

АСТРАДЬ

# Содержание

<b>1</b>	<b>Небесная механика</b>	<b>2</b>
1.1	Закон сохранения энергии и типы орбит . . . . .	2

# 1 Небесная механика

## 1.1 Закон сохранения энергии и типы орбит

Для движения тела с массой  $m$  в гравитационном поле тела с массой  $M \gg m$  со скоростью  $v$  на расстоянии  $r$  от гравитационного центра справедливо следующее соотношение:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{r} = E_0, \quad (1)$$

где  $E_0$  — постоянная величина, если на тело не действуют внешние силы кроме силы притяжения к центральному телу, равная сумме кинетической и потенциальной энергии тела.

Если  $E_0 > 0$ , то траектория тела — *гипербола*, ветви которой асимптотически приближаются к двум прямым.

Если  $E_0 = 0$ , то траектория тела — *парабола*. При параболической и гиперболической траекториях движение не ограничено (инфинитно).

Если  $E_0 < 0$ , то траектория тела — *эллипс*. При эллиптической траектории движение ограничено (финитно).

Параболическая скорость — минимальная, при которой тело покидает центральное тело. Она также называется *второй космической скоростью*. Выражение для нее имеет следующий вид:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \quad (2)$$

На Рис. 1 представлены примеры возможных траекторий тела относительно центрального (точка С). При  $v_0 > v_2$  — тело движется по гиперболе, при  $v_0 = v_2$  — по параболе, а при  $v_0 < v_2$  — по эллипсу.

*Первая космическая скорость* — минимальная скорость, необходимая для того, чтобы маломассивное тело стало искусственным спутником центрального тела.

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (3)$$

Где  $M$  — масса массивного тела.

*Вторая космическая скорость* — минимальная скорость, необходимая для того, чтобы маломассивное тело преодолело гравитационное притяжение центрального тела и покинуло замкнутую орбиту вокруг последнего.

$$v_2 = v_p = \sqrt{2gR} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2}v_1 \quad (4)$$

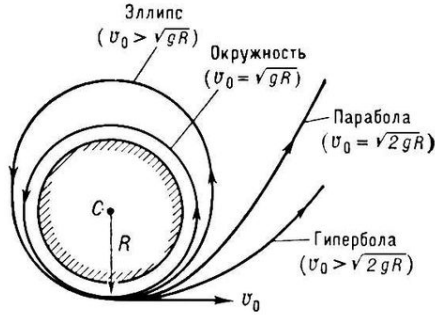


Рис. 1: Возможные траектории тела

Планета	$v_1, \text{км/с}$	$v_2, \text{км/с}$
Солнце	436,8	617,7
Меркурий	3,0	4,3
Венера	7,4	10,5
Земля	7,9	11,2
Луна	1,7	2,4
Марс	3,5	5,0
Юпитер	42,0	59,5
Сатурн	25,1	35,5
Уран	15,0	21,3
Нептун	16,6	23,5

Таблица 1:  $v_1$  и  $v_2$  на некоторых телах Солнечной системы

Скорость искусственного небесного тела на высоте  $h$ .

$$v_h = \sqrt{\frac{G}{R+h}} = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}} \quad (5)$$

*Третья космическая скорость* — минимальная скорость, которую необходимо придать находящемуся вблизи поверхности Земли телу, чтобы оно могло преодолеть гравитационное притяжение Земли и Солнца и покинуть пределы Солнечной системы.

$$v_3 = \sqrt{(\sqrt{2} - 1)^2 v_1^2 + v_2^2} \quad (6)$$