

発表、議論・討論に関する報告書

(発表者) 谷本曜子

(発表題目) 自動電離過程を含めた Fe プラズマの opacity の数値計算

(発表内容) LTE プラズマの opacity に対しては、average atom model では、実験値と合わない事が分かっている。また、opacity の計算はその中の the energy transport に本質的重要な課題となる。プラズマ中の自動電離過程は opacity の計算で重要な原子過程であるが、これまで、自動電離を含めた bound-free による光吸収断面積はあまり報告されていない。

プラズマの opacity の計算では、詳細な電子項を考慮すること、高密度プラズマにおいては、プラズマ効果を取り入れる必要があること、比較的密度の高いプラズマで重要な自動電離の計算が難しい等の問題がある。

そこで、我々は、プラズマの opacity の計算のために、自動電離を含めた the time-dependent density functional theory of the photoabsorption cross section for plasmas を提案した。我々の理論では、光吸収断面積の profile が autoionization resonance の近傍で数値的発散がないこと、resonance point が orbital energy 間の差ではなく、relaxation effect によりシフトすることが導かれていることなどの特徴がある。我々の理論から得られた光吸収断面積の式は以下の形を持っており、Fano profile と Lorentz profile の重ね合わせで表現される。

$$\sigma(\omega) = 4\pi^2\alpha\omega \sum_{k>k_{max}} c_k \frac{|P_k|^2}{|A|^2} \left\{ \frac{(e + q_k)^2}{e^2 + 1} + d_L(k) \frac{\tilde{\Gamma}/(2\pi)}{(\omega - \varepsilon_r)^2 + (\tilde{\Gamma}/2)^2} \right\}$$

Fano profile の半値幅 Γ および q 値は

$$\tilde{\Gamma} = \frac{4\Delta\varepsilon\lambda}{\omega + \varepsilon_r}$$

$$q_k = \frac{1}{\lambda} \left[\text{Re} \left(\frac{Q_k}{P_k} \right) - \gamma \right]$$

のように導出できる

この理論を使って、Fe プラズマの光吸収断面積を求めた。具体的には、主量子数 n が 7 まで、2 電子励起状態まで、内殻からの電離も含めた Opacity の計算結果を得た。

その結果、自動電離による光吸収断面積が良い精度で求められた。以前の理論より高速に計算でき、重い原子の LTE プラズマの Opacity に向いている事を報告した。

(聴衆の反応) 質疑応答の時、いくつかの質問があったが、具体的に一つ挙げる。

今回発表したセッションでは、実験を主とする研究者が多かったのか、発表の時、引用した論文について質問があった。それは、「実験はどのように行っているのか」であった。ここでの研究は、理論研究なので、実験については詳しく覚えていなく、少し動揺したが、引用論文を紹介が出来たので良かった。また興味を持って聴いてくれたと思い嬉しかった。

そして、発表終了後、他の研究者から opacity の物理量を求める必要性はあるという貴重な意見も頂いた。その理由をここでは簡潔に報告する。トーラス状の核融合炉からは X 線が出るので、人体に有害である。そこで、そのトーラス状の核融合炉の外周にプラズマをおく。そのプラズマが X 線を吸収する。そうすると人体に被害がなくなる可能性が考えられる。その時、opacity の物理量が必要である。つまり、X 線を吸収させるのはプラズマが良く、その吸収は opacity で決まるという事である。

(発表感想) 発表する前は、この研究が、他の研究者から見て、どのように判断されるか分からなかったが、発表後、予想外に研究価値があると理解した。

第 6 2 回年次物理学会に参加して、研究の深さを感じた事が良かったと思う。

(他の研究内容を聴講した感想)

「核融合プラズマの境界層では、原子などの中性粒子が混在していて、そこから中性粒子からの輝線が境界層領域の分光診断に用いられている。」ことから、さらに発展的に実験による研究発表があった。また、「高速中性ヘリウムビーム診断のために、高密度プラズマ中のビーム減衰を基底状態一準安定状態占有密度比の計測による原子ビーム診断法の開発」という発表内容があった。その実験では、どの様に開発するのかというものであった。その他、実験の発表を数多く聞きました。実験による研究も色々と大変な事もあるみたいですが結果を得た感想は楽しそうだった。