به نام خدا

فرزانگان 2 دوره اول 99-1400

موضوع: کرمچاله ها

پژوهشگران:مهرآسا عبدي . آتنا اراني كاشاني . پارميس پاكزاد

استاد راهنما:آقاي وفا

- فهرست مطالب:
- توضيح مختصري درباره سفيد چاله ها و سياه چاله ها
- تاريخچه كرمچاله
- نظريه هايي كه درباره كرمچاله ارائه داده شده تا الان چه هستند؟
- كرمچاله چيست؟
- نظريه نسبيت عام (اينشتين)

چكيده:

درجهاني كه ما زندگي ميكنيم بسياري از چيزهاي ناشناخته وجود دارند كه ما اطلاعي نداريم از وجود انها.

كرمچاله ها از پديده هايي هستند كه اطلاعات زيادي از انها در دسترس نيست ولي بخشي از اطلاعاتي كه موجود است را برايتان در اين پروژه توضيح داده ايم.

كرمچاله ها و سياه چاله ها

ابداع واژه «کرم‌چاله» و «سیاه‌چاله فضایی» به جان ویلر نسبت داده شده‌است. با این‌حال، این مفهوم از مدت‌ها قبل به صورت‌های متفاوتی مطرح بوده‌است.

مفهوم جسمی که آن قدر پرجرم است که حتی نور هم نمی‌تواند از آن بگریزد، نخستین باراز سوی زمین‌شناسی به نام جان میچل در سال ۱۷۸۳ در نامه‌ای که برای هنری کاوندیش از انجمن سلطنتی نوشته بود، مطرح شد. در آن زمان مفهوم قانون گرانش نیوتن و مفهوم سرعت گریز شناخته شده بودند. طبق محاسبات میشل جسمی با شعاع خورشیدی و چگالی ۵۰۰ برابر در سطح خود سرعت گریزی بیش از سرعت نور خواهد داشت و بنابراین غیرقابل مشاهده خواهد بود. به بیان او:

"اگر شعاع کره‌ای مشابه خورشید قرار باشد که با چگالی ۵۰۰ بار از آن بزرگ‌تر باشد، جسمی که از ارتفاع بینهایت به سمت آن سقوط می‌کند در سطح آن سرعتی بیش ازسرعت نور به دست می‌آورد، و اگر فرض کنیم نور با نیروی مشابهی به سمت ستاره کشیده شود، آنگاه همه نوری که از چنین جسمی ساطع می‌شود به ناچار به وسیله گرانش آن به سمت خود ستاره بازمی‌گردد."

— جان میچل

در سال ۱۹۱۵ آلبرت اینشتین که پیش تر نشان داده بود گرانش نور را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نظریهٔ گرانش خود به نام نسبیت عام را مطرح کرد. چند ماه بعد کارل شوارتزشیلد با معرفی متریک شوارتس‌شیلد پاسخی برای معادلات میدان اینشتین ارائه نمود که میدان گرانشی ذرات نقطه‌ای و کروی را توصیف می‌کرد.

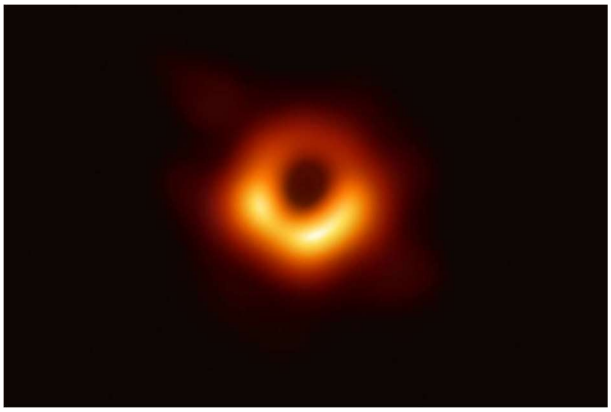
چند ماه پس از شوارتزشیلد، ژوهانس دروست - که از شاگردان هندریک لورنتز بود - به صورت جداگانه همان پاسخ را برای ذرات نقطه‌ای به دست آورد و بحث مفصل تری در مورد ویژگی‌های آن نمود. این پاسخ در شعاعی که امروزه شعاع شوارتزشیلد نامیده می‌شود رفتاری غیرعادی نمایش می‌داد. زیرا در این شعاع، معادله تکینه می‌شود و برخی از اجزای آن مقدار بی‌نهایت خواهند داشت. در آن زمان ماهیت این سطح به درستی فهمیده نشده بود. در سال ۱۹۲۴ آرتور استنلی ادینگتون نشان داد که با تغییر مختصات می‌توان تکینگی را بر طرف نمود. هر چند که تا سال ۱۹۳۳ طول کشید تا ژرژ لومتر متوجه شد که مقدار بی‌نهایت این معادله در شعاع شوارتزشیلد در واقع یک تکینگی ریاضی است و جنبه فیزیکی ندارد.این شعاع امروزه به عنوان شعاع افق رویداد یک سیاهچاله غیرچرخشی شناخته می‌شود.

سفیدچاله در نسبیت عام، یک منطقه فرضی در فضازمان است که امکان ورود ندارد اما ماده و نور می‌توانند از آن خارج شوند. سفیدچاله‌ها برعکس سیاه‌چاله است که ماده و نور می‌تواند وارد آن شود اما حتی نور نیز امکان گریز ندارد. سفیدچاله در نظریهٔ سیاه‌چاله‌های ابدی ظاهر شدند. اگر حل منجر به سیاه‌چاله در معادلات میدان اینشتین در آینده اتفاق بیفتد حلی نیز برای وجود سفیدچاله در گذشته آن وجود خواهد داشت اگرچه چنین نواحی در سیاه‌چاله‌هایی که از طریق رمبش گرانشی وجود آمده‌باشند نمی‌تواند وجود داشته باشد. هنوز هیچ فرایند فیزیکی برای تشکیل سفیدچاله شناخته نشده‌است.

سفیدچاله‌ها مانند سیاه‌چاله‌ها دارای جرم، بار الکتریکی و تکانه زاویه‌ای هستند. سفیدچاله مانند هر جرم دیگری ماده را به سوی خود جذب می‌کند اما اجسامی که به سوی سفید چاله سقوط می‌کنند در عمل هرگز به افق رویداد آن نمی‌رسند.

تصوير فرضي از يك سفيد چاله

دقیقا همانند سیاه‌چاله‌ها، کرمچاله‌ها نیز شکلی از فضا-زمان هستند که با حل معادلات نسبیت عام در حالتی خاص بوجود می‌آیند. واژه کرم چاله برای اولین بار در سال ۱۹۵۷ توسط فیزیکدان آمریکایی «جان ویلر» تعریف شد. در حقیقت می‌توان گفت که یک کرم چاله هیچوقت به‌طور مستقیم مشاهده نشده و تنها مفهومی است که معادلات نسبیت آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند. اما ممکن است همچون سیاهچاله که در ابتدا توسط نسبیت پیش‌بینی شده و سپس کشف شد، کرم چاله نیز روزی کشف شده و تصاویری نیز از آن منتشر شود.



اولين تصوير واقعي منتشر شده از يك سياه چاله

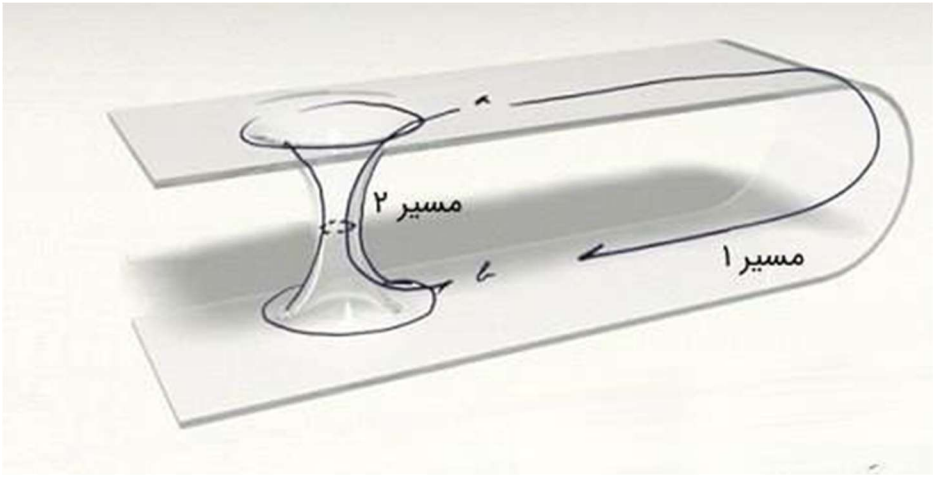
در سال ۱۹۱۶ و در اوایلی که انیشتین نظریه نسبیت را منتشر کرد، فیزیکدانی استرالیایی به نام «لودویک فلام» راه حل شوارتزشیلد را برای بررسی نوع خاصی از سیاهچاله‌ها بررسی می‌کرد. این سیاهچاله‌ها تحت عنوان سیاهچاله شوارتزشیلد شناخته می‌شوند. فلام هنگام بررسی این راه‌حل، متوجه شد که پاسخی متفاوت را می‌توان برای این میدان در نظر گرفت که توصیف‌کننده پدیده‌ای جدید است. این پدیده بعدها سفیدچاله نامگذاری شد.سفیدچاله توصیف‌کننده بستری است که عکس سیاهچاله، هر ماده‌ای که به سمت آن می‌آید را دفع می‌کند. این فضا همچنین از نظر زمانی نیز عکس سیاهچاله است. افرادی معتقدند که در سمت دیگر یک سیاهچاله، سفیدچاله قرار دارد. در حقیقت این افراد فکر می‌کنند که مواد بلعیده شده توسط یک سیاهچاله در سمت دیگر آن و در

سفیدچاله به سمت بیرون پرتاب می‌شود. بسیاری از تفکرات ما در مورد مفهوم مهبانگ (یا همان بیگ‌بنگ) نیز ناشی از همین مفهومِ سفیدچاله است.

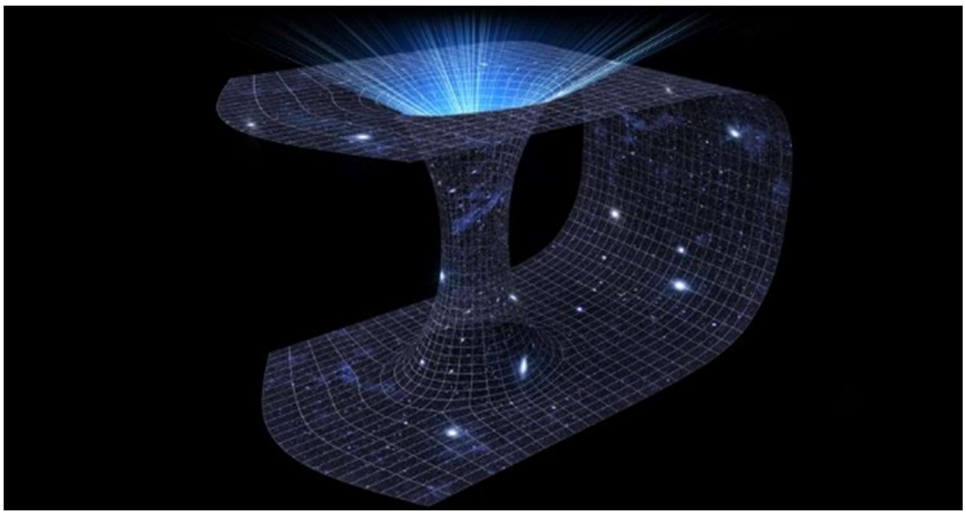
کرمچاله

فلام نتیجه گرفت که دو راه‌حل متفاوت، دو ناحیه متفاوت از فضا-زمان را توصیف می‌کنند که با فرضی ریاضیاتی می‌توان گفت این دو فضا از طریق مجرایی فضا-زمانی به هم متصل شده‌اند. در حقیقت او نتیجه گرفت در دو ناحیه متفاوت از فضا-زمان توسط یک ورودی و یک خروجی، از طریق یک مجرا به هم متصل شده‌اند. انیشتین به همراه «نیتان روزن» (Nathan Rosen) در سال ۱۹۳۵ به بررسی این پُل پرداختند. از این رو مفهوم مذکور تحت عنوان پل انیشتین-روزن شناخته می‌شود. البته در مواردی این مفهوم را با عنوانین کرم چاله شوارتزشیلدی یا کرم چاله لورنتزی نیز معرفی می‌کنند.

به‌منظور درک بهتر مفهوم کرم چاله، صفحه‌ای کاغذی را در نظر بگیرید که دو نقطه از آن علامتگذاری شده باشند. هریک از این نقاط، دو محل متفاوت از فضا-زمان را نشان می‌دهند. در ابتدا به نظر می‌رسد کوتاه‌ترین مسیر به منظور اتصال دو نقطه از این کاغذ، مسیر طی شده روی کاغذ باشد. اما با تا کردن کاغذ و سوراخ کردن آن توسط یک میله می‌توان دید که مسیری کوتاه‌تر نیز وجود دارد که الزما روی کاغذ قرار ندارد.



در شکل فوق دو مسیر ممکن به‌منظور طی کردن مسیر بین دو نقطه نشان داده شده‌اند. حال فرض کنید این صفحه همان صفحه فضا-زمان باشد. از این رو ممکن است یکی از این نقاط روی زمین و نقطه دوم در کهکشان دیگری قرار داشته باشد. در نتیجه شما می‌توانید با وارد شدن به دروازه روی زمین، فضا-زمان را میانبر زده و به کهکشان دیگری سفر کنید. در شکل زیر تصویری خیالی از یک کرمچاله فضایی نشان داده شده است. آنچه که در مورد کرمچاله‌ها بین فیزیکدانان پذیرفته شده، این است که در صورت موجود بودن، این بسترها به شدت ناپایدار هستند. در حقیقت کوچکترین ذراتی همچون فوتون نیز در صورت عبور، می‌توانند کرمچاله را به شدت ناپایدار کنند.



به‌منظور جلوگیری از پیچیدگی و بسته ماندن مسئله کرم‌چاله، روش‌هایی همچون استفاده از ریسمان‌های کیهانی یا استفاده از مفهوم ماده منفی ارائه شده‌اند. جالب است بدانید که به دلیل اتصال نقاط مختلف از فضا-زمان به یکدیگر، کرم‌چاله یکی از گزینه‌های ممکن به منظور انجام سفرهای طولانی فضایی و زمانی محسوب می‌شود. برخلاف سفر به آینده که از نظر تئوری امکان‌پذیر است، سفر به

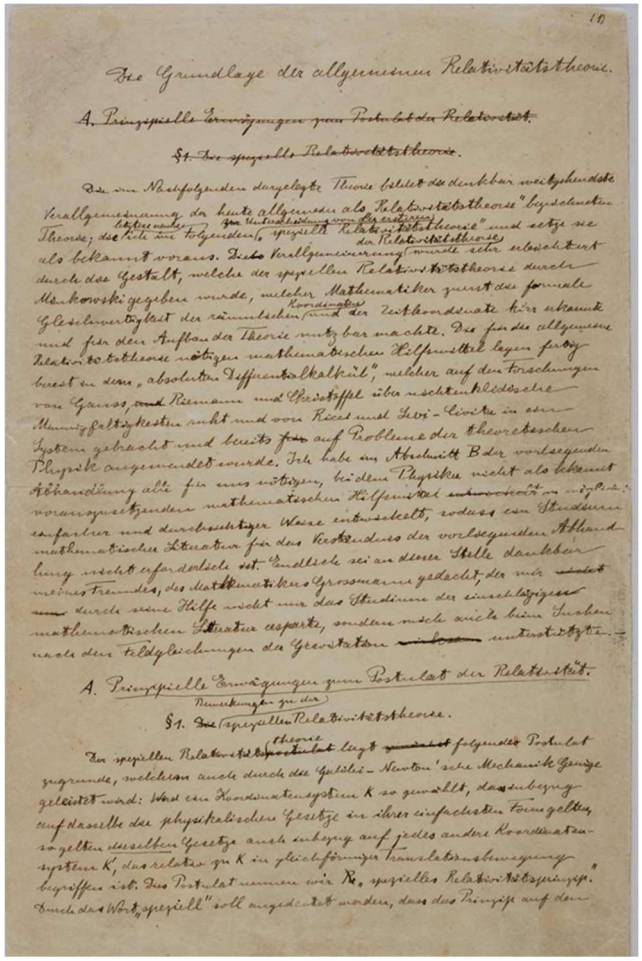
گذشته، دارای پارادوکس‌هایی ذاتی است و با توجه به آن بسیاری معتقدند که چنین سفری امکان‌پذیر نیست.

نظریه ها

آن‌گونه که نظریه‌ی نسبیت اینشتین می‌گوید سیاه چاله‌ها نقاطی از فضا هستند که تکینگی آن‌ها در بالاترین حد بوده و حتی قوانین فیزیک نیز در آن‌ها می‌شکنند. این نقاط عجیب تنها کاندیدا برای دهانه‌ی ورودی کرم‌چاله‌ها هستند. نظریه‌ی جدیدی با نام گرانش کوانتومی حلقوی یا LQG برای اولین‌بار به‌عنوان روشی برای ادغام قوانین مکانیک کوانتوم و نسبیت عام مطرح شده است. طبق این نظریه در یک سیاه‌چاله با جمع‌شدن مواد و ریختن آن‌ها در گرانش قوی، فضا از طریقی دیگر باز می‌شود، به‌عنوان مثال اگر شما درون یک سیاه‌چاله سقوط کنید، طبق نظریه‌ی نسبیت عام، درون چاهی عمیق سقوط کرده‌اید؛ اما به‌جای آنکه به ته چاه برخورد کنید در فضایی بسیار کوچک فشرده می‌شوید. در حقیقت شما به ته چاه سقوط نمی‌کنید اما تکینگی شما زیاد می‌شود تا بی‌نهایت.

در اینجا افزایش تکینگی در نقش سقوط به ته چاه عمل می‌کند اما در نظریه‌ی LQG با سقوط شما به درون سیاه‌چاله و نزدیک شدن به مرکز آن، گرانش به‌جای افزایش، کاهش خواهد یافت و همانگونه که شما ازطریق سیاه‌چاله بلعیده شدید از جایی دیگر به فضا-زمان پرتاب می‌شوید. شاید سیاه‌چاله‌ها تونل‌هایی به نقاط دیگر فضا زمان باشند اما به کجا؟ جالب اینکه نظریه‌ی LQG به‌عنوان رقیبی برای نظریه‌ی انفجار بزرگ یا مهبانگ مطرح می‌شود. طبق این نظریه دنیا از انفجار یک نقطه با چگالی بی‌نهایت ایجاد نشده؛ بلکه جهانی دیگر از بعدی دیگر در تونلی فرو ریخته و در این بعد جهان ما را به وجود آورده است. شواهد کافی برای اثبات این نظریه وجود ندارد؛ اما دانشمندان در تلاش برای یافتن حلقه‌های ناشناخته‌ی این نظریه‌ی زیبا هستند.

با فناوری کنونی ما قادر به بزرگ و با ثبات کردن کرم‌چاله‌ها نیستیم؛ حتی اگر بتوانیم آن‌ها را ببینیم، اما دانشمندان به تحقیقات خود ادامه می‌دهند به این امید که روزی روشی برای استفاده از این میانبرهای فضایی پیدا شود و انسان کائنات را مستعمره‌ی خویش سازد، اگرچه آن روز نزدیک نیست.



یادداشت اینشتین درباره نسبیت عام ومحاسباتش

ايا وجود كرمچاله ها اثبات شده؟

وجود كرمچاله ها با استفاده از نظريه نسبيت عام انيشتين به صورت رياضياتي پيش بيني شده, اما تا كنون هيچ كرمچاله ايي كشف نشده.شايد بتوان يك كرمچاله با جرم منفي را از روي تاثير گرانش آن بر نوري كه عبور ميكند شناسايي كرد.برخي راه حل هاي نسبيت عام با فرض اين كه هردهانه كرم چاله خود يك سياهچاله است, احتمال وجود انهارا بيشتر ميكنند.با اين حال سياه چاله ايي كه به طور طبيعي با زوال يك ستاره رو به افول شكل ميگيرد نمي تواند خودش كرمچاله به وجود اورد.

طبق نظريه نسبيت عام, ميان بري پيش بيني ميشود كه پيوندي ميان دو نقطه در فضا-زمان ايجاد شده و فواصل طولاني بين كهكشان عا را كوتاه ميكند.اين ميان بر فضايي به نام پل اينشتين-روزن يا كرم چاله مشهور شده.

معادلات رياضي نظريه ي نسبت عام اينشتين وجود كرمچاله ها را پيش بيني ميكنند; اما تا كنون هيچ كرمچاله ايي كشف نشده است, جرم منفي از طريق نيروي گرانش بر نور تاثير گذاشته و مانع خروج نور از كرمچاله مي شود.احتمالا دهانه كرمچاله از دو سياه چاله تشكيل شده باشد اگرچه تبديل يك ستاره در حال مرگ به سياه چاله نميتواند كرمچاله ايي توليد كند.

هندسه هاي كرمچاله ذاتا ناپايدار هستند.تنها ماده اي كه مي تواند براي تثبيت انها در برابر فشار استفاده شود, ماده ايي است كه داراي تراكم انرژي منفي است, حداقل در برخي از قاب هاي مرجع.هيچ ماده كلاسيك نمي تواند اين كار را انجام دهد, اما اين احتمال وجود دارد كه نوسانات كوانتومي در زمينه هاي مختلف بتواند.

استيون هاوكينگ حدس زد كه اگرچه ممكن است كرمچاله ها ايجاد شوند اما نميتوان از انها براي سفر در زمان استفاده كرد.وي اظهار داشت حتي با وجود ماده عجيب و غريب باعث ايجاد ثبات در سوراخ كرم در برابر بي ثباتي هاي خود ميشود , قرار دادن يك ذره در ان به سرعت باعث بي ثباتي مي شود تا از استفاده ان جلوگيري كند.اين به عنوان حدس محافظت گاهشناسي شناخته ميشود.

هسو گفت:"شما براي تثبيت يك سوراخ كرم به يك نوع ماده بسيار عجيب و غريب نياز داريد و مشخص نيست كه ايا چنين ماده ايي در جهان وجود دارد".

چنين ماده ايي نياز به انرژي منفي دارد كه به جاي انقباض در فضا منبسط ميشود زيرا جرم با جاذبه ذاتي خود عادت ندارد.يكي از اين پديده هاي نامزد اثر كازيمير است كه حدود 15 سال پيش درازمايشگاه تاييد شد.

شکل هندسی یک کرم چاله

فیزیکدان‌ها کرم چاله‌ها را سیاه چاله‌هایی تصور می کنند که از میانشان می توان نقطه ای دوردست از جهان هستی را به صورت چهار بعدی نظاره کرد. اختر فیزیکدان‌ها هنوز نمی توانند شکل و اندازه دقیقی برای سیاه چاله‌ها در نظر بگیرند، چه برسد به کرم چاله‌ها که در حد نظریه باقی مانده اند.

اما فیزیکدان‌های دانشگاه RUDN روسیه ثابت کرده اند که می توان شکل یک کرم چاله را بر اساس ویژگی‌های ظاهری آن توصیف کرد. فیزیکدان‌ها در عمل فقط می توانند ویژگی‌های غیر مستقیم کرم چاله‌ها، مثل انتقال به سرخ(red shift) را ببینند.آنها پیش تر نشان دادند که با استفاده از مکانیک کوانتوم و فرضیات هندسی می توان شکل و جرم یک کرم چاله را محاسبه کرد. اکنون این فیزیکدان‌ها موفق شده اند شکل یک جسم را از روی طیف مرئی آن تعیین کنند. آنها یک مدل ریاضیاتی از یک کرم چاله موریس ـ ثورن که ساختار کروی متقارنی داشت را انتخاب کردند. کرم چاله‌های موریس ـ ثورن نوعی سیاه چاله هستند که دو نقطه را در فضا و زمان به هم پیوند می دهند و بین این دو نقطه حرکت ایجاد می کنند. سپس از یک مدل ریاضیاتی استفاده کردند تا تنگراه کرم چاله، یعنی باریک ترین نقطه بین ورودی و خروجی آن را توصیف کنند. آنها ابتدا شرح دادند شکل همه کرم چاله‌های قرینه بر اساس برد طول موج‌هایشان چگونه تعیین می شود. سپس با رویکرد مکانیک کوانتوم معادله ای ساختند تا شکل هندسی کرم چاله‌ها را محاسبه کنند.

به طور کلی رویکرد مکانیک کوانتوم راه حل‌های زیادی را در ارتباط با هندسه کرم چاله‌ها به دست می دهد. در این مطالعه تنها از میدان‌های الکترومغناطیسی استفاده شد، اما پژوهشگران قصد دارند در آینده میدان‌های دیگر را با همین رویکرد مطالعه کنند.

منابع:

https://www.ettelaat.com/?p=481495

https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D9%81%DB%8C%D8%AF%DA%86%D8%A7%D9%84%D9%87

https://www.space.com/20881-wormholes.html

https://www.scientificamerican.com/article/are-wormholes-real/

https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-is-a-black-hole-k4.html

https://www.space.com/where-do-black-holes-lead.html

http://espash.ir/news/14298/%D8%A2%DB%8C%D8%A7-%DA%A9%D9%87%DA%A9%D8%B4%D8%A7%D9%86-%D8%B1%D8%A7%D9%87-%D8%B4%DB%8C%D8%B1%DB%8C-%D9%85%D8%AE%D9%81%DB%8C%DA%AF%D8%A7%D9%87-%DB%8C%DA%A9-%DA%A9%D8%B1%D9%85%DA%86%D8%A7%D9%84%D9%87-%D8%A7%D8%B3%D8%AA

https://elmiha.com/%DA%A9%D8%B1%D9%85-%DA%86%D8%A7%D9%84%D9%87-%DA%86%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D8%9F/

https://blog.faradars.org/%DA%A9%D8%B1%D9%85-%DA%86%D8%A7%D9%84%D9%87/

https://www.zoomit.ir/space/17483-what-is-wormhole/

ممنون از توجه تون