

Arbeitsblatt 1:

Einstieg:

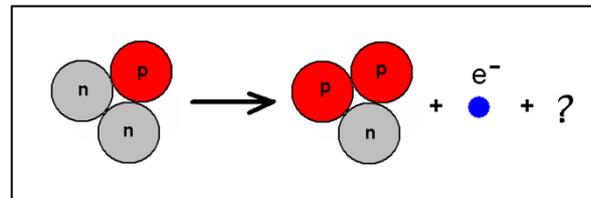
In dem Video „Neutrinos (2016)“, das im Rahmen der jährlich stattfindenden Tagungen von Nobelpreisträgern in Lindau als Mini Lecture entstanden ist, spielt der **Betazerfall** von Atomkernen eine wichtige Rolle. Im Folgenden soll diese radioaktive Zerfallsart daher im Vordergrund stehen und die physikalischen Zusammenhänge genauer untersucht werden.

- a) Schauen Sie sich zunächst die ersten dreieinhalb Minuten des Videos an. Sie erhalten so einen schnellen Überblick, um welche Thematik es bei dieser Unterrichtseinheit geht.

Der Betazerfall von Tritium:

Tritium ${}^3_1\text{H}$ ist das schwerste Isotop von Wasserstoff. Es ist radioaktiv und verwandelt sich durch einen β^- Zerfall in das stabile Heliumisotop ${}^3_2\text{He}$. Die Halbwertszeit von Tritium beträgt 12,3 Jahre.

Im Zusammenhang mit dem Thema Neutrinos ist die Energie der ausgesendeten Betateilchen, also der Elektronen, von besonderer Bedeutung.



Bildquelle: Matthias Borchardt

Welche Energie sollten die Elektronen theoretisch haben?

Aus der Quantenphysik wissen wir, dass Teilchen, denen man einen begrenzten Aufenthaltsraum zur Verfügung stellt, nur ganz bestimmte Energiewerte annehmen können. So besitzen die Elektronen in der Hülle eines Atoms diskrete Energien, da sie im Coulombfeld des Kerns gebunden sind, sich also in einem Potentialtopf befinden. Auch der Atomkern lässt sich gut mit dem Modell eines Potentialtopfes beschreiben, denn die starke Wechselwirkung begrenzt den Aufenthaltsbereich der Nukleonen auf einen extrem kleinen Raumbereich. Wechselt der Kern also von einem höheren Energieniveau in ein tieferes, so sollte die abgegebene Energie (beim Betazerfall ist das die kinetische Energie der Elektronen) einen ganz bestimmten, festen Wert aufweisen. Diese Energie können wir berechnen, wenn wir die Masse des Ausgangskerns mit den Massen des Tochterkerns und des ausgestoßenen Elektrons vergleichen.

- b) Rechnen Sie vor, dass die beim Betazerfall ausgestoßenen Elektronen eine Energie von 18,6 keV aufweisen sollten. Stellen Sie dazu eine Massenbilanz auf und verwenden Sie die folgenden Kernmassen:

$$\text{Tritium } {}^3_1\text{H}: m_{\text{H}} = 3,015\,500\,69\text{ u}$$

$$\text{Helium } {}^3_2\text{He}: m_{\text{He}} = 3,014\,932\,14\text{ u}$$

$$\text{Elektron } e^-: m_e = 0,000\,548\,579\,909\text{ u}$$

$$\text{Atomare Masseneinheit: } 1,660\,539\,040 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$$