**Aufgabe 1: KATRIN-Experiment**

Im Karlsruher Tritium-Experiment (KATRIN) soll die Masse des (Anti-)Elektronneutrinos direkt über die Reaktion



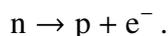
bestimmt werden.

- a) Zeigen Sie, dass in einem Zwei-Körperzerfall $a \rightarrow b + c$ die Energie des Teilchens b durch

$$E_b = \frac{m_a^2 + m_b^2 - m_c^2}{2m_a}$$

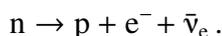
gegeben ist.

- b) Berechnen Sie die Energie des Elektrons in der hypothetischen Reaktion



Das Neutron sei hierbei in Ruhe. Die Massen von Proton und Neutron sind gemessen zu $m_p = 938,272013$ MeV bzw. $m_n = 939,565346$ MeV.

- c) Experimentell beobachtet man ein kontinuierliches Energiespektrum des Zerfallselektrons. Erklären Sie, warum dies der Annahme eines reinen Zwei-Körperzerfalls aus b) widerspricht.
- d) Der Widerspruch kann aufgelöst werden durch die Hinzunahme des Neutrinos in die Zerfallsreaktion gemäß



Leiten Sie einen Ausdruck für die Energie E_e des auslaufenden Elektrons her. Hinweis: Reduzieren Sie hierzu das Drei-Körperproblem auf ein Zwei-Körperproblem, indem Sie den ${}^3\text{He}$ -Kern und das Neutrino zu einem Zwei-Körpersystem mit invarianter Masse $m_{{}^3\text{He},\nu_e}$ kombinieren. Wann wird die Energie des Elektrons maximal?

- e) Leiten Sie einen Ausdruck für die maximale kinetische Energie des Elektrons $E_{e,\max}$ her und berechnen Sie diese für Neutrinomassen von $m_{\nu_e} = 0, 0,2$ und $1,0$ eV. Die Masse eines Tritiumkerns beträgt $m_{{}^3\text{H}} = 2808,920906$ MeV und für ${}^3\text{He}$ ist sie $m_{{}^3\text{He}} = 2808,391383$ MeV.