

Применение ТРИЗ для решения теоретических задач в фундаментальных научных исследованиях

И.Л. Мисюченко, М.С. Рубин, 2013

Ключевые слова:

ТРИЗ, АРИЗ-Универсал 2010, изобретения, фундаментальная физика, физические теории, механическая инерция, явление инерции тел, электрон, элементарная частица

Аннотация

На примере задачи на объяснение возникновения явления механической инерции тел показана эффективность применения основных инструментов ТРИЗ для решения теоретических задач в фундаментальных научных исследованиях. Показана возможность применения ТРИЗ для выявления закономерностей развития моделей объяснения явления механической инерции тел, предложена новая модель объяснения этого явления. Предложены направления дальнейшего применения ТРИЗ в области фундаментальных научных исследований.

Постановка задачи исследования и методы ТРИЗ для их решения

Цель работы – показать возможность и особенность применения инструментов ТРИЗ для решения задач, возникающих при проведении фундаментальных научных исследований.

В качестве инструментов ТРИЗ использованы элепольный анализ, универсальная система применения стандартов на решение изобретательских задачи и универсальный алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ-Универс-2010). Особенностью этих инструментов ТРИЗ является то, что они приспособлены для решения изобретательских задач не только в технике, но и в других областях интеллектуальной деятельности человека, в частности, в области решения теоретических задач в фундаментальных научных исследованиях.

В качестве примера задачи возьмём физические объяснения такого поныне загадочного явления, как механическая инерция тел. Упростим изучаемую физическую ситуацию до мыслимого минимума. В качестве пробного тела возьмём мельчайшее, известное в физике тело – стабильную элементарную частицу (например, электрон). Почему электрон? Во-первых, электрон по современным представлениям считается самой стабильной и самой простой элементарной (неделимой) частицей. Во-вторых, это удобная частица, в том смысле, что мы хорошо умеем управлять ею, извлекать её из вещества и направлять туда, куда нам угодно с помощью полей. Мы также хорошо умеем её обнаруживать и, соответственно, следить за её перемещениями. Это дает в дальнейшем шанс проверить те теоретические модели, которые мы собираемся построить.

Рассмотрим наипростейшую модельную ситуацию: электрон находится в однородном электрическом поле в глубоком вакууме. В начальный момент времени он был неподвижен (Рис.1).

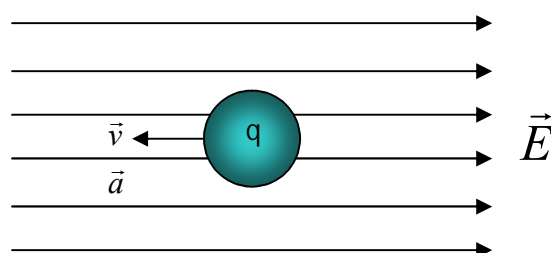


Рис. 1. Модельная физическая ситуация: элементарный заряд в однородном электрическом поле

Хорошо известно, что будет происходить с этой частицей в данных условиях: она начнёт двигаться ускоренно туда, куда направляет её электрическое поле \vec{E} . Согласно электродинамике сила, с которой поле действует на наш электрон, известна $\vec{F} = q\vec{E}$, где q – электрический заряд электрона. И ускорение её движения будет в соответствии со вторым законом Ньютона ($\vec{F} = m\vec{a}$) определяться соотношением $ma = qE$. Соответственно, $m = \frac{qE}{a}$ и эту величину можно измерить экспериментально, зная заряд частицы, внешнее поле и измеряя величину её ускорения. Коэффициент m называется массой (мерой инертности) электрона. Почему частица в данной ситуации движется именно с этим ускорением? Почему именно с постоянным ускорением? Почему никакими ухищрениями не удаётся изменить массу свободной частицы? На протяжении уже более 300 лет после введения в науку понятия «масса» ученые пытаются дать физическое объяснение инерции тел.

Применение элепольных моделей в описаниях явления инерции

Для синтеза подобных объяснений можно воспользоваться линиями развития элеполей (элеполи – это элементы и связывающие их поля взаимодействия []). Элеполи могут быть полными и неполными, внешними и внутренними, однородными и неоднородными. Для того, чтобы в нашей простейшей модельной ситуации получить работающее объяснение явления надо построить полный элеполь (Рис. 2). Т.е. такой элеполь, который содержит два элемента и поле, либо два поля и элемент.

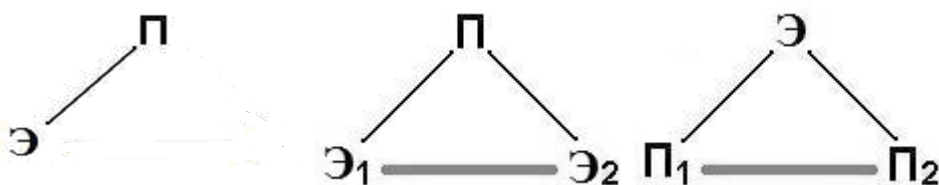


Рисунок 2. Примеры элеполей. Неполный элеполь. Полный внутренний элеполь. Полный внешний элеполь

Исторически самым первым объяснением инерции тел была Ньютоновская концепция массы. Т.е. кроме заряженной частицы и действующего на неё с известной силой поля самой частице приписывалась таинственная сущность «масса», которая и призвана была объяснить явление инерции. Картина такого объяснения на языке элеполей выглядит так: есть поле, есть частица и у частицы есть её загадочное внутреннее свойство, именуемое «масса». Видно, что такой элеполь не является полным. В нем всего один элемент (частица) и одно поле. С точки зрения ТРИЗ такое объяснение инерции не может являться удовлетворительным. С точки зрения физики тоже – поскольку в объяснение была введена новая загадочная сущность, причем введена *ad hoc*, т.е. произвольно, по данному конкретному случаю, не в силу какого-то ранее установленного физического закона или формальной логики.

Позднее в конце 19 века Томсоном была произведена попытка создать электродинамическое объяснение инерции. Томсон рассмотрел ту же ситуацию, что и мы, и пришёл к выводу, что по законам электродинамики, движущаяся заряженная частица это электрический ток (так называемый «конвекционный ток»). И как всякий ток, должна породить вокруг себя магнитное поле. А ускоренно движущаяся частица – это изменяющийся во времени ток. А следовательно, порождает изменяющееся во времени магнитное поле. Изменяющееся же магнитное поле, согласно законам электромагнитной индукции Фарадея, порождает ЭДС, которая направлена всегда таким образом, чтобы

воспрепятствовать той причине, которая вызывает изменение магнитного поля (т.е. причине, которая вызывает ускорение частицы, т.е. – внешнего электрического поля). Это свойство ЭДС индукции именуется «правилом Ленца». Элеполюсная структура такого объяснения выглядит уже гораздо лучше (Рис.4). Есть элемент (частица) и есть два поля: внешнее электрическое и то магнитное поле, которое порождено движением частицы. Такой «элеполю объяснения» уже является полным. Однако и у него есть недостаток. Он является неоднородным, в том смысле, что поля в нем являются различными по своей природе. С физической же точки зрения это объяснение остаётся неудовлетворительным по той причине, что современная физика не признаёт магнитное поле независимой физической реальностью. Магнитное поле сегодня считается не объектом, а эффектом движения зарядов (в рамках релятивистской электродинамики это довольно строго доказано и все магнитные явления могут быть объяснены без привлечения понятия «магнитное поле» вообще). А коль так, то получается, что объяснение Томсона сводится к тавтологии: движение заряда ограничивается и упорядочивается ... движением заряда.. Поэтому мысль человеческая двигалась дальше, и в начале 20 века было разработано третье объяснение инерции.

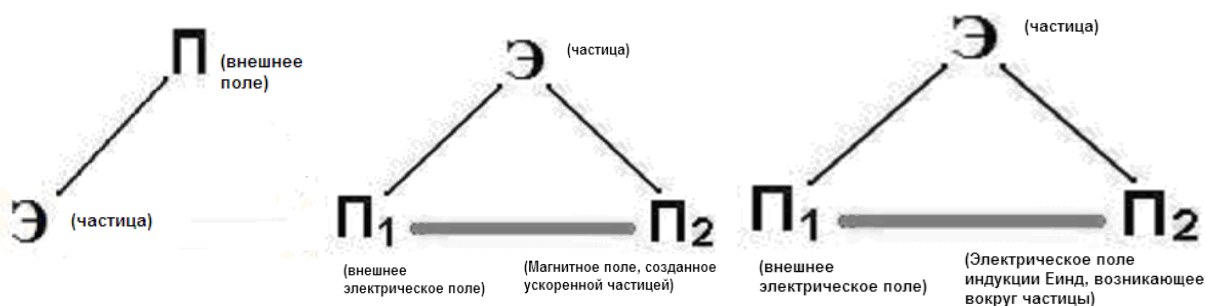


Рисунок 3. Развитие моделей объяснения инерции: Ньютоновское объяснение инерции (неполный элеполю); Томсоновское объяснение инерции (неоднородный внешний элеполю); Фейнмановское объяснение инерции (полный, однородный, внешний элеполю).

Третье объяснение инерции гласит, что согласно релятивистской электродинамике ускоренно движущийся заряд порождает вблизи себя электрическое поле, в точности равное по напряженности внешнему полю, но противоположное ему по направлению. Элеполю такого объяснения выглядит просто великолепно: есть элемент и есть два поля, оба из которых электрические. Такой элеполю является и полным, и однородным. Казалось бы – победа разума! Однако, вспомним, что с точки зрения ТРИЗ элеполю бывают не только открытыми (как в вешеприведенном объяснении инерции), так и замкнутыми, закрытыми. Следовательно, это объяснение как минимум, не единственно возможное. К тому же оно тоже не устроило физиков. Несмотря на свою кажущуюся красоту и полную логичность. Все дело в том, что индуцированное ускоренным движением заряда электрическое поле $\vec{E}_{инд}$ неотделимо от частицы. Оно, в данном объяснении, является как бы неотъемлемой частью самой частицы и порождается только ею самой. А это означает, что ускоряемый электрон «останавливает сам себя»! Ну, в точности, как барон Мюнхгаузен, вытаскивающий себя за волосы из болота. О таком «самодействии» электрона много писал Р. Фейнман в середине 20 века. Он и сам был неудовлетворен этим объяснением. В конечном итоге и это объяснение не было признано окончательным. Авторитет учёных, занимавшихся проблемой инерции, был настолько велик, что неудача Фейнмана была сочтена окончательным поражением, и энтузиазм исследователей этой проблемы значительно уменьшился. С тех пор в фундаментальной науке в вопросе происхождения инерции произошёл фактически откат назад, к объяснению Ньютона.

Только вместо загадочной Богом данной «массы» в объяснении использованы не менее загадочные «бозоны Хиггса», наделяющие частицы массой. А кто же или что наделяет массой сами «бозоны Хиггса» не объясняется.

Разрешение противоречий и применение ИКР в фундаментальных исследованиях

Для объяснения явления возникновения инерции при движении заряженных частиц в модель явления приходится включать кроме электрических явлений еще и механические силы инерции масс.

Избыточность этой модели заставляет поставить задачу создания модели объяснения этого явления без использования понятия «масса вещества». Как объяснить явление возникновения инерции движения заряженной частицы в электрическом поле без использования понятия массы вещества.

Необходимо, чтобы при ускоренном движении частицы в электрическом поле каким-то образом создавалась сила, направленная против этого движения. Использовать понятие массы вещества и механических сил нельзя.

Идеальный конечный результат (ИКР): X-элемент САМ должен создать силу, эквивалентную силе инерции и направленную против движения заряженной частицы, при ограничении: этот элемент *не должен иметь ни массы, ни инерции*.

Противоречие требований: ЕСЛИ ввести в систему инерционную массу частицы, ТО можно создать силу инерции движения заряженной частицы, НО использовать понятие массы вещества нельзя.

ИКР свойств: Заряженная частица, не имеющая инерционную массу, САМА создает силу против движения заряженная частица.

Стандарты на решение изобретательских задач подсказывают элепольное решение: неполный элеполь должен быть дополнен до полного.

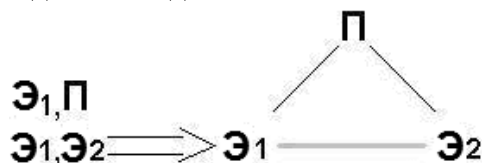


Рисунок 4. Элепольное преобразование из неполного элеполя в полный внутренний элеполь

Таким образом, АРИЗ нам предлагает вместо внешнего (полевого) элеполя применить для объяснения внутренний элеполь. Попытаемся его создать. Элементом у нас по-прежнему является частица (электрон). Полем является внешнее электрическое поле. Уж такова наша модельная физическая ситуация. А вот в качестве третьего компонента полного замкнутого элеполя мы должны теперь взять не поле, а *элемент*. Каковы требования к этому элементу? Из каких **ресурсов** он может быть взят или создан? Он должен оказывать нужное сопротивление ускоренному движению тел, создающее силу, равную силе инерции. Он не должен оказывать влияние на равномерное движение частицы (если нет ускорения, то этот элемент не должен ничего делать с частицей). Он не может быть вещественным (т.е. состоящим из других каких-то частиц). Иначе мы опять придём либо к тавтологии, либо к «дурной бесконечности» частиц (свойства одних частиц объясняются другими, более мелкими, те в свою очередь третьими и так далее и так далее). Он не должен никак изменять ни внешнее электрическое поле, ни собственное поле частицы. Вот какие, казалось бы, фантастически противоречивые требования предъявляются к этому элементу.

И как его найти? Здесь можно было бы показать ряд красивых методических приёмов (см. Приложение), как именно можно шаг за шагом, например, в рамках АРИЗ-У-2010, создавать такой элемент. Пока что мы сразу укажем, что такой элемент мы уже ввели, когда описывали нашу простейшую модельную ситуацию. Помните, в чём находился наш электрон до того, как «включили» внешнее поле? Конечно же, в вакууме! Если внимательно присмотреться к такому элементу, как вакуум, то мы увидим, что он

полностью удовлетворяет всем, выше сформулированным нами жестким требованиям к новому элементу X , который нужно ввести в элеполь. К тому же, в практике ТРИЗ давно принято использовать вакуум, как самый обыкновенный ресурс. Как идеальный диэлектрик, например, идеальный изолятор, среду, не оказывающую механического сопротивления движению и т.п

Вот так будет выглядеть полный внутренний элеполь нового объяснения инерции (Рис. 5).

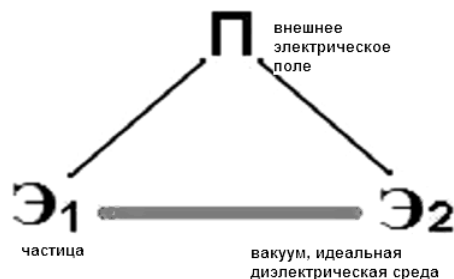


Рисунок 5. Элепольная структура нового объяснения инерции тел. Полный, внутренний элеполь.

Объяснение может быть сформулировано следующим образом: ускоренно движущийся в идеальном диэлектрике заряд порождает в нем, как и в любом вещественном диэлектрике, изменяющиеся токи смещения, которые за счёт взаимной индукции взаимодействуют с изменяющимся конвекционным током, которым является сам ускоренно движущийся заряд, и препятствуют ускорению заряда. При отсутствии же ускорения (покой или равномерное прямолинейное движение) токи постоянны, а постоянные токи не вызывают явления индукции. Таким образом, объяснение сводится к тому, что ускоренно движущийся заряд взаимодействует с окружающей его диэлектрической средой (вакуумом) и именно это и принимается нами за действие инерции.

Такое объяснение уже не содержит тех противоречий, которыми грешили более ранние объяснения. Кроме того, оно направляет наше внимание на дальнейшее пристальное изучение «вакуума», «пустоты», т.е. мировой всепроникающей диэлектрической среды, как физической реальности. Заметьте, что мы на самом деле не вводили вакуум в нашу физическую ситуацию в процессе поиска объяснения инерции. Он там уже был. Изначально. Мы просто обнаружили, пользуясь подсказками ТРИЗ, что тот объект X , который очень хочется ввести в объяснение, уже там присутствует изначально! Следовательно, не был нарушен великий принцип Оккама «не вводи новых сущностей без крайней необходимости».

Выводы

Инструменты ТРИЗ, сформулированные в обобщенном виде, без привязки только к техническим и материальным системам могут эффективно применяться для решения теоретических задач в фундаментальных научных исследованиях.

Нужно продолжить практику решения теоретических задач в развитии фундаментальных наук при помощи ТРИЗ.

Инструменты ТРИЗ, сформулированные в обобщенном, общесистемном виде эффективно могут применяться для решения теоретических задач в фундаментальных научных исследованиях.

Необходимо продолжить практику решения теоретических задач в развитии фундаментальных наук при помощи ТРИЗ не только в физике, но и в биологии, биохимии, химии, математике и других областях науки. Это одновременно поможет выявить особенности применения инструментов ТРИЗ при решении теоретических научных задач.

Список литературы

1. Г. С. Альтшуллер «Как делаются открытия», г. Баку, 1960 год.
2. Рубин М.С. Основы ТРИЗ. Применение ТРИЗ в программных и информационных системах: Учебное пособие. – Санкт-Петербург, Изд. АТМ Книга, 2011. – 226 с.
3. Трофимова Т.И. Курс физики. М. Высшая школа. 1990 . с.15, с.130
4. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. М. Наука. 1982. §45. Магнетизм как релятивистский эффект. с.127-132
5. Р. Фейнман, Р. Лейтер, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике, т.6, гл. 28
6. Хиггсовский механизм нарушения электрослабой симметрии
http://elementy.ru/LHC/HEP/higgs_theory
7. Мурашковский Ю.С. «Секреты» талантливого мышления. Рига, 2013.
<http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4602>

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Решение задачи с использованием АРИЗ-У-2010 и программы Compino-TRIZ.

Приводимые ниже формулировки противоречий, ИКР и моделей решений взяты в том виде, как они выводятся пользователю программы **Compino-TRIZ** (разрабатывается М.С. Рубиным и С.С.Сысоевым).

Описание задачи. Для объяснения явления возникновения инерции при движении заряженных частиц в модель явления приходится включать кроме электрических явлений еще и механические силы инерции масс. Это кажется избыточным. Кроме того, инерционность определяется размером заряда и довольно странно, что она должна совпадать с массой вещества – носителя заряда. Таким образом, для имеющегося объяснения приходится вводить избыточные элементы модели:

- в ней обязательно должна учитываться инерционная масса вещества
- эта масса должна по величине, почему-то, точно соответствовать электрическому заряду его носителя
- эта масса по какой-то причине должна исчезать при остановке электрического заряда.

Избыточность этой модели заставляет поставить задачу создания модели объяснения этого явления без использования понятия «масса вещества». Как объяснить явление возникновения инерции движения заряженной частицы в электрическом поле без использования понятия массы вещества.

Компоненты системы.

Компонент	Параметры свойств	Элемент или поле
Заряженная частица	заряд, скорость, ускорение	Элемент
Электрическое поле	напряженность	Поле
X-элемент		Элемент
X-поле		Поле

Описание функций

Необходимо, чтобы при движении заряженной частицы в электрическом поле возникала сила, действующая на частицу и направленная против этого движения.

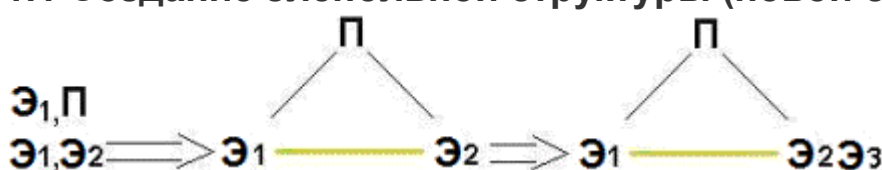
Субъект	Что делает	С объектом	Параметр	Тип изменения	Тип функции	Время действия	Зона действия
Х-элемент	создает силу против движения	Заряженная частица	уменьшает	скорость	полезная	Во время движения заряженной частицы	Пространство движения частицы в электрическом поле

Ограничения: Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы.

Модели решения.

Требуется обеспечить выполнение функции: Х-элемент создает силу против движения (уменьшает скорость объекта) Заряженная частица

1.1 Создание элеполевой структуры (новой системы)



Если дан объект, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия не содержат ограничений на введение элементов и полей, задачу решают синтезом элеполя, вводя недостающие элементы

(по системе 76: стандарты 1.1.1 – 1.1.5)

Рекомендации по развитию системы:

- Рекомендуется применить линии введения элементов и полей

Линия введения элементов (веществ):

- Вместо элемента использовать «пустоту», вместо действия – бездействие;
- Если нужно ввести большое количество элемента, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, в качестве элемента используют большое количество «пустоты»;
- Использовать для введения уже имеющиеся элементы или их модификации;
- Вместо элемента использовать поле; ...

Линия введения и развития полей взаимодействия:

- Если в элепольную систему нужно ввести поле, то следует, прежде всего, использовать уже имеющиеся поля, носителями которых являются входящие в систему элементы;
- При ограничениях на использование полей использовать поля, имеющиеся во внешней среде;
- Если имеются ограничения на введение в систему поля, то следует использовать поля, носителями или источниками которых могут «по совместительству» стать элементы, имеющиеся в системе или во внешней среде

ИКР 1. Функциональный ИКР.

Х-элемент САМ создает силу против движения (уменьшает скорость объекта) Заряженная частица

при следующих ограничениях: Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы

Поисковый образ: создает силу против движения Заряженная частица

Результат поиска в поисковых системах по этому запросу.

В первых же ссылка идут статьи о силе Лоренца, законе Фарадея и т.д. То есть сразу же предлагается вместо сил инерции рассматривать электромагнитные силы для объяснения снижения скорости движения электрона.

Примеры найденных ссылок:

<http://blizkodeistvie.com/>

<http://radiolybitel.info/index.php/site-map/spetsialnost-radioapparatostroeniya/elektrotehnika/uchebnik/110-glava-1-elektricheskoe-pole>

<https://sites.google.com/site/socialcapital1/Home/russkiestati/tajna-inercionnoj-massy-razgadana>

http://physics.kgsu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=216&Itemid=72

.... (816 тысяч откликов в Google и 7 млн. в Яндекс).

Практически везде есть упоминание магнитных сил и электромагнитного поля для объяснения возникновения силы, направленного против движения заряженной частицы.

Противоречия требований.

Противоречие 1

ЕСЛИ вводить понятие инерции частицу

ТО Выполняется функций X-элемент создает силу против движения (уменьшает скорость объекта) Заряженная частица

НО Нарушается ограничение Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы

Противоречие 2

ЕСЛИ не вводить понятие инерции частицу

ТО не Нарушается ограничение Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы

НО не Выполняется функций X-элемент создает силу против движения (уменьшает скорость объекта) Заряженная частица

Применение таблицы Альтшуллера.

Выбранные пары:

31. Вредные факторы самого объекта - 10. Сила

09. Скорость - 30. Вредные факторы, действующие на объект

Рекомендованные приемы:

01. ПРИНЦИП ДРОБЛЕНИЯ

28. ЗАМЕНА МЕХАНИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

а. заменить механическую схему оптической, акустической или "запаховой"

б. использовать электрические, магнитные или **электромагнитные поля** для взаимодействия с объектом

в. **перейти от неподвижных полей к движущимся**, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определенную структуру

г. использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

35. ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА

ИКР 2. Противоречие свойства. ИКР свойств.

Противоречие свойства:

Параметр скорость объекта Заряженная частица должна снижаться

чтобы обеспечить Выполняется функция X-элемент создает силу против движения (уменьшает скорость объекта) Заряженная частица

и НЕ должна снижаться

чтобы обеспечить НЕ Нарушается ограничение Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы.

ИКР свойств:

Элемент Заряженная частица со снижающей скоростью САМ должен обеспечить свойство тормозиться.

Compinno-TRIZ Инерция заряженной частицы АРИЗ-У-2014 ФСА ФОРП ПСА Идеи

АРИЗ-У-2014
Описание
Компоненты
Функции
Модели решения
ИКР 1
Противоречия
Матрица
Приемы
Элеполи
ИКР 2
Ресурсы
Идеи

Противоречие свойства. ИКР свойств.

Выбранное противоречие требований

ЕСЛИ Если вводить понятие инерции частицу **ТО** Выполняется функция X-элемент создает силу против движения (уменьшает скорость объекта) Заряженная частица **НО** Нарушается ограничение Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы

Противоречие свойства

Для выполнения требования **НЕ Нарушается ограничение Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы** необходимо менять элемент:

Параметр:

Должен быть какой?: **чтобы обеспечить** Выполняется функция X-элемент создает силу против движения (уменьшает скорость объекта) Заряженная частица

снижающийся **чтобы обеспечить** НЕ Нарушается ограничение Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы

Параметр скорость объекта Заряженная частица должен быть **снижающийся** и **Должен быть НЕ** **снижающийся**

ИКР свойств

Каким свойством должен обладать элемент Заряженная частица с **скорость** **снижающийся**, чтобы **НЕ Нарушается ограничение Нельзя вводить массу инерции заряженной частицы:**

Элемент Заряженная частица с **скорость** **снижающийся** САМ должен обеспечить свойство **тормозиться**

© Copyright 2013. Михаил Рубин, Сергей Сысоев

Ресурный ИКР

X-ресурс (из ресурсов системы) на месте элемента 'Заряженная частица', сохраняя его характеристику 'снижать скорость', должен САМ в течение времени действия (Во время движения заряженной частицы) в пределах зоны действия (Пространство движения частицы в электрическом поле) обладать свойством тормозиться.

Микро-ресурный ИКР

Микрочастицы на месте элемента 'Заряженная частица', сохраняя его характеристику 'снижать скорость', должен САМИ в течение времени действия (Во время движения заряженной частицы) в пределах зоны действия (Пространство движения частицы в электрическом поле) обладать свойством тормозиться.

Анализ имеющихся ресурсов.

Наиболее доступный имеющийся ресурс это уже имеющееся электрическое поле и заряд движущейся частицы. При этом возникают электромагнитные силы, направленные против направления движения частицы.

Это объясняет возникновение сил, направленных против движения заряженных частиц и не требует введения понятия массы частицы.