

P 4: Astrophysikalische Plasmen

Time: Monday 14:00–15:40

Location: V57.02

Invited Talk

P 4.1 Mon 14:00 V57.02

Novel First-Principles Simulation Methods for Hot, Dense Plasmas — ●BURKHARD MILITZER — University of California, Berkeley

We develop an all-electron path integral Monte Carlo (PIMC) method for warm dense matter and apply it to study hot, dense water and carbon plasmas. We thereby extend PIMC simulations beyond hydrogen and helium to elements with core electrons. PIMC pressures, internal energies, and pair-correlation functions compare well with density functional molecular dynamics at lower temperatures and enable the construction of a consistent equation of state over the pressure-temperature range of 1 Mbar - 50 Mbar and 10^4 - 10^9 K. PIMC results converge to the Debye-Hückel limiting law at high temperatures.

Topical Talk

P 4.2 Mon 14:30 V57.02

Wasserstoff-Helium Gemische und der innere Aufbau von Jupiter und Saturn — ●NADINE NETTELMANN¹, WINFRIED LORENZEN¹, BASTIAN HOLST^{1,2}, ANDREAS BECKER¹ und RONALD REDMER¹ — ¹Institut für Physik, Universität Rostock, D-18051 Rostock — ²CEA, F-91297 Arpajon, France

Der Plasmaphasenübergang (PPT) in Wasserstoff und das Entmischen von H und He bei hohem Druck sind zwei intensiv diskutierte Prozesse, die einen erheblichem Einfluss auf die innere Struktur und thermische Entwicklung der großen Planeten im Sonnensystem haben können [1]. Obwohl sie seit Jahrzehnten Gegenstand von Untersuchungen sind, ist erst in den letzten Jahren ein großer Fortschritt gelungen [2,3], dank der enormen Leistungsfähigkeit heutiger Rechenzentren. So wurde zum Beispiel in Wasserstoff für den PPT ein kritischer Punkt bei 1500 K und 1.4 Mbar gefunden - viel niedriger als frühere Vorhersagen.

Wir diskutieren die neuen Ergebnisse zum PPT und zur Entmischung von H und He im Zusammenhang mit der Struktur und Evolution von Jupiter und Saturn, und schlagen eine Relation zwischen dem He-Gehalt und der Temperatur der Atmosphäre vor. Die gegenwärtigen Modelle zu Jupiter können durch Messung des Sauerstoffgehalts unterhalb der Wolkendecke (Vorhersage O:H < 4-fach solar) und des Trägheitsmoments (Vorhersage 0.276) geprüft werden, wie bei der laufenden JUNO-Mission geplant.

[1] Fortney J.J. & Nettelmann N., *SSRv* 152 (2010)

[2] Morales M.A. et al., *PNAS* 102 (2010)

[3] Lorenzen W., Holst B., and Redmer R., *PRB* 82 (2010)

P 4.3 Mon 14:55 V57.02

Phase-space contraction and attractors for ultra-relativistic electrons — ●GÖTZ LEHMANN and KARL-HEINZ SPATSCHEK — Heinrich-Heine Universität, 40225 Düsseldorf

Ultra-short laser pulses today may reach intensities of about 10^{22} W/cm². The motion of electrons in such extreme fields becomes ultra-relativistic and will be accompanied by bremsstrahlung. The emittance of radiation is cause of a dissipative effect which is called radiation reaction force [1]. It has been shown previously that the radiation reaction force causes phase-space contraction when motion of electrons in the laser field is considered [2]. First, we confirm that electrons moving in the same direction as the plane wave are affected less, compared to counter-propagation. Second, we demonstrate, that in the case of two colliding laser beams, when stochastic heating can occur, radiation reaction will cause attractors in phase-space. In certain parameter regimes, electron motion converges on regular attractors and stochastic heating becomes obsolete. We present the general

form of the attractors and provide quantitative results for the speed of phase-space contraction as well as the type of attracted motion [3].

[1] G.Lehmann and K.H.Spatschek, *PRE* 84, 046409 (2011)

[2] M.Tamburini *et al.*, *New J. Phys.* 12, 123005 (2010)

[3] G.Lehmann and K.H.Spatschek, submitted (2011)

P 4.4 Mon 15:10 V57.02

Linienprofilberechnung wasserstoffartiger Strahler in dichten Plasmen — ●SONJA LORENZEN¹, AUGUST WIERLING¹, HEIDI REINHOLZ¹, GERD RÖPKE¹, MARK C. ZAMMIT², DMITRY V. FURSA² und IGOR BRAY² — ¹Uni Rostock, 18051 Rostock, Deutschland — ²Curtin University of Technology, Perth WA 6845, Australien

Spektrallinien können in der Plasmadiagnostik eingesetzt werden, da ihre Breite und Verschiebung Aufschluss über Plasmaeigenschaften wie Temperatur, freie Elektronendichte und Ionisationsgrad geben. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Einflüsse der Plasmaumgebung auf Spektrallinien von Wasserstoff und wasserstoffartigen Strahlern über einen Zugang mit thermodynamischen Greensfunktionen untersucht. Dabei werden Ionen quasi-statisch und freie Elektronen in binärer Stoßnäherung, im Rahmen einer 2. Bornschen Näherung, behandelt [1]. Um auch starke Elektronenstöße zu berücksichtigen, werden die elektronischen Anteile der Breite und Verschiebung zum Vergleich über Streuamplituden [2] berechnet. Die Streuamplituden werden im Rahmen einer konvergenten close coupling Rechnung unter Berücksichtigung der Debye Abschirmung [3,4] gewonnen. Für Wasserstoff werden die Ergebnisse bei $T = 10^4$ K und $n_e = 2 \cdot 10^{23}$ m⁻³, sowie für Li²⁺ bei $T = 10^5$ K und $n_e = 4 \cdot 10^{25}$ m⁻³ vorgestellt.

[1] S. Günter et al., *Phys. Rev. A* 44, 6834 (1991).

[2] M. Baranger, *Phys. Rev.* 112, 855 (1958).

[3] M. C. Zammit et al., *Phys. Rev. A* 82, 052705 (2010).

[4] I. Bray, et al., *Phys. Rev. A* 46, 6995 (1992).

P 4.5 Mon 15:25 V57.02

Collision frequency in nanoclusters – Molecular dynamics simulations — ●MATHIAS WINKEL^{1,2}, LUKAS ARNOLD¹, and PAUL GIBBON¹ — ¹Jülich Supercomputing Centre, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich — ²ExtreMe Matter Institute EMMI, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt

With the recent developments in experimental possibilities in creation and diagnostics of metallic nano clusters, the exploration of their interaction with the radiation field gained some importance during the last few years.

Since the quasi free electrons inside the cluster are confined to a very small volume, their collective properties significantly change in comparison to bulk matter. Extending earlier simulations of Raitza *et al.* [1], we examine optical properties of laser-excited nanoclusters. In particular, we study the dynamical collision frequency in a sodium-like material. To cover a broad range from nano- to microscale, the momentum autocorrelation function is evaluated in classical molecular dynamics simulations for systems with less than 200 up to few hundred million electrons. Therefore, we utilize our highly scalable parallel Barnes-Hut tree code PEPC that has been developed at JSC [2].

First results for the collision frequency in metallic nanoclusters are shown and compared to the respective bulk properties.

[1] T. Raitza *et al.*, *Phys. Rev. E* 84 (2011), 036406

[2] M. Winkel *et al.*, *Comp. Phys. Comm.* (2012), in press