

# Loesung\_DreiPhotonen

January 14, 2025

## 1 Musterlösung zum Zerfall in drei Photonen

```
[1]: import itertools
import numpy as np
from astropy import units as u

[2]: # Definition der gemessenen Impulsvektoren der 3 Photonen
p0 = np.array([-2.564, 1.077, -1.336])
p1 = np.array([-1.120, 0.982, -0.520])
p2 = np.array([-0.087, 0.082, -0.003])
p = [p0, p1, p2]

[3]: # Funktion zur Berechnung der invarianten Masse einer Liste von Photonimpulsen.
def m_inv(*vektoren):
    Eges = 0. # Gesamtenergie
    pges = np.zeros(3) # Gesamtimpuls
    for v in vektoren:
        E = np.linalg.norm(v) # wegen  $m(\text{Photon}) = 0$ 
        Eges += E
        pges += v
    return np.sqrt(Eges**2 - np.linalg.norm(pges)**2)
```

### 1.1 a)

Zunächst berechnen wir die invariante Masse der drei Photonen (alle Angaben in GeV):

```
[4]: m = m_inv(*p)
m.round(4)
```

[4]: 0.7827

Es handelt sich also um ein  $\omega$ -Meson.

### 1.2 b)

Um den genauen Zerfallsmodus herauszufinden, berechnen wir paarweise die invarianten Massen:

```
[5]: for x in itertools.combinations(range(len(p)), 2):
      print(x, m_inv(p[x[0]], p[x[1]]).round(4))
```

```
(0, 1) 0.698
(0, 2) 0.3274
(1, 2) 0.1353
```

Das Paar (1, 2) liefert die Masse eines  $\pi^0$ . Damit handelt es sich um ein  $\omega$ , das wie folgt zerfallen ist:

$$\omega \rightarrow \pi^0 \gamma.$$

Das erste neutrale Pion ist gemäß  $\pi^0 \rightarrow \gamma_0 \gamma_2$  zerfallen.

Das zweite neutrale Pion ist gemäß  $\pi^0 \rightarrow \gamma_1 \gamma_3$  zerfallen.

### 1.3 c)

Die kinetische Energie des Teilchens vor dem Zerfall ergibt sich durch

$$E_{\text{kin}} = \sum_i E_i - m_\omega =$$

```
[6]: Ekin = np.sum([np.linalg.norm(v) for v in p]) - m
      Ekin.round(3)
```

```
[6]: 4.0
```