АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Информационно-аналитический журнал

ISSN 1680-2721

ISSN 1680-2721

9 771680 272001 >

Содержание *(по Номенклатуре ВАК РФ)*

Физико-математические науки

Математика

Вещественный, комплексный и функциональный анализ

Карцева Д.А., Козицкая Е.А., Курбанова М.И. **(Государственный гуманитарно-технологический университет)**
О применениях критерия Галканова А.Г. к исследованию показательно-степенных уравнений с параметрами 14

Математическая физика

Искендерова Д.А. **(Международная академия управления, права, финансов и бизнеса, Кыргызская Республика)*, Токторбаев А.М.*** **(Ошский государственный университет, Кыргызская Республика)**
Задача Коши для уравнений магнитной газовой динамики с учетом электрического поля..... 17

Механика

Механика жидкости, газа и плазмы

Маслов С.А. **(Объединенный институт высоких температур Российской академии наук),** ***Смирнов В.А., Харчевский А.А.*** **(Московский технологический университет)**
Влияние атмосферной турбулентности на эволюцию давления и завихренности в тайфунах и торнадо 23

Астрономия

Астрофизика и звездная астрономия

Марчевский В.А., Юносов Ф.
Изменение формулы закона Хаббла для улучшения качества наблюдений объектов Метагалактики 28

Физика

Теоретическая физика

Долинский И.Ю., Гимальдинова М.А., Катин К.П., Маслов М.М. **(Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»)**
Взаимодействие азотных дефектов замещения в додекаэдрическом углеродном фуллерене 33

окшош:
ОшМУнун окумуштуу
катчысы М. Байсубанов

Математическая физика

Искендерова Д.А., *доктор физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой Международной академии управления, права, финансов и бизнеса (Кыргызская Республика)*
Токторбаев А.М. *(Ошский государственный университет (Кыргызская Республика))*

ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ МАГНИТНОЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

В настоящей статье исследуется система дифференциальных уравнений, описывающая одномерное нестационарное течение вязкого теплопроводного газа с учетом магнитного и электрического полей [2, 3]. Изучается задача Коши.

Система уравнений магнитной ЭГД в массовых лагранжевых координатах имеет вид:

$$\frac{\partial \text{v}}{\partial t}-\frac{\partial u}{\partial x}=0, \quad \text{v}=\frac{1}{\rho}, \tag{1.a}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\mu}{\text{v}}\frac{\partial u}{\partial x}\right)-\frac{\partial p}{\partial x}-\mu_e H\frac{\partial H}{\partial x}+\varepsilon E\frac{\partial E}{\partial x}, \quad p=r\frac{\theta}{\text{v}}, \tag{1. b}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\lambda}{\text{v}}\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)-p\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\mu}{\text{v}}\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\frac{\mu_e\mu_H}{\text{v}}\left(\frac{\partial H}{\partial x}\right)^2+b\varepsilon \text{v}E^2\frac{\partial E}{\partial x}, \tag{1.c}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\text{v}H=\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\mu_H}{\text{v}}\frac{\partial H}{\partial x}\right), \tag{1.d}$$

$$\frac{\partial E}{\partial t}=-bE\frac{\partial E}{\partial x}, \tag{1.e}$$

Здесь $u(x,t)$, $\rho(x,t)$, $\text{v}(x,t)$, $\theta(x,t)$, $p(x,t)$, $H(x,t)$, $E(x,t)$ соответственно скорость, плотность, удельный объем, температура, давление, напряженность магнитного поля, напряженность электрического поля. Коэффициенты $\mu, \varepsilon, \lambda, \mu_e, \mu_H, b, r$ – положительные постоянные.

В начальный момент времени $t=0$ значения функций $\text{v}, u, \theta, H, E$ предполагаются известными:

$$u|_{t=0}=u_0(x),\ \text{v}|_{t=0}=\text{v}_0(x),\ \theta|_{t=0}=\theta_0(x),\ E|_{t=0}=E_0(x),\ H|_{t=0}=H_0(x),\ |x|<\infty, \tag{2}$$

причем $(\text{v}_0,u_0,\theta_0,H_0,E_0)$ – непрерывные, $0<m_0\le(\text{v}_0,\theta_0)\le M_0<\infty$ и имеют конечные пределы на бесконечности:

$$\lim_{|x|\to\infty}u_0(x)=0, \quad \lim_{|x|\to\infty}E_0(x)=0, \quad \lim_{|x|\to\infty}H_0(x)=0,$$
$$\lim_{|x|\to\infty}\text{v}_0(x)=\text{v}_\infty=1, \quad \lim_{|x|\to\infty}\theta_0(x)=\theta_\infty=1 \tag{3}$$

(не нарушая общности, можно принять v_∞, θ_∞ равными единице)

ТЕОРЕМА. *Пусть начальные данные (2) обладают следующими свойствами гладкости:* $(\mathrm{v}_0-1,\ u_0,\ \theta_0-1,\ H_0,\ E_0\ )\in W_2^1(R)$.

Тогда в полосе $\ddot{I}=R\times(0,T)$, $R=(-\infty,\infty)$ с произвольной конечной высотой T, $0<T<\infty$ существует единственное обобщенное решение задачи (1),(2), удовлетворяющее уравнениям и начальным данным почти всюду, причем

$$(\mathrm{v}(t),E(t))\in L_\infty(0,T;W_2^1(R)),\qquad (\mathrm{v}_t,\ u_t,\ \theta_t,\ H_t,\ E_t\ )\in L_2(\ddot{I}\ ),$$

$$(u(t),\theta(t),\ H(t)\ )\in L_\infty(0,T;W_2^1(R))\cap L_2(0,T;W_2^2(R)),\ \ddot{I}\ =R\times(0,T),\ R=(-\infty,\infty)$$

$\mathrm{v}(x,t)$, $\theta(x,t)$ – строго положительные, ограниченные функции.

Доказательство теоремы проводится методом априорных оценок. Выводятся глобальные априорные оценки, положительные постоянные C_i, N_i в которых зависят только от данных задачи и величины T интервала времени, но не зависят от промежутка существования локального решения. Локальная теорема существования доказывается аналогично [1, с.68; 5, с.346]. На основе полученных глобальных априорных оценок локальное решение продолжается на весь промежуток времени $[0,T]$, $0<T<\infty$.

Не ограничивая общности, примем все положительные постоянные в системе (1), равными единице. Предположим, что существует решение задачи (1)-(3).

Из уравнений системы (1) и ограничений на данные задачи видно, что функции $\mathrm{v}(x,t)$, $\theta(x,t)$ неотрицательны. Из [6, с. 129] следует

$$E_x\ge 0,\ \forall(x,t)\in Q. \tag{4}$$

ЛЕММА 1. При выполнении условий теоремы имеет место оценка:

$$U(t)+\int_0^t W(\tau)\,d\tau\ \le N_1,\quad \forall t\in[0,T], \tag{5}$$

где $U(t)=\int\left\{\frac{1}{2}u^2+\frac{1}{2}\mathrm{v}H^2+\frac{1}{2}\mathrm{v}E^2+(\ \mathrm{v}-\ln\mathrm{v}-1)+(\theta-\ln\theta-1)\right\}dx,$

$$W(t)=\int\left\{\frac{u_x^2}{\mathrm{v}\theta}+\frac{H_x^2}{\mathrm{v}\theta}+\frac{\theta_x^2}{\mathrm{v}\theta^2}+\frac{\mathrm{v}\,E^2E_x}{\theta}\right\}dx.$$

Интегралы по x берутся в пределах от $-\infty$ до ∞.

Доказательство. Умножим уравнение (1.a) на $\left(\frac{1}{2}E^2+1-\frac{1}{\mathrm{v}}\right)$, (1.b) на u, (1.c) на $\left(1-\frac{1}{\theta}\right)$, (1.d) на H, (1.e) на $E\mathrm{v}$ [4, с. 26]. Затем сложим.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\mathrm{v}-\ln\mathrm{v}-1)+\frac{1}{2}\frac{\partial u^2}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial t}(\theta-\ln\theta-1)+\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{2}\mathrm{v}H^2\right)+\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{2}\mathrm{v}E^2\right)=$$

$$=u_x+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{u\,u_x}{\mathrm{v}}\right)-\frac{\partial}{\partial x}\left(u\frac{\theta}{\mathrm{v}}\right)-\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{H^2}{2}u\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{u}{2}E^2\right)+$$

$$+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\theta_x}{\mathrm{v}}-\frac{\theta_x}{\mathrm{v}\theta}\right)-\frac{\theta_x^2}{\mathrm{v}\theta^2}-\frac{u_x^2}{\mathrm{v}\theta}-\frac{H_x^2}{\mathrm{v}\theta}-\frac{\mathrm{v}E^2E_x}{\theta}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{1}{\mathrm{v}}HH_x\right)$$

Проинтегрируем полученное равенство по $\ddot{I} = R\times(0,T)$, $R=(-\infty,\infty)$.

$$\int\left\{\frac{1}{2}u^2+\frac{1}{2}\mathrm{v}H^2+\frac{1}{2}\mathrm{v}E^2+(\mathrm{v}-\ln\mathrm{v}-1)+(\theta-\ln\theta-1)\right\}dx+$$

$$+\int_0^t\int\left[\frac{u_x^2}{\mathrm{v}\theta}+\frac{H_x^2}{\mathrm{v}\theta}+\frac{\theta_x^2}{\mathrm{v}\theta^2}+\frac{E_xE^2\mathrm{v}}{\theta}\right]dxd\tau=$$

$$=\int\left\{\frac{1}{2}u_0^2+\frac{1}{2}\mathrm{v}_0H_0^2+\frac{1}{2}\mathrm{v}_0E_0^2+(\mathrm{v}_0-\ln\mathrm{v}_0-1)+(\theta_0-\ln\theta_0-1)\right\}dx.$$

Учитывая условия теоремы, выводим оценку (5). Лемма 1 доказана.

Следуя [1, с.77], разобьем числовую ось R и соответственно полосу $\ddot{I}$ на конечные отрезки и прямоугольники при $N=0,\ \pm1,\ \pm2,\ldots$:

$$R=\bigcup_{N=-\infty}^{\infty}\overline{\Omega}_N,\quad \ddot{I}=\bigcup_{N=-\infty}^{\infty}\overline{Q}_N,\ \Omega_N=\{x\mid N<x<N+1\},\ \ Q_N=\Omega_N\cdot(0,T).$$

Возьмем произвольным образом один из таких прямоугольников. Так как в (5) функции $(\mathrm{v}-\ln\mathrm{v}-1),(\theta-\ln\theta-1)$ неотрицательны при $\mathrm{v}>0,\ \theta>0$, то

$$U_N(t)+\int_0^t W_N(\tau)\,d\tau\le N_1, \tag{6}$$

где интегралы в определении U_N и W_N берутся по Ω_N.

Из (6) следуют оценки [1, с.78]

$$\int_N^{N+1}\mathrm{v}(x,t)dx\le N_2,\qquad \int_N^{N+1}\theta(x,t)dx\le N_3,\quad \forall t\in[0,T]. \tag{7}$$

Из (7) вытекает, что при любом $t\in[0,T]$ в каждой области $\overline{\Omega}_N$ существуют точки $a(t)=a_N(t)\in[N,N+1],\ a_1(t)=a_{1N}(t)\in[N,N+1]$ такие, что

$$\tilde{N}_1^{-1}\le\mathrm{v}(a(t),t)\le\tilde{N}_1,\ \ \tilde{N}_2^{-1}\le\theta(a_1(t),t)\le\tilde{N}_2. \tag{8}$$

Умножим уравнение напряженности электрического поля (1.е) на E

$$\frac{1}{2}\frac{\partial E^2}{\partial t}+\frac{1}{3}\frac{\partial E^3}{\partial x}=0. \tag{9}$$

После интегрирования по $\ddot{I}=R\cdot(0,T)$, из условий теоремы вытекает оценка

$$\int E^2(x,t)dx\le N_4. \tag{10}$$

Проинтегрируем уравнение (9) по δ от $-\infty$ до произвольного $\delta\in R$, а затем по t. Используя (10), находим

$$\int_0 E^3(x,\tau)\,d\tau\le N_5.$$

Применяя неравенство Гельдера, выводим

$$\int_0 E^2(x,\tau)\,d\tau\le N_6,\qquad \forall t\in[0,T]. \tag{11}$$

Из уравнений системы (1.a) и (1.b), рассуждая аналогично [6, с.133], выводится одно вспомогательное соотношение между искомыми функциями в каждом из прямоугольников $\bar{Q}_N$.

$$B(x,t) = \exp\left\{ \int_{a(t)}^{x} (u_0(\xi) - u(\xi,t))d\xi + \int_0^t \frac{E^2}{2}(x,\tau)d\tau \right\}, \quad (12)$$

где $I(t) = v_0(a(t))\exp\left\{ \int_0^t \left(\frac{\theta}{v} + \frac{1}{2}H^2 - \frac{1}{2}E^2 \right)(a(t),\tau)d\tau \right\}$,

Из оценок (5), (11) следует

$$0 < C_3^{-1} \le B(x,t) \le C_3, \quad \forall (x,t) \in Q_N. \quad (13)$$

Из (12) после интегрирования по Ω_N и применения леммы Гроноулла [1, с.33] с учетом оценок (5), (13), аналогично [6, с.134], выводится оценка

$$0 < C_4^{-1} \le I(t) \le C_4, \quad \forall t \in [0,T]. \quad (14)$$

Пусть $h(x,t)$ – непрерывная функция. Введем обозначения

$$M_h(t) = \max_{|x|<\infty} h(x,t), \quad m_h(t) = \min_{|x|<\infty} h(x,t).$$

ЛЕММА 2. При выполнении условий теоремы имеют место оценки:

$m_v(t) \ge N_7, \quad m_\theta(t) \ge N_8, \quad \forall t \in [0,T].$

Доказательство. Из (12) – (14) выводим ограниченность снизу удельного объема. Строгая положительность температуры вытекает из уравнения теплопроводности (1.c). Лемма 2 доказана.

ЛЕММА 3. При выполнении условий теоремы имеет место оценка

$$\int_0^t \int \left(\frac{\theta_x^2}{v\theta^{3/2}} + \frac{u_x^2}{v\theta^{1/2}} + \frac{H_x^2}{v\theta^{1/2}} + \frac{vE^2E_x}{\theta^{1/2}} \right) dx d\tau \le N_9. \qquad \forall t \in [0,T. \quad (15)$$

Доказательство. Справедливо неравенство

$$\frac{\left|\theta^{1/2} - 1\right|}{\sqrt{\theta - \ln\theta - 1}} < \tilde{N}_5, \qquad \forall (x,t) \in \Pi. \quad (16)$$

Умножим уравнение (1.c) на $\left(\frac{1}{\theta^{1/2}} - \frac{1}{\theta} \right)$ и проинтегрируем по R.

$$\int \left(\frac{1}{2}\frac{\theta_x^2}{v\theta^{3/2}} + \frac{u_x^2}{v\theta^{1/2}} + \frac{H_x^2}{v\theta^{1/2}} + \frac{vE^2E_x}{\theta^{1/2}} \right) dx = 2\frac{d}{dt}\int \left(\theta^{1/2} - \ln\theta^{1/2} - 1 \right) dx +$$

$$+\int \left\{ \frac{u_x^2}{v\theta} + \frac{H_x^2}{v\theta} + \frac{\theta_x^2}{v\theta^2} + \frac{vE^2E_x}{\theta} \right\} dx + \int \frac{\theta^{1/2} - 1}{v} u_x\, dx. \quad (17)$$

Оценим последний интеграл в правой части (17). Для этого разобьем числовую ось на две области $R = \sigma_1(t) \cup \sigma_2(t)$, где

$\sigma_1(t) = \left\{ x \in R \ : \ v(x,t) \ge C_5^2 N_1 N_2 \right\}, \quad \sigma_2(t) = \left\{ x \in R \ : \ N_7 \le v(x,t) < C_5^2 N_1 N_2 \right\}.$

Заметим, что если $\tilde{N}_5^2 N_1 N_2 \le N_7$, то R совпадает с областью $\sigma_1(t)$.

$$\int \frac{\theta^{1/2}-1}{v}\, u_x\, dx = \int_{\sigma_1(t)} \frac{\theta^{1/2}-1}{v}\, u_x\, dx + \int_{\sigma_2(t)} \frac{\theta^{1/2}-1}{v}\, u_x\, dx = I_1 + I_2.$$

Оценим каждое I_k ($k=1,2$).

$$I_1 = \int_{\sigma_1(t)} \frac{\theta^{1/2}-1}{\sqrt{\theta-\ln\theta-1}} \sqrt{\theta-\ln\theta-1}\, \frac{\theta^{1/4}}{\theta^{1/4}} \frac{u_x}{v}\, dx \le$$

$$\le \tilde{N}_5 \frac{M_\theta^{1/4}(t)}{\min\limits_{\sigma_1(t)} v^{1/2}(x,t)} \left(\int (\theta-\ln\theta-1) dx \right)^{1/2} \left(\int \frac{u_x^2}{v\theta^{1/2}} dx \right)^{1/2} \le \frac{M_\theta^{1/4}(t)}{N_2^{1/2}} \left(\int \frac{u_x^2}{v\theta^{1/2}} dx \right)^{1/2}.$$

Рассмотрим отрезок $\bar{\Omega}_N = [N, N+1]$. Возьмем точки $a_1(t)$, $x \in \bar{\Omega}_N$, учитывая (8).

$$\theta^{1/4}(x,t) = \theta^{1/4}(a_1(t),t) + \frac{1}{4}\int_N^{N+1} \frac{\theta_x}{\theta^{3/4}} dx \le \tilde{N}_2^{1/4} + \frac{1}{4}\left(\int_N^{N+1} \frac{\theta_x^2}{v\theta^{3/2}} dx \right)^{1/2} \left(\int_N^{N+1} v\, dx \right)^{1/2}.$$

Отсюда, используя (7), получим

$$\max_{\bar{\Omega}_N} \theta^{1/4}(x,t) \le \tilde{N}_2^{1/4} + \frac{1}{4} N_2^{1/2} \left(\int \frac{\theta_x^2}{v\theta^{3/2}} dx \right)^{1/2}. \qquad (18)$$

Возвращаясь к I_1 и применяя неравенства Коши и Юнга с $0 < \delta < 1$, имеем

$$I_1 \le \left(\delta + \frac{1}{8} \right) \int \frac{u_x^2}{v\theta^{1/2}} dx + \frac{1}{8} \int \frac{\theta_x^2}{v\theta^{3/2}} dx + C_6.$$

Теперь рассмотрим область $\sigma_2(t)$. Применим неравенства Коши, Юнга и (7).

$$\max_{\sigma_2(t)\cap\Omega_N} \theta^{1/4} \le \tilde{N}_2^{1/4} + \left(\int_N^{N+1} \frac{\theta_x^2}{v\theta^2} dx \right)^{1/2} \left(\int_N^{N+1} v\theta^{1/2} dx \right)^{1/2} \le C_7 \left[1 + \left(\int_N^{N+1} \frac{\theta_x^2}{v\theta^2} dx \right)^{1/2} \right].$$

$$I_2 \le \frac{C_5 N_1^{1/2}}{N_7^{1/2}} \max_{\sigma_2(t)} \theta^{1/4}(x,t) \left(\int \frac{u_x^2}{v\theta^{1/2}} dx \right)^{1/2} \le \delta \int \frac{u_x^2}{v\theta^{1/2}} dx + C_\delta \left[\int \frac{\theta_x^2}{v\theta^2} dx + 1 \right].$$

Справедливо неравенство [5, с.345].

$$\int (\theta^{1/2} - \ln\theta^{1/2} - 1) dx \le C_8 \int (\theta - \ln\theta - 1) dx.$$

Оценки для I_k подставим в (17). Полученное неравенство проинтегрируем по t. После некоторых преобразований, выбирая $\delta < \frac{7}{16}$ и учитывая условия теоремы, оценку (5), выводим (15). Лемма 3 доказана.

ЛЕММА 4. При выполнении условий теоремы справедлива оценка

$$M_v(t) \le N_{10}, \quad \forall t \in [0,T].$$

Доказательство. С учетом (7), (8) имеем

$$\max_{\overline{\Omega}_N}\theta(x,t)\le \tilde{N}_2+\int_N^{N+1}\left|\theta_x\right|dx\le \tilde{N}_2+\left(\int_N^{N+1}\frac{\theta_x^2}{\mathrm{v}\theta^2}dx\right)^{1/2}\left(\int_N^{N+1}\mathrm{v}\theta^2 dx\right)^{1/2}$$

или $M_\theta(t)\le \tilde{N}_2+N_3^{1/2}\,A^{1/2}(t)M_\theta^{1/2}(t)M_\mathrm{v}^{1/2}(t)$, где $A(t)=\int\frac{\theta_x^2}{\mathrm{v}\theta^2}dx$.

Применяя неравенство Юнга с $0<\varepsilon<1$, находим

$$M_\theta(t)\le C_\varepsilon A(t)M_\mathrm{v}(t)+C_9. \tag{19}$$

Оценим $M_H^2(t)$, используя (6), (18).

$$\max_{\overline{\Omega}_N}H^2(x,t)\le C_{10}+2\int_N^{N+1}\left|HH_x\right|dx\le C_{10}+4N_1^{1/2}\left(\int_N^{N+1}\frac{H_x^2}{\mathrm{v}\theta^{1/2}}dx\right)^{1/2}\max_{\overline{\Omega}_N}\theta^{1/4}(x,t)\le$$

$$\le C_{10}+4N_1^{1/2}\left(\int\frac{H_x^2}{\mathrm{v}\theta^{1/2}}dx\right)^{1/2}\left(C_2^{1/4}+\frac{N_2^{1/2}}{4}\left(\int_0^1\frac{\theta_x^2}{\mathrm{v}\theta^{3/2}}dx\right)^{1/2}\right).$$

Используя неравенство Коши, выводим

$$M_H^2(t)\le C_{11}\left[\int\frac{\theta_x^2}{\mathrm{v}\theta^{3/2}}dx+\int\frac{H_x^2}{\mathrm{v}\theta^{1/2}}dx+1\right]. \tag{20}$$

Из представления (12), с учетом (13), (14), (19), вытекает неравенство

$$M_\mathrm{v}(t)\le C_{12}\left[1+\int_0^t\left(A(\tau)+M_H^2(\tau)\right)M_\mathrm{v}(\tau)d\tau\right].$$

Применение леммы Гронуолла с учетом (5), (15), (20) дает ограниченность удельного объема. Лемма 4 доказана.

Рассуждая аналогично, можно получить все априорные оценки, необходимые для доказательства теоремы. Единственность показывается стандартным методом – составлением однородного уравнения для разности двух возможных решений. Теорема полностью доказана.

Литература

1. *Антонцев С.Н., Кажихов А.В., Монахов В.Н.* Краевые задачи механики неоднородных жидкостей. – Новосибирск: Наука, 1983. – 319с.
2. *Бай Ши-и.* Магнитная газодинамика и динамика плазмы. – М.: Мир, 1964. – 301с.
3. *Ватажин А.Б.*и др. Электрогазодинамические течения. – М.: Наука, 1983. – 344с.
4. *Искендерова Д.А., Токторбаев А.М.* Краевая задача для уравнений магнитной газовой динамики с учетом электрического поля // Инновации в науке, Новосибирск. – 2016. – № 2(51) – С.22–35.
5. *Смагулов Ш.С., Дурмагамбетов А.А., Искендерова Д.А.* Задачи Коши для уравнений магнитной газовой динамики // Дифференц. уравнения. – 1993. – Т.29, № 2. – С.337–348.
6. *Файзуллина Н.Т.* Корректность краевой задачи электрогазодинамики для модели вязкого теплопроводного газа // Динамика сплошной среды. – 1990. – Вып.97. – С.124–145.

Копия верна:

ОшМУ ... Орунщучу

копия ... М. Байсубанов