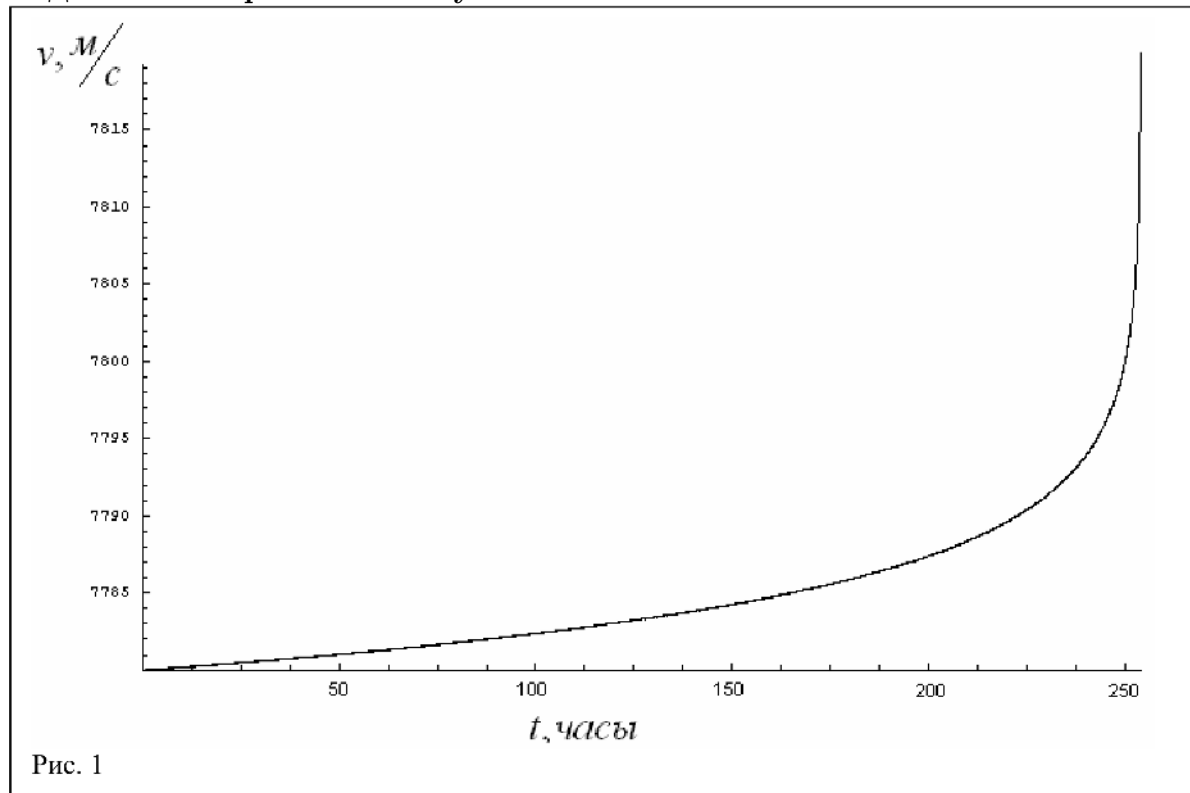


Торможение спутника

Условие

Задание 2 «Торможение спутника»



Рассмотрим движение искусственного спутника Земли в верхних слоях атмосферы. Наличие атмосферного «хвоста» приводит к тому, что на спутник действует тормозящая сила, пропорциональная плотности газа, площади поперечного сечения спутника и квадрату его скорости:

$$F_C = C \cdot \rho \cdot S \cdot v^2.$$

Безразмерный коэффициент C в данной задаче можно принять равным единице.

Сила эта невелика, и спутник может годами вращаться вокруг Земли. Однако радиус его орбиты будет постепенно уменьшаться, соответственно будет изменяться и скорость движения спутника. Предлагаем рассмотреть динамику спутника подробнее:

1. Спутник с массой m и площадью поперечного сечения S находится на орбите радиуса R_0 . Определите скорость его движения v_0 и период обращения вокруг Земли T_0 . 2. Чему равна полная механическая энергия спутника E_0 ? 3. Теперь учтём силу сопротивления. Плотность атмосферы на данной высоте — ρ_0 . За один «виток» радиус орбиты изменяется на относительно маленькую величину ΔR ($\Delta R \ll R_0$), поэтому силу сопротивления на этом «витке» можно считать постоянной величиной. Определите относительное изменение скорости спутника $\frac{\Delta v}{v_0}$ и радиуса орбиты $\frac{\Delta R}{R_0}$ за один оборот. 4. Определите тангенциальное a_τ (по касательной к орбите) ускорение спутника на этой орбите. 5. С какой скоростью v_{n0} спутник приближается к центру Земли на этой высоте? Если бы плотность атмосферы изменялась по закону $\rho = AR^\alpha$, то при некотором значении α , эта скорость оставалась бы постоянной величиной. Определите, чему равен этот показатель α .

6. Рассмотренное явление может дать ценную информацию о верхних слоях атмосферы. Сферический зонд с массой $m = 100$ кг и площадью поперечного сечения $S = 1,00$ м² выводят

на орбиту на высоте $h = 208$ км. Не составляет большого труда измерять изменение скорости спутника. На рисунке 1 приведён график зависимости скорости спутника от времени наблюдения.

Известно, что плотность атмосферы экспоненциально уменьшается с высотой, т.е. $\rho \sim e^{-\beta h}$. Используя приведенный график, определите постоянную β .

Некоторые постоянные:

Радиус Земли $R_{\text{З}} = 6,40 \cdot 10^6$ м.

Масса Земли $M = 6,00 \cdot 10^{24}$ кг.