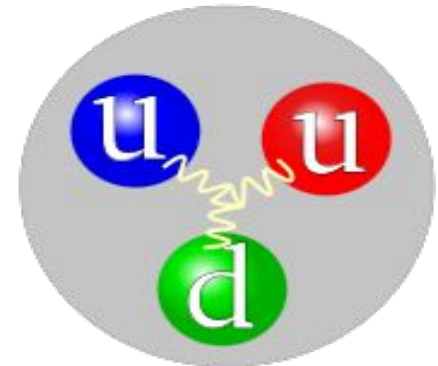


# *Кварки*

Фундаментальные частицы

# Понятие кварка

- **Кварк** — фундаментальная частица в Стандартной модели, обладающая электрическим зарядом, кратным  $e/3$ , и не наблюдающаяся в свободном состоянии, но входящая в состав адронов (сильно взаимодействующих частиц, таких как протоны и нейтроны). Кварки являются бесструктурными, точечными частицами; это проверено вплоть до масштаба примерно  $10^{-16}$  см, что примерно в 20 тысяч раз меньше размера протона.



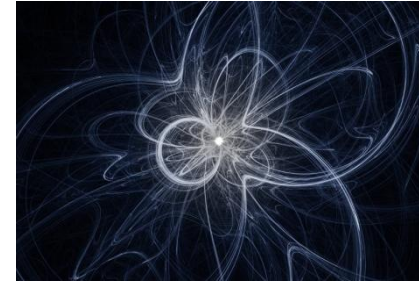
# Свойства кварков

- *В силу неизвестных пока причин, кварки естественным образом группируются в три так называемые поколения (они так и представлены в таблице). Кварки имеют дробный электрический заряд, а в каждом поколении один кварк обладает зарядом  $+2/3$ , а другой  $-1/3$ . Кварки одного поколения были бы неразличимы, если бы не поле Хиггса. Подразделение на поколения распространяется также и на лептоны.*
- *Кварки участвуют в сильных, слабых, электромагнитных и гравитационных взаимодействиях. Сильные взаимодействия (обмен глюоном) могут изменять цвет кварка, но не меняют его аромат. Слабые взаимодействия, наоборот, не меняют цвет, но могут менять аромат. Необычные свойства сильного взаимодействия приводят к тому, что одиночный кварк не может удалиться на какое-либо существенное расстояние от других кварков, а значит, кварки не могут наблюдаться в свободном виде (явление, получившее название конфайнмент). Разлететься могут лишь «бесцветные» комбинации кварков — адроны. Кварки асимптотически свободны при высоких энергиях.*

# Реальность кварков

- *Из-за непривычного свойства сильного взаимодействия — конфайнмента — часто неспециалистами задаётся вопрос: а откуда мы уверены, что кварки существуют, если их никто никогда не увидит в свободном виде? Может, они — лишь математическая абстракция, и протон вовсе не состоит из них?*
- *Причины, по которым кварки считают реально существующими объектами, таковы:*
- *Во-первых, в 1960-х годах стало ясно, что все многочисленные адроны подчиняются более-менее простой классификации: сами собой объединяются в **мультиплеты** и **супермультиплеты**. Иными словами, при описании всех этих мультиплетов требуется очень небольшое число свободных параметров. То есть, все адроны обладают небольшим числом степеней свободы: все барионы с одинаковым спином обладают тремя степенями свободы, а все мезоны — двумя. Первоначально гипотеза кварков как раз и заключалась в этом наблюдении, и слово «кварк», по сути, было краткой формой фразы «субадронная степень свободы».*
- *Далее, при учёте спина оказалось, что каждой такой степени свободы можно приписать спин  $\frac{1}{2}$  и, кроме того, каждой паре кварков можно приписать орбитальный момент — словно они и есть частицы, которые могут вращаться друг относительно друга. Из этого предположения возникло стройное объяснение и всему разнообразию спинов адронов, а также их магнитных моментов.*
- *Более того, с открытием новых частиц выяснилось, что никаких модификаций теории не требуется: каждый новый адрон удачно вписывался в кварковую конструкцию без каких-либо её перестроек (если не считать добавления новых кварков).*

# Открытые вопросы кварков



- *В отношении кварков остаются вопросы, на которые пока нет ответа:*
- *почему ровно три цвета?*
- *почему ровно три поколения кварков?*
- *случайно ли совпадение числа цветов и числа поколений?*
- *случайно ли совпадение этого числа с размерностью пространства в нашем мире?*
- *откуда берётся такой разброс в массах кварков?*
- *из чего состоят кварки? (см. Преоны)*
- *как кварки складываются в адроны?*
- *Впрочем, история с адронами и кварками, а также симметрия между кварками и лептонами, наводит на подозрение, что кварки могут сами состоять из чего-то более простого. Рабочее название для гипотетических частиц-составляющих кварков — преоны. С точки зрения данных экспериментов, до сих пор никаких подозрений на неточечную структуру кварков не возникало. Однако попытки построить такие теории делаются независимо от экспериментов. Серьёзных успехов в этом направлении пока нет.*
- *Другой подход состоит в построении теории Великого объединения. Польза от такой теории была бы не только в объединении сильного и электрослабого взаимодействий, но и в едином описании лептонов и кварков. Несмотря на активные усилия, построить такую теорию также пока не удалось.*