



پیشهاد (پروپوزال) انجام طرح پژوهشی

الف) کلیات طرح

۱- عنوان طرح:

به فارسی :

محاسبه انرژی بستگی و پهنای سیستم‌های هسته‌ای کائونی چهار ذره‌ای با استفاده از روش فدیف AGS

به انگلیسی :

The binding energy and width calculation of four-body kaonic nuclear systems by using Faddeev AGS method

۲- مجری مسئول طرح:

دانشکده مستقر: دانشکده علوم پایه

نام و نام خانوادگی : دکتر جعفر اسماعیلی

مرتبه علمی و سمت : استادیار - مدیر گروه فیزیک

ریال ۱۵/۰۰۰/۰۰۰

اعتبار کل طرح: ۱۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال اعتبار معادل طرح (حق تحقیق، هزینه پرسنلی و مسافرت):

خاتمه: ۹۸/۴/۱

شروع: ۹۷/۴/۱

۴- زمان اجرای طرح به ماه: ۱۲ ماه

۵- محل اجرای طرح : دانشگاه شهرکرد - گروه فیزیک

۶- منابع تأمین کننده بودجه: اعتبار پژوهشی (گرنه) دکتر جعفر اسماعیلی

۷- مؤسساتی که با طرح همکاری خواهند داشت (نحوه همکاری) : -

۸- خلاصه طرح (حداکثر ۵ سطر) :

مطالعات انجام شده بر روی پتانسیل مؤثر $\bar{K}N$ حاکی از این است که برهم‌کنش قوی و جاذبه $\bar{K}N$ با ایزواسپین $I=0$ قادر به توضیح تشدید $\Lambda(1405)$ به عنوان حالت شبه مقید $\bar{K}N$ است. بر این اساس، در طرح حاضر امکان وجود حالت شبه مقید در سیستم‌های تک کائونی K^-ppn ، و دو کائونی K^-K^-pp را با استفاده از روش فدیف AGS مورد بررسی قرار می‌دهیم. به همین منظور در طرح حاضر قصد داریم که با استفاده از مدل‌های پدیده‌شناختی و کایرال مختلف، وابستگی انرژی و پهنای سیستم‌های چهار ذره‌ای مذکور را با مدل برهم‌کنش $\bar{K}N - \pi\Sigma$ مورد بررسی قرار دهیم.

(ب) مشخصات مجری و همکاران طرح:

۱- مجری مسئول طرح:

الف) نام و نام خانوادگی : دکتر جعفر اسماعیلی مرتبه علمی : استادیار نوع استخدام : پیمانی تاریخ استخدام : ۱۳۹۰/۱۲/۲۲
محل خدمت : دانشگاه شهرکرد - گروه فیزیک تلفن محل کار : ۰۳۸-۳۲۳۲۴۴۰۱ داخلی ۲۱۹۸
ب) نشانی منزل: شهرکرد - دانشگاه شهرکرد- کوی شقایق ۲ واحد ۶

ج) به طور متوسط، چند ساعت در هفته به این پروژه اختصاص می دهید؟ چهار ساعت

د) سایر طرح های در دست اجرا: مجری طرحی در دست اجرا ندارد.

ه) مدارج تحصیلی و تخصصی (در حد کارشناسی و بالاتر):

	درجه تحصیلی/ تخصصی	رشته تحصیلی / تخصصی	مؤسسه - کشور	سال دریافت
۱	کارشناسی	فیزیک	دانشگاه اصفهان - ایران	۱۳۸۰
۲	کارشناسی ارشد	فیزیک- هسته‌ای	دانشگاه صنعتی اصفهان - ایران	۱۳۸۳
۳	دکترا	فیزیک- هسته‌ای	دانشگاه صنعتی اصفهان - ایران	۱۳۹۰

و - فعالیت‌های تحقیقاتی، پایان یافته، در حال اجرا و تألیفات در ارتباط با موضوع طرح:

۲- سایر مجریان طرح:

نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	میزان مشارکت مالی
اول					

۲- همکاران:

نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	نوع همکاری	میزان همکاری (ساعت)
اول	دکترا	فیزیک	دانش آموخته دکترا	دانشگاه صنعتی اصفهان	اصلی	

۱- عنوان و نوع طرح پژوهشی

عنوان به فارسی: محاسبه انرژی بستگی و پهنای سیستم‌های هسته‌ای کائونی چهار ذره‌ای با استفاده از روش فدیف AGS
به انگلیسی:

The binding energy and width calculation of four-body kaonic nuclear systems by using Faddeev AGS method

نوع طرح: ☒ بنیادی (گسترش مرزهای دانش) ☐ کاربردی (در چارچوب اولویت‌های پژوهشی/حل مسئله)

۲- تشریح جزئیات طرح:

تعریف مسئله:

در دهه اخیر مطالعه‌ی سیستم‌های هسته‌ای حاوی هادرون‌های شگفت ($\Sigma, \Xi, K, \dots$) بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این بین هسته‌های کائونی که از حضور پادکائون در کنار دیگر نوکلئون‌ها شکل می‌گیرند، به طور گسترده‌ای از جنبه‌های نظری و تجربی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۱]. یکی از ساده‌ترین سیستم‌های شبه‌مقید مزون-باریون، حالت تشدید $\Lambda(1405)$ است که به صورت یک حالت شبه‌مقید $\bar{K}N$ با ایزوسپین $I=0$ در نظر گرفته می‌شود. جاذبه قوی در سیستم $\bar{K}N$ به ایده‌ی حالت‌های بسیار مقید کائونی در هسته‌های سبک منجر می‌گردد. این جاذبه منجر به انرژی بستگی سیستم شبه‌مقید کائون-پروتون در حدود 30 MeV ، با پهن‌شدگی در حدود 50 MeV می‌شود که در جدول داده‌های ذرات^۱ [۲] گزارش شده است. هرچند که اختلاف نظرهای بسیار متفاوتی در مورد ماهیت، انرژی و پهن‌شدگی این تشدید وجود دارد [۳ و ۴]، اما مقایسه‌ی مقدار انرژی سیستم فوق با انرژی بستگی نوکلئون‌ها در هسته‌ی دوترون حدود 10 MeV $2/2 \sim$ بر جذابیت موضوع می‌افزاید. مدل‌های نظری پدیده‌شناختی^۲ [۱۲-۵] و نتایج تجربی اولیه [۱۵-۱۳] امکان وجود حالت‌های بسیار مقید کائونی (در حدود 100 MeV) را پیش‌بینی نموده‌اند، به‌طوری‌که انرژی چنین حالت‌های شبه‌مقیدی قویا به انرژی و پهنای حالت تشدید $\Lambda(1405)$ وابسته‌اند. مطالعه‌ی چنین سیستم‌هایی به درک ما از محیط‌های بسیار چگال کمک خواهد نمود. چگالی تخمین زده شده برای چنین سیستم‌های کائونی با چگالی مرکز ستارگان نوترونی قابل قیاس و یا حتی بیشتر است. اگر در واقعیت پادکائون بتواند چگالی نوکلئونی اطراف خود را بدون کمک گرانش افزایش دهد، این افزایش چگالی به انقباض سیستم هسته‌ای منجر خواهد شد که این مسئله به شکل‌گیری ستاره‌های شگفت با چگالی بیشتر کمک خواهد کرد. چگونگی رفتار هادرون‌ها در یک چنین محیط‌های هسته‌ای با چگالی زیاد مسئله‌ی بسیار جذابی است که می‌تواند به صورت تجربی از سیستم‌های هادرونی مقید درک شود [۵ و ۶].

به‌همین جهت، یکی از مسائل جذاب فیزیک هسته‌ای شگفت در دو دهه اخیر ماهیت تشدید $\Lambda(1405)$ است. تشدید $\Lambda(1405)$ ، یک باریون با پارته منفی، اسپین $S=1/2$ ، ایزواسپین $I=0$ و شگفتی $S=-1$ است. این تشدید کمی پایین‌تر از آستانه $\bar{K}N$ قرار گرفته است و تحت برهم‌کنش قوی به کانال $\pi\Sigma$ واپاشی می‌کند. وجود تشدید $\Lambda(1405)$ اولین بار در سال ۱۹۵۹ به صورت نظری و بر اساس داده‌های آزمایشگاهی مربوط به طول پراکندگی $\bar{K}N$ پیش‌بینی شد [۱۶ و ۱۷] و در سال ۱۹۶۱ شواهد آزمایشگاهی این تشدید در جرم ناوردای $\pi\Sigma$ در برهم‌کنش $K^-p \rightarrow \pi\pi\pi\Sigma$ و انرژی 1.15 GeV گزارش شد [۱۸]. بعد از گذشت نیم قرن، تشدید $\Lambda(1405)$ به خوبی توسط آزمایشات شده و هم‌اکنون به عنوان یک تشدید در جدول داده‌های ذرات ثبت شده است [۲]. در سال‌های اخیر ساختار $\Lambda(1405)$ از جنبه‌های مختلف در بخش شگفت کرومودینامیک غیر اختلالی^۳ اهمیت زیادی پیدا کرده است. هم‌زمان با مطالعات نظری اطلاعات آزمایشگاهی در مورد $\Lambda(1405)$ به وسیله داده‌های جدید از جمله طیف جرمی $\pi\Sigma$ و انرژی ترازهای هیدروژن کائونی رشد قابل ملاحظه‌ای کرده است [۳ و ۴].

تاکنون پتانسیل‌های مختلفی به صورت پدیده‌شناختی [۵] و یا مبتنی بر نظریه دینامیکی کایرال $SU(3)$ ^۴ [۱۹] برای توصیف داده‌های پراکندگی $\bar{K}N$ و جرم و پهنای تشدید $\Lambda(1405)$ ارائه شده است. اگرچه پتانسیل‌های پدیده‌شناختی و کایرال در بازتولید داده‌های پراکندگی

^۱ Particle Data Group

^۲ phenomenological

^۳ strangeness sector of non-perturbative QCD

^۴ Chiral $SU(3)$ dynamics

کائون- نوکلئون در بالای آستانه سازگاری خوبی دارند، ولی رفتار این دو مدل در انرژی‌های پایین‌تر از آستانه جرمی $\bar{K}N$ بسیار متفاوت است. در بعضی از پتانسیل‌ها، تشدید $\Lambda(1405)$ دارای ساختار تک قطبی است، و قطب آن در حوالی انرژی 1405 MeV قرار دارد [۲۰]. این قطب به عنوان یک حالت شبه‌مقید در کانال $\bar{K}N$ در نظر گرفته می‌شود. در حالی که در بعضی از مدل‌های برهم‌کنشی، این تشدید باریونی دارای دو قطب انرژی است. یکی از قطب‌ها در انرژی‌ای بالاتر از 1420 MeV ، و دیگری به صورت قله‌ای پهن بالاتر از آستانه $\pi\Sigma$ قرار می‌گیرد [۱۹].

این تفاوت در ساختار قطب‌ها، از خواص متفاوت مدل‌های برهم‌کنشی بر روی لاک انرژی^۵ نشأت می‌گیرد. در مدل کایرال برهم‌کنش $\bar{K}N$ باید وابسته به انرژی باشد، زیرا کائون یک نامبو-گلدستون بوزون^۶ است و برهم‌کنش $\bar{K}N$ در حالت موج s به مشتق زمانی میدان کائون وابسته است، بنابراین پتانسیل به طور خطی با انرژی کائون تغییر می‌کند. چون پتانسیل وابسته به انرژی جاذبه کمتری در نواحی زیر آستانه $\bar{K}N$ دارد، بنابراین قطب انرژی پتانسیل کایرال در انرژی‌های بالاتری نسبت به پتانسیل‌های مستقل از انرژی قرار خواهد گرفت. عمق پتانسیل اپتیکی در کانال $\bar{K}N$ از حاصل ضرب دامنه پراکندگی $\bar{K}N$ در چگالی هسته‌ای به دست می‌آید، بنابراین پتانسیل‌های اپتیکی^۷ پدیده شناختی عمق بیشتری نسبت به پتانسیل‌های مبتنی بر نظریه کایرال خواهند داشت. درک درست از ساختار تشدید $\Lambda(1405)$ مستلزم شناخت دقیق‌تری از برهم‌کنش $\bar{K}N - \pi\Sigma$ است. از آنجایی که این تشدید پایین‌تر از آستانه K^-p قرار دارد و در حال حاضر به لحاظ تکنیکی امکان برهم‌کنش مستقیم $\pi + \Sigma$ به صورت تجربی وجود ندارد، معمولاً برای مطالعه تشدید $\Lambda(1405)$ از برهم‌کنش‌هایی که ذرات پایون و سیگما در محصولات نهایی آنها ظاهر می‌شود، استفاده می‌کنند [۱۸ و ۲۱]. در واقع در این برهم‌کنش‌ها می‌توان محاسبات دینامیکی دقیق را انجام داد و تاثیر مدل‌های برهم‌کنشی مختلف $\bar{K}N$ را بر روی شکل واقعی تشدید $\Lambda(1405)$ مورد بررسی قرار داد.

به دلیل اینکه تشدید $\Lambda(1405)$ پایین‌تر از آستانه^۸ سیستم K^-p است، در برهم‌کنش‌های مستقیم (برای مثال $\pi + \Sigma$) قابل آشکارسازی نیست و تنها در برهم‌کنش‌هایی که شامل سه ذره یا بیشتر باشند، قابل آشکارسازی است. در واقع در این برهم‌کنش‌ها می‌توان محاسبات دینامیکی دقیقی انجام داد و تاثیر مدل‌های برهم‌کنشی مختلف $\bar{K}N$ را بر روی ماهیت و انرژی تشدید $\Lambda(1405)$ مورد بررسی قرار داد. این پیشنهاد که $\Lambda(1405)$ یک حالت شبه مقید از سیستم $\bar{K}N$ است اولین بار در مرجع [۲۲] جهت مطالعه سیستم $\bar{K}NN$ به عنوان یک حالت شبه مقید^۹ و سپس در مرجع [۵] با رویکرد جدیدتر بیان شده است.

سیستم K^-pp با ایزواسپین $I = \frac{1}{2}$ که سبک‌ترین هسته کائونی است و بررسی آن نقش بسیار مهمی در درک برهم‌کنش کائون-نوکلئون ایفا می‌کند به همین جهت K^-pp تاکنون با رویکردهای نظری مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۰ و ۲۹-۲۳] و در تمام این مطالعات وجود یک حالت شبه مقید با پهنای زیاد اثبات شده است. مطالعات انجام شده بر روی سیستم شبه مقید K^-pp از حیث مدل برهم‌کنش $\bar{K}N$ و روش حل سیستم سه ذره‌ای به دسته‌های مختلف تقسیم می‌شوند. برهم‌کنش $\bar{K}N$ معمولاً توسط مدل‌هایی که به صورت پدیده شناختی [۱۰ و ۲۳-۲۴] ساخته شده‌اند و یا مدل‌هایی که بر اساس نظریه دینامیکی کایرال $SU(3)$ [۳۰] تعریف شده‌اند [۲۵-۲۶]، مورد بررسی قرار می‌گیرد. مدل‌های ساخته شده بر اساس نظریه دینامیکی کایرال از حیث وابستگی به انرژی نیز قابل تقسیم بندی هستند. سیستم سه ذره‌ای نیز معمولاً با استفاده از روش‌های وردشی [۱۰ و ۲۷-۲۸] و روش‌های مبتنی بر رویکرد فدیف [۲۳-۲۶ و ۲۹] حل پذیر است. اگر چه در روش‌های وردشی می‌توان فهم خوبی از ساختار حالت مقید با استفاده از تابع موج حاصله به دست آورد، ولی دینامیک کانال $\pi\Sigma N$ تنها به صورت مؤثر در قسمت موهومی برهم‌کنش $\bar{K}N$ لحاظ می‌شود. از طرف دیگر در روش فدیف می‌توان تاثیر کانال $\pi\Sigma N$ را به طور مستقیم در محاسبات وارد کرد ولی در این روش برای حل پذیر بودن مسئله باید از پتانسیل‌های جداپذیر استفاده کرد. به طور خلاصه باید گفت اگر چه در تمام این مطالعات وجود یک حالت شبه مقید را برای سیستم K^-pp تایید شده است ولی تاکنون نتایج حاصله به مقدار خاصی همگرا نشده است. قسمتی از این اختلاف ناشی از تفاوت در تکنیک حل مسئله سه ذره‌ای و تفاوت در مدل برهم‌کنش $\bar{K}N$ است، ولی قسمت اعظم این اختلاف ناشی از کمبود اطلاعات درباره برهم‌کنش $\bar{K}N$ در انرژی‌های پایین‌تر از آستانه است [۳۱].

از جنبه آزمایشگاهی نیز مطالعات زیادی بر روی سیستم شبه مقید K^-pp انجام شده است. مطالعات انجام شده بر روی ساختار قله مانند طیف ΛN در برهم‌کنش K^- متوقف شده بر روی هسته‌های هدف در DAΦNE شواهد وجود یک سیستم دو باریونی K^-pp را نشان

^۵ On-shell energy

^۶ Nambu-Goldstone boson

^۷ Optical potential

^۸ threshold

^۹ Quasi-bound state

می‌دهد[۱۴]. مرکز قله مشاهده شده در این طیف به اندازه ۱۱۵ MeV پایین تر از آستانه سیستم سه جسمی قرار دارد و پهنای آن MeV ۶۷ است. نتایج این آزمایش در مرجع [۳۲] مورد نقد قرار گرفت و اثبات شد که این طیف نمی‌تواند مربوط به حالت شبه مقید K^-pp باشد. سیگنال دیگری در آزمایش DISTO مشاهده شده است. این آزمایش نیز در طیف $p\Lambda$ حاصل از برهم‌کنش $pp \rightarrow K^+\Lambda p$ یک قله در انرژی ۱۰۳ MeV پایین‌تر از آستانه K^-pp و پهنای ۱۱۸ MeV را نشان می‌دهد[۱۵]. این آزمایش نیز توسط گروه HADES با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی جدیدتر رد شده است [۳۳]. آزمایش HADES می‌گوید که قله مشاهده شده در طیف جرم گمشده K^+ نمی‌تواند مربوط به حالت چگال و شبه مقید K^-pp باشد. آزمایش‌های دیگری نیز در آزمایشگاه J-PARC برای مشاهده این حالت شبه مقید طراحی و انجام شده است [۳۴ و ۳۵]. هر چند که در آزمایش E۲۷ سیگنال مربوط به این حالت شبه مقید در انرژی مشابه با آزمایش DISTO مشاهده شده است [۳۴] ولی سیگنال مشاهده شده در آزمایش E۱۵ تنها ۱۵ MeV پایین‌تر از آستانه K^-pp قرار دارد [۳۵]. ناهمخوانی بین نتایج آزمایشگاهی را می‌توان به پهنای زیاد این حالت شبه مقید ناشی از جذب کانون توسط هسته دانست که به نوبه خود باعث ایجاد مشکلاتی در آشکارسازی این حالت شبه مقید در طیف انرژی می‌شود [۳۶].

به طور خلاصه نتیجه مطالعات انجام شده بر روی پتانسیل مؤثر $\bar{K}N$ حاکی از این است که برهم‌کنش قوی و جاذبه $\bar{K}N$ با ایزواسپین $I=0$ قادر به توضیح تشدید $\Lambda(1405)$ به عنوان حالت شبه مقید $\bar{K}N$ است. بر این اساس، در طرح حاضر امکان وجود حالت شبه مقید در سیستم‌های تک کائونی K^-ppn ، و دو کائونی K^-K^-pp را با استفاده از روش فدیف AGS [۳۷] مورد بررسی قرار می‌دهیم. الگوی واپاشی مولکول‌های K^-ppn و K^-K^-pp به انرژی بستگی آن‌ها وابسته است. اگر انرژی سیستم چهار جسمی بالاتر از آستانه حالت‌های شبه مقید دو ذره‌ای و سه ذره‌ای در دسترس آن‌ها باشد، سیستم کائونی می‌تواند به چنین حالت‌هایی واپاشی کند و بنابراین پهنای بزرگی خواهد داشت. ولی اگر سیستم‌های K^-ppn و K^-K^-pp دارای حالت مقیدی با انرژی کوچکتر از آستانه باشد، حالت شبه مقید پهنایی کوچکی از مرتبه $\Lambda(1405)$ خواهد داشت.

مائدا و همکاران [۳۸] سیستم‌های چهار ذره‌ای تک کائونی و دو کائونی را با استفاده از روش فدیف AGS و پتانسیل‌های مؤثر حقیقی و روش فدیف مورد بررسی قرار دادند که تنها انرژی بستگی چنین سیستم‌هایی را محاسبه نموده‌اند و به دلیل حقیقی در نظر گرفتن پتانسیل برهم‌کنش‌ها پهنای ترازها صفر در نظر گرفته شده است. در طرح حاضر، با استفاده از مدل‌های مختلف پدیده‌شناختی و کایرال، انرژی و پهنای سیستم‌های چهار ذره‌ای تک کائونی K^-ppn ، و دو کائونی K^-K^-pp را در فضای تکانه با استفاده از روش غیر نسبیتی فدیف AGS^{۱۰} [۳۷] محاسبه، و وابستگی انرژی و پهنای حالت به مدل برهم‌کنش را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهیم.

فرضیات:

حالت شبه مقید K^-p را می‌توان به صورت یک تشدید فشاخ [۳۹] در نظر گرفت، که این تشدید در ناحیه حالت‌های پیوسته $\pi\Sigma$ قرار گرفته است. برای سادگی می‌توان تنها دو کانال از برهم‌کنش‌های دو ذره‌ای کائون-نوکلئون ($\bar{K}N$ و $\pi\Sigma$) را در نظر گرفت [۱۹]، و برای توصیف برهم‌کنش در و یا بین کانال‌های مذکور از پتانسیل‌های جداپذیر استفاده نمود. در محاسبه انرژی و پهنای سیستم‌های چهار ذره‌ای تک کائونی K^-ppn ، و دو کائونی K^-K^-pp ، می‌توان از پتانسیل‌های برهم‌کنشی مختلف پدیده‌شناختی و کایرال برای توصیف برهم‌کنش $\bar{K}N - \pi\Sigma$ استفاده کرد و وابستگی انرژی و پهنای سیستم‌های چهار ذره‌ای را به برهم‌کنش $\bar{K}N - \pi\Sigma$ مورد بررسی قرار داد.

اهداف اصلی:

هدف از طرح حاضر، محاسبه انرژی و پهنای حالت شبه مقید سیستم‌های تک کائونی K^-ppn ، و دو کائونی K^-K^-pp با استفاده از روش فدیف AGS است. به همین منظور در طرح حاضر قصد داریم که با استفاده از مدل‌های پدیده‌شناختی و کایرال مختلف، وابستگی انرژی و پهنای سیستم‌های چهار ذره‌ای مذکور را به مدل برهم‌کنش $\bar{K}N - \pi\Sigma$ مورد بررسی قرار دهیم. مطالعه و بررسی چنین سیستم‌های هسته-ای، درک صحیح برهم‌کنش $\bar{K}N - \pi\Sigma$ را برای پژوهشگران حوزه فیزیک هسته‌ای شگفت ممکن می‌کند.

روش و تکنیک‌های اجرایی:

^{۱۰} Alt-Grassberger-Sandhas

برای مطالعه سیستم‌های اگزوتیک^{۱۱} چهار جسمی، حل معادلات جفت شده فدیف که دینامیک سیستم‌های چند ذره‌ای را به صورت دقیق توصیف می‌کنند، پیشنهاد می‌شود. روش فدیف، یک روش مستقیم برای حل مسائل ویژه مقداری است. این روش تکنیکی برای تبدیل معادله شرودینگر سیستمی با شرایط مرزی به معادلات جفت شده انتگرالی است که اولین بار فدیف آن را برای سیستم‌های سه ذره‌ای به کار بست [۳۷]. جواب‌های حاصل از معادلات فدیف، به عنوان بهترین جواب‌ها برای حل مسائل چند ذره‌ای محسوب می‌شوند.

منابع:

- [1] C. J. Batty, E. Friedman and A. Gal, *Phys. Rep.* **287** (1997) 385.
- [2] K. A. Olive *et al.*, (Particle Data Group), *Chin. Phys. C*, **38** (2014) 090001.
- [3] J. Esmaili, Y. Akaishi and T. Yamazaki, *Phys. Lett. B* **686** (2010) 23.
- [4] J. Esmaili, Y. Akaishi and T. Yamazaki, *Phys. Rev. C* **83** (2011) 055207.
- [5] Y. Akaishi, and T. Yamazaki, *Phys. Rev. C* **65** (2002) 044005.
- [6] T. Yamazaki, and Y. Akaishi, *Phys. Lett. B* **535** (2002) 70.
- [7] A. Dote, H. Horiuchi, Y. Akaishi, and T. Yamazaki, *Phys. Lett. B* **590** (2004) 51.
- [8] A. Dote, H. Horiuchi, Y. Akaishi, and T. Yamazaki, *Phys. Rev. C* **70** (2004) 044313.
- [9] T. Yamazaki, A. Dote, and Y. Akaishi, *Phys. Lett. B* **587** (2004) 167.
- [10] T. Yamazaki, and Y. Akaishi, *Phys. Rev. C* **76** (2007) 045201.
- [11] S. Marri, and S. Z. Kalantari, *Eur. Phys. J. A*, **52** (2016) 282.
- [12] S. Marri, S. Z. Kalantari, and J. Esmaili, *Eur. Phys. J. A*, **52** (2016) 361.
- [13] T. Kishimoto *et al.*, *Nucl. Phys. A* **754** (2005) 383c.
- [14] M. Agnello *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **94** (2005) 212303.
- [15] T. Yamazaki *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **104** (2010) 132502.
- [16] R. H. Dalitz, S. F. Tuan, *Phys. Rev. Lett.* **2** (1959) 425.
- [17] R. H. Dalitz, S. F. Tuan, *Annals Phys.* **10** (1960) 307.
- [18] M. H. Alston, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **6** (1961) 698.
- [19] T. Hyodo and W. Weise, *Phys. Rev. C* **77** (2008) 035204.
- [20] R. H. Dalitz, T. C. Wong and G. Rajasekaran, *Phys. Rev.* **153** (1967) 1617.
- [21] N. Isgur and G. Karl, *Phys. Rev. D* **18** (1978) 4187.
- [22] Y. Nogami, *Phys. Lett.* **7** (1963) 288.
- [23] N. V. Shevchenko, A. Gal and J. Mares, *Phys. Rev. Lett.* **98** (2007) 082301.
- [24] N. V. Shevchenko, A. Gal, J. Mares and J. Revai, *Phys. Rev. C* **76** (2007) 044004.
- [25] Y. Ikeda, T. Sato, *Phys. Rev. C* **76** (2007) 035203.
- [26] Y. Ikeda, T. Sato, *Phys. Rev. C* **79** (2009) 035201.
- [27] A. Dote, T. Hyodo, W. Weise, *Nucl. Phys. A* **804** (2008) 197.
- [28] A. Dote, T. Hyodo, W. Weise, *Phys. Rev. C* **79** (2009) 014003.
- [29] Y. Ikeda, H. Kamano, T. Sato, *Prog. Theor. Phys.* **124** (2010) 533.
- [30] N. Kaiser, P. B. Siegel, and W. Weise, *Nucl. Phys. A* **594** (1995) 325; E. Oset and A. Ramos, *ibid.* **A 635** (1998) 99; J. A. Oller and U. G. Meissner, *Phys. Lett. B* **500** (2001) 263; M. F. M. Lutz and E. E. Kolomeitsev, *Nucl. Phys. A* **700** (2002) 193.
- [31] Y. Ikeda, T. Hyodo, *et al.*, *Prog. Theor. Phys.* **125** (2011) 1205.
- [32] V. K. Magas, E. Oset, A. Ramos, and H. Toki, *Phys. Rev. C* **74** (2006) 025206.
- [33] E. Eppele and L. Fabbietti, *Phys. Rev. C* **92** (2015) 044002.
- [34] T. Nagae, J-PARC proposal E27; Y. Ichikawa, *et al.*, *Prog. Theor. Exp. Phys.* **021D** (2015) 01.
- [35] M. Iwasaki, *et al.*, J-PARC E15 proposal; T. Hiraiwa, *et al.*, *Int. J. Mod. Phys. A* **26** (2011) 561.
- [36] T. Koike and T. Harada, *Phys. Lett. B* **652** (2007) 262.
- [37] L. D. Faddeev, *Sov. Phys. JETP* **12**(1961)1014; Mathematical aspects of the three-body problem in quantum scattering theory, Steklov Math. Institute 69 (1963).

^{۱۱} Exotic

۳- کلمات کلیدی:

$\Lambda(1405)$ ، هسته‌های کائونی، برهم‌کنش کائون-نوکلئون و روش فدیف AGS

توضیحات:

- طرح بنیادی، پژوهشی است که عمدتاً در جهت گسترش مرزهای دانش بدون در نظر گرفتن استفاده عملی خاص برای کاربرد آن انجام می‌گیرد. اگرچه ممکن است این کاربرد در آینده تعریف شود.
- طرح کاربردی، پژوهشی است که استفاده عملی خاص برای نتایج حاصل از آن در نظر گرفته می‌شود و غالباً جنبه تجربی دارد.

۴- سایر توضیحات لازم:

۴-۱- دلایل ضرورت و توجیه انجام طرح

یکی از مسائل داغ و مهم در حوزه فیزیک هسته‌ای شگفت، درک و فهم صحیحی از برهم‌کنش $\bar{K}N$ و همچنین جفت‌شدگی آن با دیگر کانال‌های واپاشی و تشدید $\Lambda(1405)$ است. طرح حاضر می‌تواند در درک برهم‌کنش $\bar{K}N$ مفید واقع شود.

۴-۲- نتایج طرح پاسخگوی کدامیک از نیازهای علمی - صنعتی جامعه می‌باشد؟
طرح حاضر یک طرح بنیادی است که به گسترش مرزهای دانش در حوزه فیزیک هسته‌ای شگفت کمک می‌کند.

۴-۳- چه مؤسسه‌ای می‌تواند از نتایج طرح استفاده نمایند؟ (در صورت نیاز توضیح دهید)
کلیه موسسات پژوهشی - آموزشی در سطح آموزش عالی می‌توانند از نتایج آن استفاده نمایند.

۴-۴- سابقه علمی طرح و پژوهشهای انجام شده با ذکر مأخذ به ویژه در ایران؟
اولین بار آکائیشی و یامازاکی در سال ۲۰۰۲ امکان وجود حالت‌های عمیقاً مقید در هسته‌های کائونی را مطرح نمودند و پس از آن پژوهش‌های مختلفی از حیث نظری و تجربی در زمینه هسته‌های کائونی از دیدگاه چند ذره‌ای انجام شده و یا در دست انجام است. اولین پژوهش با استفاده از روش فدیف AGS در این زمینه را شووچنکو و همکاران در سال ۲۰۰۷ بر روی سیستم سه ذره‌ای K^-pp انجام دادند. مائدا و همکاران در سال ۲۰۱۳ سیستم‌های چهار ذره‌ای تک کائونی و دو کائونی را با استفاده از روش فدیف AGS و پتانسیل‌های موثر حقیقی و روش فدیف مورد بررسی قرار دادند که تنها انرژی بستگی چنین سیستم‌هایی را محاسبه نموده‌اند و به دلیل حقیقی در نظر گرفتن پتانسیل برهم‌کنش‌ها پهنای ترازها صفر در نظر گرفته شده است. مری، کلاتتری و اسماعیلی در سال ۲۰۱۶ با استفاده از روش فدیف AGS سیستم‌های چهار ذره‌ای تک کائونی و دو کائونی را مورد مطالعه قرار دادند.

۴-۵- آیا پیشنهاد طرح پژوهشی حاضر ارتباطی با پایان نامه‌های تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد/دکتری که با راهنمایی جنابعالی انجام پذیرفته / در حال انجام است دارد؟ ☐ بلی ☒ خیر
در صورت مثبت بودن پاسخ، ضمن ذکر عنوان پایان‌نامه‌های مربوطه لطفاً میزان انطباق را مشخص فرمائید.

هـ زمان بندی

مدت زمان: ۱۲ ماه

۹۷/۴/۱

تاریخ خاتمه:

۹۷/۴/۱ تاریخ شروع:

۱۲

طرح (به ماه):

جدول مراحل اجرای پروژه و پیش بینی زمان هر مرحله:

شرح مختصر مراحل	جدول زمانی به ماه																								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
۱ گردآوری و مطالعه مطالب مقدماتی	*	*																							
۲ حل مسئله، نوشتن کد و تجزیه و تحلیل نتایج			*	*	*	*	*	*																	
۳ نوشتن و تهیه مقاله									*	*	*	*													
۴																									
جمع																									

ملاحظات *

توضیحات:

* - برای شرایط خاص دلایل توجیهی باید ذکر شود.

☒ خیر

☐ بلی

ع- برای این طرح از سازمانهای دیگر نیز درخواست اعتبار شده است؟
در صورت مثبت بودن جواب لطفاً نام سازمان، نوع و میزان همکاری را مرقوم فرمایند؟

۷- هزینه پرسنلی پیش بینی شده با ذکر مشخصات کامل، میزان اشتغال و حق الزحمه:

نوع مسئولیت	میزان ساعت کار	حق التحقیق* و حق الزحمه به ساعت	جمع کل
مجری مسئول	۶۰ ساعت	۱۷۰۰۰۰ ریال	۱۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال
سایر مجریان	-	-	-
سایر مجریان	-	-	-
سایر همکاران	۴۰ ساعت	۱۲۵۰۰۰ ریال	۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال
سایر همکاران	-	-	-
سایر همکاران	-	-	-
جمع	-	-	۱۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال

توضیحات:

*- بر اساس حداکثر تا میزان مقرر در آئین نامه مصوب هیأت وزیران مورد عمل در دانشگاه و مؤسسات آموزش عالی محاسبه و پرداخت خواهد شد.

