

强激光与物质相互作用(I)——原子电离问题

中国科学院物理研究所 蔡诗东 李克学

从含时间的 Schrödinger 方程出发,相当严格地得到电子概率密度 $\rho(r, t) = \psi^*(r, t)\psi(r, t)$ 随时间的演化方程;在推导过程中没有用微扰法,只是忽略对宏观量没贡献的电子间动态摩擦力。用此方程来描述强外电场与物质相互作用的现象,比 Schrödinger 方程简单得多;对于强交变场的情形,可以直接用 Floquet 定理求解。

概率密度方程告诉我们,原子在激光场作用下的电离现象,主要是属于参量激发过程。

在本文里,相当仔细地讨论了我们所引进的新概念与新模型,从此方法出发可以严格地得到宏观运动方程,并基本上重新得到类氢与类碱原子的结构,在弱场近似下基本得到 Sommerfeld-Schur 微扰论的结果。

从此理论给出了激光功率、光子能量、物质性质与电离时间四个物理量之间的关系式。估算了原子电离阈值以及被电离的原子数目与激光功率的关系,同实验符合良好。并且原子电离率对激光波长的依赖性并不像多光子理论所预言的那么敏感;看不出多光子理论所坚持的“深谷”现象的存在;此外还预言在特强的激光作用下,原子可以产生半整数倍频辐射,看到电离边界会下移。由前面所列举的例子来看,从参量激发的概念出发,可以使我们能更好地理解现有的一些典型实验结果。

强激光与物质相互作用(II)——分子分解问题

中国科学院物理研究所 李克学 蔡诗东

同前文一样,从含时间周期的 Schrödinger 方程出发不使用微扰论方法,引出了分子振动所遵守的运动方程,可直接用 Floquet 定理求解。将这个方程应用于氢分子,同时使用文章(I)中得到的强光场下氢原子的电子概率密度,按照 Heitler-London 方法组成分子轨道的概率密度。在零场下得到的分子结构——结合能及原子核间平衡距离同实验符合良好。在外场作用下,分子分解过程是属于参量激发过程,其增长率既依赖于外场频率又依赖于强度。所以在分子分解的问题上喇曼过程与红外过程的物理机制,没有本质上的差别。

在外场作用下计算了氢分子进行不稳定运动的增长率;如果外场频率同氢分子振动的本征频率匹配良好,在百毫微秒量级的激光脉冲照射下,分解的阈值约为 $10^6 \sim 10^7$ 瓦/厘米²。由于外场的参数进入到分子本征振荡频率之中,因此分子本征振动随外场变化会有小小改变,在通常的实验条件下,我们估算出氢分子本征频率的位移约为 $8 \sim 10$ 厘米⁻¹;从这理论还可以定性地看出在强场作用下,分子能级会有红移和加宽的表现。

激光辐照下蒸气羽的形象及其成长

中国科学院力学研究所 周光地 夏生杰 赵建荣 刘建邦 方慧英

把 CO₂ 激光器连续输出功率约 70 瓦的激光束,经焦距 138 毫米反射镜聚焦于靶材上,功率密度约 3×10^4 瓦/厘米²;利用平晶错位干涉仪观察靶前蒸气羽的现象,平晶楔角为 $6''$ 及 $20''$;用高速摄影机连拍蒸气