

Наконец, момент ее равен

$$[\overline{SP} \times \mathbf{F}] = - \begin{vmatrix} \mathbf{e} & \alpha \frac{\partial V}{\partial \alpha} \\ \mathbf{e}' & \beta \frac{\partial V}{\partial \beta} \\ \mathbf{e}'' & \gamma \frac{\partial V}{\partial \gamma} \end{vmatrix} =$$

$$= \left( \gamma \frac{\partial V}{\partial \beta} - \beta \frac{\partial V}{\partial \gamma} \right) \mathbf{e} + \left( \alpha \frac{\partial V}{\partial \gamma} - \gamma \frac{\partial V}{\partial \alpha} \right) \mathbf{e}' + \left( \beta \frac{\partial V}{\partial \alpha} - \alpha \frac{\partial V}{\partial \beta} \right) \mathbf{e}'' =$$

$$= - \frac{3fM\mu}{r^3} [\beta\gamma(C-B)\mathbf{e} + \gamma\alpha(A-C)\mathbf{e}' + \alpha\beta(B-A)\mathbf{e}''] + O\left(\frac{1}{r^4}\right).$$

Это интересно само по себе и нужно для (25). Видим, что на практике гравитационный момент  $\mathbf{G}_S$  имеет тот же порядок малости, что и члены третьей степени по  $1/r$  в потенциале.

*Добавления к теме 10.*

**1. ПРИЛИВНОЙ ЭФФЕКТ.** Рассмотрим систему Земля—Луна. Оба тела будем считать однородными шарами, так что они притягиваются как точки по закону тяготения Ньютона. Луна вокруг Земли движется примерно по окружности. На поверхности Земли имеется мировой океан и материки. Известно, что в океане и на материках наблюдаются приливные волны (рис. 36): одна волна выпячивается в сторону Луны, другая — в противоположную сторону (на деле эти волны отстают от Луны, но это уже более тонкий эффект). Надо объяснить это явление, т. е. ответить на вопрос, по какой причине малая частица на поверхности Земли имеет тенденцию подняться вверх, когда Луна находится над ней (в зените) или с противоположной стороны (в надире).

С этой целью поместим на поверхности Земли, которую для простоты будем считать невращающейся, грузик массы  $\mu$  на пружине, и предположим, что натяжение пружины уравнивает силу тяготения к Земле (рис. 37):

$$\mathbf{F}_{\text{нат}} = f \frac{M\mu}{r^2} \mathbf{e}_r.$$

Вести исследование будем в системе отсчета, начало которой все время находится в центре Земли, а оси не вращаются. Эта система координат неинерциальна. Поэтому на грузик действует сила инерции:

$$\Phi_{\text{пер}} = -\mu a_3 = -\mu f \frac{m}{R^2} \mathbf{e}_R.$$

Действует также и сила тяготения к Луне. Ее мы будем для простоты выписывать не в общем случае, а в тех положениях, о которых говорилось выше. Для большей ясности результатов величину  $r/R$  будем считать малой.