

## 物理セミナー演習問題 [第2回] (2023.10.11 出題)

学修番号・名前

---

結果だけでなく途中の式と説明も書くこと。

---

1. アップクォーク  $u$ 、ダウクォーク  $d$ 、電子  $e^-$  は全てスピン  $1/2$  のフェルミオンである。これらの組み合わせでできる以下の状態をボソンとフェルミオンに分類せよ。

- 陽子： $p = u + u + d$
- 中性子： $n = u + d + d$
- $^4\text{He}$  原子核 ( $\alpha$  粒子)： $\alpha = p + p + n + n$
- ニホニウム原子核： $\text{Nh} = 113p + 165n$
- 水素原子  $\text{H} = p + e^-$
- $^3\text{He}$  原子： $^3\text{He} = p + p + n + e^- + e^-$
- $^4\text{He}$  原子： $^4\text{He} = \alpha + e^- + e^-$

2. フェルミオンの複合系でボソンが作られることはわかったが、ボソンのみしかない世界でフェルミオンを作ることは可能だろうか (可能と思うか、不可能と思うか、できれば理由も)?

3. ボソン波動関数  $\psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) = \psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$  とフェルミオン波動関数  $\psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) = -\psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$  が量子力学的な同種粒子が区別できないという条件

$$|\psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1)|^2 = |\psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)|^2 \quad (1)$$

を満たすことはわかったが、条件 (1) を満たす波動関数として  $\psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) = C\psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$  の係数  $C$  は  $C = +1$  (ボソン) と  $C = -1$  (フェルミオン) 以外にないだろうか?

---

講義についての質問や、ご意見ご要望があれば末尾に書いてください。