УДК 531.51

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПЛАВЯЩИХСЯ ЧАСТИЦ И МОДЕЛИРОВАНИИ ГРАВИТАЦИИ

А.Н. Голубятников

Московский госуниверситет им. М.В. Ломоносова

golubiat@mail.ru

Поступила в редакцию 16.05.2011

В рамках модели идеальной несжимаемой теплопроводной жидкости решены задачи обтекания и распределения температуры для двух относительно малых плавящихся сфер, находящихся в собственном расплаве. Рассматривается как выделение, так и поглощение энергии. Вычислена сила взаимодействия сфер переменной массы, содержащая силу ньютоновского притяжения и реактивную силу. Исследовано движение двух тел с различными значениями начальной энергии и момента количества движения. Показано, что из-за потери массы в случае общего положения происходит увеличение момента импульса и энергии, что приводит к изменению орбиты и постепенному уходу тела на бесконечность. На основании построенной теории возникает возможность эффективного описания процессов, происходящих при различных фазовых переходах и химических реакциях, в частности при плавлении металлов. Построена соответствующая континуальная теория смеси. Указан эффект образования пузырька за счет концентрации кинетической энергии в конце плавления твердой частицы. Кроме этого, рассматривается вопрос физического моделирования гравитационного взаимодействия астрофизических объектов. Эффект взаимодействия источников в жидкости был известен еще У. Томсону (1870) и в свое время послужил основой для объяснения явления гравитации, но добавление реактивных сил позволяет описать новые эффекты [1]. Развивается также и релятивистская теория смеси. Дано объяснение наблюдаемого ускорения разлета Вселенной, открытого в 1990-х годах, и наличия больших моментов импульса небесных тел действием реактивной силы.

Ключевые слова: плавление, взаимодействие частиц, сила притяжения, реактивная сила, пузырек, смесь, моделирование гравитации.

Приведем основные формулы, касающиеся вывода и решения уравнений движения двух плавящихся сфер.

Плавящаяся частица в потоке

Рассмотрим задачу об обтекании малой твердой сферы переменного радиуса $R(t)$, плавящейся с изменением своей плотности ρ_0 на плотность ρ, квазиоднородным нестационарным потоком идеальной несжимаемой жидкости с распределениями скорости v и давления p, на основании которой выводится уравнение движения центра масс $\mathbf{x}(t)$ во внешнем силовом поле $\mathbf{F}$, действующим одинаково на сферу и жидкость. В результате имеем

$$\left(\rho_0+\frac{\rho}{2}\right)\left(\frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2}-\frac{3}{R}\frac{dR}{dt}\left(\mathbf{v}(\mathbf{x},t)-\frac{d\mathbf{x}}{dt}\right)-\mathbf{F}(\mathbf{x},t)\right)=-\frac{3}{2}\nabla p(\mathbf{x},t). \qquad (1)$$

При выделении энергии процесс можно считать адиабатическим и теплопроводностью пренебречь, что резко упрощает задачу.

Ограничимся случаем поглощения энергии. Тогда для определения $R(t)$ решается уравнение теплопроводности в квазистатическом приближении в однородном поле температуры $T_\infty(t)$ (T_0 – температура плавления):

$$T=T_\infty+\frac{(T_0-T_\infty)R}{|\mathbf{x}|}.$$

Используя условия на разрыве для малой сферы в поле температуры $T(x,t)$, имеем

$$R\frac{dR}{dt}=-\frac{\kappa(T(\mathbf{x},t)-T_0)}{\rho_0((c-c_0)T_0+|\lambda|)}, \qquad (2)$$

где κ – коэффициент теплопроводности; c, c_0 – удельные теплоемкости, λ – теплота фазового перехода. Отметим, что приближение (2) справедливо для не слишком малых R. В противном случае надо учитывать радиальную скорость.

Взаимодействие двух малых плавящихся тел

Пусть температура и потенциал скорости соответственно равны

$$T = T_\infty + \frac{(T_0 - T_\infty)R_1}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_1|} + \frac{(T_0 - T_\infty)R_2}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_2|},$$

$$\varphi = -\frac{Q_1(t)}{4\pi|\mathbf{x} - \mathbf{x}_1|} - \frac{Q_2(t)}{4\pi|\mathbf{x} - \mathbf{x}_2|},$$

где $Q_i = 4\pi(1 - \rho_0/\rho)R_i^2\dot{R}_i$, $i = 1, 2$.

Пусть далее $\rho/\rho_0 \ll 1$, что дает $\nabla p \approx 0$. Тогда, используя приближение $R/|x_1 - x_2| \ll 1$, из (2) получим

$$R_i^2 = R_i^2(0) - Ct, \quad C = \frac{2\kappa(T_\infty - T_0)}{\rho_0((c - c_0)T_0 + |\lambda|)},$$

причем $R_i^2(0) \gg Ct$, $Q_i = 2\pi C R_i(0)\rho/\rho_0$.

Уравнение (1) при $\mathbf{v}_i = d\mathbf{x}_i/dt$ дает

$$\frac{d\mathbf{v}_1}{dt} = -\frac{3C}{2R_1^2(0)}\left(\frac{\rho_0 C R_2(0)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)}{2\rho|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|^3} - \mathbf{v}_1\right) + \mathbf{F},$$

$$\frac{d\mathbf{v}_2}{dt} = -\frac{3C}{2R_2^2(0)}\left(\frac{\rho_0 C R_1(0)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)}{2\rho|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|^3} - \mathbf{v}_2\right) + \mathbf{F}.$$

Введем массы частиц $M_i = (4\pi/3)\rho_0 R_i^3(0)$. Тогда получим эффективную гравитационную постоянную

$$G = \frac{9C^2}{16\pi\rho R_1^2(0)R_2^2(0)}.$$

Отметим также наличие удельных реактивных сил

$$\mathbf{A}_i = \frac{3C}{2R_i^2(0)}\mathbf{v}_i \equiv K_i\mathbf{v}_i.$$

Движение пробной частицы

Пусть $\mathbf{F} = 0$, $M_1 \ll M_2$ и $\mathbf{x}_2 \approx 0$. Тогда

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{GM\mathbf{x}}{|\mathbf{x}|^3} + K\mathbf{v}. \qquad (3)$$

При движении вдоль полупрямой $x > 0$ имеем

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{GM}{x^2} + K\frac{dx}{dt}.$$

Это уравнение позволяет качественно описать открытое в 1990-х годах явление ускорения разлета Вселенной. В случае гиперболического движения при больших x главным членом является реактивная сила, что приводит к экспоненциальному расширению.

Другим эффектом, следующим из (3), является раскручивание момента количества движения, движение плоское:

$$\frac{d(\mathbf{x}\times\mathbf{v})}{dt} = K(\mathbf{x}\times\mathbf{v}), \quad \mathbf{x}\times\mathbf{v} = \mathbf{L}_0\exp(Kt).$$

Континуальная теория взаимодействия частиц посредством «гравитационного вакуума» в предположении $\dot{M}/M = \mathrm{const}$ развита в [1].

Работа поддержана РФФИ (проекты 11-01-00051, 11-01-00188).

Список литературы

1. Golubiatnikov A.N. On a model of gravitation as mass exchange with vacuum // Gravitation and Cosmology, 2003. V. 9, No 4. P. 262–264.

ON THE INTERACTION OF MELTING PARTICLES AND THE MODELING OF GRAVITATION

A.N. Golubiatnikov

The flow of perfect incompressible heat-conducting liquid around two small melting spheres and resulting temperature fields are investigated. The case of energy release is considered along with the case of energy absorption. The interaction force for variable-mass spheres, which involves both the force of Newtonian attraction and reactive force, is determined. The motion of two bodies with different values of initial energy and angular momentum is studied. The increase in angular momentum and energy is shown to be caused by mass losses in the case of general position. This increase results in the change of orbit and subsequent power law motion to infinity. The proposed theory allows the effective treatment of phase transitions and chemical reactions, in particular melting of metals. The corresponding continual theory of mixtures is constructed. The phenomenon of bubble formation due to the concentration of kinetic energy at the end of melting process for a single solid particle is pointed out.

In addition, the question of physical modelling of gravitational interaction of astrophysical objects is analysed. As far back as 1870 the effect of interaction of sources in liquid was known to W.Thomson. In his time the effect has served as a basis for the explanation of gravitation phenomenon, but the addition of reactive forces made it possible to describe new effects [1]. The relativistic theory of mixtures is also developed. An explanation for the observed acceleration of the expansion of the Universe, which was discovered in 1990s, and for the existence of large angular momenta of astronomical objects will be given in the talk with the use of reactive forces.

Keywords: melting, particle interaction, attraction force, reactive force, bubble, mixture, modeling of gravitation.