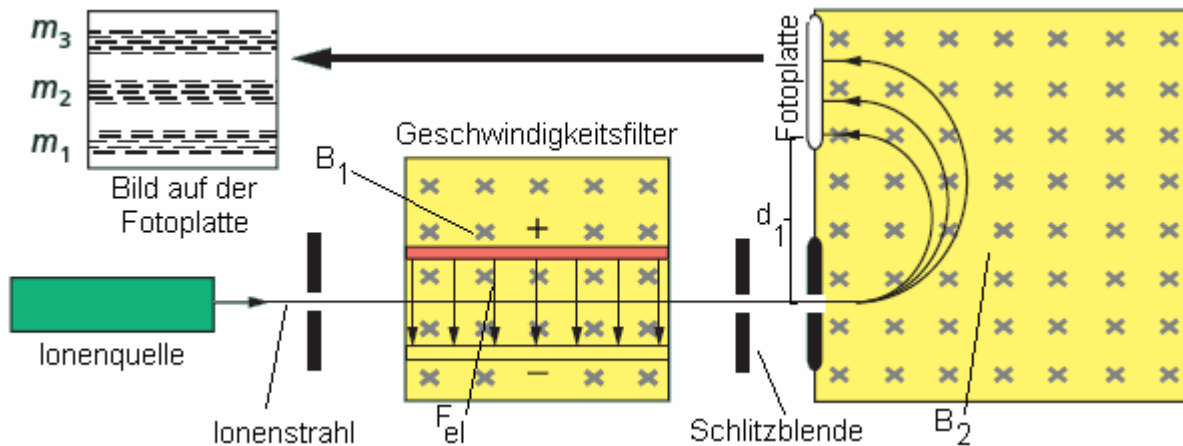


Massenspektroskop
von Johannes Pohl 11M im Mai 2007

Aufbau:

Das Massenspektroskop besteht aus einem Geschwindigkeitsfilter hinter dem eine Schlitzblende angebracht ist. Der Geschwindigkeitsfilter (Wien-Filter) setzt sich aus einer Spannungsquelle, die das homogene elektrische Feld E erzeugt und einem Elektromagneten, der ein zu E senkrecht stehendes Magnetfeld B_1 erzeugt, zusammen. Nach der Schlitzblende findet sich ein weiteres Magnetfeld B_2 , welches von einem zweiten Elektromagneten erzeugt wird. Zwischen diesem und der Schlitzblende ist nahe am Magnetfeld B_2 eine Fotoplatte montiert.

Skizze:



d_1 stellt den Durchmesser einer Kreisbahn dar. Die in der Skizze zu d_1 gehörige Masse wäre m_1 .

Funktionsweise:

Ein Ionenstrahl tritt aus einer engen Öffnung kommend in den Geschwindigkeitsfilter und damit in das elektrische Feld E ein. Der Winkel zwischen den elektrischen Feldlinien und dem Ionenstrahl beträgt dabei 90° . Auf die Ionen wirkt nun die Kraft $F_{el}=Q \cdot E$, wobei Q die Ladung der Ionen darstellt. Der Kraft des elektrischen Feldes wirkt nun durch das Magnetfeld B_1 die Lorentzkraft F_L entgegen. Die Schlitzblende ist so angebracht, dass die geladenen Teilchen des Ionenstrahls nur hindurch treten können, wenn sie nicht abgelenkt wurden. In diesem Fall müssen die Beträge der Lorentzkraft und der Kraft des elektrischen Feldes gleich sein, da sie sich nur dann kompensieren. Es

gilt also (weil $\vec{v} \perp \vec{B}_1$):

$$F_L = F_{el}$$

$$Q \cdot v \cdot B_1 = Q \cdot E$$

$$v = \frac{E}{B_1}$$

Die elektrische Feldstärke E ist in der Praxis meist nicht bekannt. Da es sich aber um ein homogenes Feld handelt, kann man die elektrische Feldstärke durch $E = \frac{U}{s}$ berechnen. U stellt hierbei die Spannung und s den Abstand zwischen den felderzeugenden Platten dar.

Die Geschwindigkeit, mit der die Ionen den Geschwindigkeitsfilter verlassen, ist damit für jedes Ion gleich, da sie von der jeweiligen Ladung unabhängig ist. Mit dieser Geschwindigkeit treten die Ionen in das Magnetfeld B_2 . Hier zwingt die Lorentzkraft die geladenen Teilchen auf eine Kreisbahn. Dabei werden die Beträge von Zentripetal- und Lorentzkraft gleich. Für diesen Vorgang gilt:

$$F_L = F_Z$$

$$Q \cdot B_2 \cdot v = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$Q \cdot B_2 = \frac{m \cdot v}{r}$$

mit $v = \frac{E}{B_1}$ gilt:

$$Q \cdot B_2 = \frac{m \cdot E}{r \cdot B_1}$$

$$\underline{\underline{\frac{Q}{m} = \frac{E}{r \cdot B_1 \cdot B_2}}}}$$

Der Krümmungsradius r der Kreisbahn der geladen Teilchen kann ermittelt werden, indem man durch die Position der Linien der Ionen auf der Fotoplatte Rückschlüsse auf ihn zieht. Dazu misst man den Abstand zwischen der Linienposition der Ionen auf der Fotoplatte und dem Eintrittspunkt des Ionenstrahls in das Magnetfeld B_2 . Diesen Abstand muss man dann noch halbieren, da es sich dabei um den Durchmesser d der Kreisbahn handelt. Je höher eine Linie auf der Fotoplatte angeordnet ist, desto größer muss auch der Krümmungsradius sein. Er kann nicht mehr von der Geschwindigkeit, sondern nur noch von dem Quotienten $\frac{Q}{m}$ abhängen. Diesen bezeichnet man auch als spezifische Ladung.

Hierdurch ist zu sehen, dass man nun die Ladung Q oder die Masse m der Ionen bestimmen kann, wenn vorher eine der beiden Größen bekannt ist. Es ist vorauszusetzen, dass die elektrische Feldstärke sowie die Stärke der beiden Magnetfelder gegeben sind, da ansonsten eine Berechnung von der Ladung oder der Masse unmöglich sein würde. Beim Massenspektroskop wird zumeist von einer bekannten Ladung Q und einer unbekannt Masse m ausgegangen, dadurch ergibt sich folgende Formel für die Masse der Ionen:

$$m = \frac{Q \cdot r \cdot B_1 \cdot B_2}{E}$$

Nutzen:

Das Massenspektroskop, welches 1919 von F.W. Aston entwickelt wurde, findet vor allem in der Kernphysik Anwendung. Mit seiner Hilfe fand man heraus, dass fast alle Elemente aus Isotopen bestehen. Isotope sind Atome mit gleicher Protonen- aber unterschiedlicher Massenzahl. Durch das Massenspektroskop können nun Atome mit der gleichen Ladung untersucht werden. Durch die unterschiedlichen Anordnungen der Linien auf der Fotoplatte kann dadurch nachgewiesen werden, dass diese Atome mit der gleichen Ladung (Protonenzahl) trotzdem eine unterschiedliche Masse besitzen, die dann auch berechnet werden kann. Für diese wichtige wissenschaftliche Erkenntnis war das Massenspektroskop unerlässlich.

Quellen:

Kuhn, W., Kuhn Physik 2, Braunschweig 2000

Grehn, J., Metzler Physik, Hannover 1998

<http://de.wikipedia.org/wiki/Massenspektroskop>

Paetec: Duden Physik

Bildnachweis:

Aufbau Massenspektroskop: vgl. Paetec: Duden Physik