**Волны де Бройля**

**Присоединенные волны**

*«Крупные открытия в области физики (например, ... корпускулярно-волновой дуализм и взаимопревращаемость двух форм материи - вещества и поля, ... и др.) всегда были связаны с борьбой материализма и идеализма.»*

*Курс физики. А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. 2000. С.4.*

Основная проблема, связанная с волнами де Бройля, - это различие материалистической и идеалистической точек зрения на природу полей, т.е. признается или нет материальность поля. Если материальность поля признается, то и проблемы на самом деле нет - волна де Бройля естественным образом представляет волновой пакет, образованный полевыми парциальными волнами, который движется с частицей как единое целое в виде присоединенной волны.

Например, если объект совершает колебания в среде, то такие возмущения среды образуют волны, которые расходятся (излучаются). Если же объект движется равномерно и прямолинейно, то в каждой точке, через которую он проходит, также возникает возмущение среды и соответственно возникают волны, которые начинают распространяться. Но так как волны, возникающие во всех точках, через которые прошел объект, оказываются когерентными, то они, интерферируя между собой, гасят друг друга и излучение волн не происходит, т.е. колебания среды можно наблюдать только вблизи от точек, через которые прошел объект. На больших же расстояниях волны полностью гасят друг друга и колебания среды не наблюдаются. Таким образом, с объектом движется присоединенная волна, представляющая пакет парциальных волн, которая не образует излучения.

*«К волнам можно отнести любые последовательные пространственно-временные изменения поля ...»*

*Физическая энциклопедия. ВОЛНЫ.*

Поле, как и любая материя, может находиться в возмущенном и невозмущенном состоянии. Движущиеся возмущения поля представляют волны. Например, электрон обладает электрическим и магнитным потоками (электрическим полем и магнитным моментом), т.е. электрон обладает электромагнитным потоком и при движении, так же как и фотон, представляет движущееся электромагнитное возмущение. Равномерно движущееся электромагнитное возмущение поля образует присоединенную волну, которая движется с электроном как единое целое, так как при равномерном движении излучение не возникает - все парциальные электромагнитные волны, интерферируя, гасят друг друга. Любой движущийся заряд представляет движущееся электромагнитное возмущение поля и образует парциальные волны. При движении заряда, кроме потенциального (постоянного) поля, появляются вихревые (переменные) поля, т.е. возникает переменная составляющая поля в виде волнового электромагнитного поля.

*«Электромагнитное поле неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами; при ускоренном движении частиц электромагнитное поле "отрывается" от них и существует независимо в форме электромагнитных волн.»*

*Физический энциклопедический словарь. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ.*

Такое идеализированное объяснение не раскрывает саму физику процесса. На самом же деле при ускоренном движении частиц нарушается когерентность парциальных электромагнитных волн и они "отрываются" от частиц в виде излучения.

*«... электромагнитные волны возбуждаются электрическими зарядами, движущимися с ускорением.»*

*Справочник по физике. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. 1996. С.349.*

Если более точно, то парциальные электромагнитные волны возбуждаются при любом движении электрических зарядов, но при ускоренном движении нарушается когерентность парциальных электромагнитных волн и они не могут, распространяясь в пространстве, погасить друг друга, что и наблюдается как излучение. Парциальные волны, так же как и любые волны, обладают энергией. Надо заметить, что источником парциальных волн является не сам заряд, а возмущение поля, которое движется с электрическим зарядом, представляя переменное поле. Движущееся возмущение поля вместе с парциальными волнами образует присоединенную волну.

Согласно физике волновых процессов, существуют как расплывающиеся, так и нерасплывающиеся волновые пакеты. Например, нерасплывающийся электромагнитный волновой пакет возникает при равномерном движении электрического заряда.

*«В когерентном состоянии гармонического осциллятора волновой пакет не расплывается, а его центр движется по классической траектории. ... Например, классический ток, создаваемый движущимися электрическими зарядами, излучает фотоны, находящиеся в когерентном состоянии.»*

*Физическая энциклопедия. КОГЕРЕНТНОЕ СОСТОЯНИЕ.*

При равномерном движении заряда все возникающие парциальные фотоны оказываются когерентными, поэтому, интерферируя между собой, представляют нерасплывающийся волновой пакет - присоединенную электромагнитную волну. При этом свойства волнового пакета являются квантовыми, так как он образован электромагнитными квантами - парциальными фотонами. Если движутся вместе несколько зарядов, то парциальные фотоны от всех зарядов, интерферируя между собой, образуют единый волновой пакет. Так как при равномерном движении заряда парциальные фотоны из-за интерференции не излучаются, то их можно рассматривать как виртуальные фотоны. Такие виртуальные фотоны, хотя и не могут излучаться, но их можно наблюдать в виде вихревого электромагнитного поля, окружающего движущийся заряд. Парциальные фотоны обладают энергией, но при равномерном движении заряда они, интерферируя в окружающем пространстве, полностью гасят друг друга. Это по сути означает, что их энергия в сумме равна нулю, т.е. в результате суперпозиции волн энергия одних парциальных фотонов как бы отрицательна по отношению к энергии других парциальных фотонов. Когда же энергия парциальных фотонов в сумме становится не равной нулю (волны не гасят друг друга) - возникает излучение. С движущимся зарядом всегда движется электромагнитное возмущение, которое обладает электромагнитной энергией и своим движением возбуждает парциальные (отдельные, элементарные) электромагнитные волны (виртуальные фотоны), которые также обладают энергией, но при равномерном движении их энергия в сумме равна нулю (волны в процессе излучения полностью гасят друг друга).

При движении заряда в пространстве изменяется электрическое смещение поля, что представляет ток смещения в виде вихревого электрического и магнитного полей, т.е. возникает переменное электромагнитное поле. Таким образом, движение зарядов сопровождается вихревыми электрическими и магнитными полями - электромагнитными возмущениями, но для нерелятивистских скоростей энергия вихревого электрического поля ничтожно мала по сравнению с энергией магнитного поля, поэтому при расчете ей можно пренебречь. Если же скорость заряда приближается к скорости света, то энергия вихревого электрического поля приближается к энергии магнитного поля и при расчете электромагнитной энергии ее необходимо учитывать: Wэ/Wм = v2/c2, где Wэ - энергия вихревого электрического поля, Wм - энергия вихревого магнитного поля, v - скорость движения заряда, c - скорость света.

*«Таким образом, уже рассмотрение электрического поля простейшей системы - равномерно движущегося заряда - показывает, что иногда ГE не равно нулю, т.е. в природе существует наряду с потенциальным качественно новое, вихревое электрическое поле.»*

*Фундаментальный курс физики. А.Д.Суханов. 1998. Т.2. С.273.*

*«Благодаря наличию магнитного поля энергия шара увеличилась на величину Wм. Это увеличение можно трактовать как увеличение кинетической энергии или как возрастание массы шара на величину электромагнитной массы.»*

*Общий курс физики. Электричество. Д.В.Сивухин. 1996. Т.3. Ч.2. С.60.*

*«Магнитное поле движущегося заряда переменно, так как даже при* ***v*** *= const радиус-вектор* ***r*** *изменяется и по модулю и по направлению.»*

*Справочник по физике. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. 1996. С.237.*

Переменное магнитное поле является источником электромагнитных волн, но при равномерном движении заряженных частиц все возникающие парциальные волны, интерферируя между собой, гасят друг друга. Т.е. равномерно движущиеся частицы сопровождаются присоединенными волнами, которые не могут излучаться из-за интерференции. Если же изменяется скорость движения, то парциальные волны становятся некогерентными, т.е. не могут, интерферируя, погасить друг друга - возникает излучение.

*«При равномерном движении частицы эти волны оказываются когерентными и поэтому интерферируют между собой.»*

*Волновые процессы. И.Е.Иродов. 1999. С.241.*

*«Для каждого значения  длины волны излучения можно найти такое значение l = la, при котором  = /2, так что элементарные волны гасят друг друга ...»*

*Справочник по физике. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. 1996. С.400.*

*«По принципу Гюйгенса в результате интерференции парциальные волны гасят друг друга всюду, за исключением их общей огибающей, которой соответствует волновая поверхность света, распространяющегося в среде.»*

*Физическая энциклопедия. ЧЕРЕНКОВА - ВАВИЛОВА ИЗЛУЧЕНИЕ.*

Чтобы парциальные волны могли создать излучение, они должны быть либо некогерентными, либо иметь общую огибающую. Т.е., согласно физике волновых процессов, **если парциальные волны когерентны и не имеют общей огибающей, то излучение возникнуть не может.** Данное правило, представляя по сути закон излучения, действует во всех случаях независимо от того, происходит движение с ускорением или нет. Когда же в учебной литературе встречается утверждение, что при движении заряженных частиц с ускорением всегда возникает излучение, то это на самом деле неверно, так как в некоторых случаях при движении с ускорением может сохраняться когерентность парциальных волн и излучение не возникает. С другой стороны, при движении без ускорения не всегда парциальные волны когерентны и может возникать излучение, например, если среда неоднородна и в ней изменяется скорость распространения волн. Таким образом, излучение возникает не от того, какое движение - с ускорением или нет, а от того, нарушается или нет когерентность парциальных волн и имеется ли у них общая огибающая. Хотя когерентные парциальные волны, не имеющие общей огибающей, нельзя наблюдать в виде излучения, но они, как и любые когерентные волны, могут образовывать интерференционную картину, что можно наблюдать экспериментально, например, при прохождении парциального волнового пакета через отверстия.

*«Если же разность фаз постоянна во времени, то такие колебания (и волны) называют когерентными.»*

*Волновые процессы. И.Е.Иродов. 1999. С.81.*

*«... когерентностью называют согласованное протекание колебательных (волновых) процессов.»*

*Волновые процессы. И.Е.Иродов. 1999. С.85.*

Любое движение электрических зарядов образует электромагнитные волны, но из-за интерференции они не всегда могут излучаться. Такие присоединенные электромагнитные волны, представляя присоединенную электромагнитную энергию, могут начать распространяться самостоятельно (излучаться), например, при торможении заряженных частиц или когда частицы движутся по орбитам, на которых не укладывается целое число длин волн, т.е. когда движение волн несинфазное - нет когерентности.

*«... стационарными являются лишь те орбиты, на которых укладывается целое число волн ...»*

*Физика. В.Ф.Дмитриева. 2001. С.357.*

Синфазные орбиты, на которых укладывается целое число волн, называются боровскими. Скорость движения по таким орбитам равномерная и возникающие вторичные волны оказываются когерентными, т.е. каждая точка орбиты является источником парциальных волн, которые когерентны. Согласно принципу Гюйгенса, эти парциальные волны, не имея общей огибающей, не могут излучаться. При переходе с орбиты на орбиту когерентность нарушается - возникает излучение. Таким образом, согласно принципу Гюйгенса, стационарными являются лишь те орбиты, на которых укладывается целое число волн, так как возникающие при этом вторичные волны полностью гасят друг друга, не излучаясь. Такие орбиты с замкнутыми волнами называются боровскими.

Свойства парциальных волн гасить друг друга часто используется на практике, например, направленные вибраторные антенны. Электромагнитное возмущение распространяется вдоль вибраторов и каждый вибратор является источником когерентных парциальных волн, которые, гася друг друга, почти не создают излучения в боковом направлении. Если вибраторы расположить по кругу, так чтобы укладывалось целое число длин волн, то в идеале излучаться электромагнитные волны не будут, так как, интерферируя в окружающем пространстве, полностью погасят друг друга. Т.е. электромагнитные колебания вокруг вибраторов представляют движущуюся по кругу (замкнутую) присоединенную электромагнитную волну, которую можно наблюдать только в окружающем пространстве вблизи вибраторов. Присоединенная электромагнитная волна состоит из электрических и магнитных потоков индукции и, как все волны, обладает энергией. Распределение плотности электромагнитной энергии в пространстве представляет интерференционную картину, образованную парциальными волнами и зависит от числа волн, которое укладывается на орбите. Возникающая интерференционная картина идентична распределению электронной плотности вокруг ядра атома.

Движение электрона сопровождается электромагнитным возмущением, образующим присоединенную электромагнитную волну, т.е. полевые потоки индукции, окружающие частицу, при движении образуют волну - волновое электромагнитное поле (волновой пакет). Поэтому при прохождении электронов, например, через отверстия может наблюдаться интерференция электромагнитных потоков, что индукционно отражается на движении электронов (изменить направление движения частицы может только полевой поток).

*«Явление же дифракции доказывает, что в прохождении каждого электрона участвуют оба отверстия - и первое и второе.»*

*Курс физики. И.В.Савельев. 1989. Т.3. С.55.*

Рассмотрим волновые процессы наглядно, например, проведем эксперименты в водяной ванне: движением объекта создается возмущение на поверхности воды - если объект движется быстрее скорости распространения волн, то от него расходятся волны (как от корабля), т.е. возникает излучение (излучение Черенкова), так как у парциальных волн появляется общая огибающая. Когда же объект движется равномерно со скоростью, не превышающей скорости распространения волн, то возмущение в виде волны, сопровождая движущийся объект, не образует расходящихся волн - парциальные волны гасят друг друга, не излучаясь. Т.е. возникает интерференция волн между собой и они гасят друг друга в окружающем пространстве, не излучаясь, образуя присоединенную волну, которая в зависимости от интерференционной картины может представлять как цуг волн, так и одиночное возмущение. Чтобы возникло излучение, движение должно быть либо быстрее скорости распространения волн, либо переменным. Длина присоединенной волны зависит от скорости движения объекта и присоединенной массы - чем выше скорость, тем больше напряженность возмущения среды и тем быстрее среда возвращается в исходное состояние, т.е. длина волны обратно пропорциональна скорости (импульсу) объекта, а энергия растет вместе с частотой. Такая зависимость присуща всем присоединенным волнам. Движущийся объект, кроме основного центрального возмущения, состоящего из двух разноименных областей, за счет интерференции вторичных волн может образовывать соседние возмущения (цуг парциальных волн), амплитуда которых убывает с увеличением расстояния от объекта. Т.е. присоединенная волна имеет определенную длину когерентности. Особенность присоединенной волны в том, что она при равномерном движении не излучается, представляя присоединенную энергию. Присоединенные волны, как и любые волны, могут образовывать дифракцию и интерференцию. Аналогичным образом в полевом пространстве возникают присоединенные волны де Бройля, которые сопровождают любую движущуюся микрочастицу (согласно современным представлениям, частицы - это возбужденные состояния поля).

*«В таком подходе частицы выступают как возбужденные состояния системы (поля).»*

*Физическая энциклопедия. КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ.*

*«Волны де Бройля - волны, связанные с любой движущейся микрочастицей, ...»*

*Физическая энциклопедия. ВОЛНЫ ДЕ БРОЙЛЯ.*

Любое движущееся возмущение поля образует парциальные волны. Так как частицы - это возбужденные состояния поля, то при их движении всегда будут возникать полевые парциальные волны, которые при равномерном движении из-за интерференции не излучаются и движутся с частицами как единое целое в виде нерасплывающихся волновых пакетов - присоединенных волн. Все поля являются квантовыми, соответственно, и волновой пакет, имея полевую природу, также будет обладать квантовыми свойствами.

Такие явления, как присоединенная масса и присоединенная волна давно уже рассмотрены в физике, поэтому присоединенные волны де Бройля не являются чем-то необычным. Т.е. с точки зрения физики - это обычный волновой процесс как, например, дифракция или интерференция и для объяснения которого не требуется придумывать каких-либо интерпретаций. Волны де Бройля - это вторичные волны, которые возникают при движении, но которые из-за интерференции не могут излучаться и представляют присоединенные волны, т.е. переносятся с частицами как единое целое. Волны де Бройля, представляя волновые поля, отражают полевую структуру движущихся частиц.

*«При равномерном движении объекта в однородной среде излучение возможно, только если он движется со скоростью, превышающей скорость распространения волн в этой среде, т.е. при "сверхволновом" - сверхзвуковом, "сверхсветовом" и т.д. движении. Возмущение, создаваемое движущимся телом, как бы "сдувается" средой. ... При движении в однородной среде со скоростью V < vф эти возмущения переносятся с телом как единое целое.»*

*Физическая энциклопедия. ВОЛНЫ.*

Т.е. эти возмущения, представляя волновой пакет парциальных волн, движутся с телом как единое целое, не излучаясь, в виде присоединенной волны. Таким образом, с точки зрения физики волновых процессов, волна де Бройля - это обычный волновой пакет полевого происхождения. Частица и присоединенная волна де Бройля как единое целое представляют взаимосвязь вещества и волнового поля, т.е. частицы могут иметь не только потенциальные, но и волновые поля, которые неразрывно связаны с ними при равномерном движении.

*«Корпускулярно-волновой дуализм есть проявление наиболее общей взаимосвязи двух основных форм материи, изучаемых физикой, - вещества и поля.»*

*Физика. В.Ф.Дмитриева. 2001. С.270.*

*«Волной называются распространяющиеся в пространстве возмущения состояния вещества или поля. Колебания вещества порождают упругую волну, а колебания электромагнитного поля - электромагнитную волну.»*

*Основы физики. Б.М.Яворский, А.А.Пинский. 2000. Т.2. С.62.*

*«... электромагнитное поле может быть представлено как совокупность бесконечно большого числа гармонических осцилляторов.»*

*ОТФ. Квантовая механика. И.В.Савельев. 1996. Т.2. С.343.*

Т.е. электромагнитное поле можно представить в виде поля квантовых гармонических осцилляторов, где состояние поля с наименьшей энергией называется физическим вакуумом. Если среда квантовая, то возмущения среды и парциальные волны также обладают квантовыми свойствами.

Для любых волн необходима материальная среда в виде вещества или поля, так как волны представляют возмущение среды. Существование материального физического вакуума подтверждено экспериментально, например, эффект Казимира, где наблюдаются нулевые колебания электромагнитного поля. Эффект Казимира проверен с точностью до 1% и является экспериментальным доказательством того, что даже в основном вакуумном состоянии происходят нулевые колебания (флуктуации) поля. Вакуум - это состояние поля с наименьшей энергией, частицы - возбужденные состояния поля, поэтому даже в вакууме движение частиц будет сопровождаться возмущениями поля - присоединенными волнами. Движущееся возмущение среды является источником волн, но при равномерном движении, не превышающем скорость распространения волн, излучение не возникает, так как все вторичные (парциальные) волны, образуя в окружающем пространстве интерференцию, гасят друг друга, представляя движущийся волновой пакет. При этом волны наблюдаются только вблизи движущегося возмущения, там где парциальные волны еще не смогли погасить друг друга. Если среда идеальная, например, полевая, такой движущийся волновой пакет не теряет энергию, так как из-за интерференции нет излучения. Это можно наблюдать экспериментально: например, электрический заряд при равномерном движении в диэлектрике (вакууме) представляет движущееся электромагнитное возмущение, но, если скорость заряда не превышает скорости распространения электромагнитных волн в данной среде, то нет излучения Черенкова, так как все возникающие парциальные волны, образуя в окружающем пространстве интерференцию, гасят друг друга.

*«... заряженная частица, равномерно движущаяся в среде, излучает, если ее скорость больше фазовой скорости света в этой среде.»*

*Волновые процессы. И.Е.Иродов. 1999. С.242.*

Если движется электрический или магнитный диполь, то он также представляет движущееся электромагнитное возмущение и также сопровождается присоединенной электромагнитной волной. Таким образом, если полевая структура частицы является дипольной, то она также сопровождается волной де Бройля, даже если частица в целом нейтральна. Не только внешние электрические и магнитные поля, но и внутренняя полевая структура частиц участвует в образовании волн де Бройля.

*«... нуклоны обладают сложной внутренней структурой, т.е. внутри них существуют электрические токи, ... Электромагнитные свойства нейтрона определяются наличием у него магнитного момента, а также существующим внутри нейтрона распределением положительных и отрицательных зарядов и токов. ... Внутренняя электромагнитная структура нейтрона проявляется при рассеянии электронов высокой энергии на нейтроне ...»*

*Физический энциклопедический словарь. НЕЙТРОН.*

*«Исследования рассеяния электронов и гамма-квантов на протоне позволили найти пространственное распределение электрического заряда и магнитного момента протона - его формфактор, а также обнаружить электрическую и магнитную поляризуемости протона, т.е. получить экспериментальное доказательство существования внутренней структуры протона.»*

*Физическая энциклопедия. ПРОТОН.*

*«... элементарные частицы материи по своей природе представляют собой не что иное, как сгущения электромагнитного поля, ...»*

*А.Эйнштейн. Собрание научных трудов. М.: Наука. 1965. Т.1. С.689.*

Частица (возбужденное состояние поля) и присоединенная волна де Бройля движутся как единое целое. Волна де Бройля представляет электромагнитный волновой пакет квантового электромагнитного поля, где электрические и магнитные потоки обладают квантовыми свойствами. Длина присоединенной волны де Бройля зависит от скорости и массы (импульса) частицы  = 2eФ0/p, где e - квант электрического потока (заряда) 1.602·10-19 Кл, Ф0 - квант магнитного потока 2.068·10-15 Вб, p - импульс. Чисто для упрощения формулы можно использовать коэффициент пропорциональности h = 2eФ0 = 6.626·10-34 Кл·Вб, представляющий квант электромагнитного потока. Постоянная Планка - это произведение электромагнитных постоянных h = 2eФ0 и имеет физическую размерность Кл·Вб.

*«Электромагнитные постоянные. Элементарный заряд e ... Квант магнитного потока Ф0 ...»*

*Физические величины (справочник). 1991. С.1234.*

*«Собственно говоря, постоянной Планка называется коэффициент пропорциональности ...»*

*Квантовая физика. И.Е.Иродов. 2001. С.11.*

Электромагнитная волна де Бройля, как и фотон, представляет электромагнитный квант, состоящий из кванта электрического потока (заряда) и кванта магнитного потока. Длина волны де Бройля и энергия рассчитываются так же, как у всех электромагнитных квантов - через электромагнитные постоянные.

*«Волны - изменения состояния среды (возмущения), распространяющиеся в этой среде и несущие с собой энергию.»*

*Физический энциклопедический словарь. ВОЛНЫ.*

Так как волны - это возмущения (напряженность), волна де Бройля представляет присоединенную энергию. Электромагнитная энергия волны де Бройля для нерелятивистских частиц W = eФ0v = eФ0v/ = mv2/2, где v - частота v = v/,  - длина волны  = 2eФ0/mv, m - масса частицы, v - скорость. При приближении к скорости света энергия волн де Бройля приближается к энергии фотонов W = 2eФ0v = mv2, так как становится существенной энергия вихревых электрических полей. Таким образом, электромагнитная энергия волны де Бройля - это кинетическая энергия движущейся частицы, т.е. кинетическая энергия частицы распределена в пространстве в виде волны де Бройля. Например, электромагнитный квант - фотон представляет кинетическую энергию в чистом виде.

*«Полная энергия света - это чисто кинетическая энергия, ...»*

*Фундаментальный курс физики. А.Д.Суханов. 1996. Т.1. С.121.*

Т.е. в электромагнитной волне плотность кинетической энергии можно рассчитать как плотность электромагнитной энергии. Таким образом, не только потенциальная, но и кинетическая энергия имеет полевую природу. Кинетическая энергия, в отличие от потенциальной, представляет волну - колебания поля. Например, когда потенциальная энергия поля переходит в кинетическую энергию движения частицы, то возникают колебания поля, представляющие присоединенную волну, которая движется с частицей как единое целое.

*«В частности, электрическое поле, создаваемое системой неподвижных зарядов, является чисто потенциальным. Электрическое поле излучения, в том числе поле в поперечных электромагнитных волнах, является чисто вихревым.»*

*Физическая энциклопедия. НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.*

Полевые потоки напряженности неподвижных зарядов представляют потенциальную энергию. Когда же заряды движутся, то возникают вихревые поля (потоки), представляющие кинетическую энергию. Например, когда электрические заряды под действием потенциального электрического поля начинают двигаться, то энергия потенциального поля переходит в вихревые поля (волновые поля), возникающие вокруг движущихся зарядов, которые представляют кинетическую энергию движущихся зарядов.

Волны де Бройля являются материальной сущностью кинетической энергии частиц. Фотоны (электромагнитные кванты) представляют волну де Бройля в чистом виде.

*«Присоединенная масса - физическая масса (или момент инерции), которая присоединяется к массе (или моменту инерции) движущегося в жидкости тела для количественной характеристики инерции окружающей его жидкой среды. ... Физический смысл присоединенной массы заключается в том, что если присоединить к телу, движущемуся в жидкости, дополнительную массу, равную массе жидкости, увлекаемой телом, то закон его движения в жидкости будет таким же, как в пустоте. ... Для кругового цилиндра присоединенная масса равна массе жидкости в объеме цилиндра. ... Для шара присоединенная масса равна половине массы жидкости в объеме шара ...»*

*Физическая энциклопедия. ПРИСОЕДИНЕННАЯ МАССА.*

Т.е. движение тела в идеальной среде такое же, как в вакууме. Сила действует только при ускорении, а при равномерном движении торможение отсутствует. Для примера рассмотрим движение безмассового тела, имеющего форму шара, в идеальной газовой среде. При таком движении за счет присоединенной массы тело обладает импульсом (количеством движения). Кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью значительно меньшей скорости распространения волн в данной среде, равна W = mv2/2, где m - присоединенная масса, v - скорость движения тела. При поступательном движении на тело действует сила F = am, где a - ускорение. Движущееся тело создает возмущение среды, т.е. возникают парциальные волны, которые при равномерном движении из-за интерференции не излучаются, а движутся с телом в виде присоединенной волны как единое целое. Сами же частички среды, представляющие присоединенную массу, не движутся вместе с телом, они только, смещаясь, совершают колебания, образуя волну. Энергия колебаний среды (энергия присоединенной волны) - это кинетическая энергия движущейся присоединенной массы. Таким образом, с телом движется волновое возмущение среды, характеристики которого зависят от величины присоединенной массы, скорости движения и свойств среды. Например, длина присоединенной волны  = k/mv, где k - коэффициент пропорциональности, который зависит от свойств среды. Присоединенная масса движется с телом в виде волны, поэтому присоединенная волна является одним из признаков присоединенной массы, что может наблюдаться в виде дифракции или интерференции при прохождении тела около препятствий. Например, если на пути движения тела находится препятствие с отверстием, размер которого намного меньше длины присоединенной волны, то независимо от размеров тела оно не сможет пройти через отверстие, так как не пройдет его присоединенная волна - без кинетической энергии тело не сможет двигаться. По тому, как тело проходит через отверстия различного диаметра, можно судить о длине волны, которую имеет присоединенная масса. При движении тела со скоростью, превышающей скорость распространения волн в данной среде, у парциальных волн появляется общая огибающая, т.е. возникает излучение волн, представляя потерю кинетической энергии. Кинетическая энергия, представляющая волновое возмущение среды, как бы "сдувается" средой в виде излучения волн.

*«Принято считать, что масса элементарной частицы определяется полями, которые с ней связаны.»*

*Физический энциклопедический словарь. МАССА.*

Если масса элементарной частицы определяется полями, которые с ней связаны, то такая масса является присоединенной. Например, движение заряда аналогично движению безмассового тела в среде, так как сам заряд не имеет массы - вся его масса (энергия) полевая и находится в окружающем пространстве, т.е. представляет присоединенную полевую массу и движение сопровождается присоединенной полевой волной. Таким образом, масса потенциального электрического поля - это присоединенная масса заряда. При движении заряда возникают вихревые электрические и магнитные поля, представляющие волновое электромагнитное поле - присоединенную электромагнитную волну. Так же, как круговые токи смещения вокруг движущегося заряда, при движении тела в среде возникают круговые потоки среды и работа сил при движении в них пробного тела по замкнутой линии может быть отлична от нуля.

*«Работа сил вихревого электрического поля при движении электрического заряда по замкнутой линии может быть отлична от нуля.»*

*Физика. О.Ф.Кабардин. 1991. С.189.*

Вихревые поля - это переменные поля, а работа сил таких полей при движении по замкнутой линии может быть отлична от нуля. Аналогия между движением тела и заряда дает возможность наглядно представить, как текут токи смещения вокруг заряда и возникают вихревые поля. Например, кинетическая энергия движущегося безмассового тела - это энергия текущих потоков смещения среды вокруг тела, а кинетическая энергия движущегося заряда - это энергия текущих токов смещения поля вокруг заряда. Ток электрического смещения поля вокруг движущегося заряда образует вихревые поля - электрическое и магнитное. Не только движущийся электрический заряд, но и диполь образует в пространстве ток смещения. Поэтому, не только внешние поля, но и внутренняя полевая структура движущихся частиц образует токи смещения, даже если частица в целом нейтральна.

Хотя физические свойства полевой и вещественной среды отличаются, все равно, независимо от того, какая среда - газовая или полевая, в любом случае движущееся возмущение сопровождается присоединенной волной, так как в любом случае образуются парциальные волны. Т.е. при равномерном движении, не превышающем скорость распространения волн, парциальные волны представляют присоединенную волну, а при ускоренном движении из-за нарушения когерентности парциальные волны образуют излучение.

Надо заметить, что в систему единиц как одна из основных величин входит масса, но с массой имеются некоторые проблемы, например, одни частицы имеют массу покоя, другие нет. Если же заменить массу на энергию, то таких проблем не возникает. Для энергии, как и для массы, действует закон сохранения. Например, у элементарных частиц масса измеряется энергией. Также, если исходить из того, что масса частиц является присоединенной, то получается, что масса связана с увлекаемым в возмущение объемом полевой среды и ее размерность L3. Если в системе единиц СГС в размерностях заменить массу на объем, т.е. M на L3, то исчезают квадратные корни в размерностях электромагнитных величин и размерность принимает более естественный вид. Например, размерность электрического и магнитного потоков - это объем, деленный на время L3/T. Таким образом, теоретически в размерностях как основные величины можно оставить только длину и время.

*«Существование интерференционной картины является прямым следствием принципа суперпозиции ...»*

*Физическая энциклопедия. КОГЕРЕНТНОСТЬ.*

Так как для волн действует принцип суперпозиции, то, рассматривая излучение электромагнитных волн, возникающее при движении заряженных частиц, надо всегда учитывать интерференцию волн, из-за которой парциальные электромагнитные волны могут полностью погасить друг друга. Т.е., когда согласно законам электродинамики должны возникать электромагнитные волны, это еще не значит, что должно возникнуть и излучение, так как волны, интерферируя, могут погасить друг друга. Одним из таких примеров являются боровские орбиты. Также ток в сверхпроводящем кольце, где движущиеся по кругу электроны образуют электромагнитные волны, но из-за интерференции излучение не возникает. При низкой температуре в сверхпроводниках не разрушаются синфазные цепочки из когерентных электронов (электроны находятся в когерентном состоянии). Т.е. электроны не излучают по тем же причинам, что и на атомных орбитах - излучение невозможно, так как все парциальные волны когерентны и у них нет общей огибающей, в противном случае это бы противоречило законам физики волновых процессов.

*«Когерентность состояния бозе-конденсата куперовских пар ...»*

*Физическая энциклопедия. СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ.*

*«Свойства сверхтекучести и сверхпроводимости также могут быть объяснены тем, что соответственно сверхтекучая компонента в жидком гелии и куперовские пары в свехпроводниках находятся в когерентном состоянии.»*

*Физическая энциклопедия. КОГЕРЕНТНОЕ СОСТОЯНИЕ.*

Таким образом, круговое движение заряженных частиц не всегда создает излучение. Процесс возникновения и излучения электромагнитных волн всегда примерно одинаков - изменяется электрическое смещение поля, возникает электрический ток смещения, представляющий вихревое электрическое поле и вихревое магнитное поле, которые излучаются в виде электромагнитных волн, если, конечно, из-за интерференции волны сами себя не погасят. Т.е. волны распространяются (движутся) в том направлении, в котором они сами себя не гасят, при этом движение волн может быть как прямолинейным, так и круговым - по синфазным орбитам. Без представления интерференционно-волновой картины невозможно объяснить некоторые волновые процессы. Например, рассматривая электронные оболочки атомов, надо учитывать не только то, что волны не гасят себя при синфазном движении по боровским орбитам, но также и возникающую в окружающем пространстве интерференционную картину колебаний поля в виде распределения электронной плотности. Т.е. масса электрона, представляя присоединенную полевую массу, распределена вокруг ядра атома в виде электронной плотности.

*«При этом электроны как бы размазаны в пространстве и образуют электронное облако, ... Для s-состояний (l = 0) волновая функция и распределение электронной плотности обладают сферической симметрией ...»*

*Физическая энциклопедия. АТОМ.*

Если круговое движение электрона происходит по орбите, значительно превышающей его длину волны, т.е. движение не синфазное, то всегда будет возникать излучение, что наблюдается экспериментально на ускорителях частиц.