

INTISARI

PERUMUSAN PROBABILITAS OSILASI NEUTRINO DALAM MATERI MENGGUNAKAN TEOREMA CAYLEY-HAMILTON

Oleh

NAUVAL SAFA ARDHANY

20/459209/PA/19870

Akan dirumuskan probabilitas osilasi neutrino tiga-*flavor* dalam materi berkerapatan konstan. Rumus probabilitas diperoleh dari komponen matriks operator evolusi waktu keadaan neutrino dalam basis *flavor* yang ditentukan dengan teorema Cayley-Hamilton sehingga diperoleh matriks evolusi waktu berupa deret polinomial dari matriks Hamiltonan dalam basis *flavor*. Akan dirumuskan pula swanilai dari matriks Hamiltonan basis *flavor* dengan metode diagonalisasi perturbatif. Dalam penelitian ini, digunakan ekspansi perturbasi hingga orde kedua dalam perumusan swanilai Hamiltonan serta probabilitas osilasi neutrino terhadap dua parameter ekspansi, yaitu $s_{13} = \sin \theta_{13} \sim \mathcal{O}(\zeta)$ dan rasio selisih kuadrat massa $\alpha \equiv \Delta m_{21}^2 / \Delta m_{31}^2 \sim \mathcal{O}(\zeta^2)$, dengan ζ sebagai orde dari parameter ekspansi. Pendekatan-pendekatan tersebut digunakan karena bentuk analitik dari matriks evolusi waktu sangat panjang dan rumit, sehingga harus diekspansikan terhadap parameter yang kecil agar diperoleh bentuk yang lebih sederhana. Perumusan swanilai Hamiltonan dan probabilitas osilasi neutrino dilakukan dengan perangkat lunak Mathematica. Dari perumusan yang ada, dirumuskan pula persamaan swanilai Hamiltonan dan probabilitas osilasi neutrino dalam batas vakum. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan hasil perumusan numerik dari Mathematica untuk dicek apakah keadaan batasan-batasan yang ditentukan dipenuhi.

Kata Kunci: Osilasi Neutrino, Teorema Cayley-Hamilton, Efek Materi, Diagonalisasi Perturbatif, Di Luar Model Standar.

ABSTRACT

FORMULATION OF 3-FLAVOR NEUTRINO OSCILLATION PROBABILITIES IN MATTER WITH CAYLEY-HAMILTON THEOREM

By

NAUVAL SAFA ARDHANY

20/459209/PA/19870

The formulae of three-flavor neutrino oscillation in constant density matter will be derived. The probability formulae themselves are obtained from the components of the time evolution matrix of the neutrino state in flavor basis, which is calculated by the Cayley-Hamilton theorem such that the time evolution matrix is a polynomial series of the Hamiltonian matrix in the flavor basis. The eigenvalues of the Hamiltonian matrix will also be derived by perturbative diagonalization method. In this research, perturbative expansion up to the second order will be employed in the formulation of the Hamiltonian eigenvalues and the probabilities of neutrino oscillation with respect to two expansion parameter, which are $s_{13} = \sin \theta_{13} \sim \mathcal{O}(\zeta)$ and the squared mass difference ratio $\alpha \equiv \Delta m_{21}^2 / \Delta m_{31}^2 \sim \mathcal{O}(\zeta^2)$, where the order of the expansion is denoted by ζ . The Hamiltonian eigenvalues and neutrino oscillation probabilities formulation is calculated with the software Mathematica. From the available formulation, both the Hamiltonian eigenvalues and the neutrino oscillation probability formulae in the vacuum limit will also be derived. The results will then be compared with numerical formulation from Mathematica to be checked whether the applied boundaries condition are satisfied.

Keywords : Neutrino Oscillation, Cayley-Hamilton Theorem, Matter Effect, Perturbative Diagonalization, Beyond the Standard Model