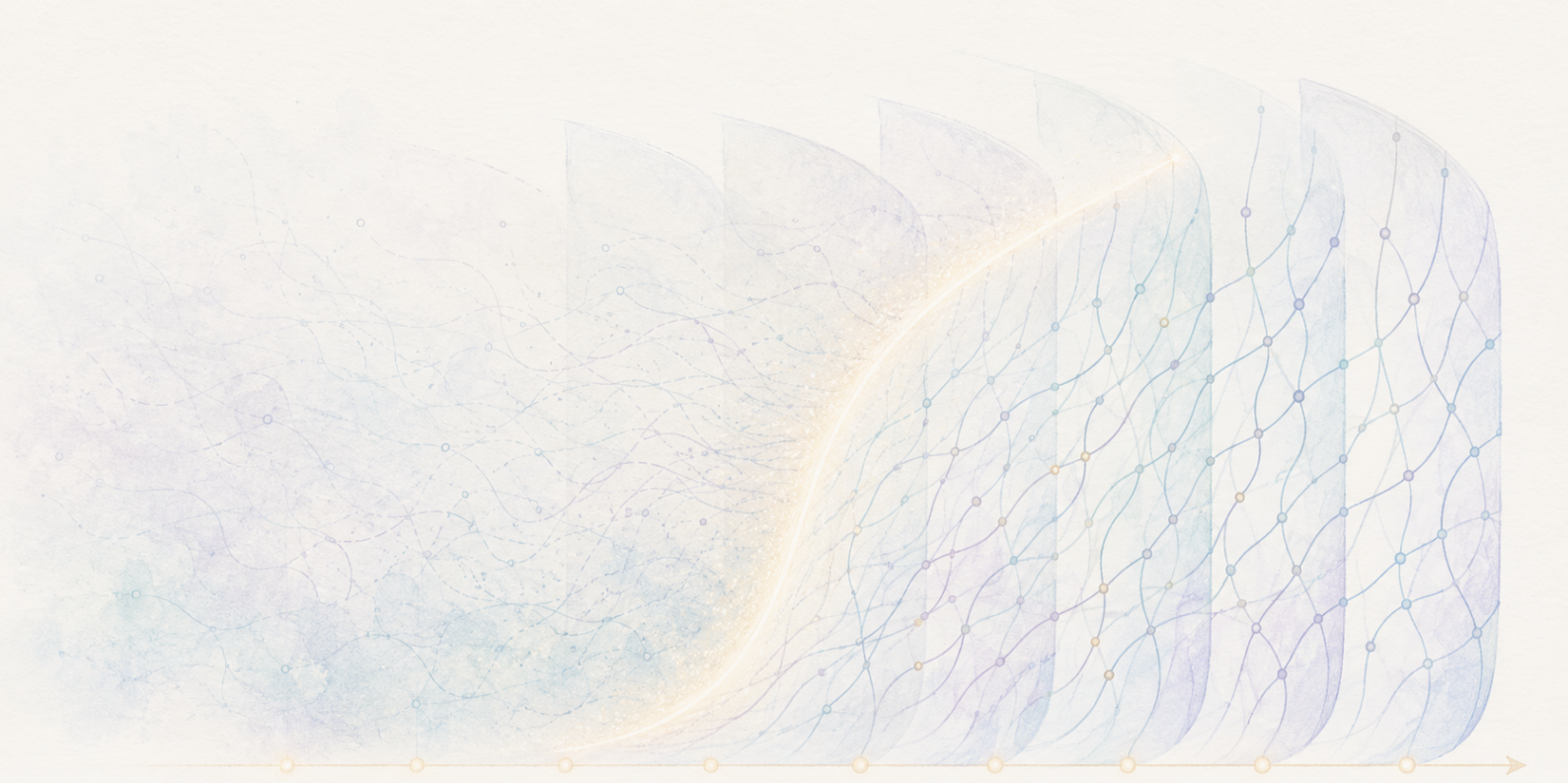




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Beşölçülü klassik model qravitasiyanı kvantlaşdırmadan kvant davranışını yenidən qurmağa çalışır

Scientific Reports məqaləsi adi fəza-zamanın əlavə parametr tau üzrə təkamül etdiyi 4D + tau çərçivəsi təklif edir. Simulyasiya və model hesablamalarında o, tarazlıqda Nyuton qravitasiyasını bərpa edir, əsas ümumi-nisbilik quruluşuna doğru gedir və dünya-xətti dinamikası vasitəsilə EPR-tipli korrelyasiyaları və iki-yarıq interferensiyasına bənzər davranışı təkrarlayır. Nəticə təxribatçı nəzəri konstruksiyadır; kvant qravitasiyasının həll olunduğuna və ya standart kvant mexanikasının səhv olduğuna eksperimental sübut deyil.

Written by Matteo · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: A five-dimensional classical framework for gravitational and quantum phenomena, Filip Strubbe, Scientific Reports 16, Article 2965 (2026) · DOI: 10.1038/s41598-025-32860-8

Kvant qravitasiyasına klassik yolla çatmaq cəsarətli iddiadır. Bu isə hələ modeldir

Kvant mexanikasını qravitasiya ilə birləşdirməyə çalışan yanaşmaların çoxu qravitasiyanı kvantlaşdırmaqdan başlayır. Filip Strubbenin Scientific Reports-da dərc olunan yeni məqaləsi əks istiqaməti sınayır: təməli klassik saxlamaq, əlavə təkamül parametri daxil etmək və qravitasiyanın tanış effektlərinin, eləcə də bəzi kvant hadisələrinin həmin daha böyük klassik dinamikadan ortaya çıxıb-çıxa bilməyəcəyini soruşmaq.

Bu, təxribatçı addımdır. Onu şişirtmək də çox asandır.

Məqalə kvant qravitasiyası problemini həll etmir. Kvant mexanikasının səhv olduğunu göstərmir. Bell teoremini təkzib etmir və kainatın gizlicə sadə saat mexanizmi olduğunu sübut etmir. Təklif etdiyi şey modellərdə seçilmiş qravitasiya və kvantabənzər davranışları təkrarlaya bilən, standart kvant nəzəriyyəsindən fərqlənə biləcək bəzi proqnozlar verən beşölçülü klassik çərçivədir.

Faydalı sual “klassik fizika kvant fizikasını məğlub etdimi?” deyil. Etməyib. Faydalı sual daha dardır: klassik nəzəriyyə standart dördölçülü klassik fizikanın təqlid edə bilmədiyi bəzi hadisələri təqlid etmək üçün nədən imtina etməli və ya nə əlavə etməlidir?

Bu məqalədə əlavə edilən şey beşinci fəza ölçüsü deyil. Adı tau olan əlavə parametrdir; adi dördölçülü fəza-zaman onun üzrə təkamül edir.

Adi zaman olmayan əlavə zaman

Çərçivə adi dördölçülü fəza-zamandan başlayır: bir zaman koordinatı və üç fəza koordinatı. Sonra xarici təkamül parametri tau əlavə olunur. Koordinat zamanı fəza-zaman daxilində hadisələri işarələyir. Tau isə bütün fəza-zaman konfigurasiyasının tarazlığa doğru necə relaksasiya etdiyini idarə edir.

Bu fərq təklifin onurğa sütunudur. Məqalə quruluşu $4D + \tau$ çərçivəsi adlandırır. Formal olaraq beşölçülüdür, amma müəllif bunun nə demək olduğuna ehtiyatla yanaşır: adi dördölçülü fəza-zaman metrikinə əvəz edən beşölçülü metrik yoxdur. Əvəzində tau dördölçülü həndəsənin və onun içindəki hissəcik dünya xətlərinin dinamikasını hərəkətə gətirən parametrdir.

Təsvir qəsdən qeyri-adidir. Əsas obyektlər dalğa funksiyaları deyil. Onlar dünya xətləridir: tau dəyişdikcə təkamül edə bilən fəza-zaman yolları. Məqalə fəza-zamanı zaman ölçüsü boyunca tədricən “kristallaşan” kimi təsəvvür edir. Kristallaşma cəbhəsinin arxasında konfigurasiyalar sabit nəticələrə qədər relaksasiya edib; cəbhənin önündə gələcək hələ eyni şəkildə təşkil olunmayıb.

Sistemin içindəki müşahidəçiyə yalnız tarazlaşmış nəticələr əlçatandır. Müşahidəçi tau-nu

birbaşa görmür. O, kristallaşmış nəticələrin ardıcılığından adi dördölçülü tarixi bərpa edir.

Məqalə bu yolla iki şeyi eyni anda əldə etməyə çalışır: determinist, klassik altda yatan dinamika və sistemin içindən baxıldıqda adi zamanın, ölçmə nəticələrinin və kvantabənzər davranışın görünməsi.

Əvvəl qravitasiya: Nyuton, sonra Eynşteynin bəzi hissələri

Məqalənin qravitasiya hissəsi zəif qravitasiya limitindən başlayır. Müəllif qravitasiya potensialı üçün relaksasiya tənliyi yazır. Sistem tau-ya görə tarazlığa çatdıqda bu tənlik qravitasiya üçün adi Nyuton–Puasson tənliyinə çevrilir.

Məqalə dünya xətləri üçün ayrıca relaksasiya qaydası da verir. Tarazlıqda dünya xətləri Nyuton qravitasiyasından gözlənilən yollara doğru yönəlir. Ədədi nümunələr qəsdən sadədir: məsələn, statik kütlə və Nyuton fəza-zamanına doğru relaksasiya edən iki-kütləli sistem.

Müəllif sonra eyni ideyanı ümumi nisbiliyə doğru genişləndirir. Yalnız Nyuton potensialını relaksasiya etdirmək əvəzinə, çərçivə fəza-zaman metrikinin özünü relaksasiya etdirir. Tarazlıqda dünya xətləri **geodeziklərə** çevrilir: qravitasiyadan başqa qüvvə təsir etmədikdə sərbəst düşən cisimlərin izlədiyi yollar, yəni əyri fəza-zamanda düz xətlərin analoqları. Həndəsənin ümumi nisbiliyin əsas xüsusiyyətlərini bərpa etməsi nəzərdə tutulur.

Məhdudiyyət vacibdir. Məqalə ümumi nisbiliyin bütün güclü-sahə proqnozlarının tam çıxarışı deyil. Güclü-sahə rejimlərini, sinqulyarlıqları, qravitasiya qırmızı sürüşməsinə, qravitasiya dalğalarını və daha zəngin dünya-xətti davranışını gələcək işlərə açıq şəkildə saxlayır. İddia budur ki, çərçivə zəif limitdə Nyuton qravitasiyasını və daha hamar rejimdə əsas ümumi-nisbilik quruluşunu bərpa edə bilər; Eynşteyn qravitasiyasının bütöv, sınaqdan keçmiş mexanizmini əvəz etdiyi deyil.

Bell sınağındakı addım: fəza-zaman fərziyyəsini dəyişmək

Kvant mexanikasının klassik izahı üçün ən çətin hissə qeyri-lokallıqdır.

Bell teoremi bizə deyir ki, standart fərziyyələr altında heç bir lokal gizli-dəyişən modeli bütün kvant korrelyasiyalarını təkrarlama bilməz. Eksperimentlər Bell bərabərsizliklərini dəfələrlə pozub. Buna görə adi dördölçülü klassik təsvirlər kifayət etmir.

Bell bərabərsizlikləri sadə dillə

Təsəvvür edin ki, iki hissəcik eyni mənbədən üzərlərində gizli təlimat vərəqləri ilə çıxır. Bir-birindən uzaqda Alice və Bob müstəqil olaraq hissəciklərini necə ölçəcəklərini seçirlər. Əgər hər nəticə yalnız öz lokal təlimatı ilə müəyyən olunursa, heç bir tərəfə digərinin

seçimi təsir edə bilmirsə və ölçmə seçimləri həmin təlimatlardan statistik cəhətdən müstəqildir, Bell bərabərsizlikləri iki nəticə dəstinin nə qədər güclü korrelyasiya edə biləcəyinə yuxarı hədd qoyur. Real eksperimentlər bu həddi aşır. Nəticə konkret bir alternativin qalib gəlməsi deyil; realizm, lokallıq və statistik müstəqilliyin hamısını eyni anda saxlamaq mümkün deyil.

Lokal həddin, kvant proqnozunun və eksperimental sınaqların addım-addım çıxarışı üçün Bell teoreminin necə sınaqdan keçirildiyi barədə bələdçimizə baxın.

Məqalənin cavabı Bell teoremini inkar etmək deyil. O, teoremin tətbiq edildiyi mühiti dəyişir. $4D + \tau$ çərçivəsində konfigurasiya τ üzrə təkamül etdikcə təsirlər dünya xətləri boyunca yayıla bilər. Adi fəza-zaman nöqtəyi-nəzərindən bu, qeyri-lokal korrelyasiya kimi görünə bilər. Təklif olunan altda yatan dinamika baxımından isə qarşılıqlı təsir τ -da müvafiq dünya xətləri boyunca lokaldır.

Məqalə Alice və Bobun ölçdüyü iki fotonla EPR-tipli eksperiment modelləşdirir. Model maksimal dolaşq qütbləşmə halı üçün standart kvant korrelyasiyalarını təkrarlayır. Formal qiymət açıqdır: model statistik müstəqillikdən tam imtina edir; τ dinamikası vasitəsilə Alice-in ölçməsi Bobun halını əvvəlcədən şərtləndirir. Mexanizm standart kvant kollapsı deyil; birləşmiş dünya xətləri boyunca qütbləşmə hallarının τ ilə idarə olunan relaksasiyasıdır.

Alice və Bob əslində nəyi müqayisə edir

Mənbə bir fotonu Alice-ə, onun cütünü Bob-a göndərir. Hər biri seçilmiş bucaqda qurulmuş qütbləşdirici şüa ayırıcıdan istifadə edir və iki nəticədən birini — keçdi və ya sapdı — qeyd edir. Tək bir cüt korrelyasiyanı göstərə bilməz. Sınaq təcrübəni təkrar edib ayırıcılar arasındakı bucaq dəyişdikcə iki nəticənin nə qədər tez-tez uyğun gəldiyini müqayisə etməklə aparılır. Kvant nəzəriyyəsi lokal və statistik müstəqil gizli təlimatların icazə verdiyindən güclü korrelyasiyalar proqnozlaşdırır. Strubbenin modelində Alice-in ölçməsi τ üzrə əvvəl baş verir; sonra qütbləşmə relaksasiyası birləşmiş dünya xətləri boyunca, onların ortaq mənbəyindən geriye və Bobun yolu boyunca irəli yayılır. Buna görə Bob ölçmə aparanda onun halı artıq şərtlənmiş olur. Model korrelyasiyanı bu yolla təkrarlayır, amma yalnız səbəbiyyət mühitini dəyişib statistik müstəqillikdən imtina etməklə.

Ən sərt sərhəd məhz burada lazımdır. Təklif olunan çərçivə daxilində bir EPR-tipli modeli təkrarlamaq bütün kvant nəzəriyyəsini klassik mexanikadan çıxarmaqla eyni deyil. Məqalənin özü qeyd edir ki, dünya xətləri boyunca informasiya ötürülməsi çox yavaş olsa və ya məkan ayrılığı kifayət qədər böyük olub bir ölçmə müvafiq nəticə məlumatı τ -da yayılmamışdan əvvəl bitsə, standart kvant proqnozlarından sapmalar yarana bilər.

Bu, sınaqdan keçirilə bilən proqnoz istiqamətidir, qələbə elanı deyil.

İki yarıq: hərəkət edən dünya xətləri kimi yenidən qurulur

İkinci kvant nümayişi iki-yarıq interferensiyasıdır.

Məqalə kütləli hissəciyi, konkret olaraq neytronu, tək klassik nöqtə və ya standart kvant dalğa funksiyası kimi deyil, dünya xətləri dəstəsi kimi modelləşdirir. Nümunədə neytronun de Broyl dalğa uzunluğu 2 nm, sürəti 2.000 m/s-dir. Simulyasiya olunan yarığın eni 10 nm, yarıqlar arasındakı məsafə isə 25 nm-dir; naxışın vizual olaraq daha aydın görünməsi üçün bunlar tipik neytron-interferensiya eksperimentlərindəkindən kiçik seçilib.

Dünya xətləri dəstəsi entropik qayda üzrə təkamül edir. Dünya xətti uclarının sıxlığı interferensiyaya bənzər paylanma yaradır, seçilmiş bir “impuls dünya xətti” isə enerji və impuls daşıyaraq faktiki aşkarlanma hadisəsini müəyyən edir. Beləliklə, məqalə daxili kvant superpozisiyasına müraciət etmədən dalğaabənzər davranışı hissəcikəbənzər nəticədən ayırmağa çalışır.

Sonra məqalə qravitasiyanın nəyi üzə çıxara biləcəyini soruşur. Hər simulyasiya olunan neytronda çoxsaylı dünya xətləri interferensiyaya bənzər sıxlığa töhfə verir, amma yalnız seçilmiş impuls dünya xətti enerji və impuls daşıyır və qravitasiyanın mənbəyidir. Model bir ideallaşdırılmış qravitasiya sensorunu iki yarığın ortasında, daha ikisini isə simmetrik olaraq solda və sağda yerləşdirir. Əgər impuls dünya xətti sol yarıq əvəzinə sağ yarıqdan keçirsə, cüzi qravitasiya reaksiyası da onunla birlikdə yerini dəyişir. Bu asimmetriyanı oxumaq seçilmiş yarığı üzə çıxarardı, dünya xətlərinin tam dəstəsi isə ekranda interferensiya naxışını yaratmağa davam edərdi. Təxmini təcil signalı təxminən $2 \times 10^{-23} \text{ m s}^{-2}$ -dir və məqalə praktik ölçmə məhdudiyyətlərini açıq şəkildə kənara qoyur.

Bu rəqəm vacibdir, çünki iddianı dürüst sərhəddə saxlayır. Təklif “kimsə interferensiyanı pozmadan hansı-yol qravitasiya məlumatını artıq ölçüb” demir. Deyir ki, modeldə belə məlumat prinsipə əlçatan olmalıdır, çünki qravitasiya sahəsi hər iki yolun superpozisiyasına deyil, bir müəyyən dünya xəttinə bağlıdır.

Bu, hansı-yol məlumatının interferensiyanı məhv etməli olduğu barədə standart kvant gözləntisi ilə birbaşa ziddiyyət təşkil edir. Və çərçivəyə potensial empirik təzyiq nöqtəsi verir.

Bu nəyi sübut etmir

- Kvant qravitasiyası probleminin həll olunduğunu **sübut etmir**.
- Qravitasiyanın təbiətdə klassik olduğunu **sübut etmir**.
- Bell teoremini **təzkib etmir**; modeldə fəza-zaman səbəbiyyət mühitini dəyişir və statistik müstəqillikdən imtina edir.
- Bütün kvant mexanikasını **təkrarlamır**. Məqalə seçilmiş hadisələri modelləşdirir və tam kvant formalizmini gələcək işlərə saxlayır.
- Ümumi nisbiliyin güclü-sahə rejimlərində tam bərpa olunduğunu **göstərmir**.
- Dalğa funksiyalarını, Hilbert fəzalarını, kompleks ədədləri və ya kvant sahə nəzəriyyəsini

faydasız **etmir**.

- Eksperimental təsdiq **təqdim etmir**. İş nəzəri və simulyasiyaya əsaslanır.

Aydın sərhəd budur: məqalə bir neçə çətin davranışı təqlid edə bilən daha yüksəkölçülü klassik çərçivə təklif edir. Təbiətin həqiqətən bu çərçivədən istifadə etdiyini göstərməyib.

Onu nə sınaqdan keçirilə bilən edər?

Məqalənin ən dəyərli tərəfi sırf fəlsəfi səviyyədə qalmamasıdır. Standart kvant nəzəriyyəsindən fərqlənə biləcəyi yerləri göstərir.

Bir proqnoz EPR-tipli eksperimentlərə aiddir. Dünya xətləri boyunca tau vasitəli informasiya ötürülməsi kristallaşma prosesinə nisbətən effektiv olaraq ani deyilsə, kifayət qədər uzaqlaşdırılmış və ya sürətli ölçmə quruluşları adi kvant korrelyasiyalarından sapa bilər.

Başqa proqnoz kütləli hissəciklərlə iki-yarıq eksperimentlərinə aiddir. Model deyir ki, qravitasiya hansı-yol məlumatı prinsipə interferensiya naxışını aradan qaldırmadan çıxarıla bilər. Bu, standart kvant məntiqi ilə kəskin ziddiyyətdir, baxmayaraq ki, təklif olunan signal son dərəcə kiçikdir və praktik həyata keçirilmə mümkünlüyü göstərilməyib.

Üçüncü proqnoz qravitasiyanın kütlələr arasında dolaşıcılıq yarada bilib-bilmədiyini sınaqdan keçirməyi təklif edən təcrübələrə aiddir. Müasir kvant-qravitasiya sınağı təkliflərinin bir çoxu qravitasiya vasitəli dolaşıcılığı qravitasiyanın kvant xüsusiyyətlərinə malik olmalı olduğuna sübut kimi qəbul edir. Strubbenin çərçivəsində qravitasiya sahəsi bir müəyyən dünya xəttinə aid edilir; buna görə belə qravitasiya-induksiyalı dolaşıcılıq baş verməməlidir.

Bunlar kiçik fərqlər deyil. Spekulyativ çərçivə sadəcə interpretasiya olmaqdan uzağa getmək istəyirsə, məhz belə fərqlərə ehtiyac duyur.

Sübut nə qədər güclüdür?

Sübut ən güclü şəkildə daxili tutarlılıq nümayişidir.

Məqalə 4D + tau mexanizminin tarazlıqda Nyuton qravitasiyasını necə bərpa edə, əsas ümumi-nisbilik quruluşuna necə yaxınlaşa, EPR korrelyasiya modelini necə təkrarlaysa və kütləli hissəcik üçün iki-yarıq interferensiyasına bənzər naxış yarada bildiyini göstərən tənliklər, simulyasiyalar və model nümunələri təqdim edir.

Amma dünya haqqında sübut kimi hələ güclü deyil.

Nümayişlər seçmə xarakterlidir. Çərçivə tam kvant formalizminə qədər genişləndirilməyib. Güclü qravitasiya halları həll edilməyib. Təklif olunan eksperimental sapmalar müşahidə olunmayıb. Məlumatların əlçatanlığı bəyanatında tədqiqatda yaradılan və analiz edilən

məlumat dəstlərinin əsaslandırılmış sorğu əsasında müvafiq müəllifdən əldə edilə biləcəyi deyilir, amma əsas iddia yeni ölçmə deyil; nəzəri konstruksiyadır.

Bu, öz-özlüyündə qüsurlu deyil. Yeni çərçivələr çox vaxt konstruksiya kimi başlayır. Amma təmiz şərhdə konstruksiya, simulyasiya, proqnoz və təsdiq ayrı qutularda saxlanmalıdır.

Niyə vacibdir

Təməl-fizika məqalələri böyük səslənə bilər, çünki söz ehtiyatı böyükdür: kvant qravitasiyası, qeyri-lokalıq, zaman, realizm, determinizm. Təhlükə odur ki, başlıq nəticədən böyük olsun.

Bu məqalə real təzyiq nöqtəsinə toxunduğu üçün oxumağa dəyər. Standart kvant nəzəriyyəsi ilə ümumi nisbilik rahat şəkildə uyğunlaşmır. Bell-tipli korrelyasiyalar standart fəza-zamanda adi lokal klassik izahları həqiqətən məğlub edir. Ölçmə və zaman konseptual baxımdan çətin olaraq qalır. “Bəlkə başlanğıcda səhv fərziyyə fəza-zaman haqqındadır” deyən çərçivə avtomatik doğru deyil, amma legitim sual verir.

Maraqlı addım köhnə klassik fizikaya nostalgiya deyil. Klassik təsvirin işləməsi üçün ödənen qiymətdir: adi fəza-zaman səbəbiyyəti artıq bütün səbəbiyyət arenasına deyil. Çərçivə müşahidəçilərin birbaşa görə bilmədiyi tau-dinamikasını əlavə etməklə realizm və determinizm əldə edilir.

Bu qiymətin məqbul olub-olmaması şüar deyil, fizika sualıdır. Məqalənin öz proqnozları həmin sualın sınaqdan keçirilməli olduğu yerdir.

Təmiz xülasə

Filip Strubbe adi dördölçülü fəza-zamanın əlavə tau parametri üzrə təkamül etdiyi beşölçülü klassik çərçivə təklif edir. Tarazlıqda çərçivə zəif-qravitasiya limitində Nyuton qravitasiyasını bərpa edir və ondan kənarda əsas ümumi-nisbilik quruluşunu bərpa etməyə çalışır. Həmçinin iki kvant hadisəsini modeləşdirir: tau-da dünya xətləri boyunca yayılan təsirlərlə EPR-tipli korrelyasiyalar və sıxlığı dalğaabənzər davranan, seçilmiş bir impuls dünya xətti ilə nəticəni müəyyən edən dünya-xətti dəstəsi ilə iki-yarıq interferensiyası. Təklif nəzəri və simulyasiyaya əsaslanır. Onun əhəmiyyəti kvant qravitasiyasını həll etməsində deyil, qravitasiya hansı-yol məlumatı və bəzi qravitasiya vasitəli dolaşıqlıq sınaqları üçün mənfi gözlənti daxil olmaqla mümkün eksperimental fərqləri olan konkret klassik alternativ yaratmasındadır.

No-BS yoxlaması

Məqalə nəyi göstərir: Təklif olunan 4D + tau klassik çərçivəsi modellərdə seçilmiş qravitasiya və kvantabənzər davranışları təkrarlaya bilər: tarazlıqda Nyuton qravitasiyasını, əsas ümumi-nisbilik quruluşunu, EPR-tipli korrelyasiyaları və iki-yarıq interferensiyasına bənzər naxışı.

Mümkün görünən, amma sübut olunmayan nədir: Bu çərçivənin kvant qravitasiyasına real alternativ yol ola bilməsi. Məqalə yol və proqnozlar verir; təbiətin həmin yolla getdiyini müəyyənləşdirmir.

Nəyi göstərmir: Kvant qravitasiyasını həll etmir, kvant mexanikasını və ya Bell teoremini təkzib etmir, qravitasiyanın klassik olduğunu eksperimental olaraq sübut etmir. Həmçinin tam kvant formalizminin bütöv əvəzedicisini təqdim etmir.

Ümumi oxucu üçün əsas məhdudiyyət: Məqalənin əsas addımı adi fəza-zamandan kənar tau-dinamikası əlavə etməkdir. Bu fiziki baxımdan məhsuldar ola bilər, amma işin böyük hissəsini görən fərziyyə də elə budur. “Daha böyük çərçivənin daxilində klassik” ifadəsini “adi klassik fizika əvvəldən tam doğru idi” ilə qarışdırmayın.

Ümumi oxucu nə qədər əmin ola bilər? Məqalənin ciddi və açıq nəzəri konstruksiya təqdim etdiyinə orta dərəcədə əminlik; onun son cavab olduğuna aşağı əminlik. Düzgün nəticə nə kororanə inanmaq, nə də rədd etməkdir, daha kəskin sualdır: standart kvant nəzəriyyəsindən təklif etdiyi sapmalar eksperimental olaraq sınaqdan keçirilə bilərmi?

Mənbələr

Strubbe, A five-dimensional classical framework for gravitational and quantum phenomena, Scientific Reports 16, Article 2965 (2026)
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-32860-8>