ФИЗИКА

Статья носит дискуссионный характер и не отражает позицию редакции

УДК 530:372.8

А. И. Ляпин

О ДУАЛИЗМЕ ВРЕМЕНИ

UDC 530:372.8

A. I. Lyapin

ON DUALITY OF TIME

Аннотация

На основе анализа работ Аристотеля, Ньютона и Эйнштейна рассмотрены причины, вызывающие затруднение при формулировке определения времени. Показано, что кажущийся «дуализм» свойств времени связан не с самим временем, а с интерпретацией результатов его измерения. Сформулировано новое определение времени.

Ключевые слова:

терминология, время, физическая величина, координирующая роль времени.

Abstract

Based on the analysis of the works of Aristotle, Newton and Einstein, the reasons for the difficulty in formulating the definition of time are considered. It is shown that the apparent "duality" of the properties of time is associated not with the time itself, but with the interpretation of the results of its measurement. A new definition of time is formulated.

Key words:

terminology, time, physical quantity, coordinating role of time.

Введение

Время – это одно из понятий,
которое определить невозможно …
Р. Фейнман

Новому осмыслению устоявшихся философских определений пространства и времени и получению их новых формулировок применительно к физике была посвящена работа [1]. Хотя полученные в [1] формулировки определений по сути своей не отличаются от существующих, автору пришлось столкнуться с рядом замечаний и довольно спорных утверждений.

Например, с утверждением о том, что если пространство и время определять как отдельные понятия, то невозможно формировать целостное представление о пространственно-временном континууме. Это утверждение противоречит логике, т. к. невозможно формировать осознанное представление о составном объекте, не давая определения исходных понятий, например, невозможно формировать понятие корпускулярно-

© Ляпин А. И., 2018

волнового дуализма, не определив понятия «корпускула» и «волна».

Наиболее принципиальным является следующее замечание д-ра физ.-мат. наук А. В. Хомченко: «Определяя время как физическую величину, невозможно объяснить такую систему отношений событий, как вчера – сегодня – завтра. Это время, но, очевидно, не физическая величина». С этим трудно не согласиться. Это замечание послужило поводом к более детальному изучению вопроса.

Чтобы работа не превратилась в полемические заметки, автор заново проанализировал первоисточники и использовал другую доказательную базу для своих выводов.

Современное состояние проблемы, связанной с определением времени, точнее всего отражено в энциклопедии «Britannica» [2]: «Определение времени представляет трудности, но не его измерение; время является наиболее точно измеряемой физической величиной».

В этом утверждении понятие «время» уже определено термином физическая величина. То есть объект изучения определен, остается лишь установить его атрибуты. Последние были установлены Аристотелем почти два тысячелетия назад, они приведены в [1].

Целью работы является установление возможных причин, которые затрудняют выбор основного атрибута времени и формулировку определения понятия «время».

1 Анализ причин возникновения «проблемы времени»

1.1 Первые представления

Литературные выражения «время идет», «время течет», «ход времени», «река времени» и т. д., созданные древними поэтами, являются настолько образными, что «перекочевали» из художественной литературы в научную и предопределили формирование устойчивой парадигмы. Для многих ученых, включая современных, эти образы стали отправной точкой их исследований «природы времени».

Несостоятельность такого подхода заключается в том, что слова «идет», «ход» и т. д. обычно связывают с каким-либо процессом. Время же не является процессом.

1.2 Время по Аристотелю

Согласно Аристотелю, «время не есть движение». Он поясняет [3, с. 151]: «Мы не только измеряем движение временем, но и время движением – вследствие того, что они определяются друг другом, ибо время определяет движение, будучи его числом, а движение – время».

Иными словами, изучаемому движению (изменению) мы приписываем время, которое, в свою очередь, определяется по движению стрелок часов.

Аристотель доказывает, что время является величиной и следует различать величину и ее значения, которые определяются по эталонному движению (часам). Более того, у Аристотеля встречается такое утверждение [3, с. 153]: «Так как время – мера движения, то оно будет и мерой покоя». То есть Аристотель определил время как физическую величину.

1.3 Время по Ньютону

Спустя почти два тысячелетия после Аристотеля Ньютон в своих «Началах» определил время как длительность [4, с. 30]. Ньютона не интересовала метафизика времени. Он выбрал «длительность» как главный атрибут времени, и этого оказалось достаточно для создания фундамента физики.

Ньютон ввел абсолютное и относительное время. Являясь длительностями, оба времени представляют собой два значения одной и той же величины.

Здесь важно установить отличие между этими понятиями.

В своем определении Ньютон

называет абсолютное время «истинным, математическим, не зависимым от чего бы то ни было» [4, с. 30].

Здесь время выступает как некоторая математическая переменная величина. В этом контексте абсолютное время можно рассматривать как абсолютную временную шкалу.

Относительное же время – это «постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год» [4, с. 30]. Иными словами эта величина является измеряемой мерой длительности изучаемого процесса и отражает его свойство.

В данном случае абсолютное время используется для координации всевозможных процессов. Очевидно, что для временной координации различных процессов (явлений) интервал значений абсолютного времени должен охватывать всевозможные «относительные длительности».

Если же говорить о «природе времени», то длительность (как разность временных координат) в общем случае не является исходным понятием. Кроме того, два понятия времени приводят к своего рода дуализму его свойств.

1.4 Время в работах Эйнштейна

Попытки Эйнштейна придать физический смысл понятию «время» свелись к выбору способа измерения расстояния между двумя точками пространства с помощью светового луча [5, с. 23]. На основе сформулированного им постулата о постоянстве скорости света в вакууме ученый предложил формулу для синхронизации часов в неподвижной системе отсчета [5, с. 24]:

$$t_n = t_m + r_{mn}/c ,$$

где t_n – показание часов в точке n; t_m – показание часов в точке m; r_{mn} – расстояние между точками; c – скорость светового сигнала.

Дальнейшие рассуждения Эйнштейна связаны с результатами расчетов, полученных предложенным им «способом измерения времени».

Ни в одной из своих работ Эйнштейн не дает определения понятию «время». Не дав четкого определения времени, Эйнштейн отвергает ньютоновское «абсолютное время» и, следуя Минковскому, развивает понятие «пространственно-временной континуум». Согласно Эйнштейну, «… все происходит в четырехмерном континууме. Однако понимание этого затмевалось абсолютным характером дорелятивистского времени» [5, с. 25].

Более того, вместо времени t ученый вводит световое время $l = c \cdot t$, которое затем заменяет мнимой временной координатой $x_4 = i \cdot c \cdot t$ [5, с. 26]. То есть у Эйнштейна время выступает как одна из равнозначных координат события.

В связи с этим отметим, что в классической механике любое событие также определяется тремя пространственными и одной временной координатами. При графическом описании событие изображается точкой. Совокупность таких точек образует пространственно-временной континуум.

Поэтому следует говорить о классическом и релятивистском пространственно-временных континуумах. Причем, по сути, эти два понятия почти совпадают. Отличие между ними состоит в том, что применение «релятивистского» времени приводит к изменению координат событий по сравнению с классическим пространственно-временным континуумом.

Кроме того, следует учитывать отличие временной координаты от пространственной. На пространственной оси не может быть двух или более одинаковых координат, значение же времени в данный момент должно быть одним на всей бесконечной пространственной оси.

В работах современных последо-

вателей Эйнштейна также отсутствует определение понятия «время». Более того, на всех пространственных диаграммах [6, с. 39] используется математическое время (временная шкала), которое Ньютоном определено как «абсолютное время».

1.5 Устоявшиеся обиходные представления о времени

Другая причина затруднения при формулировке определения времени связана, на наш взгляд, с тем, что в обыденной жизни временем называют и показания часов, и длительность процесса.

Отождествление указанных понятий происходит, вероятно, потому, что, глядя на часы, мы автоматически фиксируем изменения времени (сколько прошло времени).

Хотя показания часов и длительность измеряются в одних и тех же единицах, они представляют собой разные понятия.

Действительно, глядя на часы, мы регистрируем положение стрелок, или мгновенное *значение* времени (временную координату). Поэтому показания часов – это *результат измерения* времени.

Применительно к изучаемому процессу результаты указанных измерений отражают последовательность событий, либо их *временную координацию*.

Для определенности приведем значение термина «событие»: событие – это то, что происходит в некоторый момент времени. В теории относительности событие – это точка пространственно-временного континуума (или мировая точка).

Разность временных *координат* двух событий, принадлежащих одному процессу, определяет его *длительность*.

То есть длительность *вычисляется* по измеренным данным и является результатом их обработки.

Очевидно, что отдельное значение величины и разность ее значений – это разные понятия. В рассматриваемом случае первое отвечает на вопрос «когда?», а второе – на вопрос «как долго?».

1.6 Дуализм свойств времени

Указанное выше отождествление разных понятий приводит к тому, что, с одной стороны, время отражает длительность и является физической величиной, а с другой – координацию, которая не является таковой.

То есть возникает своеобразный дуализм свойств времени, который затрудняет формулировку его определения.

В [1] не уделено должного внимания указанному дуализму и дано, согласно [7], определение, которое содержит этот дуализм. Возникающие в связи с этим вопросы свидетельствуют о неудовлетворительности данного определения.

Аристотель для разъяснения своих выводов о свойствах времени проводит аналогию между временными и пространственными координатами.

Пространственная координата, являясь математической величиной, определяет местоположение выбранной точки. Разность же координат дает расстояние. При этом расстояние между крайними точками отдельного объекта есть не что иное, как его протяженность или длина. Расстояние между отдельными положениями (координатами) движущегося объекта – это путь (протяженность или длина траектории). В этих случаях расстояние, будучи связанным с реальным объектом (телом, процессом), является физической величиной, т. к. отражает его свойство. В то же время расстояние между положениями двух разных объектов отражает их координацию, которая не является физической величиной.

Возможно этот, если можно сказать, дуализм свойств расстояния и непосредственный перенос этого дуализма на понятия «время» и «длительность» также внесли свой вклад в проблему определения времени.

Однако следует учитывать принципиальное отличие между пространственной и временной координатами.

Особенностью величины «время» является ее непрерывность и необратимость. Каждой координате на временной оси может соответствовать бесконечное множество пространственных координат. Обратное соответствие невозможно.

«Дуализм времени» возникает вследствие смешения разных понятий.

Действительно, временные координаты имеют физический смысл, если они отражают последовательность сменяющих друг друга состояний отдельного изучаемого процесса. Временные же координаты взятых отдельно состояний разных процессов отражают их координацию (взаимное «расположение» во времени).

В обоих случаях речь идет о последовательностях, которые устанавливаются обработкой результатов измерения временных координат. Поэтому «дуализм времени» связан не с самим временем как физической величиной, а с интерпретацией результатов его измерений.

Выводы

На основе проведенного анализа можно утверждать, что основная причина затруднений при формулировке определения понятия «время» связана с кажущимся дуализмом свойств времени. Действительно, по существующим представлениям время отражает и длительность процессов, и их координацию. Выступая в первом качестве, время является физической величиной, тогда как во втором качестве оно не является таковой.

Ньютон обошел эту проблему, введя «относительное» и «абсолютное» время. Первое отражает длительность различных процессов, а второе – их координацию.

Неудовлетворенность такой двойственностью привела Эйнштейна к единому «световому времени». У него время выступает как одна из четырех равнозначных координат события.

Однако пространственная и временная координаты не могут быть равнозначными. Каждой координате на временной оси может соответствовать бесконечное множество пространственных координат. Обратное соответствие невозможно.

Время отражает фундаментальное свойство материи – ее подверженность к непрерывному изменению. Отражая свойство объекта, время является физической величиной. Будучи физической величиной, время выступает единым для всех объектов, но для каждого из них имеет различные значения. При этом время необратимо.

Время и длительность – это разные физические величины. Время – это фундаментальная физическая величина. Применительно к какому-либо процессу его длительность определяется временем.

Любой процесс или явление представляют собой последовательность сменяющих друг друга состояний, определяемых набором значений физических величин. При изучении процесса регистрируются состояния в различные моменты времени (как правило, через равные интервалы). То есть регистрируются временные координаты состояний. Обработкой полученных данных устанавливаются закономерности, которым следует исследуемый процесс.

Учитывая изложенное, можно уточнить определение события.

В рассмотренном случае событием является факт реализации определенного состояния объекта (или факт регистрации этого состояния).

Процесс же представляет собой совокупность сменяющих друг друга событий.

Временные координаты событий – это значения физической величины, определяющие их последовательность.

Последовательность тех или иных событий определяется обработкой результатов измерения временных координат. Интерпретация последовательно-

стей зависит от сравниваемых событий.

Таким образом, главным атрибутом времени является его координирующая роль.

Вчера – сегодня – завтра – это отдельные значения (интервалы значений) времени, которые используются для координации событий (установления хронологической последовательности). Указанные понятия больше относятся к хронологии, нежели к физике. Предметом физики является не дата события, а условия его реализации и последствия.

Обобщением вышеизложенного может быть такая формулировка определения времени: время – это физическая величина, которая отражает координацию событий (их последовательность).

Существует утверждение [8, с. 6], что «время – это то, что измеряется часами». Однако, как было отмечено выше, часы – это инструмент, с помощью которого мы измеряем мгновенные значения времени. В этом случае получается, что время представляет собой набор значений времени.

Последнее противоречит логике. Это противоречие возникает из-за того, что не учитывается первичность времени как физической величины по отношению к часам (инструменту).

Заключение

В работе проведен анализ известных представлений о времени и сформулировано новое его определение.

Время – это физическая величина, которая отражает координацию событий (их последовательность).

Это определение, сформулированное современным языком, по сути, совпадает с одним из определений Аристотеля. Поэтому Аристотеля по праву можно считать автором этого определения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ляпин, А. И.** Пространство и время в физической терминологии / А. И. Ляпин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 2. – С. 128–135.

2. Time as systematized in modern scientific society [Электронный ресурс] / Encyclopaedia Britannica. – Режим доступа: http://www.britannica.com/science/time_physics. – Дата доступа: 07.12.2017.

3. **Аристотель**. Физика / Аристотель // Соч. : в 4 т. – Москва : Ин-т философии, 1981. – Т. 3, кн. 4. – 159 с.

4. **Ньютон, И.** Математические начала натуральной философии : пер. с лат. / И. Ньютон // Сб. тр. : в 12 т. – Москва ; Ленинград : АН СССР, 1936. – Т. 7. – 687 с.

5. **Einstein, A.** The Meaning of Relativity / A. Einstein. – Princeton (NY) : Princeton Univ. Press, 1921. – 81 с.

6. **Хокинг, С.** Три книги о пространстве и времени : пер. с англ. / С. Хокинг. – Санкт-Петербург : Амфора, 2012. – 503 с.

7. Пространство и время // Физическая энциклопедия : в 5 т. / Под ред. А. М. Прохорова. – Москва : Сов. энцикл., 1994. – Т. 4. – С. 156.

8. **Аксенов, Г. П.** Причина времени / Г. П. Аксенов. – Москва : Эдиториал УРСС, 2000. – 243 с.

Статья сдана в редакцию 11 марта 2018 года

Али Ибрагимович Ляпин, канд. физ.-мат. наук, доц., Белорусско-Российский университет. E-mail: ali_lyapin@tut.by.

Ali Ibragimovich Lyapin, PhD (Physics & Mathematics), Associate Prof., Belarusian-Russian University. E-mail: ali_lyapin@tut.by.