

Рис. 3. Отношение $R = \sigma(\gamma A) / \sigma(\gamma p)$ полных сечений адронного поглощения фотонов с $\epsilon_\gamma = 16$ ГэВ на ядрах и на протонах в зависимости от числа A нуклонов в ядре.

мость от A (сплошная кривая на рис. 3) обусловлена возможностью превращения фотона, напр., в ρ^0 -мезон, к-рый сильно поглощается нуклонами ядра, что приводит к «затенению» внутр. нуклонов при прохождении фотонов через ядро.

Э. в. адронов и ядер представляет собой мощный инструмент для изучения их строения. Так, наиболее полные сведения о размерах ядер, о распределении в них зарядов получены при измерении сечений упругого рассеяния электронов на ядрах. То же справедливо и в отношении нуклонов.

Решающую роль в изучении структуры нуклонов сыграли эксперименты по рассеянию на них электронов большой энергии, выполненные в кон. 1960-х гг. Оказалось, что дифференц. сечение упругого рассеяния значительно отличается от сечения рассеяния на точечной частице и сильно падает по сравнению с последним при увеличении $|q^2|$ (где q — переданный электроном 4-импульс; рис. 4). Это

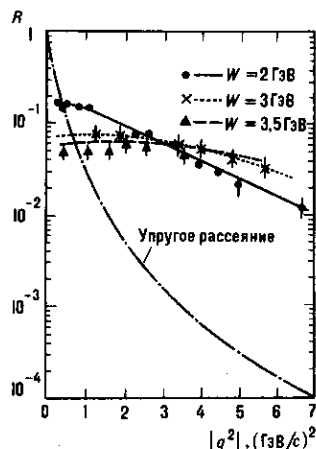


Рис. 4. Зависимость отношения $R = \sigma(e^+ p \rightarrow e^+ \text{ адроны}) / \sigma_M$ от квадрата переданного электроном 4-импульса $|q^2|$ для угла рассеяния электронов $\theta = 10^\circ$ и для различных значений полной энергии W адронов конечного состояния в системе центра масс (σ_M — дифференциальное сечение рассеяния электронов на точечной частице). Ослабление зависимости R от $|q^2|$ при увеличении W указывает на постепенный переход к точечноподобному характеру глубоко неупругого рассеяния электронов на протоне. Штрихпунктирная кривая демонстрирует кардинально иное поведение R для упругого рассеяния электронов на протоне, в котором последний выступает как целое.

доказывает, что нуклон — протяжённый объект. Напротив, сечение *глубоко неупругого* процесса рассеяния, $e^- + p \rightarrow e^- + \text{адроны}$, в к-ром адронам передаются большие импульсы (> 1 ГэВ/с) и энергии ($> 2-3$ ГэВ), ведёт себя так же, как и сечение рассеяния на точечной частице. Последнее обстоятельство привело к формулировке т. н. партонной модели адронов, согласно к-рой адроны состоят из частей — *партонов*, проявляющих себя при взаимодействии с фотонами как бесструктурные (точечные) частицы.

По совр. представлениям, партоны есть не что иное, как *кварки* и *глюоны*. В применении к Э. в. адронов кварковая модель даёт хорошо согласующиеся с экспериментом предсказания не только для магн. моментов частиц, но и для вероятностей радиац. распадов адронов, для сечений упругого и глубоко неупругого рассеяния электронов. При Э. в. фотон взаимодействует с входящими в состав адронов кварками. При этом в *жестких процессах* получившие в результате взаимодействия большую энергию кварки и испускаемые ими глюоны образуют *струи адронные*.

Анализ Э. в. (и, в частности, обусловленных им процессов аннигиляции электронов и позитронов высоких энергий с последующим рождением пары кварков) сыграл огромную роль в изучении свойств кварков (в особенности тяжёлых c - и b -кварков). В первую очередь это касается образования связанных состояний тяжёлых кварков: Υ - и Υ -частиц, а в дальнейшем также изучения свойств рождающихся очарованных и прелестных D - и B -мезонов. Соответствующие исследования существенно продвинули в целом наше понимание кварковой структуры материи. В кон. 1980-х гг. в процессах e^+e^- -аннигиляции была получена обширная информация о свойствах промежуточного Z^0 -бозона, позволившая проверить осн. положения теории электрослабого взаимодействия. Изучение Э. в. элементарных частиц при всё возрастающих энергиях, несомненно, и в дальнейшем будет играть существ. роль в понимании природы этих объектов.

Лит.: Фейнман Р., Взаимодействие фотонов с адронами, пер. с англ., М., 1975; Вайнберг С., Свет как фундаментальная частица, [пер. с англ.], «УФН», 1976, т. 120, в. 4, с. 677; Фрауэнфельдер Г., Хенли Э., Субатомная физика, пер. с англ., М., 1979.

А. А. Комаp, А. И. Лебедев.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ — см. в ст. *Излучение*.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ — физ. поле, взаимодействующее с электрически заряж. частицами вещества, а также с частицами, имеющими собственные дипольные и мультипольные электрич. и магн. моменты.

Концепция поля для описания электрич. и магн. явлений [первонач. в форме потенциалов — С. Пуассон (S. Poisson), 1811, 1823] сложилась как альтернатива теории дальнего действия. Термин «Э. п.» стал применять М. Фарадей (M. Faraday), понимая его как реальный физ. объект, распределённый в пространстве. Дж. Максвелл (J. Maxwell) определил Э. п. как совокупность взаимосвязанных векторных полей и установил законы, к-рым они подчиняются (см. *Максвелла уравнения*). Однако до А. Эйнштейна (A. Einstein) (1904) Э. п. продолжали трактовать как возмущение гипотетич. среды — «светоносного эфира». Эйнштейн окончательно придал Э. п. значение самостоятельной распределённой в вакууме субстанции, обладающей собственной массой и импульсом. Он же ввёл понятие о кванте Э. п.

Сосуществуют две концепции Э. п.: классическая и квантовая. Макроскопическое (классическое) Э. п. рассматривается как непрерывное силовое поле, обладающее распределённой энергией, массой, импульсом, моментом импульса (см. *Электродинамика*). В квантовой физике Э. п. интерпретируют как «газ» элементарных частиц — фотонов, а распределённые векторные величины, подчиняющиеся ур-ниям поля, описывают комплексную амплитуду вероятности обнаружения фотона в данный момент времени в данной области пространства с данным поляризац. состоянием (см. *Квантовая электродинамика*). Согласованность этих двух противоположных, на первый взгляд, концепций объясняется тем, что фотоны имеют целый *спин* и подчиняются статистике Бозе — Эйнштейна, т. е. способны образовывать конденсат — занимать одно и то же квантовомеханическое состояние. Конденсат большого числа фотонов определяет свойства классич. Э. п.

М. А. Миллер, Г. В. Пермитин.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ — электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью. Существование Э. в. было предсказано М. Фарадеем (M. Faraday) в 1832. Дж. Максвелл (J. Maxwell) в 1865 теоретически показал, что эл.-магн. колебания распространяются в вакууме со скоростью света. В 1888 максвелловская теория Э. в. получила подтверждение в опытах Г. Герца (H. Hertz), что сыграло решающую роль для её утверждения.

Теория Максвелла позволила установить, что *радиоволны, свет, рентг. излучение и гамма-излучение* представляют собой Э. в. с разл. длиной волны λ (табл.), причём