

## 4.1. Закон всемирного тяготения

**4.1.1.** С какой силой  $F$  притягивают друг друга два одинаковых однородных шара массой  $m = 1$  кг каждый, если их центры отстоят друг от друга на расстоянии  $r = 1$  м?

**4.1.2.** Во сколько раз изменится сила притяжения двух соприкасающихся одинаковых шариков, если их заменить шариками из того же материала, увеличив в  $n = 2$  раза радиусы?

**4.1.3.** Вычислите силу гравитационного притяжения Земли и Солнца. Какие ускорения имеют Земля и Солнце благодаря этой силе?



Рис. 4.1.1

**4.1.4.** Ускорение Луны при ее движении вокруг Земли можно найти из кинематических соображений, зная, что средний радиус ее орбиты  $R = 385\,000$  км, а период ее обращения вокруг Земли  $T = 27,3$  суток. Сравните полученное таким образом ускорение с ускорением, создаваемым на лунной орбите земным тяготением.

**4.1.5.** Отвес, изображенный на рисунке 4.1.1, отклонился от вертикали на угол  $\alpha = 1^\circ$ . Считая нить отвеса невесомой, а масса шарика отвеса  $m = 0,2$  кг, оцените силу гравитационного притяжения между шариком и скалой.

**4.1.6.** Три одинаковых шара массой  $m = 10$  кг каждый расположены так, как показано на рисунке 4.1.2. Найдите силу, действующую на шар  $A$  со стороны двух других. Расстояние  $a = 10$  см.

**4.1.7.** Три шара массами  $m$ ,  $2m$  и  $3m$  расположены на окружности радиусом  $R = 10$  м так, как показано на рисунке 4.1.3. Найдите силу, действующую на шар массой  $m$  со стороны двух других. Масса  $m = 10$  кг.

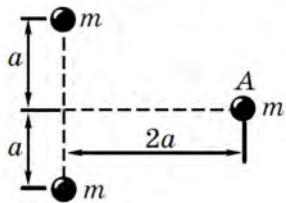


Рис. 4.1.2

**4.1.8.** На каком расстоянии от Земли тело притягивается к Земле и Солнцу с одинаковой силой?

**4.1.9.** Два шара, массы которых  $m_1 = 10$  кг и  $m_2 = 90$  кг, расположены на расстоянии  $R = 10$  м друг от друга. На каком расстоянии от первого шара и какой массы  $m_3$  надо поместить третий шар,

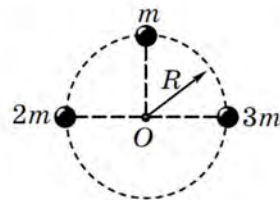


Рис. 4.1.3

чтобы: а) он находился в равновесии; б) вся система находилась в равновесии?

**4.1.10.** Имеется кольцо радиусом  $R = 20$  см из тонкой медной проволоки. Найдите силу, с которой это кольцо притягивает материальную точку массой  $m = 2$  г, находящуюся на оси кольца на расстоянии  $d = 10$  см от его центра. Радиус проволоки  $r = 1$  мм.

**4.1.11.** В свинцовом шаре радиусом  $R$  сделана сферическая полость, поверхность которой касается поверхности шара и проходит через его центр. Масса шара без полости  $M$ . Определите, с какой силой свинцовый шар с полостью будет притягивать маленький шарик массой  $m$ , находящийся на расстоянии  $d \gg R$  от центра свинцового шара на прямой, соединяющей центры шара и полости (рис. 4.1.4).

**4.1.12.** С какой силой взаимодействуют шарик массой  $m_1 = 10$  кг (рис. 4.1.5) и свинцовый шар, имеющий сферическую полость? Радиус шара  $R_1 = 20$  см; радиус полости  $R_2 = 10$  см; расстояние  $l = 80$  см.

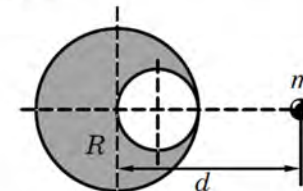


Рис. 4.1.4

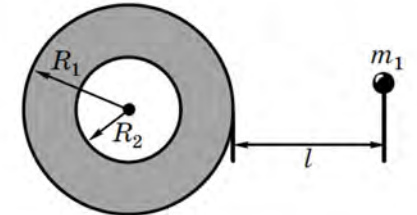


Рис. 4.1.5

**4.1.13.** Свинцовый шар радиусом  $R = 50$  см имеет внутри сферическую полость радиусом  $r = 5$  см, центр которой находится на расстоянии  $l = 40$  см от центра шара (рис. 4.1.6). С какой силой будет притягиваться к шару материальная точка массой  $m = 10$  г, находящаяся на расстоянии  $L = 80$  см от центра шара, если линия  $AC$ , соединяющая

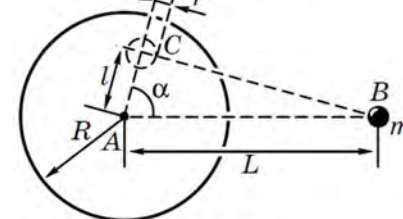


Рис. 4.1.6

центры шара и полости, составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с линией  $AB$ , соединяющей центр шара с материальной точкой?

**4.1.14.** Тело, размерами которого можно пренебречь, помещено внутрь тонкой однородной сферы. Докажите, что сила притяжения, действующая со стороны сферы на тело, равна нулю при любом его положении внутри сферы.

**Ответы:**

$$4.1.1. F = G \frac{m_1 m_2}{R^2} \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н.}$$

4.1.2. Увеличится в  $n^4 = 16$  раз.

$$4.1.3. F_{\text{гп}} = 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н}; a_3 = 5,98 \times 10^{-3} \text{ м/с}^2; a_{\text{С}} = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}^2.$$

$$4.1.4. a_1 = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 2,73 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2;$$

$$a_2 = g \left( \frac{R_3}{R} \right)^2 = 2,68 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2.$$

$$4.1.5. F_{\text{гп}} = mgtg\alpha \approx mg\alpha = 34,2 \text{ мН.}$$

$$4.1.6. F = \frac{4Gm^2}{5\sqrt{5}a^2} = 2,38 \cdot 10^{-7} \text{ Н.}$$

$$4.1.7. F = G \frac{m^2 \sqrt{13}}{2\pi R^2} = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ Н.}$$

$$4.1.8. x \approx R \sqrt{\frac{M_3}{M_{\text{С}}}} = 2,58 \cdot 10^8 \text{ м.}$$

$$4.1.9. \text{ а) } x = \frac{R}{\sqrt{\frac{m_2}{m_1} + 1}} = 2,5 \text{ м, лю-}$$

бой массы; б) система не будет находиться в равновесии.

4.1.10.

$$F = \frac{2\pi^2 G m \rho r^2 R d}{(R^2 + d^2)^{3/2}} = 4,2 \cdot 10^{-14} \text{ Н.}$$

4.1.12.

$$F = \frac{4\pi\rho G(R_1^3 - R_2^3)m_1}{3(R_1 + l)^2} = 2,2 \cdot 10^{-11} \text{ Н.}$$