

# Non-congruent phase transitions in interiors of giant planets

Igor Iosilevskiy

[ilios@orc.ru](mailto:ilios@orc.ru)

*Moscow Institute of Physics and Technology (State University), Russia*

The basic feature of phase equilibrium in mixtures or compounds of two or more chemical elements is their non-congruence (or 'incongruence'), i.e. ability to vary chemical composition ('stoichiometry') of coexisting phases with no violation of total stoichiometry of two-phase system. Non-congruence leads to substantial change in properties of inter-phase boundaries and critical point(s) in comparison with standard phase transitions in ordinary substances. The features and parameters of non-congruent evaporation in high-temperature uranium–oxygen plasma have been studied thoroughly in frames of nuclear safety problem [1, 2]. Non-congruence is general rule. Any phase transition in equilibrium system of two or more chemical elements must be non-congruent.

Non-congruence of hypothetical phase transitions in interior of giant planets and brown dwarfs is under discussion. Main points of discussion are so-called 'plasma' phase transition (PPT) (for example [3]) and 'dissociative' phase transitions (DPT) [4]. Present situation with theoretical and experimental predictions for PPT and DPT in pure hydrogen and helium is discussed as well as the features of their combination in H<sub>2</sub>/He mixture in frames of "additivity" approximation.

Non-congruence of PPT was estimated [5] for PPT variant of Saumon & Chabrier [4], which is widely used in astrophysical applications. The magnitude of the effect proved to be noticeable and its sign is in agreement with really observed lowering of helium abundance in atmosphere of Jupiter and Saturn. This approves providing of full-size calculation of non-congruence for any theoretically predicted phase transitions (ionization and dissociation driven) in H<sub>2</sub>/He mixture of astrophysical objects.

## REFERENCES

1. Iosilevskiy I., Gryaznov V., et al. *Contrib. Plasma Phys.* **43**, N 5-6, 316 (2003).
2. Ronchi C., Iosilevskiy I., Yakub E. // *Equation of State of Uranium Dioxide* / Springer, Berlin, 2004, 366 pp.
3. Saumon D., Chabrier G., Van Horn H.M., *Astrophys. J. (Suppl)* **99**, 713 (1995).
4. Scandolo S., *Proc. Nat. Ac. Sci.* **100**, 3051 (2003); Bonev S., Militzer B., Galli G., *Phys. Rev. B.* **69**, 014101 (2004).
5. Ukrainets A. Iosilevskiy I. in *Physics of Substance under Extreme Conditions* /Ed. V. Fortov, IPCP RAS, Chernogolovka, 2005, c.181 (in Russian).

## Неконгруэнтные фазовые переходы в недрах планет-гигантов

Игорь Иосилевский

[ilios@orc.ru](mailto:ilios@orc.ru)

Московский физико-технический институт (Гос. Университет), Россия

В работе обсуждается неконгруэнтность фазовых переходов в недрах планет-гигантов и коричневых карликов. Неконгруэнтность (т.е. равновесное сосуществование фаз различающейся стехиометрии) приводит к существенному изменению параметров и структуры фазовых границ. Эти отличия иллюстрируются на примере неконгруэнтного испарения в высокотемпературной системе уран-кислород, продукте экстремального нагрева диоксида урана ( $UO_2$ ) [1,2]. В сообщении обсуждается неконгруэнтность гипотетических “плазменного” (PPT) (напр. [3]) и “диссоциативного” (DPT) (напр. [4]) фазовых переходов в гелий-водородной плазме недр Юпитера, Сатурна и коричневых карликов. Обсуждается состояние проблемы существования PPT и DPT в водороде и гелии и соотношение теоретических предсказаний с последними результатами экспериментов по изоэнтропическому сжатию дейтерия (Саров). Неконгруэнтность плазменного фазового перехода в  $H_2/He$  смеси приближенно оценена [5] на примере популярной в астрофизических приложениях версии PPT Saumon & Chabrier [3]. Оцененная степень неконгруэнтности сравнима по величине и совпадает по знаку с наблюдаемой величиной гелиевого обеднения атмосфер Юпитера и Сатурна. Обсуждается возможная взаимосвязь неконгруэнтности фазовых превращений в  $H_2/He$  смеси недр Юпитера и Сатурна с гипотетическим механизмом седиментации гелия в этих планетах. Обсуждаются перспективы проведения полноценных расчетов обсуждаемой неконгруэнтности во всех остальных версиях PPT и DPT в гелий-водородной плазме недр планет-гигантов, а также перспективы проведения новых экспериментов по поиску таких переходов.

1. Iosilevskiy I., Gryaznov V., et al. *Contrib. Plasma Phys.* **43**, N 5-6, 316 (2003).
2. Ronchi C., Iosilevskiy I., Yakub E. // *Equation of State of Uranium Dioxide* / Springer, Berlin, 2004, 366 pp.
3. Saumon D., Chabrier G., Van Horn H.M., *Astrophys. J. (Suppl)* **99**, 713 (1995).
4. Scandolo S., *Proc. Nat. Ac. Sci.* **100**, 3051 (2003); Bonev S., Militzer B., Galli G., *Phys. Rev. B.* **69**, 014101 (2004).
5. Украинец А.В., Иосилевский И.Л. // сб. «Физика экстремальных состояний вещества / Ред. В.Е. Фортов / ИПХФ РАН, Черногловка, 2005, с.181.