Dirac denklemi

Vikipedi, özgür ansiklopedi

Adını [İngiliz](http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0ngiliz) fizikçi [Paul Dirac](http://tr.wikipedia.org/wiki/Paul_Dirac)'tan alan [dönülü](http://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%B6n%C3%BC) ve [göreli](http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%96zel_g%C3%B6relilik_kuram%C4%B1) [kuantum mekaniği](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kuantum_mekani%C4%9Fi) denklemi,

\gamma^\mu p_\mu c \mathbf{\Psi} = m_0 c^2 \mathbf{\Psi} 

şeklinde ifade edilebilir. Burada;

*m\_0* : parçacığın [durağan kütlesini](http://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtle),

*c* : [ışık hızını](http://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k_h%C4%B1z%C4%B1),

p_\mu : [dörtmomentumu](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=D%C3%B6rtmomentum&action=edit&redlink=1),

\gamma^\mu : [Dirac matrislerini](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dirac_matrisleri&action=edit&redlink=1)

göstermektedir. Ayrıca \Psi, dört tane [karmaşık sayıdan](http://tr.wikipedia.org/wiki/Karma%C5%9F%C4%B1k_say%C4%B1lar) oluşan bir kolon [matristir](http://tr.wikipedia.org/wiki/Matris) ve olasılığın [dalga fonksiyonudur](http://tr.wikipedia.org/wiki/Dalga_fonksiyonu). Bu dört sayı da iki gruba ayrılır:

\Psi = \begin{bmatrix} \Psi^+ \\ \Psi^- \end{bmatrix}

Buradaki \Psi^+ ve \Psi^-, [Dirac dönücüleri](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dirac_d%C3%B6n%C3%BCc%C3%BCs%C3%BC&action=edit&redlink=1) olarak adlandırılır ve her birinin farklı bir fiziksel anlamı vardır. \Psi^+ [dönücüsü](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=D%C3%B6n%C3%BCc%C3%BC&action=edit&redlink=1), pozitif enerjileri, \Psi^- negatif enerjileri ifāde eder. Bunlar da

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| \Psi^+ = \begin{bmatrix} \psi^+ \\ \phi^+ \end{bmatrix} | ve | \Psi^- = \begin{bmatrix} \psi^- \\ \phi^- \end{bmatrix} |

olarak tanımlanır. \psi [yukarı dönü](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Yukar%C4%B1_d%C3%B6n%C3%BC&action=edit&redlink=1) ve \phi [aşağı dönü](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=A%C5%9Fa%C4%9F%C4%B1_d%C3%B6n%C3%BC&action=edit&redlink=1) olarak anlam kazanır. Yani, dalga fonksiyonu;



şeklindedir.

Serbest parçacık için Dirac denklemi[[değiştir](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dirac_denklemi&veaction=edit&vesection=1) | [kaynağı değiştir](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dirac_denklemi&action=edit&section=1)]

Dırac denklemlerinde \mu = 0 bileşenini ayırıp gerisi için *i=1,2,3* indisini bırakırsak (bknz. [Minkowski uzayzamanı](http://tr.wikipedia.org/wiki/Minkowski_uzayzaman%C4%B1)), Dirac denklemi;

\gamma^0 p_0 c \mathbf{\Psi} + \gamma^i p_i c \mathbf{\Psi} = m_0 c^2 \mathbf{\Psi}

biçiminde yazılabilir. [Dirac matrisleri](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dirac_matrisleri&action=edit&redlink=1); I, [birim matris](http://tr.wikipedia.org/wiki/Birim_matris) olmak üzere

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| \gamma^0 = \begin{bmatrix} 0 && I \\ I && 0 \end{bmatrix} | ve | \gamma^i = \begin{bmatrix} 0 && \sigma^i \\ -\sigma^i && 0 \end{bmatrix} |

olarak [Pauli matrisleri](http://tr.wikipedia.org/wiki/Pauli_matrisleri) cinsinden yazılabilir. Bunlar yerine konunca Dirac denklemi,

\begin{bmatrix} 0 && p_0 c + \sigma^i p_i c \\ p_0 c - \sigma^i p_i c && 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Psi^+ \\ \Psi^-\end{bmatrix} =  m_0 c^2 \begin{bmatrix} \Psi^+ \\ \Psi^-\end{bmatrix}

biçimini alır. Matris çarpımı yapılırsa, [çiftlenimli](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%87iftlenim&action=edit&redlink=1) denklemler elde edilir:

\left( p_0 c - \sigma^i p_i c \right) \Psi^- = m_0 c^2 \Psi^+

\left( p_0 c + \sigma^i p_i c \right) \Psi^+ = m_0 c^2 \Psi^-

Bu özdeğer denklemlerini çözmek için, dönücülerden biri çekilip diğer denklemde yerine yazılabilir. Buradan, [göreliliğin](http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6relilik_kuram%C4%B1) en önemli denklemlerinden biri elde edilir:

p_0^2 c^2 - p_i^2 c^2 = m_0^2 c^4

Burada p_0 c = E = m c^2 ve p_i^2 = p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 = |\mathbf{p}|^2 olduğundan ifade,

E^2 - |\mathbf{p}|^2 c^2 = m_0^2 c^4

şeklindedir. Buradan E için pozitif ve negatif değerler gelir.

Elektromanyetik alanda Dirac denklemi[[değiştir](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dirac_denklemi&veaction=edit&vesection=2) | [kaynağı değiştir](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dirac_denklemi&action=edit&section=2)]

Denklemdeki dörtmomentum işlemcisine elektromanyetik potansiyeli dahil edersek:

p_\mu \rightarrow p_\mu - \frac{e}{c} A_\mu

denklem,

\gamma^\mu \left( p_\mu c - e A_\mu \right)\mathbf{\Psi} = m_0 c^2 \mathbf{\Psi}

biçimine gelir. Buradaki A_\mu, [elektromanyetik dörtpotansiyeldir](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektromanyetik_d%C3%B6rtpotansiyel&action=edit&redlink=1) ve *e* [elektriksel yüktür](http://tr.wikipedia.org/wiki/Elektriksel_y%C3%BCk).