

Minitest 7

Das **Myon** ist ein Elementarteilchen, das dem Elektron ähnelt, jedoch eine deutlich höhere Masse ($105,6 \text{ MeV}/c^2$ statt $0,511 \text{ MeV}/c^2$) aufweist. Wie das Elektron ist es mit einer Elementarladung negativ geladen, und besitzt einen halbzahligen Spin.

- Gibt es myonische Atome?

Myonische Atome

Myonen (aber nicht Antimyonen) können aufgrund ihrer Ladung wie Elektronen an Atomkerne gebunden werden. Jedoch ist der zugehörige Bohrsche Radius der „Myonbahn“ um den Atomkern im Verhältnis der Massen von Elektron und Myon kleiner. Die Folge ist, dass die Myonen viel stärker gebunden werden als die Elektronen. Üblicherweise gehen Myonen schon kurz nach dem Einfang in einen 1s-Zustand über. Bei schweren Atomkernen liegt aufgrund der kleinen Bahnradien ein großer Teil der Myon-Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Atomkern. Dort kann es dann zum inversen Betazerfall kommen, bei dem das Myon absorbiert und ein Proton in ein Neutron verwandelt wird. Hierbei entsteht zusätzlich ein Neutrino, sowie eventuell eines oder mehrere Gamma-Quanten. Der neu entstandene Atomkern ist in vielen Fällen radioaktiv. Durchläuft dieser in der Folge einen normalen Beta-Zerfall, wird wieder der originale Atomkern hergestellt.

Myonen-katalysierte Fusion

Wird ein Myon in einem Deuterium- oder einem Deuterium-Tritium-Molekül (D_2 bzw. DT) eingefangen, dann entsteht ein positives myonisches Molekülion, weil die relativ große Bindungsenergie des Myons die beiden Elektronen des Moleküls freisetzt. In diesem myonischen Molekül-Ion sind die beiden Atomkerne einander etwa 200 mal näher als in einem elektronischen Molekül. Das ermöglicht durch den Tunneleffekt die Fusion der beiden Kerne. Die sehr große durch die Fusion frei werdende Energie (bei D+D rund 3 MeV, bei D+T 14 MeV) setzt auch das Myon wieder frei, und es kann je nach den Umgebungsbedingungen während seiner Lebensdauer viele weitere (Größenordnung 100) Einzelfusionen katalysieren.

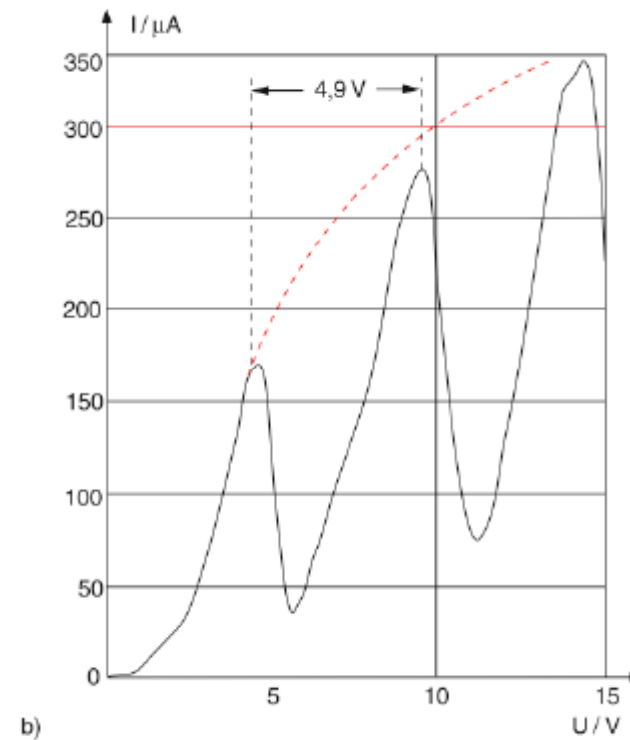
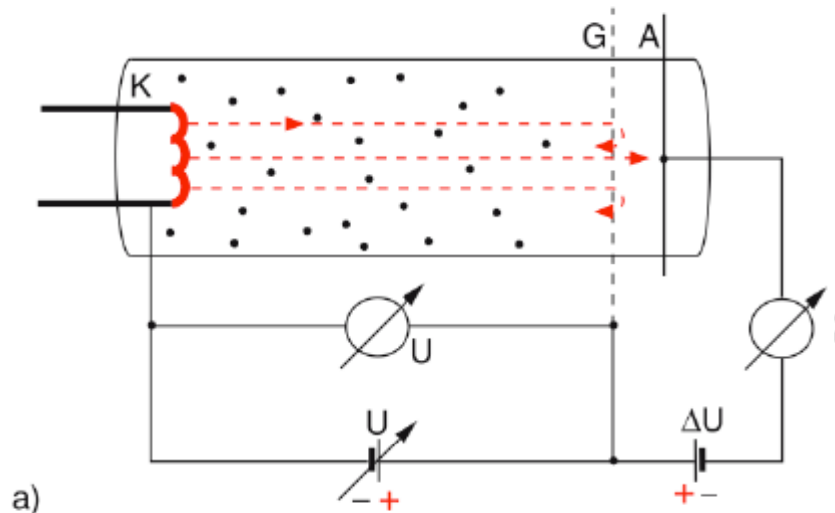
Um mit dieser myonisch katalysierten Kernfusion Nutzenergie zu produzieren, müsste man aus den rund 100 Einzelfusionen mehr Energie gewinnen können, als zur Erzeugung des Myons notwendig ist. Die bisher erzielten Wirkungsgrade der Teilchenbeschleuniger-Anlagen, mit denen Myonen produziert werden können, reichen dazu nicht aus.

Die Myonen-katalysierte Fusion ist auch unter dem Namen Kalte Fusion bekannt. Sie wurde ursprünglich von Andrei Sacharow vorgeschlagen.

Franck-Hertz-Versuch

Aufbau:

In einer mit Quecksiberdampf bei niedrigem Druck gefüllten Röhre werden von einer *Glühkathode K* Elektronen emittiert die durch ein Gitter *G* auf die Energie $e \cdot U$ beschleunigt werden. Der *Elektronenabsorber A* wird auf eine Spannung $U_A = U - \Delta U$ gebracht, so dass *Elektronen* nach durchfliegen des Gitters abgebremst werden und A nur erreichen können, wenn ihre kinetische Energie hinter dem Gitter mindestens $e \cdot \Delta U$ ist.



- Die Ursache für das Verhalten des Elektronenstroms sind unelastische Stöße der Elektronen mit den Hg -Atomen; die Elektronen geben kinetische Energie an die Hg -Atome ab, die diese in Anregungsenergie umsetzen.
- Die kinetische Energie der Elektronen hängt direkt von der Beschleunigungsspannung U ab. Immer wenn diese Energie gerade der Anregungsenergie E_a eines Hg -Atoms entspricht kann Energie auf das Hg -Atom übertragen werden. Dadurch reicht die dem Elektron verbleibende Energie nicht mehr aus, um über das Gitter hinaus den Absorber A zu erreichen.
- Bei elastischen Stößen kann ein Elektron nur maximal den Bruchteil $4m_e/m_{Hg} \approx 10^{-5}$ seiner Energie pro Stoß abgeben. Daher ist bei niedrigem Gasdruck in der Röhre der Energieverlust durch elastische Stöße vernachlässigbar.
- Die Elektronenstoßanregung zeigt, dass Atome Energie nur in bestimmten Energiequanten ΔE_i aufnehmen können, deren Größe von der Struktur des Atoms und vom momentanen angeregten Zustand der Atome abhängt.
- Die angeregten Hg^* Atome gehen durch Lichtemission nach sehr kurzer Zeit ($\approx 10^{-8}s$) wieder in ihren tiefsten Energiezustand zurück. Das dabei emittierte Photon hat eine Frequenz ν , die gleich der aus spektroskopischen Messungen bekannten Absorptionsfrequenz ν ist. Dies zeigt, daß nur der tiefste Energiezustand eines Atoms (Grundzustand) wirklich stabil ist. Die energetisch angeregten Zustände zerfallen nach kurzer Zeit durch Emission eines Photons in tiefere Zustände.

TIRF-Mikroskopie

TIRF-Mikroskopie (Total internal reflection fluorescence microscopy) ist eine Methode der Fluoreszenzmikroskopie, um Strukturen zu untersuchen, die sich sehr nahe (ca. 200 nm) an Kontaktfläche der Probe befinden. Dadurch ergibt sich ein deutlich höherer Kontrast, da nur wenig Material zur Fluoreszenz angeregt wird, was dadurch erreicht wird, dass man den Objektträger von hinten und in einem Winkel bestrahlt wird, der groß genug ist, damit Totalreflexion auftritt. Da die Strahlung aber dennoch in den Objektträger eindringt, aber dabei gleichzeitig mit zunehmenden Weg immer stärker abgeschwächt wird (sog. evaneszente Welle), erreicht sie nur wenige Schichten fluoreszierenden Materials.

Quantenpunkt

Ein **Quantenpunkt** (engl. *quantum dot*) ist eine nanoskopische Materialstruktur, meist aus Halbleitermaterial (z. B. InGaAs, CdSe oder auch GaInP/InP). Ladungsträger (Elektronen, Löcher) in einem Quantenpunkt sind in ihrer Beweglichkeit in allen drei Raumrichtungen so weit eingeschränkt, dass ihre Energie nicht mehr kontinuierliche, sondern nur noch diskrete Werte annehmen kann (siehe Größenordnung/Spektrum). Quantenpunkte verhalten sich also ähnlich wie Atome, jedoch kann ihre Form, Größe oder die Anzahl von Elektronen in ihnen beeinflusst werden. Dadurch lassen sich elektronische und optische Eigenschaften von Quantenpunkten maßschneidern. Typischerweise beträgt ihre eigene atomare Größenordnung etwa 10^4 Atome. Gelingt es, mehrere einzelne Quantenpunkte in unmittelbarer Nähe zueinander anzuordnen, so dass Ladungsträger (v.a. Elektronen) über Tunnelprozesse von einem in den nächsten Quantenpunkt hüpfen können, so spricht man von Quantenpunktmolekülen.

Die Größe des Quantenpunkts liegt im Bereich der De-Broglie-Wellenlänge des Elektrons, weil hier die Quanteneigenschaften zu Tage treten. Der Quantenpunkt bildet einen Potentialtopf, der ein quantenmechanisches Confinement darstellt, d. h. eine stärkere Lokalisierung der Wellenfunktion bewirkt.

Aufgrund der zuvor bestimmten Größe des Quantenpunktes bilden sich atomähnliche Zustände. Der Übergang vom klassischen Bändermodell der Halbleiterphysik zu den quantisierten Energieniveaus niederdimensionaler Festkörper ist dabei kontinuierlich und von der Stärke des Einschlusses bzw. der Beschränkung (engl: 'confinement') der Wellenfunktion des im Quantenpunkt befindlichen Ladungsträgers oder genauer, dessen Wellenfunktion abhängig.