

<http://physicsweb.org/article/news/5/8/4>

2001/08/03

کمک به حل مشکل ثابت گرانشی

سنجش‌های جدید ثابت گرانشی تأیید کرده اند که مقدار رسمی این ثابت را باید زیاد کرد و (چنان که جان مور [1] گزارش می‌دهد) ممکن است مشکلی آزمایش‌های قبل را هم توضیح دهند.

از 1798 که هنری کوندیش [2] برای اولین بار ثابت گرانشی نیوتن [3] را سنجید تا کنون، G ی بزرگ همیشه نادقیق‌ترین کمیت سنجیده شده بین ثابت‌های بنیادی بوده است. در واقع در جدیدترین فهرست ثابت‌های بنیادی (که در 1998 منتشر شد) نایقینی G ده بار بیش از فهرست قبلی شده بود.

اما پارسال دو فیزیک‌پیشه‌ی ایالات متحد دقیق‌ترین سنجش‌ی که تا کنون انجام شده را گزارش دادند و اخیراً هم یک گروه از پژوهش‌گران بورواترنسیتل دپولا مزور (بای‌پام) [4] در فرانسه و پرمینگام یونیورسیتی [5] در بریتانیا نتایج یک سنجش پیچیده‌ی دیگر را گزارش کرده اند. به علاوه، این گروه ادعا می‌کند علت خطای آزمایش‌ی که به ده برابر افزایش نایقینی این ثابت منجر شد را کشف کرده است.

سنجش G ی بزرگ دشوار است، چون گرانش با اختلاف زیاد ی ضعیف‌ترین نیرو از چهار نیروی بنیادی است، و چون حذف آثار گرانشی محیط بر آزمایش غیر ممکن است. فعلاً مقدار رسمی ثابت گرانش $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ ، با نایقینی 1500 قسمت بر میلیون است. برای مقایسه، جرم الکترون با دقت 0.08 قسمت بر میلیون معلوم است.

در 1994 وینفرید میشلایس [6] و هم‌کارانش در آزمایش‌گاه استاندارد آلمان (فیزیکالیش-تشنیشه بوندیس آنشتالت (پت‌ب) [7] در براؤنشویگ) آزمایش‌های‌شان برای سنجش G را شروع کردند. آن موقع مقدار پذیرفته شده 6.67259×10^{-11} با خطای 128 قسمت بر میلیون بود. نتیجه‌ی سنجش‌های پت‌ب جامعه‌ی G ی بزرگ را تکان داد، چون

مقدار حاصل 5000 قسمت بر میلیون بزرگ‌تر از مقدار پذیرفته شده در آن زمان بود، که این مقدار کاملاً خارج پهنای خطای آزمایش بود [8]. از آن زمان تا کنون، سنجش پیشه‌ها گرفتار نتایج پت‌پ بوده اند.

بازگشت به بنیادها

در آزمایش سنتی ترازوی پیچشی کوندیش، جرم‌های آزمون از سیم ی آویزان اند که در اثر گشت‌آور گرانشی حاصل از جرم‌های چشمه (در نزدیکی جرم‌های آزمون) می‌چرخد. پیچش سیم با این چرخش مخالفت می‌کند. با سنجش مقدار پیچش سیم (که با ربایش گرانشی بین جرم‌ها متناسب است) مقدار G تعیین می‌شود.

پارسال پنس گوندلاخ [9] و سٹیفن مرکویتس [10] از یونیورسیتی آواشینگتن این سیٹل [11] شکلی کاملاً تغییر یافته ای از ترازوی پیچشی کوندیش را به کار بردند، که در آن هم جرم‌های چشمه و هم جرم‌های آزمون روی میزهای چرخان می‌چرخیدند. ویژه‌گی کلیدی آزمایش آن‌ها این است که در آن سیم نمی‌پیچد. به گفته‌ی گوندلاخ، همین به آن‌ها اجازه داده از بیش‌تر خطاهای سیستماتیک پرهیز کنند. پارسال گوندلاخ و مرکویتس مقدار $10^{-11} \times 6.674 \ 215$ با نایقینی فقط 14 قسمت بر میلیون را گزارش کردند. دقت این آزمایش از همه‌ی آزمایش‌های قبلی بیش‌تر بوده است، و در آن اصولاً استاندارد جدیدی برای سنجش G به دست آمده است [12].

در آزمایش بای‌پام-پرمینگام هم یک آرایه‌ی اصلاح‌شده‌ی کوندیش به کار می‌رود. این آرایه روی یک توده‌ی مرمر قرار دارد که به یک بستر سنگی محکم شده است. کل مجموعه در آزمایش‌گاه ی است که دمای آن کنترل می‌شود. چهار جرم آزمون (هر یک به جرم 1.2 کیلوگرم) روی یک قرص سوار شده اند، که از یک نوار مس-بریلیم آویزان است. این مجموعه در یک اتاقک خلأ قرار دارد. چهار جرم چشمه (هر یک به جرم 12 کیلوگرم) بیرون اتاقک اند. این‌ها روی یک صفحه‌ی چرخان اند که با یک موتور رو-ایست حرکت می‌کند. وقت ی جرم‌های چشمه به طور شعاعی با جرم‌های آزمون هم‌خط اند، گشت‌آور گرانشی یی به ترازو وارد نمی‌شود. وقت ی جرم‌های چشمه به اندازه‌ی 18.7° در هر جهت ی بچرخند، گشت‌آور بیشینه می‌شود.

تری کن [13] از بای‌پام می‌گوید: ”یک ویژه‌گی منحصر به فرد آزمایش ما این است که با یک دست‌گاه می‌توانیم هم آزمایش کوندیش را انجام دهیم و هم آزمایش ی که با

موتور کنترل شود. در روش کنترل با موتور، گشت آورگرانشی حاصل از جرم‌های چشمه با گشت آور الکتروستاتیک مستقیماً وارد بر جرم‌های آزمون خنثا می‌شود. این گشت آور الکتروستاتیک با اعمال یک ولتاژ دوره‌ای بین جرم‌های آزمون و یک جفت الکتروود مسی نازک نزدیک هر جرم تولید می‌شود. با سنجش گشت آور الکتروستاتیک لازم برای به تعادل در آوردن گشت آورگرانشی ناشی از جرم‌های چشمه، می‌شود G را حساب کرد. به دنبال 38 آزمایش کوندیش (که هر کدام چهار ساعت طول می‌کشد) و 25 آزمایش موتوری جمعاً به مدت 10 ساعت، گروه پای‌پام به مقدار 6.675×10^{-11} با خطای 41 قسمت بر میلیون رسید. کن می‌گوید: "سازگاری خوب نتایج حاصل از دوروش شاهدی بر این است که بسیاری از خطاهای سیستماتیک که معمولاً در سنجش G اثر دارند، در آزمایش ما وجود ندارد. نتیجه‌ی ما به مقدار گوندلاخ و ویرگوتس نزدیک است، اما دقیقاً با آن یکسان نیست."

در واقع نتایج پای‌پام و سیتیل به اندازه‌ی بیش از چهار برابر نایقینی کلی‌شان با هم اختلاف دارد. گروه پای‌پام در مقاله‌ی که در فیزیکال ریویولتیرز [14] پذیرفته شده می‌نویسد: "این اختلاف احتمالاً ناشی از خطاهای سیستماتیک به اندازه‌ی یک یا دو قسمت بر 10^4 است، که در یک‌ی از این آزمایش‌ها یا هر دو وجود دارد."

پت‌پ، آری یا نه؟

گروه پای‌پام ضمناً معتقد است اشکالی کار پت‌پ را می‌داند. کن می‌گوید مسئله بسیار ظریف است و مشکل از این جا پیش می‌آید که ظرفیت‌های مختلف‌ی که در آزمایش ظاهر می‌شوند به بس آمد بسته‌گی دارند و با کاربرد موتوره‌ای جریان‌مستقیم و جریان‌دوره‌ای تغییر می‌کنند. به بیان ساده، کن می‌گوید گروه پت‌پ دست‌گاهش را در یک بس آمد مدرج کرده و سنجش‌هایش را در بس آمد دیگری انجام داده است. گروه پای‌پام هم در ابتدای آزمایش‌ش (وقت‌ی از موتوره‌ای رو-ایست مستقیم استفاده می‌کرد) به مشکلی مشابه‌ی بر خورده بود. کن می‌گوید: "با استفاده از یک موتور جریان‌دوره‌ای که همیشه با یک بس آمد کار می‌کرد، مشکل حل شد."

اما وینفرید می‌شائلیس آزمایش پای‌پام را دیده است و تصور نمی‌کند نظریه‌ی کن می‌تواند اشکالی سنجش‌های پت‌پ را توضیح دهد. او می‌گوید: "آریه‌ی آزمایش پای‌پام مجموعه‌ی نسبتاً بازی از اجزای الکتروستاتیک است که در آن مواد نارسانا هم

به کار رفته است. در حالی که ما جعبه‌ی الکتروموتور تقریباً بسته‌ای بدون مواد نارسانا داشتیم. با وجود این گروه پت‌ب به‌زودی با کمک متخصص‌های سنجش ظرفیت آزمایش جدیدی انجام خواهد داد.

جامعه‌ی G ی بزرگ منتظر نتایج آزمایش‌های دیگر است. در ژوئیه یک گروه کاری از کُدا تا [15] (سازمان بین‌المللی‌یی که مقدار ثابت‌های بنیادی را اعلام می‌کند) تصمیم گرفت مقدار G یا نایقینی آن را نسبت به فهرست 1998 عوض نکند.

کن می‌گوید: ”محتمل‌ترین روی‌داد پس از اعلام نتایج دیگر این است که مقدار G به مقداری که ما به دست آورده‌ایم نزدیک شود و نایقینی آن هم کم شود، احتمالاً به اندازه‌ی ده برابر.“

- [1] John Moore
- [2] Henry Cavendish
- [3] Newton
- [4] Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)
- [5] Birmingham University
- [6] Winfried Michaelis
- [7] Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
- [8] Metrologia **32** 267
- [9] Jens Gundlach
- [10] Stephen Merkowitz
- [11] University of Washington in Seattle
- [12] Physical Review Letters **85** 2869
- [13] Terry Quinn
- [14] Physical Review Letters
- [15] CODATA