パリティ対称性とその破れ

鏡の中の物理法則は、我々の物理法則と同じか？

空間反転対称性

ヘリシティを変える

ニュートリノは左巻きしか見つかっていない

パリティを破る

$\vec{x} \to -\vec{x}$

$\vec{p} \to -\vec{p}$

$\vec{s} \to \vec{s}$

$h = \frac{\vec{s}\cdot\vec{p}}{\vec{s}|\vec{p}|}$

$h \to -h$

時間反転対称性T

映画を逆回ししても物理法則は変わらないか？

時間を戻して実験することは不可能

初期状態、終状態相互作用の擾乱でリミット

T変換に対して符号を変える物理量を測定する

例：電気双極子モーメント

$\vec{d} = \eta\left(\frac{e}{2mc}\right)\vec{s}$

ミュオンの双極子モーメント

■素粒子の基本的性質：電磁場（など）と相互作用する

$$\mathcal{H} = -\vec{\mu}\cdot\vec{B} - \vec{d}\cdot\vec{E}$$

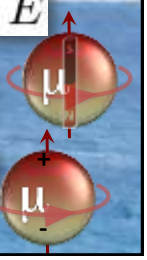
磁気（双極子）モーメント $\vec{\mu} = g\left(\frac{q}{2m}\right)\vec{s}$

g-2

電気（双極子）モーメント $\vec{d} = \eta\left(\frac{q}{2mc}\right)\vec{s}$

EDM

CPを破る効果

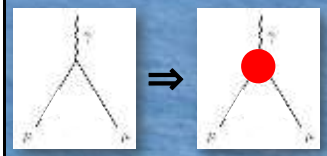


異常磁気モーメント aka “g-2”

■g因子は、第一近似で２である

（ディラック方程式）

■量子効果により、２からずれる。そこに「宇宙の歴史」が刻まれている

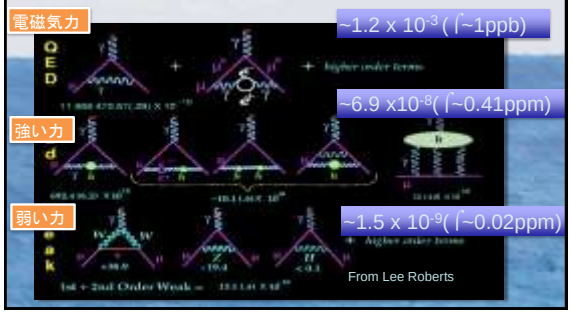


$g = 2\,(1 + a_\mu)$

g-2

ミュオンに刻まれた痕 a≠0

■ 電磁相互作用、強い相互作用、弱い相互作用全てが刻まれている。電磁 >> 強い > 弱い



g-2の “Final Report”

BNL- E821 Experiment : Phys.Rev.D73:072003,2006.

$$\Delta a_\mu^{(\text{today})} = a_\mu^{(\text{Exp})} - a_\mu^{(\text{SM})} = (295 \pm 88)\times 10^{-11}$$

$$a = \frac{g-2}{2} \quad \vec{m} = g\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{s}$$

■E821 at BNL-AGS

μ+ と μ−について、

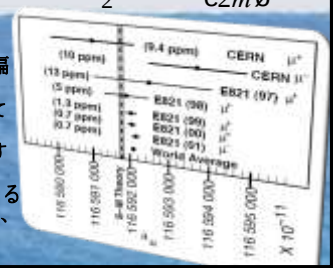
0.7 ppm でg-2を測定！

■標準模型より3.4標準偏差、高い値になった。

■標準模型の計算はあっているのか？

■新しい物理法則が存在するのか？

■さらなる測定で検証する必要がある。出来れば、べつの方法で。



ミュオンスピン歳差運動

$$\dot{w} = -\frac{e}{m}\left[a_m \dot{B} - \left(\frac{\eta}{2c}\right)\beta \times \dot{B}\right]$$

$$a_m - \frac{1}{g^2 - 1} = 0$$

$g_{\mathrm{magic}} = 29.3$

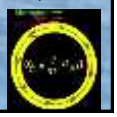
$p_{\mathrm{magic}} = 3.09\ \mathrm{GeV}/c$

η: $d_m = \frac{\eta}{2}\left(\frac{e}{2m}\right)$ Electric Dipole Moment

Expected to be $d_m = (6.9 \pm 7.4) \times 10^{-28}\, e \times \mathrm{cm}$

Measured to be $d_m < (1.5 \pm 1.4) \times 10^{-25}\, e \times \mathrm{cm}$

$d_m = (0.0 \pm 0.9) \times 10^{-19}\, e \times \mathrm{cm}$

G.W.Benett et al. Phys.Rev.D80:052008,2009

$$\dot{w}_a = -\frac{e}{m} a_m \dot{B}$$