

A 6: Interaction with strong laser pulses I

Zeit: Montag 16:30–18:30

Raum: 5M

Hauptvortrag

A 6.1 Mo 16:30 5M

Quantum mechanics without wavefunction - a density functional perspective on electron dynamics — ●STEPHAN KÜMMEL — Physikalisches Institut, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth

The non-linear and non-perturbative electron dynamics which can be triggered in atoms and molecules, e.g., by the fields of intense lasers, is hard to describe quantum-mechanically due to the enormous computational effort that is associated with solving the time-dependent many-particle Schrödinger equation. Time-dependent density functional theory, i.e., the alternative formulation of quantum mechanics that does not need the many-particle wavefunction, offers a computationally inexpensive and therefore attractive alternative. Since the theory is formulated in terms of simple, intuitively accessible quantities - the particle density and a local effective potential - it frequently allows to gain a direct understanding of observed physical processes. One example for this is the calculation and understanding of the response properties of extended molecular systems. The ultimate strength of time-dependent density functional theory, however, lies in the possibility to access non-perturbative dynamics. This will be demonstrated for the strong-field double ionization of the Helium atom.

A 6.2 Mo 17:00 5M

Visualisierung der Kernwellenpaketsdynamik von H₂ (D₂) in und mit intensiven Laserpulsen — ●THORSTEN ERGLER¹, ARTEM RUDENKO¹, BERNOLD FEUERSTEIN², KARL ZROST¹, CLAUDIUS DIETTER SCHRÖTER¹, ROBERT MOSHAMMER¹ und JOACHIM ULLRICH¹ — ¹Max Planck Institut für Kernphysik, 69117 Heidelberg, Deutschland — ²Universität Heidelberg, 69120 Heidelberg, Deutschland

Mit der so genannten "Coulomb Explosion Imaging" Technik ist es möglich die Bewegung der Kerne von einfachen Molekülen abzubilden bzw. Kernwellenpakete auf einer Zeitskala von einigen Femtosekunden abzutasten. Zur Abbildung der Wellenpaketsdynamik gebundener molekularer Zustände benötigt man Laserpulse, die deutlich kurzer sind als die molekulare Vibrationszeit T_v . Für H₂, dem einfachsten Molekül mit $T_v=16$ fs, sind somit Laserpulse von sub-10 fs nötig. In Pump-Probe Experimenten mit 7 fs Pulsen ist es uns nun erstmals gelungen die zeitliche Entwicklung des H₂⁺ (D₂⁺)-Kernwellenpakets in Raum und Zeit zu verfolgen und zu visualisieren. Eine Fourieranalyse der experimentellen Daten liefert Informationen über die Zusammensetzung des im Pump-Puls erzeugten Wellenpakets. Des Weiteren konnte ein Grundzustandswellenpaket durch einen intensiven, 6-7 fs Laserpuls im neutralen D₂-Molekül angeregt werden. Durch die Beobachtung dieser Oszillation in der Zeitdomäne war es möglich, die Phasenlage dieser Schwingung zu bestimmen und so den vor kurzem vorgeschlagenen "Lochfrass"-Anregungsmechanismus als dominanten Prozess zu identifizieren.

A 6.3 Mo 17:15 5M

Nichtsequentielle Doppelionisation von H₂ in starken Laserfeldern — ●SILVIO BAIER¹, CAMILO RUIZ¹, LUIS PLAJA² und ANDREAS BECKER¹ — ¹Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Nöthnitzer Str. 38, 01187 Dresden — ²Departemento de Física Aplicada, Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca, Spain

Nichtsequentielle Doppelionisation von Atomen und Molekülen in starken Laserfeldern ist Gegenstand umfangreicher theoretischer und experimenteller Analysen. Wir haben zur Doppelionisation von H₂ ab-initio-Rechnungen in reduzierter Dimensionalität durchgeführt. Dabei wurde die Position der Kerne festgehalten sowie die Schwerpunktskoordinate der beiden Elektronen auf die Polarisationsachse beschränkt, während die Relativbewegung vollständig berücksichtigt wurde. Anhand der numerischen Ergebnisse war es möglich, verschiedene Beiträge zur nichtsequentiellen Doppelionisation zu identifizieren und charakterisieren [1]. Die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Orientierung der Molekülachse zur Polarisationsachse werden vorgestellt und mit experimentellen Ergebnissen [2] verglichen.

[1] S. Baier et al., Phys. Rev. A 74, 033405 (2006)

[2] D. Zeidler et al., Phys. Rev. Lett. 95, 203003 (2005)

A 6.4 Mo 17:30 5M

Relativistic recollisions with two consecutive laser pulses — ●MARIO VERSCHL and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

A novel scheme is introduced which allows for relativistic, laser-driven electron core recollisions with energies up to the high-energy regime. An electron is separated from the core by means of an intense laser pulse. The driving mechanism is the electron drift occurring in intense, propagating laser fields. A second laser pulse drives the electron back for recollision with the core. The relative intensity of these two pulses can be tuned such that the maximal kinetic energy an electron can reach in a propagating laser field, is reached at the instant of recollision.

The efficiency of collisions can be increased by reversing wave packet spreading before the electron returns to the core. This can be accomplished by means of a magnetic field pulse which has to be applied between the laser pulses. With the correct timing, the wave packet reaches its minimal spatial extension when it collides with the core. Thus efficient relativistic recollisions become feasible.

A 6.5 Mo 17:45 5M

Microscopic laser-driven electron-positron colliders — ●CARSTEN MÜLLER, KAREN Z. HATSAGORTSYAN, and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg

We present an alternative concept of a laser-driven electron-positron collider [1]. High luminosities are achieved by employing a gas of positronium atoms instead of electron and positron beams. As an example, the process of muon pair creation from electron-positron annihilation in a laser field is discussed [2].

[1] K. Z. Hatsagortsyan, C. Müller, and C. H. Keitel, Europhys. Lett. 76, 29 (2006)

[2] C. Müller, K. Z. Hatsagortsyan, and C. H. Keitel, Phys. Rev. D 74, 074017 (2006)

A 6.6 Mo 18:00 5M

e^+e^- -Paarbildung in starken, gegenläufigen Laserfeldern — ●GUIDO R. MOCKEN, MATTHIAS RUF, CARSTEN MÜLLER, KAREN Z. HATSAGORTSYAN und CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

Eine der interessantesten Vorhersagen der Dirac-Theorie stellt die Elektron-Positron-Paarbildung in einem elektrischen Feld oberhalb der kritischen Feldstärke $E_c = m_e^2 c^3 / (he)$ dar [1]. Weder mit statischen Feldern noch mit den heutigen Lasersystemen ist diese Feldstärke derzeit erreichbar, jedoch ist eine Beobachtung von Paarbildungsprozessen im nichtperturbativen Multiphotonenbereich auch bei niedrigen Intensitäten vielversprechend. Ein mögliches Szenario ist das Feld zweier starker, gegenläufiger Laser, welches näherungsweise als oszillierendes, rein elektrisches Feld angesehen werden kann und dann die Aufstellung eines gewöhnlichen Differentialgleichungssystems für die Wahrscheinlichkeitsamplituden von Elektronen positiver und negativer Energie gestattet [2]. Während eine analytische Behandlung nur näherungsweise möglich ist [2, 3], erlaubt die numerische Integration [3] eine exakte Lösung und beispielsweise eine detaillierte Analyse der Frequenzabhängigkeit der Paarbildungswahrscheinlichkeit sowie, im resonanten Fall, der zu beobachtenden Rabi-Oszillationen zwischen Elektronenzuständen positiver und negativer Energie.

[1] J. Schwinger: Phys. Rev. 82, 664 (1951).

[2] H. K. Avetissian et al.: Phys. Rev. E 66, 016502 (2002).

[3] K. Z. Hatsagortsyan, G. R. Mocken, M. Ruf, C. Müller und C. H. Keitel: in Vorbereitung.

A 6.7 Mo 18:15 5M

Dipole-forbidden transitions of nuclei interacting with super-intense laser fields — ●ADRIANA PÁLFFY¹, THOMAS J. BÜRVENICH², JÖRG EVERS¹, and CHRISTOPH H. KEITEL¹ — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg — ²Frankfurt Institute for Advanced Studies

With present and upcoming light sources, the direct interaction between nuclei and super-intense laser fields has become feasible, opening the new field of nuclear quantum optics [1]. While for atomic systems the dipole transition is playing the most important role [2], in the case of nuclei, which present rich structural properties like collective and single-particle excitations, mostly dipole-forbidden transitions occur. The spectrum of E1 transitions is limited to few low-lying nuclear excited states with small reduced transition probabilities, and giant res-

onances, at energies of several MeV, which are not directly accessible nowadays with the laser. We investigate dipole-forbidden transitions of nuclei interacting with super-intense laser fields, considering several stable nuclei with suitable first excited states. The strong reduced transition probabilities and the suitable energy values make E2 and M1 nuclear transitions good candidates for the resonant interaction

between nuclei and laser fields. As an ultimate goal, one may hope that direct laser-nucleus interactions could become a versatile tool to enhance preparation, control and detection in nuclear physics.

[1] T. J. Bürvenich, J. Evers, and C. H. Keitel, Phys. Rev. Lett. 96, 142501 (2006).

[2] M. O. Scully and M. S. Zubairy, Quantum Optics (Cambridge).