نشریه ریاضی و جامعه
شاپا (چاپی): ۶۴۹۳-۲۳۴۵، شاپا(الکترونیکی): ۶۵۰۷-۲۳۴۵
جلد ۴ شماره ۴ (۱۳۹۹)، صص. ۵۹-۵۳

http://math-sci.ui.ac.ir
http://www.ui.ac.ir

گرانش طبق نظریه‌ی اینشتین: درس هایی از یک مورچه

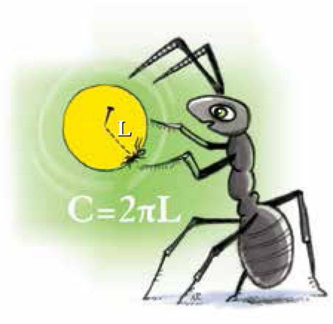
پاتریک لابل و واسیلیسا شرامچنکو
مترجم: پدرام صابری

چکیده. نوشته حاضر ترجمه مقاله زیر است:

Patrick Labelle and Vasilisa Shramchenko, La gravité selon Einstein : leçons d'une fourmi, *Accromath*, 11 (2016) 8–13.

۱. مقدمه

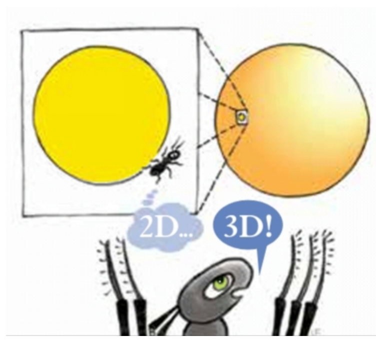
از میان تمامی نیروها، آشناترینشان برای ما، نیروی گرانش است. اما براستی آیا ما آن را درک می‌کنیم؟ چگونه اشیا، بدون آن‌که تماس مستقیمی میان آن‌ها وجود داشته باشد، موفق به جذب یکدیگر از طریق فضای بینشان می‌شوند؟ می‌بایست تا زمان اینشتین، برای دست یافتن به توضیحی انتظار کشیده می‌شد. توضیحی هم‌زمان ساده و سحرآمیز که در ریاضیات سطوح خمیده نهفته بود. نخی به طول L به دست بگیرید و یک سر آن را با سوزنی بر روی سطح یک میز ثابت کنید. اکنون در حالی که نخ را کشیده‌اید حول نقطه‌ای که سوزن قرار دارد یک دور کامل بزنید. اگر مسافت طی شده را اندازه‌گیری کنید به مقدار $2\pi L$ می‌رسد. قطعاً این روشی پیچیده و سخت برای گفتن آن چیزی است که همگی می‌دانیم: محیط یک دایره 2π برابر شعاع آن است. همچنین می‌دانیم که اضلاع یک مثلث قائم‌الزاویه از قانون معروف فیثاغورس پیروی می‌کنند و این‌که مجموع زوایای داخلی مثلث‌ها برابر با ۱۸۰ درجه است. زمانی که یک سطح از این قوانین پیروی کند گوییم که آن سطح ساختار هندسی اقلیدسی دارد.



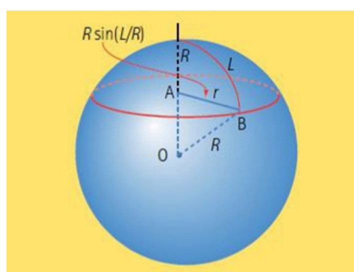
عبارات و کلمات کلیدی: خمیدگی فضا، نظریه‌ی نسبیت عام، گرانش
نوع مقاله: ترجمه ای
دبیرتخصصی رابط: محمدرضا پوریای ولی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰
http://dx.doi.org/10.22108/msci.2020.125461.1392

۲. زندگی بر روی یک کره

اما این قوانین همیشه معتبر نیستند! در واقع سطوحی با ساختار هندسی غیراقلیدسی نیز وجود دارند. برای قانع شدن، مورچه‌ی کوچکی را در نظر می‌گیریم که بر روی سطح توپ بسیار بزرگی قرار گرفته است و تصور می‌کنیم که او تجربه‌ی ما را با نخ به طول L تکرار می‌کند (انتهای نخ را به جای سوزن با چسب بر روی توپ ثابت کرده‌ایم!). فرض می‌کنیم که مورچه نسبت به توپ آن قدر کوچک است که از دید او سطح توپ، سطحی تخت به نظر می‌آید. او متوجه نیست که بر سطح یک توپ قرار دارد! برای تبیین ایده‌ها، نقطه‌ای را که مورچه انتهای نخ را در آن جا ثابت کرده است به عنوان «قطب شمال» توپ مشخص می‌کنیم. این بار اگر مورچه در حالی که نخ کشیده شده است، حول قطب شمال یک دور بزند، طول مسافت پیموده شده لزوماً کمتر از $۲\pi L$ خواهد بود.



اکنون برای نشان دادن شعاع توپ از حرف R استفاده می‌کنیم (توجه! این شعاع دایره‌ی پیموده شده نیست). می‌توانیم نشان دهیم که طول مسیر پیموده شده توسط مورچه‌ی کوچک ما، برای این که با انتهای آزاد نخ ثابت شده بر روی توپ یک دور کامل بزند برابر است با $C = ۲\pi R\sin(L/R)$ به جای $۲\pi L$ زمانی که سطح مسطح است. در نگاه اول شاید به نظر نیاید ولی این مقدار ناگزیر کمتر از $۲\pi L$ است.



شکل ۱: در مثلث OAB وتر، شعاع کره R است. طول ضلع AB برابر با اندازه شعاع دایره‌ی رسم شده بر روی کره می‌باشد. این ضلع مقابل زاویه O قرار دارد که اندازه‌ی آن به رادیان برابر طول کمان رسم شده روی سطح کره L است. از این نتیجه می‌گیریم که $r = R\sin(L/R)$ و محیط دایره برابر می‌شود با $C = ۲\pi R\sin(L/R)$.

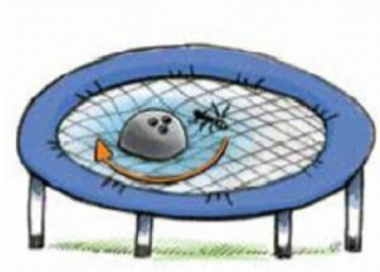
اگر مورچه‌ی کوچک ما بر سطح توپ زندگی کند می‌تواند به این نتیجه برسد که محیط دایره‌ای به شعاع L همواره کمتر از $۲\pi L$ است. علاوه بر این، او یک تعریف بنیادین از دایره به کار برده است: مجموعه‌ای از نقاط قرار گرفته در فاصله‌ی یکسانی از مرکز. او از مشاهداتش چه نتیجه‌ای خواهد گرفت؟ او پس از تعداد زیادی محاسبات دقیق و اندازه‌گیری‌های متعدد، برای محیط یک دایره به معادله‌ی $C = ۲\pi R\sin(L/R)$ دست خواهد یافت، معادله‌ای که در آن R مقدار بسیار مشخصی خواهد بود، گویی این مقدار مستقیماً برای او معین شده است (او اصلاً نمی‌داند که بر روی یک توپ به شعاع R قرار دارد). ممکن است معادله‌ی او برای مقدار مثلاً R برابر ۴۰ سانتیمتر جواب دهد ولی او هیچ ایده‌ای برای تعریف این عدد ندارد. با این حال امکان دارد که مورچه یک ریاضیدان کوچک باشد که معادلات هندسه‌ی اقلیدسی و غیر اقلیدسی

http://dx.doi.org/10.22108/msci.2020.125461.1392

را بسط و گسترش داده است، که در این صورت بلافاصله به معنا و مفهوم معادله‌اش پی خواهد برد. نه تنها خواهد فهمید که بر سطح شئی کروی قرار دارد به‌علاوه قادر خواهد بود که اندازه‌ی شعاع این توپ را به دست آورد بدون آن‌که هرگز از آن سطح جدا شود یا حتی به گرد آن دور بزند. در واقع او اگر بسیار دقیق باشد می‌تواند بدون آن‌که از قطب شمال به میزان زیادی دور شود به معادله‌ی بسیار دقیقی دست یابد. هوش سرشار او و جادوی ریاضیات به او اجازه خواهند داد تا بفهمد واقعاً چه اتفاقی در شرف وقوع است! البته دلیل آن که مورچه به محیطی برابر با $۲\pi L$ دست پیدا نمی‌کند این است که بلندی ریسمان، طول شعاع دایره‌ی پیموده شده نیست زیرا در حقیقت مرکز دایره در داخل توپ قرار دارد و قطب شمال نیست! پس این گونه به نظر می‌آید که با کمی تقلب مورچه را واداشتیم باور کند که محیط یک دایره کمتر از $۲\pi L$ است. در واقع همان طور که خواهیم دید این مثال ساده به طور جدی ما را به نتایج بسیار ارزشمندی در زمینه‌ی ریاضیات و فیزیک راهنمایی خواهد کرد.

۳. مورچه‌ی کاوشگر

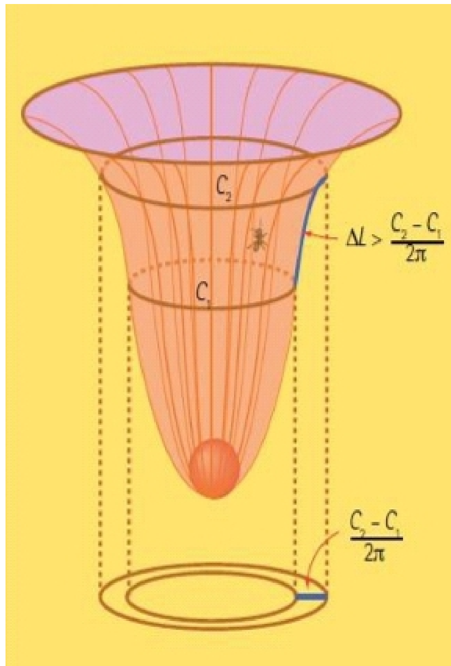
اکنون تصور کنیم که مورچه‌ی کوچک ما بر روی سطح یک تشک پرش (ترامپولین) قرار دارد. او دارای چنان جرم کمی است که به طور مشخص سطح تشک را تغییر شکل نمی‌دهد. بدین صورت اگر ردپای او بر روی سطح تشک، دایره یا مثلثی را ترسیم کند، این مثلث و دایره از قوانین هندسه‌ی اقلیدسی تبعیت خواهند کرد. حالا توپ بولینگی را در نظر بگیریم که جایی روی سطح تشک گذاشته شده است (اما نه بر روی مورچه‌ی کوچک ما) و در پیرامون خود سطح تشک را تغییر شکل می‌دهد. هر چقدر مورچه دورتر از توپ بولینگ حرکت کند، سطح تشک تقریباً سطحی اقلیدسی است. با این حال اگر او به توپ نزدیک شود به دو مشاهده‌ی قابل توجهی دست پیدا خواهد کرد.



نخست اینکه احساس می‌کند نیرویی او را به سمت توپ جذب می‌کند، که در واقع به این دلیل است که سطح تشک در نزدیکی توپ به سمت پایین خمیده شده است و این‌که مورچه برای بالارفتن از یک شیب تا پایین رفتن از آن سختی بیشتری تحمل می‌کند. توجه داشته باشید که هیچ نیروی مستقیمی بین توپ و مورچه وجود ندارد (مانند حالتی که مثلاً بین آنها فنری وجود داشته باشد)؛ توپ سطح تشک را تغییر شکل می‌دهد و این تغییر شکل مبداء نیرویی است که مورچه احساس می‌کند. این نیرو می‌تواند مانند نیروی کشش اسرارآمیزی ظاهر شود که متناسب با جرم اشیاء و فاصله‌ی بین آنها است (توپ سنگین‌تر نیروی بزرگتری ایجاد می‌کند).

http://dx.doi.org/10.22108/msci.2020.125461.1392

دومین مشاهده‌ی مورچه این است که سطح نزدیک به توپ، سطحی اقلیدسی نیست! او با ترسیم مستطیل‌ها و دایره‌های کوچک به این واقعیت پی خواهد برد ولی روشن است که هرچقدر این اشکال کوچکتر باشند تفاوت نتایج به دست آمده نسبت به نتایج محاسبات اقلیدسی بسیار کمتر است. فرض می‌کنیم مورچه قصد دارد مسیر دایره‌ای بزرگ را حول توپ طی کند، دایره‌ای که مرکز آن در محلی قرار دارد که توپ واقع شده است.



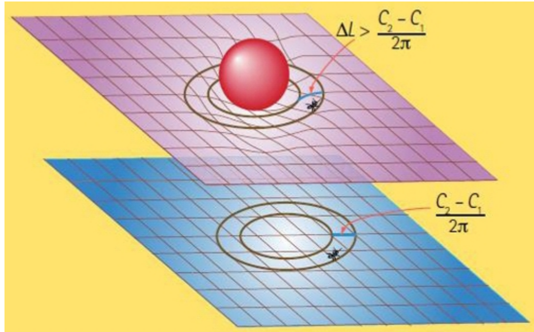
هدف او آزمودن این واقعیت است که آیا محیط دایره برابر با $C = ۲\pi L$ است یا نه. بدیهی است که مشکلی وجود دارد: او نمی‌تواند طول L را مستقیماً اندازه‌گیری کند زیرا او نمی‌تواند به مرکز دایره که در زیر توپ قرار گرفته دسترسی داشته باشد. در عوض او می‌تواند از ترفند پیش رو استفاده کند: نخستین دایره را رسم و محیطش را اندازه‌گیری می‌کند، که ما آن را $C_۱$ می‌نامیم. اکنون دایره‌ای دوم به فاصله‌ی ΔL از دایره نخست رسم و محیط آن را نیز اندازه می‌گیرد. پس او حالا سه اندازه در دست دارد: $C_۱$، ΔL و $C_۲$. بر روی یک سطح صاف فاصله‌ی بین دو دایره $(C_۲ - C_۱)/۲\pi$ به دست می‌آید ولی این جا با در نظر گرفتن خمیدگی سطح ΔL در حقیقت بیشتر از مقدار اقلیدسی است. این تفاوت از این امر می‌آید که ما بایستی درازای خمیدگی سطح را در نظر بگیریم. این همان تصحیحی است که مورچه باید انجام دهد تا قانع شود که سطح خمیده است.

۴. جهان دو بعدی

اکنون می‌خواهیم دست به کاری بزنیم که شبیه به داستان‌های علمی‐ تخیلی است ولی در واقع برای فهم جهان پیرامونمان مفید خواهد بود. مورچه‌ی کوچک ما بر روی سطح یک تشک با دنیایی خیالی جایگزین خواهد شد که در آن فقط دو بعد از مکان وجود دارد. این جهان از موجودات عجیب کوچکی پر شده است که آن‌ها نیز بدون شک دو بعدی می‌باشند. یکی از این موجودات دودِ اینشتین[1] نام دارد. لازم به تکرار است که برای ساکنان این دنیای غریب تنها دو بعد وجود دارد. آن‌ها هیچ ایده‌ای راجع به این که چیزی در خارج از سطحی که بر روی آن زندگی می‌کنند وجود خواهد داشت، ندارند. اگر یکی از ساکنان بگوید که می‌خواهد به بالا یا پایین جهانشان برود، این خطر وجود دارد که او را دیوانه به حساب آورند و زندانی‌اش کنند!

[1]Deudé Einstein

http://dx.doi.org/10.22108/msci.2020.125461.1392



شکل ۲: در یک سطح صاف فاصله‌ی دو دایره هم مرکز برابر با $(C_۲ - C_۱)/۲\pi$ است در حالی که بر روی سطح خمیده این فاصله بیشتر از $(C_۲ - C_۱)/۲\pi$ می‌شود.

در این جهان افراد به این نکته پی برده‌اند که در میان تمامی اجسام نیروی جاذبه‌ی اسرار آمیزی وجود دارد که به جرم آنها و فاصله‌ی بین‌شان بستگی دارد. اما این نیرو بسیار ضعیف است و تنها زمانی که اجسام عظیمی مانند سیارات و ستارگان را در نظر بگیریم محسوس و قابل محاسبه است. آن‌ها معادلات مربوط به این نیروی کنجکاوی برانگیز را بسط و گسترش داده‌اند ولی نمی‌توانند مبداء و منشاء تولید آن را توضیح دهند.

بین استفاده کردن از معادلات برای محاسبه‌ی اثرات یک نیرو و درک مبداء پیدایش آن تنها یک گام وجود دارد. گامی که هیچ کس تا زمان از راه رسیدن دوست باهوش دوبعدی ما، دودِ اینشتین، موفق به پیمودنش نشده بود. پس از داستان جالب مورچه‌ی روی تشک، پاسخ واضح است: حضور ماده باعث خمیدگی جهان دو بعدی می‌شود و این منشاء این نیروی جاذبه است! به هر جهت دودِ برای رسیدن به چنین نتیجه‌ای بایستی یک نابغه باشد زیرا با اینکه او می‌تواند با کمک ریاضیات بعد سومی را توصیف کند، این مفهوم برای او به میزان زیادی دور از عقل سلیم است. دودِ توضیح می‌دهد که بهترین راه متصور شدن منشاء این نیروی جاذبه این است که ادعا شود جهان دو بعدی آنها در بعد سومی خمیده شده است، حتی اگر این بعد اضافی به طور فیزیکی وجود نداشته باشد. این می‌تواند بی معنا به نظر آید که بتوانیم از خمیدگی یک سطح دوبعدی صحبت کنیم بدون آن که بعد سومی لزوماً وجود داشته باشد با این حال این مورد وجود دارد چرا که یک نظریه‌ی فیزیکی برای این که بی هیچ واسطه‌ای درک شود نیازی به ساده بودن ندارد بلکه تنها به این نیاز دارد که از نظر ریاضی منسجم و بهم پیوسته باشد!

شکی نیست که بیشتر افراد این جهان برای فهمیدن آن چه که خمیدگی در بعد سوم معنا می‌دهد با مشکل روبرو هستند. دودِ چگونه می‌تواند هم‌سرزمینان خود را قانع کند که نظریه‌اش، که در نگاه اول عجیب به نظر می‌رسد، توضیح مناسبی برای این نیروی جاذبه ارائه می‌دهد؟ با اندازه‌گیری‌هایی که به طور صریح و روشن هندسه‌ی غیر اقلیدسی را در نزدیکی اجسام بزرگ، به طور مثال ستاره‌ها، ثابت می‌کنند. او پیشنهاد می‌کند که محیط دو دایره هم مرکز حول محور یک ستاره را اندازه‌گیری کرده و بررسی کنند که اختلاف محیط آن‌ها برابر ۲π فاصله‌ی بین آن دو نمی‌باشد. او باز هم فراتر می‌رود: نظریه‌ای را بسط و گسترش می‌دهد که به طور مشخص خمیدگی پدید آمده توسط یک جرم مفروض را پیش‌بینی می‌کند! نظریه او آزموده و به طور عینی تأیید شده است. دودِ سرشناس‌ترین دانشمند جهان خود می‌شود.

۵. و در جهان ما چطور؟

چه افسانه‌ی زیبایی، ولی با این استثناء که، همان طور که شما هم حدس زده‌اید، این افسانه استعاره‌ای است برای نظریه‌ای حیرت‌آور ولی این‌بار کاملاً واقعی. ما داریم از نظریه‌ی نسبیت عام صحبت می‌کنیم که پس از سال‌ها کار سخت و بی امان در سال ۱۹۱۶ توسط آلبرت اینشتین ارائه شد (نبایستی با نظریه‌ی نسبیت خاص اشتباه گرفته شود). اینشتین نظریه‌اش را این‌گونه مطرح کرد که نیروی گرانش از خمیدگی هم‌زمان سه بعد مکان و بعد زمان ناشی می‌شود. پس ما از

http://dx.doi.org/10.22108/msci.2020.125461.1392

خمیدگی مکان‌ـ‌زمان صحبت می‌کنیم [۲]. این نکته مهم است که تفاوت عمده‌ای را میان نظریه‌ی اینشتین و قیاس مورچه‌ای که احساس می‌کند توسط توپ بولینگ جذب می‌شود در نظر بگیریم. در قیاس مربوط به مورچه بدون شک این زمین است که با جذب توپ باعث تغییر شکل سطح تشک می‌شود. از نظر اینشتین یک جرم تماماً زمان‌ـ‌مکان پیرامون خود را خمیده می‌کند بدون آن که توسط هر چیز دیگری جذب شده باشد. درست مثل این که تنها جرم توپ سطح تشک را تغییر شکل بدهد بدون آن که هیچ چیز دیگری آن را به طرف خود جذب کرده باشد.

نخستین تایید مستقیم درستی نظریه‌ی اینشتین به طور عینی در زمان خورشیدگرفتگی سال ۱۹۱۹ صورت گرفت، زمانی که خمیدگی ناشی از خورشید انحراف نورهای متعلق به ستاره‌های بسیار دور را در پی داشت (بایستی منتظر یک خورشید گرفتگی می‌بودند تا نور خورشید نور ستاره‌های دیگر را در خود غرق نکند). توجه داشته باشید که این انحراف نور به سبب جاذبه‌ی میان اجرام توجیه نمی‌شود زیرا که نور فاقد جرم است. بدون نظریه‌ی اینشتین آن‌ها قادر نبودند بفهمند چرا در اثر وجود یک جرم مسیر نور تغییر می‌کند. آیا می‌توان تصور کرد که خمیدگی فضا با اندازه‌گیری محیط دو دایره در مثال مورچه و توپ بولینگ قابل مشاهده است؟ جواب مثبت است. به لطف نظریه‌ی اینشتین می‌توانیم به معادله‌ی صریح و روشنی دست پیدا کنیم، معادله‌ای که در آن مقدار ΔL متناسب است با مقادیر $C_۱$ و $C_۲$ و میزان جرم جسمی که زمان‌ـ‌مکان را تغییر شکل می‌دهد. برای مثال دو دایره‌ی هم مرکز حول محور خورشید و نزدیک به سطح آن را در نظر بگیرید در این حالت مقدار ΔL پیش بینی شده توسط نظریه‌ی اینشتین تنها ۰٫۰۰۰۰۲٪ بیشتر از میزان اقلیدسی آن است (برای مثال اگر دو دایره هم مرکز در سطح صاف ۱۰۰ کیلومتر با هم فاصله داشته باشند، در اثر خمیدگی فضا این فاصله تنها ۲۰ سانتی‌متر افزایش می‌یابد). این میزان بسیار کوچک می‌شود زمانی که این خمیدگی را در اثر جرم یک ستاره در نظر بگیریم. برای رسیدن به نتیجه‌ای مهم و تاثیرگذارتر بایستی جسمی را در نظر بگیریم که نه تنها دارای جرم بسیار زیادی است بلکه ابعاد بسیار کوچکی نیز دارد به طوری که بتوانیم به ناحیه‌ای نزدیک شویم که خمیدگی در آن بطور قابل توجهی مشخص است. مثال چنین جسمی یک سیاه‌چاله است.

برای مجسم کردن یک سیاه‌چاله باز به سراغ مورچه‌ی روی سطح تشک پرش می‌رویم. تصور کنید که بر روی سطح تشک به جای توپ بولینگ، جسم بسیار کوچکی که دارای جرم بسیار زیادی است را قرار می‌دهیم. این جسم تغییر شکلی در سطح تشک ایجاد می‌کند که شبیه مخروطی با دیواره‌هایی با شیب تند است. هم‌چنین تصور کنید که سطح تشک بسیار لغزنده است. اگر مورچه‌ی ما در راستای مرکز این تغییر شکل حرکت کند در یک لحظه دیگر قادر نخواهد بود که خودش را نگه دارد. از نظر او کشش به سمت جسم قرار گرفته بر روی سطح تشک اجتناب‌ناپذیر خواهد بود و نتیجتاً بر روی آن سقوط خواهد کرد. یک سیاه‌چاله معادل چنین وضعیتی است اما با دو تفاوت مهم. نخست آن که در مورد مربوط به سیاه‌چاله جرم اساساً در فضایی به حجم صفر متمرکز شده است که ما به آن تکینگی می‌گوییم. ثانیاً اگر زمانی که مورچه به سمت مرکز حرکت می‌کند بر روی آن بیفتد می‌تواند سنگریزه‌ای به بیرون پرتاب کند یا از تلفن همراه خود برای کمک گرفتن استفاده کند. در سیاه‌چاله با گذر از نقاطی [که افق رویداد سیاه‌چاله نام دارد][۳] همه چیز به سمت ناحیه تکینگی سقوط می‌کند، این شامل امواج الکترومغناطیسی تشکیل دهنده‌ی نور و سیگنال‌های تلفن همراه نیز می‌شود. به طور قطع هیچ چیز نمی‌تواند از سیاه‌چاله بگریزد. در سیاه‌چاله‌ای با جرم خورشید ناحیه‌ی خطرناک شعاعی نزدیک به ۳ کیلومتر دارد. پس می‌توانیم بگوییم که دو دایره با محیط $۲\pi \times ۴,۰km$ و $۲\pi \times ۵,۰km$ بدون خمیدگی فضا، فاصله‌ی بینشان $\frac{C_۲ - C_۱}{۲\pi} = ۱,۰km$ خواهد بود. نسبیت عام این مقدار را بیشتر از $۱,۷km$ پیش‌بینی می‌کند.

۶. در این میان ریاضیات چه کاربردی دارد؟

لازم به ذکر است که این خمیدگی فضا هیچ‌گاه به طور مستقیم مشاهده نشده است اما پیش‌بینی‌های متعدد نظریه‌ی نسبیت عام، استادانه تایید شده و در جامعه‌ی علمی هیچ‌کس به اعتبار این نظریه شک نمی‌کند. چه کسی تفاوت بین نتایج

[۲] بایستی توجه کرد که برخلاف آن‌چه که قیاس‌های ما ممکن است به ما القا کنند، زمان نقشی مرکزی در نظریه‌ی نسبیت عام دارد. در قیاسی وفادارانه‌تر، خمیدگی زمان‌ـ‌مکان منشاء گرانش خواهد بود. ما تصمیم گرفتیم دقت را فدای سادگی کنیم.

[۳] یادداشت مترجم

بدست آمده از نظریه‌ی اینشتین و مقادیر اقلیدسی را توضیح می‌دهد؟ اساساً نسبیت عام می‌گوید که فضای سه بعدی ما و زمان در اثر حضور ماده خمیده می‌شوند. همه چیز به گونه‌ای اتفاق می‌افتد که گویی جهان ما در بعد پنجمی فرو رفته و خم شده است! ما نمی‌توانیم چنین چیزی را مستقیماً و بی واسطه درک کنیم، همان‌طور که هم‌سرزمینان دودِ نمی‌توانستند بعد سوم را تصور کنند. اینشتین نمی‌گوید که این بعد اضافه وجود فیزیکی دارد، این تنها ترفندی ریاضیاتی برای تصور کردن خمیدگی فضای پیرامون ماست (در حال حاضر نظریه‌های در دست مطالعه‌ای وجود دارند که وجود واقعی بعدهای اضافی را مطرح می‌کنند، مانند نظریه‌ی ریسمان‌ها، ولی در این موارد دیگر صحبتی از نظریه‌ی اینشتین نمی‌شود). این مثال جالبی است که در آن ریاضیات ما را به فهم جهانمان کمک می‌کند به طوری که اگر به دریافت‌های مستقیم‌مان تکیه می‌کردیم هیچ‌گاه امکان چنین درکی برایمان فراهم نمی‌شد.

مراجع

[1] Patrick Labelle and Vasilisa Shramchenko, La gravité selon Einstein: leçons d’une fourmi, *Accromath*, 11 (2016) 8–13.

پدرام صابری
دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته زبان و ادبیات فرانسه، دانشکده زبان های خارجی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
pedramsaberi@gmail.com

پدرام صابری متولد فروردین ماه ۱۳۶۲ در شهر اصفهان است. وی در سال ۱۳۸۱ وارد مقطع کارشناسی رشته فیزیک دانشگاه اصفهان شد. در سال ۱۳۹۶ تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی ارشد، رشته زبان و ادبیات فرانسه در دانشگاه اصفهان ادامه داد و در سال ۱۳۹۸ از این دانشگاه فارغ التحصیل شد. وی هم اکنون در زمینه ترجمه و تدریس زبان فرانسه فعالیت دارد.

http://dx.doi.org/10.22108/msci.2020.125461.1392