

# THE HAWKING RADIATION FROM RELICS OF THE QCD PHASE TRANSITION — STRANGE QUARK NUGGETS, PRIMORDIAL BLACK HOLES AND WHITE HOLES

*B. Sinha*\*

Variable Energy Cyclotron Centre, Kolkata, India

It is entirely plausible that during the primordial quark–hadron phase transition, microseconds after the Big Bang, the Universe may experience supercooling accompanied by mini-inflation leading to a first-order phase transition from quarks to hadrons. The relics, in the form of quark nuggets, with baryon number beyond a critical value have survived the evolution of the Universe. The quark nuggets are candidates of strange quark matter. It is conjectured that colour confinement turns the physical vacuum to an event horizon for quarks and gluons. The horizon can be crossed only by quantum tunnelling. The process just mentioned is the QCD counterpart of the Hawking radiation from gravitational black holes. Tunnelling of neutrons from the nuggets is equivalent to the Hawking radiation from the gravitational black hole. Thus, when the Hawking temperature of the quark nuggets gets turned off, tunnelling will stop and the nuggets will survive forever. The baryon number and the mass of these nuggets are derived using this theoretical format. The results agree well with the prediction using other phenomenological models. Further, the variation of the Hawking temperature as a function of baryon number and mass of the nuggets mimics chiral phase transition, somewhat similar to the QCD phase transition. Finally, the strange quark nuggets may well be the candidates of baryonic dark matter.

Вполне правдоподобным является предположение о том, что во время первичного фазового перехода кварк–адрон через микросекунды после Большого взрыва пространство претерпело суперохлаждение, сопровождаемое процессом мини-инфляции, что привело к фазовому переходу первого рода от кварков к адронам. Остатки нетрансформировавшейся материи в форме кварковых наггетсов с барионным числом, превышающим критическое значение, при этом сохранились в процессе эволюции пространства. Подобные кварковые наггетсы являются кандидатами на странную кварковую материю. Предполагается, что цветовой конфайнмент превращает физический вакуум в горизонт событий для кварков и глюонов. Этот горизонт может пересекаться только за счет эффекта квантового туннелирования. Такой процесс является КХД-эквивалентом излучения Хокинга гравитационными черными дырами, т. е. туннелирование нейтронов из наггетсов эквивалентно излучению Хокинга гравитационной черной дырой. Таким образом, когда температура Хокинга кварковых наггетсов становится нулевой, туннелиро-

---

\* E-mail: bikash@vecc.gov.in; bsinha1945@gmail.com

вание прекращается и наггетсы сохраняются навсегда. Барионное число и масса этих наггетсов могут быть получены из приведенных теоретических расчетов. Полученные результаты прекрасно согласуются с предсказаниями других феноменологических моделей. К тому же вариация температуры Хокинга как функции барионного числа и массы наггетсов имитирует киральный фазовый переход, похожий в некотором смысле на фазовый переход КХД. Наконец, наггетсы из странных кварков могут быть перспективными кандидатами на барионную темную материю.

PACS: 11.30.Fs; 25.75.Nq; 04.70.Dy; 95.35.+d