УДК 531.8 https://doi.org/10.26160/2542-0127-2026-18-27-32

ОБ ОДНОМ СОВМЕСТНОМ ДВИЖЕНИИ ДВУХ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ НЬЮТОНА

Орлянская Т.И.
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва

Ключевые слова: материальное тело, связь, механическое взаимодействие, сила, инерциальная система отсчета, сложное движение.
Аннотация. В статье рассматривается случай, когда одно материальное тело вовлекается в равномерное прямолинейное движение другим материальным телом. Исследуется, чем сопровождается возникающая связь между материальными телами в процессе их движения. При этом движение одного материального тела рассматривается как сложное движение материальной точки относительно двух инерциальных систем отсчета: неподвижной и подвижной, жестко связанной с другим материальным телом. При исследовании движения выясняется как и почему сохраняется механическое движение материальной точки в обеих инерциальных системах отсчета; как возникает постоянство скорости движения материальной точки и почему эта скорость не зависит от скорости поступательного равномерного прямолинейного движения другого материального тела. Выясняется, как результаты исследований, возможно, связаны с результатами экспериментов по определению скорости света в оптике, с принципом относительности Галилея и двумя постулатами А. Эйнштейна, положенными им в основу специальной теории относительности.

ON A JOINT MOTION OF TWO MATERIAL BODIES IN CLASSICAL NEWTONIAN MECHANICS

Orlyanskaya T.I.
Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Keywords: material body, constraint, mechanical interaction, force, inertial reference frame, complex motion.
Abstract. The article examines the case in which one material body is set into uniform rectilinear motion by another material body. The study examines what accompanies the connection that arises between material bodies during their motion. In this context, the motion of a single material body is treated as the complex motion of a material point relative to two inertial reference frames: a stationary one and a moving one rigidly attached to another material body. An analysis of motion reveals how and why the mechanical motion of a material point is conserved in both inertial reference frames; how the constancy of a material point's velocity arises; and why this velocity is independent of the velocity of the uniform rectilinear translational motion of another material body. It is shown how the research results may be related to the results of experiments measuring the speed of light in optics, to the Galilean principle of relativity, and to the two postulates formulated by A. Einstein as the foundation of the special theory of relativity.

В механике известно, что между материальными телами возникает связь, когда одно материальное тело вовлекается в поступательное равномерное прямолинейное движение другим материальным телом. Чем же сопровождается эта связь, возникает или нет механическое взаимодействие между ними и, что же происходит с механическим состоянием этих материальных тел.

Так возникает интересная и, как в последствии выясняется, очень важная задача – исследования процесса вовлечения одного материального тела в поступательное равномерное прямолинейное движение другим материальным телом.

Будем рассматривать движение одного материального тела, как движение материальной точки.

Известно, что когда материальная точка одновременно участвует в нескольких движениях, то говорят, что она совершает сложное движение [1]. В простейшем случае материальная точка участвует в двух движениях: движется самостоятельно и вместе с другим материальным телом. Первое движение материальной точки называется относительным, второе – переносным.

Рассматриваем сложное движение материальной точки M массой m. Для простоты рассуждений рассматриваем случай, когда материальная точка сама движется равномерно прямолинейно и вовлекается в поступательное равномерное прямолинейное движение другим материальным телом (рис. 1). При этом предполагаем, что такое ограничение на движение материальной точки относительно другого материального тела, не отражается на общности получаемых результатов. Вводим в рассмотрение две инерциальные системы отсчета: неподвижную систему $Oxyz$, связанную с условно-неподвижной точкой O; подвижную систему $O'x'y'z'$, жестко связанную с другим материальным телом.

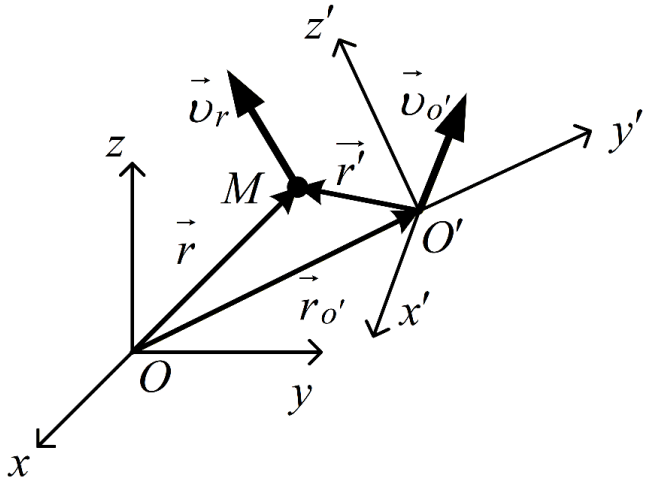


Рис. 1. Сложное движение материальной точки

На рисунке 1 $\vec{r}$ – радиус-вектор положения материальной точки M относительно неподвижной системы $Oxyz$; $\vec{r'}$ – радиус-вектор положения точки M относительно подвижной инерциальной системы $O'x'y'z'$; $\vec{r}_{o'}$ – радиус-вектор положения точки O' – начала отсчета подвижной инерциальной системы $O'x'y'z'$ относительно неподвижной системы $Oxyz$; $\vec{\upsilon}_r$ – скорость относительного движения материальной точки; $\vec{\upsilon}_{o'}$ – скорость равномерного прямолинейного движения другого материального тела в неподвижной системе [2, 3].

Рассматриваем равномерное прямолинейное движение материальной точки M относительно подвижной инерциальной системы $O'x'y'z'$. При равномерном прямолинейном движении подвижной инерциальной системы внешней силы,

действующей с ее стороны на материальную точку, не возникает. Механического взаимодействия между материальной точкой и другим материальным телом не происходит. Материальная точка оказывается изолированной в подвижной системе $O'x'y'z'$. Нет силы – нет изменения относительного движения материальной точки. Это подтверждается действием закона сохранения количества движения, который имеет вид

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0,$$

где $\vec{p} = m\vec{v}_r = \overrightarrow{const}$ – количество движения материальной точки. В классической механике Ньютона масса считается величиной постоянной, следовательно, получается, что $\vec{v}_r = const$.

Применение закона сохранения количества движения в этом случае можно заменить использованием следствия из первого закона Ньютона – закона инерции. Известно, что в основу первого закона классической механики Ньютон положил концепцию Галилея об инерции, согласно которой «объект остается в покое или движении пока на него не воздействует другая сила». Движение при этом рассматривается как движение по инерции. Отсутствие другой силы, действующей на материальную точку, указывает на то, что она в подвижной инерциальной системе движется по инерции.

Рассматриваем движение материальной точки M и подвижной системы $O'x'y'z'$ как движение механической совокупности в неподвижной инерциальной системе $Oxyz$.

При этом, имеем в виду следующее: если механического взаимодействия, т.е. внешних сил между материальной точкой M и подвижной системой $O'x'y'z'$ не возникает при движении материальной точки относительно инерциальной подвижной системы, то не возникает и внутренних сил взаимодействия между ними при рассмотрении их совместного движения относительно неподвижной системы $Oxyz$.

В неподвижной системе $Oxyz$ внешние силы, действующие с ее стороны на механическую совокупность, не возникают. Механическая совокупность оказывается изолированной в неподвижной системе $Oxyz$. Нет внешних сил, действует закон сохранения количества движения, механическое движение совокупности в неподвижной системе не меняется.

Так как внутренних сил взаимодействия между материальной точкой M и подвижной инерциальной системой $O'x'y'z'$ не возникает, не происходит и перераспределения количества движения между материальной точкой и другим материальным телом. При этом материальная точка M сохраняет свое относительное движение в неподвижной системе $Oxyz$ – движется равномерно и прямолинейно со скоростью $\vec{v}_a = \vec{v}_r$, т.е. сохраняет свое движение по инерции. Подвижная инерциальная система $O'x'y'z'$, жестко связанная с другим материальным телом, тоже сохраняет свое движение – движется поступательно равномерно и прямолинейно со скоростью $\vec{v}_{o'}$, т.е. тоже движется по инерции.

Итак, скорость движения материальной точки M в обеих инерциальных системах отсчета остается постоянной, равной относительной скорости, которая не зависит от скорости поступательного равномерного прямолинейного движения другого материального тела. Т.е., если экспериментально определять скорость движения материальной точки в любой из рассматриваемых инерциальных систем отсчета, она будет иметь одно и тоже значение независимо от способа измерения и его точности.

Таким образом полученные результаты говорят о том, что при движении материальной точки относительно двух инерциальных систем отсчета других сил, действующих на материальную точку, не возникает. При этом вовлечение материальной точки, которая сама совершает равномерное прямолинейной движение в поступательное равномерное прямолинейное движение другим материальным телом является совместным движением по инерции двух невзаимодействующих между собой материальных тел.

В связи с полученными результатами возникает вопрос – Где на практике встречалась подобная ситуация? Ответ – в оптике, когда проводились многочисленные эксперименты в инерциальных системах отсчета по определению скорости движения электромагнитной волны (скорости света) и попыток выявить в скорости света скорость поступательного равномерного прямолинейного движения источника [4]. Каждый раз оказывалось, что скорость света во всех инерциальных системах отсчета по всем направлениям оставалась постоянной равной скорости света в вакууме. Всевозможные попытки зафиксировать изменение скорости света при изменении скорости движения источника не подтверждались.

И снова возникает вопрос – Какая связь между движением света и движением материальных тел в механике? Ответ простой – он содержится в корпускулярно-волновой природе света. Согласно этой теории, свет проявляет себя и как поток невзаимодействующих друг с другом элементарных частиц, испускаемых источником света, и как электромагнитные волны, распространяющиеся в пространстве.

Постоянство скорости света в подвижной инерциальной системе отсчета объясняется тем, что прямолинейное движение света – это движение по инерции потока невзаимодействующих элементарных частиц. Сохранение скорости света и независимость ее от скорости равномерного прямолинейного движения источника в неподвижной системе отсчета объясняется отсутствием возникновения других сил, действующих на поток элементарных частиц со стороны источника и самой неподвижной системы отсчета. В этом случае поток невзаимодействующих элементарных частиц сохраняет движение по инерции и в неподвижной системе отсчета.

Если принимать во внимание «дуализм света» и рассматривать свет как движение электромагнитной волны, то в инерциальных системах отсчета будет сохраняться движение электромагнитной волны, т.е. длина волны, частота, и, следовательно, скорость ее движения.

Отсутствие возникновения других сил в инерциальных системах отсчета является причиной того, что любые физические явления протекают в них одинаково.

Таким образом, полученный результат так просто теоретически объясняет принцип относительности Галилея, который был установлен им экспериментально и говорит о том, что все механические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета. Этот принцип Ньютон положил в основу классической механики. В настоящее время он формулируется так: все инерциальные системы отсчета эквивалентны друг другу в механическом отношении, все законы Ньютона одинаковы в этих системах отсчета.

В 1905 г. А. Эйнштейн на основе анализа всего экспериментального и теоретического материала, известного в то время в физике, установил два постулата, которые положил в основу созданной им специальной теории относительности [5].

Первый постулат представляет собой обобщение принципа относительности Галилея на любые физические процессы: все физические явления протекают одинаковым образом во всех инерциальных системах отсчета; все законы природы и уравнения их описывающие, инвариантны, т.е. не меняются при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

Второй постулат утверждает, что скорость света в вакууме не зависит от движения источника и одинакова во всех направлениях.

Известно, что правомерность установленных А. Эйнштейном постулатов подтверждается экспериментально. С учетом полученных в статье результатов правомерность этих постулатов подтверждается еще и теоретически.

Проведенные в статье исследования и полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Выводы

1. Движение материальной точки, которая вовлекается в равномерное прямолинейное движение другим материальным телом, можно рассматривать как сложное движение, происходящее относительно двух инерциальных систем отсчета: подвижной, жестко связанной с другим материальным телом, и неподвижной, жестко связанной с каким-то вторым «условно неподвижным» материальным телом.

2. Когда материальная точка вовлекается в поступательное равномерное прямолинейной движение другим материальным телом других внешних или внутренних сил не возникает, и, следовательно, механического взаимодействия между материальной точкой и другом материальным телом не происходит. В результате чего сохраняется относительное движение материальной точки в обеих инерциальных системах.

3. В связи с тем, что относительное движение материальной точки происходит в подвижной инерциальной системе отсчета имеет место абсолютизация относительного движения. Материальная точка движется в подвижной системе с абсолютной скоростью, равной скорости относительного движения, которая не зависит от движения другого материального тела. В неподвижной системе отсчета скорость абсолютного движения материальной точки сохраняется.

4. Полученные в статье результаты объясняют постоянство скорости света во всех инерциальных системах отсчета и независимость ее от скорости движения источника.

5. Проведенные исследования и полученные результаты теоретически подтверждают правомерность принципа относительности Галилея в механике и двух постулатов А. Эйнштейна, установленных экспериментально в 1905 году и положенных им в основу общей теории относительности.

Список литературы

1. Дронг В.И., Дубинин В.В., Ильин М.М. и др. Курс теоретической механики: учебник для вузов / под ред. К.С. Колесникова, В.В. Дубинина. – 5-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 580 с.
2. Орлянская Т.И. Динамический анализ движения материальной точки со связью // Фундаментальные основы механики. – 2025. – №15. – С. 4-14.
3. Орлянская Т.И. Движение материальной точки относительно двух систем отсчета // Фундаментальные основы механики. – 2025. – №16. – С. 38-45.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов в 5-ти томах. Т. IV. Оптика. – 4-е изд., стер. – М.: Физматлит, 2005. – 792 с.
5. Иродов И.Е. Механика. Основные законы. – 10-е изд., – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 309 с.

Сведения об авторе:
Орлянская Тамара Ивановна – к.т.н., доцент кафедры ФН-3 «Теоретическая механика».