

Müon - spin - rotáció (μ SR)

Müonok: leptonok

$$\mu^+ \longleftrightarrow \mu^-$$

egymás antireszecskei

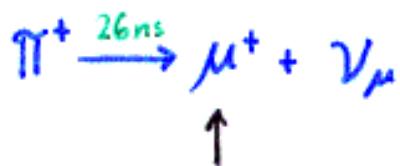
Viselkedésük kondenzált rendszerekben nagyon különböző.

μ^+ : a protonhoz hasonlóan viselkedik
(főleg rácsközi helyen található)

μ^- : az elektronhoz hasonlóan viselkedik
(exotikus atomokat képez)

Médszer

Előállítás: pionbomlással



Az így keltett müonok a pionok tömegközépponti rendszerében 100%-osan polarizáltak.



Spin	0	$1/2$	$1/2$
------	---	-------	-------

Helicitás	$-1 \leftarrow -1$
-----------	--------------------

A π^+ -bomlás

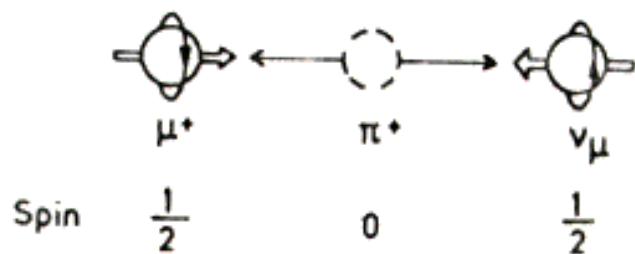


Abb. 8.1:

π^+ -Zerfall. Der Spin des Myons steht antiparallel zur Emissionsrichtung. Im Ruhesystem des Pions beträgt die Energie des emittierten Myons 4,12 MeV

A müon spinje a kibocsátás irányával antiparalell. A pion tömegközépponti rendszerében a kibocsátott müon energiája 4,12 MeV.

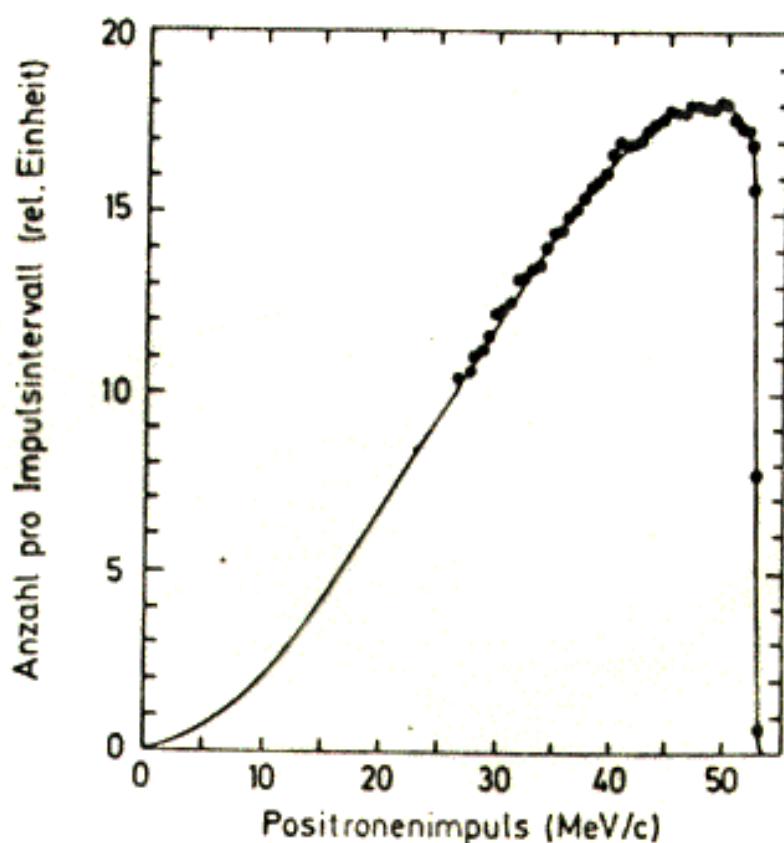


Abb. 8.2:
Impulsspektrum der Positronen beim Zerfall des positiven Myons. Nach (BAR 65)

A pozitív müön bomlása során keletkező pozitronok impulsetoszlása

Mittlere Reichweite in Al: $\sim 5\text{cm}$

Atlagos behatolási mélység Al-ban: $\sim 5\text{cm}$

Müon-bomlás:



A pozitronok nagy valószínűséggel bocsátják ki a müon-spin irányában.

A μ^+ szilárdtest fizika szempontjából fontos tulajdonságai:

spin	1/2
tömeg	$105.659 \text{ MeV}/c^2 = 206.769 m_e$
giromágneses arány	$8.5161 \cdot 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s T}}$
bomlás	$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$
átlagos élettartam ($\gamma = T_{1/2} \ln 2$)	$2.197 \cdot 10^{-6} \text{ s}$
polarizáció	100 %
a pozitron-energiára átlagolt szögeloszlás	$1 + 0.33 \cos \theta$
jelleg	könnyű proton

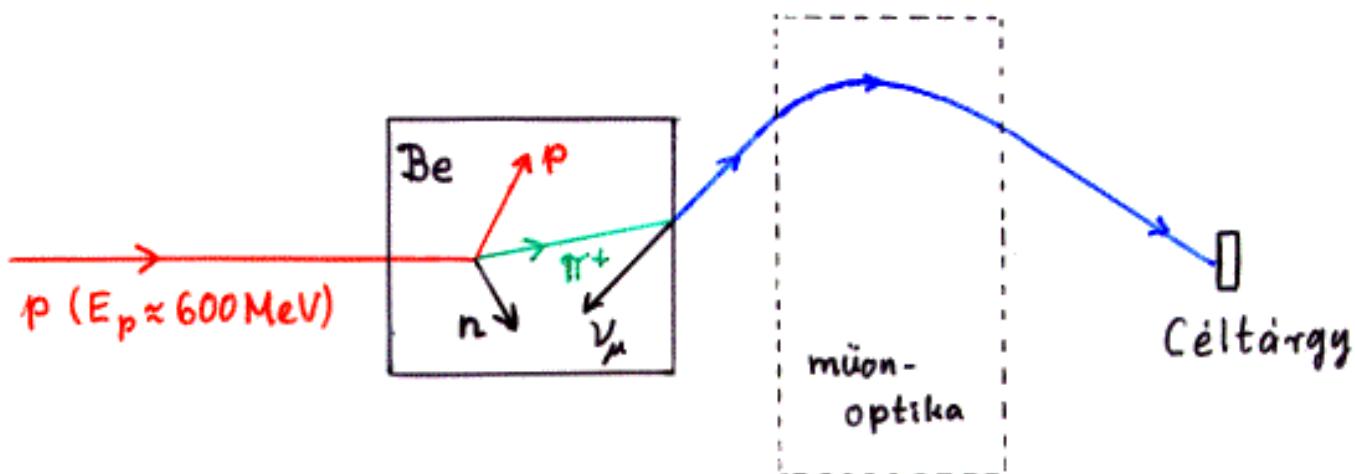
Müon-nyalábok

"Arizona - müonok"

Megállított pionok bomlásából származnak.



100%-osan polarizáltak.



$$E_\mu = 4.1 \text{ MeV}$$

(felületi müonok)

Intenzitás: $10^6 \dots 10^7 \mu^+/\text{s}$

- Elönyök:
- nagyfokú polarizáltság
 - erős fékezés → vékony minták vizsgálatára is alkalmas

- Hátrányok:
- erős fékezés ⇒ nehéz megfelelő ablakot készíteni
 - csak μ^+ állítható elő ilyen módon.

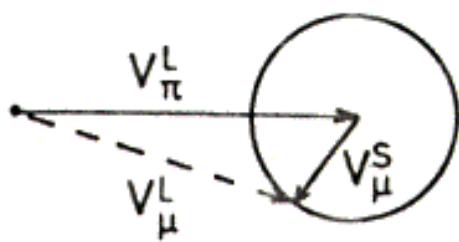


Abb. 8.3:

Kinematik beim Pionenzerfall im Flug. Dargestellt sind die Geschwindigkeitsvektoren für das Pion bzw. Myon im Schwerpunkt (S)- bzw. Laborsystem (L)

Repülés közben történő pion bomlás kinematikája.

V_π^L a pion sebessége a laborsrendszerben

V_μ^L a müon - - - a - - -

V_μ^S a - - - - a pion tömegközépponti
rendszerében.

A laborsrendszerben a müon sebessége irányával kis megváltozásra hozzá a müon spin-irányával nagy megváltozásra tartozhat.

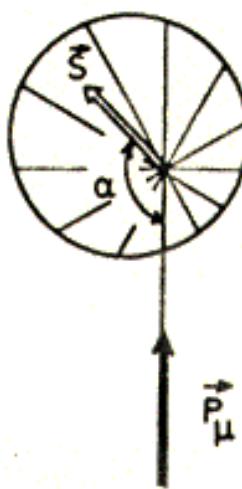
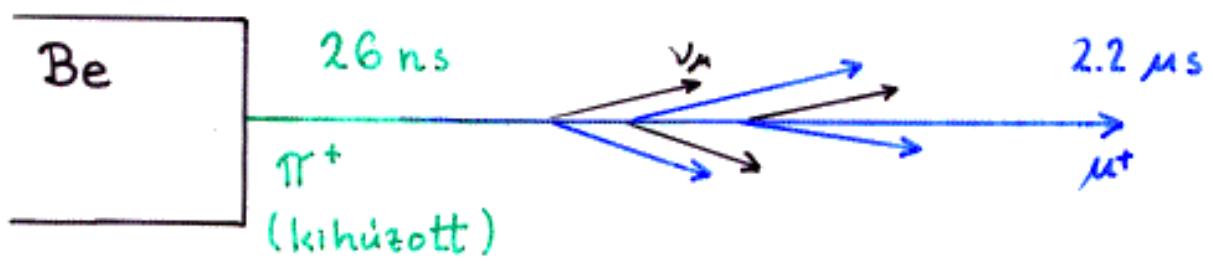


Abb. 8.4:

Winkelverteilung der emittierten Positronen beim Myonzerfall im Polardiaagramm. Die gezeichnete Situation entspricht dem Fall, daß sich der Spin um den Winkel $\alpha = \omega_L t$ gegenüber der ursprünglichen Richtung (antiparallel zum Myonenimpuls) gedreht hat

A müonbomlás során kibocsátott pozitronok mögöloszlásának polárdiagrammja. Az ábrázolt helyzet annak az esetnek felel meg, hogy a spin az eredeti (a müon impulzusával ellentétes) irányhoz képest $\alpha = \omega_L t$ mögöt fordult el.

Gyors müonok



A berillium-targetból külső feszültséggel „kihúzott” pionok röptükben bomlanak.

Elöny: • nagyobb impultus ($\sim 100 \text{ MeV}/c$)

Hátrányok: • gyenge feketeodés \Rightarrow csak vastag minták vizsgálhatók
• a polarizáltság nem teljes

Mérőberendezés

Elv: a müon-impultussal eredetileg ellentett irányú spin a hiperfinom térben precesszál. A pozitron emissziójának valószínűsége ezzel együtt forog. A pozitron-beültesszámot detektáljuk egy rögzített irányban a müon-implantáció óta eltelt idő függvényében.

$$W(\phi, t) = 1 + A \cos(\phi - \omega_L t)$$

\uparrow Larmor-frekvencia

A pozitron-energiára átlagolva: $A = \frac{1}{3}$