

$$E_p = -G \frac{Mm}{r}$$

Знак "минус" указывает, что гравитационные силы являются силами притяжения.

Если тело находится в гравитационном поле на некотором расстоянии  $r$  от центра тяготения и имеет некоторую скорость  $v$ , его полная механическая энергия равна

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{r} = \text{const}$$

В соответствии с законом сохранения энергии полная энергия тела в гравитационном поле остается неизменной.

Полная энергия может быть положительной и отрицательной, а также равняться нулю. Знак полной энергии определяет характер движения небесного тела.

При  $E < 0$  тело не может удалиться от центра притяжения на расстояние  $r_0 > r_{\text{max}}$ . В этом случае небесное тело движется по *эллиптической орбите* (планеты Солнечной системы, кометы).

Период обращения небесного тела по эллиптической орбите равен периоду обращения по круговой орбите радиуса  $a$ , где  $a$  - большая полуось орбиты.

При  $E = 0$  тело движется по *параболической траектории*. Скорость тела на бесконечности равна нулю.

При  $E > 0$  движение происходит по *гиперболической траектории*. Тело удаляется на бесконечность, имея запас кинетической энергии.

Законы Кеплера применимы не только к движению планет и других небесных тел в Солнечной системе, но и к движению искусственных спутников Земли и космических кораблей. В этом случае центром тяготения является Земля.

*Первой космической скоростью* называется скорость движения тела по круговой орбите вблизи поверхности Земли

$$\frac{mv_1^2}{R_3} = G \frac{Mm}{R_3^2} = gm \Rightarrow v_1 = \sqrt{gR_3} \approx 7.9 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

*Второй космической скоростью* называется скорость движения тела по параболической траектории. Она равна минимальной скорости, которую нужно сообщить телу на поверхности Земли, чтобы оно, преодолев земное притяжение, стало искусственным спутником Солнца (искусственная планета).

$$E = \frac{mv_2^2}{2} - G \frac{Mm}{R} = 0 \Rightarrow v_2 = \sqrt{2gR} \approx 11.2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$