

УДК 531.8

АКСИОМЫ ИЛИ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ СФОРМУЛИРОВАЛ И. НЬЮТОН

AXIOMS OR THE LAWS OF MOTION FORMULATED I. NEWTON

Смелягин Анатолий Игоревич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретической механики,
Кубанский государственный
технологический университет
Тел.: 8(861) 251-87-05
set@id-yug.com

Smelyagin Anatoly Igorevich

doctor of technical Sciences,
Professor, head of Department of
theoretical mechanics,
Kuban State University of Technology
set@id-yug.com

Аннотация. Рассмотрены и исследованы как оригинальные, так и современные аксиомы или законы И. Ньютона. Показано что аксиомы или законы И. Ньютона не являются таковыми. Установлено, что первый, и третий законы (аксиомы) И. Ньютона являются следствиями. Так же показано, что второй и третий законы И. Ньютона это не законы о движении материальных тел, а аксиомы о взаимодействии тел.

Ключевые слова: аксиома, закон, следствие, постулат, теория, сила, движение, количество движения, материальное тело, материальная точка, система материальных точек.

Annotation. Considered and investigated both original and modern axioms or laws of Newton. Shown, that the axioms or laws of Newton as such are not. Found that the first and third laws (axioms) of Newton are consequences. Shown, that the second and third laws of Newton, is not the laws of the motion of material bodies and that is axioms interaction of bodies.

Keywords: axiom, law, investigation, postulate, theory, force, motion, momentum, the material body, a material point, the system of material points.

Наука, изучающая равновесие, механическое движение и взаимодействия материальных тел называется *Механикой* [1, 2].

Изучением механического движения, при скоростях исследуемых объектов значительно меньших скорости света, занимается классическая или ньютоновская механика. Фундамент современной классической механики построен на идеях, трудах, аксиомах и законах, Галилея [3], Ньютона [4] и Эйлера [5].

Основные положения механики впервые вместе были сформулированы великим английским ученым И. Ньютоном в «Математических началах натуральной философии» [4] и в оригинале имеют вид.

АКСИОМЫ ИЛИ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ

Закон I

Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

Закон II

Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила, действует.

Закон III

Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе — взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны.

Анализ оригинальных и современных формулировок аксиом или законов движения И. Ньютона в [6] показал, что они сформулированы только для абстрактных материальных объектов — материальной точки и системы материальных точек. Следова-

тельно, они справедливы и могут использоваться только для математического моделирования идеальных (абстрактных) объектов.

Так как сформулированные основные положения классической механики И. Ньютон назвал аксиомами или законами движения, а современные трактовки называют их то — законами то — аксиомами, поэтому возникает необходимость выяснить, что все-таки сформулировал И. Ньютон.

Для того чтобы понять, что сформулировал И. Ньютон рассмотрим эти понятия.

В современной науке закон и аксиома и связанные с ними понятия, несмотря на многообразие различных формулировок, имеют следующий смысл [7, 8, 9].

Закон, необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями в природе и обществе.

Аксиома (постулат) (греч. ἀξίωμα — утверждение, положение) — положение, принимаемое в рамках данной теории истинным без доказательств.

Постулат (от лат. postulare — требовать) — утверждение, принимаемое без доказательств и служащее основой для построения какой-либо теории.

Принцип (лат. principium — первоначало, основа) — исходное, не требующее доказательств положение теории (то же, что аксиома или постулат).

Следствие — то, что логически необходимо вытекает из чего-то другого (своего основания).

Теория (от греч. theoria — *рассматриваю, исследую*) — в широком смысле — комплекс взглядов, представлений, идей, направленных на истолкование и объяснения какого-либо явления.

Моделирование — исследование объектов познания на их моделях.

Из приведенных, формально различных формулировок, следует, что только законы устанавливают (описывают) закономерные явления в природе.

Аксиомы, постулаты, принципы это термины, которые можно считать синонимами и они являются не чем иным, как предположениями и предпосылкой для создания (построения) той или иной теории или модели.

Объединять понятия закон и аксиома, как это сделано у И. Ньютона и в современных научных трудах и учебниках, нельзя. Это следует хотя бы из того, что законы движения И. Ньютона, как показано в [6] справедливы только для абстрактных объектов — материальной точки и системы материальных точек. Следовательно, а главное правильно, сформулированные И. Ньютоном в [4] основные положения механики должны называться не законами, а аксиомами.

Теперь исследуем, а являются ли на самом деле все основные положения о движении тел, сформулированные И. Ньютоном, аксиомами.

В [6] показано, что свои аксиомы механического взаимодействия и движения тел И. Ньютон сформулировал только в словесной форме.

В [6] так же приводится современная математическая запись второй аксиомы И. Ньютона, которая имеет вид

$$\frac{d(m \cdot \vec{V})}{dt} = \vec{F}, \quad (1)$$

где m , V — масса и скорость материальной точки, соответственно; F — сила, приложенная к материальной точке; t — время.

В первой аксиоме И. Ньютона утверждается:

«Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние».

Первая аксиома в современной научной и учебной литературе часто называется законом инерции [2, 10, 11] и формулируется чаще всего следующим образом.

Тело (материальная точка) находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если оно не подвержено внешним воздействиям со стороны других тел.

В [11] отмечается: «Так или иначе, выделение и формулировка первого закона (закона инерции) дают основания для некоторого недоумения и критики. Действительно, если считать силы известными, то первый закон является прямым *следствием* второго — при отсутствии сил количество движения $mv = \text{const}$, а значит, по крайней мере, при $m = \text{const}$, и скорость $v = \text{const}$ ».

Итак, из [11] и (1), а так же из современных терминологических понятий [7, 8, 9] следует, что второе положение, сформулированное И. Ньютоном в [4], не может по определению быть ни законом, ни аксиомой, так как оно напрямую вытекает из второй аксиомы, а, следовательно, это *следствие*.

Исследуем, не рассмотренный в [11], общий случай движения материальной точки, когда на неё не действуют силы.

Для этого продифференцируем (1) по времени t , считая при этом, что в общем случае у исследуемой материальной точки $m = \text{var}$ и $V = \text{var}$. В результате получим

$$m \cdot \frac{d\bar{V}}{dt} + \bar{V} \cdot \frac{dm}{dt} = \bar{F}. \quad (2)$$

Так как на исследуемую материальную точку в соответствии с формулировкой первой аксиомы, не действуют силы ($F = 0$) или действуют только системы уравновешенных сил, то, с учетом этого допущения, (2) примет вид

$$m \cdot \frac{d\bar{V}}{dt} + \bar{V} \cdot \frac{dm}{dt} = 0. \quad (3)$$

Если принять, что масса точки в процессе ее движения не меняется ($m = \text{const}$), тогда будем иметь

$$m \cdot \frac{d\bar{V}}{dt} = 0. \quad (4)$$

Из (4) следует, что в этом общем случае скорость материальной точки является постоянной величиной ($V = \text{const}$). В частном случае она равна нулю ($V = 0$). То есть точка, в это время, находится в состоянии покоя.

Именно эти состояния материальной точки и декларируются в первой оригинальной аксиоме Ньютона. Но из приведенных рассуждений видно, что это утверждение получено непосредственно из второго закона, а, следовательно, оно является следствием, что и отмечено в [11].

Теперь рассмотрим движение материальной точки, если её масса изменяется ($m = \text{var}$) в процессе ее движения. Это можно сделать, так как в оригинальной формулировке второй аксиомы И. Ньютон говорит не о произведении массы на ускорение, как это утверждается в современных трактовках этой аксиомы [2, 10, 12], а об изменении количества движения (mV). Следовательно, формулировка И. Ньютона учитывает возможность изменения массы [11] материальной точки при её движении.

Итак, если принять, что $m = \text{var}$, то чтобы найти движение точки при этих условиях надо исследовать уравнение (3).

Для исследования уравнения (3) необходимо задать закон изменения массы точки. Пусть масса точки, например, убывает по закону

$$m = m_0 - k \cdot t, \quad (5)$$

где m_0 — первоначальная масса точки; $k = \text{const}$ — коэффициент, устанавливающий процесс убывания массы.

Подставив (5) в (4), получим

$$(m_0 - k \cdot t) \cdot \frac{d\bar{V}}{dt} - k \cdot \bar{V} = 0. \quad (6)$$

Примем, что при $t = 0$ начальная скорость точки $V = V_0$, а перемещение $S = 0$, то из (6) найдем скорость и закон движения исследуемой точки, соответственно:

$$\bar{V} = \bar{V}_0 \cdot \left(1 - \frac{k}{m_0} \cdot t\right); \quad (7)$$

$$\bar{S} = \bar{V}_0 \cdot t \cdot \left(1 - \frac{k}{2 \cdot m_0} \cdot t\right). \quad (8)$$

Из (7) видно, что скорость точки, не смотря на то, что на неё не действуют силы, не остается постоянной, а убывает прямо пропорционально времени, то есть точка имеет переменную скорость ($V = \text{var}$).

Из (7) так же следует, что при

$$T = \frac{m_0}{k}, \quad (9)$$

скорость точки становится равной нулю ($V = 0$).

При этом, как это следует из (5), при $t = T$ масса точки станет равной нулю, то есть точка прекратит своё существование.

Следовательно, если масса исследуемой точки будет переменной ($m = \text{var}$), то, даже если на неё не действуют ни какие внешние силы или действуют только системы уравновешенных сил, то её скорость так же будет переменной величиной ($V = \text{var}$).

Количество движения точки, с учетом (5) и (7) определится

$$\bar{K} = m_0 \cdot \bar{V}_0 \cdot \left(1 - \frac{k}{m_0} \cdot t\right)^2. \quad (10)$$

Из (10) следует, что количество движения точки при её перемещении будет уменьшаться, то есть $K = \text{var}$.

Итак, если на движущуюся точку не действуют силы, но при этом она имеет переменную массу, например, она сгорает, то её скорость и количество движения будут переменными величинами. Это противоречит первой аксиоме И. Ньютона. Следовательно, первая аксиома И. Ньютона справедлива только для частного случая движения точки, когда ее масса постоянна ($m = \text{const}$). Для общего случая движения точек первая оригинальная аксиома И. Ньютона и её современные трактовки не применимы.

К сожалению, большинство современных формулировок первой аксиомы И. Ньютона не совсем верно её трактуют, когда утверждают, что тело (материальная точка) находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если оно не подвержено внешним воздействиям со стороны других тел.

Последнее утверждение является частным случаем взаимодействия тел. Тело, при $m = \text{const}$, так же находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если оно подвержено внешним воздействиям со стороны других тел, но это воздействие представляет собой системы уравновешенных сил.

Итак, первая оригинальная аксиома И. Ньютона и её современные трактовки не могут быть ни законом, ни аксиомой. Это обусловлено тем, что они напрямую вытекают из второй аксиомы, а, следовательно, это следствия. Более того эти следствия справедливы только для частного случая движения материальной точки ($m = \text{const}$) и не применимы к общему случаю движения.

В третьем законе (аксиоме) И. Ньютона утверждается: *«Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе — взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны».*

Аналогичные формулировки этого закона приводятся и в современной научной литературе, например в [2] сказано: **«Третий закон Ньютона (1687): силы, с которыми действуют одно на другое взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению»** ($F_{12} = -F_{21}$).

Известно, что механика базируется на аксиомах. Одной из таких основополагающих аксиом является аксиома связей.

Связью [13] для материального тела или материальной точки называют материальные объекты (тела и точки) которые ограничивают свободу перемещения рассматриваемого тела или материальной точки.

Аксиома связей (Принцип освобожденности от связей) утверждает [13], что *всякую связь можно отбросить и заменить силой, реакцией связей* (в простейшем случае) или *системой сил* (в общем случае).

Применяя непосредственно к взаимодействующим телам (рис. 1) аксиому связей, получим как оригинальную, так и современные формулировки третьего закона (аксиомы) И. Ньютона.

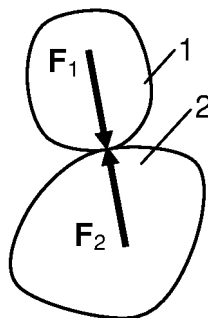


Рисунок 1 — Взаимодействие двух тел:
1, 2 — первое и второе тело, соответственно;
 F_1, F_2 — равные по величине и противоположно направленные силы

Отсюда следует, что третий закон (аксиома) И. Ньютона вытекает из аксиомы связей, а поэтому он (она) не может так называться, так как это по терминологическому смыслу есть следствие.

Во второй аксиоме И.Ньютона утверждается: «Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила, действует», математическая запись этой аксиомы приведена в (1).

Отметим, что современные трактовки законов Ньютона многообразны, хотя по смыслу и содержанию совершенно идентичны [1, 2, 6, 13].

Масса тела, умноженная на ускорение, равна действующей силе.

$$m \cdot \bar{a} = \bar{F}. \quad (11)$$

Из словесных и математических формулировок второй аксиомы (1) и (11) следует, что на тело, а точнее на материальную точку, действует сила. Однако сила сама по себе действовать на объект не может, следовательно, эта сила результат взаимодействия как минимум двух материальных объектов, один из которых, как раз, и является исследуемым. Тогда из принципа освобожденности от связей следует, что вторая аксиома И.Ньютона определяет реакцию исследуемого объекта на воздействие на него другого материального тела (точки). Следовательно, *вторая аксиома И. Ньютона определяет только силу взаимодействия тел*. То есть вторая аксиома это не закон движения, а не что иное как, записанная другими словами, третья аксиома И. Ньютона о взаимодействии тел.

Итак, ни первый, ни третий законы (аксиомы) И. Ньютона не являются таковыми, так как это следствия, а второй и третий закон это законы не о движении материальных тел, а это аксиомы о взаимодействии тел.

Литература:

1. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. 2-е изд. – М. : Изд-во МГУ, 2000. – 720 с.
2. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. – Киев : Наук. Думка, 1989. – 864 с.
3. Галилео Галилей. Избранные труды в двух томах. – М. : Наука, 1964.
4. Ньютон Исаак. Математические начала натуральной философии. – М. : Наука, 1989. – 688 с.
5. Эйлер Л. Основы динамики точки. – Москва–Ленинград : НТИ–НКТП СССР, 1938. – 500 с.
6. Смелягин А.И. Объекты, для которых сформулированы аксиомы или законы классической механики // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 1. – С. 21–25.
7. Лапина И., Маталина Е. Большой энциклопедический словарь. – СПб. : АСТ, 2008. – 1247 с.
8. Философия: Энциклопедический словарь. Под ред. А.А. Ивина. – М. : Гардарики, 2004. – 1072 с.
9. Новая философская энциклопедия: В 4 т. В.С. Степин. – М. : Мысль, 2001. – 634 с.
10. Кухлинг Х. Справочник по физике // Перевод с нем. – М. : МИР, 1983. – 520 с.
11. Гинзбург В.Л. К трехсотлетию «Математических начал натуральной философии» Исаака Ньютона. Успехи физических наук. Том 151. Выпуск 1. – М. : Наука, 1987. – С. 119–141.
12. Халфман Р. Динамика // Перевод с англ. – М. : Наука, 1972. – 568 с.
13. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – М. : Высш. шк., 1990. – 607 с.

References:

1. Golubev J.F. Foundations of Theoretical Mechanics. 2nd ed. – M. : MGU, 2000. – 720 p.
2. Kuz'michev V.E. Laws and formulas of physics. – Kiev : Science Dumka, 1989. – 864 p.
3. Galileo Galilee. Selected works in two volumes. – M. : Nauka, 1964.
4. Isaac Newton. Mathematical Principles of Natural Philosophy. – M. : Nauka, 1989. – 688 p.
5. Euler L. Basics dynamics point. – Moscow–Leningrad : STI–NKTP USSR, 1938. – 500 p.
6. Smelyagin A.I. Objects for which the axioms or laws of classical mechanics // Science. Engineering. Technology (Polytechnic Bulletin). – 2014. – № 1. – P. 21–25.
7. I. Lapin, E. Matalina. Encyclopedic Dictionary. – St. Petersburg : AST, 2008. – 1247 p.
8. Philosophy: Collegiate Dictionary. Ed. A.A. Ivin. – M. : Gardariki, 2004. – 1072 p.
9. New Encyclopedia of Philosophy : 4 volumes V.S. Stepin. – M. : Thought, 2001. – 634 p.
10. Kuhling H. Handbook of Physics // Translated from the German. – New York : Wiley, 1983. – 520 p.
11. L. Ginzburg To tercentenary «Mathematical Principles of Natural Philosophy» by Isaac Newton. Physics-Uspekhi. Volume 151. Issue 1. – Nauka, 1987. – P. 119–141.
12. R. Halfman Dynamics // Translated from English. – M. : Nauka, 1972. – 568 p.
13. Nikitin N.N. Course of Theoretical Mechanics. – M. : Higher. sh., 1990. – 607 p.