

За вълновите свойства на Вселената и универсалните константи

Квантовата механика управлява микросвета на атомите и елементарните частици. Тя учи, че всяко тяло в природата, независимо от това дали има крайни размери или е материална точка, има вълнова природа. Тази вълна не е подобна на водните вълни. Тя прилича повече на вълните от престъпления или на вълните от истерия: тя представлява информационна вълна. Тя казва каква е вероятността да се регистрира една частица. Ако вълната на един електрон премине през детектора, вероятността за регистриране на частицата нараства, така както е по-голяма вероятността да ви оберат, ако в съседство на вас се шири вълна от криминални престъпления. Дължината на квантовата вълна на една частица е толкова по-малка, колкото по-голяма е нейната маса. Вълновият характер на обектите се проявява, когато дължините на вълните на участниците са по-големи от техните размери. Масите на всекидневните обекти от рода на леки коли и футболни топки са толкова големи, че дължините на техните вълни са неизмеримо по-малки от техните размери, така че ние спокойно можем да забравим за квантовите закони, когато шофираме или играем футбол.

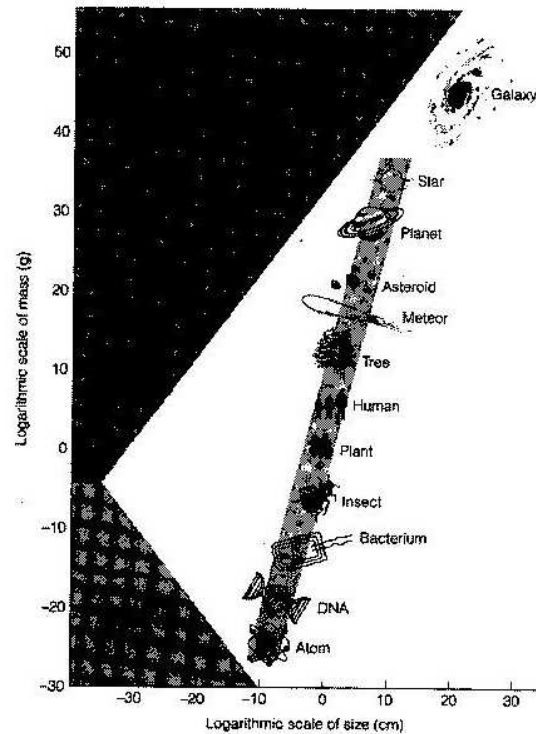
До какви размери трябва да свием Вселената, така че за нея като цяло да започнат да се проявяват законите на квантовата механика? Като се има предвид оценката за масата на видимата Вселена, получаваме, че вълновите свойства на Вселената ще започнат да се проявяват, ако размерите ѝ са не по-големи от Планковата дължина (10^{-35} m), възрастта ѝ – не по-голяма от Планковото време (10^{-43} s), а температурата ѝ – не по-ниска от Планковата температура (10^{32} K)¹.

По такъв начин се оказва, че Планковите единици очертават границите за приложимост на днешните теории. За да разберем как би изглеждал светът в мащаби, по-малки от Планковата дължина, трябва да разберем как се преплитат законите на квантовата механика и за гравитацията. По този начин фундаменталните константи бележат границите на нашето днешно познание и показва къде съществуващите теории започват да ги надминават.

Нещо повече – оказва се, че универсалните константи дават възможност да се очертаят границите, зад които според днешните ни представи, нашето познание не може да проникне. За целта е достатъчно да се направи нещо, подобно на това, което правят астрономите, когато строят диаграмата на Херцшпрунг – Ръсел. В случая е достатъчно да се използва координатна система, по осите на която в логаритмичен мащаб се нанасят съответно размерите и масите на всички стабилни структури в наблюдаемия свят (фиг. 1). Подобна графика е предложена от Б. Кар и М. Рийс в статията им за антропния принцип, публикувана в сп. Nature през 1979 г. (Числата върху координатните оси стават по-лесни за запомняне, ако масите се изразят не в килограми, а в грамове, а размерите не в метри, а в сантиметри.) От графиката се вижда, че познатите ни стабилни структури се разполагат върху една права линия. Ясно е, че тяхната стабилност е резултат от баланса между силите на привличане и силите на отблъскване, които действат между изграждащите ги елементи. В случая на структури от рода на планетите например, балансът е между гравитационните сили на привличане и междуатомните сили на отблъскване, които се проявяват когато се опитате да сближите два атома твърде много.

¹ Планковите единици за дължина, време и маса се дефинират, като във формулите

$\sqrt{\frac{Gh}{2\pi c^3}}$, $\sqrt{\frac{Gh}{2\pi c^5}}$, $\sqrt{\frac{hc}{2\pi G}}$ се заместят стойностите на фундаменталните константи c – скоростта на светлината във вакуум, h – константата на Планк и G – гравитационната константа.



Фиг. 1.

Наличието на тази права линия говори просто, че всеки обект, който е изграден от атоми, има приблизително една и съща плътност, близка до плътността на водата (т. е. маса 10^{-24} g в обем $(10^{-8} \text{ cm})^3$).

Нека обаче използваме същата координатна система, за да отчетем ограниченията, налагани от наличието на черни дупки и от квантовите закономерности. За целта първо ще намерим областта, заета от черните дупки. Зависимостта между масата и размерите на тези обекти се намира лесно, като се има предвид как се определя втората космическа скорост. Наистина, за да отиде тяло с маса m безкрайно далеч от привличащо го с гравитационна сила неподвижно голямо тяло с маса M е необходимо общата енергия на системата да бъде нула, т. е.

$$\frac{mv^2}{2} - G \frac{mM}{R} = 0,$$

където G е гравитационната константа, а R – масата на голямото тяло. Оттук за втората космическа скорост получаваме $v^2 = 2G \frac{M}{R}$. За черна дупка тази скорост е по-голяма от скоростта на светлината във вакуум, така че трябва да е изпълнено равенството $2G \frac{M}{R} > c^2$. Чрез логаритмуване това неравенство придобива вида:

$$\ln M > \ln R + \ln \frac{c^2}{2G},$$

т. е. в логаритмичен мащаб областта на черните дупки наистина е отделена с една права линия, чиито ъглов коефициент е положителен.

Да видим по аналогичен начин и какви ограничения налагат законите на квантовата механика. За целта използваме, че всички обекти се подчиняват на съотношението на Хайзенберг $(Mv)R > h$. Като заместим в него v със скоростта на

светлината, получаваме $M > \frac{h}{Rc}$. Следователно ако за един обект с маса M и размер R е изпълнено обратното неравенство $M < \frac{h}{Rc}$, той по принцип е ненаблюдаем – всеки опит да го наблюдаваме го променя и го прехвърля в друга област на равнината. Отново чрез логаритмуване на неравенството получаваме, че за обектите от тази област е изпълнено неравенството:

$$\ln M < -\ln R + \ln \frac{h}{c},$$

т.е. те лежат под една права, чиито ъглов коефициент е отрицателен.

И така, ние не можем да опознаем нито обектите над горната права, нито тези, които са под долната права. Интересно е, че съществува припокриване на областта, заета от черните дупки, и квантовата област. Тъкмо в тази област се реализира конфликтът между гравитацията и квантовите закономерности. Може да се покаже, че обектите в нея имат размери от порядъка на Планковата дължина и маси – от порядъка на Планковата маса. С други думи Планковите единици играят съществена роля при фиксиране мащабите на иерархичната структура на заобикалящия ни свят.