УДК 530.1

СИЛА, ДЕЙСТВУЯЩАЯ НА РАБОЧЕЕ ТЕЛО В ОДНОАТОМНОМ ТЕПЛОВОМ ДВИГАТЕЛЕ

Студентка гр. 11312114 Зданович С.В.
Д-р физ.-мат. наук, доцент Князев М.А.
Белорусский национальный технический университет

Тепловые двигатели играют важную роль в жизни современного общества, преобразуя тепловую энергию в механическую. В обычном тепловом двигателе содержится порядка 10^{24} частиц. В настоящее время развитие науки позволяет говорить о возможности создания теплового двигателя, состоящего из одного атома [1]. Рабочим телом такого двигателя является одиночный ион, нагревателем – переменное электрическое поле высокой частоты, а охладителем – лазерный луч.

На рабочее тело одноатомного теплового двигателя действует сила [2]

$$F(T) = -\int_0^\infty \xi_r(r,\phi,T)\frac{dU}{dz}d\phi dr,$$

− вычисление которой в некотором приближении было реализовано в настоящей работе. Здесь ξ_r – усредненное по времени пространственное распределение теплового состояния. Считалось, что управление тепловым двигателем осуществлялось попеременным нагреванием и охлаждением иона в радиальном направлении посредством включения и отключения электрического поля. Охлаждающий лазерный луч действовал постоянно. С целью упрощения расчетов было принято, что угловая зависимость для пространственного распределения теплового состояния не существенна и определяется только радиальными перемещениями иона относительно оси z, температурой T и частотой колебаний иона в ловушке. В результате получено выражение вида

$$F(T) = \frac{\omega_0^2 m\mathrm{tg}(\theta/r_0)}{2\pi\sigma_r^2[1+z\mathrm{tg}(\theta/r_0)]^3}\left[\sqrt{\frac{\pi\sigma_\mathrm{r}}{2}} + 2r_0^3 + (2\sigma_r)^{3/2}\left(-\frac{r_0}{\sqrt{2\sigma_r^3}}\exp\left(-\frac{r_0^2}{2\sigma_r}\right)+\right)\right].$$

Здесь $\sigma_\mathrm{r} = \sqrt{\frac{kT}{m\omega_\mathrm{r}^2}}$, k –постоянная Больцмана, m – масса иона, ω_r – частота колебаний, $\omega_0, \mathrm{r}_0, \theta$ – параметры ловушки.

Литература

1. Abah, O. et al. Single ion heat engine with maximum efficiency at maximum power // http://xxx.lanl.gov (arXiv:quant-ph/1205.1362).

2. Rossnagel, J. et al. A single-atom heat engine // http://xxx.lanl.gov (arXiv: cond-mat.stat-mech/15100368).