

4.5. Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия

4.5.1. Спутник массой $m = 1000$ кг движется по круговой орбите вокруг Земли на высоте $h = 1000$ км от ее поверхности. Каковы его потенциальная, кинетическая и полная энергии?

4.5.2. Спутник Земли движется по круговой орбите, его кинетическая энергия $E_k = 10^9$ Дж. Найдите его потенциальную энергию.

4.5.3. Космический корабль летит от Земли к Луне, все время перемещаясь вдоль прямой, соединяющей центры планеты и спутника. На каком расстоянии h от Земли потенциальная энергия корабля принимает наибольшее значение? Массы Земли и Луны m_1 и m_2 соответственно. Расстояние между центрами Земли и Луны равно R .

4.5.4. По оси вращения земного шара пробуравлена шахта, и в нее падает тело. Определите максимальную скорость тела (сопротивление воздуха не учитывать).

• **4.5.5.** Ракете, находящейся на поверхности Земли, сообщена вертикальная скорость $v_0 = 6$ км/с. Считая, что сопротивление воздуха отсутствует, найдите максимальную высоту подъема ракеты.

4.5.6. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы запустить спутник массой $m = 1$ т по круговой орбите на высоту $h = 3200$ км?

4.5.7. Найдите отношение энергии, необходимой, чтобы поднять спутник на высоту $h = 3200$ км, к энергии, требуемой для его движения по круговой орбите на той же высоте.

• **4.5.8.** Какую работу должен совершить двигатель космического летательного аппарата массой $m = 2000$ кг, чтобы перевести его с орбиты радиусом $r_1 = 2000$ км на орбиту радиусом $r_2 = 1000$ км?

• **4.5.9.** Искусственный спутник Земли массой $m = 100$ кг, движущийся по круговой орбите в высоких слоях атмосферы, испытывает сопротивление разреженного воздуха. Сила сопротивления $F = 5 \cdot 10^{-4}$ Н. Найдите изменение скорости спутника за один оборот вокруг Земли.

• **4.5.10.** Метеорит летит со скоростью $v_0 = 2360$ м/с в сторону Луны, радиус которой $R_{\text{Л}} = 1,74 \cdot 10^6$ м (рис. 4.5.1). Определите минимальное прицельное расстояние l_{min} , при котором метеорит не упадет на поверхность Луны. Ускорение свободного падения на Луне $g_{\text{Л}} = 1,6$ м/с².

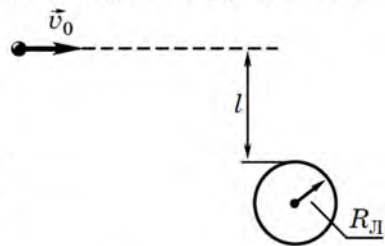


Рис. 4.5.1

• **4.5.11.** Космический корабль двигался вокруг Земли радиусом $R = 6370$ км по круговой орбите на вы-

соте $h_1 = 200$ км от ее поверхности. В результате включения ракетного двигателя на короткое время скорость космического корабля увеличилась на $\Delta v = 10$ м/с, а траектория движения стала эллипсом с минимальным удалением от поверхности Земли h_1 и максимальным удалением от поверхности Земли $h_2 = 234$ км. С какой скоростью v_2 движется космический корабль в точке максимального удаления от поверхности Земли?

• **4.5.12.** Рассчитайте вторую космическую скорость тела, стартующего с поверхности Земли. Сравните ее с первой космической скоростью.

4.5.13. Спутник движется по круговой траектории вблизи поверхности Земли. Какую дополнительную скорость нужно сообщить спутнику, чтобы он смог преодолеть поле притяжения Земли? Дополнительная скорость направлена: а) по направлению движения спутника; б) перпендикулярно его первоначальному направлению.

• **4.5.14.** Космический корабль находится внутри Солнечной системы на том же расстоянии от Солнца, что и Земля (вдали от Земли). Какую минимальную скорость нужно сообщить кораблю, чтобы он покинул Солнечную систему? Расстояние от Земли до Солнца $r = 1,5 \cdot 10^8$ км.

• **4.5.15.** Рассчитайте третью космическую скорость, т. е. минимальную скорость, которую надо сообщить космическому кораблю, стартующему с Земли, чтобы он смог покинуть пределы Солнечной системы.

Ответы:

$$4.5.1. E_{\text{п}} = -G \frac{mM_3}{R_3 + h} = -5,37 \times 10^{10} \text{ Дж}; \quad 4.5.7. n = \frac{2h}{R_3} \approx 1.$$

$$E_k = G \frac{mM_3}{2(R_3 + h)} = 2,68 \cdot 10^{10} \text{ Дж}; \quad 4.5.13. \text{ а) } v = \sqrt{g_3 R_3} (\sqrt{2} - 1) = 3,2 \text{ км/с}; \text{ б) } v = \sqrt{g_3 R_3} = 7,9 \text{ км/с}.$$

$$E = -G \frac{mM_3}{2(R_3 + h)} = -2,68 \cdot 10^{10} \text{ Дж}.$$

$$4.5.2. E_{\text{п}} = -2E_k = -2 \cdot 10^9 \text{ Дж}.$$

$$4.5.3. h = R \left(1 + \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \right)^{-1}.$$

$$4.5.4. v = \sqrt{g_0 R_3} \approx 7,9 \text{ км/с}.$$

$$4.5.6. A = \frac{mg_0 R_3^2}{R_3 + H} \approx 4,2 \cdot 10^{13} \text{ Дж}.$$