

Resum tesi doctoral

Sergi González-Solís

June 23, 2016

La present tesi doctoral titulada "Aplicacions fenomenològiques dels mesons η i η' ", està focalitzada a estudiar diferents processos físics que involucrin aquests mesons. Els mesons físics η i η' són el resultat de rotar els estats matemàtics η_8 i η_0 que apareixen al Lagrangiana de la teoria de perturbacions quirals, la teoria de les interaccions fortes a baixes energies, un cop es té en compte el nombre de colors com a paràmetre d'expansió juntament amb el moment i la massa dels quarks. Això fa que treballar amb aquests mesons sigui un xic més complicat que fer-ho amb els altres mesons pseudoescalars de la teoria i.e. els pions i els kaons. Actualment existeixen diversos experiments, com ara Belle-II o BESIII entre d'altres, que tenen la fenomenologia dels mesons η i η' entre un dels seus principals objectius, l'entesa de la qual requereix de models teòrics sòlids. Aquesta tesi ha estat bàsicament dedicada a emprar models per descriure i entendre els processos que detallo a continuació.

- La primera part de la tesi està dedicada a estudiar desintegracions hadròniques del leptó tau. En particular els processos $\tau^- \rightarrow K^- \eta \nu_\tau$, $\tau^- \rightarrow K^- \eta' \nu_\tau$, $\tau^- \rightarrow K_S \pi^- \nu_\tau$, $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta \nu_\tau$ i $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta' \nu_\tau$ s'han analitzat i/o predit en el marc de la teoria de perturbacions quirals incloent resonàncies com a graus de llibertat explícits, fent ús de relacions de dispersió per a la parametrització dels corresponents factors de forma, assegurant-ne per tant la analiticitat i unitarietat. Com a resultat destacable, de l'anàlisi conjunt de les dades experimentals de la col·laboració Belle de l'espectre de desintegració de $\tau^- \rightarrow K^- \eta \nu_\tau$ i $\tau^- \rightarrow K_S \pi^- \nu_\tau$ hem extret uns valors per la massa i l'amplada de la resonància vectorial $K^*(1410)$ amb una precisió substancialment millorada respecte d'anteriors anàlisis. Respecte $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta \nu_\tau$ i $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta' \nu_\tau$, aquests canals de desintegració no s'han vist mai encara a la Natura i el nostre principal objectiu ha estat estudiar de manera exhaustiva els corresponents factors de forma per tal de donar unes prediccions que puguin servir com a guia per a les col·laboracions experimentals per tal d'efectuar la seva detecció.
- La segona part de la tesi ha estat basada en l'estudi de factors de forma de transició mitjançant aproximants de Padé. Concretament, hem analitzat les dades dels factors de forma de transició dels mesons π^0 , η i η' extrems de la reacció $e^+e^- \rightarrow e^+e^-P$, on $P = \pi^0, \eta, \eta'$, per tal de predir les desintegracions del tipus Dalitz, $P \rightarrow \ell^+\ell^-\gamma$ i $P \rightarrow \ell^+\ell^-\ell^+\ell^-$ ($\ell = e, \mu$). Aquest estudi ens ha permès testejar aquests factor de forma en la regió temps. Les nostres prediccions estan en acord amb aquells processos per als quals existeixen mesures experimentals i tantmateix poden servir, novament, de guia per a les respectives col·laboracions experimentals per tal de mesurar ambdós els factors de forma de transició i els respectius processos. Finalment, hem realitzat un anàlisi conjunt del factor de forma de transició del mesó η' , en ambdues regions d'energia l'espacial i temporal, on hem il·lustrat el perquè del bon funcionament dels aproximants de Padé per descriure aquests processos. Aquest darrer anàlisi ens ha permès, també, determinar l'angle de barrejar del sistema $\eta - \eta'$ amb una precisió millorada.

Resumint, la física relacionada amb els mesons η i η' està a l'ordre del dia en els actuals col·lisionadors hadrònics. És per això que estudis com els duts a terme en aquesta tesi poden contribuir a completar, entendre i tenir una millor descripció de la teoria d'interaccions fortes a baixes energies.

Resum tesi doctoral

Sergi González-Solís

June 23, 2016

The present PhD thesis entitled "Phenomenological applications of the η and η' mesons" focuses on studying various physical processes involving these mesons. The physical η and η' mesons are the result of rotating the mathematical states η_8 and η_0 that appear in the Lagrangian of Chiral Perturbation Theory, the theory of strong interactions at low-energies, once the number of colors is considered as an expansion parameter together with the momenta and quark masses. Therefore, to deal with these mesons is more involved than working with the other pseudoscalar mesons of the theory i.e. the pions and kaons. Currently, there are several experiments, such as Belle-II or BESIII among others, which have the phenomenology involving η and η' mesons among one of their main objectives, whose understanding requires solid theoretical descriptions. This thesis has been mainly devoted to employ different models to describe and to understand the processes I detail in the following.

- The first part of the thesis, is dedicated to study different hadronic decays of the tau lepton. In particular the processes $\tau^- \rightarrow K^- \eta \nu_\tau$, $\tau^- \rightarrow K^- \eta' \nu_\tau$, $\tau^- \rightarrow K_S \pi^- \nu_\tau$, $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta \nu_\tau$ and $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta' \nu_\tau$ have been analysed or predicted in the framework of Chiral Perturbation Theory including resonances as explicit degrees of freedom, making use of dispersion relations for parameterizing the participant form factors and hence ensuring analyticity and unitarity. As a remarkable result, from the combined analysis of the experimental data on the decay spectra of the $\tau^- \rightarrow K^- \eta \nu_\tau$ and $\tau^- \rightarrow K_S \pi^- \nu_\tau$ decays released by the Belle collaboration, we have obtained the resonance parameters, mass and width, of the vector $K^*(1410)$ resonance with a substantial improved precision respect previous analyses. Regarding the $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta \nu_\tau$ and $\tau^- \rightarrow \pi^- \eta' \nu_\tau$ decays, which have not been seen in Nature so far, our main purpose has been to study in detail the corresponding form factors in order to provide predictions on the branching ratios which may guide the experimental collaborations to measure them.
- The second part of the thesis has been devoted to the study of transition form factors through Padé approximants. Concretely, we have analysed the existent data on the π^0 , η and η' transition form factors extracted from the reaction $e^+e^- \rightarrow e^+e^-P$, where $P = \pi^0, \eta, \eta'$, in order to predict the Dalitz decays $P \rightarrow \ell^+\ell^-\gamma$ and $P \rightarrow \ell^+\ell^-\ell^+\ell^-$ ($\ell = e, \mu$). This has allowed us to test these form factors in the time-like region. Our predictions are found to be in accordance with those processes that have already been measured while, again, we hope them to serve as a guide to the respective experimental collaborations to measure both the transition form factors and the corresponding decays. Finally, we have performed a combined analysis of the η' transition form factor from both the space- and time-like energy regions, where we have addressed the reason why Padé approximants work so well in describing these processes. From this last analysis we have also managed to extract the $\eta - \eta'$ mixing angle with improved precision.

In summary, the physics related with the η and η' mesons is of great interest at current hadron facilities. Because of that, studies like pursued in this thesis might contribute to complete, to understand and to have a better description of the theory of strong interactions at low-energies.