тяготения 72 Н. Чему равна сила тяготения, действующая на это тело в радиальной шахте глубиной $R_z/4$? Землю считать однородным шаром.

(Ответ: 54 Н)

4. Средняя плотность Венеры 5,2 г/см³. Радиус Венеры 6100 км. Каково ускорение свободного падения на поверхности Венеры?

(Ответ: 8,85 м/с²)

5. На каком расстоянии от поверхности Земли сила притяжения космического корабля к Земле будет в 100 раз меньше, чем на ее поверхности?

(Ответ: $h = 9 R_z$)

6. Рассчитайте массу и среднюю плотность Земли. Радиус Земли 6400 км.

(Ответ: $6 \cdot 10^{24}$ кг; ≈ 5467 кг/м³)

уменьшится на половину:

141. Во сколько раз уменьшится сила притяжения к Земле космического корабля при его удалении от поверхности Земли на расстояние, равное радиусу Земли? пяти радиусам Земли?

142. Вычислите силу притяжения человека массой 80 кг к Солнцу и сравните ее с силой тяжести, если масса Солнца равна $1,99 \cdot 10^{30}$ кг, а расстояние от Земли до Солнца составляет 150 000 000 км.

143. Из всего добытого на Земле золота можно было бы сделать шар, диаметр которого всего 22 м. Плотность золота равна $19,3 \cdot 10^3$ кг/м³. С какой силой притягивал бы вас этот шар, если бы вы подошли к нему вплотную?

144. Тело массой 1 кг притягивается к Луне с силой 1,7 Н. Считая, что средняя плотность Луны равна $3,5 \cdot 10^3$ кг/м³, определите радиус Луны.

145. Найдите ускорение свободного падения на поверхности Венеры, если ее масса равна $4,9 \cdot 10^{24}$ кг, а радиус 6100 км.

146. Найдите ускорение свободного падения на поверхности Юпитера, если его масса приблизительно в 317 раз больше массы Земли, а радиус в 11 раз больше земного.

147. Найдите среднюю плотность Солнца, если его масса равна $2 \cdot 10^{30}$ кг, а ускорение свободного падения вблизи его поверхности приблизительно равно 1508 м/с².

