



Doctoral Thesis

Untersuchungen zur Stossabsorption in elektromagnetischen Feldern hoher Intensität

Author(s):

Fleischer, Wolfgang

Publication Date:

1992

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000644169> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 9693

**Untersuchungen zur Stossabsorption in
elektromagnetischen Feldern hoher Intensität**

A B H A N D L U N G

Zur Erlangung des Titels

Doktor der Naturwissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Wolfgang Fleischer

Dipl. Phys. der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

geboren am 19. Juli 1960

in Amberg, Bayern, Bundesrepublik Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Professor Dr. J.P. Blaser, Referent

Professor Dr. N. Straumann, Korreferent

Dr. W. Fischer, Korreferent

1992

Kurzfassung

Seit es gelungen ist Laserquellen höchster Intensität von bis zu $10^{18} \frac{W}{cm^2}$ herzustellen, ist das Studium der Wechselwirkung zwischen Materie und Licht hoher Intensität wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Daher analysiert auch diese Arbeit einen der möglichen Wechselwirkungsprozesse, die Stossabsorption, in der Gegenwart eines Strahlungsfeldes sehr hoher Intensität.

Im ersten Teil der Arbeit werden bekannte Ergebnisse reproduziert und ihr unphysikalisches Verhalten für sehr hohe Intensitäten des el.-magn. Feldes diskutiert. Es wird dann das grundlegend unterschiedliche Verhalten der Absorption von Laserstrahlung und Schwarz-Körperstrahlung in Materie herausgearbeitet. Der Ursprung von im Wirkungsquerschnitt für die Stossabsorption auftretenden Oszillationen kann auf das Problem der Vorwärtsstreuung im Coulombfall zurückgeführt werden. Sind die Rechnungen bis zu diesem Punkt unter der Annahme eines klassischen Strahlungsfeldes ausgeführt worden, so dient ein Abschnitt dazu nachzuweisen, dass bei einer Quantisierung des el.-magn. Feldes dieselben Ergebnisse folgen.

Der zweite Teil der Arbeit analysiert, was die Aufhebung der nicht-relativistischen Näherung bei der Berechnung des Absorptionsquerschnittes bewirkt. Als erstes wird nachgewiesen, dass eine relativistische Behandlung der absorbierenden Teilchen notwendig und sinnvoll ist. Anschliessend folgt die Ableitung der Wirkungsquerschnitte für Absorption beim Stoss zweier Teilchen sowie bei Streuung am Coulomb-Feld eines unendlich schweren Kernes. Mit Hilfe einer asymptotischen Entwicklung wird das Verhalten für stetig zunehmende Intensität des Strahlungsfeldes untersucht. Das Ergebnis zeigt, dass der Absorptionsquerschnitt bei Berücksichtigung relativistischer Effekte ein neues und unerwartetes Verhalten aufweist.

Im dritten Teil wird das Verhalten in demselben Limes für den verwandten Compton-Effekt untersucht. Man findet, dass der auf den einfallenden Fluss von Photonen normierte Wirkungsquerschnitt für stetig wachsende Intensität abfällt. Dieses Verhalten ist unterschiedlich zu dem bei der Stossabsorption beobachteten Verhalten.

Den Abschluss der Arbeit bildet eine kurze Diskussion der Möglichkeit die gefundene Intensitätsabhängigkeit des Wirkungsquerschnittes für inverse Bremsstrahlung experimentell nachzuweisen. Der Einfachheit halber wird mehr Wert auf eine qualitative, denn auf eine quantitative Diskussion gelegt.

Abstract

Since the advent of new high intensity laser sources up to $10^{18} \frac{W}{cm^2}$, studying the interaction between matter and light of high intensity has again become a major point of interest. It is for this reason that also this work is dedicated to one of the possible interaction processes, which is known under the term collisional absorption, in the presence of a high intensity radiation field.

The first part of the work partly reproduces known results and discusses their unphysical behaviour, when there is a high intensity electromagnetic field present. Furthermore it outlines the basically different behaviour of absorption in matter out of a beam coming from a laser or from a black body radiation source. As a new result it can be shown that the oscillations appearing in the cross-sections are due to the problem of forward scattering in the Coulomb-case. Since the radiation field was treated classically up to this point, we added a paragraph showing that one obtains the same results as one starts from a quantized radiation field.

The second part analyzes in what the alleviation of the non-relativistic approximation for the evaluation of the absorption cross-section results. Firstly we show that a relativistic treatment of the absorbing particle is necessary and meaningful. Then we derive the cross-section in two cases, one for the absorption during a scattering between two freely moving particles, the other for the scattering off a Coulomb-potential of a fixed nucleus. By using the method of asymptotic expansion we examine the behaviour for steadily increasing intensity of the radiation field. The result shows a new unexpected behaviour for the absorption cross-section, when using a relativistic treatment.

The third part analyzes the related Compton-effect within the same limes. For this we find that the cross-section normalized to the incoming flux of photons decreases further as one increases the intensity. This is a different behaviour in comparison to the one found for the collisional absorption.

The work concludes with a short discussion of the possibility to show experimentally the intensity-dependence found for the cross-section of inverse Bremsstrahlung. For simplicity we rather rely on a qualitative treatment than on a quantitative one.