

EFFECT OF RANDOM ENVIRONMENT ON KINETIC ROUGHENING: KARDAR–PARISI–ZHANG MODEL WITH A STATIC NOISE COUPLED TO THE NAVIER–STOKES EQUATION

N. V. Antonov^{a,b,1}, *P. I. Kakin*^{a,2}, *M. A. Reiter*^{a,3}

^a Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

^b Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

Kinetic roughening of a randomly growing surface can be modelled by the Kardar–Parisi–Zhang equation with a time-independent (“spatially quenched” or “columnar”) random noise. In this paper, we use the field-theoretic renormalization group approach to investigate how a randomly moving medium affects the kinetic roughening. The medium is described by the stochastic differential Navier–Stokes equation for incompressible viscous fluid with an external stirring force. We find that the action functional for the full stochastic problem should be extended to be renormalizable: a new nonlinearity must be introduced. Moreover, in order to correctly reconcile dynamics of the scalar and velocity fields, a new parameter must be introduced as a factor in the covariant derivative of the scalar field. The resulting action functional involves four coupling constants and a dimensionless ratio of kinematic coefficients. The one-loop calculation (the leading order of the expansion in $\varepsilon = 4 - d$ with d being the space dimension) shows that the renormalization group equations in the five-dimensional space of those parameters reveal a curve of fixed points that involves an infrared attractive segment for $\varepsilon > 0$.

Кинетическое «огрубление» случайно растущих поверхностей можно моделировать с помощью уравнения Кардара–Паризи–Занга с не зависящим от времени («пространственно-замороженным» или «столбчатым») случайным шумом. В данной работе мы используем теоретико-полевой ренормгрупповой подход для изучения влияния случайно движущейся среды на кинетическое огрубление. Среда описывается стохастическим дифференциальным уравнением Навье–Стокса для несжимаемой вязкой жидкости с внешней случайной силой. Мы обнаружили, что для обеспечения ренормируемости полной стохастической задачи она должна быть расширена введением новой нелинейности. Более того, чтобы корректно совместить динамику скалярного и векторного полей, необходимо ввести дополнительный параметр в ковариантную производную для скалярного поля. Получившийся функционал действия включает четыре константы связи и безразмерное отношение кинетических коэффициентов. Однопетлевое вычисление (ведущий порядок разложения по $\varepsilon = 4 - d$, где d — размерность пространства)

¹E-mail: n.antonov@spbu.ru

²E-mail: p.kakin@spbu.ru

³E-mail: mikh.reiter@gmail.com

показывает, что уравнения ренормгруппы в таком пятимерном пространстве параметров обнаруживают кривую неподвижных точек, которая содержит инфракрасно-притягивающий сегмент при $\varepsilon > 0$.

PACS: 05.10.Cc; 05.70.Fh.

Received on January 31, 2023.