

Wechselwirkung von Strahlung mit Materie

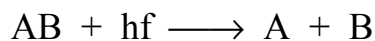
Die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie ist einer der fundamentalen Prozesse, der für viele Phänomene im Universum verantwortlich ist. So ist z.B. die Erde einem dauernden Strom elektromagnetischer Strahlung von der Sonne ausgesetzt, der den Prozess der Photosynthese und damit das Leben auf der Erde ermöglicht.

Man kann diesen Prozess folgendermaßen ausdrücken:

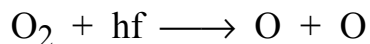


Die Anzahl n der beteiligten Photonen ist nicht fest bestimmt; ihre Energie fällt vorwiegend in den sichtbaren Bereich des Spektrums. Der Prozess ist viel komplizierter als die obige Gleichung vermuten lässt. Die Photosynthese ist nicht nur wichtig, weil sie die Kohlehydrate produziert, die letztlich die Nahrungsquelle der meisten Lebewesen sind, sondern auch, weil sie den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre kontrolliert. Dies geschieht dadurch, dass die Photosynthese Sauerstoff freisetzt, der wiederum bei den vielen Oxydationsprozessen, die auf der Erde ablaufen, verbraucht wird.

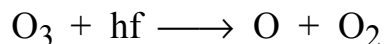
Die Photosynthese ist nur ein Beispiel für die vielen Reaktionen, die durch die Absorption von Strahlung eingeleitet werden. Die Untersuchung derartiger Reaktionen nennt man Photochemie. Jede photochemische Reaktion erfordert die Mitwirkung eines Photons mit bestimmter Energie. Ein anderes Beispiel für Prozesse, die auf der Absorption von Strahlung beruhen, ist die Dissoziation eines Moleküls durch Absorption eines Photons, d.h.



Eine derartige Reaktion mit großer Bedeutung für die Geophysik und die Biologie ist die Dissoziation von Sauerstoff in der Atmosphäre durch die Absorption von ultravioletter Strahlung mit einer Wellenlänge von 160 nm bis 240 nm, d.h. von Photonen mit einer Energie zwischen 7,8 eV und 5,2 eV. Man kann diesen Prozess durch folgende Gleichung ausdrücken:



Der atomare Sauerstoff verbindet sich mit molekularem Sauerstoff zu Ozon, O_3 , das seinerseits der photochemischen Dissoziation unterliegt und zwar durch Absorption von ultravioletter Strahlung der Wellenlänge zwischen 240 nm und 360 nm, d.h. von Photonen mit einer Energie zwischen 5,2 eV und 3,4 eV. Diese Reaktion stellt sich dar als

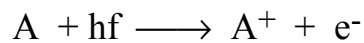


Diese zwei Reaktionen absorbieren die ultraviolette Strahlung so stark, dass sie praktisch die gesamte Ultraviolettstrahlung der Sonne eliminieren, bevor sie die Oberfläche der Erde erreicht. Wenn diese Ultraviolettstrahlung die Erdoberfläche erreichen könnte, würde sie viele Organismen durch photochemische Reaktionen mit Zellbestandteilen, Enzymen usw. zerstören.

Der photographische Prozess ist wieder ein anderes Beispiel für eine photochemische Reaktion. Durch die Einwirkung der Strahlung werden Silberbromidmoleküle zersetzt, wobei dann Silberatome ein sog. latentes Bild auf einem lichtempfindlichen Film bilden. Im Entwicklungsprozess wird der Film später so behandelt, dass ein dauerhaftes Bild entsteht.

Wenn das Photon genügend Energie besitzt, kann seine Absorption durch ein Atom oder Molekül dazu führen, dass ein Elektron freigesetzt wird. Es bleibt ein ionisiertes Molekül zurück.

Man kann diesen Prozess folgendermaßen beschreiben:

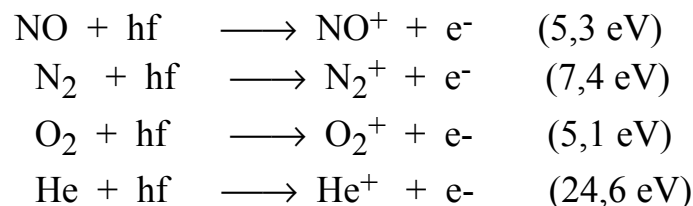


Diesen Prozess nennt man Photoionisation. Er entspricht dem Photoeffekt in Metallen. Aus diesem Grunde nennt man ihn atomaren Photoeffekt. Es ist eine Folge der Photoionisation, dass ultraviolette, Röntgen- oder Gammastrahlung, wenn sie Materie durchdringt, längs ihres Weges Ionisation erzeugt. Die Energie, die erforderlich ist, um ein Elektron aus einem Atom oder Molekül abzuspalten, soll mit I bezeichnet werden. Diese Energie nennt man Ionisationsenergie. Die kinetische Energie des freigesetzten Elektrons ist dann gegeben durch

$$E_k = hf - I$$

Diese Gleichung zeigt: Um Photoionisation hervorzurufen, muss die Energie des Photons größer oder gleich I sein. Wenn z.B. ein Elektron aus einem Grundzustand in einem Wasserstoffatom freigesetzt werden soll, muss die Energie des Photons mindestens 13,6 eV betragen. Befindet sich das Elektron aber im ersten angeregten Zustand, so sind nur 3,4 eV erforderlich. Für ein Heliumatom beträgt die Ionisationsenergie, die erforderlich ist, um ein Elektron aus seinem Grundzustand freizusetzen, 24,6 eV.

Die hohe Konzentration von Ionen und freien Elektronen (mehr als 10^{11} pro m^3) im Bereich der oberen Atmosphäre, der Ionosphäre, ist auf den Photoeffekt der ultravioletten und der Röntgenstrahlung der Sonne zurückzuführen. Einige der häufigsten Reaktionen sind:



Die Ionisationsenergien sind in Klammern angegeben. Als Folge dieser Ionisationen finden in der Atmosphäre viele andere, sekundäre Reaktionen statt.