

а) Луна в зените. Тогда имеем в проекции на e_r :

$$F_{\text{доп}} = -f \frac{\mu m}{R^2} + f \frac{\mu m}{(R-r)^2} = \frac{f \mu m}{R^2} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{r}{R}\right)^2} - 1 \right) \approx \\ \approx \frac{f \mu m}{R^2} \left(1 + \frac{2r}{R} - 1 \right) = 2f \frac{\mu m}{R^2} r;$$

б) Луна в надире. Тогда аналогично

$$F_{\text{доп}} = f \frac{\mu m}{R^2} - f \frac{\mu m}{(R+r)^2} = \\ = f \frac{\mu m}{R^2} \left(1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{R}\right)^2} \right) \approx 2f \frac{\mu m}{R^2} r.$$

В обоих случаях дополнительная сила направлена вверх и по величине практически одинакова. Фактически мы имеем дело с разностью ускорений, которые Луна сообщает Земле и грузу.

2. ЭФФЕКТ ЛАРМОРА. В системе отсчета $O\xi\eta\zeta$ рассмотрим (не выходя за пределы классической механики) систему «протон—электрон», помещенную в магнитное поле. Поскольку протон много массивнее электрона, будем первый считать неподвижным и поместим его в начало координат. Расстояние между частицами мало, так что магнитное поле можно считать однородным. Если бы поля не было, то электрон двигался бы по некоторому эллипсу, в фокусе которого находится протон. Однако, помимо силы кулонова притяжения, на электрон действует также сила Лоренца:

$$\mathbf{F} = \frac{q}{c} [\mathbf{v} \times \mathbf{B}].$$

Будем трактовать ее как силу Кориолиса, возникшую якобы за счет того, что система $O\xi\eta\zeta$ не инерциальна, а вращается с угловой скоростью:

$$\boldsymbol{\Omega} = \frac{q}{2mc} \mathbf{B}$$

относительно некоторой инерциальной системы $Oxyz$. Тогда в этой последней на электрон действует также сила

$$\Phi = m [\boldsymbol{\Omega} \times [\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}]],$$

которая при переходе к $O\xi\eta\zeta$ компенсируется переносной силой инерции. Однако эта сила, легко видеть, крайне мала (r мало) и ею можно пренебречь. Таким образом, можно считать, что в системе $Oxyz$ электрон движется по эллиптической орбите. Следовательно, с точки зрения исходной системы $O\xi\eta\zeta$ движение электрона может быть представлено (рис. 61) как кеплеровское перемещение по эллипсу, вращающемуся вокруг вектора магнитной напряженности \mathbf{B} с угловой скоростью $\boldsymbol{\Omega}$ (частота Лармора). Это и требовалось получить.