
Übungen zur Vorlesung Physik IV

– Kern- und Teilchenphysik –

Frank Ellinghaus

Sommersemester 2019

Universität Wuppertal

BLATT X

ABGABE BIS MONTAG, DEN 1. JULI UM 10:00
(IN DAS POSTFACH VON F. ELLINGHAUS IN GEBÄUDE D, EBENE 9)

1. Υ -Resonanz

(5 Punkte)

Am Elektron-Positron-Speicherring CESR wurde die $\Upsilon(1S)$ -Resonanz mit einer Masse von ca. $9460 \text{ MeV}/c^2$ detailliert vermessen.

- (a) Berechnen Sie die Unschärfe der Strahlenergie E und der Schwerpunktsenergie W , wenn der Speicherring einen Krümmungsradius von $R = 100 \text{ m}$ besitzt. Es gilt $\delta E = \sqrt{\frac{55}{32\sqrt{3}} \frac{\hbar c m_e c^2}{2R} \gamma^4}$

Was bedeutet diese Energieunschärfe für die experimentelle Messung der Zerfallsbreite des Υ (Verwenden Sie die Information aus Teil b)?

- (b) Integrieren Sie die Breit-Wigner Formel über den Energiebereich der $\Upsilon(1S)$ Resonanz. Der experimentell ermittelte Wert dieses Integrals für die hadronischen Endzustände beträgt $\int \sigma(e^+e^- \rightarrow \Upsilon \rightarrow \text{Hadronen}) dW \approx 300 \text{ nb MeV}$.
- (c) Die Zerfallswahrscheinlichkeit für $\Upsilon \rightarrow l^+l^-$ ($l = e, \mu, \tau$) beträgt jeweils ca. 2.5%. Wie groß ist die totale natürliche Zerfallsbreite? Welchen Wirkungsquerschnitt würde man im Resonanzmaximum erwarten, falls es keine Energieunschärfe im Strahl gäbe?

Nützliche Konstante: $\hbar c = 197.3 \text{ MeV fm}$.

2. Paarproduktion

(5 Punkte)

Wenn ein Elektron mit hoher Energie in Materie eindringt, erzeugt es durch Bremsstrahlung Photonen. Diese wiederum erzeugen e^+e^- -Paare durch Paarproduktion. Bei genügend hohen Anfangsenergien, wiederholen sich diese beiden Prozesse mehrfach und man spricht von einer elektromagnetischen Kaskade.

- (a) Berechnen Sie die maximale Wellenlänge von Gammastrahlung in Materie, bei der Paarerzeugung stattfinden kann.
- (b) Ein Positron und ein Elektron treffen mit vernachlässigbarer kinetischer Energie aufeinander und produzieren zwei Photonen. Welche Wellenlänge haben diese dann?

- (c) Zeigen Sie (mittels einer Rechnung), dass ein e^+e^- -Paar nicht durch ein isoliertes Photon erzeugt werden kann.

3. Parität

(5 Punkte)

Die Parität η beschreibt die Transformation einer (Wellen-)Funktion unter Spiegelung am Ursprung. Die Parität ist der Eigenwert des Paritätsoperators $P\Psi(\vec{r}) = \Psi(-\vec{r}) = \eta\Psi(\vec{r})$, mit $\eta = \pm 1$.

Die folgenden Funktionen seien in Kugelkoordinaten gegeben. Die Funktionen $R_n(r)$ sind unabhängig von θ und ϕ . Geben Sie deren Parität an, falls eine feste Parität existiert.

- (a) $\Psi_1 = e^{\alpha r}$
- (b) $\Psi_2 = r^2 \cos(\theta)$
- (c) $\Psi_3 = R_3(r) \sin(\theta) e^{i\phi}$
- (d) $\Psi_4 = R_4(r) e^{i\theta}$
- (e) $\Psi_5 = R_5(r) \sin(\theta) \cos(\theta) e^{-i\phi}$