Выполнила преподаватель физики

ТФ КБАДК

Иругова А.К.

ФОТОН. СТРОЕНИЕ, РАЗМЕРЫ

АННОТАЦИЯ

Данная работа написана на основе работы "Квантовый микромир" [1], обосновывающей введение ряда новых понятий в микромире и единого поля.

Цель данной работы обосновать, что фотон – материальный объект, обладающий массой, энергией, строением и размерами.

Рассмотрен вопрос квантового движения фотона и соблюдения энергетического баланса.

Рассмотрено изменение параметров фотона при переходе в иные системы измерений.

Показано, что положение «замедления времени» объясняется замедлением скорости протекания физических процессов, в соответствии с увеличением энергонапряженности процессов.

Показано, что представленный фотон в полной мере объясняет все оптические эффекты, приписываемые волновому объекту, и вызывающие положение о дуализме свойств фотона.

ABSTRACT

This work is written on the basisof the work "Quantum Microworld" [1], which substantiates the introduction of a number of new concepts in the microcosm and the unified field. The purpose of this work is to substantiate that a photon is a material object with mass, energy, structure and size. The problem of quantum motion of the photon and the observance of the energy balance is considered. Changes in photon parameters during transition to other measurement systems are considered. It is shown that the position of "time dilation" is explained by a slowdown in the speed of physical processes, in accordance with the increase in the energy intensity of processes. It is shown that the presented photon fully explains all the optical effects ascribed to the wave object and causing the thesis about the dualism of the photon's properties.

Ключевые слова: квантом энергии, квантом массы, энергетическая оболочка частиц, биполь, полный потенциал поля, массовая плотность поля, замедление скорости света, дуализм свойств.

Keywords: quantum of energy, quantum of mass, energy shell of particles, bipole, total field potential, mass density of the field, deceleration of the speed of light, dualism of properties.

1. Введение

Фотон — элементарная частица, квант электромагнитного излучения в виде поперечных электромагнитных волн и переносчик электромагнитного взаимодействия. Это безмассовая частица, способная существовать в вакууме, только двигаясь со скоростью света. Фотон — самая распространённая по численности частица во Вселенной. На один нуклон приходится не менее 20 миллиардов фотонов [15].

В данной теории, на основе установленного в настоящее время фактического материала, и положений, обоснованных в работе «Квантовый микромир», принято иное понимание данного объекта микромира. В работе много новых положений, взятых из этой работы. Фактически, она является продолжением указанных работ, подтверждающих правильность и применимость сформулированных в них новых положений.

Фотон - это элементарная частица, представляющая собой спиралеобразный вихрь электромагнитного поля (материи), образованного квантами поля (биполями в активном состоянии). Он представляет собой объект цилиндрической формы, длиной равной длине квантового движения и сечением, пропорциональным его энергии. Далее это будет обосновано.

В отличие от электрона и протона, фотон не имеет энергетической оболочки, образованной квантомами энергии. Поэтому все акты его квантовых движений, с формированием нового квантома энергии и его активации, происходят по вектору его появления, и он всегда движется со скоростью света.

Установлено, что в реакции аннигиляции электрона с позитроном образуется 2 Ү-фотона. Естественно принять, что между ними есть определенное соответствие. В первом приближении принято, что масса каждого фотона соответствует массе электрона.

В «Квантовом микромире» обосновано, что электрон и позитрон - это вихри поля, свернутые в тор. У электрона правое направление закрутки, у позитрона - левая закрутка. Можно предположить, что в данной реакции, торы разрываются и превращаются в цилиндрические объекты, имеющие разное направление вращения электро-магнитного поля.

Движение фотона, как и всех элементарных частиц, носит дискретный характер: движение на длину волны со скоростью света, остановка, новое движение. Каждый акт квантового движения обеспечивается функционированием квантома энергии (Ке), несущего квант действия h.

Условием существования фотонов, как и всех остальных элементарных частиц, является постоянное взаимодействие с полем, с формированием нового квантома энергии.

При движении фотона, он сжимает перед собой объем поля, содержащий квантом массы Km. При сжатии этого объема, биполи переходят в возбужденное состояние и, объединяясь, формируют новый квантом энергии Ке. Энергетический аспект этого процесса рассмотрен далее.

Квантом энергии Ке=Еч /ǀνчǀ = 6,6261E-34 кг\*м²/сек²

Квантом массы Кm=mч /ǀνчǀ = 7,3725E-51 кг

Новый Ке формируется на торцевой поверхности фотона, сразу активируется, вызывает очередной акт движения фотона на длину волны и все повторяется.

2. Реакция аннигиляции электрона с позитроном

Параметры появившихся, в данном случае, гамма фотонов должны корреспондироваться с параметрами исходных частиц. В первом приближении можно принять.

1. Масса фотона и электрона mф=mе = 9,1094E-31 кг

2. Длина волны λф=λе=h/mе/с = 2,4263E-12 м

3. Частота νф=νе= с/λ = 1,2356E+20 1/сек

4. Квантование Кф=| ν | = 1,2356E+20 квантом

5. Радиус частиц rф=rе = 3,0838E-17 м

6. Сечение частиц sф=sе = π r² = 2,9876E-33 м²

7. Параметр сечения S=mч/sч = 3,0491E+02 кг/м²

8. Объем сжатия поля vф =λф\*sф = 7,2487E-45 м³

9. Объем электрона Vе =4/3 π r³ = 1,2284E-49 м³

10. Плотность электрона ρе=mе/vе = 7,4157E+18 кг/м³

11. Объем гамма-фотона Vф=λф\*sф = 7,2487E-45 м³

12. Плотность гамма-фотона ρф=mф/Vф = 1,2567E+14 кг/м³

13. Отношение плотностей n=ρе/ρф = 5,9010E+04

14. Энергия фотона Еф=Кф\*Ке = 8,1871E-14 кг\*м²/сек²

15. Внутренняя энергия электрона Ее=Еф\*n = 4,8312E-09 кг\*м²/сек²

В этой реакции энергия исходных частиц уменьшилась на 4 порядка за счет увеличения объема получившихся частиц.

3. Фонты видимого диапазона

**Параметры фотонов в нашей системе измерения**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|   | **Цветовое восприятие фотона** | **Красный** | **Зеленый** | **Фиолетов** |
| 1 | Скорость света с м/сек | 2,9979E+08 | 2,9979E+08 | 2,9979E+08 |
| 2 | Длина волны   λ м   | 6,1000E-07 | 5,1000E-07 | 4,1000E-07 |
| 3 | Частота фотона ν=с/λ 1/сек | 4,9146E+14 | 5,8783E+14 | 7,3120E+14 |
| 4 | Квантование  K=|ν| квантом | 4,9146E+14 | 5,8783E+14 | 7,3120E+14 |
| 5 | Энергия E=К\*Ке=νh кг м²/сек² | 3,2565E-19 | 3,8950E-19 | 4,8450E-19 |
| 6 | Масса фотона  m=K\*Km кг | 3,6233E-36 | 4,3338E-36 | 5,3908E-36 |
| 7 | Сечение фотона  s=m/S м² | 1,1883E-38 | 1,4213E-38 | 1,7680E-38 |
| 8 | Объем сжатия  v= sλ м³ | 7,2487E-45 | 7,2487E-45 | 7,2487E-45 |
| 9 | Плотность фотона ρ=m/v кг/м³ | 4,9985E+08 | 5,9786E+08 | 7,4368E+08 |
| 10 | Радиус фотона  r=√sπ м | 6,1502E-20 | 6,7262E-20 | 7,5018E-20 |
| 11 | Коэффициент к=Е/s ρ м³/сек² | 2,6944E+25 | 2,6944E+25 | 2,6944E+25 |
| 12 | Время действия t=λ/с сек | 2,0347E-15 | 1,7012E-15 | 1,3676E-15 |
| 13 | Квант дейст h=E\*t кг\*м²/сек | 6,6261E-34 | 6,6261E-34 | 6,6261E-34 |
| 14 | Действие h=mсλ кг\*м²/сек | 6,6261E-34 | 6,6261E-34 | 6,6261E-34 |
| 15 | Квантом массы Km=m/K кг | 7,3725E-51 | 7,3725E-51 | 7,3725E-51 |
| 16 | Квантом Kе=Е/K кг\*м²/сек² | 6,6261E-34 | 6,6261E-34 | 6,6261E-34 |

Фотон - материальный объект цилиндрической формы, длиной равной длине волны. Сечение фотона однозначно связано с его энергией посредством коэффициента (к=Е/sρ). Объем фотона равен объему поля, содержавшего квантом массы Km, и одинаков для всех фотонов в данной системе измерений.

Фотоны видимого диапазона формируются электронами. Это процесс детально описан в "Электрическом взаимодействии" при рассмотрении движения электрона в возбужденном состоянии по орбите Бора. Эти фотоны имеют правое вращение их электро-магнитного поля.

4. Полный потенциал поля и скорость света

Полный потенциал поля Ф – это энергетическая характеристика материального поля в точке рассмотрения. Он определяется массовой плотность поля в этой точке. Их отношение – инвариантная величина.

Это энергетический фактор, находящихся в нем объектов. Для фотона - это его полное энергосодержание.

В работе "Квантовый микромир" [1] полный потенциал поля в нашей системе измерений Ф был определен на основе экспериментов, выполненных в подтверждение Теории относительности, основным из которых можно считать опыт Паунда и Ребки на основе эффекта Мёссбауэра.

При высоте установки h=22,5 м, относительное смещение потенциала поля составило δп=gh/с²=ΔФ/с²=2,4551E-15, а относительное смещение частоты фотона: δч = Δν/νф = 2,5700E-15. Окончательный результат с указанием доверительного интервала; δч = Δν/νф=(2,57±0,26)1Е-15.

Но фактически это изменение не частоты фотона, а его длины волны. В эксперименте она менялась за счет эффекта Доплера при перемещении источника и приемника. Из детального рассморения следует, что частота фотона оставалась неизменной, а изменялась скорость его движения, а соответственно и длина волны. Однако это не меняет результатов измерений и расчетов, но меняет проистекающие выводы.

Из этого рассмотрения видно, что потенциал поля априори был приравнен к квадрату скорости света, и эксперимент подтвердил это, но только в пределах доверительного интервала измерений.

В настоящее время имеются факты, косвенно указывающих, что в нашей системе измерений Ф несколько больше квадрата скорости света с². Но это предмет отдельного рассмотрения и не входит в объем данной работы

Однако в соответствии с требованиями существующей научной парадигмы, было принято их равенство, которое использовано для дальнейшего развития теории.

Для развития теории было важно найти зависимость полного потенциала поля и скорости света, в каждой конкретной точке поля. Предварительный обсчет многих вариантов показал, что наиболее адекватно эта зависимость проявляется в соотношении С = Ф\*с.

Для дальнейшего развития теории, в условиях отсутствия фактического материала, было принято, что произведение потенциала поля на скорость света остается постоянным в разных системах измерений, хотя уже в нашей системе измерений она представляется явно заниженной.

В работе "Квантовый микромир" [1] показано, что все элементарные частицы движутся дискретным образом: квантовое движение, остановка, новое движение.

Квантовое движение - это сложный процесс, в котором частица смещается на длину волны, сжимая объем поля, содержащий квантом массы. Сжатие его со скоростью света, переводит биполи в возбужденное состояние, а их объединение, приводит к формированию нового квантома энергии. Приняв, что энергия перевода биполей в возбужденное состояние меньше энергии их объединения в квантоме энергии, удается свести баланс энергии этого процесса.

5. Фотон в оптически более плотной среде.

При переходе света из одной среды в другую, его скорость изменяется пропорционально отношению показателей преломления этих сред.

Считается, что изменение скорости скорость света в оптически более плотной среде относительно плотности вакуума, обусловлено процессом переизлучения света объектами, образующими эту среду. Но не определен механизм этого процесса, и все это положение выглядит неубедительным.

В данной теории принято, что вокруг ядер вещества, образующего данную среду, накаливается поле за счет его магнитного поля. Оно формирует локальную область повышенной плотности поля, а скорость света в ней находится в обратной зависимости. Данное положение достаточно хорошо корреспондируется с массовой плотностью этих сред.

В кристаллических решётках могут присутствовать направления с различной плотностью поля и, соответственно, с различной скоростью света. Это порождает эффект двойного лучепреломления.

**Параметры поля в среде**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|   | **Показатель преломления n** | **Стекло 1,4** | **Вакуум 1** |
| 1 | Скорость света  с₂=с₀/n  м/сек | 2,1414E+08 | 2,9979E+08 |
| 2 | Массовая конст Сm=ρ\*с кг/м² сек | 3,0491E+02 | 3,0491E+02 |
| 3 | Плотность поля ρ₂=ρ₀n=Сm/с₂ кг/м³ | 1,4239E-06 | 1,0171E-06 |
| 4 | Энергетич конст Сф=Ф\*с м³/сек³ | 2,6944E+25 | 2,6944E+25 |
| 5 | Потенциал поля Ф₂=Сф/с₂ м²/сек² | 1,2583E+17 | 8,9876E+16 |

Относительное изменение параметров среды и фотона.

1. Смещение потенциала поля δФ=(Ф₂-Ф₀)/Ф₀ = 4,0000E-01

2. Смещение скорости света δc=(c₀-c₂)/c₂ = 4,0000E-01

3. Смещение длины волны δλ=(λ₀-λ₂)/λ₂ = 4,0000E-01

4. Смещение энергии фотона δЕ=(Е₂-Е₀)/Е₀ = 4,0000E-01

6. Параметры фотонов в стекле

Параметры фотонов в среде с показателем преломления 1,4

Цветовое восприятие фотона

Красный

Зеленый

Фиолетовый

Показатель преломления n

1,4

1,4

1,4

1

Масса m₂=m₀ кг

3,6233E-36

4,3338E-36

5,3908E-36

2

Длина волны λ₂ =λ₀/n м

4,3571E-07

3,6429E-07

2,9286E-07

3

Частота ν₂=с₂/λ₂ =ν₀ 1/сек

4,9146E+14

5,8783E+14

7,3120E+14

4

Сечение s₂ = s₀ м²

1,1883E-38

1,4213E-38

1,7680E-38

5

Объем фотона v₂= s₂λ₂ м³

5,1777E-45

5,1777E-45

5,1777E-45

6

Плотность ρ₂=m₂/v₂ кг/м³

6,9980E+08

8,3701E+08

1,0412E+09

7

Энергия Е₂=m₂Ф₂ кгм²/сек²

4,5591E-19

5,4530E-19

6,7830E-19

8

Const к=Е₂/s₂ρ₂ м³/сек²

2,6944E+25

2,6944E+25

2,6944E+25

Квантование процесса

9

Время действия t₂=λ₂/с₂=t сек

2,0347E-15

1,7012E-15

1,3676E-15

10

Действие h₂=Е₂t₂=hn кгм²/сек

9,2765E-34

9,2765E-34

9,2765E-34

Формирование Ке

11

Квантом массы Кm₂=s₂ρλ₂ кг

7,3725E-51

7,3725E-51

7,3725E-51

12

Квантом Ке₂=Кm₂\*Ф₂ кгм²/сек²

9,2765E-34

9,2765E-34

9,2765E-34

Энергия перемещения

13

Энергия Еₐ₂=m₂с₂² кгм²/сек²

1,6615E-19

1,9872E-19

2,4719E-19

14

Действие hₐ₂=Еₐ₂\*t₂ кгм²/сек

3,3806E-34

3,3806E-34

3,3806E-34

15

Действие hₐ₂=m₂с₂λ₂ кгм²/сек

3,3806E-34

3,3806E-34

3,3806E-34

16

Отношение Е₂/Еₐ₂=n³

2,7440E+00

2,7440E+00

2,7440E+00

17

Энергия формирования Ке Еₐ₂=Еₐ₂-Еₐ₂ кгм²/сек²

2,8976E-19

3,4657E-19

4,3111E-19

Рассмотрение результатов

Курсивом выделены параметры, которые остались без изменений.

1.,4. Масса и сечение фотона остались без изменений.

2.,5.,6. Длина волны, длина самого фотона и его объем уменьшаются, а его плотность возрастает. Изменяются они на величину n.

3.,7. Частота фотона осталась без изменений, а его энергия возросла пропорционально изменению потенциала поля, за счет увеличения плотности. Именно энергия фотона является его основной характеристикой, определяющей его конфигурацию, расчетные характеристики и условия резонансного захвата.

9. Время квантового цикла (время действия кванта) - это время движения фотона в квантовом движении, с формированием нового квантома энергии и его активацией. Это время осталось без изменений.

10. Этот квант действия характеризует внутреннее энергосодержание фотона. В более плотном поле он увеличился на n.

11.,12. Квантом массы, формируемый в квантовом движении, остался без изменений. А квантом энергии, формируемый в этом процессе, возрос в соответствии с параметрами поля и соответствует характеристике самого фотона.

13. Энергия Еₐ₂=mс₂² - это энергия перемещения фотона в пространстве без учета энергетического аспекта формирования нового квантома энергии.

14.,15. Внутреннее действие этой энергии и действие перемещения меньше этих величин в нашей системе отсчета Е₀ и h₀ в n².

17. Основной прирост энергии квантового движения приходится на формирование нового квантома энергии.

7. Выводы

1. При переходе фотона в более плотную систему измерений, в которой массовая плотность поля ρ, и полный потенциал поля Ф увеличились в n раз, его скорость движения уменьшилась в n раз.

2. Масса фотона осталась без изменений, поскольку он не имеет энергетической оболочки и потенциальной энергии.

3. Длина фотона, а соответственно и длина волны, уменьшилась в n раз, а его плотность возросла соответствующим образом.

4. Частота фотона является наиболее устойчивой его характеристикой, которая не меняется при переходе в иные системы измерений. Она меняется при контактном взаимодействии или если в квантовом движении произойдет сбой в формировании нового квантома энергии (наличие дефекта (отклонения) в плотности поля или наложение побочного воздействия), очередной квантом энергии будет использован от самого фотона, с понижением его частоты на 1 Гц. Это причина появления космологического красного смещения.

5. Аналогично не меняется и время действия квантового движения

6. Энергия фотона (его энергосодержание) увеличилась в соответствии с соотношением: Е₂=m Ф₂

7. Соответственно увеличивается величина кванта действия, и скорость его движения должна возрасти, но в связи с тем, что этот процесс идет в более плотном поле (более энергонапряженном), скорость этого процесса снижается. Это причина снижения скорости света.

8. В более общем виде, это можно сформулировать как: изменение скорости протекания физических процессов в зависимости от параметров (энергонапряженности) поля.

9. В условиях требования «неукоснительного сохранения величины скорости света», эти результаты можно интерпретировать как уменьшение скорости течения времени.

10. Время – это не материальная категория. Это абстрактное понятие, которое позволяет устанавливать причинно-следственные связи в процессах окружающего нас мира, делать оценку скорости протекания наблюдаемых процессов и формировать, основополагающее в физике понятие, «энергия».

11. Соотношение Е=mc², которое занимает одно из центральных мест в современной физике, фактически не находит физической интерпретации.

12. Если вместо фотона рассмотреть электрон, то у него увеличивается потенциальная энергия (энергетическая оболочка) и соответственно, масса. Изменятся все соотношения, включая величину замедления скорости протекания рассматриваемых процессов, но сама зависимость останется.

8. Оптические свойства фотона видимого диапазона

При принятии такой модели фотона появляется совершенно новое понимание многих понятий в оптике.

Преломле́ние (рефра́кция) — изменение направления луча

При падении потока фотонов на плоскость с острой кромкой, часть фотонов отклоняется в сторону геометрической тени. Этот феномен вызван тем, что вблизи кромки образуется область повышенной плотности поля, центрами которой являются ядра атомов. Вокруг них образуются локальные области высокой плотности поля и соответствующие градиенты.

При прохождении таких областей ортогонально градиенту, фотоны стремятся двигаться по эквипотенциальным линиям и испытывают изгибающее воздействие этого градиента, изменяя направление своего дальнейшего движения. Результирующее отклонение больше у фотонов с большей длиной и красная часть спектра отклоняется больше.

Поскольку размеры этих локальных зоны, в данном случае, не велики и сопоставимы с длиной фотонов, то их отклонения носят дискретный характер. В результате, на экране наблюдается быстро убывающее, волнообразное распределение интенсивности отклоненного потока фотонов.

Отдельные фотоны могут пролетать ядра с обратной стороны и формировать некоторые неоднородности интенсивности потока в области прямого падения.

При определенном качестве кромки, в зоне тени формируется спектр с большим отклонением красной его части. Этот феномен наблюдается утром и вечером, при нахождении нашей зоны наблюдения в зоне геометрической тени Солнца. Восход и закат озаряются красным цветом.

Интерференция света.

При падении потока фотонов на пластину с двумя щелями, как в опыте Томаса Юнга в 1805 году, то на всех 4-х краях щелей будут происходить процессы, описанные выше.

В области отклонения потока фотонов в область геометрической тени от 2-х соседних кромок, произойдет их наложение. В результате появится результирующая интерференционная картина: чередования светлых и темных полос. Наблюдаемая картина тем четче, чем точнее совпадает распределение отклоненных потоков от этих кромок.

Фотон на границе раздела двух сред

При нормальном падении фотона на границу более плотной среды, с показателем преломления n, он уменьшается в длине, возрастает его плотность и энергия, процесс движения становится более энергозатратным, и уменьшается скорость его движения. Показатель преломления характеризует отношение скорости света в вакууме и в среде.

При падении фотонов на границу раздела двух сред под углом, часть потока фотонов отражается, а часть преломляется в среду.

Поскольку фотон - это вращающийся вдоль продольной оси сгусток электромагнитного поля, то на его торце предполагается наличие некого "входа спиралевидного поля" - «фаза фотона». Ее положение при контакте с границей раздела, определяет вероятность фотона попадание в отраженный или преломленный лучи. Оба луча будут частично поляризованы.

В поляризованном пучке все фотоны имеют одинаковое пространственное положение конфигурации (фазы) его торца. Поскольку все фотоны образованные электронами, имеют правое вращение, а позитроны формируют фотоны левого вращения, то можно предположить, что конфигурация его торцевой поверхности определяется электрической составляющей его электромагнитного поля.

Дисперсия света

Диспе́рсия све́та (разложение света; светорассеяние[1]) — это совокупность явлений, обусловленных зависимостью абсолютного показателя преломления вещества от частоты (или длины волны) света (частотная дисперсия), или, что то же самое, зависимостью фазовой скорости света в веществе от частоты (или длины волны). Википедия.

Изменение скорости света при переходе границы раздела двух сред фиксируется при падении свет по нормали к этой границе. С этой скоростью двигаются все фотоны в данной среде. Это подтверждают опыты с оптоволокном.

Изменение угла преломления фотонов разных энергий, на границе двух сред, объясняется процессом перехода фотона в более плотную среду, дополнительное увеличение угла преломления фотона происходит в процессе формирования фронта (торца) преломленного фотона. С увеличением сечения падающего фотона и увеличения времени формирования преломленного фотона, угол его отклонения увеличивается.

В результате формируется спектр света с отклонением от красного к фиолетовому цвету.

Список литературы:

1. Квантовый микромир. Унжаков Г.В, Унжаков Е.Г. Журнал: «Вопросы технических физико-математических наук в свете современных исследований» №6(55)
2. Гравитационное взаимодействие. Унжаков Г.В, Унжаков Е.Г. №7(56).
3. Магнитное взаимодействие. Унжаков Г.В, Унжаков Е.Г. №7(56)
4. Электрическое взаимодействие Унжаков Г.В, Унжаков А.Г. №8(57).
5. Физическая парадигма микромира Унжаков Г.В, Унжаков Е.Г. https://unzhakov.ucoz.com Там же представлены все работы.
6. Справочник по физике. Б.М. Яврский и А.А. Детлаф. Москва. 1979.
7. Справочник по математике. И.Н. Бронштейн и К.А. Семедянцев. Москва, 1959.
8. Суперсила. Поиски единой теории природы. Пол Девис. Мир. Москва. 1989.
9. Сборник статей "В глубь атома", Наука, Москва 1964г. Статья "Общая теория относительности и эффект Мёссбауэра". В.В. Милллер.
10. Научная электронная библиотека | 3.2.5. Размер электрона https://monographies.ru/en/book/section?id=1090
11. https://ru.wikipedia.org/wiki/Размер\_элементарной\_частицы
12. Электрон удивительно круглый https://globalscience.ru/article/read/19421/
13. Научная электронная библиотека | 3.2.5. Размер электрона https://monographies.ru/en/book/section?id=1090 http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8788.html
14. Фотон Википедия https://ru.wikipedia.org/wiki/Фотон
15. Физика элементарных частиц. Л. Б. Окунь. Москва. Наука. 1984.
16. Введение в физику элементарных частиц. Л.Б. Окунь. Библиотечка "Квант", выпуск 45. Москва. Наука. 1985