Hinweis

Die vorliegende Lösung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Lösung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:
https://www.physics-and-stuff.com/

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Lösungen! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.

Physik V Blatt 4 8–10 Do Trim Kasabaci
Marvin Zenke

Aufgabe 1

1. Nach Definition der Raumspiegelung $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \mapsto \begin{pmatrix} -x \\ -y \\ -z \end{pmatrix}$ wird dieser Vektor bei Raumspiegelung genau umgekehrt $\vec{r} \mapsto -\vec{r}$ ✓

2. Da $\vec{p} = m\dot{\vec{x}}$ gilt hier unter Raumspiegelung mit $\vec{p}\,' = m\dot{\vec{x}}\,' = -m\dot{\vec{x}} = -\vec{p}$ also Vorzeichenwechsel; negative Parität. ✓

3. Drehimpuls: $\vec{L}\,' = \vec{r}\,' \times \vec{p}\,' = (-\vec{r}) \times (-\vec{p}) = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{L}$ ✓
also kein Vorzeichenwechsel bei Raumspiegelung, d.h. spiegelsymmetrisch (positive Parität).

4. Der Spin hat positive Parität, auf Grund seiner Analogie zu einem Drehimpuls ✓

5. Das elektrische Feld ist ein „polarer Vektor" (radial)
$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r}_e$ wobei $\hat{r}_e$ der Einheitsvektor in radialer Richtung ist. Offensichtlich ist dadurch die Parität negativ. ✓

6. Mit $F_L = q\,\vec{v} \times \vec{B}$ und F_L hat negative Parität da $\vec{F}_L = m\vec{a}$ und $\vec{a} = \ddot{\vec{r}}$ negative Parität hat, muss $\vec{B}$ positive Parität (axialer Vektor) da $\vec{v}$ ein polarer Vektor ist ~~B hat~~ ✓

7. Hier gilt $h = \frac{\vec{S} \cdot \vec{p}}{|\vec{S}| \cdot |\vec{p}|} = \cos(\alpha)$ und damit hat h positive Parität. ✗ ?

6

Negative Parität

P	+	−
Skalar / Vektor	Skalar / Axialvektor	Pseudoskalar / Polarvektor

Aufgabe 2

e^-: $s_1 = \frac{1}{2}$, $P_1 = +1$

e^+: $s_2 = \frac{1}{2}$, $P_2 = -1$

$|l-s| \leq j \leq l+s$

für $l=0$:

$P_{ges} = P_1 \cdot P_2 \cdot (-1)^l = (+1)(-1)(+1) = -1$

$S_{ges} \in [0;1] \subset \mathbb{N}$

$J \in [0;1] \subset \mathbb{N} \Rightarrow J^P = \{0^-; 1^-\}$

für $l=1$:

$P_{ges} = P_1 \cdot P_2 \cdot (-1)^l = (+1)(-1)(-1) = +1$

$S_{ges} \in [0;1] \subset \mathbb{N}$

$J \in [0;2] \subset \mathbb{N} \Rightarrow J^P = \{0^+; 1^+; 2^+\}$ 6

Aufgabe 3

1. β^--Zerfall: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

$(A,Z) \rightarrow (A, Z+1)$

$M(A,Z) > M(A, Z+1)$

β^+-Zerfall: $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$

$(A,Z) \rightarrow (A, Z-1)$

$M(A,Z) > M(A, Z-1) + 2m_e$

EC: $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$

$(A,Z) \rightarrow (A, Z-1)$

$M(A,Z) > M(A, Z-1)(+ \varepsilon)$

ε: Anregungsenergie ~~des Tochterkerns~~ der Atomhülle ✓ 3

2. ^{23}Na hat bestimmtes Verhältnis $\frac{Z}{N}$ → stabil

^{22}Na hat 1 Neutron weniger als ^{23}Na

⇒ Verhältnis $\frac{Z}{N-1} > \frac{Z}{N}$ (Z, N auf ^{23}Na bezogen)

⇒ Protonenüberschuss → β^+-Zerfall, EC

^{24}Na hat 1 Neutron mehr als ^{23}Na

⇒ Verhältnis $\frac{Z}{N+1} < \frac{Z}{N}$

⇒ Neutronenüberschuss → β^--Zerfall

ja gut, nur beachten das $\frac{Z}{N}$ keine globale Konstante ist

2

3. Durch das Entfernen der e^- ist die Masse des Elements kleiner, sodass die Massenbilanz für einen β^+-Zerfall nicht mehr erfüllt ist. hm, die Massendifferenz ~~[illegible]~~ für den β^+-Zerfall ist schon vorher zu klein. Bezugspunkt ist neutrales Atom...

0.5

4. Die Halbwertszeit beim β-Zerfall hängt von den jeweiligen Auswahlregeln des Übergangs (Fermi oder Gamow-Teller) ab. Je erlaubter ein Übergang ist, desto kleiner die Halbwertszeit.

Die Halbwertszeit beim α-Zerfall hängt ...

0

Aufgabe 4

1. Beide Teilchen haben Spin $s = 1/2$ und damit eine z-Komponente $s_z = \pm 1/2$

Damit diese Bilanz erfüllt ist, kann das Neutrino „(spin) floppen".

$$n \to p + e^- + \bar{\nu}_e$$
$$\uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \downarrow$$

also Singlett $s = 0$

(Fermi-Übergang) können auch vertauschen

was also ist dadurch erhalten?

$$n \to p + e^- + \bar{\nu}_e$$
$$\uparrow \quad \downarrow \quad \uparrow \quad \uparrow$$

also Tripplett $S = 1$

(Gamow-Teller-Übergang)

(1)

? (Parität ist doch auch gleich oder?) nein $P(e^-) = 1$ Fermion

$P(\bar{\nu}_e) = -1$ Antifermion

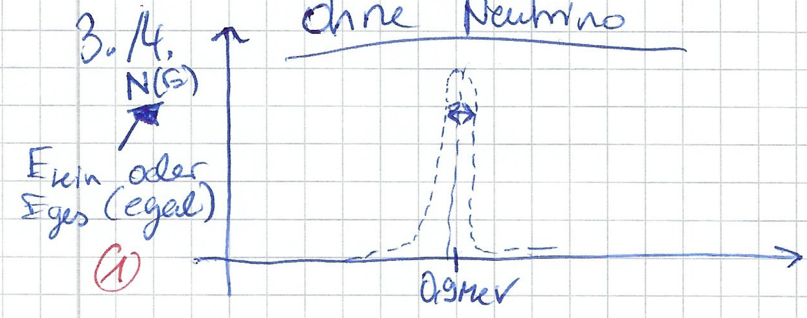
2. Masse und elektromagnetische Ladung. $m_{\bar{\nu}_e} << m_e$

wieso Masse

$q_{\bar{\nu}_e} = 0$

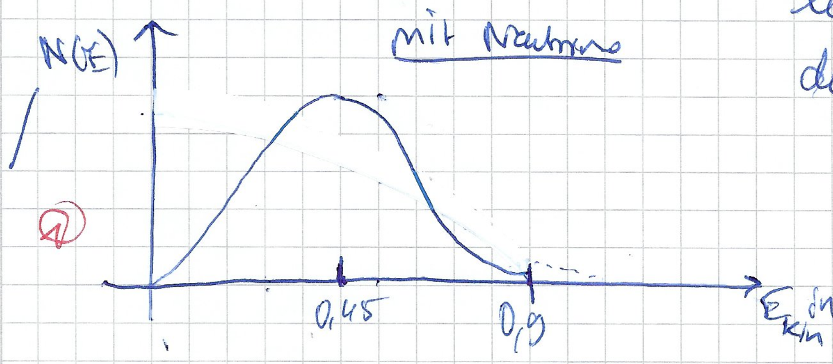
Dadurch schwer nachzuweisen. Man kann kein Massenspektrometer benutzen, keine em-Felder und ist dadurch darauf angewiesen, das Neutrino indirekt nachzuweisen. (2)

3./4. ohne Neutrino



Im Grunde ein Peak, aber durch Auflösung der Messapparatur und Unschärferelation leichte Verbreiterung des Spektrums

mit Neutrino

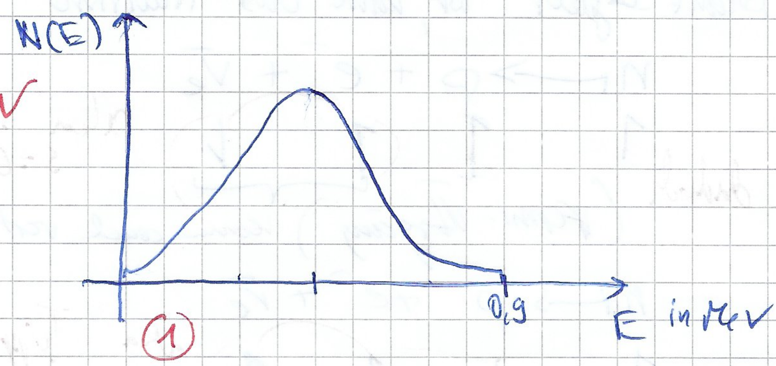


✓

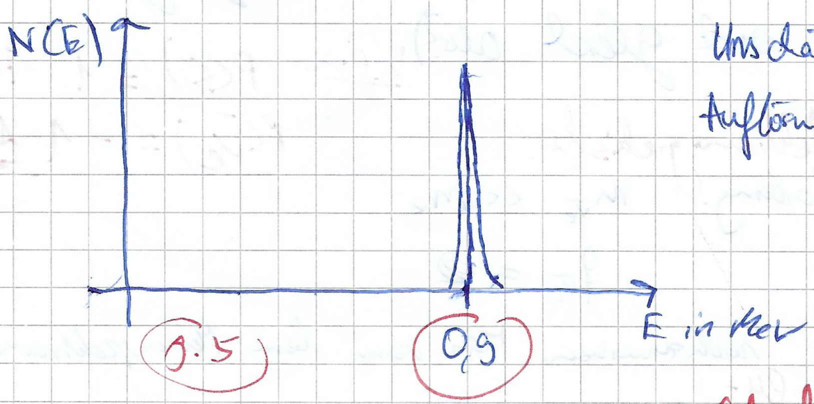
kinetische

5. Die max. Neutrinoenergie ist 0,9 MeV, d.h. alle Energie geht auf das Neutrino. ✓ (2)

6.



7.



Unschärfe durch Auflösung bedingt.

(Fehlerwert falsch vgl 3J1J, ε ist klein

0,9 + 2me

Aufgabe 5

1. $^{60}_{24}Cr(0^+) \longrightarrow ^{60}_{25}Mn(0^+)$

$\Delta J = 0$ und $J_1 = 0 \to J_2 = 0$

$\Rightarrow$ kann kein Gamov-Teller-Übergang sein.

$\Rightarrow$ Fermi-Übergang (erlaubt)

also reiner Fermi-Übergang ②

2. $^{60}_{26}Fe(0^+) \longrightarrow ^{60}_{27}Co^*(2^+)$

$\Delta J = 2 \Rightarrow$ ℓ fach verbotener Übergang, d.h. auch dass $\ell \neq 0$ gilt. ✓ ②

3. $^{60}_{27}Co(5^+) \longrightarrow ^{60}_{28}Ni(4^+)$

$\Delta J = 1 \Rightarrow$ reiner Gamov-Teller-Übergang da für Fermi-Übergang $\Delta J = 0$ gelten muss. ②

woher wissen wir, dass $\Delta \ell = 0$?

wegen $P = (-1)^\ell$ und Parität hat sich nicht geändert

~~~~

2

4. Ein übererlaubter Zerfall hat eine (noch) kleinere Halbwertszeit $T_{1/2}$ ~~~~ als ein erlaubter Zerfall. Dies hat seine Ursache in dem Überlapp der Wellenfunktionen, welche im übererlaubten Fall maximal überlappen. Isospinmultipletts

Ein Beispiel für einen übererlaubten Übergang ist der freie Neutronenzerfall.

Ein Beispiel für einen erlaubten Zerfall ist $^{35}_{16}S(3^+) \xrightarrow{\beta} ^{35}_{17}Cl(2^+$

2.5

~~33~~.5 / 40
~~~~