A partícula que ninguém solicitou...

- Ninguém previu o múon...
- Veremos que há no modelo padrão de partículas casos em que as partículas têm de existir para a coerência da teoria e há casos em que as partículas simplesmente existem, não havendo em princípio uma necessidade prévia para sua existência.
- Há também "previsões aproximadas". Esse por sinal é o caso do píon, que na verdade são 3 (π^+, π^-, π^0). O méson de Yukawa era uma partícula introduzida para explicar a interação forte entre prótons e nêutrons, mas as interações fortes como hoje entendemos são na verdade mais complexas... Os píons são relevantes para a força nuclear, ou força forte residual. Os principais agentes da força forte (como hoje entendemos) são os glúons.
- Curiosamente, há aplicações tecnológicas atuais que usam diretamente os múons, ver por exemplo https://www.nature.com/articles/d41586-018-05254-2
- Os experimentais natos aqui podem tentar fazer seus próprios detectores de múons: https://physicstoday.scitation.org/do/10.1063/PT.6.1.20170614a/full/

Klein-Gordon, a eq. de Dirac e antipartículas

- Para uma partícula livre de massa m, a eq. de Schroedinger nos diz que

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi + \frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi = 0\,.$$

- Nota-se que a equação acima equivale a $E = p^2/(2m)$, com

$$\mathbf{p} \to -i\hbar\nabla \;\text{ e }\; E \to i\hbar\partial_t\,.$$

- A relação relativística entre E e $\mathbf{p}$, usando a assinatura $(+\quad-\quad-\quad-)$ é dada por

$$p^\mu p_\mu = m^2c^2\,,\text{em que}\;\; (p^\mu) = \begin{pmatrix} E/c & p^1 & p^2 & p^3 \end{pmatrix}.$$

$$\frac{E^2}{c^2} - \sum_i p^i p^i = m^2c^2 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \nabla^2 - \frac{m^2c^2}{\hbar}\right)\Phi = 0.$$