Приложение##1

##1 Читать приложение стоит только тем, кто интересуется физическими законами, описанными в цикле «Ник», кому интересно, почему информация является базовым фундаментом мироздания. Однако понимание или непонимание приведенных дальше формул никак не влияет на восприятие всей книги.

Инфофизика
(физика четвертого измерения)

Введение

При описании физических процессов самым главным шагом является выбор базовых параметров процессов, от которых зависит, какие математические инструменты понадобятся для решения конкретной задачи. Исходя из этого, физика разделяется на разные направления, которые используют свои наборы параметров и соотношения между ними. Так, например, классическая механика в качестве параметров использует импульсы и энергию, в то время как электродинамика описывает процессы на языке напряженностей полей. Для того чтобы объединить различные разделы физики в единую картину, в первую очередь нужно найти общие параметры процессов, которые присутствуют во всех подходах. На сегодняшний день наиболее общим параметром можно считать энергию, так как данная сущность присутствует во всех направлениях физики. Хотя при использовании данного параметра в качестве базового возникает проблема расплывчатости представлений об энергии. Очень много видов энергии используется для описания физических процессов, и часто возникают затруднения в понимании физического смысла данной величины. В результате некоторые разделы физики в настоящее время очень плохо согласуются между собой. Возможно, более перспективным направлением является выбор другой базовой физической сущности, на основе которой можно описывать физические процессы.

В основе данной работы лежит попытка описания физических процессов с точки зрения новой физической величины, совпадающей с определением количества информации в математической теории информации. Для определения данной величины у физических объектов потребовалось ввести условие существования у них конечных размеров по всем осям четырехмерного пространства. Такой постулат немного расходится с представлениями классической механики, рассматривающей движение материальных точек, но в то же время он гораздо лучше согласуется с реальной физической картиной. Вторым шагом определения информации явился перенос рассмотрения физических процессов в четырехмерное Евклидово пространство. С математической точки зрения, такой переход выразился в умножении времени на комплексную константу ic, в результате чего пространство Минковского стало Евклидовым. На данном этапе будем рассматривать этот шаг просто как математический прием, позволяющий рассматривать координаты и время в качестве равнозначных параметров.

В данной работе все рассуждения производятся на основе рассмотрения произвольного физического объекта, состоящего из двух взаимодействующих частиц. В дальнейшем можно будет расширить картину и применить данные рассуждения к более широкому классу объектов.

Забегая немного вперед, скажем, что введенная нами физическая информация совпала с функционалом действия, определенным в классической механике, а ее производная по времени является лагранжианом объекта. Кроме того, функция информации удовлетворяет уравнению Шредингера, и ее свойства очень хорошо согласуются с принципами квантовой механики. Такие результаты, полученные сразу после определения функции информации, говорят о перспективности использования понятия информации в качестве базовой физической величины при рассмотрении многих процессов.

1.Понятие информации

В математике теория информации (математическая теория связи) — раздел прикладной математики, определяющий понятие информации, ее свойства и устанавливающий предельные соотношения для систем передачи данных. Основные разделы теории информации — кодирование источника (сжимающее кодирование) и канальное (помехоустойчивое) кодирование.

Информация не входит в число предметов исследования математики. Тем не менее слово «информация» употребляется в математических терминах «собственная информация» и «взаимная информация», относящихся к абстрактной (математической) части теории информации. Однако в математической теории понятие «информация» связано с исключительно абстрактными объектами — случайными величинами, в то время как в современной теории информации это понятие рассматривается значительно шире — как свойство материальных объектов.

Связь между этими двумя одинаковыми терминами несомненна. Именно математический аппарат случайных чисел использовал автор теории информации Клод Шеннон. Сам он подразумевает под термином «информация» нечто фундаментальное (нередуцируемое). В теории Шеннона интуитивно полагается, что информация имеет содержание. Информация уменьшает общую неопределенность и информационную энтропию. Количество информации доступно измерению. Однако он предостерегает исследователей от механического переноса понятий из его теории в другие области науки.

Собственная информация — статистическая функция дискретной случайной величины.

Для случайной величины X, имеющей конечное число значений:

$$P_X(x_i) = p_i, p_i \geq 0, i = 1, 2, ..., n \quad (1.1)$$

$$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$$

собственная информация определяется как

$$I(X) = -\log P_X(X) \quad (1.2).$$

Из данного определения видно, что понятие информации тесно связано с понятием «события» и его вероятностью. Отсюда можно сделать вывод, что наиболее близкими к теории информации, разделами физики будут теория относительности и квантовая механика.

В теории относительности любое событие — это всегда элементарное событие, которое можно однозначно идентифицировать с помощью четырех пространственно-временных координат (xi = (t, x, y, z)), заданных в конкретной системе отсчета.

С математической точки зрения, в таком определении существует некоторое неудобство, связанное с тем, что координаты физических событий имеют разные единицы измерения по разным осям (метры и секунды). С другой стороны, данное неудобство легко устраняется путем умножения времени на размерную константу.

Чтобы определить такую константу, обратимся к понятию интервала в теории относительности:

$S^2 = x^2 + y^2 + z^2 — c^2\, t^2$ (1.3).

В данном выражении мы видим несимметричность относительно времени. И избавиться от такой несимметричности можно, только введя перед временем комплексный множитель. Заменим время в данном выражении на комплексную величину:

$T = i \cdot c \cdot t$ (1.4),

где

$i = \sqrt{-1}$ (мнимая единица),

c — коэффициент имеющий размерность скорости (скорость света),

t — время,

и назовем данную величину метрическим временем. В итоге выражение интервала в новой системе измерения примет следующий вид:

$S^2 = x^2 + y^2 + z^2 + T^2$ (1.5)

Замена обычного времени на метрическое является всего лишь математическим приемом и приведет к изменению вида известных физических законов. Основной проблемой при рассмотрении полученного пространства будет наличие комплексного множителя у таких привычных понятий, как время и скорость, что может затруднить интерпретацию получаемых результатов, но с математической точки зрения, мы всегда можем сделать обратное преобразование к привычному времени и перевести полученные результаты в пространство Минковского.

Исходя из этих соображений, при рассмотрении физических законов перейдем от привычного пространства Минковского к новому **четырехмерному пространству, первые три координаты которого совпадают с привычным трехмерным пространством, а четвертая координата является метрическим временем, т.е. временем, имеющим размерность расстояния (T). Для удобства в дальнейшем будем называть эту систему координат TR-пространством.**

Очень легко определить основные соотношения в TR-пространстве, для чего достаточно во всех формулах поделить время на комплексный множитель ic. Для новых величин будем использовать индекс i, а координаты будем писать большими буквами X, Y, Z. Кроме того, величины скорости, импульса и энергии будем также отмечать индексом i.

Итак, мы определили пространство событий, которое поможет ввести понятие информации в физическое рассмотрение. Теперь осталось понять, как определяется вероятность различных событий в нашем пространстве. С точки зрения классической механики, понятие вероятности не имеет физического смысла, так как движение всех материальных тел предопределено законами взаимодействия и вероятность любого события либо равна единице, либо нулю. Такая ситуация возникла из-за того, что классическая механика строилась на основе рассмотрения материальных точек нулевого размера, у которых возможно определение координат с любой точностью. Причем оба этих допущения являются некоторой идеализацией реальной физической картины. Логично будет предположить, что отказ от таких предпосылок должен приблизить физическую теорию к реальности, хотя и существует риск значительного усложнения физической картины.

Исходя из вышеизложенных соображений, заменим понятие материальной точки на **определение физического объекта, который определим как произвольную сущность, ограниченную в четырехмерном пространстве (имеющую конечные размеры по всем четырем осям, включая ось времени).**

Данное определение выбрано как наиболее общее и под него попадают все известные материальные объекты.

Теперь приступим к рассмотрению простейшего объекта, состоящего из двух взаимодействующих частиц в нашем новом TR-пространстве.

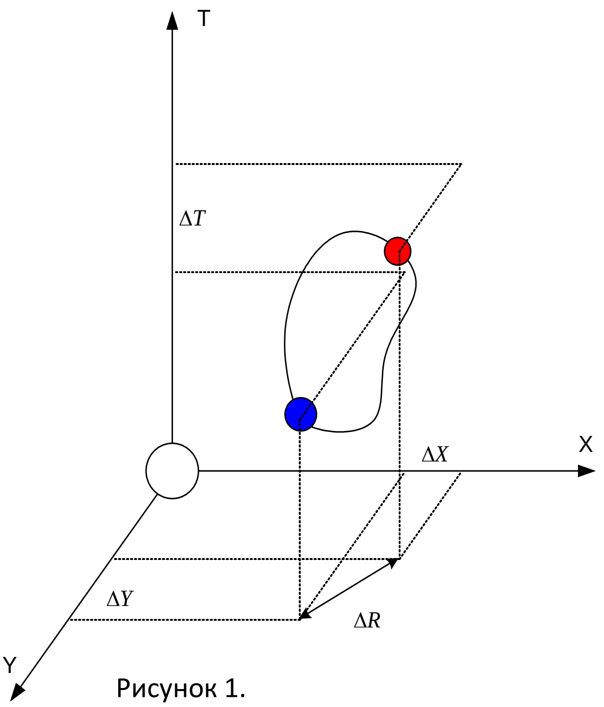

Рисунок 1.

На рисунке 1 изображена четырехмерная система отсчета, привязанная к объекту, находящемуся в начале координат. В данной системе представлен второй объект, состоящий из двух произвольно взаимодействующих частиц. Сплошной линией показана мировая линия взаимодействующих частиц (четырехмерная траектория). Для удобства восприятия не отображена третья пространственная координата, но подразумевается, что движение происходит по всем направлениям. Движение взаимодействующих частиц происходит внутри объема, ограниченного четырехмерной поверхностью, и данный объем имеет проекции на все оси системы отсчета $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta T$. Ключевым моментом в данной картинке является наличие размера объекта вдоль временной оси. В классической физике такой момент не подразумевался, и поэтому данный факт вызывает трудности восприятия. В дальнейшем мы покажем, что наличие размеров вдоль временной оси является обязательным для всех типов объектов, а пока, забегая вперед, только скажем, что данный размер равен периоду колебаний взаимодействующих частиц в пространстве.

Вероятность нахождения объекта в любой точке пространства будет равна отношению объема объекта к объему всего пространства.

$$P(X,Y,Z,T) = \frac{\Delta X \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z \cdot \Delta T}{V_4} \quad (1.6),$$

где $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta T$ — размеры объекта,

V_4 — полный четырехмерный объем рассматриваемого пространства.

В качестве полного объема пространства пока можно использовать любое очень большое число, например, объем видимой вселенной. В дальнейшем мы увидим, что при дифференцировании данный параметр исчезает и от него ничего не зависит.

Теперь можно использовать определение информации 1.2, чтобы определить количество информации о местоположении объекта, которое будет выражаться через логарифм вероятности нахождения объекта в некоторой точке пространства.

$$\begin{aligned} I(X,Y,Z,T) &= -\ln(P(X,Y,Z,T)) = -\ln\left(\frac{\Delta X \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z \cdot \Delta T}{V_4}\right) = \\ &= -\ln(\Delta X) - \ln(\Delta Y) - \ln(\Delta Z) - \ln(\Delta T) + \ln(V_4) \end{aligned} \quad (1.7)$$

Полученное выражение имеет одно значение для всех точек пространства, которое зависит только от размеров объекта. При этом мы определили, что наш объект состоит из двух взаимодействующих частиц, и размерами объекта будет проекции расстояния между частицами на соответствующие оси. И в результате получается, что данная функция зависит от взаимного местоположения взаимодействующих частиц в различные моменты времени. Чтобы изучить поведение данной функции, найдем ее производную по времени:

$$\frac{dI}{dT}=-\frac{1}{\Delta X}\frac{d\Delta X}{dT}-\frac{1}{\Delta Y}\frac{d\Delta Y}{dT}-\frac{1}{\Delta Z}\frac{d\Delta Z}{dT}-\frac{1}{\Delta T}\frac{d\Delta T}{dT}=-\frac{V_{ix}}{\Delta X}-\frac{V_{iy}}{\Delta Y}-\frac{V_{iz}}{\Delta Z}-\frac{1}{\Delta T} \quad (1.8),$$

где V_{ix},V_{iy},V_{iz} — скорость изменения расстояния между частицами вдоль соответствующих осей. У данных скоростей мы используем индексы i, которые показывают, что производная берется по комплексному времени, а чтобы перейти к обычным скоростям, нужно использовать комплексный коэффициент ic.

$$V_{ix}=V_x/ic,$$
$$V_{iy}=V_y/ic, (1.9)$$
$$V_{iz}=V_z/ic$$

Полученная нами функция 1.8 выражает скорость изменения информации о местоположении объекта, которая зависит от движения взаимодействующих частиц, составляющих объект.

В философском смысле сущность информации является базовой и достаточной для описания любых процессов. Если распространить такой взгляд на введенную нами физическую информацию, то можно предположить, что данная функция будет описывать поведение системы на основе данных о координатах и скоростях частиц, составляющих систему. Подобная функция используется в классической механике, и она называется лагранжианом системы. Исходя из данных соображений, проверим функцию 1.8 на совместимость с уравнением Лагранжа:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial V_x}=\frac{\partial L}{\partial x}\Rightarrow\frac{d}{dT}\frac{\partial L}{\partial V_{ix}}=\frac{\partial L}{\partial X}$$
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial V_y}=\frac{\partial L}{\partial y}\Rightarrow\frac{d}{dT}\frac{\partial L}{\partial V_{iy}}=\frac{\partial L}{\partial Y}, (1.10)$$
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial V_x}=\frac{\partial L}{\partial z}\Rightarrow\frac{d}{dT}\frac{\partial L}{\partial V_{iz}}=\frac{\partial L}{\partial Z}$$

В данных уравнениях мы произвели переход к комплексному времени, в результате чего скорости в них также стали комплексными, что отмечено добавлением индекса i. Следует отметить, что уравнения Лагранжа полностью сохранили свой вид при таком преобразовании.

Вычислим частные производные по скоростям и продифференцируем их по времени.

$$\frac{\partial I}{\partial V_{ix}}=-\frac{1}{\Delta X},\frac{\partial I}{\partial V_{iy}}=-\frac{1}{\Delta Y},\frac{\partial I}{\partial V_{iz}}=-\frac{1}{\Delta Z}$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial I}{\partial V_{ix}}=\frac{V_{ix}}{\Delta X^2},$$
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial I}{\partial V_{iy}}=\frac{V_{iy}}{\Delta Y^2}, \quad (1.11)$$
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial I}{\partial V_{iz}}=\frac{V_{iz}}{\Delta Z^2}$$

Частные производные по координатам вычисляются следующим образом:

$$\frac{\partial I}{\partial X}=\frac{V_{ix}}{\Delta X^2}$$
$$\frac{\partial I}{\partial Y}=\frac{V_{iy}}{\Delta Y^2}\ (1.12)$$
$$\frac{\partial I}{\partial Z}=\frac{V_{iz}}{\Delta Z^2}$$

В результате получаем полное совпадение выражений 1.11 и 1.12, которое говорит о том, что скорость изменения информации можно использовать в качестве лагранжиана системы двух взаимодействующих частиц.

$$k\frac{dI}{dT}=L(X,Y,Z,T)\ (1.13),$$

где k— размерный коэффициент, определяющий единицы измерения,

L — функция Лагранжа.

В свою очередь лагранжиан связан с определением функционала действия, на основе которого построена вся современная механика. При этом принцип наименьшего действия выражается следующей формулой:

$$S=\int_{t1}^{t2}Ldt\ (1.14).$$

Подставив в него скорость изменения информации, получим:

$$S=\int_{t1}^{t2}k\frac{dI}{dT}dT=k\int_{I1}^{I2}dI=k\Delta I\ (1.15).$$

Данная формула определяет, что действие между двумя событиями совпадает с разностью информации между данными событиями. Получается, что введенное нами понятие физической информации совпадает с понятием действия, на основе которого сформулирован базовый принцип физики — принцип наименьшего действия.

Таким образом, мы можем сформулировать принцип наименьшего действия через функцию информации.

Каждая механическая система характеризуется потоками информации, скорость изменения информации является функцией координат объектов, составляющих систему, а также их производных по времени.

Движение системы между двумя точками происходит по той траектории, на которой изменение информации будет минимальным.

Подведем промежуточный итог наших рассуждений. Для того чтобы ввести понятие информации в физическую картину, нам пришлось изменить две базовых предпосылки классической механики. Во-первых, мы отказались от рассмотрения материальных точек из-за отсутствия у них пространственных размеров и перешли к рассмотрению объектов, ограниченных в пространстве. Кроме того, для получения изотропности четырехмерного пространства мы переопределили временную координату, умножив ее на размерную комплексную константу. На примере системы двух взаимодействующих частиц мы применили определение собственной информации из математической теории информации и получили функцию, зависящую от размеров системы. Рассмотрев производную данной функции, мы увидели, что она является лагранжианом системы и полностью описывает ее состояние. Кроме того, информация совпадает с функционалом действия и через нее красиво выражается базовый принцип механики — принцип наименьшего действия. Такие результаты позволяют с уверенностью утверждать, что полученная нами функция информации является базовой в физической картине и ее удобно использовать для описания широкого спектра физических явлений.

2. Механика с точки зрения потоков информации

Имея функцию Лагранжа для системы, мы можем определить энергию, импульс и законы движения. Так, например, частные производные лагранжиана по компонентам скорости будут являться соответствующими компонентами импульса:

$$
\begin{aligned}
P_{ix} &= \frac{\partial L}{dV_{ix}} = -k\frac{1}{\Delta X} \\
P_{iy} &= \frac{\partial L}{dV_{iy}} = -k\frac{1}{\Delta Y} \quad (2.1) \\
P_{iz} &= \frac{\partial L}{dV_{iz}} = -k\frac{1}{\Delta Z}
\end{aligned}
$$

Здесь также нужно отметить, что данные импульсы являются комплексными, так как производные берутся по комплексным скоростям. Если брать производные лагранжиана по обычным скоростям, то добавится множитель ic:

$$
\begin{aligned}
P_{ix} &= P_x \cdot ic, \\
P_{iy} &= P_y \cdot ic, \\
P_{iz} &= P_z \cdot ic
\end{aligned}
$$

Энергию системы можно получить из лагранжиана, используя следующее выражение:

$$\sum \frac{\partial L}{\partial V_i} V_i - L = E \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial L}{\partial V_{ix}} V_{ix} + \frac{\partial L}{\partial V_{iy}} V_{iy} + \frac{\partial L}{\partial V_{iz}} V_{iz} - L =$$

$$= -k\left(\frac{V_{ix}}{\Delta X} + \frac{V_{iy}}{\Delta Y} + \frac{V_{iz}}{\Delta Z}\right) + k\left(\frac{V_{ix}}{\Delta X} + \frac{V_{iy}}{\Delta Y} + \frac{V_{iz}}{\Delta Z} + \frac{1}{\Delta T}\right) = \frac{k}{\Delta T} \quad (2.3)$$

$$E_i = \frac{k}{\Delta T}$$

Теперь запишем отдельно выражения для компонент импульса и энергии в реальном времени:

$$
\begin{aligned}
&P_x = -\frac{k}{ic \cdot \Delta x}, P_y = -\frac{k}{ic \cdot \Delta y}, P_{ix} = -\frac{k}{ic \cdot \Delta z} \quad (2.4) \\
&E = \frac{k}{ic \cdot \Delta t}
\end{aligned}
$$

Сразу бросается в глаза, что полученное выражение для энергии совпадает с формулой Планка $E = \dfrac{h}{\Delta t}$, если определить коэффициент k следующим образом:

$k = ihc$ (2.6).

И тогда в реальном пространстве получатся следующие выражения:

$$P_x = -\frac{h}{\Delta x}, P_y = -\frac{h}{\Delta y}, P_{ix} = -\frac{h}{\Delta z} \quad (2.7)$$
$$E = \frac{h}{\Delta t}$$

Переменная k играет роль постоянной Планка и определяет единицы измерения энергии и импульса, поэтому обозначим ее буквой h_i, использовав индекс i по аналогии с другими величинами. Кроме того, переопределим введенную нами функцию физической информации, умножив ее на данную константу, и также добавим к ней индекс i:

$$h_i = k = ihc$$
$$I_i = -h_i(\ln(\Delta X) + \ln(\Delta Y) + \ln(\Delta Z) + \ln(\Delta T)) \quad (2.8)$$
$$\frac{dI_i}{dT} = -h_i\left(\frac{V_{ix}}{\Delta X} + \frac{V_{iy}}{\Delta Y} + \frac{V_{iz}}{\Delta Z} + \frac{1}{\Delta T}\right)$$

Для удобства приведем в одной таблице все рассмотренные нами величины в случаях пространства Минковского и TR-пространства.

Таблица 1

Теория относительности	**В TR-пространстве**	**Взаимосвязь**
Координаты x,y,z	**Координаты** X,Y,Z	совпадают
Время t	**Время** T	T=ict
Интервал $S^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$ Или $S^2 = c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2$	**Интервал** $S^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 + T^2$	совпадают
Скорость $V_x = dx/dt$, $V_y = dy/dt$, $V_z = dz/dt$ $V_r^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$	**Скорость** $V_{ix} = dX/dT$, $V_{iy} = dY/dT$, $V_{iz} = dZ/dT$ $V_{ir}^2 = V_{ix}^2 + V_{iy}^2 + V_{iz}^2$	$V_i^2 = -V^2/c^2$ $V_{ix} = V_x/ic, V_{iy} = V_y/ic, V_{iz} = V_z/ic$
Лагранжиан (физического объекта) $L = -ich\left(\frac{V_{ix}}{\Delta x} + \frac{V_{iy}}{\Delta y} + \frac{V_{iz}}{\Delta z}\right) - \frac{h}{\Delta t}$	**Лагранжиан (физического объекта)** $L = -h_i\left(\frac{V_{ix}}{\Delta X} + \frac{V_{iy}}{\Delta Y} + \frac{V_{iz}}{\Delta Z} + \frac{1}{\Delta T}\right)$	$-\frac{h}{\Delta t} = -mc^2\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} = -\frac{h_i}{\Delta T}$
	Информация $I_i = -h_i(\ln(\Delta X) + \ln(\Delta Y) + \ln(\Delta Z) + \ln(\Delta T))$	Понятие информации не выражается функциями в пространстве Минковского
Энергия Кинетическая: $E_k = \frac{m_0 V^2}{2}$	**Энергия** Кинетическая: $E_{ik} = -\frac{m_0 c^2 V_i^2}{2}$ Полная:	$E_{ik} = E_k$ $E_{in} = E_n$ $E_i = E$

Полная : $E_п = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$ Проекционная: $E = \frac{\mathrm{h}}{\Delta t}$	$E_{in} = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1+V_i^2}} = \frac{E_0}{\sqrt{1+V_i^2}}$ Проекционная: $E_i = \frac{\mathrm{h_i}}{\Delta T}$	
Импульс $P_x = \frac{\partial L}{\partial V_x}, P_y = \frac{\partial L}{\partial V_y}, P_z = \frac{\partial L}{\partial V_z}$ $P^2 = P_x^2 + P_y^2 + P_z^2$	**Импульс** $P_{ix} = \frac{\partial L}{\partial V_{ix}}, P_{iy} = \frac{\partial L}{\partial V_{iy}}, P_{iz} = \frac{\partial L}{\partial V_{iz}}$ $P_i^2 = P_{ix}^2 + P_{iy}^2 + P_{iz}^2$	$P_i^2 = - c^2P^2$ $P_{ix} = icP_x$ $P_{iy} = icP_y$ $P_{iz} = icP_z$

Данная таблица нам будет очень полезна при переходе рассмотрения между комплексным и метрическим временем.

Глядя на выражения 2.4 и 2.7, можно заметить, что энергия и импульс являются частными производными от информации по координатам и времени:

$$
\begin{aligned}
E_i &= -\frac{\partial I_i}{\partial T} = \frac{h_i}{\Delta T} \\
P_{ix} &= \frac{\partial I_i}{\partial X} = -\frac{h_i}{\Delta X} \quad 2.9 \\
P_{iy} &= \frac{\partial I_i}{\partial Y} = -\frac{h_i}{\Delta Y} \\
P_{iz} &= \frac{\partial I_i}{\partial Z} = -\frac{h_i}{\Delta Z}
\end{aligned}
$$

Глядя на эти формулы, **можно выразить физический смысл энергии и импульса как проекции обратных размеров объекта на соответствующие оси.**

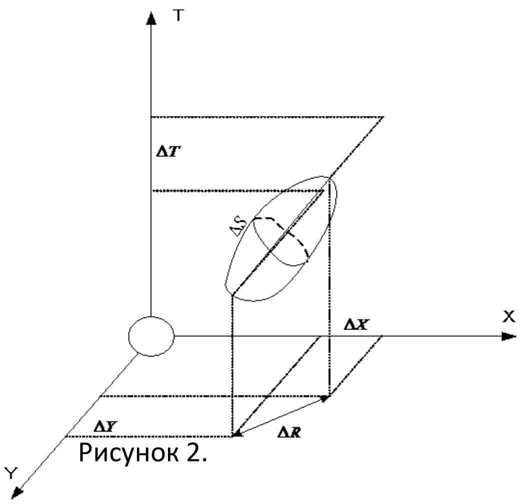

Рисунок 2.

Для того чтобы разобраться с импульсами, вернемся к рассмотрению нашего четырехмерного объекта, исключив из него информацию о движении взаимодействующих внутри него частиц. Тогда наш объект будет выглядеть как некоторая четырехмерная поверхность, изображенная на рисунке 2.

В данной картине можно считать размеры объекта как проекции его четырехмерного размера на различные оси. Тогда они будут определяться по следующим правилам:

$$
\begin{aligned}
\Delta X &= \Delta S \sin(\theta)\cos(\varphi)\sin(\alpha) \\
\Delta Y &= \Delta S \sin(\theta)\sin(\varphi)\sin(\alpha) \quad (2.10) \\
\Delta Z &= \Delta S \cos(\theta)\sin(\alpha) \\
\Delta T &= \Delta S \cos(\alpha)
\end{aligned}
$$

Если выбрать направление одной из координатных осей вдоль движение объекта, то данную картинку можно привести к двумерному виду (Рисунок 3). На данном рисунке показаны четырехмерный объект и зависимость его местоположения от времени R(T). Объект движется с постоянной скоростью, определяемой углом наклона мировой линии к оси времени:

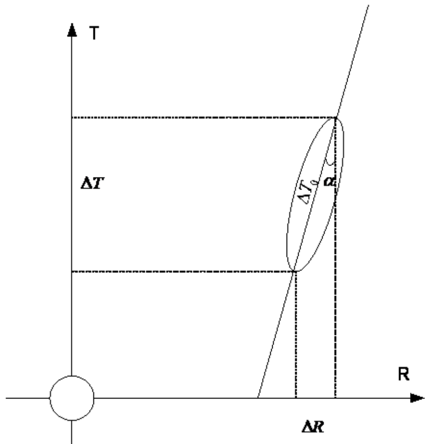

Рисунок 3

$$V_{iR} = tg(\alpha) \quad (2.11)$$

Максимальный размер вдоль временной оси объект будет иметь в собственной системе отсчета, и данный размер обозначен как ΔT_0 . Во всех остальных системах отсчета размер объекта вдоль временной оси будет являться проекцией объекта на данную ось. Причем размер ΔT_0 является инвариантом в любых системах отсчета и его можно считать неизменной характеристикой объекта при условии, что форма объекта не меняется:

$$\Delta T = \Delta T_0 \cos(\alpha) = \frac{\Delta T_0}{\sqrt{1 + tg^2(\alpha)}} = \frac{\Delta T_0}{\sqrt{1 + V_{iR}^2}} \quad (2.12)$$

Аналогично пространственный размер объекта будет проекцией ΔT_0 на координатную ось:

$$\Delta R = \Delta T_0 \sin(\alpha) = \frac{tg(\alpha)\Delta T_0}{\sqrt{1 + tg^2(\alpha)}} = \frac{V_{iR}\Delta T_0}{\sqrt{1 + V_{iR}^2}} \; 2.13$$

Подставив данные выражения в определения энергии и импульса, получим:

$$P_{iR} = -\frac{h_i}{\Delta R} = -\frac{h_i}{\Delta T_0}\frac{\sqrt{1+V_{iR}^2}}{V_{iR}} = -E_0\,\frac{\sqrt{1+V_{iR}^2}}{V_{iR}} \quad (2.14)$$
$$E_i = \frac{h_i}{\Delta T} = \frac{h_i}{\Delta T_0}\sqrt{1+V_{iR}^2} = E_0\sqrt{1+V_{iR}^2}$$

В данных выражениях мы сделали замену двух комплексных коэффициентов на один реальный $E_0 = h_i / \Delta T_0 = h / \Delta t_0$. Данный параметр является энергией объекта при нулевой скорости, и его можно считать энергией покоя объекта. Отсюда можно определить массу покоя, используя выражение энергии из теории относительности:

$$E_0 = m_0 c^2 = h / \Delta t_0$$
$$m_0 = \frac{h}{\Delta t_0 c^2} \quad (2.15)$$

Таким образом, масса покоя определяется как обратный размер объекта с точностью до константы, определяющей единицы измерения. Абсолютно такое же определение будет иметь и энергия покоя.

Теперь вернемся к определению энергии и импульса в теории относительности.

$$P_R = \frac{m_0 V_R}{\sqrt{1 - V_R^2 / c^2}} = \frac{E_0 V_R / c^2}{\sqrt{1 - V_R^2 / c^2}} \quad (2.16),$$
$$E_n = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - V_R^2 / c^2}} = \frac{E_0}{\sqrt{1 - V_R^2 / c^2}}$$

где E_0 — энергия покоя,
m_0 — масса покоя.

Если заменить скорость на тангенс угла наклона, получим:

$$P_R = \frac{E_0}{c} \mathrm{sh}(\alpha) \quad (2.19)$$
$$E_n = E_0 \mathrm{ch}(\alpha)$$

Из данных выражений видно, **что релятивистские энергия и импульс являются проекциями энергии покоя (или массы покоя) объекта на соответствующие оси**. Таким образом, можно сказать, что у нас есть точное определение физического смысла массы, импульса и энергии покоя.

Подведем итоги данного раздела. Начали мы с того, что нашли выражения для импульса и энергии, используя формулу скорости изменения информации в качестве лагранжиана системы двух взаимодействующих частиц. Оказалось, что в таком случае энергия и импульс являются частными производными от физической информации, которая в свою очередь совпадает с определением действия. Кроме того, выражение для энергии совпало с формулой Планка, определяющей энергию фотона. Одним из главных достижений данного раздела можно считать получение физического смысла такой величины, как масса покоя, на основе которой выражаются понятия энергии и импульса. Полученные нами энергия и импульс являются проекцией обратных размеров объекта на соответствующие оси и не совпадают с выражениями энергии и импульса в релятивистской механике, однако они также являются интегралами движения и на их основе можно рассматривать все физические процессы. Кроме того, при рассмотрении новых величин были замечены элементы квантовой механики, и это позволяет надеяться, что понятие физической информации позволит произвести переход от механики Лагранжа к квантовой механике.

3.Квантовая механика с точки зрения потоков информации

В предыдущем разделе мы получили соотношения между энергией, импульсом и информацией объекта, позволяющие определить законы механического движения:

$$E_i = -\frac{\partial I_i}{\partial T} = \frac{h_i}{\Delta T}$$
$$P_{ix} = \frac{\partial I_i}{\partial X} = -\frac{h_i}{\Delta X} \quad (3.1)$$
$$P_{iy} = \frac{\partial I_i}{\partial Y} = -\frac{h_i}{\Delta Y}$$
$$P_{iz} = \frac{\partial I_i}{\partial Z} = -\frac{h_i}{\Delta Z}$$

Данные соотношения не совпадают с определениями классической механики, но очень напоминают выражения из квантовой механики. Если произвести переход к реальному времени и подставить значение коэффициента h_i, мы получим комплексные выражения для импульса и энергию, выражаемую формулой Планка:

$$E_i = -\frac{\partial I_i}{ic\partial t} = \frac{h}{\Delta t}$$
$$P_{ix} = \frac{\partial I_i}{\partial x} = -\frac{ich}{\Delta x} = icP_x \quad (3.2)$$
$$P_{iy} = \frac{\partial I_i}{\partial y} = -\frac{ich}{\Delta y} = icP_y$$
$$P_{iz} = \frac{\partial I_i}{\partial z} = -\frac{ich}{\Delta z} = icP_z$$

Нетрудно заметить, что импульс является результатом действия оператора импульса $-ih\frac{\partial}{\partial q}$ на функцию информации. В квантовой механике, чтобы получить импульс объекта, нужно подействовать оператором импульса на волновую функцию данного объекта. Получается, что функция информации играет роль волновой функции объекта. Это предположение легко проверить при помощи волнового уравнения. Для начала вспомним определение энергии системы через функцию Лагранжа.

$$\sum \frac{\partial L}{\partial V_j} V_j - L = E \quad (3.3)$$

В нерелятивистском случае свободной частицы можно использовать следующие соотношения: $V_j = P_j / m, E = E_k, L = E_k$.

$$\sum P_j P_j / m - E_k = E_k$$
$$\frac{1}{2m} \sum P^2{}_j = E_k \quad (3.4)$$

В квантовой механике импульс и энергия являются результатом действия соответствующих операторов на волновую функцию.

$$E = ih\frac{\partial}{\partial t}\psi(\vec{r},t)$$
$$P_j = ih\frac{\partial}{\partial x}\psi(\vec{r},t) \quad (3.5)$$

$$\frac{1}{2m}\sum ih\frac{\partial}{\partial q_j}\psi(\vec{r},t)\cdot ih\frac{\partial}{\partial q_j}\psi(\vec{r},t)=ih\frac{\partial}{\partial t}\psi(\vec{r},t)$$
$$-\frac{h^2}{2m}\sum\frac{\partial}{\partial q_j}\psi(\vec{r},t)\cdot\frac{\partial}{\partial q_j}\psi(\vec{r},t)=ih\frac{\partial}{\partial t}\psi(\vec{r},t) \qquad (3.6)$$

Данное уравнение очень похоже на уравнение Шредингера, и есть всего одно отличие. Под суммой стоят произведения частных производных, в то время как в волновом уравнении используется производная второго порядка. Если использовать в качестве волной функции функцию информации, то данное различие исчезает, так как для информации мы имеем соотношение:

$$\frac{\partial}{\partial x}I_x=-\frac{1}{\Delta x}$$
$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}I_x=\frac{1}{\Delta x^2}=\frac{\partial I_x}{\partial x}\frac{\partial I_x}{\partial x} \qquad (3.7)$$

В результате мы получили уравнение для функции информации, которое полностью совпадает с волновым уравнением Шредингера, если использовать нерелятивистские выражения для импульса и энергии.

Для полноты квантово-механической картины рассмотрим соотношения неопределенностей Гейзенберга, лежащие в фундаменте квантовой механики:

$$\Delta E\Delta t>h/2,\Delta P_x\Delta X>h,P_y\Delta y>h$$
$$P_z\Delta Z>h \qquad (3.8)$$

Сравним их с выражениями импульса и энергии объекта:

$$E_i=\frac{h_i}{\Delta T}\Rightarrow E\Delta t=h$$
$$P_{ix}\Delta X=-h_i\Rightarrow P_x\Delta X=-h \qquad (3.9)$$
$$P_{iy}\Delta Y=-h_i\Rightarrow P_y\Delta Y=-h$$
$$P_{iz}\Delta X=-h\Rightarrow P_z\Delta Z=-h$$

Чтобы получить из данных выражений соотношения неопределенностей, достаточно сказать, что **определение координат объекта в пространстве возможно с точностью до половины размера объекта вдоль соответствующей оси при условии отсутствия информации о внутренней структуре объекта.**

Получается, что введенное нами понятие физической информации очень хорошо вписывается в квантовую физическую картину и является достаточным для определения большинства физических законов.

Заключение

В рамках данной работы ставилась задача рассмотрения физических законов с точки зрения такой сущности, как информация. Оказалось, что определение функции информации свободного физического объекта можно получить по правилам математической теории информации через вероятность нахождения объекта в определенной точке пространства. Кроме того, мы получили, что введенная нами функция совпадает с механическим действием, на основе которого построены законы классической механики, а скорость изменения информации является лагранжианом объекта. И самым интересным моментом оказалось то, что функция информации удовлетворяет волновому уравнению Шредингера. Таким образом, можно состыковать классическую и квантовую механику на основе одинаковых понятий. Хотя для этого потребуется убрать несовместимость постулатов, на которых основаны обе эти теории.

Основной предпосылкой квантовой механики является утверждение о том, что частицы не имеют классических траекторий, а существует лишь вероятность нахождения частицы в каждой точке пространства. Такое утверждение полностью противоречит понятиям классической механики, и его необходимо трансформировать к более согласованному виду. В первом разделе мы рассматривали физический объект как две взаимодействующие частицы. И действительно при этом возникают трудности для определения координат такого объекта, связанные с тем, что взаимодействующие частицы находятся в постоянном движении и, не имея точных данных в каждый момент времени о движении частиц, мы можем только обозначить поверхность, за которую данные частицы не выходят или выходят крайне редко. Такая ситуация совпадает с ограничениями квантовой механики и при этом не запрещает объектам иметь непрерывные траектории движения, с которыми работает классическая механика. С точки зрения понятия информации, данное ограничение можно выразить следующим образом. **Не имея информации о внутренней структуре объекта, невозможно определить его местоположение в пространстве точнее, чем половина его размера вдоль соответствующей оси.**

Данное утверждение не противоречит классической механике и является достаточно простым и понятным для восприятия.

Второе утверждение квантовой механики говорит о том, что невозможно получить информацию о движении объекта без взаимодействия с ним, которое, в свою очередь, может полностью изменить измеряемые величины. Это утверждение не противоречит картине классической механики, но чтобы его учесть, нужно значительно усложнить рассматриваемую физическую картину, введя в нее взаимодействие с измерительными инструментами. Поэтому данный постулат можно оставить неизменным. К тому же для описания систем с точки зрения механических законов можно не рассматривать измерительные процессы.

Кроме того, для описания механической системы используется функция координат и скоростей всех элементов системы, в то время как в квантовых системах волновая функция не использует данные о скоростях элементов. Эта разница определяет существенные различия в задачах, решаемых данными теориями. Так, например, классическая механика позволяет полностью предсказать поведение механической системы при условии, что имеется полная информация о первоначальном состоянии. В случае же, когда каких-либо данных о первоначальном состоянии нет, в классической механике нет инструментов, позволяющих получить хотя бы примерное предсказание результатов. Такое положение вещей усугубляется тем фактом, что в реальной физической картине очень трудно получить полную информацию о системе. В квантовой механике, напротив, изначально предполагается отсутствие точных данных о системе, и задачей квантовой механики является получение вероятности некоторых событий при помощи статистических методов. Надо сказать, что такие подходы могут очень хорошо дополнять друг друга при изучении физических процессов, но в действительности мы получаем две совершенно разные картины, которые с трудом стыкуются между собой. Используя информацию в качестве базовой величины в обеих теориях, мы получаем возможность красиво объединить инструменты квантовой и классической механики в единую систему.

В дальнейших работах предполагается ввести функцию физической информации в другие направления физики.